

エージェント・ベース・モデリングによる通貨の研究

Examining the “Myth” of Money with Agent Based Modeling

山寺 智 (Yamadera, Satoru)

筑波大学院 ビジネス科学研究科 経営システム科学専攻

要旨

本研究では、通貨に関する古典的な理論をエージェント・ベースでモデル化し、通貨が創発することを示した。具体的には、“貨幣とは言語や文字や度量衡と同様な一つのシンボル体系なのである”との Polanyi の考えをベースに、特定の財（商品）が共同体内での一般受容性に対する信認を獲得し、通貨となっていくプロセスをモデル化した。また、従来の通貨創発に関する研究では見過ごされていた空間の概念を KK-MAS を用いることで取り込んだ。従来の理論やモデルでは通貨の創発のみに焦点が当たっていた。しかし、本モデルでは、創発だけでなく、信認や外部環境といったパラメーターの違いが、通貨の創発に大きな影響を与えることを示した。本研究は、これまでの通貨の議論を包括する普遍的な基本モデルを提供するだけでなく、観念論に終止しがちであった社会科学の理論について、エージェント・ベース・モデリングの有用性、可能性を示すものとなっている。

1 . 序論

本研究の狙いは以下の2点である：

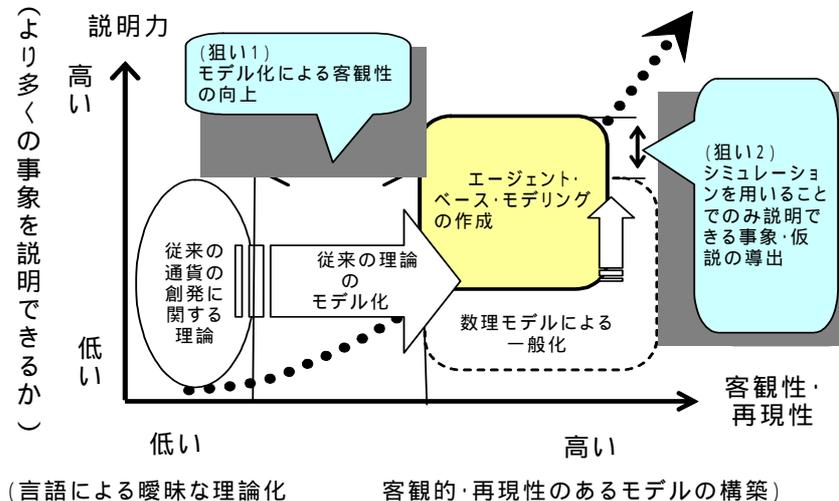
- (1) 通貨の創発に関する古典的な理論についてエージェント・ベースでのモデル化を行い、より客観性の高い理論を構築することを目指す。

通貨に限らず、社会科学全般における理論化は、言語による曖昧さを伴っている。しかし、近年、数理モデル化やシミュレーションにより、そのような理論をモデル化し一般化する試みがなされている。とりわけ、エージェント・ベース・モデリングを用いることで、各々の異質な行動からなるミクロ世界から、通貨の創発のようなマクロな社会秩序が生み出されることを示すことができると考える。

- (2) また、外部環境の影響、初期条件といったパラメーターの違いが結果に与える影響についてもシミュレーションにより分析を行う。

社会システムは、その非線形性ゆえに、多くの場合システムの振舞いを予測するために必要な解を導き出す方程式が存在しない。したがって、“非線形の振る舞いを探求する唯一の効果的な方法は、モデルを作成してシミュレーションを動かすことで、対象を再現する” (Gilbert & Troitzsch (1999)pp1) ことしかない。本研究でも、エージェント・ベースでの

シミュレーションを通じ、通貨の創発に関する新たな知見を発見し、より普遍的な理論の構築を試みる。



(図 1-1) 本研究の位置づけ

以下、2章では、通貨に関する古典的な研究をサーベイするとともに、近年の通貨の理論のモデル化の試みについてもサーベイを行う。3章では、サーベイにより明確となった従来の通貨の創発に関する理論の核となるコンセプトをモデル化し、シミュレーションするための枠組みを提示する。4章では、3章において提示されたモデルのシミュレーション結果を提示する。最後に5章において本研究の総括と今後の取り組みを示す。

2. 関連研究

2-1. 通貨に関する理論

経済学では、通常、計算単位(unit of account)、支払い手段(means of payment)、価値保存手段(store of value)の3つの機能を有するものを通貨とする。

計算単位(unit of account)とは、財・サービスや債権・債務の経済的価値の共通尺度である。ただし、通貨単位と、通貨として用いられる財の価値は必ずしも一致するわけではない。通貨はそのモノの価値から乖離しているところに特徴があるのであり、その乖離を如何に維持できるかが重要となる。

支払い手段(means of payment)とは、財・サービスの取引を行うための交換媒介物、あるいは契約上の債権・債務を清算するための決済手段である(河合(1994)pp327)。

価値保存手段(store of value)とは、受け取りと支払いのタイミングをずらすことにより、財・サービスの経済的価値を異時点間に配分する手段、すなわち債権・債務を保有するための手段である。ある通貨が価値保存手段として機能するためには、価値の安定性と保有上の利便性が必要とされる(河合(1994) pp327)。通貨は、上記3つの機能を持つことにより通貨となり、欲望の二重の一致といった偶然がなくとも交換が行われることとなる。

一方、通貨の社会性から通貨を定義する考え方もある。Menger (1892)は、財の販売可能性 (saleableness) の高い財が通貨となるとした。また、Polanyi(1957)は、通貨は、言語や文字や度量衡と同様な一つのシンボル体系であり、社会的なコンテクストによって意味が変わり得るとした¹。岩井(1993)は更に具体的に“貨幣とは、言語や法と同様に、純粹に「共同体」的な存在である。モノとしての貨幣とはみすばらしい金属のかけらや薄よごれた紙の切れはしや眼にも見えない電磁氣的なパルスといった、ものの数にもはまらないモノでしかない。ひとびとがそのものの数にもはまらないモノを貨幣として使うとしたならば、それはそのものの数にもはまらないモノを貨幣として受け取ってくれる人間がほかに多数存在しているからである。”(岩井(1993) p199-200)としている。換言すれば、一般受容性(いかなる商品であっても対価として受け取ってくれる)への信認が共同体に存在することが、通貨を通貨足らしめるのだと言えよう。

