

第3章 金融とIT技術

前 多 康 男

1. 銀行の機能とFinTech

1.1 銀行の経済学的機能

銀行の機能を経済学的に整理すると、決済機能、資金仲介機能、信用創造機能の3つに分類される。

決済機能とは、銀行の預金が決済手段として使用され、経済取引にともなう決済を円滑に行なう機能であり、資金仲介機能とは、黒字主体と赤字主体の間に位置し、情報の非対称性を対称化するべく情報生産を行ない、資源配分の効率化を図る機能である。信用創造機能とは、銀行の貸出が経済の貨幣量を増加させる機能のことである。銀行が貸出を行なうと、貸出先の預金がまず増加する。この預金は預金貨幣という貨幣であることから、銀行の貸出が貨幣を増加させることになる。このことは信用創造と呼ばれる。

この3つの機能のうち、決済機能と資金仲介機能はミクロ経済学的な基礎を持って資源配分を効率化させ、3番目の信用創造機能は、マクロ経済学的な貨幣量に影響を与える。

1.2 実物取引と決済

■**実物財と金融財** 経済に存在する財は実物財と金融財に大きく分けることができる。実物財とは、通常の消費財や投資財のことで、金融財とは貨幣や証券などのことである。経済取引も、実物取引と金融取引に大きく分けることができる。実物取引とは取引の一方に実物財が現れる取引で、金融取引とは金融財同士の取引のことをいう。

■**実物取引** 取引の一方に実物財が現れる取引が実物取引である。取引の両方に実物財が現れるときは物々交換と呼ぶ。物々交換とは文字通り実物財と実物財を交換することであるが、現在のように生産の分業が高度に進んだ経済においては、実物取引の大部分は実物財と貨幣の交換の形態をとる。

■**現金による決済** 決済とは、金銭等の支払いによって取引を終了させることをいう。実物取引においては、例えば、実物財を購入するために貨幣を支払う行為が決済と呼ばれる行為である。実物取引の最も単純な形態は、近所の八百屋で野菜を、また近所のドラッグストアで日

用品を購入したりする場合で、野菜や日用品を受け取る時に対価として現金を相手に渡せば取引が完了する。図1に現金による決済を図示してある。

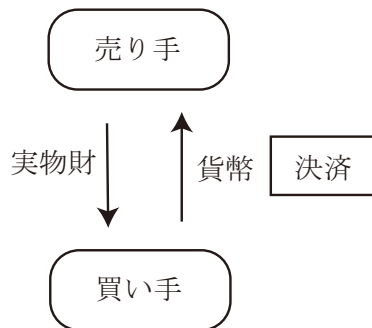


図1 現金による決済

■預金の振込による決済 現金の手渡しではなく、預金の振込によって決済を行なう場合もある。例えば、決済額が多額になる場合など現金の持ち歩きが危険になる場合には振込が用いられる。また、インターネットで買い物をしたときなど、相手に現金を手渡すことが困難であるときにも振込が用いられる。この振込による決済は図2に図示してある。

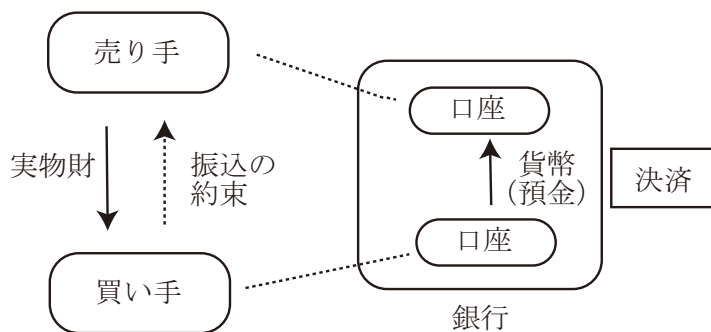


図2 振込による決済

■クレジットカードによる決済 現金を売り手に手渡して決済する代わりに、クレジットカードを提示することで実物財を購入することもできる。この場合には、クレジットカードを提示して実物財を受け取った時点では、決済は完了しておらず、取引も完了していない。実際の決済はクレジットカード会社が売り手の口座に代金を振り込むことによって完了する。

