

対 外 報 告

提言：知の統合－社会のための科学に向けて－



平成19年(2007年)3月22日

日 本 学 術 会 議  
科学者コミュニティと知の統合委員会

この対外報告は、日本学術会議科学者コミュニティと知の統合委員会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

#### 日本学術会議科学者コミュニティと知の統合委員会

委員長	中島 尚正	(第三部会員)	独立行政法人産業技術総合研究所理事
副委員長	青柳 正規	(第一部会員)	国立西洋美術館館長
幹事	中西 友子	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
幹事	木村 英紀	(連携会員)	独立行政法人理化学研究所バイオメティ ックコントロールセンターチームリーダー
	廣瀬 和子	(第一部会員)	上智大学外国語学部教授
	廣川 信隆	(第二部会員)	東京大学大学院医学系研究科長
	岸 輝雄	(第三部会員)	独立行政法人物質・材料研究機構理事長
	後藤 俊夫	(第三部会員)	中部大学学監
	小林 敏雄	(第三部会員)	財団法人日本自動車研究所副理事長、東京 大学名誉教授
	柘植 綾夫	(第三部会員)	三菱重工業株式会社特別顧問
	土井 美和子	(第三部会員)	株式会社東芝研究開発センター技監
	矢川 元基	(第三部会員)	東洋大学計算力学研究センター長・教授
	藤井 信孝	(連携会員)	京都大学大学院薬学研究科教授
	村上 陽一郎	(連携会員)	国際基督教大学大学院教授

日本学術会議学術調査員 名和 賢美 (一橋大学大学院法学研究科COE研究員)

## 委員会活動記録

### ・ 委員会開催

- 第1回 平成18年 5月29日
- 第2回 平成18年 7月24日
- 第3回 平成18年 8月28日
- 第4回 平成18年11月 4日
- 第5回 平成19年 1月15日
- 第6回 平成19年 1月30日
- 第7回 平成19年 2月26日

### ・ 役員会開催

- 第1回 平成18年 7月14日
- 第2回 平成18年 8月14日
- 第3回 平成18年 9月 8日
- 第4回 平成18年11月27日
- 第5回 平成18年12月13日
- 第6回 平成19年 2月 9日

### ・ 話題提供

平成18年 8月28日（第3回委員会）

吉川 弘之 独立行政法人産業技術総合研究所理事長

石井 紫郎 独立行政法人日本学術振興会学術システム研究センター副所長

浅島 誠 日本学術会議副会長

平成19年 1月15日（第5回委員会）

西垣 通 東京大学大学院情報学環教授

## 要 旨

### 1 作成の背景

- ・ 日本学術会議は、第 19 期まで学問の在り方を議論する「学術の在り方常置委員会」を設置し、さらに必要により特別委員会等（第 17 期に「20 世紀の学術と新しい科学の形態・方法特別委員会」及び「学術の社会的役割特別委員会」設置、第 18 期に「新しい学術体系委員会」設置）も設けて、「社会のための学術」を目指した学問の在り方（学問論）に関する議論を継続的に展開してきた。
- ・ 今期になって、日本学術会議の大幅な組織変更により、学術の在り方常置委員会は廃止されたが、こうした学問論を継続審議すべく、課題別委員会として本委員会を設置するに至った。「知がより有効に社会に資するために、科学者コミュニティは何をすべきか」という観点から、「知の統合」について議論を積み重ね、「知の統合」を実現するための学問論としての方法論と並んで、科学者コミュニティにおける「知の統合」の現状、統合を妨げている原因の究明、統合を促す仕組みや動機付けも視野に入れて検討を進め、本報告書を取りまとめた。

### 2 現状及び問題点

- ・ 知の体系は細分化されやすいものであり、この逆らい難い流れは人文社会系、理工系に共通して及び、「社会のための科学」に対する障壁となっている。人文社会系では、複雑な社会現象の解明や対処に対して、個別化した科学相互の協力が円滑に行えていない。理工系の知は、人工環境の形成に深く関わり、社会の諸々の活動に多大な影響を与えているが、現状の細分化された知では、多岐に渡る影響の理解や洞察に限界が見られる。

こうした現状の背景には、「社会のための科学」の担い手である科学者コミュニティが知の細分化問題を十分に自覚していないということがあり、この事態は大いに憂慮される。

### 3 提言等の内容

#### (1) 認識科学と設計科学の連携の促進

- ・ 「あるもの」や「存在」を探究する認識科学と「あるべきもの」や「当

為」を探究する設計科学の間の連携の促進が、「社会のための科学」にとって重要である。すなわち、認識科学によって導出された知が、設計科学による人工物や制度・方策等の案出をへて社会化されることに加えて、このような連携が新たな知を生む場合が少なくないからである。

(2) 使命達成型科学の研究マネジメントにおける留意点

- ・ イノベーションを意図した使命達成型科学研究においては、研究マネジメントを担う研究リーダーは以下に留意する必要がある。

研究成果の産業化や社会化に関して、広い知を結集し俯瞰的に洞察すること。

研究が分業化されて推進される場合には、若手人材が狭い領域に閉ざされて育成されることがないように配慮すること。

(3) 異分野科学者間の対話の促進

- ・ World Knowledge Dialogue のような文理対話の会合を国内でも定期的  
に開催する必要がある。この場で文と理のインターフェースの役割を果た  
す人材の教育体制を検討することも重要である。
- ・ 大学が異分野の知の宝庫であることを再認識し、学部や研究科を横断す  
るフォーラムを通じて異分野間の知的触発を促進する教育研究の環境を、  
各大学内部において整備する必要がある。

## 目 次

序	1
1 知の統合とは	4
(1) 知の統合の定義と対象	4
(2) 知の統合、総合、融合	5
(3) 知の統合の契機	6
(4) 認識科学と設計科学	6
(5) 多様体によるアナロジー	8
2 知の細分化と統合：科学者コミュニティの形成	10
(1) 古代における知の体系化と細分化	10
知の体系化	10
知の分類と細分化	11
(2) 科学者コミュニティの形成と科学者の役割	12
科学者コミュニティの形成	12
科学者コミュニティの性格とその変化	14
科学者コミュニティの構造と知の統合	15
World Knowledge Dialogue	16
3 人文社会系における問題	19
(1) 価値相対主義の問いかけ	19
(2) 社会科学固有の問題	20
全体と個を関係づけるものは何か	21
個人の複雑性が多様な社会人文科学を生み出したこと	21
当為と存在の関係とその統合	22
表象文化（シンボル・システム）を対象とする人文科学の役割	22
自然科学への架橋	23
社会科学における認識科学と設計科学と、その統合	24

4	理工系における問題	25
(1)	知の影響力と細分化傾向	25
(2)	研究開発・人材育成と知の活用	26
	研究開発における知の活用	26
	目標と指標の共有化	27
(3)	統合へのアプローチ	27
5	いわゆる文理融合について	29
(1)	文理融合の試み	29
(2)	秩序原理	31
(3)	学術の限界と知の統合	32
6	提言	34

## 序

日本学術会議は伝統的に学問論が盛んであった。学問の在り方を議論する「学術の在り方常置委員会」が第 19 期まで設置されており、そこでは個別の研究領域を超えた学術の全体的な姿とその方向を捉えることを目指し、人文社会科学から生命科学、理工学まで、すべての学術の動向を踏まえたさまざまな議論が繰り広げられた。

第 17 期以降、学問論はこれまで以上に活発になる。第 17 期では、上記常置委員会に加えて、「20 世紀の学術と新しい科学の形態・方法」、「学術の社会的役割」の二つの特別委員会が設置された。第 18 期では、さらにその動きが強まり、運営審議会附置の委員会として「新しい学術体系委員会」が副会長を委員長として設置された。

このように必要に応じて種々の委員会が設けられ、学問の在り方に関する議論が進展してきたのであるが、これらの活動には共通する背景を見ることができる。それは学術研究というものを、社会的な価値を生み出すために社会から付託された知的活動として捉えていることである。学術が解かなければならない地球規模の課題の切迫、生活と科学技術が直結した現代の物質文明、国家戦略の重要な一環を占めるようになった科学技術予算の増大などを考えると、「社会のための学術」は科学者コミュニティが持つべき当然の視点である。

第 17 期の第 3 常置委員会では、学術研究を基礎・応用・開発と分類する従来のやり方に代わって、学術研究をモデルの研究として捉え、モデルの範疇の違いによって学術を分類しようとした。すなわち、創造モデル、展開モデル、統合モデルに分類し、モデル転換論として学術を体系化しようとしたのである。この分類は「社会のための学術」を基礎付ける重要な一歩であったと思われる。

