

平成18年度科学技術振興調整費「重要政策課題への機動的対応の推進」
日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究

平成17年度に行われた本調査研究の準備研究の研究成果

アメリカの科学技術リテラシー像の報告書の紹介

目次

1. アメリカの科学技術リテラシー像の報告書の構成	1
2. 『すべてのアメリカ人のための科学』	1
(1) 『すべてのアメリカ人のための科学』の内容	2
(2) 『すべてのアメリカ人のための科学』の考え方	3
3. 『すべてのアメリカ人のための科学』の専門部会報告書	4
(1) 5つの専門部会報告書の内容	6
①『生物学・健康科学 専門部会報告書』の内容	6
②『数学 専門部会報告書』の内容	6
③『物理科学・情報科学・工学 専門部会報告書』の内容	7
④『社会科学・行動科学 専門部会報告書』の内容	7
⑤『技術 専門部会報告書』の内容	8
(2) 『社会科学・行動科学 専門部会報告書』の紹介	8
①謝辞	8
②序文	8
③はしがき	10
④主な内容	10

1. アメリカの科学技術リテラシー像の報告書の構成

米国科学振興協会（AAAS）は、1985年に科学教育改革プロジェクト「プロジェクト2061」を始めた。このプロジェクトの名称は、プロジェクトが始まった1985年にハレー彗星が地球に接近したことに由来しており、しかも、ハレー彗星が次に地球に接近する2061年をその名称に入れることによって、「プロジェクト2061」が壮大な教育改革であることを示唆している。

プロジェクト2061では、アメリカ人のための科学技術リテラシー像を策定するために、科学技術の5つの専門部会での議論と、それと並行して、それらを総合した議論を、約3年間かけて行い1989年にそれぞれの報告書を公刊した。

総合的な報告書：

- ・『すべてのアメリカ人のための科学』217頁。

科学技術の各専門部会の報告書：

- ・『生物学・健康科学 専門部会報告書』33頁。
- ・『数学 専門部会報告書』47頁。
- ・『物理科学・情報科学・工学 専門部会報告』41頁。
- ・『社会科学・行動科学 専門部会報告書』55頁。
- ・『技術 専門部会報告書』32頁。

ここでは、これらの内容について簡単に紹介する。

2. 『すべてのアメリカ人のための科学』

『すべてのアメリカ人のための科学』（Science for All Americans）は、1989年に全米科学振興協会（AAAS）から発行された。その後、改訂版が出されて現在に至っている。改訂版は、その「はしがき」によると、初版の誤りの訂正や明確さを増すために若干の修正が施されたが大きな改変はなされていないという。なお、現在では、全米科学振興協会のサイトから、全文をダウンロードできる。アドレスは、次の通りである。<http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>。

我が国では、2005年に「日米理数教育比較研究会」（文部科学省・三菱総合研究所内）によって、原著初版の翻訳がなされている。なお、この翻訳は、2006年中に全米科学振興協会のサイトに掲載される予定である。『すべてのアメリカ人のための科学』（Science for All Americans）の原著初版、原著改訂版、日本語版初版の表紙は、図表1の通りである。

図表1 『すべてのアメリカ人のための科学』（Science for All Americans）の表紙



以下では、「日米理数教育比較研究会」のご了解を得て、その内容について翻訳文を抜粋しながら紹介する。

(1) 『すべてのアメリカ人のための科学』の内容

『すべてのアメリカ人の科学』の内容は、目次から概観できる。原著初版の日本語版（日米理数教育比較研究会訳）の目次は、図表2の通りである。

図表2 『すべてのアメリカ人の科学』の目次

要約

プロジェクト 2061 と科学的リテラシー、提言、来への架け橋

第Ⅰ部：変化する将来に備える教育

序文、科学的リテラシーの必要性、現状、プロジェクト 2061 における三つの段階

第Ⅱ部：全米評議会の提言

序文

第1章 科学の本質：科学的世界観、科学的探究、科学的営為

第2章 数学の本質：数学のいくつかの特徴、数学的過程

第3章 技術の本質：科学と技術、技術の原理、技術と社会

第4章 物理的背景：宇宙、地球、地球を形作っている力、物質の構造、エネルギーの変換、物体の運動、自然における力

第5章 生命環境：生命の多様性、遺伝、細胞、生物の相互依存、物質とエネルギーの流れ、生物の進化

第6章 人間（ヒト）：ヒトとしての特性、ライフ・サイクル、基本的機能、学習、身体の健康、精神の健康

第7章 人間社会：行動に与える文化的影響、集団組織と行動、社会的変化、社会的選択、政治・経済組織の形態、社会紛争、世界全体の社会制度

第8章 設計された世界：人間の存在、農業、材料、製造、エネルギー資源、エネルギー利用、通信、情報処理、医療技術

第9章 数学的世界：数、記号の関係、形、不確実性、データの要約、標本抽出、推論

第10章 歴史的観点：宇宙の中心でなくなった地球、天と地の統合、物質とエネルギー・時間と空間の統合、経過した時間の拡張、地球表面の移動、火の理解、原子の分裂、生物の多様性の解明、微生物の発見、動力の利用

