

三次元 CAD (Computer Aided Design) を用いた Product Model を中核とした統合設計システムによるファインメカ製品の開発・設計を推進している。Product Model は三次元形状データに加え、部品のアセンブリ情報や製造情報など、製品にかかわるあらゆる情報を統合したデータベースであり、この設計システムでは、Product Model を設計者が共有することにより、コンカレントエンジニアリングを実現することができる。また、ビジュアライゼーションおよびシミュレーションといった検証機能を備えており、製品を試作する前に十分な設計レビューを行うことにより品質を向上させ、開発期間を短縮することができる。

Progress is being made in the development and design of fine mechanism products created by integrated design (ID) systems based on a "product model" mainly using 3D CAD. A product model is an integrated database with all necessary product information; not only 3D CAD, but also information on assembly, manufacturing and so on.

By adopting ID systems, concurrent engineering becomes possible as many engineers can simultaneously share a product model. Furthermore, ID systems also have visualization functions as well as simulation systems for verification. This permits sufficient design review before test production, leading to improved quality and time saving.

1 まえがき

機械設計技術は、最近のコンピュータハードウェア、ネットワークおよび三次元 CAD などの飛躍的な性能向上により、大きな変革期にきている。すなわち、単に二次元 CAD を三次元 CAD に置き換えるというレベルではなく、三次元形状データを含む、製品にかかわるあらゆる情報から成る Product Model をコンピュータ上に構築することにより、製品の企画段階から設計、製造を通して情報を共有することができ、さまざまな技術者が同時に設計に参加するコンカレントエンジニアリングを実現できる。また、Product Model を用いてビジュアライゼーションおよびシミュレーションを実行し、製品を試作する前に十分な設計検証を行うことも可能になる。このような統合的な設計により製品品質を向上させ、開発期間を短縮することができる。

このような背景の下に、ファインメカ製品の開発・設計において、三次元 CAD を用いた Product Model を中核とした統合設計システムの実用化を推進している。

2 Product Model による統合設計

ここでは「設計」を「製品に必要な機能を具現化し、コンピュータ上に Product Model として製品イメージ (情報) を構築すること」と定義する。この「設計」を実行するための統合設計システムを図 1 に示す。Product Model は企画

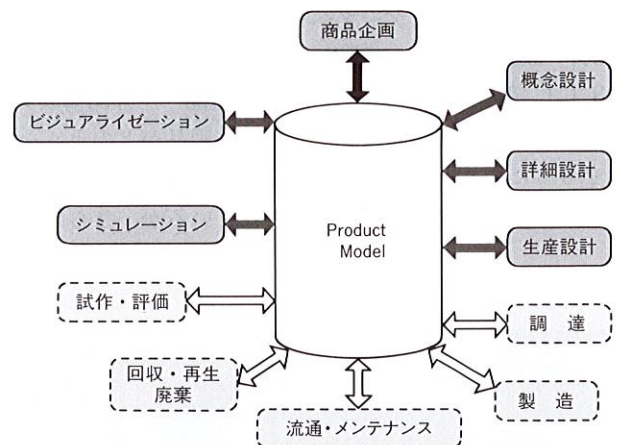


図 1. ファインメカ統合設計システム Product Model に、設計プロセスの進捗(ちやく)に応じ具体化情報が追加され、最終的には製品全体の情報モデルが完成する。

Configuration of integrated design systems for fine mechanisms

段階では要求機能と概念イメージといったコア情報だけであるが、設計プロセスが進むにつれて具体化の情報が追加され、最終的には製造に必要な情報までを含む製品の情報モデルとして完成する。具体的には、Product Model は形状としては三次元 CAD で表現されており、それに加え、部品・アセンブリ情報および設計過程で検討したシミュレーションや試作による評価結果など、製品に関するあらゆる情報を含む統合データベースである。

この設計システムの特長を以下に示す。

- (1) コンカレントエンジニアリングの実現 Product Modelとして情報を共有することにより、概念設計を進めながら同時に製造性の検討を行うとか、機械設計と電気設計を協調して行うとか、各種の専門家が同時参加型で設計を進めることができる。
- (2) ビジュアライゼーションによる設計検証 三次元モデルと機構シミュレーションを組み合わせ、可視化することにより部品間の干渉、機構部品の動作などを検証することができる。
- (3) シミュレーションによる機能検証 三次元モデルと構造・振動・伝熱・流体解析のような汎(はん)用的なCAE (Computer Aided Engineering) ツールを接続し、各種シミュレーションを行うことができる。

以下、このシステムの中核であるProduct Modelのデータベースとビジュアライゼーションについて述べる。

3 Product Modelのデータベース技術

Product Modelのデータベースに必要とされる機能は、設計中のデータ管理、部品や情報のライブラリ管理、アプリケーションソフトウェアとのインタフェース機能などである。図2に構築したデータベースの画面を示す。

