

# 委員会報告

## 数値解析関連の力学・計算機教育の現状と 実務から期待される将来像

### EDUCATION OF STRUCTURAL MECHANICS AND COMPUTER AND ITS FUTURE EXPECTED FROM ENGINEERS' VIEWPOINT

構造工学委員会 非線形解析小委員会

*By Subcommittee on Nonlinear Analysis, Committee on Structural Engineering*

#### 1. はじめに

長い伝統と実績を誇る構造工学も、計算機事情を中心とした急速な技術革新の波を受け、その内容を大きく変えつつある。たとえば、これまで不可能とされていた大規模な非線形解析が行われるようになり、構造物の規模やその材料の多種・多様性を考慮した研究、設計実務においてはそれが中心的課題とさえなっている。しかしその結果、一方で教育、実務そして研究のそれぞれの現場における「数値解析」や「非線形解析」に対する認識に種々の差異が生じており、大学あるいは企業内でのこれらの教育体系を総合的に見直す時期に来ているとも思われる。現時点での問題点を整理しそれらの新しい教育の手掛りを模索することはきわめて有用であろう。

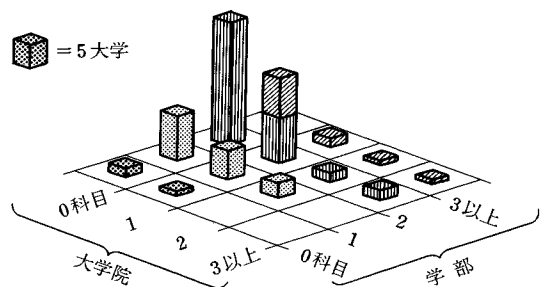
土木学会構造工学委員会非線形解析小委員会（旧構造力学小委員会非線形解析分科会）では、非線形解析の話題に関する各種調査研究活動の一環として、「構造工学における計算機利用と数値解析に関するアンケート」<sup>1)</sup>を実施した。このアンケート調査は、官公庁（回答数/発送数=23/27）、大学（74/100）、建設会社（93/174）、コンサルタント（24/34）、メーカー（51/87）および一般会社等（28/69）の広範囲の土木技術者を対象としたもので、合計発送数491通に対し293通（平均回収率約60%）の回答を得ることができた。設問の内容は、1) 計算機環境の現状と将来の動向、2) 数値解析全般、3) 非線形問題の数値解析、4) 企業内教育と大学における教育の4つに大きく分けられ、全体で60項目以上に及ぶものであった。これまでの集計結果の中からすでに、

非線形数値解析および建設分野からみた数値解析についての2つの報告<sup>2),3)</sup>がなされているが、ここでは特に先述したような教育に関連した部分に焦点を当て、実務と教育における問題点を明らかにするとともに、今後の教育のあり方やさらに学会の果たすべき役割等について若干の考察を考えながらアンケート調査結果の分析を試みることにする。

なお、旧構造力学小委員会離散化解析分科会でも、コンピュータの発展と大学のカリキュラムの変遷を通して教育に関する興味ある報告<sup>4)</sup>をしている。

#### 2. 大学における計算機教育について

計算機利用ないし数値解析に関する講義・演習の数は図—1のとおりであった。大学院のない大学も含まれているが、学部で2科目、大学院で0~1科目というのが平均的な現在のカリキュラムのようである。学部および大学院での講義・演習の科目数が合計で、どの程度なら満足できるかという問に対する回答を図—2にまとめたが、「十分」・「不十分」の回答の比率から判断して、お