第11章 共通の主題：システム、モデル、恒常性、変化のパターン、進化、規模

第12章 思考の習慣：価値観と態度、技能

第Ⅲ部：将来への架け橋

序文

第13章 効果的な学習と指導：学習の原理、科学、数学、技術の指導

第14章 教育改革：改革の必要性、改革の前提

第15章 次の段階：プロジェクト 2061 の第2段階、行動計画、将来

付録

A.プロジェクト 2061 第1段階の参加者 B.選定参考文献

原著の初版と改訂版との内容の違いは、目次からすると、初版は図表2のように3部構成であったが、改訂版は「部」がなく「章」だけで構成されている。初版の「第1部」は改訂版では「序文」となっている。

(2) 『すべてのアメリカ人のための科学』の考え方

『すべてのアメリカ人の科学』の考え方は、「第II部：全米評議会の提言」の序文に表されている。ここには、科学的リテラシーの定義、科学的リテラシー策定の条件、科学的リテラシーの性格、科学的リテラシーの項目選定の規準、科学的リテラシーと科学教育課程の関係などが述べられている。ここでは、原著初版の日本語版（日米理数教育比較研究会訳）から、その序文の関係部分を抜粋する。

図表3 『すべてのアメリカ人のための科学』の序文（抜粋）

全米科学技術教育評議会は、「あらゆる可能性の中で、アメリカ人は学校を卒業するまでにどのような科学、数学、技術に関係した知識、技能、思考の習慣を身に付けるべきか。」という質問に対する回答を求められた。同評議会はずぐに、この一見簡単そうな質問には簡単な答えも自明な答えもないことに思い至った。回答作業は、次の条件が評議会に課されたことでいっそう困難となった。

- ・上記の質問については何も無いところから検討を行い、いかに長期間にわたってカリキュラム、教科書、試験に組み入れられているものであっても、提言にはそれを一切自動的に組み込んではいならない。

- ・科学、数学、技術全体における可能性を考慮しなければならないが、そのそれぞれについて、あたかも当然であるかのように同程度の分量を確保しようとしてはならない。

- ・(教科において通常はあまり成績が芳しくない者も含め、)すべての生徒にとって有意味となるような十分余裕のある学習目標を定めなければならないが、しかしながら生徒や教師の視野を高める上で十分野心的な目標でなければならない。

- ・科学の各専門部会の報告を慎重に調査し、かつ他の意見も参考にしながら、可能性のあるあらゆる見解の妥協点を求めるのではなく、独立した結論を得なければならない。

これらの条件に従って、評議会のメンバー全体は強力な総意を得た。各メンバーとしては、多少なりとも事項に関して追加若しくは削減、又は順序や表現の変更等を望む向きもあったであろうが(顧問や査読者もまた同様である)、そうした見解の相違は概ね末梢的な事柄であった。評議会は、全体として見れば、後に示す提言がプロジェクト2061によって提起された質問に対する前向きな回答を与えるものであり、また科学界全体の見解を公正に反映した回答であると考えている。

こうした提言を考える上で、以下に述べる本報告書の特別な性格に留意することが重要である。

提言は、科学的リテラシーの意味する広範な定義を反映するものである

この報告書内の提言は、すべての生徒に適用できる

提言は、科学的な重要性とともに人間にとっての重要性に基づいて選択されている

多年にわたる教材の分量を増やし続けるような傾向を改めることが、プロジェクト 2061 の主な目標となる。しかし、この目標達成には選択が必要となる。科学、数学、技術の学習に共通の中心部分を特定するための基準としては、科学的であるとともに教育的であることが求められる。まず考慮されたのが、稀に見るほどの科学的な重要性を持つように思える思想である。・・・特に、一生を通じてより多くの知識を上乗せできるような継続性のある基礎としての役割を果たしうる概念が選択された。このようにして選択された事項は、次に人間生活と、自由社会における一般的な学校教育を正当化する広範な目標に関係した重要な規準を満たす必要があった。その規準は次のようなものであった。

有用性：提案された内容すなわち知識や技能は、卒業生の職業に対する長期的な展望を大幅に好転させるものとなるか。そうした知識や技能は個人的な判断を行う際に役立つものか。

