

塑性加工の数値シミュレーションの高機能化

日本工業大学

学長 神馬 敬

(平成3年度研究開発助成 AF-91002)

本共同研究の詳細に関しては、(社)日本塑性加工学会・塑性力学分科会 発行の『塑性加工の数値シミュレーションの高機能化』(1996年2月; A4版295ページ)によって報告してある。したがって、ここでは同書の「巻頭言」「目

次」および「後記」を再録することで、研究概要報告に代えたい。なお、下は成果のほんの一例であり、同書の p. 255 に記載された「チャンネル材圧延の解析例」である(柳本潤・木内学による)。

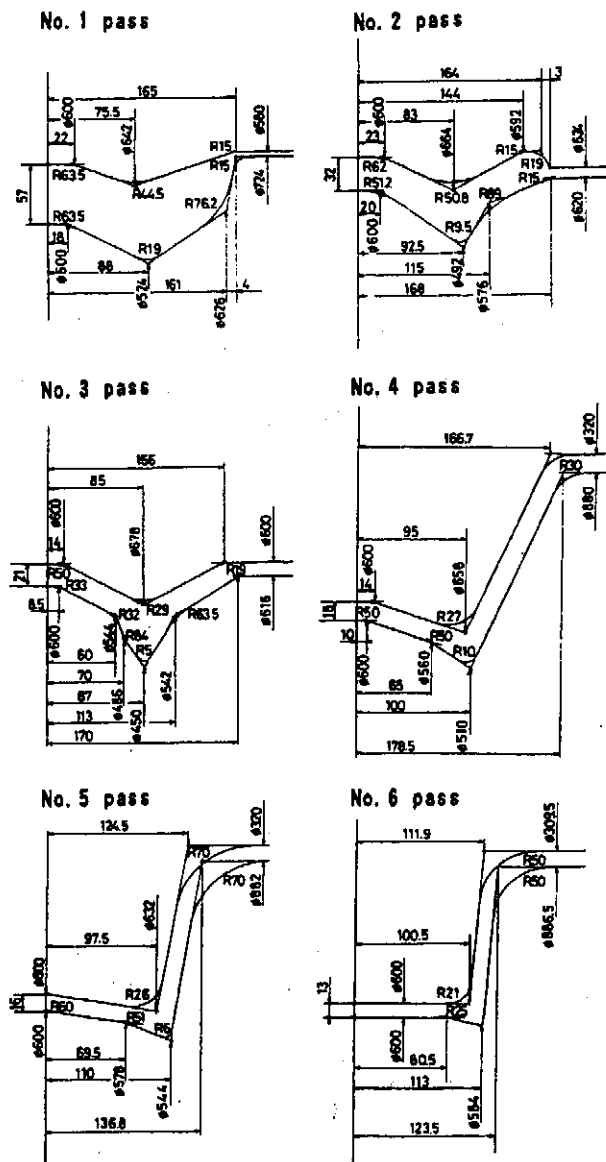


図 孔型形状 (チャンネル材圧延)

