

ミニコンを用いた電算機利用教育の一方法

岩手大学 正員 〇宮本 裕
同 出戸 秀明
同 正員 嵯峨 耕咲

1. まえがき

当土木工学科では、すでに4年以上ミニコンを次の2つの目的で使用している。

(1) 演習問題の出題 先生の代りや先生の手伝いとしてミニコンが問題を作る。(具体的には構造力学ⅠとⅡのそれぞれの講義の後半の30分間、簡単な問題を出題する。)

(2) 計算の高度の道具 学生が筆算では困難な時に、ミニコンを計算の道具や手段として使う。(具体的には橋梁工学の課題で合成桁の断面計算に学生各自がミニコンを用いること、構造力学Ⅲで変形法による平面トラス解析の課題に剛性マトリックスの重ね合せや逆行列の計算でミニコンを用いることなどである。)

今回のシンポジウムのテーマとしては、(2)のほうがふさわしいと思われるので、(2)を中心に当科における電算機利用教育の事例を説明し、どう教育したらよいかということについて著者の考えを述べる。さらに電算機教育にかかわる設備、保守管理上の問題についてもふくことにする。

なお、現在当科にあるシステムは図-1のようなものである。入力は紙テープであり、タイプライターがその入カデータを作る。このタイプライターは出力機も兼ねている。タイプライター1台ではプログラムやデータのパンチ中に計算ができないので、混雑を避けるためオフライン専用のタイプライターがもう1台ある。

2. 電算機利用教育の実態

土木工学科のカリキュラムには次の科目があって、それぞれ電算機利用教育を行っている。(この他にも他の教員が数教科、講義や演習の中で一部電算機利用に関することを行っている。)

(1) 数値計算法(3年次前期、2単位)

簡単な例をあげながらFORTRANプログラミングを教育する。表-1は昭和53年度の講義内容である。この講義は数人の教員が担当し、だいたい講義のあと毎日課題が出題され、学生たちがそれを自分で考えながら当科のミニコンを使ってプログラミングし、各自レポートを提出する。

(2) 橋梁工学(3年次前期、2単位)

合成桁の設計製図の課題が出題される。各自設計条件が異なる。設計計算の量はかなり多いので、学生各自が自分で計算機を使って計算する。この時の合成桁のプレートガーダの

断面2次モーメント、抵抗モーメント、合成後の合成桁の断面係数の計算などを計算する。(図-2のような断面について学生がA、B、C、……の数値を仮定し、この入カデータを用意して計算する。なおプログラムは表-

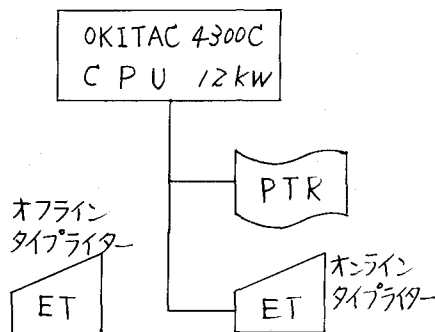


図-1 現在のシステム

表-1 数値計算法の講義内容

回数	内 容
1	計算機室使用上の注意、参考書の紹介
2	FORTRAN入門(その1)
3	FORTRAN入門(その2)
4	FORTRAN入門(その3)
5	FORTRAN入門(その4)
6	単純桁の曲げモーメント図、たわみ曲線
7	3次方程式の解法、矢板の根入れ長さの決定
8	プレートガーダの断面2次モーメント
9	合成桁の断面係数
10	コンピュータによる描画
11	全国大型センターのスライド、レポート課題出題

1の第8回と第9回の講義で説明したものである。検算のため断面係数の計算は1度だけ筆算のものと合わせる。あとは大量の計算を計算機を使って行う。

(3) 構造力学Ⅱ(3年次後期、4単位)

最近の構造解析においては、剛性マトリックス法がよく用いられる。この方法を理解するために、自分で計算をひとつうりすることが大事である。しかし行列の計算は計算量が多く、筆算でするのは困難である。筆算ではせいぜい適当な境界条件を持つ連続桁がちょうど良いくらいである。

当科で教えている平面トラスの解析には、計算機を使わないといほとんど不可能と言えるだろう。講義の演習としての平面トラスの解析の課題について、以下に簡単な手順を述べる。(図-3参照)

- ① 出題として、型式と部材データを与える。
(図-3において各学生に型式とLとHの値を変えて与える。また荷重作用点の場所も変えて与える。)
- ② 各学生が剛性マトリックス計算のプログラムのデータを作り、入力する。

③ 各部材の剛性マトリックス、全体の剛性マトリックスが計算され、出力される。

- ④ 全体の剛性マトリックスの出力をもとに、学生が全体の剛性マトリックスの表を作る。
- ⑤ 全体の剛性マトリックスの表をもとに、支点処理をした剛性マトリックス[K]を作る。
- ⑥ 逆行列の計算をするプログラムに、[K]を入力する。
- ⑦ [K]が計算され、出力される。
- ⑧ 荷重を与え、変位u、vを求める。ただし $\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix} = [K]^{-1} \begin{Bmatrix} Q \\ P \end{Bmatrix}$ ニニ $\begin{Bmatrix} u \\ v \end{Bmatrix}$ はそれぞれ変位、荷重ベクトルである。

