

ブロー成形解析—構造解析統合化シミュレーション

The composite simulation of the blow molding analysis-structured analysis

西村敬一^{*1)}、野村賀寿雄^{*1)}、三橋正典^{*1)}

Keiichi NISHIMURA, Kazuo NOMURA and Masanori MITSUHASHI

ブロー成形を中心とした成形加工解析と構造解析を一体化した統合化シミュレーション技術を開発した。開発した統合化シミュレーションは、汎用有限要素法プログラム (MARC) のみを用いたものとブロー成形専用解析プログラム (SIMBLOW) - 汎用有限要素法プログラム (MARC) を用いたものの2種類で、どちらも簡単なモデルで確認したところ問題なく作動した。前者はブロー成形だけでなく、その他の広範囲な成形加工に適用が可能であり、後者はブロー成形専用システムであるが、前者に比べ高精度な解析が期待できる。

1. 緒言

新商品の開発にシミュレーション技術を適用する目的は、その製品が問題なく成形が可能かどうか、機械的強度が要求される性能を満足しているかどうかなどを事前に予測することにある。従来からのシミュレーションは個別にそれらを行うのがほとんどで、プラスチックのようにその性能が成形加工の影響を大きく受ける場合には間違った結果を予測することがある。本研究ではブロー成形を中心とした成形加工解析と構造解析を統合化したシミュレーション技術を開発した。なお、今回開発した統合化シミュレーションは汎用有限要素法プログラム (MARC) のみを用いたものとブロー成形専用解析プログラム (SIMBLOW) - 汎用有限要素法プログラム (MARC) を用いたものの2種類である。

2. 汎用有限要素法プログラム (MARC) のみを用いた統合化シミュレーション技術の開発

MARCは、非線形材料解析 (材料非線形)、大変形解析 (幾何学的非線形)、接触解析 (境界条件非線形) などの非線形解析機能を有しており、塑性加工から応力解析まで広範囲な解析が可能な汎用有限要素法プログラムである。ここでは、成形加工解析と構造解析をMARCを用いて一体化する手法について検討した。

2.1 統合化手法

MARCで成形加工解析を行い、その解析過程のシェル要素厚さを別ファイルに書き出す。成形加工解析結果の要素と節点の幾何学情報を取り出し、それとシェル要素厚さを一体化したファイルで構造解析を行う。以下に具体的な手順を示す。

[成形加工解析]

(1) MARC専用プリポストプロセッサであるMENTAT

で成形加工用MARC入力用データを作成する。

(2) 入力用データとSHELLGEOMPLOTV. Fを指定してMARCを起動し、成形加工解析を実行する。その結果、MENTAT結果表示ファイルと要素厚さデータが出力される。

(3) MENTATで結果表示するとともに目的とする有限要素データを、Nastran, Iges, Marcファイルのどれかに出力する。

[成形加工解析 - 構造解析データ変換]

(4) MENTATで(3)で作成した有限要素データを読み込んだ後、境界条件などの処理を行い、構造解析用MARC入力用データを作成する。

(5) GEOCONVERT. EXE (要素厚さ変換プログラム) により、構造解析用MARC入力用データに要素厚さデータを追加する。

[構造解析]

(6) (5)で作成した構造解析用MARC入力用データを指定してMARCを起動し、目的とする構造解析を実行する。

(7) MENTATで結果表示する。

以上、具体的手順を示したが、この中で作成したプログラムは、シェル要素厚さの計算と出力を行うプログラム (SHELLGEOMPLOTV. F) と要素厚さを変換するプログラム (GEOCONVERT. EXE) である。

2.2 シェル要素厚さの計算出力プログラム (SHELLGEOMPLOTV. F)

MARCと同時に起動することにより、MENTATに要素厚さ表示を追加するとともに、要素厚さデータをSHELLTHICK. GEOファイルに出力するプログラムで、FORTRAN言語により作成した。要素厚さは初期要素面積と各増分終了時面積から非圧縮性を仮定して算出する。SHELLTHICK. GEOファイルのフォーマットをFig. 1に示す。

*1) 高分子技術チーム

```

INCREMENT
0
GEOMETRY
  0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
  1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
  2
1.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
INCREMENT
1
.
.
.
GEOMETRY
INCREMENT
10
GEOMETRY
  0.93103 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
  1
  0.93077 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000 0.00000
  2
    
```

