

Agatha C. Hughes and Thomas P. Hughes (ed.),
Systems, Experts, and Computers. The Systems
Approach in Management and Engineering, World War
II and After.*

後 藤 邦 夫**

第2次世界大戦中の軍事技術開発というと、マンハッタン・プロジェクトがあまりにも有名であるが、実際に戦争の行方に与えた影響の大きさでは、オペレーションズ・リサーチ、システム・アナリシス、システム・エンジニアリングなど、ソフト・テクノロジーの領域での新しい技術の開発と導入がはるかに勝っていた。とくに1940年—41年というアメリカ参戦以前のヨーロッパ戦線におけるオペレーションズ・リサーチの最初の適用例となったイギリスの対空防衛システムと対潜水艦作戦の成功は決定的であり、その後の連合国側の作戦指導に大きな影響を与えた。

その成果は戦後の冷戦体制下における多様な活動にも当然影響を与えた。軍事に対してはもちろんのこと、通常の工学分野から「経営工学」や「社会工学」に及ぶ諸分野の基盤技術として、「システム技術」は広く重視された。こうして、「システム」という概念や「システム工学」の手法は、もはや定着しているといえるだろう。

ところが、少し視点を変えると、「システム技術」は「計画技術」と同様、戦時期や冷戦期の集権的体制における目的指向のトップダウン型の管理技術である。その前提には、異質なサブシステムの集団をある目標の達成に向けて人為的に操作することが可能であるという思考様式がある。いわば、それは戦時期と冷戦期において「社会的に構成された技術」である。

一方、最近のトレンドは「複雑系」や「カオス」、あるいは「環境」や「市場」である。いずれも「人為による操作可能性」の範囲からは逸脱した性格をもつ。もちろんそれらの「シス

* 2001年7月14日受理

** テキサス大学オースティン校 IC²研究所上級研究員・桃山学院大学名誉教授

テム」も均衡、安定、分岐といった大域的性質を示すことが理論的に予測可能であるが、現実には個々の変数に対する人為的制御の限界がむしろ強調される。そこでは在来のシステム技術に対する限界認識が新たに構成されるといえるかもしれない。

ここで取り上げた書物は、おおむねこの後者のような立場に基づき、広義のシステム工学の社会史を個々の具体的なプロジェクトに関する詳細な研究を連ねて描いたものである。もともとなったのはMITのDibner Instituteで開かれたシンポジウムにおける報告で、Dibner Institute Studies in the History of Science and Technologyの一冊として刊行された。編者のひとりThomas P. Hughesはこの分野の優れた研究者で、とくに1987年に刊行され構成主義的科学技术論を広めた次の本の編者のひとりとして知られている。

Wiebe E. Bijker, Thomas P. Hughes, and Trevor Pinch (ed.), *The Social Construction of Technological Systems*, 1987, MIT

この本の51-82ページにはHughesの“The Evolution of Large Technological Systems”という論文が掲載されており、その冒頭で彼のシステム概念が説明されている。それは、ここでわれわれが扱おうとしている書物全体の中で彼自身だけでなく他の執筆者によってもたびたび引用・言及されており、いわば共同研究の共通のベースになっている。したがって最初にそれを出来るだけ簡単に紹介しておこう。

Hughesによると、技術的システムは「錯綜した複雑な問題解決的な構成要素」を含んでいるが、それらの構成要素は、通常考えられる物理的な人工物ばかりではなく、以下のようなものも含まれるとする。

- 1) 生産工場、公益企業、投資銀行などの組織。
- 2) 関連する書物、論文、大学教育、研究プログラムなど、科学的な内容をふくむ知的システム。
- 3) 資源や人工物の利用において役割を果たす法律などの制度的システム。

2) や3) は、最近では新たなインフラストラクチャとして捉えられることが多いが、ここでは、横並びにサブシステムとして扱われる。

ここまで拡張されたシステム概念はBertalanffyやParsonsのシステム概念に比べると粗削りであるが有用であると彼は主張する。それが社会的に構成されたものであり、さらに社会のサブシステムでもあるという主張は一応よく理解できる。

以下、集録された論文を順に内容の簡単な紹介を含めて列挙しておく。

Thomas P. Hughes and Agatha C. Hughes, “Introduction”.

