

市場計算を用いた授業担当者の割当て手法の検討

杉浦 由季[†] 鈴木 麗璽[†] 有田 隆也[†]

[†]名古屋大学大学院情報科学研究科

1. はじめに

大学や学校等における授業担当者の割当ては複雑な問題である。このようなスケジューリング問題に対し、従来は担当者の客観的な能力や制約を人手や数学的手法を用いて評価し、割当てを決定する場合が一般的である。しかし、担当者の主体的な意見や希望を割当てに反映することが難しい点、人やシステムが担当者の情報を集めなければいけない点が問題として挙げられる。

昨今、資源配分問題に対し、市場計算を用いた手法が試みられている[3]。これは市場における需要と供給の均衡を用いた手法で、資源を割当てられる側が市場参加者、資源を市場で流通する財として、市場参加者同士の資源取引によって資源配分を行う。

本研究では、専用の仮想市場に流通する授業を教員が仮想貨幣（以下マネー）を用いて取引する割当て手法を提案する。本手法により、市場原理による価格調整に基づく公平な割当て、教員自身の取引による意見や希望の反映や結果に対する納得感の向上を期待できる。

2. 設計指針

ある学期に開講される複数の授業に対し、各教員が一定数の授業を担当する際、市場原理を用いて教員と授業を割当てする仕組みを提案する。仮想市場には各授業が出品され、オークション形式で取引される。各教員は最初に一定量の仮想貨幣（以下マネー）が与えられ、好みに合わせて担当したい授業を入札し、最高額を付けた教員が落札者となり、授業を担当する。

取引においては、授業の需要（人気）と供給（授業数）のバランスで適切な価格が決まる市場原理により、人気授業ほど高く、不人気な授業は低い価格で落札される。各自のマネー所持額が限られているため、好みで人気のある授業を高額で落札するほど、後に望みの授業を落札しにくくなる。この意味で、担当割当てが教員間で公平化される事が期待できる。

さらに、満足度の均一化のため、今学期の授業割当てに対する各教員の満足度を推定し、次期の取引の冒頭で与えられるマネーの支給額に反映させる仕組みを導入する。また、学生による今期の授業に対する評価を次学期の取引においても落札に必要な金額に影響させることで、学生評価の評価を割当てに反映させる仕組みも導入する。

3. 提案システムと教員および学生のモデル化

N 人の教員にそれぞれ $O (=M/N)$ の授業を割当てするための市場計算システムと、その評価のために教員と学生をモデル化したエージェントを設計した。またシステムの実行は初期設定、取引、学生評価、マネー再配分の順に行い、取引からマネー再配分までを1学期として定め、繰り返す。更に、取引において落札・入札行動が全

教員で一巡する過程をターンと呼び、ターン数を割当て完了にかかる時間の指標とする。

3.1 教員・学生エージェント

各教員エージェント i ($i=0, 1, \dots, N-1$) は、マネー im 、各授業 j ($j=0, 1, \dots, M-1$) に対する好感度 $L_{j,i}$ と、担当したい授業のリストである授業計画を持つ。 $L_{j,i}$ は正規乱数で生成し、各教員について全授業の合計が1になるよう正規化したものである。各学期の初期の授業計画は $L_{j,i}$ の高い順に指定の担当授業数 $O (=M/N)$ だけ選んだものとする。

一方、学生エージェントは授業 j 毎に授業評価値 C_j を持つ。 C_j は、一度も評価をしていない、又は授業 j の担当教員が前回と変わった場合に正規乱数を1から5の5段階に正規化し、1を最低、5を最大とする。それ以外の場合は前回と同じ評価値を引継ぐ。

3.2 市場取引

市場では、各教員が順に次の手順で、市場が出品した授業（入札額=0）に入札または落札することを、すべての教員の担当授業数が0になるまで繰り返す。具体的には、自身 i の授業計画中の各授業 j に関して次の手続きを行う。授業 j の落札権が自分ならばその時点の入札額を市場に支払い授業を落札し手続きを終了する。未入札ならば入札額 (=0) で入札し終了する。落札権が他の教員ならば授業 j に対する限界入札額 $FM_j (=m * L_{j,i})$ が入札可能、つまり、現在の入札額 nP_j に入札単位 b を加えた額 $(nP_j + b)$ 以上であれば、その額で落札権を得る。それ以外の場合は、授業 j を授業計画外で好感度が最大でかつ入札可能な授業と交換し、入札する。

