

中銀マネートークン化に関する海外事例

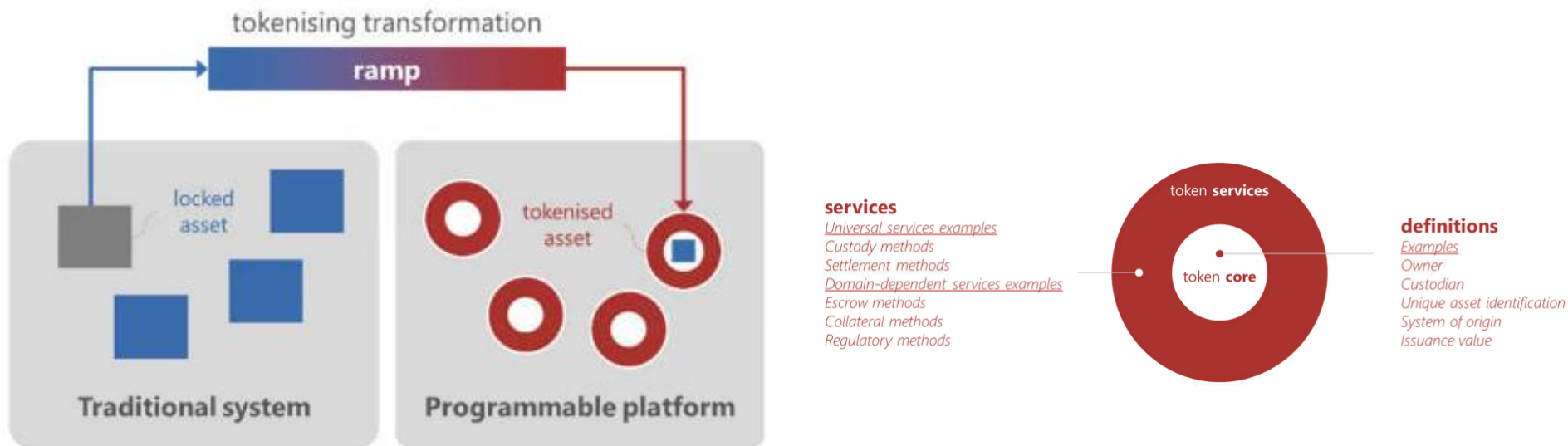
2026年5月



トークン化の意味・期待

- プログラマブルなプラットフォーム資産をのせる＝トークン化することで、条件付きの決済や複数の関連処理の一括実行など、決済に関わる処理の効率化・プログラマビリティ向上が期待されている。

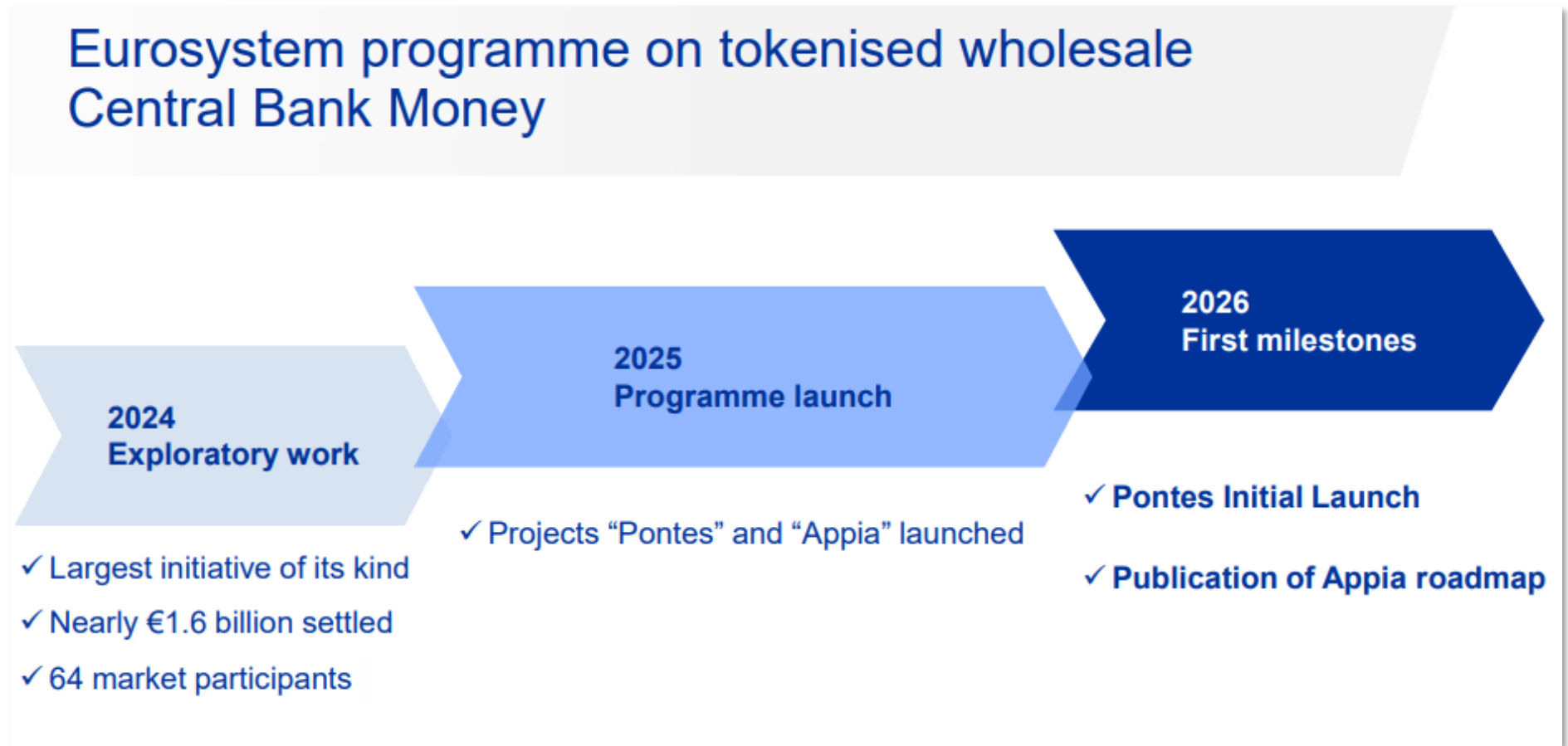
⇒今回は、中銀マネーのトークン化に関連する海外動向をご紹介した上で、期待されるユースケースや技術課題に関するディスカッションを実施。



① ECB (Pontes & Appia)

これまでの取組

- ECBは、トークン化中銀マネーに関し、2024年に行った実験結果も踏まえ、昨年からPontes、Appiaの2つのプロジェクトを始動。

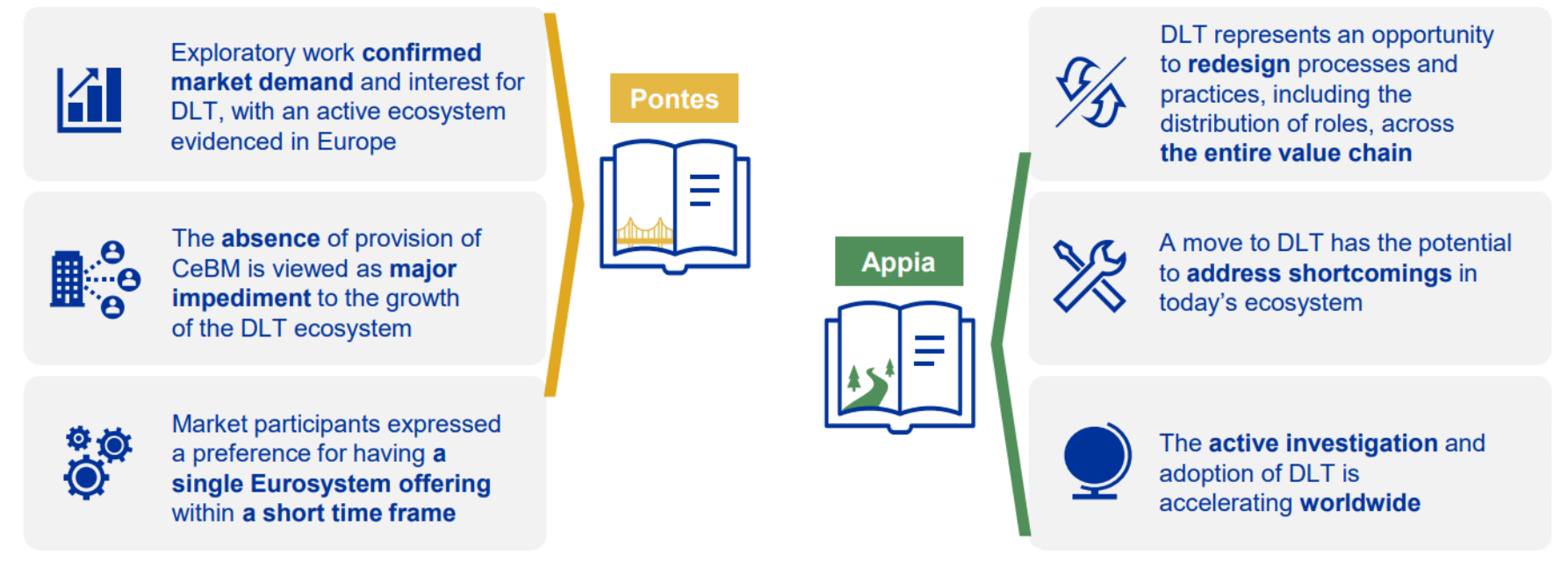


Source: <https://www.ecb.europa.eu/press/intro/events/html/pdf/260227-focus-session-eurosystems-work-on-wholesale-cebm-welcome-address.pdf>

Dual-trackアプローチ : Pontes & Appia

- Pontes : トークン化中銀マネーを短期に提供することを目的としたプロジェクト
- Appia : エコシステム全体でのDLT技術活用に向けた調査・研究を目的とした中長期プロジェクト