通貨をあくまでも制度面から定義するのが法学のアプローチである。代表的な論者はドイツのクナップ(Knapp)で、“貨幣は法制の創造物であり、貨幣の価値は、素材価値ではなく国家の権力によって決まり国家によって保証されるため、名目上、常に一定に保たれる”とした(日本銀行(2004) pp37)。

上述のように様々な通貨に対する考え方が存在する。それら諸説に共通しているのは、通貨として使われる財の本源的価値(intrinsic value)からの分離という点であり、それを可能とする仕組み=信認の存在である。換言すれば、通貨の本質は、それを対価として受け取ってくれるとの一般受容性の存在と、それが守られるとの「信認」・「信用」であるということができる。つまり、社会における信認をシンボル化したものが通貨ということとなる。本論文では、この立場から研究を実施する。

2-2. 通貨に関する理論のモデル化の試み

最近では、数理社会学といった分野のように、数理モデルを用いることで古典理論の概念や分析を“理論的に明示化するという試み”(三隅(2004))が行われるようになってきている。また、情報処理技術の革命は、コンピューターの計算能力を飛躍的に向上させたことでシミュレーションも可能となった。通貨の理論についても、同様な展開がみられるようになってきている。

通貨の存在を数理的にモデル化した先駆的な論文が Kiyotaki & Wright (1989) である。物々交換の世界では、欲望の二重の一致が交換において必要となるが、Kiyotaki & Wright (1989)では、3つの財からなる世界において、ある財を交換の媒介(=通貨)として用いることで効用が最大化されることを示した。

エージェントを用いたシミュレーションによる通貨創発の研究として代表的なものには安富(2000)がある。安富(2000)では、メンガーの理論に基づき、財の「市場性」に応じてエージェントが交換を行い、貨幣が創発することをシミュレーションにより示した。

もうひとつの代表的な研究が、佐々木、川村、車谷、大内(2003)である。これは、国際通貨の創発をモデル化したものであり、財と通貨の国際取引を通じて選好する財と決済通貨の選択が起

¹吉沢(1981)は、ポラニーの議論を受けて、どのような素材がどのような貨幣として機能するかは社会的状況が決定するとした。例えば、商品貨幣は、その素材そのものの価値が貨幣の価値なのではなく、呪術、宗教、神話などに支えられたものが価値として表象されていると主張する。

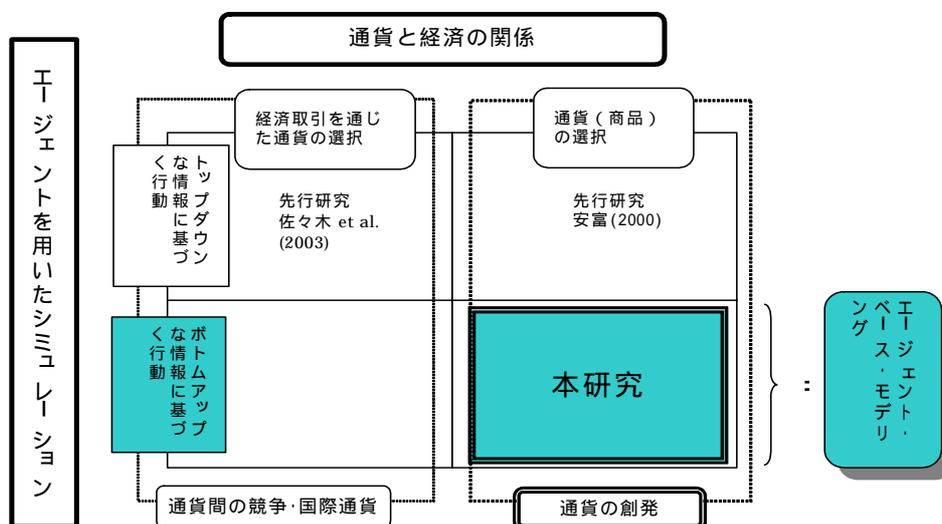
こり、国際通貨が創発することを示した。国際通貨が創発するメカニズムは、安富のモデルに依拠しており、国際通貨が「市場性」を獲得していくなかで、国際通貨となることを示した。

3 . 本研究の枠組み

3-1. ボトムアップからの創発

本研究でのモデルでは、あくまでも各エージェントが知ることができる情報には限界があること、つまり限界合理性を前提としてエージェント・ベース・モデルを構築する。

安富モデル(2000)では、エージェントは「市場性」というトップダウン的な情報に基づいて行動するモデルとなっている。ここにおける「市場性」とは具体的には「ある財がX人以上のひとに受け取られるなら、その財を受け取る」という情報である。そのような情報は、市場全体を把握する仕組みがなければ収集できない。つまり、安富(2000)モデルは、市場性というマクロ的な情報に基づくエージェントのミクロの行動から、通貨が創発するモデルとなっている²。Epstein & Axtell(1996)は、単純な局所的なルールにもとづかず、トップダウン的にデータ集合から統計的に推定された等式を使って行動をモデル化するものを「ミクロ・シミュレーション」とし、エージェント・ベース・モデリングと区別している(Epstein & Axtell(1996)pp4 脚注)。本研究では、Epstein & Axtellの考えに則って、エージェントがボトムアップな情報に基づいて自律的に行動・適応し、情報交換と問題解決に携わる通貨創発モデルを構築する。



(図 3-1) エージェントを用いた通貨に関する先行研究と本研究の位置づけ

² この仮定は、安富モデルのものというより、安富モデルが依拠しているメンガーの理論に起因するものといえる。吉沢(1981)は、“もともと「市場性」とか「販売可能度」といった概念は客観的性格を強くもっていた。それは個人の主観的な欲望の体型ではなかった。そうしたものを合成し、いわば社会的に計算されたものであった。”(pp87-88)として、そのような情報を交換できないからこそ通貨が存在していないのであり、それがあれば通貨を含意することになるとしてメンガーの理論を批判し

