

特集 「Intelligent Manufacturing Systems: IMS」

統合的設計支援システムのための モデリング環境

Modeling-Environment for Integrated Design Support through Product Life Cycle

木村 文彦
Fumihiko Kimura

東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻
Department of Precision Machinery Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo.
kimura@cim.pe.u-tokyo.ac.jp

高田 祥三
Shozo Takata

早稲田大学理工学部経営システム工学科
Department of Industrial and Management Systems Engineering, School of Science and Engineering, Waseda University.
takata@waseda.ac.jp

平岡 弘之
Hiroyuki Hiraoka

中央大学理工学部精密機械工学科
Department of Precision Mechanics, Faculty of Science and Engineering, Chuo University.
hiraoka@mechgate.mach.chuo-u.ac.jp

小林 繁
Shigeru Kobayashi

トヨタ自動車（株）コーポレート IT 部
IT Supporting Division, Toyota Motor Corporation.
kobayashi@mail.toyota.co.jp

岡本 政弘
Masahiro Okamoto

豊田工機（株）研究開発センター
Technical R&D Center, Toyoda Machine Works Limited.
m.okamoto@leo.toyoda-kouki.co.jp

川島 幸司
Koji Kawashima

三井造船（株）鉄構・物流事業本部物流エンジニアリング部
Logistics Systems Engineering Dept., Mitsui Engineering & Shipbuilding Co., Ltd.
kkawashi@mes.co.jp

大林 陽一郎
Yoichiro Ohbayashi

（株）リコー研究開発本部環境技術研究所
Research and Development Group, Environmental Technology R&D Center, Ricoh Co., Ltd.
y-ohba@rdc.ricoh.co.jp

Keywords: product lifecycle, product modeling, product design, simulation.

1. はじめに

21世紀の製造業にとって大きな課題の一つに地球環境との調和がある。省資源・省エネルギー・環境汚染減少が重要なテーマとなっており、循環型生産への転換の必要性が指摘されている。このような課題に対応するためには、製品の開発から廃棄・再利用までの製品の全ライフサイクルの管理が必要であり、特に、製品開発の初期段階において製品ライフサイクル全体を十分に検討することが重要である。そのためには、これらの検討が、計算機支援で行えるようにすることが必要である。

しかし、現在、計算機によるシミュレーションは、主に部品の摩耗や劣化がまだ起こっていない新品の状態、設計時の意図どおりの機能が確保されているかどうかの検証や、性能の予測をすることに用いられている。これは、現在のモデリング技術が未熟であることに起因

している。製品ライフサイクルのシミュレーションに必要なモデルは、機能的に抽象的なモデルであったり詳細な構造モデルであったりする。また、新品状態から劣化を経て改修を受けるなど、時間的に変化していく。このような製品の時間的な変化に対応できるモデリング技術は実現されていない。そのため、製品ライフサイクル全体を考えた製品開発をするうえで重要な基礎技術、例えば、製品使用による製品の劣化の評価などが、ほとんど開発されていない。また、製品の利用方式に適合した製品ライフサイクルの設計をすることや、製品ライフサイクルの管理方式を計画することなどを製品開発の初期段階で検討することも困難である。

長期の製品ライフサイクルを予測しそのライフサイクルに適した製品開発をするために、上記問題点解決の技術開発をすることは、必須であり、有効性が高い。このような問題意識のもとで、本研究では、図1に示すような、製品ライフサイクルのさまざまな段階での設計課題