⑨ 変位u、vがわかったら、③で各部材の剛性マトリックスが求められているので、簡単なマトリックスの乗算で部材力Nが計算できる。ニニは手計算する。

⑩ 変位u、vを③で求めた全体の剛性マトリックスと乗算することにより、反力を手計算する。

⑪ こうして求めた部材力、反力についてつり合いの検算をする。

⑫ 以上の計算過程と結果をまとめて、学生が提出する。

以上の一連の計算において、③と⑦は計算機によるものでそれぞれプログラムを用意しておく。あとの計算は筆算である。

将来準備ができたら、大学院の講義まで含めて、座屈の標準固有値問題の解析、差分法、有限要素法、数値積分法などの講義と演習をしたいと考えている。これらの中には、一部はすでに実施しているものもある。

ひま、図-4は年間の利用状況を示す。卒業研究で4年生が10月から3月まで利用するので、3年生の講義用としては4月から9月までに利用するように、長推し避けるため利用時期を分けている。なお教官と大学院生は年間いつでも利用している。タイプライター等の機器の故障も、1月〜3月と7月

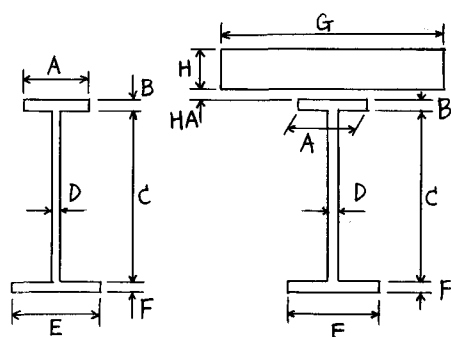


図-2 鋼桁と合成桁

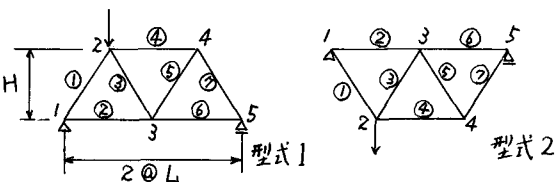


図-3 平面トラス

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12月
卒業研究					数値計算法						卒業研究
								橋梁工学			
								構造力学Ⅱ			
教官	及び	大学院生の研究									

図-4 年間の利用状況

～9月が最もよく利用されるので、その時期が最も多い。

3. 電算機利用教育はどうあるべきか。

電算機利用教育も大学教育の一部である以上、大学教育とはどうあるべきかという問題をまず考える必要がある。近年の研究や技術の進歩はめざましく、著者の学生時代に学んだことと現在学生に講義することとに大きな差がみられる。ましてや卒業生を受け入れる社会の状況も変りおは激しい。高度化しかつ多様化する各職場のニーズに1つ1つ応えるよりは、最大公約数的な物事に対する基本的な考え方や基礎的知識を大学で身につけるのがよい、というのが著者の考え方である。限られた時間内で、これさえ知っていれば、あとは就職先の職場の教育や自分の勉強でわかるというものにしばって、大学のカリキュラムを整理する必要がある。(できれば基礎と応用に分けるのがよい。)という観点で考えると、大学教育の中でも電算機利用教育は、いくつかの特色を持つものである。まず電算機利用教育は一言おは一般的ではなかった。しかし現在電算機はなくてはならない。ほとんどの研究作業はストップしてしまうと言ったも言いつてはいい。電算機利用教育は新しいものではあるが、不可欠のものであると言える。さらに利用技術を教育するものであるから、理論と実践とが一体となっていなければならない。そして電算機そのものも高度化、多様化している現状であるから、上に述べたように大学における電算機利用教育も基本的なことをするのがよいと考えるわけである。また電算機利用教育にあたっては特別の設備や、それに伴う維持管理上の問題を解決していかなければならない。

以上のことをふまえ、これまでの当科の経験と著者自身の体験にもとづいて考えたことを整理すると、次のようになる。

(1) 初心者は内容をよく理解したことをプログラミングし、これを使うことが大事である。理論を十分理解できないのにプログラミングするのは、理解すべきことが多すぎて理解が困難となり、教育上効果的ではない。現在3年次前期に数値計算法の講義があるが、これ以前に学習したことについてプログラミングすることは学生の理解を深める。しかしこれから学習することについてプログラミングしようとすると、内容そのものも学習する必要があるので講義は失敗する可能性が高い。したがって3年次に行っているこの数値計算法を2年次や1年次におくすとすると、講義にとりあげられる応用例が少なくなってきて、現在のものよりも講義の効果が上らないと考えられる。また逆に4年次にひき上げて講義をすると、応用すべき例は豊富にあるが、卒業研究が始まるので卒業研究と電算機教育が同時に行なわれる。電算機利用の能力のついたところで卒業ということになる。それよりは現在のように3年次で電算機教育を行って、利用の能力のついた時卒業研究を始める方が、どちらも効果が上って好都合であろうと考えられる。

