

FrontISTR イントロダクション

FrontISTR Commons

2023年2月24日

目次

1	FrontISTR イントロダクション	2
1.1	マニュアルリスト	2
1.2	本マニュアルの記載内容	3
1.3	リリースノート	3
1.3.1	Ver.5.4における更新内容	3
1.3.2	Ver.5.3における更新内容	4
1.3.3	Ver.5.2における更新内容	5
1.3.4	Ver.5.1.1における更新内容	5
1.3.5	Ver.5.1における更新内容	6
1.3.6	Ver.5.0における更新内容	7
1.3.7	Ver.3.8における更新内容	8
1.3.8	Ver.3.7における更新内容	8
1.3.9	Ver.3.6における更新内容	9
1.3.10	Ver.3.5における更新内容	10
1.4	シートシート	11
1.4.1	インストール	11
1.4.2	並列実行	11
1.4.3	入力	11
1.4.4	出力	11
1.4.5	全体制御ファイル (hecmw_ctrl.dat)	12
1.4.6	領域分割制御データ (hecmw_part_ctrl.dat)	12
1.4.7	メッシュファイル	12
1.4.8	バージョン	13
1.4.9	静解析	13
1.4.10	接触	13
1.4.11	熱応力	13
1.4.12	固有値	14
1.4.13	熱伝導	14
1.4.14	動解析	14
1.4.15	時刻歴応答	15
1.4.16	周波数応答	15

1.4.17	解析ステップ	15
1.4.18	自動時間増分	15
1.4.19	出力	16
1.4.20	リスタート	16
1.4.21	局所座標	16
1.4.22	セクション	16
1.4.23	材料物性値	16
1.4.24	ソルバー制御	17
1.4.25	ソルバー制御 (AMG)	18
1.4.26	ポスト処理 (ParaView 用データ出力)	18
1.4.27	ポスト処理 (BMP 画像出力)	18
1.4.28	非線形解析	18

1 FrontISTR インTRODクシヨン



本ソフトウェアは文部科学省次世代 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」プロジェクトによる成果をシーズとして、継続的に開発されている並列有限要素解析プログラムです。本ソフトウェアを無償または営利目的でご使用になる場合、「MIT ライセンス」をご了承頂くことが前提となります。

項目	説明
ソフトウェア名称	FrontISTR
バージョン	5.4
ライセンス形態	MIT License
問い合わせ先	一般社団法人 FrontISTR Commons 東京都文京区弥生二丁目 11 番 16 号 (東京大学大学院工学系研究科 総合研究機構内)E-mail : support@frontistr.org

1.1 マニュアルリスト

- イントロダクシヨン
- インストールマニュアル
- 理論マニュアル
- 解析マニュアル
- チュートリアル
- FAQ

本マニュアルでは、大規模並列 FEM 非線形構造解析プログラム FrontISTR の概要を説明します。

1.2 本マニュアルの記載内容

- PDF
- 概要
 - クイックスタートガイド
- マニュアル
 - インストールマニュアル
 - 理論マニュアル
 - 解析マニュアル
 - チュートリアル
- リリースノート
- チートシート (コマンド早見表) PDF

1.3 リリースノート

1.3.1 Ver.5.4 における更新内容

- 機能改良
 - issue 141: FLOPS 値を出しておく
 - issue 425: 接触解析のテストサンプル追加
 - issue 459: hecmw_mat_con の効率化
- 仕様変更
 - issue 101: Lagrange 乗数行列を HEC-MW で定義
 - issue 316: Remove Document(Manual)-CI from FrontISTR's gitlab-ci.
 - issue 421: 接触解析の行列構造体に常時 conMAT を利用する
 - issue 422: fstr_matrix_con_contact のリファクタリング
 - issue 423: fstrMAT を rename しミドルウェア側に移動する
 - issue 424: FrontISTR 側の solve_LINEQ_contact 系ソルバのリファクタリング
 - issue 438: cmake_minimum_required の整理
- 不具合修正
 - issue 205: シェル要素の層別結果出力において mises 応力が出力されない
 - issue 338: 座標値に仮数部の有効数字が 1 桁である浮動小数点数が含まれるとエラー停止する
 - issue 371: Occurrence of division by zero in certain development environments
 - issue 378: SURF-SURF 接触がある動解析のリスタート入出力の不具合
 - issue 381: チュートリアル 04_hyperelastic_spring が収束しない問題
 - issue 397: クリープ Norton 則の温度 (2 つ以上の温度) 依存性物性値の読み込みエラー
 - issue 409: 接触モデルのパーティショニング時の SIGSEGV
 - issue 411: [bug] 並列計算における接触解析機能について (問い合わせ 1220302050 の続き) (1562686629)
 - issue 427: 接触ありモデルの領域分割に失敗する
 - issue 428: Rank 0 よりもホスト名が長い Rank がある場合にエラー

