

SBI金融経済研究所 所報

vol. 5
2024.3

SBI Research Review

次世代・デジタル金融の社会デザインを考える

SBI金融経済研究所は、先端テクノロジーを活用した次世代・デジタル金融およびその市場のあり方を検討し、戦略的な提言を発信してまいります。提言を通じて、日本社会全体のより良い発展に貢献することを目指します。

巻頭言

政井 貴子 | SBI金融経済研究所 理事長

解題

副島 豊 | SBI金融経済研究所 研究主幹

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

トークン化がもたらす金融システムの未来と軌跡

齊藤 達哉 | Progmatic, Inc. 代表取締役 Founder and CEO

人工市場：金融市場のコンピュータ・シミュレーション

水田 孝信 | スパークス・アセット・マネジメント株式会社 上席研究員

オルタナティブデータとしての不動産登記ビッグデータ

一人と不動産の動きを多角的に捉える新技術—

木村 幹夫 | 株式会社トーラス 代表取締役

巻末対談／FinTechムーブメントの10年を振り返る

瀧 俊雄 | 株式会社マネーフォワード グループ執行役員 Chief of Public Affairs 兼

Fintech 研究所長

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

 *Financial and Economic Research Institute*

CONTENTS

巻頭言 02

政井 貴子 | SBI金融経済研究所 理事長

解題 04

副島 豊 | SBI 金融経済研究所 研究主幹

金融システムの未来像を探る中央銀行の挑戦 11

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

トークン化がもたらす金融システムの未来と軌跡 35

齊藤 達哉 | Progmatic, Inc. 代表取締役 Founder and CEO

人工市場：金融市場のコンピュータ・シミュレーション 54

水田 孝信 | スパークス・アセット・マネジメント株式会社 上席研究員

オルタナティブデータとしての不動産登記ビッグデータ
一人と不動産の動きを多角的に捉える新技術— 67

木村 幹夫 | 株式会社トールス 代表取締役

巻末対談／ FinTech ムーブメントの 10 年を振り返る 81

瀧 俊雄 | 株式会社マネーフォワードグループ執行役員 Chief of Public Affairs 兼 Fintech 研究所長
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

巻頭言

政井 貴子 | SBI 金融経済研究所 理事長



政井 貴子

SBI 金融経済研究所 理事長
1965 年生まれ。トロント・ドミニオン銀行、クレディ・アグリコル銀行、新生銀行などにて金融市場関連業務を推進し、2013 年新生銀行初の女性執行役員に就任、2016 年日本銀行審議委員に任命される。2021 年より現職。

新しいデジタル金融市場を創る取り組みが世界中で展開されている。その制度設計に関する議論を深める際には、外国為替市場の変遷を振り返り整理することも有益かと思う。外国為替市場は他の金融市場よりも規制が比較的緩やかな中で、インターネットの普及や金融工学の発展といった技術の進歩によってほぼ内生的に変化してきたからだ。これまでの変遷を俯瞰し、取引形態や市場参加者の変化を理解することで、将来のデジタル金融市場の展望についてなんらかの洞察を得ることができるのではないかと考えている。

筆者は、長年にわたり外国為替のインターバンク市場に携わってきた。振り返ってみると、1990 年ごろまでの市場構造は現在と比べると非常にシンプルで、江戸時代の堂島米市場とあまり変わらない構図だった。当時の市場構造は、インターバンク市場に流動性を供給する銀行同士の直接取引か、ブローカーが銀行との取引を仲立ちするものであった。顧客はその市場の外側に位置し、取引はインターバンク市場に繋がっている銀行との間で行われていた。また、少なくとも当時の東京市場では、銀行間の取引に「紳士協定」のようなものが残っており、価格操作や出し抜き行為を防ぐための自主的な申し合わせもあったように記憶している。またニューヨーク市場では、シカゴマーカンタイルエクステンジ（CME グループ）の通貨先物市場と現物のスポット市場との結びつきもあり、先物市場との裁定取引も行われていたが、東京市場には通貨先物市場が無かったため、江戸時代の堂島米市場よりも素朴なものであったかもしれない。

そうした素朴な市場も、電子ブローキングなどのデジタル技術の出現により、徐々に変化していく。1990 年代後半から 21 世紀初頭にかけて、銀行が単独または複数の銀行によるコンソーシアム形式で取引システムを顧客に提供し始め、顧客はこれらのシステムを通じて取引にアクセスできるようになった。さらに、プライムブローカーと呼ばれる資金管理手法が確立されると、高頻度取引のニーズがあったヘッジファンドなどに取引システムへのアクセスが提供され、彼らのインターバンク市場への匿名での直接参加が可能になっていった。その後、いったんは特定の銀行による取引の集中も生じたが、近年では銀行以外の金融機関、例えば運用会社が流動性の供給側と需要側両方の性格を持つなど、以前のようなインターバンク市場と場外との境界が更に不明瞭になりつつあり、市場構造が大きく変化し複雑化している。この結果、上位行への取引集中傾向から、再び分散化に転じている。

こうした市場構造の変化が進むにつれ、自主的な申し合わせのような「紳士協定」的な慣習は薄れ、明示化されたルールや契約に基づくより透明性の高い市場慣行が確立されていったと記憶している。

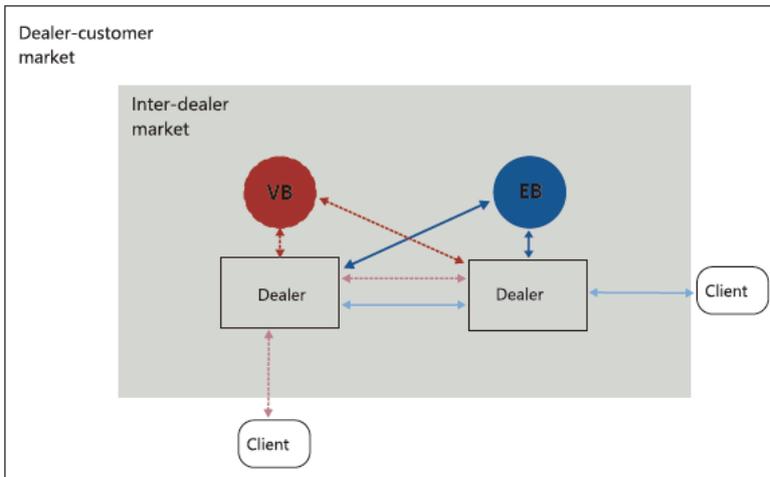
一方で、この間全く変化していない要素もある。2 営業日の決済が基準であるという点だ。例えば、決済期間が短縮されると決済リスクやカウンターパーティリス

ク削減には有効だが、決済対象となる資金の確保時間も短縮されるため市場取引への制約になりかねない。もし、CBDCやブロックチェーン技術などが決済慣行を変える影響を与えるとすれば、外国為替市場の構造はどのように変わっていくだろうか。

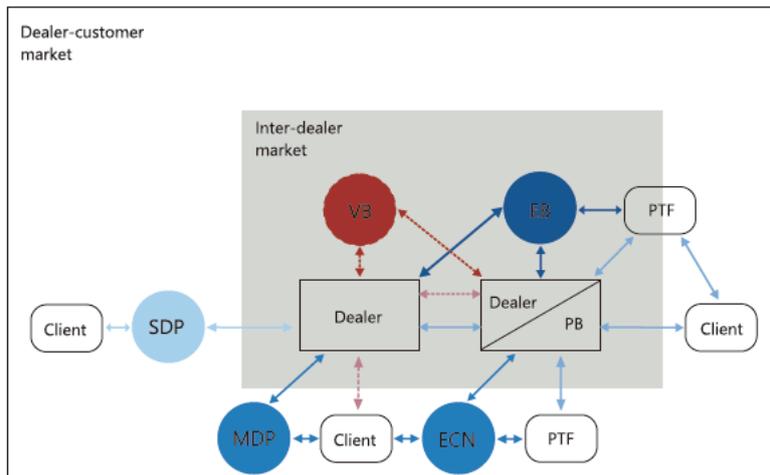
ここでは、筆者にとって関わりが深かった外国為替市場の変遷を事例に取り上げたが、市場発展の歴史的展開を振り返り、環境変化に伴う新たな問いに対する考察を行うことで、デジタル金融市場の育成に対する示唆を得ることができるのではないかと考えている。

図表 外国為替市場の変遷

1) 1990年代前半から半ば



2) 最近 10 年間



EB = electronic broker; MDP = multi-dealer platform; ECN = electronic communication network; PB = prime broker; PTF = principal trading firm; SDP = single-dealer platform; VB = voice broker.

出所) Chaboud, A., Rime, D., & Sushko, V. (2023). The Foreign Exchange Market. Bank of International settlements. <https://www.bis.org/publ/work1094.htm>

解題

副島 豊 | SBI 金融経済研究所 研究主幹

『市場を創る』というマクミラン教授の書籍がある。市場はいかにして生まれ、社会経済を豊かにしてきたかを経済学の視点から解説した名著である。市場の制度やメカニズムには自然発生した要素もあれば、意図をもって設計され改善を重ねてきた要素もある。近年では応用ミクロ経済学の一分野であるメカニズムデザインが様々な社会制度設計において注目されるようになり、オークション理論とあわせて市場の設計にも積極的に活用されている。

本号は、金融市場や金融システム、通貨システム、決済システムがどのように形成されてきたか、そして今、新たに作られようとしているかに焦点を当てた4つの論文を掲載している。金融ビジネスの現場では、金融制度やインフラ、市場構造を所与のものとして捉え、そうした金融の常識のもとでビジネス戦略や業務改善を考えがちである。しかし、歴史を振り返ると、金融市場、金融商品、金融システム、通貨システム、これらを支えるインフラ（法・情報技術・会計・慣習・文化）は、時代とともに変遷しており、安定期や転換期を繰り返し迎えている。

社会のデジタル化の加速が、金融サービスや金融産業構造にも新たな変化をもたらしつつある。前号掲載の鎮目論文が解説しているように、江戸期に形成された分権型の通貨システムにおいては個別商品のサプライチェーンが発展するなかで、単位すら異なる様々な通貨が発行されていた。そして明治初期には、近代国家建設の大きなうねりの中で中央集権的に統合されるという転換期を迎えた。金融機関や取引・決済機関、中央銀行等によって構成される現在の金融システムは、大きく捉えればその延長線上に発展してきたといえよう。

しかし、エコシステムプレーヤーなど非金融機関の金融参入が相次ぎ、情報通信技術革新によって新たな金融サービスや金融インフラの創造が活発化しており、再び大きな変革の時期が訪れようとしている。本稿掲載の論文は、そうした変革の時代の最先端動向を知り、金融の未来を考える手がかりとなるものを提供している。

副島論文「金融システムの未来像を探る中央銀行の挑戦」

日本でのCBDCを巡る議論はリテール決済が中心となっている。一方、主要先進国ではホールセールCBDCの可能性に大きな注目が集まっている。特に、民間金融機関やIT企業は、分散型台帳技術を活用した新しい金融システムと大きなシナジー効果を持つホールセールCBDCの登場に期待を寄せている。その議論の中核にあるのは、証券決済とクロスボーダー資金決済における新しい中央銀行マネーの設計や機能検討であり、取引市場と決済システムの一体設計という新しい金融システムのデザイン方法であり、複数のブロックチェーンインフラがクロスチェーン

技術によって連動もしくは統合的に機能する新しい仕組みの検討である。

欧米において1990年代末に始まった証券インフラの産業構造変化では、起点となったのはECN/ATSといった取引所における新プレーヤーの参入であった。これが清算機関、中央保管振替機関（CSD）の産業構造変化に国境を越えて飛び火していった。一方、近年の新しい動きは分散型台帳技術、すなわちマネーや証券の台帳管理技術がイノベーションの起点になり、DeFiという取引市場の新技术の応用や清算機関の役割の再検討など、下流から上流に逆流する展開となっている。ホールセールCBDCや伝統的な中央銀行マネーの新しい用途も、こうした文脈のなかで検討されている。

しかし、日本においては一部の実務家・専門家の間を除き、こうした世界の新潮流は殆ど知られていない。副島論文は、世界の中央銀行が分散型台帳技術の発展をどのように受け止め、次世代の金融システム像を探る挑戦を続けているか、その時間展開を追いながら全体展望を試みている。また、民間金融機関やIT企業のコンソーシアムにおいても、伝統的な中央銀行マネーの競争相手になるような決済サービスの創出が試みられており、これはハイエクが通貨発行自由化論で論じたような通貨間の競争（同じ通貨単位内での競争）という視点でとらえられると指摘している。通貨を発行するのは国家だけではない。預金や電子マネー、ステーブルコインのように民間企業もマネーを発行する。どのような用途のマネーを誰が発行したほうがよいのかは難しい問いであり、かつ通貨価値の安定や金融システムの効率性・安定性と関係する経済社会インフラ設計上の重要な問いである。

こうした問いを考える材料として、同論文は、決済システムの制度設計における重要な要素の解説も試みている。例えば、決済期間の選択やネット決済・グロス決済の選択、リアルタイム決済と時点決済の選択などであり、これらが様々に組み合わせ可能な独立した要素であることを強調している。また、階層構造ほかネットワーク・トポロジーを巡る考察が、決済システムの効率性の面でもリスクマネジメントの面でも重要であることを先行研究を引きながら解説している。クロスボーダー資金決済のインフラ設計においても、こうしたトポロジーの理解が鍵になる点を指摘しつつ、世界各地で複数の中央銀行が検証実験を進めているCBDCのクロスボーダー決済活用事例を紹介している。

論文では、決済システム・マネーシステムの創造を巡る挑戦を紹介しつつも、マネーの3大機能と同様に、これらのシステム設計の本質は中世や近世から変わっておらず、それゆえ、自国の決済・通貨制度の歴史を学び、他国の制度に学ぶことは、金融システムの未来像を考えるうえで非常に有益であることも紹介されている。

齊藤論文「トークン化がもたらす金融システムの未来と軌跡」

セキュリティトークン、いわゆるデジタル証券の実用化とプラットフォーム展開において、日本が世界のトップグループに位置していることはもっと広く知られてしかるべきである。そのドライビングフォースとなっているのが、官民によるセキュリティトークン法制度の整備と、不動産セキュリティトークンを中心とした発行実績の拡大、Progmaticをはじめとするプラットフォーム群の発展、およびセカンドリー市場創造に向けた大阪デジタルエクスチェンジの開設である。

齊藤論文は、Progmatic Inc. の代表取締役であり、三菱 UFJ 信託銀行内のプロジェクトであった時代から中核的推進者であった齊藤達哉氏の手による解説論文である。Progmatic が目指す金融システムの未来像が最新の企画・開発状況に基づいて解説されており、トークナイゼーションの一般概念や法規制と IT システムという両インフラの解説もなされている。トークン化ビジネスについて現場感をもち、その広い関連領域を展望する際のベスト・オブ・ベスト論文であるといえよう。

論文では、まず、日本においてトークン化ビジネスがどのように法制化されているのかを、セキュリティトークン、ステーブルコイン、暗号資産、ユーティリティトークンを対比することで解説している。次に、セキュリティトークンやステーブルコインはトークンが証券や預金といった実在資産に対する何らかの権利を表象しているものであり、RWA (Real World Asset) トークンの一類型であると整理している。そのうえで、①実在資産 RWA とプラットフォーム基盤上のトークンをどのような法的構成で結びつけるか、および、②同基盤上のトークンの所有移転が RWA に対する権利の移転と整合的になるような法的構成の作り立て方が重要になることを指摘している。そして、信託法に基づく受益証券発行信託がこれを満たす有効な手段であり、Progmatic は同スキームを活用したものであることが紹介されている。

有価証券の券面発行、振替制度、セキュリティトークンという3つの証券システムにおいて、各々証券台帳管理や決済がどのような制度・インフラにおいて実現されているかという解説は、トークン化ビジネスの実務を学ぶものにとって非常に有益である。同様に既存の電子マネーとステーブルコインの比較理解も各々の法律構成やマネーとしての機能に踏み込んで解説がなされており、情報や思考の整理に大変有益である。

本論文の白眉となるのは、伝統的な有価証券や銀行預金でなく敢えてセキュリティトークンやステーブルコインを活用することのメリットは何であるか、将来の発展可能性をどのような点に見出しているかの解説であろう。中央集権的ガバナンス構造を持つ金融インフラにおいて、なぜ従来型のデータベース技術ではなく分散型台帳技術を採用する必要があるのかという問いは、以前よりワイプロ問題 (Why blockchain? 問題) と呼ばれてきた。ユースケースを考え続けてきた筆者ならではの視点や未来戦略が、Why ST?/Why SC? という問い立てへの回答として提示されている。

こうした理解を踏まえたうえで、セキュリティトークンとステーブルコインを Progmatic という共通基盤の上で活用していくことのレバレッジ効果が、近未来の金融システムのグランドデザインとして展望されており、今後の発展方向が論文中で示されている。加えて、Progmatic を MUFJ からスピノフさせ、多くの金融機関やアライアンスパートナーが近未来の金融システムを共創していく基盤とすることを目指した経緯が述べられている。競争領域はもちろん存在するが、共創と競争を適切に線引きすることが新しい金融インフラ発展の鍵となることを訴えている。

論文の最後では、市場成長の初期の段階において不動産 ST が発行の中心となっている点が紹介されている。特定受益証券発行信託において申告分離課税の適用や特定口座利用が可能であること、また、REIT のようなポートフォリオ型でなく、マンションやホテル、商業ビルといった判りやすい特定の不動産単位で投資できることが投資家の需要を引き付けていることが指摘されている。足元の課題となるの

は、成長を牽引している不動産 ST が今後の市場環境の変化のなかにおいても順調に拡大を続けていくことや、そのための魅力ある商品の連続的提供と投資家層の育成であろう。同時に、他の実物資産にトークン化市場が拡大していく仕掛け作りや、ST と SC が共通基盤の上で活用可能な点を具体的にどう活かしていくかが市場拡大の課題となろう。

水田論文「人工市場：金融市場のコンピュータ・シミュレーション」

マーケット・マイクロストラクチャーという研究分野がある。取引所取引や相対取引の市場制度を設計する際には、膨大な決まり事の策定が必要となる。例えば、売買のマッチング手法や価格決定の仕組み、取引相手方となる仲介ディーラーの有無（オーダー駆動型かディーラーによるクオート駆動型か）、価格や取引単位の刻み幅、ザラ場の連続オークションか板寄せのコールオークションか、サーキットブレーカーの設計と運用、取引情報の開示や配信法、オーダーフロー情報の管理、システムの情報処理速度、手数料ほか取引コスト、市場流動性と取引コストの関係、市場参加者の数や規模の偏り、直接・間接参加者の構成や参加資格・企業属性など、主要な案件だけでも多数に上る。こうした制度設計の作り込みや相違が、市場参加者の行動や価格決定・価格変動、市場流動性、効率的な価格発見など各種の市場機能にどのような影響を及ぼすかを研究する分野がマーケット・マイクロストラクチャー研究である。

より良い市場取引制度の模索は簡単ではない。既存の制度下で得られたデータしか利用できないため、制度変更がどのような影響を及ぼすのか、意図通りに良い変化を引き起こすのかは事前には不明なことが多い。理論的に支持されていたとしても本当にその通りになるのか、定量的にどれほどのものとなるかは不確実である。マーケティングの A/B テストやランダム化比較試験のように、既存のものとは異なる制度や環境、商品を実際に適用してみることで情報を得ることも考えられるが、こうしたテスト的な手法が応用しにくいケースもある。まれに自然実験（意図せざる環境変化によって観察結果が得られ、これを実験結果であるかのように利用する手法）が偶然の産物として得られることもあるが、計画性や再現性がない。

こうした市場設計の困難さを克服する手法として、コンピュータープログラムの中に人工的な市場を作り、市場制度を変化させることで制度設計の影響を検証する手法が考えられている。水田論文は、金融市場のコンピュータ・シミュレーションとして人工市場を活用した研究をサーベイしたものであり、様々な研究事例や分析動機を例に取り上げて解説している。具体的には、バブルや金融危機の発生メカニズムや市場リタンの非正規性、呼び値の刻み幅がボラティリティに及ぼす影響、サーキットブレーカーの効果、注文付け合わせルールと価格変動、アルゴリズム取引の市場への影響、人工知能が意図せざる相場操縦を行ってしまう危険性、マクロ経済モデルへの適用などである。

論文では、まず、伝統的な経済学やファイナンス理論が金融市場や金融システムの複雑な挙動を上手く扱えないことの原因が考察されている。特に、市場の暴騰暴落のメカニズムの表現や、一部門のショックが様々な伝播経路で増幅され金融システム危機に拡大していくメカニズムの表現などが不得手である理由を指摘している。すなわち、複雑なものを理解するためのシンプル化という近似アプローチの限

界である。また、平時においてこうしたアプローチが機能したことが伝統的モデルへの過信をもたらした点についても厳しく批判している。

経済学で利用される理論モデルは、分析視点（世界の捉え方）の見通しをよくし、均衡解の算出などモデルを数理的に扱いやすくするために、単純化を行っている。例えば登場する経済主体の数を減らし（家計や企業、政府）、行動原理をシンプルにし（効用最大化や利益・企業価値最大化）、経済主体の同質性を仮定する（代表的家計による近似）。また、ファイナンス理論、特に工学系ファイナンスにおいては、価格やボラティリティの動きによくフィットする確率過程モデルを見つけ出し、将来の価格変動もこれに従うと仮定する。これらの過程では、経済主体の異質性や限界合理性、取引や債権債務のネットワーク構造、市場制度やインフラが果たしている具体的な役割など、モデル上で扱いにくいものが捨象される。マーケット・マイクロストラクチャー分析を理論モデルで扱おうとすると、多くの外生環境を与件とした部分均衡モデルにならざるを得ない。そこでは、市場参加者間の相互作用のような一般均衡かつ動学的な観点は無視せざるを得ない。

筆者は、こうした限界を乗り越える有効な手法として、エージェント・ベースド・モデルを推奨している。分析したい市場の特徴を模した人工市場において多数のエージェントが売買を行うシミュレーション環境を用意し、価格変動や取引量、市場流動性等に影響する要因を実験的に検証していく手法である。個々のエージェントは単純な行動原理で動いているにもかかわらず、複雑系システムとしての金融市場の複雑な挙動を産み出すことができ、それゆえ、伝統的な経済学やファイナンス理論の限界を克服できるものと位置付けている。

そのうえで、分析の目的によって3つのタイプのエージェント・ベースド・モデルを使い分けることが重要であると指摘している。①生じている現象の背後にあるメカニズムを解明する、②実データにフィットする緻密なモデルで定量的な予測に役立てる、③両目的をともに狙うという3タイプである。論文の最後では、人工市場分析は研究者の参入が少なく、特に経済学やファイナンス理論の研究者からの注目度が低いこと（むしろ、他分野の研究者がエージェント・ベースド・モデルの利点を積極的に活用していること）を指摘し、今後の研究発展が期待されることを訴えている。ちなみに、解題筆者もエージェント・ベースド・シミュレーションで研究を行ったことがあるが、近年の生成 AI 技術の発展によりエージェントの振舞いのモデル化において広大な新領域が誕生しており、適用領域の拡大と分析の高度化が期待できる点に注目している。

木村論文「オルタナティブデータとしての不動産登記ビッグデータ」

より良い市場を創るためには、財の性質や価格に関する情報が広く利用可能となっていることが重要である。ミクロ経済学の一分野である情報の経済学で必ず言及されるのが、中古車市場いわゆるレモン市場の問題である。中古車は品質に関する情報が売り手と買い手の間で非対称である（売り手は中古車の品質をよく知っているが買い手は情報不足）。このため効率的な市場が形成されにくい。具体的には、売り手が質に応じた適正価格で売れなくなり、安くて品質の悪い中古車（レモン：皮が厚く切ってみないと品質が判らない）ばかりが流通することが指摘されている。

木村論文は、不動産登記情報が不動産という巨大市場の透明性や情報流通において、極めて重要な役割を果たしていること、さらには、その効率的で高度な活用が経済の活性化に重要であることを指摘し、具体的な活用事例を自社サービスとして提供されている実データで解説している。その応用事例を図表で眺めるだけでも極めて面白く、様々な活用事例が頭に浮かぶなど、筆者の主張を裏付けるものとなっている。

例えば、あるエリア内での所有権移転売買の動きをみると、その地域での不動産市場の活発さや相場観、大手デベロッパーによる大規模開発の予兆発見、不動産タイプや価格帯別の需要分析、将来価格予測や投資リターンの評価などが可能になると指摘している。図表ではJR 渋谷駅東側エリアでの売買発生ポイントと推定売買金額が示されている。タワーマンションの不動産登記情報からは外国人の所有状況を調べることができ、積み上げアプローチによる国際的な不動産投資資金の流れもマクロ・ミクロの両面で捕捉可能になるとしている。また、国内富裕層ビジネスに有益な情報も一括して効率的に入手することができるとしている。例えば、シンガポール在住の国内不動産保有者上位リスト（法人／個人別や国籍も氏名情報から推測可能）を作成し、そのうちの一人がニセコ領域に複数の物件を所有していることを事例として示している。

こうした不動産登記情報の活用においては、新技術との組み合わせが重要となる点が指摘されている。GIS（Geographic Information System、地理情報システム）技術によって物件の位置、特性、価値などを地図上に表示することで、地域ごとの不動産市場の動向や価格変動を直感的に把握することができる。そうした例が多く、図表で示されている。また、GPS との連携により、不動産登記情報の利用シーンも拡大していることを紹介している。例えば、金融機関の法人・個人の営業担当者は、街中で目にした物件についてその場でスマートフォンにより登記情報をSNS 画面を通じて瞬時に取得することが可能となった。登記所に出向く必要がないように、地域ごとに分断された登記所の情報を横断的に活用できる点も魅力的である。物件や所有者に関連した情報（他の所有物件や抵当権者）は国内に広く分散していることに鑑みても、デジタル化の恩恵は大きい。

不動産登記情報を他のデータと掛け合わせることで利用価値が加速度的に高まる点も指摘している。企業信用調査会社と連携することで信用情報中に企業所有の不動産物件を含めることができる。当該不動産の各種情報が入手可能であるため、企業財務の健全性や担保価値、抵当権設定状況を含む信用度の評価が可能となる。ビジネス提案を行う場合の解像度を上げることもつながろう。

