

氏名・(本籍)	岡 田 公 治 (静岡県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博甲第 79 号
学位授与の日付	平成 5 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・ 専攻の名称	電子科学研究科 電子応用工学専攻
学位論文題目	機械設計のための設計意図モデルに基づく CAD に関する研究

論文審査委員	(委員長)			
	教授	森 田 信 義		
	教授	井 原 素 三	教授	清 水 孝
	教授	後 藤 敏 幸	教授	松 田 孝
	助教授	山 口 高 平		

論 文 内 容 の 要 旨

機械製品の高度化・高性能化に伴って多数の設計者による共同設計が、また、製品のライフサイクルの短縮に伴って過去の設計事例を有効に活用した修正設計が、盛んに行なわれるようになってきており、これらの設計作業を有効に支援する方法論とシステムの開発が望まれている。そこでは、修正設計を過去の設計者との共同作業として捉えれば、多数の設計者による共同設計作業と同様に、設計者間のコミュニケーションが円滑を行なうことが要求機能となる。設計者間のコミュニケーションは、リアルタイムなものと時間的な隔たりのあるものに分けられる。リアルタイムなコミュニケーションでは情報通信技術が、時間的な隔たりのあるコミュニケーションでは情報を共有するためのデータベース・情報モデリング技術が、特に重要である。本論文では、設計の本質的な過程支援と、設計固有の情報を取り扱う目的から、時間的な隔たりのあるコミュニケーションを対象を絞り、設計情報のモデリングに関して考察を行なう。

機械設計において CAD システムと CAM システムは、設計対象物のモデルに基づいて統合される。すなわち、設計対象物のモデルは、CAD/CAM システム間のコミュニケーションのために用いられるが、設計者間のコミュニケーションのためには、設計対象物のモデルだけでは不十分である。また、一般に、設計作業は試行錯誤的に進められる。試行錯誤には、思い付いた考えを試してみるといった短期的なものと過去の設計事例に基づいた修正設計のような長期的なものがある。このような試行錯誤的な設計過程を支援することも重要である。

本論文では、設計者のコミュニケーションを支援する目的から設計対象物のモデルだけでなく設計意図モデルを提案し、試行錯誤的な設計過程を支援する目的から設計過程記述言語 DPL を提案する。さらに、設計意図モデルと設計過程記述言語 DPL と設計意図モデルに基づく CAD システムを開発する。DPL による設計過程の記述のための基本要素と設計意図モデルを構成するための基本要素を同一のもの、すなわち、「設計意図」・「操作」・「設計の流れ」とすることによって、DPL 記述と設計意図モデル相互の変換が可能となる。これによって、

- (1) DPL 記述を実行することによって、設計対象物のモデルと設計意図モデルを生成する。
- (2) 設計者は、設計対象物のモデルと設計意図モデルを用いて、他の設計者の意図を十分に理解する。
- (3) 修正方針を決定し、それに基づいて設計意図モデルを修正する。
- (4) 設計意図モデルから実行可能な DPL 記述に変換する。

といった修正設計のサイクルが構成でき、有効な設計支援が可能となる。

設計者が設計対象物のモデルと設計意図モデルを用いて他の設計者の考えを理解するためには、設計意図モデル中の設計意図と設計対象物のモデル中のその設計意図と関連する部分が、対応付けられていなければならない。機械設計では設計対象物のモデルとして幾何形状モデルが一般的であるので、本論文では、3次元ソリッドモデルを設計対象物モデルの例として設計意図モデルとの結合を行なう。設計意図と幾何形状部分の対応付けを行なうために「設計意図を伝達するための形状特徴」を提案する。このような形状特徴は部品加工の工程設計で用いられている形状特徴とは異なり、製品形状から意図に関連して自動的に抽出することが極めて困難であり、設計者自身によって機能を満足するために設計者が意図した形状部分として指定されなければならない。この指定方法には、外延的指定方法と内包的指定方法があるが、本論文では、時間的な隔たりのあるコミュニケーションを支援する目的から、内包的支援方法を用いる。ここで、内包的な指定で用いる条件に機能を発現するために満たさなければならない条件を用いることによって、形状特徴の指定に根拠を与えることができる。これによって、修正設計者等によって製品の幾何形状の変更が行なわれた場合にも形状特徴部分を正しく保つ、すなわち要求機能を満足し続けることを自動的に支援することが可能となる。また、修正がこの自動支援を越える大幅なものとなり、機能が発現されなくなる恐れのある場合には、設計者に対して自動的に警告を与えることができる。

提案した設計意図モデルと DPL に基づいて開発された CAD システムは、共同設計・修正設計を形状特徴を参照しつつ要求機能を満たすことにより効果的に支援している。

論文審査結果の要旨

設計作業を計算機システムで支援する CAD システムの実用領域が広まりつつある。とくに機械設計の分野では、設計図面の作成や幾何形状の 3 次元モデリング、各種工学的解析などが普及している。しかし、設計の高度化のためには、異なる専門領域を担当する複数の設計者が相互に意志伝達しつつ協調的な設計作業を行うことが不可欠であるが、これを支援する設計システムは存在していない。そこで、コンカレント・エンジニアリング等の支援も含む協調設計のために、設計者の意図を伝達するコミュニケーション・システム構築の方法論を提案し、これに基づく CAD システムを構築している。

第 1 章は、緒論で、従来の機械設計支援 CAD システムの問題点を解決する次世代 CAD システムへのアプローチと本論文の位置づけを述べている。

第 2 章では、設計者間で設計意図を伝達するために、設計対象のモデルに含まれる属性と関連づけて設計意図をモデル化する方法について述べている。設計意図は設計過程で出現するものであるため、設計意図を記述するために設計過程の記述方法が必要である。そこで、設計過程を記述する設計過程言語を提案しその処理系を開発した。ついで、システム機能の実証と、試行錯誤的 design 過程の記述ができることを示し、さらに、このシステムを修正設計に用いる方法について提案し、システムの構築を行っている。

機械の機能の多くは製品の幾何形状に依存しているため、要求機能を実現するための設計者の意図の多くは要求機能と幾何形状を結合する部分に出現する。

第 3 章では、設計過程に出現する設計意図により幾何形状を操作するためのインターフェイスとして形状特徴を定義し、これを介して設計意図のモデリングを結合する方法論を述べるとともに、これを実現するシステムの開発を行っている。まず、製品への要求機能を形状への条件として表現することで、設計意図として記述し、他の設計者へ伝達し得ることを示している。ついで、幾何形状と要求機能を結合する条件を抽出し、これに基づいて 3 次元幾何形状モデラと設計過程言語システムを結ぶインターフェイス・システムおよび幾何形状要求問い合わせ言語システムを開発している。

第 4 章は、これまでに述べた設計意図のモデリングに必要な諸機能を統合して CAD システムとして構成する方法を述べ、ついで、開発した CAD システムによるケーススタディを示して、本研究の方法論と開発したシステムの有効性を示している。

第 5 章は結論と展望である。

以上のように、協調設計を可能にする次世代 CAD システム構築の方法論を提案し、さらに、そのシステムを構築して機能を実証しており、本論文は博士（工学）の学位を授与する内容であることを認める。