

125 YEARS OF

レントゲン

新種の光線について

インターメディアテク博物館シリーズ(6) / 東京大学・ヴュルツブルク大学連携特別展示

# NEW INSIGHTS

THE UNIVERSITY OF TOKYO & THE UNIVERSITY OF WÜRZBURG  
SPECIAL COLLABORATIVE EXHIBITION

# RÖNTGEN AND THE DISCOVERY OF THE X-RAY

INTERMEDIATHEQUE

125 YEARS OF NEW INSIGHTS  
東京大学総合研究博物館 2020

新種の光線について  
RÖNTGEN AND THE DISCOVERY OF THE X-RAY

レントゲン

日本郵便

インターメディアテクは日本郵便株式会社の社会貢献事業です。  
The Intermediatheque is a social contribution activity by Japan Post Co.

Julius-Maximilians-  
UNIVERSITÄT  
WÜRZBURG

mt INTERMEDIATHEQUE



*Ueber eine neue Art von Strahlen.  
von W.C. Röntgen*

THE UNIVERSITY OF TOKYO & THE UNIVERSITY OF WÜRZBURG SPECIAL COLLABORATIVE EXHIBITION

125 YEARS OF NEW INSIGHTS — RÖNTGEN AND THE DISCOVERY OF THE X-RAY



レントゲン

——  
新種の光線について

インターメディアテク博物誌シリーズ〈6〉  
東京大学Ⅱヴェルツブルク大学連携特別展示

レントゲン

新種の光線について

会期 二〇二〇年四月一八日―六月二七日

主催 東京大学総合研究博物館＋ユリウス・マクシミリアン大学ヴェルツブルク・大学アーカイブズ  
協力 ドイツ物理学会＋ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）＋東京大学駒場博物館

*Über eine neue Art von Strahlen*

「strahlen」の原義としての「光線」。物理学的なX線を超え、科学者レントゲンが人類に放ったもの。

展示協力者一覧（五十音順）

秋篠宮眞子（東京大学総合研究博物館 特任研究員）  
荒川泰彦（東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構 特任教授）  
ヨゼフ・ヴィルヘルム（ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク 学長室長）  
上野恵理子（東京大学総合研究博物館インターメディアテック研究部門 特任研究員）  
大澤 啓（東京大学総合研究博物館インターメディアテック研究部門 特任研究員）  
岡本拓司（東京大学大学院総合文化研究科 教授）  
折茂克哉（東京大学総合文化研究科・教養学部駒場博物館 助教）  
菊池敏正（東京大学総合研究博物館インターメディアテック研究部門 特任助教）  
藏田愛子（東京大学総合研究博物館インターメディアテック研究部門 特任研究員）  
五神 真（東京大学 総長）  
フレミング・ショック（ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク 学長室 科学スタッフ）  
白石 愛（東京大学総合研究博物館ミュージアムテクノロジー研究部門 特任助教）  
関岡裕之（東京大学総合研究博物館インターメディアテック研究部門 特任助教）  
ステファン・ツインマーマン（ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク 学長室 科学スタッフ）  
寺田鮎美（東京大学総合研究博物館インターメディアテック研究部門 特任准教授）  
中坪啓人（東京大学総合研究博物館インターメディアテック研究部門 特任研究員）  
西野嘉章（インターメディアテック 館長／東京大学総合研究博物館 名誉教授）  
アルフレッド・フォルヒェル（ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク 学長）  
福田裕穂（東京大学 理事・副学長／東京大学未来ビジョン研究センター 特任教授）  
藤野史子（東京大学総合研究博物館インターメディアテック研究部門）  
マーカス・ホルツ（ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク 大学アーカイブズ 館長）  
松崎浩之（東京大学総合研究博物館 教授）  
松原 始（東京大学総合研究博物館インターメディアテック研究部門 特任准教授）  
松本文夫（東京大学総合研究博物館ミュージアムテクノロジー研究部門 特任教授）  
マライル・マンスキー（ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク 大学アーカイブズ アーキビスト）  
ディーター・メシエデ（ドイツ物理学会 会長）  
森 洋久（東京大学総合研究博物館 准教授）  
吉川創太（東京大学総合研究博物館インターメディアテック研究部門）

写真撮影・提供

ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク 大学アーカイブズ  
ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク 大学出版広報室  
ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク 物理学研究所  
ギーセン大学図書館  
チューリッヒ大学アーカイブズ  
チューリッヒ中央図書館  
帝国戦争博物館  
ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）  
東京大学駒場博物館  
バイエルン州立文書館  
レムシャイト市立文書館  
レントゲン記念館

執筆者

アルフレッド・フォルヒェル  
五神 真  
西野嘉章  
ディーター・メシエデ  
荒川泰彦  
松崎浩之  
森 洋久

図版解説

アルフレッド・フォルヒェル＋マーカス・ホルツ＋フレミング・ショック＋  
ステファン・ツインマーマン＋マライル・マンスキー

編集

森 洋久

編集協力

マーカス・ホルツ

編集補助

藏田愛子

英訳監修

大澤 啓

英文校正

ウィリアム・アンドリュース

デザイン

関岡裕之

インターメディアテック博物誌シリーズ（6）

東京大学Ⅱヴュルツブルク大学連携特別展示図録

『レントゲン——新種の光線について』

監修 西野嘉章

編集 森 洋久

発行日 二〇二〇年四月一日

発行 東京大学総合研究博物館

印刷 秋田活版印刷株式会社

©二〇二〇 東京大学総合研究博物館

インターメディアテックは日本郵便株式会社の社会貢献事業です。

ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク（ヴュルツブルク大学）と日本とのつながり、および友好には、長年にわたる揺るぎない伝統があります。一八二〇年にヴュルツブルクで博士号を取得した医師のフィーリップ・フランツ・フォン・シーボルトは、日本の内外で行った科学的研究で、のちに世界中に知られることとなりますが、このシーボルトのおかげで、以来私たちは、実り豊かで活発な交流を続けることができています。シーボルトがヴュルツブルク大学で研究を行ったことから、当大学は十九世紀半ばの時点ですでに日本の研究者を強く惹きつける場所となっていました。

X線の父と呼ばれノーベル賞を受賞したヴィルヘルム・コンラート・レントゲンも、ヴュルツブルクと日本とのつながりにおいて長年にわたりさらに重要な役割を果たしています。一八九五年にレントゲンが行った革新的な発見により、新しい現象を共同で研究する新たな流れが、日本、とりわけ東京大学で起こりました。現在ではこうした交流は、半導体量子構造、超小型衛星を基盤とする宇宙研究、化学、生命科学など、他の数多くの分野に幅広く及んでいます。したがって、ヴィルヘルム・コンラート・レントゲンによるX線の発見から百二十五年を記念した展示を準備するべく初期の段階で、日本での、過去二百年間に行われた最も重要な発見を称えるための、同様の展示を東京大学で行うというアイデアが浮上しました。

ヴュルツブルク大学は本展示に、オリジナルの資料のほか、この偉大な科学者に関する歴史的な写真を提供しています。こうした資料の一部は、レントゲンの遺言にしたがって当大学が入手したものです。本展示では、

当大学の物理学研究所長に任命される以前のレントゲンの教育、研究、科学分野における経歴を紹介しながら、X線の発見および初期の研究について解説していきます。様々な資料は、レントゲンによる発見が世界にまたたく間に引き起こした熱狂を理解するのに役立ちます。最初の科学論文が提出された日からわずか二週間と経たないうちに、X線の発見は世界中の主要な新聞に掲載されました。レントゲンは数多くの科学的な表彰や最高権威の表彰を受けますが、最も重要なのはまぎれもなく一九〇一年二月一〇日に授与された第一回ノーベル物理学賞です。

国際的な協力は、科学研究に価値ある刺激をもたらし、研究生活で常に重要な役割を果たしています。ほぼすべての部門におけるグローバル化によって、海外のパートナーとの科学交流は、これまで以上に重要になってきています。こうした交流は、共同研究の進歩を加速させ、それがなければ利用できないような研究施設へのアクセスを可能にし、科学に関する共通した理解を生みだしています。さらには、私たちのつながりや友好を強化するための重要な一歩となります。

この展示をご覧になるすべての皆様に、興味と刺激を感じていただき、本図録をお読みいただくことでさらなる喜びを味わっていただければ幸いです。

ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク学長  
アルフレッド・フォルヒェル

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲンは一八九五年にX線を発見し、その業績によって一九〇一年に第一回ノーベル物理学賞を受賞しました。このX線発見から百二十五年の記念すべき年である二〇二〇年に、東京大学『ヴュルツブルク大学連携特別展示『レントゲン——新種の光線について』を開催できることは、大変に喜ばしい限りです。

東京大学は一八七七年の創設以来、日本の近代化の始まりから現在に至るまで百四十年あまりにわたって、諸外国と様々な学術交流を行ってきました。西洋の学問を旺盛に取り入れる中で、東洋と西洋の異なる学問を融合し、新たな学問を作り出すという東京大学の伝統が築かれてきたのです。ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク（ヴュルツブルク大学）とも、物理学や生物学など様々な分野で学術交流を行い、これが二〇一一年六月三〇日には大学間交流協定の発効というかたちで結実し、今日に至るまで数多くの世界的な研究成果を世に送り出しています。

この、東京大学とヴュルツブルク大学の関係は、一八九五年当時、同大学の学長であったレントゲンによるX線発見に遡ります。ドイツ留学中の長岡半太郎はその第一報をいち早く我が国に送り、レントゲンと親交のあった村岡範為も、発見者自身からその詳細を得ています。この報告に基づき、東京大学の前身である帝国大学教授の山川健次郎や第一高等学校教授の山

口鏡之助らが、X線を用いた撮影に成功し、数カ月うちに発見の正しさを検証しました。当時の通信事情に鑑みれば、発見の報を受けてすぐに追試に成功したと言えます。東京大学が創設わずか二十年足らずにして、これだけの実力を備えていたことにも着目したいと思います。

今回、ヴュルツブルク大学学長アルフレッド・フォルヒェル博士より、共同研究者の荒川泰彦名誉教授を通じて、特別展示のアイデアが本学にもたらされました。総合研究博物館館長の西秋良宏博士、前館長の諏訪元博士、インターメディアテク館長の西野嘉章博士をはじめとしたスタッフの方々の尽力により、ここに特別展示が実現する運びとなりました。特に、ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ館長マーカス・ホルツ博士の特別展示実現への多大なるご貢献に心より敬意を表します。本特別展示が両大学の豊かな学術交流の歴史と成果の一端を社会に広く紹介する機会となるとともに、総合研究博物館とインターメディアテクが、東京大学の学問の伝統と経験を体現し、国際的に発信する場として今後も機能していくことを期待してやみません。

東京大学総長  
五神 真

このたび東京大学はヴェルツブルク大学と連携し、X線発見百二十五年を記念して『レントゲン——新種の光線について』展を、丸の内の「インターメディアテック」において開催することになりました。この特別展示は東京大学総合研究博物館が「博物誌シリーズ」として展開している連続企画の六回目にあたります。

物理学者ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン（一八四五—一九二三）は、一八四五年旧プロイセン王国ライン州のレネッパに生まれています。よく知られるように、長い間、医療の現場ではX線撮影が「レントゲン」と呼ばれていました。個人名が普通名詞として使用されるに至ったことを見てわかる通り、百年以上も前にレントゲンが存在に気づいたX線は、学術研究や社会生活の場で利用価値の高いものだったのです。

ユトレヒト工業学校で機械工学に開眼させられたレントゲンは、チューリッヒ工科大学へ進学しています。そこには熱力学の基礎研究で知られるルドルフ・ユリウス・エマヌエル・クラウジウス（一八二二—一八八八）が教授として在職しており、工業物理へ誘われたと言われます。

クラウジウスの後任となったのが、光学と音響学を専門とするアウグスト・アドルフ・エドゥアルト・エバーハルト・クント（一八三九—一八九四）です。レントゲンはこの物理学教授の教授指導の下で、学位を取得しています。以後、クントの許で助手として働きながら、ヴェルツブルク、ストラスブール、ベルリンの各大学で、光学や電磁気学などの研究を続け、目覚ましい業績を上げてゆくこととなります。

一八八八年、クントがベルリン物理学研究所の所長へ転じたのを機に、レ

ントゲンはヴェルツブルク大学の物理学正教授のポストに就いています。その後、英国人理論物理学者ジェームズ・クラーク・マクスウェル（一八三二—一八七九）の電磁理論を裏付ける変位電流現象、通称「レントゲン電流」を発見するなど、数々の業績を残し、その功績が認められ一八九四年に同大学の学長に就任しています。

個体や液体に圧力を加えると、物性はどのように変化するか。その関心から、減圧された気体のなかを流れる陰極線に着目し、学長就任の翌年一〇月から「真空ガラス管」の実験を始めています。その翌月というごく短期間に、それまで知られることのなかった不思議な放射線の存在に気づくことになりました。レントゲンは、「未知」のものであるという意味で、その放射線を「X線」と名づけ、それに関する予備ノート「新種の放射線について」を、一八九五年一月二八日付でヴェルツブルク物理医学会に送付したのです。

レントゲンが実験中にはからずも発見することとなったX線は、感応コイル型起電機で得た高電圧負荷により、真空ガラス管の陰極から飛び出た電子が真空ガラス管の壁に衝突して発生した電磁波で、もちろん肉眼で捉えることはできませんが、蛍光板や写真を使うとその存在が確認できます。X線の発見により、人類はそれまで見たこともない世界を眼にするようになりました。レントゲンの発見が科学知を飛躍的に拡大させたのです。

レントゲンは、X線が存在することを、人の手を撮影した写真や公開の実演で証明してみせたと言われます。実験の分かり易さが幸いし、様々な学術分野に应用可能であることがすぐに伝わり、多方面での活用につな

がったのです。百年以上も前に発見されたX線透視法は、医療の現場や手荷物の検査など、非破壊検査の手段としていまなお広く活用されています。レントゲンが一九〇一年第一回ノーベル物理学賞の荣誉に輝いたのは、当然のことだったのです。

国内では「X線研究元年」とされる一八九六年の百周年にあたる一九九六年に、京都大学総合博物館が『科学技術Xの謎』と題する企画展で、日本人によるX線開発史を辿ってみせました。しかし、レントゲンの科学者としての人間性と学術的成果に関する、ヴェルツブルク大学所蔵の貴重資料の紹介は、今回が初めてのことになります。基礎科学を取り巻く研究基盤の劣化が危惧される今日、学術研究と社会生活の両方に睥睨すべき地殻変動をもたらした科学的発見の再検証は、時機を得たものと考えられます。

最後になりましたが、本展を開催するにあたって貴重な学術標本の展示を御許可くださったヴェルツブルク大学学長アルフレッド・フォルヒェル博士並びに関係各位に対し、心より御礼申し上げます。また、同大学との研究連携を通じて、特別展示企画の端緒を拓いてくださった東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構の荒川泰彦博士をはじめとした研究者各位、さらには展示会の実現に向けてご尽力くださった東京大学執行部の方々、なかでも五神真総長、福田裕穂理事に対し、ここに記して感謝の意を表します。

インターメディアテック館長

西野嘉章



レントゲンの生誕百七十五周年である二〇二〇年は、ドイツ物理学会(DPG)の母体であるベルリン物理学会の設立百七十五周年の年でもあります。一八九九年以来、レントゲンはドイツ物理学会の会員であり、一九一九年には名誉会員になりました。この特別展示の開催にあたり、ドイツ物理学会代表として、暖かい歓迎の意を表します。

ヴァイルヘルム・コンラート・レントゲンは、生誕から百七十五年経ち、没後百年を超えた今でも私たちを魅了しています。一八九五年一月八日、レントゲンは、遮蔽されたレナード管の近くで、蛍光スクリーンが明るく光るのを観察しました。この「X線」の発見は、科学の節目となる出来事でした。物理学の研究において新しい視点と可能性を切り拓いただけでなく、人類に新しく多様な機会と利益をもたらす医療の確かな進歩を短期間のうちにもたらしました。

一八九五年二月二八日、「新種の放射線」に出合ってから二か月も経たないうちに、レントゲンはそれまで行っていた広範な研究の結果を発表しました。この「事前の開示」は、科学的執筆の頂点であり、実験家としてのレントゲンの慎重さと深遠さを証明する見事なものでした。この発見で科学界は沸きたち、一八九六年には、レントゲン放射線に関する論文が千本以上も発表されました。一年の間に、ドイツ物理学会はX線に関する講義を七回行い、会員たちも自分たちが撮ったX線画像を提示し、装置を改良する方法について論議しました。同様に、一般市民もすぐに注目するようになりました。ウィーンでは、一八九六年一月五日に、『デイ・プレス』が一面で「衝撃的な発見」と報じました。すぐに、世界中の日刊紙が「科

学における素晴らしい勝利」として報告しました(ロンドンのデイリー・クロニクルより)。この凄まじい反響は、一八九六年二月二二日にレントゲンが妻の手を撮影したX線画像に端を発しています。骨と指輪がはっきりと見えている、生きている人の内部を撮った写真は、これまで誰も見たことがないものでした。医療に応用可能な、強力な道具が発明されたことは明白な事実でした。

レントゲンが、特許によって発見を保護する、または商業的に活用するという申し出を断ったことは注目に値します。よくいわれるように、レントゲンは「自分の研究成果や発見は一般市民のものであり、特許、ライセンス契約などのために単一の企業に確保されるべきではない」と考えていました。これにより、X線が発見された直後に広範囲でX線が実用化されることになりました。以来今日に至るまで、X線のない医学は想像することができず、さらに、X線は、他の様々な分野に応用されています。

レントゲンにしてみれば、X線研究は自身が一生の間に注力した様々な研究課題のうちの一つにすぎません。マイケル・ファラデー(一七九一—一八六七)などが必死で証明しようとしつつも果たせなかった気体中の光の偏光面におけるスピンの証明に、一八七六年にレントゲンは成功しました。レントゲンはその後、電気力学と熱力学に没頭しましたが、とりわけ結晶の物理学に魅了されました。レントゲンは非常に鋭い観察者であり、極めて注意深い実験家であり、最も慎重な科学者でした。レントゲンの性格はどちらかというといわゆる内向的で、冷静で控えめであるとされています。レントゲンは、その功績に対して与えられた貴族の称号を受け入れることを拒

否し、一九〇一年に物理学で授与された最初のノーベル賞の賞金の一部をヴュルツブルク大学に寄付しました。しかし、レントゲンが時として評されていたように、現実離れた科学者であった可能性は極めて低く、さもなければ、一八九三年にヴュルツブルク大学の学長に選ばれることはなかったことでしょう。

レントゲンとX線の発見の事例は、科学の先駆的な革新は前もって計画することはできないことを意味していますが、一方で、単にそれらを偶然に帰すことも誤りです。レントゲンは才能豊かな物理学者であり、自分の関心があることを追求する自由をもち、最新の問題に対処するだけでなく、近代的機器を扱う機会に恵まれていました。とりわけ、レントゲンには、意図せずに好奇心に駆られて自分の考えを探求する遊びと時間があり、さらには確かな本能と、小さな、けれども不可欠な運もありました。彼の発見は少なからずそれらの結果でもあったのです。まさに、英語でいう「セレニディピティ」という美しい言葉にふさわしいものでした。

今日でも健全な科学には自由とその権利が必要だという、この点について、私は現代への架け橋を作りたいと考えます。残念なことに、特に若い科学者は、結果を生産し成果を出せという高まる期待に直面しており、プレッシャーにさらされています。しかし、人智は事前に決められた計画に従って製造される製品ではありません。おそらく、人智とは、問題自体への意図しない興味、

子供のようなある種の好奇心によって勝ち取られるものであり、我を忘れるような遊びともいえるものと私は信じております。フリードリヒ・フォン・シラー(一七五九—一八〇五)は、人は「彼が遊ぶ時においてのみ完全に人間である」と言っていますが、これは科学者にも当てはまることでしょう。レントゲンが模範的な方法で取り組んだ高い科学的精神も同様の役割を果たしています。自分の関心を追求する自由と、自分の仕事へ高い基準を課する自由という二つの次元は、そのみかけよりもはるかに密接に関連しているのではないのでしょうか。

なお、ドイツ物理学会は、科学祭二〇二〇「物理学のハイライト」の主題を「レントゲンについて」にしております。ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク(ヴュルツブルク大学)と連邦教育研究省とともに、九月に数万人がヴュルツブルクを訪れることを期待しております。私たちは、科学祭の来訪者がヴァイルヘルム・コンラート・レントゲンという人物とその研究の影響について知ること、科学の知的喜びと物理研究の冒険に加わるようになることを願っております。この願いは本書の読者の皆様に対しても同様です。

ドイツ物理学会長

ダイーター・メシエデ

一八九五年一月、ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク（ヴュルツブルク大学）の教授であったヴェルヘルム・コンラート・レントゲン博士はX線を発見しました。この発見から百二十五年を迎えることを記念して、このたび、ヴュルツブルク大学所蔵のX線発見に関わる貴重な学術資料や写真が、東京大学総合研究博物館のインターメディアテックにおいて展示されることは、レントゲン博士の足跡やX線発見の科学史に対する我が国の理解を深化させるものであり、大変意義深いことです。いうまでもなくレントゲン博士は第一ノーベル物理学賞の受賞者としても著名であります。

欧州でもきわめて古い大学の一つであるヴュルツブルク大学と、我が国でも最も伝統ある東京大学の学術的關係は、X線が発見された翌年に始まりました。一八九六年、X線発見の報告が日本にもたらされました。帝国大学理科大学と第一高等学校は、この報告に基づきそれぞれ実験を早速開始し、わずか数か月以内にX線発生を観測の再現に成功しました。これは、当時のドイツの科学技術の先進性のみならず、明治維新から二十年も経っていない我が国において、実験物理学の研究レベルが一定以上であったことを示すものであります。いうまでもなく、X線の発見は、二十世紀初頭から本格的に始まった量子力学の体系化や放射線科学の源泉となりました。今や、X線の科学は、医療技術において不可欠であるのみならず、電磁波の最短波長領域として物質解析やセキュリティ技術、あるいは集積エレクトロニクス技術など、さまざまな応用への展開をもたらしています。

約二年前に筆者は、三十年来の友人であり共同研究者でもある物理学者のヴュルツブルク大学のアルフレッド・フォルヘル博士を訪ねる機会をもちました。ロマンチック街道の北の起点であるヴュルツブルクの特産品であるフランケンワインを二人で楽しみながら話が弾んでいたとき、X線の発見百二十五年が話題に上り、フォルヘル学長から東京大学における展示について提案がなされました。帰国後早速相談を開始したところ、同じ物理学者でもある五神真総長の賛同をいただくことができました。その後、東京大学の関係各位、特に、インターメディアテックの西野嘉章館長をはじめとする総合研究博物館の方々のご尽力により準備が順調に進み、今回の記念すべき展示が実現の運びとなりました。

本展示により、来訪者の皆様は、科学史上最も偉大な発見の一つであるX線発見の歴史とレントゲン博士の人物像に思いを馳せるとともに、今日の物理学、工学、生物学、医学などの目覚ましい進展にX線がいかに貢献したかというのをあらためて認識していただくことを期待したいと思います。また、東京大学とヴュルツブルク大学の学術交流が今後さらに発展することを祈念いたします。

東京大学名誉教授／  
東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構特任教授  
荒川泰彦

目次

巻頭辞

アルフレッド・フォルヘル ..... 008

五神真 ..... 009

いあいざつ

西野嘉章 ..... 010

ディーター・メシエデ ..... 012

荒川泰彦 ..... 014

図版解説 ..... 017

東京大学とヴュルツブルク大学の関わり 荒川泰彦 ..... 129

レントゲンとX線がもたらしたもの 松崎浩之 ..... 130

エックス放散線我國傳來之顛末 森洋久 ..... 133

参考文献抄録 ..... 139



## 図 版 解 説

### Catalogue raisonné

## 凡 例

- 一、図版解説はアルフレッド・フォルヒエル・マールカス・ホルツ・フレミング・シヨック・ステファン・ツイン・マーマン・マライル・マンスキーが執筆した。
- 一、同解説は、展覧会図録『レントゲン・線百年』（ヴュルツブルク大学、一九九五年）および『特集レントゲンの百年』（ヴュルツブルク、一九九五年）をおもな参考文献とする。
- 一、同和訳は森洋久が担当した。
- 一、記載は、タイトル／作者／年代／素材／サイズ（ミリメートル表記）／所蔵先の順とした。
- 一、図録にのみ掲載した作品には、作品名に「+」を付した。
- 一、複製された作品には、作品名に「+」を付した。

### About the Plates and Articles

- The plate descriptions were written by Alfred Forchel, Marcus Holtz, Flemming Schock, Stephan Zimmermann, and Mareile Mansky.
- The descriptions were based on the following two books:  
University of Würzburg, *Blick. Sonderheft 100 Jahre Röntgenstrahlen 1895–1995* (Würzburg, 1995).  
University of Würzburg, *Blick. 100 Jahre Röntgenstrahlen* (Würzburg, 1995).
- Key information on works is given in the following order: title or subject of the work / author or artist's name / date / medium / size (mm) / collection.
- In the articles and descriptions, Japanese names are rendered surname first and given name second.
- The works that are not shown at the exhibition venue are marked by an asterisk.
- Reproductions are marked by a plus sign.

## 第一章

### ヴィルヘルム・コンラート・レントゲンの生涯

#### SECTION 1

#### A Biography of Wilhelm Conrad Röntgen



1 \*

#### Röntgen's birthplace, the home of the Röntgen family in Lennep

Date unknown / Photograph / German Röntgen Museum, Remscheid

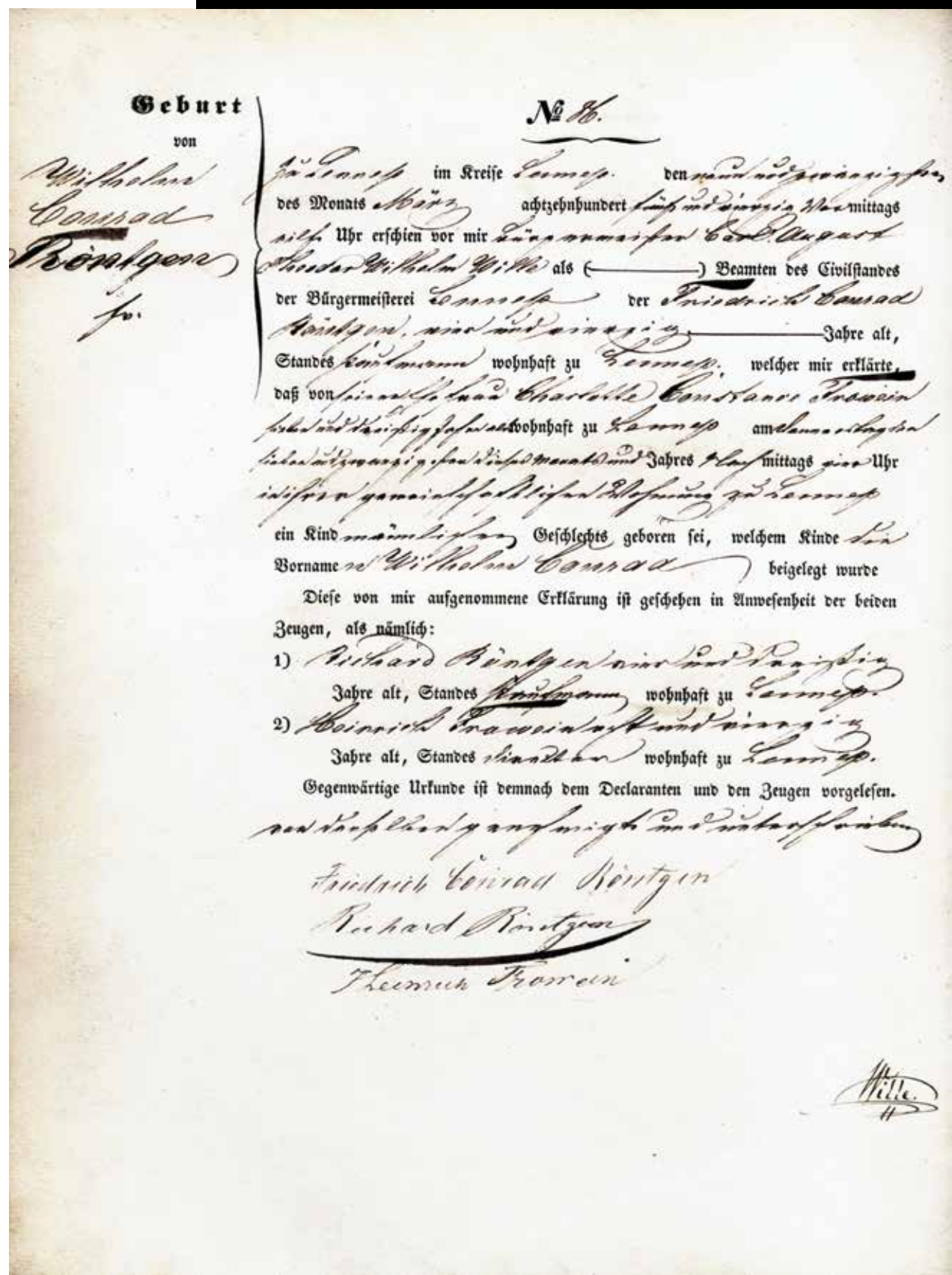
Wilhelm Conrad Röntgen was born on March 27, 1845 in Lennep, a small town in North Rhine-Westphalia, Germany. His father, Friedrich Conrad Röntgen, was a cloth merchant from a local family. Röntgen's mother, Charlotte Constance, also came from a Lennep Family, but had family ties to the Netherlands. In 1849, the family moved to Apeldoorn in the Netherlands, where Röntgen spent most of his childhood. His parents renounced their German citizenship, along with their son's, in order to naturalize as Dutch citizens.

#### 1 \* レンネップにあるレントゲンの生家

年代未詳 / 写真 / ドイツレントゲン博物館 (レムシャイト)

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲンは、一八四五年三月二十七日にドイツのノルトライン＝ウエストファールンの小都市レンネップに生まれた。父親のフレデリック・コンラート・レントゲンは地元で織物を扱う商人だった。母親のシャルロッテ・コンスタンスも同じくレンネップの出身で、家族には代々オランダとの関係があった。一八四九年、一家はオランダのアペルドールンへ引っ越し、レントゲンは幼少期のほとんどをそこで過ごすことになる。両親は、オランダ市民として帰化するために、自分たちと息子のドイツの市民権を放棄した。





2+  
 ヴィルヘルム・コンラート・レントゲンの出生証明書

カール・オーギュスト・テオドール・ヴィルヘルム・ヴィリー  
 一八四五年三月二十九日／紙にインク／約横二一〇×縦二九六／  
 レムシャイト市立文書館

レントゲンの出生証明書には次のように書かれている。

第八六

一八四五年三月二十九日午前二時、レネップ郡レネップにて、レネップ市職員たる市長カール・オーギュスト・テオドール・ヴィルヘルム・ヴィリーのもとに、レネップ在住の商人、フレデリック・コンラート・レントゲン、四十四歳が出頭し、妻であり長年レネップに住んでいるシャルロット・コンスタンス・フロワイン、三十七歳が、今月二十七日木曜日午後四時、夫妻の共同住居において男の子を産んだと述べた。子どものファーストネームはヴィルヘルム・コンラートと名付けられた。

私が記録する本宣言は、以下の立会人の面前で発行された。

- 一 リヒャルト・レントゲン、三十四歳、レネップ在住の商人
- 二 ハインリヒ・フロワイン、四十八歳、レネップ在住の長官

以上により本証明書は、宣言者および立会人の前で読みあげられ、同人らにより承認および署名された。

フレデリック・コンラート・レントゲン、リヒャルト・レントゲン、ハインリヒ・フロワイン  
 ヴィレ

2+  
 Birth certificate of Wilhelm Conrad Röntgen

Carl August Theodor Wilhelm Wille / March 29, 1845 / Ink on paper / W210 x L296 / City Archives of Remscheid

The birth certificate states:

No. 86  
 In Lennep, in the district of Lennep, on the twenty-ninth of the month March, eighteen hundred and forty-five, in the morning at eleven o'clock, appeared before me, Mayor Carl August Theodor Wilhelm Wille, as civil servant of the city hall Lennep, Friedrich Conrad Röntgen, forty-four years old, a merchant residing in Lennep, explaining to me that his wife, Charlotte Constanze Frowein, thirty-seven years old and residing in Lennep, bore him on Thursday the twenty-seventh of this month and year in the afternoon at four o'clock in their jointly shared lodgings, a child of the male gender, to whom the first names of Wilhelm Conrad were given. This declaration, recorded by me, was issued in the presence of both witnesses, namely:  
 1) Richard Röntgen, thirty-four years old, merchant residing in Lennep  
 2) Heinrich Frowein forty-eight years old, director residing in Lennep  
 The present certificate was accordingly read to the declarant and witnesses, approved, and signed by the same.  
 Friedrich Conrad Röntgen, Richard Röntgen, Heinrich Frowein  
 Wille

3+  
ユトレヒトでのレントゲンと両親  
(シャルロッテ・コンスタンス、フレデリック・コンラート)

一八六〇年頃／写真（金属フレーム入り）、第二次世界大戦にて損傷／  
横一七〇×縦二一〇／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

4\*  
十七歳頃のレントゲン

一八六二年頃／写真／ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）

レントゲンは、アペルドールンでは当然オランダ語を話しており、そのアクセントはドイツ語の中にも残ることとなった。母が亡くなる一八八〇年まで両親との会話にはオランダ語を用いていた。



3+  
**Röntgen with his parents, Charlotte Constance and Friedrich Conrad, Utrecht**

ca. 1860 / Photograph in metal frame, damaged in World War II / W170 × L210 /  
University Archives Würzburg

4\*  
**Röntgen about seventeen years old**

ca. 1862 / Photograph / German Röntgen Museum, Remscheid

In Apeldoorn, Röntgen spoke Dutch, of course, and some accent remained when he spoke German, since Dutch was the language he spoke with his parents until his mother's death in 1880.





5\*

### Eidgenössisches Polytechnikum in Zurich

ca. 1877 / Wood engraving / Central Library Zurich

Röntgen attended various schools in Apeldoorn. At the age of seventeen, he was sent to live with the Gunning family in Utrecht, where he attended the local technical school. Under the guidance of Jan Willem Gunning, professor of chemistry at the University of Utrecht, Röntgen was introduced to natural science. Unfortunately, the initial prospects of a scientific career for Röntgen seemed dismal. No Latin and Greek courses were offered at the school—both subjects required for enrolling in

5\*

### チューリッヒのポリテクニクム

一八七七年頃／木版画／チューリッヒ中央図書館

レントゲンは、アペルドールンでさまざまな学校に通った。十七歳のとき、ユトレヒトのガニング家に寄宿して現地の技術学校に進学する。そこで、ユトレヒト大学の化学教授ジャン・ヴィレム・ガニングの指導のもと、自然科学の手ほどきを受けた。しかし残念なことに、レントゲンの科学者としての最初の目論見は散々な結果に終わったようだ。この学校には、ユトレヒト大学やドイツの大学への進学に必要なラテン語とギリシャ語の授業がなかった。また、レントゲンはこの学校を最終試験の前に退学してしまった。チョークで描かれた教師の姿の落書きがみつかったとき、レントゲンはその場にいたが、誰が描いたのかを明らかにしなかったために、学校から追放されたのではないかと言われている。しかし、描いたのは別の生徒だったようである。いずれにしろ、この出来事によりレントゲンは一九六三年にこの学校を去る。

スイス連邦ポリテクニクム（現在のスイス連邦工科大学チューリッヒ校、ETH）では、適切な学歴のない生徒でも試験なしで入学できるという話を、レントゲンはある学友から知る。通常は入学試験が必要だが、レントゲンはユトレヒトの技術学校で非常に優秀な成績を取っていたので、彼に対しては入学試験の条件が免除された。こうしてレントゲンは、機械工学、現在の応用数学に相当する分野での大学レベルの教育をスイスで受けることになる。

studies at Utrecht University as well as at German Universities. In addition, Röntgen left the school prematurely, before the final exams. It is said that he was expelled from the school because he did not give information on the origin of a chalk caricature of one of the teachers, which was found with him, but supposedly was drawn by one of the classmates. In any case, the affair ended with Röntgen leaving school in 1863.

Through a school friend, Röntgen learned that the Swiss Eidgenössisches Polytechnikum in Zurich (today, Eidgenössische Technische Hochschule Zurich) would accept students who had not completed their school education, though usually an entrance examination was required in order to enroll. Röntgen had such good grades at the technical school in Utrecht that this condition was waived for him. As such, Röntgen started his university education in Switzerland in the field of mechanical engineering, corresponding to what is now applied mathematics.



6\*  
チューリッヒでの学生時代のレントゲン

一八六八年七月一七日／写真／ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）

7+  
レントゲンと同級生たち

一八六〇年代／写真、第二次世界大戦にて損傷／横二二五×縦二六〇／  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

レントゲンは一八六五年の秋から学生生活を開始した。彼は選択科目の中からフリードリヒ・テオドル・フィッシャー（一八六二―一九三八）の美学の講義を選択している。フィッシャーは卓越した教師であった。テュービンゲン大学の教授だったが、民主化運動に共鳴していることを率直に表明していたため大学から二年間の停職処分を受けている。この運動はやがて一八四八年革命へとつながる。  
レントゲンが大学のクラスメイトたちと撮った数多くの写真が残されている。

6\*  
Röntgen as student in Zurich

July 17, 1868 / Photograph / German Röntgen Museum, Remscheid

7+  
Röntgen with fellow students

1860s / Photograph, damaged in World War II / W215 × L260 / University Archives Würzburg

Röntgen started his studies in the autumn of 1865. Among his elective courses, he chose lectures on aesthetics by Friedrich Theodor Vischer (1862–1938). An exceptional academic teacher, Vischer was previously a professor at Tübingen University, where he had been suspended for two years due to his outspoken sympathy for the democratic movements that led up to the 1848 revolutions in Germany.

There are a number of photographs showing Röntgen together with his classmates at university.





8\*  
同級生のグループに混じるレントゲン（写真左）

年代未詳／写真／ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）

9\*  
レントゲンの卒業証書

ポリテクニクム（チューリッヒ）／一八六八年八月六日／紙に印刷／レントゲン記念館



8\*

Röntgen (on the left) with his circle of fellow students

Date unknown / Photograph / German Röntgen Museum, Remscheid

9\*

Röntgen's diploma certificate

Eidgenössisches Polytechnikum Zurich / August 6, 1868 / Print on paper / Röntgen Memorial Site

10\*  
チューリッヒ大学哲学科に「気体に関する研究」として  
提出されたレントゲンの博士号証明書

チューリッヒ大学 / 一八六九年六月二二日 / 紙に印刷 / チューリッヒ大学アーカイブズ

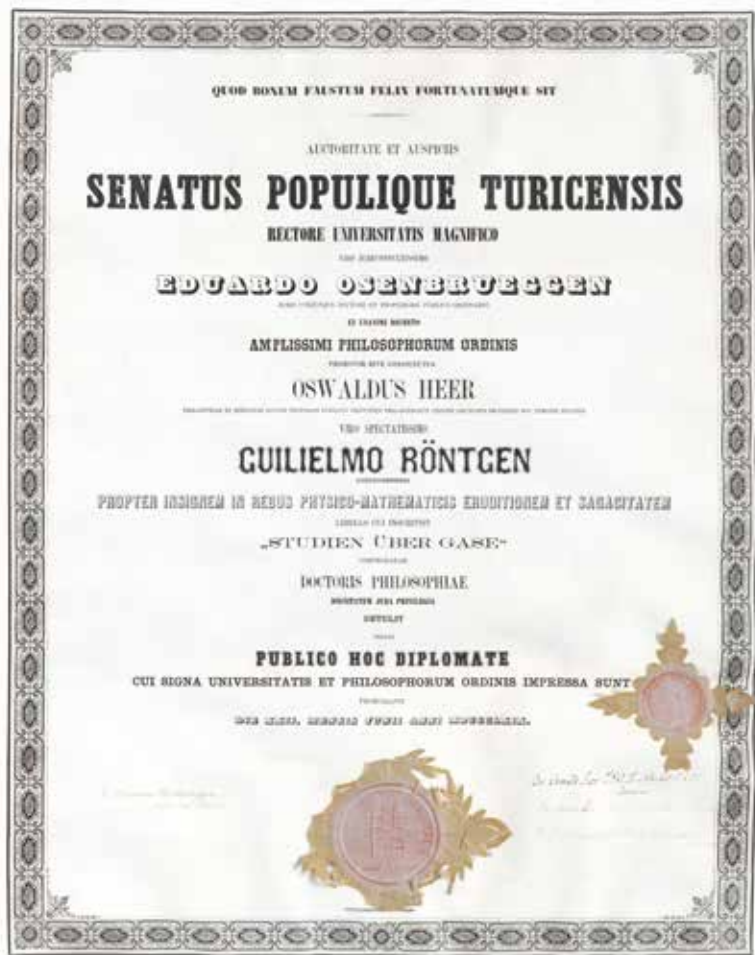
レントゲンは野心的な学生だった。学生は毎年、成績を評価されるが、連邦ポリテクニクムの一年次ですでに平均以上の成績を取っている。クラスで最も成績の良い二人のうちの一人として大学を修了した。最後の成績表の評価は優秀で、得点は五・八ポイント（六が最高、一が最低の得点）だった。

スイス教育局の一八六八年八月六日の決定により、レントゲンは、二十三歳でチューリッヒのポリテクニクムから機械工学士としての学位を取得した。学位を取得した科目は、高等数学、画法幾何学、化学技術、冶金学、土木建築、技術数学、解析数学、理論機械工学、機械工学、物理機械技術である。

同年、一八六七年にヴェルツブルクに移ったルドルフ・クラウジウス（一八二二―一八八八）の後任に、アウグスト・クント（一八三九―一八九四）が任命される。クントはレントゲンにとって物理学の師であった。

ポリテクニクムは博士号を授与していなかったが、同じ建物の中にあるチューリッヒ大学ではそれが可能であった。博士号の志望者はチューリッヒ大学に学んでいる必要はなく、独立した学術論文を書けば資格が与えられた。レントゲンは、気体の体積と温度の物理的關係に関する理論的テーマを選択した。一八六九年の初夏、博士号取得における、レントゲンの論文の適格性に関する二つの審査結果が提出された。一つはチューリッヒ大学の物理学教授、アルベルト・モーション（一八〇五―一八九〇）によるもので、報告書の最後には次のように書かれていた。

この小論文の内容に関する発表に続き、マリオット・ゲイルサックの法則に関する新たな公式という主たる観点は適切に証明されているとは言えないが、これは、彼が主に一人で行った、理論的に重要な最終結果をもつ科学的に執筆された論文であると言える。いずれにしろ、提出された論文にはその主題に関する徹底した知識が含まれ、独立した研究を行える能力は十二分に証明されている。よって、



W・レントゲン氏の論文は、学位を取得する科学的に十分な根拠として認められると申し述べる。

10\*

Röntgen's certificate for his doctorate, awarded for a "study on gases" submitted to the Faculty of Philosophy at the University of Zurich

The University of Zurich / June 22, 1869 / Print on paper / University Archives Zurich

Röntgen was an ambitious student. In the first year at the polytechnic school, where students were graded annually, he already received above-average marks. He finished his studies with two of the best grades in his class. His last report card was excellent, resulting in a mark of 5.8 (6 is the highest and 1 the lowest mark).

With the decision of the Swiss Education Authority of August 6, 1868, Röntgen obtained his diploma as a mechanical engineer from the polytechnical school of Zurich at the age of twenty-three. His diploma subjects were: higher mathematics, descriptive geometry, chemical technology, metallurgy, civil building, technical mathematics, analytical math, theoretical mechanical

engineering, mechanical engineering, and mechanical technology of physics.

In the same year, August Kundt (1839–1894) was appointed as successor to Rudolph Clausius (1822–1888), who had moved to Würzburg in 1867. Kundt was regarded by Röntgen as his mentor for physics.

The polytechnical school could not award doctoral degrees, but the University of Zurich, situated in the same building, was qualified to do so. It was not required that the candidates study at the university; they only had to submit an independent scientific paper. Röntgen chose a theoretical topic on the physical relations between the volume and temperature of a gas. Two reviews were obtained regarding the suitability of Röntgen's paper submitted at the beginning of the summer of 1869 for a doctoral degree. One review was from Albert Mousson (1805–1890), a professor of physics at the University of Zurich. At the end of his assessment, he wrote: "Following this presentation of the contents of the little paper, the same can be described as a mainly independent, scientifically executed paper with theoretically important final results, even though the main point, a new formulation of the Mariotte-Gay-Lussac Law, cannot be considered as adequately proven. In all events, the submitted paper contains more than enough proof of thorough knowledge of the subject and ability to conduct independent research. Thus, my petition is that Mr. W. Röntgen's paper be acknowledged as a fully sufficient basis for obtaining a degree."



## SECTION 2

## Röntgen's Career in Science

## 11 ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルクの旧校舎

ユリウス・フォン・ライポルト／一六〇三年／銅版画（ガラス・木製フレーム入り）／  
横三八五×縦三五五／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルクの旧校舎は一五八一年から一五九一年に建造された。クント（とレントゲン）の実験室は、二人が一八七〇年にヴュルツブルクに来た後、この建物内にあった。

ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルクには、物理学の長い伝統がある。一六二八年、イエズス会の著名な博学者アタナシウス・キルヒヤー（一六〇一―一六八〇）が、ヴュルツブルクにおいて、現在では物理学に関連しているとみなされているさまざまな問題や概念に取り組みはじめた。キルヒヤーは卓越したゼネラリストで「あらゆることを知っている最後の人間」と呼ばれている。当時、物理学はもっぱら仮説的なものとされていたが、彼の研究が礎となり、一七四九年、ヴュルツブルクに実験物理学の大学教授職が設置された。

教授職は旧校舎内に設けられ、レントゲンはそこで、クント教授の助手として一八七〇年の春から研究を開始する。

残念なことに、ヴュルツブルク大学で講師として授業を行うための規則では、高校の卒業試験（アビトゥーア）に合格していることが必須とされていた。レントゲンはこの試験に合格していなかった。しかし幸運なことに、クントは一八七二年に、彼を伴ってストラスブールへ移る。ストラスブールには上記のような規則はなかったため、レントゲンはここで、一八七四年に講師としての資格を取得した。



11  
The old university building of Julius-Maximilians-University Würzburg

Julius von Leybold / 1603 / Copperplate engraving in glass and wooden frame / W385 × L355 /  
University Archives Würzburg

The old university building of Julius-Maximilians-University Würzburg, built between 1581 and 1591. In this building, Kundt's (and Röntgen's) laboratories were located after their move to Würzburg in 1870.

