

## 第 2 部

## 機械工学・精密工学・海洋工学

第 2 部では、機械工学・精密機械工学・海洋工学を中心とした分野を対象として、基礎から応用までの広範囲な研究を行っています。過去10年間においても、これらの分野の基礎となる熱・流体・構造・振動・制御工学の基礎研究を一層深化させるとともに、応用面においても、新しい生産加工技術や新しい機械・装置の開発研究に意欲的に取り組んでおり、常にこれらの分野の研究をリードする先端研究を行ってきました。

第 2 部の10年間の研究室を専門分野によって大別すると下図のようになります。図において、( )内の研究室はこの10年間で定年退官された先生方の研究室です。また、\*は先端素材開発センターと兼任している教官の研究室を示しています。生産加工の研究に関しては、1985年3月までは複合材料技術センターが多くの研究成果を上げて任務を終了した後は、同年4月に新設された先端素材開発研究センターとの密接な協力関係のもとに、研究を進めてきました。

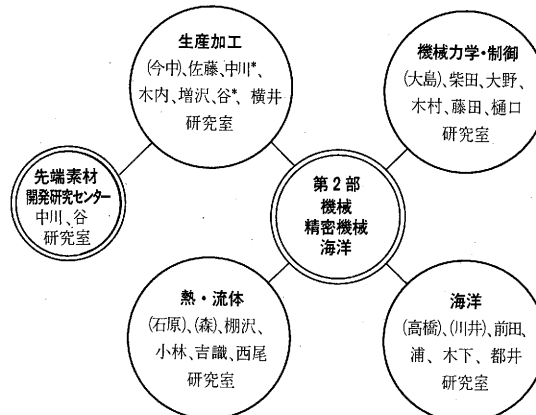
共同研究の活発なことが本所の大きな特長になっていますが、第 2 部のほとんどの研究室がいくつかの共同研究グループやプロジェクト研究などに参加してきました。参加した共同研究グループの主なものとして、最適生産システム研究会 (1988年度以後、プロダクション・テクノロジー研究会)、ERSグループ、NSTグループなどがあります。また、参加したプロジェクト研究などの大型研究には、以下

のものがあります。

- ・省資源のための新しい生産技術の開発に関する研究 (川井、佐藤、中川、木内、増沢研究室)
- ・自然地震による地盤・構造物系の応答および破壊機構に関する研究 (柴田、藤田研究室)
- ・人工衛星による広域多重情報収集解析に関する研究 (前田、浦、樋口、木下研究室)
- ・数値乱流工学の開発 (小林研究室)
- ・自律型海底計測航行機構の研究 (浦、前田、木下、都井研究室)

10年間の第 2 部教官の移動は次のとおりです。1980年に大島康次郎教授が、1984年に石原智男教授と森康夫教授 (東京工業大学教授併任) が、1985年に高橋幸伯教授と今中治教授が、1986年に川井忠彦教授が定年退官されました。一方、現在の研究スタッフとして、1981年から谷泰弘助教授が、1983年から横井秀俊助教授が、1984年から都井裕助教授 (東京大学工学部から配置換え) が、1986年から木村好次教授 (東京大学工学部から配置換え) が新しく加わっています。また、1980年に下坂陽男講師が、1982年に荻生田善明講師と正司秀信講師が、1983年に植松哲太郎講師が、1986年に仙波卓弥講師と国枝正典講師が、1987年に平岡弘之講師と鈴木清講師が、1988年に藤田聡講師が退官され、おのおの、本所での研究を土台にして、新たな大学で研究・教育活動に従事されています。

第 2 部研究室の  
専門分野別グループ



## 柴田 研究室 (装置機器学)

教授 柴田 碧 (昭和33年度～)

前任者桑井助教授は粉流体工学に関する研究を主として行っていたが、柴田が着任した昭33は原子力工業の発足の時期であったので、化学機械学と併行してこの分野の研究も行うこととした。この前年に日本原子力発電機が発足し、わが国最初の原子力発電所の概念設計の検討が開始された。これまでのこの分野の経験を基に、またそれまでの機械振動の研究によって得た知見を併せ、いわゆる動的耐震設計を行うべきであるとした。これはこの後約30年間にわたる研究のきっかけとなり、その後の化学プラントの耐震設計、また原子力分野外での耐震・防災研究へと連続している。その後の10年間は耐震設計技術の発展の時期であった。そして、それを支える基本的事項の研究として20年記念誌に記した非定常不規則振動に関する研究、自然地震による応答観測に関する研究の第1段階などが実施された。昭46・2にカルフォルニアで発生した地震は、都市防災という観点でわが国に大きな衝撃を与え、その後の研究進展の動機となった。この間、理論的および実験的研究を併行させ、このような事態の進展に対応する一方、新潟、十勝沖、San Fernando地震について、反復被害調査を行った。また原子炉、化学プラントを中心の題材としてシステム工学的研究と、それに併行して都市防災のための災害想定の研究を行ってきている。昭47より開始した千葉実験所における化学プラント・モデルの自然応答観測は昭55に至って100galを超える地震を観測し、薄肉円筒貯槽の座屈の発生などを記録し、その後のERS弱小モデル研究計画などに大きな影響を与えた。

この10年間の研究の大部分は外部との共同研究、もしくはそれに先行する基礎研究である。昭54～63の間の研究成果で特記することは、昭56の通産省告示515号、高圧ガス設備等耐震設計指針の完成と、同年の原子力工学試験センタの多度津試験所、1000ton振動台の完成である。前者は、昭46からの化学プラントの耐震設計に関する研究の集大成であり、後者は昭49、50行った大型振動台およびその応用に関する研究の具体的な成果である。外部との研究のうち主なものを挙げると、機器・配管系地震損傷確率に関する研究(昭52～54)、動的機器の耐震設計法に関する研究(昭55～58)、配管系の減衰定数に

関する研究(昭53～56および昭63～)、高速増殖炉の耐震設計および免震機構の応用に関する研究(昭60～61)などがある。また耐震設計基準に関し、スタンフォード大学Shah教授らと学術振興会による日米共同研究が昭56.7に実施された。一方、地震による機器等の損傷確率に関する研究などの進展のため、過去の地震被害の調査結果を分析するに従い、わが国の損傷発生原因の多くは、設計・製造その他の過程における人間の過誤であることを認識し、その分野の研究、および計算機による過誤の発生防止支援に関する研究に着手し、現在も継続している。この間の研究について年次要覧に掲げた項目は、漸次移行している面もあるが18課題と数えられ、その間の研究従事者は45名となる。研究項目を現時点で整理してみると次のようになる。1)プラントの耐震設計基準等工学的要求の基準化に関する研究、2)新型炉など原子力施設の耐震化に関する新方式導入の研究、3)設計等プロセスにおける過誤とその防止に関する研究、4)地震時における人間挙動とプラント挙動についてとその改善に関する研究、5)機器・配管系の耐震性実証法に関する研究、6)プラントの地震時信頼性・安全性の総合評価と向上に関する研究。この10年間、柴田研究室に在籍もしくは学位論文を提出され、研究の進展に寄与された方々を以下に記す(\*昭和63年度在籍)。助手 重田達也\*、技官 荻野総子\*、曾根彰、小峰久直\*、研究員 原文雄\*、江藤肇\*、渡辺武\*、星谷勝、曾我部潔\*、福田敏男\*、外国人客員研究員 G.C. Manos、外国人博士研究員 王者相、修士修了者 浦島彰人、近藤博文、稲垣政勝、草葉義夫、加藤誠、戸澤宏一、緒方雅昭、石島英昭、堀内敏雄、堀井光彦、佐藤真二、山口直、谷水克行、藤井栄明、槌野浩、中川路良彦、長屋陽二郎、平澤博、牧原光宏\*、永井明人\*、神崎孝之\*、受託研究員 田中宏、深沢一夫、若菜廣、辻畑昭夫、花島真人、鎌倉達敏、中嶋久起、箕輪伸喜、矢花修一\*、学位論文提出者 山川新二、富田久雄、笠井洋昭、水越薫、佐々木陽一、小林信之

## 主要論文

- 1) 柴田碧編著：化学プラントの耐震設計(昭61)丸善298pp.

## 佐藤 研究室 (工作システム工学)

教授 佐藤 壽 芳 (昭和38年度～)

工作機械の動剛性と動的精度に関する研究を発展的に継続して行っている。また機械構造物系の耐震設計に関する研究について、工作機械の動剛性の問題と共通する構造物の振動特性の観点から研究を継続している。研究の詳細は下記のとおりである。

これらの研究についてはプロダクションテクノロジー (略称プロテック) 研究会、谷研究室 (昭和56年度以降) と密接な関連をもって進められた。また中村良也特別研究員 (昭和52年8月～昭和55年4月)、大堀真敬助手 (昭和55年12月配置換)、鈴木芙佐子事務官 (昭和55年4月～)、尾高広昭技官 (昭和56年3月～昭和60年3月)、鈴木和彦技官 (昭和60年4月～)、研究員、大学院学生、受託研究員、研究生の諸氏の協力を得ている。

## (1) 走査電子顕微鏡 (SEM) による表面粗さ測定に関する研究 (昭和54年度～)

SEMの反射電子信号を用いて表面粗さ、表面形状を求める方法を開発し、基礎的、開発的研究を進め、ナノメートル台の測定を達成している。関連しては超音波顕微鏡 (SAM) によって加工変質層を評価することについて、谷研究室と共同して研究を進めている。

## (2) 逐次二点真直度測定法に関する研究 (昭和53年度～)

工具台に備えた二つの相対変位計で、工作機械の滑り面、加工物等を対象に二点の間隔で工具台を送りながら変位を測定し、そのデータ列の処理によって工具台、測定物の真直度を同時に求めるもので、平面度、円筒度等への展開も容易である。

## (3) 工作機械動剛性のパラメータ推定法に関する研究 (昭和50年度～)

実験による周波数応答特性に解析的な特性を適合する際、簡単なアルゴリズムで計算時間を短縮して適合する方法を提示し、固有振動数が隣接する場合についても、各モードを分離して固有振動数、減衰定数を推定することを可能としている。

## (4) 多自由度非線形系の周波数応答特性推定に関する研究 (昭和59年度～)

非線形要素を含む振動系の周波数応答特性を、時刻歴解析と比べて精度、見通し共によく推定する、

等価伝達関数による方法を提示している。またこの方法をビルディングブロック法と組み合わせることにより、種々の複雑な機械系への対処が可能なることを明らかにしている。

## (5) 切削時自励振動における多重再生効果に関する研究 (昭和50年度～)

発振時に切削速度を増加すれば振幅は減少すること、この際変位振幅の増減にもかかわらず切削力の振幅は変化しないこと、多重再生効果の回数は回位に十回位には及ぶこと等多重再生効果の役割をより詳細にわたって明らかにしている。

## 主要論文

- 1) H. Sato and M. O-hori: Surface Roughness Measurement by Scanning Electron Microscope, Annals CIRP, 31-1, 1982, 457-462
- 2) 大堀, 佐藤: 走査電子顕微鏡 (SEM) による表面形状測定の研究 (法線検出法による), 機論 C, 85-0966 A, 52-483, 昭61-11, 2974-2980
- 3) T. Senba, Y. Tani and H. Sato: Quantitative Evaluation of the Heat-Damaged Layer on a Ground Surface Using a Scanning Acoustic Microscope, Annals CIRP, 36-1, 1987, 417-420
- 4) 戸沢, 佐藤, 大堀, 駒崎: 工作機械の真直度と加工精度の関連に関する研究, 機論, 47-419, 昭56-7, 909-917
- 5) H. Tanaka, K. Tozawa, H. Sato, M. O-hori and H. Sekiguchi: Application of a New Straightness Measurement Method to Large Machine Tool, Annals CIRP, 30-1, 1981, 455-459
- 6) 王, 佐藤, 大堀: 衝撃応答による振動特性推定法と工作機械構造への応用, 機論, 48-432, 昭57-8, 1175-1184
- 7) 渡部, 佐藤: 多自由度非線形系の周波数応答解析, 機論 C, 84-0531 B, 51-467, 昭60-7, 1765-1770
- 8) K. Watanabe and H. Sato: Development of Nonlinear Building Block Approach, Trans. ASME, J. Vib. Acous. Stress and Rel. in Des., 110-1, Jan. 1988, 36-41
- 9) Y. Kondo, O. Kawano, and H. Sato: Behavior of Self-Excited Chatter due to Multiple Regenerative Effect, Trans. ASME, J. Eng'G Ind., 103-3, Aug. 1981, 324-329
- 10) 笠原, 佐藤: 切削時自励振動の挙動と位相特性について, 機論 C, 84-0509 A, 51-465, 昭60-5, 1141-1146

