

【2018年4月版】

入門講義 科学の歴史 第6回

巨大科学と研究開発～原子爆弾からヒトゲノムまで～

有賀暢迪 mail@ariga-kagakushi.info

■概要

科学研究は20世紀のあいだに爆発的に拡大し、自然の理解と社会のあり方の両面で大きな変化をもたらした。相対論と量子力学に代表される現代物理学は、それまでの常識と大きく異なる自然像を提示した。核兵器や半導体デバイスといった重大な発明にもつながった。同時に、この二つの例は、科学技術の領域で国家と企業が極めて大きな役割を果たすようになったことと、アメリカが主導権を握るようになったことを物語っている。他方で20世紀後半になると、DNAの構造解明をはじめとして生命現象の理解も進み、わずか半世紀後にはヒトゲノムの解読が宣言されるまでになった。ここでもやはり、巨大科学と研究開発の進展という側面が認められる。

■新しい自然像——相対論と量子力学

○現代物理学の始まり

- ・ X線 (1895年)、放射能 (1896年)、電子 (1897年) の「発見」
→ 原子構造の探求 (J. J. トムソン、長岡半太郎など)
／ 医学などへの応用 (「レントゲン」撮影、放射線治療)
- ・ アインシュタインの三大業績 (1905年)
特殊相対性理論、光量子仮説、ブラウン運動の理論 (統計力学)
- ・ ボーアの原子模型 (1913年)
電子の軌道 (エネルギー) が不連続になるという奇妙な性質

○新しい自然像

- ・ アインシュタインの一般相対性理論 (重力場の方程式、1915年)
質量によって時空が曲がる
- ・ ハイゼンベルクとシュレーディンガーの量子力学 (1925-26年)
不確定性原理 / 粒子と波の二重性
- ・ ボーアの「相補性」と、ボルンによる波動関数の確率解釈
……これらの主張は曖昧さや多義性をはらんでおり、

自然や科学の“不確かさ”を意味すると受け取られることも
☆科学が確率の言葉で述べられるようになったことは大きな変化
← 統計学の成立とその利用

■ 2つの世界大戦とアメリカ科学の台頭

○ 第一次世界大戦

- ・「化学者の戦争」……毒ガスの開発
- ・ほかにも、飛行機、戦車、潜水艦などが導入される
 - 軍事における研究開発の重要性の認識が高まる

○ 科学者たちの亡命

- ・ナチス政権（1933年～）により、ユダヤ系の科学者が追放される
 - 多くの重要人物が危険を感じて外国（特にアメリカ）に亡命
 - すでに発展しつつあったアメリカの科学研究が強化される

○ 第二次世界大戦

- ・原子核の物理学から原子爆弾の開発へ
 - 核分裂反応の発見（1939年）→ ナチスの核兵器開発に対する恐れ
 - 先行するための開発（アメリカのマンハッタン計画）
 - ※ドイツや日本でも検討されたが、実現には程遠かった
 - ・レーダーの開発と半導体の物理学
 - 各国でマイクロ波の発振・検波技術の開発が進む
 - ……検波材料としての半導体（シリコン、ゲルマニウム）研究も進展
- 戦後に、原子力発電、電波望遠鏡、レーザーなどへと発展していく

■ 巨大科学と研究開発

☆ 「巨大科学」(big science)

ヒト・モノ・カネを大量に動員して行われる科学研究
……しばしば、冷戦下の国家（軍事）プロジェクトとして実施

☆ 「研究開発」(research and development, R&D)

何らかの目的達成、特に企業の営利目的での研究活動
……基礎研究・応用研究・開発研究という類別がなされることが多い

○高エネルギー物理学（原子核・素粒子実験）

粒子加速器は1930年代に登場したが、50年代以降、高エネルギー化が進む
→ 新しい粒子の発見が相次ぎ、それらを分類・理解するための理論が発展
アメリカが先行し、ヨーロッパは合同機構（CERN）により追随
※日本では1987年に、KEKのトリスタン加速器実験が始まる
超伝導超大型加速器（SSC）計画（アメリカ）
……史上最大の加速器計画だったが、1993年になって中止される