(2) 教育としては理論的・数学的モデルがよく使われるが、土木工学の具体的モデルのほうが学生は興味を持つ。たとえば、はりたけ、桁の断面係数、土圧公式など具体的なものに興味をわくようである。また例も構造力学、水理学、土質力学、コンクリート工学、統計計算など広い分野のものを聞きたいという学生の声が多い。

(3) 体験的学習が電算機利用教育に最も必要である。スポーツや語学の会話と同じように、理屈をなく頭と手を使って体で覚えることが、最も効果的である。文字の0と1の首をまちがえたり、Eと1をまちがえても計算は正しくできないし、これらのことが正しくても、考えちがいをしている自分で考えていることとプログラミングされた内容が一致していないということを見出すことが、自分の電算機利用技術を深め、立派な技術者を作るもことになるのである。

(4) 計算結果と何らかの方法で確かめる習慣をつけること。電算機利用の経験の深い技術者は、計算機の入力したことは何でも正しいとは思わない。正しい入力を入れたら正しい答が出る。しかし誤った入力を入れたら誤った答しか出ない。特に言わゆる虫の無いプログラムというものはなく、特別のデータを入力したとてはそのプログラムは正常に計算しないこともある。大学での教育においても学習したことを確認するために、計算結果を

何らかの別の方法で確かめることは必要であるが、将来学生各自が社会人となってそれぞれの職場において、外注の計算結果なども確かめる必要はよくあることである。似たような簡単な例を考えて、筆算や市販の図表などをを用いて短時間で、電算の結果の妥当性を確かめる、あるいは自分の過去の経験に照らし合わせて結果の妥当性を判断することは非常に重要なことである。この種の能力は一朝一夕には身につくものではないが、不断の努力が必要であることは言うまでもない。

(5) 言語は色々あるが、標準語的なのはFORTRANであろう。我々のまわりの参考書では、FORTRANで書かれた参考書が最も多い。またFORTRANをマスターしていれば、他の言語もこれをもとに学習することが出来る。そして、できればJIS 7000レベルのFORTRANを学習するのが一般的で将来のためにより。

(6) 必要にせまられて学習するのが最も効果的である。FORTRANの文法を学習するのにも、文法だけを学習するよりは、それを使って具体的な問題を解いたほうが身につく。その問題も、自分が必要にせまられて解く場合のほうが効果的である。

(7) ミニコンは文法レベルの制限がある。当科のミニコンは文法レベルがFORTRAN JIS 7000レベルなので、一般の参考書に出てくる例がそのまま使えない。たとえば関係演算子(<, >, .., EQ, など)はない。倍精度の演算もできない。配列宣言にもかかりの制限がある。

(8) ミニコンは記憶容量の制限がある。当科のミニコンは記憶容量の制限があって、配列宣言では最大1500程度しかできない。したがってマトリックス演算をするのには限度があって、剛性マトリックス法を使う時、節点数も多くはとれないし、プログラムのステップ数も制限がある。前述の2.(3)の構造力学Ⅱの平面トラスの例においては、学習の理解の程度にあわせて、細かく作業を分けて計算機を使っていたが、仮に理解が進んで、全体の作業を1つのプログラムで行おうとすれば、変数の数が多く、プログラムステップ数も多く、作業は非常に困難となる。

上記(7)と(8)のことから、ミニコンの場合扱うのに適当なテーマがあると言える。これらの制限はデスク等の増強により解決されることもある。

4. 電算機教育にかかわる設備、保守管理上の問題

電算機教育を行うのにどのようなシステムを選ばないかと言うと、土木工学科の立場では、原則的にはFORTRANのJIS 7000レベルができて、10,000程度の変数が扱えるものなら何でもよいであろう。しかし、1科でそのシステムの保守管理をするのは、予算的な問題があり、また手数のかかるものである。たとえば部屋掃除は主として使用する学生たちに割り当てをしているが、定常的に使用する学生たちからは決らない時期にはどうしても特定の講義の教職員や学生たちがしなくてはならない。故障などのトラブルやリボンの取り替えにあたっては、世話役として特定の教職員が処理にあたる必要がある。本方式ではLP用紙、紙テープ、タイプライターリボンなどは使用者負担とするにしても、課金情報が必要となる。本システム購入の際、多くのカタログを読み説明を聞いて比較検討したが、本システムとは異なるキーボード、カセットなどの入力方式のシステムもあったが、多数のユーザが利用でき、大型機との互換性を紙テープによってでき、文法互換性の多い本システムに決定した経過がある。

非常に手数のかかる電算機教育および運営にあたっては、世話役はもちろん必要であるし、科全体の広く深い物的、精神的理解と支援がないと続けられない。土木工学科としての研究、教育に電子計算機は不可欠であるという理解と熱望が根本にある。