

本田財団レポート No.118  
第 27 回本田賞授与式 記念講演 (2006 年 11 月 17 日)

## 「人間のノウハウの不均衡進化」

コロンビア大学名誉教授

リチャード・R・ネルソン博士

### **On the Uneven Evolution of Human Know-how**

Commemorative Lecture  
at the Twenty-seventh Honda Prize  
Awarding Ceremony  
on the 17th November 2006 in Tokyo

**Dr. Richard R. Nelson**

George Blumenthal Professor of International and Public Affairs,  
Business, and Law, Emeritus, Columbia University

**財団法人 本田財団**

# リチャード・R・ネルソン博士

コロンビア大学名誉教授

George Blumenthal Professor of International and  
Public Affairs, Business, and Law, Emeritus,  
Columbia University

**Dr. Richard R. Nelson**



## ■略歴

1952年	オベリン大学（米オハイオ州）卒業
1956年	イエール大学大学院卒業（博士号取得）
1957年	オベリン大学助教授
1957～1960年 および 1964～1968年	ランド研究所エコノミスト
1960～1961年	カーネギー工科大学助教授
1961～1963年	経済諮問委員会上級諮問委員
1968～1986年	イエール大学経済学部教授
1980～1986年	イエール大学社会政策研究所所長
1986～2005年	コロンビア大学教授
2005年～現在	コロンビア大学名誉教授

## ■主な受賞歴

Tinbergen lecturer  
Leontief Award / Tufts University Veblen-Commons Award  
Several honorary degrees

ネルソン博士は、長年にわたる研究を通じて、技術が社会で果たす役割について考察を深め、科学技術の進歩や社会制度におけるイノベーションが、産業や経済の成長・衰退に与える研究に着目し、他に先駆けて学術的分析を行った。

ネルソン博士の代表的業績である「経済変動の進化理論」(An Evolutionary Theory of Economic Change, Nelson & Winter, 1982)の発表以来、世界中で様々な研究がなされ、先進国のみならず途上国の健全な発展や社会の変革に大きな影響を与えた。

## ■Personal History

1952	B.A., Oberlin College
1956	Ph.D., Yale University
1957	Assistant Professor, Oberlin College
1957-1960, 1964-1968	Economist, the RAND Corporation
1960-1961	Associate Professor, Carnegie Institute of Technology
1961-1963	Staff Senior Member, Council of Economic Advisors
1968-1986	Professor of Economics, Yale University
1980-1986	Director, Institute for Social and Policy Studies, Yale University
1986-2005	Professor, Columbia University,
2005-Present	Professor Emeritus

## ■Major Awards Received

Tinbergen lecturer  
Leontief Award / Tufts University Veblen-Commons award  
Several honorary degrees

Throughout his long research life, Dr. Nelson has deepened consideration in technology's roles in society. Especially remarkable is his pioneering analysis on the impact of innovations in science and technology, as well as those in social institutions, on the growth and decline of a given society's industry and economy.

Publication of Dr. Nelson's hallmark work "An Evolutionary Theory of Economic Change" (Nelson & Winter, 1982) led to numerous studies around the world with significant contributions to sounder development and social change in both developing and industrialized nations.

# 人間のノウハウの不均衡進化

2006年11月17日 帝国ホテル, 東京

コロンビア大学  
リチャード・R・ネルソン

## 1. はじめに

過去二世紀の間に、地球上の多くの場所で飛躍的に生活水準が向上しました。その原動力が技術の発達にあることは経済学者のみならず衆知の一致するところです。技術の発達という概念を、もう少し広く捉えれば、商品やサービスの生産活動を采配するノウハウの進歩、と言い直せるでしょう。獲得されたノウハウは、国民生産や国民の一人当たり所得といった統計値を使えば、ある程度まで計量可能です。しかし、現代における情報通信技術の劇的な進歩や、多くの伝染病の予防や治療法の発見の中には、数値に表れない膨大なノウハウが蓄積されています。

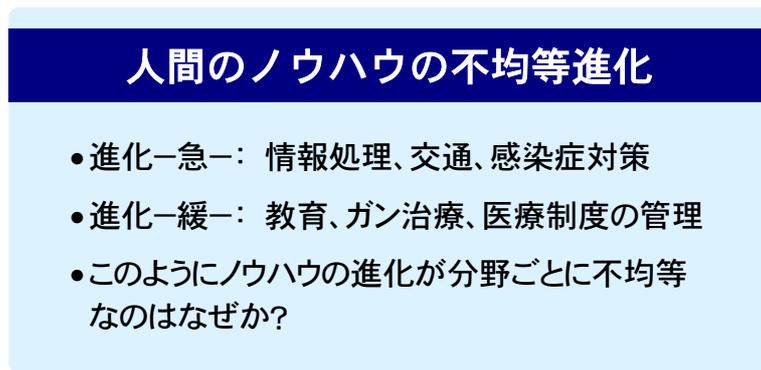


図 - 1

〈図-1〉一口にノウハウといっても、人間の活動領域によって進歩の度合いは大きく異なります。従来、この点についてはあまり注目されてきませんでした。例えば、医療分野での目覚ましい発展に比べて、実践教育の生産性や効率性はほとんど進歩していません。医療分野に限っても、かつて死の病だった多くの疾病は予防なり治療なりが可能となりましたが、癌について見れば、その予防はまだしも治癒に関してはほとんど進展が見られていません。高額な費用を負担すれば AIDS の症状を和らげることはできますが、その完全治癒は依然として不可能です。

