

新しい研究室配属方法の提案 (成績順位と配属希望を切替え可能な配属方法)

北脇 知己^{1,a)}

受付日 2013年2月8日, 採録日 2013年6月14日

概要: 本研究では研究室配属問題に関して, 学生の成績に依存する指数関数型の重み関数を用いた, 新しい研究室配属方法を提案する. この方法は, 成績上位の学生には成績を優先させて配属しつつ, 成績下位の学生には配属希望を最適化した配属を行って, 2つの配属方法を切り替える方法である. 数値シミュレーション計算により, 提案した研究室配属方法が重み関数のパラメータを変化させるだけで, 配属方法を任意の成績順位で切り替えられることを示した. この研究室配属方法は e-learning などの情報処理技術を用いた教育支援システムとの親和性が高く, 今後の実用化が期待される.

キーワード: 研究室配属問題, 数理計画法, 重み関数, 教育支援システム

Proposal for a New Method of Research Laboratory Assignments (Switching between Scholastic Ranking and Desired Ranking)

TOMOKI KITAWAKI^{1,a)}

Received: February 8, 2013, Accepted: June 14, 2013

Abstract: In present study, I propose a new assignment method using an exponential weight function that depends on a student's scholastic ranking concerning laboratory assignment problems. Numerical simulations were used to show that this assignment method enables switching between assignments in the order of scholastic ranking for higher-ranking students and in the order that optimizes the desired ranking for lower-ranking students. This method is easy to implement in an educational support system, such as an e-learning system.

Keywords: laboratory assignment problem, mathematical programming, weight function, educational support system

1. はじめに

研究室配属問題は, 大学での卒業研究活動やゼミナール受講のために, 学生をどのように研究室に配属させるかという問題で, ゼミ配属問題, 講座配属問題, クラス編成問題などとも呼ばれている. この問題は, (1) 学生の配属希望に対する調査を行ったうえで, (2) 学生の成績情報と連携して, (3) 配属する研究室を決定する, という作業が必要である. このため, e-learning などの情報処理技術を用

いた教育支援システムとの親和性が高いと考えられる. 後述するように, これまでもさまざまな研究室配属方法が提案されており, 近年では研究室配属プログラム [1] や, Web ベースの研究室配属システム [2], [3] が構築されている. 実際に教育支援システムに研究室配属方法を実装する際には, どの配属方法を選ぶのがとても重要である. 一般に研究室配属に際しては, 配属する研究室の定員に上限, 下限があり, 学生の配属希望に偏りがあるため, すべての学生の希望を満足させて配属することが困難であり, 何らかの合理的な手順や方法により, 研究室配属を行う必要があるためである.

これまでの研究室配属方法では主に, (1) 学生の配属希

¹ 岡山大学大学院保健学研究科
Graduate School of Health Sciences, Okayama University,
Okayama 700-8558, Japan

^{a)} kitawaki@md.okayama-u.ac.jp

配属手法	成績	
	上位	下位
完全最適法	×	○
提案手法(切替法)↕	△	△
成績優先法	○	×
希望優先法	○	×
安定マッチング解法	○	×

満足: ○, やや満足: △, 不満: ×

図 1 研究室配属方法の特徴

Fig. 1 Characteristics of the student assignment method.

望と、(2) 学生の成績の 2 つの要因を考慮して、さまざまな方法が提案されている。たとえば成績優先法 [4] は、学生の成績を優先し、成績順にその時点での定員が充足していない研究室に対し、学生の希望をもとに配属する方法である。逆に希望優先法 [5] では、先に学生の第 1 希望に対して定員を充足するまで配属を決定し、次に配属未決定の学生に対して定員に空きがある研究室の中から研究室の定員以内で希望を優先して配属する方法である。これらの方法は、手順 (アルゴリズム) に則って配属を決定するため、配属方法の理解がしやすい。ほかにも、数理計画法の手法を用いて、学生の配属満足度を数値化した目的関数を最大化する方法 [6] も提案されている。目的関数の違いにより、得点化した学生の配属希望順位の和をそのまま目的関数とする完全最適法や、配属希望と成績の積を目的関数とする成績重み関数法などがある。これらの方法のほかに、学生の配属希望とともに研究室側の希望も考慮した、安定マッチング解法 [7] も提案されている。