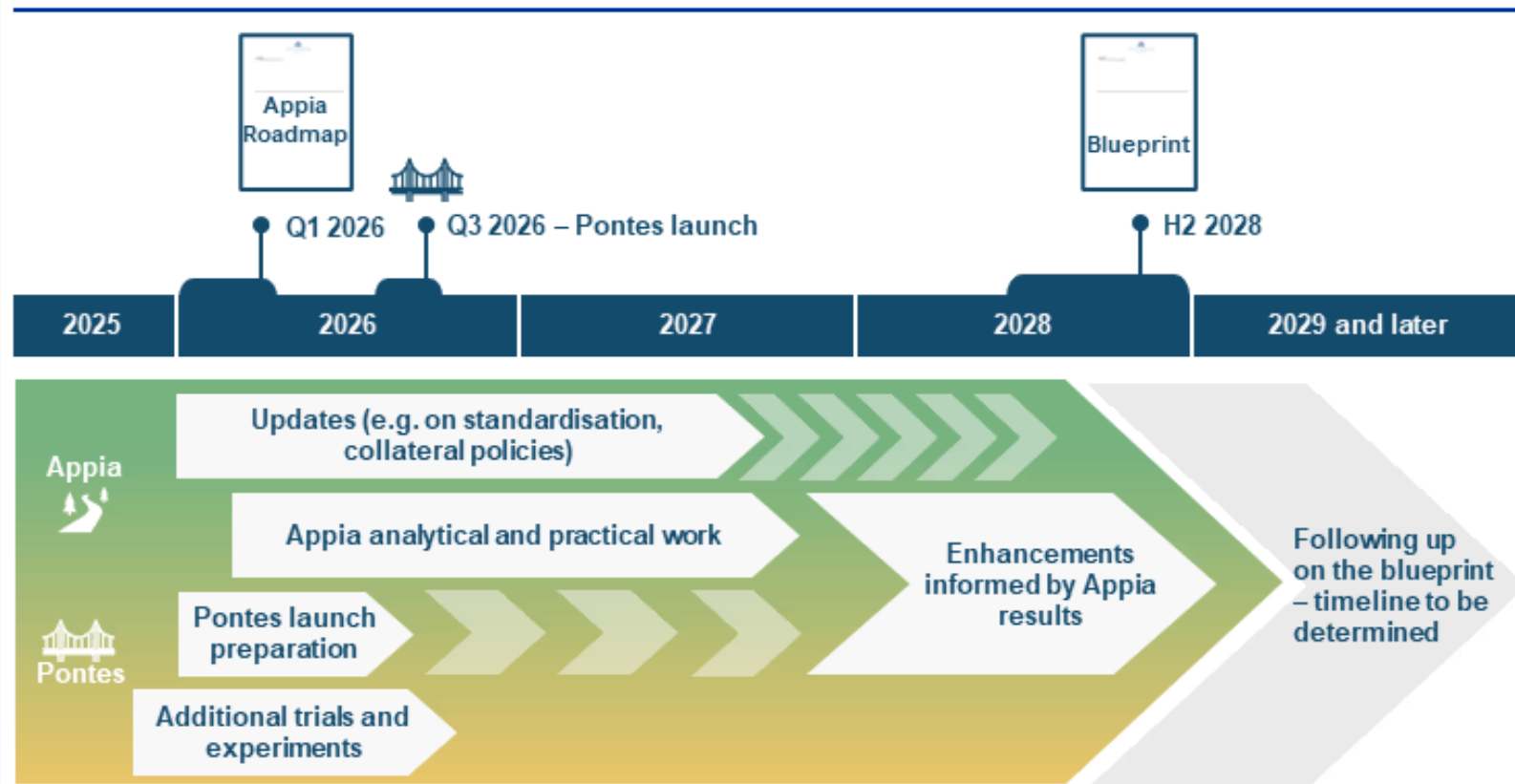
Turning findings of the exploratory work into a dual-track strategy



Dual-trackアプローチ : Pontes & Appia

- Pontesは2026年中にパイロットがローンチされ、2027～28年にかけて両者のプロジェクトは統合予定。

High-level timeline for Pontes and Appia

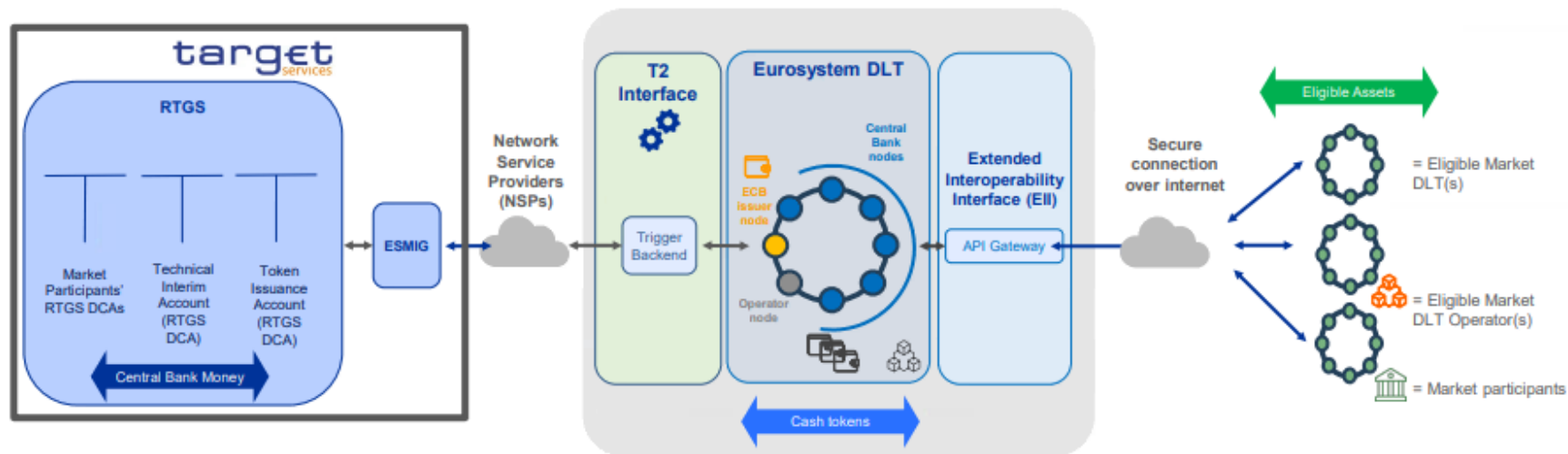


Pontes : アーキテクチャ

■ Pontesのパイロットシステムは、過去の実験で構築した技術が活用される形で、MarketDLTと既存RTGSとを繋ぐ、連結機能を実装。

- RTGSとのインターフェース（Trigger Backend）はドイツ中銀、中銀マネーがのる Eurosystem DLTはフランス中銀、MarketDLTとのインターフェース（API gateway）はイタリア中銀が過去の実験で開発した技術要素。

Pontes Initial Launch – Architecture overview



Pontes : 資金決済方式

- 資金決済は、トークン化中銀マネーか、既存の形態の中銀マネーを選ぶ方式。

Pontes Initial Launch – Model description



Dual settlement model

The solution will support **dual settlement model** as defined below

Settlement in tokenised form

- 1 Funding of Dedicated Cash Wallet(s)
- 2 **Settlement with cash tokens on the Eurosystem DLT**
- 3 Defunding of Dedicated Cash Wallet(s)

Direct settlement in T2 RTGS

Settlement in T2 RTGS
Dedicated Cash Accounts (DCAs)
triggered via the Eurosystem DLT

Pontes : Eurosystem DLT

■ Eurosystem DLTは、各中銀・ECBノードで構成されるパーミッションドブロックチェーン。

- 鍵管理やノード構築は中銀が行い、民間金融機関は不要。

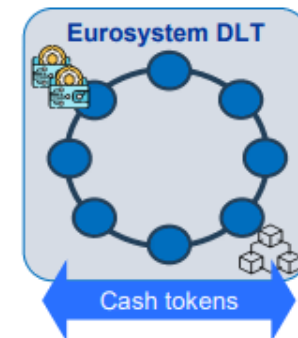
Pontes Initial Launch – Model description



Eurosystem DLT

The Eurosystem DLT will manage the **cash-leg of Distributed Ledger Technology (DLT)-based transactions**

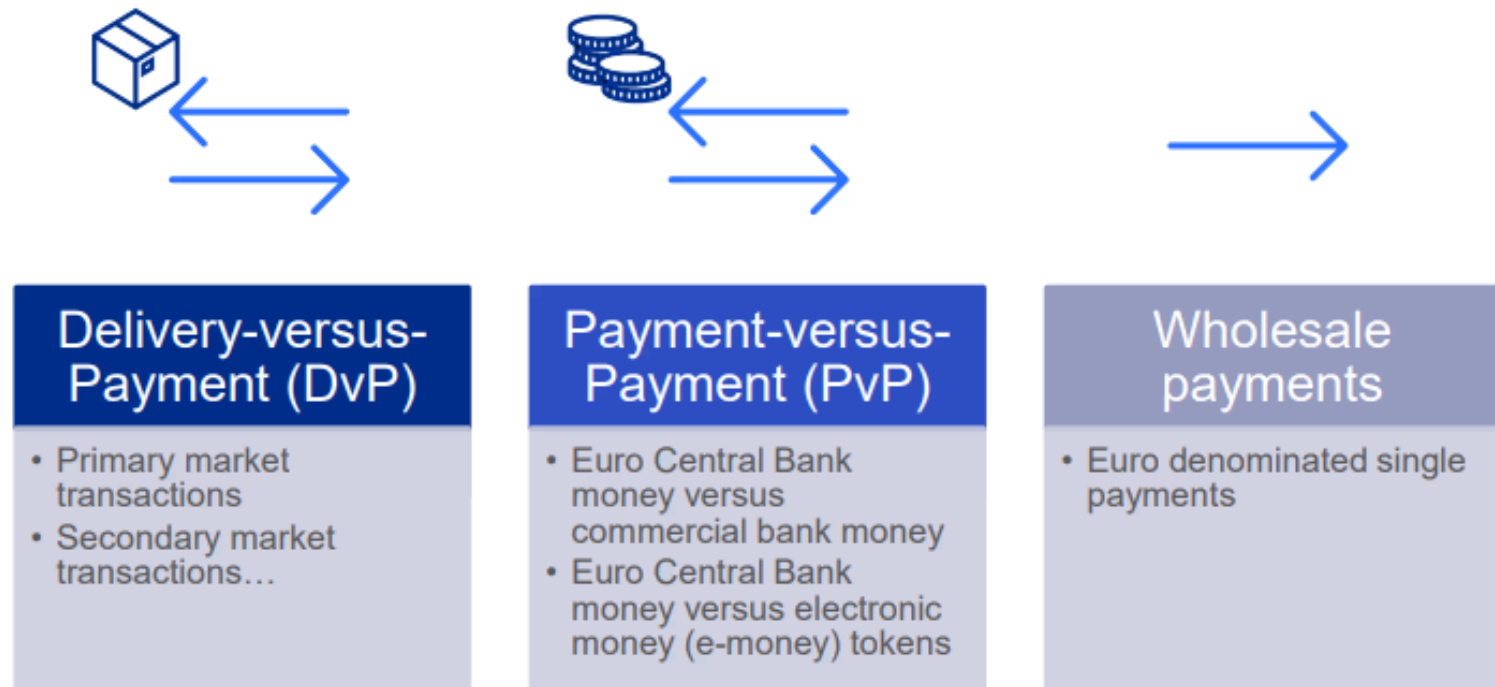
- ❑ **Permissioned DLT-based platform** with Central Bank nodes
- ❑ (intra-day only) **cash tokens** on Eurosystem DLT
- ❑ Two types of **wallet**:
 - 1) **Dedicated Cash Wallets (DCWs)**
→ managed by the market participants
 - 2) **Token Issuance Wallet**
→ managed by the ECB (total amount of cash tokens)