論文タイトルにあるとおり、不動産登記情報はビッグデータでありオルタナティブデータである。これをデジタルデータベース化することにより、人と不動産の動きを多角的に捉える新技術として提供することが可能になっている。論文中ではその一部事例が紹介されたにすぎず、ビジネス動機をもったユーザーが活用することにより、不動産市場の活性化や効率化、ひいては社会経済の発展のための貴重なインフラになる潜在力を秘めている。

そうした可能性を十分に引き出すためにも、筆者は不動産登記情報のオープン性を維持することの重要性を最後に指摘している。個人情報保護法が目指す「個人の権利や利益の保護」とのバランスにかかわる論点である。登記情報には個人情報が含まれるという前提のもとで、どのように個人の権利や利益を保護するかという議論はすでに官民で展開されてきた。こうした議論を踏まえず、かつ、不動産登記情

報が公共財として社会経済活動を支えている事実に対する目配りが足りないままで、個人情報保護の観点のみから利用規制をかけようという議論が一部にあることに対し、筆者は強い懸念を示している。不動産登記情報やその社会的価値に関する深い理解を前提としたうえで、個人情報保護と情報活用にかかる利点とリスクを高い洞察力をもって議論していく必要がある。これはデジタル社会のビジネスや社会インフラの制度設計に共通した課題となっている。

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¹。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
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られる（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、日本銀行の支店数・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）²。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³、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⁴。

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⁵。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

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⁶。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)⁷。

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、

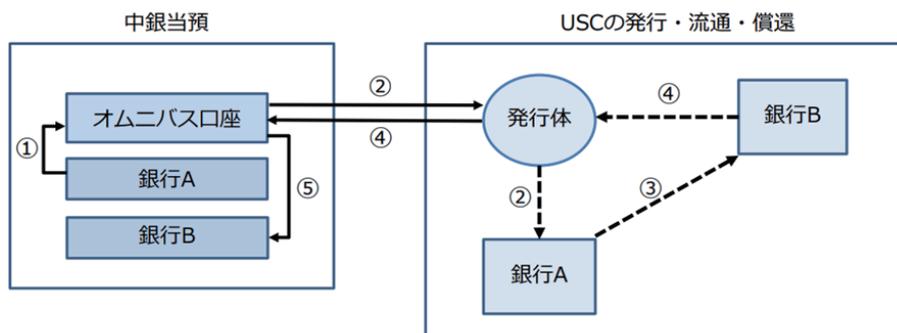
7: オムニバス預金口座とは、口座保有者の口座の中に他の経済主体の預金を混ぜて(co-mingled)置いておくことが可能な口座である。一種の間接参加形態であり、口座保有者以外が中央銀行マネーにアクセスし、支払いや価値保蔵に利用できる仕組みであるが、BoEは中央銀行マネーにアクセスする資格がある金融機関の間で決済を円滑にするためのものとして制度設計している。つまり、オムニバス口座の利用者は資格による限定がなされている(資格要件はBoE(2021)を参照)。BoE(2021)は、オムニバス口座の提供は、中央銀行マネーの利用により参加者が抱える信用リスクを抑制し、日中流動性管理の柔軟性を高め、中央銀行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⁸。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⁹。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¹⁰、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、シニョレッジの濫奪、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)、これらを担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

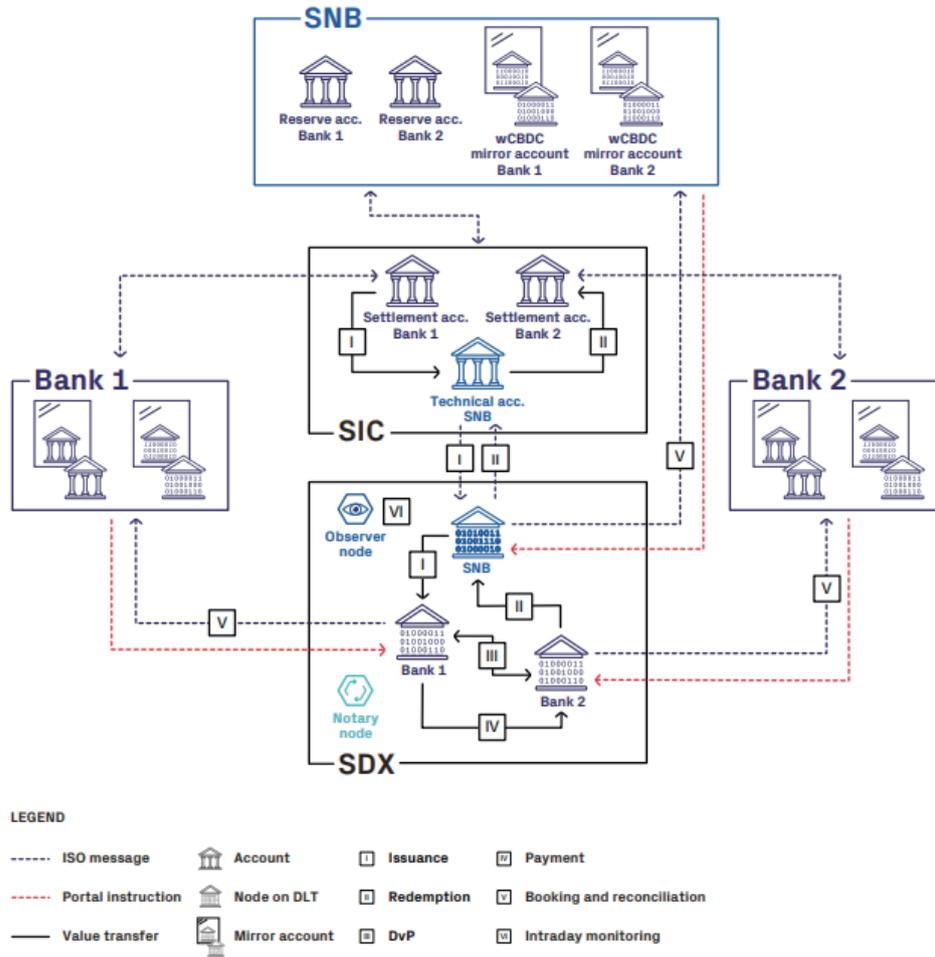
分散型台帳技術の資金決済システムへの応用として始まった中央銀行の模索は、証券決済システムや多通貨決済システムに展開していった。日欧、カナダ、シンガポールの前出の 3 プロジェクトは、その継続シリーズにおいて、集中保管振替機構 (Central Security Depository) が提供する証券台帳機能と資金決済システムとを連動させる DvP (Delivery versus Payment) 機能の実装 POC を行っている。同様に、2 通貨の資金決済システムを 2 つの分散型台帳上に建て、それらの間で PvP (Payment versus Payment) での資金決済を行う検証も行っている。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)¹¹ 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¹²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¹³。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¹⁴。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

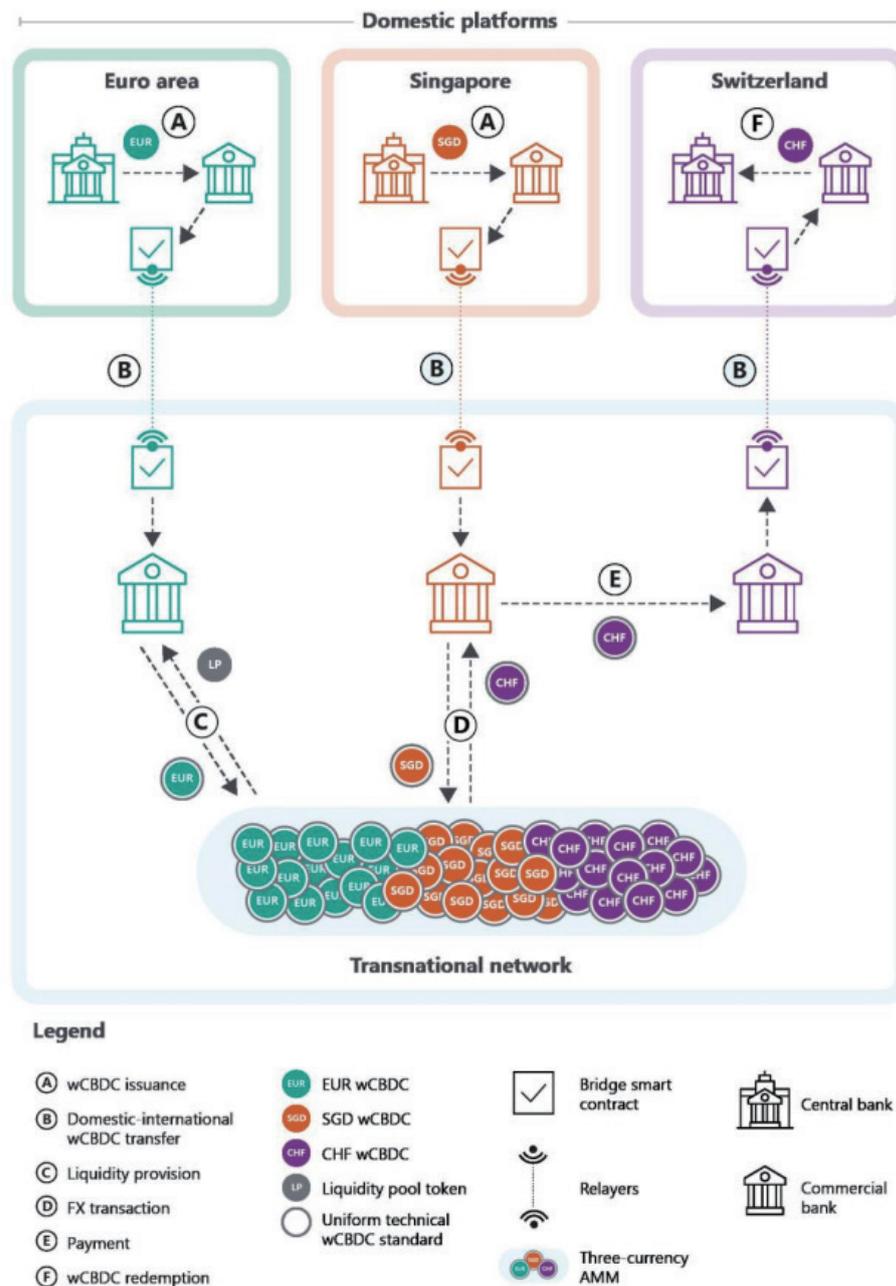
インターバンク外為取引の究極の STP 化ということができよう。ホールセール CBDC という中央銀行マネーを、直接市場で取引し、決済してしまうという発想である。現時点では POC に過ぎないが、ホールセール CBDC の発展次第では、こうした市場インフラと決済インフラの一体設計が今後の金融インフラ設計の潮流になっていく可能性もある。

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が解決しう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さほど大きくない）
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

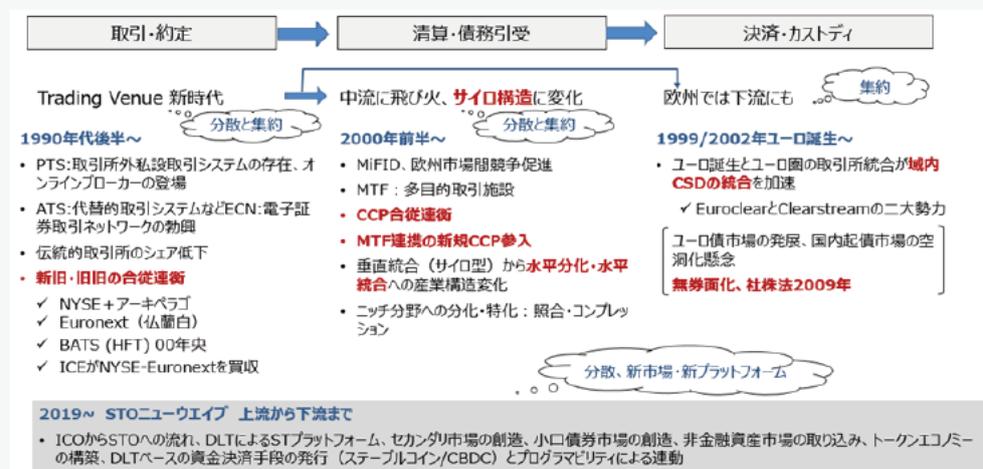
所を出自としてデリバティブ取引所として拡大した ICE（インターコンチネンタル取引所）に買収され、現在に至っている。この時期、欧州の証券取引所は合併統合やファンドによる買収工作などを経験しており、現在も LSE（ロンドン証券取引所）は Brixit の影響もあって各国証券取引所とグローバル連携を模索している。

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）¹⁵。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スト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

15: 近藤 (2021) は、米国証券市場におけるその後の市場間競争の展開について優れたサーベイを提供している。

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）。

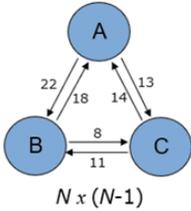
最後に DvP 決済の制度設計について敷衍しておく。証券決済において DvP 決済を導入する場合、資金決済レグと証券決済レグがいずれもグロスで行われる DvP model 1 が想定されることが多い。しかし、資金はネット決済、証券はグロス決済という DvP model 2 や、両者ともにネット決済を採用する DvP model 3 も存在する¹⁶。Model 2 や model 3 においては、決済の履行を確実にし、決済システム参加者破綻時においても決済巻き戻しを回避するスキームが求められる（FMI 原則 3.4.9 ~ 13、3.7.3、各 model の解説は同原則の Appendix D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

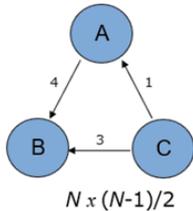
図表7 2タイプのネットティングとCCP

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

グロスの相対決済

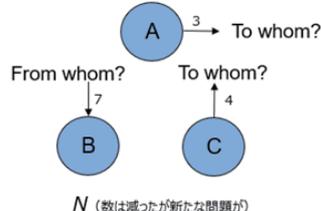


バイラテラル・ネットティング



N=3だと一見十分効率的に見えるが(左下参照)

マルチテラル・ネットティング

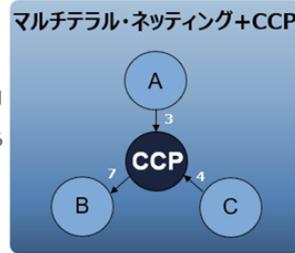


N (数は減ったが新たな問題が)

資金決済の節約効果：回数も金額も

	N=3	N=10	N=100
$N \times (N-1)$	6	90	9,900
$N \times (N-1)/2$	3	45	4,950
N	3	10	100

CCPの債務引受は上右図の全ての矢印6本分を対CCP向け取引と置き換えるところから始まる



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¹⁷。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)



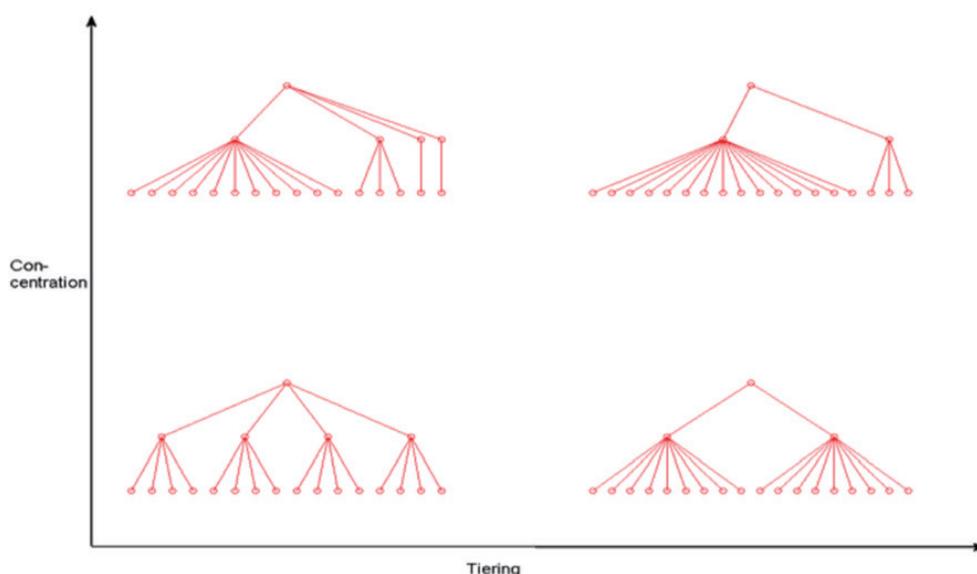
出所) 今久保・副島(2008)

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定であるが、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

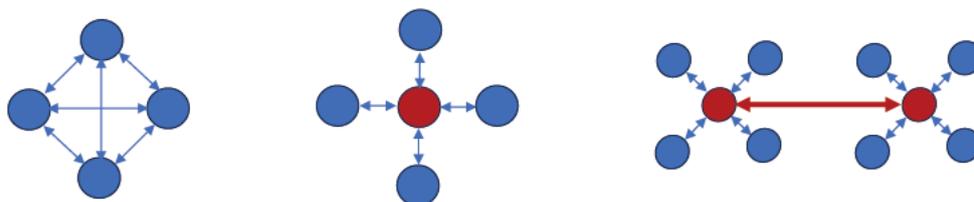
Country	System	Settlement type	Average daily payments (£ billions)	Average daily volume	First-tier banks (F)	Total participants (approx.) (N)	F/N
UK	CHAPS	Gross	299	149 008	24	5400	0.0044
US	CHIPS	Net	1075	438 095	49	8305	0.0059
EU	TARGET2	Gross	1614	351 548	1004	7031	0.0143
Canada	LVTS	Net	96	32 103	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。

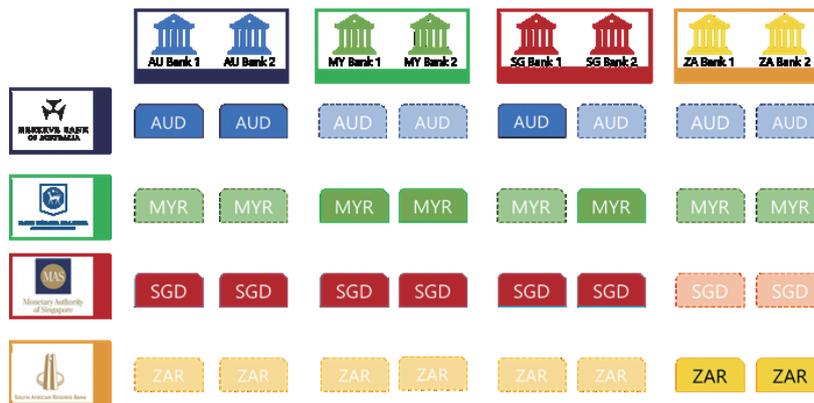
Project Dunbar は MAS が主導し、豪中銀、マレーシア中銀、南ア中銀が参加するクロスボーダー資金決済のインフラ開発 POC である。各中銀がホールセール CBDC を発行し、各国金融機関が各中銀にホールセール CBDC の口座を開設するスキームとなっている（図表 12）。各地の中央銀行が自国通貨の決済手段とインフラを提供するという観点ではシンプルなアプローチであるが、参加金融機関が資金流動性を通貨ごとに各地に保有する必要があるほか、海外の金融機関の審査やモニタリング、LLR を含む危機対策を行う必要があり、中央銀行にとっても負担が大きくなる。なお、現在の外為コルレスバンキングのもとでは、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

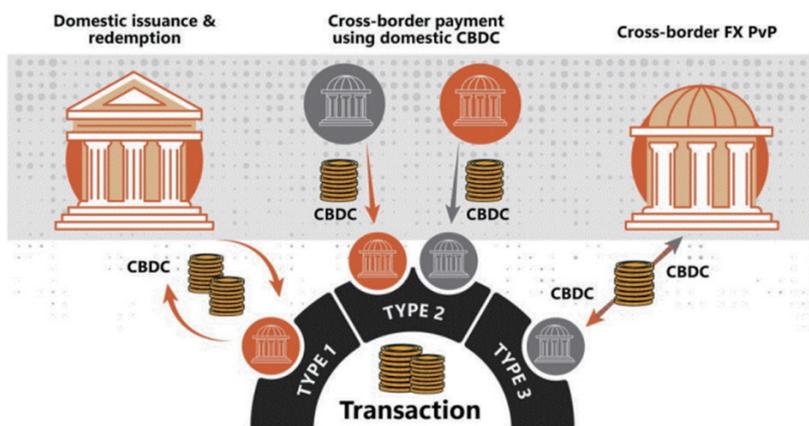
信用リスクにどう対応するかが課題となるほか、資金の流れに偏りが生じると大規模なリバランス需要が伴うため、より安全な中央銀行マネー（CBDC）で実現しようというものである。Project Icebreaker においては、仲介事業は複数の民間企業が担い、手数料や利便性で競争するという二階層モデルが想定されている。なお、このスキームは江戸時代の両替商が江戸・大阪間の異なる通貨間での送金システムとして実現しており、本「所報」の前号第4号で鎮目（2023）が解説している。

図表12 Project Dunbarのスキーム



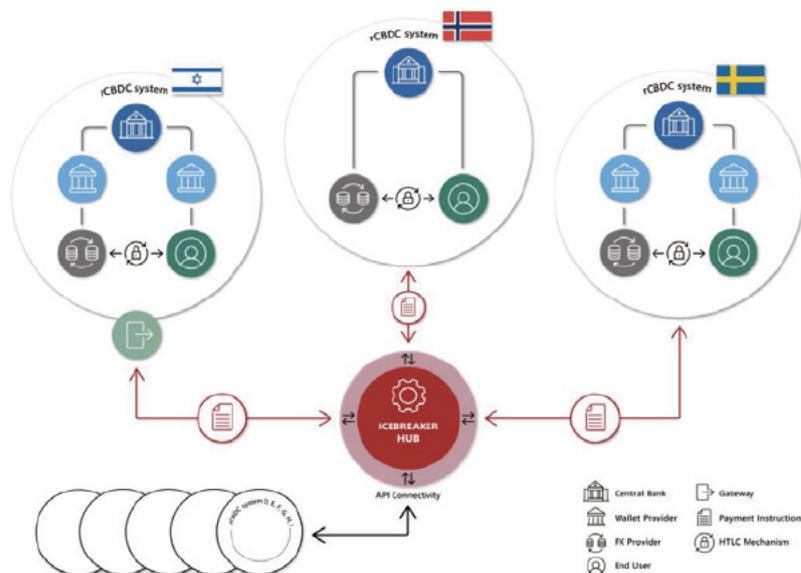
出所) Reserve Bank of Australia, Bank Negara Malaysia, Monetary Authority of Singapore and South African Reserve Bank (2022)

図表13 m-Bridgeのスキーム



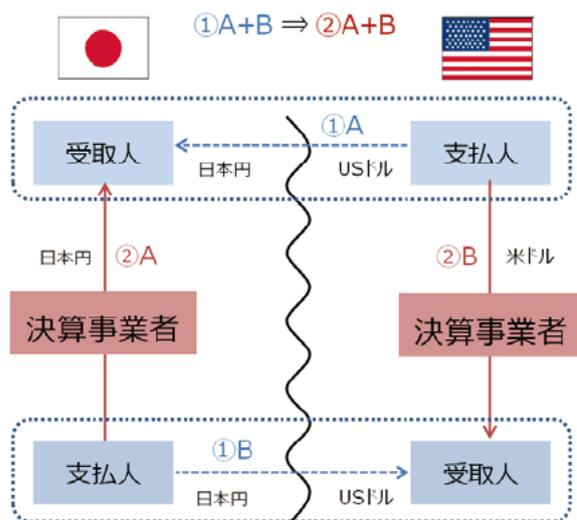
出所) Hong Kong Monetary Authority, Bank of Thailand, the Digital Currency Institute of the People's Bank of China and the Central Bank of the United Arab Emirates (2022)

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ブを譬えに、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.
- Finality International. (2023, December 14). Finality commences initial phase of Sterling payment operations in a world-first for both wholesale finance and digital asset markets. Press release.
- Finality International. (2023). Seamless exchange of value for banks and businesses in future financial markets. A web document titled An Introduction to Finality. 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.

