

# RIKEN ニュース

理化学研究所

## プレス成形過程の計算機 シミュレーション

自動車車体のプレス成形など、金属板材の成形過程をシミュレートするための有限要素法ソフトウェアシステムを開発した。このソフトウェアは、プレス型設計の現場で使われ始めている。

鉄、アルミ、銅などの金属板材をプレス機械と金型を用いて成形するプレス加工は、「物作り」の過程で最も広く用いられている加工法の一つである。近年、プレス加工のための金型の設計にあたって、われ、しわ、スプリングバックによる形状不良などのトラブルを計算機シミュレーションで予測し、型設計に要する時間と費用を大幅に減らしたいという要望が非常に強くなってきた。

しかし、板成形は高度に非線形な変形過程であるため、これを力学的に取り扱うのは大変厄介である。最近この問題を専門に研究するため、米国および欧州の大学や研究所を中心にくつものグループが結成され、実用に耐える計算機プログラムの開発を目標に活発な研究活動が展開される様になった。

素形材工学研究室では、1980年代頭初より、この問題を解くため、大変形弾塑性力学に立脚した

有限要素法プログラムの開発を行ってきており、昨年になって、研究が実用化の域に近づいてきたと判断したため、以前より協力関係にあった大阪大学工学部の仲町英治助教授と共同で、この問題に関心を持つ会社呼びかけて、昨年9月、「板成形シミュレーション研究会」を設立した。本研究会は3年計画でプレス行程及び工具設計に対して実用になるソフトウェアシステムを開発しようというもので、現在は、自動車、鉄鋼、アルミ、計算機などの関連28社の参加を得て(表1参照)欧米のどのグループにもひけをとらない、ユニークで強力な研究会に成長してきている。

シミュレーションシステムは、図1に示す様に型形状を画くCAD、各種材料の弾塑性変形パラメータや摩擦特性を登録しておくデータベース、有限要素法のプリプロセッサ、有限要素法解析プログラム、計算結果をグラフィック表示する為の

表1 板成形シミュレーション研究会の概要

**目的**

1. 板成形シミュレーションのための FEMソフトウェアの開発
2. FEM解析技術者の養成

**ソフトウェア開発責任者**

牧野内 昭武 (理研)  
仲町 英治 (大阪大学)

**期間**

1990年9月1日~1993年8月31日

**参加会社**

|     |     |
|-----|-----|
| 鉄鋼  | 6   |
| アルミ | 3   |
| 自動車 | 12  |
| 計算機 | 6   |
| 金型  | 1   |
| 計   | 28社 |

ポストプロセッサよりなる。また最近東大生産技術研究所中川研究室の協力によりシミュレーション結果の数値データから実際に手でふれることのできる立体形状の製品を光造形法により創製する方法もシステムの中に組み込みつつある。

これらシミュレーションシステムを構成する各モジュールのうち、一番重要かつ開発が困難なのは有限要素法解析プログラムである。現在我々はITASとROBUSTの2つの弾塑性有限要素法プログラムを持っている。ITASは当研究室グループによって開発中のもので、2次元(2D)及び3次元(3D)別々のバージョンがある。ソリッド及びシェル要素が使用可能で、曲げの効果も考慮した厳密な変形過程シミュレーションが可能であるが、計算時間がかかるのが難点である。

