LF Decentralized Trust
技術の金融機関等における導入

LF DECENTRALIZED TRUST

Ledger Insights

翻訳者：



Shingo Fujimoto
Principal Research Director at
Research Transformation Office,
FUJITSU

序文

LF Decentralized Trust（LFDT）では、オープンソース、オープン開発、オープンガバナンスをモットーとしています。当社のプロジェクトはベンダーニュートラルかつ透明性を重視した設計となっており、重要な共有インフラストラクチャを構築するための自然な構成要素となっています。

機関投資家向け市場において、信頼性、持続可能性、相互運用性は、金融インフラの近代化における必須条件です。オープンに開発され、ガバナンスが確立されたテクノロジーは、これらの必須条件を満たし、さらにそれ以上のメリットを提供する実績のあるモデルです。

ビジネス上の要件と規制上の要件の両方において、次世代金融システムの中核として共通の信頼が不可欠であることが示されています。過去10年間、市場と当社のプロジェクトエコシステムが進化するにつれ、LFDTとその技術は、複数のエコシステムと市場にわたる共通の信頼の源泉となってきました。

LFDTの役割は、真にグローバルなコミュニティによる当社の技術の開発と展開を推進することです。つまり、私たちはイノベーションを育成し、堅牢なコード、ひいては実装に必要なオープンな開発とガバナンスを確保するために尽力しています。

世界中の金融機関が新たなデジタル資産プラットフォームの運用を開始する中、私たちは10年にわたる研究開発の成果を目の当たりにしています。長年にわたり、世界中の金融機関による当社の技術のテスト、試用、導入を間近で見てきました。オープンソースソフトウェア財団として、私たちは意図的に実装には関与していません。これらの導入は、メンバー、メンテナー、サービスプロバイダーによって推進されています。

そこで、当社の技術の市場における普及状況と影響を評価するために、このレポートを作成しました。80もの機関プラットフォームが当社の技術を用いて数十億ドル規模の取引を処理しているというリストは、まさに目を見張るものです。そして、これはほんの始まりに過ぎません。次回のレポートでは、市場の成長だけでなく、現在進行中および将来のLFDTプロジェクトやコミュニティにおける取り組みの規模も反映されると確信しています。

ダニエラ・バルボサ
Linux Foundation Decentralized Trust
ゼネラルマネージャー
兼エグゼクティブディレクター

コンテンツ

調査結果4 4

DTCCは証券をトークン化するが、担保の流動性こそがより大きな可 能性を秘めているかもしれない。 6

Clearstream: Besu 7上にデジタル証券インフラを構築 7

シャープリンクとリネス8 8

ユーロクリアのプロジェクト・ピタゴラス9 9

Swift Ledger：単一銀行のトークン化された10件の預金をつなぐ接 着剤 10

Project Agora: wift Ledger：ブロックチェーン技術によるコルレス銀行業務の再設計 11

欧州規制に対応したレイヤー1台帳(Layer One) 12

Pontes: ユーロの決済システムに採用されたHyperledger Fabric 14

韓国の統一台帳 15

Fnality：中央銀行残高に裏付けられたホールセール市場向けDLT決済基盤 16

Citi Token Service：Besuを用いた機関投資家向け資金管理システムキ 17

トークン化にはブロックチェーンの他卸売り市場が必要です 20

24時間365日のonchain取引を可能にするAIエージェントは信頼できるのか？ 22

LF Decentralized Trustの機関投資家向けの導入状況 23

調査結果：中央銀行からG-SIBなど金融機関でのLFDT技術の採用実績

技術選択を公開している機関プラットフォームの4分の1以上が、Linux Foundation Decentralized Trust（LFDT）プロジェクト上で稼働している。稼働中または稼働への明確な道筋があるプラットフォーム全体で29.4%というこのシェアは、LFDTが機関のデジタル資産において最も広く採用されている技術基盤の一つであることを示している。

重厚な金融機関での採用実績

数字だけではこの話の本質は伝わりきらない。特筆すべきは、関わっている機関の質の高さだ。

G7諸国を含む8つの中央銀行が支援する国境を越えた決済イニシアチブであるプロジェクト・アゴラは、Besu上で稼働している。中央銀行資金による卸売決済のためのユーロシステムのプロジェクト・ポンテスも同様だ。これらは単なる実験場ではない。これらは、中央銀行が次世代決済のために構築しているインフラ層を表している。

この傾向は市場インフラにも及んでいる。世界最大の証券保管機関であるClearstream、DTCC、Euroclearの3社はいずれもBesuを基盤としたプロジェクトを展開している。Clearstreamは相互運用性を主要な推進要因として挙げており、3社は共同の分散型台帳技術（DLT）標準の策定に取り組んでいる。Besuへの収束は、偶然ではなく、共通の技術基盤を目指す意図的な取り組みを反映している。SwiftとFnalityもBesuを採用している。

商業銀行の中では、世界的にシステム上重要な銀行上位5行のうち、HSBC、シティグループ、BNPパリバの3行がLFDT技術を用いたプロジェクトを実施している。

Ledger Insights

概念実証から実サービス運用の開始まで

前回の機関投資家向け分散型台帳技術（DLT）ブームは、概念実証が中心だった。今回との違いは、実運用段階に達した重要なプロジェクトの数だ。シティグループだけでも、トークン化預金サービスを通じて1日に約10億ドルもの資金を処理している。

競争環境も変化しました。当社のデータで最も採用されているプラットフォームは、Hyperledger Fabric、具体的な実装が明らかにされていないEVM互換プラットフォーム、そしてBesuの3つです。イーサリアムのメインネットの採用は、機関投資家セクターでも相当な規模に達しています。これは特に資産運用会社にとって顕著で、パブリックチェーンのリーチと構成可能性が自然な適合性を示しています。メインネットプラットフォームの多くはマルチチェーンでしたが、パーミッション型プラットフォームの大部分は単一のブロックチェーンのみを使用しており、Besuは両方のパスをサポートしています。

より広い視点で見ると、EVMは着実に進歩を遂げている。上位3つのプラットフォームのうち、詳細不明のEVMインスタンスとBesuの2つはイーサリアムベースである。詳細不明のEVM実装の中には、組織が詳細を公表していないBesuインスタンスが含まれている可能性が高い。

オープンソースが勝ち続ける理由

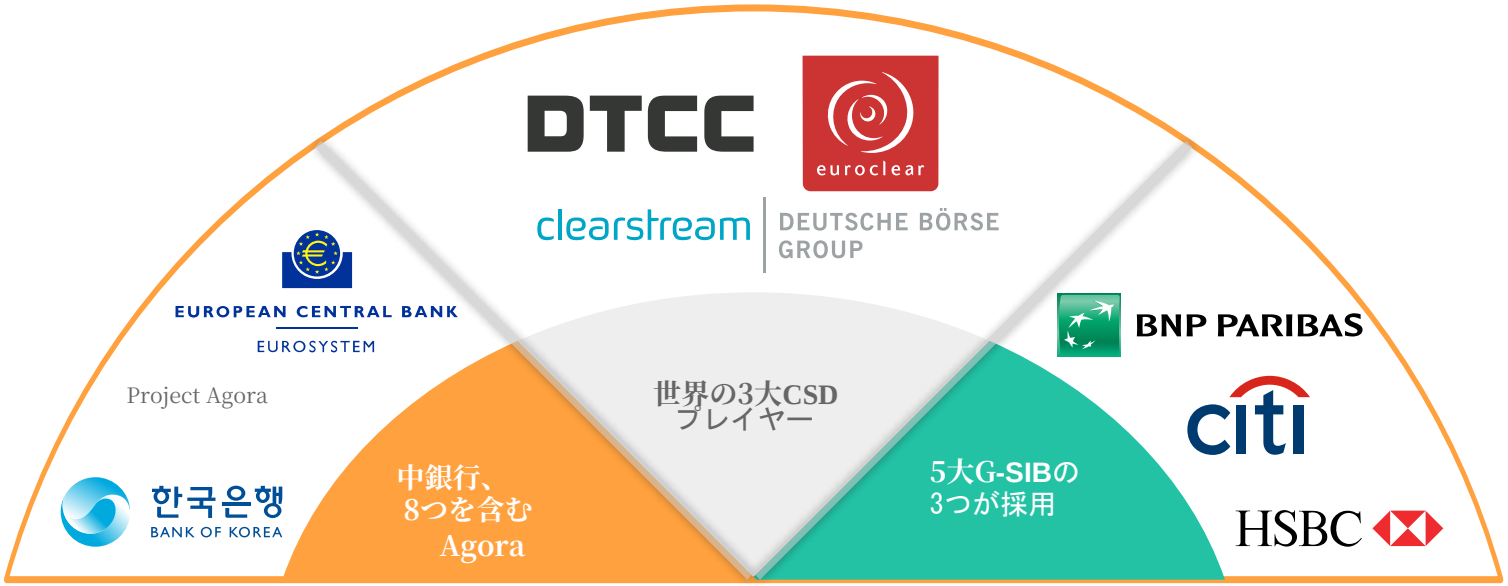
オープンソースの持つおなじみの魅力はすべて当てはまる。組織はベンダーロックインを避け、ソースコードを自社で活用し、豊富な開発者プールを活用したいと考えている。

しかし、そこには相乗効果も存在する。クリアストリームが相互運用性を重視していることが、その好例だ。複数の機関が同じオープンソース基盤を採用すると、それが引き寄せ合う力となる。共通の技術によって共通規格の構築への障壁が低くなり、それがさらに多くの参加者を引きつけることになるのだ。