また我々は会社や役所で多くの技術を利用し運用していますが、組織内での仕事の進め方や経営手法といった面では、技術そのものに比べてあまり進歩していません。例えば、五十年前に比べて、企業の在庫管理能力は飛躍的に向上しました。しかし、参入すべき新市場に関する戦略的な意思決定能力となるとどうでしょう。この五十年間で意思決定ノウハウが明確に進歩したのでしょうか。あるいは医療の世界はどうでしょう。病気の治療は効果的に行えるようになりましたが、病院経営あるいはもっと広く医療制度のガバナンスといった面では、どの国でも大きな問題を抱えているのが実情ではないでしょうか。

既にお気づきと思いますが、ここで私が使っているノウハウという言葉の指示範囲はかなり広汎に及んでいます。狭義の「テクノロジー」に関わるノウハウだけでなく、獲得された知識の実践や運用に関わるノウハウ、例えば子どもに読み書きを教える際の教え方なども含んでいます。また何らかの目的のために複数の人間が集まって様々な活動に従事する場合、共通の目的を達成するために、それらの人々や複雑な活動を管理するスキルが獲得されます。そうした意味でのスキルも、ノウハウという概念に含まれます。このような、知識の運用に関するノウハウや組織運営のノウハウを進化させることは、狭義のテクノロジーに関するノウハウを進化させることに比べ格段に困難に思われます。もしそうだとしたら、それはなぜか。これは重要な視点であり、解明を要する現象ではないでしょうか。

### ノウハウの進化は なぜかくも不均等なのか？

- 人材・資金の割当が不均等。  
分野ごとに有効需要に違いがある。
- 分野により進歩の難易度が異なる。
- 科学知識の進歩が不均等なのか？  
もしそうなら、その理由は？

図 - 2

（図－2）この数年、私は以上の広義におけるノウハウの不均等進化の原因を解明し、遅々として進化しない分野でノウハウの発展を早めることができるとすれば、どうしたらいいかについて考えてきました。

ノウハウの不均等進化を考えると、皆の納得の得やすい説明の一つに、ある分野のノウハウの開発には多大な資源（資金や人材）が投入されているが、他の分野ではそうになっていない、という説明があります。実際、貧しい国に目立つ病気の予防や治療に比べて、豊かな国の国民を苦しめている病気のそれは大きく進歩しています。なぜかと言えば、それだけが理由とは言えないものの、やはり両者の間には注ぎ込まれた資源量に大きな差があるからです。

しかし、このような例を除けば、いわゆる「有効需要」の違いが人間のノウハウの不均等進化に及ぼす影響はさほど大きくない、という見方に私も賛成です。例えば乳癌と天然痘を比べてみれば、乳癌の治療法の開発については民間（製薬会社）でも政府（研究助成制度）でも多額の資金を注ぎ込んでおり、それなりに進歩しているのですが、それでも天然痘治療の大きな進歩とは比較になりません。

また実践教育と臨床医療を比べると、後者の進歩に費やされた資源は前者のそれを圧倒しています。なぜかと言えば、教育の場合、これまでに費やされた労力に見合うだけの成果が得られていないからです。いくら教育に投資しても多くは期待できないのではないか、という猜疑心が人々の頭を離れないのです。

以上から明らかなように、特定の分野でノウハウが容易に発展しない最大の理由は、誰もが発展の見返りの大きさを認めていても、発展そのものの困難さがある種の経験則として機能してしまっている点に求められます。

科学者の間では、特定の分野でノウハウが急速に発展し、他の分野で発展しにくい事実は、それぞれの基礎にある科学分野の力の違いを反映している、という見方が提出されています。この見方には一理あると思います。しかし、私がこれからお話ししたいのは、ある分野の実践的なノウハウを発達させる能力とそのノウハウの基礎となる科学知の関係は複雑だ、ということです。例えば、技術の進歩させる上でキーとなる科学知ですが、それは典型的な研究者が知識そのものを目的として行う研究よりは、技術の進歩そのものを目指す研究によって進歩するものです。いずれにしても、ノウハウの不均等進化をその基礎となる科学知の不均等から説明する理論は早晩、特定の科学知の体系が他の体系より速く進化するのはなぜか、という問いに真剣に取り組まざるを得なくなります。そして、この問いこそ今日のお話の眼目となります。

## 2. 進化プロセスとしての技術の進歩—進歩を促すもの、阻むもの

この半世紀の間、狭義のテクノロジーが長い時間をかけて進化していくプロセスに関して解明を進める学際的な研究体が大きく発展してきました。これは教育方法やビジネス手法、あるいは企業経営を進化論的に追求した研究や論じた著作がほとんどないと対照的です。そこで本日は、最初のパートで狭義のいわゆるテクノロジーを対象として、テクノロジーの進化に関する知見を検討します。その後、後半ではそうした進歩を促進または阻害する要因を考察することで、テクノロジーという概念を押し開き、広く「ノウハウ」の進化について論じたいと思います。

技術発展を考究する学際組織の共通見解は、何をおいてもまず「技術が進化的プロセスを経て進歩する」という仮説に集約されます。ここで言う進化とは、いかなる時点においても技術を進歩させんとする多様な試みが同時に起こり、その一部はお互いが競い合い、別の一部は既存の技術と競い合う、という意味での進化です。この競争の勝者と敗者は基本的に事後の選別過程でふるい分けられます。