また、第 17 期の 20 世紀の学術と新しい科学の形態・方法特別委員会では、理論科学に対置する「技術科学」の範疇が提示されたが、これもモデル転換論と問題意識を共有していたと言ってよい。

この方向をさらに深めたのが、第 18 期の新しい学術体系委員会である。この委員会の報告書<sup>[1]</sup>は、学術全体の体系の新しい構築を意図したものである。その中心的な主張の一つは「設計科学」という新しい科学の範疇を提案したこと

であり、これを科学として成り立たせるための方法論も扱っている。なお、この新たな科学に対して、これまでの科学は「認識科学」と呼んでいるが、「認識科学」と「設計科学」の二つに科学を分類することは、第 17 期の 20 世紀の学術と新しい科学の形態・方法特別委員会「審議のまとめ」に見られる「理論科学」と「技術科学」の二分法と対応している。

第 19 期の学術の在り方常置委員会では、横断的な知の統合という視点から、設計科学の方法論をさらに肉付けすることを目指した議論が行われた。

今期になって、日本学術会議の大幅な組織変更により、学術の在り方常置委員会を含む常置委員会は全て廃止されたが、これまで積み重ねてきた学問論を「知の統合」という視点から再考すべく、平成 18 年 3 月 23 日に課題別委員会として本委員会が設置されるに至った。

こうした背景を持つ本委員会は、科学者コミュニティの立場から「知の統合」という問題に正面から取り組むことを中心課題とする。そして、従来の学問論の底流にあった「社会のための学術」がより具体的な「イノベーションの達成」として提示されたことを踏まえ、これまでの議論のプロセスに共通する根本的な課題である「知の統合」に焦点を絞り、具体的な提言に結びつけることを目標として議論を積み重ねた。

このように本委員会では、「知がより有効に社会に資するために、科学者コミュニティは何をすべきか」という観点から、「知の統合」を扱ったのである。したがって、「知の統合」を実現するための学問論としての方法論と並んで、科学者コミュニティにおける「知の統合」の現状、統合を妨げている原因の究明、統合を促す仕組みや動機付けも視野に入れて、検討を進めてきた。

本報告書は、本委員会及び役員会において以上のように検討を重ねた審議を取りまとめたものであり、以下のように構成されている。まず、第 1 章では、「知の統合」の定義及び関連諸用語との関係を通じてその解説を試み、第 2 章では、知の細分化と統合の歴史及び科学者コミュニティの成立を概観する。続く二つの章では知の統合の現状に対する問題提起を、第 3 章では人文社会系に関して、第 4 章では理工系に関して行う。さらに、第 5 章では、知の統合という視点から掘り下げていわゆる文理融合の問題について論じ、最後に、第 6 章で、「知の統合」を実現するために「社会のための科学」の担い手である科学者コミュニ

ティを主対象として提言を行う。

**【注】**

[ 1 ] 日本学術会議運営審議会附置新しい学術体系委員会報告「新しい学術の体系 社会のための学術と文理の融合 」(平成 15 年 6 月)

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/18pdf/1829.pdf>

なお、この報告書を分かりやすくまとめた第 19 期日本学術会議学術の在り方常置委員会による簡易版もあり、以下の URL に掲載されている。

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-18-t995-60-2.pdf>

## 1 知の統合とは

本委員会のタイトルである「知の統合」という言葉は、すでにいろいろなところで使われている。芸術と科学の対比で「知の統合」が語られることもあれば、「文理融合」の文脈で語られることもある。また、製品開発における異種の専門家間の共同作業にこの言葉を当てはめる議論もある。このように「知の統合」の意味するものは、人によってまちまちである。「知」も「統合」も表意文字独特の曖昧さがふんだんに張り付いているため、その場その場に応じた変幻自在な解釈が可能である。

しかしながら、この概念をもとに議論する以上、この概念の意味するものに対して、ある程度の共通認識をもつことが必要である。そこで、本章では、まず、第1節において「知の統合」の定義を示すとともにその対象についても論じ、第2節では、統合の類義語である「総合」及び「融合」と統合との関係を明確にし、第3節では、知の統合が生まれる契機を例示する。さらに、第4節では、これまで日本学術会議において議論が重ねられた「認識科学」及び「設計科学」と、本委員会の検討課題である「知の統合」との関係を説明し、最後に、第5節では、図式化により「知の統合」を解説する。

### (1) 知の統合の定義と対象

本委員会では、日本学術会議におけるこれまでの学問論の底流にあったものと整合するよう配慮して、「知の統合」について以下の定義を提案する。すなわち、「知の統合」とは、

**異なる研究分野の間に共通する概念、手法、構造を抽出することによってそれぞれの分野の間での知の互換性を確立し、それを通してより普遍的な知の体系を作り上げること。**

上の定義は極めて一般的であり、学術の歴史で起こった数多くの事例が知の統合として位置付けられる。もし、力学、電磁気学、熱力学を異なる研究分野であるとみなせば、これらに共通するエネルギー概念の確立は、これらの分野を結びつけ、より普遍的な物理学の創出に導いた知の統合である。他方で、物理学を一つの研究分野と考えた場合、この概念の確立は

物理学の中で起こったことであるから、知の統合とはいえない。このように、上の定義は「異なる研究分野」の捉え方について曖昧ではあるが、いずれにせよ、このような等質な知の間で生じた統合は本委員会の場において議論する対象ではない。

異分野の間で起こった最もスケールもインパクトも大きな統合は、ウィーナー（N. Wiener, 1894-1964）によるサイバネティクスである。ウィーナーは、脳の運動制御と人工物の制御が同じ原理に基づいていることを発見し、生物学と通信・制御工学を結びつけることを通してサイバネティクスを提唱し、その結果として生物模倣科学と医工学を創出した。最近では、機械工学と電気工学の両者から運動体に関わる知を抽出し運動制御を核としたメカトロニクスの誕生が、知の統合の例として挙げられよう。

## (2) 知の統合、総合、融合

製品開発やソフトウェア開発（ソリューション）など個々の企業レベルの研究開発の現場で、異なる専門家が協業することは珍しくない。この場合、異なる専門分野の知は製品や製造技術やソフトウェアに組み込まれるが、新たな価値が生じても新しい知が生み出されたとはいえないので、前述の定義に照らして知の統合とは呼ばない。科学研究費の分科細目では、船舶工学や航空学など特定の人工物やシステムを対象に構成された工学は「総合工学」と呼ばれる。この点を考慮し、製品の形で結晶した異分野の協業は知の「総合」と呼ぶことにする。「総合」は、統合の契機を作り出す重要なステップである。最近では、さまざまなレベルでの問題解決のための知の営みを「ソリューション」と呼ぶことが多いが、これも「総合」の一つであり、統合を生み出す豊かな源泉である。

知の「融合」という言葉もよく用いられるが、この言葉は「融ける」という語感があるので、知の本性からして違和感があると思われる。一度生み出された知は、より普遍的な知に向かって変成変身することはあっても、他の知に融けてしまうことは考えにくいであろう。

### (3) 知の統合の契機

知の体系は細分化されやすいものであり、この逆らい難い流れに立ち向かう積極的な動機付けが知の統合には不可欠である。その知の統合の契機は分野によって千差万別であるが、それを見つけ出すことが知の統合の可能性を必然性に転じる鍵である。サイバネティックスの場合は、卓越した個人の直感が、当時勃興しつつあった制御工学、通信工学、計算工学の可能性を生物学に結びつけた。

多くの場合は、学問の内的な成熟と新しい社会的なニーズが触れ合って、知の統合が起こる。例えばメカトロニクスの場合には、当時機械を動かすシナリオがすでに極端に複雑になり機構学や機械力学の手に負えなくなっていたという機械工学における内的な要因と、機械の知能化、汎用化、人間化に対する社会的なニーズの増大が背景にあった。

一つの研究領域が進展するにつれて、蓄積される事実（情報）や手法は急速に増える。確立された個々の事実や手法は、新しいより広い文脈での位置付けを求める。この文脈が他の研究分野に及んだとき、知の統合の契機が生まれる。科学技術と人間・社会の接点からも、知の統合の契機が生まれる。一つの科学技術の分野から見た人間・社会は部分的なものにすぎない。一つの科学技術の分野が満たすことのできる人間・社会の要求は常に部分的なものにすぎない。人間は多様な価値観を持ち、より豊かな生活を求める「全体的な」存在である。一つの製品やサービスが人間や社会にもたらす価値は、多面的な評価の軸で測られなければならなくなっている。製品をその生産から消滅までのライフサイクル全体で考えなければならぬ循環型社会の到来は、この一つの例である。