二人の編者による研究の趣旨と個別の論文の要を得た紹介である。同時に、本書のもともとなったシンポジウムで提起された反論や討論も簡潔に紹介されている。

彼らによれば、第二次大戦後の1950年代には流行を極めたオペレーションズ・リサーチやシ

システム工学は1960年代に入ると一旦は下火になり、L. B. Johnson 大統領（1965—69）の「偉大な社会」の構想のもとで再び隆盛を見た。しかし、ベトナム反戦と大学キャンパスにおけるカウンターカルチャーの興隆とともにはや過去のものになったとみなされる。それでは、システム論的思考は完全に無用になったかという、そうではない。むしろ、19世紀末に形成され20世紀初頭に流行したテーラー主義のなりゆきと同様、よりフレキシブルで多様な形態の活動の中に生き残ってゆくだろう、というのが彼らの結論である。

1. David A. Mindell, “Automation’s Finest Hour: Radar and System Integration in World War II”.

この論文のテーマは、MITのRadiation Laboratoryにおけるレーダーと連結した射撃管制システムの開発である。主役はIvan Gettingであり、関連してVannever BushやNobert Wienerなどの有名人も登場する。場所は主としてMITのRadiation Laboratoryである。自動制御機能をもった射撃管制システムを人間の目と望遠鏡という光学的探査装置と結合させた兵器は早くから存在した。「目と望遠鏡」をレーダーで置き換え、一段と自動化のレベルを上げるという着想は1930年代にさかのぼる。陸軍が開発したレーダーSCR268をスペリー社の射撃装置M-4と結合させたものがそれである。そこから始まって、マイクロ波を使ったレーダーがイギリスから導入され、最終的にSCR584とM9の組みあわせで近接信管を装着した機関砲弾を発射する型式が完成した。それが第二次大戦末期にドイツ軍のV1号による空襲の阻止に役立つところまでの複雑な成行きが記述されている。

ここで強調されているのは、この種のシステムの構成に関するIvan Gettingの見解と役割である。彼は、システムは決して部分の総和ではなく、人間や組織をも含めたホリスティックな総体であることをよく理解していたというのである（本書とは直接の関係はないがThomas Kuhnが学生時代に動員されていたのがMITのRadiation Laboratoryであった）。

2. Erik P. Rau, “The Adoption of Operations Research in the United States during World War II”.

大戦初期のイギリス本土防衛でオペレーションズ・リサーチが成功を取めたのは、J.D. BernalやP.M.S. Blackettの活躍によることはよく知られている。当時、親ソ的な社会主義者として有名であった彼らの戦争の現場への接近は比較的スムーズに行われ、それが成功の理由の一つであった。社会主義者として、学者の現場労働への参加や組織的实践に対する抵抗が少なく、さらに国家による計画的行為としてのオペレーションズ・リサーチは社会主義のイデオロギーとも一致していたのではないかというのである。ところが、同じオペレーションズ・リサーチをアメリカで実施しようとする、当時の戦時科学動員の指導者たち、BushやConantのリベラリズムが事態を複雑にしたという。彼らは科学者のコミュニティは軍事システムとは常

に一線を画すべきだという意見の持ち主であり、OSRDのプロジェクトを主導した際にもその考えを変えなかった。彼らはオペレーションズ・リサーチの成功の条件である「戦場における軍人と科学者の共同作業」には賛成しなかった。このあたりの話題が太平洋戦線における導入の苦労話とともに語られる。Hughesの広いシステム概念の有効性を示すことになっている。

3. Stephen B. Johnson, "From Concurrency to Phased Planning: An Episode in the History of Systems Management".

戦時期のマンハッタン・プロジェクトでは、シカゴ大での原子炉開発とハンフォードのプルトニウム生産炉、オークリッジのウラン濃縮工場、ロス・アラモス国立研、その他複数の国立研究機関や大学が同時並行的に研究開発を実行し短期間に目標を達成した。このようなコンカレントな開発は、ある程度まで既知の要素技術のシステムの結合として周到に計画され実行される。それはソ連とのミサイル開発競争や宇宙開発競争において威力を発揮し、具体的な管理手法も確立された。しかし、それは時間との戦いに勝つことを目標とし金に糸目を付けない方策であった。

Kenedy政権に登用されたMcNamara国防長官の役割のひとつが増大一方の国防費の効率化であった。そこで導入されたのがPhased Planningである。Phase 1で要素技術の評価を含む開発戦略やフィージビリティを確認し、Phase 2で実施に入るという、ある意味で旧いシーケンシャルな方式に戻る印象を与えるが、未知の要素を多く含むテーマではむしろ効率的だといわれ、やがてNASAの主流的手法となりヨーロッパにも移転した。その経過をシステム・マネジメントの観点で扱ったのが、この論文である。

