

技術と戦争

——第二次世界大戦から冷戦期までのアメリカにおけるコンピュータ技術を例に——

喜 多 千 草

【要約】 本稿では、まず、第一次世界大戦以降の戦争と技術の関係について概観し、戦争によって発展する技術とその平時利用の問題と、科学者・技術者の戦争協力体制の問題を論じる視点についての見取り図を示す。それを礎に、今日の情報通信技術の発展の基礎となった、デジタルコンピュータとそのネットワークを基礎づける通信に関する技術の研究開発について、第二次世界大戦から冷戦期にかけてのアメリカの軍事研究費との関係を論じる。デジタルコンピュータに関連する技術は、第二次世界大戦中に各国で戦略的に取り組まれて、大いに発展した。そして第二次世界大戦後には、特に冷戦期のアメリカにおいて、レーダーおよび通信技術と結びついた大規模な研究開発と、宇宙開発に資する研究開発が行われ続けた。こうした軍事あるいは政治的な技術の発展の加速が、やがて平時の経済発展へとつながっていった過程は、「国力としての技術」の発露であったことを検証する。

史林 九三巻一号 二〇一〇年一月

はじめに

政治史や外交史を中心とする近現代史の視点からだけでなく、動員兵力が六千万人を超え近代兵器が導入された第一次世界大戦は、技術史の視点からも画期をなすものであった。飛行船による爆撃、潜水艦による無差別攻撃、毒ガスの使用、無線による情報戦などが行われ、戦車も登場した。こうした軍事技術の誕生は、市民を巻き込んだ大量殺戮を可能に

し、戦争を総力戦へと推し進める一翼を担った。

もちろん、こうした軍事技術は一夜にして生まれたわけではない。飛行技術を例にとれば、ドイツで有人グライダーが作られたのが十九世紀末であり、アメリカのライト兄弟の実験が行われたのは二十世紀初頭である。しかし、大戦前までの飛行機は、夢見がちで物好きな在野の技術者による試みの域に留まっていたといつてよい。それが、大戦勃発とともに飛行機研究には国家資金が投入され、専用の工場や技師がつけられ、一気に信頼性の高い技術として確立されてしまったのである。このように、十九世紀から二十世紀初頭にかけて基礎的な発見がありながら、遅々たる歩みをしてきた分野に大戦中に資金が投入されて、その応用技術が大発展を遂げた分野として、ほかに無線技術などが知られている。つまり、軍事技術の発展に科学的知識が応用され、科学者も技術者も総力戦を戦い抜くために国家の目的に協力する戦時体制が敷かれるようになったのが、第一次世界大戦だった。

また、二十世紀初頭のアメリカで、自動車などの大量生産方式や、それを可能にする工作機械の開発が進められていた。しかし、こうした生産技術は他国では第一次世界大戦に入るまではあまり普及しなかったが、大戦期に兵器製造のための軍需が拡大したために、浸透するにいたったのである。つまり、戦争により科学的知識や技術が新兵器の開発に注がれるようになっただけでなく、経済的・社会的要因で普及が阻まれていた新しい生産技術の普及も促されたと言える。そして、戦間期には、大戦中に兵器生産のために急速に発展した技術が民間に普及した。ラジオ、自動車、飛行機、さらに電灯や電灯、電気掃除機などもこの時期に一般的になったのである。こうした軍事技術に由来するハイテクノロジーが、戦後、やがて人々の生活に欠くことのできなくなるような技術として、広く普及し生活にはいりこんでいく構図は第二次世界大戦後にも踏襲されることになる^①。

また、総力戦を経験した各国政府は、科学者・技術者の確保が軍事力の基礎になることを悟る。その一方で、一九一一年に設立されたカイザー・ヴィルヘルム協会のもとで、国家によって監督された学術自治の原理に基づいて、非常に高水

準な研究を遂行した研究所群が、第一次大戦中に使われた毒ガス兵器等の新兵器の開発を担うなど、積極的に戦争協力したために、戦前の高い国際評価を失い学界からポイコットを受けるようになる。こうした世界の科学者からドイツの研究者に向けられた戦争協力に関する嫌悪感と、ますます科学者の戦争協力体制の必要性を実感する政府という構図も、二十世紀の科学・技術と戦争の関係を論じる上でこの後も繰り返し現れるモチーフである。ただし、もちろんこの二つの傾向、つまり科学者の戦争協力に対する支持・不支持は、いつも単純に科学者一般と政府に対峙的に現れるというわけではないし、その理由も一様ではない。さらに不支持の中には、知の追求が本義であるはずの基礎科学が、応用に走るということそのものへの嫌悪も含まれている。たとえば、A. Hunter Dupree は *Science in the Federal Government: A History of Policies and Activities to 1940* の中で、「基礎科学と応用科学という分け方は非常に便利だが、それは連続するスペクトラムの両端にすぎないのであり、その間には実に多くの状態がありうるという認識をもって使うべきだ」とし、「第一次大戦後、科学は技術の方向性や発展に大きな影響力を持つようになった。しかしながら、それまでは、科学と試行錯誤型の技術とは独立した関係であって、むしろ実践が理論に影響を及ぼすような関係のほうが、逆より多かった」と指摘している。ここで Dupree がわざわざ言葉を重ねている理由こそ、基礎科学と実学としての工学との峻別をしたがる傾向、言い換えれば基礎科学が技術に直接応用されるようなあり方への不支持なのである。これは、その応用が軍事技術であるなしに関わらず起こりうる緊張関係だが、それが軍事技術となると、より好ましくない応用として議論が起りやすいと考えられる。^②

科学史家の廣重徹は、こうした第一次世界大戦を機に起こった科学・技術と国家の関係の変容を「科学の体制化」ととらえた。廣重は、一九七三年に刊行された『科学の社会史』において、「ベトナム戦争、世界的な学生反乱、そして環境問題の深刻化をきっかけとして、一九六〇年代末には現代の科学と技術への根本的な懐疑・批判が広がった。……(中略)この世界的に広がった科学・技術への不信・懐疑が、これまでの歴史にめずらしくなかった反科学主義と異なると思われるのは、それが科学技術振興の基盤であった経済成長至上主義への批判、さらには社会体制変革の要求にさえつな

るものであることである。そこで究極的に問われているのは、個々の科学の技術的応用などではなく、第二次大戦後こんにちまでつづいてきた科学の体制的構造なのである」と指摘したうえで、科学が技術発展の基礎となったために科学・技術振興が国策となり、科学・技術が国家の生産力の礎となるという過程において、「もつとも合理的計算にのりにくい活動」であるところの研究・開発が、軍事力と国家威信を求める国家による補助金のもとに行われるようになったとして、これを「科学の体制化」と呼んだのである。そして、おおざっぱにいつて一七世紀に始まった近代科学の研究は、当初はごく一部を除いて「わたくしごと」であり、「近代社会形成の一環をなす思想的運動」であつたと指摘し、まず、産業革命を経て一九世紀に、科学を教え研究することが職業化するというところで、科学が社会制度化し、次に、これまで触れてきたのと同様に、第一次世界大戦をきっかけとして「科学の体制への編入、体制化」が始まり、第二次世界大戦でそれが決定的となつたと述べている。^③

廣重のこの問題意識は、まさに一九七〇年代初頭の世界的な科学・技術の社会的位置に呼応している。本稿で主に取り上げるアメリカでも、この時期「軍産複合体 (Military-Industrial Complex)」あるいは「軍産学複合体 (Military-Industrial-Academic Complex)」の是非に関わる議論が行われていた。「軍産複合体」は、テレビ・ラジオで放送された、アイゼンハワー大統領の退任演説(一九六一年一月一七日)で使われて以来、人々の問題意識に上るようになった表現である。この演説の中で、アイゼンハワーは「軍産複合体」が政府の委員会に影響力を持ち始めていることを憂慮し、次のように述べている。「こうした産業と軍のありようの変化には、ここ数十年に進行している技術革命が大きくかかわっている」とし、大学も政府のために、政府のお金で、政府の意図する方向に向けて研究するようになってしまったと指摘した。さらに、政策そのものが科学・技術エリートによって掌握されてしまうという危機さえ訪れているとしたのである。^④

さらに、アーカンソー州のJ・W・フルブライト上院議員が第九〇議会第一会期(一九六七年二月三日)において、ニューヨークタイムズ記者のデイヴィッド・ハルバースタムによるベトナム報告を引用しつつ、政府からの公式報告とは

異なり、ベトナム戦争は内戦でありアメリカにはいかなる意味でも勝ち進んでなどいないという見解に賛同した。そして、それに続けて、ベトナム戦争下の経済状況が国民の生活に与えている影響について意見をまとめる中で、「軍産学複合体」に触れた。このときフルブライトは、「軍産複合体」は「死の商人」一味の陰謀によって作られたものではなく、膨れ上がる軍需に産業側が対応しようとする事によって形成されたもので、七五億ドルという巨額の軍の支出で生活している普通のアメリカ市民が大勢いるという事実を指摘した。これらの人々は特に戦争を好んでいるというのではなく、生活のために軍需に答え続けているだけであるもの、こうした膨大な数の人々の下支えによって、軍人、生産者、ビジネスマン、労働側リーダー、労働者、政治家が一体になって「軍産複合体」が形成されている時代において、本来大学は、伝統的な民主主義の価値観を支え、「軍産複合体」に対抗的な力を持つべきであったにも関わらず、一流大学の多くがむしろこれを支えているという事実こそ憂うべきだとした。大多数の大学教授は従来の研究教育を続けているが、有力大学教授がこぞって本来の学業を横に押しやって、軍に協力しているのであり、これは「軍産複合体」の陰謀などではなく、研究費がのどから手が出るほど欲しい大学と、戦争に利用できる知識が欲しい政府が結びついた結果であるとした。^⑤