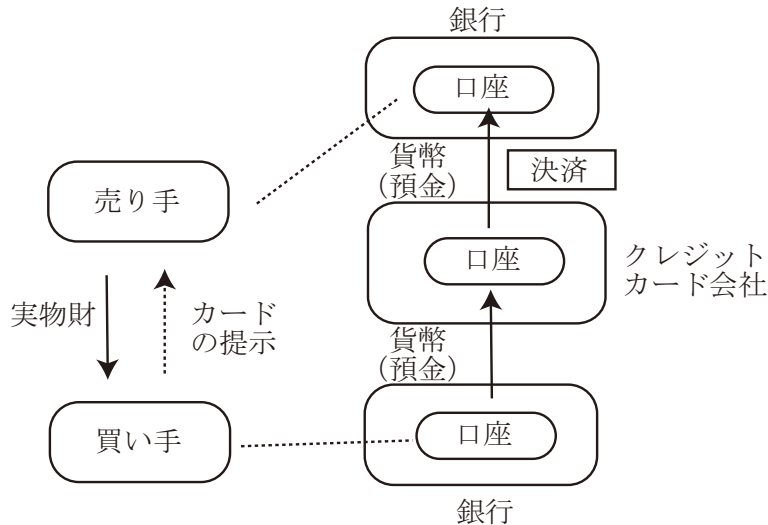


図3 クレジットカードによる決済

このクレジットカードを用いた決済と同様の形態として、クレジットカードの代わりに、プリペイドカードやデビットカードなどを用いた決済がある。

クレジットカードの場合には、実物財の買い手の口座からクレジットカード会社の口座に資金が移動するのは、実物財の購入後になる。プリペイドカードの場合は、前もって資金をプリペイドカードに移しておく必要があり、デビットカードでは、紐付けされている預金口座により即時決済される。

■取引費用の削減 実物取引における現金を用いた決済は、最も原始的な方法で、貨幣の登場とともに使用されてきた形態である。この現金を用いた決済に対して、クレジットカードを用いると、買い手の利点としては、現金を持ち歩く手間、現金を支払う手間、現金を受け取る手間、現金を管理する手間など様々な手間を省くことが可能になる。

これらの手間は、経済学では一括して取引費用として捉えられるものである。取引費用は金銭的な費用の他に、時間的な手間などの時間的費用、面倒くささなどの心理的費用を含む広い概念である。プリペイドカードやデビットカードを用いても同様に取引費用を削減することが可能になる。

1.3 FinTechと決済

■FinTechと決済にかかわる取引費用 FinTechの登場によって、銀行の決済機能に代わる新しいサービスが現れてきた。決済は、時代とともに取引費用を削減する形で進化してきた。現金による原始的な決済から、クレジットカードやプリペイドカードによる決済に変わってきたのもその流れである。FinTechの登場によって、取引費用をより削減する方向にサービス

が変化してきた。

■FinTechによる決済サービス FinTechによる決済サービスとしては、LINE Pay、PayPal、Stripeなどが存在している。

LINE Payは、携帯電話番号、E-mailアドレスなどでアカウントを開設し、アカウント間で資金の移動ができるサービスである。5秒間待たされると離脱してしまうといわれているような、微小な時間コストに敏感な人々に対しては、スピード感が最も重要になる。このような人々は、時間待ちに関する取引費用が非常に大きくなってきている層と解釈できる。ネットショッピングがパソコンからスマートフォンに移行するに連れて、この傾向が大きくなってきている。LINE Payによる決済の流れは図4に図示してある。