4. Glenn Bugos, "System Reshapes the Corporation: Joint Ventures in the Bay Area Rapid Transit System, 1962-1972".

サンフランシスコやバークレーを仕事で訪問した人々が必ず利用する湾岸高速鉄道BARTの開発においては、複数の地方政府と企業のコンソーシアムに加え、市民の参加を含んだ高度なジョイント・ベンチャーが形成された。そのような異質な組織を構成要素とするシステムのマネジメントの経験の歴史である。結論にあたる節はThe Postmodern Turnと題され、在来型の上下関係に基づく管理システムが、複雑な相互依存型サブシステムからなる大形システムのマネジメントに移行する必然性と展望が述べられる。

5. Gabrielle Hecht, "Planning a Technological Nations: Systems Thinking and the Politics of National Identity in Postwar France".

現代のフランスの政治家、企業家、官僚がエリート・テクノクラートであり、その意味で一種のテクノクラート支配が見られるといわれている（かつて官僚主導の「フランス型資本主義」は

日本の通産官僚の間でも人気があった)。「計画化」に高い評価を与えた左翼とド・ゴール派の連合政権から始まる戦後フランスの政治の変遷とテクノクラート支配と民主主義をめぐる論争史とを織り交ぜて述べたのがこの論文である。テクノロジーと政治の境界が次第にあいまいになり、やがて消滅する状況が到来したことが強調される。

6. Donald MacKenzie, “A Worm in the Bud? Computers, Systems, and the Safety-Case Problem”.

ソ連の原爆搭載爆撃機による北方からの攻撃の可能性に直面して、空軍はMITのWhirlwind Projectに望みを託し、その成果はSAGEとして結実した(このテーマについては本号所載の「研究展望」を参照)。ところが、SAGEのソフトウェアがケタ違いに複雑であったため、発足時以来、大量の熟練したプログラマを常時動員し、全面核戦争に発展しかねない不測の事故を防ぐために装置に張り付けておかなければならなかった。それは、当時は戦略防衛システムに固有の特殊な困難と思われたが、1964年のIBM360以来、コンピュータによる大型システムの操作が日常化し、困難も普遍化すると思われた。こうしてNATOのガルミッシュ会議が開かれ「ソフトウェア・クライシス」の重要性が浮かびあがる。筆者のMacKenzieは、この間の事情を詳細に論じ、ソフトウェアを作成する工学的手法が確立されていないことを含め、この危機が原理的に克服できないことを論証しようとする。現在、この結論には異論もあろう。ただ、ソフトウェアに関わる労働の拡大傾向は止まらず、決して「無人化」には向かっていないことは事実であろう。なお、MacKenzieは構成主義の論客として知られ、アメリカ社会学会のマートン賞など多くの賞を得た著書*Inventing Accuracy*は邦訳が進行中であると聞く。

7. Atsushi Akera, “Engineers or Managers? The Systems Analysis of Electronic Data Processing in the Federal Bureaucracy”.

アメリカ政府の官僚機構はニューディールと第2次大戦を経て拡大するばかりであった。戦後Hoover委員会が「行政改革」を打ちだし、1953年発足のEisenhowerの共和党政権がその方針を進めたころ、コンピュータによる電子情報処理EDSが役立つと考えた人々があった。ニューディール時代に発足した社会保険庁Social Security Officeと今世紀初頭に設立された国立標準局National Bureau of Standardsのメンバー達である。ところが、1957年のスプートニク・ショックが冷戦体制の強化と政府機関の肥大を招いたことによって、EDSの役割も変化する。この間の事情を後者すなわちNBSにおけるElizabeth Mary StevensとSamuel Alexanderの活動と役割を中心に記述し、組織というシステムの変化における個人の行動や役割に対して社会学的考察を加えたのがこの論文である。

