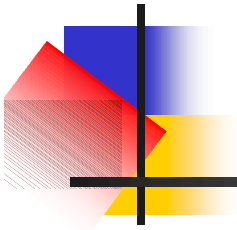


大文字の第二次科学革命

The Second Scientific Revolution in Capital Letters

【 For Nltama Members' Circulation only and Not for Citation. 】



平成17年10月

吉田民人
東京大学名誉教授



近代科学を通底するメタ・パラダイム (= 大文字のパラダイム) の三命題

- **第1命題**：「目的：認識一元論」 = 「認識一元論」
 - 『科学という知の「目的」は、物質層から生物層をへて人間層へ至る全自然の過去、現在、未来にわたる「認識」に限定される』
- **第2命題**：「構成要素：物質一元論」 = 「物質一元論」「唯物質主義」
 - 『物質層から生物層をへて人間層へ至る全自然の「根源的な構成要素」は、唯一つ「物質およびエネルギー」である』
- **第3命題**：「秩序原理：法則一元論」 = 「法則一元論」ないし「汎法則主義」
 - 『、物質層から生物層をへて人間層へ至る全自然の「根源的な秩序原理」は、唯一つ決定論的 / 確率論的および線形的 / 非線形的な「法則」である』



3大命題に疑問を投げかける20世紀科学の展開

- 「認識一元論」に再考を迫る「技術の科学化」と「科学の技術化」 = 「科学技術」 実践的課題の解決に係る科学の位置付
- 遺伝情報、神経情報、計算機情報の拡大を通じた「情報」概念の学術全域への浸透 「物質一元論」との関連の問い直し
- ゲノムの発見は生物層の秩序が「普遍かつ不変と措定される法則的秩序」とは異なるタイプの「特殊かつ可変な秩序」（生物多様性）であることを解明 「法則一元論」に投じる一石
- 「生物科学のゲノム論的転回」と「人文社会科学の言語論的転回」の同時進行



新科学論による三つの代替提案

- (1) 「設計科学」の提唱：「自然の認識」を目的とする科学を「認識科学」(epistemological science または cognizing science) と再定義し、理系の工学と文系の規範科学・政策科学などを統合かつ拡大する「設計科学」(designing science) を新しい科学形態として導入する。
- (2) 進化論的「情報」範疇の提唱：全自然の根源的な構成要素である「物質およびエネルギー」に付加して「非記号情報および記号情報」なる構成要素を導入する。
- (3) 「プログラム」範疇の提唱：全自然の唯一の根源的な秩序原理とされる「法則」を物質層に限定し、生物層と人間層に固有の秩序原理として「プログラム」という新しい基礎範疇を導入する。



