



日本取引所グループ
JAPAN EXCHANGE GROUP

JPX WORKING PAPER

JPXワーキング・ペーパー

非居住者取引の約定情報連携 ～ブロックチェーン/DLT 適用検討～

日本ユニシス株式会社 プロジェクトチーム

(杉江 陽一、早崎 太雅、石田 章、中村 誠吾、上田 聡一郎、佐々木 亮、川村 哲也、渡邊 浩一、中越 恭平、須見 貴)

2019年4月9日

Vol.30

JPX ワーキング・ペーパーは、株式会社日本取引所グループ及びその子会社・関連会社（以下「日本取引所グループ等」という。）の役職員及び外部研究者による調査・研究の成果を取りまとめたものであり、学会、研究機関、市場関係者他、関連する方々から幅広くコメントを頂戴することを意図しております。なお、掲載されているペーパーの内容や意見は執筆者個人に属し、日本取引所グループ等及び筆者らが所属する組織の公式見解を示すものではありません。

『業界連携型 DLT 実証実験』

「非居住者取引の約定情報連携」
プロジェクトワーキングペーパー
～ブロックチェーン/DLT 適用検討～

日本ユニシス(株) プロジェクトチーム

(杉江 陽一、早崎 太雅、石田 章、中村 誠吾、上田 聡一郎、佐々木 亮、
川村 哲也、渡邊 浩一、中越 恭平、須見 貴)

2019 年 4 月 9 日

謝辞

本プロジェクト期間を通して参加金融機関の皆様には、分析データの提供、約定情報連携ツールを使用した上での評価などご協力をいただくとともに、貴重なご意見・アドバイスをいただいたことを深く感謝申し上げます。

また、今回このような機会と環境を提供頂いた日本取引所グループの皆様には、毎回の会合の運営、会場の準備、本プロジェクトのコミュニティサイトの提供など、たくさんのご支援を頂きました。あわせてここに深く感謝申し上げます。

なお、記載内容については、執筆者が所属する企業および組織を代表する公式のものではないことに加え、記載内容についての誤り等については、全て執筆者に責任があります。

参加金融機関一覧（10社、順不同）

三井住友銀行	三菱UFJ銀行
SMBC日興証券	三菱UFJモルガン・スタンレー証券
メリルリンチ日本証券	みずほ証券
東海東京フィナンシャル・ホールディングス	日本証券金融
日本マスタートラスト信託銀行	大和証券

要旨

本稿は、非居住者取引の約定情報連携におけるブロックチェーン／分散型台帳技術（Distributed Ledger Technology 以下「DLT」）の適用可能性について、日本ユニシスと金融機関 10 社が共同で検討、実験した結果とそれに基づく考察をまとめたものである。

本稿の構成は、1 章では本プロジェクトで非居住者取引の約定情報連携というテーマを選定するに至った経緯と目的、活動内容の概要、ブロックチェーン/DLT の特徴について述べ、2 章では業務分析期間で行った 3 つの分析内容とその結果に対する考察を行った。3 章では「約定情報連携ツール」について求められる要件と機能の評価、開発する上での考え方を述べ、4 章では、業務分析に対する「約定情報連携ツール」の有効性の観点、ブロックチェーン/DLT のインフラとしての評価の観点、結果と課題について述べている。5 章においては、実証実験の総括として今回実証実験の評価と達成度、「約定情報連携ツール」実現に向けた課題の整理と今後のアプローチについての考察を述べている。

目次

1. はじめに.....	5
1.1. 本プロジェクト立ち上げの背景と経緯.....	5
1.2. 本プロジェクトの活動内容.....	6
2. 業務分析期間.....	6
2.1. 業務分析の視点と仮説.....	6
3. 「約定情報連携ツール」開発にあたって.....	13
3.1. 「約定情報連携ツール」とブロックチェーン/DLT.....	13
3.2. 「約定情報連携ツール」に求められる機能.....	17
3.3. 「約定情報連携ツール」の全体像.....	18
4. 業務分析期間と開発フェーズにおける評価.....	19
4.1. 業務分析に対する「約定情報連携ツール」の有効性.....	19
4.2. 「約定情報連携ツール」システム実現のための技術課題.....	19
5. 実証実験の総括.....	21
5.1. 今回実証実験の評価.....	21
5.2. 今後の展望.....	22
補足資料.....	23

