

人工知能による協調的シンセシスの方法論

特集 プロジェクト研究

溝口 理一郎*

A methodology of collaborative synthesis by artificial intelligence

This article overviews the project on "a methodology of collaborative synthesis by artificial intelligence" sponsored by JSPS. This project aims at establishing basic theories and fundamental methodologies for innovative redesign and flexible production schema by exploiting the artificial intelligence technology. The research plan consists of the following four subtopics: (1) Acquisition of knowledge for explicating and acquiring design knowledge used in the design process by experts. (2) Systematization of knowledge for synthesis such as objective-means hierarchy, and design (Task ontology). (3) Integration of knowledge in all the processes in life cycle of artifacts into a knowledge platform. (4) Knowledge utilization to realize flexible and sophisticated production system in the Post Mass-Production Paradigm.

Key Words: Artificial intelligence, Synthesis, Symbol grounding, Collaborative system

1. プロジェクトの概要と目的

本プロジェクトは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」におけるプロジェクトのひとつとして行われている。未来開拓研究「シンセシスの科学」では、人工物のシンセシス(設計、生産など)の過程が科学的に理解されていないために、シンセシスの過程を効率よく望ましい方向に進めることが困難であるという認識に立ち、人間の創造的行為の一つであるシンセシスを科学的に解明し、そのモデルを構築することを目的としている。

本プロジェクトでは人工知能を応用した、創造的設計と柔軟な生産方式とを統合した次世代のシンセシスを実現するために不可欠な基礎理論と核技術の確立を目指す。人間の多様な価値観を含む広い視野

をもって、人工物の全ライフサイクルを考慮に入れ、人工物の価値とそれを達成する手段の創造的融合/統合を行うことによって人工物の価値を質的に向上させることは21世紀における創造的産業活動を支える基礎的な課題である。本研究ではこの根本的な問題に取り組むことによって、工業社会の更なる発展に科学の立場から貢献することを目的とする。本プロジェクトは、本学産業科学研究所の溝口がプロジェクトリーダーを務め、同工学部荒井栄司教授、小野里雅彦助教授、岡山大学小西忠孝教授、京都大学川上浩司助教授らをメンバーとして研究が進められている。

2. 計画の概要

設計と生産の知能化、そしてその融合を目指して、次の4つの課題を設定する。

- (1) 知識の体系化: 近年、知識の体系化のための基礎概念としてオントロジー工学が目目されている。オントロジーは「ある対象物(世界)のモデルを記述する際に必要となる概念の体系的な理論」であるが、知識や知識ベースシステムの背後にある設計意図を表現することを通して知識の統合・再利用に貢献すると考えられている。オントロジー工学に基づいて創造的シンセシス



*Riichiro MIZOGUCHI
1948年10月13日生
1977年大阪大学大学院基礎工学研究
課博士課程物理系情報工学専攻修了
現在、大阪大学産業科学研究所知識
システム研究分野、教授、博士(工
学)、知識工学
TEL 06-6879-8415
FAX 06-6879-2126
E-Mail miz@ei.sanken.osaka-u.
ac.jp

における価値(機能)概念を体系化し、個々の部品が全体の中で果たす機能や部品間の依存関係などを理解する機能理解エージェントと、発明原則と類推に基づく改良案提案エージェントを開発し、再設計システムを実現する。

