

東京大学本郷キャンパス 工学部8号館502教室 (5階)

FrontISTR Ver. 5.0 α 公開と 今後の開発について

2018年2月5日
第41回FrontISTR研究会
＜FrontISTRを用いたデータ活用技術の紹介＞

はじめに (1/3)

オープンソース大規模並列FEM非線形構造解析プログラム 「FrontISTR (フロントアイスター)」とは

- 1998年に開始された文部科学省科学技術振興調整費総合研究
「高精度の地球変動予測のための並列ソフトウェア開発に関する研究」
から始まり、
2013年3月に終了した文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発
「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」
まで、各プロジェクトにおける研究の一部として、
開発および改良に継続的に取り組まれてきたオープンソースソフトウェア



1998-2002



2002-2004



2005-2007



2008-2012



はじめに (2/3)

オープンソース大規模並列FEM非線形構造解析プログラム 「FrontISTR (フロントアイスター)」とは

- 2013年4月からユーザ会「FrontISTR研究会」を中心として、
開発および改良が継続中
※「FrontISTR研究会」
FrontISTR (REVOCAP_PrePostを含む) の利用促進・産業応用・機能改良、
ソフトウェア資産や解析データの維持管理などを目的とするユーザ会
- 2014年度より文部科学省「フラッグシップ2020プロジェクト」の
ポスト「京」重点課題⑧
「近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発」
(課題代表: 加藤千幸先生) にサブ課題Eとして参画

FrontISTR Forum
Since 2013

2013-

FLAGSHIP 2020 PROJECT
重点課⑧サブ課題E

2014-2019

はじめに (3/3)

- 最新プログラム「FrontISTR Ver. 5.0 α 」を公開する時期が近づいてきました

Ver. 4.2c	公開日：2013年9月28日
Ver. 4.3	公開日：2014年5月7日
Ver. 4.4	公開日：2015年2月17日
Ver. 4.5 RC1	公開日：2015年12月7日
Ver. 4.5	公開日：2016年7月22日
Ver. 4.6	公開日：2017年9月14日
Ver. 5.0 α	公開予定日：2018年3月下旬

- 本発表では、「FrontISTR Ver. 5.0 α 」において、現在公開されている「FrontISTR Ver. 4.6」から何が大きく変更されたのかをユーザの視点から、および開発者の視点から詳しく説明します

注意 (1/2)

- 「FrontISTR Ver. 4.6」※には、二種類のFrontISTRのプログラムが入っています
 - FrontISTR Ver. 3.8 プログラム fistr1 (バージョン3シリーズ)
.....主にFortranで書かれたもの
 - FrontISTR Ver. 4.6 プログラム fistr2 (バージョン4シリーズ)
.....主にC++で書かれたもの
- 文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」の終了 (2013年3月) 以降, バージョン4シリーズにプログラムの変更はありません. これまで開発が継続されてきたのは, バージョン3シリーズのプログラムです.

注意 (2/2)

- 「FrontISTR Ver. 5.0 α 」では、FrontISTR Ver. 3.8ベースのプログラム fistr1 のみが入ります
- 「FrontISTR Ver. 5.0 α 」には、FrontISTR Ver. 4.6ベースのプログラム fistr2 は含まれません.
- 「FrontISTR Ver. 5.0 α 」の「FrontISTR Ver. 4.6」からの変更とは、**FrontISTR Ver. 3.8 プログラムからの変更**を意味します.

※ 同梱のマニュアルFrontISTR_user_manual_Ver38.pdfの表紙にVer. 3.7と書いてありますが、Ver. 3.8が正しいです.

また、同梱のマニュアルFrontISTR_user_manual_Ver45.pdfはFrontISTR_user_manual_Ver46.pdfが正しく、表紙もVer. 4.6が正しいです.

「FrontISTR Ver. 5.0 α 」 (公開済) について



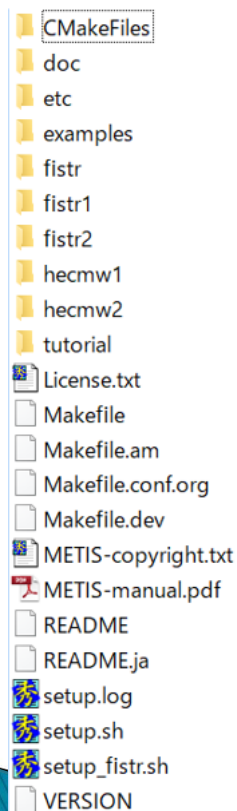
ユーザの視点から変更点の解説

1. CMakeによるインストール方法の追加
2. 解析機能の設定方法の変更
3. 時間増分の自動設定機能および
カットバック機能の追加
4. セクションおよび要素定式化の設定方法
5. 3614要素タイプの追加
6. リスタートファイルの書式作成
7. 可視化用ファイルの出力の修正

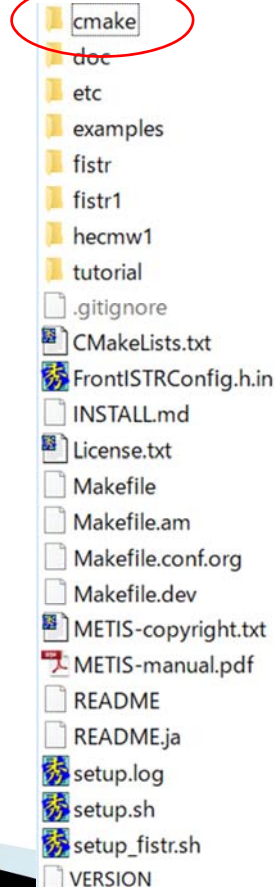
CMakeによるインストール方法の追加

詳細は、第39回FrontISTR研究会での帝京大学小川道夫様
ご講演の「FrontISTRのビルド方法の紹介」資料をご覧ください

「Ver. 4.6」



「Ver. 5.0 α 」(予定)



「Ver. 4.6」

- Makefile.conf.orgを編集して, Makefile.confの名前で保存
- setup.shを実行
- make

「Ver. 5.0 α 」(予定)