1. はじめに

1.1. 本プロジェクト立ち上げの背景と経緯

非居住者取引の約定情報連携プロジェクト（以降、「本プロジェクト」）は、2017年3月より開始した日本取引所グループによる「業界連携型 DLT 実証実験」²の枠組みの中で、日本ユニシス株式会社から、関連する金融機関に向けてプロジェクトの提案を行い、非居住者取引に参加する多数の金融機関の参加の賛同を得て、プロジェクトとして発足した。

このテーマ選定の背景は、国際的に株式・債券の決済期間の短縮化が進む中、本邦の非居住者を相手とする取引（非居住者取引）において

- ・ 欧米との時差及び海外祝日への対応
- ・ 市場のスタンダード、統一プラットフォームの整備
- ・ 決済に係る柔軟な対応、投資家とのコミュニケーションの強化

が、「株式等の決済期間の短縮化に関する検討ワーキング・グループ 最終報告書」³にも課題として挙げられていることにある。非居住者取引業務の主な特徴は、海外から発生する国内有価証券の取引の約定から決済に至るまで、多国間に多数介在するステークホルダーを経由して、決済指図情報を業務フローの順番に送信、受信、処理をすることである。最終的な決済金融機関であるサブカस्टディアンと国内証券会社にとって、指図を受信してから決済を行うまでの期間が短いため、迅速かつ確実な事務処理が必要とされる。仮に取引情報に齟齬がある場合、証券の決済ができない「フェイル」となるリスクを抱え、「フェイル」が発生した場合は決済当事者にペナルティが課せられるにも関わらず、具体的な対処については各社の自助努力に委ねられていることが課題となっている。

このような課題に対し、決済指図に先んじて有価証券取引の早い段階（約定段階）の情報各ステークホルダーが共有する仕組みを提供することにより、投資家による指図入力の遅延防止や不備の早期修正が可能となる。これにより「フェイル」の抑制が見込めるだけでなく、今後の決済期間短縮化対応への一つの解であり、業界全体で大きな経済効果が期待できることが、本プロジェクトのテーマとして選定した理由の一つである。更に、基盤面ではブロックチェーン／分散型台帳技術（Distributed Ledger Technology 以降、「DLT」）を採用することにより、データ管理の仕組みを中央集権型から分散型とした、高い秘匿性・堅牢性を保持した情報共有システムが構築可能となる。DLTは共有とセキュリティ保持という特性を生かした課題解決の技術として有用との仮説を元に、本プロジェクト期間を通じてその検証を行い、活用に繋がればと考えたためである。

本稿は、参加金融機関より提出いただいた各社の各種意見、データを基に実施した本プロジェクトの検討内容に考察を加え、今後の「非居住者取引の約定情報連携」の実現に向けた課題の整理と、実現に向けたアプローチ方法を提言している。これらに対する自由なご意見、アドバイスをいただき、今後の非居住者取引に係わる多くの方々の方々の決済リスクの

² ブロックチェーン／分散型台帳技術に関する 業界連携型の技術検証

「<https://www.jpx.co.jp/corporate/news-releases/0010/20161130-01.html>」

³ 証券受渡・決済制度改革懇談会」の下に設置された、「株式等の決済期間の短縮化に関する検討ワーキング・グループ」（事務局：東京証券取引所、日本証券クリアリング機構、日本証券業協会）にて検討された結果を取りまとめたもの「http://www.jsda.or.jp/shi_jyo/minasama/20150313173226.html」

軽減や、照合一致率の向上に向けた活動へ繋がれば幸いである。

1.2. 本プロジェクトの活動内容

本プロジェクトの主な活動内容は、2017年12月から2018年6月までの期間において、業務分析・開発・評価と大きく3つのフェーズに分けて以下の活動を行った。

(1) 業務分析期間 (2018年1月～2018年4月)

非居住者取引における課題をテーマに、次の分析と確認についての情報を各参加金融機関から提供を受け、その結果を取りまとめた上で、討議・考察を行った。

- ・ 分析① ステークホルダー分析
- ・ 分析② 指図の滞留と未照合・不一致原因分析 (定性分析)
- ・ 分析③ 指図の滞留と未照合・不一致件数原因分析 (定量分析)

また、検討会の中で「約定情報連携ツール」のデモンストレーションと、討議を行った。計6回の検討会を実施した。

(2) 開発フェーズ (2018年2月～2018年5月)