Fig 1 SHELLTHICK.GEO file

2.3 要素厚さ変換プログラム (GEOCONVERT.EXE)

MARC入力ファイル中のend optionを検出してSHELLTHICK.GEOの要素厚さデータを挿入するC言語プログラムである。ファイル変換過程をFig 2に示す。

2.4 統合化シミュレーション手法の確認

簡単なモデルでブローアップ過程解析 - 構造解析統合化シミュレーション手法の確認を行った。具体的な手順は2.1項に示す方法で行った。結果をFig 3に示す。機械的強度シミュレーションとして破裂現象を取り上げたが問題なく作動した。

3. ブロー成形専用解析プログラム (SIMBLOW) - 汎用有限要素法プログラム (MARC) を用いた統合化シミュレーション技術の開発

SIMBLOWはブロー成形専用プログラムで計算速度、複雑形状への対応などに優れている。ここでは、SIMBLOWでブロー成形加工解析を行った後、その結果を使用して構造解析を行う方法について検討した。

3.1 統合化手法

SIMBLOWはプリポストプロセッサとしてFEMAPを使用しているため、FEMAPニュートラルファイルを通じて統合化シミュレーション技術を開発する。具体的な手順は以下の通りである。

- (1) FEMAPでパリソンと金型の形状データを作成する。
- (2) 計算条件や成形条件のコントロールデータを作成後、SIMBLOWでブローアップ過程のシミュレーションを行う。
- (3) 今回開発したSIMMARC.EXEを起動し、解析結果のFEMAPニュートラルファイルから、MARC入力ファイルを作成する。
- (4) (3)で作成した構造解析用MARC入力用データを指定してMARCを起動し、目的とする構造解析を実行する。

3.2 SIMBLOW結果ファイル - MARC入力ファイル変換プログラム (SIMMARC.EXE)

Fig 4に示すようにSIMBLOW結果ファイルからMARC入力ファイルを作成するプログラムである。Fig 5にそ

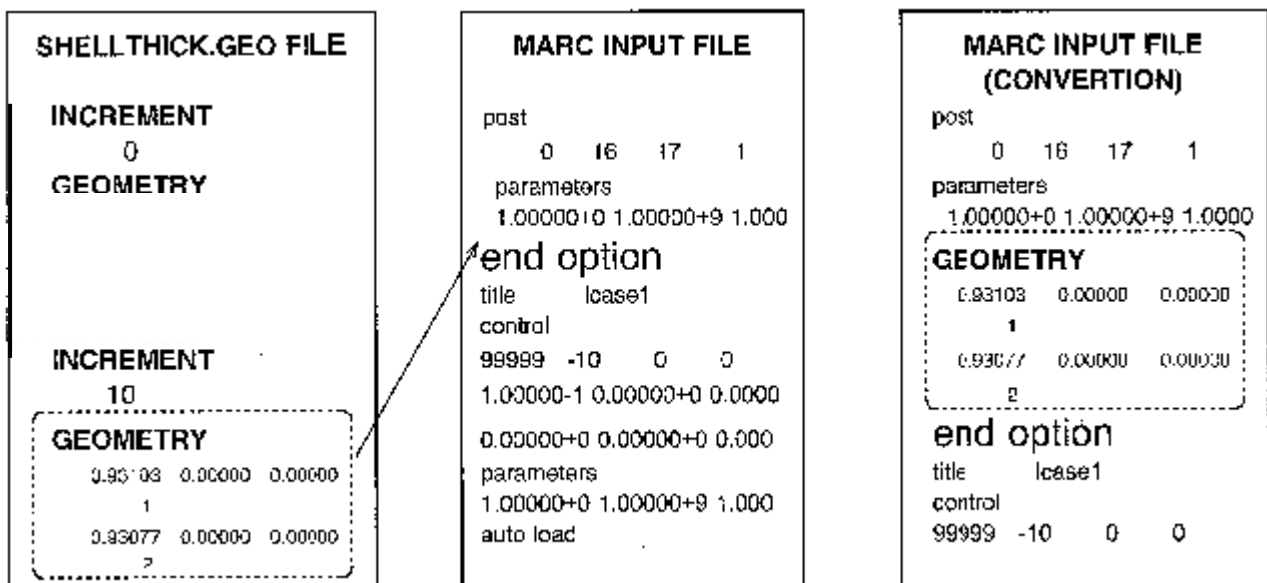
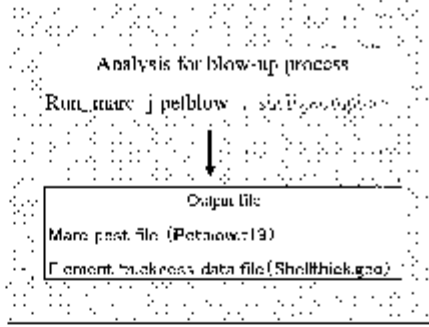
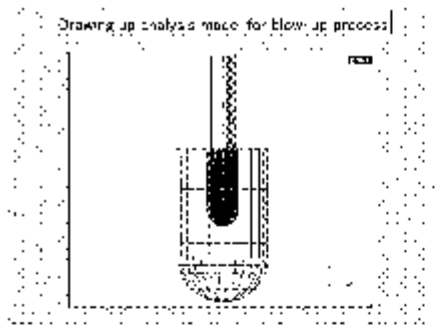
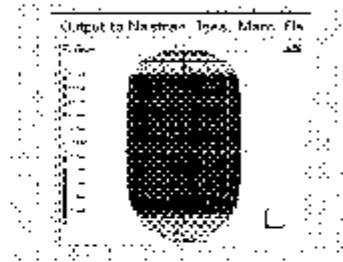
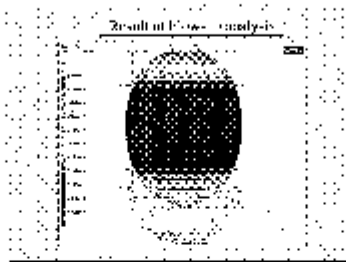
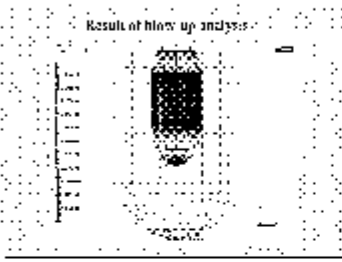


