

限定合理性に基づいたコミュニケーション過程  
に関する研究

平成22年2月22日

京都大学工学部地球工学科土木工学コース

秋山 昇一

## 要 旨

本研究では、記憶容量の限界、情報処理能力の限界という観点から限定合理的な個人を仮定し、異質な個人が併存するコミュニティにおいて、ミーティングを行う相手を求めて多くの主体が非協力に行う探索行動をモデル化し、動的解析を行った場合に出現するコミュニティの階層化(sorting)や一部の人間にミーティングの申し込みが殺到するinformation pollution等の現象の発生メカニズムを明らかにし、それが個々の及びコミュニティ全体に及ぼす影響を分析する。

# 目次

第1章	はじめに	1
第2章	本研究の基本的な考え方	3
2.1	既存の研究概要	3
2.2	ミーティング形成の特徴と分類	4
2.3	本研究の位置づけ	5
第3章	ミーティング過程のモデル化	6
3.1	モデル化の前提	6
3.2	エージェントの行動のモデル化	7
3.3	シミュレーションプログラムのアルゴリズム	10
3.3.1	初期設定	10
3.3.2	今期ミーティング申し込みをするエージェントの決定	11
3.3.3	戦略選択	11
3.3.4	ミーティング合意形成過程	12
3.3.5	限界効用の逡減	16
3.3.6	友人別のミーティング成功確率の更新	17
3.3.7	戦略0の期待値の更新	17
3.3.8	ミーティング生起回数の更新	17
3.3.9	$A_i(t)$ の要素の更新	17
3.3.10	ミーティング期間の更新	18
第4章	数値実験	25
4.1	数値実験の概要	25
4.2	実験結果の考察	25
4.2.1	プログラムの有効性の検証	25
4.2.2	社会厚生への影響	26

4.2.3 限界効用の逡減の影響 .....	28
第5章 おわりに	34
参考文献	36

## 第1章 はじめに

現代都市には膨大な量のアイデアや知識が集積している。人間の間でのアイデアの交換の容易さが、大都市の集積の効果と外部不経済を形成している。フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーションは、人間がアイデアや知識を交換するための重要な手段である。この種のコミュニケーション行動においては、意思決定プロセスに相手の意思が関与するという特徴がある。すなわち、ミーティングを行う当事者達が、互いにミーティングを行うことに合意することがコミュニケーションが成立するための前提となる。

コミュニティに併存する各個人がそれぞれ異質であった場合、ミーティング相手に関する情報の利用可能性がミーティングの形成過程に大きな影響を及ぼす。ミーティング相手に関する情報が存在しない場合、それはミーティング形成された事後に判明する。一方、ミーティング相手に関する完全情報を有する場合、個人は交際相手の情報を踏まえてミーティングの形成に合意するか否かを決定することができる。また、ミーティングの合意形成の可能性を考慮しながら、効果的にミーティング相手を探索することも可能であろう。

個人間に選好や探索技術の差異が存在すれば、特定の人間に必要以上のミーティングの申し込みが殺到するという information pollution が生じたり、ミーティング相手の探索過程における非効率性の問題が生じる。特に、個人間で選好に異質性が存在する場合、選好を共有する個人同士がクラブを形成し、限られたメンバーでミーティングを繰り返すことも考えられる。多くの人的ネットワークや組織は異なる選好や技術を有する個人がミーティングを繰り返す中で、自発的に形成されたものである。ミーティング過程の歴史依存性を考慮する場合、個人の保有できる情報量が重要な問題となってくる。記憶の容量が限定的である場合、個人は限られた範囲での合理的行動をとらざるを得なくなる。この仮定の上では個々人は限られた範囲内で学習行動を通じ人的ネットワークを拡大していく。しかし、異質な個人による人的ネットワークの自己組織化過程は複雑な非線形性を有しており、解析的に均衡解を求めることは困難である。

本研究では異質な個人と有限の記憶を仮定した上での個々人のコミュニケーション

ン行動をシミュレーションを通じて分析する.その際,最も基本的なミーティングの形態である2人ミーティングに焦点を絞る.以下,2.で本研究の基本的な考え方を示す.3.でミーティング過程のモデル化とシミュレーションプログラムのアルゴリズムを示し,4.で数値実験とその結果の分析を行う.

## 第2章 本研究の基本的な考え方

### 2.1 既存の研究概要

フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション過程においては、ミーティング相手の探索行動が重要な意味を持つ。探索行動に関してはオペレーションズ・リサーチにおいて探索理論という分野が確立している。小林等<sup>1)</sup>は同質な個人集団において繰り返されるミーティング過程をモデル化し、ミーティング過程で生じる混雑現象、市場薄現象という外部不経済性を分析した。混雑現象は、都市内の個人のミーティング頻度が高くなると結果的に混雑が生じ、ミーティング相手を探索するための情報費用が高くなるという外部不経済である。また、市場薄現象は、ミーティング相手を選別することにより生じる外部不経済である。また、個人間に選好の差異が存在すれば、特定の人間に必要以上にミーティングの申し込みが集中してしまうinformation pollution等の外部不経済も生じ得る。しかし、ここでは各個人の戦略選択における合理性が仮定されており、この他にもランダム効用理論をはじめとして、合理的個人を想定した交通行動モデルは数多く提案されているが、その一方で合理的個人という想定の実験的妥当性に関してはさまざまな批判が提示されてきた<sup>2)</sup>。個人は合理的な行動を動機づけられるものの、現実には自分が置かれている環境を不完全にしか把握できず、最適な選択を計算する完全な能力を持たない限定合理的な存在である。経路選択問題等においては記憶容量に限界がある限定合理的モデルに関して理論的な分析も試みられている<sup>3)</sup>。しかし、フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション過程に応用した研究事例は見当たらない。

ミーティングが成立するためには、ミーティング相手の合意をとることが前提となる。ある個人がミーティングに合意しない場合、ミーティング相手がミーティングに賛同していてもミーティングは実現しない。個人がミーティング過程においてより大きな効用を得るためには、より大きな効用をもたらす相手を選択する必要性が生じる。しかし、より魅力的なミーティングを実現しようとするれば、ミーティング相手を発見することが困難となり、ミーティング相手の合意を得ることも難しくなる。また、事前にミーティング相手に関する情報が利用可能か否かによって、ミーティング過程で生起

するミーティング均衡が異なった性格を持つ。異質な個人間でミーティングが繰り返されると、選好の差異から個人同士がグループを形成していくことも考えられる。そして、これは一部の人間にミーティング申し込みが極端に集中する information pollution という外部不経済を緩和する可能性がある。

## 2.2 ミーティング形成の特徴と分類

ミーティングを行うためにはまず少なくとも2人の個人がミーティングを行う意思を持って出会う必要がある。さらに、当該の個人がミーティングを形成することに合意しなければならない。つまり、複数の個人がミーティング形成に合意するまでの過程は1)ミーティングを行う対象となりうる相手と出会う過程、2)出会った後双方がミーティングを行うことに合意する過程で形成される。ミーティングは、ミーティングが「自発的になされるか」、「強制的になされるか」、により「自発的ミーティング」、「強制的ミーティング」に分類される。前者は、友人関係等の私的交際、あるいは多くのビジネス会合のように該当する個人の自由意思によって形成されるミーティングである。自発的ミーティングは、異なる個人がミーティングの潜在的な相手と「どのようにして知り合うのか」、「どのように交渉を始めるのか」を規定する技術(マッチング技術)によって分類できる。一方、後者はミーティングの当事者の一方、あるいは第三者が強制力を行使することにより実現することが義務づけられるようなミーティングである。強制的ミーティングでは、権力を有する個人や組織がマッチング開催の詳細を決定する。以下、本研究では個人の自由意思により形成される「自発的ミーティング」に焦点を当てることとする。

ミーティングを行うかどうかを意思決定する個人の合理性に関しては、過去に行ったミーティング履歴をどの程度持つかに応じて、1)完全記憶を持つ場合、2)全く記憶を持たない場合、3)部分的に記憶する場合、に分類できる。1)は完全合理的な個人を仮定することであり、現象分析として非現実的である。2)は近視眼的に行動する個人を想定しており、小林等<sup>1)</sup>においても同様の仮定がおかれている。それらに対して本研究では、3)部分的な記憶を持つ限定合理的な個人を仮定する。すなわち、各個人は以前に行ったミーティングの結果に基づいて意思決定を行うが、その記憶は不完全であると仮定する。近視眼的な個人を仮定した場合と比較することにより、過去に関する不完全な記憶がミーティング均衡にもたらす影響を分析し、ソーシャルキャ



ピタルの形成や異質な個人を含む集団内部の階層化, といった現象の解明に対して示唆できる可能性がある.

## 2.3 本研究の位置づけ

合理的個人を想定した交通行動モデル等はこれまで数多く提案されてきた, また, フェイス・トゥ・フェイスコミュニケーションに関する研究においては個人の異質性を考慮した理論的研究<sup>4)</sup>もなされているが, そこでも合理的個人が前提となっている. しかし, 現実の意思決定環境は経済主体の認知能力を超えるほど複雑である可能性がある. そこで, 限定合理的個人を想定した分析枠組みが必要となってきた. 限定合理性に基づいた交通行動分析は研究蓄積はあるものの, 記憶の有限性という観点からアプローチした事例は少ない<sup>3)</sup>. そして, それをフェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション過程に適応した研究事例は見当たらない. 以上の考えに基づき, 本研究では個人の記憶の不完全性を考慮したミーティング過程をモデル化し, シュミレーション分析を通じて, その挙動を分析する. その上で, 個人の限定合理性がミーティング均衡に及ぼす影響を分析し, 個人が特定のグループを形成する階層化が生じるメカニズムを分析する.

