

決済システムの経済分析入門

Bank of Japan Review

決済機構局 今久保 圭

2005年11月

決済リスクには、当事者同士の問題に留まらず、決済システムの利用者に次々と波及し、決済システムや金融システム全体を機能不全に陥らせるという側面（システムック・リスク）がある。そのため、決済システムの構成を検討する際には、決済手段・決済ルールのあり方が利用者の決済行動や決済システムの安定性に与える影響について、的確に分析することが不可欠である。こうした分析を行う経済学の分野は「決済の経済学（Economics of Payments）」と呼ばれており、近年、金融論や産業組織論を軸とした体系化が試みられている。本稿では、この「決済の経済学」からみた決済システムの特性について、入門的な解説を行う。

はじめに

決済システムと言えば、元々は決済制度（多数の決済を円滑に行うためのルール）そのものを指していたが、通信技術の発達により機械化・電子化が進んだ昨今では、狭義の決済制度に留まらず、決済を行うための通信ネットワーク等のインフラをも包含するようになった。経済分析の場合はこうした一般的な用語法よりも意味が広く、利用者の決済行動も含まれている。なぜなら、決済システムを構築する上では、決済制度の実現可能性を検討するだけではなく、ある決済制度の下で利用者がどのように行動し、その行動が決済システムにどのような帰結をもたらすのか、ということも重要な論点となるからである。

以下に紹介する「決済の経済学」は、決済システムの経済分析を行う際に用いられる基本的な枠組みである。ただし「決済の経済学」は、他の研究分野と比べるときちんとした体系化がなされているわけではなく、現在、発展途上の分野である。本稿では、現在までの「決済の経済学」が決済システムの特性（特に、決済手段と決済市場の構造）についてどのように説明しているのか、ゲーム論や情報の経済学（あるいは契約論）をミクロ的基礎とする金融論と産業組織論の観点から、入門的な解説を行う。決済システムを分析する際の切り口は幾つかあるが、本稿では、次の3点に絞ってとり上げることとする。

- (1) 決済システムの中核を成し、安全・確実な決済を実現するための決済手段。
- (2) ショックに対しても十分な耐性を有した、頑健な決済システムを構築するための前提条件。すなわち、決済市場の構造。
- (3) (1) および (2) の考察から導かれた決済システムのパフォーマンスを測るための、決済シミュレーション。

決済手段としての貨幣

いわゆる貨幣（money）が存在せず、物々交換が行われる世界では、取引の成立には、取引者相互の欲求が同時に満たされなければならないという「欲求の二重の一致」が前提となる。例えば、AがBの持つココナツを求め、かつ、BがAの持つバナナを求めるという状況である。このとき、BがAの持つバナナを望まなければ、AとBとの間に物々交換は成立しない。この「欲求の二重の一致」を満たすような取引相手を探すには、多大な労力を要することは想像に難くない。現実の取引をみると、貨幣を介在させることで、「欲求の二重の一致」に起因する困難は克服されている。

貨幣は通常、交換手段、価値尺度、価値保蔵という3つの機能をもつとされる。交換手段としての機能とは、交換の過程において貨幣が仲介の役割を果たし、取引を円滑にする機能である。取引を妨げる障害が存在する場合であっても、貨幣が

介在することで、取引を円滑に行うことができるようになる。

金融論では、貨幣は発行主体に応じて外部貨幣と内部貨幣に分類される。外部貨幣とは、政府部門（中央銀行や政府）によって発行されたものをいう。特に、中央銀行の負債である銀行券や当座預金は、中央銀行貨幣と呼ばれている。これに対して内部貨幣（民間貨幣）とは、民間部門によって発行されたもの（民間部門の負債）を指す。借入証・手形・小切手・債券から、民間銀行の負債である預金までが含まれる。

外部貨幣も内部貨幣も上述の3つの機能を有している点では共通しているが、外部貨幣のみが常に決済完了性（finality）を有するという点が異なる。ある財を購入したAが、銀行Xにある自分の口座から、銀行Yにある取引相手Bの口座に代金を振り込むケースを考えてみよう。Aは自分の口座残高が引き落とされたことで代金の支払いを済ませたと認識し、Bは自分の口座に入金されたことで代金を受け取ったと認識する。しかし、AとBと