しかし実際にこれらの研究室配属方法を利用すると、図 1 に示すように、完全最適法では、成績下位の学生でも配属希望順位の高い研究室に入れる可能性があるため満足度が上がるが、成績上位にもかかわらず低い配属希望順位の研究室に配属された学生に不満が残る方法となる。逆に成績優先法、希望優先法や安定マッチング解法では成績上位の学生では配属希望順位の高い研究室に配属されて満足度が高いが、成績下位では低い配属希望順位の研究室に配属された学生に不満が残る方法である。

このため、これまでの研究室配属方法は 1 つのルールをすべての学生に適用することに問題があると考えて、成績上位の学生に成績優先法を行い残りの学生に完全最適法を行う方法 [8] や、成績を優先させて配属しつつ途中からは希望を優先させる配属方法 [1] など、複数の配属方法を組み合わせる研究室配属方法も検討されている。ほかにも、学生の成績と配属希望の両方に依存する重み関数も提案されている [5], [9] が、複数の配属方式を切り替える効果を狙ったものではない。

そこで本研究では、学生の成績に対する指数関数型の新しい重み関数を導入し、成績上位の学生には成績優先法を

用いて配属すると同時に、成績下位の学生には完全最適法を用いることで、学生の希望を全体的に満足させる研究室配属方法 (以下、切替法) を提案する。この方法が、重み関数のパラメータを変化させて 2 つの配属方法を切り替える成績順位を変化させられることを、数値シミュレーションによって確認する。

2. 計算モデル

本研究では、これまでの研究から成績優先法と数理計画法を用いた配属方法を用いる。それぞれ以下に説明する。

2.1 成績優先法アルゴリズム

まず成績優先法 [4] の計算アルゴリズムを示す。

- I 配属未決定の学生の中で最も成績が良い学生を、その時点で定員を充足していない研究室の中から、学生が最も高い配属希望順位を付けた研究室へ配属する。
- II 配属未決定の学生が存在する場合は、I に戻る。

このアルゴリズムは公理論的アプローチとも呼ばれており、「任意の学生について、その学生が配属された研究室よりもその学生の配属希望順位が高い研究室に配属された学生は、全員その学生よりも成績が良い」ことを満たしている。しかし、研究室の受け入れ可能な定員の上限を足し合わせた総定員数が学生総数よりも多い場合は、研究室の定員の下限を満足する保証がないという欠点がある。

2.2 数理計画法を用いた完全最適法

次に研究室配属問題の数理計画法による数式表現を定式化する [6]。学生の人数を n 、研究室の数を m として、学生 i の研究室 j への配属を次のように定める。

$$s_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{学生 } i \text{ が研究室 } j \text{ に配属する場合} \\ 0 & \text{配属しない場合} \end{cases} \quad (1)$$

また、各研究室 j の定員の上限、下限を次のように定める。

$$\begin{cases} a_j: \text{研究室 } j \text{ の定員上限} \\ b_j: \text{研究室 } j \text{ の定員下限} \end{cases} \quad (2)$$

ここで、学生は必ずどこかの研究室に 1 人ずつ配属されること、研究室の定員 (上限、下限) を満たすことから、次の制約条件が成立する。

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^m s_{ij} &= 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \\ s_{ij} &\in \{0, 1\} \quad (i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m) \\ b_j &\leq \sum_{i=1}^n s_{ij} \leq a_j \quad (j = 1, 2, \dots, m) \end{aligned} \quad (3)$$

さらに、学生ごとに各研究室に対する配属希望順位と成績順位を次のように定める。

$$\begin{aligned}
 p_{ij} &: \text{学生 } i \text{ の研究室 } j \text{ に対する配属希望順位} \\
 g_j &: \text{学生 } i \text{ の成績順位}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

以上の定式化を行うと、学生の配属希望順位から計算された満足度を最大化する配属方法を、線形計画法の手法を用いて求めることができる。満足度として用いる目的関数は、さまざまな方式が提案されているが、ここでは配属希望順位をそのまま得点換算した次式を用い、以下、完全最適法と呼ぶ。

$$\max. \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (m - p_{ij} + 1) \cdot s_{ij}
 \tag{5}$$

