

設計支援のための統合モデリング環境の研究 プラグブル・メタモデル機構の提案

A Study on an Integrated Modeling Environment for Design A Proposal of the Pluggable Metamodel Mechanism

吉岡 真治*¹ 富山 哲男*²
Masaharu YOSHIOKA Tetsuo TOMIYAMA

- * 1 学術情報センター研究開発部
Research and Development Department, National Center for Science Information Systems
- * 2 東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻
Dept. of Precision Machinery Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo

19YY年MM月DD日 受理

Keywords: model integration, CAD, design object modeling, modeling operation

Summary

In this study, we propose a framework of an integrated modeling environment for design. Since a mechanical engineering design process requires various kinds of design object models, such as a geometric model, a kinematic model, and a finite element model, this environment should maintain consistency among these models. Furthermore, commercial design tools are practically used in design processes, and these must be integrated as well. For dealing with multiple design object models, we have formalized a concept called a metamodel. A metamodel is a model which represents relationships among concepts used in various design object models. This paper proposes a framework of the pluggable metamodel mechanism that allows to plug in existing design tools, to support a modeling on it, and to maintain consistency among them. We describe a prototype system and illustrate an example of ball screw design.

1. ま え が き

実際の設計過程において、設計者は設計対象物を様々な観点からモデル化する。例えば、熱の流れを知りたい時には設計対象物を発熱体と伝熱体とみなしてモデル化し、機構学的な動きを考える場合には、設計対象物をリンクやスライダといった機構要素としてモデル化することにより、その振舞いを確認し評価する。一方、この過程で作られる様々な設計対象モデルは、もともと一つの設計対象から作られているので各々独立ではない。そこで、これらの作成された設計対象モデル間の情報の一貫性を管理する枠組が必要になる。

この枠組を実現する手法として、我々はメタモデル機構による設計対象モデルの統合およびモデル生成の支援

を提案している[桐山 91]。また、この枠組を構築するための第一歩として、定性的なモデルの生成とその一貫性を管理するメタモデル機構のプロトタイプシステムの開発および、定量情報を含む設計対象モデルを扱うための拡張を行なった[桐山 95]。

一方、近年の計算機技術の発展ともない、設計過程において利用可能な様々な Computer Aided Engineering (CAE) ツールが作成されている。機械設計を例にとれば、3次元形状を扱うソリッドモデル・熱解析や応力の解析を行なう有限要素解析のシステム・電気回路のシミュレータなど様々な観点から設計対象をモデリングするツール(以降では、設計対象モデラと呼ぶ)が実際に利用されている。しかし、これらの設計対象モデラ間でデータ交換を行なうことは、データ形式の違いなどにより困難であった。この問題に対して、各々独立に開

発された複数の設計対象モデルにおいて表現されているデータをデータ形式の標準を作ることにより統合化を行なう研究としては、IGES(Initial Graphics Exchange Specification) や STEP(STandard for the Exchange of Product model data)([精密 93] など)の研究が行なわれている。

しかし、我々がこの設計対象物をモデル化の過程を分析した結果、設計者は今までに決定した設計対象に関するデータを単純に変換しているだけでなく、評価の程度や観点に応じて設計対象のデータを加工していることがわかった。よって、このデータの加工の過程を含めた形でモデル化を支援するためには、単純なデータ形式の変換だけでは不足である。

そこで、我々は設計対象モデル作成の際のモデル化の過程をメタモデル機構における操作として定式化した[吉岡 95]。本研究では、この定式化をもとにして、プラグブル・メタモデル機構と呼ぶ複数の既存の設計対象モデルを統合的に利用可能にする統合設計モデリング環境の構築を目標とする。そのために、既存の設計対象モデルをメタモデル機構に組み込むために必要な記述の定式化、および、これらのモデルを統合的に利用する枠組の定式化を行なう。

2. メタモデル機構

2.1 定性モデルを扱うメタモデル機構

設計対象モデルとは、設計対象を決められた観点(アスペクト)から表現されたモデルであり、そのモデルの中には設計対象を表す概念や概念間の関係が表現される。また、設計過程においては、必要に応じて様々な観点から設計対象をモデル化する。メタモデル機構とは、これらの複数の設計対象モデルに表現されている概念およびその関係に加え、異なるモデルで用いられている概念についての関係をネットワークとして表現したモデルであるメタモデル(図1)を用いて、様々な観点からの設計対象モデルの作成を支援し、作成された設計対象モデル間の一貫性を管理する機構である。このメタモデル機構において、一つの観点(アスペクト)を設定することにより作成された設計対象モデルをアスペクト・モデルと呼ぶ。