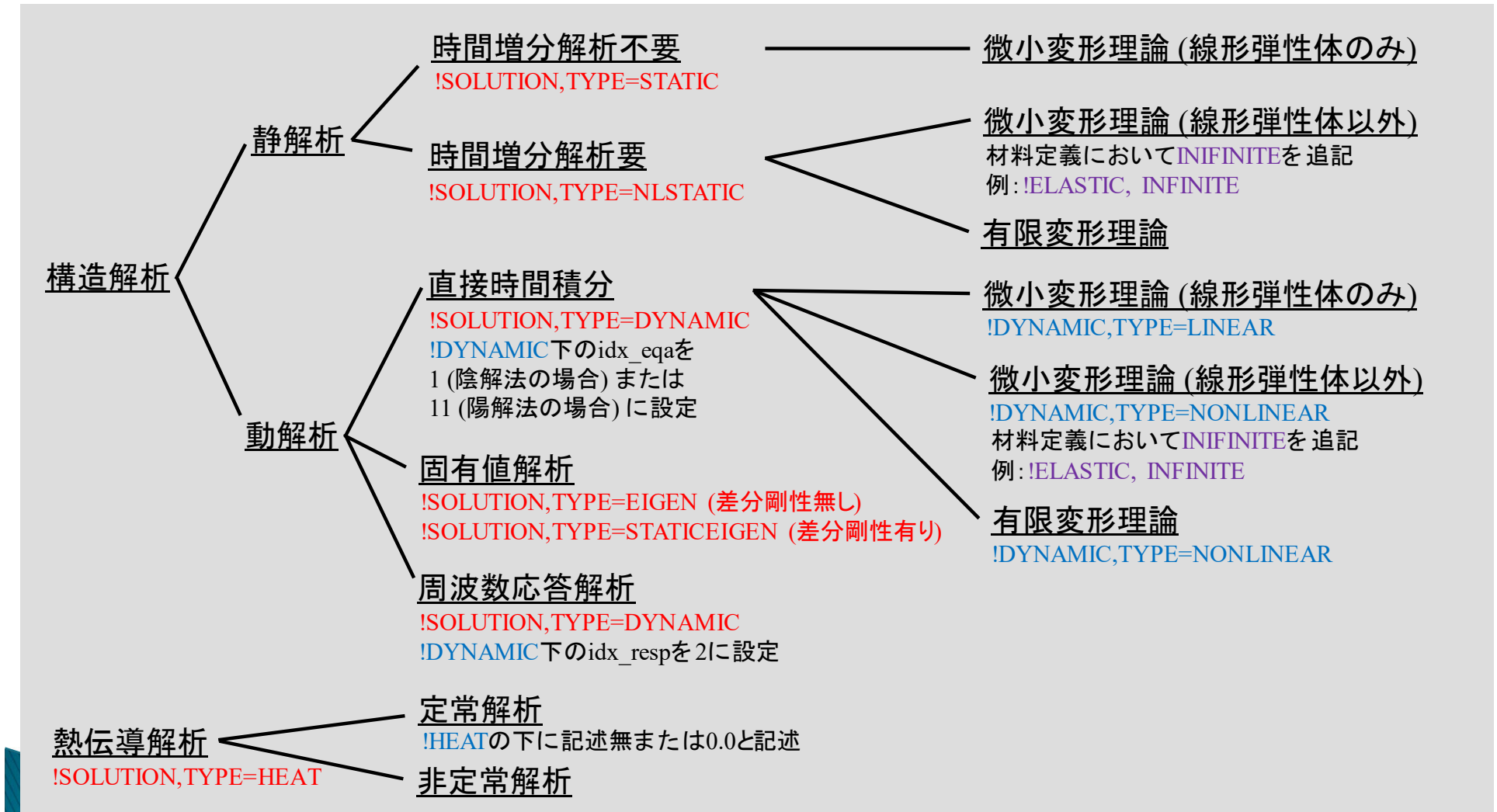
- cmakeでMakefileを作成
- make

Makefile.confの編集が不要かつ
makeの並列実行が可能であり,
ビルド時間が短縮

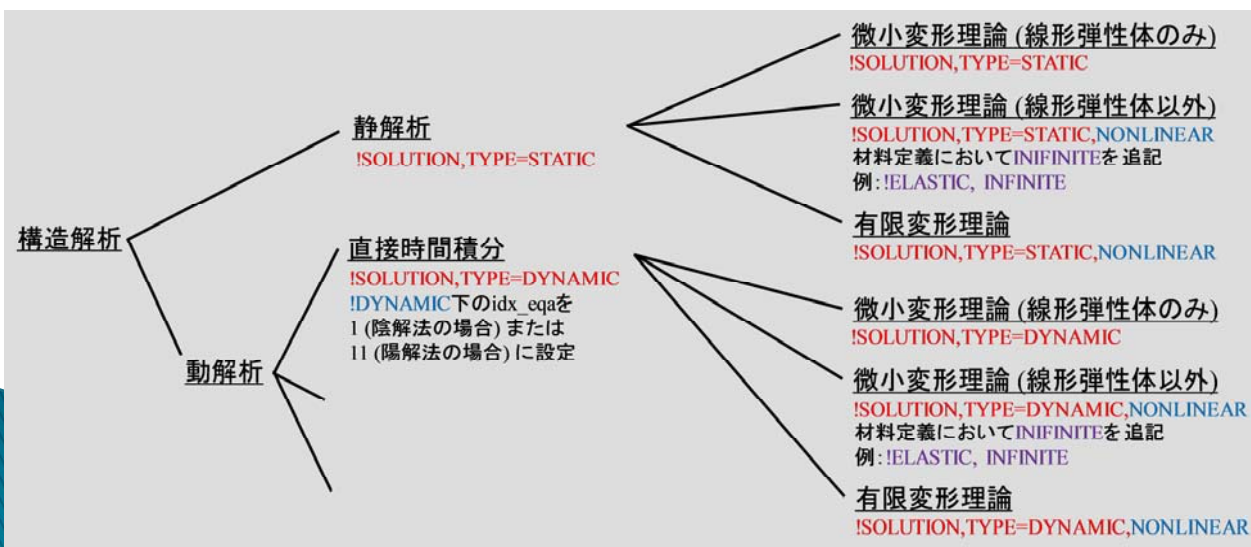
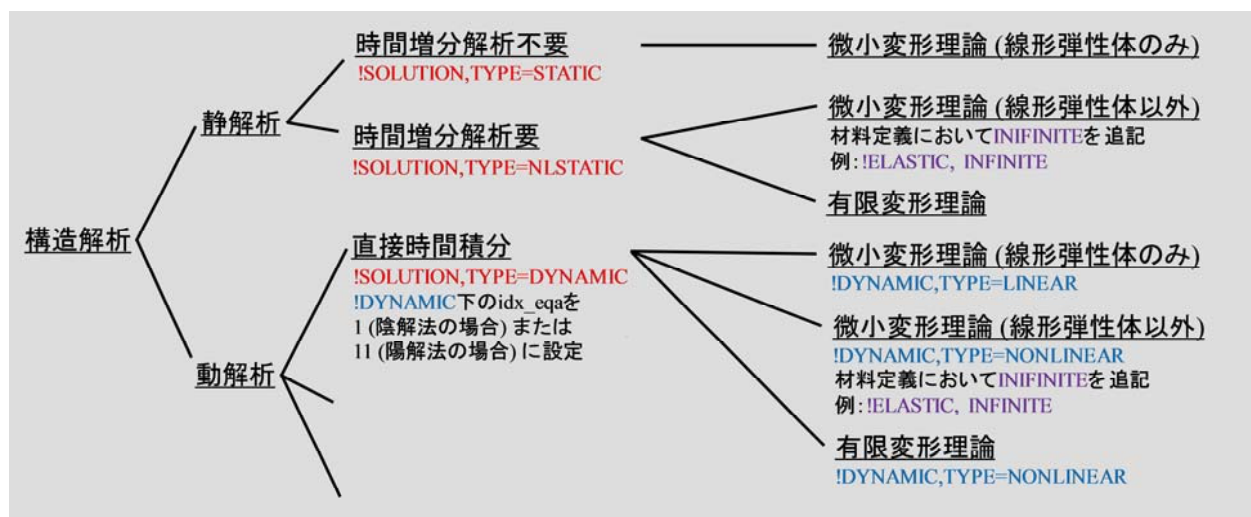
ユーザの視点から変更点の解説

1. CMakeによるインストール方法の追加
2. 解析機能の設定方法の変更
3. 時間増分の自動設定機能および
カットバック機能の追加
4. セクションおよび要素定式化の設定方法
5. 3614要素タイプの追加
6. リスタートファイルの書式作成
7. 可視化用ファイルの出力の修正

使用可能な解析機能 (「Ver. 4.6」)

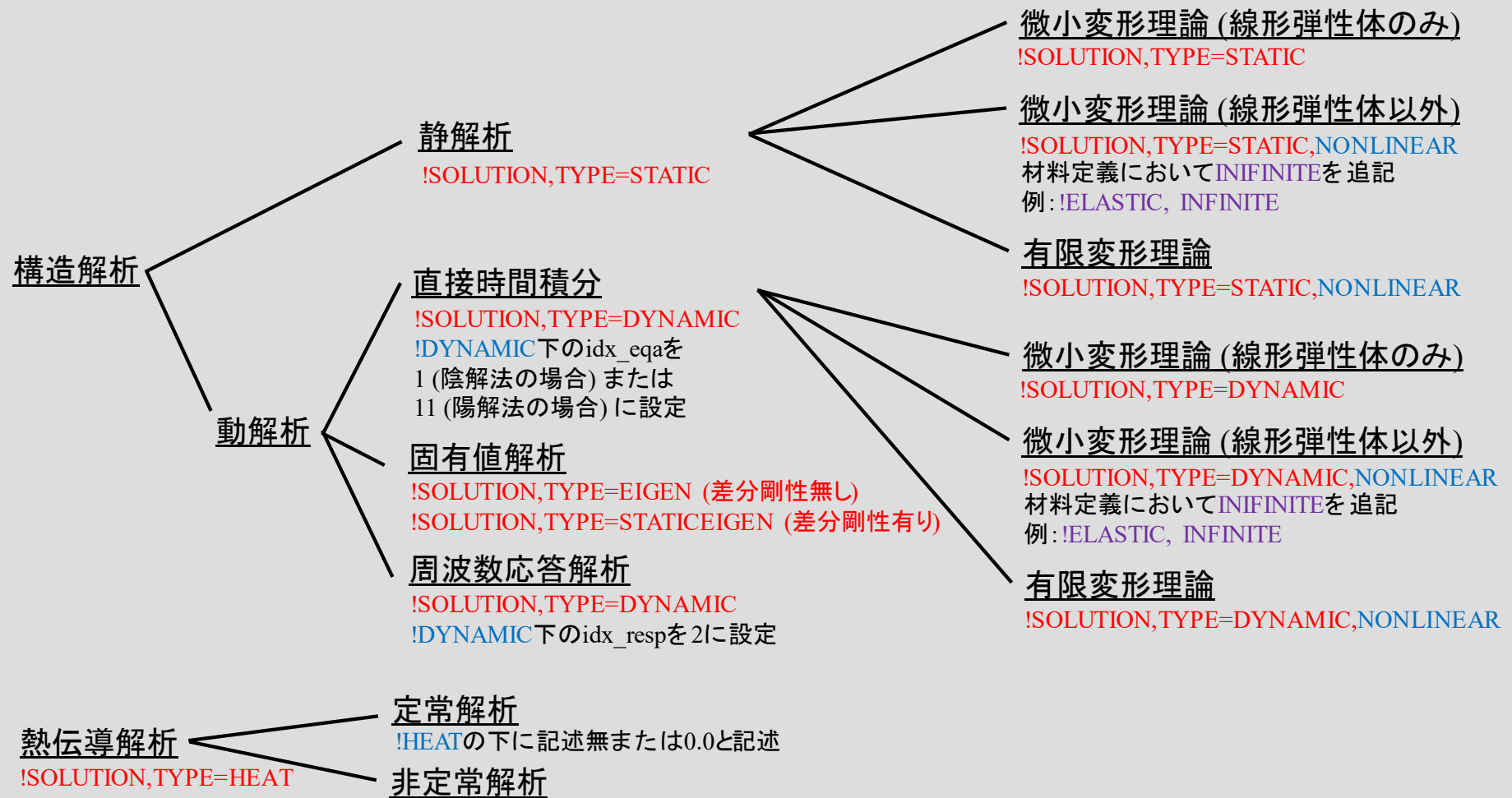


解析機能の設定方法の変更



静解析および
動解析 (直接時間
積分) の
使用方法を変更

使用可能な解析機能 (「Ver. 5.0α」)

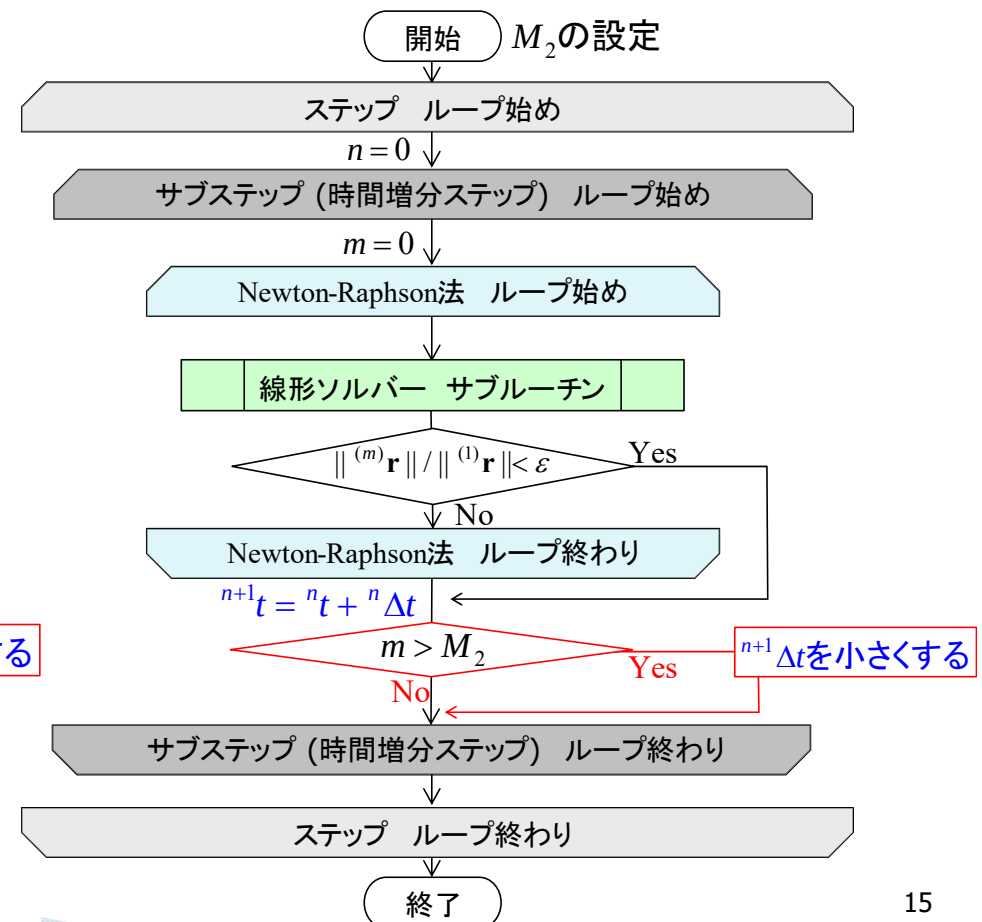
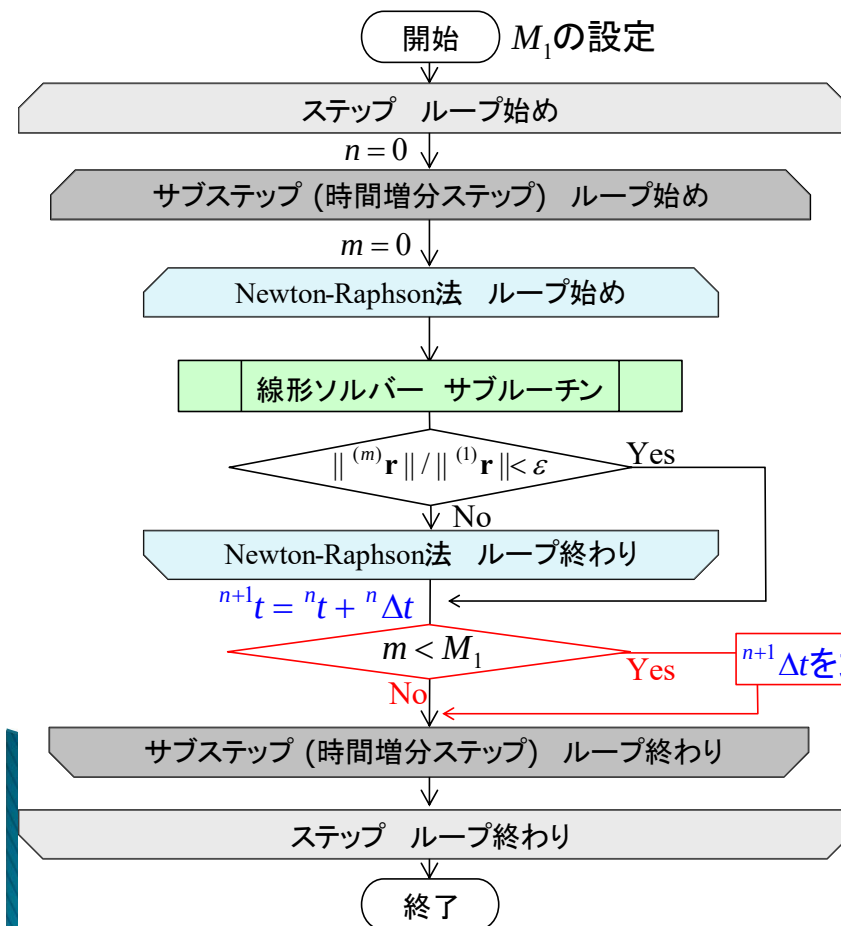


