

# 大学-学会モデルによるアカデミック・ソサエティの盛衰予測に関する研究

- マルチ・エージェント・シミュレータ ABS によるケーススタディ -

谷本 潤\*, 藤井 晴行\*\*

ABS 上の 2 次元平面は、研究シーズ(所謂、研究ネタ)が存在する研究フィールドを表す。Agent は、主として、研究シーズを掘り下げる研究掘削力と研究フィールドを移動する分野移動力からなる属性を付与され、両者は初期生成 Agent 間で有意差がないように設定される。各 Agent は、研究フィールドを移動することにより研究流行性を獲得し、研究シーズを掘削することで研究パラダイム性を得、両者により特徴づけられる論文を定期的に学会に投稿する。投稿された論文は、各 Agent の中の一人により審査され、採否の断が下される。世代交代に際しては、過去の採用論文数が最大の Agent が後継者を生成する権利を得る。大略上記のルールのもとで、人工社会にフィールド移動に関する属性のみ異なる 3 種(一所へ腰を落ち着ける / 頻繁に研究分野を変える / 学閥をなす)の Agent を発生させ、この属性差や査読システムの適正さ、さらには学問的パラダイムの発生有無などが、各 Agent の盛衰に如何なる影響を与えるかを観察した。

## 1 . 緒言

本稿の内容は、研究教育機関としての大学およびそれと不離の関係にある学会とを人工社会に模擬し、それらの運営システム、就中、大学の人事システム、研究評価システムが、アカデミック・ソサエティの盛衰に如何なる影響を及ぼすのかを明らかにしようとの研究の一環として行われたものである。

本研究全体の意義、背景については、既に筆者らの発表論文において、その所信を含め、詳細に述べているので、審査員各位には是非とも別紙資料を御覧頂きたい。本稿内容に関連してその概要を述べれば、当該報告では、研究能力、社会的能力や論文投稿間隔、生産する論文の質などの諸属性に確率的差異を有しない Agent を初期発生させ、論文発表、審査、世代交代のプロセスの中で、例えば、不適切な査読方法や世代交代時に論文数だけを考慮すると云った様々な環境因子が、各 Agent の形質に世代を経て如何なる影響を及ぼすかについて述べた、所謂、適応複雑系モデルを取り扱っている。適用したシミュレーターは、Visual SLAM である。

本報告におけるモデルは、適応複雑系という点を除けば、大略、上記参考論文のモデルをベースに ABS 用にリメイクし、パラダイムシフトなど新たなサブモデルを組み込んだ内容となっている。大枠は、冒頭の梗概に述べた通りである。

## 2 . モデル概要

Professor\_1, Professor\_2, Professor\_3 の 3 種の Agent が存在する。投稿間隔や研究能力などの基本属性の統計値に差異はないが、人工社会の 2 次元平面上における移動時のロジックが異なる。

Professor\_1 は、基本的には初期発生位置を動かない。研究シーズがなくなり、研究者生命の継続が危殆に瀕した場合にのみ、周囲直近の研究シーズが未だ残存している場所へと移動する。これは、いわば頑固一徹の“我が道を行く”タイプである。一場所に根が生えたように居着いて、こつこつ“我が研究”を進めるタイプである。

Professor\_2 は、常に先人の研究により耕された(本稿では一般語彙で云う学問分野を“耕す”ことを以下“掘削する”と表現する)分野を追い求めて移動する。研究シーズを 2 次元平面上の地形に喩えるなら、谷底を探し求めるタイプである。これらは結果的に無意識に派閥を形成し、衆を伴って行動する傾向にある。また、研究領域が既に学問的には終焉し、ある種の飽和状態、すなわち、もはやこれ以上掘削不能(学問的進展不能)で最深の谷底に至っているのに、そこから抜け出そうとしない、と云う行動様式を見せる。後段の計算例の項で述べるが、これは一見不合理に見えても、実際のアカデミック・ソサエティではままた見かける集団特性ではなからうか。研究者生命維持のため、グループの面々は入れ替わり立ち替わり、派が居座る穴の周縁部の未だ研究シーズが残っている場所まで出掛けては研究シーズを仕入れて息継ぎをし、しかる後また穴の中央部、すなわち派閥の中心部へと蝟集してくる。研究はそこそこに、派閥活動に余念がない大学人への風罵と視ることが出来るだろう。

Professor\_3 は、常に研究シーズが最も残っている領域を求めて移動する。上記同様に研究シーズを 2 次元平面上の地形に喩えるなら、頂上ないしは尾根を常に探し求めるタイプである。これは、常に人のやらない隙間隙間の研究領域を求めて分野を移動するタイプであり、研究分野移動のダイナミズムが大きく、反面、一所に腰を落ち着けてこつこつやると云う性

\* 九州大学大学院総合理工学研究院エネルギー環境共生工学部門・助教授・工博

\*\* 東京工業大学理工学研究科建築学専攻・助教授・工博

質は持ち合わせないことになる。

### 3 . モデルフレーム

#### 3-1 人工社会 2次元平面

本人工社会は 50×50 メッシュの正方 2次元平面により構成され、この平面には研究者生命維持、研究者の論文執筆に必要な研究シーズが散布している。研究シーズを研究深度で表現するなら、初期状態はすべての座標位置(X,Y)において研究深度=0 であり、研究限界深度=100 まで、すなわち 100 当量の研究シーズが存在することになる。

#### 3-2 Agent

Agent には、Professor\_1,Professor\_2,Professor\_3 の種が存在する。その初期人数 (0 x 100,10 とびの離散整数 x ) はそれぞれ独立にコントロールパネルで設定できる。初期状態では、各 Agent は、次節、次々節で述べる属性を有し、2次元平面上にランダムに配置される。各 Agent で確率的に異なる初期属性を付与されるのは、次々節で述べる 2次元平面上の移動ロジックのみである。

#### 3-3 Agent に共通な初期属性

以下の 4 属性は、Professor\_1,Professor\_2,Professor\_3 の種に依存せず、等質の初期属性が付与される。

- ・分野移動力 Uni[14,20]integer
- ・研究掘削力 Uni[5,15]
- ・年齢 Uni[25,49]integer
- ・論文投稿間隔 Uni[6,12]integer

ただし、Uni[a,b]は、a x b の x にて表される一様乱数を示し、Uni[a,b]integer は、a x b の整数値 x にて表される一様乱数を表す。これらの基本属性は、後述する世代交代時には、遺伝による各特性の拡大、収縮が生じる。

#### 3-4 各 Agent の 2次元平面上の移動ロジック

- ・ Professor\_1 後述する各ステップごとの Agent 動作の結果、当該ステップ位置に自己の研究掘削力以上の研究シーズが存在しないために研究活動を休止する場合を除いて、初期発生位置に滞留し続ける。移動する場合は、自己の分野移動力の範囲内で、移動先の残存研究シーズが自己の研究掘削力より大きい場所を求めて、周囲 (ムーア近傍、自分現在位置の周囲 8 メッシュ) をランダムに移動し、最初に当該条件を満たす位置まで移動する。
- ・ Professor\_2 後述する各ステップごとの Agent 動作の結果、当該ステップ位置に自己の研究掘削力以上の研究シーズが存在しないために研究活動を休止する場合を除いて、自己の分野移動力の範囲内で、座標(X,Y)の周囲 8 メッシュ計 9 メッシュ (中心メッシュを含む) を合算した研究深度の合計値が最大となる(X,Y)へと移動する。研究活動を休止した場合は、自己の分野移動力の範囲内で、移動先の残存研究シーズが自己の研究掘削力より大きい場所を求めて、周囲 (ムーア近傍、自分現在位置の周囲 8 メッシュ) をランダムに移動し、最初に当該条件を満たす位置まで移動する。
- ・ Professor\_3 後述する各ステップごとの Agent 動作の結果、当該ステップ位置に自己の研究掘削力以上の研究シーズが存在しないために研究活動を休止する場合を除いて、自己の分野移動力の範囲内で、座標(X,Y)の周囲 8 メッシュ計 9 メッシュ (中心メッシュを含む) を合算した研究深度限界までの残存研究シーズの合計値が最大となる(X,Y)へと移動する。研究活動を休止した場合は、自己の分野移動力の範囲内で、移動先の残存研究シーズが自己の研究掘削力より大きい場所を求めて、周囲 (ムーア近傍自分現在位置の周囲 8 メッシュ) をランダムに移動し、最初に当該条件を満たす位置まで移動する。