我々は、このメタモデル機構のプロトタイプシステムとして、定性プロセス理論[Forbus84]に基づくメタモデル機構を作成した[桐山 91]。このメタモデル機構において全ての概念は定性プロセス理論という単一の枠組に基づいて表現されているので、その一貫性は定性プロセス理論の枠組で管理され、アスペクト・モデルの作成は、

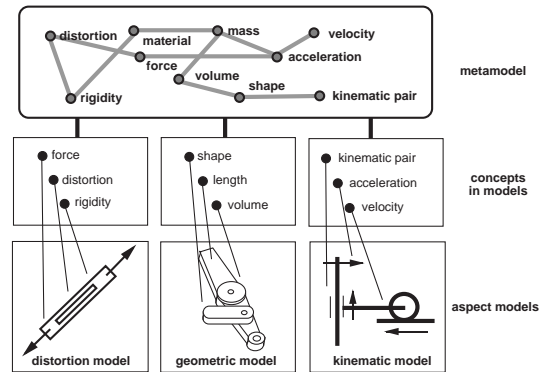


図1 メタモデル機構 [桐山 91]

アスペクト・モデルの作成に必要な概念をメタモデルからフィルタリングすることによって行なわれた。

2.2 設計対象モデル作成過程の定式化

次に、このプロトタイプシステムの枠組をもとに、定量情報を含む設計対象モデルを扱うように拡張した[桐山 95]。以下では、この定量情報を扱うアスペクト・モデルを定量アスペクト・モデルと呼び、先に述べた定性プロセス理論に基づいて表現されるアスペクト・モデルを定性アスペクト・モデルと呼ぶ。また、以降では、モデルという言葉を、このようなアスペクト・モデルを作成する設計対象モデルの意味で用いる。このメタモデル機構では、定量アスペクト・モデルで用いる定量情報と定性アスペクト・モデルで用いる概念との対応関係を記述することにより、定性アスペクト・モデルと定量アスペクト・モデルを統合的に管理する。また、定量アスペクト・モデルで用いる定量情報を交換する際には、どの値をどの定量アスペクト・モデルに問い合わせればいいのかといった情報(例えば、はりの長さを計算するための幾何形状に関する定量情報はソリッドモデルから獲得する)や、概念間の変換の方法(例えば、はりの長さの情報をソリッドのデータから求める)が必要になる。このメタモデル機構では、各モデル間で行なう全ての情報交換についての情報をメタモデル機構自体に記述することにより定量アスペクト・モデル間の関係を管理している。

また、外部モデルとして定量情報を含む設計対象モデルを接続し、定量アスペクト・モデルを作成するためには、定性アスペクト・モデルと同様な関連する概念を選択する支援の他に、「計算コストを考慮したモデルの簡略化」といった設計者がモデリングの際に行なう操作(図2)を扱わなければならない。そこで、我々は設計者

が定量情報を用いた設計対象モデルを構築する際の操作を分析し、これらの操作を次に述べるように定式化した[吉岡 95].

- モデルの抽象化(図2(a))
設計対象にそのアスペクト・モデルに固有の見方を付加する操作(例:材料力学のモデルにおいて、軸をはりとみなす)
- モデルの簡略化(図2(b))
アスペクト・モデルを作成する際に、計算コストなどを考慮し、アスペクト・モデルの情報量を減らす操作(例:棒についている突起の部分が解析に影響しないと判断した場合に突起部を無視.ある物体に、自重と比べて大きな力がかかっている場合に自重を無視)
- モデルの変換(図2(c))
定量アスペクト・モデルを作成する際に、他の定量アスペクト・モデルに表現されている情報を変換する操作(例:座標系の変換や表現形式の変換)

また、これらの操作のうち、モデルの抽象化とモデルの簡略化については、定量アスペクト・モデルの作成の時だけでなく、定性アスペクト・モデルにおいても同様な操作が行なわれると考える。