- issue 429: Lagrange 乗数法と自由度消去法の MPC 拘束を並列解析で併用すると、各々の行列サイズ変更処理 (hecmw_mpc_mat_ass 等) が整合せず、解析失敗
- issue 439: 非定常熱伝導解析の複数ステップの解析で、totaltime の進み方がおかしい
- issue 457: 接触ペアの名前解決の不具合
- issue 458: hecmw_solver_las_22 で hecmw_update_3_R ではなく 2_R を呼ばなければならない
- issue 460: 逐次接触解析で内部直接法と DIRECTmkl が使えない

1.3.2 Ver.5.3 における更新内容

- 機能改良
 - issue 103: Allow contact parameters to be specified as input data
 - issue 266: Enable MKL for windows executables.
 - issue 339: Enable trilinos(AMG) amesos in windows binary.
 - issue 364: Multi-arch CI
 - issue 388: Illegal memory access when monitoring non-existent node with global id 0
 - issue 387: Visualization of nodal and element numbers
 - issue 384: Ability to specify parameter beta in heat transfer analysis
- 仕様変更
 - issue 352: Fix macro naming notation errors.
 - issue 358: Rethinking the default settings of AMG preprocessing by ML
 - issue 359: Output messages when Amesos and MUMPS are not available in ML.
 - issue 360: Simplify ML configuration log.
- 不具合修正
 - issue 125: Eigenvalues of 0 do not appear in constraint-free eigenvalue analysis
 - issue 301: Discussion on how to handle serial version of MUMPS with FrontISTR cmake.
 - issue 329: In iterative contact analysis with friction, convergence behavior of NR method is significantly different between sequential and distributed runs.
 - issue 333: mumps solver does not work on Windows x64 executable (MPI ver.)
 - issue 336: Binary VTK output by windows binary cannot be read by paraview.
 - issue 340: Deviation of calculation results of eigenvalue analysis due to differences in usage environment.
 - issue 343: The program crashes when a large number of contact points (about several thousand) are judged to be in contact.
 - issue 350: When building serial version, if MKL is enabled, clustermkl is also enabled, resulting in link error.
 - issue 351: When building serial version with setup.sh, MKL is not enabled even if `-with-mkl` is specified.
 - issue 363: `Ctrl+x` does not work when starting FrontISTR with docker run.
 - issue 365: Refiner in binary distribution (Docker/Windows binary) has a bug.
 - issue 366: Error when specifying contact pressure visualization file output for models with no contact.
 - issue 368: Enable parallel make when using setup.sh
 - issue 369: Avoid error when element output is specified for `!OUTPUT_VIS`
 - issue 376: Name resolution bug in setting up orthotropic anisotropic material
 - issue 377: The default setting of `DWITH_MPI` option in cmake should be ON, but it is OFF.
 - issue 380: Regarding the creation of `hecmw_vis.ini`, errors due to timing inconsistencies between MPI processes

1.3.3 Ver.5.2 における更新内容

- 機能改良
 - issue 079: 単位面積あたりの接触法線力、摩擦力出力
 - issue 142: hecmw_part1 command line argument で num of part を指定する
 - issue 218: 計算結果 (res) ファイルフォーマットをドキュメントに記載する
 - issue 298: Docker コンテナの Cluster Paradiso の対応
 - issue 303: 内部直接法で Metis のオーダリングを利用可能にする
 - issue 305: 内部直接法で RCM オーダリングを利用可能にする
 - issue 313: JAD SpMV is not OpenMP parallelized
 - issue 314: BLAS Lv.1 operations are not OpenMP parallelized
 - issue 315: CG 法に並列化した BLAS Lv1 関数を適用する
 - issue 324: 異方性超弾性
- 仕様変更
 - issue 239: 標準出力の build date と execute date の形式が違う。
 - issue 262: 接触・MPC で作られる内部パッチ要素の結果出力を除外する
 - issue 274: INFINITE を INFINITESIMAL に修正する
 - issue 302: 内部直接法のリファクタリング
 - issue 307: Windows バイナリ作成のための mingw ビルドイメージの更新
 - issue 309: MUMPS があって scalapack がないときに FATAL error はやりすぎ
 - issue 326: 不要もしくは重要でないバージョン表記は消す
- 不具合修正
 - issue 045: 内部直接法の動作が変?
 - issue 111: 境界条件の AMPLITUDE の指定が、AMP= 以外でもできてしまう
 - issue 280: Trilinos-13.0.0 を用いると FrontISTR-5.1 もしくは master ブランチでコンパイル出来ない
 - issue 290: 実行時のバージョン番号が実際のバージョンと異なる
 - issue 292: README.md のマニュアルへのリンクが更新されていなかった
 - issue 300: !DLOAD に複数の面グループを設定した場合のバグ
 - issue 304: RCM オーダリングの修正
 - issue 306: msmapi.dll が同梱されていない。
 - issue 327: DEBUG ビルドが通らない不具合の修正
 - issue 328: SURF-SURF 接触定義時に ISTRESS/ISTRRAIN 出力を指定するとエラーが発生する
 - issue 332: setup.sh でビルドできなくなっていた