## 棚 沢 研 究 室 (熱 交 換 工 学)

教 授 棚 沢 一 郎 (昭 和 38 年 度 ~)

### (1) 研究テーマの概略

約10年前のエネルギー危機を契機として、伝熱研究のテーマは熱エネルギーの高効率利用の分野に集中し、従前よりも短期的な技術開発と結びつく課題を取り上げる傾向が強まった。本研究室では、それまで種々の伝熱現象について、基本的な熱伝達のメカニズムの解明を目的とする研究を行ってきたが、しだいに研究の方向を伝熱促進へと向け始めた。伝熱促進、あるいは高効率伝熱は、伝熱技術の究極的目標の一つであり、本研究室のこの10年間の研究テーマの半数はこれに関連している。

とは言え、伝熱技術は一つの基礎技術でもあって、その対象はエネルギーのみにとどまるものではない。本研究室では、これまでに蓄積した知識をエネルギー以外の分野にも活用すべく、新しい領域の開拓を試みた。その一つは、新材料の製造に関連する熱技術であり、もう一つは、生体・医用工学と関連する熱・物質移動のいくつかのテーマである。

### (2) 代表的な研究テーマ

a. 滴状凝縮 (昭和42年度～現在) 蒸気が低温面に触れて凝縮 (液化) する際、連続した液膜を形成せず、液滴を半分に切ったような形で面上に付着するような凝縮形態を滴状凝縮という。滴状凝縮ではきわめて高い熱伝達率が得られ、例えば大気圧の水蒸気の滴状凝縮の熱伝達率は $200\text{kW}/(\text{m}^2\text{K})$ を超える。この値は、同一の条件での膜状凝縮の20倍以上である。本研究室では、滴状凝縮の伝熱のメカニズム、いろいろな条件下での熱伝達率の変化、滴状凝縮を長時間持続させる方法などについて研究を行っている。

#### b. 直接接触凝縮 (昭和56年度～現在)

蒸気と低温液体とが (伝熱面を介さず) 直接接触することによって生ずる凝縮を直接接触凝縮という。本研究室では、凝縮液と低温液体とが異物質でしかも非混合性である場合の直接接触凝縮について研究を続けてきた。フロン・水系の実験から、凝縮液が低温液表面上に拡がらず、集まってこぶ状の突起を作ること、その結果凝縮熱伝達率が大きくなること、など興味深い結果が得られている。

c. 乱れ促進体による対流伝熱の促進 (昭和56年度～62年度) 単相の強制対流伝熱の熱伝達率を増大させる目的で伝熱面上に設置する突起状の物体を乱れ促進体という。本研究室では、西尾研究室と共同で、圧力損失の増大が少なく、かつ伝熱促進の効率の大きい乱れ促進体の形状・配置などについて研究を進めた。

#### d. マランゴニ対流 (昭和55年度～現在)

液体が自由表面を持つ場合、その上での表面張力に不均一があると流れが引き起こされる。このような流れをマランゴニ対流という。マランゴニ対流を伴う熱流動現象は数多くあるが、宇宙空間のような微小重力場では、密度差に起因する流れ (浮力対流) がほとんど消滅するために、マランゴニ対流の重要性はいつそう高まることになる。本研究室では、微小重力環境下での材料製造プロセスと関連したマランゴニ対流の問題に取り組んでいる。

e. 単結晶育成プロセスにおける熱流体問題 (昭和60年度～現在) 融液引上げ凝固法 (チョクラルスキー法) によって単結晶を育成するプロセスに関連した熱流体問題について研究を進めている。このプロセスでは、結晶およびるつぼの回転による強制対流と、るつぼ壁面の加熱によって生ずる浮力対流との相互干渉によって、複雑な流れと温度分布が形成される。本研究室では、流れの可視化と数値シミュレーション法の併用によって、るつぼ内の融液の挙動を正確にとらえ、例えば結晶中に現れる成長縞の成因などを明らかにしている。

f. 蒸気爆発と急冷凝固金属製造 (昭和60年度～現在) 高温融体を低温液体と接触させたときに生じる爆発的現象を蒸気爆発という。例えば、軽水炉での炉心溶融に至るような大事故を想定した安全対策との関連で蒸気爆発の生起が問題となる。本研究室では、溶融金属を水中に落下させたときに生じる小規模蒸気爆発について、その発生のメカニズムを解明するとともに、この過程を利用した急冷凝固金属粒子の製造への応用を試みている。

g. 温度感覚 (昭和53年度～54年度, 60年度～61年度) 人体の皮膚内に分布する温度受容器の作動条件を伝熱学的観点から解明した。

## 大野 研究室 (機械振動学)

教授 大野 進 一 (昭和41年度～)

本研究室は、機械力学部門を担当し、機械の振動と騒音を研究課題としてきた。この10年間に在籍した者は、職員では、教授大野進一、助手立石泰三、大石久巳、技官鈴木常夫、板倉博であり、ほかに、研究員3名、協力研究員1名、大学院学生16名、受託研究員2名、研究生5名である。

大野は、昭和53年より、環境庁の自動車公害防止技術評価検討会において、自動車騒音低減技術の評価検討に当たっている。また昭和57年10月下旬より2ヶ月余り、日本学術振興会の援助により、自動車騒音の研究のため英国に出張した。

以下にこの10年間の主要な研究課題について、その内容を説明する。

**1. 振動放射音の研究** この研究は、始めエンジンブロックの振動放射音の計算を課題とした。従来、構造物表面の面外振幅だけを利用して振動放射音の音圧分布を求めていたのに対し、有限要素計算の結果得られる表面の勾配も利用して、少ない分割で高い計算精度を得ることができた。

また、機械を遮音箱に格納した時の空気伝播音の低減量と振動放射音の発生量を実験的に求める方法を研究している。この研究では、機械停止時に遮音箱を加振し、そのときの加速度と騒音の関係を基に、運転時の振動放射音の大きさを推定している。

さらに、振動する構造物に近接して遮音板を設置したときの遮音効果の計算方法について研究している。また、構造物中を伝播する振動エネルギーの計測方法についても研究している。

**2. 駆動系の振り振動の研究** この研究は、自動車の手動式歯車変速機に発生する歯打ち振動の低減に端を発したものである。まず実験実験を行い、その結果、騒音の観点からこの振動を理論的に取り扱うためには、歯車のバックラッシというがたとクラッチディスクの摩擦ワシヤという摩擦の二つの非線形要素を含む2自由度系の強制振り振動を取り扱えばよいことを示した。また、この系では、強制外力1周期中に多数回の衝突が生じていることを見だし、そのため1度または2度当たりを仮定する従来の解析手法は適用できないことを明らかにした。このため本研究では、衝突ごとの各自由度の運動を

積算する方法によって解析解を求めた。最後にクラッチディスクの設計定数を最適に選定するための線図を得た。この研究は片岡協力研究員の学位論文としてまとめられた。

**3. 路面作用力の研究** この研究は、道路交通振動に関するものである。従来、自動車の走行に伴う地盤振動の測定結果はあるものの、振動の原因である自動車から路面に作用する力については研究がない。本研究では、自動車が路面の突起を乗り越えるときの路面作用力を計算で求めることを目的とし、まず線変形と面変形概念を用いて、タイヤが突起と路面とに接触しているときの非線形な復元力を表す式を求めた。この式を用いて自動車が突起のある路面を走行するときの運動方程式を導き、これを数値解法によって解き、路面作用力を求めた。また千葉実験所において測定実験を行った。実験結果と計算結果はよく一致し、自動車が突起を乗り越えるときの路面作用力を計算できることが分かった。

**4. 振動の能動制御の研究** この研究は、構造物に複数の加振力を加えることによって振動の節の位置を任意に設定しようとするものである。この場合加振力は、構造物の振動特性と節の位置に応じた周波数特性を有する必要がある。本研究ではこれを再帰型フィルタによって実現し、実験的には梁において節の位置を図のように任意に設定できた。



### 主要論文

- 1) 高坪, 大野, 鈴木, 振動解析に基づく構造物の振動放射音の計算, 機論集49—439 (1982)
- 2) 片岡, 大野, 鈴木, がたのある二自由度系の強制振り振動の研究 (1, 2報), 機論集52—474, 475 (1986)
- 3) 片岡, 大野, 鈴木, がたと摩擦のある二自由度系の強制振り振動の研究 (1, 2報), 機論集52—481, 482 (1986)
- 4) 大野, 板倉, 滝田, 鈴木, 自動車が突起を乗越える時の路面作用力について, 機論集54—489 (1988)

## 中川 研究室 (先端素材製造学)

教授 中川 威雄 (昭和44年度~)

講師 萩生田 善明 (昭和54年度~56年度)

講師 植松 哲太郎 (昭和57年度)

講師 鈴木 清 (昭和62年度)

本研究室は昭和45年に発足し、当初は第2部にて精密工作学部門に属していたが、昭和52年2月より複合材料技術センターにて複合材料製造学を、さらに昭和60年4月より先端素材開発研究センターにて先端素材製造学を担当し現在に至っている。研究室員は中川教授のほか助手(特別研究員)安齋正博、技官野口裕之のほか十数名より構成される。研究室発足以来室員であった鈴木清講師は昭和62年10月に日本工業大学助教授に転出した。過去10年間における講師在室者には鈴木助教授のほか、千葉工大萩生田講師、富山県立技術短大植松教授および本所第2部横井助教授の4名である。

本研究室では主として新素材の製造加工技術に関する研究を行っており、新加工技術の開発に実績が多い。特に本研究室でシーズを生み出した後、実用化を目指した産学共同研究を積極的に行ってきた。

### 1. 金属短繊維の製造と複合材料への応用

本所第5部 小林一輔教授よりの要請によりコンクリート補強用鋼短繊維の新しい製造方法の開発を行った。本技術はフライス切削法と呼ばれるもので現在ヨーロッパで広く活用されている。さらに、微細な金属短繊維製造法としてびびり振動切削法を開発し、その実用化を推進した。びびり振動切削繊維の応用として、電磁波シールド用導電性プラスチック、多孔質体、自己潤滑性材料、金属繊維植毛技術等が開発された。

### 2. セラミックスの高エネルギー・高精度研削

切削切粉を粉砕した鑄鉄粉の焼結技術を確認し、その応用として高結合をもつ鑄鉄ボンドダイヤモンド砥石を開発した。この砥石がセラミックスや硬脆材の高エネルギー研削に適することを明らかにすると共に、マシニングセンタによる3次元研削の可能性を明らかとした。放電加工によるツルージング、電解加工によるインプロセスドレッシング、振動の利用など加工の複合化により、高強度メタルボンド砥石の研削技術を確認した。さらに中川教授が兼任している理化学研究所と共同でマイクロオーダの微細砥粒砥石の電解インプロセスドレッシング研削によるセラミックスや電子材料などの鏡面研削技術を確認した。

### 3. 型技術の研究

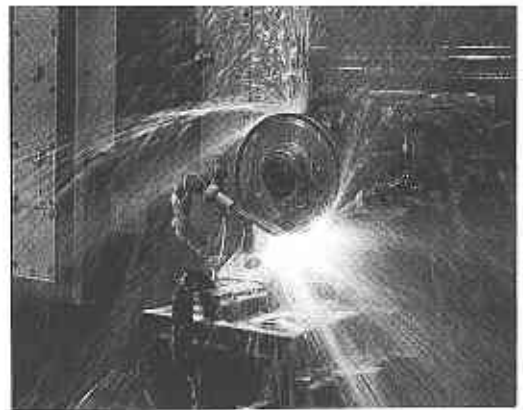
レーザー切断された鋼板を積層して金型を製作する方法の開発を行ったが、抜き型については実用された。金型みがきの自動化をはかるため磁気吸引砥石を開発しロボットみがきを実現したが、型みがき自動化の主流技術として発展しつつある。日工大 柳沢助教授と共同で金属とセラミックス複合焼結体による通気性をもった型を製造する方法を開発したが、プラスチックの真空成形に多用されるようになった。

