

## 決済システムにおけるプログラマビリティの実現

決済機構局 北條真史、鳩貝淳一郎

Bank of Japan Review

2022年6月

決済システムにおけるプログラマビリティとは、資金や証券が流通する際の振舞いをコンピュータプログラムにより制御し、自動化できる性質を意味する。決済システムが高度なプログラマビリティを備えることで、利用者が煩雑な作業をせずとも、売買や取引に応じて資金が自動で移動するような、利便性の高いサービスを実現しうる。プログラマビリティは、暗号資産に関連する技術と結びつけて議論されることが多い概念であるが、「様々な主体が資金などをプログラムにより自動で動かせる」という特徴に着目すれば、既存の決済システムにおいても、機能高度化の取組みを重ねる中でプログラマビリティを向上させてきたと捉えることができる。将来の決済システムの検討においては、プログラマビリティを高めるアプローチを模索しつつ技術研究を進め、デジタル社会にふさわしい決済手段の実現を目指していくことが重要と考えられる。

## はじめに

近年、新たな決済システムの検討において、「プログラマビリティ」を備えていることが、利点として挙げられることがある。プログラマビリティとは、現時点で広く合意された定義はないが、「決済システム上で流通するデジタル形式の資金や証券の振舞いを、コンピュータプログラムにより制御できる性質」を指すとされる。決済システムがプログラマビリティを備えることにより、様々な条件に沿った送金の自動化や、外部サービスと決済システムの柔軟な連携などを実現できるとして、期待が集まっている。

中央銀行デジタル通貨（CBDC, Central Bank Digital Currency）の検討においても、プログラマビリティは考慮すべき性質の1つとして認識されている。たとえば、「主要中央銀行による中央銀行デジタル通貨（CBDC）の活用可能性を評価するためのグループ」が2021年9月に公表した報告書<sup>1</sup>では、現在および将来の利用者ニーズに応じていくために、プログラマビリティなどの技術の理解を深める必要性について言及している<sup>2</sup>。

本稿では、プログラマビリティとこれに関連する概念を整理し、プログラマビリティが既存の決済の仕組みの中にも見出せることを示す。その上

で、プログラマビリティが、将来の決済システムにおいてより重要な役割を持つ方向性にあることを考察する。

## 分散型台帳技術とプログラマビリティ

プログラマビリティという概念は、暗号資産が流通する基盤である分散型台帳技術（DLT, Distributed Ledger Technologies）の登場をきっかけとして、注目されるようになったものである。暗号資産が流通する分散型台帳上では、暗号資産の発行や移転といった基本的な取引の機能が提供されるのみならず、利用者や開発者のコミュニティなどが、追加的なサービス機能のプログラム（スマートコントラクト）を配備できる。近年利用者を増加させている分散型金融（DeFi, Decentralized Finance）によるサービスも、スマートコントラクトの利用例である。

複数の企業などによる「コンソーシアム型」の分散型台帳を用いた業務システム構築においても、スマートコントラクトにより業務機能を実装する試みが見られる。例えば、日本取引所グループが主宰する「業界連携型 DLT 実証実験」では、分散型台帳技術を用いて証券決済に係る企業間情報連携システムを構築している。一連の証券取引業務の中で複数主体の間で情報共有を行うケ

ースを選び、金融機関やシステム開発企業が業務機能をスマートコントラクトにより実装する実験が行われ、実現性や有益性を確認している<sup>3</sup>。

以上の事例はいずれも、システムの運営者に限らない様々な主体（利用者、個別の事業者、コミュニティなど）が、分散型台帳上にスマートコントラクトを用いた付加的な機能を実装できるといった特徴が活かされている。こうした特徴を備えていることにより、分散型台帳はプログラマビリティを備えたシステム基盤と認識されている。

## 既存の決済システムにおけるプログラマビリティ

決済システムのプログラマビリティは、分散型台帳技術と関連付けられることが多いものの、その本質は「様々な主体が資金や証券などをプログラムにより自動で動かせる」ことにある（図表1）。これを踏まえると、プログラマビリティは、既存の決済システムにも見出せる性質であることがわかる。