図—1 計算機利用ないし数値解析に関する講義・演習科目数

Keywords: numerical analysis, computers, structural mechanics, education

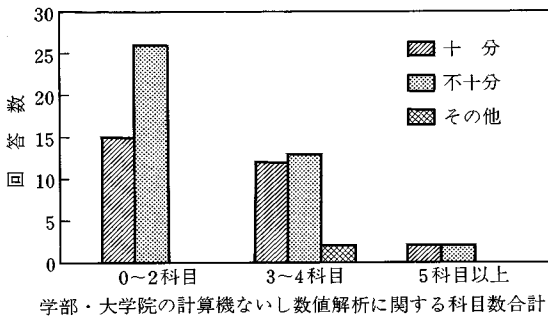


図-2 現状の科目時間数に対する満足度

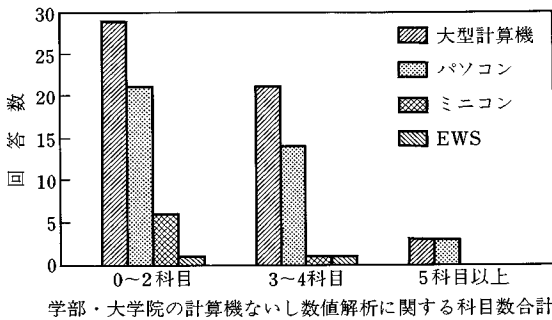
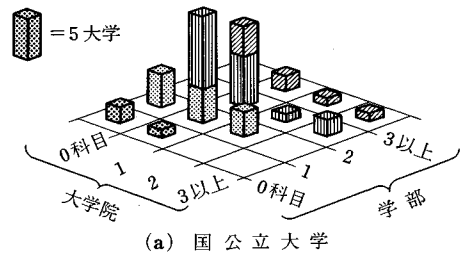


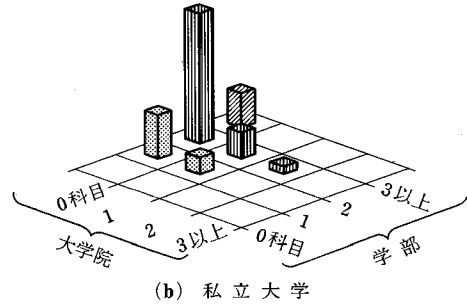
図-3 講義・演習での使用計算機種

よそ3~4科目程度の講義・演習が一応望ましいものと考えられているようである。使用される計算機の種類は図-3に示したように、平均的に大型計算機とパーソナルコンピュータが3:2くらいの割合のようである。全体の計算システムを理解するにはパーソナルコンピュータでも十分であり、また大規模な計算を必要としない範囲では、大型計算機と同程度の機能を有することなどから、今後、パーソナルコンピュータの利用率がさらに増加することが予想される。

以上の点について、国公立大学と私立大学を比較してみよう。図-4のように科目数についてはほぼ同様の傾向を示していると考えられるが、科目数が十分であるか否かについては図-5のように差が現われる。国公立大学では、3~4科目実施大学ではそれでも「不十分」であると考え人も少なくないが、逆に0~2科目実施大学では「十分」・「不十分」半々にしかならないという結果であった。これに対し私立大学では、0~2科目ではまだ不十分であり、3~4科目が適当であると考えているようである。そこで、計算機教育の今後に対する考え方の違いを示したのが図-6である。あまり顕著な差ではないものの、私立大学では過半数が、「今後重要になる」としているのに対し、国公立大学では「現状と同じかユーザー側で必要な知識が減少しブラックボックス的になる」とみる人も半数を占めている。国公立・私立間にお

