

理研ニュース

No.176 February 1996

理化学研究所

2●研究最前線

板材のプレス成形過程のシミュレーションソフトの開発

6●SPOT NEWS

クラブ(部)紹介 「やきものの会」

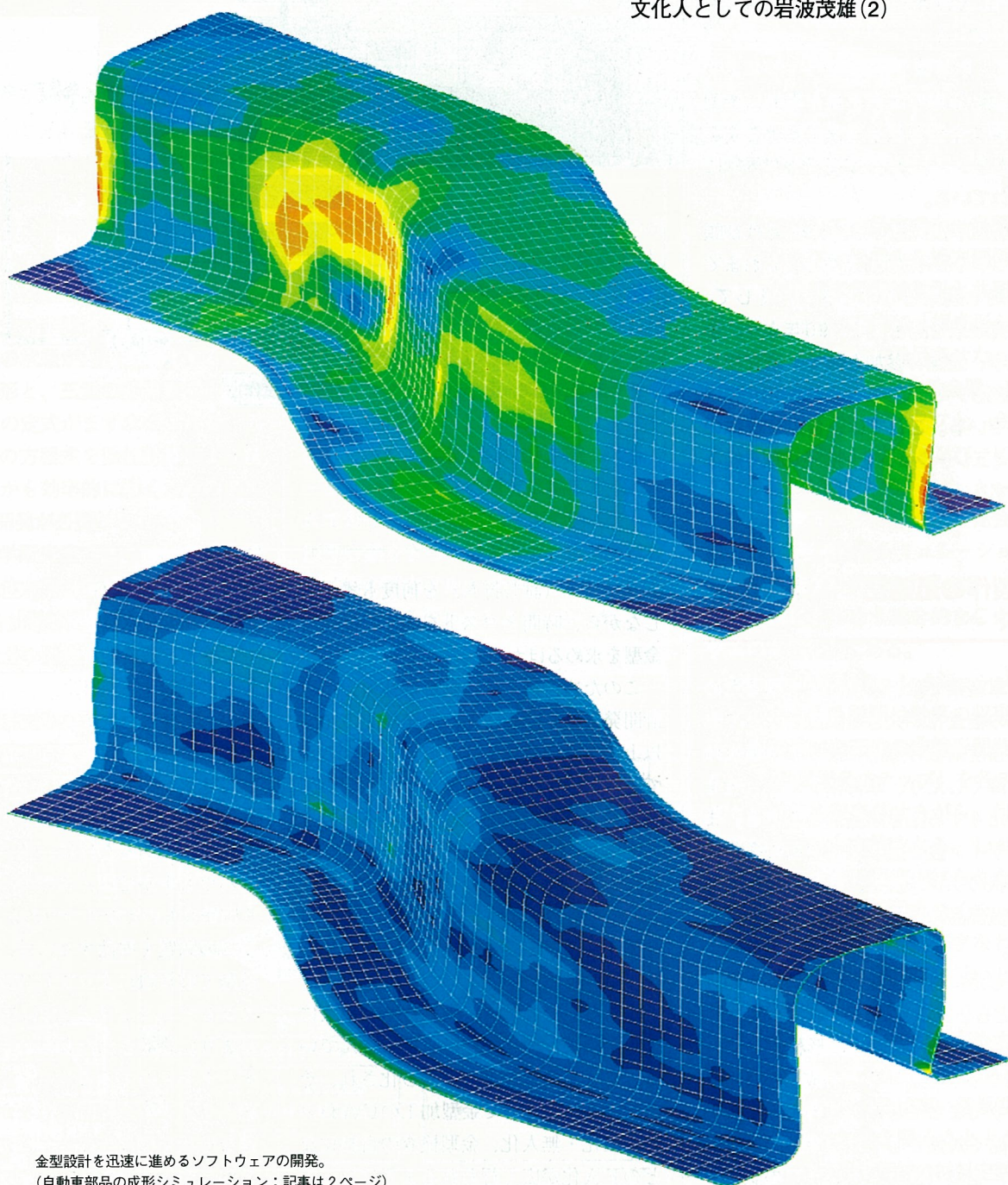
7●TOPICS

・伊藤正男国際フロンティア研究システム長
日本国際賞受賞

・国際懇親新年パーティーを開催

8●原酒

文化人としての岩波茂雄(2)



金型設計を迅速に進めるソフトウェアの開発。
(自動車部品の成形シミュレーション：記事は2ページ)

