

# 広範囲調査分析

Project Manager

齊藤 孝祐 上智大学総合グローバル学部准教授

Project Member

岩城 洋子 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー  
大村 崇 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー  
奥田 将洋 科学技術振興機構研究開発戦略センター 研究員  
上砂 考廣 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー  
川井 大介 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー  
近藤 賢郎 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー  
佐藤 真央 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー  
滋野井 宏記 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー  
土屋 貴裕 京都先端科学大学経済経営学部 准教授  
中山 衣美子 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー  
部谷 直亮 慶應 SFC 研究所 上席所員  
村野 将 ハドソン研究所 研究員

# 目次

第1章 概要	2
第2章 重要新興技術 20分野	8
第1節 コンピューティング技術 (Advanced Computing)	8
第2節 次世代工業材料 (Advanced Manufacturing Materials)	28
第3節 高度ガスタービン技術 (Advanced Gas Turbine Technology)	54
第4節 先進製造技術 (Advanced Manufacturing)	66
第5節 高度センシング・ネットワークセンシング・ステルス技術 (Advanced and Networked Sensing and Signature Management)	75
第6節 原子力エネルギー技術 (Nuclear Energy Technologies)	104
第7節 AI 技術 (Artificial Intelligence)	124
第8節 自律型システムとロボット (Autonomous Systems and Robotics)	133
第9節 バイオテクノロジー (Biotechnologies)	157
第10節 通信・ネットワーク技術 (Communication and Networking Technologies)	172
第11節 指向性エネルギー技術 (Directed Energy)	190
第12節 フィンテック (Financial Technology)	202
第13節 ヒューマンマシンインターフェース (Human-Machine Interface)	223
第14節 極超音速技術 (Hypersonics)	231
第15節 量子情報技術 (Quantum Information Technologies)	247
第16節 再生可能エネルギーの生成と貯蓄 (Renewable Energy Generation and Storage)	253
第17節 半導体とマイクロエレクトロニクス (Semiconductors and Microelectronics)	279
第18節 宇宙技術とシステム (Space Technologies and Systems)	304
第19節 サイバーセキュリティ	326
第20節 医療・公衆衛生	334
第3章 まとめと示唆	344
参考文献	359

# 第1章 概要

## 第1節 調査の目的

米中対立の激化によりグローバルな相互依存状況が経済安全保障上のリスクとして認識されるようになり、各国は政策的な対応を急速に進めてきた。と同時に、2022年度にはじまったロシアのウクライナ侵略を受けて、経済安全保障上の課題として対ロシア関係を考慮することへの問題意識も高まっている。とりわけ、科学知の生産や技術開発のための能力を確保することは、今日の先端技術競争においてその重要性を高めている。

経済安全保障が、単に経済や科学技術といった分野における競争を意味するのではなく、その発展による国際的な地位の維持・向上や、あるいは逆にその喪失をつうじた社会的・経済的・軍事的価値への悪影響を意味するのだとすれば、①そもそも問題となっている新たな科学知や技術群はいったいどのような用途が想定されるものなのか、そのうえで、②当該技術が喪失する、ないしそれを梃子に外国からの影響力が行使されるリスクをいかに見積もるか、ということ考察する作業が必要となろう。

このような問題意識を踏まえ、広範囲調査では深掘調査と異なるかたちで、オープンソースに基づく調査を中心に重要とされる新興技術群の全体像をつかみ、そのなかで各技術分野における国内外の動向やそこでの日本の立ち位置について検討した。加えて、広範囲調査では各技術領域に閉じた分析だけでなく、可能な限り技術領域間の相互関係をつかむことも視野に入れた分析を実施した。このような分析は、現在の技術の多くが単独で存在しておらず、複数技術の組み合わせ＝技術パッケージとして実用化されていく側面に着目することを重視する立場に基づく。具体的な作業実施項目は以下のとおりである。

### (1) 対象技術に関する用途・社会的影響・リスクシナリオ分析

経済安全保障、また、それと密接に関連する軍事安全保障における重要技術は数多く存在するが、戦略的なインプリケーションを考察するに際しては、まずこれらの技術がいかなる用途またはその想定のもとで開発・利用されてきたのかを把握する必要がある。本項目では、今年度の特定科学技術について、下記の点に注目した現状の記述を行った。主な検討項目は以下の通りだが、資料の公開状況や技術の特徴等によって記載にやや濃淡があることは留意されたい。

