

# oTreeを用いた配属システムの設計・構築とその運用

島田 夏美<sup>1,a)</sup> 吉田 真聖人<sup>2</sup> 澤 亮治<sup>2</sup>

受付日 2020年6月10日, 採録日 2020年12月1日

**概要:** 本研究では, Gale and Shapley (1962) によって提案された Deferred Acceptance (DA) メカニズムによるマッチングを実現する選好提出システムの設計・構築を行った. 選好提出システムは大学の学部など小規模な組織でも運用されることがあり, 本研究では多くの組織で容易に導入できるシステムを目的としてオープンソースウェアの経済実験支援ツールである oTree (Chen et al. (2016)) を応用した. システムを筑波大学社会工学類の研究室配属で運用した結果を報告し, 配属マッチングを実施する際の (理論上仮定されている/考慮されていない) 実務上の留意点および将来の課題についても言及する.

**キーワード:** DA メカニズム, 研究室配属システム, oTree, 匿名性

## The Design, Development and Management of a Matching System with oTree

NATSUMI SHIMADA<sup>1,a)</sup> MASAHITO YOSHIDA<sup>2</sup> RYOJI SAWA<sup>2</sup>

Received: June 10, 2020, Accepted: December 1, 2020

**Abstract:** We report on the design and development of a preference-gathering system for the Deferred Acceptance (DA) mechanism proposed by Gale and Shapley (1962). The system is built upon oTree (Chen et al. (2016)), an open source platform for economic experiments, and aims to allow various organizations to easily manage a preference-gathering process, including a small group of administrators, e.g., a university department. Through an adoption of the system for the student-supervisor matching in the department of Policy and Planning Sciences in University of Tsukuba, we also report practical challenges of the matching process, which are not addressed in theoretical studies.

**Keywords:** DA mechanism, student-supervisor matching system, oTree, anonymity

### 1. はじめに

多くの大学の学部では, 卒業研究などにおいて学生をどの研究室またはゼミへ配属させるかを決定する配属問題が生じる. 学生にとっては卒業や進路に関わり, 教員にとっても主宰する研究室の研究プロジェクトの成否に関わる重要な問題である. この研究室配属問題は, 多対1の二部マッチングとして定式化できる. 二部マッチングでは, 参

加者が2つの側に分かれ, 他方の側のどの参加者と結びつきたいかを表す選好 (順位付け) に基づいて, マッチングが決定する. 多対1 マッチングとは, 片方の側の参加者1人に対して, もう一方側の参加者が複数マッチする場合のことをいう. すべての参加者から提出された選好を用い, マッチング結果を決める手続きをメカニズムと呼ぶ. メカニズムを現実で運用する場合, 各参加者の選好を集める役割となる管理者が必要となる. 研究室配属では配属人数に上限のみが存在する場合には, 文献 [1] の Deferred Acceptance (DA) メカニズムにより安定的なマッチングを計算できることが知られている\*1. マッチングが安定的とは, (1) 個人合理性 (自分が希望していない相手とマッ

<sup>1</sup> 筑波大学大学院システム情報工学研究科  
Graduate School of Systems and Information Engineering,  
University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8573, Japan

<sup>2</sup> 筑波大学大学院システム情報工学研究群  
Degree Programs in Systems and Information Engineering,  
University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8573, Japan

a) 08n.shimada@gmail.com

\*1 一定数の配属人数を要求する下限制約が存在する問題への DA メカニズムの拡張については, たとえば文献 [2] で分析されている.

チしない)を満たすことと、(2)マッチしていない教員と学生のペアがお互いのことを現在のマッチ相手より良いと思うことがどのペアについても起きないこと、の2つを満たすことを意味している。つまり、安定的なマッチングを生み出す制度の下では、制度で決められたマッチ相手よりも良い相手を探し出すことはできない。

本研究では、DAメカニズムによる研究室配属の運用について、参加者の希望順位を匿名で収集する選好提出システムを中心に報告する。現システムは文献[3]により開発されたoTreeを応用して2019年に構築した。理論的性質が既知のDAメカニズムを用いているが、設計また運営上で留意すべき点を明確にすることができた。主な留意点は、集権的なシステム、提出情報の秘匿、そしてメカニズムの安定性・耐戦略性の3点である。集権的なシステムとすることで配属時期前に学生に配属内定を出すような青田買いを抑制することができる。一般に研究室配属は学生が自分の専門性を見極められる時期に行われるが、青田買いがある場合には専門性を見極めが十分でない可能性が高くなり、非効率が生じる原因となりうる。2点目の提出情報の秘匿は運営上で重要なポイントとなる。たとえば、自分の希望順位最下位の研究室とマッチした場合に、教員に順位最下位としたことが知られていると、その後の指導関係が気まずいものとなるかもしれない。配属決定後の関係性に気兼ねすることなく学生・教員が選好提出するには、提出情報の秘匿が必要となる。3点目のメカニズムの安定性・耐戦略性についてだが、安定性はすでに述べた安定的なマッチングが計算される性質のことである。耐戦略性は、人気の集中する研究室は避けて選好提出するなど戦略的な行動を排除できる性質である。耐戦略性が満たされない場合には、他の学生の行動を予想したうえで自分の行動を決定しなければならず、別の研究室を第1希望にしていればよかったという後悔やうまく選好提出した学生への嫉妬などが生まれやすい。これは、学生が不公平さを感じる原因となりうる。安定性・耐戦略性はDAメカニズムをマッチングの計算アルゴリズムとすることで満たされるが、実際の運営ではその性質を参加者に理解してもらう点が重要となる。

DAメカニズムはマッチング問題に広く応用されており\*2、代表的な例には、アメリカの研修医配属メカニズムがある[5]。また、日本の大学においては、早稲田大学の附属高校から早稲田大学への推薦入学者受け入れの際にもDAメカニズムが用いられている[6]。マッチング問題にDAメカニズムが用いられる理由は、すでに述べた安定性と耐戦略性という性質があるためである。

DAメカニズムが学生側の耐戦略性を満たすことは理論的に証明されている[7], [8]。しかし、文献[9], [10]などの多くの実験研究において、無視できないほど多くの参加

者が自身の選好をゆがめて伝えることが報告されている。よって現実での運用の場合、参加者が選好の提出について選好を歪めて伝える必要がないように設計する必要がある。研究室配属の場合では、たとえば「誰がどの研究室を第何希望として提出した」という学生の選好が管理者である教員によって確認されると分かっているケースでは、耐戦略性が崩れてしまう可能性がある。一方で、研究室配属は学務の一環となるために配属に関係がない第三者が管理者になることは難しい。本研究の構築システムの最大の特徴は、管理者によって収集される選好が匿名性を満たしている点である\*3。学生は安心して選好を提出でき、戦略的に動かなかったことが研究室配属実施後のアンケート調査によって分かっている。

