

電子マネー普及に関する シミュレーションモデルの構築

梅原 英一 渡部 和雄

電子マネーの普及に関しては多くの議論がある。1990年代後半に欧米において Mondex や Visa Cash の実証実験が行われた。しかし、欧米では実証実験で終わり、電子マネーは普及しなかった。一方、日本やアジア地域では、電子マネーは急速に普及している。つまり、電子マネー普及については何らかの境界条件が存在していると考えられる。そこで本研究では、この境界条件を検討するために、Shy and Tarkka のモデルをベースに、電子マネーの普及プロセスをマルチ・エージェント・モデルとして表現し、普及プロセスをシミュレートした。その結果、初期の電子マネー取扱店舗数により普及が大きく変化することがわかった。しかし、初期電子マネー保有消費者に関しては、明確な結果が得られなかった。この点に関してはモデルの見直しが必要であり、今後の検討課題とする。

キーワード：電子マネー、普及プロセス、ツーサイド・プラットフォーム、マルチ・エージェント・シミュレーション

1 はじめに

電子マネーの普及は日本では顕著である。電子マネーの発行量も利用金額もともに増加しており、2012年6月で発行枚数は2億枚を超えた（日本銀行、2012）。

“電子マネー”の定義は、「事前に現金または預金と引き換えに、スマートカードまたはPCに電子貨幣価値を“チャージ”し、電子貨幣価値の取引によって経済活動のための支払いを行う方法」（総務省、2006）である。日本銀行（2008）は、電子マネーを「多目的使用のために価値を保存または事前に支払われた電子的な決済手段であり、ユーザーが電子マネーを使用する前に、価値をチャージする必要がある」と定義している。我々は電子マネーを「支払いに使用するために金銭価値をデジタル化してカードや携帯電話などの電子デバイスに保存したものと定義する。

電子マネーの分類方法には様々ある。交通系電子マネーは主に電車やバスなど公共交通機関利用の際に使用され、買い物でも使用できるものである（Morimoto, 2010）。この例として、Suica, PASMO, ICOCA, TOICA, PiTaPa などがある。一方、流通系電子マネーは主にショッピングに利用される。この例として、Edy, nanaco, WAON, iD, QUICPay などがある。

別の分類方法として、ICカード型（クレジットカード

大のプラスチックカードにICチップを搭載したものと、モバイル型（携帯電話やスマートフォンに電子マネー機能を組み込んだもの）がある。これに加えて、プリペイド型・ポストペイ型、非接触型ICカード・接触型ICカード、オープンループ型・クローズドループ型、リアル型・サイバー型（貞清、2008；大森、2009）などがある。

電子マネーの普及や利用促進では、成功事例と普及しなかった事例がある。例えば欧米で実証実験した Mondex は、その後広く普及しなかった。一方、日本では交通系電子マネーをはじめとして非常に広く普及している。この差の原因の一つに、電子マネーがツーサイド・プラットフォーム・ビジネスモデルであることが原因である可能性を我々は考えている。つまり、消費者への普及が先か、店舗への普及が先かという、「鶏と卵」問題があると考えている。故に、我々の研究目的は以下である。

- (a) 電子マネーは、消費者と公共交通機関や店舗のツーサイド・プラットフォームのビジネスモデルであると考えられる。この場合、両サイドの相乗効果により電子マネーが普及するか否かが決まる。この相乗効果の有無をエージェント・ベース・シミュレーションで確認する。
- (b) その結果、我々は電子マネーを普及させるための方策を議論する。

2 先行研究

2.1 日本における電子マネーの普及要因

Takao et al. (2012) は、企業間のネットワークに焦点

UMEHARA Eiichi

東京都市大学メディア情報学部情報システム学科教授

WATABE Kazuo

東京都市大学知識工学部経営システム工学科教授

を当て、日本における電子マネーの普及を促進する要因を分析した。結果として、彼らは、ハブとなるリーダー企業の集団行動が、日本で電子マネーの急速な普及を可能にしていることを指摘した。

Ishii, Higuchi and Takesue (2010) はショッピングのための IC カードに対してアンケートを用いて、IC カードに対する消費者の意見を分析した。彼らはこのアンケート結果が効果的かつ有益な IC カードシステムを構築するために有用だったと述べている。渡部・岩崎 (2009) は 2 地域の消費者調査を行い、電子マネー普及要因として利便性やセキュリティ、利用機会など 5 つの因子を挙げ、共分散構造分析 (構造方程式モデリング) により因果関係を分析している。しかし、調査対象は 2 都市のみであり、サンプル数も少ない。

2.2 欧米, アジアにおける電子マネー

欧州や米国では、Mondex などの電子マネー実験が 1990 年代後半に行われた。その結果として、電子マネーのメリットとして決済の利便性やコスト削減があったが、消費者と店舗の両方で電子マネーを受け入れることは困難であり、電子マネーが広く利用されなかったことが報告されている (Hove, 2001, Humphrey et al., 2001, Stalder, 2002, Jonker, 2007)。Sahut (2008) は、技術受容モデル (technology acceptance model) を用いて、フランスの電子財布 “Moneo” の普及に影響を与える要因を分析している。