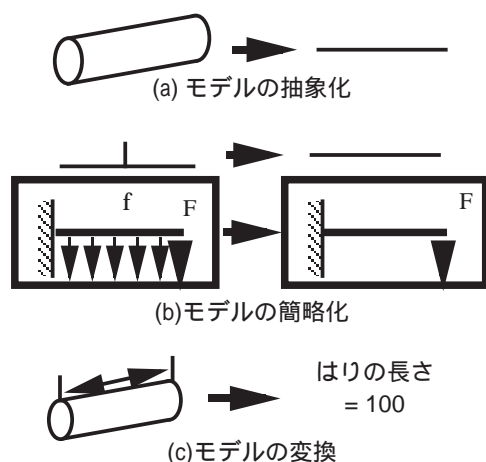


図2 モデル化の操作

また、メタモデルには設計対象に関して、設計者がその時点で考えている全ての概念に関する情報を表現していると考え、このアスペクト・モデル構築の操作を次のようなメタモデルに対する操作として定式化した。

- モデルの抽象化
メタモデルからアスペクト・モデル作成に関連する概念を獲得し、アスペクト・モデルの作成に利用する概念と対応付ける。

- モデルの簡略化
メタモデルから獲得した概念の内、アスペクト・モデルの作成時に考慮する概念を選択する。
- モデルの変換
作成する定量アスペクト・モデルにおいて必要となる定量情報を、他の定量アスペクト・モデルに表現されている情報からメタモデル機構を通して獲得し(必要な情報が存在しない場合は設計者に必要な入力を促し、入力後に獲得し)、そのモデル特有の表現形式に変換する。

3. プラガブル・メタモデル機構の提案

2章で概観した従来のメタモデル機構では、定量アスペクト・モデル間における定量情報の交換時において、どの値をどのモデルに問い合わせれば良いのかといった情報や、概念間の変換の方法などが、接続するモデラ間の1対1の関係で、全てメタモデル機構自体に記述してあった(図3)。例えば、図3の様に複数のソリッドモデラが存在する場合においては、従来の枠組では、ソリッドモデラの情報を利用する他の全てのモデラについて、各々のソリッドモデラとの対応関係を記述しなければならなかった。しかし、この様に1対1でモデラ間の関係を記述していくと、1つモデラを追加するごとに、既に接続されている全ての他のモデラとの関係を考慮しなければならず、接続するモデラ数の増加と共に、新たにモデラを接続することが困難になっていくと考えられる。この困難さは、システムを拡張する際に大きな問題になると考えられる。

この問題を解消するためには、各モデラ間の関係を1対1で記述するのではなく、各モデラ間の関係を各モデラとメタモデル機構との関係の組み合わせとして表現し、その関係を用いて各モデラ間のデータ交換を支援する枠組を作る必要がある。本研究では、この枠組をプラガブル・メタモデル機構と呼び、「接続する設計対象モデラで用いる概念と、メタモデル上で表現される概念との関係(変換の方法など)を記述することにより、メタモデル機構自体の変更を伴わずに、設計対象モデラの組み込みが可能であるメタモデル機構」と定義する(図3)。

以下では、設計対象モデラとメタモデル機構の関係性を記述するために必要な各設計対象モデラに関する記述および接続方法、またデータ変換の基礎となるメタモデルにおける概念の表現形式について述べる。