ユーザの視点から変更点の解説

1. CMakeによるインストール方法の追加
2. 解析機能の設定方法の変更
3. 時間増分の自動設定機能および
カットバック機能の追加
4. セクションおよび要素定式化の設定方法
5. 3614要素タイプの追加
6. リスタートファイルの書式作成
7. 可視化用ファイルの出力の修正

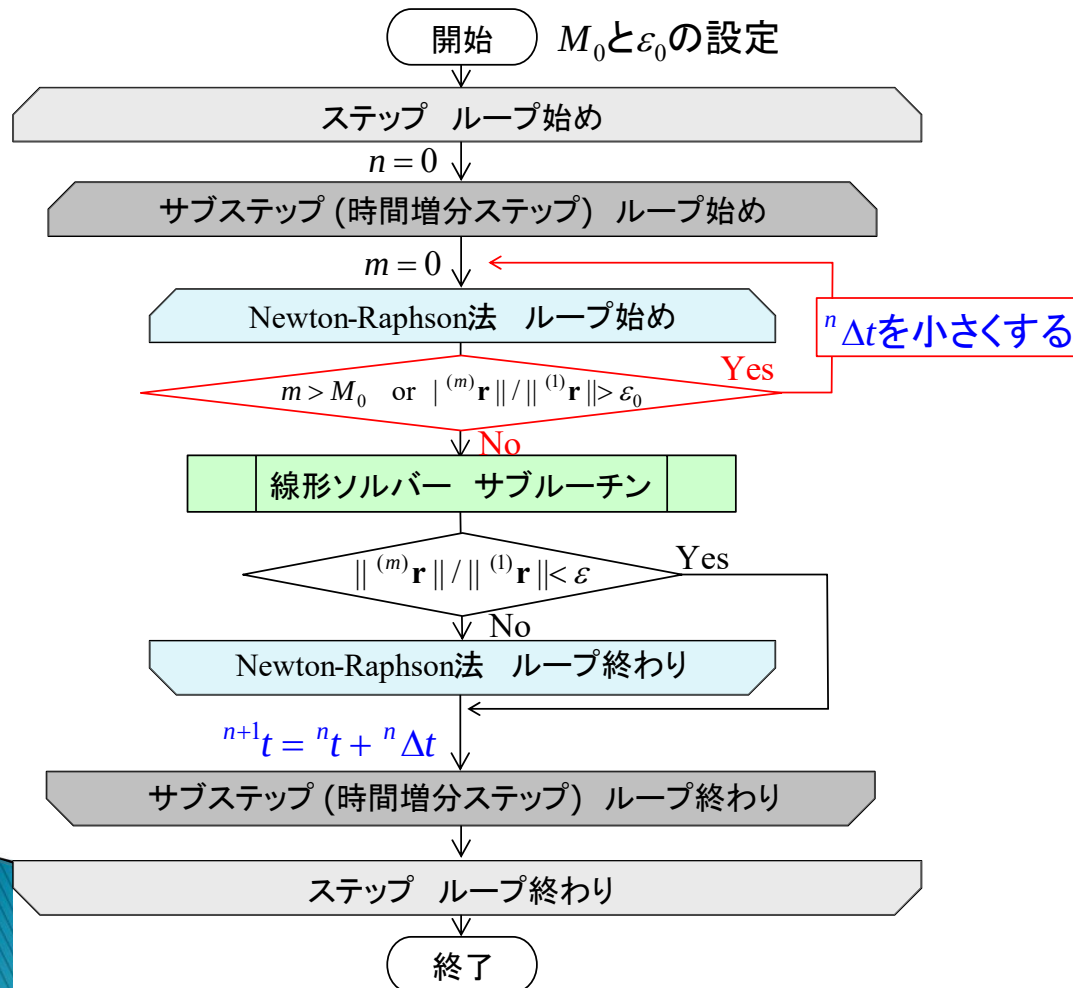
時間増分の自動設定

- Newton-Raphson反復の反復数が少ない場合,
時間増分を自動的に大きくする
- Newton-Raphson反復の反復数が多い場合,
時間増分を自動的に小さくする



時間増分のカットバック機能

- Newton-Raphson反復の反復数が非常に多い場合 (解が収束しない場合), 時間増分を自動的に小さくする



接触解析の場合,
接触状態の判定で
反復数が既定値より
大きくなるとカットバック

ユーザの視点から変更点の解説

1. CMakeによるインストール方法の追加
2. 解析機能の設定方法の変更
3. 時間増分の自動設定機能および
カットバック機能の追加
4. セクションおよび要素定式化の設定方法
5. 3614要素タイプの追加
6. リスタートファイルの書式作成
7. 可視化用ファイルの出力の修正

FrontISTRのメッシュファイル (「Ver. 4.6」)

メッシュファイル

```
1 !HEADER↓
2      conrod (2015/10/20) ↓
3 !NODE, NGRP=NODE_ALL↓
4 1, 1.5947469e-2, 1.5194545e-1, 0.0000000↓
5 2, 1.6402800e-2, 1.5406281e-1, -4.0000000e-3↓
6 3, 1.4900877e-2, 1.5004414e-1, -4.0000000e-3↓
7 4, 1.3912825e-2, 1.4809515e-1, -8.0000000e-3↓
8 5, 1.3486000e-2, 1.4375201e-1, 0.0000000↓

96331 96328, -2.7918885e-2, 2.8273724e-2, 4.3311714e-3↓
96332 !ELEMENT, TYPE=342, EGRP=ELEMENT_ALL↓
96333 1, 11689, 11690, 11691, 11692, 69217, 69204, 69203, 69205, 69218, 69228↓
96334 2, 11689, 11693, 11694, 11691, 69250, 69207, 69206, 69204, 69229, 69230↓
96335 3, 11693, 11695, 11696, 11689, 69276, 69252, 69251, 69206, 69208, 69209↓
96336 4, 11697, 11693, 11695, 11696, 69251, 69277, 69253, 69288, 69252, 69276↓
96337 5, 11698, 1924, 11699, 11251, 28041, 69309, 28040, 67990, 28039, 67991↓

152447 56115, 8763, 11467, 3708, 2887, 36677, 36675, 57103, 33602, 33605, 33601↓
152448 !NGROUP, NGRP=U_FIXED↓
152449 1073↓
152450 1074↓
152451 1075↓
152452 1076↓
152453 1077↓

161751 68380↓
161752 !SECTION, TYPE=SOLID, EGRP=ELEMENT_ALL, MATERIAL=ALUMINUM↓
161753 !MATERIAL, NAME=ALUMINUM, ITEM=3↓
161754 !ITEM=1, SUBITEM=2↓
161755 0.0, 0.0↓
161756 !ITEM=2↓
161757 0.0↓
161758 !ITEM=3↓
161759 0.0↓
161760 !END↓
```

ヘッダー

節点の番号 I と
節点の座標値
(x^I, y^I, z^I)

要素の番号 e と
要素内の
節点同士の
つながり
(コネクティビティ)

節点グループ

境界条件や集中荷重(外力)を与える

セクションデータ

材料データ

セクションの設定によって
要素グループに材料データが
与えられる

ファイルの終わり

セクションの設定方法 (「Ver. 5.0 α 」)

「FrontISTR Ver. 4.6」

メッシュファイルにセクションデータ

!SECTION, TYPE=SOLID, EGRP=ELM1, MATERIAL=MAT1
を書く



「FrontISTR Ver. 5.0 α 」

メッシュファイルにセクションデータ

!SECTION, TYPE=SOLID, EGRP=ELM1, MATERIAL=MAT1
を書く

解析制御ファイルにもセクションデータ

!SECTION, ELEMOPT=○○
を書く

使用可能な要素の種類

要素タイプの設定方法

メッシュファイル内で
!ELEMENT, TYPE=○○○

梁要素
6○○

611
(641)

2次元ソリッド要素
(平面ひずみ要素)
2○○

231

232

241

242

3次元ソリッド要素
3○○

341

342

351

352

361

362

541

542

3次元
インターフェース要素
5○○

シェル要素
7○○

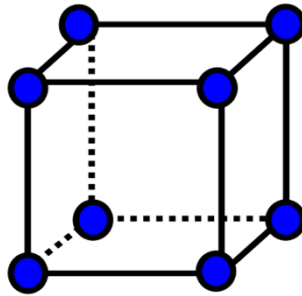
731
(761)

741
(781)

743

要素定式化の設定方法 (「Ver. 4.6」)

メッシュファイル内で
!ELEMENT, TYPE=361

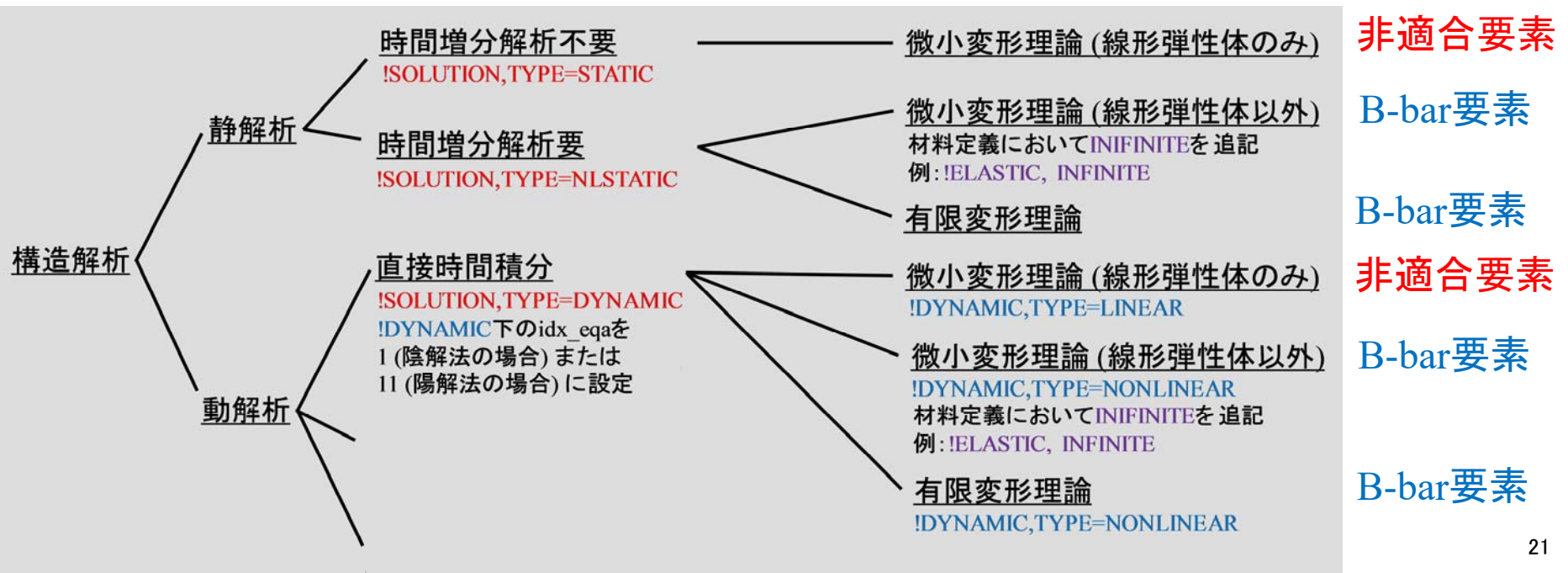


361

せん断ロッキングのため、
通常のアイソパラメトリック要素は
使用されません

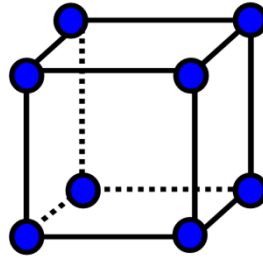
要素定式化の設定方法はありません

非適合要素またはB-bar要素が使用されます



要素定式化の設定方法 (「Ver. 5.0α」)

