



設計情報・設計意図統合型CADの研究：部品間の影響関係記述による概念設計支援(<小特集>第19回設計工学・システム部門講演会)

妻屋, 彰 ; 矢是, 秀明 ; 森永, 英二 ; 竹内, 一博 ; 内田, 済 ; 荒井, 栄司 ; 田浦, 俊春

(Citation)

日本機械学会論文集. C編, 76(771):2764-2771

(Issue Date)

2010-11-25

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(Rights)

Copyright©2010 社団法人日本機械学会

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001535>



設計情報・設計意図統合型 CAD の研究*
(部品間の影響関係記述による概念設計支援)妻屋 彰^{*1}, 矢是 秀明^{*2}, 森永 英二^{*3}
竹内 一博^{*4}, 内田 済^{*5}
荒井 栄司^{*6}, 田浦 俊春^{*1}Research for Design Information and Design Rationale Integrated CAD
(Supporting Conceptual Design by Using Descriptions of
Influential Relations between Parts)Akira TSUMAYA^{*7}, Hideaki YAZE, Eiji MORINAGA,
Kazuhiro TAKEUCHI, Wataru UCHIDA,
Eiji ARAI and Toshiharu TAURA^{*7} Graduate School of Engineering, Kobe University,
1-1 Rokkodai-cho, Nada-ku, Kobe-shi, Hyogo, 657-8501 Japan

For the cooperative design activities by a design team, a designer needs design object information not only about geometrical data and these attributes but also the design rationale such as the reason of decision making to understand ideas of the design proposes by other designers. This paper focused on influential relations between parts of design object, and proposed descriptions and management methods of these relations. The management support system was developed, and case studies are done by using the system. As a result, the proposed method can support to manage the influential relations, and this also shows the proposed method have an applicable possibility to transmit design rationale to other designer.

Key Words: Conceptual Design, Design Rationale, Influential Relations, Condition Based Reaction, CAD, Modeling

1. 緒 言

近年, 消費者ニーズの多様化に伴い, 製品の多様化, 複雑化, 高付加価値化が進んでいる。さらに, 製品トレンドの変化も早くなっていることもあり, 最新技術のスピーディな製品への導入なども含め, ニーズを迅速に製品へ反映することが求められている。一方で, 地球環境問題の深刻化に伴い, 製造メーカや製品に環境への配慮も求められるようになってきている。このような状況の下, 現代の製品設計では, 幅広い分野の膨大な知識を用いて短期間に製品設計を行うことが求められてきている。

これに対して, 有効な手段と考えられている協調設計では多くの開発者達により同時進行的に設計が進め

られるために, 設計情報の共有が重要となる⁽¹⁾。そこで, 情報を体系化された知識として活用する試みが盛んに行われ, ナレッジを扱うアプリケーションの商品化も行われている。しかし, これらの多くのシステムは形式知のみを扱うことから, その基礎となっている暗黙知に相違がある場合正確な理解は困難となる。従って, 知識を表現する際にその背景となっているものまで含めた形で表現することが本来必要である。すなわち, 知識化された情報を利用する場合において, 知識の適用できる範囲やその理由をも取り扱うことが協調設計において設計者間のミスコミュニケーションを減じ, 効果的に設計情報を利用するために重要となる。さて, ここで設計現場への計算機の利用に目を向けると, CAD, CAE, CAM 等様々なアプリケーションが導入されてきている。特に三次元 CAD システムは幾何形状のモデル化を支援するツールとして広く使用されており, 協調設計においてもネットワークを介した形状データの共有などが実現されている。さらに, ネ

* 原稿受付 2010 年 4 月 5 日。

^{*1} 正員, 神戸大学大学院工学研究科(☎ 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)。^{*2} 准員, 神戸大学工学部 [現: (株) JAL インフォテック]。^{*3} 正員, 大阪大学大学院工学研究科(☎ 565-0871 吹田市山田丘 2-1)。^{*4} 正員, (株) 富士通ソフトウェアテクノロジーズ(☎ 422-8572 静岡市駿河区南町 18-1)。^{*5} (株) 富士通ソフトウェアテクノロジーズ。^{*6} 正員, フェロー, 大阪大学大学院工学研究科。