3・1 メタモデルにおける属性概念の表現

従来のメタモデルでは、設計対象に関する概念の内、

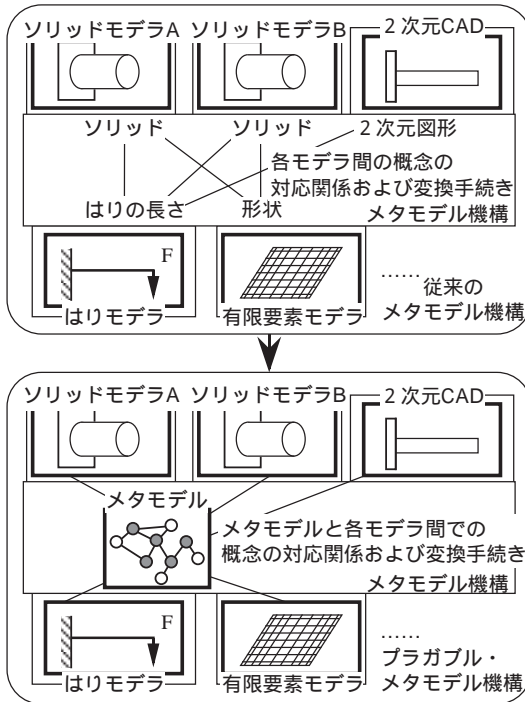


図3 概念間の対応関係の表現

設計対象物の構造、そこに生起する可能性のある物理現象の依存関係、および設計対象に対応づけられるパラメータ間の関係がネットワークとして記述されていた。しかし、様々な設計対象モデラ間で用いる定量情報をメタモデル機構を介して利用するためには、構造や物理現象などの概念に加えて先の図3に示したように、はりの長さや物体の形状といった、構造や物理現象が持つ様々な属性概念をメタモデル上で表現しなければならない。

また、これらのメタモデルに表現する属性概念の情報と接続するモデラで用いる属性概念の情報との変換方法を記述するためには、メタモデル上で表現される属性概念に関する情報は、ある一定の決まった形式で表現されなければならない。しかし、自由曲面やソリッドのように複雑な表現形式を持ち、その表現形式自体も完全な標準化が行われていない概念が存在する。ここで、本研究の目的はこの様な標準化の体系を提案することにはないので、メタモデル上で表現する概念に関する情報の標準化を次の2種類に分けて行なう。

(1) 表現形式の標準化

点や直線のデータといったデータ構造が簡単な属性に関する情報については、表現形式の標準化を行なう。

(2) データ獲得の手続きの標準化

ソリッドや自由曲面などの複雑な表現形式を持つ概念は設計対象モデラ固有の概念として定義し、そこから必要な属性情報を取り出す手続きを標準化する(例:ソリッドから頂点や面を取り出す)。すなわち、これらの概念はその概念を定義したモデラにおいてのみ利用可能であり、他のモデリングに必要な属性情報は決められた手続きに従い各モデラ上で加工され、1で述べた標準化された表現形式を用いて情報の受渡しを行なう。また、これらの概念をそのままの形で情報の受渡しを行なう場合(例:AというソリッドモデラからBというソリッドモデラへソリッドの情報を流す場合)は、IGESなどの標準データ形式に変換して情報の受渡しを行なう。

また、これらの属性概念は設計対象の構造を示す実体や実体間の関係および物理現象が持つ概念であるので、対応する実体や物理現象などの概念と関連付けられ、メタモデル上に表現される。

3・2 設計対象モデラの接続

新たに設計対象モデラを接続するためには、接続するモデラに関する記述およびその記述に基づきメタモデルと情報のやり取りをするインターフェースが必要である(図4)。ここでは、2・2節で述べたモデリングの際に行なう操作に関連付けてこのモデラに関する記述の枠組について述べる。

メタモデル機構において、ある設計対象モデラを用いてモデリングを行なうことは、メタモデルからそのモデラが基礎をおく観点に基づいて必要な概念を切り出し、その観点特有の概念に抽象化することである。例えば、材料力学のはり理論に基づくモデラを用いてはりモデルを作成することは、はりモデルを作成するために必要な概念である実体、接続関係、力といった概念を切り出し、理論特有の概念である、はり、支点、分散荷重といった概念を対応付ける(抽象化する)行為である。よって、このモデル生成を支援するためには、外部モデラが基礎をおく観点の記述すなわち、外部モデラで用いる概念体系に関する記述が必要である。

また、メタモデル上からモデリングに関連する属性の情報を取り出す際に、必要な情報が存在しない場合が考えられる(例えば、複数の物体の形状情報は存在するが、その接続関係の情報がメタモデルに表現されていない)。このような問題に対処する方法は2通り考えられる。一つは単純に各モデラにおいて作成したアスペクト・モデルから分かる範囲全てのことを導きだし、その全てをメタモデルに表現する方法であり、もう一つは、必要に応じて既に作成したモデルを利用し、必要とされている概念

を導き出す方法である。前者の方法では、メタモデルに必要なかどうか分からない膨大な情報を記述することになり効率が悪いと考えられる。そこで、本研究では後者の方法をとる。よって、必要に応じて既に作成したアスペクト・モデルを利用して新たな概念を導き出すためには、あらかじめ、作成したアスペクト・モデルではどのような概念がアスペクト・モデルを利用した結果得られるのかを記述しておく必要がある。

