

イノベーションをもたらすと期待される Converging Technologies 推進の政策動向

コンバージング・テクノロジー (Converging Technologies : CTs) は、「特定の目的を達成するために2つ以上の異種の科学や技術を収斂 (convergence) する技術」であり、かつ、「他の技術に影響を与えてシステム全体を劇的に変化させるという、“メタ技術”の一種」である。米国国立科学財団 (NSF) が2002年および2005年に発表したCTs推進の報告書によると、我々はコンピュータや情報技術、ナノテクノロジー、バイオテクノロジーなどによる技術革命を既に体験している“変遷期”に生きており、今後はこれらの技術を基盤とし、かつ従来の科学技術における分野の枠組みを越えるCTsが、革命的な技術変化や社会変化を起こすキーテクノロジーになるという。特に、現在の最先端であるナノテクノロジー、バイオテクノロジー、情報技術、認知科学(4つの頭文字をまとめて“NBIC”と呼ぶ)を基盤とした科学技術の分野融合的な収斂は、社会ニーズや政策課題を科学技術と関連づけることを可能にすると考えられて、欧米の科学技術政策上で推進されている。米国では、CTsの推進による人間の能力の著しい改善や社会の変革、新しいビジネスの創出が期待されており、具体的な20のCTsの課題とその技術の実現予測年や有益度が、報告書の中で示されている。

CTsが、従来から言われてきた、いわゆる連携技術や融合技術と異なるのは、課題解決型 (mission-oriented) でニーズ指向が強く、技術的・社会的に革新的であり、NBICを技術基盤とした分野横断的である点である。近年日本でも、技術の連携や融合は重要であると考えられているが、このような意味でのCTsの推進はまだ十分には実施されていない。日本は、科学技術分野の縦割りの中での推進力が強いいため、このことが分野横断的な技術の創出を困難にしているといわれている。この状況を変えるために、CTs推進の考えを導入することは、イノベーションの創出に効果的であるかもしれない。今後の日本が取り組んでいくべき方策として、

- ① ミッションや目標を共有するような産学官のグループで、特定のテーマに関するCTsについてのワークショップを開催して、CTsに関する意見交換や認識の共有を図る。
- ② 第三期科学技術基本計画の戦略重点科学技術をCTsの観点から見直し、分野横断的な推進により効果的にイノベーション創出が期待されると考えられるものをまとめて推進する。
- ③ 日本の社会において将来的に重要であり科学技術で解決可能な課題を産学官で抽出し、優先的に進展状況の調査や推進施策を立てる。

以上の三点が有効ではないかと考えられる。

イノベーションをもたらすと期待される Converging Technologies 推進の政策動向

伊藤裕子

ライフサイエンスユニット

1 はじめに

2005年に米国の国立科学財団(以下、NSF)から、「Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technology Society (ナノ、バイオ、情報、認知のイノベーションのマネージング: コンバージング・テクノロジーによる社会)」が発表された¹⁾。これは、コンバージング・テクノロジー (Converging Technologies を以下CTsと略す) の推進についての最初の提言書である2002年の「Converging Technologies for Improving Human Performance (人間の能力改善のためのCTs)」(NSFおよび米国商務省)²⁾が発表された後、2003年から毎年開催された3回のCTs推進を検討した会議の内容をまとめたものである。

報告書中に明確には定義されていないが、CTsは「特定の目的を達成するために2つ以上の異種の科学や技術を収斂 (convergence) する技術」であり、かつ「他の技術に影響を与えてシステム全体を劇的に変化させるという、“メタ技術”の一種である」と考えられる。

2002年の報告書によると、我々はコンピュータや情報技術、ナノテクノロジー、バイオテクノロジーなどによる技術革命を既に体験している“変遷期 (Age of

Transition)”に生きており、今後はこれらの技術を基盤とし、かつ従来の科学技術における分野の枠組みを越えるCTsが、革命的な技術変化や社会変化を起こすキーテクノロジーになるという²⁾。

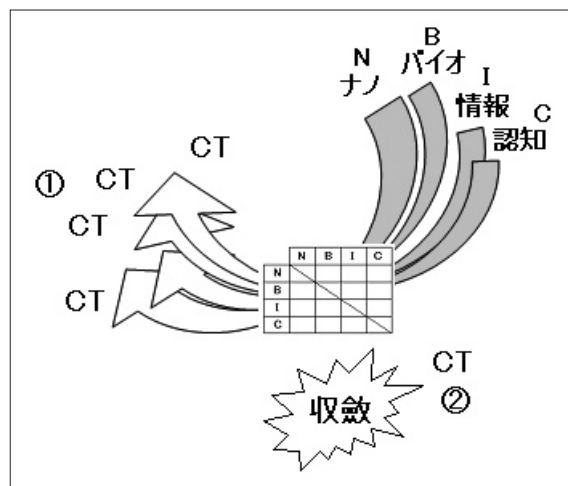
現在、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー、情報技術、認知科学において、技術同士の急速で発展的な融合が観察され、新しい技術が次々に創出されている。これらは、4つの頭文字からまとめて“NBIC (enbick または nibick と発音される)”と呼ばれている。