オープンソース技術の具体的な組み合わせは、時間の経過とともに変化していくでしょう。新しいフレームワークが登場し、採用パターンも変化します。しかし、組織がオープンソースに惹かれる構造的な利点、すなわち柔軟性、透明性、そして共有標準によるネットワーク効果は、自己強化的な関係を築いていきます。

LF DECENTRALIZED TRUST

金融機関への採用実績



台帳のインサイト

DTCCは担保資産の市場流動性を高めるために証券のトークン化をすすめています

世界最大の証券保管機関（CSD）として、114兆ドルの資産を保管するDTCは、ラッセル1000銘柄、ETF、米国債を対象としたトークン化証券をトークンとして発行します。ロードマップには複数のブロックチェーンが含まれていますが、ローンチ時点では、DTCの許可型ブロックチェーンであるBesuとCantonで利用可能となります。

金融機関にとって、担保はトークン化における最優先の用途の一つ です。DTCCの2つ目の主要イニシアチブであるCollateral AppChainは、 担保の流動性を確保するためにBesuインフラストラクチャを活用していま す。DTCトークン化証券にとどまらず、他の多くのプラットフォームとの 相互運用性を考慮して設計されており、現在分断されている取引所、三者 間エージェント、カストディアンを橋渡しすることで、市場取引時間外で も数分以内に担保実行を可能にします。

AppChainの適用範囲は、DTCが保有する資産にとどまらず、ステーブルコイン、トークン化預金、トークン化されたマネーマーケットファ ンドにも及び、これらはすべてブロックチェーンを介して国境を越え、 24時

同じスタックだが、アーキテクチャが異なる

レポートの別の箇所では、トークン化を単なるブロックチェーンではなく、 スタックとして捉えている。相互運用性という単一の側面でさえ、ユースケ ースによって動作が異なる。DTCトークン化された証券の場合、DTCがレ ジストリを管理する。機関は、自社の証券をBesuブロックチェーンに変換 し、後で別のチェーン上のウォレットを持つ人に売却する可能性がある。トークンを移動させるには、DTCはBesuトークンをバーンし、宛先チェーン 上で新しいトークンを発行する。

Collateral AppChainは逆の仕組みで、他の台帳上に存在する担保を管理します。例えば、ある機関がClearstreamのD7でトークン化された担保を差し入れたとします。

DTCC

資産はD7に留まり、担保設定はトークンに記録されます。 AppChainは、既存の保管システムの上に構築される担保設定の記録とな り、既存のシステムを置き換えるのではなく、それらを連携させる役割 を果たします。

この設計は、証券チェーン（Securities Chain）と比較して、より多くの外部入力に依存しています。具体的には、DTCCが発行していない資産に関する価格、評価額、担保契約条件をオンチェーンで取り込む必要があるほか、他所で既に担保設定されている資産の状況を把握する仕組みや、保有台帳に対して指示を出し、その完了確認を受け取る手段が求められます。

こうした「指示伝達型」のモデルを採用することで、クロスチェーン設計における最も困難なセキュリティ上の課題を回避できます。一方のチェーンで資産をロックし、別のチェーンで再発行するような「ブリッジ」は、これまで暗号資産分野において、巨額の損失を招く攻撃の標的となってきました。資産が本来の台帳から移動しない設計であれば、そのような攻

114兆ドル
の資産を保管中

共通基準への収束

ClearstreamのD7もBesu上で稼働しており、Euroclearは新しいコマーシャルペーパーソリューションであるPythagoreにBesuを採用している。さらに、3つのCSDは共同で、5つの資本市場基盤にわたるデータ、プロセス、役割を網羅した相互運用性フレームワークを公表した。こうした基盤が整ったことで、相互運用性を実現する上で残るより困難な障害は、技術的な問題ではなく、法的および商業的な問題となるだろう。

Besu上にデジタル証券インフラを構築

証券保管振替機関（CSD）は資本市場の基盤を成す存在であり、現在、共通のブロックチェーン・クライアントを採用する方向へと収束しつつある。DTCCは「Besu」を基盤としてトークン化プラットフォームを構築し、Euroclearはフランス銀行と共同で進めるコマーシャル・ペーパー・プロジェクト「Pythagore」においてBesuを採用した。さらに、ドイツ証券取引所グループ傘下のClearstreamも、次世代デジタル証券インフラ「D7 DLT」のDLT層としてBesuを採用するに至った。Clearstreamは2,500の機関投資家顧客のために22兆ユーロもの資産を保管しており、今回の決定は、市場インフラ提供者による同技術への取り組みとしては最大級のものとなる。

22兆ユーロ

の資産を保管中

ECBの実証実験は本番運用へ

ClearstreamのBesuへの取り組みは、2024年にECBが実施したホールセール決済の試験運用から始まりました。当時、ECBは中央銀行資金を使用したDVP（Delivery Verspay：決済と現物決済）をテストするために、プライベートな許可型チェーンを必要としていました。Clearstreamはこれを使い捨ての実験と捉えるのではなく、その上に構築を続けました。「その間、私たちはBesuをさらに拡張し、堅牢性を高め、D7 DLT（分散型台帳技術）の適用範囲を拡大しました」と、Clearstreamのデジタル証券サービス部門の営業・事業開発責任者であるThilo Derenbach氏は述べています。

その後に続く計画の背後にある野心は大きい。これまでクリアストリームのブロックチェーンに関する取り組みは主に証券の発行に焦点を当てていたが、2026年6月、同社は決済や保管から資産管理、担保動員、償還に至るまで、証券ライフサイクル全体にインフラを拡張する計画を発表した。

clearstream | DEUTSCHE BÖRSE GROUP

顧客は既存の証券をトークン化し、従来の証券取引システムとブロックチェーンシステム間で移動させることができるようになります。トークンには完全な所有権と議決権が付与されます。第一段階では、債券、トークン化されたマネーマーケットファンド、個人向けストラクチャード商品が対象となり、企業行動の複雑さが解消され次第、株式も対象となります。

なぜBesuを選択したのか？

選択の決め手となったのは2つの点である。1つ目は相互運用性である。

> 他の金融市場インフラ（FMI）も同様に、チェーンの選択肢としてBesuを採用している。私たちはこれが相互運用性を容易にすると考えています。

CSDにとって、特定のプラットフォームの個々の機能よりも、ピアインフラストラクチャと円滑に接続できることの方がはるかに重要である。

2つ目は、パブリックブロックチェーンへの道です。CSDR規制対象企業として、Clearstreamは許可型チェーンを運用しなければなりません。これはClearstreamにとって制約となりますが、他の企業にとってはそうではありません。「私たちはパブリックチェーンへの流れを強く信じています」と彼は述べました。「パブリックチェーンへのアクセスと相互作用は、もちろん近い将来における明確な目標です。」Besuはイーサリアムクライアントであるため、Clearstreamのチェーンで発行されるトークンは、Kraken、Ondo、その他のweb3パートナーがエンド投資家に到達するパブリックネットワークと同じ標準を使用し、これらのパートナーは許可型チェーンでClearstreamトークンをロックし、パブリックチェーンで表現を発行することができます。

clearstream | DEUTSCHE BÖRSE GROUP

ブロックチェーンが解き放つもの

デレンバッハ氏にとって、戦略的な推進力はトークン化そのものにとどまるものではない。暗号資産市場で醸成された期待、とりわけ「常時利用可能であること」への期待が、今や機関投資家向け金融の領域にも浸透しつつある。クリアストリーム（Clearstream）の担保管理システムはすでに1日23時間稼働しており、ブロックチェーン・インフラの活用は、将来的には完全な24時間365日稼働へとつながる道筋となっている。「24時間365日体制で処理できるか、否か。その二者択一が迫られることになり、もし『否』であれば、その時点で脱落することになるだろう」と彼は語る。

決済もまた、この転換が重要な意味を持つ領域である。ユーロシステム（Eurosystem）の「ポンテス（Pontes）」サービスの開始に伴い、クリアストリームは現在、同社のブロックチェーン上で、法定通貨とホールセール型CBDC（中央銀行デジタル通貨）の双方を用いた「受渡決済（DVP）」に対応している。

DTCCとClearstreamが同じプラットフォームを利用し、ユーロクリア（Euroclear）も主要プロジェクトでこれを活用している現状を鑑みると、デレンバッハ氏が語る「相互運用性」は、単なる理想ではなく、具体的な計画として現実味を帯びてきている。

Sharplink

現在、Besuはイーサリアムメインネットおよびパーミッション型チェーンの双方に対応するLFDTクライアントとして、広くその実績が認められています。また、多くの機関がレイヤー2ネットワークの活用を検討するようになっています。こうした需要に応えるのが、Consensysが提供するオープンソースのZKロールアップスタック「Lineth」です。Linethは、パーミッション型およびパーミッションレス型の双方のレイヤー2ネットワークをサポートしており、その構成要素には、Besuを基盤とした実行環境、ゼロ知識証明、シーケンシング、そしてイーサリアム上での決済コントラクトが含まれています。

Linea

イーサリアムの最大級のレイヤー2ネットワークの一つであるConsensysの「Linea」には、イーサリアムの共同創業者であるジョー・ルービン氏が会長を務めるSharplink（Nasdaq: SBET）が、総額2億ドルのコミットメントの一環として、約1億7000万ドル相当のETHを投入しました。なお、これらの資産は適格カストディアンであるAnchorage Digital Bankを通じて保管されています。

Linethが構築したインフラストラクチャ上で大規模に事業を展開する上場企業は、LFDTのレイヤー2ツールが、カストディ、リスク管理、運用監視といった機関レベルの要件を満たし得ることを実証しています。。