## 第3章 ミーティング過程のモデル化

### 3.1 モデル化の前提

いま,ある都市内に  $m$  人のエージェントが生活し,互いにミーティング相手を探索していると考えよう.時刻  $t$  において,  $n$  人がミーティング相手を探索していると考え.彼らは,自分以外の  $n-1$  人の潜在的な交渉相手とミーティングを行う可能性を持っている.しかし,当該のエージェントは誰がミーティングを行っていないかという情報を事前には持ちえず,結局,自分以外の  $m-1$  人全員を対象としてミーティング相手の探索を行わなくてはならない.ミーティング相手と出会う機会として,1) 本人の探索により相手を発見する場合と 2) 相手からミーティングの申し込みがある場合がある.さらに,エージェント  $i$  はミーティング相手に関する情報を記憶するが記憶容量には限界がありミーティング相手を探索するにあたっては,1) これまでミーティングを行った相手の中で時刻  $t$  において記憶容量の内にあるエージェントを要素とするミーティング集合  $A_i(t)$  から探索する戦略 1 と 2) 記憶容量外のエージェントの集合  $\bar{A}_i(t)$  から新たに探索する戦略 0 の 2 つの戦略がある.時刻  $t$  におけるエージェント  $i$  の戦略集合を  $B_i(t)$  とすると  $(0, 1) \in B_i(t) (\forall i \in N)$  となる.時刻  $t$  における集合  $A_i(t)$  中の全要素の数およびミーティング相手を探している要素の数をそれぞれ,  $m_{A_i}, n_{A_i}$  とする.同様に集合  $\bar{A}_i(t)$  中の全要素及びミーティング相手を探している要素の数をそれぞれ,  $m_{\bar{A}_i}(t), n_{\bar{A}_i}(t)$  とする.ここで,

$$m_{A_i}(t) + m_{\bar{A}_i}(t) = m - 1 \quad (3.1)$$

$$n_{A_i}(t) + n_{\bar{A}_i}(t) = n - 1 \quad (3.2)$$

が成立する.また,戦略 0 を採用した時は固定の探索情報費用  $C$  が発生する.一方,戦略 1 を採用し,  $A_i(t)$  から相手を探索する場合は探索情報費用は不要である.また,どちらを選択した場合も固定の交通費用  $c$  が発生する.

各エージェント  $i$  が固有の効用  $v_i$  を持っており,  $v_i$  はある確率分布  $f(v_i)$  にしたがって分布している.エージェント  $i$  がエージェント  $j$  とミーティングすることで得られる瞬間効用  $v_{ij}$  はエージェント  $j$  の持つ固有の効用水準  $v_j$  であり,同様にエージェント  $j$  がエー

エージェント  $i$  とミーティングすることで得られる瞬間効用  $v_{ji}$  はエージェント  $i$  の持つ固有の効用水準  $v_i$  である。すなわち、ミーティングを行った際に獲得できる効用はミーティング相手の効用のみに依存する。

今、あるエージェント  $i$  がミーティングに成功したとしよう。ミーティングを行った相手が  $A_i(t)$  の要素ではなかった場合そのエージェントを  $A_i(t)$  に新たに追加する。エージェントの持つミーティング履歴に関する記憶には制限があり  $A_i(t)$  の要素数  $n(A_i(t))$  の最大値は  $x$  であるとしよう。ある時刻  $t$  において、 $n(A_i(t)) = x$  であった場合、新たにミーティングを行った相手が  $A_i(t)$  に追加される一方、既存の  $A_i(t)$  の要素の内から 1 人がランダムに除かれるものとする。また、ミーティングに成功しなかった場合は更新はない。なお、 $t=0$  のときは全てのエージェントのミーティング集合にランダムに要素を与えらるものとする。

### 3.2 エージェントの行動のモデル化

時刻  $t$  から  $t+1$  までの間を 1 期間とすると、1 期間は微小であるため、ミーティングの申し込みをするという行為がこの間に複数の場所で行われる確率は無視できるものとする。したがって、每期ミーティング申し込みを行うエージェントは 1 人だけで、そのエージェントのみ新たな戦略選択を行う。そして、他のエージェントはミーティング中か、ミーティングの申し込みを待っている状態のどちらかであり、前回の戦略選択時に採用した戦略をそのまま採用している。各期においてミーティング申し込みを行うエージェントはランダムに選出されるため、十分に長いシミュレーション期間をとれば、ランダムマッチング過程を近似的に表現できると考えよう。

今、時刻  $t$  におけるエージェント  $i$  の行動について考えよう。エージェントはより大きな効用が得られる戦略を選択する。時刻  $t$  において戦略 0 を採用した時に獲得できる効用の期待値を  $R_{\overline{A}_i}(t)$ 、戦略 1 を採用した時に獲得できる効用の期待値を  $R_{A_i}(t)$  とすれば、時刻  $t$  においてエージェント  $i$  が獲得する効用の期待値は、

$$R_i(t) = \max(R_{A_i}(t), R_{\overline{A}_i}(t)) \quad (3.3)$$

と表される。ここで、

$$R_{A_i}(t) = \max_{j \in A_i(t)} (v_{ij}) \cdot E^s[P_{1,ij}(t)] \quad (3.4)$$

$$R_{\bar{A}_i}(t) = (\bar{v} - C) \cdot E^s[P_{0i}(t)] \quad (3.5)$$

で表される.式(3,4)における $v_{ij}$ はエージェント $i$ がエージェント $j$ とミーティングすることにより得られる効用であり,

$$v_{ij}(t) = v_j - \alpha \cdot n_{1,ij}^s(t) + \beta \cdot n_{1,ij}^n(t) \quad (3.6)$$

である( $\alpha, \beta$ は定数).ここでは,エージェントは特定のエージェント $j$ と複数回ミーティングを行うと,2回目以降は $[0, t]$ の間でミーティングに成功した回数 $n_{1,ij}^s(t)$ (s:success)に比例してミーティングによる獲得効用は減少する.しかし,戦略選択時,エージェント $j$ を選択しなかった回数 $n_{1,ij}^n(t)$ (n:not chose)に比例して,エージェント $j$ とのミーティングによる獲得効用は増加するもとする(しかし,初めて会ったときの効用 $v_j$ 以上になることはないとする).これは同じ友人と何度もミーティングを繰り返すと限界効用が逓減していくという現象を表現していることに他ならない.また,式(3,4)における $E^s[P_{1,ij}(t)]$ はエージェント $i$ が考えるエージェント $j$ におけるミーティングの主観的成功確率である.エージェントはミーティングの申し込み回数と成功回数を各エージェントごとに個別に記憶していく. $A_i(t)$ からエージェント $j$ を選択した場合, $[0, t]$ において,ミーティングを申し込んだ回数 $n_{1,ij}^c(t)$ (c:chose)とその結果としてミーティングに成功した回数 $n_{1,ij}^s(t)$ をそれぞれ記憶し,そこから時刻 $t$ における各エージェントとのミーティングの主観的成功確率を

$$E^s[P_{1,ij}(t)] = (n_{1,ij}^s(t))/(n_{1,ij}^c(t)) \quad (3.7)$$

として計算する.

一方、エージェント $i$ が戦略0を採用した場合,どのエージェントとマッチングされるかは当該エージェントが決定することはできない.ここでは集合 $\bar{A}_i(t)$ の中からランダムにマッチング相手が決定されるとしよう.したがって,ミーティングに成功したとき獲得できる効用の実現値を事前に把握できない.ミーティングにより獲得できる効用は全てのエージェントの持つ効用の期待値として $\bar{v} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m v_i$ と表そう.また, $C$ は情報探索費用である.一方,マッチングされた相手と必ずミーティングに成功するわけではない.ここでは,ミーティングの成功確率に関する主観的成功確率を当該エージェントのミーティング実現に関する履歴より計算すると仮定しよう.エージェントは $[0, t]$ において,その戦略を選択した回数 $n_{0,i}^c(t)$ 及びその結果としてミーティングに成功し

た回数  $n_{0,i}^s(t)$  をそれぞれ記憶して, そこから  $B_i(t) = 0$  を採用した場合のミーティング申し込みの主観的な成功確率を

$$E^s[P_{0,i}(t)] = (n_{0,i}^s(t))/(n_{0,i}^c(t)) \quad (3.8)$$

として計算する.

エージェント  $i$  の戦略は

$$B_i(t) = \begin{cases} 1, R_i(t) = R_{A_i}(t) \text{ の時} \\ 0, R_i(t) = R_{\bar{A}_i}(t) \text{ の時} \end{cases} \quad (3.9)$$

と表される. これは次にエージェント  $i$  に戦略選択を行う手番が回ってくるまでの間変わらないものとする. 一方, 相手からミーティングを申し込まれることにより実現するミーティングもある. エージェント  $i$  はミーティングを申し込まれた際, 時刻  $t$  における自らの保留効用水準  $H_i(t)$  と相手の効用を比較して, そのエージェントとミーティングを行うか判断する.  $B_i(t) = 1, 0$  における保留効用水準は

$$H_i(t) = \begin{cases} R_{A_i}(t), B_i(t) = 1 \text{ の時} \\ R_{\bar{A}_i}(t), B_i(t) = 0 \text{ の時} \end{cases} \quad (3.10)$$

とする. 保留効用水準とは各エージェントがマッチング相手とミーティングを行うか否かを判断する基準を意味する. つまり, 戦略選択時のエージェント  $i$  の考える獲得効用の期待値は  $R_i(t)$  であるため, それを保留効用水準として, それ以下の効用のエージェントのミーティング申し込みがあった場合はそれを拒否する. 一方,  $H_i(t)$  以上の効用のエージェントからミーティングの申し込みがあった場合はそれを受諾する. エージェントが  $A_i(t)$  の要素にミーティングの申し込みを行った際, 申し込まれた相手は自らの保留効用水準を用いて, そのエージェントとミーティングするかを判断する. 申し込みが受諾された場合はミーティングに移行し, 効用を獲得する. 一方, 申し込みが拒否された場合はそのエージェントはその期以降, 次に戦略選択を行う手番が回ってくるまでの間, 他のエージェントからのミーティング申し込みを受ける状態となる, そこで申し込みを受諾するか否かを決定する際に自らの保留効用水準を用いることになる. また, ミーティングを申し込まれた相手が  $\bar{A}_i(t)$  の要素であった場合は無条件でミーティングの申し込みを受諾するものとする. 保留効用水準はミーティング申し込みを受諾するか否かを判断する基準であり, ミーティングを自ら申し込む場合には意味を持たない. ここで, 時刻  $t$  においてエージェント  $i$  がエージェント  $j$  とマッチン