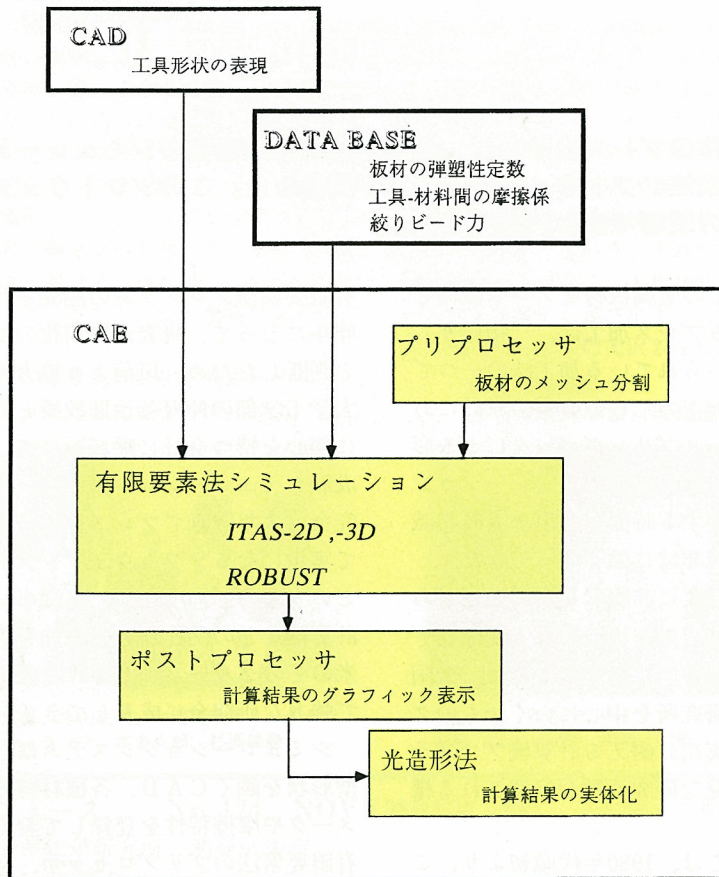


図1 シミュレーションのシステム構成

ROBUSTは仲町氏によって開発されたもので膜要素を用いて3次元の複雑形状の工具による成形過程をシミュレートできる。膜理論のため曲げの効果を考慮することはできないが、その分計算時間が短くてすむという利点がある。

欧米のソフトウェアに比べて、ITAS、ROBUSTは共に、方程式の時間積分法に静的陽解法を用いているのが大きな特徴で、これにより非線形計算につきものの、発散によって計算がストップしてしまうという決定的なトラブルを避けることができる。

本システムによるシミュレーションの例を次に示す。図2はROBUSUTを用いてホイールハウスインナー（自動車部品）の深絞り成形過程のシミュレーションを行った場合で、計算結果をハイライト表示グラフィックソフトウェアを用いて表してある。3次元の複雑形状の成形がボディーしわの発生まで含めて計算のトラブルも無くかなりの精度でシミュレートできている。

ROBUSTでは膜モデルを用いているためここにみられるしわは実際のしわモードには対応していないし、またフランジしわは生じない。しわの

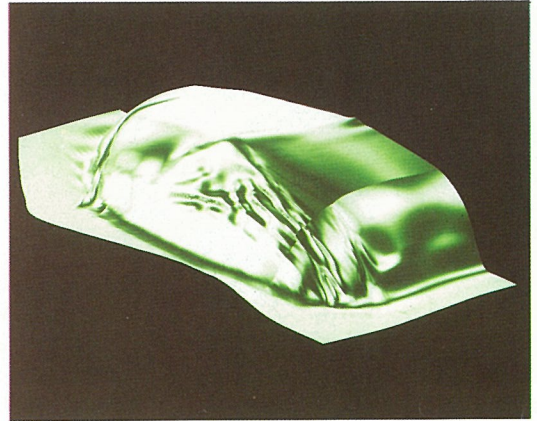


図2 ROBUSTを用いたホイールハウスインナーの絞り過程のシミュレーション  
(三菱自動車粟生英之氏提供)

形態まで含めた完全なシミュレーションには、ソリッド要素あるいは殻要素が使えるITAS-3Dが必要である。図3は軸対称の平面ダイス上にセットした四角形板に球頭ポンチを押し込んだ時の変形を、ITAS-3Dを用いてシミュレートしたものである。実験で見られるのと全く同一モードのしわが発生している。

## 佐田副理事長受賞 シュレジンガー賞

機械生産技術の研究開発における功績をたたえる世界的な大賞、「シュレジンガー賞」を佐田副理事長が受賞した。同賞はドイツが生んだ工作機械の父、故シュレジンガー・ベルリン工科大学教授を記念してベルリン市が1979年に創設、3年毎に一人表彰しているもので日本人では初めての受賞。

これは、今日の日本の生産技術が世界のトップにあることの反映でもあるが、副理事長の長年にわたる研究活動や国際学会での指導力、工業界への寄与などが高く評価された結果である。