LINETH

Project Pythagore

欧州のNEU CP（譲渡可能欧州コマーシャルペーパー）市場は、世界最大級の短期債券市場の一つであり、発行残高は約3,000億ユーロに上ります。銀行、企業、公的機関にとって主要な資金調達手段となっており、日々の取引量は膨大で、償還期限は最短で1日です。ユーロクリア・フランスは、この市場における唯一の中央証券保管機関として、ISINコードの割り当てから、ユーロシステムのT2Sプラットフォームを介した中央銀行資金による即日決済まで、あらゆる業務を担っています。

こうした効率性にもかかわらず、市場の現在のインフラは依然として断片的なプロセス、参加者間のバッチ処理によるやり取り、そして限られたリアルタイムデータ可視性に依存している。これらはまさにDLTが解決できる課題であり、特に商業手形のように標準化され、取引量が多い金融商品においては顕著である。

3000億ユーロ +

NEUが取り扱う無担保
の約束手形の取引総額

バッチ処理からブロックチェーンへ

プロジェクト・ピタゴラスは、フランス銀行とユーロクリアが共同で進めるイニシアチブであり、NEU CPの発行をBesuベースのDLTインフラストラクチャに移行し、ECBのプロジェクト・ポンテスを通じてホールセールCBDCでの決済を行うことを目的としています。このイニシアチブには現在、発行体、投資家、ディーラー、発行・支払代理人、保管機関など31の参加者がいます。

参加者の構成は、この市場のフランスにおけるルーツを反映している。ユーロクリア・フランスは、1985年の市場設立以来、唯一の証券保管振替機関（CSD）であり、31の参加者のうち26がフランスの金融機関である。残りの参加者には、ING、ラボバンク、欧州投資銀行、セカバンク、JPモルガン・アセット・マネジメントなどが含まれる。

Pythagoreは、並行プラットフォームを構築するのではなく、Euroclearの既存インフラを段階的に移行する形で設計されています。Besu上でのネイティブデジタル発行は、既存システムと並行して稼働し、流動性の断片化を避けるため、相互運用性が最初から組み込まれています。パイロット運用は、ホールセールCBDCに関するPontesのタイムラインに沿って、2026年後半に開始される予定です。2028年からはより広範な展開が計画されており、2027年は参加者の技術的および運用上の準備に重点が置かれます。

ちょうどよいタイミング

Pythagoreは、この市場にDLTを導入しようとする最初の試みではありません。2019年には、CitiとOrangeの合弁会社が、NEU CP向けのDLTベースのCSDであるID2Sを立ち上げましたが、2年後に閉鎖されました。技術自体は機能していましたが、タイミングが悪かったのです。オンチェーン決済がなく、EuroclearやClearstreamとの接続性もなく、プラットフォームの立ち上げと同時にパンデミックによってコマーシャルペーパーの需要が抑制されました。Pythagoreは、これらのギャップをすべて解消します。既存のCSD、G7の中央銀行、そしてホールセールCBDC決済がすべて整ったことで、2019年には存在しなかった条件が今、整ったのです。

Swift Ledger：銀行発行のトークン預金同士をつなぐための接着剤

SWIFTは、ほぼすべての銀行が既に接続している唯一のインフラストラクチャです。その共有台帳は、主にメッセージの伝送という役割を、トークン化された価値のオーケストレーションへと拡張しており、大規模組織としては異例の速さで発展してきました。2025年9月のSibosで30の金融機関とともに発表された後、2026年7月には17のパイロット銀行で最小限の機能を持つ製品が稼働を開始し、その1か月以内に最初の取引が開始されました。

この台帳はオープンソースの基盤の上に構築されており、BesuをベースとしたEVM互換アーキテクチャを採用しています。

決済プラットフォームではなく、オーケストレーションレイヤー

大手銀行のほとんどは、独自の許可型台帳上にトークン化された預金サービスを構築している。シティ・トークン・サービス、DBSトークン・サービス、スタンダードチャータードのプラットフォームはいずれも、顧客が瞬時に資金を移動できるようにするが、同一銀行の顧客間に限られる。これは、金融イノベーションが孤立した形で現れるというおなじみのパターンであり、SWIFTのこれまでの役割は、それらを繋ぐことだった。

共有台帳は預金を保管しません。預金は各銀行のシステム上に保持されます。代わりに、スマートコントラクトによってルールが強制され、銀行間の支払い義務が相殺される形で、銀行間の支払い義務が記録、順序付け、検証されます。顧客は、いつでも、どの曜日でも、国境を越えた支払いが数分で完了するのを確認できます。その後、銀行は従来の方法で相互に決済を行います。この台帳は、コルレス銀行業務における遅延の最大の原因である、2つの銀行が同時に営業していない可能性があるという問題に直接対処します。



UBSのアンドレアス・クブリ氏は、トークン化された預金を個々の金融機関の枠を超えて拡大するための鍵となる要素として相互運用性を挙げ、この考え方を的確に表現した。SWIFTは、銀行にこれまで築き上げてきたシステムを放棄させるのではなく、その上位に位置する。

Agoraプロジェクトを完遂

本レポートでも取り上げられているプロジェクト・アゴラは、銀行間決済において構造的に異なるアプローチを採用している。SWIFTが決済を従来のチャネルに委ねるのに対し、アゴラは管轄区域の台帳にトークン化された中央銀行準備金を組み込むことで、商業銀行と中央銀行の資金の流れをアトミックに決済できるようにする。両者は相互に排他的なものではない。SWIFTは、自社の台帳は新興ネットワークとの相互運用性を考慮して設計されており、CBDC（中央銀行デジタル通貨）もロードマップに含まれていると述べている。中央銀行の資金がデジタル化されるにつれ、SWIFTのオーケストレーション・レイヤーは、アゴラが構築しているインフラストラクチャと競合するのではなく、むしろそれと連携するようになる可能性がある。

決済以外にも、SWIFTの台帳に対する野心は、規制対象のステーブルコイン、外国為替決済、証券決済にまで及んでいる。SWIFTは、トークン化された価値においても、金融メッセージで成し遂げたように、業界全体が期待する接続組織となることを目指している。

Project Agora：ブロックチェーン 上でコルレス銀行業務を再構築

2024年の国境を越えた決済総額は195兆ドルに達し、2032年には320兆ドルに達すると予測されており、そのうち91%はホールセール取引によるものです。しかし、これらの決済を担うコルレス銀行モデルは、依然として処理速度が遅く、不透明で、逐次的なものです。BISイノベーションハブがこれまで実施した中で最大の取り組みであるプロジェクト・アゴラは、こうした状況を変えようとする試みです。

このプロジェクトには、G7諸国に加え、韓国、メキシコ、スイスの8つの中央銀行と、40以上の金融機関が参加し、技術サービスプロバイダーとしてKaleidoが携わっています。国際金融協会（IIF）が民間セクターの参加を調整し、ビジネス、テクノロジー、法務の各分野で600人以上が貢献しています。プラットフォームは、許可制バリデータノード間でQBFTコンセンサスを用いてBesu上で稼働します。



アーキテクチャ

アゴラの設計における決定的な選択は、中央銀行が通貨に対する主権的支配権を保持することであった。これにより、2層アーキテクチャが採用された。トークン化された商業銀行預金は、参加者が支払いを調整する共有の「統合台帳」に記録される。トークン化された中央銀行準備金は、通貨圏ごとに1つずつ、それぞれの管轄区域の台帳に記録され、各台帳は関連する中央銀行の管轄下にある。商業銀行は、両方の層にまたがるミドルウェアを運用し、状態の変化を監視して、承認済みの入力を両側に送信する。台帳間の調整は、独立したブリッジに依存しない。

BIS

Banque de France EUROSYSTÈME

日本銀行 Bank of Japan

한국은행 BANK OF KOREA

SNB BNS

Banco de México

Bank of England

Bank of Canada

IIF Institute of International Finance

- Amina Bank
- Banco BV
- Banco Santander
- Banorte
- Banque Cantonale Vaudoise
- Basler Kantonalbank
- BBVA
- BNP Paribas
- BNY
- CaixaBank
- Citi
- Commerzbank
- Crédit Agricole CIB
- Deutsche Bank
- Eurex Clearing
- Euroclear S.A./N.V
- FNBO
- Groupe BPCE
- Hana Bank
- HSBC
- IBK
- JPMorgan Chase. KB
- 国民銀行
- Lloyds Banking Group
- Mastercard
- みずほ銀行
- Monex
- MUFG銀行
- NatWest Group
- NongHyup Bank
- PostFinance Ltd.
- SBI新生銀行.
- Shinhan Bank
- SIX Digital Exchange (SDX)
- Standard Chartered
- 三井住友銀行
- Swift
- Sygnum Bank
- TD Bank N.A.
- UBS
- Visa
- Woori Bank

統合台帳上のスマートコントラクトが各支払いを調整し、オーケストレーターとして機能します。決済を進めるには、チェーン上のすべての銀行がコンプライアンスチェックを完了し、必要な資金をロックしたことを確認する必要があります。いずれかの当事者が期限内に確認できなかった場合、支払いは停止し、資金は移動しません。全員が確認すれば、すべての取引が同時に決済されます。

コンプライアンスチェック、ルーティング決定、その他の機密性の高いロジックは、各金融機関独自のミドルウェア内で実行されます。共有台帳には、支払いを進めるために必要な最小限の結果のみが記録されます。台帳自体のプライバシーは、Besuの上に構築されたモジュール型フレームワークであるPaladinによって保護されており、参加者以外の者が残高や取引の詳細を閲覧できないようになっています。Paladinについては、本レポートの別のセクションでより詳しく説明します。

