

Title	シンセシオロジー誌に見る構成型研究のシナリオの作り方と使い方
Author(s)	小野, 晃; 赤松, 幹之; 小林, 直人
Citation	年次学術大会講演要旨集, 28: 727-730
Issue Date	2013-11-02
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/11815
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

○小野晃、赤松幹之（産総研）、小林直人（早大）

1. はじめに

基礎研究とイノベーションをいかに効果的に結び付けるかは現代の科学技術関係者の課題である。

科学は17世紀以来、要素還元の方法すなわち分析的アプローチをとることで著しい発展を遂げてきた。ところが21世紀に至って、地球環境問題に代表されるような複合的な課題に対しては分析的アプローチだけでは対処できないことが強く認識されるようになった。

一方技術は20世紀において科学の裏付けによって大きな発展を遂げたが、イノベーションが分析的アプローチだけで創出されたのではないことも明らかである。要素還元論とは別に、基礎研究をイノベーションに結び付けるような新たな方法論が模索されている。本稿の主題の「構成型研究」はその一つである。

社会的に価値のある研究目標を設定し、それを実現することによってイノベーションを創出することを考える。そのためにはまず、社会価値を科学技術の要素にブレークダウンした上で、次に、必要な要素技術を選択・開発・統合して社会価値を実際に構成していくといった「構成的アプローチ」が有効である。社会価値と要素技術のつながりを科学技術の言葉で描いたものが「研究シナリオ」（あるいは単に「シナリオ」）である。

本講演では第一に、基礎研究と社会価値の結び付きの背景となる科学研究と技術開発の関係を改めて見直して確認する。

第二に、基礎研究を社会価値に結び付けるには構成的なアプローチが有効であることを述べ、それを分析型研究と対比して構成型研究と呼び、そのプロセスを考察する。

第三に、構成型研究の中核であるシナリオの作り方と使い方を示す。2008年に産総研から創刊されたシンセシオロジー（構成学）誌にはこれまで100編以上の構成型研究の原著論文が掲載されたが¹⁾、そこでは著者らの独自のシナリオが詳しく記述されている。本講演ではシナリオがどのように作られたかをたどり、またシナリオが研究の企画・立案、実施、評価などの場面でどのように役立つかを考察する。

なおシナリオはいくつかの類型に分けられる

が²⁾、本講演はそれらに共通的に見られる特徴を扱う。

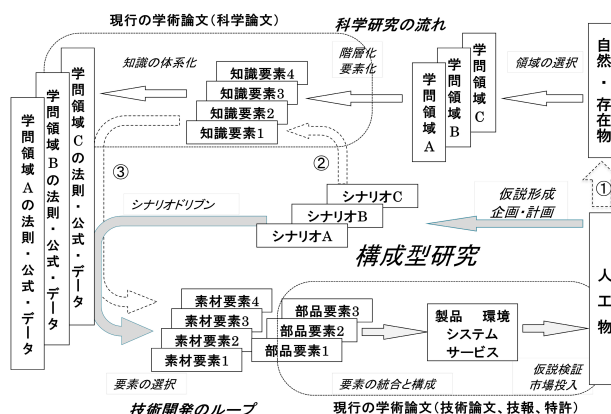


図1 科学研究と技術開発：分析と構成の対比

2. 分析型研究と構成型研究の方法

図1は上部に科学研究、中央から下部にかけて技術開発のプロセスを模式的に対比させて描いたものである。

科学研究の対象は自然あるいは存在物である。学問領域ごとにそれぞれの視点から対象の特定の側面を切り出す。科学研究の通常のやり方は、切り出された側面におけるさまざまな現象を階層化し要素に還元することによって新たな知識要素を発見していく方法である。さらに、得られた知識要素を相互に関係付けることによって知識を体系化し、それぞれの学問領域ごとに法則や公式、データを蓄積していく。このように科学研究の主流は分析的アプローチによる「分析型研究」である。大和言葉の平易な表現で言えば、複雑なモノやコトであっても細かく「分ける」ことによってその本質が「分かる」と言うことである。

一方技術開発の方はまず社会的に何らかの価値のある人工物を作ろうとする人間の意思が動機としてある。人工物にはモノだけでなくサービスや機能、基準などのコトも含まれる。社会的な価値を実現するために取られる科学技術のプロセスが「シナリオ」である。結果がまだ得られていない段階でシナリオを作るとは仮説形成と