一方で、アジアでは、電子マネーの利用が拡大していることが報告されている。Lin and Nguyen (2011) は、技術受容モデルを用いて、ベトナムと台湾で消費者の電子決済の普及に影響を与える要因を分析した。その結果、彼らは、知覚された利便性、知覚された有用性、知覚されたリスクと情報の 4 つの要因からなる概念モデルを提案した。調査サンプル数は 676 で、ベトナムと台湾の銀行サービスのユーザーである。その結果、消費者が電子決済の利用を選択することに対するこれらの要因の効果を確認した。

2.3 電子マネーのモデル化

Shy and Tarkka (2002) は、決済媒体である電子マネー・現金・クレジットカードが全て利用できる環境における市場領域と電子マネー利用価格帯をモデル化することを目的とした理論的フレームワークを開発した。その結果、電子マネーは、社会厚生観点から小口支払で利用することが最適であると指摘した。また消費者の “カードの信頼” の欠如により、Mondex などの電子マネーがまだ広く採用されてないと指摘した。M'Chirgui (2006) は、Shy and Tarkka モデルにおいて電子財布 (Moneo) を含むように拡張した。Sun, Chai and

Liu (2008) は、複雑システムの観点から電子マネーのダイナミクスを研究し、4 フェーズ・モデリング手法を提案した。彼らは、このモデルに基づいてソフトウェアシステム (EADS) を開発し、電子マネーの進化とマクロ経済への影響をシミュレーションした。

2.4 Shy and Tarkka のモデル

本研究の仮定のベースとなる Shy and Tarkka (2002) のモデルの詳細を述べる。このモデルでは、電子マネーとクレジットカード取引の均衡取引コストを定式化している。しかし、本研究は電子マネーの利用普及モデルを構築することが目的である。そのため、取引コストが高く小額決済にはあまり向いていないクレジットカードは分析の対象外である。そこで彼らのモデルのうちクレジットカードに関する部分の説明は省略する。

彼らは、電子マネーを「支払は POS で電子的に決済され、手動で行われない」という特性があることに着目した。そのために電子マネーは、貨幣が持つコストの削減が可能であり、中央処理システムが必要なクレジットカードよりも記帳・検証のコストが削減できると指摘した。コスト削減の観点からは、電子マネーは支配的な支払い手段となる。一方で、電子マネーには、偶発的な損失、逸失利益、カード故障などの保有コストがかかる。この保有コストにより、電子マネーの普及を説明している。

2.4.1 店舗の貨幣コスト

ノーテーションは以下である。

$t(>0)$: 商品の価格

$m(t)$: 価格 t の商品を売る店舗数の分布の密度関数

$b(t)$: 価格 t の商品を買う消費者数の分布の密度関数

$b(t)/m(t)$: 価格 t の 1 店舗当たりの消費者数

貨幣は法定貨幣のため、店舗は消費者が貨幣を出したら必ず受け取らねばならない。また、貨幣は政府 (中央銀行) が発行するので、発行体コストはない。

τ_R^M : 貨幣を用いた決済の作業コスト (取引一回ごとに計算し、偽造をチェックし、おつりを返す作業)

$0 \leq \lambda_R^M \leq 1$: 盗難、計算間違等の期待損失確率

$i \cdot t$: 金利コスト (i は市場金利: 店舗が貨幣を所持している間は金利がつかない。)

ここで R は貨幣、 M は店舗を意味する記号である。

以上より店舗の一回当たりの貨幣による取引コストは (1) 式となる。

$$\text{Cost}_R^M = \tau_R^M + (\lambda_R^M + i)t \quad (1)$$

2.4.2 店舗の電子マネーコスト

貨幣と同様に時間ロスコストと金利コストが発生する。また、電子マネー発行体に支払う年会費が必要となる。

τ_E^M : 電子マネーの決済作業コスト

f_E^M : 電子マネー固定費 (年会費, 設備費)

ここで E は電子マネーを意味する.

$$\text{Cost}_E^M = \tau_E^M + it + \left[\frac{m(t)}{b(t)}\right]f_E^M \quad (2)$$

電子マネーと貨幣の決済作業コストを比較すると, 電子マネーの作業時間が短い. 故に $\tau_E^M < \tau_R^M$ と仮定する.

以上より, 電子マネーと現金のコスト差を X とすると, (3) 式となる.

$$X = \text{Cost}_E^M - \text{Cost}_R^M = \tau_E^M - \tau_R^M - \lambda_R^M t + \left[\frac{m(t)}{b(t)}\right]f_E^M \quad (3)$$

X が正なら店舗は貨幣を選好する. 負ならば電子マネーを選好する. また $m(t)/b(t)$ は, 1 店舗あたりの平均消費者数の逆数である. つまり, 利用者が多ければ電子マネーの平均コストが下がり, 電子マネーが選好される可能性が大きくなる. (3) 式を t (利用単価) で解くことで, 電子マネーが選好される単価の境界条件が計算できる. その結果, 彼らは, 決済単価が小さい場合は電子マネーが有利であることを示した.

2. 4. 3 消費者の貨幣コスト

消費者は常に貨幣を使うことができる. また, 店舗が受け入れれば電子マネーを使うことができる.

ノーテーションを下記に示す.