8. Paul N. Edwards, "The World in a Maschine: Origins and Impacts of Early Computerized Global Systems Models".

ローマクラブの「成長の限界」(1972)は世界的なベストセラーとして1970年代の環境危機やエネルギー危機の時代に大きな影響を与えたが、この章はそのような「世界モデル」の形成史である。「世界モデル」には、大別して気象の数値予報のような「数値シミュレーション・モデル」と「成長の限界」で有名になった「システムダイナミクス・モデル」の2系統があった。前者は von Neumann が ENIAC などの初期のコンピュータを用いて軍用の気象予測のために推進したもので、完全に冷戦期の軍事目的の研究であった(流体力学の数値解析として核爆発のシミュレーションと同型であることを彼は熟知していた)。しかし、国際地球年 IGY から1972年の国連環境会議にかけて、地球温暖化ガス問題のような国際協力を必要とする課題に発展する。一方、Whirlwind Project の立役者として冷戦に貢献した Jay Forrester はその後同じ MIT の Sloan School に転じ、1961年、Industrial Dynamics でビジネスサイクルが企業活動の内部のメカニズムに原因があることを立証して注目を浴びた。同じ手法で1969年には Urban Dynamics を発表、そして有名な World Dynamics で脚光を浴びる。いずれも、軍事研究に端を発し、コンピュータを活用し、そして国際協力の領域に出てゆく。その様子がモデルの特徴や問題点を含めて歴史的に分析されている。

9. David A. Hounshell, "The Medium is the Message, or How Context Matters: The RAND Corporation Builds an Economics of Innovation, 1946-1965".

アメリカの初期のシンクタンクの代表である RAND は、ダグラス航空機の一部門として空軍の仕事を受け負っていた関係で、軍事に関するテーマをシステム工学的手法で扱うことを仕事の中心にしていた。同時にそこでは「技術変化の経済学」をテーマとする経済学者のグループが活動しており、彼らは必ずしもシステム工学一辺倒ではなかった。とくに Richard Nelson と Kenneth Arrow は1957年のスプートニク・ショックを受けて、「市場の失敗」が研究開発費のミスアロケーションを生じさせ、アメリカの基礎研究(ひいては軍事技術)の後退をもたらしたとして当時の経済政策を批判した。彼らの研究は、厚生経済学に関連して市場均衡が福祉極大を達成できるという新古典派的パラダイムへの批判をも含み、公表されて高く評価された。そして、基礎研究への国の支出の拡大を正当化する根拠を提供した。資料は極めて豊富で、当時の RAND の活動やアメリカの経済学の潮流について新たに知るところの多い論文である。

10. David R. Jardini, "Out of the Blue Yonder: The Transfer of Systems Thinking from Pentagon to the Great Society, 1961-1965".

これも主役は RAND であるが、1961-1965は、Kennedy 政権で登場した McNamara 国防長官の任期でもある。空軍と密接な関係にあった RAND はその支配下で技術的テーマを専ら扱

う状況から脱して、保有するシステム技術を他分野に生かそうとしていた。しかし、この方式の軍事全般への活用は、問題の単純化によってベトナムにおける失敗をもたらした。同時に、「ニュー・フロンティア」から「偉大な社会」にかけての社会政策の拡大の中で、適用の範囲を拡大させ RAND の転換を促した。この報告は、歴史記述とともに、システム工学の社会政策への適用の可否をもめぐる論点を提供する。

11. David Dyer, “The Limits of Technology Transfer: Civil Systems at TRW, 1965-1975”.

TRW はクリーブランドの自動車と航空機の部品メーカーであった Thomson Products とロサンゼルスで空軍の弾道兵器開発に従事していた Ramo-Wooldrige Company が1958年に合併してできた会社である。冷戦下で航空宇宙部門の企画と生産に社の活動を集中していたのは当然であるが、次第に民生部門に進出してゆき、連邦航空局の巨大で複雑なプログラムやアトランタ・オリンピックの警備システムなど、非軍事部門の情報システムの構築と保守などを手掛けるに到った。この間に、多くの企業（その多くは情報関連）を合併し、同時に多数のベンチャー企業を生み出した。この活動を詳細に追ったのがこの報告である。強調されているのは、軍事システム技術の民生移転だけではなく、技術マネジメントの重要性である。評者にとっては未知の領域であったが、冷戦期から冷戦後まで生きたハイテク企業論としても興味ある記述である。

12. Arne Kaijser and Joar Tiberg, “From Operations Research to Future Studies: The Establishment, Diffusion, and Transformation of the Systems Approach in Sweden, 1945-1980”.

スウェーデンにおけるオペレーションズ・リサーチの発展史である。第二次大戦中に中立を守り、冷戦下でも非同盟中立を守ったスウェーデンは国産兵器による強力な軍備でも有名である。イギリスの教訓は戦後直ちに導入されたが、1948年、第二次大戦中にイギリスの OR チームの中心であった Blackett がノーベル物理学賞を受けるためにストックホルムを訪れた際、スウェーデンの科学者と軍関係者に対して行った講習会が大きな刺激を与えたという。その後の軍と産業界におけるオペレーションズ・リサーチへの取り組みの歴史と、未来学への発展が述べられる。

13. Harvey Brooks and Allan McDonald, “The International Institute for Applied Systems Analysis, the TAP Project and the RAINS”.

