

卒 業 論 文

Multi-Agent Simulation を用いた 労働市場のモデリング

平成 28 年 4 月進学

経営学科

07-161069

津島 亮太

目次

1. はじめに.....	3
2. MAS での労働市場のモデル化.....	3
2.1. 空間とエージェントと外部変数の定義	4
2.2. エージェントのルール	6
2.3. 出力	11
3. 結果と考察 I	12
3.1. マッチング率について	12
3.2. 平均賃金について	14
3.3. 平均留保賃金について	15
3.4. 労働市場の分居について	16
4. 結果と考察 II	17
4.1. エージェント数を減らす	18
4.2. エージェントの比率を変える	19
4.3. 視野の範囲 view を小さくする	20
5. 総括と課題	22

1. はじめに

私は就職活動を通じて、労働市場における労働者と雇用主のマッチングについて興味を抱いた。特に、各労働者が職を探す、各雇用主がオファーを出す、といったミクロの行動を単純なルールの下で行ったとき、マッチング率や賃金体系といった労働市場全体にどのようなマクロな影響を及ぼすのかを明らかにしたいと考えた。

これまで、数理的手法によるシミュレーション分析は多く行われてきた。しかし、これではシミュレーションの要素同士の相互作用や全体系からの影響を表現することは困難である¹。そこで、本稿では労働市場の就業状況を Multi-Agent Simulation²という手法を用いてモデル化し、労働市場のマッチング状況について考察する。MAS とは複数のエージェントに同時進行的に各々のルールをもとに、相互作用を受けながらステップという離散的な時間の下で実行させるシミュレーションのことである³。

本稿の構成は以下のとおりである。第 2 章でモデルの詳細について、第 3 章で基本となる条件での結果とその考察について、第 4 章では条件に変更を加えた場合の結果の比較と考察について、第 5 章では総括と課題について言及する。

2. MAS での労働市場のモデル化

本稿では artisoc 4.0 standard⁴ というソフトを用いてモデリングを行う。モデルのエージェントの行動のルールのデザインにおいては Schelling の分居モデル⁵を参考にした。

Schelling の分居モデルでは地域社会を模した二次元格子空間上にエージェントとして二種類の人種が居住している様子をモデル化したものである。各エージェントは自分の周囲の状況を把握し、同色人種の割合（閾値）が一定以上であれば、そこに定住し、閾値以下ならランダムな空き地に移動するという極めて単純なものである。Schelling の分居モデルでは個々のエージェントの閾値がそこまで大きくなくても地域社会全体では二種類の人種の分居が進むことを示した。

本稿のモデルでは労働市場を模した二次元格子空間上にエージェントとして労働者と雇用主が存在している様子をモデル化した。労働者を表すエージェントが自分の周囲の状況を把握し、マッチングの候補となる雇用主を探し出し、条件を満たせば雇用関係が成立し、条件を満たさなければ空き地に移動する⁶。

¹ 以下を参照。(http://www.orsj.or.jp/~archive/pdf/bul/Vol.49_03_154.pdf)

² 以下、MAS とする。

³ [山影進, 2007]を参照。

⁴ 構造計画研究所のツールを利用。(http://mas.kke.co.jp/modules/tinyd0/index.php?id=13)

⁵ (Schelling, Models of Segregation, 1969) (Schelling, Dynamic Model of Segregation, 1971)を参照。

⁶ コーディングの上で (http://mas.kke.co.jp/modules/tinyd4/index.php?id=13) を参照。

2.1. 空間とエージェントと外部変数の定義

労働市場を表す空間として、Labor Market という 100×100 の二次元格子空間を考える。この Labor Market 上のセルにエージェントが配置され、各エージェントはルールに従って行動していく。

エージェントには労働者を表す Workers と雇用主を表す Employers の二種類を考える。以降、便宜上エージェント全体の集合を指す場合は Workers、Employers と表記し、個々のエージェント自体を指す場合は worker、employer と表記する。

ここである employer は1つの雇用口のようなイメージであり、複数の worker を雇うのではなく、雇用した worker と一対一の関係である。初期状態において、2種類のエージェントは Labor Market の格子空間上に重複なくランダムに配置され、Workers は失職、Employers は誰も雇用していない状況（以下に図1に示した）である。図1で示されている通り、worker は丸、employer は三角のマーカーで表されており、マーカーの色はエージェントのマッチングの状況を表す。赤は worker は失職、employer は非雇用状態（マッチングしていない状況）を表す。青は worker は就職、employer は雇用状態（マッチングしている状況）を表す。

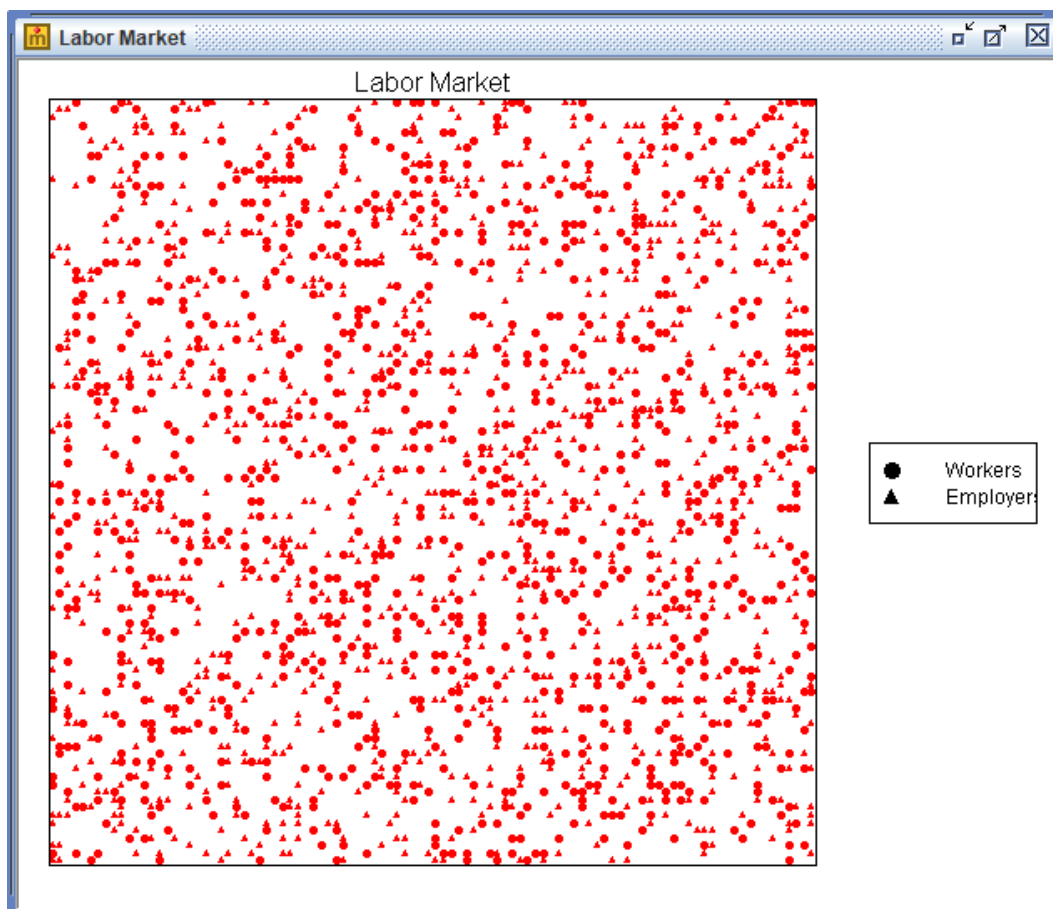


図1. Labor Market の初期状態

そして、エージェントの持つ属性についてもここで示す。worker、employer はそれぞれ留保賃金、提示賃金という変数を持つ。留保賃金とは worker がある賃金水準以上なら就職し、その水準以下なら職を探し続ける賃金水準のことである⁷。提示賃金とは employer が worker に対して提示する賃金のことである。留保賃金、提示賃金は値の大きさは本質的ではないので、それぞれ初期変数として各 worker、employer に 0 から 40 の一様分布の数値として与えられている。よってこのモデルでは employer は提示賃金をオファーを出す worker によって変更することはないとする。