このフルブライト上院議員の演説後、わずか数年を経た一九七〇年に「軍産複合体」関連の一次資料集 *Super-State* が刊行されている。ここに収められている議論は、アイゼンハワー大統領の退任演説を除いては、一九六七年以降のもので、大半を一九六九年の論考が占めており、かつ扉に「超国家に対抗しようとするアメリカ人、特に若い人たちのために」と書かれていることから、この本は当時沸き起こっていた最新の議論について、おもに「軍産学複合体」に対する批判の立場から編まれたものだという読み取ることができる。^⑥

一九九三年に書かれたStuart W. Leslie の *The Cold War and American Sciences* では、この一九六〇年代末に大学の研究施設が学生たちの抗議行動の対象となった様子を、特に一九六九年一月に行われたマサチューセッツ工科大学でのストライキ、三月四日に行われた「大学への軍の影響と大学の社会的責任についての全国的な討論会」で、マサチューセッツ

工科大学が強く批判されたことなどを取り上げて描き出しており、一九六九年をひとつのピークにして、ベトナム戦争への反戦運動の中で「軍産学複合体」が激しく批判されていたことを伝えている。^⑦

このように、科学者・技術者(特に科学者)の戦争協力の是非と、その協力体制の国家にとつての必要性が、繰り返し論じられてきたことを受けて、本論では、第一次世界大戦と戦間期に兆した議論の枠組み、つまり戦時に発展をとげる軍事技術の平時利用、および科学者・技術者の国家への協力体制に関する諸問題を議論の参照軸とする。そのうえで、第二次世界大戦から冷戦期にかけてのアメリカにおける情報通信技術の発展という具体的な歴史の検討の中で、その議論のさまざまなバリエーションを確認し考察してゆくこととする。

- ① 第一次世界大戦時に軍事利用されることにより、多分に実験的であった状態から、実用に供される安定した状態になった技術が、戦間期に産業としても安定していったことは、たとえば S. Lilley, *Men, Machines and History: The story of tools and machines in relation to social progress* (London, Great Britain: Lawrence & Wishart, 1965) の九章 (Between Two Wars (1918-39), 162-192) に書かれている。
- ② A. Hunter Dupree, *Science in the Federal Government: A History of Policies and Activities to 1940* (Cambridge, Massachusetts: The Belknap Press of Harvard University Press, 1957)
- ③ 廣重徹「科学の社会史(上)」(岩波書店、二〇〇二年・初版は「科学の社会史: 近代日本の科学体制」中央公論社、一九七三年) 一―五頁。
- ④ アイゼンハワー大統領の一九六一年一月一七日の退任演説音声記録 (Dwight D. Eisenhower, Farewell Address to the American People, January 17, 1961, National Archives, Dwight D. Eisenhower Presidential Library and Museum, http://eisenhower.archives.gov/All_About_Ike/Speeches/WAV%20files/farewell%20address.mpg)
- ⑤ 一〇〇九年九月存在確認。
Congressional Record, Digital Collection, Dec. 13, 1967, 90-1 (1967), Senate, vol. 113, 36175-36184。この J.W. Fulbright の address の中で「Military-Industrial-Academic Complex」という表現のあとに記録されている部分では 36181-36182 であるが、実は表題以外の「軍産学複合体」への表現は見られる。しかし Herbert I. Schiller and Joseph D. Phillips eds. *Super State: Readings in the Military-Industrial Complex* (Urbana, Chicago, London, University of Illinois Press, 1970) では、トルーマン上院議員の演説は第七章「軍産複合体における科学と大学 (Science and the universities in the Military-Industrial Complex)」で、「戦争とその影響: 軍産学複合体 (War and its effects: The Military-Industrial-Academic Complex)」として取り上げられている。このように、この演説は「軍産学複合体」という言葉を使って大学の軍への協力体制を表現したものとしばしば知られている。
- ⑥ Herbert I. Schiller and Joseph D. Phillips eds. *Super State: Readings in the Military-Industrial Complex* (Urbana, Chicago, Lon-

don, University of Illinois Press, 1970)。おぼめられている二十六の論考のうち、編者がこの本の刊行にあたって書き下ろしたものを除くと、発表年時は、一九六七年が三編、一九六八年が三編、一九六九年が十八篇という内訳になっている。

⑦ Stuart W. Leslie, *The Cold War and American Science: The Military-Industrial-Academic Complex at MIT and Stanford* (New York, New

York, Columbia University Press, 1993)。マサチューセッツ工科大学とスタンフォード大学において巻を起つた抗議行動の様子については、第九章の *The Days of Reckoning: March 4 and April 3* で取り上げている。また一九六九年におこったマサチューセッツ工科大学とスタンフォード大学の研究施設に対する抗議行動の写真も掲載されつつある。

一 第二次世界大戦とデジタルコンピュータ

(一) 軍事技術としての必要性

第一次世界大戦以前にすでに、アメリカでは一八九〇年の国勢調査からホレリスのタービュレーティング・マシン (tabulating machine) が集計・作表処理に使われるようになったこと、また、それをより高度化したパンチカード・システム (punched card system) が、会計処理の実用に供されていたことはよく知られた事実であろう。一方、compute する、つまり数学的に複雑な問題を計算する必要がある科学計算の世界においては、計算手 (computer) という職業があり、計算尺や手回し計算機を始め計算用の補助道具を使って科学計算を行っていた^①。また一九三〇年代には、天文学者のウォレス・エッカート (Wallace J. Eckert) が、さらにパンチカード・システムを使って、自分の研究分野に必要な科学計算を行う方法を編み出した。この方法 (Punched Card Method in Scientific Computation) は科学者の間に広まり、後に生まれるデジタルコンピュータの利用方法に影響力を持ったと言われている。実際にフォン・ノイマンが一九四四年に行った原子爆弾の衝撃波シミュレーション計算も、このエッカートの方法論を援用している^②。

しかし、このように発達してきた計算方法でも、さらに追い付かない量の計算が必要になったのが、第二次世界大戦時

の高度化した兵器システムを使うための弾道計算や、暗号解読、および飛行士の訓練に使うシミュレータなどであった。③
そうした状況下、アメリカ陸軍が弾道計算に関する研究に予算を割く準備があったことを知った、ペンシルヴァニア大学の
ムーア・スクールの気象学者で物理学教授だったジョン・モークリー (John W. Mauchly) は、計算機を制作する研究計画
を作り上げる。当時、微分解析機というアナログコンピュータが戦時計算に使われていたが、モークリーと大学院生のブ
レスパー・エッカー (J. Presper Eckert) は、機械式ではなく電子式の機械のほうが正確に速く計算できるはずだと考え
ており、その電子式計算機の論理素子には真空管が使えるだろうと考えていた。当時としてはアナログ方式ではなくデジ
タル方式を採用するという判断は一般的なものではなかったが、一九四五年に完成したENIAC (Electronic Numerical
Integrator and Computer) は、当時の基準からみれば超高速計算を行うことができ、電子回路による計算機の威力を見せ付
けたのである。それこそが、ENIACが現在のデジタルコンピュータの方式とは異なっていたにも関わらず、しばしば
世界最初のデジタルコンピュータと呼ばれるゆえんである。④

一方、海軍も一九四一年に特別装置部門 (Special Device Division) を設立して、電子技術を航海技術の向上に応用する
研究を始めていた。この特別装置部門は、自らフライトシミュレータの開発に携わっていたマサチューセッツ工科大学出
身の海軍大佐、デフロレス (Tus Detlow) が設置に尽力したものであった。この部門では「ワールウィンド (つむじ風
Whirlwind)」「サイクロン (Cyclone)」「台風 (Typhoon)」「ハリケーン (Hurricane)」といった名前の特別プロジェクトを
開始しており、それぞれに特別なミッションを与えていた。このうち、「ワールウィンド」と「ハリケーン」がデジタル
コンピュータの開発を含んでおり、前者がフライトシミュレータ、後者が弾道ミサイル追尾とコントロールに取り組んで
いた。一九五〇年以前当時は軍事用特別装置には、近似計算を行う機械式アナログコンピュータが搭載されるのが普通で
あった。計算目的が限られている場合には、機械式アナログコンピュータは、十分小さく速かったからである。ところが、
この二つのプロジェクトが目指す領域では、コンピュータにはさまざまな場合に応じた計算内容が柔軟に行えることが必

要とされていた。しかも、どちらもコンピュータは兵器に搭載されるのではなく基地に設置すればよかったので、小さいことは必要条件ではなかった。むしろ、こうした複雑な計算内容を機械式のアナログコンピュータで行うとすると、誤差が大きくなるという問題もあったので、当時としては一般的ではなかったデジタルコンピュータの開発が着手されたのである。

