文教大学情報学部『情報研究』第35号　2006年７月

学生満足度の観点によるゼミ配属法の定量的比較

堀田　敬介

A quantitive comparison among seminar assignment methods with a view to enhancing student satisfaction

Keisuke Hotta

概　要

In the Faculty of Information and Communication at Bunkyo University, junior students apply for and are then assigned to a particular seminar. This is a typical example of what is called a class composition problem, in which there are capacity limits and other constraints together with a need for student satisfaction. Many class assignment methods have been proposed, but what is needed is a way that is as fair as possible to students within the particular conditions that must be met. The current method of seminar assignment in the Faculty of Information and Communication is not necessarily the best in this regard. This research paper uses a simulation that is analyzed quantitively in order to compare the current method, other proposed methods, and a method using a mathematical model.

1　はじめに

文教大学情報学部においては，全学生が学部３年次より一人の教員について希望する専門分野を深く学び研究する，ゼミナールという科目（以下ゼミとよぶ）が設けられている．大学により，３年次あるいは４年次に研究室に所属して学ぶ，あるいは卒業研究をし，卒業論文を書くという制度が設けられることが多いが，それに近いものである．

ゼミにおいては，各教員が一人一人の学生に応じて指導していくという目的上，少人数による教育が行われる．そのため各ゼミには定員が設けられる．分野，及び学部・学科の規模にもよるが，専門書の輪読を行う場合，学生のレベル，本の難易度等により定員としては３～10名程度が妥当であろう．学生のレベルが高ければ人数は少ない方が良く，輪読対象の難易度が高ければ人数が有る程度いる方が学習効果が上がると考えられるためである．

当該学部においては，2006年度のゼミ選抜を引き合いに出すと，対象学生543名に対し45のゼミがあり，$\lceil 543/45 \rceil = \lceil 12.06\cdots \rceil = 13$ から，少なくとも各ゼミの定員が平均13人以上でなければ，全ての学生を受け入れることが出来ない．よって，ゼミ定員平均としての下限は13人となる．もっとも，定員を厳密に学生数543人分丁度用意するということであれば，例えば定員12人のゼミを42，13

人のゼミを３とすればよいが，そうせねばならない強い動機はないため，議論の対象外としよう．

さて，各学生は誰か一人の教員につき，各ゼミには定員が存在する以上，学生は必ずしも希望通りのゼミに所属出来るわけではない．全ての学生の希望がたまたま全ゼミの定員以内に上手く収まるようなことが起これば何も問題は生じないが，通常そうなる確率は高くはないからである．実際には，学生の希望をもとに，各ゼミへの配属法を決める必要が生じる．各学生は第１志望のゼミを履修できない場合の心の準備として，第２，３志望を考慮せざるを得ないが，その場合は当然ながら，第１志望に配属されたときよりも満足度は同じか下がると考えるのが妥当であろう．ただし，全ての学生が全てのゼミに対し，弱順序の選好をもつと仮定するのは非現実的であるため（任意の２つのゼミに必ず選好関係があることや，推移性が成り立つことなどが満たされない可能性がある），ここでは全学生は第4志望までを持っていると考え，残りの41のゼミについては志望外と仮定する．各学生は一つのクラスに所属し，各クラスには定員があるという制約の下で，各学生の満足度をなるべく高くするようにクラスへの配属を決めるという問題は，クラス編成問題として古くからよく知られており，数理モデルによる配属決定方法［8, 6, 7］や，公理論的アプローチ［4,10］などの方法がある．当該学部においては，成績上位者に配属への優先性を強く認めているという傾向は見受けられないため，数理モデルによる配属決定方法が，学生満足度を高めるという観点から有効であると思える．しかしながら，過去から現在までそのような方法がとられたことはない．それは何故であろうか？　一つの理由としては，学生満足度の点から現行の決定プロセスにどのような短所があるのか，学部として把握できていないことが挙げられる．数理モデルを学んだことのある者にとっては，わざわざ検証しなくても，配属方法毎の差異や各方法の長所・短所について，ある程度明らかであると思われるが，定量的な比較結果の提示を怠ることにより，学生が不利益を被ることを看過すべきではないし，制度への理解と学生達の不満を少しでも払拭できるのであれば，実行には多大な意味があろう．

本事例調査の目的は，現行の配属決定法，及び過去に当該学部において提案されたいくつかの案と，数理モデルによる決定法について，学生満足度の観点からの定量的な比較を行い，現行制度がどの程度のひずみをもたらしているかを明らかにすることにある．