14. Roger Levien, “RAND, IIASA, and the Conduct of Systems Analysis”.

本書のもとになったシンポジウムでは、オーストリーのウィーン郊外のラクセンブルグに1966年似設立された「国際応用システム解析研究所」IIASA に関するパネル討論が行われた。

座長もパネリストも、かつて IIASA で指導的立場にあったあ人々であり、RAND と IIASA の両方で仕事をした Roger Levien もいた。そのパネルに基づいて書かれた 2 本の論文が収録されている。

例のキューバ危機で米ソは核戦争の危機を乗り越え、冷戦は緊張緩和の時期に入る。その象徴として、Johnson 大統領がソ連と協力して設立に漕ぎ着けたのが IIASA である。実際に事に当たったのは、Kennedy プレインのひとり、McGeorge Bundy, Kosygin ソ連首相の義理の息子 Jermen Gvishiani らである。研究所の運営は、したがってソ連とアメリカの協調を軸に進められてきた。Harvey Brooks と Allan McDonald の論文は、設立をめぐる複雑な経過と国際的で学際的な共同研究のテーマ選択とそれらの成果について報告している。地球環境問題やエネルギー問題は 70 年代以降の一貫したテーマであった。「石油危機」の時代に評者もその一端に触れた。温暖化による気象変動のシミュレーションや低温での水の熱分解による水素の生産などに注目した。冷戦後の現在も IIASA は健在で、現代世界における様々な「変化」をテーマにしているという。

Levien の論文は双方で活躍した人物の目を通した RAND と IIASA の比較論で、性格や目的の大きな相違を越えて将来のシステムの研究の教訓を引きだしたいという思いで書かれている。論点は豊富でよく整理されているが多少「きれいごと」に見えるのは致し方ないであろう。

15. Lily E. Kay, "How a Genetic Code Became an Information System".

20 世紀後半の最大の発見のひとつは細胞核の DNA の塩基配列が生物の遺伝情報のコードであるという事実が解明されたことである。さらに歴史的時間を要すると考えられていた人間の遺伝情報の解読も短期間に終了しそうな勢いである。X 線による構造解析などの物理学の手法と並んで、原理的レベルと実際の解読作業の双方で情報システム科学が果たした役割は大きい。ところで、情報科学の基礎となるシャノンの情報理論が扱うのは、意味論的側面を捨象した形式としての符号の集合の構造や統計的性質である。その意味では、生命の根源を情報システムとして扱うという成果の前提には、冷戦期のテクノサイエンスであるシステム工学的な自然観や社会像がある、というのが報告者 Kay の意見である。

以上の論文はいずれも相当な力作であり文献や註も完備している。従来、断片的に伝わっていた多くの事実は、Hughes のシステム概念の視点で整理され、われわれはよい見通しを得ることが出来る。また、一般的な科学論としては簡単には受容し難い社会的構成主義の科学技術論も、この領域の具体的な記述を通すことによって、確かに意義を持つことも理解できる。

ただ、本書の中心は、第 2 次大戦期と冷戦期の軍事技術の社会史であり、産業分野や公共部門への移転は重視されているが、システム技術やコンピュータ技術そのものの歴史ではない。したがって、本書を読んだだけではシステム工学やコンピュータ科学の知識やその学説史に関

する知見を得ることは出来ない。社会史的知見だけでシステム工学の歴史をマスターできないことは当然である。もちろん、社会史と「内的技術史」の双方を1冊に含めた記述は絶望的に困難であることは理解できる。そのことを必要とする読者は、たとえば、以下のような文献によって工学理論としてのシステム論の論理構造や内的な歴史についての認識を補うことが出来るであろう。

George J. Klir, *Facets of Systems Science*, xvi + 664, Plenum 1991.

ニューヨーク州立大学大学院の一般システム論のテキストとして準備されたもので、前半の200ページが基礎概念と簡単な歴史的解説、後半が35篇の主要文献からの抜粋である（授業では、このほかに古典である Bertalanffy の *General System Theory* と Ashby の *Introduction to Cybernetics* を学生たちに読ませたという）。

- * Agatha C. Hughes and Thomas P. Hughes (ed.), *Systems, Experts, and Computers. The Systems Approach in Management and Engineering, World War II and After*, pp. 513, MIT Press, 2000. ISBN 0-262-08285-3