



DYNAMICS

機械力学部門ニュースNo.2

October 1988



機械力学部門の 活躍に思う

会長 堀 幸夫

機械力学部門は、現在本会で活動中の8つの部門（材料力学、機械力学、計算力学、流体力学、熱工学、

FA、ロボティクス、バイオエンジニアリング）の一番手として昨年四月に設立されました。そしてそれ以来、国際会議、講演会、講習会、研究会、勉強会など数多くの企画を執行し、際立った活動を展開して来られました。長松部門委員長はじめ関係各位のご努力に心から敬意を表する次第です。

いうまでもなく昨今は、変化の激しい時代です。新しい分野がつつぎに現れます。近年は、それに対応して新しい専門学会が続々と出現した時代でした。その中であって、本会のような長い歴史と多数の会員を有する大学会は、とかく過去の伝統や大きな慣性のため、その時その時の会員の新しい希望に十分答えることが出来ないきらいがありました。この点を改善し、学会にフレキシビリティを持たせるために導入されたのが部門制です。各部門にはかなりの自由度をもって活動して頂くという次第です。機械力学部門はその先頭に立って活躍して頂けるわけです。

近年、本会のような学会を基幹学会と呼んで専門学会と区別する考え方が出て来ましたが、部門制の導入により、本会が基幹学会の名に恥じない活躍をしようになるものと確信しています。つまり近年は、分化の時代であると同時に総合の時代でもあるわけです。このような時代には、深い専門知識を必要とする一方で、狭い分野だけの物の見方では不十分です。このような互いに相矛盾する要求に対応できるのは、かなりの自由度をもった部門の集合体である本会のような学会でなければならぬわけです。

また近年は国際化の時代でもあります。海外の大きな学術団体と対等の立場に立って国際会議を開催し、また海外に向けて独自の出版物を出して行くためには、それなりの伝統と規模が必要です。本会のような学会ならばそれが可能であるわけです。

このように考える時、本会にとって部門制の導入はきわめて重要であり、これからも多くの部門が委員会から移行し、あるいは新設されて行くことでしょう。この時にあたり、機械力学

部門が本会において示しておられる部門活動の模範の意味は極めて重大です。機械力学部門がこれからも益々発展されることを祈ってやみません。

定性的への反省

柴田 碧

(東京大学生産技術研究所)

ある時期には一寸した問題だと暗算的に数式を樹てて解いて、その解の見当をつけるということも不可能ではなかったのが、30才も半ばを過ぎる頃から式を樹てるのがおっくうになって来た。その反面、モデルを見ているとなにか起るか定性的にわかることが多くなって、自分でそれでよいとする自己満足に落ち入っていた。50才を過ぎて、定性的に考えることは重要だがそれでは不可ないと気付いたが、すこしおそかったようである。なくなられた巨理先生が55才を過ぎた頃、自動車の操舵性の論文だったかをご自身で計算して学会論文集に投稿され、まだ出来ると云ってられたことを今さらのように思いだす。

10数年前に、カリフォルニア大のHsu教授と話をしているうち、林千博先生の美しい位相図やHsu先生の描かれたBifurcationの図からなにか新しいことが出て来るのではないかと云うことになった。それは当時盛んだった高温ガス炉の炉心グラファイトの実験からの連想であった。多重の分岐の軌跡では、一寸した外乱が重なると、最終の到達点すなわち応答は非常に大きく乱れるという話である。Hsu先生は誰か日本から若い人をよこして呉れば共同研究をやってもよいと云われた。しかし、その折りがなく過ぎてしまった。これが後のカオスと同じものである。これに対する反省は、何もしなかったことにある。モデルがはっきりしていたので、モンテカルロ・シミュレーションをやれば、兎角、ある程度の結果が得られた筈である。その時の気持ちは、やって出て来る結果が分かっているシミュレーションなんかやってもつまらない、であった。このほかにも実験をやって、うまい結果が出てまともなことがいくつもある。予想した通りの結果は、定性的に事前に見当のついていたことは、なんとなく論文にまとめる意欲が湧かなかったのである。逆にいままでの論文を見ると、なんだかわからないのが多い。疑点があるから論文に書いたという感じである。このところヒューマン・エラーで学生を悩ましているがこれも反省すべきことのひとつかと思う。



部門活動への期待

副会長 下郷 太郎
(慶応義塾大学)

昭和61年の機械力学講演会の実行委員長を仰せつかったとき、私は二つのことを考えました。一つは東アジア諸国の機械振動研究者を招待すること、他の一つはそのために必要な予算をポスターセッション形式のハイテック展示会によって捻出することでした。当時非会員の外国人が外国語で私たちと一緒にテクニカルセッションで研究発表することは許されていませんでした。またポスターセッションのような研究発表形式も許されていませんでした。東アジアの研究者を招いたのは、昭和59年に上海で開かれた日中振動会議(会誌60年5月号参照)に引き続くアジア振動会議を機械力学講演会の中にも含めるためでしたが、これが計らずも講演会活性化及び部門活動活性化の一つのきっかけとなったようです。

昭和62年には学会創立90周年記念事業の一つとして、各地で各部門の集会所が開かれました。このときの集会所小委員会委員長を仰せつかった私は、企画を担当される各専門委員会にお願いしました——従来の規定に囚われることなく、独自の発想で講演会を企画していただきたいと。時恰も部門活動活性化の検討が大詰めに来て、昨年度から周知の通り機械力学委員会は部門としての新しい活動を始めることになりました。部門制にはいくつかの基本的な目標が掲げられていますが、要は各部門が独自の目標と方法をもつことだと思います。

機械学会は明治以来わが国における有数の基幹学会の一つとして発展してきましたので、そこには多くの先達によって培われてきた伝統的な方法があります。これは極めて貴重なものであり、これを引き継ぐにはまず部門運営の柱に当たる人々が人間的にも学問的にも信頼され尊敬されるところから始まらなければならないと思います。独自の目標をもって、たどていかに大規模な予算をとまなう事業を遂行しようとも、またそれがいかに型破りの方法によったとしても、信頼と尊敬の上に立つも

のであれば、機械学会の伝統は生かされていると言えましょう。もち論学会財政の健全性を損なわない限りにおいてですが。

幸いにして機械力学部門の運営委員会には、こうした条件を満たしてくれる新進気鋭の士が集まっているようです。ある大先生から伺った話ですが、ベンチャービジネス成功の秘訣は三つの「A」にあるそうです。すなわち、荒っぽくて、怪しげで、危ない。私はいま機械力学部門が「3A」だなどと申しませんが、これからの機械工学の展開には「危怪荒学」的発想が是非必要ではないでしょうか。ある実業家から伺った話ですが、昔は素晴らしい発想でもそれを実現させるまでに長い困難な道のりがあった。いまは周辺技術、市場、マスメディアの発達のお蔭でほとんどの発想を実現させることができるようになった。ただ不足しているのは発想そのものであると。

いまのところ各部門の活動の中心は集会所ですが、出版事業、研究協力、標準化、国際協力、表彰等においても独自の活動が期待されます(その一部はすでに実施されています)。各部門の間には共通の分野もありますから、共同の企画も立て易いように組織が運営されなければなりません。部門によっては縄張り争いが起きていますが、これでは信頼と尊敬が得られません。現在8部門が発足しており、これからも部門の数はすこしずつ増えるでしょうが、小さな部門が多くなるのは学会財政の面で好ましくありませんから、重要ではあるが特殊な分野と思われるものは、従来の専門委員会を通じて会員へのサービスが行えるように組織化されるでしょう。

部門活動に際して留意すべき点は支部活動との調和です。支部が各部門の活動によって分断されては、地方在住の会員はお互いに孤立してしまっています。支部と部門との共同企画はあくまでも支部所属会員のためのものであることは言うまでもありません。支部には部門を越えた支部独自の目標と方法がありますし、またそこから新しい発想が生まれることが期待されます。

学会はもともとひと握りの研究者が集まってできたものかもしれませんが、機械学会はいまやひと握りの研究者のためばかりでなく、不特定多数の会員のためにも有意義で楽しく、時代感覚と生活感覚に溢れたものでなければその存在理由を失います。部門活動はその期待に応えるべく発足したものです。

運営委員一覧(昭和63年度)

委員長 長松昭男(東工大) 副委員長 原 文雄(理科大)
幹 事 吉田和夫(慶大)
委 員 *石浜正男(日産) 岩壺卓三(神戸大) *内山勝(東北大) 太田 博(名大) 金子成彦(東大) 小林暁峰(日立製) 佐藤秀紀(金沢大) 斉藤 忍(IHI) 清水信行(いわき明星大) 末岡淳男(九大) 背戸一登(防大)

谷 順二(東北大) *永井正夫(農工大) 長屋幸助(群馬大) *野波建蔵(千葉大) *藤岡健彦(東大) *藤田勝久(三菱重) *松久 寛(京大) 森下 信(横国大) 村井秀児(小松) 本江 明(東芝) 山川 宏(早大) 山田一郎(NTT) 山田 元(北大) 芳村敏夫(徳島大)
学会事務 増田一夫 *新委員

昭和62年度までの運営委員(ご苦労様でした)

委 員 小野隆彦(小野測器)、小泉孝之(三菱電機)、森村浩明(日産)、渡部 和(日立精工)

DYNAMICS REPORT:1

分科会、研究会一覧

P-SC098

耐震設計のための解析手法の合理化と 改善に関する研究分科会

設置期間 昭和60年7月～昭和63年6月末

主 査 柴田 碧 東京大学生産技術研究所・教授
〒106 港区六本木7-22-1

目 的 原子力発電所をはじめ重要施設の機器・配管系の耐震設計は、その動的特性と地震応答の解析によって支えられている。昭和40年代より逐次発表してきた解析法は現在曲がり角にきている。それは、解析プログラムが設計を目的としたものと、実機の挙動をシミュレートしようとしたものと2通りあるが、その目的が明確に認識されないままに最近の実験結果と比較され、結果が合うかどうかの議論がなされ、いたずらに高級なプログラムの導入が企画されるようになっている。ここでは設計に必要な合理的なプログラムがどのようなものであるかを解明する。

P-SC105

往復圧縮機・配管系の圧力脈動調査研究分科会

設置期間 昭和60年11月～昭和63年10月末

主 査 葉山 眞治 東京大学工学部・教授
〒113 文京区本郷7-3-1

目 的 往復圧縮機まわりの配管系には圧力脈動が発生し、配管振動や圧縮機の性能低下などの原因となる。そのため設計時に脈動解析が要求され、米国石油協会の規格 (API Standard-618) にも、その事前検討が規定されている。本分科会では、往復圧縮機の吸込・吐出によって励起される配管系の圧力脈動に関して、その解析手法やモデル化の方法を検討するとともに、既存の脈動解析プログラムによる計算結果や実験結果を収集比較することにより、解析手法の標準化のための基礎資料を調査研究する。

P-SC117

非接触シールの静および動特性に関する研究分科会

設置期間 昭和61年7月～昭和63年6月末

主 査 岩壺 卓三 神戸大学工学部・教授
〒657 神戸市灘区六甲台町1

目 的 タービン、コンプレッサ、ポンプ等に用いられている非接触シールが原因で、しばしばロータが不安定振動を起し、問題となっている。そこで、本研究分科会では、このような非接触シールの静特性と動特性に関する研究および情報の収集を行い、それらがロータの安定性に及ぼす影響について研究することを目的とする。

P-SC147

電磁場下の機械・建造物の

ダイナミクスに関する調査研究分科会

設置期間 昭和63年4月～昭和65年3月末

主 査 谷 順二 東北大学高速力学研究所・教授
〒980 仙台市片平2丁目1-1

目 的 最近の高温超電導物質の発見は、近い将来大きな技術革新が確実にもたらされることを示している。この新技術の開発には、強電磁場下の機械・建造物のダイナミクスを解明することが必要不可欠である。本分科会は、機械力学とそれ以外の研究者が有機的に相互交流を計ることにより、上記の問題を調査研究し、電磁気利用の新技術開発の可能性を明らかにすることを目的とする。

P-SC150

機械力学における動的力・加速度研究分科会

設置期間 昭和63年6月～昭和65年5月末

主 査 三浦 宏文 東京大学工学部機械工学科・教授
〒113 東京都文京区本郷7-3-1

目 的 動的な力、加速度(合衝撃)は、機械力学分野の重要な物理量であり、車輛の衝突実験など数多くの事例で日常的な測定項目となっている。しかし国家標準が不十分で計測の体系が未整備なために定量性に関する信頼性は皆無に等しい状況と考えられる。本分科会では、動的な力、加速度の計測の実状と将来動向について調査研究することを目的とする。