- 1 当該技術の概要（分野、注目された経緯、研究開発状況等）
- 2 軍事・国防上のインプリケーション
  - (1) 想定・想像される用途

- (2) 実用化に伴う戦術・戦略レベルの影響
- 3 経済産業・民生上のインプリケーション
  - (1) 想定・想像される用途
  - (2) 実用化に伴う社会への影響・変化
- 4 日本において当該技術の喪失・窃取・劣位が発生することで生じる問題／強みを持つことで国際競争力を高める可能性／見通し、展望、可能性
- 5 その他（上記以外に、各技術に固有の特筆すべき点など）

(2) 対象技術の国内外における分布：強み（厚み）、弱み、連携関係の分析

2022 年度広範囲調査において対象とする一連の特定科学技術について経済安全保障上のインプリケーションを把握するひとつのポイントとして、(1) で把握した用途・社会的影響に加えて、それらの科学技術知を生産する能力が日本の国内外にいかなるかたちで分布しているのか、また、その分布状況が日本の経済安全保障にいかなるリスクをもたらすのかを併せて把握する必要がある。このような観点から、下記の調査を実施した。

- 1 調査対象技術の個別分布調査：個別の調査対象技術およびその生産に関わっている研究機関（研究者）の国内外における所在・分布について、論文データベース等をもとに把握する。各調査対象技術についての日本および各国の a) 「強み」（＝特定国への技術・研究者の集積度）を測定する（これらの強みの程度が低いまたは存在しない技術分野が、相対的に b) 「弱み」のある分野と推定される）。またこの際、領域横断的な研究が行われている事例にも注目し、日本に強みのある横断研究分野の可能性を探る取り組みを実施している。
- 2 日本を基準とした調査対象技術の分布状況の指標化：①で測定した調査対象技術の分布状況それぞれについて、日本と海外に所在する研究生産能力のバランスを数値化し、とりわけ懸念国とのバランスに留意した分析を行う。
- 3 研究者の所属・移動・連携情報に基づくリスク調査：対象技術分野の論文生産にかかわる研究者について、懸念国研究機関等への所属および連携の履歴を可能な限り洗い出すことで、経済安全保障上のリスクを高めるような技術流出および対外技術依存の問題を抱えたネットワークを析出する。

(3) 日本の経済安全保障政策に対するインプリケーションの分析・提言

これらの分析結果をかけあわせ、最後に特定科学技術の日本の軍事・産業・社会における戦

略的意味合いと、それを実現するために必要な知の集積度／分散度との関係を総合的に考察することで、重要技術の対外依存によって生じるリスクとその解消のための施策の優先度について考察を行い、政策的含意を導出することを試みている。

なお、最後に、これまでの調査・検討過程で得られた知見に基づき、継続的な観測のためのポイントや調査体制のあり方についても検討した。これは、今後のシンクタンク機能の構築やインテリジェンス機能の強化、さらに経済安全保障上の技術リスク緩和のための取り組み推進を念頭に置き、国際安全保障環境と技術開発動向の変化を踏まえて、定期的に技術リストおよび用途記述を更新し、さらにそれらの技術に係る知識分布状況の変容を年単位で追っていくことを想定したものである。年単位の情報更新作業の効果を高め、かつ、そのためのコストを下げ体制を追求することは、シンクタンク機能を成立させるにあたり重要な検討事項となろう。

## 第2節 分析対象とする科学技術分野の特定

2021年度の事業においては、内閣府より指定された20技術分野について広範囲調査を実施したが、これらは米国の「輸出管理改革法（ECRA）」、および「重要・新興技術戦略」を参考に、日本独自の関心を加味してリスト化されたものと思われる。本年度の調査においては、指定の技術分野の解像度をある程度高めることで分析を具体化し、また、データベース等から関連情報の抽出を行う際の助けとするために、各技術分野についてサブカテゴリーを設定し、よりきめの細かい分析を行うことを目指した。

