生駒経済論叢　第８巻第１・２号　2010年11月

ゼミのクラス編成問題

大　村　雄　史

概要　大学においてゼミの必修化が行われた場合，それぞれの学生を全て希望のゼミに配属することは，学生数が多くなればなるほど難しくなる。また，必修であるので全員を必ずどこかのゼミに配属しなければならず，場合によっては学生があまり希望しないゼミに配属になる可能性もある。このような問題は，基本的には数理計画問題として取り扱える事が分かっているが，大学や学部の違いにより，いろいろな制約条件が存在し，それらを満たさなければならない。本論文では，このクラス分けに際して，種々の条件を満足しながら，同時に学生全体の満足度を最大化できる方法を考察する。

キーワード　ゼミ，クラス編成問題，数理計画法，大学教育，学生満足度，感度分析，シミュレーション，オペレーションズリサーチ

原稿受理日　2010年９月１日

Abstract　When a seminar becomes a required subject in a university, it becomes difficult to assign every student to the desired seminar. In addition, because each student must be assigned to a seminar by all means, in some cases, some students may be assigned to an undesired seminar. Basically such problems can be dealt with by using mathematical programming ; however, there are various constraints due to differences in universities and differences in their departments. In this article, I consider a model that can satisfy various kinds of constraints and that can maximize total satisfaction of all students simultaneously.

Key words　seminar, class assignment problem, mathematical programming, educational problem in a university, satisfaction level of students, sensitivity analysis, simulation, operations research

1. は じ め に

大学3年生～4年生で開講されるゼミ（演習）という科目は，必ずしも必修ではなかったが，昨今は必修とされる傾向にある。今までも教員一人当たりの学生数があまり多くない国公立大学や理科系の学部においては，むしろ必修が当然であったが，教員一人当たりの学生数が多い私学学部においては，学生の人数の問題でゼミ運営が難しいこともあり，選択科目となっていたところも多い。しかし，学生定員の正常化や教員数の正常化により，何とか人数的に実行可能となってきたのと，大学教育の質を高める為には，ゼミにおける教育の効果が高い事もあり，必修化の流れとなったわけである。

しかし，何とか人数的に実行可能となってきたと言えども，全体の学生数が多いことには変わりなく，そのため，学生全員を適切に各ゼミに配属するには時間がかかり，例えば筆者の所属する学部では，2年生の9月終わり頃から配属希望のアンケートを始めて約3～4ケ月かかって学生の配属がきまる。本論文ではこの決定方法について新たな方法を考え，その利害得失を考察する。

2. 現行のゼミ配属先決定方法

筆者の所属する学部で現在行われている選考方法は，第1次選考から第5次選考まであり，第1次が始まるのが9月終わり頃，第4次が終わるのが12月，第5次選考は翌年の4月である。第5次は主に編入等の学生が対象であるので，これを除くと実質的には約3～4ケ月となる。各ゼミには一定の定員が設定され，定員が満たされるまで順次学生を受け入れていくことになっている。例えば，それぞれの回の選考で希望者が定員より多い場合には選考を行い，選考に漏れた学生はそれ以降の回の選考で空きがあるゼミを希望し，決定するまで続ける事になる（これを「現行方式」と呼ぶことにする）。なお，この方法にはいくつかの問題点が存在する。それらを列挙すると次のようになる。

①1次～4次まで時間が相当かかる。（しかし，逆に考えれば，時間をかけて決めていくので，決定したゼミが仮に希望しないゼミであっても，学生が自分なりに納得する時間があるとも言える。）

②教員側に選択する権利があるのは定員以上の希望者が来た場合に限られるため，適切でない（つまり，知識・興味その他でマッチングが悪い）学生が来ても受け入れざるを得ない。

③希望者が定員を超える場合の選考基準があまり明確でなく，どのような学生が選ばれやすいのかがよく分からない事が多い。もし選考基準が明示されれば，学生側のゼミの希望順位に影響を与える事が予想される。

④希望者が多数集まるゼミとそうでないゼミが混在するが，学生がよく考えた結果かどうかは必ずしも明確ではない。（真面目といえない例としては，「友達が希望するから私も……」とか，「授業が厳しくなさそう……」，……等が考えられる。）

⑤選考に漏れた学生は，その次の選考で空きがあるゼミの中から選択することになるので，最初にどこを希望するかが学生側の最終的な配属先に影響する。例えば，希望者が多いゼミを第１希望にした場合には選考に漏れる確率が高くなるが，次の回の選考では本来の第２希望のゼミは空きがなくなっているかも知れず，そうなると更に希望順位の低いゼミしか残らない事も考えられる。その結果として，学生全体の満足度の合計値は低くなってしまう可能性がある。（この問題も逆に考える事も出来る。希望順位がよく考えて決められたのではなく，何となく決められたような場合には，希望者の多いゼミが果たしてその学生にとって良いかどうかは分からない。仕方なしに決まったと思っていたゼミが後で考えると反って良かったという事も充分あり得る。）