近年、教育機関、特に大学において学内関係者の多くが利用する大規模なシステムの開発・運用がなされている[11], [12]。このような大学の学科をまたいだ大規模なシステム開発に対して、学科ごととなる研究室の配属システムの開発は比較的小規模といえる。システムを開発し、運用することは当然のことながら多大なコストがかかる。しかしながら研究室配属は、小規模がゆえに予算がなく、各担当者が適宜対応しているという問題がある。

こうした問題を受け、研究室配属の運用においても、様々な工夫が行われている[13], [14], [15]。文献[13]では、岡山理科大学工学部情報工学科でのシステム開発と継続的な運用を述べている。文献[14]は、近畿大学理工学部情報学科におけるマークシートによる希望調査とその配属プログラムについて述べている。これらの研究でもシステム化により、配属システムの管理コストが削減されている。本研究では、オープンソースソフトウェアであるoTree[3]を活用し、個別のカスタマイズも容易に設定できるようにシステムを構築することで、研究室配属システムの安価な導入と実施を可能にしている。

一方でシステムが採用する配属方法に注目したとき、文献[13], [14]はいくつかの問題を報告している。文献[13]では学生が提出した希望をまず第1希望から参照し、それぞれの研究室は定員を上限として学生を選好に従って受け入れ、それを確定する、その後学生の第2希望を参照し、研究室は再び定員を上限として学生を受け入れ、確定させる、そして以下これを第 $n$ 希望まで順次繰り返すという、いわゆるボストンメカニズムに従って行われている。ボストンメカニズムの問題点はそれが耐戦略性を満たさないことであり、学生側にとっては他の学生の提出する選好が自分の戦略に影響を与えること、自分よりも評価の低い学生が受け入れられるにもかかわらず自分は受け入れられないといったケースが発生することなどが問題となる(詳しくは4.3節で議論する)。文献[13]はこうした点から生じる

\*2 DAメカニズムの現実の応用例は文献[4]などを参照のこと。

\*3 正確には、管理者のうち提出データを非匿名化できるメンバを制限することができる。詳細は5.4節を参照。

表 1 従来研究にて報告された研究室配属システムとの比較  
**Table 1** A comparative table of our system with other reported ones.

	本研究	文献 [13]	文献 [14]	文献 [15]
実施大学	筑波大学 理工学群 社会学類	岡山大学 工学部 情報工学科	近畿大学 理工学部 情報学科	中部大学 工学部 情報工学科
収集方法	Web	Web	マークシート	–
開発言語	HTML, Python	HTML, Perl	Java	–
DA の使用	○	×	×	△*4
入力データの秘匿	○	×	不明	–

学生からのクレームに対し、学生の選好提出システム上でそれぞれの研究室へ提出された選好順位の人数をオンデマンド情報として開示する、誰がいつ選好を提出したかというアクセスログを取得して証拠とする、選好プロセスをすべて公開するなどの対応を行っている。文献 [13] はポストメカニズムにおいてリスク回避しない学生の問題を述べているが、これはマッチングメカニズムの変更によって解決できる問題である。文献 [14] は次のような配属アルゴリズムを採用している。まずステップ 1 で学生の提出した選好の第 3 希望までを参照し、成績を優先順位として各研究室の配属結果を確定させる、そしてステップ 2 において、学生の第 4 志望以降の選好を参照し、定員に余裕がある研究室へ学生の希望順位を優先順位として配属を行うというものである。文献 [14] はシステムを運用する中で当初ポストメカニズムを採用しており、その際に初期のステップで成績が上位の学生が人気研究室に、下位の学生がそれ以外の研究室に確定することで、中位の学生が選好の最も低い（あるいはそれに近い）研究室に配属されるケースが頻出したこと、その結果として上記のアルゴリズムが落ちどころとなったことを報告している。ここでもメカニズムの選択がマッチングプロセスにおける学生の負担や厚生に大きく影響することが示唆される。文献 [15] は、中部大学工学部情報工学科の研究室配属の実際のデータを DA メカニズムと耐戦略性を満たさない配属方法に应用させた結果を比較し、DA メカニズムのほうが参加者にとって高い満足度があることを明らかにしている。本研究は、DA メカニズムの耐戦略性に着目しつつ、現実的な運用面で戦略性を抑える工夫として提出データの匿名性に配慮した運用を実施する。これらの従来研究との比較は表 1 にまとめる。

本論文の構成は以下となる。2 章で研究室配属マッ

\*4 過去の提出データを選好として DA アルゴリズムを適用、運用は未実施。

グのためのアルゴリズムを説明する。3 章で経済実験支援ツールである oTree について説明する。4 章に配属システム設計時に留意した点を要求仕様としてまとめる。システム構築および運用については 5 章に記述する。6 章では実際に DA メカニズムを筑波大学社会学類の研究室配属で運用した成果をまとめ、7 章で今後の課題について考察する。

## 2. アルゴリズムについて

研究室配属問題は多対 1 の二部マッチングとして定式化できる。参加者は学生と研究室という 2 つの側に分かれ、学生はたかだか 1 つの研究室と、研究室は複数の学生とマッチすることができる。すべての参加者は他方の側のどの参加者と結びつきたいかを表す順位付け（選好）を持っていると仮定される。すべての参加者から提出された選好の束から、最終的なマッチング結果を決める関数をメカニズムと呼ぶ。ここで、各参加者の唯一の戦略はどのように選好を提出するかという 1 点である。それに対して、メカニズムの設計者はそのようなゲームのルール自体を設定する役割にある。メカニズムの設計者は、マッチングの厚生を満足しつつ、参加者のインセンティブ（選好の正しい報告）を損なわないようルールを設定する必要がある。

文献 [1] は多対 1 マッチングの問題を扱った先駆的研究であり、研究室配属問題と等価なマッチング問題において、安定なマッチングを必ず導く手続きとして Deferred Acceptance (DA) アルゴリズムを提案した。DA メカニズムは Gale-Shapley メカニズムとも呼ばれる。実際の市場における DA アルゴリズムの使用に関して、文献 [5] は当時のアメリカの研修医配属で用いられていたアルゴリズムが（病院側提案の）DA メカニズムと同じマッチングを導くことを指摘した。それ以降、マッチングとメカニズムは現実の市場や制度の問題としてさかんに研究されている。研修医配属システム自体はその後 Roth の提案により研修医側提案に変更されている [16], [17]。

DA メカニズムは二部マッチングにおいて安定的かつ提案側にとって戦略的操作が不要な（耐戦略的な）メカニズムとして知られており、参加者の 2 つの集合のうちアルゴリズム上でマッチを提案する側がどちらかによって分けられる。安定性および耐戦略性については 4.3 節で詳説する。