この作業は、第一に、ホワイトハウスが2022年に発表した「重要・新興技術戦略」の更新リストに記載されている重要・新興技術18分野をもとに行った<sup>1</sup>。しかし、本リストは、あくまでも米国の安全保障上の関心を反映したものであることは言うまでもない。経済安全保障の仕組みを検討するに際しても、米国の政策動向を注すること自体は日本の政策分析に際しても極めて重要であり、その意味でのリストを用いること自体にも意味はあるものの、同時に、日本の政策形成に向けた含意を導き出すにあたっては、日本独自の利害関心に基づいたリストの策定も必要になってくる。そこで、第二に、上述の「重要・新興技術戦略」の更新リストでカバーされていない医療・公衆衛生分野、およびサイバー技術分野について、独自のサブカテゴリーを設定し、同様に調査の具体化を目指した。なお、今後、対象技術のリストはその時々 of 安全保障上の関心、技術開発動向を踏まえて定期的にアップデートされることを想定している。

---

<sup>1</sup> White House, *Critical and Emerging Technologies List Update*, A Report by the Fast Track Action Subcommittee on Critical and Emerging Technologies of the National Science and Technology Council, February 2022. ただし、このリスト自体は政策形成や予算編成の際の優先順位を示すものではないとの断りがついており、その点留意する必要がある。

表 1-2-1 2022 年度の調査対象とする特定科学技術リスト

カテゴリー	サブカテゴリー
Advanced Computing	・Supercomputing ・ Edge computing ・ Cloud computing ・ Data storage ・ Computing architectures ・ Data processing and analysis techniques
Advanced Engineering Materials	・Materials by design and material genomics ・ Materials with new properties ・ Materials with substantial improvements to existing properties ・ Material property characterization and lifecycle assessment
Advanced Gas Turbine Engine Technologies	・ Aerospace, maritime, and industrial development and production technologies ・ Full-authority digital engine control, hot-section manufacturing, and associated technologies
Advanced Manufacturing	・ Additive manufacturing ・ Clean, sustainable manufacturing ・ Smart manufacturing ・ Nanomanufacturing
Advanced and Networked Sensing and Signature Management	・ Payloads, sensors, and instruments ・ Sensor processing and data fusion ・ Adaptive optics ・ Remote sensing of the Earth ・ Signature management ・ Nuclear materials detection and characterization ・ Chemical weapons detection and characterization ・ Biological weapons detection and characterization ・ Emerging pathogens detection and characterization ・ Transportation-sector sensing ・ Security-sector sensing ・ Health-sector sensing ・ Energy-sector sensing ・ Building-sector sensing ・ Environmental-sector sensing
Advanced Nuclear Energy Technologies	・ Nuclear energy systems ・ Fusion energy ・ Space nuclear power and propulsion systems
Artificial Intelligence (AI)	・ Machine learning ・ Deep learning ・ Reinforcement learning ・ Sensory perception and recognition ・ Next-generation AI ・ Planning, reasoning, and decision making ・ Safe and/or secure AI
Autonomous Systems and Robotics	・ Surfaces ・ Air ・ Maritime ・ Space
Biotechnologies	・ Nucleic acid and protein synthesis ・ Genome and protein engineering including design tools ・ Multi-omics and other biometrology, bioinformatics, predictive modeling, and analytical tools for functional phenotypes ・ Engineering of multicellular systems ・ Engineering of viral and viral delivery systems ・ Biomanufacturing and bioprocessing technologies
Communication and Networking Technologies	・ Radio-frequency (RF) and mixed-signal circuits, antennas, filters, and components ・ Spectrum management technologies ・ Next-generation wireless networks, including 5G and 6G ・ Optical links and fiber technologies ・ Terrestrial/undersea cables ・ Satellite-based communications ・ Hardware, firmware, and software ・ Communications and network security ・ Mesh networks/infrastructure independent communication technologies

