

# 金融システムの未来像を探る 中央銀行の挑戦

副島 豊 | SBI 金融経済研究所 研究主幹 兼 SBI ホールディングス  
SBI 生成 AI 室プロジェクトコーディネーター

## 要約

生物進化の断続平衡説のように、金融システムや金融インフラには非連続的な変貌・発展を遂げる時期がある。今、世界はそうした時期に差し掛かっているという見方が世界各国の中央銀行や民間金融機関に共有されている。情報・通信技術革新が産み出す新しい金融サービスとこれを支える金融インフラへの社会需要に直面した中央銀行は、世界各地で金融システムの未来像を探る試行錯誤を重ねている。ホールセール CBDC や、その証券決済・クロスボーダー決済への応用、取引市場と決済システムの一体設計、伝統的な中央銀行マネーの新しい用途、これらと並行した証券・資産産業構造のリノベーションなどである。新しい情報・通信技術を学び、マネーシステムや決済システムの機能原理や設計思想を理解し、各国制度・インフラの多様性や歴史的発展から柔軟な視座を得ることで、金融システムの未来像を探求する。我々はそうした時代の直中に突入している。

## 1. はじめに

社会のデジタル化の進展は、金融システムやこれを支える広義インフラ（法制度、市場・決済インフラ、IT システム、産業組織構造）に新しい潮流をもたらしている。預金貸出や証券、決済といった金融システムの現在の姿は、金融サービスを提供する金融機関、特に日々のオペレーションを提供するものにとって、昔から今の姿で存在し続けた「当たり前のもの」、いわば金融の常識として認識されがちである。

しかし、歴史を振り返ると、金融システムは時代の要請により不断の進化を遂げてきたことがわかる。決済インフラを例に取り上げると、中央銀行設立以前は民間の国立銀行（国の認可による銀行）が個々に紙幣を発行していたし、預金金融機関が発行する預金マネー以外にも為替手形、商品券、クレジットカード、電子マネーといった様々な決済手段が時代ごとに登場してきた<sup>1</sup>。内国為替システムは、戦前までは銀行が預金口座を持ち合うというコルレスバンキングによって機能しており、内為集中決済制度が導入されたのは戦時体制下であった。そのとき以降、日本銀行が参加行のカウンターパーティリスクを負う体制が長く続いており（松本、2010）、東銀協がセントラル・カウンターパーティになったのは 2001 年の新内国為替制度の導入時と比較的最近のことである。準備預金制度の導入は 1957 年であり、もともと預金金融機関が中央銀行に当座預金を保有するようになった動機は銀



副島 豊

SBI 金融経済研究所 研究主幹 兼  
SBI ホールディングス SBI 生成  
AI 室プロジェクトコーディネーター

1966 年生まれ。京都大学卒、  
90 年日本銀行入行。フィンテック  
センター長や金融研究所長を歴  
任。90 年代より様々な先進的の  
分析手法を日本銀行に導入。金融シ  
ステムレポートや各種レポートを  
企画・創刊。BIS・グローバル中  
央銀行活動のエキスパートメン  
バーとして国際基準策定等に参  
画。

1: 為替手形は日本においては中  
世から存在する（高木、2016）。  
支払いを含むマネーの三大機能は  
古代より様々な形態で存在し続  
けた。その本質的な機能は何も  
変わっていない。世界各地で各時  
代にどのようなマネーシステムが  
形成されていたかを知ることは、  
未来の金融システムを検討する際  
に非常に有益である。例えば、本  
誌「所報」第 4 号掲載の鎮目（2023）  
は、江戸時代のマネーシステム  
が分散分権型であり、外為コ  
ルレスバンキングと同様なサー  
ビスが、通貨制度や通貨単位が異  
なる江戸・大阪間で成立していた  
ことを指摘している。鹿野（2023）  
は、日本の近代銀行制度の揺籃  
期にどのような試行錯誤がなされ  
たかを詳細に解説しており、高  
木（2018）は中世においてマネ  
ーがマネーとして社会に受け入  
れる（あるいは逆に撰銭によって  
排除される）様子を解説している。

2: 日本銀行百年史（日本銀行、1982）は、第一巻 p123-27 で「日本銀行創立旨趣ノ説明」を解説し、コルレスボンデンス（為替契約）、すなわち内為コルレスバンキングの機能不全により、国立銀行における資金偏在が解消せず金融逼迫が生じていることを示し、これを解消するために銀行間資金融通・決済手段としての中央銀行預金マネーの提供を行うことが日本銀行創立の主たる目的の一つであったと解説している。ただし、日本銀行の本店数・出張所数は明治末期においても10か所程度であり、銀行間の内為コルレスバンキングと中銀マネーによる決済は、第二次大戦時に内為集中決済制度が導入されるまで併存した。日本銀行百年史は、これを「二元的なコルレス網の併存」と解説している。

3: 1986年までは、約定から受渡までの期間は原則20日を超えないという決済慣習であった。

4: ユーザーが1千万人や1億人を突破するまでに要した時間が劇的に短期化しているという指摘は、しばしば耳にするところである。ネットワーク外部性と経済のソフトウェア産業化、インターネットの普及がこうした特性をもたらしている。

行間資金決済のためであった（正確には日本銀行が創設された動機の一つが銀行間資金決済のための中央銀行マネーの提供であった）<sup>2</sup>。株券がペーパーレス化されたのは2009年であり、決済期間短縮の歴史を振り返っても、例えば国債は1980年代後半は5・10日決済という特定日決済方式であり<sup>3</sup>、そもそも当初は流通市場が存在しない規制マーケットとして始まっている。流通市場の形成や金利の自由化後も指標銘柄集中取引の時代が続き、イールドカーブが形成されたのは1990年代後半になってからである。

こうした金融システムの変貌は、金融の自由化や国際化、国債の大量発行、金融機関のリスク管理や破綻処理といった時代の要請に基づくものもあれば、金融デリバティブや暗号資産のような技術面でのドライビングフォースによって市場やインフラが産み出されていったものもある。ジョセフ・ノセラ（1997）が『アメリカ金融革命の群像』で描いたように、新たな収益機会を得ようとする金融機関が金融サービスの創造に向かって既存の金融の枠組みに挑戦し、「金融革命」と評されるようなムーブメントによって産業構造変化がもたらされてきたケースもある。

本稿は、金融システムの中核の一部を担う中央銀行が、情報・通信技術革新というサプライサイドのイノベーションと、デジタル化社会における新しい金融サービスへの需要（あるいは需要を生み出す新サービスの創造）に対峙し、これらにどのように適応していくか世界各所で試行錯誤を重ねている、その状況を解説したものである。リテール CBDC が一例であるが、日本ではまだ注目されていないホールセール CBDC や、その証券決済・クロスボーダー決済への応用、取引市場と決済システムの一体設計、中央銀行マネーの新しい用途、これらと並行した証券・資金産業構造のリノベーションなど、多様な展開が進行している。これらの多くはまだ POC（Proof of Concept）にとどまっており、その発展方向や帰趨、成否も明確ではない。そして、金融システムの発展の歴史が示すように、ある時点で完成形を迎えるものではなく、変化を続けていくものである。

しかし、現時点で先進的な中央銀行が思い描いている未来の金融システムの姿を知ること、あるいは金融システム進化の実験場で行われている様々な検証や試行錯誤を、時代に遅れることなく認識しておくことは非常に重要である。不確実性が高い環境下で考え得る様々な手段を実地検証してみるのには、ゼロ金利制約に直面した後の金融政策や金融機関破綻を前提としたプルーデンス政策の再構築に限った話ではない。答えがよく判らない世界において模索を繰り返すのは、民間企業だけでなく中央銀行も同様である。

アイデアの良し悪しや実現可能性、将来的な潜在力は、実験してみなければ判らない面もある。逆に、立ちすくんでいれば相対的な競争優位性を失っていくことは、物理的な空間制約によるナチュラルバリア（参入障壁）が存在しないデジタル社会の特性として、かなり明確に想像することができる。実際、クラウドサービスなど複数のデジタル産業において既にグローバル寡占が成立してしまっており、現在は生成 AI の基盤モデルやサービス実装における激しい開発競争が繰り広げられている。こうした世界ではスケール化も非常に早く、ある日、ドミノ返しのように競争優位性や産業支配力が逆転されてしまうような事態が普通に生じている<sup>4</sup>。

これは民間企業に限った話ではない。世界各国の中央銀行がイノベーションに取り組む動機には、自国金融産業の競争力強化やグローバルスタンダードの獲得、優れた金融サービスの創造による経済成長や豊かな社会を目指すといった指向も窺われる。例えば、EU・ユーロ圏がリテール CBDC に取り組む理由の一つには、ク

レジットカード国際ブランドが米国企業の寡占状態にあるなかで欧州における決済ビジネスを復権させることが意識されている<sup>5</sup>。こうしたなか、標準化・共通利用化に向けた国際協調の取り組みも必要とされている。CBDC を用いたクロスボーダー送金には様々なイニシアティブが乱立しているが、グローバルに実現するにはCLS (Continuous Linked Settlement) 銀行を用いた決済スキームの確立のような標準化と国際協力が必須であり、これも今後強く意識されていくことになる。なにより、中央銀行が提供する金融サービスは金融産業の基盤インフラの重要な一部になっており、その高度化や進化、生産性の向上は、金融産業、ひいては経済活動全般の活性化に繋がっていく。時代に合わせた、あるいは時代を先取りした基盤インフラの改革は中央銀行にとって重要な経営課題である。

本稿の構成は以下のとおりである。2 節では、分散型台帳技術を中央銀行がどのように受け取り、活用法を考えてきたか比較的初期の取り組みを紹介する。3 節ではデジタル証券市場におけるホールセール CBDC の可能性を検証する動きと、DeFi の DEX (Decentralized Exchanges) 技術応用による市場インフラと決済インフラの一体設計の試みを紹介する。3 節の Box では、米国や欧州において 1990 年代後半以降、取引所・清算機関・保管振替機構の各階層で大きな産業構造の変換が生じていることを紹介し、現在生じている新しい動きは決して新奇なものではなく金融システムは不断の変革により進化を続けていることを指摘する。4 節では、決済システムの制度設計を考えるうえでの重要な要素を解説し、明確なコンセプトと見通しをもって制度設計の検討が可能となるような手がかりを提供する。5 節では、クロスボーダー送金に CBDC を用いるスキームを紹介する。世界各地で複数のイニシアティブが進行しており、このなかから決済制度のデザインが異なる 3 つの POC を解説する。6 節では 2 人の中央銀行エグゼクティブの講演を引きながら本稿の議論をまとめる。

## 2. 中央銀行と分散型台帳技術の出会い

### 2.1 ホールセールCBDC

Bitcoin や Ethereum が用いているパブリック型の分散型台帳技術は、運営管理者が存在せず、利用者のインセンティブによってシステムが駆動する自律・分散型の金融インフラを目指すものである。これは、「金融サービスのインフラにおいては、設計や運営に責任を持つ当事者が存在する」という伝統的金融ビジネスの常識と反するものであり、中央銀行を含む金融機関の反応は薄いものであった。しかし、Hyperledger Fabric や Corda など、分散型台帳技術をデータベース (台帳) や通信プロトコル、オペレーションアルゴリズムとして利用する一方で、ガバナンスやオペレーション、情報管理においては設計者や運営者が責任を負い (利用参加も認可制)、台帳記載情報は公開せずに秘匿管理されるといったプライベート型・コンソーシアム型の分散型台帳技術が登場して以来、金融関係者はその可能性に注目しはじめた。なかには金融機関が開発推進主体となる Quorum (ベースは Ethereum) のようなケースも現れてきた。こうしたシステム開発や運営のガバナンス設計は金融機関のビジネスに馴染むものであり、実務への応用を展望した金融機関の開発コンソーシアム参加が相次いだ。

