



このコラムは、ORにかかわる概念、知識(手法、原理)、それらの図解、よい教材や問題、実学ORの実施経験、そこから得られた知恵やアドバイス、失敗談と教訓、新しい観点、視座、フレームワーク、未だ解けていない問題、面白い研究テーマなどを、“新鮮に”、しかも、“コンパクトに”表現し、提示していただくものです。ユニークなアイデア、フレッシュな見方、発想、だれかと意見をたたかわせたい問題提起など、ふるってご投稿ください。(原稿は、刷り上がり、半ページから3ページに納まるようにお書きください。簡潔に！加筆訂正をお願いする場合があります)

OR の実践教育？

鈴木 久敏¹，辰野 文理²，別府 亮三²

みな様ご承知のように、筑波大学は昨年4月に東京都文京区大塚に、社会人のための夜間大学院を開設しました。私はその準備要員として1年前に筑波大学(筑波地区)に赴任し、開設準備の傍ら、筑波地区の大学院修士課程経営・政策科学研究科の授業科目「数理計画実習」を担当しました。これはその授業報告です。

この科目は75分授業20回の1単位の選択科目で、前半10回(2学期)は神保雅一、橋本昭洋の両先生がLPなどの手法を講義され、後半10回(3学期)が私の担当でした。私の本務が開設準備ということで担当科目はこの1科目のみ、私にとって(多分に)筑波地区における“最初で最後の講義”という気安さも手伝って、かなり自由気ままなOR教育をしてみました。

本稿は、そのときの熱心な受講生である辰野君と別府君の共同レポートを再編集したものです。なお、筑波地区の経営・政策科学研究科の学生の約1/3がそうであるように、2人はそれぞれ法務省と防衛庁から派遣の社会人学生です)。ちなみに、現在私が勤務する大塚地区の夜間大学院は学生全員が社会人です)。

我々2人は青春をテニスにぶつけてきた。この2人の気持ちを受け止めてくれた講座、それが数理計画実習なのです。この講座を受講したのは筑波大学修士課程1年の冬のことでした。

この筑波大学経営・政策科学研究科(以下経政という)は、高度職業人の養成と再教育を目的として設置されている大学院修士課程で、現代社会の問題解決に役立つ基

礎理論と諸手法の習得に主眼が置かれている、と聞いています。

そして、この研究科の実習科目の中の1つに『数理計画実習』があります。以下では鈴木先生が担当された3学期の実習内容について紹介し、実習の中で実際に我々が行なった「経政テニス大会に勝つための四十八手のうちの一手の研究」についてお話したいと思います。

この科目は、2～3人のグループを作り、身近なでき事や興味ある対象の中から課題を見つけ、それを分析し科学的な手法(OR)で解くというものです。授業の進め方および内容は、次のとおりです。

①グループの決定

②課題のひねり出し：昨年度は、他に「欧州旅行最適化計画」、「単位の経済学」というテーマでした。

③発表：毎回グループごとに発表し、相互に評価し合うという形で進められます。

④レポート作成

さて辰野と別府がこの数理計画実習でグループとなったのは、他にもない“惨敗・経政テニス大会”という共通項があったからです。経政テニス大会というのは、経政内のテニス愛好者が中心となり毎年2回(春、秋)、教官チーム対学生チームで行なっているものです。ところが、我々2人が中心となり組合せを組んだ秋の経政テニス大会(以後「秋季大会」)では、6勝33敗で、教官チームの圧勝(学生チームの惨敗)となり、この大会主催者で、組合せを決めた当人であった我々は、日々この結果を打開するための手法を考えていたのです。そこに、数理計画実習の課題が出され、次期経政テニス大会(以後「春季大会」)において、いかにして勝てる組合せを作る

1) 筑波大学大学院経営システム科学

2) 筑波大学経営・政策科学研究科

かについて取り組むこととしました。以下に研究の概要を紹介します。

1. 研究の目的

春の大会にむけて学生チームが勝てるような“ダブルスのペアおよび、対戦の組合せ”を作る。
 なお、我々が春の大会も主催することになっており、今回の分析の結果が春には明らかになるため責任は重いと感じているのだが……。