社会的責任：提案された内容は、科学と技術に関係した社会的、政治的な決定に市民が知的に参加する上で助けとなるか。

知識の内的な価値：提案された内容は、人間の歴史上非常に重要であるか、又は我々の文化において広まっており、それらを抜きにすると一般教育が不完全なものとなるような科学、数学、技術の側面を代表するものであるか。

哲学的価値：提案された内容は、生と死、認識と現実、個人の善と集団の幸福、確実性と疑念といったような人間にとっての永遠の疑問について人々が熟考する能力を高めるものとなるか。

少年期の豊かさ：提案された内容は、少年期（後の人生を導く意味からだけでなく、それ自体が重要性を持つ人生の一時期）を充実させるものか。

提言は、新奇さを意図するものでも永続性を意図するものでもない

この報告書は、カリキュラム文書でも教科書でもない

提言は、すべての人々にとって妥当な理解の水準を示す意図を持つものである

・・・提言は、次の四つの一般化の水準のもとに策定されている。

章：各章は、主要な一連の関連主題を総合的に扱うものである。・・・

小見出し：各章内には、「地球を形作っている力」や「生物の相互依存」などの小見出しによって、すべての子どもが精通すべき概念項目が明示されている。・・・

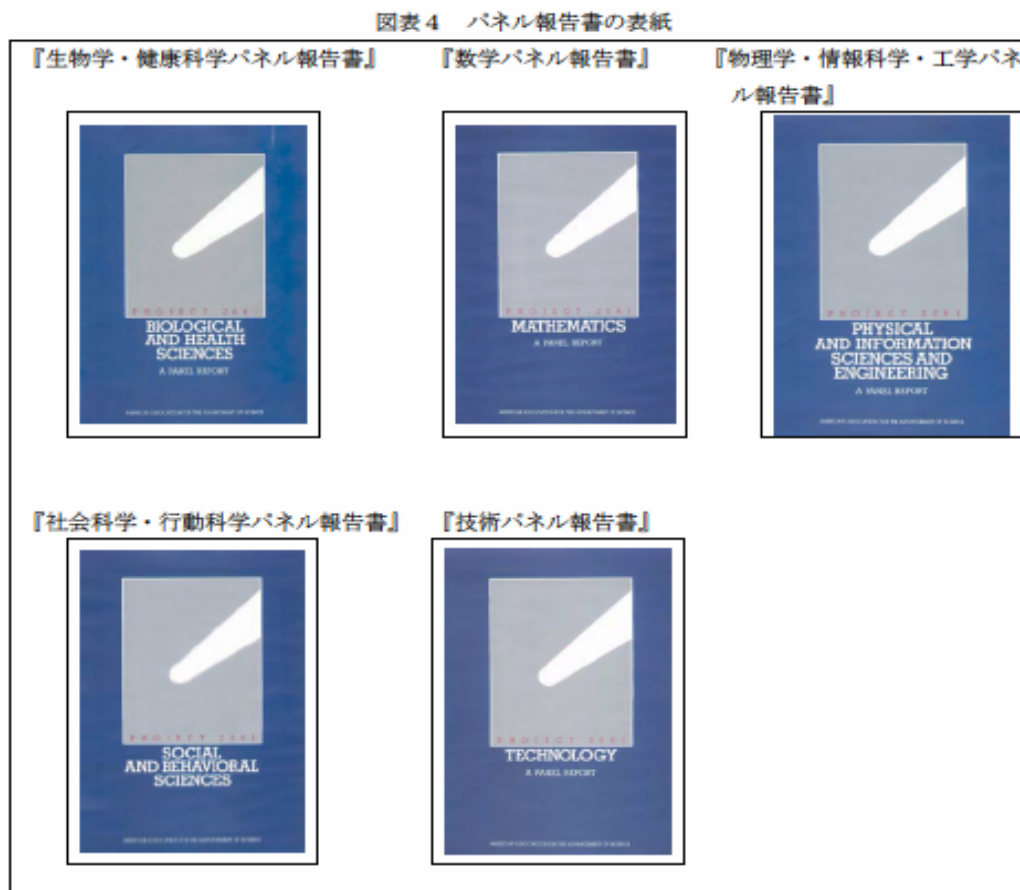
段落：各小見出しの下には、詳細な知識が記憶から消えてしまった後にも人々が身に付けておくべき知識、洞察、技能を示す段落がある。・・・

語彙：提言の表現は、目標とする水準の学習を示すように意図されている。・・・

3. 『すべてのアメリカ人のための科学』の専門部会報告書

プロジェクト 2061 においては、『すべてのアメリカ人のための科学』を作成する際には、それに

先行または並行する形で、生物、物理、数学、社会科学、技術などの各専門分野の部会（パネル）が開催され、それぞれの専門部会報告書（Panel Report）が作成されている。これらの専門部会報告書は、『すべてのアメリカ人のための科学』の元となったものであるが、それと同時に、それぞれの分野の「リテラシー」を表現するものとなっている。それぞれの専門部会報告書の表紙は、図表4の通りである。