板材のプレス成形過程のシミュレーションソフトの開発

金型設計製作の大幅な時間短縮、コスト削減に期待が集まる

鉄、アルミなどの金属板材のプレス成形は、自動車車体から精密機械まで、最も広く用いられている加工法である。プレス成形には金型が必要だが、近年は素材の多様化と加工の高度化によって、プレス成形過程で起きる“われ”“しわ”などの成形不良対策が重要となり、金型の設計・製作にかかるコストと時間は膨大なものとなっている。

そこで、計算機シミュレーションによって金型設計段階で成形不良を事前に予測し、最適な金型形状を迅速に見出すことができるソフトウェアの開発が世界的に研究されている。

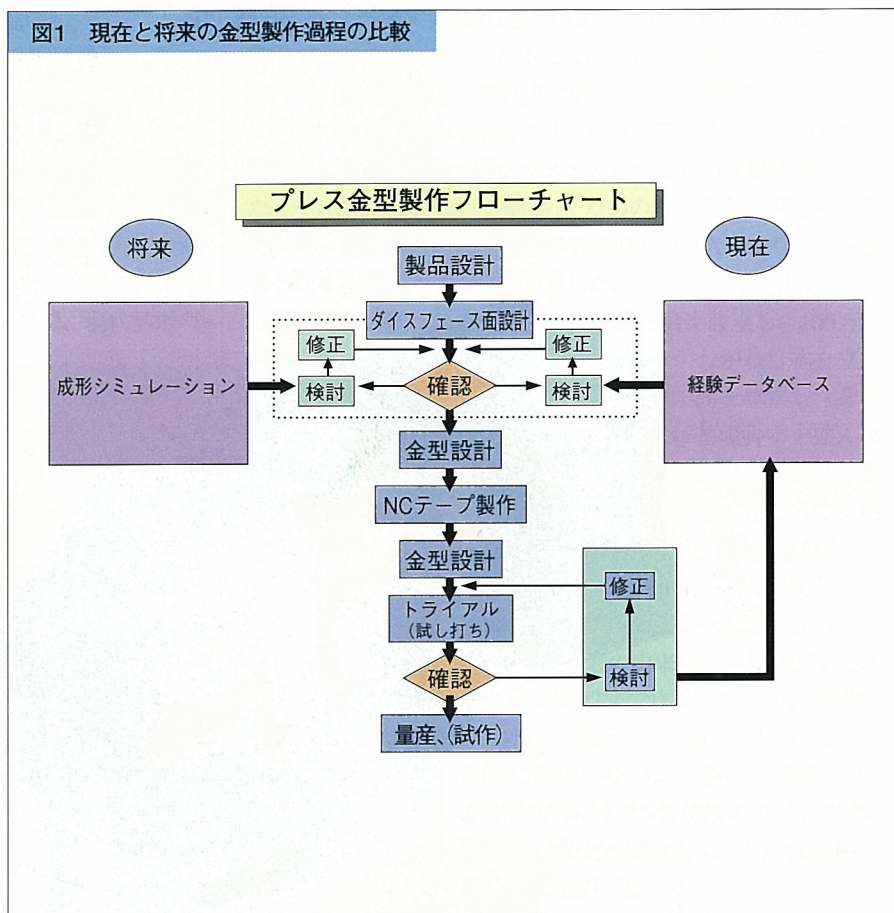
素形材工学研究室では、1980年代初頭からいち早くこの研究に着手し、これまでに先駆的な成果をあげてきた。そして、その研究成果を踏まえて、90年より、多数の大学、企業の参加を得て、研究組合方式で成形シミュレーションの実用化に取り組んでいる。ここでは、自動車車体の成形シミュレーションを例にその取り組みを紹介する。

金型製作の迅速化・高精度化がテーマ

自動車産業では、燃費向上を図るために車体の軽量化が大きな課題となっており、高強度鋼板の採用により車体鋼板の肉厚を薄くしたり、車体にアルミ合金を採用したりする動きが広がっている。また、デザイン性を重視した曲面の多い複雑な形状のプレス成形、生産合理化のための複数部品の一体成形化も最近の傾向である。

そうした素材の変化やプレス加工の高度化にともなって、板材の“われ”“しわ”“面ひずみ”や、成形後に形状がひずむ“スプリングバック”などの成形不良が発生しやすくなってきた。このような成形不良を防ぐ対策としては、金型設計・製作時に、金型（工具ともいう）の試作・

図1 現在と将来の金型製作過程の比較



トライアル（試し打ち）を何度も繰り返しながら、時間とコストをかけて最適な金型を求めるほかない。

このため、例えば自動車車体の金型設計開発費における18%、開発時間の30%以上が金型の修正や作り直しにあてられているというデータもある。開発費の削減と開発時間の短縮は自動車産業の競争力を支える重要な課題だが、それは金型製作の迅速化・高精度化にかかっているといっても過言ではないだろう。さらに、金型を製作する熟練技能者の不足も深刻化しつつある。