トークン化がもたらす 金融システムの未来と軌跡

齊藤 達哉 | Progmat, Inc. 代表取締役 Founder and CEO

要旨

日本におけるトークン化ビジネスの現状と展望に関して、重要な点は以下のとおりである。

- 主要なトークンに対する規制整備は一通り完了している。
- ST (Security Token) や SC (Stable Coin) を含む RWA (Real World Asset、実在資産) トークンの発展には、実在資産側における法的根拠の整備とスキーム開発、実務の定着が不可欠である。
- ST と SC がもたらす金融システムの未来像について、各トークンの優位性のみならず、現状変更にかかる負荷を踏まえた現実的な浸透可能性を見極める必要がある。
- 日本が世界に先駆けて金融システムの未来像を実現するために鍵となるのが、「競争」と「共創」の最適な線引きであり、その具現化方法の一つが「ナショナルインフラ」提供会社としての Progmat, Inc. の独立会社化である。
- 不動産 ST を中心に 2023 年 3 月時点で運用残高は 2,349 億円を超える規模まで成長しており、今後は不動産以外への拡張や、SC や ST/SC 以外の RWA トークンに対する官民連携での私法上の整理と実務定着が期待される。



齊藤 達哉

Progmat, Inc. 代表取締役
Founder and CEO

2010 年、三菱 UFJ 信託銀行に入社。「シリアルイントレプレナー（連続社内起業家）」として各種新規事業を立ち上げる。2022 年、複数の金融機関等の出資による、デジタルアセット基盤事業の独立会社化を発表し、2023 年 10 月創業より代表就任。特許登録 8 件。

1. トークン化における日本の相対的な立ち位置

近時、「トークン化ビジネスの領域で、日本は世界の中でも相対的にチャンスが大きい」という意見をよく目にする。2022 年冬以降、判例法主義の米国では規制当局からの訴訟リスクが暗号資産関連ビジネスにおいて顕在化している¹。他方、成文法主義の日本では、着実に関連法整備が進められてきたことで、予見可能性が高いという日本市場のメリットに注目が集まっている。

日本法上、トークンという用語自体が明確に定義されているわけではないが、日本における関連法上の用語を結びつけると以下の 3 つの要素を満たすものが「トークン」といえる。

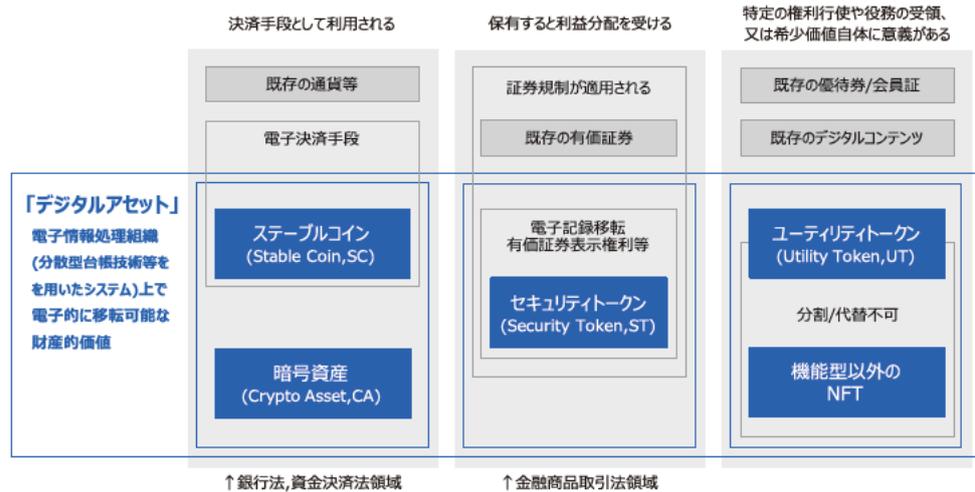
- ① 電子情報処理組織（分散型台帳技術等を用いたシステム）上で
- ② 電子的に移転可能な
- ③ 財産的価値

一口にトークンといっても、その性質は様々に異なっている。日本における「トークン」の法整備は、その性質に応じて、既存の近しい概念にあてはめて規制を設計するアプローチを採用していると理解される。大別すると、以下のような性質で分類することができる。

1: 例えば、中山靖司「米国における暗号資産規制の動向」(SBI 金融経済研究所「所報」第 4 号、2023 年 8 月) を参照。

- ① (主に) 決済手段として想定されているもの
- ② 保有すると利益分配を受けるもの
- ③ 上記以外：代表的なものとして、特定の権利行使や役務の受領、又は希少価値自体に意義があるもの

図表1 「トークン」の定義



出所) 筆者作成

①に属する「トークン」は「暗号資産 (Crypto Asset)」又は「電子決済手段 (Stable Coin, 以下 SC)」、②に属する「トークン」は「電子記録移転有価証券表示権利等 (Security Token, 以下 ST)」と定義され、①は資金決済に関する法律 (以下、資金決済法) 又は銀行法、②は金融商品取引法の改定を通じて規制が明確化された。以下本稿では、日本法のもとで定義された「トークン」を念頭にカギ括弧なしで記述する。

図表2 「トークン」関連の法整備概況



出所) 筆者作成

2. RWAトークンの勘所

規制法上の分類とは別に、私法上重要となるのが、トークンが何を表象しているかという論点である。端的にいえば、トークンが実在資産（Real World Asset, RWA）に対する何等かの権利を表象しているのか否か、その権利はどのようなものであるか、という論点である。Bitcoin や Ethereum に代表される暗号資産は、特定の RWA に紐づくものではなく、トークンのデータ自体に価値が見出されている。他方、ST では、不動産や動産、株式や社債等が RWA となっており、これらに対する権利をトークンに表象したものといえる。SC は RWA の代表格である法定通貨（を移転させるための債権を含む）に対する権利をトークンに表象したものといえる。こうした RWA トークンが社会に受容されるうえで重要な点は何であろうか。

一つは、実在世界上の RWA とデジタル上のトークンをどのような法的構成で結び付けているかという点である。価値の源泉は RWA でありトークンのデータ自体に価値はないため、この結びつきが脆弱だとトークンの移転自体が意味を為さなくなる。ST や SC において、RWA とトークンの結節点として有効な手段の一つが信託である。即ち、前者であれば不動産等を、後者であれば銀行預金を信託財産とし、当該信託の受益権をトークンに表象するという法的構成によって、RWA とトークンを結合することができる。

もう一つの重要な点は、デジタル上のトークンの移転が、実在世界上の RWA に対する権利の移転と整合的か否かという論点である。まず、デジタル上のトークンの移転だが、トークンデータを記録している分散型台帳技術の特性により、実質的に二重譲渡ができない仕組みになっている。複製が可能なデータは、すなわち際限なく二重譲渡が可能なデータといえ、そうしたインフラでは価値を表象して移転させることはできない。分散型台帳技術が価値移転のインフラとして優位性がある理由の一つは、この二重譲渡の防止にある。

他方、実在世界上の RWA に対する権利はどうであろうか。RWA の種類やトークン化方法の法的構成にも依るが、例えば債権であれば、譲渡人と譲受人の間で合意があれば譲渡自体は成立するため、トークンは A から B に移転しているが、債権の私法上の譲受人は C である、という状態が生じ得る。このとき、B と C でどちらが正当な債権の権利者になりえるかは、私法上の第三者対抗要件に依拠することになる。すなわち、公証人役場で確定日付のある証書（紙）を取得する必要がある。当該証書が無ければトークンの移転記録自体は実在世界上で意味を為さない。

このようリスクやアナログ手続を回避するための有効な手段の一つが「受益証券発行信託」（信託法 185 条～215 条）の活用である。すなわち、トークン化対象の RWA を信託財産とした受益証券発行信託を設定し、かかる RWA を裏付資産とする当該信託の受益権を分散型台帳上のトークンに表象する、といった手法である。

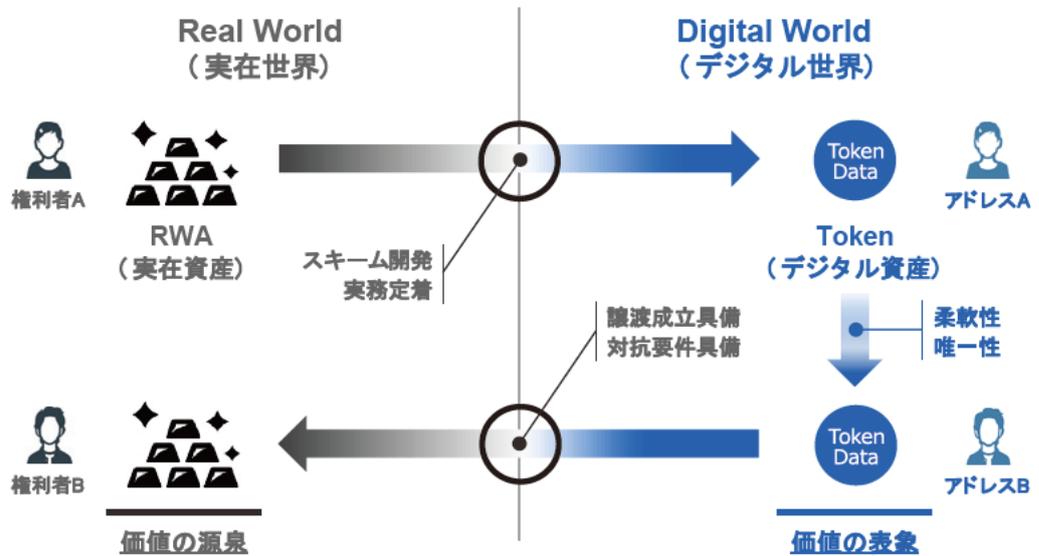
まず対抗要件の観点では、電子情報処理組織（分散型台帳技術等を用いたシステム）上の記録を受益証券発行信託における受益権の対抗要件である受益権原簿（権利者の氏名・住所等を記したもの）の電磁的記録と構成することで、公証人役場で確定日付のある証書（紙）を要さず、トークン保有者と私法上の権利者を一致させることができる。

更に、譲渡の効力発生要件の観点でも、受益証券発行信託に係る信託契約上で

「受益権譲渡には信託受託者の承諾を要する」「電子情報処理組織上の記録を信託受託者の承諾とみなす」と規定することで、分散型台帳上の記録（トークン移転）以外の場面（対面合意等）での譲渡効力を無効化し、トークンによる安定的な権利移転を可能としている。

なお、信託法上（信託法 93 条）、信託行為（信託契約等）により上記のような譲渡制限を課すことは可能となっているが、2020 年改正の民法では譲渡制限特約は原則として無効（つまり、トークン移転以外の場面で譲渡が成立してしまうリスクがある）とされた。こうしたリスクを回避可能な点も信託を用いたトークン化手法の比較優位性の一つになっている。なお、現行の民法における例外（譲受人が譲渡制限について悪意・重過失の場合、当該譲渡制限は有効）を踏まえ、信託を用いた場合であっても信託契約上や銘柄名称上で「デジタル名義書換方式」（又は「譲渡制限付」と明記することで、万が一の信託受託者の訴訟リスクに対して万全を期した実務（信託受託者は譲受人の悪意・重過失を主張可能）となっている。

図表3 RWAトークンの勘所



出所) 筆者作成

このように、ST や SC を含む RWA トークン市場の誕生と発展には、分散型台帳技術を含む業界横断的な技術インフラの開発と普及に加え、実在世界側における法的根拠（規制を含む）とスキーム開発、実務の定着が不可欠である。現在、世界各国で RWA トークン市場育成に向けた取り組みが進められているが、これらの両輪が揃っている国や分野ほど市場成長のポテンシャルが高いといえよう。

3. RWAトークンがもたらす金融システムのデザイン

RWA トークン市場について、技術面に加えて法的根拠（規制を含む）とスキーム・実務が必要条件である点を指摘したが、それだけで十分であろうか。ビジネス上極めて重要だが忘れがちな観点で、RWA トークンのビジネス的な意義が、現状変更の負荷（ビジネス上の“慣性の法則”）を上回っているか否かである。現状変

更にかかる負荷を下回る程度の意義しか見いだせない場合、多くの事例はPoC（概念実証、つまり本番環境に移行できない試行）で終わってしまう。

本節では、このような観点から、RWA トークンの代表例であるSTとSCがもたらすビジネス面でのインパクトと、現状変更の負荷を踏まえた「現実的な金融システムのグランドデザイン」について解像度を上げた解説を試みる。

3.1 STがもたらすインパクト

STは、保有すると利益分配を受ける性質のトークンであり、有価証券として金融商品取引法で規制されることは前述のとおりである。では、株式等の電子化が完了し、証券市場が一定程度高度化されている日本において、トークン化の意義はどこにあるのだろうか。

3.1. ① デジタル化とリアルタイムな情報把握を両立させる方法論の1つ

まず、10年以上前に完了している電子化とは、それまでの券面をペーパーレス化して各種効率化を図るため、物理的な券面がなくても有価証券に係る権利を保有していることを電子的に証明できるようにしたこと、を指している。

この「有価証券（券面）に表示していた権利（有価証券表示権利）」の保有を電子的に証明するためのデータベースが「振替口座簿」であり、この「振替口座簿」を支える組織（振替機関）が「証券保管振替機構（以下、ほふり）」であり、振替口座簿や振替機関に上乘せ的に各種権利を付与しているのが「社債、株式等の振替に関する法律（以下、社振法）」である。これらの枠組みにより株式等の証券は既にデジタル化されている。

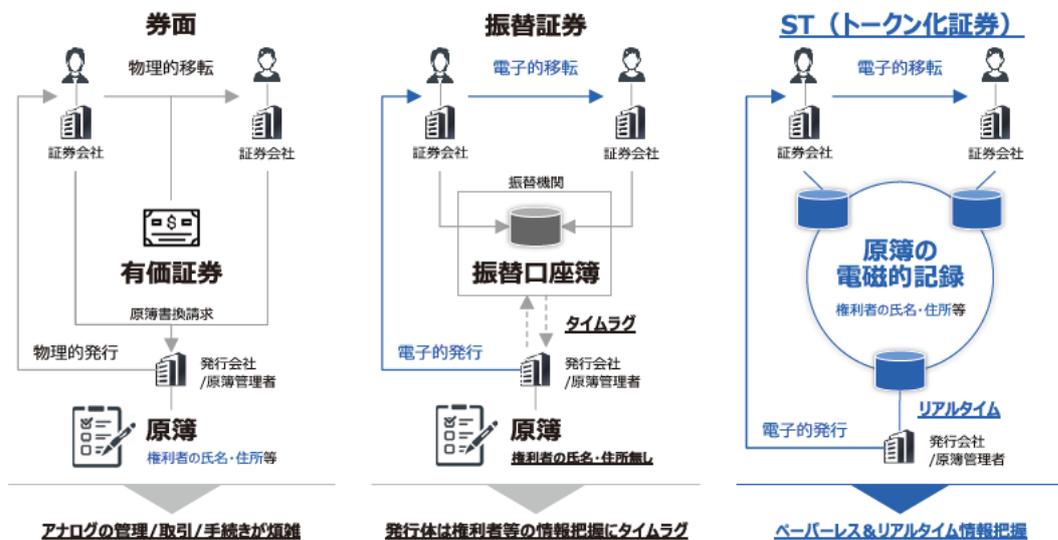
そこで、有価証券表示権利を、券面や振替口座簿、トークンに表象させるとはどのようなことなのか、三者において何が異なるかという点から確認していく。

まず、券面発行証券だが、券面（紙）に伴うアナログ処理を強いられ、業務が煩雑となる。「券面発行証券」（記名式）の場合、発行会社（原簿管理者）が「原簿」と呼ばれる法定帳簿により、有価証券の権利の移転に際して権利者の氏名／住所等を把握している。これは、譲渡された受取人が発行会社や第三者に対する対抗要件として「原簿記録」が必要となるからである。前述の二重譲渡のようなトラブルを避けるべく、譲渡人及び譲受人（又は代理する主体）が原簿を管理する発行会社（原簿管理者）に対して「原簿書換請求」を行うため、発行会社（原簿管理者）は新しい権利者の氏名／住所等を（ほぼ）漏れなく知ることができる。

次に、振替口座簿に権利を表象させる「振替証券」だが、前述の社振法の効果により、振替機関が管理する振替口座簿を用いた電子的な権利移転が可能となっており、ペーパーレス化が実現されているため、券面に伴う煩雑さは生じない。ただし、振替証券においては発行会社（原簿管理者）の手許にある原簿に権利者の氏名／住所等の情報が必ずしも記載されていない。対抗要件は「振替口座簿の記録」で完結し、原簿記録は必須ではなく、且つ原簿への権利者の氏名／住所や取得日の記録を省略可能となっているためである。発行会社（原簿管理者）が権利者の氏名／住所等の情報を取得するには、各種機関を介して振替口座簿への照会等を行うことが必要になるが、多くの手間やタイムラグが生じることになる。

最後にSTだが、振替口座簿に対抗要件としての法的有効性を与える社振法のように、トークンに法的有効性・安定性を与えるいわゆる「上乘せ法」は現時点で存在しない。「非」振替証券という意味では券面の世界と似たような前提の中で、私

図表4 券面発行証券・振替証券・STの概念比較



出所) 筆者作成

法上の工夫によってトークンに対抗要件となりうる力を与える必要がある。前述のとおり、これは「券面不発行」かつ「電子情報処理組織＝原簿の電磁的記録とみなす」という法的構成によって成されている。この構成により、券面の世界では紙やWord、Excelで行われていた原簿書換請求や原簿記録を電子情報処理組織に代えることで、社振法の外でもデジタル上で完結して権利の移転を行うことが可能となっている。

振替口座簿や電子情報処理組織も、デジタル化／ペーパーレス化している点はほぼ同じだが、重要な違いがある。一つは、電子情報処理組織には発行会社（原簿管理者）が直接接続しているため、リアルタイムで権利者の氏名／住所／残高等の情報を把握することが可能という利点が存在している点である。リアルタイムで把握可能な権利者等の情報を活用することで期待されているのがファンマーケティングである。その要素を分解すると以下のような概念構成となる。

- ST 発行会社が、
- リアルタイムで把握可能な権利者情報／取引情報を基に、
- エンゲージメントの高い権利者に対し、
- ST 発行会社の事業に関連した特典を付与することで、
- 上記権利者が長期的／継続的に当該発行会社を支え、
- 発行会社と権利者が“Win-Win”の関係を築くこと。

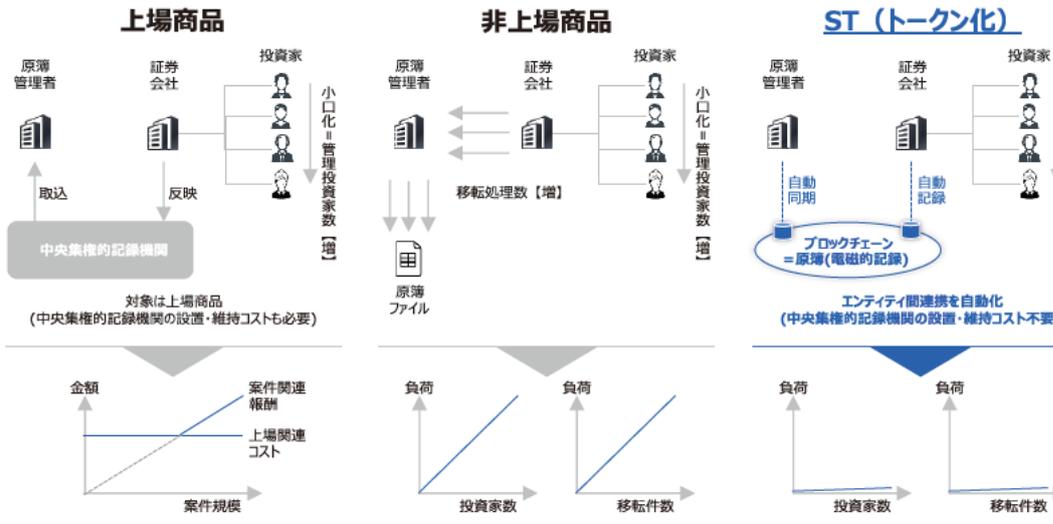
一般のファンマーケティングは、クーポン券や無償配布などで自社商品サービスの長期的ファンになってもらうことを目指すが、STのファンマーケティングでは投資が特典提供の前提となる。長期的な企業への投資コミット（短期売買では特典継続が得られない）が伴う分、より強固なファンマーケティングとなる。この点は株主優待サービスと類似している。投資を要求するファンマーケティングだけに、マーケティングにおいては情報の鮮度と精度が重要となる。例えば半年前の「振替口座簿」から取得した手許情報を基にマーケティングをしても効果は限定的かもしれない。この点が、リアルタイムで権利者の氏名／住所／残高等の情報を把握できる特性をもつSTの優位性の一つであり、情報が遅く他のマーケティング情報と

も組み合わせにくい株主優待制度と比べた場合の利点であろう。このように ST はファンマーケティングの高度化というポテンシャルも有している。

3.1. ② 小口化に伴う限界費用増加の抑制

次に、既に存在している上場商品や非上場商品との比較の観点から ST の意義を確認していく。

図表5 上場商品・非上場商品・STの概念比較



出所) 筆者作成

まず上場商品は、中央集権管理者である「ほふり」を設置し維持運用する（コストを市場参加者全員で負担する）ことで、小口化により投資家数が増えても費用の増加が抑制されている。但し、上場とその維持には相応のコストが発生するため、そのようなコストを賄えるだけの案件規模が必要となる。例えば、不動産1棟のみで商品化、上場することは現実的ではないため、複数の不動産をポートフォリオとしてまとめて大規模にした不動産投資信託（J-REIT）として上場することが一般的である。

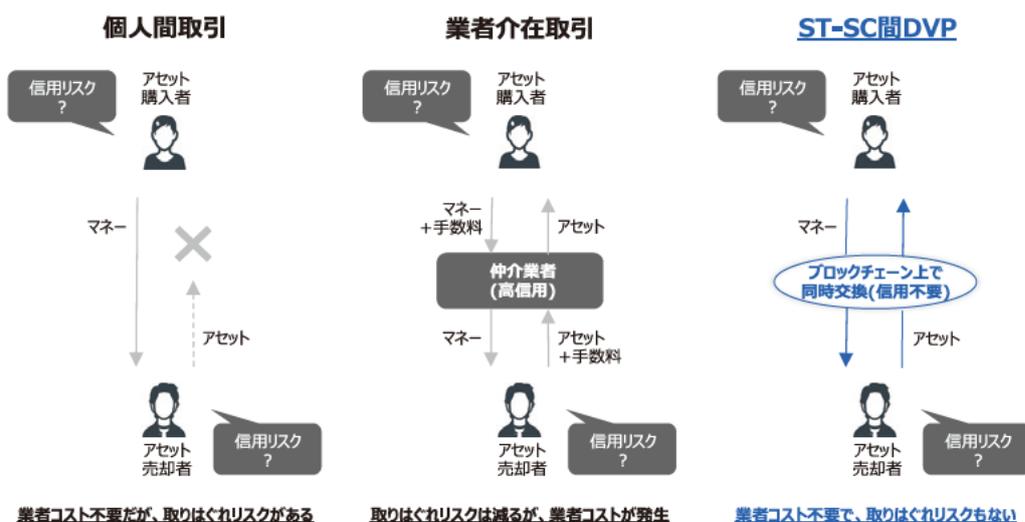
次に非上場商品だが、基本的にほふりのような中央集権管理者を利用しない場合が多く、証券会社や信託銀行といった各中間業者内で、各社内の独自システムやExcelファイル等を用いて管理が行われている。当然、各社のデータは同期されないため、業者間で随時連携や照合が必須となる。小口化に伴う管理投資家数の増大や、流動性の向上による原簿書換数の増大は、そのままコストの増大に直結することになるが、他方で中間業者が顧客から受領する報酬水準は必ずしもコストに比例して向上するものではない。当然の帰結として、非上場商品をわざわざ小口化し、一定の流動性を担保しながら多数の個人投資家向けに販売するインセンティブは生まれず、特定の大口機関投資家や少数の富裕層向けに販売するのが最適解となっている。

最後にSTだが、トークンの発行や移転に用いる電子情報処理組織は、必ずしも上場商品でなくても利用することができ、中間業者が同一のネットワーク上で情報を検証/同期することで、限界費用（投資家数等の増加に伴う追加費用）の抑制が

可能である。それゆえ、現物では上場対象にはならない種類や規模の RWA でも、小口化やこれに伴う流動性の向上が容易になり、個人投資家向けの商品として組成する選択肢を取りやすくなる。これが、ST が優位性を持つもう 1 つの文脈である。

3.1. ③ SCとの組み合わせにより決済リスクゼロのまま個人間取引が可能 最後に、有価証券に関する投資家間の取引形態の観点から ST の意義を確認する。

図表6. 個人間取引・業者介在取引・ST-SC間DVPの概念比較



出所) 筆者作成

まず、通常の個人間取引では、RWA の購入者 A が購入対価を売却者 B に支払う一方、売却者 B がいつまでも RWA を購入者 A に引き渡さない（あるいはその逆）という、いわゆる「取りはぐれリスク」が存在する。このような取りはぐれリスクを回避するために、購入者 A と売却者 B の間に信頼できる業者を介在させるのが「業者介在取引」である。個人 A/B よりも信頼をおける業者であればリスク低減に繋がるが、業者が仲介を行うための手数料（コスト）が追加で発生し、かつ業者が取扱可能な商品に限られるため、取引機会や取引条件等の制限を受け入れなければならない。

RWA トークンである ST の取引の場合はどうであろうか。少なくとも技術的には、分散型台帳上の異なるトークン同士を、移転元と移転先が直接的且つ確実に移転させることが可能であり、取りはぐれリスクをゼロにすることが可能である。ST の取得対価の支払いに SC を用いる場合、両者の条件付き交換 (Delivery Versus Payment, 以下 DVP) により、お互いに信用できない個人同士でも、間に業者に介在させることなく取りはぐれリスクを負わずに取引ができるため、取引機会の拡大 (流動性向上)、もしくは新たな取引機会の誕生 (市場の創造) に繋がりうる。

3.1. ④ 新たなRWAと新たな投資家の組み合わせによる新商品市場の創造

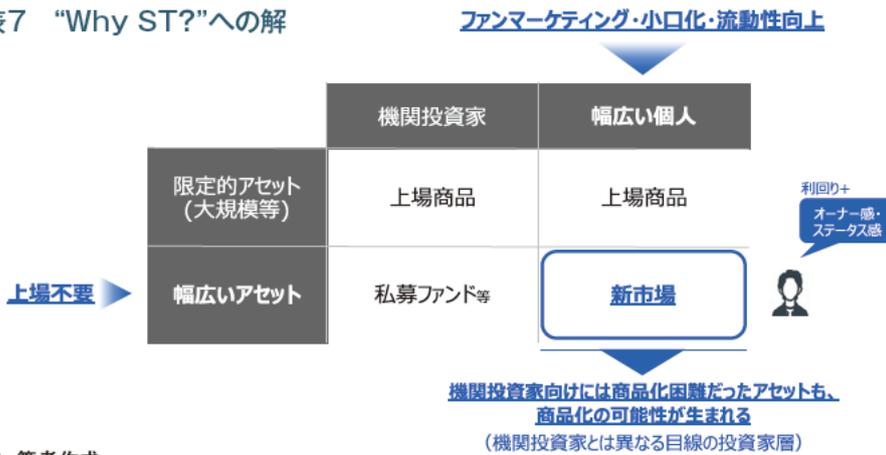
これまで確認してきた ST の優位性をまとめると、以下のとおりとなる。

- ① デジタル化とリアルタイムな情報把握が両立可能なため、高度なファンマーケティングが容易になる。

- ② 上場と小口化 / 流動性向上が両立可能なため、上場対象にならない種類や規模の RWA でも個人投資家向けの RWA トークン商品として組成する選択肢を取りやすくなる。
- ③ (少なくとも技術的には) 業者非介在と取りはぐれリスクの回避が両立可能なため、取引機会の拡大 (流動性向上) もしくは新しい取引機会の誕生 (市場の創造) に繋がりえる。

