

図2 擬似コードとテンプレートプログラム

Fig.2 Algorithm templates are expressed by classified pseudo codes.

また, feelfemのこのプログラム生成方式では, 生成できる数値計算アルゴリズムの拡張も容易です。各アルゴリズムは擬似コードの順列で表現されているわけですが,すでに登録された擬似コードを用いて新たな数値計算アルゴリズムを登録することができます。たとえば, 行列に関する例では, 行列のデータ構造に必要なインデックス情報を作成するという擬似コードのステップは, 固有値問題など行列を扱うすべてのアルゴリズムに対して使われます。このステップに関するプログラム生成機能は, 各データ構造ごとに1つだけ存在すればよいことになります。

2.2 feelfemの入力例

feelfemでは, 有限要素法の問題は自然な数式による表記によって指定することが可能です。図3は3次元線形構造解析に対する入力例です。有限要素法の計算を構成するパラメータはそれぞれが自然な表記で指定可能です。図の例では, geomブロックに領域に関する名称が宣言され, メッシュジェネレータによって使用されます。elementブロックによって補間関数が, quadratureブロックによって数値積分法の定義が可能です。varブロックでは, fem文によって補間関数を指定した変数が, ewise文では要素間で連続性を仮定しない変数が宣言されます。応力問題の偏微分方程式を指定する部分は, schemeブロック内のsolve文ですが, そこでは変分形式で偏微分方程式が境界条件とともに記述されています。

図3の例で生成されるプログラムのプログラム構造・データ構造を指定している箇所が,

```
ProgramModel feelfem90vec;
```

と, solve文のなかの,

```
solver MUMPS;
```

です。それぞれ, ベクトル処理向きの要素行列アセンブルを行うFortran90プログラムを生成すること, 行列解法としてMUMPSと呼ばれる並列直接解法を利用すること(こ

の指定から行列データ構造も決定される)を指定しています。feelfemではこの箇所を変えるだけで, 異なる並列アルゴリズム, 線形ソルバーのプログラムを生成することができます。

3. feelfemによる数値計算ソフトウェア環境

数値計算分野のソフトウェア環境は, ライブラリ拡充の取組みから始まりました。しかし並列計算が不可避になり, 単なるライブラリでは対応できなくなった今日, 数値計算ソフトウェアの効率的な開発のために世界中で様々な試みがなされています。主なものとして, 並列計算データ構造の上に作られた高級ライブラリPETSc²⁾, 非構造メッシュのアダプティブなメッシュ制御やマルチグリッドソルバーなどの機能モジュールを提供するUG³⁾などを挙げることができます。また, 有限要素法の諸手続きをC++のクラスライブラリとして抽象化したものにDiffpack⁴⁾があります。これらのツールとfeelfemは背反するものではありません。feelfemの目的は, これらのツールのライブラリ的な再利用可能技術をプログラムモデル, データ構造モデルとして格納する枠組みを提供することです。そして, 定型的な有限要素法の離散化を数式処理によって代行させることにより, バグが存在しないプログラムを提供します。feelfemでは対応できない離散化手法を用いる問題でも, その問題に近い, バグのない複雑なデータ構造を扱うプログラムを生成できるので, ユーザは並列処理に伴う複雑なプログラムのデバッグから開放され, より建設的な研究開発に専念できると考えられます。

4. むすび

有限要素法のためのソフトウェアツールfeelfemは有限要素法のソフトウェア知識を, 離散化手法とプログラム・データ構造に分けてそれぞれ独立に知識ベースとして構築