この完全最適法で、式(5)の学生希望満足度を最大化する解は、配属希望順位の総和を最小化することに等しい。またこの問題は、数理計画法の中でもバイナリ問題と呼ばれる問題であり、最適解が得られることが保証されていて、複数の最適解がある場合は解の1つを出力することになる。

2.3 切替法

本研究で提案する研究室配属方法である切替法は、数理計画法の目的関数に重み関数を用いる成績重み関数法の一つである。

成績重み関数法は、成績順位の関数である重み関数を掛けた、次式の目的関数を最大化する方法である。

$$\max. \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (m - p_{ij} + 1) \cdot f(g_i) \cdot s_{ij}
 \tag{6}$$

この重み関数について、本研究で提案する切替法では、成績優先法と完全最適法の2つの配属方法を途中で切り替えられるように、次式に示す、成績に依存する指数関数を用いる。

$$f(g_i) = Ae^{-\lambda(g_i-1)} + B
 \tag{7}$$

この指数関数の意味を説明する。学生を配属する際に成績が上位の学生を優先するには、成績順位の増加に対して単調減少する重み関数を用意すればよい。ここで、ある成績の学生に対する重みが、成績がより良い学生の選択に影響を与えないほど小さければ、つねに成績が良い学生から優先して配属が行われる。つまり重み関数が等比級数的に減少し、ある順位の学生に対する重み関数値が直近下位の学生の希望順位ばらつきよりもつねに大きくなるようにすれば、つねに成績上位の学生から配属が決定される。式(7)のように重み関数を定義すれば、指数関数部が定数項 B よりも十分に大きい場合、成績優先法と同様の選択結果が得られる。一方、成績下位の学生に対し、指数関数部が定数項 B よりも十分に小さい場合は、成績順位によらずに等しい重み値 B をとるので、完全最適法と同様の結果を得ることができる。このように、式(7)の重み関数において、 A と B の比によって、成績優先法と完全最適法を切り替える

順位を適宜定めることができる。また $A = 0$ とした場合は、重み関数がつねに一定となることから、完全最適法と同等となる。

3. 実験方法

提案する切替法による研究室配属方法を、以下に示す数値シミュレーションにより確認する。

3.1 シミュレーションモデル

学生数 $n = 100$ 名、研究室数 $m = 10$ 、各研究室の定員上限・下限 $a_j = b_j = 10$ 名とし、各研究室に10名ずつ配属するシミュレーションを行う。学生の各研究室に対する配属希望順位は、学生ごとに各研究室の配属希望得点となる10個の正規分布乱数を発生させ、その数値が大きいものから順に当該研究室への配属希望順位を決定した。乱数は、Mersenne Twister アルゴリズムによる分散1、共分散0の多変量正規分布に従う疑似乱数(ニューメリカルテクノロジーズ株式会社)を発生させ、学生による研究室間の配属希望順位に相関関係が現れないように配慮した。計算は乱数の種数を変化させて10回行い、結果の平均をとった。

計算条件として、学生による配属希望がランダムな計算条件1(乱数分布の平均がすべて0)と、偏りがある計算条件2(乱数分布の平均が0.9~-0.9まで0.2刻みで異なる)の2つを用いた。以下、この2つの計算条件を、それぞれランダム条件、偏りあり条件と表記する。

3.2 数値計算

成績優先法は前述のアルゴリズムを用いて、成績順に配属する研究室を定めた。

完全最適法と、4種類の重み関数による切替法については、数理計画問題の計算にPremium Solver Platform V7.0(FrontLine社製)のNon-Linear Solverを利用し、MS-Excel 2010上で作成したデータシートによって最適解を求めた。

重み関数のパラメータは、 $B = 1$ に固定し、 A と B の比で配属方式を切り替える順位が決まることから、重み関数の値が $\sqrt{2}$ (+3 dB)となる順位が、25, 50, 75, 100位(以下、切替法25%~100%)となるように A の値を定めた。 λ

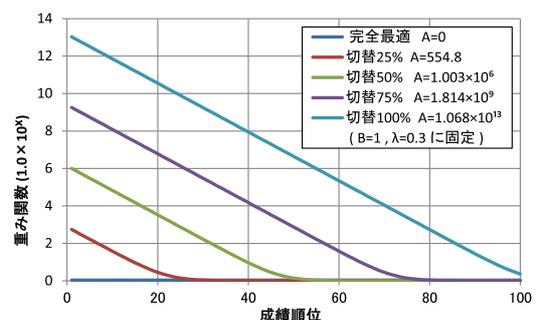


図2 切替法の重み関数

Fig. 2 Weight function of the switching method.