2. 現状分析

(1)秋季大会の結果：秋季大会39試合の結果は以下のとおり。(数字はゲーム数を示し、右から2列目の1,6,10は学生がゲームカウント1-6で負けた試合が10試合であることを示す。)

学生の6勝33敗												
学生	6	6	6	6	6	6	5	4	3	2	1	0
教官	0	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6
試合数	0	1	1	1	3	0	3	2	2	5	10	11

←学生側勝利→ ←教官側勝利→

(2)学生側および教官側のレベルの分析：秋の大会での状況を考えた場合、図1のようにもともとレベルに差があったにもかかわらずそれぞれ強いペアから順に対戦組合せを作ってしまったため大差で敗れることになった。

3. 将来予測

(春季大学組合せ抽出のために)

(1)条件設定

- 学生対教官でダブルスの試合を40試合行なう。
- 試合は6ゲーム先取。
- 学生20人(うち女性4人)、教官20人(うち女性6人)とする。
- 試合の組合せ等は学生主催者が決める。

(2)分析法：分析にあたって学生チームと教官チームのレベル差をみるために、まず重回帰分析を行ない、その

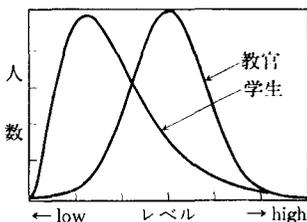


図1 レベル概図

結果にもとづいて数理計画等の手法を用い、最適組合せ(学生チームが確実に勝てる)を抽出することとした。

(2)-1 重回帰分析

(a)データの数量化：重回帰分析を行なうため、秋季大会の結果および、個人のプレー別(ストローク、サーブ、ボレー、レシーブ、スマッシュ)レベルをそれぞれ従属変数、説明変数とし、数量化を行なう。

• 試合結果の数量化：

	取得ゲーム数											
学生	6	6	6	6	6	6	5	4	3	2	1	0
教官	0	1	2	3	4	5	6	6	6	6	6	6
評点Z	5	4	3	2	1	0.5	-0.5	-1	-2	-3	-4	-5

取得ゲーム数に応じて上表のように評点Zを与え、従属変数Yを次のように定義する。

$$Y = \log Z + 1 \quad (Z \geq 1)$$

$$Y = -\text{sign}(Z) \log |Z| \quad (|Z| < 1, Z \neq 0)$$

$$Y = -\log |Z| - 1 \quad (Z \leq -1)$$

• 個人のプレー別レベルの数量化：個人のテニスのプレー別レベルをテニスレイティング*1の診断方法を参考にして、5段階で評価し、2人の技術点とをダブルスペアのレベルとし、これを説明変数とした。

例) 個人名	ストローク	サーブ	ボレー	レシーブ	スマッシュ
○○	5	4	3	4	4
△△	4	4	2	3	2
ペアの技術点	9	8	5	7	6

さらに説明変数の選択を行ない、

$$x_1 \Rightarrow (\text{学生のストローク} / \text{教官のストローク})$$

$$x_2 \Rightarrow \log(\text{学生のサーブ}) / 2$$

$$x_3 \Rightarrow \log(\text{教官のボレー}) / 2$$

とした。

(b)重回帰分析の結果：上記の変数を用い、SAS*2によって重回帰を行なった結果は以下のとおりとなった。

$$Y = -3.797 + 2.135 X_1 + 3.164 X_2 - 1.813 X_3$$

(2)-2 Yの値の算出

春季大会に出場が予想されるメンバー(学生、教官とも20人)のレベルをもとに、次の手順にしたがってY値を算出した。

- ①学生、教官それぞれをレベル順に並べ、高い順から各人に番号(1~20)を与える。
- ②学生、教官とも、すべてのペアの組合せを作り、学生ペアはストロークとサーブ、教官ペアはストロークとボレーについて各人のレベルを加える。

- ③学生ペアと教官ペアの、すべての組合せについてY値を計算する。
- ④Yの中で、 $Y < 0$ のもの(学生ペアが負ける試合)を除く。
- ⑤計算結果より、学生ペアの勝てる試合($Y > 0$)数は、全試合数(190×190)のうち13779試合となる。
- ⑥Y値の算出等には、Sシステム**を用いる。