3-2. 空間情報の概念の重要性

そもそも人が情報を交換していく過程で通貨が創発されるのであるから、その情報がどのように運ばれるか、更には情報を交換する共同体の範囲や情報伝達スピードといったものが通貨の創発には影響するはずである。しかし、古典的な理論も含め、いずれの先行研究でも通貨が創発されるか否かに焦点が当たり、通貨がどのように広まっていくかという点については議論がなされていなかった。そのような外部環境の要因についても分析対象とすることができれば、より現実に近い、普遍的な説明力の高いモデルとすることができる。

したがって、本研究では、ボトムアップなかたちでの通貨の創発を示すだけでなく、通貨が広がっていくことをイメージして、空間の概念を取り込むこととした。空間条件を加えるために、本研究では、二次元マップでエージェントの動きを示すことができる株式会社構造計画研究所のマルチエージェント・シミュレータ KK - MAS³を利用することとした。

3-3. 当モデルの基本的な構造

(エージェントとは)

- 当空間に存在する「人々」のこと。エージェントが保有するのは、この空間に存在する財に関する情報のみ。当モデルでは、Red、Blue、Black、Yellow の 5 種類の財が存在することとし、どの財を最も「信認」しているかを外に対して表明することとした。

(エージェントの数)

- エージェント数は任意に設定可能。シミュレーション例では 5 種類の財それぞれについて 20 づつ、合計で 100 のエージェントを設定。

(エージェントの配置)

- エージェント間で情報交換が行われることから、エージェントが空間にどのように配置されるかは、重要な初期条件となる。エージェントの配置はランダムとした。

(財の特性)

- Red, Blue, Black, Yellow, Green はどのような財であってもよい。ただし、基本となる通貨の創発モデルでは財の性質は同じであると仮定しており、財の性質の違いはない。

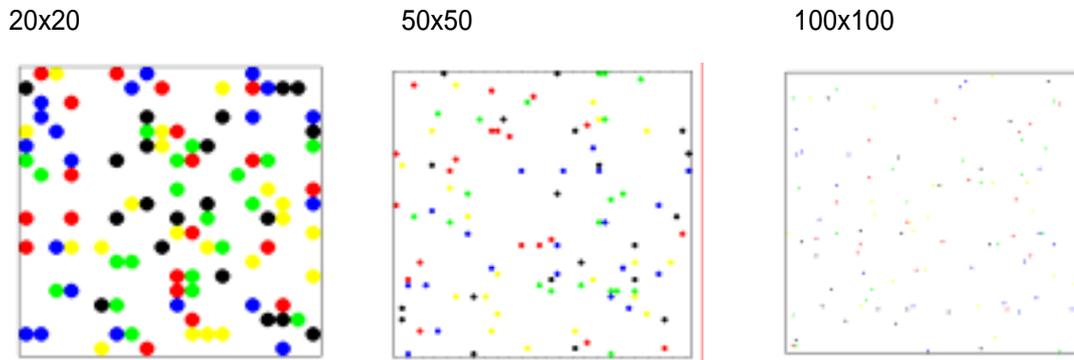
(空間の設定)

- エージェントが移動する空間の大きさは任意に設定することができる。本研究ではモデルに

ている。

³ KK - MAS とは、複雑系とマルチエージェントの世界を現すために開発されたシミュレータ。“パソコンと VisualBasic 程度のプログラミング知識があれば社会科学系の本格的な研究が行える環境を提供する”(玉田 & 山本(2002))。代表的なシミュレータとしては、サンタフェ研究所を拠点として開発された Swarm や StarLogo といったものもあるが、プログラミングの簡便さ、日本語環境であるとい

より、20×20、50×50、100×100 マスの空間について分析を行った。ただし、KK-MAS の設定により空間はループするようにできるため、空間の大きさは大きな制約要因とはならないと考えており、20×20 を基本として分析を行った。



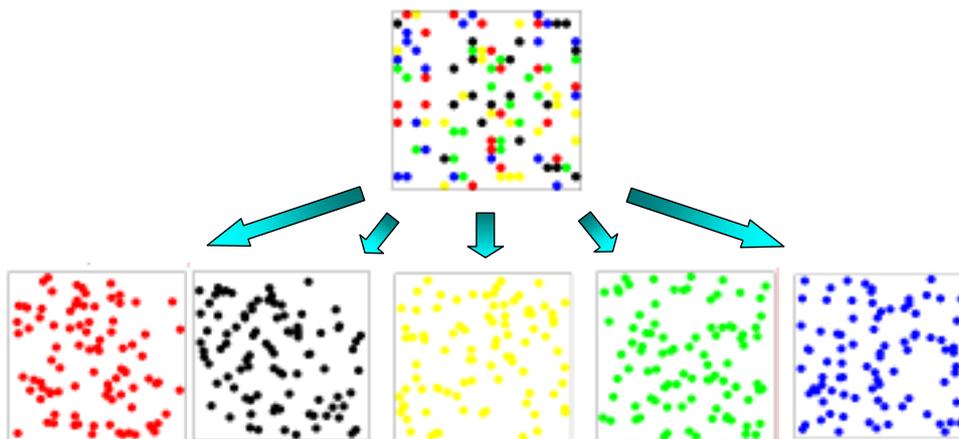
(図 3-2) 空間の設定例

(基本ルール)

各エージェントは空間を移動し自分の周りのエージェントと情報を交換する。
回りのエージェントが信認している財のスコアを1あげる。
自分の保有する赤、青、緑、黄、黒の5つの財のスコア(信認情報)を比較する。
最もスコアの高い財を「信認」すべき財として選択する。
次にランダムに移動する。

(通貨の創発の定義)

- 信認情報の交換プロセスを経て、空間全体で単一の財を皆が信認することとなれば、その財が共同体における共通の支払い手段となる。したがって、すべてのエージェントが同じ財を信認する状態(図 3-3)をもって通貨が創発すると考える。