Physics has quite a long tradition at Julius-Maximilians-University Würzburg. In 1628, the famed Jesuit polymath Athanasius Kircher had started addressing questions and ideas in Würzburg that would nowadays be understood as relating to physics. Kircher was such a remarkable generalist that he has been called “the last man who knew everything.” It was his research that provided a foundation for the establishment of the academic chair for experimental physics in Würzburg in 1749, despite the primarily hypothetical nature of physics at the time. The chair was located in the old university building, where Röntgen started his work as assistant of Professor Kundt in the spring of 1870.

Unfortunately, rules for obtaining the right to teach as a docent at the University of Würzburg required successfully passing the high school termination exam (*Abitur*), which Röntgen had not obtained. It was therefore fortunate for Röntgen that Kundt moved together with him to Strasbourg in 1872, as such rules did not exist in Strasbourg. Here Röntgen obtained his lecturer qualification in 1874.

## 12\* レントゲン就任の年に建造されたギーセン大学新校舎

一八七九年頃／写真／ギーセン大学図書館

一八七五年、レントゲンは、科学における独立した最初のキャリアに臨む。ホーエンハイム（シュツットガルト近郊）にある農業大学の、物理学教授のポストを承諾したのだ。ここは非常に小さな大学で、当時、教授は十二人、学生は約百人ほどだった。この大学では、物理学は農業科学を補助科目としてのみ必要とされていたため、レントゲンは数か月後にはストラスプールに戻ると決めていた。一八七六年、彼はここで物理学の教授になる。

一八七六年から一八七九年にかけて、レントゲンはクントと共同で、光の平面偏光は磁場または電場によって屈折するという、ファラデー効果およびカー効果の研究に取り組んだ。さらに気圧計といった洗練された測定システムも製作した。

クントとレントゲンの協力関係は一八七九年に終了する。レントゲンが、ギーセンの大学で物理学を教えるため、ストラスプールを去ったのだ。

ギーセンで、レントゲンは、年五千マルクの報酬に加えてステューデント・フィー（学生費用）を受けとった。物理学の授業には医学部の学生が大勢出席していたため、同費用の合計金額は年間報酬にほぼ匹敵していた。各学生には科目記録があり、学期の最初と最後に教授がそれに署名することで、講義に出席したことの証明となった。一八八〇年にルードヴィヒ通りに新しい校舎が完成したことで、ギーセンにおけるレントゲンの空間的な労働環境が向上する。彼はそこで、講義室と研究室を使用することができた。五つの実験室は、合計すると約一一〇平方メートルの広さだった。

ギーセンにいた一八八〇年から一八八一年の間、レントゲンは気体の光音響効果の研究に取り組んだ。気体に変調光を入射することで、音響波を生成することができた。この実験の一部は、固体の光音響現象を研究したアレクサンダー・グラハム・ベル（一八四七―一九三〇）の実験に引き継がれた。これらの実験は、光音響分光学の基盤をつくり、それによって気体の分子構成の分析が可能となった。その後、イェナ大学（一八八六年）とユトレヒト大学（一八八八年）から就任を依頼されるが、レントゲンはこれらを断った。

一八八九年、レントゲンは、ジェームズ・クラーク・マクスウェル（一八三二―一八七九）が自身の電気力学理論（マクスウェル方程式）の一環として予測した、



変位電流の存在を証明し、この実験は彼を一躍有名にした。

12\*

### The new main building of Giessen University, built in the year Röntgen took up an appointment there

ca. 1879 / Photograph / hr1157i, University and Library Archives Giessen University

In 1875, Röntgen made his first attempt regarding an independent career in science. He accepted a position as professor for physics at the Academy of Agriculture and Forestry in Hohenheim (near Stuttgart). This was a very small university, consisting of twelve professors and about a hundred students at that time. However, as physics was required there only as a supporting subject of agricultural science, Röntgen decided already some months later to return to Strasbourg. Here he became a physics professor in 1876.

Between 1876 and 1879, Röntgen worked with Kundt on the Faraday effect and the Kerr effect, where the plane of polarization of light is rotated by, respectively, a magnetic or electric field. He also constructed sophisticated measurement systems such as a barometer. The collaboration between Kundt and Röntgen came to an end in 1879 when Röntgen left Strasbourg to take up a

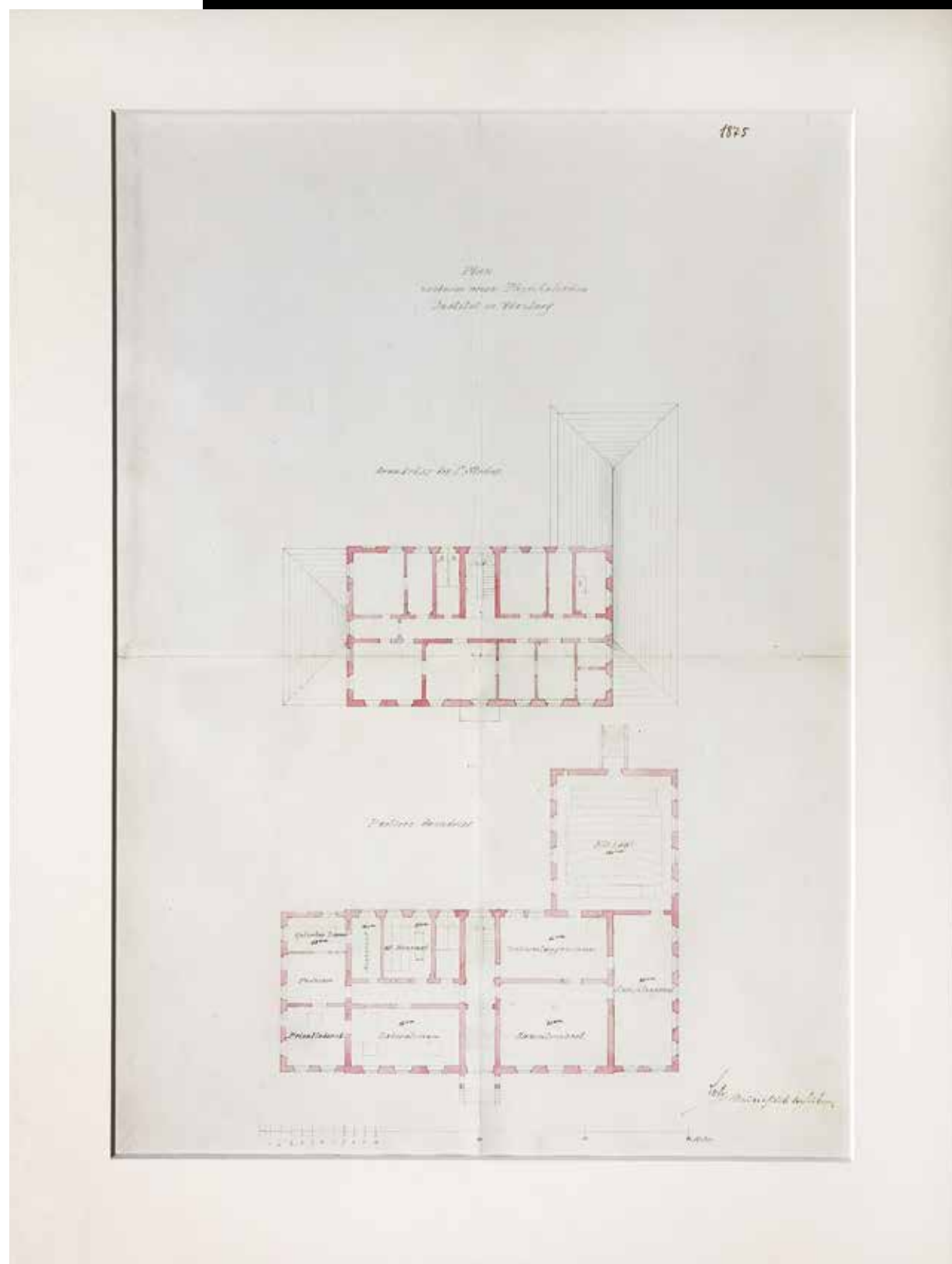
chair in physics at the university in Giessen.

In Giessen, Röntgen received a salary of 5,000 marks per year in addition to the student fees he collected. Primarily due to the large number of medical students participating in physics courses, the total income from attendance fees approximately equaled his salary. Each student had a course register, which the professors signed at the beginning and end of every lecture cycle as a proof of participation. Röntgen's working conditions at Giessen in terms of space improved with the completion of the new university building on Ludwig Street in 1880. There he could now use the lecture hall and laboratories. The five laboratory rooms measured together about 110 square meters (about 1,184 square feet).

During his time in Giessen, Röntgen investigated the optoacoustic effect in gases. By shining modulated light on gas, he was able to generate acoustic waves. Part of these experiments followed experiments by Alexander Bell (1847–1922), who investigated optoacoustic phenomena in solids. These experiments formed the basis for photoacoustic spectroscopy, by which the molecular composition of gases can be analyzed. As the years went on, Röntgen refused offers of positions at the universities of Jena (1886) and Utrecht (1888).

In 1888, Röntgen proved the existence of the displacement current predicted by James C. Maxwell (1831–1879) as part of his electrodynamical theory (Maxwell's equations). This experiment made him immediately famous.





### 13 物理学研究所の平面図

フリードリッヒ・コールラウシュ／一八七五年／紙、台紙貼付、フレーム／  
横三五〇×縦五〇〇／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

上 最上階。教授の住居。  
中 一階。X線が発見された実験室(8)。教授の事務室(7)。講義室(1-4)。  
下 地下にある作業場、洗濯設備、石炭貯蔵庫。  
校舎はこの図面に基づいて建築され、一八七九年に開設された。

一八八八年、レントゲンはユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルクからの依頼に応じるためギーゼンを離れる。ここでレントゲンは、物理学の教授であり物理学研究所長であったフリードリッヒ・コールラウシュ(一八四〇―一九〇)の後継となった。コールラウシュは優れた実験主義者であり、レントゲンにとって最も重要だったことには、彼がヴュルツブルクのプライヒャーヴァルにある物理学研究所向けに、最先端の校舎を建築することを計画していたことだった。この校舎には、高精度の測定を可能にするために、振動や電場の影響を最小限に抑える特殊な構造が採用されていた。また、講義や実験、補完作業を行う場所や、教授とその家族が住む住居もあった。建物全体は、住居部分も含め、市の水道と下水設備に接続されていた。ガス設備はすでにひかれていたため、コールラウシュは、発電機付きのガスマーターを設置して、独立の電力源を確保することができた。

### 13 Floor plan of the Institute of Physics

Friedrich Kohlrausch / 1875 / Paper, cardboard and frame / W350 × L500 / University Archives Würzburg

Top: top floor professor apartment  
Center: ground floor with X-ray discovery laboratory (8), professor office (7), lecture halls (1-4)  
Bottom: basement with workshops, laundry facilities, and coal cellar  
The building was constructed according to the plans and opened in 1879.

In 1888, Röntgen left Giessen to accept an offer by Julius-Maximilians-University Würzburg. Here Röntgen was succeeding Friedrich Kohlrausch (1840-1910) as physics chair and head of the Institute of Physics. Kohlrausch was a brilliant experimenter and, most importantly for Röntgen, had planned a state-of-the-art building for the Institute of Physics at Pleicherwall in Würzburg, including a special construction to minimize vibrations, the effects of electric fields, and so on in order to permit high-precision measurements. It also incorporated space for teaching, experiments, workshops, and living quarters for the professor and his family. The entire building, including the living quarters, was connected to the city water mains and sewage system. Having already arranged for a gas connection, Kohlrausch was able to install a gas motor with a generator to secure an independent electricity source.



14  
物理学研究所の写真

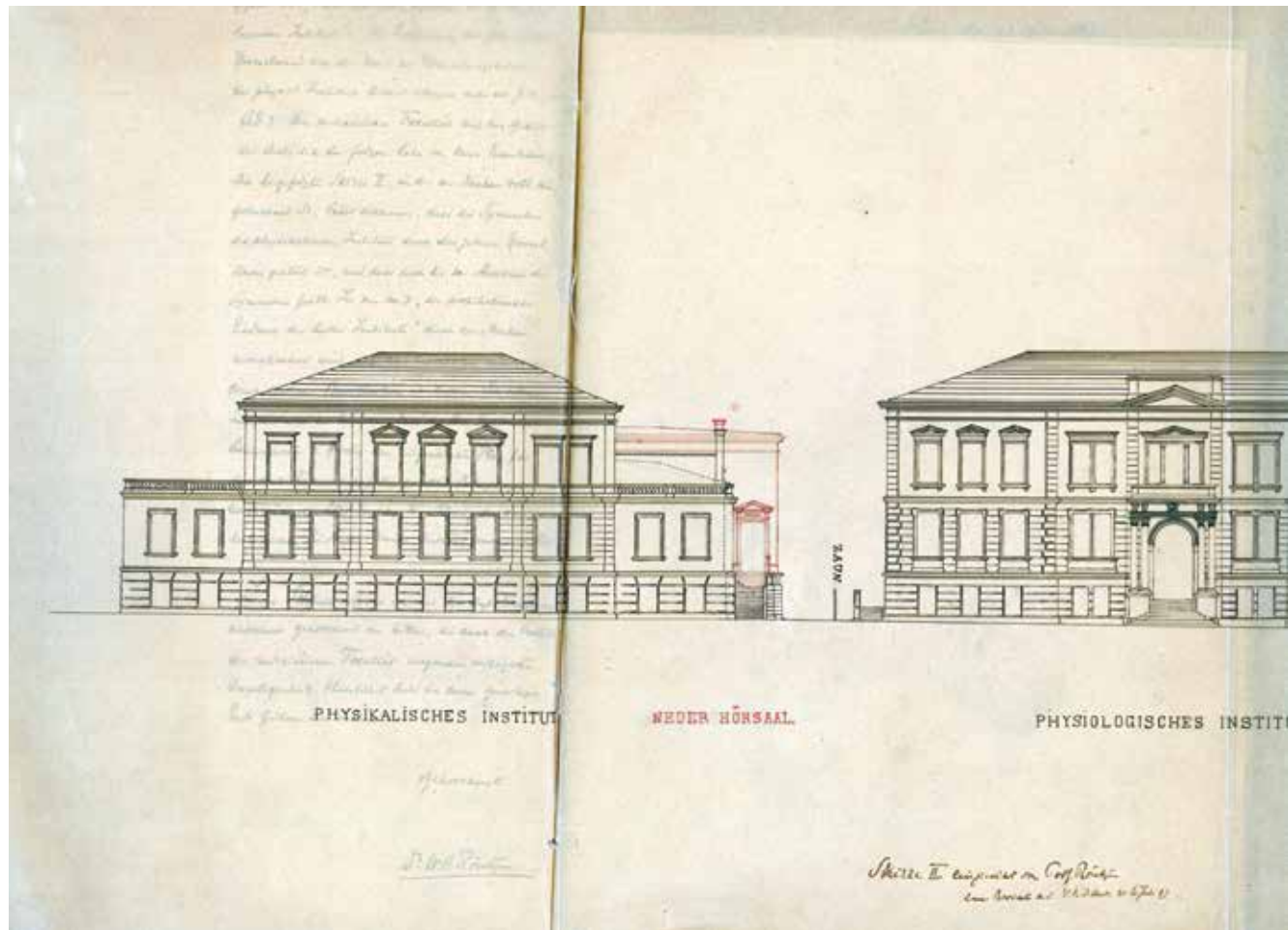
一八八五年頃／写真／ヴェルツブルク大学物理学研究所

この建物は一八七九年二月八日にコルラウシュによって開設された。ちょうど十六年後、建物左の一段高くなった一階の実験室でX線が発見される。

15\*  
正面からみた物理学研究所

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン／一八九七年七月六日／紙に印刷と手書き／横六〇〇×縦三〇五／ヴェルツブルク大学・大学アーカイブズ

図面左の建物の右側にレントゲンの手で新しい講義室が記入されている。レントゲンは、一八八八年からこの校舎で講義と研究を開始し、そして、ここでX線の発見が行われることとなる。前の通りは当時プライヒャーヴァールと呼ばれていたが、レントゲンに敬意を表してのちにレントゲンリングに名称が変更された。



14  
Photograph of the Institute of Physics

ca. 1885 / Photograph / Institute of Physics, University of Würzburg

The building was opened on November 8, 1879, by Kohlrausch, exactly sixteen years before the discovery of X-rays took place in the raised ground floor laboratory of the left wing.

15\*  
Facade of the Institute of Physics

Wilhelm Conrad Röntgen / July 6, 1897 / Print and handwriting on paper / W600 × L305 / ARS 3235, University Archives Würzburg

In this sketch by Röntgen, the facade of the Institute of Physics is represented with the addition of a new lecture hall marked on the left-hand side. Röntgen started to teach and do research in the building in 1888 and it is here that the discovery took place. The street in front, at that time called Pleicherwall, was later renamed to Röntgenring in his honor.

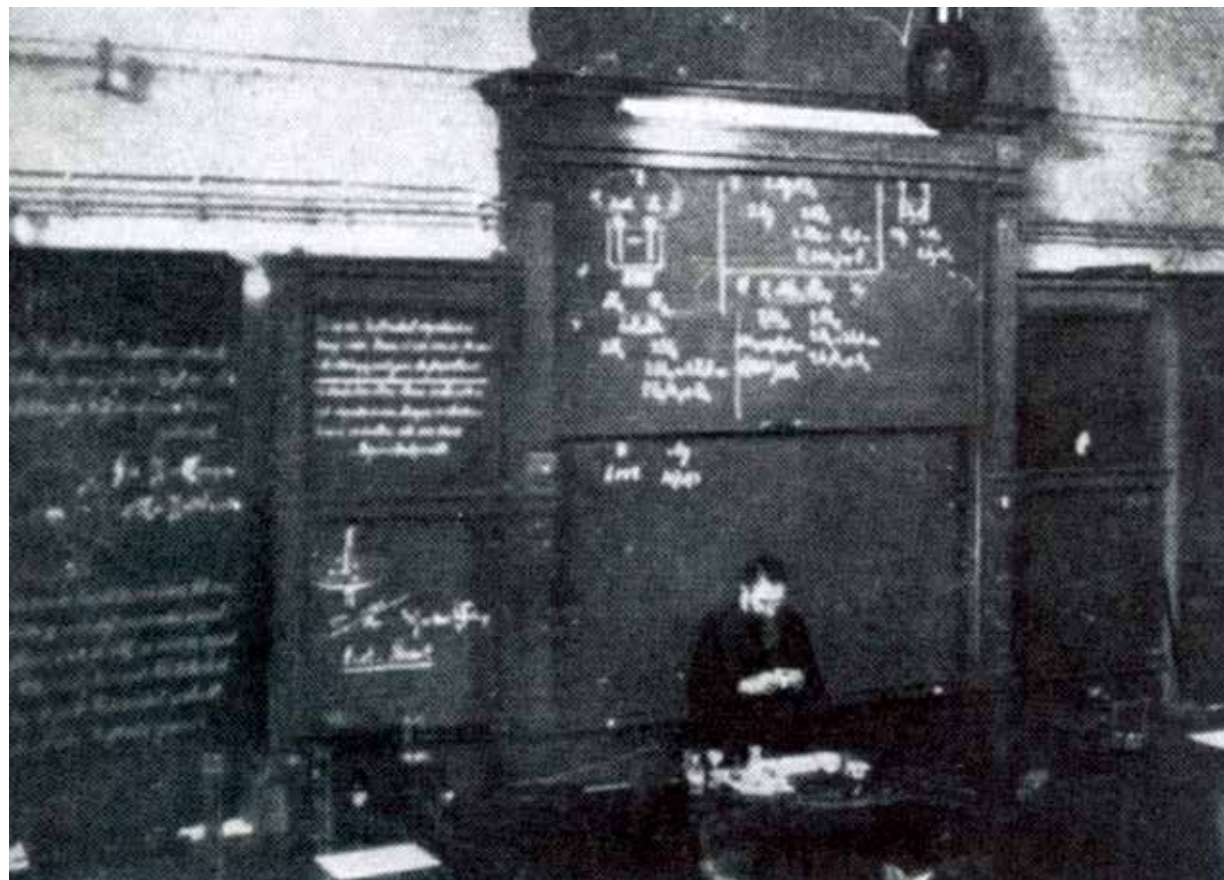
16\*  
ヴュルツブルクの物理学研究所講義室でのレントゲン

一八九〇年代 / 着色写真 / レントゲン記念館

レントゲンはヴュルツブルクでの時間を堪能していた。彼は熱心な教師だった。学生の数が増え続けたため、既存の講義室が拡張された。十九世紀後半、ヴュルツブルクには約六万人が住んでいたが、千五百人以上の学生のうち約二百人が物理学の講義をとっていた。

レントゲンはさまざまな物理定数に対する圧力の影響を引き続き研究した。多くの物質の溶媒としての水の特別な性質、および凍らせたときに容量が増える特性は、多くの物理学者の興味を惹きつけていた。レントゲンもまた、自身の分析を通じてその構造を説明しようと試みた。

他にも彼の興味を惹きつけた物理学の分野があった。物理器具の在庫一覧表をみると、記録からそれらが何年に購入されたかがわかる。一八八九年、レントゲンは、高電圧を生成するために二重静電発電機を七三三マルクで買い求めている。一八九二年には、ヘルツ波を可視化するために使用する装置を二つ入手している。ともに、講義での実演目的に購入されたものとみられている。同年、アウグスト・ラプス（一八六五―一九二〇）が開発した水銀ポンプを三二七マルクで買っている。これを使うと、強力な真空状態を簡単に作る事ができた。この購入は、真空状態におかれた物質への影響の調査という、新たな研究分野にレントゲンが進んでいることを示唆している。



16\*

Röntgen in the lecture hall in the Institute of Physics, Würzburg

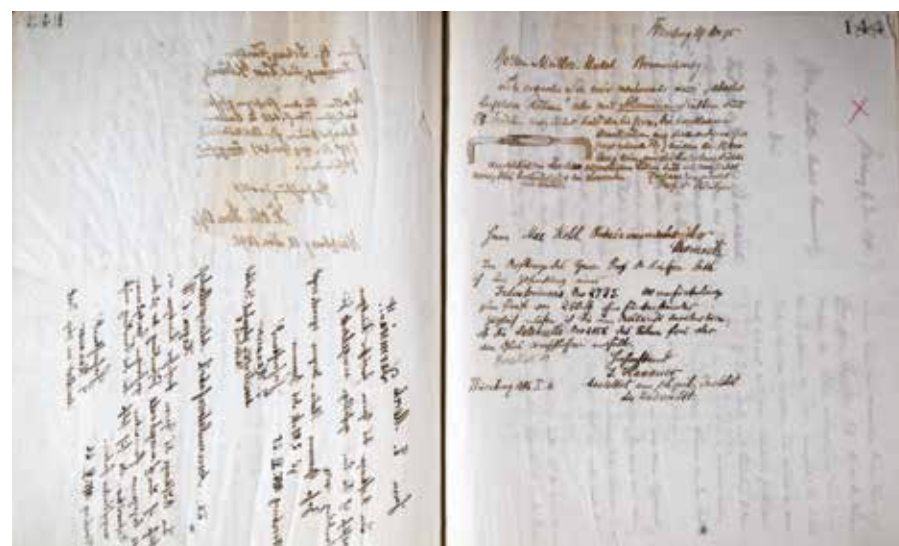
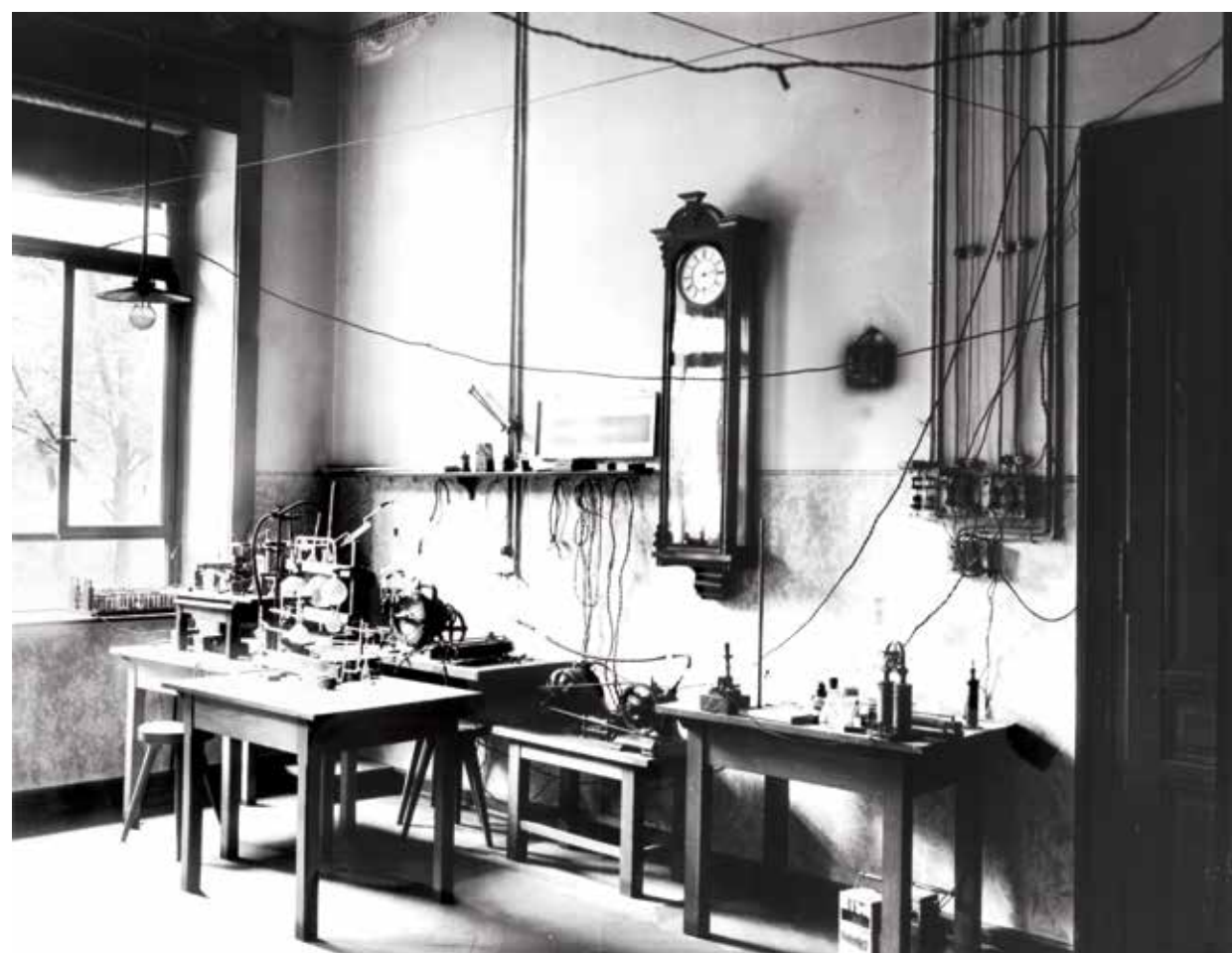
1890s / Colorized photograph / Röntgen Memorial Site

Röntgen enjoyed his time in Würzburg very much. He was a dedicated teacher. Due to the increasing numbers of students, the lecture hall was extended. In the late nineteenth century, Würzburg had approximately 60,000 inhabitants and more than 1,500 students, of whom some 200 attended lectures on physics.

Röntgen continued his research on the influence of pressure on various physical constants. The special place that water has as a solvent of many substances and its peculiar characteristic of increasing in volume when frozen had caught the interest of many physicists. Röntgen also tried to explain its structure with his analyses.

Other fields of physics interested him, too, as revealed by the physical apparatus inventory lists showing the years of purchase. In 1889, Röntgen purchased for 733 marks a double electrostatic generator, or influence machine, for the production of high tensions, and in 1892, bought two instruments for visualizing Hertzian waves, both of which were probably intended for lecture demonstrations. In the same year, a mercury air pump developed by August Raps (1865–1920) was obtained for 327 marks, which had the ability to produce a powerful vacuum. This acquisition indicates his move toward a new field of research investigating the effects on objects under vacuum conditions.





## 17\* ヴュルツブルクにあるレントゲンの実験室

一八九〇年代／写真／レントゲン記念館

## 18 実験室に残された発送郵便物の記録

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン／一八八八―一九〇〇年／手書きノート／  
横四八〇×縦二六〇×厚二五／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

ヴュルツブルクにおける任期の当初、レントゲンは、発送した郵便物の記録を  
几帳面にとっていた。これらは主として、企業や協力者とのやりとりで使用され  
ていた。物理学研究所の器具や装置の注文は、この記録をみれば追跡が可能である。  
X線の発見が行われたころには、企業との活発なやりとりも行われていた。レン  
トゲンは、蓄圧器の配送について不満を述べたり、シアン化第一白金バリウムの  
急ぎの注文を数回にわたって行ったりしている。さらに、自身で設計した特注の  
管について、鉛をできる限り少なくしアルミニウム電極を用いることを主張して、  
至急作成するように要求している。自身の希望を解説するために、発注書に手書  
きの図面も添えている。

## 17\* Röntgen's laboratory in Würzburg

1890s / Photograph / Röntgen Memorial Site

## 18 Röntgen's outgoing mail book at the laboratory

Wilhelm Conrad Röntgen / 1888–1900 / Notebook with handwriting / W480 × L290 × D25 /  
University Archives Würzburg

At the beginning of his term of office in Würzburg, Röntgen created a meticulously kept outgoing mail book. It was mainly used for correspondence with companies and partners; orders for instruments and equipment for the Institute of Physics can be tracked using the entries. In the days of the discovery, there was also lively contact with companies, Röntgen complained about a delivery of accumulators, and he placed several urgent orders for barium platinocyanide. In addition, he requested with extreme urgency several custom-made tubes designed by him personally, insisting that the tubes should contain as little lead as possible and have aluminum electrodes. In order to illustrate his wishes, he added hand-drawn illustrations to the orders.





19 +  
**Portrait of Röntgen as Rector Magnificus of Julius-Maximilians-University Würzburg**

1893–1894 / Photograph, damaged in World War II / W205 × L245 / University Archives Würzburg

As in Giessen, Röntgen served on various academic committees at University of Würzburg. In 1893, he was elected to the university council and signed, among other things, Theodor Boveri's (1862–1915) appointment to a chair in biology. On July 12, 1893, he was elected rector of the university for the period of one year, starting in October. It was a tradition for the rector to open the academic year with a major inaugural speech on the founding day of January 2. Röntgen's speech was about "The History of Physics at University of Würzburg."

19 +  
**ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルク学長時代のレントゲンの肖像写真**

一八九三―一八九四年／写真、第二次世界大戦にて損傷／  
 横二〇五×縦二四五／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

ギーセンにいたときと同様、レントゲンは、ヴュルツブルク大学でもさまざまな大学委員会の委員を務めた。一八九三年には大学審議会の委員に選出され、テオドル・ボヴェリ（一八六二―一九一五）を生物学教授に迎え入れることを承認するなどしている。一八九三年七月二二日、レントゲンは、一〇月から一年間という期限で大学の学長に選出された。学長は、大学が設立された一月二日に、年度の幕開けとして就任演説を行うのがならわしとなっていた。レントゲンは「ヴュルツブルク大学における物理学の歴史」というテーマで講演を行っている。



20  
大講堂（レントゲンは前列右側）

一八九七年／フォトモンタージュ、台紙貼付／  
横六四五×縦五二五／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

レントゲンの学長としての任期は特段の出来事もなく終了する。このモンタージュ写真からは、十九世紀末ごろの学問の伝統や学者の自己像に対する一般的な印象がうかがえる。一八九六年度の学長であるヘルマン・シェル（一八五〇―一九〇六）が中央に立ち、左側に解剖学者のアルベルト・フォン・ケリカー（一八二七―一九〇五）、右側にはレントゲンがいる。学長の後ろには、ローマ教皇と皇帝を象徴して、儀式用の職杖を持つ二人の典礼係が立っている。

20

**Auditorium Maximum (Röntgen standing at the front right hand side)**

1897 / Photomontage, cardboard / W645 × L525 / University Archives Würzburg

Röntgen's term as rector was rather uneventful. This historical photomontage gives a general impression of the academic traditions and the image of the scholar at the end of the nineteenth century. The rector for 1896, Herman Schell (1850–1906), stands in the center; to the left is the anatomist Albert von Kölliker (1817–1905); Röntgen is off to the right. Behind the rector are the two bedels carrying the ceremonial maces symbolizing papal and imperial privileges.



21  
レントゲンのX線管

年代未詳 / 金属、ガラス / 横二一〇×縦二九五×厚一六〇  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

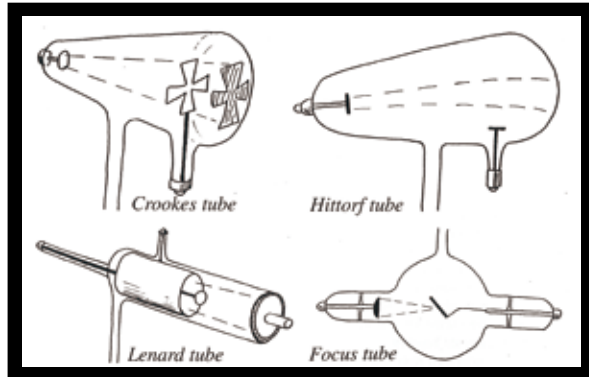
陰極線は二十五年ほど前にすでに発見されていた。レントゲンは、陰極線の生成が可能な真空放電管の発光について調べていた。この実験では、陰極線の影響を観察するために適切な真空管、良質な真空をえるためのポンプ、そして高圧発電機が必要であった。

陰極線が生成される真空放電管には、陽極と陰極にそれぞれ接続された電極があり、内部を真空にすることができる。十分に高い電圧（六〇キロボルト以上）を真空放電管に加えると、管は陽極に接続した電極付近で蛍光を発し始めるが、陰極が

発する放射線の影響で、陽極の影の蛍光パターンができる。陰極が発する放射線の効果で、陽極の影が観察できる。陰極線は、一八六九年にユリウス・ブリュッカー（一八〇一―一八六八）によって発見された。陰極線は、ハインリヒ・ヘルツ（一八五七―一八九四）、ヘルマン・フォン・ヘルムホルツ（一八二一―一八九四）、ヴィリアム・クルックス（一八三二―一九一九）らによって精力的に研究されてきたテーマだった。ヨハン・ヴィルヘルム・ヒットルフ（一八二四―一九一四）は、磁場を用いることで陰極線を偏向できることを発見した。フィリップ・レーナルト（一八六二―一九四七）は、特別に薄い窓によって管の外で陰極線を検知できる真空管を設計した。このような措置がないと、陽極線はごく短距離で停止してしまう。一八九七年、ジョーゼフ・ジョン・トムソン（一八五六―一九四〇）は、陰極線は負に帯電した粒子、すなわち、電子であることを示した。図21は、レントゲンが使用した真空管の写真である。



ヒットルフ管 / レントゲン記念館  
Hitroff tube / Röntgen Memorial Site



様々な真空管の図  
（『特集レントゲンの百年』ヴュルツブルク、1995年、14頁）  
Schemata of different tubes  
（University of Würzburg, *Blick. 100 Jahre Röntgenstrahlen*,  
Würzburg, 1995, p.14）

21  
Röntgen's X-ray tube

Date unknown / Metal, glass / W110 × L295 × D160 / University Archives Würzburg

Röntgen investigated the emission of gas discharge vacuum tubes with which cathode rays could be generated. Cathode rays themselves had been discovered about twenty-five years earlier. The experiments required a suitable vacuum tube, a pump to evacuate the tube and create a strong vacuum, and a high-voltage generator to observe the effects from the cathode rays.

Gas discharge tubes, with which cathode rays are generated, contain electrodes connected to positive and negative voltage and can be evacuated. When a sufficiently high voltage (50kv or more) is applied to an evacuated tube, the tubes start to fluoresce near the electrode connected to the positive voltage (that is, the anode). The fluorescence pattern exhibits shadow effects due to the anode, as would be expected for rays that are emitted by the negative voltage electrode (the cathode). Cathode rays had been discovered in 1869 by Julius Plücker (1801–1868). They were the subject of intense investigations by various scientists including Heinrich Hertz (1857–1894), Hermann von Helmholtz (1821–1894), and Wilhelm Crookes. Johann Wilhelm Hitroff (1824–1914) discovered that cathode rays could be deflected by magnetic fields. Philipp Lenard (1862–1947) designed, among other tubes, one in which a special thin window allowed the detection of cathode rays outside the tube. Without similar precautions, cathode rays would stop after very short distance. In 1897, Joseph John Thomson (1856–1940) showed that cathode rays were due to negatively charged particles—until then, unknown electrons.

The reference illustrations show different types of tubes, while fig. 21 shows a photograph of a tube as used by Röntgen.





22  
A Ruhmkorff coil, or induction coil, as used by Röntgen

1890s / Wood, metal / L500 × W180 × H350 / Institute of Physics, University of Würzburg

An induction coil, also known as a Ruhmkorff coil, was used to generate high voltage. It consists of two concentric coils, the primary coil of thick wire of hundreds of windings and a secondary coil of thousands of turns of thin wire. Both coils are installed on a common soft-iron core and carefully isolated from each other. When the first coil is fed with a self-interrupting electric current, the second

22  
レントゲンが使用したルームコルフ誘導コイル

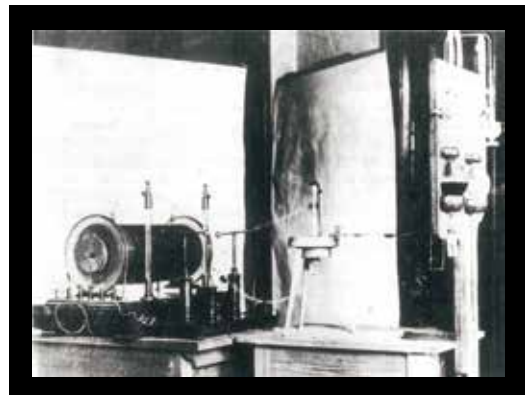
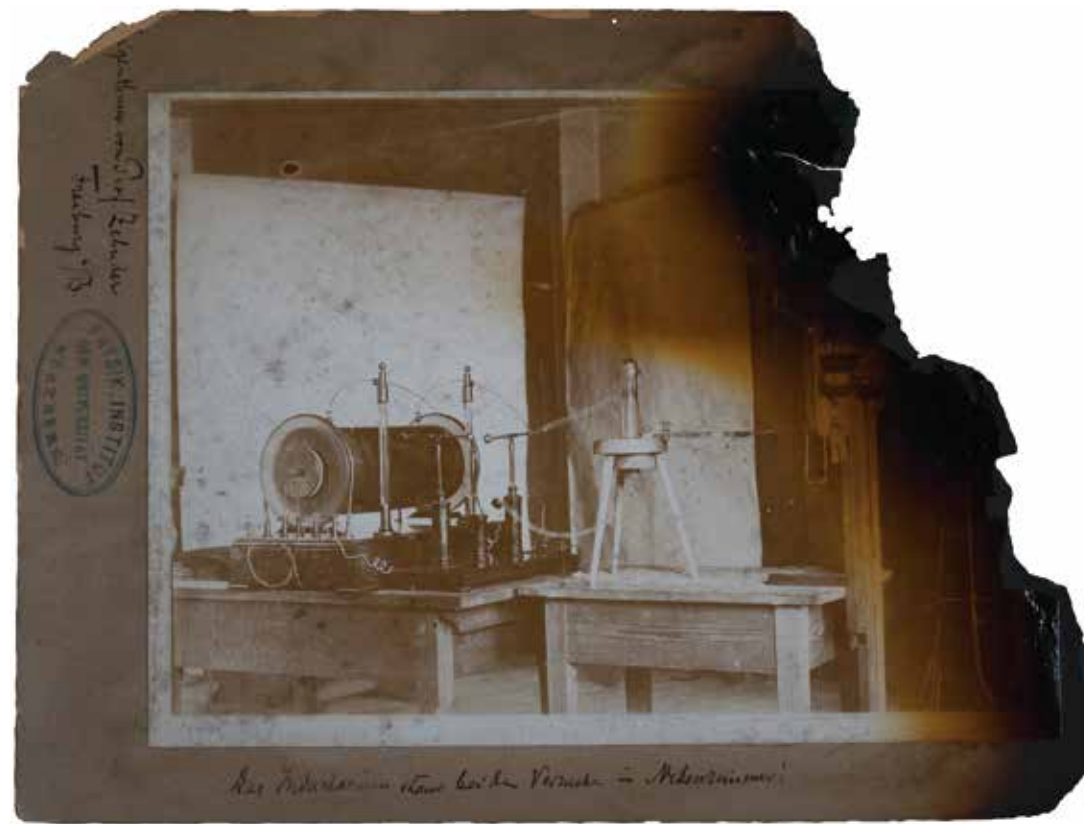
一八九〇年代 / 木、金属 / 縦五〇〇 × 横一八〇 × 高三五〇 /  
ヴュルツブルク大学物理学研究所

誘導コイル（ルームコルフコイルとしても知られる）は、高電圧を生成するために使用された。これは、二つの同心コイルから成り、第一コイルは太いワイヤが百回から千回の間で、第二コイルは薄いワイヤが千回から一万回の間で、それぞれ巻かれている。両方のコイルとも軟鉄製の芯に取り付けられ、相互に周到に絶縁されている。第一コイルに自己遮断電流を供給すると、第二コイルは、変圧器として一万ボルト以上の非常に高い電圧を発生させる。ワイヤは二つの棒に接続され、そこから管の陽極または陰極へと通じている。発生する電流は一定ではなく、放電中のみ流れる。そのため、放電と放電の間は、実験は中断せざるを得ない。

陰極線のような気体放電の影響を観察するには、真空管に陽極と陰極間の高電圧を供給する必要がある。減圧すると、管内の容積から大半の空気分子が取り除かれる。レントゲンがこの実験のために購入した水銀ポンプ（ラプスポンプ）を使用した場合、数日間の減圧で、管の中は、百万分の一程度の分子の数となる。このように管内の気体分子の数を減らすことで、陰極と陽極の間で、加速した粒子が最大のエネルギーを獲得することが可能になる。

coil produces, like a transformer, a much higher voltage of over 10,000 volts. Wires are connected to the two rods from where they lead to the anode or cathode of the tube. The current produced is fluctuating and only flows during discharges, thus causing experiments to be interrupted between discharges.

In order to observe gas discharge effects like cathode rays, the high voltage between anode and cathode has to be supplied to an evacuated tube. The evacuation removes a large part of the air molecules from the volume enclosed by the tube. In the case of the mercury pump (a Raps vacuum pump) purchased by Röntgen for his experiment, only about one out of a million molecules of the ambient air remains in the tube after several days of evacuation. This reduction of the number of molecules allows particles accelerated between the cathode and anode to gain their maximum energy.



23 +  
**Experiment setup used by Röntgen, ca. 1896**

1896 / Photograph, damaged in World War II / W210 × L160 / University Archives Würzburg

The photograph shows the experiment setup used by Röntgen for his experiments in 1895. The induction coil is located on the left of the photograph, the tube with cathode and anode connections to induction coil in the center, and the vacuum pump to evacuate the tube on the right.

23 +  
**レントゲンが使用した実験装置**

一八九六年／写真、第二次世界大戦にて損傷／横二〇×縦一六〇／  
 ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

一八九六年ごろに行われた実験でレントゲンが使用した実験装置の写真。左側に  
 あるのが誘導コイル、中央にあるのが誘導コイルに接続した、陰極と陽極をもつ管、  
 そして右側にあるのが管の空気を抜く真空ポンプである。

一八八五年の秋、レントゲンはこの装置を使って減圧したヒットルフ管、レーナ  
 ルト管、クルックス管の気体放電の特性を調べた。この実験のために、レントゲン  
 は管内部の陰極線からの蛍光発光、つまりは、真空放電管の壁を含む管内部から放  
 出される在来の光のすべてを抑えるために、遮光性のある黒いボール紙で管全体を  
 覆った。管が出す淡い発光も見逃さないように、実験室は常に暗く保たれていた。

一八八五年一月八日、実験室で作業をしている最中に、レントゲンは新しい  
 種類の発光を発見し、これをX線と名付けた。陰極線管は遮光性のある包装紙で  
 完全に覆われていたが、片面にシアン化第一白金バリウムが塗られた紙に、レン  
 トゲンは蛍光発光を確認した。この発光は紙のどちらの面が陰極線管に面してい  
 たかということとは無関係に起きており、管と紙の間の距離が最大一メートルま  
 で観測できた。つまりは、陰極線自体は蛍光発光の原因となり得ない。遮光性  
 ある覆いの外に光が出る可能性もないことから、レントゲンは現在観察している  
 のが新しい種類の放射線であると結論付けた。

それから数週間、レントゲンはこの新しい放射線に関するさらなる実験のために、  
 作業に没頭した。X線の発見から数日間、レントゲンは昼も夜も実験室で過ごし、  
 食事も睡眠もそこどつていたと伝えられている。

With this setup, Röntgen studied the properties of gas discharges in evacuated Hittorf, Lenard, and Crookes tubes in fall 1895. For his experiment, Röntgen covered the entire tube with light tight black cardboard in order to suppress the fluorescence from the cathode rays at the inside of the tube, or, more generally, all conventional light emitted from inside the tube including its walls. The laboratory was kept in darkness so as also to observe faint emission effects from the tube.