τ_R^B : 貨幣を用いた取引一回ごとの決済作業コスト

$0 \leq \lambda_R^B \leq 1$: 盗難・紛失等の期待損失確率

$i \cdot t \cdot v$: 金利コスト (貨幣を所持している間は金利がつかない. V は保有期間)

ここで B は消費者を意味する.

以上より消費者の貨幣による取引コストは (4) 式となる.

$$\text{Cost}_R^B = \tau_R^B + (\lambda_R^B + iv)t \quad (4)$$

2. 4. 4 消費者の電子マネーコスト

τ_E^B : 電子マネーの決済作業コスト

$0 \leq \lambda_E^B \leq 1$: カード紛失・カード破壊 (IC チップ故障による読み取り不可) 確率: 電子マネーは匿名性がある. 一旦, 現金がチャージされるとトレースできない. この匿名性のためにカードが破損するとマネーの回復はできない.

$i \cdot t \cdot v$: 金利コスト

$f_E^B/s(t)$: 固定費 (初回発行費用, 年会費等). 但し s(t) は電子マネー利用回数.

以上より, 消費者の電子マネーの (5) 式となる.

$$\text{Cost}_E^B = \tau_E^B + (\lambda_E^B + iv)t + f_E^B/s(t) \quad (5)$$

店舗と同様に, 電子マネーと貨幣の決済作業コストを比較すると, 電子マネーの作業時間が短い. 故に $\tau_E^B < \tau_R^B$ と仮定する. 以上より, 電子マネーと現金のコスト差を Y とすると, (6) 式となる.

$$Y = \text{Cost}_E^B - \text{Cost}_R^B = \tau_E^B - \tau_R^B - \lambda_R^B t + f_E^B/s(t) \quad (6)$$

3. 電子マネー普及プロセスのダイナミックス

電子マネーの利用に関しては, 店舗・消費者それぞれ (3) 式および (6) 式で示したコスト関数により決定する. しかし, Shy and Tarkka が示したモデルは均衡条件であり, ダイナミックスな動きは説明できない. 一方, 渡部ら (2011) のアンケート結果より消費者の電子マネーの利用判断は, 利便性 (特に利用できる場所の数) に依存していることが明らかになっている. つまり, 利便性に関する初期条件に依存して, 電子マネーの利用普及が異なる可能性が考えられる. そこで我々は, 電子マネーの普及のダイナミックスを組み込む. つまり, 本来は電子マネーが店舗・消費者双方に有利であるにも関わらず, その初期条件の差, および消費者や店舗の電子マネーに対する選好の差により, 電子マネーが普及するかどうか決定される可能性を検討する.

日本の Suica・PASMO や台湾交通カードの隆盛と, 欧米の Mondex の失敗 (普及しなかった) の差の原因の一つに, 「初期の電子マネーを採用した店舗および電子マネーを保有している消費者の状態の差による普及にダイナミックスがあるのではないか?」と我々は考えた. そこで, Shy and Tarkka のモデルをベースにシミュレーションモデルを構築し, 普及に対するダイナミックスをモデル化する.

モデルの前提として, 消費者は電子マネーを選好するものとする. (6) 式において, 固定費を除いた $(\tau_E^B - \tau_R^B - \lambda_R^B t)$ は, 負と仮定する. つまり消費者の電子マネー初期コスト f_E^B は固定費であると考えられるので, 消費者の電子マネー選好は利用頻度 s(t) で決まる. 同様に, 店舗も基本的には, 電子マネーを選好すると仮定する. (3) 式における $(\tau_E^M - \tau_R^M - \lambda_R^M t)$ は負と仮定する. f_E^M は店舗の電子マネー初期コストであるので固定費と仮定する. この結果, 店舗の電子マネー取扱判断は, その店舗で電子マネーを利用する消費者の数である $b(t)/m(t)$ に依存する.

単純化のために店舗は 1 種類の単一価格の商品しか売らないと仮定する. つまり (3) 式, (6) 式における t は一定とする. また, 均衡状態では電子マネーの方が, 店舗・消費者双方にコスト的に有利であると仮定する. よって, (3) 式, (6) 式は (7) 式, (8) 式と変形できるとする.

$$X = -C^M + f_E^M / [\text{店舗当り電子マネー保有消費者数}] \quad (7)$$

$$Y = -C^B + f_E^B / [\text{電子マネー利用回数}] \quad (8)$$

ただし、 $C^M = -(\tau_E^M - \tau_R^M - \lambda_R^M t) > 0$ 、 $C^B = -(\tau_E^B - \tau_R^B - \lambda_R^B t) > 0$ とする。また、電子マネー非保有消費者には(8)式を適用することはできない。しかし非保有者も電子マネーの保有／非保有に関する判断基準が必要である。そこで(8)式の電子マネー利用回数を、電子マネーが利用できる店舗の割合×買い物回数と変更する。非保有者にも対応するために、(8)式は(9)式とする。

$$Y = -C^B + f_E^B / [\text{電子マネー利用可能店舗比率/買い物回数}] \quad (9)$$

本研究では以下の2つの仮説を検証する。

仮説1：電子マネーを普及させるには、その地域で利用できる店舗を初期条件で、ある一定値以上確保する必要がある。つまり、初期条件で電子マネーが利用できる店舗をある一定以上確保しないと電子マネーは普及しない。