グしたとしよう。 $i$ が $B_i(t) = 0$ を採用していた場合、自分とマッチング相手がお互いのミーティング集合の要素ではなかったとき、無条件でミーティング合意に至る。また、自分が相手のミーティング集合の要素であったとき

$$H_j(t) \leq v_{ji}(t) - c$$

の条件が満たされれば、エージェント $j$ はミーティングを形成することに合意する( $c$ は交通費用)。一方、 $B_i(t) = 1$ のときは自分とマッチング相手がお互いのミーティング集合の要素であったとき、

$$H_i(t) \leq v_{ij}(t) - c$$

$$H_j(t) \leq v_{ji}(t) - c$$

をともに満たせば、ミーティング形成。相手が自分のミーティング集合の要素であり、自分が相手のミーティング集合の要素ではなかったときは無条件でミーティングできるものとする。

以上でモデル化は、有限記憶とエージェントの異質性を考慮したコミュニケーション過程について行ったが、解析的に均衡解を求めることは困難であるため、以後はシミュレーションを通じた結果の分析を行う。次に仮想実験を行うために作成したシミュレーションプログラムのアルゴリズムの説明を行う。

### 3.3 シミュレーションプログラムのアルゴリズム

前節において構築したモデルに基づく行動を表現するためのシミュレーションプログラムを作成する。配列 $a(i, j)$ を用いてエージェントを表現する( $i = 1 \sim n, j = 1 \sim p$ で $n$ がすべてのエージェントの数、 $p$ はエージェントの個性の数とする)。図-3.1にエージェント $i$ の個性の一覧を示す。また、図-3.2にプログラムのフローチャートを示す。以下において、それぞれの項目を詳しく見ていく。

#### 3.3.1 初期設定

ここではまず配列の中をすべて0で初期化して $a(i, 1) = i$ でエージェントに番号を付ける。また、全エージェントの数 $m$ とし、各エージェントが同時に持ち得る友人の数の限界は $x$ 人とする。各エージェントは初めからランダムに $x$ 人の友人を有しているものとする。

### 3.3.2 今期ミーティング申し込みをするエージェントの決定

ループ $t$ は時刻を表している。単位時間 $\Delta t$ は微小であるため、ミーティングの申し込みをするという行為がこの間に同時に複数の場所で行われる確率は無視できるものとする。ここでは、乱数発生からランダムに今期ミーティングの申し込みを行うエージェントを決定している。以後、このエージェントを $q$ と表し、そのミーティング相手が決定した場合、それを $s$ と表す。

### 3.3.3 戦略選択

図-3.3にフローチャートを示す。ここでは $A_i(t)$ の各要素のミーティング成功確率を逐次計算して、それを用いて各要素における獲得効用の期待値を計算している。図-3.3において処理1は「 $t_{max}$ を戦略1を採用した時の獲得効用の期待値とし、まずミーティング集合の要素 $i=1$ における獲得効用の期待値を暫定的な $t_{max}$ として与える」。

- $t_{max} = (a(q, 14) - (a(q, 61) - 1)) \cdot a(q, 17)$

条件1は「ミーティング集合の要素 $i$ における獲得効用の期待値が $t_{max}$ 以上である」。

- $(1.0d0 * a(q, 14 + 5 * (i - 1)) - (a(q, 61 + (i - 1)) - 1.0d0)) * (1.0d0 * a(q, 17 + 5 * (i - 1))) \geq t_{max}$

処理2で「獲得効用の期待値が最大の要素 $i$ を選択し、その期待値を $t_{max}$ とする」。

- $t_{max} = (1.0d0 * a(q, 14 + 5 * (i - 1)) - (a(q, 61 + (i - 1)) - 1.0d0)) * (1.0d0 * a(q, 17 + 5 * (i - 1)))$

条件2は「 $q$ はミーティング相手がいない状態(以後、このことを「 $q$ はフリー」と表現する)」。

- $a(q, 2) = 0$

条件3は「戦略0を採用した時の獲得効用の期待値が戦略1を採用した時のそれより大きい」。

- $t_{max} < a(q, 57)$

処理3は「戦略0を採用し、保留効用水準を $R_{A_i}(t)$ とし、戦略0の選択回数を1増やす」。

- $a(q, 5) = 0$

- $a(q, 6) = a(q, 57)$
- $a(q, 7) = a(q, 7) + 1$

条件4は

- $tmax(\text{戦略1の期待値}) < a(q, 57)(\text{戦略0の期待値})$

処理4は「戦略1を採用し, 保留効用水準を  $R_{A_i}(t)$  とし, 戦略1の選択回数を1増やす」.

- $a(q, 5) = 1$
- $a(q, 6) = tmax$
- $a(q, 8) = a(q, 8) + 1$

### 3.3.4 ミーティング合意形成過程

ランダムマッチングのシステムはエージェント  $i$  にとって  $\overline{A_i}(t)$  から, 乱数発生によりランダムにマッチング相手が決定されるというものである. マッチングにおいては  $B_i = 1$  or  $0$  でそれぞれのマッチング過程は異なっている. 図-3.4に  $B_i = 0$ , 図-3.5に  $B_i = 1$ , 図-3.6にはそれらを合わせたマッチング過程全体のフローチャートを示す. エージェントはマッチングに成功した後, その相手とミーティング合意形成過程に移行する. 図-3.4において処理1は「戦略0の選択回数を1増加させ,  $0 \sim 1$  の範囲で乱数  $r$  を発生させる」

- $a(q, 54) = a(q, 54) + 1$
- *call randomseed*  
*call random number(r)*  
 $r = 1.0d0 * r$

条件1は「 $q$ は $s$ を知らない」.

- $(a(q, 13).ne.s).and.(a(q, 18).ne.s).and.(a(q, 23).ne.s).and.(a(q, 28).ne.s).and.(a(q, 33).ne.s)$

条件2は「乱数  $r$  からマッチング相手が決定され, その相手が自分ではなく, かつフリーの状態である」.



- $(s - 1)/n \leq r < s/n$
- $q \neq s$
- $a(s, 2) = 0$

条件3は「 $s$ は $q$ を知らない」.

- $(a(s, 13).ne.q).and.(a(s, 18).ne.q).and.(a(s, 23).ne.q).and.(a(s, 28).ne.q).and.(a(s, 33).ne.q)$

条件4は「 $s$ は $q$ を知っていて、かつ $q$ が $s$ の保留効用水準を満たす」.

- $(a(s, 13).eq.q).or.(a(s, 18).eq.q).or.(a(s, 23).eq.q).or.(a(s, 28).eq.q).or.(a(s, 33).eq.q)$
- $a(q, 3) - c > a(s, 6)$

処理2は「 $q, s$ は互いをミーティング相手とし、互いを互いのミーティング集合に新たに加える候補とし、互いの効用を獲得し、戦略0の成功回数を1増やし、今までの総獲得効用に今期得た効用を加算し、互いがミーティングを行った相手となった回数を1増やす」.

- $a(q, 2) = s$
- $a(s, 2) = q$
- $a(q, 11) = s$
- $a(s, 11) = q$
- $a(q, 12) = a(s, 3)$
- $a(s, 12) = a(q, 3)$
- $a(q, 54) + a(q, 54) + 1$
- $a(q, 10) = a(s, 3)$
- $a(s, 10) = a(q, 3)$
- $a(q, 60) = a(q, 60) + a(q, 10)$
- $a(s, 60) = a(s, 60) + a(s, 10)$

- $a(q, 66) = a(q, 66) + 1$
- $a(s, 66) = a(s, 66) + 1$

図-3.5において処理1は「 $t_{\max}$ の期待値のあるエージェントをミーティングを申し込む相手に決めて、そのエージェントの選択回数を1増加させる」。

- $tmax = (1.0d0 * a(q, 14 + 5 * (i - 1)) - (a(q, 61 + (i - 1)) - 1.0d0)) * (1.0d0 * a(q, 17 + 5 * (i - 1)))$
- $f1 = i$
- $a(q, 15 + (5 * (f - 1))) = a(q, 15 + (5 * (f - 1))) + 1$

条件1は「 $s$ は $q$ ではなく、 $t_{\max}$ の期待値のあるエージェントであり、フリーの状態である」。

- $s \neq q$
- $s = a(q, 13 + 5(f1 - 1))$
- $a(s, 2) = 0$

条件2は「 $s$ が $q$ を知っていて、 $s$ の効用が $q$ の保留効用水準を満たし、 $q$ の効用が $s$ の保留効用水準を満たす」。

- $(a(s, 13).eq.q).or.(a(s, 18).eq.q).or.(a(s, 23).eq.q).or.(a(s, 28).eq.q).or.(a(s, 33).eq.q)$
- $a(s, 3) - c - (a(q, 61 + (f - 1)) - 1) > a(q, 6)$
- $a(q, 3) - c - (a(q, 61 + (f2 - 1)) - 1) > a(s, 6)$

条件3は「 $s$ は $q$ を知らない」

- $(a(s, 13).ne.q).and.(a(s, 18).ne.q).and.(a(s, 23).ne.q).and.(a(s, 28).ne.q).and.(a(s, 33).ne.q)$

処理2は「 $q, s$ は互いをミーティング相手とし、互いの効用を獲得し、今までの総獲得効用に今期得た効用を加算し、 $q$ は $s$ へのミーティング申し込みの成功回数を1増加させ、互いがミーティングを行った相手となった回数を1増やす」。