言えるし、組織では企画、計画、提案などに相当する。シナリオに基づいて必要な素材要素を選択し、そこから部品要素を製作し、目標の製品やシステム、サービス、環境を組み上げて行く。これは分析的なアプローチと対極にある構成的なアプローチである。そして組み上げた人工物が当初目標とした社会的価値を実現しているかどうかの確認作業は仮説検証と言えるし、企業の場合であれば市場投入になる。

科学は 17 世紀に西欧で生まれたが、技術はそれよりはるか以前に人類誕生と同時に生まれた。「技術」は広辞苑では「科学を実地に応用して自然の事物を改変・加工し、人間生活に役立てるわざ」と定義されている。しかし科学が存在しない遠い昔から技術は存在していたのであるから、この定義は明らかに不適切である。

歴史的に先行していた技術開発と、ごく最近現れた後発の科学研究とをいかに効果的に連携させ融合させるかが現代の課題である。その試みは実際 19 世紀から始まっており、最初の成功事例は蒸気機関の発明と熱力学の発展であったろう。図 1 の①で示した矢印のように蒸気機関として発明された人工物を自然の一部ないしは存在物として認識し、科学研究の対象に取り込んだ。その結果として得られた熱力学の知識体系が、後に熱機関の発展を大きく促した。

企業で通常行われている技術開発は図 1 の中央から下部のループを回すことである。課題の一つは図中の③に示す矢印、すなわち科学研究の成果をいかに効果的に素材や部品に取り込むかである。

一方科学研究は図 1 の上部の流れであるが、現在のアカデミアではその努力の多くの部分がそれぞれの学問領域の中で成果を上げることに費やされており、技術開発のループとの関係は希薄である。筆者らは科学研究と技術開発を効果的に結びつけることがイノベーション創出のカギであり、そのときシナリオが両者を結びつける最も有効な接点であると考え。科学研究と技術開発がシナリオを共有して初めて効果的な連携が可能となる。具体的には科学研究は、図 1 の矢印②のルートでシナリオから要請を受けた上で知識要素を探索し、図 1 の矢印③のルートで技術開発のループに還元できるように知識の体系化を進める。

シナリオは社会価値を実現するための戦略であり、イノベーション創出の重要なポイントである。しかしながら現行の科学研究の学術論文誌でシナリオに触れられることはほとんどなく、また企業が発行する技術報告書（技報）でもシナリオが正面から語られることはなかった。図 2 に示す

シンセシオロジー誌¹⁾は、構成型研究を行った研究者に対して自己のシナリオを開示することを要請する³⁾。また技術開発のループと科学研究の流れの融合に関して、著者が実際に行った試みを記述しその結果を提示することも要請している。



図 2 シンセシオロジー（構成学）誌

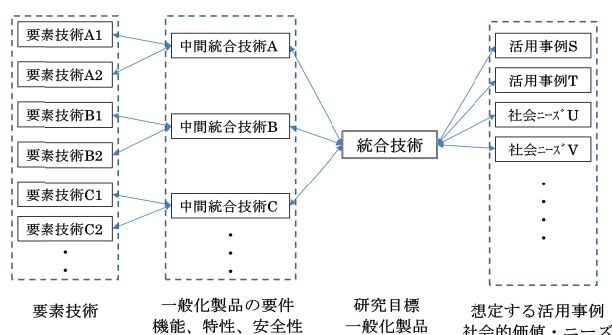


図 3 構成型研究のシナリオ

3. シナリオの作り方

図 1 においては構成型研究のプロセスを素材要素、部品要素などという具体的な用語を使って表現したが、より一般的な用語を使ってシナリオの内容を描いたものが図 3 である。

「統合技術」とは研究目標そのものであり、それは社会価値やニーズと強く関連するもので、社会における活用事例と表現することもできる。研究目標はモノの実現であったり、技術や方法、規格などのコトの実現であったりもするが、それらをまとめて一般化製品と言うこともできる。また研究目標はさまざまな要素技術から構成されたものである。「統合技術」と表現した。

「中間統合技術」とは、一般化製品が満たすべき要件である。モノやコトに求められる機能や特性、安全性や堅牢性を指す。これらは要素技術と統合技術の中間にあってそれらを結びつける役割を果たすので中間統合技術と表現した。