それぞれの専門部会報告書は、次の通りである。

- ・『生物学・健康科学：プロジェクト2061第1段階、生物学・健康科学専門部会報告書』
メアリー・クラーク著. 33頁.
- ・『数学：プロジェクト2061第1段階、数学専門部会報告書』
デビッド・ブラックウェル, レオン・ヘンキン著. 47頁.
- ・『物理科学・情報科学・工学：プロジェクト2061第1段階、物理科学・情報科学・工学専門部会報告書』
ジョージ・バグリアレロ著. 41頁.
- ・『社会科学・行動科学：プロジェクト2061第1段階、社会科学・行動科学専門部会報告書』
モーティマー・アプリー, ウィニフレッド・B. メイハー著. 55頁.
- ・『技術：プロジェクト2061第1段階、技術専門部会報告書』
ジェームズ R. ジョンソン著. 32頁.

ここでは、専門部会とその報告書の性格を示すために、その目次、謝辞、序文、はしがき、を紹介する。なお、謝辞、序文、はしがきは、5冊の専門部会報告書にほとんど共通なので、そのうちの1冊について紹介する。

(1) 5つの専門部会報告書の内容

それぞれの専門部会報告書における「リテラシー」は、目次から概観できる。それぞれの目次は、図表5から図表9の通りである。

①『生物学・健康科学 専門部会報告書』の内容

図表5 『生物学・健康科学 専門部会報告書』の目次

第1章：理論的根拠
第2章：生物学の概念的枠組み
第3章：人間科学
人間の体はどのように機能しているのか、そして何が人間の体を健康に保つのだろうか。
妊娠から死までの人間の生物学的ライフサイクルの主な特徴とは何であろうか。
第4章：多様な生物の進化
人類と他の生物との相違点とはどのようなものであろうか。
どのようにして新たな種は発生するのだろうか。
第5章：環境生物学
植物はどのようにして地球の居住者に食べ物を与えているのだろうか。
生態系の生産力を決定するものは何であろうか。
なぜもっとも自然な生態系は長期にわたって非常に安定しているのだろうか。
第6章：人間生態学
光合成のために必要な日光に加えて、我々が依存する利用可能なエネルギーの量と関係する生態系の持続可能性とはどのようなものであろうか。
どのような過程によって資源はリサイクルされるのだろうか。
蓄積する公害は人類の未来にどのような影響があるだろうか。
持続可能な農業にとってどのような生態学的な考慮が必要だろう

②『数学 専門部会報告書』の内容

図表6 『数学 専門部会報告書』の目次

第1章：序論
第2章：数学の過程
抽象化・表現，記号的変換，応用・比較
第3章：数学の内容領域
算術，代数，幾何，解析，離散数学，論理学と集合論，確率・統，問題の見本
第4章：数学，科学，技術
第5章：数学と言語
第6章：情意と数学
第7章：結語

あとがき

付録：数学専門部会顧問

③『物理科学・情報科学・工学 専門部会報告書』の内容

図表7 『物理科学・情報科学・工学 専門部会報告書』の目次

第1章：序論

物理科学，情報科学：情報とコンピュータ科学，工学

第2章：社会的相互作用

第3章：方法

第4章：モデルと測定

第5章：統一概念

鍵となる統一概念，他の統一概念

第6章：鍵となる専門的な概念

物理と化学，地球，惑星そして宇宙科学，情報科学とコンピュータ科学，工学

第7章：学習に関する覚書

付録：物理科学・情報科学・工学専門部会助言者

④『社会科学・行動科学 専門部会報告書』の内容

図表8 『社会科学・行動科学 専門部会報告書』の目次

第1章：概念を見定めること

分析の水準と創発現象，システム，変化，機能・機能不良，均衡・不均衡，運搬能力と圧力，対処・適応，葛藤・競争，情報とフィードバック，意思決定，トレードオフ，資源配分

第2章：生態心理学的の原理と過程

進化，遺伝と育成，生態心理学的過程

第3章：社会文化的の原理と過程

社会文化的システム，コミュニケーション，地理学：人間と環境の相互作用，経済学，政治学，国際政治

第4章：歴史的視座

社会の変化と連続性，教授に関する覚書

第5章：善と悪に関する質問

教授に関する覚書：善と悪

付録A：社会的・行動的現象に関する科学的研究

科学的アプローチ，社会科学・行動科学の研究におけるいくつかの挑戦，科学的調査の方法，教授に関する覚書

付録B：社会科学・行動科学専門部会助言者

⑤『技術 専門部会報告書』の内容

図表9 『技術 専門部会報告書』の目次

第1章：序論
第2章：技術と教育 技術のための枠組み，技術教育の課程，総合された技術プログラム，新しい技術は教育における新たな使用を誘う，技術教育における科学・数学の使用の重要性，技術教育のいくつかの特徴，概念的な学習と経験，接点：技術と社会
第3章：技術 物質，エネルギー，製作，農業と食物，環境（大気），コミュニケーション，電子工学，コンピュータ技術，輸送，宇宙
付録：技術専門部会助言者