On November 8, 1895, while working in his laboratory, Röntgen discovered a new kind of emission, which he called "X-rays." Although the cathode ray tube was completely enclosed by a light tight wrapping, he observed fluorescence on a paper covered by barium platinocyanide on one side. The fluorescence occurred regardless of which side was facing the cathode ray tube. It was observable at distances up to one meter between tube and paper. This excluded cathode rays as the origin. As there was also no possibility for light to leave the light tight enclosure of the tube, Röntgen concluded that he was observing a new kind of radiation.

During the following weeks, Röntgen dedicated himself to conducting further experiments with the new kind of rays. It is reported that for several days after the discovery, he spent all day and night in the laboratory, eating his meals and even sleeping there.





24 \*

### Röntgen with one of his X-ray tubes, 1896

1896 / Photograph / German Röntgen Museum, Remscheid

The properties of the rays resulting in the fluorescence of the barium platinocyanide screen discovered by Röntgen on November 8, 1895 were incompatible with known properties of light and cathode rays.

During the following weeks, Röntgen investigated the properties of the new type of radiation to a high degree of completeness, confirming his outstanding skills in experimentation. As the intensity of the radiation fluctuated quite strongly in the early experiments, Röntgen monitored

### 24 \* X線管を持つレントゲン

一八九六年／写真／ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）

レントゲンが一八九五年一月八日に発見した、シアン化第一白金バリウムスクリーンに蛍光発光をもたらした放射線の特性は、光や陰極線に関する既知の特性とは相いれないものだった。

その後数週間、レントゲンは自らが発見した新しいタイプの放射線の特性を研究し、その完全な理解に達した。このことは、彼に卓越した実験能力があったことを裏付けている。初期の実験では放射線の強度がかなり大きく変動したため、強度に敏感な実験のゆえ、レントゲンは放射線強度を注意深く観察した。

レントゲンは、あらゆる種類の物質を透過するこの放射線の能力を調べるため、多くの実験を行った。この放射線が千ページからなる本、ガラス、木、さまざまな金属を透過できることは、すでに定性的に立証していたので、次に、この透過に関する定量的な説明に取り組みはじめた。レントゲンはそのころまだ、見えない放射線の強度を測定する手段をもつておらず、X線管を使った作業は必ずしも安定しなかったため、こうした変動を回避するため二つの物質をそれぞれ曝露させて同時に実験を行った。

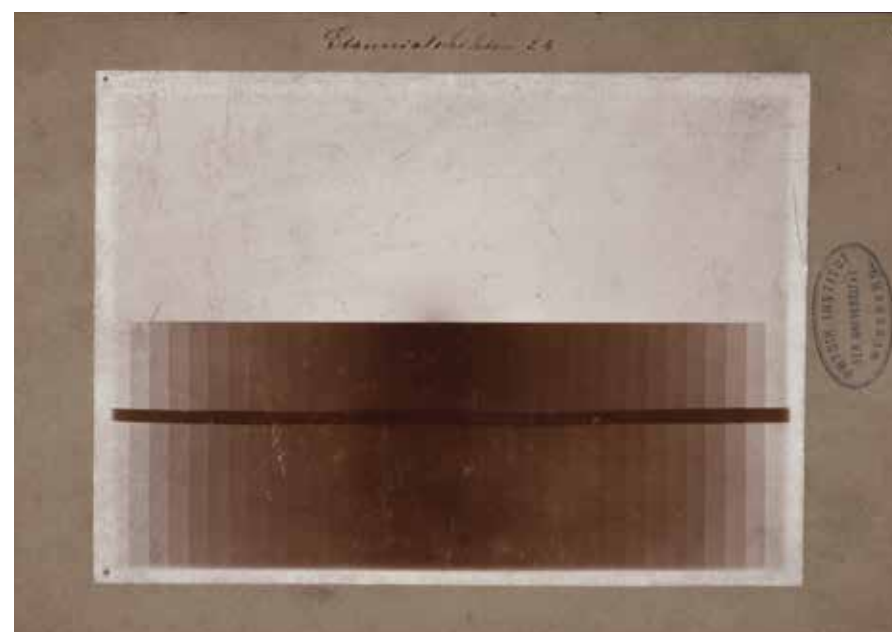
とりわけレントゲンの興味を引いたのが、物質との相互作用によるこの新種の放射線の減衰のプロセスであった。空气中で、何メートルもの距離を通過しないと、この放射線はほとんど減衰しないことはすでにわかっていた。同様に、本や、かなり厚い光学的に不透明な媒体を透過した後にも、そう容易くは減衰しない。以下の三つの図（26、27、28）はX線に関するレントゲンの最初の論文で報告された実験結果によるものである。

the radiation intensity carefully for intensity sensitive experiments.

Röntgen carried out a large number of experiments on the new radiation's ability to penetrate all kind of substances. After having already established qualitatively that the rays can travel through a 1,000-page book, glass, wood, and various metals, he then set out to make quantitative statements about transmission. Since he did not yet have the means to measure the intensity of the invisible rays and the operation of the X-ray tubes was not always stable, he examined two different substances simultaneously with each exposure to work around these fluctuations.

The attenuation processes due to interactions of the new kind of rays with matter were of particular interest to Röntgen. He had found out the rays were only weakly attenuated after passing through distances of several meters in air. They could also be observed after passing through books and optically opaque media of considerable thickness. The following three figures (26, 27, 28) correspond to findings reported in Röntgen's first publication on X-rays.





**25**  
**Tin sheet consisting of varying number of layers arranged in a stripe pattern**

Wilhelm Conrad Röntgen / Date unknown / Layers of tin foil behind glass / W170 × L150 /  
 Institute of Physics, University of Würzburg

**26**  
**X-ray transmission through a varying number of layers of tin foil**

Wilhelm Conrad Röntgen / 1895 / Radiograph, cardboard / W160 × L230 /  
 University Archives Würzburg

**25**  
**縞模様配置された異なる数の層からなるスズ板**

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン / 年代未詳 / ガラス面の後ろにスズ箔の層 /  
 横一七〇 × 縦一五〇 / ヴュルツブルク大学物理学研究所

**26**  
**異なる数のスズ箔層を通過するX線透過**

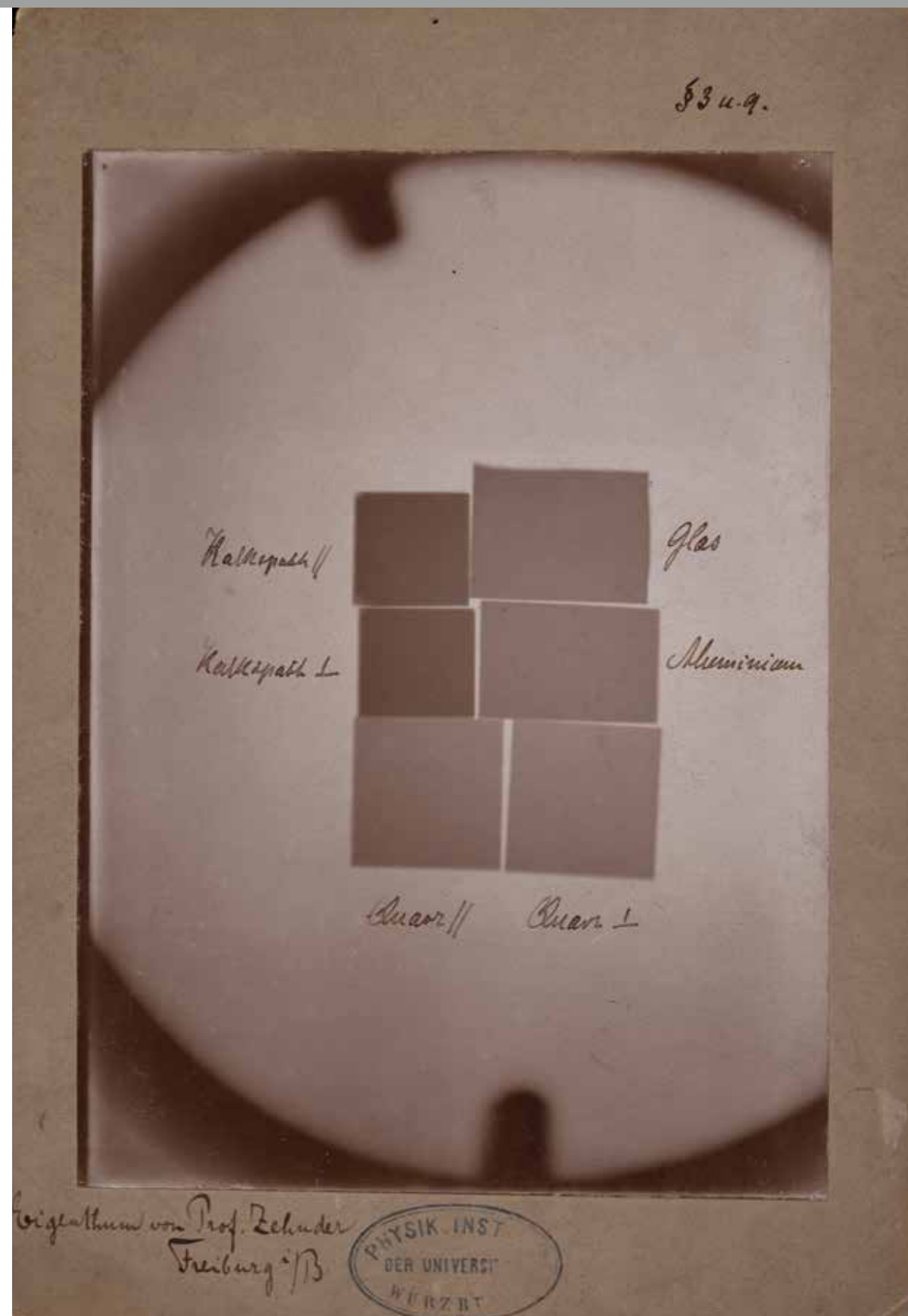
ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン / 一八九五年 / X線写真、台紙貼付 /  
 横一六〇 × 縦二三〇 / ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

この研究の一環として、レントゲンは物質によるX線の指数関数的減衰を立証した。これを調べるために、異なる数のスズ箔を基盤とする一連のスズの層を使用した。金属シートの右端と左端は一層のスズ箔から成り、これらが縞模様を形成している。中央に向かうにつれ、縞一本につきスズ箔一層ずつ厚みを増す。

この厚みの変化がX線の透過に及ぼす影響を示したのが図26である。両端をみるとわかる通り、X線写真を撮ったとき、左側の部分では、一枚のスズ箔がほぼ透過している。層の数が増えるにつれX線の透過は大きく減衰していく。異なる数の箔の層を一定時間、同時に放射線を透過、曝露し現像すると、透過の濃度と強度の相関尺度が定まってくる。これは、X線装置を使って作業する人が着用する、現在一般的に使用されているフィルムバッジや写真的線量計などの背景にある基本原理である。

As part of this investigation, Röntgen established the exponential attenuation of X-rays by matter. In order to investigate this, he used a sequence of tin layers based on a varying number of tin foils. The stripes are formed by one layer of tin foil on the right and left sides of the metal sheet. As they move toward the center, the number of foil layers forming the stripes thickness increases by one additional layer per stripe.

The influence of this change of thickness on the transmission of X-rays is shown in fig. 26. As seen on both sides, a single sheet of tin foil is almost transparent when radiographed. With increasing number of layers, the transmission of X-rays is strongly attenuated. The number of layers of foil that the radiation is able to penetrate at a constant time of exposure and identical development provides a scale for penetration strength and intensity. This is the basic principle behind the commonly used modern-day film badge or photographic dosimeter that people working with X-ray equipment wear.



27\*  
ガラス、アルミニウム、方解石、水晶など  
様々な金属のX線写真

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン / 一八九五年 / X線写真、台紙貼付 /  
横一六〇×縦二三〇 / ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

レントゲンは、新たに発見された放射線で、さまざまな物質の透過率の比較も試みた。図27はこの実験のものであるが、同じ厚さのガラス、アルミニウム、方解石、水晶の各プレートについて、そのX線透過が記録されている。レントゲンは、方解石のプレートは他の物質のプレートよりもはるかに透過性が低いことを発見した。しかし同時に、物体の透過率はその物体の密度と逆の相関関係があることも発見した。物質の密度が高ければ高いほど、X線がそれを通過するのは難しくなる。レントゲンは写真を撮影して重要な観察結果のすべてを記録に残した。

27\*

Radiograph of different materials such as glass, aluminum, calcite, and quartz

Wilhelm Conrad Röntgen / 1895 / Radiograph, cardboard / W160 × L230 /  
University Archives Würzburg

Röntgen also tried to compare the transmissivity of different materials with respect to the newly discovered rays. In the experiment depicted in fig. 27, he recorded X-ray transmission through glass, aluminum, calcite, and quartz platelets of nominally the same thickness. Röntgen discovered that calcite platelets were far less transparent than fragments made of other materials, but also that the transmissivity of an object correlated inversely to the density of the object. The denser the material, the more difficult it would be for rays to pass through it. By taking photographs, Röntgen documented every important observation.



ヴァイルヘルム・コンラート・レントゲン／一八九五年二月二二日／  
X線写真、台紙貼付／横二二五×縦一七五／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

一八九五年二月二二日、レントゲンは妻であるアンナ・バーサの手をX線に曝露させ、この放射線の物質に対する透過を引き続き実験した。図28は、シアン化第一白金バリウムが塗布された紙の蛍光強度写真である。アンナ・バーサの手の影がみえる。手はX線管と紙の間に置かれ、骨格と結婚指輪をはっきりと見ることが出来る。この種の写真を一枚撮るには、五分から十分の曝露と、曝露中の数回の調整が必要だった。

骨よりはるかに多くの水と、水素、炭素、酸素、窒素からなる化合物、および微量のリンと硫黄からなる筋組織と比べて、リン酸カルシウムと炭素カルシウムから構成されている骨は、格段に高い吸収性を示す。X線写真で骨の輪郭をみることで、できるのは、そうした理由からである。

この画像は、「新種の放射線について」の報告の最初の発表時に公開されたもので、一八九五年二月二八日の発表にむけてレントゲンが提出したものである。これにより、X線を医療用途に使用する大きな可能性が明確に示された。



## 28

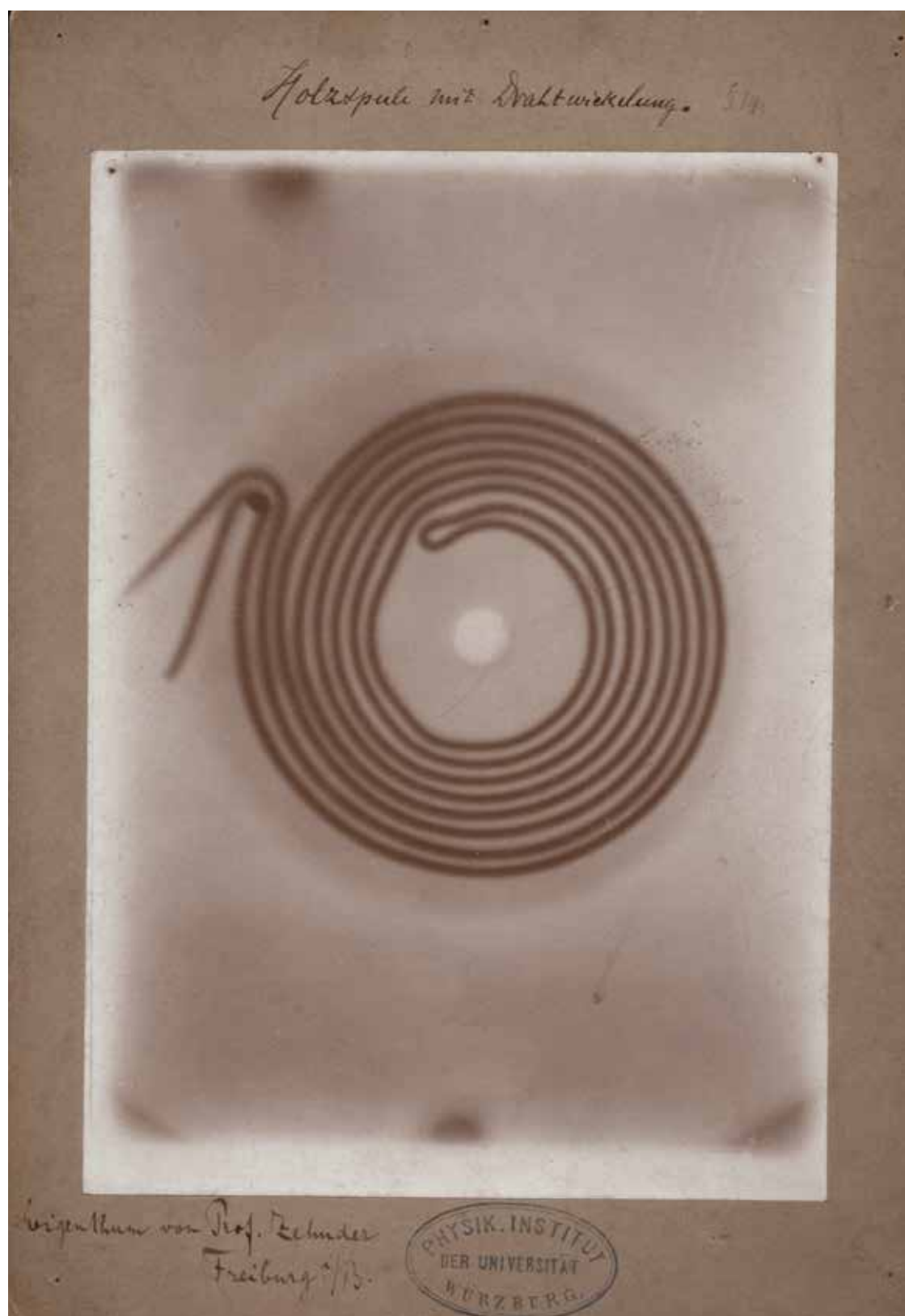
## Radiograph of the hand of Anna Bertha Röntgen

Wilhelm Conrad Röntgen / December 22, 1895 / Radiograph, cardboard / W125 × L175 /  
University Archives Würzburg

On December 22, 1895, Röntgen continued his experiments on the transmission of X-rays though matter by exposing the hand of his wife, Anna Bertha, to the rays. Fig. 28 is a photograph of the fluorescence intensity of a barium-platinocyanide-covered paper on which the shadow of Anna Bertha's hand is seen, which was placed between the X-ray tube and the paper. The bones of her hand as well as the wedding ring are clearly visible. A single image of this type required between five and ten minutes of exposure as well as several readjustments during that exposure period.

Made of calcium phosphate and calcium carbonate, bones are significantly more absorbent than fibers containing higher proportions of water and compounds of hydrogen, carbon, oxygen, and nitrogen, and lesser amounts of phosphorous and sulfur. For this reason, silhouettes of the bones can be seen on a radiograph.

This image was distributed together with "On a New Kind of Rays," the initial report submitted by Röntgen for publication on December 28, 1895. It clearly indicates the huge potential of X-rays for medical applications.



29  
初期のX線実験におけるX線写真—密閉された箱の中の  
金属コイル

ウィルヘルム・コンラート・レントゲン／一八九五年／X線写真、台紙貼付／  
横一六〇×縦二三〇／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

X線の特徴をさらに解明するため、発見後数週間、レントゲンはさまざまな素材や生物体を使ってX線の減衰の研究を続けた。レントゲンの作ったドアのX線画像は、絵画のX線検査という新しい時代を開いた。レントゲンは、X線によって物質のさまざまな吸収性を見分けることができることに気づいた。ドアの一部は、白鉛を含む塗料で塗られていたが、それがとりわけ高い吸収性を生んでいることを発見したのである。

このX線写真は、密閉された木箱の中のコイルを写したもので、レントゲンによるX線の最初の実験から生まれたものだ。箱の中にあるコイルの位置や形状を、はっきりと見ることができ、この初期の放射線画像は、装置を分解しなくてもその内部の部品や配置の確認が可能であることから、装置検査におけるX線の可能性を明確に示している。

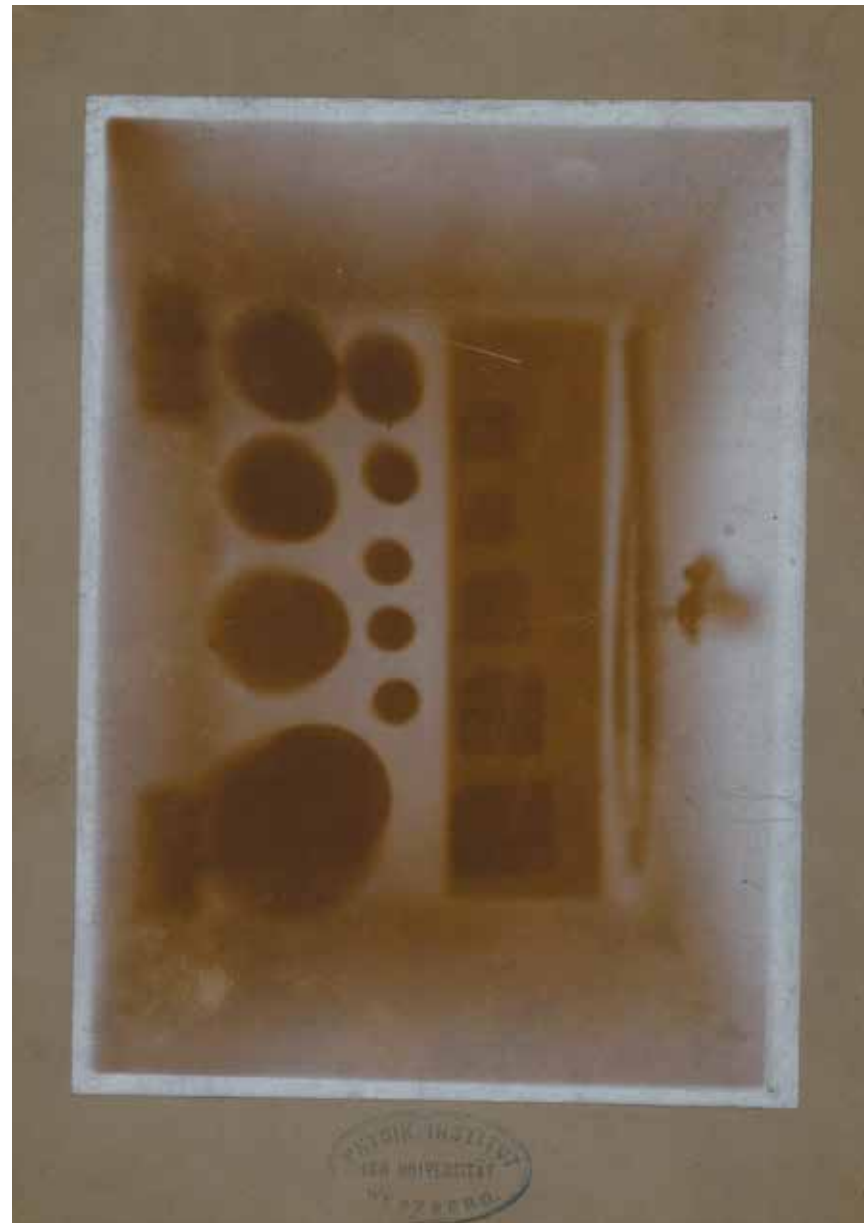
29  
Radiograph of one of the first X-ray experiments: metal coil in a closed box

Wilhelm Conrad Röntgen / 1895 / Radiograph, cardboard / W160 × L230 /  
University Archives Würzburg

In order to explore the properties of the X-rays further, during the following weeks Röntgen continued research on the attenuation of X-rays in different materials and in zoological objects. His production of the radiographic image of a door opened a new era for X-ray examination of paintings. Röntgen noticed that x-rays distinguished between substances of various absorptiveness. He learned that one section of the door had been painted with a paint containing white lead, resulting in a particularly high absorption.

This radiograph capturing an X-ray of a coil in a closed wooden box is the result of one of Röntgen's very first experiments with X-rays. The coil's position and shape within the box is clearly visible. This early radiographic image indicates the potential of X-rays for device inspections by allowing identification of various components and their placement within a system without the need to dismantle anything.





### 30 木箱入り分銅

〔年代未詳〕分銅、ベルベット貼りの木箱／横二二〇×縦九〇×高四〇／  
ヴュルツブルク大学物理学研究所

### 31 X線を照射した物体の写真―木製ケース内の分銅

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン／一八九五年／X線写真、台紙貼付／  
横二二〇×縦九〇／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

この初期のX線写真には閉じた木製の箱の内部が写っている。いくつかの分銅がサイズにしたがって並んでいるのが見える。固体の内部を見通せる能力についてレントゲンは、「ときに非常に特殊な呼び物となる」と記している。X線は現在でも、空港での荷物のセキュリティ検査など、この目的のために使用される。図31は、図30のX線写真で使用した配置を示したものだ。

### 30 Metal weights in a wooden box

Date unknown / Metal weights in a wooden box with velvet case / W120 × L90 × H40 /  
Institute of Physics, University of Würzburg

### 31 Photograph of X-rayed objects: weight measure set in a closed wooden case

Wilhelm Conrad Röntgen / 1895 / Radiograph, cardboard / W120 × L90 / University Archives Würzburg

In this early radiograph, Röntgen shows the interior of a closed wooden box in which several mass weights seem to be arranged according to their size. The ability to see through solid objects “sometimes offers a very special attraction,” wrote Röntgen. X-rays continue to be used for this purpose, for example at airport baggage security checks. Fig. 30 shows the setup for the radiograph depicted in fig 31.

32  
ノハラツグミのX線写真

年代未詳 / X線写真、台紙貼付 / 横二五〇 × 縦三三五 / ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

33  
カエルとロブスターのX線写真

年代未詳 / X線写真、台紙貼付 / 横三二五 × 縦三三〇 / ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

レントゲンは、自身の発見の可能性について調べるあいだに、動物のX線実験も行っていた。図33の画像にはカエルとロブスターが写っている。ともに、その骨格構造をはっきりと見ることができる。画像を写す際には、放射線の曝露時間が非常に重要だが、レントゲンはおそらくこのことをすでに突きとめていたようだ。曝露が長すぎても短すぎても、画像の質に悪影響を及ぼす。レントゲンはこのことを念頭において、放射線の曝露時間を両方の画像の下に記録している。カエルは七分、ロブスターは五分であった。



Krammetsvogel.

Tafel von Johann Antonius Dahl in Leipzig.

Expositionsbild: 12 Blätter.

32  
Radiograph of a fieldfare (*Turdus pilaris*)

Date unknown / Radiograph, cardboard / W250 × L325 / University Archives Würzburg

33  
Radiographs of a frog and lobster

Date unknown / Radiographs, cardboard / W325 × L250 / University Archives Würzburg

As Röntgen explored the possibilities of his discovery, he also conducted X-ray experiments on animals. The images in fig. 33 show a frog and a lobster, both with their skeletal structures clearly visible. The duration of radiation exposure when capturing an image was very important, as Röntgen likely had already found out. Both overexposure and underexposure would negatively impact the quality of the image. With this in mind, Röntgen had noted the duration of radiation exposure under both the images: seven minutes for the frog and five minutes for the lobster.



Frosch.

Expositionsbild: 12 Blätter.

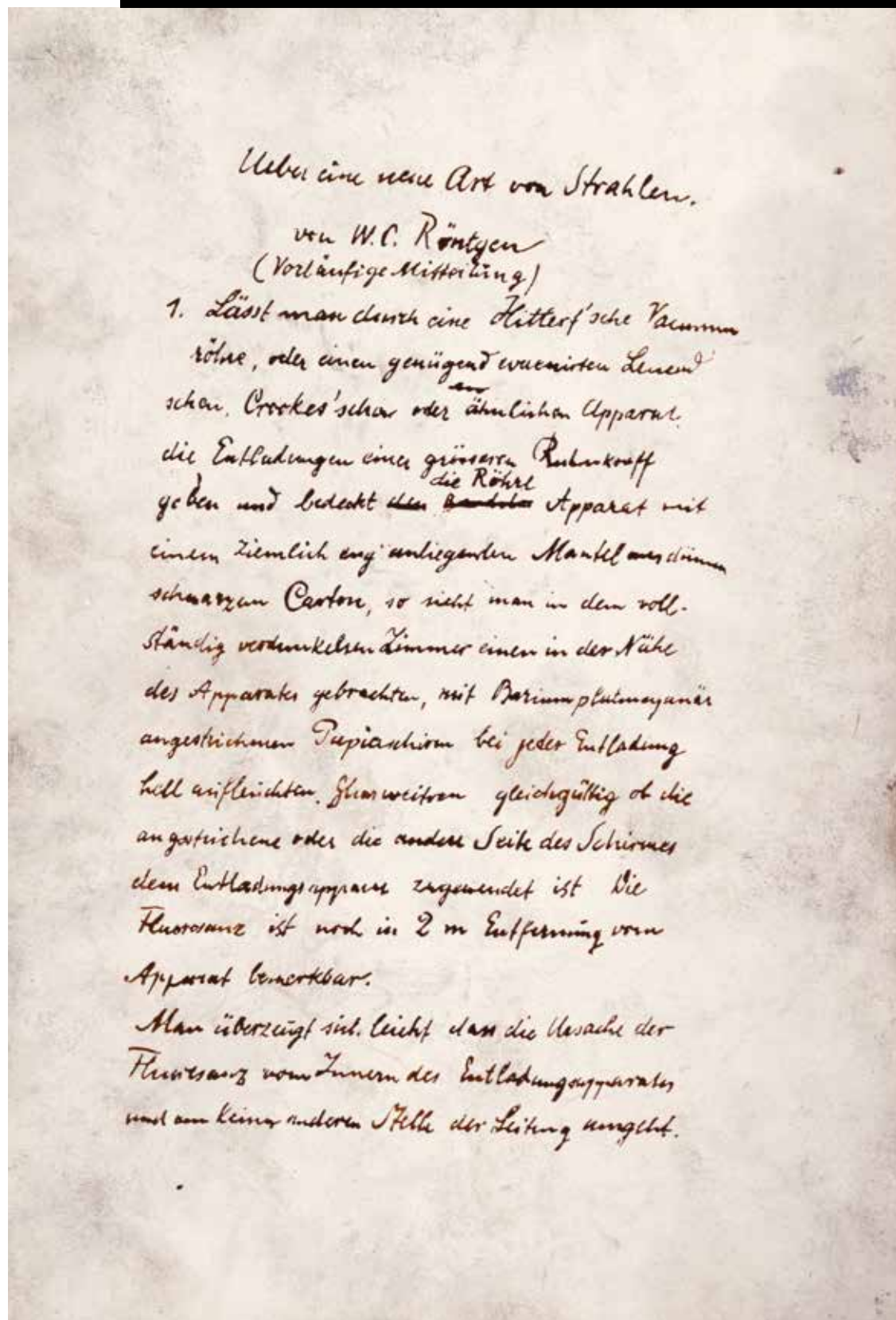


Krebs.

Expositionsbild: 12 Blätter.

Tafel von Johann Antonius Dahl in Leipzig.





34 +  
レントゲンによる予備ノート

ヴァイルヘルム・コンラート・レントゲン / 一八九五年二月三日 / 紙にインク / 横一四五 × 縦二二〇 / ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

一八九五年二月二八日、数週間にわたる精力的な研究ののち、レントゲンは自身の発見に関する原稿をヴュルツブルクのジャーナル『物理医学会誌（ヴュルツブルク）』に投稿した。この原稿はレントゲンにより「新種の放射線について（予備ノート）」と名付けられた。

34 +  
Röntgen's preliminary report to the Würzburg Physical-Medical Society

Wilhelm Conrad Röntgen / December 22, 1895 / Ink on paper / W145 × L220 / University Archives Würzburg

On December 28, 1895, after several week of intense research, Röntgen submitted a manuscript on his findings to the journal of the Würzburg Physical-Medical Society: "On a New Kind of Rays (Preliminary Notes)."

# Sitzungs-Berichte

der  
**Physikalisch-medicinischen Gesellschaft**  
zu  
**WÜRZBURG.**

Jahrgang 1895.	Der Abonnementspreis pro Jahrgang beträgt M. 4.—. Die Nummern werden einzeln nicht abgegeben. Grössere Beiträge erscheinen in Sonderdrucken.	No. 9.
-------------------	--	--------

Verlag der Stahel'schen k. Hof- und Universitäts-Buch- und Kunsthandlung in Würzburg.

Inhalt. *Konrad Rieger*: Demonstration des sogenannten „Vogelkopfkneben“  
*Dübos Janos* aus Battonya in Ungarn (Fortsetzung), pag. 129. —  
*W. C. Röntgen*: Ueber eine neue Art von Strahlen, pag. 132. —  
*Wilhelm Wislicenus*: 46. Jahresbericht der physikalisch-medicinischen  
Gesellschaft zu Würzburg, pag. 142. — Mitglieder-Verzeichniss, pag. 146.

Am 28. Dezember wurde als Beitrag eingereicht:

## W. C. Röntgen: Ueber eine neue Art von Strahlen.

(Vorläufige Mittheilung.)

1. Lässt man durch eine *Hittorfsche* Vacuumröhre, oder einen genügend evacuirten *Lenard'schen*, *Crookes'schen* oder ähnlichen Apparat die Entladungen eines grösseren *Ruhmkorff's* gehen und bedeckt die Röhre mit einem ziemlich eng anliegenden Mantel aus dünnem, schwarzem Carton, so sieht man in dem vollständig verdunkelten Zimmer einen in die Nähe des Apparates gebrachten, mit Bariumplatincyannür angestrichenen Papierschirm bei jeder Entladung hell aufleuchten, fluoresciren, gleichgültig ob die angestrichene oder die andere Seite des Schirmes dem Entladungsapparat zugewendet ist. Die Fluorescenz ist noch in 2 m Entfernung vom Apparat bemerkbar.

Man überzeugt sich leicht, dass die Ursache der Fluorescenz vom Entladungsapparat und von keiner anderen Stelle der Leitung ausgeht.

2. Das an dieser Erscheinung zunächst Auffallende ist, dass durch die schwarze Cartonhülse, welche keine sichtbaren oder ultravioletten Strahlen des Sonnen- oder des elektrischen Bogenlichtes durchlässt, ein Agens hindurchgeht, das im Stande ist, lebhaftere Fluorescenz zu erzeugen, und man wird deshalb wohl zuerst untersuchen, ob auch andere Körper diese Eigenschaft besitzen.

Man findet bald, dass alle Körper für dasselbe durchlässig sind, aber in sehr verschiedenem Grade. Einige Beispiele führe ich an. Papier ist sehr durchlässig: <sup>1)</sup> hinter einem eingebun-

<sup>1)</sup> Mit „Durchlässigkeit“ eines Körpers bezeichne ich das Verhältniss der Helligkeit eines dicht hinter dem Körper gehaltenen Fluorescenzschirmes zu derjenigen Helligkeit des Schirmes, welcher dieser unter denselben Verhältnissen aber ohne Zwischenschaltung des Körpers zeigt.

## 35 \* X線についての最初の発表

ヴァイルヘルム・コンラート・レントゲン / 一八九五年二月二八日 / 『物理医学会誌(ヴェルツブルク)』

レントゲンが、自身の査読前の論文約百部ほどを友人らに送ったとき、すでに一八九六年の元日を迎えていた。論文には、妻の手を写したものを含め最初のX線写真が何枚か同封されていた。以後、その衝撃が報道機関に一気に広がる。ウィーンの新聞『デイ・プレス』が一八九六年一月五日に最初に報じたのに続き、この報道はロンドンに電報で送られ、翌日の夕方にロンドンの新聞『スタンダード』で「科学の驚くべき勝利」と報じられた。このニュースは、一月八日には、海底ケーブルを通じてすでにアメリカの新聞にも伝えられた。

一月の間に、レントゲンの報道は権威ある科学ジャーナルにも伝わる。一八九六年一月二三日には、『物理医学会誌(ヴェルツブルク)』の翻訳版が『ネイチャー』(五三三巻)に掲載され、次いで『レクレラージュ・エレクトロリク』(一八九六年二月八日)、『サイエンス』(一八九六年二月四日)にも掲載された。

## 35 \*

### First publication about X-rays

Wilhelm Conrad Röntgen / December 28, 1895 / Journal of the Physical-Medical Society of Würzburg

Röntgen sent around a hundred preprint copies of his report to friends already on New Year's Day, 1896. He had enclosed some of the very first X-ray photos, including the one of his wife's hand. From then on, the sensation spread quickly in the press: after the first newspaper coverage in Vienna's *Die Presse* on January 5, 1896, the report was sent to London by telegraph, where it was published the following evening in the *London Standard* as a "marvelous triumph of science." Via submarine cable, the news had already made it to American newspapers by January 8.

By the end of the month, Röntgen's report also made it into prestigious scientific journals. A translation of the Würzburg Physical-Medical Society article was published in *Nature* on January 23, 1896, followed by *L'Éclairage Électrique* (February 8, 1896) and *Science* (February 14, 1896).



**Redaktion und Verlagsanstalt:**  
 Die Presse, 4. Jänner, 1896.  
 Herausgeber: Dr. Viktor Adler.  
 Druck: K. U. v. C. W. Neumann, Neudruckerei, 1896.

# Die Presse.

**Nr. 5.**  
 Die Zeitung wird morgen erdichtet bei Müller Müller der „Presse“ abgedruckt auf Seite 9 aus Verlagsanstalt Nr. 1.

Wien, Sonntag den 5. Jänner 1896.

49. Jahrgang.

## Wien, 4. Jänner.

**Die Zeitung wird morgen erdichtet bei Müller Müller der „Presse“ abgedruckt auf Seite 9 aus Verlagsanstalt Nr. 1.**  
 Die Zeitung wird morgen erdichtet bei Müller Müller der „Presse“ abgedruckt auf Seite 9 aus Verlagsanstalt Nr. 1.

Die Zeitung wird morgen erdichtet bei Müller Müller der „Presse“ abgedruckt auf Seite 9 aus Verlagsanstalt Nr. 1. Die Zeitung wird morgen erdichtet bei Müller Müller der „Presse“ abgedruckt auf Seite 9 aus Verlagsanstalt Nr. 1.

## Die freireligiöse Bewegung.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen. Die freireligiösen Vereine haben in den letzten Jahren einen großen Zuwachs an Mitgliedern erfahren. Die freireligiöse Bewegung hat in Wien einen neuen Aufschwung genommen.

### VOTE OF CONVOCATION ON THE COWPER COMMISSION SCHEME.

ANOTHER step has been taken in the long controversy with respect to the equipment of the University of London with teaching functions. While the other bodies represented on the recent deputation to the Duke of Devonshire had passed resolutions asking the Government to introduce a Bill similar to Lord Playfair's "London University Commission Bill, 1895," but with an added clause giving a right of appeal to the Privy Council (NATURE, December 5, 1895), Convocation had not expressed any opinion either on the Bill or on the proposed appeal, owing to Lord Playfair's Bill being introduced into the House of Lords too late to allow of a resolution approving its terms to be moved at the last meeting in May. On Tuesday last, the Annual Committee recommended Convocation to adopt the following resolution:—"That this House desires the early introduction into Parliament of a Bill for the reconstitution of the University similar to that introduced last year by Lord Playfair, but with an inserted clause securing to the Senate, to Convocation, and to other bodies affected, the right of appeal to the Privy Council on any of the provisions which may hereafter be sent by the Statutory Commission."

This resolution was carried by 270 votes against 244, and thus for the third time Convocation, in the only legal way, has pronounced decisively in favour of the Cowper Commission scheme. The progressive rise in the majorities is not the least satisfactory feature of the struggle in Convocation—a majority of 14 in a house of 299 in January of last year rose to 122 in a house of 714. The next step rests with the Government, but in view of the remarkable unanimity existing among the bodies affected by the scheme, and the universally favourable attitude of the metropolitan press towards it, we can be no doubt as to what the final settlement must be.

for the sake of brevity) to pass, but greatly reduced the fluorescence. Glass plates of similar thickness behave similarly; lead glass is, however, much more opaque than glass free from lead. Ebonite several centimetres thick is transparent. If the hand be held before the fluorescent screen, the shadow shows the bones darkly, with only faint outlines of the surrounding tissues.

Water and several other fluids are very transparent. Hydrogen is not markedly more permeable than air. Plates of copper, silver, lead, gold and platinum also allow the rays to pass, but only when the metal is thin. Platinum 2 mm. thick allows some rays to pass; silver and copper are more transparent. Lead 15 mm. thick is practically opaque. If a square rod of wood 20 mm. in the side be painted on one face with white lead, it casts little shadow when it is so turned that the painted face is parallel to the X-rays, but a strong shadow if the rays have to pass through the painted side.

The preceding experiments lead to the conclusion that the density of the bodies is the property whose variation mainly affects their permeability. At least no other property seems so marked in this connection. But that the density alone does not determine the transparency is shown by an experiment wherein plates of similar thickness of Iceland spar, glass, aluminium, and quartz were employed as screens. Then the Iceland spar showed itself much less transparent than the other bodies, though of approximately the same density. I have not remarked any strong fluorescence of Iceland spar compared with glass (see below, No. 4).

(4) Increasing thickness increases the hindrance offered to the rays by all bodies. A picture has been impressed on a photographic plate of a number of superposed layers of tin foil, like strips, presenting thus a regularly increasing thickness. This is to be submitted to photometric processes when a suitable instrument is available.

Material	Thickness	Relative thickness. Density
Platinum	0.8 mm.	1
Lead	0.95 "	1.1
Zinc	1.00 "	1.2
Aluminium	1.700 "	2.00

From these values it is clear that in no case can we obtain the transparency of a body from the product of its density and thickness. The transparency increases much more rapidly than the product decreases.

(5) The fluorescence of barium platinocyanide is not the only noticeable action of the X-rays. It is to be observed that other bodies exhibit fluorescence, e.g. calcium sulphide, uranium glass, Iceland spar, rock-salt, &c.

Of special interest in this connection is the fact that photographic dry plates are sensitive to the X-rays. It is thus possible to exhibit the phenomena so as to exclude the danger of error. I have thus confirmed many observations originally made by eye observation with the fluorescent screen. Here the power of the X-rays to pass through wood or cardboard becomes useful. The photographic plate can be exposed to the action without removal of the shutter of the dark slide or other protecting case, so that the experiment need not be conducted in darkness. Manifestly, unexposed plates must not be left in their box near the vacuum tube. It seems now questionable whether the impression on the plate is a direct effect of the X-rays, or a secondary result induced by the fluorescence of the material of the plate. Films can receive the impression as well as ordinary dry plates.

L.

37\*

**ON A NEW KIND OF RAYS.**  
 A DISCHARGE from a large induction coil is passed through a Hittorf's vacuum tube, or through a well-exhausted Crookes' or Lenard's tube. The tube is surrounded by a fairly close-fitting shield of black paper; it is then possible to see, in a completely darkened room, that paper covered on one side with barium platinocyanide lights up with brilliant fluorescence when brought into the neighbourhood of the tube, whether the painted side or the other be turned towards the tube. The fluorescence is still visible at two metres distance. It is easy to show that the origin of the fluorescence lies within the vacuum tube.

(2) It is seen, therefore, that some agent is capable of penetrating black cardboard which is quite opaque to ultra-violet light, sunlight, or arc-light. It is therefore of interest to investigate how far other bodies can be penetrated by the same agent. It is readily shown that all bodies possess this same transparency, but in very varying degrees. For example, paper is very transparent; the fluorescent screen will light up when placed behind a book of a thousand pages; printer's ink offers no marked resistance. Similarly the fluorescence shows behind two packs of cards; a single card does not visibly diminish the brilliancy of the light. So, again, a single thickness of tin foil hardly casts a shadow on the screen; several have to be superposed to produce a marked effect. Thick blocks of wood are still transparent. Boards of pine two or three centimetres thick allowed only very little. A piece of sheet aluminium, 15 mm. thick, still allowed the X-rays (as I will call the rays, which I call X-rays).

From these values it is clear that in no case can we obtain the transparency of a body from the product of its density and thickness. The transparency increases much more rapidly than the product decreases.

(5) The fluorescence of barium platinocyanide is not the only noticeable action of the X-rays. It is to be observed that other bodies exhibit fluorescence, e.g. calcium sulphide, uranium glass, Iceland spar, rock-salt, &c.

Of special interest in this connection is the fact that photographic dry plates are sensitive to the X-rays. It is thus possible to exhibit the phenomena so as to exclude the danger of error. I have thus confirmed many observations originally made by eye observation with the fluorescent screen. Here the power of the X-rays to pass through wood or cardboard becomes useful. The photographic plate can be exposed to the action without removal of the shutter of the dark slide or other protecting case, so that the experiment need not be conducted in darkness. Manifestly, unexposed plates must not be left in their box near the vacuum tube. It seems now questionable whether the impression on the plate is a direct effect of the X-rays, or a secondary result induced by the fluorescence of the material of the plate. Films can receive the impression as well as ordinary dry plates.

oft eine glatte Long wählten und ein kleines, ein solches Quadrat von Aluminium als Leiter wählten, was der Wirkung der Strahlen, von dem experimentellen Stande, her folgende Eigenschaften zu zeigen schien. Diese und viele andere wurden in demselben Versuche angestellt. Diese und viele andere wurden in demselben Versuche angestellt. Diese und viele andere wurden in demselben Versuche angestellt.

oft eine glatte Long wählten und ein kleines, ein solches Quadrat von Aluminium als Leiter wählten, was der Wirkung der Strahlen, von dem experimentellen Stande, her folgende Eigenschaften zu zeigen schien. Diese und viele andere wurden in demselben Versuche angestellt.

oft eine glatte Long wählten und ein kleines, ein solches Quadrat von Aluminium als Leiter wählten, was der Wirkung der Strahlen, von dem experimentellen Stande, her folgende Eigenschaften zu zeigen schien. Diese und viele andere wurden in demselben Versuche angestellt.

oft eine glatte Long wählten und ein kleines, ein solches Quadrat von Aluminium als Leiter wählten, was der Wirkung der Strahlen, von dem experimentellen Stande, her folgende Eigenschaften zu zeigen schien. Diese und viele andere wurden in demselben Versuche angestellt.

oft eine glatte Long wählten und ein kleines, ein solches Quadrat von Aluminium als Leiter wählten, was der Wirkung der Strahlen, von dem experimentellen Stande, her folgende Eigenschaften zu zeigen schien. Diese und viele andere wurden in demselben Versuche angestellt.

oft eine glatte Long wählten und ein kleines, ein solches Quadrat von Aluminium als Leiter wählten, was der Wirkung der Strahlen, von dem experimentellen Stande, her folgende Eigenschaften zu zeigen schien. Diese und viele andere wurden in demselben Versuche angestellt.