1.3.4 Ver.5.1.1 における更新内容

- 機能改良
 - issue 108: 時系列の VTK 出力時に時刻情報を合わせて出力したい
- 仕様変更
 - issue 156: test の誤差判定を相対的にする。
 - issue 237: add cmake rules for new MUMPS version
 - issue 247: autoinc example の修正
 - issue 282: Docker コンテナ提供 FrontISTR で MPI 並列するとエラーメッセージが大量にでる。
 - issue 284: Gitlab CI/CD の DAG 機能に対応する。

- issue 288: Intel MKL を cmake で find できるようになった。
- 不具合修正
 - issue 026: ELEMCHECK Sparsity Overflow
 - issue 052: コンパイル時のワーニングつぶし (ongoing)
 - issue 244: Compiling error by gfortran-10
 - issue 245: bug : unable to compile in setup.sh
 - issue 259: MPC で自由度消去を用いる場合の不具合修正
 - issue 278: 細かい不具合の修正
 - issue 279: cmake で mkl が見つからない
 - issue 281: スペルミス
 - issue 283: Fbar 要素の微修正
 - issue 285: 741 Shell での固有値解析で落ちることがある。
 - issue 287: mac の bash でのテストが実行できない問題
 - issue 289: test_hybrid で heat/exU2 が数値誤差により時々 fail する

1.3.5 Ver.5.1 における更新内容

- 機能改良
 - issue 207: ビルド時の日付を出力する機能追加
 - issue 204: 非定常熱伝導解析のサンプル追加
 - issue 195: リファイナ関係のデバッグ出力
 - issue 194: MPC を含むモデルをリファインした際に陽的自由度消去が利用可能に
 - issue 183: ML のインターフェースを整理・拡張
 - issue 169: linux バイナリ配布
 - issue 143: conrod モデルを tutorial に追加
 - issue 140: CI による Manuals 生成
 - issue 136: OpenMP thread 並列および MPI 並列へのテスト対応
 - issue 132: OpenMP thread 並列および MPI 並列使用時の使用コア数出力
 - issue 067: 弾塑性の consistent 接線剛性実装 (Mises のみ)
 - issue 036: 自動時間増分の熱伝導結果ファイルの読み込みにおける時刻情報を用いた補間
- 外部仕様変更
 - issue 131: FrontISTR starter の削除
- 内部仕様変更
 - issue 158: 接触面ペアを面-面で入力した際に内部で自動生成される節点グループの命名規則
 - issue 122: テスト機能の拡充
 - issue 121: gitlab-ci の 修正 (テスト機能の拡充)
 - issue 107: HCEMW を利用した FILM、RADIATE 関数の実装
 - issue 056: 重複コード削除 : fistr1/src/lib/physics/ElasticNeoHooke.f90
 - issue 046: プログラム情報の確認
 - issue 044: 出力機能の統合 (静的と動的)
 - issue 037: res_bin_io.inc と res_txt_io.inc の拡張子変更
- 不具合修正
 - issue 203: 611 梁要素の不具合修正とテスト例題追加
 - issue 185: 固有値解析の結果ファイル (.res) への書き出し不具合修正

- issue 184: 線形動解析（陰解法）の線形解析対応
- issue 181: 541 インターフェース要素使用時の質量行列の不具合修正
- issue 159: 内部変数の可読性向上（DISTCLR_CONT など）
- issue 123: 熱伝導解析への ML 前処理適用時の不具合修正
- issue 114: VTK ファイルの出力にサブディレクトリを設定した時の不具合修正
- issue 113: 出力に関するいくつかの不具合修正
- issue 055: サブルーチン fstr_solve_dynamic_nimplicit の変数 iexit の初期化
- issue 054: 関数 read_user_matl で使用している fstr_ctrl_get_data_array_ex の引数修正
- issue 053: 動的非線形並列解析でメモリリークの修正（SOR 前処理との兼ね合い）
- issue 026: !ELEMCHECK の Sparsity 値の修正

