生駒経済論叢　第９巻第２号　2011年11月

学生の成績と配属希望を考慮した ゼミクラス編成問題

大　　村　　雄　　史

概要　大学においてゼミの必修化を行うと全学生を適切なゼミに配属しなければならない。配属先を決定するためには各大学でいろいろな方法が使われているが，本論文では一般的によく行われるように学生の希望だけを考慮するのではなく，学生に勉学に対するインセンティブを与えるため，学生の成績も考慮する方法を提案する。モデルとしては数理計画法の考え方を用いている。ここで取り上げた現実的な例では変数の数は34,000程度になるが，その解はパーソナルコンピュータを用いて実用的な時間で求められる。なお，学生の成績の測度としては，米国の大学において標準的な成績の測度であり，成績評価という視点からも合理性がある GPA（Grade Point Average）を用いる。

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，学生の成績，GPA，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　2011年９月１日

Abstract　When a seminar becomes a required subject in a university, every student must be assigned to an appropriate seminar. In many universities several different methods are used for assigning students to a seminar. In this paper, I propose to use GPA (Grade Point Average) as a measure of achievement in addition to satisfaction level of each student who will be assigned to a seminar. The merit to use GPA is to reinforce incentives of students for study in comparison with using only his or her preference. To solve this problem, mathematical programming model is used. The solution is obtained by using a personal computer with Microsoft Excel and add-in mathematical programming software, and elapsed time is reasonable for a practical example which is used in this paper.

Key words　seminar, class assignment problem, mathematical programming, educational problem in a university, satisfaction level of students, GPA, 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。その結果，特に私学のいわゆる文系学部（社会科学系も含む）では18歳人口が減少しているというものの，理科系と比べると圧倒的に学生数が多いため，一つのゼミの人数が20名前後と多数になるとともに，多様な学生も存在することから，運営が難しくなることも考えられる。それでも大学としては，ゼミ教育を正しく行えば教育上の効果が大変大きいのは事実であること，また大学として教育内容の情報公開が行われているため，ゼミ教育を必修化しないという選択肢の実行は難しくなっていることもあり，多くの大学が必修化の方向を向いている。

ゼミの配属に当たっては，学生の意向が最大限尊重される事が多い。筆者は論文〔１〕で，学生の意向が最大限尊重されるべく，現行の人海作戦ではなく，数理計画法を用いた学生満足度を最大化できるゼミの配属問題のモデルと解法を述べた。しかし，学生の意向が最大限尊重されるという基準だけでは問題が残る。それは，学生の意向だけが最大限尊重されるという方法では，学生のそれまでの勉学努力は選考時に考慮の対象に入らないということである。例えば，「非常に努力して結果も出しているＡさん」と「そうではないＢさん」が同じゼミを同じだけの強さで希望している場合に，定員が一杯でどちらか一方のみしか入れられないとすればどうすべきかという問題がある。人海作戦であれ，数理計画法を使う方法であれ，学生の意向のみが基準であれば場合によっては「非常に努力して結果も出しているＡさん」が選ばれない可能性もあることになる。教育上の見地からは，学生の普段の努力も考慮することができれば，学生が勉学する励みにもつながると考えられる。つまり，同じ強さの意向を持つ学生が複数いれば，努力して成果を出している学生を優先するという基準が必要ではないかと考えられる。また，そのような優先順位があることが公表されれば，本当にそのゼミに入りたい学生は普段の努力を惜しまないのではないだろうか。

なお，現行のゼミの選考においても，学生の意向が最大限尊重され，人気が高いと噂される所に多くの学生が殺到し，何らかの方法で選考された結果，選に漏れた学生は，一次選考→二次選考→……等々と，まだ人数に余裕のあるゼミに流れて行く事になる。しかし，そのような学生の中にも，真面目に勉学していた学生がいることも多く，どうして選に漏れたのかその理由がよく分からないこともある。また，教員側から見れば，学生諸君が噂

に付和雷同することなく，ゼミの内容を自分でよく調べ，勉学の意欲を持ってゼミにきてくれることが望ましいが，なかなかそのようにならないのが現実である。

さて，このように学生の意向を最大限尊重するという事で配属を決める事は一見良い方法のように思われるが，よく考えるといろいろ問題があることに気づく。このような視点から，本論文では学生の意向だけではなく，同時に学生の普段の努力と成果を考慮したゼミの配属方法を考える。