2　配属方法と定性的な比較

ここでは当該学部において過去に提案されたことのある配属法のうち，４つを比較対象とし，それぞれ配属法Ａ〜Ｄとよぶ．なお，本質的には配属法ＡとＢは同じものであるため，方法は３種類であるが，Ａは2006年度のゼミ選抜まで実際に行われていた方法であり，Ｂは2007年度ゼミの選抜に実施予定の方法であるため，区別して４種類を比較対象とするものである．

配属法Ａはここ数年実施されている方法である．まず全学生が第１志望を申請し，定員を超えるゼミについては，担当の教員が選抜を行う．選抜の行われないゼミ志望の学生，及び選抜に合格した学生は配属先がここで決定する．次に，未配属，即ち選抜で落とされた学生が，定員に空きがあるゼミの中から各自の選好順位の高いゼミを第２志望として申請し，その結果定員を超えるゼミについては，同じく担当教員が選抜を行う．選抜の行われないゼミ志望の学生，及び選抜に合格した学生は配属先がここで決定する．最後に，まだ配属先の決まらない学生は，定員が空いているゼミに適当に割り振られる．なお，定員については，毎年対象学生数と開講ゼミ数によりその都度決定されるが，学生数

をn，ゼミ数をmとした場合，$\lceil n/m \rceil$（あるいは$\lceil n/m \rceil + 1$程度）であることが多い．例年，配属法Aによる当該学部のゼミ定員は12〜14である．

次に配属法Bであるが，これは配属法Aと同じであり，各ゼミの定員を13以上20以下に設定する点のみが異なる．具体的な定員数は各ゼミの担当教員が事前に（あるいは志望状況を見て）決定する．配属法Aの定員では，第１志望に入れる学生数を増やそうという試みであるが，13〜20という数値に，ゼミ運営上の教育的目的や，配属数の定量分析などの何らかの根拠があるわけではなく，恣意的な数である．３番目の方法，配属法Cは以下のように実行するものとして提案された．定員は設定しない．各ゼミ担当教員はゼミ選抜の当該年度初めまでにゼミ履修に必要な前提科目を提示する．そして一ヶ月間の間，学生は希望するゼミをまわり，担当教員との間で徹底的な話し合いを行い，互いの合意のもとに配属を決定する，というものである．なお，一ヶ月の間に決まらなかった学生は，各ゼミに適当に割り当てられる．つまり，この案では配属がどのようになされるかについては何も決められておらず，全て各教員の裁量に任されている．

最後に配属法Dは，今野［8, 6 ,7］に代表される，整数計画問題としてモデル化し最適解をゼミ配属として決定する，数理モデルによる手法である．全学生は第１志望から第４志望を全て申請し，同時にそれぞれの志望のゼミに配属された場合の満足度を提示する．ただし，第１志望は満足度100，第４志望は満足度０とし，第２，３志望のみ，０から100の間の数値として矛盾のないよう提示する．さらに志望外である第５志望から第45志望までの満足度は-10^6とする．これは，第４志望までに入れない学生が１人でもいると，満足度総和がマイナスになることを意味する．学生数をn，ゼミ数をmとし，学生iがゼミjに配属されるとき$x_{ij}=1$，そうでないとき$x_{ij}=0$とする$\{0,1\}$-変数を導入，各ゼミの定員をc_j，学生の満足度をp_{ij}とすると，

$$\max. \quad \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} p_{ij}x_{ij} \tag{2.1}$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^{n} x_{ij} \ \le\ c_j \quad (j=1,\cdots,m) \tag{2.2}$$

$$\sum_{j=1}^{m} x_{ij} \ =\ 1 \quad (i=1,\cdots,n) \tag{2.3}$$

$$x_{ij} \ \in\ \{0,1\} \quad (i=1,\cdots,n,\ j=1,\cdots,m) \tag{2.4}$$

と定式化される．制約（2.2）は各ゼミの所属学生数は定員以内とすることを意味し，制約（2.3）は各学生は一つのゼミにしか所属できないことを示している．$\{0,1\}$-整数計画問題として定式化されているので，単純には厳密解導出は困難に思われるが，割当問題や輸送問題とよばれる問題の形になっており，プライマル・デュアル法で容易に解けることがわかっている［6, 7 ,5］し，$\{0,1\}$-整数制約(2.4）を$0 \le x_{ij} \le 1$に変更したLP緩和問題を考えた場合に，各ゼミの定員c_jが整数であることなどから，その最適解の整数性の理論的保証があり，厳密解導出は容易である．