業務分析期間と並行し、ブロックチェーンを活用した「約定情報連携ツール」の開発を行った。参加金融機関に向けて「約定情報連携ツール」を公開し、実際に使用してもらうことで、実用化に向けた観点で機能面、運営面での課題、要望等についてアンケートを実施した。アンケートにおいて追加要望の多かった機能について追加開発を行った。開発フェーズを通して開発で得た知見については、「ブロックチェーンと約定情報連携」、「ブロックチェーンの金融情報インフラとしての評価結果、考察」というテーマで説明会を行い、情報を共有した。計1回の検討会を実施した。

(3) 評価フェーズ (2018年5月～2018年6月)

プロジェクト期間全体のまとめとして、狙い、及び検証のポイントについての評価と今後の展望について、実用化に向けた課題と今後検討すべき内容について討議を行った。また、開発フェーズで追加要望の多かった機能 (ツール) に対し、アンケートを実施し、評価を行った。計2回の検討会を実施した。

2. 業務分析期間

2.1. 業務分析の視点と仮説

業務分析期間では、約定情報を連携することが、決済指図の受信時に発生する決済指図の未照合や不一致の解消に対し有効、という仮説を立て検証した。また、非居住者取引において想定外の業態のステークホルダーの存在有無について確認を行った。

2.1.1. 分析① ステークホルダー分析

分析①では、「非居住者取引の約定情報連携」でメリットを享受できるステークホルダーとその業務範囲を見定めることを目的に、ステークホルダーの定義や相互の役割領域についての確認を行った。海外機関投資家が日本株の売買を決済する場合の標準的なステークホルダー関連図を図1に示す。

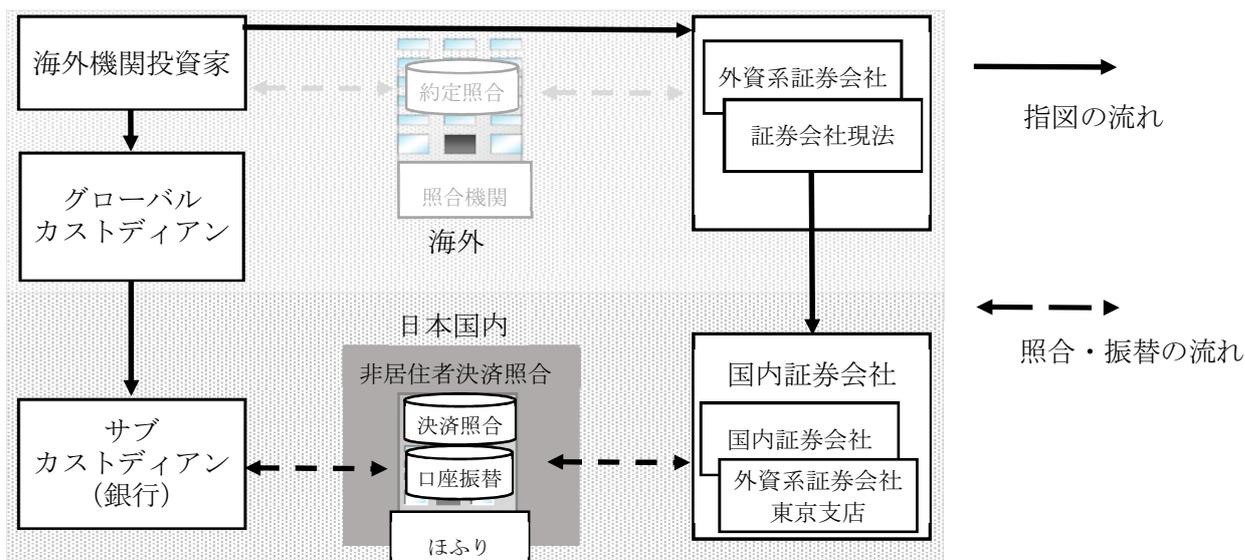


図1 分析① 非居住者取引での標準的なステークホルダー関連図

調査は参加金融機関へのアンケートを実施し、約定情報連携を実現するシステムを設計するにあたり、考慮しなければいけない新たなステークホルダーが存在するかどうかについて確認を実施した。この結果、新たなステークホルダーとして、アセットマネジメント⁴やプライムブローカー⁵の存在を確認することができた。図1の標準的なステークホルダー関連図に、これらが介在するケースを追加すると図2の通りとなり、指図の経路とその結果である決済照合相手先には、様々なパターンが存在することが明らかになった。