研究室配属マッチングでの DA メカニズムは、学生側提案であり以下のステップからなる。

**Step 1:** 各学生は自分の第 1 希望の研究室に応募する。各研究室は応募してきた学生の中から優先度の高い順位に定員の範囲内で「一時的に」受け入れる。定員を超えた学生は拒否する。

**Step  $k \geq 2$ :** 前のステップで拒否された学生は次に希望順位の高い研究室に応募する。各研究室は、前のステップで一時的に受け入れていた学生と今回応募してきた学生の中から優先度の高い順

位に定員の範囲内で「一時的に」受け入れる。定員を超えた学生は拒否する。どの学生も拒否されなくなった時点、または、学生が提出した希望順位の研究室にすべて拒否された時点で、ステップは終了し、そのときの受け入れをマッチング結果とする。

ここで、上のステップは運営者が提出された選好によって実行するものであり、実際の参加者が行うわけではないことに注意する。

### 3. oTree について

経済実験とは人々の好みや行動に関連した種々の意思決定を測定するための方法のことである。そのような実験では参加者をコンピュータ端末を備えた部屋に集め、コンピュータ上で経済ゲームや質問への回答を行ってもらおうという形式がよく行われている。oTree [3] は 2016 年に開発された、経済実験および心理学・その他関連分野の実験をコンピュータ端末によって支援するためのサポートツールである。oTree 以前には z-Tree [18] が同用途のツールとして一般的だったが、事前にソフトウェアを導入した PC のみでしか動作させることができないという制約があった。それに対し、oTree は Web ベースのソフトウェアであり、一般的なネットワーク上で同時多数がアクセスできるシステムを構築することができる。そのため、oTree をサーバに使用するシステムでは、コンピュータ端末を備えた実験室を用意しなくても、Web ブラウザを備えたコンピュータやスマートフォンなどがあれば場所を問わずアクセスして入力してもらおうことが可能となった\*5。

本研究では経済実験支援ツールが備える同時多数の参加者からの入力情報を収集するという特性を利用し、Web ベースのマッチングのための選好収集システムを構築した。本研究ではシステムを大学の研究室配属へ応用しているが、oTree を使用するメリットとしては、1) 紙などを用いた場合に比較して提出・集計に関わる作業を減らすことができる点、2) 独自に設計したプログラムと比較して環境開発を大幅に簡易化でき、Web マニュアルが入手可能であるため保守対応についても属人化されない点、3) z-Tree と比較して大学内の入力端末を自由に利用できる点があげられる。またセキュリティに配慮を行ったうえで、システムを Web 上に公開することで、学生・教員に自宅からシステムへ参加してもらおうことも可能である。

### 4. 要求仕様

本研究の主な対象は、毎年実施が必要となる研究室配属の簡素化・システム化である。マッチングメカニズムの理論的性質を最大限に発揮できるような手順を明確にし、管

理を容易にすることで、学生および教員の負担を軽減することができる。また毎年同じ手順を踏むことで、年度によって異なった配属方法による格差が生じることをなくすことが可能となる。本研究で構築した手順およびシステムは筑波大学社会工学commonsセンターで公開されている [20]。

研究室配属システムを設計するうえでの一般的な要件を、1) 集権的なシステム、2) 提出情報の秘匿、3) メカニズムの安定性・耐戦略性とした。各要件について以下で詳細を述べる。また、本研究で運用を行った組織特有の要件として、4) 可変的な定員設定、5) 個人情報保護を設けた。

#### 4.1 集権的なシステム

本研究では、1) 配属対象となるすべての参加者が同じマッチング手続きに参加し、2) 管理者が存在して、提出された選好からマッチングを決定するという意味で「集権的」という言葉を使用する。そうではないマッチング手続きについては「分権的」と呼ぶ。大学の研究室配属においてはほぼすべての組織で集権的な配属手続きを採用していると考えられるが、メカニズムのデザインに関する研究は分権的マッチングで生じる種々の問題を抑制するためのアプローチとして議論されてきたという背景があり [21]、一般的な要件としてあげることにする。集権的なシステムとすることで配属時期前に学生に配属内定を出すようないわゆる青田買いを抑制することができる。教員と学生が個別に配属を決定するような分権的なシステムでは、実際の配属時期よりも早くに優秀な学生を囲い込む青田買い行動が起こりやすい。集権的なシステムを用いる前の米国の研修医マッチングにおいては青田買い行動が頻繁に行われていることが文献 [5], [21] により報告されており、また文献 [22] の行った経済実験でも分権的な制度の下ではそのような行動が観察されることが報告されている。このような行動を抑制するため、すべての教員・学生が運営の管理者に希望を提出する集権的なシステムを要件とした。

メカニズムの集権的運用のもとでも、青田買いを行うこと自体は可能である。たとえばある研究室がマッチング運用よりも前から学生を内定させ、その学生を希望順位の 1 番目に選ぶことを保証し、代わりに他の研究室の面接が行われる前に、学生はその研究室を希望順位の 1 番目に選ぶことを約束する、といった取引はできないわけではない。ただし全員が同じマッチング手続きに参加するという枠組みの中では、学生側は選好の収集期日までは自由に情報を収集する猶予が与えられている。よって学生側には提出する希望順位を事前に決めてしまうインセンティブはないといえる。また、全員が同じマッチング手続きに沿って最終マッチを決定することを考えると、教員側にとって優秀な学生を早期にとられてしまうことは原則としては起こらない。学生が早期にある研究室を希望する決心をしたとすれ

\*5 2020 年に発表された z-Tree unleashed [19] を用いると、z-Tree で行う実験にインターネット上で参加してもらうことができる。

ば、それはその学生の好みの問題である。

集権的なシステムを採用する場合には、一般的に参加人数が多くなり、運営管理者の管理コストが大きくなる。よって手作業を介さずに選好を収集するシステムが求められる。この要件を満たすために、特に参加数が大きくなる学生側の選好収集用の希望登録システムを実装した Web サーバの構築を行った。これにより収集した希望情報を自動的に統合して、その後のマッチングプロセスをプログラムで行うことが可能となった。各年ごとの結果をデータベースとして容易に比較できるという利点も生じた。

#### 4.2 提出情報の秘匿

学生の希望は教員に、また教員の希望は学生に伝わらないように提出情報が秘匿されることを要件とした。これは、1) マッチング中に提出された選好は他のどの参加者からも確認できないこと、2) 提出された情報はマッチング決定後も公開しないことの2点を意味する。

マッチングにおいて相手へ選好が公開されるか否かは選好の提出行動に影響を与える可能性があり、実際の意味決定における影響について経済実験による検証がされている。文献 [10] は研究室配属と同じ多対1マッチングである学校選択問題（生徒と学校のマッチング）において、生徒側となる参加者が学校側の優先順位を見られる条件で実験を行った場合に、そうでないときよりも選好を正直に提出しなかったことを報告している。これは研究室配属問題においては研究室側の選好が学生に伝わるケースに対応する。文献 [23] は多対1マッチング問題の経済実験のサーベイを行っており、情報の与え方が被験者の正直な選好提出へ及ぼす影響を議論している（文献 [23], 3.1 節を参照）。加えて、本研究のような学生と指導教員間の配属マッチングでは、学生側がある研究室の希望順位を高くつけていたかどうかはその指導教員の心証や研究室配属後の待遇に影響を与え、学生と指導教員の間で選好提出に関して不要な駆け引きを生み出す可能性がないとはいえない。そうした事態を防ぐためにも、提出された選好をマッチ後も秘匿することは重要であると考えられる。