の入金・引落しだけでは、決済が最終的に完了したとはいえない。この取引の決済は、銀行XとYとの間で中央銀行の当座預金の振替が実行され、AやBの入金・引落しを取り消されたり繰り返されたりする可能性が消失して初めて完了する。これを決済完了性という。この例が示すように、内部貨幣による決済は、外部貨幣による内部貨幣の決済機能に支えられて成立している¹。

決済モデルの枠組み

このような貨幣の役割を踏まえて決済システムのモデル分析を行った研究として、フリーマンの研究を挙げることができる²。フリーマン・モデルでは、円滑な取引を妨げる障害として、取引できる時間と場所に制約を課し、取引主体が自由に会う機会を限定している。こうした世界においては、取引主体が内部貨幣または外部貨幣を用いて財を購入し、内部貨幣の決済は外部貨幣で行われることから、これら2種類の貨幣が同時に価値をもつこととなる。

【BOX】フリーマン・モデルにおける取引の流れのイメージ

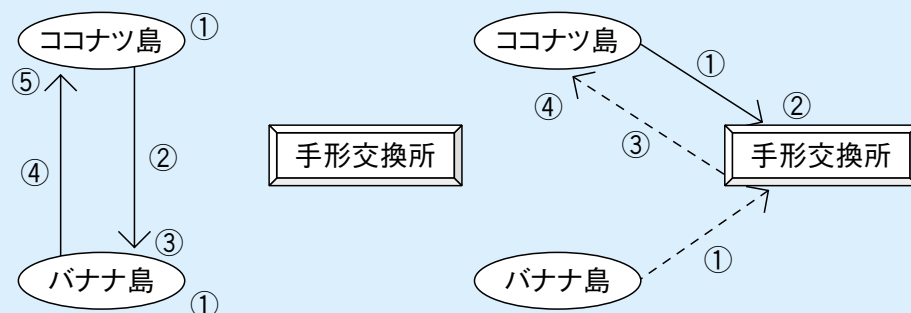
それぞれの取引主体は、若年期と老年期の2期にわたって取引機会をもつ。若年期に行う取引では、現金（外部貨幣）のほか、手形（内部貨幣）を振り出して支払いを行うことができる。現金で支払いを行う場合は、その時点で決済は完了するが（若年期⑤、老年期④）、手形を振り出した場合は、手形の受取人と振出人との債権・債務関係を翌期に現金で決済しなければならない（若年期③）。老年期になると、受取人と振出人は手形交換所（決済システム）に集まり、そこで手形の決済を行う（老年期②）。

若年期：

- ①ココナツ島の若者はココナツを、バナナ島の若者はバナナを保有。
- ②ココナツ島の若者がバナナ島を訪問。
- ③ココナツ島の若者は手形（内部貨幣）を振り出し、バナナ島の若者からバナナを購入。
- ④ココナツ島の若者が自分の島に帰還。
- ⑤ココナツ島の若者は、島を訪れたバナナ島の老人にココナツを販売し、対価として現金（外部貨幣）を獲得。

老年期：

- ①ココナツ島とバナナ島の老人が手形交換所を訪問。
- ②ココナツ島の老人がバナナ島の老人に、現金により手形金の支払いを実行。
- ③バナナ島の老人がココナツ島を訪問。
- ④バナナ島の老人は、現金によりココナツ島の若者からココナツを購入。



フリーマン・モデルにおける取引の流れについてはBOXを参照されたい³。ここでは、手形（内部貨幣）を現金（外部貨幣）で決済する段階に着目しよう（BOXの老年期②）。手形の受取人と振出人が同じタイミングで手形交換所（決済システム）に到着すれば、振出人から受取人に対して現金により手形金の支払いが実行され、決済は完了する。しかし振出人の到着が遅れると、手形交換所において資金不足が生じ、受取人は額面での回収が難しくなってしまう。このように債権回収が円滑に行われない場合には、回収分が減額しただけ受取人の予算が減少してしまうため、以後の経済活動に支障を来し、受取人が本来得られるはずの効用水準に到達できなくなってしまう（老年期④）。さらに、受取人が額面通りに回収できないことを予め知っているならば、取引の段階で手形による支払いを拒否し、そもそもの取引が成立しないことも考えられる。

このとき、例えば中央銀行が現金を追加的に供給し、手形交換所における資金不足分を充当することができるならば、受取人は常に額面通りの回収が可能となる。このように、中央銀行が円滑な決済を支援することで、受取人と振出人が手形交換所に到着するタイミングのずれに関係なく、受取人は本来得られる効用水準を達成することができるようになる。この結果、中央銀行が現金の流通量を機動的に調節しない場合よりも、社会的な厚生水準は向上する。

