

## 相互マッチング問題のシミュレーション

日大生産工 (学部)    ○峯 健佑  
日大生産工                    柴 直樹

### 1 序論

マッチング問題に結婚相手探索問題<sup>1)</sup>というものがある。これは結婚に際して最も価値の高い相手を見つけるには、どうすればいいのかという問題である。この問題は双方向探索問題、つまり双方にとって最適な相手をマッチングさせることが望まれる。

この問題をマルチエージェントシミュレーションによって分析するものとして、Toddらによる対称な相互マッチング問題のモデルがある。著者の一人である柴はToddのモデルを非対称な状況に拡張し、対称なマッチング問題において有効とされたルールが、非対称な状況で有効ではないことを示した<sup>2)</sup>。

柴が作成したモデルは、企業と就職活動生の間の非対称な相互マッチング問題を想定している。企業は価値の高い学生を獲得したい、学生は自らの価値を学習しながら、価値に見合った企業に就職したいというのである。筆者らは既存のモデルに修正を加え、そこから学生の価値についてより複雑な条件を設けた。さらに2015年から就職活動の開始日時が遅れる事を考慮し、学習期間をさらに短くした実験を行い、就職率の比較を行う。

### 2 モデル

$E$  を  $M$  個の企業からなる集合、 $S$  を  $N$  人の学生からなる集合とする。ここで、 $M < N$  とする。 $E$ 、 $S$  の要素をエージェントと呼ぶ。各エージェント  $i \in \{1, 2, \dots, M+N\}$  は、それぞれ価値  $v_i$  と、マッチング相手の価値に関する希求水準  $a_i$  をもつ。 $v_i$  は、各エージェント  $i$  がそれぞれが固有の値を持ち、学習期間を通じて変化しない。 $a_i$  は、下記に示す学習ルールにしたがって、探索期間中に変化する。以下では  $v_i \in [0, 100]$  とする。企業エージェントの価値は、学生側から見たその企業の就職先としての価値であり、学生エージェントの価値は、企業から見た学生の価値を表す。企業エージェントは、

それぞれ属性として採用予定人数を持っている。簡単化のため、各企業のエージェントの採用予定人数は同一であると、 $L$  で表わすことにする。さらに、

$$ML = N$$

を仮定し、採用枠の総数と学生数は同一であるとする。

企業エージェント側は、応募してくる学生と面接し、採用するか否かの返答をする。いったん不採用とした学生は、仮に採用枠に空きがあっても、もう採用できない。学生側も、一度不採用通知を受けた企業へは応募できない。

学生側に学習期間を持たせる。この期間には、希求水準を学習するために、学生と企業が、情報交換（面接）をする。この期間中は、あらかじめ定められた学習ルールにしたがって希求水準の更新を行うが、実際にマッチングは行われない。

次にマッチング期間を設ける。実際にマッチングを行なう期間である。上記の学習期間に学習した希求水準を元に企業と面接を行う。希求水準を上回る価値をもつ企業から内定を貰えればマッチングが成功する。すべての学生が企業とマッチングを試みた結果、マッチングに成功しない学生は、マッチング失敗となる。すべての学生が、マッチングに成功するか失敗すればマッチング期間は終了となる。

各企業エージェント  $i \in \{1, 2, \dots, M\}$  は、過去の採用活動を通じて、学生にとっての自社の価値  $v_i$  を十分に学習しており、しかも採用枠を十分に埋められるように希求水準  $a_i$  を価値  $v_i$  よりも低めに設定して、学生を採用すると考え、下記で示すMateValue-5ルールに従って、学生の探索を行うものとする。一方で、学生側は自分の価値を必ずしも正確には知らない。探索ルールでは下記に示すAdjust Relative / 2ルールによって学習を行う。

A Simulation of Two-Sided Matching Problem  
Kensuke MINE      and      Naoki SHIBA

## 2. 1 学習ルール

先行研究結果から企業はMateValue-5ルール、学生はAdjust Relative/2ルールが非対称によるマッチングにおいて有効とされていたため本研究でも以上のルールで実験を行っている。

MateValue-5 ルール：学習期間を通じて

$$a_i = v_i - 5$$

とし、変化しない。エージェントが自分の価値を知っており、相手に高望みをしないというルールである。このルールの前提には、希求水準の設定に際しては、自分の価値をあらかじめ正確に知ることができるという前提がある。しかし、学生側では自分の価値を事前に正確に知ることが難しい。

Adjust Relative/2 ルール：相手の価値と自分の価値（正確には自分の希求水準）との間の関係で決める。学生 $i \in S$  と企業 $j \in E$  とする。

$$a_i = \begin{cases} a_i + \Delta & (v_i \geq a_j \text{ かつ } v_j \geq a_i \text{ のとき}) \\ a_i - \Delta & (v_i \leq a_j \text{ かつ } v_j \leq a_i \text{ のとき}) \\ a_i & (\text{それら以外 のとき}) \end{cases}$$