もちろん、最近では、先端技術の導入による金型製作の迅速化は急速に進んでいる。まず、金型設計がCAD化され、そのデータに基づいて金型加工のCAD/CAM化・無人化、金型検査の自動化などのFA化が広く行われるようになって

きた。金型を製作する加工機械の高速化・高精度化も長足の進歩を遂げている。

しかし、最終的な金型の仕上げだけは、実際に使用する加工板材でトライアルを行い、熟練した生産技術技能者の“カン”に頼って修正を加えながら最適な金型をつくるというのが現状である。しかも、前述したように板材や加工内容が大きく変わりつつあるだけに、過去の経験やノウハウも生かせず、金型づくりはいっそう困難なものとなりつつある。

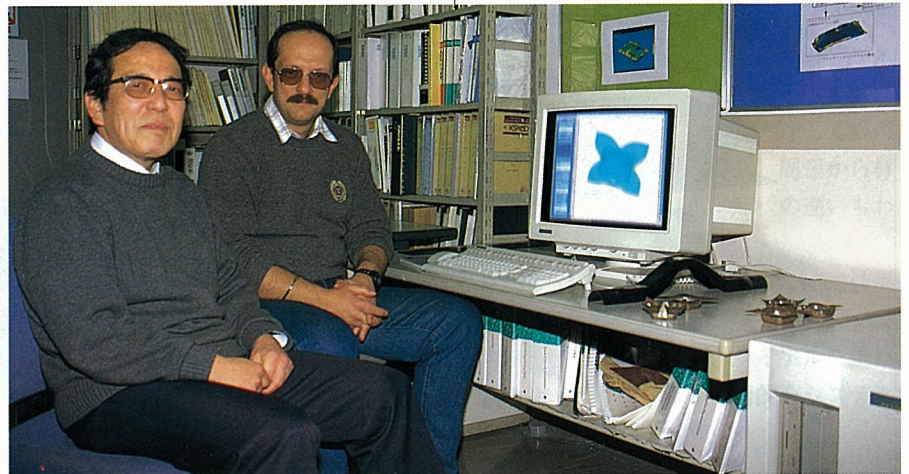
この問題を解消するには、金型設計の段階で計算機によりプレス成形過程をシミュレーションする以外に方法はない。つまり、設計された金型の形状と板材のデータを入力することで、計算機上で仮想トライアルを繰り返しながら金型の最適な形状を探り当てることのできるソフトウェアを開発することである。(図1)

もちろん、この成形シミュレーション・ソフトは、いままでにない新素材や複雑な形状を成形する場合でも、入力データを変えるだけで対応できる汎用性の高いものでなければならないことはいままでもない。

有限要素法による成形シミュレーション

プレス成形そのものは歴史のある技術である。しかしそれを力学問題として解こうとすると、高度な非線形性に支配される、連続体力学でも最先端の課題となる。すなわち、材料が弾性変形から塑性変形に移りかわることに基づく非線形、大きなひずみを伴う応力のつり合式を表現する方程式の非線形、工具と材料との接触や摩擦の状態が刻々と変化することに伴う非線形と、三重の非線形を正確に表す方程式の定式がまず求められる。そして次にその方程式を数値計算により精度良く、しかも効率的に解くためのアルゴリズムの開発が必要となる。

素材工学研究室では、1980年代初頭から、連続体力学の応用としてこの問題に取り組み、「静的陽解法」と名付けられ



研究室風景

た独創的な定式、アルゴリズムを生み出した。これをもとにして当研究室では、82年には2次元レベルでの成形シミュレーション・ソフトを確立、さらに88年には有限要素法による3次元成形シミュレーション・ソフト I T A S - 3 D に発展させてきた。(図2)

もちろん、欧米でも3次元成形シミュレーション・ソフトの研究は幅広く進められており、特に85年に米国で開催された国際会議をきっかけとして、欧米では産学共同の研究グループがいくつも生まれ、盛んに研究が行われるようになった。

これに対して、日本でも、当研究室の成果をもとに、以前から協力関係にあった大阪大学工学部機械学科と共同で産業界に呼び掛け、90年に「板成形シミュレーション研究会」を発足させた。この研究会には現在、鉄鋼、非鉄金属、自動車、コンピュータハード/ソフト、金型の各業界から主要な31社がメンバーに加わっている。(96年1月現在)

板成形シミュレーション研究会の目的は、「板成形過程をシミュレーションする有限要素法プログラム I T A S - 3 D の開発とそれともなう総合的な C A E システムの実用化」にある。