### 4. 粉末成形の研究

セラミックス粉の射出成形において厚肉部品の成形を行うため、水バインダを用いた凍結圧縮成形法の提案を行った。その後金型流動成形、振動成形の研究を経て、線材押し出しに発展させた。

### 5. プレス加工の研究

横井助教授と共同でFRPやプラスチックの精密打抜き法として振動仕上げ抜き法を開発した。連鑄棒材の熱間精密せん断と、温間シェービングの研究では日工大 村川教授と、高速せん断の研究では玉川大 柳原助教授と、対向液圧成形の研究では千葉工大 中村助教授と円管の送り曲げ成形では職訓大小川講師と共同研究を行った。



鑄鉄ファイバーボンド砥石による $\text{Si}_3\text{N}_4$ のマシニングセンタによる高エネルギー研削

(切込み0.2mm,幅10mm,送り15m/min)

## 木内 研究室 (塑性加工学)

教 授 木 内 学 (昭和43年度～)

### 1. 研究室の沿革

本研究室は、昭和43年4月に設置され、以後一貫して塑性学・塑性加工学の基礎研究・応用研究に取り組み、塑性加工理論および解析技術の拡張と応用、各種塑性加工技術の基本特性・総合特性の系統的解明、更に関連するさまざまな応用技術・新技術・新製品の開発を推進するとともに、新分野の開拓を目指して半溶融加工法の開発と応用を進め、各種複合材料の開発を行うなど、広範囲にわたる活動を展開し、現在に至っている。

主な研究課題と成果は以下のとおりである。

### 2. ロールフォーミング加工の体系化と最適化技術の開発 (昭和43年度～)

ロールフォーミング加工全般にわたる工学的・技術的体系化を推進し、被加工材の変形特性と最適加工条件の系統的解明、製品の各種形状不良問題の解明と防止技術の開発、成形工程の汎用シミュレーションシステムとその利用技術の開発、加工プロセス・ロール・成形ミル等の最適設計技術の開発、更に、各種調査・分析・モデル試験・理論的シミュレーション等を行い、これらを通して、実生産に直結した技術改善、新成形法・新成形ミル・新製品の開発、製品品質の高度化等にかかわる広範な研究を進め、多くの成果を得てきた。

### 3. 半溶融加工法の開発と応用 (昭和48年度～)

半溶融押し法・半溶融鑄造法・半溶融圧延法・半溶融接合法およびそれらの複合加工法の開発を推進し、その基本特性と実加工への適用の可能性を明らかにするとともに、その応用技術として、非鉄合金の小径・異形の棒・線・管材を溶融あるいは半溶融素材から直接製造するプロセスの開発、金属基粒子強化複合材料・同繊維強化複合材料・それらの積層複合材料・その他金属-セラミックス系新素材・金属系先進材料の製造技術の開発、金属粉末の製造技術・粉末を基材とする素形材の製造技術の開発、更に、ダイカスト・溶融鑄造・半溶融焼結・半溶融鑄造・熱間鑄造等を複合化した新加工プロセスの開発も進め、多くの成果を得ている。

### 4. 複合数値解析技術の開発 (昭和58年度～)

孔形圧延その他の三次元定常または非定常塑性加

工プロセスを広範に解析しうる新しい複合数値解析法を開発し、従来経験的知識のみに依存せざるをえなかった種々の技術的問題を理論的系統的に解明することを可能とし、これらの分野における技術改善や診断、加工プロセスや工具の適正な設計、新プロセスあるいは新製品の開発を極めて効率的に行い得る手段を提供し、既に実生産の場において多くの成果を得ている。

### 5. 押し・引抜き加工汎用シミュレータの開発 (昭和57年度～)

中実・中空・異形の棒・線材、管材、形材をはじめ各種の製品の三次元押し・引抜き加工を対象とする汎用シミュレータを開発し、これまで解明ができなかった素材の変形挙動に関するさまざまな特性を系統的に明らかにするとともに、加工工程や工具形状の最適設計を可能にした。これにより、継目無し管の偏肉矯正条件の解明、フィン付管・棒の最適製造条件、ブリッジダイス・ポートホールダイスの最適設計、多芯クラッド棒線材の最適加工条件の解明などが可能になり、この分野の技術革新・新技術の開発に極めて有力な手段を提供した。

### 6. 鑄造加工汎用シミュレータの開発

(昭和55年度～)

基本的鑄造加工である軸対称・非軸対称のすえ込み・前方押し・後方押し・半径方向押し・しごき加工等を対象とする簡便かつ効率的な解析手法を数多く開発し、更にこれらを有機的に結合して、複雑な三次元鑄造を総合的に解析しうる汎用シミュレータFORMSを開発した。すでに、上記解析手法あるいはFORMSを、実生産上の各種問題の分析・検討や工具設計・工程設計に利用し、当該分野における体系的知見を得るとともに、技術改善や新製品の開発に関連して種々の提案を行い、多くの成果を得ている。

### 7. 成果の公表

上述の成果は、日本塑性加工学をはじめとする国内・国外の学会において正論文約70編、講演論文約150編として発表してある。

## 前田(久) 研究室 (浮体工学)

教授 前田 久 明 (昭和44年度~)

本研究室は昭和44年度に工学部に転出された田宮真教授の研究室を引き継いで発足した。過去10年間の研究室職員は、前田久明教授 (昭和44~), 増田光一研究員 (昭和57~), 江口純弘助手 (昭和44~61), 宮島省吾助手 (昭和62~), 鈴木文博技官 (昭和44~), 岩瀬律雄技官 (昭和50~54), 鈴木す江子事務官 (昭和61~) が在籍した。研究室発足以来、風、波、潮流の自然環境下での船舶、海洋構造物等の浮体の運動学に関する研究を進めている。

## 1. 海洋構造物の運動性能について (昭和44~)

波浪中の大型浮遊式海洋構造物の運動性能の解析法の研究を進めている。特異点分布法、有限要素法、領域分割法により有限水深での任意形状の3次元剛体に作用する線形流体力を計算することが出来るようになってきている。ブロック結合浮体、弾性浮体の運動理論も開発した。上記の運動解析法を用いて、動揺・漂流の少ない浮体の開発を行っている。2次流体力に関しては、複雑な形状を有する浮体の多方向波中での長周期運動の計算法を開発した。

## 2. 波浪エネルギー利用に関する研究 (昭和52~)

船体運動理論に基づいて波浪エネルギーを機械エネルギーに変換する波浪発電理論を開発した。可動物体型および振動水柱型波浪発電装置の解析法を開発した。規則波のみならず不規則波中での波浪発電装置の特性を明らかにした。波浪エネルギー、機械エネルギー、電気エネルギー間のパワーマッチングの最適化の手法を明らかにした。昭和57年度これらの成果に対し、日本造船学会賞、日本造船工業会賞、日本船舶振興会会長賞を授与された。

## 3. 波浪計測に関する研究 (昭和48~)

投込式の水圧型波浪計、ならびに昭和60年度より高橋幸伯名誉教授より引き継いだ加速度型波浪計の開発を行い、実海域の波浪データの収集を行っている。またロールピッチブイの開発も行い、実海域波浪の方向スペクトルデータの収集も行っている。波浪計より得られた時系列データを送信するための、人工衛星を利用したアルゴシステムの開発を行っている。得られた波浪データからの方向スペクトルの解析法ならびに、水槽における多方向波発生法の研究を行っている。

## 4. 複合外力下における海洋構造物の挙動について (昭和57~)

海洋構造物の安全性を検討するために、海難事故を調査し統計をとった。海洋構造物の転覆の原因は、波浪荷重以外に風荷重、潮流力が重要である。そこで、セミサブ型リグの風荷重、潮流力の推定法の研究を行った。従来の推定法の問題点を指摘した。また風荷重、潮流力に及ぼす波浪の影響に関する研究を行っている。浮体とライザー管の相互干渉を調べ、ライザー管の挙動解析法を開発した。風路付造波回流水槽を昭和60年度に建設し、風、波、潮流中での浮体の挙動に関する研究を進めている。

## 5. 潜水艇の運動性能に関する研究 (昭和61~)

無人、無索潜水艇を制御する場合、潜水艇の運動性能を正確に把握することが重要である。そこで昭和62年度潜水艇用強制動揺装置を製作し、流体力微係数の計測を開始した。線形流体力微係数の推定法を開発した。この研究では浦研究室と密接な協力関係にある。

## 主要論文

- 1) 前田, 木下ほか: 波浪発電装置に関する基礎的研究, 日本造船学会論文集, 146 (1979), 149 (1981), 150 (1981), 151 (1982), 152 (1982)
- 2) H. Maeda: On the Theory of Coupled Ship Motion and Vibration, The University of Michigan, 232 (1980)
- 3) 小山, 藤野, 前田: 船体と海洋構造物の運動学, 成山堂 (1982)
- 4) 茅, 前田ほか: 現代社会とエネルギー, 東大出版会 (1983)
- 5) 前田, 西本ほか: セミサブ型リグに作用する風荷重, 潮流力の推定精度精密化に関する研究, 日本造船学会論文集, 156 (1984)
- 6) H. Maeda, T. Kinoshita, K. Masuda: Fundamental Research on Oscillating Wave Power Absorber, J. of Energy Resources Technology, ASME, 107 (1985).
- 7) 前田, 諸岡ほか: 多方向波中におかれた浮体の挙動に関する研究, 日本造船学会論文集, 160 (1986), 161 (1987)
- 8) 前田, 笠原: 2次元人工不規則水波の発生法と解析法, 関西造船協会誌, 202 (1986), 209 (1988)
- 9) 前田, 立田ほか: 無人無索潜水艇に働く線形流体力及び操縦応答に関する研究, 日本造船学会論文集, 164 (1988)



## 小林(敏) 研究室 (流動予測工学)

教授 小林 敏 雄 (昭和45年度~)

昭和45年4月に発足し流体機械の性能改善や流体の関与するプラントの制御などの研究を行ってきたが、1980年代の初めからは研究の主体は大型高速コンピュータ利用の流動解析・流動予測に移行した。現在の主要課題はLarge Eddy Simulation (LES)を中心とする乱流数値解析法の確立とその実用化に関する研究、直接シミュレーション・モンテカルロ法を中心とする希薄気体流動の解析に関する研究およびコンピュータ援用の流れの可視化技術の開発である。昭和61年2月からは流体機械学部門の担当として流体機械への数値解法の適用、画像処理手法の適用を試みている。研究室の構成は現在、佐賀徹雄助手、瀬川茂樹技官、長瀬久子技官、大学院学生6名、外国人留学生4名および研究生3名である。主たる関係学会は日本機械学会、自動車技術会、流れの可視化学会、ターボ機械協会、計測自動制御学会であるが、海外との交流にも力をそそぎ、昭和61年度から昭和63年度の3年間の構成員の海外出張・研修は延べ13件、海外研究員の受け入れは2件である。

(1) 流れ場の数値予測法の確立に関する研究 (昭和55年度~現在) : 非圧縮性粘性流体の乱流を主対象にして、乱流モデル、数値計算法、境界条件の設定、境界適合座標の採用、格子生成法から計算結果の効果的表示方法まで一貫した流れ場解析システムの開発・評価と実用化を推進している<sup>2),3)</sup>。最近では振動型流量計の開発、混合槽内流動の評価、反応管

内流動解析への適用が試みられている。

(2) LESの実用化に関する研究 (昭和61年度~現在) : 将来のコンピュータ環境を想定してLESに人工的境界条件を与えてメッシュ数の極端な増加要求を緩和する方策を提案し、吸込み口のある円環流路内の流動解析、デフロスタの設計資料の作成、車体まわり乱流解析への適用が試みられている<sup>1),5)</sup>。

(3) 希薄気体流動の数値予測に関する研究 (昭和60年度~現在) : 理工学における新しい課題であるマイクロ技術における流動の解析ツールとして直接シミュレーション・モンテカルロ法を開発し、CVD反応炉内の流動解析とCVD薄膜特性の改善を行っている<sup>4)</sup>。