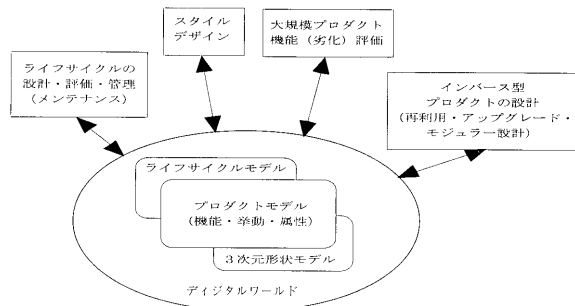


図1 製品ライフサイクルにおける設計課題

を取りあげ、それらに必要なライフサイクルのモデリングとその応用を具体的に検討した。

2. ライフサイクルデザインのためのモデリング

製品のライフサイクルを設計し、その運用を管理する手法について一般的に考える。従来の製品設計は、主に製品機能と生産性に着目していたため、技術範囲も比較的明確で考慮すべき期間も短期間であったが、全ライフサイクルを考慮すると、対象となる期間は長期間にわたり、また、従来技術分析の対象となっていなかった分野も含まれて複雑である。例えば、製品流通での製品損傷、機能アップグレードなどを含む高度なサービス提供としてのメンテナンス、廃棄製品の回収・補修・再利用・リサイクル・廃棄処理、などさまざまである。以下では、計算機支援によるシミュレーションを主要な武器とし、製品ライフサイクルモデリングを基礎として種々の製品やライフサイクルの特性を評価し、人が主体となってシミュレーション評価値を判断し、設計を進めていく手法を考える。

製品の利用様式と製品ライフサイクルの情報をもとにすれば、製品やそのライフサイクルについて以下のような設計の手順が考えられる。

- (1) 要求される製品利用様式に対応して、適切な製品ライフサイクルを企画する。

製品の利用様式と製品の全ライフサイクルの対応関係は単純ではない。直感的な判断は巨視的に見て間違っていることが往々にしてある。各種のオプションを組み合わせで妥当そうな製品ライフサイクルを企画する。

- (2) 巨視的な製品ライフサイクルシミュレーションを行い、製品利用様式の影響を取り入れて、環境負荷などの評価を行う。

利用者要求を前提としながら、製品利用様式と製品ライフサイクルとのさまざまな組合せを網羅的に計算機シミュレーションにより評価して、最適な組合せを抽出する。

- (3) 想定された製品ライフサイクルのもとで、効率的に管理できるような製品を設計し、より詳細なライフサイクル評価を行う。

利用様式に適合するように製品の基本構造を設計し、製品ライフサイクル評価の精度を向上させていく。例えば、プリンタのトナーカートリッジにおいて、感光体を一体化するかしないか、などの判断は、製品の全ライフサイクルを評価しなければ決められないはずである。場合によっては、トナー交換を前提としない「使い捨て」型のプリンタも妥当性があるかもしれない。

- (4) 利用状態における製品ライフサイクル管理のシミュレーションを行い、利用様式との適合性を確認する。

通常のアクティブな製品（運用時にエネルギーや資源を消費する製品）は、運用時の環境負荷のほうが製造時より大きい。したがって、適切な運用管理（広義のメンテナンス）は重要である。全ライフサイクル設計の立場からは、想定されるメンテナンス活動のシミュレーションを行って予測評価を行うとともに、実際の運用時のために事前メンテナンスを計画し、運用を支援する。

上記の設計を一巡するとライフサイクルと製品の具体度が上がり、評価値の精度が向上する。満足できる環境負荷評価が得られるまで上記の手順を繰り返し実行する。

これらを従来の人中心の設計のやり方のみで実行することは困難である。通常的设计作業においては、業務に追われ、長期的なライフサイクル評価などをしていない暇がない。人の作業の背後で必要なシミュレーションを実行して、粗くても一定の確度で評価を提供する計算機支援の方式が必須であり、そのための全ライフサイクルを通じた製品やそのライフサイクルのモデリング技術を追求する必要がある。これは、図1に示すように、従来からCAD/CAMなどで研究されてきたプロダクトモデリングの自然な拡張となっている。その中核は、長期にわたる製品の機能や挙動を予測できるプロダクトモデルであり、以下のようなモデリング機能が要求される。