メッシュファイル内で
!ELEMENT, TYPE=361



361

アイソパラメトリック要素,
非適合要素, B-bar要素,
F-bar要素から選択できます

解析制御ファイル内で
!SECTION, SECNUM, FORM361=○○

ただし、非適合要素は
非線形解析では使用できません
(未実装のため)

解析制御ファイル内のFORM361カードによって、
要素定式化の種類を変更できます

解析制御ファイル内で

FORM361=IC

非適合積分要素

または FORM361=BBAR

B-bar要素

または FORM361=FBAR

F-bar要素

または FORM361=FI

アイソパラメトリック要素

または 設定しない場合

「Ver. 4.6」と同じ要素

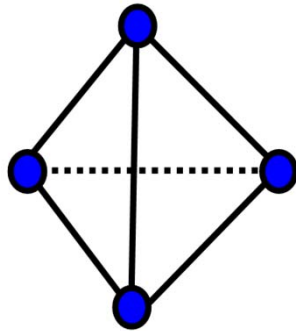
ユーザの視点から変更点の解説

1. CMakeによるインストール方法の追加
2. 解析機能の設定方法の変更
3. 時間増分の自動設定機能および
カットバック機能の追加
4. セクションおよび要素定式化の設定方法
5. 3614要素タイプの追加
6. リスタートファイルの書式作成
7. 可視化用ファイルの出力の修正

3614要素タイプの追加

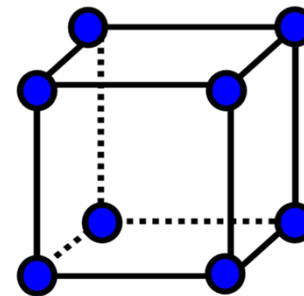
- 「Ver. 4.6」では3414要素タイプを使用可能である
- 「Ver. 5.0 α 」では3614要素タイプを追加する

3414要素タイプ



$$(u_x^{(\alpha)}, u_y^{(\alpha)}, u_z^{(\alpha)}, \phi^{(\alpha)}) \quad \alpha = 1, 2, \dots, 4$$

3614要素タイプ



$$(u_x^{(\alpha)}, u_y^{(\alpha)}, u_z^{(\alpha)}, \phi^{(\alpha)}) \quad \alpha = 1, 2, \dots, 8$$

$(v_x^{(\alpha)}, v_y^{(\alpha)}, v_z^{(\alpha)}, p^{(\alpha)})$ として、非圧縮性流体解析機能として使用している

ユーザの視点から変更点の解説

1. CMakeによるインストール方法の追加
2. 解析機能の設定方法の変更
3. 時間増分の自動設定機能および
カットバック機能の追加
4. セクションおよび要素定式化の設定方法
5. 3614要素タイプの追加
6. リスタートファイルの書式作成
7. 可視化用ファイルの出力の修正

リスタートファイルの書式作成

「FrontISTR Ver. 4.6」

- リスタートファイルの書式がない
- 計算で通るルーチンが異なれば、出力する情報やその並びが異なる
- 計算が終了した時刻の情報がない



「FrontISTR Ver. 5.0 α 」

- リスタートファイルの書式を作る
- 書式に従い、各ルーチンで出力する情報や並びを修正する
- 計算が終了した時刻、時間増分、時間増分ステップの情報を追加する

ユーザの視点から変更点の解説

1. CMakeによるインストール方法の追加
2. 解析機能の設定方法の変更
3. 時間増分の自動設定機能および
カットバック機能の追加
4. セクションおよび要素定式化の設定方法
5. 3614要素タイプの追加
6. リスタートファイルの書式作成
7. 可視化用ファイルの出力の修正

可視化用ファイルの出力の修正

背景

可視化用ファイル作成ツールvisualizerを実行するには、hecmw_vis.iniファイルが必要となる

MPI並列計算では、プロセス0がhecmw_vis.iniファイルを作成する

問題点

京コンピュータではファイルステージング機能が採用されていて、プロセス0が出力したデータを他のプロセスが読むことができない

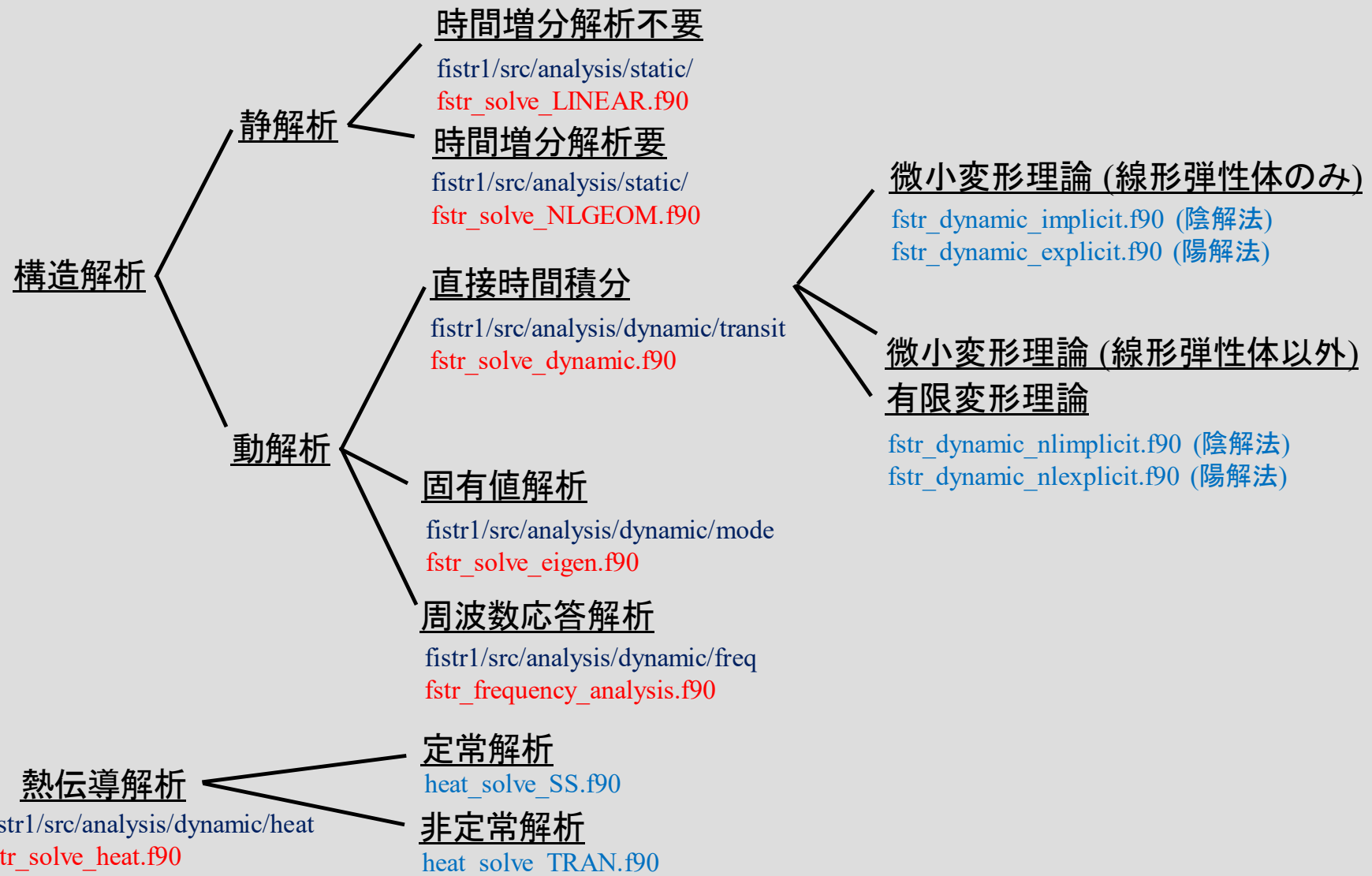
修正案

プロセス0が作成したhecmw_vis.iniファイルをプロセス0で読み、MPI集団通信によって他のプロセスにhecmw_vis.iniファイルの情報を渡すように修正する

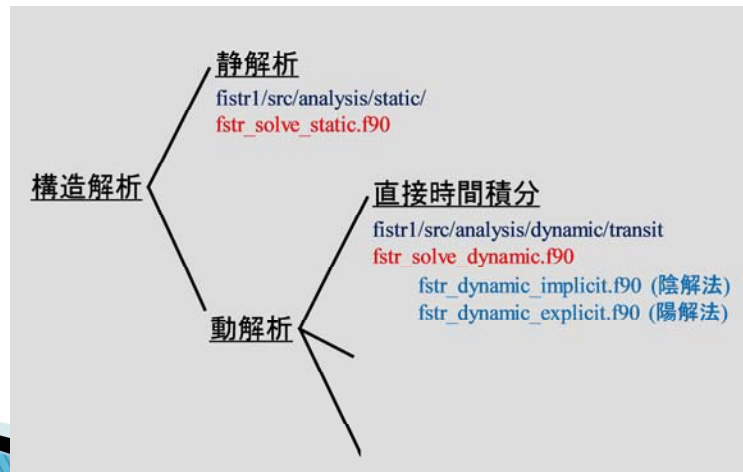
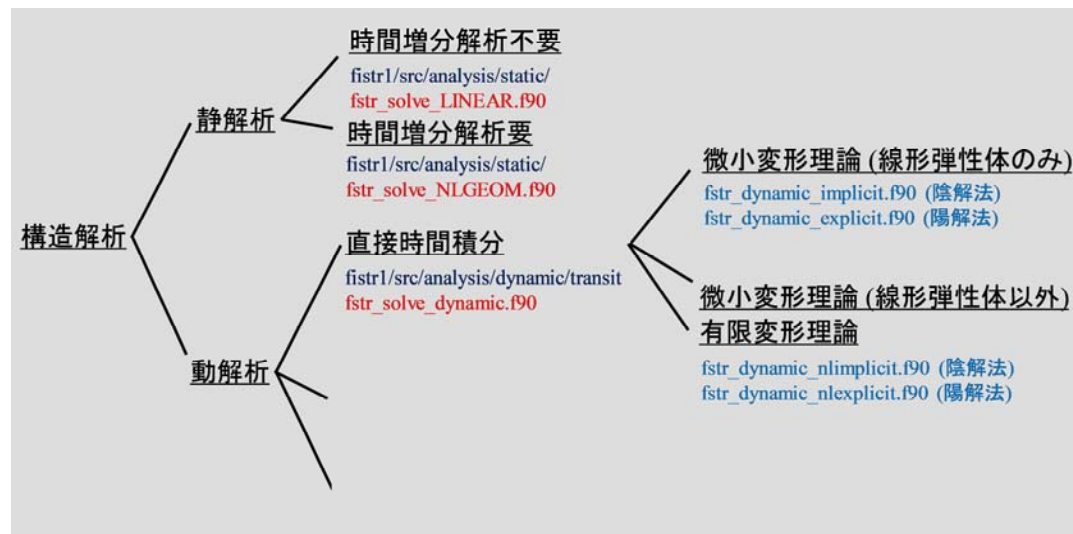
開発者の視点から変更点の解説