3.1 設計中のデータ管理

3.1.1 部品構成ツリー管理／編集機能 部品構成ツリーは、一つの設計知識表現、すなわち製品がどのような機能をもったユニット／アセンブリから構成され、各アセンブリがどのような部品から構成されているか、さらに部品

間の接続情報や組立てに関する情報などを表現している。Product Modelの構築にあたっては、概念設計から詳細設計へと流れるトップダウン型、すなわちアセンブリ・セントリックな設計を行うことになるため部品構成ツリーは不可欠である。

部品構成ツリー管理／編集機能は、文字どおり部品構成ツリーを編集(ノードの追加、削除、コピー、ペーストなど)する機能である。このシステムでは、三次元CADシステム側にも構成ツリーを取り扱う機能があり、双方向のインタフェースを介して両者のダイナミックな連携を取る機能を開発した。

3.1.2 進捗管理 各設計者の進捗(ステータス)を構成ツリー上で管理する機能である。具体的には構成ツリーの各ノードに設計フローに対応したステータス(基本設計、詳細設計、図面化、設計変更など)を管理する機能である。設計や製造などをはじめとするすべての技術者、管理者にとって非常に重要である。

3.2 ライブラリ管理

3.2.1 部品ライブラリ 階層的に構成された部品とその属性(含むパラメータ)を管理する。例えばテンプレートを用意し、パラメータに値を代入すれば形状が生成されるようなイメージである。これらはその製品部門に特有な部品であり、購入品や規格品などは工場レベルや全社レベルのデータベース、もしくは部品メーカーから提供されると考えられる。もちろんこのような外部データベースとのインタフェースは不可欠である。

3.2.2 機能アセンブリツリーのライブラリ 機能アセンブリツリーとは設計初期段階での部品構成ツリーである。設計終了時点では文字どおりの部品構成となるが、設計初期段階では部品ではなく製品を構成する機能ユニット、例えばメディアの取出し部、搬送部、検査部などで構成されるツリーである。製品部門特有の機能アセンブリツリーもデータベースで管理する。3.1.1項で述べた部品構成ツリーの編集機能を充実させることにより同様の機能を実現する。

3.3 アプリケーションとのインタフェース

設計者は、データベースから必要なデータを取り出して他の設計者との接続部分との調整設計やシミュレーションなどのアプリケーションを利用する。したがって、データベース側にはデータの切出し機能が必要である。

このシステムでは、設計者が必要とする部分を、ある立方体領域で切り出したり、メディア搬送などのユニットやアセンブリ単位で切り出すことができる。

このデータには部品群の形状だけではなく、部品の機能、例えば機構解析を行う場合、機構要素としての機能(回転や並進など)や接続のしかたや順番といったデータも含まれる。

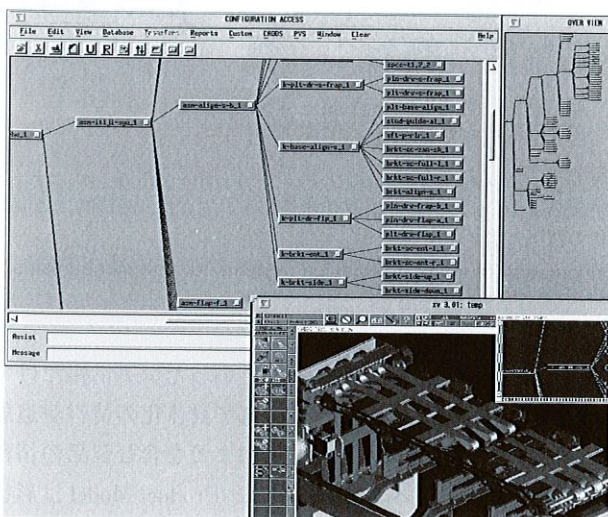


図2. Product Model設計データベースの構築事例 部品の構成をツリーで示し、カットとペースト機能で過去の設計の流用が可能となる。

Example of product model database

4 ビジュアライゼーション技術

設計者は設計を進め、試作を行い、試作機で機構動作などの評価を行う。ビジュアライゼーション技術は、図3に示すように、三次元モデルと機構シミュレーションを組み合わせ、機構部品の動きの可視化および調整、部品間の干渉、部品配置やスペースの検討など、試作機での評価と同様な検証をコンピュータ上で実現する技術である。以下にビジュアライゼーション技術を述べる。