図 3 に示したような要素技術から統合技術を経て活用事例・社会ニーズに至る全体プロセスを科学技術の言葉で描くことが構成型研究では最も重要なことであり、これがシナリオとなる。シナリオの良否は構成型研究の成否に影響する。シ

ナリオを科学技術の言葉で合理的に記述することで研究目標の達成の確実性が高まる。

シンセシオロジー誌に掲載された論文ではさまざまな表現方法でシナリオが記述されているが、シナリオの作成プロセスについて以下の点が読み取れる。

① 研究目標の設定と社会価値の説明

当該技術に関する社会的背景が最初に十分詳しく記述されていることが多い。研究目標が明確に記述されるとともに、それが達成された場合に実現する社会的価値や、場合によっては当該技術の活用が想定される複数の事例が述べられることがある。

② 技術要件の設定

研究目標である一般化製品を技術的にブレークダウンし、満たすべき技術要件や開発すべき重要項目がいくつか示される。ブレークダウンされた機能や特性、あるいは安全性や堅牢性の目標値が記述されることもある。

③ 要素技術の選択

中間統合技術の実現のために必要な要素技術が同定され選択される。最も重要な要素技術を著者自身が開発するケースが多いが、自身で開発できない要素技術は既知のものを使う。要素技術の内容は通常概略のみ記述され、詳細な説明とその検証は関連の文献の引用で代替される。

④ シナリオの作成

前記の①～③がシナリオの内容であるが、シナリオは時間の経過とともに変化する。シンセシオロジー誌の論文では通常著者が執筆している時点での最新のシナリオを記述する。

研究が段階的に進展し、それとともにシナリオが変化する様を時間経過に沿って記述した例もある。その場合読者はシナリオ形成のダイナミズムを知ることができ、生き生きとした情報が提供される。

またシナリオを作成する上で次のような特徴が認められる。

- A) 著者らは実際に研究を進めているときに概念的、直感的、無意識的にシナリオを持っているが、それは必ずしも明確に言語化されておらず記録に残っているケースは少ない。シンセシオロジーの論文を書いてみて初めて自分がシナリオを持っていたことに気付き、それを改めて言語化して表現したといったケースが多い。しかしながら言語化はされていないものの、多くのシナリオは優れたものであり、その後の研究成果に結びついている。
- B) 著者らが研究の中でシナリオを言語化して記録していなかった場合、過去に遡ってシナリ

オを思い出すことは非常に困難であった。シナリオが成長し進化する、それと同時に過去のシナリオは著者の記憶から消えてしまう傾向にある。

- C) 研究が結果的に大きなプロジェクトに発展した場合でも、最も初期の段階では一人の研究者の「思いつき」の形でシナリオが誕生することがままある。思いつきが研究の進展の中で可能性や確信に変わり、同僚との議論の中で言語化され、明確なシナリオに至る場合が見受けられる。
- D) 50人規模の研究ユニットが総がかりで行うような大規模なプロジェクトの場合には、研究目標も多岐にわたりがち高度なものとなる。複数の中間統合技術が設定され、それぞれに一つずつ研究グループが配置されるといった組織運営がとられる。またそれぞれの要素技術に対応して研究者が専任で張り付くといった形も取られることがある。
- E) 重要な要素技術がどこか他の場所で新たに開発されると、シナリオが一気に改変される。

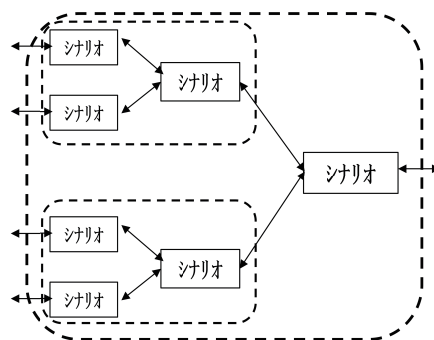


図4 構成型研究のフラクタル構造

構成型研究にはいろいろな規模のものがある。シナリオも研究の初期段階における単純で小規模なものから、複雑で大規模なものまで様々なものがある。規模に大小があったとしても、それぞれのシナリオの内部構造は図3に示したように同一であり、それぞれが独立した構成型研究と言える。このような特徴を持つ構成型研究とそのシナリオは、図4に示すように相似形の内部構造を持つ互いに同等なものと思わせる。小さなシナリオ群を包含して大きなシナリオが形成されるように、全体がフラクタル構造を持つと考えられる。シンセシオロジー誌の論文は、業界全体を巻き込むような大規模なシナリオから、研究者一人が携わる小規模なシナリオまで多様なものが見られる。