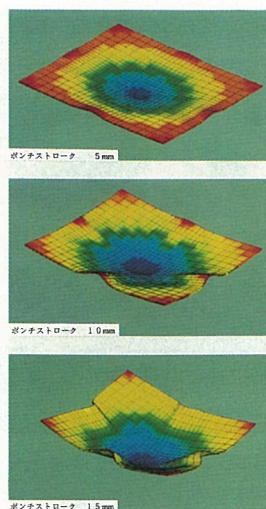


図3 ITAS-3Dを用いたポンチ押し込みによるしわ発生過程のシミュレーション  
 ブランクサイズ 100×100×0.7t

スプリングバック後の最終製品形状の予測にも有効で、図4は、ITAS-2Dによるアルミ板のハット曲げ成形後のスプリングバック過程のシミュレーション結果である。しわ押え板の除去、ポンチの除去と、それぞれの過程で異なるスプリングバックが発生しているのがわかる。

図5はシミュレーション結果の数値データから光造形法によって成形品を実体化したもので、ディスプレイ上ではとらえにくい小さなしわが手で触って確かめられるため、型設計に際してより有

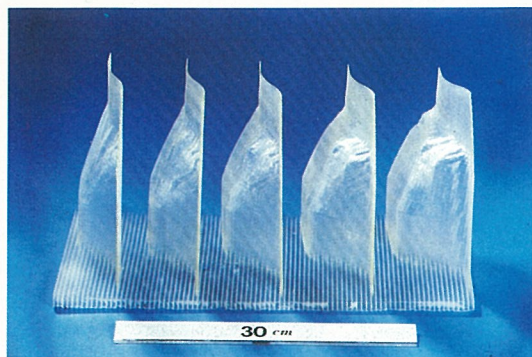


図5 シミュレーション結果の光造形法システムによる実体化（東京大学生産技術研究所 中川研究室提供）

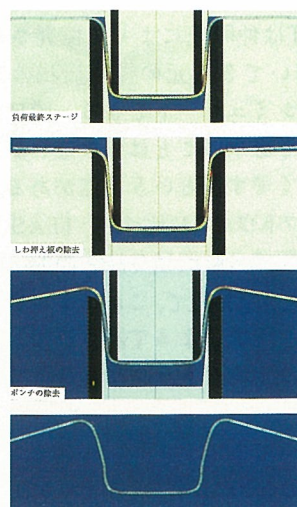


図4 ITAS-2Dによる、ハット曲げ後のスプリングバック過程のシミュレーション

効な情報が得られる。

ところでこのシステムのCAD、プリ・ポストプロセッサなどグラフィック表示に関連する部分は、ワークステーションを使い、有限要素法解析の部分は大型のホスト計算機やスーパーコンピュータを用いる、というのが従来の考え方であった。しかし、最近、ワークステーションの計算能力の急激な進歩により、有限要素法解析の部分もワークステーションで行う方向に向かいつつある。安価で強力なワークステーションの出現は、プレス加工過程のシミュレーションをまた一歩実用化に近づけると同時に、ソフトウェアシステムの開発に携わる我々にとっては新しい力学上・数値計算上の新しい試みを可能にしてくれる。

ITASプログラムの開発を行っている素形材工学研究室の我々のグループは、なかなか国際的である。ワルシャワ工科大学のカフカ博士は、新しいシェル要素の定式を、ポルト大学のサントス氏は非線形接触問題をあつかうアルゴリズムを、精華大学の孟副教授は軸対称変形の特異点問題を解決する新しい定式を、吉林工業大学の阮さんは光造形法とFEMとのインターフェースの開発をそれぞれ担当しており、それに学生や板成形シミュレーション研究会に参加している会社からの研究生

が加わって大変活発なグループを構成している。まとめ役の筆者は、異なる出身国だけでなく、コンピューターサイエンス、大変形弾塑性力学、材料構成式、プレス金型設計などの異なる専門分野を持つ多くの人々と討論をしながら研究を進めるという大変楽しい役回りをさせてもらっている。海外の大学、研究所や会社からの共同研究の申し出や、研究会への参加依頼もあり、地域的な広がりはさらに増しそうである。また、実際の生産現場との結び付きが強くなるにつれてシミュレーションの対象も広がり、素材から最終製品までのすべての生産工程を完全に計算機シミュレーションでたどってしまう「仮想生産システム」の開発も現実のものになりそうである。