さて，配属法A, Bにおいて注意すべきことは，第２志望時に申請するゼミは，必ずしも**学生の第２志望ではない**ということである．仮に，各学生が45のゼミについて選好順位を持っているとすると**空いているゼミの中で**最も選好上位のゼミが第２志望として申請されるに過ぎない．また，学生の申請後に教員側の選抜が一々入るため，ゼミの説明から最終的な配属決定まで３ヶ月を要する．さらに悪

いことに，たまたま第１志望で決定した学生は１ヶ月以内に結果が出るが，最後まで決まらなかった学生は３ヶ月も掛かることで，この方法により切り捨てられる学生のストレス・不満は相当なものであり，授業への意欲を失わせるに充分である．

なお，今野［6］には1985年に数理モデルを採用開始する以前まで『純正文系教官が採用してきたキートン法』なる方法が，『数理決定モデルのありがたさ』を際だたせる比較対象として紹介されているが，これは全学生をともかく第３志望までに配属させようという強い意思のもとに実行される手法であり，第１志望にたまたま所属出来なかった学生を見捨てる配属法Ａ，Ｂより高く評価できる．

配属法Ｃは，たかがゼミナールという一つの科目の配属のために，学生に就職活動と同じことを要求する方法である．各学生は自分の配属決定（いわゆる内定に相当する）がいつなされるのかわからない．さらに，見かけ上は定員がないが，教員の裁量でどのようにも決定出来るため，各教員が心の中に持っている（事前には公表されない)定員が存在する．当然ながら，学生達にはそれはわからない．現実の就職活動では各企業は採用予定数を公表するが，Ｃ案は採用数未定の各企業（ゼミ）から１ヶ月以内に内定を得よ，という学生に過度の負担を掛ける方法であり，教員の権限が必要以上に極めて強い方法であるといえる．内定を得られなかった学生は適当に割り振られる．実施した場合には，就職活動における弊害（青田買い，内定取り消し，内々定など）が起こるのは必至である．仮に全教員が教育的配慮のもと最善の選抜を行えたとしても，総数としての定員が学生数を上回るのかどうか誰にもわからないため，内定を得られない学生が増加する傾向を持つので，教員同士の連携をよほど上手く行わなければ学生満足度の高い配属決定は難しい．

配属法Ｄは，「各学生は一つのゼミに所属」し，「各ゼミには所与の定員がある」という条件の中では，（線形和最大という意味において）学生の満足度をもっとも高める方法となる．即ち，配属法Ａと同じ定員を13にした場合，配属法Ａによる最終的な配属を実行可能解として含み，よりよい最適な配属を導出する．同様に，配属法Ｂと同じ定員にした場合，配属法Ｂによる最終的な配属を実行可能解として含み，よりよい最適な配属を導出する．Ｃについても同様に，配属法Ｃによる各教員の（胸に秘めた）定員が所与の時，配属法Ｃによる最終的な配属を実行可能解として含み，よりよい最適な配属を導出する．従って，前述の２つの条件のもとで学生の満足度を高めることを考えるのであれば，４つの方法の中では配属法Ｄを用いる以外には考えられず，それ以外の方法をとる場合には，学生の満足度を犠牲にして別の目的をもつ欲求があるといえる．

なお，配属法Ｄについては，目的関数を満足度最小値最大

$$\max_{x_{ij}\in\{0,1\}} \min_{i} \left\{ \sum_{j=1}^{m} p_{ij} x_{ij} \right\} \tag{2.5}$$

にすることも考えられるが，ここでは採用しない．線形和最大の場合は，相対的に第１志望に所属する学生数を増やすのに対し，最小値最大は，第３志望の満足度が他学生に比べて相対的に高い学生を第３志望に所属させる方向に働くためである．

さらに，制約（2.2）～（2.4）のもとで，目的関数（2.1）を個々の学生毎に考える，即ち，

$$f_i(\boldsymbol{x}) := \sum_{j=1}^{m} p_{ij} x_{ij} \quad (i = 1, \ldots, n)$$

として，それぞれを最大化する多目的計画問題として捉えると，元の問題（2.1）～（2.4）は，この多目的計画問題の各目的関数の重みを同じにした加重平均によるスカラー化を行っていることになる