- 製品の全ライフサイクルを対象とすると、次々と新しい状況が発生し、新しいモデルが必要となり、開いたモデリング環境が必須である。このような環境では、あらかじめ整合的な統合モデルを用意しておくことができず、さまざまなモデルを柔軟に連携させるしくみが必要となる。
- 製品が発揮する機能（意匠性なども含む）と形状などに代表される詳細な製品属性を、物理的制約などにより関係付け、ライフサイクルを通じて統合的に管理できることは重要である。
- 計算機内の仮想世界と実世界には常に食い違いがある。公差を拡張した食い違い管理機構を考え、計算機内モデルを迅速に実体化できる機能と合わせて、仮想世界と実世界の連携を強めることが望まれる。
- 全ライフサイクルにわたり製品機能を保証するためには、一般的な物理モデルなどを基礎として想定

外挙動を検出できることが望まれる。一例として、製品の使用による劣化変化を表現できることは重要である。

- 上記のようなモデルをまとめて、機能・挙動・構造の各モデル、あるいは原子的なモデルから複合的なモデルまで、ライフサイクル活動に現れるさまざまなエンジニアリング概念を体系化し、エンジニアリング知識のデータベースを構築していくことは有用である。

このような課題はよく知られているが、統一的な解決は容易でない。汎用的なモデル構築の技術を明確にすることを目指して、上記のような個別的なライフサイクルモデリングへの要求を具体化し、個別応用に対するモデリングを実現して、ライフサイクルのさまざまな段階における設計や解析の事例研究を行った。それらの結果の一部を、以下の各章に記述する。

3. ライフサイクル管理のための機能モデリング

前章のライフサイクル設計手順(3)で重要となる信頼性設計の実用的な基本手法として、FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) を計算機支援する手法を開発している。FMEA をきちんと実施することは非常に多くの工数を必要として、通常の製品設計の工程へ組み込むことは困難であり、計算機支援手法の実現が求められている。計算機支援 FMEA の実施手順を以下のように考えた。

- ① 製品設計によるプロダクトモデルをもとに、製品要素間の機能依存性あるいは故障依存性を表現する信頼性ダイヤグラムを生成する。
- ② あらかじめ知られた機能要素やその組合せに対する故障モードを信頼性ダイヤグラムに適用して要素間の故障挙動伝播を調べ、対象製品の機能挙動を解析する。
- ③ 発現する機能挙動を製品機能損傷の観点から評価し、故障要素やその組合せが製品に与える影響を評価する。

製品記述のプロダクトモデリングのために、属性や拘束を手続き的に記述できるように拡張されたフィーチャ記述を導入した。故障挙動解析はこのフィーチャに基づいて行う。統計データや数理モデルなどさまざまな表現の故障状況に対応できる。上記の手法を情報機器や音響機器などのメカトロニクス製品に適用し評価している。

ここで導入したフィーチャ記述や機能構造の記述方式は、今後、より形式化するとともに、機械系、電気系、電子系、ソフトウェア系などが統合された現代の実用的製品を対象とできるように、要素記述を整備する必要がある。この手法は、製品の全ライフサイクルに対応する機能モデリングに適用でき、ライフサイクルモデリングの重要な要素となる。

4. 実体モデルとの整合

設計段階でのライフサイクル中の製品挙動の予測や、形状などの製品属性のライフサイクルにわたる整合的な管理のためには、製品のデジタルモデルの存在が必須であるが、実世界の実体モデルとの整合性も確保されなければならない。

意匠性の重要な商品では意匠デザインから設計が始まり、デザイナーは実体モデルを形状の最終確認に用いることが多い。このため、図2に示すように実体モデルからデジタルモデルを高速かつ容易に生成できる必要がある。ここでは、① 実体モデルを計測して得られる点群から多面体形状モデルを、そして② 多面体形状モデルから曲面形状モデルを生成する手順をとったが、①では工業製品の意匠形状には極端に複雑な形状がまれであることに着目して処理を簡略化し [Hoppe 92]、②では曲面数式を割り当てる領域決定の操作を容易にすることで曲面数式を求める時間の短縮を行った。

