

プレス／板金加工を高度化する CAE の活用術

国立研究開発法人 理化学研究所
高村正人*、須長秀行**

プレス加工と CAE

プレス／板金加工の CAE 技術は 1980 年代以降急速に発展し、1990 年代より自動車プレス部品を中心に企業における実務適用が広まった。ここでいう CAE とは、主として有限要素法 (Finite Element Method, FEM) を用い、材料の変形抵抗特性や力のつり合いの原則といった力学的な原理に基づいて、平板から出発して加工完了までのプロセスをコンピュータ上でシミュレートする技術を目指す。初期のプレス加工 CAE においては、工程設計段階以降の、生産準備段階後期においてトライアウト工数／期間の削減を狙って、主に割れ、しわの発生を予測するというものであったが、近年では予測対象や適用方法が多岐にわたっている。それらを列挙すると、下記のようになっている。

- 製品開発初期段階（造形・部品構造設計段階）におけるスクリーニングとしての CAE
- 試作・量産時の不具合発生メカニズム探求のための詳細 CAE
- 熱間プレスや板鍛造などの幅広い工法に対応した CAE
- スプリングバック、面ひずみなどの高精度予測を狙った CAE
- せん断過程の破面形成を予測する微細スケールの CAE
- 最適化手法と組み合わせた問題解決のための CAE

上記のように CAE の適用方法が多様化していく中で、どのような方針で活用していくのが効果的か、本稿の中で考察していきたい。

プレス加工 CAE の基本的な特性

プレス加工 CAE は、前述のように有限要素法 (FEM) と呼ばれる手法を用いている。FEM においては、被加工材 (板材) および金型形状が、三角形、四角形、四面体、六面体といった単純な形状 (要素) の集まりとして離散的に表現され、それら個々の要素の中では力と変形の関係などが比較的単純な数式で表すことができる性質を利用して、対象物全体の変形を解き進んでいくというものである。FEM 解析の計算処理の概念を図 1 に示す。そこで用いられている支配原理は、力のつり合いと材料構成則 (応力-ひずみの関係) といった力学の基本原理のみであるため、品質工学

* (たかむら まさと) : 光量子工学研究領域 中性子ビーム技術開発チーム
 ** (すなが ひでゆき) : 光量子工学研究領域 中性子ビーム技術開発チーム
 〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1
 TEL : 048-467-4583 FAX : 048-467-9649

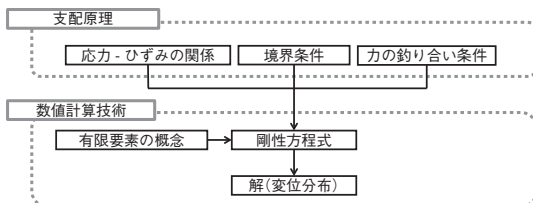
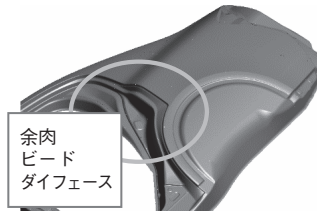
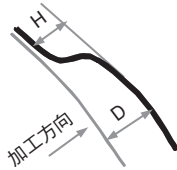


図 1 FEM 解析の計算処理の概念



(a) プレスでの成形形状



(b) 部品の特徴形状抽出 (成形条件考慮)



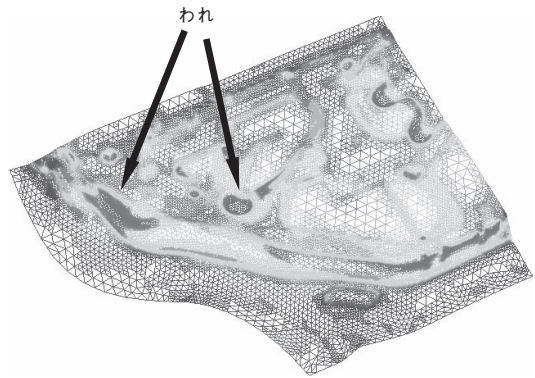
各部の拘束力を部品形状などより算出可能な部品端拘束力の計算式を構築

(c) 部品形状部への拘束力の決定

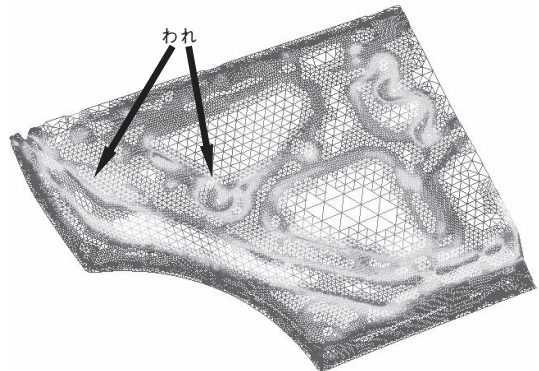
図2 開発初期段階の CAE 適用 (ワンステップシミュレーションにおける拘束力決定のステップ)

や多変量解析のように、実験結果や過去の統計情報を分析して法則性を見出したり最適な対策法を探ったりする手法とは正反対のアプローチといえる。このため、経験則に頼れない新しい加工成形を考える際に CAE を適用することで、本来の強みを発揮する。逆にいえば、従来技術と大きく変わらない形状、工法、材料による加工を扱う限り、成形可否判断や工程設計、不具合対策の場面で過去の経験が力を発揮するため、CAE を適用したとしてもベテラン技術者の知見との勝負となり、最新の技術をもってしても状況によってはほとんど役に立たない場合が多いだけでなく、役に立ったとしても限定的な業務効率化につながるだけである。

このような特性を持った CAE 技術を、業務効率化にとどまらず、製品・工程に技術革新をもたらすための効果的な活用法について、以下の章で



(a) インクリメンタル型 FEM でのシミュレーション結果



(b) ワンステップ FEM でのシミュレーション結果

図3 開発初期段階の CAE 適用 (インクリメンタル型とワンステップ FEM での板厚分布の比較 (ドアイナー))

述べることとする。

有効な CAE 活用法

プレス加工 CAE の特徴を改めて整理してみると、以下のように有効な活用方法がいくつか浮かび上がってくる。

第1に、コンピュータの活用により、実機におけるトライアウトよりも短時間、低コストで仮想試作結果が得られる。しかし、仮想トライアウトとして部品設計完了後の詳細工程検討段階で CAE を適用するのでは、すでに金型技術者の検討がある程度入った対象に対する解析となってしまう、前述のように適用方法によっては予測精度が技術者の知見を凌駕することができず、実質的な効果が得られない。したがって、フロントローディングの考えに則り、まだ金型技術者の固有技