いずれにせよ、今後さらに新しい研究分野の探険を存分に楽しめそうで、一同大いに意気が上がっている。



前列左より、孟(清華大学)、牧野内(筆者)、阮(吉林工業大学)、滝沢(アマダメトレックス)  
後列左より、村山(コマツ)、カフカ(ワルシャワ工科大学)、サントス(ポルト大学)、風間(プレス工業)、西尾(芝浦工大学生)

素形材工学研究室

副主任研究員 牧野内 昭武

## スポットニュース

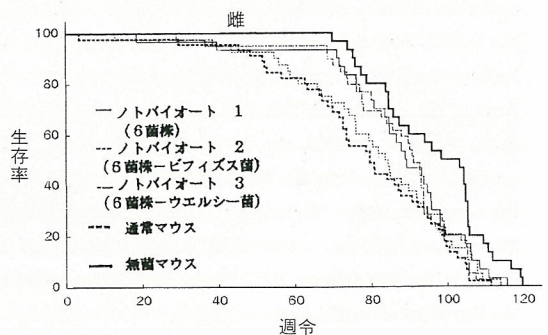
### 寿命をのばす腸内菌

マウスの実験で無菌動物(Germ-free, GF)は通常動物(Conventional, CV)の1.5倍ほど長生きすることから、寿命に腸内菌叢が関与することが考えられている。しかし、どの腸内菌がどのようなメカニズムで寿命に関わっているのか明かではない。フロンティア研究システム・フローラチームは動物試験室の協力を得て、無菌マウスに各種の腸内菌を組み合わせ投与して作出したノトバイオート(Gnotobiot, GB)マウスの寿命を比較し、寿命に関わる腸内菌を探索した。

大腸菌、腸球菌、バクテロイデス、ユウバクテリウム、ビフィズス、ウエルシ菌の6種類の腸内菌を定着させたGB-1群、これらの菌株の組み合わせからビフィズス菌(有用菌)またはウエルシ菌(有害菌)を除いた5菌株をそれぞれ定着させたノトバイオート(それぞれGB-2およびGB-3)についてGFあるいはCVと寿命を比較し

た。図のように、雌の寿命曲線はGB-1およびGB-3群ではGF群に近く、GB-2群ではCVに近いパターンを示した。雌の平均寿命はGFに比べてGB-2で著しく低かったが、GB-1およびGB-3では差がなかった。

このことから、ビフィズス菌は寿命をのばす腸内菌であることが示唆された。





## EGYPT AND CIVILIZATION

SCIENCE BRINGS

by M.M. Mohamed,  
Cellular Physiology Laboratory

EGYPT's 5000 years of recorded history is characterized by remarkable civilizations of people rich in GOD-given and man-made resources. Although the most of other great nations experienced declines and falls after rising to their zenith, the people of EGYPT have demonstrated a unique capacity to rebuild their civilization in every age and to remodel it within a new framework, even after centuries of foreign occupation.

Like the Phoenix, a miraculous Egyptian bird which cast itself into flames to arise rejuvenated from ashes after 500 years of life, the Egypt's civilization was reborn from its ruins, not once but several times.

It was in Egypt, some 6000 years ago, the technology was created with the weaving of cloth, the introduction of copper tools and the production of consumers' goods by an organized collective effort. It was also in Egypt, at about the same time that the people revolutionized the agriculture with the development of new irrigation techniques, the use of animals as beasts of burden and the invention of plough and shaduf, a device that made the arising water from rivers into canals possible for the first time. Then, only a few centuries after the foundation of their state, that is to say some 5200 years ago, the people of Egypt gave birth to the greatest civilization of their time with the development of a highly flexible script (hieroglyphics) and of writing materials such as sheets made from papyrus plant (from which the word "paper" is derived) and palettes holding ink of several colors. This made possible a wide range of literary works including educational texts, political and philosophical meditations, the world's first treatise on scientific medicine, poetry and some of the greatest religious writings of the ancient world. Among the remnants of this civilization one example is the great pyramid at Giza, one of the seven wonders of the ancient world, built in the 26th century B.C. Egypt fell to the Assyrians in the 7th century B.C., to the Persians in the 6th century B.C. and to the Greeks under Alexander the Great in the 4th century B.C. Throughout these centuries, the Egypt's civilization had a remarkable feature that it did