知の統合は、このような人間・社会の全体性と向き合う科学技術の基盤を形成するために、さらには知の創造を社会的価値に結びつけるイノベーションを実現するために、極めて重要である。この問題について少し別の角度から議論したい。

### (4) 認識科学と設計科学

すでに「序」で述べたように、第 18 期以来の日本学術会議では、学術と

いうものを「認識科学」と「設計科学」に二分する考えがほぼ定着してきた。この考えの背景には、「社会の中の社会のための学術」を重視する日本学術会議の基本的な方向性がある。

「認識科学」と「設計科学」の区別を、前者が「curiosity-driven」(好奇心駆動型)であり、後者が「mission-oriented」(使命達成型)であると捉えることは、設計科学の研究も個人の研究レベルでは明らかに curiosity-driven であるし、認識科学でも大型プロジェクトは個人のレベルでは mission-oriented であるという意味で、正しいとは言えない。両者の区別については、第19期の報告書がより適切な表現を提示している。すなわち、前者は「あるものの探求」であり、後者は「あるべきものの探求」である<sup>[1]</sup>。

知の統合は、それが認識科学の内部で起こるか、設計科学の内部で起こるか、あるいは認識科学と設計科学の両方にまたがって起こるか、によってその様相が大きく異なる。

認識科学においては、「世界」(あるもの)を認識する知の営みは、知の総量が増加するにつれて必然的に細分化の道を辿る。いわば細分化は知の自然傾向である。しかし、その伏流として常に統合へのベクトルが存在し、それが顕在化するたびに新しいパラダイムが生まれてきた。この点は次章で詳しく述べる。

設計科学もほぼ同様の道を辿ってきたといえるが、社会や人間の生活に資するための価値を生み出すという点で、社会や人間の全体性が常にその統合の動機付けを与えてきた。すでに述べたように「総合」が統合の契機として働くことが、設計科学における知の統合の特徴であろう。設計科学の多くは、認識科学との間の知の統合によって生まれた。例えば、材料力学は、変形体の力学という認識科学と、材料の設計という設計科学との統合によって生み出されたものであると言えよう。ただし、システム工学や制御工学や設計学などのように、純粹に設計科学の内部での知の統合の結果として生まれたものもある。

このように、認識科学と設計科学の視点から知の統合を考察することは、さらに深められる必要がある。

## (5) 多様体によるアナロジー

知の統合に関しては、単に言説で説明するよりも、むしろ図式化した方がその本質を理解し易いかもしれない。吉川弘之氏は、知の統合を数学の中心的な概念である「多様体」を用いて、図1のようなアナロジーで説明する(平成18年8月28日 第3回科学者コミュニティと知の統合委員会)。

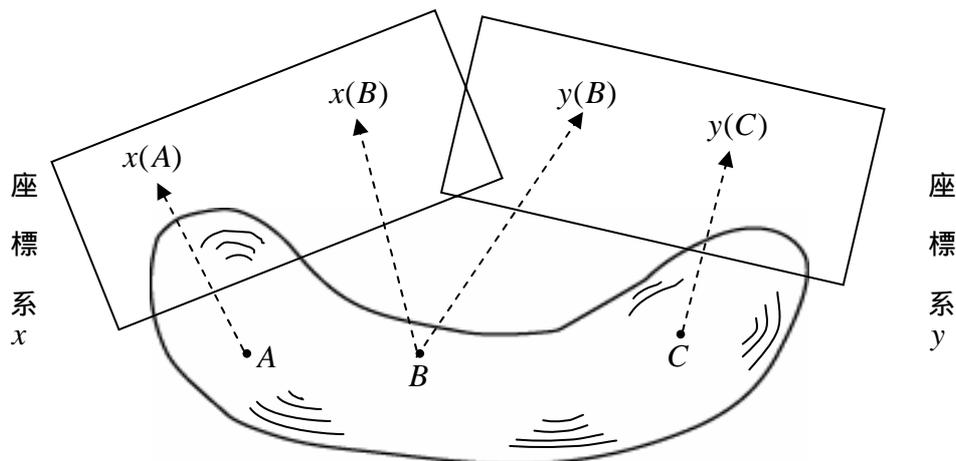


図1 多様体による知の統合のアナロジー

点Bは座標系  $x$ ,  $y$  の両方で表現される。 $x(B)$ から  $y(B)$ への(あるいはその逆の)写像はユークリッド空間相互の写像として一意に決る。これが知の互換性である。Bのような共通部分における互換性を通して、AとCの関係、さらにそれが属するより高次の対象が明らかとなる。

多様体は局所的にユークリッド空間と同相な位相空間である。局所的なユークリッド空間との同相写像は局所座標系と呼ばれる。局所座標系はそれぞれオーバーラップする部分を含んでおり、それを通して局所座標系同士の関係が確立される。局所座標系が個々の研究領域を表すとすれば、局所座標系同士の相互変換を通して、対象がより高次の空間に埋め込まれた空間であることを認識するのが、知の統合である。これは一つのアナロジーにすぎないが、知の統合の本質を適切に表現している。

**【注】**

[ 1 ] 日本学術会議学術の在り方常置委員会報告「新しい学術の在り方 真の science for society を求めて 」(平成 17 年 8 月 29 日)

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-19-t1032-11.pdf>

## 2 知の細分化と統合：科学者コミュニティの形成

本章では、知の統合が図られていないことによって現在何が問題となっているのかについて検討する前提として、知の細分化及び科学者コミュニティの歴史を概観する。第1節においては、古代における知の体系化と細分化を、第2節では、科学者コミュニティの成り立ちとその性格、さらに現在の新たな取り組みを概観する。

### (1) 古代における知の体系化と細分化

前章で述べたように、そもそも知は必然的に細分化するものである。この現象は、現代的な学知の源流の一つである古代ギリシアにおける知の営みにおいても同様であった。もちろん、古代における諸々の知（グノーシス、エピステーメー）や学問（マテマ）は、術（テクネー）と渾然一体となっており、本委員会が議論の対象とする現代的なそれとは大いに異なる性格を有するため、古代と現代をストレートに対比することはできない。けれども、古代においても諸々の知や学問が誕生し、その多種多様なものが分類され専門化・細分化される一方で、知の体系化が数々試みられた。そうした歴史は、これほどまでに専門化・細分化が進行してしまった現代における知の統合の模索に何らかの手掛りあるいは示唆を提供するであろうから、以下において、古代における知の体系化と細分化を概観しておく。

#### 知の体系化

さて、古代ギリシアにおいて学知を誕生させたのはイオニア学派の祖タレス（前636頃-前546頃）であるが、さらにそれを自由人が教養（パイディア）のために学び得るものとしたのは、ピュタゴラス（前569頃-前470頃）及び彼が創設したピュタゴラス学派であったといわれる<sup>[1]</sup>。彼らは万物の原理を「数」に求め、数的関係においてのみ物事の真理を把握できると考えたが、とりわけ重要なことは、数、形（幾何）、星（天文）、そして調和（音階）、これら四つの学を学ぶことによって世界の秩序（コスモス）を自らのうちに取り込むことができると

みなしたことである。この思想の影響は大きく、プラトンの学問体系に、さらには自由学芸七科に受け継がれる。

プラトン（前 427-前 347）が主著『国家』第7巻で、いわゆる哲人王を養成するための教育コンテンツ及びプログラムを提示したことは広く知られている。そこでは、最初の予備学問として、ピュタゴラス派に倣い、算術、幾何学、天文学、そして音楽の調和の学習が18歳までに必須とされた。そして、これらを十分に習得した者のみが哲学的問答法（ダイアレクティケー・テクネー）を学ぶ資格を持つことになり、その後50歳を過ぎて順番がきたならば、ポリスのために政治職に従事することになった。ここでは予備学問も哲学も、あくまでも最善のポリスのために営まれる。このように、プラトンは、ポリスのための学の体系化を試みており、いわば「社会のための学術」の最初の提唱者とも言える。

### 知の分類と細分化

こうした学の体系化の一方で、アリストテレス（前 384-前 322）はさまざまな学問を三つに区分しようと試み、それは後世における学問分類に多大なる影響を与えた（表1）<sup>[2]</sup>。