⑥ゼミ希望者全員が真面目によく考えて順位を考えたと仮定できる場合には，現行の逐次決定方式では，満足度を数量化した場合に学生全員の満足度の合計値が最大となる可能性は低い。

⑦ゼミ選考の選考基準として学生のそれまでの成績が考慮されない場合は，勉強しようと言うインセンティブが働きにくい。

3. 定　式　化

以上のような問題を解決する方法の一つとして，数理計画法の一種である輸送問題での定式化が可能である[1][2][3][4]。輸送問題（Hitchcock-Koopmansの輸送問題）[1][2]とは次のような問題である。

3.1　輸送問題

「倉庫（起点）i（$i=1,2,\cdots m$）はそれぞれ a_i 個の在庫商品を持つ。一方都市（目的地）j（$j=1,2,\cdots n$）は，b_j 個の需要を持つ。倉庫 i から都市 j に商品１単位を輸送するための費用を C_{ij} とし，その輸送個数を X_{ij} とする場合，各倉庫の在庫を全ての都市の需要を満

たすように輸送し，かつ総輸送費用を最小にするような輸送方法を求めよ。」

表3.1　輸送問題

		都市ｊ								
		1	2	・	j	・	・	・	n	行和
倉庫 i	1									a1
	2									a2
	・									a3
	i				Xij					・
	・									・
	・									・
	m									am
列和		b1	b2	b3	・	・	・	・	bn	

この問題は以下のように定式化できる。

①　目的関数

目的関数である総輸送費用Ｚは，

$$Z = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} C_{ij} \cdot X_{ij} \qquad \cdots\cdots (3.1.1)$$

となり，次の制約条件下でＺを最小にする X_{ij} を求めればよい。

②　制約条件

倉庫ｉの在庫量の式（行和）

$$\sum_{j=1}^{n} X_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \cdot\cdot\cdot m) \qquad \cdots\cdots (3.1.2)$$

都市ｊの需要の式（列和）

$$\sum_{i=1}^{m} X_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \cdot\cdot\cdot n) \qquad \cdots\cdots (3.1.3)$$

総需要量は総供給量に等しい。輸送個数は正。

$$\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j \qquad \cdots\cdots (3.1.4)$$

$$Xij \geqq 0 \quad \cdots\cdots (3.1.5)$$

なお，輸送問題においては行の合計値及び列の合計値全てが整数であれば基底変数の値も全て整数となる。[1]

本論文で取り上げる「学生を各ゼミに配属する」モデルは，学生を表3.1の形に割り当てていくことと同様の構造であるので，上記の輸送問題の一種と見なせる。この場合，行の合計である a_i は１であり，列の合計である b_j は各ゼミの合計人数に相当する。

3.2　ゼミクラス編成問題のモデル

学生全員のゼミの希望を考慮し，それぞれのゼミへの配属を納得性のある方法で，適切に，素早く決めるモデルとして，数理計画法の一種である輸送問題のモデルを用いることにする。具体的には次のモデルを考える。なお，目的関数はゼミ受講生全体の満足度の最大化であり，各学生が各ゼミに配属された場合の満足度は数量化できるとする。その場合の制約条件は次のようになる。

①学生ｉは，ただ一つのゼミに必ず配属される。

②ゼミｊの最大人数を a_j とする。（「3.1」の輸送問題の a_j とは別のものである）

③ゼミｊの最小人数を b_j とする。（「3.1」の輸送問題の b_j とは別のものである）

④X_{ij} は，学生ｉをゼミｊに配属する時「１」とし，学生ｉをゼミｊに配属しない時「０」とする。

3.2.1　変数と定数の定義

X_{ij}：学生ｉを，ゼミｊに配属する時　$X_{ij}=1$

学生ｉを，ゼミｊに配属しない時　$X_{ij}=0$

$i=1,2,\cdots m$（学生の番号）

$j=1,2,\cdots n$（ゼミの番号）

a_j：ゼミｊの最大人数（制約条件，「3.1」の輸送問題の a_j とは別のものである）

b_j：ゼミｊの最小人数（制約条件，「3.1」の輸送問題の b_j とは別のものである）

s_{ij}：学生ｉがゼミｊに配属された場合の満足度（満足度が高いほど大きな数とし，最大値と最小値をあらかじめ設定した上で，学生にアンケートで答えてもらう。）

3.2.2　目的関数（学生全体の満足度の最大化）

$$\sum_{i}^{m}\sum_{j}^{n} Sij \cdot Xij \rightarrow \max \qquad \cdots\cdots (3.2.1)$$