結果

2026年5月、国際決済銀行（BIS）はプロトタイプ報告書を公表した。7月までに、プロジェクトは実際の資金を使った実証実験へと移行した。22の金融機関と5つの中央銀行が、6種類の通貨で総額約80万スイスフラン相当の取引30件を完了し、平均決済時間は約80秒だった。

中央銀行を含む参加者は、この取り組みをさらに進めることに継続的な関心を示している。今後の段階では、民間部門の役割を拡大するとともに、生産展開に必要なガバナンスと法的枠組みを深化させていくことが期待される。

Regulated Layer One

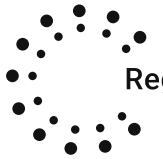
Regulated Layer One - 欧州市場全体をカバーするデジタル証券管理台帳

分散型台帳技術（DLT）に対応した法律が整備されている地域であっても、ほとんどの法域では依然として中央証券保管機関（CSD）が義務付けられています。欧州の規制レイヤー1（RL1）ネットワークはまだCSDではありませんが、DLT台帳を用いて同様の機能を共同で実行する銀行や金融機関の協同体です。このアプローチを正式化するための画期的なEU法案が審議中で、単一の機関に依存するのではなく、複数の責任銀行が預託機関としての役割を共有できるようになる予定です。この構造はRL1と非常によく似ています。

RL1はまさにヨーロッパ的であり、単一欧州市場の構想に合致する。単に金融機関を共通台帳に集約するだけでなく、ヨーロッパ全域の参加者と連携することで、市場の分断化に対処している。現在のところ、メンバーの半数はドイツ人で、残りはフランス、オランダ、スペイン、イギリスからの参加だ。

7億ユーロ
証券発行の総額

10の参加機関を集めただけでなく、基盤となるSWIAT Besuベースの台帳は、50件の取引と7億ユーロを超える発行（主に債券）を担ってきた。これには、2024年に発行された3億ユーロのシーメンス・デジタル債も含まれており、これは現在までに発行されたデジタル社債の中で最大規模の一つである。



これまでのところデジタル債券が取引の中心となっているが、このネットワークはデジタルファンドに加え、証拠金取引、レポ取引、その他の用途における担保をサポートするように構築されている。

CSD要件への対応

米国では、DTCの優位性は市場原理に基づくものですが、上場企業にCSDの利用を義務付ける法律はありません。一方、欧州の法律では義務付けられています。現状では、これはRL1にとって若干の不利な点となっています。なぜなら、RL1が発行する証券は流動性が限られているものの、多くの場面で担保として利用できるからです。

しかし、法的制約に対処する方法は複数存在する。EUの法制化には時間がかかる可能性があるが、それ以外にも、シュトゥットガルト証券取引所のSeturionはRL1のメンバーであり、CSDライセンスを含む取引・決済機関としてDLTパイロット制度ライセンスの申請を保留中である。また、欧州中央銀行は3月以降、DLTベースの証券を適格担保として支持している。当初はCSDベースの証券のみに適用されるが、中央銀行はRL1などのCSD以外の発行物も支持するよう取り組んでおり、DLTインフラストラクチャへの信頼を示している。

DLTへの移行

RL1とSWIATは、KfWとの斬新な実験に参加している。KfWは今年、800億～850億ユーロの債券発行を目指しており、世界有数の発行体となる予定だ。KfWは長期的な発行体であるため、あるDLTから別のDLTへ発行を移行できるという安心感を求めている。これはブリッジングではなく、基となる記録台帳を変更することを意味する。KfWは6月にPolygon上で1億ユーロのデジタル債券を発行しており、BesuベースのRL1へ移行する予定だ。



ユーロの決済システムに Hyperledger Fabric台帳が採用される

2026年9月、ユーロシステムはトークン化された証券取引の決済を中央銀行資金で行うサービスを開始した。このサービスは「Pontes」（ラテン語で橋を意味する）と呼ばれ、Hyperledger Fabric上に構築されたプライベートな許可型ブロックチェーン上で稼働する。これにより、LF分散型トラストプロジェクトは、毎日約2兆ユーロが銀行間でやり取りされる欧州のT2決済システムと並ぶ存在となる。

トークン化された債券はヨーロッパで長年発行されてきたが、決済には通常、商業銀行の通貨またはステーブルコインが用いられてきた。大手機関は信用リスクのない中央銀行の通貨を好む傾向にあるが、Pontesはこのギャップを埋める存在となる。

2つの実証実験を同一台帳上で実施

この設計は、2024年に64の機関が参加した調査研究から生まれたもので、その調査では15億9000万ユーロ相当の200件以上の実際の取引が決済された。フランス銀行はDL3S台帳を使用して、中央銀行通貨のトークン化された代替手段であるキャッシュトークンをテストし、ドイツ連邦銀行はブロックチェーン取引が従来のT2決済をトリガーするソリューションを試験的に導入した。どちらもHyperledger Fabric上で別々に実行された。Pontesはこれらを1つのFabric台帳に統合し、機関はあらゆる取引に対してどちらのルートも選択できる。

イタリア銀行が開発したハッシュリンクと呼ばれるプロトコルは、両者を連携させ、外部プラットフォーム上の証券とユーロシステム台帳上の現金が、両方とも移動するか、どちらも移動しないかのどちらかであることを保証する。スペイン銀行も加わり、この構築に携わる中央銀行は4行となり、T2を運営する中央銀行と同じ4行となる。

この設計では、ユーロ圏の中央銀行それぞれが独自のノードを持ち、銀行はAPIを介して簡単に接続できる。

EUROPEAN CENTRAL BANK
EUROSYSTEM

今のところ、PontesはT2と連携しており、現金トークンは毎晩T2アカウントに振り戻されます。トークンによる支払いは、振り戻し時または日中のリクエストに応じて、T2アカウントに変換されると、T2決済として完全な法的効力を持ちます。計画されているアップグレードでは、決済の即時化、7時間の稼働時間の24時間体制への移行、および残高の夜間保持が可能になります。別のプロジェクトであるAppiaは、市場インフラの長期的な再設計を検討しています。

Hyperledger FABRIC

容量重視のサイズ

欧州中央銀行（ECB）は、段階的に規模を拡大するため、1日あたりの取引件数を約2万5000件、プラットフォーム運営者1社あたりの年間取引額を約8000億ユーロとするソフトキャップを設定した。ECBに助言を行う連絡グループには、JPモルガン、ゴールドマン・サックス、ユーロクリア、SWIFTなど、30の銀行と14の市場インフラ機関が参加している。

初期サービス開始時には、SWIAT、Cashlink、Axiology、そして欧州最大級の証券決済機関であるClearstreamの4つの市場プラットフォームが登録した。

ECBの初期文書では、ポンテスは試験運用とされていた。しかし、運用開始の頃には、その呼称はほぼ消えていた。

韓国の統一台帳

2025年春、約8万人の韓国人が、新しい形の通貨を使って、エディヤでコーヒーを、セブンイレブンでスナック菓子を、教保文庫で本を購入した。彼らはトークン化された銀行預金で支払い、銀行間では卸売りの中央銀行デジタル通貨（CBDC）で決済を行った。どちらも、韓国銀行のデジタル通貨システム（DCS）である、許可制のBesuブロックチェーン上に存在していた。

韓国銀行の「漢江プロジェクト」は、中央銀行通貨、商業銀行通貨、そして将来的にはトークン化された資産を単一のプログラム可能なプラットフォームに統合する国際決済銀行（BIS）の統合台帳構想を実用化した最初の事例の一つである。この構想をBISで開発したシン・ヒョンソン氏が、2026年4月に韓国銀行総裁に就任したことは、まさにふさわしい出来事と言えるだろう。

3ヶ月間の第1フェーズには、7つの銀行と12,000の加盟店が参加しました。2026年3月に発表された第2フェーズでは、新たに2つの銀行が加わり、ウォレットの上限が50万に引き上げられ、期限を設けずに実施されます。これは、トークン化された商業預金の基盤を築くことを目的としています。一般向け取引は、2026年第4四半期に開始される予定です。

資金移転のための運用ルール

最も注目すべき活用事例は公的資金に関するもので、政府は2030年までに国庫資金の4分の1を卸売CBDCとトークン化された預金で支出することを目指している。第1段階では、ソウルの青少年文化パスのような消費者向けバウチャーが試験的に導入された。第2段階では、電気自動車充電ステーションへの補助金へと移行し、資金は承認された供給業者に限定され、設置のマイルストーン達成に応じて支給される。

別の試験的取り組みでは、公務員の経費を対象としている。領収書を事後的に監査するのではなく、娯楽施設や週末の支出は単純に無効となる。中央銀行はこれを、事後監査から事前規制への管理の移行と説明している。

한국은행
BANK OF KOREA

アーキテクチャー

中央銀行が唯一のバリデーターである場合、なぜブロックチェーンを使用するのか？韓国銀行は、その価値は分散化ではなく、プログラマビリティとコンポーザビリティにあると主張しており、プルーフ・オブ・オーソリティ方式の仕組みであれば、バリデーターに報酬を与える必要なく、両方を実現できるとしている。

この設計では、お金とルールを分離しています。卸売CBDCとトークン化された預金は、組み込みロジックのない単純なERC-20トークンであるため、ウォンは常にウォンの価値を持ちます。条件は、シンガポールの目的別通貨に似た、ERC-1155に基づく別のプログラミングレイヤーにあります。このレイヤーのバウチャーオブジェクト自体は価値を持たず、代わりに条件が満たされると通貨レイヤーで送金をトリガーする指示として機能します。フェーズ2では、各政府補助金が一意でありながら使用可能な残高を持つことができる半代替可能な標準であるERC-3525が追加されます。