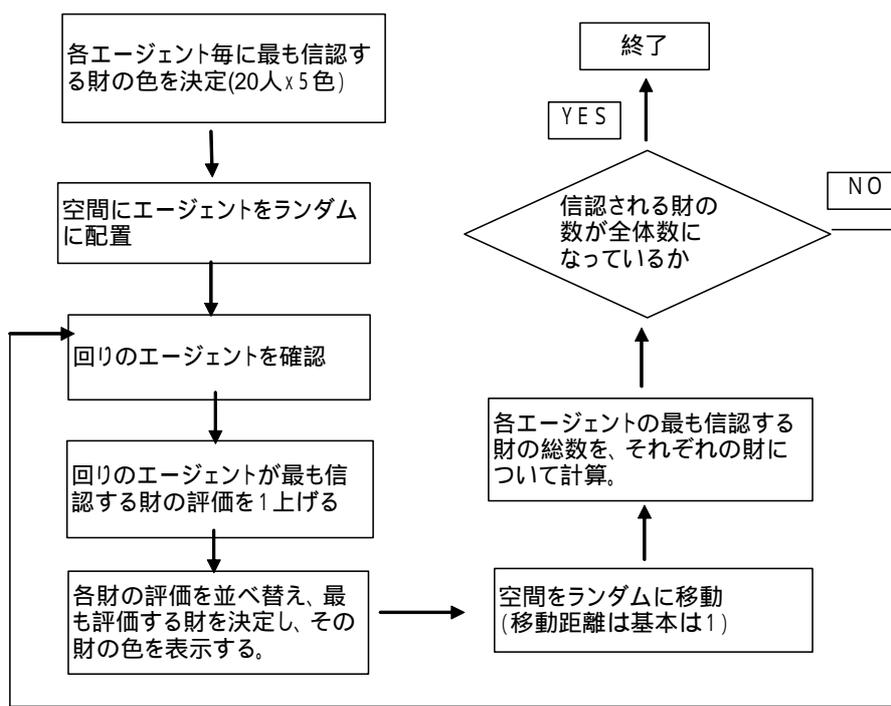


(図 3-3) 通貨創発のイメージ

うことから KK - MAS を利用することとした。

(当モデルの基本的なアルゴリズム)

当モデルでは KK-MAS を用いることから、空間 (World) の設定、エージェントの設定、の2つの部分にプログラミングは分かれている。財の色の決定、配置方法は空間 (World) において設定し、エージェントとして設定されたプログラムがループしながら計算を行っていく構造となっている。以下が基本的な通貨創発モデルのフローチャートである (図 3-4)。



(図 3-4) 通貨創発モデルのフローチャート

3-4. 信認の情報に制約を加えたモデル

マルクスは『資本論』において“金銀は生まれながらに貨幣ではないが、貨幣は生まれながらに金銀である”と述べた。これは金銀の耐久性、可分割性、均質性、および少量で大きな価値をもつという性質が金を通貨にするとの考えである (馬渡 (1997) pp110-111)。換言すれば、価値が変わらないとの信認が維持されつづける財ほど「通貨」となり易いのではないかと考えることができよう⁴。

⁴ 高い信認が維持され続けることの重要性について、岩井 (1993) は以下のように指摘している。“貨幣が今ここで貨幣であるとしたならば、それは結局、つぎのような因果の連鎖の結果にほかならないのである。貨幣が今まで貨幣として使われてきたという事実によって、貨幣が今から無限の未来まで貨幣として使われていることが期待され、貨幣が今から無限の未来まで貨幣としてつかわれていくというこの期待によって、貨幣がじっさいに今ここで貨幣として使われる。... すなわち、無限の未来まで貨幣は貨幣であるというひとびとの期待を媒介として、今まで貨幣であった貨幣が日々新たに貨幣となるのである” 岩井 (1993) pp190。

(変更する条件)

- 過去の信認に関する情報にウエイト付けする。
- Red は過去の信認を 100% とする一方、他の財の過去の信認を 1 以下とする (以下のモデルでは 0.99 に設定)。

信認の揺るがない Red が現実の世界における「金」にあたることとなり、信認度の高い Red が通貨となる確率が高まることが予想される。

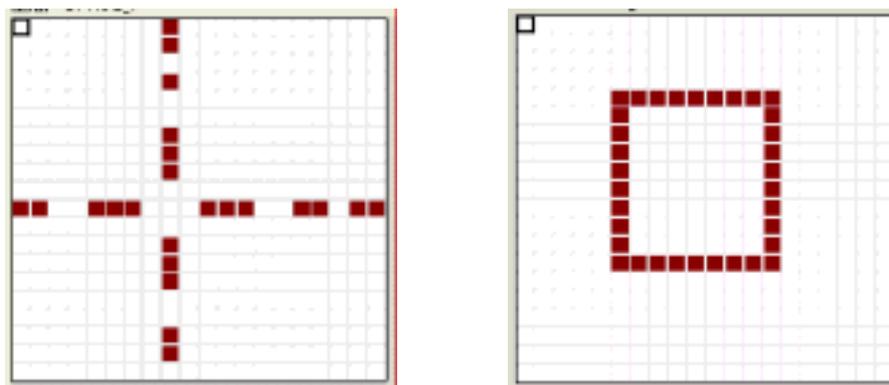
3-5. 移動できる空間が制約されたモデル

“ 信認の広がり方が地域によって異なるかたちで現れたケースとして、歴史上著名なオーストリア女帝を冠するマリア・テレジア銀貨がある。マリア・テレジア通貨は、オーストリアの植民地でも勢力範囲でもないアフリカ・西アジアにおいて、オーストリア領内ではとうに流通をやめているにもかかわらず、20世紀に至るまでアフリカ・西アジアの特定地域では選好されつづけた” (黒田 (2003) p17-18)。

この事例が示すことは、信認情報に地域性が存在する場合、異なる通貨圏が形成される可能性があるということである。

(変更する条件)

- 空間の初期設定において移動できる範囲を制限する障害物を置き、エージェントが移動できる空間を制限する (図 3-5)。



(図 3-5) エージェントの移動を制約する初期空間

移動できる範囲とは、信認に関する情報を交換できる範囲、と考えることができ、その範囲によって信認される財が異なることが予想される。

3-6. 移動する距離に制約を加えたモデル

コミュニケーションの違いは、通貨の創発にどのような影響を及ぼすであろうか。従来の理論では、そのようなことを分析することが難しかった。例えば、信認情報を遠くに伝える戦略とコミュニケーションを近隣にとどめる戦略とでは、どちらの財の方が通貨となり易いのであろうか。どちらの戦略の方が通貨を創発し易いかを予測することは一義的には困難であるが、シミュレーションであれば、求めることが出来る。