2. 学生の意向のみを尊重するゼミ配属先決定方法の問題点と対策

定員内であれば希望すれば配属が決まる，あるいは学生の意向のみを尊重するゼミ配属先決定方法には次のような問題点が存在する。

① 定員以下であれば原則として希望の配属先が決定されるのであれば，本心がどうであるかに関係なく，そのゼミを強く希望すると表明するだけでよいのであるから，学生によっては安易に配属希望を出す可能性がある。（例えば「友人も希望している……」，「勉強がきつくなさそう……」，「何となく」，「指導教員担当科目の単位をくれそう……」，等々）

② 希望者が定員を超えなければ，それまでの努力・成果が選考結果に影響することはないので，ゼミの選考以前に日常の勉学に努力しようというインセンティブが働きにくい。

③ 社会に出れば大なり小なり努力の成果が求められ，それが自分自身に跳ね返ってくるのが現実であるが，大学において，やってもやらなくても結果に影響がないという事に慣れてしまえば，社会に対する誤認識が身に付いてしまい，結果として卒業生が社会に不適合となる可能性が増加する。

④ ゼミ内で甘い認識の学生が増加すると，教員にとってはまともな指導の浸透が難しくなる。

⑤ 教員のまともな指導が難しくなれば，本来まともな指導を受ければ伸びる可能性がある学生がいたとしても，ゼミの中ではそのような指導が受けられないので，その学生にとっては機会損失となる。つまりゼミを必修化する本来の目的が忘れ去られ，手段であるべき「ゼミ必修」が目的となってしまうことを意味する。これは意思決定においてよく起こる典型的な「手段と目的の誤認」という誤りの実例となる。

以上のような問題の軽減を図るために，「ゼミ選考までの努力・成果（学生の真面目度）がゼミの選考に影響する制度」を作ることを考える。

3.　学生の真面目度を表す測度

筆者は論文〔２〕〔３〕において，学生の真面目度を表す測度として成績を使う場合には，合格した科目のみでなく，「不可」及び「不受」も考慮すべきであるという事を指摘した。因みに，「不可」とは試験を受けて不合格となった科目，「不受」とは受講登録をして試験を受けない等，途中で受講放棄した科目である。

常識的な視点からは，「不可」となる学生は，①真面目に授業に出ていない学生。②授業に出ても真面目に授業を受けず，予習復習をしない学生。③その結果，何が重要かを理解できていず，何を勉強すれば良いか分かっていない学生。④そのような状況でも何とか合格点をもらえると甘いことを考えている学生である。「不受」となる学生は，種々の理由で勉強しないことは「不可」の学生と同様だが，合格可能性が非常に低いと判断した科目は受験すらもしない学生である。従ってこれらの学生が真面目に勉学することは期待し難いが，データでもそれは検証されている〔２〕〔３〕。

ところで，「不可」及び「不受」を数値的にどのように取り入れるかについては論文〔２〕〔３〕で言及したが，もっと簡便に取り入れる方法がある。それは文科省が導入を示唆している「GPA」である。

3.1　GPA

GPA は Grade Point Average の略で，簡単に言えば不可，不受（それぞれ０点と評価）も成績に入れた上で，各科目をＡ～Ｅの五段階で評価し，Ａを４点，Ｂを３点，Ｃを２点，Ｄを１点，Ｅを０点として，１単位当たりの平均点を求めたものが「GPA」である。従って，履修登録された科目がｎ科目あり，科目ｉの点数を X_i 点，科目ｉの単位数を W_i 単位とし，ｎ科目受講登録した場合の GPA は次の式で求められる。

$$\mathrm{GPA} = \sum_{i=1}^{n} (Xi*Wi) \ / \ \sum_{i=1}^{n} Wi \tag{3.1}$$

ここで重要なことは，履修登録した科目は全てカウントすることである〔４〕（つま

り，不可・不受は 0 点としてカウントして GPA を計算することになる)。仮にこの式を合格した科目のみで計算すれば，その計算値は甘い点数となる。何故なら，不可や不受という科目の評価を受けた学生は，理由はともかく一般的には勉学について不真面目であると認識でき，そのような結果を除外することは，都合の悪いデータを除外したことになるからである。