これらの優位性を新たな RWA と新たな投資家の組み合わせという視点から整理すると、金融商品市場におけるホワイトスペースの存在が見えてくる。

図表7 “Why ST?”への解



出所) 筆者作成

この新市場が有するインパクトについて、まず需要側 (投資家側) に注目すると、今までアクセスできなかった RWA を誰でもオーナーとして保有可能となり (保有形態は RWA トークン)、資産形成の選択肢が拡大することを意味する。換言すると、現状でも機関投資家や富裕層といった一部の投資家にしかアクセスできなかった RWA が多く存在している。

次に供給側 (発行体側) に注目すると、新しい投資家層の登場により、今までは商品化困難だった RWA もその可能性が生まれ、既存事業拡大や新事業創出に繋がることを意味する。これは、個人向け投資商品ならではのオーナーシップやステータス感をくすぐる商品訴求によりトークン化商品として成立することで可能になる。換言すると、限られた投資家の目線に合わないことで、トークン化できない RWA が現状でも数多く存在しており、ここに新しい市場の創造機会が存在している。

この新市場のセグメントにおいては、既存市場が存在せず、現状変更の負荷よりもビジネス的な意義が上回る蓋然性が高いため、他のセグメントよりも早く市場が立ち上がると考えられる。逆にいえば、株式や社債等、対象となる RWA 自体に新規性がないものや、機関投資家や富裕層等、販売先に新規性がないものが PoC 段階から前に進むためには、現状変更の負荷を大きく上回るメリットが必要となる。例えば、社債と個人投資家の組み合わせであれば、ST の優位性の一つであるファンマーケティングのニーズ次第で、市場が大きくなる可能性はある。あるいは、機関投資家向けの社債であっても、既存の振替社債にはない特徴を有した商品設計であり、機関投資家がそれに魅力を感じれば、新市場として発展する可能性はあるかもしれない。

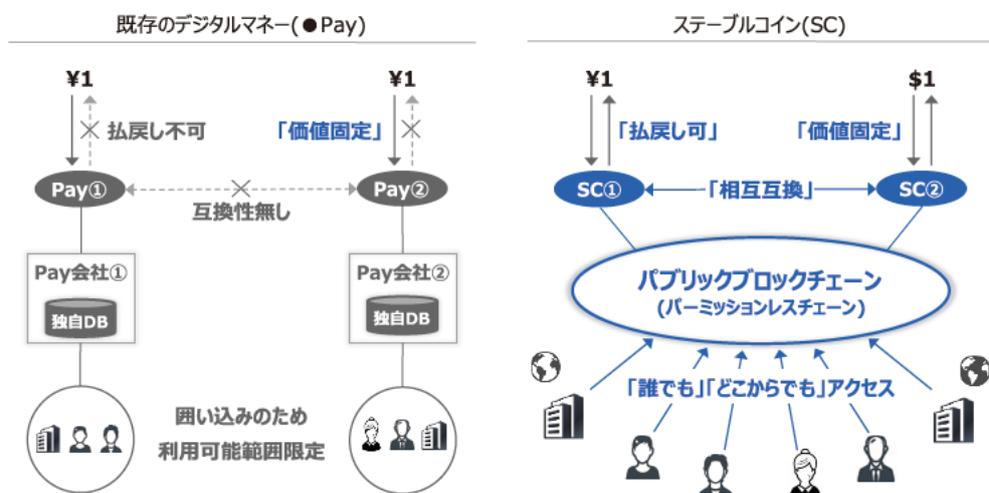
3.2 SCがもたらすインパクト

SCは、決済手段として想定されている性質のRWAトークンであり、電子決済手段として資金決済法又は銀行法で規制されることは前述のとおりである。では、多くの国民が銀行口座や「●Pay」残高を有し、資金決済市場が一定程度高度化されている日本において、トークン化の意義はどこにあるのだろうか。

3.2 ① オンチェーン決済やクロスボーダー決済の最適化法

最初にSCの特徴を典型的な電子マネー「●Pay」と比較することで確認する。

図表8. ●PayとSCの概念比較



出所) 筆者作成

「●Pay」との共通点でいえば、法定通貨に価値が固定されているという点である。他方、「●Pay」においては実現困難である一方、SCでは容易に実現できることが3点ある。

- ① 法定通貨での払戻しが可能（いつでも法定通貨に戻せる）。
- ② 相互交換性を有し、価値同士の交換が容易。
- ③ 誰でも、どこからでもアクセスが可能。

①の特徴は電子マネーの法律上の定義によるところもあるが、②と③の特徴は利用している基盤システムの違いに起因している。すなわち、「●Pay」は各発行体内の独自システムで分断されている一方、SCは「共通の」分散型台帳（特にパブリック/パーミッションレスブロックチェーン）上でトークン化されている限り、②と③が担保されている。

ちなみに、分散型台帳上のトークンである暗号資産も、基盤システムは同一であることから②と③の特徴を有しているが、①の特徴が致命的に異なる。すなわち、SCはその定義上、常に表示されている法定通貨1単位と等価交換が可能である（裏付けとなるRWA（法定通貨）との紐づけが前提となっている）。一方、暗号資産に分類されるトークンは価値の源泉となるRWAが存在しないため、需給変化等に伴う価格変動の度合いが大きく、且つ価格変動に伴う差益に対しても課税されるため、決済手段として広く普及しているとは言い難い。

図表9 各決済手段の比較

	ポイント	前払式支払手段	電子決済手段(SC)	暗号資産(CA)
1 代表例	楽天ポイント	SUICA、●Pay	TBD	Bitcoin
2 取得費用	無償 (いわゆる“おまけ”)	有償 (同額の法定通貨)	有償 (同額の法定通貨)	有償 or 無償 (市場価格での購入、 又は無料配布も有り)
3 価値変動 (対法定通貨)	安定 (等価の法定通貨で固定)	安定 (等価の法定通貨で固定)	安定 (等価の法定通貨で固定)	変動あり (市場価格で変動)
4 換金可能性	払戻しは観念不可	基本的に払戻し不可 ^{※1}	可能 (等価の法定通貨で償還、 又は市場価格で売却)	可能 (市場価格で売却)
5 移転/譲渡可能性 (対不特定者)	不可	基本的に不可 ^{※2}	可能 (アドレス情報さえあれば 不特定先に移転可)	可能 (アドレス情報さえあれば 不特定先に移転可)
6 利用可能範囲	限定的 (加盟店ネットワーク内)	限定的 (加盟店ネットワーク内)	無制限 (アドレス情報さえあれば 不特定先に支払可)	無制限 (アドレス情報さえあれば 不特定先に支払可)
7 相互互換性	基本的に不可 (楽天ポイントとPayPay ポイントは直接交換不可)	基本的に不可 (SUICAとPASMO、●Pay は直接交換不可)	互換性あり (同一チェーン内同規格、 クロスチェーン規格利用)	互換性あり (同一チェーン内同規格、 クロスチェーン規格利用)

※1 払戻金額の総額が発行額の20%以内、又は当該前払式支払手段の利用困難な地域への転送する場合等

※2 Amazonギフト券等、「電子移転可能型前払式支払手段」も近年出現している

出所) 筆者作成

②の特徴から、例えばSTのように共通の分散型台帳上（オンチェーン）でトークン化されている価値同士での条件付き交換（DVP）が容易であることは前述のとおりである。

③の特徴を生かしたユースケースの1つが、クロスボーダー決済である。現状では、他国の法人や個人に法定通貨を送金する場合、自国内の決済口座を有する銀行を窓口、自国と相手国の中継銀行（Correspondent Bank）を介して送金先の決済口座を有する銀行に着金するプロセスが一般的であり、相応の期間と手数料支払いを余儀なくされる。

図表10 クロスボーダー決済に関する概念比較



出所) 筆者作成

SC の場合、少なくとも技術的には、分散型台帳上のアドレス情報さえあれば直接送金が可能であり、SC の移転元と移転先の間には何ら業者の介在を要さない。特にパブリック / パーミッションレスブロックチェーンであれば、アドレスを開設すること自体は国籍や属性に関係なく誰でも可能であり、当該アドレスを自己で管理する「セルフカストディウォレット」を用いることで、国籍等に左右されることなく直接送金が可能となりえる。

もっとも、SC であるためには法定通貨への換金が必須となるが、SC と法定通貨との交換の場を提供する国内事業者は基本的に「電子決済手段等取引業者」として規制され、「暗号資産交換業者」と同様に AML (Anti-Money Laundering) / CFT (Counter Financing of Terrorism) の国際ルールに従う必要がある。それでも、セルフカストディウォレットの利用自体は新設された規制上であっても可能であり、少なくとも現状の銀行送金における上述のような課題 (ペイン) を解消できる可能性を秘めている。

3.2. ② プログラマブル決済を容易に実現する方法

SC は、法定通貨 (を移転させるための債権を含む) に対する権利を表象したトークンであることは前述のとおりだが、具体的には次の 3 つの類型が想定されている。

- ① 銀行等が発行する預金債権をトークン化したもの (銀行預金型 SC)
- ② 資金移動業者が発行する未達債務に係る債権をトークン化したもの (資金移動型 SC)
- ③ 要求払い預貯金を信託財産とする金銭信託の信託受益権をトークン化したもの (信託型 SC)

これらの類型のうち、送金上限額規制や滞留規制が課されず、広範なユースケースに対応し得るのが「銀行預金型 SC」と「信託型 SC」の 2 つだが、発行者となる銀行の内部システムの観点からは極めて大きな違いがある。

まず銀行預金型 SC については、トークン化対象である預金債権の変動により銀行預金残高が連動することになるが、当該情報を管理しているのが、いわゆる「勘定系システム」である。トークンと銀行預金残高の連動性を実現するうえでは、トークン情報が記録されている分散型台帳等の電子情報処理組織から勘定系システムに対して更新をかける仕組みを備える必要があるが、これが実現可能な金融機関は数が限られているのが実情だろう。

これは、いわゆる「更新系 API (Application Programming Interface)」と呼ばれる、外部システムから勘定系システムに対して更新をかける仕組みであり、これを提供している金融機関が、一部のネット銀行等に限られたままであることから明らかである。

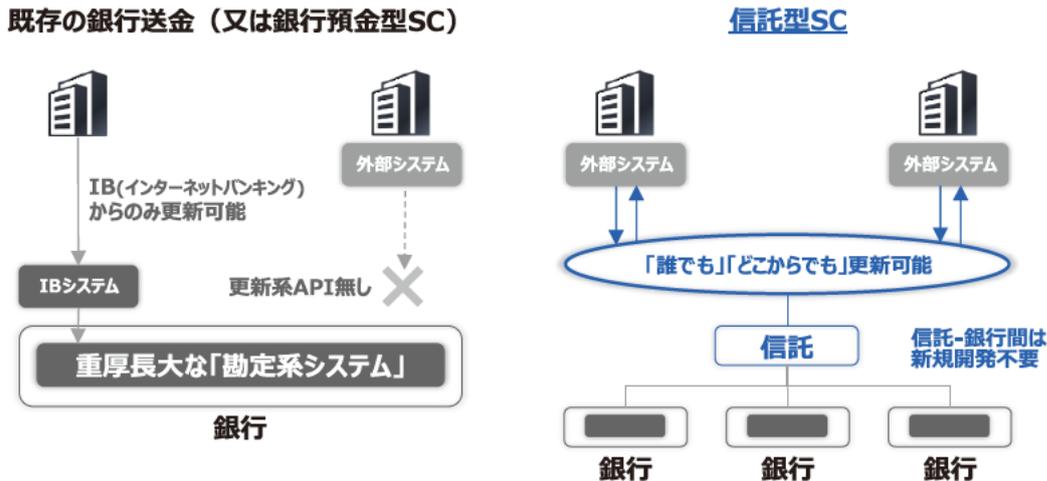
背景には、勘定系システムに対する外部からの更新を許可した場合に発生しうる影響の範囲が広く、これに対応するためには多くの期間と費用が発生する一方、当該対応による増収効果は限定的であるため費用対効果が合わない、という極めて現実的かつ根深い問題がある。

他方、信託型 SC の場合、トークン化対象はあくまで金銭信託の信託受益権であり、勘定系システムに直接更新をかける必要がない。SC が転々流通していても、発行や償還が発生しない限り信託財産である銀行預金の残高は全く変動せず、預金者は金銭信託 (の受託者) のまま不変であるため、そもそも勘定系システムに対す

る更新が発生しない。発行や償還に際しても、金銭信託（の受託者）と銀行間の預金預入・引出はこれまでのプロセスのままで実行可能だ。

このような事情により、信託型 SC は、送金上限額や滞留金額の制限がなく、外部システム（プログラム）からの送金指示と自動実行（プログラマブル決済）に柔軟に対応しやすいという優位性を有している。

図表11 プログラマブル決済に関する概念比較



外部更新を可能にするには、大規模な改修不可避

勘定系システムを手を加えずに柔軟な更新が可能

出所) 筆者作成

3.2. ③ SCが浸透し得る領域と浸透速度

これまで確認してきた SC の優位性をまとめると、以下のとおりとなる。

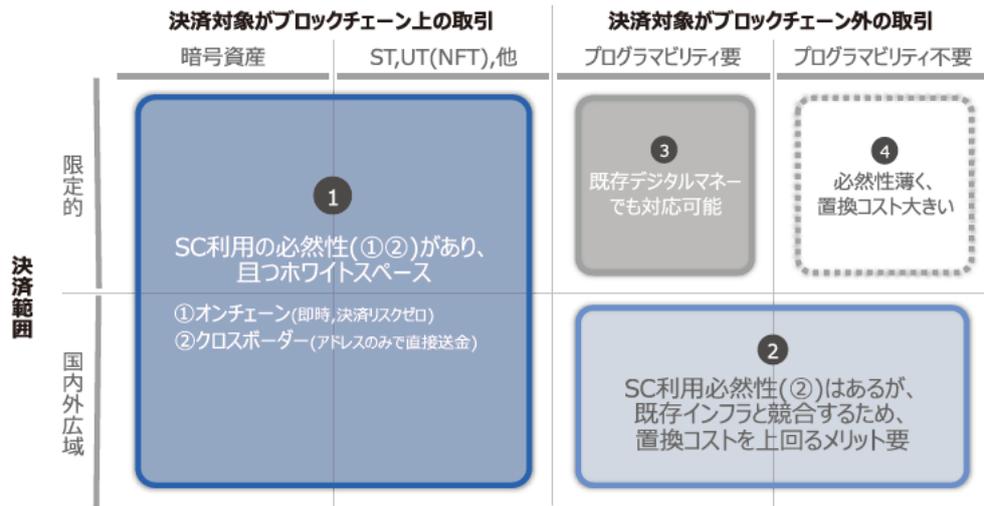
- ① オンチェーン決済（トークン間条件付き決済）を容易に実現できる。
- ② クロスボーダー決済を最適化できる。
- ③ プログラマブル決済を容易に実現できる。

これらの優位性を「決済範囲」、「決済対象」、「プログラマビリティ要否」を軸に整理すると、SC が浸透し得る領域と浸透速度（浸透の難易度）が見て取れる。

決済対象が分散型台帳上の取引（オンチェーン取引）の領域は、「トークン間条件付き移転」の優位性を享受でき、かつ多くの場合、決済範囲も国内に閉じず広域に及ぶため、SC を利用する必然性が大きい。更に、当該領域自体が生まれて間もない状態であり、代替対象となる既存の決済システムが確立されていないホワイトスペースであるため、現状変更の負荷の観点からも最もハードルが低いといえ、SC の浸透速度は最も速いと考えられる。

この次に SC 利用が想定されるのが、決済対象は分散型台帳を用いていない伝統的な取引だが、決済範囲が国内外の広域に及ぶクロスボーダー決済の領域である。貿易決済や国内外本支店間資金移動、海外送金等がこれに該当する。当該領域では SC を利用する必然性はあるが、既に既存の決済システム（国際銀行間送金の仕組み）が確立されているため、現状変更の負荷の観点からは置換コストを大きく上回るメリット（または現状の課題 / ペインが特に大きい領域に特化する戦略）が必要だろう。

図表12 “Why SC?”への解



出所) 筆者作成

利用が想定される3番目のケースが、決済範囲は限定的だが決済にプログラマビリティが求められる領域である。請求書システムをインプットにした国内法人間での自動決済等が想定される。この領域は銀行更新系 API さえあれば SC を用いる必然性はなく、純粋に早く安く利用可能な仕組みが選好されるだろう。

逆に言えば、決済範囲が限定的で、決済対象も分散型台帳外の取引、プログラマビリティも不要といった店頭決済のような領域では、既に便利な決済手段が広く普及している日本においてわざわざ SC を利用する蓋然性は極めて低いと考える。

3.3. ST×SCによる金融システムのグランドデザイン

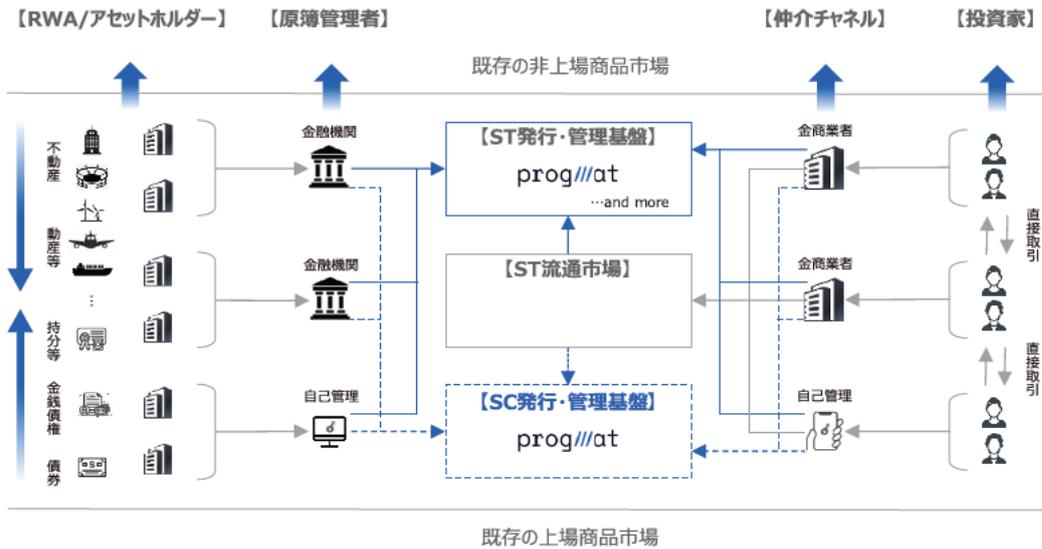
これまで確認してきた ST 及び SC が浸透し得る領域を踏まえると、近未来の金融システムの全体像の輪郭が見えてくる。

図表 13 左側の供給側（発行体側）は、ST の優位性が活きる RWA、具体的には不動産や動産等のオルタナティブアセットや、個人向けの商品組成がし易くなる社債やファンド持分等がトークン化の対象となる。プレーヤーは、各 RWA を拠出するアセットホルダー（アセットマネジメント会社や事業会社等）と RWA 及び原簿を管理する原簿管理者が中心となる。

図表 13 右側の需要側（投資家側）は、ST の恩恵を享受し易い個人投資家が主たる対象となり、新規 ST 発行時の投資家向けの 1 次販売チャンネルは金融商品取引業者（証券会社等）が担う。2 次流通は、金融商品取引業者を介した「業者介在取引」もあれば、投資家間の直接取引にまで拡大する可能性がある。

図表 13 中央が、これらを可能にするために必要となる基盤群である。「ST 発行・管理基盤」、「SC 発行・管理基盤」、ST の売買注文を結びつけ SC を用いた決済の起点となる「ST 流通市場」で構成される。各基盤には、中間業者のみならず、発行会社や個人投資家等がセルフカスタディウォレットを介して直接接続する仕組みも考え得る。

図表13 ST市場のグランドデザイン

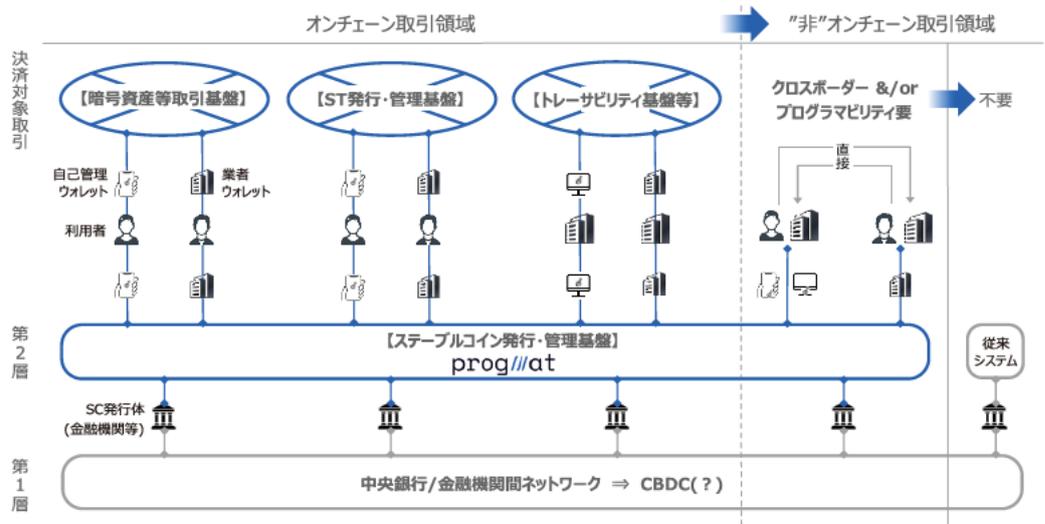


SCのユースケースはST取引の資金決済に止まらない。まず、図表14上段の決済対象となる取引は、大きくオンチェーン取引と非オンチェーン取引に大別できる。オンチェーン取引は具体的に、既存の暗号資産取引、ST取引、左記以外（トレーサビリティが重要なサプライチェーン等）で構成される。非オンチェーン取引は、SCの優位性を発揮できるクロスボーダー取引やプログラマビリティが必要な取引と、左記以外（国内限定かつプログラマビリティ不要）で構成される。

図表14中段の利用者は、国内外の幅広い法人/個人が想定される。このとき、各基盤への接続方法となる「ウォレット/ゲートウェイ」は、特定の間業者（例えばSTでいえば金融商品取引業者、SCでいえば電子決済手段取引業者）を介して接続する場合もあれば、セルフカストディウォレットを介して直接接続する場合もある。利用者の属性や商流によって最適なウォレット/ゲートウェイの在り方は千差万別のため、特定のサービスに独占的に集中するのではなく、様々なプレーヤーが群雄割拠しやすい層ともいえる。

図表14下段の決済層は、広範な利用者や中間業者からアクセスされ、決済対象取引基盤と直接やりとりが発生する第2層の決済基盤と、第2層の決済基盤上で決済手段を発行する発行体間で最終的な法定通貨の清算を行う第1層の決済基盤から成る2層構造が想定される。決済対象取引基盤が分散型台帳を用いている場合は、第2層は同じ分散型台帳を用いたSCが優位性を発揮しやすい。銀行預金と中央銀行預金から成る現代のマネーシステムの二層構造と同様に、第1層は各国の中央銀行の領域となりうる。しかも、中央銀行当座預金という現在の姿ではなく、いわゆるCBDC（中央銀行デジタル通貨）と呼ばれる次世代の決済基盤に移行する可能性がゼロではない。特に、クロスボーダー決済におけるコルレスバンキングの課題（ペイン）を克服するために、CBDCをクロスボーダー決済に用いるPoCが世界各地で進行しており、これが第2層のSCの受け皿となることも考えられる。いずれにせよ、決済基盤層は2層構造の設計となるのが現実的だと考える。

図表14 SC市場のグランドデザイン



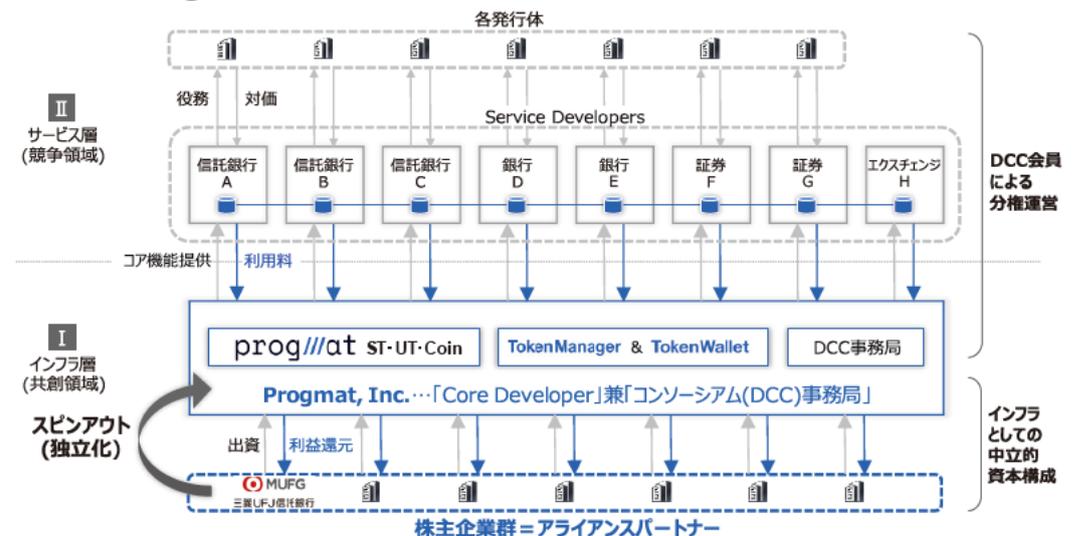
出所) 筆者作成

4. グランドデザイン実現に必要な「競争」と「共創」

RWAトークンの意義や現状変更の負荷を踏まえたうえでの未来像を共有できたとして、これを日本が世界に先駆けて実現していくために鍵となる要素は何であろうか。

筆者は、その答えが「競争」と「共創」の最適な線引きであると考えている。それが、2022年12月に公表し、2023年10月に独立会社化した「ナショナルインフラの提供会社」、Progrmat, Inc. の設立背景である。

