

数値解析支援エキスパート・システム開発支援ツール

5N-4

松原 聖, 加藤 昭史, 小池 秀耀  
(株) 富士総合研究所

1. はじめに

流体解析をはじめとする非線形現象の解析においては、適切な入力データの設定等に熟練を必要とし、エキスパート・システム (ES) の開発が望まれている。我々は、このような状況を踏まえ、数値解析を支援する ES を開発するためのツール MINERVA を開発した。本ツールは、用途を数値解析の支援に限定し、容易に知識ベースを作成できる環境を提供する。

2. 概要

MINERVA では、知識の枠組により知識の分類ができ、ユーザーは MINERVA の用意した形式にしたがって知識を記述し、ES を作成することができる。MINERVA の特徴は、次の3点である。

- 1) 知識の枠組 (メタ知識) により知識の分類ができ、知識ベースの作成を容易にする。
- 2) 数値解析の知識に合わせた知識エディタにより、知識ベースを容易に作成できる。
- 3) ES の実行の際には、数値解析の知識に合わせたインターフェイスが用意されている。

また、数値解析を支援する機能として、データを分類し整理することを支援する機能とオンライン・マニュアルの作成を支援する機能が用意されている。MINERVA は、メタ知識エディタ、知識エディタ、推論エンジン、既存データの利用機能、オンライン・マニュアル作成機能から構成される (表 2.1 と図 2.1 を参照)。

Environment for development of consultative expert systems for numerical analysis  
Kiyoshi Matsubara, Akifumi Kato, Hideaki Koike.  
Fuji Research Institute Corporation.

3. 機能

3.1 メタ知識エディタ

ユーザーは知識ベースを作成するガイド・ラインとして、知識の枠組 (メタ知識) を利用する。メタ知識は、数値解析の知識をツリー構造に分類した知識である。図 3.1 に、メタ知識の例を示す。メタ知識エディタでは、メタ知識を編集する。

表 2.1 MINERVA の機能

項目	内容
メタ知識エディタ	数値解析の知識の枠組を提供するメタ知識 (知識の枠組) の編集を行う。メタ知識により知識の分類ができ、知識ベースの作成が容易である。
知識エディタ	知識の枠組に沿った知識の編集を行う。数値解析の知識に合わせた知識エディタにより、知識ベースおよびユーザー・インターフェイスが容易に作成できる。
推論エンジン	知識表現はルールとフレームであり、前向き推論を行う。数値解析の ES に合わせたインターフェイスが用意されている。
既存データの利用	既存のデータをツリー図で分類、整理しておき、類似解析の参考にする。
オンラインマニュアル作成	オンライン・マニュアルの作成をサポートする。