3.2.3　制約条件

①学生ｉは，ただ一つのゼミに配属される。

$$\sum_{j=1}^{n} Xij = 1 \qquad (i = 1, 2, \cdots m) \qquad \cdots\cdots (3.2.2)$$

但し，i＝1,2,…m（学生の番号）

j＝1,2,…n（ゼミの番号）　である。

②ゼミｊの最大人数は a_j である。

$$\sum_{i=1}^{m} Xij \leqq aj \qquad (j = 1, 2, \cdots, n) \qquad \cdots\cdots (3.2.3)$$

③ゼミｊの最小人数は b_j である。

$$\sum_{i=1}^{m} Xij \geqq bj \qquad (j = 1, 2, \cdots, n) \qquad \cdots\cdots (3.2.4)$$

④全ての X_{ij} は０か１である。

$$Xij \geqq 0 \qquad \cdots\cdots (3.2.5)$$

$$Xij \leqq 1 \qquad \cdots\cdots (3.2.6)$$

4.　解　　法

数理計画法の一種である輸送問題のモデルで解けるので，悪い条件の一例として，教員数40人，学生数850人と設定し，特定のゼミに希望者が集中する場合を想定したテストデータを作成し，実際に解いてみる。この場合には，未知数 X_{ij} の数は40×850＝34,000変数となる。

小さな数理計画法の問題であれば（例えば[6]），Excel のソルバーでも解けるが，Excel

のソルバーで解く事が出来る未知数の最大は，Excel2003・Excel2007 共に200変数迄である。従って，本問題は未知数が遙かに多いので，Excel では解く事が出来ない。そこで数理計画法専門の汎用ソフトウェア[5]を用いて解く事にする。このソフトウェアは，Excel 上で作動し，Excel のソルバーとよく似た使用方法で最適解を計算することが可能である。分析者が適切なモデルを正しく作ることが出来れば，このようなソフトウェアを使うことにより最適解を求めることが出来る。

少し昔であれば，この程度の変数の数のモデルを解くには高価なソフトウェアと大型コンピュータを使う必要があった。また，場合によっては，高価なソフトウェアが買えない場合等も含めて，時間を掛けて，解を求めるソフトウェアを自作する場合もあった。しかし現在では，各種の解法研究の成果が取り入れられ，最適化問題を解くための性能の良い汎用ソフトウェアが比較的安価に使え，ハードウェアもパーソナルコンピュータで計算可能となっている。

5. 計　　算　　例

5.1　前提条件となる学生満足度行列

仮に教員数40人，学生数850人とした場合で，「現行方式」では配属が難しいと思われる場合として，特定のゼミに希望者が集中する場合を想定したテストデータを作成した。S_{ij} は，学生 i がゼミ j に配属される場合の学生の満足度であり，第１志望のゼミは10点，それ以外は０～10点（但し整数）としている。表5.1で，同一の学生の S_{ij} 値で，10点が複数個ある場合があるが，それは複数個の第１志望があるという意味である。なお，この得点の範囲内（０～10点，但し整数）であれば，学生がどのような満足度の点数を答えたとしても解を求めることが可能である。

このようなデータを実際に集めるためには，ゼミを希望する全ての学生に希望を提出してもらう必要があり，表5.1の各一行が一人の学生の満足度データに相当する。このデータを集める方法を考える事は現実的な問題であるが，理論的な分析をすることと同様に非常に重要なことであり，この方法を適切に設計することはシステム設計の問題となる。

5.2　各ゼミの最大人数・最少人数の感度分析

ただ一つの前提条件での解を求めるだけではなく，計算の前提となる，各ゼミの最大人数と最少人数の設定が，合計学生満足度にどのような影響を与えるかを調べるため，各ゼ

表5.1　学生の各ゼミに対する満足度行列（s_{ij}）の入力テストデータの一例

	◎「・」はデータを省略している事を示す。																											
	ゼミ番号j →																											
志望学生番号 i ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	・	・	・	36	37	38	39	40
1	9	10	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	10	0	1	1	1
2	10	0	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	0	8	1	1	1
3	10	3	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	3	0	1	1	1
4	10	0	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	0	10	1	1	1
5	10	5	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	5	0	1	1	1
6	10	0	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	0	8	1	1	1
7	8	10	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	10	1	1	1	1
8	8	10	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	10	2	1	1	1
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
850	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
合計（ゼミ人気度）	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・