図表15 Progrmat, Inc.の背景にある基盤共創構想



出所) 筆者作成

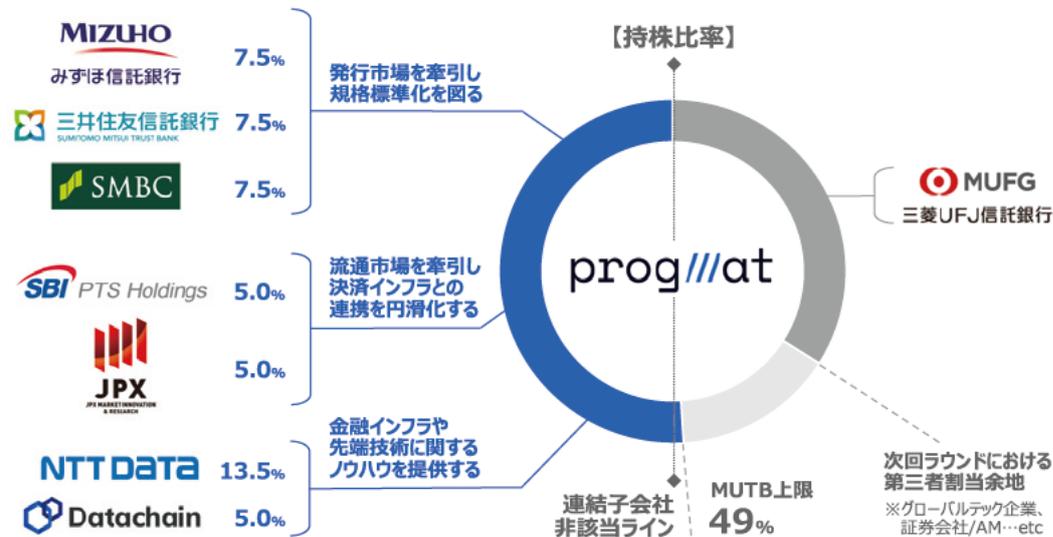
前節で確認したグランドデザインにおいて、重要なプレイヤーが「原簿管理者」、「金融商品取引業者」、「電子決済手段等取引業者」、又は「ウォレット/ゲートウェイ提供会社」等の中間業者である。これらのプレイヤーの層が拡大し、健全な競争

が生まれることで最適な商品性や顧客体験を提供できない限り、その先にいるアセットホルダーや投資家／利用者がRWAトークンを購入／利用し続けることはない。

では、中間業者が最適な商品性や顧客体験を提供するために、必要十分な事業環境とは何であろうか。その1つが、「標準規格」の存在であり、「分断されていない共通基盤」の存在である。逆にいえば、独自規格が乱立し、資本系列等で分断しているような独自基盤の割拠状況では、市場自体も分断され、ただでさえ大きくない国内市場が更に小規模になってしまう。これは中間業者の事業採算性の悪化に直結し、市場育成の阻害要因となる。

「Progmatic」は「ST発行・管理基盤」、「Progmatic Coin」は「SC発行・管理基盤」であり、いずれも三菱UFJ信託銀行の新規事業の1つとして始まったプロジェクトである。これまでの国内金融業界の常識で考えると、非三菱の競合金融機関は利用を避け、独自基盤が乱立していく可能性があった。そこで、三菱UFJ信託銀行の事業のうち、「共通基盤」化が望ましい領域を分社化し、株式の過半数を競合である他金融機関を含めた他資本が保有したうえで、代表取締役を務める筆者自身の三菱UFJ信託銀行退職や外部取締役の任命により、三菱UFJ信託銀行が支配権を持たない形で独立会社化したのが、前述の「Progmatic, Inc.」である。

図表16 Progmatic, Inc.の資本構成



出所) 筆者作成

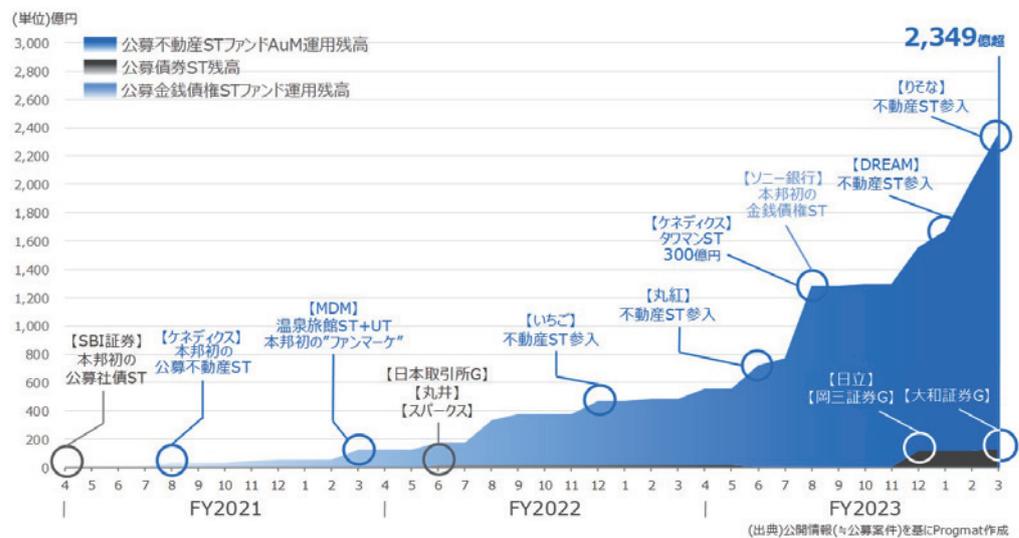
主にSTやSCの発行市場を担う金融機関グループの資本参加による「資本中立化と規格標準化」と、2次流通市場運営者グループの資本参加による「ST×SC決済の具現化促進」、国内金融システムベンダーとして圧倒的なシェア／実績を持つNTTデータ社の資本参加による「金融インフラとの融合促進」、分散型台帳間の連携（クロスチェーン）技術で世界的にも顕著なノウハウ／実績を持つDatachain社の資本参加による「世界標準の実装促進」を企図しつつ、あくまでスタートアップ企業として上場を目指し、独自の運営態勢／カルチャーを持った、稀有な組織として稼働している。

5. RWAトークンの実績と期待

それでは、RWA トークンの中でも最も早く規制が整備された ST について、現時点でどこまで市場が形成されているのだろうか。

結論からいえば、図表 17 のとおり、2024 年 3 月時点で運用残高は 2,349 億円を超える規模にまで成長している。もちろん、機関投資家等を対象とし、すでに成熟した REIT 市場の規模（2023 年末の時価総額 15 兆円）などと比較すると発展の初期段階にあるが、小口化を目指した金融商品であることや件数の増加をみると市場拡大期に入りつつあるといえよう。

図表 17 ST 案件残高推移



出所) 筆者作成

図表 17 から明らかなように、ST 市場の成長は当初から一貫して不動産が中心になっている。現在主流になっている不動産 ST は、前述のとおり RWA である不動産との結び付けの観点から受益証券発行信託を用いており、法的安定性は万全である。加えて、税務上一定の条件を満たした特定受益証券発行信託であることにより、投資家は申告分離課税の適用や特定口座利用が可能である。また、前述したようなトークン化のメリットを生かすことで J-REIT のようなポートフォリオ型ではなく特定の不動産単位で投資することが可能なため、好評を博している。

不動産で示した ST 化の優位性と実績を踏まえて、今後期待されるのが不動産以外への対象アセットの拡大である。前述の Progmatt, Inc. が事務局を務めるコンソーシアム組織でも、日本を代表するプレーヤーを検討参加者としてベンチャーキャピタルファンド等の持分を対象とした検討を行う枠組みを公表している²。

さらにいえば、ST と異なり必ずしも氏名・住所が明らかでない宛先への移転も想定される SC や、都度信託を用いるには規模が見合わず、利益分配も生じない動産（熟成酒等）のトークン（ST でも SC でもない RWA トークン）は、受益証券発行信託以外の方法による「RWA との紐づけ」が必要だ。今後も官民が連携し、規制法に加えて私法上の整理が更に進展することで、世界に冠たる市場となる未来に期待したい。そして、民間における「共創領域」は、Progmat, Inc. の動向に期待いただきたい。

2: https://progmatt.co.jp/press/pdf/press231213_01.pdf を参照。

図表18 不動産STのスキーム比較

	GK-TK	TMK	信託	特定受益証券発行信託
1 匿名化対象権利 (主な根拠法)	匿名組合出資特分 (会社法、民法)	優先出資証券 (資産流動化法)	受益権 (信託法)	受益権 (信託法)
2 譲渡成立要件	新旧当事者間の合意 (民法上、譲渡制限困難)	新旧当事者間の合意 + 優先出資証券交付	新旧当事者間の合意 (信託法上、譲渡制限可)	新旧当事者間の合意 (信託法上、譲渡制限可)
3 第三者対抗要件	確定日付ある証書による債務者への通知又は承諾 ¹⁾	優先出資者名簿への記録 + 優先出資証券交付	確定日付ある証書による債務者への通知又は承諾 ¹⁾	受益権原簿への記録
4 SPV段階での法人税課税	課税無し (匿名組合の除外規定有)	軽減可 = 配当損金算入可 ※導管性要件有	信託の種類による ²⁾	課税無し (集団投資信託)
5 個人投資家の配当金課税	原則、雑所得として総合課税のみ(累進課税)	申告分離課税可(20.315%)	信託の種類による ²⁾	源泉徴収(20.315%) or 申告分離課税可(20.315%)
6 個人投資家の譲渡損益課税	譲渡所得として総合課税のみ(累進課税)	申告分離課税可(20.315%)	信託の種類による ²⁾	申告分離課税可(20.315%)
7 権利移転の法的安定性評価	BC外譲渡を妨げられず、BCとは別に対抗要件具備要 ¹⁾	BC- 原簿として安定的に移転可だが、証券管理が煩雑	BC外譲渡を防止できるが、BCとは別に対抗要件具備要 ¹⁾	BC外譲渡を防止でき、目付BC= 原簿として安定移転可
8 個人投資家の経済合理性評価	課税所得金額330万円以上の場合、相対的に不利な税制	課税所得金額330万円以上の場合、相対的に有利な税制	信託の種類による ²⁾	課税所得金額330万円以上の場合、相対的に有利な税制

¹⁾改正産業競争力強化法に基づく「新事業特別制度」により、事業主層大目から新事業活動計画の認定を受けることで、規制の特性措置を適用することが可能になった。
²⁾①集団投資信託(合同運用信託、主な投資信託等)、②法人課税信託(特定目的信託や①以外等)、③受益者等課税信託(①②以外)、の3区分が存在。
 ①は特定受益証券発行信託①の1種のため課税の考え方は概ね同じだが、②はSPV段階で二重課税され不利、③はSPV段階の収益等発生時に受益者の収益等と見做される

出所) 筆者作成

図表19 不動産STと既存の不動産商品との比較

	現物不動産	クラウドファンディング	不動産ST	J-REIT
1 発行体観点	募集金額制約 (上限)	N/A	制約有り	制約無し
2	ファンド運営負荷	N/A	小 (GK, 開示軽)	中 (投資主集會不変, 開示軽~重)
3	振替機関 + 上場コスト	N/A	小 (振替機関不要, 非上場)	高 (振替機関利用 + 上場)
4 投資家観点	運用形態 (手触り感)	個別物件運用 (手触り感が高い)	個別物件運用が主流 (手触り感が高い)	個別物件運用を想定 (手触り感が高い)
5	最低投資額	高額 (1棟単位)	少額 (数万円程度)	超少額設計も可 (ST化メリット)
6	流動性・換金性	低 (現物売買の機会僅少)	低 (原則譲渡禁止)	中~高 (ST化メリット)
7	運用期間	無期限	短期 (1~2年程度)	長期 (5年以上)
8	取引価格の市場影響	影響小 (鑑定評価ベース)	影響小 (鑑定評価ベース)	影響大 (市場影響強)
9	適用税制 (個人)	分離課税適用不可、特定口座利用不可	分離課税適用不可、特定口座利用不可	分離課税適用可、特定口座利用可

出所) 筆者作成

参考文献

齊藤達哉 (2024) 「4つのステーブルコインを24年にも社会実装化へ」『週刊金融財政事情』金融財政事情研究会 2024年1月16日号, pp16-18.
 中山靖司 (2023) 「米国における暗号資産規制の動向」SBI金融経済研究所所報, 4.
 Plogmat blog (2024) (2024年1月11日取得 <https://note.com/progmat>)

人工市場：金融市場のコンピュータ・シミュレーション

水田 孝信 | スパークス・アセット・マネジメント株式会社 上席研究員



水田 孝信

スパークス・アセット・マネジメント株式会社 上席研究員
2002年東京大学大学院理学系研究科修士課程修了、2004年スパークス・アセット・マネジメント株式会社入社。2014年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。博士（工学）。2020年度人工知能学会全国大会優秀賞受賞など受賞多数。

要約

人工市場とは、コンピュータで金融市場をシミュレーションするものだ。実際にレバレッジ規制や空売り規制などの規制設計に活用されている。例えば2014年に東京証券取引所で行われた10銭刻みで注文できるようになる呼値変更でも重要な役割を果たした。人工市場に注文生成AIを導入し、アルゴリズム取引の事前試験を行う研究も現れた。一方、人工市場で訓練されたAIトレーダーが真っ先に学習した投資戦略が相場操縦であったという研究もあり、懸念も浮上している。市場参加者間・市場間の相互作用など「複雑系」が重要な役割を果たした2008年の金融危機時には既存の経済学はそれをうまく取り扱うことができず批判をあげ、複雑系を扱える人工市場への期待が高まった。しかし、人工市場の研究者はまだ少ないこともあり発展途上である。今後人工市場の研究者が増え発展し、社会に大きな恩恵をもたらすことに期待したい。

1. 金融市場はうまく設計されたときのみ機能する

ゲーム理論・オークション理論の大家であるMcMillan(2002)は古代ギリシャの市場から、現代の電子商取引まで有史以来存在したさまざまな市場の成功・失敗を丁寧に分析し、

- ・市場は、古代から現在まで唯一自然な経済として存在する
- ・市場は、自然発生し、人為的に消し去ることは不可能である
- ・市場は、うまく設計されたときのみ機能する
- ・市場は、物理学者や生物学者が研究してきたシステムと同じくらい複雑で高度である
- ・市場は、細部の設計変更が全体に思わぬ大きな悪影響を与えることがある

と述べた。つまり、人類が社会的な活動をするとき必ず市場は発生し、それを為政者が消し去ることもできないので、市場を取り入れない政治体制は必ず失敗する。一方で、市場はいつでも人類を発展させるわけではなく、うまく設計をしないと害にもなりうる。そして、市場は非常に複雑なシステムであるため、そのうまい設計は簡単ではない。細部の設計変更が全体に思わぬ悪影響をおよぼすこともあり、細部の設計こそ重要であるとも述べている。市場においても「神は細部に宿る」のである。

金融市場は、事業を始めるのに必要な資金を集めその後利益を分配するなど、時

間を超えた交換という人類のみが獲得した行為を行う場であり、人類の発展に不可欠な市場である。金融市場は市場の中でも最も高度なものであり、極めて複雑なシステムである。そのような複雑なシステムの動きを数式だけを用いてきれいに表すなど、不可能であることは明らかである。金融市場をうまく設計することは非常に難しい作業であるが、この難しい作業次第で今後の人類の発展が大きく左右されると言っても大げさではないだろう。

金融市場に対してしばしば、「規制は少ないほどよく、自由な取引こそもっとも機能する」という意見と、「お金目当てで道徳のない人たちの集まりであり、社会を破壊するもの」という全く逆の意見が対立することがあるが、いずれも誤りである。金融市場は人類発展に不可欠で、消し去ることができない道具であり、うまく設計された時のみ人類発展に寄与するのである。

金融市場のような複雑なシステムであり、細部の変化が全体に予想しがたい大きな変化をもたらすシステムを複雑系とよぶ¹。同じく複雑系である気象システムでは、バタフライ効果という言葉が示すように、蝶が羽ばたくという極めて小さな動きが全体にどのような影響を与えるかを正確に予想することは難しい。その小さな羽ばたきが遠く離れた場所で台風を生み出すことさえ完全には否定できないのである。

1：複雑系に関しては Mitchell (2009) が詳しい。

2. 既存の経済学：複雑系をうまく取り扱えなかった

それにも関わらず、既存の経済学やファイナンス理論は金融市場の動きをきれいな数式だけで表現しようとした。複雑な金融システムを理解するために強い仮定をおいてシンプルなモデル化を行うことで、限られた範囲内の、複雑系が重要とはならない平時においては、高い説明力や予測精度を出すことに成功した。しかし既存の体系では、はじめに置いた強い仮定があたかも事実であるかのように錯覚し、きれいな数式で金融市場が常に説明できると誤解してしまった。複雑系である金融市場に対して、複雑系の動きは完全には理解できない、あるいは仮定に基づく近似アプローチには限界があるという謙虚さを持たず、自分たちは金融市場をすべて理解できるという傲慢な姿勢がこの失敗を生んだのであろう。

その結果、既存の経済学やファイナンス理論は、2008年に発生した世界的な金融危機の発生を事前に予想できなかったことはもちろん、金融危機が起きた後も、複雑系が重要な役割を果たした金融危機という現象をうまく表現することができなかった。こうした現実とのギャップについて、「経済学ではありえない現象です」と、あたかも既存の経済学が正しくて現実が間違っているとでも言いたいかのような発言すら聞かれることがある。そのような経済学は現実とは関係ない架空の世界の話に止まってしまう。

そもそも金融市場は複雑系であり、きれいな数式だけで表現できるシステムではないのだ。既存の経済学は、きれいな数式で理路整然と「正しく間違った」と言えるだろう。そして、後述する人工市場(エージェント・ベースド・モデルによる金融市場のコンピュータ・シミュレーション)は、複雑系を複雑なまま取り扱い、きれいではないしすべてを理解できるわけではないが、複雑系の本質を理解できる可能性を持つものとして期待が高まった。既存の経済学と人工市場との比較を図表1にまとめた。

図表1

	既存の経済学	人工市場
複雑系	扱えない	扱える
モデル	きれいで複雑な数式	シンプルな行動モデル
仮定	合理的な投資家、最適化など非現実的	メカニズムの理解に重点を置くため行動を簡素化
精度	複雑系が重要でない範囲内では高い ただし複雑系が重要な危機時は何も説明できない	複雑系が重要な危機時でも本質を説明できる ただし定量的な精度は高くない
正しい使い方	強い仮定のもとで作られたモデルであることを理解し、その仮定が成立する範囲内のみで用いる 目的に応じてモデルを使い分ける	過度な現実の再現を目指さずメカニズムの理解に使用し、あり得る副作用、あり得るメカニズムを議論する 目的に応じてモデルを使い分ける
誤った使い方	全ての経済現象を説明できると誤解して使用 複雑系が重要となる危機時の説明に使用	定量的に高い精度があると誤解して予測に使用 過度な現実との対応付け

出所) 著者作成

このような既存の経済学への批判と人工市場への期待は、残念なことに経済学の内側からではなく、他の分野や実務家など外側からなされた。例えば、科学系の学術論文誌の最高峰である Nature にグローバル金融危機後に掲載された Farmer & Foley(2009) では、「人工市場により、さまざまなシナリオのもとで政府の政策がどのような影響を与えうるかを議論できるはずだ」と述べられている。また、当時の欧州中央銀行総裁の Trichet(2010) がスピーチで「人工市場は、既存の経済学が仮定している最適化を用いなくてもより複雑な相互作用を取り扱えるため、注目すべき手法である」とその可能性に言及した。金融危機を予言したと話題になった邦題『市場リスク - 暴落は必然か』を執筆した Bookstaber は、『経済理論の終焉』という邦題の書籍で「既存の経済学では金融危機に対応できないが人工市場であれば対応できる可能性がある」と持論を展開した。

このように、既存の経済学への批判と人工市場への期待は経済学の外では多くなされている。

3. 他分野ではすでに活躍しているエージェント・ベースド・モデル

人工市場は、金融市場をエージェント・ベースド・モデルで表現したものであるが、金融以外の分野ではすでに活躍している。エージェント・ベースド・モデルとは、比較的単純なルールで行動するエージェント(人間や自動車などをモデル化したもの)をコンピュータ上に作成し、複数のエージェント間の相互作用を通じて全体としては複雑な現象を出力するコンピュータ・シミュレーションである。個々のエージェントは単純なルールで動いていたとしても、全体としては複雑な現象を見せる、まさに複雑系システムを表現できる手法となっている。

例えば鳥の集団は、一匹一匹は隣の鳥にぶつからないように間隔をあけて飛んでいるだけだが、全体としては複雑できれいな模様に見えることもある。この現象も以前は個々の鳥が高度な行動をしていると考えられていたようだが、エージェント・ベースド・モデルを用いることにより、個々の鳥の単純な反応(マイクロプロ

セス)が集まれば、高度な集団行動(マクロ現象)を産み出しうるということが解明された²。このような鳥の集団が全体として見せる変幻自在な複雑な模様も複雑系による産物であり、きれいな数式だけでは決して説明できない。

エージェント・ベースド・モデルは多くの分野で活躍している。例えば、岡山市(2018)は、岡山駅前に路面電車の乗り入れを検討した際に、エージェント・ベースド・モデルによる交通シミュレーションを行っている。国土交通省(2014)は、地下街の有事の際の避難計画の策定に、やはりエージェント・ベースド・モデルによる避難シミュレーションを行っている。新築のビルを建てたときに避難経路をシミュレーションで検討することは今や当然のこととして行われている³。NHKでは2015年に、南海トラフ地震が起きた場合34メートルもの巨大津波に襲われる恐れのある高知県黒潮町で避難計画を作る番組を作成しており、やはりエージェント・ベースド・モデルによる避難シミュレーションが活躍している⁴。34メートルもの巨大津波という想定に絶望感が漂っていた町民たちも、避難シミュレーションの結果をいくつか見るうちに、助かる方法もあると勇気づけられる様子が映し出されていた。また、倉橋(2020)は、新型コロナウイルスの感染拡大予防策をエージェント・ベースド・モデルで検討している。

2: 例えば、以下のサイトが参考になる。<https://mas.kke.co.jp/model/boid-model/>

3: 例えば、株式会社構造計画研究所では、避難シミュレーションをサービスとして提供している。https://iit.kke.co.jp/solutions/bousai_solution.html

4: この番組の内容は島川(2017)の第2章に記載されている。

4. 良いモデルは目的によって異なる

4.1 Schellingによる分離モデル

ノーベル経済学賞を受賞したSchelling(2006)はエージェント・ベースド・モデルを用いて、人種ごとに住む地域が自然と分離する理由を説明した。自身の家が他の人種の家に取り囲まれてしまうことを避けようとするだけで居住地域が自然と分離することを示し、大きな衝撃を与えた。

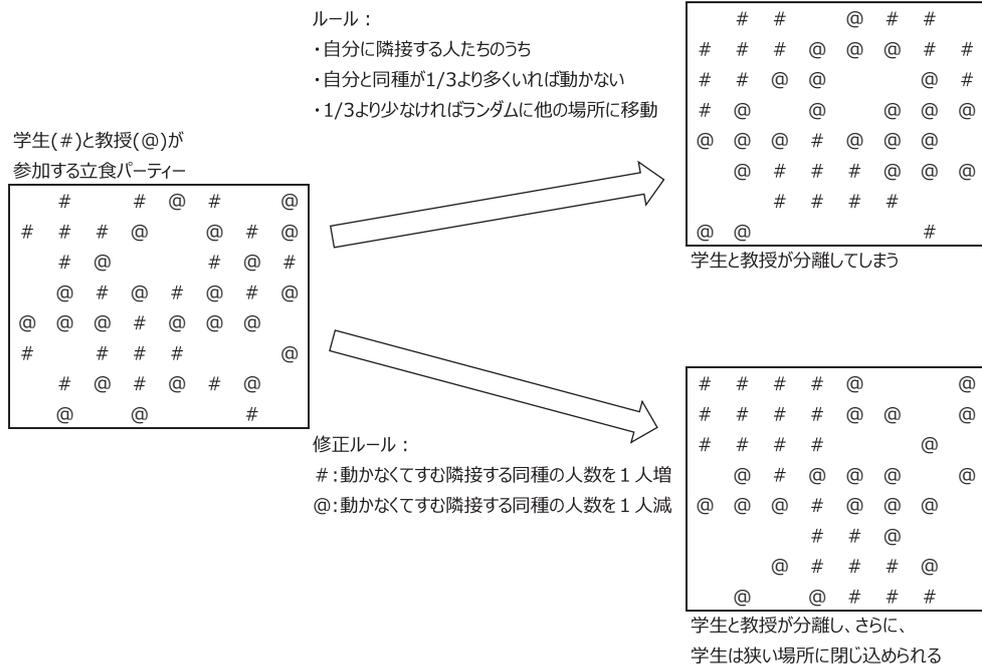
Schellingは教授と学生が参加する立食パーティーも同じ理由で教授と学生が分かれてしまうと述べており、これを例に具体的に説明する⁵。このモデルは非常にシンプルであり、コインを使って手作業でもできる(Schellingもぜひ手作業でやってほしいと述べている)。今、図表2のように、

- マス目上に教授(@)と学生(#)がいる
- 自分に隣接する人たちのうち自分と同種が1/3より多くいれば動かない
- 1/3より少なければランダムに他の場所に移動する

というルールで教授と学生が移動するだけで、学生と教授は分離されてしまうのである。学生は教授が嫌いではなく、しかし、自分の周りに教授が2/3以上となり、取り囲まれてしまった時のみ、居心地が悪く移動し、教授も学生が嫌いではないが、学生に取り囲まれた時のみ移動するだけで、両者は分離してしまう。結果だけ見ると、一見、教授と学生は仲が悪く見えるが、このシミュレーションのおかげで、仲が悪くなくてもこのようなことは起こりえるということが理解できる。

5: 「多角形のたとえ話」という下記のサイトで同様のシミュレーションを試すことができる。解説も秀逸である。<https://ncase.me/polygons-ja/>