not succumb to the influence of successive invaders but exercised its influence on theirs so powerfully. The Egypt's one was so attractive so that the invaders eventually assimilated it by adopting its culture and religion though they had defeated them in battles. The Romans were the first invaders to resist assimilation and the Arabs the first ones which had brought their own culture to the people of the land together with the teachings of Islam expressed in the Holy Koran. The nation which had imparted its civilization further so long to the rest of the world was now for the first time at the receiving end. Not only did the Egyptian accept the new religion and the Arab culture values, but they set out to contribute their own genius to the spread of the former and the development of the latter.

The way to arrival of the 1980s was opened by the revolution in July 1952, in which a group of free officers led by Gamal Abd El-Nasser forced King Farouk to abdicate. Nasser's social, judicial and land reforms gave a strong impetus to industrial development. During his presidency, Egypt achieved a new international stature.

Finally, I would like to introduce modern Egypt in a few sentences. Egypt is moving from the status of a predominantly agrarian country to that of an industrial one. However, the agriculture in its mechanized form, is playing a vital role. On the other hand, the construction of industries is the center of the development of Egyptian economy. In recent years also, Egypt has been not only to build industries for the future but to repair them which were damaged during five wars. The wars left extensive damages to the heavy industrialized Suez area. Another important point is that the education system in Egypt is now well organized. However, still about 20% of educated pupils study in different 14 public universities.

An important point for my private life is that I got my first daughter in Japan three months ago and I knew two friends from Egypt who are in the same case as me. I hope these new offsprings help both countries for further progress and development.

## エジプトと文明 (要約)

エジプト政府派遣の研究者、細胞生理学研究室に於てDNA複製エラーに関する研究を行っている。  
美しい夫人との間には3ヵ月前長女が誕生。  
M. M. Mohamed

エジプト5000年の歴史は、主として、天与の資源と人間の力によって作られた費源との豊かさに恵まれた人々が形作った、驚嘆すべき、かつ永続的な生命を持った文明の歴史である。他の殆どの文明はその絶頂期に達した後、没落して再び蘇ることはなかったが、エジプトの民は、各時代において自分達の文明を再構築するという不思議な能力を持っていた。自ら炎の中に身を投げ500年後に再生するという、エジプトの伝説に出てくる不死鳥フェニックスと同じように、エジプトの文明は一度ならず、数度にわたって廃虚から蘇った。

布を織る技術、銅製の道具の使用、日常用品の生産などは、約6000年前のエジプトにおいて、民衆の自発的な努力から生まれたものである。人間が農業に革命をもたらしたのも、ちょうど同じ時代のエジプトであった。エジプト人は、灌がい技術を発展させ、荷役に動物を使用するという新しい考えを試みた。国家を築いてから僅か数百年後、すなわち今から約5200年前に、エジプト人は、非常に柔軟性に富んだ象形文字、パピルスから作った用紙を開発することにより、その時代の最大の文明を生み出した。この発明によって広範な事象を記録することが可能になり、例えば教科書、政治的・哲学的随想録、世界初の医学論文、詩、古代世界における有数な宗教書などが創られたのである。BC 26世紀に造られて、古代世界の7不思議の1つに数えられる、偉大なギザのピラミッドはこの文明の遺品の一つである。

その後エジプトは何度が侵略されたが、征服者の方

がエジプトの文化と宗教を採用して、その文明に同化してしまった。しかし、エジプトの地に自分の文化を持ち込んだ最初の侵略者はアラブ人であった。アラブ人は、文化とともに聖なるコーランに記されたイスラム教を持ち込んだのである。かくも長い間、世界にその文明を分け与えてきたエジプトも、彼らの歴史において初めて文明を受け入れる側に回った。エジプト人は、新しい宗教と文化を受け入れたのみならず、自分達の才能を用いて、アラブ人の宗教を世界に広め、かつその文化を発展させることに努力を傾注した。

現代エジプトの夜明けは、1952年ガマル・アブド・エル・ナセルの率いる自由将校団が革命を起こし、ファルーク王を国外追放したときに始まる。ナセルが行った社会改革、司法制度の改革、土地改革はエジプトの産業発展の大きな契機となった。