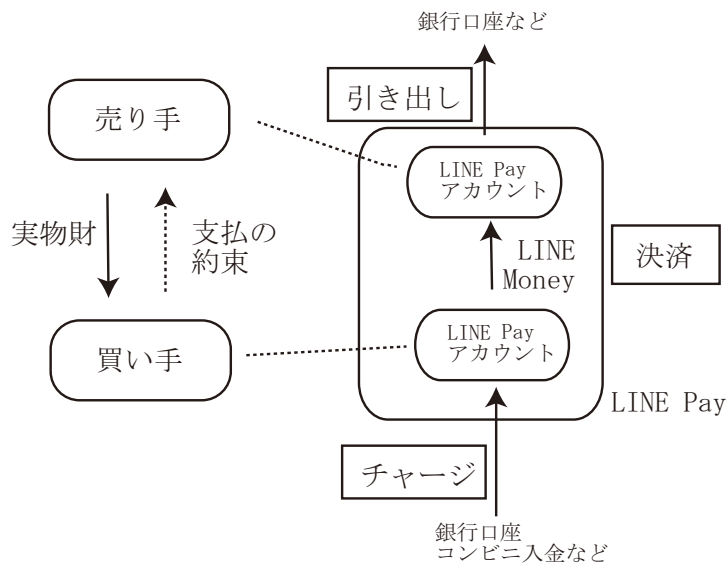


図4 LINE Payによる決済

PayPalは、E-mailアドレスなどでアカウントを開設し、クレジットカードからアカウントへの入金、アカウントからの出金、アカウント間の送金などを行なうことができる。オークションサイトのeBayの取引から発生する決済を支えるサービスでもある。PayPalの運営会社が送金を仲介するため、取引相手にクレジットカード番号などを知らせる必要がないので、オークションなど信用上のリスクがある相手に対しても決済を行なうことができる。送金者に手数料はかからないが、受取者には金額に応じて手数料がかかる。PayPal口座からの出金は銀行口座への振込で行なわれる。日本の銀行の口座に出金する場合には、5万円未満には250円の手数料が発生するが、5万円以上は無料になっている。

Stripeは、手数料が無料の決済サービスである。自社のホームページに導入する際には、プ

プログラミングが不要で最短1分で導入が可能である。1分でwebサイトに販売機能を追加できることが、加盟店を増加させる誘因になっている。

1.4 銀行の金融仲介機能とFinTech

■時点間の資金移動と状態間の資金移動 金融取引とは金融財同士の取引であるが、機能としては、時点間に資金を移転する機能と状態間に資金を移転する機能の2つがある。時点間の資金移動とは、黒字主体と赤字主体の間の資金の取引で、今日資金が足りない赤字主体へ、今日資金が余っている黒字主体から資金を移動し、将来反対方向へ資金が移動することにより、返済が行なわれる。この時点間の資金移動は図5に図示してある。

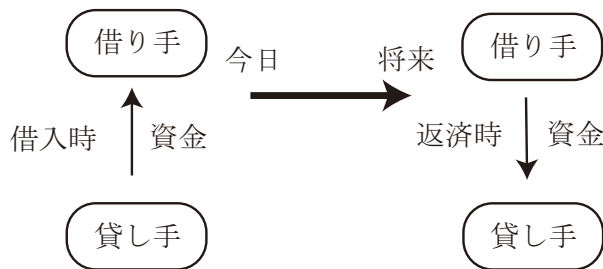


図5 時点間の資金移動（直接金融）

状態間の資金移動とは、経済の状態に応じて資金が移動することで、通常は保険と呼ばれるものである。医療保険は病気になったときにお金を受け取ることができるが、この場合には、経済の状態を健康である状態と病気である状態に分け、病気である状態が発生したときに契約者に資金が移動する。健康である場合には、保険金の支払いはなく、保険料のみが逆方向に移動することになる。

この資金の流れは、デリバティブなどにも見られ、図6には気温に関する天候デリバティブにおける資金の移動を図示している。暑い場合と寒い場合に経済の状態を分け、契約に従って、資金が移動することを示している。