By W. C. Röntgen. Translated by Arthur Thomson from the Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, 1896, vol. 1369, p. 533.

36\*  
 X線に関する最初の新聞報道  
 一八九六年一月五日/新聞/『デイ・プレス』  
 37\*  
 「新種の放射線について」に関する『ネイチャー』の記事  
 一八九六年一月三日/雑誌/『ネイチャー』

36\*  
 The first press report about X-rays

January 5, 1896 / Newspaper / Die Presse

37\*  
 "On a New Kind of Rays" in Nature

January 23, 1896 / Magazine / Nature

38\*  
ドイツ皇帝ヴィルヘルム二世  
一八八七年頃／写真／帝国戦争博物館

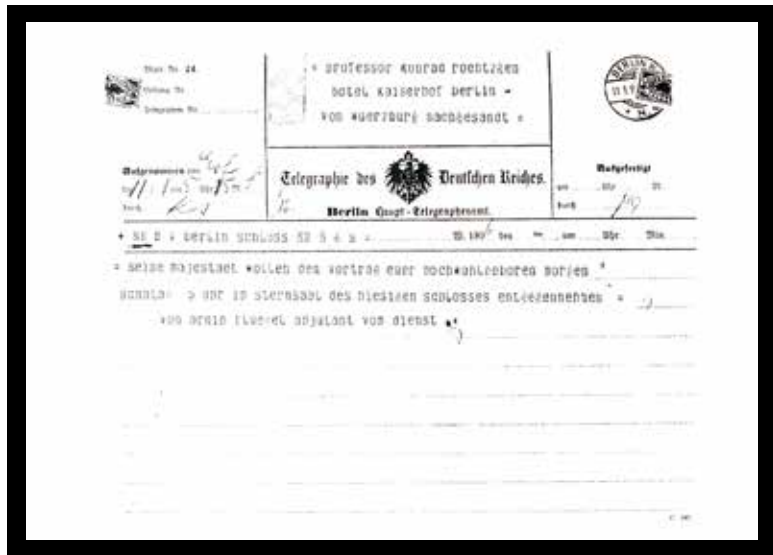
39\*  
ドイツ皇帝からレントゲンに送られた電報

ヴィルヘルム二世／一八九六年一月二日／電報／  
ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）

「皇帝陛下が、明日日曜日の五時、シュテレンザール城にてあなたの講義をお聴きになりたい  
とのこと。担当副官アヒム・フリューゲル」

一八九六年一月二日、レントゲンが、新しい発見についての講義を日曜日の午  
後にベルリンにある宮殿で行うようにドイツ皇帝から要請されたことが、新聞  
で報じられた。皇帝は科学や技術の発展に多大な関心を抱いていた。皇太子時代には、  
トーマス・エジソン（一八四七―一九三三）が発明した蓄音器を個人的に宮廷に送った  
こともある。そのときは、この装置の秘密を会社の担当者から聞いていた。

皇帝からの招待は、海外の報道機関も関心を示した。一月十九日、『ニューヨーク・  
タイムズ』は「皇帝は、ヴィルヘルム・レントゲン教授をヴュルツブルクから呼び  
寄せ、ポツダムにて、目にみえないものを写すと伝えられる教授の発見についての  
講義を皇族の前で行わせた」と報じた。そのわずか一週間後、同新聞は「レントゲ  
ンの写真に関する発明は、科学的な関心をますます独占している。外科手術の課題  
において、成功した数多くの適用例がすでにさまざまな国で報告されている。しか  
しさらに衝撃的な点は冶金業界の多くの部門における手法に革新を起こすことが証  
明されていることだ」とも伝えている。



38\*  
German Emperor Wilhelm II

ca. 1887 / Photograph / Imperial War Museums

39\*  
Telegram from Emperor Wilhelm II to Röntgen

Emperor Wilhelm II / January 11, 1896 / Telegram / German Röntgen Museum, Remscheid

“His Majesty would like to hear Your Excellency’s lecture tomorrow, Sunday 5 o’clock at the Sternsaal  
of the local castle – von Arnim, Adjutant in Charge.”

On Saturday, January 11, 1896, the newspapers announced that Röntgen had received an  
invitation from the German emperor (the Kaiser) to give a presentation on his new discovery on Sunday  
afternoon at the royal palace in Berlin. The emperor was very interested in science and in technological  
developments. As crown prince, he had personally presented to the court a phonograph invented by  
Thomas Edison (1847–1931), after having been initiated into the instrument’s secrets by a company  
representative.

The imperial invitation also attracted the attention of the international press. On January 19,  
the *New York Times* reported that “Emperor Wilhelm had Prof. Röntgen to rush from Würzburg to  
Potsdam to give an illustrated lecture to the royal family on his alleged discovery of how to photograph  
the invisible.” Only a week later, the same newspaper summarizes: “Röntgen’s photographic discovery  
increasingly monopolizes scientific attention. Already numerous successful applications of it to surgical  
difficulties are reported from various countries, but perhaps even more striking are the proofs that it  
will revolutionize methods in many departments of metallurgical industry.”



40 \*  
日本の新聞報道

一八九六年八月五日／新聞／『朝日新聞』東京版

ニュースは日本にも伝えられた。世界的な名声を得た後も、レントゲンは生涯、科学的な理想主義者であり続けた。アメリカのさまざまな企業が多額の金銭を提示して彼の発見を利用しようとしたが、レントゲンは謙虚なまま、決して特許を申請しなかった。彼にとっては、自分の利益のために市場に売り込むことよりも、新たに発見された放射線を人類の利益のためにあらゆる場所で利用可能にすることが、より重要だったのだ。

41 \*  
ヴュルツブルクで開かれた物理医学学会の会合

一八九六年一月二三日／着色写真／レントゲン記念館

40 \*

Newspaper report from Japan

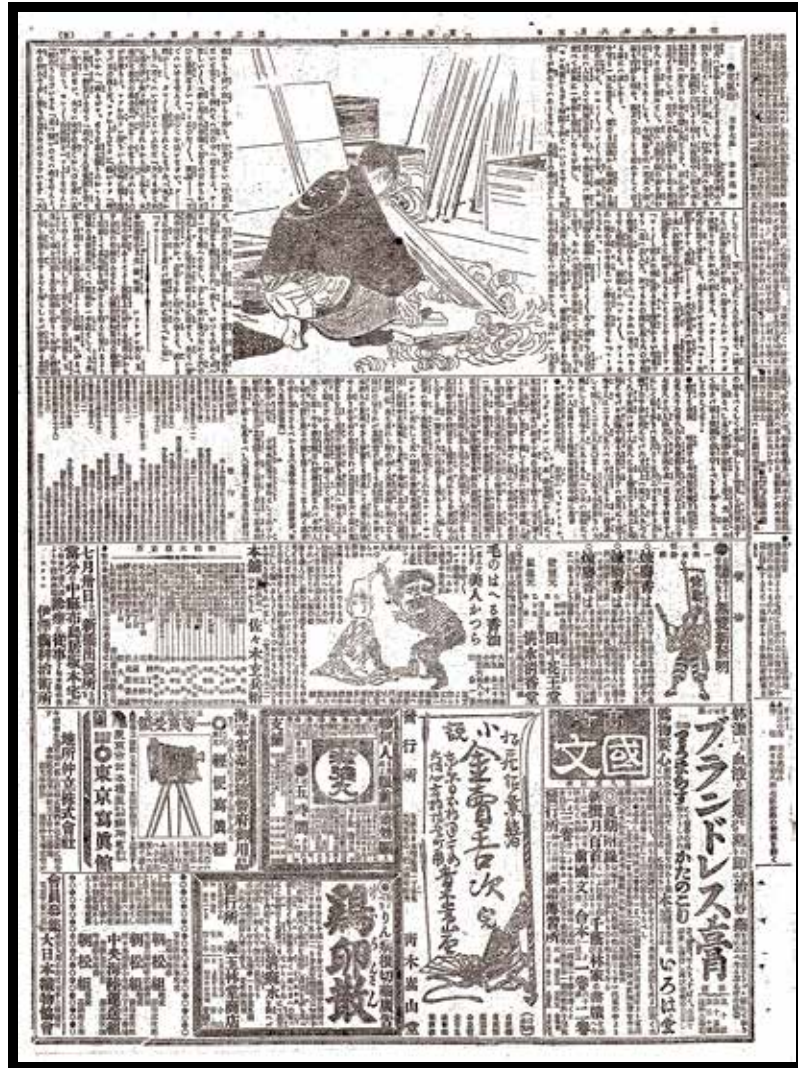
August 5, 1896 / Newspaper / *Asahi Shimbun*, Tōkyō edition

The news also made it to Japan. In 1896, several reports were published in Japan. Despite the global fame, Röntgen remained a scientific idealist all his life. American companies offered him a lot of money to exploit his discovery. The ever-modest Röntgen, however, never filed a patent. It was more important to him that the new rays could be used quickly everywhere for the benefit of all people instead of marketing them to his advantage.

41 \*

The meeting of the Physical-Medical Society in Würzburg

January 23, 1896 / Colorized photograph / Röntgen Memorial Site





## 42\* アルベルト・フォン・ケリカー教授の手のX線写真

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン／一八九六年一月三日  
雑誌掲載されたX線写真／横二〇×縦二九五  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

レントゲンが、自身の発見について公開で行った講演は、一八九六年一月二三日にヴュルツブルクの物理医学学会のために行ったもののみである。場所は物理学研究所の講堂だった。彼はさまざまな実験を通じて新しい放射線の効果を実演し、木製のスプール、測定器セット、妻の手の写真などのX線写真を紹介した。この講義の最後に、レントゲンは、医学部の学長であり枢密顧問官、解剖学教授であったアルベルト・フォン・ケリカー閣下に、新しい放射線で彼の手を撮影させてもらえないかと依頼した。曝露したものは、研究所ですぐに現像されたものとみられ、焦点のあった鮮明なX線写真が提示された。フォン・ケリカーは、謝辞を述べる中で、ヴュルツブルクの物理医学学会に所属して四十八年になるが、この会合でこれほど素晴らしい重要な講演は聞いたことがないと述べた。最後に、熱心な聴衆と共に発見者に惜しめない喝采を与えた。ケリカーは、X線を今後「レントゲン線」と呼ぶべきだと提案し、聴衆はこの言葉に拍手喝采で応じた。

## 42\*

### Radiograph of the hand of Professor Albert von Kölliker

Wilhelm Conrad Röntgen / January 23, 1896 / Radiograph, copy in a magazine / W210 × L295 / University Archives Würzburg

The only public lecture Röntgen ever held on his discovery was for the Würzburg Physical-Medical Society and took place on January 23, 1896 in the auditorium of the Institute of Physics. He demonstrated the effects of the new radiation with numerous experiments and handed around his radiographs of the wooden spool, the measure set, and his wife's hand. In conclusion, Röntgen asked the Chairman of Medicine, His Excellency Albert von Kölliker, a privy councilor, and anatomy professor, to allow Röntgen to photograph his hand with the new radiation. The exposure was apparently developed immediately at the institute and the sharply focused radiograph was shown to attendees. In expressing his thanks, von Kölliker noted that in the forty-eight years of his membership of the Würzburg Physical-Medical Society, he had never witnessed such a splendid and important presentation as at that meeting. He closed his speech by giving three cheers to the discoverer with the entire audience enthusiastically joining in. He then proposed that in the future X-rays be called "Röntgen rays," which was greeted with a rousing ovation.



SECTION 4

Honors

43\*  
ヴュルツブルク大学医学部の医学名誉博士号

ヴュルツブルク大学医学部 / 一八九六年 / 羊皮紙 / 横五〇〇 × 縦七〇〇 /  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

X線の発見はまたたく間に世界中の研究者らを刺激し、物理学、医学、さらには材料分析といったさまざまな分野でこの新しい放射線が使用された。とりわけ、医学分野における用途の潜在性は明白だったため、一八九六年またはその直後に、数社が人体のX線検査のためのシステムの開発に着手した。

さらなる科学的発見における重要性、そして新しい用途における重要性は、ともにレントゲンに世界的名声をもたらし、数々の科学的栄誉、政治、王族関連の栄誉

が授与された。こうした栄誉のほんの一部を、授与された年度順に以下に紹介する。完全な一覧は、たとえば、オットー・グラッサー（一八九五―一九六四）によるレントゲンの伝記などをご参考いただきたい。グラッサーによれば、レントゲンに授与された賞は合計で八十九に上ることである。卓越した重要性から、一九〇一年、第一回ノーベル物理学賞がレントゲンに授与された。これについては、次のセクションで独立して取り上げる。

ヴュルツブルク大学の医学部は、最高の栄誉である「医学名誉博士号」の称号を学部長カール・シェーンボルン（一八四〇―一九〇六）の署名によりレントゲンに授与した。授与されたスピードをみると、それがきわめて異例のことであったことがわかる。レントゲンがこの称号を授与されたのは一八九六年二月一日、ヴュルツブルク物理医学学会での講義が行われたわずか三週間後のことだった。



43\*

Doctor honoris causa of the Medical Faculty, University of Würzburg

Medical Faculty Würzburg / 1896 / Parchment / W500 × L700 / University Archives Würzburg

The discovery of X-rays immediately spurred researchers worldwide to use the new rays in different fields including physics, medicine, and material analysis. As the application potential especially in medicine became evident, several companies started in 1896 or shortly after to develop systems for X-ray inspection of humans.

Both the importance for further scientific discoveries as well as for new applications, made Röntgen internationally famous and he received various scientific and political or royal honors. What follows are just selected examples of these honors according to the year in which they were awarded. For a more complete list, see the Röntgen biography by Otto Glasser (1895–1964), which counts a total of eighty-nine awards that were given to Röntgen.[1] Due to its outstanding importance, the first Nobel Prize in Physics, which was awarded to Röntgen in 1901, is treated separately in the next section.

The Faculty of Medicine of University of Würzburg conferred to Röntgen its highest honor, the title of *doctor medicinae honoris causa*, signed by the Dean, Prof. Dr. Karl Schoenborn (1840–1906). Very remarkable is the speed with which this happened: Röntgen received this title on February 15, 1896, about three weeks after his presentation at the Physical-Medical Society in Würzburg.

[1] Otto Glasser, *Conrad Wilhelm Röntgen and the Early History of the Röntgen Rays*, San Francisco: Normal Publishing, 1993.

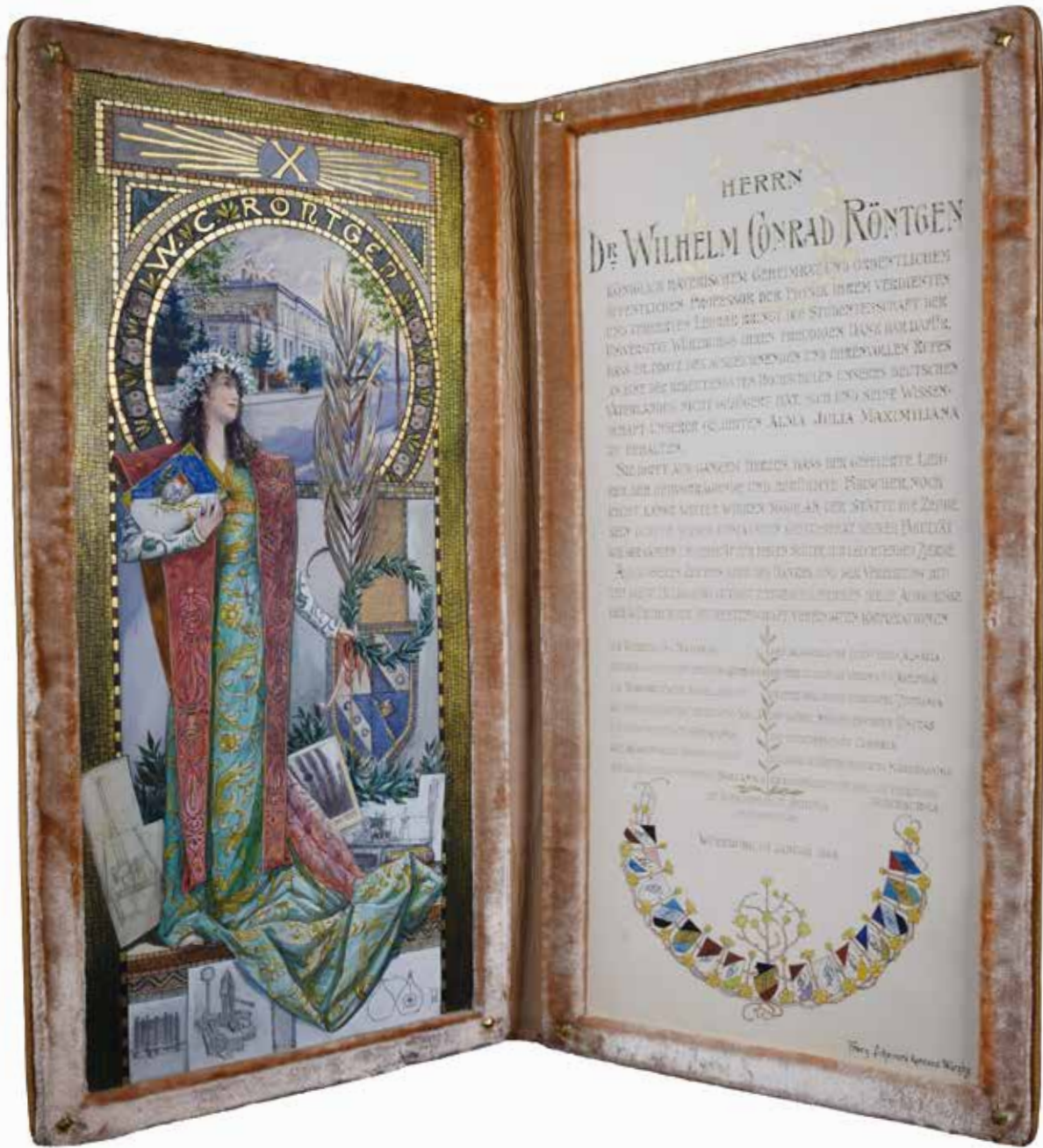
44  
ヴュルツブルクの学生団体がレントゲンに送った感謝の手紙

フランツ・シャイナー工房／一八九九年一月／革、羊皮紙、織物、手製、金色に装飾／  
横二七〇×縦五〇〇／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

医学名誉博士号に及ぶ公式なものではないが、ヴュルツブルク大学の学生らが、ベルリンでの職を断りヴュルツブルクに残ったレントゲンに送った手紙からは、レントゲンに対する並々ならぬ敬意をはっきりとみることができている。ヴュルツブルクの学生団体は、ベルリン大学からの依頼を断ったレントゲンに、松明を掲げた行列と美しい手紙で感謝の気持ちを伝えた。

手紙には、左手にシユロの葉と月桂冠を持つ女性が描かれている。シユロの葉はキリスト教における受難を象徴し、永遠の命という意味もある。女性は右手にユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルクの紋章がついた本を持ち、その視線は物理学研究所の建物に向かって描かれている。絵の周囲には金色の文字でレントゲンの名が記されている。建物にはバイエルン王国とドイツ帝国の旗が描かれている。

絵の下側には、レントゲンの実験の技術的な事物が描かれている。右側の紋章の下にある実験装置は小さな誘導コイルである。その隣にアンナ・バーサのX線写真があり、女性の足もとの左側には、レントゲンの研究に使用された実験装置が描かれている。左下にあるのはテスラジェネレータ（誘導コイル）の第一コイルで、X線がこの装置でも生成可能であることを実証するためにレントゲンが使用したものである。感謝の手紙の下に描かれているのは学生団体の紋章である。



44  
Letter of thanks to Röntgen from student fraternities in Würzburg

Franz Scheiners Kunstanstalt Würzburg / January 1899 / Leather, parchment, and fabric, handmade and gilded / W270 x L500 / University Archives Würzburg

Though not formally comparable to the *honoris causa* degree, a clear indication of the extraordinary esteem with which the students of University of Würzburg held Röntgen is a document in which they thank him for not leaving Würzburg to accept a position in Berlin. The Würzburg student fraternities extended their gratitude to Röntgen for declining a position offered to him at Berlin University with a torchlight procession and an exquisite letter.

The artwork shows a woman holding a palm leaf and a laurel wreath in her left hand. The palm leaf is a symbol of martyrdom in Christianity, but can also mean eternal life. In her right hand, she holds a book with the coat of arms of Julius-Maximilians-University Würzburg. The woman looks at a picture of the Institute of Physics, which is decorated with Röntgen's name in golden lettering. The flags of the Kingdom of Bavaria and the Empire are depicted on the building.

In the lower part, there are technical drawings of Röntgen's experiments. The experiment setup is shown on the right side by means of a small induction coil below the coat of arms. The X-ray of the hand of his wife Anna Bertha is shown next to it. At the woman's feet, on the left, is the experiment setup for Röntgen's research. On the bottom left is the primary coil of a Tesla generator, which was used by him to demonstrate that X-rays can also be generated with this device. At the bottom of the letter of thanks are the coats of arms of the student associations.



45 \*  
英国王立協会によるランフォードメダル証書

一八九九年／羊皮紙、シーリングワックス／横四六五×縦六五〇／  
ヴェルツブルク大学・大学アーカイブズ

英国王立協会が授与している最古の賞の一つであるランフォードメダルは、科学に重要な貢献をした科学者に贈られる。ランフォードメダルは、一七九六年にベンジャミン・トンプソン（一七五三―一八一四）（神聖ローマ帝国のランフォード伯爵としても知られる）が基金を寄付し、一八〇〇年以降、卓越した自然科学者に隔年で授与されてきたものである。銀張りのメダルと二千ポンドが贈られるこの賞は、これまで百人を超える科学者たちに授与されてきたが、そのうちの一人がレントゲンである。一八九九年、「極限まで真空化させた管を使って放電を発生させ管の外側で起きる現象を研究した」ことにより、レントゲンに賞が授与された。この賞は他に、アーネスト・ラザフォード（一八七二―一九三七）、ハインリヒ・ヘルツ、ジェームズ・クラーク・マクスウェル（一八三二―一八七九）などが受賞している。

45 \*

Rumford Medal certificate of the British Royal Society

1899 / Parchment and sealing wax / W465 × L650 / University Archives Würzburg

The Rumford Medal is one of the oldest awards granted by the British Royal Society, given to scientists who have made important contributions to science. The medal was endowed in 1796 by Benjamin Thompson (1753–1814), also known as Count Rumford of the Holy Roman Empire. Since 1800, the medal has been awarded every second year to outstanding physicists. The award, comprised of a silver gilt medal and a grant of £2,000, has been conferred to over one hundred scientists.

Crediting Röntgen's "investigations of the phenomena produced outside a highly exhausted tube through which an electrical discharge is taking place," the award was given to Röntgen in 1899. Other awardees of note include Ernest Rutherford (1871–1937), Heinrich Hertz, and James Clerk Maxwell (1831–1879).





46 \*

**Columbia College Barnard Medal**

Tiffany & Co., New York; Columbia University in the City of New York / 1900 / Solid gold / W130 × L130 × H150, D80 / University Archives Würzburg

Overseas, Röntgen was awarded, for example, the Barnard Medal for Meritorious Service to Science by New York City's Columbia University. The medal is named after Frederick August Porter Barnard (1805–

46 \*  
**コロンビア大学バーナード賞メダル**

ティファニー社製、コロンビア大学（ニューヨーク）／一九〇〇年／合金／  
横一三〇×縦一三〇×高一五〇、厚八〇／ヴェルツブルク大学・大学アーカイブズ

海外の賞では、ニューヨークのコロンビア大学から科学への功績を称えるバーナードメダルが贈られた。このメダルは、一八六四年にコロンビア大学の第十代学長となったフレデリック・アウグストス・ポーター・バーナード（一八〇五–一八八九）にちなんで名づけられた。

この賞は一九八五年に中断されるまで五年おきに授与され、その五年の間に人類に大きく寄与する発見を行った自然科学者や天文学者らが対象となった。発見は、世界的に重要な数々の発見を高く評価しているもので、受賞者の国籍に一切の制限はなかったことから、ドイツ系オランダ人であるレントゲンも一九〇〇年にこの賞を受賞することができた。

メダルの表面には、片手に月桂冠、もう片方の手に石油ランプを持つコロンビアの絵が描かれ、その両側には二つの川の神が描かれている。バーナードの希望により、コロンビアの肩の上側には「偉大なるものは真実」と刻まれている。また裏面には「全知全能の神、いと高きところに栄光よあれ」と書かれている。

1889), who became the tenth president of Columbia University in 1864. Awarded every five years until its cessation in 1985, the medal honored physicists and astronomers who, during the same five-year period, had discovered something of significant benefit to humanity. The discovery was to honor discoveries of global importance and there were no restrictions on nominee nationality, permitting the Dutch-German Röntgen to receive the medal in 1900.

The front side of the medal is adorned by the figure of Columbia holding a laurel wreath in one hand and oil lamp in the other, where she is flanked by two river deities. As per Barnard's wishes, "*Magna est veritas*" (great is the truth) is inscribed above Columbia's shoulder. The reverse side of the medal reads "*Deo optimo maximo, gloria in excelsis*" (to the Lord, the best and the greatest, be glory in the highest).





47\*

ヘルマン・フォン・ヘルムホルツ賞メダル

プロイセン科学アカデミー／一九一九年／合金  
横一三〇×縦一三〇×高一四〇、厚九〇／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

プロイセン科学アカデミーは、科学、とりわけ自然科学に卓越した貢献を行った個人に、ヘルムホルツ賞メダルを贈って表彰している。この賞は、一八九一年、ヘルマン・フォン・ヘルムホルツが自らの七十歳の誕生日に基金を出して設立した。一八九二年、フォン・ヘルムホルツ自身が最初の四人の受賞者を発表した。レントゲンは、物理学の分野で傑出した学者として目覚ましい功績を挙げたことから、一九一九年にこの賞を授与されている。一九九四年以降、メダルは隔年での授与となっている。

メダルの表面には、賞の名前の由来となったフォン・ヘルムホルツの顔が描かれ、名前が刻まれている。裏面には、レントゲンの名前と受賞年度が刻まれ、周囲を月桂冠が囲んでいる。

47\*

Hermann von Helmholtz Medal

Royal Prussian Academy of Sciences / 1919 / Solid gold / W130 × L130 × H140, D90 / University Archives Würzburg

The Prussian Academy of Sciences recognizes individuals who make outstanding contributions to sciences, especially natural science, with the Hermann von Helmholtz Medal. The award was endowed by von Helmholtz in 1891, on the famous scientist's seventieth birthday.

In 1892, von Helmholtz himself nominated the first four prizewinners. Röntgen received the award in 1919, having distinguished himself as a preminent scholar in the field of physics. Since 1994, the medal has been awarded once every two years.

The medal depicts its namesake on the front, accompanied by the inscription of von Helmholtz's name. On the back, Röntgen's name and the year of his award is encircled by a laurel wreath.

ドイツ物理学会 / 一九一九年 / 証書 / 横五二〇 × 縦六七〇 /  
ヴュルツブルク大学アーカイブズ

一行目 (左から右) /  
アルノルト・ゾンマーフェルト (一八六八—一九五二)、  
エミール・ヴァールブルク (一八四六—一九三二)、  
ハインリヒ・ルーベンス (一八六五—一九三二)、  
マックス・プランク (一八五八—一九四七)

二行目 (左から右) /  
オイゲン・ヤーンケ (一八六一—一九二九)、  
カール・シール (一八六六—一九三六)、  
オイゲン・ゴルトシュタイン (一八五〇—一九三〇)、  
ヴィルヘルム・ヴェストファル (一八八二—一九七八)

三行目 (左から右) /  
フランツ・キービッツ (一八七八—一九六二)、  
アドルフ・ケプセル (一八五六—一九三三)、  
ラインハルト・ジューリング (一八六六—一九五〇)、  
グスタフ・ヘルツ (一八七二—一九七五)

四行目 (左から右) /  
フリッツ・ハーバー (一八六八—一九三四)、  
ハンス・アドルフ・ボアス (一八六九—没年不詳)、  
マックス・フォン・ラウエ (一八七九—一九六〇)、  
アルベルト・アインシュタイン (一八七九—一九五五)

五行目 /  
オットー・クリガー・メンゼル (一八六一—一九二九)

一九一九年、ドイツ物理学会はレントゲンに名誉会員の資格を付与した。一八四六年に設立され、現在約六万人の会員が所属するドイツ物理学会は、世界最古かつ最大の物理学組織として知られている。ここで科学的に重要なものは、手紙の内容よりも署名者たちの名前である。それらがこの文書を歴史的に価値のあるものになっている。

この手紙はドイツ物理学会の委員会員らによって署名されている。マックス・プランク、マックス・フォン・ラウエ、フリッツ・ハーバー、そしてアルベルト・アインシュタインらによって署名されたこの手紙は、レントゲンの発見が同時代の人々によって永遠に称えられるべきものとみなされていたことを裏付けている。

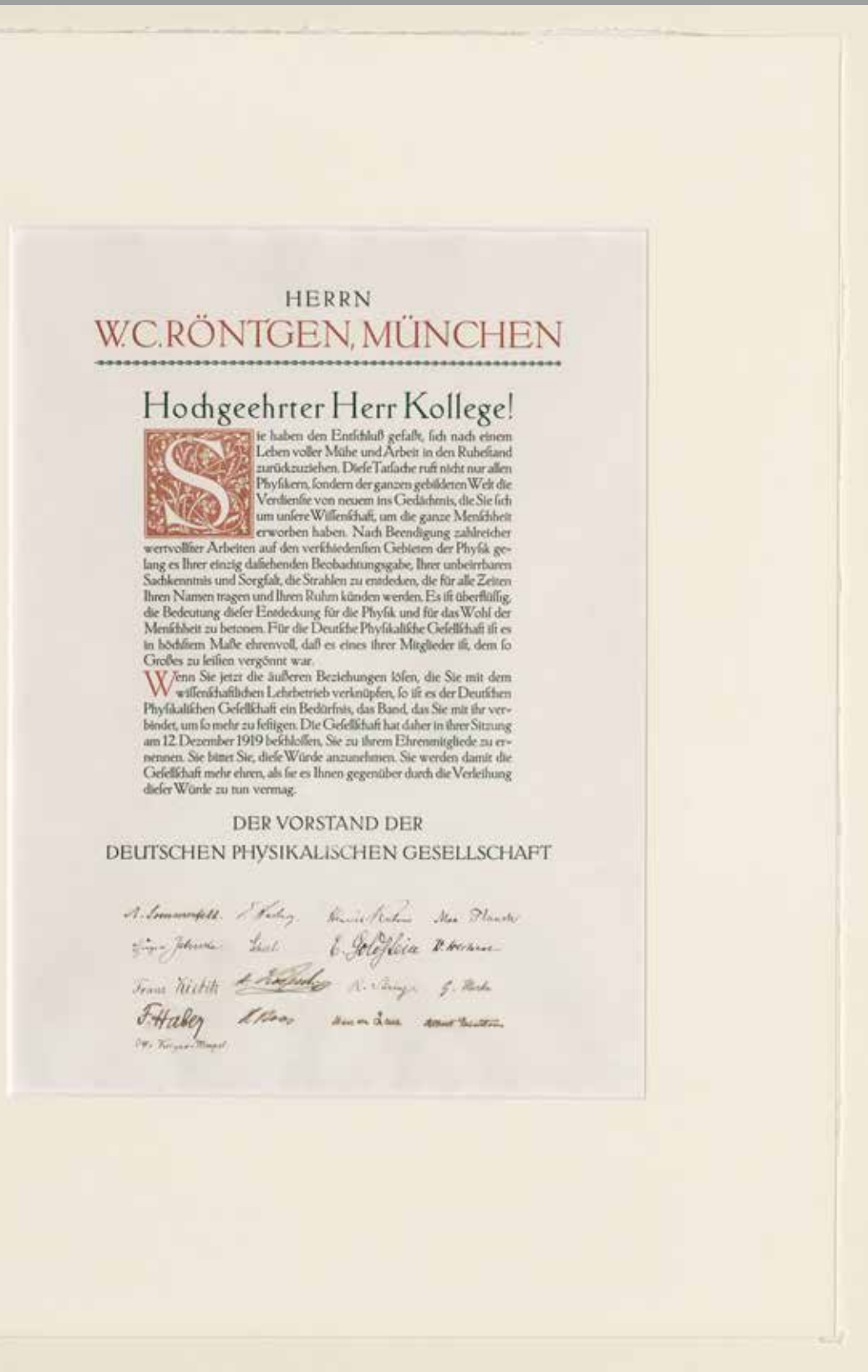
Letter informing of the honorary membership awarded to Röntgen by the German Physical Society

German Physical Society / 1919 / Paper / W520 × L670 / University Archives Würzburg

- 1st line, left to right: Arnold Sommerfeld (1868–1951), Emil Warburg (1846–1931), Heinrich Rubens (1865–1922), Max Planck (1858–1947)  
2nd line, left to right: Eugen Jahnke (1861–1929), Karl Scheel (1866–1936), Eugen Goldstein (1850–1930), Wilhelm Westphal (1882–1978)  
3rd line, left to right: Franz Kiebitz (1878–1962), Adolf Köpsel (1856–1933), Reinhard Süring (1866–1950), Gustav Hertz (1887–1975)  
4th line, left to right: Fritz Haber (1868–1934), Hans Adolf Boas (1869–?), Max von Laue (1879–1960), Albert Einstein (1879–1955)  
5th line: Otto Krigar-Menzel (1861–1929)

In 1919, the German Physical Society conferred honorary membership on Röntgen. Established in 1845 and with a membership presently numbering around 60,000, the German Physical Society is recognized as the world's oldest and largest organization of physicists. It is not so much the content of the letter, but rather the scientific significance of its signatories, that accounts for the historical value of this document.

The letter is signed by the members of the board of the German Physical Society. Endorsed by persons such as Max Planck, Max von Laue, Fritz Haber, and Albert Einstein, the letter attests to the lasting recognition of Röntgen's discovery by his contemporaries.







49 \*

**The Institute of Physics of University of Würzburg, awarded “Historic Site” status by the European Physical Society in 2016**

2016 / Photograph / Private collection

50 \*

**Röntgen’s laboratory at the former Institute of Physics, University of Würzburg**

Date unknown / Photograph / Private collection

49 \*  
 欧州物理学によるヴュルツブルク大学物理学研究所の史跡認定  
 (認定プレート)

二〇一六年 / 写真 / 個人蔵

50 \*  
 旧ヴュルツブルク大学物理学研究所のレントゲンの実験室

年代未詳 / 写真 / 個人蔵

「この建物でW・C・レントゲンは一八九五年に放射線を発見した。この放射線はのちに彼にちなんだ名が付けられた」

一九九四年二月八日、ドイツのダルムシュタット近郊にある重イオン研究所（GSI）のシグルド・ホフマン率いる国際チームが、自然では存在せず、実験室においてのみ合成可能な極めて放射性の高い元素を作成した。かつて、ドミトリ・メンデレーエフ（一八三四―一九〇七）の元素命名法にならって、レントゲニウムはエカ・ゴールドと呼ばれていた。その後、この元素は、一九七九年に国際純正・応用化学連合（IUPAC）が発表した勧告に従って、確認され、恒久的な名前が決まるまでの代替名としての系統名として、ウンウンウンニウム（記号はUuu）と名付けられた。そして、GSIの提案によりレントゲンにちなんだ名前が付けられた。この提案は二〇〇四年一月一日に国際純正・応用化学連合（IUPAC）によって承認され、レントゲニウムは記号Rg、原子番号111とする化学元素になった。

二〇一六年六月、欧州物理学会（EPS）は、レントゲンが一八九五年にX線を発見した物理学研究所を、ドイツでは五箇所と数少ない「史跡」の一つに認定した。

“In this house, W. C. Röntgen discovered in the year 1895 the rays that were named after him”

On December 8, 1994, an international team led by Sigurd Hofmann at the GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research (GSI) near Darmstadt, Germany, created an extremely radioactive element that cannot be found in nature and can only be synthesized in a laboratory. Before 1979, using Dmitri Mendeleev’s nomenclature for unnamed and undiscovered elements, roentgenium should be known as eka-gold. In 1979, IUPAC had published recommendations according to which the element was to be called ununonium (with the corresponding symbol of Uuu), a systematic element name as a placeholder, until the element was discovered (and the discovery then confirmed) and a permanent name decided. As suggested by the GSI team, however, it was named after Röntgen. The suggestion was accepted by the International Union of Pure and Applied Chemistry on November 1, 2004. Roentgenium is a chemical element with the symbol Rg and atomic number 111.

In June 2016, the European Physical Society (EPS) has distinguished the institute where Röntgen discovered the X-rays in 1895 as one of just five “Historic Sites” in Germany.

51  
バイエルン王メリット勳章

バイエルン王国／一九〇〇年／金属、エナメル／  
上・横五〇×縦八〇×厚一〇、下・横八〇×縦八〇×厚二〇／  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

52\*  
イタリア王冠勳章

イタリア王国／一九〇〇年／金属、エナメル／  
横八〇×縦一三〇×高一五〇、径六〇／  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

その後もレントゲンの発見に対する数多くの賞賛が続く。中には、世紀末にあたるレントゲンの五十五歳の誕生日を称えるものもあった。バイエルン王のメリット勳章の一環としてナイト爵を授けられただけでなく（レントゲンはこれを受けとらなかったが）、聖マイケル・メリット勳章・グランドコマンドークロスを授与されたほか、科学芸術分野のプール・ル・メリット勳章の会員資格も授与された。

一八〇八年、バイエルンのマクシミリアン一世ヨーゼフ（二七五六一―一八二五）は、最も権威ある賞として「バイエルン王メリット勳章」を設立し、受賞者に爵位の権利も与えた。バイエルン皇太子レгент・ルイトポルト（二八二二―一九二二）は、ドイツ皇帝ヴィルヘルム二世（二八五九―一九四二）とともに、個人的な面会によりレントゲンにこの榮譽を授けた。レントゲンは「コマンドー」の爵位を授与され、金のメダルを与えられた。しかしレントゲンは、自分の名前を変更することは断っている。

この勳章は、八条の腕、十六条の端をもつ白いエナメルの十字型で、中央のメダルは楕形の環で囲まれている。白と青のひし形の上には金色の王冠が配され、金と赤の輪に囲まれて、美德と榮譽「*virtus et honor*」という文字が刻印されている。下襟には設立者であるマクシミリアン一世ヨーゼフの肖像と「MAX.JOS.BOJOARIAE.REX」

の文字が刻まれている。コマンドー・レントゲンは、細かい装飾が施された胸章も授与された。

賞賛はドイツの国境を越えて広がっていく。イタリアは、榮譽ある外国人勳章でレントゲンを称えた。レントゲンはイタリア王冠勳章を授与され、「イタリア王冠勳章コマンドー」という地位が与えられた。この勳章は、縁が湾曲し白いエナメルが塗られた金の十字で、十字の間にいわゆるサボイクロスが描かれている。表面の中央の円には、青地のエナメルの上にロンバルディアの鉄の王冠が施される。裏面の中央の円には、金地の上に黒いエナメルのワシとサボイクロスが施されている。



51  
Order of Merit of the Bavarian Crown

Kingdom of Bavaria / 1900 / Metal and enamel / top: W50 × L80, D10, bottom: W80 × L80, D20 /  
University Archives Würzburg

52\*  
Order of the Crown of Italy

Kingdom of Italy / 1900 / Metal and enamel / W80 × L130 × H150, Dia60 /  
University Archives Würzburg

In the wake of Röntgen's discovery, many accolades followed. Several honors were intended to coincide with Röntgen's fifty-fifth birthday at the end of the century. Not only was Röntgen knighted

as part of the Order of Merit of the Bavarian Crown (which he never accepted), he also received the Grand Commander's Cross of the Order of Merit of Saint Michael, in addition to being awarded membership in the Order of Pour le Mérite for Science and Art.

In 1808, King Maximilian I Joseph (1756–1825) of Bavaria established the Order of Merit of the Bavarian Crown as a prestigious award that also provided the recipient with the right to a noble title. The Bavarian Prince Regent Luitpold (1821–1912) alongside Emperor Wilhelm II (1859–1941) bestowed this honor upon Röntgen in a personal meeting. Röntgen was awarded the rank of commander and was given a medal in gold. However, the physicist refused to change his name.

The insignia is an eight-armed, sixteen-pointed, white enameled cross surrounded by an oak wreath with a medallion in the center. This shows the golden royal crown on a white-blue rhombus, surrounded by a golden, red hoop with the inscription "*virtus et honor*" (virtue and honor). In the lapel is a portrait of the founder, King Maximilian I Joseph, with the inscription "MAX.JOS.BOJOARIAE.REX." As commander, Röntgen also received a highly decorated breast star.

Recognition extended far beyond the German borders. Italy honored the physicist with high foreign honors. Röntgen received the Order of the Crown of Italy and became Commendatore dell'Ordine della Corona d'Italia. The order consists of a gilt cross with curved edges, enameled in white, with the so-called Savoy knots between the arms of the cross. The obverse central disc featured the Iron Crown of Lombardy on a blue enamel background. The reverse central disc shows a black-enameled eagle bearing the Savoy cross on a golden background.



53 +  
最初のノーベル物理学賞

ソフィア・ギスバーク／一九〇二年／革、羊皮紙、金／横五九〇×縦二九〇／  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

レントゲンはその生涯で数々の表彰を受けたが、最も重要な賞が一九〇一年のノーベル物理学賞である。

ノーベル賞は、一八六〇年代にダイナマイトの発明で富を築いたアルフレッド・ノーベル（一八三三―一八九六）によって設立された。ノーベルは財産の大部分を物理学、化学、医学、文学の賞に寄付し、すべての賞は彼の名にちなんで名づけられた。しかし、遺族の間で相続問題が起こったため、最初の授賞式が開かれたのは彼が亡くなってから五年後のことだった。

最初のノーベル賞は、分野が多岐にわたった。選考の対象は、発見した科学者が存命である限り、先行する数十年間に行われた偉大な発見や開発のすべてに及んだ。受賞者は、外部の著名な科学者らの推薦にもとづいてスウェーデン科学アカデミーが選んだ。



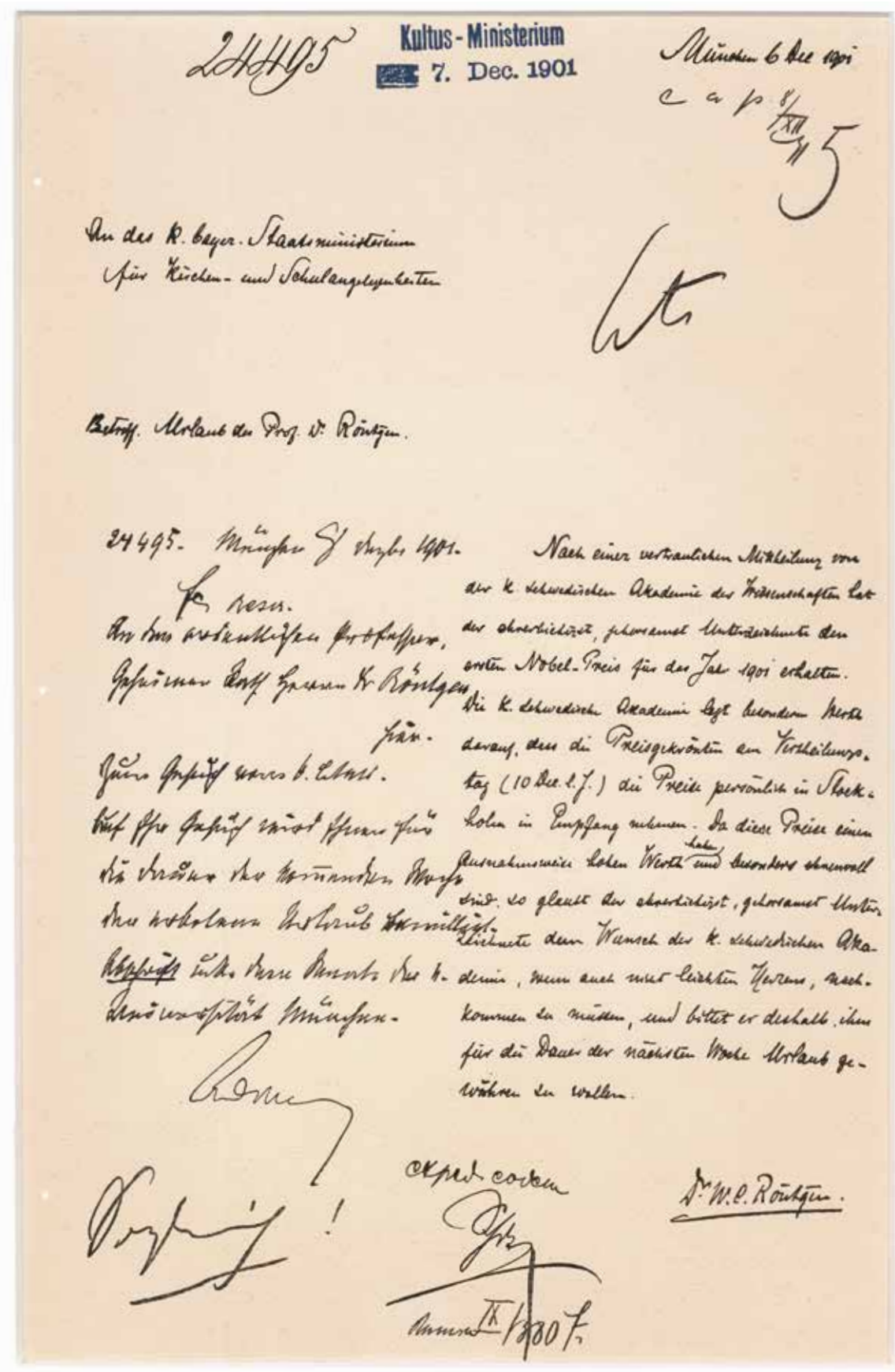
53 +  
The First Nobel Prize in Physics

Sophia Gisberg / 1901 / Leather, parchment, and gold / W590 × L390 / University Archives Würzburg

Though Röntgen received many honors in his lifetime, the most significant was the Nobel Prize in Physics in 1901.