Pontes : 想定ユースケース

- 現時点での想定ユースケースは、トークン化証券とのDvP、民間マネーとのPvP、その他ホールセール決済。

Pontes Initial Launch – Use cases



Appia : モチベーション

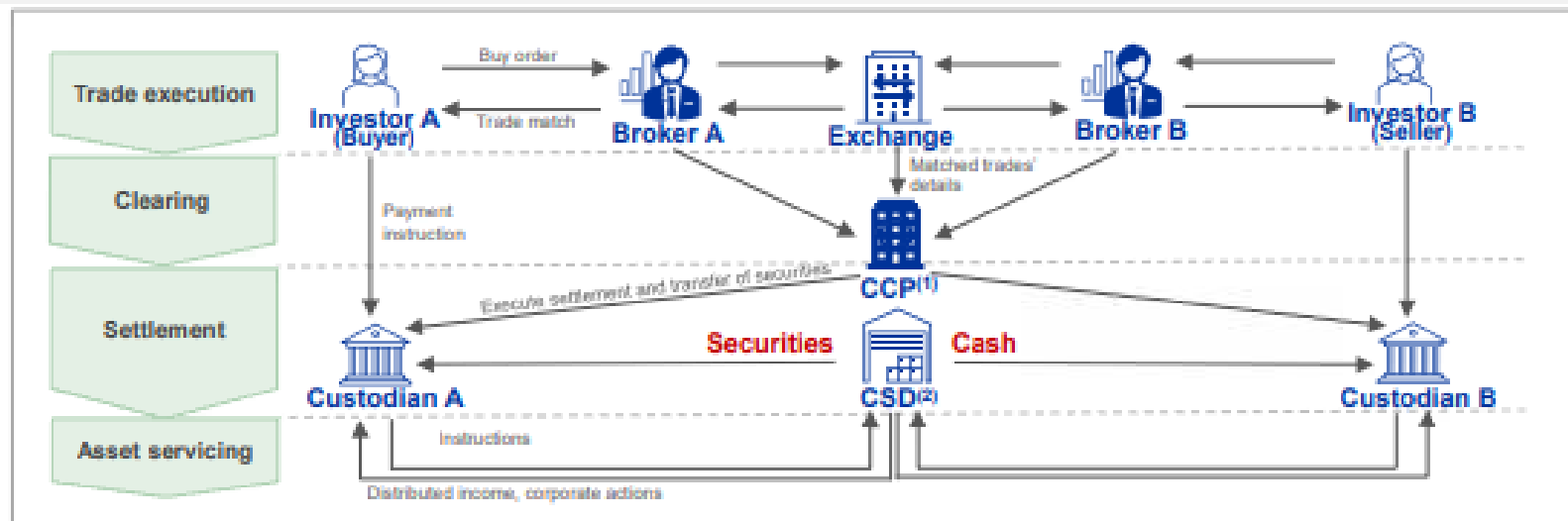
■ トークン化の便益は、エコシステム全体として適切に設計されれば、金融市場において変革的な役割を担う可能性。

- DLTを適切に用いると、金融資産のライフサイクル（起債、トレーディング、決済、カストディ、利払い等）に関する業務が効率化できる可能性。

Tokenisation can deliver efficiency and innovation



DLT-networks can host the **entire life-cycle** of an asset on a single network and serve as **shared utility**

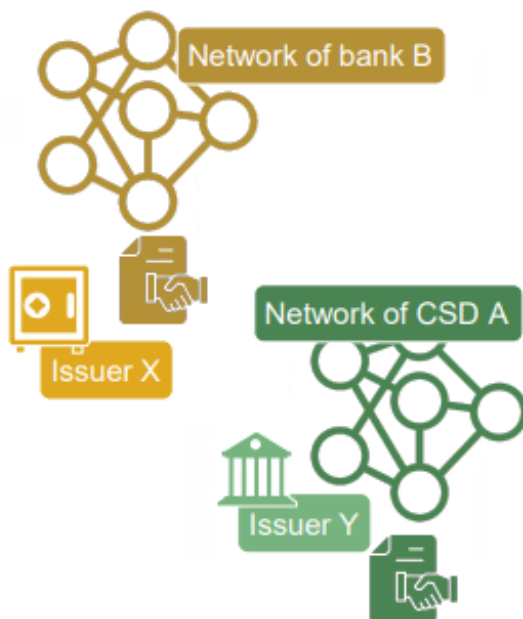
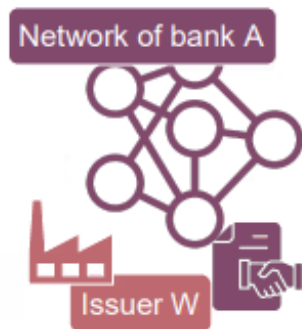


Appia : モチベーション

- ユースケースごとにDLTネットワークのサイロ化が進むと、DLTがエコシステム全体にもたらす効果が限定される懸念。

Siloed networks with limited interoperability lead to fragmentation

A few examples of ECB trials (out of 50+ cases tested)

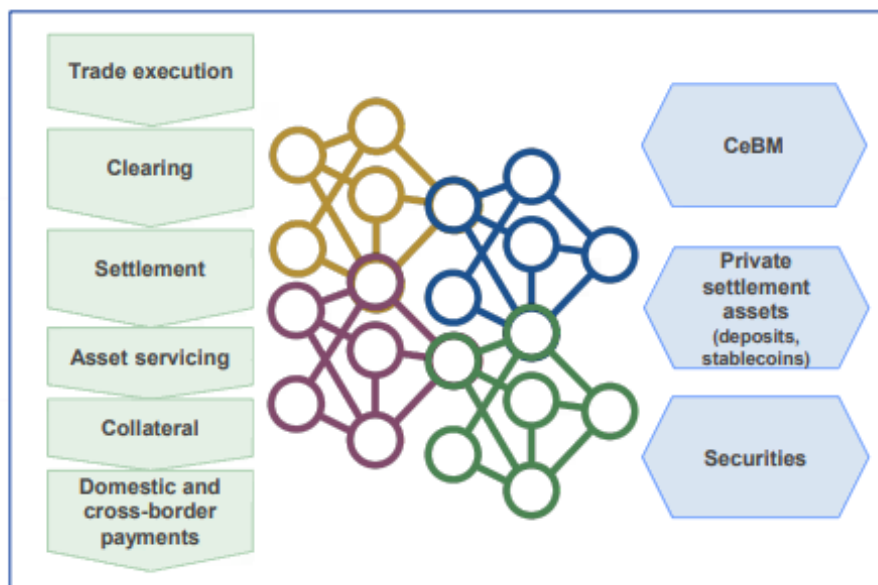


No portability and usability
of assets beyond network
of issuance

Appia : モチベーション

- サイロ化を防ぐため、可能な限りのネットワークの統一、ネットワーク間の標準化や相互運用性の向上、将来的な中銀オペレーションの実行可能性等を調査・研究。

To achieve vision of integrated ecosystem...



Market developments

e.g. single or multiple network landscape? What type of private settlement assets?

Technology & Standards

e.g. how to interconnect different networks?

Central bank operations & services

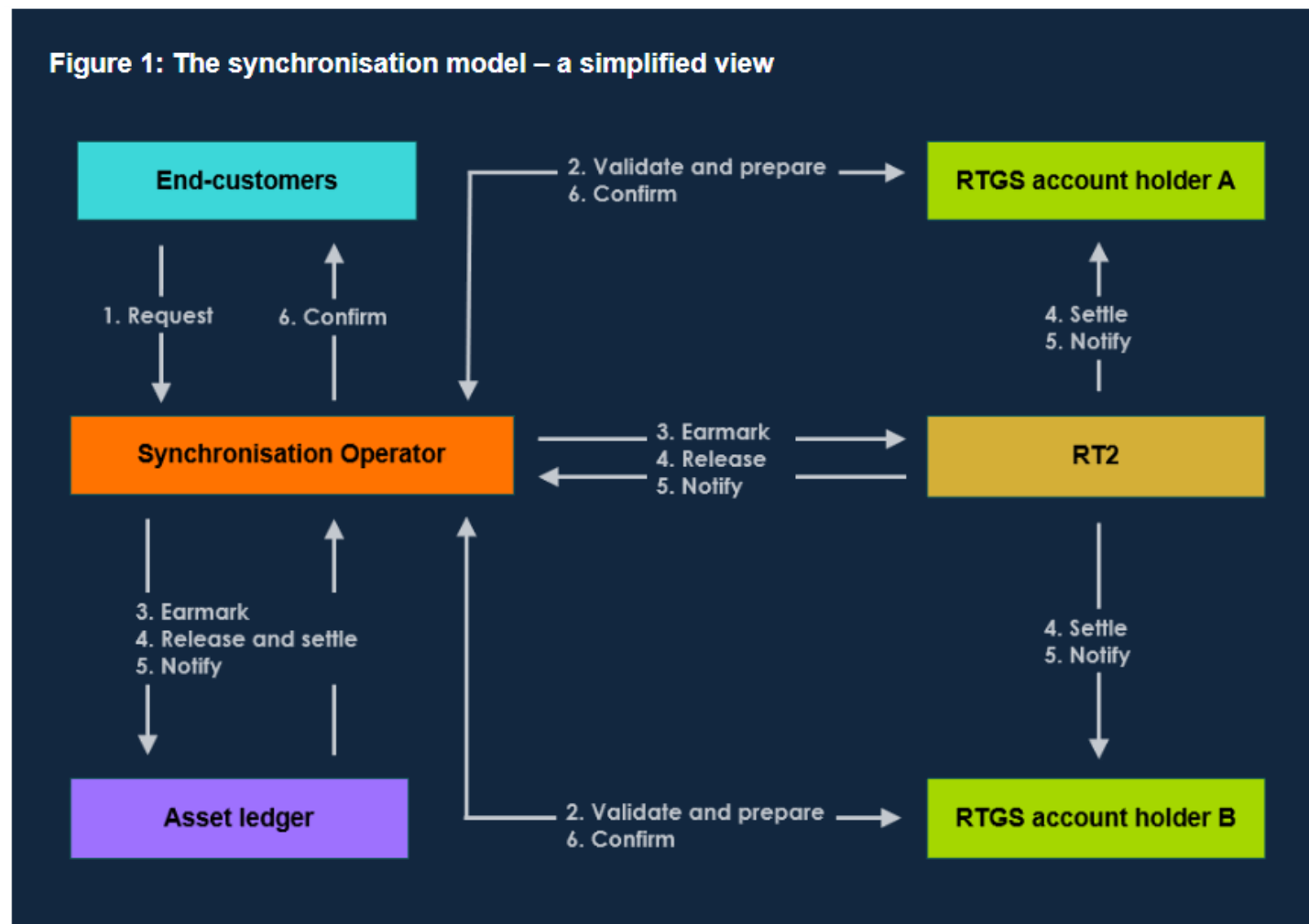
e.g. how to ensure control over assets and services on DLT?