プログラマビリティを考える上では、プログラムを実装する主体の多様性が重要である。一見すると、従来の口座振替（自動引落）や給与振込といったサービスも、事前の契約に基づいて支払いを自動化するものであり、プログラマビリティを備えているようにもみえる。しかしながら、支払いの種類や条件に関して利用者が設定できる範囲は限定的である。今日、プログラマビリティという性質に期待されているのは、決済システムの運営者のみならず、様々な主体が、個別のニーズ

にあわせて決済機能をプログラムできることにあると考えられる。

以下では、既存の決済システムにおいてプログラマビリティと関係が深い事例を挙げ、どのような決済機能が、どのような主体によりプログラム可能となっているかを紹介する。

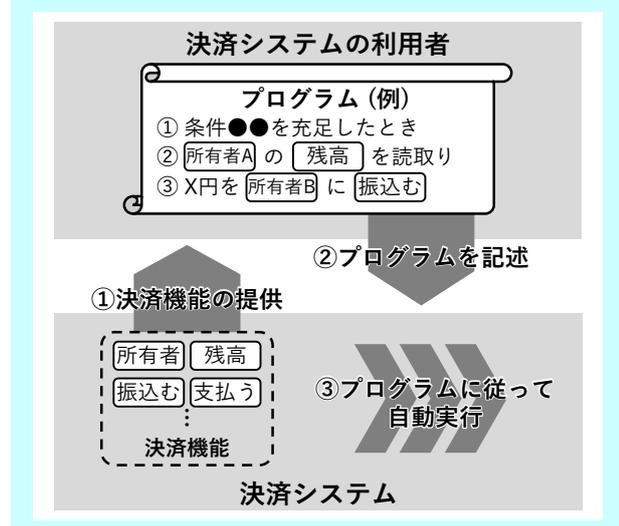
### （銀行 API と組込型金融）

近年、金融機関が「銀行 API（Application Programming Interface）」を提供し、預金管理機能や送金機能などに対する外部からのアクセスを可能にする動きが進んでいる。これにより、フィンテック企業や非金融の事業者は、自社サービスのプログラムから銀行 API を呼び出し、必要な銀行機能を組み合わせて利用できるようになる。これは、銀行以外の主体が、銀行預金という決済手段の振舞いを、利用者ニーズに合わせてプログラムできることを意味する。

銀行 API は、預金残高などの情報を外部から照会するための参照系 API と、送金指示といった手続きを外部から実行できるようにする更新系 API とに分類される。参照系 API に比べ、更新系 API の普及率は高くないものの<sup>4</sup>、今後、提供する先が増えれば、金融機関と非金融の事業者との連携が深まる可能性がある。

こうした連携の一環として、「組込型金融（Embedded Finance）」と呼ばれる形態の金融サービスが登場している。組込型金融は、非金融の事業者が銀行 API を活用し、自社サービスに銀行機能を組込むことで、自社サービスと金融サービスを一体的に提供する形態である<sup>5</sup>（図表2）。国内では、小売業、サービス業などを中心に、自社アプリに預金や振込などの機能を取込むことで、アプリからシームレスにこれらの銀行機能を利用できるようにした事例が複数見られる。また、不動産企業が組込型金融を活用し、不動産販売とローン借入れなどの金融サービスをワンストップで提供する事例も登場している。

【図表1】 決済システムにおけるプログラマビリティ



【図表2】 銀行 API により実現される組込型金融



組込型金融においては、銀行 API を通じて、金融機関が提供する機能が、サービスを構成する部品のように提供される。これにより、決済システムの運営者（金融機関）ではない、多様な主体（事業会社）が、決済手段（銀行預金）を外から活用して、顧客のニーズに応えている。

### （資金決済システムの機能高度化）

金融機関を繋ぐ資金決済システムの領域では、伝統的に利用されてきたシステムのアップデートや、少額即時送金システムに代表される新たなインフラの構築を通じて、継続的に機能の高度化が進められている。近年の各国の取組みにおいては、資金決済システムに付加的な機能を追加するための領域を確保する設計や、資金決済システムと金融機関間の API 接続に関する試みが見られる。

高度なプログラマビリティを備えた資金決済システムを構築した事例として、2018 年に稼働を開始した豪州の銀行間即時送金システム NPP（New Payments Platform）がある<sup>6</sup>。NPP は、24/7 の即時送金機能を提供するとともに、将来的に、共通機能の拡張や、付加的なサービス（オーバーレイサービス）の提供があることを織り込んだシステムアーキテクチャを採用している（図表 3）。また、NPP の各種機能を提供する API について標準仕様が定められており、企業などは自社システムから API を経由して円滑に NPP を活用できる。