Directed Energy	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lasers</li> <li>High-power microwaves</li> <li>Particle beams</li> </ul>
Financial Technologies	<ul style="list-style-type: none"> <li>Distributed ledger technologies</li> <li>Digital assets</li> <li>Digital payment technologies</li> <li>Digital identity infrastructure</li> </ul>
Human-Machine Interfaces	<ul style="list-style-type: none"> <li>Augmented reality</li> <li>Virtual reality</li> <li>Brain-computer interfaces</li> <li>Human-machine teaming</li> </ul>
Hypersonics	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propulsion</li> <li>Aerodynamics and control</li> <li>Materials</li> <li>Detection, tracking, and characterization</li> <li>Defense</li> </ul>
Quantum Information Technologies	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quantum computing</li> <li>Materials, isotopes, and fabrication techniques for quantum devices</li> <li>Post-quantum cryptography</li> <li>Quantum sensing</li> <li>Quantum networking</li> </ul>
Renewable Energy Generation and Storage	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renewable generation</li> <li>Renewable and sustainable fuels</li> <li>Energy storage</li> <li>Electric and hybrid engines</li> <li>Batteries</li> <li>Grid integration technologies</li> <li>Energy-efficiency technologies</li> </ul>
Semiconductors and Microelectronics	<ul style="list-style-type: none"> <li>Design and electronic design automation tools</li> <li>Manufacturing process technologies and manufacturing equipment</li> <li>Beyond complementary metal-oxide-semiconductor (CMOS) technology</li> <li>Heterogeneous integration and advanced packaging</li> <li>Specialized/tailored hardware components for artificial intelligence, natural and hostile radiation environments, RF and optical components, high-power devices, and other critical applications</li> <li>Novel materials for advanced microelectronics</li> <li>Wide-bandgap and ultra-wide-bandgap technologies for power management, distribution, and transmission</li> </ul>
Space Technologies and Systems	<ul style="list-style-type: none"> <li>On-orbit servicing, assembly, and manufacturing</li> <li>Commoditized satellite buses</li> <li>Low-cost launch vehicles</li> <li>Sensors for local and wide-field imaging</li> <li>Space propulsion</li> <li>Resilient positioning, navigation, and timing (PNT)</li> <li>Cryogenic fluid management</li> <li>Entry, descent, and landing</li> </ul>
Cyber Security*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dark web crawling</li> <li>OSINT: social media sites</li> <li>Threat Intelligence Platform</li> <li>Information Sharing and Analysis Center (ISAC)</li> <li>Monitoring Platforms</li> <li>Internal Security Tools / Appliances</li> <li>Deception Tools</li> <li>National Collection Means</li> <li>CTI Frameworks</li> </ul>
Medical Technology and Pandemic Preparedness*	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vaccine</li> <li>Precision Medicine</li> <li>Cell and Gene Therapies</li> <li>Monoclonal Antibodies</li> <li>Contact tracing</li> <li>E-health</li> <li>Telemedicine</li> <li>Smart healthcare</li> <li>Virtual Meeting Medical Consultation</li> <li>Medical drone</li> <li>Essential Robot Worker</li> <li>Medical Robot</li> <li>Nutri-genomics</li> <li>3D food printing</li> <li>Food bioactive ingredients</li> <li>Food Allergies and Intolerances</li> <li>Omics Techniques</li> <li>Next Generation Sequencing, Digitized Clinical Trial</li> <li>Monoclonal Antibodies and Biosimilars</li> <li>Cell and Gene Therapies</li> <li>Personalized Treatment</li> <li>Cytogenetics</li> <li>Biobank</li> <li>Biomechatronic</li> <li>Biotherapeutic</li> <li>Biomedicine</li> <li>Bioinformatics</li> <li>Diagnostic kit</li> <li>Bioprinting</li> <li>“In-Silico” Testing</li> <li>Microscopic Robot</li> <li>3D Pathology Imaging</li> <li>3D Radiology Imaging</li> </ul>

	Physiotherapy · Smart Neural Interfaces · Neuromodulation · Brain-Computer Interfaces · Wearable Health(care) · Medical Regulatory Technology ( “MedRegTech” ) · Virtual Reality in health(care) · Augmented Reality in Health(care) · Cyber Security Mesh (Architecture) in health(care) · Cloud Computing in health(care) · Blockchain in Health(care) · Artificial Intelligence in Health(care) · Next-Generation Computing in Health(care) · 3D printing in health(care) · Machine Learning Algorithm in Health(care)
--	---