表1 アリストテレスの学問三分類

区分	目的
理論学（テオーレーティケー）：神学、自然学、数学	真理
実践学（プラクティケー）：倫理学、政治学	行為
制作学（ポイエーティケー）	制作物

（アリストテレス『形而上学』1025b、1064aをもとに作成）

続く紀元前3世紀には、アレクサンドリアを中心に諸学問が専門学として確立され、とりわけ、数学、幾何学、文献学が高度な発達をとげることになる。専門学の中で厳格な論証が試みられるに従い、各専門学が細分化され、現代に似た状況、つまり同じ学問でも自分の専門の狭い領域には非常に深い知識を持っているが、ほかの領域のことはさっぱり分らないというような、知の専門化・細分化が見られるようになる<sup>[3]</sup>。

また、中世初期に確立した自由学芸七科（表 2）は、12 世紀以降続々と創設された大学に対して大きな役割を果たした。当時の大学では七科に基づいた講義が行われたのである<sup>[4]</sup>。

表 2 自由学芸七科 (septem artes liberales)

言語的三科 (trivium)	文法、修辞学、論理学
数学的四科 (quadrivium)	算術、幾何学、音楽、天文学

([クルツィウス 1954] をもとに作成)

しかしながら、古代中世においては、知が単に専門化・細分化の一途を辿ることはなかった。アリストテレスは学問全体の中で神学が最上位にあるとし（『形而上学』1064b）、自由学芸七科すべてもまた、結局のところ神学の学習に不可欠な準備課程であった<sup>[5]</sup>。もちろん、両者の神学の意味するものは異なるが、このように知の細分化の一方で、神学を頂点とする知の階層化が明白に意識されていたのである。

## (2) 科学者コミュニティの形成と科学者の役割

古代ギリシア以来、人間の知的活動すべてが「哲学」(フィロソフィア)と呼ばれてきたが、その哲学から個別の学問が分離独立し、文科系・理科系という大別のもとで諸学が位置付けられるようになったのは、それほど過去にさかのぼることではない。以下では、科学者コミュニティの誕生、その概要、そしてその性格の変化をもたらしたクライアントの出現について、さらには、近年における知の統合の試みについて概観する。

### 科学者コミュニティの形成

歴史上「科学者」と呼ばれる存在が現れるのは、19 世紀になってからのことだと考えられる。英語の<scientist>という語がヒューエル (W. Whewell, 1794-1866) によって造語されて初めて使われたのが 1840 年と言われている。したがって、科学者コミュニティという概念が生まれるのも 19 世紀以降のことだと見なせる。この点は、別の二つの観点からも

主張できる。

第一は、コミュニティ・メンバーの後継者を制度的にどう保証するか、という問題である。言い換えれば、科学教育であるが、ヨーロッパの大学に「理学部」と呼べるものが造られたのも 19 世紀後半であった。リービヒ (J. von Liebig, 1803-1873) がギーゼン大学で個人的に 1820 年代に始めた有機化学の「研究室」が、いわゆる「ラボラトリー」制度の始まりと言われるが、このときは、まだ理学部は存在せず、「哲学部」(学芸学部)のなかでの活動であった。理学部が哲学部から分離・独立するのは 1870 年代である。

第二には、科学者コミュニティは、科学の専門分野において、あるいは専門分野の上に、形成されるものである。現在古典的となっている学問分野の大部分は、19 世紀ヨーロッパにおいて初めて成立したのである。18 世紀まで学問は「哲学」として包括的に捉えられるのが通例であり、社会科学も含めて、個別の専門分野が哲学から分離、独立する過程は 19 世紀に入ってからであった。

日本生まれの、「科に岐<sup>わか</sup>れた学問」という原意を持つ単語「科学」は、<science>の訳語として 19 世紀後半に造語されたものだが、学問が分岐・独立する傾向の最も強い時代のヨーロッパの学問事情を如実に表現したものと言えるであろう。

19 世紀ヨーロッパにおける初期の科学者コミュニティは、実はこうした専門分野を前提としたものではなかった<sup>[6]</sup>。最も早いと言われるドイツ語圏のドイツ自然探求者・医師協会 (略称 G D N A [= Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte]、1822 年設立) も、これに刺激されて英国に生まれた英国科学振興協会 (略称 B A A S [= British Association for the Advancement of Science]、1831 年設立) も、メンバーの専門分野は一切問われていない。しかし、1810 年代や 20 年代には、専門分野で限定すれば、とても団体を形成するだけの数の専門家が集まらなかったからであり、ドイツの場合は団体名にも現れているように医師も「仲間」として数えられている。

やがて、少しずつ専門の研究者の数が揃って来ると、地質学会、動物

学会、植物学会、物理学会などの専門学会が誕生する。日本においても、多少のタイム・ラグはあったが、ほぼ同じ頃に同じ現象を見ることができ。これはいわゆる「後進性ゆえの先進性」を示す好例であろう。

### 科学者コミュニティの性格とその変化

19世紀に成立した専門学会は、19世紀末頃までに徐々に組織や制度を固めていくことになるが、その概要は次のようなものであった。

一つは、当然のことながら、「専門家」の排他性がはっきりしたことである。会員資格の具体的な手続きは現在でも分野によってばらつきがあるが、少なくとも既成の会員（複数）の推薦などが最低条件とされることから、その点は覗える。専門家が排他的な集団を作る例は、医師や職人の世界に古くからあった。その意味では、科学者コミュニティも特異なものではない。

しかし、そうした他の同業者組合と比べて、科学者コミュニティは顕著な違いを示した。それが、このコミュニティの第二の、そして最も大きな特性に繋がる。すなわち、その自己充足性である。医師や職人の同業者組合では、確かにそのメンバーは排他的に定められるが、しかし、そのコミュニティの外部に必ずクライアントを持っていた。医師にとっては患者が、職人にとっては発注主が、それに当たる。他方で科学者コミュニティにおいては、彼らの専門的な知識を利用しようとするクライアントは外部には存在しなかった。強いて挙げれば、そうしたクライアントは、自分自身が、あるいは同じコミュニティの同僚である。この限りにおいて、科学は「科学者のための科学」であった。

したがって、科学者は、技術者や工学者のように、外部社会に対する責任を感じる必要がなかったのである。言い換えれば、科学者が果たす社会的役割は、研究の遂行という点（それも社会が要求したというよりは、むしろ科学者自身が自らに課した義務であった）以外にはなかったのであり、それは近代社会における芸術家や文学者などの役割と大きな隔たりはなかったと言ってよい。

こうした事態が極端に変わったのは、20世紀中葉からである<sup>[7]</sup>。その

最も大きな要因は、科学研究が進展した結果、その成果の社会的利用価値が急激に増大したことによる。例えば、純粋の科学者であったカロザース (W. H. Carothers, 1896-1937) がデュポン社においてナイロンを開発した事件 (1935 年) は、科学が産業というクライアントに奉仕した極めて初期の、典型的な出来事であった。また、第二次世界大戦中に、原子物理学のコミュニティに属する科学者が国家の与えた使命である核兵器の開発に奉仕したのは、その最も大々的な実例となった。米国政府が 1950 年に全米科学財団 (略称 NSF [= National Science Foundation]) を設けたのも、国家が科学研究のクライアントとして浮上してきたことを物語る重要な出来事であろう。

1999 年ブダペストで開かれた世界科学者会議において宣言された「社会のための科学」(science for society) という理念は、科学者の側からこうした事態の変化に対応しようとする決意の表明と受け止められる。20 世紀後半、こうして科学のクライアントとして、国家行政と産業という二つの大きな社会セクターが現れたことになるし、そうであるが故に、科学者は行政や産業という社会を動かす巨大な機構を通じて一般の社会に大きな影響を与えるという点で、かつては求められなかったさまざまな責任を課されることにもなった。

最後に付け加えれば、科学のクライアントは上の二つだけしかないか、という問いが今日重要視されつつある。一般の社会に生きる生活者が、自分たちの生き方を実現しようとするとき、科学がその研究成果を以て彼らの望みに応える、というパターンの実現、一言で言えば、生活者をクライアントとするような科学の可能性が、現在鋭く問われている。

### **科学者コミュニティの構造と知の統合**

科学の性格の変化にも拘わらず、科学者コミュニティの制度的な構造は、19 世紀末以降あまり変わっていない。研究成果の論文化、それを発表するための学術ジャーナル、レフェリー制度などがそれに当たる。このような構造は、既成の領域の維持・保存に役立つと同時に、それをより精密化、詳細化する傾向を持つ。つまり、学問の細分化 (コンパート