「記号情報」としての「生物層・人間層の 時空的設計図：プログラム」の秩序原理

- (1) 変容可能な秩序原理としてのプログラム 変容不能でなければ
秩序原理といえないとするのは秩序原理 = 法則一元論のコロラリー

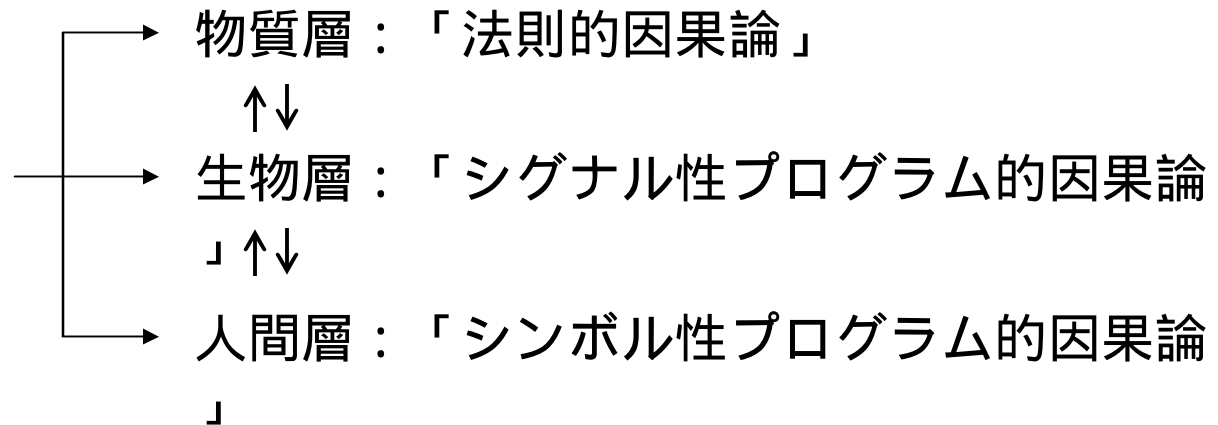
- (2) 建築設計図や慣習・法律などの映像性・言語性プログラムは、表象
に媒介されてしか指示対象と結合しないシンボルで構成され、その結果
、解釈の多義性や違背（逸脱）は当然の可能性 違背不能でなければ
秩序原理といえないとするのも汎法則主義のコロラリー

物質層の法則は「変容不能かつ違背不能の秩序原理」、生物層のシグナル性プログラムは「変容可能かつ違背不能の秩序原理」、そして人間層のシンボル性プログラムは「変容可能かつ違背可能の秩序原理」であり、自然の秩序原理の進化は秩序原理の自由度の増大をもたらした。



「経験的因果関係」と3タイプの「理論的因果関係」

正統派科学の
「理論的因果論」



「汎法則主義」の代替提案としての生物層・人間層に「固有の構成要素」、生物層・人間層に「固有の秩序原理」 = 新科学論の構成概念、
= 秩序原理の進化



「自然の秩序」をめぐる新旧科学論の比較対照

- 新科学論： 設計科学、 非記号的・記号的情報、 秩序原理の進化
- (1) 経験則
- 旧科学論：「法則基盤の実証主義」(law-based positivism)
- 新科学論：「プログラム基盤の実証主義」(program-based positivism)
- とりわけシンボル性プログラム優位の経験則は、境界条件の制御という手立てを除けば「所与としての経験則」なる色彩の強い物理科学的経験則と違って「人間の手で構築される、また構築すべき経験則」だという科学論的見解が是非とも必要。



(2) 秩序の数学的構造

- (2) 秩序の数学的構造：(ア)「非経験的秩序の数学的構造」(＝純然たる数学的秩序)と、(イ)「経験的秩序の数学的構造」(＝法則的、シグナル性プログラムの、シンボル性プログラムの、経験則的な、すべての経験的秩序に妥当)とを区別する。
- 「数字で書かれた自然という書物」の解読というガリレオ以来の数学的科学観は経験的秩序の数学的構造一般を「法則」と誤解させがちであったが、新科学論では「法則」と「経験的秩序の数学的構造」とを分離し、両者は別のコンセプトであるとする。



(2) 秩序の数学的構造

- 複雑系科学の台頭は「線形的な数学的構造をもつ経験的・非経験的秩序」から「非線形的な数学的構造をもつ経験的・非経験的秩序」へのパラダイム・シフトであり、それ以上のものでもそれ以下のものでもない。
- (例) サンタ・フェ研究所のcomplex adaptive systemは、変容可能つまり適応可能なプログラムを前提にした「プログラム科学的複雑系」であって、変容不能つまり適応不能の法則を前提にする「法則科学的複雑系」(非線形力学系など)ではない。「非線形性」という数学的構造は同一であるが、それぞれの「秩序原理」が異なる。「秩序原理の進化」というパラダイム・シフトと「複雑系科学」というパラダイム・シフトはまったく別のもの。