図表2



出所) Schelling(2006)より著者作成

さらに、学生は教授より構成比率に敏感という効果をモデルに入れると驚く結果が出る。学生は上記条件よりも教授が1人少なくても移動し、教授は上記条件よりも学生が1人多くても移動しないという、僅かな修正を行う。すると、単に両者が分離するだけでなく、学生は狭い場所に閉じ込められ、教授は広々とした場所に陣取ってしまう。この結果だけを見ると教授が学生を迫害しているようにも見えてしまうのだ。もちろん学生のほうが教授より少し恥ずかしがり屋というだけであり、教授が学生を迫害するような意図は全くない。このように複雑系では、非常に小さな行動の違いが全体に大きな違いを生み出しうるのだが、エージェント・ベースド・モデルはそれを表現できる優れた手法なのである。

前節ではエージェント・ベースド・モデルが将来を精密に予測することに用いられている事例を紹介したが、ここで紹介したように現実には生じている複雑な現象の解釈や発生原因の解明にも利用されている。Schellingの立食パーティーのモデルでは、准教授も出てこなければ、テーブルもなく、居心地が悪ければどこにでも瞬間移動できるという現実離れしたモデルとなっている。しかし、分離してしまう原因を理解するという目的においては、必要な要素がモデルに組み込まれており、目的を達成している。むしろ、理解に必要なではない准教授やテーブル、移動速度などをモデルに組み込めば、分離メカニズムの理解とは関係のない要素が多くなってしまい、むしろ理解を妨げてしまうであろう。エージェント・ベースド・モデルは、目的に応じて、現実のどこを再現すべきか、どこまで複雑なモデルにすべきかが変わってくる。単純なモデルのほうが良いことも多いというのは、伝統的な経済学のモデルと同じである。

4.2 目的によって異なるモデルの最適な複雑さ

Gilbert(2008) は、エージェント・ベースド・モデルを目的に応じて、abstract モデル、middle-range モデル、facsimile モデルの3種に分けた。Gilbert は「abstract モデルの目的は社会でおきている現象の背後にある、ありえる基礎的なメカニズムを示すことである」とモデルの目的を定義している。abstract モデルが示すメカニズムを理解するためには、abstract モデルは可能な限りシンプルであるべきであり、不必要なモデルの複雑さはメカニズムの理解の妨げになると指摘した。これと対極にある facsimile モデルは、実際のデータに可能な限りフィットさせ、精密なモデルを作り上げ、今後起こる現象を高精度に定量的に予測しようとするものである。middle-range モデルは abstract モデルと facsimile モデルの中間的なモデルである。つまり、メカニズムを理解することを目的とする abstract モデルと、今後起こる現象を高精度に定量的に予測することを目的とする facsimile モデルでは、どのようなモデルが良いかが全く異なる。

実は、エージェント・ベースド・モデルのみならず、数式を用いてさまざまな現象を説明しようとする数理モデルや、実際の地形の何分の1かの模型を作ってそこでさまざまな実験を行う実物モデル、その他さまざまなモデル一般でも同様に、用途に応じた使い分けが意識されている。そもそもモデルとは何なのか、その目的は何か、そして、モデルはどう作られるべきかを研究している Weisberg(2012) は、もっと単純な例として地図をあげている。言うまでもなく、地図は目的地までの道順を理解するためのものであり、そのために実際の地形をモデル化した図形であると言える。地図はその目的のために簡潔に書かれていて、道順が理解しやすい。一方、衛星写真は実際の地形を非常によく再現しているが、道順は理解しがたい。Weisberg(2012) の扉のページにおいて、1960年代の世界的なラテンアメリカ文学ブームをけん引した作家 Borges の短編小説『学問の厳密さについて』⁶ の一節が訓話的に示されている。

6: Borges(1954)に掲載されている。

「しばらくするとこの膨大な地図でもまだ不完全だと考えられ、地図学院は帝国と同じ大きさで、一点一点が正確に照応しあう帝国地図を作り上げた。」という寓話であり、精密にするために現実とまったく同じ大きさになってしまった役に立たない地図の話が引用されている。これはどのような分野においても、モデルを作る・使う上で、もっとも気を付けなければならない教訓を示している。

5. 人工市場：金融市場をシミュレーションするエージェント・ベースド・モデル

前出のように人工市場とは、エージェント・ベースド・モデルを用いてコンピュータ上に金融市場をシミュレーションするものだ。コンピュータ上で架空の投資家の行動をシンプルにモデル化し、エージェントと価格の相互作用により、複雑な価格変動を出力する。

人工市場においても、どれくらい複雑なモデルが良いかはその目的によって異なる。制度やルール、規制の設計を行うのであれば、設計意図は効率的に達成されているか、どのような副作用があり得るのか、それはどのようなメカニズムなのかを発見することが重要なので、abstract モデルが良い。不要な複雑さは邪魔にな

るだけであり、現実の再現を目指す facsimile モデルであってはならない。しばしば、制度設計を目的とした人工市場は、モデルが現実的ではないとか、現実を再現していないと批判されることがあるが、facsimile モデルのように現実的にしたり、現実の詳細を再現したりしてはならない。目的を超えて過度に作り込み過ぎてしまうと、適切な制度設計の探求において必要なメカニズムの理解、知識獲得ができない。

後ほど述べるように、最近、アルゴリズム取引を実験する場としての人工市場の研究が現れた。この場合は、facsimile モデルでなければならない。つまり、理由は分からないが、今試しているアルゴリズム取引の性能の良し悪しがある程度正確に出力されるものでなければならない。どういう人工市場が良いかは、目的によって全く異なるのである。

先述の McMillan は、細部の規制やルールが市場全体に大きな影響を及ぼすとして、市場においても「神は細部に宿る」と述べた。1920 年代の世界恐慌は米国の個人投資家が借金をして元手の 10 倍の額の株式を買うという、いわゆるレバレッジ 10 倍で投資していたことが恐慌を大きくしたことが、最近の研究である Borowiecki et al.(2023) で示された。もし、3 倍程度の規制が導入されていたら、世界恐慌はもっと緩やかなものであったかもしれないし、これが遠因となった全体主義も台頭せず、悲惨な戦争が回避できた可能性もあったかもしれない。これは大げさな話ではなく、金融市場の細部のルールが人類に甚大な影響を与える社会規模での複雑系の一例といえよう。そして、既存の経済学では複雑系を議論できない。人工市場だけが複雑系を効果的に議論・検証できる手法となっている。

タイタニック号の沈没時に救命ボートが足りなかったことを反省し、乗客分の救命ボートを義務付ける規制を作ったところ、五大湖の遊覧船イーストランド号が救命ボートの重みで沈没し多くの犠牲者が出たという逸話を忘れてはならない⁷。細部であっても考察や検証が不足した規制や制度が思わぬ悪影響をおよぼすことがある。制度設計に終わりはない。常に制度は改善され、副作用のメカニズムを理解し、よりよい制度設計を追求し続けなければならない。そのために人工市場を活用した分析は必要不可欠である。

7：2015 年、当時の森信親金融庁長官が国際金融規制を強化しようとする欧米当局を批判する講演を行った際にもこのたとえ話が用いられた。永見野(2018)に詳しい。

6. 活躍し始めた人工市場

これまで人工市場を用いた研究により、

- ・金融市場の基本的な性質を巡る議論
- ・金融市場の規制やルール、制度の設計
- ・適切な財政・金融政策の在り方
- ・注文生成 AI によるアルゴリズム取引の試験

などが行われてきた。本節では、この順にそって具体的にどのような研究があったのか簡単に紹介していく。世界的な学術ジャーナルの査読を通過した研究が数多く存在しているが、査読のありなしに関わらずなるべく無料で、日本語で読めるものを引用する。

6.1 金融市場の基本的な性質を巡る議論

人工市場を用いた研究は 1990 年代から始まった⁸。金融市場では、リターンの

8：1990 年代の人工市場研究については、和泉(2003)が詳しい。

分布がランダムウォークの場合に形成される正規分布とは異なっていたり、一度ボラティリティが大きくなると大きい状態がしばらく続いたりといった特徴があることが知られている。Takayasu et al.(1992) や Lux & Marchesi(1999) は、このような特徴が生じるメカニズムを分析した。これらを再現するにはエージェントが投資対象の本源的な価値と関係ない、過去の価格変動や売買数量から行動を決める必要があり、既存の経済学で仮定される合理的な投資家だけでは再現されないことを示した。

また Izumi & Okatsu(1996) や Arthur et al.(1997) はバブルや金融危機のメカニズムの分析を行った。エージェントがよりよい取引行動を学習することによりバブルが起こることを示し、やはり合理的な投資家だけではバブルが再現されないことを示唆した。

人工市場の妥当性は実験市場によっても確認された。被験者を使った実験市場を行った結果と人工市場の結果がよくあうことが報告されている⁹。

9：優れたレビューとして西野・花木(2021)がある。

6.2 金融市場の規制やルール、制度の設計

金融市場の設計に人工市場を用いることは、学术界よりも、差し迫った課題を議論しなければならない実務家に浸透している。例えば、規制当局、中央銀行および取引所などである。日本では、東京証券取引所の親会社である日本取引所グループが、JPX ワーキングペーパー¹⁰を公開しているが、ここには人工市場を活用した研究が多く含まれていて、2023 年末現在 41 本中 12 本が人工市場を用いた研究である。中でも東京証券取引所と東京大学の共同研究である水田他(2013)では、注文価格の最小単位である呼値の縮小を検討し、大きすぎる呼値は価格変動を大きくしてしまうことを示している。実際に 2014 年に東京証券取引所が呼値の縮小を行った際には、この研究も参考にされたと考えられる。

10：<https://www.jpx.co.jp/corporate/research-study/working-paper/index.html>

日本銀行でも人工市場研究の黎明期から取り組みがなされてきた。清水・村永(1999)は、サーキットブレイカーが有効である条件を調べた。サーキットブレイカーを終了させるのは、投資家の予想価格の下落速度が十分に小さくなってからでなければならないことを示した。副島(2001)は、1998年に日本国債先物市場で導入された注文付け合わせの即時執行が価格変動を大きくしたことを示した。

日本の金融庁では、大井(2012)が、株式を借りずに空売りする、いわゆるネイキッドショートセルを禁止した場合、下落したファンダメンタル価格よりもさらに株価が下落してしまうオーバーシュートを防ぐことができる一方、平時の市場価格がファンダメンタル価格より少し高くなってしまったことを示した。

その他の代表的な研究も含め、図表 3 にまとめた¹¹。

11：人工市場による金融市場の設計の優れたレビューとして、高安他(2020)の第5章、水田・八木(2021)、水田(2021)がある。

図表3

調査対象	文献	人工市場研究が示唆したこと
サーキットブレイカー	清水・村永(1999)	サーキットブレイカーを終了させるのは、投資家の予想価格の下落速度が十分に小さくなってからでなければならない
注文付け合わせの即時執行	副島(2001)	価格変動を大きくする恐れ
ネイキッドショートセル	大井(2012)	オーバーシュートを防ぐことができる一方、平時は割高に
呼値	水田他(2013)	短期のボラティリティより小さい呼値でなければボラティリティを引き上げる
空売り規制	水田(2014)	空売りが完全に禁止された場合だけでなく、価格規制だけでも、市場を非効率なものとし、価格を引き上げ、場合によってはバブルを誘発する
値幅制限	水田(2014)	下落の時間スケールはさまざまなので、複数の時間スケールのものを用意すべき
高速取引	草田他(2015)	高速取引の多くはマーケットメイク戦略であり、この戦略が存在する取引所のほうが取引が多い
取引所の高速化	水田他(2015)	取引所は平均的な注文の到着間隔よりも低遅延(高速)であるべき
ダークプール	水田他(2016)	市場を安定化させ、マーケットインパクトを低減させる効果をもつ しかし、普及しすぎると市場の価格発見機能が著しく低下
バッチオークション	水田・和泉(2016)	ザラバよりも取引は少なくなる
取引時間延長	三輪・植田(2016)	延長された時間帯の取引参加者が少ないと市場効率性が低下
レバレッジETF	八木・水田(2017)	リバランス取引がボラティリティよりも大きいマーケットインパクトを与えると市場を荒らす
アクティブ運用	水田・堀江(2017)	忍耐強いアクティブ運用は市場がさらに非効率になりそうなきのみ多く売出し市場を効率化
水平株式保有	水田(2018)	競合企業をいずれも持つファンドが増えると企業間競争を阻害する
分散投資規制	丸山他(2019)	時価の上昇で上限を越えないように売る必要が生じファンダメンタル価格への収束を妨げる場合がある
流動性の種類	益田他(2019)	取引量と板の厚さは関係のない指標であり、流動性の量を示す取引量、質を示す板の厚さなど、流動性にもいくつか種類がある
取引手数料のリベート制	星野他(2021)	中途半端なリベートはかえって執行コストを上昇させる
値幅制限とサーキットブレイカー	水田・八木(2023)	値幅制限は制限価格付近に指値注文がたまり、反発を防ぐことがある ただし、サーキットブレイカーには取引を焦らせる副作用が報告されているがこれはまだ未調査

出所) 著者作成

6.3 適切な財政・金融政策の在り方

財政・金融政策の重要性は言うまでもない。先に述べたように経済や金融市場は複雑系システムであり、既存の経済学ではこれらの政策の細かい違いが全体に与える影響を分析できない。それが唯一できる人工市場であるが、人工市場による事前の検証はほぼ行われておらず、思わぬ副作用に見舞われたり、目標とはまったく異

なる結果を招いたりを繰り返している。人工市場が最も使われなければならない分野であり、多くの研究者が参入することが期待される。

少しずつではあるが、経済全体をモデル化した人工市場も研究され始めている。例えば、高島(2013)は政府や企業、銀行などの各経済主体の財務諸表の動きを簿記の仕訳から実装した研究を行っている。

これらの研究の発展により、例えば、国政選挙で各政党が金融・財政政策のシミュレーション結果を出し合って論争したりする日も近いかもしれない。

6.4 注文生成AIによるアルゴリズム取引の試験

最近、数秒以下といった短時間に出される注文を人工市場内で再現し、高速取引やアルゴリズム取引の実験場として使おうという研究が出てきた。これはまさに注文生成AIとよべるもので、現実でありそうな次の注文を予想するというものだ。予想に基づく注文が次々と生成される中で、検証したい高速取引の戦略やアルゴリズム取引を試してみるという使い方が考えられる。

金融市場の価格時系列変動は内在する法則が不安定で、長期間にわたって再現性のあるパターンを見出すのは難しい。しかし、秒以下の短い時間スケールであれば、膨大な投資家すべての注文の状況のデータを分析すればパターンが見つかる場合があることが知られている。このような短い時間スケールでは人間の手では注文を行えないので、すべて機械によって自動的に注文が行われていると考えられるため、パターンが発生するのかもしれない。

まだ実用化には至っていないが、JP Morgan Chase がスポンサーとなり2020年に始まった国際学会 ACM International Conference on AI in Finance¹²でこの分野の研究が毎年発表されているなど、研究の進展は速く、実用化される日も近いかもしれない。2023年11月には最新の研究として Coletta et al.(2023) および Nagy et al.(2023) が発表された。

12 : <https://ai-finance.org/>

6.5 AIの普及に追いついていない法律

水田(2020)は、AIトレーダーが人工市場で十分な訓練を行い、自身の取引が価格に与えるインパクトを学習すれば、最適な投資戦略として相場操縦を選択する可能性を示した。AIトレーダーの作成者・使用者が相場操縦を全く意図していなくても相場操縦を行う可能性があり、その場合、作成者・使用者の責任はどうか議論されている。この事象に関しては、日本のみならず多くの先進国で現在の金融法では対応できず、不正取引を行ったものがその責任をAIに押し付けてしまうことができる状況にある。規制の議論が必要であろう。

7. 人工市場へかかる期待と難しさ

人工市場は大きな期待がかかる一方、まだまだ研究者が少ない。その要因として、金融・経済分野の他手法の研究者からの理解を得られにくいことがある。経済学やファイナンスを研究する人たちの中には、シミュレーションというだけで受け入れない人がいる。経済学ではかつて、ゲーム理論ですら受け入れるのに相当な時間がかかったらしく、同分野の文化的な側面もあるかもしれない。また、金融・経済分野以外のエージェント・ベースド・モデルの研究者たちからも理解を得られに

くい。投資家は常に他の投資家を出し抜こうと考えており、振る舞いのモデル化に使える安定した行動パターンがない。例えば、自動車エージェントの安全運転のような、全体効率化に繋がる行動様式が存在しない可能性がある。そのため、モデルを複雑にしても妥当性の面で高い確度をもって分かることはほとんどなく、きわめて包括的でシンプルな行動だけを含んだエージェントにならざるを得ない。つまり、abstract モデルの研究が多くならざるを得ない。そのようなモデルは重要なメカニズムの知見を得るのに最適であるが、facsimile モデルが目指す現実世界の網羅的な説明は達成できない。金融・経済分野以外では、facsimile モデルの研究が多く成果を生み出しているため、これらに比べ金融市場の予測や適切な制度設計ができないことに物足りなさを感じているものと思われる。

こうした事情から、金融・経済研究と工学的研究の両方から本流でないと思われがちで、どこの学会、研究会に属したらいいかわからない、よりどころがない状況となっている。これらの困難を克服するためには、少しずつ地道な普及活動をするしかないと考えている。金融・経済分野の他手法の研究者には人工市場が複雑システムである金融・経済のメカニズム解明にいかに関与するか、金融・経済分野以外の研究者には、この分野の社会的貢献が非常に高いことを訴えていくしかない。

人工市場は、複雑系を複雑なまま取り扱い、きれいではないが正しく理解しようとする。泥臭いが、きれいに正しく間違ったりはしない。2008年の金融危機以降、期待が高まっている人工市場であるが、研究者がまだまだ少ないこともあり発展途上にある。人工市場の研究者が増え発展し、細部の議論を積み重ねて社会規模での複雑系効果を生み、社会に大きな恩恵をもたらすことに期待したい。

付記

本稿は著者の所属組織の公式見解を表すものではありません。すべては個人的見解であります。

参考文献

- Arthur, W. B., Holland, J. H., LeBaron, B., Palmer, R., & Tayler, P. (1997). Asset pricing under endogenous expectations in an artificial stock market. In W. B. Arthur (Eds.), *The economy as an evolving complex system II* (15-44). Addison-Wesley Reading, MA.
- Bookstaber, R. (2017). *The End of Theory: Financial Crises, the Failure of Economics, and the Sweep of Human Interaction*. Princeton University press. (リチャード・ブックステーバー『経済理論の終焉 金融危機はこうして起こる』長尾慎太郎・井田京子訳 Pan Rolling 2019年)
- Borges, J. L. (1954). *Historia universal de la infamia*. Emece. (ホルヘ・ルイス・ボルヘス『汚辱の世界史』中村健二訳 岩波書店 2012年)
- Borowiecki, K. J., Dzieliński, M., & Tepper, A. (2023). The great margin call: The role of leverage in the 1929 Wall Street crash. *Economic History Review*, 76(3), 807-826.
- Coletta, A., Jerome, J., Savani, R., & Vyetenko, S. (2023). *Conditional Generators for Limit Order Book Environments: Explainability, Challenges, and Robustness*. arXiv.
- Farmer, J. D., & Foley, D. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 685-686.

- Gilbert, N. (2008). Agent-based models. Sage Publications.
- Izumi, K., & Okatsu, T. (1996). An artificial market analysis of exchange rate dynamics. In P. J. Angeline (Eds.), *Evolutionary Programming V* (27-36). MIT Press.
- Lux, T., & Marchesi, M. (1999). Scaling and criticality in a stochastic multi-agent model of a financial market. *Nature*, 397, 498-500.
- McMilan, J. (2002). *Reinventing the Bazaar, A Natural History of Markets*. WW Norton & Company. (ジョン・マクミラン『新版 市場を創る - バザールからネット取引まで』瀧澤弘和・木村友二訳 慶応義塾大学出版会 2021年)
- Mitchell, M. (2009). *Complexity: A Guided Tour*. Oxford University Press. (メラニー・ミッチェル『ガイドツアー 複雑系の世界：サンタフェ研究所講義ノートから』高橋洋訳 紀伊國屋書店 2011年)
- Nagy, P., et. Al. (2023). Generative AI for End-to-End Limit Order Book Modelling: A Token-Level Autoregressive Generative Model of Message Flow Using a Deep State Space Network. arXiv.
- Schelling, T. C. (2006). *Micromotives and Macrobehavior*. W. W. Norton & Company. (トーマス・シェリング『ミクロ動機とマクロ行動』村井章子訳 勁草書房 2016年)
- Takayasu, H., Miura, H., Hirabayashi, T., & Hamada, K. (1992). Statistical properties of deterministic threshold elements - the case of market price. *Physica A*, 184(1-2), 127-134.
- Trichet, J. (2010, November 8). Reflections on the nature of monetary policy non-standard measures and finance theory, Opening address at the ECB Central Banking Conference Frankfurt. European Central Bank. <https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2010/html/sp101118.en.html>
- Weisberg, M. (2012). *Simulation and Similarity: Using Models to Understand the World*. Oxford Studies in the Philosophy of Science (マイケル・ワイズバーク『科学とモデル - シミュレーションの哲学入門 -』松王政浩訳 名古屋大学出版会 2017年)
- 和泉潔 (2003)『人工市場』森北出版.
- 大井朋子 (2012)「エージェントシミュレーションを用いた「価格規制」と「ネイキッド・ショート・セリングの禁止」の有効性の検証」FSA Institute Discussion Paper Series, DP 2012-5.
- 岡山市 (2018)「第4回 路面電車乗り入れを含めた岡山駅前広場のあり方検討会」岡山市. 2018年2月26日 <https://www.city.okayama.jp/0000006104.html>
- 草田裕紀・水田孝信・早川聡・和泉潔 (2015)「保有資産を考慮したマーケットメイク戦略が取引所間競争に与える影響：人工市場アプローチによる分析」『人工知能学会論文誌』30, 5, pp.675-682.
- 倉橋節也 (2020)「新型コロナウイルス (COVID-19) における感染予防策の推定」『人工知能学会論文誌』33(3), D-K28, pp.1-8.
- 国土交通省 (2014)「第4回地下街安心避難対策検討委員会」国土交通省. 2014年1月17日 https://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_gairo_tk_000052.html
- 島川英介 (2017)『大避難 何が生死を分けるのか』NHK出版.
- 清水季子・村永淳 (1999)「取引停止措置が市場機能に及ぼす影響：人為的シャットダウンを備えた市場の挙動に関するシミュレーション分析」IMES Discussion Paper Series, 99-J-1.
- 副島豊 (2001)「JGB先物市場における即時執行制度とボラティリティ - 戦略的注文行動の分析に基づく人工証券市場を用いた検証 -」『現代ファイナンス』, 10, pp.3-33.
- 高島幸成 (2013)「ABMによるマクロ経済基本挙動再現の為のモデル構造に関する研究」博士論文 千葉工業大学大学院社会システム科学研究科.
- 高安美佐子・和泉潔・山田健太・水田孝信 (2020)『マルチエージェントによる金融市場のシミュレーション』コロナ社.
- 永見野良蔵 (2018)「金融規制の国際交渉」日本金融学会. 2018年5月26日 <https://www.fsa.go.jp/common/conference/danwa/2018/20180526.pdf>

- 西野成昭・花木伸行 (2021)『マルチエージェントのための行動科学：実験経済学からのアプローチ』コロナ社。
- 星野真広・水田孝信・八木勲 (2021)「人工市場を用いたメイカー・テイカー制が市場間取引シェア獲得に与える影響調査」『JFX ワーキングペーパー』37.
- 益田裕司・水田孝信・八木勲 (2019)「人工市場を用いた金融市場流動性に影響を与える要因の調査」『JFX ワーキングペーパー』29.
- 丸山隼矢・水田孝信・八木勲 (2019)「人工市場を用いた分散投資規制が市場に与える影響分析 - ファンダメンタル価格急落時と急騰時における比較」『情報処理学会論文誌』60,10, pp.1694-1703.
- 水田孝信 (2014)「人工市場シミュレーションを用いた金融市場の規制・制度の分析」博士論文 東京大学大学院工学系研究科。
- (2018)「水平株式保有するパッシブファンドの増加が企業間競争と市場価格へ与える影響 - 人工市場によるシミュレーション分析 -」『人工知能学会 金融情報学研究会』21, pp.1-7.
- (2020)「人工知能は相場操縦という不正な取引を勝手に行うか? - 遺伝的アルゴリズムが人工市場シミュレーションで学習する場合 -」『人工知能学会 全国大会論文集』34.
- (2021)「金融市場の制度設計に使われ始めた人工市場」『スパークス・アセット・マネジメント スペシャルレポート』. 23. 2021年11月15日 <https://www.sparx.co.jp/report/detail/305.html>
- ・和泉潔 (2016)「人工市場シミュレーションを用いたバッチオークションの分析」『JFX ワーキングペーパー』17.
- ・小杉信太郎・楠本拓矢・松本渉・和泉潔 (2016)「ダーク・プールが市場効率性と価格発見メカニズムに与える影響 ~人工市場モデルと数式モデルを用いたメカニズムの分析~」『人工知能学会 金融情報学研究会』16, pp.16-23.
- ・早川聡・和泉潔・吉村忍 (2013)「人工市場シミュレーションを用いた取引市場間におけるティックサイズと取引量の関係性分析」『JFX ワーキングペーパー』2.
- ・堀江貞之 (2017)「忍耐強い (Patient) アクティブ投資は市場を効率的にするのか? - 人工市場によるシミュレーション分析 -」『人工知能学会 金融情報学研究会』19, pp.1-8.
- ・則武誉人・早川聡・和泉潔 (2015)「人工市場シミュレーションを用いた取引システムの高速化が価格形成に与える影響の分析」『JFX ワーキングペーパー』9.
- ・八木勲 (2021)「人工市場による金融市場の設計と広がる活用分野」『人工知能』36,3, pp.262-269.
- ・八木勲 (2023)「人工市場シミュレーションによる値幅制限とサーキットブレイカーの効果比較」『人工知能学会 金融情報学研究会』31, pp.9-15.
- 三輪宏太郎・植田一博 (2016)「効果的な取引時間延長の検証」『人工知能学会 金融情報学研究会』17, pp.5-11.
- 八木勲・水田孝信 (2017)「人工市場シミュレーションを用いたレバレッジ ETF が原資産価格変動に与える影響分析」『人工知能学会 金融情報学研究会』18, pp. 9-15.

