

科学技術数値シミュレーションにおけるモデル化支援

1U-10

真鍋保彦, 林直貴, 川田重夫

長岡技術科学大学 工学部 電気系

1 はじめに

近年,電子計算機の発達により計算機上でのシミュレーションが広範囲にわたって行われている。だが一般的に数値シミュレーションを行うためには,物理や数学に関する専門的知識を必要とする。このため専門的知識を持たない者にとって,数値シミュレーションを手軽に行うことが困難である。このような現状から,計算機によるモデル化支援に関する研究を行っている。計算機がモデル化を支援することにより,それほど深い専門的知識を持たない者にも数値シミュレーションを行う機会を与えることができると考えられ有用である。

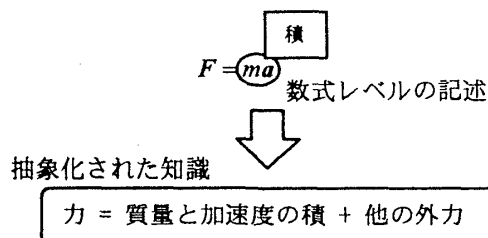


図 1: 抽象的な知識の例

2 モデル化のための知識

モデル化を行う対象領域は幅広いが,本研究では対象領域を物理問題に限っている。モデル化支援システムでは知識が非常に重要である。本研究でも知識の管理に重点をおいて研究を進めている [1]。モデル化に必要な知識は取り扱う問題の増加とともに増加し,その結果,知識データのメンテナンス等に困難さを与える。数式をそのまま知識として記述していったのではこのような状態になる。そこで,本研究では体系化された物理学におけるその特徴を抽出することにより効率的に知識の構築ができるということを提案する。例えば,数式で $\frac{dv}{dt}$ は,速度 v の時間的変化を表す。だが,この時間的変化という性質はどの物理問題の領域においても不変の性質であるから,知識として「～の時間的変化」という抽象的な形で知識を持つようにすれば,知識表現が効率的に表現できる。この場合は数式の各項について考えたが,体系化された物理学では方程式そのものも抽象的に扱うことが可能である。図 1 に示すニュートンの運動方程式について考察してみる。数式レベルで記述すれば, $F = ma$ であるが,性質で表現すれば「力は質量と加速度の積」となる。さらに別の外力が作用するならば,外力項も付加する。電磁気学における Maxwell の方程式では図 2 のようである。このように本研究では直接数式で知識を記述するのではなく,図 1 や図 2 のように知識を抽象化された形で持つ。このような知識管理の方式を取ることによ

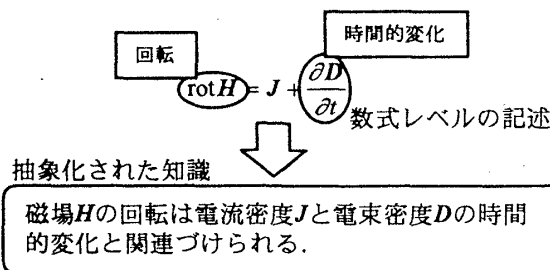


図 2: Maxwell の方程式の場合の抽象的な知識

り,取り扱う問題の増加に伴う知識の爆発的な増加を抑えることができる。また,抽象化された知識を持つことのメリットはメンテナンスが容易になることだけではない。数式レベルの知識であれば, $F = ma$ は力と加速度のみしか考慮していないので,他の外力が作用する場合であればもうこの式は使えない。そのため外力を考慮した数式等を別に幾つか用意しなければならない。本研究での知識では,外力は単に「外力項」という抽象的な形でしか持っていないため,すべての数式パターンを用意する必要はなく,外力項はユーザーとの対話や条件指定により決定される。図 3 には知識データの一例を示す。