(2)『社会科学・行動科学 専門部会報告書』の紹介

5つの専門部会とその専門部会報告書の役割を理解するとともに、「科学的リテラシー」における「社会科学・行動科学」の意義を理解するために、『社会科学・行動科学 専門部会報告書』を紹介する。

①謝辞

米国科学振興協会理事会議長によって書かれた「謝辞」には，専門部会と全体の関係が描かれている。謝辞のうち，専門部会と全体の関係に関する記述は，図表10の通りである。

図表10 『社会科学・行動科学 専門部会報告書』の謝辞（抜粋）

専門部会の8人のメンバーたちは，若者たちが高校教育を終えるまでに社会科学や行動科学について何を知っているべきか，という複雑な問いに対して，本報告書に表されたような，答を用意するために，2年以上の間，時間と労力を惜しみなく費やしてくれました。また，理事会は，Mortimer H.Appleyにも深く感謝します。Appleyは，専門部会を運営し，Winifred B.Maherと協力して，本専門部会報告書を執筆してくれました。

プロジェクト2061のこの本質的な最初の段階において，「社会科学・行動科学の専門部会」は，5つの科学的な専門部会のうちの1つでした。そしてその5つの専門部会はそれぞれAAASから5つの基本的な主題分野の報告書作成を依頼されていました。同時に，プロジェクト2061のスタッフは，全米科学技術教育評議会と協力して，専門部会報告書とは別の概観的な報告書，すなわち，「すべてのアメリカ人のための科学」を用意していました。それは個々の専門部会によって得られた結論を利用することができました。

②序文

全体の責任者であるラザフォード博士によって書かれた「序文」には，プロジェクト2061の全体像，専門部会の役割，科学的リテラシーを考える条件などが描かれている。序文のうち，これらに関する記述は，図表11の通りである。

図表 11 『社会科学・行動科学 専門部会報告書』の序文（抜粋）

・・・それぞれの専門部会報告書は各領域における学習目標の報告書として独立している。さらに、それぞれの報告書は、科学、数学、技術のすべての内容にわたる第1段階報告書である、「すべてのアメリカ人のための科学」にも貢献している。

社会科学・行動科学の専門部会が行うことは、社会科学・行動科学の様相のすべて、すなわち社会科学・行動科学の性質、原理、歴史そして未来の方向性を反映することと、そして、この分野での科学的リテラシーのために必要な知識と技能とは何かということに対する提言を作ることであった。

・・・

5つの専門部会はそれぞれ、8～10人の科学者、数学者、工学者、物理科学者や他の分野の人々から構成された。・・・パネリストたちの間にあるこの豊かな多様性を活用できるようにしたのは何かと言えば、彼らが共通に持っているもの、すなわち開かれた心と、彼らに突きつけられた問いへの強い探究心であった。

社会科学・行動科学の専門部会に提出された基本的な問いは「科学的リテラシーのうち、社会科学と行動科学の構成要素とは何か」であった。この問いに答えることは、それ自体困難なのであるが、プロジェクト2061によって設定されている条件や基本規則によってより困難になった。以下にその条件を要約する。

・科学的としての意義を問う

科学的な重要性が卓越している概念や技能だけを特定する。すなわち、個人の成長の生涯の基礎になりうるものだけを特定する。

・人類にとっての意味を考える

科学的な重要性という規準を満たす知識や技能のうち、生徒たちが興味深くそして責任を持てる生活を送れるようにもっとも準備できそうなものを選ぶ。競争的な世界において民主的な社会が必要であるのと同じように、個人の成長と満足が考慮される必要がある。

・白紙状態から考える

今日のカリキュラム、教科書、州や学区の要求事項、達成度テスト、大学入試などの内容を考慮することなしに、すべての提言を正当化する。

・現在の教育の限界を考えない

望ましい学習成果を達成するために、できることは何でもやれるだろうと想定する。・・・

・本質的な知識や技能の小さな中核部分だけを特定する

学校により多くの内容を含めさせようとせず、その代わり、少なく教えそれをより良く教えることに集中できるような学習目標を提言する。

・対象としてすべての生徒を考える

性別、人種、学力、人生の目標に関係なく、すべての生徒の教育的な基礎の一部として役立ちうるような社会科学と行動科学の学習における、共通の核を提案する。

これらの基本規則を考慮に入れて、社会科学・行動科学の専門部会メンバーたちは考えを発表・討論したり、助言者の提案を検討したりするために、2年近くの期間、しばしば会合をもった。専門部会メンバーは研究報告書を準備し、査読者の批評に応じて、それを改訂した。この過程には、