ミの最大人数と最少人数を変化させ感度分析を行う。これらのモデルケースをまとめると表5.2となる。

表5.2の28通りの各条件に対して最適解を求めれば，各ゼミの最大人数と最少人数の変

表5.2　モデルケース前提条件一覧

	case		制約条件	
case	ｾﾞミ最小人数のcase No.	ｾﾞミ最大人数のcase No.	ｾﾞミ最小人数	ｾﾞミ最大人数
Case1-1-min0-max25	1	1	0	25
Case1-2-min0-max24	1	2	0	24
Case1-3-min0-max23	1	3	0	23
Case1-4-min0-max22	1	4	0	22
Case2-1-min5-max25	2	1	5	25
Case2-2-min5-max24	2	2	5	24
Case2-3-min5-max23	2	3	5	23
Case2-4-min5-max22	2	4	5	22
Case3-1-min8-max25	3	1	8	25
Case3-2-min8-max24	3	2	8	24
Case3-3-min8-max23	3	3	8	23
Case3-4-min8-max22	3	4	8	22
Case4-1-min10-max25	4	1	10	25
Case4-2-min10-max24	4	2	10	24
Case4-3-min10-max23	4	3	10	23
Case4-4-min10-max22	4	4	10	22
Case5-1-min15-max25	5	1	15	25
Case5-2-min15-max24	5	2	15	24
Case5-3-min15-max23	5	3	15	23
Case5-4-min15-max22	5	4	15	22
Case6-1-min20-max25	6	1	20	25
Case6-2-min20-max24	6	2	20	24
Case6-3-min20-max23	6	3	20	23
Case6-4-min20-max22	6	4	20	22
Case7-1-min21-max25	7	1	21	25
Case7-2-min21-max24	7	2	21	24
Case7-3-min21-max23	7	3	21	23
Case7-4-min21-max22	7	4	21	22

化が合計学生満足度に与える影響の大きさを知ることが出来る。

5.3　Excel 上でのワークシートの一例

表5.2の28通りの各条件に対する最適解を求めるに当たって，具体的に Excel 上でどのようなワークシートになるかを簡略化して示したのが次の表5.3である。この中で重要な表は２種類ある。それらは，各学生が各ゼミに配属された場合の満足度を示す「学生満足度行列」と，34,000個の未知数の最適解（行列表記）を記入する場所を示す「解行列」（解行列には最初「０」を入れておくが，数理計画法のソフトウェアを実行し，その数理計画

表5.3　Excel 上でのワークシートの一例

各ゼミに対する学生満足度行列(Sij)

ゼミ番号j →

志望学生番号 i ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	·	·	·	36	37	38	39	40
1	9	10	0	1	1	1	1	9	10	0	1	1	1	1	1	9	10	0	1	1	·	·	·	10	0	1	1	1
2	10	0	8	1	1	1	1	10	0	8	1	1	1	1	1	10	0	8	1	1	·	·	·	0	8	1	1	1
3	10	3	0	1	1	1	1	10	3	0	1	1	1	1	1	10	3	0	1	1	·	·	·	3	0	1	1	1
4	10	0	10	1	1	1	1	10	0	10	1	1	1	1	1	10	0	10	1	1	·	·	·	0	10	1	1	1
5	10	5	0	1	1	1	1	10	5	0	1	1	1	1	1	10	5	0	1	1	·	·	·	5	0	1	1	1
6	10	0	8	1	1	1	1	10	0	8	1	1	1	1	1	10	0	8	1	1	·	·	·	0	8	1	1	1
7	8	10	1	1	1	1	1	8	10	1	1	1	1	1	1	8	10	1	1	1	·	·	·	10	1	1	1	1
8	8	10	2	1	1	1	1	8	10	2	1	1	1	1	1	8	10	2	1	1	·	·	·	10	2	1	1	1
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
850	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
合計（ゼミ人気度）	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·

解行列（Xij）の一例

ゼミ番号j →

		志望学生番号 i ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	·	·	·	36	37	38	39	40	合計	定数1	定数2	各変数値制約条件 stored-in	合計値制約条件 stored-in
		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	·	·	·	0	0	0	0	0	1				
		2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	·	·	·	0	0	0	0	0	1				
		3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	·	·	·	0	0	0	0	0	1				
		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	·	·	·	0	1	0	0	0	1				
		5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	·	·	·	0	0	0	0	0	1				
		6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	·	·	·	0	0	0	0	0	1				
		7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	·	·	·	0	0	0	0	0	1				
		8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	·	·	·	0	0	1	0	0	1				
		·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
		·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
		·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
		850	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·	·
		ゼミ合計人数	25	25	25	25	24	25	25	25	25	25	0	25	23	25	25	25	25	25	2	25	25	25	25	25	25	25	25	25	850				
最小値	0	最小値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
最大値	25	最大値	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	1000				
１ゼミ当たり人数制約条件	合計最小値	stored-in																																	
	合計最大値	stored-in																																	
																													合計満足値				
		ゼミjの満足度の合計																																	

モデルの最適解が求められれば，その最適解がソフトウェアによって入力される。）である。その他に，数理計画法のモデルをソフトウェアに認識させるためのいくつかの項目を追加している。

