

# 弾塑性変形過程解析プログラム V-STAMPの新機能

## Advanced Features in Large Deformation Elastoplastic Simulation Software V-STAMP



加工成形シミュレーションチーム  
 浜 孝之 [hama@energy.kyoto-u.ac.jp](mailto:hama@energy.kyoto-u.ac.jp)  
 高村 正人 [takamura@riken.jp](mailto:takamura@riken.jp)

V-STAMPは、有限変形理論に基づくupdated Lagrangianによる定式を用いることにより大変形問題の取り扱いを可能とした、弾塑性有限要素法ソフトウェアである。このソフトウェアでは、工具との接触が考慮できるため、プレス成形、ハイドロフォーミング成形など実際の加工成形プロセスへの応用が可能である。また、不釣り合い力補正アルゴリズムを導入した静的陽解法( $r_{min}$ 法)を採用しているため、高精度かつ安定したスプリングバック解析を行うことができる。

工具(プレス金型等)の表現にNagataの提案による補間曲面<sup>1)</sup>(以下、Nagataパッチ)を適用した、新たな接触の取り扱い手法を開発した。Nagataパッチの生成に要する工具節点上の法線ベクトルには、VCADから得られるデータを用いる。開発した手法は、多面体近似された工具モデルを用いる従来の解析手法に対して、つぎのような利点を有する。

### 1. 工具表現の高精度化

Nagataパッチを適用した工具モデルを用いることにより、多面体近似された工具モデルに比べて**飛躍的にその形状精度が向上する**。この利点は特に、プレス成形における面ひずみ解析のように全体の変形量に対して不良現象の大きさが微小な問題を対象とした解析の高精度化が期待できる。

### 2. 工具用素数の削減

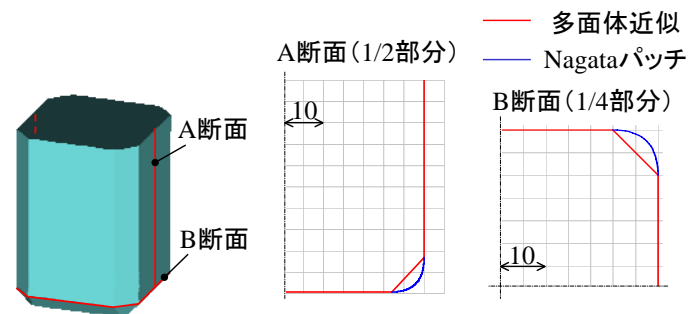
多面体近似による形状精度程度でも十分な解析においては、Nagataパッチを適用した工具モデルを用いることにより**従来よりはるかに少ない工具分割数で従来程度の形状精度が達成できる**。その結果工具モデルに要するメモリ容量の軽減化、接触探索解析の高速化が期待できる。さらに、分割数を低減することで非常に小さい要素の生成も防ぐことができ、接触探索ミスの防止効果も期待できる。

### Nagataパッチを考慮した接触問題の定式化

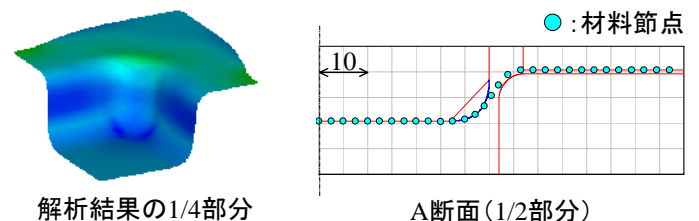
Nagataパッチは多面体パッチを二次で補間した曲面であるため、材料と工具の接触点(材料節点の変位増分ベクトルとNagataパッチの交点)を求める方程式は最大でも四次となる。よく知られたFerrariの解法などを用いることにより、**反復計算を行うことなく解析的に接触点を求めることができる**。それにより、以下のような利点が生み出される。

- 反復計算を行う必要がないため、**高精度かつ頑健な接触探索を実現できる**。
- 従来の多面体近似した工具モデルにおける接触探索と同じ枠組みでアルゴリズムの構築ができるため、**既存プログラムへの導入が非常に容易である**。

### Nagataパッチを適用した工具モデルによる 角筒絞りの解析事例

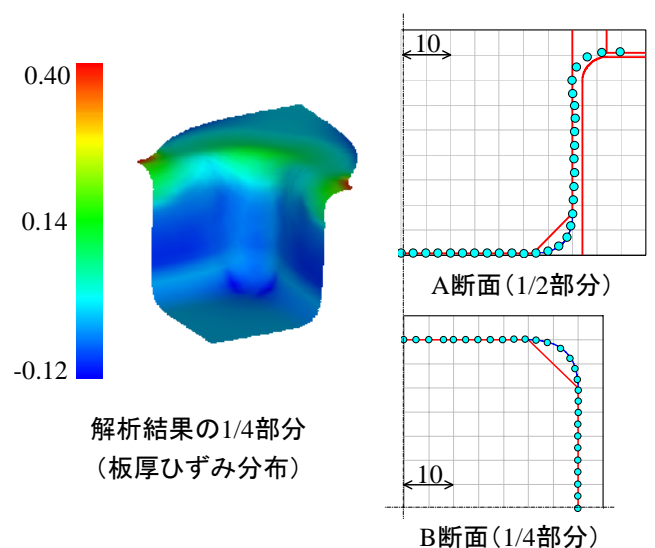


### 解析で用いた粗く分割されたパンチモデル



解析結果の1/4部分  
(板厚ひずみ分布)

### パンチストローク20mmでの変形状



### パンチストローク40mmでの変形状

謝辞 本研究を遂行するにあたり、理化学研究所 長田隆上級  
 役員には貴重なご意見を賜りました。深甚なる謝意を表します。

<sup>1)</sup>Nagata, T., Comput. Aided Geom. D., 22(2005), 327-347.