他の専門部会の代表者との会合も含まれるが、この過程によって報告書が準備されたのである。・・・

③はしがき

社会科学・行動科学専門部会代表者によって書かれた「はしがき」には、専門部会の役割、社会科学・行動科学専門部会の役割などが描かれている。はしがきのうち、これらに関する記述は、図表11の通りである。

図表12 『社会科学・行動科学 専門部会報告書』のはしがき（抜粋）

第1段階の専門部会は、教育課程を具体化するのではなく、学習のための内容を特定し、提言するように求められていたということに留意すべきである。各専門部会は、それらの提言を正当化するために5つの基準を与えられていた。すなわち、知識それ自身の価値、人間にとっての意味の解明、個人の仕事や経済における改善された成功、増大された社会的責任、若者の経験の深化である。これらの基準は自由社会における普遍的な公教育を支える広範な目標を反映している。

プロジェクト2061によって社会科学・行動科学の専門部会に課された責務は、「発達心理学、社会心理学、社会学、経済学、統計学、数学、政治学、世論調査、文化人類学、考古学、言語学、スピーチと言葉使い、精神医学、神経医学、認知科学、科学史、倫理学、科学ジャーナリズム」のような分野を包含することであった。

社会科学・行動科学専門部会にとって重大な懸念は、学校の教育課程におけるこれらの分野の扱いが、他の科学分野と違って、とても少ないかよくても不十分であるという事実である。たまたま、生物学か保健体育の教師の好意によってのみ、大学段階以前の生徒が、心理科学の限られた様相にふれることはある。そして、彼らが、社会の文脈における自分自身や、社会、文化、社会形態や社会機構（たぶん政治的なものは除く）についての比較研究や、そしてそれらが人間行動に及ぼす影響のような主題の科学的な勉強に関係することはほとんど全くない。そのような主題は文学の学習の中でしばしば逸話的に扱われるだけなのである。

社会科学に反して「社会科」が別々に扱われているということは、そのような分野では科学的アプローチが必要とされてないらしいということを表している。結局、生徒たちは、人間の必要性の相互関係や成功と失敗の意味や結果のような動的過程を学ぶに当たって、科学の方法論を厳密に適用することの重要性を理解できないであろう。

それゆえ、プロジェクト2061が描くように、社会や行動についての出来事や過程の学習に科学的アプローチをきちんと拡張することは、それ自身、教育課程作成者に対する非常に重要な示唆になる。いわば、科学研究の適切な主題として人間の性質や人間の機構を包含することによって、自然を理解するための手段としての科学の使用における深刻な懸隔を埋めることができるのである。

最後に、読者はこの報告書の付録Aに目を向けてほしい。そこには社会や行動についての現象に科学的アプローチを適用する場合の重要な側面についての議論が含まれている。実際、読者は報告書の本文を読み始める前にこの内容について探求したいと望むかもしれない。

④主な内容

『社会科学・行動科学 専門部会報告書』の内容の一端を示すために、社会・行動科学を理解するための基本的な12の概念を扱う「第1章 概念を見定めること」を紹介する。「システム」等、ここで登場する諸概念は社会・行動科学のみでなく、科学技術リテラシー像の策定全体のために有益

であると思われる。「第1章 概念を見定めること」の主な内容は、図表13の通りである。

図表13 『社会科学・行動科学 専門部会報告書』の「第1章 概念を見定めること」(抜粋)

第1章 概念を見定めること

個人や社会が科学を学ぶことは人間の行動や考えに対する洞察力を与える。しかし、その学習がどのように先導されているのかは、生徒にとってほとんど明確ではない。研究者がどのように生徒たちの学んでいる事象と取り組んでいるのかを理解する1つの方法は、研究者たちが採用している概念を調べることである。それゆえ、私たちはここで、社会学者と行動学者が利用している12の一般的な概念について述べることから始めようと思う。・・・

分析の段階と新たな事象

調査対象となる組織の複雑性と、分析段階自体の持つ性質によって、社会と行動の事象はさまざまな段階で研究できる。精神心理学者、心理学者、社会人類学者や言語学者など同じ問題に興味を持つ異なった社会学者は、異なった段階の分析をすすめる。・・・

