

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 関 谷 貴 之

本論文「設計における解析モデリング過程の理論化に関する研究」は、機械設計において特徴的に行われる解析モデルを構築する過程を例に、それに必要となる知識をオントロジーとして体系化し、またモデリング知識に関わる操作を定式化することを論じたものである。

最近、製品に関する情報を共有して業務の効率化を図る試みとして、製品情報・データの標準活動である STEP、情報インフラの構築によって製品ライフサイクルの諸活動を支援する CALS などがある。しかし、データとして表面に現れる製品に関する情報だけでなく、その背景に存在する常識的・基本的な知識をオントロジーとして体系化して提供する必要性が指摘されている。これに対応して知識集約型工学環境の枠組が提唱されているが、このシステムは物理世界に関する知識や、設計者や技術者の経験的知識を収集し、モデルの操作として表現することで、知識や情報の共有を図り、製品ライフサイクル全般で、製品に関わる設計者や技術者の作業を支援することを目指している。

この環境の実現には、設計に必要な多種多様な製品のモデルを作る過程と、それに必要な知識を明らかにする必要がある。そこで、本研究では物理世界の基本的な知識に基づいて、設計者が設計対象の性質や挙動の解析や評価を行う際に、設計対象のモデルを構築する作業を支援するシステムを構築することを目的とする。具体的には、まずモデリングに必要な知識、モデリング過程を分析しオントロジーとして定式化し、この定式化に基づいて、計算機上に各種のツールを用いてモデリング作業を支援する試作システムを構築した。

最初に、第 1 章「序論」では、問題の提起、本論文の目的および構成について述べている。

第 2 章「計算機によるモデリング支援」では、統合型 CAD・CAE システムや、PDM (Product Data Management)、知識集約型工学環境、また、自動モデリングなどの既存の研究のレビューを行い、既存のシステムの抱える問題点を明らかにしている。

次に第 3 章「設計における解析のためのモデリング」では、機械設計においてモデリングは、機械の性能や機能を検証するアナリシスのために用いられていることは明らかであるが、モデルを構築する過程自体は、設計解を創造するシンセシスと同等の過程であり、その意味でシンセシスとアナリシスは相補的であることを明らかにした。また、モデリン

グ過程の構造を議論し、モデリング過程のモデルを提唱した。

第4章では、この「モデリング過程の定式化」を述語論理を用いて定式化することを試みた。具体的には、モデリングの対象や物理現象などに関する知識をオントロジーとして体系化し、それを述語論理を用いて定式化することに成功している。そのオントロジーには、物理世界に関する概念として、実体、(実体同士の) 関係、属性、物理現象、物理法則、物理特性が含まれる。また、概念間の関係を表す構造述語を導入し、物理世界の概念はこの述語を用いて相互に関連づけられている。次に、特定のモデルを構築・操作・推論・評価する際に用いる知識の体系として、モデリングの理論を定式化し、アルゴリズム化した。例えば、モデルの構築時にはモデリングの理論に従って、対象の持つ情報を取捨選択し、その理論で取り扱い可能な形式に写像変換するが、このアルゴリズムを提案している。また、モデリングの仮定条件、条件設定の操作、モデルの簡略化と抽象化などの操作も定義している。さらに、解析のための具体的なツール固有のデータ構造、解析に必要な定量データ等に関する知識を定性的なモデルに付加して解析モデルを具体的に構築する手法を開発している。

第5章では、上記の定式化に基づいて試作したシステム及びそのシステム上で、材料力学の梁のモデルを構築する過程、また流体力学的な考慮が必要なレーザーリソグラフィ装置の解析に関わるモデルを構築する過程を実行した。

第6章では、定式化したモデリングの知識、モデリング過程について考察した。知識の体系化の方法として、既存のツールやツールの背景に存在するモデリングの理論と対応づけてオントロジーを整理することが有効であり、「対象世界の概念化」の手法を明示化した。

第7章では本論文の結論を述べ、将来の研究の展望について議論している。

以上、本研究では、物理世界の基本的な知識をオントロジーとして体系化し、それに基づいて、設計対象のモデルを構築する作業を定式化することに成功しており、さらにモデル構築作業を支援するシステムを実際に試作している。理論的な独創性のみならず実証を行っている点で工学的有用性も高く、今後の展開も有望であるが、これは論文としての完結性も示している。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。