ので，元の問題（2.1）～（2.4）の最適解はこの多目的計画問題のパレート最適解になる．

最後に各方法の実行に要する期間は，ゼミの説明会なども含めて，A，Bは３ヶ月，Cは１ヶ月と数日，Dは１週間～10日前後である．

3　各配属方法の定量的比較結果

各方法の定員の設定の違いにより，定員が同数の場合のＡとＤ，ＢとＤ，及びＣとＤの比較をそれぞれ行う．またそれぞれの結果はそのまま，A，B，Cの３つの方法の比較にもなっていることに注意されたい．

また，対象学生数n，及びゼミ数mは2006年度ゼミ選抜時のものを用いることとし，n=543, m=45である．

3．1　データの準備

まず，各学生が全45ゼミを対象に，一様ランダムに選好を持つと仮定してデータを作成し，シミュレーションを行った．しかし，過去の第１志望申請のデータから，実際には各学生は自学科のゼミを志望する割合が高く，またその中で人気のゼミ（各学科５程度）に集中することが多いため，次にそのようなデータを作成し，同様のシミュレーションを行った．なお，情報学部は３つの学科，広報，経営情報，情報システムからなり，それぞれのゼミ数は2006年度で15，15，13であり，３学科共通のゼミが２つある．

2006年度ゼミの選抜では，第１志望申請数に対する自学科希望率は，広報学科で97.7%，経営情報学科で92.1%，情報システム学科で91.9%であった．ただし，何故か第１志望未申請の学生が居るため，それも母数に含めると，それぞれ92.9%，87.6%，83.6%となる．従って，各学科対象学生182人，184人，177人のうち各々93%，88%，84%の確率で自学科を第１志望に選ぶようデータを作成し，それ以外は未申請だった学生も含めて45のゼミから一様ランダムに志望先を選ぶこととした．なお，第２志望以降のデータは存在しないため，第２志望は第１志望に準じ，第３，第４志望は45のゼミから一様ランダムに志望先を選ぶよう設定した．

さらに，第１志望で自学科志望の学生のうち人気ゼミを希望する割合は，３学科各々58.5%，66.9%，59.5%であったので，各学科の自学科志望の学生の各々59%，67%，60%は人気ゼミを志望するようにデータを作成した．ただし，ここでいう人気ゼミとは，第１志望申請数が定員（13人：2006年度ゼミ，配属法A実施時の定員）を越えているゼミを指す．第２～４志望については人気ゼミへの希望の偏りは考慮しない．

また，各学生の満足度は，第１志望を100，第４志望を０とし，第２，３志望へは10刻みで矛盾の起こらないよう一様ランダムに作成する．即ち，第４志望までの各学生の満足度は（100, 100, 100, 0），（100, 100, 0, 0），（100, 70, 20, 0），（100, 0, 0, 0）などとなる．第５～45志望の満足度は-10^6である．

なお，データの作成にあたり，一様擬似乱数の生成にはメルセンヌ・ツイスター（MT19937）[1, 2]を用いた．

3．2　学生の選好が全ゼミに対して一様にばらつく場合の結果

まず，配属法ＡとＤの比較を行う．実験回数は10回，10個のデータセットを作り，配属法Ａ，及び

Dにて配属決定した結果を示す．定員はいずれも13人であり，総定員数は585 (=13×45) である．配属法Dはプライマル・デュアル法ではなく，汎用のMIP ソルバーXpressMP (2003C) を用いた．Pentium4 2.80GHz，1GB RAMのPCにて実験を行い，計算時間はいずれも0.1秒未満である．

配属法Aの実行方法は，定員を超えるゼミに対する選抜を盛り込まねばならないが，学籍番号の先着順に空いていたら配属することと本質的な差はないため，そのようにした．ただし三段階選抜をシミュレートする必要があるため，具体的には543人の第1志望を学籍番号順に調べ，空きゼミなら配属し，そうでなければ落選として第1次選抜を行い，次にあぶれた学生について第2志望が空きゼミなら配属，そうでなければ落選とし，以下これを続け，全学生が配属された時点で終了することとした．実際の配属法Aと比べると，第2次選抜の実行方法が異なり，本来の配属法Aよりも上位の選好ゼミに所属できる学生が相対的に多くなることに注意されたい．

表3.1の各項目は，各配属法で10回実施したうちの第1～4志望と志望外の人数，満足度総和の得点それぞれの最大値，平均値，最小値を示している．

表 3.1: 配属法 A v.s. 配属法 D

	配属法 A			配属法 D		
	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
第1志望 (人)	499	490.8	483	508	499.9	492
第2志望 (人)	36	28.4	22	49	39.5	27
第3志望 (人)	18	12.1	8	8	3.6	0
第4志望 (人)	8	4.7	1	0	0.0	0
志望外 (人)	13	7.0	3	0	0.0	0
満足度総和 (点)	$-248,970$	$-649,109$	$-1,249,580$	53,670	53,348	53,040
満足度平均 (点)		$-1,195.4$			98.3	