中央銀行も例外ではなく、ほぼ同時期に 4 つの中央銀行が、中央銀行の資金決

5: 2000 年代に推進された SEPA (Single Euro Payments Area, 単一ユーロ決済圏) は政治主導のアプローチであり、このうちカード決済にかかる部分 (SEPA カードスキーム) では、クレジット・デビットカードのクロスボーダー利用における国際ブランド寡占への対抗、例えばユーロ圏全域を対象としたデビットカードの「欧州カードスキーム」や「汎欧州カードネットワーク」構想などが含まれている (中島, 2009)。なお、IC チップクレジットカードの国際規格 EMV に名前が残っている Europay International (欧州系国際クレジットカード、前身はユーロカード・インターナショナル) は、2002 年に古くからの提携先であった MasterCard と合併している。

6: 流動性節約機能については、土屋(2012a,b)や日本銀行webサイトの「次世代RTGS」のページを参照。[https://www.boj.or.jp/paym/bojnet/next\\_rtgs/index.htm](https://www.boj.or.jp/paym/bojnet/next_rtgs/index.htm)

済サービスに対する分散型台帳技術の応用可能性を検証するPOCを行い始めた。2016年前後の時期である。日本銀行は欧州中央銀行(以下ECB)と分散型台帳技術に関する共同調査(Project Stella)を開始し、翌年に最初の報告書「分散型台帳技術による資金決済システムの流動性節約機能の実現」(日本銀行・ECB, 2017)を公表している。日銀ネットやTARGET2(ユーロシステムによって運営されているRTGSシステム)ではハイブリッド型RTGSを実装しており、流動性節約機能を活用することで資金効率を向上させている<sup>6</sup>。この機能を3つの異なる分散型台帳技術を用いて実装し、レイテンシや耐障害性を比較検証している。報告書ではRTGSを新技術で実装した点に注目した記述がなされているが、見方を変えればホールセールCBDCを伝統的な中央銀行当座預金でない形式で実装した先駆的事例といえよう。

ほぼ同時期にカナダ中央銀行(以下BOC)とシンガポール通貨監督庁(以下MAS)は、民間銀行やIT企業等とのコンソーシアムで分散型台帳技術の検証をおこなっている(BOC, 2017、MAS, 2017)。前者はProject Jasper、後者はProject UbinとしてPOCシリーズ化され、連続的にプロジェクトが実施されている。初期のプロジェクトでは、カストディ金融機関(ここでは中央銀行)によって管理されたカナダドルやシンガポールドルをバックアセットにしたトークンを発行し、コンソーシアムメンバーである銀行がこれをインターバンク資金決済や証券決済に用いるという実験を行っている。中央銀行が発行したトークンであればホールセールCBDCとなるが、コンソーシアムが発行体であるため一種のホールセール特化型のステーブルコインの先駆的実験であったといえよう。

これらのPOCが着手されたのと同じ時期に、中央銀行を含まない民間金融機関のグローバル・コンソーシアムとして、中央銀行の当座預金をバックアセットにステーブルコインを発行する試みが始まっている。分散型台帳技術のスタートアップ企業とグローバル金融機関によるUtility Settlement Coin(USC)は、米ドルやユーロ、ポンド、スイスフラン、円建てのステーブルコイン発行とその決済インフラ作りを目指して活動を開始した。その後、同組織はUSC発行方針を転換するとともにFnalityへと組織改編し、対象通貨国のグローバル金融機関を中心にメンバーを拡大させ、中央銀行に対して当座預金オムニバス口座開設の要望を出し始めた。2022年には英国で決済システム(Sterling Fnality Payment System)としての認証を受け、リテール決済産業の構造変化に対応して中央銀行預金へのアクセス政策を転換していたイングランド中央銀行(以下BoE)にオムニバス預金口座を開設し、2023年12月にはポンド建ての資金決済を実施している(BoE, 2021、Fnality International, 2023)<sup>7</sup>。

USCがステーブルコインを発行しようとした当初の試みは、金融機関向けホールセール決済サービスは安全な中央銀行マネーによって提供されるという伝統的な考え方に対するアンチテーゼにもなった。その萌芽は、Project JasperやProject Ubinにあったが、そこではステーブルコイン相当のトークンを発行するコンソーシアムにおいて中央銀行が中心的な役割を果たしていた。しかし、USCのスキームにおいては、中央銀行は単なるバックアセット(中央銀行当座預金)の管理者(カストディアン)に役割が後退している(図表1)。バックアセットを備えたステーブルコインは、バックアセットがマネーとして利用できる場合は、一種の無駄なマネー創造である。これが意味をなすのは、バックアセットとなっているマネーよりも優れたマネーとしての機能が提供できる場合であると考えられる。例えば、

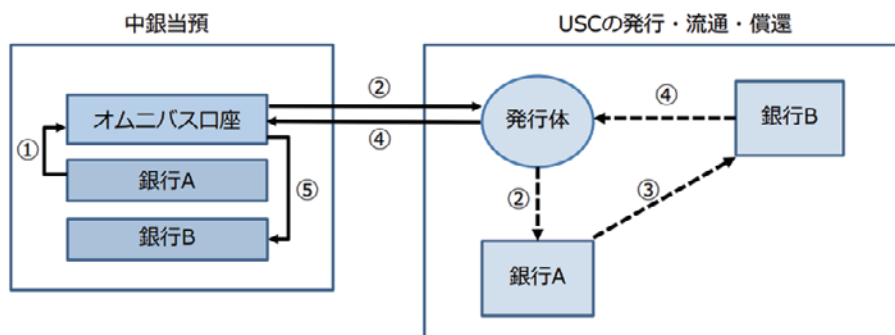
7: オムニバス預金口座とは、口座保有者の口座の中に他の経済主体の預金を混ぜて(co-mingled)置いておくことが可能な口座である。一種の間接参加形態であり、口座保有者以外が中央銀行マネーにアクセスし、支払いや価値保蔵に利用できる仕組みであるが、BoEは中央銀行マネーにアクセスする資格がある金融機関の間で決済を円滑にするためのものとして制度設計している。つまり、オムニバス口座の利用者は資格による限定がなされている(資格要件はBoE(2021)を参照)。BoE(2021)は、オムニバス口座の提供は、中央銀行マネーの利用により参加者が抱える信用リスクを抑制し、日中流動性管理の柔軟性を高め、中央銀行RTGSシステムの稼働時間外でもオムニバス口座内の流動性を用いて中央銀行マネーを通じた決済サービスの提供が可能になるとしている。

暗号資産ステーブルコインが合理性を持つのは、パブリックチェーン上でのステーブルコインの利用に他のマネー（典型的には民間銀行預金マネー）以上の利便性が存在しているためであると考えられる<sup>8</sup>。こうした視点からは、ホールセール中央銀行マネー（当座預金）を用いた伝統的な決済サービス以上に利便性が高いサービスを自社のグローバル決済システムが創造しようという確信があるからこそこのUSCのチャレンジであったと解釈することができよう<sup>9</sup>。こうした現象は、ハイエクが通貨発行自由化論で主張した（同一単位の）通貨間の競争という視点から捉えることもできよう。

リテール決済ビジネスにおいては、電子マネーの隆盛によって、i) デジタルマネーの発行体は誰が望ましいかという議論や、ii) 様々な経済主体が互換性がない債務マネーを発行して競争しあうのと、単一の発行体が互換性ある債務マネーを発行するのとどちらが社会厚生上、望ましいかという議論がなされるようになった。金融機関向けホールセール決済システムにおいても同様に、決済手段となるマネーの発行体は誰であることが望ましいのか、発行のみならずインフラ構築・運営における中央銀行と民間組織の役割分担はどのように変化していくのかという論点が意識されるようになった。

これらの議論においては、安定的で頑健な決済サービスの提供や、金融機関の資金流動性管理への影響、LLR (Lender of Last Resort) 機能の設計、あるいは金融政策のトラスミッションメカニズムなど幅広い論点も関連してくるため、広範な視座をもって金融システムのグランドデザインを検討することが求められる。リテールビジネスにおいてグローバル・ステーブルコインを目指したLibraの登場は、こうした視点を中央銀行に突きつける契機にもなった。Fnlityはそのホールセール版ともいえ、途中で頓挫したLibraと異なり<sup>10</sup>、こちらは現在進行中のビジネスとなっている。

図表1 当初のUSCスキーム



- ① 銀行Aは、自行の中銀当預を発行体が管理するオムニバス口座へ振替
- ② 発行体は、銀行Aに対し、裏付け資産見合いのUSCを発行
- ③ 銀行Aは、(何等かの資金決済のために) 銀行Bに対し、USCを移転
- ④ 銀行Bは、(USCを償還するために) 発行体に対し、USCを移転
- ⑤ 発行体は、オムニバス口座から銀行Bの中銀当預に振替

出所) 日本銀行決済機構局 (2020)

注) Fnlityは、現在、USCの発行は目指さなくなっており、中央銀行マネーへのオムニバス口座を通じたアクセスにより決済手段を提供する決済システムとなっている。

8: 正確には、バックアセット運用に関する機会費用(安全資産運用機会の喪失)を上回る利便性の存在であり、安全資産金利が上昇している場合にはそのハードルが高くなる。

9: Fnlity International (2023) では、各国の中央銀行RTGSの稼働時間にとらわれない24/7のRTGSかつnear-instant paymentサービスのPvP決済提供を目指すとしている。なお、RTGSとinstant payment(即時決済)の違いは4節を参照。PvP(Payment versus Payment)決済は両通貨の支払いが確実に行われる条件が整ったもので決済が実行される取りはぐれリスクがない決済手法である。また、通貨ごとに単一の流動性プール(中央銀行オムニバス口座の預金マネー)を用いることで、コルレスバンキングの下で外貨資金がノストロバンクに分散している現状に比べ資金決済の効率性が高まり、カウンターパーティリスクも減少としている(5節のクロスボーダー決済システムの設計法と4節の決済トポロジーの解説を参照)。このほか、分散型台帳技術の活用により参加者間でのpeer to peer決済が可能になり、デジタル証券ほか様々な新しい金融資産(トークン化された資産)のDvP決済の資金決済レグにFnlityの資金決済サービスが利用できるとしている。資産のトークン化の意義については、本号掲載の齊藤(2024)を参照。

10: Libraへの批判は、法定通貨が社会コストをかけて維持している価値尺度機能(財サービス価格の安定)へのフリーライド、シニョレッジの尊重、国家の通貨発行権へのチャレンジ、エコシステムと一体化された場合の強い市場支配力へ懸念など複数の要素があった。しかし、金融システムの安全性の観点からは、預かった顧客資産の管理や返却要請時の対応(複数通貨の流動性管理)、これらを行うオペレーション組織(世界各地に設置される筋合い)の設計の曖昧さ、国境を越えて瞬時に大量の資金が移動することの金融システムへの影響に関する検討不足など、金融決済サービスを提供する組織体としての責務の無自覚さが批判される面として大きかったと思われる。ちなみに、影響力の大きい決済システムには「FMI原則」と呼ばれる国際基準の遵守が適用される。(次ページ) ✓

ㄨ (10: つづき) 同原則では、安全で安定的な金融サービスの提供を行うために必要な様々な基準が設定されている。詳細は IOSCO-CPMI (2012) を参照。Fnlity は、英国財務省から "a systemic payment system" と認定され、今後、"fully regulated financial market infrastructures" となることが宣言されている。