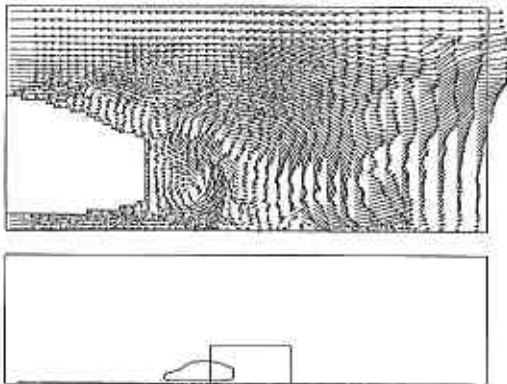
(4) 流れの可視化と画像処理に関する研究 (昭和56年度~現在) : 定量的観察に適するような流れの可視化手法の開発と可視化結果のデジタル処理による流れ場の高速・自動解析の研究を進めている<sup>6)</sup>。特に多数のトレーサ粒子の追跡によって速度情報を自動的に求める可視化・画像処理システムの開発を行い、これを溶鉱炉の流動現象の水モデルによる検証実験のように工業技術の現場に適用している<sup>7)</sup>。

## 主要論文

- 1) 森西ほか：LES乱流計算における壁面境界条件の一考察，機械学会論文集B掲載予定
- 2) 小林：Numerical Simulation of the Turbulent Flow around 2D/3D Automobiles, Proc. 2nd Intn. Conf. on Supercomputing in the Automotive Industry (1988)
- 3) 谷口ほか：一般座標系有限体積法による自動車まわり流れの数値シミュレーション，機械学会論文集B掲載予定
- 4) 小林，松本：ダイレクトシミュレーション・モンテカルロ法による希薄気流の数値シミュレーション，第1回数値流体力学シンポジウム講演論文集(1987)
- 5) 小林，森西：A Numerical Experiment of Incompressible Turbulent Swirling Flow, Proc. 5th Intn. Conf. on Numerical Methods in Thermal Problems, 5-1 (1987)
- 6) 小林ほか：Flow Visualization Image Analysis Review, Proc. FLUCOME '88 (1988)
- 7) 小林ほか：二次元流れ場の実時間デジタル画像計測システムの開発，機械学会論文集B55-509(1989)

T = 31.495

U = 1.0 →



LESによる自動車車体背後の流れ  
(メッシュ数：約11万， $Re = 3 \times 10^6$ )

## 増沢 研究室(微細加工学)

教授 増沢 隆久(昭和46年度~)

講師 国枝 正典(昭和60年度)

当研究室では昭和46年(1971年)開設以来、生産加工技術に関する研究が行われている。主要な分野は各種の微細加工技術、および電氣的加工法に代表される各種の特殊加工法である。

微細加工については数 $\mu\text{m}$ から数百 $\mu\text{m}$ の寸法形状の加工、いわゆるマイクロ加工の領域について、総合的な加工技術体系づくりを行っており、任意の材料に任意の形状の加工が生産レベルで行えるようにすることが最終目標である。特殊加工については、時代の要請に応じた先端的加工技術の開発、推進を目的とするもので、放電加工、電解加工、イオンビーム加工などに関連する研究が主体となっている。

研究成果のうち、いくつかはすでに実用化され、加工機等の製品となって生産現場に導入されている。

以下に最近の研究成果のうち主なものを掲げ、当研究室の研究内容の紹介に代えることにする。

## 1. ワイヤ放電研削法(WEDG法)の開発

高精度の微細軸加工手法としてWEDG法を開発した。加工位置でガイドによりバックアップされた走行ワイヤを電極とした微小エネルギー放電による加工法で、図1のような細い軸の自動加工が可能となった。

## 2. マイクロ打抜きシステムの開発

WEDG法とマイクロ形彫り放電加工を組み合わせ、ダイセット作成を自動化した打抜きシステムで、図面呈示後1~2時間で打抜きが開始できる即応性を持つ。図2は、この手法により打ち抜いたポリイミドシートである。このように異形穴の打抜きもできる柔軟性の高いシステムである。

## 3. 低エネルギー大電流イオン源の開発

従来の二枚グリッドに代わるセラミック一枚基板の新型イオン引出しグリッドを開発し、カウフマン型、ECR型などのイオンシャワー装置の高効率化を実現した。100~200eVの低エネルギー領域での加工能率は従来型に比べ10~50倍に向上した。

## 4. 対(ツイ)電極による高速電解仕上げ法の開発

ワイヤ放電加工の切りかす、または形彫り放電加工の使用済み電極をそのまま電極として用いる電解仕上げ法で、従来人手により長時間かかっていた複雑形状の金型の仕上げが数秒(WEDM製品)ない

し1時間(EDM製品)程度の極めて短時間で行えるようになった。図3はWEDM製品の仕上げ例である(処理時間約10秒、総通電時間3秒)。

## 5. 放電加工におけるフラッシングの最適化

電極引き上げ時にループ運動を与えるセルフフラッシング法の開発、電極ジャンプの周期や高さを最適値に保つ適応制御手法の開発などにより、放電加工現象の安定化を推進した。なお、このテーマはオランダ、中国との共同研究として行われた。

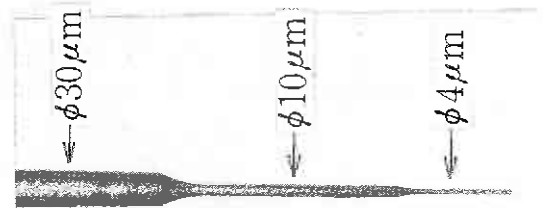


図1 WEDGによる細軸成形例(タングステン)

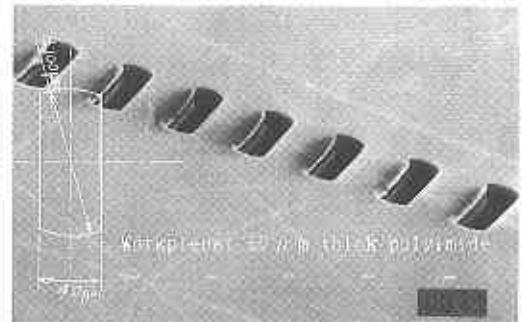
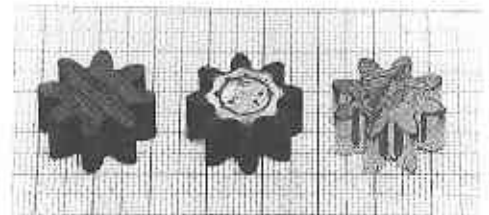


図2 マイクロ打抜きシステムによる異形穴打抜き例(ポリイミドシート)

図3 対電極法による表面仕上げ加工例  
(左:加工前,中央:黒色仕上げ,右:光沢仕上げ)

## 吉識 研究室 (熱エネルギー変換工学)

助教授 吉 識 晴 夫 (昭和45年度～)

本研究室では、エネルギーを有効に利用する立場から、ガスタービン、スターリング機関、ディーゼル機関等の性能向上を図るため、これらの流体工学的、熱工学的研究を行っている。昭和57年度には、東工大の森 康夫教授を併任教授として迎え、研究室の運営を共同で行った。現在は、研究員の田代伸一、助手の遠藤敏彦、技官の高間信行、協力研究員、大学院学生、外国人研究生等の協力を得ている。

## 1. ディーゼル機関のターボ過給に関する研究

(昭和55年度～)

燃料経済性、排気ガス対策等のため、車両用ディーゼル機関のターボ過給化が進められている。機関シリンダ間の排気干渉を避け、排気エネルギーを効率よく利用するための諸条件について、理論と実験の両面より研究を進めている(論文：3, 4, 12)。

## 2. ラジアルタービンの非定常流特性に関する研究

(昭和45年度～)

車両用ディーゼル機関の過給機駆動用原動機である排気タービンの脈動流特性を、実験と解析の両面より求めた。現在、これらをタービンの定常流特性と比較検討し、エンジンに適合した排気タービンを容易に選定出来る方法を確立する研究を行っている(論文：1, 2, 7)。

## 3. 翼および翼列の非定常流特性に関する研究

(昭和45年度～)

流速が時間的に周期変動する流れ場に置かれた単独翼および翼列の特性について、研究を行っている。その結果、単独対称翼まわりの翼面静圧分布を実験的に求めると共に、薄翼の仮定の下で解析を行い、翼面の変動静圧分布を解明した(論文：5, 9)。

## 4. 円錐ディフューザの研究 (昭和48年度～)

ガスタービンの出口に用いられる円錐ディフューザについて研究を行い、旋回速度成分の有効利用を目的とし、ディフューザ拡がり角とディフューザ入口の旋回強さとの関係を明らかにした(論文：8)。

## 5. スターリング機関の研究 (昭和51年度～)

高い熱効率と多種燃料の利用が期待できるスターリング機関の性能を簡単に精度良く推定する方法と各因子が性能に与える影響を示した。また、この機関の熱交換器に特有な管内の往復流動特性や伝熱特

性の研究をしている(論文：6, 10, 11)。

## 6. ディーゼル機関の吸気特性に関する研究

(昭和61年度～)

ディーゼル機関の出力向上、燃費改善、排気清浄化のため、吸気に旋回流を与えて燃焼を改善する。現在、経験的に決定している吸気管形状を、数値シミュレーションより求め、機関設計の効率化を図るための基礎研究を行っている。

## 主要論文

- 1) 吉識ほか3名：ラジアル排気タービンの動圧駆動特性の研究(第2報, 部分送込の場合), 機械学会論文集, 45, 394, B編, 1979.
- 2) N. Mizumachi, H. Yoshiki, T. Endoh: A Study on Performance of Radial Turbine under Unsteady Flow Conditions, Rep. of Inst. of Ind. Sci., Univ. of Tokyo, 28, 1, 1979.
- 3) K. Akiba, M. Ohtani, H. Yoshiki: The Optimized Design of the Exhaust Brake of the Automotive Diesel Engine, SAE Paper, 810344, 1981.
- 4) K. Akiba, M. Ohtani, H. Yoshiki: The Improvement of Vee Eight Engine Performance in Low Speed Range, Turbocharging and Turbochargers 1982, IMechE Paper C31/82, 1982.
- 5) 吉識ほか3名：周期変動流中の単独翼まわりの圧力分布(第1報, 平板翼近似), 機械学会論文集, 49, 448, B編, 1983.
- 6) 吉識, 高間, 上村：スターリング機関の性能予測に関する研究(第1報, 簡易計算法), 機械学会論文集, 50, 455, B編, 1984.
- 7) 吉識ほか3名：ラジアル排気タービンの脈動流駆動特性の研究, ガスタービン学会誌, 12, 47, 1984.
- 8) 田代, 吉識：旋回流円すいディフューザの静圧回復性能(第1報, フローパターンと静圧回復率), 機械学会論文集, 51, 462, B編, 1985.
- 9) 吉識ほか3名：周期変動流中の単独翼まわりの圧力分布(第2報, 薄翼近似), 機械学会論文集, 51, 464, B編, 1985.
- 10) 吉識ほか3名：円管内往復流動の研究(管内流速分布に関する実験), 機械学会論文集, 52, 483, B編, 1986.
- 11) 吉識ほか3名：円管内往復流動の研究(断面平均流速に関する実験と数値解析), 機械学会論文集, 53, 485, B編, 1987.
- 12) 吉識ほか3名：車両用ターボ過給ディーゼル機関の吸排気管内非定常流れの研究, ガスタービン学会誌, 15, 57, 1987.