また、外部モデラでモデリングを行なうためには、メタモデルから必要な情報を獲得した後に、その外部モデラ固有のデータ形式に変換しなければならない。また、外部モデラを利用して導き出された結果は3・1節で述べたメタモデル機構の標準化したデータ形式を用いてメタモデルに表現されなければならない。よって、これらの手続きを定義する必要がある。

以上の考察を踏まえ、この外部モデラに関する記述としては次の3点が必要である(図4)。

- (1) 外部モデラでアスペクト・モデル作成の際に利用される概念
- (2) 作成したアスペクト・モデルを利用した結果得られる概念
- (3) メタモデル上で表現される概念と外部モデラで利用する概念の対応関係および変換手続き

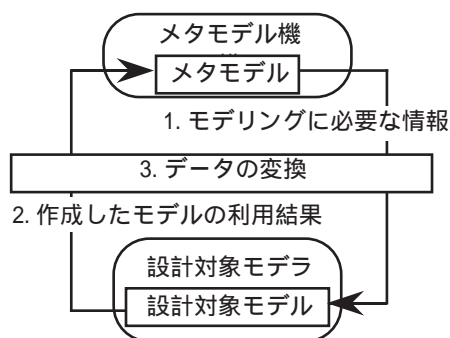


図4 設計対象モデラとメタモデルの接続

3・3 モデリングの支援

ここでは、このプラグブル・メタモデル機構を利用したモデリングの手順について述べる。本研究では、定量アスペクト・モデルの生成を行なう場合にも、まず、対象を定性的に表現した定性アスペクト・モデルを作成し、さらに定量情報を考慮して定量アスペクト・モデルの生成を行なうという手法をとる(図5)。

まず、定性モデルの作成であるが、モデラが基礎をおく観点特有の概念を用いて対象を表現することにより、

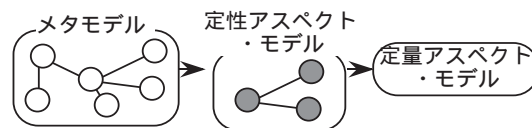


図5 モデリングの手順

モデルの抽象化を行なう。また、この際に、モデル化に含めない概念を指定することにより、モデルの簡略化が行なわれる。このように簡略化したモデルに対し、2・1節で述べた定性アスペクト・モデルの生成と同様のフィルタリングを行なうことによって定性アスペクト・モデルが得られる。

次に、この定性アスペクト・モデルをもとに定量アスペクト・モデルを作成する。この定量モデルの生成の際に、定量的な属性情報はモデラに関する記述に基づき行なう。すなわち、生成するモデルに必要な属性情報に変換可能な概念をメタモデル上から検索し、その情報を変換し新たに作成する設計対象モデル上に表現する。この時、必要となる概念がメタモデル上に存在していない時には、これらの概念を扱う別のモデラを検索し、そのモデラで必要とされている概念を導出するための設計対象モデルを作成し、その概念をメタモデル上に表現する。その結果、この概念がモデル作成時に利用可能になる。また、属性間の変換の際に「はりの長さ方向をどうとるか」といった一意に定まらない関係については、設計者に変換の指針を要求し、その指針に基づいて変換する。

また、設計対象モデルのデータ変更に伴う一貫性の管理のために、どのモデルのどの概念からどのような変換指針で概念の変換を行なったかを、属性概念間の関係としてメタモデル上に記述する。この関係を利用することにより、例えばある実体の形状を変更した際に、その形状データを利用して作られたデータは無効となり全体としての一貫性が保たれる。

4. プラグブル・メタモデル機構の実現

4・1 システムの構成

我々は、このプラグブル・メタモデル機構をObjectWorks\Smalltalk^{*1}上で作成した(図6)。本システムにおいて各モデラは、データ形式の変換などを行うインターフェースを介してメタモデル機構に接続される。現在このシステムには、従来のメタモデルの推論部