ただし、振出人が遅れて手形交換所に到着し、手形の決済を支援するために中央銀行が一時的に供給した現金に見合った資金が手形交換所に還流し資金余剰となった段階で、その余剰分を吸い上げることは制度的に確保されなければならない。こうした措置が確保されない場合には、中央銀行の資金調節は現金の供給量を一方的に増加させてしまうことになるため、インフレーションが発生する原因となってしまう。

フリーマン・モデルからは、外部貨幣による内部貨幣の決済機能が確保されて初めて、内部貨幣による取引が実現可能であることが示唆される⁴。内部貨幣の受け払いを取り扱う民間決済システムには、外部貨幣による決済機能（一般には中央銀行の決済システム）との緊密な連携が求められることになる。

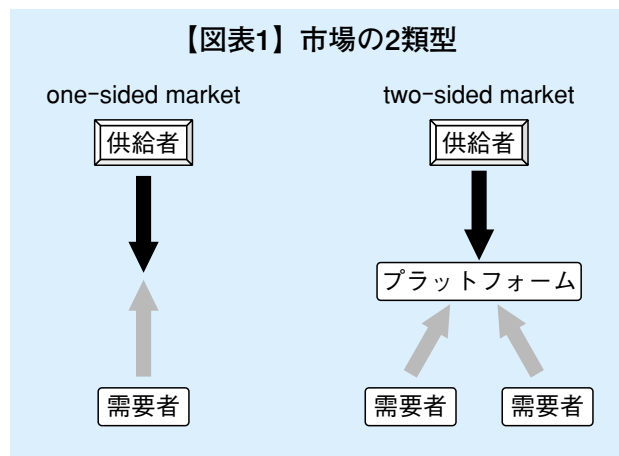
日本銀行では、金融機関が日銀ネット⁵上で日本

銀行当座預金（外部貨幣）を振り替えて決済を行う際、日本銀行に差し入れられた担保を見合いにして、当日中に返済することを条件に、金融機関向けに日中当座貸越を提供している。この日中当座貸越は、日中の受け払いのタイミングが異なる中でも滞りなく決済が実行される環境を作り出すものであり、日本銀行が円滑な決済を支援するために欠かせない措置の1つとなっている。

需要側の市場構造

次に、金融論から離れて、産業組織論の観点から決済システムを眺めてみよう。

決済システムの運営者と利用者をそれぞれ決済サービスの供給者と需要者と捉えれば、決済システムは市場・産業構造などを分析する産業組織論の分析対象となる。決済システムの市場構造は、ネットワーク外部性と自然独占という概念を使って説明することができ、通信産業のそれと極めて良く似た側面を有している。



一般の市場はone-sided marketと呼ばれ、ある供給者（例えばバナナ売り）が供給する財・サービス（バナナ）に対して、1種類の需要者（買い手）が存在するだけで成立する。これに対して、決済システムのように、ある運営者（供給者）が提供する決済制度（プラットフォーム）に関して、支払先と受取先といった2種類の利用者（需要者）が存在しないと成立しない市場をtwo-sided marketという（図表1）。例えばカード決済システムは、two-sided marketの分かり易い事例の1つである。この場合、カード発行者（供給者）が提供するカード決済ネットワーク（プラットフォーム）に対して、カード加盟店とカード利用者という2種類の需要者が存在する。このカード決済ネットワークは、加盟店だけでも利用者だけでも成り立

たない。こうした市場構造のため、加盟店が増えないと利用者は増えず、利用者が増えないと加盟店は増えないという、それぞれの需要者はニワトリとタマゴの関係にある。

このように、決済システムの利用者数がそれぞれの利用者の効用に影響を及ぼすことを、ネットワーク外部性という⁶。一般に決済システムでは、決済ネットワークが拡大し、利用者が増加するほど、それぞれの利用者の効用は増すことになる。このため、決済システムを構築する際には、運営者と利用者という関係だけではなく、利用者同士の関係も考慮して、2種類の利用者をバランスよく取り込む工夫が必要である。