11: SIC は清算機関の役割を担っているだけではなく RTGS システムも運営している。SIX Group に属する SIX Interbank Clearing Ltd がシステムオペレーターとして運営責任を負い、SNB は管理者として参加要件の定義や決済ルールの決定、スケジュール管理や決済に必要な流動性提供を行っている。英国の CHAPS (Clearing House Automated Payment System) も、民間の資金決済機関であり英国の民間銀行によって所有されているが、2017 年に管理運営責任が BoE に移管された (RTGS システムは他の主要国同様 BoE によって所有運営されており、民間資金決済機関に中銀マネーを用いた決済サービスを提供している)。これに対し、日本や多くの欧州諸国においては、資金決済機関の所有や経営には中央銀行は関与しておらず、オーバーサイトの実施者という立場をとる (ただし、日本の外為円決済制度は手形決済から日銀ネットオンライン決済に移行した 1989 年以降、支払指図の交換や決済を日本銀行に委託している)。また、香港 CHATS (Clearing House Automated Transfer System) のように中央銀行が他国通貨の RTGS システムも併せて運営するケースもある。国債の CSD を中央銀行が担うか民間機関が担うかも国によって異なっている。  
(次ページ) ▶

## 2.2 証券決済インフラへの拡張

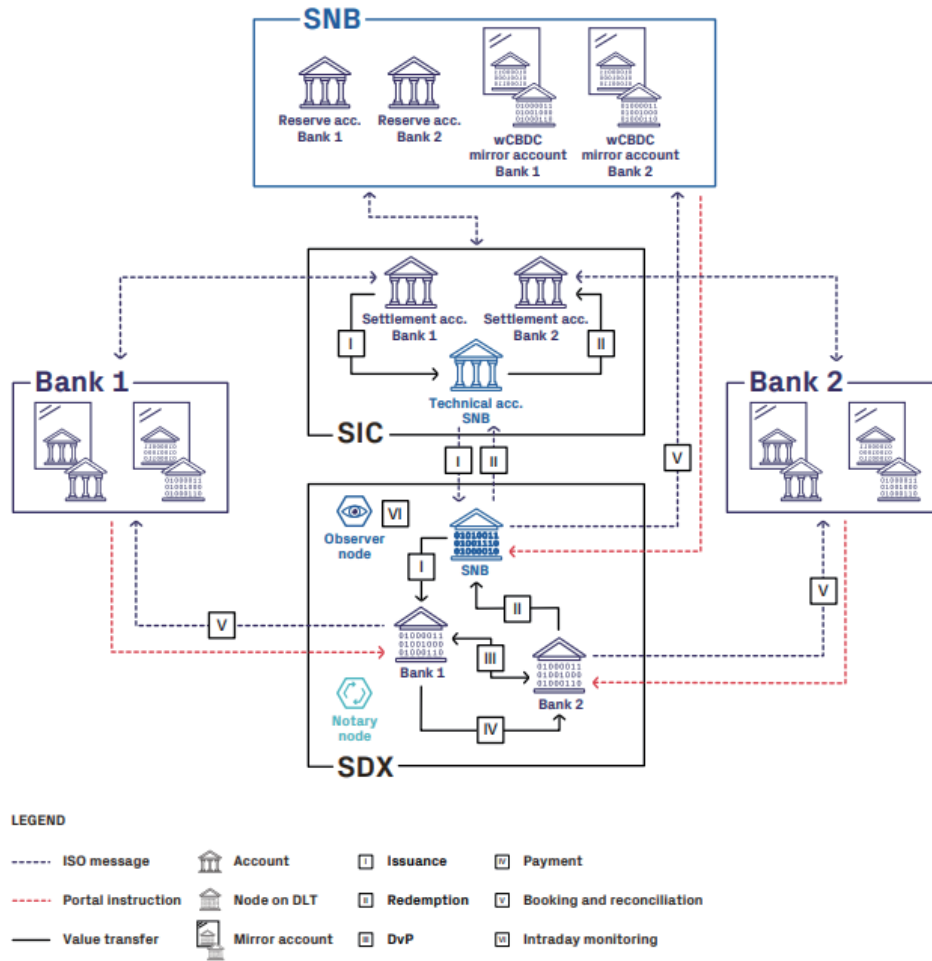
分散型台帳技術の資金決済システムへの応用として始まった中央銀行の模索は、証券決済システムや多通貨決済システムに展開していった。日欧、カナダ、シンガポールの前出の 3 プロジェクトは、その継続シリーズにおいて、集中保管振替機構 (Central Security Depository) が提供する証券台帳機能と資金決済システムとを連動させる DvP (Delivery versus Payment) 機能の実装 POC を行っている。同様に、2 通貨の資金決済システムを 2 つの分散型台帳上に建て、それらの間で PvP (Payment versus Payment) での資金決済を行う検証も行っている。いずれも Hash Time-Lock Contract と呼ばれるアルゴリズムを用いて、分散型台帳技術が提供するプログラマビリティの実装実験を行ったものである (例えば、日本銀行・ECB (2017) を参照)。なお、Project Jasper と Project Ubin は両国が発行した CBDC を用いて通貨間 PvP 決済を行うという POC を Jasper-Ubin Project として共同で行っている (BOC・MAS, 2019)。クロスボーダー決済を巡っては、この後、多数のイニシアティブが立ち上がっており、5 節で後述する。

前出の 4 か国に次いで、スイスでも同様な動きが生じた。スイス国民銀行 (以下 SNB) と BIS Innovation Hub は、スイスの証券取引所 SIX (SIX Swiss Exchange) が設立を目指していたデジタル証券取引所 SDX (SIX Digital Exchange) と提携して、SDX で発行取引されるデジタル証券 (セキュリティトークン) を対象に、SNB が分散型台帳上で発行するホールセール CBDC を用いて DvP 決済を行うという POC を実施した。Project Helvetia と命名されており、BIS の新組織として設立された Innovation Hub のスイスセンターが共同参画している (BIS・SIX・SNB, 2020)。この間、フランス中央銀行 (以下 BdF) も、株式に限らず国債、社債、MMF などの証券・資金決済を分散型台帳技術によって実装する実験を行っている。

そうした BdF と SNB の動きは Project Jula に繋がっていった。同プロジェクトは、スイスフランとユーロの各通貨での証券・資金決済システムをクロスボーダー決済化するものである。図表 2 では、スイスフランの資金清算機関である SIC (Swiss Interbank Clearing)<sup>11</sup> にホールセール CBDC 専用の SNB 口座 (Technical account) が開設され、SNB にある民間銀行の決済用口座からの資金振替に対応して CBDC が発行・償還される。デジタル証券の CSD を担う SDX はシステム上に SNB の口座を持ち、これを用いて DvP 決済の証券決済レグを担っている。SDX のシステムは参加金融機関のシステムと繋がっており、資金・証券決済のコンファメーションなどがなされる。

2016 年以降に生じた上述のような中央銀行の動きを杉江・鳩貝 (2022) が一覽表にまとめており、図表 3・4 に引用した。分散型台帳技術の応用検証の動きは資金決済から始まり、証券決済、クロスボーダー決済に拡大し、実施する中央銀行の数も増えていることがわかる。

図表2 Helvetia IIの設計



出所) BIS・SIX・SNB (2022)

なお、図表3・4には含まれないが、ブンデスバンクはドイツ証券取引所や独財務相、ドイツ国債会社<sup>12</sup>と協力して、2016年よりBlockbusterプロジェクトを継続している。同プロジェクトでは分散型台帳技術を用いて国債発行流通システムを構築する実験や、国債の担保としての利用価値を高めるプラットフォームの技術検証を行っている。Deutsche Börse・Bundesbank (2020)では、担保の24/365活用やレポ市場の流動性向上、照合などのポストトレード業務の効率化、有価証券の所有移転のリアルタイム化、スペシャル化したレポ玉のモニタリングなど、種々の論点が議論されている。なお、ドイツ証券取引所はグローバル金融機関やIT企業 (R3 Corda) とHQLAxを設立している。同社は、担保利用の高度化やモビリティの向上を目指し、分散型台帳技術を用いた証券レポ取引のプラットフォーム構築や、クロスチェーン (異なる分散型台帳技術を利用したプラットフォーム間での決済) でのレポスワップを実現している。また同社は、担保玉の差替・代替やOTCデリバティブのマージン管理などにおける利点も強調している。

▼ (11: つづき) このように、国によって決済インフラの制度やガバナンス構造は大きく異なっている。決済インフラの国際比較にはこうした理解が前提となるだけでなく、様々な制度設計がありうる点で他国の市場決済インフラの産業構造を学ぶことは有益である。古い情報となるが、主要先進国の決済インフラの制度を比較解説したのものとして、BIS CPMI (Committee on Payment and Settlement Systems、正確にはその前身のCPSS<Committee on Payments and Market Infrastructures>) が過去2度の時期において編集したRedbook (制度編) がある (CPSS, 2012)。また、2012年に公表されたFMI原則 (決済インフラが満たすべき国際基準) では、中央銀行を含む決済インフラ運営主体に決済制度のディスクロージャーやリスク管理等のセルフアセスメントとその公表等を求めており、この基準に沿った情報開示が個々になされている。例えば、BoE (2023) を参照。

12: ドイツ国債会社 (German Finance Agency: GFA) は、連邦大蔵省、連邦銀行及び連邦債務管理庁の3機関に分散していた国債管理事務を一括統合して担うために2000年に設置された連邦組織。

図表3 主なホールセールCBDCの実証実験

プロジェクト名 (略称)	直近 フェーズ*	参加中央銀行
Jasper (JA)	4	カナダ
Stella (ST)	4	日本、欧州
Ubin (UB)	5	シンガポール
Jasper-Ubin (JA-UB)	1	カナダ、シンガポール
Inthanon-LionRock (IL)	2	タイ、香港
Helvetia (HE)	2	スイス
Aber (AB)	1	サウジアラビア、UAE
フランス銀行の 実証実験群 (BdF)	1	フランス、シンガポール、 チュニジア
Atom (AT)	1	豪州
Dunbar (DU)	1	豪州、マレーシア、シン ガポール、南アフリカ
Jura (JU)	1	フランス、スイス
mCBDC Bridge (mBridge)	1	タイ、香港、中国、UAE
Cedar (CE)	1	米国 (NY 連銀)

(出所) 各国中央銀行の公表資料等をもとに作成

出所) 杉江・鳩貝 (2022)

13: Decentralized は 分 権 型 (非中央集権) というガバナンス体制を指す言葉であり、ITシステムとしての台帳の分散性 (distributed) を示す言葉とは区別すべき概念であるが、DEXの訳語が分散型取引所として定着しているため、ここでは一般的な用語に従った。なお、プライベート型ブロックチェーンは、技術としては分散システムであるがガバナンスは中央集権的な運営がなされている。分散 / 集中と分権 / 中央集権の概念の違いについては、田中・副島 (2020) の2(2)節を参照。

14: 2020年8月の論文公表直前に当時最新のDEXであったUniswapの取扱高が急激に成長し (2020年3月にバージョン2にアップデート)、そのコピープログラムのSushiSwapとともに注目を集めた。需給バランスで自動的に価格が結成されるメカニズム (AMM: Automated Market Maker) が取り入れられており、流動性供給のインセンティブ設計など、取引市場の制度設計を分析するマーケット・マイクロストラクチャーやオークション理論の観点から興味深い制度実装がなされている。DEXの開発は取引市場に関するメカニズムデザインの実験場のような趣を呈しており、マッチングメカニズムや価格発見メカニズム、暗号資産レンディング (アセットスワップ) や価値単位が異なる複数資産による担保提供機能など様々な市場機能デザインの実装が試された。同論文の補論4がDEXの先駆的な事例や初期の取引動向をサーベイしている。