*1 Objectworks\Smalltalk は, ParcPlace Systems の登録商標である。

分であった定性プロセス理論に基づく定性推論モデラ・ソリッドモデラ (DESIGNBASE^{*2})・2次元形状モデラ・はりモデラ等が接続されている。

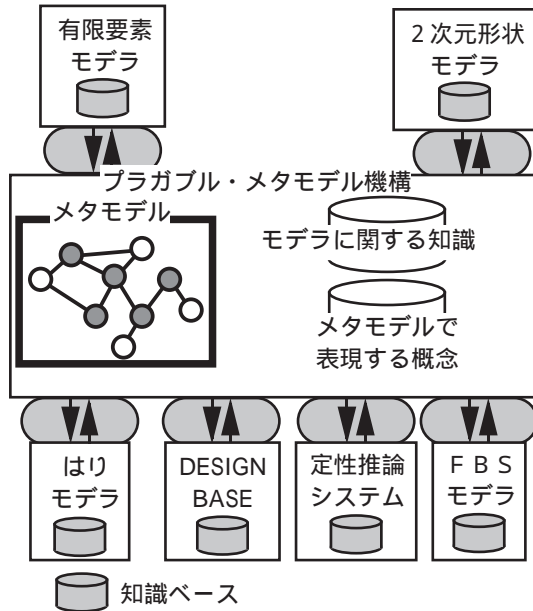


図6 システムの構成

モデラに関する知識は表1に示す形式によって定義される。

表1 モデラに関する知識の定義

名前	モデラの名前
モデル作成時に利用される概念	概念の名前のリスト
利用した結果得られる概念	概念の名前のリスト
概念間の対応関係と変換手続き	対応可能な概念の名前のリストと変換手続きの組み合わせ

この知識では、3・2節で述べた各々のモデラに関する定義を行う。また、概念間の変換の手続きは各々のモデラを接続するインターフェースの中の手続きとして記述される。表2は、はりモデラに関する定義の1部である。

また、属性概念に関する知識は表3に示す形式によって定義される。ここで、データ形式における属性データ形式とは数字・文字列を基礎として再帰的に定義されるデータ形式である。例えば、3次元空間における点を表す Point3D のデータは3つの数字で表現されるので、データ形式は3つの数字のリストとして定義され

*2 DESIGNBASE は (株) リコーの登録商標である。

表2 はりモデラの定義

名前	はりモデラ
モデル作成時に利用される概念	はり・固定端・...
利用した結果得られる概念	せん弾力図・...
概念間の対応関係と変換手続き	はり ソリッド はり 2次元形状 ...

表3 属性概念の定義

名前	属性概念の名前
上位階層概念	上位階層の概念の名前のリスト
データ形式	属性データ形式のリスト
データ獲得の手続き	取り出すことが可能な属性概念と手続きの名前の組み合わせ

る。また、Line3D のデータ形式はこの様に定義された Point3D のデータ形式を利用して、2つの Point3D のリストとして定義される。

また、データ獲得の手続きでは、属性概念を取り出す手続きが Smalltalk 中の手続きの名前により記述され、実際には各々の属性を扱うモデラとプラグラブル・メタモデル機構の間の情報の受け渡しをするインターフェースの中で実現される。例えば、属性 Solid から Point3D の属性を取り出す手続きとして getPoint: というメソッドを対応づけた場合には、属性 Solid を扱う全てのモデラのインターフェースにおいて、各々のモデラに対応した getPoint: を定義する。

4・2 テーブル送り機構の設計支援例

ここでは、ボールねじによるテーブル送り機構を例にとり、システムの動作を説明する。設計者が設計対象に関する定性的なモデルを作成することにより設計が始まる。ここで、定性推論モデラを用いることにより、設計対象に起こりうる物理現象が導出される (図7)。

次に、この結果をもとに、ボールねじをはりモデラで解析する場合の手順について述べる。まず、設計者はボールねじをはりと抽象化し、ボールねじと軸受け部の接続を自由端、ヒンジ端と抽象化した定性的なモデルを作成する (図8)。この場合、はりや自由端などはりモデラで用いる概念で抽象化されていない設計対象の構造は簡略化され、定性アスペクト・モデルには含まれない。また、はりモデルで扱う力という物理現象以外の物理現象および、簡略化された構造におきている物理現象は無視する。