3.2　よく使われている「合格科目の単純平均」の問題点

しかし，更に甘い評価が日本の大学でよく使われている「合格科目の単純平均」である。何故なら，１科目の単位数は普通１～４単位であるが,「合格科目の単純平均」は単位数の違いも無視して同等（同じウェイト）に扱っているからである。「合格科目の単純平均」を式で書けば次のようになる。(履修登録し且つ合格した科目がm科目あり，科目ｉの点数をY_iとする。Y_i は100点満点での実点。)

$$\text{合格科目の単純平均} \;=\; \sum_{i=1}^{m} (Yi) \;\; / \;\; m \qquad (3.2)$$

(3.2) 式は，科目の単位数が考慮されていないことに注意してもらいたい。４単位の科目と２単位の科目のどちらが重いかと考えれば，実態はともかく制度上学修時間は４単位科目は２単位科目の２倍である。つまり，４単位の科目は２単位科目の２倍の努力が必要である事になっている。それにもかかわらず同じウェイトで計算することは致命的であると言えよう。

3.3　学生の真面目度を測定する適切な測度

以上のことから，(3.1) 式で表される（正しく計算された）GPA を学生の真面目度を測定する測度として使用することとする。なお,「3.2」で述べたように単位数を考慮することは努力の量を考慮することであるので，授業内容も４単位科目は２単位科目の２倍の努力が必要な内容にするべきであるし，２単位科目は１単位科目の２倍の努力が必要な内容にするべきであることは言うまでもない。

4.　ゼミ選考時までの学生の努力・成果がゼミの選考に影響するモデル

筆者は既に論文〔1〕で学生の希望を最大限尊重するゼミ配属問題のモデルとその解法について述べたが，そのモデルに学生の真面目度を表す測度として GPA を追加し，学生の希望を最大限尊重すると同時に，ゼミ選考までの学生の努力・成果も考慮するモデルを考える。

4.1　学生の真面目度を表す測度として GPA を入れるモデルのメリット

既に「2.」で，学生の希望のみを尊重するゼミ配属先決定方法の問題点と対策を述べたが，配属を決める場合に学生の希望だけでなく，学生の真面目度を表す GPA を考慮する場合には次のようなメリットが考えられる。

① 複数の学生が同じ強さで特定のゼミとそれ以外のゼミを志望する場合を考える。その場合，論文〔1〕のモデルではそれらの学生は同じ確率で選考されるが，学生の真面目度（測度として GPA を用いる。）も考慮するモデルでは，選考時点に於ける GPA の高い学生の優先度が高くなるようになる。従ってどうしてもそのゼミに行きたい学生は普段の成績を上げるべく行動することが予想される。

② その結果，いい加減な理由で志望する学生が減り，ゼミの選択を真面目にするようになる事が予想される。

③ 努力の成果が目に見える形になるという経験をした学生は，社会に対する認識もまともな方向に向かい，甘い見方をする学生が減少する。その結果卒業後，社会に不適合となる学生が減少する。

④ ゼミ在学中も甘いことを考える学生が減少し，教員の指導がやりやすくなる。

⑤ ゼミで真面目に勉学する学生の割合が増え，その結果，社会から求められる学生の割合も増加し，就職率の向上，卒業生に対する社会の評価の上昇，学部に対する社会の評価の上昇，入学希望者のレベルアップ，というプラスのスパイラルが発生する。

4.2　輸送問題モデル

このような事を可能にするためのゼミ志望学生の選考モデルを考える。このベースになるのは，論文〔1〕のモデルである。この論文〔1〕のモデルは，数理計画法の一種であ

る輸送問題のモデルで定式化されている。輸送問題とは次のようなものであった。

〈輸送問題〉

「倉庫（起点） i （i＝1,2,……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,……,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4.1　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，

$$Z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} Cij \cdot Xij \qquad \cdots\cdots (4.2.1)$$

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）

$$\sum_{j=1}^{n} Xij = ai \quad (i = 1, 2, \cdots m) \qquad \cdots\cdots (4.2.2)$$

都市 j の需要の式（列和）

$$\sum_{i=1}^{m} Xij = bj \quad (j = 1, 2, \cdots n) \qquad \cdots\cdots (4.2.3)$$

