

土木工学教育のための“全員異なる問題” 演習方式について

中 辻 隆*
 広 川 一 巳*
 浦 島 三 朗*
 沢 田 知 之**
 柳 谷 豊***

Newly Developed Drill Programms For the Civil Engineering.

Takashi NAKATUJI
 Kazumi HIROKAWA
 Saburo URASHIMA
 Tomoyuki SAWADA
 Yutaka YANAGIYA

要 旨

工学教育において適切な演習が教材の理解に重要な役割を果たす。しかしながら、少なからぬ学生が自ら考える事なく他人のレポートをそっくり借用してすませている事は教育する側にとって大きな悩みの一つである。

学生各自に1つの問題を全員異なる数値で解かせる事がこれに対処し、かつ学生に自ら考える習慣を持たせる有効手段であると考え、計算機を利用した土木工学のための演習プログラムを開発した。

すでに1年以上に及ぶ実施の結果少なからぬ効果をあげており、以下、演習方式と演習プログラムの概要について報告したい。

Synopsis

Some good examples and additional drills lead students to easy understanding of a subject. But we know that students are apt to cooperate one another in their papers without any fruits.

To cope with it, we developed some computer programms of drills for the civil engineering which help students to think by themselves. They have to solve their own problems with different parameters for each of them.

Performance for more than a year tells us that these programms are effective in the instruction of the civil engineering. According to some examples, we introduce this drill system.

1. ま え が き

工学を教育するにあたり、演習の重要性は論を待たないが、教える側にとっては、判で押したよ

うな画一なレポートはどうんざりとさせられるものはない。

教材の理解を助けて、学力の向上をはかるには、“自分の頭で考える”習慣をもたせる事が最も重要であると考え、計算機による出題を基本形態として、同一の問題を全員異なる数値データで解かせる“全員異なる問題”方式の演習プログラム

* 助 手 土木工学科
 ** 助教授 土木工学科
 *** 事務官 土木工学科

の開発が企画された。既に構造力学, 土木材料学, 測量学, 基礎数学において数多くのプログラムが開発され, 実用に供されているので, その概要について報告したい。

本プログラムの開発にあたり我々の目的としたところは, 主に

(1)各教材について一人でも多くの学生に理解させる。

(2)各学生の計算能力を高める。

(3)演習レポートの採点評価に要する教師の労力を軽減させる。

等であるが, その際以下の点を基本方針とした。

(1)各演習項目は, 授業, 実習あるいは実験に即し, それらを理解するのに十分な助けとなり得る事, 例えば, 構造力学における, 梁のせん断力, 曲げモーメントの演習に見られる様に, 授業時間内では逐一説明しきれない各種の載荷状態の問題を準備し, 演習を通して理解し, さらにそれを深められるようにした。あるいは, 構造実験のための演習においては, 毎週の実験に先立ち, 計算機内で各実験のシミュレーションを行ない, その実験データを解析整理させる演習を課し, 各実験の予習にあたらせるようにした。

(2)総合的な演習(メイン演習)だけでなく導入問題たるサブ演習の充実をはかる事。例えば, トラバース測量における, 調整計算の演習にあたっては, 調整計算を各段階毎の演習(方位角と方位の計算, 交角の調整等々)に分割しそれらの演習の後調整計算全体の演習を課すようにした。

(3)測量学における学生の実習結果も同一のプログラムで処理出来るようにする事。

さらに, 実際のプログラムの作成においては,

(1)学生の手計算が難かしくなりすぎない様な数値データにする事。

(2)入力データの標準化をはかり, その標準仕様からはなれる時にのみ必要データを入力させるようにして計算機の演算に必要な入力データを少なくする事。

(3)学生のレポート評価に要する労力を軽減するため, トラバース測量や三角測量の調整計算などの多くの計算過程を含む演習においては, 例題計算例のテキストを作成しそれを学生に参考させると同時に, 解答の計算機出力もそのテキストと同一のものとする事。