...need to explore features and scenarios

②BOE (Synchronisation & DLT challenge)

Synchronisationアプローチ

- BOEは、中銀マネーは既存のRTGS上のまま、Synchronisation Operator (SO)が、RTGSとデジタルアセットがのるDLT間の連携処理の要となるアプローチ。



Synchronisation Lab

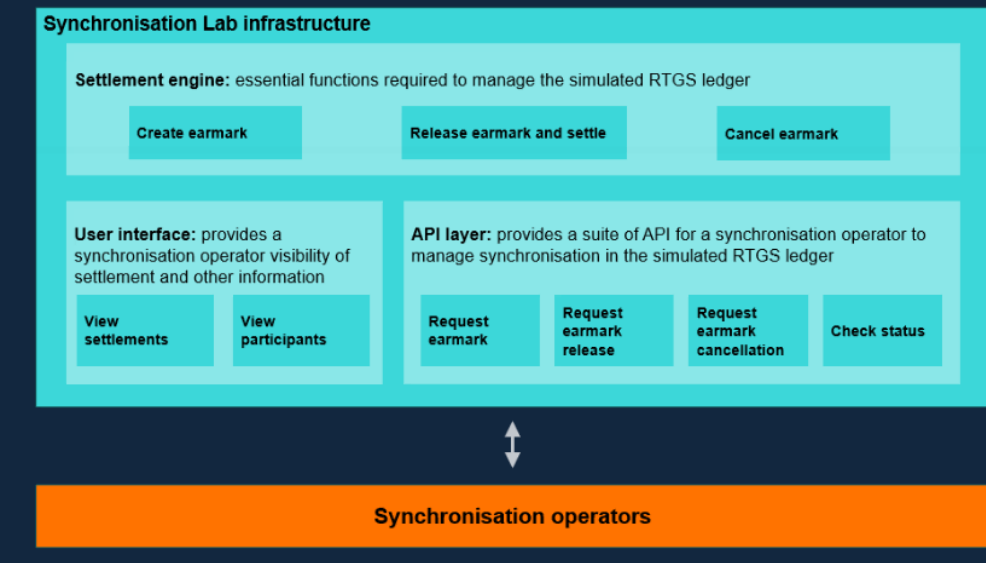
SOは民間が担う想定で、Synchronisation Labを立ち上げ、Labの参加企業を選定し、技術検証を行っている。

- Labでは、SOの基本機能が実装されており、参加企業は各ユースケースで必要な追加機能を実装しながらプロトタイプシステムを構築し、本年後半にかけ技術検証を行う模様。

Primary area of focus for each synchronisation operator

Primary area of focus	Synchronisation operator participating in the Lab
Delivery vs Payment and Payment vs Payment - multi-purpose	Transpact
House purchase	LMS PEXA
Delivery vs Payment - tokenised securities	Baton Systems Ctrl Alt Monee
Collateral Optimisation: Secured Financing	ClearToken Partior
Collateral Optimisation: Conditional Margin Payments	OSTTRA Tokenovate
Payment vs Payment - cross-border spot FX	Swift
Multi-money Issuance and redemption	Atumly Nuvante
Liquidity optimisation for non-financial corporates	Quant
Multi-purpose orchestration platform	LSEG GBTD
Decentralised solution provider	Chainlink UAC Labs

Figure 1: Design of the Synchronisation Lab

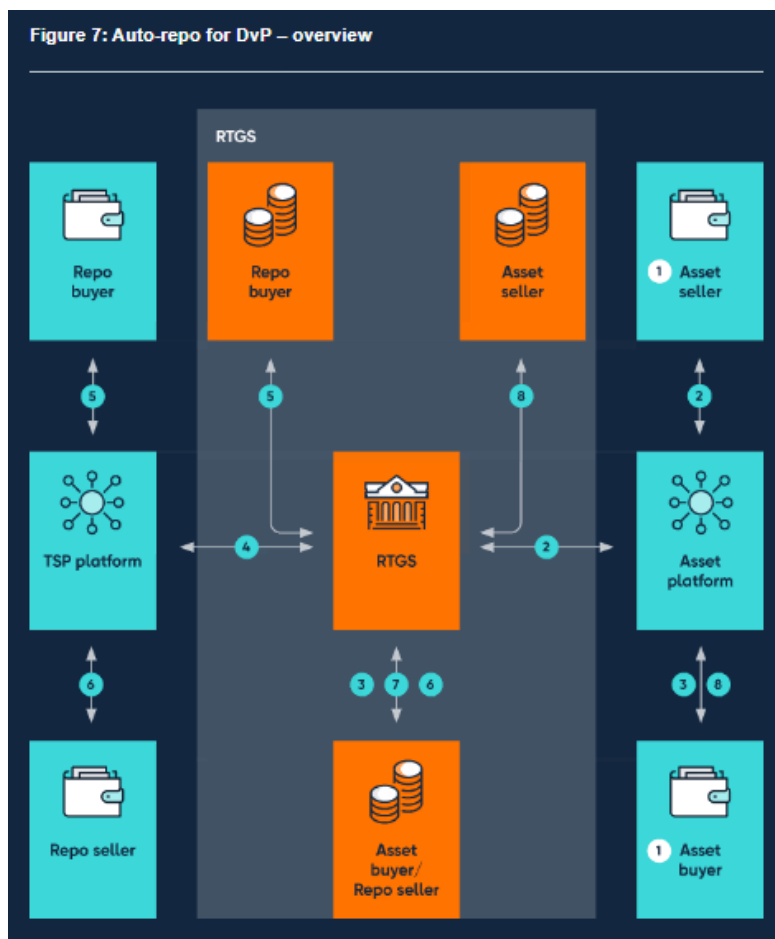


(参考) Meridian Securities

BOEは2023～25年にかけて、BISIHロンドンと共同で、SOの技術検証をMeridianプロジェクトシリーズとして複数実施。

- 例えばMeridian Securitiesでは、DvP決済に加え日中レポも自動化することで、決済リスクの削減と流動性管理効率化の可能性を示唆。

Figure 7: Auto-repo for DvP – overview



Transaction steps – auto-repo for DvP (Figure 7)

Step 1 – Asset DvP initiated on TSP: a buyer and seller submit instructions for a DvP transaction into TSP.

Step 2 – Reservations: the asset platform reserves the asset, and requests the RTGS to place a reservation.

Step 3 – Reservation failure: the asset buyer has insufficient funds for the transaction.

Step 4 – Repo initiation: the RTGS requests the TSP to place an 'auto-repo' to source liquidity.

Step 5 – Reservation (repo): the TSP earmarks/reserves the asset and RTGS reserves funds.

Step 6 – Settlement (repo): the TSP settles the asset and RTGS settles funds.

Step 7 – Reservation: with the new funds, the RTGS places a reservation.

Step 8 – Settlement: the asset platform settles the asset and RTGS settles funds.

DLT Innovation Challenge : 概要

■ 中銀マネーのトークン化は、外部DLTの活用を展望し、調査・研究を実施。

- 2025年に、BISIHロンドンセンターと共同で、民間企業から参加者を募り、**中銀マネーを外部DLT上にトークン化しホールセール決済に利用する場合の技術課題**を議論する場としてDLT Innovation Challengeを実施。
- DLTの技術進捗はみられるものの、規制インフラとしてDLTを導入するにあたっては、デザイン選択における様々なトレードオフが存在することを確認。引き続き調査研究を継続する方向性。

We are focusing the challenge on the following high-level problem statement:

'Can wholesale central bank money be transacted and settled on an external programmable ledger which the Bank of England does not control, and where trust is not inherent'

Learning outcomes from the submissions could broaden our understanding of the state of DLT in supporting:

- **settlement finality and security:** ensuring secure, irreversible settlement of central bank money through tamper-proof transactions, controlled issuance, and protection against theft or unauthorised access.
- **scalability:** demonstrating how DLT handles high transaction volumes with low latency, supports efficient consensus, and scales both technically and economically with payments and liquidity efficiency.
- **network and asset control:** exploring how DLT governs digital assets, enforces programmable access and compliance, and balances decentralisation with regulatory requirements and reconciliation.
- **interoperability:** how DLT facilitates seamless communication between diverse financial systems, protocol compatibility and cross-network functionality.