参加金融機関との討議を実施し、これらの新たなステークホルダーの役割を確認した

結果、概ね2つのパターンに大別することができた。一つは、業務委託／受託の契約により、例えば国内証券会社の非居住者取引業務をサブカストディアンが代行するようなケース（代行型と表現できる）である。もう一つは、プライムブローカレッジサービスのように、個別の契約により標準的には複数のステークホルダーが担う役割を1社が担うケース（兼任型と表現できる）である。このため、これらを想定していたステークホルダーおよび業務フローのバリエーションと位置づけて整理し、非居住者取引の約定情報連携に関連するステークホルダー及び業務フローが、概ね当初整理した想定どおりであることを確認できた。

⁴ 投資家から委託された金融資産を効率的に管理・運用する人。資産運用者。投資家の委託によりグローバルカストディアン、または現地証券会社の役割を担うことがある。

⁵ 主にヘッジファンドの運用者を顧客として、ファンド運用のためのサービスを提供する企業のこと。資金の調達や証券の借入・保管、決済の代行、リスク管理などの、いわゆるプライムブローカレッジサービスを提供する

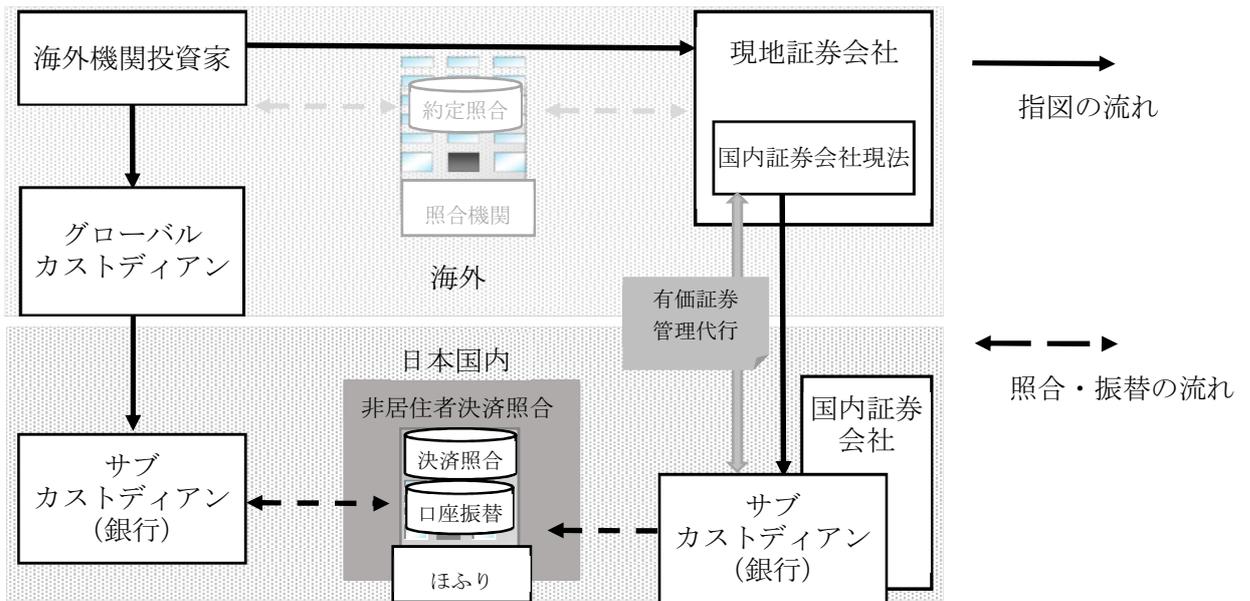


図 2-1 分析①ステークホルダーのバリエーション-1 「有価証券管理代行」

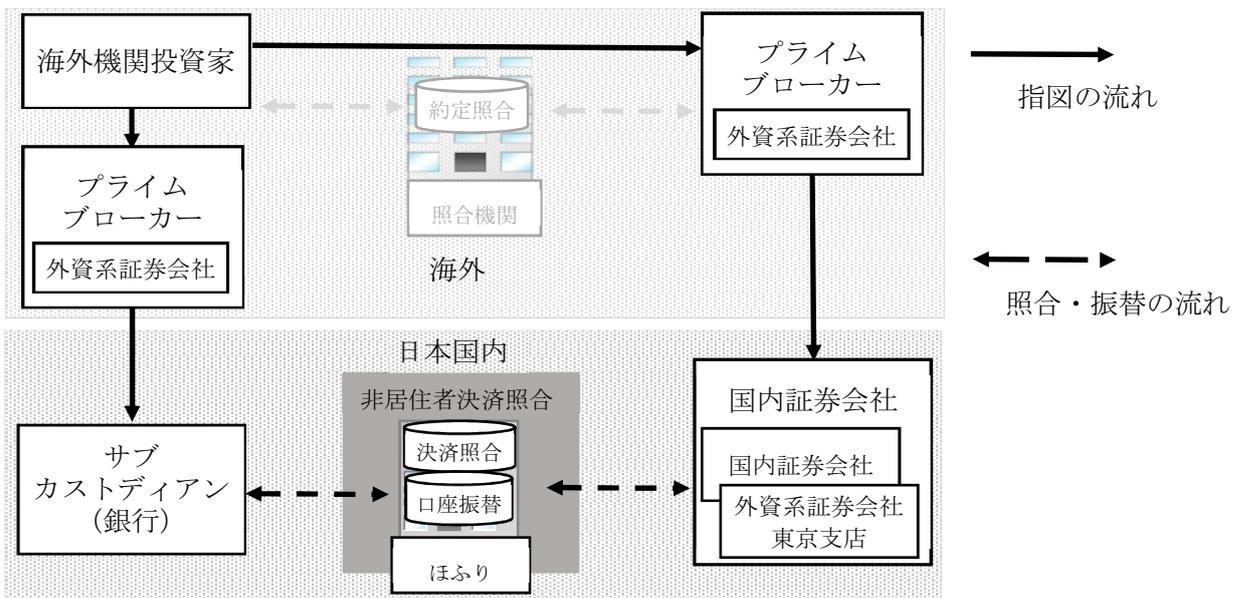


図 2-2 分析①ステークホルダーのバリエーション-2 「プライムブローカー」

図 2-1、2-2 について補足

- ・ 左側の列のプレイヤーがバイサイド、右側の列のプレイヤーがセルサイドと呼ばれる。
- ・ 図 2-1 では、セルサイドにサブカストディアンが登場するケース、図 2-2 ではバイサイドにプライムブローカーと呼ばれる投資銀行が登場するケースを例として図示した。