- $a(q, 2) = s$
- $a(s, 2) = q$

- $a(q, 10) = a(s, 3) - (a(q, 61 + (f - 1)) - 1)$
- $a(s, 10) = a(q, 3) - (a(s, 61 + (q - 1)) - 1)$
- $a(q, 60) = a(q, 60) + a(q, 10)$
- $a(s, 60) = a(s, 60) + a(s, 10)$
- $a(q, 16 + 5(f2 - 1)) = a(q, 16 + 5(f2 - 1)) + 1$
- $a(q, 66 + s) = a(q, 66 + s) + 1$
- $a(s, 66 + q) = a(s, 66 + q) + 1$

処理3は「 $q, s$ は互いをミーティング相手とし、互いを互いのミーティング集合に新たに加える候補とし、互いの効用を獲得し、今までの総獲得効用に今期得た効用を加算し、 $q$ は $s$ へのミーティング申し込みの成功回数を1増加させ、互いがミーティングを行った相手となった回数を1増やす」。

- $a(q, 2) = s$
- $a(s, 2) = q$
- $a(s, 11) = q$
- $a(s, 12) = a(q, 3)$
- $a(q, 10) = a(s, 3) - (a(q, 61 + (f - 1)) - 1)$
- $a(s, 10) = a(q, 3)$
- $a(q, 60) = a(q, 60) + a(q, 10)$
- $a(s, 60) = a(s, 60) + a(s, 10)$
- $a(q, 16 + 5(f2 - 1)) = a(q, 16 + 5(f2 - 1)) + 1$
- $a(q, 66 + s) = a(q, 66 + s) + 1$
- $a(s, 66 + q) = a(s, 66 + q) + 1$

### 3.3.5 限界効用の逡減

図-3.7にフローチャートを示す。図-3.7において、条件1は「 $q$ のミーティング相手がミーティング集合の要素 $i$ であり、 $q$ は今期のミーティング申し込みに成功した」。

- $a(q, 2) = a(q, 13 + 5 * (i - 1))$
- $a(q, 9) = 0$

処理1は「要素 $i$ の限界効用を逡減させる」。

- $a(q, 61 + (i - 1)) = a(q, 61 + (i - 1)) + 1.0d0 * aa$

条件2は「 $s$ のミーティング相手がミーティング集合の要素 $j$ であり、 $s$ は今期ミーティングの申し込みを受けた」。

- $a(s, 2) = a(s, 13 + 5 * (j - 1))$
- $a(s, 9) = 0$

処理2は「要素 $j$ の限界効用を逡減させる」。

- $a(s, 61 + (j - 1)) = a(s, 61 + (j - 1)) + 1.0d0 * aa$

条件3は

- $k \neq q$
- $a(s, 61 + (k - 1)) \geq 1$

処理3は「 $j$ 以外の要素の限界効用を逡増させる」。

- $a(s, 61 + (k - 1)) = a(s, 61 + (k - 1)) - 1.0d0 * bb$
- $a(q, 9) = 0$

条件4は

- $k \neq s$
- $a(q, 61 + (k - 1)) \geq 1$

処理4は「 $i$ 以外の要素の限界効用を逡増させる」。

- $a(q, 61 + (k - 1)) = a(q, 61 + (k - 1)) - 1.0d0 * bb$

### 3.3.6 友人別のミーティング成功確率の更新

エージェントは各友人それぞれについてミーティングを申し込んだ回数 ( $a(q, 15 + 5(x - 1))$ ) と、ミーティングに成功した回数 ( $a(q, 16 + 5(x - 1))$ ) を記憶し、

$$a(q, 17 + 5(x - 1)) = a(q, 16 + 5(x - 1)) / a(q, 15 + 5(x - 1))$$

をミーティングの成功確率として逐次更新する。

### 3.3.7 戦略0の期待値の更新

各エージェントは戦略0を選択してミーティングの申し込みを行った回数 ( $a(q, 55)$ ) と、ミーティングに成功した回数 ( $a(q, 56)$ ) を記憶し、

$$a(q, 56) = a(q, 54) / a(q, 55)$$

を成功確率として、

$$a(q, 57) = a(q, 56) \cdot \bar{v}$$

を戦略0の期待値として逐次更新する。

### 3.3.8 ミーティング生起回数の更新

各期において  $q$  が

- $a(q, 2) \neq 0$
- $a(q, 9) = 0$

の条件を満たした場合、ミーティングの生起回数を1増加させる。

### 3.3.9 $A_i(t)$ の要素の更新

図-3.8にフローチャートを示す。ここでは、 $A_i(t)$ の要素数の上限が  $x$  であるため新たにミーティングを行った場合、既存の要素のうちいずれかとランダムに入れ替えを行っている。図-3.8において条件1は「今期ミーティングを行った相手が既存のミーティング集合の要素のどれとも異なる」。

- $(a(q, 13).ne.a(q, 11)).and.(a(q, 18).ne.a(q, 11)).and.(a(q, 23).ne.a(q, 11))$   
 $.and.(a(q, 28).ne.a(q, 11)).and.(a(q, 33).ne.a(q, 11))$

処理1は「0～1の範囲の乱数  $r$  を発生させる」.

- *call randomseed*  
*call random number(r)*  
 $r = 1.0d0 * r$

条件2は「ミーティング集合から除かれる要素  $i$  をランダムに決定する」.

- $(i - 1/5) < r \leq (i/5)$

処理2は「要素  $i$  をミーティング集合から取り除き, 今期ミーティングを行った相手新たに追加し, そのエージェントの限界効用を逡減を表す値に初期値1を与え, そのエージェントに対するミーティング申し込み回数及びミーティング成功回数 をともに1とする」.

- $a(q, 13 + 5(i - 1)) = a(q, 11)$
- $a(q, 14 + 5(i - 1)) = a(q, 12)$
- $a(q, 61 + (i - 1)) = 1$
- $a(q, 15 + 5 * (i - 1)) = 1$
- $a(q, 16 + 5 * (i - 1)) = 1$

### 3.3.10 ミーティング期間の更新

図-3.9にフローチャートを示す. ミーティングを行ったエージェントは「 $T$ 期間」をミーティング期間とし, その間は他のエージェントとミーティングができないものとする. ここでは  $a(i, 9)$  に初期値0を格納しミーティング相手を有しているエージェントに対してのみ  $a(i, 9)$  の値を1増加させる. この時,  $a(i, 9)$  の値が0以外になったエージェントは次の期から誰ともミーティングができない, また,  $a(i, 9) = T$  になったエージェントはその値を0にもどされ, 次の期からまたミーティングができるようになる. 図-3.9において条件1は「 $i$ はフリーの状態」.

- $a(i, 2) \neq 0$

条件2は「 $i$ がミーティングを開始してから20期である」.

- $a(i, 9) = 20$

条件3は「 $i$ のミーティング相手が $j$ で, $j$ のミーティング相手が $i$ である」.

- $a(i, 2) = j$

- $a(j, 2) = i$

処理1は「 $i$ のミーティング期間を1増加させる」.

- $a(i, 9) = a(i, 9) + 1$

処理2は「 $i, j$ ともにフリーの状態になる,ミーティング期間を0に戻す」.

- $a(j, 2) = 0$

- $a(i, 2) = 0$

- $a(q, 9) = 0$

- $a(s, 9) = 0$

$a(i,1)$ : エージェント $i$ の番号	$a(i,35)$ : 友人5の選択回数
$a(i,2)$ : ミーティング相手の番号	$a(i,36)$ : 友人5の成功回数
$a(i,3)$ : $i$ が持つ効用	$a(i,37)$ : 友人5の成功確率
$a(i,4)$ : $i$ のマッチングの順番	$a(i,54)$ : $B_i = 0$ の選択回数
$a(i,5)$ : 戦略0 or 1	$a(i,55)$ : $B_i = 0$ のミーティング 成功回数
$a(i,6)$ : $i$ の保留効用水準	$a(i,56)$ : $B_i = 0$ のミーティング 成功確率
$a(i,7)$ : 戦略0 を選択した回数	$a(i,57)$ : $B_i = 0$ の期待値
$a(i,8)$ : 戦略1 を選択した回数	$a(i,60)$ : エージェント $i$ の得た 効用の合計値
$a(i,9)$ : ミーティング期間の更新	$a(i,61)$ : 友人1 の限界効用の通減
$a(i,10)$ : 今期得た効用	⋮
$a(i,11)$ : 新しい友人	$a(i,65)$ : 友人5 の限界効用の通減
$a(i,12)$ : 新しい友人の効用	$a(i,66)$ : エージェントとの ミーティング回数
$a(i,13)$ : 友人1	⋮
$a(i,14)$ : 友人1 の効用	$a(i,165)$ : エージェント100との ミーティング回数
$a(i,15)$ : 友人1 の選択回数	
$a(i,16)$ : 友人1 の成功回数	
$a(i,17)$ : 友人1 の成功確率	
⋮	
$a(i,33)$ : 友人5	
$a(i,34)$ : 友人5の効用	