また、worker、employer はそれぞれ失職期間、非雇用期間という変数を持つ。失職期間は worker が失職したステップから連続して失職しているステップ数のことである。非雇用期間は employer が雇用を失ったステップから連続して非雇用状態であるステップ数のことである。これらの属性はエージェントの各ステップにおける行動を決定する際の変数となる。

また、外部変数として worker_num、employer_num、 α 、 γ_0 、 γ_1 、wage_rate、integrate_rate、view を置き、シミュレーションの試行前に設定できるようにした。以下でそれぞれの変数について説明する。

worker_num

- 労働市場に存在する Workers の総数。

employer_num

- 労働市場に存在する Employers の総数。

α

- あるステップでマッチングしている worker がそのステップで離職する確率。

γ_0

- 非雇用状態の employer が失職中の worker に対して条件を満たした場合にオファーを出す確率。

γ_1

- 非雇用状態の employer が就職中の worker に対して条件を満たした場合にオファーを出す確率。

wage_rate

- 非雇用状態の employer が「選択的オファー⁸」をする場合の自身の提示賃金に対する worker の留保賃金の割合の閾値。

⁷ (<https://kotobank.jp/word/留保賃金-159957>) を参照。

⁸ エージェントに付与されるオプションルールのひとつ。10 ページ目で説明する。

integrate_rate

- 各エージェントが「選択的移動⁹」をする場合の参照するエリア内の雇用状態の employer の割合の閾値。

view

- worker がマッチング候補の employer を探し出す際の視野の範囲。

2.2. エージェントのルール

ここではエージェントの各ステップの行動を決めるルールについて示す。本稿では基本的なエージェントのルールをベースとし、オプションとなるルールを追加することで、8 種類の労働市場について考えた。初めに基本的なルールについて説明する。