- ・ 商品によるフローの相違があること、照合が電話等の相対で行われるケースがあるため、矢印の繋がりには正確さを欠く部分がある。概念図としてご容赦いただきたい。

2.1.2. 分析② 指図の滞留と未照合・不一致原因分析（定性分析）

分析②は、「非居住者の約定情報連携」が指図滞留と未照合・不一致の解消に有効かどうかの検証を目的として参加金融機関に次の2つの視点で調査と情報提供をお願いし、定性的な分析を行った。

- ・ 「指図の滞留」及び「未照合・不一致」がどこで発生しているか
- ・ 「指図の滞留」及び「未照合・不一致」の原因はなにか

結果は、「指図の滞留」及び「未照合・不一致」原因の発生箇所は、バイサイド（投資家、グローバルカストディアン、サブカストディアン）、セルサイド（現地証券会社、国内証券会社）ともに、海外のステークホルダーで発生しており、原因は、指図の遅延、相手先相違などによる指図ミスが多いことが判明した。（図3）⁶

また、立場、相手先毎に見ても、サブカストディアン、国内証券会社ともに、投資家、グローバルカストディアン、現地証券会社が、「指図の滞留」及び「未照合・不一致」原因の発生箇所と考えていることが判った（図4）⁷

原因	発生箇所	投資家	グロカス	サブカス	現地証券会社	国内証券会社	Prime Broker	計
分析対象 (発生頻度：○△)		18	20 ※2	4	13 ※2	3		58
指図遅延		9	10	3	8	1		31
指図ミス		8	10	1	1	1		21
相手先相違					2			2 ※1
数量相違（不足）						1		1
誤差 ※3		1			2			3
分析対象外 (発生頻度：▲)		6	6	2	5		1	20
指図遅延		3	3	2	2		1	11
指図ミス		3	3		3			9
計		24	26	6	18	3	1	78