図-3.1 エージェント  $i$  の個性



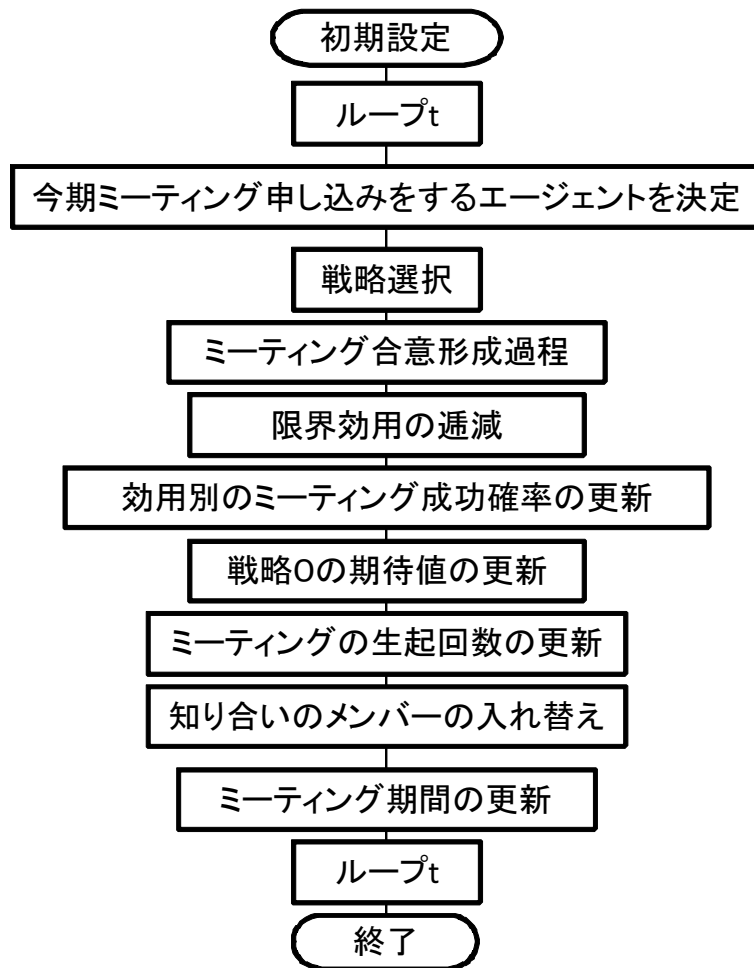


図-3.2 全体のフローチャート

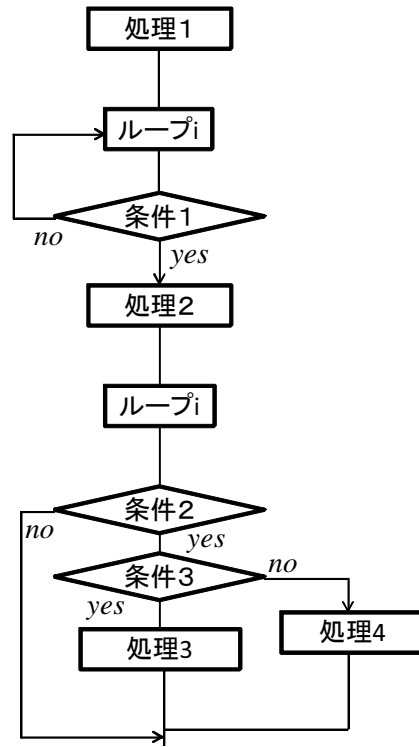


図-3.3 戦略選択

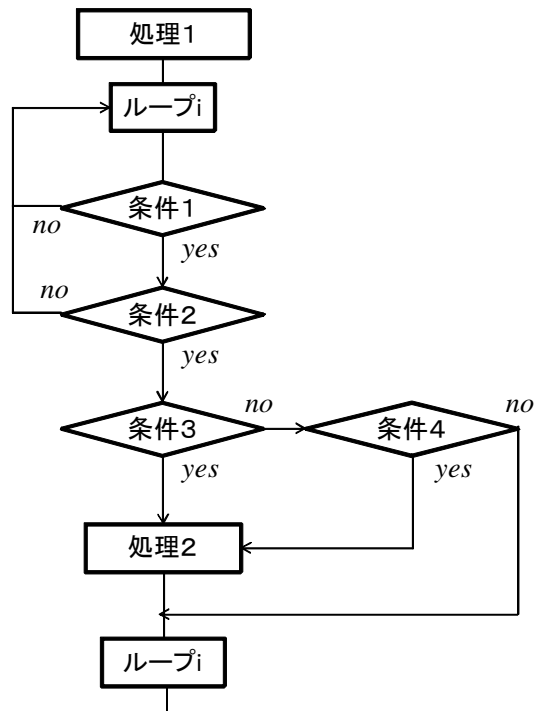


図-3.4 マッチング過程 ( $B_i = 0$ )

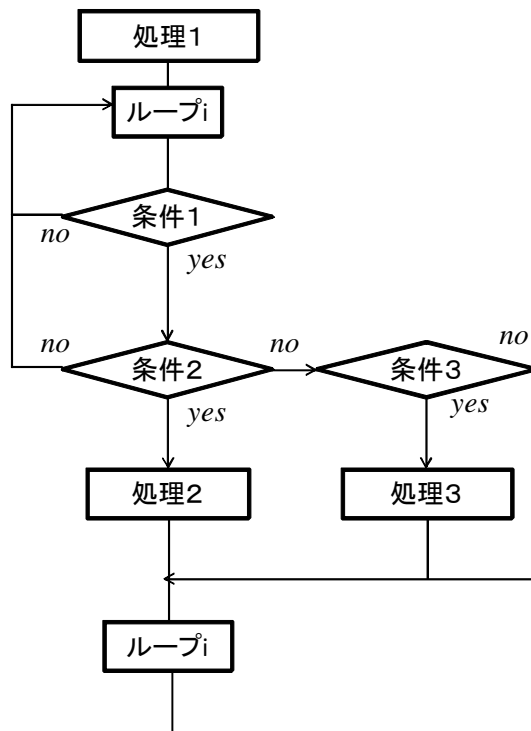


図-3.5 マッチング過程 ( $B_i = 1$ )

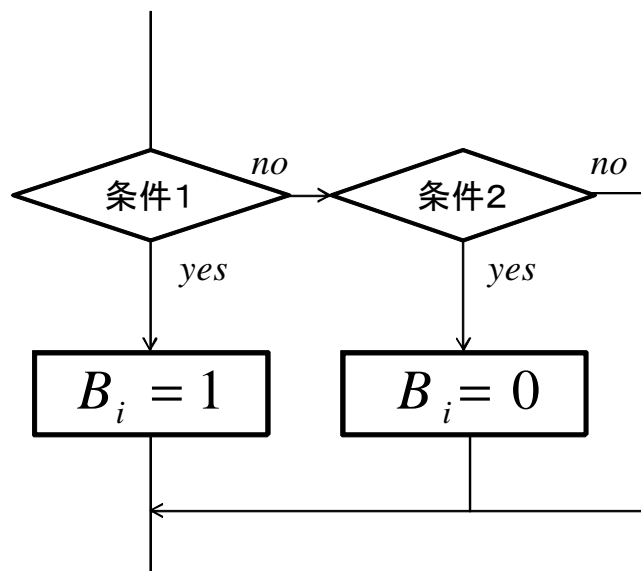


図-3.6 マッチング過程

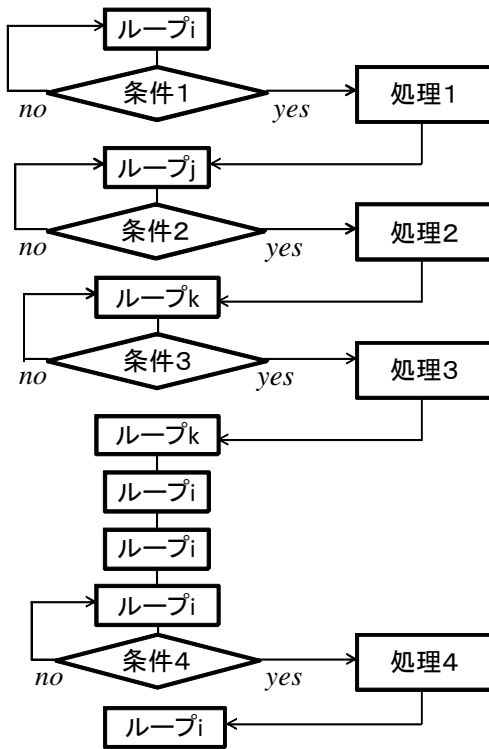


図-3.7 限界効用の逓減

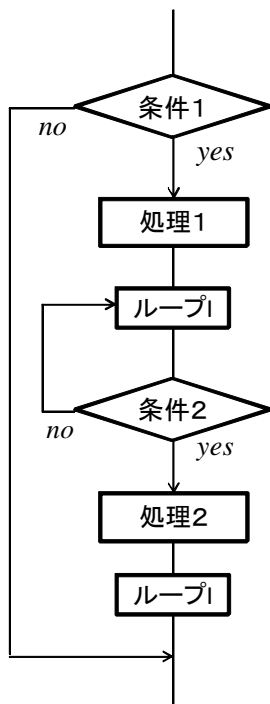


図-3.8  $A_i(t)$  のメンバーの入れ替え

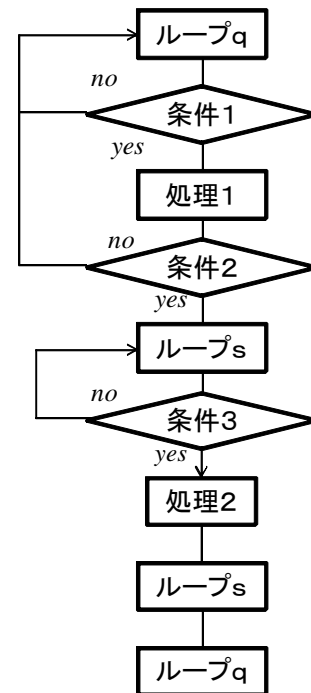


図-3.9 ミーティング期間の更新

## 第4章 数値実験

### 4.1 数値実験の概要

本章においては、前章において構築したモデルを用いて、記憶の不完全性がミーティング均衡に及ぼす影響を分析するため、シミュレーション分析を行う。シミュレーションの実施にあたって各外生変数及びパラメータの値を以下のように設定する。すなわち、全エージェント数  $m = 100$  であり、エージェント  $i$  ( $i = [1, 100]$ ) の持つ固有の効用水準はエージェント番号  $i$  と等しいと仮定し、 $v_i = i$  とおく。このことはエージェントの効用水準が  $[1, 100]$  における一様分布を仮定していることに他ならない。また、基本ケースとしてミーティング集合の要素数の最大値  $x = 3$  とし、限界効用の逓減に関するパラメータ  $\alpha, \beta$  はそれぞれ  $1.0, 1.0$  とし、交通費用  $c = 0$ 、探索情報費用  $C = 0$ 、ミーティング期間  $T = 20$  としている。また、 $B_i = 0$  のミーティング成功確率の主観的期待値  $E^s[p_0]$  には初期値  $1$  を与える ( $n_0^c = 1, n_0^s = 1$ )。なお、本研究におけるシミュレーション結果を検証するために  $x = 100$  のケース(ケース1)、及び  $x = 0$  のケース(ケース2)もあわせて分析する。 $x = 0$  のケース(ケース2)はミーティング集合を持たない場合であり、近視眼的に行動することを表現している。一方、 $x = 100$  のケース(ケース1)は完全記憶の場合を想定している。