生物学、心理学、社会学のどの段階でも、それぞれの分析と記述の段階は、固有の原理群を持っている。科学者たちは、それぞれの原理群が、より基本的な分析段階での一連の過程に基づいていると考えているが、それにもかかわらず彼らは、そのようなより高い段階の過程が、独立した新しい現象であり、低い段階で使われている概念と異なる概念を必要とする現象であるということ認識している。複雑性が増すにつれて過程とシステムは、より基礎的で単純な要素と関連する新しい特徴を獲得する。・・・私たちは、生物学的な過程に移し変えることによって個人の行動を完全に理解することはできないし、社会、政治そして経済的なできごとを、参加者の心理的過程の集合に還元することによって十分に理解することもできない。

さらに、個人や集団は異なるシステムの多様な段階や種類に同時に属しており、彼らはそれに応じて振舞っていることにも留意すべきである。(下にあるシステムの議論を参照)

システム

生命科学の場合と同様に、システムの問題は社会科学・行動科学の現象の分析のために、特に一般的で有効なものを見方を提供する。機能する段階が異なるということは、重なり合い、相互に浸透しあうシステムを構成していることとみなすことができる。そして、そのシステムそれぞれは、(1) それ自身の規範、(2) システム内の他の部分との均衡のありかた、(3) それらが一部分をなしているシステム全体の規範との接合、の3つを保持するように相互作用している要素からなるものとみなすことができるのである。

システムは動的である。システムには境界がある。・・・システムの一部であることによって、要素は特徴的な性質を持つ。よって、そのシステムの力学を理解し動作を予測するために、各システムの機能の特徴と段階を学ぶことが必要なのである。

有機的組織体は生物学的、そして心理学的統合の過程の相互作用によって保持されている生命心理学的なシステムとして理解される。同様に、社会的、身体的環境と影響しあっているシステム

としても理解されうる。

社会心理的なシステムは個人と集団の相互作用を反映している。一方で、社会文化的なシステムは階級、身分、文化のようなカテゴリーの保持と作成を巻き込んでいる。それらを超えて、私たちは経済や政治のシステム、国際的システムを形作るためにそれらが相互作用しあう方法を説明することができる。

もう1つ別のやり方で問題を見てみると、文化的境界面と環境システムを学習することも必要である。そして文化内や、文化の異なる社会の間の接触の結果と、資源環境との相互作用の互恵的な効果を学習することもできる。・・・

次のような相互関連的な概念はシステムの力学についての理解を広げるのを助ける。その概念とは変化、機能と機能不全、平衡と不均衡、保持容量と圧力、対処と適応、葛藤と競争、情報とフィードバック、意思決定、トレード・オフ、資源分配である。

変化

すべての生命システムは多かれ少なかれ開いているので、完全に安定していることはできない。複雑なシステムの内部にある混交は、そのシステムの中に変化を生じさせる。同時に、システムは外部の世界とつながって発達している。その発達は外の世界を作り変えたり、逆に外の世界によって作り変えられたりするかもしれない。

システムは成長し、発達し、進化するか、または常に単純化し、朽ち、分離する。システムは先天的なプログラムに応じて、また、外部の圧力や機会に応じて、発達あるいは進化する。・・・システムは秩序立った予測可能な方法でずっと変化するかもしれないが、内面的と同時に外面的な複雑性があれば、システムは予測不可能で混沌としてさえいる方法でも変化するかもしれない。・・・

機能と機能不全

構造、組織そして生物的・社会的システムにおける行動は、それらの機能と合理的に関連しており、分裂に弱い。分裂は異なった理由で起き得る。

人々が、システムが機能している方法や、標準の機能が達成されている方法を理解しようとするように動機づけるものは、システムの機能不全である場合が多い。・・・

平衡と不均衡

システムに対する要求が、その許容力にとってちょうどよいとき、システムは均衡しているか平衡しているという。不均衡は、要素が適切に、あるいは同等に機能しなかったときに起る。・・・長期的に要求が能力を上回ったり、余分な能力が保持され続けて利用されなかったら、システムの規範が危険にさらされたり、システムが崩壊の危機に陥ったりする。システムは変動と再平衡化へ向かっていくか、あるいはシステム自身が限界を超えて崩壊してしまう。

保持容量と圧力

保持容量、あるいは抵抗力はいつでもシステムの資源・強度と、緊張を要する入力をともなう累積的な経験の相互作用（トレードオフ）の差である。要求と、利用可能な保持容量の間の差が受け入れられる段階を超えたとき、圧力が生じる。それゆえ圧力は要求の増加か、保持容量の減少によ

っているといえる。それぞれのシステムは異なる保持容量を持っており、それは時間が経つにつれて変わる。保持容量の限界を分析することは、システムの圧力への脆弱性を明らかにする。組織の保持容量は、現在の環境の要求特性と、先天的な生物としての質と、累積的な経験にも依存している。社会的、経済的、政治的なシステムの保持容量はシステムの統合の程度、支配力の交代、柔軟性、資源の利用度などの要因に依存している。