(4)毎年の演習問題の数値データを変えるための乱数の初期値セットを容易にする事。等に注意を払った。

本資料の最後に, この演習方式を受け始めてそれぞれ約1年, 約半年を経た土木科3年生, 2年生に対するアンケート調査の結果も併わせて報告したい。

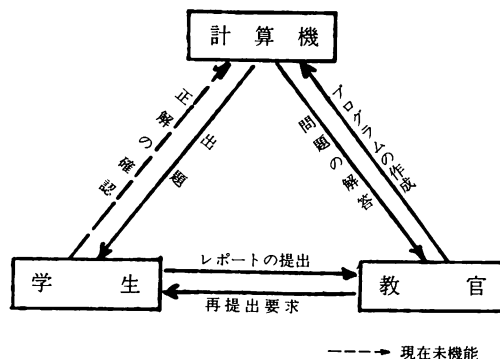


図-1 演習のサイクル

2. 演習方式

図-1に, 本演習の基本的なサイクルを示した。これらの過程において, 計算機は, 演習問題の数値データの設定, 正解値の解答あるいは集計評価といろいろな形で関与し得る。しかしながら, 筆者らの演習方式においては, 計算機は演習問題の数値データの設定にのみ介在させた。それは, 本演習プログラムが未だ開発途上であり, 解答あるいは集計等の機能を持たせる余裕がないことにもよるが, 以下に述べるメリット, デメリットも指摘され, その機能導入については今後の検討課題とした。即ち, マークカード等を利用して学生に自己の解答と正解値とを自己診断させ正解になった後にレポートを提出させる形態をとると,