1.3.6 Ver.5.0 における更新内容

FrontISTR Ver.5.0 において、以下に示す機能が追加された。

- 解析機能・アルゴリズム
 - 接触解析機能の改善：探索の高速化、リファイン対応、ほか多数の不具合修正含む
 - シェル要素の質量マトリックス計算
 - 動的接触陽解法の追加
 - Lagrange 乗数法接触における follower force 更新タイミングをサブステップ冒頭から NR 反復内部に移動（接触なし NR 法との仕様統一）
- 入出力
 - 要素主ひずみ/主応力の出力
 - result ファイルへのグローバル変数出力の追加：時刻、固有値など
 - 解析制御ファイルでの!INITIAL 指定
- 線形ソルバー
 - intel MKL pardiso 直接法ソルバ I/F の非接触解析および分散並列対応
- 起動方法
 - openMP 並列数指定オプション -t の追加
- チュートリアル
 - Tutorial 01 の荷重量を変更（線形解析としては大きすぎる変形）
- 不具合修正
 - 動解析陰解法における変数未初期化
 - SSOR 前処理のメモリリーク
 - fstr_make_dynamic_result での segmentation fault
 - いくつかの test example が fail する問題
 - 熱伝導解析の自動時間増分
 - 熱伝導解析の openmp 並列対応
 - 反復法前処理のメモリ解放漏れ
 - AMG 前処理（ML パッケージ）で不要な ML_Set_Symmetrize の呼び出し
 - !SUBDIR が thread-safe でない問題
 - 33 シェルと 33 梁の混在計算ができない問題

1.3.7 Ver.3.8 における更新内容

FrontISTR Ver.3.8 において、以下に示す機能が追加された。

- 解析機能・アルゴリズム
 - 回転変位の境界条件の実装
 - トルクの境界条件の実装
 - 3次元線形静解析の反力計算の計算方法の変更
 - 非圧縮性流体解析機能の導入 (RC 版)
- 要素
 - 非圧縮性流体解析用の四面体要素 (3414 要素) を追加
 - (積層) シェル要素の応力値計算部分の修正
- 材料
 - メッシュファイル内の材料定義部分の読み込みを高速化
 - 解析制御ファイル内の材料定義部分の読み込みを高速化
 - 非圧縮性流体解析用の材料物性を追加
- 線形ソルバー
 - MUMPS 使用時のログ出力方法を細分化
 - 4×4 CG ソルバーの修正
 - 6×6 CG ソルバーの修正
- メッシュ・リファイン関連
 - 大規模モデルをリファインした際の不具合を修正
- また、以下に示す修正が行われた
 - 非線形静解析の結果を引き継いだ固有値解析 (!STATIC EIGEN) での要素定義の不具合を修正
 - 接触解析時の scan_contact_state 関数のメモリリーク
 - コンパイル時に warning が表示される部分を修正
 - プログラムコード先頭のヘッダを変更
 - LICENSE ファイルの変更

1.3.8 Ver.3.7 における更新内容

FrontISTR Ver.3.7 において、以下に示す機能が追加された。

- 入出力
 - 6自由度ソルバにおける応力値計算部分の修正
 - 主応力・主ひずみの算出機能の追加
 - 積層シェル要素の出力部分の修正
 - 解析ファイル (cnt ファイル) の INCLUDE 機能追加
 - !EQUATION の MPC 入力に LINK カードを追加
 - UCD 出力に Material ID (要素形状 ID) を出力するよう変更
 - !SOLVER に STEPLOG 機能の追加
 - 行列の非零要素プロット機能の追加
 - !SUBDIR フラグの MONITOR 出力機能の追加
 - 刺激係数と有効質量の出力機能の追加 (固有値解析)
 - 大規模メッシュへの対応

- !AMPLITUDE の入力時に TYPE=TIMEVALUE を追加
- Abaqus 用インプット関数の改良
- 解析ファイル (cnt ファイル) に設定された MATERIAL 関数の名前検索部分の修正
- Logfile アウトプットの修正
- Global summary の修正
- リファイナ
 - 接触問題のリファイン機能を追加
 - リファイン時の UCD 出力の修正
- 解析
 - バネ境界条件機能の修正
 - 接触解析の接触ペア探索の高速化 (アルゴリズムの更新、OpenMP 並列化を実施)
- 要素
 - TLOAD_C3D8IC 機能の追加 (熱応力荷重の付加)
 - トラス要素 (301 要素) と 4 面体 1 次要素 (341 要素) を並列接触解析への対応
- 材料
 - OpenMP 有効時の弾塑性材料の計算に関する不具合の修正
- 機能
 - flush テストの修正
- 線形ソルバ
 - ISAINV 前処理・IRIF 前処理の追加
 - Intel PARDISO インターフェースの追加
 - OpenMP atomic 記述子に関する部分の不具合修正
 - ISOLVER の USEJAD カードの不具合修正
 - METIS ver. 5.0 への対応
 - hecmw_solver_direct ルーチンの修正
 - OpenMP=1 の場合の SSOR 前処理の不具合修正
 - ML 前処理の剛体モードの算出部分の自由度混在要素対応
- 例題・チュートリアル
 - 自由度混在用シェル要素 (761 要素・781 要素) の例題追加
 - バネ境界条件機能の例題追加
 - 付属チュートリアル例題の全てが正しく実行できることを確認
- パーティショナ
 - パーティショナが 1 領域の分散メッシュを正しく生成するよう修正
- その他軽微な修正
 - fstr_setup_util.f90 における初期化忘れの修正
 - intent 文の修正