最後に現在のエジプトを紹介します。エジプトは、農業中心の国から工業国へと移行しているところですが、その中でも機械化された農業が重要な役割を演じています。さらに将来のための建設のみならず、重工業化されたスエズ地域に深い爪痕を残した過去5回の戦争の被害の修復をしなければなりません。教育制度は現在うまく機能しており、教育を受けた学生の20%が14の各地の公立大学で学んでいます。

私の個人的なことといえば、3ヶ月前に日本で最初の娘が生まれたことと、私と同じケースのエジプト人2人と知り合ったことです。これらの子供たちが両国の進歩と発展のためになることを望んでいます。

カイロ市



## 県関係者、企業、大学など大勢の聴衆 第14回科学講演会の開催(福岡市)

恒例の科学講演会は第14回を数え、今年は福岡市で10月29日に開催しました。福岡県は科学技術振興に熱意を燃やしており、当日は県の関係者や企業の方々、大学の関係者など300名を超える盛会ぶり。

講演は、「元素創成と不安定核」谷畑勇夫主任研究員、「脳の不思議」伊藤正男国際フロン

ティア研究システム長、「超薄膜がめざす技術革新」国武豊喜九州大学教授の順で行われました。研究最前線の研究者の発表だけに相当難解でしたが、講演者の懇切丁寧な説明に聴衆は熱心に耳を傾けました。

明年は東京で開催する予定ですので、皆様の御参加を期待します。



## ユバスキラ大学(フィンランド)と研究協力調印

日本とフィンランドとの科学技術協力の話が'86年、河野大臣の時に始まり、調査団の派遣などを経て、去る9月24日、ユバスキラ大学に於いて同学長と理研小田理事長により研究協力の覚書が調印された。

同大学は、フィンランドにおける原子核研究の中心であり、K130のAVFサイクロトロンを建設中である。理研のリングサイクロトロンは中高エネルギー加速器であり、低エネルギーの同大学の加速器とは相補的なものとなる。

フィンランドは森と湖の国として有名であるが、同大学の加速器は広大な湖の中の小島という理想的な場所に設置されている(写真)。





## 理研シンポジウム (12月)

| テ<br>ー<br>マ        | 担当研究室   | 開催日   |
|--------------------|---------|-------|
| 第9回「細胞表層糖鎖の化学」     | 細胞制御化学  | 12/9  |
| プラズマの基礎過程－最近のシース問題 | プラズマ物理  | 12/16 |
| 画像データベースの構築とその応用   | 結晶学他    | 12/17 |
| 核酸の動的構造解析へのアプローチ   | 結晶学     | 12/19 |
| 高周波 ESR            | 磁性      | 12/24 |
| 高分解能NMRの新展開        | 分子構造解析室 | 12/26 |

## 理研の主な公開特許

## PH03-108688 2次元電荷位置検出用電極

原子過程研究室 溝川 辰巳 他1名

〔目的〕鋸波状境界部分により電氣的に2分割された部分の少なくとも一方の部分とその境界部分の延びる方向と直交する方向に等間隔で分割した電極。製作を極めて容易にし、かつ電極間の浮遊容量を小さくする。

## PH03-110844 デジタル・エッチング方法

レーザー科学 目黒多加志 他3名  
研究グループ

〔目的〕ビーム照射前に反応性ガスの排気を行い、固体材料表面への吸着に寄与しない反応性ガスを容器内から排気することにより、安定かつ原子層レベルの制御性を有するエッチング特性が得られるようにする。

PH03-110883 量子細線デバイス作製方法  
および量子細線デバイスレーザー科学 下村 哲 他3名  
研究グループ

〔目的〕半導体原料及びドーバント原料の分子線を斜めに当てて、基板の表面と段差部分とに結晶成長させて層を形成することにより、原子層オーダーの制御精度で正確かつ容易に細線の作成を可能にする。

PH03-111704 多重出力電極型像位置検  
出器

情報科学研究室 出澤 正徳

〔目的〕抵抗層を多数の区間に分割するように設けられた出力電極群を複数の組に分け、各組毎に共通の出力端子を設けることにより、出力端子数を減少し、出力区間選択回路の構成の簡略化を可能にする。