The origin of the award goes back to Alfred Nobel (1833–1896), who made a fortune with his invention of dynamite in the 1860s. He donated a large part of his fortune to prizes for physics, chemistry, medicine, and literature, all to be named after him. Due to inheritance disputes of his family, however, the first award ceremony only took place five years after his death.

The field for the first Nobel Prize was particularly wide. As long as the discovering scientist was still alive, all the great discoveries and inventions of the preceding decades were available for selection. The awardees were selected by the Royal Swedish Academy of Science, based on recommendations of external eminent scientists.



レントゲンがバイエルの宗教教育省に出した手紙

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン／一九〇一年／紙に手書き／  
横二一〇×縦三三〇／バイエルン州立文書館

一九〇一年二月のはじめ、レントゲンはスウェーデン科学アカデミーから第一回ノーベル物理学賞の受賞者に選ばれたとの連絡を受けた。彼は、一九〇一年二月六日付けの手紙で、バイエルの宗教教育省宛てに次のような休暇届を申請している。

スウェーデン科学アカデミーからの内密の情報により、署名者は、自らが一九〇一年第一回ノーベル賞を受賞したことを恐れ多くも責任をもってここに報告する。スウェーデン科学アカデミーは、受賞者が、授与式の当日（本年二月一〇日）にストックホルムにおいて自ら賞を受けとることをとりわけ重視している。本賞はきわめて重要かつ特別に名誉な賞であるため、恐れ多くも署名者は、不承ながら、スウェーデン科学アカデミーの要請に応じる必要があると考える。よって翌一週間の休暇を申請する。W・C・レントゲン博士

手紙が同省に届いたのは一九〇一年二月七日、休暇届が承認されたのは二月八日。レントゲンがノーベル賞を受けとるためにストックホルムに旅び立とうとしたまさにそのときだった。

Röntgen's letter to the Bavarian Ministry of Religious and Educational Affairs

Wilhelm Conrad Röntgen / 1901 / Handwriting on paper / W210 x L330 /  
BayHStA, MK 17921M; Archives of the Bavarian State

At the beginning of December 1901, Röntgen was informed by the Royal Swedish Academy of Science that he had been selected to receive the first Nobel Prize in Physics.

He applied for a leave of absence at the Bavarian Ministry of Religious and Educational Affairs in a letter dated December 6, 1901: "According to confidential information by the Royal Swedish Academy of Science, the undersigned humbly and dutifully reports that he has received the first Nobel Prize for the year 1901. The Royal Swedish Academy attaches particular importance to having the prizewinners accept the prizes personally in Stockholm on the day of the award (December 10 of the current year). As these prizes are of such extraordinarily high value and are so particularly honorable, the humble and deferential undersigned believes, albeit reluctantly, that he must satisfy the wishes of the Royal Swedish Academy, and thus requests the granting of leave for the duration of the following week. Dr. W. C. Röntgen."

The letter was received by the Ministry on December 7, 1901. The request was granted on December 8, just in time for Röntgen to travel to Stockholm to receive the Nobel Prize.





55 +

### Nobel Prize medal awarded to Röntgen

Erik Lindberg / 1901 / Solid gold / Dia70 / University Archives Würzburg

The award ceremony took place on December 10, 1901, in the richly decorated hall of the Royal Swedish Academy of Music in Stockholm. After music and speeches, the director of the Swedish National Archives paid tribute to the discovery of the X-rays, whereupon Röntgen received the first Nobel Prize in Physics, awarded by the crown prince.

The medal shows the portrait of the founder Alfred Nobel and his year of birth and death.

55 +

### レントゲンに授与されたノーベル賞のメダル

エリック・リンドバーグ／一九〇一年／合金／径七〇／  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブス

授賞式は、一九〇一年二月一〇日に、豪華に装飾を施されたスウェーデン王立音楽アカデミーで行われた。音楽の演奏と講演の後、スウェーデン国立公文書館の館長がX線の発見に敬意を表し、それに続いて、レントゲンは第一回ノーベル物理学賞をスウェーデン皇太子から授与された。

ノーベル賞のメダルには創設者であるアルフレッド・ノーベルの肖像画と彼の生没年が描かれている。メダルのデザインが完成していなかったため、一九〇一年の最初の授賞式では代理のメダルが渡された。一九〇一年の受賞者が正式なメダルを手にしたのは、一九〇二年になってからのことだった。メダルの直径は六六ミリメートルで、幅は五二ミリメートルから二四ミリメートルまでさまざまだった。表面には創設者であるアルフレッド・ノーベル（一八三三―一八九六）の横顔と名前、そして生没年がローマ数字で描かれている。裏面には受賞者の名前が記されている。レントゲンは遺言の中で、メダル、賞状、そして五万クローナという多額の賞金をユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルクに寄贈すると記した。

授賞式と公式晩餐会のほかに、受賞者は、自らの発見について講演を行うことが予定されていた。しかしレントゲンは、翌日にはスウェーデンを発っていたので、講演を行わず、その理由の説明もしなかった。その後、レントゲンは五度にわたりノーベル医学賞にノミネートされた。

Since the design of the medals had not yet been fully determined, substitutes had to be presented at the first ceremony in 1901. It was not until 1902, that the awardees of the previous year received their official medals. The medal diameter is 66 millimeters (2.6 inches), with a width varying between 5.2 millimeters and 2.4 millimeters (0.2 and 0.09 inches). The front shows the profile and name of its founder Alfred Nobel (1833–1896) as well as the Roman numeral dates of his birth and death; the reverse shows the laureate's name. In his will, Röntgen bequeathed the medal, certificate, and considerable prize money of 50,000 Swedish crowns to the Julius-Maximilians-University Würzburg.

In addition to the award ceremony and an official banquet, it was also expected from the awardees to give a lecture on their discovery. Röntgen, however, did not give a speech, nor did he give an explanation for the lack thereof, as he had already left the next day. In the following years, Röntgen was nominated five more times for the Nobel Prize in Physiology or Medicine.





KONGLIGA SVENSKA  
VETENSKAPS-AKADEMIEN

har vid sitt sammanträde den 12 Nov.  
1901 i enlighet med föreskrifterna i det af

**ALFRED NOBEL**

den 27 November 1895 upprättade testa-  
mente beslutat att tilldela det pris som  
denna är bortgifves åt den som inom fy-  
sikens område har gjort den viktigaste  
upptäckt eller uppfinning till

**WILHELM CONRAD  
RÖNTGEN**

såsom ett erkännande af den utomordent-  
liga förtjenst han inlagt genom upptäckten



af de egendomliga strålar som sederme-  
ra uppkallats efter honom.

Stockholm den 10 December 1901

Kgl. Vet. Akad. Preses.

Kgl. Vet. Akad. Sekreterary.





ソフィア・ギスバーク / 一九〇一年 / 革、羊皮紙、金 / 横五九〇 × 縦三九〇 /  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

ノーベル物理学賞の賞状は、金色の装飾が型押しされた青い革製のファイルに入れて渡された。賞状自体は羊皮紙で作られており、全二ページからなる。左側のページにはスウェーデン王立科学アカデミーの署名と、授賞式の日付、アルフレッド・ノーベルの名前、寄付が行われた日が記され、さらに受賞の理由と、受賞者の名前が記されている。右側のページには賞状の発行日と、スウェーデン王立科学アカデミー総裁の署名が記されている。また、アカデミーの紋章と科学アカデミーの書記官の署名も記されている。

この賞状には、スウェーデンの国のシンボルカラーが全体に使用されている。金箔を施した葉と果実は、彫刻のようにみせるため樹脂や蝋で縁取られている。果実はまるで小さなしずくのようなものである。金色のインクの輝きがその印象を際立たせている。

二ページ目には、アカデミーの紋章の代わりにX線の生成に使用された実験装置が描かれている。背景は青色で、金で型押しされたテーブルの上に、水平に置かれた真空管（前方）、二つめの装置（左、誘導コイルの丸い突端（後方））が描かれている。ゆるんだケーブルの端は三つの装置の接続を示唆し、端が赤い、開いたままの実験室の本からは実験装置を斜めからみた様子がかい知ることができる。

フレームの下側にはスウェーデン王立科学アカデミーの紋章が施された。青色の縦に長い楕円の中に、金で型押しされた球体と羽根そして三つの王冠が描かれている。球体の頂点にさらに大きい王冠が描かれ、その上に光輪をもつ五芒星がある。一方の羽根からもう一方の羽根にむかって大文字で書かれた文字「KUNGL.WETENSK.ACAD.SIGILL」はアカデミーの名前を表わしている。機関の名前「KONGLIGA SVENSKA VETENSKAPS-AKADEMIEN」は、青色の極小セリフ体で書かれている。これらの文字は、背景が金色のようにみえる。文字を装飾している細かい裏地が、影の効果を生んでいることがわかる。同じような金色の影の効果は、赤色のインクで書かれたアルフレッド・ノーベル（一八三三―一八九六）の名前の装飾にもみることができる。受賞者の名前は、上記のように大きいマジヤスキュール体で書かれている。地のテキストは金色を使ってミナスキュール体で書かれ、フラクチャー体はセピアのインクで書かれている。

### 53 + Nobel Prize diploma

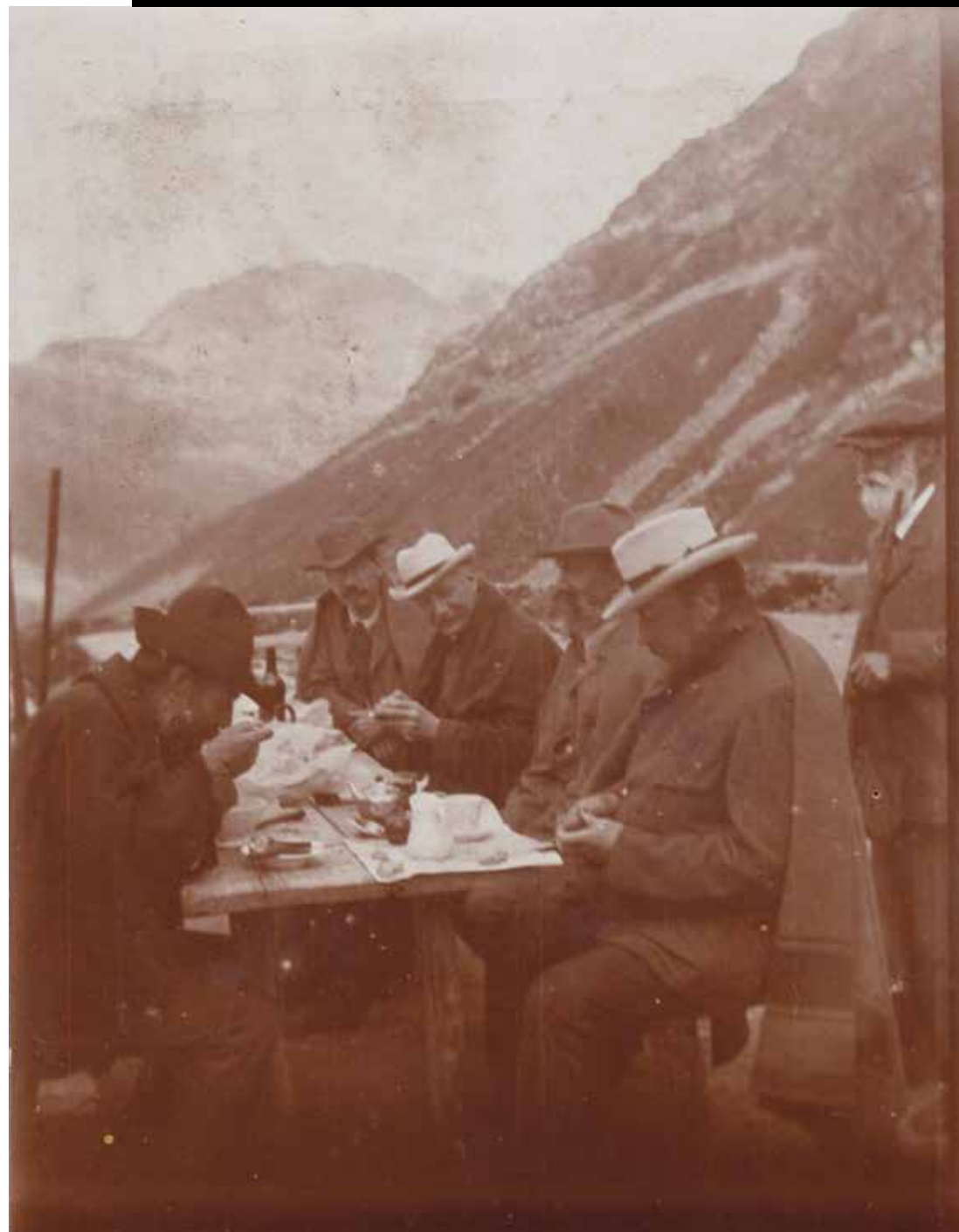
Sophia Gisberg / 1901 / Leather, parchment and gold / W590 × L390 /  
University Archives Würzburg

The Nobel Prize diploma in Physics is presented within a blue leather folder with gold ornamental embossing. The diploma itself is made of parchment and includes two pages. The left page contains the signature of the Royal Swedish Academy of Science, under which is written the date of the ceremony, the identification of the prize's namesake, and the endowment date, followed by the reason for the award as well as the name of the awardee. The right page contains the date of issue of the certificate and the signature of the president of the Royal Swedish Academy of Science. It also includes the seal of the Academy and the signature of the permanent secretary of the Academy of Science.

The Swedish national colors are used throughout the diploma. The gilded leaves and fruits are lined with resin or wax so that they appear very plastic. The fruits almost seem like droplets, an impression reinforced by rays of gold ink.

On the second page, the experiment setup for generating X-rays is illustrated in place of the Academy's seal. In front of a blue background is an image of a gold-embossed table, upon which rests a horizontally aligned vacuum tube (in the foreground), a second device (on the left), and the induction coil's round edge (at the back). Loose cable ends imply the connection of the three devices and the open laboratory book with red sheets supports the perspective view of the laboratory devices.

The seal of the Royal Swedish Academy of Science rests above the bottom portion of the frame. It shows a gold-embossed sphere within blue oval wings and three crowns. At the apex of the sphere is a larger sphere and, above it, the five-pointed star with an aureole of rays. The inscription, which runs from one wing to the other, names the distinguishing institution in capital letters: "KUNGL.WETENSK.ACAD.SIGILL." The name of the institution, "KONGLIGA SVENSKA VETENSKAPS-AKADEMIEN," is written in blue minuscule serif script. The letters appear as if set against a gold background, which upon closer inspection reveals to be a fine lining ornamenting the letters with a shadowing effect. The same golden shadowing effect can be seen adorning Alfred Nobel's (1833–1896) name and in the red-inked initials. The name of the awardee is written in the same majuscule script as above. The original text itself is written in minuscules using golden lines, with fracture script in sepia ink.



56\*  
スイスのポントレジーナにあるツィエルヴァ小屋での朝食

一九〇七年九月一日／写真／横九〇×縦一一〇／  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

レントゲンは自然を愛し、休暇は家族や友人らとともに過ごした。レントゲンがとりわけ好んでいた旅行先は、スイス、とくにポントレジーナと、イタリア北部のコモ湖畔にあるカデナツビアだった。カデナツビアに滞在するときはいつも、有名なホテル・ベルビユーに泊まっていた。マイニンゲン王子（一八二六—一九一四）と親交があったことから、レントゲンの家族はカルロッタ庭園を開園時間外に訪れることができた。

56\*

Breakfast with friends at Tschierva Hut, Pontresina

September 1, 1907 / Photograph / W90 × L110 / University Archives Würzburg

Röntgen, a lover of nature, spent his semester break with his family and friends. Particularly popular with the Röntgens were destinations in Switzerland such as Pontresina or Cadenabbia on Lake Como in northern Italy. The family always stayed in the same Hotel Bellevue in Cadenabbia and, thanks to the friendliness of the Prince of Meiningen (1826–1914), were able to visit the garden of the Villa Carlotta outside visiting hours.





57\*  
 ポントレジーナで友人に囲まれて—妻や姪らと写真に収まるレントゲン

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン撮影（セルフタイマーを使用）／一八九四年頃  
 写真／ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）

58\*  
 狩猟小屋

年代未詳／写真／ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）

レントゲンがとりわけ好んだ休暇の過ごし方は、自分で手入れした自動車を運転したり、蒸気船で遠くに出かけたり、家族や友人らと山歩きをしたりすることだった。レントゲンは、なにより、ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルクの著名な生物学者であり友人、同僚であったテオドール・ボヴェリ（二八六二—一九一五）の娘、マーグレット・ボベリと、登山に対する情熱を分かちあった。遠出をするときは、腎臓病を患っている妻も参加して車で目的地にたどり着けるように、いつもレントゲンが計画を立てた。

ヴュルツブルクにいる間は小さな森を借り、都会の喧騒から逃れて狩猟を楽しむんだ。リンパーにある森の猟場に、解剖学者のアルベルト・フォン・ケリカー（二八一七—一九〇五）やテオドール・ボヴェリなどの同僚らと狩猟旅行に出かけた。

57\*

Röntgen with wife, niece, and circle of friends in Pontresina

Wilhelm Conrad Röntgen / ca. 1891 / Photograph / German Röntgen Museum, Remscheid

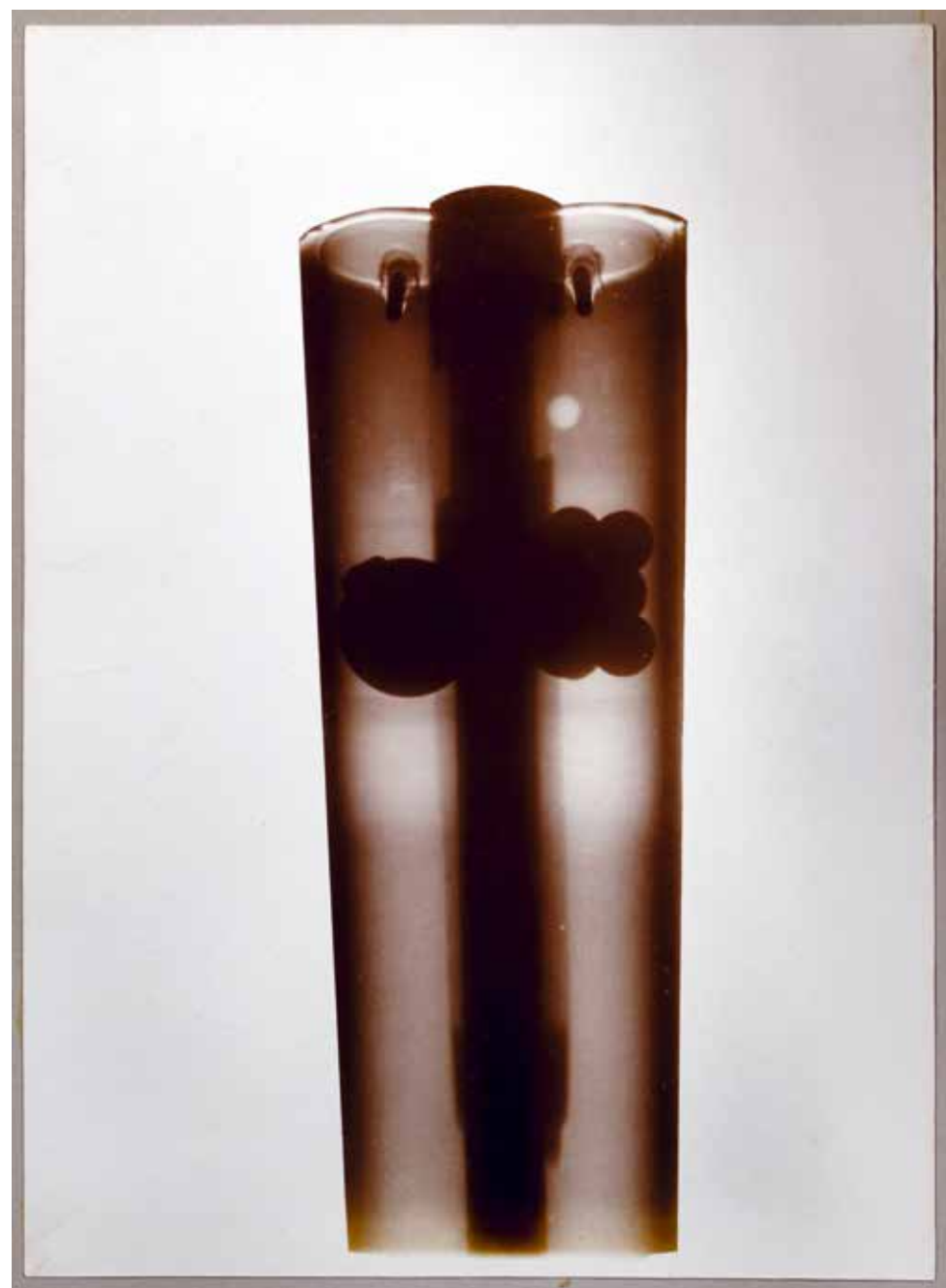
58\*

Small hunting lodge

Date unknown / Photograph / German Röntgen Museum, Remscheid

Among the physicist's favorite activities during his holidays were self-organized automobile and steam boat-excursions as well as mountain hikes with family and friends. Röntgen shared his passion for climbing above all with Margret Boveri, daughter of Theodor Boveri (1862–1915), the famous biologist, friend, and colleague at Julius-Maximilians-University Würzburg.

The excursions were always planned by Röntgen so that his wife, who suffered from a renal disease, could take part and reach the destinations by car.



59\*  
レントゲンのベルギー製ルフォシユ二連式ショットガン

ベルギー製／一八五〇年代／木、金属／横二〇〇×縦二二〇〇×高一〇〇／  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

60+  
レントゲンの銃のX線写真

ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン／一八九五年頃／X線写真／  
横二四〇×縦三〇〇（横一三〇×縦一八〇）／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

一九〇〇年にミュンヘン大学に移ると、レントゲンは別の猟場を借りて、ヴァイルハイムに堂々たる狩猟小屋を購入し、そこへヴュルツブルクから友人らを頻繁に呼び寄せた。レントゲンの狩猟への情熱は、愛用のショットガンについて彼が頻繁に書き記した文章にも明確に表れている。

レントゲンは、初期のX線実験に自身のショットガンを使用したことが、満足のいく結果は得られなかった。より強力な真空放電管を注文したあとに、ようやく、分厚い金属の層を透過できる放射線を生産することができた。レントゲンは、ドイツ皇帝ヴィルヘルム二世の面前で、実演のために自らのショットガンに放射線を当てた。皇帝は、軍事や科学に情熱を注いでいたことで知られる。

このX線写真は、装弾が装填されたレントゲンのショットガンの銃身を写したもので、二本並んだ銃身の中程に見えるのは紙製の薬莖内部にある弾丸である。上端には金属製の薬莖底部と雷管が見えている。レントゲンは、この写真のほかにも、材料の欠陥、欠損、あるいはショットガンの構造などに関するさまざまなメモを書き残している。

59\*

Röntgen's Belgian Lefauchaux double-barreled shotgun

Made in Belgium / 1850s / Wood, metal / W200 × L1200 × H100 / University Archives Würzburg

60+

Radiograph of Röntgen's gun

Wilhelm Conrad Röntgen / ca. 1895 / Radiograph / W240 × L300 (W130 × L180) / University Archives Würzburg

After his move to the University of Munich in 1900, Röntgen leased another hunting ground and bought a stately hunting lodge in Weilheim, where he often invited his friends from Würzburg. Röntgen's love for hunting is also manifest in his letters in which he often writes about his "beloved shotgun."

Röntgen used this shotgun for one of his early X-ray experiments with unsatisfactory results. Only after ordering new, more powerful tubes was he able to generate radiation that penetrated the thick metal layers. For demonstration purposes, he irradiated his own shotgun in the presence of the Emperor Wilhelm II, who himself was known for his passion for military and science.

The radiograph shows the barrel of his shotgun loaded with shotshell. Visible in the middle part of the two barrels side by side are the pellets inside a paper-made shell case. At the end of each barrel, the base of the shell case and the primer are visible. In addition to the photograph, Röntgen wrote various remarks noting a material defect, a deepening, and the structure of the shotgun.





61 +  
レントゲン撮影のヴュルツブルクの街並み  
ヴァイルヘルム・コンラート・レントゲン／一八九四年／写真／  
ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）

62 \*  
ミュンヘンの湖畔にて馬車に乗るレントゲンと妻  
一九〇六年／写真／ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）  
レントゲンは、熱心なアマチュア写真家でもあった。レントゲンが最初に撮影した写真は一八八五年のもので、ちょうど写真材料の工業生産が可能になった時期にあたる。

61 +  
View of Würzburg, photographed by Röntgen himself

Wilhelm Conrad Röntgen / 1894 / Photograph / German Röntgen Museum, Remscheid

62 \*  
Röntgen and his wife taking a carriage ride during an excursion to a lake in Munich

1906 / Photograph / German Röntgen Museum, Remscheid

Röntgen was an avid amateur photographer. Röntgen's first photographs date back to 1885. It was at this time that the industrial production of photographic material had become possible.



63\*  
ヴァイルハイムでのレントゲン

年代未詳／写真／ドイツレントゲン博物館（レムシャイト）

64  
アンナ・バーサとアルベルト・フォン・ケリガー教授

ヴァイルヘルム・コンラート・レントゲン／一八九八年／写真、台紙貼付／  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

65  
ポントレジーナに住むヒッペル夫婦とレントゲン

ロッテ・バウア／一八九〇年九月二〇日／写真、台紙貼付／  
横一九〇×縦一四〇／ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

63\*

Röntgen in Weilheim

Date unknown / Photograph / German Röntgen Museum, Remscheid

64

Anna Bertha and Professor Albert von Kölliker

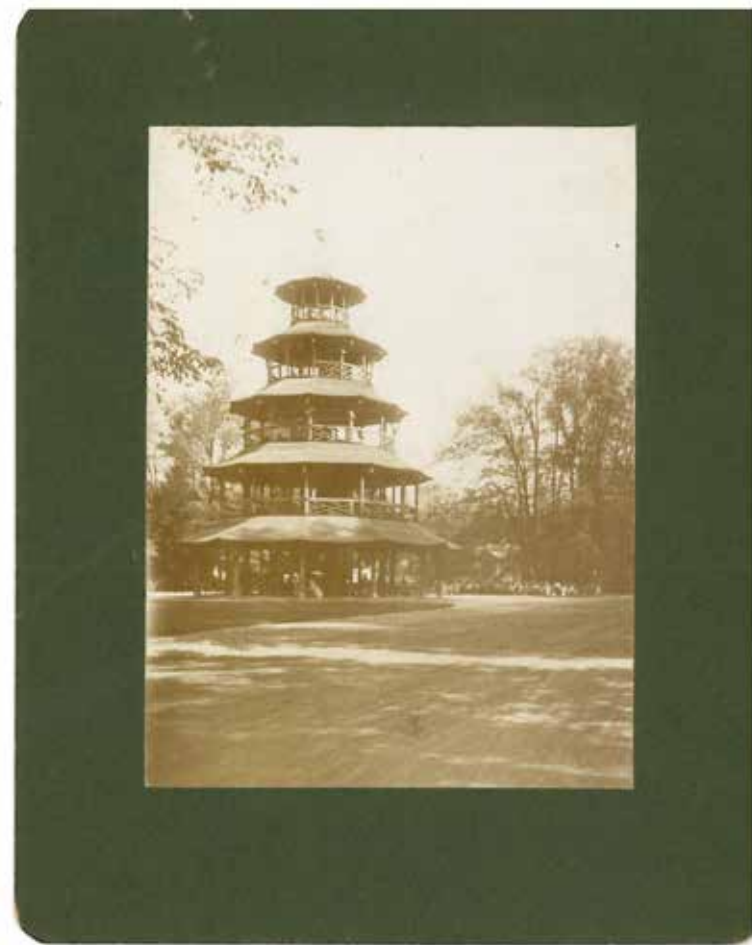
Wilhelm Conrad Röntgen / 1898 / Photograph, cardboard / University Archives Würzburg

65

Röntgen and his friend, Arthur von Hippel, with their respective spouses in Pontresina

Lotte Baur / September 10, 1890 / Photograph, cardboard / W190 × L140 / University Archives Würzburg





66\*  
カデナツビアでのレントゲン  
一八九六年三月二十四日／写真／横一四五×縦二一五／  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

67\*  
イギリス庭園にある中国の塔（ミュンヘン）  
ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン／一九〇〇年以降／横二二〇×縦一五五／  
ヴュルツブルク大学・大学アーカイブズ

66\*  
Röntgen at Cadenabbia

March 24, 1896 / Photograph / W145 × L115 / University Archives Würzburg

67\*  
Chinese Tower in the English Garden, Munich

Wilhelm Conrad Röntgen / After 1900 / Photograph / W120 × L155 / University Archives Würzburg

作者未詳 / ブロンズ、木 / 横三五〇 × 縦二五〇 × 高五〇〇、五〇キログラム /  
ヴュルツブルク物理学研究所

レントゲンの人柄に欠かせないのが研究への情熱であり、これが科学者としての彼を成功に導いた。意欲的に研究に取り組み、繰り返し立証した後も有効とみなされた結果のみを受け入れた。彼の情熱がピークに達したのはX線を発見したときで、その間は実験室に自分のベッドを持ちこんだほどだった。レントゲンは、自身の発見が思った通り歴史的な発見であることを確信した後、ようやく論文「新種の放射線について」を発表した。

レントゲンは、自らの発見で幅広く名前が知られることになったが、名声や富を求めてはいなかった。内向的な性格で引つ込み思案だったレントゲンは、人前ではかなり内気で、自身の発見に伴って公衆の面前に出ることも好まなかった。このことは、ノーベル賞の授賞式で、受賞の際に何らスピーチをしなかったことにも明らかである。短い謝礼の言葉をようやく発したのは、夕方の晩餐会のときだった。彼は、公の場から身を引くため、会議やイベントなどへの招待を一貫して断り続けていた。

レントゲンは、X線に関する特許権を行使するよう、あるいはこの権利を弁護士に譲渡するよう繰り返し依頼されたが、そうしたことは行わなかった。彼は自らの発見を、人類の福祉のために今すぐ自由に利用できるようにしたいと考えていた。恬淡として個人の利益を求めないことで、X線が人類にとって重要なものであるという自らの考えを明確に示している。

レントゲンは内向的な性格であったが、かなり怒りっぽい人物でもあった。その激しい気性はときにトラブルを生むこともあった。近い友人は、彼とランプで遊ばないように気をつけていたという。レントゲンは負けることを好まず、自分に運が向いていないとかなり腹を立てたからである。同時に、パートナーがトランプが下手であることも、ひどく嫌っていた。

一九〇〇年以降、レントゲンはミュンヘン大学の物理学部長をつとめた。学内政治や第一次世界大戦の情勢は、歳を重ねたレントゲンに多大なストレスをもたらした。このストレスが原因で彼の健康は衰え始める。戦争や革命の混乱を経た一九一九年、レントゲンは職を辞することとなった。ただ、大学の施設や所蔵資料

は引き続き使用できるように要望していた。

妻のアンナ・バーサは、レントゲンが引退する前に他界している。このことが彼を危機的な状態へと向かわせた。テオドル・ボヴェリの妻は、レントゲンが連絡を取り続けた唯一の友人であった。

一九二三年二月一〇日、レントゲンは腸がんにより、ミュンヘンにおいて七十七歳で没した。レントゲンの遺体はギーセンの旧墓地に、両親の墓の隣に埋葬された。レントゲンは亡くなる二年前から相続の準備を始めており、その遺言により遺産の大半は慈善事業に寄付された。個人的な書簡のほとんどはレントゲンの指示に従って燃やされた。したがって、現在残っている数少ない文書は、そのすべてがきわめて貴重なものといえる。

発見の重要性と人類に与えた影響という点において、レントゲンのX線に比肩しうる発見は、いまだ数えるほどしかない。



68\*

## Bust of Röntgen

Date unknown / Bronze, wood / W350 × L250 × H500, 50 kg /  
Institute of Physics, University of Würzburg

Essential to Röntgen's character was his devotion to research, contributing to his success as a scientist. He was ambitious in his work, only accepting results that he considered reliable after repeated verification. His devotion reached its peak when he discovered the X-rays, during the course of which he even moved his bed into his laboratory. Röntgen only went public with his report "On a New Kind of Rays" after having ascertained that his discovery was, in fact, the breakthrough he suspected.

Although Röntgen became widely known for his discovery, he was not looking for fame or money. As an introvert, he was rather shy in public and did not enjoy the public appearances that came with his discovery. This became apparent at the Nobel Prize ceremony, where he accepted the award without giving a speech. It was only at the evening banquet that he said a few words of thanks. He consistently turned down invitations to conferences and other events in his attempt to withdraw from public attention.

Although he was repeatedly asked to exercise the patent rights to X-rays or to transfer the rights to lawyers, he never did. He wanted his discovery to be immediately and freely accessible for

the well-being of mankind. By selflessly abstaining from personal profit, Röntgen demonstrated his understanding of the importance of X-rays to humanity.

Despite his rather introverted nature, Röntgen was quite passionate. His fiery temper occasionally caused him trouble. Close friends were careful not to play cards with him, because he did not like losing and would become very angry if dealt a bad hand. If his partners played badly, Röntgen was also quite resentful.

From 1900, Röntgen served as the Chair of Physics at the University of Munich. Both the inner politics of the university and the environment of World War I caused great stress to Röntgen, who himself was now by no means a young man. It was due to this stress that his health began to decline. Yet it was not until 1919, after the turmoil of war and revolution, that Röntgen retired, albeit asking for continued access to the institute and the collection.

His wife, Anna Bertha, had died before his retirement, plunging him into a deep crisis. Theodor Boveri's widow was the only personal contact the physicist kept.

On February 10, 1923, Röntgen died of intestinal cancer in Munich at the age of seventy-seven. He is buried in the Alten Friedhof (Old Cemetery) in Giessen, next to his parents. He had already begun to arrange his estate two years before and sent much of his fortune to charities in his will. Most of his personal papers were burned, as Röntgen had directed, making the few documents now remaining all the more valuable.

Only a small handful of discoveries can be compared with X-rays in terms of their significance and impact on humanity.



SECTION 7

University of Würzburg

69 +  
教皇特権

ボニファティウス九世／一四〇二年／羊皮紙、絹、鉛シール／  
横五五五×縦四〇〇（シールを含む）／バイエルン州立文書館

一四〇二年、教皇ボニファティウス九世（一三五〇―一四〇四）は、ヴェルツブルクに神学部と立法学部を含む正規の大学を設立するための教皇特権を与えた。ヴェルツブルク大学はドイツで三番目に古い大学で、皇子司教ヨハン・フォン・エグロ

フシュタイン（生年不詳―一四一一）から大学特権（自らの管轄権を含む）を付与された。当時、ヴェルツブルク大学は、ヨーロッパのドイツ語圏では、プラハ、ウィーン、ハイデルベルク、ケルン、エルフルトの各大学について、六番目に設立された高等教育機関だった。

ヴェルツブルク大学では、これまで数多くの著名な学者や科学者（うち十四人がノーベル賞受賞者）が研究活動を行い、教鞭を執ってきた。一例を挙げると、ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン、ヴィルヘルム・ウイーン（一八六四―一九二八）、クラウス・フォン・クリッツィング（一九四三）、ハルトムート・ミヒェル（一九四七年）、ハラルド・ツァ・ハウゼン（一九三六年）などがいる。



69 +  
Papal privilege

Bonifatius IX / 1402 / Parchment, silk and lead seal /  
W555 x L400 (including seal) / The Archives of the Bavarian State

In 1402, Pope Bonifatius IX (1350–1404) granted the papal privilege for the establishment of a full university in Würzburg, including a faculty of theology and a faculty of law. University of Würzburg was the third university to be founded in Germany, granted with university privileges (including its own jurisdiction) by Prince-Bishop Johann von Egloffstein (?–1411). At that time, the university was the sixth institution of higher education to be founded in the German-speaking regions of Europe, after the universities in Prague, Vienna, Heidelberg, Cologne, and Erfurt.

Many eminent scholars and scientists, fourteen Nobel Laureates among them, have conducted research and taught in Würzburg, not least Wilhelm Conrad Röntgen, Wilhelm Wien (1864–1928), Klaus von Klitzing (b. 1943), Hartmut Michel (b. 1947), and Harald zur Hausen (b.1936).



## 70 大学最古の建物群 航空写真

ゲルハルト・ラウナー撮影／二〇〇六年／写真／横一五〇×縦一〇〇／  
ヴュルツブルク大学出版広報室

一五七三年、ユリウス・エヒター・フォン・メスベルブレン（一五四一―一六一七）は、ヴュルツブルクの司教に選出され、一四〇二年に設立された大学を継続するかたちで、一五七五年、マクシミリアン二世（一五二七―一五七六）に皇帝特権の申請を行っている。そしてその一年後、グレゴリウス十三世（一五〇二―一五八五）は最初の教皇特権を承認した。こうしてヴュルツブルク大学は、一五八二年、ユリウス・エヒターのもとでヴュルツブルク・カトリック・アカデミーとして開設された。当時の大学には、神学、哲学、法学、医学の四つの学部が設けられていた。一八〇二年には教育と宗教の分離により、大学はバイエルン法の管理下に入り、大学の教皇特権は失われた。カトリックの性格が消えたことで、ヴュルツブルク大学は、国立機関として根本から再構築されることになった。

一八四八年末に三月革命が起きると、その間、ヴュルツブルク大学は自治権、無制限の教育の自由、そして大学の各部門の強化を申請した。これらは一八四九年一月一日に最終的に承認され、学生や大学の状況は大幅に改善された。以降、学生は組合を設立できるようになり、学長はさらなる権限を享受し、教育課程は全般にリベラルなものへと変わった。

一八七一年にドイツ帝国が成立すると、ヴュルツブルク大学は再び急速な発展を遂げていった。とりわけ医学と自然科学の分野では、技術革新と研究の「全盛期」を迎える。ヴュルツブルク大学は、X線を含め、ノーベル物理学賞、化学賞、医学賞を受賞した科学者たちを惹きつけてきた。エミール・フィッシャー（一八五二―一九一九年／一九〇二年化学賞）、エドゥアルト・プフナー（一八六〇―一九一七年／一九〇七年化学賞）、ヴィルヘルム・ウイーン（一八六九―一九四一年／一九一一年物理学賞）、ヨハネス・シュタルク（一八七四―一九五七年／一九一九年物理学賞）、ハンス・シュペーマン（一八六九―一九四一年／一九三五年医学賞）などがあげられる。

第二次世界大戦中、ヴュルツブルク大学は一九四五年三月一六日の空襲により甚大な被害を受けることとなった。戦後に至り、ヴュルツブルク大学は復活を果たしている。現在、ヴュルツブルク大学には大学病院が併設され、市内における最大の

雇用主にもなっている。大学は十の学部と約三千人の学生で構成されている。



## 70 Aerial photograph of the university's oldest complex of buildings

Gerhard Launer / 2006 / Photograph / W150 × L100 /  
Press and Public Relations Office, University of Würzburg

Julius Echter von Mespelbrunn (1545–1617), elected Prince Bishop of Würzburg in 1573, continued to expand the university founded originally in 1402 and applied to Emperor Maximilian II (1527–1576) for the corresponding imperial privileges in 1575, with Pope Gregory XIII (1502–1585) confirming the original papal privileges one year later. Thus, the university was re-inaugurated as *Academia Catholica Herbipolensis* in 1582 under Julius Echter. At this point, the university consisted of four faculties: theology, philosophy, law, and medicine. Würzburg came under Bavarian rule in 1802 due to secularization, leading to the loss of the university's noble privileges. The disappearance of the Catholic element of the university led once again to the fundamental restructuring of the university, this time into a state institution.

During the March Revolution at the end of March 1848, University of Würzburg submitted an application for autonomy, unrestricted freedom of teaching, and the strengthening of the university departments. The statutes finally adopted on October 1, 1849, brought clear improvements for the students and the university. From then on, students could establish their own associations, the rector enjoyed more powers, and the courses of study became more liberal overall.

After the foundation of the German Empire in 1871, University of Würzburg saw another wave of rapid developments. Medicine and the natural sciences, in particular, enjoyed a heyday of innovation and research. The university attracted several scientists who received Nobel Prizes in Physics, Chemistry, and Physiology or Medicine, namely Emil Fischer (1852–1919) (Chemistry, 1902), Eduard Buchner (1860–1917) (Chemistry, 1907), Wilhelm Wien (Physics, 1911), Johannes Stark (1874–1957) (Physics, 1919), and Hans Spemann (1869–1941) (Physiology or Medicine, 1935).

During World War II, the university was hit badly by the air raid on March 16, 1945. After the war, the university experienced quite a comeback. Today, Julius-Maximilians-University Würzburg, along with the University Hospital, is the largest employer in the city. It is composed of ten faculties with almost 30,000 students.