図表4 実証実験の時間展開

	国内			クロスボーダー	
	資金 決済	証券 DvP 決済	その他 資産 DvP 決済	資金 決済	証券 DvP 決済
2016年	●JA①				
2017年	●JA② ●UB① ●UB② ●ST①				
2018年		●JA③ ●UB③ ●ST②			
2019年				●JA-UB ●ST③ ●L①	
2020年	●HE① ●AB	●HE① ●UB⑤	●UB⑤	●AB	
2021年		●BdF	●BdF ●AT	●L② ●BdF ●JU	●JU
2022年		●HE②		●DU ●mBridge ●CE	

(注1) ●は各実験の報告書の公表時期を、アルファベットは実験の略称 (図表3参照) を、数字は各実証実験のフェーズを、それぞれ意味する。

(注2) 本表の分類に属さない実験として、Project Stella フェーズ4 (「取引情報の秘匿と管理」)、Project Ubin フェーズ5 (「産業界との情報連携」) が挙げられる。

(出所) 各国中央銀行の公表資料等をもとに作成

出所) 杉江・鳩貝 (2022)

### 3. 市場インフラと決済インフラの一体設計

前節では、ホールセールCBDCの発行流通管理システムと、これを活用した証券決済インフラのモダナイゼーションの動きを紹介した。その後、新しい取引市場インフラの可能性を模索する動きが一部の中央銀行に登場している。背景となったのはDeFiの一分野として発展してきた暗号資産の分散型取引所 (DEX、Decentralized Exchange) である<sup>13</sup>。田中・副島 (2020) は、詐欺行為が相次いだICO (Initial Coin Offering) から法規制整備を伴ったSTO (Security Token Offering) へのトレンドシフトを広範な視点からサーベイしている。そのなかでDEXにも焦点を当てており、ST流通市場が発展するに伴ってDEX技術が同市場に応用されるようになる可能性を指摘している<sup>14</sup>。分散型台帳技術とそのプログラマビリティ性を活用することで取引市場を創造したDEXは、分権型の分散システムであるという特徴を持っている。このうち、分権型のガバナンス構造を捨て、伝統的な金融インフラのガバナンス構造の下で分散システムとしてのDEXの特徴を活用していこうというアプローチが伝統的な金融機関や中央銀行のなかに登場してきた。プライベート型ブロックチェーンと同様な発想である。

具体的には、BISとBdF、MAS、SNBが共同で取り組んだProject Marianaが挙げられる (BdF・MAS・SNB, 2023)。同プロジェクトは3通貨のホールセールCBDCを各中央銀行が発行し、その外為取引市場をDEXのAMM (Automated Market Maker) としてパブリック・ブロックチェーン上、具体的にはEthereum testnet (Sepolia) に実装し、ホールセールCBDCのプライベート・ブロックチェーン (EthereumベースのHyperledger Besu) と接続することを検証したPOCである (図表5)。市場取引システムと決済システムの一体設計、いわば



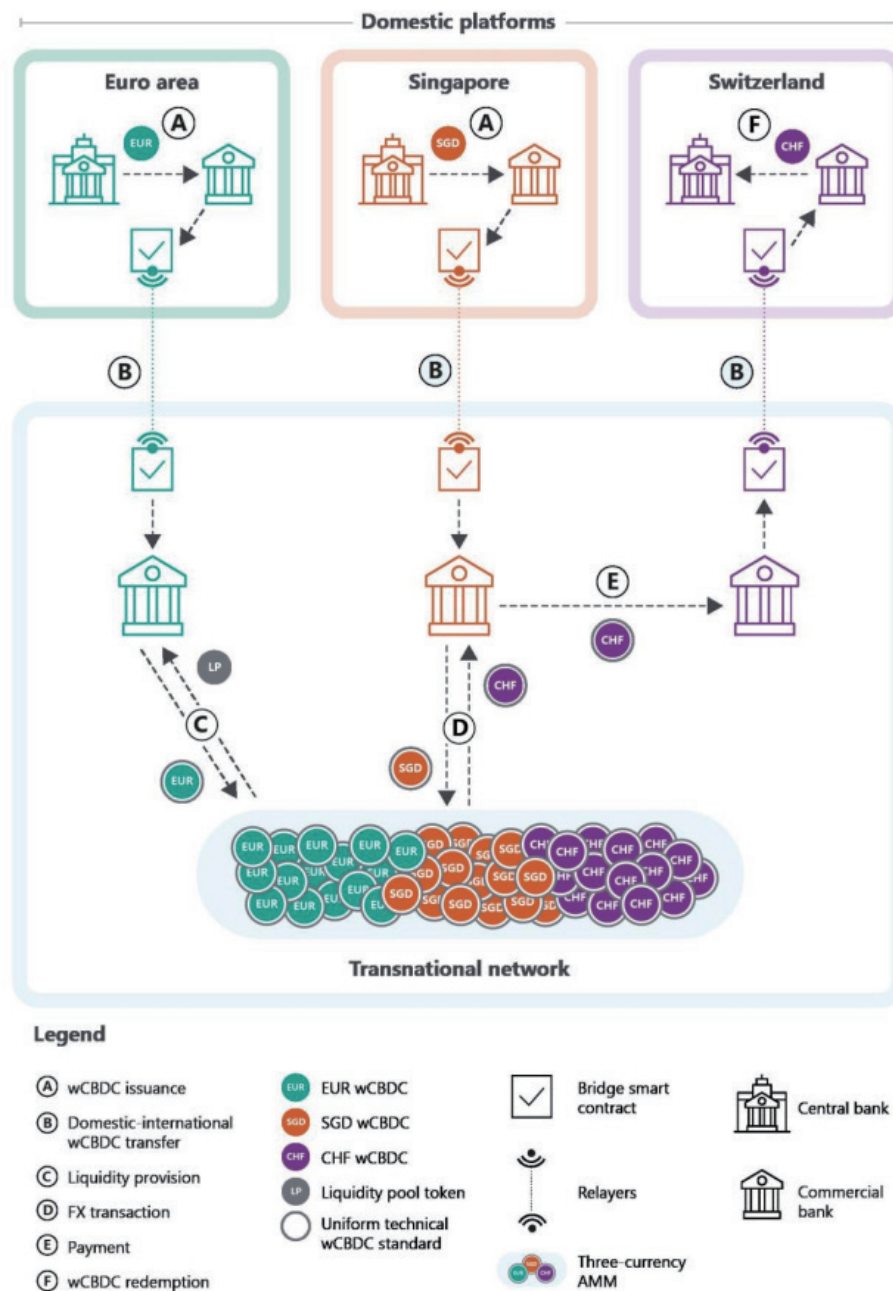
インターバンク外為取引の究極の STP 化ということができよう。ホールセール CBDC という中央銀行マネーを、直接市場で取引し、決済してしまうという発想である。現時点では POC に過ぎないが、ホールセール CBDC の発展次第では、こうした市場インフラと決済インフラの一体設計が今後の金融インフラ設計の潮流になっていく可能性もある。

市場インフラは取引慣行や規制・制度、取引主体とともに発展し、決済インフラも運営関係者によって慣行や規制・制度を反映しながら発展してきた。両インフラの接続部は運営主体間の調整や参加主体間の議論によって制度設計され、各時期の情報通信技術によって実装され、日々運営されてきたという経緯がある。このため、全体最適化が達成されているとは限らない。STP 化推進の障害もそうした事情に起因するところがあり、証券や資金の取引・決済システムにおける現行の体制を前提に、事後的な調整や改定で乗り越えていくものと捉えるのが一般的であった。各システムや制度は成立時期や更新時期が各々異なり、関係主体も異なるため、こうしたアプローチをとらざるを得ない事情があった。しかし、全く新しいインフラであれば、市場と決済を一体設計することが可能となる。Project Mariana は、そうした可能性を具体化したものであり、ホールセール CBDC はその中核部分として機能する役割を担っている。

さらには、当局による市場モニタリングや監督についても、取引・決済の制度設計と合わせて最初からシステムデザインに組み込まれていく動きが今後登場してくるかもしれない。例えば、中央銀行 DX の文脈において、市場のモニタリング手法のデジタルトランスフォーメーションが検討されており、BIS Innovation Hub のスイスセンターが推進する Project Rio では、超高速化した FX 取引市場のリアルタイムモニタリングを高精度で行うためのインフラ開発が行われている。また、BIS Innovation Hub のシンガポールセンターでは、Project Ellipse において SupTech/RegTech の一環として金融機関や金融システムのモニタリングの高度化、精緻化、リアルタイム化を推進しているほか (BIS Innovation Hub, 2022)、ECB・オランダ中銀・ブンデスバンクは Project Atlas において暗号資産と DeFi のモニタリング手法を検証している (ECB・DNB・Bundesbank, 2023)。こうした市場モニタリング手法の高度化検討の動きは、市場インフラと決済インフラの一体設計に組み込まれてくる潮流となるかもしれない (現在のところ事例はないが、アイデアは存在しているかもしれないし、既に水面下での取り組みが行われているかもしれない)。

時代が新しい革袋を欲していることは、近年の G20 で取り上げられているクロスボーダー送金のレガシー問題や、新しいデジタル証券市場の創造を巡る動きなどに表れている。外為コルレスバンキングによるクロスボーダー送金は、そのレガシーな送金枠組みによって、高コスト、着金までの時間、執行の不確実性 (送金失敗による繰戻し) という課題に直面している。また、証券インフラや制度、産業構造においては、現状が常識であり現状にペインを感じていなければレガシー化しているという認識は持たれにくい。他の金融インフラ、特にリテール金融や、他産業での情報技術革新の取り込みと対比すると新技術の取り込みは相対的に遅れているといえよう。ホールセール金融の場合、インフラが巨大であることや、極めて高い可用性を求められること、システム接続企業側にも大きな対応コストが発生すること、共通インフラとして制度やルールが時間をかけて整備されてきたため変更にかかる調整コストが大きいことなど種々の事情が存在する。そうした中であって

図表5 Project Marianaのスキーム



出所) BdF, MAS and SNB (2023)

も、新しい市場を新しい技術で創造する動きが活発化している。

本号掲載の齊藤（2024）は、分散型台帳技術を活用した新しいデジタル証券市場を日本に創造する取り組みの詳細を解説している。MASが主導するProject Guardianのように中央銀行・規制当局が民間銀行ほか複数の金融機関とジョイントで、デジタル証券市場（発行・流通・レポ取引など広範にわたる）や資金決済用の民間発行ホールセール・ステーブルコインのインフラを構築するPOCも進行している。Project Guardianには日本からはSBIグループが参加し、DBS、UBSとジョイントで、円建てデジタル債券発行とステーブルコインによるレポ取引市場のプラットフォームを構築し、法務・金融契約上の問題点をクリアしたうえで検証

用の実取引を既に行っている。Project Guardian はほかにも多様なプロジェクトを様々な金融機関の組み合わせで行っている。例えば、シンガポール国債や日本国債のトークン化のPOC検証も行われている（MAS・BIS, 2023、SBIホールディングス, 2023）。

こうした取り組みの背景には、現在のホールセール資金・証券市場や決済インフラの課題を全く新しいスキームで実現しようという意図が存在している。図表6には、ホールセールCBDCが解決しようとする現在の金融サービスのペインやポテンシャルを簡単に纏めている。こうした試みが金融システムの大きな変革に繋がっていくかは未知数であるが、現在の証券市場や決済インフラも1990年代以降、大きな構造変化を遂げて今に至ったものであり、こうした発展の歴史を振り返ることは固定概念に囚われないためにも有用である（下記のBox記事を参照）。