P-SC154

機械システムの動設計における

モデリングに関する調査研究分科会

設置期間 昭和63年7月～昭和65年6月末

主 査 鈴木 浩平 東京都立大学・教授
〒158 世田谷区深沢2-1-1

目 的 機械力学委員会関連で進められてきた従来の分科会、特に「モード解析分科会」(PSC-65)、「耐震設計分科会」(PSC-49)、「流体関連振動分科会」(PSC-10)、「制御-機械系分科会」(PSC-85) [いずれも略称]などの活動の中でクローズアップされてきたさまざまな機械構造-システムの、動設計の立場からのモデリングに関する調査研究を、理論解析、実験及び実設計において第一線で活動している大学・企業相互の協力によって進めることを目的とする。

P-SC155

機械システムの制振・制御に関する研究分科会

設置期間 昭和63年7月～昭和65年6月末

主 査 背戸 一登 防衛大学校・教授

〒239 横須賀市走水1-10-20

目 的 ロボット、情報機器、ビークル、回転機械などに見るまでもなく、最近の機械システムには軽量、省エネルギー化、高速・高精度化の要求が益々高まっている。そのために、開発段階で高度な振動解析技術と制振・制御技術の体系化の観点から、現状を広く調査研究することを目的とする。

研 究 会

先端技術にかかわる振動騒音制御

設置期間 昭和62年8月1日～昭和67年7月31日

主 査 谷 順二 東北大学高速力学研究所・教授

〒980 仙台市片平2丁目1-1

目 的 振動・騒音をエレクトロニクスやコンピュータを利用し抑制・制御する技術は高性能で不可価値の高いロボット、情報機器、宇宙構造物などの開発に必要不可欠となってきた。そこで、本研究会は機械力学、自動制御、音響等の研究・技術者の間で、構造系の振動騒音制御問題について、調査研究および情報の交換を行うことを目的とする。

P-SC156

メカトロニクス機器の動力的設計と動作解析に関する分科会

設置期間 昭和63年7月～昭和65年6月

主 査 太田 博 名古屋大学工学部・教授

〒464-01 名古屋市千種区不老町

目 的 エレクトロニクス技術の進歩、各種の機能材料・構造材料の開発はFA機器・OA機器・情報機器などのメカトロニクス機器の機構構成に大きなインパクトをあたえ、また工作機械や回転機械のメカトロニクス化をもたらした。これらの機械においては、小形軽量化とともに並行・回転の相対運動とその駆動に高精度化、高速化が強く要求されている。その動力学特性は単に大きさ・形状を直接支配するばかりでなく、制御技術・センシング技術と連係して、速度や精度などの主要性能の支配要因となる。そこで、このような機器に特徴的な動力的設計とその動作解析に関する研究分科会を設置し、振動解析、機構制御、機構要素設計に関連する専門家と開発設計者が共通の基盤に立ち、学際的に情報交換を行うことにより、学術・技術の発展に資することとする。

DYNAMICS REPORT:2

講演会報告

第951回講演会 (昭和63年機械力学講演会)報告

実行委員長 谷 順二
(東北大学)

昭和63年度機械力学「力と知のダイナミクス」講演会が、昭和63年8月23日(火)、24日(水)の両日、仙台市の東北大学工学部青葉記念館において開催され、73件の学術講演が5室に分かれて行われた。今回は特に「電磁力関連のダイナミクス」、「柔軟構造物のダイナミクス」、「機械知能のダイナミクス」の3件のオーガナイズド・セッションを設け、従来の機械の枠を越えて電気学会、原子力学会、航空宇宙学会、ロボット学会、計測自動学会、シミュレーション学会等で主に御活躍している方々にも多数参加して頂き、学際的講演会になった。その為か、参加登録者は140名を越え、各室で活発な討論が行われ実り多い講演会となった。

また特別講演は英国ノッティンガム大学のG.B. Warburton教授による「Reduction of Vibration」と東北大学応用情報学研究センター所長の城戸健一教授によ



る「機械系の自動診断学研究における信号処理技術」が行われた。いずれも興味深い話題であったため、100名を越す聴衆を集め盛会であった(写真)。

更に技術交流会と銘打って、企業の新製品とその技術開発を紹介するポスターセッションが行われ、多数の人々の関心を集めた。

23日午後5時半から青葉記念館食堂で行われた懇親会にはWarburton教授夫妻を初めとして73名の参加者があった。まず谷順二講演会実行委員長と長松昭男機械力学部門委員長のあいさつがあり、続いて柴田碧東京大

学教授による乾盃で宴が始まった。会場の各所で学際的な懇談の輪ができ、機械力学部門と音響学会、航空宇宙学会、電気学会等との今後の交流推進の話が盛り上がった。

24日午後から25日にかけて、ポスト・コンファレンス・ツアが行われ31名の参加者があった。蔵王山頂経由で米沢市郊外の白布温泉に行き、茅葺きのひなびた中屋旅館で1泊した。その晩は山形大学工学部機械工学科の4人の先生を交え、再度懇親会が行われ、夜遅くまで歓談が続いた。25日の午前中は爽やかな標高1500mの天元台でテニス交歓会が13名の参加者を得て行われた。

なお、25日午後には山形大学工学部において特別講演会「最近の振動音響制御技術」が防衛大学校背戸一登教授と(株)東芝総合研究所機械研究所野際靖雄所長により行われた。山形大学工学部のみならず米沢市近郊の企業の研究者・技術者が多数集まり、米沢地方における振動音響制御問題についての関心の高さが示された。

最後に本講演会の開催に当たりいろいろご尽力頂いた実行委員会委員、オーガナイザー、山形大学の先生方ならびに学会事務局の増田氏に衷心より感謝申し上げます。

DYNAMICS CLUB

会員の声

振動解析を 楽しんでます

森村 浩明
(日産自動車)



私は入社以来何らかの形で振動関連の業務に携わって来ています。自動車の振動騒音の研究は進歩も早く、業務も年々拡大しています。これは自動車の快適性を決めるキーポイントであることと、あるレベルの問題が解決すれば、次の低いレベルの振動騒音が気になる特性によるものと考えられます。

自動車会社における機械力学関連の業務の特徴は、適当なサイズのため容易に実験できることと、同じ様な形態であるため数値解析に適することです。解析は汎用プログラムを用いて共通化と合理化を計り、

スーパーコンピュータをフル稼働させています。ただし新しい問題が発生した場合は、現象の理解と物理的意味づけが重要となるため、理論解析の方が役立つことが多いようです。このため新人教育でも解析手法や実験手法の訓練の外に機械力学の基礎に重点を置くようにしています。

私が会社に入って覚えた手法は、目で見て、実物に触れて現象を実感することです。私自身もそうですが、一般にエンジニアは視覚型の思考をすることが多く、言語でロジックを展開するより目で見て現象を洞察することが得意のようです。モード解析では、現象をアニメーションで視覚的に示すことを重視しています。これはアニメーション自体は何ら解決策になっていなくても、技術者の左右の脳を刺激します。

また実験においても現象を再現し目で見

ることができれば、解決策を考え易いものですが、再現自体が難しいことが多いものです。先日にも自励振動で高価な試作車が1回で破損すると判断して関係者を隈無く集めた所、現象が全く発生しないことがありました。どうやらデモンストレーションできるといことは、現象を既に把握したことになるようです。

自動車の特徴は、自分で運転できる点でもあります。休日には広大なテストコースを借りて、仲間と朝から晩までワイワイガヤガヤとジムカーナも練習しています。運転の幅を広げることは、走行中の問題点把握にも役立つようです。また振動のメカニズムを走りながら考えるのは、自動車の機械屋の楽しみでもあります。

Swedenに出張して

小澤 珠音
(株)東芝総合研究所



6月下旬に、11th ES TEC(The European Space Research and Technology Center) ANTENNA WORKSHOP ON ANTENNA MEASUREMENTSにおいて、アンテナ変形量の機械的測定装置に関する発表を行うため、SwedenのGothenburgに出掛けた。

海外経験は、高校の時に米国でホームステイしたことだけであるから、事情のよく分からない北欧にたった一人を出掛けるとあって、心臓には自信のある私もかなり緊張した。成田空港で見送りの人と別れたあと、スカンジナビア航空機まで歩いたときのあの心細さは忘れられない。

米国へ出張する場合と最も大きく異なったのは、私が話をしたほとんどの人にとって、英語が外国語であったということだろう。WORKSHOP参加者は、Swedishをはじめ Italian, Dutch, French, German等で、彼等の英語は発音も抑揚も様々であった。Swedenでは小学校で英語を習うのだそうで、誰もが気軽に日常会話をこなす。外国語であるだけに話し方が遅く、その上発音方法が日本人に似ているのか、米国人の英語よりも聞きとりやすかった。従って、街なかで道を聞くのも、露店のアクセサリ屋さんで買い物をするのも、困らなかつた。一度など、意味不明の英語っぽい言葉をぺらぺら喋るのできょとんとしていると、“Oh, it was Swedish English”と言って、今度は意味の判る言葉を言い直してくれた。“They does not-”という様な言い方を何回か聞いたこ

とも考え合わせると、正確な英語を話せないことをはずかしがる必要は一つもないのだなと、変な自信を持った。

私にとっては外国人と長い時間一緒に過ごしたのも初めての経験であった。WORKSHOPで知り合ったSweden人と、ゆっくり沈んでいく夕日を臨むレストランで、女性の社会進出、広島原爆記念館、国際情報、アフリカの子供達などについて話し合った。どんな英語で話したのか思い出せないのだが、確かに私達は同じ問題について同じ様に心を痛めていることを確認し合ったのである。

人々のセンシティブな心にも触れ、出発時の心細さはどこへやらで、中味の濃い一週間を過ごした。私にとって、大変貴重な経験であった。

東京大学工学部機械工学科三浦研究所
三浦宏文、下山勲

1. 研究室の構成

本研究室は機械工学第五講座（機構学・機械力学）として、おもにコンピュータと機械の融合を目標とし、ロボティクス、メカトロニクスを中心とした研究、教育を行っている。

教授（三浦宏文）、助教授（下山勲）、技官（和崎浩幸）と、大学院の学生で機械工学専攻6名（博士課程1名、修士課程5名）、情報工学専攻2名（博士課程1名、修士課程1名）、および卒業論文のための学部4年生8名で構成されている。

大学院学生は各自が独立したテーマを持っているが、卒論は2人で1テーマを研究している。

2. 過去の研究成果

主な、研究成果を次にあげる。

〔歩行ロボット〕 ロボットの歩行には、着地足でできる多角形の中に重心を置き静的つりあいを満たしながら歩く従来型の静歩行に対して、慣性力を利用して動物のように歩いたり走ったりする動歩行がある。二足歩行ロボット¹⁾、四足歩行ロボット^{2) 3)}が動歩行するにはどのようにしたらよいかを研究した。

〔マニピュレータの動的制御〕 動力学に基づいてマニピュレータの軌道を制御する方法はよく研究されているが、われわれのところでも、けんだま⁴⁾、こま回しを通して動的制御を研究した。

〔ロボットのソフトウェア・システム〕 ロボットを広い意味で制御するには、ソフトウェアを作りやすいソフトウェア環境が必要であると考え、並行処理能力をもつCOLの開発⁵⁾、Prologをベースにした推論機能を有するARPの開発⁶⁾、Smalltalk-80のインプリメント⁷⁾を行った。

3. 現在の研究テーマ

〔宇宙用マニピュレータ〕 宇宙での利用が計画されているマニピュレータは、うち上げコストをおさえるために軽量、柔構造のものになっている。これによって生じるたわみや振動を無視できないマニピュレータの制御問題を研究している。

〔知能ロボットの研究〕 知能ロボットは一朝一夕にはできな

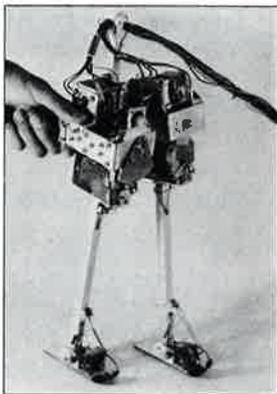


図1 2足歩行ロボットBIPER

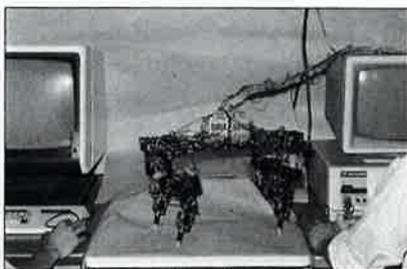


図2 4足歩行ロボットCOLLIE

いという認識のもとに、長期にわたるテーマとして知識表現や学習能力について研究している。

このほか、形状記憶合金アクチュエータ、人の歩行の解析、ニューロ・コンピュータによる制御、知能移動機械を研究している。さらに、1年以上にわたって準備してきた新しく魅力的なテーマも動きはじめようとしており、刺激的な研究室となっている。