図3 分析② 指図の滞留と未照合・不一致原因分析（定性分析）発生箇所別

発生頻度が「○：よくある」「△：時々ある」を分析対象とし、「▲：まれに発生する」は分析対象外と分類
 分析対象のうち、調査にて回答いただいた原因の90% (52/58)が指図遅延・指図ミス（※1）
 発生箇所は、投資家、グローバルカストディアン、現地証券会社が88% (51/58)を占めている（※2）
 原因の誤差は、決済金額の誤差相違を指す（※3）

⁶ 図3では、グローバルカストディアンをグロカス、サブカストディアンをサブカスと略語表記

⁷ 図4では、グローバルカストディアンをグロカス、サブカストディアンをサブカスと略語表記

立場 \ 相手先	投資家 (18)	グローバル (20)	サブカス (4)	現地証券会社 (13)	国内証券会社 (3)
投資家					指図遅延 (1) 指図ミス (1) 数量相違 (1)
グローバル					
サブカス	指図遅延 (2) 指図ミス (2)	指図遅延 (2) 指図ミス (7)	指図遅延 (1) 指図ミス (1)	指図遅延 (2) 相手先相違 (2)	
現地証券会社					
国内証券会社	指図遅延 (7) 指図ミス (6) 誤差 (1)	指図遅延 (8) 指図ミス (3)	指図遅延 (2)	指図遅延 (6) 指図ミス (1) 誤差 (2)	

図 4 分析② 指図の滞留と未照合・不一致原因分析（定性分析）立場、相手先別

分析②についての各金融機関のコメントは、以下の通りであった。

- ・ 未照合・不一致原因の90%が指図遅延・指図ミス
- ・ 発生箇所は、投資家、グローバルカストディアン、現地証券会社が88%
- ・ 「約定情報連携ツール」により投資家、グローバルカストディアン情報を事前に掌握できることは有益
- ・ 決済金額や数量、売／買の相違など、互いの決済指図の照合により判明するものについては、約定情報連携ツールでは解消不可
- ・ 不一致・未照合の原因は、カウンターパーティー相違、SSIの相違、グローバルカストディアンの誤入力、現地に入れるべき約定の未入力など。理由としては約定のアロケーションによる数量相違となるケースなど
- ・ 指図遅延の原因は、受信側では不明という回答が最多。グローバルカストディアンが指図を出すタイミングが遅れる理由があるのでは、と推測

2.1.3. 分析③ 指図の滞留と未照合・不一致件数原因分析（定量分析）

分析③では、定性的に行った分析②の内容を検証するために、現状の非居住者取引の決済を妨げている要因の定量的な把握と、約定情報連携による効果の測定を行うために、次の3つの視点で参加金融機関各社から集計した結果をもとに、検討を行った。

- (1) 決済日に向けた照合一一致率の推移
- (2) 決済指図の受信タイミング（S-x日で受け取っているか）
- (3) 不一致理由、未照合理由の確認

その結果、以下のことが判明した。

- ・ 決済日に向けた一致率の推移は、S-3日で約31%からS-2日で約93%と推移（図5）
- ・ 決済指図の受信タイミングは、S-2日迄で71%受け取っている反面、S日当日の受信も11%あること（図6）
- ・ 未照合・不一致理由の中で、約定情報連携が実現した場合に、70.4%の適用効果を期待できること（図7）