## 61年目のパロディー

その日、1991年10月3日は降り続いた雨も上がり、絶好の撮影日和となった。思えばこの場所は1930年、著名な8人の科学者が、我々が持ち込んだものよりも数段上等な8脚の椅子に座り、格調高く写真に収まった所である。窓も扉も既に当時の面影はなく、僅かに古びた柱と壁が「ここがあの場所だ」ということを教えてくれる。

旧理化学研究所2号館最上階の講堂を一步出れば、そこは今風に言うルーフバルコニーだ。かつて講堂では数々の科学者が今では世界の財産となっている研究成果を開陳し、また活発な討論がなされたことであろう。討論が終われば写真撮影、そして歓迎会という段取りは古今東西万国共通であろうか。

上富士前町旧理研の建物が解体されるのを惜しんで、ごく一部の人々の異様な盛り上がりに乗せられ、写真撮影をすることになった。既に工事現場と化した2号館。折り畳み椅子を抱えて屋上に出る。「仁科先生、いや大河内先生、ディラック先生のところ、私はハイゼンベルグ先生の場所……」といったやり取りと、「手の位置をもう少し右、顔を気持ち挙げて、組む足が逆、眼鏡をかけて、本多先生は手に何か持っているぞ…」といった指示が入り交じり、とにかく全員写真に収まった。

翌日から敷地全体で本格的な解体工事が始まった。もはや誰も2号館に入ることはできない。工事に参加

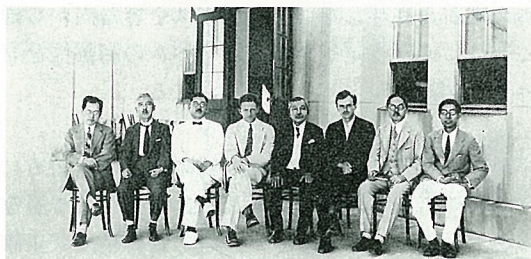
しなければ別だが。2号館そのものも無くなる。61年目に撮影された写真は恐らく最初で最後のパロディーになった。不思議な書庫部屋のあるカイザー・ウィルヘルム研究所を模した1号館も、大正10年製造の立派な天井クレーンをもつ、かつてサイクロトロンが設置されていた建物も、すべて解体され新しい様式と技術によって建設される高層ビルの街並になる。何本かの樹木も切り倒されることになろう。もう銀杏拾いはできないかも知れない。

兵庫県西播磨では山そのものが削り取られている。整地されたかつての山林には、この秋から科学と技術で炊き上げた高性能の放射光光源を備える巨大な放射光施設SPring-8が建設される。古いものが新しいものに場所を譲ることによって、ものの本質を地上に止めるという生物が獲得した時の流れに対抗する荒技を使うときには、消え行くものの哀愁とそれが存在したことの意義を次のものが記憶せねばならない。勿論、言うまでもなく今回の8人はそんなことを考えてもいない。しかし、パロディーとして痕跡は残る。

かつての8人は何を思っただけで写真に収まっているのであろうか。彼らは言ったかも知れない「もっと科学を」と、SPring-8に人格があればきっと言うであろう「もっと明るい光を」と、そして今回の8人が言うことははっきりしている「もっともっとパロディーを」。

そしてひとつの歴史は幕を閉じ、新しい歴史が始まるのだが、要するに建物が壊されるからパロディーのひとつも残そうという、それだけのお話です。写真撮影会ばかりでなく、1枚100kg以上もある大理石板3枚を1号館から運び出すのに快く協力して下さった科研製薬株式会社の大沢さんに深く感謝します。

駒込43号館にて  
大型放射光施設設計画推進共同チーム 斎藤茂和



1930年物（左から仁科芳雄、片山正夫、大河内政敏、ハイゼンベルグ、長岡半太郎、ディラック、本多光郎、杉浦義勝）



1991年物（共同チームのメンバー等、左より熊谷、斎藤、原、古屋、村上、佐藤、横田、武田）

RIKEN ニュース No. 124, NOVEMBER 1991 発行日・平成3年11月29日

編集発行・理化学研究所 開発調査室

〒351-01 埼玉県和光市広沢2番1号

電話 (0484) 62-1111(代表)