仮説2：電子マネーを普及させるには、その地域で利用する消費者を初期条件で、ある一定値以上確保する必要がある。つまり、初期条件で店舗当りの電子マネー保有消費者数は、ある一定数を確保しないと電子マネーは普及しない。

4. シミュレーションモデル

我々は、消費者・店舗両方の初期状態により、電子マネーの普及が影響を受けるか否かをエージェントシミュレーションにより確認する。

4.1 モデルの概要

地域は100×100の実数格子空間で表す。エージェントは店舗と消費者の2種類である。地域には、店舗が100店、消費者が100人いる。店舗は地域にランダムに配置する。店舗はシミュレーション中移動しない。一方、消費者エージェントも、地域にランダムに100エージェント配置する。消費者の買い物行動は以下である。

【消費者の買い物行動 (1ステップ)】

消費者エージェントは、ランダムな方向に10格子移動する。そこで周囲5セル内にあるランダムに選択した店舗に入り買い物をする。電子マネー保有消費者は、電子マネーが使える店舗なら必ず電子マネーで買い物をする。それ以外は現金で買い物をする。なお、電子マネーを保有する消費者は、買い物をする際に必ず電子マネーが利用できるか否かを店舗に確認すると仮定する。これにより、店舗は消費者が電子マネー保有者か否かを知ることができるものとする。

また、周囲5セル内に店舗がない場合は、買い物は

しない。以上の行動を消費者全員が行うことを、1ステップと定義する。

【消費者・店舗の電子マネー所有・取扱判断 (1ターン)】

本シミュレーションでは、消費者および店舗は、電子マネーの保有／非保有および取扱有無の判断を10ステップごとに行う。10ステップを1ターンと定義し、各エージェントは1ターンごとに電子マネーに関する意思決定を行う。

4.2 パラメータ

初期パラメータは以下である。

【店舗パラメータ】

- ① 初期電子マネー取扱店舗比率 (0~1.0)
- ② 電子マネー取扱中止消費者比率 (0~1.0)
- ③ 電子マネー取扱開始消費者比率 (0~1.0)

初期電子マネー取扱店舗比率は、初期状態で電子マネーを取り扱う店舗の比率である。つまり0.5なら初期に電子マネーを取扱店舗は50店舗、非取扱店も50店舗である。電子マネー取扱店舗は、2ターンごとに直近10ステップの商品を購入した消費者が電子マネーを利用したか、貨幣を利用したかの比率を計算する。この比率を店舗電子マネー利用率と呼ぶ。電子マネー取扱店舗の「店舗電子マネー利用率」が「電子マネー取扱中止消費者比率」以下の場合、この電子マネー取扱店舗は、電子マネー取扱いを中止して、電子マネー非取扱店舗となる。同様に、電子マネー非取扱店舗は、商品を購入した消費者のうち電子マネー保有消費者の割合を計算する。これを「店舗潜在利用率」と呼ぶ。「店舗潜在利用率」が「電子マネー取扱開始消費者比率」以上の場合は、非取扱店舗は電子マネーの取扱を開始し、電子マネー取扱店舗になる。なお、店舗にとり電子マネー取扱開始／廃止判断は、設備投資や会員加盟費などの初期コストが必要である。そのために閾値を超えてもすぐに判断はしない。故に、開始判断／廃止判断は、2ターン(20ステップ)ごとに行う。

【消費者パラメータ】

- ④ 初期電子マネー保有消費者比率 (0~1.0)
- ⑤ 電子マネー非保有判断比率 (0~1.0)
- ⑥ 電子マネー保有判断比率 (0~1.0)

初期電子マネー保有消費者比率は、初期状態で電子マネーを保有する消費者の比率である。つまり0.5なら初期に電子マネー保有消費者は50人、非保有者も50人である。電子マネー保有消費者は、1ターン(10ステップ=10回の買い物)ごとに電子マネーを利用したか、貨幣を利用したかの比率を計算する。この比率を消費者電子マネー利用率と呼ぶ。同様に電子マネー非保有者は、購入した店舗で電子マネーを利用できる店舗の比率を計算する。これを「消費者潜在利用率」と呼ぶ。

電子マネー非保有者および電子マネー保有者が電子マネー非取扱店舗で買い物をする場合は貨幣決済とする。

「消費者電子マネー利用率」が「電子マネー非保有判断比率」以下の場合、この電子マネー保有消費者は、電子マネー保有を中止して、電子マネー非保有者となる。同様に、電子マネー非保有者で、「消費者潜在利用率」が「電子マネー保有判断比率」以上の場合は、非保有者は電子マネーを保有し、電子マネー保有消費者になる。なお、消費者は電子マネー取扱開始/廃止判断は、大きな設備投資や会員加盟費などの初期コストは不必要である。故に、保有/非保有判断は、1ターン（10ステップ）ごとに行う。

【初期状態】

店舗は、外部パラメータ（電子マネー取扱い比率）で、初期条件の電子マネー扱い店舗数が決まる。同様に、消費者も、外部パラメータ（電子マネー保有比率）で、初期条件の電子マネー保有比率が決まる。地域への配置は一様乱数によりランダムに配置する。