文献

- (1) Hirofumi Miura and Isao Shimoyama, "Dynamic Walk of Biped Locomotion," Robotics Research The First International Symposium, MIT Press, pp.303-325, 1984.
- (2) Hirofumi Miura, Isao Shimoyama, Mamoru Mitsuishi and Hiroshi Kimura, "Dynamical Walk of Quadruped Robot(Collie-1)," Robotics Research The Second International Symposium, MIT Press, pp.317-324, 1985.
- (3) Isao Shimoyama, Hirofumi Miura and Hiroshi Kimura, "Control System for Walk and Intelligent Control," Robotics Research The Third Robot-Dynamic Walk and Intelligent Control," Robotics Research The Third International Symposium, pp.357-363, 1986.
- (4) 竹中一起, "視覚をもつマニピュレータの動的制御ロボットによる「けんだま」の実現," 日本機械学会論文集(C編), vol.50, no.458, 1984.
- (5) 光石衛, 下山勲, 三浦宏文, "並行プロセス指向言語COLの開発," 日本ロボット学会誌, vol.3, no.6, 1985.
- (6) 三浦宏文, 木村浩, 三浦純, "ロボット制御," bit別冊高機能ワークステーション, pp.290-294, 1987.
- (7) 下山勲, 三浦宏文, "ロボットとSmalltalk-80-ロボットシステムにおけるソフトウェア設計ワークステーション," 日本ロボット学会誌, vol.4, no.4, pp.90-95, 1986.

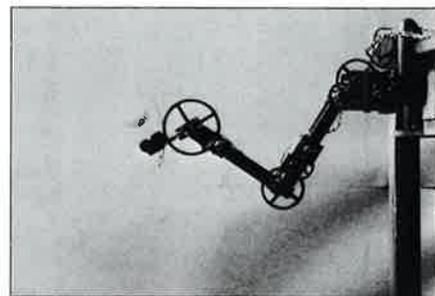


図3 けんだまロボットAMY



図4 宇宙用マニピュレータ

関西地区だより

地区だよりとして関西地区から何かというところであるが、当地区には、機械力学に関して皆様に誇れる先賢の大きな遺産がひとつある。今回はこの会についてご紹介してみたい。

その会というのは、40年間続いてきた、「振動談話会」である。同会は昭和23年7月30日、京都大学故国井修一郎教授、榎木義一教授、及び住友金属小田尚輝氏の発案により準備会がもたれ、その結果、同年9月18日に第一回会議が開催されたという由緒あるものである。その後2カ月に一度のペースで現在までずっと続いており、1986年には第200回記念会が開催された。会長は第一回会議は国井教授、その後は榎木教授がその任にあたられたが、200回記念会に京都大学得丸英勝教授にバトンタッチされた。このような会が創立40年後の今日まで順調に運営されてきたのは極めて珍しいことである。これについては小田尚輝

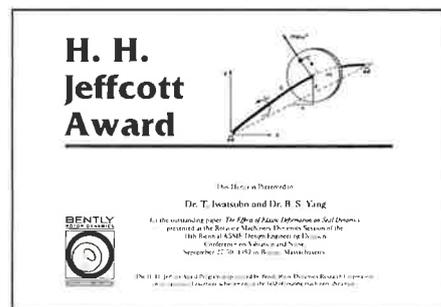
氏が200回記念誌に述べておられるので趣旨を紹介させていただく。それによるとこの会での発表は完成した研究である必要はなく、中間報告や、むしろ未完のものであってこの会で討議しながら研究を進めるといったものを歓迎してきたということが大きな理由として挙げられている。また、発足当時以降約10年間は、東海道線の電化、東海道新幹線の開発に伴う交通網の高速化で、車輛振動という大きなテーマがあったこと、及び会長が長期間一貫して本会を指導されたことと、関西地区でもメンバーの移動が少なかったことも長続きした理由に数えられている。

また、現会長得丸教授は、本会が長く続いた理由として“weak couplingの会”であることをあげておられる。

さてこのたび、この会と機械学会機械力学部門の関西地区研究会とが合併される案がもちあがり、目下、着々とその準備が整

いつあるところである。この合併が実現すれば、会は機械学会所属という形をとることになる。しかし、今後も対象を機械学会会員だけに限定することなく、従来通り40年の振動談話会の貴重な歴史と、諸先輩の理念とご努力をうけつぎ、weak couplingの会としてこの会がますます発展し、伝統を失うことなく続けられるよう、関西に在住する諸氏と共に努力をつくしたいと考えている。

岩壺 卓三
(神戸大学)



(岩壺教授は上記の賞をASMEの講演会で受賞されました。)

DYNAMICS INFORMATION

●年間行事カレンダー

10月5～6日 講習会「やさしい回転体」 (東京ダイヤモンドホール)	12月9日 座談会「機械構造物の耐震設計の新しい展望」 (東京)	5月 講習会「ファジィ制御」 (東京)
10月18～19日 第66期全国大会講演会 (九州大学工学部)	12月13～14日 講習会「やさしい回転体」 (名古屋)	5月26日 講習会「やさしい振動と振動診断」(広島)
11月10～11日 講習会「やさしい感度解析と最適設計」(川崎市産業振興会館ホール)	1月25日 講習会「メカトロニクス入門」 (仙台)	4月26日 講習会「往復圧縮機・配管系の圧力脈動」 (東京)
6月26～28日 シンポジウム「電磁力関連のダイナミクス」 (福島)	9月4日 国際セミナー「Pro. I. L. Meirovitch」(東京)	11月 講習会「わかりやすい信頼性」 (東京)
6月 講習会「人工知能とニューラルネットワーク」 (東京)	9月6～8日 国際会議「Int'1 Symp. on Advanced Computers for Dynamics and Design '89」(日立)	11月 講演会「機械力学講演会」(九州)
7月 講習会「モード解析」(東京)	10月 講習会「機械システムの制振・制御」(東京)	11月27～28日 国際会議「アジア振動会議」 (中国)
7月23～27日 国際会議「ASME 1989 PVP Conference-JSME Cosponsorship」 (ハワイ)	12月(上旬) 講習会「データ処理」 (東京)	

J.M.T.Thompson and H.B.Stewart
**Nonlinear Dynamics and Chaos
 ; Geometrical Methods for Engineers
 and Scientists**

John Wiley and Sons,Chichester,1986, 8590円

佐藤秀紀 (金沢大)

カオスという言葉は1970年代中頃に数学の方から現れ、1980年頃から物理学の世界に登場してきたといわれる。現象そのものは1960年代にすでに見いだされていたようである。カオスとは確定論的非線形力学によって起こる確率論的運動といわれ、これまでの古典力学の世界観に一つの変革を迫るものとみられている。本書はこれらのカオス現象を中心として、主として位相幾何学的取扱により非線形力学の読みやすい入門書をめざしたものであると著者は述べている。しかし、内容は入門程度に留まらず広く、最近の研究成果まで解説した応用力学的傾向をもつ専門書である。本書の特長は、非線形力学系の挙動を位相幾何学的に説明するため、独特の図版を数多く示していること(約200図)であり、読者の興味を引き起こし、理解を助けるのに役だっている。その為、数式は簡単なものにとどめ(2階常微分方程式程度)、詳細は省略して多くの参考文献(400余)を挙げて引用している。全体は1. 緒論の後、4部に大きく分けられており、以下に目次と簡単な内容を示す。

- 1部 非線形力学の基礎概念
- 2. 非線形現象の概観(1自由度振動系) 3. 自律系の点アトラクタ(位相平面と特異点) 4. 自律系のリミットサイクル(Van der Pol系、神経系、流れによる振動) 5. 強制振動系の周期的アトラクタ(Poincaré写像、Van der Pol平面) 6. 強制振動系のカオス的アトラクタ(Van der Pol系、Duffing系) 7. 平衡点およびリミットサイクルの安定性と分岐(安定性の定義、局所的分岐の種類)
- 2部 力学系としての繰り返し写像

- 8. 写像の安定性と分岐(Poincaré写像の意義とその安定性解析, 1次元および2次元写像の分岐)
- 9. 1次元および2次元写像のカオス挙動(ロジスティック写像のカオスへいたる分岐過程, 周期倍分岐とFeigenbaum数、Hénon写像)
- 3部 流れ、外部構造、カオス
- 10. 回帰の幾何学(回帰性挙動の分類、鞍点と不変多様体)
- 11. Lorenz(3変数熱対流モデルのカオス構造) 12. Rösslerバンド(バンドアトラクタをもつ3変数系のカオス構造、Smaleの馬てい形写像)
- 13. 分岐の幾何学(連続分岐と不連続分岐、局所的分岐と大局的分岐、種々の分岐の構造)
- 4部 自然科学における応用
- 14. 沖合い構造物の分数調波共振(折れ線ばね質量モデルにおける分数調波共振) 15. インパクト系のカオス運動(剛体フェンダに係留された船の衝突振動モデルのカオス挙動) 16. 粒子加速器とハミルトン力学(粒子加速器において起こる粒子のカオス現象) 17. 秩序とカオスの実験的観察(H.L.Swinneyによる)(電気、科学、熱、流体の4実験系において起こるカオス挙動とそれを特徴づけるデータ処理方法)

以上、本書の概要を記したが、機械力学の分野から初めてこの分野の勉強を行う者にとってはやや説明不足と感じられる部分(特に、表によるまとめと本文説明、あるいは数式的定義付けを要する概念)もあり、いまひとつ理解が系統的に得られない恨みを覚えた。しかし、この分野の一通りの概念をつかむには適した本であり、豊富で不思議な図形は本書を魅力あるものにしてはいることは確かである。

なお、機械力学の分野としては従来の非線形振動解析および実験結果のこれらの視点に基づく見直しが必要であり、ランダム振動との関わりにおいても、今後この分野に関心をもつ研究者が増え、研究が大いに進むことが望まれる。その為の入門書として一読に値するものと思われる。

最近オーム社により訳本(「非線形力学とカオス」、武者、橋口訳)が出版された。

文献講読会の紹介

岩壺 卓三
 (神戸大学)

この研究会が設立されたのは今から10年程前のことである。当時すでに機械力学分野の論文が国内、国外を合すると非常に多くなっていて、それらの論文の要点をきちんと理解して自分達の研究や開発あるいはトラブルシューティングに利用することは難しくなってきた。また同じ分野の研究者がゆっくりと研究の事について話し合える機会もなかった。そこで、一年間のうちに出版された論文の中からよい論文を皆で紹介しあい、その論文についてディスカスすることは、各自の研究に寄与するのではないかと考え、文献講読会を作ったのである。文献講読会は現在五つあるのでそれらについて概要を説明する。

- (1)参加資格: 参加は自由であり、大学、官公庁、企業等で該当する研究分野の専門家
- (2)開催頻度: 年一回1泊2日または2泊3日で懇親会も合せて行う。
- (3)読文の選択および講読: 読文は一年間に発表されたものの中から工学的および工業的に重要な外国の論文を選

ぶ。講読者は研究内容からみて最も適している人を選び、論文のポイント、問題点などの解説をしてもらう。

現在行われている論文講読会を次表に示す。

研究会名、幹事名	研究分野
RDセミナー (Rotor dynamics seminar) 幹事: 田中正人 (東大) 岩壺卓三 (神大)	回転機械のつりあい振動応答、自励振動、基礎、振動診断、トラブルシューティング、軸受、シールの動特性等
FIV研究会 (Flow induced vibration seminar) 幹事: 原 文雄 (東理大) 岩壺卓三 (神大)	流体と構造系の干渉によって生ずる構造系の振動、流体によって励起される構造物の強制振動、付加質量、付加減衰、付加剛性など
R&Sセミナー (Reliability and safety seminar) 幹事: 室津義定 (大府大) 岩壺卓三 (神大)	機械・構造物の信頼性解析、材料の信頼性解析、リスクアナリシス、ヒューマンエラー、安全性、メンテナンス
SMIRT振動研究会 会長: 柴田 碧 (東大) 幹事: 原 文雄 (東理大) 岩壺卓三 (神大)	SMIRT (Structural Mechanics in Reactor Technology) 国際会議で発表された論文の中から振動に関する論文を選び出し講読する。
VCセミナー(振動制御研究会) 幹事: 背戸一登 (防大) 岩田義明 (都立大)	乗物、回転機械、ロボット、その他の機械および梁、建築構造物の能動制御による制振、騒音対策等能動制御を中心とする機械力学。