プロジェクト・ハリケーンでは、早くからSEACというコンピュータ開発に取り組んできた国立標準局(National Bureau of Standards)による外注を、レイソンが受注しRAYDAC(Raytheon Digital Automatic Computer)とこうコンピュータが作られた。しかし、これは一般的な当時のコンピュータ程度の能力は示したものの、弾道ミサイル追尾のようなリアルタイム処理には速度が追い付かず、プロジェクト的には失敗作とされており、コンピュータ史では半ば忘れ去られたマシンとなってしまう。これに対し、プロジェクト・ワールウィンドのコンピュータは、飛行機の設計図からその飛行状態をシミュレートし、飛行機が実際に作られている間にその情報を使ったフライトシミュレータによって飛行士を訓練しておくという目的を持っていたため、リアルタイム処理が必須条件だった。このコンピュータを設計開発したのは、マサチューセッツ工科大学のサーボ機構研究室であったが、このコンピュータ、ワールウィンドは、その速さへの要求を見事に成し遂げ当時もっとも速いコンピュータの一つとなった代わりに、マサチューセッツ工科大学のビル一つ分がまるまるコンピュータという巨大なマシンとなった。^⑤

このように、デジタルコンピュータの軍事技術としての必要性は、技術開発に先だつて生じていた。つまりニーズが技術開発を先導した。海軍におけるデジタル化の歴史をまとめたボスラフが指摘しているように、「弾道計算用ということであれば、決まったプログラムにそつて計算を行う方式をとるのはごく自然」なことだったわけであり、ENIACがプログラム内蔵式でないということがデジタルコンピュータの定義から外れているという議論は、まさに歴史的解釈の問題であり、当時の軍事関係者の与り知らぬところであった。このように当時の技術的判断の価値が、後に評価された技術

の源をさぐるという観点から行われる歴史的解釈では十分に測れないよい例として、暗号解読技術が挙げられるだろう。

当時の暗号解読では、膨大な暗号文から一定のパターンを見つけ出しそれを記録するという、半ば機械的な手作業が行われていた。これを機械化したいというのは当然の欲求であり、アメリカの海軍の暗号解読部CSAW (Communication Supplementary Activities, Washington) では、一九三〇年代には、実際にパンチカード・システムをつかって、この部分を自動化する技術が発達した。そのうちに第二次世界大戦の連合国軍側では、これをさらに高速化する必要が生じた。第二次世界大戦中のドイツの暗号生成装置は、エニグマ (Enigma) と呼ばれる、歯車の組み合わせによるアナログ機械だったが、この暗号が容易に解読できなかったのである。これに対応し、まず、一九三二年にポーランドのワルシャワ・ポランド暗号センター (Polish Cipher Center in Warsaw) で、暗号解読者らがエニグマ暗号を解析していたところに、フランスの諜報部が得た情報が加わった結果、ポーランド暗号センターではエニグマと同じアナログ機械 (ボンバ Bomba) をつくることに成功する。さらにこの情報が連合国内で共有され、イギリスの政府暗号解析研究所 (Government Code and Cypher School) に送られて、このエニグマ暗号解読部責任者をして、いたアラン・チューリング (Alan M. Turing) の元に届く。エニグマそのものの内部構造が分かった以上、あとは歯車の組み合わせをどうならべて暗号を生成しているかが解読できればよいわけであるが、この組み合わせの可能性が膨大だった。初期のエニグマでも歯車が五種類あり、そのうち三枚を選んでセットするわけであるから、五から三をえらぶ順列の数だけ歯車の選択の可能性があり、さらにそれをどうセットするかを計算しようとする膨大な場合分けが生じるのである。暗号が解読されている可能性を悟ったドイツが行ったエニグマの改良版では八枚の歯車から四枚を選ぶ方式になっており、さらに順列数が増えた。こうした問題に対してチューリングがとった方法が、アナログ式計算法だったのである。歯車の組み合わせによっては与えられたテキストから適切な暗号を生成できない場合があるのに気付いたチューリングは、そうした不適切な組み合わせを発見するための、電圧を利用したアナログ装置 (Bombe) を開発し、場合わけのうち探索する必要のないものを取り除くことに成

功した。このために、解読にかかる場合わけの数をかなり絞り込むことができ、軍事作戦行動上に必要な一定の時間内にエニグマ暗号を解読し得たのである。この装置は数百台もつくられて暗号解読に供され、さらに製造方法がアメリカに伝えられ、アメリカでも製造された。星野力が指摘するように、このアナログ装置の採用こそ、この問題を解くにはアナログ計算のほうがデジタル計算より格段に速度が上がり優れていることを熟考した、チューリングによる英断だった。^⑥

こうした当時の軍事的文脈においては、「デジタルコンピュータ」をつくるという学問的追求はトレースすることはできない。繰り返し触れたように、戦時の軍事計算を行うのに、機械式(アナログ)と電子式(デジタル)のどちらをとるかという議論は、さまざまな場面で起こっていたのであり、その判断にはまずデジタルありきということは、残っている資料を当てる限りでは一切みられない。つまり「デジタルコンピュータ」という新しい技術を試してみたいがために、適切な応用領域が探されていたのではなく、軍事技術としての必要性から、どちらの技術を適用するほうが状況に対して最適であるかという観点から判断がなされていた結果、後にデジタルコンピュータの実現につながる様々な要素技術が蓄積していたのだということがわかる。

(二) 科学と技術

前節で触れたように、第二次世界大戦中の技術開発では、解決すべき問題が先に生じ、それに当時もつとも適していると思われる技術が採用されるという流れが確認できた。こうした具体的な問題解決のための技術開発には、常にトレッドオフ(技術的な実装に際して、複数の要求仕様項目のすべてを最も望ましい状態にしようとすると、並立不可能である場合に、どれを犠牲にして、どれを優先するかという判断)が伴う。この意味において、技術は現実に対して最適化を第一義とする実用的知識なのであり、例えばENIACの実装についての論文でミッチェル・マーカスとアツシ・アケラ(Mitchell Marcus and Atsushi Akera)が指摘しているように、ENIACの実装では、今日のデジタルコンピュータでは必須であるはずの条件

分岐が実現しにくい構造になっていたのは、ENIACの設計者たちが、なによりも安定的に運用でき、目的の計算ができるために最適化しようとした技術的判断の結果だった。つまり、ENIACは純粋なデジタルコンピュータの設計を理論から実装に移したのではなく、現実の要求に対応して構築された技術的成果物だったと言える。^⑦

しかし戦時中に技術開発に関わった科学者たちに、理論あるいは一般化への興味がなかったかという点、それは必ずしも正しくない。たとえば、ENIACに関しては、このプロジェクトに興味をもって関わってきた高等研究所のフォン・ノイマン (John von Neumann) が、その設計を一般化し、ENIACの経験をもとに次に製作されるべきデジタルコンピュータEDVACの論理設計書の下書きをまとめて、モークリーとエックハートの名前を出さずに研究者の間に回覧した。このため、後に知的財産権訴訟の際に複雑な問題が沸き起こったこともよく知られているが、歴史的事実として、このフォン・ノイマンの「情報公開」のおかげでデジタルコンピュータの設計原理は公共の財産とみなされるようになり、現在のコンピュータの方式がノイマン型と呼ばれるのもこの勇み足のためだというのは皮肉な結末であった。しかしこの問題こそ、技術と科学（この場合数学）の目指すところの違いを示す大変興味深い例である。

ナンシー・スターン (Nancy Stern) が指摘しているように、フォン・ノイマンは数学者にはめずらしく、戦時に実用に供する応用数学に関わる仕事をすることを厭わないばかりか、政府の科学技術政策にも影響力をもつ政治力を備えていた。^⑧ こうした傾向をもつフォン・ノイマンではあったが、戦時研究のうちコンピュータの設計に関しては学問的興味から理論化を目指した。一方のモークリーは、後にこのコンピュータ技術をビジネスの世界で展開しようとしたことなどから、理論より実践に興味のある人物とみなされがちではある。しかし、それは彼が科学者らしくなかったからではなく、実験物理学者のモークリーにとつて、自分の主たる研究領域である気象学分野では、コンピュータは単なる計算の道具だったたであり、それを作ることは実験器具を製造するのと同じようなものだったからであろう。つまり、彼にとつてコンピュータは科学の対象ではなく手段であり、実用技術であつて当たり前と言える。一方、フォン・ノイマンも原爆の衝撃波シミ

ユレーションなどを行っており、そういう応用的な科学計算のためにはコンピュータはもちろん道具であったのだが、同時に数学者である彼にとって、計算機械は学問的対象そのものになりうるものだったのである。

興味深いのは、このEDVACに関するいさかいのあと、ふたつに分かれてそれぞれのEDVACを実装することになったフォン・ノイマンとモークリーらであったが、計算機械に関する理論と実装のふたつの対立軸を設けるならば、理論側であったはずのノイマンの「電子コンピュータプロジェクト (Electronic Computer Project, ECP)」が、彼の本来の居場所であった理論物理や理論数学の牙城である高等研究所では、異物扱いされていたことである。一九四五年末にフォン・ノイマンの必死の説得に「戦後間もなくの非常時であることから」所長以下が賛同して始まったプロジェクトではあったが、まず本館のフルドホールの地下室で始められ、やっと立ててもらった建物は、いくらでも建物が建てられるほどの広大な敷地がある高等研究所本体の敷地内にはつくられなかった。現在も残る敷地脇の無粋なECPビルディングは、格調高い高等研究所においては格段に安普請で、長期滞在する学者たちのための住居の一角で、住宅関係の経理処理とフィットネスセンターおよび保育所のはいる建物として使われていることから、このプロジェクトがとうてい立派な研究とはみなされていなかったことが窺い知られる。