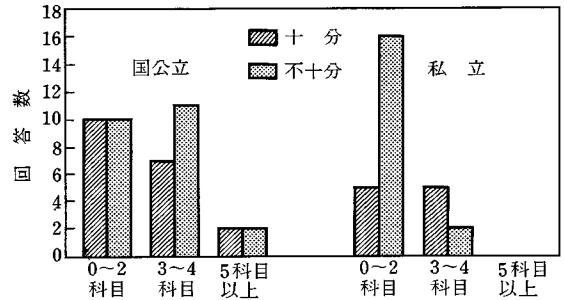


(a) 国公立大学



(b) 私立大学

図-4 計算機利用ないし数値解析に関する講義・演習科目数の比較



学部・大学院の計算機ないし数値解析に関する科目数合計

図-5 現状の科目時間数に対する満足度の比較

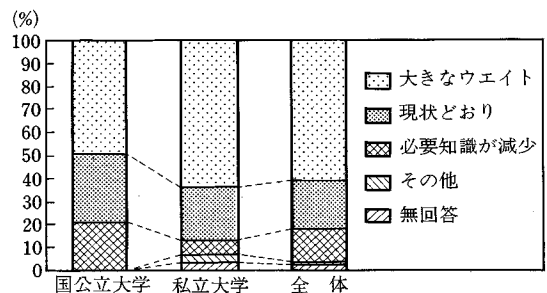


図-6 今後の計算機教育の形態について

ける教養課程期間や計算機施設の運用法の違いなどが、このような意見の相違として現われたのかもしれない。しかし、同図にある全体の意見からみると、「今後重要になる」と考える人がほぼ6割もいることから、このよ

うな科目の授業時間がある程度増加していく可能性が大きい。なお、現状で十分あるいは不十分と答えた人々のそれぞれの根拠を尋ねた問に対し、前者では「講義は言語の使い方の基礎で十分である」とともに「研究室に所属したあとで指導できる」という理由が代表的であり、一方、後者では「時間的制約からやむを得ない」が6割もあった。

### 3. 今後の力学教育の内容について

計算機が教育現場に多用されてくる状況のもとで、大学での力学教育の内容はどのように変わっていくのだろうか。土木系工学科の力学教育科目の基礎であり、またややもすると「化石の学問」とも評される構造力学のあり方について、数値解析の講義の比較的多い大学と少ない大学、およびその他の機関の回答を比較したのが図-7である。すべての分野において、やはり「力学の基礎だから、従来どおり」あるいは「そのからくりの理解が重要」とする回答が70%強であった。この設問の年齢別の回答者の分布である図-8をみると、すべての世代にわたって「からくりとしての意義」が支持されていることがわかる。設計や企画の段階でモデル化を行う際、必要となる力学センスのようなものが構造力学を通して養成できると考える人が広範囲に多いものといえる。なお、全体の中ではまだ少数ではあるが、この設問の記述回答の中には、「力学教育の近代化」や「基礎となる連続体力学」を唱える意見が多くあった。

大学での非線形教育とその将来像についての設問に対する回答を、非線形解析に関するトピックスが提供されている大学・されていない大学、および大学以外と比較したものを図-9、10に示した。大半が非線形解析も「一通りは教育されるべきだ」と考えているものの、同時にその基礎となるものや線形解析を軽視すべきでないとも考えている。また、将来像についても、「一部を除いてあまり重要とならない」あるいは「非線形教育よりも基礎となる力学が重要となる」と考えている人が2/3を占めている。このことや、非線形解析関連トピックスを提供している大学の過半数でも「基礎は重要」と回答しているのは、大学では非線形解析に関する話題提供は必要だが、それは話題提供程度で十分であり、むしろ前述した力学的センスの養成の方を重要視していることの結果とみられる。一方、以下のように非線形解析の教育を重視すべきであるという側面もみることができる。図-11は、図-10の全回答を年齢別分布として表わしたものである。特に注目すべきは、40歳くらいまでの若い世代で、「非線形解析が今後、重要となる」という意見が最も多いことである。すなわち、大学外の若い技術者の間に非線形解析の関心が大変高いことが図-10との比