総需要量は総供給量に等しい。輸送個数は正。

$$\sum_{i=1}^{m} a_i = \sum_{j=1}^{n} b_j \qquad \cdots\cdots (4.2.4)$$

$$X_{ij} \geqq 0 \qquad \cdots\cdots (4.2.5)$$

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〔5〕。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4.1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。

4.3　学生の成績を加味したゼミクラス編成問題のモデル

さて，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，素早く決定できるモデルとして，「4.2」で述べた数理計画法の一種である輸送問題のモデルを用いて作成した論文〔1〕のモデルに，学生の真面目度として GPA を付け加えた新たなモデルを作成する。

この新モデルの目的関数は各学生の真面目度を考慮したゼミ受講生の満足度の合計であり，それを最大化することを考える。各学生が各ゼミに配属された場合の満足度は学生へのアンケートで集められるとする。その場合考えられる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 ゼミ j の最小人数を b_j とする。

④ X_{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。

4.3.1　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　$X_{ij}=0$

$i=1,2,\cdots\cdots m$（学生の番号）

$j=1,2,\cdots\cdots n$（ゼミの番号）

a_j：ゼミ j の最大人数（制約条件）

b_j ：ゼミ j の最小人数（制約条件）

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。）

G_i ：学生 i のゼミ応募時点での GPA

4.3.2　目的関数（学生の成績を加味した学生全体の満足度の最大化）

学生の満足度のみで配属を決めるのではなく，GPA が高い学生は，それをプラス要因と見なし，より高いプライオリティを与えるため，満足度に GPA を乗じた数値を使うこととすると，GPA を考慮した学生の満足度の合計は（4.3.1）式となる。

$$\sum_{i}^{m}\sum_{j}^{n}(Gi \cdot Sij \cdot Xij) \rightarrow \max \quad \cdots\cdots (4.3.1)$$

4.3.3　制約条件

①　学生 i は，ただ一つのゼミに配属される。

$$\sum_{j=1}^{n} Xij = 1 \qquad (i = 1, 2, \cdots m) \quad \cdots\cdots (4.3.2)$$

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。（ゼミの最大人数を決める））

$$\sum_{i=1}^{m} Xij \leqq aj \qquad (j = 1, 2, \cdots, n) \quad \cdots\cdots (4.3.3)$$

③　ゼミ j の最小人数は b_j である。（ゼミの最小人数を決める）

$$\sum_{i=1}^{m} Xij \geqq bj \qquad (j = 1, 2, \cdots, n) \quad \cdots\cdots (4.3.4)$$

④　全ての X_{ij} は 0 か 1 である。

$$Xij \geqq 0 \qquad \cdots\cdots (4.3.5)$$

$$Xij \leqq 1 \qquad \cdots\cdots (4.3.6)$$

このモデルを解くとは，制約条件（4.3.2）式～（4.3.6）式を満たし，目的関数（4.3.1）式を最大にする X_{ij} を求めることである。X_{ij} の個数は学生の人数（m)* ゼミ数（n）となる。

5.　学生の成績を加味したゼミクラス編成問題の解法

このモデルは，論文〔1〕と同様，数理計画法の一種である輸送問題のモデルで解ける。論文〔1〕では，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，実際に解いたが，そのテストデータを基にして，各学生の希望はそのままとし，各学生の GPA の低い学生～高い学生のデータを作成し，解を求めた。この場合の未知数 X_{ij} の数は40×850＝34,000変数となる。

小規模の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。そこで論文〔1〕の場合と同様に，数理計画法専門の汎用ソフトウェア“What's best”〔7〕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求めることが可能である。

6.　計　　算　　例

6.1　前提条件となる学生満足度行列（入力データ）

例として論文〔1〕で用いた教員数40人，学生数850人とした場合のデータを用いる。このデータは，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である。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）としてアンケートに答えてもらう。表6.1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。なお，各学生の GPA は大学の教育データベースから紐つけすればよい。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6.1の各一行が一人の学生の満足度データに相当する。表6.1の値は，(4.3.1) 式の S_{ij} を表形式で書いたものである。

表6.1　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（一部省略）

＊「・」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 ↓	GPA(0〜4)	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	4	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）		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・

6.2　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なく，計算の前提となる各ゼミの最大人数と最小人数の設定が，GPA を加味した学生満足度合計にどのような影響を与えるかを調べるため，各ゼミの最大人数と最小人数を変化させ感度分析を行う。これらのモデルケース前提条件をまとめたものが表6.2である。