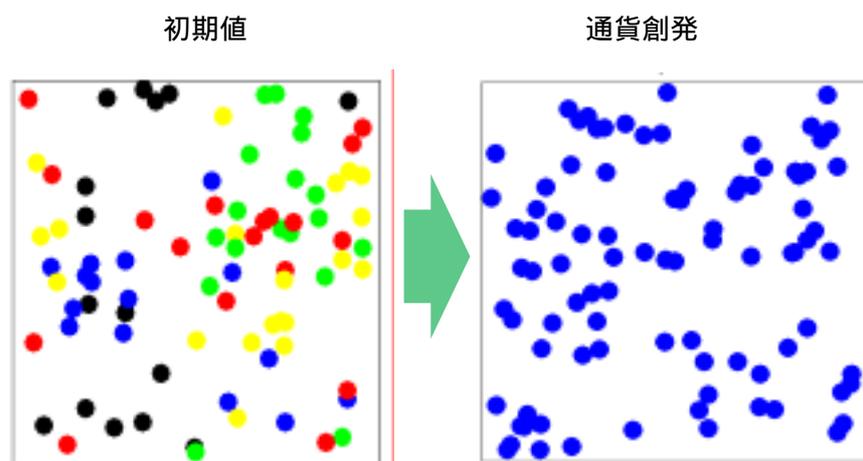
(変更する条件)

- 信認に関する情報を交換した後、ランダムに移動する距離を財により変更する。
- Red の距離は引き続き 1 とする一方、他の財はそれより大きいものとする (2 のケースと 10 のケースを想定)。

4 . シミュレーション結果

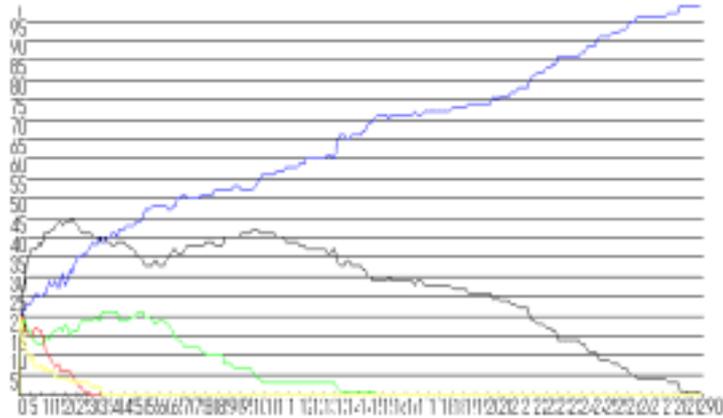
4-1. 通貨の創発

シミュレーションの結果、図 4-1 で示しているように、ランダムに配置されたエージェントがランダムに空間を移動し信認の情報をやり取りすることで、最も信認される財 = 通貨が創発することが確認できた (図 4-1)。



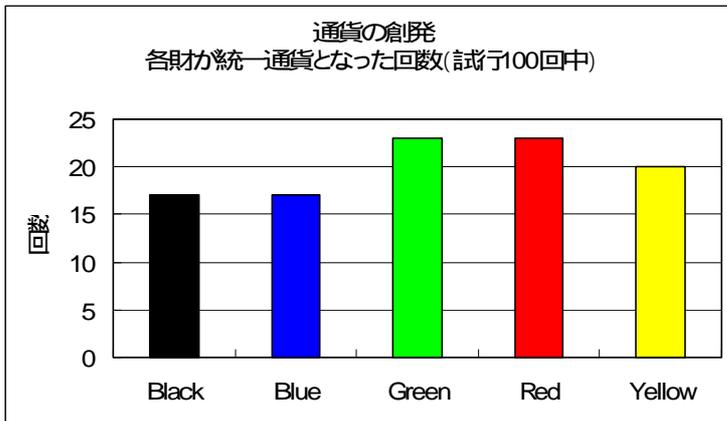
(図 4-1) 通貨創発モデルのシミュレーション結果

このシミュレーションでは、図 4-2 が示すように当初「Black」が優勢であった。しかし、その後「Blue」が優勢となり、全体が「Blue」となっていったことが分かる。



(図 4-2) 上記シミュレーションにおける各財の数の推移

財がどのような経路を辿って最終的に統一通貨となるかはシミュレーション毎に異なり、通貨が創発するまでの時間（ステップ数）もシミュレーションにより異なった。



(図 4-3) シミュレーション結果

同モデルのシミュレーションを 100 回行った結果は図 4-3 のとおりである。「Red」「Blue」「Black」「Yellow」「Green」の各財が通貨となる確率は理論的に同じはずである。シミュレーション結果について理論値との t-検定を行った(表 1)。有意確率は、Green、Red では 0.6、Black、Blue も 0.58 と高いものとなっている。したがって、シミュレーション結果は理論どおりであり、各財はランダムに通貨となっていることが確認できた。

(表 1) 創発モデルの t 検定結果

t-検定：等分散を仮定した 2 標本による検定

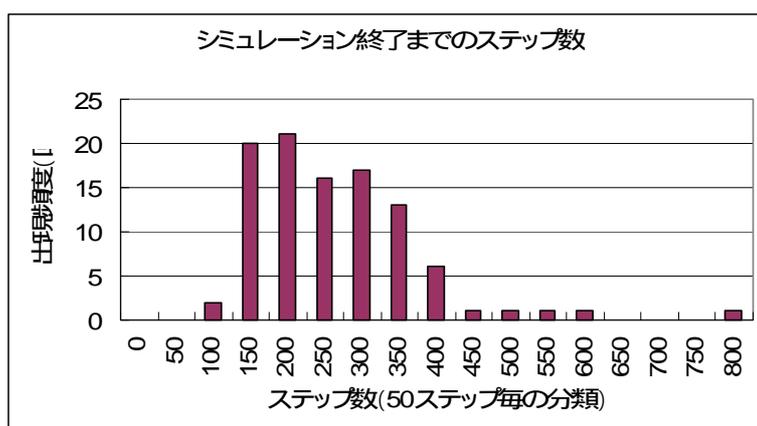
	実測値 (Green,Red)	理論値
平均	0.22222222	0.191919
分散	0.174603175	0.156669
観測数	99	99
プールされた分散	0.165635951	
仮説平均との差異	0	
自由度	196	
t	0.523855317	
P(T<=t) 片側(5%)	0.300485509	
t 境界値 片側(5%)	1.65266556	
P(T<=t) 両側(2.5%)	0.600971019	
t 境界値 両側(2.5%)	1.972139216	

t-検定：等分散を仮定した 2 標本による検定

	実測値 (Black,Blue)	理論値
平均	0.16161616	0.191919
分散	0.13687899	0.156669
観測数	99	99
プールされた分散	0.14677386	
仮説平均との差異	0	
自由度	196	
t	-0.5564989	
P(T<=t) 片側(5%)	0.28925233	
t 境界値 片側(5%)	1.65266556	
P(T<=t) 両側(2.5%)	0.57850467	
t 境界値 両側(2.5%)	1.97213922	