## 技術の進歩は進化プロセス

- 知識の実践様式、事後選別が多種多様。
- ただし、以下の点で生物学的進化と異なる。
  - 人間の企図(目的意識)が重要な役割を担う。
  - イノベーションは生物界の突然変異のように盲目的でなく、既存の知識体系に導かれて起こる。

応用指向科学、工学系学問の重要性

図 - 3

(図-3) とはいえ、この意味における技術の進化的発展という命題は、進化プロセスに関与する人間の企図や、新技術の追求者たちが依拠する、その時々において支配的な知の体系や技法の存在を否定あるいは軽視するものではありません。発明やイノベーションにおける人間の営みは、生物学的な「突然変異」の文脈でしばしば前提とされるような、完全に盲目的でランダムなものではありません。新技術の追求者には依拠する既存の知識体系があります。その強力な基盤の存在によって、彼らは過去に成功が約束された有望な経路に努力を集中し、袋小路となる道を予め回避することができます。また、強力な知の基盤は彼らに様々な検証の場を提供してくれます。新技術の追求者は発明や革新の途上においてこうした検証の積み重ねによって、期待される効果の確認や必要な修正を行うことができます。とはいえ、何が有効で何が有効でないか、あるいは何がベターかの確かな証拠は、実地の経験と競争によって習得するしかありません。

以上から明らかなように、技術は実践と知識の集合体と考えるべきです。専門分野のプロフェッショナルは、効果的な実践に関する大量の「ノウハウ」を有すると同時に、そのノウハウがなぜ有効かを合理的に説明する分析知を有しています。彼らは後者の分析知によって現在の技術的限界を明らかにし、進化を可能にするかも知れない約束された道筋を指し示すこともできるのです。こうした技術の進化プロセスにおいては、実践は知識とともに、知識は実践とともに進化します。新製品や新工程の開発は大抵、その製品やその工程の実現に限定されない新たな知の体系を伴っています。このようなルートで習得された新しい知識は、次に更に新たな技術進化のヒントや機会を作り出していきます。

もちろん、知識は実践や実用によって進化する、というだけで話は終わりません。現代の重要技術の大半は特定の制度化された工学技術や応用指向の科学から生み出されています。知識のうち体系化された部分はこれらの分野に蓄積され、新しい科学技術者や応用科学者のトレーニングの基礎として利用されます。こうした応用系の研究分野についても、後ほどお話ししたいと思います。

以上、ノウハウの発達が進化的プロセスであること、すなわち、知識の実践はその時々において支配的な知の体系に導かれて進歩することを見てきました。このような観点から見て、急速な

進歩が新たな進歩を呼び大きく飛躍を遂げる分野と、持続的な進歩の可能性が限られている分野とを分かつ要因は何なのでしょう？私の考えでは三つの要因によります。

### ある分野の進歩を持続的に 促進するための要件とは？

- **ノウハウの実践性**  
制御可能で再現可能なノウハウであること。
- **ノウハウの対応力**  
変化や多様性から学習する能力。
- **ノウハウの実証性**  
計画的な実験に堪える能力。特にR&Dを通じて外部的に検証できること。
- **パフォーマンス(実効性)を測る明解で安定的な基準の確立**

図 - 4

- 〈図-4〉第一の要因はノウハウの実践性（制御・再現・検証性）です。ある抽象的なノウハウを具体的な実践方式として確立するためには、ノウハウの実践者が、そのノウハウの実践方式をある程度厳格な型で識別・制御し、思わぬ方向へ逸脱した場合には標準へ立ち戻り、必要な際には複製（再現）することができなければなりません。これを「技術進歩の進化論」の立場から言うと、ノウハウの進歩を左右する鍵は、作為不作為を問わず、人がそのノウハウの実践方式を制御可能かつ検証可能で、検証から多くを学ぶことが可能かどうか、そのようなキャパシティがノウハウに与えられているかどうかにあります。識別・仕様化・制御・再現できないノウハウは実験も検証もできません。識別・仕様化・制御・再現が可能であることは、ノウハウを誰にでも模倣できる実践方式（実践形態）の次元へ引き上げるための要件でもあります。以前シドニー・ウィンターと私が援用した表現を借りれば、あるノウハウの実践方式を「ルーチン」として具体的に規定できなければ、ノウハウはノウハウとして確立できません。
- 第二に、ノウハウのパフォーマンス（効果・実効性）を判定するための、明確で安定的な基準が必要です。あるノウハウに実践方式が複数あってお互いに競合する場合、両者の実効性の違いを峻別可能な基準が必要です。実効性の証拠はなるべく明白で、必要な時いつでも利用できなければなりません。
- 第三に、ノウハウの検証性の問題があります。好条件下なら、あるノウハウの様々な実践方式を無計画に実験しても多くを学べるかも知れませんが、通常はできるだけ計画的な実験を行った方が実践をより確実に進歩させられます。こうした計画的な実験を効果的に行うには、過去の経験から有望性の高い経路を選び、なるべく早い時期に、その実践方式が本当に有望か否かについて信頼できる情報が得られる必要があります。

これらの要因はすべて、ノウハウの基礎となる知識体系の強さに大きく依存しています。基礎となる知識体系が強力であれば、任意の実践方式のパフォーマンスを決定する重要な要素が

識別しやすく、いきおい、その実践方式の制御・複製・検証も容易になります。同様に、強力な知識体系があれば、パフォーマンスの良し悪しを測る指標を設定しやすく、その時々で支配的な実践方式の評価が容易になります。明確な指標は改良時の目安としても有効です。