オーバーレイサービス領域があることで、フィンテックサービスなどを提供する事業者が、NPP の

共通機能を応用した付加的なサービスを開発し、NPP 上に組込むことも可能になっている。オーバーレイサービスは、NPP 基本インフラの共通機能を同一システム上で直接利用しながら構築されるため、外部からの API の呼び出しと比べ、より柔軟に、より高度な機能を提供できる。また、既に提供されているオーバーレイサービスの機能を構成要素として新たなオーバーレイサービスを構築することもできる。このような設計により、NPP は、各種の機能をプログラムの部品のように活用しながらサービスを拡充させていくことを可能としている<sup>7</sup>。

わが国の金融機関間の資金決済を担う全銀システムにおいても、その将来像の検討の中で、プログラマビリティ向上のきっかけとなりうる施策が議論されている<sup>8</sup>。具体的な施策の 1 つとして、全銀システムの参加者が API で接続する方式の技術検証がある。API 接続方式は、全銀システムが提供する個々の機能を、参加者が自社システム内で柔軟に組み合わせて利用できることに繋がりをほかに、全銀システムが新たな機能を追加した際に、API を通じて迅速に提供できることが利点になる可能性がある。

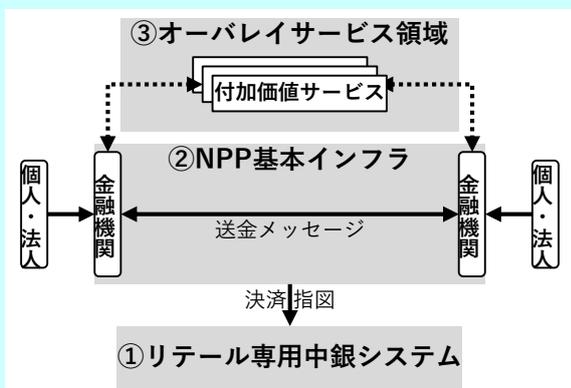
また、全銀システムが継続的に付加的な機能を追加できるように、各種の提供機能を複数のエリアに区分する構想について議論が進められている。資金清算や内国為替といった既存の中核業務機能を配置する「ミッションクリティカルエリア」と、付加的な機能を迅速に追加するための「アジャイルエリア」を定義し、アジャイルエリアには、商流や物流情報との連動や AML/CFT 業務を支援する機能など、金融機関や企業のニーズに応える付加的な機能を段階的に配備していくことが検討されている。

### （プログラマビリティをもたらす手法の種類）

既存の金融システムにおけるプログラマビリティ向上の経緯をみると、プログラマビリティをもたらす手法は、プログラムが配備される領域に応じて 2 つのアプローチに整理できると考えられる（図表 4）。

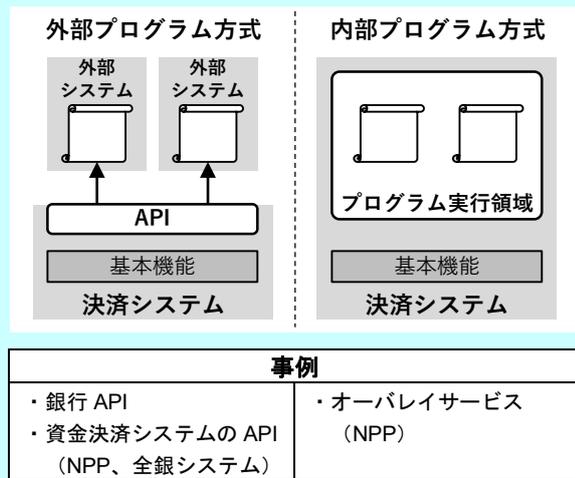
「外部プログラム方式」は、資金の振舞いなどを記述したプログラムを、決済システムの外部にある事業者のシステムに配備するアプローチで

【図表 3】 NPP のシステムアーキテクチャ



- ①リテール専用中銀システム：豪準銀が NPP に合わせて提供を開始した、24/7 稼働の小口専用 RTGS システム
  - ②NPP 基本インフラ：各参加者を繋ぎ、送金メッセージの伝送等の共通機能を提供するネットワーク
  - ③オーバーレイサービス領域：フィンテック企業等の事業者が付加的なサービス機能を組込む領域
- （注）NPP に関する公表情報を参考に作成