確率 20%でいずれかの財が通貨となることがこのシミュレーションでは予想されるものの、一方でどのような経路を辿って「通貨」となるかは、シミュレーション毎に異なる。つまり、結果として現れる事象（この場合は通貨の創発）は一定の確からしさをもって推測することが可能であるが、どのような経路を辿ってどの財が通貨となるかを予測することは極めて難しい。

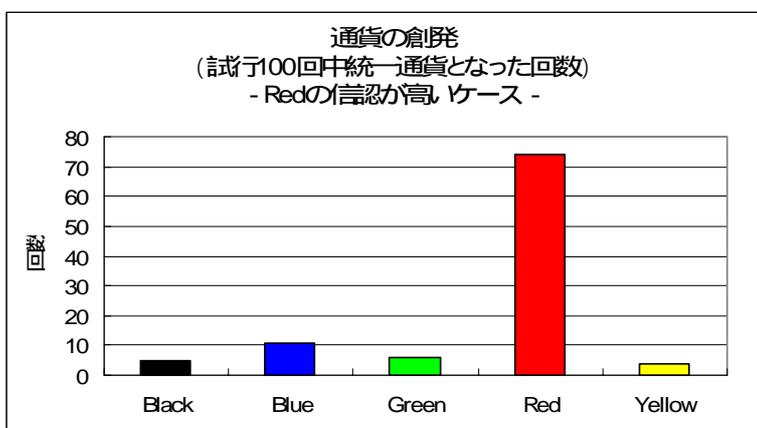
また、通貨創発までのシミュレーション・ステップ数をみると、かなりのバラツキが生じている（図 4-4 参照）。本研究の通貨創発モデルは財の性質に違いのない単純なものであるが、ランダムに配置されたエージェントの位置の違いが大きな結果の違いを生むこと、つまり、通貨システムは複雑系であるということ、シミュレーションは示しているといえよう。



(図 4-4) シミュレーション終了までの時間 (ステップ数)

4-2. 信認が低下することの影響

信認の差が通貨の創発にもたらす影響についてみると、予想通り信認の高い「Red」が他の財よりも通貨となることが多いことが確かめられた（図 4-5）。また、Red がどれだけ有意に出易いかを t-検定により確認した（表 2）。



(図 4-5) 信認に差がある場合のシミュレーション結果

(表2)

t-検定: 等分散を仮定した2標本による検定

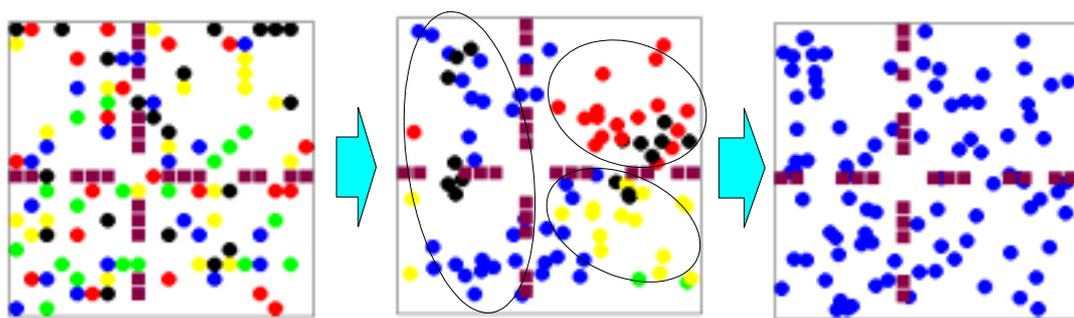
	1	1
平均	0.737374	0.191919
分散	0.195663	0.156669
観測数	99	99
プールされた分散	0.176149	
仮定平均との差異	0	
自由度	196	
t	9.143675	
P(T<=t) 片側	3.9E-17	
t境界値片側	1.652666	
P(T<=t) 両側	7.8E-17	
t境界値両側	1.972139	

片側5%有意水準でt-検定を行ったところ、Redと理論値の平均が同じであるとの帰無仮説は棄却される。t値は9.14であるので、有意確率は極めて小さい。したがって、Redが理論値よりもかなり出易いモデルとなっていることが分かる。シミュレーションにおける過去の信認情報のウエイト差(このシミュレーションでは0.99と1)を現実の世界に引き直すことは難しいが、信認という要因だけをみれば、それが僅かに異なるだけでも結果において大きな違いを生む可能性があることを、このシミュレーション結果は示していると言えよう。

マルクスが主張したとおり、金という金属が通貨として通用したのは、金は変質しにくく、価値保存としての機能が優れているが故の結果であったといえよう。

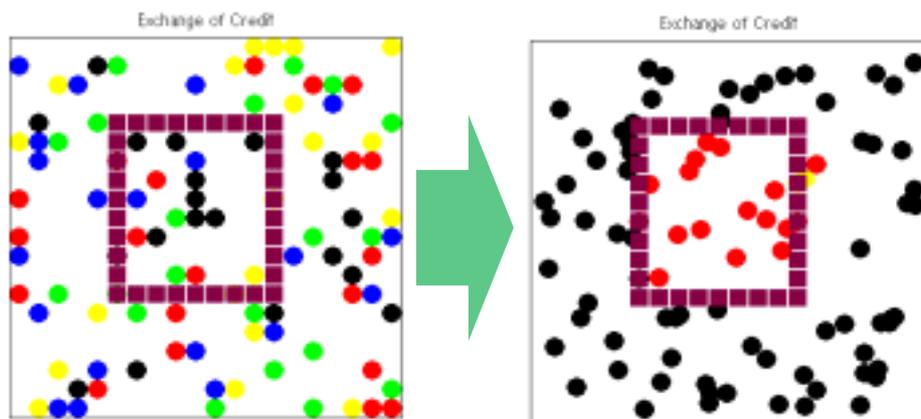
4-3. 地形、国境等、空間制約が通貨の創発に与える影響

図4-6で示すとおり、エージェントの自由な移動を妨げるだけで、異なる地域で異なる「通貨」が創発されることが示された。このことは、地形、場所により異なる通貨が流通した歴史上の事実と整合的である。シミュレーションでは最終的には単一の通貨が現れることとなるが、これも様々な通貨が世界中で現れたものの、その後、金を中心とする通貨体制が世界的に広がっていったことと整合的といえる。