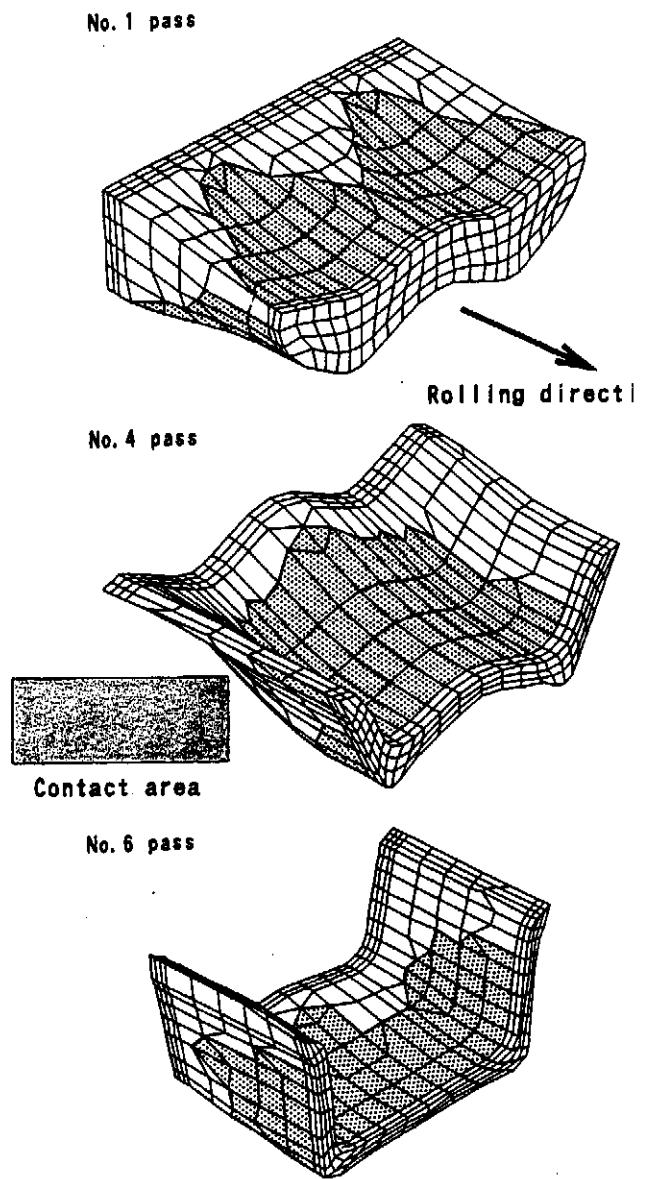


図 3次元変形状

巻 頭 言

成形プロセスのシステム化・フシキシブル化の進展と共に、その基本ツールとして、電算機による数値シミュレーションの発展が熱望されている。現在でもその種の汎用ソフトが既に2,3市販されているが、ベースとなっている理論・法則をはじめ精度や機能などの点でなお多くの革新が待たれている。現実の塑性加工プロセスは、一般にいかにも複雑であり、術的要素の強い数値シミュレーションがどこまで現実的に使い物になるかについては、なお疑問視する人々がいることも事実である。しかし、現在でも使い方次第で非常に有効であることが、幾つかの例で示されている。そのことは、毎月発行される日本塑性加工学会誌『塑性と加工』を見るだけでも明らかである。

(社)日本塑性加工学会に設置されている塑性力学分科会では、その発会の当初より塑性加工プロセスの効率化・高精度化などに塑性力学を活用することを目的として、今日まで研究活動を続けてきている。したがって、

『塑性加工の数値シミュレーションの高機能化』

はその目的達成のために格好の主題である。それゆえ、この主題のもとに共同研究する機会を予てより求めていた。幸い平成4年1月から3年間という期限つきで、天田金属加工機械技術振興財団より資金面での助成が得られることになり、共同研究への参加者を募ったところ、おもに大学関係の研究者11名の参加を得ることができた。いずれも塑性力学分科会のメンバーで、わが国のこの分野の先導的な研究者ばかりである。それゆえ、各研究者にはこの道の過去の実績があり、おもにその延長線上の研究を深化・発展させてもらうことで、課せられた主題に対する相応の成果が

おのずから得られるものと期待できた。つまり、各研究者に最も得意とするところを分担してもらい、共同研究としては最も好ましい形態を自然に取ることができた。そして、本年1月をもって無事共同研究を終了した。

本共同研究では、特に計算精度および計算効率の向上、さらに機能拡大に関して、ベース理論である構成式の改良や破壊予測なども含めて広範囲に研究が行われた。その成果は学会での口頭発表や関連専門誌への掲載の形などで公表されてきた。このたび、研究期間が満了したことを機に、公表時資料を基に研究成果を一本にまとめることとした。出版が研究終了時からややずれたのは、研究の常として、成果が何らかの形で公表されるのに研究終了後やや時日を要することによっている。

本冊子は研究成果報告書を兼ねている。ここに見られるとおり、当初の期待に十分応える成果が得られたものと考ええる。本共同研究へ参加された研究者諸氏のご努力に対して、あらためて謝意を表したい。そして、これを機にこの分野の研究の発展のために、さらなる貢献をされんことを祈ります。

また、本共同研究を助成された天田金属加工機械技術振興財団に対して、篤く御礼申し上げます。

平成7年12月20日

研究代表者 神馬 敬 〔日本工業大学長〕
(前塑性力学分科会主査)