については、小さすぎると成績優先の効果が小さくなり、逆に値が大きすぎると倍精度浮動小数点計算の桁落ちが発生することから、1~100位の成績順位の違いによる重み関数の差が15桁 (IEEE 倍精度浮動小数点の有効桁数) を下回るように $\lambda = 0.3$ と定めた。これらの重み関数を、 $A = 0$ とした完全最適法の重み関数とともに図 2 に示す。

4. 結果・考察

4.1 シミュレーションモデルの評価

シミュレーションに用いた研究室ごとの配属希望順位を図 3 に示した。ランダム条件の場合は研究室への配属希望順位が等しく分散しており、平均希望順位が約 5.5 位となって、ランダムな配属希望が実現できている。一方、偏りあり条件の場合は、A 研究室のように配属希望順位が高い学生が多い研究室から J 研究室のように配属希望順位が低い学生が多数を占めるものまで分布し、平均希望順位が約 3 位~8 位まで研究室ごとに徐々に増加する分布を示した。

この偏りあり条件の平均希望順位の分布結果は、筆者が所属する学科における実際の研究室配属希望順位の分布と同程度であり、今回のシミュレーションでは、偏りあり条件の方が実情に即したモデルだと考えられる。このため数値シミュレーションを用いて研究室配属方法を評価するには、偏りあり条件の方が正しく判断できると考えられる。

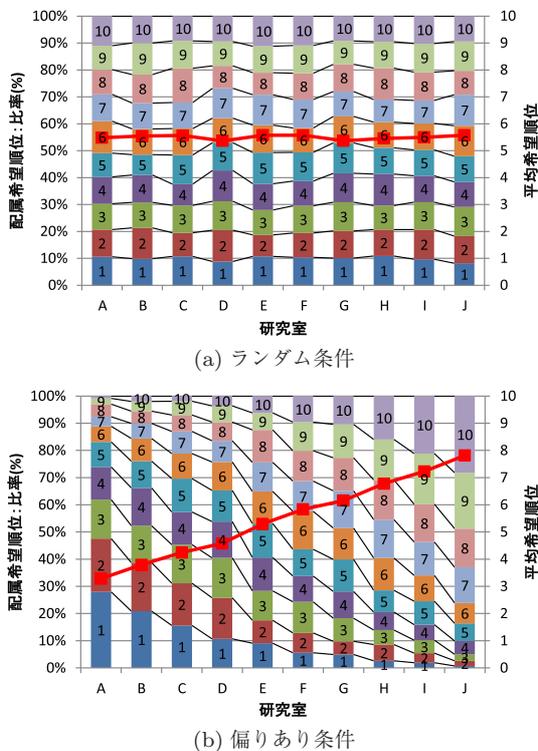


図 3 配属希望順位：比率と平均

Fig. 3 Desired ranking: ratio and average; (a) random condition, (b) bias condition.

4.2 研究室配属方法の評価

図 4, 図 5, 図 6 に、完全最適法, 切替法 (25%~100%), 成績優先法を用いた計算結果を示した。図には配属方式別の、4つに分けた成績ランクごとの平均希望順位 (図 4), 希望順位ごとの配属された累積配属割合 (図 5), 成績上

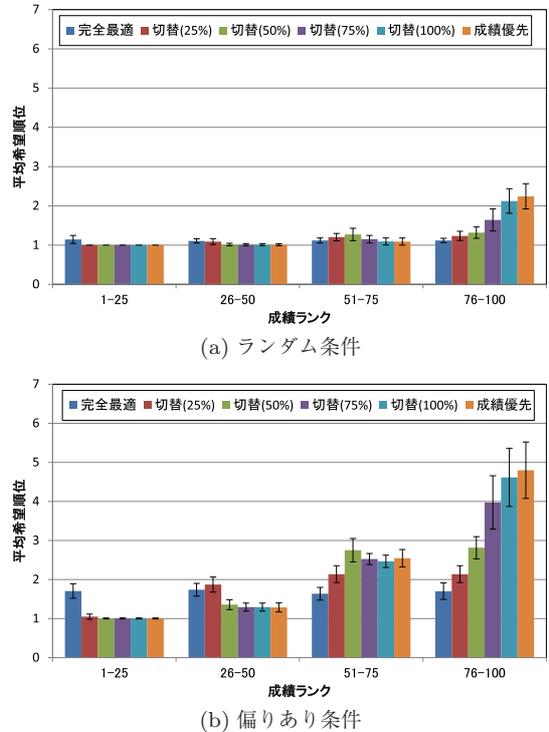


図 4 配属方式別の平均希望順位

Fig. 4 Average assigned ranking by assignment method; (a) random condition, (b) bias condition.