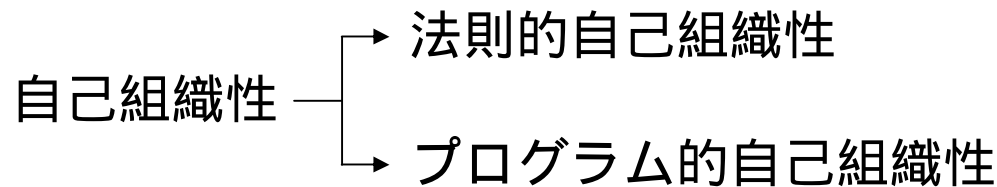


(2) 秩序の数学的構造

- 「秩序原理の進化」という視点からすれば、数学的秩序の非線形性という問題よりは、「プログラムの秩序とその数学的構造との関係」が「法則的秩序とその数学的構造との関係」とは在り方を異にするという指摘の方が重要である。
- 「法則的秩序」とその「数学的構造」とは同時成立して等価であり、法則が普遍・不変と措定されているから、その数学的構造も普遍・不変である。
- 「特殊・可変のプログラムの秩序」とその「数学的構造」との関係は「一定の進化段階の記号で構成されるプログラム」の選択が当該秩序の「数学的構造」に先行し、それを決定する。それゆえ、プログラムが変われば、それに応じて秩序の数学的構造も変わりうる。



(3) 自己組織性



- 物理学出自の自己組織性は「法則（例えば散逸構造の理論）による自己組織化」であり、そこで話題にされる「情報」は「非記号情報」すなわち「物質の差異／パターン」一般であって「記号情報」ではない。
- 社会科学出自の自己組織性は「記号情報が有する認知・評価・指令の3大機能」を基盤に捉えた「プログラムによる自己組織化」である。
- 「変容不能な法則」ではなく「変容可能なプログラム」を秩序原理とするプログラムの自己組織化は、「所与のプログラムによる自己組織化」を扱う「1次の自己組織理論」と「当該のプログラム自体の形成・維持・変容・消滅」を扱う「2次の自己組織理論」をともに必要としている。この種の二重化された理論構造は法則的自己組織理論には存在しない。



(3) 自己組織性

- 物理学法則の直接関与も社会法則も存在しない人間層で「法則的自己組織化」を見出すことは不可能。
- 物理学出自の「法則的自己組織理論」が社会科学で受け入れられた理由は、「集権的・集中的（ときに加えて委任的）なプログラムの自己組織化」と対照的な位置を占める「分権的・分散的（加えて参加的）なプログラムの自己組織化」が、時代の要請を反映するハイエク流の自生的秩序論にいわばプッシされ、プログラム範疇の欠如にいわばプルされて、物理学的自己組織理論とメタフォリカルに同定されたことにある。
- 社会科学や工学で自己組織性といわれるものは、自律分散システムを始めとして「分権的・分散的（ときに加えて参加的）」なプログラムと、その合成波及効果を対象にしている。その実質において「複数エージェント型のプログラムの自己組織性」にほかならない。
- (例) agent-based complex system



(4) 「機械論 vs 有機体論」

- | ■ プログラム | 機械 | 有機体 |
|---|----------|--------------------------|
| ■ 位置 | 外在的 | 内在的 |
| ■ 構成記号進化段階 | 数学的言語記号 | 遺伝記号 |
| ■ 創発様式 | 自由発想 | 突然変異 |
| ■ 選択様式 | 主体選択 | 自然選択 |
| ■ 選択基準 | 目的合理的最適化 | 包括的適応度最大化 (W.D.ハミルトン) |
| ■ | | |
| ■ 一言でいえば物理学法則を支援 / 制約条件とする「シンボル性の工学的プログラム」の「外在」と「シグナル性の遺伝的プログラム」の「内在」との相違 | | |



(4) 「機械論 vs 有機体論」

- 太陽系、機械、生体、社会の構造を比較すれば「法則により生成する構造」と対比される「プログラムにより構築される構造」という意味で、機械の構造は、太陽系の構造よりはるかに生体や社会の構造に近似している。
- 新科学論は「プログラム不在型システム」と「プログラム外在型システム」と「プログラム内在型システム」を差異化する。物理科学的システムはプログラム不在型システムであるが、機械はプログラム外在型システムとして、生物や社会と同様、プログラム不在型システムではない。
- 旧科学論の「機械論 vs 有機体論」は失敗したメタファーである。