1. 線形・非線形解析プログラムの統合
2. solve_LINEQ.f90ファイルの変更
3. 計算結果ファイル (.res) の出力の修正
4. プログラムのインデントの整理

主なプログラム (「Ver. 4.6」)

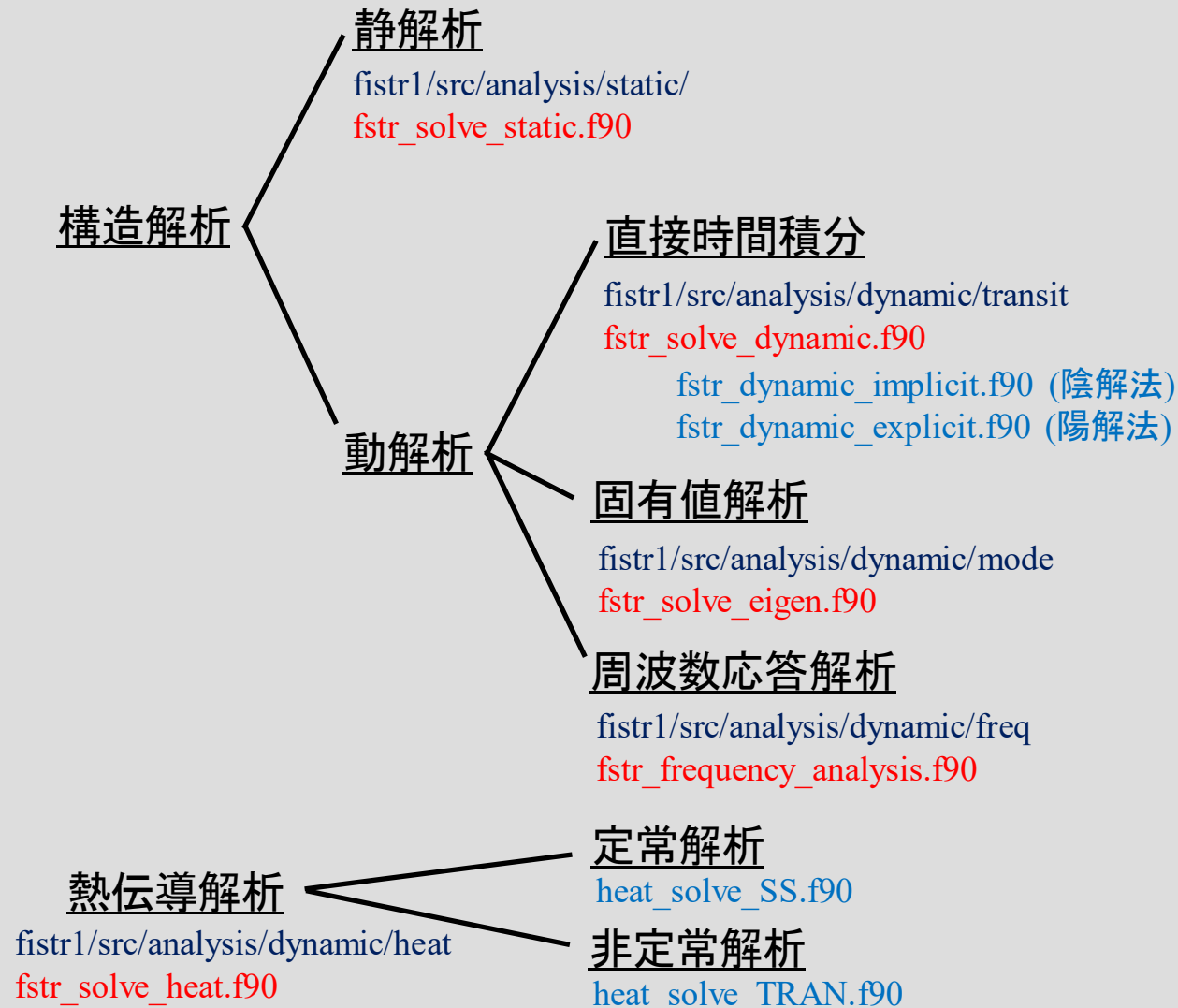


線形・非線形解析プログラムの統合



静解析および動解析
(直接時間積分) に
おける
線形・非線形解析
サブルーチンを統合

主なプログラム (「Ver. 5.0α」)



開発者の視点から変更点の解説

1. 線形・非線形解析プログラムの統合
2. `solve_LINEQ.f90`ファイルの変更
3. 計算結果ファイル (.res) の出力の修正
4. プログラムのインデントの整理

solve_LINEQ.f90ファイルの変更

「FrontISTR Ver. 4.6」

反復法線形ソルバーを使用する場合, fistr1/src/libの
solve_LINEQ.f90ファイルの中でhecmw_solve_11, hecmw_solve_22,
hecmw_solve_33, hecmw_solve_44, hecmw_solve_66のサブルーチン
を呼んでいる



「FrontISTR Ver. 5.0 α 」

- hecmw1/src/solverにhecmw_solve.f90ファイルを作成し,
ファイル内にサブルーチンhecmw_solve_linear_equationを
作成する
- hecmw_solve_linear_equation内にhecmw_solve_〇〇サブルーチンを
まとめる
- FrontISTR側からはhecmw_solve_linear_equationを呼び出すだけにな
るように変更する
- fstr_UpdateODサブルーチンも, hecmw1の中のプログラムで一つの
サブルーチンにまとめる

開発者の視点から変更点の解説

1. 線形・非線形解析プログラムの統合
2. solve_LINEQ.f90ファイルの変更
3. 計算結果ファイル (.res) の出力の修正
4. プログラムのインデントの整理

計算結果ファイル (.res) の出力の修正

「FrontISTR Ver. 4.6」

- 計算結果ファイルにおける積分点でのひずみと応力の出力する場合、積分点数が異なる要素が混在すると、最初の要素の積分点数が全要素の積分点数とみなされる
- 必要な積分点の情報が出力されなかったり、結果ファイルの中にNaNが出力される



「FrontISTR Ver. 5.0 α 」

要素が持つ最大の積分点数をfstr_setup.f90ファイル内で計算し、その積分点でのひずみと応力を出力する
積分点が不足する場合、応力とひずみは0.0で出力する

開発者の視点から変更点の解説

1. 線形・非線形解析プログラムの統合
2. solve_LINEQ.f90ファイルの変更
3. 計算結果ファイル (.res) の出力の修正
4. プログラムのインデントの整理

プログラムのインデントの整理

「FrontISTR Ver. 4.6」

FrontISTRプログラムは様々な開発者によって
作成されてきた経緯があり、プログラムのインデントが
ばらばらであった



「FrontISTR Ver. 5.0 α 」

プログラムが読みやすくするため、インデントを整理する

「FrontISTR Ver. 5.0 β 」(公開予定)について

ユーザの視点から変更点の解説

1. 計算結果ファイル (.res) の書式変更
2. 節点番号のリオーダリング機能の追加
3. 並列パーティショナ (お試し用) の追加
4. マニュアルの修正

計算結果ファイル (.res) の書式変更

時間増分の自動設定機能を使用した場合、
計算結果のデータに時刻の情報が必要となる

「FrontISTR Ver. 4.6」

ファイル名に時間増分ステップが付記されるが、
計算結果ファイル内に時刻や時間増分のような
解析全体で定義された変数の情報が含まれない



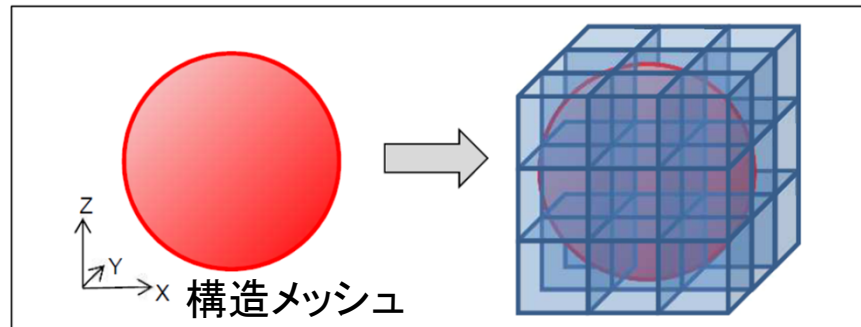
「FrontISTR Ver. 5.0 α 」

計算結果ファイルに時刻や時間増分のような
解析全体で定義された変数の情報を含める

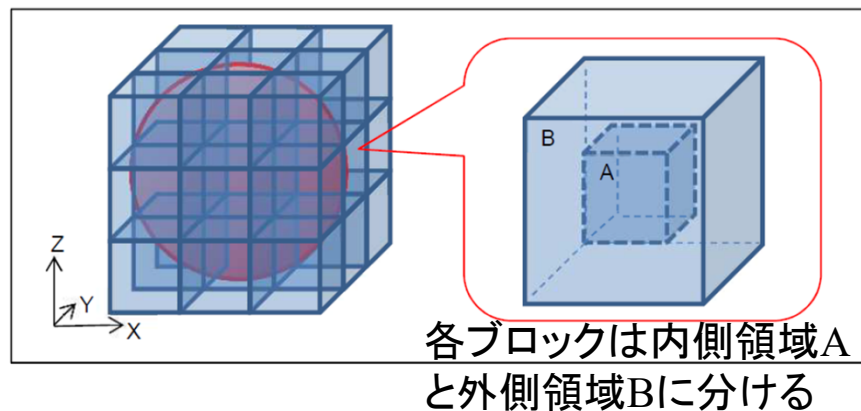
ユーザの視点から変更点の解説

1. 計算結果ファイル (.res) の書式変更
2. 節点番号のリオーダリング機能の追加
3. 並列パーティショナ (お試し用) の追加
4. マニュアルの修正

節点データ並べ替え処理 (リオーダーリング処理)



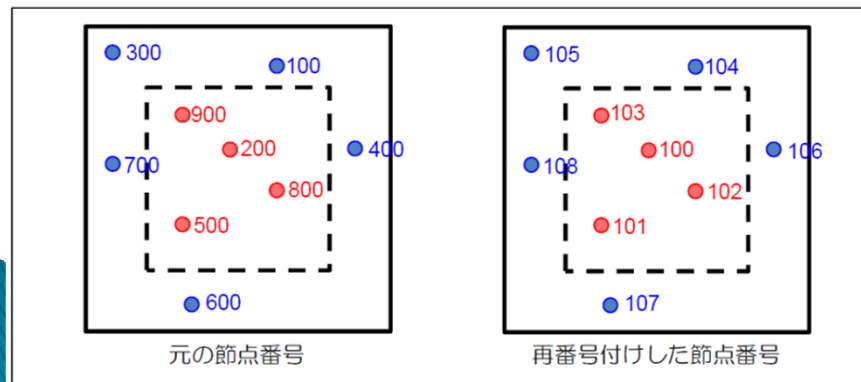
- (1) 構造メッシュ (単一領域メッシュ または分散領域メッシュ) のバウンディングボックスを均等なブロックで分割