### 第3節 体制

2022年度は、昨年度の実施体制に若干の外部協力者を追加し、下記の体制で調査を実施した。

- 齊藤 孝祐 上智大学総合グローバル学部 准教授／とりまとめ
- 岩城 洋子 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー
- 大村 崇 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー
- 奥田 将洋 科学技術振興機構研究開発戦略センター 研究員
- 上砂 考廣 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー
- 川井 大介 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー
- 近藤 賢郎 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー
- 佐藤 真央 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー
- 滋野井 宏記 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー
- 土屋 貴裕 京都先端科学大学経済経営学部 准教授
- 中山 衣美子 政策研究大学院大学 政策研究院リサーチ・フェロー
- 部谷 直亮 慶應 SFC 研究所 上席所員
- 村野 将 ハドソン研究所 研究員

#### 監修協力

- 古谷 知之 慶應義塾大学総合政策学部 教授

## 第2章 重要新興技術 20 分野

### 第1節 コンピューティング技術 (Advanced Computing)

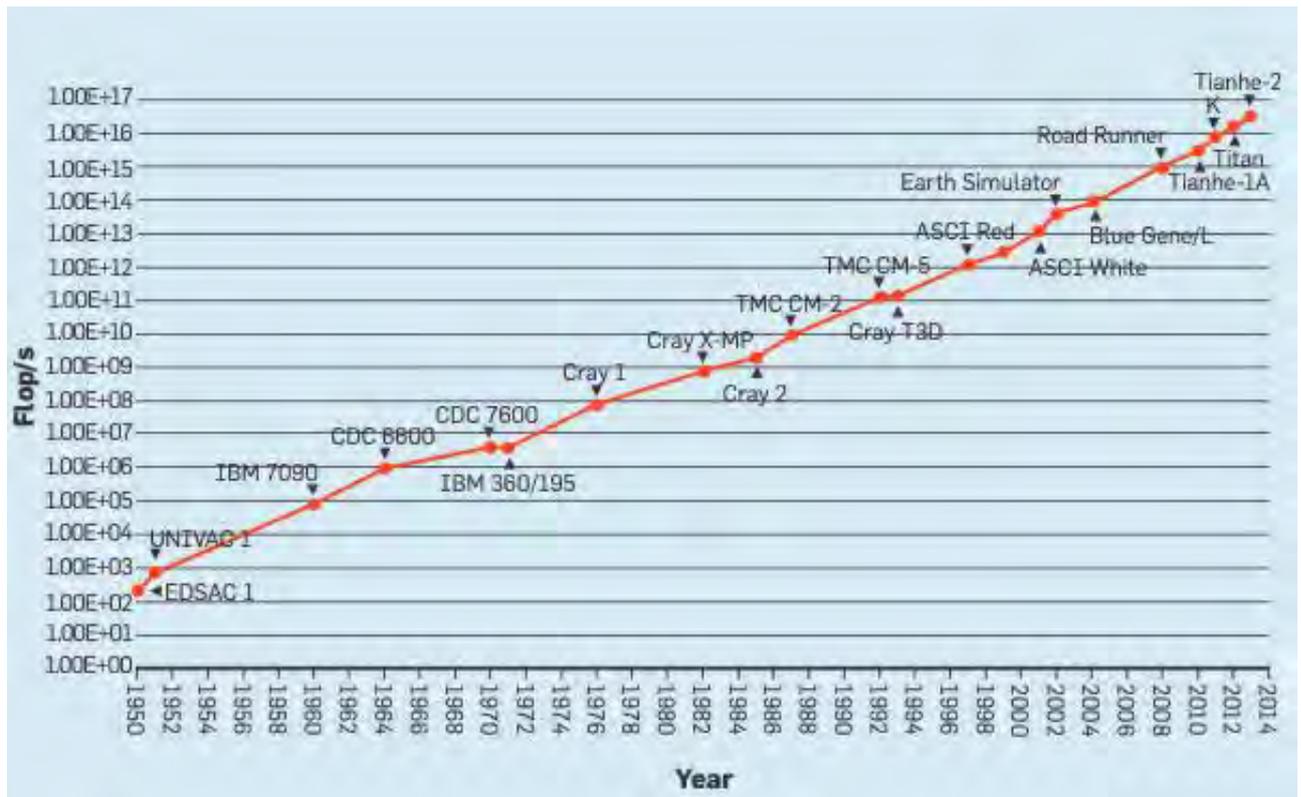
20 世紀後半を通して、コンピューター技術は急速かつ革新的な発展を遂げてきた。諸説あるにせよ先進コンピューティング技術の原点は往々にして 1960 年代に遡る。米国の天才電気工学者シーモン・クレイが一般的に世界初と言われるスーパーコンピューターである「CDC 6600」を開発したのは 1964 年であり、翌年には後にインテルの創設者となるゴートン・ムーア博士が「24 ヶ月毎にトランジスタの集積密度が倍増する」という「ムーアの法則」を唱え、その後半世紀に渡る先端コンピューティングそして半導体産業の「普遍」原則として圧倒的な影響力を持つようになる<sup>2</sup>。そうしたムーアの法則も 21 世紀のビックデータ革命を機に終焉を迎えるという議論が台頭し、例えば米国のヒューレットパッカー社のメモリ集積型コンピューティング「The Machine」は高度科学計算分野のハイパフォーマンス・コンピューティング (High-Performance Computing: HPC) に最適な高速かつ効率的な科学計算技術を齎し、ビックデータ時代の到来を象徴付けたことは我々の記憶にもそう遠くはない<sup>3</sup>。