それぞれ行数が学生の人数分の850行あるので，実際は縦850行以上，横40列以上の大きな表となる。

5.4　X_{ij} の解行列の一例

制約条件（3.2.2）式～（3.2.6）式を満たし，（3.2.1）式を最大にする X_{ij} を求めることが，このゼミクラス編成問題を解くことになる。本論文ではアメリカの LINDO Systems Inc. 社の数理計画法ソフトである What’s Best！を Excel 上で使用している。

$$\sum_{i}^{m}\sum_{j}^{n} Sij \cdot Xij \rightarrow \max \qquad \cdots\cdots(3.2.1)(既出)$$

このようにして，数理計画法ソフトを使い X_{ij} を求めると（上記の数理計画問題を解くと）一例として，表5.4のような形で解が求められる。

表5.4　X_{ij} の解の一例

	ゼミ番号j →																			
志望学生番号 i ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
850	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ゼミ合計人数	25	25	25	25	24	25	25	25	25	25	0	25	23	25	25	25	25	25	2	25
最小値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
最大値	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

志望学生番号 i ↓	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	合計
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
850	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・
ゼミ合計人数	23	2	25	1	25	25	25	25	0	25	0	25	25	25	25	25	25	25	25	25	850
最小値	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
最大値	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	

5.5　計算結果のまとめ

①学生数850人ゼミ数40の前提条件では，全く平等に配分すれば１ゼミ当たり21.25人となる。そこで，ゼミによる人数のばらつきをある程度認め，制約条件としてゼミ最少人数とゼミ最大人数を設定し，その範囲内で合計満足度を最大化する事を考える。

前述の表5.2の全てのケースについて数理計画問題での解を求め，その結果を，「ゼミの最少人数一定」の７ケース（０，５，８，10，15，20，21人）の下で，それぞれのケースで ゼミ最大人数の制約条件をそれぞれ22，23，24，25人と設定した場合に，最適解では学

生の合計満足度がどうなるかをまとめたのが表5.5である。

表5.5　全てのモデルケースの解のまとめ（ゼミの最少人数一定）

基本条件			
学生数	ゼミ数	平均人数	変数の数
850	40	21.25	34,000

	制約条件		最適解		
case	ゼミ最小人数	ゼミ最大人数	ゼミ最小人数	ゼミ最大人数	合計満足度
Case1-1-min0-max25	0	25	0	25	4,225
Case1-2-min0-max24	0	24	7	24	4,090
Case1-3-min0-max23	0	23	10	23	3,955
Case1-4-min0-max22	0	22	13	22	3,820
Case2-1-min5-max25	5	25	5	25	4,225
Case2-2-min5-max24	5	24	7	24	4,090
Case2-3-min5-max23	5	23	10	23	3,955
Case2-4-min5-max22	5	22	13	22	3,820
Case3-1-min8-max25	8	25	8	25	4,225
Case3-2-min8-max24	8	24	8	24	4,090
Case3-3-min8-max23	8	23	10	23	3,955
Case3-4-min8-max22	8	22	13	22	3,820
Case4-1-min10-max25	10	25	10	25	4,225
Case4-2-min10-max24	10	24	10	24	4,090
Case4-3-min10-max23	10	23	10	23	3,955
Case4-4-min10-max22	10	22	13	22	3,820
Case5-1-min15-max25	15	25	15	25	4,225
Case5-2-min15-max24	15	24	15	24	4,090
Case5-3-min15-max23	15	23	15	23	3,955
Case5-4-min15-max22	15	22	15	22	3,820
Case6-1-min20-max25	20	25	20	25	4,000
Case6-2-min20-max24	20	24	20	24	4,000
Case6-3-min20-max23	20	23	20	23	3,955
Case6-4-min20-max22	20	22	20	22	3,820
Case7-1-min21-max25	21	25	21	25	3,775
Case7-2-min21-max24	21	24	21	24	3,775
Case7-3-min21-max23	21	23	21	23	3,775
Case7-4-min21-max22	21	22	21	22	3,775

表5.5から分かるように，例えば case 1－1～1－4 のようにゼミ最少人数を０人とし，ゼミ最大人数を22，23，24，25人と増加させる（ゼミ人数の縛りを緩くする）と，学生全体の合計満足度は上昇する。これは，各ゼミの人数の自由度が増えるため，学生の希望に添った配属がしやすくなっていることを意味する。この様子をグラフに表せば図5.1となる。

case 2－1～case 7－4 については，この順にゼミ人数の縛りがきつくなっているが，同様の傾向となっている。しかし，case 7－1～case 7－4 のように極めて縛りがきつくなると，自由度はほとんど無くなり，ゼミ最大人数を22人，……25人と増加させても合計満足度は上昇しない。このような場合には，現実問題として，ゼミ最少人数の縛りをある程度ゆるめて適切な自由度を持たせることが良いと思われる。