- (2) ブロック順に、各ブロックに対して節点番号のリナンバリング

リナンバリングのルール

- (a) 節点座標の値と無関係にリナンバリング
(b) 各ブロックに対して、まず内側領域Aの番号を詰め、次に外側領域Bの番号を詰めるようにリナンバリング



内側領域A、外側領域Bの順に節点番号を詰める

(1) と (2) をFrontISTRプログラム
の中で行う

節点番号のリオーダーリング機能の追加

節点番号のリオーダーリングの効果

行列ベクトル演算における節点番号アクセスリストの
データ参照の局所性が向上し、キャッシュ効果が向上

使用方法

解析制御ファイルで

!REORDERING

block_numx, block_numy, block_numz, block_inout_ratio

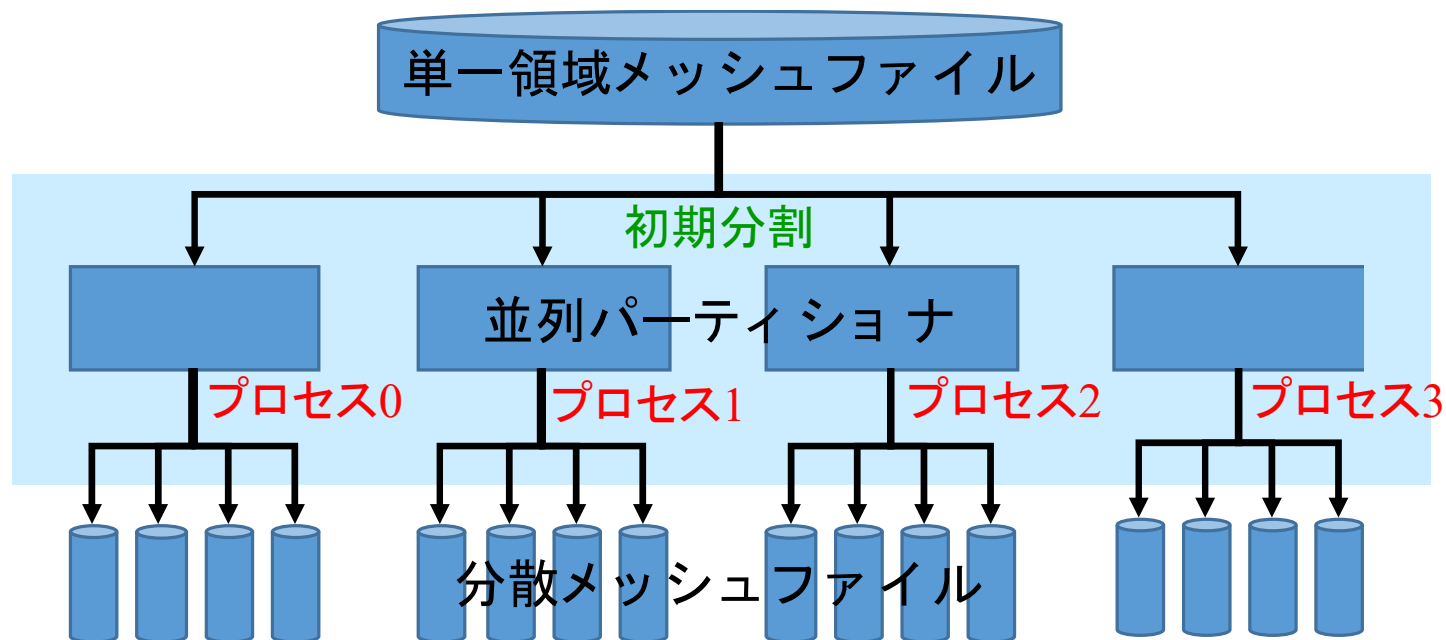
block_numx	ローカルメッシュのx方向への分割数 (1以上の整数, デフォルト20)
block_numy	ローカルメッシュのy方向への分割数 (1以上の整数, デフォルト20)
block_numz	ローカルメッシュのz方向への分割数 (1以上の整数, デフォルト20)
block_inout_ratio	内外分割係数 (0より大きく1より小さい実数, デフォルト0.1)

ユーザの視点から変更点の解説

1. 計算結果ファイル (.res) の書式変更
2. 節点番号のリオーダーリング機能の追加
3. 並列パーティショナ (お試し用) の追加
4. マニュアルの修正

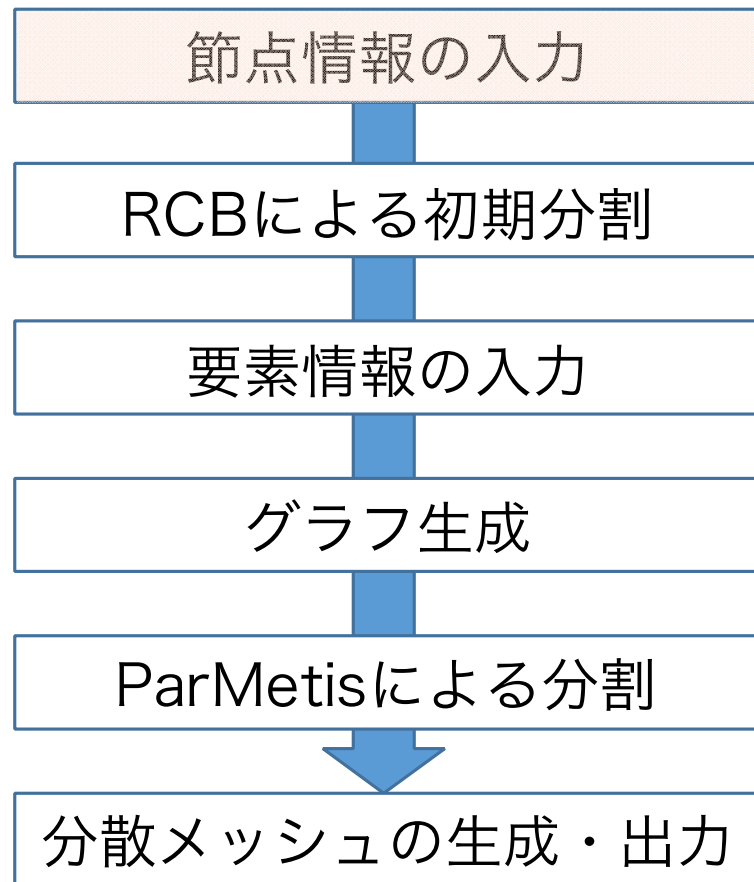
並列パーティショナ (お試用) の追加

従来の逐次パーティショナと一緒に、
開発中の並列パーティショナを追加します



- 並列パーティショナは、 2^n のMPIプロセス数で実行される
- MPIプロセス数は初期分割数と一致し、
出力する分散領域メッシュの領域数とは異なる

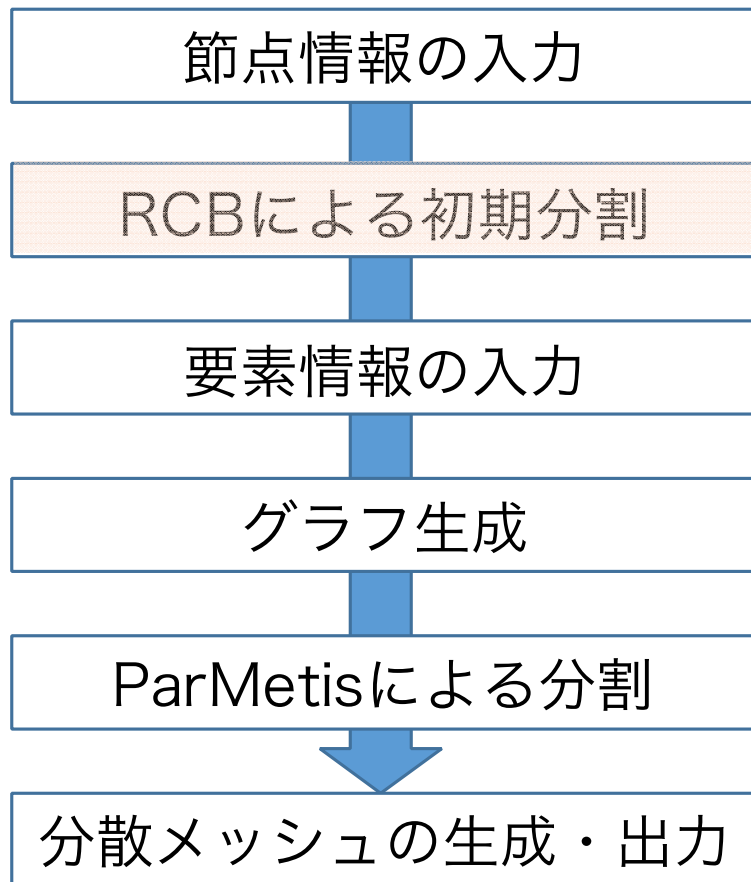
並列パーティショナの処理の流れ (1/6)



1. 全てのMPIプロセスで、節点座標データ (!NODE) を読み込み、メモリに格納する
2. 全てのMPIプロセスで、要素コネクティビティデータ (!ELEMENT) を読み込み、未使用の節点情報を削除する (要素コネクティビティデータはメモリに格納されない)

Flowchart of the whole processing

並列パーティショナの処理の流れ (2/6)

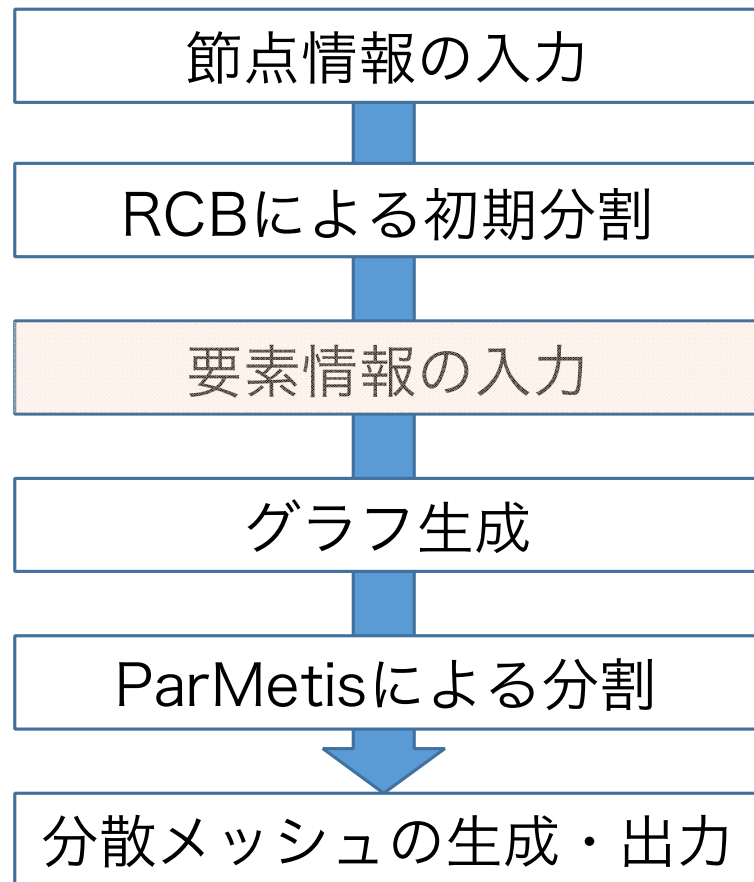


3. 全てのMPIプロセスで、
節点を座標情報を用いて、
RCB (Recursive Coordinate
Bisection) によって
並列パーティショナの
MPIプロセス数の領域に分割
(以降, これを**初期分割**という)