2010 年以降の 10 年間を見ても世界の先進コンピューティング技術は目まぐるしい発展を見せており、米国はもちろん中国も急速に技術革新を遂げてきた(図 1 参考)。特に、先端素材や半導体、エネルギー技術等々、そのほかの新興科学技術の技術革新にも多大な影響を与える先端コンピューティングは各国政府の技術戦略の中でも重要領域として位置づけられ、単なる技術革新のみならず、そのアプリケーションを含めたより分野横断そして複合的な研究が進められるようになってきた。

先進コンピューティング分野におけるこうした技術発展を踏まえて、本節ではその技術動向を主に米国そして中国に力点を置きながら解説する。先端コンピューティングそれ自体の技術開発はもちろん、それに関わる官民のステークホルダそしてそれらの技術開発のプルファクターとなる他領域へのアプリケーションは社会実装を含めて分析する。

<sup>2</sup> Moore, Gordon, "Cramming more components onto integrated circuits." *Electronics*, 38 (8)(1965).

<sup>3</sup> 大原雄介「The Machine で再び業界に衝撃を与えた HP 業界に多大な影響を与えた現存メーカー」*ASCII*. <https://ascii.jp/elem/000/004/003/4003089/>



(図 1-1 先進コンピューティング技術における飛躍的な性能向上<sup>4)</sup>)