②次の表5.6は，同じ計算結果を視点を変えて，ゼミの最大人数一定（22，23，24，25人）の各制約条件の下で，ゼミ最少人数を０，５，８，10，15，20，21人と設定した場合

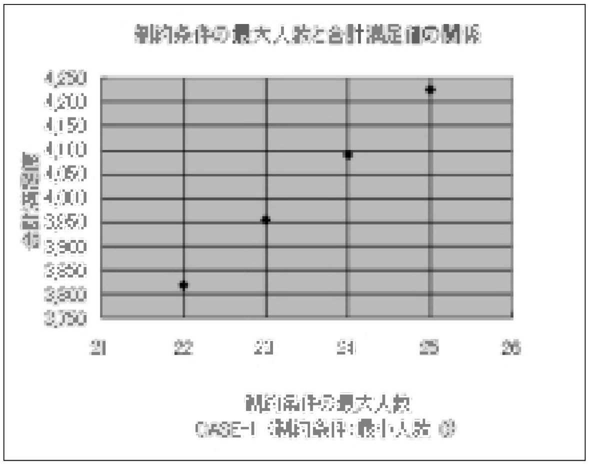

図5.1　case 1－1～1－4（ゼミ最少人数の制約０人）でゼミ最大人数を次第に増加させた場合（22，23，24，25）の合計満足度の変化

に，最適解では学生の合計満足度がどうなるかをまとめたものである。

表5.6（ゼミの最大人数一定）から分かることは表5.5と同様，各ゼミの人数制約にある程度の冗長度を持たせる方が，学生の合計満足度を大きく出来るという事である。

表5.6　全てのモデルケースの解のまとめ（ゼミの最大人数一定）

基本条件			
学生数	ゼミ数	平均人数	変数の数
850	40	21.25	34,000

制約条件		最適解		
ゼミ最小人数	ゼミ最大人数	ゼミ最小人数	ゼミ最大人数	合計満足度
0	25	0	25	4,225
5	25	5	25	4,225
8	25	8	25	4,225
10	25	10	25	4,225
15	25	15	25	4,225
20	25	20	25	4,000
21	25	21	25	3,775
0	24	7	24	4,090
5	24	7	24	4,090
8	24	8	24	4,090
10	24	10	24	4,090
15	24	15	24	4,090
20	24	20	24	4,000
21	24	21	24	3,775
0	23	10	23	3,955
5	23	10	23	3,955
8	23	10	23	3,955
10	23	10	23	3,955
15	23	15	23	3,955
20	23	20	23	3,955
21	23	21	23	3,775
0	22	13	22	3,820
5	22	13	22	3,820
10	22	13	22	3,820
15	22	15	22	3,820
20	22	20	22	3,820
21	22	21	22	3,775

③また，表5.5と表5.6から分かることは，各ゼミの人数制約（ゼミ最少人数，ゼミ最大人数）の縛りが緩いほど全学生の合計満足度は上昇するが，緩すぎると最適解として配属数０のゼミが発生する事が分かる。本例で使った学生満足度行列では，例えば制約条件が，「ゼミ最少人数０，ゼミ最大人数25」の場合，最大合計満足度が「4,225」となり，配属数０のゼミが発生するが，制約条件が「ゼミ最少人数５，ゼミ最大人数25」「ゼミ最少人数８，ゼミ最大人数25」「ゼミ最少人数10，ゼミ最大人数25」「ゼミ最少人数15，ゼミ最大人数25」の場合でも最大合計満足度が同じ「4,225」となり，しかも配属数０のゼミは発生しない事が分かる。これはゼミ人数の分散化を実現し，かつ合計満足度は同じというクラス分けが出来たと言うことを意味する。なお，この合計満足度の減少は，本論文で使った「学生満足度行列」がテストデータとして作られたもので，比較的単純なものに設定されている影響が出ている可能性があり，いつもこのようになるという事ではない。しかし，例えどのような「学生満足度行列」であっても，同様の分析は可能であると言える。

6.　実際に本方法を使用する場合の重要点

6.1　全員の正しい「学生満足度行列」を迅速に集める

実際に本方法を使用する場合の最初の重要点は，まず全員の「学生満足度行列」を正しく迅速に集めることであり，その為の工夫が必要であることである。逆に言えば，正しい「学生満足度行列」さえ集まれば，表5.3で示した基礎データが集まったことになり，次はどのような条件で最適値を求めるのかという制約条件の考察が重要となる。

6.2　学生が各自の「学生満足度行列」正しく記入できるような工夫が重要

実際の「学生満足度行列」の実情を知るため，試験的にゼミ志望学生全員対象にデータを集めたが，それらを見ると問題点が多く存在することが判明した。この時集めたデータは本論文で使用したデータではないが，大きく問題点を列挙すれば次のようになる。