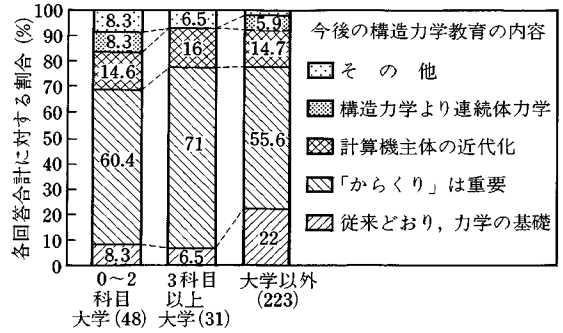


図-7 これからの「構造力学」の内容について

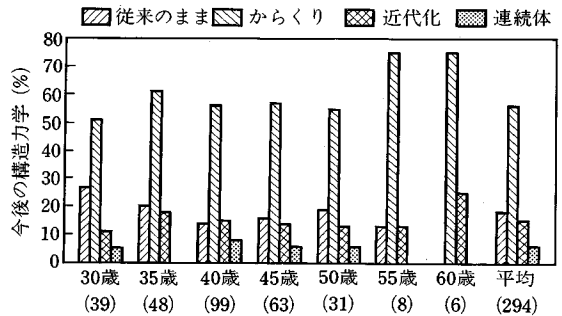


図-8 これからの「構造力学」の内容に関する回答の年齢別分布

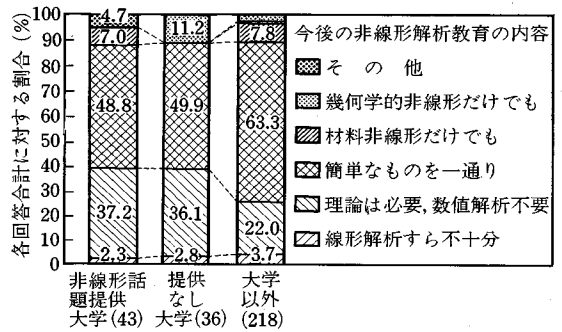


図-9 今後の非線形解析の教育の内容について

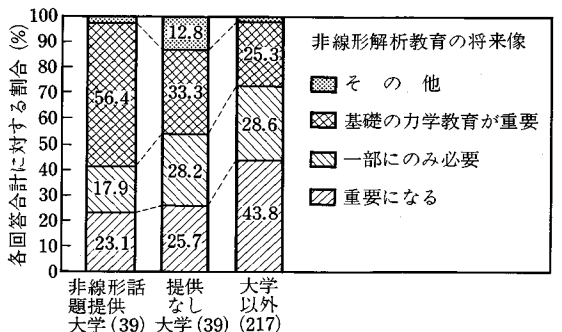


図-10 今後の非線形解析の教育の将来像について

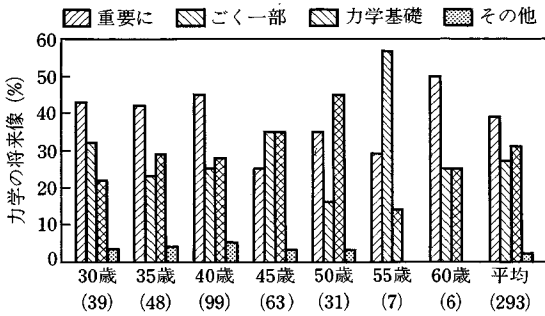


図-11 今後の非線形解析の教育の将来像に関する回答の年齢分布

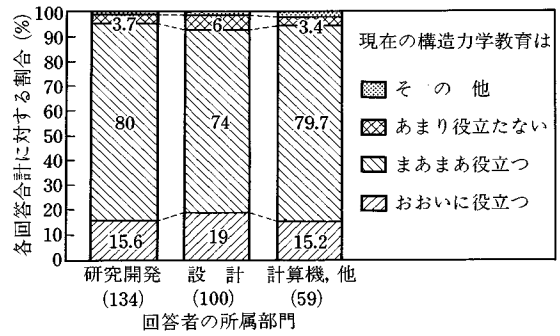


図-12 現在の「構造力学」教育は実務で役立っているか？

較から窺える。

#### 4. 大学教育と実務

次に、実務の方からみた現在の大学教育に対する考え方を部門別に比較したのが図-12, 13である。どの部門でも、構造力学はおおよそ役に立っていると考えているが、計算機・数値解析教育は、社内教育でも補填ができるとしている。では、現状の構造力学教育が実務で役に立っていないと思う人や、計算機・数値解析教育が十分ではないと思っている人が、これからの構造力学教育ではさらに計算機教育を充実させるべきだと考えているのであろうか。図-7の結果をまとめ直したのが図-14, 15であるが、計算機のなかった時代に確立された力学原理「からくり」を大切にされた方がよいと考えていることがわかる。また、各部門ごとのこれからの構造力学教育の内容に対する意見を図-16で比較すると、内容の近代化や連続体力学教育への移行が望まれるとする人は30%にとどまり、ほとんどが基礎的な力学原理の教育を重要視している。ただし、強いて部門別の違いを述べると、研究開発部門では、従来の内容を変更し連続体力学や数値解析法も重視すべきだという意見も多くなっている。

