

機械設計支援エキスパートシステム構築シェル:MAGIC(1)

3D-3

- アーキテクチャ -

中島裕生、田原一徳、加藤亨

カヤバ工業株式会社 技術研究所

1. はじめに

機械工業において、設計支援のためのエキスパートシステムを構築する場合、構築対象の粒度(granularity)として、機械製品系列ごとを単位にしたほうが、知識ベースとしてのまとまり、実用可能性、運用面などから見て、適当と考えられる。機械製品系列単位で構築するにしても、実際には、多品種少量で数多くの製品系列が存在するために、機械設計支援エキスパートシステム構築シェルの存在は有益である。そのシェルに求められる要件を明確にして、**機械設計支援エキスパートシステム構築シェル:MAGIC**を開発した。

2. シェルに求められる要件

機械設計支援エキスパートシステム構築シェルに求められる要件を整理すると次のようになる。①大規模知識ベースに対する保守性、②設計問題向き専用推論エンジン、③エンジン・データベースとの融合、④幾何形状操作に関する知識処理、⑤他のESとの協調問題解決、⑥設計者の意思による自然な制御、⑦実績あるルールベース言語との融合、⑧ユーザーインタフェースの操作性の良さ。

設計というアクティビティは、知識集約型であり、一つのエキスパートシステムが扱う知識量も膨大なものになる。従って、設計者が行う保守の問題が生じ、設計の知識表現も可能なかぎり宣言型が望ましく、ルールベースシステムでのルールの深い連鎖、スキーマベースシステムでの数多いスキーマ間でのメッセージパッシング、複雑な継承制御は好ましくない。こうした状況が出てくる可能性の高い推論には、専用推論エンジンを部品として用意しておく事がシェルとして望まれる。例えば、設計活動を制約充足問題解決というパラダイムで捕えることもできるが、その実現機構の一つである制約伝播による制約パラメータ制約関係の処理は、ルールベースシステムで記述すると深い推論連鎖になる例の一つである。こうしたことは、ルールベース言語を放棄することでなく、ヒュリスティックの記述に有効なルールベース言語をシェルとしてうまく融合することである。

③についても保守の容易性と深い結び付きがある。運用・管理を考慮すると、データベースと知識ベースとを異なるフレームワークで捕えるのではなく、一元化が望ましい¹⁾。従来の知識ベースの単位であるルールスキーマは、作成するのは容易であるが、その数が数百、数千の段階になると、宣言型であるスキーマでも保守の問題が大きくなる。

一方、機械設計支援エキスパートシステムが支援する段階が、概念設計段階であっても、詳細設計段階であっても、幾何形状の操作とは、分離することはできない。また、幾何形状操作と寸法制約を考慮した知識処理とが、設計プロセスの細かなセグメントでは前後していても、巨視的には、混合している。従って、どちらかがフロントエンド、あるいはバックエンドというのではなく、記号処理と幾何形状処理とが、密接に統合されている必要がある。

設計対象知識、設計操作知識、設計制御知識と分類される設計知識²⁾に対して、設計対象知識以外の知識については、各設計者によって大きく異なる場合があり、設計プロセスの進め方についてシステムとして極めて柔軟な扱いが求められる。従来、ルールベースシステムでは、ルールのパターン照合の制御の中に、操作・制御知識は埋め込まれるし、ルールスキーマのハイブリッドシステムでもスキーマ表現では、情報継承のためにどのリレーションを選択するかという、設計という問題解決で設計知識に対応した自然な制御でなく、陽な形に出ない制御が行われるためである。

「支援」とは、実際の設計活動で設計者とのインタクションを重視し、設計者とシステムの間で交互に主導権を持ち合い、生産性を下げる煩わしい部分をシステムが、総合的判断・各意思決定は設計者が行うことを意味すると定義する。すると、ユーザーインタフェースの操作性の良さがシステムをユーザーが受け入れるかどうかの要因になることも稀ではない。ユーザーモデルを内蔵し、ユーザーに対し働きかけたり(active)、反応的(reactive)であったり、設計プロセスの進行に違和感のないユーザーインタフェースが要求される。

3. システム・アーキテクチャ

システム構成図を図1に示す。システムを構成するモジュール

Mechanical Design Assistant Shell:MAGIC(1)

Y.Nakashima,K.Tahara,T.Kato

Kayaba Industry Co.,LTD.