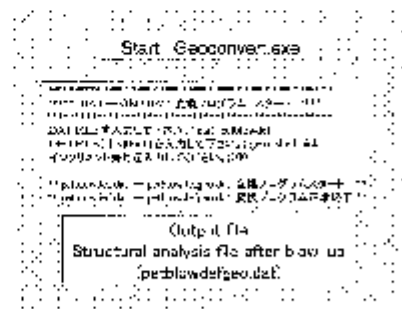
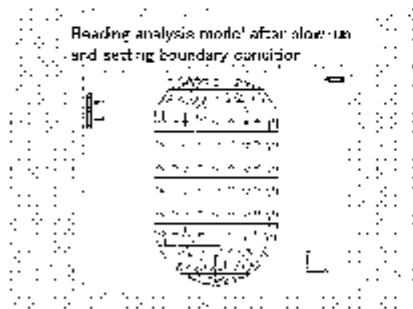
Fig 2 File conversion BY GEOCONVERT.EXE



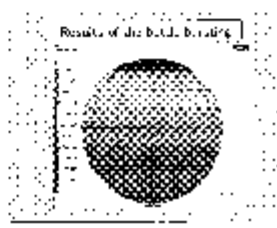
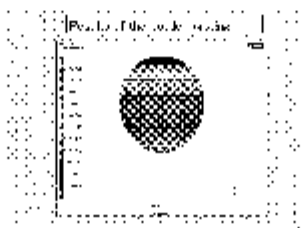
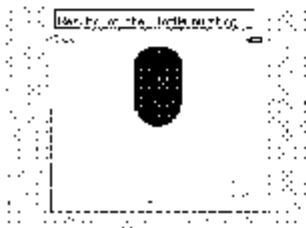
Drawing up model and analysis start for blow-up process



Result of blow-up analysis



Drawing up model for Structural analysis file and analysis start



Results of the bottle bursting

Fig. 3 Demonstration of the blow-up analysis-structured analysis(MARC-MARC)