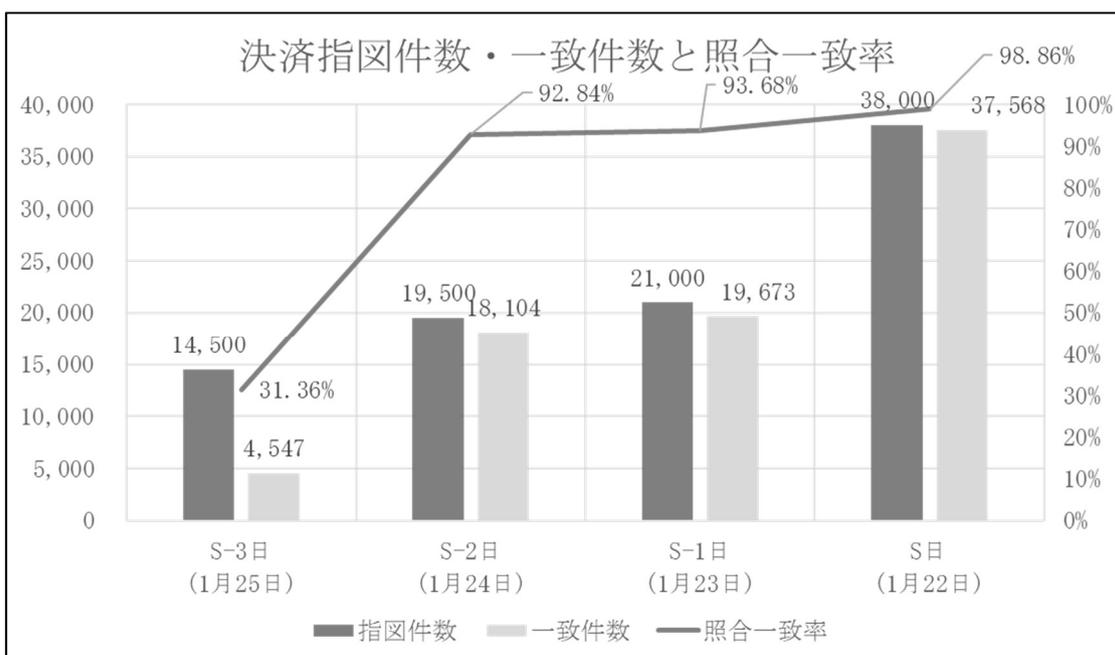


図5 分析③ 未照合・不一致件数の特定

データ 取得日	決済日	指図件数		決済指図受信日						
		(件数 範囲)	(件)	S-6以 前	S-5	S-4	S-3	S-2	S-1	S
1月22 日	1月16日		36,500	15	2	57	7,322	20,249	4,821	4,034
			100%	0.04%	0.01%	0.16%	20.06%	55.48%	13.21%	11.05%
	1月17日		36,500	16	0	32	7,213	18,396	6,980	3,863
			100%	0.04%	0.00%	0.09%	19.76%	50.40%	19.12%	10.58%
	1月18日		32,000	19	14	30	4,625	16,859	6,341	4,111
			100%	0.06%	0.04%	0.09%	14.45%	52.68%	19.82%	12.85%
	1月19日		38,000	2	0	1	4,939	21,127	7,605	4,326
			100%	0.00%	0.00%	0.00%	13.00%	55.60%	20.01%	11.38%
	1月22日		38,000	0	0	0	5,406	21,709	7,084	3,801
			100%	0.00%	0.00%	0.00%	14.23%	57.13%	18.64%	10.00%
合計			181,000	52	16	121	29,505	98,340	32,832	20,134
			100%	0.03%	0.01%	0.07%	16.30%	54.33%	18.14%	11.12%