基本的なエージェントのルールを以下に図 2、図 3 でフローチャートで示した。

⁹ エージェントに付与されるオプションルールのひとつ。9、10 ページ目で説明する。

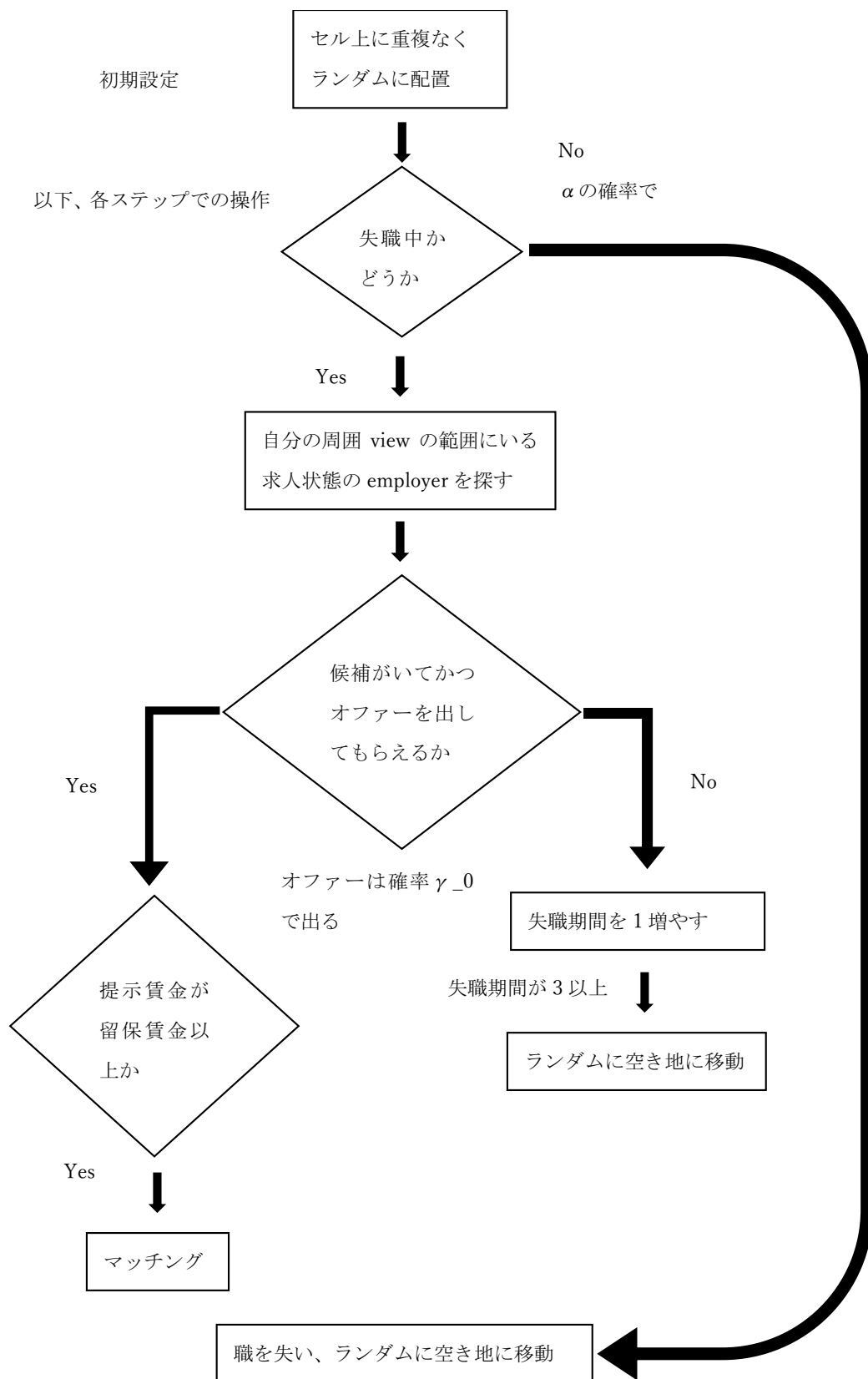


図 2. Workers のフローチャート

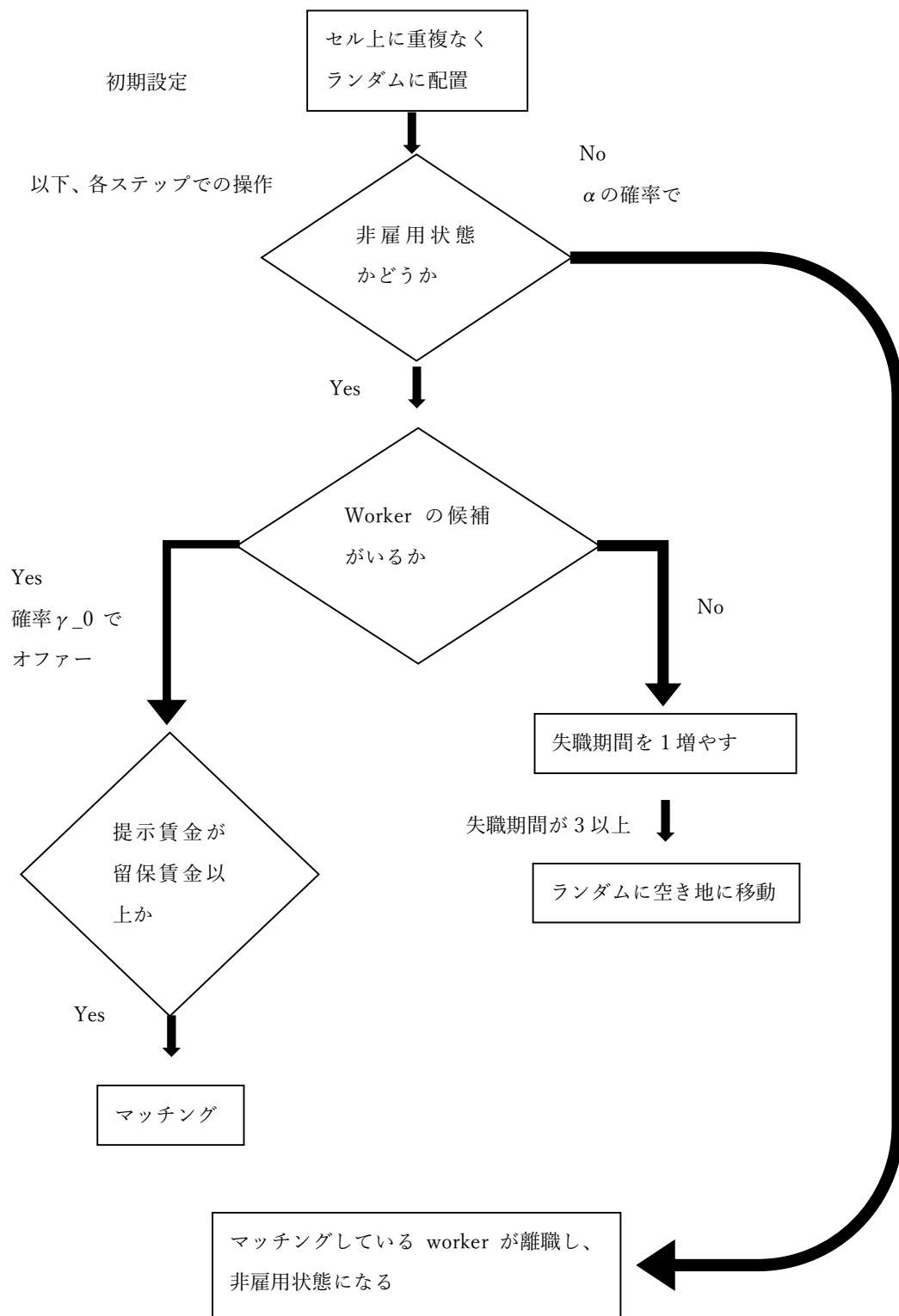


図 3. Employers のフローチャート

worker は失職中かどうかに応じて行動を変える。

失職中の場合は周囲から変数 $view$ の範囲にいる employer を探し出す。候補がいてかつ employer からオファー（確率 γ_0 で出される）があれば、提示賃金が自身の留保賃金以上の場合、マッチングする。候補が存在しなかったり、オファーが来なかった場合は、失職期間が 1 増えて、失職期間が 3 に達すると視野 10 の範囲のランダムな空き地に移動する。

就職中の場合は、確率 α で職を失い、視野 10 の範囲のランダムな空き地に移動する。

employer も雇用状態か非雇用状態かに応じて行動を変える。

雇用状態では確率 α でその時点でマッチングしている労働者が離職し、非雇用状態となる。

非雇用状態では worker の候補がいれば確率 γ_0 でオファーを出しマッチングが成立する。候補がない場合は非雇用期間が 1 増えて、非雇用期間が 3 に達すると視野 10 の範囲のランダムな空き地に移動する。

次にオプションとなる 3 つのルールについて説明する。

1 つ目は効率的にマッチングの候補を探すために Workers 、 Employers とともに追加されるルールである。各 worker 、 employer が雇用状態の employer が集積している場所に選択的に移動する。このオプションを「選択的移動」と呼ぶとする。「選択的移動」では視野 10 の範囲のランダムな空き地に移動し、移動後の地点から視野 $view$ の範囲のエリアについてエリアの広さに対する雇用状態の employer の数の割合を調べて、その割合が $integrate_rate$ 以上ならそこにとどまり $integrate_rate$ 以下ならそこから視野 10 の範囲のランダムな空き地に移動するということを繰り返す。以下に図 4 で例を示す。

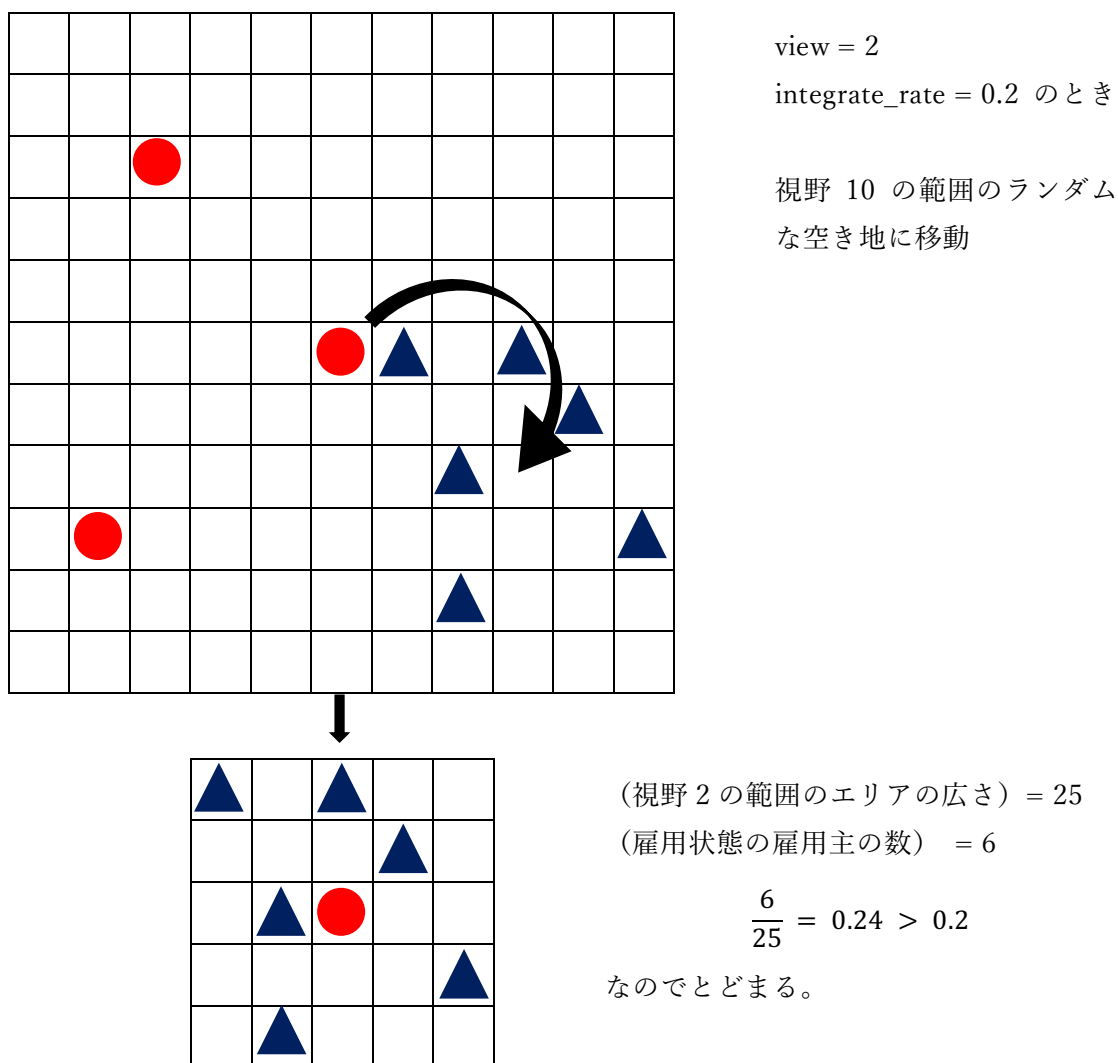


図 4. 「選択的移動」の例

2 つ目はよりよい労働力とマッチングするために Employers に追加されるルールである。worker の留保賃金を生産性のシグナルとみなし、employer は提示賃金に対して wage_rate の割合以上の留保賃金を持つ worker にしかオファーを出さないようにする。このオプションを「選択的オファー」と呼ぶとする。

3 つめはよりよい労働条件を探すために Workers に追加されるルールである。worker が就職中もその時点で受け取っている賃金よりも高い提示賃金の employer を探す。このオプションを「転職の検討」と呼ぶとする。

基本的なルールをベースとし、以下の図 5 のようにこの 3 つのオプションルールを追加するかしないかでエージェントの行動ルールの異なる 8 種類の労働市場をモデリングした。