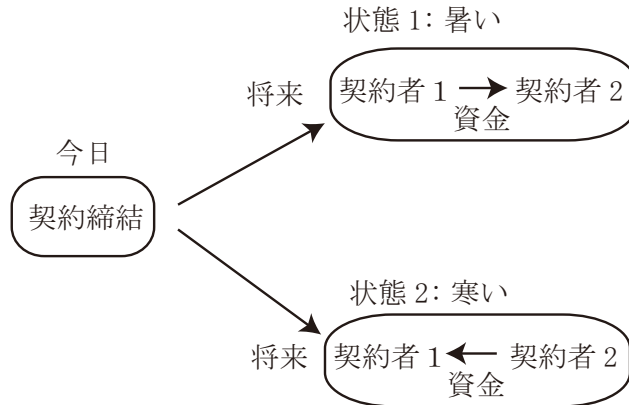


図6 状態間の資金移動

■クラウドファンディング 借り手と貸し手をインターネット上で結びつけて時点間の資金移動を行なう仕組みをクラウドファンディングと呼ぶ。クラウドファンディングは投資型、寄付型、購入型の3つの形態に分けられる。

日本においては、投資型のクラウドファンディングは、ソーシャルレンディングとも呼ばれる。投資型のクラウドファンディングは、組合契約の枠組みを用いることが多く、組合への出資は、「集団投資スキーム持分」となり、金融商品取引法の規制対象になる。この持分の仲介には第二種金融商品取引業の登録が必要になる。したがって、日本においてはこのタイプのクラウドファンディングは割合が小さくなっている。なお、投資型以外の寄付型や購入型は金融商品取引法の規制を受けない。

ソーシャルレンディングには、サービスの運営側が借り手の審査を行ない、格付けを行なうマーケット型と、借り手が自ら情報を発信するオークション型の2つのタイプがある。

■FinTechとクラウドファンディング READYFORはREADYFOR株式会社が運営している購入型のクラウドファンディングである。READYFORは日本で最初のクラウドファンディングサービスであり、2011年4月に運用が始まった。資金を集めたいプロジェクトの実行者は、プロジェクトの目標金額と募集期間を決め、プロポーザルを提出し、審査に通ると、サイトにプロジェクトとして掲載され、資金を集めることになる。資金の提供者はサイトでは、支援者と呼ばれているが、支援者はサイトにアカウントを作成し、プロジェクトを選択し参加のクリックを行なうとプロジェクトに支援したことになる。クレジットカードまたは銀行振込で資金を移動する。

READYFORの収益は成功報酬型となっており、期間中に目標金額を達成できたプロジェクトに対して17%の手数料を徴収する。プロジェクトが成立しなかった場合の報酬は0となる。資金の提供者は、プロジェクトの実施者より引換券を購入し、引換券は、プロジェクトご

と異なるものと引き換えることができる。

米国のLending Clubは、資金の足りない借り手と資金が余っている貸し手をインターネット上でマッチングするサービスを提供している。資金の融資を受けるための登録は、18歳以上の米国市民で、社会保障番号や金融機関の口座を持っていることなどを条件として行なうことができる。登録後に、審査を受けランク付けがされる。最高ランクのA1から最低ランクのG5まで35段階のランクがある。融資の金利はランクによって決定される。貸し手はランクを見て融資先を決め、実際に融資を行なう。

この仕組みにおけるLending Clubの機能は、借り手の審査を行ないランク分けすることと、借り手と貸し手をマッチングすることである。直接投資にともなう情報の非対称性は、Lending Clubのスコアリングモデルによる情報生産が緩和し、また、インターネット上でマッチングすることで、貸し手も多数の借り手に貸すことが可能になり、この意味でリスク分散も可能になる。このマッチングは図7に図示している。