従って、現在最も注目されているCTsは、「“NBICの収斂”から

生じる技術」および「NBICの収斂を補助したり促進したりする技術」である(図表1)。これらの中から、パラダイムシフトやイノベーションを起こす科学や技術が発生すると考えられ、NBICを基盤とした技術のより一層の収斂が米国の科学技術政策上で推進されている³⁾。

CTsは、課題解決型 (mission-oriented) でニーズ指向性が強いので、社会ニーズや政策課題を具体的な科学技術と関連づけることを可能とする。米国では、CTsの推進によって、人間の能力の著しい改善や社会の変革、新しいビジ

図表1 NBICとCTs (収斂技術)



- ① NBICの組み合わせの収斂から生じる技術
- ② NBICの収斂の補助や促進をする技術

科学技術動向研究センターにて作成

ネスの創出を期待している。

また、米国の動向に触発されて、欧州委員会においても2003年に専門家グループが設置されて、欧州におけるCTsの取り組みについての検討が開始された。2004年には、報告書「Converging Technologies - Shaping the Future of European Societies (欧州社会の未来を築くCTs)」が発表された⁴⁾。

欧州では、米国のCTsにあるような“人間能力の改善”は、CTsの対象としない。また、米国とはやや異なり、CTsの導入による明るい未来ばかりではなく、技術の限界や懸念、予想し得るリスクなどの社会的な影響についても

検討している。しかし、報告書の結論としては、『欧州社会はCTsによって新しく築かれる』としている。CTsは、欧州経済の競争力強化を通じて経済成長と雇用を高めるという「リスボン戦略」にも寄与すると考えられ、「欧州の知識社会を目指したCTs (CTEKS)」という課題設定の下にCTs研究プログラムを開始することが提唱された。欧州委員会による研究技術開発計画である第6次フレームワークプログラム (FP6) から引き続き、FP7 (2007～2013) の資金により、現在、KNOWLEDGE NBIC Project (2006～2009) が実施され、CTs推進と社会適用など

についての調査研究が進められている。

一方、日本においては、今までのところCTsに関連する議論は特になされていない。

本論では、まず2章で、米国において検討されたCTsを紹介し、米国の科学技術政策上のCTsの位置づけを示した。3章では、論文分析によりCTsに関する研究の国際的な進展状況についての評価を試みた。4章では、日本の科学技術政策においてCTsを導入することについて検討し、最後の5章において日本の取るべき方策について提言した。

2 米国で検討された20のCTs課題

CTsは、①革命的なツールや製品、②業務効率、加速学習(新しい知識を早いスピードで学習すること)や集団のパフォーマンスの増大などの日常の人の活動、③インフラストラクチャーを立て直すため、およびR&Dプランニングのための優先付けを設定するためなどの組織やビジネスのモデルやポリシーの変更、④アイデア、モデル、文化に関する“世界的な情報交換”への動き、といった人間活動に影響を与える重大な領域に関係すると考えられている。

2002年の報告書²⁾において、今後10～20年間で人間の能力向上などに有益と考えられる20のCTsの具体例(課題)が示された。さらに、2005年の報告書では、報告書の作成に協力した産学官の専門家に対して、これら20のCTs課題についての実現予測時期などが質問され、その結果が示された。以下に示すように、これらは日本(科学技術政策研究所)が5年ごとに実施している科学技術予測調査(デルファイ調査)と極めて近い内容および結果になっている。

2 - 1

20のCTs課題の実現予測時期と有益度

20のCTs課題について、実現予測時期および技術の有益度(benefit)が、産学官の専門家に対して質問された(回答者26名)。実現予測時期は、一部の技術でも実現するような「ブレークスルーが生じる時期」としている。実現予測時期および技術の有益度についての回答は、平均値ではなく中央値を用いている。有益度は、1から10で評価し、10が最大である。

図表2に示したように、20のCTs課題は、健康、情報、コミュニケーション、エンジニアリングなど多岐に渡り、最も実現予測年が早いCTs課題は、「(3)快適な着脱可能なセンサーやコンピュータ」、「(8)あらゆる場所からの情報の瞬時アクセス」、「(13)新しい組織構造やマネジメント原理」で2015年と予測され、最も実現が遅いと予測されたCTs課題は、「(17)月や火星などの天体の資源の利用」で

2050年と予測された。最も技術の有益度が高いとされたのは「(1)新材料による機械や構造物」で、有益度が低いとされたのは「(20)戦闘システムの強化」であった。

2005年の報告書では、これらの20のCTs課題に、更に56課題を追加して全76課題を検討している。図表3に、追加された56のCTs課題の内、有益度が8.5以上のものを抽出して示した。これらの有益度が高い5つのCTs課題の内4つは、人間の能力向上を直接に目的としたものである。追加のCTs課題には兵士などの能力向上についてのものが5つ含まれていたが、有益度は全て低く評価されていた。(参考:「新しい現実に則した訓練環境が、ヴァーチャル・リアリティの戦場や軍事シミュレーションゲームのような軍職員の訓練を革命的に変えるようになる、2010年、有益度6.2」、「兵士は命令を頭の中で考えるだけで、瞬時に車、武器、その他の戦闘システムを制御できる能力をもつようになる、2045年、有益度4.5」)。