図表6 ホールセールCBDCのポテンシャル

	ホールセール型CBDC	一般利用型CBDC
利用者	国内外の金融機関、企業、投資家（個人投資家含む）	個人
用途	金融機関決済、企業決済、（金融）資産取引の決済、クロスボーダー決済、DeFi取引と決済	小口決済
エコシステム構成者	企業、銀行、証券、機関投資家、個人投資家、海外中央銀行、取引所、資金清算機関、CSD、レミタンス事業者	CBDC流通事業者（銀行やPSP）、店舗、アクワイヤラー、ユーザー
現在のペイン	海外送金：高い、遅い、手間、不確実 証券決済：不完全なSTPによる効率性の限界、産業構造やインフラの固定化/非競争環境	互換性がない債務性マネーの乱立（高回転マネーなので資金流動性の無駄使いはとほど大きくない）
未来のポテンシャル	市場・清算・決済制度やインフラの新たな模索、金融システムの高機能化（信用創造、ファイナンス、決済、市場取引の機能進化）	決済サービスと情報処理サービスの融合による新サービス/データビジネスの創造

出所) インフキュリオン主催イベント「FinTechが描くビジネスの新たなスタンダード」の座談会「Embedded CBDCの作り方：付加価値はどこから生まれるか？」2023年11月29日における筆者プレゼンテーション資料からの抜粋

### Box 90年代後半に始まる世界の証券産業構造の変貌

世界の証券産業構造は1990年代後半以降、大きく変貌した。この時期に取引所に生じた大きな構造変化が契機となり、グローバル化、規制緩和、ユーロ誕生などもあって取引所のみならず清算機関や集中保管振替機関にも産業構造に変化が生じた。この間、日本では国債や株式市場へのPTS参入や金融ビッグバンを契機に市場間競争が導入されたが、基本的に大きな構造変革が生じなかった。それゆえ、こうしたグローバルな産業構造の変貌についてはあまり認知されていない。

例えばNYSE（ニューヨーク証券取引所）は、その所有構造や取引制度、ITシステムなどにおいて1990年代までとは全く異なるものに変貌している。NYSEはECN（Electronic Communications Network）の台頭によりシェアを失い、新興勢力のECN、Archipelagoを傘下に収めることで地盤沈下を食いどめた。これに伴ってトレーディングフロアのOpen outcryによる注文付け合わせからオーダーブックによるマッチング（注文駆動市場）がNYSEの中核となった。その後、EU複数国の証券取引所の統合によって誕生したユーロネクストと経営統合し、さらには原油等の商品取引

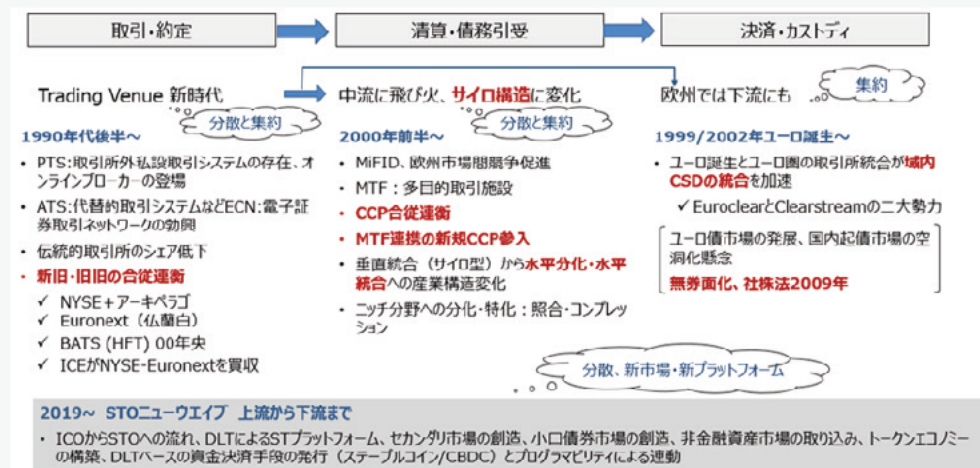
所を出自としてデリバティブ取引所として拡大した ICE（インターコンチネンタル取引所）に買収され、現在に至っている。この時期、欧州の証券取引所は合併統合やファンドによる買収工作などを経験しており、現在も LSE（ロンドン証券取引所）は Brixit の影響もあって各国証券取引所とグローバル連携を模索している。

ECN という技術革新だけでなく、規制当局の対応も大きく影響している。米国における NMS（全米市場システム）関連の規制改定や欧州の MiFID（金融商品市場指令）によって、顧客注文の保護に関する規制（トレードスルー・ルール、最良執行義務）の導入や取引所集中義務の撤廃がもたらされ、これが国境を超えた取引所競争と国内での市場競争を加速させ、ECN や MTF（Multilateral Trading Facility）の新規市場参入や国境を超えたグローバル展開を活発化させた（深見，2010、吉川，2005）。上述の NYSE のシェア低下、BATS など新興 ATS の隆盛、ダークプールの出現などは、こうした規制と関連している（清水，2009）<sup>15</sup>。そして取引所という上流での構造変化は、約定取引を清算する CCP（セントラル・カウンターパーティ）にも変化をもたらした。ECN など取引所における新興勢力の誕生は CCP にもグローバル規模での新規参入やグループ化・再編などを引き起こした。ガバナンス体制を理由とした清算業務の外部分離や、規模の経済による自然独占のマイナス面も規制設計とあわせて論点となった。

欧州ではユーロの誕生の影響が多岐に渡った。単一通貨が導入されたにも関わらず国ごとに CSD が存在する状況下でどのような再編がありうるのか、主要証券取引所とグローバルカस्टディアンとの利害関係も絡んで状況は複雑に展開した（吉川，2002・2003・2008）。また、こうした経緯を通じて、取引所・清算機関・集中保管振替機構が一国一通貨のなかで垂直サイロ構造をとる従来の構造に変化が生じていった。Box 図表はこうした流れを図示したものである。

分散型台帳技術の登場は CSD における技術革新であり、証券保管振替という最下流の証券産業基盤における技術革新が DEX によって最上流の取引インフラに逆流する展開となっている。これは、1990 年代末から始まる証券産業構造の変化が上流から中流（CCP）、下流へと及んでいったというパターンとは逆方向の展開となっている。こうした新しい構造変化のなかで、決済期間の短縮化によって証券 CCP の役割が変貌していく可能性がありうる。この点は次の 4 節で解説する。

Box 図表 世界の証券産業構造の変貌



(参考) BIS, Committee on Payment and Settlement Systems, Report of the Working Group on Post-trade Services, "Market structure developments in the clearing industry," September 2010 ← 上流の構造変化が中流に及んだ様子

出所) 筆者作成

## 4. 決済システムのコンセプト整理

### 4.1 システム設計上の主要なポイント

スイスの Project Helvetia の紹介で触れたように、デジタル証券取引所を推進する SIX/SDX はデジタル証券の取引即日決済を目指しており、カウンターパーティリスクを集中して引き受けてくれる CCP は不要との立場をとっている。一方で、米国の証券インフラ産業の巨人、DTCC (Depository Trust and Clearing Corporation) は、分散型台帳技術の 2 つの POC を進める中で SIX/SDX とは異なる見解を示している。米国の非上場証券は規模が大きい割にはインフラやオペレーションが近代化されておらず、その改善の可能性を検討するため DTCC は Project Whitney において分散型台帳技術を応用した新しいインフラの設計を検証している (DTCC, 2021b)。そこでは、即日決済ではなく T + 1 のグロス決済が想定されている。一方で、分散型台帳技術のメリットをフルに引き出したネイティブなセキュリティトークン (デジタル証券) のプラットフォーム技術検証を行った Project ION では、即日決済の T + 0 化を選択オプションに取り込んでいる (参加者が選択可能)。ただし、ネットイング効率性が悪化することの評価や、市場参加者のカウンターパーティリスク管理に及ぼす影響などの検討が必要としている。また、データフォーマットの標準化と共通のタクソノミーが必要となることについても指摘している (DTCC, 2021a)。このように DTCC は SIX/SDX と異なり、取引即日決済においても CCP の役割は引き続き重要であるという評価をしている。なお、ION のプラットフォームは 2022 年 8 月に実稼働しており、既存のインフラと並行して株式取引の一部を日平均 10 万件 (ピーク日 16 万件) 決済している (同月 22 日の DTCC プレスリリース)。ちなみに、Project ION は T+0 においてもグロス決済ではなくネット決済を採用している。

こうした決済制度の設計を考える際には、重要なコンセプトを整理してることが有益である。証券決済インフラのデザインにおいては、①リアルタイムか時点決済かの選択、②約定から決済までの期間 (未決済状態でカウンターパーティリスクに晒される期間) の選択、③ネット決済かグロス決済かの選択が検討ポイントに含まれる。これら 3 つのコンセプトは本来、全て分離可能で独立させて考えることができる。しかし、グロス決済であればリアルタイム決済であるとか、ネット決済であれば時点決済であるというように特定の設計要素の組み合わせが固定化されて認識される傾向があるため、以下でコンセプトの整理を行う。

まず、視点①である。RTGS はリアルタイムと名称に付いているが、これは約定日の同日決済 (視点②関連) を意味しているわけではなく、決済指示が到着して決済可能な状態になったら即時履行するという意味でのリアルタイムである。これに対し、時点決済では決済指示が到着しても所与の時点となるまで決済は行われぬ。リアルタイムと似ている Instant payment という概念は、視点②に沿ったものであり、決済までの時間が短いことを指す (同日決済であり数時間・数分・数秒以内の決済を前提としたものと考えられる)。なお、ネット決済であれば時点決済かという必ずしもそうではなく、例えば、ハイブリッド RTGS では決済指示がネットイングの条件を満たし次第、適宜ネット決済していく (二者間同時決済処理のケース、詳細は土屋 (2012a) の Box 記事を参照)。原理的には、時間を固定しないリアルタイムのネット決済という仕組みも考えることは可能である。また、思考実験であるが、時点ネット決済を 10 分おきに行えば、リアルタイム時点ネット

決済が可能であるし、ハイブリッド RTGS でネットリングの集約時間を 10 分間とるのであれば、ネットリングされる部分については 10 分ごとの時点ネット決済と機能的に無差別となる。今の証券決済システムにおいては 10 分おきのネット決済というニーズがおそらくは存在しないため考察の対象には上らないが、決済コストと決済指示など情報伝達・処理速度が大きく改善すれば、IoT 機器の発展と決済が連動する（IoT ビジネスに決済が embedded される）ことも考え得る。そうした世界では（そのようなサービスの必要性が本当にあるかどうかは別として）、リアルタイムや instant payment の時点ネット決済というコンセプトは成立しうる。

次に視点②であるが、決済期間の短縮は決済リスク削減の観点から語られることが多い。実際、2008 年のグローバル金融危機においては決済期間短縮など決済リスク削減のための長年の取り組みが奏功した（日本銀行，2009）。しかし、決済期間の短縮はオペレーショナルリスクの増加や市場流動性の低下というマイナス面も有している。T+0 の取引即日決済のもとでは手元に現物証券を保有していないとその売却が難しい。買付においては資金流動性に余裕がないと機動的な取引が難しくなる。決済日が先日付であるからこそ、決済期間がより短いレポ取引で現物を調達することや、資金流動性管理で対応することが可能になっている。一方で、こうしたデメリットには対応策が存在する。オペレーショナルリスクについては、STP 化の徹底で人間の関与を消滅させるという工夫が可能である。決済期間短縮化のための情報通信技術は、業務効率化やオペレーショナルリスク削減にも貢献する側面があり、両者トータルでの判断となる。市場流動性・資金流動性についても情報通信技術やビッグデータの活用により、より緻密で精度の高い管理や、市場流動性の改善（売買需要の発見や需給マッチング、現物保有者の洗い出し）という対応が考えられる。