多くの決済システムは、単に決済するだけではなく、決済の安全性を確保するために、リスク管理の仕組みを備えている。通常のリスク管理は、決済リスクを予め一定範囲に限定することと、万が一決済リスクが顕現した場合の損失分担ルール、当座の決済を終えるための流動性供給策の、三段構えとなっている。こうしたリスク管理は、利用者全員が決済の安全性を「生産」するという意味で、チーム生産と呼ばれる経済活動とみなすことができる。

このとき「生産」される決済の安全性は、その共同消費者である利用者の誰もが享受できる。この「誰もが享受できる」という性質のため、利用者には、リスク管理に伴う負担を回避して決済の安全性だけを享受しようという、只乗りが生じる恐れがある。このとき只乗りを許容すると、リスク管理水準が低下し、決済の安全性が損なわれてしまう。そのため、只乗りを排除するよう、利用者間で互いにチェックし合うような枠組みが必要となる。実際の決済システムでは、二者または三者以上の間での受け払いに限度額を設定したり、設定した受取限度額と損失負担額を関連付けるなどして、制度的に只乗りを排除できるような工夫が施されている。このように、決済の安全性を確保する観点からも、利用者同士の関係は重要な論点となる。

供給側の市場構造

供給側の問題に目を向けると、今日の決済システムは一大装置産業の色彩を強めており、規模の経済という性質を観察することができる。規模の経済とは、供給量の拡大に伴って平均費用が低下

するような状態（費用逓減）を指す。規模の経済がある場合には、供給者数を絞り込んだ方が生産費用は低下する。こうした規模の経済が強く働く下で、ある市場需要量を供給するときに、複数の供給者がばらばらに供給するよりも1先が纏めて供給する方が社会全体の総費用が少なくてすむ場合には、その状態を自然独占という。

似通った概念として、範囲の経済という性質がある。2種類のサービスを別々の決済システムで提供するより集中化した方が費用が安い場合に、範囲の経済があるという。例えば証券集中保管機関は、証券の保護預りだけではなく、口座振替を行うことによって、範囲の経済を享受していると考えられる。規模の経済も範囲の経済も、集中化のメリットといえる。

ただし、競争市場であれば市場の価格調整機能により効率的な均衡が達成されるが、自然独占やネットワーク外部性がある場合、放置しておく社会全体の非効率性を招くことがある。例えば自然独占の下では、決済サービスの供給水準が社会的に望ましい水準を下回ってしまうことがある。またネットワーク外部性の下では、上述のニワトリとタマゴの関係がみられるため、新しい決済ネットワークへの移行が進みにくい。反対に、新しい決済ネットワークの形成に1人だけ取り残されまいとする結果、皆が効率の良い決済サービスから悪い決済サービスに乗り換えてしまうという問題も生じうる。そのため、望ましい状態への移行を促すような価格体系を講じるなど、独特の工夫が必要となる。

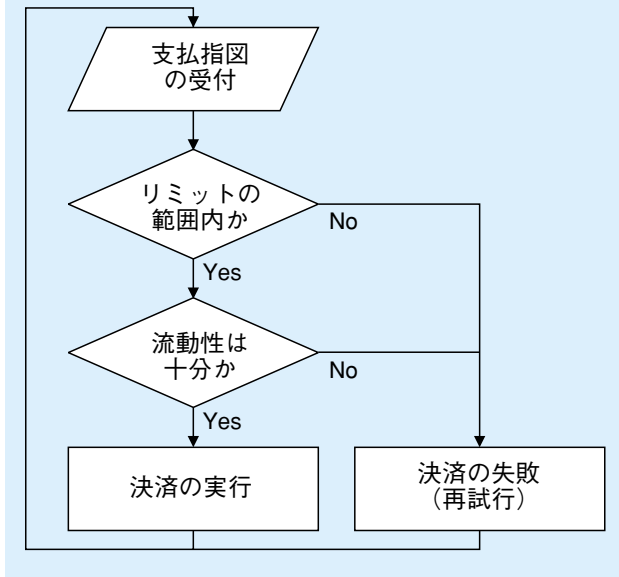
決済システムの合従連衡が行われたり、新規に決済システムを立ち上げる際には、こうした性質を踏まえた検討が欠かせない。また、市場の価格調整機能が働きにくい構造をもっているため、利用者の望ましいインセンティブを引き出すような制度設計への配慮や、利用者間の協調が求められる。