本研究で行った実際の運用では、選好の提出のためのプロジェクト用サーバは学外のネットワークから接続できないように設定したうえで、学生個人の入力内容を特定できる情報は Web サーバ上で保存しないようにした。運営のプロセス上でも、管理者のうち一部だけが参加者の選好を扱うように注意した。また、提出情報が秘匿されることについては事前に周知されていることが必要となるが、この点は配属マッチングに関する説明会を行うことで担保した。

#### 4.3 メカニズムの安定性・耐戦略性

マッチングメカニズムは、「メカニズムで決められたマッチ相手よりも良い相手を探し出すことはできないこと」お

よび「各個人にとって正しい希望を伝えることが最善の結果をもたらすこと」の2点の性質を満たすべきとした。前者の性質を安定性と呼び、後者を耐戦略性と呼ぶ。

もし、決められたマッチ相手よりも良い相手を探し出すことができる参加者が存在する場合には、運営への不信が生まれるため継続性が問題となる。実際に英国の研修医マッチングにおいて、安定性を満たさないメカニズムを使用した地域ではメカニズムの使用を中止するケースが多かったと文献 [24] において報告されている。耐戦略性を満たさない場合、各個人から本当の好みを教えてもらえることには理論的な保証がない。運営者は参加者が提出する選好情報を真の選好と見なしてマッチングを計算するため、メカニズムが耐戦略性を満たさない場合、誤った選好により計算されたマッチ結果が安定性や効率性を損ねてしまう可能性が高くなる。耐戦略性を満たさない代表的なメカニズムにボストンメカニズムがあるが、文献 [9] の経済実験において DA メカニズムよりも正直に申告する割合が有意に低いこと、さらに参加者に現実的な選好を割り当てた場合にはマッチ結果の効率性<sup>\*6</sup>も有意に低下することが報告されている。

ボストンメカニズムは直観的には多くの人が受け入れる自然なマッチングプロセス（メカニズム）であり、従来型のマッチングでしばしば採用されている。アルゴリズムとしては、学生と研究室が提出した希望順位をもとに、学生の希望順位の1番上をみて受け入れ可能であればマッチを確定させ、マッチしなかった人の中から第2希望をみて再びマッチさせ、以下それを繰り返していくというものである。ボストンメカニズムの問題点はそれが耐戦略性を満たさないことである。学生は、第2希望、第3希望と後の段階へ進むにつれて、本来は自分のほうが優先度が高くても希望の研究室が埋まっていくため、人気の集中する研究室は避ける、他の希望者よりも高い評価を得られそうな研究室を希望するなど、他の学生の行動をふまえて自分の行動を決定しなければならない。すなわち、本当の希望に従って選好を提出することが最適とは限らないのである。その結果として本当に行きたかった研究室を第1希望にしていればマッチしていた、また年ごとの人気のぶれによってマッチの差が生まれるなど、諸々の不公平さが生まれてしまう。耐戦略的なマッチングメカニズムを採用することで、参加者が状況判断にかけなければならないコスト負担を軽減しマッチング結果についての不公平さをなくすることができる。

学生側提案の DA メカニズムは安定性を満たし、かつ学生側の耐戦略性を満たしていることから、本研究の運営においてもこれを採用した。提出情報の秘匿と同様、参加者には DA メカニズムの実施、および耐戦略性などの理論的

<sup>\*6</sup> ここでは選好に基づく1人あたりの平均ペイオフで定義される。

性質について十分に理解してもらう必要があるため、事前のガイダンスや配布資料などで説明を行った。

#### 4.4 タイプごとの定員設定

筑波大学社会工学類は、3つの主専攻（社会経済、経営工学、都市計画）に分かれている。教員も学生もいずれか1つの主専攻に所属している。メカニズムの実施において、都市計画主専攻から「都市計画主専攻に所属する学生を平等に配属させたい」という要望があった。そのため、文献 [25] によって提案されたタイプ制約付き DA メカニズムを用い、主専攻をタイプと見なすことで主専攻ごとの定員を設けることにした。本研究ではこれを修正版 DA メカニズムと呼び、以下のステップからなる。

**Step 1:** 各学生は自分の第1希望の研究室に応募する。各研究室は応募してきた学生の中から優先度の高い順位に定員の範囲内で「一時的に」受け入れる。ただし、「一時的に」受け入れる都市計画主専攻の学生数は、都市計画主専攻定員を上限とする。定員を超えた学生は拒否する。

**Step  $k \geq 2$ :** 前のステップで拒否された学生は次に希望順位の高い研究室に応募する。各研究室は、前のステップで一時的に受け入れていた学生と今回応募してきた学生の中から優先度の高い順位に定員の範囲内で「一時的に」受け入れる。ただし、「一時的に」受け入れる都市計画主専攻の学生数は、都市計画主専攻定員を上限とする。定員を超えた学生は拒否する。どの学生も拒否されなくなった時点、または、学生が提出した希望順位の研究室にすべて拒否された時点で、ステップは終了し、そのときの受け入れをマッチング結果とする。

たとえば、研究室の定員が5名で、そのうち都市計画主専攻の定員が3名とする。このとき、都市計画主専攻の学生5名が応募してきたとしても、研究室における優先度の高い上位3名しかその研究室に配属されない。他主専攻の学生からの応募があり、さらに他の都市計画主専攻の学生より優先度が低い場合でも、2名まではその研究室に配属される。

修正版 DA を用いることで、学生と研究室にタイプがある場合にも応用可能である。タイプがあるケースとは、1つの学科が複数の専攻（もしくはコース）に分かれており、同一学科だがコースごとに受け入れる定員が設定されている場合に対応する。タイプ制約付き DA メカニズムを用いることで、タイプ別定員が設定されている場合においても耐戦略的なマッチングが実現できる。ただし DA メカニズムとの違いとして、タイプ制約付き DA メカニズムを採用する場合は「学生  $i$  にとって、入れなかったより希望の高い研究室  $s$  に、自分より ( $s$  での) 優先度の低い学生  $j$  が

配属される」可能性がある。ここで、「 $j$  は自分とは異なるタイプで、自分のタイプについて研究室  $s$  は満員である」ということは保証される。よってタイプを超えた安定性が満たされず、専攻ごとの不公平さを生む原因となるため、特殊な事情がある場合を除いて推奨はされない。