## 藤田(隆) 研究室(装置機器学)

助教授 藤田 隆 史(昭和49年度~)

講師 藤田 聡(昭和61年度~62年度)

講師 下坂 陽 男(昭和53年度~54年度)

当研究室は、この10年間、我が国における免震技術のパイオニアとして、以下に述べるような、数多くの免震装置の開発研究を他に先駆けて実施し、そのほとんどが実用に供されている。現在の研究活動は、免震技術だけでなく制振技術やアクティブ・コントロールの導入など、より広範な構造物振動制御技術の研究へと進展している。これらの研究は、藤田聡元講師(昭和56年4月助手、昭和61年5月講師、昭和63年4月より東京電機大学講師)、服部忍元技官(昭和49年10月~昭和63年1月)、嶋崎守技官(昭和63年4月~)、大学院学生、民間共同研究員、受託研究員、研究生の諸氏の協力によるものである。

## 1. 機器/床免震技術の研究

(昭和54年度~昭和62年度)

予引張りばねを用いた電算機システム用二次元/部分三次元免震床、直交する直線運動機構を用いた機器用二次元/三次元免震装置、多段積層ゴムとそれを用いた超精密加工設備用三次元免震・除振床の開発研究を行った。現在、これらはすべて実用化されている。

## 2. 建物免震技術の研究(その1、積層ゴムとダンパの研究)(昭和55年度~昭和62年度)

重量機器免震用からスタートした積層ゴムの開発研究は、建物免震用積層ゴムの開発研究へと発展し、その研究成果は数多くの免震建物に実用されている(図1)。また、積層ゴムと併用するダンパについても、その特性が免震性能に及ぼす影響を明らかにした。

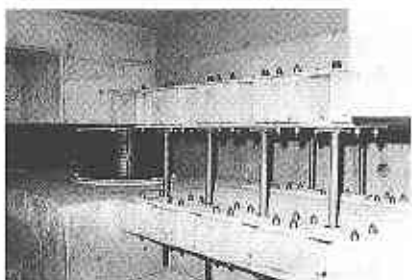


図1 実用化された建物免震用積層ゴム

## 3. 建物免震技術の研究(その2、ダンパ一体型積層ゴムの研究)(昭和61年度~)

高減衰積層ゴムについては、履歴復元力特性、破

断限界、免震性能、設計方法など全般にわたって研究している。鉛プラグ内蔵型積層ゴムについては、大変形域での履歴復元力特性や破断限界に着目した研究を行っている。また、軽量のため比較的困難であった木造住宅免震用積層ゴムを開発し、これを用いた木造免震住宅の実用化が始まっている。

## 4. 高層建物制振技術の研究(昭和60年度~)

高層建物の風による振動を抑制するためのマスタングパ(直交する直線運動機構を用いたマスタングパ)の開発研究を行い、わが国における建物用マスタングパの最初の実施例として、千葉ポートタワーに実用化された。さらに、福岡タワーにも実用化されている(図2)。また、多段積層ゴムを用いたマスタングパの開発研究を行い、実用化の見通しを得ている。

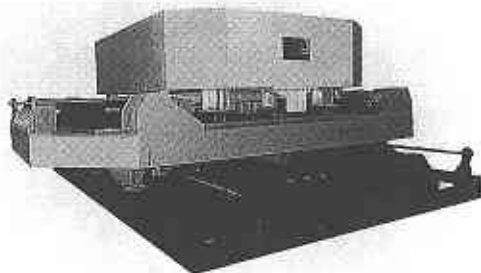


図2 実用化された高層建物制振用マスタングパ

## 5. アクティブ・コントロールを用いた免震技術の研究(昭和59年度~)

発生頻度の高い弱地震動に対しても経済的損失の生じる製造設備を対象としたアクティブ・パッシブ免震装置(弱地震動にはアクティブ免震、強地震動にはパッシブ免震の機能を持つ装置)の開発研究を行っている。また、ファジィ制御を用いた免震構造のアクティブ相対変位制御についても研究に着手している。

## 6. アクティブ・コントロールを用いた微振動制御技術の研究(昭和62年度~)

リアモータを用いたアクティブ微振動除振装置の開発研究を行い、制御方法を確立し、良好な除振性能を実証した。また、ピエゾアクチュエータを用いたアクティブ微振動除振装置の開発研究に着手している。

## 西尾 研究室 (冷却工学)

助教授 西尾 茂 文 (昭和53年度～)

昭和53年度に高温熱工学を専門分野として開設された西尾研究室の研究活動は、極低温から高温域にわたる諸冷却技術に関する基礎・応用研究として集約でき、専門分野名も昭和61年度に冷却工学と変更した。構成員は、西尾助教授の外、遠藤助手の移動に伴い昭和56年度に上村技官が、昭和57年3月に大久保助手がそれぞれ加わり現在に至っている。

当研究室でここ10年間に実施してきた研究課題・成果は以下のようにまとめられる。

**沸騰現象・沸騰熱伝達に関する伝熱学的研究 (昭和53年度～) :** エネルギー機器・装置における蒸気生成過程、こうした機器の健全性に関わる事故時の不可避的過程、さらに材料製造・熱処理を初めとする材料・機器の冷却手段として、沸騰熱伝達の重要性は高い。しかし、沸騰熱伝達においては境界層手法が適用し難く、熱伝達が伝熱面因子と連成して定まり、さらに核沸騰⇒遷移沸騰⇒膜沸騰といった熱伝達機構の遷移を伴うことから、核沸騰から膜沸騰にわたる沸騰曲線を統一的に表現する理論が構成されておらず、応用上の大きな障壁となってきた。当研究室では、こうした事情を背景として、伝熱面因子との連成を含めた沸騰熱伝達の統一理論の構成を目指して沸騰現象・沸騰熱伝達に関する研究を進めてきた。具体的には、沸騰開始条件に関わる既存気泡核の熱力学的安定性解析<sup>1)</sup>、通常液体と物性の大きく異なる液体ヘリウム実験による核沸騰・限界熱流束に関する既存知見の検討<sup>2)</sup>、極小熱流束点に関する蒸気膜崩壊様式<sup>3)</sup>、温度支配仮説の有効性<sup>3)4)</sup>、沸騰面熱伝導性・濡れ性の影響<sup>5)</sup>などの検討<sup>6)</sup>、さらに気液界面安定性と二相境界層構造に注目した膜沸騰理論の体系化など、統一理論構築の準備がなされた(極小熱流束点条件に関する一連の研究に対し昭和60年度日本機械学会奨励賞が授与されている)。

**熱伝達促進に関する研究 (昭和54年度～) :** 特殊構造の設置や外力の印可などによる熱伝達促進法は、高性能熱交換器・冷却技術として重要である。これに関して当研究室では、流動抵抗の増大が課題である乱れ促進体による流路内単相強制対流熱伝達促進における流動抵抗低減法<sup>7)</sup>、電界効果を利用した沸騰熱伝達の促進法(以上は棚沢研究室と共同研究)、

冷却面表面に付加した熱抵抗層により既定冷却材条件において冷却速度を増大させる断熱層のパラドックス現象<sup>8)</sup>などの検討を手がけてきた。

**冷却技術に関する研究 (昭和58年度～) :** 冷却技術は、極低温から金属凝固までの広い範囲で科学技術を支えている。これに関して当研究室では、超伝導体表面に熱抵抗層を付加し低温安定性が要求される浸漬冷却型超電導磁石の耐クエンチ性を向上させる冷却技術<sup>9)</sup>、増大の一途を辿る電子デバイスの発熱密度に対処する浸漬冷却技術、薄肉硝子板の低コスト強化法や付加価値の高い鉄鋼材製造プロセスでの冷却法としてのミスト冷却法<sup>10)11)</sup>、さらに粉末化により用途拡大が期待される非晶質金属を蒸気爆発を利用して低コスト・高冷却速度で製造する急速凝固粉末製造法<sup>12)</sup>などの検討を手がけてきた。

## 主要論文

- 1) 西尾; 均一温度場における既存気泡核の安定性, 日本機械学会論文集 (以下日機論) B編, 54-503 (1988), 1802.
- 2) 西尾・G.R. Chandratilleke; 大気圧飽和液体ヘリウムの定常プール沸騰熱伝達, 同上, 54-501 (1988), 1104.
- 3) S. Nishio, M. Uemura and K. Sakaguchi, JSME Int. J., 30-8 (1987), 1274.
- 4) S. Nishio, Int. J. Heat Mass Transfer, 30-10 (1987), 2045.
- 5) 西尾・芹沢; 表面付加層の熱伝導性を利用した極小熱流束点条件の制御, 日機論B編, 53-487 (1987), 1061.
- 6) S. Nishio; MHF Conditions in Boiling Heat Transfer, NUREG/CP-0060 (1984), 137.
- 7) I. Tanasawa, S. Nishio, K. Takano & M. Tado, Proc. 1983 ASME-JSME Thermal. Eng. Joint Conf., 1 (1983), 395.
- 8) S. Nishio; Cooldown of Insulated Metal Plates, ibid., 1 (1983), 103.
- 9) G.R. Chandratilleke・西尾; 被覆面における飽和液体ヘリウムのプール沸騰熱伝達, 低温工学, 23-3 (1988), 128.
- 10) H. Ohkubo and S. Nishio, JSME Int. J., 31-3 (1988), 444.
- 11) 大久保・西尾; ミスト冷却の高精度予測に関する研究, 日機論B編, 54-500 (1988), 934.
- 12) 秋吉・西尾・棚沢; 蒸気爆発に対する蒸気膜内の不凝縮性気体の影響に関する研究, 同上, 54-499 (1988), 630.

## 浦 研究室(海洋環境機器工学)

助教授 浦 環(昭和53年度~)

係留機器の研究を中心テーマとして発足し、海で使う機器の研究を幅広くおこなっている。現在では、無人潜水艇の研究開発と粉体貨物の海上輸送の研究を2本の柱としている。

## 1. 無索無人潜水艇の研究開発(昭和59年~)

海中を自由に泳ぎ、計測・探査などをする無人潜水艇の研究開発を通して、海中機器工学の研究をおこなっている。深海の高圧環境と通信手段のない孤立した環境では、自律制の高い運動特性の優れた艇の開発が必要で、6000mの海底面上を泳ぐ実用機の開発(PTEROA計画)を推進している。昭和61年度に12000m水深の圧力を実現する高圧試験槽を設備した。PTEROA計画は制御技術、超音波技術などの幅広い分野の共同研究で、本研究所の学際的な環境を利用して、総合的な潜水艇技術の確立を目的としている。

- 1) 浦・大坪：“航行型無索無人潜水艇に関する研究”，日本造船学会論文集，Vol. 162 (1987)
- 2) 浦・大坪：“Gliding Performance and Longitudinal Stability of Free Swimming Vehicle”，Proc. PACON 88, (1988)



## 2. 粉体貨物の輸送に関する研究(昭和54年~)

海事特有の課題であるばら積み貨物の船倉内での挙動に関する研究をおこなっている。貨物の移動は法面崩壊あるいは液状化が原因でおこる。本研究室では、3軸試験を通じて、ばら積み貨物の力学的特性を研究する一方で、実務に直結する新しい判定法の開発をおこなっている。その成果は国際海事機関に日本国提案として昭和63年度に提出され、各国の注目を得ている。各国の要望により、日本国提案をさらに拡張した判定法を開発中である。

- 1) 浦・岡安・能勢・田中：“液状化による含水精鉱の荷崩れ”，日本造船学会論文集，Vol. 154 (1983)

- 2) 田中・浦：“Determination of Flow Moisture Point of Coal”，IMO, BC29/5/11(1988)

## 3. 係留方式の研究(昭和53年~61年)

伝統的なアンカーは、爪が抜けやすく、走錨事故の原因になる。海底でのアンカーの運動を土の切削力学の観点から研究し、走錨の実態を明らかにし、より信頼性の高いアンカーの研究開発をおこなった。現場で期待できる把駐力の推定法の開発研究、係留された船舶の振り回り運動や走錨中の船の挙動の研究など係留船舶の安全に関する研究をおこなった。これらの一連の研究に対して、昭和57年度服部報公会より「報公賞」が贈呈された。

- 1) 浦・山本：“Stability Considerations of an Anchor Dragged in Non-Cohesive Sea Bed”，Applied Ocean Research, Vol. 1(1978)
- 2) 浦・戸島：“繫留された浮体の過渡応答に関する基礎的研究”，日本造船学会論文集，Vol. 148 (1980)
- 3) 浦・能勢・坂巻：“アンカーの性能と錨地の評価に関する研究”，日本造船学会論文集，Vol. 160 (1986)
- 4) 浦・小林・梅津：“水ジェットによる海底砂の流動化の研究”，第8回海洋工学シンポジウム(1988)

## 4. 粉体流れの可視化の研究(昭和55年~60年)

連続体でない粉体や粒体の3次元的な変形は複雑で、計測が困難である。ガラス粉を屈折率の同じ $\alpha$ -ブロムナフタリン-テレピン油の液に浸して、粉体内部を透視し、変形を計測する方法を開発した。これを用いて、排土板前方の砂の3次元流れ、サイロの中の粒体の流れなどの計測をおこない、生じる歪や滑り線の解析をおこなった。

- 1) 浦・吉田：“粒状体の重力流れに関する実験的研究”，日本機械学会講演集，Vol. 830-12 (1983)
- 2) 浦・坂巻：“粉粒状体の三次元切削に関する研究”，日本機械学会論文集，Vol. 51, No 467 (1985)