4. 3 シミュレーションの実行

【毎回のステップ】 毎回のステップ

消費者は、1ターン（1日や1週間のイメージ）に10回（10ステップ）動く。1回に動く距離は10セルである。周囲5セルの範囲に店舗があれば、そこで買い物をする。複数の店舗がある場合は、ランダム（一様乱数）で買い物をする店舗を一つ選択する。消費者が電子マネー保有者で、店舗が電子マネー取扱い店舗なら、電子マネーで買い物をする。消費者が電子マネー非保有者、または店舗が電子マネー非取扱店なら、現金で取引する。なお、周囲に店舗が存在しない場合は、消費者は買い物をしない。

【消費者の保有/非保有判断】

1ターン（10ステップ）消費者が移動した時点で、

電子マネー継続可否判断をする。

- ・電子マネー保有消費者の非保有判断基準
「消費者電子マネー利用率」 < 「電子マネー非保有判断比率」
- ・電子マネー非保有者の保有判断基準
「消費者潜在利用率」 > 「電子マネー保有判断比率」

【店舗の取扱廃止/開始判断】

- ・電子マネー取扱店舗の廃止判断
「店舗電子マネー利用率」 < 「電子マネー取扱中止消費者比率」
- ・電子マネー非取扱店舗の取扱開始判断
「店舗潜在利用率」 > 「電子マネー取扱開始消費者比率」

シミュレーションプログラムは、構造計画研究所のArtisoc（テキスト版）（山影（2007））を使用した。図1に本シミュレーションのマインドマップを、図2にシミュレーション画面を示す。

5 シミュレーション結果

シミュレーション実行は、消費者の電子マネーの選好ごとに実行した。まず、消費者が電子マネーを選好するケースを示す。これは電子マネー保有消費者の非保有判断基準、電子マネー非保有者の保有判断基準を0.2としたケースである。つまり、消費者は訪れた店舗の20%で電子マネーを利用できれば電子マネーを保有する場合である。この結果を、店舗の電子マネー選好ごとに実行した。図3は店舗が電子マネーを選好するケースである。この場合は電子マネー取扱店舗の廃止判断=電子マネー非取扱店舗の取扱開始判断=0.2と設定した。つまり店舗は買い物をした消費者のうち20%が電子マネーを保有していれば電子マネーを取り扱う。同様に図4は店舗の電子マネー選好が中立（電子マネー取

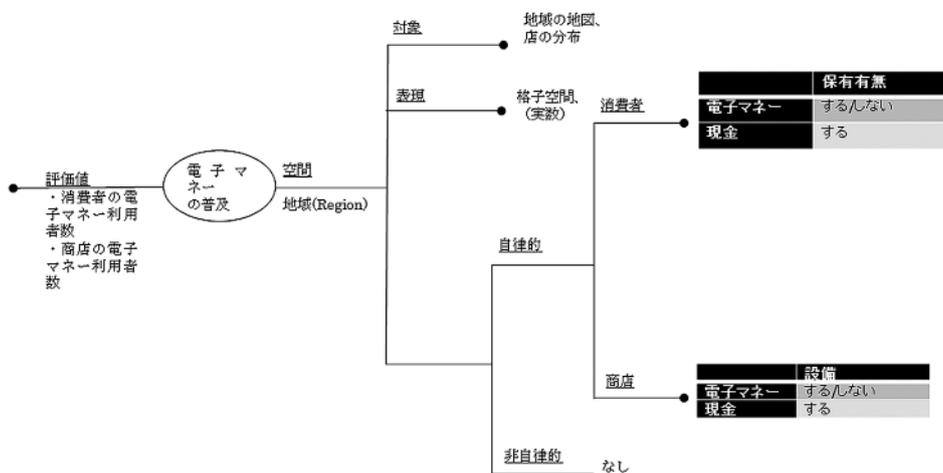


図1 マインドマップ

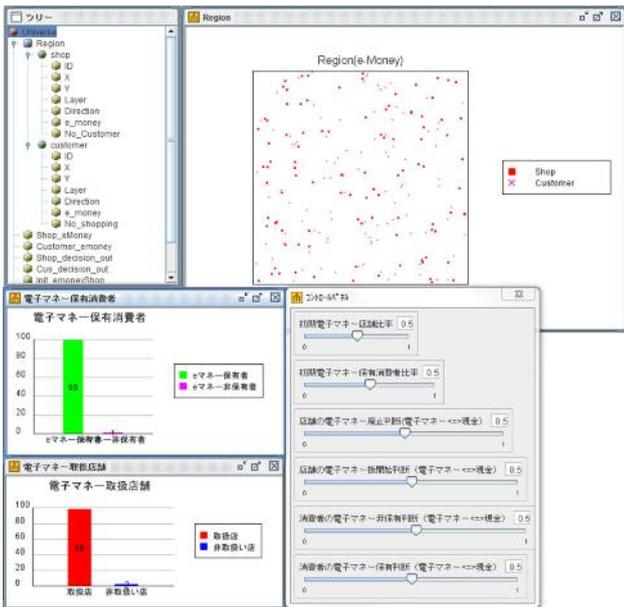


図2 シミュレーション画面

扱店舗の廃止判断=電子マネー非取扱店舗の取扱開始判断=0.5) で買い物をした消費者の50%以上が電子マネー保有なら電子マネー取扱いをする。図5は店舗が電子マネーをそれほど選好しないケースで(電子マネー取扱店舗の廃止判断=電子マネー非取扱店舗の取扱開始判断=0.8)で買い物をした消費者の80%以上が電子マネー保有なら電子マネー取扱いをする。