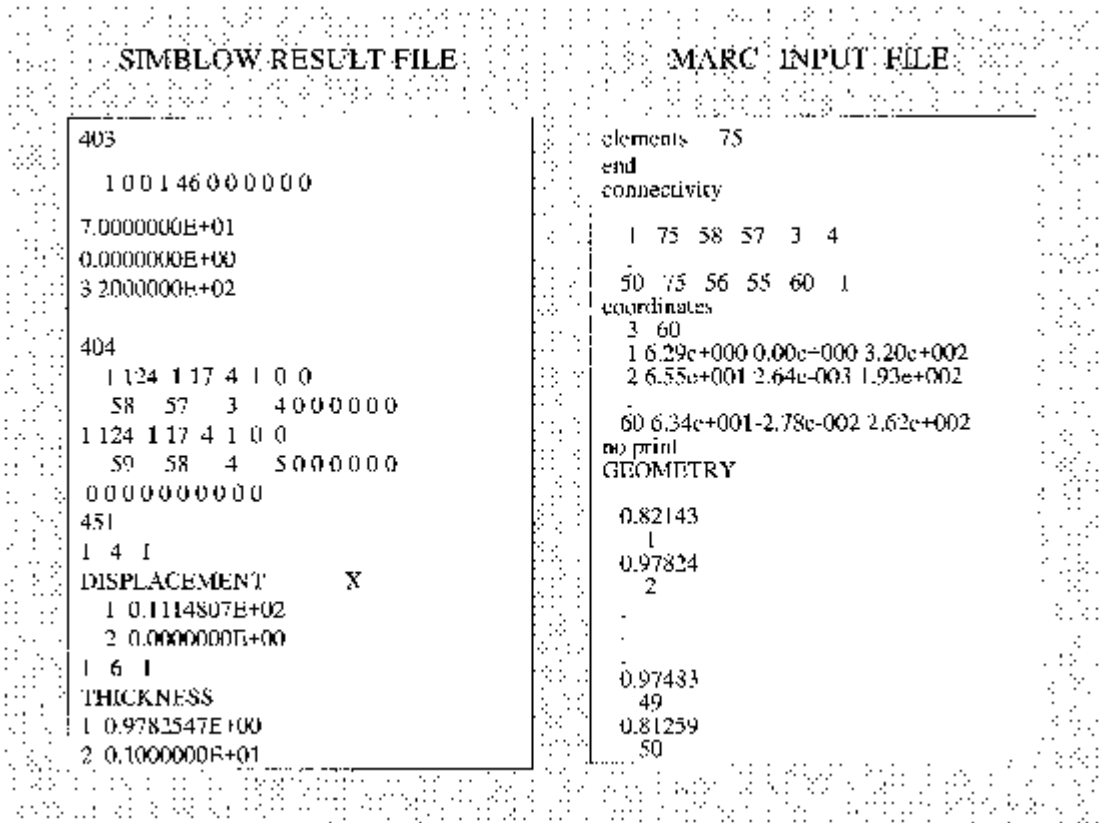


Fig 4 SIMBLOW results file and Marc input file

のフローチャートを示す。SIMBLOW結果ファイルから節点座標、要素-節点関係、節点変位、要素厚さなどを読み込み、節点変位をもとの節点座標に加算することにより、節点座標の更新を行う。最後に、MARCフォーマットに従い、MARC入力データを書き出す。

象を取り上げたが、問題なく作動した。

4 . 結 言

ブロー成形を中心とした成形加工解析と構造解析を一体化した統合化シミュレーション技術を開発した。開発した統合化シミュレーションは、汎用有限要素法プログラム (MARC) のみを用いたものとブロー成形専用解析プログラム (SIMBLOW) - 汎用有限要素法プログラム (MARC) を用いたものの2種類で、どちらも簡単なモデルで確認したところ問題なく作動した。前者はブロー成形だけでなく、その他の広範囲な成形加工に適用が可能であり、後者はブロー成形専用システムであるが、前者に比べ高精度な解析が期待できる。