【図表 4】外部プログラム方式と内部プログラム方式



ある。ここでは、事業者が、決済システムが提供する API を用いて資金を操作するプログラムを実装し、自社システム内に配備する。

「内部プログラム方式」は、資金の振舞いなどを記述したプログラムを、決済システムの内部に配備するアプローチである。ここでは、決済システムが追加的なプログラムを実行するための領域を提供し、事業者は一定の仕様やルールに従ってプログラムを実装し、プログラム実行領域に配備する。

これらのアプローチには、それぞれ以下のような利点と課題がある。

- ・「外部プログラム方式」は、API を境界として責任分担が明確であるほか、API の提供と利活用に関する手法が広く普及しており実現の難易度が比較的低い。一方で、API で提供される機能が不十分であった場合、プログラムにより実現される利便性に制約を生じる可能性がある。
- ・「内部プログラム方式」は、基本的な資金決済機能と事業者が導入した機能が同一のシステム上で垂直統合的に動作するため、責任分担の整理が難しくなる。また、既存の決済システム分野での適用事例が少なく、実現の難易度が高いことが見込まれる。一方、決済システム内で提供される基本機能と密接に連携した、高度なプログラムを記述できる可能性がある。

こうした整理を踏まえると、銀行 API や資金決済システムが提供する API は、外部プログラム方式のアプローチを採るものと言える。また、NPP におけるオーバレイサービス領域の提供は、内部

プログラム方式のアプローチの具体例ととらえることができる。

## 将来の決済システムにおけるプログラマビリティ

これまで述べたように、既存の決済システムにおいては、様々な試みによりプログラマビリティが高められてきた経緯がある。将来の決済システムを設計するにあたっては、こうした経験に学び、プログラマビリティをもたらすアプローチを目的に即して適切に選択することが重要であり、また、プログラマビリティが多様な主体の関与に道を開くことを活かしてイノベーションを呼び込む柔軟な姿勢も求められる。

### （安定性と高度なプログラマビリティの両立）

将来の決済システムを考えていく上では、外部プログラム方式と内部プログラム方式の利点と課題を認識した上で、安定的な決済機能と高度なプログラマビリティの両立について検討することが重要である。

その実現に繋がる 1 つの方向性として、次期全銀システム構想や NPP のような階層構造を採り入れ、2 つのアプローチを適切に選択することが考えられる。すなわち、基礎的な決済機能を安定的に提供する下部レイヤは、外部プログラム方式のアプローチを念頭に標準化された API を活用する一方、付加的な機能を実行する上部レイヤは、内部プログラム方式のアプローチを採り入れニーズに合わせた個別機能を柔軟に提供できるようにする、といった方向性である。

日本銀行が主催する「決済の未来フォーラム<sup>9)</sup>」でも、有識者の議論の中で、決済システムにおける安定性と高度なプログラマビリティの両立のために、プログラマビリティをもたらす複数のアプローチの利点や課題を踏まえることの重要性が指摘されている。また、プログラマビリティを活用する利用者・開発者と、決済システムの運営者の双方の立場を繋ぐ専門的な知見が必要になりうるとの点も指摘された。

今後、将来の決済システムの望ましい姿を模索する過程では、デジタル社会に即した決済の在り方を想像しつつ、どのようなプログラマビリティを実現すべきかを検討することが重要となる。

## （デジタル社会にふさわしい決済手段とプログラマビリティ）

社会のデジタル化の進展とともに、身の回りのデジタルデバイスやデジタルサービスが増加し、利用者が意識しないうちに自動的に決済が行われる場面が増えてくると考えられる。例えば、実用化が進むウォークスルー店舗や、将来的に普及する可能性のあるIoT決済（インターネットに接続された様々なデバイスが起点となる決済）において、決済は、利用者が決済のための行動をとることなく自動的に行われる。将来のデジタル社会では、決済をより「生活に溶け込んだ」ものにしていくというニーズが高まるかもしれない。プログラマビリティは、決済サービスがこうした社会的ニーズに応じていくために、より一層重要となっていくと考えられる。