メンタリゼーション)を促進するものと言える。極端な場合、レフェリーの嗜好によって、学術ジャーナルが分裂し、結果的に(ほぼ同じ領域に)複数の「学会」が生じることさえある。

しかし、学術内部にも統合へのインセンティブがないわけではない。一つは、現在に著しい使命達成型の科学研究は、もともと単一の領域だけでは目的が達成できない性格のものである。多領域の研究者が有機的な構造のなかで、共有する目標達成のために協働する形をとる。この場合、特にチームのリーダー格の研究者は、多くの領域をカバーするマネージャーの役割を要求される。この例として環境問題を挙げておこう。環境問題は、地球科学、海洋科学、大気圏科学、あるいは生態学、炭素循環の基礎としての有機化学などから、経済学、産業論、あるいは国際政治学などに至る広汎な学問領域に跨る研究を必要としており、それだけで優に知の統合への強い動機を内包している。

また、研究の深化が、必然的に他の諸領域に踏み込まざるを得ないという場合もある。例えば、ゲノミクスからプロテオミクス、そしてエピジェネシスへの現在の視点の移動はそうした実例の一つだし、脳生理学と分子生物学との融合(相互乗り入れ)なども、その例と考えて良いであろう。すなわち、学問の内容的な動機から、越境的な研究が生まれている実例も幾つか見られるのである。

### World Knowledge Dialogue

平成 18 年 9 月にスイスにおいて「World Knowledge Dialogue」<sup>[8]</sup>という国際シンポジウムが開催された。このシンポジウムは、自然科学と人文・社会科学が実りある相互交流を促進することを目的とし、パラダイムシフトに貢献する重要な発見を近年成し遂げた研究者を講演者に招き、その画期的大発見に対する評価や社会的影響などについて対話を交わし、理科系と文科系との有機的な連携・融合を目指すものであった。

文科系研究者と理科系研究者との間の対話の欠如をスノー(C. P. Snow, 1905-1980)が「二つの文化」と称して指摘して以来<sup>[9]</sup>、すでに 50 年が経とうとしている。今回の World Knowledge Dialogue 開催は、この二つ

の文化の溝にうまく橋が架けられなかった、つまり自然科学と人文社会科学との隔たりが今日においても一向に改善されていないという認識から発するものである。

一方で我が国に目を向けてみると、こうした文理の峻別は、大正7（1918）年に公布された新たな「高等学校令」により旧制高等学校が文科と理科からなる大学進学のための予備課程という性格を帯びて以来、連綿と続いている<sup>[10]</sup>。

スノーが二つの文化の乖離を大損失であると批判したのは、「二つの文化が互いにぶつかり合い話し合うならば、知的な効果がもたらされ創造の機会が生み出される、それにもかかわらずこの機会を怠慢からみすみす逃している」ということからであった。こうした新たな創造を積極的に生み出そうとするためには、我が国においても文理の対話が盛んになるような土壌作り、すなわち World Knowledge Dialogue 日本版のような会合を定期的に行うことが必要であるし、加えてそうした場で文と理のインターフェースの役割を果たす人材の教育体制を検討することも重要である。

#### 【注】

[ 1 ] 廣川洋一「ピロソピアとしての学の生成」廣川洋一他『ヨーロッパにおける学の生成』東海大学出版会、1977年、1-40頁

[ 2 ] 藤井義夫『アリストテレス』勁草書房、1959年

[ 3 ] 田中美知太郎『学問論：現代における学問のあり方』筑摩書房、1969年

[ 4 ] E. R. Curtius, *Europäische Literatur und lateinisches Mittelalter*, 2. durchgesehene Aufl., Bern, 1954 [= 『ヨーロッパ文学とラテン中世』南大路振一・岸本通夫・中村善也訳、みすず書房、1971年]

[ 5 ] H. I. Marrou, *Histoire de l'Éducation dans l'antiquité*, Paris, 1948 [= 『古代教育文化史』横尾壮英・飯尾都人・岩村清太訳、岩

波書店、1985年]

- [ 6 ] 英国の王立学会 (Royal Society of London) は 1660 年代に設立されており、世界最古の学会と言われるが、これを今日の科学者コミュニティと見なすには無理がある。そのメンバーは貴族、僧侶、軍人、官僚などで、先述のように「科学者」と呼ばれる存在は皆無であり、また「研究」内容もまことに種々雑多なものであった。
- [ 7 ] 唯一の例外は化学であり、科学の中では最も早い時期から、そこで得られた知識の利用価値が高かった。すでに 19 世紀に、ソーダ産業や薬品産業とある程度結びついていたのである。
- [ 8 ] A・ハースト(ジュネーヴ大学学長)を会長とする World Knowledge Dialogue 財団は、平成 18(2006)年 9 月 14 日から 16 日まで、「Towards a modern humanism」をテーマに第 1 回シンポジウムを開催した。34 か国からおよそ 280 人が出席し、我が国からも産業技術総合研究所の吉川弘之理事長を団長として、13 名が参加した。この国際会議は今後も 2008 年と 2010 年に開催を予定しており、「二つの文化」の深い溝にいかに橋を架けようと試みるのか期待したい。
- [ 9 ] C. P. Snow, *The two cultures and the scientific revolution*, Cambridge, 1959 [= 『二つの文化と科学革命』第 3 版、松井巻之助訳、みすず書房、1984 年]
- [ 10 ] 大正 7(1918)年公布「高等学校令」第八条においては、「高等学校高等科ヲ分チテ文科及理科トス」とあり、文理の区分が明記されている。この区分については、明治 27(1894)年の「高等学校令」公布以降に検討がなされ、例えば明治 44(1911)年の「高等中学校令(公布はなされたが、現実には実施されることがなかった)」第四条においても、「高等中学校ノ学科ヲ分チテ文科及理科トス」とある。笈田知義『旧制高等学校教育の展開』ミネルヴァ書房、1982 年参照。

### 3 人文社会系における問題

#### (1) 価値相対主義の問いかけ

人文社会科学も自然科学も、「人間の」知的活動であるという点では同じである。人文科学は、人間が創造する文化を現時点での創造のメカニズムのみならず、残された文化の起源、解釈、その後の変化や歴史などについて考察する。社会科学は人間社会の実態を研究するが、その中には、社会構造を表象し結晶化した法や制度の研究も含まれる。この点で文化を研究する人文科学と共有する分野もある。人間が自分をも含む人間活動を客観的に考察しようとする。そこに自分自身を客観的に分析できるのかという価値相対主義（事実認識、観察、考えなどは、認識者が暗黙のうちに前提として持っている価値観などによって異なり、その意味では相対的であるという考え方）も生まれる。

自然科学の場合は、自然を人間に対峙するものとして分析するという立場に立っているとすれば、一見このような価値相対主義が入り込む余地はないように思われがちだが、人間も生物の一部であり、自然の一部であるということ、他の生物や自然環境は、人間も生物の一部であり、自然の一部であるということ、人間が社会なくして生きていけないのと同じくらい、他の生物や自然環境も不可欠の対象であることを考えると、そう単純ではない。また、その研究は、観察対象である自然とは独立の人間が行っているとはいえ、対象は観察されることによって影響を受けるともいわれる。

以上のように考えると、現在さまざまに分化した学術はそれぞれ、人間が作った論理学、価値観、自然観、宇宙観（これら自体、後に述べるシンボル・システムである）などを暗黙の前提として構築されているともいえる。しかも、その前提は、一定の地域・時代に、一定の人々によって始まり、その後、地域と時代を越えて広められ人類共有の文化遺産となった。人類普遍の英知と思われているが、必ずしも唯一・絶対のものではないかもしれない。論理学、価値観、自然観、宇宙観などの間にも競争と取捨選択があり、結果的に今の世界、社会、自然科学を形作っているが、もしそうでない考えがいち早く広まっていたらどうだっただろうと想像してみる

ことも必要である。価値相対主義が問いかけているものはそのような自省であろう。

## (2) 社会科学固有の問題

人文社会系が対象とする社会は、国内社会であれ国際社会であれ、複雑であるのみならず、日々生成流転の過程にある。そのような社会を認識するために、社会科学なら、経済学、社会学、政治学、法学などの形で分業して、それぞれの前提と論理で、社会現象のある側面、ある時間帯でのメカニズムを分析し、それぞれに固有の学問体系を築きあげてきた。このような分業によって社会科学全体としては、社会現象のあらゆる側面をあらゆる時点で明らかにできる、という暗黙の前提がそこにはあった。