1.3.9 Ver.3.6 における更新内容

FrontISTR Ver.3.6 において、以下に示す機能が追加された。

- 入出力
 - ファイル読込の高速化
 - 781 シェル要素と 761 シェル要素を使用した場合の出力変更
 - デバッグ用のメッセージ消去

- リファイナ
 - IEQUATION の定義で、右辺の定数を設定した場合に、正しくリファインされない不具合を修正
- 解析
 - 周波数応答解析に関する修正
 - ISOLUTION,TYPE=STATIC を通る場合の熱応力解析に関する修正
 - ISOLUTION,TYPE=NLSTATIC を通る場合の圧力法線方向更新に関する修正
 - 接触剛性マトリックスのサブルーチン getContactStiffness の修正
- 要素
 - 要素ループの OpenMP 並列化
 - B-bar 要素 (ソリッド要素) に関する修正
 - シェル要素に関する修正
 - トラス要素に関する修正
 - シェル, ビーム, トラス, ソリッドが全て混在した場合に発生するメモリ不正の修正
- 材料
 - 直交異方弾性体に関する修正
- 線形ソルバー
 - 行列ダンプ機能の修正
 - 3×3 ILU 前処理の省メモリ化
 - 4×4 CG ソルバーの追加
 - 6×6 CG ソルバーの追加
 - 3×3 CG, GMRES ソルバーによる前処理適用後行列の条件数推定 (試験的)
 - 3×3 CG ソルバーへの発散チェック追加
 - 3×3 ソルバー使用時の前処理セットアップ情報の再利用
 - 3×3 ソルバー用外部 AMG 前処理ライブラリ (ML) へのインターフェース (試験的)
 - 3×3 ソルバーの行列ベクトル積での通信隠蔽 (試験的)
 - 陽的な自由度消去法による多点拘束条件処理
 - 接触解析における反復法ソルバーの利用 (試験的)
- パーティショナ関連
 - ファイル入力的高速化
 - ログ出力の機能拡張
 - 分散メッシュ作成ループの OpenMP 並列化

1.3.10 Ver.3.5 における更新内容

FrontISTR Ver.3.5 において、以下に示す機能が追加された。

- 解析機能関連
 - シェル・梁要素とソリッド要素の混在解析対応 (3.7、4.1、6.3(3) 参照)
 - シェル要素における直交異方性材料対応 (4.2.2(3) 参照)
 - 積層シェル対応 (4.2.2(3) 参照)
 - 大変形解析の際の圧力荷重の FOLLOW 機能 (7.4.2(14) 参照)
 - 梁要素の動解析対応 (3.7 参照)
 - 動解析における複数節点のモニタリング (7.4.5(1) 参照)
 - 動解析における節点応力・節点ひずみのモニタリング (7.4.5(1) 参照)
 - 連成解析における入力流体力へのウィンドウ関数の適用 (7.4.5(4) 参照)

- パーティショナ関連
 - 大幅な高速化
 - Metis Ver.5 系列への対応（インストールマニュアル参照）
- メッシュ・リファイン関連
 - 要素タイプ混在モデルのリファイン対応
 - 入力温度データのリファイン情報に基づく補間に対応
- 線形ソルバ関連（7.4.6(1) 参照）
 - 前処理におけるマルチカラー処理およびハイブリッド並列対応
 - ベクトル計算機向けオーダリング
 - 自由度3の問題で利用可能な前処理と反復解法の組み合わせの拡大
 - 行列データのダンプ機能
- また、以下に示す修正が行われた
 - シェル要素の Drilling DOF の修正
 - 非線形解析における収束判定の修正
 - 線形動解析のリスタート時の時刻の修正
 - 連成解析時のメッセージ内の節点番号表示の修正
 - ILU 前処理の修正
 - 一部のコンパイラによる最適化時の不具合回避

1.4 チートシート

1.4.1 インストール

```
$ tar xzf FrontISTR-v5.1.tar.gz
$ cd FrontISTR-v5.1
$ mkdir build; cd build
$ cmake .. -DCMAKE_INSTALL_PREFIX=$HOME/local
$ make -j2; make install
```

1.4.2 並列実行

```
$ hecmw_part1
$ mpirun -np <4> fistr1
```

1.4.3 入力

ファイルの種類	ファイル名
全体制御ファイル	hecmw_ctrl.dat
メッシュデータ	.msh
解析制御データ	.cnt
領域分割制御データ	hecmw_part_ctrl.dat

1.4.4 出力

ファイルの種類	ファイル名
ログファイル	<0>.log
解析結果ファイル	1.res.<0>.