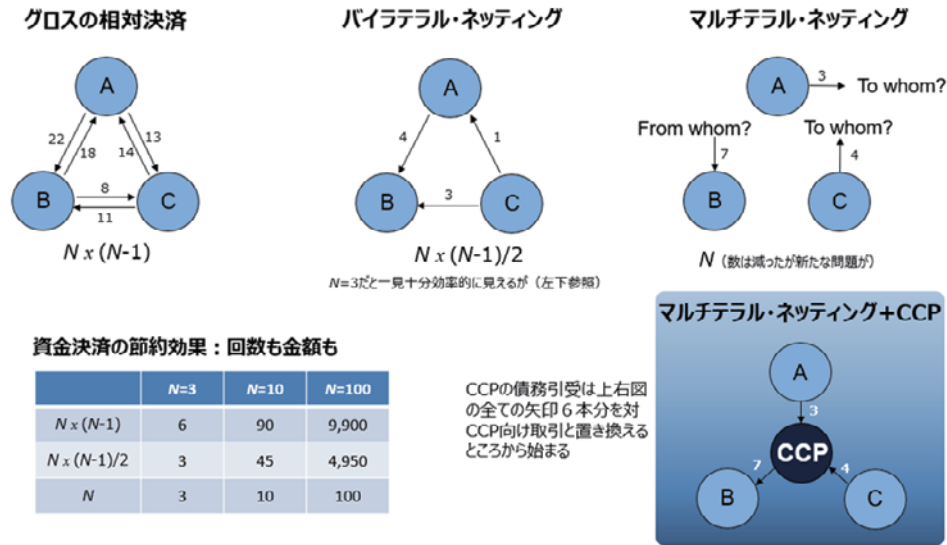
最後に視点③であるが、CCP を利用したとしてもネット決済とグロス決済のどちらも選択しうる。CCP によってカウンターパーティがオリジナルの取引から変換されることと決済制度の選択は独立事象である。決済タイミングの選択は資金や証券の流動性管理と関連してくるため、各市場の特徴や市場・決済インフラの参加者の特徴によって望ましい選択は異なってくる。なお、ネットリングを採用する場合、ネットリングのバリエーションがバイラテラルかマルチラテラルかで 2 種類あり、セントラル・カウンターパーティとしての清算機関を利用する場合は、必然的にマルチラテラル・ネットリングとなる（図表 7 を参照）。

最後に DvP 決済の制度設計について敷衍しておく。証券決済において DvP 決済を導入する場合、資金決済レグと証券決済レグがいずれもグロスで行われる DvP model 1 が想定されることが多い。しかし、資金はネット決済、証券はグロス決済という DvP model 2 や、両者ともにネット決済を採用する DvP model 3 も存在する<sup>16</sup>。Model 2 や model 3 においては、決済の履行を確実にし、決済システム参加者破綻時においても決済巻き戻しを回避するスキームが求められる（FMI 原則 3.4.9 ~ 13、3.7.3、各 model の解説は同原則の Appendix D を参照）。

16: ほふりクリアリング（ほふりの振替のうち取引所取引の清算に伴う振替以外のものを扱う清算機関）は、証券についてはグロスベースで、資金については参加者毎にネットリングしたうえで、DVP 決済を行う model 2 を採用している。詳細は、日本銀行（2011）の p.44 を参照。

図表7 2タイプのネットティングとCCP

クリアリングハウス(清算機関)の機能：集計・決済指示 + Central CounterParty



出所) 筆者作成

## 4.2 決済とネットワーク・トポロジー

安全・安定的で効率的な決済システムの設計や、カウンターパーティリスクの計測とリスク管理制度設計においては、市場取引や決済システム内の受払いの構造特性(以下ネットワーク・トポロジーと呼ぶ)が重要となる。その事例を簡単に紹介する。今久保・副島(2008a)はゼロ金利政策導入前後においてインターバンク取引構造がどのように変化したかを日銀ネットの決済データから分析し(図表8)、ネットワークの構造が資金決済デフォルト発生時の伝播経路に大きく影響することをシミュレーションによって示している<sup>17</sup>。いわゆるデジタルツインを用いたシミュレーションの一種である。

図表8 資金取引ネットワーク:1997年12月(左)と2005年12月(右)



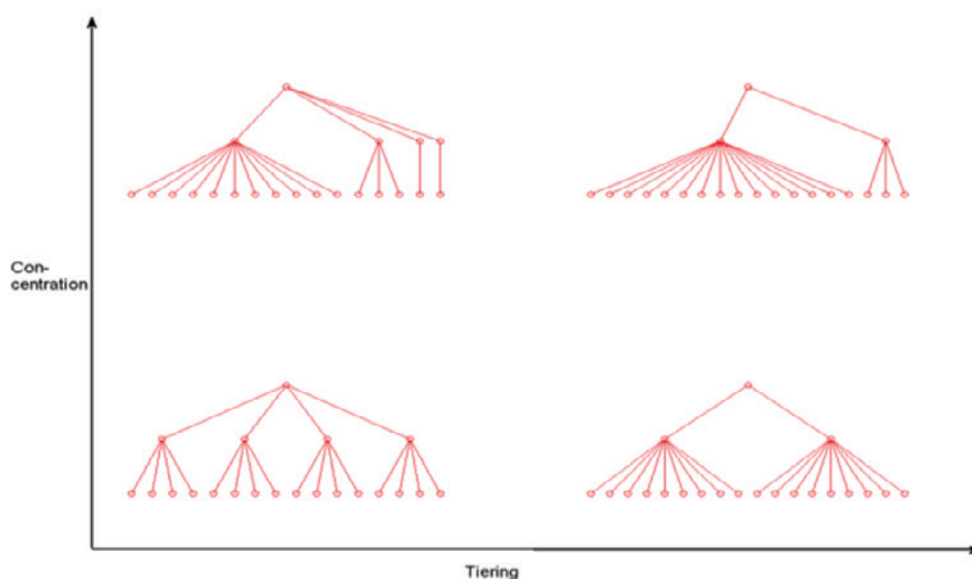
出所) 今久保・副島(2008)

17: 金融機関は当日の資金受け予定を前提に資金払いの資金繰りを行っている(受けを想定しないで払い資金を準備すると膨大な無駄が発生する)。特定の参加者が資金決済デフォルトを起こした場合、受ける予定の資金が入金されず、手元流動性次第では資金の払いが行えない事態になりかねない。日中の決済タイミングを含む受払いの複雑なネットワーク構造において、①誰がデフォルトを引き起こすか、②その影響を受ける金融機関は誰か(複数/多数存在する)、③その金融機関の手元流動性や他の相手方との受払いのスケジュールはどのようなもので、最初のショックがネットワーク全体をどのように伝播していくか(ショックは増幅されるのか、あるいは吸収されるのか)が大きく異なってくる。これは実際にシミュレーションしてみないと検証が困難である。デフォルトの前提や当日の条件の違い(他の参加者の受払いパターン)によって結果も異なってくるため、シミュレーションだけで一般性を持った特徴が捉えられるかどうかは不確実であるが、第一次接近としては最も有益なアプローチであると考えられる。なお、今久保・副島(2008b)は日中の時間帯ごとに資金の受払いのネットワーク形状が異なること、日英米を比較すると日中の決済進捗状況が大きく異なること、ネットワークのハブとなる参加者がデフォルト発生時の資金決済の遅延を吸収する機能を持つことを実証分析で指摘している。

Galbiati and Soramäki (2013) は、決済の階層構造のトポロジーが CCP のエクスポージャー管理に重要なことを示している。CCP は参加者間の取引に伴うカウンターパーティ・エクスポージャーをセントラル・カウンターパーティとして一手に引き受け、マージンや清算基金、資金流動性調達契約などで参加者破綻時のリスク対応を行う。このエクスポージャーが全参加者で均一だとしても、直接参加者、関節参加者から成る階層構造が異なると CCP が参加者に対して抱えるエクスポージャーが大きく異なりうる。Galbiati and Soramäki (2013) は、図表 9 に示したような仮想的な階層構造を想定し、各々のケースにおいて CCP のエクスポージャー総量を比較している。同図は縦軸にリスクの集中度を示しており、上 2 つのグラフは、下 2 つのグラフに比べて二階層目の参加者（CCP の直接参加者）に間接参加者の一部集中が生じていることを示している。横軸は直接参加者が少数か多数かという集中度の違いを示している（右列は直接参加者 2 社、左列は 4 社）。

本分析が行われた背景には、英国のホールセール資金清算機関 CHAPS が抱えるリスクがある（大口小口を区別せず扱う全銀システムと異なり、英国には小口専用の清算機関が別途存在し、決済金額や決済所要期間で使い分けられている）。CHAPS は英ポンド決済で 13 社という非常に少ない直接参加者のもと、グローバル大規模金融機関や国内小規模金融機関が数千という多数の間接参加者としてぶら下がる構造を有しており、参加者破綻時の対応にリスクを抱えていた（BoE, 2004）。対応が必要という問題意識はあったものの 2008 年のグローバル金融危機でこうしたリスクがより強く意識されるようになり、直接参加者の数を増やす（de-tiering）政策が積極的に推進され、本稿執筆時点では、直接参加者が 38 社まで増えている。Benos et al. (2018) は本問題を BoE がどのように分析し、改善策に取り組んできたかを紹介したうえで、de-tiering の段階的進展によりカウンターパーティリスク（日中信用リスクと流動性リスク）がどれほど改善してきたかを定量的に検証している。

図表9 様々な階層化構造



出所) Galbiati and Soramäki (2013)。最下層の間接参加者の数とエクスポージャーは 4 つのパターンにおいて同一。



上記の問題は、中央銀行預金へのアクセスポリシーと関連してくる。中銀マネーの提供範囲を金融機関のどの業種（決済システム含む）や非金融機関とするか、直接提供者の数を絞って階層構造をとるか、あるいはフラット化（de-tiering）するかは、国によって異なっている。Benos et al. (2018) によると、主要国の大規模決済システムで最も多くの口座を提供しているのは米国の Fedwire で 8 千近くに上り、その 9 割は直接参加者である（図表 10）。日銀ネットとスイスの SIC は間接参加がないため比較的口座数が多いと同論文では評価されている。その対極が CHAPS であり、少数の直接参加者が多くの間接参加者を抱えている。ユーロ圏の TARGET2 は直接参加者は 1 千と多いが、間接参加者も 7 千と多い。ホールセール CBDC の制度設計においては、CBDC をどのような用途に利用するか、決済リスクの管理をどのように行うかで、中央銀行マネーへのアクセスポリシー（誰に利用させるか）が様々に考えられる。

図表 10 主要国の大口決済システム (Large Value Payment Systems) の参加者数

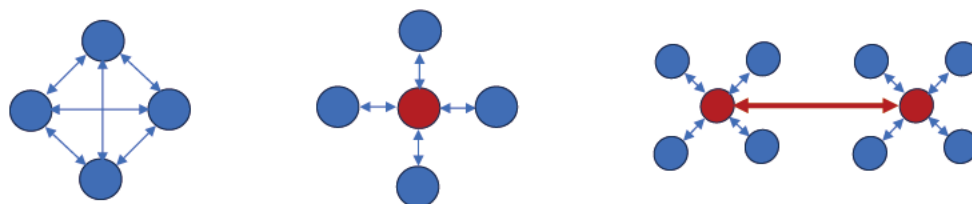
Country	System	Settlement type	Average daily payments (£ billions)	Average daily volume	First-tier banks (F)	Total participants (approx.) (N)	F/N
UK	CHAPS	Gross	299	149 008	24	5400	0.0044
US	CHIPS	Net	1075	438 095	49	8305	0.0059
EU	TARGET2	Gross	1614	351 548	1004	7031	0.0143
Canada	LVTS	Net	96	32 103	17	82	0.207
Australia	RITS	Gross	88	44 325	60	87	0.69
US	FEDWIRE	Gross	2387	566 667	6930	7866	0.88
Switzerland	SIC	Gross	116	1 749 206	350	350	1
Japan	BOJ-NET	Gross	782	67 063	536	536	1

The average daily values (in £ billions) and volumes in different LVPSs along with the numbers of first-tier banks and total participating institutions as well as the ratio of the two according to Committee on Payments and Market Infrastructures (2016) and payments systems' disclosures and annual reports. For TARGET2, the number of indirect participants does not include branches of indirect or direct participants. In 2017, the number of direct participants in CHAPS increased to twenty-six.