表6.2　モデルケース前提条件一覧

		計算条件	
条件の強さ	model No.	ゼミ最少人数	ゼミ最大人数
弱い	min0-max25	0	25
↑	min0-max24	0	24
↓	min0-max23	0	23
強い	min0-max22	0	22
弱い	min5-max25	5	25
↑	min5-max24	5	24
↓	min5-max23	5	23
強い	min5-max22	5	22
弱い	min10-max25	10	25
↑	min10-max24	10	24
↓	min10-max23	10	23
強い	min10-max22	10	22
弱い	min15-max25	15	25
↑	min15-max24	15	24
↓	min15-max23	15	23
強い	min15-max22	15	22
弱い	min20-max25	20	25
↑	min20-max24	20	24
↓	min20-max23	20	23
強い	min20-max22	20	22

表6.2の20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化が合計学生満足度に与える影響を知ることが出来る。

6.3　Excel 上でのワークシートの一例（全体像）

表6.2の20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イメージとして示したのが次の表6.3である。この中には重要な表が 2 種類あり，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」（表6.1　既出）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」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

表6.3　Excel 上でのワークシート（一部省略）

各ゼミに対する学生満足度行列(Sij)

＊「・」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 ↓	GPA(0〜4)	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	4	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）		・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・

解行列(Xij)の一例

ゼミ番号j →

		志望学生番号 i ↓	GPA(0〜4)	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
		1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	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	・	・	・	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	・	・	・	0	0	0	0	0	1		
		4	・	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	・	・	・	0	0	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	・	1	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	1	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	1	0	0	0	・	・	・	0	0	0	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	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	250	250	250	25	8	25	24	250	250	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	4225		
			GPAを加味したゼミ j の満足度合計	1000	1000	860	38	18	50	36	960	1000	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	14350		

は縦850行以上，横40列以上の表となる。「4.」で述べた（4.3.1）式には配列のかけ算が含まれるが，Excel 上ではセル数が非常に多くなるのでセルのかけ算として記述せず，SUMPRODUCT 関数を用いると数式の記入間違いを避けることができる。

6.4　X_{ij} の解行列の一例

表6.3を作成出来れば，Excel 上で数理計画法ソフトウェアを使うことにより解が求められる。（この表6.3の中に「4.」で既に述べた，目的関数（4.3.1）式と制約条件（4.3.2）式～（4.3.6）式を記述する。）

本論文では米国 LINDO Systems 社の数理計画法ソフトウェアである What's Best！を Excel のアドインソフトウェアとして使用している。表6.4は，このようにして求めた解 X_{ij} である（表6.3の下半分が解行列になっており，解 X_{ij} の値が記入される）。

表6.4　X_{ij} の解（一部省略）

				ゼミ番号j →																														
		志望学生番号 i ↓	GPA(0～4)	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
		1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	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	・	・	・	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	・	・	・	0	0	0	0	0	1		
		4	・	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	・	・	・	0	0	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	・	1	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	1	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	1	0	0	0	・	・	・	0	0	0	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	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	250	250	250	25	8	25	24	250	250	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	4225		
			GPAを加味したゼミj の満足度合計	1000	1000	860	38	18	50	36	960	1000	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	・	14350		

6.5　計算結果のまとめ

① 学生数850人，ゼミ数40の前提条件で，前提条件であるゼミの最小人数と最大人数の変化が結果にどう影響するかを求めた。前述の表6.2の全てのケースについて数理計画問題の解を求め，その結果を，まとめたのが表6.5である。 前提条件としてゼミの最小人数を固定（０，５，15，20人）した場合に，ゼミの最大人数を変化させた結果を記載してある。