ファイルの種類	ファイル名
可視化用ファイル	_vis_psf.pvtu

1.4.5 全体制御ファイル (hecmw_ctrl.dat)

```

!MESH, NAME=part_in , TYPE=HECMW-ENTIRE
  <ModelName>.msh
!MESH, NAME=part_out , TYPE=HECMW-DIST
  <ModelName>.p
!MESH, NAME=fstrMSH , TYPE=HECMW-DIST , REFINE=<1>
  <ModelName>.p
!CONTROL, NAME=fstrCNT
  <ModelName>.cnt
!RESTART, NAME=restart_in , IO=INOUT
  <ModelName>.restart
!RESULT, NAME=fstrTEMP , IO=IN
  <ModelName>.res
!RESULT, NAME=fstrRES , IO=OUT, TYPE=BINARY
  <ModelName>.res
!RESULT, NAME=vis_out , IO=OUT
  <ModelName>_vis
!SUBDIR, ON

```

1.4.6 領域分割制御データ (hecmw_part_ctrl.dat)

```

!PARTITION, TYPE=NODE-BASED, METHOD=PMETIS, DOMAIN=<4>

```

1.4.7 メッシュファイル

```

!HEADER
  <TITLE>
!NODE
  <NODE_ID>, <x>, <y>, <z>
!ELEMENT, TYPE=<341>, EGRP=<E1>
  <ELEM_ID>, <node1>, <node2>, <node3>, ...
!MATERIAL, NAME=<STRMAT>, ITEM=<3>
!ITEM=1, SUBITEM=2
  <YoungModulus>, <PoissonRatio>
!ITEM=2
  <Density>
!ITEM=3
  <ExpansionCoeff>
!MATERIAL, NAME=<HEATMAT>, ITEM=<3>
!ITEM=1, SUBITEM=2
  <Density>, <Temperature>
!ITEM=2, SUBITEM=2

```

```

<SpecificHeat>, <Temperature>
!ITEM=3, SUBITEM=2
<Conductivity>, <Temperature>
!SECTION, TYPE=<SOLID>, EGRP=<E1>, MATERIAL=<STRMAT>
!NGROUP, NGRP=<NG1>
<node1>, <node2>, ...
!SGROUP, SGRP=<SG1>
<elem1>, <localsurf1>, <elem2>, <localsurf2>, ...
!EGROUP, EGRP=<EG1>
<elem1>, <elem2>, ...
!CONTACT PAIR, NAME=<CP1>
<Slave_NodeGroup>, <Master_SurfaceGroup>
!AMPLITUDE, NAME=<AMP1>, VALUE=<RELATIVE|ABSOLUTE>
<value1>, <time1>, <value2>, <time2>, ...
!EQUATION
<Num_terms>, <RHS>
<NODE_ID>, <dof>, <coeff>, ...
!ZERO
<AbsoluteZero>
!END

```

1.4.8 バージョン

```

!VERSION
5

```

1.4.9 静解析

```

!SOLUTION, TYPE=STATIC
!STATIC
!BOUNDARY, GRPID=<1>
<NODE_ID>, <開始自由度>, <終了自由度>, <拘束値>
!CLOAD, GRPID=<1>
<NODE_ID>, <自由度>, <荷重値>
!DLOAD, GRPID=<1>
<SGRP>, <荷重タイプ>, <荷重パラメータ>
!SPRING, GRPID=<1>
<NODE_ID>, <拘束自由度>, <ばね定数>

```

1.4.10 接触

```

!CONTACT_ALGO, TYPE=<SLAGRANGE|ALAGRANGE>
!CONTACT, GRPID=<1>, NTOL=<法線方向閾値>, TTOL=<接線方向閾値>, NPENALTY=<法線方向ペナルティ>
<接触ペア名>, <摩擦係数>, <摩擦のペナルティ剛性>