全学生543人の選好基準が全ゼミ45に対して一様ランダムであるにも関わらず，配属法Aでは志望外となる学生が平均7人もいる．第1志望に落選した学生が，第2回申請時に残りの枠に第2，3志望が残っている可能性は高くないというのは容易に想像できるので，これは当然の帰結であろう．選好が一様にばらついているために，それほど悪い結果が出ていないのである．一方，配属法Dでは，全ての学生が第3志望までに収まる．また，満足度総和の明らかな上界が54,300 (=543人×100点) であることを考えると，数理モデルによる配属決定の威力がわかるであろう．配属法Dによる学生満足度の1人当たり平均は98.3点である．

次に，配属法BとDとの比較を行う．実験回数は同様に10回，10個のデータセットを作り，配属法B，及びDにて配属決定した結果を示す（表3.2）．定員は，13～20を各ゼミ毎に一様疑似乱数にて生成し，同じ定員数に対してB，Dの方法を適用している．配属法Bの実行方法は配属法Aと同じである（従って，本来の配属法B より若干改善されている方法であることに注意されたい）．

表 3.2: 配属法 B v.s. 配属法 D

	配属法 B			配属法 D		
	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
総定員数 (人)	753	733.5	716	753	733.5	716
第 1 志望 (人)	531	522.1	512	535	528.9	523
第 2 志望 (人)	28	16.7	6	20	14	8
第 3 志望 (人)	8	3.2	1	1	0.1	0
第 4 志望 (人)	3	1	0	0	0	0
志望外 (人)	0	0	0	0	0	0
満足度総和 (点)	53,570	53,141	52,530	54,170	54,026	53,880
満足度平均 (点)		97.9			99.5	

学生数に対して総定員数が200人程度多いにも関わらず，かつ，学生の選好が一様ランダムであるにも関わらず，配属法Bでは，第 4 志望に回される学生が出てくる．さすがに志望外となる学生はいないが，総定数が200人前後学生数を上回っているのであるから当然であろう．一方，配属法Dによるとほぼ全ての学生が第 2 志望までに収まる．学生満足度の 1 人当たり平均は99.5点である．

最後に，配属法CとDとの比較を行う．実験回数はやはり10回行った．定員は，各教員が事前に心に決めている定員として，確率1/3ずつで 1 ～10人，11～20人，21～30人を想定していると仮定し，それぞれ一様疑似乱数で生成した．結果として，総定数は対象学生数を充分超える数となる．

さて，配属法Cをシミュレートすることは，Cの進め方を見る限り不可能に近いように思えるが，ここではA，Bのシミュレート方法と同じ方法を採用した．各教員は先着で自分を訪れた学生に内定をより早く出すであろうことを考えると，妥当であると考えられるためである．結果は表 3 .3 の通り．

配属法Cは 4 つの方法の中で最も悪い結果となった．確率的に1/3の教員が定員を20人以上とし，総定員数が対象学生数より平均150人以上上回っているが，確率1/3で定員が10人以下の教員が存在

表 3.3: 配属法 C v.s. 配属法 D

	配属法 C			配属法 D		
	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
総定員数 (人)	750	707.2	636	750	707.2	636
第 1 志望 (人)	475	438.8	394	482	441.7	400
第 2 志望 (人)	85	60.3	46	117	82.9	54
第 3 志望 (人)	36	22.9	13	32	16.5	7
第 4 志望 (人)	19	9.7	4	6	1.9	0
志望外 (人)	25	11.3	4	0	0.0	0
満足度総和 (点)	$-349,580$	$-1,082,630$	$-2,454,030$	52,060	49,626	46,960
満足度平均 (点)		$-1,993.8$			91.4	

するため，学生の選好が一様ランダムだとしても志望外に配属される学生が多くなるためである．配属法Ｄにおいても，教員の定員のバラツキが大きいため，他の２案との比較時と比べてやや悪くなる．しかしながら，その場合でも全ての学生は第３，ないし第４志望までに所属出来ている．学生満足度の１人当たり平均は91.4点である．