なお、各ステップごとの各 Agent の 2次元平面上移動距離を、以下、L にて表す。

#### 3-5 研究活動

各ステップごとに各 Agent は研究活動を行う。研究活動とは、各 Agent が有する論文作成用トレイに以下に述べる諸量を別個にストックする行為により模擬する。諸量とは、流行性とパラダイム性である (すなわち論文作成用トレイは 2 種ある)。各ステップで Agent が獲得する流行性は、前ステップからの移動距離 L で表す。また、獲得するパラダイム性は、当該 Agent の研究掘削力を L で除した値 (これを実研究掘削量とする) で、L=0 の場合は研究掘削力とする。これは、初期状態における各 Agent の研究掘削力には確率的にみて有意差はなく、一種の保存量 (厳密には世代を経ることに変化し得る) と考えられることから、研究掘削力を研究能力と見立てて、それを Agent は各ステップ毎に、移動に費やし流行性を得るか、真の掘削に費やしパラダイム性を得るか、に振り分けながら研究活動を行うことを意味する。

以上の研究活動は、当該 Agent の当該ステップにおける位置(X,Y)における残存研究シーズが当該 Agent の研究掘削力より多い場合に限り行われ、その条件を満たさない場合は研究活動を休止する。

#### 3-6 論文投稿

前回の論文投稿からの経過ステップが、自己の論文投稿間隔に Uni[-3,3]integer を加えた値に比して大きい場合に、論文を投稿する。前回の投稿時以降、論文作成用トレイにストックされた流行性とパラダイム性をもって、それぞれ生産される論文の流行性、パラダイム性が付与される。投稿された論文は、直ちに論文査読に回され、即座に合否が判定され、論文採用の場合は当該 Agent の累積採用論文数に 1 が加えられる。

### 3-7 論文査読

現在する総 Agent の中からランダムに査読委員 1 名が決定される。以下の 2 条件のいずれかを満たす場合に、投稿論文は採用の判定をなされ、それ以外は不採用とする。

条件 1; if 査読者の過去の採用論文流行性平均値\*(1-査読の甘さ)<投稿論文の流行性 then (True)

条件 2; if 査読者の過去の採用論文パラダイム性平均値\*(1-査読の甘さ)<投稿論文のパラダイム性 then (True)

ただし、査読甘さは、0 以上 1 以下のモデル定数 (0 のとき審査は厳密に行われ、1 のとき論文は無審査採用となる) で、コントロールパネルで設定できる。 は命題の記述終了を示す。上記の命題によれば、投稿論文が有する 2 属性のうち、流行性かパラダイム性がいずれか一方について、査読委員のメガネに適えば、当該論文は採用になることを意味する。

### 3-8 世代交代

各ステップごとに各 Agent は 1/12 ずつ加齢し、停年年齢である 60 に達した時点で以下の世代交代プロセスが生起する。

- (1) 現存総 Agent の中から、累積採用論文数が最大の Agent が検索され、これを後継者指名権者とする。
- (2) 定年退官する Agent に替わって、次の属性を持つ Agent を発生させ、停年退官する Agent が存在していた位置(X,Y)に配置する。新規発生させる Agent の分野移動力,論文投稿間隔は、後継者指名権者のそれに Uni[-1,1]integer を加えた値、研究掘削力は後継者指名権者のそれに Uni[0.95,1.05] を乗じた値とする。これは、遺伝に伴う形質の一部拡大,縮小を模擬したものである。年齢は Uni[25,49]integer とし、Professor\_1,Professor\_2,Professor\_3 のいずれの種別かは、後継者指名権者のそれに一致するものとする。
- (3) 後継者指名権者の累積採用論文数は、ゼロクリアされる。

### 3-9 各ステップごとの Agent の動作

各 Agent は、各ステップごとに、上記した 3-4,3-5,3-6,3-7,3-8 の所作を行う。

### 3-10 研究活動休止に起因する研究者生命の消失

研究活動を連続して 12 ステップ休止した Agent は、年齢に関わらず、研究者生命を絶たれる。この場合、原則 (シミュレータ上の Default) 欠員の補充は行われず、現存総 Agent 数は減少する。ただし、コントロールパネル「ネタ枯渇時の補充」の設定を 1 にすると、3-8 のプロセスに則って欠員の補充が行われる。

### 3-11 パラダイムシフト

本シミュレータでは、2 次元平面の研究深度の積分値に対する研究深度限界に 2 次元平面面積を乗じた値との比で定義される研究進行度が 50% を越えた時点で、2 次元平面上にパラダイム位置が表示される。パラダイム位置はランダムである。コントロールパネルで設定される、パラダイムシフト発生下限を研究進行度が越えた時点で、各ステップごとに以下の判定を行い、条件を満たす場合には、パラダイムシフトが生じ、2 次元平面上の研究進行度はゼロクリアされる。

判定 1; if パラダイム位置における研究深度>研究深度限界\*0.9 then (True)

この設定は、2 次元平面で表現される研究ネタフィールドのある地点に、ブレークスルーのボタンが隠されており、そこを押すと (その座標位置を掘削すると)、次世代へのパラダイムシフトが拓け、研究ネタに行き詰まっていた分野もネタが再生されて、ゼロからのスタートになることを意味する。

## 4 . ケーススタディ結果及び考察

### 4-1 基本ケース

条件設定は以下の通り。

コントロールパネルの設定 : Professor\_1,Professor\_2,Professor\_3 の初期人数=70 / 査読の甘さ=0 / ネタ枯渇時の死亡補充=0 / パラダイムシフト発生下限=90%

60 ステップ経過時 (5 年経過時) の結果を図 1 に示す。

Professor\_2 はいくつかの派閥を形成している。例えば、中央部の派閥をみると、Professor\_2 は白抜きされた、すなわち既に研究シーズは尽きかけている領域に固執してグループを維持している。

採用論文流行性平均値,採用論文パラダイム性平均値の推移をみると、前者では Professor\_3,Professor\_2,Professor\_1 の順、後者では逆順で小さくなっていることがわかるが、これは 3-4 で述べた移動ロジックからすると妥当な結果といえるだろう。ただし、図は過去の平均値の推移であり、瞬時値を表してはいないことに注意が必要。一人あたりの採用論文数をみると Professor\_2 のみ少ないことがわかる。この理由については、次段で述べる。

132 ステップ経過時 (11 年経過時) の結果を図 2 に示す。

中央部に形成された Professor\_2 がいる穴がだいぶ大きくなってきていることに気がつく。Professor\_2 は、その移動ロジックから以下のことが生じる。つまり、大きくなった穴の中心部に研究シーズがなくとも、彼らとはにかく参集する。しかしそこでは、必然的に研究活動中止となるから、1 ステップごとに穴の周縁部の研究シーズが残存している場所まで出掛けて行って、活動再開して命をつなく。しかる後、再び穴の中央に移動する。そしてこれを繰り返す。中央部は、シーズが希薄 (もしくは自己の研究掘削力以下なら存在しないのと同義) だから、自己の投稿間隔でならしてしてみると、論文作成用トレイのパラダイム性 (穴の大きさに依存するが 2 回に一度穴の中央部に参集する以外に移動しないとすれば流行性も小

さい)にストックする量が小さくならざるを得ない。そうすると、投稿しても、そういった低質論文は、Professor\_1,Professor\_3の審査員たちに剋ねられるから、一人あたりの採用論文数が少なくなるのである。もし査読をフリーパスにすれば、斯様の事態は生じない(次節で述べる)。

192ステップ経過時(16年経過時)の結果を図3に示す。

図ではみにくい(赤色四角で示してある)が、研究進行度が50を越えたため、右側上方にパラダイムが表示されている。研究が進行して、白抜き部分が多くなってきたことがわかる。そうすると、Professor\_2は、上記で述べた動作、すなわち穴の中央部へ集まり、そののち、周縁部へ行って息継ぎを行う、と云う往復運動を、その移動距離の増大とともに行うのが、しんどくなって来る。そうすると、連続研究活動休止条項に引っかかって、研究者生命を絶たれるものが出てくる(次段で述べる図4の人口推移のグラフ参照)。このことから、研究はお座なりで、派閥会合に余念のないProfessor\_2を世代交代時に排除するためには、厳しい査読システムが必要であることがわかる。