掲 載 論 文 目 次

論 文 題 目: 著 者	ページ (右肩)
有限要素法のソルバー関連技術: 横内康人	1
動的陽解法剛塑性FEMの可能性について: 後藤學	1 0
板材の数値シミュレーション用簡易FEM: 後藤學	1 4
陽解法的剛塑性有限要素法(NIRP)の提案: 後藤學	1 8
金属材料の塑性異方性の主軸の回転について: 浜島充幸、伊藤耿一、佐川武俊	2 0
分岐条件と有限要素法: 後藤學	2 4
板材の孔抜きにおける変形限界ひずみ: 後藤學、林哲録、三沢正幸	2 8
Forming Limit Strain of Sheet Metals Subjected to Plane Strain Tension : Gotoh, M., Misawa, M., Lim, C.-R.	3 6
Effect of Out-of-Plane Stress on the Forming Limit Strain of Sheet Metals : Gotoh, M., Chung, T.-H., Iwata, N.	4 6
単軸引張下のひずみ局所化現象の構成式・温度・板厚依存性の弾塑性FEMによる 検討: 後藤學、小林弘志	5 6
せん断帯形成による変形限界の数値的研究: 鄭泰勲、後藤學	6 0
接合板のせん断帯形成による変形限界の数値的研究: 鄭泰勲、後藤學	6 2
Computational Simulation of Flow Localization Behavior: Tomita, Y.	6 4
Flow Localizations in Plane-Strain Thermo-Elasto-Viscoplastic Blocks Under A High Rate of Deformation: Tomita, Y.	7 4
ポイド材の平面ひずみ下での引張り・圧縮挙動のシミュレーション—弾性係数 および熱伝導率のポイド率依存性を考慮した場合—: 富田佳宏、崔弘石	9 4
Constitutive Modeling of Mechanical Characteristics of Materials and Computational Simulation of Plastic Instabilities: Tomita, Y.	1 0 2
高ひずみ速度域における平面ひずみ弾粘塑性ブロックの変形の局所化 : 富田佳宏、比護剛志、三村耕司、高馬裕二	1 1 1
弾性棒による塑性加工のFEM成形制御(第1報): 栗山慎鋒	1 1 7
弾性棒による塑性加工のFEM成形制御(第2報): 栗山慎鋒	1 1 9
工具面要素の形状決定と反復解法による弾塑性有限要素法: 栗山慎鋒	1 2 1
回転対称軸を有する二次曲面で表示した工具分割面の形状決定と接触判定 : 栗山慎鋒	1 2 5
FEM曲げ解析におけるモーメントの不均衡: 沢田孚夫、高梨修	1 2 9
薄板における曲げ変形挙動のFEM解析: 沢田孚夫、橋本剛	1 3 3
薄板における曲げ変形挙動のFEM解析: 沢田孚夫、橋本剛	1 3 7
金属薄板のスプリングバック解析(第2報): 桑原利彦、高橋進、伊藤健治	1 3 9
金属薄板のスプリングバック解析(第3報): 桑原利彦、高橋進、伊藤健治	1 4 3
引張曲げ変形を受ける金属薄板のスプリングバック解析と実験検証—金属薄板の スプリングバック解析I—: 桑原利彦、高橋進、秋山浩二、伊藤健治、宮下洋介	1 4 5
面内反転荷を受ける金属薄板の弾塑性変形挙動 : 桑原利彦、森田佳之、宮下洋介、高橋進	1 5 3
引張曲げ成形の静的陽解法FEM解析において増分値がスプリングバックの計算 精度に及ぼす影響: 桑原利彦、岡秀和、高橋進	1 6 0

純アルミニウムの高速せん断における断熱せん断帯の生成とそれに沿う溶融の発生 に関する考察：後藤學、山下実、大野誠	1 6 6
せん断加工の数値シミュレーション：小森和武	1 7 2
要素再分割法を用いたせん断加工の数値シミュレーション：小森和武	1 7 6
微視的モデルを併用した延性破壊過程の数値解析：小森和武	1 7 8
Gurson型降伏関数を用いた引抜き加工時のシェブロンクラックの数値シミュレ ーション：小森和武	1 8 0
Simulation of Ductile Fracture Behavior in Drawing: Komori, K.	1 8 2
液圧によるダイヤフラム成形と特性評価：後藤學、山下実、劉勇	1 8 7
Finite-Element Simulation of Deformation and Breakage in Sheet Metal Forming (1st Report, Basic Theory): Gotoh, M., Iwata, N., Matsui, M.	1 8 9
Finite-Element Simulation of Deformation and Breakage in Sheet Metal Forming (2nd Report, An Elastic-Plastic Analysis of Square-Cup Drawing Process) : Iwata, N., Matsui, M., Gotoh, M.	1 9 7
リング状絞り成形における伸びフランジ割れ抑制条件のFEM解析による検討 : 岩田徳利、野々山史男、松居正夫、牧原一典、板倉和美、後藤學	2 0 4
円柱の圧縮試験について：後藤學、高橋純一	2 0 8
Theoretical Prediction of Shear-Band-Type Strain Localization and Discussion on Its Relation to Fracture: Gotoh, M.	2 1 4
Improvement of Bar Compression Test With the Aid of Elastic-Plastic FEM Analysis: Gotoh, M., Takahashi, J.	2 2 2
銅の積層平面ひずみ圧縮における特異現象—II. 数値シミュレーション : 後藤學、鳥居直司	2 2 6
圧縮による鋸歯状積層境界の成長挙動の数値シミュレーション : 後藤學、山下実、鄭泰勲	2 3 0
平面ひずみ圧縮を受ける鋸歯状積層界面の成長挙動とその数値シミュレーション : 後藤學、山下実、鄭泰勲、松野正信	2 3 4
多段鍛造の段数低減に関する数値的研究：孫智剛、後藤學、勝田優樹	2 4 2
アダプティブ・リメッシング法の変形・温度連成剛塑性FEM解析への適用 : 湯川伸樹、石川孝司、難波広一郎	2 4 4
要素再分割法を利用した型鋼圧延の3次元FEM解析：柳本潤、木内學	2 5 0
形材非対称圧延のFEM解析手法とアングル材圧延への適用 : 柳本潤、木内學、柴田一良、井上幸雄	2 5 4
多パス形材圧延のFEM解析およびプラスチック実験・熱間鋼実験との比較 : 柳本潤、木内學、柴田一良	2 6 0
TRIP鋼の変形挙動の数値シミュレーション：富田佳宏、原田陽雄、岩本剛壘	2 6 6
粘弾性体の変形解析：川井謙一	2 7 4
不安定伝ば挙動を示すポリマー棒の構成式の同定：富田佳宏、林健一、田中繁之	2 7 6
Prediction of Deformation Behavior of Glassy Polymers Based on Molecular Chain Network Model: Tomita, Y., Tanaka, S.	2 8 1

