

シリーズ：大学のOR教育

授業点描

森 雅 夫

1月号の“ひとつのOR入門”(真鍋氏)。ORのニーズを感じ(あるいは、観じ)させるためのイントロへのご努力、さすがと感服いたしました。今回はこの記事に刺激されて、“面白い”と感心した1つの講義(?)風景を描いてみたいと思います。

スタンフォード大学の工科系には、OR学科と並んで、IE学科(Industrial Engineering & Engineering Management)とEES学科(Engineering-Economic Systems)があります。いずれも学部なしの大学院だけの学科です。工科系以外にもORの親戚・遠縁にあたるものとして、統計学科、計算機科学科、経済学科、政策科学科、それにビジネス・スクールがあります。ここで紹介するのはEESの科目で、ちょうど1年前の冬学期に行なわれたもので、その名を“モデル化の技法”(Art of Mathematical Modeling)といいます。担当はSmallwood, Morrisの両教授。

1学期、10週間、毎週月・水の2回、75分ずつの授業が行なわれ、その間に7つの事例的課題が出されました。たいがい、月曜に問題が配られ、水曜に問題についての質疑がなされ、次週の水曜にレポートを提出します。その翌週にレポートの講評と解答の一例が示されます。問題によっては質疑に充分時間をかけ、レポート作成に2週間要する場合もあります。それでは問題をいくつか眺めてみましょう。

1. 交通信号の問題

『アナタは中西部の小さな町のお役人です。アナタのところに、町の中央通りと州道との交差点の信号について苦情がたくさんきています。この信号は1930年に設置・調節されたままです。その頃は両通りの交通量はだいたい同じくらいでした。現在は中央通りのほうが交通量が多く、青時間を長くせよと、その通りを利用する住民は苦情をいいます。一方、州道の利用人も、問題を認めながらも少数の権利を主張します。この信号は古いタ

イプのもので赤・青しかなく、1サイクルが1分間と固定されていて、いまの段階では赤・青の時間比が調節できるだけです。1度セットしてしまうと、午前7時から夕方の6時まではそのままのサイクルで、それ以後は赤の点滅となります。

来週の町議会までに何とか答を出さないといけません。アナタに代ってつぎのことを考えてください。

- (a) 信号タイミングを決めるための評価規準を定めなさい。
- (b) 方策をテストするモデルをつくりなさい。

交通量データ

時間帯	中央通り	州道(一方方向の交通量)
7:00~ 9:00	30台/分	5台/分
9:00~12:00	10	5
12:00~13:00	30	5
13:00~16:00	10	5
16:00~18:00	30	5

こここまでの問題なら、まあ、ありふれていて私とて演習に取り上げぬこともない。つぎがある。

『金さえ出せば2, 3日中につぎのデータが入手できます。アナタとしては精度が高くわかりよいモデルができれば、1000ドルの価値はあると考えています。

- i) 停止車のスタート遅れの平均時間(50ドル)。
- ii) 各時間帯、各道路の信号のないところでの車の平均速度(200ドル)。
- iii) q台の車が行列したとき、それが捌けるまでの時間(400ドル)。
- iv) 停止車が動き出してからの時間-距離のグラフ(300ドル)。
- v) 赤・青時間比の調節に関する住民100人の嗜好度(200ドル)。

(注:i)~v)のデータはほしければ教官のところに“買い”にゆくことができる。)]

この問題のレポートの判定規準として、Model EconomyとModel Criteriaの選び方を見ることが明記されている。データ入手に金が費するという設題はしゃれている。人によって選ぶデータが異なることも面白い。

講評のとき、31人中9人が確率モデルを使ったが、ポアソン到着を仮定するのはどうだろうかとか、Model Criteriaとして、システムの効率、公正さ、行列を生じさせないセットの可能性追求、政治的判断などいろいろ出たが、それと目的関数とのつながりがどうであったか、

もり まさお 茨城大学

などが指摘された。

2. バイク＝ラン・レース

『参加の各チームは2人1組で、1台の自転車を使います。2人の人が自転車を乗り継ぎながら、人と自転車のすべてが最初に目的地に達したチームが勝ちです。このレースの面白い点はいちどきに1人しか自転車を使えないことです。パートナーは何度でも好きなだけ自転車をやりとりしても構いません。