出所) Benos et al. (2018)

なお、ネットワーク・トポロジーは、コルレスバンキングの不効率性と、これを回避するための工夫（内為集中決済システムや外為コルレスバンキングの階層化）を理解するうえでも有用である。図表 11 の左図はコルレスバンキングのネットワークであり、全銀行が互いに決済用預金口座を持ち合う形状となっている。決済のために多くの資金流動性を分散して保有することになり、決済の効率性上、問題を抱えている。中央図は、CCP によるマルチラテラル・ネットティングと債務引受けを通じて、決済ネットワークがハブ&スポーク型に変換されることを示している。日本の内為替決済制度がこのモデルを採っている。右図は、外為コルレスバンキングにおいて国内外の大銀行が預金口座を持ち合い、国内銀行は自国通貨で決済しあう方式を模式図化している。これにより外貨決済のための流動性を各銀行が海外の銀行に持つという不効率性を回避している。次節でクロスボーダー決済の新しいスキームの模索事例を紹介するが、こうした原理を理解しておくことと各々のコンセプトの整理が容易となる。

図表11 決済のネットワークトポロジー



出所) 筆者作成

## 5. CBDCのクロスボーダー決済

クロスボーダー送金の課題が G20 などで焦点となり、各地の BIS Innovation Hub センターや中央銀行の間でクロスボーダー決済の新しいフレームワークを模索する複数のイニシアティブが並走している（図表 3 や杉江・鳩貝（2022）を参照）。本節では、制度設計が異なる 3 つの代表事例を紹介する。

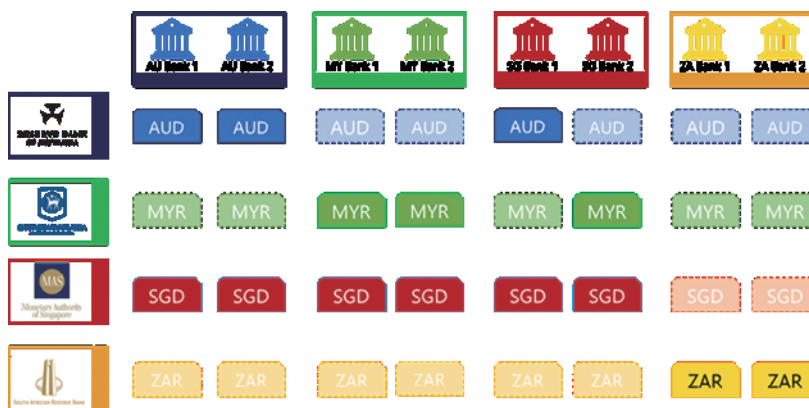
Project Dunbar は MAS が主導し、豪中銀、マレーシア中銀、南ア中銀が参加するクロスボーダー資金決済のインフラ開発 POC である。各中銀がホールセール CBDC を発行し、各国金融機関が各中銀にホールセール CBDC の口座を開設するスキームとなっている（図表 12）。各地の中央銀行が自国通貨の決済手段とインフラを提供するという観点ではシンプルなアプローチであるが、参加金融機関が資金流動性を通貨ごとに各地に保有する必要があるほか、海外の金融機関の審査やモニタリング、LLR を含む危機対策を行う必要があり、中央銀行にとっても負担が大きくなる。なお、現在の外為コルレスバンキングのもとでは、大銀行は相手国の民間銀行預金として流動性を持ち合っているため、上記スキームでは決済用の民間銀行預金がホールセール CBDC に置き換えられただけであり、原理的には必要な資金流動性が増えるわけではない（ただし現行制度との二元運用になった場合は増加する筋合いにある）。

Inthanon-LionRock は、HKMA とタイ中銀が自国の決済インフラを接続してクロスボーダー決済を実現するプロジェクトとして開始したものであるが、その後、中国と UAE の中央銀行が参加し、m-Bridge プロジェクトとして展開されている。中央集中インフラを新たに設置し、そこに各中銀が自国通貨の CBDC を発行し、各国の参加銀行が多通貨 CBDC 口座を保有して、これを用いて集中的に決済するスキームである（図表 13）。中央集中決済インフラを新設する点が Project Dunbar と異なっているが、資金流動性の効率性と金融機関モニタリング、危機対応という点では Project Dunbar と同じ課題を抱えている。

リテールを念頭に置いた CBDC クロスボーダー決済のフレームワークとして、スウェーデン中銀（Riks Bank）が中心となりイスラエル中銀、ノルウェー中銀との共同プロジェクトとして推進している Project Icebreaker がある（Bank of Israel・NORGES BANK・Sveriges Riksbank, 2023、図表 14）。これは、米ドルから円、円から米ドルという異なる方向での海外送金 2 ペアをネットアウトすることで国内為替に変換するというアイデアに基づくものである（図表 15）。小口送金においては英国の決済事業者 Wise（元 Transfer Wise）が既に実現している。ただし、大規模化すると送金の組み換え作業を担っている決済事業者自身の

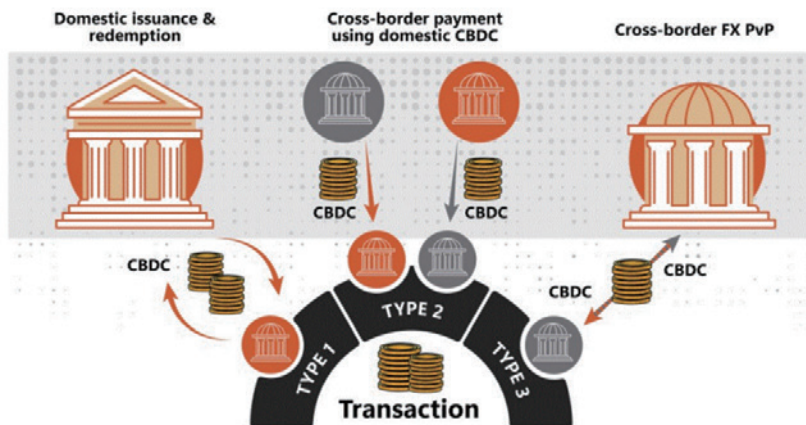
信用リスクにどう対応するかが課題となるほか、資金の流れに偏りが生じると大規模なリバランス需要が伴うため、より安全な中央銀行マネー（CBDC）で実現しようというものである。Project Icebreaker においては、仲介事業は複数の民間企業が担い、手数料や利便性で競争するという二階層モデルが想定されている。なお、このスキームは江戸時代の両替商が江戸・大阪間の異なる通貨間での送金システムとして実現しており、本「所報」の前号第4号で鎮目（2023）が解説している。

図表12 Project Dunbarのスキーム



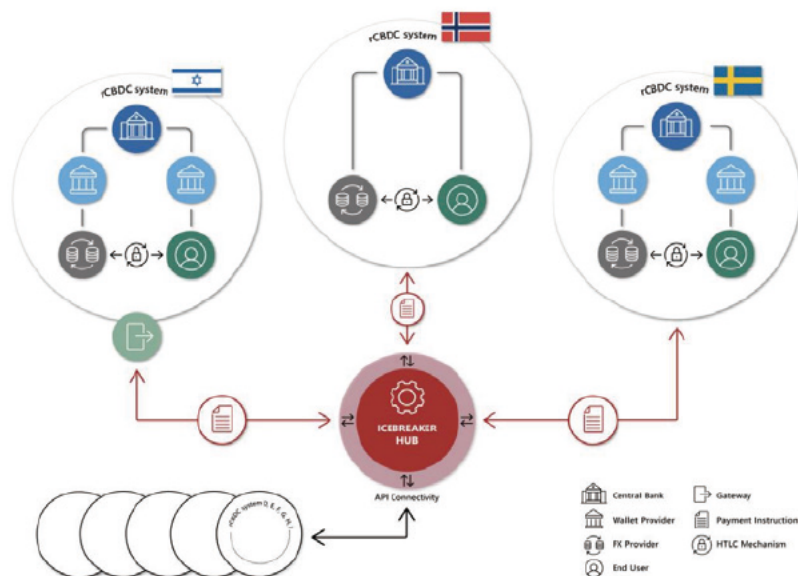
出所) Reserve Bank of Australia, Bank Negara Malaysia, Monetary Authority of Singapore and South African Reserve Bank (2022)

図表13 m-Bridgeのスキーム



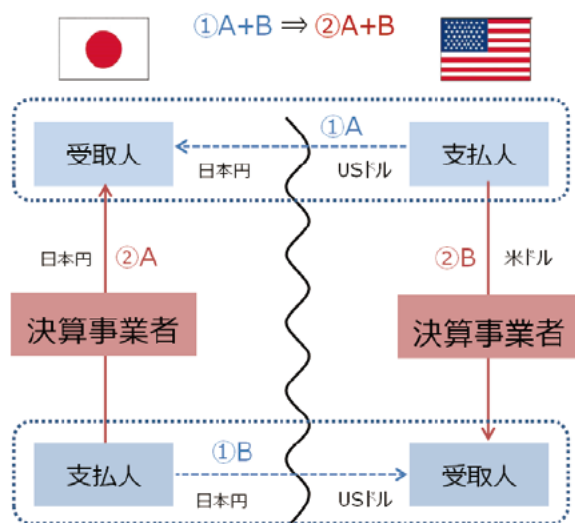
出所) Hong Kong Monetary Authority, Bank of Thailand, the Digital Currency Institute of the People's Bank of China and the Central Bank of the United Arab Emirates (2022)

図表14 Project Icebreakerのスキーム



出所) Bank of Israel, NORGES BANK and Sveriges Riksbank (2023)

図表15 海外送金需要の国内為替組み換えスキーム



出所) 筆者作成

### Box BIS Innovation Hub

本稿で紹介した様々な中央銀行の取り組みにおいて BIS Innovation Hub が重要な役回りを果たしている。BIS のカルステンス総支配人が就任した際、BIS 中期経営計画「Innovation BIS 2025」の目玉施策として 2019 年に打ち出したものであり、各地の中央銀行と BIS が共同で各地に BIS Innovation Hub センターを共同で設立している。小規模ではあるものの BIS の組織であり国際機関として位置づけられている。

BIS Innovation Hub は以下の3つの目的を有している。①中銀業務に影響するテクノロジー発展を追い、得られた洞察を中央銀行間でシェアする、②金融システムの改善に役立つ公共財を開発する（プロジェクト推進拠点の設置）、③中銀間のネットワークの場であり、イベントや情報技術交換の場を提供する、というものである。このうち二番目の目的に沿って各地にセンターが設置され、現在6つのセンターが立ち上がっている。CBDC 以外にも、SupTech/RegTech、Green finance、Next generation FMI、Cyber security、Open finance など中央銀行の関心が共通しているテーマを掲げて、種々の共同プロジェクトが実施されている。センターを有していない中央銀行がプロジェクトに参画するケースも少なくない。本稿に登場する各種のプロジェクトは BIS の Website に詳細な解説レポートが掲載されている。