後記

本共同研究は、天田金属加工機械技術振興財団から資金的援助を受けて、平成4年1月から平成7年1月の3年間にわたって行われた。研究課題である『塑性加工の数値シミュレーションの高機能化』からすれば、期限付きで行われる種類の研究ではないと思われるが、当初設定された研究期間が経過したことを契機に、現時点での研究成果を一本に纏めて、研究成果報告の替わりとすることとなった。

本共同研究への参加者は以下に記す通りである。

研究代表者 神馬 敬（日本工業大学長）
共同研究参加者 伊藤耿一（東北大学教授）
川井謙一（横浜国立大学教授）
栗山慎鋒（理化学研究所）
桑原利彦（東京農工大学助教授）
小森和武（大同工業大学助教授）
後藤 學（岐阜大学教授）
沢田孚夫（東京農工大学教授）
富田佳宏（神戸大学教授）
柳本 潤（東京大学生産技術助教授）
湯川伸樹（名古屋大学講師）
横内康人（電気通信大学助教授）

参加者の顔触れから推察されるように、研究の内容は多岐にわたっている。すなわち、数値シミュレーションのベースとしての構成式の改良が、異方性の表現や変態の導入からポリマーの構成式にまでわたって示され、また板材やブロック材の破断ないし破壊を予測する理論に関する研究とその2D・3Dシミュレーションへの導入も与えられた。有限要素法の改良・拡あるいは簡易化など、数値技法の基本に関する提案と適用例もいくつか提示された。その中にはアダプティブリメッシングに関する研究も含まれている。塑性変形の基本特性に関して、せん断帯形成を伴うひずみ局所化問題が詳細に論じられた。加工法別では、板材に関しては曲げとスプリングバック、せん断といった2D問題、

角筒やリング状成形といった3D問題が高精度で、かつ破断ないし破壊予測込みで数値シミュレーションされた。鍛造に関しても一部成果が提示され、多段工程の最適化への数値シミュレーションの有効性・将来性が謳われた。定常孔型圧延の高精度・詳細な先端的数値シミュレーションも与えられた。

本報告書で示されている成果は、現在進行中の世界的動向からみれば一部に過ぎないかもしれない。しかし、いずれの研究も課題どおり数値シミュレーションの高精度化・高機能化をある程度達成しており、あるいはそれを目指したものである。さらに、従来の数値技法に新たな技法を加える試みも含んでおり、シミュレーションの高効率化を狙ったものもある。ここでの成果を総合して、この分野の最先端の研究がなされていることは疑いない。

こうした研究成果という側面のほかに、上記参加者の中および表記に名は記されていないが上記参加者と共同で研究に参画した若手研究者は多く、本共同研究は次世代の若手研究者の育成にも成果を挙げたことを明記するべきであろう。また、共同研究を通して得られた、研究成果とハードやソフトは、今後の研究の展開にも大いに貢献するものであることを忘れてはならない。

以上を通して、本共同研究への参加者全員のご努力を多としたい。

本共同研究の契機を創られ、金銭的に助成された天田金属加工機械技術振興財団に心から感謝申し上げます。

また、本共同研究のメンバーは、すべて日本塑性加工学会・塑性力学分科会（現主査は東京工業大学教授 加藤和典氏）の会員であり、同学会および分科会のひとかたならぬご助力・ご協力が共同研究の遂行を可能にしたと言っても過言ではない。記して厚く感謝申し上げます。

平成7年12月15日

塑性力学分科会本共同研究担当幹事 後藤 學 記す