- (2) 設計・生産の協調機構：生産工場内のセル・コントローラ等の高機能化に伴い、それぞれの作業の知能化と共にセル相互の協調による負荷分散や生産計画修正等の分散処理が可能な環境が成立しつつある。一方、製品設計とのコンカレント化をはかるために、設計者の意図を考慮した生産工程や作業設計も不可欠である。そこで、本研究では、製品設計、生産設計、自動化工場を一貫した情報処理の観点から総合的に捉え、各プロセスで各々の独自性を活かした分散処理を行っていき、製品設計者の設計意図と工場設備を活用したフレキシビリティを利用して故障や生産計画などの変動に対応して自動化工場内の生産セルが分散環境下でそれぞれに最適な作業設計を行った上で、相互に協調して負荷分散による生産計画を自動生成する総合的な製品組立システムを開発することを目的とする。
- (3) 知識情報プラットフォーム：人工知能による協調的シンセシスを実現する上での基盤技術となる「知識情報処理プラットフォーム」とは、シンセシスの対象となる人工物ならびにそれを取り巻く環境を、情報世界に表現し、エージェントの知識情報処理に必要となるデータや概念の提供を行うとともに、エージェントによる処理結果の蓄積を行う仕組み、エージェント間のコミュニケーションを行う上での、メディアとしての役割、物理世界の制約を管理し、それらの理論的帰結を推論やシミュレーションにより物理的整合性を保持する機構などの機能を有するものを考える。これらのことをライフサイクル・マネジメントを目指した総合的対象モデリングの方法論と支援システムの研究開発、工場設備の忠実なモデリングとそれに基づく仮想ショップフロアの研究開発などのこれまでの研究成果を元を実現し、知的なエージェント群による協調的シンセシスを行う基盤を提供することを目指す。
- (4) 設計知識獲得と利用：設計者が設計プロセスにおいて活用したシンセシスに関する知識を顕在

化する設計物解析手法を検討する。さらに、顕在化された知識を活用しながら、多面的視点からの設計者とのインタラクションに基づいて、統合型問題解決を支援する枠組みを確立する。これらを、知識ベースシステムの枠組みによって設計支援システムとして実装・評価するために以下の5つの課題を研究する。(a) 物理系の設計を対象問題として、「設計者の意図する現象」と「それを実現する構造がもたらす意図せぬ現象」を陽に記述することが可能な解析対象記述形式、(b) 既存物理システムを解析し、複数の機能を同時に達成する時に生じる干渉の表出ならびに回避という側面から、設計者が設計プロセスにおいて活用したシンセシスに関する知識を顕在化する枠組み、(c) 計算機による再利用のための、シンセシスの知識に対する記号処理可能な表現形式、(d) 設計者とのインタラクションをベースとした、シンセシスの知識を有効利用する設計支援システムの枠組み、(e) 多面的視点からの設計者とのインタラクションを可能とする知識の体系化、ならびに複数知識の組織化

以上の4つの課題に関して緊密な連携の下に研究を遂行することによって、人工知能における知識処理を応用した新しいシンセシスの科学を追求する。

3. 本年度の研究計画

3.1 概要

昨年度は、人工知能による協調的シンセシスの方法論の枠組みの中で、集中管理と機能分散とを組み合わせ合わせた情報システムのプラットフォームの検討を行い、仮想生産システムを核としたプロトタイプ概念設計を進めた。本年度は、時間的隔たりをもって進行する複数の人工物のライフサイクルを考慮し、協調的にシンセシスを行うためのシステムフレームワークの策定を行い、前年度の検討結果の拡張を行うことを目指している。フレームワークのイメージ図を下に示す。図の左右の軸は製品ライフサイクルを表し、設計過程・設計後、加工・生産といったフェイズを表している。一方、上下に物理レベル、振舞いレベル、機能レベルという3つの抽象レベルを設定している。協調的設計に参加する各エージェントは、それぞれ固有の抽象レベルやライフサイクルステージを担当しており、他のエージェントと協調プ

ロトコルを用いてネゴシエーションを行うことで、全体として適切な設計(シンセシス)を行うフレームワークとなっている。

物理モデルレベルのエージェントに関して、物理構造へのGroundingを行える物理モデル管理機構の仕様を確定させる。設計事例や加工事例を集積するデータベースの設計を行う。

振舞いレベルでは、定性推論技術の充実や、機構系の運動シミュレータの実現、仮想加工シミュレータを開発する。また、振る舞いレベルから機能レベルへの橋渡しをするエージェントとして、振る舞いから機能構造を同定する機能理解システムの実現を目指す。人間との対話システムとして、仮想現実感インターフェイスの実現を目指す。