E-mail: tsumaya@mech.kobe-u.ac.jp

ットワーク環境下で異種三次元 CAD 間の情報交換による協調設計支援の取り組み⁽²⁾もなされている。その一方、非形状情報を取り扱うことに関しては、属性データを記述できるような仕組みが取り入れられるなど、徐々に進められているが、まだまだ発展途上であり、それらを適用範囲や理由まで含めた設計者の意図として理解することは難しいのが現状である。そこで、設計意図も含めて取り扱う CAD を指向した研究が行われてきた。例えば、富山らは知識体系を用いることにより異なるシステム間の互換性を実現する知識集約型 CAD⁽³⁾を提案し、五福らは、XML 記述を利用して設計意図を含む履歴情報を図面データに埋め込む手法⁽⁴⁾を提案し、野間口らは設計作業を行いながら設計文書を作成・管理することによる知識管理手法⁽⁵⁾を提案している。また、Brissaud らは、設計・製造技術者間で議論するための指標概念⁽⁶⁾を提案している。我々も CAD 上での設計者の操作に対し CAD システムが行うレスポンスとして設計者の意図を記述する手法を提案してきた⁽⁷⁾。

本研究においても、CAD、CAM、CAE から生産システムへとつながる広義の CAD における知識の利用や設計意図表現等による設計者支援を目指している。製品設計中の試行錯誤により行われる設計変更時に、その変更が妥当であるか否かを的確に検討し判断することは、製品が複雑化してきている状況下では大きな負担となる。この負担を軽減するためには、設計変更がなされた箇所が関わりを持つ部品、およびそれらの関係がどのように変化したかを容易に把握できることが必要と考える。

そこで、本研究では設計物を構成する各部品がそれぞれ持つ属性・特性の関係に着目する。設計物を構成する部品が与えられた機能を発揮するために要求される周囲環境条件があるとの仮定から、それぞれが持つ属性・特性間に影響関係があるときにそれを検出し、設計中に行われるデータ変更により部品に何らかの問題が生じる場合にはそれを設計者に伝達することにより、見落としや情報未共有に起因する不適切な設計解を防ぎ、設計の効率化を図る支援方法を提案する。

2. 設計情報決定意図を反映する CAD 統合モデルアーキテクチャ

2-1 CAD 統合モデルアーキテクチャ 本節では、本研究の考え方のベースとなっている、設計中に考慮した設計情報・意図を、3次元 CAD システムを基本としたシステム上に記述し、正確な伝達や理解を支援するシステムアーキテクチャ⁽⁸⁾について述べる。

我々は、設計者が設定・変更・決定していく設計情報やそのときの意図が有効に活用されるためには、CAD システムが以下の要求を満たすことが必要だと考えている。

(1) CAD システム上で設計物に対する各種の編集操作が行われても、それまでに設計者によって設定された設計情報・設計意図が正確に継承されることが必要である。ここでいう継承は、当該幾何要素に対する形状操作時だけでなく、非幾何要素が編集されたときも含んでいる。

(2) 設計物の編集操作時に、編集の意図も含めてシステム上に記述できること。また、以後の編集操作に対し、記述された設計者の意図を反映したリアクションを CAD システムが行うことができること。このとき同種の設計情報であっても、設計者が想定する適用範囲や前提条件、制約の強さ等の違いに応じた編集意図の記述及びそれに基づくシステムの動作ができることが必要となる。

(3) 各種情報の対象や内容が、直感的にわかりやすいこと。各種設計情報・意図の設定時だけでなく、協調設計時や設計データの再利用時に設計情報を容易に理解できることが要求される。

以上の要求を満足するために、図 1 に示すように従来の CAD システムで一般に実装されている持つ幾何情報と幾何情報に付随する属性情報に加え、提案システムでは属性情報の変化に対応するシステムのリアクションを記述するシステム動作情報を定義した。各種設計情報に対する変更操作の可否等を予めシステム動作情報として設定することにより、設定した設計者の意図をシステムの挙動として他の設計者に伝達することができる。また、設計情報として取り扱うことができることから、設計データの再利用時にも設計時に考慮した内容を理解する手助けになり得る。

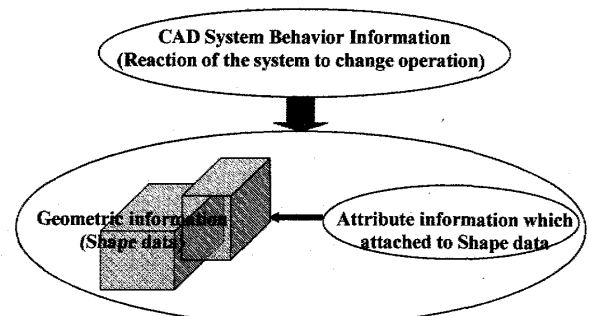


Fig. 1 Architecture of the design information and design rationale integrated CAD system.

Table 1 Target and type of change.