しかしこのプロジェクトで作られた、いわゆる「IASコンピュータ」の設計により、ロス・アラモス研究所のMAN IAC、アルゴン研究所のAVIDACなど軍事研究を行っていた国立研究所や、ENIACのあった陸軍弾道研究所のORDVAC、軍のシンクタンクRANDのJHONN IAC、さらにイリノイ大学のILLIACなどが作られ、このプロジェクトの影響は、後のコンピュータ分野にとっては計り知れないほど大きい。はじめに触れたように、科学と技術の連続性は、科学が国家のために兵器をつくるために応用されるという事態に直面するまでは、社会一般にとって自明のものではなかった。当時、単なる実用技術とみなされていたコンピュータに、数学者として高い地位を得ていたフォン・ノイマンが、理論面の構築から実装プロジェクトの推進まで熱心に取り組んだことにより、初めてコンピュータの理論面

の存在がはっきりと認知されるようになったと言えるだろう。もっとも、「コンピュータ分野」の存在が初めて認識されて、最初の学会が開かれたのが一九五三年のことであり、学問分野としての「コンピュータ科学」という名称が、コンピュータの研究は科学ではないという反論や、何がコンピュータ科学なのかに関する盛んな論争を巻き起こしながらも定着したのは、「コンピュータ科学」分野の大学院が設立されようとした一九六〇年代後半以降のことで、まだまだ先のことではあったが^⑧。

このように、応用数学による戦争協力に熱心であり、計算機械という実用技術を学問対象と見定めたフォン・ノイマンは、重層的な意味でまさに科学と技術の連続性を体現していたと言える。こうした応用科学分野に携わった学者は、かなりの数に上る。それらの人々は科学労働力 (Scientific Manpower) と呼ばれ、戦時動員によって軍事研究に駆りだされた。次に、そうした科学者らが軍事協力と科学の関係をどう考えていたのかについて、コンピュータ関連の動きを追いながら考察する。

(三) 政府と科学技術動員

アメリカでは、第一次世界大戦中の一九一八年に、全米アカデミーが組織する全米研究会議 (National Research Council, NRC) が設立され、大学の科学者がこの組織を通じて研究資金をえて戦争に協力することになった。ただしこの全米研究会議は、戦間期に軍事研究遂行という性格を失ってゆく。そのような状況下、一九三九年に国家航空諮問委員会 (National Advisory Committee for Aeronautics, NACA) の委員長に就任したカーネギー財団 (Carnegie Institution) のヴァネヴァー・ブッシュ (Vannevar Bush) が、ハーヴァード大学学長のジェームズ・コナント (James Conant) (マサチューセッツ工科大学学長のカール・コンプトン (Karl Compton))、それに科学アカデミー会長のフランク・ジュエット (Frank Jewett) らに働きかけて、ローズヴェルト大統領に対して科学者・技術者の動員体制の確立の必要性を説いた。こうして

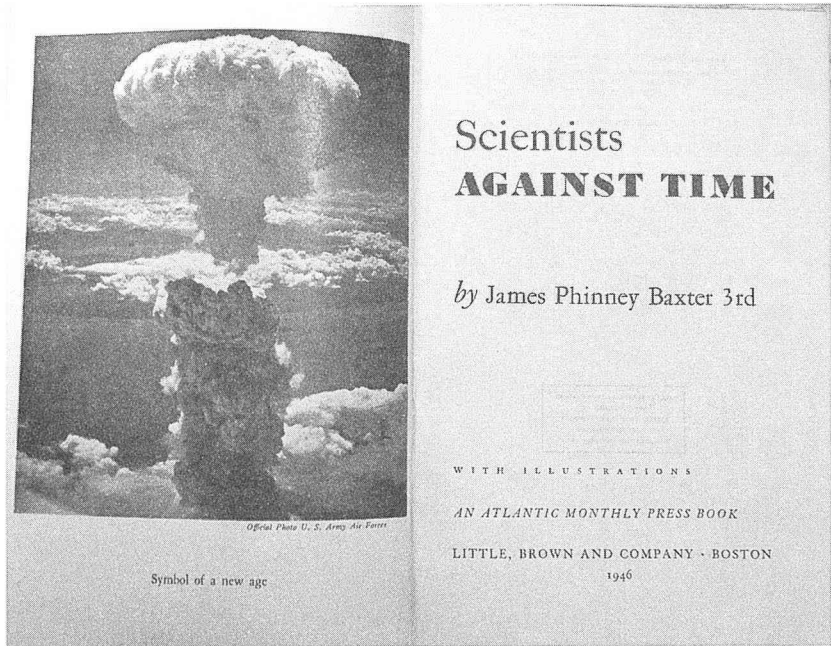


図1

一九四〇年五月に出来上がったのが、全米国防研究委員会 (National Defense Research Committee, NDRC) である。さらに戦局の緊迫を受けてブッシュは、軍とアカデミーの協力を得て大統領直属の包括的な戦時動員の連邦政府機関を設立するべきだ、と大統領に進言した。そして翌一九四一年六月にブッシュを長として設立されたのが科学研究開発局 (Office of Scientific Research and Development, OSRD) であり、全米国防研究委員会の他、陸軍と海軍の研究開発プロジェクト、国家航空諮問委員会が、一括してこの局の管轄下となった。第二次世界大戦中の戦時動員を担ったのが、この組織である。

戦後まもなく一九四六年十一月に出版された科学研究開発局の記録、「第二次世界大戦と科学 (Science in World War II)」シリーズの一冊 *Scientists Against Time* は、「新時代の象徴」とキャプションがつけられた原爆の写真で始まる(図1)。その後の世論が、戦後間もなくの科学の栄光としての原子爆弾のイメージだけではなく不安や恐怖の入り混じったものへと変化

したことを思うと、この公式の歴史記録の、あまりにも直截な科学・技術賛美の姿勢に驚かされる。この本は、枢軸国側の科学動員体制にくらべアメリカのそれが優れていたこと、そしてどのように成功裏に科学が戦争に協力し得たかを描いたものである^⑩。

ただ、ここには前節までに触れてきた、戦時中のコンピュータ製造に関わる活動についてのまとまった記録はないのである。イギリスでボンブヤ、コロッサス (Colossus) というコンピュータなどを含めた暗号解読技術が一九七〇年代まで機密とされていたために広く知られなかったことと比較すると、アメリカでは一般的なコンピュータ製造技術は、暗号解読機として特定されて機密化されることはなかった。だからこの本にまとまった記述がないのは、実際に科学研究開発局で独立した部門がなかったことを意味しており、要するにコンピュータ開発は「応用科学的な戦時研究」とみなされていなかったと言える。これは、まず「デジタルコンピュータ」の理論ありきではなく、軍事技術の実装に関わる実用技術のひとつである計算機製造の知識が戦時中に蓄積されていたという前節の記述と呼応する。しかし、ここに現れる応用科学のいくつかの流れが、戦後、デジタルコンピュータと結びついて膨大な領域が発展していくことになる。

この科学研究開発局の戦時動員を、科学者の側はどうとらえていたのか。ここでは、戦後コンピュータ分野の発展を担った高等研究開発局 (Advanced Research Projects Agency, ARPA) 情報処理技術部の初代責任者となった実験心理学者リックライダー (J. C. R. Licklider) の例を通じ、それを確認してみる。Scientists AGAINST TIMEの第5章「人間と機械 (Men and Machines)」によれば、兵器の高度化にもなつて、「人間はどのような装置なら使いこなせるのか」「人間はどういうトレーニングをすれば迅速に機械に慣れるのか」などの問題が顕在化してきたことより、一九四二年の春までには、心理学者の動員の必要はいろいろな分野で叫ばれ始めたという。つまり、当時、軍関係の研究機関では、人間と機械の混成系 (man-machine systems) としてつくられた軍事システムの最適化のために、人間という要素を科学的に研究する必要が生じていたのである。この応用分野は、後にヒューマン・エンジニアリング、サイバネティクス、認知心理学など

へと発展することになる。聴覚の基礎研究で博士課程を終えたばかりだったリックライダーがハーヴァード大学の心理音響学研究所に採用されたのは一九四二年のことだった。この研究所は、科学研究開発局の前身である全米国防研究委員会時代の一九四〇年代初頭に、第十七局(Division 17)が設立した情報交換装置(communication equipment and problems)研究のための研究機関であり、心理学研究者の動員の先駆けのひとつであった。戦時中の一九四三年から一九四五年の間にリックライダーが残した報告書は、六種類が確認される。内容は、ガスマスクをした場合の会話に関する研究や、上空でのインターフォンの性能についての研究、といったものであった。こうしたリックライダーらの軍関係の機密研究は、戦後になって、学術的な成果として心理音響学・聴覚学関係の有名学会誌に次々と掲載されていった。科学者と軍事技術との関係は、特に直接的に兵器をつくる部門でなかったこともあろうが、非常に良好で戦争協力に対する否定的なコメントは、残されている文献や後のインタビュウからは見受けられない。例えば、当時、リックライダーとともに、心理音響学研究所に所属していたジョージ・ミラー(George Miller)によれば、研究所には、実験に使うありとあらゆる工具や材料がふんだんに揃えられており、研究には何一つ不自由がなかったという。戦時研究に駆り出された気鋭の若手たちは、軍の要請に応えながら、研究三昧の日々を送っていたわけである^⑫。