決済シミュレーションによる定量化

以上みてきたように、「決済の経済学」とは、決済手段である貨幣と決済市場の構造を中心に据えて、利用者の決済行動およびその帰結を分析するものと整理することができる。こうした「決済の経済学」の成果を踏まえて構築された決済制度の下で、実現される決済進捗を分析する手法が決済シミュレーションである。決済シミュレーショ

ンとは、決済制度の枠組みの中で、ポジション・リミットや流動性などの制約の下、利用者がいつ・どれだけの流動性を調達したうえで、どのタイミングで支払指図を送信し、決済を進捗させていくかを、コンピュータ上で時間を追って再現するものである。

【図表2】 決済シミュレーションの流れ



図表2は、リミットと流動性制約のチェックを両方ともクリアした場合にのみ決済を行う、というRTGS⁷（即時グロス決済）の決済アルゴリズム（決済の処理手順）を表したものである。決済シミュレーションにより、取引毎に様々な形態をとる決済ネットワークを動的に評価することが可能となる⁸。

これまでのところ、決済シミュレーションは主として次の2つの目的のために用いられている。1つは、決済アルゴリズムの選択問題であり、もう1つは、銀行間のシステミックな影響の定量的な把握である。

最適な決済アルゴリズムを検討するには、静学的な情報（利用者のタイプ、取引の性質）から最適解を求めることは難しく、決済シミュレーションによる動的な評価が欠かせない。

例えば、各国の決済システムが採用を始めている、同時決済できる組合せを探索する機能（オフセット機能）を搭載したRTGSの決済アルゴリズムの選択問題が、決済シミュレーションの分析対象である⁹。オフセット機能を導入する際の政策目的の1つは、流動性の制約下で、いかに効率的にRTGS処理を行うかということである。このよう

なポジション・リミットや流動性などの一定の制約の中で、大きさの異なる物（この場合は支払指図）をできるだけ多く詰め込むための組合せを求める問題はナップザック問題と呼ばれる。

もう1つの目的である銀行間のシステミックな影響の定量的な把握とは、いわゆるストレス・テストである。最近では、銀行間で連鎖的に生じる流動性不足の影響に関して、精力的な研究が行われている。

システミックな影響の定量的な把握に際しては、イベントが生じない標準シナリオに対して、システム障害により決済システムにアクセスできなくなった銀行や、流動性不足に陥り決済を続行できなくなった銀行を想定したリスク・シナリオを用意する。このシナリオを、図表2のリミットや流動性の設定値を変更する形で、決済シミュレーションの環境設定に組み込んでいく。この環境設定の下で受け払いデータに基づいて決済シミュレーションを実行し、追加的な制約を課された銀行や他行に連鎖的に生じる流動性不足、それによって決済遅延・決済未了の影響が波及する範囲を測定する。英国のCHAPSの利用者に障害が発生することを想定した決済シミュレーションでは、障害対応策は1先だけの障害に対しては実効的であるが、障害の発生先が3先まで拡大すると全体の決済進捗に遅れが生じ、未決済のまま決済時限を迎える取引が増加することが報告されている¹⁰。こうした分析により、円滑な決済を確保するうえで鍵となる銀行や取引の流れを特定することが可能となる。

おわりに

最後に、決済システム分析のトピックを幾つか紹介して、結びに代える。

(1) 日中流動性

RTGS処理は、日中随時のタイミングで1件ずつ決済を行う枠組みである。このとき、決済進捗に伴って利用者には流動性需要が生じることになるが、フリーマン・モデルで解説したように、中央銀行が流動性を供給することによって円滑な決済が支援されている。中央銀行の決済システムでは、日中流動性を提供する際、担保見合いで流動性を無利息にて供給する担保差入方式、担保は徴求せずに流動性の供給時間に応じて利息をとる料金方式などがある。

いずれの供給方式を採用するかは、決済システムの置かれた環境と、法的な制約や決済政策に依存する。例えば、信用リスクが無い仮想的な世界において、早期の決済を志向するならば、無担保・無利息で流動性を供給する方式が考えられる。

(2) 決済方式

資金決済システムには、時点決済・即時決済、ネット決済・グロス決済・オフセット決済といった様々な決済方式を採用したものが存在する。決済方式の組合せ方によって、その決済方式の下で生じる決済リスクの性質は異なったものとなる。例えば、リスク管理策の無い時点ネット決済では、1利用者の決済不能は、そのまま全員の決済を実行することを不能とする。一方、RTGSでは、1利用者が決済不能に陥っても他の利用者が流動性を調達できれば、決済不能は利用者間で連鎖しない。