Type of change	Merge	Divide	Move	Rotate	Mirror	Geometry change	Value change	Remove
Target								
Model	—	—	0	0	0	—	—	0
Feature	—	—	0	0	0	—	—	0
Face	0	0	0	0	0	0	—	0
Edge	0	0	0	0	0	0	—	0
Surface	—	—	0	0	0	0	—	0
Curve	—	—	0	0	0	0	—	0
Arrangement	—	—	—	—	—	—	0	0
Constraint	—	—	—	—	—	—	0	0
Dimension	—	—	—	—	—	—	0	0
Work	—	—	0	0	0	0	—	0

システム動作情報記述のために、CAD システムが扱う幾何形状とそれらに変化を及ぼす操作について、表 1 のように整理した。表中の各行は CAD システムが扱う幾何形状の操作対象を、各列は CAD システムの操作を表し、0 で表されている関係が各対象に対して変化を及ぼす操作を表している。これを用いることにより、CAD システムが取り扱う各対象について CAD の操作によってどのような変化が生じるか把握することができる。さらに、幾何形状要素に対する典型的な設計情報である精度情報についても整理した。ここで、精度情報は単体の幾何形状要素に対して決定されるものと複数の幾何形状要素の間に生じる関係として決定されるものがあることから、各々単体属性情報、関係属性情報と名付けてデータ構造を決定した。関係属性情報のデータ構造の概観を図 2 に示す。この図は幾何形状要素 Primitive 1 が持つ面 Face 1 と要素 Primitive 2 の面 Face 2 が接触関係にあるという関係が関係属性情報として記述され、これにシステム動作情報が付されることを示している。この仕組みにより、幾何情報や幾何情報に付随する属性情報や意図などの設計情報を整合性を保ちつつ管理することが可能となる。

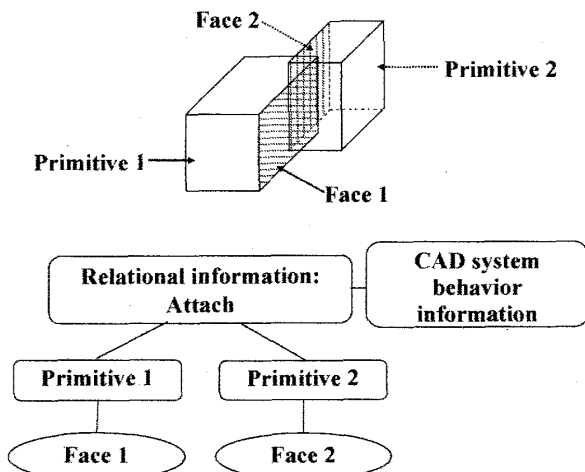


Fig. 2 Structure of the relational design information.

以上のデータで記述される幾何形状及び付加される設計情報の設定時に、以後その対象への編集操作に対してシステムが行うリアクションをシステム動作定義体として導入した。システム動作定義体は編集操作に対して定義に従って判定評価を行いその結果に従って設計情報の伝達やシステムとしてのリアクションを記述するものである。システム動作定義体は対象とする属性・特性名、編集操作及び判定評価、システムリアクション記述で構成されている。システムリアクション動作としては以下の 5 つを設定した。

- ・ 継承：変更された場合、変更後の幾何情報に伝達する。
- ・ 削除：変更された場合、属性情報を削除する。
- ・ 任意情報編集：変更された場合、属性情報も追従して変更する、あるいは変更を促す。
- ・ 操作の拒否：行おうとする操作を拒否する。
- ・ メッセージ出力：設計者への注意の喚起や変更情報提供を目的としたメッセージを出力をする。

これにより、設計情報と形状要素の関係とその変化を把握してシステムがリアクション動作を行う仕組みの記述が可能となる。

2.2 3 次元 CAD システムでの適用 上記のアーキテクチャを実装した 3 次元 CAD システムによる適用例を図 3、図 4 に示す。図 3 は万力を例題に設計変更時のシステムリアクションを示している。ここでは、予め設計者によって設定されていた 2 部品の貫通穴が同軸であるという条件（両部品それぞれの貫通穴の軸である Axis-1 と Axis-2 が一致するという軸一致の条件として記述）が、設計変更操作の結果崩れたことを CAD システムが判定して、設計者に対して軸一致の条件に合致しないというアラームを提示している。図 4

ではインクジェットプリンタの設計を例題に設計進行に伴う操作に対応して設計情報が継承されていく例である。ここでは、右上の図において部品配置概要を検討した際に、まだ実体化されていない上下から紙を挟み紙送りを行うローラー要素の軸に対してそれぞれ設定した紙送りのために必要となる表面粗さの情報が、設計が進み左下の図のようにドラムやローラーが実体化されたときにローラー表面に与えられている属性情報として継承されている。この図では、小さな2本のローラーのうち上のものについてローラー表面の属性情報として表面粗さと材質がウィンドウボックス中に表示されている。なお、提案アーキテクチャの詳細とそれによる設計者の支援手法の具体的内容については、筆者らの関連論文⁽⁷⁾⁽⁸⁾を参照されたい。