3次元板成形シミュレーションソフトウェアのかかえる難問は計算の収束性である。前に述べた三重の非線形問題を解くのに、「時間増分ステップ」を各ステップごとに計算を収束させながら、何百も積み重ねるという方法をとる。しかし高度の非線形のために収束が得られない場合が生じ、計算が先に進まなくなってしまうことがしばしば生じる。すなわちソフトウェアの信頼性が非常に低いというのが大きな問題であった。

静的陽解法はこの問題を解決する強力な手法である。この手法に基づいて開発された I T A S - 3 D は高い信頼性を実現し、実用化への道を開くこととなった。I T A S - 3 D は、板材の材料定数、工具

図2 フロントフェンダー成形シミュレーションの手順

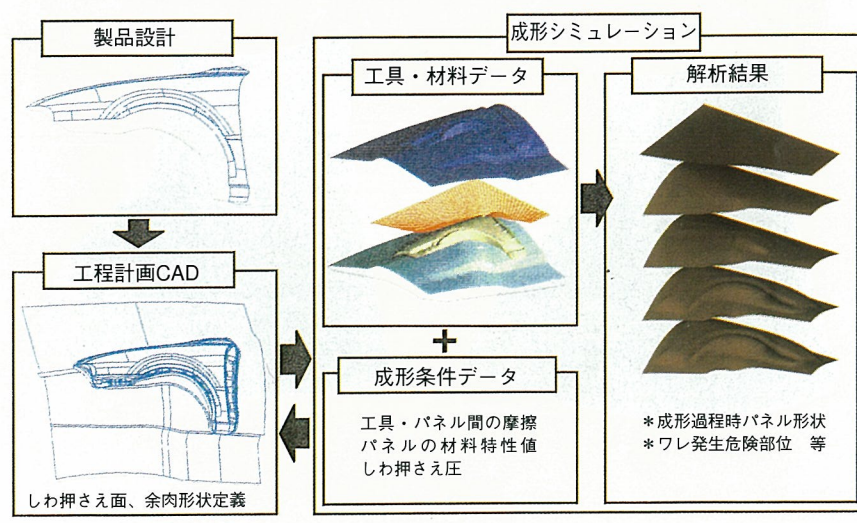
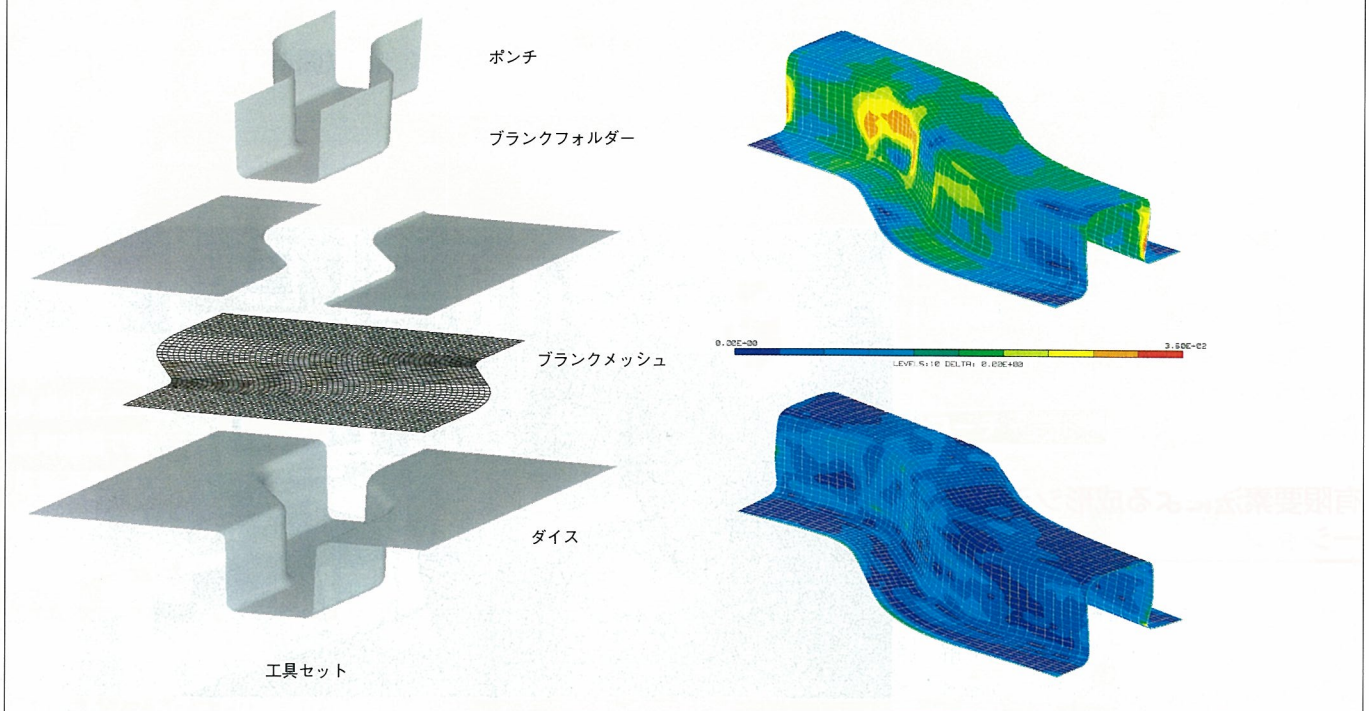