```

1.4.11 熱応力

```

!REFTEMP
<温度>

```

!TEMPERATURE, READRESULT=<結果ステップ数>, SSTEP=<開始ステップ>, INTERVAL=<ステップ間隔>

1.4.12 固有値

!SOLUTION, TYPE=EIGEN

!EIGEN

<固有値数>, <許容差>, <最大反復数>

!BOUNDARY

1.4.13 熱伝導

!SOLUTION, TYPE=HEAT

!HEAT

<DT>, <計算時間>, <時間増分>, <許容変化>, <最大反復>, <判定値>

!INITIAL_CONDITION, TYPE=<TEMPERATURE>

<NODE_ID>, <温度>

!FIXTEMP

<NODE_ID>, <温度>

!CFLUX

<NODE_ID>, <熱流束>

!DFLUX

<ELEMENT_ID>, <荷重タイプ>, <熱流束>

!SFLUX

<SGRP>, <熱流束>

!FILM

<ELEMENT_ID>, <荷重タイプ>, <熱伝達係数>, <雰囲気温度>

!SFLIM

<SGRP>, <熱伝達係数>, <雰囲気温度>

!RADIATE

<ELEMENT_ID>, <荷重タイプ>, <輻射係数>, <雰囲気温度>

!SRADIATE

<SGRP>, <輻射係数>, <雰囲気温度>

!WELD_LINE

<電流>, <電圧>, <入熱効率>, <トーチ移動速度>

<EGRP>, <DOF>, <始点座標>, <終点座標>, <溶接源の幅>, <溶接開始時刻>

1.4.14 動解析

!SOLUTION, TYPE=DYNAMIC

!BOUNDARY

!LOAD

!DLOAD

!SPRING

!VELOCITY, TYPE=<INITIAL|TRANSIT>, AMP=<NAME>

<NODE_ID>, <自由度>, <自由度>, <拘束値>

!ACCELERATION, TYPE=<INITIAL|TRANSIT>, AMP=<NAME>

<NODE_ID>, <自由度>, <自由度>, <拘束値>

!INITIAL_CONDITION, TYPE=<VELOCITY|ACCELERATION>

<NODE_ID>, <DOF>, <value>

1.4.15 時刻歴応答

!DYNAMIC, TYPE=<LINEAR|NONLINEAR>

<陰解法1|陽解法11>, <時刻歴1>

<開始時刻>, <終了時刻>, <全ステップ数>, <時間増分>

< γ >, < β >

<集中質量1|consistent質量2>, 1, <Rm>, <Rk>

1, <モニタリング節点>, <モニタリング出力間隔>

<変位>, <速度>, <加速度>, <反力>, <ひずみ>, <応力>

1.4.16 周波数応答

!DYNAMIC, TYPE=NONLINEAR

<陰解法1|陽解法11>, <周波数2>

<下限周波数>, <上限周波数>, <応答計算点数>, <変位測定周波数>

<振動開始時刻>, <振動終了時刻>

<集中質量1>, 1, <Rm>, <Rk>

<サンプリング数>, <モード空間1|物理空間2>, <モニタリング節点>

<変位>, <速度>, <加速度>, 0, 0, 0

!EIGENREAD

<固有値解析のログファイル>

<モード始点>, <モード終点>

!FLOAD

<NODE_ID>, <自由度>, <荷重値>

1.4.17 解析ステップ

!STEP, TYPE=<STATIC|VISCO>, SUBSTEPS=<最大サブステップ数>, CONVERG=<判定値>, MAXITER=<最大反

<時間増分値>, <ステップ時間幅>

BOUNDARY, <GRPID>

LOAD, <GRPID>

CONTACT, <GRPID>

1.4.18 自動時間増分

!AUTOINC_PARAM, NAME=<API>

<時間増分減少率>, <最大反復数>, <合計反復数>, <接触反復数>, <減少条件成立サブステップ>

<時間増分増加率>, <最大反復数>, <合計反復数>, <接触反復数>, <増加条件成立サブステップ>

<カットバック時間増分減少率>, <カットバック回数>

!TIME_POINTS, NAME=<時刻リスト>, TIME=<STEP|TOTAL>

<TIME>

!STEP, TYPE=<STATIC|VISCO>, SUBSTEPS=<最大サブステップ数>, CONVERG=<判定値>, MAXITER=<最大反

<初期時間増分値>, <ステップ時間幅>, <時間増分下限>, <時間増分上限>

BOUNDARY, <GRPID>

LOAD, <GRPID>

CONTACT, <GRPID>

境界条件種類	属するカード
BOUNDARY	!BOUNDARY, !SPRING
LOAD	!CLOAD, !DLOAD, !TEMPERATURE
CONTACT	!CONTACT

1.4.19 出力

!WRITE, VISUAL, FREQUENCY=<出力間隔>

!WRITE, RESULT, FREQUENCY=<出力間隔>

!OUTPUT_VIS

<出力変数名>, <ON|OFF>

!OUTPUT_RES

<出力変数名>, <ON|OFF>

!OUTPUT_SSTYPE, TYPE=<SOLUTION|MATERIAL>

主な出力変数名

変数名	物理量	対象
DISP	変位	VIS,RES
REACTION	節点反力	VIS,RES
NSTRAIN	節点ひずみ	VIS,RES
NSTRESS	節点応力	VIS,RES
NMISES	節点 Mises 応力	VIS,RES
ESTRAIN	要素ひずみ	RES
ESTRESS	要素応力	RES
EMISES	要素 Mises 応力	RES
VEL	速度	VIS,RES
ACC	加速度	VIS,RES
TEMP	温度	VIS,RES