300ステップ経過時(25年経過時)の結果を図4に示す。

パラダイムシフトが一度生じて(ゲームで云う一面クリア)、研究深度がゼロクリアされ、行き倒れ(研究活動休止連続12ステップ条項に引っかかってパージされるAgent)により徐々に数を減らしつつあったProfessor\_2も一息ついた状態である。

360ステップ経過時(30年経過時)の結果を図5に示す。

第2フェイズが進行した状況。投稿間隔(これは現存総AgentのProfessor\_1,Professor\_2,Professor\_3ごとの平均)に着目すると、世代交代が発生する120ステップ以降、徐々にではあるが小さくなっていることがわかる。これは、論文数を後継者指名権者決定要因としているため、各Agentに論文の数を稼ごうと云う思惑が働くことによる。

#### 4-2 査読フリーパス

条件設定は以下の通り。

コントロールパネルの設定: Professor\_1,Professor\_2,Professor\_3の初期人数=70 / 査読の甘さ=1 / ネタ枯渇時の死亡補充=0 / パラダイムシフト発生下限=90%

60ステップ経過時(5年経過時)の結果を図6に示す。

前節で述べたProfessor\_2の採用論文数が極端に少なくなる理由が、本ケースでは存在しないから(査読をフリーパスにしたため)、基本ケースの同ステップと比較して、Professor\_1,Professor\_2,Professor\_3の採用論文数に顕著な差はみられない。

192ステップ経過時(16年経過時)の結果を図7に示す。

人口推移をみると、穴の拡大とともにProfessor\_2が減員していくという傾向は、基本ケースと同様である。赤色四角で表示されたパラダイム位置は、左側やや上方にある。

300ステップ経過時(25年経過時)の結果を図8に示す。

パラダイムシフトが起きる直前の状態。前節例と同様300ステップ後の結果だが、研究進行度は90%を越えていない。また、基本ケースに比較して、Professor\_2の行き倒れ死の数が多い<sup>註1)</sup>。一方、人口推移のProfessor\_1とProfessor\_3の現員数をみても、基本ケースでは両者には明らかな差が認められたが、この例ではさほどでもない。査読をフリーパスにした影響かと思われる。

360ステップ経過時(30年経過時)の結果を図9に示す。

結局、パラダイムシフトが生じるのは、前節例に比べてだいぶ遅かった。図9に示す360ステップ経過後の第2フェイズの白抜き部分が小さいのは、これが故である。この段階でみると、Professor\_2は死滅している。つまり、査読がフリーパスになろうとも、パラダイムシフトが容易に生じず、かつ連続研究休止条項によるパージと云うオプションが環境に備わっていれば、Professor\_2は駆逐されうると云うことだろう。

ところで、連続研究休止によるパージと云うオプションは、現況の大学には事実上存在しない。このオプションがなければ、つまりコントロールパネルで、ネタ枯渇死亡時の補充=1とすれば、Professor\_2はしづとく生き残る傾向にあることを、別途ケーススタディを繰り返すことで、確認した。就中、査読フリーパスの場合には、Professor\_2はProfessor\_1,Professor\_3と遜色ない人数で後継者を残していた、との観察事実、何を物語るのであろうか？

#### 4-3 低いパラダイムシフト criteria

条件設定は以下の通り。

コントロールパネルの設定: Professor\_1,Professor\_2,Professor\_3の初期人数=70 / 査読の甘さ=0 / ネタ枯渇時の死亡補充=0 / パラダイムシフト発生下限=50%

192ステップ経過時(16年経過時)の結果を図10に示す。

192ステップ後で既に第2フェイズに突入している。パラダイムシフトの発生基準を下げると、研究シーズがなくなる(白抜き部分が多くなる)と云う厳しい環境環境に至ることはないから、査読が厳しくとも、Professor\_2は極端に減員していない。総じて、総員の減少数も小さい傾向にある。

360ステップ経過時(30年経過時)の結果を図11に示す。

パラダイムは左側上方にある。第1フェイズは、研究進行度60%程度でクリアされたが、第2フェイズはこの時点で研究進行度70%近くあっても、まだクリアされていない。みてもわかるように研究進行度50%を越えていても、パラダイム位置における研究深度が研究深度限界に対して90%に達していないとパラダイムは生じないから、当分、この第2フェイズのままだろう。人口推移を照らし合わせながら観てみる。336ステップあたりから、急に行き倒れが増えている(人口推移の合計数が減っている)。これは、なかなか生じないパラダイムシフトのため、環境が厳しくなり、ネタ枯渇により死ぬProfessor\_2が増え始めたためである。それにしても、図11の時点である360ステップの行き倒れ死亡者数は少ない。第1フェイズが、環境が厳しくなる前にクリアされたこと、つまりパラダイムシフトを低く設定したことの影響が大きいのである。336ステップ以前では、行き倒れはほとんどいない。Professor\_2が減っているのは、通常の世代交代手続きにより、論文数が少ないProfessor\_2に替わって、Professor\_1, Professor\_3になっていると云うことである。適正な査読システム、連続研究活動休止によるページ条項の両オプションが存在しても、パラダイムシフトが低めに設定されていると、Professor\_2を排除することは出来ない、との結果は興味深いものである。

## 5. 結語

アカデミック・ソサエティの盛衰を模擬すべく、著者らが開発している大学-学会モデルをABS上に構築し、ケーススタディを行った。ケーススタディでは、人工社会の2次元平面上の移動、すなわち、研究活動における研究の流行性を追求するロジックだけが異なる3種のAgentを発生させ、査読の厳甘やパラダイムシフトの発生水準の差異が、主として、3種Agentの人口推移に如何なる影響を与えるかについて概観した。

今後は、大学-学会モデルの部分要素に特化した詳細なモデル開発に取り組みたい。現在、考えている具体的課題を列挙すれば、以下ようになる。

- (1) 査読システムのディテールをモデル化する。すなわち、所属派閥や学派、特定の師弟関係が、適正な査読システムを如何に阻害するか、ひいては、このことが当該アカデミック・ソサエティのレベル全体に如何に憂慮すべき影響を与えるか、を明らかにする。
- (2) 大学における人事システムのモデル化。現在、国立大学は独立行政法人化の流れの中にあって、所謂、小講座運営システムは旧来因習の悪しきものとされ、解体が進んでいる。しかし、ごく少数の教授、その下に複数の助教授、さらに講師があって、多くの助手からなる、拡大的講座システムや類似の形態をとる研究チーム制による組織運営は、それらが有効に運営されれば、研究業務と非研究業務の分業達成や同一職層内での競争原理が働くなどと云った、研究生産性向上に寄与する可能性も捨てきれないものがある。このことをABSを適用して明らかにする。

### [注記]

註1 これらは、随所に用いている乱数の影響かと思われる。厳密に、パラメータ設定の差を云々するならば、多数試行のアンサンブル平均でもって議論しないと意味がないことは、云うまでもない。

### [参考文献]

[1] 谷本潤・藤井晴行・片山忠久・萩島理, 複雑系モデルに基づくアカデミック・ソサエティの盛衰予測に関する研究 日本建築学会・建築関連大学における実事求是の模索, 日本建築学会計画系論文集#547, 2001.9 (添付資料)