このアーキテクチャは、設計者の意図に基づく各種情報を記述することにより設計の比較的上流段階から詳細設計まで活かすことが可能な拡張性の高いアーキテクチャであるが、このとき、どのような情報をどのように記述するかが重要となる。

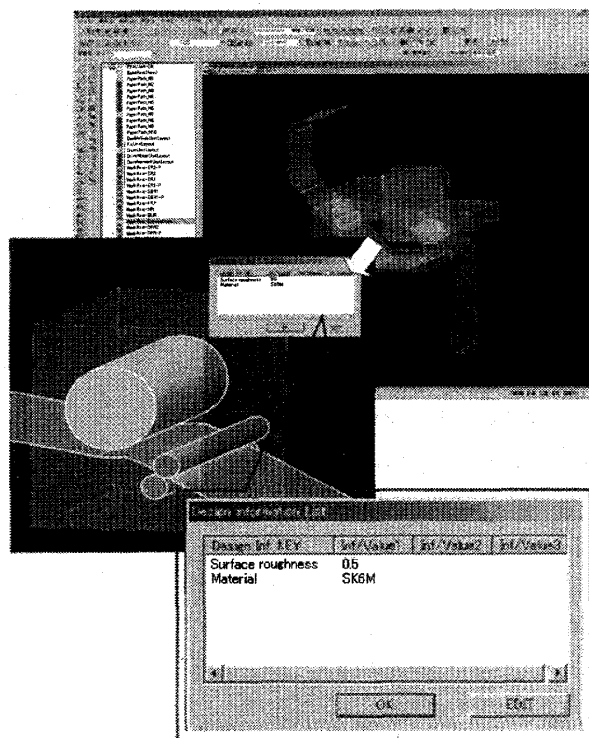


Fig. 4 An example of inheritance of design information.

3. 部品間の影響関係記述を用いた設計支援

3・1 影響関係の記述

製品が複雑化し部品点数が多くなるにつれ、製品を構成する一 부품の設計を変更したときの、他の部品への影響についての把握が困難となっていく。そのため、協調設計において、一 部品 設計を変更したときの意図の伝達だけでなく、その部品を変更したときに他の部品に対する影響の有無や内容を把握することが重要となる。ここで、前節で述べたアーキテクチャで導入した関係属性情報を用いると複数の部品の間に働く関係を記述することができる。また、提案アーキテクチャの対象を精度情報からその他の属性情報まで拡張すると、表面粗さや寸法公差などの精度情報だけでなく、より広範に設計者の意図を取り扱うことができると考えられる。

そこで、CAD での扱いが不十分な、属性や物理特性による部品の影響関係を抽出し、監視することで、設計者が部品間の関係を把握する支援を行うことを考えた。具体的には、各部品それぞれについて、自身の変化により周囲の部品へ影響を与える可能性を持つ属性・特性と周囲環境の変化によって影響を受ける可能性を持つ属性・特性を、その影響の種類も含めて記述することにより、複数の部品の間に働く影響一非影響の関係の候補を見出すことができると考えられる。一旦、影響関係があることが分かれば、後は前述のシステム動作定義体の記述と同様の方法で、変更操作による変化の監視を行う属性、変化の種類とそのときのシ

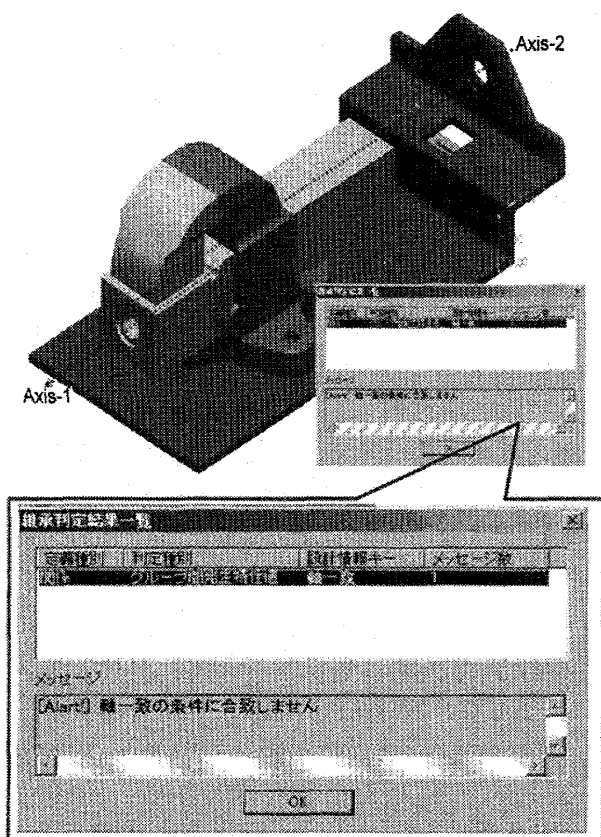


Fig. 3 An example of the system reaction to design change.