次に、この定性的なモデルを元に定量情報を含むモデ

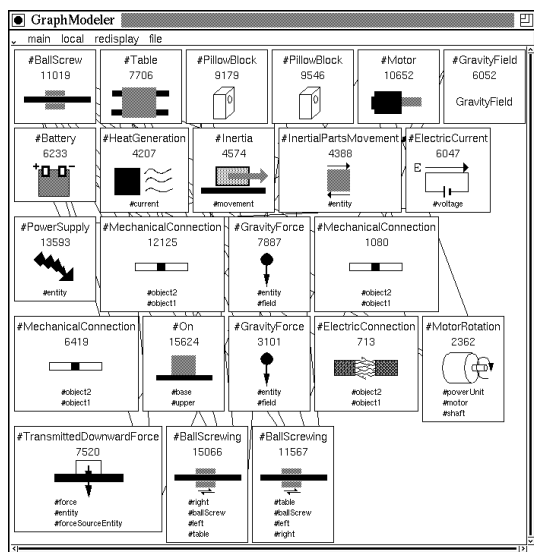


図7 定性推論システムにより導出された物理現象

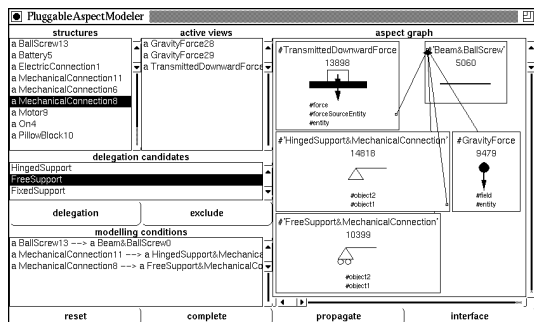


図8 はりモデル作成のための定性アスペクト・モデル

ルを作成するわけであるが、このモデリングにあたり、はりの長さなどの属性情報は、モデラに関する記述に基づき獲得される。すなわち、はりの長さはソリッドや2次元形状から導出できると記述されているので、メタモデル上のソリッドや2次元形状の属性情報から長さを導出する。しかし、この段階では、設計対象の形状に関する情報がメタモデル上に存在しないので、モデルの作成ができない。そこで、メタモデル機構は、はりモデラに関する知識を利用し、設計者にソリッドモデラ、2次元形状モデラの作成、あるいは設計者によるはりの長さなどの情報の入力を求める。

図9は、テーブル送り機構の形状をソリッドモデラで定義したモデルと2次元形状モデラで定義したモデルである。どちらのモデラで形状を定義しても、メタモデル機構は必要な属性情報を取り出し、はりモデルの作成を行なう。この時、「はりの長さ方向をどうとるか」と

いう関係については、はりの長さ方向をしめす直線の入力を求めることによって、変換の関係を記述する。

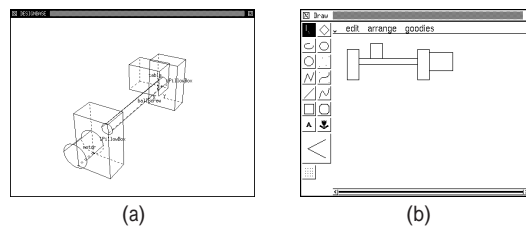


図9 形状モデル (a) ソリッドモデル (b) 2次元形状

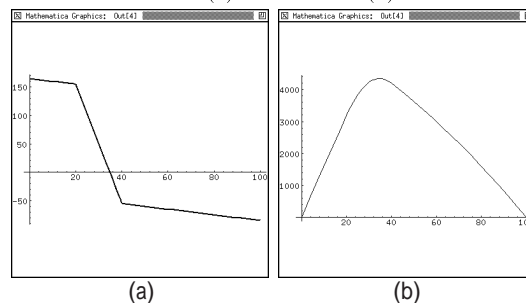


図10 はりの (a) せん断力図 (b) 曲げモーメント図

その結果、形状モデルから定量情報が取り出されはりモデルが作成される。このはりモデルを解析した結果であるせん断力図と曲げモーメント図を図10に示す。

5. む す び

本報では、設計に用いられる様々な設計対象モデルの作成の支援およびこれらのモデルの一貫性を管理する統合モデリング環境としてプラグブル・メタモデル機構を提案した。このプラグブル・メタモデル機構は、新たに接続するモデラに関することだけを考慮して接続することができるため、従来のメタモデル機構に比べ、容易に様々な設計対象モデラの組み込みを可能にする枠組であり、拡張性が高いと考えられる。また、この様に接続するモデラが得意とする分野に関する知識を、モデラを単位として整理し、利用可能にしていくことにより、設計対象知識の体系化を支援することができると考えている。