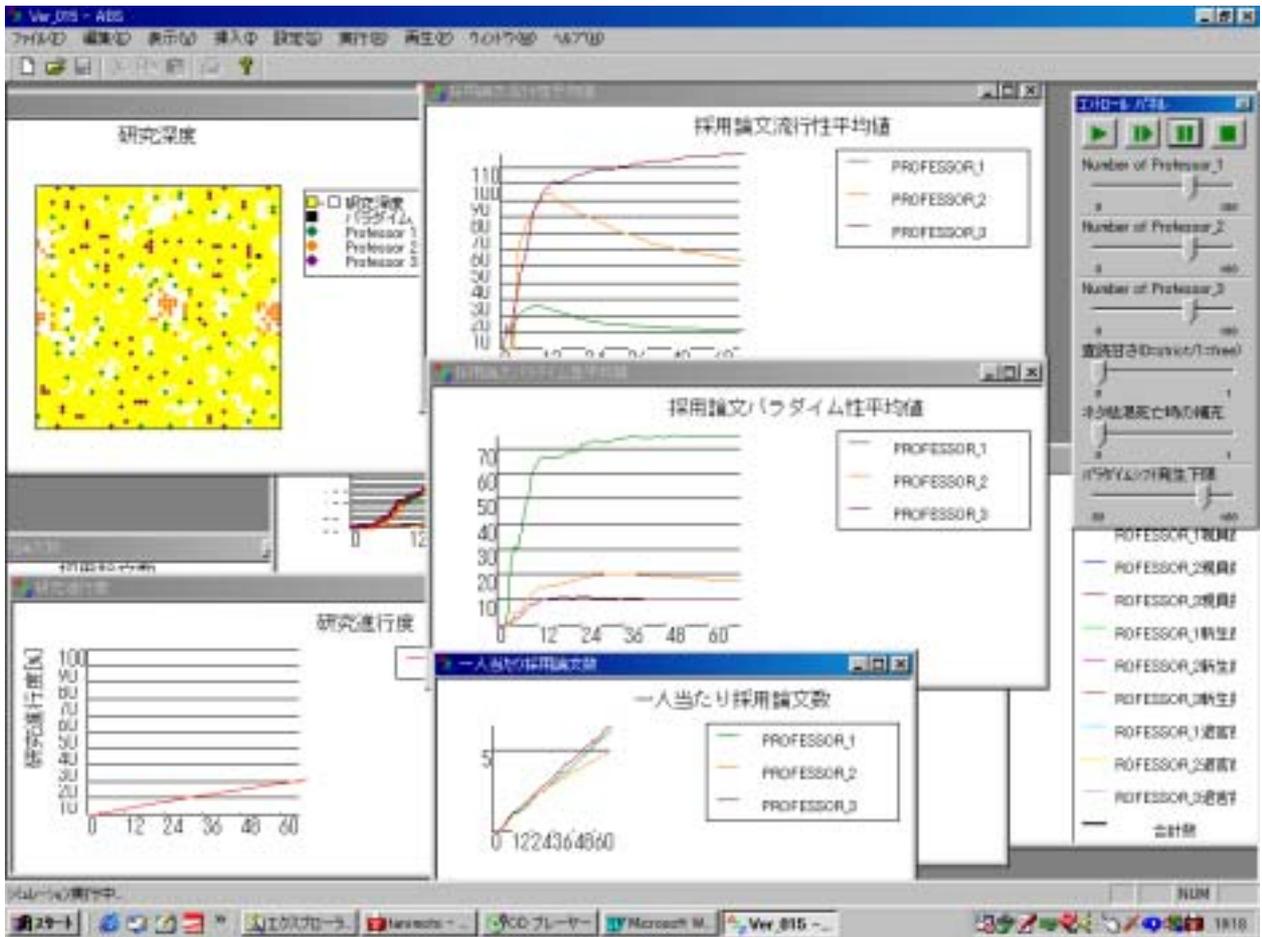


図1 基本ケース結果(1)

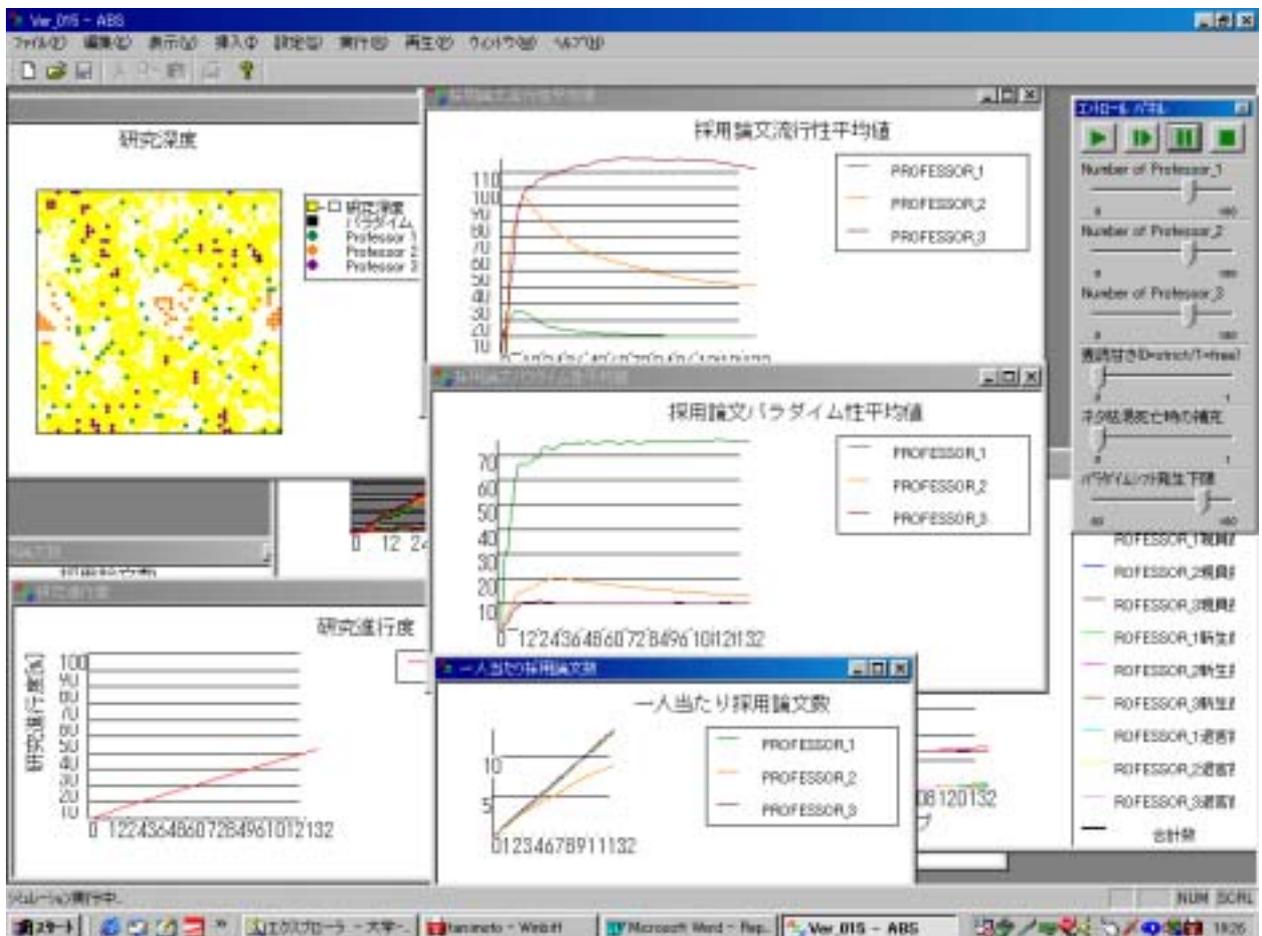


図2 基本ケース結果(2)