(1)答えが合うまで考えさせる事が出来る。

(2)教える側にとってもレポートの採点に要する労力を軽減出来る。といったメリットがある反面,

(1)学生のレポートが正解ばかりになると, 学生にとって理解しづらい点, 誤りやすい点などがレポートから消えてしまい, 教育上大きな情報を失う。

(2)レポートのみならずマークカード等の作成までとなると学生の仕事量が増大する。といったデメリットもあり, 当面は問題の出題のみ計算機を利用することとした。

図-2から図-6は構造力学, 構造実験, 土木材料学, 測量学そして基礎数学における演習の代表的な出題例を示したものである。図-2は構造

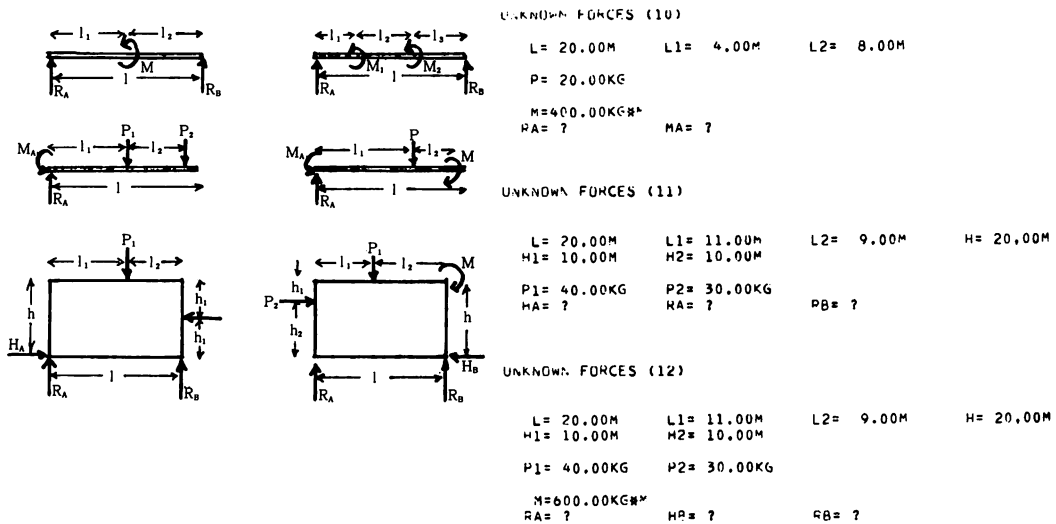


図-2 構造力学のための演習例

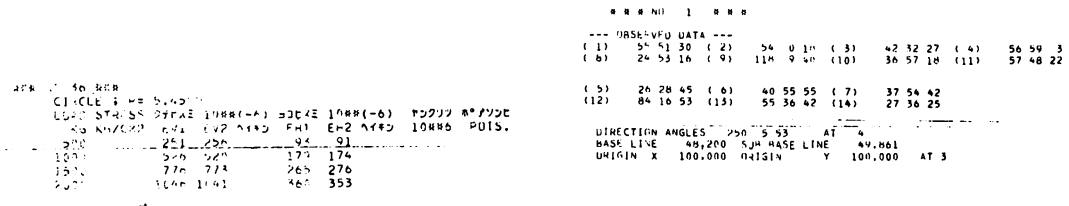


図-3 構造実験のための演習例

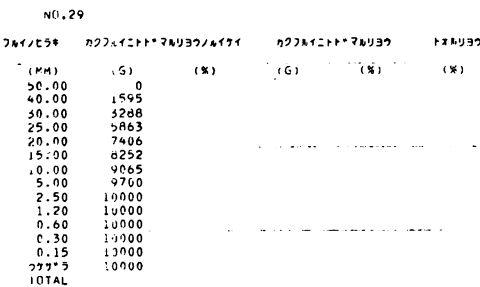


図-4 土木材料科学のための演習例

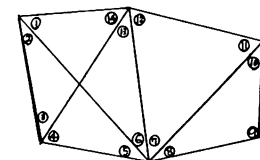


図-5 測量学のための演習例

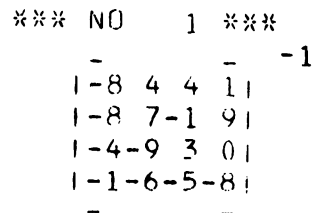


図-6 基礎数学のための演習例

力学のつりあい式に関する演習であり、図-2(1)に示すような各部材が釣合状態にあるための未知反力の決定を求めている。図-3は鋼材の引張実験に先立ち鋼材のヤング係数、ポアソン比を理解するための演習である。また、図-4は土木材料学における骨材の最大寸法と粗粒率に関する演習

であり、さらに、図-5と図-6はそれぞれ三角測量の調整計算と逆マリックスの演習である。

これらの図に見る通り、各演習の出題方式については必ずしも、分りやすい形とはなっていないが、今後の実施を通して改良を加えていきたいと考えている。

表－1 構造力学のための演習

単 元	演 習 項 目
力とモーメント	(1) 次元と単位 (2) 力の分解 (3) モーメント (4) 平行力の合成 (5) 1 点に交わらない力の合成 (6) 力のつりあい(未知力の決定)
応力とひずみ	(1) 応力、ひずみ、ヤング係数、 ポアソン比 (2) 軸力による応力とひずみ(基礎) (3) 温度による応力とひずみ (4) 軸力をうける結合部材 (5) 温度変化をうける結合部材 (6) 合成バネ定数 (7) セン断による応力とひずみ (8) リベット結合 (9) 溶接結合 (10) 組合せ応力(モールの応力円)
断 面 の 性 質	(1) 断面の重心 (2) 断面二次モーメント (3) 断面係数、断面二次半径 (4) L 型鋼の主軸の決定 (5) 主断面二次モーメント
はりの断面力	(1) 単純梁の S、F、D、B、M、D (2) 片持梁の " " (3) 張出梁の " " (4) ゲルバー梁の " " (5) 間接荷重をうける単純梁 (6) 影響線 (7) 最大反力、最大せん断力、 最大曲げモーメント (8) 絶対最大せん断力、絶対最大 曲げモーメント (9) ゲルバー梁の影響線
はりの応力と たわみ	(1) はりの応力 (2) 変断面はりの応力 (3) はりのせん断応力 (4) はりの設計 (5) 単純梁のたわみとたわみ角 (6) 片持梁の " " (7) モールの弾性荷重法

表－2 構造実験のための演習

単 元	演 習 項 目
鋼 材	(1) 引張試験 (2) 曲げ試験 (3) 振動試験
コンクリート	(1) 圧縮試験 (2) 非破壊試験 (3) 短柱の偏心載荷試験

3. 演習プログラムの概要

(1)構造力学

現在までに開発された演習プログラムの一覧を表－1に示した。土木科において、構造力学は第2学年から第5学年までそれぞれ二単位ずつであるが、基礎能力の向上を主眼にし、演習のプログラムは第2、第3学年で学習する静定構造物に重点を置いて開発された。演習項目は使用している教科書に準拠し、教科書では不足している問題を補足するとともに基礎的な問題を繰り返し演習させる事を基本としている。例えば、部材の断面二次モーメントに関して、直接あるいは間接的に4回の演習を行なう事になっている。また、まえがきにも述べたように学生が手計算で演算出来る様乱数の発生に注意が払われている。