ここで、

$$\Delta = |v_j - a_i|/2$$

である。すなわち、自分の希求水準と相手の価値との差を縮めるよう調節する。学習開始時の $a_i$ の初期値は50とする。

## 2. 2 学習ルールの評価基準

Toddは、学習ルールとして望まれるのは、次を満たすようなものであるとしている<sup>1)</sup>。

- 1.なるべく多くのマッチングを生み出すこと、つまりマッチングに成功したペアの総数が大きいこと。
- 2.マッチングに成功するエージェントの価値が、高い値や低い値に偏らないこと。つまりマッチングに成功したエージェントの価値の平均値が中間値50に近いこと。
- 3.マッチングに成功するペアの間で価値の差があまり大きくならないこと、つまりマッチングに成功したペアの価値の差の平均値が小さいこと。

これらの基準のもとで、Adjust Relative/2ルールが最も望ましいルールであることを、シミュレーションにより結論付けている<sup>1)</sup>。

本論でもこの3つの指標を用いてマッチングの効果を評価する。

## 3 実験方法

シミュレーターはNetLogoを使用した<sup>4)</sup>。NetLogoはフリーのソフトでエージェント型プログラミング言語および統合開発環境である。

設定の初期値として、企業数  $M = 100$ 、学生数  $N = 1000$ 、各企業の採用枠数  $L = 10$  とし、学生の希求水準 $a_i$ を中間値である50に設定した。

学習期間の変動が及ぼす影響が、学生の価値にどのように関係するかを調べるため、学生を2つの集合に分ける。一方の集合は就職活動時間が始まったと同時に学習を開始させる。他方の集合については少し遅れて就職活動を開始させる。2つの集合の学生の価値は、表1にあるような平均、分散をもつ正規分布に従う価値を初期値に与え、学習を開始させる。

表1 各集合の特性

	価値の高い集合	価値の低い集合
平均	60	40
分散	10	10

考えられるパターンをいくつか用意し、前節で述べた3つの基準がどのように変化するかを考察する。以下価値の高い学生の集合をA、価値の低い学生の集合をBとする。

パターン1:AとBの学習期間を同時にスタートさせる。

パターン2:Aの学習期間をスタートさせ、しばらく経った後からBをスタートさせる。

パターン3:Bの学習期間をスタートさせ、しばらく経った後からAをスタートさせる。

表2は上記にあるパターン1~3に当てはめ実行した際の学習期間の設定値を示している。ここでの学習期間の値は、学習期間中に面接する企業の全企業数 ( $M = 100$ ) 中の割合を示す。設定I、設定II、設定IIIはAとBを同時にスタートさせ、学習期間を37%、20%、10%

に設定したものである。設定ⅣではAとBの学習期間をそれぞれ20%、10%に設定したものである。設定ⅤではAとBの学習期間をそれぞれ10%、20%に設定したものである。

いずれの設定でも乱数のシードを変えて10回シミュレーションを行い、指標値の平均を求めた。

表2 設定の各パターン学習期間

	パターン1			パターン2	パターン3
設定	I	II	III	IV	V
A/B	37%	20%	10%	20%/10%	10%/20%

以上の結果を図1から図4に示す。4つのグラフはそれぞれマッチング終了時の以下の値を示している。

1. マッチング（就職先獲得）に成功した2つの集合の学生エージェントそれぞれの総数（図1）
2. 図1における価値の低い集合（B）のみを表示した総数（図2）
3. マッチングに成功した2つの集合の学生エージェントの価値の平均値（図3）
4. マッチングに成功した2つの集合の学生エージェントの価値と、就職先企業のエージェントの価値と差の平均値（図4）

#### 4 実験結果

学習期間の短縮は学生にとってどのような効果をもたらすのかを、図1の設定Ⅰから設定Ⅲの内定数の変化を見ると集合Aは、大きく減少してはいない。しかし、図2の集合Bについては設定Ⅰの内定数と設定Ⅲの内定数ではおおよそ10人近く差がついている。

図1の集合Aの設定Ⅱと設定Ⅳ、設定Ⅴの内定数では差が見受けられないが、図2の集合Bの設定Ⅱと設定Ⅳ、設定Ⅴでは内定数が設定Ⅳ>設定Ⅱ>設定Ⅴとなっているのがわかる。設定Ⅳは集合Aの学習期間を20%、集合Bの学習期間を10%に設定してある。次に図4の集合Aの設定Ⅲと設定Ⅴの差の平均が著しく大きくなっている。設定Ⅲは集合A、集合Bともに学習期間を10%に設定してある。設定Ⅴは集合Aの学習期間を10%、集合Bの学習期間を20%に設定してある。

以上のことから、集合B（価値の低い集合）に対しての企業セミナーに類するサポートを行い、集合Aが十分に学習できない場合。集

合Aの内定数は差し当たっての影響は見受けられないが、差の平均は大きくなる。これは価値の高い学生が自らの価値を低く見積もり、価値の低い企業に就職していることが原因である。結果、価値の低い学生が就職できる枠を価値の高い学生が埋めてしまうので、かえって集合Bにとって望ましくない結果となる。さらに価値の低い学生の学習期間が短くなることにより、自らの価値を高く見積もり就職が決まらなくなっている。