①　OMR（光学的マーク読み取り器）を使用する場合の読み取りエラーの問題

OMR 用紙は一旦渡して自宅や下宿で記入してもらい，後日回収したが，これが読み取りエラーを作り出す原因となった。従って OMR を利用して学生の配属希望を入手する場合には，OMR をその場で記入してもらい，すぐ回収する必要がある。後日回収では読み取りエラーが続出し，修正に多大な手間がかかることが判明した。（OMR の後日回収は現実的な方法ではない。）

② OMR 読み取り機器の精度の問題

OMR 読み取りは OMR 読み取り機器の精度が重要であり，読み取り精度の高い機器を持っている外部の業者に頼む方が良いと思われる。

③ OMR を使用する場合の記入ミスの問題

OMR で当日記入，その場で回収をし，正しく読み取れたとしても，記入されたデータにミスがあれば話にならない。しかし記入ミスと思われるものも予想以上に多く存在した。記入ミスを少なくするには，試験並みに管理を厳しくして，ピリッとした雰囲気の中で記入間違いがないように厳重に指導し，記入ミスは全て学生に責任があることを十分理解させた上で，当日記入させ当日回収するのが良い。そうしないと，記入すべき内容を学生が誤解し，記入された内容自体が正しくない確率が高くなる。

④ OMR のいい加減な記入データの問題

記入ミスでなく，明らかにいい加減な記入もあった。これをそのまま本人の責任とするのも一法だが，教育機関としては本人に注意すべきかも知れない。本人に注意するには，OMR でデータ読み取り後，まとめたデータに対して，あらかじめ作っておいた「いい加減な記入を見つけ出すプログラム」を実行して，注意する対象となる学生を抽出し呼び出す必要がある。そのために，「いい加減な記入を見つけ出すプログラム」を設計する必要が生ずるとともに，呼び出して注意するという時間が必要となる。なお，本人の責任とするのなら，このような作業は不要となる。

⑤ OMR を使わない方法

OMR を使う場合は上記のような問題が存在するが，OMR でなく，Web を利用した入力システムであればこれらの問題点を克服しやすいと思われる。現在ある Web による受講登録システムに，必要な用件を追加してカスタマイズ出来ればよいが，出来なければ「ゼミ応募システム」のような Web システムを新規開発する必要が出てくる。

Web を利用した入力システムでは，学生はコンピュータ上で入力中に，その都度プログラムでエラーチェックを掛けられるので，「いい加減な入力に対する警告」「記入ミスに対する注意」が可能であり，「読み取りエラーや読み取り機器の精度」は関係が無くなる。この場合には，Web を使った「ゼミ応募システム」で使うエラーチェックプログラムを開発する必要がある。

6.3　適切な制約条件を設定し，そのための適切な測度（measure）を考える

制約条件を考えるに当たっては，何を測度（measure）にするかという視点が重要であ

る。「合計学生満足度」を最重要とするのなら，一つのゼミの人数制限を緩やかにすれば「合計学生満足度」は大きくなる。しかし，現実の問題として，大人数のゼミが出来てしまうと一人一人の学生に対する教員の指導がどうしても疎かになり，結果として学生満足度は低下する。

逆に一つのゼミの人数制限に厳しすぎる上下の制限を課せば，大人数のゼミは出来ないが「合計学生満足度」は低下する。従って，一つのゼミの人数制限は平均人数より最大人数を少し多めにし（表5.5，5.6参照)，一つのゼミの人数制限の最少人数を０名から少しずつ大きくしていって，それぞれの場合の「最適解」と「合計学生満足度」の数値を求め，これらのシミュレーションの結果から適切な解を決定して「実施解」とするのが良いと思われる。

7. 結 論 と 考 察

⑴　多人数のゼミ希望者がいて，その学生を全員どこかのゼミに配属する場合に，現行の配属方法以外に，学生への１回のアンケートのみで，数理計画法のモデルを利用して最適値の解が求められることをテストデータで確認した（つまり１回のアンケートのみで全ての配属を決められるという事である。)。

但し，学生全員から正しい配属希望（学生満足度行列）を迅速に集めるにはシステム開発を含む十分な下準備が必要となる。下準備をしない場合には，データ入力とデータ検証は人海戦術となり，正しい配属希望（学生満足度行列）の電子データを作るために多くの人月が必要となるので現実的ではない。

⑵　この時のモデルの大きさは，学生数850人，ゼミ数40である。目的関数は「合計学生満足度」であり，その最大化を実現できる最適解を求める。この場合の変数（未知数）は 34,000であるが，パーソナルコンピュータ上の Excel に数理計画法の汎用ソフトウェア[5]を作動させて最適解を求めることが出来る。この未知数の数が変わっても，その都度モデルを変えることにより同様の計算が可能である。