前述のように本会は私的な会であったが、機械学会の部門制への移行により、各部門で自由に活動できるようになって、本年から機械力学部門に所属して活動することとなった。参加希

望者は下記へ連絡いただければ案内の手続きを致します。

〒657 神戸市灘区六甲台町1
神戸大学工学部 岩壺卓三宛

懇親会のお知らせ

機械力学部門では、趣味やスポーツを通じて、会員各位の親睦を深めることを考えています。今回は、下記の日程で、テニスの懇親会を企画致しました。会員の交流が目的ですから、上手下手に関係なく、奮ってご参加下さい。

テニス懇親会

日時……11月3日(木) 文化の日 予備日11月5日(土)

午前9時現地集合

終了予定午後4時頃

場所……湘南スポーツセンター

神奈川県藤沢市稲荷1-9-1

Tel. 0466-81-3411

会費は6千円程度。参加予定人員36名、満員になり次第締め切ります。

申し込み並びにお問い合わせ先

日産自動車(株) 車輛研究所 第2研究室

石浜まで

Tel. 0468-65-1123 内3652、3656

住所 〒237 横須賀市夏島町1

講習会のお知らせ

I やさしい感度解析と最適設計

日時：昭和63年11月10日(木)、11日(金)

9:00~17:00

場所：川崎市産業振興会館ホール

講演：6件 講師：5名

展示会：感度解析・最適設計のツール紹介
(5社参加予定)

II やさしい回転体

日時：昭和63年12月13日(火)、14日(水)

9:00~17:00

場所：名古屋通信ビル 2階ホール

講演：11件 講師11名

III メカトロニクス入門

日時：昭和64年1月25日(水)

10:00~16:50

場所：東北大学高速力学研究所

講演：5件 講師5名

公開座談会のお知らせ

機械構造物の耐震設計の新しい展望

日時：昭和63年12月9日(金) 14:00~17:00

場所：ダイヤモンドホール

(ダイヤモンド社ビル10階)

シンポジウムのお知らせ

電磁力関連のダイナミクス

日時：昭和64年6月26日(月)~28日(水)

場所：裏磐梯 国民休暇村

論文締切：昭和64年1月31日(火)

国際会議のお知らせ

I 動力学・設計のための高度コンピュータ

利用に関する国際シンポジウム'89

日時：昭和64年9月6日(水)~8日(金)

場所：(株)日立製作所機械研究所

申込締切：昭和64年2月28日(火)

採否通知日：昭和64年3月31日(金)

II Asia Vibration Conference '89

開催場所：Shenzhen (広東省、広州の近く)

日時：昭和64年11月27日~30日又は12月1日

27、28日 学術講演 29、30、1日 工場見学
及び観光

論文概要受付：昭和64年2月1日

最終論文受付：昭和64年7月15日

座談会

「21世紀のダイナミクス」

出席者

狼 嘉彰 (航空宇宙技術研究所)

小野 隆彦 (小野測器)

小林 暁峯 (日立製作所)

富田 久雄 (東芝)

長松 昭男 (東京工業大学)

村井 秀児 (小松製作所)

司 会

吉田 和夫 (慶応義塾大学)

吉田 本日はお忙しい中をお集まりいただきましてどうもありがとうございます。

機械学会の機械力学部門のニュースレター第2号の企画として座談会を企画いたしました。本日は「21世紀のダイナミクス」という題でお話いただきます。もう10年少しで21世紀に入りますので、その将来予測をしていただくと同時に、21世紀の夢も含め、ダイナミクスがどう発展していくかについて皆さんに語っていただければと思います。

最初に皆さんの分野における過去の推移から入っていきたいと思います。

この10年の一つの特徴としてロボット関連、あるいはメカトロニクスという新しい分野が大きく育ってきていますので、まず富田さんにその辺を中心に展望していただけるとありがたいと思います。



富田 私が研究に従事し始めたのは昭和36年ですから、それからざっと27年ぐらいたっているわけです。1960年代の初めは自励振動の時代だったと思います。機械がどんどん大容量化されたころです。タービン発電機とか、有名なのはオイルホイップの話ですね。それから水車発電機も自励振動に悩まされました。高速列車の蛇行問題もありました。あのころは高速化に伴った自励振動の問題が多かったようですね。

その後の70年代になってくると、コンピュータによる多自由度系の解析が中心になりました。例えば一つの例が耐震設計で、それが昭和40年代から始まりました。日本に原子炉が導入されるにあたって、アメリカとは事情が違って耐震設計をしなければならなかったわけです。

メカトロロがやってきたのは、その次ぐらいですね。1970年代の中頃から80年代にかけて、いわゆるメカトロロという言葉が

なかった時代から、機構の制御という話が始まりました。ちょうど小さなマイコンのはしりみみたいなチップができたころで、もう10年以上はたっています。

このメカトロロの一つのシンボルが産業用ロボットですね。ロボットもざっと10年の歴史があるわけで、一つの区切りにきているという感じがします。つまり、ロボットというのは、言葉としては有名になってイメージ的にまだ人気があるんですが、産業用のロボット、単体で自立して動くようなロボットのやれることには意外に限界がある程度見えてきた。しかも、機能の割合に値段も高く、使うところにはもう使ったという感じです。ああいう単体型のロボットは、これからアドバンスしていくでしょうけど、工業的なマーケットとしては一段落したと思います。

では、これから何をやるかということになりますが、ロボットの先は、ああいう単体としてのロボットではなくて、まあこれをロボットと言うかどうかは別として、工場全体というような大きなシステムをどう最適化するか、合理化するかということが、恐らく実務的、工業的には意味のある動きになるんじゃないかなと思います。

今、メカトロロのシンボルとしてロボットを挙げましたが、それ以外の一つの傾向としては、電機会社だから言うわけではありませんが、非常に安く家庭の皆さん方に提供するような、ポピュラーな品物の中に細かい芸当が入り込んでいるということです。

そういう見えないところでのダイナミクスに関連した、非常に骨の折れる仕事が行われている。身近にメカトロロが浸透していくというのは、もう既に始まっていますし、これからますますそういう傾向は続いていくのではないかなという感じがします。

吉田 似たようなお立場で仕事をなさっていて、ある意味ではライバル会社でもありますが、小林さんはどうでしょうか。



小林 私も電機の方をやっておりますので、コンピュータと機械技術については絶えず興味を持っています。それで富田さんと同じように過去を振り返ってみますと、コンピュータの育つ歴史というのは、速さにしてもメモリ容量にしてもずっとある段階的な成長カーブに乗ってきてまして、

やれることがディスクリットに大きくなってきている。先ほど富田さんのおっしゃった、大型のコンピュータを使って多自由度系をとというのは、あるところまで解けて、今のところ通常の目的のためには十分であるが、その上へ出ようとするとき速さも容量も2けたぐらい足りないという状況です。

もう一つ、エレクトロニクスと機械というインパクトは小さ

な方のコンピュータにもあらわれております。機械の中に組み込まれたマイコンを中心とする一連の制御用のコンピュータが大変世の中を変えてきたと思います。

ところが、ロボットの例で申しますと、産業用ロボットが70年の初めから始まって約18年の歴史を持った今、転換期に来ているわけです。80年代に入って、産業用以外のことを目的にしたロボットがマイコンを埋め込まれた格好で出てきましたが、それは自由に動き回ることもできるわけです。そういう自由な但し、大変複雑な機構系を持つロボットをこれから制御しようというときに、今までのように、ある種のダイナミクスの因果関係がわかっていてそれを高速に処理するというような、産業用ロボットなどでやってきたのと同じやり方をマイコンの能力の中でやれるんだらうかという疑問点が出てきているわけですね。

要するに、ここ10年のロボットで言いますと、最初にコンピュータを使うことによってある種の機能をインベントすることができた。そのロボットの動きそのものは、きちんと機械力学の法則にのっとって、機械制御しながら動いてきた。ところが、これから先、自分たちが必要としている計算速度をコンピュータは十分与えてくれるのかどうか。ひょっとしたら違う行き方でダイナミクスに取り組んでいく必要があるのではないかなと思っています。

また後で話が出ると思いますが、今までのところをまとめてみますと、機械力学は段階的に成長する大型とマイクロの2つのコンピュータの能力に見合ったアプリケーションで使えるところで使ってきたけれども、今後の機械力学的ニーズを見ると、大型コンピュータも小さな方のコンピュータも自分の次のステップに十分な速さを提供するにはちょっとまだ能力不足に見えます。そこで、コンピュータの次の次のジェネレーションまで待っているのか、あるいは機械力学的な知恵でその間を埋めてつないでいくのか、ちょうど今別れ道に来ているのではないかなと思っています。

吉田 次に村井さん、お願いします。



村井 私が会社へ入って研究を始めたのは約17年前です。当時の建設機械は、耐久性、信頼性を競う時代でした。

ところがその次は、耐久性は一見当たり前になりまして、技術者は耐久性ではなく、いろいろな性能を競う時代がやってきました。燃費とか作業性能のような、その機械

を持つお客さんが望む性能を競う時代になったわけですね。個々の技術、例えばエンジンの性能を上げるとか、油圧機器の性能を上げることで燃費を稼ごうというような時代がしばらく続きました。

そして数年ぐらい前から、個々の機器の性能を上げるだけではだめだということで、メカトロ制御という分野が入ってきました。ロボットなんかと比べるとちょっと遅れているのかもしれませんが、建設機械の世界では数年前にメカトロ制御が入ってきたのは、ほんの数年前であり、これは世界的にも画期的なことであったわけです。アメリカでの世界的な建設機械展に数

年前に小松がメカトロ制御の大型の建設機械をどっと出したときには、世界がびっくりしたという事情があるくらいで、数年前からやっとメカトロ制御が入ってきました。しかしそれは、性能を上げようという目的だったわけです。

昔はエンジンだけの制御というように、個々の機能の制御だけでしたが、一つ一つ制御していてもだめだというので、最近ではメカトロ制御をもっと進めて、システムのトータル制御という考え方がかなり出てきました。それで性能を競う時代になってきて、建設機械は今まさにその真っ盛りというところですよ。それに合わせて、数年前から環境とか人を大事にしようという動きもあって、騒音とか振動の問題も極めて重要視され始めたわけです。

では、これから先はどうなっていくかということ、そういうトータル制御で性能を争う時代はまだしばらく続くと思いますが、昔、耐久性は当たり前と言われたのと同じように、もうそういう性能は当たり前になってくる。そして過酷な労働条件下に若い人はなかなか行きたがらないし、ベテランの人たちがだんだんやめていってしまうという時代に対応するために、単なる性能の競い合いではなく、感性に合致するような、言い換えるとヒューマンインターフェースを重視した機械づくりが競われるようになってくる。

また、そういう感性を求めるのは若い人たちですから、労働者が若い人たちになっていったときにベテランの人たちと同じように扱える機械であり、かつ若い人たちがそういう世界に入りやすいような、感性にマッチした、機械がこれからはますます求められてくるという気がいたします。

そういう将来の傾向と機械力学とがどう絡むかということ、扱いやすい機械ということでは、知的な機械の実現が一つの鍵となりその制御に機械のダイナミクスと人工知能の技術が結びついていくことが必要だし、もう一つ、人間がいる場所を快適にしていこうということでは、人間の適切なモデル化が非常に大事になってくるだろう。そういう気がしています。

一方、機械力学の技術方面の過去、現在にふれてみますと、私が会社に入ったころには、ばね・質量モデルで、駆動系や座席と車体をモデル化したという時代でした。つまり、モデルをつかって、微分方程式をつかって、ルンゲ・クッタ法で解いていくということでした。

ところが、私が入って二、三年ぐらいたちますと、構造解析の世界では有限要素法というのが出てきましたし、それ以外の世界でも、モデルをつかって微分方程式を作って解くという世界がだんだんなくなってきました。早く、いいものをつくらうという性能を競っていましたが、汎用の解析の道具でいいものはないか、いかに速く正確に解くかという手法あるいは道具の開発研究がかなり盛んになりました。またそういうものを道具として使っていた。