## 5. 外海生簀の研究(昭和56年~58年)

栽培漁業の入れものである浮き生簀は内海用で、外海に出すと、長期に放置することができない。網の運動といかだ枠の運動と変形を同時に扱った浮き生簀の挙動解析について研究し、より高い波高の海面にでも設置可能な浮き生簀の研究をおこなった。

- 1) 浦・能勢：“外海生簀の動力学の研究(1)”，生産研究，Vol. 33-11 (1981)

## 樋口 研究室 (機電制御工学)

助教 樋口 俊郎 (昭和53年度~)

当研究室はメカトロニクスに関する研究を行っており、アクチュエータと磁気軸受の開発と制御の研究を進めて来ている。発足当初は精密工作部門を担当していたが、昭和56年度より機械力学部門に移り、大島康次郎教授 (現名誉教授) の専門分野を継承している。昭和55年度に水野毅助手 (現埼玉大学助教授) と池田耕吉技官が加わり研究室としての体制が整った。昭和60年9月に水野助手が職業訓練大学校に転出し、同年10月に岡宏一助手が加わった。

この10年間に受け入れた大学院生は修士課程が14名 (内留学生2名) 博士課程が7名 (内留学生3名) である。産業界との共同研究を積極的に進めており、受託研究員と研究生を延べ30名ほど受け入れている。以下に研究課題と成果を概述する。

## 1. 磁気軸受の制御と応用に関する研究 (昭和55年~)

高速回転体のジャイロ効果<sup>1)</sup>と不釣合の影響を考慮した磁気軸受の制御系の構成法を現代制御理論に基づいて明らかにし、有効性を実証した後、これを応用した高速釣合い試験機を開発した。また、DSP等を利用したデジタル制御の研究を行った。

## 2. ステップモータの制御に関する研究 (昭和53年~)

回転に伴って発生する逆起電力を検出する方法を考案し、これを利用した閉ループ制御駆動法を開発した。負荷トルクの検出法、ダンピング特性の改善、中周波共振現象の解析<sup>2)</sup>等、総合的に研究を行った。

## 3. 非円形輪郭切削に関する研究 (昭和55年~)

数値制御による非円形輪郭切削機構を開発した。バイトの位置決め機構として、電気油圧サーボ機構を利用し、さらに、電磁力駆動のものを考案した。サーボ系の遅れを逆伝達関数補償法で補正し、繰返し制御を利用して高速高精度加工を実現した<sup>3)</sup>。

## 4. FA用搬送装置の開発 (昭和55年~)

リニアステップモータを利用した工程間自動搬送装置を開発し<sup>4)</sup>、昭和59年からワイヤーを用いた3次元クレーンとスタッカークレーンの開発を始めた。

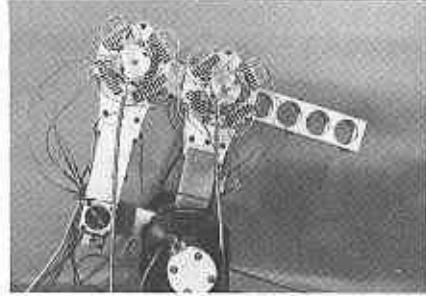
## 5. 完全非接触アクチュエータの開発 (昭和59年~)

磁気回路を工夫することによって、ステップモータと磁気軸受の両方の機能を一体で有するアクチュエータを考案した<sup>5)</sup>。種々の形態のものを試作し、その性能を検討した結果、単にクリーンルームや真

空用として適しているだけでなく、摩擦が無いことにより高精度の位置決めが可能なことを明らかにした。

## 6. 超精密位置決め機構の開発 (昭和57年~)

摩擦で保持された固体の一端に制御した衝撃力を加えることによって微小距離の移動を行おうとするものである。衝撃電磁力を用いる方法と、圧電素子の急速変形に伴う作用力を利用する方法<sup>6)</sup>を開発し、数nmの分解能を有する位置決め機構を実現した。XYθテーブルやマイクロロボットへの適用を試みた。



## 7. クリーンルーム用ロボットの開発 (昭和61年~)

関節に磁気軸受を利用した塵を発生しないロボットの開発を行っており、基礎実験を目的として、上部2関節のみを磁気軸受とした写真の平行リンク形ロボットを試作した。

## 8. 精密自動組立用ハンドの開発 (昭和61年~)

磁気軸受やリニアモータを利用し、コンプライアンスを自在に制御できるハンドを開発することにより、人間では難しい組立作業の自動化に成功した。

## 主要論文

- 1) 5自由度制御形磁気軸受制御系の研究, 計測自動制御学会論文集, 18, 5, 507~513 (1982)
- 2) PM形ステップモータにおける中周波共振現象の解析, 精密機械, 50, 2, 376~380 (1984)
- 3) 逆伝達関数補償法を組みあわせた繰返し制御を適応したバイトの位置決め制御, システムと制御, 30, 8, 503~511 (1986)
- 4) Application of Linear Stepping Motors to Automated Conveyor System Bulletin of the Japan Society of Precision Engineering, 17, 1, 31~34 (1983)
- 5) 磁気吸引浮上機能を有するリニアステップモータ, 電気学会論文集, D107, 1, 50~56 (1987)
- 6) 圧電素子の急速変形を利用した超精密位置決め機構, 精密工学会誌, 54, 11, 2107~2112 (1988)

## 木下 研究室 (海事流体力学)

助教授 木下 健 (昭和53年度~)

本研究室は昭和53年10月に発足し、船体運動学部門の一員として前田研究室と密接な連携のもとに、船舶および海洋構造物の運動と、それに関連する流体力学の研究を行っている。構成は、西篠憲一助手 (昭和54-57, 現在運輸省), 高岩千人助手 (昭和58-), 板倉博技官 (昭和62-) および大学院学生である。木下助教授は昭和58-59年に約11ヶ月間英国政府留学生として、エジンバラ大学, ブルネル大学に滞在した。

1. 多胴船型浮消波堤の開発 (昭和53-61年)<sup>1,3)</sup>

大水深用かつ水質汚染を伴わない防波堤として浮消波堤が注目されている。その係留系に加わる波力を最小化した新型の浮消波堤を開発した。三次元的散乱と浮体間水面の同調定在波を利用し、入射海洋波の無反射, 低透過を実現し, 軽量化も可能となった。その結果, 大波高不規則波中の係留力は従来型に比べ10分の1に軽減出来るようになった。

2. 波浪発電に関する研究 (昭和54-61年)<sup>2,4,5)</sup>

海洋波のエネルギーは低密度で季節変動もあるため, 大規模利用をするには欠点はあるものの, そのエネルギー吸収の技術は大型海洋構造物の荷重や挙動の制御, 洋上基地のエネルギー供給等の目的には大変重要である。

まず一次変換について, 二次元的装置と三次元的装置のおおのについて理論的, 実験的に研究し理論的設計法を確立した。特に不規則波中での予測法, 漂流力の特性, 連成運動の影響を明らかにした。次に, 二次変換を含む全体システムのシミュレーションを完成し, 山形県三瀬における実海面の実用実験の結果と良く一致することを示し, 最適システム設計を可能とした。

3. 波浪中係留浮体の長周期運動の非線型波力と確率密度・統計値に関する研究 (昭和59年-)<sup>6,7)</sup>

浮遊式海洋構造物は位置保持のため係留されるが, その水平面内運動の固有周期は一般に非常に長い。この運動に対しては減衰力が大変小さいため, たとえ外力が小さくても大きな変位が生じ, 構造物や係留系の設計に問題を生じさせる。外力として海洋波を考え, 1次と2次の波力の応答関数を, 周波数領域で3次元の特異点分布法による表面圧力の積分か

ら求め, 前後揺について水槽での模型実験と比較し良好な一致をみた。次に1次と2次の全応答の確率密度を, ラゲール展開により近似する新しい理論を導き, 設計に重要な各種統計値には線形応答と2次応答の確率的干渉が無視出来ないことを示した。

4. 波浪中の長周期運動に対する減衰力と付加質量に関する研究 (昭和61年-)<sup>8)</sup>

係留浮体の長周期運動は同調現象であり, 外力に周波数依存性がある場合は, 減衰力と付加質量が外力とともに応答の大きさを決定する。波浪中では減衰力が著しく増加することが知られていたが, 波高, 波周期, 長周期運動の振幅, 同周期の系統的組み合わせの強制動揺実験により, 減衰力増加のポテンシャル成分 (波漂流減衰力) と粘性成分 (坑力係数の波による増加) の特性を実験的, 理論的に求めた。さらに付加質量も波浪中では著しく変化することが明らかになりその特性を調べている。

## 主要論文

- 1) T. Kinoshita et al.: On the Multi-Body-Type Floating Breakwater, 日本造船学会論文集, 149, 1981
- 2) T. Kinoshita et al.: Fundamental Research on Absorbing Energy from Ocean Waves, 1st & 2nd Reports, Naval Arch. and Ocean Eng., 21, 22, 日本造船学会, 1983, 1984
- 3) T. Kinoshita and K. Takaiwa: Multi-Body-Type Floating Breakwater in Irregular Waves, Naval Arch. and Ocean Eng., 23, 107~113, 日本造船学会, 1985
- 4) T. Kinoshita and K. Masuda: System Simulation and Optimum Design Method of OWC-Wells Turbine Wave Power Generator, 生研報告, 32, 5, 1986
- 5) H. Maeda and T. Kinoshita: Fundamental Study on Ocean Wave Energy Absorption, 生研報告, 33, 2, 1986
- 6) T. Kinoshita et al.: Simulation of Motions of Moored Vessel in Waves and Comparisons with Measured One, 関西造船協会誌, 203, 1986
- 7) S. Kato, S. Andou and T. Kinoshita: On the Statistical Theory of Total Second-Order Responses of Moored Floating Structures, OTC, 4, 243~257, 1987
- 8) 木下, 高岩: 係留浮体の波浪中長周期強制動揺試験について, 日本造船学会論文集, 162, 251~258, 1987



## 谷 研究室 (工作機械工学)

助教授 谷 泰 弘 (昭和56年度~)

講 師 仙 波 卓 弥 (昭和59年度~60年度)

本研究室は昭和56年4月に発足し、切削工作計画工学部門の一員として、佐藤研究室と密接な連携のもとに、砥粒加工法、加工面の評価、工作機械要素技術に関する研究を行っている。これらの研究は、仙波卓弥助手 (昭和57年7月~昭和61年3月) と池野順一助手 (昭和61年4月~)、上村康幸技官 (昭和60年4月~) によって分担されている。

谷 泰弘助教授は、昭和61年9月より先端素材開発研究センターへ配置換えとなり、第2部は兼務となり現在に至っている。また、谷助教授は昭和62年9月より約10カ月間日本学術振興会特定国派遣研究者として、クランフィールド工科大学に滞在した。

### 1. アルミニウム複合材の低温切削

(昭和56年度~昭和57年度)

アルミニウムの母材にセラミックス繊維を混入したアルミニウム複合材の切削性を改善するため、佐藤研究室尾高元技官の協力を得て、極低温状態で切削を行い、仕上げ面粗さが向上することを判明した。

### 2. 磁性流体の磁気浮揚現象の研磨法への応用<sup>1)</sup>

(昭和57年度~昭和59年度)

砥粒が流体支持された形態の研磨法の高効率化のため、磁性流体の磁気浮揚現象を利用し砥粒を流体の上層に高密度に浮揚させて研磨を行い、同程度の粗さが得られるポリシングに比較し高効率を得た。

### 3. 超音波顕微鏡による加工変質層の評価<sup>2)</sup>

(昭和57年度~)

佐藤研究室の協力のもとに、仙波助手 (現在福岡工業大学助教授) が中心となり、加工変質の度合いおよび加工変質層の厚みが、超音波顕微鏡を利用して弾性表面波の音速および反射波の減衰を反映した空間反射パワーにより定量的に評価された。

### 4. 薄膜の厚み計測<sup>3)</sup> (昭和57年度~昭和59年度)

ある基板上に形成された薄膜での音速が基板での音速よりも遅い場合には、ある特定の周波数で著しい吸収が生じ、この現象を利用して超音波による高精度の厚み計測が可能であることが判明した。

### 5. 高密度低結合度砥石の開発<sup>4)</sup> (昭和59年度~)

ラッピング砥石の高精度仕上げへの適用を図るために、砥粒を高密度に充填ししかも結合度が低い砥石を開発した。この砥石により高能率に $0.1\mu\text{m}$

$R_{\text{max}}$ 以下の仕上げ面を得ている。

### 6. 工作機械構造の最適設計<sup>5)</sup>

(昭和59年度~昭和60年度)