対処と適応

システムは変化する周囲環境に対処することによって、平衡状態を取り戻すことができる。変化への柔軟性があるとき、システムは圧力の多い状態を生き抜くことがもっともよくできる。・・・

適応の概念は、組織やシステムが適応するあらかじめ普遍の環境があるということを示すのではない。制限の中で生命組織は環境を選び、そして行動を通してそれらの環境における変化に貢献し、その変化はある周辺環境において新しい対処戦略に取り組むことを要求するかもしれない。・・・

闘争状態に対処することは、協働や協力を達成するための新しい戦略を誕生させる。争いを解消するために、そのような戦略は妥協や抑圧の使用、防衛機能の使用を含む。ほとんどの闘争解消は代価がかかる。個人でも集団でも、自然な解決の基礎となるものは、合理的決断計画から、直観まで様々である。

葛藤と競争

システムの要求間や、システムの構成要素間での葛藤と競争は、システムの段階にかかわらずほとんど避けられないものであり、結果としてシステムの均衡を崩す。両立しないが同等に力のある目的の間で、あるいは両立しない行動の間で選択が要求される時に葛藤が起こる。・・・

葛藤解決の失敗は、変化の欲求、変化への不適性さ、変化への不満に対する誤解から生まれるだろう。そのような失敗は組織の平衡状態の喪失を導く。一方、不可抗力なほどではない状況において、ひとつの集団、あるいは集団たちが創造的な解決法を求めると強いられる時には、競合する圧力も有益であるだろう。

情報とフィードバック

生物学的・社会的システムはそれらの環境に従って行動することによって、あるいは再組織することによって安定性を保持することができる。そのような相互作用は、情報の入力とエネルギーが出力と統合(調和)され、そしてフィードバックを経て、そのような出力の結果と統合(調和)されることを要求する。・・・

いくつかのシステムにわたる、またシステム段階でのフィードバックは相互の影響を保証するし、システム内外の調和にも必要である。システムは、内的要素の機能が管理し、取りかえ、再構成し、分離し、またはそれらの全体的な機能(つまり平衡化)を邪魔するような要素を拒絶するのを監視している。

そのような監視は、普通、否定的なフィードバックを通じて起こる。フィードバックなしのシステム、あるいはフィードバックの過程が働かないシステムは、よくても非能率的だし、特に脆弱だろう。肯定的か非直線的なフィードバックを持つシステムは特に不安定である。非直線的なシステムの場合、変化の連続でさえ予測できない。・・・

意思決定

認識能力によって人間は問題を分析し、それらについての決定をすることが可能になる。すべての段階での意思決定は価値と倫理の序列、経費と利益の理論、好ましくない結果が起こる危険性、あいまいさの程度、利用できる情報の信頼性と妥当性、そして結果の確実性または不確実性によって影響されている。

多くの意思決定は、先天的に不確実性の強い状況のもとでなされることが要求されている。・・・

集団の葛藤解決における中心的な問題は個々の意見を統合して、集団の決定に行き着くということである。葛藤は倫理的あるいは純粹に客観的、定量的見地で解決することが困難な道徳的・倫理的な選択も含んでいる。

トレードオフ

システムの平衡の整備と回復は普通代価をかけなければ達成されない。そのような状況においては、代価と利益のトレードオフ（ある程度の量のひとつの利益を、いくらかの他のものと交換するという順応的な反応）が必要である。システムはそれが効果的なトレードオフ戦略を発達させる限りにおいて生き残るのである。

トレードオフの必要があるとき、それらはしばしば複雑な状況下で、確かな代価と利益の見込みなしに行われなければならない。それゆえ最適なトレードオフ戦略とは、一連の選択に平均して効果的なもののことであろう。・・・

資源分配

多くの資源は、十分に供給されるように思われるけれども、限られているものもある。したがって、個人と集団の間で資源は分配されなければならない。権利と報酬の割り当ては、利点、需要、権力、公正さなどに基づいて作られる。資源の分配を考える決定は、こうして、政治的、経済的、心理的な権力の関係という問題を含むだろう。

・・・

全ての人と社会の間で、資源分配の問題は優先事項になっている。永続的な問題は、資源がそれをすぐ使える人に利用されることになっているのか、人々と分け合うことになっているのか、そして（または）未来の人々がさらに使い続けるために保存・補給されることになっているのかどうかということである。

注：本稿は、平成 17 年度科学技術振興調整費による研究成果、『「科学技術リテラシー構築のための調査研究」サブテーマ1 科学技術リテラシーに関する基礎文献・先行研究に関する調査 報告書』（国立教育政策研究所、平成 18 年 3 月）をもとに作成されている。（本プロジェクト事務局記）