図表2 20の代表的なCTs課題の実現予測年と有益度

CTs 課題	実現予測年	技術の有益度 (0～10、10が最大)
(1)家から飛行機までの全ての機械や構造物は、状況の変化に対応し、高いエネルギー効率、かつ環境に優しいなどの望ましい特性を持つ材料でつくられるようになる。	2030	8.9
(2)個人同士やグループが、従来の文化、言語、距離、専門性などの障壁を越えてコミュニケーションや協調できるようになる。	2020	8.8
(3)快適で着脱可能なセンサーやコンピュータが、自分自身の健康状態、環境の汚染、その他の個人個人が知りたい情報を知ることが促進されるようになる。	2015	8.7
(4)農業と食品工場では、安価なネットワークや、動植物や農場製品のニーズや状態状況を持続的に測定するスマート・センサーを通じて、生産が増大し、損傷が減少するようになる。	2020	8.7
(5)技術と治療のコンビネーションが、多くの身体障害者や精神障害者の機能を補うようになる。	2025	8.6
(6)人体は、もっと丈夫に、健康に、精神的になり、もっと修復が容易になり、様々なストレスや生命への危険、老化に対してもっと耐えられるようになる。	2025	8.5
(7)科学者の仕事は、他分野のパイオニア的なアプローチを取り入れることによって、革命的に変化するようになる(例えば、遺伝学研究者が自然言語処理のツールや知見を用いて研究することや、文化研究者が遺伝学のツールなどを用いて研究すること)。	2020	8.5
(8)あらゆる分野のあらゆるレベルの能力の人が、学校や職場や家において、価値ある新しい知識やスキルを迅速で確実に習得するようになる	2020	8.4
(9)世界中のどこに居ても、個人が知りたい情報に瞬時にアクセスするようになる。	2015	8.3
(10)エンジニア、芸術家、建築家、デザイナーは、様々な新しいツールや、人間の創造性の源泉についての理解増進により、創造性が飛躍的に拡大されるのを経験するようになる。	2020	8.3
(11)政策立案者だけでなく普通の人々の、生活に影響を与える認知科学的、社会的、生物学的な力についての知識が改善されて、日常的にもっと適応性の高い創造的な意思決定ができるようになる。	2020	8.3
(12)交通輸送は、ユビキタスのリアルタイム情報システム、超高効率車のデザイン、最適性能のためにナノスケールからつくられた合成材料や機械の利用によって、安全、安価、迅速になる。	2030	8.3
(13)必要な情報の高速かつ高信頼性のコミュニケーションに基づいた新しい組織構造やマネジメント原理が、ビジネス、教育、政治界において、有能なアドミニストレーターを急増させるようになる。	2015	8.0
(14)将来の工場では、収斂技術が系統立てられ、大量生産とカスタムデザインの間で最大利益を達成する“知的環境”としてヒト-機械の能力が増大されるようになる。	2020	7.8
(15)教育は、ナノスケールから宇宙スケールへの物理的な世界の構成の理解するために、広範囲で階層的な知的パラダイムに基づいた統一的であるが多様な教育カリキュラムに変化するようになる。	2030	7.5
(16)ロボットやソフトウェア・エージェント*が、人にもっと役に立つようになる(※実行環境の変化やユーザーの指示に応じて、自立的に自分自身の動作を決定できるソフトウェア)。	2025	7.2
(17)月や火星など地球に近い天体の資源の有効利用、効率的な着陸宇宙船、地球外基地のロボットによる建設によって、広大な宇宙の可能性に気づかされるようになる。	2050	6.7
(18)人の脳と機械の間の直接的なブロードバンドインターフェイスが、工場での業務、車の制御、軍事活動などにおいて導入されるようになる。	2030	6.4
(19)人や動物および農作物の遺伝的な制御は、人に大きな利益をもたらすようになる(倫理、法律、道徳についての広いコンセンサスがその過程で確立する)。	2030	6.2
(20)国防は、軽量で情報量の豊富な戦闘システム(無人戦車、スマート・マテリアル、攻撃に耐えるデータ・ネットワーク、高度な知能集積システム、バイオや化学や核による攻撃の効果的な検知測定技術など)によって強化されるようになる。	2020	5.5

参考文献¹⁾を参照し、科学技術動向研究センターにて作成

図表3 追加されたCTs課題の内、有益度が高いと判断されたもの(有益度8.5以上)

CTs 課題	実現予測年	技術の有益度 (0～10、10が最大)
私達は、十分な食料供給、清潔な空気と水を確保するための技術的な手段をもつようになる。	2030	9.2
支援技術は、盲目、失聴、肢体不自由者のような障害に打ち勝つようになる。	2035	8.8
コンピュータのインターフェースの構造が、障害者が他の人と同じように素早くインターネットや情報源にアクセスすることができるように変更される。	2015	8.8
世界中の恵まれない人々が無料で情報を利用できるようになり、彼らの農業生産、健康、栄養、経済状態が改善されるようになる。	2015	8.6
視覚言語の深い理解—絵、アイコン、図による意思伝達—が、より効果的な学際的なコミュニケーション、もっと複雑な思考、教育におけるブレークスルーをもたらすようになる。	2025	8.5