システムが行うリアクションをシステム動作定義として記述することによって、状態を監視し、変化に応じてシステムにリアクションを取らせることができると考えられる。この影響関係を有効に構築するためには、部品間の影響関係の記述方法を決める必要がある。そこで、影響関係記述と影響関係の監視支援に必要なデータ項目およびそれらに要求される事項の詳細を以下のようにまとめた。

(1) 属性・特性情報

影響関係を持つ部品の影響関係に関わる属性や特性情報を属性・特性情報と呼ぶ。属性・特性情報は、その名称と影響関係の種類、及び定量値もしくは定性値表現、から構成される。影響関係の種類については後述する属性種に加え、影響関係を構築している一対の組合せにおいて、影響を及ぼす側をアクティブな属性・特性情報（影響属性）、影響を受ける側をパッシブな属性・特性情報（被影響属性）とし、これらを分類して記述する。これを用い、影響関係名及びアクティブ・パッシブの種別によって部品間の影響関係の有無を判定する。値については、具体的な数値で与えられているものは定量値で記述するが、定性的な表現でも記述可能とすることにより、設計初期段階のあいまいな設計情報も含めて扱う。

(2) 属性種

部品、曲面など設計対象が持つ性質や特徴である属性情報、および部品固有の動作時などに現れる特性情報などの属性・特性情報を、その働きを考慮して共通の性質により分類したものを属性種と呼ぶ。ここでは物理特性を表した言葉として、例えば、「発熱」、「冷却」等の言葉で分類する。属性種と属性・特性情報は密接に関係するが、属性・特性情報が客観的に表現される、ものの性質についての直接的な表現であるのに対し、属性種は属性や特性について、周辺に対してどのような作用を及ぼすか、もしくは周辺からどのような影響を受けるか、という観点から共通する性質により分類したものである。影響関係は、同一の属性種に関して影響を及ぼす側であるアクティブな属性（影響属性）と影響を受ける側であるパッシブな属性（被影響属性）が共に存在する場合に、その両者に対して影響—非影響の関係として成立することとなる。

(3) 変化種

設計変更に応じて「部品配置」、「幾何形状」、「属性・特性情報」の観点で分類した変更操作が変化種である。「部品配置」と「幾何形状」に属する変更操作は前掲の表 1 に示す通りとなる。「属性・特性情報」

については設計の進展や設計変更による属性・特性情報の追加や削除、属性・特性に定量値が与えられた場合の値の設定、設計変更等によって定量値に変更が加えられた場合の値の変更や削除が変化種として用意される。

(4) 対応動作

属性種と属性・特性情報から影響関係が成立する場合に CAD システム上での変更操作に伴う属性・特性情報の変化（変化種）に応じたシステムの対応動作記述を対応動作として記述する。基本的な対応動作は前述のシステムリアクション動作と対応している。対応動作は設計者が記述することにより、柔軟な対応を設定できるが、一方で設計者が逐一設定を行うと作業が極めて煩雑になる。複数の部品間に影響関係が成立する場合、どのような状態になった場合にどのような点に注意すればよいか、という内容については、例えば、熱に弱い性質を持つ部品は熱を発生する部品には近づけすぎない方がよい、従って当該部品同士を近づける操作をしたときにアラームが表示されればよい、というように、影響関係の種類によって変化に対してよく取られる対応動作が決まっているケースが多い。そこで、属性・特性情報、属性種、変化種の組合せにより、多く取られるシステムの対応動作を「優先対応動作」としてデフォルトで設定しておくことにより、設計者がシステムによる影響関係の監視方法を設定する作業を容易にする。

以上のデータ項目と要求項目の関係をまとめると図 5 のように表される。設計者が属性・特性情報と属性種を各部品に対して部品設計時・設計変更時に記述することにより、システムが同一の属性種であり、アクティブな属性を持つとパッシブな属性を持つ 2 部品を影響—被影響関係を持つ可能性のある組み合わせとして検出することになる。影響関係が成立すると設計者が判断した場合は、どのような変更操作（変化種）に

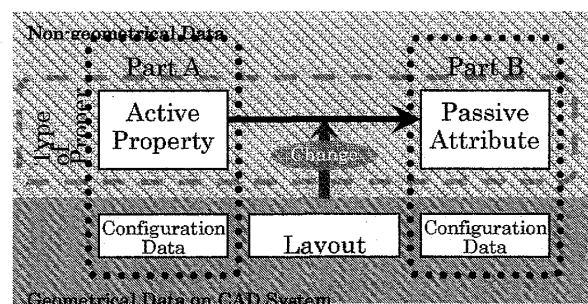


Fig. 5 Proposed structure of the influential relations between parts.