近い将来において、静定構造物だけでなく不静定構造物に関する演習プログラムも完備する予定である。

(2)構造実験

土木科においては第4学年に、主に鋼材とコンクリートの強度に関する実験を行なっているが各実験の予習を心掛けている学生は皆無である。この現状を打破するために、構造実験に関する演習プログラムが企画された。

各実験に先立ち、計算機内で当実験のシミュレーションが行なわれその“実験結果”が各学生に手渡される。各学生は、各自の“実験結果”の整理と解析を行ない、そのそのレポートを本実験の前日までに提出しなければならない。例えば、図－3は鋼材の引張実験に関する演習であるが、各学生は、各自の“鋼材”のヤング係数とポアソン比を計算する事を求められている。表－2は、すでに開発されているプログラムの一覧表である。

(3)土木材料学

土木材料学関係においては第2学年に土木材料学の講義で、第3学年には土木材料実験で使用している。現在あるものは品質管理、品質検査、そして粗粒率及び最大寸法を求めるものがある。これらは演習に適するように数値にあるバラツキを持たせている。例えば品質管理等では、数値を正規分布に近くなるように乱数の平均値を使い各自異なる数値の問題となるようにしたり、粗粒率の問題においては、乱数の並びかえにより、骨材にある粒度を持たせている。しかし、これらのもの

は現実にはバラツキが出ているため今後改良の余地がある。

出題形式は土木学会の指導書に準じて計算するようになっている(図-4)。近い将来配合設計等の演習も開発する予定である。表-3は現在開発されているプログラムの一覧である。

(4)測量学

本校土木科においては、第2学年時に距離、トラバース、平板、そして水準測量の、さらに第3学年時には路線と三角測量の実習が行なわれている。測量学の実習にあたっては、単に各種の測量器械の操作に習熟するだけでなく、測量結果のデータ解析が出来るようにする事を目的としている。しかしながら、実習時のデータ解析だけでは、少なからぬ学生が同じ班の他の班員の解析結果をそのまま借用するだけで終わらせている現実があるために、本演習プログラムの作成が求められた。

構造実験のための演習プログラムと同様にここでも計算機内で測距、測角のシミュレーションが行なわれている。学生は、各自の“測量結果”を必要に応じ各種の補正および調整の計算をしなければならない。閉合トラバース、結合トラバース、水準、あるいは三角測量の調整計算の演習プログラムにおいては、適度の誤差が生じる様計算機内で乱数の発生が調節されている。

表-4は、測量学のための演習の一覧である。表に見る通り、先に述べた各種の調整計算(メイン演習)だけでなく、メイン演習を理解するための多種のサブ演習の充実にも力が注がれている。

(5)基礎数学

表-5に、構造力学あるいは測量学を理解するために必要とされる基礎的な数学の学力を養う目的で開発された演習プログラムの一覧を示した。本演習プログラムは、開発に着手して間もないため、未だ演習項目数が少ないが、今後、他専門教科あるいは数学科の諸兄の協力をもらい、整備をはかっていく計画である。特に、統計解析とフーリエ解析のための演習については、その必要性から近い将来に完備する計画である。

4. アンケート調査

構造力学の演習に関する学生の意識を把握するために、土木科2年生と3年生を対象に簡単なアンケート調査を行なった。両学年とも構力に関する“全員ことなる問題”方式の演習を約半年の間受けてきているが、3年生については、すでに前

表-3 土木材料学のための演習

単 元	演 習 項 目
品 質 管 理	(1) $x-R$ 管理図
品 質 検 査	(1) 土木学会による方法(計量検査) (2) JIS5308の方法
ふるい分け	(1) 粗粒率の計算 (2) 最大寸法の決定

表-4 測量学のための演習

単 元	メ イ ン 演 習	サ ブ 演 習
基 礎		(1) 対数表の使い方 (2) 単位の変換 (3) 対数演算
距 離 測 定	(1) 距離の補正	(1) 最小二乗法 (2) 平均値、標準偏差 (3) 最確値
トランシット測 量	(1) 方 向 法 (2) 倍 角 法	(1) 60進法演算
ト ラ バ ー ス 測 量	(1) 閉合トラバースの調整 (2) 結 合 “ (3) 閉合トラバースの面積	(1) 方位角 (2) 方位
水 準 測 量	(1) 地盤高の補正	(1) 器高式 (2) 昇降式
平 板 測 量	(1) 誤差の計算	
路 線 測 量	(1) 総合路線測量	(1) 単曲線 (2) クロソイド曲線
ス タ ジ ア 測 量	(1) スタジア定数の決定 (2) 間接測量	
三 角 測 量	(1) 三角網の調整	(トラバース測量と同じ)
地 形 測 量	(1) 土積量の算定	