前節で述べたように、非線形教育はあまり重視されていないが、では実際の非線形解析に関する満足度はどのようなものであるか、所属機関別に比較して図-17に示した。「解析結果が信頼できない」とする回答は皆無であった。

所属機関別では、どの部門でも半数が「結果はかなり参考になる」と考えている。しかし、大学に比べ実務(建設会社等)では、「不満はない」と回答した人が比較的少なく、まだ直接に役立っている段階ではないようである。

解析にあたっての問題点を同様に比較したのが図-18である。大学・実務ともに同じような不満があるようだが、モデル化における手間・コストの不満は実務に多い。

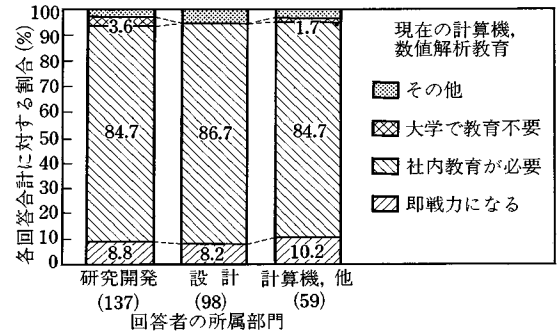


図-13 現在の「数値解析」教育は実務で役立っているか？

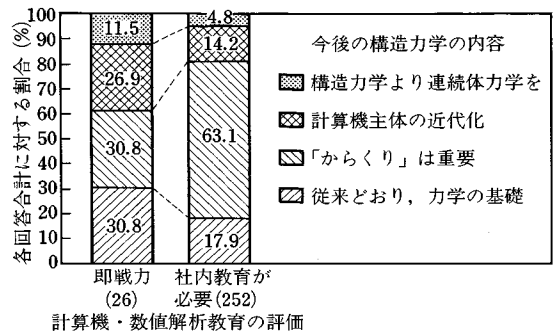


図-14 現在の「数値解析」教育の評価の違いによる今後の「構造力学」に対する考え方の差異

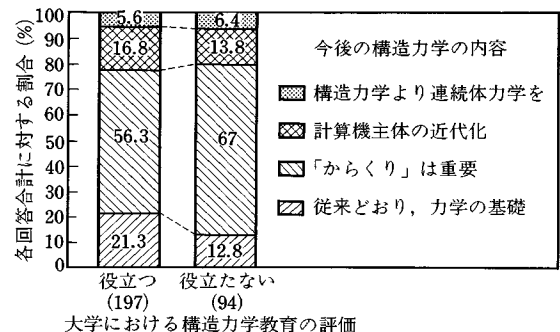


図-15 現在の「構造力学」教育の評価の違いによる今後の「構造力学」に対する考え方の差異

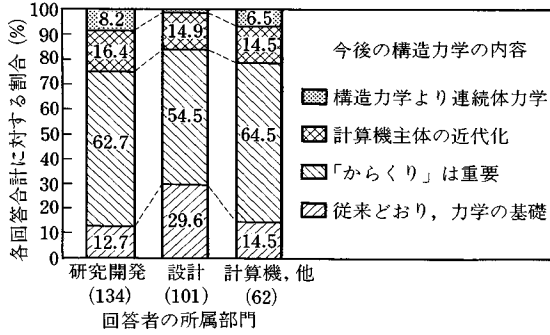


図-16 部門の違いによる、今後の「構造力学」に対する考え方の差異