	A	B	C	D	E	F	G	H
選択的移動	×	○	×	×	○	○	×	○
選択的オファー	×	×	○	×	○	×	○	○
転職の検討	×	×	×	○	×	○	○	○

図 5. 各モデルのオプションの有無

2.3. 出力

8 種類の労働市場それぞれを均衡には十分な期間である 100 ステップ動かし、3 つの出力値について分析する。

1 つ目は「マッチング率」であり、Employers の人数に対する、雇用状況の employer の人数の割合で定義する。「マッチング率」は労働市場全体のマッチングに対してエージェントの行動がどれほど合理的かを示すと考えられる。具体的には「選択的移動」によって、エージェントの集積が進むことによってマッチングが成立しやすくなり、マッチング率が上がるといったことが予想される。

2 つ目は「平均賃金」であり、雇用状態の employer が支払っている賃金の総和を、雇用状態の employer の人数で割ったものと定義する。「平均賃金」は雇用状態の employer 全体の生産性がどれほど高いかを示すと考えられる。具体的には「転職の検討」によって、より高い提示賃金の employer が雇用状態となることで平均賃金が引き上げられることが予想される。

3 つ目は「平均留保賃金」であり、就職中の worker の留保賃金の総和を就職中の worker の人数で割ったものと定義する。留保賃金が Workers の生産性のシグナルとみなすと、「平均留保賃金」は就職中の worker 全体の生産性がどれほど高いかを示すと考えられる。具体的には「選択的オファー」によって、低い留保賃金の worker とのマッチングを避けることができるため、平均留保賃金は引き上げられることが予想される。

なお、出力値としては各シミュレーションの試行の最後 5 ステップのそれぞれの値の平均を用いることにした。各モデルを 100 ステップ動かすことを 1 回の試行とする。試行を 20 回行うことで分析値のばらつきなども考慮できるようにする。

このほかに労働市場のマップの出力をする。これは「労働市場におけるマッチングの分居がどれほど見られるか」、そして「現実に見られる地域ごとの賃金格差のように、賃金分布の分居が見られるか」について定性的に分析するためである。

3. 結果と考察 I

ここでは $\text{worker_num} = 1000$ 、 $\text{employer_num} = 1000$ 、 $\alpha = 0.1$ 、 $\gamma_0 = 0.7$ 、 $\gamma_1 = 0.6$ 、 $\text{wage_rate} = 0.3$ 、 $\text{integrate_rate} = 0.3$ 、 $\text{view} = 3$ としたときの各労働市場の出力値について考察する。

3.1. マッチング率について

以下に 8 つの労働市場の出力値の比較図を示す。

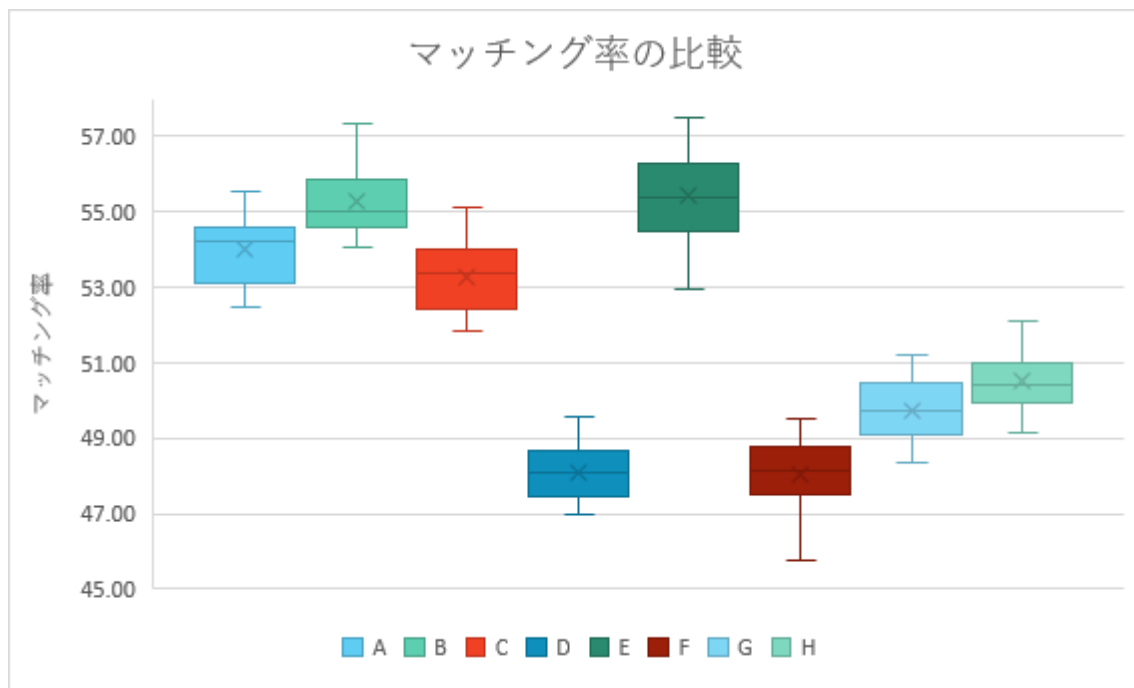


図 3. マッチング率の比較

この条件下では労働市場 E のパフォーマンスが最も高かった。「選択的移動」により、エージェントが集積し、効率的なマッチング相手のサーチが実現できることと、「選択的オファー」により、高い提示賃金の employer と低い留保賃金の worker の非効率なマッチングが減ったことがパフォーマンスの高さに繋がったと考えられる。

次に、分析したいオプション以外の条件が等しいモデルの組み合わせを調べることで、各オプションの効果について分析する。

まず、「選択的移動」については (A, B)、(C, E)、(D, F)、(G, H) の組み合わせを調べる。(A, B)、(C, E) の組み合わせでは「選択的移動」によってマッチング率が高くなる傾向がみられる。「選択的移動」で集積することで効率的にマッチング候補を探し出せることがマッチング率を上昇させる効果を持つといえる。ただ、(D, F)、(G, H) の組み合わせで

は「選択的移動」によってマッチング率が有意に高くなったとは言えない。「転職の検討」が「選択的移動」のマッチング率を上昇させる効果を弱める影響を持つと考えられる。

「選択的オファー」については (A, C)、(B, E)、(D, G)、(F, H) の組み合わせを調べる。

(A, C) の組み合わせでは「選択的オファー」によってマッチング率が有意とは言えないが低くなる傾向が見られる。「選択的オファー」によってマッチングの機会を失っていることが理由と考えられる。(D, G)、(F, H) の組み合わせで「選択的オファー」によってマッチング率が高くなる傾向が見られる。「転職の検討」という高い提示賃金の employer と低い留保賃金の worker の非効率なマッチングが発生しやすい状態のとき、「選択的オファー」によりオファーを出す worker を制限することがマッチング率の上昇により大きな効果を持つといえる。

「転職の検討」については (A, D)、(B, F)、(C, G)、(E, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「転職の検討」によってマッチング率が低くなる傾向が見られる。「転職の検討」により worker がより提示賃金の高い employer とマッチングできる機会ができるため、高い提示賃金の employer と低い留保賃金の worker の非効率なマッチングが増えることが理由として考えられる。また、(A, D)、(B, F) よりも (C, G)、(E, H) の組み合わせのほうがマッチング率の減少幅が小さいことから、「選択的オファー」によりオファーを出す worker を制限することが「転職の検討」によってマッチング率が低くなる効果を抑制していると考えられる。