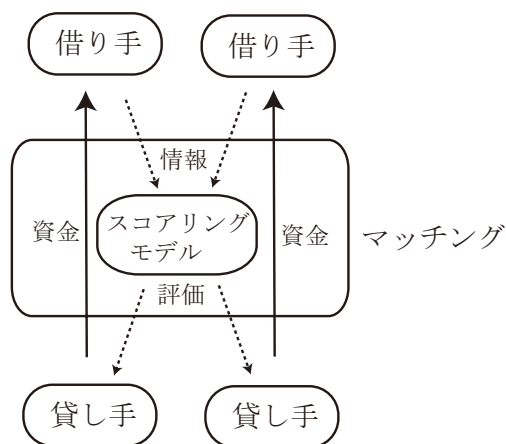


図7 情報生産とマッチング機能

2. 決済システムのネットワーク外部性

■後発者利益 どのような事業であれ、後発者は先発者の良い面と悪い面を研究してから参入ができる。後発者は原則的に隙間を探して参入することになる。金融においては、金融機能をアンバンドリングし、専門化して、その部分だけの利便性を追求することが多い。先発者を研究し、顧客が不満に思っていることを解決して参入することになる。それ以外のサービスは変えないで、顧客が不満に思っているところだけを直す。特に、サービス業においては後発者利益が大きく出ることが期待されている。

IT関連では、ネットワーク外部性があるので、先発者利益がより強く出るといわれている。しかし、IT技術が進歩し、より良いシステムがより安く構築できるようになると、価格を大

きく下げることが可能になり、ネットワーク外部性の優位性を覆すことが可能になる。IT技術の進歩は加速度的に速くなってきているので、先発者のシステムが加速度的に陳腐化し、新技術に対して高コスト化する。また、IT技術の発展により参入コストが小さくなるので、後発者利益が出やすくなるという側面もある。

2.1 ネットワーク外部性と複雑系

■**伝染モデル** ここでは、ネットワーク外部性の性質を分析するために、セルオートマトンを用いたシミュレーションを行なうことにする。基本モデルには伝染病の伝播を分析するために作られた伝染モデルを使用することにする。具体的には、確率的要素の入った1次元セルオートマトンを用いて、ネットワーク外部性のシミュレーションを行なう。

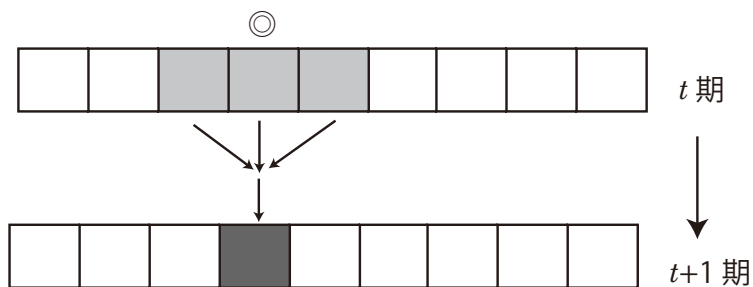


図8 状態の変化

図8は、1次元セルオートマトンにおける状態の変化を示している。例示として9個のセルが横に繋がったセルオートマトンを図示している。 t 期の◎印の付いたセル（左から4番目のセル）は、当該セルとその両隣のセル（薄い灰色で示している3つのセル）の状態に依存して次期（ $t+1$ 期）のセル（濃い灰色で示しているセル）の状態が決定する。ここで考える確率的要素の入った1次元セルオートマトンにおいては、その状態推移のルールに確率的な要素を入れていくことになる。

■**参加ルール** このモデルで考える伝染とは、ネットワークの参加者が広がっていく様子を表している。各セルが個人を表しており、セルの全体でネットワークへの潜在的な参加者の全体を表している。参加するか参加しないかの決定が隣接するセルの状態によって確率的に決定することになる。ここで考えているネットワークは為替のネットワークであり、自分が送金しようと思った相手、または自分に送金しようと思っている相手が参加しているネットワークに自分も参加するかの決定が確率的に決定されることをモデル化している。

ネットワーク参加者が増えたり減ったりする過程を、伝染モデルでシミュレーションすることになる。以下の参加ルールを考えることにする。ネットワークに参加している状態を1、参

加していない状態を0で表す。参加した人は、次の期には不参加になるとする。つまり、状態が1のセルは次の期には確率1で0になる。

ネットワークに参加していない人は、隣に参加している人がいる場合に、ある確率で次の期に参加するとする。右か左のどちらか一方に参加している人がいる場合に、参加していない人は次の期に確率 p で参加するとする。この p を参加確率と呼ぶことにする。隣に参加している人がいても参加しない確率は $1-p$ であるので、両隣に参加している人がいた場合に、参加していない人が引き続き参加しない確率は $(1-p)^2$ と計算できる。したがって、両隣に参加している人がいる場合に、参加していない人が次の期に参加する確率は $1-(1-p)^2$ と計算できる。