科学研究開発局では、当初、動員される研究者はそれぞれの大学に所属したまま戦時研究を行うというスタイルで始められた。しかし、時が経つにつれ中心となる研究所をつくってそこに研究者が移動したほうが、共同作業がしやすいという事態が生じ、結局一九四五年には、かなりの数の研究者が拠点へと移動して、給料は科学研究開発局から支払われるようになってきた。そういった「科学労働力(Scientific Manpower)」について、資金より人材の数のほうが制限要因になりうると考えた科学研究開発局は、資金をふんだんに投入して人材の確保に尽力したのである。こうした背景から、戦後、このような緊急体制から、通常の体制へと移行する議論がなされるわけであるが、その際に長官であるブッシュが大統領の質問に対する回答として提出したのが、戦後の科学技術体制についての提案、「科学——その限らないフロンティア

(Science : The Endless Frontier) である。^⑧

この「科学——その限らないフロンティア」では、まず、科学の発展は国家にとって欠くべきことのできないものであるというテーゼに始まり、医療、国防、福祉の三分野を挙げる。続いて「科学人材 (Scientific Talent)」の補充が必要だという議論が展開し、戦後体制についての構想が語られる。この際、ブッシュはサマリーの中で以下のように記している。

ほとんどの戦時研究は、基礎研究を推進するというよりは、既存の科学的知識をある特定の軍事的応用に適用したものであるため、科学をある特定の問題解決にむけて応用するための膨大な知識が集積した。このほとんどが産業に应用可能である。またこれは、国内において高等教育機関で学生を教えるのにも必要な知識であるし、海外の軍事研究機関で教育用に使える知識でもある。もちろん、ある種の知識は機密にしておかなければならないが、敵国が戦時に我々に対して応用してくるということがないということにはつきりしさえすれば、大半の知識はできるだけ速やかに公開するべきである。何を公開するべきかを決め、その公開を促進し、論文にして公開することを勧めるため、陸軍、海軍、文民である科学者による委員会が速やかに作られるべきである。^⑨

これから明らかのように、ブッシュは戦時研究が産業、科学教育に应用可能であると、戦時研究の成果を一部の機密事項以外、できるだけ公開する方針を打ち出していた。こうした議論での「科学」は「工学」も含んだ概念である。ブッシュ自身、戦間期にアナログコンピュータ (微分解析機 Differential Analyzer) の研究開発に成功したことで知られる機械工学者であり、機械工学、電気工学、通信工学といった分野が戦時中に果たした役割が大きいことからそれが裏打ちされている。このブッシュの「科学」は、これまで本論文で触れてきた「科学と技術の連続性」を前提とし、またその産業への応用までを視野にいれた、国力の礎と位置づけられたものだった。この「科学」の用法は、むしろ科学が技術に应用されるという戦時研究の生み出した関係をさらに修正し、「科学」はいわば「理工系基礎研究」に近い概念となり、そうし

た「科学」による研究成果の多くが実用技術に応用されうるといった考え方が示されたわけである。このブッシュの「科学——その限らないフロンティア」にみられる「科学」という語の使い方は、科学研究開発局がいうところの「科学労働力」の「科学」の用法とも一致しており、工学者を長官とした科学研究開発局が進めた動員を介して、科学者たちが応用領域に徐々に巻き込まれていくのと同時に、それまでの「科学と技術」に関する認識の枠組みとは少しずれた使用方の「科学」の用法にも、人々が少しずつ慣れていったのではないかと考えられる。

こうして、戦中のふんだんな研究資金と、戦後の成果公開の許容とを併せて、先に実験心理学者たちの例でみたように、科学者たちが居心地よく戦争協力する仕組みが仕上がっていったのである。ちなみにブッシュがこの報告で提案した「全米研究財団(National Research Foundation)」のアイデアは、大学等での基礎研究を支援する全米科学財団(National Science Foundation)設立への布石となった。^⑤

① タービュレータやパンチカード・システムの歴史については James W. Cortada, *Before the Computer: IBM, NCR, Burroughs, and Remington Rand and the industry they created, 1865-1986* (Princeton, NJ, Princeton University Press, 1993) が詳しい。人間の計算手にては、たゞゞ David Alan Grier の “The Math Tables Project of the Work Projects Administration: The Reluctant Start of the Computing Era,” *Annals of the History of Computing*, vol.20, no.3, 1998, 33-50 が取り上げられており、WPA (Work Projects Administration) によって一九三八年に設立された The Math Tables Project で、職にあふれた事務員四五〇人雇いあげて教表作りを行い、デジタルコンピュータによる計算への先鞭をつけたことが述べられている。この中に、通常の human computer はよく訓練されており、計算尺などを補助手段に計算を行っていたことも触れられている。

② Wallace J. Eckert Papers, 1931-1975 は Charles Babage Institute, University of Minnesota, Minneapolis が所蔵しており、Eckert が科学計算にのぞくように計算機械を取り入れたのかの記録が残っている。著書 *Punched Card Methods in Scientific Computation* (New York, New York: The Thomas J. Watson Astronomical Computing Bureau, Columbia University, 1940) が版を重ねて行く過程も追っているが、*ibid.*。

③ 暗号解読については、連合国軍内ではイギリスがもっとも発達しており、コロッサスという暗号解読用のデジタルコンピュータまで製造されたが、その技術は一九七〇年代まで公開されなかった。一方のアメリカでは、コンピュータのハードウェア製造技術は、主に、弾道計算とフライトシミュレータを目的として発達した。

④ ENIAC の速さについては、ペンシルヴァニア大学が稼働六〇周年

http://www.ias.edu/people/vonnemann/ecp (二〇〇九年九月存在確認)。筆者は、実際に高等研究所の住居に滞在し、ノイマン文書等のアーカイブ調査を行った際、現在でも歴史的意義などほとんど気にされることもなく実用に供されているECPドキュメントの扱いに驚いた経験がある。

⑩ 学際分野であったコンピュータ分野を統合する合同コンピュータ委員会 (National Joint Computer Committee) が設立されたのが一九五一年。その成果としてAIEA (Institute of Radio Engineers) / AIEA (American Institute of Electrical Engineers) / ACM (Association for Computing Machinery) の合同学会が開かれるようになるのが一九五三年である。「コンピュータ科学」という名称の定着の前に、一九五〇年代半ばに学会による語彙集の作成などが行われ、当初は学際研究であったコンピュータ関連分野が、五〇年代から六〇年代にかけて、独立したひとつの学間分野を形成していった。

⑪ James Phinney Baxter 3rd, *Scientist Against Time* (Boston, Massachusetts, Little, Brown and Company, 1946)。原爆に対するメッセージに現れるイメージが、もちろん技術者兼一辺倒ではなかったことについては、紀平英作『歴史としての核時代』(山川出版社、一九九八年)に四五年から四六年にかけてのヒューヨークタイムズの記事に現れる論調は、徐々に原爆に対する恐怖と疑問が入り乱れたものになつていったという指摘がある。

⑫ リックライターの研究歴についてはLicklider Papers, The MIT Institute Archives, Box 1, Folder "Listing of Papers & Publications" にある。Office of Science Research and Development National Defense Research Committee, *Speech and Sound Transmissions Through Gas Masks*, OSRD No. 1816, September 20, 1943, Re-

search on Sound Control Harvard University, Licklider Papers, The MIT Institute Archives, Box 5, (1) of Part 1 が心理音響学研究所の報告で、リックライターは八人のなかの一人として名前を連ねている。戦後、やうした成果がジャーナルに発表された例としては、Licklider, J. C. R., *The Effects of Amplitude Distortion upon the Intelligibility of Speech*, OSRD Report 4217, PB 19775, 1944 が戦後、同巻の論文コレクションで発表された。The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 18, pp.429-434, 1946。"George Miller, interview by author, 9 October 2001.

⑬ 科学研究開発局の研究体制については、前掲 Scientists Against Time, pp.19-25。またノットマンの報告は、Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research by Vannevar Bush, Director of OSRD, Science: The Endless Frontier (Washington, United States Government Printing Office, July 1945) を参照。

⑭ 前掲 Science: The Endless Frontier, p.4.