価値の平均（図3）については顕著な変化が見受けられなかった。

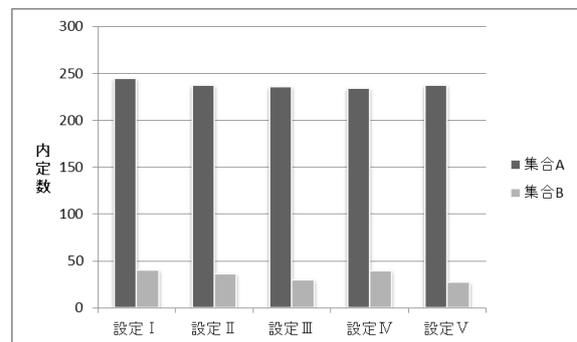


図1 内定者の変化

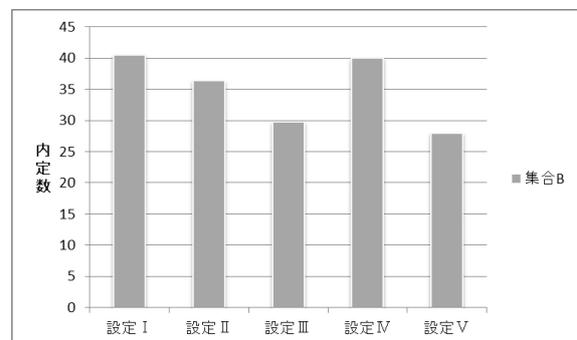


図2 集合Bの各設定における内定数

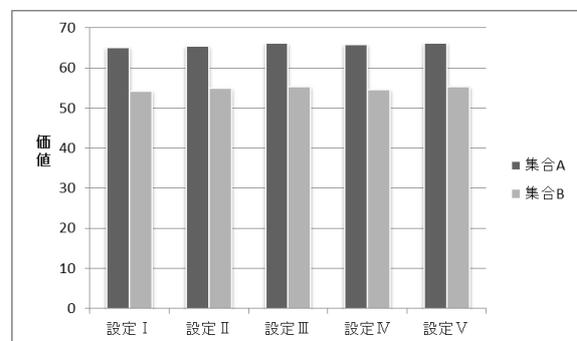


図3 価値の平均および分散

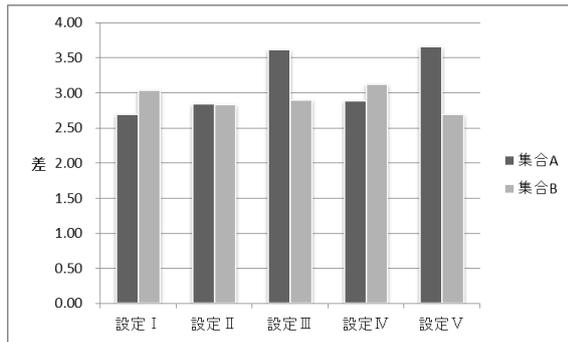


図 4 内定者の差の平均

## 5 考察

今回のシミュレーションでは、企業側は自らの価値を知った上で実際の価値よりも低く設定しモデル化している。学生の希求水準の初期値は中間値の50に設定しモデル化している。学習期間の短縮や2つの集合を作りいくつかのパターンを考えシミュレーションを行った結果、十分に学習が進まず自分の価値を高く見積もり就職できない学生や、自分の価値を低く見積もりミスマッチが起こった状態で就職してしまっている。このことから2015年度から就職開始時期が遅れることにより、学生の学習期間短縮にこのような現象が起こる可能性がある。

今後の課題として、現在のシミュレーションでは内定が出た時点で企業に就職するという設定になっている。より現実に近い形のシミュレーションを想定するため、内々定システムの導入を検討している。ある一定の時間が経つまで面接を繰り返し、終了した時点で最も価値の高い企業に就職するといったシミュレーションの実装を行っていきたい。

### 「参考文献」

- 1) Todd, Peter M. , Geoffrey F. Miller, "From pride and prejudice to persuasion", in Gerd Gigerenzer, Peter M. Todd and the ABC Research Group, Simple heuristics that makes us smart, Oxford University Press, New York, 1999
- 2) SHIBA Naoki. "Analysis of Asymmetric Two-Sided Matching : Agent-Based Simulation with Theorem-Proof Approach" Journal of

Artificial Societies and Social Simulation[<http://jasss.soc.surrey.ac.uk/16/3/11.html>], 2014

- 3) 柴 直樹 劉 康 “非対称な相互マッチング問題のシミュレーション”, 経営情報学会 2006 年春季全国研究発表大会予稿集, pp. 416-419, 2006
- 4) NetLogo ホームページ [<https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>] (最終アクセス日 2014.10.29)