以上を図で示すと図2(①~⑤)のようになる
 (2)-3 最適組合せの抽出
 先に求めた学生ペアの勝てる試合(13779試合)の中から次の制約を考慮して最適組合せを拾い出す。

- 制約 (1) 1人の出場回数は4回以下
 (2) 各個人は同じ相手と2回以上対戦しない
 (3) 各ペアの出場は1回(同一ペアの禁止)
 (4) 男ペア対女ペアの対戦禁止(混合は可)

条件(4)は $Y < 0$ の場合と同様にY値を考慮の対象から除くことで処理することとし、(1)~(4)を定式化すると次のようになる。

<制約式>

学生： x_{mi}

教官： y_{mk} (m ：試合番号， i, j ：学生， k, l ：教官)

【学生】 (制約) 【教官】

$$\sum_m x_{mi} \leq 4 \quad (1人4回) \quad \sum_m y_{mk} \leq 4 \quad \dots 20本$$

$$\sum_m x_{mi} y_{mk} \leq 1 \quad (各自対戦1回) \quad \sum_m x_{mi} y_{ml} \leq 1 \dots 400本$$

$$\sum_m x_{mi} x_{mj} \leq 1 \quad (1ペア1回) \quad \sum_m y_{mk} y_{ml} \leq 1 \dots 190本$$

$$\sum_m x_{mj} = 2 \quad (1試合2人) \quad \sum_h y_{mk} = 2$$

$$x_{mi} = 0, 1 \quad y_{mk} = 0, 1$$

<目的関数>

$$\max \sum_m \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l Y_{ijkl} x_{mi} x_{mj} y_{mk} y_{ml}$$

(a) 抽出方法

- ① 目的関数および制約条件の非線形項を新たな0-1変数を導入して、線形形式に書き直し、線形計画法パッケージ(LINDO**)を適用する。
- ② Y値を降順にソートして、Y値の大きな組合せから順に制約条件を満たすものを取り出す。

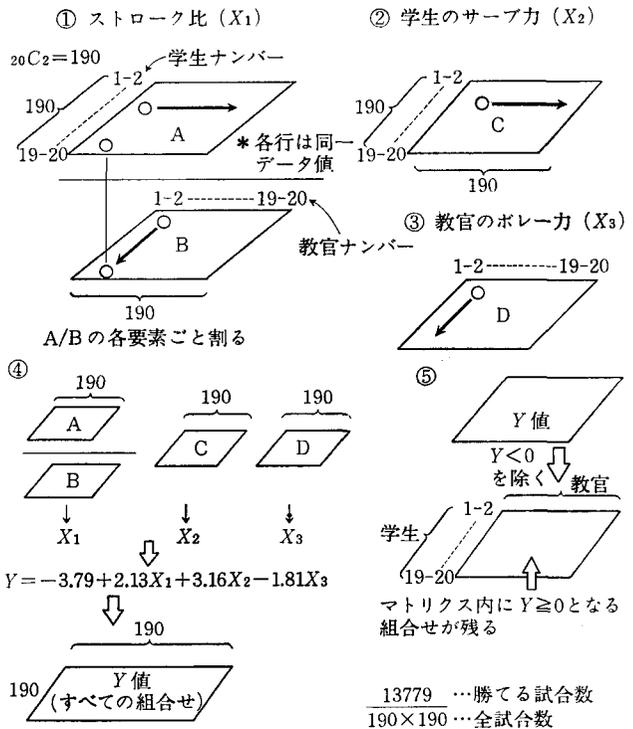


図2 手順1~5

4. 結果

①のような形で0-1整数計画法に定式化すると、条件式が相当な数になり、また時間的制約もあり、最終的に、最適解を見つけられなかったのは残念であるが、一応我々2人で②の方法を考えて抽出した組合せは表のとおりであり、少なくとも24試合取り出せた。40試合のうち24試合取り出せるので学生が制約を満たしつつ勝てるのがわかる。これがまさに四十八手のうちの一手なのである。今後は、②の解を元によりよい解を探索する方法を考えたい。そして教官に勝つのである。