参考文献¹⁾を参照し、科学技術動向研究センターにて作成

2 - 2

米国の科学技術政策における CTs

2005年の報告書によると、NSF、NASA（米国航空宇宙局）、EPA（環境保護庁）、DOD（国防総省）、DOE（エネルギー省）は、複数のNBIC領域にまたがるような研究開発プロジェクトをもっているという。ということは、米国は既にCTsに関連する国家プロジェクトを実施しているとも言えなくはない。

NBICに関連する国家イニシアティブ（米国において国家的に戦略課題を定め一元化した取り組みを行う仕組み）としては、ITの基礎的、長期的な研究の推進を目指した1999年発表の情報技術研究イニシアティブ（Information Technology Research, ITR）、およびナノテクノロジー推進の2000年発表のナノテクノロジーイニシアティブ（NNI）があり、現在も継続している。2005年度予算では、ITRは20億ドル、NNIは12億ドルであった。

元々、複数の異分野の収斂と

いうCTsの概念は、ナノスケールにおける科学や技術の統合の推進を含むNNIから出発している。しかし、2005年の報告書では、今後は、NNIだけではなくITRと協調し、国家イニシアティブではないが、NIHで進めている生物医学研究推進のためのNIHロードマップなどの各省庁や国の機関レベルのNBICに関連する長期的な戦略プロジェクトとも協力してCTsの実施を支援することを提言している。

2 - 3

米国の産業界とCTs

米国の産業界は、CTsに関する米国の科学技術政策に既にある程度は関わっている。2002年の報告書には、この報告書の元になったCTsの検討の専門家会議への出席者および報告書作成などの貢献者のリストが載せられている。これをみると、政府あるいは国立研究所に所属する人は32名で、機関としてはNSF、DOE、DOC（商務省）、NASA、NIST（国立標準化研究所）、NIH、EPA、Office of Naval Research、U.S. Air Force

Research Laboratory、NOAA（海洋大気圏局）などであった。アカデミア所属は28名で、スタンフォード大学、カーネギーメロン大学、MIT、カリフォルニア大学（バークレー、ロサンゼルス、サンディエゴ他）、テキサス大学などであった。産業界は18名で、組織としては、ボーイング社、HP（ヒューレットパッカード）研究所、IBM社、Lucent Technologies社（事業分野：ネットワークや通信システム）、Tissue-Informatics社（生体組織のスクリーニングシステム）、Klein Associates社（海底探査やセキュリティ）、Institute for Global Futures（シンクタンク）、New England Complex Systems Institute（複雑系）などであり、様々な分野の企業からの参加が見られる。

CTsの推進は米国政府のトップダウン型の科学技術政策と言えるが、産業界もうまく取り込んでいくように見える。従って、今後のCTsの推進により、産学官の様々な組織に広がるNBIC研究について収斂が図られ、基礎研究から応用研究や産業化までの一連のプロセスの省力化および加速化が可能になるかもしれない。

3 CTsに関する研究の国際的な進展状況

米国では科学技術政策上でCTsを推進する動きを見せているが、実際のCTsに関連する米国の研究の進展状況はどうだろうか。また、国際的なCTsの進展状況を知ることが可能だろうか。CTsは様々な分野に広がっているために、これ自体の進展を評価することは大変難しい。そこで、ここでは一つの案として、論文数によってCTsの進展状況を評価することを試みた。

さらに、バイオ／ナノ／材料／情報研究の実施能力を国際比較した米国のシンクタンクである

RANDの報告書についても紹介し、その内容からCTsの研究の国際的な現状を以下に示す。

3 - 1

CTsに関する論文分析

論文データベースとしてWeb of science (Thomson社)を用いて、1980年～2007年1月16日現在までの収載論文に対し、“converg* AND technolog*”で検索を行い(1,468論文が検索された)、さらにその中からNBICに関連した論文を抽出するために、“nano* OR

bio* OR info* OR cogn*”を用いて検索を行った（文字列の最後の*は、続く文字が何であっても検索されることを意味している。例えば、converg*では、converge, convergence, convergingが同時に検索される）。

検索は、「論文のタイトル」、「論文著者が設定したキーワード」、「論文の要旨」が対象である。検索された論文は全てCTsに関連する研究論文であると仮定して、以下の分析を実施した。論文数の変遷、国別論文数、研究分野分類と論文数は、Web of Scienceの

ANALYSE 機能を用いて分析した。なお、ここでの研究分野分類は、Thomson 社の用いている分類に従っている。

(1)論文数の推移と内訳

NBIC に関連する CTs 論文として 452 論文が検索された。年ごとの変化をみると論文数は増加傾向にあり、特に 2004 年の論文数が多くなっていることが示された(図表 4)。

NBIC の内訳(延べ論文数からの割合)では、一番多いのが情報技術に関連する論文で 61%、次いでバイオテクノロジー 24%、ナノテクノロジー 10%、認知科学 5% であった(図表 5)。その内、ナ