図3 Sレイル部品の成形工具(左)、成形中及びスプリングバック後の応力分布(右)



と材料の間の摩擦係数、絞りビード（余分な板材が引っ張られないようにパネル型の周りに設けた“遊び”の溝）などの材料の拘束条件、工具形状データなどを数値化して入力し、時間経過にしたがって数値解析を用いながら板の“しわ”や“われ”などの変形を3次元で追跡するプログラムである。

研究会では、このITAS-3Dをもとに、実際に金型を製作して実験を行ってシミュレーションとの比較を行いながら、成形シミュレーションソフトのブラシアップや計算処理の高速化を図っていった。

自動車部品での実験・研究

ここで、自動車部品を例に具体的に紹介する。

自動車車体パネルのような薄板プレス成形過程では、金型の形状が複雑な3次元曲面であると同時に、板材が薄いこともあって、成形初期の段階から自由度の高い非線形の変形が始まるので、力学的な扱いがきわめて困難である。したがって、シミュレーション結果と実験との比較校正を行ってソフトを補正していく必要があり、理論と現場の総合的な協力関係のもとで研究が進められている。

1 フロントフェンダーの成形シミュレーション

図2は、自動車の前輪をカバーするフロントフェンダーパネルの成形シミュレーションの手順である。

まず、部品設計図に基づいてプレス型がCADで画かれる。その形状からプレス成形に必要な金型（ポンチ＝板材を押し込む工具、ダイス＝雌型に相当する工具、ブランクホルダー＝板周辺のはね上がりを押える工具など）の形状データを作成する。このシステムでは、工具形状

をポイントデータで表す方式をとっており、CADで表記された曲面から自動的にシミュレーションに用いる工具が作成できるのが特色となっている。

シミュレーションでは、工具上にセットされた板材の自重による“たわみ”、ブランクホールディング過程、絞り過程を連続して計算することができる。変形の進展にともなう“しわ”の発生、板材が引っ張られていく様子、成形に伴う応力分布の変化などをグラフィックに表示することもできる。(図3)

図4 絞りビードの有無による成形形状の相違(左側はビードなし)