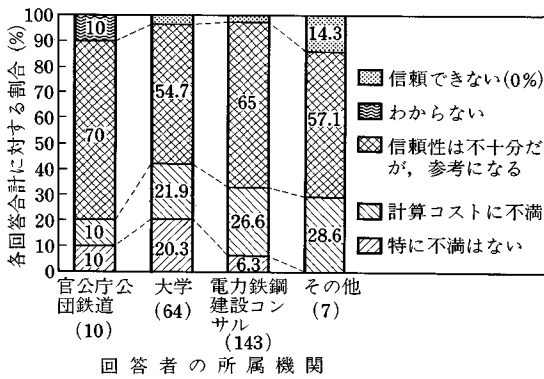


図-17 非線形解析に関する満足度

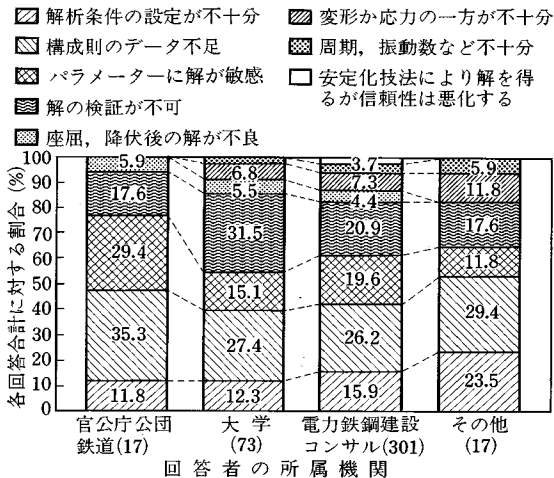


図-18 非線形解析結果の信頼性に関する問題点

結果の信頼性に関する問題点でも、やはり構成モデルや解析パラメーターに関するものが多い。基礎となる力学教育が望まれているのが、このような問題点に対応しているのではないだろうか。

### 5. 数値解析関連の生涯教育と大学・学会の役割

企業内における計算機の利用あるいは数値解析に関する教育は、図-19の合計欄に示すように全体の67%で実施されており、その大半は特定の部署の社員を対象としている。その主な理由として、図-20に示すように「業務の上で詳しい人が不可欠」、あるいは「ある程度の知識が必要」であることを挙げている。一方、全体の33%では特に社内教育をしていないが、それは「OJT(On-the-Job-Training)方式で実施できること」が最も大きな理由であった。

大学卒業後の数値解析関連の教育について、大学あるいは学会に何を期待するかという設問に対し、部門別の回答を示したのが図-21である。部門間の差異はあまりなく、総じて「トピックス的な講習会」や「ソフトの公開」、「テキストの出版」を期待している。図-22はこれら大学・学会への期待を回答者の年齢別に示したものである。いずれも30~40歳代、あるいは実際に数値