割当て後、教員エージェント i は割当てに対する満足度 S_i を $S_i = S_i^{\text{割}} / S_i^{\text{初}}$ (割当て授業の好感度平均値) / (初期計画授業の好感度平均値) で計算する。 S_i の最大値は1である。

3.3 評価の反映

教員が前学期に担当した授業に入札を行う場合、その評価が良ければ入札に必要な金額を相対的に低く、評価が悪ければ高くする仕組みを導入した。この場合、相対価格 rP_j を、授業評価に基づく重みを W_C として $rP_j = W_C * nP_j$ として定義し、 rP_j を入札可能価格として用いる。

3.4 教員の満足度に基づく公平性の確保

本来教員が内面に持つ授業に対する好感度を推定好感度 eL とし、入札履歴から式 (1) を用いて求める。そして割当て結果に対する推定の満足感 eS を $eS = eS^{\text{割}} / eS^{\text{初}}$ (割当て授業の eL 平均値) / (初期計画授業の eL 平均値) で求める。 eS に基づき、式 (2) を用いて教員毎の DM を決定する。式 (1) の E は入札した授業の数、 nE は授業に入札した順番とし、 T を重み付けの定数とする。式 (2) の sM は市場に支払われたマネーの総数、 eS は教員の満足度の推定値とする。 K は割当て格差に対する重みづけの定数である。

$$eL = \frac{(E-nE)^T}{E^T} \quad (1) \quad DM = \frac{sM}{(eS)^K \cdot \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{1}{eS(n)}\right)} \quad (2)$$

Study on allocation of teaching staff using market mechanisms

[†]Yoshiki Sugiura, [†]Reiji Suzuki and [†]Takaya Arita

Graduate School of Information Science, Nagoya University([†])

4. 評価実験

4.1 割当て完了までの挙動

教員間で入札単位 b の値を異なる設定にして実験を行い、各ターンでの入札と落札の合計回数（取引数）をグラフ化したものを図 4.1 に示した。x 軸がターン、y 軸が取引数である。評価実験のパラメータは教員数 $N=50$ 、授業数 $M=150$ ($O=N/M=3$)、試行回数 1000、とし、1 学期を独立して行った。値は各設定での全試行平均である。グラフよりターンが進む毎に取引数が減少し、その速さは b が大きいほど大きいことが分かる。実際に教員で割当てを行う場合は b が任意な為、割当て完了時間は教員に委ねられる。

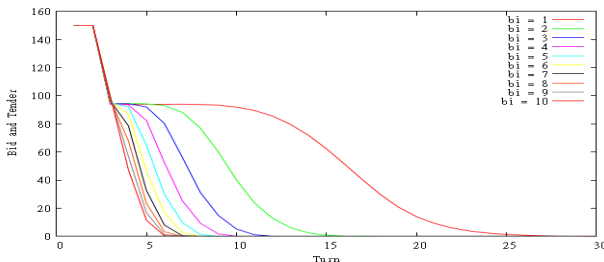


図 4.1 割当て完了までのターン数と取引数

4.2 取引マネー配分量と満足度の推移

3.4 で示した設計指針を検証する為、4 学期を連続的に試し、ある教員 i の満足度 S_i とマネーの再配分量 DM_i の推移を図 4.2, 4.3 に示す。パラメータは $N=50$ 、 $M=150$ ($O=N/M=3$)、 $b=1$ とする。x 軸は学期数、y 軸左は S_i 、y 軸右は DM_i を示す。両者とも赤が S_i 、緑が DM_i を示す。図 4.2 より、 DM_i が均等配分の場合は S_i に関係なく DM_i の値が一定なのに対し、図 4.3 より S_i に応じた配分の場合は S_i が増加傾向ならば DM_i は減少傾向、 S_i が減少傾向ならば DM_i は増加傾向となり、満足感が低いと推定された場合に次の学期で有利となるよう、 DM_i が多めに配分されている様子が分かる。

