

論文の内容の要旨

論文題目 決済システムの理論分析

氏名 早川仁

本研究は、銀行間決済システムにおける各種課題について、とくにその支払関係の構成するネットワークの側面から理論的分析を行うものである。

銀行間決済システムの円滑な機能は経済金融活動にとって重要であり、本研究はその機能の理解に資するものである。またより本質的には、銀行間決済システムにおける金融機関の間での貨幣流通のあり方は、より実体経済に関わりの深い企業・家計間における貨幣流通のあり方の原型をなすものであり、本研究における高度に抽象化された分析は単に決済システムという限定された領域のみに適用されるのではなく、より実体経済と深く関わる貨幣流通に関してをも、その様相の重要な一側面を明らかにするものである。

本研究は独立した三本の論文からなる。第一論文は、“Complexity of Payment Network”と題し、本研究の分析の基礎をなす数学的枠組みを呈示する。同枠組みにおいて明らかとなる貨幣流通に関わる基礎的な問題の定式化がなされ、その分析が行われる。前半部ではネットワークの形状に関する独自の概念が導入され、それらを用いて当問題の特徴づけが行われる。後半部では支払ネットワークの各種基本的変形の効果の分析が示される。第二論文、第三論文は、銀行間決済システムにおける特定の制度や機能の導入の効果に関わる応用的な分析を示す。そこでは、支払ネットワークのある種の変形が決済資金の流通にもたらす影響の分析が本質的となり、第一論文の分析がその基礎を与える。第二論文は“Does Central Counterparty Reduce Liquidity Requirement?”と題し、中央決済機関の存在が決済資金需要に与える影響について分析が行われる。中央決済機関は、二種類の支払ネットワークの変形を通じて影響を与えることが示される。一つは支払ネットワークの一部を消去するタイプの変形であり、他方は支払ネットワークの一部を互いに接続するタイプの変形である。それぞれの変形の効果は、第一論文で定式化された問題に関する効果として分析がなされ、その負の影響の可能性が指摘される。第三論文は“Liquidity Saving Mechanism under Interconnected Payment Network”と題し、“流動性節約機能”と総称される銀行間決済システムにおいて提供される付加的機能が社会厚生に与える影響の分析が行われる。流動性節約機能は、支払ネットワークの一部を消去するタイプの変形として把握される。ただし、その機能の発現は決済システム参加者の意思決定に依存する性質のものであり、当論文では第一論文ならびに第二論文と異なり、参加者のインセンティブの問題が明示的に考察される。他方、想定される支払ネットワークのクラスは現実を適切に

反映すると考えられるクラスに限定される。流動性節約機能の導入は、直接的効果と間接的効果の二種類の効果を通じて社会厚生に負の影響を与えることが示される。直接的効果は第一論文ならびに第二論文によって示唆される効果であるが、間接的効果はインセンティブの問題との関わりにおいて初めて把握されるものである。

以下、各論文についてその概要を示す。

・ 第一論文 “Complexity of Payment Network”

本論文の主要な貢献は、貨幣流通を記述する数学的枠組みを呈示したことである。決済の文脈において、当枠組みは所与の債務分布に関してその可能な決済手順の描写を可能とする。

決済の文脈においては、Eisenberg and Noe (2001)らによって、債務分布と決済資金の分布の描写を可能とする数学的枠組みが導入されており、当枠組みは債務の決済可能性の考察に有用であることが示される。ただし、決済がいかなる手順で行われるか、すなわち各債務がどの決済資金によってどのような順序で行われるかに関しては明示的には描写されておらず、決済可能性の考察においてはある種の性質の良い決済手順の想定を必要とするものであった。Rotemberg(2011)は、債務分布に関するあるクラスのネットワーク構造と決済に関するあるタイプの支払行動を想定することによって、所与の債務分布の決済において決済手順の相違が決済に必要とされる流動性の量の大小にとって本質的に重要であることを指摘した。ただし、その決済手順の表現は、債務分布に関して想定されたクラスのネットワーク構造と決済に関して想定されたタイプの支払行動に依存するという点に限界があった。本論文の呈示する枠組みは、より一般のクラスの債務分布に関して、あらゆる可能な決済手順の表現を可能とするものである。

本論文は当枠組みにおいて、所与の債務分布の決済に必要とされる流動性の量に関する数学的問題(“決済資金循環(Payment Circulation)問題”)を定式化した。それは最小化問題(min PC 問題)と最大化問題(max PC 問題)からなる。所与の債務分布に関し、決済手順に関する一定の現実的な想定のもと、最小化問題は必要とされる流動性の下限を求めることに相当し、最大化問題はその上限を求めることに相当する。