○固体物理学とコンピュータ

トランジスタの発明（ベル研究所、1948年発表）
→ 量子力学的概念に基づく物質（特に半導体）の性質の解明
／ 真空管に替わるデバイスの開発（のち、ICへと発展）
→ コンピュータ（電子計算機）の高性能化・小型化
→ 科学研究の方法にも影響
例：シミュレーション……「第三の科学」とも呼ばれる

○分子生物学

DNAの二重らせん構造の解明（1953年）、遺伝暗号の解読（1960年代）
← 遺伝の「情報」と生体高分子の「構造」という2つの流れ
組み換えDNA技術、塩基配列決定法、DNA増幅（PCR）法（1970～80年代）
→ バイオテクノロジー企業の勃興、研究機器の重要性の増大
ヒトゲノム計画（1990年開始、2003年解析完了）
英米を中心とした公的機関の国際プロジェクト
vs. いち企業（セセラ社）による研究開発

■ 21世紀の科学？

☆20世紀型の科学は継続するか？

巨大科学と研究開発、そしてアメリカ主導の行方 / 情報化の更なる進展

■詳しく学びたい人のための読書案内

20 世紀の科学史全体をテーマとしている日本語の本はないが、村上陽一郎『科学・技術の 200 年をたどりなおす』（NTT 出版、2008 年）は物理・生物・情報という三分野の展開を一般向けに紹介しており、入門としては悪くない。本格的には、物理学については、カーオ『20 世紀物理学史（上下）』（名古屋大学出版会、2015 年）という概説書がある。

相対論や量子力学の誕生などについては、一般向けにも多数の本が出ている。個人的なお薦めを知っている範囲で何点か挙げておくと、西尾成子『こうして始まった 20 世紀の物理学』（裳華房、1997 年）、安孫子誠也『アインシュタイン相対性理論の誕生』（講談社現代新書、2004 年）、スタチエル編『アインシュタイン論文選』（ちくま学芸文庫、2011 年）の解説、ローゼンフェルト・江沢洋『ボア革命』（日本評論社、2015 年）、リンドリー『そして世界に不確定性がもたらされた』（早川書房、2007 年）などがある。

マンハッタン計画に関しても多くの本が出ているが、定評があるものとしては、ローズ『原子爆弾の誕生（上下）』（紀伊国屋書店、1995 年）や、山崎正勝・日野川静江『原爆はこうして開発された（増補版）』（青木書店、1997 年）がある。日本での原爆開発の試みについては、山崎正勝『日本の核開発 1939-1955』（績文堂出版、2011 年）と、保阪正康『日本の原爆』（新潮社、2012 年）を挙げておく。戦後の原子力発電の歴史については、吉岡斉『新版 原子力の社会史』（朝日選書、2011 年）をまず見てもらいたい。

半導体デバイスの発展を科学史的に扱った本としては、Riordan & Hoddeson『電子の巨人たち（上下）』（ソフトバンク、1998 年）がある。コンピュータの歴史については、最良の入門書は、セルージ『コンピュータって』（東洋経済新報社、2013 年）であり、同じ著者による『モダン・コンピューティングの歴史』（未来社、2008）はこの分野の歴史書としてスタンダードなもの。ダイソン『チューリングの大聖堂（上下）』（ハヤカワ文庫、2017 年）は、電子計算機の誕生とその最初期の科学利用を扱う。コンピュータが科学研究に影響を与えてきた重要な例としては、ワート『温暖化の「発見」とは何か』（みすず書房、2005 年）で説明されている気象・気候の研究をまず挙げておきたい。

分子生物学の歴史については、最近の発展までカバーした科学史家の仕事がまだ無いので、この分野の専門家が書いたものをいくつか参照することになる。新しいものとしては、ワトソン『DNA（上）：二重らせんの発見からヒトゲノム計画まで』（講談社ブルーバックス、2005 年）、吉川寛『ゲノム科学への道』（岩波現代全書、2014 年）、野島博『分子生物学の軌跡』（化学同人、2007 年）などがある。