(5) ゲノム解釈の「境界条件説vsプログラム説」

- 旧科学論（境界条件説）：ゲノムは生体内で作動する物理学法則の境界条件
生物学における物理学還元主義の立場
- 新科学論（遺伝的プログラム説）：ゲノムは惑星地球上に登場したプログラム（時空的設計図）なる秩序原理の進化史的原型
 - かつての有機体論や生氣論の換骨奪胎的なnew version
- 両者はそれぞれのパラダイムの内部で整合的な解釈であり、その限りでは優劣をつけ難い。T.クーンの異なるパラダイム間のcommensurability(通約可能性)の一つの例題。
- しかし議論のアリーナ（論議域：universe of discourse）を物理学と生物学に限定・局所化するか、人文社会科学をも含む科学の全域にまで拡張・広域化・大局化するかによって、二つの解釈の是非は異なってくる。



(5) ゲノム解釈の「境界条件説vsプログラム説」

- 新科学論は、科学の全域を視野（論議域）に収めて「境界条件説」と「遺伝的プログラム説」の妥当性を比較検討した結果、「自然の秩序」の原理を「法則」一本に絞るニュートン以来300年にわたり科学界を支配してきた根本命題（「汎法則主義」）を放棄せざるをえないと結論。
- 解体された近代科学の「法則」概念は、以下の三つの基礎範疇として再編成
 - 第1に、自然の3タイプの秩序原理
 - 第2に、経験則
 - 第3に、経験的・非経験的な秩序の数学的構造



(5) ゲノム解釈の「境界条件説vsプログラム説」

- 新科学論でいう「法則」は3タイプの秩序原理の一つとしての物質層の秩序原理、すなわち物理科学法則として、全自然の根底を支えるものの、局所化された位置づけを与えられるにすぎない。
- 生物層・人間層のプログラムの秩序は物理科学法則に支援/制約されるが、物理科学法則に還元することはできない。
- 反 物理科学還元主義は珍しい主張ではないが、従来の科学論は、それを包括的・体系的に理論化することができなかった。
- 進化論的な「情報」カテゴリーならびに進化論的な「秩序原理」カテゴリーを導入する新科学論は、「近代科学のメタ・パラダイム転換」という科学論の地殻変動として包括的体系化を実現するものである。



新科学論：新しい学問体系をめぐる

- 新科学論の第1論点
 - 「認識科学」に対置・並置される「設計科学」の提唱
- 新科学論の第2論点
 - 「物質科学」に対置・並置されるシグナル性・シンボル性の「情報科学」（「情報科学としての計算機科学」のみならず「情報科学としてのゲノム科学」や「情報科学としての人文社会科学」を含む）の提唱
- 新科学論の第3論点
 - 「法則科学」に対置・並置されるシグナル性・シンボル性の「プログラム科学」の提唱



新科学論の枠組み

- (ア) 「物質 = エネルギー空間」の秩序原理 = 「法則」
- (イ) 「記号情報空間」の秩序原理 = 「プログラム」
- (ウ) 物質科学 = 法則科学、情報科学 = プログラム科学は、 = の前者が対象の「構成要素」に、後者が対象の「秩序原理」に着目した分類であって同一の科学領域
- (エ) プログラム科学は二分され、一つは「法則科学」に対置される「認識科学としてのプログラム科学」であり、もう一つは「設計科学の別称としてのプログラム科学」すなわち「設計科学」そのものである。