その結果出てきたのが、もちろん有限要素法であり、モード解析です。最近のシミュレーションの技術はみんなそうですね。シミュレーションも、例えば私たちの建設機械を運動方程式を立てて解こうとすると、400元とか500元の連立微分方程式をつくらないといけな。昔はそれをつくったんですが、

今はつくりません。図面の形状を入力するだけで、あとはコンピュータの中で自動的に微分方程式を立ててくれる。そういう道具を使って計算すればいいという時代になっています。

つまり、機械力学屋がそういう振動解析とかシミュレーションのツールをつくることは収束してきて、それを使えばいいという、モデル化のノーハウの時代になってきたわけです。逆に言うと、そういうふうに、みんなが汎用の道具を使えばいいという時代は、物理現象をよく考えてモデル化して解かなきゃならんような、非線形とか自励振動のような世界が、わかりにくくなってきた時代でもあるという気がいたします。

これは技術の流れと時代の流れの繰り返しということかもしれませんが、そういう面では、少し反省しなければならぬ時代になっていると思います。

吉田 かなり未来まで、きょうのテーマの核心に迫ってお話しいただきました。一応、この10年の展望ということでお話ししていますが、未来との関連もありますので、自由にお話ししたいと思います。

21世紀というすと、宇宙が一つのキーワードとして浮かびますが、そういう分野のお話を狼さん、お願いします。



狼 今、産業機械等のお話をいろいろ伺って若干肩身が狭い思いがいたしますのは、ほかの分野では日本がリードしている、強い分野であるのに対しまして、宇宙はいろんな制約から日本はどうしても非常に弱かったからです。それでも最近は、ロケットあるいは人工衛星の技術が相当整備され

まして何とか10年程度のおくれまで追いついてきたのではないかという感じがいたします。

まず歴史的に振り返ってみますと、人工衛星が打ち上がってから30年です。10年単位で考えてみますと、60年代には、単純な形の人工衛星、通常の通信衛星とか観測衛星が打ち上げられましてもう実用化されました。70年代以降は、まさに実利用時代ということで進んできたわけです。このような実用衛星の技術は今日日本が追いついた分野だということができると思います。

一方、宇宙へ人間自身が行きたいということと、できるだけ宇宙でいろんなことをやってみたいという基本的欲求があります。アポロ計画が大きな足跡を残した後もそういう努力もなされてきたわけです。ただ、残念ながら、それは打ち上げる手段つまりロケットに対する依存性の制約が非常に強く、なかなか思うような居住施設が軌道に構築できないし、往復することもままならない。具体的に言いますと、ソ連が最近上げたミールという宇宙ステーションがありますが、その基本モジュールは、大きさといい重量といい、15年前、あるいは20年前と大して変わっていない。これはロケットの制約が非常に強いからです。

こういった大きな宇宙構造物をラージ・スペース・ストラクチャー、LSSと呼んでいますが、大体70年代というのは構想検討段階です。理論解析をしたり、シミュレーションをしたりして、こういうことができる、ああいうことができるという

ような提案がされた時代です。

80年代はそれの実験実証段階です。1981年にスペースシャトルが飛行を開始して、軌道上で非常に基本的な実験をするわけです。例えば長いブームを何本も使ってトラス構造物を組み立てるとか、30メートルぐらいの太陽電池アレーを展開するとか、そういう実験をやって、本当のステーションを組み立てるのに必要な実験を次々に行う予定でした。ところが、残念なことにシャトルの爆発事故によりまして、それが頓挫しており、約2年半ぐらいのブランクの後に、ことしの9月に再開されると思います。(本座談会後の9月29日再開第1号のディスカバリーが無事打上げられた。)

80年代が実験段階としますと、90年代は実利用段階、あるいは運用段階になるのではないかと。これの典型的なシンボルマークは、宇宙ステーションと呼ばれ、米国が主導し、日本、カナダ、ヨーロッパが国際協力で参加している非常に大きな軌道上施設です。この計画のスタート時にはコロンブスの米大陸発見500年を記念して、1992年に運用開始を目差しておりました。開発コストやチャレンジャー事故の影響で実現は1990年代後半になりそうです。

今までの利用は、通信衛星にしる観測衛星にしる、あくまでも高い位置に人工衛星がいて、推進力がなくても落ちてこないという性質だけを利用していましたが、これからはそれをさらに多様化して、例えば無重力という、地上では絶対実現できない環境を利用して何かをつくる実験をする。これから何が出るかということはだれも予測できない。そういうことをやってみようとするスタート地点にまさに現在立っていると言えると思います。

ダイナミクスの面からいいますと、従来型の人工衛星は剛体運動を主として考えればよかったのですが、この宇宙ステーションというのは非常に難物であります。これは大きくないと意味がないということで、大きさは大体縦が120メートル、横が90メートルといったベースラインの形態が考えられておりますが、こういうでかいものは今までコントロールしたこともありませんし、ダイナミックのモデリングをきちっとやって実証したことももちろんないわけです。

先ほど村井さんが言われたように、こういうシミュレーションに関しましては、一々式を立てるのではなくて、できるだけ汎用の計算機プログラムを開発して、それをうまく利用するというテクニックを現在駆使しておりますが、それでもどうしてもそういうものにのらない分野があります。例えば結合部分は、実際のデータがないということで、定式化が非常に難しい問題になっています。

このような超大型の宇宙構造物のふるまいと予測する問題がダイナミクスに関してはここ10年ぐらいの間に出てくるのではないかと予想しております。

吉田 この10年から、20年の産業の発達を支えているものの一つに計測機器の発達があると思います。そういう計測機器の分野について小野さん、よろしくをお願いします。

小野 10年前から10年先までの間を予測も入れまして話してみますと、まず、10年ほど前は、一般的な会社、すなわちきよ



う御出席の大きな研究所をお持ちの大会社の方よりももう少し規模の小さなところでの計測が、アナログ計測中心からようやくデジタル計測に移りつつあった時期です。特に振動や騒音の解析装置としてFFTアナライザのような、スタンドアローンのものが出始めて、デジタル計測がスタートしたころです。それが、マイクロコンピュータのチップの性能向上とメモリーの容量とそれにかかる費用の急激な減少、つまり性能が上がって費用が安くなることによって、解析データをどんどん出すことができる形になってきたのが、きょう現在だと思います。

村井さんがおっしゃったことで非常に感銘を受けたといえますか、私が考えていたのとそっくりなことがあります。結局、きょう現在で問題があるとすれば、解析データはどんどん出てきているけれども、それをどうやって読むかということだと思います。解析結果を解析するというとおかしいんですが、例えば出てきたスペクトラムをどう生かすかといった技術に関しては、ユーザーの中で大きいばらつきがあります。村井さんは、若い方々がそれがわかる状況にしなければいけないと言われましたが、それと同じことが、データの利用技術をいかに伝えるかということにも言えます。私共計測機器メーカは今後そういうノウハウを情報として流していかないといけないと思います。

今お話ししたのはデータ解析機器の方向ですけれども、その一つ前に重要なことは、いかにして物理量を検出してデータ処理装置に送り込むかということです。これははっきり言って、この10年ぐらいはそんなに進歩していません。一般的な加速度検出器で、10年前のものと今のものとは、せいぜいSN比が少しよくなったとか、形が小さくなったとかいう程度です。

この辺は、今後10年間は、非接触でいかに計測するかということに次第になっていくと思います。そうすると、やはり光を応用した計測が重要な要素になってきますが、これは今後の10年間で随分進むと思います。

もう一つ、データ処理装置で今後10年間で大幅に変わると思われるのが、EWSの世界ですね。32ビットになって、例えばDSPのチップがついているものでしたらFFTの1024というような演算が1秒以下でできる状況だと思います。

我々が今一所懸命やっている専用のFFTアナライザは、本当のことを言いますとそれに毛が生えた程度しかできない。1秒間に10回やればせいぜいですが、今後5年先、もしかすると3年ぐらい先には汎用のEWSでFFTアナライザが全部できてしまうという世界になる可能性がある。

そうすると、我々計測器メーカとしてどうしていくべきかといえますと、まずはEWSといかに仲よくするかということが肝要だと思います。これはどういうことかということ、マンマシーンインターフェースのところをかなり我々が一所懸命やる必要があるし、それから演算そのものを非常に速くする必要があります、もう一つ、データ処理した結果の分類をEWSにさせ、

我々の方は専用のFFTを小型化して現場に持ち込み、現場でとりこんだデータを例えば電話回線を使ってEWSに送り出すというような、計測ローカル・エリア・ネットワークみたいなものを構築していく必要があるのではないかと思います。

もう一つの考え方は、目的別商品化と申しております。今のFFTアナライザは何でもできるよという多用途志向ですが、そうではなくて、例えば異常診断に特化するものを考える。これは先ほど申し上げたことに一脈通じるのですけれども、解析結果をどう読むかというソフトウェア、利用技術としてのソフトウェアを入れて製品化していく。それがユーザーの省力化につながるに違いないということです。

それから、これも村井さんの発言のように今までの計測器の対象は、振動とか騒音のような、簡単に物理量を電圧に変換することができるものでしたが、これからは快適さの表示というような、心理量の計測が必要になってきます。例えば私どもは音を中心に考えておりますので、快適な音を定量化するというような、心理量の評価が今後10年間の課題になってくると思います。これは非常に難しいことで、基準がどこにあるか全くわからない。基準からしてきちんときめていかなければならないわけです。

ただ、色の世界は、心理量の評価ができていますから、音の評価にもそれと同じような方法論が使えるのではないかと思います。

少しつけ加えさせていただきますと、今の心理学は文系の学者がやっているのでもそういう文系の学者との交流を、機械力学部門でやっていく必要があるという気がします。

吉田 大学で研究している立場として、またある意味では全体を見られる立場から、感想も含めまして長松さん、何か御意見がありますか。



長松 皆さんはそれぞれ専門の企業の立場から発言されましたが、私はそういうところから離れた大学の立場で話したいと思います。

まず、ダイナミクスを考えるには機械産業全体を考えなければいけないし、機械産業全体を考えるには文明を見てみなければいけません。人間の文明は、青竹みたいにずっと育て、節があってまた新しいものが芽生えてという繰り返しであり、20世紀はその節目だと思います。言いかえると、今世紀は新人類の原始時代だと思うのです。

例えば、20世紀には人工頭脳が芽生えた。これは計算機として芽生え、やがて来世紀、再来世紀には人工頭脳へと発展していくと思います。それから、バイオという新しい分野が芽生えた。また原子エネルギーも解放したわけですが、これはまだ原始時代です。昔原始人類が火をはじめ手にしたときに、それを動物や敵に対する攻撃のために使ったように、水爆、原爆として出てきたわけです。今はそれから多少脱して、縄文時代に入って、原子エネルギーを少し有効に利用できるようになったという程度です。それからもう一つは、有機、無機、特に超伝導などのいろいろな意味の新しい材料ができてきた。ちょうど

類人猿が棒を初めて手にして道具として使い始めたように、今はまた新人類の新しい道具を見つけたという時代だ。20世紀はそういう位置づけができると思います。

次にちょっと話を狭め、その中で機械産業はこの10年どういう特徴を持っているかということに話を移したいと思います。

まず、全体的に一番大きいことは、現状を含めたこの10年は、機械産業が成熟期を過ぎて流動化している時代だと思えます。もっと具体的に言いますと、20世紀を支えてきた機械産業の基盤、例えば鉄とか造船とかが崩れつつある。自動車も成熟期を少し過ぎた感じです。それと同時にバイオ、新材料のような新技術の芽が、機械以外の分野、すなわち応用物理とか電子、生物学、化学などで出つつある。これを総合してみますと、この10年は、20世紀の概念で言う機械が産業の中心でなくなりつつある時代だと思えます。

2番目の特色は、計算機が機械産業に非常に大きい影響を与えてきたということです。それを分けてみますと、まず計算機が一般化してきた。例えば自動車が、昔は自分で修理できなければ運転できなかったけれども、最近では、中身を全然知らなくてもだれでも乗れる。それと同じように、計算機がどんどん人間社会全体に入ってきて、中身を知らないで抵抗なく使えるようになってきた。次に計算機によって技術の総合化が行われ始めた。解析技術では有限要素法がそうです。それからCAE、CIM、OAというように、計算機を軸にして文明の総合化が起こっている。もう一つ、計算機援用の高度化が起こっています。単純な計算から、知能化とか情報処理に代表されるような、高度な使い方がされてきた。つまり、原始時代からの一歩脱却が始まっているということですね。