表6.5　モデルケースの解のまとめ（ゼミの最小人数一定）

計算条件一覧表
（制約条件としての１ゼミ最小人数を一定にした場合、ゼミ最大人数変更の影響）

		計算条件		最適解		
条件の強さ	model No.	ゼミ最小人数	ゼミ最大人数	ゼミ最小人数	ゼミ最大人数	GPAを加味した学生満足度合計の最大値
弱い	min0-max25	0	25	3	25	14,350
↑	min0-max24	0	24	0	24	13,945
↓	min0-max23	0	23	2	23	13,540
強い	min0-max22	0	22	5	22	13,135
弱い	min5-max25	5	25	5	25	14,350
↑	min5-max24	5	24	5	24	13,945
↓	min5-max23	5	23	5	23	13,540
強い	min5-max22	5	22	5	22	13,135
弱い	min10-max25	10	25	10	25	14,350
↑	min10-max24	10	24	10	24	13,945
↓	min10-max23	10	23	10	23	13,540
強い	min10-max22	10	22	10	22	13,135
弱い	min15-max25	15	25	15	25	14,350
↑	min15-max24	15	24	15	24	13,945
↓	min15-max23	15	23	15	23	13,540
強い	min15-max22	15	22	15	22	13,135
弱い	min20-max25	20	25	20	25	13,675
↑	min20-max24	20	24	20	24	13,675
↓	min20-max23	20	23	20	23	13,540
強い	min20-max22	20	22	20	22	13,135

理論的には予想されることであるが，表6.5から目的関数を「GPA を加味した学生満足度合計の最大化」とした場合にも，制約条件が緩いほど，「GPA を加味した学生満足度合計の最大値」は大きくなることが分かる。例として，制約条件としての１ゼミの最小人数を０人とした場合に，1ゼミの最大人数を増加させると，「GPA を加味した学生満足度合計の最大値」が増加することを図6.1に示した。

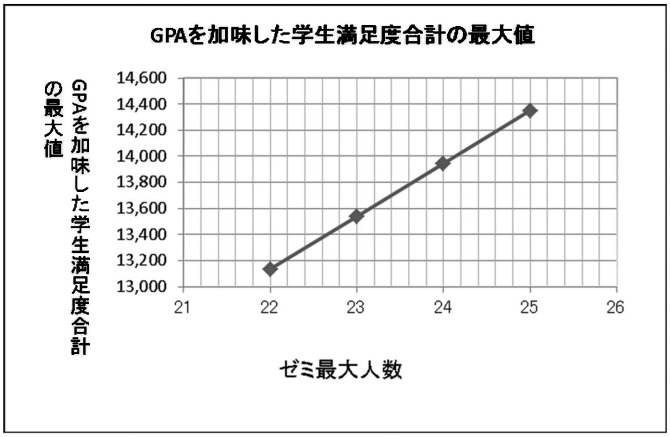

図6.1　ゼミ最少人数を０とし，ゼミ最大人数を次第に増加させた場合（22，23，24，25）の「GPA を考慮した学生満足度合計最大値」の変化

また，表6.5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満足度合計は上昇するが，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。

② 表6.6は，前提条件としてゼミの最大人数を固定（22，23，24，25人）した場合に，ゼミの最小人数を変化させた結果を記載してある。

表6.6　モデルケースの解のまとめ（ゼミの最大人数一定）

計算条件一覧表
（制約条件としての1ゼミ最大人数を一定にした場合、ゼミ最小人数変更の影響）

		計算条件		最適解		
条件の強さ	model No.	ゼミ最小人数	ゼミ最大人数	ゼミ最小人数	ゼミ最大人数	GPAを加味した学生満足度合計の最大値
弱い	min 0-max25	0	25	3	25	14,350
↑	min 5-max25	5	25	5	25	14,350
	min10-max25	10	25	10	25	14,350
↓	min15-max25	15	25	15	25	14,350
強い	min20-max25	20	25	20	25	13,675
弱い	min 0-max24	0	24	0	24	13,945
↑	min 5-max24	5	24	5	24	13,945
	min10-max24	10	24	10	24	13,945
↓	min15-max24	15	24	15	24	13,945
強い	min20-max24	20	24	20	24	13,675
弱い	min 0-max23	0	23	2	23	13,540
↑	min 5-max23	5	23	5	23	13,540
	min10-max23	10	23	10	23	13,540
↓	min15-max23	15	23	15	23	13,540
強い	min20-max23	20	23	20	23	13,540
弱い	min 0-max22	0	22	5	22	13,135
↑	min 5-max22	5	22	5	22	13,135
	min10-max22	10	22	10	22	13,135
↓	min15-max22	15	22	15	22	13,135
強い	min20-max22	20	22	20	22	13,135

１ゼミ当たりの制約条件としての最大人数を一定とし，最小人数を増加させると（つまり，ゼミ人数の縛りを強くすると），「GPA を加味した学生満足度合計の最大値」は減少する事が分かる。