対してどのようなシステムのリアクション(対応動作)を行うかを設定することにより、システムによる影響関係の監視が可能となる。

3・2 部品間影響関係記述を用いた設計支援システム 前項に述べたデータ項目と要求項目に基づいて、影響関係の登録と監視によって設計者を支援するシステムを作製した。このシステムは図6に示す構造となっている。

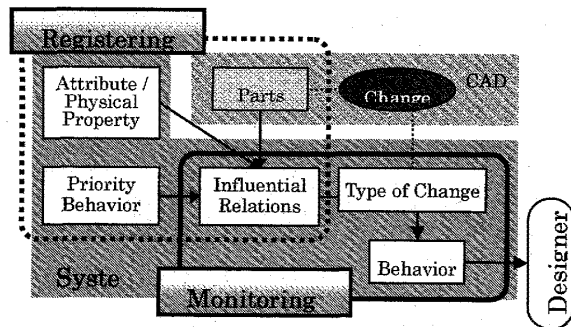


Fig. 6 Structure of the supporting system.

システムが持つデータベースについて、以下に説明する。

(1) 属性・特性情報データ

各部品の形状データ(幾何的情報)に対し、属性種、属性・特性情報を紐付けしたもので構成されている。各部品は通常複数の属性を持つことから、属性種、属性・特性情報は一つの部品に対して複数存在する。属性、特性データは属性種、属性・特性情報の組毎に一つのユニークな ID を持つリレーショナルデータとして格納される。

(2) 優先関係動作データベース

属性・特性情報、属性種、変化種の組み合わせと優先対応記述が書かれた優先対応動作データが格納されるデータベース。前述のように監視すべき影響関係についてどのような状態のときにどのようなシステム対応動作を行うかについて設計者に逐一記述してもらうことは、膨大な作業となる。そこで、典型的な影響関係については、多くのケースで見られる監視すべき状況(変化種)とそのときのシステムのリアクション(対応動作)をデフォルト動作として予めこのデータベースに格納しておき、設計者が監視すべき影響関係であると判断した際、システムがこのデータベースを検索して、該当する影響関係が存在する場合には、システムの対応候補として提示する。そのためのデータベースである。

(3) 影響関係データベース

影響関係があると判断されたペアに対して、設計変更時に変化の有無を監視すべきと設計者が判断したものを格納するデータベース。このデータベースに記述された影響関係が当該設計においてシステムによって設計中常時監視されることとなる。

これらのデータベースを用いたシステムの役割は、影響関係と変化種に従ってシステムが行う動作を登録するフェーズと、関係監視によって設計者を支援するフェーズからなる。以下、それぞれについて述べる。

(1) 影響関係登録フェーズ

関係登録フェーズは、表形式の属性・特性情報データとしてデータベースに登録された部品の幾何情報とその属性・特性情報を用いて、影響関係の検索と登録を行うものである。このフェーズでは、CAD システム上で部品が新規作成されたり、操作されたりしたタイミングで、まず、影響関係が生じている可能性のある部品の組み合わせの検索を行う。組み合わせ検索に用いられる条件は、対象となる2部品が同一の属性種の属性・特性情報を持つこと、そのペアについて、一方が影響を与えるアクティブな属性(影響属性)、他方が影響を受けるパッシブな属性(被影響属性)という組み合わせであること、関係監視を行う対象が記述されている影響関係データベースに登録されていないこと、の3項目である。上記項目の全てに該当した組み合わせは設計者に提示されて、システムに監視させるか否かの判断を仰ぐ。設計者は監視が必要だと考える組み合わせについて選択し、提示されている優先対応動作、もしくは設計者が任意に設定する対応動作を設定する。こうして選択・設定された影響関係(属性・特性情報データの組み合わせ、変化種、対応動作の記述)は一つのリレーショナルデータとして影響関係データベースに登録され、関係監視フェーズでシステムによって監視される対象となる。