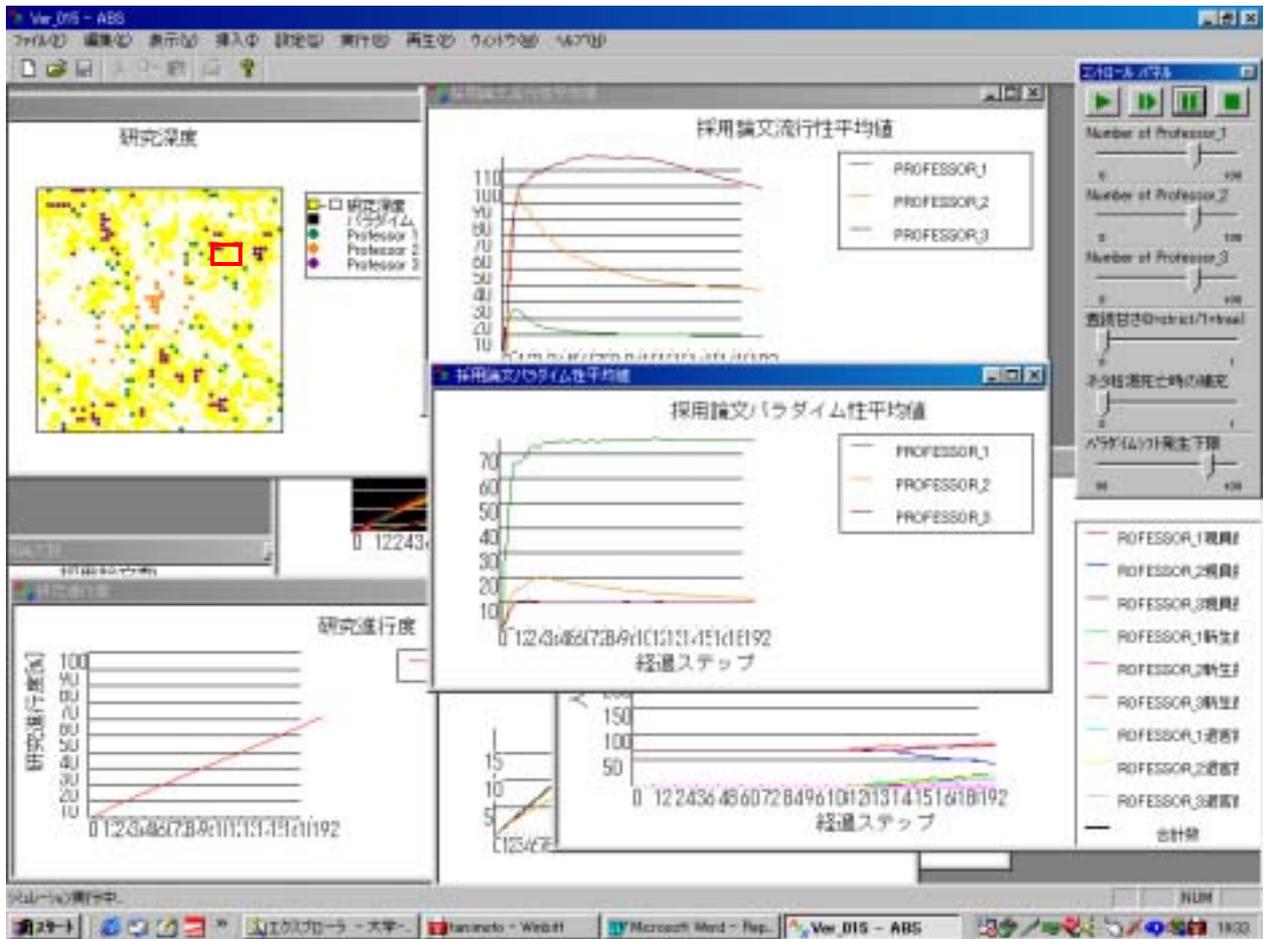


図3 基本ケース結果(3)

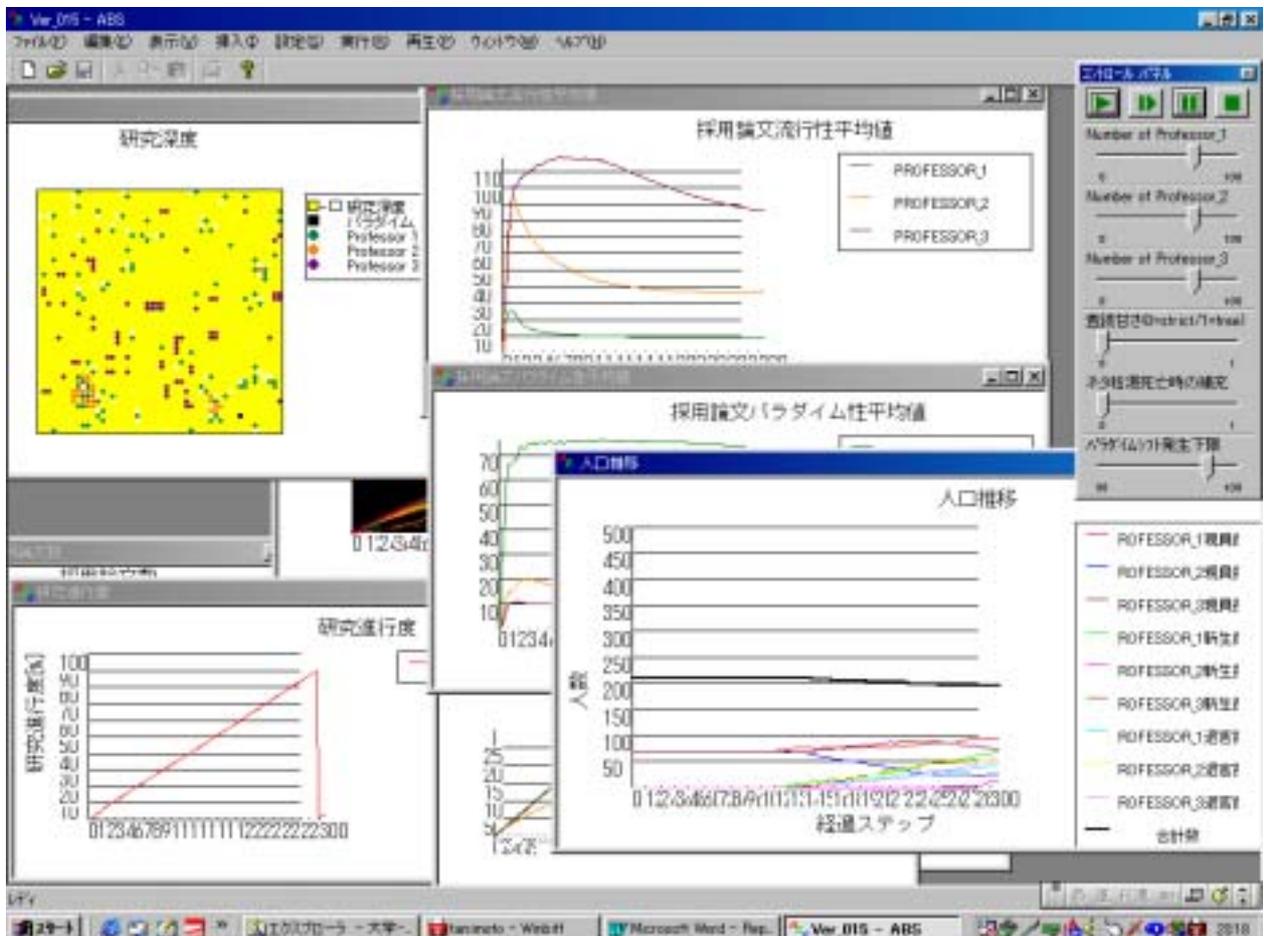


図4 基本ケース結果(4)