当然ではあるが、初期状態で店舗の電子マネー取扱比率が0、つまり電子マネー取扱店舗がない場合は、どのような条件を設定しても電子マネーは普及しない。しかしながら、初期状態で電子マネー保有消費者が0でも、設定条件によって、電子マネーは普及していることがわかる。

店舗が電子マネー取扱をあまり選好しないケース(図5)では、店舗および消費者の電子マネー保有/取扱状態の初期状態で、最終的に電子マネーの普及が決まることがわかる。

同様に、消費者が中立(0.5)の場合の結果を、図6(店舗が電子マネーを選好(0.2))、図7(店舗は中立(0.5))、図8(店舗は非選好(0.8))に示す。結果の傾向は消費者が電子マネーを選好した図3-5と同様であるが、図7、8で電子マネーが普及しないケースが多くなっていることが分かる。

最後に、消費者が電子マネーを選好しないケースを、図9、10、11に示す。全体的な傾向は、消費者が電子マネーを選好および中立のケースと同様である。但し、消費者・店舗の両方が電子マネーに対して非選好の図11では、ほとんど普及しないことが分かる。

シミュレーションの結果、店舗が電子マネーを選好するケース(図3、図6、図9)は、電子マネーが広く普

| | | 店舗:初期電子マネー比率 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--|
| | | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | | |
| 消費者:初期電子マネー比率 | 0 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.1 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.2 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.3 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.4 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.5 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.6 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.7 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.8 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.9 | × | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | × | | | | | | | | | | | | | |

図3 消費者(電子マネー選好)、店舗(選好)
(注) ×:電子マネー普及せず、空白:電子マネー普及

| | | 店舗:初期電子マネー比率 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--|
| | | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | | |
| 消費者:初期電子マネー比率 | 0 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.1 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.2 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.3 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.4 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.5 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.6 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.7 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.8 | × | | | | | | | | | | | | |
| | 0.9 | × | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | × | | | | | | | | | | | | | |

図4 消費者(電子マネー選好)、店舗(中立)
(注) ×:電子マネー普及せず、空白:電子マネー普及
△:3回シミュレーションを実行して電子マネー普及と普及しないケースが出現したケース

| | | 店舗:初期電子マネー比率 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--|
| | | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | | |
| 消費者:初期電子マネー比率 | 0 | × | × | × | | | | | | | | | | |
| | 0.1 | × | × | △ | | | | | | | | | | |
| | 0.2 | × | × | × | △ | | | | | | | | | |
| | 0.3 | × | × | △ | | | | | | | | | | |
| | 0.4 | × | × | × | | | | | | | | | | |
| | 0.5 | × | × | × | | | | | | | | | | |
| | 0.6 | × | × | × | △ | | | | | | | | | |
| | 0.7 | × | × | × | △ | | | | | | | | | |
| | 0.8 | × | × | △ | △ | | | | | | | | | |
| | 0.9 | × | × | × | △ | | | | | | | | | |
| 1.0 | × | × | × | △ | | | | | | | | | | |

図5 消費者(電子マネー選好)、店舗(非選好)
(注) ×:電子マネー普及せず、空白:電子マネー普及
△:3回シミュレーションを実行して電子マネー普及と普及しないケースが出現したケース

及していることが分かる。一方、店舗が電子マネーを選好しない場合(図5、8、11)は、特に店舗の初期電子マネー取扱店舗数が少ない場合では、電子マネーは普及しないことが分かる。

本研究でモデル化した電子マネー普及シミュレーションのダイナミクスからは、電子マネーの普及には、店

| | | 店舗:初期電子マネー比率 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--|
| | | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | | |
| 消費者:初期電子マネー比率 | 0 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.1 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.2 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.3 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.4 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.5 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.6 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.7 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.8 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.9 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 1.0 | x | | | | | | | | | | | | |

図6 消費者(中立), 店舗(選好)

(注) x : 電子マネー普及せず, 空白 : 電子マネー普及
△ : 3回シミュレーションを実行して電子マネー普及と普及しないケースが出現したケース

| | | 店舗:初期電子マネー比率 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--|
| | | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | | |
| 消費者:初期電子マネー比率 | 0 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.1 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.2 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.3 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.4 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.5 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.6 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.7 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.8 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.9 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 1.0 | x | △ | | | | | | | | | | | |

図9 消費者(非選好), 店舗(選好)

(注) x : 電子マネー普及せず, 空白 : 電子マネー普及
△ : 3回シミュレーションを実行して電子マネー普及と普及しないケースが出現したケース

| | | 店舗:初期電子マネー比率 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--|
| | | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | | |
| 消費者:初期電子マネー比率 | 0 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.1 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.2 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.3 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.4 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.5 | x | △ | | | | | | | | | | | |
| | 0.6 | x | △ | | | | | | | | | | | |
| | 0.7 | x | x | △ | | | | | | | | | | |
| | 0.8 | x | x | △ | | | | | | | | | | |
| | 0.9 | x | x | △ | | | | | | | | | | |
| | 1.0 | x | x | △ | △ | △ | | | | | | | | |