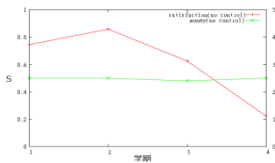


図 4.2 均等配分

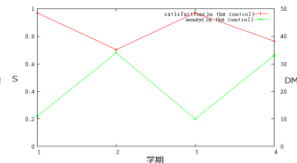


図 4.3 S_i に応じた配分

4.3 重み T , K と満足度の格差

3.4 で示した重み定数 T , K の値と、教員の満足度の格差について考察する。評価実験は 4 学期を連続的にやり、教員 i の満足度 S_i の平均値の分散を評価指標とする。パラメータは $N=50$ 、 $M=150$ ($O=N/M=3$)、試行回数 1000、 $b=1$ とした。図 4.4 の x 軸は K 、y 軸は 4 学期における S_i 平均値の分散である。グラフよりどの T の設定においても適当な K を選べば格差を同程度に減少させられることがわかった。

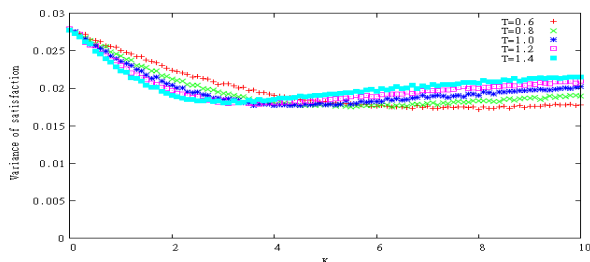


図 4.4 各 T と K の設定における満足度の分散

4.4 学生満足度の反映

3.3 で示した、学生評価を割当てに反映する仕組みについて検証する為、連続的に 8 学期割当てを行い、教員 i の満足度 S_i と学生の授業 j に対する評価 C_j の変化を考察する。 C_j に基づく重み W_c は $C=1$ の時 0.5、 $C=2$ の時 0.75、 $C=3$ で 1.0、 $C=4$ で 1.5、 $C=5$ で 2.0 とした。図 4.5 は結果のグラフである。赤は S_i 、緑は C を示す。x 軸は学期数、y 軸左は S_i の値、y 軸右は C の値である。パラメータは 4.3 と同様である。グラフより学期が進むにつれ C が上昇傾向にあることが分かる。これは W_c の効果であると考えられる。 S_i に注目すると、1, 2 学期の間で僅かに減少しているが、その後はほぼ平衡状態であり、 W_c による S_i への影響は大きくないと考察した。

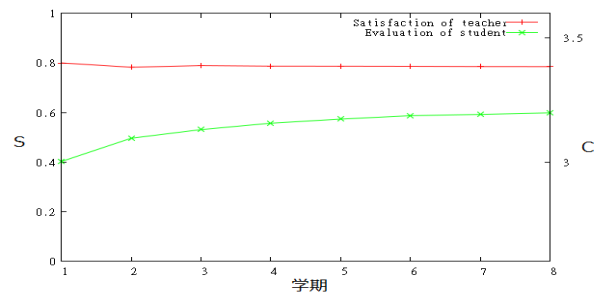


図 4.5 教員満足度と学生満足度

5. おわりに

本研究では、当事者主導の割当て手法として、教員が実際に仮想市場を使って授業の割当てを決定する手法を提案し、教員と学生のエージェントを用いて評価実験を行った。結果、提案手法により割当てが決定するまでの過程を確認することができた。また、仮想貨幣支給額の制御によって満足度の格差を減少させる仕組みについて有効性を示すことができた。さらに、学生の授業評価を割当てに反映させる仕組みについても有効性を示すことができた。

現在、専門性なども考慮に入れたより現実的な教員モデルでの検証を検討中である。また、発展として他の組織におけるスケジューリング問題に対しても同様の手法を用いることができないか検討をしたい。

参考文献

- [1] V. Alfi, M. Cristelli, L. Pietronero and A. Zaccaria. “Minimal agent based model for financial markets 1”, Eur. Phys. J. B, 67, 385-397 (2009).
- [2] 兼平大輔, 川村秀憲, 車谷浩一, 和泉潔, 大内東. “学習エージェントを導入した人工市場における均衡価格の検証”. 電子情報通信学会, TECHNICAL REPORT OF IEICE, AI2002-41 (2003).
- [3] 水田秀行. “エージェントが行うマーケットシミュレーション: コンピュータでバブルの発生を見よう”, 情報処理学会, Vol. 40, No. 10, pp. 1022-1027 (1999).
- [4] 和泉潔, 上田一博. “人工市場入門”, 情報処理学会研究報告, 2000-ICS-119, pp. 1-8 (2000).