以上の参加ルールを以下のようにまとめることができる。

- (1) (脱退) 参加のセルは、次期に不参加になる。
- (2) (参加：低確率) 右か左の一方に参加のセルがある不参加のセルは、確率 p で次期に参加になる。
- (3) (参加：高確率) 右と左の両方に参加のセルがある不参加のセルは、確率 $1-(1-p)^2$ で次期に参加になる。
- (4) (不参加) 右と左の両方が不参加のセルである不参加のセルは、確率1で次期に不参加のままである。

2.2 伝染モデルによるシミュレーション

■シミュレーションの結果 50個のセルが横に繋がったセルオートマトンモデルを用いてシミュレーションを行なう。真ん中のセルが1人で参加している状態から50期分のシミュレーションを行ない、参加の状態の遷移を見ることにする。まず、 $p=0.6$ に設定して数回のシミュレーションを行なってみた。

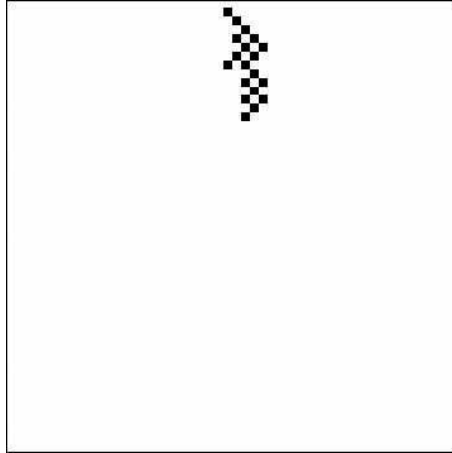


図9 $p=0.6$ (ケース1)

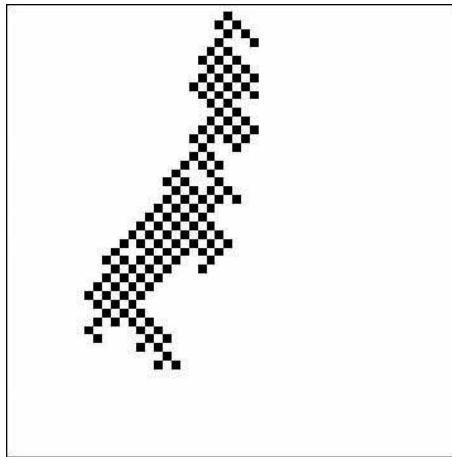


図10 $p=0.6$ (ケース2)

図9は、参加者が広がらず、14期目で参加者が0になってしまっている。図10は、ある程度参加者が増加したが、それでも最終的には50期に達する前に参加者が0になってしまっている。図11は、増加と減少を何回か繰り返しながらも、50期まで参加者が0にならない状態を維持している。図12は、図11と同様に増加と減少を何回か繰り返しているが、最終的には、中規模の参加の状態を保っている。

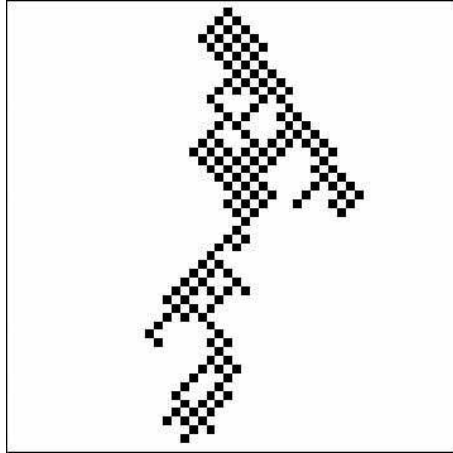


図11 $p=0.6$ (ケース3)