しかし、このような暗黙の前提がうまく機能するためには、それぞれの個別科学が社会のどの側面をどのような前提と論理で研究しているか、捨象した現象をどのようなパラメーターで表現しようとしているのか、を明確に他の個別科学に伝えられるようになっていて、実際の社会現象に接近する際に協力が可能になっていなければならない。そのためには例えば、経済学の用語と法学の用語、政治学の用語と法学の用語、の間の意味の対応関係を明確にし、相互に他の学をどのように位置付けているかを明確にしなければならない。このことは、社会科学と人文科学の間、人文科学に分類される学問の間についてもいえる。

人間とその社会・文化という不可分の実態を対象とする以上、それぞれの学にはその実態との対応が問われる。社会は様々な要因から成り立ち、それが相互作用する複雑な全体であり、しかも日々生々流転の動態である。人文社会科学に属する個別科学がそれぞれの成果を前提として共同し、社会を全体的・動的に把握できるためには、それぞれが、複雑でしかも日々変動する社会・文化現象の、どの側面をどのような前提に立って分析してきたのか、それぞれの間の関係づけと体系づけをすることが必要である。大胆な単純化であるが、例えば次のような問題の構造を統一的に考えることができる上位の枠組みが必要である。

## 全体と個を関係づけるものは何か

単純化すれば、新古典派経済学は、純粹に各自の利益を追求する経済人 (homo economicus) を前提にしてそれらの行動の相互作用がどのような経済現象や最適状態を生み出すかを考察する。国際政治学の現実主義理論は、国家が純粹に国家利益を追求した場合に国際社会の秩序がどのようなになるかを考察する。これに対して、社会学は、利己的な個人の行動の集積が秩序を生むとは限らないと考え、全体を想定し、全体の秩序を維持するためにはそこに置かれた個人の間にはどのような行動が割り当てられ分化してゆくかを考察する。法学は、個と全体の論理が相克する社会で表象されてくる法やその他の規範や文化（これは人文科学の役割でもある）を研究する。

問題は、個を出発点に置く学と、全体を出発点に置く学との関係は何か、その背後にある、実際の個と全体の論理をつなぐものは何か、ということである。個の行動を集積すれば全体の秩序の在り方が導出できるのか。例えば経済学ではアロー (K. J. Arrow, 1921-) の不可能性定理が、個の行動から全体の社会的厚生関数 (social welfare function) を導出できないことを証明している。学問のレベルでは両者を繋ぐロジックがないとしても、実際の社会は個人の集積であり、個人の遵法精神なくして社会秩序はありえない。

## 個人の複雑性が多様な人文社会科学を生み出したこと

実際の間人は、ミクロ経済学が前提とする経済人や、社会学が前提とする社会人 (homo sociologicus) のような純粹な存在ではない。経済人であると同時に社会人であり、さらに政治的動物であったり、法を守る動物であったりする複雑な存在である。複雑な存在でありながら、分裂症にならず、一人の統合された個人であり続ける。それは、人間がシンボルを作りそれによって現実を認識するのみならず、このシンボルを自らの意思で操作する（例えば解釈する）ことによって、自らの関与する経済システムや政治システム、社会システム、文化システムを（それぞれの意味を表示する情報や知識、学問を通して）認識し、関係付け、体

系付けることができるからである。

### **当為と存在の関係とその統合**

法は、実際の経済、社会、政治現象を基盤に創造される規則、すなわち、当為の体系であり、それ自体が社会構造を表示し創出するシンボル情報システムである。そして法学は、そのようなシンボル情報システムについての学問ないし知識の体系である。経済学、政治学などが社会科学とされるのに対して、法学がそれとは少し異なる位置づけを与えられるのは、経済学や政治学が、社会現象の実際の生起を問題にする「存在」の世界を対象とするのに対して、法学が、社会現象の意味づけについての「当為」の体系を対象にしているからである。当為と存在の二元論を前提にすれば、両者の間に対話は成り立たない。しかし、「存在」としての人間活動が「当為」を生んだ、それはどのような人間関係の集積の結果であるか、を考察するならそこに対話の可能性が生まれる。

### **表象文化（シンボル・システム）を対象とする人文科学の役割**

人間の活動はそれ自身、経済活動や政治活動として実際の社会現象を作り出しているが、同時にその意味がさまざまなシンボルや言語で表現され、情報や知識として社会や時代を超えて伝達され蓄積される。逆に、それぞれの人間活動の意味を情報や知識として表現するシンボル・システムは、それぞれ別の論理で動く部分システムを関係づけ媒介し、全体としての社会を統合する。したがって、その働き（機能）を研究することは、人文社会科学の体系付け・関係付けを可能にするとともに、社会における人文社会科学の役割をも明らかにする。

第一に、第一次的には利害に基づいて行われ、それゆえにバラバラで無秩序な個の行動は、社会化の過程（socialization process）を経て、社会（役割）システムの次元における制御された行動へと媒介される。その過程で、個々の行動とその相互連関のみを前提にしたのでは説明できないような独自の性質（創発特性または創発性）が、システム全体のレベルで展開することがある。

第二に、役割システムの次元において決まる役割期待行動が実際の役割行動となって定常的に行われるためには、役割期待が各行動者に伝達され、その意味が内面化 (internalize) されることによって、動機の一部とならなければならない。シンボル・システムは社会制御 (social control) の過程を媒介する。社会化及び社会制御の過程は、複雑な社会の統合の役割を果たしている。

第三に、シンボル・システムは、個々の行動者間の相互主観性を情報という形で取得し、蓄積し、システムの中に蓄積された全体の意味を、時間・空間を越えて伝達することができる。これによって、人間は自分を超えた全体を認識することができるとともに、歴史を作ることができる。組織や社会においては、それを構成する個人や構成要素が次から次へと生まれたり死んだりする。また、その構成要素が新しく形成されたり、変化したり、崩壊したりする。それにもかかわらず組織や社会が全体として一つのアイデンティティを保ちながら存続・維持されるのは、シンボル・システムによる情報の保存・蓄積・伝播が行われるからである。組織や社会が、自分の未来像、あるいは未来のあるべき姿を想定して、目的や先見性を持って行動するように見えるのも、このためである。

### **自然科学への架橋**

例えば、20世紀から21世紀に向けて最大の課題となろうとしている環境問題は、科学技術や経済的活動に固有の論理が、人間と自然との間に存在していた生態系としての循環システムを破壊していることに起因する。これを修復するための努力は、問題の実態、その因果関係が、環境問題、資源エネルギー問題などの形で表示され、その重要性が人々に伝達され、認識され、その解決のために国家、国際組織、個人の間で役割システムが形成され、その実現を図るという形で行われる。複雑な現代社会においてこれが効果的に行われるためには、最終的には法や制度の形成を媒介として行われることが必要となるであろう。そのためには、まず、自然科学における真理探究の成果、得られた正しいデータが提示され広く人々に伝えられることが、新しい社会現象を創出していくこと

につながる。科学的発見や発明の結果がもたらす結果は人間にとってプラスであるとは限らず、使い様によってはマイナス面もあり得る。研究室内で得られたデータを一般の人々がどう受け取るか、どのように社会技術として実現するかという問題が提起される。そして、「法と科学」という新しい分野も提唱されている。

### **社会科学における認識科学と設計科学と、その統合**

以上のように、社会科学の中には、人間行動や社会の実態を分析しようとする学（事実を対象とする学）と、人間行動や社会の実態の意味を表象し結晶化したシンボル・システム（文化や法などの当為を対象とする学）とがある。人間はシンボルによって現実を認識するとともに、そのシンボルそのものを設計する。これによってシンボルは、個人と社会の統合をすることができるし、個人の統合や社会の統合もできる。しかしそのためには、シンボルが実態を正しく表示している必要がある。形骸化した思想、実効性のない法は社会にとって障害になる。シンボルは、長い時間をかけて次第に形成されることもあるが、立法という形で作られたり改正されたりすることもある。後者の場合には、社会をどのように設計するかという問題として理解することが容易である。前者の場合も、後者と社会に対する機能は同じであるから、長い年月をかけた社会の設計であると考えることが可能である。

このように考えると、社会科学の中には、実態についての認識科学と、実態をどのような文化や法で表現するかという設計科学とがあることが分かる。個々の個別社会科学についても、対象を認識する場面と、それを学として設計（構築）する場面とがある。認識（科学）と設計（科学）は相俟って社会全体を明らかにしている。認識科学的部分と設計科学的部分は、個別科学内においても、個別科学間においても存在する。両者の関係を考えることによって、社会科学の統合を考えることもできる。