図7 消費者(中立), 店舗(中立)

(注) x : 電子マネー普及せず, 空白 : 電子マネー普及
△ : 3回シミュレーションを実行して電子マネー普及と普及しないケースが出現したケース

| | | 店舗:初期電子マネー比率 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--|
| | | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | | |
| 消費者:初期電子マネー比率 | 0 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.1 | x | △ | | | | | | | | | | | |
| | 0.2 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.3 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.4 | x | | | | | | | | | | | | |
| | 0.5 | x | △ | △ | | | | | | | | | | |
| | 0.6 | x | x | △ | △ | | | △ | △ | | | | | |
| | 0.7 | x | x | x | △ | △ | △ | | | | | | | |
| | 0.8 | x | x | x | x | △ | △ | △ | | | | | | |
| | 0.9 | x | x | △ | x | x | x | △ | △ | | | | | |
| | 1.0 | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |

図10 消費者(非選好), 店舗(中立)

(注) x : 電子マネー普及せず, 空白 : 電子マネー普及
△ : 3回シミュレーションを実行して電子マネー普及と普及しないケースが出現したケース

| | | 店舗:初期電子マネー比率 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--|
| | | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | | |
| 消費者:初期電子マネー比率 | 0 | x | x | x | x | x | | | | | | | | |
| | 0.1 | x | x | x | x | x | △ | △ | | | | | | |
| | 0.2 | x | x | x | x | x | △ | △ | | | | | | |
| | 0.3 | x | x | x | x | x | | | | | | | | |
| | 0.4 | x | x | x | x | x | △ | | | | | | | |
| | 0.5 | x | x | x | x | x | △ | △ | | | | | | |
| | 0.6 | x | x | x | x | x | △ | △ | | | | | | |
| | 0.7 | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | |
| | 0.8 | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | |
| | 0.9 | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | |
| | 1.0 | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |

図8 消費者(中立), 店舗(非選好)

(注) x : 電子マネー普及せず, 空白 : 電子マネー普及
△ : 3回シミュレーションを実行して電子マネー普及と普及しないケースが出現したケース

| | | 店舗:初期電子マネー比率 | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|--|--|
| | | 0 | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | | |
| 消費者:初期電子マネー比率 | 0 | x | x | x | x | x | x | x | △ | | | | | |
| | 0.1 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | △ | | | |
| | 0.2 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | |
| | 0.3 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | △ | | |
| | 0.4 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| | 0.5 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| | 0.6 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| | 0.7 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| | 0.8 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| | 0.9 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |
| | 1.0 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | |

図11 消費者(非選好), 店舗(非選好)

(注) x : 電子マネー普及せず, 空白 : 電子マネー普及
△ : 3回シミュレーションを実行して電子マネー普及と普及しないケースが出現したケース

舗の電子マネーに対する選好と、初期に電子マネーを取り扱う店舗の数が重要である。

6 考察

本シミュレーションと仮説との関係を考察する。仮説1（電子マネーを普及させるには、その地域で利用できる店舗を初期条件で、ある一定値以上確保する必要がある）に関しては、すべてのシミュレーションケースで初期の店舗数が少なれば普及しないが、多ければ普及するという結果であった。つまり、電子マネーを普及させるためには、初期の店舗数をある一定数以上確保する必要があることを示唆している。

仮説2（電子マネーを普及させるには、その地域で利用する消費者を初期条件で、ある一定値以上確保する必要がある）は、本シミュレーションでは支持されなかった。これは、初期店舗数が少なく、かつ電子マネー保有消費者が多い場合には、最初の1ターンで消費者が電子マネー保有をあきらめてしまう現象が起こったためである。この点に関しては、本モデルの欠陥である。今後早急に改善する必要がある。

7 今後の課題

本研究のシミュレーションの結果は、電子マネーの普及には、均衡条件だけでなく、初期状態の設定が影響している可能性を示している。つまり初期の店舗および消費者への電子マネーへのインセンティブや、初期状態での電子マネー利用可能店舗数の確保が重要である可能性を示唆している。しかし、本シミュレーションモデルには改善すべき多くの課題がある。

第一に、ターンごとに電子マネーの保有/非保有および店舗の取扱/非取扱の比率が大きく変化して安定に推移しないという課題がある。現在のシミュレーションモデルでは、店舗が2ターンごとに直近10ステップの消費者の電子マネー利用率で、次のステップで電子マネー取扱い店舗となるか否かを判断している。このロジックは店舗には初期投資があるために、一度電子マネー設備を導入したら、すぐには取扱いを中止しない。一方で、電子マネー採用には急に電子マネーを保有する消費者が増加したとしても、すぐには採用判断をしないという事象をモデル化したものである。

消費者は電子マネー保有・非保有の判断は店舗の利用状況を見て1ターン（10ステップ）ごとに判断した。これは消費者が周囲の電子マネー利用可能性の状況を見て、店舗よりもその保有・非保有の判断が簡単にできるという事象をモデル化したものである。しかし、このモデルでは、消費者の保有/非保有および店舗の電子マネー取扱/非取扱の数がステップで非常に大きく変動してしまうという問題がある。このために、シミュレーシ