図5 トラックフレームの成形過程シミュレーション結果

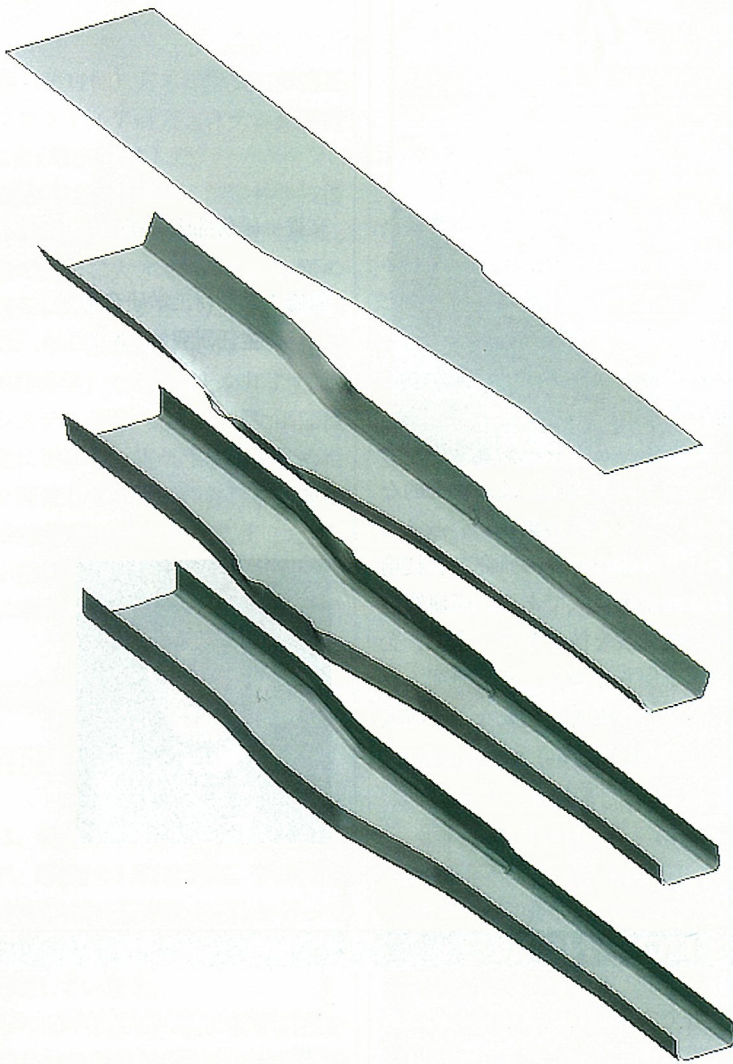


図6 スプリングバック後に生じる底部のねじれ

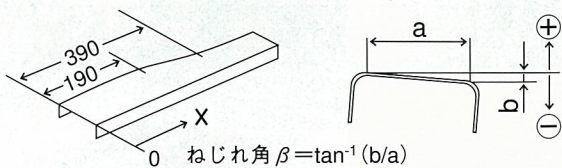
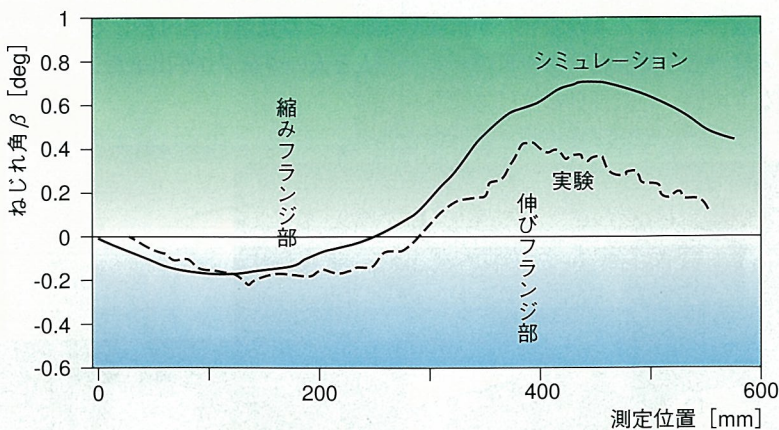


図4は、ダイス面上に絞りビードを設置した場合と絞りビード無しの場合のパネル形状の比較である。絞りビードを使わない場合は、“しわ”の発生が激しく成形不良を起こしている。また、周辺から材料が流入しているパネル形状の違いもわかる。

これらのシミュレーションの出力結果は実際のトライアルとよく一致しており、現在、異なる条件でのトライアルを重ねながら、汎用性の高い実用的なシステムにブラシアップしている。

2 トラック用フレームの成形

雨樋のように長尺のU字曲げプレス加工を行う場合で、しかも断面の“U字”形が一定でない成形品では、成形後の戻り（スプリングバック）による“ねじれ”“フランジ直角度不良”“断面変化部のしわ”“しゃくれ”などの形状不良が生じる。したがって、高精度の成形品では、スプリングバック量をあらかじめ織り込んで金型設計をする必要があるが、これらは、材質、形状など小さな条件の変化でも発生の方が大きく異なってくるので、最も予測が難しいといわれている。まして、これまでの経験値が使えない新素材の場合はいっそう困難となる。

図5は、トラックのサイドフレームの成形過程のシミュレーション結果をグラフィック表示したものである。最初、平らだった板材がフレームに形成されていく過程が良くわかる。もちろんこの過程は工具の中で短時間に進行するので、実成形では見ることができない。このように成形過程を詳細に目で見ることができるのも、シミュレーションの大きなメリットである。

さらに、図6は、スプリングバックによって生じる“ねじれ”について、シミュレーションと実際の製作品について、それぞれの底の部分のねじれ角の値をフレームの長手方向に測定して、比較したものである。また、縮みフランジ部の“し

わ”の形状での比較も測定したが、いずれも、実験とシミュレーション結果がよく一致している。

実用化に向けて

現在のシミュレーションは、まだ、一部の部品設計、金型設計の現場で使われ始めた段階でしかない。さまざまな素材、形状に対応して、成形性を計算機上で事前評価を行うレベルでの実用化を図るためには、機能性、精度、速度、成形評価法、周辺ソフトウェアの整備などまだまだ解決すべき課題が多い。

しかし、成形シミュレーションがもたらす効果に対する認識の向上、計算機の高性能化、CAD/CAMシステムの普

及による成形シミュレーションの基礎となる各種数値データの充実、インターネットなどによるデータ転送の容易さなどを考え合わせると、今後、成形シミュレーションが本格的な実用段階に向かうことは間違いない。