オルタナティブデータとしての 不動産登記ビッグデータ

—一人と不動産の動きを多角的に捉える新技術—

木村 幹夫 | 株式会社トールス 代表取締役

要約

日本の不動産登記情報は、単なる土地や建物の所在や所有者情報を超えて、ビッグデータ分析、GIS、GPS、AIなどの最新技術と組み合わせることで、詳細なデータベース化と分析・活用が可能となり、経済活動や市場動向における重要な情報資産としての役割を果たせるポテンシャルを有している。具体的には、所有者名からの名寄せ分析、抵当権の債権者名からの分析、所有権移転相続や売買の動きの分析など、多角的なアプローチにより不動産市場の動向を把握することが可能である。これらの分析は、次世代の金融ビジネスにおける重要な基盤となり得るものである。

1. はじめに

不動産登記とは、不動産の所在や面積、所有者の情報を記録し、一般に公開する制度である。これにより、日本では不動産の権利関係を透明化し、不動産取引を安全かつスムーズに行うことができている。不動産登記情報が記載された登記簿は、単にバラバラに閲覧されているだけでは、不動産の所有者情報の羅列に過ぎない。しかし、これを横断的に見ると、不動産所有者の様々な情報としての価値が浮かび上がる。所有者の資産状況に光を当て、所有権のダイナミックな動きをトレースすることが可能となる。こうした追加的価値は不動産ビジネスや行政サービスにとどまらず、金融ビジネスにおいても大きな価値をもたらすポテンシャルを有している。本稿では、不動産登記情報についてビッグデータ分析やデータサイエンス、GIS (Geographic Information System、地理情報システム)、AIといった技術によって人々と不動産の動きを多角的に理解する手法を示し、そのビジネス活用上の潜在価値の大きさを紹介する。

日本銀行の資金循環統計によると日本人の金融資産は約 2,000 兆円にのぼるが、これは現預金や有価証券などを指し、不動産資産は含まれていない。国民経済計算年次推計ストック編でみた非金融資産中に占める土地は約 1,300 兆円であり、建物を含む不動産資産の総規模はさらに大きいことが推測される。不動産は個人や企業、政府にとって生産活動や生活・社会インフラとして重要な資産であり、経済活動の基盤となっている。それにもかかわらず、この膨大な資産の実態を正確に把握している機関や統計は、これまで存在しなかった。その全体像が明らかになっていないのは、社会や産業界、行政にとって大きな課題である。不動産市場の透明性の



木村 幹夫

株式会社トールス 代表取締役
1966年生まれ。慶應義塾大学卒業、東京大学EMP終了。三井住友銀行にて富裕層開拓、IT企画部門にてビッグデータを戦略的に活用した営業推進、社内情報システムの大部分をWebシステムで刷新。2003年に株式会社トールス設立。登記簿を集約したビッグデータを構築し、不動産ビッグデータ、AIを元にしたマーケティング支援を行う。MITコンテストなど受賞実績多数。東京大学協力研究員。情報経営イノベーション専門職大学、客員教授。

欠如は、投資家や政策立案者にとって重要な情報が不足していることを意味し、市場の効率性や公正性に影響を与える可能性がある。また、不動産資産に関する正確なデータなしでは、資産運用を始めとした多様なビジネスが効率的に進められず、経済成長の制約になりかねない。断片的ではない不動産登記情報の包括的・網羅的な活用が求められている。

2. 不動産登記の基本的なデータ構造とオープンデータ性

まず2節では、不動産登記の基本的なデータ構造について解説する。日本の不動産登記は、主に「土地登記」と「建物登記」の二つに分かれている。これらはそれぞれ独立した登記簿に記録され、不動産の所在地、面積、形状、用途などの基本情報、所有者の名前や住所、所有権の移転や変更の履歴が記されている。

土地登記簿は、土地の所在、地番、地目（土地の種類）、面積などの基本情報と、所有者の情報、抵当権や地役権などの権利関係が記載されている。建物登記簿には、建物の所在、構造、用途、床面積などの基本情報と、所有者の情報、建物に関する権利関係が記される。これらの登記簿には「表題部」と「権利部（甲区）」「権利部（乙区）」の三つの部分があり、それぞれ異なる情報を含んでいる。表題部には不動産の基本情報が、「権利部（甲区）」には所有者に関する情報やその変更の履歴などが、「権利部（乙区）」には所有権や抵当権などの権利関係が記録されている。

不動産登記は、不動産取引の安全性を確保し、権利関係を明確にするための重要な手段である。不動産登記情報は、不動産の価値評価、権利関係の確認、法的なトラブルの防止などに利用される。また、不動産登記情報は公的な記録であり、一般に公開されているため、誰でも閲覧することが可能となっている。

不動産登記が誰でも閲覧できるオープンデータであることは、不動産市場の健全な流通と透明性を保つ上で極めて重要である。登記情報が不透明になると、誰から不動産を買っているのか分からなくなり、不動産マーケットは混乱する（こうした考えは法務省（2023）に紹介されている）。また、昨今問題になっている、他人の土地を売り飛ばす地面師詐欺なども増加すると予想される。そのため、登記データをクローズド情報とすることは望ましい政策ではない。不動産登記のオープン性は今後も維持されるべき社会インフラである。

さらに、オープンデータの精度を維持することも重要である。正確な登記情報は、不動産の価値評価、権利関係の確認、法的なトラブルの防止に役立つ。不動産登記情報の正確性とアクセス性が保たれることで、市場の効率性が向上するだけでなく、投資家や政策立案者にとっても重要な情報源となる。このように、不動産登記のオープンデータ性とその精度は、市場の健全性を保ち、経済活動を支える社会基盤として維持していかなければならない。

3. 登記簿ビッグデータ分析から分かること

本節では、断片的に利用されている登記簿情報をデータベース化し、包括的・網羅的に活用することで、従来の登記簿情報が提供していた情報量とその用途とは全

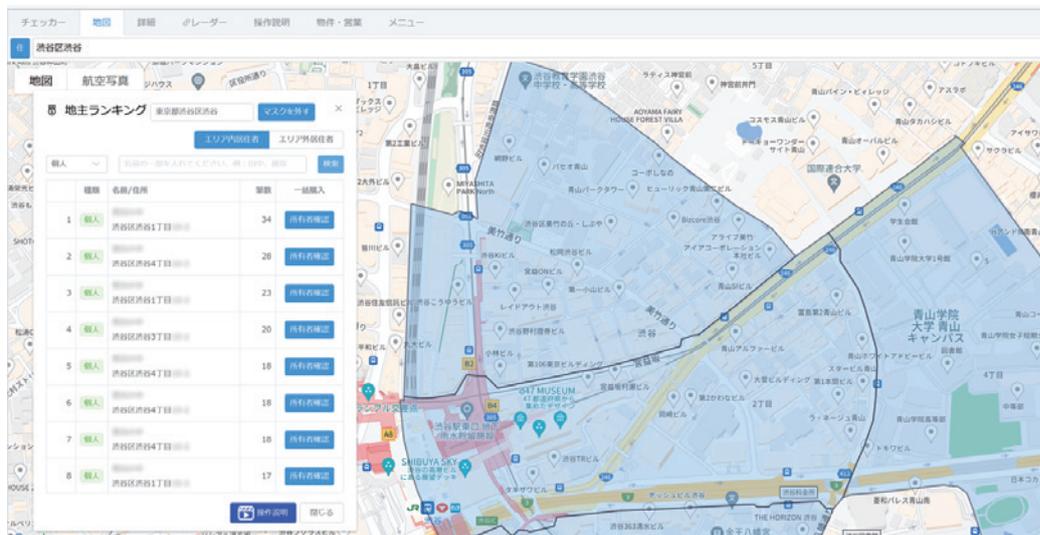
く異なる新しい情報サービスが提供できるようになることを複数の事例を挙げながら紹介する。

3.1 登記簿情報をビッグデータ化する

膨大な登記簿情報をデータ化することで、法人・個人を問わず所有者名で名寄せが可能になる。具体的には、特定の土地を持つA氏が他の場所に所有する不動産を把握できるようになる。つまり、A氏の不動産資産におけるポートフォリオが瞬時に明らかになる。このように個々の所有者の不動産資産の全体像を把握することで、より効果的な資産管理や事業計画立案が可能になる。

登記簿に記された情報は、単体では特定の土地や建物の情報に過ぎない。しかし、これをビッグデータ化し集約することで、個人・法人の不動産資産をまとめた貴重なデータベースとなる。特定エリアのビルやマンションの棟数、名称、物件概要、戸数、面積、持ち主などの詳細情報を抽出するなど、日本の不動産資産の全体像も把握が可能になる。例えば、「都心3区で10筆以上の土地を持つ企業」や、「23区内でワンルームマンションを10戸以上所有する投資家」、「直近6か月間で10,000㎡以上の土地を購入した個人」など、特定の条件を満たす所有者のリストを簡単に作成することができる。これは、新たなビジネスチャンスの発見や、投資戦略の策定に役立つ貴重な情報源となる。不動産登記情報はターゲティングした顧客のプロファイリングや、特定エリアの動向分析に最適なのである。

図表1 特定のエリアで複数の土地を所有する個人の上位ランキング



出所) 筆者作成

3.2 抵当権の債権者名の分析で分かること

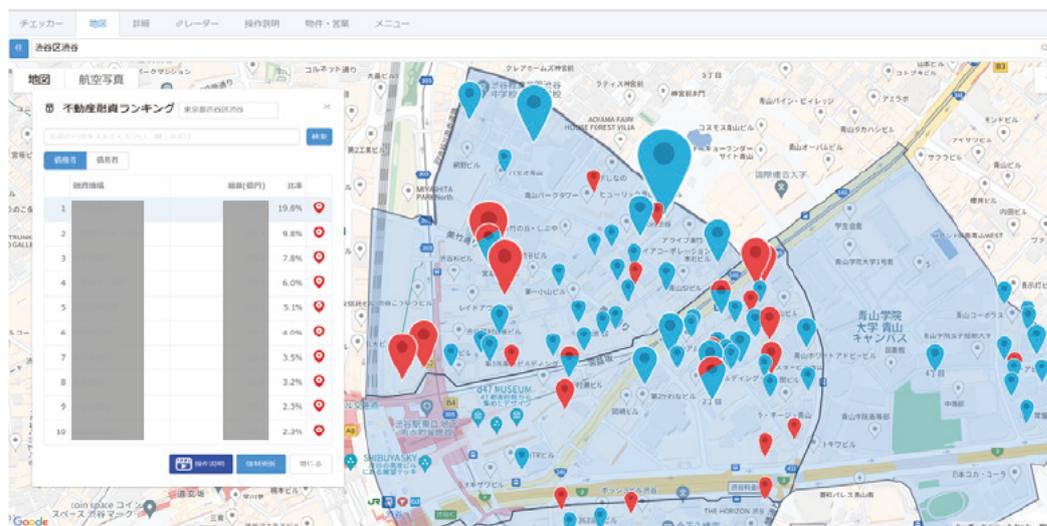
次に、複数の登記簿から乙区のデータを集約することで得られる洞察事例を示す。乙区とは、不動産登記簿の一部で、所有権以外の権利に関する登記を記載する部分である。乙区には、抵当権、賃借権、地役権、根抵当権、先取特権など、不動産に関連するさまざまな権利が記録される。例えば、抵当権は、債務の担保に供された不動産について、他の債権者に先立って債権の弁済を受ける権利である。これは、住宅ローンや事業融資などでよく見られる権利で、金融機関が貸し付けた資金

の返済の確実性を高めるために設定される。

乙区の登記情報は、不動産の権利関係を理解する上で重要である。そして、複数の登記簿から乙区のデータを集約することにより、特定の債権者名、すなわちある金融機関が特定のエリアでどの程度の貸し付けを行っているかを把握することが可能になる。このほか、特定の不動産オーナーがどの金融機関と頻繁に取引しているか、不動産オーナーに焦点を当てた分析を行うことも可能となる。この情報は、金融機関の市場戦略や不動産市場における金融機関や大規模地権者の影響力を理解する上で非常に有益なものとなる。

さらに、特定のエリアや時期において急激に融資が増加している場合は、再開発や大規模なプロジェクトなど、何らかの特別な事情があることを示唆している可能性がある。このような情報は、市場の動向を予測し、投資戦略を立てる際に非常に有用である。また、融資の動向を分析することで、金融機関が特定のタイプの不動産や特定の顧客層に対して、どのような融資ポリシーを持っているかを理解することもできる。例えば、ある金融機関がワンルームマンションや商業施設に対して積極的に融資を行っていることが分かれば、その金融機関が特定の市場セグメントに注力していることが推測できる。このように、複数の登記簿から乙区のデータを集約し分析することで、金融機関の融資戦略や市場の動向を深く理解することが可能になり、ビジネス上の戦略立案や意思決定において重要な情報源となる。

図表2 抵当権設定の有無と設定金額



注) 赤いピンは抵当権が設定されたうえで融資が実行中の不動産を示し、青いピンは抵当権が解除された不動産を示す。ピンの大きさは抵当権設定額の多寡を表す。

注) グレー部は金融機関名と抵当権設定額。

出所) 筆者作成

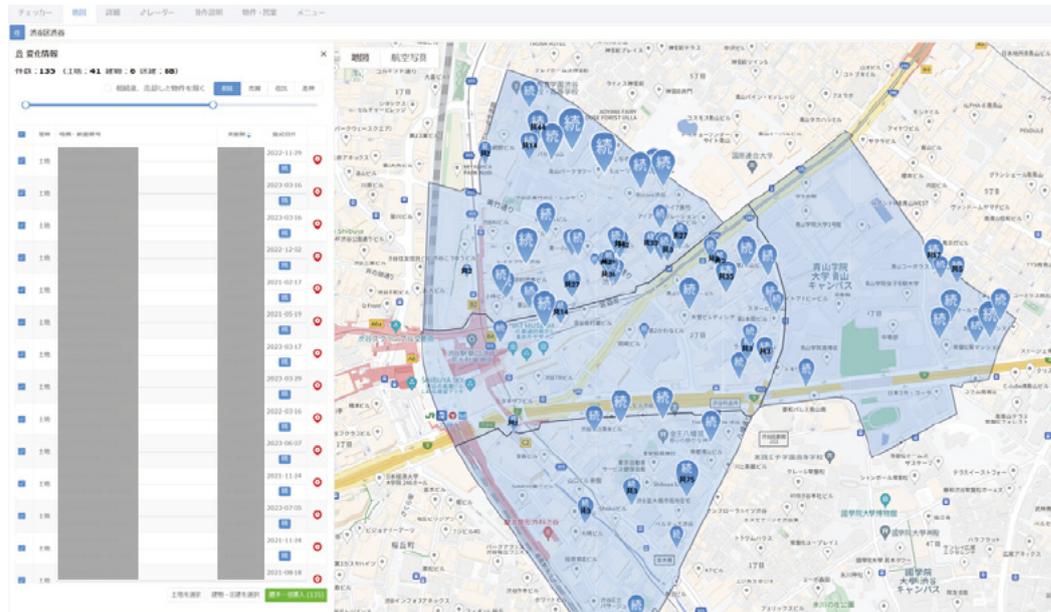
3.3. 所有権移転相続の動きから分かること

登記簿には土地・建物の所有権移転も記録される。これは不動産登記簿の権利部甲区に記載されている。不動産の所有者が亡くなり相続によって所有権が移転する場合は、被相続人（亡くなった人）から相続人（相続した人）へ名義を変更することになる。相続登記は、相続を原因とする所有権移転登記と呼ばれ、不動産の所有者が変わった場合に甲区欄を新しい名前に変更し、所有者が変わったことを登記す

る。これには、所有者の住所・氏名・登記の目的・取得年月日と取得原因が含まれる。所有権移転相続の動きを分析することで、特定の地域や市場における不動産の所有権変更の傾向や、相続が発生した不動産の動向を把握することが可能となる。

相続による所有権移転の情報は、不動産の将来動向を予測する上でも重要な指標となる。相続人が不動産を売却する可能性も少なくないからである。「巨額の相続税金が払えない」、「家屋を相続したところで住む予定はない」などの事情があれば相続人は不動産を売却せざるを得ない。売却の仲介や、売却金のため資産運用提案などのビジネス機会探索にも活用できる。

図表3 相続が発生した土地の抽出と相続不動産の推定金額

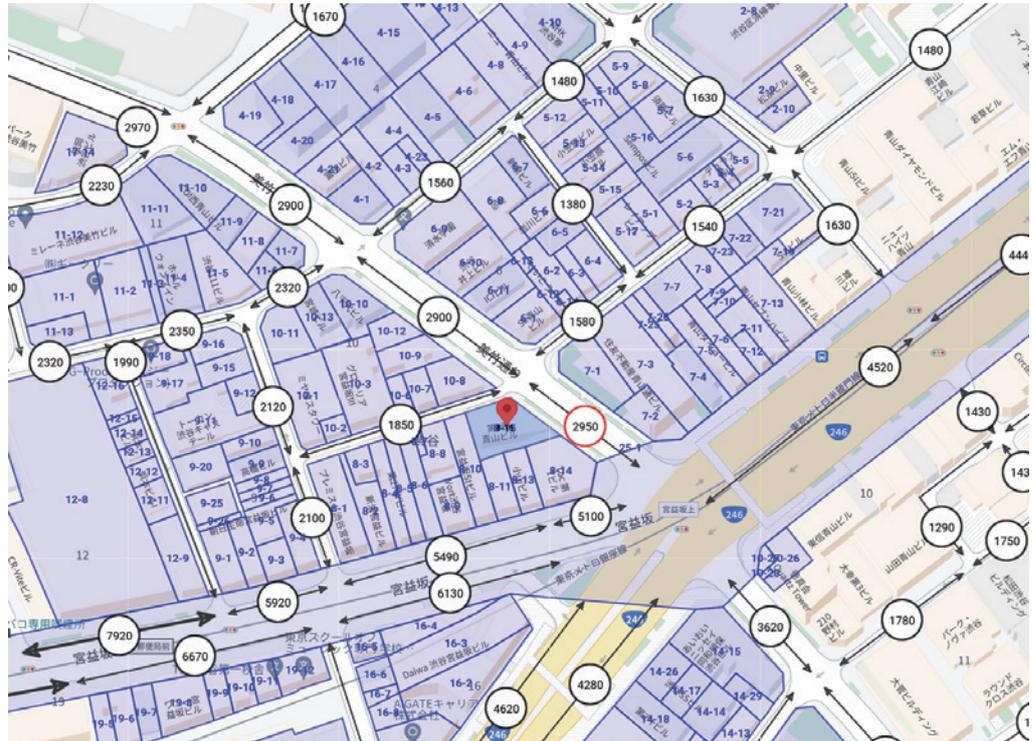


注) グレー部は地番・家屋番号と推定金額
出所) 筆者作成

やや余談ではあるが、不動産業界においては、事件・事故、孤独死などで住宅内で人が亡くなった物件を「事故物件」と呼ぶ。不完全ながら、孤独死に関する情報も登記簿から見つけることが可能である。相続によって持ち主が変わった登記の中には、相続が発生した日時に「推定」と記載されていることがある。これは、孤独死などで死亡日時が特定できなかった場合の記載であると考えられる。「推定」という言葉が使われる場合とは別に「○日頃」や「○年月日不詳」といった表現も見られる。こうした記載だけでは、その住居内で不審な死があったのかまでは判明しない。しかしながら、病院や自宅などにおいて看取られた一般的な最期ならば「推定」という表記は用いられないため、物件の前所有者が通常とは異なる形で亡くなった可能性があることは間違いない。

不動産取引をする際には、このような事故物件情報は注意事項である。相続による登記移転を通じて事故物件を推察する方法は、不動産市場における重要な情報源であり、一部の不動産会社は取引の際に活用している。

図表4 相続税評価に使われる路線価の表示



注) 赤丸で囲われた路線価は、赤いピンが指す不動産に適用される路線価
出所) 筆者作成

3.4 所有権移転売買の動きから分かること

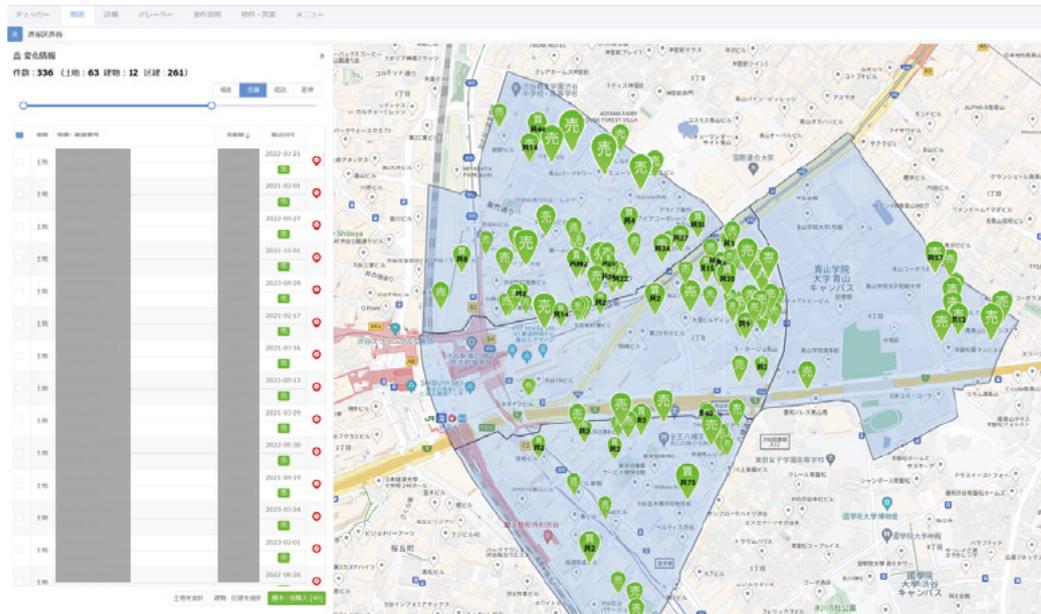
言うまでもなく不動産は売買によっても所有権が移転する。売買による所有権移転の動きを分析することも、不動産市場の活性度や特定の地域における不動産の需要と供給のバランスを把握するために有効である。例えば、特定のエリアで売買による所有権移転件数が増加している場合、その地域の不動産市場が活発であることを示しており、投資家やデベロッパーにとって魅力的な投資・開発機会が存在する可能性がある。実際に当社のデータでは、再開発が実施されるエリアでは、計画が決まる数年前から特定のデベロッパーによる売買が増加するなど、明確な傾向が見て取れる。

売買によって特定の不動産事業者名が登記簿に登場すると、しばしばその後に大手デベロッパーによる大規模開発が行われるケースが見うけられる。この現象が複数回観察される場合、不動産事業者と大手デベロッパーが何らかの関係性を有していることを示唆している。

所有権移転売買のデータを通じて、特定の不動産タイプや価格帯に対する需要の傾向を分析することも可能である。デベロッパーなどの不動産事業者や投資家は、市場の需要に合わせた投資戦略や販売戦略を立てることができる。さらに、所有権移転の履歴を追跡することで、特定の不動産が過去にどのような取引履歴を持っているかを知ることができ、その不動産の価値評価や将来の価格変動の予測に役立つ。

所有権移転売買の情報は、不動産市場の価格動向を理解する上でも重要な指標となる。特定のエリアや期間における平均取引価格の変動を分析することで、市場の価格トレンドや投資リターンの可能性を評価することができる。

図表5 売買が発生した土地と推定売買金額



注) ピンの大きさは推定売買金額を表す。グレー部は地番・家屋番号と推定売買金額。

出所) 筆者作成

3.5 登記簿データから外国人の不動産所有状況を調べる

都心のタワーマンションの登記簿を分析することで、購入者の傾向が明確にわかることがある。郊外のマンションと比較して、都心のタワーマンションの登記簿上の所有者は、そのマンションとは別の場所に居住地を持つ傾向が高い。これは、セカンドハウスや投資目的で購入し、数年後に売却することを前提としている可能性を示唆している。このような情報は、富裕層のリストとして金融ビジネスにおいて非常に有用であり、金融機関にとって重要な情報源となる。

図表6 東京都内のマンション所有者



出所) 筆者作成

また、バブル期を彷彿とさせるような開発が行われているリゾート地の登記簿データにも興味深い傾向が見られる。例えば、世界的なスノーリゾート地となった北海道ニセコのリゾートマンションの登記簿データを分析すると、多くの所有者が海外に居住地を持つ外国人や外国法人であることが明らかになる。これは、日本のリゾート地がどのような資金によって開発され、保有されているかを示す事例であり、国際的な不動産市場の動向を理解する上で重要な情報となる。

図表7 あるリゾートマンションの所有者事例



注) 世界地図上の数字は当該国に居住するマンション所有者の数。グレイ部は所有者名と住所。出所) 筆者作成

このように、登記簿データの分析は、都市部のタワーマンションからリゾート地のマンションに至るまで、不動産市場の多様な動向を把握する上で有効な手段である。投資用マンションの所有者の傾向や、国際的な資金の流れを理解することは、不動産市場の透明性を高め、より効率的な投資戦略の策定に寄与するだけでなく、国土利用状況を把握する観点からも極めて重要な情報であると言える。

図表8 日本の全不動産所有者(捕捉分のみ)中のシンガポール居住者

名前サーチ ×

シンガ%

合計: 3684 筆 正規表現で検索 GO!