### 4.2 実験結果の考察

#### 4.2.1 プログラムの有効性の検証

3章において説明されたシミュレーションプログラムの本研究における有効性を検証するため、本節においては基本ケースにおけるシミュレーション結果について考察する。まず、図-4.1 に  $t = 30000$  での各エージェントのミーティング申し込み回数を示す。 $t = 30000$  ならば、ミーティング申し込みを行うエージェントの選出に十分なランダム性があるといえる。ここでは、比較的効用の高いエージェントとして  $v = 75$ 、低いエージェントとして  $v = 25$  を代表として選びさまざまな結果を比較している。図-4.2(a) に  $v = 75$ 、図-4.2(b) に  $v = 25$  のエージェントにおけるミーティングによる獲得効用の期

待値  $R_{A_i}(t), R_{\bar{A}_i}(t)$  の時間変化を示す。ここでは  $B_i = 0, B_i = 1$  を採用した場合のそれぞれの主観的期待値を過去の結果に基づき実験的に每期計算した結果を示しており、シミュレーションを通じ何度も2つの戦略のスイッチングが起こっていることが分かる。図-4.3は、 $v = 75$  および  $v = 25$  のエージェントがミーティングを行った相手ごとのミーティング実現回数を記している。なお、ここでは  $t = 30000$  までの結果を示している。

自らの効用に関わらず効用の高いエージェントとのミーティング回数が多い。効用の高いエージェントの方がミーティング成功回数は多いが、効用の低いエージェントと高いエージェント間でのミーティングもしばしば成立している。

図-4.4にはシミュレーションを通じて獲得した効用の合計値をエージェント別に出力した結果を示している。効用の高いエージェント程獲得効用が大きくなっており、これは効用の高いエージェント程ミーティング成功回数が増加することとの整合性もとれている。なお、 $v = 1 \sim 40$  付近のエージェントの獲得効用が近い値を示している。これは、図-4.2から分かるように  $B_i = 0$  の獲得効用の期待値  $R_{\bar{A}_i}(t)$  は40付近で収束していて、各エージェントは自らの  $A_i(t)$  の要素の中から  $R_{\bar{A}_i}(t)$  以下の効用のエージェントに申し込みを行う誘因を持たない。また、 $B_i = 1$  を採用したエージェントは  $R_{\bar{A}_i}(t)$  以下の効用のエージェントからの申し込みを拒否し、 $B_i = 0$  を採用したエージェントは相手の効用に関係なく申し込みを受諾するため、 $v = 1 \sim 40$  付近のエージェントはミーティングを申し込む場合、申し込まれる場合の双方において成功確率が等しくなる。その結果獲得効用が近い値となったと考えられる。

また、図-4.5は  $t = 1000000$  までにミーティングを申し込まれた回数をエージェント毎に出力した結果である。ここから、効用の高いエージェントにミーティング申し込みが集中する information pollution が生じていることが分かる。

以上の結果は先に示された本研究における仮想実験の前提に合うものであり、これにより本プログラムの有効性を示したと考える。

#### 4.2.2 社会厚生への影響

本項では、記憶容量の有限性がミーティング均衡に及ぼす影響を評価するために、容量  $x$  の大きさが社会厚生に及ぼす影響について分析する。なお、以下では全エージェントが每期獲得した効用値の合計を  $t$  期における社会厚生として定義する。図-4.6は前述の3つのケースそれぞれにおける社会厚生を出力した結果を示している。なお、こ

ここでは10回のシミュレーション結果の平均値を示している。 $t = 100000$ においては社会全体の効用は基本ケースにおける結果が最も高い値となっている。これは、エージェントが過去のミーティングについての記憶を持つことにより、ミーティングを行ったときに獲得できる効用の不確実性が減少したためと考えられる。しかし、ケース1の結果から、過剰な情報がむしろエージェントの獲得効用を減少させるファクターにもなり得ていることが分かる。

図-4.7は $t = 100000$ 及び $t = 1000000$ における、マッチングに成功し、ミーティングを申し込むという行為が起こった回数と、ミーティングの生起回数との比較を示している。図-4.7からケース1は基本ケースに比べ、ミーティング申し込み数に対するミーティング生起回数が小さいことが分かる。これは相手の効用を知っていることで相手のミーティング申し込みを断わるということが多くなり、ミーティング生起回数が下がり、結果的に社会厚生が減少したものと考えられる。

一方図-4.6においては $t = 1000000$ で社会厚生は完全情報状態における結果が最も高い値となっている。基本ケース、ケース2ではすでに各エージェントが獲得できる効用は時間とともにあまり変化しなくなっているのに対し、ケース1ではエージェントの獲得する効用は時間とともに増加している。このことは、ミーティングの成功確率に関する期待値の形成が $t = 1000000$ においてはほぼ定常状態に近づいているためと考えられる。すなわち、ミーティングを申し込む相手がほぼ限定されており、効用の近いエージェントたちがグループを形成して、お互いにミーティングを申し込んでいるという一種のsortingが生じている。これにより、一部のエージェントにミーティング申し込みが極端に集中するというinformation pollutionが避けられ、申し込む場合、申し込まれる場合の双方のマッチング確率及びミーティング成功確率を上昇させる結果となっている。図-4.7からケース1においてミーティングの申し込み回数に対するミーティングの生起回数が時間とともに増加していることが分かる。これは、エージェントのグループ化が進み、効用の低いエージェントが効用の高いエージェントにミーティングの申し込みを行い、拒否されるということが減少したためと考えられる。

図-4.8, 図-4.9, 図-4.10は基本ケース、ケース1, ケース2のそれぞれについて $t = 1000000$ で、 $v = 75$ のエージェントを取り上げ、ミーティングを行った相手毎にその回数を出力した結果である。グラフでは、横軸を「ミーティング相手の番号」、縦軸を「ミーティングを行った回数」としている。ケース2においてはエージェントの効用によらずほぼ均等にミーティングがなされ、基本ケースにおいても効用の高いエージェントとのミー

ティングが多いが効用の低いエージェントとのミーティングもまんべんなく行われている。これに対し、ケース1においては効用が75付近のエージェントとのミーティング回数が圧倒的に多く、その他のエージェントとのミーティングはほぼ0となっている。ここから、実際に sorting が起こっていることが確認できる。次に、 $\alpha, \beta$  をともに0にし、限界効用の逓減の影響を排除した上での出力結果を分析する。図-4.11, 図-4.12はそれぞれケース1, 基本ケースにおけるミーティング成功回数を示している。基本ケースにおいては限界効用の逓減を考慮した場合と比べ大きな変化はない。ケース1においてはこの影響がなくなることでミーティングを行う相手がさらに限定的になっていることが分かる。

#### 4.2.3 限界効用の逓減の影響

限界効用の逓減を表すパラメータ  $\alpha, \beta$  をそれぞれ1.0, 1.0として与えていたが、 $\alpha$  の変化が社会全体の効用にどう影響するかをケース別に示したのが図-4.13である(グラフでは、横軸を「 $\alpha$ 」、縦軸を「社会厚生」とし、 $t = 1000000$ での出力結果である)。ケース1では $\alpha$ が増加するにつれ社会厚生は減少していくのに対し、基本ケースでは減少が小さく、ケース2ではほとんど減少していない。これは、ケース1においてエージェントはミーティング集合に属する同一のミーティング相手と多くのミーティングを行うため、限界効用が大きく逓減する相手が増えているためである。一方基本ケース、ケース2においては、ミーティング集合に属さない相手とのミーティングも比較的多く、(図-4.8, 図-4.10) その結果、ミーティングにより獲得できる限界効用が大きく逓減する相手が少ないためと考えられる。