7.　本方法の実施方法

本方法を実施する場合の手順は次の図7.1のようになる。

本方法を実施するに当たっては，

第１段階：「正しいデータを集める段階」

第２段階：「集めたデータを使って学生所属ゼミの解を計算する段階」

の各時点で注意すべき点がある。

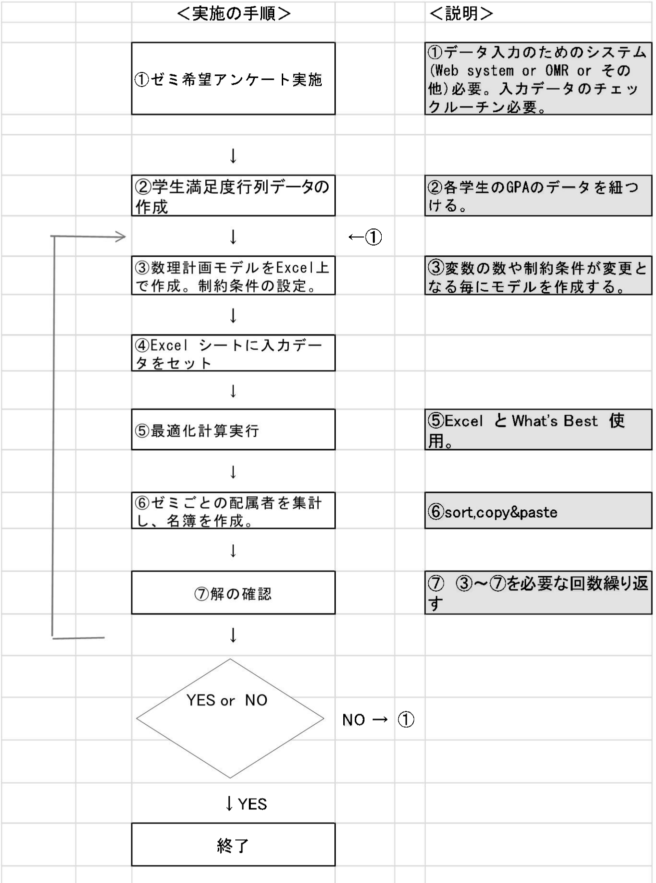

図7.1 「GPA を加味した学生満足度合計を最大化する」という目的関数を用いてゼミ配属を決定する場合の手順

7.1 「正しいデータを集める段階」での注意点

学生全員の正しい「学生満足度行列」を迅速に集める運用上の工夫が必要である。例えば「学生満足度行列」を集める手段として「OMR」や「Web 利用システム」が考えられるが，それぞれ以下のような注意点がある。まず「OMR を使う場合」には，二つの注意点がある。

① OMR 読み取り精度が高いことが必要である（必要なら外部の業者に頼む必要があるかもしれない)。

② データ読み取り後，記入ミスや論理的エラー，いい加減なデータを入力データと認めない対策が必要で，エラーチェックルーチンでエラーを発見し，それを学生に伝え修正する手順を考えておく必要がある。

次に「Web を利用した入力システムの場合」には，「ゼミ申し込みシステム」のようなWeb 利用システムを新規開発することになる。賢明なエラーチェックルーチンを開発できれば，こちらの入力システムの方がエラーのフィードバックに要する時間が少なくなるはずで，これらの問題点を克服しやすいと思われる。

7.2 「集めたデータを使って学生所属ゼミの解を計算する段階」での注意点

学生全員の正しいデータを取得後，解を計算する場合の前提条件として，１ゼミ当たりの最小人数と最大人数の設定が必要であるが，具体的な人数についての試行錯誤が必要である。その理由は，一つのゼミの人数制限を緩やかにすれば「GPA を加味した学生満足度合計」は大きくなる。しかし，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，結果としての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制限を課せば，大人数のゼミは出来ないが「GPA を加味した学生満足度合計」は低下するからである。

従って試行錯誤の一つの方法としては，最初，制約条件である一つのゼミの最大人数は平均人数（＝学生人数／ゼミ数）より少し多めに固定し，ゼミの最小人数を 0 人で最適解（各ゼミの最適解 X_{ij}）を求める。その次は，最大人数をそのままで，ゼミの最小人数を少し増やした条件で最適解（各ゼミの最適解 X_{ij}）を求める。これを繰り返すと最終的には制約がどんどんきつくなって「GPA を加味した学生満足度合計」はどんどん低下する。