ノウハウの基礎となる知識体系が強力な場合、研究室の外部、例えば企業の R&D の場で行う分析や実験だけでも十分と言えるかも知れません。こうした実践方式の検証には大きなメリットがあります。この R&D 単独の分析・検証は、上に述べた三つの条件の達成を自明の前提としていますが、それだけでは不十分です。R&D 単独の検証が十分に機能するには、理論計算や単純化されたモデルを使った検証結果だけでも実際のノウハウの実践として運用できるような、強固に確立された知識体系の存在が不可欠です。

以上の議論は「任意の分野のノウハウの運用方式は、その基礎に強力な科学知の体系を持つ時容易に進歩する」という共通見解を支持するものです。一般に、多くの人々は新技術の開発を可能にした科学知識は、新しい技術の可能性を拓くことなどつゆも考えず、基礎科学の進歩のみに先進した科学者によって獲得されてきたのだ、と考えているようです。無線関連技術の端緒を開いたマクスウェルの場合なら、まさにその通りでしょう。しかし、私がここで指摘したいのは、そうした偶然の産物は科学知のほんの一部に過ぎないということです。

## 応用指向科学の役割

- 主に知識の実践・実用面を担う科学
- 実践・実用の研究を中心に、実践の効率化をも追究。
- 実践の進歩に必要な条件を整備できるが、もし整備できなければ逆に進歩を妨げる恐れもある。

図 - 5

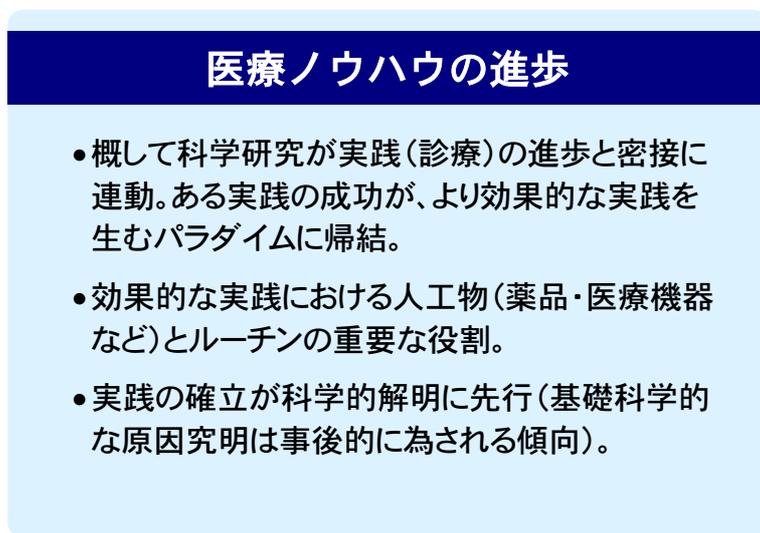
〈図-5〉先に指摘しましたように、新技術の基礎となる科学知の体系はむしろ工学系を含む応用指向科学の分野に含まれている傾向が強く、これらの分野を、いわゆる「基礎的な」研究によって獲得された知識の応用に過ぎないとするのは誤りです。応用科学・工学は技術そのものの研究や、技術に想定されている利用テーマを明示的に指向しています。そこでの研究の大半はノウハウの実践面に関わる分析や検証、あるいはノウハウが実践的に解決しようとしているテーマに関する分析や検証に費やされています。こうした研究が成功すれば、ノウハウの実践方式を進歩させる「パラダイム」（トーマス・クーン博士の用語）が提供されることとなります。提供されたパラダイムの中には基礎科学に強固な基盤を持たないものもあるかも知れませんが、後に検討するように、最も強力な分野においては確実に基礎科学の基盤を有しています。しかし、その場合でも、応用科学の技術と知識の体系はそれ自身で独立しています。

ところが、強力な科学知の体系が急速な技術進歩の持続を可能にすることは広く理解されている一方で、従来の社会通念は、技術と科学の間には「技術に本来備わった性質から技術を支える強力な科学の発展がもたらされ、逆に強力な科学の基盤から技術を進歩させる能力が生まれる」という双方向の因果関係が存在する事実を見落としがちでした。既に強調しましたように、応用指向の科学や工学の研究は、その大半がノウハウの実践方式において進行している物事を解明し、実践方式を進歩させることを目指しています。もし、こうした分野において研究対象を識別も制御も、操作も再現も、あるいは検証の評価も行えないとしたら、誰も応用科学から多くを学ぶことは期待できないでしょう。

もう少し一般化すれば、ノウハウの実践はその基礎に強固な科学知の基盤を持つ時、スピーディかつ持続的な進歩を続けますが、「実践と理解は共進化する」という原則に立てば、科学的に得られた理解が重要であるのと同じように、ノウハウの実践で得られた理解も重要であると考えられます。従って、先に述べたように、あるノウハウの実践方式に制御性や再現性がなく、異なる実践方式のパフォーマンスを評価できないことから、ある分野でのノウハウの実践が進歩しにくいのであれば、それを下支えする科学もまた同じ理由によって進歩しにくい、とすることができるでしょう。

これで一般論は終わりにして、次に具体論へ移りたいと思います。ノウハウの個々の実践形態において、以上のような総論がどのように展開していくか見ていきましょう。

### 3. 医療の場合



**医療ノウハウの進歩**

- 概して科学研究が実践(診療)の進歩と密接に連動。ある実践の成功が、より効果的な実践を生むパラダイムに帰結。
- 効果的な実践における人工物(薬品・医療機器など)とルーチンの重要な役割。
- 実践の確立が科学的解明に先行(基礎科学的な原因究明は事後的に為される傾向)。