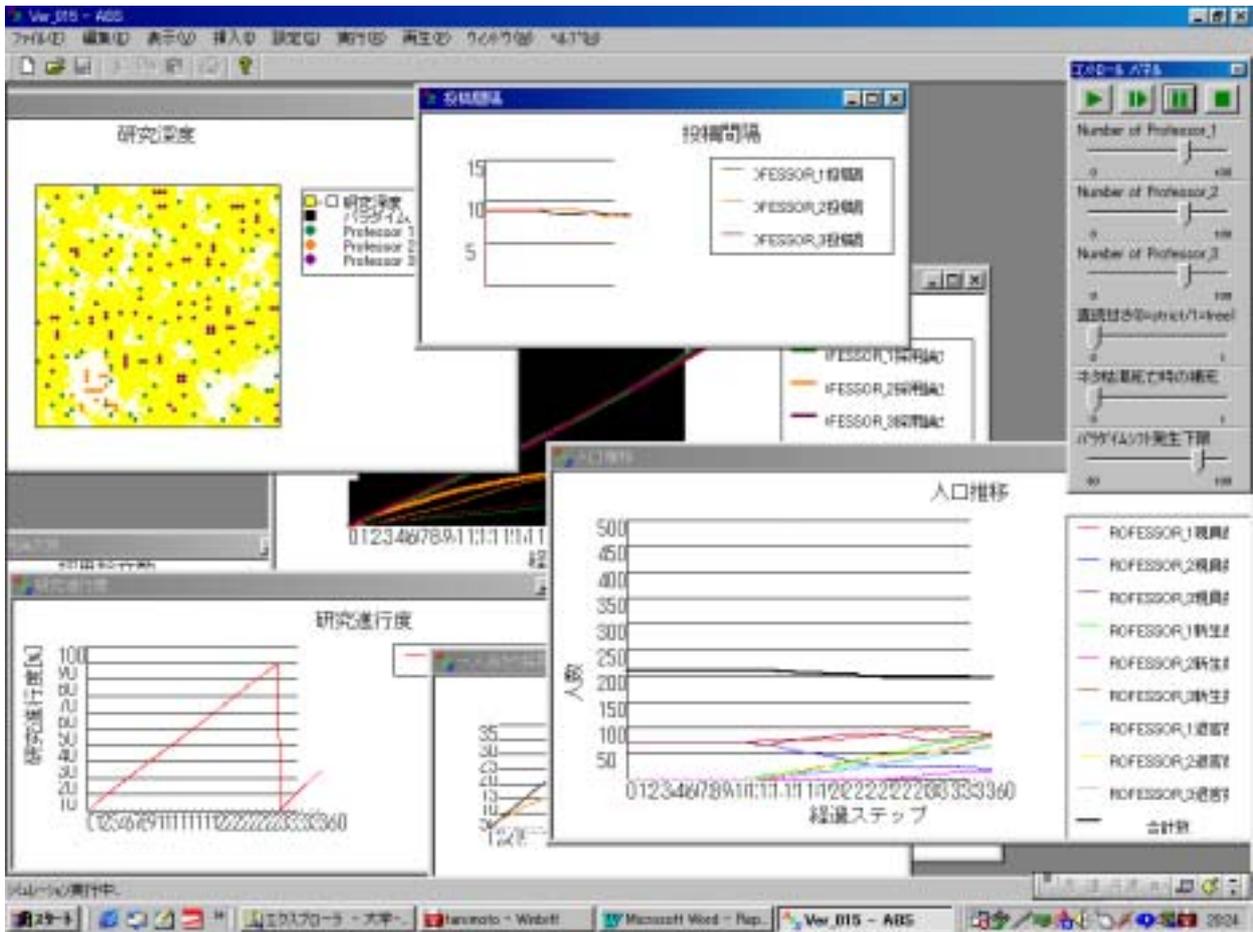


図5 基本ケース結果(5)

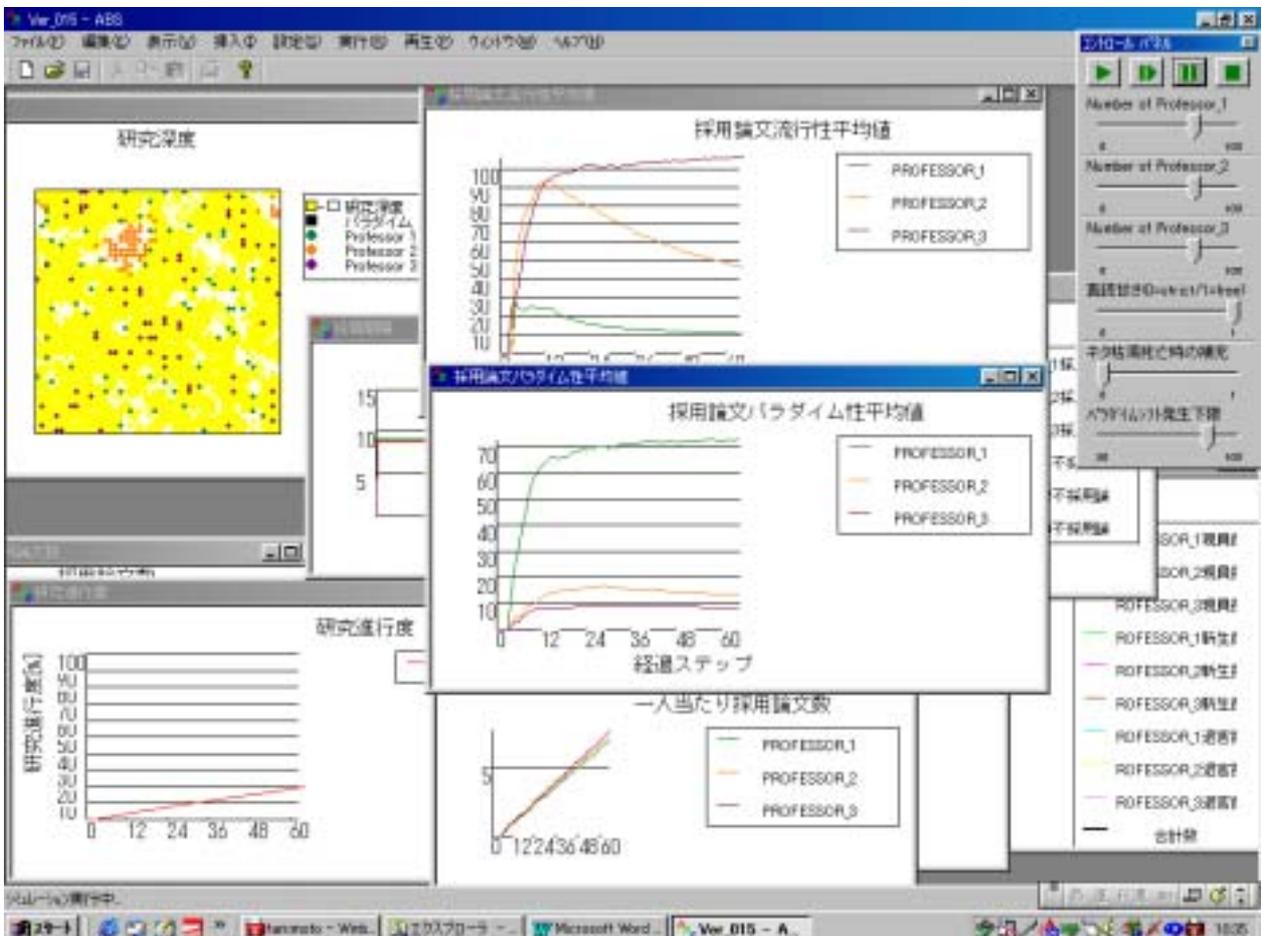


図6 査読フリーパス結果(1)

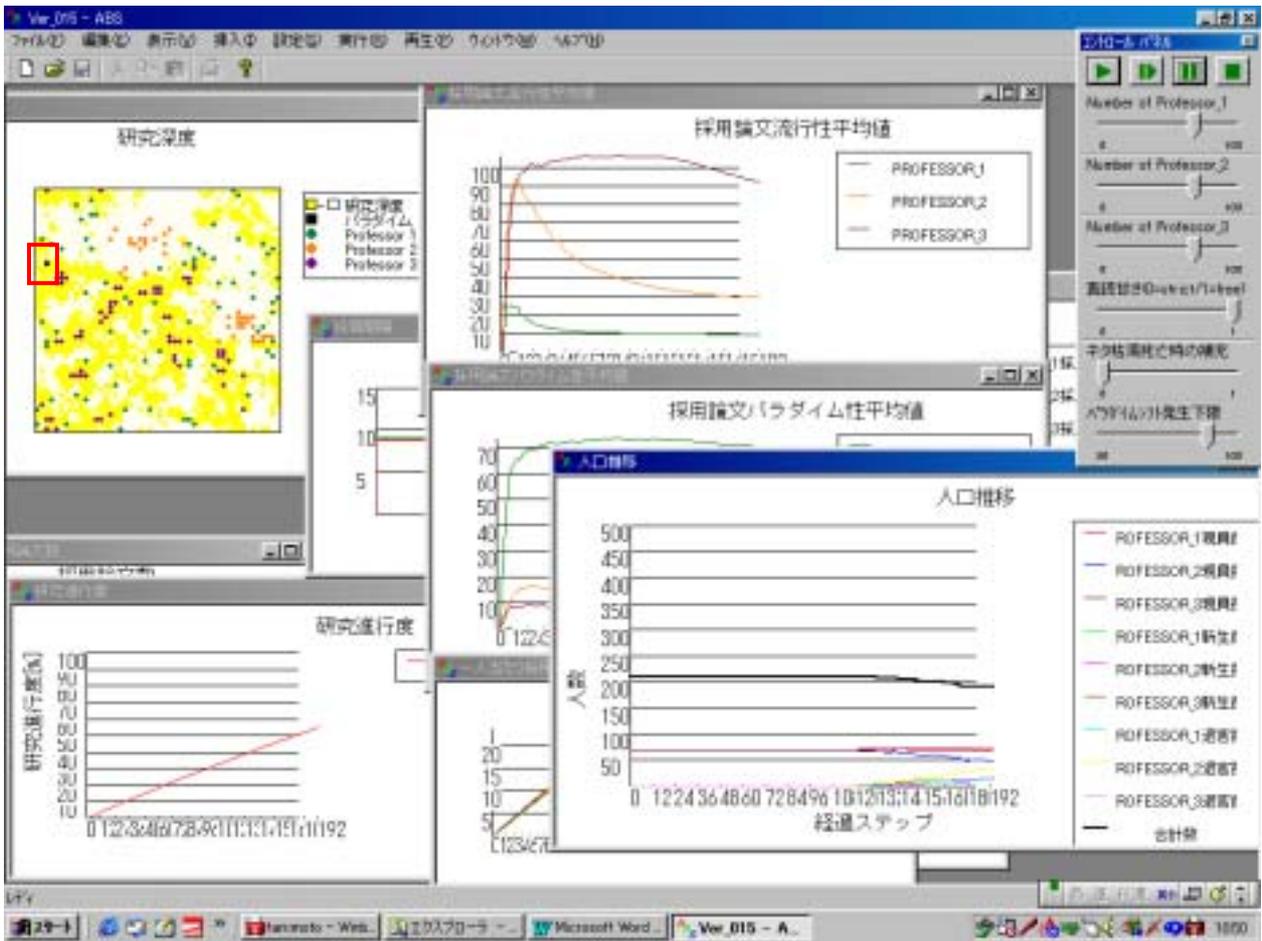


図7 査読フリーパス結果(2)