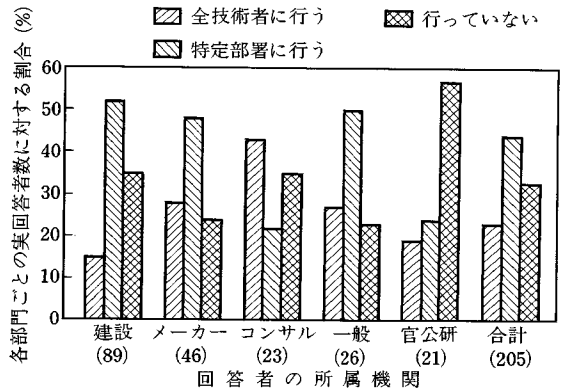


図-19 計算機、数値解析の社内教育の実施状況

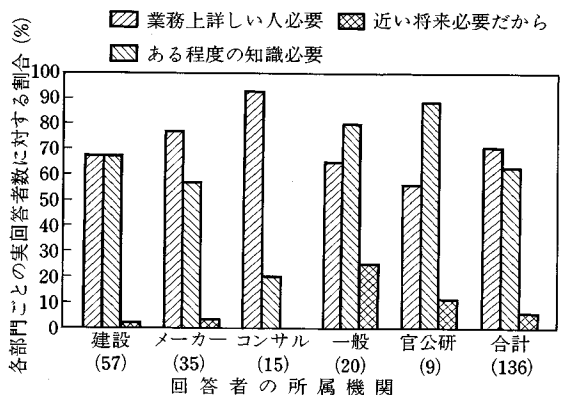


図-20 計算機の利用、数値解析の社内教育を行う理由

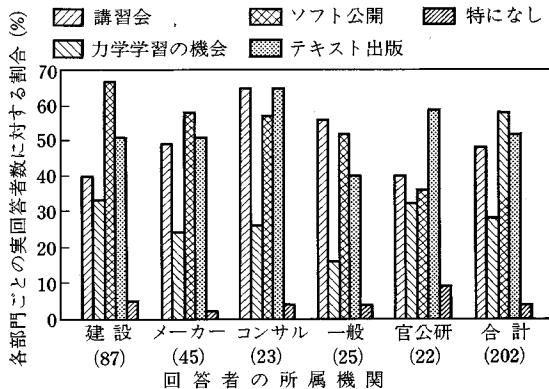


図-21 卒業後の数値解析関連の実務教育で学会・大学へ期待すること

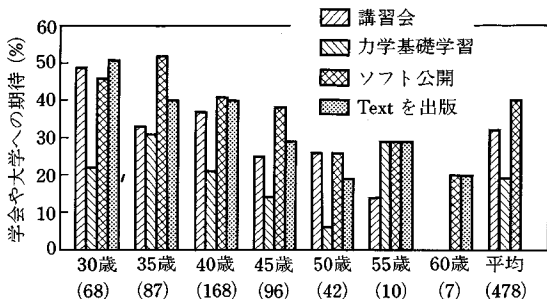


図-22 卒業後の数値解析関連の実務教育に関する学会・大学への期待の年齢分布

解析の実施主体となっている世代を中心に期待する人々が多く分布している。すなわち、わが国に大型計算機が普及し始めた頃に大学を卒業した人々が、目下、企業内で数値解析をリードしているが、これらの技術者が最新のトピックス、その理論あるいは具体的なソフトの入手を望んでいることの現われではなかろうか。この意味において、大学・学会の使命は重要である。また、実務において数値解析を実施している人々と、大学等の研究者間との各種レベルでの交流が必要であろう。大学と企業内での教育のつながり、再教育システム、共同研究などさまざまな形態の相互作用が考えられる。特に、産官学の共同研究は、わが国全体の技術の発展にとって重要なものであるが、それについてどのような意見分布があるのであろうか。図-23は、非線形・数値解析に関する産学、産官および官学共同研究のあり方について、それぞれの研究機関からの見方を示したものである。ここで「学」については、国公立と私立についても分類している。大多数が共同研究を積極的に進めたい意向を持っており、さらに各共同研究においてそれぞれ対応する2つの研究機関の考え方はほぼ一致している。一方、おおいに進めるべきだという総意の中で、実施にあたって多少

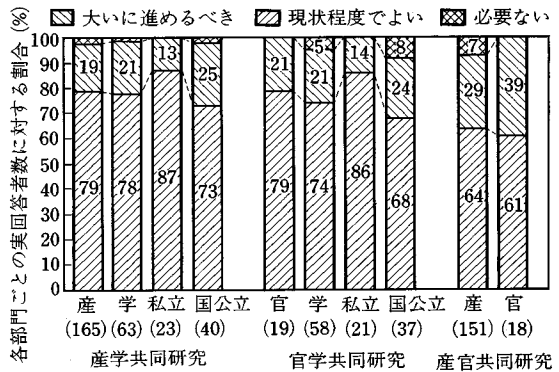


図-23 産学、産官、官学共同研究に対するそれぞれの研究機関の見方

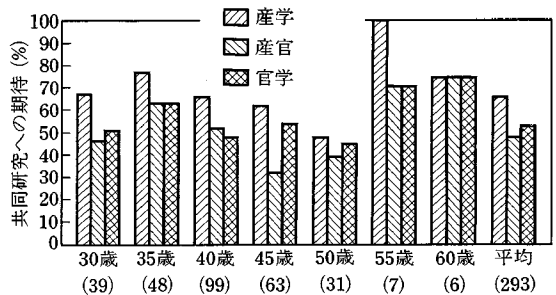


図-24 産学、産官、官学共同研究を大いに進めるべきと答えた人の年齢分布

躊躇している感もある。図-24は同じ設問に対する積極意見の年齢別分布であるが、いずれも中堅層でややためらいがみられる。また、「産官学のそれぞれの分野の独自性から生じる問題について、あらかじめ十分な認識をもっておかなければならない」という記述意見が多くみられた。技術者の生涯教育とともに、上記のような共同研究の推進においても、学会の立場はますます重要なものとなると思われる。