因みに，計算時間は一つのモデルに対して，約10秒程度で34,000個の変数の最適解が求められるが，一番時間がかかるのは，上記「6.」で述べたように，学生全員のゼミの希望データを正しく集めることであり，これらのオペレーションを上手く設計する必要があると同時に，「6.」で述べたようなシステムの開発が必要になる。

また，最適化のためのモデルの作成は，変数の数や制約条件の変更の都度必要であり，

そのための時間は，必要になる。

⑶　制約条件としての各ゼミの最少人数と最大人数を動かすことにより，それぞれのケースで最適解を求め，それが「合計学生満足度」に与える影響を調べた（感度分析）。その結果，制約をゆるめれば「合計学生満足度」は増加することが示されたが，それが各ゼミの人数のばらつきを増加させるので，ある程度の限度を設定する必要があると思われる。

このために考えられる方法としては，以下の方法が考えられる。

①　各ゼミの最少人数を少しずつ増加させて感度分析を行い，その中で適切と思われる解を選択する方法

②　各ゼミの人数の最少人数を決めた上で，ゼミ人数の標準偏差を計算するセルを作成し，標準偏差の大きさを制約条件に入れて最適化計算を行う方法。

⑷　最適解を求めるモデルとしては，数理計画法を用いている。目的関数はゼミを受講する学生の合計満足度の最大化である。このような問題の解法はいろいろ研究されており[1][2][3][4]，実際にクラス分けで使われている例もあるが[3]，場所や環境が違い，その歴史が違うと，実施（implementation）をうまく行うには，種々の創意工夫が必要となる。それをうまく実行する方法を確立するには，数学的な解法の研究と同等以上の時間と手間がかかることを理解しておく必要がある。しかし，一旦方法が決まってしまえば，実行時間そのものは驚異的に少なくなることが報告されている。[3]

⑸　本論文での学生満足度データは，記入する点数を０～10としている。しかし，「０」は望まないことの意思表示として使われる可能性が高く，「０」と答えているのもかかわらず，配属されてしまったばあいには，その学生は不快感を感じてしまう可能性がある。そこで「０」と答えた場合には，ソフトウェア上の後処理としてマイナスの大きな数を入れるようにすれば，そこに配属される可能性は減少すると思われる。

⑹　本研究では入力点数を０～10としたが，OMR を使用する場合には「10」は一般的には入力しにくい（一般的には数字は０～９の十種類のみ)。したがって OMR を使うのであれば０～９で答えさせる方が良いと思われる。

⑺　次の図は，ゼミのクラス編成問題を数理計画法を用いて解決する場合の実施手順の一例を示す。

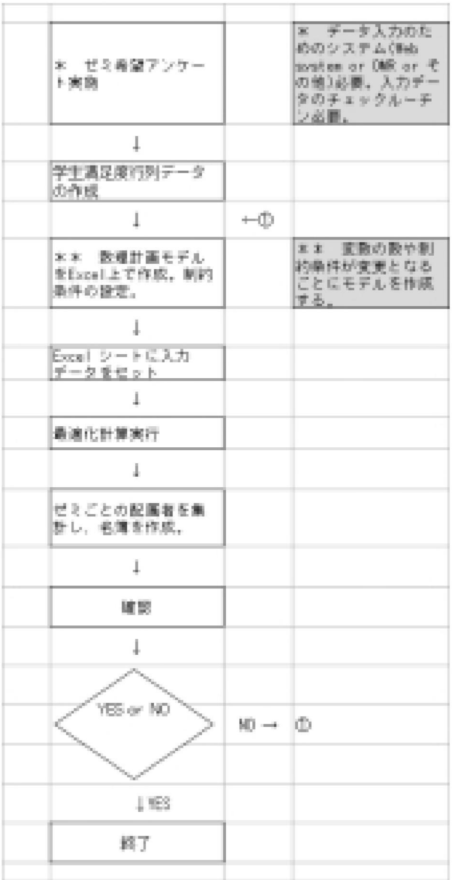

図7-1　実施手順の概要

⑻　本方法を実施する場合には，学生のゼミ決定までの現行のオペレーションを大きく変える必要があるので，オペレーションの再設計が必要となり，アンケートを採る前の学生に対する十分な説明も必要となる。

参　考　文　献

〔1〕　G. B. Dantzig, Linear Programming and Extensions, Prinston University Pr, 1974
〔2〕　利根薫，数理計画，朝倉書店，1981
〔3〕　今野浩，数理決定法入門，朝倉書店，1992
〔4〕　H. P. Williams, Model Building in Mathematical Programming, John Wiley, 1993
〔5〕　新村秀一，Excel と LINGO で学ぶ数理計画法，丸善，平成20年
〔6〕　大村雄史，学生満足度最大化を目指す基礎ゼミのクラス編成，生駒経済論叢 Vol7 No1，2009