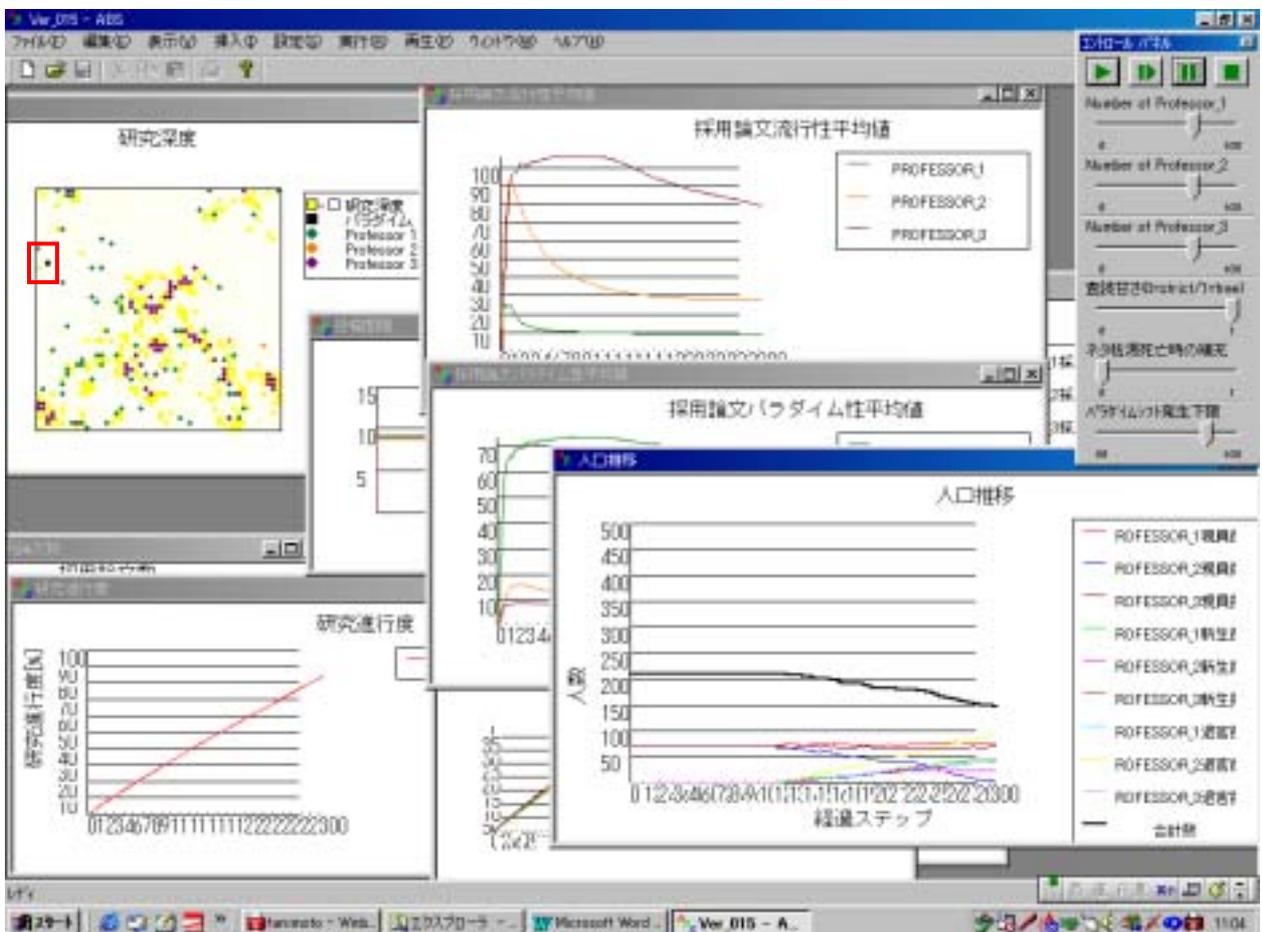


図8 査読フリーパス結果(3)

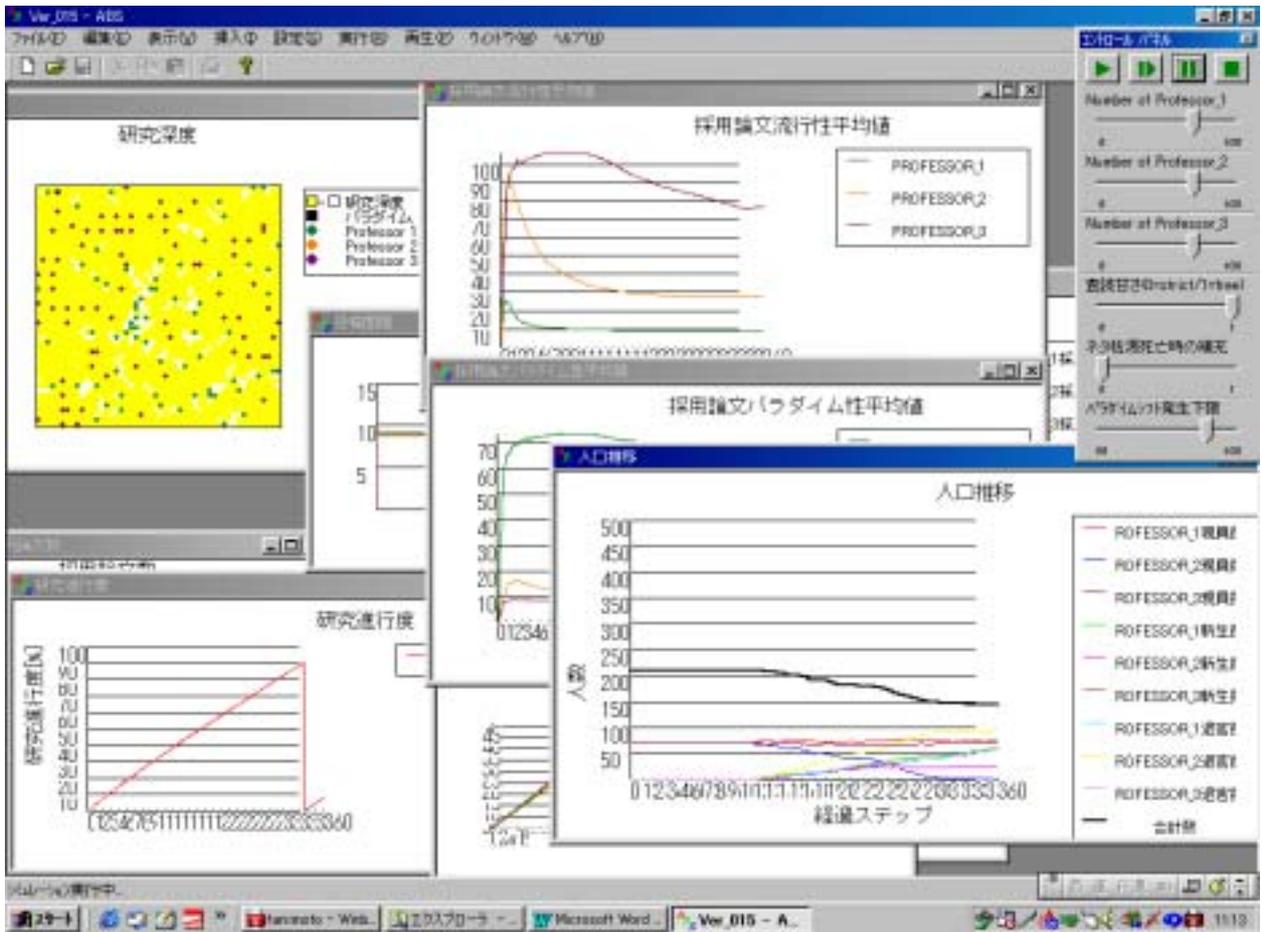


図9 査読フリーパス結果(4)