第3番目の特色は、機械産業の電子化だと思えます。これはあらゆる機械がマイクロプロセッサを内蔵し始めたということです。マイクロプロセッサを離れて機械を考えられなくなった。これはメカトロという言葉で代表されます。

それに関連しますが、第4番目としては、軽薄短小の時代になってきたということです。

第5番目は、これはちょっと憂慮すべきことですが、日本の機械産業でいいますと、生産の空洞化が始まっていて、我が国では次第に物をつくらなくなってきました。それがこの10年間で技術の空洞化に移りかわるのではないかとのおそれがあります。というのは、日本は、アメリカなどと違って技術を独創してきた国ではなく、元来模倣の技術ですから、生産の空洞化はすぐに技術の空洞化につながりやすい。東南アジアや中国、韓国にすぐにやられるのではないかと心配がある。

これに関連したわが国の心配は、中小企業や地方を置き去りにしていることです。先端企業とそれ以外の企業との差がどんどん広がっている。これも非常に大きい日本の問題だと思えます。

もう一つのわが国の問題は、空洞化に関連して経済の中心が銀行や証券などの非産業へ移りつつあることです。これも非常に危険なことです。今まで機械産業を中心とする製造業が一所懸命稼いできた富を国内であちへやったりこちへやったりするだけで、そうしているうちに富は雲みために蒸発してなく

なってしまう。優秀な人材が非産業に集中するのは恐ろしいことだと思います。

こういう機械産業の背景の中で、現在を含む10年間にダイナミクスはどうなっていくのかといえますと、まず流動化に関しては、我々の役目は、時代の熱病に学問的基礎を与え、体系化することだと思います。つまり、今は情報化が非常に盛んになり、新しい分野はわあっと熱病みたいに広がります。一昔前は、それがモード解析だったわけですが、今はメカトロとか制御、ロボット、人工知能とかいうものがめったやたらに無関係に起こっています。それらを熱病のまま置いておきますと、次々に消えていってまた新しいものが起こってくるわけです。ですから、我々としては、そういう熱病を基礎学問で支え、隣接分野との関連性をはっきりさせる。要するに、我々機械学会のダイナミクスを担当する部門としては、それらに学問的基礎を与えて体系化していく使命があるのではないかと思うわけです。

熱病である新技術のおいしい部分ばかりをとった新学会、あるいは横割りのいろいろな部門は、栄枯盛衰を繰り返すだけで、なかなかこういうことはできない。我々は基礎をしっかり守りながら、切り捨てていくべきところは果敢に切り捨て、こういう新しい問題の学問的支えをしていく必要があるのではないか。

具体的にはまず、この10年間で振動と運動と制御を完全に一体化した、ダイナミクスとしての体系化をしなければいけないのではないかと思います。

それともう一つ、計算機援用の高度化をダイナミクスの中でやらなければいけないのではないか。これは単に計算し、解析するものではなくて、それから脱却して知能化、エキスパートシステム、ファジィ、感性などを導入したり、実験と解析を一体化するシステムをつくらなければいけないのではないかと思います。

さらに、ダイナミクス部門における底辺の底上げをやらなければいけない。特に地方の地場産業や中小企業などの底上げをやらなければいけないと思います。機械学会に参加できないような人たちに何とかアピールして、日本全体が一緒に発展するようにする。先端企業だけが突出している形の繁栄の時代というのは、そう長く続かないと思います。

吉田 これからは自分の分担を気になさらないで、未来についてざっくばらんに話を進めていただきたいと思います。まず富田さん、どうでしょうか。

富田 先ほどは振り返ってメカトロの時代までの話をしましたが、未来の話が出ていますので、ダイナミクス屋の仕事とは限らないけれども、あえてこれからのテーマとして私が思っていることを端的に言ってしまうと、それはマンマシンインターフェースだと思います。

これにはいろんな意味があって、例えば一番卑近には、コンピューターをたくさん使うようになり、それなしでは設計できなくなっている。CADとかCAEとかいろいろと設計用のツールはたくさんできているんですが、それでも特に振動解析はやっばり難しい。一般の現場の設計者が非常に気楽に使うという次元には全然達していない。

それは、理論が難しいのに加えてツールの使い方も難しいからだと思います。設計者は非常に気楽に使えるようにする必要があるので。つまり、画像の技術やソフトウェアの進歩によって、人間が機械に使われるのではなく、機械を人間に合わせていく。

例えばワードプロセッサは非常にプリミティブですが学習ができます。人間が用語を使うと、仮名漢字変換のときにプライオリティーを変えてくれるけれども、そういう例はCAEの世界ではまだ極めてわずかです。例えば、人間が設計段階でディスプレイの上で丸をかいたとする。それが機械のコーナーであったとすると、Rをとろうとしているのか、あるいはその円の直径に本当に意味があるのかどうかなんてことは、機械は知らない。

もう少しアドバンスした機械だったら、人間がどういう手順でデータを入れたかによってそういうこともある程度理解できるようになる。機械が人間を理解してサポートするというところに行くと思います。

今のCAD、CAEはツールとしては非常に未熟で、さっきの話ではありませんが、やっと始まったばかりの縄文時代という感じです。卑近な例を言うと、そういう設計者のサポートをする、使いやすい機械をつくるということが一つあると思います。

そのことに関連して、人工知能という言い方がある。今はやっているエキスパートシステムは、一つの人工知能のはしりであるかもしれないけれども、人工知能としては非常に次元の低いものです。文字どりの人工知能を持ったロボットは当面は実現しないだろうと思います。

それでは、その間に来るものは何かというと、判断はあくまで人間がして、機械を非常に使いやすくするという事ではないかと思います。現実の問題としては、スペースとか原子力プラントだとか、いろんな特別な環境で機械を使う場合、基本技術の一つは遠隔制御だと思うんですね。そういう環境で機械を人間が使うとき、どう使いやすくするか。例えば臨場感をどうやって出すか。あるいは宇宙のふらふらした構造物をどううまく人間が日常感覚の中で制御していくか。そういった、使いやすさの点で、かなりエレクトロニクスなり制御なりを使っている領域があると思います。

そういう意味で、まだここ当面、21世紀にかけてやる仕事は、いかに機械を人間が使いやすくしていくかがメインテーマだと私は思っています。

村井 そういう意味では、コンピューターの世界が一番、使う人間に対する思いやりを目指した機械づくりが進んでいる世界ではないかと思います。ヒューマンインターフェースという言葉が出てきたのも、コンピューターの端末の世界ですからね。

小林 ちょっと長松さんにお聞きしたいんです。また過去10年から始まるんですが、大学と企業という面では、機械力学の研究者はどうやってきたのかなということです。

例えば振動でどんなことが起きているのか、どういう因果関係があるのか、どうしたらそれを何とかできるのかなという

問題があったとしますと、これまでは大学が絶えず新しいアルゴリズムという因果関係の表現の仕方であるとかをいろいろ提供した。そして企業の研究者は、いろんな形でコンピューターを使いますが、それをどうやって算数として解くかというところに努力を払ってきたわけです。そして問題がわかった後は、現実の機械を制御するところは自分たちでやってきた。

ということは、過去10年を考えると、物事の現象を、例えば運動方程式でも何でもいいんですが、現在のコンピューターの理解できる言葉であらわすためのアルゴリズムというか、その核心的なものは絶えず大学から出てきたわけです。

では、今会社でどんなことが起きているかということ、どうにも因果関係をあらわせないということなんですね。例えばロボットを上手に歩かせたいという目的はありますが、そのためにコンピューターに何を教えたらいいかわからない。それからもう一つ、今までのような運動方程式的な記述の仕方、今のようなコンピューターの使い方では問題が処理できるのかなという疑問が出てきた。場合によっては、自分用の、わからないことを何となくわからせてくれるコンピューターをつかった方がいいのかなということ、企業のダイナミクスに近いところの研究者は考え始めていて、コンピューターの専門家の人と協力して仕事を始めているわけです。

そうすると今後の10年は、今までの大学と企業の関係のように、このような問題に対する回答が大学側から出てくるのかなあと(笑い)。そこで、企業側としては自分たちでやみくもに新しい、思想の違うコンピューターをつくらせて解くべき問題なのか、あるいは、大学からこれまでのように御指示がいただけるのか、自分たちも大変悩んでいるんですけど、どんなものでしょうか。

長松 最近は大学も非常に苦しい時代になっているわけですね。一口で言うと、小林さんが言われるような意味では、大学の存在価値がなくなっているのですよ。それは確かだと思います。特に東芝、日立みたいな大企業では、そのすごい研究陣営をしいて自前でやられていますから、我々大学は今までと同じようにはそれに参画できなくなっています。

大学の逃げ道としては、人材育成をやっているということがありますが、しかし、これで逃げていられないところもあるわけです。

ただ、今でも新しい技術の芽が大学から出ていることは多いんですね。それは非常に優れた少数の分野です。その分野だけは生き残れるのですが、そういう状況ですから、それ以外は人材育成に専念するよりしかたがないのではないかなと思っています。

小林 お聞きしたかったのは、自分たちで表現できないけれどもダイナミクスに関連して解かないといけない問題があるように見えるので、そういうものに対する研究が大学で始まっているのかなという質問だったんですが。

長松 大学の学者はそういう問題の存在自体を知らない。そういうことが存在しているということ、大企業は我々に教えていただかないといけないわけですよ。東芝や日立にはそういう使命があります(笑い)。我々もどこにそういうものがあるの

かを大変知りたいわけです。必死になって知ろうと思っ
ていますが、情報が無いのです。我々はまだしも、地方大学になると、
それは本当に深刻な問題になっています。基本的には、予算が
少ないとかいう問題ではなくて、一番の問題は、産業界がど
っちを向いていてどこに問題があるかという、企業からの情報が
ないということなんです。

ですから、これからは本当に新しい意味での産学協同、情報
を中心とした産学協同をやり始めることが必要だと思っ
ます。その場としてこの機械力学部門を何とか使っ
ていただければというの、私のねらいなんです。そこで皆さんをお呼びした
のですよ(笑)。

村井 今の議論に関連した話をしますと、機械力学屋として
熱病のようにとりつかれる技術が最近では少なくなってきた。昔
は有限要素法があったり、回転体の軸受けの部分の問題があ
ったり、自励振動があったり、モード解析があったりして、運動
を汎用的に解く技術が出てきて、ロボットの解析もそれを使っ
てやっているわけです。そういうふうには、解けなかったものを
解けるようにしようという熱意を持って機械力学屋がみんな
やってきた。つまり、機械力学屋が花形になれる技術がたくさん
芽生えて育ったわけですね。

今はどうかというと、長松さんが言われたように、華やかで
はなくなってきたけれども、それを体系化しなければいけない
とか、富田さんの言われたように、それはできたけれども使
いにくいから使いやすくしなければいけないということなんです。
そしてそういう仕事は大事だけれども、どちらかというと、
機械力学屋が熱病のように取り組みたくなるようなものではない
んです。でも、大事だから企業としてはやっていかないと
いけない。企業が地道にどうしても取り組んでいかないと
いけない仕事で、大学が取り組むような仕事でもないような気が
するんです。これは私の偏見かもしれませんがね。

そこで、どういうところにこれから機械力学屋は目を向ける
べきかということ、何かをモデル化してそれを解くということ
を機械力学屋の第一歩としたら、今までのように純粋に機械を
対象にそういう分野を考えていると、もう対象がなかなかない
時代ではないかなと思います。今は化学とか生物の世界に入っ
ていかざるを得ない。すなわち、極端に言うと、機械力学部門と
銘打ってはいられないような時代になっている。それにと
どまっていると、大学の機械力学の部門は、まさに教育のみに
なってしまう、新しい技術を開発していけないところでは
なくなってしまう。

だから、もう機械工学科の中に機械力学部門があったのでは
いけない。もっと境界領域の中に入っ
ていかないといけない。化学と機械とのつながり、あるいは生物と機械とのつながり
を考えていく。例えば私たちのところでは樹脂、プラスチックに
関連した機械を使っていますから、プラスチックの機械とプラ
スチックの両方のダイナミクスを解いていかないと
いけない。しかもそれが人工知能とつながってプラスチックを成形する機
械をトータルで知能化していくという世界になってきていま
す。そこではもう人工知能も必要だし、機械のダイナミクスも
必要だし、プラスチックのような樹脂の世界のダイナミクスも