Participating firms

Ava Labs

Chainlink and Aave Labs

Circle

Digital Asset and KPMG

Hedera

HSBC

Kaleido

Rayls

The Scottish Centre of Excellence in Digital Trust and DLT, along with partners Siccar, Nethermind, and TrackGenesis

DLT Innovation Challenge : ファイナリティ関連

- ファイナリティを高速に付与するソリューションとして、バリデーターの制限やレイヤー2技術などが提案されたが、レジリエンスなどトレードオフが存在。

Figure 1 – Reducing Validator sets

Access requirements for validating on the network



Sampling consensus mechanisms



Independent transaction verification and confirmation



Key



Transaction between two parties



Validator



Notary



Transaction confirmed by validator or notary



Transaction confirmed by sample of validators



Transaction verified bilaterally

DLT Innovation Challenge : 相互運用性手法

- DLT間や既存システムとの相互運用性技術は、台帳レベル・APIやメッセージング経由など様々なアプローチが可能だが、アトミック性や柔軟性などでトレードオフが存在。

Figure 3 – DLT to DLT interoperability methods

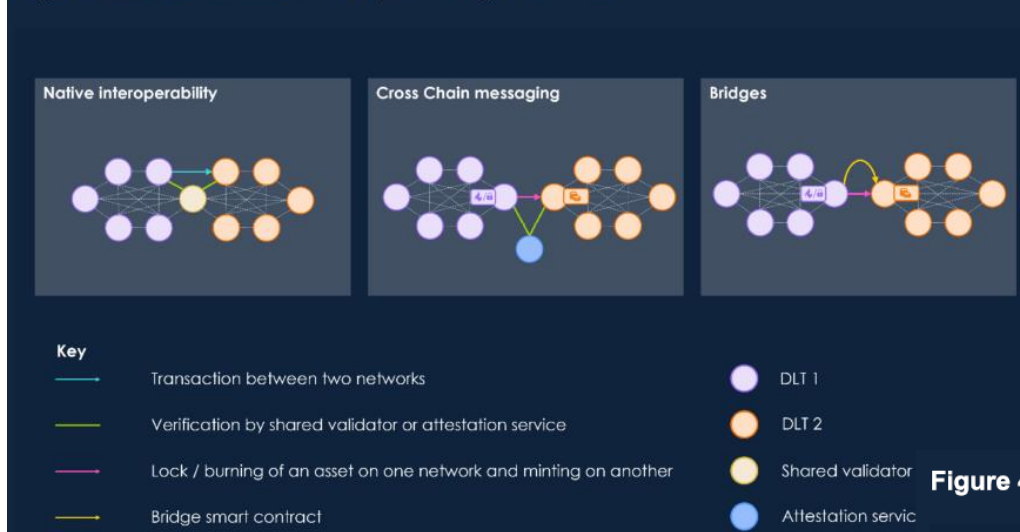
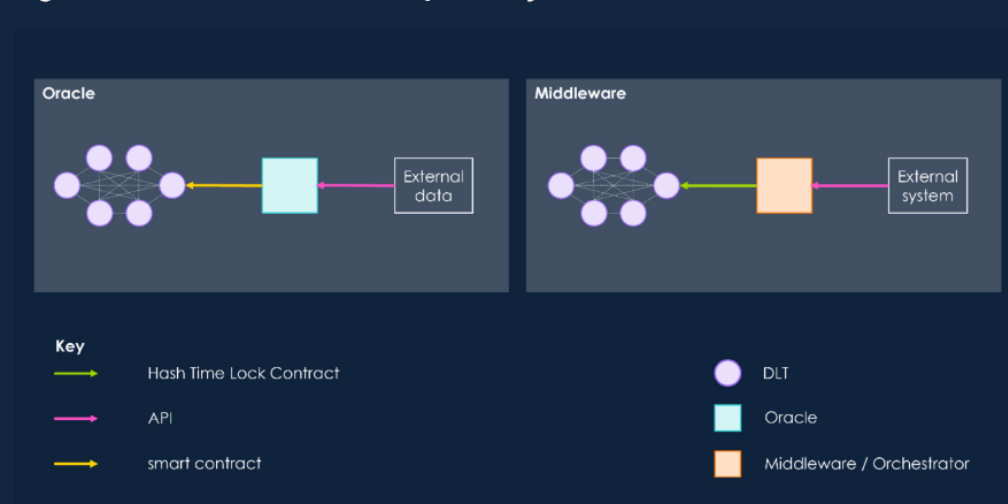


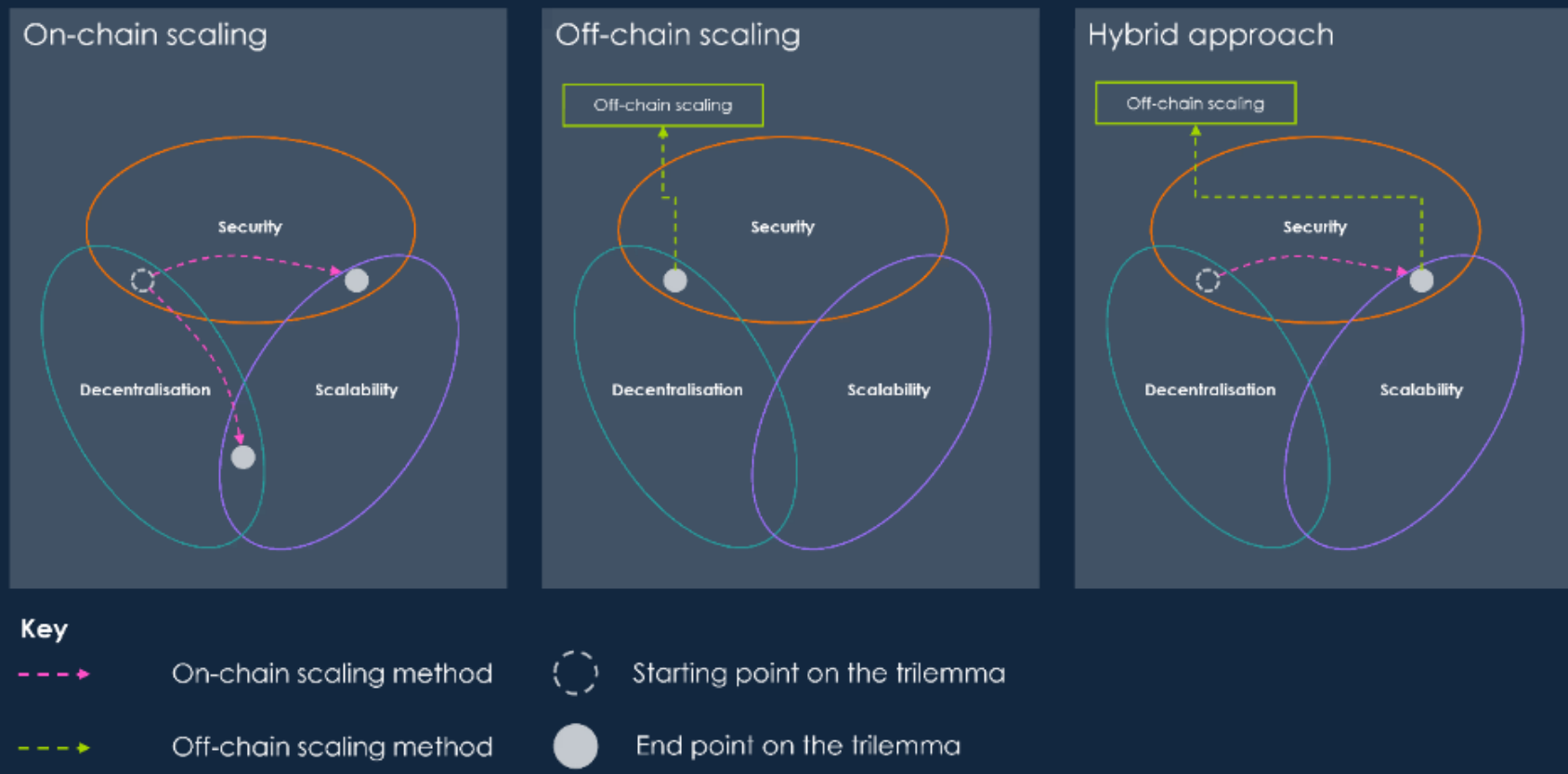
Figure 4 – DLT to non-DLT interoperability methods



