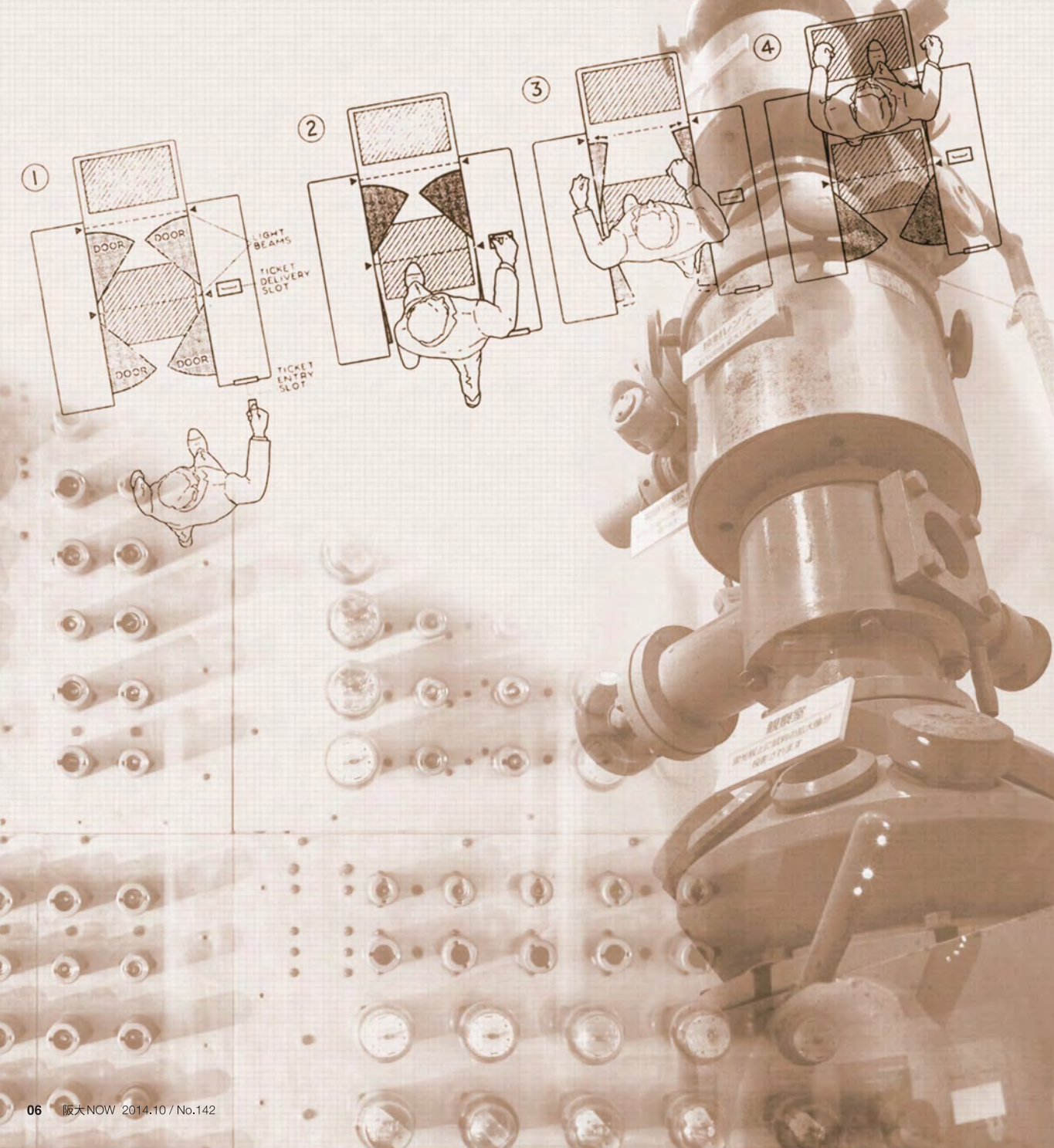


# 「メイド・イン・ハンダイ」

～ 阪大の発明が社会を変えた～



## 阪大の技術遺産

「大阪は関西の雄都にして産業の盛んなこと海内に冠絶す」。大阪帝国大学理学部創立之記には、こう記されています。大阪は最も進んだ産業都市という意味です。大阪工業学校設立から数えて118年、大阪大学の研究開発が社会や人々の生活にイノベーションを起こしてきました。「阪大発」の発明と産学連携の成果の一端をご紹介します。