こうしたなかで、今後ますます、伝統的な金融機関や決済事業者以外の主体が決済サービスに関与するようになる可能性がある。これは、既存の決済・金融の領域に留まらない発想を呼び込むことに繋がる。決済システムはプログラマビリティを高めることで、イノベーションを生み出す土台としての役割をより強く持つことになると言える。将来的に、高度なプログラマビリティを備えた決済システムにおいて、これまで決済の担い手ではなかった新たな主体から、思いもよらない新規サービスが提供されるかもしれない。そしてそれは、もはや「決済」として認識されないほど、利用者の行動や他サービスと融合したものかもしれない。

### （プログラマブル・マネーの可能性）

ここまで本稿で採り上げてきたプログラマビリティに関する手法は、何らかのイベントや取引などに伴って生じる送金という「手続き」をプログラムすることから、「プログラマブル・ペイメント」と呼ばれることがある。これに加え、最近では「プログラマブル・マネー」と呼ばれるコンセプトも注目されつつある（図表5）<sup>10</sup>。

プログラマブル・マネーは、「個別の属性情報や自身の振舞いを制御する固有のロジックを持つデジタルマネー」とされ、資金データという「オブジェクト」に固有の属性情報やプログラムを格納し、個別に振舞いを制御することに着目したコ

ンセプトである。

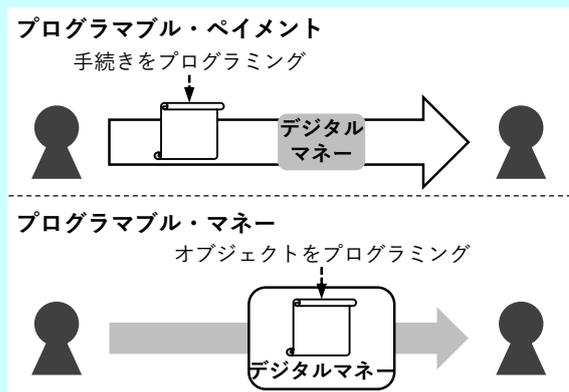
プログラマブル・マネーを決済システムに採り入れることを考えると、決済システム内部で管理される資金データそのものにプログラムを組込むために、内部プログラム方式のアプローチが必須となる。さらに、資金データを、ある利用者に紐づく「残高」としてではなく、プログラムを載せた個々の価値情報として取り扱う必要がある。従って、資金の管理や送金処理の実装などを含め、従来とは異なるシステム基盤技術を用いる必要があると想定される。

こうした技術的な難しさがあることもあって、プログラマブル・マネーは、プログラマブル・ペイメントと異なり、現時点で具体的な実装を念頭に置いているというよりも、将来的な発展の方向性を示すものであると考えられる。

プログラマブル・マネーにより、「意味を持ったお金を発行する」あるいは「お金に色を付ける」ことができるようになり、特定の目的を持ったデジタルマネーを資金決済システムの中で流通させることを可能にする。資金データの中に用途や利用条件をきめ細かく組込むことで、例えば、特定の地域でのみ利用できる、特定のジャンルの商品の購買にのみ利用できる、といったデジタルマネーを設計できるかもしれない。

また、金融分野における規制対応や規制運用を情報技術によって効率化・高度化する取り組みであるRegTechやSupTechの領域においても、プログラマブル・マネーが有用性を発揮する可能性がある。例えば、規制を遵守した取引においてのみ移転されるデジタルマネーを実装することができれば、取引のモニタリングや検証に関する負担の

【図表5】プログラマブル・ペイメントとプログラマブル・マネー



軽減や、利用者が資金を授受する際の安心感の向上に繋がります。

さらには、プログラマブル・マネーは、「プログラムを実装する主体の多様性」を高めることにも繋がる可能性がある。例えば、決済システム運営者やサービス事業者を超えて、個人などの一般利用者が、自身の残高管理アプリケーションの中でデジタルマネーの振舞いをプログラムするようなユースケースも想像しうる。

上述のユースケース候補の多くは、基本的に、プログラマブル・ペイメントの枠内でも実現できると考えられる。しかしながら、「資金データそのものにプログラムを埋め込む」ことが、より効率的な目的の達成や、より新規性のあるユースケースの創出に繋がる可能性もあり、今後の研究の進展が期待される。