表-5 基礎数学のための演習

単 元	演 習 項 目
三 角 関 数	(1) 三角関数の値 (2) 三角関数の公式 (3) 三角形の決定
行 列 式 と 行 列	(1) 行列式の値 (2) 行列の積 (3) 逆行列の決定
統 計 解 析	(1) 平内値、標準偏差 (2) 最小二乗法 (3) 重回帰分析

表-6 構力の演習に関するアンケートとその集計結果

1. 構力はむずかしいか。
 (イ)むずかしい (ロ)そうでもない (ハ)やさしい
 2年 ← (イ) 30人 (ロ) 7人 (ハ) 0人
 3年 ← (イ) 24人 (ロ) 15人 (ハ) 0人
2. 構力は得意か。
 (イ)不得意 (ロ)普通 (ハ)得意
 2年 ← (イ) 19人 (ロ) 18人 (ハ) 0人
 3年 ← (イ) 14人 (ロ) 24人 (ハ) 1人
3. 演習のレポートはむずかしいか。
 (イ)むずかしい (ロ)そうでもない (ハ)やさしい
 2年 ← (イ) 22人 (ロ) 15人 (ハ) 0人
 3年 ← (イ) 18人 (ロ) 19人 (ハ) 1人
4. 演習レポートは自分で考えているか。
 (イ)いつも他人のをまねしているだけ (ロ)たびたび他人のを参考にする (ハ)大体は自分で考える
 2年 ← (イ) 4人 (ロ) 20人 (ハ) 12人
 3年 ← (イ) 0人 (ロ) 14人 (ハ) 24人
5. “全員ことなる問題”は構力の理解に役立っているか。
 (イ)全然役に立っていない (ロ)そうでもない
 (ハ)役立っている方である
 2年 ← (イ) 1人 (ロ) 10人 (ハ) 26人
 3年 ← (イ) 2人 (ロ) 9人 (ハ) 28人
6. 今後も“全員ことなる問題”方式の演習を続けた方が良いか。
 (イ)即刻やめてもらいたい (ロ)どっちでも良い
 (ハ)続けた方が良い
 2年 ← (イ) 1人 (ロ) 19人 (ハ) 17人
 3年 ← (イ) 3人 (ロ) 16人 (ハ) 20人

年度において、測量・土木材料学に関する演習の経験を有している。

アンケート調査の集計結果を表-6にまとめた。両学年ともほぼ同じ傾向を示していると言える。しかしながら、教科の進度等アンケート調査実施時の条件が異なるので両学年を単純に比較する事は出来ないが、本演習方式でより長い間苦勞している3年生の方がわずかながらも本演習方式を評価している事は興味深い。また、両学年ともほぼ半数の学生が積極的に本演習方式を支持してくれている事は我々にとって心強い限りである。

あ と が き

計算機を利用した演習方式は、本校においてはまだその途についたばかりでその有効性を評価するためには今後の長期にわたっての実施を経なければならぬが、学生各自が自分の頭で問題を考えるという当初の目的に対し大きな前進をしたと確信している。しかし、

(1)出題形式をより見やすく改善する。

(2)計算機を利用して出題し得る他数科の演習プログラムを他の多くの教官の協力を得て開発する。

(3)出題のみならず解答や集計の過程に計算機の利用をはかる。

等々の多くの検討課題を今後に残している。

参 考 文 献

- 1) 中辻・浦島・広川; 計算機を用いた測量の演習システムについて, 土木学会北海道支部論文報告集, 第35号, 昭和54年2月
- 2) 外崎; 電算機を利用した学習指導システム, 函館高専紀要第13号, 1979年
- 3) 塚本正文; コンピュータ構造力学 I, II, 学隆社, 昭和52年
- 4) 脇本和昌; 乱教の知識, 森北出版, 1970
- 5) 秋田, 松山, 神; 多数の学生を対象とする演習の処理にコンピュータを活用した例, 土木学会誌, 1974年5月

(昭和54年11月30日受理)