必要になってくるわけです。

機械だけではない、そういう広い領域に大学も入っ
ていかざるを得ない。そういう状況ではないかと思っ
ます。

富田 小林さんの話にかえると、歩くロボットをつくる
とか知能機械をつくるという話がありましたね。人間が人間に似
た機械をつくるというのは技術屋の夢であるかもしれないし、
工業的に意味をもたらす可能性も多分にあると思うのですが、
それには、我々の今手持ちの制御理論なりシステム構築理論と
は本質的に違う理論体系が要るよう
に見えます。

例えばファジィ理論なんてものが出ていますが、あれもわ
ずかにそっちの方向を向いているのかもしれないし、そうでな
いかもしれない。あるいは学習理論なんかも出てきていま
すね。そういうものであるかどうか、何かかなり斬新なアル
ゴリズムというか、理論体系が登場して始めて先に述べた問題が
解決するはずだと、我々は期待しているんです。だれか天才が
あらわれて口火を切るだろう、どこに天才があらわれるだ
ろうか
と見て待っているという感じがあるんです。

そういう意味での話題としては、決定論的でないところまで
を含めた、今話題になっているカオスだとかフラクタルだとか
いうのがあります。いずれにせよかなり新しい理論的な手
がかりを持っていないと、人工知能的なフェーズには入っ
ていけないと思っ
ます。今言われている知能は大抵、人間が仕組んだプ
ログラムに従って動く機械の範囲をあくまで出ない機械
ですから、非常に次元が低いというか、人間からは随分遠い機械だ
と思っ
ます。

ですから、私なんかは小林さんと同じ期待を大学
に対して持っています。企業ではたくさん人間がいるように見えても、
いろんなことをやっていますから、なかなかそこまで立ち入
れないんです。そういうアルゴリズムというか発想が出た後
からは育てることができると思うけれども、極めてユニークな
ひらめきが登場するのは学校あたりの世界だと思っ
て、待っ
ているんですね。

長松 それは本当に理想なんですけど、そのためには、最近
の技術ニーズを肌身でもって知る必要があると思っ
ます。それが無い限り、天才がいても何もできない。最近
はやはり、村井さんが言われたように、いろんな領域を
同時に知るという幅広い底があっ
て、そこから何かかがぼつんと生まれてくる
ということですから、意図したプロジェクト的なものを
やる必要があるのではないかと思っ
ます。

富田 先ほど大学についての厳しい自己批判がありま
して、私どもはそこまで言うつもりはないんですが(笑)、
今我々技術者が接触している先は非常に多様化している
んです。私なんかは、応用物理の研究所へ行っ
ているいろんなことを聞いてみたり、理学部へ行っ
て聞いてみたり、電気屋さんのところへ行っ
て聞いてみたりというように、いろんなところと接
触している。企業の機械技術者は、つくるものが
そういうふうになってきていますから、多様な接
触を余儀なくされているわけ
です。

そういうことで、1対1関係から多対多の
関係になっているというか、企業の側からは1対多
という関係になっていま
すが、大学の機械工学が企業のいろんな側面に接
触するという、

逆の1対多数の関係は、必ずしもできていないような感じがします。そこで、大学側の内情としては、難しい話もあるようなんですが、努力して関連学科を結んだプロジェクトをたくさんつくっていただきたい。地域も大事ですがむしろ異分野との接続を早くやっていただくと、また我々との関係も新しいものになると思いますね。

狼 今富田さんが異分野の接続、学際的な交流の重要性を御指摘されましたが、これからお話しすることは、その一つのたとえ話としてお聞きいただきたいと思います。

我々は宇宙へ人や物を運ぶとき、ロケットを使いますが、地上から発射する目方の百分の一ぐらいしか上へ上げられないわけです。そもそも何がいけないかといいますと、そこに使っている推進薬で、そのケミカルな性質ですべてが規定されています。

その中で一番いいとされているのは、液体水素と液体酸素の組み合わせになりますが、これでも噴出速度は、幾ら工夫しても大体4.5km/secぐらいしか出ません。ロケットは推進剤の噴出の反動を利用して加速するわけですからそこに限界があります。それを、1%とかコンマ5%上げるために、ロケット工学者は過去必死の努力をしてきましたが、結果的にはそう大した進歩はしていません。

ところが、最近、もっとほかに優れた物質があるのではないかという、発想の転換が出てきました。とは言っても、世の中にあるさまざまな物質を一々組み合わせで実験するとなると、まず実験装置からつくらないといけない。けれども、実験装置一つ整備するにも、爆発物を扱いますので、数十億かかります。しかも、真空状態で燃焼したらどうなるかを調べるために真空状態を実現しつつ、なおかつ噴射する設備となると、もう数百億のオーダーの経費が要るわけです。

そこで最近、分子や原子レベルという、非常にマイクロなレベルでのダイナミクスをスーパーコンピュータでシミュレートして、一番いい物質の組み合わせを見つけたらどうかというような研究が進んでいます。これをやろうとしますと、化学・物理学・工学・ロケット・ダイナミクス各専門家が全部が一緒になって、取組む必要がある。こうなるとハミルトン方程式やシュレーディンガー方程式等々が出てきて、方程式の名前だけを聞いても全部の方程式を知っている人は多分いないというような世界になると思うんですね(笑)。

そういうものが一緒になって、わっとやったら、例えば液体水素・液体酸素の2倍の能力のものができるかもしれない。2倍のものができると、まさに革命が起きまして、スペースシャトルというのは完全におもちゃになってしまう。そのくらいの飛躍があるはずですが、残念ながらそれはまだスタートしたばかりで、アメリカがひそかに何かやっているに違いないというような状況にあります。

ですから、長松さんが今言われたように、いろんな分野の方をなるべく集めて、一つのターゲット、それは非常にシンプルな方がいいと思いますが、そういうものを打ち立てて何かやれば、日本も相当のポテンシャルを持ってくるんじゃないかと思えます。

村井 今の話よりもっと単純な例ですが、ヨーロッパではモード解析の技術がどんどん伸びていた時代に、モード解析の研究者たちがいろんな分野の人と接触して何かできないかということをやったわけです。例えば、農業の人たちとは、果物を取り込むハーベスターで木をいかにゆすったらうまく落ちるかとか。あるいは医学部の先生と一緒に、人体の特性をいかに把握していくかというので、死体がないといろいろできないので、死体を持ってきてモード解析をやったとか。そんな協力をやっているようなところもありました。最近では、今度はモード解析ではないんですが、ヒューマンインターフェースというか、人がどう感じ、どう反応しているかをモデル化していく世界では、機械屋や制御屋が心理学者と一緒に、人や社会のモデル化をやっている。

ですから、いろいろお話が出てきたと思いますが、機械力学屋が機械力学だけにとどまっていると、みんなが熱病のようにとりついていくテーマがだんだんなくなってくる。もっと、心理学者と一緒になったり、経済の学者と一緒になったりというように、今富田さんが言われたことと同じだと思いますが、異分野とやる必要があると思いますね。

企業は、少なくとも機械工学科卒業だけじゃなくて、化学屋だとか物理屋だとか生物屋だとか園芸屋だとかと一緒に、機械をつくらうという目的がありますから、高度ではないかもしれないけれども、異分野で集まって何かをつくっていくわけですね。

小野 全くの異分野ではないと思いますが、私どもでは先々週、機械学会の講習会に会社の講演室を使っていたけど、その翌週、音響学会で同じような講習会をやったんです。内容は両方ともデータ処理ですが、来るお客さんは全然違います(笑)。

片や音響学会の方は、オーディオ屋さんとかスピーカーメーカーとかコンサルタント屋さんとかがたくさん来て、パソコンを使ってFFTの実習をした。1週間前の機械学会は、実際にクレーンの模型をたたいて、制御をかけるとどのぐらいうまく振動がとまるかをFFTを使って調べるということでした。ほとんど同じ内容ですが、全然違う分野の人がやっているわけです。

つまり、同じデータ処理を機械屋さんは振動でやっており、音響屋さんは電気音響でやっているけれども、お互いにあまり知り合っていないのではないかと。同じものをやっているんですから、これがひとつ接触すれば、違ったアイデアが出てくるかもしれない。あっちから見るか、こっちから見るかの違いだけです。

村井 機械力学出身で振動、騒音の世界にいると、何とかそれを小さくしようという発想をするんですね。ところが、だんだんそういう時代ではなくなって、将来は、小さくするんじゃなくて、より快適にするということになって、どうしても音響の世界に入っていくざるを得ない。我々振動、騒音をやっている世界は、如実にそういうことになってきましたね。

富田 話を脱線させて申しわけないかもしれませんが、座談会があるというので、機械力学という動力学が機械の分野に

入ってきたのはいつごろかというのを調べてみたら、1880年頃からなんですね。ちょうど原動機が使われ始めた、ブームのころです。ニュートン力学はその前からあったんですが、むしろこれは船の航行のための天体の運行の解析などに使われていて、それまでは機械工学には動力学はほとんど縁がなかった。

だから、機械力学屋の歴史というのもそこから勘定し始めると、約100年です。100年が長いかわりか。100年もたったからそろそろまた次のことを考えないといけないのかもしれないし、わずか100年の歴史であるから、機械力学がまだ変質していくのは当たり前だということかもしれません。100年というのは私も知らなかったから、今申し上げてみたんです(笑)。

小林 歴史的な話ですと、この間の機械学会のときに、「力のメカから知のメカへ」式に、21世紀の機力のキーワードが何かないかなと遊んでいたんです。そのときに出たのは、どうも今までの機械力学屋は地に足を付けてやってきたと(笑)。例えば従来は回転機械でもちゃんと支持軸受がある。しかし、どうもこれからは宙に浮いた時代になるのではないかと(笑)。大型の回転軸が磁気的な力で浮いている時代です。

この「宙に浮いた時代」というのには、いろんな意味があるんです。例えば先程の理論の方も、今までのように質量から始まってきちんとつながって解ける時代ではなく、もっとふらふらな何かに行かなきゃいけないかなと思うし、それからこれはちょっとこじつけですが、応用面で宇宙の方へどんどん行っている。また、人間の組織を考えても、機械力学屋さんというのは自分のところに根を張っていたのではない。ほかのところにくっついて、宙に浮かぶかどうも仕事ができないというように、今までのように足を地につけたとか、大地に根を張ったとか、支えたという時代から、もうふらふらと宙に浮いた、フローティングの時代になってきた。

狼 宙に浮いた話が出たので関連したことをお話しします。(笑)

航空の世界では最近環太平洋時代と言われておりますが、今は、日本からニューヨークへ行くのでもロンドンへ行くのでも、オーストラリアのシドニーへ行くのでも、全部十数時間かかるわけですね。この間狭苦しい座席の中での辛抱を強いられるわけですが、こんな我慢をする必要があるかよくよく考えてみる必要があります。

大体人間の限界は、新幹線でも御経験のとおり3~4時間あたりがいいところ。太平洋横断をこの位まで短縮できないかということ、現在の技術ではできる見通しがあります。採算ベースに合う開発に必要な最先端技術の基盤は徐々にできておまして、その気になればできるはずなんです。製作会社の利益が優先している。世界各地への飛行時間を大幅に短縮することを目標に日本ももう少し頑張っていんじゃないかと思えます。

もう一つは、逆に大衆化、民生化の方向です。最近ではコミュニティーというのが都市間の交通でいろいろ騒がれています。今のところは全然商売になっていないようですが、もっと規制が緩めば、どんどん飛べるようになる。すると、軽飛行機的なもので隣の町へ行く。裏日本と表日本とを結ぶ。東京と成田をもっ

と短時間に飛ぶとか、大衆化の方向が非常に重要なファクターになるのではないかと思います。飛行機というのは様々に分化した技術の総合ですが基本的にダイナミクスが主体であります。空気力学や構造力学等の境界を取り払って、広いニーズに対応する方向に行くのが正しい行き方ではないかと思います。

そういう宙に浮く話がありますが、ぐっと身近な話として、私の個人的な興味で、スポーツの世界を見てみると、走るのでもテニスをやるにしても、余り地についていないんですね。飛び上がって打つとか、地面をキックして飛び上がりながら走る。スキーのダウンヒルなんかはほとんど空中を飛んでいるような感じがするんです(笑)。ああいった運動をきちんと解明し、どうやったらもっと最適にできるのかというのが、興味の対象です。オリンピックでメダルをとるためにも、機械力学部門がもっと頑張っているところじゃないかなという感じがするんです。

小林 さっきキーワードでちょっとためらったのは、会社で言うと、本当は今が宙に浮いた時代で非常に困っているところなんですね。例えば富田さんも非常に御関係のあるディスクの問題にしても、ヘッドをいかに浮かすかでふうふう言っておられる。それから、東芝さんのおつくりになった1メガビットも含めた半導体の製造では、いかに触らないで何とかするかということですね。