ノテクノロジー、バイオテクノロジー、情報技術、認知科学の 4 つ全てに関連すると考えられる論文は 2% 程度であった。また、「ナノテクノロジーとバイオロジー」、「情報技術と認知科学」、「バイオテクノロジーとナノテクノロジーと認知科学」などの 2 つ以上の組み合わせの中では、「バイオテクノロジーと情報科学」に関連する論文が 7% で一番多かった。

さらに、2003 年から 2004 年の論文における NBIC の内訳を調べると、特にナノテクノロジーに関連する論文のみが増加しているということではなく、他の 3 つに関連する論文も急激に増加していた。これは、2002 年から開始された米

国における CTs 推進方策に関連しているのではないかと考えられる。

(2)国別の論文数

図表 6 に全論文数に対する国別の論文数割合(%)を示した。その結果、米国の論文数の割合が 46% と一番多く、次いで英国が 11% であった。その他の国は 5% 以下でありあまり違いはない。また、欧州各国を合計すると 33% 程度になり、米国に次いで多くなる。

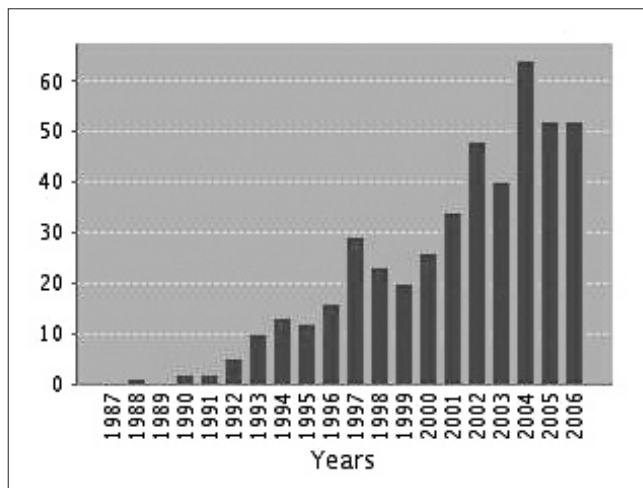
(3)研究分野分類と論文数

図表 7 に、研究分野分類と論文数およびその割合(%)を示した。一番多かったのが、「Engineering, Electrical & Electronic (電気電子工学)」および「Telecommunications (通信)」に関連する論文で 15% であった。次いで、「コンピュータ科学」と「情報科学」の論文が多く、次に「マネジメント」や「オペレーションリサーチ」が多い。続いて「化学」や「バイオテクノロジー」関連の論文であった。

以上の結果から、NBIC 関連する CTs 論文の数はやはり米国が一番多く、次いで欧州全体の合計が多いことが示された。

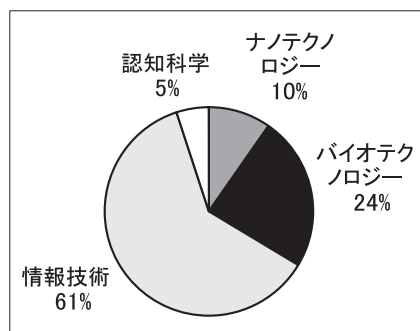
また、前章の図表 2 と 3 には、バイオテクノロジーに関する CTs

図表 4 キーワード検索で抽出された論文数の推移



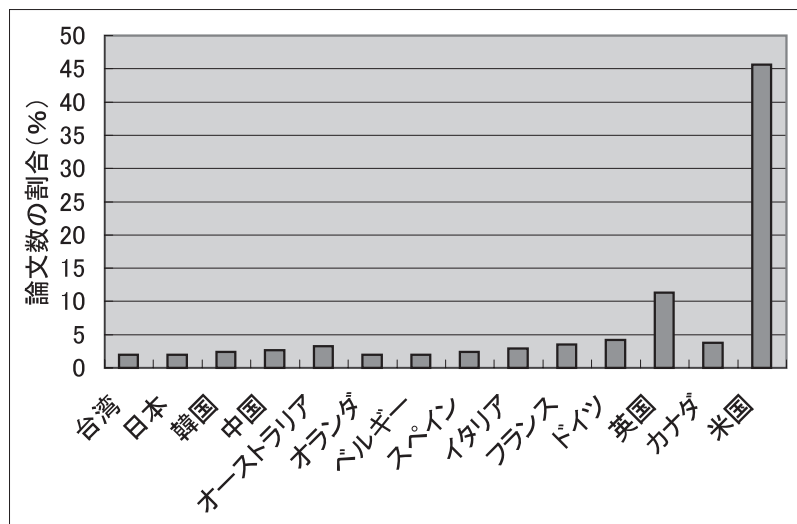
Web of Science の機能を用いて作成

図表 5 検索された論文の NBIC の内訳(延べ論文)



科学技術動向センターにて作成

図表 6 国別の論文数の割合



科学技術動向センターにて作成

課題が多く含まれていたが、図表7の研究分野分類と論文をみると、バイオテクノロジーに関連する研究論文の割合はまだ低いことが示された。CTs研究の中心は、現在は情報科学にあり、次第にバイオテクノロジーやナノテクノロジーなどに移行していくのではないかと考えられるが、現実には、NBICを基盤としたCTsの実現にはまだ距離がある状況が示された。

