

「シンセシスの科学」について

特集 プロジェクト研究

赤木 新介*

On the "Science of Synthesis", Japan Society for the Promotion
of Science Research for the Future Program

Key Words : Synthesis, Emergent, Design, Production

1. はじめに

日本学術振興会の未来開拓学術研究推進事業「シンセシスの科学」が発足して3年が経過した。著者は、この事業全体の推進委員をつとめる一方、その中の1つの研究プロジェクトにもかかわっている。そこで以下では、この事業の概要をご紹介すると共に、関連しているプロジェクトの内容にもふれてみることにしたい。

さて、「シンセシスの科学」とはあまり聞きなれない用語である。化学の分野では、シンセシスとは合成を意味する言葉だそうであるが、この事業でいう「シンセシス」は、これとは少し違った広い意味で使われており、アナリシス(分析)に対するシンセシスであり、要求を実現する手段や方法を案出する思考活動を指している。これは工学の領域においては、設計や生産として位置づけられている課題であり、生産現場などでは「科学」とは特にかかわりなく日常の生産行為として無意識的に行われているものである。それではこれをわざわざ科学として研究することの意義はどこにあるのであろうか。実は、以下に述べるようにこのこと自体がこの事業のねらいなのであり、その背景には現代の我々の環境をとりまく種々の困難な状況があり、早急にその解決を

せまられている事情がある。

2. 研究の背景と研究の目的

我々の身のまわりには、いわゆる人工物が満ち溢れている。そして、これを創るための方法が前述したようにシンセシスであることから、工学の対象とするところは、まさにシンセシスそのものなのであるが、不思議なことに、このようなシンセシスを支援するための科学的な方法論がほとんど無いのである。むしろ今までは、特に必要とされなかったといった方が当たっているかもしれない。確かに工学の目的は、モノづくりにあり、企業や大学、研究所などでは、そのための研究が鋭意実施されている。しかし現在行われている工学研究では、専らアナリシス(分析)が中心であり、それを効率よく行うために対象領域の細分化が限りなく進行している。一方、これに対し、本来のシンセシスのほうは、設計者や生産者が主として自らの経験にたよりながら行っているのが実情である。このような状況がいろいろの点で不具合を生じてきている。まず、領域の分割に伴う過度の専門化が進展した結果として、人工物の作り出すシステムの脆弱化が生じ、これによって安全性の欠如や環境の劣化などの解決困難な問題を引き起こしている¹⁾。これらの問題を解決するには、領域を横断し、総合的視野を与えることが必要とされるが、その一つの手掛りが分野横断的なシンセシスである。本来、シンセシスとアナリシスは車の車輪のごとく両者がバランスして存在すべきものであるが、シンセシスの方は、前述のように個人体験的なレベルに止まり、科学として確立しておらず、結果として活動の不完全、さらにはシンセシス自体の教育や伝承の不十分をきたしているのである。未来開拓学術研究推進事業として「シンセシスの科学」が



* Shinsuke AKAGI
1935年12月28日生
1958年大阪大学・工学部・造船学科卒業
現在、大阪大学大学院・工学研究科・電子制御機械工学専攻、教授、工学博士、機械工学、設計工学
TEL 06-6879-7323
FAX 06-6879-7325
E-Mail akagi@mech.eng.osaka-u.ac.jp

取上げられた意義は、このような点にある。それでは、そのための研究活動はどのように進めるべきであろうか。

3. 研究プロジェクトの構成と研究組織

シンセシスの科学には、確立された既存の専門分野は当然存在しない。そこで本事業では、シンセシスに関連の深い既存分野の専門知識を足場にして新分野の開拓を進めるために、推進委員会のコントロールのもとに次のような4つの研究プロジェクトを組織し、戦略的なアプローチを展開している。

推 進 委 員 会

委員長 中島尚正(東京大学工学系研究科長)
 委員 赤木新介(大阪大学工学研究科 教授)
 稲崎一郎(慶応義塾大学理工学部 教授)
 上田完次(神戸大学工学部 教授)
 木村文彦(東京大学工学系研究科 教授)
 富山哲男(東京大学人工物工学研究センター 教授)
 中澤 弘(早稲田大学理工学部 教授)
 福田収一(東京都立科学技術大学工学部 教授)

研究プロジェクトおよびリーダー

- (1) シンセシスのモデル論
富山 哲男(東大・人工物・教授)
- (2) 創発的シンセシスの方法論
上田 完次(神戸大・工・教授)
- (3) 人間指向シンセシスの科学
中澤 弘(早大・理工・教授)
- (4) 人工知能による協調的シンセシスの方法論
(平成10年度より)
溝口理一郎(阪大・産研・教授)

上記4つの研究プロジェクトの趣旨は次のようである。

「シンセシスのモデル論」プロジェクトは、個々の人工物を生み出す普遍的設計原理である設計論に基づいてシンセシスの一般的モデルをつくり、これをもとにコンピュータによる設計支援システムを開発すると共に、その検証を行うものである。このようなモデルは、シンセシス活動の中心をなすものであるが、従来の設計論は経験的な技法のレベルを出

ず、また人工知能分野における設計研究も、推論過程の解明に重点があり、設計自体の理解と体系化が不十分であった。今回の研究では実際の設計行為の法則化と共に、計算機上に計算可能なモデルを構築して検証を行う。