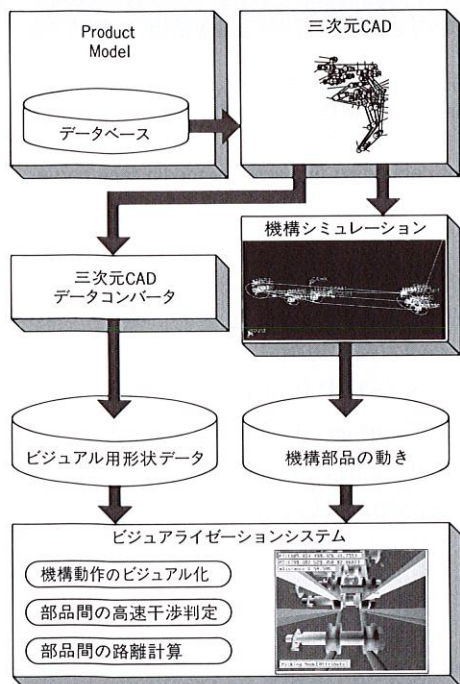


図3. ビジュアライゼーションシステムの構成 Product Modelから三次元CADモデルを切り出し、形状データと機構シミュレーション結果で機構動作を可視化する。

Configuration of visualization systems

4.1 基本的な考えかた

機構設計では、数多くの部品配置と動作の検討を行う。従来の機械図面と設計者の“経験と勘”での作業から、設計の効率向上を旨として三次元CADモデルと機構シミュレーションが徐々に利用されてきた。ところが、現実には次のような課題があった。

- (1) 部品点数が多くなった場合のパフォーマンス悪化
- (2) 設計者にとって満足いく操作方法が実現されていない。
- (3) 機構シミュレーションにはモデル化に専門知識が必要

ビジュアライゼーションは設計者が設計レビューで頻繁に使う設計ツールであり、これらの課題を解決することを

第一に考えなければならない。

4.2 高速可視化の実現

可視化機能は、設計者に三次元モデルで見たい部分を確実かつ速く見せることがポイントとなる。そのためには表示パフォーマンス向上のしかけが必要である。データアクセスなどの手間を大幅に省くポリゴンデータのデータ構造と、高性能な表示パフォーマンスをもつグラフィックスワークステーションの利用が効果的である。また、ポリゴンデータは設計者が使用している三次元CADシステムから簡単かつ確実にデータ変換できなければならない。図4のベルト搬送機械の機構動作可視化では、外観だけではなく設計者がもっとも注意を払う搬送経路を可視化できる。

4.3 設計レビュー機能の開発

設計レビュー機能は部品間の干渉判定と距離計算で、設計者が満足できる操作方法とパフォーマンスを実現することが重要である。例えば距離計算では三次元モデルの面や頂点間の距離を幾何学的に計算するのではなく、画面上でマウスで指定したピクセル値とZバッファ値から点の座標を求めて、その間の距離を計算する。この方法であれば三次元モデルのデータ量によらず高速に距離が計算できる。干渉判定ではグラフィックスワークステーションのハードウェア機能利用や三次元モデルの形状特徴を考えた近似化、領域指定、「干渉を発見した設計者が次に何をしたいのか？」を前提とした結果出力などで計算量を減らすくふうが必要である。図5に示した干渉判定計算の場合、ポリゴン形状で6分、近似形状では1分で結果が表示される。干渉判定結果と距離計算の組合せにより、設計者は部品移動の距離や方向を知ることができる。

4.4 タイムチャートによるファームウェア検証

ビジュアライゼーション技術は単に機構設計レビューだけではなく、機構動作の制御ロジックであるファームウェアのデバッグにも応用できる。現状、ファームウェア設計は試作機の完成を待たないと動作確認ができず、製品開発効率化の大きな障害となっている。現状のファームウェア設計で使用しているタイムチャートには、時刻ごとにモータやソレノイドなどの駆動源のON/OFF、機構動作の状態を示すセンサ信号、機構動作の手順が記述されている。このタイムチャートでの確認調整を、機構シミュレーションで必要なモータやソレノイドなどの駆動源の動作の変更に利用できる。タイムチャートを画面上でマウスにより作成/修正したデータを駆動源の動作関数に変換して、機構シミュレーション入力データに組み込む。専門知識がなくても機構シミュレーションを行うことができる。ビジュアライゼーションによって機構動作を可視化し、ファームウェアのデバッグに利用できる。図6に示したメディアにテープを巻き付ける装置のファームウェア設計者はメディア搬送テーブル、支持アーム、テープ巻き付けアームの動きがタ