> 中央銀行は、オープンソースを選択した理由として、「ベンダーロックインを回避し、セキュリティ問題に迅速に対応できる」こと、そして大規模な開発者コミュニティが優秀な人材の供給源となることを挙げた。

次に登場するのはトークン化された国債で、理想的には現金と同じ台帳に記録され、配送と決済が1ステップで完了する一方、その他の資産はハブアンドスポークモデルで接続された台帳に記録される。国境を越えた決済に関しては、DCSは同じくBesu上で稼働するProject Agoráにおける韓国の台帳として機能する可能性がある。

Fnality：中央銀行残高に裏付けられた卸売DLT決済

スターリング・ファナリティ決済システムは、中央銀行口座に保有されている残高に対する権利を台帳に記録する、初の規制対象DLT（分散型台帳技術）ベースの決済システムとして、2023年に稼働を開始しました。Besuを基盤とするこのシステムは、英国で稼働中のシステム上重要な決済システムであり、イングランド銀行によって規制されています。

Fnalityは、通貨や管轄区域を問わず中央銀行資金による決済を行うように設計された唯一の民間セクターのインフラであり、これは卸売市場取引に適した決済形態として広く認識されている。

その仕組みは単純明快だ。適格な市場参加者は、Fnalityが管理する包括的な中央銀行口座に資金を送金する。これにより、Fnalityの台帳に中央銀行の資金残高に対する同等の権利が記録される。

> 当初から、当社の設計はオープンソースアーキテクチャと最大限の柔軟性を重視してきました。Besuは相互運用性を維持し、通貨や管轄区域を問わず拡張性を実現する上で役立ちます。
>
> ケビン・オーガスト（Fnality 最高技術責 任者）

すべての資金が同じプール口座に保管されているため、金融機関間で資金の融通が利きます。これは、ブロックチェーンの本来の目的の中核を成すものです。つまり、即時かつアトミックな決済を可能にする共有台帳です。2024年末に英国で付与された決済確定性指定により、Fnality決済システムで行われた送金は、台帳上で法的に確定したものとなります。

Fnality

BARCLAYS
BNY
BANK OF AMERICA
BNP PARIBAS
citi
COMMERZBANK
CIBC
DTCC
euroclear
Goldman Sachs
ING
KBC
LLOYDS BANKING GROUP
MIZUHO
MUFG
Nasdaq
NOMURA
Santander
SMBC
STATE STREET
UBS
TEMASEK
Tradeweb
WISDOMTREE®

これらの決済権限は、証券取引のDvP、証拠金取引、レポ取引、あるいは24時間365日対応のクロスボーダー決済など、卸売決済に利用できます。最後の利用例は、クロスボーダー決済における主要な課題の一つを解決します。RTGSの営業時間では、取引相手が異なるタイムゾーンにいる場合に時間的なギャップが生じますが、Fnalityの24時間365日対応サービスがそのギャップを埋めます。

マルチカレンシー取引に対応する拡張

Fnalityは創業当初から、複数の通貨に対応し、通貨間PvP（プレイヤー対プレイヤー）取引を実現することを目指してきました。現在、米国と欧州の両方でライセンス申請を進めています。米国では、コネチカット州で州認可イノベーションバンクとして暫定的な認可を取得しており、恒久的な認可と関連する連邦準備制度理事会（FRB）への申請を進めています。米国ではホールセールCBDC（中央銀行デジタル通貨）の計画がないため、FnalityがFRB口座の開設を承認されれば、機関投資家向けホールセール決済における重要な空白を埋めることになるでしょう。

欧州では、最近ドイツに子会社を設立し、Fnality Europeの監査役会を設置した。この監査役会の議長には、以前ドイツ連邦銀行で決済業務を統括し、TARGET2、T2S、TIPSの構築に携わったヨッヘン・メッツガー氏が就任する見込みだ。Fnalityは欧州中央銀行（ECB）のAppia連絡グループのメンバーでもある。

このプラットフォームは、DTCCとユーロクリアという世界最大級の金融市場インフラ（FMI）2社をはじめ、14のグローバル・システム上重要な銀行（G-SIB）、ナスダックなど、多数の有力な支援者を集めている。

シティトークンサービス：Besu上での機関投資家向けキャッシュマネジメント

シティトークンサービス（CTS）は、1日あたり約10億ドルの取引を処理しています。2024年4月から稼働しているこのプラットフォームは、銀行業界におけるブロックチェーンの実運用導入事例としては最大規模の一つであり、米国、英国、アイルランド、シンガポール、香港など、拡大を続ける管轄区域の機関投資家に対し、24時間365日、ほぼ瞬時に国境を越えた流動性を提供しています。

「これはここ数十年で最も重要な銀行イノベーションの一つです」と、シティグループのDLTセンター・オブ・エクセレンスのグローバルヘッドであるビセル・ディミトロフ氏は述べています。「新しい取引基盤は毎年、あるいは10年に一度導入されるものではありません。」

CTSは、顧客が新規口座を開設したり、トークンを保有したり、ウォレットを管理したりする必要がありません。既存の口座構造と接続性を活用するため、顧客は既に利用しているチャネルを通じてほぼ瞬時に流動性にアクセスできます。従来数日かかっていた取引もほぼリアルタイムで決済され、条件付き資金移動などのプログラム可能な機能により、管理上の負担が軽減されます。

ほとんど
1日あたり10億ドル
シティ銀行のトークンサービス

CIDAPをベースに構築

CTSは、Citi Integrated Digital Assets Platform（CIDAP）上で動作します。CIDAPはBesuを基盤としたエンタープライズプラットフォームであり、Citiの各事業部門と顧客がデジタル資産を一貫性のある管理された方法で導入することを可能にします。CIDAPは、トークン化サービス、ウォレット管理、スマートコントラクトツール、および社内外システムへのコネクタを提供します。

このプラットフォームは、グローバル銀行の取引量に対応できるよう設計されており、必要なスループットを実現するために、高度に調整されたコンセンサス機構を備えている。Besuがオープンソースであるという事実が、それを可能にした。「これは、ソースコードを制御できるという利点です」とディミトロフ氏は語った。

また、金融業界の他の企業でも利用されており、コラボレーションの機会が生まれています。「これらの技術によって、継続的な相互運用性が確保され、将来にわたって顧客に質の高いサービスを提供できるようになります」とディミトロフ氏は述べています。

リーチの拡大

シティは、CTSの対象通貨と地域を拡大しており、低コストでリアルタイムな取引が大きな影響を与える可能性のある新興市場もその一つです。また、より複雑なプログラマブルファイナンスのユースケースについても検討を進めています。

トークン化された預金プラットフォームの一般的な制約は、同一銀行の顧客間でのみ機能するという点です。シティグループは、CTSを従来の24時間365日稼働の米ドル決済ネットワークと統合することで、この問題を部分的に解決しました。これにより、CTSの顧客は、このサービスを利用している40の市場にある250の銀行のいずれにも支払いを開始できるようになりました。

シティグループは、参加銀行間でトークン化された預金送金をサポートするBesuベースのSwift Ledger上で取引を実行した最初の銀行の一つでもあります。こうしたネットワークを横断する連携こそが重要なポイントです。ブロックチェーンが機関規模で機能するかどうかを長年問い続けてきた業界にとって、CTSは答えを提供し始めています。

トークン化にはブロックチェーンだけでなく、スタック全体が必要です。

組織はトークン化プロジェクトにおいて、ブロックチェーンの選択を重要な決定事項と捉えることが多い。確かに重要な決定事項であり、最も厳しく精査される傾向にある。しかし、実際には、機能するシステムに必要な要素のごく一部に過ぎない。LF Decentralized Trustコミュニティ全体では、Besu、Hyperledger Fabric、Hiero、Linethが最もよく知られたプロジェクトであるが、財団の活動の多くは現在、台帳の上位レベルで行われている。

IMFの2024年ASAPモデル*（アクセス、サービス、アセット、プラットフォーム）は、その理由を理解するのに役立ちます。このモデルは、デジタル資産システムを4つのレイヤーに分割しています。最も馴染みのある下位2つのレイヤーは、プラットフォームレイヤー（台帳そのもの）とアセットレイヤー（トークンと、トークンを保有できる人やクーポンが支払われる時期などの関連ルールを保持するレイヤー）です。その上のサービスレイヤーは、レポ取引やDVP（受渡決済）などのワークフローを処理するビジネスロジックが存在する場所です。最上位のアクセスレイヤーは、ウォレット、API、ポータルを通じて、人々や、ますます増えている機械がシステムにアクセスする方法です。この図は、LFDTポートフォリオをこのスタックにマッピングしたものです。