※ 初期分割数 = MPIプロセス数

Flowchart of the whole processing

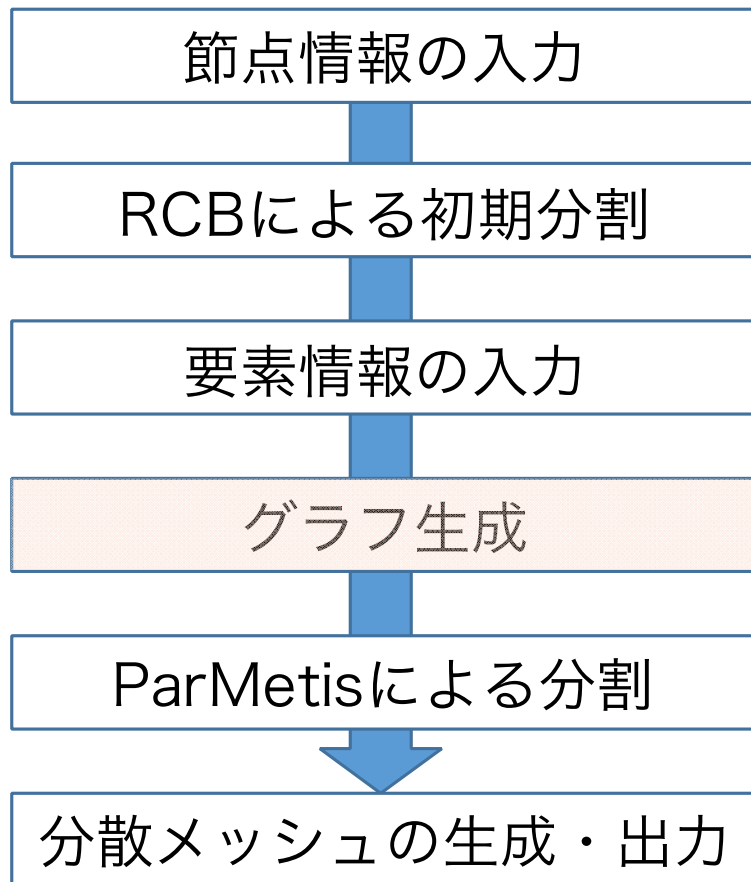
並列パーティショナの処理の流れ (3/6)



4. 各MPIプロセスで、
自分が担当する初期分割の
領域内にある節点
(部分グラフを構成するノード)
を含む要素コネクティビティ
データのみを読み込み、
メモリに格納する

Flowchart of the whole processing

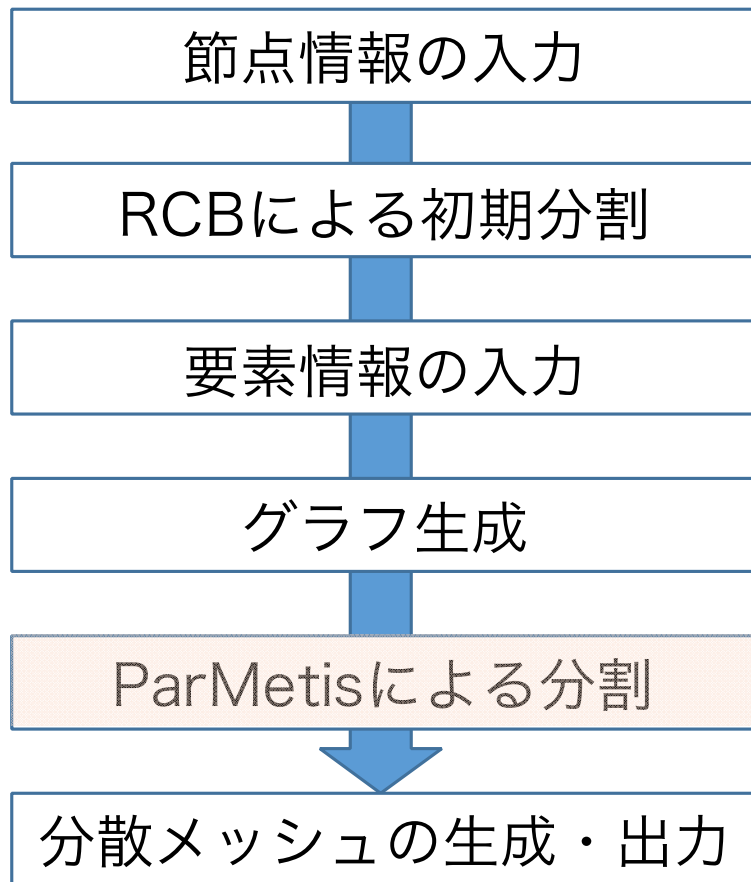
並列パーティショナの処理の流れ (4/6)



5. 各MPIプロセスで, 要素コネクティビティデータからグラフ情報を生成する
6. 各MPIプロセスで, 生成したグラフ情報をParMETISの呼び出しに適したデータ構造へ変換する

Flowchart of the whole processing

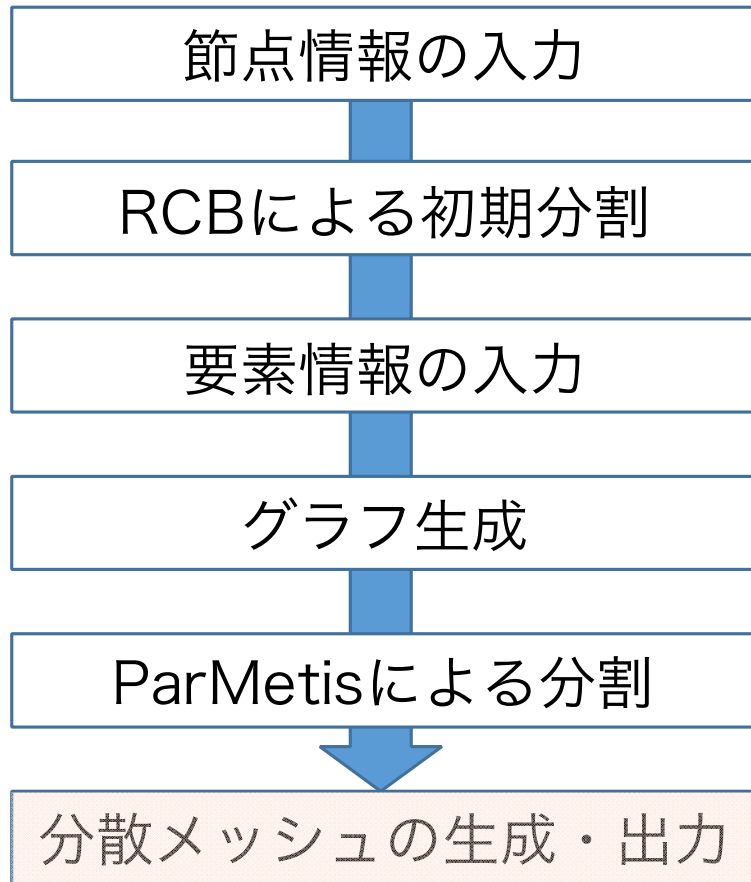
並列パーティショナの処理の流れ (5/6)



7. 各MPIプロセスで、変換したデータ構造をParMETISに渡し、領域分割を行う

Flowchart of the whole processing

並列パーティショナの処理の流れ (6/6)



Flowchart of the whole processing

8. 各MPIプロセスで、全体メッシュを再度読み込みながら、自分が担当する初期分割に対する分散領域メッシュを生成し、出力する

ユーザの視点から変更点の解説

1. 計算結果ファイル (.res) の書式変更
2. 節点番号のリオーダリング機能の追加
3. 並列パーティショナ (お試し用) の追加
4. マニュアルの修正

マニュアルの修正

- マニュアルに掲載されていない機能, マニュアルに記載されているがその通りに実装されていない機能があるため, マニュアルを修正する
- 現在はMicrosoft Word (.docx) を使って記述されているが, Markdown言語形式 (.md) のマニュアルを作成し直す

Markdown言語

- .mdファイルはテキストファイル
- wikiのようなマニュアルを容易に作成可能
- LaTeX形式に準じた数式入力が可能

- 
- チートシートの更新

開発者の視点から変更点の解説

1. 連成解析機能の開発準備
2. hecmw1内のコンパイルされないプログラムの削除
3. 物性値の温度依存性がない場合の熱伝導解析の修正
4. 接触反力に関する修正
5. プログラマ情報のファイル作成

連成解析機能の開発準備

この後、詳細を発表します

開発者の視点から変更点の解説

1. 連成解析機能の開発準備
2. hecmw1内のコンパイルされないプログラムの削除
3. 物性値の温度依存性がない場合の熱伝導解析の修正
4. 接触反力に関する修正
5. プログラマ情報のファイル作成

hecmw1内のコンパイルされないプログラムの削除

「FrontISTR Ver. 4.6」

hecmw1/srcの中でコンパイルされていない
プログラムがある

operationsディレクトリ

- dynamic_load_balancingディレクトリ内のファイル
- adaptationディレクトリ内のファイル
- jacobianディレクトリ内のファイル

coupleディレクトリ



「FrontISTR Ver. 5.0 α 」

コンパイルされない (機能の詳細がわからない)
プログラムを削除するか検討する

開発者の視点から変更点の解説

1. 連成解析機能の開発準備
2. hecmw1内のコンパイルされないプログラムの削除
3. 物性値の温度依存性がない場合の熱伝導解析の修正
4. 接触反力に関する修正
5. プログラマ情報のファイル作成

物性値の温度依存性がない場合の 熱伝導解析の修正

「FrontISTR Ver. 4.6」

線形解析となるが、線形ソルバーが2回呼ばれるため、
計算時間がほぼ2倍になる



「FrontISTR Ver. 5.0 α 」

線形解析であれば、線形ソルバーが1回だけ呼ばれる
ように修正する

開発者の視点から変更点の解説

1. 連成解析機能の開発準備
2. hecmw1内のコンパイルされないプログラムの削除
3. 物性値の温度依存性がない場合の熱伝導解析の修正
4. 接触反力に関する修正
5. プログラム情報のファイル作成

接触反力に関する修正 (1/2)

「FrontISTR Ver. 4.6」

接触解析において、接触力、摩擦力、変位既定境界での反力が、「接触反力」という名前でまとめて出力される



「FrontISTR Ver. 5.0 α 」

接触力、摩擦力、変位既定境界での反力を別々に出力する



接触反力に関する修正 (2/2)

「FrontISTR Ver. 4.6」

- 解析制御ファイルで
!CONTACT, INTERACTION=SSLID
のように微小すべりが設定されていると,
接触が生じる面が変わらない
- 既に接触していない面に接触反力が生じることがある



「FrontISTR Ver. 5.0 α 」

接触していない面に接触反力が生じないように
修正する



開発者の視点から変更点の解説

1. 連成解析機能の開発準備
2. hecmw1内のコンパイルされないプログラムの削除
3. 物性値の温度依存性がない場合の熱伝導解析の修正
4. 接触反力に関する修正
5. プログラマ情報のファイル作成

プログラマ情報のファイル作成

「FrontISTR Ver. 4.5」のプログラムの上に
プログラマなどの情報が入っていたが、
「FrontISTR Ver. 4.6」のプログラムから

!-----
! Copyright (c) 2016 The University of Tokyo
! This software is released under the MIT License, see LICENSE.txt
!-----

となっている



「FrontISTR Ver. 5.0 α 」ではプログラマ情報を
まとめたファイルを作成する

「Ver. 5.0 β 」開発後のプログラム (「Ver. 5.0」として公開) について

「Ver. 5.0 β 」公開後のプログラム変更について

1. 接触解析プログラムの統合
2. 要素定式化の追加
3. 全体制御ファイルの設定方法の変更
4. 内部開発の直接法ソルバー (DIRECT) の削除
5. プログラム・ディレクトリ構造の整理
6. テストプログラムの確認