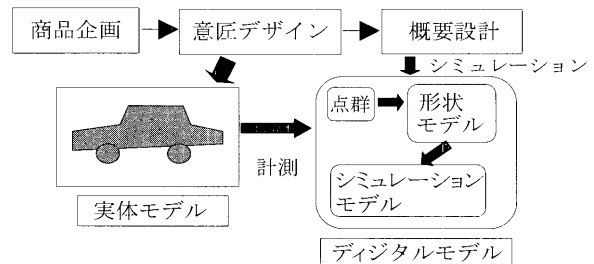


図2 初期製品開発の流れと各種モデル

一方、これとは逆に、製品形状の意匠性などの評価を計算機画面上のみに委ねると、製品開発初期段階での検討が不十分となり、後工程で貴重なリソースの浪費を生じる。特に、複雑形状物では、計算機内の仮想世界と実世界の食い違いの発生を避けることができない。このため、計算機内モデルを迅速に実体化し、利用者が形状などを正確に把握できるしくみが必要である。デジタルモデルを実体化するラピッドプロトタイピング技術としてはいくつかの方法があるが、本研究では有用性の高い樹脂ジェット堆積方式を用いた実体化法を検討している。本方式は、図3に示すように、最小 $13 \mu\text{m}$ で樹脂を堆積できるうえに、一層堆積するごとにカッターで上面を切削するため、高い精度を維持しながら細密なモデル

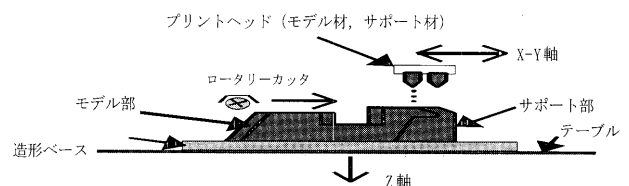


図3 造形プロセス

を造形できる。生成された樹脂モデルはロスト性に優れ、キャストプロセスに活用できる。また成形プロセスはクリーンでオフィス環境でも使用可能である。これまでに、実体化のための基本的な技術を習得し、実体モデルの迅速な作成へのめどをつけるとともに、開発プロセスでのリソース削減効果を確認した。

製品の属性を変更する際に設計意図を保持するためには、設計者の意図を反映した制約をモデルに対して課することができる必要がある。上記のデジタルモデルの生成では試行錯誤なしに意匠デザイナーの意図を曲面形状モデルに反映させる手法として、デザイナーの意図の表現の一つであるハイライトライン（複数の平行直線光源が製品形状に映りこんだ像）の形状を維持するために、ハイライトライン形状を制約条件とする曲線梁の弾性変形 [鷺津 81] を用いて、形状の変更を行った。

5. 製品寿命評価のためのモデリング

製品のライフサイクル全般を扱うために必要となる情報の例として、劣化シミュレーションでの劣化モデルと余寿命予測のための保全情報について紹介する。

製品は、使用や時間の経過によりその各部に劣化を生じる。劣化の進行は、挙動の変化となって現れ、多くの場合、故障を引き起こす。製品のライフサイクルを管理するには、運転条件と環境条件に対して、各要素に生じる劣化とその結果現れる挙動の変化との予測が重要となる。しかし、従来の信頼性工学や保全性工学ではこのような技術はまだ十分に検討されていない。本研究では、以下の劣化シミュレーションシステムを開発している。

機構を対象とした劣化シミュレーションの手順を図4に示す [Takata 98]。環境条件、運転条件から機構モデルを用いて、構成要素に作用する負荷を、力、モーメント、相対速度などの形で計算する。その結果を劣化モデルに適用して劣化の進行を評価し、さらに要素の劣化を考慮した機構解析を行うことで機能への影響を評価する。このような技術は、信頼性・保全性設計、運用段階での運転や保全の最適化、使用中止段階でのリユース可否判定など、種々の場面で有効である。