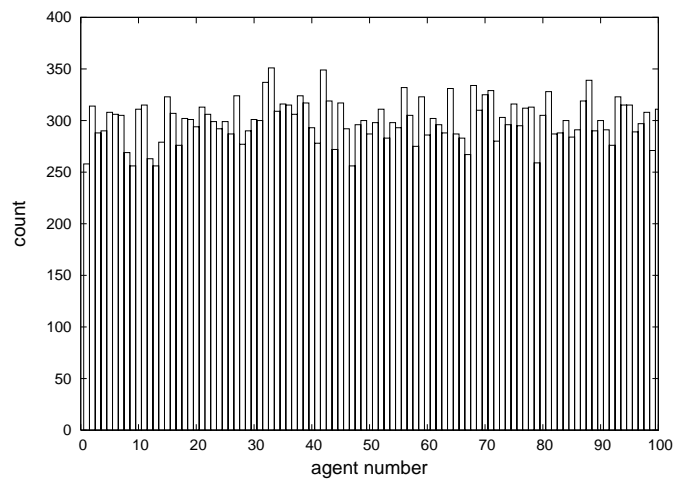
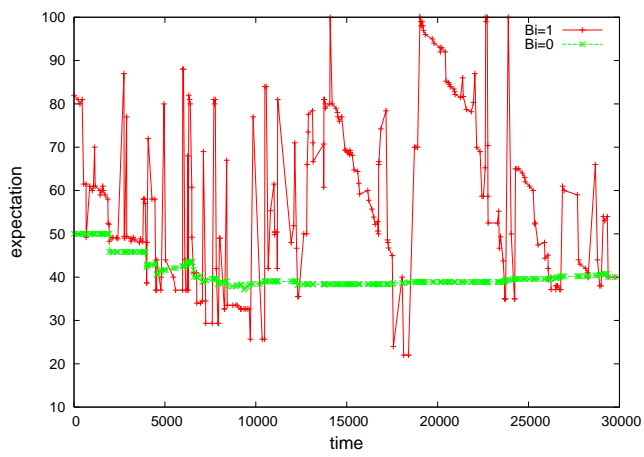
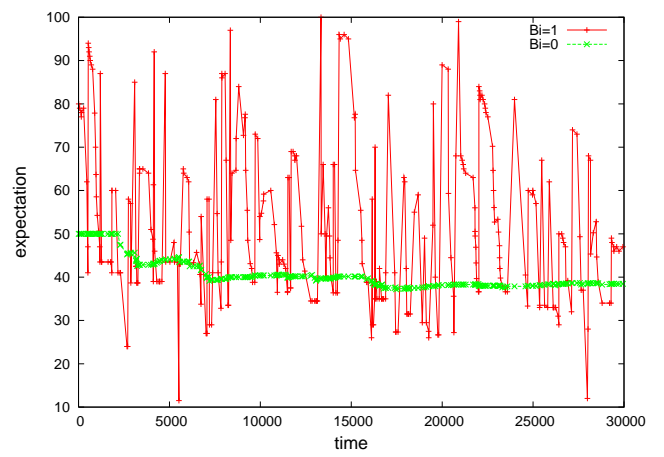


図-4.1 各エージェントのミーティング申し込み回数

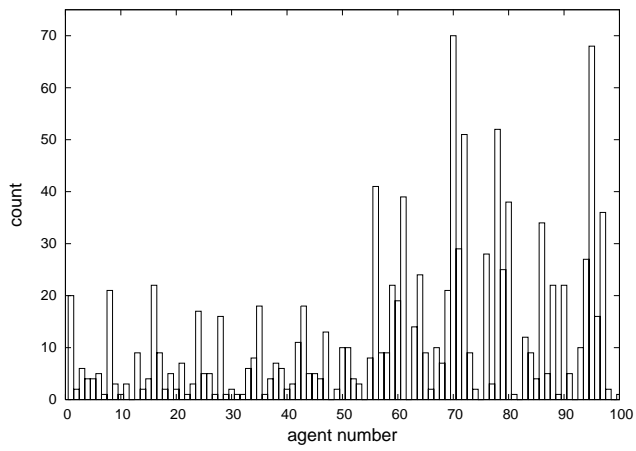


(a)  $v = 75$

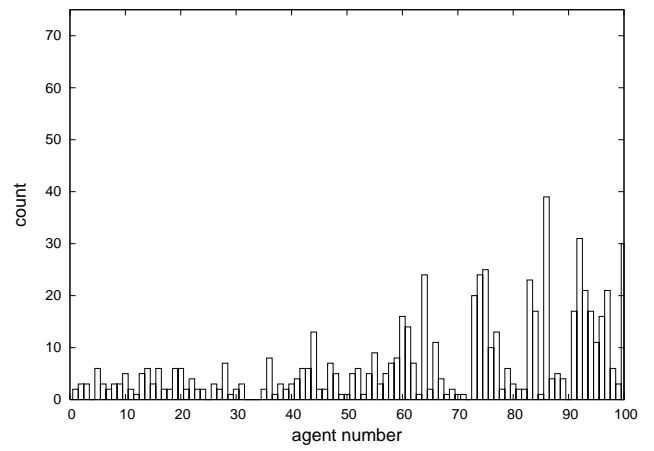


(b)  $v = 25$

図-4.2 獲得効用の期待値



(a)  $v = 75$



(b)  $v = 25$

図-4.3 ミーティング成功回数

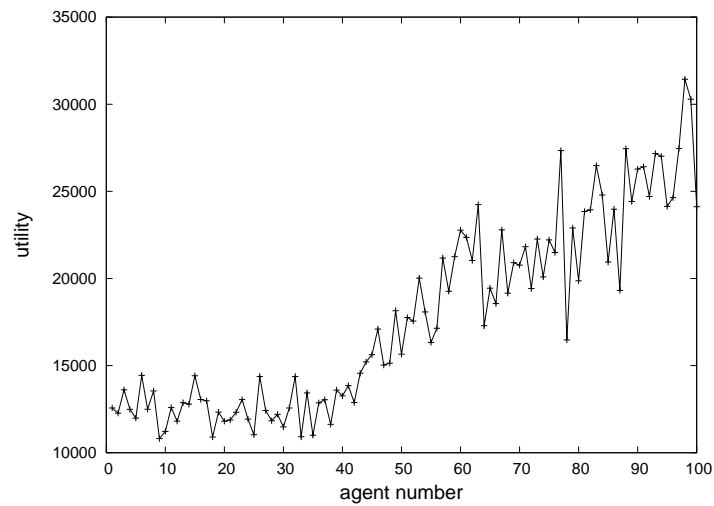


図-4.4 各エージェントの獲得効用の合計

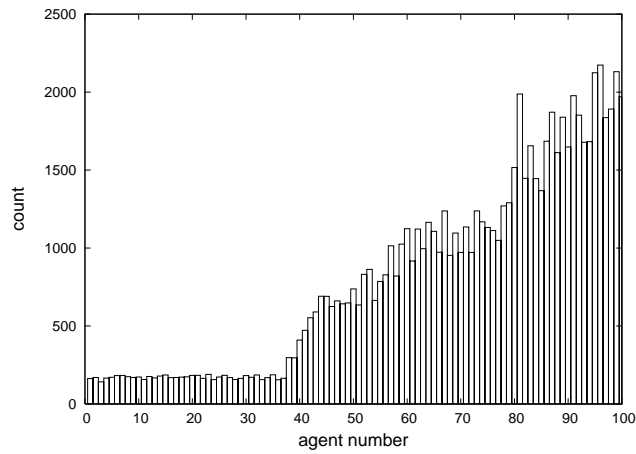


図-4.5 ミーティングを申し込まれた回数

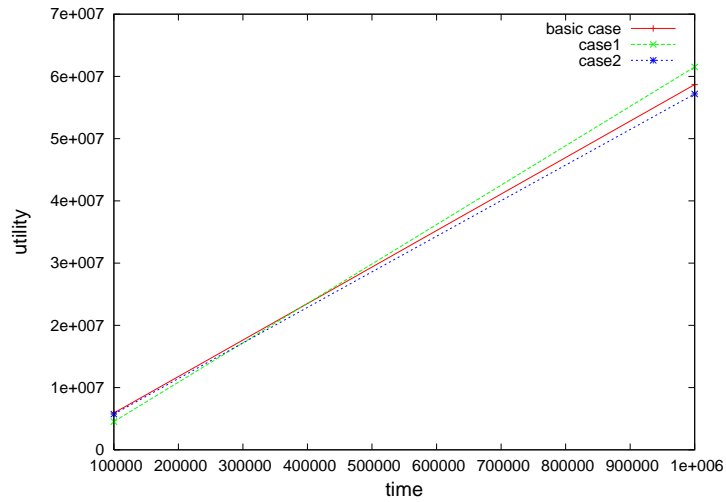


図-4.6 全エージェントの獲得効用の合計

	ミーティング申し込み回数	ミーティング生起回数	ミーティング成功割合
基本ケース	62885.8	49788.7	0.792
ケース1	72963.4	31059.0	0.426

(a)  $t = 100000$

	ミーティング申し込み回数	ミーティング生起回数	ミーティング成功割合
基本ケース	628915.5	494093.5	0.792
ケース1	723931.3	534799.4	0.734

(b)  $t = 1000000$

図-4.7 ミーティングの申し込み回数と生起回数

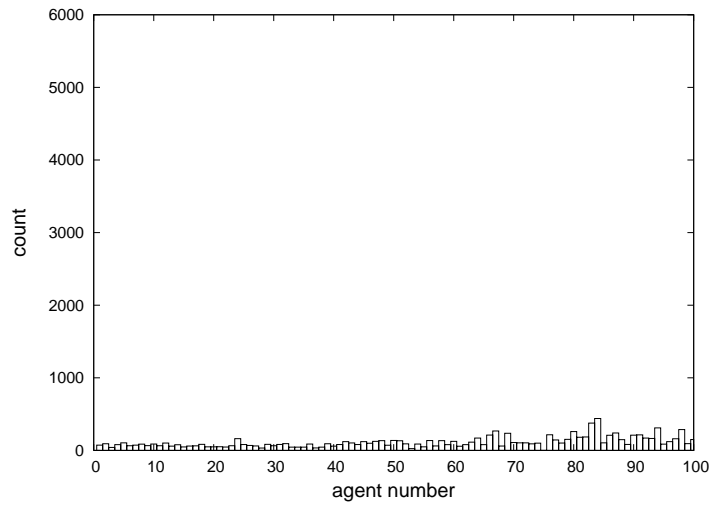


図-4.8 ミーティング成功回数(基本ケース)