3.2. 平均賃金について

以下に 8 つの労働市場の出力値の比較図を示す。

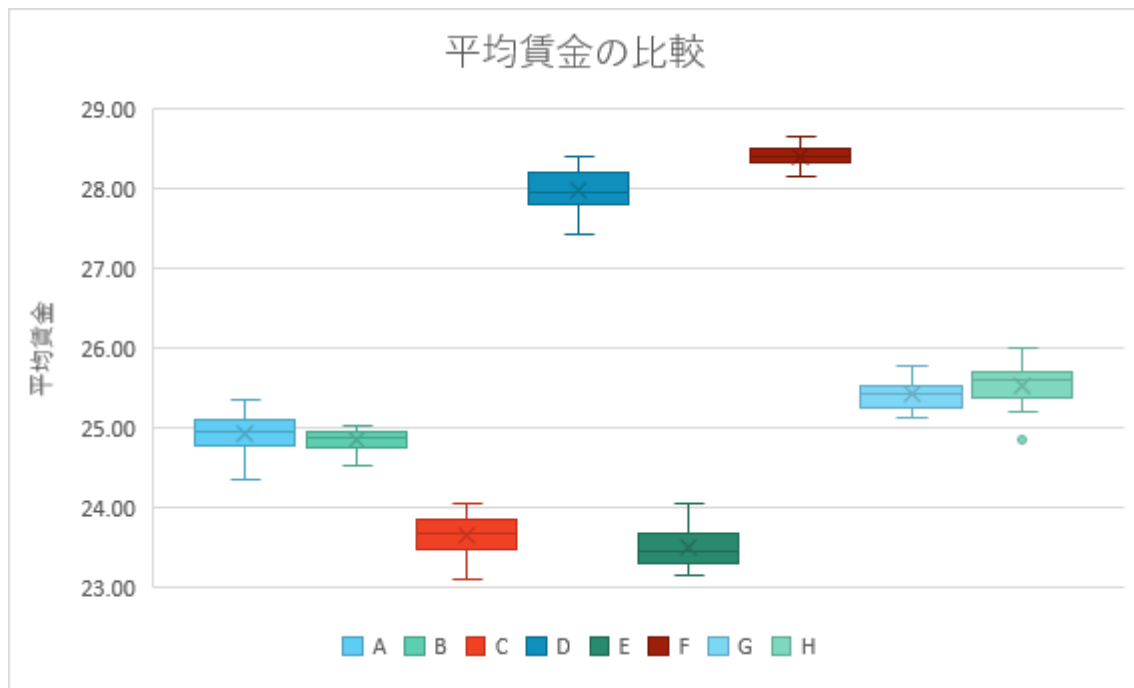


図 4. 平均賃金の比較

「選択的移動」については (A, B)、(C, E)、(D, F)、(G, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで平均賃金に有意な差が見られないことから、「選択的移動」は平均賃金に顕著な効果を持たないといえる。

「選択的オファー」については (A, C)、(B, E)、(D, G)、(F, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「選択的オファー」により平均賃金が減少する傾向が見られる。「選択的オファー」で高い提示賃金の employer と低い留保賃金の worker とのマッチングが避けられるため、失職状態の低い留保賃金の worker が増えることで低い提示賃金の employer のマッチングの機会が増えることにより平均賃金が減少すると考えられる。4つの組み合わせの中でも (D, G)、(F, H) において減少幅が大きく、「転職の検討」のオプションがあることが「選択的オファー」の効果を強める影響を持つことが考えられる。

「転職の検討」については (A, D)、(B, F)、(C, G)、(E, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「転職の検討」により平均賃金が上昇する傾向が見られる。「転職の検討」でより高い提示賃金の employer がマッチングの機会を得られるため平均賃金が上昇すると考えられる。ただ、(C, G)、(E, H) の組み合わせでは上昇幅が小さく、「選択的オファー」のオプションがあることが「転職の検討」の効果を弱める影響を持つことが考えられる。

3.3. 平均留保賃金について

以下に 8 つの労働市場の出力値の比較図を示す。

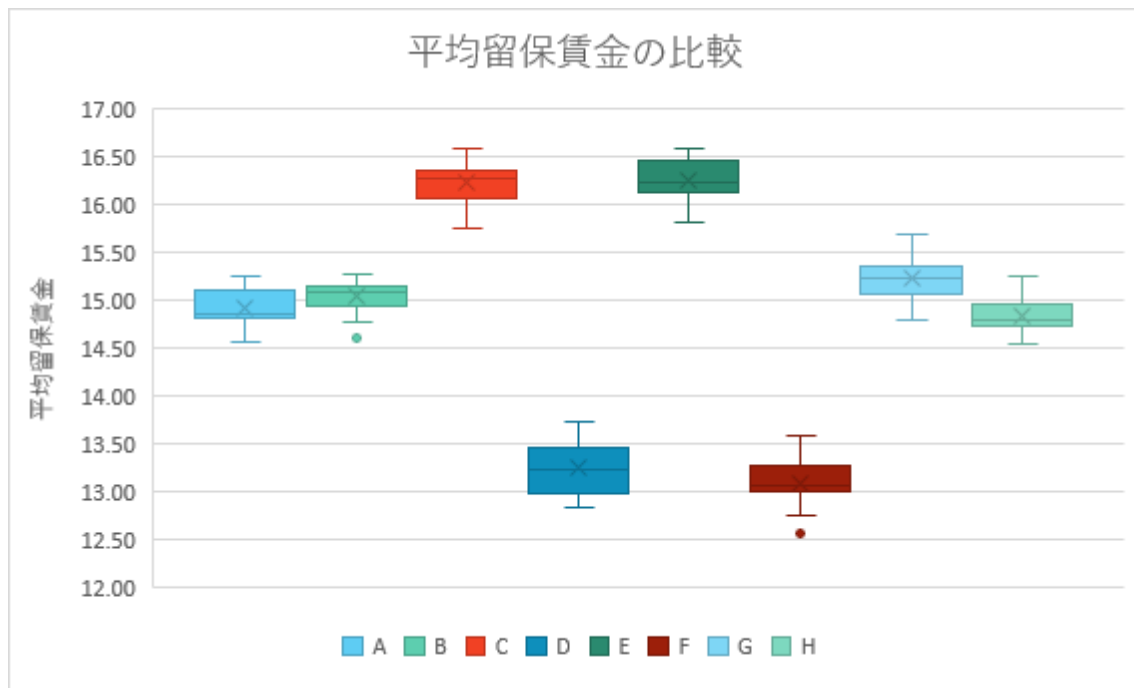


図 5. 平均留保賃金の比較

「選択的移動」については (A, B)、(C, E)、(D, F)、(G, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで平均留保賃金に有意な差が見られないことから、「選択的移動」は平均留保賃金に顕著な効果を持たないといえる。

「選択的オファー」については (A, C)、(B, E)、(D, G)、(F, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「選択的オファー」により平均留保賃金が上昇する傾向が見られる。

「選択的オファー」で低い留保賃金の worker とのマッチングが避けられるため、平均留保賃金が上昇すると考えられる。4つの組み合わせの中でも (D, G)、(F, H) において上昇幅が大きく、「転職の検討」のオプションがあることが「選択的オファー」の効果を強める影響を持つことが考えられる。

「転職の検討」については (A, D)、(B, F)、(C, G)、(E, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「転職の検討」により平均留保賃金が減少する傾向が見られる。「転職の検討」でより高い提示賃金の employer とマッチングし、低い提示賃金の employer が非雇用状態となるため、低い留保賃金の worker もマッチングの機会が増えることで平均留保賃金が減少すると考えられる。ただ、(C, G)、(E, H) の組み合わせでは減少幅が小さく、「選択的オファー」のオプションがあることが「転職の検討」の効果を弱める影響を持つことが考えられる。

3.4. 労働市場の分居について

ここではマッチングの分居の違いが明確に表れると考えられる労働市場 A、E のマップの出力を表示する。ここでは賃金水準については緑色の濃淡によって表すとする。マップの緑色の濃いエリアは賃金が高いことを示し、逆に薄いエリアは賃金が低いことを示す。