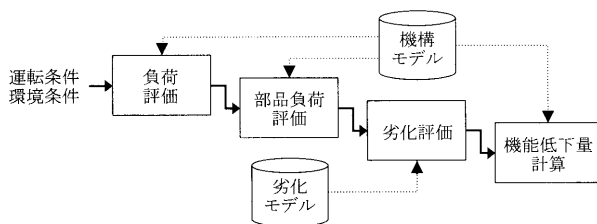


図4 劣化シミュレーションの手順

劣化シミュレーションに必要な劣化モデルとして、歯車の摩耗モデルの開発を行った。歯車の摩耗の進行は、各時点で歯面に加わる負荷とすべり距離、および

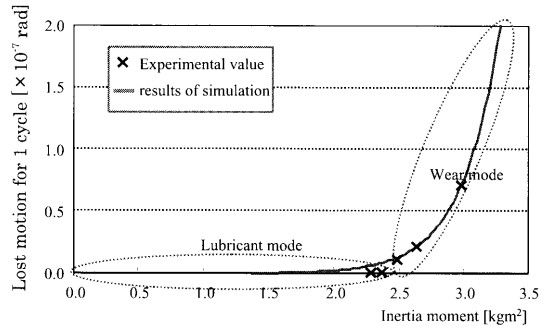


図5 実験による劣化シミュレーションの結果の検証

潤滑状態に依存するが、従来の摩耗モデルは、ほとんどが負荷の変動と潤滑の効果を考えていない。そこで本研究では、グリス潤滑下での歯面の潤滑状態を弾性流体潤滑理論を用いて動的に解析し、潤滑を考慮した歯面摩耗の予測ができるモデルを開発した [山田 01]。また、これを波動歯車に適用し、実験によりその有効性を検証した。図5はその結果の一例である。横軸は、負荷となる試験機の慣性モーメント、縦軸は、試験機の単位動作当たりの摩耗量をロストモーションで表したものである。実線がシミュレーションによる予測値、プロット点は実験値を示す。負荷が大きくなると急激に摩耗量が大きくなる傾向が、実験値と予測値とでよく一致している。

ライフサイクル管理に必要な情報は多様な形態で存在するため、それらを適切にモデルへ取り込む技術も重要となる。次に示す余寿命予測は、その例である。

循環型社会実現のためには、回収した製品・部品の再利用が一つの大きな課題である。再利用には、回収・選別段階で、使用量・外観検査などをもとに部品個々の再利用判定を行う。このため、部品が後何年使えるかを示す余寿命を予測する技術が必要である。

物理寿命を対象とすると、部品寿命から回収時の使用量を引いた余寿命を知るには、市場での部品寿命の実力値を知ることが必要となる。複写機のように保守しつつ使う製品の場合、市場での保守情報が蓄積されており、その既存のデータを使えば、新たな情報収集なしに統計的に寿命を予測できると考えた。

保守情報には、交換部品、交換日、交換時の使用量（コピー枚数）、交換理由（保全交換・故障交換）などが

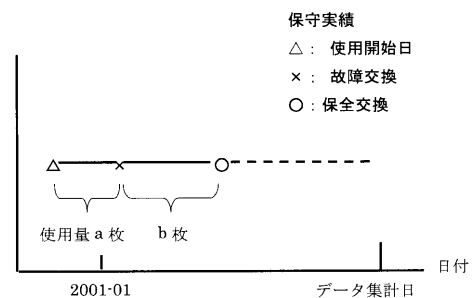


図6 機器1台の部品Aについての保守情報例

記録されている。ある機器 1 台の特定の部品 A についての例を図 6 に示す。このようなデータを統計処理する場合、機器それぞれの使用開始日は任意であるが、データ集計日を同一にすることでランダム打切りの不完全データとして累積ハザード法により故障分布が推定できるモデルとなる。しかし、既存データでは図中の点線部分の使用量が不明である。そこで、保守情報に含まれるコピー枚数と使用日数の相関を機器ごとに調べたところ、90%以上の機器が相関係数 0.9 以上となり、直線近似で予測できることがわかった。累積ハザード法で当てはめる寿命分布として各種の分布の当てはまりの良さを比較し、最も良く当てはまったワイブル分布で予測した寿命分布を図 7 に示す。