3 - 2

バイオ/ナノ/材料/情報研究の実施能力についての国際比較

2006年に、米国のシンクタンクのRANDから「The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses: Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implication (地球規模の技術革命2020年、掘り下げた分析：バイオ/ナノ/材料/情報についての動向、実施者、障壁、社会影響)」が発表された⁵⁾。これは、世界の29カ国を対象として、バイオ/ナノ/材料/情報に関連する16の先端技術について、2020年までに実現する能力の評価をした報告書である。報告書中には調査対象の技術として、認知科学は含まれていない。

評価の対象としている技術は、「社会に影響を与えるとされたバイオ/ナノ/材料/情報に関するトップ16技術(図表8)」である。「トップ16の技術」は、バイオ/ナノ/材料/情報のそれぞれの2020年までの技術予測論文(シナリオ)、2020年までの「技術的な実現性」、「社会的な実現性(市場の要求、費用、インフラストラクチャー、政策、規制などの非技術的な障害)」、「世界的な普及性」などについて検討した結果、選択された。

図表7 研究分野分類と論文数

研究分野分類	論文数	割合(%)
Engineering, Electrical & Electronic (電気電子工学)	67	14.8
Telecommunications (通信)	67	14.8
Computer Science, Information Systems (コンピュータ科学、情報システム)	64	14.2
Computer Science, Theory & Methods (コンピュータサイエンス、理論と方法)	46	10.2
Information Science & Library Science (情報科学と図書館学)	39	8.6
Computer Science, Hardware & Architecture (コンピュータサイエンス、ハードウェアとアーキテクチャ)	23	5.1
Computer Science, Interdisciplinary Applications (コンピュータサイエンス、学際応用)	23	5.1
Management (マネジメント)	23	5.1
Multidisciplinary Sciences (複合科学)	23	5.1
Computer Science, Software Engineering (コンピュータサイエンス、ソフトウェア工学)	20	4.4
Operation Research & Management Science (オペレーションリサーチと経営科学)	18	4.0
Chemistry, Multidisciplinary (化学、複合領域)	16	3.5
Engineering, Multidisciplinary (工学、複合領域)	15	3.3
Biochemistry & Molecular Biology (生化学と分子生物学)	14	3.1
Biotechnology & Applied Microbiology (バイオテクノロジーと応用微生物学)	14	3.1
Pharmacology & Pharmacy (薬理学と薬学)	14	3.1

科学技術動向研究センターにて作成

図表8 社会に影響を与えるとされたバイオ/ナノ/材料/情報に関するトップ16技術

1. Cheap solar energy (安価な太陽電池)
2. Rural wireless communications (地方におけるワイアレス通信)
3. Communication devices for ubiquitous information access anywhere, anytime (どこでもいつでもアクセスできるユビキタス情報のための通信デバイス)
4. Genetically modified (GM) crops (遺伝子組み換え作物)
5. Rapid bioassays (迅速な生体物質分析)
6. Filters and catalysts for water purification and decontamination (水の精製と汚染除去のためのフィルターと触媒)
7. Targeted drug delivery (標的を定めた薬物輸送)
8. Cheap autonomous housing (安価な自立型の住宅づくり)
9. Green manufacturing (環境調和型生産)
10. Ubiquitous RFID tagging of commercial products and individuals (商品や個人の持ち物に付けられるユビキタス無線ICタグ)
11. Hybrid vehicles (ハイブリッド車)
12. Pervasive sensors (広範なセンサー)
13. Tissue engineering (組織工学)
14. Improved diagnostic and surgical methods (改善された診断および手術法)
15. Wearable computers (着脱可能なコンピュータ)
16. Quantum cryptography (量子暗号)

参考文献⁵⁾より

各国の評価は、「費用／資金調達」、「法律／政策」、「社会価値、世論、政治」、「社会基盤」、「個人情報」、「資源利用と衛生」、「研究開発への投資」、「教育と理解度」、「人口と人口動勢」、「ガバナンス（統治）と安定性」についての項目でされている。