いずれにせよ，配属法Ｄが学生満足度の点から他の方法より良く，殆どの学生を第１志望に，残りの学生についても第２，第３，ないし第４志望までに所属させることが出来ることがわかる．ただし，これは学生の選好が一様ランダムという理想的な場合の結果であるため，次節で2006年度の第１次志望状況から作成したデータを元にした場合の比較を示す．

３．３　学生の選好に偏りがある場合の結果

2006年度ゼミの第１志望結果を元にしたデータによるシミュレーション結果を示す（表3.4，表3.5，表3.6）．配属法Ａ～Ｄの実行方法は前節と同様であり，Ｄの１回の計算時間も同様に0.1秒掛からない．

表3.4によると，学生の選好に偏りがあるため，配属法Ａ，Ｄともに表3.1の結果より悪くなってはいるが，配属法Dについては，全学生が第３志望までにおさまることがわかる．学生１人当たりの平均得点は89.7点である．

なお，2006年度ゼミ選抜時の配属法Ａによる第１次選抜の実際の結果が決定者総数395（落選者117，未申請者31）であり，ここでの結果よりも良いが，申請がWeb入力であり，他学生の応募状況を見ながら学生が申請及び修正出来ることを考えると，シミュレーション結果は妥当なものであると言えるだろう．

次に，表3.5によると，配属法Bでは，定員が多いにも関わらず，第４志望までに全学生を配属できたのは10回のうちたった１回だけであった（表3.2の結果より総定数がやや多いことに注意されたい）．配属法Ｄでは，やはり第３志望までに全学生を所属させることに成功している．学生１人当たりの平均得点は94.5点であった．

表 3.4: 学生の選好に偏りがある場合：配属法 A v.s. 配属法 D

	配属法 A			配属法 D		
	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
第 1 志望 (人)	375	356.8	340	396	379.7	357
第 2 志望 (人)	160	142.7	129	171	152.4	142
第 3 志望 (人)	28	21.5	16	15	10.9	5
第 4 志望 (人)	12	9.4	8	0	0.0	0
志望外 (人)	18	12.6	8	0	0.0	0
満足度総和 (点)	$-756,890$	$-1,216,751$	$-1,757,460$	49,580	48,694	47,830
満足度平均 (点)		$-2,240.8$			89.7	

表 3.5: 学生の選好に偏りがある場合：配属法 B v.s. 配属法 D

	配属法 B			配属法 D		
	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
総定員数 (人)	784	744.0	721	784	744.0	721
第 1 志望 (人)	424	409.2	398	448	432.5	415
第 2 志望 (人)	126	111.0	95	122	106.9	92
第 3 志望 (人)	18	15.0	9	6	3.6	1
第 4 志望 (人)	9	5.5	1	0	0.0	0
志望外 (人)	6	2.3	0	0	0.0	0
満足度総和 (点)	47,220	$-183,109$	$-552,710$	52,150	51,319	50,880
満足度平均 (点)		-337.2			94.5	

最後に配属法CとDの比較結果である表3.6を見てみよう．予想されたことではあるが，配属法Ｃは惨憺たる結果に終わった．ゼミの定員に相当のバラツキがあり，学生の選好に偏りがあると，学生の満足度の点から配属法Cはとても採用できない方法であることがわかる．一方，ゼミ定員に相当バラツキがあるという悪条件であるにもかかわらず，配属法Ｄでは全学生を第３，ないし第４志望までに所属させることに成功している．学生１人当たりの平均得点は86.5点である．これは総定員数が多いことに助けられているところがあるように思える．ともかくこの結果により，学生の選好に有る程度偏りがあるのは仕方がないとして，ゼミの定員が余りにもばらついている状況は良くない，ということが観察されたわけである．なお，人気不人気ゼミを事前に予測できるのであれば，定員のバラツキをそれに即応させることは考慮に値するだろう．

いずれにせよ，第3.2，3.3節の実験結果からも，学生の満足度を高めるという目的を第一義と捉えるならば，４種類の配属法の中では配属法D を採用することが妥当であるという結論が改めて確認された．

表 3.6: 学生の選好に偏りがある場合：配属法 C v.s. 配属法 D

	配属法 C			配属法 D		
	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
総定員数 (人)	801	701.3	622	801	701.3	622
第 1 志望 (人)	411	371.7	327	420	381.0	331
第 2 志望 (人)	138	101.8	74	157	134.4	107
第 3 志望 (人)	47	32.0	18	47	24.0	7
第 4 志望 (人)	24	17.1	6	8	3.6	0
志望外 (人)	39	20.4	6	0	0.0	0
満足度総和 (点)	$-553,990$	$-1,996,947$	$-3,858,630$	48,950	46,971	43,460
満足度平均 (点)		$-3,677.6$			86.5	