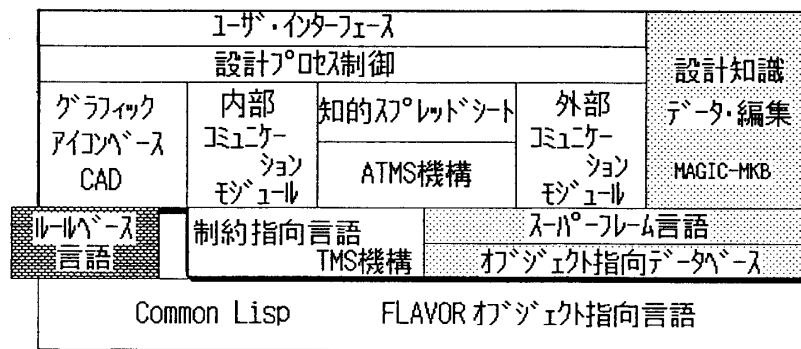


図1. 機械設計支援エキスパートシステム構築シェル:MAGIC

として、①設計プロセス制御モジュール、②知的スプレッドシート、③設計知識・データ編集モジュール、④グラフィック・アイコンベースCAD、⑤他のESとの分散協調問題解決を行うための外部コミュニケーションモジュール、⑥モジュールの独立性を保つ内部コミュニケーションモジュールからなる。④は、機械部品のFeatureモデルをパラメトリック操作可能なグラフィック・アイコン化して幾何形状操作に使用するものであるが、知識処理可能な従来CADという特徴をも合わせ持つ。②の知的スプレッドシートは、制約指向言語と結びついており、大量のパラメータ、値が扱えるようになっている。これらを実現している言語として、TMS機構・ATMS機構を持つ制約指向言語、スコープフレームと呼んでいる宣言型知識表現とオブジェクト指向データベースのデータ構造生成を同時に行う言語をもつ。システムの大部分は、オブジェクト指向言語であるFlavors(Symbolics社)で記述されているが、制約指向言語はFlavors自身と同じレベルのCommon-Lisp言語でインプリメントされている。また、システムは、市販のルールベース言語ART、JOSHUAを組み込むことができるようになっている。

ユーザである設計者は、グラフィック・アイコンベースCADと知的スプレッドシートを主に使用して、設計作業を進め、設計者の意思による設計プロセスの遷移、データベースへのアクセス、および他のESとのコミュニケーションを行う。

4. 設計プロセスと制約充足問題解決

設計対象になる製品は、それを構成するすべての部品、および機構が過去にない新規設計でないかぎり、かなりの部分が様々なパラメータおよびパラメータ間の拘束関係によって記述されている。これは、具体的には、実績ある部品、機構という類に当たる。実際、設計ノウハウと現場でいわれる知識は、こうしたパラメータの不等式、パラメータと幾つかの述語表現(例えば、near-member, これはパラメータが数値列に含まれる数値に近いものを取るという述語)、設計式と呼ばれるパラメータ間の拘束関係、フィールドで実績のある製品とパラメータ値との表、パラメータおよび設計式の使い方に関する

ヒュリスティクスからなる。本システムの制約指向言語は、こうしたパラメータおよびパラメータ間の拘束関係を、制約ネットワークに展開する。ネットワーク上に制約が伝播して、未決定のパラメータは決定されたパラメータから計算され、ネットワークに展開したことによって双方向計算機能が実現されている^③。この制約指向言語の基本的な戦略は、局所的伝播とその中での局所的無矛盾性を確保することである。しかしながら局所的無矛盾性の積み重ねが、設計プロセス展開によっては、必ずしもグローバルな無矛盾性が確保できるとは限らない。そのために、DDB-guided ATMS機構^{④⑤}を備えることにより、グローバルな無矛盾性を達成するようにしている。

上述の機能は、ユーザ主導型のシステムを実現させる。言い換えると、ユーザである設計者は、最初に設計しようとする機能(部品、あるいは部品集合)は、製品の持ついかなる機能であってもよく、その後の設計プロセスで取り上げる機能の順序付けは存在しない。設計空間に対し、任意の方向からのアクセスを管理し、さらに設計変更という後戻りの際の選択点の管理をシステム側で行う。これらの機能をベースにユーザ・インターフェースとしてスプレッドシートを提供している。スコープフレーム上に宣言的にかかれた制約パラメータ、制約式が自動的に制約ネットに展開され、設計者はスプレッドシート上に表われるパラメータを操作することで、設計を進める。

5. おわりに

現在、このMAGICを用いて、油圧ポンプ・モータ設計支援エキスパートシステムの開発が行われている。今後、MAGICに幾何推論エンジンなどの専用推論エンジンの種類を増やしより効率的なシェルを開発していきたい。

参考文献

- (1)中島他, "機械設計支援エキスパートシステム:MAGIC(2)", 情報処理学会第40回全国大会, 1990.
- (2)長澤, "設計エキスパートシステム", 情報処理, VOL28, NO.2, 187, 1987.
- (3)Sussman, G. J. and Steele, G. L., Jr.: "Constraints- A Language for Expressing Almost-hierarchical Descriptions", Artificial Intelligence, vol14, pp1-39, 1980
- (4)de Kleer, J., "Back to Backtracking: Controlling the ATMS", Proc. of AAAI '86, pp910-917 (1986).
- (5)西岡, 清江, "ATMSのアルゴリズム", 情報処理学会第39回全国大会, pp327-328, 1989.