だから、ダイナミクスの問題で言うと、地に足を付けた時代が10年前で、マグネットベアリングも含めて今は宙に浮かすことに非常に苦労している時代です。そして21世紀には何かもう一つあるんだと思うんですね。



吉田 その21世紀については、マンマシンインターフェースとか、いろいろキーワードが出ていますが、多様化ということで、機械力学のソフトウェアとしては、必ずしも熱病のようなものはなくなってくるのではないかと(笑)ということでした。そういう意味では、もともとダイナミクス、動力

学の分野というのは、振動もまさにそうですが、基本的にはソフトウェアなんですね。ある一つの現象を解明しているだけであって、それが発生してくるもとは何でもよかったです。機械工学の中で唯一ソフトウェアにもともと足を突っ込んでいた。その面でダイナミクス部門は、機械力学の中ではある程度先端を切られてきた。これがダイナミクス分野の一つの特徴でもあったと思うんです。

確かに、その特徴というのは、逆の見方をすれば何も実体がないのではないかと(笑)という一つの批判にもなるわけで、頑張らなければ本当にこのままぼんやりと、後追的な形にしかならないという面もあると思いますが、一方、何でも入っていけるという側面がもともとあるわけですから、この分野は枠をつくってしまうとだめではないか。やはり、もっと広がりができるような形をとらえていく必要があると思います。

私も最近のニューラルネットとかニューロコンピューターとかファジィの関連を自分なりに調べてみました。特にニューロコンピューターの特徴は、今までのお話にも出てきましたが、

アルゴリズムとしては並列処理ということが一つあると思います。もう一つの特徴は、非線形特性をうまく使うといえますか、非線形的なデータ処理ですね。先ほどカオスというお話も出てきましたが、ニューラルネットの分野でカオスニューラルネットという形で研究なさっている方もいるわけです。

もともと機械力学屋は、非線形振動には興味があるはずなんですけど、どうも最近はそのようなダイナミクスの本命であるような、もともとそういう研究者がいたはずの機械学会からは余り出てこないで、よりソフト化されたというか、電子とかそういうところから出てきているわけです。

話はちょっと飛びますが、電気学会に出てみますと、マイクロアクチュエーターというので、マイクロオーダーのアクチュエーターの研究をしているところがあります。これも一部超伝導を使ったり、非常に新しい技術を使おうとしているわけです。まだ海のものとも山のものとも言えない、本当の始まりだと思えますが、これも電気屋さんなんです。

マイクロアクチュエーターは、一部、目に見えないような歯車があったりしますから、まさに機械要素です。そういう本来機械工学屋がやらなければいけないことも、発想が固定観念にとらわれ過ぎていて……。

富田 これは機械力学部門の全体ではなくて一部かもしれませんが、30年代ぐらいでしょうか、非常にシステム志向をしたときがありましたね。そのときに、余りそういうシステム的なことばかりをやるのは行き過ぎているという反省があって、Uターンをしたわけです。その結果、東大の例で言えば、例えばロボットは精密工学科でやり始めたというように、機械工学科の先生方が意識的にそういう固い姿勢をとられた。まあ、それはそれで正しかったのではないかと思います。そういう屈折を一度経てきているわけです。その間に、ほかの分野でいろいろとシステム理論のようなものが取り上げられたということですから、機械力学を含めた機械工学はちょっと出おけていると言えは出おけているという感じに今なっているんじゃないかと思えます。

これからは、平凡なことだけれども、振動設計なら振動設計を万人のものにしていくためにはコンピューター利用技術を中心にやらなければいけないことがたくさんあります。それは極めて基礎研究的であって、ダイナミクス屋の夢をかけてもいいような仕事の一つであろうと私なんかは思っているわけです。

ただし、ソフトの世界というのはかなり天才の世界で、オリジナリティーというか個人の才能に依存するところがあるので、みんなが集まってやったからできるというものでもないんです。それでも大勢集れば突破口を開けるかも知れませんが、もうちょっと積極的に若い先生方を中心にして、あるいは我々のところの若い人も参加して、もう一度ソフトウェアの世界を新しく開拓することを考えなければいけないのかもしれないですね。

小林 富田さんが出された批判というのは、多分こうだと思うんですね。ハードは別途にあり、機械力学屋さんはそれをうまく操る、乗りこなす、その乗り手だった。そして今まではか

なりクールにやってきた。

クールにやってきたというのは、力学の法則からスタートして、それをかなりクールに解いてやるという形でやってきた。その解き方にいろんな手段を考えた。解き方のアルゴリズム的なものが大学から出てきて、便利に、上手にという手段の方を企業がやってきた。

ところが、さっき吉田さんの言われた新しいコンピューターでは、それはクールな制御の仕方からかなり人間的な制御の仕方に移ってきたのではないかと思うんです。例の非線形要素を入れるということは、あるところで「もう、だめ」と飽和してしまうとか、カオスの方は「もう、だめ」とぼんとほうり投げられる手段なんですね。

そういう、解を導く手段の中に、「もう、これで勘弁してくれ」と、出力を飽和させるとか、あるところでぼんとカオスを入れるとかいうことをネットワークに組み込んで、何か新しく物を制御できないかということは、やはり機械力学の研究者の範疇にあると思うんです。だから、コンピューター屋でも数学屋でもなく、機械力学屋が次の世代には一仕事できるのではないかと思います。どんなものでしょうかね(笑)。

吉田 一つの傾向としては、そういう非線形とか、マンマシンインターフェース、感性ということだと思いますが、今までの我々の科学技術は、どちらかというと、解析一つとっても画一的な答えで、シンセシスをだれがやっても最適制御は同じ設計法というような面があり、非常に画一性があつたわけですね。

ところが、非線形では、初期値によってどっちへ行くかわからないし、感性も人によって違う。そういう分野になればなるほど、設計にしても、理屈で考えた、教科書的な、画一的な設計法が得られるのかどうか。先ほどの天才ではないですが、個性の時代だということ、いろんなアプローチがあって、たくさん解があり、これが画一的なやり方だというものはない。最後にそれをどうやってどうまとめて、どう選択していくかという、何か新しい、非常に難しい時代に入っていくような気がするんですね。

富田 そういう意味では夢がありますね。今はどこでも数式を使って設計するという作業をしているわけですが、そういう仕事の仕方恐らくニュートン以来の考え方で、これも100年ぐらいの話なんです。数式というのは非常にすばらしいモデルで、あれほど抽象化されて、あれほど威力を発揮したものは無いと思うけれども、ここまで来てみると、数式をいじってやるというのは、設計者にとっては難し過ぎる場合が多いんです。だから、ベースにあるものは数式かもしれないけれども、画像を扱う技術が進んでくると、その数式を意識しないような設計がどこの世界でもあり得るのではないかと。歴史的に見れば、100年ぐらいの時代でやっている話ですから、また別の媒体というか、発想の手段があってもいいんじゃないか。

まあ、それでも基本的には数式から逃れることはできないかもしれないけれども、一般の設計者が絵を見ながら設計を進めるという時代になったら、もうちょっと自由な発想の時間がふえて、新しい感性が設計の中に出てくるかなと思ったりするん

ですね。

小林 会社側は、そういう便利さ、やさしさの方は、いろいろやると思うんです。その辺は私個人が思う大学への期待ではないんですね。私の期待は、先ほどの吉田さんの話ではありませんが、もとへ戻って申しわけないけれども、数式を離れた、あるいはニュートンさんを離れた、画一的ではないけれども、何か知らない、自分がよいと思う個性のある解に行くというようなアルゴリズム、コンセプトができ、それを使ったコンピューターができることなんです。そんなふうになってくれたらうれしいんです。

狼 若干お話が逆行するかもしれませんが、宇宙という特殊な世界では、絶対確実ということがとかく要求されます。今のファジィ云々といった、夢のあるアプローチももちろん魅力ありますが、我々はどちらかといいますと、演繹的かつ決定論的に進めていきたい、あるいは進めなければいけないと考えております。

特に大型の複雑な宇宙構造物は、あらゆるモード、あらゆる運用条件をカバーできるような数式モデルさえ立てるのが、非常に困難です。例えて言えば、人間が立ったり座ったりすることのシミュレーションに匹敵するようなややこしい方程式、先ほど400次元のモデルと言われましたが、場合によりますとそれを1けたぐらい上回るようなモデルを扱わないといけない。それでも可能な限り決定論的に進めていきたい。

また機械的に動くということは、危険性を発生するということと同義語でありますから、いかなる部分とも衝突してはいけないという制限を加えて複雑なシステムを制御するにはどうしたらいいかというような問題が、実際にありますが、これはモデルから制御のアルゴリズムまで多くのダイナミクス上の課題があります。

我々は少しレベルが低過ぎるのかもしれませんが、宇宙の方から見ると、ダイナミクスは、あくまでもニュートンの法則やダランベールの原理等に立脚しているわけです。ただし、全システムの記述は今のスーパーコンピューターにのらないぐらいの規模になると思いますが、基本的にはそういう気がします。

小林 今最後に言われたことが鍵だと思うんです。コンピューターの進み方に対して、富田さんも指摘なさっていますが、メーカー側はかなり現実的な予想を持っているわけです。そういうコンピューターの進歩で5年先、あるいは10年後、21世紀になったときにどこまで解けるかと推定をすると、それでは足りない。そのアプローチでは、そうやって解いてみても、今自分が持っている問題に対する解には足りないだろうと予測される分野がいっぱいあるわけです。

それを補ってくれるのは、先ほど吉田さんが言われたような、別な見方から解く解き方ではないか。それをやっておけば、その時点でその問題を解決できるかもしれない。だから、いずれ力学に基いたクールなやり方が追いつくかもしれないけれども、ひょっとしたら人間のホットな問題の解き方を持ち込むこ

とによって、先回りして解けるかもしれない、それに期待しています。

吉田 基本的に多様化していますから、みんな感性なら感性だというわけではないんですね。ある意味では2刀流、3刀流で進めていかないといけない。

ただ、あるものを設計するときには、例えばちゃんとモデル的にやれるにもかかわらず、それを使わないで適当にやるとかということが判断できるか、それをバランスよくとらえられるかということが、また一つ大きな課題だと思います。

それに関して、先ほど富田さんから、システム理論は必ずしも実際のシステム構築の理論とは違うのではないかと、必ずしもすぐ結びつけられないのではないかという話がありましたが、それは昔の設計のハードウェア、機械要素の方で考えれば、ある一部には非常によかっただけなんです。実際の物の設計にはソフトウェア的な段階がたくさんあって、その積み重ねです。ソフトウェアの総合化があるわけで、幾らシステム工学といっても、それはある一部の理論が非常にきれいにいっただけであって、設計の本当の流れというか、メソドロジーを裏づける理論ではなかった。あったとしたら、それはケーススタディーになってしまうという面があったんですね。

だから、これは画一的な解にはならないかもしれないけれども、21世紀にはその辺の新しいデザインメソドロジーの体系化が一つあるのではないかと。設計の方法論が、もう一度本当の設計にもっと迫る必要があるのではないかという気がしています。

富田 本当の設計というのは、極めて難しいんですね。我々はいろいろ考えて、CAEとかいって、なるべく機械化で設計の上流にさかのぼろうと言うんだけど、今の技術水準では、ゴールははるかかなたの先なんです。だから、御存じだと思いますが、「アーティフィシャルインテリジェンスと言うのは余りにもおこがましい。インテリジェンス・アンプリファイアと呼ぶことにしようじゃないか」ということで、AIはIAと言い直そうという話をよくするわけです。

そうすると、やはり使いやすいツールを開発するのが当面の仕事だろうし、設計の上流は人間の仕事だというのが、これからはしばらくは、21世紀になってもまだ続くと思います。ただ、それでも設計者をアシストするツールとしてはかなりクレーバーな、いわゆるAIを使いこなしたツールができるだろう。そういう意味では吉田さんのおっしゃるようなことかもしれません。まあ設計の中流までは可能かなという感じはしています。

吉田 話題が広く、なかなかまとまりませんでした。21世紀のダイナミクスを探ることによって、私達機械力学屋が行くべき道をかなりはっきりとすることができたようです。この辺で終わりたいと思います。どうも皆さんありがとうございました。(実際は、この後約40分程21世紀の機械技術者についての興味ある話題が続きましたが紙面の都合上削除しました。)

(昭和63年8月20日(土) ゆうぼうと楓の間にて)