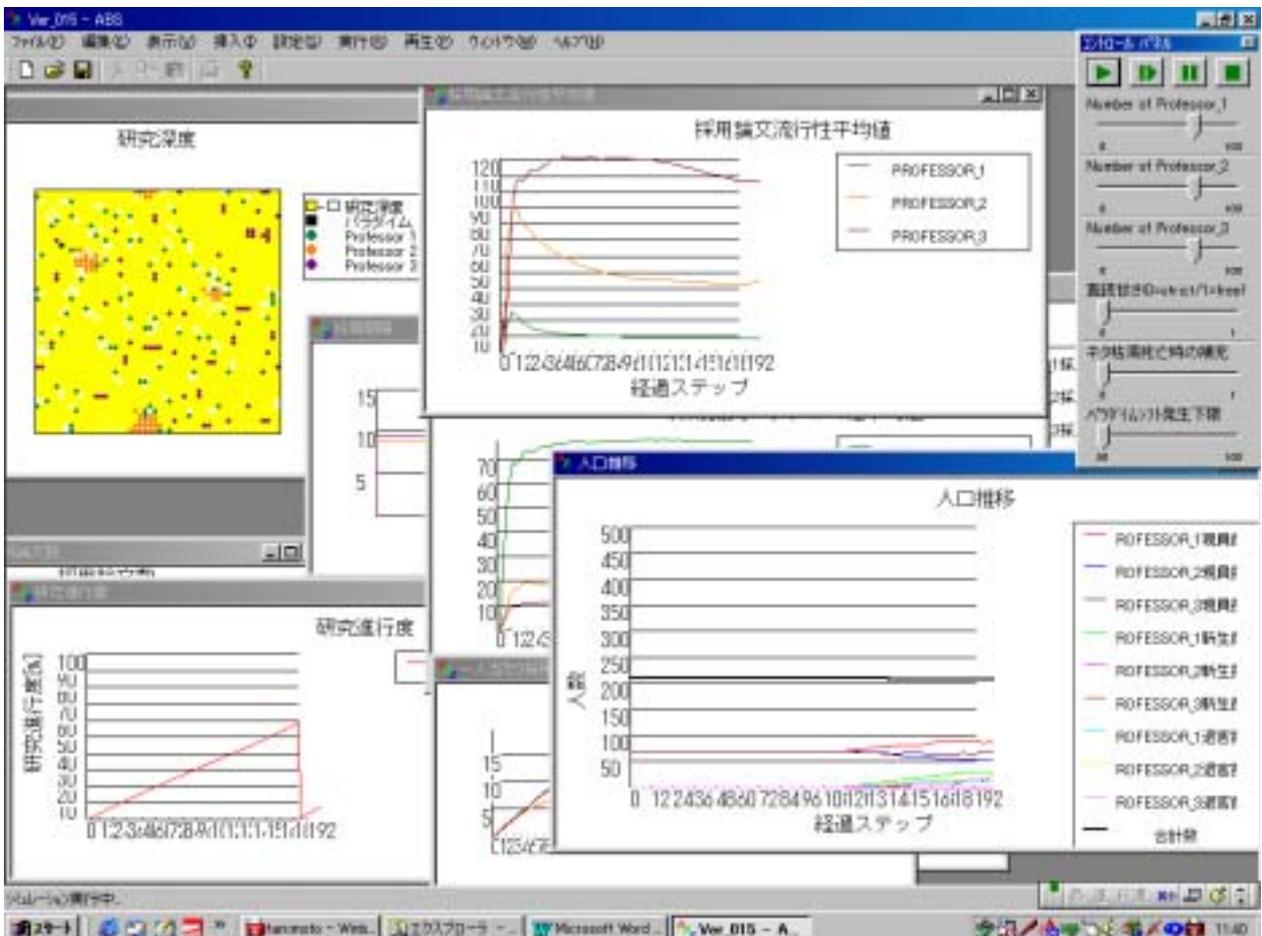


図10 低いパラダイムシフト criteria 結果(1)

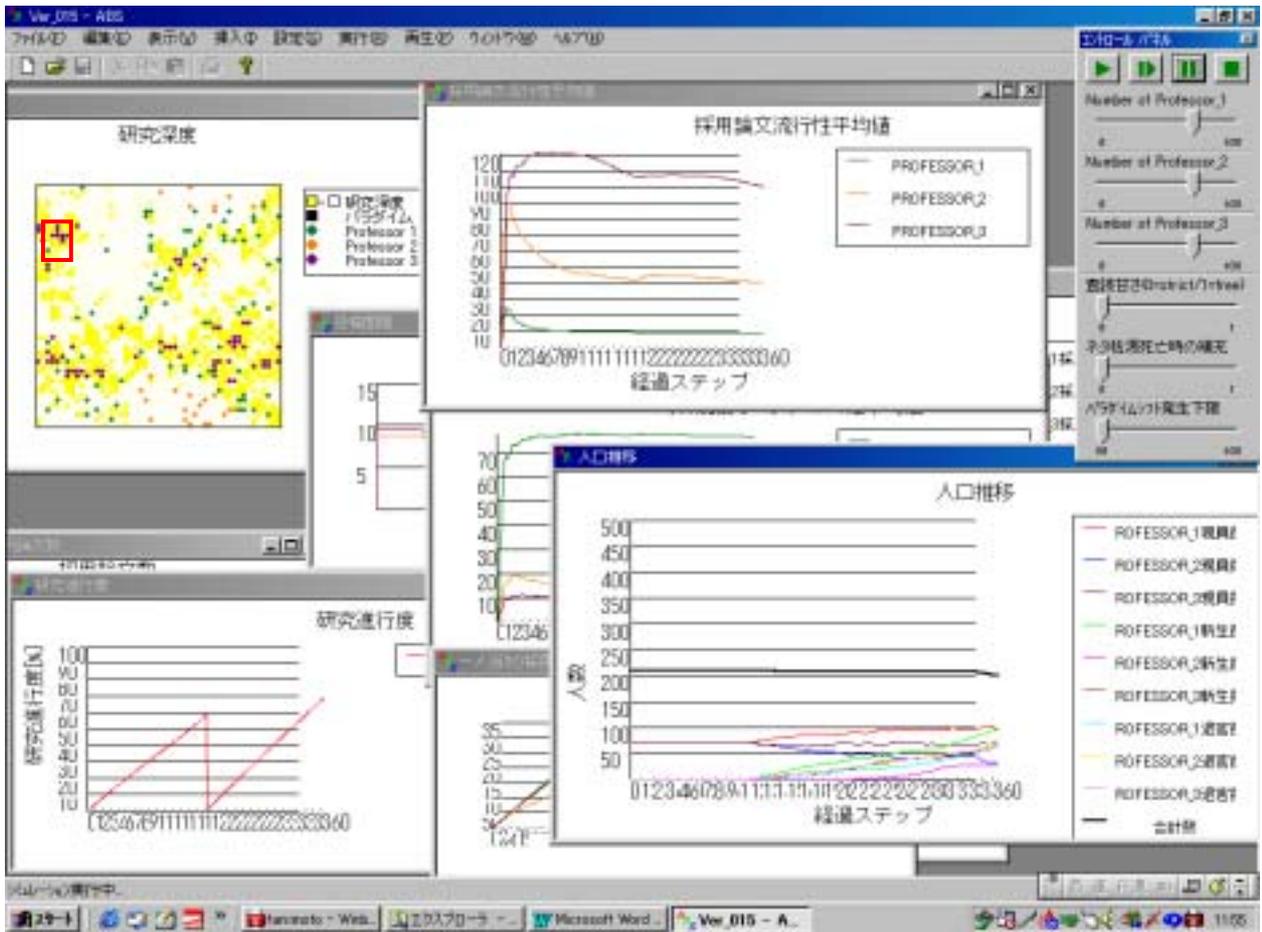


図 11 低いパラダイムシフト criteria 結果 ( 2 )