接触解析プログラムの統合

fistr1/src/analysis/staticディレクトリのfstr_solve_NonLinear.f90ファイル

- 接触無しのNewton-Raphson反復のプログラム
fstr_Newtonサブルーチン
- Lagrange未定乗数法を用いた接触有りの
Newton-Raphson反復のプログラム
fstr_Newton_contactSLagサブルーチン
- Augmented Lagrangian法を用いた接触有りの
Newton-Raphson反復のプログラム
fstr_Newton_contactALagサブルーチン

「Ver. 5.0 β 」公開後のプログラム変更について

1. 接触解析プログラムの統合
2. 要素定式化の追加
3. 全体制御ファイルの設定方法の変更
4. 内部開発の直接法ソルバー (DIRECT) の削除
5. プログラム・ディレクトリ構造の整理
6. テストプログラムの確認

要素定式化の追加

「FrontISTR Ver. 5.0」

- 非線形解析でも非適合要素を使用できるようにする
- 微圧縮性材料の解析用に u/p 定式化を追加する



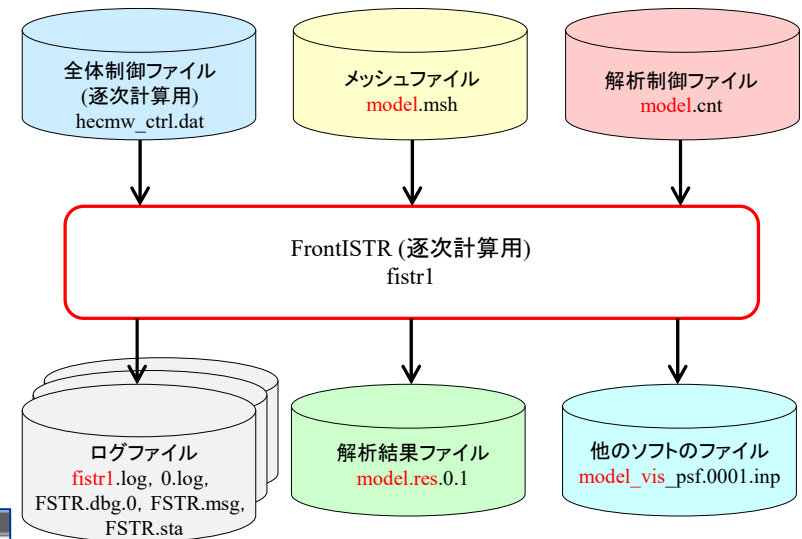
「Ver. 5.0 β 」公開後のプログラム変更について

1. 接触解析プログラムの統合
2. 要素定式化の追加
3. 全体制御ファイルの設定方法の変更
4. 内部開発の直接法ソルバー (DIRECT) の削除
5. プログラム・ディレクトリ構造の整理
6. テストプログラムの確認

FrontISTRの全体制御ファイル (1/2)

全体制御ファイル hecmw_ctrl.dat (逐次計算用)

```
1 #↓
2 # for solver↓
3 #↓
4 !MESH, NAME=fstrMSH, TYPE=HECMW-ENTIRE↓
5 conrod.msh↓
6 !CONTROL, NAME=fstrCNT↓
7 conrod.cnt↓
8 !RESULT, NAME=fstrRES, IO=OUT↓
9 conrod.res↓
10 #↓
11 # for visualizer↓
12 #↓
13 !MESH, NAME=mesh, TYPE=HECMW-ENTIRE↓
14 conrod.msh↓
15 !RESULT, NAME=result, IO=IN↓
16 conrod.res↓
17 !RESULT, NAME=vis_out, IO=OUT↓
18 conrod vis↓
```



← メッシュファイル名の設定

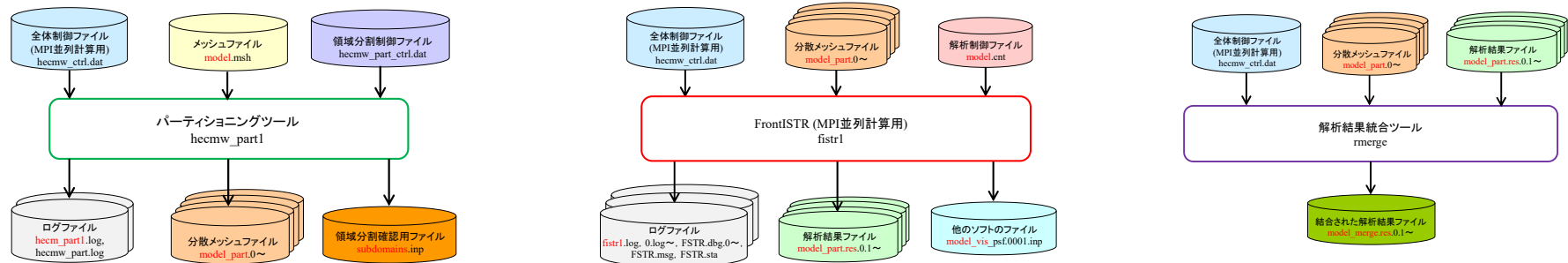
← 解析制御ファイル名の設定

← 解析結果ファイル名の設定

← その他のソフトのファイル作成のために入力するメッシュファイル名と解析結果ファイル名の設定

← その他のソフトのファイル名の設定

FrontISTRの全体制御ファイル (2/2)



全体制御ファイル hecmw_ctrl.dat (並列計算用)

```

1 #↓
2 # for solver↓
3 #↓
4 !MESH, NAME=fstrMSH, TYPE=HECMW-DIST↓
5 conrod_part↓
6 !CONTROL, NAME=fstrCNT↓
7 ../PE1/conrod.cnt↓
8 !RESULT, NAME=fstrRES, IO=OUT↓
9 conrod_part.res↓
10 #↓
11 # for partitioner↓
12 #↓
13 !MESH, NAME=part_in, TYPE=HECMW-ENTIRE↓
14 ../PE1/conrod.msh↓
15 !MESH, NAME=part_out, TYPE=HECMW-DIST↓
16 conrod_part↓
17 #↓
18 # for visualizer↓
19 #↓
20 !MESH, NAME=mesh, TYPE=HECMW-DIST↓
21 conrod_part↓
22 !RESULT, NAME=result, IO=IN↓
23 conrod_part.res↓
24 !RESULT, NAME=vis_out, IO=OUT↓
25 conrod_vis↓

```

FrontISTR (MPI並列計算版) を使用するときの設定

← 分散メッシュファイル名の設定

← 解析制御ファイル名の設定

← 解析結果ファイル名の設定

パーティショナを使用するときの設定

← メッシュファイル名の設定

← 分散メッシュファイル名の設定

← その他のソフトのファイル作成のために入力する分散メッシュファイル名と解析結果ファイル名の設定

← その他のソフトのファイル名の設定 73

FrontISTRの領域分割制御ファイル

領域分割制御ファイル hecmw_part_ctrl.dat

```
1 !PARTITION, TYPE=NODE-BASED, METHOD=PMETIS, DOMAIN=4, UCD=subdomains.inp
```

節点ベースで分割

領域分割数

グラフ分割ツール名

- 領域数が8より小さい場合
METHOD=PMETIS
Multilevel Recursive Bisectionによる
グラフ分割
- 領域数が8より大きい場合
METHOD=KMETIS
 k -way partitioningによる
グラフ分割

領域分割確認用の
UCDフォーマット
ファイル名

全体制御ファイルの設定方法の変更

- 全体制御ファイル hecmw_ctrl.dat の単一領域メッシュファイルと分散領域メッシュファイルの記述を統一する
- 領域分割制御ファイル hecmw_part_ctrl.dat の内容を全体制御ファイル hecmw_ctrl.dat に含める
- 単一領域メッシュファイルに記述すべき情報と解析制御ファイルに記述すべき情報を整理する

例えば、熱伝導解析では、温度の初期条件が単一領域メッシュファイル内に!INITIAL CONDITIONで記述される。

これは、幾何情報ではないため、解析制御ファイルに記述されるべきである

「Ver. 5.0 β 」公開後のプログラム変更について

1. 接触解析プログラムの統合
2. 要素定式化の追加
3. 全体制御ファイルの設定方法の変更
4. 内部開発の直接法ソルバー (DIRECT) の削除
5. プログラム・ディレクトリ構造の整理
6. テストプログラムの確認

内部開発の直接法ソルバー (DIRECT) の削除

「FrontISTR Ver. 4.6」

- 過去に内部で開発したマルチフロンタルの直接法ソルバー「DIRECT」が動作しない？
- 「DIRECT」の残差ベクトルのノルムが大きい



「FrontISTR Ver. 5.0」

- 「FrontISTR Ver. 5.0」では, 「DIRECT」を削除する予定である
- 解析制御ファイルで!SOLVER,TYPE=DIRECTを設定できなくなる

「Ver. 5.0 β 」公開後のプログラム変更について

1. 接触解析プログラムの統合
2. 要素定式化の追加
3. 全体制御ファイルの設定方法の変更
4. 内部開発の直接法ソルバー (DIRECT) の削除
5. プログラム・ディレクトリ構造の整理
6. テストプログラムの確認

プログラム・ディレクトリ構造の整理 (1/2)

「FrontISTR Ver. 4.6」

- 接線剛性マトリクスを計算するプログラム
fstr_StiffMatrix.f90は静解析と動解析の両方で使用されるが、
fstr_StiffMatrix.f90プログラムは静解析のディレクトリ
fistr1/src/analysis/staticの中にある
- 熱伝導解析，固有値解析，周波数応答のプログラムでは，
FrontISTRで共通に使用されるサブルーチンや関数
(globalDeriv, getShapeFuncなど) を利用していない
モジュール化もされていない

プログラム・ディレクトリ構造の整理 (2/2)

「FrontISTR Ver. 5.0」

解析機能ごとで出力用のプログラムが用意されているが、統合できるプログラムがある

静解析のプログラムstatic_output.f90と
動解析のプログラムdynamic_output.f90の内容
はほとんど同じである
両者の内容を統合して、fstr_output.f90を作成する

静解析のプログラムstatic_make_result.f90と
動解析のプログラムdynamic_make_result.f90の内容
はほとんど同じである
両者の内容を統合して、fstr_make_result.f90を作成する

「Ver. 5.0 β 」公開後のプログラム変更について

1. 接触解析プログラムの統合
2. 要素定式化の追加
3. 全体制御ファイルの設定方法の変更
4. 内部開発の直接法ソルバー (DIRECT) の削除
5. プログラム・ディレクトリ構造の整理
6. テストプログラムの確認

テストプログラムの確認

「FrontISTR Ver. 5.0」

- テストプログラムの実行によって、全ての解析機能のテストを行えているかを確認する
- テストプログラムの実行結果がVerificationとなっているか、ただプログラムが動作しただけとなっていないか
得られた近似値の精度はどの程度かを確認する
厳密値と比較したり、ある商用ソフトウェアの近似値と比較したりする

その他

リスタートファイルを用いた片方向連成解析？

第36回FrontISTR研究会 (2017年6月9日) | 東京大学

3.1 解析・アルゴリズム ②: 片方向連成解析

- リスタートファイルを利用した熱-構造連成解析の追加
 - 従来は, 熱伝導解析を実施した後, その結果を読み込んで熱から構造への影響のみを考慮した片方向連成解析が可能
 - リスタートファイルを利用した形式に書き直し

プロセス数を指定せずにMPI並列計算できる機能？

(b) 追加的な議論

- ・ ジョブで並列計算したときに、ジョブの並列数とメッシュのパーティション数が違った場合、ゾンビが大量に発生する可能性がある
 - 謎のエラーが大量に発生
- ・ FrontISTR側でこれを防御するコードがないためである
 - パーティショナがメッシュを何領域に分割したか、という情報はFrontISTR側で保持されているはずであり、この防御するためのコードは十分実現可能
 - MPI_COMM_SIZEなどでプロセス数もとってこれる
- ・ これも追加で実装する