(2) 関係監視フェーズ

関係監視フェーズは、構築された影響関係を元に、設計変更が起きた際にその変更操作に適したシステムの対応動作を行うものである。このフェーズでは、任意のタイミングで影響関係データベースに登録された部品群に対し CAD システム上で操作が行われているか否かのチェックを行い、変更が検出された場合、登録された変化種に該当しているかの判定を行った上で、登録されている変化種と一致する変更であればそれに対応してシステムが対応動作として記述されている動作を行う。この変更検出及びシステムの対応動作部分

については、基本的に 2 節で述べた CAD 統合モデルアーキテクチャと同様となっている。

以上のシステムをノートパソコンを題材に、定性的な特性表現を用いた複数部品の配置変更を対象問題として適用した。

この試作システムでは、まず始めに設計者が CAD システム上で部品を新規作成したり、操作したりしたときに属性・特性情報データが更新されるところからスタートする。部品が新規に作成された場合、設計者がその部品の属性・特性を CAD システムに新規に入力すると、属性・特性情報データが新規に作成され、データベースに加えられる。システム上で属性・特性情報に変化が加えられると属性・特性情報データ中の該当項目も更新される。図 7 に部品一属性情報表示画面のスナップショットを示す。ここで、上部に表示されているリストが属性・特性情報データである。このデータは部品 ID、部品名称、属性種、属性・特性情報名称、定性表現、アクティブな属性かパッシブな属性かの識別で構成され、そのデータにユニークな ID と部品の座標が付されている。影響関係の検索は本システムにおいては手動で開始するようになっており、コントロール内の関係検索開始ボタンを押すと検索結果として前述の検索条件に合致する組み合わせが表示される。検索の結果抽出された組み合わせについては、設計者に一つずつ関係詳細登録画面で提示することができ、それぞれについて影響関係をシステムに監視させるか否かを設計者に尋ねる。この際、優先関係動作データベースに記載されている属性種、属性・特性情報の組み合わせであった場合には、デフォルト動作として変化種と対応動作が優先登録欄に表示される。システムではこれをそのまま登録するか、もしくは設計者が個別に登録を行うこともできる。この判断は設計者に任される。このようにして監視対象として登録された影響関係は図 8 に示すような表形式の関係データとして影響関係データベースに格納される。

関係監視フェーズでは、影響関係データベースに格納されたデータについて CAD システム上で変更操作が行われたときに登録された変化種と合致した操作であるかチェックし、登録された変化種と合致している場合には登録している対応動作を行う。図 9 に関係監視フェーズで登録された変更操作が行われたことに伴うメッセージ出力の対応動作が行われた場面のスナップショットを示す。この例では、ATX 電源と CPU が接近したことにより、配置関係を考慮するよう促すメッセージが表示されている。これは、ATX 電源と CPU

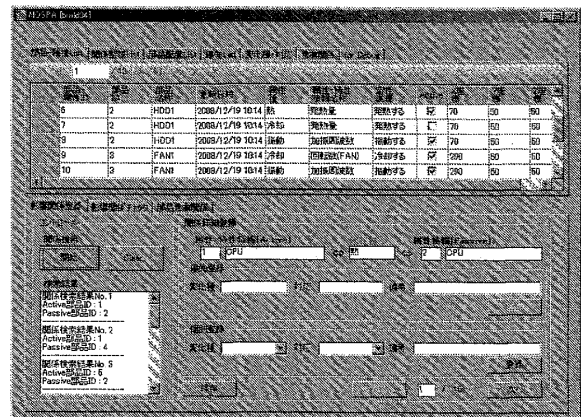


Fig. 7 Snapshot of the part-attribute window.

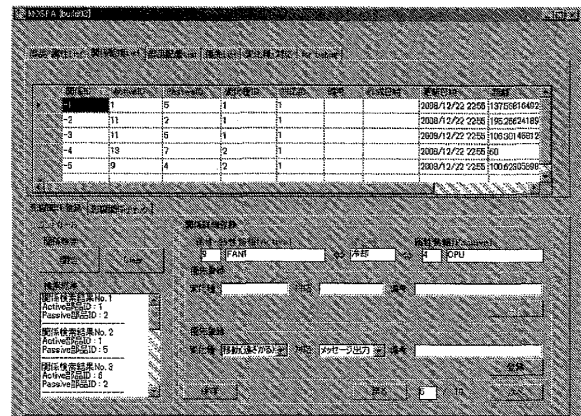


Fig. 8 Snapshot of the relation monitoring list window.