図 - 6

〈図-6〉過去一世紀半の間に、主に治療費を負担可能な豊かな国々では数々の伝染病を克服してきました。それは人類の福利に貢献したノウハウの進歩の中でも最大級の成果の一つと呼べるでしょう。生物医学は日々進化を続け、生物医学を基礎として築かれた新しい科学知の体系は、これまでも、そしてこれからも、病気治療の改善に向けて明るい光を照らし続けると思います。成功した診療においては、診療そのものの進歩も、診療の進歩を目指す研究努力も比較的狭いパラダイムの中で進行しています。こうした応用指向のパラダイムにおける基礎知

識の体系は強力ではありますが、他の分野に比べてあまり奥行きを持っていないようです。

知の奥行き浅さという特質は、例えばパスツールが「少なくとも一部の病気の原因は微生物である」とする、科学者の一部で長く支持されていた理論を裏付ける確実な証拠を発見した際に見られました。パスツールの発見を受け、他の病気の専門研究者たちは先を競って病原微生物の特定にいそしみました。その際、彼らは、パスツールが専門領域の二つの病気に対して開発した治療法（死ぬか弱った病原微生物を利用したワクチン）を一般モデルに採用し、新たな治療法を開発していきました。

しかし、パスツールと彼の追随者たちは、微生物による病気の発生メカニズムについては何ら新しい光を投げかけませんでした。ワクチンが特定の病気に効く本当の理由とメカニズムは、ずっと後年の免疫研究の進展を俟ってようやく解明されたのです。また人間の病気のどれが微生物への感染症で、どれが（ビタミン欠乏症や大部分の癌のように）そうでないのかについても、長い間謎のままでした。

私がここで指摘したいのは、パスツールら、19世紀の医学に貢献した偉大な科学者がもたらした知識は実践指向（「診療」指向・「個別問題」指向）であった点です。知識の奥行きは浅かったものの、それが病因の特定と治療法に新たな光を当てたことは確かです。微生物という犯人を特定することで、その後の病気の治療努力の方向性を決定づけたからです。ある病気が特定の微生物と確実に関連づけられれば、ワクチンの開発方法は経験的に判明するでしょう。有効なワクチンか血清が開発されれば、ワクチンの製造技術と利用法は信頼性の高いものとなります。少なくとも一定の試用期間を経れば、そのワクチンとワクチン接種は、その病気を治療する具体的なルーチンの一部と見なせるでしょう。この疾病治療のパラダイムは広い医療分野で成功を収めました。むしろ、それが成功した深い科学的理由は徐々にしか解明されませんでした。

病原微生物理論は当初から明らかにその方向を示していましたが、体内の病原菌を死滅させる天然もしくは人工の化合物が特定され開発されたのはずっと後のことです。ワクチンと血清による病気治療においては、現代の用語で言えば、抗生物質の使用が有効です。抗生物質の材料と作り方がルーチン化しやすく、ほとんどの患者に効くためです。しかし、つい最近まで抗生物質の研究は、なぜ特定の物質がその病気に効くのか深く追究されないまま発展してきました。いま現在でも、多くの抗生物質が効く本当の理由は解っていません。

もう少し一般化すれば、私が病気の予防や治療の歴史を読む限りにおいて、成功した治療法には、必ず化学物質やその他の人工物を中心として具体的に確立された「ルーチン」が付随しています。順調に推移する研究の道筋は、まず病気に効き目のある人工物質の種類を特定し、次にそのような物質を設計し、更に人体の「モデル」（生体外実験または動物実験）で効き目をテストしてから、実際に人体へ投与する、という手続きを踏むことを意味します。私の知る限り、成功した研究の多くは応用範囲の広いパラダイムの存在に依拠しています。応用範囲の広いパラダイムとは、既に研究対象の病気と関連の深い病気において治療法の発見に役立つことが証明されている理論的な枠組みです。このようなパラダイムは新たな治療法の成功によって、大まかにではありますが、より基礎的な科学知の裏付けを得ることになります。

既に指摘しましたように、こうした応用範囲の広いパラダイムは伝染病研究の世界で長く存

続し、医療史の進行とともに大きく改良されてきました。もちろん失敗に終わったケースや、AID 研究のように限られた成功しか収めていないケースもありますが、概して生物医学者は伝染病の予防や治療に関しては何をすればいいかを共通に理解しています。例えば、消化性潰瘍の主因が微生物への仕業であるという発見から、従来のものよりずっと効果的な潰瘍治療法の開発に至るまでには、あまり時間を要しませんでした。

これとは対照的に、癌治療の場合には依拠可能な応用範囲の広いパラダイムはまだ確立していません。癌の特性に関する総合理論ならこれまでいくつも流行しましたが、決定的な癌予防や治療法の発見に結びつくような、強力なパラダイム推進力を今日までに維持する理論は存在しません。近年、細胞を癌化させる遺伝的障害に関して新しい知見が得られ、癌克服のパラダイムと期待されているようです。しかし、この知見が本当に強力で応用範囲の広いパラダイムになり得るかどうかは現時点で定かではありません。しかし子宮頸癌の場合に限って言えば、先の消化性潰瘍の場合と同様、病原体が微生物であることが判ると、すぐにワクチンが開発された事実はあります。