佐藤研究室尾高元技官の協力を得て、パーソナルコンピュータを用いて工作機械構造の動剛性評価を簡易に行うシステムを製作した。

### 7. プレーティング研磨の研究 (昭和59年度~)

微細砥粒を使用して、銅を他の金属の試料とともに研磨を行うと、銅が別の金属の上に付着する。池野助手が中心となって、この最適付着条件および付着膜の性質について検討を行っている。

### 8. 次世代超精密旋盤の開発 (昭和59年度~)

より高精度の加工を実現するため、加工概念や加工機械の要素技術、計測技術に関して検討を行い、新しい機械要素を取り入れた旋盤を製作している。

### 9. 多孔質真空チャックの開発<sup>6)</sup> (昭和60年度~)

加工物の支持剛性の均一化を図るため、プラスチック多孔質体を利用した真空チャックを開発した。この真空チャックの機械的特性等が加工面の形状精度に及ぼす影響について検討している。

## 主要論文

- 1) Y. Tani and K. Kawata: Development of High-Efficient Fine Finishing Process Using Magnetic Fluid, Annals of the CIRP, 33-1 (1984) 217
- 2) Y. Tsukahara, E. Takeuchi, E. Hayashi and Y. Tani: A New Method of Measuring Surface Layer-thickness Using Dips in Angular Dependence of Reflection Coefficients, IEEE 1984 Ultrasonics Symposium, 2 (1984) 992
- 3) 谷・尾高・佐藤: パーソナルコンピュータによる工作機械構造の動剛性評価支援システムの開発, 機論C, 51-465 (1985) 1090
- 4) Y. Tani and K. Kawata: Development of a High-Efficiency Finishing Process Using 'Liquid-Bonded Wheel', Annals of the CIRP, 35-1 (1986) 215
- 5) T. Semba, Y. Tani and H. Sato: Quantitative Evaluation of the Heat-Damaged Layer on a Ground Surface Using a Scanning Acoustic Microscope, Annals of the CIRP, 36-1 (1987) 417
- 6) 谷・池野・佐藤・冷水: ナイロン焼結体の真空チャックへの応用 (第1報, 吸引保持性能の検討), 機論C, 54-500 (1987) 998

## 横井 研究室 (プラスチック加工学)

助教授 横井 秀俊 (昭和58年度~)

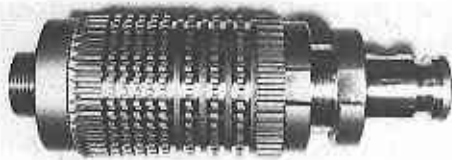
講師 平岡 弘之 (昭和61年度)

昭和58年に発足以来、(1)プラスチックの精密プレス加工と、(2)新しい型および工具の開発とシステム化、という2つのテーマを起点に研究活動を行って来た。この間、前者ではプレス加工の枠組みを越えて射出成形をはじめとする溶融成形・各種計測技術などプラスチック加工全般に視野を押し広げ、また後者では積層金型から積層ブローチの思想に到達している。いずれも従来技術とは異なる角度からのアプローチにより社会的ニーズに応えようとするもので、鷹崎誠治技官 (昭和60年度)、平岡弘之講師 (昭和61年度)、村田泰彦助手 (昭和62年~) らによって基礎研究から出発し技術的完成・実用化・体系化を目指し研究が進められてきた。当初からの加工情報処理工学の専門分野名を、昭和62年8月以降プラスチック加工学と変更し、現在に至る。

### I. 加工情報処理

新しい積層構造の工具開発(1)(2)とそのためのCAD/CAMシステム構築、また一部CAEの要素技術の改良(3)を手がけた。

- (1) レーザ切断による薄板積層抜き型 (昭和58~59年度, 中川研究室との共同研究)
- (2) ワイヤ放電加工による薄板積層ブローチとCAD/CAMシステムの開発 (昭和60~63年度)
- (3) 幾何モデルと解析モデルの同一化手法の研究 (昭和60~61年度)



スプライン歪取り用の積層ブローチ▶(2)

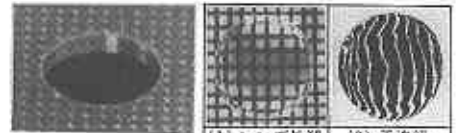
### II. プラスチックとその複合材料の新加工技術

プラスチック複合材料の汎用高精度せん断技術として振動仕上げ抜き(4)の実用化が行われた。同法により培われた「同一領域の繰り返し塑性変形は、同領域の局所的熱軟化・溶融をもたらす」との基本思想は、その後振動加工による局所的な各種成形とレンズ成形(7)、異種材料の接合(5)(8)へと道を拓き、さらに型内直接成形の思想(9)を提示した。

- (4) 振動仕上げ抜きの実用化研究 (昭和58~59年度, 中川研究室との共同研究)
- (5) プラスチックの振動熱接合 (昭和60~62年度)
- (6) 水シャワーリングによるFRPのプラズマジェット切断処理 (昭和60~61年度)
- (7) プラスチックの振動熱成形の開発とプラスチックレンズ成形への応用 (昭和60~63年度)

- (8) プリント基板・プラスチックPGAの振動ピン立て加工 (昭和62年度~)

- (9) アクチュエータ内蔵金型による射出成形型内直接精密成形の基礎研究 (昭和63年度~)

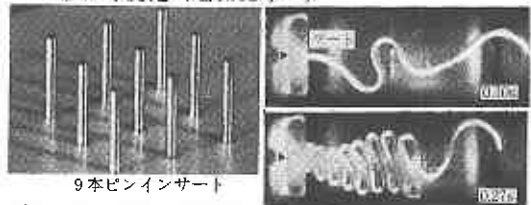


Kevlar49複合材の振動仕上げ抜き加工▶(4) 振動熱成形レンズの特性▶(7)

### III. プラスチック射出成形の基礎計測技術

射出成形は、その技術的な成熟度に反し、型・成形機内部の現象的な解明が大幅に立ち遅れている。そのため、高速ビデオによる実用的な汎用可視化技術(10)(11)と、極めて困難とされた板厚方向の温度分布と樹脂流動の計測手法(12)(13)を提案し、成形現象解明の基礎実験を通して有効性を実証した。

- (10) ガラスインサート金型による型内樹脂流動の画像計測 (昭和61年度~)
- (11) 可視化加熱シリングによる可塑化プロセスの画像計測 (昭和62年度~)
- (12) パターン形成集積熱電対センサによる溶融流動樹脂内部の温度分布計測 (昭和62年度~)
- (13) ゲート着磁法による型内3次元樹脂流動分布の可視化 (昭和62年~)



9本ピンインサート プラスチックPGAの振動ピン立て加工▶(8) ジェットニング生成過程▶(10)

## 都 井 研 究 室 (計 算 力 学)

助 教 授 都 井 裕 (昭 和 59 年 度 ~)

当研究室は「計算力学 (Computational Mechanics)」, すなわち, 有限要素法などの離散化解析手法による計算機シミュレーションを手段とした応用力学 (主として固体力学) の研究を行っている。

当研究室が, 発足したのは5年前であるが, 助教授都井は, それ以前の5年間も研究担当として, 本研究所第2部川井研究室と共同研究を行っていたので, ここでは, 過去10年間にさかのぼって, 研究内容を説明させていただく。

昭和54年から昭和60年にかけて, 川井により創始された固体の極限解析用離散化モデルである「剛体・ばねモデル (Rigid Bodies-Spring Models)」を, 一般薄肉鋼構造の一般非線形問題に応用するための一連の基礎研究を行い, これを「離散化極限解析法 (Method of Discrete Limit Analysis)」と称した。シェル構造・薄板構造の塑性崩壊, 塑性座屈, 動的崩壊, クラッシュなどの解析を通じ, 鋼構造の離散化極限解析アルゴリズムを確立した。これらの研究内容は, それ以前の成果も含めて2冊の生研報告<sup>1),2)</sup>にまとめられている。また, 本手法の他方面への応用として, 鉄筋コンクリート構造, 氷盤, ブロック集合体の非線形挙動のシミュレーションを試みている。

昭和57年頃より, 構造要素の衝突圧壊問題 (クラッシュ問題) に取り組んでいる。すなわち, 円筒鋼管, 角型鋼管, トーラスなどの代表的構造要素の超大変形圧壊時の挙動に対する数値的・実験的研究を通じ, 離散化極限解析法, 非線形有限要素法などの数値手法のクラッシュ解析におけるfeasibilityを検討するとともに, これらの構造要素のクラッシュ挙動 (特にlocalizationに起因する圧壊モードの変化) を明らかにし, 衝突エネルギー吸収特性を把握することを試みている<sup>3),4)</sup>。これまでの研究は薄肉板殻構造としての解析が中心であったが, 近年は骨組構造および3次元中実体のクラッシュ問題を含めている。また, 衝突圧壊挙動における重要因子の一つである接触問題についても, ペナルティ法の応用に関する基礎研究を実施した。

都井は, 昭和62年11月より約1年間, 米国ジョー

ジア州アトランタのジョージア工科大学計算力学センターに, 客員助教授として滞在し, 同センター長であるAtluri教授と, microcrackingを伴う脆性材料 (セラミックスが典型例) の静的・動的破壊力学に関する共同研究を実施する機会を得た。この研究においては, まず, 損傷力学の手法によりmicrocracking材料のひずみ速度依存型構成式を増分形で記述した上で, microcracking材料中に存在するmacrocrackの静的および動的荷重下での定常および伝播挙動を, 有限要素法でシミュレートし, いわゆる'microcrack toughening (or shielding) effect'の現象説明, および種々のパラメータ (粘性係数, 亀裂伝播速度など) の影響の定量的把握を試みた<sup>5),6),7)</sup>。セラミックスを中心とする新素材あるいは新素材構造物の破壊力学・構造力学は今後, 当研究室の主要研究テーマの一つとなる予定である。

## 主要論文

- 1) Y. Toi and T. Kawai: Discrete Limit Analysis in Structural Mechanics (The Rigid Bodies-Spring Models and Their Applications to Plastic Collapse Analysis of Beams, Plates, Frames and Shells), Report of the Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Vol. 33, No. 6, (1987).
- 2) Y. Toi and T. Kawai: Discrete Limit Analysis of Thin-Walled Structures (Flat Rigid Plate Element and Its Applications to Plastic Collapse, Inelastic Stability, Dynamic Collapse and Crushing Problems), *ibid.*, Vol. 34, No. 1, (1987).
- 3) 都井: 構造要素クラッシュ挙動のモデル化とシミュレーション, 生産研究, 第38巻, 第8号, (1986), 23~30.
- 4) 都井他: 構造要素の衝突圧壊問題に関する基礎的研究, (その1)~(その5), 日本造船学会論文集, 第159, 160, 161, 162, 164号, (1986~1988).
- 5) Y. Toi and S.N. Atluri: Finite Element Analysis of Static and Dynamic Fracture of Brittle Microcracking Solid, Part 1; Formulation and Simple Numerical Examples, *Int. J. of Plasticity*, (1989) to appear.
- 6) *Idem.*, Part 2; Stationary and Growing Macro-Cracks Under Static Loading, *ibid.*, (1989) to appear.
- 7) *Idem.*, Part 3; Stationary and Rapidly-Propagating Cracks Under Dynamic Loading, *ibid.*, (1989) to appear.