3 モデル化支援システムの概要

本システムの概要は図 4 のようになっている。モデル化を行う際,ユーザーは質問部と必要な情報のやり取りを行う。必要であれば,知識部に対して知識の追加や訂正を行う。質問部はユーザーと知識部とのインターフェースを持ち,ユーザからの質問等から得た情報を基に必要な知識を知識部から抽出する。そして,最終的に問題を解くのに必要な数式を提示する。

Computer-assisted physical modeling
Yasuhiko MANABE, Naoki HAYASHI and Shigeo KAWATA
Nagaoka University of Technology, Nagaoka, 940-21, Japan

```

;; 連続方程式のひな型 (一般的な連続方程式)
Begin Equation
Equation's Name: Equation of Continuity
Area: Genericness
Key word: continuity
Term1: TimePartial(Phi)
Term2: divergence(Phi @times velocity)
Term3: @ref{Source Term} ;; Source Term と名前のつ
いた項を参照
Equation: Term1+Term2=Term3
Scalar: Phi
Vector: velocity
End Equation

;; 流体力学の場合の連続方程式
Begin Equation
Equation's Name: Equation of Continuity
                (Fluid Dynamics)
Area: Fluid dynamics
Key word: Fluid, dynamics, Continuity
Replace: Phi -> rho ;; 一般的な連続方程式の Phi の
項を rho で置き換える.
Equation: @ref{Equation of Conrinuity} ;; 骨組みは
一般形を参照.
Scalar: rho
End Equation

;; SinSout
Begin Term
Term's Name: Source Term
Key word: Source
Term1:Sin
Term2:Sout
Term:Term1-Term2
Scalar: Sin, Sout
End Term

```

図 3: 知識データの例

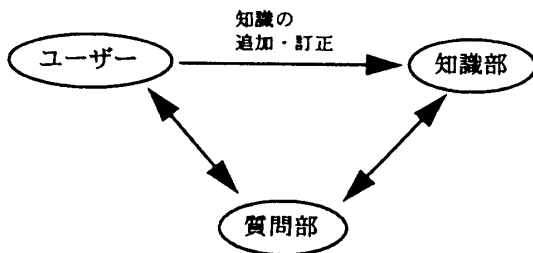


図 4: システム概要

4 モデル化の手順

モデル化は以下の手順で行う。

1. 問題を入力する。
2. 問題に関連する分野を選択する。
3. 求める量の数式の骨組みを知識より抽出する。

4. 数式の各項に必要な値や数式を知識より抽出し代入する。
5. 数式を提示する。

この手順に基づき実際にモデル化を行う例を以下に示す。

1. (問題) 荷電粒子が運動している.その力を解析したい。
2. 該当する分野は「電磁気学」である.分野の抽出にはユーザーとの対話のほか,問題入力の際にあらわれるキーワード「荷電粒子」を利用する。
3. 力を求める.知識には電子に働く力の候補としては,ローレンツ力や他の外力がある.題意より他の外力は作用していない.よって,求める力はローレンツ力となる。
4. ローレンツ力の具体的な表現の知識を抽出する。
5. 数式を提示する。

5 まとめ

モデル化支援システムの知識に,抽象化された知識を用いることにより,モデル化で取り扱う問題の増加に伴う知識の増加を抑えることが可能である.このため,知識を増やす際の労力を減少させ,モデル化を行う範囲の拡大の手間が減少すると考えられる.今後の課題としては,モデル化を行った後,離散化支援,格子生成支援,結果の可視化支援 [2] 等までサポートしていきたい。

参考文献

- [1] 林直貴,真鍋保彦,川田重夫,“電磁界数値シミュレーションにおけるモデル化支援に関する研究—質問のツリー構造における効率的なデータ表現—”,平成7年度電子情報通信学会信越支部大会 講演論文集 pp.129-130 (1995).
- [2] 真鍋保彦, Choopool Boonmee, 川田重夫, “数値プログラムの解析によりデータ形式を得て行う可視化”, 情報処理学会研究報告, 94-HPC-54, pp.15-22 (1994).