4. シナリオの使い方

明確なシナリオがあれば有効なツールとしてさまざまな場面で活用することができる。研究の企画・立案、実施、評価や研究者の評価まで、シナリオがどのように活用できるかを考察する。

4. 1 研究の企画・立案

- ① 研究の企画・立案者はシナリオに時間的要素を加味して研究計画線図（ロードマップ）に展開できる。シナリオの各部分の役割を特定して研究プロジェクトの実施体制を作れる。
- ② 研究の企画・立案者はシナリオに基づいて、研究目標の達成に当たって足りない要素技術を特定し自ら開発するか外部に委託するか判断できる。
- ③ 研究の企画・立案者はシナリオに基づいて、想定される活用事例を民間企業や社会など利用者に提示してフィードバックを受け、シナリオの改訂に反映させられる。民間が興味を持てる場合にはそれを提示して共同研究を提案できる。
- ④ 研究の企画・立案者はシナリオに基づいて、プロジェクトが必要とするリソース（人、設備、資金、時間）を用意したり申請したりできる。

4. 2 研究の実施

- ① 研究の実施者はシナリオに基づいて、過不足なく合理的に研究参加者を決められる。必要に応じて外部の共同研究相手先を選び最適な実施体制が作れる。
- ② 研究の実施者は参加者全員でシナリオを共有し、それぞれの参加者が自己の位置づけと役割を認識できる。産学官の共同研究であれば、それぞれの役割と相互の関係を明確にできる。
- ③ 研究の途中において中間評価などによりプロジェクトの実施方針を変える場合には、研究の実施者はシナリオ全体を柔軟かつ全体整合的に変更し、適切にプロジェクトを再構築して運営管理できる。

4. 3 研究の評価

- ① 資金提供者などの研究評価者は研究プロジェクトの申請段階で、提示されたシナリオの合理性、革新性、実現可能性、リソースの妥当性を評価して採否を適確に判断できる。
- ② 研究評価者は研究実施の中間段階で、作成されたシナリオに基づいて研究の進捗を評価し、状況や環境の変化に合わせて適切にシナリオ変更の是非を判断できる。
- ③ 研究評価者は研究実施の終了段階で、作成されたシナリオに基づいて研究の実施状況と成果を評価できる。またシナリオ自体の合理

性、革新性、実現可能性を検証できる。

4. 4 研究者の能力評価

論文の中でシナリオが記述されることで構成的研究ができる優れた研究者を見出し、その能力を評価することができる。

① シナリオを構想する能力

要素技術から活用事例までを俯瞰して全体のシナリオを構想し、設計・提示できる能力

② 社会価値を想定する能力

今までにない革新的な社会価値（活用事例）を想定できる能力

③ 研究目標を設定する能力

社会価値にマッチした研究目標を設定できる能力

④ 技術要件を設定する能力

研究目標が満たすべき要件を機能、特性、安全性、リスクに適切にブレークダウンできる能力

⑤ 要素技術を選択し開発する能力

過不足のない要素技術を特定できる能力

自己および自己のグループが強みを持つ要素技術を特定できると同時に、先行研究者の優れた要素技術を見出して選択できる能力

最も実現が困難なキーとなる要素技術を自ら開発できる能力

5. おわりに

科学技術イノベーションの時代には構成型研究がますます重要性を発揮するであろう。構成型研究の中でシナリオはその中核をなすものである。明確なシナリオがあることにより研究を実施する側も大きな利益を得ることができるし、研究資金を提供する側も適確な評価ができるようになる。

さらに最も期待されることは、シナリオを公開することによって研究者や研究グループが相互に触発され、イノベーションに向けた研究開発が社会全体として一層高度化されることである。この効果を強く望みたい。

参考文献

- 1) 産業技術総合研究所、
<http://www.aist.go.jp/synthesiology/>
- 2) 小林 直人、赤松 幹之、岡路 正博、富樫 茂子、原田 晃、湯元 昇、*Synthesiology* 論文における構成方法の分析、*Synthesiology* Vol.5 No.1, pp.36-52 (2012).
- 3) シンセシオロジー編集委員会、編集方針、*Synthesiology* 各号の末尾 (2008-)。