最近、スタンフォード大学で、古代競技クラブの主催で6マイルのバイク＝ラン・レースが行なわれました。そのときのレースに関する細部規定（安全確保のための走行・乗り継ぎのルールなど3ページもある）も付けておきましょう。このときは、面白いことにチームによって方策がすべて違いました。

いま、あなたがこのレースに参加するとして、パートナーも大体同じくらいの走力があるとしましょう。直線6マイルのコースでレースが行なわれます。モデルを作って考えてみてください。パートナーが1マイルにつき20%ほど、あなたより速く走れるとしたら、方策はどのように変わのでしょうか。

1マイルの円形トラックを6周する場合はどうなるでしょう。』

この問題のレポートの判定規準は、Model Manipulability と Model Completeness です。即戦力となることが要求されるからでしょう。日本の各大学の大学祭でもこんな企画がもたれれば知的にも肉体的にも奮発する人も多いでしょう。最近ではテレビの2番煮じと喰い物屋ばかりで面白くもおかしくありません。

3. 学校閉鎖

『メドブルークの町には5つの小学校があります。近年町の人口はほぼ一定していて1万3000人くらいなのですが、児童数は減少しています。

年度	1973 ～74	1974 ～75	1975 ～76	1976 ～77	1977 ～78	1978 ～79	1979 ～80
就学児童数(人)	1624	1576	1556	1529	1485	1453	1415

(見込み)

教育委員会としては、“住・学接近”をモットーとはしていますが、同時に各校の児童数を300～400人にしておきたい考えでもあります。“住・学接近”という考えは広く住民に支持されています。

現在、学校によっては300人を下回っているところも

あります。そこでどれか1つを閉校して、きたるべき1978—79年にそなえて学区を調整しないといけません。教育委員会には経費を削減するよう、他から強い圧力がかけられていますので、避けて通るわけにはいきません。現在の学区ごとの児童数はつぎの通りです。

学校名	児童数	先生の数	生徒/先生の比
リンカーン	278人	11人	25.3
ウェストレーク	347	13	26.7
メープル	364	14	26.0
サンダーズ	242	10	24.2
ルーズベルト	222	9	24.7
計	1453	57	25.5

1つの学校を閉鎖すると、その学区の父兄を中心にゴウゴウたる非難が飛んできます。父兄の意見の主なものはつぎのようです。

- (a) 住・学接近はこの町の大きな魅力であり、そのために住んでいる人もあるくらいよ。どの学校も閉校してはダメよ。小さな学校でも十分やっていけるし、子供にはかえって望ましいくらいだワ。
- (b) 閉校に伴う大きな問題はクラスのサイズが大きくなることよ。クラスが大きくなると、個々に目が届かなくなるワ。
(この町では、クラス・サイズが先生1人あたり25～27人とするのがよいとされている。)
- (c), (d), (e)と親の不満はいくらでも続きます。

いま、教育委員会からあなたにアドバイスを求められたらどのようにしますか…』として、学区割の地図、教職員・管理人の給料、スクールバスのコスト、運転手の時間給、学年別児童数のデータなどが与えられています。また、学校交通安全委員会では通学時の、通りごとの交通事故発生率なども調査中とのことです。

レポートの判定基準として、一般父兄にも説明するため、Transparency, Controllability と Credibility が要請されています。

ちょうど、この問題の出されたころ、スタンフォードを包むパロ・アルト市が、公務員定員および公費削減に関するカリフォルニアのプロポジション13も絡んで、これと似た状況で中学校の1つが閉鎖されようとしていたので、学生の興味はなかなかのものでした。私自身もこれとはまったく逆の問題で、アメリカに渡る直前のおよそ1年間、息子の通っていた横須賀の小学校が2200人を

超えるという超マンモス校になるので、その対策に走り回ったことがあるので、感無量でした。そのときの様子を何かの折に話すと、クレージー！日本は教育国ではなかったのかと驚きあきられたものでした。教育国というよりは強制はめ込み型過当競争国なのではないかと言いたところでしたが、日本のイメージをあまり悪くするといけないのでやめておきました。

問題の出されたつぎの時間は、Smallwood 教授が近々、教育委員長と会見するという“立て前”で、学生諸君から教育委員会にぶつける質問を募りました。都合、20ほどの質問が出ました。閉校した跡地の利用計画は？