⑮ ただし、ノットマンの提案したNRFがNの正と負の形で実現するに当たっては、それぞれ異なる議論があった。Daniel Kelves, "The National Science Foundation and the Debate Over Postwar Research Policy: 1943-1945: A Political Interpretation of Science-Endless Frontier," *Isis*, 68, March 1977, pp.5-26。また、OSRDの軍事研究をよりエリート科学者の資金の集中投入による弊害を平時には正しくとらえる動きがあり、民主党の上院議員キルロム (Hanley M. Kigore) によつて、より民主的な科学資金配分を指向した National Science Foundation 案の作成が進められ、難産のうえに実現された。Science: The Endless Frontier, pp.15-16。

二 冷戦期のデジタルコンピュータ

(一) 通信技術との結びつき

戦後、科学研究開発局の後継機関のありようが定まらない間にも、軍は独自の研究開発助成体制を作って、研究への資金提供を続けていた。海軍は、戦争終結前から戦後の研究開発援助について計画を練っており、一九四六年に海軍研究局 (Office of Naval Research, ONR) を設立し、独自の研究機関である海軍研究所 (Naval Research Laboratory) での研究はもちろん、先端研究に資金援助していた。また、陸軍も一九五一年に陸軍研究局 (Army Research Office, ARO) を設立し、一九四七年に国防総省 (Department of Defense, DoD) が設立されるのに伴って陸軍から独立した空軍も、一九五一年に空軍科学研究局 (Air Force Office of Scientific Research, AFOSR) を設立して研究支援をした。

一九四九年に「巨大な頭脳 (Giant Brain)」を刊行したエドムンド・バークレイ (Edmund Berkeley) は、その一九六一年版で、一九四八年に最初の原稿を書き上げたときには、まだ国内で稼働しているコンピュータが六〜八台しかなかったのに、一九六〇年の時点ではかなり増えていると感慨深く記したが、まさに戦後間もなくの時期は、全米にまだデジタルコンピュータは数台しかない時代であった^①。

そうした巨大な頭脳の中でも巨大さにかけては最たるものであった、マサチューセッツ工科大学のワールウィンドは、終戦後、その巨体を維持しさらに性能向上を図る研究を続ける資金の妥当性を問われ、プロジェクトの終息を迎えようとしていた。このワールウィンドを救ったのはソビエトだと皮肉に語られる。それは、一九四九年のソビエトによる核実験の成功を受けて冷戦が本格化し、全米本土への爆撃機による核攻撃が懸念されるようになったために事態が一変したからである。

核攻撃に備えるため、マサチューセッツ工科大学の教授ジョージ・ヴァリーを中心にADSEC (Air Defense Systems Engineering Committee) が組織され、全米防空システム構築の可能性について調査を行った際、ワールウィンド計画に対して、海軍にかわって空軍が援助を続行することになったのである。こうしてワールウィンドは海軍の航空機シミュレータおよびパイロット訓練の任務から離れ、空軍のもとで防空網構築の中心となるコンピュータの雛形となった。そして、一九五二年と五三年に「コッド岬 (Cape Cod System)」と呼ばれるコンピュータを利用した警戒管制システムの実験を行う。これが後に一九五四年から、正式に「半自動警戒管制組織 (Semi-Automatic Ground Environment, SAGE)」と呼ばれることになる全米防空網構築計画の原点である。

ところで、戦後、計画縮小の憂き目にさらされていたのは、ワールウィンドだけではなかった。実は科学研究開発局の予算配分では、原爆製造のためのマンハッタン計画への二十億ドルの予算が割り振られたとき、それよりも巨額が投じられていた分野があった。当時二十八億ドルが充てられていたレーダーである。レーダーの研究開発に、科学研究開発局予算から使われた額は、実に総額百四十一億ドルにのぼる。これを一手に握ったのがマサチューセッツ工科大学に設置された放射線研究所であり、この研究所から軍に納入された大小さまざまなレーダー装置は、二十五億ドル分にもなった。レーダーは爆撃の指針を与える技術でもあるが、なにより防衛のための最重要技術でもあったため、これだけの重点的な予算配置がなされたのだった。そして実際、ドイツのレーダー開発も、陸海軍で別方式が育ってしまった日本のレーダー開発もはるかにしのぎ、アメリカは圧倒的な技術力の優位に立って、戦局を有利に進めることができた。ただし、このレーダー開発への資金投入も戦争が終結してからは平時の状態への移行期に入っていた。実は、全米防空網計画を打ち上げ、ワールウィンドに白羽の矢を当てたヴァリーは、まさに放射線研究所の関係者だったのであり、この巨大計画によって、レーダー研究とワールウィンド計画の両方の研究開発プロジェクトの命脈をつないだことになる。

こうして第二次世界大戦中、科学計算のための実用技術として軍から直接予算が投下されて育ったコンピュータ分野は、

科学研究開発局下の巨大プロジェクトであったリーダー開発と合流し、冷戦期に戦後最大の科学技術支援予算を得たのである。実際に構築されたSAGEは、ワールウィンドの改良型(Whitwind II)の設計に従ってIBMが量産したAN/FSQ-7 (Army-Navy/Fixed Special Equipment-7)というコンピュータによる情報通信システムだった。SAGEでは、全米に二十二の指令センターが置かれ、それぞれセクターと呼ばれる地域を担当していた。そして、各々のセンターに配備されたコンピュータAN/FSQ-7にその地域内のリーダーなど探知機数百からの敵機来襲情報を即時に解析させ、その結果をいち早くセクター内の基地や、他の指令センターや、上位のセンターへと通信するしくみであった。ただし、もちろん当時のコンピュータの能力ではこれらのタスクを全自動では遂行できなかったため、人力を必要としたため半自動システムとなっていたのである。^④

こうしてデジタルコンピュータは情報処理機械として通信技術と結びつくことになった。しばしばインターネットは核攻撃をさけるための分散型ネットワークとして開始されたという俗説が語られる。それは別のネットワーク計画との半ば意図的な混同による間違いであるものの、確かにコンピュータネットワーク技術は、こうしてSAGE計画内で行われた通信システムの研究に起源をもつため、核攻撃防御に関わる軍事研究が間接的に関わったと言えなくもない。しかし、メディアが、インターネットのバックボーンの源流となったARPAネットワーク関係者の度重なる否定にも関わらず「インターネットは核攻撃を避けるためのネットワークが起源だ」という主張を続けたのは、コンピュータと軍事技術との関わりを忘れてはならないという意思表示とも取れる。いずれにしても、デジタルコンピュータは戦中から戦後にかけて、確かに軍事研究予算を吸収して育った。

戦後まもなくのコンピュータ開発に割かれた軍事予算の状況は、まず海軍研究局が、計算機の基礎をなす数学への研究支援、一九四七年のコンピュータ関係の学会ACM (Association for Computing Machinery) 創設支援、それから前述の初期のワールウィンドの他、プリンストン高等研究所のフォン・ノイマンらIASコンピュータなどの先進的コンピュータ

の研究開発に支援を行った。また原子力委員会 (Atomic Energy Commission, AEC) は、IAS コンピュータにならったコンピュータを、ロス・アラモス、アルゴン、オークリッジといった国立研究所で開発をすすめ、さらに民間会社の大型コンピュータ納入先となることで、特にいわゆる超高速コンピュータの分野では、仕様についてのアドバイスも含めて産業を強力に育成していくことになる^⑤。

(二) 冷戦下の国防研究開発 SAGE の学問・産業への影響

SAGE 構築のためにマサチューセッツ工科大学にリンカーン研究所が作られたのは一九五一年のことだった。リーダー技術者たちに加えて、コンピュータ技術者たちが集まったこの研究所では、巨大な研究開発資金が与えられていたために余裕があり、コンピュータに関する先端的な基礎研究が推進されていた。そしてブッシュが「科学——その限りないフロンティア」で青写真を描いたように、基礎研究を行っている人々は積極的に研究成果の一部を学会発表したのである。ちなみに、一九五五年に開かれた合同コンピュータ会議で「学習する機械」と題されたセッションが開かれたときには、四つの発表のうち、リンカーン研究所から実に三つの研究が発表されていた。神経ネットやパターン認識の研究である。こうした研究は、リンカーン研究所の先端コンピューティング研究グループが、ワールウィンドを改良するために開発した磁気コアメモリのテスト用に開発した MTC (Memory Test Computer) 上で行われていた。メモリの稼働を試すために動き続けていたコンピュータで、それぞれ興味のあるテーマにしたがって研究を始めていたのである。当時まだ数も少なく、非常に大型で高価だったコンピュータを占有して行われたこうした研究は、第二次世界大戦中に萌した、「計算機の科学」の流れに属し、数学と工学と物理学の学際研究にあたる。また先端的コンピュータ部門では、ウェスリー・クラーク (Wesley A. Clark) らによって初期のトランジスタコンピュータが構築され、後に六〇年代半ばに「コンピュータ・グラフィックス」と呼ばれることになる画像処理分野を開拓した。こうしたリンカーン研究所でのコンピュータ研究は、一

九六〇年代末に大学で「コンピュータ科学」が教育制度に組み込まれていく際の学問的基礎と人材の提供を行ったのである。^⑥

またSAGEは産業も育てた。ワールウインドの改良型を量産するための受注争いは熾烈で、レミントン・ランド社が受注にかなり熱心だった。しかし、量産を指導するマサチューセッツ工科大学側が見たところ、レミントン・ランドは、UNIVAC部門の合併後、まだ会社として全体がまとまっていないとの判断が下され、結局、パンチカード計算機製造会社からコンピュータ製造会社へ脱皮しようとし始めたばかりだった、IBM社が受注に成功したのである。この結果、五〇年代半ばには、IBMではコンピュータ部門収入の半分以上がSAGEからもたらされることになった。しかも、マサチューセッツ工科大学の最先端技術の移転を受けたため、次第に力をつけていった。例えば、五四年に売り出したIBM704では、SAGEでの経験を生かして磁気コアメモリを搭載し、飛躍的に安定したコンピュータの製造を商用ベースに乗せた。また、SAGEの情報通信システムとしての側面を民間転用してSABREというアメリカン航空のシステムを開発。飛行機のオンライン予約システムをかなり自動化することに成功もしたのである。こうしてIBMは、五〇年代半ばごろから末にかけて、二千台近くを売ったという、当時としては大人気製品となったIBM650の成功を経て、一九六〇年代にはコンピュータ産業界トップの地位を得た。また、一九六四年に発表したシステム360の成功によってシェアは倍増し、IBMを「巨人」として、他に「七人の小人」と呼ばれる企業群（バローズ、ユニパック、NCR、コントロール・データ、ハネウェル、RCA、GEの各社）が続くという産業構造ができ上がっていったのである。^⑦