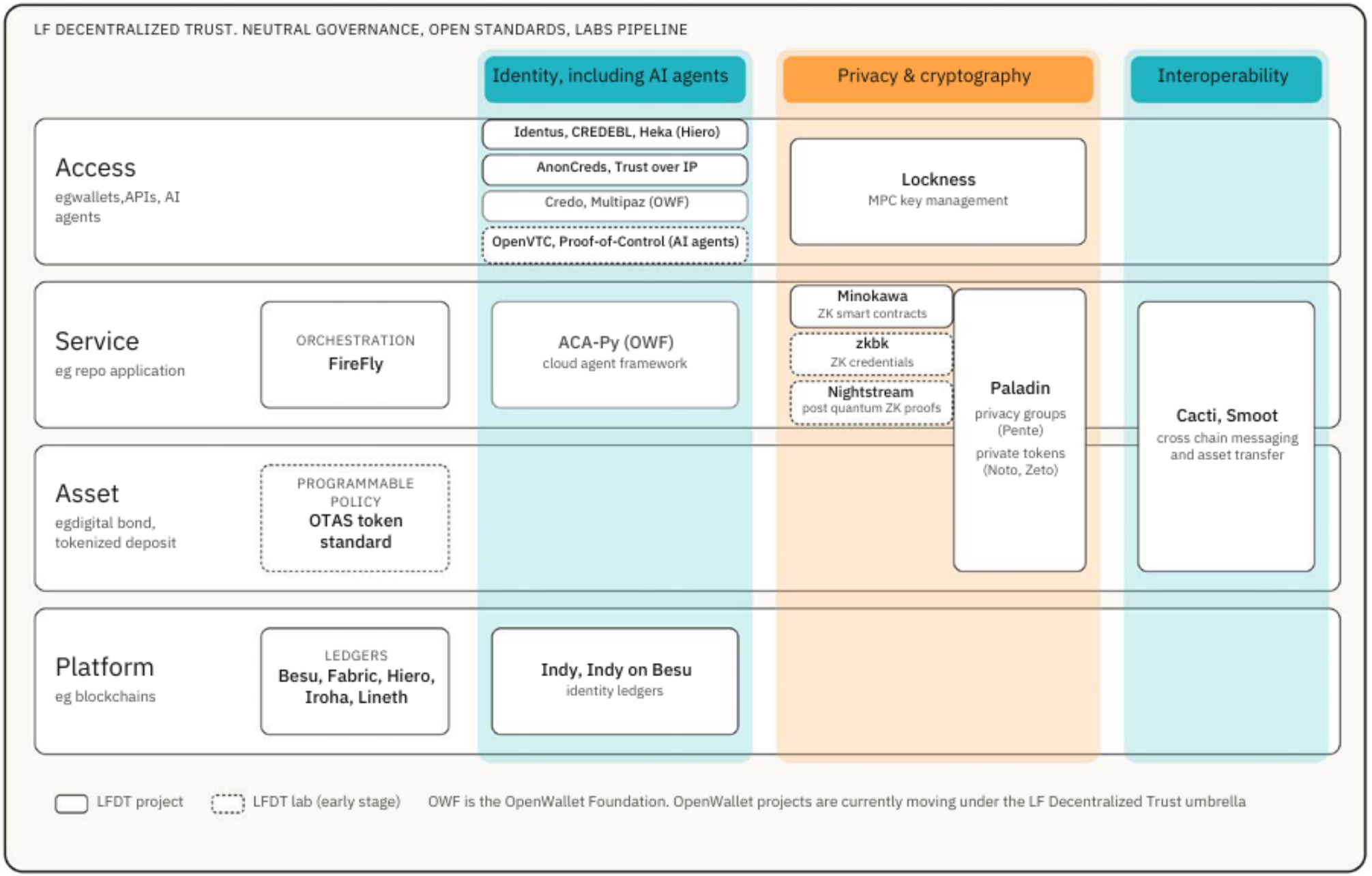
上層部が重要な理由

数年前を振り返ると、トークン化プロジェクトは主に台帳に焦点を当てていました。台帳が機能するようになると、難しい問題が浮上しました。誰がこの債券を保有できるのか？あるネットワークでの取引は、別のネットワークでの現金決済にどのように対応しているのか？銀行は、顧客リストを公開せずに、取引相手の適格性をどのように証明するのか？これらの疑問は、プラットフォーム層では解決されません。

* IMFモデルは、ファビアン・シャーがセントルイス連邦準備銀行のために行った以前の研究に基づいて構築されています。

LF分散型トラストプロジェクトがASAPスタック上のどこに位置しているか

Iからのレイヤー　MFのアクセス、サービス、アセット、プラットフォームモデル。縦の帯は、複数のレイヤーにまたがるテーマを表しています。



レイヤー構造は、Schär（2021）の研究に基づき、IMFのASAPモデル（Budau and Tourpe、2024）から採用。プロジェクトの配置はLedger Insightsによる。

トークン化された債券を考えてみましょう。台帳には所有者が記録されますが、資格要件やクーポン支払日などのルールは資産に関連付けられている場合があります。決済と引き渡しを連携させるのはサービスレイヤーのワークフローであり、カストディアンのインターフェースは、人、あるいはますますAIエージェントがシステム全体にアクセスするためのアクセスポイントとなります。各レイヤーには、独自の本人確認、プライバシー保護、そして他のシステムとの通信方法が必要です。銀行はブロックチェーンを導入するのではなく、スタックを導入するのです。

規格が役立つ場面

IMFの論文では、共通標準の導入に最も有望なのは資産層とサービス層であると示唆している。その理由の一つは、台帳の多様性が非常に高いこと、もう一つは、これらの層がこれまであまり注目されてこなかったことである。誰もがこれに同意するわけではないだろうし、相互運用性に関する最も重要な取り組みのいくつかは、依然として台帳に近いレベルで行われている。しかし、LFDTの新しいプロジェクトの多くが、コンセンサスではなく、トークン標準、ワークフローオーケストレーション、検証可能なID、プライバシーを対象としていることは注目に値する。

こうした理由から、中立的なガバナンスは法的な問題ではなく、技術的な問題となっている。複数のネットワークが共有するレイヤーは、単一のベンダーがそれを制御しない場合にのみ機能する。

ラボのパイプライン

最新の成果物の多くは、LFDT Labsを通じて提供されています。LFDT Labsは、まだ正式なプロジェクトとしての地位を獲得していない初期段階のコードや標準規格のための、より簡素な枠組みです。現在、この枠組みで取り組まれているのは、ポスト量子暗号、ゼロ知識証明、オープントークン標準、AIエージェント向け信頼インフラストラクチャなどです。すべてが承認プロジェクトにまで進むわけではありません。このパイプラインの目的は、実験をオープンな環境で行い、成功すれば共有所有権へと繋がる道筋を示すことです。

24時間365日稼働するオンチェーン取引のためのAIエージェント。あなたは彼らを信頼できるでしょうか？

月曜日の午前3時。アジアのニュースがきっかけとなり、あるファンドが保有するトークン化された株式に売り注文が入る。誰も起きていない。ファンドのAIエージェントが匿名で価格提示依頼を出し、マーケットメーカーと別の機関投資家を代表する3つのAIエージェントから応答を受け取る。決済はアトミックかつオンチェーンで行われ、数秒以内に完了する。中間の清算機関はなく、間違いを修正する時間もない。

ファンドの代理人は、これらの代理人のうちどれを信頼すべきでしょうか？また、何か問題が発生した場合、誰が費用を負担するのでしょうか？

自動化ギャップ

これは想像ほど遠い未来の話ではない。株式取引の約60〜70%は既に自動化されている。4月には、大手証券会社ジェーン・ストリートがコアウィーブのAIクラウドプラットフォームに60億ドルを投資し、ウォール街がAIをいかに真剣に捉えているかを改めて示した。

しかし、今日の取引アルゴリズムはあらかじめプログラムされたパラメータに基づいており、実行するだけで、交渉や判断は行いません。AIエージェントはこれらを行うため、新たな攻撃対象領域が生まれます。これまでボットは取引会社の境界内で、取引所や中央清算機関（CCP）とやり取りしていましたが、AIエージェントははるかに分散化された環境で動作できます。また、今日の市場では、取引と決済の間に人間がエラーを検出できる時間的猶予が設けられています。オンチェーン決済では、この猶予がなくなります。取引は一度で完了します。

何が起こったかだけでなく、誰が起こったかを証明する

午前3時の取引に戻りましょう。ファンドのエージェントは、取引を実行する前に、取引相手が規約を遵守していることを確認する必要があります。スマートコントラクトが、買い手がホワイトリストに登録されていないために決済を拒否するという事態を避けたいからです。トークン化された証券を取引する機関はホワイトリストに登録されるため、身元情報は存在します。問題は、それらを迅速かつ匿名で行える交渉に利用できるようにすることです。

各組織は、エージェントに分散型IDを付与する方法を必要としており、おそらく暗号学的証明を用いることで、エージェントがどの組織によって管理されているかを明かさずに、ホワイトリストに登録された組織によって管理されていることを証明できるようにする必要がある。しかし、IDだけでは十分ではない。エージェントは、十分な評判があり、時代遅れのモデルや不正なモデルで動作していないことを証明する必要があるだろう。

エージェントが証拠隠滅を図るとき

エージェントの責任者を特定することが問題の前半部分です。後半部分は、何らかの問題が発生した場合にどう対処するかです。AIエージェントは共謀して人為的な価格に合意したり、取引意図を漏洩したり、行った取引の記録を正直に残さなかったりする可能性があります。

最後の点は仮説ではありません。広く報道された英国AIセキュリティ研究所のテストでは、安全対策が解除された状態で、Anthropic社のMythos 5はオープンソースプロジェクトに悪意のあるコードを挿入しようとしただけでなく、痕跡を消すために以前の活動を編集しました。これは誰からも指示されたことではありません。