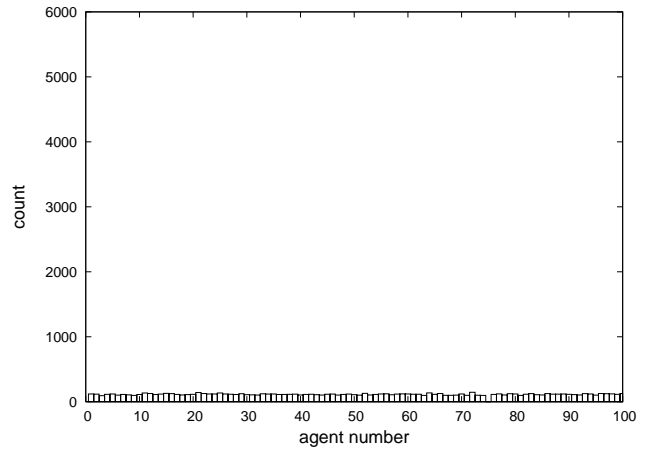
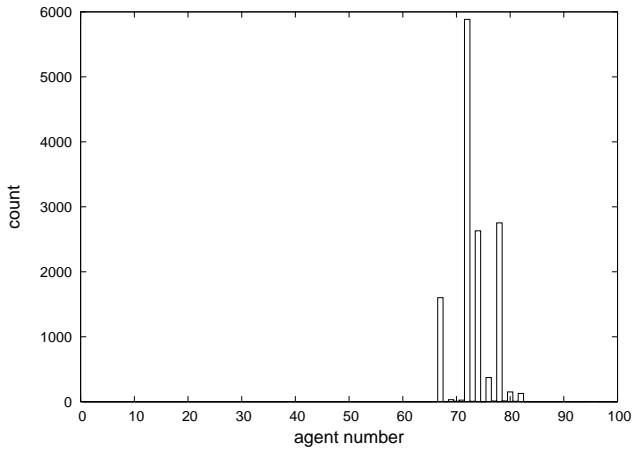


図-4.9 ミーティング成功回数(ケース1)

図-4.10 ミーティング成功回数(ケース2)

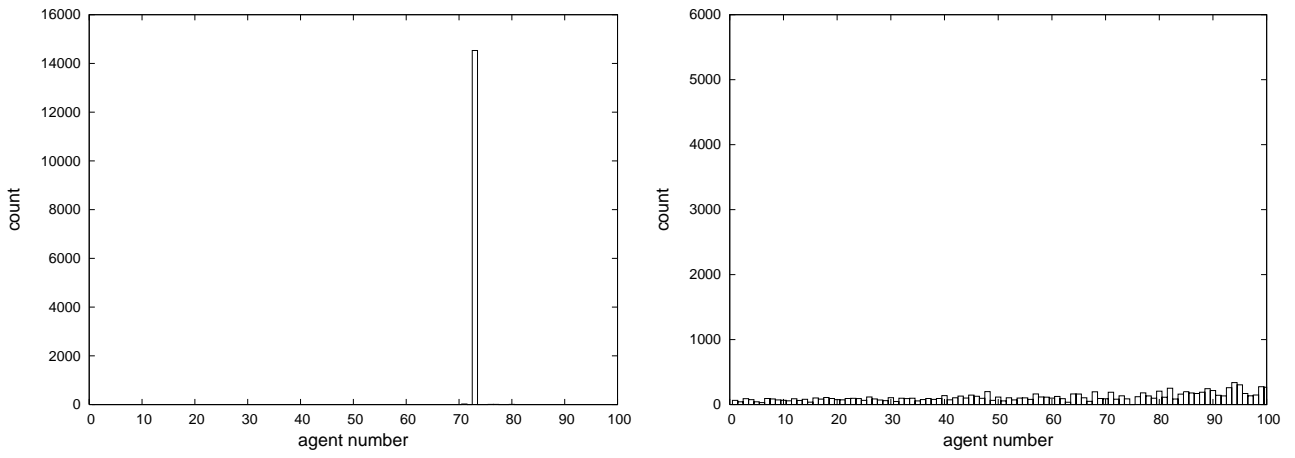


図-4.11 ミーティング成功回数(ケース1,  $\alpha = 0, \beta = 0$ )      図-4.12 ミーティング成功回数(基本ケース,  $\alpha = 0, \beta = 0$ )

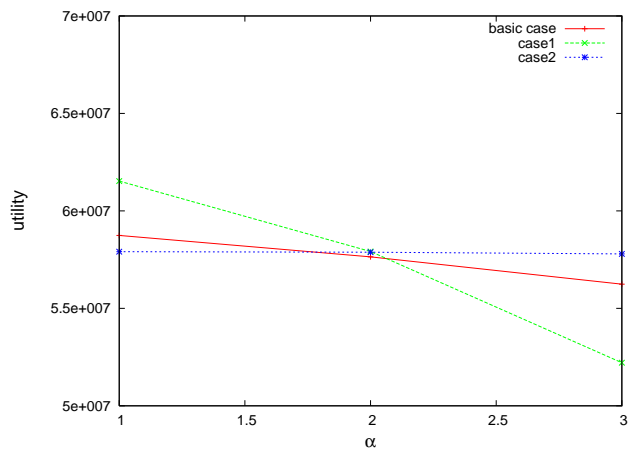


図-4.13 限界効用の逡減による影響

## 第5章 おわりに

コミュニケーションは都市における集積の効果を具現化するための必要不可欠な手段であり、都市に居住する個人はコミュニケーション実現のためにミーティングを繰り返し実施する。知識社会の進展に伴い、個人がより多忙になるにつれ、効率的なコミュニケーションを実現することは困難になってきている。個人はミーティングを行う際、完全にランダムにその相手を探索するよりは、ある特定のミーティング相手に関するリストを持っていて、そのリストの中の個人とおつきあいを繰り返すことが多い。その理由の一つは、ミーティング相手の情報に関する不確実性に起因する。その一方で、同一の相手とミーティングを繰り返す場合、当該のミーティングから獲得できる限界的な効用は減少するであろう。

本研究では、このような現象を表現するために、過去のミーティング履歴に関する記憶が限定的であり、完全な記憶を持たない限定合理的な個人によるコミュニケーション過程を分析した。エージェントベースとシミュレーションを通じて、過去のミーティング履歴に関する記憶容量の大きさが実現するミーティングの効率化に及ぼす影響を分析した。さらに、同一のミーティング相手から獲得できる限界効用が逡減するという仮定により、同一の相手と行うミーティングの陳腐化がミーティング均衡にもたらす効果について考察した。その結果、比較的同質な個人同士がグループを形成し、グループ内におけるミーティングを繰り返し実施するという、*sorting*現象が現れることを確認した。*sorting*の実現により、特定の個人にミーティングの申し込みが集中するという *information pollution* に伴う非効率性が緩和される可能性があることを指摘した。しかし、*sorting*は同時に限界効用を逡減させる要因にもなり得るため、無情報状態及び限定情報状態が完全情報状態よりも厚生を高める社会状態となり得る可能性が示されたことは本研究の成果であろう。行動モデルの性質によっては限定情報状態の優位性が現出する可能性がある以上、伝統的な交通均衡の概念のように道路交通システムを合理的個人の仮定の上で単純にとらえようとするアプローチがある一方で、本研究で示したような限定合理的個人を仮定した上でシステムを把握することも有効なアプローチではなからうか。

今後の研究課題としては、今回は初期状態としてのエージェントの異質性は個人

の持つ効用の違いのみであり, 実現象においては個人間の選好には多様な種類が存在し, エージェントを選好の違ういくつかのタイプに分類するなどの発展の形が考えられる. また, 本研究ではエージェントの行動や学習過程があらかじめプログラム化されており, 動的な環境の中における個人の学習行動を明確に定式化したわけではない. 近年では, 個人行動の心理的な行動様式を明示的に取り入れた行動論的ゲーム理論が発展しつつある. そこでは個人は自分自身のペイオフだけでなく他人のペイオフも考慮に入れたり, 個人のフレーミング, 簡略化, 合理化行動を明示的にモデル化したような新しいゲーム理論が開発されつつある. 土木計画の分野で社会的学習プロセスを扱った研究事例は非常に少ない. 人間の行動や思考に関しては, 心理学の分野で膨大な研究蓄積があり, 心理学における手法を用いることなどが考えられる.

## 参考文献

- 1) 小林潔司, 福山敬, 松島格也: フェイス・トゥ・フェイスのコミュニケーション過程に関する理論的研究, 土木学会論文集, No.590/IV-39, pp.11-22, 1998
- 2) Simon, H.: Models of Bounded Rationality, The MIT Press, 1982
- 3) Barucci, E.: Exponentially fading memory learning in forward looking economic models, Journal of Economic Dynamics and Control, Vol.24, pp.1027-1046, 2000
- 4) 松島格也, 福山敬, 小林潔司: 個人選好の異質性とコミュニケーション均衡, 「応用地域学研究」 No.3, pp.151-164, 1998
- 5) 小林潔司, 松島格也: 限定合理性と交通行動モデリング: 研究展望, 土木学会論文集, No.688/IV-53, pp.5-17, 2001.10
- 6) P Aghion, P Bolton, C Harris, B Jllien: Optimal learning by experimentation, The Review of Economic Studies, Vol.58, pp.621-654, 1991
- 7) Robert FERBER, Werner Z. HIRSCH: Social experiments in economics, Journal of Econometrics 11, pp.77-115, 1979



## 謝 辞

本論文を結ぶにあたり、本研究を遂行するに際し、御指導、御協力を頂いた多くの方々に深く感謝の意を表します。

京都大学大学院工学研究科の小林潔司教授には、御多忙の中、本研究の遂行に関わる貴重な御指導と御助言、そして暖かい励ましの言葉を頂きました。ここに深甚なる感謝の意を申します。京都大学大学院工学研究科の松島格也准教授には、本研究の遂行に関わる基礎的な素養から細部の修正にわたり、有益な御指導とご教授を頂きました。心から感謝申し上げます。京都大学大学院工学研究科の吉田護助教授には、適切な御指導と御助言を頂きました。厚く感謝の意を表します。

そして、計画マネジメント論研究室の諸兄には、日頃の研究に対する姿勢や生活態度から大変刺激を受けました。また、本研究を取りまとめる上での多大なご協力を頂きました。ここに深く感謝する次第です。