

高専土木科学生を対象とした科学技術計算教育の一例

大阪府立高専 正会員 安東 祐一

1. はじめに

電算機利用教育の目的は、“電算機に慣れ親しませ、その能力を過不足なく正しく認識させ、その有効的な利用法を考へさせること”であると筆者は考えるが、そのための手段として、まずオ1段階でプログラミング言語の教育を行なう。なぜプログラミング言語教育が必要であるのか、そして、なぜ言語としてFORTRANを採用するのかについては前回のシンポジウムにおいて発表した。今回は、オ2段階で行なう電算機による科学技術計算の教育の方法や思想について述べる。

2. この段階の教育の目的

この段階(オ2段階)での教育の目的は、“電算機の能力を正しく認識させること”と考えている。オ1段階で、電算機に慣れ親しめ、FORTRAN とほんのやしのJCL をおぼへた学生のおくは電算機を過大評価している。電算機に慣れ親しむためには、ある程度の過大評価は仕方がないと考ええる。その過大評価を、できるだけ自然に正しい評価へ持っていくのが、この段階における教育の目的である。

	授業の目的	授業の内容
オ1段階	電算機に慣れ親しむ	プログラミング言語教育
オ2段階	電算機の能力を正しく認識する	科学技術計算教育
オ3段階	有効的な利用法を考へる	土木工学への応用

3. 授業内容

電算機による科学技術計算として、高専の土木科学生がその名称や代表的な解法を知っているほしいと思う項目をあげるとつぎのようになる。

I. 数値計算法

- | | | |
|---------------|------------|--------------|
| 1. 方程式の根 | 2. 連立1次方程式 | 3. 逆行列 |
| 4. 固有値と固有ベクトル | 5. 曲線のあてはめ | 6. 数値微分・数値積分 |
| 7. 常微分方程式 | 8. 偏微分方程式 | |

II. 最適値問題

- | | | |
|------------|----------|---------|
| 1. 線形計画法 | 2. 動的計画法 | 3. 工程計画 |
| 4. モンテカルロ法 | | |

III. 統計・ORその他

- | | | |
|---------|----------|-------------|
| 1. 確率分布 | 2. 多変量解析 | 3. シミュレーション |
|---------|----------|-------------|

まず、この教育のために費やすことのできる期間についてふれておく。現在、FORTRAN のプログラミング教育に半年間かけ、あとの半年間をこの段階にあてているが、半年といえど週2時間の授業が13~14回である。この時間では前期の項目全部を授業の目的に合うよう消化することはとても無理である。そこで、最適化問題、統計・OR その他は另段階へまわし、演習は授業時間外に宿題として学生に課すことにしている。それでも期
間内に数値計算法すら消化できなくする段階へまわすこともあるが、授業の目的である“電算機の能力を正しく認識させること”がなんとかできれば、それでよいと考えている。

さて、これらの項目の各々について、まずにできあがっている計算法をつぎつぎに紹介し、プログラミングであるという教育は、授業が単調になり好ましくない授業の目的にも合わない。目的にあった授業というのは、たとえば、電算機の高速性といかした“素朴な”計算法から始めて、やはりそれでは知度が足りないことを演習を通じて納得させ、計算法に工夫を加えてゆく過程を勉強させるというような授業である。実際には、なかなかうまくいかないが、それでも適当な演習問題を学生に課すことにすり考えさせ、授業では項目ごとに目的に沿って話をすすめることはできる。

つぎに、各項目の授業の方法について順に述べる。

1). 方程式の根

二分法から入り、反復法のところで初期値と求める根の関係を考えさせる課題を出す。つぎにと知率のよい計算法として微係数を使う解法(ニュートン・ラフソン法)を、ヒントを与えて考えさせる。

2). 連立1次方程式

消去法、反復法を説明する。記憶容量、ケタ落ちについての説明もこゝで行なう。いつかうまく解けることは限らないことを示し、その理由を考えさせる。演習としては、トラスの各部材力を節点法で求める問題を与えゼロ要素の多い係数行列の扱いを考えさせる。

3). 逆行列

ガウス・ジョーダン法による計算法を説明し、逆行列が求められないのはどういう場合かを考えさせる。

4). 固有値と固有ベクトル

長柱の座屈の例題を説明している。計算法はどれも相当に複雑なので、学生は行列式を展開して固有方程式を作り、それを解くという話だけにして終わっている。

5). 曲線のあてはめ

最小自乗法による直線(曲線)のあてはめと、ラグランジュの補間公式の説明とし、課題としては、ロジスティック・カーブによる将来人口の推計をやらせている。

6). 数値微分・数値積分

微分は差分でおおきかえた公式、積分は矩形公式、台形公式、シンプソンの公式から入り、課題としては積分のところで分割数と精度の関係を調べさせている。こゝでは誤差(微分と差分でおおきかえたための誤差、積分では高次の項を無視してための誤差)について正しく認識させることが必要である。