## 1. 先進コンピューティング技術とその発展と応用

### (1) CPU 主導型からメモリ主導型コンピューティング

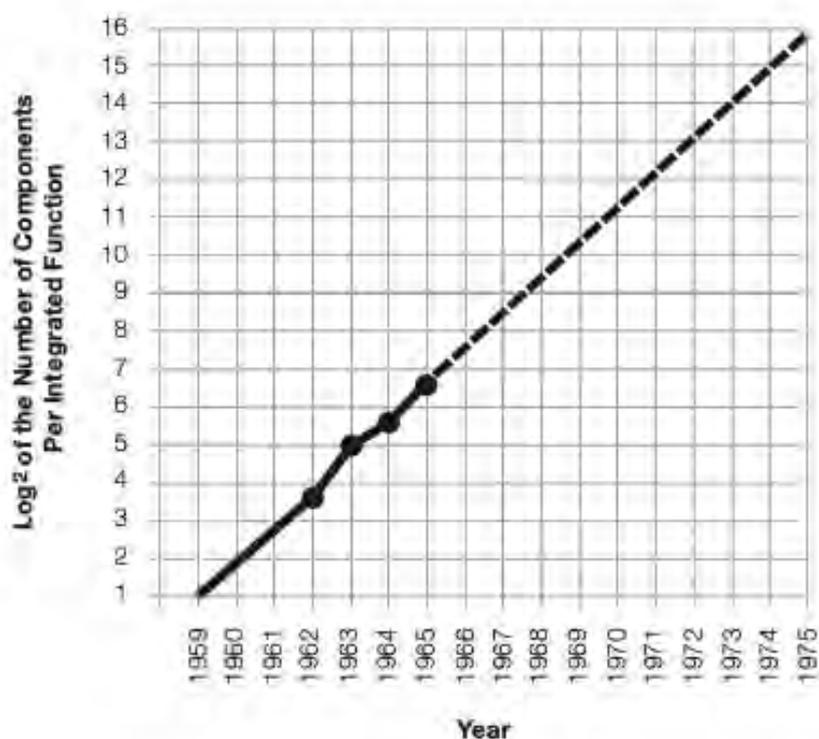
先進コンピューティング技術における技術革新は、1960年代のスーパーコンピューター(スパコン)の開発そして「ムーアの法則」の提唱といった革新的な技術開発と画期的な発展原則の提示によって始まったと言っても過言ではない。スパコン業界では教科書的法則として扱われる「ムーアの法則」は、ゴートン・ムーア博士が1965年に”Cramming more components onto integrated circuits”と題した論文の中で提唱したものである<sup>5)</sup>。この法則は、図2の片対数グラフが示すように、「集積回路の製造コストを最小化する集積回路搭載部品点数は、技術の進歩とともに、つまり時代とともに、急速に増えていくだろう」というものである<sup>6)</sup>。1962年から1965年までのわずか4点の経験的観察にのみ基づいて大胆にも向こう10年の直線的な発展経

<sup>4)</sup> Reed, Daniel & Dongarra, Jack, “Exascale computing and big data.” *Communications of the ACM* (July 2015), p. 59.

<sup>5)</sup> Moore, Gordon, “Cramming more components onto integrated circuits.” また「ムーアの法則」そしてポスト・ムーアの法則の最新の議論に関しては、井上敬介「『ムーアの法則』の進化についての一考察」『研究技術計画』35巻2号(2020)<[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsrpm/35/2/35\\_263/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsrpm/35/2/35_263/_pdf/-char/ja)>が詳しい。

<sup>6)</sup> 服部毅「半導体産業発展を支える「ムーアの法則」の過去・現在・未来」*Telescope Magazine* (2021年6月2日) <https://www.tel.co.jp/museum/magazine/report/202106/>