ョン結果でも出ていたように、初期状態で、店舗の電子マネー取扱比率が低い場合で、かつ消費者が電子マネーを保有している人数が多いと、1ターン終了時点で消費者が電子マネー非保有の判断をしてしまう。このために2ターン以降は非保有が多くなり、店舗の電子マネー取扱比率も低いので、電子マネーが非採用になってしまう。安定して変化するロジックを検討して組み入れることが今後の大きな課題である。

第二に、エージェント数の設定の問題がある。本研究では消費者、店舗ともに100エージェントに設定した。しかし、結果がエージェント数により変化する可能性が考えられる。この点に関しても今後の研究課題とする。

第三に、消費者は5セル以内の店舗をランダムに選択するロジックである。しかし、実際の消費者の行動はランダムな選択ではなく、一番近い店舗を選択や、電子マネーを利用できる店舗を優先的に選択することも考えられる。この点に関しても今後の研究課題である。

第四に、本研究では、電子マネー非取扱店舗も、消費者が電子マネーを保有しているか分かると仮定し、電子マネー取扱開始を判断した。しかし実際には分からない可能性が高い。そこで、取扱開始判断は、周囲の店舗での電子マネー取扱状況を見て行うように修正することが考えられる。

第五に、本研究のモデルでは、単純化のために一商品・単一価格としたShy and Tarkkaモデルと同様に複数商品・複数価格のモデルに拡張することも、今後の課題である。

最後に、筆者らの先行研究における消費者のアンケート結果（渡部・岩崎，2009，2011）と本シミュレーションモデルとの結果の整合性を検証することも今後の課題である。

参考文献

- [1] Ishii, Y., Higuchi, Y., Takeyasu, K., An Analysis of Consumer Attitudes to IC Cards, 40th Int'l Conf. on Computers and Industrial Engineering, 2010.
- [2] Hove, L.V., The New York City Smart Card Trial in Perspective: A Research Note, International Journal of Electronic Commerce / Winter 2000-2001, Vol. 5, No. 2, pp. 119-131, 2000.
- [3] Humphrey, D.B., Kim, M., and Vale, B., Realizing the Gains from Electronic Payments: Costs, Pricing, and Payment Choice, Journal of Money, Credit, and Banking, Vol. 33, No. 2, pp.216-234, 2001.
- [4] Jonker, N., Payment Instruments as Perceived

- by Consumers -- Results from a Household Survey, *De Economist* 155:271-303, 2007.
- [5] Lin, C., Hguyen C., Exploring e-Payment Adoption in Vietnam and Taiwan, *Journal of Computer Information Systems*, Summer, pp.41-52, 2011.
- [6] M'Chirgui, Z., A model for the use of the electronic purse, *Applied Economics Letters*, 2006, 13, pp.375-378, 2006.
- [7] Morimoto, S. A., Case Study of the E-Money Application in Japanese Public Transportation, *Proc. of the 2010 International Conference on e-Business*, 2010.
- [8] Sahut, J. M., The Adoption and Diffusion of Electronic Wallets: The Case of Moneo, *Journal of Internet Banking & Commerce*, 12045357, Apr, Vol.13, No.1, 2008.
- [9] Shy, O., Tarkka, J., The Market for Electronic Cash Cards, *Journal of Money, Credit, and Banking*, Vol. 34, No. 2, 2002.
- [10] Stalder, F., Failures and Successes: Notes on the Development of Electronic Cash, *The Information Society*, 18:209-219, 2002.
- [11] Sun H., Chai, Y., Liu, Y., Modeling electronic money dynamics: a complex system perspective, *IEEE International Conference on e-Business Engineering*, pp.385-389, 2008.
- [12] Takao, M., Kajikawa, Y., Takeda, Y., Sakata, I., Matsushima, K., Diffusion of e-Money and Industrial Structure Change in Japan, *Proc. of PICMET'12: Technology Management for Emerging Technologies*, 2012.
- [13] 大森審士, 電子マネーの法的な位置づけに関する試論, *NBL*, No.911, pp.48-56, 2009.
- [14] 貞清栄子, 調査報告 最近の電子マネー動向, 中央三井トラス・ホールディング調査レポート, No.61, pp.17-22, 2008.
- [15] 総務省編, 平成 18 年版情報通信白書, ぎょうせい, 2006.
- [16] 日本銀行決済機構局, 決済システム等に関する調査論文 最近の電子マネー動向について, *BOJ Reports & Research Papers*, pp.1-11, 2008.
- [17] 日本銀行決済機構局, 最近の電子マネー動向について, *BOJ Reports & Research Papers*, pp.1-13, 2012.
- [18] 山影進, 人工社会構築指南, 書籍工房早山, 2007.
- [19] 渡部和雄, 岩崎邦彦, 非接触 IC カード型電子マネーに対する消費者の意識と普及課題, *経営情報学会誌*, Vol.17, No.4, pp.13-36, 2009.
- [20] 渡部和雄, 岩崎邦彦, 電子マネーの地域への普及要因と普及促進策, *経営情報学会誌*, Vol.19, No.4, pp.341-359, 2011.