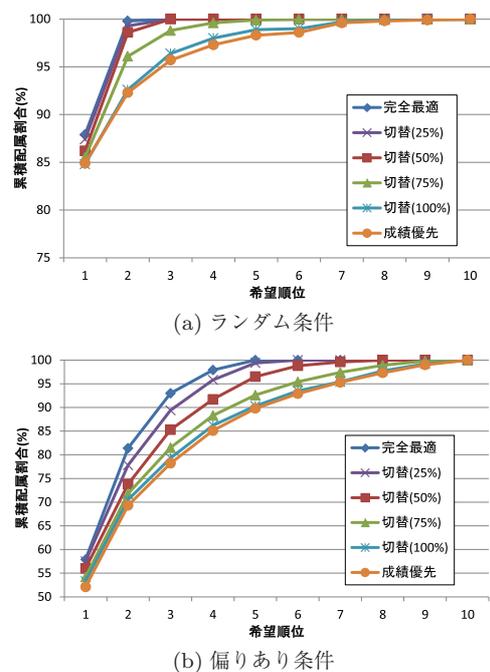


図 5 配属方式別の累積配属割合

Fig. 5 Cumulative assigned rank by assignment method; (a) random condition, (b) bias condition.

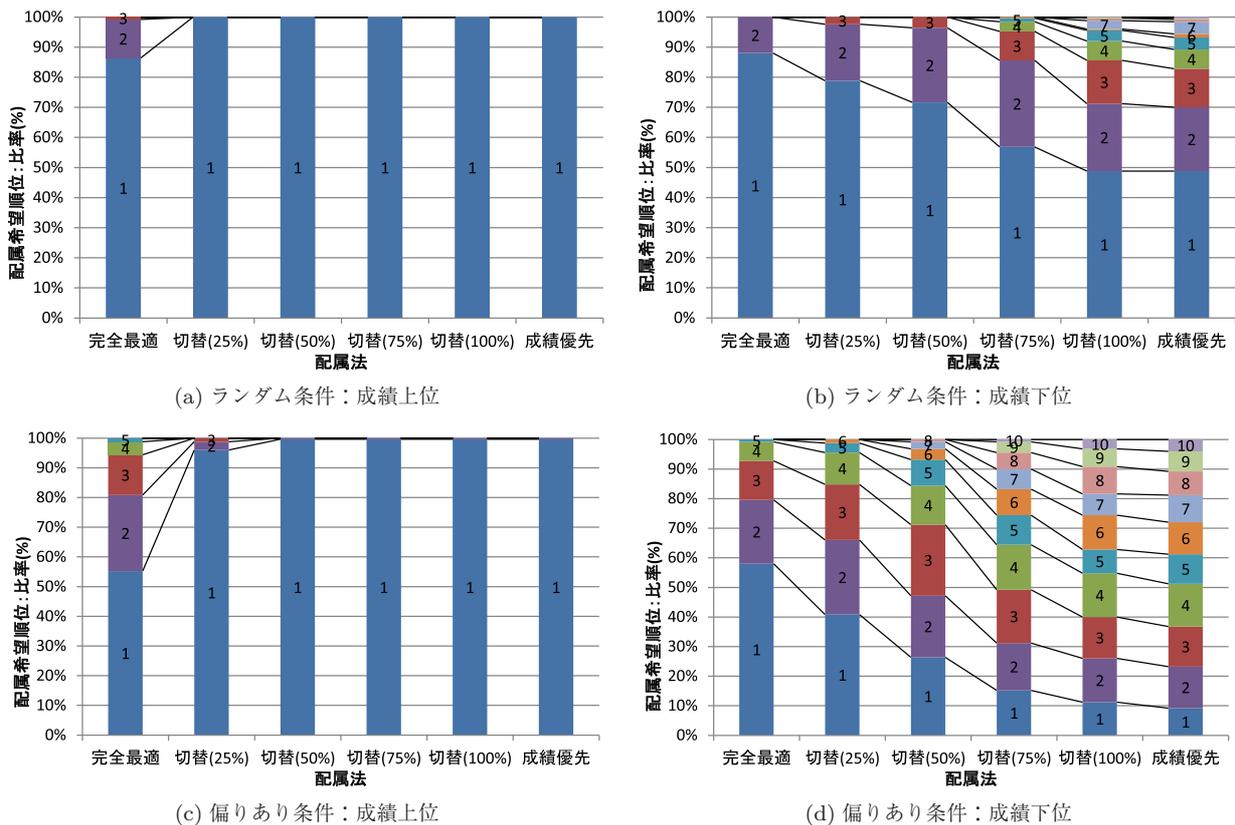


図 6 配属方式別の配属希望順位比率

Fig. 6 Assigned ranking ratio by assignment method; (a) higher-ranking students with random condition, (b) lower-ranking students with random condition, (c) higher-ranking students with bias condition, (d) lower-ranking students with bias condition.

位 (順位 1~25 位) と成績下位 (順位 76~100 位) の配属希望順位比率 (図 6), の計算結果を, それぞれランダム条件, 偏りあり条件, の計算条件ごとに示した.

ランダム条件の計算では, 図 5(a) から完全最適法を用いるとほとんどの学生が第 2 希望までに配属されており, 成績によらず学生の不満が発生する余地は少ないが, 成績上位でも第 1 希望に配属されない学生が 15% 近くにはのぼる (図 6(a)). 成績優先法では, 図 5(a) から 95% 以上の学生が第 3 希望までに配属しているが, 成績下位の学生で第 1 希望に配属されない学生が 50% 以上となる (図 6(b)).