(図4-6) 移動できる空間に制約がある場合の通貨創発

また、エージェントが移動できる空間の制約を強めたケースとして閉じた空間を形成した場合、外周と異なる通貨圏が生成された(図4-7)。

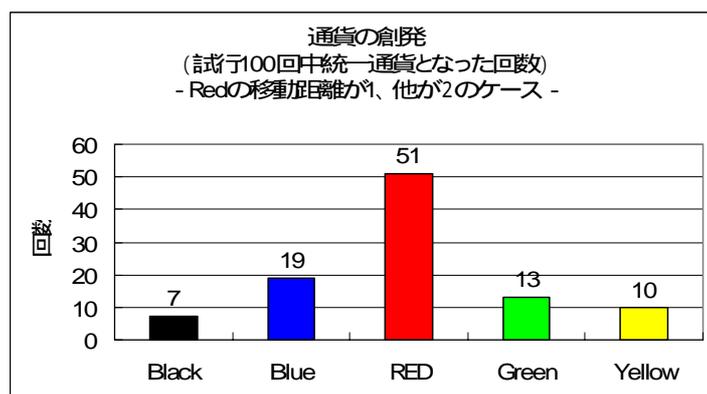


(図 4-7) 制約の強い空間における異なる通貨圏の創発

エージェントの動きを妨げる障害物を現実の世界に置き換えると、それは国境や、資本規制、使用できる通貨を指定する法律となろう。国家が独自の通貨主権を維持したいのであれば、様々な規制によって通貨を縛る必要があることがこのシミュレーションから分かる。

4-4. 信認情報の広がり方と通貨の創発

信認情報の広がり方に違いがある場合の通貨の創発では、図 4-8 のとおり、移動距離を短くし近隣のエージェント間で信認を確認しあう「Red」の戦略の方が優位であることがシミュレーションにより確かめられた。



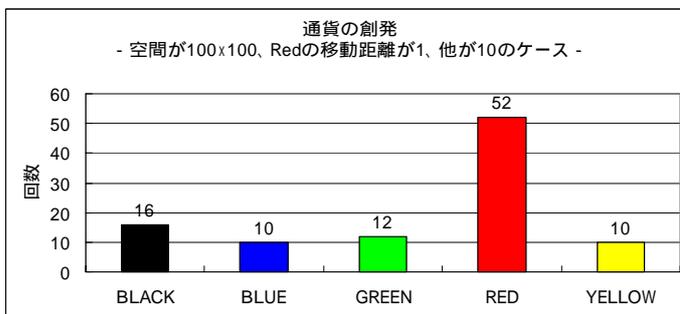
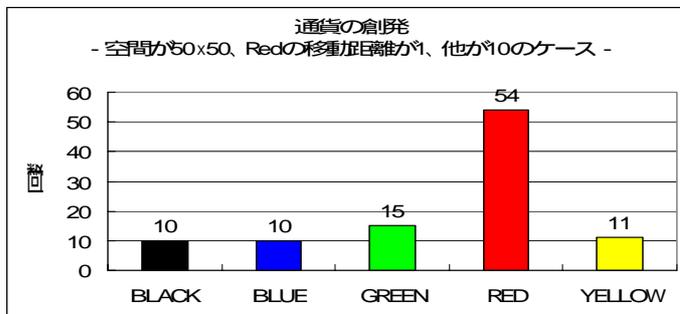
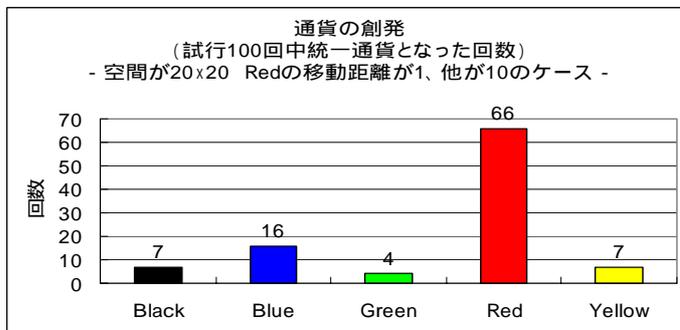
(図 4-8) 情報の伝達距離に差がある場合の通貨の創発

シミュレーション結果について、t-検定を行うと(表 3)、有意水準 5% で Red が理論値と同じであるとの帰無仮説は棄却されるのみならず、t 値の大きさから、Red がかなり出易いモデルであることが分かる。

(表3)

t-検定：等分散を仮定した2標本による検定

	Redの実測値	理論値
平均	0.505050505	0.191919192
分散	0.252525253	0.156668728
観測数	99	99
プールされた分散	0.20459699	
仮説平均との差異	0	
自由度	196	
t	4.870566511	
P(T<=t) 片側	1.14404E-06	
t 境界値 (5%) 片側	1.65266556	
P(T<=t) 両側	2.28809E-06	
t 境界値 (2.5%) 両側	1.972139216	



(図4-9) 空間が異なる場合の比較

また、シミュレーション結果が空間の大きさに依存するものではないことを確かめるため、空間が20x20、50x50、100x100のものについて比較を行った(図4-9)。この比較でも、結論は変わらず、遠くに移動する戦略よりも近い範囲でコミュニケーションを高める戦略の方が優位であることが確認できた。