## 木村 研究室 (トライボロジー)

教授 木村 好次 (昭和61年度~)

トライボロジーは、摩擦・摩耗・潤滑などを対象とする分野で、境界領域的なアプローチに重点をおいた研究を進めている。

## 1. 弾性流体潤滑のトラクション

ころがり接触によって動力を伝達するトラクション・ドライブは、十分な耐久性をもつために流体潤滑下で運転することが必要であり、その伝達特性は潤滑油によって左右される。潤滑油の非ニュートン粘弾性を考慮した解析にもとづいて、トラクション特性と潤滑油の分子構造との関係を調べた。

## 2. エマルションの潤滑特性

O/Wエマルションを潤滑剤に用いると、そのバルクの性質とは異なった特性が現れ、適当な界面活性剤の使用により優れた潤滑効果が期待される。ころがり接触における流体潤滑特性を、表面エネルギーの差にもとづく油滴のトラップと、トラップされた油相による潤滑として解析を行っている。

## 3. エンジニアリング・セラミックスの摩耗

摩擦面材料として、窒化けい素の実用化が試みられている。実際の使用条件に近い面接触における摩擦・摩耗特性と、表面損傷の形態、それらに及ぼす気体雰囲気、潤滑剤、潤滑剤中の水分などの影響について、実験的研究を進めている。

## 主要論文

- 1) M. Muraki and Y. Kimura: A Simplified Thermal Theory of EHL Traction, Proc. JSLE Int. Trib. Conf., (1985) 961.
- 2) M. Muraki and Y. Kimura: Traction Characteristics of Lubricating Oils (5th report), J. JSLE Int. Ed., 7 (1986) 119.
- 3) Y. Kimura and K. Okada: Elastohydrodynamic Lubrication with Oil in Water Emulsions, Proc. JSLE Int. Trib. Conf., (1985) 937.
- 4) Y. Enomoto, Y. Kimura and K. Okada: Wearing Behavior of Silicon Nitride in Plane Contact, Proc. IMechE., Tribology-Friction, Lubrication and Wear Fifty Years On, (1987) 173.

## 大島 研究室 (制御工学)

教授 大島 康次郎 (昭和21年度~54年度)

大島研究室は制御工学の研究を継続してきましたが、昭和55年4月1日の定年退官にともないその研究活動を終了しました。昭和17年10月1日東京帝国大学第二工学部講師を任命されて以来、生産技術研究所移行を経て、38年間の長い年月にわたって東京大学において教育研究活動を続けることができましたことは最高の荣誉と幸福でありました。その間、非常に優れた先輩、同僚、後輩に囲まれ、恵まれた研究環境を与えられましたことを衷心から感謝致しております。大島研究室の閉鎖にともないその研究施設、活動は樋口俊郎助教授に継承して貰うことになりました。わが国の制御工学の研究、学会活動は昭和22年9月に第二工学部を中心として設立された自動制御懇話会に端を発しておりますので、情報工学とともに今後ますます重要性を増すと思われる制御工学の研究を生産技術研究所が発展させることを願って止みません。

## 主要論文

- 1) Y. OSHIMA & Y. EBINA  
A Position and Attitude Detector for Laser Beam Guidance System of Shield Machine. Proc. of 8th IFAC World Congress, Kyoto 1981
- 2) 毛利・大島・尹  
レーザ光を用いたICチップの姿勢角制御 計測自動制御学会論文集 17巻8号 p. 837~843, 1981年11月

## 石原 研究室 (流体動力工学)

教授 石原 智 男 (昭和24年度~58年度)

講師 正 司 秀 信 (昭和55年度~57年度)

当研究室では、流体力学の基礎に立って、主として各種流体機械・装置の開発と性能向上を目標とする理論的ならびに実験的基礎研究を行うとともに、高性能流体機械・装置の設計に役立つ各種の資料を発表してきた。昭和24年以来継続してきた自動変速機の研究を例にとれば、当研究室によって理論的に確立されたトルクコンバータの性能解析法と設計法によって、わが国初のトルクコンバータ継手が製作され、この結果は専門技術者によって広く活用され、乗用車などの自動変速機の実用化と普及に役立てられた。更に自動変速機に付属する補助変速機構の変速制御のあり方を理論的に解明し、その高性能化に大きく寄与してきた。別の例として昭和32年以来継続して行ってきた油圧機器の研究では、ピストン形を主対象として、その高圧・高速化をはかるため、特殊平面推力軸受に関する理論的ならびに実験的解析を行い、油膜の挙動を解明するとともに高性能油圧ポンプおよびモータの設計指針を明らかにした。更に油圧システムに使用される油圧制御弁の安定問題を明らかにし、新しい電気油圧制御弁を開発した。これらの研究は大学院学生その他の研究生の参加のもとに、田中裕久研究員、古屋七郎助手、山下良介助手、長瀬久子技官、斎藤誠技官の協力によって行なわれた。

### 1. トルクコンバータ羽根車内の流れの解析

(昭和54年度~昭和58年度)

省エネルギーの要望から、自動車特に乗用車に多用される自動変速機の効率向上が重視されている。自動変速機の主要素であるトルクコンバータの性能向上のためには、これを構成する3種類の羽根車内の流れを微視的に解明する必要がある。当研究室では、まず理想流体の仮定のもとに有限要素法を用いて数値的に流れの解明を試みた。その結果はある程度実験結果を説明するものではあったが、性能向上に大きく寄与するものではないことが判明した。トルクコンバータのように複雑な羽根車の組み合わせの場合、粘性流の厳密解を直接求めることの困難さを考え、羽根車内の圧力平衡の条件から滑らかな流れを保つような羽根形状のあり方の究明を試みた。その結果は、トルクコンバータの高性能化に対して実用

的に有用な指針を与えるものとなり、最新のトルクコンバータ設計に反映されている<sup>1)</sup>。

### 2. トロイダル型無段変速機の研究

(昭和54年度~昭和58年度)

省エネルギーに関連して、高効率で耐久性のある重負荷用の無段変速機の開発が望まれている。その一つとして、薄い流体膜を介して動力を伝達するトラクション・ドライブ方式の将来性が注目されている。当研究室では、この方式に属するトロイダル型無段変速機について、トラクション発生機構の理論解析をもとに、耐久性を重視した新しい設計法を確立し、試作実験を続けてきた<sup>2)</sup>。その結果、トラクション発生機構の問題点が指摘され、この形式の無段変速機の実用化のためには作動流体の特性改善がきわめて重要であることが明らかにされた。

### 3. 油圧作動油のキャビテーションの研究

(昭和54年度~昭和58年度)

油圧機器におけるキャビテーションの発生は、油圧機器の性能低下と構成部品の劣化をもたらすため、実用上重視されているにもかかわらず、発生条件に関する未解明の課題が多い。当研究室では、まず鉱物油の非定常流におけるキャビテーション現象を、レーザ光を使用して詳細に観測した。その結果、鉱物油の空気含有量がキャビテーション発生に微妙な影響を与えることと、非定常流に特有の現象の存在が明らかにされた<sup>3)</sup>。更に、将来の作動流体とみなされる高濃度含水作動液のキャビテーション発生条件を明確にするため、超音波を使用するキャビテーション検出装置を開発し、これによって詳細な実験を行った。その結果、含水作動液の場合には界面活性剤の影響の大きいことが明らかにされた。

#### 主要論文

- 1) T. Ishihara et al.: An Experimental Analysis of Fluid Flow in a Torque Converters, SAE Paper 830571 (1983)
- 2) H. Tanaka, T. Ishihara: Electro-Hydraulic Digital Control of Cone-Roller Toroidal Traction Drive Automatic Power Transmission, Trans. ASME Vol. 106 (1984)
- 3) T. Ishihara et al.: An Experimental Study on Cavitation in Unsteady Oil Flow, Bull. JSME Vol. 22, No. 170 (1979)

## 高橋 研究室 (海事構造工学)

教授 高橋 幸伯 (昭和39年度~59年度)

船体構造強度の立場から、造船用材料および船体構造要素の強度特に疲労強度、北太平洋の気象海象の統計解析、実船航走時の波浪荷重および船体応答の計測とその統計解析、外洋波浪計測用の投棄式波浪ブイの開発研究などを行った。

これらの研究に関しては、浦環助教授、小畑和彦助手、熊勢義昭助手、杉田洋一技官らの協力に負うところが多い。

### 発表論文

- 1) SR163 (高橋ほか) : 気象海象および船舶の波浪中応答に関する統計解析ならびに実船計測 : 造研資料 : 277 (1977), 293 (1978), 312 (1979), 325 (1980), 日本造船研究協会報告, 97 (1981)
- 2) SR163 (高橋ほか) : 「Wind and Waves of North Pacific Ocean, 1964~1973」, 日本造船研究協会 (1980)
- 3) 高橋ほか : コンテナ船の長期実船計測, 第1報, 日本造船学会論文集, 150 (1981)
- 4) 高橋ほか : コンテナ船の長期実船計測, 第2報 : 日本造船学会論文集, 152 (1982)
- 5) Takahashi : Full Scale Measurements of a Container Ship, Proc. of the 2nd Internl. Sympto. on Practical Design in Shipbuilding, 1983, Tokyo and Seoul (1983)
- 6) 高橋ほか : 波浪ブイによる外洋波浪観測実験 : 生産研究 (1984)
- 7) 高橋, 町田 : 「基礎材料力学」, 培風館 (1988)

## 今中 研究室 (精密工作学)

教授 今中 治 (昭和58年度~59年度)

本研究室では、セラミックス類の精密加工に関する研究、特に砥粒加工分野における新加工技術の開発を目的として研究を進めた。主に行った研究は、

1. 電場・磁場援用の砥粒加工法の開発
2. 固相反応利用の超精密表面創成法の開発

で、そのほか、静電場利用のセラミックス接合法の開発、プラズマ利用による微粉分級法の開発、液体ジェットによる加工機構の検討などをも研究対象とした。

1. 電場・磁場援用の砥粒加工法の開発  
(昭和58年度~59年度)

従来のラッピング、ポリシングでは、加工精度は工具の精度に支配されるし、あまり複雑な形状の加工はできない。そこで、電場・磁場など場 (field) の働きを援用して砥粒の運動を規制する新しい方式の砥粒加工法 (Field-assisted Fine Finishing, FFFと略称) を実現しようとした。磁性流体利用のFFF、電気泳動現象利用のFFF、プラズマによ

る荷電粒子利用のFFFなどの可能性を確認した。これらFFFは、加工量を局所的に制御できるため、非球面の研磨にも適用できるものである。

2. 固相反応利用の超精密表面創成法の開発  
(昭和58年度~59年度)

軟質粒子によるメカノケミカルポリシングは、加工物より軟質で加工物材料との化学反応性をもつ粒子を用いる点で、在来の研磨法と異なる。粒子と加工物との接触点局部でメカノケミカルに生じた微小反応部分が除去され、加工が進行するものと考えられる。加工変質層がきわめて小さく、形状精度の高い平滑面の得られることを特徴とする。この考察結果を、Optical Society of America主催のTopical Meeting on the Science of Polishing (1984年8月, Monterey) の招待講演で発表した。

川井 研究室 (構造力学)

教授 川井 忠彦 (昭和38年度~60年度)

川井研究室は、昭和38年度より船体構造力学の研究を目的として発足したが、その当時欧米の航空機構造力学の研究者によって、開発の進められていた有限要素法の将来性に着目、昭和43年頃よりその技術の我が国への導入、普及ならびに開発に微力を尽くしてきた。その結果鉄鋼、造船、重電機、重機械、建設、自動車等主力産業の高度成長に眼に見えない貢献をなすことができた。この研究活動は、昭和50年まで続けられたが、特に昭和54年より船体や大型機械構造の振動、動的応答解析 (含地震工学) を主体とする耐震機械構造部門を担当することになり、構造物の動的破壊強度実用解析法の確立を目指して、構造力学の研究を展開することになった。そして有限要素法が固体力学非線形問題の解析において、当面している問題点 (解の信頼性、計算時間、コストなど) は、固体力学が基礎とする連続体仮設の限界に由来することを考え、有限個の剛体ブロックを分布ばね系で結合した剛体-ばねモデルと称する離散化力学モデルを昭和52年に発表した。爾来、昭和62年までの10年間にわたる基礎的研究により、同理論は主として鋼構造、コンクリート構造を含む構造力学および土質、岩盤力学の分野においてその実用性が立証され、最近では更に、粒状体力学、材料科学、地震工学、水海工学、整形外科バイオメカニクス固体接触論など理工学の広い分野にわたる応用研究が展開されつつある。この離散化モデルは物理的考察からえられたモデルであるため、その数学的意味づけが極めて困難であるが、梁については山本により、その収束性が立証され、板殻要素については、都井によりZienkiewicz, Hughesらの開発した低自由度要素との相関性が明らかにされた。さて、このようにして、構築された離散化解析法はやがて、Prager Druckerらによって創始された完全弾塑性の極限解析を一般化したものであることが明らかとなり、任意の三次元固体の非弾性大変形ならびに亀裂の影響を取り入れ、従来の有限要素法にのっとり静的のみならず動的極限解析が実用的なレベルで行えるところまで発展した。図1は剛体-ばねモデルの概要を紹介したもので、以下いくつかの代表的応用例を図示したものである。