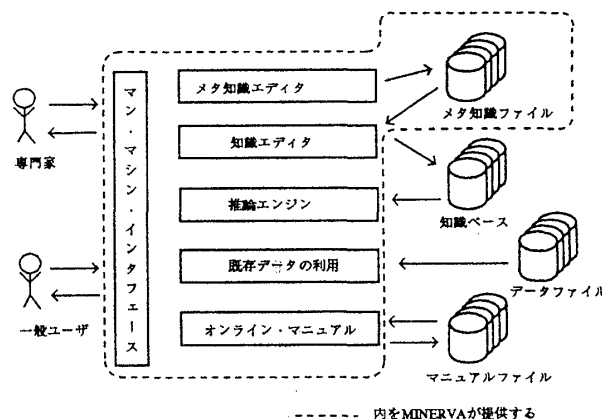


図 2.1 MINERVA の構成

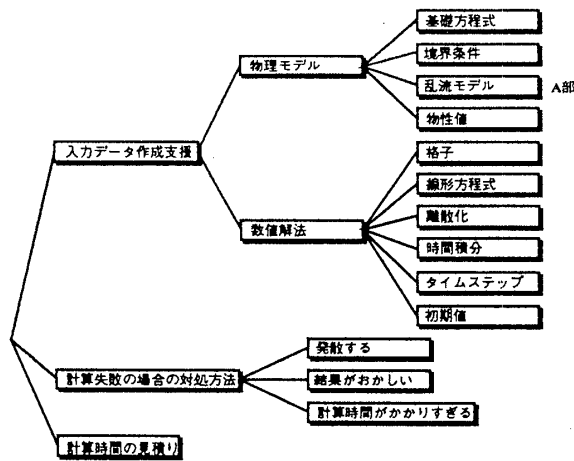


図 3.1 流体解析における知識の枠組の一部

### 3.2 知識エディタ

知識エディタでは、知識の枠組みに沿った知識を編集する。知識は、

- 1) ユーザへの質問を記述する質問
- 2) 質問の解答を条件とした動作

の2つのルールで構成される。質問項目は、決められた4つの基本文型から構成される。ルールは、条件設定と、動作設定で構成されている。この基本文型は、既存の流体解析のコンサルテーションを行うESを分析して抽出した基本文型である。

### 3.3 推論エンジン

推論エンジンは、作成された知識ベースを、ESとして実行するものである。ユーザー・インターフェイスも用意され、知識ベースの作成と同時にESを作成することができる。

### 3.4 既存のデータ利用機能

既存データの利用機能では、既存データとその解析条件をツリー図で表現し、類似の解析を行う場合に利用することを支援する機能である。

### 3.5 オンライン・マニュアル作成機能

オンライン・マニュアルの作成を支援する機能である。マニュアルのツリー図または一覧表の表示やキーワード検索等の機能がある。

## 4. 知識ベースの作成方法

流体解析の境界条件に関して、図 4.1 の知識があった場合を考える。

- ・精度をあまり要求しないときは、格子を境界層 ( $Re^{-\frac{1}{2}} \cdot l$ ) より粗くして速度の境界条件をスリップにする。
- ・格子が境界層 ( $Re^{-\frac{1}{2}} \cdot l$ ) より大きいときは、速度の境界条件をフリースリップとする。
- ・速度にスリップ以外の境界条件を設定した壁付近では境界層 ( $Re^{-\frac{1}{2}} \cdot l$ ) に格子を数点設定する。
- ・乱流モデルに、k-ε モデル使用時には  $\Delta y_{min}^+ = 0.1 \cdot Re^{-\frac{1}{2}}$  と設定する。
- ・精度を要求するときは格子を細かくして ( $Re \geq 3000$ )、k, ε を対数則、速度を壁関数 ( $Re \leq 1000$ )、速度の境界条件をノンスリップ (乱流モデル使用せず) とする。
- ・格子が境界層より細かいとき (精度を要求するとき) はノンスリップで、その場所の壁際の格子幅は、 $y^+ \leq 5 \sim 10$  程度にする。
- ・速度にスリップの境界条件を設定した壁付近では境界層 ( $Re^{-\frac{1}{2}} \cdot l$ ) の中には格子を設定しない。
- ・乱流モデルに k-ε モデル使用し、速度の境界条件をノンスリップにした場合には、最近傍格子が  $y^+ \leq 5 (y^+ = \frac{\Delta y \cdot u}{\nu})$  となるようにする。
- ・乱流モデルに k-ε モデルを使用し、速度の境界条件を対数則にした場合最近傍点が  $100 \geq y^+ \geq 30$  となるようにする。
- ・乱流モデルに k-ε モデル使用し、Re の低い場合には最近傍点が  $y^+ \leq 10$  となるようにする。

図 4.1 流体解析に関する知識の例

知識ベースをつぎの手順で作成する。

- 1) まず、大まかな知識の分類として、メタ知識の中から流体解析の境界条件の部分を選択し、知識ベースの作成を選択する。
- 2) 知識から、質問すべき項目をキーワードとして抽出し、キーワードの答えとしてとりうる値を考える (表 4.1)。この内容を質問として登録する。
- 3) キーワードの一覧から各知識の条件を設定し、実行部に具体的な条件を入力する。

表 4.1 キーワードとその値

キーワード	値
精度の要求	はい, いいえ
格子と境界層	はい, いいえ
速度の境界条件	スリップ, ノンスリップ, 対数則
乱流モデル	なし, k-ε モデル, LES
レイノルズ数	数値

## 5. 結論

数値解析支援 ES を開発するためのツール MIN-ERVA を開発した。本ツールにより数値解析のコンサルテーションを行う ES を容易に構築できることを確認した。