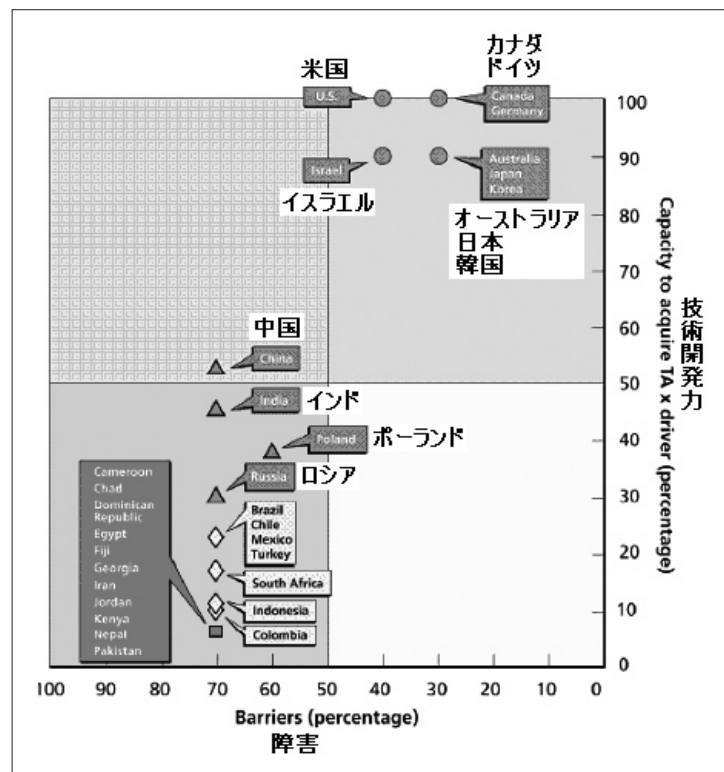
図表9に示したように、日本は、米国、カナダ、ドイツ、韓国、オーストラリア、イスラエルと同様に、高いレベルの科学技術力と技術の実現に対する多くの実行者を有し、技術の実現における障害が少ないことを示す右上に位置すると分析された。日本における障害は、「法律／政策」、「社会価値、世論、政治」、「ガバナンス（統治）と安定性」であると分析され、韓国と同じ傾向であった。

この国際比較の結果は、図表6のCTs論文数の各国の割合の結果と比較すると、米国が優位であることは同じであるが、米国と他の国の技術力の距離はそれほど大きくないことが示された。中国は、高いレベルの科学技術力と技術の実現に対する多くの実行者をもつが、実現には技術以外の障害が多いとされ、インドは中国よりも科学技術力は低く、技術の実現の実行者は多くないと分析された。

このように、日本は、米国からみるとバイオ／ナノ／材料／情報研究の実現に対して力を持つ国のひとつと見られている。しかし、韓国、中国、インドなどの国の科学技術力の進展のスピードは速く、社会制度や環境も研究を進展させる方向に変化している。そのため、日本が10年後も国際的に同じ位置を保持できるかどうか

はわからない。従って、欧米の施策を真似る必要はないが、今以上に科学技術力を伸ばしたり、科学技術同士の収斂を促進したり、従来に障害になっていたことを解決し、技術の完成までの道のりを短縮させたりして、効率の良い科学技術の実施が可能になるように施策を立てることは重要であると考えられる。

図表9 バイオ／ナノ／材料／情報に関するトップ16技術の実現能力の国別比較



参考文献⁵⁾より

4 日本における国家レベルのCTs推進施策の状況

日本ではCTs推進に関する国家レベルの施策は明確には行われていないが、現在実施されている科学技術に関する国家施策にCTsの概念をさらに加えることができるのではないかと考えられる。ここでは、異なる府省で実施されている類似の研究プロジェクトをまとめて推進するという国家施策である「科学技術連携施策群」を例にして以下に検討する。

科学技術連携施策群は2004年

に総合科学技術会議において決定され、2005年7月から活動を開始したものである。約1年後の2006年11月に総合科学技術会議において、『科学技術連携施策群の成果及び今後の課題と進め方（中間報告）』⁶⁾が発表された。

科学技術連携施策群の制度の目的は、次の通りである：『各府省の縦割りの施策に横串を通す観点から、総合科学技術会議が国家的・社会的に重要であって関係府省の

連携の下に推進すべきテーマを定め、テーマごとの関係施策の不必要な重複を排除し連携強化を図るもの。これにより、相乗効果、融合効果が発揮され、全体としてより優れた成果を生み出すことを目的とする⁶⁾』（傍線は著者）

アウトカムとしては、研究成果の最大化とイノベーション創出を目指している。図表10に科学技術連携施策群のテーマと目標、および関係する分野について示し

た。科学技術連携施策群は、ユビキタスやロボットなど図表2で示したCTs課題と同じテーマも含んでいる。施策の本来の目的は“府省連携”であるが、施策の目的の傍線部分にある「相乗効果、融合効果が発揮され、全体としてより優れた成果を生み出すこと」は、CTs推進で期待される効果と同じである。従ってこれらのテーマでは、府省の連携だけではなく、強い課題解決型のCTsの概念を入れて、戦略的に複数の研究課題をまとめることにより、さらに大きな連携施策の効果が得られるのではないかと考えられる。

今後の課題としては、「基礎研究・研究開発から利用までの一貫した連携強化」、「府省だけでなく民間を含めた情報の共有」、「連携施策群制度の更なる活用」が示された。また、今後の進め方としては、「第三期科学技術基本計画の分野別推進戦略を効果的に推進す