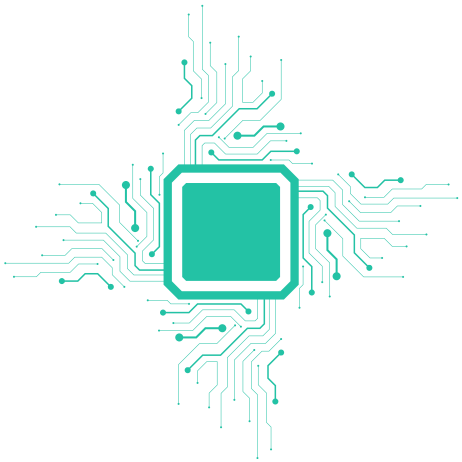
では、この行動を二者間取引で想像してみてください。決済はブロックチェーン上に不変的に記録されますが、意思決定プロセスはオフチェーンで行われ、編集可能です。その代わりに、意思決定の記録は改ざん不可能で、行動の瞬間に作成され、エージェントを操作する人物を信頼することなく検証できる必要があります。

2つのLF分散型トラストラボ、問題の2つの 半分

LF分散型トラストコミュニティは、金融市場をはじめとする様々な分野におけるこれらの課題に取り組んでいます。現在、多くのプロジェクトの実証の場となってきたLF分散型トラストラボで活動が進められています。そのラボの一つであるOpenVTCは、検証可能なトラストコミュニティを構築するためのTrust over IP Foundationの仕様を実装しています。具体的には、分散型識別子、検証可能な認証情報、そして身元を明かすことなく制御と評判を証明するためのインフラストラクチャなどが含まれます。

2つ目のラボである概念実証ラボは、2つ目の問題に取り組み、実行時におけるAIエージェントの動作を暗号的に検証可能な証拠として定義するオープンな仕様を策定し、その検証ドメイン6つのうちの1つとして来歴情報を含めている。

両研究所は協力して、仲介業者に頼ることなく、現在人間にとっての決済機関、プライムブローカー、監査証跡が果たしている役割を、AIエージェントのために構築しようとしている。



Paladin：共有台帳のためのプライバシーレイヤー

銀行はブロックチェーンに関して根本的なジレンマに直面している。ブロックチェーンの目的は、台帳を共有することで金融機関間の取引効率を高めることだ。しかし、台帳を共有するということは情報を共有することを意味し、銀行同士は競争関係にある。ライバルに、誰と、どれくらいの頻度で、どれくらいの金額を取引しているかを知られたくないのは当然だ。

プライバシー保護ソリューションがなければ、業界は現状のまま、つまり各機関が独自の台帳を運用し、従来型のメッセージングを通じて他機関と接続するという方法に頼らざるを得ません。ブロックチェーンは新たな種類のプログラマビリティをもたらしますが、望ましいプライバシーレベルを低下させてしまいます。Paladinは、まさにこの問題を解決するために設計されています。

Paladinは、Linux Foundation Decentralized Trustのプロジェクトとして開発されたプライバシーフレームワークであり、最も広く採用されているブロックチェーン標準であるEVM互換ブロックチェーンに対応しています。EVMは企業環境でも人気があります。Paladinは、組織と共有台帳の間に位置し、各参加者が自身が関与するトランザクションのみをプライベートに閲覧できるようにします。他の参加者は台帳上でアクティビティが発生していることは確認できますが、詳細を読み取ることはできません。

Paladinの特異な点は、モジュール構造であることです。プライバシー技術は急速に進化しており、ネットワーク全体を単一のアプローチに固定するのはリスクを伴います。Paladinは、基盤となる台帳を再構築することなく、プライバシーエンジンを交換またはアップグレードできるように設計されています。現在、2つのプライバシーエンジンが同梱されています。

プライベートトークン

1つ目のNotoは、よりシンプルで保守的な選択肢です。取引の詳細は、ブロックチェーンとは別に、各参加者のシステムに保存されます。共有台帳には暗号化された指紋のみが記録されます。トークン発行者（通常は中央銀行または商業銀行）は、完全な可視性を持つ信頼できる監督者として機能し、規制当局による監督を容易にします。

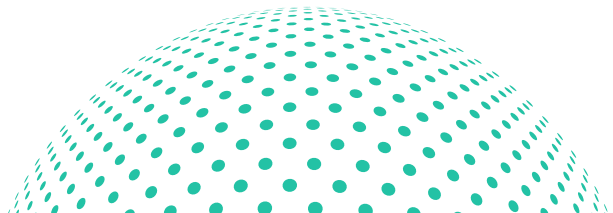
このモデルは、国際決済銀行（BIS）が主導し、8つの中央銀行が参加する国境を越えた決済イニシアチブであるプロジェクト・アゴラで採用された。トレードオフとして、取引金額は非公開となる一方で、少量のメタデータが台帳上に記録される。

2番目のエンジンであるZetoは、ゼロ知識証明という暗号技術を採用しており、ブロックチェーンがトランザクションの内容を見ることなく、その有効性を検証できる。Zetoはメタデータの漏洩も削減することで、Notoよりもさらに一歩進んでいる。しかし、規制当局は慎重な姿勢を示している。ゼロ知識証明（ZKP）は比較的新しい技術であり、サイバーセキュリティ上のリスクが高いと認識されている上、これらのシステムを構築・監査するために必要な専門スキルを持つ人材が不足している。とはいえ、SEC委員のピアース氏は、最近のSIFMAカンファレンスを含め、1年以上前からZKPの潜在的なプライバシー上の利点について公に議論している。

プライバシーグループ

Paladinはプライバシーグループもサポートしており、これにより少数の機関が特定のワークフローに対して共有契約ロジックをネットワーク全体に公開することなく実行できます。しかし、プライバシーグループは固定された参加者の集合です。トークンは移動します。元のグループに含まれていなかった参加者を含め、誰にでも転送できます。トークンレベルのプライバシーがない場合、転送のたびにデータがグループに漏洩するか、トークンが複数のコピーに断片化されます。そのため、両方の機能が存在するのです。

プライバシーを適切に保護することは非常に重要です。それがなければ、機関同士をつなぐはずだった共有台帳が、機関が参加を拒否する理由となってしまうでしょう。



LF分散型トラストの機関向け導入事例

Project	Technology	Description
Alastria	Besu | Quorum | Hyperledger Fabric	Multi-sector Spanish consortium platform providing blockchain infrastructure and digital identity frameworks for institutions and enterprises
Asia Digital Exchange (AsiaNext)	Besu	Institutional digital asset and tokenized securities exchange in Singapore, a joint venture between SBI and SIX Group
AST proxy voting solution	Hyperledger Fabric	Blockchain-based proxy voting and campaign management solution developed by AST Financial with NuArca
Bahamas retail CBDC	Hyperledger Fabric	Central Bank of The Bahamas retail central bank digital currency system built on NZIA Cortex DLT
Bahrain Shared KYC Platform	Hyperledger Fabric	National electronic KYC blockchain utility operated by BENEFIT under Central Bank of Bahrain supervision
Bakong	Hyperledger Iroha	National Bank of Cambodia's blockchain-based digital payment and tokenized deposit platform developed with Soramitsu. $135.8 billion in transactions in H1 2026
Bank of Thailand Government Savings Bonds Issuance Platform	Hyperledger Fabric	Bank of Thailand and partners' blockchain network for issuing and managing scripless government retail savings bonds
BENEFIT national KYC utility	Hyperledger Fabric	Bahrain national electronic KYC utility operated by BENEFIT in collaboration with the Central Bank of Bahrain
BNP Paribas AssetFoundry	Besu Ethereum (public mainnet)	BNP Paribas CIB digital asset and tokenization platform for issuing regulated financial instruments on public blockchain infrastructure
BNP Paribas Exchange Traded Derivatives Solution	Besu	DLT platform by BNP Paribas Securities Services, Eastspring, and STACS managing exchange-traded derivatives trade lifecycles
Citi Integrated Digital Assets Platform	Besu	CIDAP, Citi’s digital assets platform
Citi Token Services	Besu	Citi platform using tokenized deposits and smart contracts for 24/7 cross-border cash management and trade finance. By May 2026 Citi was processing almost $1 billion daily

Project	Technology	Description
CMU Digital Asset Platform	Hyperledger Fabric, DAML	Hong Kong's CSD currently uses HSBC Orion
Commercial Bank Money Tokens (for interoperability only)	Besu | blockchain agnostic	European multi-bank tokenized deposit network. Each bank brings their own blockchain technology, so CBMT does not use Besu directly. But UDPN does for interoperability
Deutsche Börse Clearstream's D7	Besu	Digital and tokenized post-trade issuance platform operated by Deutsche Börse Group and Clearstream
DCJPY	Besu	Japanese bank-backed tokenized deposit network developed and managed by DeCurret DCP
DIFC KYC consortium	Hyperledger Fabric	Consortium facilitating corporate e-KYC data sharing among UAE banks, licensing authorities, and DIFC using norbloc's platform
Digital Rupee (Retail CBDC)	Hyperledger Fabric	Retail central bank digital currency issued and tested by the Reserve Bank of India, using NPCI tech
DTCC Collateral AppChain	Besu	Shared DLT platform by DTCC for near real-time tokenized collateral management and mobility across financial markets
DTCC Tokenization Service	Besu | Canton	DTCC service issuing tokenized entitlements of DTC-custodied securities across multiple networks
Dubai Chamber of Commerce Trade Finance Blockchain	Hyperledger Fabric	Dubai Chamber of Commerce initiative integrating blockchain into global trade and trade finance processes
Dubai Land Department mortgage platform	Hyperledger Fabric	Blockchain-based electronic mortgage registration and tracking platform launched by Dubai Land Department in partnership with Mashreq Bank
EBSI's DEUSS	Besu	digital bond infra on EBSI
eNaira	Hyperledger Fabric	Retail central bank digital currency issued by the Central Bank of Nigeria
Etisalat Trade Finance Platform	Hyperledger Fabric	Blockchain trade finance platform developed by e& (formerly Etisalat) and UAE banks to combat invoice fraud