売却費の見積りは？ 1クラス25~27人が適切という根拠は？ とか、それこそいろいろな質問が出ました。翌週は教育委員長から文書で回答がありました。

そのつぎの週には、1度提出されたレポートが、4~5人ずつにふりわけられたグループに、ランダムに割り当てられました。レポートの著者名は消してあります。各グループは空いた時間を都合して集り、割り当てられたレポートを読み合せ、採点、討議します。その結果を教官にもどします。客観的に評価し、自分の観点を正しく（強引に）主張するのは骨の折れることです。

この他にも、乳ガンの集団検診システムの設計問題な

```

000 76 LBL      050 69 DP      100 76 LBL
001 11 R       051 30 30    101 10 E*
002 42 STD     052 76 LBL    102 73 RC*
003 79 79     053 14 D      103 74 74
004 99 PRT     054 73 RC*    104 42 STD
005 91 R/S    055 00 00    105 73 73
006 42 STD     056 44 SUM     106 43 RCL
007 78 78     057 76 76    107 78 78
008 99 PRT     058 65 ×      108 42 STD
009 85 +      059 43 RCL    109 00 00
010 01 1      060 00 00    110 76 LBL
011 95 =      061 95 =      111 16 R*
012 42 STD     062 44 SUM     112 73 RC*
013 74 74     063 75 75    113 00 00
014 91 R/S    064 43 RCL    114 44 SUM
015 99 PRT     065 77 77    115 73 73
016 85 +      066 49 PRD    116 43 RCL
017 01 1      067 76 76    117 77 77
018 95 =      068 49 PRD    118 49 PRD
019 35 1/X    069 75 75    119 73 73
020 42 STD     070 97 DSZ    120 97 DSZ
021 77 77     071 00 00    121 00 00
022 91 R/S    072 14 D      122 16 R*
023 76 LBL    073 43 RCL    123 43 RCL
024 12 B      074 79 79    124 73 73
025 69 DP     075 94 +/-    125 99 PRT
026 20 20     076 44 SUM    126 91 R/S
027 43 RCL    077 76 76    127 76 LBL
028 00 00     078 43 RCL    128 19 D*
029 91 R/S    079 77 77    129 42 STD
030 99 PRT    080 49 PRD    130 72 72
031 72 ST*    081 76 76    131 61 GTO
032 00 00     082 43 RCL    132 00 00
033 12 B      083 77 77    133 30 30
034 76 LBL    084 75 -      134 76 LBL
035 13 C      085 43 RCL    135 15 E
036 43 RCL    086 76 76    136 43 RCL
037 74 74     087 55 +      137 72 72
038 42 STD     088 43 RCL    138 61 GTO
039 00 00     089 75 75    139 00 00
040 73 RC*    090 95 =      140 30 30
041 00 00     091 42 STD
042 42 STD     092 77 77
043 76 76     093 35 1/X
044 42 STD     094 75 -
045 75 75     095 01 1
046 43 RCL    096 95 =
047 78 78     097 99 PRT
048 49 PRD    098 91 R/S
049 75 75     099 13 C

```

TI 59のプログラム

ショート・ノート

プログラブル電卓のプログラム

投資利回り計算の プログラム

[問題1] I 円の投資を行なったあと第 i 年目 ($i=1, 2, 3, \dots, n$)に v_i なる収入があったとする。そして n 年後のその投資の残存簿価を S とする。すると実質利回りを i とすると、

$$I = \frac{v_1}{1+i} + \frac{v_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{v_n}{(1+i)^n} + \frac{S}{(1+i)^n}$$

という方程式から i を求める（実質的には n 次方程式の根を求めることになる）。テキサスインスツルメント社のTI 59電卓によってプログラムした。

使用法

手順1 電源 on

手順2 8, 2nd, OP, 17 (コンマはKey押し操作の区切りを示す (以下同様)。displayに319.79が現われる。

手順3 1をセット(1を押す)。

手順4 INV, 2nd, Write と押す。

手順5 磁気カードを挿入する。displayに1が現われる。

手順6 2nd, CMs と押す。

手順7 I をdisplayにセットする。

手順8 Aを押す。 I がセットされたまま。

手順9 n をセット、R/Sキーを押す。 $(n+1)$ が表示される。

手順10 i の予想値をセット、R/Sキーを押す。 $1/(1+i)$ が表示される。