DLT Innovation Challenge : スケーリングアプローチ

- スケーリングを高めようとすると、分散性やセキュリティのトレードオフや、運用面の複雑性が増す課題が存在。

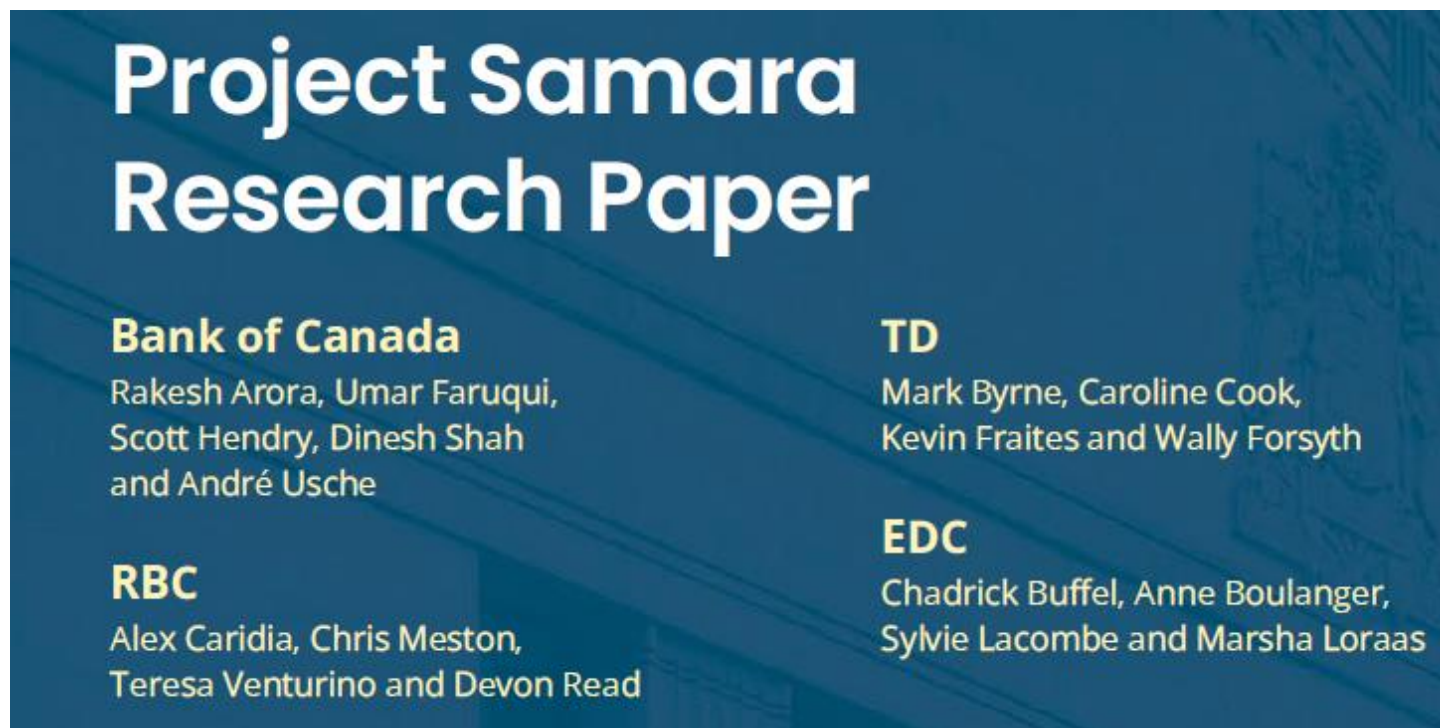
Figure 6 – Scaling approaches for DLTs



③ Project Samara

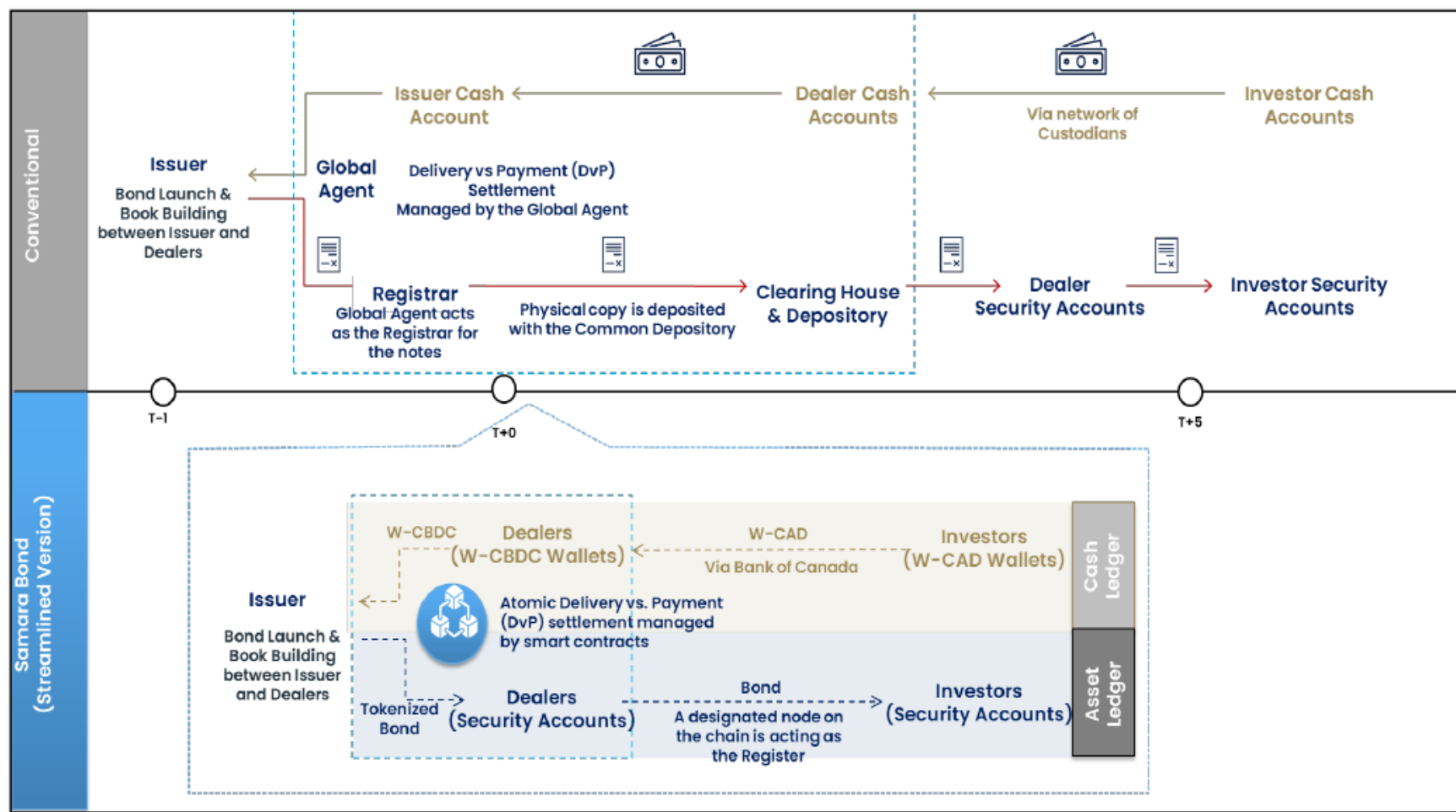
概要

- カナダ中銀と民間金融機関3社の共同リサーチで、DLTを用いることで、債券の発行・決済・セカンダリー取引・利払い償還含むライフサイクル管理が改善できるかを検証。
 - カナダドル建てのトークン化債券の試験発行と、トークン化中銀マネーを用いた試験決済を実施。
 - コスト・効率性・ガバナンス・リスク面から既存システムとの比較を行い、DLT活用の改善効果を検証。



アーキテクチャ概要

- 債券と資金で台帳は分割しつつも、チェーン間技術の標準化・連携で統合的なプラットフォームを構築。発行～決済までが当日中に完結できる可能性を確認。



その他の技術特徴

■ プラットフォーム：資金/債券ともにHyperledger Fabric（パーミッションド型）

- デプロイメントモデル：コントローラビリティとコスト負担のバランスで各参加者が選択可能
 - **フルスタック**：参加者は独自にノードを運用することで完全な制御とプライバシーを獲得
 - **共有スタック**：特定ノード経由でプラットフォームにアクセスすることで運用コストを抑制
- デフォルトコンセンサスアルゴリズム：Raft
- ILP：Hyperledger WeaverのHTLC実装を利用
 - 現在WeaverはHL Cactiに統合され、台帳間の状態検証やアトミックスワップ機能を提供

■ データモデルとプライバシーオプション

- 資金台帳：UTXOモデル + ゼロ知識証明
- 債券台帳：口座ベースモデル
+チャネル、プライベートデータコレクション

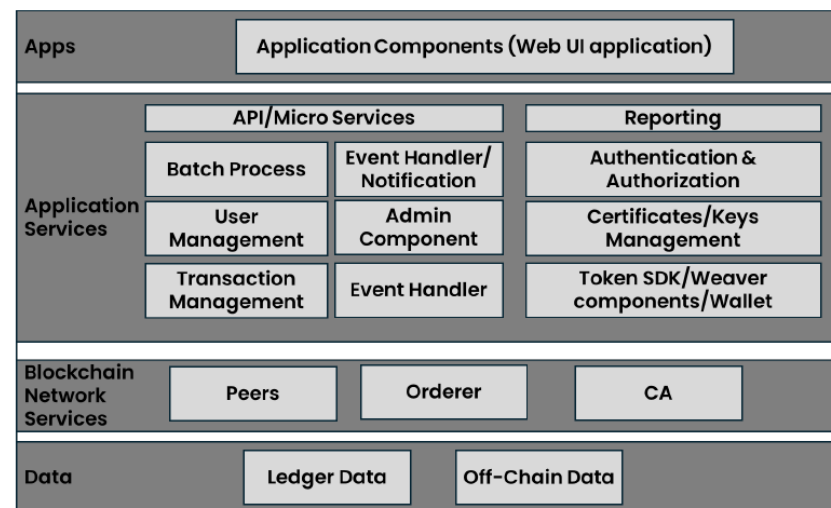


Figure 10: Samara Node Solution Stack

RTGSとの連携

■ トークン化中銀マネーを発行するにあたって、中銀マネーは、RTGSのコアシステムから周辺システムに切り出された後、マニュアル操作でウォレット上に同額のトークンが発行される仕組み。

- 参加者が、Lynx（カナダ中銀のRTGS）経由でトークン化中銀マネーの発行を依頼すると、HABS（RTGSの運用支援システム）にトークン用の資金が仮置きされ、その後、オペレーターのマニュアルで同額のトークンがウォレットに発行される仕組み。