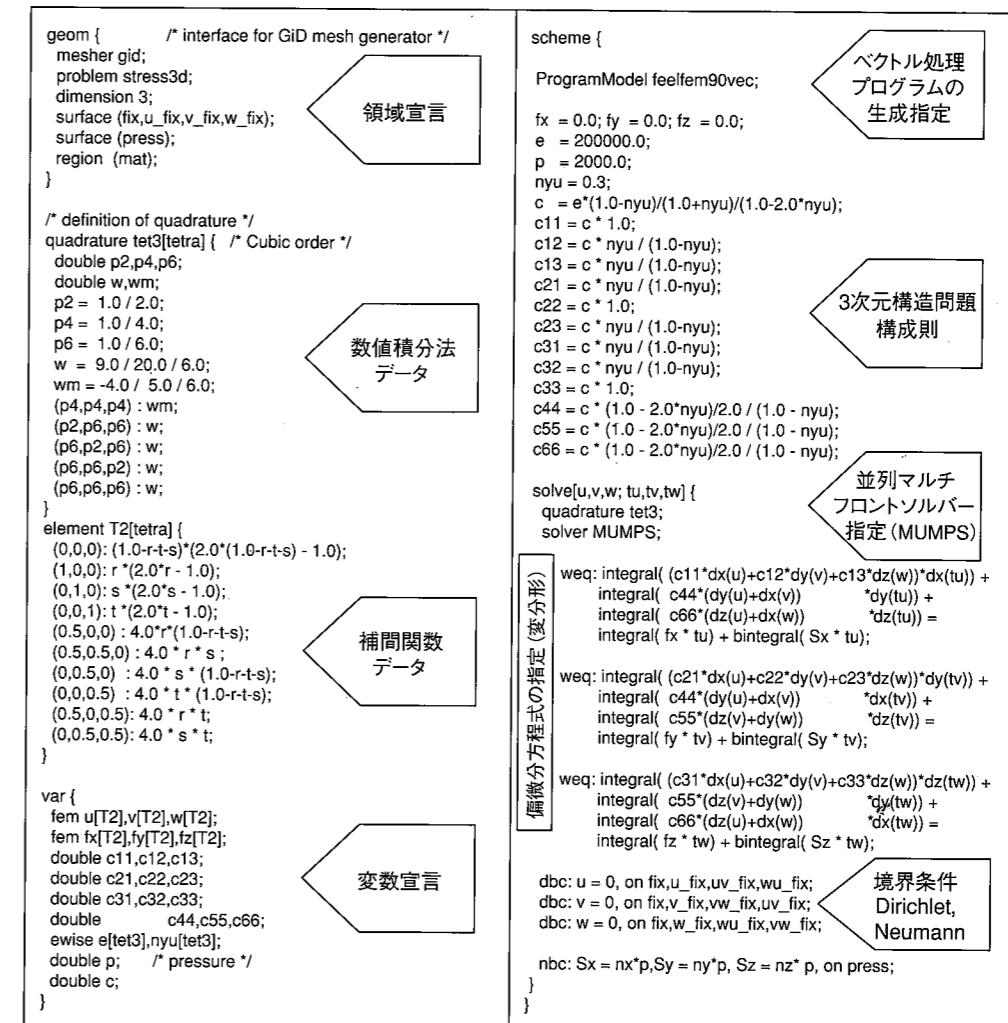


図3 構造解析問題のfeelfemでの記述例

Fig.3 An feelfem script example for 3D structural analysis.

し, プログラム生成という形で両者の資産の積を提供していくツールです。今後, feelfem上のベクトル処理・並列処理に関するプログラム・データ構造のソフトウェア資産をさらに拡充していくとともに, 辺要素やDiscontinuous-Galerkin法など進んだ有限要素法離散化手法に対応していく予定です。また, 有限要素法向けプリ・ポストプロセッサであるGiD⁵⁾と結合したGUIベースの計算アプリケーションを生成するツールは, 2002年秋頃に公開されます。

参考文献

- 1) 襲田ほか; 「非構造メッシュ用BILU前処理付き反復法のベクトル・並列化手法」, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.10, pp.24~32, 2000-10.
- 2) PETSc 並列科学技術計算のためのツールキット <http://www-fp.mcs.anl.gov/petsc/>
- 3) UG非構造メッシュのための数値計算ライブラリ <http://cox.iwr.uni-heidelberg.de/~ug/>

- 4) Diffpack有限要素法のC++クラスライブラリ <http://www.diffpack.com/>
- 5) GiD有限要素法向けプリ・ポストプロセッサ <http://gid.cimne.upc.es>

筆者紹介



Hidehiro Fujio
藤尾 秀洋 1990年, NEC入社。現在, NEC
ラボラトリーズ インターネットシステム研究所主
任。