本論文は、それら下限と上限が各々どのようなネットワークの性質と関わるかについて分析を行った。とくに、ネットワークの性質に関して独自に導入された概念である *arrow-twisted* (矢印ねじれ) と *vertex-twisted* (点ねじれ) が下限と上限各々の特徴づけに資することを示したことは重要な貢献である。適切な債務分布の比較のもとにおいて、*arrow-twisted* の関係が存在するとき下限はより大きい値をとり、*vertex-twisted* の関係が存在するとき上限はより小さい値をとるという効果を有する。

本論文はさらに進み、債務分布を表現するネットワーク構造の各種基本的変形によって、下限と上限の各々がどのように影響を受けるかについて分析を行った。基本的変形は 3 種

の局所的変形(*arrow separation*, *arrow slicing*, *vertex contraction*)と 2 種の中局的変形(*cycle addition*, *cycle separation*)からなる。局所的変形については、下限と上限各々への効果の方向性が明らかにされる。中局的変形についてはそれに加え、量的な効果も示される。これらネットワーク構造の変形の効果の分析は、第二論文ならびに第三論文における分析の基礎を与える。

・第二論文 “Does Central Counterparty Reduce Liquidity Requirement?”

本論文は、株式や債券の取引を対象とする中央決済機関が銀行間決済システムにおける決済資金需要の全体に関して与える影響について分析を行う。中央決済機関は同一金融機関に対する資金の授受に関して相殺を行うという意味においてそれ自体決済サービスの提供主体としての役割を担う。また同時に中央決済機関それ自身が銀行間決済システムにおいては参加者でもあるという側面も有する。先行研究において中央決済機関の役割に関しては前者の側面に焦点が当てられ、その効果については主に相殺された債務の量との関連において議論がなされてきた。しかし、債務量の削減は必ずしも当然には決済資金需要の減少にはつながらない。本論文は、決済資金需要への影響に着目するものであり、この観点から中央決済機関の役割に関する前者と後者の両側面を通じた効果の分析を行うことを目的とする。

本論文は第一論文の枠組みに基づき、債務分布またその支払ネットワークの描写を行う。加えて、債務分布の生成に関するモデルを構築し、中央決済機関の存在の有無による債務分布間のネットワーク形態の比較を可能とする。所与の債務分布に関する決済資金需要は外生的に与えられる決済環境に依存するとされる。とくに所与の環境のもとでその下限また上限のいずれかが実現されるとの想定のもと、本論文は第一論文で定式化された *min/max PC* 問題を通して決済資金需要の分析を行う。

決済システム参加者としての側面から生じる効果は“**中央経路(*central routing*)**”効果、決済サービス提供者としての側面から生じる効果は“**中央相殺(*central netting*)**効果”として把握される。全体の効果は、中央経路効果に中央相殺効果を加えた効果として把握される。中央経路効果は、局所的変形のうち *arrow separation* と *vertex contraction* の連続した変形の効果として把握される。中央相殺効果は、中局的変形のうち *cycle addition* の逆変形の効果として把握される。決済資金需要の下限が実現する環境においては、正の中央経路効果が負の中央相殺効果によって逆転され得る。他方、その上限が実現する環境においては、負の中央経路効果は正の中央相殺効果によって減殺されることが示される。

・第三論文 “Liquidity Saving Mechanism under Interconnected Payment Network”

本論文は、銀行間決済システムにおいて提供される“流動性節約機能”と総称される付加的機能が社会厚生に与える影響の分析を行う。流動性節約機能は、所与の債務分布に関して、その一部また全部の相殺可能な債務について、参加者自身の選択を通じて相殺を可

能とする。Martin and McAndrews(2008,2010), Willison らは、流動性節約機能が決済システム参加者のインセンティブへ影響を通じて効果を与えうるとの観点から分析を行った。ただし、それら論文では単純なクラスの債務分布構造が想定されており、関連する全ての債務が相殺されるか否か、という状況を扱うにとどまっていた。

本論文においては、現実の銀行間決済システムにおける支払ネットワーク構造に関して Imakubo and Soejima(2010), Soramaki, et. al. (2007), Rordam and Bech(2009)らの指摘する構造を描写するものとして”中央/辺縁(**core-periphery**)”構造を定義し、流動性節約機能が当クラスに属する債務分布の一部のみを相殺するという現実的な状況を想定して分析を行った。

流動性節約機能の導入は、二種類の効果を通じて負の影響を持ちうることを示される。一つは**直接的効果**、他方は**間接的効果**として把握される。両効果とも、債務分布の一部が消去されることにより、他と接続しない独立の債務ネットワークが新たに生じることを通じて効果をもたらす。直接的効果は、第一論文また第二論文の分析において示唆される効果であり、とくにネットワークの中局的変形のうち *cycle addition* の逆変形の効果として把握される。間接的効果はインセンティブを通じて生じる効果であり、接続される債務ネットワーク間でその効果が発現する正の波及効果を打ち消すものである。本論文は、中枢/辺縁構造のクラスを有するネットワークにおいて“**密度(*density*)**”を定義し、両効果を通じた負の効果は、債務分布がより密でない（疎である）ほど大きいことを示した。