伝統的な学問分野との対応

- 物理学：物質科学かつ法則科学
- 生物科学：シグナル性の情報科学かつシグナル性の認識型プログラム科学
- 人文社会科学：シンボル性の情報科学かつシンボル性の認識型プログラム科学
- 現行の「情報科学」は計算機科学に傾斜し、bioinformatics（生物情報学）や法情報学は研究手法に計算機（計算機シミュレーションや計算機データベース）を導入したゲノム研究やタンパク質研究や判例研究などと理解されることが多い。
- 新科学論の立場からすれば「情報科学」は「物質科学」に対置・並置されるべき全学術の2大部門の一つである。
- 科学の「学術的構造」と「制度的構造」との矛盾の克服は歴史的スケールの時間を要するであろう。



科学論の思想史的観点

- 「神による全世界の創造」というキリスト教的世界観は「法則による全世界の生成」という近代科学的世界観の原型ないし先駆形態であった。
- 新科学論は、その「創造」思想を二重の意味での「設計」として復権。一つは「神ではなく自然自身による自然の設計」すなわち生物層および人間層の自己設計（自己組織化）を扱う認識型プログラム科学、もう一つはその特殊事例としての「全自然に対する人間の設計的介入」を扱う設計科学（設計型プログラム科学）。



科学論の思想史的観点

- 新科学の「設計」としての「創造」思想の復権は「唯一神による世界の創造」を思想的出自とする「法則一元論」ないし「汎法則主義」なるキリスト教的世界観の最後の残滓を払拭し、その擬似神学的世界観と最終的に決別して自然学的世界観、具体的には「進化論的自然観」へと全面移行することを意味している。
- これは19世紀に登場したダーウィン思想の一つの完成であり、科学のメタ・パラダイムへの進化思想の全面的浸透であり、18世紀以降の近代科学の「脱宗教化」の一つの完結である。
- 物質層の法則的秩序をモデルにする旧科学論にとって「法則」は近代科学の華であったが、生物層のゲノムの秩序と人間層の規約的秩序に触発された新科学論にとって、「法則一元論」は一神教的科学論の最後の砦だということになる。



新科学論と「汎ダーウィン主義」

- 新科学論は(1)記号進化とプログラム形態の進化(2)記号進化とプログラム形態の進化(3)プログラムの創発・変異(4)その外生的／内生的かつ事後的／事前的な選択(採択淘汰)(5)プログラムの選択基準(6)選択されたプログラムの貯蔵・伝達という枠組みを「汎ダーウィン主義」と命名し、自然の生物層と人間層を貫く基本的な経験則と理解する。
- 生物層でいえば、遺伝子型から表現型に至る全プロセスの解明が遺伝的プログラムをめぐる「1次の自己組織理論」であり、生物進化論は、その遺伝的プログラムの形成・維持・変容・消滅を扱う「2次の自己組織理論」にほかならない。人間層でいえば、言語的プログラムによる社会構築を解明するのが「1次の自己組織理論」であり、その言語的プログラムの形成・維持・変容・消滅を解明するのが「2次の自己組織理論」である。



エスノメソドロジー（H.ガーフィンケル）の卓見

- 「当事者の常識的知識と文脈要因による相互行為の達成」および「達成された相互行為の当事者の常識的知識と文脈要因による説明」という相互浸透する二つの過程の「相互行為場面における同時進行」というエスノメソドロジー（H.ガーフィンケル創始）の方法論的記述は、「当事者のシンボル性プログラムと境界条件による社会的現実の構築」および「構築された社会的現実の当事者のシンボル性プログラムと境界条件による説明」という相互浸透する二つの情報処理の「構築過程における同時進行」というシンボル性の1次自己組織理論と同型である。
- なぜなら、常識的知識が包含するプログラム集合は、シンボル性プログラム一般の中核を占めているからである。



意味学派（吉田）とプログラム科学

- エスノメソドロジー以外にも現象学的社会学やシンボリック相互作用論など、私がかつて「意味学派」と総称したすべての社会的思考には、このパラダイム・シフトの潜在的な可能性ないし機会が与えられていた。
- しかしプログラム科学の立論と実質的に等価な理論的・形式的枠組みに到達したのは、エスノメソドロジーが唯一である。
- 汎法則主義の敢えていえば無自覚の一神教的呪縛はそれほど強かったのである。ガーフィンケルは人文社会科学における新科学論の実質的な先駆者として、ほとんど唯一の人物である。