## おわりに

決済システムは、多様化する利用者ニーズに対応するために、新たな機能や技術の導入を継続的

に進めてきた。特に近年では、様々な分野で業務システムや個人向けサービスのデジタル化が進むことに合わせ、決済システムの機能が外部のシステムやサービスから利活用しやすくなる方向性で発展してきている。そうした取組みは、決済システムのプログラマビリティを高めており、その結果、事業者による新たなユースケースやソリューションの創出にも繋がってきている。

この点、決済システムのプログラマビリティは、多様な主体によるサービス提供を可能にし、伝統的な決済・金融の領域に留まらない発想を呼び込むことに繋がる。決済システムは、プログラマビリティを高めることで、イノベーションを生み出す土台としての役割をより強く持つことになる。

技術的な進歩のスピードがますます速くなるなかで、デジタル社会にふさわしい決済手段の在り方を検討することは、さらに重要になる。決済の将来像を考えていく中では、決済システムの安定性と利便性の向上に向けて、本稿で挙げたプログラマビリティの観点も意識して取組みを進めていくことが重要と考えられる。

<sup>1</sup> 主要中央銀行による中央銀行デジタル通貨（CBDC）の活用可能性を評価するためのグループ、「CBDC：利用者ニーズと普及」（原題：Central bank digital currencies: user needs and adoption）、2021年9月

<sup>2</sup> このほか、中央銀行のプログラマビリティに関する論考として以下が挙げられる。

ドイツ連邦銀行が公表した報告書 Working Group on Programmable Money (2020), "Money in programmable applications - Cross-sector perspectives from the German economy."

米国FRB職員による論考 Lee, A. (2021, June 23), "What is programmable money?," FEDS Notes. Washington: Board of Governors of the Federal Reserve System. <https://doi.org/10.17016/2380-7172.2915>.

<sup>3</sup> B-POST 事務局、「証券ポストトレード領域における DLT 情報共有基盤の実機検証プロジェクト（プロジェクト名：B-POST）報告書」、JPX ワーキング・ペーパー、2020年12月

<sup>4</sup> 金融情報システムセンター（FISC）の「令和3年度金融機関アンケート調査結果」によれば、2021年3月末時点において、金融機関全体のうち約70%が参照系APIの提供を開始している（個人向けで71.2%、法人向けで70.2%）。一方、更新系APIについては個人向けで10.1%、法人向けで7.1%の金融機関が提供しているに留まる。

<sup>5</sup> 組込型金融は、銀行機能がサービスとして提供される形態に着目し、「Banking as a Service (BaaS)」とも呼ばれる。「as a Service」は、コンピュータリソース等のIT資源やソフトウェア機能を、インターネットを通じたサービスとして提供する形態を意味する。ビジネスモデルの観点では、顧客に製品を売り切る「販売」に対し、顧客が必要なときに「サービス」として提供するという、製品機能のサービス化を意味する。

<sup>6</sup> NPP に関する記載内容は、運営主体である NPPA のウェブサイト上の公表情報に基づいている。 <https://nppa.com.au/>

<sup>7</sup> NPP のオーバレイサービスの実例としては、2022年6月時点で、個人間送金サービス Osko のみが実装されている。

<sup>8</sup> 全銀システムは、2022年度中を目処に資金移動業者への参加資格拡大が予定されているほか、2027年には第8次全銀システムへの更改が予定されている。これに際して、全銀ネットにより組成された「次世代資金決済システムに関する検討タスクフォース」を中心に、安全性・柔軟性・利便性を兼ね備えた資金決済システムの実現に関する検討が行われている。

<sup>9</sup> 日本銀行、「決済の未来フォーラム デジタル通貨分科会：中央銀行デジタル通貨を支える技術（第3回会合）議事概要」、2022年1月

<sup>10</sup> プログラマブル・ペイメントとプログラマブル・マネーの定義は、脚注2で挙げた Working Group on Programmable Money (2020)のほか、例えば以下で論じられている。

Bechtel, A., Gross J., Sandner P., and Von Wachter, V. (2020, September 28), "Programmable money and programmable payments," Medium. <https://philippsandner.medium.com/programmable-money-and-programmable-payments-8038ed8fa714>.

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等に関しましては、日本銀行決済機構局 FinTech センター（代表 03-3279-1111）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、 <https://www.boj.or.jp> で入手できます。