一方, 偏りあり条件の場合では, 完全最適法を用いると図 6(c) のように成績上位でも第 5 希望の研究室に配属されることがあり, 図 6(d) のように成績下位でも第 1 希望に配属される学生が 6 割近くに及ぶことから, 成績上位の学生に不満が残ることが想像される. 逆に成績優先法を用いると, 成績上位の学生ではほぼすべて第 1 希望に配属される一方で, 成績下位の学生は平均希望順位が約 4.8 位であり (図 4(b)), 図 6(d) から極端に配属希望順位の低い研究室に配属される結果となっていることが分かる.

このように, これまでの研究室配属方法である完全最適法では成績上位の, 成績優先法では成績下位の学生に負担

を強いる方式であり, それぞれ成績順位と配属希望順位を優先しすぎてしまった弊害が現れているように思われる.

これらの計算結果に対し, 切替法は完全最適法と成績優先法のどちらを優先すべきかを, 成績順位によって変化させる方法となっている. 図 4 や図 5 から, 切替順位を 0% とした完全最適法から, 切替法の切替え順位を 25%, 50%, 75%, 100% と大きくしていくと, 図 4 の成績下位の平均配属順位が徐々に低くなる様子が観察され, 図 5 の累積配属割合も徐々に変化している. 切替法 100% は, λ の値が小さいため完全に一致はしていないが, 成績優先法とほぼ同等の結果が得られている. ここで, 偏りあり条件で切替法 50% を選ぶと, 図 6(c) から成績上位の学生を全員第 1 希望に配属させつつ, 図 6(d) から成績下位でも第 3 希望までに配属される学生を 70% 以上にすることができている. 切替法 25% を選んでも, 成績上位の学生に第 1 希望に配属できない学生が 5% ほど現れるが, 成績下位で第 3 希望までに配属される学生を 85% 程度にすることができる.