### 阪大で生まれた第一号の数々

#### 1 電子顕微鏡

大阪大学総合学術博物館に、磁界型電子顕微鏡が展示されている。1939年、日本で最初に作られた磁界レンズを用いた透過型電子顕微鏡である。電子顕微鏡は1931年にドイツの研究者によって世界で初めて製作された。これを聞いた当時の大阪帝国大学工学部の菅田榮治助教授が1934年から研究を開始し、磁界レンズ型の我が国初の電子顕微鏡第一号機を試作した。当時電子レンズには磁界型と静電型があり、阪大では磁界型で開発を進めた。その後改良を重ね、1943年には、電子顕微鏡写真を学会で発表し注目を浴びた。顕微鏡の研究と技術に優れた成果が現在の阪大超高圧電子顕微鏡センターにもつながっている。この第一号電子顕微鏡の製作は、国立科学博物館の未来技術遺産に登録されている。

#### 2 電子計算機

こちらも総合学術博物館に展示されている(表紙写真)。電子計算機の研究を進めるアメリカが、戦後すぐにENIACという演算装置を公開すると、大阪大学工学部の城憲三教授らはいち早く着目し、阪大で電子計算機の研究開発に着手した。当時、城らは精密工学科で数学計算機械(アナログ計算機、卓上計算機)の重要性を認識し、さまざまな機械式計算機の開発を模索していた。しかし、限られた予算の中でいかに演算処理能力を高めるか、試行錯誤を繰り返し、1950年に2進法式真空管計算機を創意工夫の末に完成させた。真空管を1,500本、ダイオード

4,000本など膨大なパーツで組み立てられた。コンピュータの黎明期にあってその先駆けとなったこの電子計算機は、今も阪大の発明品の中でも異彩を放っている。情報処理技術遺産に登録されている。

#### 3 自動改札機

自動改札機のシステムも実は大阪大学の研究者が開発したものである。その第一号の設置が阪急北千里駅というのもそういう意味で、関西発の誇れる遺産のひとつである。その製作者が白川功名名誉教授だ。本学総合学術博物館と情報科学研究科、北千里駅には、IEEE(電気電子技術者協会)の「マイルストーン」プレート(銘板)が飾られ、その業績を讃えている。(8～9ページに「自動改札機の開発物語」を掲載)



IEEEマイルストーン銘板  
(情報科学研究科B棟1階に設置)

### 未来に伝える技術遺産

機械学会や情報学会を始め多くの学会などが研究開発された成果物を顕彰し、将来の遺産として保存し始めている。産業革命以降、人間の英知によって多くの発明、発見がなされたが、その第一号は血のにじむような努力と汗の結晶だといえる。先人たちの遺した遺産は大切に後世に伝えていかなければならない。

(文責：広報・社学連携オフィス)



## 1 「メイド・イン・ハンダイ」～阪大の発明が社会を変えた

## 国産初の電子顕微鏡

ナノテクノロジーや日々進化する生命科学等様々な学問を支えるため、今や電子顕微鏡は欠かせません。実は、日本で最初に作られた磁界レンズを用いた透過型電子顕微鏡は大阪大学で製作されました。

電子顕微鏡は、1931年にドイツのMax KnollとErnst Ruskaによって最初に試作されました。この情報を入手した大阪帝国大学の菅田榮治助教授(当時)(1908-1988)は1934年に研究を開始し、1939年に磁界レンズを用いた日本初の電子顕微鏡を製作しました。大阪大学総合学術博物館には、その第1号機が展示されており、開発後、性能向上のため、電子銃の絶縁体などが改造されています。

1941年に「かげろうの羽」、1943年に「蚕の化膿ウイルス」の電子顕微鏡写真を学会で発表し注目を浴びました。電子レンズには静電型と磁界型があり、大阪大学では当初から現在も用いられている磁界型を採用した電子顕微鏡開発が行われ、そのほかにも独自の技術開発を行って完成に至りました。

この電子顕微鏡は、2014年に一般社団法人日本分析機器工業会が発表した日本の分析機器・科学機器遺産や、2011年に国立科学博物館が定める登録制度により保護される文化財「重要科学技術史資料(通称:未来技術遺産)」にも登録されるなど、日本の科学技術史を探る上で重要な資料となっています。