上記の結果は、電子マネーや地域通貨、マイレージのようなポイント制度を普及させる上での戦略上の留意点を示唆するものといえる。このシミュレーションの結果は、幅広い不特定多数の利用を当初から目論むよりも、限定された地域・コミュニティにおいてその利用度を高め、信認を高めていき、それを回りに徐々に広げていく戦略の方が成功する可能性が高いことを示している。限られた地域・コミュニティの範囲であっても、それはその範囲ではお金と同等であるとの信認を勝ち得る工夫をすることの方が重要であるということを示しているといえよう。

5 . 結論

5-1. 研究成果

本研究のモデルは、通貨は共同体の信認のシンボルであるとする Polanyi の理論をベースとして、通貨の創発を示した。その点において、Polanyi の理論を拡張し、より一般化したモデルを構築できた。

また、通貨の創発を再現しただけでなく、これまでの理論で説明することの難しかった信認の差、外部環境の違い、情報伝達の違い等が与える影響についても検証を行った。この点において、本研究のモデルは通貨の分析に関する基本モデルと成り得る。通貨が創発する過程は複雑系であるがゆえに、従来の通貨に関する研究手法は過去の分析に止まらざるを得ず、本研究のように諸条件を変更し、新たな戦略を提示するという事は難しかった。そのような意味において、本研究は、エージェント・ベース・モデリングという、従来の通貨研究の枠を大きく広げる新たな方法論を提示できたと考える。

シミュレーションでは、過去の信認度に対する僅かな差が、通貨の成り易さに大きく影響することを示した。一方で、この結果は、信認 1% の差であれば、3 割は信認の低い財であっても通貨と成り得ることを示している。その意味では、“貨幣は生まれながらにして金・銀である”とのマルクスの説は厳密には正しくない。歴史を振り返ると、江戸時代、日本では銀の金に対する相対価値は欧州より高かった（佐藤（2000））。金と銀の交換比率が信認の比率であるとすれば、金銀であっても異なる地域では異なる価値と成り得ることがこのシミュレーションから導くことができる。その意味では、本モデルは歴史の検証にも応用出来る可能性もあろう。

また、本研究では、通貨に関する新たな仮説の構築と分析を行った。コミュニケーションの差がもたらす影響については、シミュレーションにより、近隣とのコミュニケーションを強める戦略の方が優位であることが示された。移動距離を、社会的な関係、例えば社会的な紐帯の強さやコミュニケーションの頻度等の代理変数とすることが出来れば、本モデルを用いて地域通貨やマイレージのような擬似通貨の成功確率についてシミュレーションすることも考えられよう。そのような問題を考える際、本研究のようなモデル化・方法論は、益々重要になると考える。

また、当モデルは、通貨の社会における信認の広がりをモデル化したものであるため、社会における信認が核となる事象、例えば流行や宗教といった現象の分析についても応用することができるかもしれない。

5-2. 今後の取組み

今回の研究では、信認が広がる過程を示したが、現実の世界では、信認が低下するインフレーションという現象も存在する。通貨の信認が広がる通貨の創発だけでなく、信認の収縮といった現象についても同じボトムアップな枠組みで示すことができれば、より普遍的な通貨モデルとすることができる。そのためには、信認を支える要因にまでさかのぼってエージェントが状況に応じて信認を広げたり、収縮させたりすることをモデル化する必要がある。そのような、より一般化されるモデルを作成し、通貨の生成をシミュレーションすることを今後の取組みとしたい。

引用文献

- Cukierman, A., *Central Bank strategy, Credibility, and Independence: Theory and Evidence*, MIT Press, London
- Epstein, J. & Axtell, R., (1996) *Growing Artificial Society*, 服部正太、木村香代子訳 (1999) *人工社会*, 構造計画研究所
- Gilbert, N. & Troitzsch K. (1999) *Simulation for the Social Scientist*, 井庭崇、岩村拓哉、高部陽平訳 (2003) *社会シミュレーションの技法*, 日本評論社
- Goodheart, C.A.E. (1989) *Money, Information, and Uncertainty*, second edition, The Macmillan Press Ltd., London
- Greenspan A. (2002) *The History of Money*, At the Opening of an American Numismatic Society Exhibition, Federal Reserve Bank of New York, New York
- Kiyotaki, N., and Wright, R.,(1989), On money as a medium of exchange, *Journal of Political Economy*, 97, pp.927-54,
- Menger, K., (1892) On the Origin of Money, *Economic Journal*, Vol2, p239-255
- Polanyi K., (1957) The semantics of Money-Use, 玉野井芳郎、平野健一郎編訳 (1975) *貨幣使用の意味論、経済の文明史*, 日本経済新聞社
- Smith, A., (1776). *An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations*. (University of Adelaide). 岩井克人(1993) *貨幣論*, 筑摩書房
- 馬渡尚憲 (1997) *経済学史*, 有斐閣
- 大谷聡、藤木裕 (2002) 21世紀の国際通貨制度：展望、*金融研究*, 第21巻第4号 (2002年12月) 日本銀行金融研究所
- 河合正弘 (1994) *国際金融論*, 東京大学出版会
- 黒田明伸 (2003) *貨幣システムの世界史*, 岩波書店
- 佐々木 雄一, 川村 秀憲, 車谷 浩一, 大内 東(2003) 基軸通貨の創発における規則性に関する研究, *情報処理学会研究報告*, Vol. 2003, No. 8, 2003-ICS-131, pp. 99-104 (2003/1).
- 佐藤雅美 (2000) *大君の通貨*, 文芸春秋
- 玉田正樹、山本和也(2002) マルチエージェント・シミュレータとしての MAS, 山影進、服部正太編著, *コンピューターのなかの人口社会*, 共立出版
- 古川順一 (1989) ジョン・ロックの経済思想と貨幣把握, 大森郁夫編 (1989) *市場と貨幣の経済思想*, 昭和堂
- 日本銀行 (2004) 「中央銀行と通貨発行を巡る法制度についての研究会」報告書, *金融研究* 第23巻法律特集号 2004年8月
- 三隅一人 (2004) *ネオ古典社会学へのいざない*, 三隅一人編著 (2004) *社会学の古典理論*, 勁草書房
- 安富歩 (1994) *貨幣の歴史性*, 本山美彦編著 (1994) *貨幣論の再発見*, 第1章, 三嶺書房
- 安富歩 (2000) *貨幣の複雑性*, 創文社
- 吉沢英成 (1981) *貨幣と象徴*, 日本経済新聞社