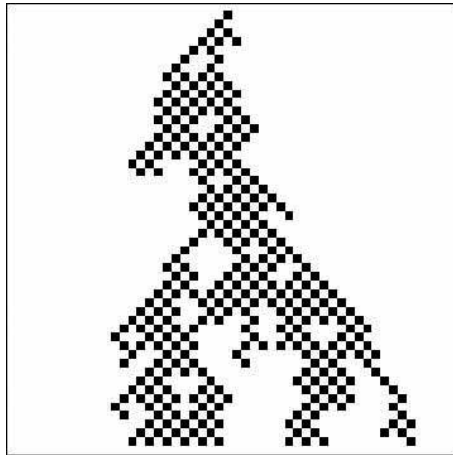


図12 $p=0.6$ (ケース4)

■相転換 これらの4つのケースは、確率 p を0.6に設定したときのシミュレーションの結果であるが、この結果は最初に設定する確率に依存する。確率を小さくすれば、参加者がいなくなる可能性が大きくなり、逆に確率を大きくすれば、参加者が増加していく可能性が大きくなる。 $p=0$ のときは、1期目の参加者の効果が伝染していかないので、2期目で参加者が0になり、その後も参加者は0のままとなる。シミュレーションを行なってみると図13のような結果になる。また、 $p=1$ のときは各期の参加者の効果が次期に確実に伝染することになる。現在行なっているシミュレーションのモデルでは、いわゆる伝染モデルを基礎としているので、今期に参加している人は次期は不参加の状態になるとしている。したがって、人々が最大限に参加した状態が参加者がセル列の全域に渡って飛び飛びになっている状態である。50個のセルが繋がっているセル列を想定してシミュレーションを行なっているので、最大の参加者が25人となる。このケースを実際にシミュレーションしてみると図14のようになる。

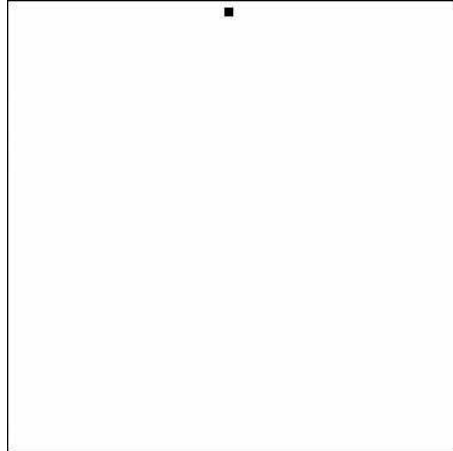


図13 $p=0.0$ (ケース5)

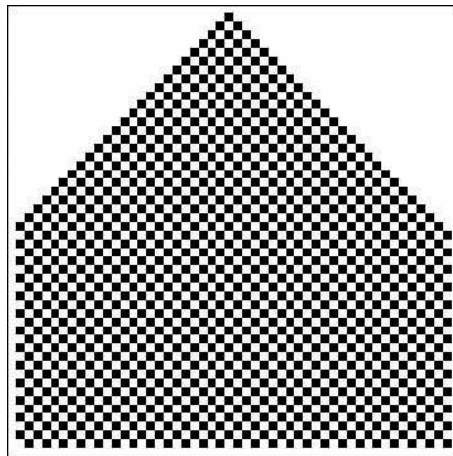


図14 $p=1.0$ (ケース6)

確率が $0 < p < 1$ の場合には、シミュレーションの結果は確率的になり、同じ確率を用いてもシミュレーションの結果は、毎回異なるものとなる。各確率 p における参加人数の拡散の様子をまとめるために、シミュレーションを何回か繰り返して最終期に参加している人数の平均値を計算することにする。

確率を0から1まで、0.05刻みで変化させ、各確率のもと20回のシミュレーションを行ない、最終期に参加している人数の平均値を計算することにする。その結果をグラフにすると図15のようになった。確率0.55までは参加人数の平均が0になっており、50期までに参加者がいなくなることを示している。確率が0.6を超えると最終的な参加人数が急激に増加し、確率が0.85あたりでほとんど全員参加の状態になっている。