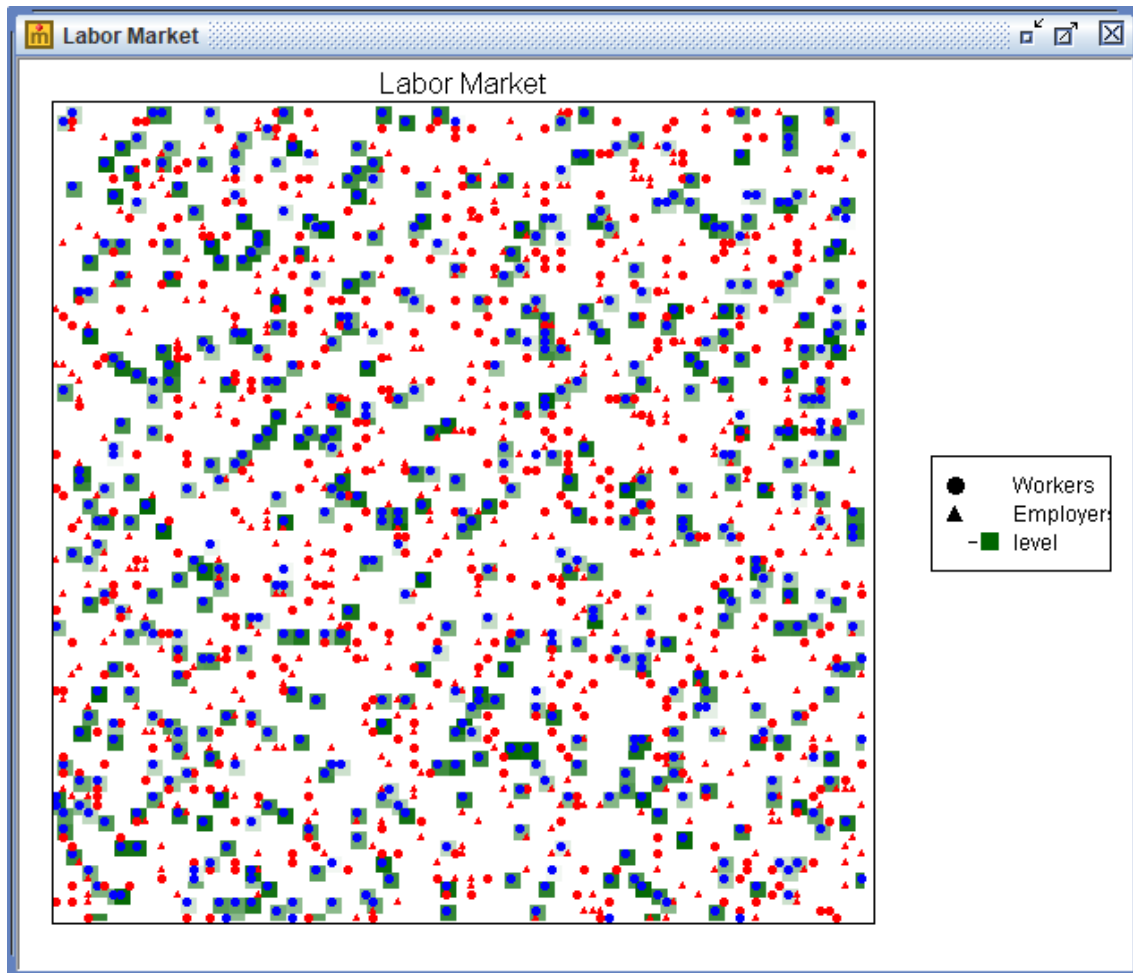


図 6. 労働市場 A の均衡後のマップ

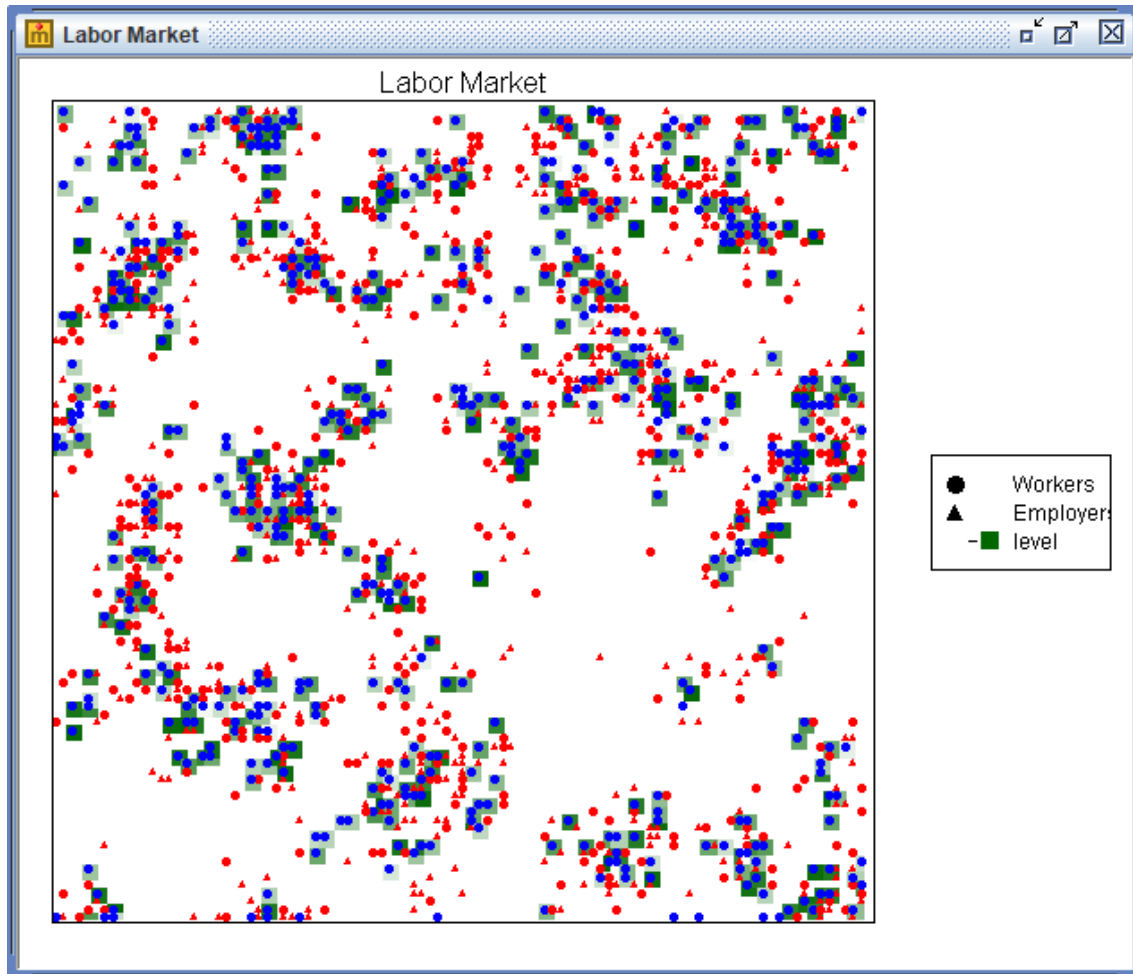


図 7. 労働市場 E の均衡後のマップ

労働市場 A ではマッチングの分居は見られない。エージェントがランダムに移動するだけでは分居は起こらないことが示された。一方、「選択的移動」を行っている労働市場 E ではマッチングの分居が見られる。

労働市場 A、E ともに賃金分布の分居は見られない。マッチングしているエージェントの元に単純に集積するだけでは賃金分布に分居は起きないことが示された。現実では集積の経済性¹⁰によって集積後に賃金水準が上がるといった現象もあるのでそういった仕組みをモデルに組み込むことで賃金分布の分居を再現できる可能性はある。

4. 結果と考察 II

ここでは外部変数を変えることで、異なった条件下で 8 つの労働市場に影響が出るかにつ

¹⁰ (<http://www5.cao.go.jp/j-j/cr/cr12/chr120300.html>) を参照。

いて考察したい。この章では「4. 結果と考察 I」に比べて興味深い変化が見られたマッチング率についてのみ議論する。

4.1. エージェント数を減らす

ここでは $\text{worker_num} = 400$ 、 $\text{employer_num} = 400$ 、 $\alpha = 0.1$ 、 $\gamma_0 = 0.7$ 、 $\gamma_1 = 0.6$ 、 $\text{wage_rate} = 0.3$ 、 $\text{integrate_rate} = 0.3$ 、 $\text{view} = 3$ としたときの各労働市場の出力値について考察する。