図表10 科学技術連携施策群のテーマの内、米国のCTsに類似したテーマと研究課題

テーマおよび研究課題	目標
ユビキタスネットワーク—電子タグ技術等の展開— 「医療分野に於ける電子タグ利活用のための実証実験 (平成17年～)」 「ユビキタスネットワークの斬新な利活用研究・実証 (平成18年～)」	ユビキタスネットワーク社会実現の上で中核的な技術基盤の確立を図る
次世代ロボット—共通プラットフォーム技術の確立— 「環境の情報構造化プラットフォームの基本モデルの研究開発 (平成17年～)」 「蓄積と再利用可能なロボット用ソフトウェア基盤の確立 (平成17年～)」 「室内外を移動する人にサービスを提供するための環境情報構造化プロジェクト (平成18年～)」 「作業空間における物体操作のための環境可能性評価手法の開発 (平成18年～)」	次世代ロボットのさまざまな応用分野に共通のプラットフォーム技術の確立を図る
ナノバイオテクノロジー 「分子イメージングによるナノドラッグ・デリバリー・システムの支援 (平成17年～) (平成18年～)」 「ナノバイオセンサ (平成17年～) (平成18年～)」	ナノとバイオの融合領域研究により健康寿命延伸等安心安全な社会を目指す

参考文献⁶⁾を参照し、科学技術動向研究センターにて作成

るために、連携施策群の対象を戦略重点科学技術に拡大すること」が示されている。連携施策群の対象の拡大に関しては、「連携効果、イノベーション創出効果等の観点から、対象となる戦略重点科学技術を選択し集中的に推進する」と

述べられている。従って、今後の連携施策群は、より対象を拡大してイノベーションの創出を期待していることから、具体的な課題を立て、CTsのような考え方を積極的に取り入れて進めるべきではないかと思われる。

5 日本の取るべき方策

CTsが、いわゆる連携技術と融合技術と異なるのは、①課題解決型 (mission-oriented) でニーズ指向が強いこと、②真に (技術的にも社会的にも) 革新的であること、③NBICを技術基盤とし、分野横断的であること、の3つの特徴を持つ点である。

近年日本でも、技術の連携や融合は重要であると考えられ、推進の方策が産学官で提唱されているが、これらの方策において先に挙げた3つの特徴の全てはまだ含まれていないようである。特に、日本では、産学官の科学技術のシステムにおいて、分野の縦割りの中での推進力が強いこと、このことが分野横断的な技術の創出を困難にしているといわれている。しかし、NBICを基盤とした分野横断的な技術は、将来的に重要で社会

に大きな影響を与える技術 (CTs) である。従って、分野横断的な技術がより多く創出されるように日本のシステムを変える必要があり、そこでは、例えばNBICの分野横断的な横串となるような産学官によるプラットフォームをつくるのが有効であろう。

多くのCTsを創出し、その結果として目的の課題を達成するためには、課題を進めるためのマネジメントや方法論が必要である。それによって技術開発を加速し、実現までの期間を短縮することができると思われる。科学技術の発展の現状と将来を分析し、さらに社会ニーズ (個人の関心事など)、社会の変化 (人口構成、災害、犯罪、雇用、医療など) から将来の市場規模を予測し、開発の早い段階から、科学技術予測や

技術ロードマップを導入することで、これらを統合的に分析した結果を基にして研究や技術開発を進めることが考えられる。このような手法を併用すると、課題の達成にはどの時点でNBICのどの科学技術が有効に活かされるかが、明確に見えてくると考えられる。現在、科学技術のシーズは日々生み出されている。科学技術の大海でイノベーションの孤島に辿り着くために、上記のような手法はその羅針盤となると考えられる。

今後、日本のCTsに関する国家レベルの取り組みとしては、具体的には以下のことが有効であると考えられる。

- ① ミッションや課題を共有するような産学官のグループで集まり、特定のテーマに関するCTs

についてのワークショップを開催して、CTsに関する意見交換や認識の共有を図ること

②第三期科学技術基本計画の戦略重点科学技術を目的ごとにCTsの観点から見直し、分野横断的な推進により効果的にイノベーション創出が期待されると考えられるものをまとめて推進すること

③日本の社会において将来的に重要であると考えられ、科学技術で解決可能な課題の抽出を産学官の共同で実施し、その進展状況を調査し、推進施策を立てること

2011年にスタートするであろう第四期科学技術基本計画には、現在の第三期科学技術基本計画のような分野別の推進だけではなく、分野の“横串”を対象とした推進施策を立てていくことが必須である。それがCTsであるかどうかは別として、このような考え方で国家レベルでの推進を検討することは非常に有益なことではないかと考えられる。

参考文献

- 1) Managing Nano-Bio-Info-Cogno Innovations: Converging Technology Society, NSF (2005)
- 2) Converging Technologies for Improving Human Performance,

NSF (2002)

- 3) 科学技術動向 2004年5月号「米国の科学技術政策動向—AAAS科学技術政策年次フォーラム速報—」
- 4) Converging Technologies—Shaping the Future of European Societies, EC (2004)
- 5) The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses: Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers, and Social Implication, RAND (2006)
- 6) 「科学技術連携施策群の成果及び今後の課題と進め方(中間報告)」基本政策推進専門調査会(平成18年11月21日)

執筆者



ライフサイエンス・医療ユニット

伊藤 裕子

科学技術動向研究センター

<http://www.nistep.go.jp/>



薬学博士。ヒト染色体の構造・機能などの研究に従事。現在の専門は科学技術政策。ライフサイエンス分野の先端科学の動向、競争的研究資金制度、科学の知見が社会に利用されるまでのプロセス等に関心がある。