4 おわりに

数理決定モデルであるDによる配属決定を行う場合，定員を何人に設定するかは，事前にシミュレーションを行い全学生が第2ないし第3志望までに入れるよう考慮すべきであろう．ただし，今回の結果により，従来の定員と同じ13人であったとしても上手くいくことがわかる．参考までに，今野［6］によると，東京工業大学でのクラス編成問題に対しては，シミュレーション実験により，全学生数の1.1倍の総定員数が有れば充分であるとしている．

さて，配属法Dによる方法が，第1志望に入れない学生数をなるべく減らしつつ，最も学生の満足度を高める方法となるわけであるが，個々の学生の配属先は運と事前の戦略に依存するところもある．ここでいう運とは他学生の動向に左右される点のことである．とにかく楽な選択をしたい不真面目な学生や，賢い学生の戦略（本来の選好とは違う嘘の申請をすることによって希望のゼミに入りやすくする）の犠牲になる学生を排除するのは難しい．賢い学生は得をしてよいから構わないとして許容できたとしても，不真面目な学生の排除は本当に不真面目なのかどうかの判断と同様難しい．不真面目な申請や戦略的申請が行われるかどうかは，各ゼミの魅力度，及び各学生の配属方法への理解度と配属法に対する事前戦略の立て易さなどによるであろう．ただし，仮に全学生がまじめに選好・申請を行ったとしても，例えば（100, 0, 0, 0）で申請した学生が第1志望に入り，（100, 70, 20, 0）と申請した学生が第2志望にまわされるなどといったことは起こりうる．目的関数を学生満足度の最小値最大(2.5）や最大満足度100点からの差の最大値最小

$$\min_{x_{ij}\in\{0,1\}} \max_{i} \left\{ 100 - \sum_{i}^{n} \sum_{j}^{m} p_{ij} x_{ij} \right\} \tag{4.1}$$

などとしてもこれらを必ずしも防ぐようには働かない．配属法Dでは，これらを許容するかどうかで満足度に対する重みの設定に悩むことになる．別の重み設定としては，各学生の持ち点を100としてその中で自由配分にしたり，全学生共通で（70, 30, 0）の固定満足度とするなどという方法もあるが，自由配分では配属法Dでの重み配分に比して第1志望に所属する学生を相対的に減らす傾向があるし，固定満足度では選好同位を許さない難点がある（cf. ［6］）．

そこで別のアプローチとして，学生にとっては，満足度以外の指標として成績が上位の者に配属の優先性を持たせるべきと考える向きも有ろう．公理論的アプローチ（［4, 10］）では

『成績上位者より順に，定員を満たす限りにおいて選好順位の高いゼミに割り当てていく』

という方法により，

『任意の学生について，その学生が配属されたゼミより，その学生の選好順位が高いゼミに所属された学生は全員，その学生より成績が良い』

という公理を満たすという意味でよいアプローチであるという結果がある．また，

『総定員数が学生数に等しい場合，定員を満たす配属のうち，前記公理を満たすものは，前記方法によって得られる配属のみ』

という定理が成り立つが，現実に適用する場合には全学生の成績順を全順序でなんらかの形で明確に決める必要があり，かつ全学生が全ゼミの選好順位を付けるという条件が必要である．成績順はGPAを用いるというのが一つの解決策の提示となろうが，GPA高得点者が成績上位であるのかという懸念と，履修状況の違いによりGPAの得点に当該ゼミに対する成績優位という意味を持たせられるかが不明である点に困難性を伴う．つまり，成績A，B，C，D等の点数化の妥当性や，例えばORの講義

ばかりを履修しGPAの点数がよい学生が，会計学を学ぶゼミに優先的に配属されるというのはいかがなものか，等である．よって，GPAの順位と成績順との差異についての議論をせずに安易に利用するのは避けるべきであろう．ゼミ担当の全教員が各々事前に数科目を学生に提示しておき，各ゼミ毎に指定科目のみのGPAで成績順は決めることが出来るかもしれないが，全学生の全ゼミに対する選好順位を要求することがやはりネックとなるであろう．

いずれにせよ，公理論的アプローチは，学生の満足度を犠牲にはするが，成績上位者を優遇するという学生が納得せざるを得ない条件を持って不満を抑える方法である，と言える．