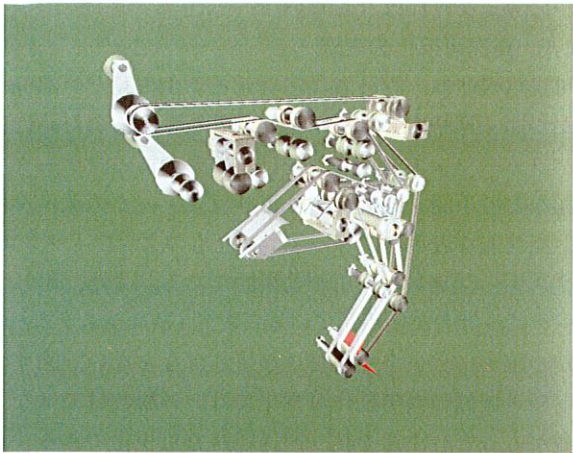


図4. ベルト搬送機械の機構動作可視化 三次元CADシステムから250個の部品を数分でデータ変換し、メディアがベルト搬送される動作を示した。

Visualization of action of belt transmission mechanism

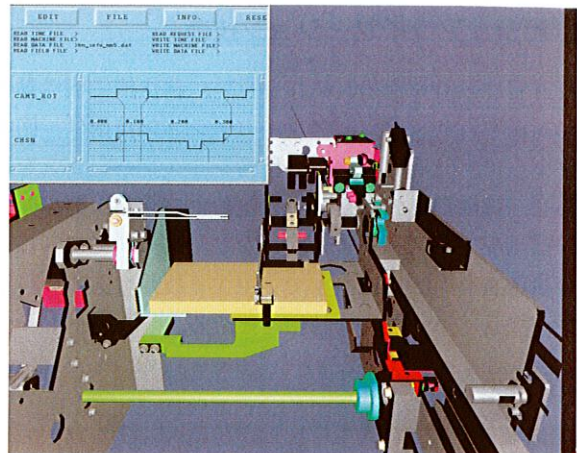


図6. メディア搬送装置のファームウェア設計への適用 タイムチャート画面により機械動作の調整を確認しながらファームウェアのデバッグを行うことができる。

Example of debugging firmware for media tape carrier mechanism

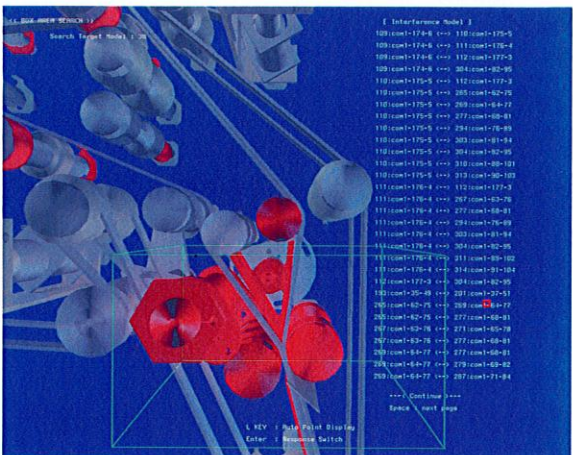


図5. 領域指定による干渉判定機能の結果表示 枠の中にある部品間に対して干渉判定計算を実施し、干渉している部品だけを赤色で表示した。

Results of interference check in defined area

イメージ良く干渉せずに動作することにポイントをおく。ファームウェアもタイムチャート機能により試作機完成前にデバッグを進め、開発期間の短縮が実現できる。

5 あとがき

ここでは、開発・設計段階における Product Model の利用について述べた。

今後は、次の各項を通じた統合システムへの拡張をみます。

- (1) Product Model を製造 (CAM: Computer Aided Manu-

facturing) とつなぐことにより、設計から製造のリードタイムの大幅な短縮。

- (2) CALS/STEP (Commerce At Light Speed/STandard for the Exchange of Product model data) へ対応することにより、調達、生産のグローバル化の実現。
- (3) 製品企画から流通・メンテナンス、リサイクル・廃棄までを通じた Product Model の利用。

文献

- (1) N. Narikawa, et. al: A Virtual Engineering System for Electromechanical Products, Design Engineering Technical Conferences, pp.703-710 (1995)
- (2) 藤沼知久, 他: 機構設計レビュー・システムの開発, 第5回設計工学システム部門講演会論文集, (1995)
- (3) 藤沼知久, 他: タイムチャート入出力による機構設計レビューに関する研究, 1995年度精密工学会秋期大会学術講演会講演論文集, pp.23-24 (1995)



山本 節雄 Setsuo Yamamoto

研究開発センター技術管理担当グループ長。
構造解析の研究開発に従事後現職。日本機械学会会員。
Research & Development Center



成川 昇 Noboru Narikawa

研究開発センター機械エネルギー研究所研究主務。
CAEの研究開発に従事。日本機械学会会員。
Energy & Mechanical Research Labs.



藤沼 知久 Tomohisa Fujinuma

研究開発センター機械エネルギー研究所研究主務。
CAEの研究開発に従事。精密工学会会員。
Energy & Mechanical Research Labs.