また、大阪大学では、超高压電子顕微鏡の分野でも1956年に深井孝之助教授が日本初の300kV電頭を導入して生物学の研究に応用して以来、世界に先駆けて応用研究用500kV電頭を開発して超高压電頭の画期的効用を発見した藤田廣志教授(1965

年)、生物試料の3次元観察を可能とした濱清教授らによって輝かしい実績が挙げられました。その集大成として、1971年度には常用200万ボルト(2MV)電頭(最高300万ボルト)が、また1994年度にはその更新機として世界最高加速電圧を誇る常用300万ボルト電頭(最高350万ボルト)がいずれも大阪大学の吹田キャンパスに設置され、学内・外の研究者と協力して先端的な応用研究が進められています。

(文責:広報課)



国産第1号の電子顕微鏡(総合学術博物館収蔵)

## 日本のコンピュータ開発の先駆け

大阪大学総合学術博物館に入ると左側に、半世紀以上も前に手作りされた大阪大学真空管式計算機が展示されています。(写真)

現代社会に欠かせないコンピュータ(電子計算機)は、第二次世界大戦中に米国で産声をあげ、大阪大学では戦後間もなく研究・開発が始まりました。

工学部の城憲三教授(1904-1982)は、解析学を専門とする数学者でしたが、戦前から計算機の重要性を認識し、アナログ数学機器や機械式デジタル計算機などの研究を行ってきました。その成果は1941年から雑誌に連載され、1947年には『数学機器総説』(増進堂)を、1953年には牧之内三郎助教授と共に『計算機械』(共立出版)を出版しました。この間、1946年に米国で電子計算機ENIACが開発されたことを知ると、すぐに電子計算機の開発に着手しました。

城教授は、牧之内助教授、安井裕助手と共に、まず1948年に10進計数回路を試作し、1950年にENIAC型10進演算装置を試作しました。続いて、本格的なプログラム内蔵型計算機の開発に着手。乏しい予算と人手不足の中で開発を続けましたが、完成を目前に1959年ごろトランジスタ式商用計算機の導入が決まり、大阪大学真空管式計算機の開発は中止されました。しかし、この研究開発は日本で最も早く始められたプロジェクトの1つとして各方面から注目され、その後のコンピュータ開発の先駆けとして大きな役割を果たしました。

また、城教授は計算機科学の発展に備え、数値計算、確率統計の講義や、通信理論、情報理論の研究を計画・実施し、国としての電子計算機の

重要性と国産を強く提唱し国産機の育成にも努めるなど、学会、産業界で計算機・情報科学の発展に尽くしました。

『数学機器総説』の中で、100人の熟練者で1年もかかる計算を、ENIACは2週間で成し遂げたことを紹介し、「文字や数字の取扱いは、何といても学問、文化の根本の問題である。これを取扱う計算機は、かりそめの有った方がよいという底のものではない。無ければ、学問も文化も経済もその健全性を失調するのである。」とコンピュータの重要性を強く訴えています。

60年前、将来のコンピュータの姿に思いを馳せながら、研究と製作に邁進した城研究室の人々の心意気を、この真空管式計算機は今も静かに語っているようです。

(文責:広報課)



大阪大学真空管式計算機(国立科学博物館・重要科学技術史資料、情報処理学会・情報処理技術遺産)(写真提供:総合学術博物館)



## 1 「メイド・イン・ハンダイ」～阪大の発明が社会を変えた

## 自動改札機の開発物語

大阪大学名誉教授  
株式会社シンセシス取締役会長

白川 功



パンチカード定期券

の符号化のビット数(パンチ数)をいかに最小化するか、定期券が改札機を通るときの判定機構をいかに簡単化するか、であった。近鉄だけではこの課題が解決できないため、符号理論の権威である高忠雄助教授(当時)がおられる阪大工学部電子工学科に持ち込まれた。高先生はいち早く基本的手順を考案し、その頃大学院生だった筆者に具体的な符号化を指示された。1964年5月のことである。筆者は四苦八苦して、同年10月には符号化と判定のグラフ理論的手法を構築し、論文として投稿し、近鉄に返した。

## 試作の共同開発

近鉄はこの手法の機械化を大企業数社に依頼したが、すべて断られ、最終的には立石電機(現在のオムロン株式会社)が引き受け、両者で共同開発が始まった。試作を繰り返し、試作4号機に至って実用化の目途が立った。着手から1年半のスピードだった。