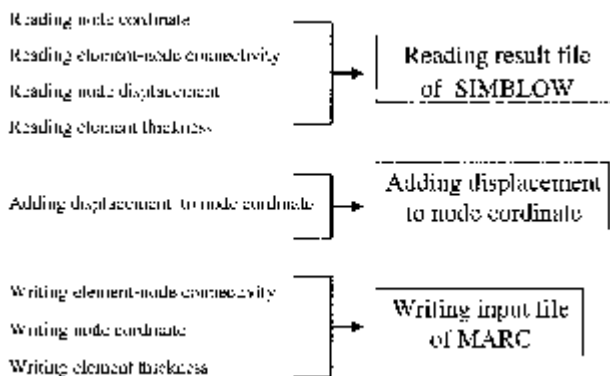
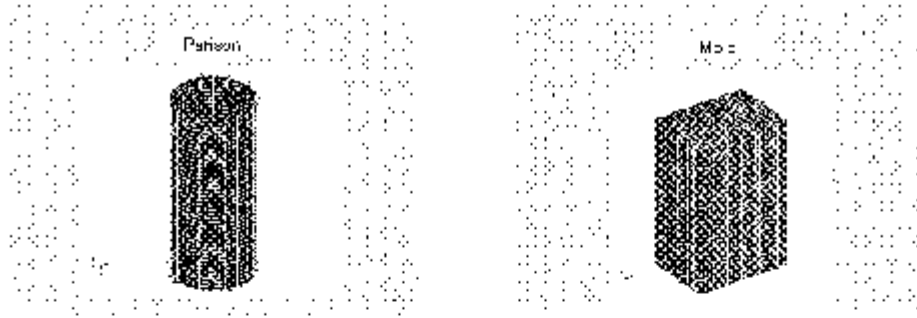


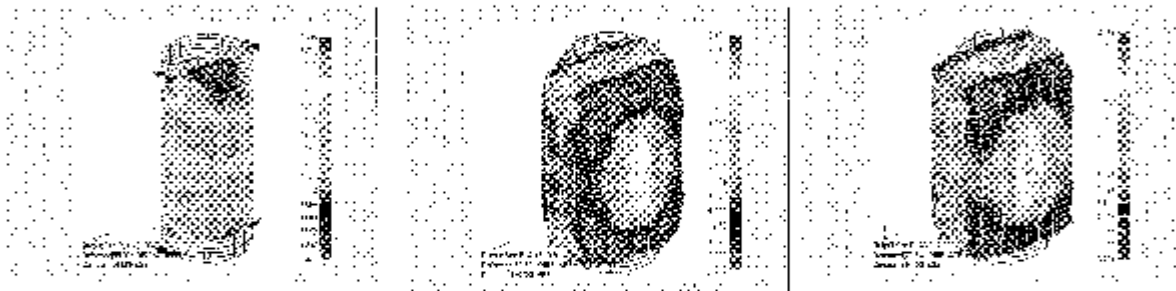
Fig 5 Flow-chart of SIMBLOW-MARC conversion program

3 . 3 ブローアップ過程 - 機械的強度統合化シミュレーション手法の確認

簡単なモデルでブローアップ過程解析 - 構造解析統合化シミュレーション手法の確認を行った。結果をFig 6 に示す。この場合も機械的強度シミュレーションとして破裂現



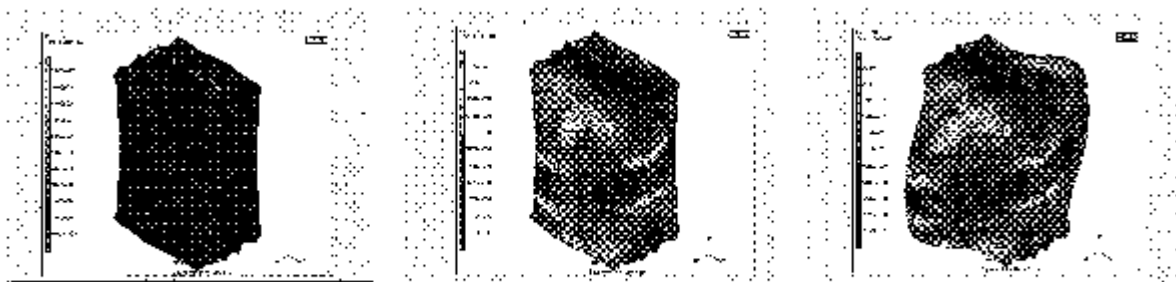
Drawing up model and analysis start for blow-up process



Result of blow-up analysis



Drawing up model for Structural analysis file and analysis start



Results of the tank bursting

Fig 6 Demonstration of the blow-up analysis - structured analysis (SIMBLOW - MARC)