ただし、成形シミュレーションのためのソフトウェアの実用化には、総合的な知識、経験、ノウハウの集積がいっそう必要であり、多様な分野の研究者、技術者の協力体制が不可欠である。当研究室では、先の研究会を核として、大学、企業間の連携を保ちながら、基礎研究、プログラム開発、技術者の養成などを幅広く進めていく考えである。

文責：総務部広報室

監修：素形材工学研究室

主任研究員 牧野内 昭武



SPOT NEWS

クラブ(部)紹介

「やきものの会」

当所には約22のクラブがあり、職員のみならず訪問研究員等の相互親睦や健康の増進が図られています。今回は「やきものの会」の渡辺徳治さん(研究基盤技術部)を訪ねて、会の活動などについて聞きました。

Q：「やきものの会」は約20年の歴史があるとのことですが？

渡辺：会の発足は昭和51年頃です。当時は土曜日は半ドンでしたので、月2回の昼12時半頃から午後4時半頃まで創作活動を行っていました。現在も、月2回研究本館1階のセミナー室で活動を続けています。

Q：これまでの活動状況は？

渡辺：年1回、会員の作品展を食堂で行っています。花生け、花瓶には生花をいけて展示したりしています。窯元への訪問もしています。

Q：外国人研究者やその家族もやきものを楽しんでいるようですか？

渡辺：手軽で安価だし結果が楽しめる趣味として、中国・フランス・ブルガリア・イギリス・韓国などの国の研究者やその家族が参加しています。また、一人ぼっちになりがちなおさん達の交流の場となっています。花生けの模様など、日本人では絵付けをする人が多いなか、彼女たちの作るものは、花びらや魚のヒレのようなものがついた、日本ではあまり

見られない独特の作品になっているのも面白いと思っています。

Q：長い部活動で特に印象深いことは？

渡辺：会の活動で知りあった韓国人研究者と、ハンゲルの学習会を行ったり、本場の韓国青磁の窯元、研究所、国立博物館などの見学、案内をしてもらったり、人と人のつながりが出来たことです。



高坂、季空窯(長谷川工房)にて



'95作品展

伊藤正男国際フロンティア研究システム長、日本国際賞受賞

1996年（第12回）日本国際賞に伊藤正男国際フロンティア研究システム長が受賞することが決定しました。

日本国際賞は、財団法人国際科学技術財団が、全世界の科学技術者を対象に、科学技術の進歩に大きく寄与し、人類の平和と繁栄に著しく貢献した人々を顕彰する賞で、今年度受賞対象分野の一つである「神経科学」での受賞となります。

伊藤システム長は、小脳の運動調節機序の研究に従事し、電気生理学を含めた諸手法を駆使して、小脳の神経機構並びにその機能原理を明らかにしましたが、これは小脳にとどまらず、脳の学習と記憶機構に関する世界の神経科学の研究に



大きな業績を残しました。

今回の受賞は、日本人としては2人目、単独受賞としては初めてとなります。

授賞式は、4月26日(金)東京・国立劇場で行われます。

国際懇親新年パーティーを開催

当所は、国際交流を積極的に推進していますが、平成8年1月1日現在、32カ国・211名の外国人研究者が研究活動を行っており、その家族をあわせると約400名の人々が滞在しています。

これらの人々がほぼ一堂に会す機会を設け、理研の職員はもちろん日頃お世話になっている学校や病院の先生などとの

親睦を深めるために、理研では、国際懇親パーティーを開催しています。

今年は、1月19日（金）和光本所で国際懇親新年パーティーを開催しました。パーティーは午後6時より、外国人研究者とその家族約150名を含む400名を超す参加者を得て始まりました。

有馬理事長の挨拶の後、外国人研究者も加わっての鏡割りが行われ、国、言葉の垣根を越えて時間の経つのも忘れるほ

ど和やかな談笑が続き、国際親善の輪がいつそう広がりを見せました。

会場には、お茶会が設けられ、外国人の方々も日本の伝統文化の一つに触れる良い機会となりました。

また、会場の一角には、子どもを預かる「お子さまコーナー」を設け、塗り絵や折り紙を楽しんでもらいましたが、この企画は両親にもお子様にも好評でした。





文化人としての岩波茂雄(2)



著者近影

岩波は店員を大切に。出入りの業者には人から取る前にまず人に払うべきものを払った。そして印刷屋、製本屋、用紙店などの人々をかわいがった。昭和14年には、軍の圧迫や右翼の攻撃にも拘らず、文部省の推薦図書は、岩波が第一であった。又、本の普及のために文庫本や新書版を出した。岩波文庫を出版した頃は不況で、これを打開するために廉価版としてドイツのレクラム文庫やイギリスのキャッセル文庫に倣って「岩波文庫」を発刊した。(昭和2年)文庫本の装幀は平福百穂の案により正倉院御物の古鏡の模様となった。