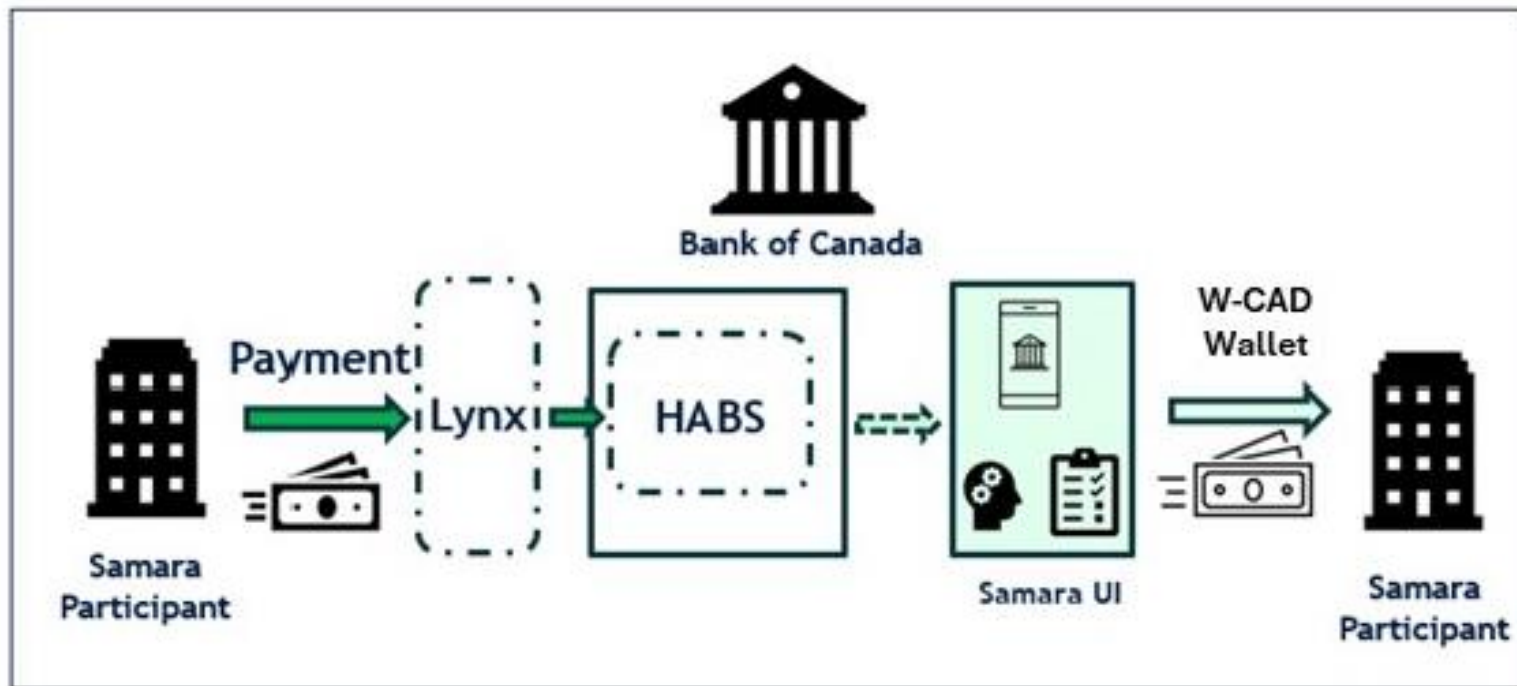


Figure 7: W-CAD Minting Process for Samara Participants

■ DLTは既存システムと比較し効率化に資する余地はあるが、コスト上昇やオペレーショナルリスクの増大等により限定される可能性に留意。

- **オペレーション・ガバナンス面の複雑化**：分散型アーキテクチャの運用コストは、集中型アーキテクチャと比較すると、セットアップ・運用オーバーヘッド・サイバーセキュリティ対策面で増加。流動性コストも増加したほか、ガバナンス体制の複雑化により参加者や規制当局間のより緊密な連携が必要。
- **リスク管理**：アトミック決済の達成により決済リスクは低減したものの、鍵管理などもオペレーショナルリスクは増大（鍵管理は従来のパスワード管理と比較してシステムの複雑さが増すほか、関連する全体的な運用コストも増）。
- **技術デザイン面の教訓**：分散型システムの運用にはコスト面での慎重な検討が必要。フルノード参加は、規模の大きい・あるいは取引頻度の高い市場参加者に限定してもよい可能性。
- **導入障壁**：上記のような課題も存在するため、DLTの導入は段階的に進み、分散型と集中型を組み合わせたハイブリッドモデルが短期現実解となる可能性。

④ Project Agorá

プロジェクト概要

- **BISの提唱するUnified Ledger構想の一環で、まずはクロスボーダー送金をユースケースに、中銀預金と商銀預金を同一プラットフォーム上でトークン化したプロトタイプシステムを構築。**
- BISとIIFが主催し、7中銀（イングランド銀行、ニューヨーク連邦準備銀行、フランス中銀〈ユーロシステム代表〉、日本銀行、韓国銀行、メキシコ銀行、スイス国立銀行）と、それら法域の40超の民間金融機関が参加。

プロトタイプ概要

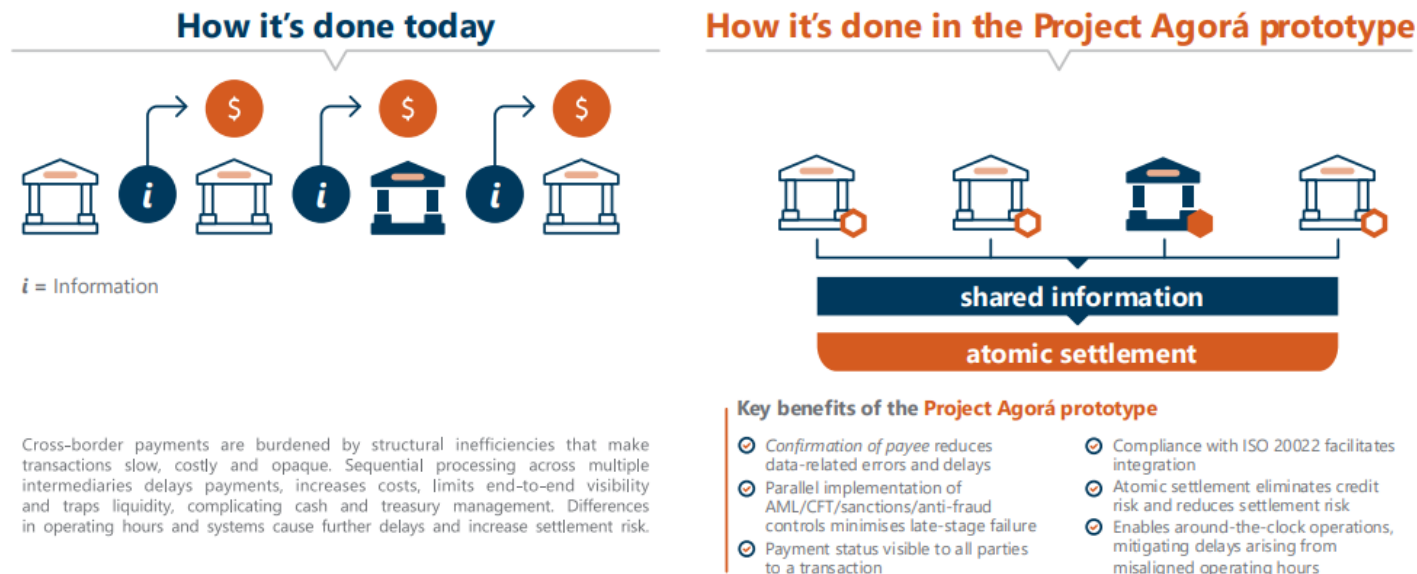
■ 共通プラットフォームの構築による、クロスボーダー送金に係る情報連携処理の効率化、アトミック決済によるリスク削減を実現できる可能性を示す。

- 既存のコルレス関係は維持しながらも、新しい技術の活用により、クロスボーダー送金処理の効率化やリスク削減が実現できる可能性を示唆。

Wholesale cross-border payments today and in Project Agorá

Benefits of the Project Agorá platform

Figure 1



Unlike the current sequential approach to cross-border payments, the Project Agorá prototype brings forward the alignment of payment-related information to enable atomic settlement.

Source: Project Agorá.

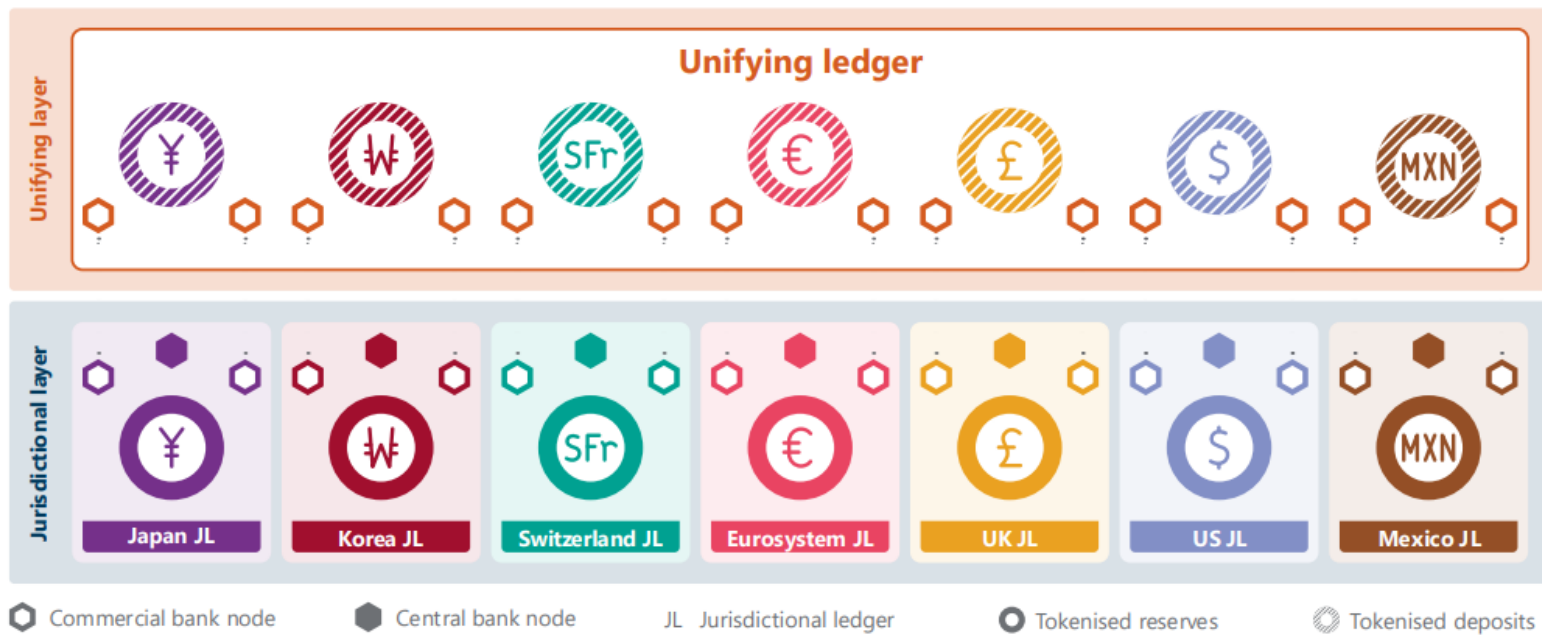
レイヤーアーキテクチャ

■ 共通プラットフォームにおけるブロックチェーンは、トークン化商銀預金が記録される統合レイヤーと、トークン化中銀預金が記録される法域ごとに独立した台帳からなる法域別レイヤーの二層構造アーキテクチャ。

- 台帳間の共通要素を統合レイヤーで確保しつつ、法域別レイヤーで各法域の自律性や規制上の統制・台帳設計の柔軟性を維持。
- ブロックチェーンは、許可型でEVM互換性のあるHyperledger Besuを使用。