1.4.20 リスタート

!RESTART, FREQUENCY=<n>

1.4.21 局所座標

!ORIENTATION, NAME=<座標系名>, DEFINITION=COORDINATES

<ax, ay, az>, <bx, by, bz>, <cx, cy, cz>

!ORIENTATION, NAME=<座標系名>, DEFINITION=NODES

<a, b, c>

1.4.22 セクション

!SECTION, SECNUM=<メッシュデータのSECTION順>, ORIENTATION=<局所座標系名>, FORM361=<FBAR|IC|E>

1.4.23 材料物性値


```

!MATERIAL, NAME=<材料名>
!ELASTIC, TYPE=<ISOTROPIC|ORTHOTROPIC>, DEPENDENCIES=<0>
<ヤング率>, <ポアソン比>
!DENSITY
<質量密度>
!EXPANSION_COEFF, TYPE=<ISOTROPIC|ORTHOTROPIC>, DEPENDENCIES=<0>
<線膨張係数>

!PLASTIC, YIELD=MISES, HARDEN=BILINEAR, DEPENDENCIES=<0>
<初期降伏応力>, <硬化係数>

!PLASTIC, YIELD=MISES, HARDEN=MULTILINEAR, DEPENDENCIES=<0>
<降伏応力>, <塑性ひずみ>
<降伏応力>, <塑性ひずみ>
...

!PLASTIC, YIELD=MISES, HARDEN=SWIFT, DEPENDENCIES=<0>
< $\epsilon_0$ >, <K>, <n>

!PLASTIC, YIELD=<Mohr-Coulomb|Drucker-Prager>, HARDEN=BILIENAR, DEPENDENCIES=<0>
<粘着力>, <内部摩擦角>, <硬化係数>

!HYPERELASTIC, TYPE=NEOHOKE
<C10>, <D>

!VISCOELASTIC
<せん断緩和弾性率>, <緩和時間>

!CREEP, TYPE=Norton, DEPENDENCIES=<0>
<A>, <n>, <m>

```

1.4.24 ソルバー制御

```

!SOLVER, METHOD=<CG>, PRECOND=<1>, MPCMETHOD=<3>
<反復回数>, <前処理繰り返し数>, <クリロフ>, <目標色数>, <セットアップ再利用>
<打ち切り誤差>, <対角成分倍率>, 0.0

```

解法	備考
CG	
BiCGSTAB	
GMRES	クリロフ部分空間数を設定すること
GPBiCG	
DIRECT	
DIRECTmkl	接触解析で使う
MUMPS	

値	前処理
1,2	SSOR
3	Diagonal Scaling
5	AMG
10	Block ILU(0)
11	Block ILU(1)
12	Block ILU(2)

値	MPC 手法
1	ペナルティ法
2	MPC-CG 法
3	陽的自由度消去法

1.4.25 ソルバー制御 (AMG)

!SOLVER, METHOD=<CG>, PRECOND=5, MPCMETHOD=<3>

<反復回数>, <前処理繰り返し数>, <クリロフ>, <目標色数>, <セットアップ再利用>

<打ち切り誤差>, <対角成分倍率>, 0.0

<粗グリッドソルバ>, <スモウザー>, <マルチグリッドサイクル>, <最大レベル>, <コースニングスキ

1.4.26 ポスト処理 (ParaView 用データ出力)

!VISUAL

!output_type=VTK

1.4.27 ポスト処理 (BMP 画像出力)

!VISUAL, method=PSR

!surface_num=1

!surface

!surface_style=1

!display_method=1

!color_comp_name=STRESS

!color_comp=7

!x_resolution=800

!y_resolution=600

!output_type=BMP

1.4.28 非線形解析

解析の種類	関連するカード
静解析	!SOLUTION, TYPE=NLSTATIC!STEP
動解析	!DYNAMIC, TYPE=NONLINEAR!STEP
接触解析	!CONTACT!CONTACT_ALGO!STEP
材料非線形	!PLASTIC!HYPERELASTIC!VISCOELASTIC!CREEP