このように実践（診療）指向のパラダイムは数々の病気治療を成功に導いてきました。しかし、その重要性を強調することは、人体や疾病プロセスに関する基本的な科学知が、このパラダイムの深化や改良の上に果たす重要な役割を否定することにはなりません。実際、生体の化学反応やその反応を司る細胞の働きの解明は、循環器疾患の治療薬の発見や設計に大きく貢献しました。効果的な発癌抑止策の追究に関しても、細胞を癌化させる遺伝的障害に関する理解の深まりが新たな方向性を導いてきたのです。

このような科学知識の大部分は純粋な探求心というよりは、むしろ病気治療という目的意識、その強い動機づけによって獲得されたものです。言い換えれば、よく理由は解らないが効果の認められる発見がまず為されます。そして、その発見に導かれて治療法の改良に貢献する基礎的な科学研究が発展します。基礎研究の成果は病気の科学的解明を深化させ、元の治療法の改良や、別の用途への応用につながっていきます。

このような言明は、基礎研究信奉者の描く「基礎研究が実践（応用開発）をリードする」という図式とはかけ離れていると思います。しかし私の知る限り、ほぼすべての成功事例において実践と研究は行きつ戻りつしながら発展しています。現実には、実践（診療）において問題や弱点が見出されると改良の可能性を探る研究が盛んになり、臨床実験が改良結果をテストして長所と短所を割り出すと更なる改良研究が生まれる、という具合に進むのです。実践を通じて学ぶことも研究を通じて学ぶことも同様に大きく、両者の相互作用は強力です。

科学的な解明が進んでいる病気でも、その効果的な予防法や治療薬が見つかっていないケースは多々あります。例えば、嚢胞性線維症の場合、生物医学者は患者の体内で何が悪いのか、疾患の遺伝学的原因が何かを理解しています。現在の科学的解明が深化すれば、治療法の改善につながる有効なパラダイムが築かれるかも知れませんが、現時点では明瞭な進歩は確認されていません。

しかし最初に指摘しましたように、医療全般で見れば進歩は絶大です。それでは次に、ほとんど進歩の見られない人間の活動領域について見てみましょう。

## 4. 教育の場合

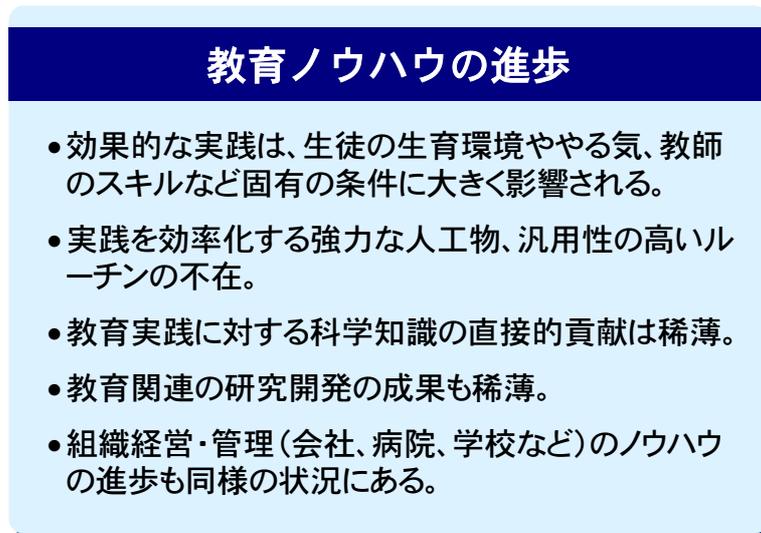


図 - 7

〈図-7〉現代社会で、初等・中等教育システムのパフォーマンスに満足している国はほとんどないでしょう。生徒一人当たりの教育費はうなぎ登りなのにもかかわらず、教育の生産性は横這いのままで、他の多くの経済部門で見られるような向上は見られません。教育の質に関してもシステムの非効率に不満が募っています。特に経済的に不遇な子どもたちが、本当に教育が約束するはずの未来に行き着けるのか誰も疑問視しています。

アメリカではこの三十年間、教育の生産性と効率性を引き上げるべく教育関連の研究開発体制が見直され、拡充されました。その際、範を医療研究の成功例にとり、同様の効果が期待されていたのですが、ほとんど目に見える成果は上がりませんでした。他の分野では研究を強化する状況でも、教育の効率化には結びつかなかったのです。理論分析が実践で効果を発揮することが少なく、オンライン制御された本格的な教育実験で効果が得られても、いざそれを教室の現場に移そうとすると大幅な修正を余儀なくされました。

この教育界の状況は医療の世界とは対照的です。医療界なら、体外実験や動物実験などの制御環境下で得られた成果は、一定のテストや調整期間を経れば、確実に新薬や治療法の開発に転換して広い用途に供することができます。

このような違いをもたらすのは、教育には、先に述べたような実践の進歩を保証する二つの基礎条件が欠けているためです。第一に、教育における実践には、それを厳密に制御したり、正確に仕様化したり、あるいは複製したりする有効な方式がほとんど存在しません。そのことと関連しますが、効果的な実践があるとしても、それを効果的たらしめている重要な要素を特定しようとしても、せいぜい非常に大まかに定義できるだけです。そのため、ある条件下で効果的な実践を別の条件に移植しようとしても、うまく行かないことになります。