機能レベルでは、設計意図の具体例を製品の概念設計・組立設計等を通して検証し、提案した意図モデリング手法を評価し、知識表現手法を開発する。また、設計・生産を実行する人間の高性能性に着目した設計・生産管理システムを開発する。さらに、既存設計物を解析し、理解する過程を通して設計者が設計プロセスにおいて活用したシンセサスに関する知識を顕在化する方式を検討すると同時に、その方式を実現するために必要な知識の抽出と整理を行う。

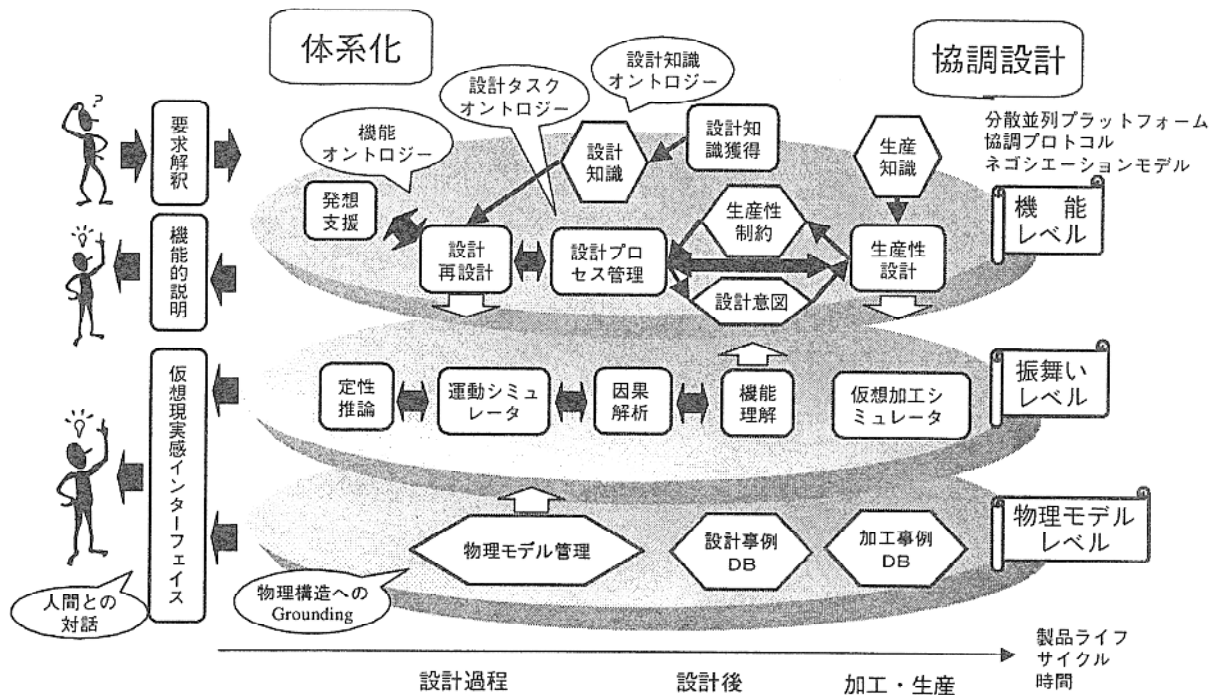
3.2 成果

具体例として家庭用印刷器の製版部を取り上げ、それを改良する状況のプロトコルをいくつか取り、それを共通例題として各エージェントの持つべき機能、並びにエージェント間の協調問題を検討した。まず、プロトコルに現れる処理を再実行するために必要な概念化を行い、再設計タスクのモデル化と必要な知識の抽出を行った。プロトコルの解析で得られた設計意図を元に機能設計と構造設計との相互作用をモデル化し、意図を組み入れた設計プロセス記述方式を構成した。概念レベルでの設計物の振る舞いの定性シミュレータを開発し基本動作を確認した。物理モデルの実現とそのエージェント化、仮想現実と力覚シミュレータを組み合わせた概念設計物の仮想利用インタフェースのプロトタイプを開発した。