(3) カード決済の料金体系

カード発行者、加盟店契約会社 (acquirer)、カード利用者、カード加盟店の4者で構成されているカード決済システムには、通常2つの料金体系が設定されている。1つは需要者への課金であり、利用者として加盟店に対してそれぞれ異なる料金が課されている。もう1つは供給者間での手数料収入の分配であり、加盟店契約会社は発行者に手数料 (interchange fee) を納めている。これら2つの料金体系によって、カード決済の取扱水準は変化することになる。

決済システム分析は、システミック・リスク対策の観点などから、中央銀行を初めとする関係者が長らく関心を寄せている分野であるが、「決済の経済学」自体は、1990年代から注目を集め始めた比較的新しい研究分野といえる¹⁾。今後、こうした分析の枠組みをさらに拡充して、現実の決済システムを分析するために様々な取組が行われることが期待される。

¹ AとBとの入金・引落しに繰り返しが生じないよう制度的に保障されている場合は、銀行XとYとの間で中央銀行の当座預金の振替が未了であっても、AとBとの入金・引落しが実行されたことをもって、AとBとの決済は完了したということがある。また、Aだけではなく、Bも銀行Xに口座を開設している場合は、銀行XがAからBに口座振替を実行することで、決済は完了する。

² Freeman [1996] を参照。

³ 議論を簡単にするため、ここでは、現実の手形交換制度を単純化し、中央銀行が手形交換所に対して直接的に

流動性供給を行うと仮定した。一般には、利用者間で流動性供給策が構築されている。それでも流動性が不足する場合、中央銀行が利用先に流動性を供給することがある。

⁴ フリーマン・モデルのインプリケーションは、債務不履行に対する仮定の強さに依拠している。この点は、Mills [2004] を参照。

⁵ 日本銀行金融ネットワークシステムの略。

⁶ ネットワーク外部性には、決済システムの供給側の要因も影響する。複数の決済システムが並存している場合、互換性のある技術・インフラ (例えば電文フォーマットや通信プロトコル) を採用した決済システムが増えるほど、それらの決済システムではネットワーク外部性が高まることが期待できる。

⁷ Real-Time Gross Settlementの略。

⁸ 決済ネットワークの静学的な分析には、グラフ理論やネットワーク理論による数学・統計学的なアプローチがとられている。

⁹ 単純なRTGSは、支払指図を即時に1件ずつグロス決済するものであるが、オフセット機能付きRTGSは、複数の支払指図を随時かつ同時にグロス決済する。

¹⁰ Clearing House Automated Payment Systemの略。Bedford *et al.* [2004] を参照。

¹¹ 2004年3月に開催された「決済の経済学(The Economics of Payments)」と題するコンファレンスでは、同分野における各種の取組を鳥瞰。http://www.frbatlanta.org/を参照。

【参考文献】

本稿でとり上げた内容の詳細な議論に関心のある読者は、次の文献を参照されたい。

Bedford, P., Millard, S., and Yang, J. [2004] "Assessing Operational Risk in CHAPS Sterling: a Simulation Approach." Bank of England Financial Stability Review.

Bolt, W. and Humphrey, D. [2005] "Public Good Issues in TARGET: Natural Monopoly, Scale Economies, Network Effects and Cost Allocation." European Central Bank Working Paper Series No. 505.

Champ, B. and Freeman, S. [2001] *Modeling Monetary Economies*, 2nd ed. Cambridge University Press.

Freeman, S. [1996] "The Payments System, Liquidity, and Rediscounting." *American Economic Review* 86.

Mills, D. [2004] "Mechanism Design and the Role of Enforcement in Freeman's Model of Payments." *Review of Economic Dynamics* 7.

日銀レビュー・シリーズは、最近の金融経済の話題を、金融経済に関心を有する幅広い読者層を対象として、平易かつ簡潔に解説するために、日本銀行が編集・発行しているものです。ただし、レポートで示された意見は執筆者に属し、必ずしも日本銀行の見解を示すものではありません。

内容に関するご質問および送付先の変更等に関しましては、日本銀行決済機構局 白神 猛 (E-mail: takeshi.shirakami@boj.or.jp) までお知らせ下さい。なお、日銀レビュー・シリーズおよび日本銀行ワーキングペーパーシリーズは、http://www.boj.or.jpで入手できます。