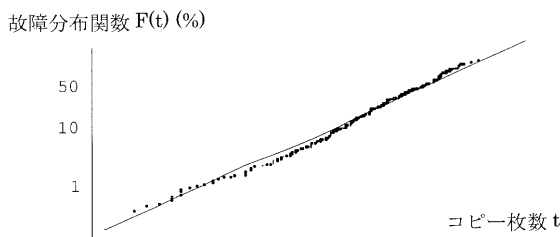


図 7 寿命分布の予測例

6. 多様なモデルの連携支援

2章で述べたように、長期にわたる製品の機能や挙動を扱う場合、次々に生じる新しい状況にも対応できる統合モデルをあらかじめ用意することはできず、新しいモデルや従来使われているレガシーモデルに対応するためにはモデル間の連携によらざるを得ない。モデル間の情報の交換・共有を実現するためには、製品モデルどうしが正しく対応付けされることが前提となる。製品モデルの交換・共有のための国際規格 STEP [STEP 94] は、応用分野ごとの製品モデルを提供しているが、その開発の過程で生じる応用分野モデルと汎用モデルの間の対応付けの手法は、任意の製品モデル間でも有効と考えられる。しかし、翻案と呼ばれるこの製品モデル対応付け作業は

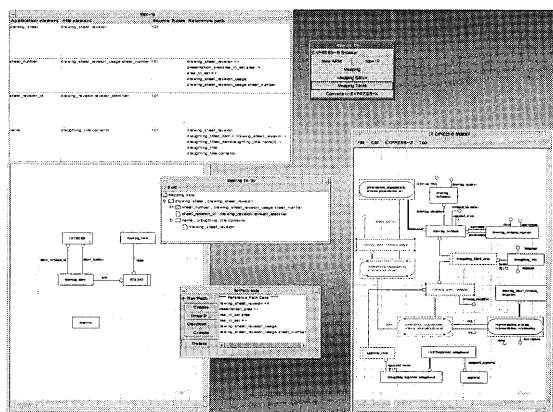


図 8 マッピングツールの実行画面

煩雑な作業であり、コンピュータによる有効な支援が必要である。このような観点から以下の研究を行った。

図 8 は、この目的で開発した二つのモデル間の対応関係をグラフィカルに指示できるマッピングツールである [Hiraoka 00]。モデルは STEP 規格の形式仕様記述言語 EXPRESS の図式表現法 EXPRESS-G を用いて表現する。ユーザが図の左右のウィンドウに表示されているモデルを対応付けると、その結果は対応関係モデルに保存され、図上部のウィンドウに示すような表形式で出力される。

STEP 規格の開発団体は、二つの製品モデル間のデータ変換を記述する言語 EXPRESS-X を開発している。モデル間の変換方法が EXPRESS-X で記述されていれば、それらのモデルに基づく STEP データの変換システムを生成できる。すでにこのしくみで変換システムを自動生成するソフトウェアが市販されている。このプロセスを支援するために、マッピングツールで生成した対応関係情報から EXPRESS-X の記述を生成することを試みた。限られた範囲ではあるが、マッピングツールから EXPRESS-X 記述を生成することができた。

7. エンジニアリング知識のモデリング

これまで見てきたように、ライフサイクルにわたる製品のモデルとそのモデリング技術は多岐にわたる。製品とそのライフサイクルの設計と管理のためには、これらの技術知識を生成、蓄積、再利用できることがますます重要になる。このような観点から本研究では計算機環境における知識化の検討を行っており、射出成形プロセスの物流シミュレーションを事例として取り上げた。