また，大内［3］は，当該学部のゼミ配属決定問題について安定結婚問題からのアプローチによる提案を行っており，興味深いシミュレーション結果を出している．最適化ではなく安定解を模索する理由として，教員側の選好を考慮するためとしているが，そもそも教員側に学生を選抜する権利があるとは思えないので，理由としてはやや弱い．Gale-Shapleyのアルゴリズムにより学生最良安定マッチングを求められる点は良いが，実施においては学生のゼミ選好に全順序を要求される点，及び，教員側からも事前の選好が必要な点，シミュレーション結果によれば第１志望に所属できる学生が配属法Aよりも劣り，かつ第４志望以降のゼミに配属される学生を排除できない点，などを改善することが課題となろう．

さらに，選好が全順序でない，即ち同位を許す場合には，同位の要素に対する仮定で場合分けを行い，弱安定マッチング等の概念を導入し，Gale-Shapleyのアルゴリズムで弱安定マッチング等を求められるが，例えば学生最良弱安定マッチングは複数存在する可能性があるため，解がデータの設定（同位要素への順位付けなど）に依存する難点があることや，強安定マッチングや超安定マッチングはそもそも存在性が保証されない等の問題がある（[9]）．

第２章で紹介した，1985年まで東京工業大学で行われていたキートン法は，全学生に第１～第３志望までを申請させ，前記の公理論的アプローチと同じ方法により（暫定的に）学生を各クラスに配属していき，あぶれた学生の状況等から，暫定的にクラスに配属されていた学生との交換や，数クラスの定員増などの試行錯誤を繰り返すという方法であるが，「各学生は一つのクラスに所属」し「（なるべく）クラスの定員以内」に配属させるという条件の下で「全学生を第３志望までに配属」させることを目的としているという意味において，配属法Ｄのモデルと趣旨は同じである．解法を手作業で行い実行可能解を見つけよう，もし見つけられなければ定員を増やそうという点が異なるが，学生の満足度を高めようとする点で配属法Ａ～Ｃに比べれば相対的には極めて高く評価できる．好意的に考えれば，定員を増加させる部分は，数理計画モデルに対する感度分析を行っていると見なせるので，配属法Ｄの最適解で第３，ないし第４志望までに所属できない学生が居た場合に，感度分析によるクラスの定員増として応用できる．

さて，３年次ゼミ配属に配属法Ｄを使用する際に考慮すべき事柄として，満足度の重みの他に，成績の考慮がある．Ｄを実行すると学生の満足度だけで配分が決まるため，成績優秀者への優遇措置は入らない．例えば，東工大の事例では１年生のクラス分けに使われていたため，成績の考慮に重きを置く必要がなかったが，３年次生のゼミ配属の場合，成績優良学生には優先権が与えられるべきかもしれない．逆に与えられない場合，頑張った学生はやる気をそがれる可能性がある．完全な成績優遇措置を施すのは，公理論的アプローチだが，全順序の成績妥当性の問題から実際的ではない．そこで，成績上位何名かには優先権をもたせ，残りを配属法Ｄで決定する方が現実的な対応と思われる．よって，例えば成績上位k人に第$\left\lceil k/\min_j c_j \right\rceil$志望までを申請させ，公理論的アプローチと同様に配属し，

残りの定員枠について残りの学生に第４志望までを申請させて配属法Ｄで決定するという方法が，当該学部のゼミ配属としては妥当と考える．

参　考　文　献

［１］T. Nishimura and M. Matsumoto: A 623-Dimensionally Equidistributed Uniform Pseudo-Random Number Generator, *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, Vol.8（1998）3-30.

［２］Mersenne Twister Home Page, http://www.math.sci.hiroshima-u.ac.jp/~m-mat/MT/mt.html

［３］大内徹：文教大学のゼミ配属問題, 2000 年度文教大学情報学部卒業論文（2000）.

［４］久保幹雄，松井知己『組合せ最適化［短編集］』朝倉書店（1999）.

［５］今野浩『線形計画法』日科技連（1987）.

［６］今野浩『数理決定法入門』朝倉書店（1992）.

［７］今野浩『実践数理決定法』日科技連（1997）.

［８］今野浩，朱喆：最適クラス編成問題－東京工業大学におけるケーススタディ－，オペレーションズ・リサーチ，Vol.36（1991）85-89.

［９］根本俊男：安定結婚問題，『応用数理計画ハンドブック』第14章　第２節（2002）779-830.

［10］森雅夫，松井知己『オペレーションズ・リサーチ』朝倉書店（2004）.