新科学論における工学の位置付け

- 工学は「工学」 と「工学」 に分かれる。「工学」 は物質的・生物的人工物のプログラムの解明を目指す「認識型プログラム科学」であり、「工学」 は物質的・生物的人工物のプログラムの創出を目指す「設計型プログラム科学」つまり理系の設計科学である。
- 工学は「法則科学」に支援 / 制約されるとはいえ、それ自体は「法則科学」ではなく、二重の意味での「プログラム科学」、すなわち「理系人工物の認識型プログラム科学」（工学）と「理系人工物の設計型プログラム科学」（工学）である。
- 人類の歴史と分かち難く結びつく「実学としての工学」の科学への参入。



新科学論における生物科学の位置付け

- 新科学論によれば、生物科学は「認識型プログラム科学」として人文社会科学と同類であり、「プログラム作動が物理学法則に従う」という意味で物理学と同類である。
- 換言すれば、生物科学は、物理学と人文社会科学の間を架橋する「両棲的科学」である。
- ゲノム科学の登場以降、すでに自然科学の内部では「法則科学としての物理学」と「非法則科学としての生物科学」（認識型プログラム科学）が分裂していた。今後、自然科学と人文社会科学の2分法は崩壊し、物理学（物質層の科学）、生物科学（生物層の科学）、人文社会科学（人間層の科学）という3分法に席を譲ることになる。
- 新科学論は旧科学論における生物科学の物理学還元主義的解釈を棄却し「シグナル性情報科学かつシグナル性プログラム科学」という物理学にも人文社会科学にも還元できない、生物科学独自の学問的アイデンティティを承認する。



工学と人文社会科学の同類性 / 科学の基本体系

- 工学は「物質的・生物的人工物」を認識・設計するプログラム科学であり、人文社会科学は、「社会的・精神的人工物」（家族や企業や都市や国家、慣習や制度や法律などの社会的人工物、ならびに文学や音楽や絵画、倫理や宗教や科学や価値観などの精神的人工物）を認識・設計するプログラム科学である。
- 両者は、その対象が理系人工物か文系人工物かの相違はあるが、したがってまた、その支援 / 制約科学（基盤科学）にも質的な相違が著しいが、「人工物の（認識型・設計型）プログラム科学」としては同類である。
- 新科学論に依拠する単純明快な科学の基本体系を構築するとすれば、科学の全域を（1）物質的人工物を含む物質層を対象にする物質科学、（2）生物的人工物を含む生物層を対象にする生命科学、（3）人間層すなわち社会的・精神的人工物を対象にする人文社会科学と三分し、それぞれを（A）認識科学部門、（B）設計科学部門に分割すればよい。現代科学は、すでにこの種の潜在的構造を実現しているといえるだろう。



基本体系に収まりにくい計算機科学

- 計算機科学に関する二つの対応
- (1) 伝統的な発想：計算機科学を、論理学や数学とともに「対象科学」と区別される「方法科学」、あるいは「経験科学」と区別される「形式科学」と規定
- (2) 新しい発想：計算機科学を「対象科学」または「経験科学」と規定
- (2) の根拠：計算機科学は、精神的人工物のひとつとして創発したコンピュータを基盤にする自然進化の第4段階　これを暫定的に「計算情報層」と名づける　、すなわち物質層・生物層・人間層に続く「計算情報層」を対象にする認識型・設計型プログラム科学として、論理学や数学とともに新規の位置づけを与える。



自然進化の第4段階：「計算情報層」

- 計算機科学を、「物質層」から創発した「生物層」、生物層から創発した「人間層」、人間層から創発しつつある「計算情報層」と進化してきた「自然史の第4段階」に対応させるというこの大胆な解釈は、現代社会におけるコンピュータの巨大な役割（各種ロボットの開発や「人類脳」としてのインターネットを含む）と現行の学术界におけるコンピュータ科学の巨大な意義（仮想的実験科学としての「シミュレーション科学」を含む）を納得させる。
- そうとなれば、情報科学が計算機科学に席卷されるのもむべなるかなである。