#### 4.5 個人情報の保護

学生側の選好提出のように研究室側が選好を入力する場合、学生の名前や学籍番号などを表示させるためにこれらの情報をサーバに持たせる必要がある。セキュリティの観点から学生の名前をサーバ上で保管することを避けたいという要望があったため、教員側からの選好の収集は Excel による提出で行った。もしサーバに学生名を持たせてよいのであれば、学生側の選好入力と同じように教員側の選好の収集も Web ベースで行うことができる。

### 5. システム構築と運用

はじめに、筑波大学社会工学類における研究室配属システムの沿革を簡単に説明する。2015年度に、学類の3主専攻のうち社会経済主専攻でのみ配属方法に DA メカニズムが採用され、運用を開始した。これは学生に専用紙を配布し、希望の教員を記入して提出してもらった後、研究室配属にかかわらない第3者にそれを匿名化してもらい、マッチング担当者が DA メカニズムの計算を実施するというものであった。2016年度からは経営工学主専攻の参加により100名規模の DA アルゴリズムの計算を実施することとなったため、コンピュータ端末上で選好の入力およびプログラムによるマッチングの計算ができるようシステムの構築がなされた。以降2017年度、2018年度と同システムの運用が続き、2019年度にシステムを oTree [3] を応用した Python ベースのものに再構築した。以下では新たに構築した oTree を応用したシステムについてその構築・運用方法を説明する。システムに用いたサーバの構成は表 2 にまとめる。

以下の説明は、oTree マニュアル [26] および、本研究の詳細マニュアル [20] も合わせて参考とする。

#### 5.1 サーバの手続き

ネットワークには学内のみで接続が可能なイントラネットの IP アドレスをネットワーク管理者に発行してもらいサーバに設定する。サーバへ Python, oTree をインストー

表 2 サーバ詳細

Table 2 A list of server specification.

OS	Windows 10 Home 64 bit
CPU	Core i5-8400 (2.8 GHz)
Memory	16 GB (8 GB×2)
他	oTree, Postgress, pgAdmin



図 1 希望順位の最大登録数を 10 にした登録画面の例

Fig. 1 Sample registration page where maximum registrations are set at 10.

ルする。oTree のデフォルトデータベースはサーバとしての使用に適していないため、文献 [26] で推奨されているように Postgres をデータベースとして設定し、pgAdmin で接続ができるようにした。

## 5.2 oTree セッションの作成

oTree のセッションでは参加者に HTML ページが順番に表示され、入力内容を取得してデータベースに記録していく。今回使用した oTree セッションは、1) ログイン、2) 希望の入力、3) 入力の確認の順で構成され、ログイン時の参加者ラベル（後述する登録キー）と、研究室希望順位をデータベースの変数に設定して Postgres へ記録するものになる。本研究では汎用性のため希望研究室数の最大値を自由に設定できるようにした。方法としては、oTree プログラムのグローバル変数に希望研究室数の最大値を用意しておき、HTML ページでその変数を参照して入力欄を生成している。このとき、oTree 上でいくつデータベースの変数を用意するかはプログラム内の変数に依存して変更できないため、希望順位は 1 つの変数 (t1;t4;t13; のような文字列) として取得している。最大登録数 10 とした希望順位入力画面を図 1 に示す。

これを希望登録システムと呼ぶことにする。

## 5.3 oTree ルーム機能

希望登録システムへのアクセスを登録制にするために、oTree のルーム機能を用いた。ルームとは同一の oTree セッションに複数人があらかじめ決められた参加者ラベルを入力して参加できるようにする仕組みのことで、参加者ラベルを個別のパスワードに設定すれば参加者のログインに相当する機能として用いることができる。ルームの参加者ラベルは後述の登録キーとして参加者に配布した。

## 5.4 運用面の手続き

### 5.4.1 ID への変換

ID はマッチングを実行するうえで個人に割り当てた識別子である。oTree の入力面では教員の名前が選択できるが、データベース上では各教員は ID (t1,t2...) で記録するようにした。一方で学生 ID は後述する登録キーを用いた。登録キーは同じく学生の識別子であり、学籍番号と紐づいているが、学籍番号と登録キーの対応表は oTree サーバには保存しない。よってサーバ管理者およびマッチングプログラムの実行者は ID から学生を特定することができない。

### 5.4.2 登録キー

登録キーは学生に割り当てた ID であり、oTree 上でルームに参加するためのパスワードも兼ねている。あらかじめ参加学生の学籍番号（および名前）の含まれた一覧表にランダムかつ一意な 10 桁の文字列を登録キーとして紐づけた。学生はあらかじめ配布した希望登録システムの URL から登録キーを用いてログインできる。以降、サーバ上での学生の入力データは登録キーによって匿名化される。

### 5.4.3 対応表の作成

学生の識別は、サーバ上では登録キーで表現されている。これを学生の名前と紐づけた Excel ファイルを対応表と呼ぶ。参加学生の名前と学籍番号の一覧表を用意し、そこへランダムかつ一意な 10 桁の文字列を Excel 関数で生成して登録キーを発行する。対応表は登録キーと学生個人を相互に変換できるため、個人情報として注意して扱うことになる。

### 5.4.4 登録キーの配布

研究室配属に参加する学生へ期間中に事務室を通して登録用紙を配布した。登録用紙には学生の名前、学籍番号、登録キー、そして希望登録システムの URL が書いてあり、受付期間内であれば学内の PC からログインと入力ができる。登録キーは学籍番号と登録キーの対応表となる Excel 上でランダムかつ重複がないように生成したのち、VBA を用いて、1) 配布資料のテンプレート (word ファイル) を人数分複製し、2) 個人名、学籍番号、登録キーの個人情報を対応表から転写した。

### 5.4.5 個人データの管理

個人情報を管理するうえで、理想としては選好の集計、マッチング、サーバ管理のすべてのプロセスを 1 名で行うことができればよい。一方で正しい手法をとっているかのチェックや役割分担によって複数の運営者が必要となることが想定される。その場合対応表を知っている運営者を限定することで提出された希望順位を知っている運営者を限定し、個人情報が流出する可能性を最小限にできる。本研究では 2019 年度についてはマッチングの実行と対応表の管理は別の人物が行ったため、選好の集計後から実際のマッチング結果の確定までは次の手順で行った。1) 対応表 (登録キーと学籍番号) 管理者は教員側の選好と学生側

の選好をすべて取得し、それらを教員 ID と学生 ID へ変換し、マッチング担当者へ渡す。2) マッチング担当者はプログラムでマッチング結果を計算し、それを対応表管理者へ再び送る。そして 3) 対応表管理者が最後に教員名と学籍番号のマッチに変換し、学生および教員への最終的な通知を行う。この場合、サーバの管理者とマッチングの実行者は各教員ごとの学生からの希望数は分かるものの、どの学生がどの研究室に希望をだしたかは分からない。