これらのシミュレーションの結果から（これらの「最適解」と「GPA を加味した学生満足度合計」の数値を一覧する)，適切な解を決定して「実施解」とするのが良いと思われる。

8. 結 論 と 考 察

⑴　旧来の人海戦術的なゼミ決定方法や，数理計画法を用いるが学生の希望だけでゼミ決定を公正に行う方法〔１〕は，学生の成績を考慮出来ないため，ややもすると学生が希望を出す段階で安易なゼミ選択になる可能性がある。それらに対して，GPA を加味してゼミの所属を決める方法のメリットの一つは,「ゼミ選考で GPA を加味すること」が学生の日常の勉学に対するインセンティブになることである。本来のゼミ必修化の目的は言うまでもなく，学生のレベルアップにあるので，GPA を加味してゼミの所属を決めることは，学生にも学生自身の勉学結果について責任を持たせること

になる良い方法と考える。

⑵　本論文では，学生の一方的な希望だけでなく，学生の成績（具体的には GPA）を加味したゼミの配属決定方法を提案し，それを用いたゼミ決定が数理計画法を用いることにより，実用規模で可能であることを述べた。変数の数は，34,000変数と多量であるが，学生が志望ゼミを真剣に考え，必要な精度があるデータさえ集めれば，パーソナルコンピュータを用いて解を求める計算時間は短時間ですむことが確認された。

⑶　本方法は，正しい GPA（つまり，不受や不可を０点とカウントして１単位当たりの平均を求める）の導入と，数理計画法によるモデル作成と解の導出を行う事により，ゼミ決定が公正に迅速に行える。

⑷　学生全員から正しい配属希望（学生満足度行列）を迅速に集める事がまず重要だが，学生のゼミ希望データを入力するためのシステムを含め十分な下準備が必要となる。そのための必要事項は「7.」で述べた。

⑸　このモデルの解を求めるソフトウェアは，パーソナルコンピュータで使用する Excel にアドインする数理計画法の汎用ソフトウェア（例えば What's Best）で十分である。

⑹　モデル作成（制約条件の変更含む）は配属決定の都度行う必要がある。例えば定期的に必要な変更としては，学生数の変更やゼミ数の変更がある。

⑺　モデルの解を求める作業は，しばらくの間は制約条件について試行錯誤が必要で，自動化は難しい。また，試行錯誤のためにはモデルの変更（制約条件の変更）が必要となる。（詳細は「7.」の章で述べた。）

⑻　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「GPA を考慮した学生満足度合計」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〔８〕〔９〕〔10〕，実際にクラス分けで使われた例もある〔９〕。

注意すべき点は，場所や環境や歴史が違うと実施（implementation）をうまく行うには種々の創意工夫が必要となる。それをうまく実施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〔９〕。

本論文での事例でも，解を求める時間だけで見れば非常に少ない時間ですんでいる。

⑼　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。また，入力点数を０～10としたがこれでは細かすぎるかもしれない。例えば０～５程度の方がわかりやすい可能性がある。

⑽ 本方法を実施する場合には，アンケートを取る前に，学生に対して十分な説明が必要となる。

参　考　文　献

〔１〕 大村雄史，ゼミのクラス編成問題，生駒経済論叢 Vol.8，No１-2，2010
〔２〕 大村雄史，ゼミ志望学生の成績指標の統合，商経学叢，第50巻３号，2004
〔３〕 大村雄史，ゼミ志望学生の評価方法，生駒経済論叢，Vol.2，No.2-3，2004
〔４〕 諸星裕，消える大学　残る大学―全入時代の生き残り戦略―，集英社，2008
〔５〕 G. B. Dantzig, Linear Programming and Extensions, Prinston University Pr, 1974
〔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
〔７〕 新村秀一，Excel と LINGO で学ぶ数理計画法，丸善，平成20年
〔８〕 利根薫，数理計画，朝倉書店，1981
〔９〕 今野浩，数理決定法入門，朝倉書店，1992
〔10〕 H. P. Williams, Model Building in Mathematical Programming, John Wiley, 1993