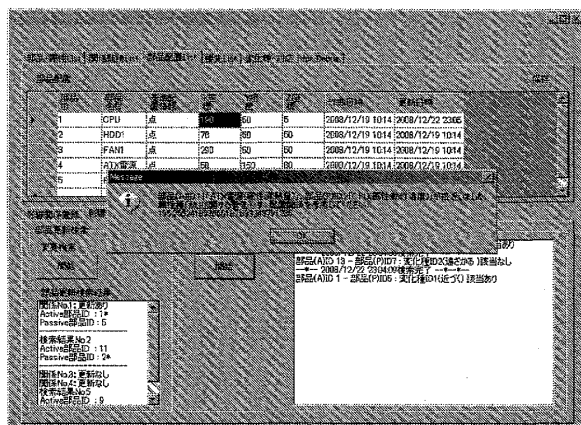


Fig. 9 Snapshot of the system reaction to design

が共に「熱」という共通する属性種を持ち、ATX 電源がアクティブな属性である「発熱量」を、CPU がパッシブな属性である「動作温度」を有していることから、変化種として「近づく」操作が行われたときに、対応動作として「アラームを表示する」ことが設定されていたために、CAD 上で両者を近づける操作を行った際に表示されたものである。

このようなケーススタディの結果、登録されたデータに従って、意図通り影響関係の検出およびシステム対応動作を行うことが確認できた。

4. 結 言

本研究では、製品における部品間の影響・被影響関係に着目し、設計者の意図に反する設計変更や、予期せぬ不具合といった不適切な設計を防ぐために設計者の意図を情報に埋め込み、設計者の理解を支援する方法の提案を目指した。このために、部品間の影響関係を記述するために必要となるデータ項目とそれらに要求される事項をまとめ、以下の特徴を持つ部品間影響関係記述手法を提案した。

- ・ 属性や特性情報などの幾何形状とともに現われる情報を用いる。
- ・ 属性・特性情報を影響・被影響の関係から分ける。
- ・ 共通の性質によって属性・特性情報を分類する。
- ・ 変更操作に合わせたシステムの対応動作を記述する。
- ・ これらの組み合わせで優先的なシステムの対応動作をデフォルトで用意する。
- ・ 定性的な表現を加えることにより設計の早い段階から適用可能とする。

この提案手法に基づいた試作システムを構築し、ケーススタディを行った。これにより、属性や物理特性、設計者の意図に基づいた影響関係記述に沿った対応が可能であることを示した。提案手法は、それぞれの属性・特性についてどのような影響関係を及ぼす、もしくは受ける可能性があるかについて理解していれば、分野によらず広範に適用できる可能性を持つと考えられる。一方で、属性種、属性・特性情報を記述する煩雑さや、どのような属性・特性がどのような影響を及ぼす、もしくは受けるのかについて、設計者が想定することが困難な未知の領域での設計時には影響関係を

記述すること自体ができないという問題点があり、これらの問題点を解消していくことが今後の課題である。

文 献

- (1) Murakami, T and Tomiyama, T., Design and AI: Twenty Years of the Design Symposium, *Journal of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, Vol. 17, No. 1 (2002), pp. 84-90.
- (2) Inoue, M., Isoe, Y., and Ishikawa, H., Interoperability of Heterogeneous 3D-CAD and Collaborative Design Support on Networked Distributed Design Environment, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol. 75, No.752 (2009), pp. 1179-1186.
- (3) Tomiyama T., Umeda, Y., Ishii, M., Yoshioka M., and Kiriyama, T., Knowledge Systematization for Knowledge Intensive Engineering Framework, *Knowledge Intensive CAD*, Vol. 1, Chapman & Hall, London (1996), pp. 33-52.
- (4) Gofuku, A., Sugino, T., and Ito, K., A CAD Relating Design Intentions with Figures, *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol. 71, No.701 (2005), pp. 335-342.
- (5) Nomaguchi, Y., Yoshioka, M., and Tomiyama, T., A Proposal of CAD Mechanism for Design Knowledge Management, *Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence*, Vol. 17, No.1 (2002), pp. 104-113.
- (6) Brissaud, D. and Paris, H., Co-operation in Design: Indicators as Supports for the Discussion between Product and Process Engineers, *Integration of Process Knowledge into Design Support Systems*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston and London (1999), pp. 181-188.
- (7) Takeuchi, K., Tsumaya, A., Wakamatsu, H., and Arai, E., Integrated Model for Computer Aided Design Process with Design Information and Intention (1st Report, Basic Architecture of Integrated Model), *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol. 71, No.710 (2005), pp. 3087-3094.
- (8) Takeuchi, K., Tsumaya, A., Wakamatsu, H., and Arai, E., Integrated Model for Computer Aided Design Process with Design Information and Intention (2nd Report, Computer Aided Break-Down Design Process), *Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series C*, Vol. 71, No.710 (2005), pp.3095-3102.