以下に 8 つの労働市場の出力値の比較図を示す。

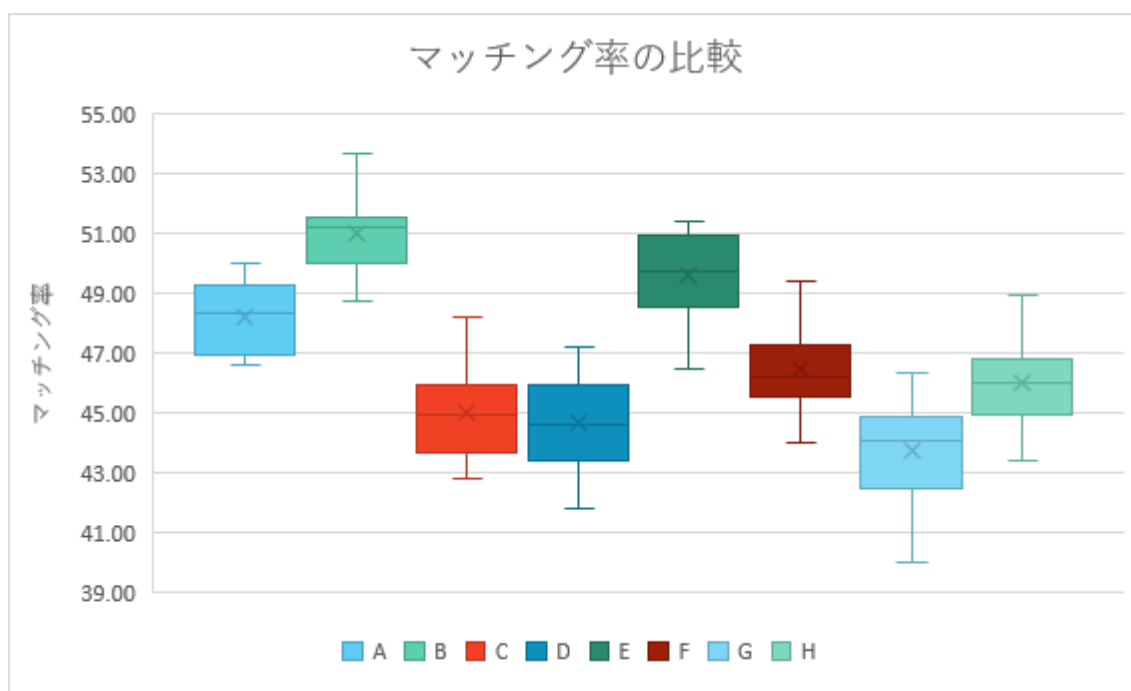


図 8. エージェント数が少ないときのマッチング率の比較

「4. 結果と考察 I」同様に分析したいオプション以外の条件が等しいモデルの組み合わせを調べることで、各オプションの効果について分析する。

まず、「選択的移動」については (A, B)、(C, E)、(D, F)、(G, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「選択的移動」によってマッチング率が高くなる傾向がみられる。「選択的移動」で集積することで効率的にマッチング候補を探し出せる効果がエージェントの人数が少ないときのほうがより強いことが考えられる。

「選択的オファー」については (A, C)、(B, E)、(D, G)、(F, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「選択的オファー」によってマッチング率が高くなる傾向が見られなかった。エージェント数が少ない条件では、「選択的オファー」の効果として、高い提示賃金の employer と低い留保賃金の worker の非効率なマッチングが減ることによりマッチングが成立しやすくなる効果よりも、マッチングの機会を失う効果のほうが大きいことが

考えられる。

「転職の検討」については (A, D)、(B, F)、(C, G)、(E, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「転職の検討」によってマッチング率が低くなる傾向が見られる。エージェント数が少なく高い提示賃金の employer と低い留保賃金の worker の非効率なマッチングが起これにくいため、「4. 結果と考察 I」に比べて減少幅が小さくなったと考えられる。

4.2. エージェントの比率を変える

ここでは $\text{worker_num} = 800$ 、 $\text{employer_num} = 1000$ 、 $\alpha = 0.1$ 、 $\gamma_0 = 0.7$ 、 $\gamma_1 = 0.6$ 、 $\text{wage_rate} = 0.3$ 、 $\text{integrate_rate} = 0.3$ 、 $\text{view} = 3$ と Workers の比率を少なくしたときと、 $\text{worker_num} = 1200$ 、 $\text{employer_num} = 1000$ 、 $\alpha = 0.1$ 、 $\gamma_0 = 0.7$ 、 $\gamma_1 = 0.6$ 、 $\text{wage_rate} = 0.3$ 、 $\text{integrate_rate} = 0.3$ 、 $\text{view} = 3$ と Workers の比率を多くしたときについて考察する。