## 6. おわりに

本稿では、世界各地の中央銀行が、情報・通信技術革新というサプライサイドのイノベーションと、デジタル化社会における新しい金融サービスへの需要に対峙し、これらにどのように適応していくか試行錯誤を重ねている状況を解説した。中央銀行が提供する金融サービスは金融産業の基盤インフラの重要な一部となっており、その高度化や進化、生産性の向上は、金融産業、ひいては経済活動全般の活性化に繋がっていく。時代に合わせた、あるいは時代を先取りした基盤インフラの改革は中央銀行にとって重要な経営課題である。この意味で、本稿で紹介したような中央銀行の金融システム未来像の模索は、中央銀行のデジタルトランスフォーメーションの試みであるといえよう。

金融システムの未来像を考えると、歴史からの学びは有益である。現在の金融システムやインフラがどのような経緯で形成されてきたかを時代のニーズや時々の情報通信技術を前提に理解すること、マネーの機能は普遍的であり、これをどう実装するかその技術が時代によって異なっているに過ぎないことについて、本稿でも多少紙幅を割いて触れてきた。この分野は膨大な歴史研究があるほか、時代ごとに制度設計が考えられた際の検討資料にあたることは時間を要するが、考え方を明確に整理し、決済の原理を理解してシステムデザインを考察することに役立つ。

最後に、今後の金融システムや決済システムの発展の方向性を考えるうえで参考になると思われる中央銀行関係者の講演を引用する。黒田（2021）は、日本最大の FinTech イベントである FIN/SUM での講演において、情報システムと金融システムの融合という未来像に触れた。決済や金融サービスを単体で考えると付加価値の創造が困難な場合が少なくない。日本で電子マネー事業に参入する事業者がエコシステムプレーヤーであることに鑑みても、決済サービスだけでその提供コストを上回る付加価値を生み出すのは容易でないことがわかる。また、金融サービスを一般サービスの中に埋め込むことによって新しい利便性や価値を創造しようという Embedded finance の潮流が生じていることや、金融サービスに限らず現代のあらゆるサービスが情報システムの基盤の上に成立していることから、情報システムと金融システムの融合が今後の金融システムや金融サービスの発展方向を考える

際のキーコンセプトとなろう。現在の金融産業において、ビッグデータ・オルタナティブデータの活用や AI 技術の活用が活発に検討されていることも、こうした方向性を示唆している。

BIS 総支配人のカルステンスは 2023 年 11 月の講演「The future monetary system: from vision to reality」で、金融包摂やクロスボーダー取引の課題、金融サービスの質やコストの課題を取り上げ、その責任の多くが「金融システムが別々にサイロ化され、既存のシステムやプロセスを微調整することで断片的に進化してきたこと」に起因しているという指摘を行った。カルステンスは、量子物理学のクオラムリープを譬えに、非連続的な変化がこうした課題の克服方法であるとしている。安定稼働している現在の金融インフラとは別に新たな器の構築を目指すことは社会的な移行コストやリスクも伴う。既存の金融インフラは社会基盤として高い可用性をもって稼働し続けることが求められており、そして、別のインフラを既存のものと同様に並存させるコストは小さくはない。しかし、生物にせよ社会システムにせよ、進化の過程では様々なアイデアや実装が試され、これらが既存のものと同様に競争しあうことにより、より優れたシステムに変化していく。こうした模索や挑戦の過程は、苦しくもあり徒労に終わるリスクも大きいですが、創造の楽しさにも満ち溢れている。新しいビジネスモデルや産業を生み出し、社会を変えていった者たちの伝記がしばしばそうであるように、金融システムの未来像を探る中央銀行の挑戦はフロンティアスピリッツに満ち溢れている。

### 参考文献

- Bank of Canada & Monetary Authority of Singapore. (2019). Enabling Cross-Border High Value Transfer Using Distributed Ledger Technologies. Bank of Canada, Monetary Authority of Singapore.
- Bank of England. (2021). Bank of England Omnibus Accounts – Access Policy.
- . (2023). Self-assessment of the Bank of England’s Real-Time Gross Settlement and CHAPS services against the Principles for Financial Market Infrastructures.
- Bank of Israel, NORGES BANK & Sveriges Riksbank. (2023). Project Icebreaker: Breaking new paths in cross-border retail CBDC payments. BIS Innovation Hub.
- Banque de France, Monetary Authority of Singapore & Swiss National Bank. (2023). Project Mariana: Cross-border exchange of wholesale CBDCs using automated market-makers. BIS Innovation Hub.
- Bank for International Settlement, SIX Group & Swiss National Bank. (2020). Project Helvetia: settling tokenised assets in central bank money. BIS Innovation Hub.
- . (2022). Project Helvetia Phase II: Settling tokenised assets in wholesale CBDC. BIS Innovation Hub.
- Benos, Evangelos, Gerardo Ferrara & Pedro Gurrola-Perez. (2018). The impact of de-tiering in the United Kingdom’s large-value payment system. *Journal of Financial Market Infrastructures*, 6(2/3), (First published in 2012).
- BIS Innovation Hub & Monetary Authority of Singapore. (2022). Project Ellipse: an integrated regulatory data and analytics platform. BIS Innovation Hub.
- Carstens, Agustín. (2023, November 23). The future monetary system: from vision to reality. Keynote speech at the CBDC & Future Monetary System Seminar. Seoul, Korea.

- Committee on Payment and Settlement Systems & Technical Committee of the International Organization of Securities Commissions. (2012). Principles for financial market infrastructures. Bank of International Settlement.
- Deutsche Börse & Bundesbank. (2020). How Can Collateral Management Benefit from DLT? Project BLOCKBASTER. Bundesbank.
- DTCC. (2021a). At the Intersection of Risk Management and Transformation. DTCC Press release.
- . (2021b). Digital securities management bringing private markets infrastructure into the 21st century. DTCC Industry Update.
- European Central Bank, DeNederlandscheBank & Bundesbank. (2023). Project Atlas: Mapping the world of decentralised finance. BIS Innovation Hub.
- Fnality International. (2023, December 14). Fnality commences initial phase of Sterling payment operations in a world-first for both wholesale finance and digital asset markets. Press release.
- Fnality International. (2023). Seamless exchange of value for banks and businesses in future financial markets. A web document titled An Introduction to Fnality. Access date 2023 December 29.
- Galbiati, Marco & Kimmo Soramäki. (2013). Central counterparties and the topology of clearing networks. Bank of England. Working Paper 480.
- Hong Kong Monetary Authority, Bank of Thailand, the Digital Currency Institute of the People's Bank of China & the Central Bank of the United Arab Emirates. (2022). Project mBridge: Connecting economies through CBDC. BIS Innovation Hub.
- Monetary Authority of Singapore. (2017). Project Ubin: SGD on Distributed Ledger. ————. (2022). Project Guardian.
- Payments Canada, Bank of Canada & R3. (2017). Project Jasper: A Canadian Experiment with Distributed Ledger Technology for Domestic Interbank Payments Settlement. Bank of Canada.
- Reserve Bank of Austria, Bank Negara Malaysia, Monetary Authority of Singapore & South Africa Reserve Bank. (2022). Project Dumber: International Settlements using multi-CBDCs. BIS Innovation Hub.
- 今久保圭・副島豊 (2008a) 「コール市場の資金取引ネットワーク」『金融研究』, 27(別2), 日本銀行金融研究所 (引用図表のオリジナルは 日本銀行ワーキングペーパーシリーズ, 08-J-16) .
- (2008b) 「コール市場のマイクロストラクチャー：日銀ネットの決済データにみる日中資金フローの連鎖パターン」 金融研究, 27(別2), 日本銀行金融研究所.
- SBIホールディングス (2023) 「SBIグループ、UBS、及びDBSは世界初のパブリックブロックチェーン上でのデジタル債券のクロスボーダー・レポ取引を実行～シンガポール金融庁(MAS)主導のプロジェクトガーディアンの一環として行われた本取引によりクロスボーダーでの効率的な資本市場商品の流通と決済に向けた土台を構築～」ニュースリリース, 2023年11月15日.
- 黒田東彦 (2021) 「情報システムと金融システムの融合、アズ・ア・サービスの先にあるもの (FIN/SUM2021における挨)」日本銀行, 2021年3月16日.
- 近藤真史 (2021) 「米国証券市場における市場間競争を巡る緒課題」JPXワーキングペーパー, 36, 日本取引所グループ.
- 齊藤達哉 (2024) 「トークン化がもたらす金融システムの未来と軌跡」SBI金融経済研究所所報, 5.
- 鹿野嘉昭 (2023) 『日本近代銀行制度の成立史：両替商から為替会社、国立銀行設立まで』東洋経済新報社.
- 鎮目雅人 (2023) 「幕末維新时期日本の貨幣制度と貨幣使用の変遷」SBI金融経済研究所所報, 4.

- 清水葉子 (2009) 「レギュレーション NMS 後のニューヨーク証券取引所の地位について」 証研レポート, 1655, 日本証券経済研究所.
- ジョセフ・ノセラ (1997) 『アメリカ金融革命の群像』 野村総合研究所 野村総合研究所出版.
- 杉江次郎・鳩貝淳一郎 (2022) 「分断型台帳技術を活用した決済の改善の取り組み：各国のホールセール型 CBDC の実証実験を中心に」 日銀レビュー, 2022-J-16.
- 全国銀行協会連合会・社団法人東京銀行協会 (1974) 『為替決済制度の変遷』 太平社.
- 高木久史 (2016) 『通貨の日本史：無文銀銭、富本銭から電子マネーまで』 中公新書, 2389, 中央公論新社.
- (2018) 『撰銭とビター文の戦国史』 平凡社.
- 田中修一・副島豊 (2020) 「分散型台帳技術による証券バリューチェーン構築の試み：セキュリティトークンを巡る主要国の動向」 日本銀行調査論文.
- 土屋幸貴 (2012a) 「金融機関間の資金決済のための流動性について：次世代 RTGS プロジェクト第 2 期対応実施後の変化を中心に」 日本銀行調査論文.
- (2012b) 「次世代 RTGS 第 2 期対応実施後の決済動向」 日銀レビュー, 2012-J-11.
- 中島真志 (2009) 「単一ユーロ決済圏 (SEPA) の形成に関する一考察」 Reitaku International Journal of Economic Studies, 17(2).
- 日本銀行 (1982) 『日本銀行百年史、第 1 巻 (1882 年～1896 年：日本銀行創立から金本位制の導入前まで)』.
- (2009) 「決済システムレポート 2009：国際金融危機への対応と新たな取り組み」.
- 日本銀行・欧州中央銀行 (2017) 「Project Stella 日本銀行・欧州中央銀行による分散型台帳技術に関する共同調査—分散型台帳技術による資金決済システムの流動性節約機能の実現—」 日本銀行.
- 日本銀行決済機構局 (2020) 「決済の未来フォーラム：中銀デジタル通貨と決済システムの将来像」.
- 深見泰孝 (2010) 「我が国の PTS の現状と課題について」 証研レポート, 1660, 日本証券経済研究所.
- 松本貞夫 (2010) 「内国為替決済制度の歩み」 明治大学法律論叢, 82(4/5).
- 吉川真裕 (2002) 「ドイツ取引所によるクリアストリームの買収合意」 証研レポート, 1604, 日本証券経済研究所.
- (2003) 「欧州委員会による株式決済市場改革」 証研レポート, 1618, 日本証券経済研究所.
- (2005) 「レギュレーション NMS の決着：SEC による全米市場システム改革」 証研レポート, 1629, 日本証券経済研究所.
- (2008) 「取引所とクリアリング機関」 証研レポート, 1648, 日本証券経済研究所.