## 4 理工系における問題

### (1) 知の影響力と細分化傾向

理工系の知は、生活、産業、経済、政治、医療、教育、芸術等の営みの場である人工環境の形成に深く関る。人工環境を構成する人工物は、理工系の知と深く結びついた技術によってもたらされるためである。人工物は人工環境を通じて上述の諸々の活動に直接的に影響を与えるだけでなく、その生産・運用における環境や資源との関わりから地球社会の持続性にも深く関係している。さらに、最近では情報、ライフサイエンスやバイオロジーがもたらす人工物も人々の生活に深く浸透し、日々の行動や価値意識に多大な影響を与えている。

このような状況を考えると、人工物の創出に関心を持つだけでなく、それが生活や社会、地球環境に及ぼす影響について総合的に俯瞰的に認識できなければならない。しかし、そのために理工系の知だけに頼るのは当然ながら限界がある。しかも、現状の理工系の知は専門領域に著しく細分化されていて、限定的な活用に陥りやすいことも問題である。すなわち、科学者や技術者が他領域に無関心になりやすく、広い領域間にまたがる問題から目が逸らされて、目指している「社会のための科学」がタコツボ的な科学に陥りやすいことである。

このような現実を反映して、知の統合に非常に高い期待が寄せられているものの、広範囲の知の高度な統合は一朝一夕に実現できるものではない。科学者コミュニティの着実な取り組みによって、徐々に達成されていくものである。

その一方で、理工系の知の多くは人工環境形成に現時点でも関係するのであるから、併せて現実の問題解決のために知を有効に活用すること、次節で触れるように特に分野を横断して総合的に知を活用することが問われている。なお、知の総合的活用は知の統合の契機となるものである。

## (2) 研究開発・人材育成と知の活用

### 研究開発における知の活用

研究活動に求められる知の活用は、研究開発の段階によって様相が異なる。認識科学においては、複雑な現象を包括的に理解するために、すなわち、関係する領域群の知を相互に矛盾することなく組み合わせ活用することは、すでに一般的に行われていることである。その限りでは、知が総合的に活用されているといえる。むしろ、認識科学における知の活用面の問題は、異分野間の研究者の相互触発を活発化して多様な知から独創的な学理の構築を目指すための組織的な取り組みが十分でないことである。

社会や産業にイノベーションをもたらすことを目指した研究開発では、基礎研究の成果を応用につなぐことが必要であるが、言い換えれば「あるものを探究」する認識科学と「あるべきものを探究」する設計科学の協同が必要となる。つまり、認識科学は多種多様な知を導出し、設計科学はこれらを活用して人工物の創出や、方策の案出を図る。

設計科学では知の活用が本質的に重要になる。つまり、設計科学は複雑に絡んだ条件や目標とする仕様を満たす解を案出する問題解決型研究であり、解決方法を導くために多種多様な知識を組み合わせ活用することが必要とされる。認識科学と設計科学の間は知で結ばれるが、達成目的が明確な研究プロジェクトでは、設計科学側が知の不足に気づき認識科学側に求めることもある。

イノベーションを意図したプロジェクト型の研究は、認識科学と設計科学の両者が重要とはいえ、設計科学に軸足を置いた展開となるが、プロジェクトを推進するプロジェクトチームのリーダー格の研究者とこれを支える組織との役割は極めて大きい。設計科学の解は唯一ではなく、最善の解かどうかの判断は基本的にリーダーに委ねられる。したがって、専門の深い知見に加えて、広い知見、社会性、俯瞰的な視点を持つことが求められ、それが研究の発展や成果の社会化・産業化に大きく影響する。リーダーは自前主義を排し、異分野のコラボレーションを図り、分野横断的な知の活用に努めることが特に求められる。

プロジェクト型の研究は研究効率を上げるために研究内容を細分化して分業化によって推進されることが少なくないが、その場合には若手人材の育成が狭い領域に閉ざされないよう留意する必要がある。そのためにリーダーを支援する組織の協力体制も重要である。

### **目標と指標の共有化**

広い分野で研究開発の目標や指標を共有することは、分野横断的な知の活用を促進する上で有効である。しかし、その実現には研究目標の高次な展開と適切な指標の開発が必要になる。

例として自動車の軽量化を取り上げてみる。目標を軽量化に限定すると、開発は主に材料の削減や軽量素材の研究に集中される。しかし、軽量化は自動車の燃費の向上に寄与しても安全性や快適性の向上と両立できるとは限らない。そこで目標を高次の自動車全体に結びつけると、安全性や快適性の観点から軽量化を考える余地が生じ、さらに生産や販売、物流に関連させると、観点は資源エネルギーや環境負荷に広がり、分野横断的な知の高度な活用が不可避となる。

知が分野横断的に有効に活用されるためには、第1章第1節で述べたように知の互換性を確立するための概念の共通化が必要となる。上述の開発事例において、持続可能な発展を最高次の目標とするならば、環境負荷と経済性成長の両立性を示す指標を概念の共通化に適用することができる。しかし、そのためには軽量化の指標が最高次の両立性の指標にどのように関係し寄与するか明らかにされる必要がある。このような指標間の関連付けも含めて有用な指標の開発は、今後の重要な課題である。

### **(3) 統合へのアプローチ**

知の統合は異なった学問分野を単に寄せ集めて結びつけることではなく、他分野に跨る知の活用や科学者の相互触発を通じて知の新たな体系を創造することを意味する。そのためには専門家自らが進んで従来の学問の基盤を抜け出し、新しい学問の土俵へシフトする必要がある。異なった専門分野の人が集まって、いわばプロジェクトの問題に取り組むことから一歩進

めて、それぞれが新しい「専門の知」の基盤に立って、同じ言葉で知を理解することが望まれる。

しかし、現実を目を向けると、環境、バイオ、情報などの社会的要請を受けて学部や学科の改編や新設が盛んに行われたが、その多くは単にいくつかの異なる専門領域の研究者を集める段階に留まり、ヘテロな教育研究組織の形成や知の統合への取り組みを欠いている状況である。

以下では、知の統合へのアプローチに示唆を与える事例や考え方に触れておきたい。

物質科学における知の統合は、異なる研究分野が共通の概念や法則に基づいていることが認識されることによって達成されることが多い。力学や電磁気学、熱力学などのさまざまな物理学の分野が物理学として統合されるには、エネルギー保存則や運動の法則などの法則の定式化がその背景にある。また、化学が物理学と地続きになり、さらに生物学が化学と地続きになったのも、物質科学としての法則の支配の下にあることが確認されたことによるといってよい。生物学の場合は、遺伝という最も「生物的」な現象を担う物質（DNA）の構造と機能が解明されたことが物質科学としての生物学の発展をもたらした。

上述の事例は、認識科学における異なる分野が共通の原理や法則に支配されていることが認識されることによって進展する、いわば「還元的な知の統合」である。還元的な知の統合は、認識科学の発展を促進する重要な動機付けに結びつくものである。

これに対して、異なる分野における対象の表現法や研究の手法の類似性を足がかりにすることや、ツールやプラットフォームの共有による新しい論理の構築などを通して達成される知の統合もある。これまでになかった新しい知を創造するという点から、ここでは「生成的な知の統合」と呼ぶが、新しい課題に直面したときに必要とされる設計科学における知の統合は、こうして起こることが多い。

## 5 いわゆる文理融合について

スノーの指摘以来、「文」の知と「理」の知が互いに没交渉で発展してきたことを現代文明の歪みの一つとして捉えることは定説となっている。「文理融合」への期待は、その歪みを正す新しい形の知の創造への期待である。我が国でもその期待を満たすべく、さまざまな形の「文理融合」を標榜する研究教育組織が作られ、あるいはそれを実践する研究プロジェクトが策定された。しかし、実際は、「文」と「理」の研究者を一つの組織で共存させること、あるいはせいぜい共通のテーマを設定して協力させることに限られており、それを越えたより高い理念が提示し切れていないのが現状である。したがって、ともすれば共通の空間の中でそれぞれの文化が衝突し、その目的とは裏腹にかえって「文」と「理」の距離感が広がってしまうような例さえ珍しくない。

本報告書では、すでに第1章第2節において、「融合」という言葉が知の営みにおいて適切ではないことを指摘した。研究規範は決して字義どおりの意味で融合し合うものではないからである。このことは「文」と「理」の間では特に顕著である。本章では、この問題を知の統合の視点から掘り下げ、「文理融合」という言葉に表現されている期待と願望を正しく受け止めるためには、どのようにこの問題を考えていけばよいか論じる。