「創発的シンセシスの方法論」プロジェクトは、つくられるべき人工物とその置かれた環境との相互作用に着目し、これを“創発”としてとらえ、創発理論に立脚して、高度に複雑で難解なシンセシス問題のための問題解決の方法論を探求する。さらに人工物の設計、生産、運用、環境との関連などの具体的課題の解決をはかる。

「人間指向シンセシスの科学」プロジェクトは、設計・生産などの人間のシンセシス活動を包括的に観察することを通じて、人間のシンセシス活動を支援する有効な知的環境の提案とその検証を行うもので、研究結果をもとに人間の扱い易い機械の設計法などへの指針を与えるものである。

「人工知能による協調的シンセシスの方法論」プロジェクトは、本年度から新たに加えられたもので、設計者などがシンセシスにおいて活用した知識を人工知能における知識処理の手法を用いて顕在化し、設計知識の体系化と総合化をはかり、シンセシスにおける設計知識の活用法を提示するものである。

4. 研究 内 容

ここで、上記のプロジェクトの中、推進委員の著者も研究の一部を分担している「創発的シンセシスの方法論」プロジェクトの研究内容の概要を説明しておこう。

このプロジェクトの扱う“創発(Emerget)”とは、“要素間の局所的な相互作用により大局的挙動が現れ、これが外部環境によって評価され、秩序が形成されること”であり、そのような仕組みをもつ方法論が今回の研究対象である。よく知られている例では、遺伝的アルゴリズムや、エージェント指向などの方法論がこれである。このような方法論を開発、改良すると共に、この方法論によって設計や生産などの活動を支援しようとするものである。

表1に、現在までに得られているこのプロジェクトの研究内容を示すが、設計、生産、運用など広い分野のシンセシス活動をカバーしている。著者の担当分の人工物設計システムでは、エネルギープラントの機器構成設計や、乗用車用エンジン要目の計画

表1 創発的シンセシスの方法論プロジェクトの研究内容⁴⁾

<p>(1) 創発的シンセシスの基本フレーム</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ シンセシスの問題を3つのクラスに分類・整理 ▶ シンセシスと創発の接点に関する考察. ▶ 創発的シンセシスの方法論を構築するための基本フレームを提示. <p>(2) シンセシスのための創発的計算論</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 遺伝的アルゴリズムによる不確定環境下での最適化問題の解法. ▶ 遺伝的アルゴリズムによるパレート最適解集合の生成法. ▶ 探索戦略を創発する遺伝的アルゴリズムの構成法. ▶ 実例に基づく強化学習の構成方法. ▶ ポテンシャル・フィールドに基づく自己組織化手法. <p>(3) 人工物設計システムの創発的シンセシス</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 遺伝的アルゴリズムによるエネルギープラントの機器構成設計法. ▶ 進化的手法を用いた線形受動フィルタの設計法. ▶ 進化的手法を用いた多関節ロボットの概念設計法. ▶ 遺伝的アルゴリズムによる大規模な機械システムの属性最適化法. ▶ 分散並行処理の基本アーキテクチャと船舶基本設計のプロトタイプ. <p>(4) 人工物生産システムの創発的シンセシス</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 生産システムにおける問題のクラスと生物指向アプローチの関係. ▶ オペロン遺伝的アルゴリズムによるジョブショップ問題の解法. ▶ 環境変動に適應する生物指向型生産システムのモデリング. ▶ 生物指向型生産システムを拡張したインタラクティブ生産システム. <p>(5) 人工システム運用における創発的計算論</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 遺伝的アルゴリズムによるパレート最適スケジュール集合の生成法. ▶ 遺伝的機械学習によるスケジュール生成ルールの獲得法. ▶ 実例に基づく強化学習方式を用いた自律移動ロボットの行動獲得法. <p>(6) 人工物環境における関係創発のシンセシス</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ 市場との相互作用による製品の創発のシミュレーション. ▶ 再構成可能な製品のモデルと創発. ▶ 経済システムにおける消費者行動と流行の生成.
--

などの大規模設計問題に対し、遺伝的アルゴリズムを用いた最適設計法を導入した研究とか、船舶の基本設計に対して、エージェントによる分散並行処理を導入し、コンカレントエンジニアリングを可能にする設計支援手法の研究などがある。

5. む す び

与えられた紙面もつきたので、他のプロジェクトの詳細については、既に行われてきたシンポジウムの内容²⁾や、報告書³⁾⁴⁾⁵⁾などをご参照願うこととしたいが、何れにしても、このよな本格的なシンセシスの研究事業は、国際的にみても例のない初めての試みである。「シンセシスの科学」の究極のねらいは、はじめにも述べたように、専門領域の細分化によって最適性を低下させてきている現在の設計・生産や人工物の運用などの問題に対する解決の手掛かりとなる知識体系を確立することにある。この事業を一つの契機として、このような分野の研究活動がさかんになることを期待してむすびとしたい。

文 献

- 1) 吉川弘之, 「テクノグローブ」(1993), 工業調査会
- 2) Proc. of the Workshop on the Methodology of Emergent Synthesis, WMES'98 (1998-3).
- 3) 日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業「シンセシスの科学」研究推進委員会「シンセシスのモデル論」プロジェクト1997年度研究報告書, JSPS-RFTF96P00701, (1998-7).
- 4) 同上, 「創発的シンセシスの方法論」プロジェクト中間成果報告書, JSPS-RFTF96P00702, (1998-8).
- 5) 同上, 「人間科学に基づくシンセシス」, 「人間指向シンセシスの科学プロジェクト」中間報告書, 早稲田大学理工学部 中澤弘研究室, (1998-8).