第二に、仮に実践を効果的たらしめている要素を厳密に特定できたとしても、その実践のパフォーマンスをどう評価するかが大きな問題です。テストの成績は教育の目的のほんの一部に過ぎません。生徒の広義における生産性、狭義における良い職に就く能力、あるいは彼らの身につける社会性は教育の長期的成果には違いありませんが、それを評価するには長い年月が必

要です。生徒の人生や成功に影響するのは教育だけではありません。そうした外部要因と教育の効果を後からどうやって選り分けられるでしょうか。

このような基礎条件の欠如によって、教育界では、生産性を高める可能性の強い教育実験の設計能力や、実験環境下で効果が認められた実践を広く社会に普及させる能力が育たないのです。

これは教育の実践に関する科学的解明が進まない原因であるとともに、その結果でもありません。教育実践の改善努力にとって道標となるような、教育プロセス全体を照らし出そうとする研究領域も存在しますが、残念ながら光はおぼろげです。既に論じたように、教育実践を直接的に探求する研究からは良くて大ざっぱで信頼性の低い結論がもたらされるのみです。しかし、とはいえ、例えば脳の物理的機能の研究のように、きめ細かな信頼性の高い結果が保証されているテーマに絞った科学研究に、教育プロセスに役立つような成果を望むのはないものねだりです。教育界には、電気工学や細菌学、あるいは腫瘍学に相当するような、分析や実験の結果が直接実践の向上に結びつく便利な分野は存在しません。

そうになっている大きな原因は、教育界が今日に至るまで、効果的かつ応用範囲の広い緻密なルーチンの開発や発見にほとんど成功していない点に求められます。教育界でも、教科書やスライド、あるいは今ならパソコンやコンピュータソフトなどの教材はルーチン化された要素で作られています。しかし感染対策における抗生物質や、データ処理におけるコンピュータに匹敵するような、強力な教育目的の創造物はいまま開発されていません。確かに教科書のような教材は、優秀な教師の実践の一要素として一定の役割を果たしています。しかし、実践の中核を担うものではありません。教育実践の効果は教師の個人的資質やスキル、あるいは生徒の生育環境や知識、やる気などと切っても切り離せません。それらは良き教育実践を生み出す母胎です。でも教師のスキルや生徒のやる気があるからといって教育法全般の持続的進歩が可能になり、どんな学生にも広く応用できる実践が生み出されるわけではないのです。

## 5. 有形技術と社会的技術、そして人間組織と活動の統率の問題

教育実践の重要な特徴は、少なくとも学校教育の場において組織や統率の問題が中央集権的に現れる点です。教室にはたくさんの生徒がいるので、教師は教室の秩序、特に生徒がお互いに学習を邪魔せず助け合うような環境を作り上げ、維持しなければなりません。授業はこのような派生的作業なしに行えません。たとえ派生的作業が存在しないとしても、どの教師や生徒にもほぼ通用するような、明解なルーチンの発見もしくは開発は容易ならざるものです。ルーチンが優れていても、実際の現場では個々の生徒に合わせて頻繁に微調整を加える必要があるからです。しかし派生的作業は必ず存在します。そうであるがゆえに、シンプルで効果的な読書の教授法一つでも作り上げるのは大変に難しいものなのです。それはちょうど子どもの喉の感染症を診る医者が出会うのと同種の困難です。

バーベン・サンバトと私は、人間同士の相互作用が大きな比重を占める活動において使われる技術を「社会的技術」(social technology)と定義して、人間が主に何らかの人工物を利用して行う活動において使われる技術、すなわち「有形技術」(physical technology)と区別しました。こうした区別をしたのは、有形技術に比べて社会的技術の本格的進歩、累積的進歩が

大変困難であることを指摘するためです。教育界では限られた有形技術しか採用されず、残りの部分は明らかに社会的技術が占めています。大きな組織を統率する上では、ほとんどの部分を社会的技術に頼らざるを得ません。そして、まさにこれこそ、組織と組織管理に関するノウハウが遅々として進まない理由なのです。

組織管理においても、一部には劇的に進歩した領域があります。先にも挙げましたが、在庫管理のノウハウは大きく進展しました。しかし在庫管理が進化したのは、コンピュータ端末や、売上や注文を管理する電子ネットワークなどの有形技術が、それまで支配的だった社会的技術に取って代わったからです。ここで次のような疑問について考えると面白いかも知れません。能率的で安価になったコンピュータ関連技術は在庫管理に大々的に導入され、効果を上げている。それなのになぜ、コンピュータが中心的役割を演じるような、効率的な教育法はいまだに開発できないのか？私の答えはこうです。在庫管理の効率性を測る基準は比較的単純であり、しかも在庫管理に関わるルーチンは他の企業活動や業務との相関度が緩く、ほぼそれ単独で活用できるためである、と。

同様に、経営上の意思決定や M&A のプロセスを考えれば、企業経営者は今も昔も大きな進歩を遂げたとは言えません。それは「成功」というものを測る基準が、短期的に測ろうとすれば複雑で設定しにくく、長期的な収益性で測ろうとすれば、遠い未来にしか結果は評価できないためです。いずれにしても、もし他の会社と合併すれば、会社の様々な業務への影響は避けられません。会社の効果的合併に関する緻密なルーチンが開発できないのは、合併後には複雑で、ほぼ予測不能な、しかも厳密には制御不能な人的相互作用が起こり、それが合併そのものの成否に大きな影響を及ぼすためです。こうした条件がある限り、個々にはしてはいけないこと、そうすべきことを学べるでしょうが、いつまで経っても M&A の管理ルーチンなどというものの登場はあり得ないでしょう。