路を提示した当該法則は、その後半世紀近く半導体産業そして先進コンピューティング産業の「普遍」法則としての地位を築くことになる。

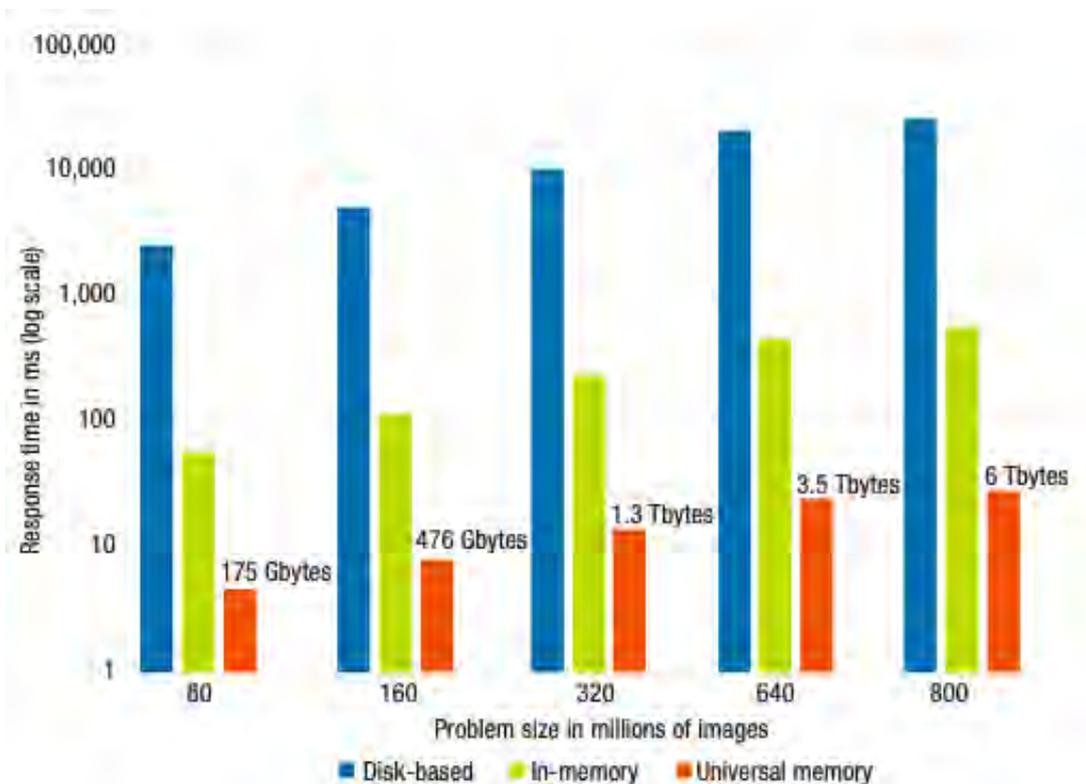


(図 1-2 ムーアの法則 片対数グラフ)

一方で、ビックデータ革命の到来以降、新たな革新技術が先進コンピューティング産業を取り巻くこととなる。例えば、冒頭で紹介したヒューレットパッカード社のメモリ主導型コンピューティング「The Machine」は、従来の CPU 主導型コンピューティングの限界を打破する画期的なアーキテクチャを提供することが期待されている。従来のコンピューター的能力は日進月歩の研究開発のおかげで大量のデータの処理にも耐え得るようになってきた。理論的には、コンピューターの処理能力が増加するにつれて、一度に実行できる計算は指数関数的に増加する。しかしここでメモリが問題となる。いかに優れたコンピューターであってもこうした増大するデータの計算を実行するための十分なメモリを有していない。ここに増加するデータとメモリの速度そしてそれらを取り巻くコストのトレードオフが存在し、既存のコンピューティング技術ではこの制約を乗り越えることが困難であった。この問題について、米国ジョージア工科大学の David Bader 教授は「制限を受けるのは、アルゴリズムを分析して実行するために一度にメモリに格納できるデータの量」であるという見解を示しており<sup>7</sup>、従来のコンピューティング・

<sup>7</sup> Slater, Derek, 「まったく新しいコンピューティングのアプローチが、がんの治療、不正の検出、交通渋滞の防止に役立つ可能性があります」 *Enterprise.nxt*. (Hewlett Packard Enterprise)  
<https://www.hpe.com/jp/ja/japan/insights/reports/mdc.html>

アーキテクチャの限界を指摘する。この点で、メモリ主導型アーキテクチャは、各メモリブロックが光子によって相互に接続されており、これにより(電子ではなく)光子によるより高速なデータ転送が可能となる。こうした Universal memory の構想は、従来のアーキテクチャと比較してデータ処理をより低コストかつ効率的なものにすることができる(図 1-3)。



(図 1-3 各メモリー構造と処理速度の比較<sup>8)</sup>)

こうしたメモリ主導型コンピューティングは、そのアプリケーション上の制限を取り払い、より多くの技術・産業ドメインにおける応用が可能となる。従来の CPU 主導型コンピューティングが階層化された各メモリからデータを中央集権的に受信し、処理を実行していたのに対して、メモリ主導型のアーキテクチャでは、各々のセンサーが収集したデータをその個別の要求に応じて計算を実行することができるため、より大量かつ複雑化した計算処理に対応することができる。例えば、時系列が異なる複数の事業状況を把握するためのデータ分析で、異なる時間軸のデータグラフを統合したいとしよう。今日のデータ処理技術では、別々のユニットやデータベースから得られた情報を大容量プロセッサで処理している。この仕組みでは、定期的にシステムが停止しと調整を繰り返すことで、個別の事業状況を把握することになるが、分析結果を取得するまでに時間を要する。またそれぞれの分析は各データの一面のみ切り取ったスナツ

<sup>8</sup> Bresniker, Kirk M., Sharad Singhal, and R. Stanley Williams. "Adapting to thrive in a new economy of memory abundance." *Computer* 48(12) (2015), p. 50.