## 時代背景

今でこそ駅の改札は自動が当たり前だが、若い世代には、駅員が切符をパンチでしていた時代はわからないだろう。自動改札機というシステムも実は阪大オリジナルの発想と研究の成果である。1950年代後半から日本は高度成長期に入る。駅はサラリーマン・学生で溢れ、改札口の混乱は尋常ではなかった。当時、近鉄の駅では一日の乗降客の半分以上が朝のラッシュ時の2時間に集中していた。長蛇の列となり、改札ゲートには乗降客が殺到し、時にはお年寄りや学童にけが人もでた。近鉄はこれを解消するための手立てを考えていた。

## 自動改札へゴーサイン

当時の近鉄トップの佐伯勇オーナーの号令のもと、定期券専用の改札の検討が始まった。1964年2月のことである。当時唯一ロンドンの地下鉄で導入されていた自動改札機を手本にしようとしたが、定期券は扱わないし、改札速度がせいぜい20人/分と、近鉄が目指す75～80人/分には遠く及ばない。近鉄は独自開発に踏み切らざるを得なかった。

## 阪大工学部に白羽の矢

当時IBMが開発した最先端のコンピュータでさえもトランジスタ論理で、入力がパンチカード式であったので、定期券はパンチカード式とせざるを得ず、しかも改札機の通用経路の判定機能はトランジスタ論理で実装しなければならなかった。最大の難関は、通用経路

ところが、近鉄は国鉄(当時)と複数駅で連絡改札口を共用していたため、定期券使用を国鉄側に求めたが、パンチカード式では使用不可との回答があり、結局、近鉄は自動改札の導入を断念せざるを得なかった。

## 阪急北千里駅で初の自動改札機が登場

近鉄での稼働が無理になった時点で立石電機は実用化の話を阪急に打診した。大阪万博開催を目前に控えていた阪急は、乗降客の急増に対処するため、1967年3月、世界最初の定期券専用自動改札機10台を北千里駅に設置した。立石電機はさらに研究開発を続け、1年半後には磁気カード式改札機の開発にも成功した。そこで生み出された磁気カード式定期券は、国鉄でも使用可能となったため、近鉄は1971年4月、主要の19駅に計91台の自動改札機を設置し、稼働させた。この時点では定期券だけでなく、切符も磁気化され利便性が一段と高まったため、関西の私鉄・地下鉄は一斉に自動改札機を導入し、関西一円に普及することとなった。



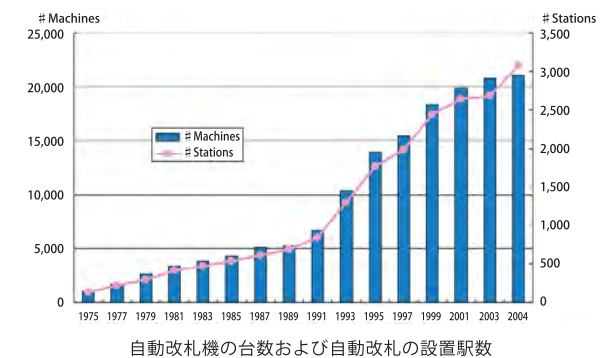
阪急北千里駅に世界で初めて導入された自動改札機(1967年3月)

## 産学連携雛形モデル

一方、関東においては、私鉄・地下鉄の路線は込み入っていたため自動改札は無理であったが、1990年の磁気記録の規格化により記憶容量が飛躍的に増大したため、異なる路線を乗り継ぐ経路情報が記録可能となり、改札自動化が関西より20年遅れて普及した。さらに、ICカード式のSUICA等の新たな乗車券が相次いで利用可能となったため、自動改札が関東一円にも一気に普及し、現在に至っている。

ここで特記すべきことは、すでに1960年代において、改札自動化という工学上の有用なソリューションが、産学連携の雛形モデルによって創出されたことである。

なお、この自動改札機は、2007年にIEEE(電気電子学会)から「マイルストーン」の認定を受けた。



白川 功 (しらかわ いさお)

1939年生まれ。63年大阪大学工学部電子工学科卒業、68年同工学研究科博士課程修了。87年同工学研究科教授、2001～02年同工学研究科長。03年同名誉教授。1998年(株)シンセシス設立、2009年から同社取締役会長。工学博士。専門は情報システム工学。