本事例の物流シミュレーション環境は、いわゆる待ち行列、確率論的アプローチとは異なり、物理モデルによるものである。この物理モデルは、実際の機械と一对一の形状、機能、挙動、性能をもつ仮想機械 (Virtual Machine) である。本シミュレーションは、成形品をハンドリングするロボットと射出成形機による一連の成形プロセスを実行するシミュレータとして構築され、最適化されている。この事例は、射出成形に関わる機能、プロセス、制御データのすべてのパラメータ操作が可能で

最適な「機器+プロセス+データ」を「知識」として蓄積、再利用する

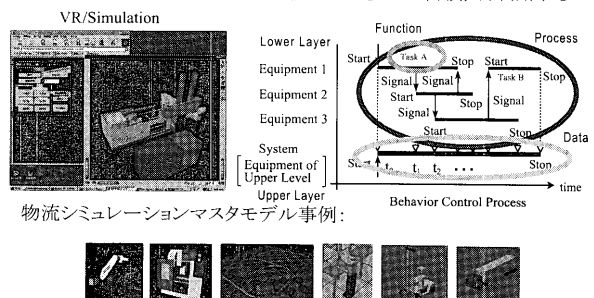


図 9 物流シミュレーションマスタモデル

あるため、射出成形に関わる知識のマスタモデルとなる。マスタモデル事例を図9に示す。

このシミュレーション環境事例ベースは、製品ライフサイクルにおけるエンジニアリングの知識化モデルとして構成される。「単位となる要素を自律した機能、挙動、構造をもつ知識化部品とすること」を基本とし、知識を単位知識要素の階層的な構造とそれらの集まりの連鎖で、またエンジニアリング活動を単位知識要素の時系列の連携として捉えることで一般化した。このような知的な環境を計算機内に構築、蓄積、再利用できれば、試行錯誤による新たな知識獲得が可能になり、エンジニアリング知識として人を支援できる。

このシミュレーション環境により、いわゆる複雑系のシミュレーションが可能であることが示された。この事例を図10に示す。事例は、コンテナターミナル物流を対象とした1000を超える荷役機器の流動のシミュレーションである。全体系で人が操作可能な全パラメータ数は1万を超え、その組合せは天文学的であるが、各機器(マスタモデル)がもつ複数の自律的挙動を發揮する機能の実行指令制御により、複雑系の筋書きのない全体挙動、パラメータ操作による新たな時々刻々の流動を把握できる。

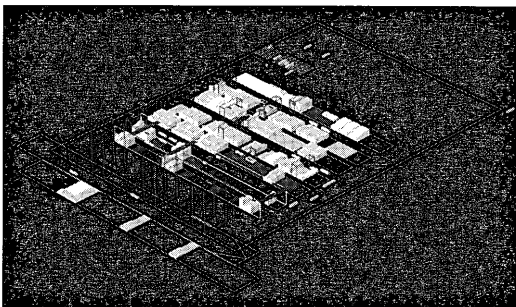


図10 複雑系のシミュレーション事例

さらに、Webにおける製品ライフサイクルに関するグローバル情報化基盤、知識の統合的活用に向け、そこでの知識情報を取り扱う環境としてSTEPやSemantic Web/RDFも検討している。Semantic Webの枠組みは、すでにルールベース、事例ベースの知識の蓄積と利用への適用が検討されるようになってきている[川島01]。

8. おわりに

製品の全ライフサイクルを合理的に設計することを目指して、ライフサイクルにおける重要な設計課題を追求し、計算機支援の方法と基礎となるプロダクトモデリングの手法を考えてきた。モデリングに対する要件は多様かつ複雑であり、AIを含めさまざまな情報技術の活用が期待される。地球環境の持続性に配慮した生産の重要性はよく認識されるようになってきたが、生産を取り巻く状況は複雑になっており、環境指標を重視して生産を

最適化することは困難な課題である。体系的なライフサイクルモデリングと計算機支援の設計方法論の確立が望まれている。なお、本研究はIMS国際共同研究助成事業の一つであり、「製品のライフサイクルを考慮した統合的デザイン支援のためのモデリング環境の研究」としてIMSセンターおよび新エネルギー産業技術開発機構より助成金を受けて行われている。ここに謝意を表する。