#### 5.4.6 教員への Excel データの配布・回収

教員には Excel で選好を提出してもらった。筑波大学で授業などで使用している教員支援ツールから配布、回収した。希望登録システムを教員についても運用しなかったのは、学生名のリストをプロジェクト用のサーバで保管することに関してセキュリティリスクの判断を避けるためである。教員に渡す Excel シートは学生を入力する入力用シートと、入力結果をあとでマッチングを行うプログラムが処理できる形式に変換する統合フォーマットシートを用意して後の作業を単純化した。収集した教員側選好は対応表の管理者が管理し、マッチング実行のときには学生を学生 ID に変換した。

## 6. 運用結果と考察

表 3 は DA メカニズムの運用を開始した 2015 年度から 2019 年度までの各年度のマッチング結果を簡易的にまとめたものである\*7。表内の「第 1 希望とマッチ」は自身が第 1 希望とした研究室とマッチした学生の割合を示している。「第 2 希望とマッチ」、「第 3 希望とマッチ」も同様である。「計」は第 3 希望以内の研究室とマッチした学生の割合を示している。

どの年度においても、9 割に近い学生が第 3 希望内の研究室とマッチしていることが分かる。以下では、4 章で記述した配属メカニズムの要件について運用結果を基に簡潔に考察する。

### 6.1 集権的なシステム

2017 年度までは DA メカニズムを利用した配属へ全主

表 3 各年ごとの運用結果

Table 3 Summary of operational results by years.

	2015	2016	2017	2018	2019
参加学生数	30 名	95 名	87 名	116 名	127 名
参加研究室数*8	13 室	43 室	42 室	51 室	55 室
第 1 希望とマッチ	56.7%	66.3%	56.3%	73.3%	62.2%
第 2 希望とマッチ	26.7%	16.8%	21.8%	15.4%	19.7%
第 3 希望とマッチ	3.3%	9.5%	9.2%	4.3%	8.7%
計	86.7%	92.6%	87.4%	93.1%	90.6%

\*7 これらのデータはマッチング運営者およびその指導教員から提供を受けた。詳しくは謝辞に記す。

\*8 人事などの理由により、受け入れ定員 0 として参加した研究室も含む。

専攻の学生が参加していたわけではなかったが、2018 年度より配属対象の学生全員が参加することとなり、全員が管理者に希望を提出する集権的なシステムが実現された。この年の参加学生に対して行われた配属に関するアンケート\*9では、「研究室が決定した方法」への回答として「社会学類マッチング以前から配属が決定していた」と回答した数はゼロ（全回答数 112）であり、青田買い行動が抑制されたことが確認された。

### 6.2 耐戦略性の確保および提出情報の秘匿

2018 年度の研究室配属実施後のアンケート調査では、希望するすべての研究室を希望する順に登録したという回答が大半（106/全回答数 112）を占めており、提出する選好の順位付けにおいて学生が戦略的になることはなかったといえる。また、2019 年度研究室配属時のアンケート調査でも自分が希望する順に登録したという回答が大半（111/全回答数 116）という同様の傾向が観察された。少なくとも「正直に出すことが一番良い（耐戦略性）」という点を理解し、理論が予想するとおりに正直に申告した学生が多数であることが確認された。

上記した約 95%の学生が自分の希望順位どおりに登録したという結果は、学校選択問題での実験研究の結果とは対照的である。学校選択問題は生徒と学校の多対 1 マッチングであり、研究室配属における学生を生徒、研究室を学校に置き換えたものである\*10。以下では分かりやすさのため、生徒を学生、学校を教員として説明することにする。文献 [9] のマッチング実験では、学生側の役割となる被験者のうち平均して 36%が DA メカニズムの下でも真の希望順位と異なる順位を提出したことが報告されている。文献 [10] の実験は、学生側の役割となる被験者への情報の与え方による正直申告への影響を検証している。情報設定は a) 教員側の受入可能数のみを伝える設定、b) 教員側の受入可能数・各教員の受け入れ可能数までの選好上位の学生を伝える設定、c) 教員の受け入れ可能数・各教員の完全な選好・他の学生の完全な選好を伝える設定などである。設定ごとに割合に変動はあるが、18-33%の参加者が DA メカニズムの下で真の希望順位と異なる順位を提出している。また、教員側の受け入れ可能数のみを伝えるという最小情報の設定 a) は、b), c) の設定よりも正直選好の割合が有意に高かったことが報告されている。文献 [27] は、今回の運用環境でも用いたタイプ別の定員設定のあるマッチング実験を行った。学生側となる被験者の正直申告の割合は約 60%にとどまったこと、被験者は教員側の選好情報を考慮

\*9 以下、2018 年度、2019 年度のアンケートの結果を引用するが、これらは運営者およびその指導教員からデータの提供を受けたものである。詳しくは謝辞に記す。

\*10 正確に言えば、学校選択問題では学校側が持つ生徒への順位付けを選好ではなく優先度と呼び、学校は戦略的行動は取らないものと仮定する。

した順位を申告（自分に高い優先順位をつけている相手を上位にして申告）したことが報告されている。文献 [27] では、研究室側の選好情報が未知の設定の実験は行われていないが、もし未知であれば報告されたような虚偽申告のインセンティブは低下すると予想できる。

本研究の対象となった筑波大学社会工学類においては DA の実施以前の配属について研究が実施されていないため、DA の採用、メカニズムの理論的説明を含めた事前ガイダンスの実施、そして提出情報の秘匿によって正直な選好が促されたかどうかについてその効果を議論することはできない。ただし、耐戦略的なメカニズムがそうでないメカニズムに比べて正直申告を増加させることは理論上は自明である。また、提出情報の秘匿を徹底したことが良好な正直申告の割合につながったという推察は、参加者へ相手方の選好を秘匿することが正直選好の割合を有意に高めるという文献 [10] の結果と整合的である。

## 7. 運用上の課題と提案

今回、筑波大学社会工学類で行われた研究室配属について、いくつかの運用上の課題が見つかった。1つは学生側が提出する選好で平均希望提出数が 3-5 室にとどまっていたこと、もう 1つは教員側の選好の提出が締切を守られないことがあったことだ。

### 7.1 希望提出数について

DA メカニズムの望ましい性質の 1つである耐戦略性は、自分の希望する選好をそのまま提出することがほかの人の選好にかかわらず自分にとって最適になることを保証する。この性質から、DA マッチングのもとでは希望の高い研究室を躊躇なく上位に選ぶことができ、耐戦略性のないメカニズムと比較して、学生が本当に希望している研究室とマッチする確率を上げることが期待される。よって学生と研究室の厚生を増加させたい運営者からみて希望提出数を増加させることは 1つの目標となる。しかしながら、学生にとって選好を提出するための費用が存在し、かつその費用を研究室側が設定できる状況では、希望提出数が十分でない、また提出された希望が事後的な（本当の）希望と異なる可能性がある。