### (1) 文理融合の試み

文理融合の問題は、それを知の営みのどのレベルにおいて考えるかによって、意味が変わってくる。哲学は、現在では人文学の一つの研究分野とされているが、第2章で述べたように、本来は文、理を超えた全体としての世界を対象とする知の営みである。認識論や科学哲学ではそのことはより顕著であり、したがって、哲学とその周辺の分野については、文理の乖離や統合はそもそも問題として存在しない。そのため、哲学に回帰せざるを得ないような根源的な知の問題が発生したときには、文と理にまたがる統合が常に視野に入らざるを得ない。

このような例の一つが、論理学（文）と数学（理）の境界に生まれた数

学基礎論である。両者の統合によって生み出された新しい知は、言語分析を含む論理実証主義に発展し、ゲーデル (K. Gödel, 1906-1978) の不完全性定理とチューリング (A. M. Turing, 1912-1954) の計算論を生み出した。また、人間と機械の類推をもとにした人間機械論は哲学の一つの系譜として受け継がれてきたが、通信と制御という新しい知の創造を機にサイバネティックスという形で、人文・社会科学と生物学・工学を統合する新しい研究分野を生み出した。もう一つ例を挙げよう。心理学 (文) と計算機工学 (理) は、すでに電子計算機が登場した 1940 年代末から共通の議論の場が設定されており、自然の (脳の) 思考と機械の (計算機の) 思考の同一性と違いについて活発な研究が行われていた。それはやがて人工知能、認知科学などの新しい領域を生み出し現代の広義の脳科学につながっている。

このように、文の知と理の知を統合する試みは、知への根源的な問いかけが発生するたびに行われてきており、そのうちのあるものは知の世界に大きなインパクトを与えてきた。現在では文と理の双方に関係する課題を対象とする学会は珍しくないし、それらの学会では多様な研究領域を専門とする文と理両サイドの研究者が会員に名を連ねているものも少なくない。そのような意味で、「文」と「理」の知の間の障壁は、現在ではスノーの言うほど高いものではない。少なくとも心理的な壁はすでに存在しないと言ってもよい。

しかし、だからと言って両者の間の障壁が全くなかったわけではもちろんない。両者の間の人的組織的な交流が深まるにつれて、両者の間のさまざまな形での壁があらためて意識され、その前で立ちすくむという状況も現れている。その一つの原因は、お互いの間の違いがどこから来ているのか、両者の知の在り方にどのような本質的な違いがあるのかが、どちらのサイドの研究者にとってもまだ明確に認識されていないという点にある。協力し合うには、お互いの共通点と同時に異なる点を認識しあうことが必要である、ということは普遍的な真理であり、文理の協力協同作業でも当てはまる。文理の統合はまずお互いの違いを認識することから始まらなければならない。

## (2) 秩序原理

第18期日本学術会議における学問論の集大成である日本学術会議運営審議会附置新しい学術の体系委員会報告「新しい学術の体系 社会のための学術と文理の融合」<sup>[1]</sup>では、学術を「物質科学」「生命科学」「人文・社会科学」に範疇化し、それらの<秩序原理>の違いによってそれを基礎付けている。それによれば、物質科学の秩序原理は「法則」であり、生命科学の秩序原理は「信号性プログラム」、人文・社会科学の秩序原理は「シンボル性プログラム」と定式化している。それらの違いは、まず法則は「変容不可能かつ背反不可能」であるのに対して、信号性プログラムは「変容可能であるが背反不可能」であること、さらにシンボル性プログラムは「変容可能でかつ背反可能な」秩序原理であるということにある。

詳細はここでは省略せざるを得ないが、学術のこの三つの範疇化は、新しい日本学術会議の組織を先取りしたものであり、秩序原理という新しい概念のもとでのその特徴づけは、図式的過ぎるくらいがあるにしても、極めて示唆に富む理論である。例えば、社会科学における数量化はすでに経済学や社会学などでも試みられ多くの成果を上げているが、物理学などにおける<第一原理>を欠くことがその本質的な問題点として指摘されてきた。この問題は、社会科学を律する秩序原理であるシンボル性プログラムが、法則と異なって変容可能でありかつ背反可能であることに帰着できる。新しい学術の体系委員会報告書では陽に書かれていないが、上記の範疇化は、認識科学、設計科学の両方に当てはまるものであることが示唆されている。

「あるものの探求」と「あるべきものの探求」への知のベクトルの分化、「存在」と「当為」の間の整合性の問題は、上記の範疇化の光に照らして考えることによってその本質がより明らかになる。これは今後の知の統合の方法論の課題である。

文理の知の統合は、おそらくこのような秩序原理の違いを踏まえて行うことによるのみ、実りある成果が得られるはずである。例えば、文の分野と理の分野で同一の学術用語が使われているとしても、それらは異なる意味と文脈で用いられることは秩序原理の違いに照らして当然のことである。相違と同一性を確認しつつお互いの限界を超えていく努力を行うこと

が必要である。過去の優れた文理統合の研究は、このような姿勢から生まれている。

### (3) 学術の限界と知の統合

知の統合には、これまで議論してこなかったもう一つの側面がある。それは現代における知の限界にかかわることである。

地球規模での「持続する発展」を達成するための方策を見出すことは現代科学技術のもっとも大きな使命と言ってよい。しかし、第18期の報告書「日本の計画 Japan Perspective」<sup>[2]</sup>でも示されているように、これを達成するためには数多くのお互いに矛盾する解をもつ方程式を解かなければならない。それは単純に現代の学術の成果を応用すれば解決できる問題ではないし、現代の学術をこのままの形で発展させれば解けるという保証はない。

このような、科学技術が主要な因子を構成していながら現代の科学技術では解けない多くの深刻な問題に、現代の文明は直面している。生命倫理、食の安全、地球温暖化などがそれである。これらの問題は、不確かさと複雑さがあまりにも大きく、現代の科学的手法に頼って結論を出すにはリスクが極めて大きい。また、結論を出すことによる社会への影響があまりにも大きく、その意味で科学者コミュニティだけでは最終的な責任を負えない。こうした意味で学術の限界を表すものと言ってよい。そしてこのような問題は、人間と社会の全体性を視野に入れる必要があり、解決には強力な政策を媒介にせざるを得ない、という点で例外なく「文」と「理」にまたがる問題である。

フントウィッツ (S. O. Funtowicz) らは、このような限界にさらされながら問題解決を迫られる科学の現状を「後正規科学」(Post-Normal Science) と呼んだ<sup>[3]</sup>。我々はこのような科学の限界を率直に認めるとともに、それを克服する道として知の統合をさらに強力に推し進める必要がある。その場合、科学のクライアントとして国家行政や産業に加えて生活者を視野に入れることが必要であろう。知の統合の契機は生活者の知恵にもあることを提起しておきたい。

**【注】**

[ 1 ] 序章注 1 参照

[ 2 ] 日本学術会議運営審議会附置日本の計画委員会報告「日本の計画 Japan Perspective 」(平成 14 年 9 月)

<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/18pdf/1852.pdf>

[ 3 ] S. O. Funtowicz and J. R. Ravetz, Science for the Post-Normal Age, *Future*, September 1993, 739-755

## 6 提言

前章までの議論を踏まえた上で本委員会が行う提言は、以下のとおりである。

### (1) 認識科学と設計科学の連携の促進

- ・ 「あるもの」や「存在」を探究する認識科学と「あるべきもの」や「当為」を探究する設計科学の間の連携の促進が、「社会のための科学」にとって重要である。すなわち、認識科学によって導出された知が、設計科学による人工物や制度・方策等の案出をへて社会化されることに加えて、このような連携が新たな知を生む場合が少なくないからである。

### (2) 使命達成型科学研究のマネジメントにおける留意点

- ・ イノベーションを意図した使命達成型科学研究においては、研究マネジメントを担う研究リーダーは以下に留意する必要がある。

研究成果の産業化や社会化について広い知を結集し俯瞰的に洞察すること。

研究が分業化されて推進される場合には、若手人材が狭い領域に閉ざされて育成されることがないように配慮すること。

### (3) 異分野科学者間の対話の促進

- ・ World Knowledge Dialogue のような文理対話の会合を国内でも定期的  
に開催する必要がある。この場で文と理のインターフェースの役割を果たす人材の教育体制を検討することも重要である。
- ・ 大学が異分野の知の宝庫であることを再認識し、学部や研究科を横断するフォーラムを通じて異分野間の知的触発を促進する教育研究の環境を、各大学内部において整備する必要がある。