以上が、春の大会を前にして、我々が数理計画を通して行なった研究の概要です。当初困難に思えた教官に勝てる組合せを作る、というテーマがORの手法を用いることにより一応の結果を見出すことができました。また、経政テニス大会で勝つという個人的な興味対象を授業で扱わせていただきました。このORと数理計画実習の講座に深く感謝しています。

なお、この組合せで戦った春の大会の結果は奇しくも前回と同じ学生の6勝33敗(ただし取得ゲーム数で比較すると学生側の善戦が目立った)であった。これもORの怪(解?)であろう。(辰野, 別府)

いかがでしたでしょうか。この授業スタイルは、実は前任校の東京工業大学経営学科で、「理論や手法をいくら教えても、どうも最近の学生はついてこない。何かおもしろいOR教育の方法はないか」と、森雅夫先生と6年ほど前から始めたものです。少ないOR科目（経営工学科では学部3年次に講義・演習併せて2単位のみ）の中で『OR的なものの見方』をどうしたら育てられるかと、もがいた結果の産物です。

同様の授業を埼玉大学工学部、日本女子大家政学部でも非常勤で行ないました。課題のテーマは、クラブ活動や趣味、実家の家業やアルバイト先でのできごとなど、学生にとって事情に通じた『身近な問題』を取り上げさせる、よく知られたORの標準モデルに無理に誘導せず学生自身に『モデルを作る喜び』を与えさせるのが、うまくゆくコツのようです。大方の学生の反応は、「ORって難しい数学じゃないんだ」、「身近な問題の中にもずいぶんORが役立つ場面があるのだな」と、苦勞の割に実入り（履修単位）が少ないにもかかわらず、つつい日曜日をつぶしてでも取り組んでしまうようです。みな様の大学や企業ではどんなOR教育をされているのでしょうか？

(鈴木)

注)*1 日本テニスレイティング・ガイドブックより。

*2 Statistical Analysis System

*3 ベル研究所開発のデータ解析用言語

*4 Linear INTeractive and Discrete Optimizer

表1 組合せ

	(学生ペア)		(先生ペア)
1	吉田, 高田	—	山崎, 野上
2	高橋敏, 吉溪	—	高柳, 野上
3	小池, Q	—	柴田, 高柳
4	野村, 春浪	—	西條, 高柳
5	辰野, 深谷	—	佐藤, 高柳
6	小池, 深谷	—	西條, 菊池
7	別府, ボン	—	穂鷹, 山崎
8	辰野, ボン	—	鶴野, 野上
9	春浪, 吉溪	—	佐藤, 菊池
10	野村, 吉田	—	神保, 柴田
11	別府, 高橋光	—	神戸, 中嶋
12	鈴木, 高田	—	小川, 西條
13	別府, 辰野	—	黒田, 佐藤
14	鈴木, 小池	—	田淵, 佐藤
15	鈴木, 高橋敏	—	堀, 山崎
16	鈴木, 吉田	—	金本, 西條
17	野村, 高橋敏	—	和田, 小川
18	吉溪, Q	—	中嶋, 山崎
19	春浪, 高橋光	—	鶴野, 小川
20	ボン, 高田	—	中嶋, 柴田
21	別府, 高橋敏	—	神保, 鶴野
22	小池, 野村	—	久保, 神戸
23	辰野, 春浪	—	池田, 穂鷹
24	吉田, 吉溪	—	神戸, 小川

* アンダーラインは女性

報文集価格表 (会員価格)

T-73-1	ネットワーク構造を有するオペレーションズ・リサーチ問題の電算機処理に関する基礎研究	1200円
T-76-1	オペレーションズ・リサーチのためのデータとプログラムに関する研究	4000円
T-77-1	システムダイナミックス——方法論と適用例	2500円
R-79-1	「ORの実践とその有効活用」視察団報告	1200円
R-82-1	「欧州におけるOR実施状況」視察団報告書	1200円
R-84-1	「米国におけるORの実践」視察団報告	1200円
T-86-1	「南北協力の新しい戦略——マイクロ電子技術を起爆として——」	3500円
R-88-1	「南米諸国とのOR交流視察団」報告書	1200円