71  
れんとげん投影写真帖

第一高等学校／一八九六（明治二九）年五月二十五日発行／横一五〇×縦二二六／  
東京大学駒場博物館



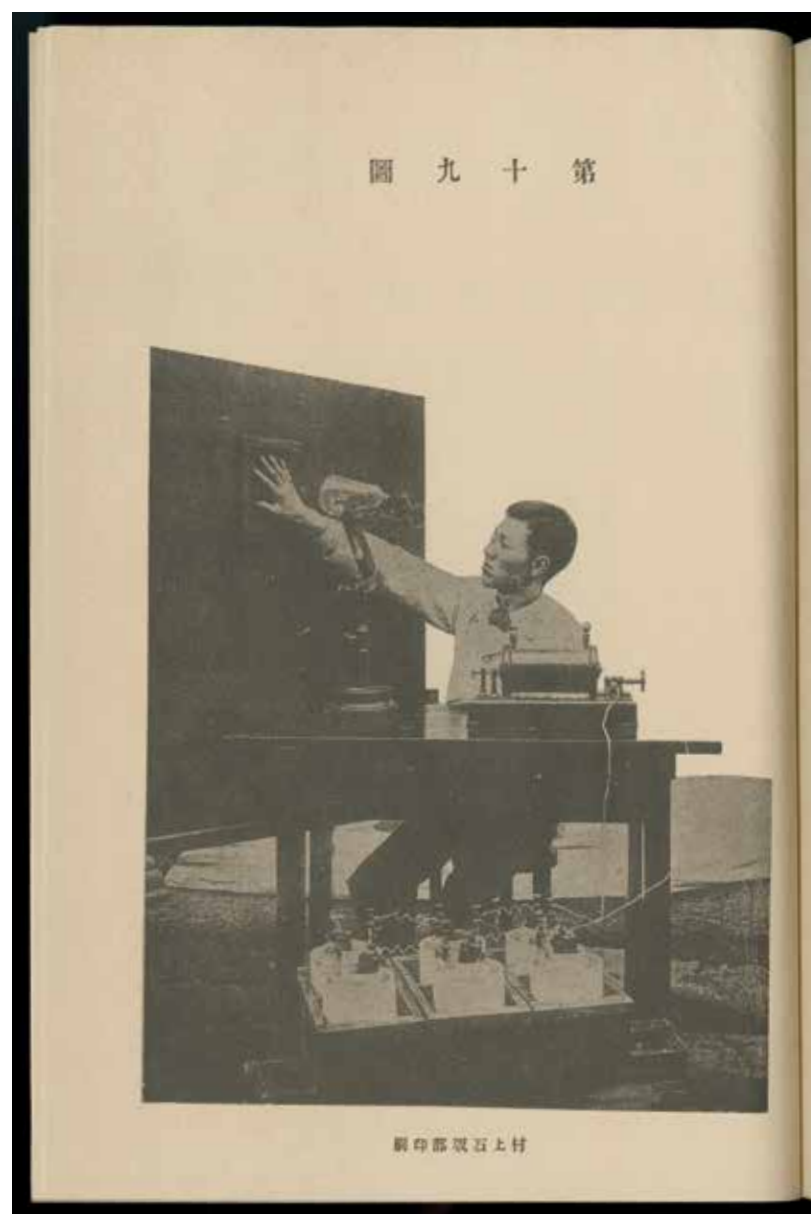
Related Illustrations

71  
*Rentogen tōei shashin-chō* (X-ray Projection Photograph Book)

First Higher School, Japan / May 15, 1896 / W150 × L226 / Komaba Museum, the University of Tokyo

72  
レントゲン氏X放射線の話

理学博士村岡範為馳君講述／京都府教育会編纂・村岡勘兵衛発行／  
一八九六（明治二九）年八月三十一日発行／横一四九×縦二二〇／東京大学駒場博物館



72  
*Rentogen-shi X-hōshasen no hanashi* (About the X-ray discovered by Röntgen)

Dr. Muraoka Han'ichi / Edited by Kyoto Board of Education, published by Muraoka Kanbei /  
August 31, 1896 / W149 × L210 / Komaba Museum, the University of Tokyo

## ユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルクの学者たち

ヴュルツブルク大学はその六百年以上の歴史の中で数多くの高名な学者を輩出してきた。その一部を専門分野とともに以下に紹介する。

ヨハン・ザントフルト（生年不詳―1413年）

ヴュルツブルク大学の最初の総長（1410年頃）。1392年からエルフルト大学で法律を学び、1402年に、設立まもないヴュルツブルク大学で聖書正典法の教授に任命される。1405年3月、聖堂参事会の教皇代理に任命される。1410年10月より、ヴュルツブルクの司祭および総長として宣誓を行う。1412年より「Hof zum Großen Löwen」に住んだが、1413年12月1日にそこで使用人によって殺害される。

アタナージウス・キルヒャー（1602―1668年）

博学者で、彼以前の時代の研究からさまざまな結果を導き出すことに成功した。また、数多くの発明（計算機や、現代の映写機の原型となったもの）を行った発明家としても知られる。1629年、ヴュルツブルクのヤング大学で数理学、ヘブライ語、シリア語の教授に任命された。

カスパー・ショット（1608―1666年）

人生の半分以上を、イエズス会員として広範な知識を蓄積することに費やし、講師としてそれらを学生に伝えた。ヴュルツブルクとその後のローマでの学生時代には、アタナージウス・キルヒャーから大きな影響を受けた。1655年、ヴュルツブルクで数理学の教授に就任し、十一年間で十二本の研究論文を発表した。これらはすべて数学とその応用を主題としている。

カール・カスパー・ジーボルト（1736―1807年）

世界で初めて最先端設備を持つ手術室をつくるなど、手術医学に革命をもたらした。ヴュルツブルク大学で医学を学び、優等学位と博士号を授与されたのち、司教領の個人外科医になった。また、1769年に「Anna Julia」で解剖学、外科学、産科学の教授に就任した。彼は、新しい手術方法や衛生基準を確立し、助産師訓練を向上させた。

アルベルト・フォン・ケリカー（1817―1905年）

ニュートン理論の発展の基礎を構築した。また顕微解剖学の創始者として広く知られ、単細胞生物と人間の脂肪の細胞核の存在を証明した。レントゲンの初期の実験のX線写真には、フォン・ケリカーの左手を写したものがあつた。

ベル物理学賞を受賞。レントゲンの後任としてヴュルツブルク大学物理学研究所長を務めた。

ハンス・シュペーマン（1869―1941年）

生理学や医学の分野で計六回ノーベル賞にノミネートされ、最終的に1935年に受賞した。シュペーマンの最も優れた科学的功績は、領域分化を発見したことである。

ヨハネス・シュタルク（1874―1957年）

カナル線のドップラー効果と、電場のスペクトル線の分離に関する発見により、1919年にノーベル物理学賞を受賞。この現象はシュタルク効果と呼ばれている。

エリカ・シモン（1927―1999年）

ドイツで女性として初めて古典考古学の教授を務めた。1964年から1994年まで、ヴュルツブルクの古典考古学を形作り、マルティン・ワグナー美術館の古代美術の収集にも取り組んだ。同美術館では館長も務めた。古典美術に対する幅広い専門知識と科学に対する情熱が、これらを世界有数の地位に押し上げた。

ハラルド・ツァ・ハウゼン（1936年―）

子宮頸がんの原因となるヒトパピローマウイルスの画期的な発見により、現在のがん研究に革命を起こした。彼の研究は腫瘍ウイルス学の先駆けとみなされ、HPVワクチンの導入といった、子宮頸がんの予防と治療におけるさまざまな新しい方法を可能にした。2008年にノーベル医学賞を受賞した。

クラウス・フォン・クリッツィング（1943年―）

医師。1969年から1980年までユリウス・マクシミリアン大学ヴュルツブルクに在職した。1985年、量子ホール効果の研究でノーベル物理学賞を受賞した。彼の発見は新しい科学分野を生み出し、今日に至るまで非常に重要な意義をもっている。

ハルトムート・ミヒェル（1947年―）

それまで不可能と考えられていた細胞トランスの結晶化膜タンパク質の生成で世界的に知られる。光合成反応中心の三次元構造の決定により、1988年にノーベル化学賞を受賞した。

エミール・フィッシャー（1852―1919年）

1902年に糖とプリンの化学構造に関する研究でノーベル化学賞を受賞。酵素と基質のキロック原理を発明し、有機化学と生化学の基礎を構築した。

エルンスト・フォン・ベルクマン（1836―1907年）

脳外科手術の分野の開拓者であり、創傷の処置に蒸気滅菌した包帯を導入したことから「無菌法の父」として広く知られる。

ヨハン・ルーカス・シェーンライン（1783―1864年）

医療診断の改革と、結核症を独立疾患として確立した研究により医学の分野に重要な貢献を果たした。シェーンラインは、現在「ヘノッホ・シェーライン紫斑病」として知られる皮膚、関節、腸、腎臓を攻撃する微小血管の炎症の疾患を発見した。

フィリップ・フランツ・フォン・シーボルト（1796―1866年）

医師、自然科学者、植物学者、民族学者。西洋における日本研究の開拓者であり、江戸時代後期の鎖国下の日本を目標とした重要人物の一人として知られる。

ルドルフ・ファイルヒョー（1821―1902年）

細胞病理学研究の創始者であり、「近代病理学の父」として知られる。血栓症と白血病の研究および特定を行ったほか、現在、社会医学と呼ばれている分野を確立した。

テオドル・ボヴェリ（1862―1915年）

実験的細胞研究と染色体説の創唱者であり、近代のがん研究の基礎を作った。

ヴァイルヘルム・コンラート・レントゲン（1845―1923年）

彼のX線の発見は近代で最も重要な技術革新の一つである。現代医学に絶対不可欠なX線診断の基礎を築いた。

エドゥアルト・ブフナー（1860―1917年）

発酵に関する研究で1907年にノーベル化学賞を受賞。酵母細胞の無細胞抽出液が糖を発酵できることを示した。彼は酵素学の創始者とみなされている。

ヴァイルヘルム・ヴァイン（1864―1928年）

熱放射、およびヴァインの分布法則の発見に関する研究により、1911年のノー

## Renowned Scholars of Julius-Maximilians-University Würzburg

Throughout its more than 600-year history, University of Würzburg has produced many renowned scholars, a small selection of whom are presented below.

Johann Zantfurt (?–1413) was appointed the first chancellor of University of Würzburg in around 1410. Since 1392, Zantfurt studied law at the University of Erfurt, and was appointed professor for canonical law at the newly founded University of Würzburg in 1402. In March 1405, he was appointed vicar of the cathedral chapter. From October 1410, he is testified as a Würzburg canon and chancellor. From 1412, he lived in the Hof zum Großen Löwen, where he was killed by his servant on December 1, 1413.

Athanasius Kircher (1602–1680) was a polymath who was able to achieve results in research far ahead of his time. He can also be regarded as the conceiver of many inventions such as the calculating machine and a predecessor of modern film projection. He accepted the Chair for Mathematical Sciences and Hebrew and Syrian at University of Würzburg in 1629.

Kaspar Schott (1608–1666) spent more than half his life accumulating a huge spectrum of knowledge as a Jesuit, before he passed it on as a lecturer. During his time as a student in Würzburg, and later in Rome, he was highly influenced by Athanasius Kircher. In 1655, he received a professorship for mathematic science in Würzburg and managed to publish twelve books within eleven years, all dealing with mathematics and its application.

Carl Caspar Siebold (1736–1807) revolutionized operative medicine, for example constructing the world's first modern operating room. He studied medicine at University of Würzburg, which he finished with honors and a doctoral degree, becoming the personal surgeon for the prince-bishop. He was also employed at



the Alma Julia as professor for anatomy, surgery and obstetrics in 1769. He established new surgical methods and hygiene standards, and improved midwife training.

Albert von Kölliker (1817–1905) laid the foundations for the development of neuron theory and is widely regarded as the founder of microscopic anatomy, having proved the existence of unicellular organisms and cell nuclei in human fat cells. Notably, one of Röntgen's early experimental X-ray pictures features von Koelliker's left hand.

Emil Fischer (1852–1919) was awarded the 1902 Nobel Prize in Chemistry for his work on the chemical structures of sugars and purines. He discovered the key-lock principle between enzymes and substrate, laying the foundations for organic chemistry and biochemistry.

Ernst von Bergmann (1836–1907) was a trailblazer in the field of brain surgery and is widely considered "the father of asepsis" because of his introduction of steam-sterilized dressing material in wound treatment.

Johann Lukas Schönlein (1783–1864) was an important contributor to the field of medicine, namely due to his reform of medical diagnostics and his scholarship in establishing tuberculosis as an independent disease. Schönlein also discovered a medical condition now called Schönlein-Henoch purpura, an inflammation of the small blood vessels that attacks the skin, joints, intestines, and kidneys.

Philipp Franz von Siebold (1796–1866) was a doctor, natural scientist, botanist, and ethnologist. He is regarded as the founder of research into Japan in the West and was one of the most important witnesses of Japan when it was isolated from the rest of the world during the later Edo period.

Rudolf Virchow (1821–1902) founded the study of cellular pathology and is regarded as the father of modern pathology. In addition to his research and identification of thrombosis and leukemia, Virchow also established what is now known as social medicine.

Theodor Boveri (1862–1915) was the founder of experimental cell research and the chromosome theory of inheritance, which laid the foundations for modern cancer research.

Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) discovered X-rays, one of the most important innovations of the modern era. He laid the foundation for X-ray diagnostics, which is utterly essential to modern medicine.

Eduard Buchner (1860–1917) received the Nobel Prize in Chemistry in 1907 for his work on fermentation by showing that the cell-free extract of yeast cells can ferment sugar. He is considered the founder of enzymology.

Wilhelm Wien (1864–1928) was awarded the 1911 Nobel Prize in Physics for his work on heat radiation and the discovery of Wien's distribution law. He was the successor to Röntgen as director of the Institute of Physics at University of Würzburg.

Hans Spemann (1869–1941) was nominated for the Nobel Prize in Physiology or Medicine six times, before finally receiving the award in 1935. Spemann's greatest scientific success was the discovery of the regional differentiation.

Johannes Stark (1874–1957) received the 1919 Nobel Prize in Physics for his discovery of the Doppler effect in canal rays and the splitting of spectral lines in electric fields. This phenomenon is known as the Stark effect.

Erika Simon (1927–2019) was the first woman to hold a chair of classical archaeology in Germany. From 1964 to 1994, she essentially shaped the field of classical archaeology in Würzburg as well as the collection of antiques of the Martin von Wagner Museum, which she presided over as directress. With her broad expertise in antique art and her enthusiasm for science, she raised both centers to international prominence.

Harald zu Hausen (b. 1936) revolutionized modern cancer research with his groundbreaking discovery of the human papilloma viruses causing cervical cancer. His researches are regarded as pioneering in tumor virology and enabled various new methods of prevention and treatment of cervix cancer such as the introduction of the HPV vaccine. He was awarded the Nobel Prize in Physiology or Medicine in 2008.

The physician Klaus von Klitzing (b. 1943) worked at Julius-Maximilians-University Würzburg from 1969 to 1980. In 1985, he was awarded the Nobel Prize in Physics for his research on the quantum Hall effect. His essential discovery initiated a new scientific field that is of great importance today.

Hartmut Michel (b. 1947) is renowned for his creation of crystalized membrane proteins of bacteriorhodopsin, something that was previously considered impossible. The biochemist was awarded the Nobel Prize in Chemistry in 1988 for the determination of the three-dimensional structure of a photosynthetic reaction center.

## 東京大学とヴェルツブルク大学の関わり

荒川泰彦

東京大学とユリウス・マクシミリアン大学ヴェルツブルク（ヴェルツブルク大学）の間は、ヴィルヘルム・コンラート・レントゲン教授のX線発見の第一報が、後に総長を務めた山川健次郎帝国大学教授（二八五四―一九三二）にもたらされたときから始まった。当時帝国大学助教でドイツに留学中であつた長岡半太郎博士（一八六五―一九五〇）は、X線発見の翌年の一八九六年一月四日に開催されたベルリンでの物理学会で、レントゲン博士の書簡とX線により撮った写真が展示されているのを見つけた。早速、山川教授に報告すると、山川グループと第一高等学校の水野敏之丞（一八六二―一九四四）教授らは、さつそく独自に実験を開始し、たちまち実験の再現に成功した。このように、ヴェルツブルク大学におけるレントゲンのX線の発見は、東京大学におけるX線の物理学研究の開始に直接的に貢献したといえる。もし長岡博士が展示会に参加していなければ、日本のX線科学の研究は何年も遅れたかもしれない。ヴェルツブルク大学は一四〇二年に設立された伝統ある総合大学であり、また、東京大学は、我が国で最も伝統ある国立大学として百四十年の歴史を有する。

東京大学とヴェルツブルク大学との間の学術交流が正式に始まったのは、実は、わずか十年ほど前である。二〇一〇年一月二七日に、ヴェルツブルク大学アルフレッド・フォルヒエル学長が濱田純一総長（当時）を訪ねたときに、両大学の交流を積極的に進めることについて基本的な合意に達した。二〇一一年六月三〇日、大学間交流協定が発効し、同じ日に協定締結を記念して「東京大学―ヴェルツブルク大学協定記念シンポジウム」が

フォルヒエル学長をはじめとするヴェルツブルク大学の教授らを迎えて、本郷キャンパスの小柴ホールにおいて多くの参加者のもとで盛大に開催された。

いうまでもなく、両大学の協力は、長年にわたる個々の研究者間の共同研究交流が基盤となっている。例えば、筆者はフォルヒエル学長とナノ量子フォトニクス分野において共同研究を行うとともに、フォルヒエル博士修了生をボスドクとして受け入れるなどの人材交流も進めてきた。また、数度にわたり共同ワークショップも開催してきた。さらに、樽茶清悟教授とローレンス・モーレンカンフ教授によるトポロジカル固体物理の研究、中須賀真一教授とクラウス・シリング教授による衛星関連の研究、三谷啓志教授とマンフレッド・シャートル教授によるメダカを用いた色素細胞腫生成の研究、白樫了教授とウラジミール・スコルコフ教授による細胞の電気操作の研究なども、両大学間の交流に大きく貢献してきた。

二〇一五年七月二九日、フォルヒエル学長は東京大学本部を再訪し、五神真総長と二人で協定の更新の合意文書に署名したことにより、その後交流はさらに推進されてきている。本協定は五年ごとに更新されるため、今回の特別展示に際して、協定の再度の署名が行なわれる予定である。今後さらに幅広い分野で両大学の研究協力や人材交流が持続的に続き、将来、X線の発見に匹敵する大きな発見やイノベーションが創出されることを大いに期待する。

## レントゲンとX線がもたらしたもの

松崎浩之

レントゲンがX線を発見したのは一八九五年のことである。

十九世紀の中頃には、真空中で蛍光を発する「陰極線」の研究が盛んに行われていたが、レントゲンも「陰極線」の研究に取り組んでいた。陰極線は真空に引いたガラス管内に電圧をかけた電極を設置することによって発生し、線自体が発光したり、蛍光物質を光らせたたりする現象が観測されていたが、レントゲンは、このガラス管の外に置いた蛍光物質が光る現象を発見した。これは、陰極線とは異なる新たな放射線であるとして、「未知」を意味するXを冠して、「X線」と名付けたのである。

### 近代物理学の端緒

X線は、今日では電磁波もしくは光子の一種であることが理解されているが、目に見えないミクロの世界からのメッセンジャーでもあった。すなわち、原子や素粒子の世界で起きていることを知るための手がかりである。レントゲンのX線に引き続き一八九六年アントワーヌ・アンリ・ベクレル（一八五二—一九〇八）によって、ウランの放射能が発見され、ウランが発する放射線には、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線の三種類があることが分かったが、実際、その後の研究で、これらの放射線を調べていくうちに（ $\alpha$ 線はヘリウムの原子核、 $\beta$ 線は電子、 $\gamma$ 線は波長の短い光子「すなわちX線の仲間」であることが明らかになった）、次第に、原子の構造、原子の世界を支配している物理法則などが明らかになってきた。一九一一年には、アーネスト・ラザフォード（一八七二—一九三七）の有名な散乱実験により、「小さな原子核の周りを

人々が関心をもっている事実がそれを示している。人類は、物質的利得を追い求めてきたこれまでの価値観、そしてそれを駆動してきた西洋の哲学に限界を感じており、必ずしも物質的利得を求めない東洋の哲学が見直されている。「物質の真の姿は確たる存在を持たず漠たるもの」という量子力学が明らかにした世界は、この世は無情のものとする東洋の哲学と相通じるものがないだろうか。

こうしたことに思いを致す時、近代物理学の端緒となったX線の発見というイベントが、歴史的意義を伴って見直されよう。

### 利便性と防護の狭間

X線は発見当初から物質を透過する性質が知られ、早くから体内の透視画像が撮影された。レントゲン自身により撮影されたとされる、アルベルト・フォン・ケリカー（一八二七—一九〇五）の手のX線写真は有名である。体内を透過した映像は、医療の診断に大変有効であり、X線発見当初から注目された。そのため、基礎物理学の研究と並行して、X線写真の撮影技術の研究も盛んに行われている。しかし同時に、X線を扱う研究者や技術者に障害が発生することが認識されるようになると、X線技術者の健康を守るための方策の検討が始まった。一九〇五年ドイツでは、「X線の扱いを免許制とした」。ついで一九一五年イギリスのX線学会は「X線技術の防護に関する勧告」を出した。しかし、今日的な意味で許容線量という概念による規制概念が提出されたのは、一九三一年になってからである。当時イギリスX線ラジウム防護委員会で勧告された許容線量は、二マイクロシーベルト／一日（2mSv/day）であった。もちろん、これはX線取扱い技術者に対する制限であるが、今日ICRP（国際放射線防護委員会）で勧告されている値（我が国内法も基本的にはその勧告を踏襲）は、一般人が一マイクロシーベルト／一年（1mSv/year）、取扱い技術者でも五〇マイクロシーベルト／一年（50mSv/year）とされていることを考えると、一九三一年当時はま

電子が回っている」という、原子モデルが考案された。一九一三年には、ニールス・ボーア（一八八五—一九六二）は水素原子から放出される光の波長の規則性について研究し、原子核の周りの電子の配置についてシェル構造（ボーア原子模型）を提案し、量子力学の基礎を築いた。これらの研究は、いずれも放出される放射線（光であったり電子や原子核であったり、様々ではあるが）を観測することにより、成し遂げられたといえるだろう。すなわち、レントゲンによるX線の発見は、近代物理学の方法論の端緒であったのだ。

量子力学は原子や原子核といった、我々が肉眼で目にするこのできないミクロの世界を理解するための体系であるが、そこに描かれる常識はこれの世界には驚嘆させられる。全ての物質の存在とは、何ら確たるものが無く、確率的対象でしかないという。そして、その存在を確かめようとする行為（観測）によって、初めてその存在がある特定の形（固有状態）で立ち現われるという。また、別の解釈では、全ての物質は「波」であるという。波を形成しているものは、実際には媒体（メディア）であり、その揺らぎ、もしくは振動している状態を「波」と称するわけだが、ここでも物質の確たる存在、というものが相対化されている。

このような茫漠たる世界が積み重なることにより、我々の生きている世界が構築されていることになる。思えば、西洋文明の発達とともに生まれた「自然科学」は、西洋的な物質文明の発展の基礎をなす哲学であったが、産業革命を経て急加速した「自然科学」の研究によって、「物質の基礎が極めて不確定な漠とした世界でできている」という発見は、一種の皮肉といえよう。科学哲学上のこのような発見は、思索上のことにとどまらず、一周遅れて、現実世界でもある意味なぞられているように思える。物質的な豊かさや合理性を求めてきた二十世紀的価値観は、今世紀その限界を見せている。すなわち、人類の営為が自然界に不可逆的な変化をもたらしているのではないか、との認識が芽生え始めている。例えば、地球温暖化の問題は、その原因については様々な議論があることを描くとしても、

だまだ規制は緩かったと言える。そこには、今日に至るまで、X線や放射線について、医学への有効性とともに、人体に与える障害への理解が進んできたという事情もあるだろう。

今日、放射線といえば、X線が属する電磁波（光子）だけでなく、電子線（ $\beta$ 線）や粒子線（プロトン、アルファ線、重粒子線）も含まれる。それぞれ、医療だけでなく、材料の性質改善や滅菌など、多くの利便性がある一方で、直接人体に浴びることによる放射線障害も存在する。我々は利便性を享受しつつ、障害に対する防護を同時に考えなければならぬ。放射線防護の考え方を象徴する単語として、「ALARA」がある。これは、一九七七年のICRP勧告で提出された「as low as reasonably achievable」という考え方で、直訳すれば、「合理的に達成し得る限り低く」となるが、その意味は、我々は、放射線利用によって経済的・社会的に恩恵を受けていることを考慮し、合理的に達成し得る限り被ばく量を低く抑えなければならない、と定めることは難しく、当然それに伴うリスクを引き受けざるを得ない、ということを意味する。ここには、利便性を享受しながら、それに伴うリスクと向き合わなければならない、という現代社会のジレンマの縮図が見て取れる。またしても、放射線利用の端緒となったX線発見というイベントの歴史的意義が問われることになる。

### 宇宙からのメッセンジャー—X線とニュートリノ

X線は、電磁波の一種である。電磁波は電場と磁場の振動した状態の波であり、波というからには「波長」があり、波長によって、様々な現れ方を示す。電波、赤外線、可視光、紫外線、X線、 $\gamma$ 線は、全て電磁波である。現代物理学は、電磁波の波長を観測することによって原子や原子核の世界で起こっている現象を観測している。ボーアが「原子模型」を構築する際に利用したのは水素原子が発する光の波長データであった。



一方、我々の手のとどかない宇宙で起きている現象も、手がかりは電磁波の解説となる。宇宙で起きている高エネルギー天体現象は、物理学の壮大な実験場であり、そのデータは電磁波として送られてくる。大質量星の崩壊によって生成する中性子星は、理論的に予測されていたが、実際にパルサー（極めて正確に周期的な電磁波パルスを発する天体）の観測によって証明された。また、遠くの天体が発する電磁波のスペクトルのシフトから、現宇宙の膨張速度が計算され、時間を逆に辿ると、百三十八億年前には一点に収束することになることがわかった。この、いわば「宇宙の始まり」は、ビッグバンと名付けられた。その後、天体の後退速度の減速率から推定される宇宙の全質量が、目に見える（電磁波で観測される）天体の総質量よりはるかに大きいことから、宇宙には目に見えない質量、すなわちダークマターが存在するとされているが、実際には何がダークマターであるかは謎のままである。このように、我々の日常生活の常識では想像もできない、広大な時空間の理解と謎が、電磁波の観測によってもたらされたのである。

X線の発見によって端緒が開かれて発展した原子核物理学の研究の中で、 $\beta$ 崩壊（原子核崩壊様式の一つで、崩壊時に電子（ $\beta$ 線）を出す）のエネルギーを持ち出す粒子として、ニュートリノという未知の素粒子の存在が予測された（一九三〇年のヴォルフガング・パウリ「一九〇〇―一九五八」と一九三三年のエンリコ・フェルミ「一九〇二―一九五四」の研究）。ニュートリノの直接観測は、一九五九年のフレデリック・ライネス（一九一八―一九九八）に遡るが、超新星爆発という天体現象からのニュートリノを直接観測したのは、一九八七年東京大学が設置したカミオカンデである。カミオカンデによるニュートリノの直接観測は、超新星爆発の理論を裏付け、「ニュートリノ天文学」を発足させたのみならず、素粒子理論に、多くの数値的制限を与え、素粒子物理学の発展に大きく貢献した。さらに、カミオカンデの後継実験装置であるスーパーカミオカンデでは、ニュートリノ振動の観測に成功し、ニュートリノに質量があることを明らかにした。このことは、素粒子物理学の基

## エックス放射線我國傳來之顛末

森洋久

日本におけるX線の発見の第一報は、一八九六年二月二十九日『東京医事新誌』九三五巻の「不透明体を通して新光線の発見」という記事である。放射線の一種であるX線は、当然のことながら光ではない。日本では、表現在揺れつつも、この使い分けが、この第一報のあとの早い時期からなされていく。しかし、「strahlen」というドイツ語は、もともと、光から放射線までを含む幅広い意味をもっている。レントゲンの論文「*Über eine neue Art von Strahlen*」<sup>[1]</sup>は、X線(X-strahlen)の発見を告げる論文であるが、その本来の意味に立ち戻ってみると、まるで、科学者レントゲンが人類に対して放った「光線」を示しているようである。

X線の研究に関わった人物の解説は多い。しかし、そのほとんどが、関心のある一人の人物に注目をしたものである。出来事を時系列で並べ替えるとなが見えてくるのだろうか。この物語は幕末、一八六八年一月二十五日（明治元年一月）という、日本の新時代の幕開けより以前の出来事から始まる。

一八五三年二月二十四日（嘉永六年一月十四日）、村岡範為馳（一八五三―一九二九）は、因幡国八上郡釜口村（現・鳥取県鳥取市河原町釜口）に生まれる。父の勤める尚徳館で学び、一八七〇年二月十七日（明治三年閏一〇月二十五日）に藩命を受け上京し、明治政府が全国から集めた三百十名の貢進生の一人として大学南校に入学。その後、校名が東京開成学校と改称され、新設された鉱山科に編入した。一八七五（明治八）年に同科を退学し、文部省に出仕し東京女子師範学校（現・お茶の水女子大学）の教諭となる。物理学はこ

本理論が書き換えられるほど重要な発見であった。この一連の東京大学の研究成果は、物理学研究史に残る偉大な功績といつてよく、小柴昌俊氏、梶田隆章氏と二度にわたるノーベル物理学賞受賞に結びついた。

レントゲンは、未知の放射線X線の発見の功績を評価されて、一九〇一年、世界で最初のノーベル物理学賞を受賞している。それからほぼ百年後、「現代の未知粒子」であるニュートリノの観測によって東京大学の研究者がノーベル賞を受賞した。X線の発見が拓いた近代的実験物理学の系譜に思いを馳せると、感慨深いものがある。

ここで独習したという。一八七八（明治二二）年、欧米の師範学校の調査のためストラスブール大学に派遣された<sup>[2]</sup>。

一八五四年九月九日（安政元年閏七月十七日）、山川健次郎（一八五四―一九三二）は、会津藩士、山川重固の三男として生まれた。一八六八年（明治元年）、会津藩の処遇をめぐって、明治新政府軍と会津藩およびこれを支持する徳川旧幕府軍との間で会津戦争が勃発。これに山川も参加し、明治新政府軍と戦う。その後、会津藩が降伏。彼は猪苗代に謹慎の後、越後に脱走、長州藩士・奥平謙輔の書生となる。一八七二（明治四）年、会津藩が斗南藩として再興のあと、山川は、国費留学生に選拔されジャパン号で渡米する。一八七五（明治八）年イェール大学で物理学の学位を取得し帰国する。一八七九（明治二二）年、東京大学において、日本人として初めての物理学教授に就任し、一八八八（明治二二）年に日本人として初めて理学博士号を授与された<sup>[3]</sup>。

一八六一（文久二年二月）年、笠原光興（一八六一―一九一三）は、東京府深川区亀住町に生まれた。一八八八（明治二二）年二月帝国大学医科大学を卒業し、一八九一（明治二四）年に京都府立疫病院内科部長兼京都府立医学学校教諭に就任する。一八九四（明治二七）年三月よりドイツへ留学した。留学前の一八九一年四月に、笠原光興・高田耕安編「他」にて、『新纂断学』が出版されており、その冒頭には森林太郎（一八六一―一九一三）の巻頭言が掲載されている<sup>[4]</sup>。

一八六五年八月十九日（慶応元年六月二十八日）、長岡半太郎は肥前国大村藩（現・長崎県大村市）に大村藩藩士、長岡治三郎の一人息子として生まれ、幼少期には大村藩藩校五教館（長崎県立大村高等学校の前身）で学んだ。長岡一家は一八七四（明治七）年に上京し、長岡自身は、一八八二（明治一五）年九月に東京大学理学部（一八八六年から帝国大学理科大学）に進学。漢籍などの日本古来からの学問と、西洋近代の科学との間で、進路について悩みつつも、教授山川健次郎や助教授田中館愛橘（一八五六―一九五二）、イギリ

ス人教師カーザル・ギルソン・ノット（一八五六一一九三二）のもとで学んでいる。一八八七（明治二〇）年に大学院に進学、一八九〇（明治二三）年に助教就任している。一八九三（明治二六）年から一八九六（明治二九）年にかけてドイツに留学し、ルートヴィヒ・ボルツマンのもとで学んだ。<sup>[5][6]</sup>

一八四五年三月二十七日、ヴァイルヘルム・コンラート・レントゲンは、フリードリッヒ・レントゲンとシャルロッテ・フロワインの間の一人息子として誕生した。一八六二年にチューリッヒ工科大学の機械工学科に進学し、この、チューリッヒ工科大学でルドルフ・クラウジウス（一八三二—一八八八）の工業物理の講義を聞き、物理への関心が高まったという。クラウジウスの後任のアウグスト・クント（一八三九—一八九四）に師事し、一八六九年に『種々の気体の熱的性質に関する研究』で博士号を取得した。その後、ヴェルツブルク大学教授に就任したクントにつきしたが、レントゲンも、彼の助手に着任する。その後、一八七二年に、レントゲンは六歳年上のアンナ・パーサと結婚した。同年、クントはストラスブル大学へと異動するが、レントゲンも引き続き助手として彼に帯同する。レントゲンは、一八七四年に、教授となりえる資格を得て、一旦は、ホーエンハイム農業学校で数学と物理の教授となるが、研究環境への不満から、翌年、ストラスブル大学へ助教として舞い戻る。ストラスブル大学では主に物理定数の精密測定を行ない、気体や液体の圧縮率、旋光度などに関して十五本の論文を発表している<sup>[7]</sup>。

一八七九年、レントゲンは、グスタフ・キルヒホフ（一八二四—一八八七）やヘルマン・フオン・ヘルムホルツ（一八二一—一八九四）の推薦を得て、ギーゼン大学の正教授に就任する。ギーゼン大学でも、物理学の実験を次々に発表する。一八八八年、クントがベルリン大学へ移り、ヴェルツブルク大学に教授の空席ができ、クントやフリードリッヒ・コールラウシュ（一八四〇—

調べる実験が行われていた。当時の物理学界では、大きくわけて、これが電磁波であるという考え方と、何らかの粒子の流れであるという考え方の二種類があった。レントゲンも、この問題に興味をもち、フィリップ・レーナルト（一八六二—一九四七）から、陰極線の観察のために改造されたガラス管であるレーナルト管をレーナルト自身から譲り受けた。実験を始めたのは一八九五年一〇月であった。

一八九五年一月八日の実験中に、黒い紙で光を遮断したはずのクルツクス管の近くに置いてあった蛍光紙に、暗い線が現れていることに気づいた。様々なテストから、これはクルツクス管から発散されている未知の放射線であると結論づけた。そして、一八九五年二月二十八日、『ヴェルツブルク物理・医学会報告書』に論文「新種の放射線について」<sup>[1]</sup>を送る。この論文によれば、新種の放射線は、陰極線とは異なり、磁気や電解によって進路を曲げることができず、陰極線とは異なるものであること、また、屈折と反射を起こし、蛍光作用があるので、紫外線のような光の一種ではないかと考えることもできるが、分厚い本や、ガラスを透過し、金属もその材質や厚さによっては透過し、また熱作用をもたないといった、光とは異なる性質を有している。したがって、いわゆる、赤外線、可視光、紫外線という既知の光でも、あるいは、陰極線でもない「なにか」であると結論づけている。レントゲンは「未知なるもの」という意味を込めて、それに「X線」と名付けた。一八九六年一月には妻の手の写真のほか数枚のX線写真を撮影し、論文にこれを添付し、著名な物理学者に送付した。

エミール・ヴァールブルク（一八四六—一九三二）はその物理学者の一人であり、「ベルリン物理学会第五十年祭」にこのレントゲンのX線写真を展示する。ドイツ留学中の長岡半太郎は一八九六年一月四日にこれを見て、その発見の重大さに気づき、いち早く報告を日本へ送る。一八九六年二月二十九日の『東京医事新誌』九三五巻には、長岡の報告によると思われる記事「不透明体を通過する新光線の発見」と、合わせて、同じくレントゲン

一九一〇）の推薦もあってレントゲンが教授として招かれた。

レントゲンがギーゼン大学に移る一年前、一八七八年に村岡範為はストラスブルク大学に留学してきた。村岡は、クント教授とレントゲン助教のもと、炭素の電気抵抗の温度依存性について研究を続け、一八八〇年に物理学専門誌 *Annalen der Physik und Chemie* に学術論文<sup>[8]</sup>を投稿し、一八八一年六月に掲載されている。このときに、村岡はレントゲンとの親交を深めた。同年、博士号を取得して五月二十五日に帰国している。外国雑誌への学術論文掲載も、また、博士号取得も、日本人で初めてである<sup>[7][9]</sup>。一八八一年に帰国した村岡は、東京大学医学部教授となったが、光の具合で、像が浮かび上がる金属の鏡「魔境」の物理学的な研究を行っている<sup>[10]</sup>。一八八八年に再び渡欧し、ハインリヒ・ヘルツ（一八五七—一八九四）の電磁波の発生実験という歴史的实验に立ち会った。この実験の報告を日本において大学院生である長岡半太郎に報告し、長岡は、これの追試を行なっている。帰国後、一八九一年八月二十四日、魔鏡に関する論文『日本魔鏡の研究』で帝国大学（現・東京大学）から理学博士の学位を得た。これ以前に博士を授与された人物は、山川健次郎ほか五人いるが、論文審査により授与されたものは、彼が国内初であった。一八九三年に長岡半太郎が論文審査による二番目の授与者となる。

空気を真空の近くまで抜いたガラス管に陰陽の二つの電極をつけ、高電圧をかけると、陰極から陰極線が発生し、陽極へとガラス管の中を伝搬し、ガラス管の中のごくわずかな空気に反応し光を放つ。グロー放電と呼ばれるこの現象はすでに広く知られており、クルツクス管やガイスマー管など、装飾的にも美しい様々な実験機器がすでに編み出されていた。現在の我々は、この陰極線が電子の流れであることを知っているが、一般に陰極線はガラス管の中だけ流れ、それをガラス管の外へ取り出すことは容易ではなかった。そこで、様々な方法で、ガラス管の外へ陰極線を取り出し、その性質を

からのX線写真を見たモリーツ・ヤストロヴィツ（一八三九—一九二二）の、一八九六年一月六日および二〇日にベルリン内科学会 *Verein für innere Medizin* で行なった医学利用への言及を掲載している<sup>[5][12][13]</sup>。これが、日本でのX線に関する第一報である。

X線発見のニュースはまたたく間に世界中を駆け巡る。一八九六年一月四日の *Nature*（『ネイチャー』）と一八九六年二月一日の *Science*（『サイエンス』）に英語版が掲載されている。また、これにあわせて世界中の学者がその追試に挑み始める。一八九六年一月十七日に、ハンブルク大学のグループが追試に成功。週刊誌 *La Illustration*（『イラストラシオン』）に発表し<sup>[5]</sup>、一八九六年二月に、イタリアのエンリコ・サルビオニが透過X線を見る装置をペルージャ医学外科学会に発表、その装置は「クリプトスコープ」と名付けられた。一八九六年三月には、トーマス・エジソンがよく似た装置を「フリユオロスコープ」として開発している<sup>[14]</sup>。これらの発表ラッシュにひきかえ、レントゲン自身はあまり人前で講演するのを好まなかったよう、レントゲン自身の講演は、一八九六年一月二三日にヴェルツブルクでの講演会のみだった。

X線写真という極めて直感的な新発見が、一般人にとっても、センサーショナルであったことはいうまでもない。本来見えないものが透過してしまふということから、一八九六年二月十九日、アメリカ・トレントン市では「劇場でのX線オペラグラス禁止条例」が議会で提出された<sup>[2]</sup>。日本でも、一八九六年六月一日の『少年世界』一一号に「X光線の應用利害」と題して、「信書の秘密を保ち難からしむるといふ。」という記事が載っている。現代における人工知能に向けられる眼差しを彷彿とさせる。

日本の各種新聞社もこぞって報道する。一八九六年三月七日の『時事新報』四五三五号には「寫眞術上の發明」、一八九六年三月十五日の『讀賣新聞』六六九三号には「驚くべき電氣學上の大發明」、一八九六年三月十八日の『讀賣新聞』には「レントゲン發明の新寫眞術」と記事が続く。



当時、長岡は、『東洋學藝雜誌』の物理学担当であり、世界の物理学の最新動向を毎号レポートしていた<sup>〔6〕</sup>。長岡半太郎は、X線写真を手にいれようと大変苦勞し、やつとのことて入手したものを、東京帝国大学の山川健次郎の元へ送った<sup>〔5〕</sup>。これが、学術的な日本への最初の報告であった。山川健次郎・鶴田賢次・水木友次郎の東京帝国大学グループ、山口銳之助・水野敏之丞らの第一高等学校のグループは早速実験を開始し、追試に成功した。その結果は、一八九六年三月二十五日『東洋學藝雜誌』一三卷一七四号、一八九六年四月に『東京物理学雑誌』五三号に報告されている。現在、山岡の入手した写真はハンブルク大学のグループの追試によるものらしいと同定されている<sup>〔5〕</sup>。また、後日、実験による写真は一八九六年五月一日刊行の『れんとげん撮影写真帖』にまとめられている。一八九六年一月二二日には、明治天皇が東京帝国大学を行幸され、工科、理科、法科、文科、各大学の教室を巡覧された。山川健次郎の解説で、博物学教室にて、X線の実験と写真が閲覧された<sup>〔15〕</sup>。

村岡範為馳は、一八九三(明治二六)年に旧制第三高等学校(現・京都大学総合人間学部)の教授となる。そして、一八九六(明治二九)年にレントゲンがX線を発見したことを知る。しかし、当時日本には、高品質な真空を作るポンプや、高電圧を発生させる発電機がなかった。そのうえ東京とは違い、京都での研究機材の調達には苦勞を重ねた。一八九六年七月九日の段階では、村岡は京都府教育会にてX線の講演し、東京のグループが撮影した写真を紹介、講述書「レントゲン氏X放射線の話」<sup>〔5〕</sup>「<sup>〔9〕</sup>」にまとめている。村岡はこの困難を打開するために、島津製作所の島津源蔵とともに研究を開始した。島津製作所は、一八九五(明治二八)年の第四回内国勸業博覧会において、「ウイムズハースト感応起電機」の出品で有効賞を受賞している<sup>〔5〕</sup>。ウイムズハースト感応発電機とは、静電気を発生させることで品質の良い高電圧を発生させる発電機であり、X線発生には欠かせ

ない。また、一八九六年四月、京都府立医学校教諭の笠原光興がクルックス管を持参してドイツ留学から帰国する。そして、多くの人脈に恵まれ、一八九六年一月一日に一円銀貨のX線透過実験に成功する<sup>〔5〕</sup>「<sup>〔9〕</sup>」。

線は「*cathode-ray*」(カソードレイ)の訳として「消極放射線」や「陰極放射線」と呼ばれ、X線については「エックス(X)放射線」や「レントゲン氏放射線」、あるいは「放射線」という呼び方をしている。

一八九五(明治二八)年の暮れにX線が発見され、一八九六(明治二九)年という年が過ぎていった。その後、村岡範為馳と島津製作所は研究を続け、一八九七(明治三〇)年にブンゼン電池と感応コイルを使用した新しい電源を完成させる。一八九七年には京都帝国大学に物理学教室が新設され、村岡範為馳は教授となる。一九〇九(明治四二)年、島津製作所は国産初の医療用X線装置を開発する<sup>〔9〕</sup>。一九二七(昭和二)年、島津製作所は京都府の認可を受けて、日本初の学校制度によるX線技術者養成機関である島津レントゲン技術講習所を開設する(現・学校法人島津学園京都医療科学大学)<sup>〔9〕</sup>。

長岡半太郎は、一八九六(明治二九)年の日本へのX線の報告の後、X線の研究をすることはなかった。しかし、その後、原子の構造を研究し、原子核の周りに電子が周回している「土星型原子模型」をアーネスト・ラザフォード(一八七二―一九三七)と同時に提唱し、物理学へ一石を投じた。

一九〇一(明治三四)年、山川健次郎は東京帝国大学総長となる。一九〇九年八月一日の『東京朝日新聞』に「不思議なる透視法」という記事が掲載される。御船(河地)千鶴子(一八八六―一九一三)が、京都帝国大学の木下広次の治療を行なったとの内容だ。透視能力がある御船千鶴子と、念写能力のある長尾郁子、そして、物理学会、心理学会を巻き込み、さらには関係者のスキャンダルにまで発展した、世に言う「千里眼事件」の始まりである。

一九一(明治四四)年一月四日、山川健次郎は事前に綿密に実験方法を練り、丸亀の長尾宅で透視・念写実験が行なわれた。山川健次郎らは実験結果を公表し、手品の一つに過ぎないと裁定した。

一九〇〇年、レントゲンはミュンヘン大学の実験物理学主任教授に就任

する。そして、一九〇一年、第一回のノーベル物理学賞を受賞する。この時点では、X線の正体はまだ解明されていなかった。しかし、すでにX線の医療への応用は世界的に顕著であり、レントゲンの受賞はその功績が認められたかたちだった。村岡範為馳はX線の追試の後、レントゲンと様々な研究交流があったことから、祝賀会に日本人としてただ一人招待されている<sup>〔9〕</sup>。

レントゲンは、一九一二年に、ミュンヘン大学のマックス・フォン・ラウエ(一八七九―一九六〇)とX線結晶解析の研究を進め、X線が電磁波であることがこの時点で明らかになった。その後、この実験に触発された、ヴィリアム・ヘンリー・ブラッグ(一八六二―一九四二)とヴィリアム・ローレンス・ブラッグ(一八八〇―一九七二)は、一九一三年の論文<sup>〔17〕</sup>で、X線により原子の配列構造を決定する結晶構造解析の基礎を築きあげた<sup>〔18〕</sup>。

医療分野での著しい浸透をみたX線の発生装置の研究にも熱が入る。一九一二年、ユリウス・エドガー・リリエンフェルト(一八八二―一九六三)が熱電子X線管を發明、それを改良するかたちで、一九一三年にはゼネラル・エレクトリック社のヴィリアム・クーリッジ(一八七三―一九七五)がクーリッジ管(熱電子管)を發明、特許をとる。日本では、一九二〇(大正九)年に東京電気がこの特許を独占的に取得、熱電子管の制作販売を始める。

X線の原因であった陰極線の正体が、負に帯電したエネルギー粒子、つまり我々が現在「電子」と呼んでいるものであることを特定づけたのは、レントゲンにレーナルト管を譲った、フィリップ・レーナルトだった。また、レーナルトはその研究の帰結として、電子は原子を構成する粒子であるという推論に到達している<sup>〔9〕</sup>。

一九一九年、レントゲンの妻アンナ・バーサが他界する。一九二三年二月一日、レントゲンは癌のため逝去した。

レントゲンは、科学は万人の利益に帰すべきと考え、X線においても、

特許などで自己權益を主張することは考えなかった。クーリッジが熱電子管の特許を取得したのは対照的に、レントゲンがフィリップ・レーナルトに謝辞を示さなかったのは、何か相容れないものを感じていたのかもしれない。ドイツの大手電機会社の社長が特許権の取得を持ちかけたときには、声を荒げて拒絶したという<sup>[9]</sup>。また、X線を「レントゲン線」とする呼び方は、同僚の解剖学教授だったアルベルト・フォン・ケリカーの発案だったという。しかし、この呼び方をレントゲン本人は好まず、「X線」と呼んでいた。レントゲンに付されたノーベル賞の賞金は、ヴュルツブルク大学に全額を寄付された。

ところで、特許という考え方は、中世ヴェネツィアにおいて生まれた。一四四三年には、発明に対して特許が与えられたとされる。これ以前には、様々な分野で他者より優れた技術や知識をもつ技術者は、これを自分たちの秘伝として伝承していた。しかし、秘伝のままでは、他者はその技術や知識を利用することができない。特許を意味する「Patent」はラテン語で公開するという意味で、秘伝を公開し、公共知財とする意味があった。知財を共有することで社会は大きく発展するだろう。そのかわり、秘伝を公開する謝礼として、最初の発明者に期間限定での特許料としてイニシアチブを与えようというものである。特許は、知財の公共性への、ヴェネツィア人の深い関心から生まれたものだった。

産業革命に始まる交通機関の発達や、情報や人々、物資が世界中を行き交うようになると、特許のもつ公共性の意味が徐々に変貌を遂げ、二十世紀初頭には独占的な企業戦略の申し子となっていく。レントゲンの時代はその転換期だったのかもしれない。情報通信社会到来によって、さらに大きな独占欲に苛まれていく今世紀、レントゲンの思想と科学に対する精神は、科学の公共性とは何かと、大きく問いかけてくるものである。

一九三四年、クーリッジ管の特許が満期失効する<sup>[9]</sup>。

## 参考文献抄録

邦語文献「刊行年順」

雑報「不透明体を通過する新光線の発見」『東京医事新誌』第九三五号、一九九六年二月二九日

雑報「写真術上の発明」『時事新報』一九九六年三月七日

雑報「驚くべき電気学上の大発明」『読売新聞』朝刊、一九九六年三月一五日

水野敏之丞「レントゲン氏の大発見」『東洋学芸雑誌』第一三卷第一七四号、九九一〇二頁、一九九六年三月二五日

雑報、長岡半太郎「レントゲン氏エキス(X)放散線」『東洋学芸雑誌』第一三卷第一七四号、一三二一―一三三頁、一九九六年三月二五日

雑報「レントゲン氏の大発見」『東洋学芸雑誌』第一三卷第一七四号、一三五―一三六頁、一九九六年三月二五日

「写真術の大発明」『朝日新聞』東京・朝刊、一九九六年四月一日

レントゲン述+F・A訳「一種ノ新放散線」『中外医事新報』三〇―三八頁、一九九六年四月五日

雑報「驚くべき発明(承前)」『写真月報』第三卷第二四号、一八一―二〇頁、一九九六年四月一八日

雑報「レントゲン博士ノ報告」『写真月報』第二卷第二四号、二〇―二二頁、一九九六年四月一八日

「新発明撮骨写真」ほか、『写真叢話』第四卷第九号、一九四―一九八頁、一九九六年四月二〇日

[1] Röntgen: "Über eine neue Art von Strahlen", *Sitzungsberichte der Würzburger Physik-mediz. Gesellschaft*, Würzburg S.1-9, 1895.