自然進化の第4段階：「計算情報層」

- 人間層における「情報計算層」の誕生と自立は、生物層・人間層を通底する「物質と記号情報」二元論でいえば、惑星地球上の「物質空間の進化」のあとに続く「記号情報空間の進化」の一つの極点にはかならない。なお、宇宙進化と生物進化と人間社会の進化を包摂する「進化」の概念は定義が困難であるが、ここでは暫定的に「自然の不可逆的な変化」としておきたい。
- 物質科学・生命科学・人文社会科学に並ぶ第4の学術部門としての計算機科学という学問体系の構想は、一つには、学問体系それ自体の内在的要請であるが、もう一つには、高度情報社会を「人類史の一コマ」と見るか、来るべき「自然史の一コマ」と見るかの相違を背景にした知識社会学の産物である。
- 例えば、仮想的実験を可能にしたシミュレーション科学は、惑星地球上の「計算情報層」に対応して巨大な発展を約束された未来志向の科学形態である。



新科学論の科学史的意義

- 新科学論 = 「大文字の第二次科学革命」
- T.クーンのいう個別科学のパラダイム・シフト（物理学のパラダイム革新、生物学のパラダイム革新、経済学のパラダイム革新、等々）は、小文字・複数のscientific revolutions（普通名詞）と呼ばれ、17世紀中葉の古典力学の確立を契機とする近代科学それ自体の成立、すなわち科学総体の（古代的・中世的学術からの）パラダイム・シフトは、定冠詞付・大文字・単数の The Scientific Revolution（固有名詞）と称される。
- 新科学論 = 「大文字の第二次科学革命」 = 17世紀における正統派近代科学の成立を「大文字の第一次科学革命」として歴史的に相対化しようという試み。
- 「大文字の科学革命」が「第二次」で打止か否かは当然予想不可能。



大文字の第二次科学革命の核心は情報範疇の導入

- 設計科学でいう「設計」は、シンボル性・シグナル性の「プログラム設計」を意味している。そしてシグナル性・シンボル性の「プログラム」は、記号の集合として「記号情報の一種」である。
- 「大文字の第二次科学革命」の核心は「非記号的・記号的情報」という進化論的「情報」範疇の導入へと収束する。
- 「設計科学」「情報範疇」「プログラム範疇」という新科学論の3大提唱は、「情報範疇」を核にして統合されている。
- 新科学論が別称「知の情報論的転回」と名づけられた所以であり、新科学論の淵源が1967年発表の記号進化論（吉田）にあると考える所以である。



新科学論の科学史的意義 (external approach)

- 社会的要請に基づく各種各様のハイブリッド形態やクロス・オーバー形態の形成。例) M. ギボンズらのいう「モード2」の知識生産
- 「社会のための科学」がもっとも強く要請しているハイブリッド形態：「物質的・生物的・社会的・精神的全人工物」を対象にする「認識科学と設計科学」すなわち「人工物システム科学」（第18期日本学術会議での吉田提案）
- 近い将来すべての科学領域の成果は、それ自体が有する固有の価値に加えて、「人工物システム科学」との直接的・間接的な関連を問われることになるにちがいない。いや問われるべきである。



新科学論の科学史的意義 (external approach)

- 17世紀の大文字の第一次科学革命に始まる科学の第1フェーズの基調が「科学のための科学」であったとすれば、20世紀後半の大文字の第二次科学革命に始まるその第2フェーズの基調は「社会のための科学」であり、「人工物システム科学」はその中核をなす学術形態である。
- 20世紀末葉から21世紀を通じて大文字の第二次科学革命がもたらす科学のinternalおよびexternalな構造は、「人工物システム科学」によってシンボライズされるであろう。