本研究の対象である研究室配属では学生は教員に面接を受けて承諾を得たのちにその中から希望順位を提出する、教員側は各々の裁量で面接の手順を設定し、面接を受けに来た学生のリストから希望する学生を選んで希望順位を提出するという手続きで行われた。ここでの学生意思決定は以下のように考えられる。まず、研究室への選好が完全には分からない状態でどの研究室の面接を受けるか決定する。ただし、面接を受けるときにはコスト（以下面接コスト）を支払う必要がある。面接コストは、各教員の面接方法の設定に任されている。以上のことから、面接コストが

高いときには希望提出数が減ってしまうのはもちろんのこと、面接コストが研究室ごとに不均一であれば、学生は特定の研究室を避ける可能性がある。さらに研究室側が意図して面接コストを調整できるため、あえて面接コストを増加させて学生の希望を制限するといった戦略を研究室側がとることもできる。

こうした応用上の状況では、1) 各参加者が（事前に確定した）選好を持っている、2) 選好を提出するうえでコストが存在しないというマッチングの前提条件が満たされていない可能性があり、事後的な希望から提出された希望が乖離しているかもしれない。この点は、耐戦略性を持つメカニズムを導入するメリットである正直選好とそれに基づく効率性を損なう原因となる。一方で、研究室が面接を配属の条件とすることは参加者の情報収集と合意のために必要であり、研究室配属マッチングにおける実際の事例でも同様のケースが少なくないと考えられる。

面接コストないしその不均一を部分的に解消する方法としては、研究室の面接を受けるための必要条件を共通化することがあげられる。たとえば研究室 A ではその研究室の教授が受け持つクラスの後に面接を行っていて、研究室 B では個別にメールでアポイントメントをとる必要があり、研究室 C では指定された日時に集合するというように面接を受けるための条件が個別に決まっている場合、学生にとって複数の研究室の面接を受けにくいかもしれない。このとき、面接の受付としてメールでの事前アポイントメントはどの研究室も可能とする、面接可能時間のリストを事前に公表するといった方針により、学生にとってはアポイントメントの方法などが明瞭になり、スケジュールを立てやすいと考えられる。ただし、研究室側の裁量を制限してしまうというトレードオフが発生するため、運用前の事前合意が重要になる。

### 7.2 提出締め切りについて

締め切りを過ぎてから選好の提出がある場合、マッチング結果の再計算や再通知を行う、さらにはもともとマッチしていた学生がマッチしなくなってしまうなどの問題が生じるため、締切を順守してもらうことは重要である。期日を守ってもらう 1つの解決策としては希望を提出しない研究室の選好を希望なしにするように決めておく方法が考えられる。実際に就職などのマッチングでは希望を提出しない限りマッチすることはないためマッチしたい応募者にとって締切を守るインセンティブが存在する。しかし大学の研究室配属マッチングは学生の厚生のために少しでもマッチする学生を増やしたいという運営者側の要求があるため、この施策は現実的ではない。また、本研究で行った研究室配属の過去のケースとして、人事異動が予定されている教員が学生をまったくとるつもりがないものの、異動自体を秘密にしなければならない理由からマッチングの参

加自体は行う場合があった。そうした研究室の選好は希望者なしとなるため、そもそも希望を提出するインセンティブはない。ほかにも、研究室のうちいくつかは、本当は学生をとりたいたわけではないが、マッチできない学生が多いことは問題があるという事情から、ある程度好みではなくても受け入れを行っているかもしれない。この場合も提出がない場合に希望者をなしにするという方策は役に立たない。以上の問題をまとめると、希望者のいない場合や自主的には希望者を募集していない場合には、研究室側の選好の提出は義務的な作業であり、そのため期日までに選好を提出するという意識が低くなってしまおうと考えられる。

2つめの課題の単純な解決策は、運営者が、締切をすべての選好を収集完了したい予定期日（運営者にとっての締切）より前に設定することだ。文献 [28] は仕事の先延ばし現象を、意思決定者が持つ選好の時間変化の予測が不完全であることから説明している。完全に合理的ではない意思決定者は締め切りまでの自分の行動が予想よりも遅れてしまうことを十分に把握していない。そのため文献 [29] は締め切りの早期化を有効策として議論している。締切を猶予を持って設定することは、仕事を遅延させてしまう自分の傾向を正しく予測できないという人間の性質からみて必要な介入となるためだ。文献 [30] は大学のクラスにおいて12週間の長期のコース中に3つのレポートを提出させるときに、課題の締め切りを最終講義までに設定したグループと中間締切を設けて段階的にレポートを提出させたグループ、そして自主的な締切を紙にかいて提出させたグループを比較し、中間締切を設定したグループにおいて最終的な提出率が最も高い（続いて自主的な締切を設定させたグループ）ことを報告している。

文献 [30] では課題の提出あとの成績評価が参加者にとっての報酬になっており、本研究では研究室の選好の提出について報酬がない場合もあるため厳密には状況が異なっているものの、提出期限の設定について、1) 提出締め切り、2) 予備の締め切りなどの段階的な締切として通知する、もしくは1番目の締め切りのみを通知して早期化することが、選好の収集の最終締め切りまでの提出率を高めるために有効と考えられる。ただし研究室配属マッチングにおいては、希望の提出締切が遅いほど面接期間を長くできるトレードオフが存在するため必要以上に締め切りを早めることはできない。

## 8. おわりに

本研究では、筑波大学社会工学類の研究室配属に応用した配属システムを紹介した。研究室配属のシステム化は、選好の収集やマッチングの計算のための管理コストの削減が期待される一方で導入コストや運用の維持が問題となる。そこで本研究ではoTree [3] をベースとしたシステムを構築した。システムはオープンソースソフトウェアをベースと

しており、自由に利活用してもらえよう、マニュアルも含めすべて公開されている。マニュアルに沿ってシステムの選好順位の最大登録数、マッチングアルゴリズム (DA/修正版 DA)、選好収集方法 (Web/Excel) を設定でき、特別な知識を必要とすることなく個別組織に対応できるように工夫している。筑波大学社会工学類での運用成果から、DA メカニズムの採用と匿名性への配慮が、学生の戦略的な行動決定などの負担を小さくし、高い希望順位のマッチを実現することが示唆される。システムに要求される匿名性を満たしながら、比較的低コストでのシステム構築を可能とする本システムの応用範囲は広いと期待され、タイプ付きマッチングにより専攻やコースごとに定員を設定したいなどの需要にも対応できる。本研究では研究室配属マッチングで実際に運用したことで見えた課題を報告したが、マッチング問題は研究室配属だけでなく保育園の割当てや企業と学生間のマッチング、進学振り分けといった多くの応用が可能である。本研究が今後の幅広い配属現場でのシステムの設計に活かされれば幸いである。

謝辞 栗野盛光氏より2015年度・2016年度・2017年度の配属に関する論文の共有をいただいた。大串知裕氏、石田舞氏より2018年度・2019年度の配属に関する結果をご提供いただいた。これらの論文は学士学位卒業論文として社会工学commonsセンターにおいて梗概集の冊子体のみを保管しており、閲覧可能である。山崎夏希氏には修士論文のプログラムの一部を参考とさせていただいた。各年で担当・協力してくださった当時の学生や教職員の方々には、この場を借りて深く感謝いたします。