もちろん、直接の後継システムである民間の航空管制システム、IBMでの量産に際して製造部品を納めた企業群などの要素技術産業の育成なども含めると、SAGEがコンピュータ産業界に与えた影響は枚挙にいとまがない。また、先端研究をしていたグループの中から、新しいコンピュータ・アーキテクチャを産業界に持ち出して起業するスピン・オフにより、一九五七年にDEC(Digital Equipment Corporation)も生まれ、後のミニコン時代を切り開くことになる。こうし

てSAGEは、単にIBMという大型汎用機製造会社を育てただけではなく、多様なコンピュータインダストリーのスタイルを展開する産業界の広がり源ともなったのである。こうした巨大軍事プロジェクトに結集した高度な技術的成果の民間転用こそ、まさにブッシュの意図した「科学から産業へ」の技術移転に他ならない。こうしてSAGEは、冷戦初期における国防科学技術開発への国家予算配分が、国防力と産業力とともに増進させることへとつながる典型例となった。第二次世界大戦中には「応用科学」の一角に加えてもらえなかったコンピュータ技術が、こうして巨大産業を生み出しながら初期的な学問領域形成をも行ったのが、このSAGE構築時期の一九五〇年代だったのである。

(四) スプートニクショックとコンピュータ科学の発展

ソ連のスプートニク打ち上げが成功した一九五七年十月の翌月初旬、アイゼンハワー大統領は、まず、マサチューセッツ工科大学学長のジェームズ・キリアムを科学技術顧問に任命した。そして十一月末には、マケルロイ国防長官がベングトン内に宇宙開発の最先端研究を統轄する機関を設置することを発表し、この動きを受けて一九五八年二月に設立されたのが高等研究プロジェクト局 (Advanced Research Projects Agency, ARPA) である。ところが、航空諮問委員会 (National Advisory Committee for Aeronautics, NACA) を発展解消させて航空宇宙局 (National Aeronautics and Space Agency, NASA) が設立される案が浮上し、一九五九年の夏には、国防長官事務局長に一九五八年に設置されたばかりだったDR&E (Director of Defense Research and Engineering) のヨーク長官が、高等研究プロジェクト局にまとめた権限を、元々宇宙開発を推進してきた機関それぞれに戻してはどうかと提言した。国防長官直属の機関に権限を集めておきたかった大統領は難色を示したが、結局、それが無理だと悟ることになる。そして一九五九年九月には、高等研究プロジェクト局からは設立目的であったはずの宇宙開発部門が引き上げられてしまったのである。そしてケネディ政権下で、宇宙開発では航空宇宙局が中心的な役割を獲得する。そして骨抜きにされた高等研究プロジェクト局に残されたのは核実験探知、弾道

ミサイル、材料といった一握りの分野のみになった。ここへ、SAGE構築の中心となったコンピュータの研究開発グループが、一九五九年にリンカーン研究所から独立してMITREという会社を設立し、国防総省に研究支援を要請してきた。また、SAGEの操作者のトレーニングなどを担当していた西海岸のRANDから一九五七年に独立してできたSDC (Systems Development Corporation) からも同じような要請があった。さらに、一九六一年三月になりケネディ大統領が、議会で指揮・統制システムの能力を向上させると述べたのを受けて、指揮・統制システムにおけるデジタルコンピュータ活用の可能性についての報告が十一月に出された。これらを受けて、高等研究プロジェクト局が、指揮・統制システムの性能向上のために、SAGE関連の二つの会社への研究支援とデジタルコンピュータ関連の先端研究を援助することが決まっていたのである。^③

こうして一九六二年に、高等研究プロジェクト内に指揮・統制システム研究と行動科学を担当する新しい部局が作られることになった。この初代責任者に選ばれたのが、実験心理学者のリックライダーである。この部局はほどなく彼によって情報処理技術部 (Information Processing Techniques Office, IPTO) と名称変更される。ただし実際のところは、それほど期待は高くなかった。予算規模で確認すると、この新しい部局に割り当てられた年間総額一千万ドルほどの予算は、下院の国防関係の委員会の議事録によれば、高等研究プロジェクト局全体の予算額、二十二億四千万ドルからすると〇・五パーセントにも満たない。しかし、この予算規模は国防予算内でこそ小さかったが、コンピュータ関連の研究支援組織としてはけた違いに大きな額だったのである。高等研究プロジェクト局は、もともと宇宙開発に関して決定機構を簡素化した統領の意向にそって迅速な対応をするために、国防長官直属の機関として作られたため、政府機関の組織図の中ではかなり高い位置にある。その中であつて、あまり期待もされていないだけに身軽な部局であれば、比較的自由にさまざまな方針を決定し得ることになる。こうして、それなりに大きな研究予算を握ったリックライダーの助成方針は、新しく起ころうとしているコンピュータの学問分野に影響力を持ち始めたのである。^④

こうしてこの部局の重点的助成分野であった、時分割処理システムとやがてそのネットワーク、画像処理、人工知能などが「コンピュータ科学」の成立時期に重要分野として組み込まれていった。こうした部局も一九六〇年代を最後に、ベトナム戦争の長期化の影響をうけて、マンズフィールド修正法案が一九六九年の第九十一回議会で出されて、一九七〇年度以降、軍事研究の研究費は直接的に軍事に役立つもの以外は支出できないこととなったため、コンピュータ科学の基礎を築くという役割から徐々に撤退していった。^①

しかし、この一九六〇年代は、コンピュータ科学の制度化にとつてはもつとも大事な時期だった上、情報処理技術部の研究資金の成果は公共の財産とすべく積極的に学会発表が促されたため、助成されている研究者コミュニティが育ったのである。しかも、このコミュニティを育てるために、わざわざ研究代表者会議を開くなどして、相互の刺激を行わせた。科学史家のマイケル・マホーニー(Michael Mahoney)は、こうした新しい分野が学問分野として確立するためには、アジェンダ(agenda)の設定が研究者コミュニティの間で定まることが必要で、これが自律的に更新されていくようになるとその分野は成立すると述べている。アジェンダとは、合意された「何をなすべきか」のことで、何が答えられるべき課題で、何が解決しなければならない問題事項で、どれから順に解決してゆくべきで、何が難しく、答えがでたらどうなるのが共通認識になっているものをいう。この概念に沿うならば、情報処理技術部がおこなったのは、まさにコンピュータ科学という学問分野が成り立つ際のアジェンダ設定の促進だったと解釈できるのである。^②

そして、このコミュニティを育てる活動の延長に、コミュニティのリソース共有を図るネットワーク構築が行われたが、この時の分割処理システムとそのネットワークこそ、ARPAネット、つまり後のインターネットのバックボーンのひな型をつくったネットワークだったのである。

① Edmund Callis Berkeley, *Giant Brains: Or Machines that Think* (New York, New York, Science Editions, 1961) p.256.

② 海軍から空軍へとスポンサーが変化したことについては Jay W. Forrester, "Whirlwind and High-Speed Computing," as the Appen-

まとめに

最後に航空・宇宙開発に関わったコンピュータ技術について少し触れることにしよう。これまで触れてこなかった分野に飛行機やロケットに搭載する小型計算機の分野がある。飛行物体に搭載する場合の計算機械の条件は、なんととっても小さいことであった。第二次世界大戦後、特に、スプートニクショック後には宇宙に何かを飛ばすことがアメリカの悲願となり、ミサイルにもより高度な誘導方式が必要とされてきていた。そこに一九五〇年代末に集積回路技術が開発された。もつとも一九六〇年代初頭においては、集積回路だけが回路を小さくできる可能性を示していたわけではなく、他にもいろいろ新しいアイデアがひしめいていた。そのなかで集積回路が残っていったのである。そして、まず、ミニットマンミサイルの慣性誘導用コンピュータとして小さなデジタルコンピュータが搭載され、その後、アポロ計画にも集積回路の採用が決まっていた。そして実際にアポロには四台のデジタルコンピュータが搭載された。すべてプログラム内蔵式のデジタルコンピュータであり、発射時に軌道に乗せるまでを行うコンピュータ、航行中の誘導を行うコンピュータ、月での着陸を行うためのコンピュータ、またその月着陸用コンピュータのバックアップに入って宇宙飛行士の行動を補助するコンピュータであった。こうしたコンピュータのすべてに集積回路を使うため、航空宇宙局は集積回路技術の洗練に非常に大きな役割を果たし、一九六三年までに作られたほとんどの集積回路はアポロとミニットマンのために作られたと云って過言ではない^①。

ここで、私たちは奇妙な事実遭遇する。

一般的な歴史認識では、IBMが作っていた巨大な汎用大型計算機は、確かに軍事技術から生まれ、巨大資本と結びついていたのであり、一九七〇年代のカウンターカルチャーから生まれたパソコンは、そこからの解放を意味していたのではなかったか。しかし実際のところ、その小さなコンピュータを、一般的消費者のもとに届けるための集積回路技術は、