同様のことは病院において観察されます。意思決定や運営管理をルーチン化可能なのは、目的が単純で成果が測りやすい領域、もしくはその領域における業務のあり方が他の領域の業務のあり方にあまり影響しない、あるいは影響されない場合に限られます。そのようなルーチン化の不可能な業務領域の方が圧倒的に多いのです。前者の効率性はオペレーションズ・リサーチや機械化によって改善可能ですが、後者のノウハウをルーチンとして進化させることはいくら時間をかけても非常に難しいと思われます。

## 6. 科学と技術の相互関係

**科学と技術の相互関係**

- 強力な応用指向科学が技術の強化・進化を支える。
- 強力な応用指向科学は強力な基礎科学に支えられている。
- ノウハウを進化させる鍵は「ルーチン」化による実践方式の開発と、その際の人工物(コンピュータ、化学物質など)の積極利用にあり。「ルーチン」化された実践は汎用性が高く、科学的に研究・解明が可能となる。
- 教育学、経営学、経済学などの分野では、これまでそのような「ルーチン」化による実践ノウハウの確立は不可能であった(今後については「?」)。

図 - 8

(図-8) ここまでに私は技術の進歩とその技術の基礎となる科学の力の間にある関係についていくつかコメントしてきました。それらについてもう少し議論を展開し、論点を整理することで、本講演を締めくくりたいと思います。私は実践的ノウハウを進歩させる上で応用指向科学の果たす重要な役割を強調しました。この点に関して最近行った企業に対する聴き取り調査の結果を補足しておきますと、回答者のほぼ全員が新製品や新工程の開発に最も役立ったのは応用指向科学であると言っています。

だからといって分子生物学や理論物理学、あるいは数学などの基礎科学が技術の進歩と無関係だという意味にとられると困ります。応用指向の科学や工学は、そのいわば「上流」に位置する基礎科学の成果を縦横かつ生産的に利用しています。急速に発展する技術分野の基には、技術の基盤となる強力な応用指向科学があります。強力な応用研究を特徴づけるのは、更にその基盤となる基礎科学から多くを学び取る能力の高さです。事実、基礎的な科学知識と、それを基にした応用指向科学と、更に応用指向科学から生まれた実践と、この三者の関係が緊密であればあるほど、ノウハウの進歩は早まります。

このように発展の急な分野の技術史を読み解く限り、科学的知識の実践を成功させる鍵は、その知識の守備範囲を逸脱しない実践の設計にあります。ある分野の実践において、実践の主要部分を人工物(化学物質や機械、電子機器など)に代替させることができる場合、更に実践の設計は容易になります。人工物は制御や複製が容易で、実験対象にもなりやすいので、人工物の特性や利用状況を探求する強力な応用研究を進展させることも可能です。そのような応用研究なら自然科学、特に物理系の成果を大いに活用できるでしょう。ここで注意して欲しいのは、このような強力なスクラムが関係の双方向性から生まれることです。人工物の多用が応用研究の力強い発展を促す一方で、人工物とその利用状況に特化した応用研究は強力な自然科学に依拠しているのです。

もちろん人工物が中心機能を担わない強力なノウハウも世の中には存在します。しかし、あまり数多くはありません。実際、ルーチンを生産的なものとする人工物の発見や開発が不可能

な実践分野はたくさんあります。例えば、医療のところで指摘しましたが、多くの病気には効果的な予防法や治療法がいまだにありません。教育もそうですし、犯罪撲滅も同じです。人工物の力を借りれば多少の効果はあるかも知れませんが、感染症治療における抗生物質のような効果は期待できません。従って、こうした実践分野においては、その基礎にある応用指向科学と自然科学の間の交渉は希薄なままです。

先に、ノウハウを進歩させることが最も難しい分野は、実践の大部分が「社会的技術」に関係し、人間を手助けする強力な「有形技術」の発見や発明にほとんど成功していない分野であると申し上げました。「社会的技術」の進歩を啓発するのは行動科学や社会科学の役目ですが、啓発の光はほのかです。行動科学や社会科学を通じて得られた知識の力は、自然科学を通じて得られた知識の力に比べてかなり脆弱です。なぜかと言えば、両者の存在様式（オントロジー）が本質的に異なるからです。両者から派生したノウハウには、制御性、再現性、実証性などの点で重要な相違があることは既に指摘した通りです。

これは興味深いことですが、近年、多くの科学哲学者が「行動科学も社会科学も、物理学で有効に機能してきた方法を生産的に利用できる、そうならば究極的には物理学と同じくらい強力な科学になりうる」という考えを支持しています。私も彼らの判断にまったく賛成です。とはいえ、これは行動科学や社会科学を基礎とするノウハウの実践に関して、その進歩の歩みは悠揚迫らざるものとなると言っているも同然です。

私自身は経済学者です。この文脈の流れを受けるなら、自分の専門であるこの「科学」の本質について、あるいは経済学と経済政策決定との関係について何かコメントすべきところです。しかし残念ながら時間が来たようです。ご静聴ありがとうございました。

■このレポートは本田財団のホームページに掲載されております。

発 行 者 伴 俊 夫

発 行 所 **財団法人本田財団**

104-0028 東京都中央区八重洲2-6-20ホンダ八重洲ビル

Tel.03-3274-5125 Fax.03-3274-5103

<http://www.hondafoundation.jp>