以下に 8 つの労働市場の出力値の比較図を示す。

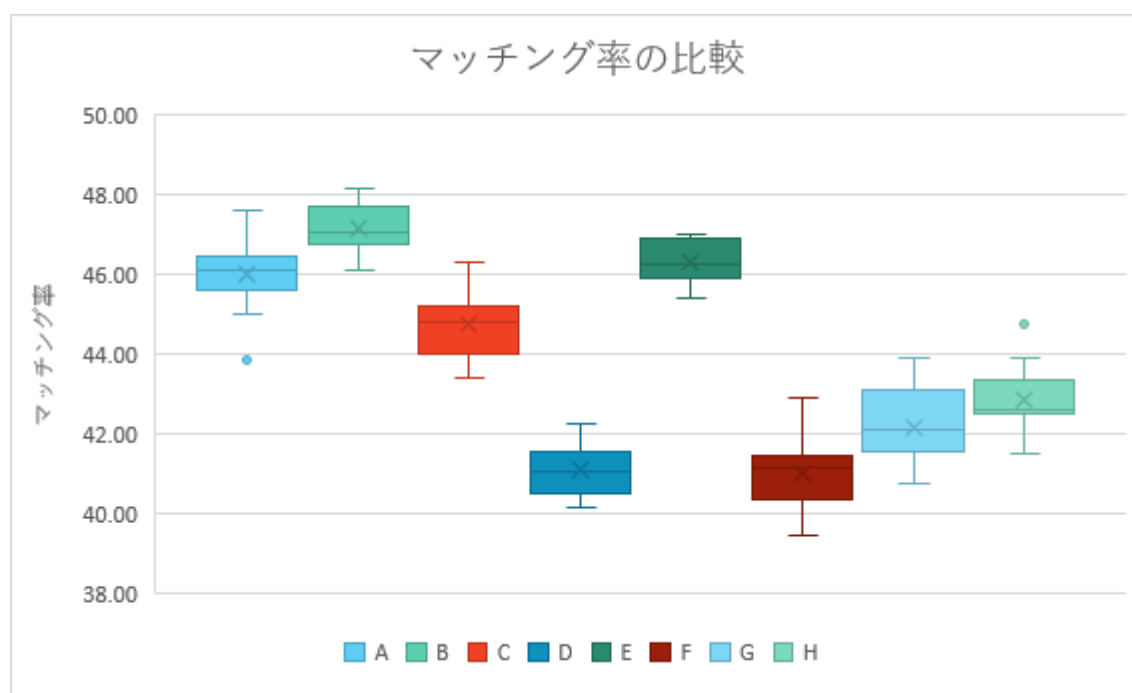


図 9. Workers の比率が少ないときのマッチング率の比較

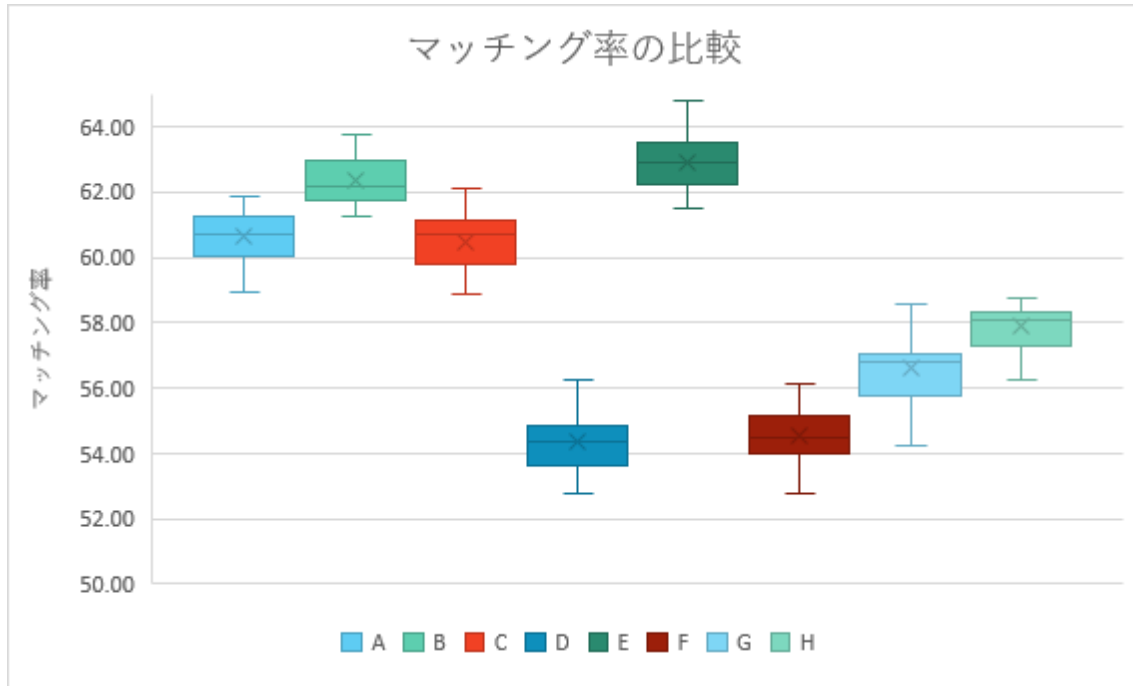


図 10. Workers の比率が多いときのマッチング率の比較

Workers の比率を少なくしたとき、「4. 結果と考察 I」に比べて 8 つの労働市場で一様にマッチング率は下がった。8 つの労働市場の減少幅の違いはあったが、有意なものとは言えない。

Workers の比率を多くしたとき、「4. 結果と考察 I」に比べて 8 つの労働市場で一様にマッチング率は上がった。8 つの労働市場の上昇幅の違いはあったが、有意なものとは言えない。

よってエージェントの比率を変えたときに、3 つのオプションルールが持つ効果に明確な違いはないと考えられる。

4.3. 視野の範囲 view を小さくする

ここでは $\text{worker_num} = 1000$ 、 $\text{employer_num} = 1000$ 、 $\alpha = 0.1$ 、 $\gamma_0 = 0.7$ 、 $\gamma_1 = 0.6$ 、 $\text{wage_rate} = 0.3$ 、 $\text{integrate_rate} = 0.3$ 、 $\text{view} = 1$ と視野の範囲を小さくしたときについて考察する。

以下に 8 つの労働市場の出力値の比較図を示す。

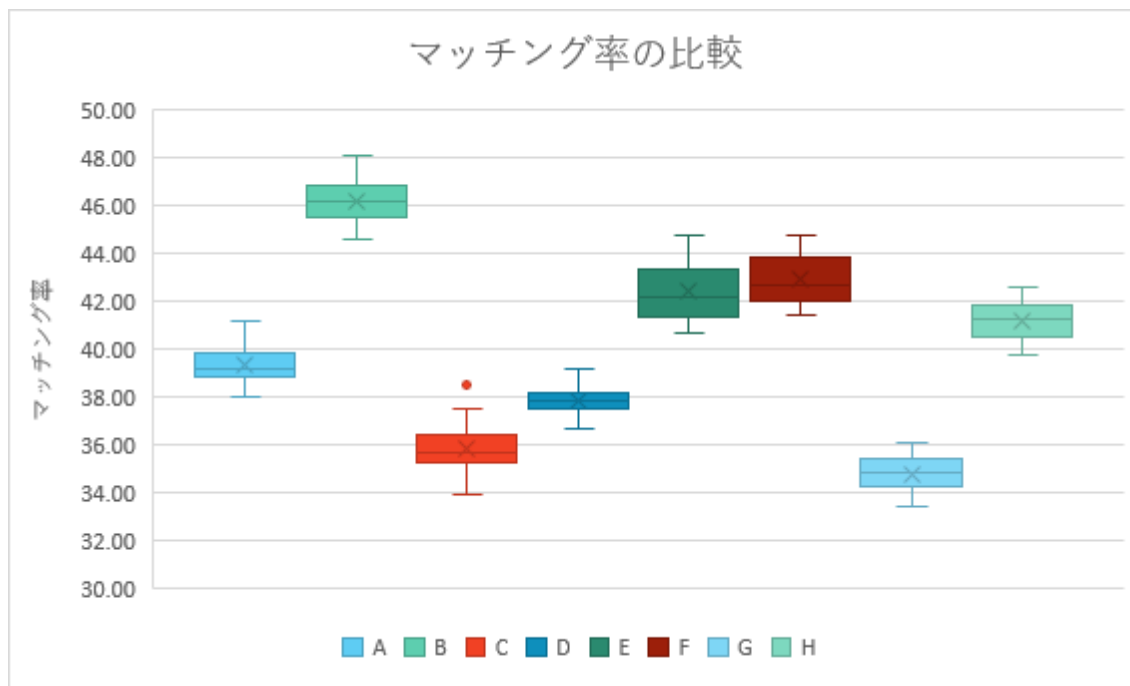


図 11. 視野の範囲が小さいときのマッチング率の比較

「4.1. エージェント数を減らす」とかなり類似した結果が得られた。

「4. 結果と考察 I」同様に分析したいオプション以外の条件が等しいモデルの組み合わせを調べることで、各オプションの効果について分析する。

まず、「選択的移動」については (A, B)、(C, E)、(D, F)、(G, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「選択的移動」によってマッチング率が高くなる傾向がみられる。「選択的移動」で集積することで効率的にマッチング候補を探し出せる効果が「4. 結果と考察 I」に比べて視野の範囲が小さいときのほうがより強いことが考えられる。

「選択的オファー」については (A, C)、(B, E)、(D, G)、(F, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「選択的オファー」によってマッチング率が低くなる傾向が見られた。「4.1. エージェント数を減らす」に比べて「選択的オファー」の効果として、高い提示賃金の employer と低い留保賃金の worker の非効率なマッチングが減ることによりマッチングが成立しやすくなる効果よりも、マッチングの機会を失う効果のほうが大きいことが考えられる。

「転職の検討」については (A, D)、(B, F)、(C, G)、(E, H) の組み合わせを調べる。すべての組み合わせで「転職の検討」によってマッチング率が低くなる傾向が見られる。視野の範囲が小さく、高い提示賃金の employer と低い留保賃金の worker の非効率なマッチングが起こりにくいため、「4. 結果と考察 I」に比べて減少幅が小さくなったと考えられる。

5. 総括と課題

エージェントに与えた単純なルールの下でも分居といった現実の労働市場に見られるような現象が確認されたことや、オプションルールによるそれぞれの出力値に対する効果について納得のいく結果が得られたという面では非常に有意義な試みだったと考えられる。

今後の課題としては現実の労働市場との乖離がまだまだ大きいということにあるだろう。本稿では単純なルールの下でのエージェントのミクロな行動が労働市場というマクロにどういう影響を与えるのかについて焦点を当てたが、現実には雇用政策や失業保険といったマクロなものがミクロなエージェントの行動に影響を与えるという側面もある。本稿ではその側面について十分に議論ができていない。今後はそういった仕組みをモデルの要素に加えたり、実証分析の結果を変数の設定に反映させたりすることでより興味深い現象や結果を得ることができると思う。

引用文献

- Schelling, T. (1969). Models of Segregation. *American Economic Review*, 59(2):488–493.
- Schelling, T. (1971). Dynamic Model of Segregation. *Journal of Mathematical Sociology*, 1(1):143–186.
- 山影進. (2007). 人工社会構築指南 artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門. 東京: 書籍工房早山.