こうしてロケットやミサイルの誘導技術のために洗練されたものだった。

この時期までのコンピュータのハードウェアは、どこを切つても軍事技術による洗練とその一般化という流れから逃れ得ない。

高等研究プロジェクト局のコンピュータ科学の基礎研究への支援が終焉を迎えたころ、それが議会から来たのでなかったにしても、はじめに触れたように大学の中ではペンタゴンから研究資金を得ることへの後ろめたさが生じていたため、やがて研究者からも拒否されかねない状況だった。しかし、ちょうどそのころ、集積回路産業も航空宇宙局からの資金投与で十分に育ち始め、コンピュータ産業も軍事産業との関わりで培った基礎技術を民間転用し始めた時期でもあった。

こうして世の中からの「科学・技術の戦争協力」への批判が高まるころ、デジタルコンピュータ技術は、軍事予算による揺籃期を過ぎ、学問の世界と、ビジネスの世界に羽ばたいていくことになったのである。しかし、これこそが「国力としての科学技術」のありようなのであり、第一次世界大戦後のラジオ技術のように、人々の生活へと技術が入り込んでいく構図そのままである。以後、戦後は今日に至るまで、コンピュータ関連分野においてアメリカの優位が揺らいだことはない。

① 前掲書 Ceruzzi, *Beyond the Limits*, pp.80-111.

ease anti-Japanese sentiments among the Chinese students in Tianjin.

After the Sino-Japanese War broke out, Okabe set up a sports organization in Tianjin, and then moved to Beijing to take up a post at the National Normal University. In the area of North China occupied by Japan, quasi-official sports organizations held various sporting events as part of the occupation policies. Okabe felt that these events were too political and that sports were being exploited by the military authorities. *In the end the military paid little attention to cultural projects.* Okabe was disappointed at the gap between the ideal and the real, and faded away from sporting circles in Beijing.

In Japan, especially after the Japan Olympic Committee relinquished the right to host the 1940 Olympic games, state-oriented, nationalistic sports came to the fore, and many Japanese youths were compelled to join in the struggle on the battlefield. Thus, sports served the war effort both inside and outside of Japan. This was not, however, the result of oppression of the Japanese military, but that of a willing, active response to the war by Japanese sportsdom. Nevertheless, the relation between war and sports was complex because the Japanese military promoted martial arts and gymnastics but rejected other sports. This military's attitude toward sports produced an image of sports as a victim and concealed that of victimizer.

Technology and War:
Digital Computer Technology from World War II to the Cold
War Era in the United States

by

KITA Chigusa

This paper provides an overview of the relationship between computer technology and war during World War II and the early Cold War era. In doing so, it develops three themes, namely the development of civilian technologies as a result of military tensions, conflict, and strategy; the articulation of technical goals and objectives resulting from the mobilization and integration of scientific and engineering knowledge systems; and the broad relationship between federal research expenditures and technological innovation.

On this basis, the paper examines the development of digital computers, primarily in the United States. The first case is about the Electronic Numerical In-

tegrator and Computer, ENIAC. As Mitchell Marcus and Atsushi Akera pointed out in their paper “Exploring the Architecture of an Early Machine: The Historical Relevance of the ENIAC Machine Architecture,” ENIAC was not developed as a realization of theory, but a compound of practical choices of relevant technologies optimized for the military need of the time. The second case, the British Bombe (along with various other wartime digital and analog computers), utilized analog devices to implement fast computational procedures also to meet narrow military needs. Chikara Hoshino pointed out in his book, *Yomigaeru Turing (Recalling Turing)*, that the decision to use analog devices was essential to the overall conceptualization of the apparatus. Through these instances, it is clear that wartime efforts to develop computers were not derived from any formal theory of computers or computation, but from the practical need for doing computation in military fields such as exterior ballistics, code-breaking, and hydrodynamic simulations. Nor did this wartime work bring most practitioners to theorize about “digital computers.”

A significant exception was John von Neumann and his famous description of the fundamental architecture for digital computers. As a mathematician, von Neumann pursued various applied mathematics projects for the military, but began to develop a profound interest in theorizing computing machines through his wartime activities. Indeed, von Neumann was a symbolic figure who transgressed the boundary between pure and applied mathematics, and through no coincidence, the practice and theory of computational machines. It was during the war that the general belief in the distinction between science and technology as discrete spheres of activity became blurred as a whole through the fact that many scientists were mobilized for applied, military projects. This blurring continued into the postwar period as the technological fruits of war were declassified and aggressively promoted for peaceful purposes. This technology transfer of what we would now call “dual use technologies” was an explicit policy of the Office of Scientific Research and Development (OSRD), the science mobilization agency directed by Vannevar Bush. In his *Science: The Endless Frontier*, published in July 1945, Bush clearly foresaw the need for the broad circulation of knowledge across the military and civilian spheres amidst the postwar expansion in peacetime federal research expenditures. For Bush, “Scientific Manpower” meant both scientists and engineers. His usage of “science” in his visionary report as OSRD Director called for fundamental research in both pure and applied science (e.g. engineering) as a means of systematically augmenting the U.S. national potential for radical technological advances, both military and civilian.

After the war, in the 1950s, the knowledge and community of practitioners sur-

rounding digital computers were gradually institutionalized into existing academic fields. During this embryonic phase of computing as a new interdisciplinary field, those involved with digital computers interacted with those from adjoining fields such as communications, control theory, and telecommunications engineering. A prime example of the fruits of this interdisciplinary exchange, and one that again spanned the military and civilian sectors, was the SAGE (Semi-Automatic Ground Environment) air defense system developed through heavy funding by the Air Force. Despite its clearly defined military purpose, the civilian spinoffs of this technology were astounding. In addition to opening up the area of computer networking that provided a foundation for today's Internet, work on the SAGE air defense system contributed extensively to the development of new manufacturing methods and knowledge, which contributed substantially to IBM's subsequent commercial success. Then in the wake of Sputnik, the Defense Department created the Advanced Research Projects Agency (ARPA). While originally conceived of as a way to centralize all space systems R&D efforts, when this function was absorbed by the National Aeronautics and Space Agency (NASA), ARPA redefined its mission around the notion of military command and control. Digital computers emerged as an important cornerstone for this work. ARPA's expenditures in computer research (both hardware and software) represented a significant portion of its overall budget, and this funding in turn transformed computing through the development of time-sharing systems, computer graphics, artificial intelligence, networking, and the development of academic computer science itself.

The other federal agency whose work spanned military and civilian interests, and whose expenditures fueled other fundamental advances in digital computer technology, was NASA. In the wake of Sputnik, NASA's investments as well as mission specific requirements led to the miniaturization of computer systems and the development of more specialized digital (and analog) electronic systems. Especially during the early 1970s, the research and procurement bankrolled by NASA contributed significantly to the development of the U.S. semiconductor industry. Protests against the "military-industrial-academic complex" became intense during the same period, leading the military to again redefine its R&D mission around more narrowly defined military interests. Ironically, this curtailed the military's ability to contribute to civilian technologies. But by then, military research had laid a firm foundation for the U.S. digital computers industry and for academic computer science research. In this way, this paper demonstrates how the development of computer technology, born out of the military necessities of the "endless frontier," produced both the technological foundations and the industrial infrastructure necessary for the continued and phenomenal expansion of computing within

the civilian sector.

The Transformation of Arguments on War Experience
and “Liberal Artsism”: Postwar History of the Reception
of *Wadatsumi no koe*, Accounts of Fallen Japanese College Students

by

FUKUMA Yoshiaki

This paper analyzes the transformation of public opinion on war experiences by examining how *Kike Wadatsumi no koe* (*Listen to the Voice of the Sea God*), a collection of essays left by the Japanese college-student soldiers who were killed in the war, has been received in postwar Japan.

The Press Department of Tokyo University Cooperative (Toudai Kumiai Shuppanbu) published *Kike Wadatsumi no koe* in December 1949. It became a best seller in the following year. Moreover, it continued to be widely read, and regarded as a classic of writings on the Pacific-War experience. But, why were Japanese in general deeply impressed by the essays of an elite such as these college students?

This collection of essays attained the status of “classic” in the 1980’s, not at the beginning of post-war era. A new edition was republished in 1959 as one of the Kappa Books, a series of popular paperbacks published by Koubunsha. Then in 1982 an Iwanami Pocketbooks (Iwanami Bunko) edition of the book was published. A transformation in public opinion regarding *Kike Wadatsumi no koe* emerged, and the connection between narratives about war and intellectual culture (*kyouyou*) could be visible.

Iwanami Pocketbooks is a series of international classics. The works were the key media of “liberal artsism” (*kyouyou shugi*) of prewar and postwar Japan. The series includes many classics written by great philosophers such as Socrates, Plato, Descartes, Kant, and Kitarou Nishida. Why then were the writings of college students who had not even completed their studies included in such a series?

On the one hand, when *Kike Wadatsumi no koe* was first published in 1949, some people criticized the writings of the fallen students from the viewpoint of “liberal artsism.” Older intellectuals, who had experienced the liberalism or Marxism of the Taishou era in their youth, felt that the writings of students were lacking in terms of intellectual culture of the liberal arts (*kyouyou*). The essays of the college-student soldiers, who had received a higher education during the period