7). 常微分方程式

まず“微分方程式を電算機で解く”ということを正しく理解させなければならない。このあたりで電算機にたいする過大評価をやめさせるに適したところであろう。

初期値問題では、オイラー法から入り、誤差の話、ルンゲ・フッタ法に進む。ルンゲ・フッタ法で簡単な微分方程式を解かせて、その精度の良さを認識させる。

境界値問題としては、微分方程式を差分でおおきかえた連立1次方程式になおして解くという話をして、そ

の計算法ではりのため微分方程式を解く課題を与えている。

8) . 偏微分方程式

スカラーのラプラス方程式を差分方程式になおして反復法で解くという計算法は理解しやすい。加減係数については、二重反復法のみひとつのテクニックとして簡単に説明だけしている。

偏微分方程式より後の項目はオラ段階に入ってから教える。オラ段階は、高専の最上級生(5年生)で1年間という長い期間とれるので、何かとまった良い授業をと思っはいるが、いまだに試行錯誤のくりかえしである。

4. 指導上の留意点

科学技術計算教育を担当してて指導上留意している点をいくつかあげる。

1) . 流れ図について

教官の示した、あるいは自分で考えた計算法を、正しく記述できなければならないが、二のとまず流れ図を書かせる。FORTRANプログラミング教育の段階で、簡単なプログラム作りとしては流れ図を省略してもらう学生がいるので、数値計算法に入ってから、きちんと流れ図を書く習慣を身につけさせる。流れ図に関する約束事は、二の段階ではあまり厳密に守らせる必要はないであろう。答がうまく出ないかどうかという学生の質問にたいして、プログラミストとデータードと流れ図のつをそろえてでないと答えないことにしている。

2) . サブルーチンの仕様書作りについて

ある程度プログラミングに慣れてくると、先に仕様書を作り、それからコーディングにかかるという練習とさせた方がよい。最小自乗法による直線のあてはめのところでのサブルーチン作りから二の方法によるプログラム作りをやらせている。

3) . 数値計算法と解析的計算法について

今まで習った数学、今習っている数学との関連づけとして、数値計算法と解析的計算法の利害得失をしっかりと理解させなければならない。一番最初は数値積分の例で話をするとう理解しやすい。

4) . サブルーチン・ライブラリについて

電算機メーカーより提供されるサブルーチン・ライブラリには、科学技術計算とくに数値計算のためのものが数多く用意されている。ひとつの例として、連立1次方程式の計算法として授業で学生に教えるのは消去法と反復法の二つだけであるが、筆者の所属する高専の小型試算機のサブルーチン・ライブラリには12通りの計算法が入っている。

さて、これらのサブルーチン・ライブラリを、学生がその計算法はブラック・ボックスのまま使いたいと言ってきたとき、使わせてやってよいと思う。ただし、現当教官はその計算法をすべて理解してはいるてはならない。

5) . プログラミング技法について

電算機特有の誤差と理解しようとして、コーディングの技法を考へることは、プログラマーにとっては重要であるが、細かなことを言ひ出すとまりがないし、土木科の学生がトリック(名人芸)を使つたスマートなプログラム作りをする必要もないと考へている。

6). プログラム相談について

学生がプログラム相談にきたときは、できるだけ相談にのるようにしている。誤りの原因をつきとめるために時間のかかることもあるが、そういうケースは、その症状とつきとめた原因をメモしている。最近はそのメモを見れば、たいていのトラブルはすぐに片がつくようになった。

5. テキスト

高専工本科向けの科学技術計算教育のテキストとして筆者個人の好みや希望を述べるとつぎのようになる。

- 1). 計算法として難解なものばかり載せない方がよい。
- 2). 各項目ごとに適当な例題をあげ、そこから話を始めてほしい。
- 3). FORTRAN プログラムはあってもなくてもよいが載せる場合は、わざわざスマートに作りかえてほしい方がよい。
- 4). 計算法の長所・短所についての説明があるとよい。
- 5). 近頃の学生は改訂されたレイアウトの書籍に慣れているので、それを題に入れて編集してほしい。

6. おわりに

電算機利用教育のようないか新しい分野での教育にたずさわっていると、その教育の方法や思想について批判される代金はほとんどない。つまり教える者が、自分勝手にこなしてよいということである。そういう立場にある人間としては、つねに自己批判的、自己発展の意地を立て、自分の授業の方法を検討しつづけることを忘れてはならないと考えている。

(参考文献)

- | | | |
|---------------------|-----------|------------|
| 1). 電子計算機の手法とその応用 | 大地羊五 | 森北出版(1971) |
| 2). コンピュータによる工本工学演習 | 大地羊五 | 森北出版(1973) |
| 3). 電子計算機概論 | 戸川隼人 | 新曜社(1978) |
| 4). 数値計算入門 | 戸川隼人 | オーム社(1976) |
| 5). 工本情報処理 | 杉山錦雄・栗本 譲 | コロナ社(1978) |