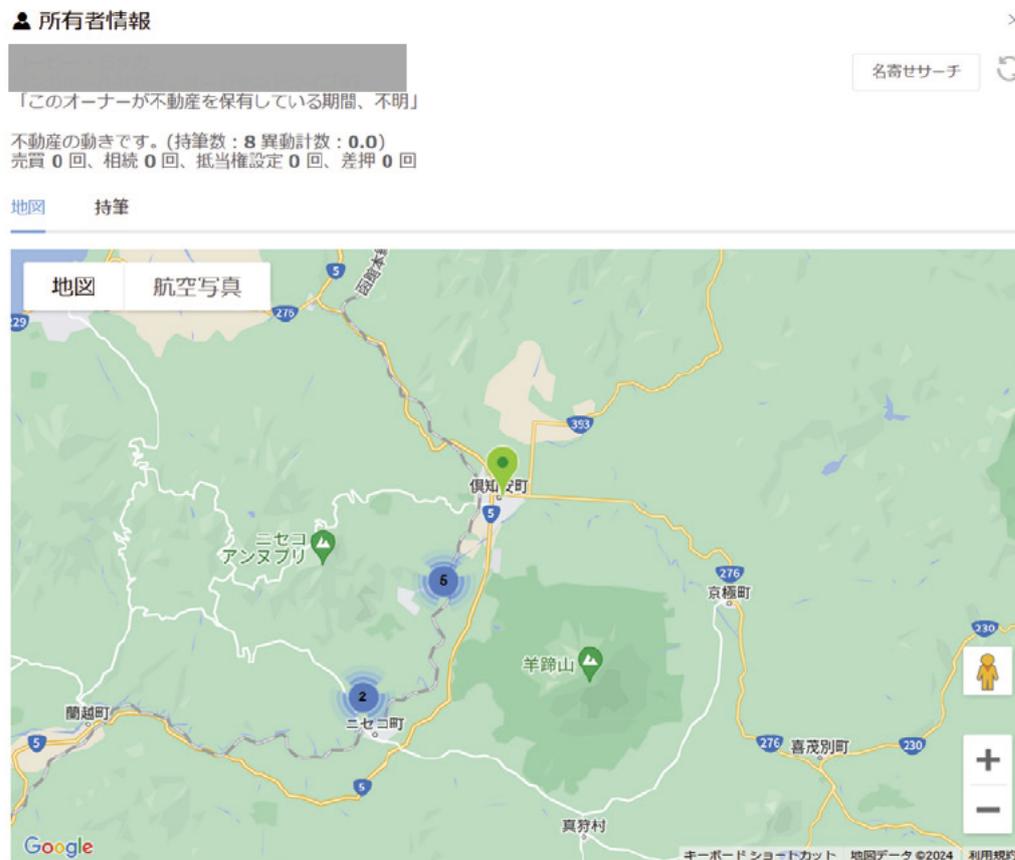
	名前	住所	筆数	
1	法人		14	詳
2	個人		14	詳
3	個人		9	詳
4	個人		9	詳
5	個人		8	詳
6	個人		7	詳
7	個人		7	詳
8	個人		7	詳
9	個人		6	詳

総計 2908 件 < 1 2 3 4 5 6 ... 146 >

注) グレー部は氏名と住所。

出所) 筆者作成

図表9 あるシンガポール居住者の所有不動産(北海道ニセコ町内分)



注) グレー部は氏名と住所。
 出所) 筆者作成

4. 新技術との組み合わせによる不動産登記データの革新的活用

こうした不動産登記データを様々な形で活用するために、新しい技術との組み合わせが重要になっている。まず、GIS 技術によって、物件の位置、特性、価値などを地図上に表示し、地域ごとの不動産市場の動向や価格変動を直感的に把握することができる。例えば、図表2のように地図上で特定エリアを指定することで、その範囲内で不動産の抵当権を持つ金融機関をデータ化し、金融機関の抵当権ごとに地図上にプロットすることが可能になった。駅周辺や支店の営業範囲など、ビジネスの実態に合わせて登記簿データを活用することができる。

また、GPS (Global Positioning System、全地球測位システム) との連携により、不動産登記情報が機動的に利用できるようになった。例えば、金融機関の営業担当者は、街中で目にした気になる物件について、その場でスマートフォン内の SNS アプリの LINE を通じて登記情報を瞬時に取得することもできる。このような迅速な情報確認は、ビジネスチャンスの拡大や業務効率化・迅速化に大きく貢献する。

図表10 スマートフォンアプリの使用事例



出所) 筆者作成

不動産の登記簿情報データを別のデータと掛け合わせることで、利用価値は加速度的に高まった。例えば、企業信用調査会社と連携することで、信用情報の中に企業が所有する不動産情報も含めることが可能になった。不動産の登記簿情報データを他のデータソースと組み合わせることにより、その利用価値は飛躍的に向上する。例えば、企業の財務健全性や信用度を評価する際に、単に財務データや信用履歴だけでなく、所有する不動産の価値や位置、特性などの情報も考慮することができる。このように、不動産登記簿情報と他のデータソースの組み合わせは、企業の信用評価から市場分析に至るまで、多岐にわたる分野での意思決定を支援し、金融市場のみならず様々な領域でのデータ活用の新たな地平を開きつつある。

さらに、AIの導入により、これらのデータから市場トレンドの予測やパターン認識が行えるようになり、不動産投資の意思決定、価格設定戦略、さらには都市計画や政策立案においても重要な役割を果たすようになるだろう。

5. 不動産登記情報のオープン性を守る

最後に不動産登記簿情報の今後について、気になる点があるためここに記しておきたい。昨年、一部のメディアや研究者から個人情報保護の観点より不動産登記情報を非公開や一部非公開にすべきという声が上がっている。ある地方紙には、読者の身に起きたことを引き合いに、不動産登記の更新状況を把握するために必要な受付帳の運用変更を提案する研究者の意見が掲載されていた（西日本新聞、2023）。しかし、内容を子細に読むと、その読者は不動産を相続したことを登記簿情報によって不動産事業者に知られ、不動産を売却するならば連絡して欲しいといった内容のDM（ダイレクトメール）が送付されたことが「気持ち悪い」と感じたというのが実際の事情であった。記事は我が国において不動産登記がどのような価値を持つかを鑑みていない、やや視野の狭い論考であるように感じられた。ちなみに「個人情報保護」は個人の情報を保護する法律ではなく、「個人情報の有用性に配慮しながら、個人の権利や利益を守ることを目的」とした法律であり（政府広報オンライン、2022、法律の目的を記した第一条からの引用）、保護する対象は個人の権利や利益である。不動産にかかる個人情報保護のあり方については早くから政府でも検討がなされており、議論の膨大な蓄積の上に現行制度が運用されている（例えば、国土交通省（2005）を参照）。こうした議論においては、登記情報には個人情報が含まれるという判断の下で、どのように個人の権利や利益を保護するかが検討されている。

不動産登記情報は不動産や金融ビジネスのためだけでなく、本稿の冒頭で指摘したように不動産の権利関係を明確にしスムーズな取引をするために、公開され誰もが利用できることが重要である。土地取引においては所有者を特定することが極めて重要であり、不動産登記情報へのアクセスが制限されたり、非公開になったりすれば詐欺事件が続発することも考えられる。少なくとも、取引に手間取ることとなり経済活動が著しく制限されることとなるだろう（こうした考えは法務省（2023）にも示されている）。また、個人の資産において非常に大きな割合を占める不動産の売買がスムーズにいかなくなれば価値が減る可能性もあり、資産に重大な影響を与えることも考えられるだろう。総理大臣であった田中角栄が不透明な土地取引によって退陣に追い込まれた調査報道の元になったのも不動産登記である。権力者

による不正な蓄財を暴くのも不動産登記情報が不可欠である。2022年には、重要土地規制法が施行され国家安全保障上の問題として外国人による土地取引の実態を把握する必要も生じている。こういった観点から不動産登記情報が公開されていることの意義を顧みること無く、「個人情報保護」の観点からのみで規制をかけようとする動きには注意が必要となるだろう。既存の議論をしっかりと踏まえたいうえでの検討考察が望まれる。

6. まとめ

本稿では、不動産登記情報のデータ化と分析・活用について複数の事例を紹介しつつ解説してきた。不動産登記は、単なる不動産の所在や所有者の情報を超え、経済活動や市場動向の理解に不可欠なデータソースであることは論を俟たない。ビッグデータ分析、GIS、GPS、AIなどの最新技術との組み合わせにより、不動産登記情報から得られる洞察は、これまでにならぬほどの深さと広がりを持つようになっている。

不動産登記情報は、単に法的な記録に留まらず、経済活動や市場分析において重要な役割を担う情報源となっている。今後も技術の進化とともに、不動産登記情報の活用範囲は拡大し続け、経済や社会に大きな影響を与えるだろう。金融業界だけでなく、不動産、政策立案、都市開発など、多岐にわたる分野での活用が期待される。不動産登記情報の深い理解と効果的な活用が、より透明で効率的な市場の形成に貢献することであろう。

参考文献

- 西日本新聞（2023）、「土地相続した途端にダイレクトメールの嵐 業者がなぜ？そのからくりとは」、西日本新聞朝刊、掲載 2023年3月18日。
- 国土交通省（2005）、「「不動産業における個人情報保護のあり方に関する研究会」報告（不動産流通業における個人情報保護法の適用の考え方）」、国土交通省「個人情報保護のあり方に関する研究会報告」、2005年1月14日。
- 政府広報オンライン（2022）、「「個人情報保護法」をわかりやすく解説 個人情報の取り扱いルールとは」、政府広報オンライン、カテゴリー社会・制度中の個人情報保護、2022年8月5日。
- 法務省（2023）、「不動産登記のABC」、2023年1月時点でのサイト記事、<https://www.moj.go.jp/MINJI/minji02.html>

FinTech ムーブメントの 10 年を振り返る

瀧 俊雄 | 株式会社マネーフォワード グループ執行役員 Chief of Public Affairs 兼 Fintech 研究所長

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



FinTech という言葉が世界的に聞かれ始めたのは 2014 年で、今年でちょうど 10 年が経ちました。日本においても、この 10 年で様々な金融サービスや商品が誕生し、利便性向上や Embedded finance の拡大がみられています。電子マネーの普及をみても、かつては交通系マネーなど都市圏中心であったものが、スマートフォンの普及とともに全国的な広がりをみせています。ネットバンキングやネット証券の普及、NISA・iDeCo の導入などにより、資産運用の機会や裾野も大きく拡がりました。店舗中心の金融サービス提供から、インターネット・モバイルに主役が切り替わった 10 年であったと振り返ることができます。今回の対談では、日本における FinTech ビジネスの黎明期から市場を切り開いてきた株式会社マネーフォワードのグループ執行役員兼 Fintech 研究所長の瀧俊雄氏をお招きし、FinTech ムーブメントの 10 年を振り返って頂くとともに、これからの FinTech についてお話を伺います。(聞き手 副島研究主幹)

1. FinTech黎明期のころ

副島研究主幹 FinTechというコンセプトが注目されて、気が付けば10年が経過しました。私が初めてこのムーブメントに接したのは2017年で、ちょうど銀行API (Application Programming Interface) の全国的な導入期でした。その直後、前職の日本銀行でFinTechセンター長を務めるようになり、瀧さんをはじめとするFinTechリーダーの聲に接する機会を得ました。まずは、2014年頃の日本におけるFinTechムーブメント黎明期がどのような状況だったのかをお聞かせください。

瀧執行役員 個人的な体験談になりますが、マネーフォワードの起業は2012年で、サービスがスタートして間もない2014年は、家計簿や会計ソフトを起点としたFinTechビジネスの全体像を創業メンバーで議論していた時期でした。もちろん、ビジネス推進のために自社サービスをFinTechのど真ん中に据え、その周辺との繋がりを意識したそんな絵を描いていました。

こうした社内の議論をふまえ、2014年の春頃からFinTechについて記者レクを行ったり、ウェブ媒体や雑誌に記事を書いたりしていました。Fintech研究所を立ち上げたのもかなり早い時期でした。最初の記者レクの反応の薄さは、今でもよく覚えています。メディア各社を行脚したり案内を送ったのに、他の突発イベントがあったせいか会場に来てくれたのは2社のみでした。FinTechに対する一般メディアの一番最初の受け止め方はそれぐらいのものでした。

そうこうするうちに、2015年の春、金融庁の金融研究センターよりセミナー講師の依頼がやってきました。代表の辻と額をあわせながら、「何か規制にひっかかることをしてしまったのかな？」と不安に苛まれながら出向いた記憶があります。も



もちろん純然たるセミナーでしたが、2014年2月にマウントゴックス事件が発生したばかりで、暗号資産もFinTechも新しく登場してきたものとして同じような目線で見られるような雰囲気が世の中にはありました。そうした時代背景があったがゆえの、今となってはの笑い話です。

もっとも、お客様からネットバンキングのIDやパスワードを預かってスクレイピングすることで家計簿管理サービスを提供することのリスクは当然意識していました。先行する英国では、申し出があったら銀行側は拒否できないという非常に強いかたちでAPI接続が導入されようとしており、欧州全体でもPSD2（欧州決済サービス指令）の成り行きが注目されていました。我々もスクレイピングからAPIへの移行は視野に入っていました。

その後の当局の動きは非常に早く、2015年7月には金融審議会傘下に『決済業務等の高度化に関するワーキング・グループ』を立ち上げ、FinTechに関する検討が正式に開始されることになりました。これがその後の資金決済法の改正やAPI接続などの取り組みにつながります。

鍵になったのは、こうした動きを金融庁内で牽引して頂いて頂いた方が、関係する部署にいたという幸運です。これは本当にめぐり合わせでした。

副島研究主幹 2014年を黎明期とするならば、ほぼ垂直発射に近い当局の動きだったのですね。暗号資産やセキュリティトークンにかかる法制が世界に先駆けて整備された点はよく知られていますが、FinTechへの対応が非常に早かったことはあまり指摘されていないように思います。

瀧執行役員 その点については時代背景も重要です。当時は2013年に「量的・質的金融緩和」が導入され、2016年には「マイナス金利・YCC（Yield Curve Control）」が開始されています。超低金利環境における利鞘縮小により、銀行業を中心に金融ビジネスの将来を不安視する声も多い時代でした。加えて、楽天グループのような異業種からの金融参入の動きもあり、各金融機関は新しいビジネスモデルを考えるのに必死でした。

このような環境のもとで、当局の視点も、金融機関が伝統的な業務を超えて積極的に新たな手を打っていくことを重視していました。先のワーキング・グループや金融庁の担当部署もとても意欲的で、海外事情の調査や事業者との意見交換など、とても勢いがあったことが印象に残っています。

あと、他官庁においてもFinTechを取り上げる向きがあり、こうした官庁間の競争もFinTechの推進力になった面もあったのだと思います。

副島研究主幹 伝統的金融機関におけるFinTechの取り組みも大きかったと思います。先行する海外の金融機関の試みや、中国に登場した新しい動きが注目されていました。日本での形はまだ見えなくとも、なにか新しいことが始まろうとしているのを銀行APIの対応状況を見ながら感じていました。

デジタルマネーへの取り組みも、リテール電子マネーのほか、BtoB関連案件やブロックチェーンの決済インフラへの応用など、多様なものがあったと思います。もちろん、うまくいったものばかりではありませんが、チャレンジする企業文化が金融機関のあいだに広がっていくのを体感しました。

瀧執行役員 それは当局側にもいえると思います。日本社会は規制業種の行為をペナルティ・ベースで捉える傾向が強いように感じられます。FinTechは新しいビジネスですから、立ち上げの段階では当然ある程度グレーゾーンが存在することはやむを得ない部分があります。規制当局の対応も杓子定規にならず、一定程度の「遊び」が存在し、検討段階で様々なビジネスモデルの萌芽を潰すようなことにはならなかったことも指摘しておきたいです。

大手IT企業や金融機関でも、APIを利用したハッカソンコンテストなど、オープン化に向けFinTechを意識したビジョンのある取り組みが行われていました。これらも、組織や経営に遊びがないとできないことだと思います。

副島研究主幹 ところで、改めてFinTechとは何かを考えてみると、サービスの具体例は出てきても、それが何かを定義することは意外と難しいように感じられます。当初はどのように位置付けられていたのでしょうか？

瀧執行役員 FinTechは技術が前提となる取り組みではありますが、金融の本質に則した商品・サービスを提供するものであり、金融の定義を超えたなにかではありません。

ただし、当時の議論ではビジネスの解像度の低さは否めませんでした。逆にいうと、解像度が低かったからこそFinTechに参入が相次いだのではないのでしょうか。最初からビジネスモデルの詳細やオペレーション、コスト構造、将来見通しの解像度を高く持つことができたら、怖くて起業や市場創造へのチャレンジはできなかったのではないかと思います。

例えば、システム構築面で金融庁の方とのこんな会話が記憶に残っています。「このビジネスを興すのにシステム費用はどれぐらいでしょうかと金融機関に尋ねると、なるほどそれは大きいねという数字がでてくるのに、FinTech企業に問うと金額の桁と開発期間の長さがぜんぜん違う答えが返ってくるのはどうしてでしょうね？」と言われたことがあります。これを解像度の低さとみるか、スタッフと資金のキャパシティの限界を前提に動くFinTech企業の制約とみるかは両方あると思いますが。

副島研究主幹 システム開発のスタイルがちょうど変革期を迎えていた点もあるのではないのでしょうか。金融サービス提供までのリードタイムの短期化は新しい市場獲得競争において必須です。また、次々と新しい金融サービスが登場してくる、あるいはアップデートを繰り返す結果として、システム寿命の短期化が生じました。こうした環境下では、オンプレミスでのウォーターフォール型開発という伝統的金融機関が手慣れていた手法のマイナス面が目立つようになりました。SaaSとして提供されることが多いFinTechサービスは、クラウド利用が前提で、かつ、アジャイル開発やDevOpsによる早期サービスインと連続的アップデートが当然のように採用されています。開発コストや期間の見積りとの相違もここに起因しているように思われます。

2. API接続をめぐる

副島研究主幹 外部から銀行口座の参照・更新を行うようなサービスについては、FinTech 事業者からの API 接続を認める必要があります。銀行にとってはシステム対応コストやそれに見合うリターンの予測のほか、情報セキュリティや営業戦略の観点で難しい判断であったかと思います。API 接続で先行した英国は、こういった事情があったのでしょうか？

瀧執行役員 英国では、個人向け金融サービスが HSBC、パークレイズ、RBS およびロイズの 4 大銀行の寡占状態にあります。そのような状況は金融サービスの高度化や消費者サービス向上の観点から望ましくないとの問題意識が規制当局に強く持たれており、2000 年のクルックシャンク・レポートに代表されるように警鐘を鳴らす取り組みが度々行われてきました。特に 2012 年 6 月に発覚した LIBOR 不正操作事件（大手金融機関が基準金利の算出の基となる申告金利を偽って提出していた事件）は象徴的な出来事だったと言えます。

銀行の寡占的状況に楔を打ち込んでいく手段が必要とされていた背景があったため、決済サービスプロバイダーほか非金融事業者からの API 接続受け入れを銀行に求める規制が先駆的に導入されました。

副島研究主幹 日本の文脈とは大分違いますね。日本では、企業への融資金利にせよ住宅ローン金利にせよ、収益面でギリギリになるまで価格競争を続けることが多く、その結果、少なくとも価格面においては企業や家計が寡占の弊害に直面しているという状況ではありません。

瀧執行役員 その通りだと思います。一方で、日本における銀行 API の検討は、2016 年にマイナス金利と YCC が導入され、金融機関収益が一段と厳しくなるな



か、FinTechの振興により銀行預金の利便性を高めるというプラス面に着目した議論のもとで進展しました。競争政策ではなく、金融サービスの質向上という視点でAPI接続のオープン化が進んだことは幸運でした。スクレイピングに依存した既存のFinTech事業者が、API接続の導入とオープン化により、API接続を用いたスキームへと移行していきました。

副島研究主幹 それにしても、小規模な地域金融機関にとって負担は大きかったと思います。導入先銀行に関する数値目安を聞いた際には、地域金融機関はコストベネフィットをしっかりと考えて手を挙げた方がいいのではとヤキモキしながらみていました。さきほどの「解像度」理論からすると、解像度が高くないうちだからこそ手を挙げられたということなのかもしれませんが。

瀧執行役員 たしかに、API接続は金融機関に対して努力義務として位置付けられました。政府は各金融機関が採用するITベンダーの対応状況などを勘案し、80金融機関でAPI接続を実現との数値目標を立てました。期限は後ずれしましたが、最終的には120超の金融機関がAPI接続に対応することとなりました。これは金融機関側における当時のFinTech検討の勢いや熱意を示すものであったと思います。

ただし、API接続といっても銀行口座情報の参照と更新では意味合いが異なります。また、銀行毎にプラクティスやフォーマットが異なることや、通信やシステムのコスト負担をどう設計するかは課題となりました。特に、サービスに手数料を払う文化が希薄な日本において、API接続を利用したサービスをビジネスとして成り立たせることは難しい面がありました。FinTech企業が顧客からサービスフィーを取れないと、金融機関に支払う原資も産み出しにくくなるわけです。

また、日本の金融機関のサービスレベルの高さも、FinTechサービスの利活用促進には壁となりました。海外に一度でも住まれた方は、金融サービスのみならずあらゆるサービスの質において悩まれた経験があるはずです。高品質のサービスを安価な対価で、場合によっては対価なしで享受できてきた日本では、FinTechサービスが直面する壁も高いのです。



3. これからのFinTech

副島研究主幹 近年、CBDCを巡って「マネーを発行するのは誰が望ましいのか」という論点が浮上しています（詳細は、本号の副島論文を参照）。現金は中央銀行、預金は民間銀行の発行でしょう、何を当たり前な、と思われる方には、電子マネーもお金ですが発行者は中央銀行ではないですよ、電子マネーが債務性マネーだとすると預金マネー以外にも債務性マネーが普及していることになりますよね、と問うてみます。複数の民間銀行が異なるタイプの銀行券を発行している国もありますよ、ちなみに日本も明治の最初はそうでしたよと説明すると、しばしば驚かれます。

金融の常識は時代によって変わっていきます。金融サービス業の担い手は誰が望ましいか、金融機関と非金融機関のどちらがFinTechサービスを提供した方がよいのか、業法をいったん忘れて、貸出、預金、決済、資本調達、投資、保険のような伝統的金融機能を再構成するならば、どのような組み合わせ方がありうるのか、そこにおいていわゆるFinTech企業はどのようなビジネスポジションを取っていくのか。ちょっと無理筋な問い立てですが、考えるヒントを宜しく願います。

瀧執行役員 金融サービスの種類によるでしょう。例えば、信用創造を可能にするような金融機関を作るには、それがネットバンクだとしても大規模な資本と職員とシステムが必要になります。それゆえ、現在イメージされているFinTechの範疇には入りにくいと思います。一方で、伝統的な金融サービスとのシナジーが活きる分野ではAPI接続を活用したFinTech事業者のサービス拡大の余地は大きいものと考えます。競争原理が強く働く分野でも、技術的負債や経営資源を持たないがゆえに小回りが利くFinTech事業者が有利になるケースが多いのかもしれませんが。ただし、いずれも事業の規模や性質には注意が必要です。例えば、サービスの可用性に関する要求は、金融サービスの種類によって様々に異なります。

副島研究主幹 大規模な資本と職員、システムというお話がでしたが、それですぐに思い当たるのはBigTech企業です。イノベーションを次々に生み出してきた企業文化を持ち、情報というサービス業において最も重要な武器を上手く活用する手腕に長けた企業です。こうした企業群が金融サービスをエコシステムに組み入れてきたときのインパクトは大きそうです。金融分野におけるBigTechの影響について、今後どのようになると予想されますか。

瀧執行役員 技術やデータの面でのBigTechの優位性は、金融サービスに限らず、様々な生活インフラにおいても揺るぎないように考えられます。これからのFinTechは、人口減少や超高齢化、金利の復活といった要素を勘案しつつ、グローバルBigTechに飲み込まれない新たなサービスを生み出していく必要があると思います。そのための鍵は、人間を知ることではないでしょうか。人間や組織、社会がどのようなまだ発見されていないニーズを潜在的に抱えているのか、それを探し当て、優れたサービスを新たに届ける、そうした競争が続いていきます。

副島研究主幹 わたしは怠け者で、楽をできる場所はトコトン楽がしたいですし、自分がダメなところ苦手なところを素晴らしいサービスで補ってもらえたら喜



龍 俊雄

株式会社マネーフォワード グループ執行役員 Chief of Public Affairs 兼 Fintech 研究所長
2004年に慶應義塾大学経済学部を卒業後、野村証券株式会社に入社。株式会社野村資本市場研究所、野村ホールディングス株式会社の企画部門を経て、2012年より株式会社マネーフォワードの設立に参画。スタンフォード大学 MBA。内閣官房 デジタル行財政改革会議有識者構成員、内閣府 規制改革推進会議専門委員（スタートアップ・投資ワーキング・グループ）、一般社団法人電子決済等実行事業者協会 代表理事等



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。

んでお金を払います。付加価値とは何かを簡単にいうと、お金を払ってでも受け取りたい価値がそこにあるということなんですよ。FinTech にやれることは、まだまだたくさんありそうです。人間発見の旅は永遠に続いていくのではないのでしょうか。

龍執行役員 これをサポートする政策面においては、起業のコストを下げるようなアプローチが有用ではないでしょうか。ChatGPT がコードを書いてくれるようになったことは画期的ですが、AI には限界があることも事実であり、創造性に溢れた起業家ならではの取り組みが新たな価値を発掘していくのだと思います。

副島研究主幹 AI の活用はどうしても業務効率化に向きがちですが、新たな価値の創造にも AI が生きてくると思います。現職でも人間の創造力のレバレッジを引き上げるような使い方を考えねばと日々思案しています。

龍執行役員 BigTech に関係するかもしれませんが、いま話したような人間にとっての幸福の実現と、ROI の重視を突き詰めていくプラットフォーム化競争は強い相克を生むと思います。プラットフォーマーは、資本主義の優れた点の具現者なので否定もまた難しいのですが、それと個人の幸福が合致しない面も社会の軋みとして今より更に強まってくるでしょう。ひょっとしたら FinTech の未来は、その相克の克服にあるのかもしれない。

副島研究主幹 なるほど。人間や組織に対するサービス提供の可能性にディープダイブしていくと社会のありかた論に繋がっていくのですね。金融制度は社会インフラの重要な基盤の一つであり、その制度設計においては善き社会とは何かという深い問いが重要なことに思い当たりました。

今日は、FinTech 黎明期の振り返りからその未来像まで幅広いトピックを語って頂きました。大変ありがとうございました。

SBI 金融経済研究所 所報 vol.5

2024年3月31日発行

編集委員会：

委員長 土居 丈朗
慶應義塾大学経済学部教授

委員 副島 豊
SBI 金融経済研究所研究主幹

発行者：SBI 金融経済研究所株式会社

住所 〒106-6014
東京都港区六本木 1-6-1
泉ガーデンタワー 14F
電話 03-6229-1001

制作：株式会社フクイン