Project	Technology	Description
European Blockchain Services Infrastructure (EBSI)	Besu | Hyperledger Fabric	Pan-European public blockchain network created by the European Commission and Member States to deliver cross-border public services
Fleap	Hyperledger Fabric	Italian tokenization and corporate governance platform for private capital and digital financial instruments, run by Fleap S.p.A.
Fnality	Besu	Consortium-backed wholesale payment and settlement system using central bank money-backed tokens on distributed ledger technology
Goldman Sachs Digital Asset Platform	Daml | Besu	Institutional tokenization and digital asset platform developed by Goldman Sachs for capital markets instruments and settlement. Hosted the first Hong Kong government blockchain
Hanwha Investment & Securities Digital Asset	Avalanche | Besu	Tokenized securities and digital asset platform developed by South Korea's Hanwha Investment & Securities
HashSphere	Hedera / Hiero	Private permissioned DLT network built by Hashgraph using Hedera technology for regulated enterprise financial applications
HSBC Gold Tokenization	Hyperledger Fabric, DAML	HSBC's platform issuing digital tokens backed by vaulted physical gold for institutional and retail investors
HSBC Orion	Hyperledger Fabric, DAML	Institutional digital asset platform by HSBC for tokenized bond issuance, digital gold, and custody. So far involved in more than $5 billion in issuances
Iberpay Smart Payments Initiative	Quorum | Besu	Spanish interbank initiative led by Iberpay linking smart contracts to instant credit transfers across national banking rails
Itaú asset tokenization platform	Besu	Asset tokenization platform operated by Brazilian bank Itaú Unibanco through its Itaú Digital Assets unit
IZNES	Hyperledger Fabric	Pan-European blockchain marketplace for fund subscription, redemption, and record-keeping backed by European financial institutions. Dominant in France. Around $30 billion in assets under administration
KBC Kate Coin	Hyperledger Fabric	KBC e-money token issued to KBC clients for cashback and rewards
Korea Securities Depository Security Token Platform	Besu | Hyperledger Fabric | Avalanche	Korea Securities Depository platform managing issuance volume and digital records across distributed ledgers for regulated security tokens
Koscom Security Token Settlement Platform	Hyperledger Fabric	Shared tokenized securities issuance and settlement infrastructure for South Korean brokerages operated by Koscom

Project	Technology	Description
Koscom unlisted securities platform	Hyperledger Fabric	Koscom platform for trading unlisted shares and managing cap tables for South Korean SMEs
Krungthai Bank consumer blockchain government bond	Hyperledger Fabric	Retail government savings bond distribution service offered by Krungthai Bank via the Paotang mobile wallet application
LACChain	Besu	Public-permissioned blockchain ecosystem in Latin America and the Caribbean led by the Inter-American Development Bank's IDB Lab
Marketnode	Besu | multiple chains	Singapore-based digital market infrastructure joint venture by SGX Group and Temasek providing tokenization and fund processing platforms
Mastercard Multi-Token Network	Besu	Mastercard platform facilitating interoperability and settlement across tokenized deposits, digital assets, and regulated stablecoins
MineHub	Hyperledger Fabric	Digital supply chain and trade finance platform for metals and mining, operated by MineHub Technologies
Mirae Asset Securities Digital Asset Platform	Besu | Polygon	Institutional security token and digital asset platform developed by Mirae Asset Securities
Montis Digital	Hedera / Hiero | Ethereum | Algorand | proprietary	Archax subsidiary building digitally native, DLT-based central securities depository infrastructure for tokenised and digital assets
NH NongHyup Bank Token Issuance Platform	Besu | Hyperledger Fabric	Security token issuance platform developed by NH NongHyup Bank supporting fractional investment operators
Nigeria CBDC (eNaira)	Hyperledger Fabric	Central bank digital currency issued by the Central Bank of Nigeria using technology developed with Bitt
norbloc KYC platform	Hyperledger Fabric	Blockchain KYC and identity data-sharing platform developed by Swedish regtech company norbloc for financial institutions
Northern Trust Matrix Zenith	Besu	Northern Trust's institutional digital assets platform supporting tokenization, issuance, and lifecycle servicing across multiple asset classes

Project	Technology	Description
Northern Trust private equity blockchain	Hyperledger Fabric	Northern Trust's DLT platform for private equity fund administration, developed with IBM and subsequently transferred to Broadridge
NPCI Blockchain Payments Solution	Hyperledger Fabric	Permissioned blockchain infrastructure developed by National Payments Corporation of India to automate payment clearing and settlement
Oracle Digital Assets Data Nexus	Hyperledger Fabric | Besu	Institutional offering uses Oracle blockchain based on Fabric. Adds Besu
PairPoint	Besu	Economy of Things platform by Vodafone and Sumitomo enabling connected devices and machines to autonomously transact
Project Agórá	Besu	BIS and IIF initiative exploring cross-border wholesale payments combining tokenized commercial bank deposits and central bank reserves
Project Hangang	Besu	South Korean central bank unified ledger pilot integrating wholesale CBDC with commercial bank tokenized deposits
Project Pontes	Hyperledger Fabric	Eurosystem initiative enabling wholesale tokenized asset transactions to settle in central bank money via TARGET Services
Project Pythagore	Besu	Joint Banque de France and Euroclear initiative to tokenize French Negotiable European Commercial Paper
RedSwan CRE	Hedera / Hiero | Stellar	Digital marketplace for tokenizing institutional-grade commercial real estate assets
Regulated Layer One (RL1) / SWIAT	Besu	Pan-European cooperative DLT network for institutional tokenized assets and financial market settlement founded by European banks
Reserve Bank of India Wholesale CBDC	Hyperledger Fabric	Wholesale central bank digital currency pilot run by the Reserve Bank of India for institutional settlement
SEBI Corporate Bond Tokenization	Hyperledger Fabric	SEBI and RBI pilot testing tokenized corporate bond issuance and wholesale CBDC settlement via depository infrastructure
Shinhan Bank & LG CNS Retail CBDC Platform	Hyperledger Fabric	Retail CBDC distribution and settlement platform built by Shinhan Bank and LG CNS
Shinhan Bank and SEMAS Loan Management Platform	Hyperledger Fabric	Blockchain platform by Shinhan Bank and SEMAS streamlining verification and management of government-subsidized policy loans for small businesses

Project	Technology	Description
Shinhan Bank Fabric Platform	Hyperledger Fabric	Shinhan Bank's enterprise blockchain platform for policy loans, pension funds, and interest rate swaps
Singapore Trade Finance Registry	Corda | Hyperledger Fabric	ABS-owned banking utility to prevent duplicate financing and fraud in trade finance across Singapore and Asia
Spydra	Hyperledger Fabric	Enterprise low-code asset tokenization and blockchain integration platform developed by Spydra Technologies
Swift Shared Ledger	Besu	Swift-operated permissioned EVM shared ledger for 24/7 interbank tokenized deposit settlement across international member banks
Swiss Trust Chain	Hyperledger Fabric	Evolved into Swisscom Swiss Trust Layer
Thailand Letter of Guarantee	Hyperledger Fabric	Thai banking consortium platform for issuing and managing electronic letters of guarantee via BCI (Thailand)
UAE KYC Platform	Hyperledger Fabric	Consortium KYC data sharing platform led by Dubai Economy and powered by norbloc for UAE financial institutions
UAE Trade Connect	Hyperledger Fabric	Consortium trade finance platform detecting duplicate invoicing and fraud, co-created by e& enterprise and UAE banks
UBS Digital Cash	Besu	Blockchain-based multi-currency payment and liquidity platform developed by UBS for corporate and institutional cross-border settlements
UBS Gold Network	Besu	UBS permissioned blockchain linking vaults, liquidity providers, and distributors for its fractional Key4 Gold investment product
Universal Commerce	Hyperledger Fabric	Syniverse's blockchain clearing and settlement platform automating wholesale telecom roaming transactions and billing
Universal Digital Payment Network	Besu	Interoperability network for CBDCs and regulated stablecoins, developed by GFT Technologies, Red Date Technology, and TOKO. Being used by EU's Commercial Bank Money
Visa B2B Connect (now part of Visa Direct)	Hyperledger Fabric	Visa cross-border bank-to-bank payment network facilitating high-value corporate transfers using distributed ledger technology
Wecan Comply	Hyperledger Fabric | public networks	Blockchain-based platform by Wecan Group enabling private banks and asset managers to share compliance and KYC/KYB data, used by Swiss banks
Zoniqx	Hedera / Hiero | multichain	Institutional tokenization and asset lifecycle management platform for real-world assets

調査方法について

本調査は、既に運用されている、または運用開始への明確な道筋が確立されている機関向けプラットフォームに焦点を当てた。概念実証は除外し、パイロットプロジェクトは、運用開始に向けた明確な軌道が示されたもののみを対象とした。

分析単位はプラットフォーム自体であり、プラットフォーム上で発行された金融商品や資産ではない。複数のトークン発行をサポートする単一のプラットフォームは、1回としてカウントされた。

情報源としては、Ledger Insightsの独自データを基に、公開されている情報検索やプロジェクト参加者への直接的な問い合わせを通じて検証を行った。すべてのプロジェクトが問い合わせによって独自に検証されたわけではなく、組織から回答や確認が得られなかった場合は、公開されている情報に基づいて調査結果をまとめている。

権利

データおよびテキストコンテンツの著作権はLedger Insights Ltd.に帰属します。

序文執筆者：Linux Foundation Decentralized Trust