[2] 滝内政次郎「村岡範為博士について」『やぐらXレイ写真研究』第一七卷第六号、小西六写真工業株式会社、二九―三二頁、一九九六年二月。

[3] 花見朔巳編『男爵山川先生伝』故男爵山川先生記念会、一九三九年。

[4] 衛生新聞社編『笠原光興君』『関西杏林名家集』第一輯、衛生新聞社、四四頁、一九〇九年。

[5] 天野良平「日本におけるX線学研究のあけぼの——医学利用前史」物理学者がはたした役割『保健物理』三〇頁。一三―一六頁、一九九五年。

[6] 板倉聖宣・木村東作・八木江里著・藤岡由夫監修「長岡半太郎伝」朝日新聞社、一九七三年。

[7] 中崎昌夫「放射能発見における写真の役割(上) レントゲン線とベクレル線」中京大学教養論叢、三七(一)、八七―二七頁、一九九六年六月。

[8] Hanichi Muraoka et al., "Über das galvanische Verhalten der Kohle (Suus proprietés galvaniques du charbon)", *Ann. der Physik und Chemie*, t. XIII, p. 307, 1881. *J. Phys. Theor. Appl.*, 1881, 10 (1), pp.501-502. 10.1051/physpp:0188100100050102. jpa-002378381

[9] 塩瀬隆之・元木環・水町衣里・戸田健太郎編著・京都大学総合博物館監修『科学技術Xの謎——天文・医療・文化財 あらゆるものの姿をあらわすX線にせまる』化学同人、二〇一〇年。

[10] Masao Watanabe, "The Japanese Magic Mirror: An Object of Art and of Scientific Study", *Archives of the Chinese Art Society of America*, 19, pp. 45-51, 1965.

[11] レントゲン述、F. A. 訳「一種の放散線」『中外医事新報』三八五―三〇―三八頁、一九九六年四月五日。

[12] Moritz Jastrowitz, "Die Röntgenschen Experimente mit Kathodenstrahlen und ihre diagnostische Verwertung. Vorgelesen im Verein für innere Medizin am 6. und 20. Januar 1896", *Dtsch. med. Wschr.*, 22, pp. 65-67, 1896.

[13] Werner Schützmann, "Die Aufnahme der Entdeckung Wilhelm Conrad Röntgens in Berlin", *Sudhoff's Archiv*, 79(1), pp. 1-21, Franz Steiner Verlag, 1995.

[14] 永平幸雄「川合菓子編著『近代日本と物理実験機器——京都大学所蔵 明治・大正期物理実験機器』京都大学学術出版会、二〇一〇年。

[15] 東京帝国大学『東京帝国大学五十年史』上册、一〇七―一〇七三頁、一九三三年。

[16] 飯盛挺造「Röntgen氏ノX放射線ニ就テ」『薬学雑誌』第一七三号、六八三―六九九頁、一九九六年。

[17] William Henry Bragg and William Lawrence Bragg, "The reflection of X-rays by crystals.", *Proceedings of the Royal Society a Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 88(605), 1913.7.1, 10.1098/rspa.1913.0040

[18] 中崎昌夫「放射能発見における写真の役割(下) レントゲン線とベクレル線」中京大学教養論叢、三七(二)、二〇五―二八八頁、一九九六年六月。

後藤牧太「レントゲン氏ノ幅射線」『東洋学芸雑誌』第一三卷第一七五号、一九九一―一七三頁、一九九六年四月二五日

「内科ニレントゲン氏光線ノ応用」『済生学舎医事新報』第四一号、四六一頁、一九九六年五月二五日

山口鏡之助・水野敏之丞「れんとげん投影写真帖」第一高等学校蔵版、丸善株式会社書店、一九九六年五月二五日

「X線物体透視写真術の発明者レントゲン先生の肖像」『読売新聞』朝刊、一九九六年五月一六日

「X線の写真」『少国民』第八年第一二号、二九―三三頁、一九九六年六月二日

雑報「レントゲン氏X放散線が植物の幼芽に於ける反応」ほか、『東洋学芸雑誌』第一三卷第一七七号、二八七―二八八頁、一九九六年六月二五日

飯盛挺造「Röntgen氏ノX放射線ニ就テ」『薬学雑誌』第一七三号、六八三―六九九頁、一九九六年七月二六日

雑報「レントゲン氏X放散線の医事応用」『東洋学芸雑誌』第一三卷第一七九号、三九七―三九八頁、一九九六年八月二五日

村岡範為馳講述『レントゲン氏X放射線の話』京都府教育会編(一九九六年八月二二日)、島津製作所、同複製(一九八五年)

衛生新聞社編「笠原光興君」『関西杏林名家集』第一輯、衛生新聞社、一九〇九年二月

東京帝国大学『東京帝国大学五十年史』上册、一〇七―一〇七三頁、一九三二年

花見朔巳編『男爵山川先生伝』故男爵山川先生記念会、一九三九年



藤岡由夫監修、板倉聖宣・木村東作・八木江里著『長岡半太郎伝』朝日新聞社、一九七三年

村岡重浪「祖父村岡範為馳のこと」『日本物理学会誌』第三二巻第一〇号、八六八―八七二頁、一九七七年

森納「太田静馬と村岡範為馳」『因伯洋学史話』富士書店、二九四―三一〇頁、一九九三年一月

天野良平「日本におけるX線学研究のあけぼの―医学利用前史 物理学者が果たした役割」『保健物理』三〇(二)、一一三―一六頁、一九九五年

加藤範夫「私のレントゲン」『日本結晶学会誌』第三七巻第六号、二八五―二九〇頁、一九九五年

稲本一夫「日本のレントゲン史初期における新事実 前編」『日本放射線技術学会雑誌』第五一巻第七号、八四六―八五四頁、一九九五年

中崎昌雄「放射能発見における写真の役割(上)―レントゲン線とベクレル線」『中京大学教養論叢』第三七巻第一号、八七―一二七頁、一九九六年

中崎昌雄「放射能発見における写真の役割(下)―レントゲン線とベクレル線」『中京大学教養論叢』第三七巻第二号、二〇五―二九〇頁、一九九六年

永平幸雄・川合葉子『近代日本と物理実験機器―京都大学所蔵明治・大正期物理実験機器』京都大学学術出版会、二〇〇一年

西尾成子「ノーベル賞受賞者たち(一) レントゲン」『物理教育』第五〇巻第四号、二五三―二五八頁、二〇〇二年

塩瀬隆之ほか編著『科学技術Xの謎―天文・医療・文化財あらゆるものの姿をあらわすX線にせまる』化学同人、二〇一〇年

Mori Osamu, "Ōta Shizuma to Muraoka Han'ichi" [Ōta Shizuma and Muraoka Han'ichi]. In *Impaku yōgaku shiwa* [The History of Western Learning in Inaba and Hōki], 294–310. Tokyo: Fuji Shoten, 1993.

Amano Ryōhei. "Nihon ni okeru X-sen-gaku kenkyū no akebono: Igaku riyō zenshi, butsurigaku-sha ga hatashita yakuwari" [The Dawn of X-radiology in Japan: The Roles Physicists Played Prior to Its Use in Medicine]. *Hoken Butsuri* [Health Physics] 30 (1995): 113–16.

Katō Norio. "Watashi no Rentogen" [My Röntgen]. *Nihon Kesshō Gakkai-shi* [Journal of the Crystallographic Society of Japan] 37, no. 6 (1995): 285–90.

Inamoto Ichio, "Nihon no Rentogen-shi shoki ni okeru shin-jijitsu zempen" [New Facts from the Early History of X-rays in Japan: Part I], *Nihon Hōshasen Gijutsu Gakkai Zasshi* [Japanese Journal of Radiology] 51, no. 7 (1995): 846–54.

Nakazaki Masao. "Hōshanō hakken ni okeru shashin no yakuwari (jō) Rentogen-sen to Bekereru-sen" [The Role of Photographs in the Discovery of Radioactivity (I): Röntgen Rays and Becquerel Rays]. *Chūkyō Daigaku Kyōyō Ronsō* [Chukyo University Bulletin of the Faculty of Liberal Arts] 37, no. 2, (June 1996): 87–127.

———. "Hōshanō hakken ni okeru shashin no yakuwari (ge) Rentogen-sen to Bekereru-sen" [The Role of Photographs in the Discovery of Radioactivity (II): Röntgen Rays and Becquerel Rays]. *Chūkyō Daigaku Kyōyō Ronsō* [Chukyo University Bulletin of the Faculty of Liberal Arts] 37, no. 2 (June 1996): 205–90.

Nagahira Yukio and Kawai Yōko. *Kindai Nihon to butsuri jikken kiki: Kyōtō Daigaku shozō Meiji/Taishō-ki butsuri jikken kiki* [Modern Japan and Devices for Physics Experiments: Devices from the Meiji and Taishō Eras in the Kyoto University Collection]. Kyoto: Kyoto University Press, 2001.

Nishio Shigeko. "Nōberu-shō jushōsha-tachi (1) Rentogen" [Nobel Prize Winners (1): Röntgen]. *Butsuri Kyōiku* [Journal of the Physics Education Society of Japan] 50, no. 4 (2002): 253–58.

Shiose Takayuki, Motoki Tamaki, Mizumachi Eri, Toda Kentarō (eds.), and The Kyoto University Museum (supervising ed.). *Kagaku gijutsu X no nazo: Tenbun/iryō/bunkazai, arayuru mono no sugata o arawasu X-sen ni semaru* [The Mystery of Scientific Technology X: The Impending X-ray that Reveals all in Astronomy, Medical Treatment, and Cultural Assets]. Kyoto: Kagakudojin, 2010.

*Tōdai igaku: Rampō igaku kara Doitsu kindai igaku e* [The Dawn of Modern Medicine in Japan: From Dutch Medicine to German Medical Science]. Tokyo: The University Museum, the University of Tokyo, 2014. Exhibition catalog.

Okamoto Takuji. "Ikkō rika e yōkoso: Kagaku suru kokoro' ten ni tsuite" [About the Exhibition "Welcome to the Science Department of the First Higher School: The Heart for Science"]. *Kyōyō gakubu-bō* [Bulletin of the Faculty of Liberal Arts] 576 (2015).

"Ikkō rika e yōkoso: Kagaku suru kokoro' ten ni tsuite" [About the Exhibition "Welcome to the Science Department of the First Higher School: The Heart for Science"]. Komaba Museum, Graduate School of Arts and Sciences and College of Arts and Sciences, The University of Tokyo. July 18–September 23, 2015. Exhibit display list.

*Āto ka, saisensu ka? Shirarezaru yonkō isan kara* [Art or Science – The Scientific Instrument Collection of the Fourth Higher School], Tokyo: The University Museum, the University of Tokyo, 2019. Exhibition catalog.

展覧会図録『東大醫學―蘭方医学からドイツ近代医学へ』東京大学総合研究博物館、二〇一四年

岡本拓司「「高理科へようこそ―科学する心」展について」『教養学部報』第五七六号、二〇一五年

展覧会出品リスト「「高理科へようこそ―科学する心」展出品一覽」東京大学駒場博物館、会期二〇一五年七月一八日―同年九月三日

展覧会図録『アートか、サイエンスか―知られざる四高遺産から』インターネットメディアテク博物館シリーズ、東京大学総合研究博物館、二〇一九年

「外国語文献」  
外国語文献は一四一―一四六頁を参照のこと。

Röntgen, Wilhelm Röntgen. *W. C. Röntgens grundlegende Abhandlungen über die X-Strahlen. Zum 70. Geburtstag des Verfassers. von der Physikal.-Med. Ges. in Würzburg*, Würzburg: Kabitzsch, 1915.

Rothmund, Günther. *100 Jahre Röntgenstrahlen*. Würzburg: 1995.

Schedel, Angelika, and Gundolf Keil. *Der Blick in den Menschen. Wilhelm Conrad Röntgen und seine Zeit*. Munich: Urban & Schwarzenberg, 1995.

Scheutzel, Petra. *Wilhelm Conrad Röntgen – Unsichtbares wird sichtbar. Helfer der Menschheit*, Bd. 1. Berlin: Quintessenz-Verlag, 1995.

Schöner, Erich, and Claudia Rücker. *Radiologia in nummis. Wilhelm Conrad Röntgen und Radiologie auf Medaillen*. Eisingen: Heiderhoff, 1998.

Speitkamp, Winfried. “Wilhelm Conrad Röntgen. Bürger und Forscher.” *Archiv für Kulturgeschichte* 75, no. 1 (1993): 123–52.

Streller, Ernst. *Deutsches Röntgen-Museum*. Remscheid-Lennep: Deutsches Röntgen-Museum, 1960.

Teichmann, Jürgen, and Sebastian Coenen. *Galilei, Röntgen & Co. Wie die Wissenschaft die Welt neu entdeckte*. Würzburg: Arena, 2014.

Unger, Hellmuth. *Wilhelm Conrad Röntgen*. Stuttgart: Deutscher Bücherbund, 1960.

Universität Würzburg. *Blick. Sonderheft 100 Jahre Röntgenstrahlen 1895–1995*, Würzburg: 1995.

———. *Blick. 100 Jahre Röntgenstrahlen*. Würzburg: 1995.

———. *100 Jahre Röntgenstrahlung. Ausstellung aus Anlass der Entdeckung der Röntgenstrahlung in Würzburg am 8. November 1895*. Würzburg: 1995.

Voth, Dieter. *Nach der Jäger Weise: Wilhelm Conrad Röntgen, Forscher und Jäger. Biographie mit Bildern und Dokumenten*. Oldenburg: Igel-Verlag Literatur, 2003.

Weidemann, Antje. *Würzburg zur Zeit Röntgens. (1888–1900) Eine Ausstellung des Stadtarchivs Würzburg zum 100. Jahrestag der Entdeckung der Röntgenstrahlen am 8. November 1995*. Würzburg: 1995.

Wylick, Wilhelm A. H. van. *Röntgen und die Niederlande. Ein Beitrag zur Biographie Wilhelm Conrad Röntgens*. Remscheid-Lennep: Gesellschaft der Freunde und Förderer des Deutschen Röntgen-Museums, 1975.

Zehnder, Ludwig. *Persönliche Erinnerungen an W. C. Röntgen und über die Entwicklung der Röntgenröhren*. Basel: 1933.

#### Japanese Bibliography (in ascending order by date of publication)

“Futōmei-tai wo tsūka suru shin-kōsen no hakken” [The Discovery of New Light Rays That Can Pass Through Opaque Bodies]. *Tōkyō Iji Shimpō* [Tokyo Medical Journal] 935 (February 29, 1896).

“Shashinjutsu-jō no hatsumei” [A Photographic Discovery]. *Jiji Shimpō*, March 7, 1896.

“Odoroku beki denki-gaku-jō no daihatsumei” [A Great and Surprising Discovery in the Study of Electricity]. *Yomiuri Shimbun*, morning edition, March 15, 1896.

Mizuno Toshinojō. “Rentogen-shi no daihakken” [Dr. Röntgen’s Great Discovery]. *Tōyō Gakugei Zasshi* [Journal of Eastern Arts and Sciences] 13, no. 174 (March 25, 1896): 99–102.

Nagaoka Hantarō. “Rentogen-shi ekisu (X) hōsansen” [The X-radiation of Dr. Röntgen]. *Tōyō Gakugei Zasshi* 13, no. 174 (March 25, 1896): 133–33.

“Rentogen-shi no daihatsumei” [Dr. Röntgen’s Great Invention]. *Tōyō Gakugei Zasshi* 13, no. 174 (March 25, 1896): 135–36.

“Shashinjutsu no daihatsumei” [A Great Photographic Invention]. *Asahi Shimbun*, Tokyo morning edition, April 1, 1896.

Wilhelm Röntgen, “Isshu no shin-hōsansen” [On a New Kind of Rays]. Translated from the German by F.A. *Chūgai Iji Shimpō* [Chūgai Medical Journal] 385 (April 5, 1896): 30–8.

“Odoroku beki hatsumei (shōzen)” [A Surprising Invention, cont’d.]. *Shashin Geppō* [Photography Monthly] 3, no. 24 (April 18, 1896): 18–20.

“Rentogen-hakase no hōkoku” [Dr. Röntgen’s Report]. *Shashin Geppō* 3, no. 24 (April 18, 1896): 20–2.

“Shin-hatsumei sakkotsu shashin” [Newly Invented Skeletal Photography]. *Shashin Sōwa* [Photography Stories] 4, no. 9 (April 2, 1896): 194–98.

Gotō Makita. “Rentogen-shi no fukushasen” [Dr. Röntgen’s Radiant Rays]. *Tōyō Gakugei Zasshi* 13, no. 175 (April 25, 1896): 169–73.

“Naika ni Rentogen-shi kōsen no ōyō” [The Application of Röntgen’s Light Rays in Internal Medicine]. *Saisei Gakusha Iji Shimpō* [Saisei Gakusha Medical Journal] 41 (May 15, 1896): 461.

Yamaguchi Einosuke and Mizuno Toshinojō. *Rentogen tōei shashinchō* [Album of Photographs Projected by Röntgen]. Tokyo: First Higher School, Maruzen Co. Ltd. Bookstore, 1896.

“X-sen buttai tōmei shashinjutsu no hatsumei-sha Rentogen-sensei no shōzō” [A Portrait of Dr. Röntgen, the Inventor of X-ray See-through Photography]. *Yomiuri Shimbun*, morning edition, May 16, 1896.

“X-sen no shashin” [X-ray Photographs]. *Shōkokumin* [The Younger Generation] 8, no. 11 (June 2, 1896): 29–32.

“Rentogen-shi X-hōsansen ga shokubutsu no yōga ni okeru hannō” [The Reaction of Wheat Germ to Dr. Röntgen’s X-radiation]. *Tōyō Gakugei Zasshi* 13, no. 177 (June 25, 1896): 287–88.

Ihmori Teizō, “Rentogen-shi no X-hōshasen ni tsuite” [On the X-radiation of Dr. Röntgen]. *Yakugaku Zasshi* [Journal of the Pharmaceutical Society of Japan] 173 (1896): 683–99.

“Rentogen-shi X-hōsansen no iji ōyō” [The Medical Application of Dr. Röntgen’s X-radiation]. *Tōyō Gakugei Zasshi* 13, no. 179 (August 25, 1896): 397–8.

Muraoka Han’ichi. “Rentogen-shi X-hōsansen no hanashi” [A Talk on Dr. Röntgen’s X-radiation]. Lecture transcript, Educational Association of Kyoto Prefecture (August 31, 1896). Reprint. Kyoto: Shimadzu Corporation, 1985.

Eisei Shimbunsha (ed.). “Kasahara Mitsuoki-kun” [Mr. Mitsuoki Kasahara]. In *Kansai Kyōrin meikashū* [Famous Figures of Kyōrin University] (Vol. 1), 44. Eisei Shimbunsha, 1909.

Tokyo Imperial University. *Tōkyō Teikoku Daigaku gojūnen-shi* [Fifty Years of Tokyo Imperial University] (Vol. 1). 1932.

Hanami Sakami (ed.). *Danshaku Yamakawa-sensei-den* [The Life of Prof. Baron Yamakawa]. Ko-danshaku Yamakawa-sensei Kinenkai, 1939.

Itakura Kiyonobu, Kimura Tōsaku, Yagi Eri, and Fujioka Yoshio (supervising ed.). *Nagaoka Hantarō-den* [The Life of Hantarō Nagaoka]. Tokyo: Asahi Shimbunsha, 1973.

Muraoka Shigenami. “Sofu Muraoka Han’ichi no koto” [My Grandfather, Muraoka Han’ichi]. *Nihon Butsuri Gakkai-shi* [Journal of the Physical Society of Japan] 312, no. 1 (1977): 868–71.



Kraft, Ernest and Nathaniel Finby. "Did Roentgen Discover the X-Ray by Himself?" *Radiology* 132, no. 3 (1979): 771–74.  
———. "Wilhelm Conrad Roentgen (1845–1923)." *New York State Journal of Medicine* 74, no. 11 (1974): 2,066–70.

Lemmerich, Jost. *Röntgen Rays Centennial*. Würzburg: Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 1995. Exhibition catalog.

Morgeli, Christoph. *Wilhelm Conrad Roentgen and Switzerland*. Basel: Schwabe, 1995. Exhibition catalog.

Mould, Richard F. *A Century of X-Rays and Radioactivity in Medicine: With Emphasis on Photographic Records of the Early Years*. Bristol: Institute of Physics Publications, 1993.

Nitske, Robert W. *The life of Wilhelm Conrad Röntgen, discoverer of the X ray*. Tucson, University of Arizona Press, 1971.

Patterson, John R. "They Tamed the Photon. Early days of radiation dosimetry." *Australasian College of Physical Scientists and Engineers in Medicine* 40, no. 1 (2017): 11–20.

Peh, Wilfred C. G. "History of the Discovery of X-rays." *Singapore Medical Journal* 36, no. 4 (1995): 437–41.

Riesz, Peter B. "The life of Wilhelm Conrad Röntgen." *American Journal of Roentgenology* 165 (1995): 1,533–37.

Röntgen, Wilhelm Conrad. *Röntgen Rays: Memoirs*. Translated and edited by George Frederick Barker. New York: Harper & Brothers, 1899.

———. *X-rays and the Electric Conductivity of Gases. Comprising Papers by W. C. Röntgen (1895, 1896) J. J. Thomson and E. Rutherford (1896)*. Edinburgh: E. & S. Livingstone, 1958.

Rosenbusch, Gerd and Annemarie van Eckelen. *Wilhelm Conrad Röntgen: The Birth of Radiology*. Berlin: Springer International Publishing, 2019.

Roth, J. "The consequences of the discovery by W. C. Röntgen for present-day medical physics and radiation protection." *Experientia* 51 (1995): 640–51.

Seliger, Howard H. "Wilhelm Conrad Röntgen and the Glimmer of Light." *Physics Today* 48, no. 11 (1995): 15–31.

Singh, Rajinder. "Historical Note: The Nobel Laureate W.C. Roentgen and His X-Rays" *Indian Journal of History of Science* 51, no. 3 (2016): 521–30.

Thomas, Adrian, Ian Isherwood, and P. N. T. Wells. *The Invisible Light: 100 Years of Medical Radiology*. Oxford: Blackwell Science, 1995.

Van Wylick, Wan. "Was Wilhelm Roentgen a German or a Dutchman? What Was His Relation to The Netherlands?" *Thorax* 23, no. 6 (1968): 676–82.

White, Colleen Marie. *Waves, Rays, and Radium. A Historical Perspective on the Founders*. Indiana: Indiana University South Bend, 2002.

#### German Bibliography

Beier, Walter. *Wilhelm Conrad Röntgen. Einblicke in die Wissenschaft: Wissenschaftsgeschichte*. Stuttgart: Teubner, 1995.

Dessauer, Friedrich. *Die Offenbarung einer Nacht. Leben und Werk von Wilhelm Conrad Röntgen*. Frankfurt a. M.: Knecht, 1995.

Deutsche Gesellschaft für medizinische Physik e.V. (Hg.). "100 Jahre Röntgenstrahlung." *Zeitschrift für medizinische Physik* 3 (1995).

Fölsing, Albrecht. *Wilhelm Conrad Röntgen. Aufbruch ins Innere der Materie*. München: Deutscher Taschenbuch-Verlag, 2002.

Franke, Hans. "Medizinhistorische Betrachtungen zum 100. Jahrestag der Entdeckung der Röntgenstrahlen." *Zeitschrift für Kardiologie* 84, no. 3 (1995): 173–9.

Fußl, Wilhelm. "Weil ich sonst für die Sammlung schlimmes befürchte. Wilhelm Conrad Röntgen und das Deutsche Museum." *Kultur & Technik* 96, no. 1 (1996): 10–19.

Funke, H. "Das Geburtshaus Wilhelm Conrad Röntgens in Remscheid-Lennep." *Heimatkundliche Hefte des Stadtarchivs Remscheid* 14 (1980).

Glasser, Otto. *Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen*. Berlin: Springer, 1995.

Gundolf, Keil, and Angelika Schedel. *Der Blick in den Menschen. Wilhelm Conrad Röntgen und seine Zeit*. Munich: Urban & Schwarzenberg, 1995.

Hennig, Ulrich. *Deutsches Röntgen-Museum Remscheid-Lennep*. Braunschweig: Westermann, 1989.

Hermann, Armin, Ernst Streller, and Rolf Winau. *Wilhelm Conrad Röntgen 1845–1923*. Munich: Inter Nationes, 1973.

Heuss, Theodor. *Wilhelm Conrad Röntgen*. Tübingen: Wunderlich-Verlag, 1951.

Hübner, Claus. "Die zwei ersten Zeitungsberichte über Röntgens Entdeckung." *Berliner Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik* 27 (2000).

Kalok, Lothar. *Wilhelm Conrad Röntgen in Gießen 1879–1888. Ausstellung in der Univ.-Bibl. Gießen vom 28. Juni – 27. Juli 1979 aus Anlass d. Berufung Röntgens nach Gießen vor 100 Jahren Katalog*. Gießen: Universitätsbibliothek, 1979.

Keil, Gundolf. *Wilhelm Conrad Röntgen und die Radiologie der Atemwege*. Munich: Gedon & Reuss, 1987.

Keulenkampff, Helmut. "Röntgenstrahlen. Zum fünfzigjährigen Jubiläum ihrer Entdeckung." *Abhandlungen und Berichte* 16, no. 1 (1948).

Kütterer, Gerhard. *Ach, wenn es doch ein Mittel gäbe, den Menschen durchsichtig zu machen wie eine Qualle! Die Röntgentechnik in ihren ersten beiden Jahrzehnten – ein besonders faszinierendes Stück Medizin- und Technikgeschichte, dargestellt in Zitaten*. Norderstedt: Books on Demand, 2005.

Leicht, Hans Dieter. *Wilhelm Conrad Röntgen. Biographie*. Munich: Ehrenwirth, 1994.

Lossau, Norbert. *Röntgen. Eine Entdeckung verändert unser Leben*. Cologne: VGS, 1995.

Mälzer, Gottfried. *Briefe von Wilhelm Conrad Röntgen in der Universitätsbibliothek Würzburg. Begleitheft zur Ausstellung der Universitätsbibliothek Würzburg im Röntgenjahr 1995*. Würzburg: 1995.

Mödder, Ulrich. *Die Augen des Professors. Wilhelm Conrad Röntgen. Eine Kurzbiografie*. Berlin: Vergangenheitsverlag, 2008.

Moll, Friedrich. "Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923)." *Rheinische Lebensbilder* 16 (1997): 139–46.

Otremba, Heinz, and Walther Gerlach. *Wilhelm Conrad Röntgen. Ein Leben im Dienste der Wissenschaft*. Würzburg: 1970.

Ritzmann, Kurt. *Wilhelm Conrad Röntgen und die Schweiz. Ein Beitrag zur Biographie des Entdeckers der nach ihm benannten Strahlen*. Remscheid: Deutsches Röntgen-Museum, 2001.

Röntgen, Wilhelm Conrad. *Zur Geschichte der Physik an der Universität Würzburg. Festrede zur Feier des 312. Stiftungsfester der JMU*. Würzburg: Universitätsdruckerei, 1894.

[6] Itakura Kiyonobu, Kimura Tōsaku, Yagi Eri, and Fujioka Yoshio (supervising ed.), *Nagaoka Hantarō-den* [The Life of Hantarō Nagaoka], Tokyo: Asahi Shimbunsha, 1973.

[7] Nakazaki Masao, “Hōshanō hakken ni okeru shashin no yakuwari (jō) Rentogen-sen to Bekereru-sen” [The Role of Photographs in the Discovery of Radioactivity (I): Röntgen Rays and Becquerel Rays], *Chūkyō Daigaku Kyōyō Ronsō* [Chukyo University Bulletin of the Faculty of Liberal Arts] 37, no. 2 (June 1996): 87–127.

[8] Muraoka Han'ichi, et al., “Ueber das galvanische Verhalten der Kohle (Sur les propriétés galvaniques du charbon),” *Ann. der Physik und Chemie* XIII, 1881: 307. (J. Phys. Theor. Appl., 10, no. 1 [1881]: 501–2, 10.1051/jphystap:0188100100050102. jpa-00237858).

[9] Shiose Takayuki, Motoki Tamaki, Mizumachi Eri, Toda Kentarō (eds.), and The Kyoto University Museum (supervising ed.), *Kagaku gijutsu X no nazo: Tenbuniryō/bunkazai, arayuru mono no sugata o arawasu X-sen ni semaru* [The Mystery of Scientific Technology X: The Impending X-ray that Reveals all in Astronomy, Medical Treatment, and Cultural Assets], Kyoto: Kagakudojin, 2010.

[10] Watanabe Masao, “The Japanese Magic Mirror: An Object of Art and of Scientific Study,” *Archives of the Chinese Art Society of America* 19, 1965: 45–51.

[11] Wilhelm Röntgen, “Isshu no shin-hōsansen” [On a New Kind of Rays], trans. F.A., *Chūgai Iji Shimpō* [Chūgai Medical Journal], 385, April 5, 1896: 30–38.

[12] Moritz Jastrowitz, “Die Röntgenschen Experimente mit Kathodenstrahlen und ihre diagnostische Verwertung. Vorgetragen im Verein für innere Medizin am 6. und 20. Januar 1896,” *Dtsch. med. Wschr.* 22, 1896: 65–67.

[13] Werner Schüttmann, “Die Aufnahme der Entdeckung Wilhelm Conrad Röntgens in Berlin,” *Sudhoffs Archiv.* 79, no. 1, 1995: 1–21.

[14] Nagahira Yukio and Kawai Yōko, *Kindai Nihon to butsuri jikken kiki: Kyōtō Daigaku shozō Meiji/Taishō-ki butsuri jikken kiki* [Modern Japan and Devices for Physics Experiments: Devices from the Meiji and Taishō Eras in the Kyoto University Collection], Kyoto: Kyoto University Press, 2001.

[15] Tokyo Imperial University, *Tōkyō Teikoku Daigaku gojūnen-shi* [Fifty Years of Tokyo Imperial University] (Vol. 1), 1932, 1070–73.

[16] Ihmori Teizō, “Rentogen-shi no X-hōshasen ni tsuite” [On the X-radiation of Dr. Röntgen], *Yakugaku Zasshi* (Journal of the Pharmaceutical Society of Japan) 173, 1896: 683–99.

[17] William Henry Bragg and William Lawrence Bragg, “The reflection of X-rays by crystals,” *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 88, no. 605, July 1, 1913, 10.1098/rspa.1913.0040.

[18] Nakazaki Masao, “Hōshanō hakken ni okeru shashin no yakuwari (ge) Rentogen-sen to Bekereru-sen” [The Role of Photographs in the Discovery of Radioactivity (II): Röntgen Rays and Becquerel Rays], *Chūkyō Daigaku Kyōyō Ronsō* 37, no. 2 (June 1996): 205–88.

## Selected Bibliography

### English Bibliography

Bailey, Hamilton and W. J. Bishop. *Notable Names in Medicine and Surgery*. London: H. K. Lewis, 1959.

Bhatnagar, P. K., A. S. Pradhan, and A. R. Reddy. *Medical Physics for Human Health Care*. Jodhpur, India: Scientific Publishers, 1997.

Claxton, Keith Thomas. *Wilhelm Roentgen*. London: Heron Books, 1970.

Clendening, Logan. *Source Book of Medical History*. Magnolia, Massachusetts: Courier 1983.

Del Regato, Juan A. “Wilhelm Conrad Röntgen.” *International Journal of Radiation Oncology* 1 (1975): 133–39.

Dibner, Bern. *Wilhelm Conrad Röntgen and the Discovery of X-rays*. New York: F. Watts, 1978.

Dunn, Peter M. “Wilhelm Conrad Roentgen (1845–1923), the discovery of x rays and perinatal diagnosis.” *Archives of Diseases in Childhood* 84 (2001): 138–39.

Fischer, Harry W. “The Laboratory at Würzburg Revisited.” *American Journal of Roentgenology* 145 (1985): 432–33.

Glasser, Otto. *Wilhelm Conrad Röntgen and the Early History of the Roentgen Rays*. San Francisco: Norman Publishing, 1993.

Goodman, Philip C. “The New Light. Discovery and introduction of the X-ray.” *American Journal of Roentgenology* 165 (1995): 1,041–45.

Hajdu, Steven I. “Pathfinders in Oncology from the End of the 19th Century to the First Description of Ewing Sarcoma.” *Cancer* 125, no. 14 (2019): 2,345–58.

Hamer, Angus W. F. “Physicists and Physicians: The Life and Work of Wilhelm Conrad Roentgen and the Development of X-Ray Sources in the Physics Laboratory and the Clinic.” 1968.

Harder, Dietrich. “Röntgen’s Discovery.” *International Journal of Radiation Biology and Related Studies in Physics, Chemistry and Medicine* 51, no. 5 (1987): 815–39.

Hermann, Armin, Ernst Streller, Rolk Winau, and Dawn Thompson. *Wilhelm Conrad Roentgen*. Bonn-Bad Godesberg: Inter Nationes, 1973.

Hessenbruch, Arne. “A brief history of x-rays.” *Endeavor* 26, no. 4 (2002): 137–41.

Isherwood, Ian. “Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) and the 1914 Affair.” *Journal of Medical Biography* 12 (2004): 90–4.

Klickstein, Herbert S. *Wilhelm Conrad Roentgen on a New Kind of Rays. A Bibliographical Study*. Philadelphia: 1996.

Knitsson, Folke. “Roentgen and the Nobel Prize. With Notes from His Correspondence with Svante Arrhenius.” *Acta radiologica: diagnosis* 8, no. 6 (1969): 449–60.

Kraft, Ernest. “W. C. Roentgen. Travel aspects of his life.” *New York State Journal of Medicine* 72, no. 13 (1972): 1,769–71.

———. “W. C. Roentgen, his friendship with Ludwig Zehnder.” *New York State Journal of Medicine* 73, no. 8 (1973): 1,002–8.



are quite detailed, and it is clear that the focus was on medical applications of the new technology from the very beginning.

X-rays were discovered in the end of 1895, and the year 1896 went by. In 1897, Muraoka Han'ichi and Shimadzu Corporation continued their research, developing a new type of a battery using a Bunsen cell and an induction coil. Also in 1897, the Department of Physics was established at the Kyoto Imperial University. Muraoka would eventually become a professor there. In 1909, Shimadzu Corporation developed Japan's first X-ray device for medical use.<sup>[9]</sup> Consequently, in 1927, they obtained permission from Kyoto Prefecture to open the Shimadzu Röntgen Technology Training Institute (the present-day Shimadzu Gakuen Kyoto College of Medical Science), which was the first institution of its kind in Japan.<sup>[9]</sup>

After reporting the news of X-rays to Japan in 1896, Nagaoka Hantarō did no further research on them. However, he did research the structure of the atom, and made waves in the world of physics when he (at the same time as Ernest Rutherford [1871–1937]) proposed the Saturnian model of the atom. In this formulation, electrons orbit an atom's nucleus.

In 1901, Yamakawa Kenjirō became president of Tokyo Imperial University. The August 14, 1909 edition of the *Tōkyō Asahi Shimbun* ran an article, “Fushigi naru tōshihō” (A Mysterious Method of Seeing Through Things). The report said that Mifune (Kawaji) Chizuko (1886–1911) had undergone treatment by Kinoshita Hiroji of Kyoto Imperial University. This marks the beginning of the so-called *Senrigan jiken* (Clairvoyance Incident). Eventually, the scandal involved: Mifune, who had apparent powers of clairvoyance; Nagao Ikuko, who it was claimed had thoughtographic (psychic photographic) abilities; the Physical Society; and the Psychological Society. On January 4, 1911, after meticulously refining his experimental methods, Yamakawa Kenjirō conducted a clairvoyance and thoughtography experiment at Nagao's home in Marugame. Dr. Yamakawa presented the results to the public, announcing the claims to be nothing more than sleight of hand.

Röntgen became chairman of the Experimental Physics Department at the University of Munich in 1900. In 1901, he was awarded the first Nobel Prize in Physics. Although the nature of X-rays was still not fully understood, their application in medical treatment was considered remarkable globally. For this achievement, was awarded the prize. After successfully repeating Röntgen's experiment, Muraoka Han'ichi and Röntgen had several research exchanges, as a result of which Muraoka was the sole Japanese person invited to the celebration.<sup>[9]</sup> Röntgen pressed forward with research on X-ray crystal analysis. A 1912 collaboration with Max von Laue of the University of Munich determined that X-rays were electromagnetic waves. This experiment inspired William Henry Bragg (1862–1942) and William Lawrence Bragg (1880–1971), who subsequently laid the foundation for crystallography—the use of X-rays to determine the position of atoms in a crystal<sup>[18]</sup>—in a 1913 paper.<sup>[17]</sup>

Research on X-ray-emitting devices (which saw remarkable penetration in the field of medical treatment) also picked up steam. Julius Edgar Lilienfeld (1882–1963) invented the thermionic X-ray tube in 1912, and the following year William Coolidge (1873–1975) of General Electric improved upon it. He called it the Coolidge tube (thermionic tube), and secured a patent for his invention. In 1920, the Tokyo Electric Company secured exclusive rights to the patent in Japan. They then began to manufacture and sell thermionic tubes.

It was Philipp Lenard—the same Philipp Lenard who gave Röntgen his Lenard tube—who revealed that the cathode rays that cause X-rays are made up of negatively charged energy particles (what we now call

“electrons”). By the end of his research, Lenard also arrived at the conclusion that electrons are particles that make up atoms<sup>[9]</sup>.

Röntgen's wife, Anna Bertha, passed away in 1919. Röntgen died of cancer on February 10, 1923.

Röntgen believed that science should be for the benefit of all, and so, even in the case of the X-ray, he did not consider making any sort of patent or ownership claim. Perhaps it was due to some conflict with Lenard that Röntgen did not acknowledge him in his paper. When approached by the president of a major German electrical company about acquiring patent rights, Röntgen raised his voice in opposition.<sup>[9]</sup> The name “Röntgen rays” was the idea of Albert von Kölliker, a professor of anatomy and colleague of Röntgen's. However, Röntgen himself did not like the name, instead calling them “X-rays.” He donated all of the Nobel Prize money to University of Würzburg.

As it happens, the concept of patents was born in medieval Venice, where they were awarded to inventors as early as 1443. Before then, families, merchants, and engineers with superior skills or knowledge handed them down as trade secrets. However, this meant that others could not make use of their techniques or knowledge. The English word “patent” comes from the Latin *littera patens* (“open letter”), which originally meant disclosing trade secrets to make them public intellectual property. Royalties and exclusive rights were intended to reward first inventors for disclosing their trade secrets, incentivizing them for a limited time. Patents were born out of Venetians' deep interest in intellectual property as a public good.

After the Industrial Revolution, when modern means of transportation began to develop and send information, people, and goods across the world, the “public” sense of patents gradually changed. By the beginning of the twentieth century, patents had become a hallmark of monopolistic corporate strategies. In this century's Information Age, people have a greater desire than ever for monopolies. We should consider Röntgen's philosophy, and the global reaction to the discovery of the X-rays, and ask ourselves: To what extent is science a public good?

The patent for the Coolidge tube, incidentally, expired in 1934.<sup>[9]</sup>

[1] Röntgen, “Über eine neue Art von Strahlen”, *Sitzungsberichte der Würzburger Physik.-medic. Gesellschaft*, Würzburg S.1-9, 1895.

[2] Takiuchi Seijirō “Muraoka Han'ichi ni tsuite” [About Muraoka Han'ichi], *The Sakura X-Ray Photographic Review*, vol.17, No.6., KONICA, pp.29-31, December 1966.

[3] Hanami Sakami (ed.), *Danshaku Yamakawa-sensei-den* [The Life of Prof. Baron Yamakawa], Ko-danshaku Yamakawa-sensei Kinenkai, 1939.

[4] Eisei Shinbunsha (ed.), “Kasahara Mitsuoki-kun” [Mr. Mitsuoki Kasahara], in *Kansai Kyōrin meikashū* [Famous Figures of Kyōrin University] (Vol. 1), Eisei Shinbunsha, 1909: 44.

[5] Amano Ryōhei, “Nihon ni okeru X-sen-gaku kenkyū no akebono: Igaku riyō zenshi, butsurigaku-sha ga hatashita yakuwari” [The Dawn of X-radiology in Japan: The Roles Physicists Played Prior to Its Use in Medicine], *Hoken Butsuri* [Health Physics] 30, 1995: 113–16.

Moritz Jastrowitz (1839–1912), who saw Röntgen’s X-ray photographs and mentioned the technology’s medical applications at the Verein für innere Medizin (Association for Internal Medicine) on January 6 and January 20, 1896.<sup>[5][12][13]</sup> This was the first Japanese report on X-rays.

News of the discovery of X-rays circled the globe in the blink of an eye. In 1896, English-language accounts appeared in *Nature* on January 14 and in *Science* on February 14. Meanwhile, researchers worldwide tried to repeat Röntgen’s experiment. On January 17, a group succeeded in doing so at the University of Hamburg. The results were published in the weekly periodical *La Ilustración* (Illustration).<sup>[5]</sup> In February, Italian professor Enrico Salvioni presented a device he called the “cryptoscope” at the Accademia medico-chirurgica di Perugia (Medical-Surgical Society of Perugia). The cryptoscope’s purpose was to observe transmitted X-rays. In March, Thomas Edison invented a very similar device known as a “fluoroscope.”<sup>[14]</sup> It seems that Röntgen himself did not like to give public talks; he gave only one, in Würzburg, on January 23, 1896.

As X-ray photography was a discovery that used a highly intuitive process, it goes without saying that it also proved sensational to laymen. Since X-rays can pass through things that are normally opaque, an ordinance prohibiting X-ray opera glasses at the theater was introduced into the house at Trenton, New Jersey, on February 19, 1896.<sup>[5]</sup> There was also an article in *Shōnen Sekai* (The Youth’s World), no. 11 (June 1, 1896), “X-kōsen no ōyō rigai” (Advantages and Disadvantages of the Use of X-rays), which stated that “it will be hard to preserve the privacy of correspondence.” The current attitude toward artificial intelligence bears a striking resemblance to these protestations.

Articles also appeared one after another in the Japanese press, including: “Shashinjutsu-jō no hatsumei” (A Photographic Discovery) (*Jiji Shimpō*, issue 4535, March 7, 1896); “Odoroku beki denki-gaku-jō no daihatsumei” (A Great and Surprising Discovery in the Study of Electricity) (*Yomiuri Shimbun*, issue 6693, March 15, 1896); and “Rentogen hatsumei no shin-shashinjutsu” (A New Photographic Technology Invented by Röntgen) (*Yomiuri Shimbun*, March 18, 1896).

As noted above, the first Japanese report on the discovery of X-rays were published in the *Tōkyō Iji Shimpō* on February 29, 1896, and quoted the aforementioned reports by Jastrowitz. At the time, Nagaoka Hantarō was the physics editor of *Tōyō Gakugei Zasshi* (Journal of Eastern Arts and Sciences). Reports on the latest trends in physics around the world were published in every issue.<sup>[6]</sup> Nagaoka went to a great deal of trouble to obtain the X-ray photographs. Upon finally acquiring them, he sent them to Yamakawa Kenjirō at Tokyo Imperial University.<sup>[5]</sup> This led to the first scientific report on X-rays in Japan. A group from Tokyo Imperial University (comprising Yamakawa Kenjirō, Tsuruta Kenji, and Mizuki Tomojirō) and a group from the First Higher School (Yamaguchi Einosuke, Mizuno Toshinojō, and others) immediately set out to replicate the experiment—and succeeded. Their results were published in *Tōyō Gakugei Zasshi* (vol. 13, no. 174), on March 25, 1896, and *Tōkyō Butsuri Gakkō Zasshi* (Journal of the Tokyo Academy of Physics) (no. 53) in April 1896. The photographs Nagaoka obtained are currently believed to be from the repeat experiment of the University of Hamburg group.<sup>[5]</sup> Later, the photographs from the experiment were published in *Rentogen tōei shashin-chō* (Album of Photographs Projected by Röntgen), published on May 15, 1896. On December 22, 1896, Emperor Meiji paid a visit to Tokyo Imperial University. While there, he toured the classrooms of its various departments, including engineering, science, law, and the arts. According to Yamakawa’s account, the emperor inspected the photographs from the X-ray experiment in a Department of Natural History classroom.<sup>[15]</sup>

Muraoka Han’ichi became a professor at the former Third Higher School (the present-day Department of Integrated Human Studies at Kyoto University) in 1893. In 1896, he learned of Röntgen’s discovery of the X-ray. On July 9 of that year, Muraoka gave a lecture on X-rays at the Educational Association of Kyoto Prefecture, where he presented the Tokyo Imperial University group’s photographs. The transcribed lecture can be found in “Rentogen-shi X-hōshasen no hanashi” (A Talk on Dr. Röntgen’s X-radiation).<sup>[5][9]</sup>

At the time, high-quality vacuum pumps and high-voltage generators were not available in Japan. Moreover, procuring research equipment in Kyoto, unlike Tokyo, entailed a great deal of effort. To resolve this impasse, Muraoka began conducting research with Shimazu Genzō of Shimadzu Corporation. The company had won a valued prize for its exhibition of the Wimshurst influence machine at the 4th National Industrial Exhibition in 1895.<sup>[5]</sup> (The Wimshurst influence machine is a generator that emits powerful, high-quality voltages by generating static electricity. It is indispensable for producing X-rays.) In April 1896, Professor Kasahara Mitsuoki of the Kyoto Prefectural University of Medicine brought a Crookes tube back with him from Germany. Using his many personal connections, he successfully conducted an experiment to pass an X-ray through a silver one-yen coin. The display took place on October 10, 1896.<sup>[5][9]</sup> Photographer Kajima Seibei (of the Genrokukan photo studio), and physics professor Marushige Fumiyoshi of Saisei Gakusha, a private medical school, also conducted public experiments, on May 11 and May 31, 1896, respectively.