また、関連する研究としては、様々な設計対象モデラを統合する PACT [Cutkosky93] の研究がある。この枠組では、各設計対象モデラに表現されている知識を KIF (Knowledge Interchange Format) [Genesereth92] と Ontolingua [Gruber92] という2つの標準形式を用いて変換することにより、モデラの統合化をはかっている。この方法は、メタモデルにおいて

表現されている概念間の関係を利用したモデル生成の方法に類似している。しかし、PACTの研究では、モデリングの際に行なわれる操作を取り扱っていない。

また、今後の展望としては、実際にいくつかの設計対象モデルを接続し、本手法の有効性を検証すること [石井 94] および、作成した設計対象モデルの一貫性を管理するために、定量値の整合性の管理、以前に作成したモデルの妥当性の判定などについて研究があげられる。

謝 辞

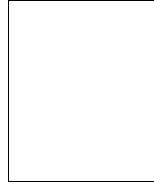
本研究を進めるにあたり、桐山孝司氏(東京大学人工物工学研究センター)、中村雅彦氏(現 NTT(株))、石井理貴氏に有益なコメントを頂きました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- [Cutkosky93] M. R. Cutkosky, R. S. Englemore, R. E. Fikes, M. R. Genesereth, T. R. Gruber, W. S. Mark, J. M. Tenenbaum, and J. C. Weber: PACT: An Experiment in Integrating Concurrent Engineering Systems, *IEEE COMPUTER*, Vol. 26, No. 1, pp.28-37 (1993).
- [Forbus84] K. Forbus: Qualitative Process Theory, *Artificial Intelligence*, Vol. 24, No. 3, pp.85-168 (1984).
- [Genesereth92] M. Genesereth: Knowledge Interchange Format, In J. Allen, R. Fikes, and E. Sandwall(eds.): *Proceedings of the Conference of the Principles of Knowledge Representation and Reasoning*, Morgan Kaufmann Publishers (1992).
- [Gruber92] T. R. Gruber: Ontolingua: A mechanism to support portable ontologies, Technical report KSL91-66, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University, Stanford (1992).
- [石井 94] 石井理貴, 吉岡真治, 富山哲男: 設計支援のための統合モデリング環境の研究(第2報) - パワーの伝達に関するモデルの組み込み -, 1994年度人工知能学会全国大会講演論文集, pp. 339-342 (1994).
- [桐山 91] 桐山孝司, 富山哲男, 吉川弘之: 設計対象モデルの統合のためのメタモデルの研究, *人工知能学会誌*, Vol. 6, No. 3, pp.426-434 (1991).
- [桐山 95] 桐山孝司, 富山哲男: 定性物理を用いた設計対象モデル統合の研究, *人工知能学会誌*, Vol. 10, No. 4, pp.601-607 (1995).
- [精密 93] 精密工学会: 特集 プロダクトモデルとCADデータ交換国際標準STEP, *精密工学会誌*, Vol. 59, No. 12, (1993).
- [吉岡 95] 吉岡真治, 中村雅彦, 富山哲男, 吉川弘之: 複数の設計対象モデルを扱う設計過程モデル, *日本機械学会論文集 C 編*, Vol. 61, No. 581, pp.330-337 (1995).

[担当編集委員 : × , 査読者 : × ×]

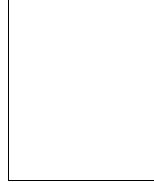
著 者 紹 介



吉岡 真治(正会員)

1991年東京大学工学部精密機械工学科卒業.1996年同大学院精密機械工学専攻博士課程終了.同年,学術情報センター研究開発部助手.専門は設計環境の知能化.精密工学会,日本機械学会各会員

yoshioka@rd.nacsis.ac.jp



富山 哲男(正会員)

1980年東京大学工学部精密機械工学科卒業.1985年同大学院精密機械工学専攻博士課程終了.同年,日本システム開発研究所入所,オランダ・アムステルダム市 Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI, 数学情報科学研究所) 研究員.1987年東京大学工学部精密機械工学科助教授.1990年度人工知能学会全国大会優秀論文賞受賞.専門は知識集約型工学とやわらかい機械.精密工学会,日本機械学会,情報処理学会,ACM,AAAI,IEEE CS,Eurographics, ASME 各会員

tomiyaama@zzz.pe.u-tokyo.ac.jp