## 6. まとめ

われわれを取り巻く計算機環境や、非線形解析などの理論の発展はめざましい。大学での限定された教育期間の中でこれらを網羅することは、事実上不可能である。アンケート結果で明らかにされたように、大学での力学や計算機教育は基礎を重視すべきであるという意見が支配的であった。たとえば、構造力学に対する評価がそれを端的に表わしている。しかし、これは旧態依然たる力学教育の継承を主張するのではなく、その「からくり」や本質的部分の理解に重点を置きつつ、力学的なセンスと現象把握の能力の育成を意味するものであろう。そこには、非線形解析への自然な拡張が含まれており、また、

その解法としての数値解析への進展につながるものでなければならぬ。

構造工学のさまざまな分野における発展とともに、それぞれが徐々に細分化されてきた。とりわけ、非線形解析や数値解析の分野では、細分化されるとともに、これを専門としない技術者との間の壁をややもすると厚くしがちである。いうまでもなく、非線形解析は特殊な研究分野ではなく、構造工学のあらゆる対象に適用されるべき技術である。事実、アンケートの結果から、これに興味や関心を有する技術者はかなり多いことが明らかになった。このような背景のうえに、非線形解析に関する広範囲の教育システム、特に大学等をすでに卒業した人々の要求に応える教育システムが望まれている。また、教育に限らず、非線形解析の研究面においても大学、官公庁あるいは企業の枠を超えた交流がおおいに期待されていることもわかった。個々の技術者の努力が必要であることは当然ではあるが、いろいろな世代の、さまざまな分野の技術者の期待にきめ細かく対処できる組織として大学・学会の責任はきわめて大きい。

以上、アンケート回答の一部に対して考察を加えた。ご多忙の折にもかかわらず、アンケート調査の主旨をご理解され、ご協力頂きました方々に、心から厚くお礼申し上げます。さらに、アンケート回答結果の集計にあたっては、武蔵工業大学大学院の黒田充紀氏に大変お世話になった。併せてここに記して、謝意を表する次第である。

注) アンケート集計結果の全体については、別途、集計結果報告書<sup>1)</sup>を参照することができる。

なお、アンケート調査を含む本小委員会の調査研究活動に対して、文部省科学研究費補助金(総合研究(A)-62302039)の交付を受けていることをここに付記する。

最後に、当小委員会構成員を以下に記載する。

吉田 裕(委員長)、阿井正博、阿部和久、井浦雅司、依知川哲治、岩熊哲夫(\*), 大槻 明、尾崎浩明、川原陸人、後藤芳顕、坂井藤一、崎山 毅、武田 洋、田村 武(\*), 中村秀治、野上邦栄、野村卓史、長谷川彰夫、林 正、檜貝 勇、平嶋健一、前川宏一、前川幸次(\*), 増田陳紀(幹事)、松田 隆、山口宏樹、山崎 淳、吉川弘道、吉田 博、依田照彦(幹事)、黛 巖(事務局)。(\*)は本報告の執筆担当者。

#### 参 考 文 献

- 1) 土木学会構造工学委員会構造力学小委員会非線形解析分科会：構造工学における計算機利用と数値解析に関するアンケート調査(集計結果報告書)，1988年11月。
- 2) 土木学会構造工学委員会構造力学小委員会非線形解析分科会：構造工学における非線形数値解析の現状と将来，土木学会論文集第I部門，No.404/I-11，pp.11~21，1989年4月。
- 3) 土木学会構造工学委員会構造力学小委員会非線形解析分科会：建設分野からみた数値解析の現状と将来の展望，土木学会論文集第VI部門，No.403/VI-10，pp.17~23，1989年3月。
- 4) 土木学会構造工学委員会構造力学小委員会離散化解析分科会：構造力学の教育と計算機利用の将来，土木学会誌，Vol.73，pp.102~105，1988年11月。

(1989.7.17・受付)