◇ 参考文献 ◇

- [STEP 94] ISO10303: Industrial automation systems and integration-Product data representation and exchange (1994)
 [Hiraoka 00] H. Hiraoka and T. Tanaka: Graphical support for interpretation in STEP AP development, Product Data Technology Days 2000, pp. 89-95 (2000)
 [Takata 98] S. Takata, A. Yamada, T. Kohda and H. Asama: Life cycle simulation applied to a robot manipulator — An Example of aging simulation of manufacturing facilities —, Annals of the CIRP, Vol. 47/1, pp. 397-400 (1998)
 [山田 01] 山田篤史, 高田祥三: 設備ライフサイクルシミュレーションに基づく産業用ロボットの関節歯車の摩耗予測システム, 精密工学会誌, Vol. 67, No. 12, pp. 2010-2015 (2001)
 [Hoppe 92] H. Hoppe, T. DeRose, T. Duchamp, J. McDonald and W. Stuetzle: Surface reconstruction from unorganized points, SIGGRAPH1992, pp. 71-87 (1992)
 [鷲津 81] 鷲津久一郎 ほか: 有限要素ハンドブック I, pp. 231-233 (1981)
 [川島 01] 川島幸司: 製品ライフサイクルの統合的デザイン支援環境に向けた知識化モデル 平成13年度IMS成果報告会論文集, pp. 57-69 (2001)

2002年12月4日 受理

著者紹介



木村 文彦

1974年東京大学大学院博士課程修了。同年電子技術総合研究所パターン情報部入所。1979年より東京大学工学部精密機械工学科助教授。1987年より同教授。1995年より大学院工学系研究科精密機械工学専攻教授。生産システム工学、CAD/CAM、インパースマニファクチャリング、コンピュータグラフィックス、形状モデリングなどの研究に従事。IFIP TC5日本代表、WG5.2-5.3委員、CIRP正会員、日本機械学会フェロー、精密工学会などの会員。



高田 祥三

1972年東京大学工学部精密機械工学科卒業。1978年同大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。東洋大学工学部講師、助教授、大阪大学工学部助教授を経て、1992年より早稲田大学理工学部教授。循環型生産のためのライフサイクルエンジニアリング、設備ライフサイクルメンテナンスなどの研究に従事。精密工学会、日本機械学会、CIRP、ASMEなどの各会員。



平岡 弘之

1983年東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了。工学博士。同年同大学工学部助手。1988年中央大学理工学部精密機械工学科助教授。1995年同教授。コンピュータによる設計・生産支援、製品のライフサイクル管理の支援、プロダクトモデルの利用、STEP規格の開発支援などについて研究している。精密工学会、日本機械学会、情報処理学会、IEEE、ACMなどの各会員。



小林 繁

1972年東北大学機械工学第2専攻修士課程修了。同年トヨタ自動車工業(株)に入社。CADシステムの研究開発に従事。現在、トヨタ自動車(株)コーポレートIT部主査。形状処理技術開発に従事。



岡本 政弘

1966年静岡大学工学部精密工学科卒業。同年豊田工機(株)に入社。現在研究開発センターに所属。主査。工作機械の研究開発に従事。



川島 幸司

1974年東京工業大学工学部機械工学科卒業。1976年同大学院理工学研究科修士課程修了(機械工学専攻)。同年三井造船(株)入社。CAD/CAM/CAE/CIMに従事。現在、鉄構・物流事業本部物流エンジニアリング部主管。物流シミュレータ開発、Web情報共有技術を研究。



大林 陽一郎

1989年電気通信大学電気通信学部機械工学第二学科卒業。同年(株)リコー入社。プロダクトモデル、Web技術による設計情報システムに従事。現在、環境技術研究所所属。製品リサイクルのための計算機支援技術研究に従事。IMS研究において製品・部品循環のための生産・情報モデルを研究。