The Project Agorá layered architecture

Figure 5



ワークフロー

■ プロトタイプで実装しているE2E決済のワークフローは以下の通り。

- データ交換：①受取人確認、②パス探索、③コンプライアンスチェック等チェック
- アトミック決済：④必要なトークンのロック、⑤決済の実行

■ 決済前のデータ交換と決済の処理を切り離すことで、アトミック決済を実現、決済の失敗や流動性コミット後の巻き戻しの発生頻度も下げられる可能性。

Five-stage end-to-end payment life cycle

Figure 6

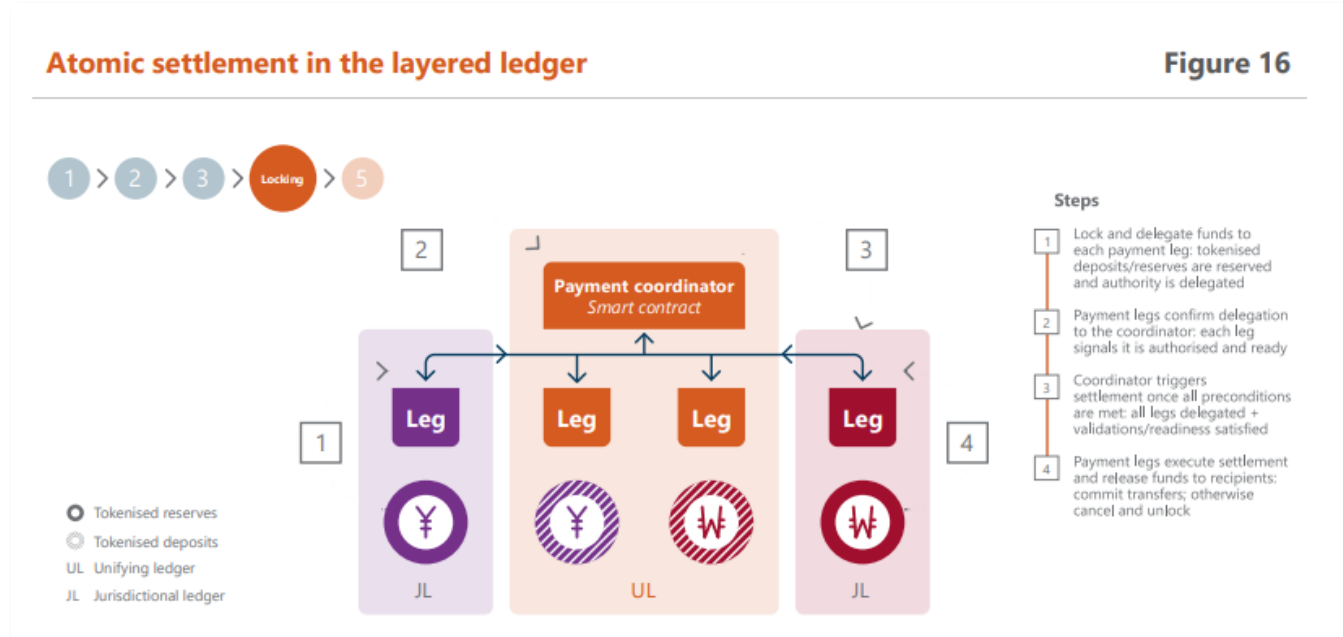


Source: Project Agorá.

チェーン間連携の仕組み

■ チェーン間の連携は、スマートコントラクトによる状態管理と制御で達成。

- 統合レイヤー上にデプロイされたスマートコントラクトであるコーディネーターが、ワークフローの状態を管理し、ワークフローの進行指示を出すことで、チェーン間の連携を実現。以下はワークフローのアトミック決済フェーズの連携例。
 - ① 資金のロックと委任：各レグで、トークン化マネーを確保
 - ② 準備の確認：決済前準備の完了をコーディネーターに連携
 - ③ 決済のトリガー：コーディネーターがワークフローの進行を指示
 - ④ 実行またはキャンセル：移転は実行されるかキャンセルかの状態に



プライバシー保護の仕組み

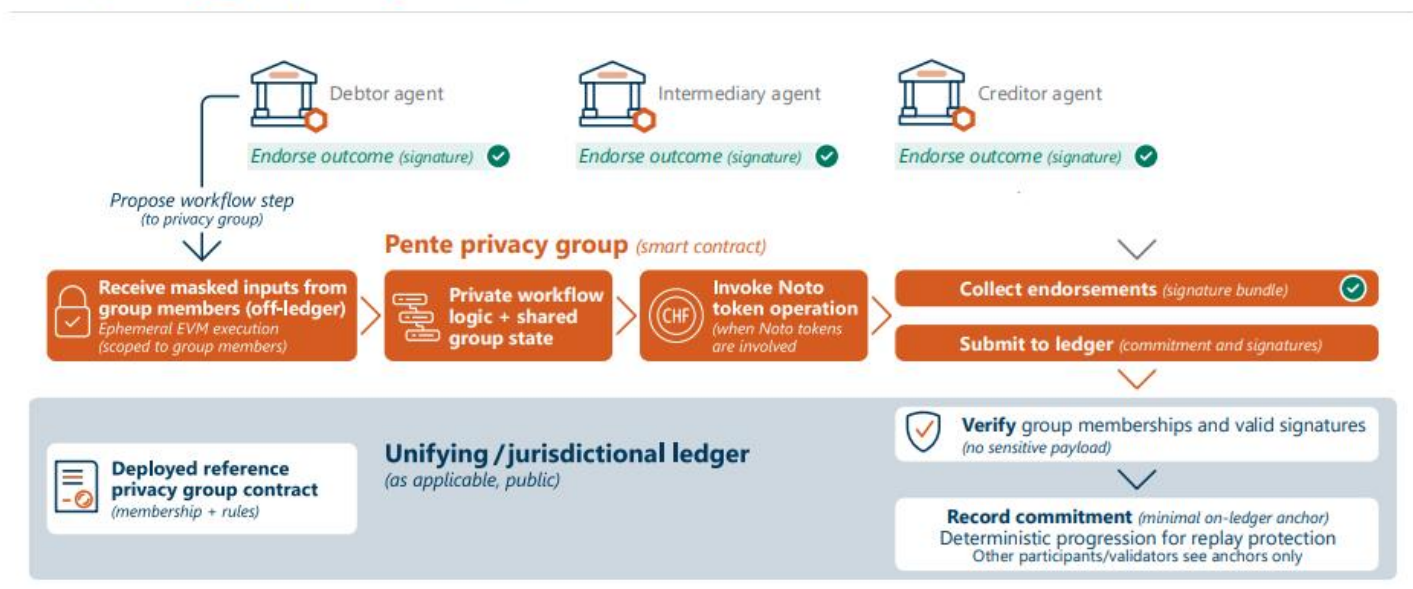
取引/ワークフローと残高/トークンの2つのレベルでプライバシーを確保。

- **Pente（取引/ワークフローレベル）**：ワークフロー関係者のみでプライバシーグループを設定し、コンプライアンスチェック等がオフチェーンの一時的なEVM環境下で行われ、チェーン上には、結果の暗号学的コミットメントのみ保存。
- **Noto（残高/トークンレベル）**：残高はUTXOモデルで管理され、発行者と取引当事者のみがトランザクションの詳細を把握。チェーン上には、トークンの残高や操作結果の暗号学的コミットメントのみ保存。

※いずれも、EVM互換台帳向けOSSであるPaladinのプライバシーフレームワークを使用。

Pente privacy group using Noto tokens

Figure 11

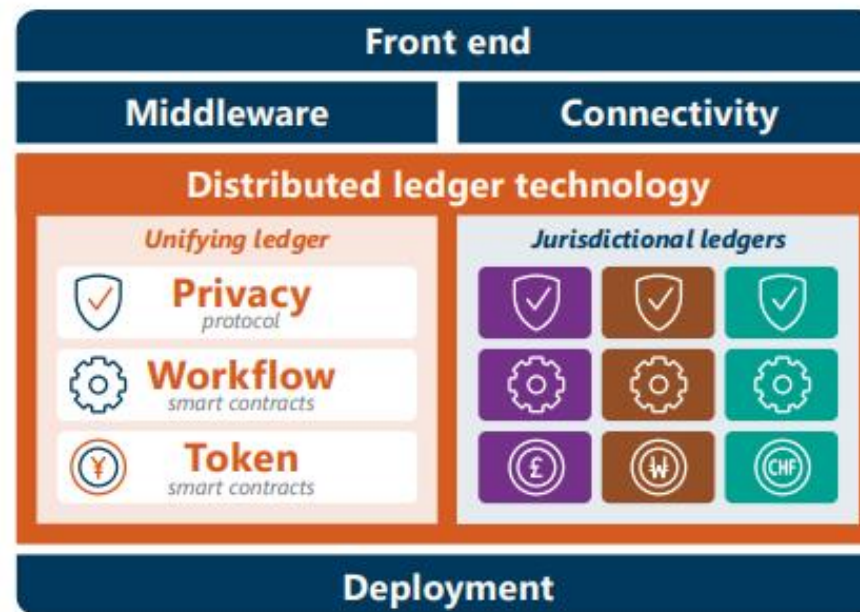


ソフトウェアスタック

- 参加者がAgoráプラットフォームに接続し操作を行うためのソフトウェアスタック一式を、Agorá Suiteとして設計。
- 特に、バックエンドのDLTだけでなく、オフチェーンのミドルウェア領域で、参加者が独自情報を用いた処理を実行し、暗号化した処理結果のみチェーンに連携している点が特徴。

The Project Agorá suite

Figure 9



主な成果と今後の検討事項

■ プロトタイプの開発による、主な成果は以下の通り。

- ブロックチェーンの活用で、クロスボーダー送金の**ワークフローを大幅に改善**することが可能
- 新機能の実装には**大規模な官民連携**が不可欠
- 共有台帳は**各法域の自律性と柔軟性**を維持できる
- トークン化はマネーの**法的性質を根本的に変える**ことはない
- 共有台帳は**必ずしも全てのデータ共有を必要としない**
- トークン化エコシステムの発展にはトークン化預金間の**相互運用性**が鍵

■ 将来的に検討すべき主な事項は以下の通り。

- **非機能面**：セキュリティ保証（セキュリティ運用設計や鍵管理等）、オペレーショナルレジリエンス、性能とスケーラビリティ、外部インフラとの相互運用性（RTGS等との連携）、プライバシーの向上（ZKPやMPC等）など
- **機能面**：情報共有と調整の強化、流動性節約アルゴリズム、相互運用性・互換性技術の標準化など
- **法規制面**：参加資格と適格性、参加者と顧客の関係性・資産の法的性質、トークン化預金の要件、許容される資産および取引の種類、決済の確定性と法的効力、例外処理、ガバナンスおよび運用、プラットフォームの法的枠組みなど