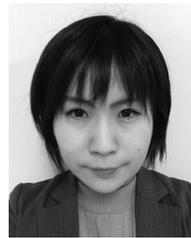
## 参考文献

- [1] Gale, D. and Shapley, L.S.: College Admissions and the Stability of Marriage, *The American Mathematical Monthly*, Vol.69, No.1, pp.9–15 (1962).
- [2] 橋本直幸, 後藤誠大, 上田 俊, 岩崎 敦, 安田洋祐, 横尾真: 地域制約の下での戦略的操作不可能なマッチングメカニズム, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J97-D, No.8, pp.1336–1346 (2014).
- [3] Chen, D.L., Schonger, M. and Wickers, C.: oTree-An open-source platform for laboratory, online, and field experiments, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol.9, pp.88–97 (2016).
- [4] 栗野盛光: ゲーム理論とマッチング, 日本経済新聞出版社 (2019).
- [5] Roth, A.E.: The Evolution of the Labor Market for Medical Interns and Residents: A Case Study in Game Theory, *Journal of Political Economy*, Vol.92, pp.991–1016 (1984).
- [6] 佐々木宏夫: マッチング問題とその応用: 大学入学者選抜の事例研究, 日本オペレーションズリサーチ学会第51回シンポジウム『ゲーム理論と離散数学の出会い』予稿集, pp.25–43 (2004).
- [7] Roth, A.E.: The economics of matching: Stability and incentives, *Mathematics of Operations Research*, Vol.7, No.4, pp.617–628 (1982).
- [8] Dubins, L.E. and Freedman, D.A.: Machiavelli and the

- Gale-Shapley algorithm, *The American Mathematical Monthly*, Vol.88, No.7, pp.485–494 (1981).
- [9] Chen, Y. and Sönmez, T.: School choice: An experimental study, *Journal of Economic Theory*, Vol.127, No.1, pp.202–231 (2006).
- [10] Pais, J. and Pintér, Á.: School choice and information: An experimental study on matching mechanisms, *Games and Economic Behavior*, Vol.64, No.1, pp.303–328 (2008).
- [11] 飯田勝吉, 新里卓史, 伊東利哉, 渡辺 治: キャンパス共通認証認可システムの構築と運用, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.92, No.10, pp.1554–1565 (2009).
- [12] 松平拓也, 笠原禎也, 高田良宏, 東 昭孝, 二木 恵, 森祥寛: 大学における Shibboleth を利用した統合認証基盤の構築, 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.2, pp.703–713 (2011).
- [13] 島田恭宏, 島田英之, 大倉 充, 小畑正貴, 南原英生: 学生配属支援システムの開発と運用—選好プロセスの開示とその効果, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.98, No.4, pp.719–723 (2015).
- [14] 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コンピュータと教育 (CE), Vol.2005, No.104 (2005-CE-081), pp.1–6 (2005).
- [15] 奥居 哲, 柴田祥一, 岡田 稔, 川島 信: 安定結婚アルゴリズムに基づく卒業研究配属の事例研究, 情報処理学会研究報告アルゴリズム (AL), Vol.2003, No.92 (2003-AL-091), pp.67–72 (2003).
- [16] Roth, A.E.: The origins, history, and design of the resident match, *Jama*, Vol.289, No.7, pp.909–912 (2003).
- [17] Roth, A.E. and Peranson, E.: The redesign of the matching market for American physicians: Some engineering aspects of economic design, *American Economic Review*, Vol.89, No.4, pp.748–780 (1999).
- [18] Fischbacher, U.: z-Tree: Zurich toolbox for ready-made economic experiments, *Experimental Economics*, Vol.10, No.2, pp.171–178 (2007).
- [19] Duch, M., Grossmann, M.R. and Lauer, T.: z-Tree unleashed: A novel client-integrating architecture for conducting z-Tree experiments over the Internet, *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, Vol.28 (2020).
- [20] 澤 亮治, 安東弘泰, 阿武秀和, 島田夏美, 吉田真聖人: 配属マッチングシステムの運営に関するデータ作成および公開, 筑波大学社工コモンズ (2019), 入手先 (<https://commons.sk.tsukuba.ac.jp/data>).
- [21] Roth, A.E. and Xing, X.: Jumping the gun: Imperfections and institutions related to the timing of market transactions, *The American Economic Review*, pp.992–1044 (1994).
- [22] Kagel, J.H. and Roth, A.E.: The Dynamics of Reorganization in Matching Markets: A Laboratory Experiment Motivated by a Natural Experiment, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol.115, No.1, pp.201–235 (2000).
- [23] Hakimov, R. and Kübler, D.: Experiments on centralized school choice and college admissions: A survey, *Experimental Economics*, pp.1–55 (2020).
- [24] Roth, A.E.: A Natural Experiment in the Organization of Entry-Level Labor Markets: Regional Markets for New Physicians and Surgeons in the United Kingdom, *The American Economic Review*, Vol.81, No.3, pp.415–440 (1991).
- [25] Abdulkadiroğlu, A. and Sönmez, T.: School choice: A mechanism design approach, *American Economic Review*, Vol.93, No.3, pp.729–747 (2003).
- [26] oTree documentation (2020), available from

(<https://otree.readthedocs.io/en/latest/>).

- [27] Kawagoe, T., Matsubae, T. and Takizawa, H.: The Skipping-down strategy and stability in school choice problems with affirmative action: Theory and experiment, *Games and Economic Behavior*, Vol.109, pp.212–239 (2018).
- [28] O’Donoghue, T. and Rabin, M.: Doing it now or later, *American Economic Review*, Vol.89, No.1, pp.103–124 (1999).
- [29] O’Donoghue, T. and Rabin, M.: Incentives and self-control, *Econometric Society Monographs*, Vol.42, pp.215–245 (2006).
- [30] Ariely, D. and Wertenbroch, K.: Procrastination, deadlines, and performance: Self-control by precommitment, *Psychological Science*, Vol.13, No.3, pp.219–224 (2002).



島田 夏美 (学生会員)

筑波大学大学院システム情報工学研究科博士課程。大阪大学社会経済研究所助教。制度設計に興味を持ち、経済実験やマッチングに関する研究に従事。



吉田 真聖人

2020年筑波大学大学院システム情報工学研究科社会学専攻卒業。現在、同大学院博士後期課程。行動経済学および習慣の形成に関する研究に従事。



澤 亮治 (正会員)

1998年慶應義塾大学理工学部電気工学科卒業。2012年Wisconsin州立大学Madison校経済学博士課程修了、経済学博士。会津大学コンピュータ理工学部文化研究センター准教授を経て、2016年より筑波大学システム情報系社会工学域准教授。ゲーム理論、社会学習理論に関する研究に従事。