特筆すべきは、創業20周年を記念して「岩波全書」の発刊であった。(昭和8年～18年)ドイツの「ゲッセン叢書」に比すべき、文化、社会、自然の全科部門にわたる信頼すべき内容の精確で、簡明で、廉価な叢書を発刊しようとした。当時はまだ学術全般にわたる社会的水準は欧米に及ばないので、現代学術の普及を目標としたのである。内容は当時の帝国大学講義を公開したようなものであった。

従来、岩波のマークは橋口五葉の図案による甕を用いていたが、昭和8年からミレーの「種蒔く人」を用いた。それについて岩波は「私は元来百姓であって労働は神聖なりという感じを特に豊富に持っており、従って晴耕雨読の田園生活が好きであるという関係もあり、詩聖ウォーズ ウォースの「低く暮らし、高く思う」を店の精神としたいためです。なお、文化の種を蒔くというようなことに思い及んでくれる人があれば一層有り難い」と言っている。

昭和13年開店25周年を記念して「岩波新書」を発刊。「岩波新書の企画するところは、学究的立場を離れ、古典の制限を脱し、今日この時代に生きる人々の要求により自由に即応しつつ、現代人としての一般的教養に資すべき良書を、時代の流れに従って提供して行くことにある。」といい、又、「各部門一流の大家を煩わして俗流化せざる啓蒙的良書の執筆を乞うと共に、広く海外の優れた類書を紹介し、兼ねて現代文学の代表的作品を選択し、これを簡易なる体裁と低廉なる価格の下に頒とう。」としたのである。

岩波は大正13年には多額納税者の仲間入りをしているが家族の生活は質素だったという。書店が発展し、利益が上がるに従ってその金を社会に還元していった。困っている友人や、海外留学する人に援助したり、日本人だけでなく、中国人や朝鮮人達にも及んだ。(亡命中の郭沫若の子供に卒業するまで学資を

出した)又、上海の内山書店を通して魯迅文学奨金を出したり、中国の各大学に岩波の発行図書を送ったりした。又、開店20周年を記念して、学問、文学、芸術、芸能、社会的行動に互って岩波自身の感謝の意を表する献金を行った。それは昭和9年から15年頃まで毎年5人程の人達に1,000円前後のお金を贈った。その中には山本安英、高田博厚、中村吉右衛門、矢内原忠雄、高村光太郎、安井曾太郎等がいる。

岩波の出身地である集落では、飲水が乏しく、小川の水を生活水にしていたため、腸チフスで死亡するという事件が起った。それを見かねて、水道を引くための材料費2,600円を寄付した。又、長野県の教員の内地留学生10人～11人に毎月25円を援助したり、寄宿舎を無料で提供した。

岩波書店の創立30周年を記念して風樹会を設立し、100万円を寄付した。岩波はかねがね日本を立派な国にするためには学問を尊重し、その水準を上げるためには基礎科学を盛んにしなければならないと主張していた。それを勉強している有能な学者たちの生活を援助するための会としてつくられた。

因に昭和15年当時、岩波が所有していたお金は全部で102万円だったという。(風樹という名の由来は、岩波は父を15才の時、母を27才で亡くしている。事業に成功して親孝行をしたいと思ったときには既に親はいない。漢詩の「風樹の嘆」からきている)80名前後の哲学、数学、物理学、などの研究者に1人月額50円～150円を補助した。

岩波は出版事業を通して文化に貢献するという仕事の延長として、昭和20年貴族院議員の補欠選挙に立候補して3月当選したが、9月に貴族院閉院となった。昭和21年岩波の数々の業績が認められ、仁科芳雄等と共に文化勲章を受けた。

岩波には6人の子供がいたが(4女、2男)、3女的美登利が大河内正敏の媒酌で、理研の山崎文男(元放射線研究室主任研究員)と結婚している。

岩波は昭和21年4月25日に亡くなったが、その志しが受け継がれて、岩波書店は現在も出版界の中で確かな歩みを続けている。



研究機器開発技術室 古山公子

編集後記

恒例の国際懇親新年パーティーには、約150人の外国人研究者とその家族が参加。理研の国際交流が年々盛んになっていることが実感されます。

理研ニュース No.176 February 1996

発行日：平成8年2月15日

編集発行：理化学研究所総務部広報室

〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号 電話 (048) 462-1111 (代表)

制作協力：株式会社エフピーアイ・コミュニケーションズ