In addition to repeat experiments, various scientific reports were published in all sorts of Japanese periodicals. For example, “Riyontogen-shi-sen no geka-teki ōyō” (The Surgical Usage of Röntgen rays) in *Chūgai Iji Shimpō* (Chūgai Medical Journal), no. 385 (April 5, 1896), presented a case where X-rays were used in surgical treatment. This article had originally appeared in *Reichs-Med. Anz.*, no. 3, S. 87, in 1896. It tells the story of a sailor who fell unconscious from drinking too much, and was taken to the hospital. However, even after recovery, he had difficulty walking. Subsequently, an X-ray photograph revealed an abnormality in his spine between the T12 and L1 vertebrae, and he was able to recover fully after surgery. That issue also contained a Japanese translation of Röntgen’s first paper published on December 28, 1895, “On a New Kind of Rays.”<sup>[11]</sup> Other articles were subsequently published. “Rentogen Hakase no hōkoku” (A Report on Dr. Röntgen) was published in *Shashin Geppō* (Photography Monthly), vol. 3, no. 24 (April 18, 1896). “Shin-hatsumei sakkotsu shashin” (Newly-invented Skeletal Photography), and “Rentogen-shi no meiyō” (Dr. Röntgen’s Prestige), as well as further laudatory articles by experts in Western countries appeared in the photography journal *Shashin Sōwa*, vol. 4, no. 9 (April 20, 1896), while “Rentogen-shi no fukushasen” (Dr. Röntgen’s Radiant Rays) and “X-hōshasen” (X-radiation) appeared in *Tōyō Gakugei Zasshi*, vol. 13, no. 175 (June 25, 1896).

On July 26, 1896, Ihmori Teizō gave a lecture titled “Rentogen-shi no X-hōshasen ni tsuite” (On the X-radiation of Dr. Röntgen).<sup>[16]</sup> This was followed by “Rentogen-shi X-hōshasen no iji ōyō” (The Medical Application of Dr. Röntgen’s X-radiation) in *Tōyō Gakugei Zasshi*, vol. 13, no. 179 (August 25, 1896), and “X-sen no kyūshū to kagaku-teki sosei” (The Absorption and Chemical Composition of X-rays) in the next issue of the same journal. “X-sen to myakuhaku tōshi no hō” (X-rays and a Method to See a Pulse) in *Shashin Sōwa*, vol. 5, no. 5 (December 23, 1896), is a report about an Italian researcher who used Röntgen’s technique in the invention of a device to take one’s pulse.

In this era, cathode rays and X-rays were still not well understood. It is interesting to see the uncertainty present in their Japanese translations. Cathode rays were called “negative radiation” (*shōkyoku hōshasen*) or “cathode diffusion rays” (*inkyoku hōsansen*), while X-rays were called “X-diffusion rays” (*ekkisū hōsansen*), “Dr. Röntgen’s diffusion rays” (*Roentogen-shi hōsansen*), or “radiant rays” (*fukushasen*). Many of the theses and articles



*Shindangaku* (Diagnostics: New Edition), edited by Kasahara and Takata Kōan, among others, with a foreword by Mori Rintarō (1861–1913).<sup>[4]</sup> In March 1894, he went to Germany for further studies.

Nagaoka Hantarō was born on August 19, 1865, in Ōmura Domain, Bizen Province (present-day Ōmura City, Nagasaki Prefecture). He was the only son of Nagaoka Jisaburō, an Ōmura samurai. During his childhood, he studied at Gokōkan, the Ōmura Domain school (and predecessor to the Nagasaki Prefectural Ōmura High School). In 1874, his entire family moved to Tokyo, and in September 1882, Nagaoka advanced to the College of Science at the University of Tokyo (In 1886, this institution became the Imperial University Department of Science). He studied under Professor Yamakawa Kenjirō, Assistant Professor Tanakadate Aikitsu (1856–1952), and Professor Cargill Gilston Knott (1856–1922) of Britain. During his time there, he struggled to decide whether to go into the field of classical Chinese literature or modern Western science. Nagaoka entered graduate school in 1887, and was appointed as an assistant professor in 1890. He lived in Germany between 1893 and 1896, where he studied under Ludwig Eduard Boltzmann.<sup>[5][6]</sup>

Wilhelm Conrad Röntgen was born on March 27, 1845, the only son of Friedrich Röntgen and Charlotte Frouwein. In 1862, he was admitted to the College of Mechanical Engineering at the Federal Polytechnic Institute in Zürich (present-day ETH Zürich). It was here that a lecture on industrial physics by Rudolf Clausius (1822–1888) piqued his interest in the discipline. Röntgen studied under Clausius's successor, August Kundt (1839–1894), obtaining a doctorate for his dissertation “Research on the Thermal Properties of Gaseous Bodies” in 1869. Thereafter, he accepted a teaching position at University of Würzburg alongside Professor Kundt, also becoming Kundt's assistant. Röntgen married Anna Bertha (six years his senior) in 1872. That year, Kundt was transferred to the University of Strasbourg, taking Röntgen along as his assistant. Röntgen obtained the qualifications to be a professor in 1874, whereupon he became a professor of math and physics at the Academy of Agriculture and Forestry in Hohenheim. However, his tenure at Hohenheim was to be a short one; dissatisfaction with the research environment precipitated his return to the University of Strasbourg the following year. As an assistant professor at Strasbourg, he mainly conducted precise measurements of physical constants, and published fifteen papers on polarimetry and the compressibility of gases and liquids.<sup>[7]</sup>

Upon the recommendations of Gustav Kirchhoff (1824–1887) and Hermann von Helmholtz (1821–1894), Röntgen became a full professor at the University of Giessen in 1879, where he continued to publish successive physics experiments. In 1888, August Kundt was transferred to the University of Berlin, leaving a vacancy at University of Würzburg. Based on the recommendation of Kundt and Friedrich Kohlrausch (1840–1910), Röntgen was invited to fill this post.

In 1878, one year before Röntgen moved to the University of Giessen, Muraoka Han'ichi went to study at Strasbourg University. Muraoka continued his research on the temperature dependence of carbon's electrical resistance under Professor Kundt and Assistant Professor Röntgen. During this time, Muraoka and Röntgen's friendship deepened. In 1880, Muraoka submitted a paper to the physics journal *Annalen der Physik und Chemie* (Annals of Physics and Chemistry).<sup>[8]</sup> The paper was published in June 1881. Also in 1881, Muraoka obtained his doctorate and returned to Japan on May 25. He was the first Japanese person to have a paper published in a foreign journal, as well as the first to obtain a doctorate.<sup>[7][9]</sup>

After returning to Japan, Muraoka became a professor at the Faculty of Medicine at the University of Tokyo, where he would conduct physics research on “magic mirrors” (metal mirrors on which an image appears when

light hits it in a certain way).<sup>[10]</sup> He went to Europe again in 1888, witnessing Heinrich Rudolf Hertz's (1857–1894) historic experiment in which he generated electromagnetic waves. When the report from this experiment was sent to Nagaoka Hantarō, who was in graduate school in Japan at the time, he repeated Hertz's experiment. Muraoka once again returned to Japan, and obtained a doctorate in physics from Imperial University (the present-day University of Tokyo) on August 24, 1891. The topic of his dissertation was magic mirrors in Japan. While five Japanese students had previously earned a doctorate (including Yamakawa Kenjirō), Muraoka was the first to be awarded one via dissertation defense. In 1893, Nagaoka Hantarō would become the second.

If you remove almost all of the air from a glass tube (creating a near-vacuum inside), attach one positive and one negative electrode, and apply high voltage to the electrodes, cathode rays are emitted through the tube from the cathode to the anode. The rays react with the very small amount of air in the glass tube to discharge light. This phenomenon, called “glow discharge,” was already widely known. A variety of experimental devices had already been invented for its demonstration. Among these are Crookes tubes and Geissler tubes, which also happen to be aesthetically pleasing. We now know that these cathode rays are streams of electrons, but cathode rays are generally only emitted in glass tubes and it was not easy to draw them out. Various methods were used to do so and experiments conducted to examine their properties. At the time, the physics world was divided into those who believed that cathode rays were electromagnetic waves, and those who believed that they were some kind of particle stream. Röntgen was one of the scientists interested in this problem. He inherited a Lenard tube—a modified glass tube for observing cathode rays—from the eponymous Philipp Eduard Anton von Lenard (1862–1947), and began his experiments in October 1895. However, Röntgen did not acknowledge this in his paper on the discovery of X-rays, infuriating Lenard.

In the middle of an experiment on November 8, 1895, Röntgen noticed that when he covered a Crookes tube with black paper (to block out the light) and placed fluorescent paper near it, a dark line appeared on the fluorescent paper. After a variety of tests, he concluded that an unknown type of radiation was being emitted from the Crookes tube. On December 28, 1895, he sent a paper entitled “Über eine neue Art von Strahlen” <sup>[1]</sup> (On a New Kind of Rays) to Würzburg Physica-Medical Society Report.<sup>[11]</sup> According to this paper, the path of this new kind of radiation (in contrast to cathode rays) could not be bent by magnetism or electrolysis. Therefore, it could not be a cathode ray. The fact that it caused refraction and reflection and exhibited fluorescence suggested that it could be a kind of ultraviolet light, yet its properties differed from those of light. Specifically, it could pass through thick books, glass, and even metal (depending on the material and thickness), and it did not emit heat. Consequently, Röntgen concluded that these rays were neither cathode rays nor a known kind of light (such as infrared radiation, visible light, or ultraviolet radiation). Thus, he named them “X-rays,” in the sense of “something unknown.” In January 1896, he attached an X-ray photograph of his wife's hand (as well as those of several others) to his paper, and sent it to well-known physicists.

One of those physicists, Emil Warburg (1846–1931), exhibited Röntgen's X-ray photographs at the fiftieth-anniversary event of the Berlin Physical Society (now the German Physical Society). Nagaoka Hantarō saw these images in Germany on January 4, 1896. He realized the gravity of this discovery and immediately sent a report back to Japan. An article believed to be based on Nagaoka's report, the aforementioned “Futōmei-tai o tsūka suru shin-kōsen no hakken” (The Discovery of New Light Rays That Can Pass Through Opaque Bodies), was published in the *Tōkyō Iji Shimpō* (Tokyo Medical Journal), vol.935, on February 29, 1896. The article quotes

fields. Being waves, they have wavelengths. Electromagnetic waves take a variety of forms depending on their wavelength. Radio waves, infrared rays, visible light, ultraviolet waves, X-rays, and gamma rays are all electromagnetic waves. Physics today can observe phenomena occurring in the world of atoms and atomic nuclei by observing electromagnetic wavelengths. When Bohr was constructing his model of the atom, he used light wavelength data emitted by hydrogen atoms.

On the other hand, clues about phenomena in remote parts of the universe can be acquired by deciphering electromagnetic waves. High-energy astronomical phenomena arising in the universe form the grand experimental field of physics. Data regarding such phenomena is sent to us in the form of electromagnetic waves. Neutron stars, which are formed due to the destruction of massive stars, were theoretically predicted. However, they were then proven to exist by the observation of pulsars (astronomical bodies that periodically emit electromagnetic wave pulses with a quite precise period). Also, the speed with which the universe is expanding has been calculated using the spectral shifts of electromagnetic waves emitted by far-away astronomical bodies, and, calculating back in time, it has been found that the universe converged on a single point 13.8 billion years ago. This beginning of the universe has been named the Big Bang. Subsequently, based on the fact that the total mass of the universe estimated using the recessional velocity of astronomical bodies is far greater than the total mass of the astronomical bodies that are observable (with electromagnetic waves), it was asserted that dark matter exists. However, what “dark matter” actually is remains a mystery. In this way, the observation of electromagnetic waves has led to an understanding of the mysteries regarding the universe’s vast time and space, which are not even imaginable with our everyday knowledge and ways of thinking.

Nuclear physics research, which has its origins in the discovery of X-rays, predicted the existence of “unknown” elementary particles called neutrinos that carry the energy of beta decay, a kind of radioactive decay that emits electrons—that is, beta rays (the 1930 research of Wolfgang Pauli [1900–1958] and the 1933 research of Enrico Fermi [1901–1954]). While neutrinos were directly observed in 1959 by Frederick Reines (1918–1998), neutrinos emitted by a supernova explosion, an astronomical phenomenon, were first directly observed by the Kamiokande, which was constructed by the University of Tokyo in 1987. Kamiokande’s direct observation of neutrinos corroborated the theory of a supernova explosion, and not only launched neutrino astronomy but also provided many numerical restraints to particle physics theory, greatly contributing to the advancement of the field of particle physics. Furthermore, the Super-Kamiokande, the experimental apparatus that followed the Kamiokande, succeeded in observing neutrino oscillation, making it clear that neutrinos have non-zero mass. This discovery was so important that it led to the rewriting of basic particle physics theory. These research findings by the University of Tokyo were great feats that went down in the history of physics research and led to two Nobel Prizes in Physics: one for Masatoshi Koshiba and one for Takaaki Kajita.

In recognition of his accomplishment of discovering the then-unknown X-rays, Röntgen received the first Nobel Prize in Physics in 1901. Approximately one hundred years later, researchers at the University of Tokyo were awarded the same prize for their observation of the neutrino, the unknown particle of our time. As we can see above, there is much profundity lying in the genealogy of the field of modern experimental physics that was opened up by the discovery of X-rays.

## The Arrival and History of X-rays in Japan

Hirohisa Mori

The first report in Japan of the discovery of X-rays was “Futōmei-tai o tsūka suru shin-kōsen no hakken” (The Discovery of New Light Rays That Can Pass Through Opaque Bodies), published in the *Tōkyō Iji Shimpō* (Tokyo Medical Journal), vol. 935, on February 29, 1896. X-rays, a type of radiation, are not naturally light. In Japan, even though the terminology was uncertain, this distinction was made early after the first report. The German term, however, *strahlen*, originally has a broader meaning, conoting light, “radiance,” and “radiation.” “Über eine neue Art von Strahlen,”<sup>[1]</sup> the title of Röntgen’s report, thus seems to imply that the scientist Röntgen has released a light illuminating humankind alongside its description of his discovery of X-rays (*X-strahlen*).

Though there are many stories of the people who were involved in X-ray research, almost all have focused on individuals. I wanted to consider the tale that would emerge if these events were instead arranged in chronological order. This story begins in the late Edo period (1603–1868), before the Meiji Restoration opened Japan’s doors to the world on January 25, 1868.

Muraoka Han’ichi (1853–1929) was born on February 14, 1853, in Kamaguchi, Yakami District, Inaba Province (present-day Kawahara-chō Kamaguchi, Tottori City, Tottori Prefecture). He studied at the Shōtokukan, where his father worked. On December 17, 1870, he was ordered to Edo (Tokyo) and enrolled at the Daigaku Nankō (Great Southern School). He was one of 310 students selected from around the country by the Meiji government. After that, the Daigaku Nankō changed its name to Tokyo Kaisei Gakkō, and Muraoka was admitted to the newly established College of Mining. In 1875, he left the college to work for the Ministry of Education, Science, Sports and Culture as a teacher at the Tokyo Women’s Normal School (present-day Ochanomizu University). It was here that he is said to have taught himself physics. In 1878, he was sent to the University of Strasbourg for an exam at a normal school.<sup>[2]</sup>

Yamakawa Kenjirō (1854–1931) was born on September 9, 1854, the third son of Yamakawa Naoe, a samurai of Aizu Domain (present-day Fukushima Prefecture). In 1868, the Battle of Aizu broke out between the new Meiji government army and Aizu Domain (with troops from the former Tokugawa shogunate lending support). This conflict arose over Meiji treatment of Aizu Domain. Yamakawa joined in fighting against the new Meiji government army. Eventually, the Aizu Domain surrendered. After a period of house arrest in Inawashiro, Yamakawa fled to Echigo (present-day Niigata Prefecture). There, he became a student of Chōshū Domain samurai Okudaira Kensuke. In 1871, after Aizu Domain was restructured as Tonami Domain, Yamakawa was chosen to sail to America on the SS *Japan* and become a government-sponsored foreign student. He obtained a degree in physics from Yale University in 1875, thereafter returning to Japan. In 1879, he became the first Japanese physics professor at the University of Tokyo, and, in 1888, the first Japanese person to be awarded a doctorate in physics.<sup>[3]</sup>

Kasahara Mitsuoki (1861–1913) was born in 1861 in Kamezumi-chō, Fukagawa District, Tokyo. He graduated from the Imperial University College of Medicine in December 1888. Subsequently, he was appointed chairman of the Department of Internal Medicine at the Kyoto Prefectural Institute of Infectious Diseases, and professor at the Kyoto Prefectural University of Medicine in 1891. April 1891 saw the publication of *Shinsan*



## The Influence of Röntgen's Discovery of X-rays

Hiroyuki Matsuzaki

Röntgen discovered X-rays in 1895. In the mid-nineteenth century, research was actively being carried out on cathode rays, which emit light in a vacuum. Röntgen was one of the researchers conducting this research. Cathode rays are emitted when electrodes with voltage applied are placed in a glass tube. It was observed that the rays themselves give off light and cause fluorescent matter to glow. Röntgen discovered that fluorescent matter placed outside of this glass tube also gives off light. Holding this to be a new type of radiation different from cathode rays, he called them X-rays, using "X" to mean "unknown."

### The Starting Point of Modern Physics

X-rays, which today are understood to be electromagnetic waves or photons, were also messengers from an invisible micro world. In other words, they were clues for finding out what was happening in the world of atoms and subatomic particles. After Röntgen's discovery of X-rays, Auntoine Henri Becquerel (1852–1908) discovered uranium radioactivity in 1896. It was also found that there were three types of radiation emitted by uranium: alpha rays, beta rays, and gamma rays. With subsequent research on radiation, once it was clear that alpha rays are helium nuclei, beta rays are electrons, and gamma rays are short-wavelength photons (in other words, related to X-rays), the structure of atoms and the physical laws that rule over the atomic world became apparent. In 1911, based on his famous scattering experiment, Ernest Rutherford (1871–1937) proposed his model of the atom—electrons rotating around a small nucleus. In 1913, Niels Bohr (1885–1962) engaged in research on the regularity of short-wavelength light emitted by hydrogen atoms, and proposed a shell model for the placement of electrons around the nucleus (Bohr's model of the atom), thereby constructing the foundation of quantum theory. All the above individuals carried out their research by observing emitted radiation (light, electrons, atomic nuclei, and so on). In other words, Röntgen's discovery of X-rays can be seen as the origin of modern physics methodology.

Quantum mechanics is a system for understanding the micro world (atoms, atomic nuclei) that is invisible to the naked eye. The counter-intuitive world depicted therein is astonishing. It holds that there is nothing concrete in all material entities and that they are nothing more than stochastic objects. Furthermore, it also says that it is only with the act of observing such entities that they take a specific form (that is, have an eigenstate). Another interpretation holds that all matter is waves, which are in fact the vibrations of media. This also relativizes the idea of concrete material entities.

Such vast worlds pile on top of each other to construct the indefinite world we live in. If one thinks about it, while the natural sciences that emerged with the development of Western civilization were the philosophy that formed the basis of Western material civilization, further scientific research, which rapidly accelerated with the Industrial Revolution, showed that the foundation of matter is made up of a very undefined and indeterminate world. This is somewhat ironic. Such a philosophy of scientific discoveries does not remain in the world of thought but is, in a sense, traced in the real world after some delay. The twentieth-century values that sought material wealth and rationality are showing their limits in our current century. In other words, we are becoming aware that humanity's endeavors are beginning to bring about irreversible changes in the

natural world. For example, this is demonstrated by the fact that, putting aside discussions regarding its causes, people are interested in the problem of global warming. Humans are feeling the limits of the values that have pursued material gain and the Western philosophy that has driven them. Now, Eastern philosophy, which does not necessarily pursue material gain, is being reconsidered. Does not the indefinite world of matter without a concrete existence that has been made clear by quantum mechanics have something in common with Eastern philosophy, which holds that the world is insentient?

Arriving at this thought, one is led to reconsider the event of X-rays' discovery, which launched modern physics, as well as its meaning.

### The Dilemma Between Benefit and Protection

When X-rays were discovered it was known that they could pass through matter, and soon they were used to take pictures of the inside of the body. The X-ray photograph of Albert von Kölliker's (1817–1905) hand, said to have been taken by Röntgen himself, is famous. Images that can show the inside of the body are very useful for medical diagnoses, and this was highlighted from the time of the discovery of X-rays. For this reason, in parallel with fundamental physics research, research on X-ray photographic technology was also actively being carried out. However, it was found that researchers and technicians dealing with X-rays were being harmed, and therefore people began looking for measures to protect their health. In 1905 in Germany, the use of X-rays became license-based. Next, in 1915, the British Institute of Radiology issued recommendations regarding X-ray radiation protection. However, it was only in 1931 that the concept of regulation based on permissible exposure appeared. At the time, the British X-rays and Radium Protection Committee set the permissible dose at 2 mSv/day. Of course, this was a restriction for technicians who work with X-rays. However, considering that the values recommended today by the International Commission on Radiological Protection (ICRP), to which Japan's laws basically adhere, are 1 mSv/yr for ordinary people and 50 mSv/yr for occupational exposure, the regulations in 1931 were lax. This change was due to advanced understanding regarding the usefulness in medicine related to X-rays and radiation, as well as the damage caused by them to the human body.

Today, "radiation" includes not only electromagnetic waves (light quantum), of which X-rays are one type, but also electron beams (beta rays) and particle beams (protons, alpha rays, heavy particle beams). While they are each useful in many ways—not only in medicine, but also for improving the nature of materials and sterilization—direct exposure to them is damaging to the human body. While taking into account their benefits, we must also consider how to protect people against such harm. ALARA is an acronym that stands for a way of thinking about radiation protection: "As Low As Reasonably Achievable." It was proposed in 1977 by the ICRP. It means that while taking into account the economic and societal benefits of using radiation, we must limit exposure as far as it is reasonably achievable. This, in other words, means that the use of radiation is indispensable for contemporary society; it would be difficult to stop it, and, as a matter of course, we must take on the risks that accompany it. Here, we find an epitome of the dilemma of contemporary society: while enjoying the benefits of things, we must face the risks that accompany them.

This once again leads us to consider the historical significance of the discovery of X-rays, an event that led to the use of radiation.

### Messengers from the Universe: X-rays and Neutrinos

An X-ray is a kind of electromagnetic wave. Electromagnetic waves are vibrations of electric and magnetic

## Contents

Foreword /	
Alfred Forchel .....	167
Makoto Gonokami .....	166
Greetings /	
Yoshiaki Nishino .....	165
Dieter Meschede .....	163
Yasuhiko Arakawa .....	161
The Relationship Between the University of Tokyo and the University of Würzburg / Yasuhiko Arakawa .....	158
The Influence of Röntgen's Discovery of X-rays / Hiroyuki Matsuzaki .....	157
The Arrival and History of X-rays in Japan / Hirohisa Mori .....	154
Selected Bibliography .....	146

## The Relationship Between the University of Tokyo and the University of Würzburg

Yasuhiko Arakawa

The relationship between the University of Tokyo and Julius-Maximilians-University Würzburg (University of Würzburg) began when news of Professor Wilhelm Conrad Röntgen's discovery of X-rays reached Tokyo Imperial University professor Yamakawa Kenjirō (1854–1931), who would later serve as the university's president. The following year, on January 4, at a physics conference in Berlin, Dr. Nagaoka Hantarō (1865–1950), an Imperial University assistant professor who was continuing his education in Germany at the time, came across Dr. Röntgen's correspondence and X-ray photographs on display. Nagaoka quickly reported this to Professor Yamakawa, and a group led by the latter, as well as a group comprising Professor Mizuno Toshinojō (1862–1944) and others from First Higher School, came together and quickly began their own experiments, successfully replicating those of Dr. Röntgen. In this way, the discovery of X-rays at University of Würzburg directly contributed to the launch of X-ray physics research at the University of Tokyo. If Dr. Nagaoka had not seen the aforementioned items on display, perhaps X-ray science research in Japan would have been years behind what it is today.

University of Würzburg has a long tradition, having been founded in 1402, and the University of Tokyo, with a 140-year history, is the oldest public university in Japan. The two universities began their official relationship after the former's president, Alfred Forchel visited the University of Tokyo's then president, Jun'ichi Hamada, and they agreed to actively advance mutual exchange on November 27, 2010. On June 30, 2011, an inter-university exchange agreement came into effect, and on the same day, a symposium marking the agreement's conclusion, attended by University of Würzburg professors, including Prof. Dr. Forchel, was held at Koshiba Hall on the University of Tokyo's Hongo Campus.

It goes without saying that the foundation of cooperation between the two universities lies in research collaboration between individual researchers. For example, I have engaged in joint research with President Forchel in the field of nanophotonics and quantum photonics, and we have worked to exchange talent by, for example, accepting each other's graduates as post-doctoral researchers. Other research projects are also greatly contributing to the universities' relationship, including the topological electronics research of professors Seigo Tarucha and Laurens Molenkamp, the satellite-related research of professors Shinichi Nakasuka and Klaus Schilling, the melanocytic tumor generation research using medaka of professors Hiroshi Mitani and Manfred Scharl, and the electrical cell manipulation research of professors Ryo Shirakashi and Vladimir Sukhorukov.

On July 29, 2015, President Forchel visited the University of Tokyo's headquarters again and signed an agreement renewal with President Makoto Gonokami, leading to an even more active relationship between the two universities. It is my hope that this special exhibition will lead to the sustainable continuation of research cooperation and talent exchange in a variety of fields, as well as to major discoveries and innovations that rival that of X-rays.



## Greetings

In November 1895, Dr. Wilhelm Röntgen, a Julius-Maximilians-University Würzburg (University of Würzburg) professor, discovered X-rays. Commemorating the 125th anniversary of this discovery, Intermediatheque is hosting a highly important exhibition of precious academic specimens from the university's collection to deepen society's wider understanding of this part of academic history.

The relationship between University of Würzburg, one of Europe's oldest universities, and the University of Tokyo, one of Japan's oldest universities, began in the year following the discovery of X-rays. In 1896, news of the discovery of X-rays reached Japan. Tokyo Imperial University's College of Science and the First Higher School each swiftly began experiments based on this report, and in only several months, they had succeeded in observing X-rays. This shows both the advanced nature of Germany's science and technology at the time and the respectable level of experimental physics research then in Japan, where not even twenty years had passed since the country embarked on the path of a modern nation-state. It goes without saying that the discovery of X-rays would have an immense impact on quantum mechanics and radiation science, both of which were in full swing by the beginning of the twentieth century. Today, X-ray science is indispensable in medical technology, and these short-wavelength electromagnetic waves are also used in a wide variety of applications, such as material analysis and security technology.

About two years ago, I visited my friend of thirty years, physicist and president of University of Würzburg, Prof. Dr. Alfred Forchel. While enjoying Franken wine, a specialty product of Würzburg, which is known as the start of the Romantic Road, we ended up talking about the 125th anniversary of this discovery, and he expressed a strong desire to hold an exhibition at the University of Tokyo. After returning to Japan, I immediately began to consult with others about doing so and received the support of the president of the University of Tokyo, Prof. Dr. Makoto Gonokami, who is also a physicist. Subsequently, thanks to the dedicated efforts of people at the university, especially the director of Intermediatheque, Prof. Dr. Yoshiaki Nishino, and others at The University Museum, plans were put in place to hold this milestone exhibition.

Through this exhibition, visitors are invited to reflect on this major scientific discovery, namely, that of X-rays, as well as on the dramatic progress of today's fields, such as physics, engineering, biology, and medicine. It is also my hope that the exhibition will further advance exchange between the University of Tokyo and University of Würzburg.

Dr. Yasuhiko Arakawa  
Specially Appointed Professor  
Institute for Nano Quantum Information Electronics, the University of Tokyo



Prof. Dr. Makoto Gonokami + Prof. Dr. Alfred Forchel

## Greetings

The year 2020 marks not only 175 years since the birth of Röntgen but also the 175th anniversary of the founding of the Physikalische Gesellschaft zu Berlin, out of which the German Physical Society (DPG) emerged. Starting in 1899, Röntgen was a member of the DPG and, in 1919, became an honorary member. As such, I would like to warmly welcome you to this exhibition in the name of the DPG!

Now 175 years after his birth and almost a hundred years after his death, Wilhelm Conrad Röntgen still fascinates. On November 8, 1895, he observed that a fluorescent screen started to glow brightly when near a Lenard's cathode ray tube, even though the tube was covered. This discovery of X-rays was a milestone in science. Very rarely has a scientific discovery not only opened up completely new perspectives and possibilities in research but also spurred medical progress in such a fast and thorough way, providing mankind with manifold new opportunities and benefits.

On December 28, 1895, not even two months after he came across “this new kind of rays,” Röntgen published the results of his extensive investigations that he had conducted until then. This “preliminary disclosure” is a paramount example of scientific prose and an impressive attestation of Röntgen's circumspection and profoundness as an experimenter. It electrified science: in 1896, more than 1,000 articles on the new radiation were published. In the course of the year, the Physikalische Gesellschaft dedicated seven lectures to X-radiation where its members presented their own X-ray images and discussed how the apparatuses could be improved. Likewise, the general public took immediate notice: in Vienna, on January 5, 1896, the front page of *Die Presse* carried the headline “A sensational discovery.” Instantly, daily newspapers all over the world began to report on the “wonderful triumph in science” (*Daily Chronicle*, London). This tremendous echo is certainly owed to the X-ray image that Röntgen took of his wife's hand on December 22, 1896. The bones and ring are clearly visible: such a photo—made of the inside of a living person!—had never been seen before. It was immediately evident that a powerful instrument had been made available to medicine.

It is remarkable that Röntgen declined the offer to protect his discovery by patents or to exploit it commercially. In general, he had the opinion that “his findings and discoveries belong to the general public, and should not be reserved to single enterprises due to patents, licencing contracts, and so forth.” This circumstance contributed to the practical use of X-rays across a broad front immediately after their discovery. Until today, medicine cannot be imagined without X-rays and, moreover, they are applicable to various other areas.

As for Röntgen himself, X-rays certainly formed only one of various research topics he focused on in the course of his lifetime. In 1876, he succeeded in proving the spin of the polarization plane of light in gases, an achievement that Michael Faraday and others had struggled to accomplish in vain. Later on, he occupied himself with electro- and thermodynamics but, most of all, he was particularly fascinated by the physics of crystals. Röntgen was a very acute observer, an extremely meticulous experimenter, and a most scrupulous scientist. His character is described as rather introvert, sober, and modest. He refused to accept the title of nobility he was distinguished with and he donated the money that came with the first Nobel Prize in Physics, awarded to him in 1901, to his university. However, it is quite unlikely that he was as unworldly a scientist as he occasionally was classified, otherwise he would hardly have been elected rector of University of Würzburg in 1893.

The example of Röntgen and the discovery of the X-rays show that pioneering innovations in science cannot be planned, but that it would also be wrong to simply ascribe them to chance. Röntgen was a gifted physicist, but he had the freedom to pursue his interests and the opportunity to work with modern equipment as well as deal with current questions. Above all, he had the time and leisure to pursue his ideas without prior intention and driven instead by pure curiosity. In addition, he—and his discovery was also a result of this—had the right instinct and the necessary luck, for which there is the beautiful word “serendipity” in English.

At this point, I would like to build a bridge to the present, because even today it is still true that good science requires liberty and freedom. Young scientists, in particular, unfortunately now face ever-increasing expectations and find themselves under growing pressure to be successful and produce results. Knowledge, however, is not a product that can be manufactured according to predefined plans. More likely, it is won by unintentional interest in the matter itself, by a kind of childlike curiosity—by, I would almost like to say, a forgotten sense of play. Man “is only fully a human being when he plays,” Schiller says, and perhaps this applies to scientists. The high scientific ethos to which Röntgen was committed in such an exemplary manner remains topical. Perhaps these two dimensions—the freedom to pursue one's own interests and to demand high standards of one's own work—are much more closely related than it initially appears.

The DPG has dedicated its science festival Highlights of Physics 2020 to the topic of “About Röntgen.” Together with Julius-Maximilians-University Würzburg and the Federal Ministry of Education and Research, we expect tens of thousands to visit Würzburg in September. I hope that we will be able to familiarize them with who Wilhelm Röntgen was and the impact of his work. Moreover, I hope that we can impart to them the excitement of science and the adventure of physical research.

May this also apply to you!

Prof. Dr. Dieter Meschede  
President of the German Physical Society



## Greetings

Commemorating 125 years since the discovery of X-rays, the *125 Years of New Insights—Röntgen and the Discovery of the X-ray* exhibition is presented by the University of Tokyo at Intermediatheque in the Marunouchi district of Tokyo, in partnership with University of Würzburg. This special exhibition is the sixth in the Intermediatheque Natural History Series organized by the University Museum, the University of Tokyo.

The physicist Wilhelm Conrad Röntgen (1845–1923) was born in Lennep in what was then the Kingdom of Prussia. As is well known, X-rays are referred to in the medical field in Japanese and other languages by the name of the man who discovered them. As we might expect from how a person's name could come to be used so widely as the name for something, this new type of radiation that Röntgen found over a century ago proved immensely valuable for use in academic research and society at large.

Having had his eyes opened to mechanical engineering while a student at Utrecht Technical School, Röntgen would go on to enter the Federal Polytechnical Institute in Zurich. One of the members of the faculty at the institute was Rudolf Clausius (1822–1888), who was renowned for his pioneering work on thermodynamics. It is said that Clausius enticed Röntgen over to the field of industrial physics.

Clausius's successor was August Kundt (1839–1894), a specialist in optics and acoustics, and under whom Röntgen studied physics and went on to obtain his degree. He subsequently worked as Kundt's assistant at the latter's home, continuing research into optics and electromagnetics at universities in Würzburg, Strasbourg, and Berlin, and accruing various impressive achievements.

In 1888, Kundt became head of a physics institute in Berlin, while Röntgen took up a post as a professor of physics at University of Würzburg. Recognition for his later feats, not least discovering the phenomenon of displacement currents, known as the "Röntgen current," which supported the theory of electromagnetism proposed by the British theoretical physicist James Clerk Maxwell (1831–1879), culminated with his appointment as university rector in 1894.

When pressure is applied to solid matter or liquid, what happens to its physical properties? Röntgen's interest in this question led him to examine the cathode rays that flow within decompressed gases, and from October of the year after he was made rector, he began experiments with glass vacuum tubes. In a very short space of time, apparently as soon as the following month, he stumbled upon the existence of a strange type of radiation until then not known to science. Since the radiation's rays were as yet unidentified, Röntgen named them the "X-ray" and his preliminary report, "On a New Kind of Rays," was sent to the Würzburg Physical-Medical Society on December 28, 1895.

These X-rays unintentionally discovered by Röntgen during his experiments were electromagnetic waves resulting from electrons emitted from the cathodes of the vacuum tube due to high voltage load from an induction coil, and which then collided with the wall of the glass tube. Though invisible to the naked eye, such waves can be detected using a fluorescent screen or photographic plate. The discovery of X-rays, thus, meant that humankind could now view a hitherto unseen world. What Röntgen found rapidly expanded the boundaries of scientific knowledge.

Röntgen verified the existence of X-rays by making photographic plates of people's hands and through public tests. The readily understandable nature of his experiments also worked to his advantage and meant people quickly saw the potential applications for various academic fields, leading to the use of X-rays in a wide range of areas. Discovered over a century ago, fluoroscopy imaging with X-rays continues to be employed extensively as a means of nondestructive testing, from health care to luggage scanning. That Röntgen was honored with the inaugural Nobel Prize in Physics in 1901 is only to be expected, given the incredible impact of his discovery.

In Japan, the Kyoto University Museum's 1996 exhibition *The Enigma of X Science and Technology* commemorated the centennial of X-ray research and traced the contributions Japanese scientists have made to the study of X-rays. This new exhibition, however, marks the first occasion that the academic and personal legacy of the physicist Röntgen is introduced to domestic audiences. Today, when the infrastructures for engaging in basic research are at risk, it is timely to reassess a scientific discovery that brought about such a seismic shift for both academic research and people's ordinary lives.

In closing, I wish to express my gratitude to Prof. Dr. Alfred Forchel, president of University of Würzburg, and the others who generously gave us permission to exhibit various important academic specimens. In addition, I would like to take this opportunity to thank the various other researchers involved, particularly Prof. Dr. Yasuhiko Arakawa of the University of Tokyo's Institute for Nano Quantum Information Electronics, who initiated this special exhibition through a research partnership with University of Würzburg, as well as the executives at the University of Tokyo, especially President Makoto Gonokami and Executive Vice President Hiroo Fukuda, whose tireless efforts helped this exhibition come about.

Yoshiaki Nishino  
Director, Intermediatheque

## Foreword

The connection and friendship between Julius-Maximilians-University Würzburg and Japan have a longstanding and powerful tradition. Thanks to the Würzburg physician Philipp Franz von Siebold, who earned his doctoral degree in Würzburg in 1820 before becoming known throughout the world for his scientific work in and about Japan, we have shared a fruitful and lively exchange ever since. Siebold's research made University of Würzburg a highly attractive place for Japanese students already in the middle of the nineteenth century.

The father of X-rays and Nobel Prize laureate Wilhelm Conrad Röntgen is a further important and longstanding link between Würzburg and Japan. With his groundbreaking discovery in 1895, a wave of joint research on the new phenomenon was initiated also in Japan, in particular at the University of Tokyo. Nowadays, this interaction extends into many other fields, including semiconductor quantum structures, picosatellite-based space research, chemistry, and the life sciences. As such, at a quite early stage of the preparation for an exhibition to commemorate the 125th anniversary of the discovery of X-rays by Wilhelm Röntgen at our university, the idea arose to present a similar exhibition at the University of Tokyo to honor one of the most important discoveries of the last 200 years also in Japan.

Julius-Maximilians-University Würzburg is providing this exhibition with original objects as well as historical photographs related to the great scientist. Some of these items were bequeathed to the university in Röntgen's will. The exhibition provides information on his education, studies, and scientific career before he accepted the position as head of the Institute of Physics at our university. The exhibition illustrates the discovery and his initial studies with X-rays, and presents documents that help people understand the almost immediate global excitement about this finding. Within less than two weeks from the submission date of the first scientific publication, the discovery of X-rays had made it into major newspapers around the world. Röntgen accordingly received many scientific and royal honors, the most important of which was undoubtedly the first Nobel Prize in Physics, which he received on December 10, 1901.

International cooperation provides valuable stimuli for science and research and has always been an important part of academic life. With globalization present now in virtually all sectors, scientific exchange with international partners is more important than ever. It allows faster progress in joint research, provides access to otherwise unavailable research facilities, and creates a common understanding of science. Moreover, it is a vital step on the way to consolidating and intensifying our contacts and friendship.

I wish all guests an interesting and stimulating visit to the exhibition as well as much pleasure from exploring this catalog.

Prof. Dr. Alfred Forchel  
President  
Julius-Maximilians-University Würzburg

## Foreword

Wilhelm Conrad Röntgen discovered X-rays in 1895, an achievement that led to his receiving the inaugural Nobel Prize in Physics in 1901. It gives me great joy that in 2020, the year that marks 125 years since the discovery of X-rays, the University of Tokyo and University of Würzburg are able to hold this exhibition, *125 Years of New Insights—Röntgen and the Discovery of the X-ray*.

From its founding in 1877 until the present, some 140 years since the start of Japanese modernization, the University of Tokyo has engaged in various kinds of academic exchange with institutions in many other countries. At a time when Western learning was enthusiastically embraced in Japan, the tradition of our university was built on the fusion of Western and Eastern scholarship to create something entirely new. With Julius-Maximilians-University Würzburg, we have long exchanged research across many fields, not least physics and biology, cemented by an inter-university agreement between our universities in effect since June 30, 2011, and leading to many internationally noted scholarly achievements.

The relationship between the University of Tokyo and University of Würzburg can actually be traced back to the 1895 discovery of X-rays by Röntgen, who was then the rector of University of Würzburg. Studying in Germany at the time, Nagaoka Hantarō was quick to send word home of the first reports, while Muraoka Han'ichi, who was friends with Röntgen, also heard details directly from the discoverer himself. Based on these reports, Yamakawa Kenjirō of Tokyo Imperial University (current University of Tokyo), Yamaguchi Einosuke of the First Higher School, and others succeeded in producing X-ray photographs and, within a few months, could verify the accuracy of the discovery. In light of the state of communications at that time, this is an example of a successful procedure whereby news was received of a discovery and additional tests were then straightaway conducted. It is also noteworthy that the University of Tokyo, less than twenty years after it was founded, was already able to produce such results.

The idea for this special exhibition came from Prof. Dr. Alfred Forchel, president of University of Würzburg, and his research partner, Emeritus Prof. Yasuhiko Arakawa. Through the tireless efforts of the team, not least Prof. Dr. Yoshihiro Nishiaki, the director of the University Museum, the University of Tokyo, Prof. Dr. Gen Suwa, former director of the University Museum, and Prof. Dr. Yoshiaki Nishino, director of Intermediatheque, we were able to realize this exhibition. I would like to thank, in particular, Prof. Dr. Marcus Holtz, the curator of University Archives, University of Würzburg, for his great contribution to the exhibition. Alongside the opportunity offered by this exhibition to introduce part of the achievements and history of the rich academic interchange that has taken place between our two universities, it is my hope that the University Museum and Intermediatheque continue to embody the traditions and experiences of the University of Tokyo's scholarship, and function as platforms for disseminating them across the world.

Prof. Dr. Makoto Gonokami  
President, the University of Tokyo



Exhibition Collaborators (in alphabetical order):

Mako Akishinonomiya / Project Researcher, UMUT  
Yasuhiko Arakawa / Specially Appointed Professor, Institute for Nano Quantum Information Electronics, the University of Tokyo  
Alfred Forchel / President, Julius-Maximilians-University Würzburg  
Ayako Fujino / Intermediatheque Department, UMUT  
Hiroo Fukuda / Executive Vice President, Project Professor, Institute for Future Initiatives, the University of Tokyo  
Makoto Gonokami / President, the University of Tokyo  
Marcus Holtz / Director, University Archives, Julius-Maximilians-University Würzburg  
Toshimasa Kikuchi / Project Assistant Professor, Intermediatheque Department, UMUT  
Aiko Kurata / Project Researcher, Intermediatheque Department, UMUT  
Mareile Mansky / Archivist, University Archives, Julius-Maximilians-University Würzburg  
Hajime Matsubara / Project Associate Professor, Intermediatheque Department, UMUT  
Fumio Matsumoto / Project Professor, Intermediatheque Department, UMUT  
Hiroyuki Matsuzaki / Professor, UMUT  
Dieter Meschede / President, the German Physical Society  
Hirohisa Mori / Associate Professor, UMUT  
Hirotsubo Nakatsubo / Project Researcher, Intermediatheque Department, UMUT  
Yoshiaki Nishino / Director, Intermediatheque & Emeritus Professor, UMUT  
Takuji Okamoto / Professor, Graduate School of Arts and Sciences, the University of Tokyo  
Katsuya Orimo / Assistant Professor, Komaba Museum, the University of Tokyo  
Kei Osawa / Project Researcher, Intermediatheque Department, UMUT  
Flemming Schock / Scientific member of staff, Presidential Office, Julius-Maximilians-University Würzburg  
Hiroyuki Sekioka / Project Associate Professor, Intermediatheque Department, UMUT  
Ai Shiraishi / Project Assistant Professor, Museum Technology Department, UMUT  
Ayumi Terada / Project Associate Professor, Intermediatheque Department, UMUT  
Eriko Ueno / Project Researcher, Intermediatheque Department, UMUT  
Josef Wilhelm / Head of Presidential Office, Julius-Maximilians-University Würzburg  
Sota Yoshikawa / Intermediatheque Department, UMUT  
Stephan Zimmermann / Scientific member of staff, Presidential Office, Julius-Maximilians-University Würzburg

Photographic credits:

Archives of the Bavarian State  
Central Library Zurich  
City Archives of Remscheid  
German Röntgen Museum, Remscheid  
Imperial War Museums  
Institute of Physics, Julius-Maximilians-University Würzburg  
Komaba Museum, the University of Tokyo  
Press and Public Relations Office, Julius-Maximilians-University Würzburg  
Röntgen Memorial Site  
University and Library Archives Giessen University  
University Archives, Julius-Maximilians-University Würzburg  
University Archives Zurich

Text by:

Alfred Forchel  
Makoto Gonokami  
Yoshiaki Nishino  
Dieter Meschede  
Yasuhiko Arakawa  
Hiroyuki Matsuzaki  
Hirohisa Mori

Plate descriptions:

Alfred Forchel + Marcus Holtz + Flemming Schock + Stephan Zimmermann + Mareile Mansky

Editor:

Hirohisa Mori

Editorial collaborator:

Marcus Holtz

Editorial assistant:

Aiko Kurata

English supervised by:

Kei Osawa

English proofreading:

William Andrews

Design:

Hiroyuki Sekioka

Intermediatheque Natural History Series <6>  
The University of Tokyo & The University of Würzburg Special Collaborative Exhibition

**125 Years of New Insights — Röntgen and the Discovery of the X-ray**

Supervised by: Yoshiaki Nishino

Editor: Hirohisa Mori

Date of Publication: April 1, 2020

Published by the University Museum, the University of Tokyo (UMUT)

Printed by Akita Kappan Printing

©2020 The University Museum, the University of Tokyo (UMUT) + University Archives, Julius-Maximilians-University Würzburg  
Printed in Japan

The Intermediatheque is a social contribution activity by Japan Post Co.



*Über eine neue Art von Strahlen*

*Strahlen* means “radiance.” More than just the discovery of X-rays in the field of physics, it is this radiance that the scientist Röntgen released for humankind.

Intermediatheque Natural History Series <6>

The University of Tokyo & The University of Würzburg Special Collaborative Exhibition

**125 Years of New Insights — Röntgen and the Discovery of the X-ray**

April 18—June 27, 2020

Organizers: The University Museum, the University of Tokyo (UMUT) + University Archives, Julius-Maximilians-University Würzburg

Cooperation: German Physical Society + German Röntgen Museum, Remscheid + Komaba Museum, the University of Tokyo

**125 Years of New Insights — Röntgen and the Discovery of the X-ray**