このように, 切替法は適切な切替え順位を選べば, 成績優先法と完全最適法の 2 つの方法の持つメリットを活かした配属が可能であり, 学生にとっても手順が分かりやすいため, 不満を最小限に抑制することができる. こうした分

かりやすさは、これまでの学生の成績と配属希望に依存する重み関数法 [5], [9] が持っていなかった特徴である。

4.3 切替法の重み関数パラメータ

今回提案した切替法を、実際の教育支援システムの研究室配属システムとして運用するには、配属を決定する重み関数のパラメータ決定が重要になる。

今回の計算では B を 1 に固定し、4 種類の A の値で計算を行ったが、 A と B の比率を変化させれば、方式を切り替える成績順位を任意に定めることができる。今回のシミュレーション結果は、学生の希望に偏りがある場合は学生数の 25%~50% の間で配属方法を切り替えると、学生全体の不満を小さくするような配属ができることを示唆している。

また λ の値についても、相対的に小さな値とすれば、成績増加による重み関数の傾きが小さくなることから、成績上位の学生の希望順位の低い研究室への配属と、成績下位の学生の希望順位の改善のどちらを優先させるかという、「成績優先の度合い」を調整することができる。ここで、 λ として大きすぎる値を指定すると、目的関数の桁落ちが発生してしまう恐れがあり、期待どおりの最適化が行われない場合があるので、注意が必要である。

実際の研究室配属支援システムを具体的に実装する際には、重み関数パラメータを変化させたときに、随時数理計画法の最適化計算を行って、図 4~6 に示したような学生の配属分布図などを提示することで、適切なパラメータの決定支援が容易なシステムとすることが必要であろう。本研究室配属方法は重み関数を用いた基本的な数理計画法の手法を用いているので、e-learning などの情報処理技術を用いた教育支援システムへの実装も容易である。一般的な PC を用いた今回のシミュレーションでは 100 名の最適化計算に 1 回あたり 1 秒もかからないことから、今後の実用化についても計算時間が問題となることは少ないと考える。

5. 結論

本研究では研究室配属問題について、数理計画法の一手法として、学生の成績に依存する指数関数型の新しい重み関数を用いた研究室配属方法を提案した。この方法を用いることで、成績上位の学生には成績順位を優先させて配属すると同時に、成績下位の学生には配属希望を数理計画法の手法を用いて最適化した配属を行って、2 つの配属方法を切り替えて学生を配属することができた。また数値シミュレーション計算により、重み関数のパラメータを変化させるだけで、2 つの配属方法を任意の成績順位で切り替えられることを示した。

参考文献

- [1] 加藤 暢：研究室配属プログラムの開発と運用，情報処理学会研究報告 104 (2005-CE-81)，pp.1-6 (2005).
- [2] Meyer, D.: OptAssign—A web-based tool for assigning students to groups, *Computers & Education*, Vol.53, No.4, pp.1104-1119 (2009).
- [3] 細野文雄，富山慶典：WWW を利用した研究室配属支援のための制度設計—シミュレーションによる実践的分析，日本社会情報学会第 14 回全国大会研究発表論文集，pp.275-280 (1999).
- [4] 森 雅夫，松井知己：オペレーションズ・リサーチ，pp.41-43，朝倉書店 (2004).
- [5] ブアブアン・バンナシリ，山田武夫：学生の志望と成績を考慮した学科編成法，防衛大学校理工学研究報告，Vol.35, No.1, pp.57-62 (1997).
- [6] 今野 浩：数理決定法入門，pp.1-20，朝倉書店 (1992).
- [7] 片岡 達，茨木俊秀：研究室配属のための一方式の提案とその数理的考察，日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌，Vol.51, pp.71-93 (2008).
- [8] 堀田敬介：学生満足度の観点によるゼミ配属法の定量的比較，文教大学情報学部情報研究，Vol.35, pp.367-378 (2006).
- [9] 鎌田 慎，三田村保，山本雅人，大内 東：総合成績を考慮したクラス編成法に関する一考察，情報処理学会第 54 回全国大会講演論文集，pp.403-404 (1997).



北脇 知己 (正会員)

1990 年大阪府立大学大学院工学研究科博士前期課程修了。同年 (株) オムロンライフサイエンス研究所入社。2003 年岡山大学医学部保健学科助手。2004 年東京工業大学大学院情報理工学研究科博士後期課程単位取得退学。

2007 年岡山大学大学院保健学研究科助教を経て、2012 年より岡山大学大学院保健学研究科准教授。博士 (工学)，技術士 (情報工学)。数値計算モデルを用いた生体循環器系現象の解明や生体现象モデリング等の生体工学・生体計測に関する研究に従事。日本生体医工学会，日本機械学会，日本流体力学会，IEEE 等各会員。