4. む す び

共通の例題で全体システムを動かせる見通しが得られた。概念レベルではさらに考察を深めて、革新的な改良設計を協力的に支援する知的システムの概念設計を進め、物理構造とのGroundingを取りつつAI的にも深い協調的設計支援システムの構築を目指す予定である。

謝辞：本文を執筆するに当たり、荒井教授、小野里助教授、川上助教授にご協力をいただきました。こ



ここに記して感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Kitamura, Y., R. Mizoguchi et al. : Towards Redesign of Manufacturing Processes based on Functional Understanding, Poster Proceedings of Artificial Intelligence in Design '98, p.14, . 1998.
- 2) Functional Ontology for Functional Understanding : Y. Kitamura, M. Ikeda, . R. Mizoguchi, Working Papers of Twelfth International Workshop on Qualitative Reasoning (RQ-98), Cape Cod, USA, May 26-29, AAAI Technical Report WS-98-01, AAAI Press, pp.77-78, 1998.
- 3) Construction of a Problem Solving Ontology - A Scheduling Task Ontology As an Example -, K. Seta, M. Ikeda, T. Shima, O. Kakusho, R. Mizoguchi, J. of JSAI, Vol.13, No.4, pp.597-608, 1998.
- 4) A Causal Time Ontology for Qualitative Reasoning, Y. Kitayama, M. Ikeda, R. Mizoguchi, Proc. of IJCA-97, pp.501-506, 1997.
- 5) An Ontological Consideration of Causal Time in Qualitative Reasoning Systems, ; Yoshinobu Kitamura, Mitsuru Ikeda, and Rieichiro Mizoguchi, Proc. of The Eleventh International Workshop on Qualitative Reasoning (QR-97), pp.277-285, 1997.
- 6) 劉, 荒井 他 : 定性的立体モデリング(第2報: 定性的立体操作手法と定性的立体モデラ), 日本機械学界論文集(C編), 63巻612号, (1997) pp.356-363
- 7) フィーチャループを用いた立体的な加工形状特徴の認識, S. Amnuay, 井越 昌紀, 青村 茂, 荒井 栄司, 日本機械学界論文集(C編), 63巻607号, (1997) pp.387-394
- 8) A Non-linear Programming Approach to Testing Gravitational Stability of Mechanical Subassemblies, N. Uchiyama, S. Takagi, and E. Arai, Proc. of the 8th intl. conf. on production engineering, (1997) pp.435-444
- 9) 小野里, 岩田, 福田, 時間情報モデリングシステムの開発, 日本機械学界論文集C2編, 1997. 12
- 10) 小野里, 岩田, 設計対象の物理記述のためのモデリングフレームワーク, 精密工学会誌, Vol.63, No.10, pp.1395-1399, 1997.10
- 11) 仲, 小野里, 住岡, 設計・生産における組織的業務遂行に関する構造のモデリング, 日本機械学界論文集C2編, 1997.12
- 12) 仲, 小野里, 住岡, 設計・生産業務の遂行における行為の分析とその構造化の枠組み, 日本機械学界論文集C2編, 1997.12
- 13) 新規設計における解候補の創出プロセスモデル; 池本文典, 川上浩司, 小西忠孝, 計測自動制御学界論文集, Vol.32, No.10, pp.1447-1453 (1996)
- 14) 概念設計のための要素知識コード化とその編集型支援環境; 川上浩司, 片井修, 小西忠孝, 馬場充, 榎木哲夫, 計測自動制御学界論文集, Vol.133, No.7, pp.723-731, (1997)
- 15) 川上 他 : 概念設計のための要素知識のコード化とその編集型支援環境; 計測自動制御学界論文集, Vol.33, No.7, pp.723-731 (1997)