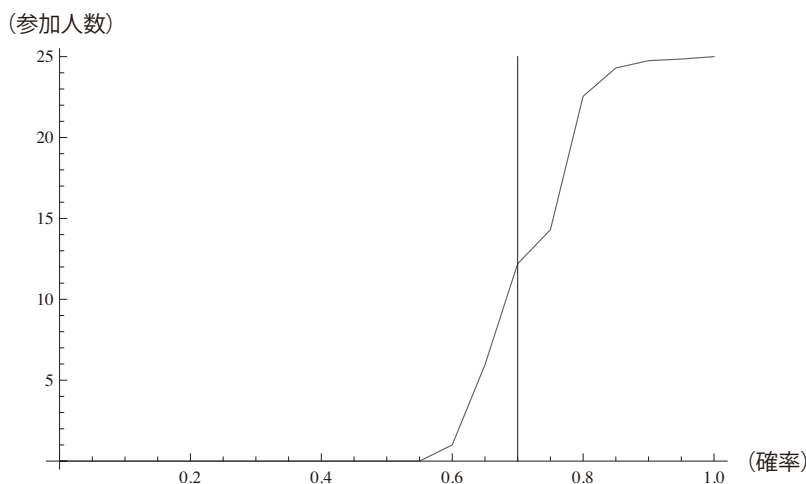


図15 相転換

図15の縦線は確率が0.7のところまで引いているが、この確率の前後で参加者が急激に変化していることが分かる。参加者が0の状態と全員参加の状態を2つの状態として、確率0.7のあたりでこれらの状態が入れ替わるようにグラフを解釈することができる。このことを、相転換と呼び、カオス的な現象に特徴的に起きることとされている。2つの極端な状態を2つの相と解釈し、その相がある値の確率を閾値として入れ替わることになる。

つまり、決済システムのようなネットワーク外部性のあるシステムはカオス的な相転換を起こすことになり、参加確率がある閾値を超えると急激に参加者が増加していく傾向になることが分かる。

3. おわりに

FinTechの進展とともに、FinTechを用いた金融サービスへの参加費用が減り、そのような金融サービスへの参加者が増加してきている。本稿の後半では、特に決済サービスに焦点を当て、ネットワーク外部性との関連を調べてみた。ネットワーク外部性を持つシステムはカオス的な特徴を持つことがあり、特に相転換を起こすことが知られている。本稿では伝染モデルを利用してネットワーク外部性を持つ決済システムへの参加の状態に関するシミュレーションを行なった。

その結果、参加確率がある閾値を境に相転換を起こすことが確認された。参加確率は参加費用が下がると増加するので、実際には閾値となるある参加費用が存在し、参加費用がその閾値を下回ると、ネットワークへの参加者が相転換を起こすように急激に増加することになる。FinTechが進展してくると、実際にかかる送金費用や送金にかかる手間などは段階的に低下してくるので、それらを総合的に勘案した参加費用がシステムの閾値より下がってくると、その瞬間からネットワークへの参加者が急激に増え、既存のネットワークを浸食し、最終的に取っ

て代わる可能性も否定できない。このように既存の決済システムが、ある時期から急激に新しいシステムに取って代わられる可能性を考慮して、金融システム全体の動きを俯瞰することが重要であると考え。

(2016年4月脱稿)

参考文献

Robert L. Devaney, “An Introduction to Chaotic Dynamical Systems (Second Edition)”, Perseus Books Publishing, 1989. (邦訳：後藤憲一訳『カオス力学系入門 第2版』(新訂版), 共立出版,2003).

Richard J. Gaylord and Paul R. Wellin, “Computer Simulations with Mathematica: Explorations in Complex Physical and Biological Systems”, Springer-Verlag, 1995. (邦訳：荒井隆訳『MATHEMATICA複雑系のシミュレーション 物理学と生物学の探究』, シュプリンガー・フェアラーク東京,1998) .

Joel L. Schiff “Cellular Automata: A Discrete View of the World”, John Wiley & Sons, 2008. (邦訳：梅尾博司・Ferdinand Peper監訳『セルオートマトン』,共立出版, 2011).