図6 分析③ 指図滞留状況の把握（決済指図受信状況）

S日当日の決済指図の受信が全体の11.12%（※1）

S-3日とS-2日の決済指図の受信は、全体の約70.63%（※2）

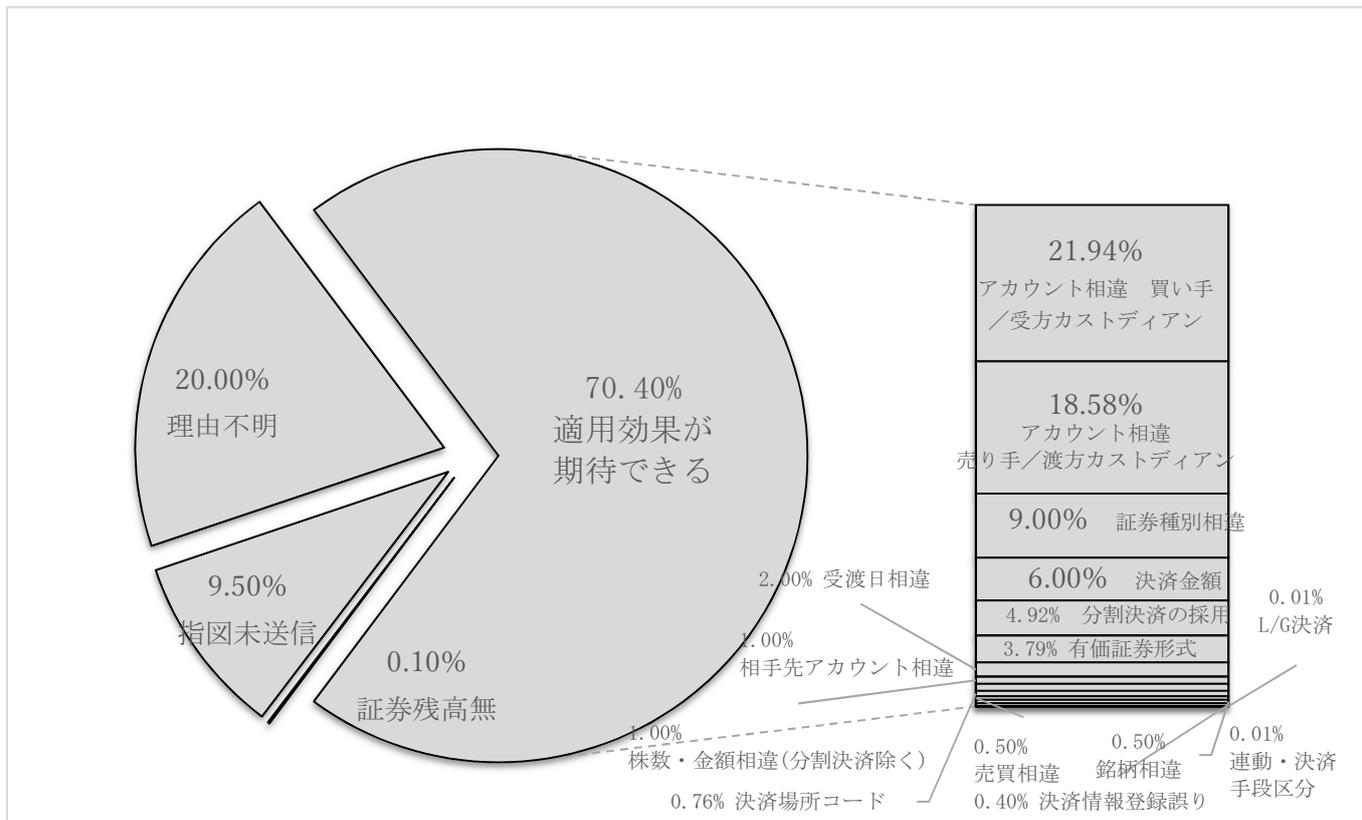


図7 未照合・不一致原因とブロックチェーン/DLTによる「約定情報連携ツール」の適用

3 「約定情報連携ツール」開発にあたって

3.1. 「約定情報連携ツール」とブロックチェーン/DLT

「約定情報連携ツール」の構築にあたっての技術要件、および、「約定情報連携ツール」のシステム構成、「約定情報連携ツール」のアプリケーションと求められる機能の評価を次のように行った。

3.1.1. 「約定情報連携ツール」構築と技術要件

「約定情報連携ツール」のブロックチェーン/DLT 技術基盤として、コンソーシアム／プライベート型ネットワークを構築可能な Hyperledger Fabric¹⁰を採用した。システムを構築するにあたり、Hyperledger Fabric の仕組みや提供される機能仕様の理解はもちろんのこと、加えて、ブロックチェーンの周辺技術も開発者に求められる。具体的には以下のとおりである。

- ・ システムが稼働するサーバーを運用するための知識（クラウド・Linux OS）
- ・ Hyperledger Fabric の実行環境であるコンテナに関する知識（Docker）
- ・ Chaincode¹¹および Chaincode を呼び出すアプリケーションをプログラミングする技術（サーバサイドのプログラミング）

3.1.2. 「約定情報連携ツール」のシステム構成

「約定情報連携ツール」のシステム構成は以下（図8）の通りである。海外の機関投資家がデータの起点となって、日本のステークホルダーと約定情報を即時に共有することを想定し、米国と日本に分散配置したサーバーでブロックチェーン・ネットワークの構成、構築を行った。

¹⁰ 製品のバージョンは実証実験開始時の2018年1月時点で最新のバージョンである1.0.5を採用。評価についてもバージョン1.0.5で実施した。

¹¹ ブロックチェーン上で動作するプログラムであるスマートコントラクトの、Hyperledger Fabricにおける呼称。

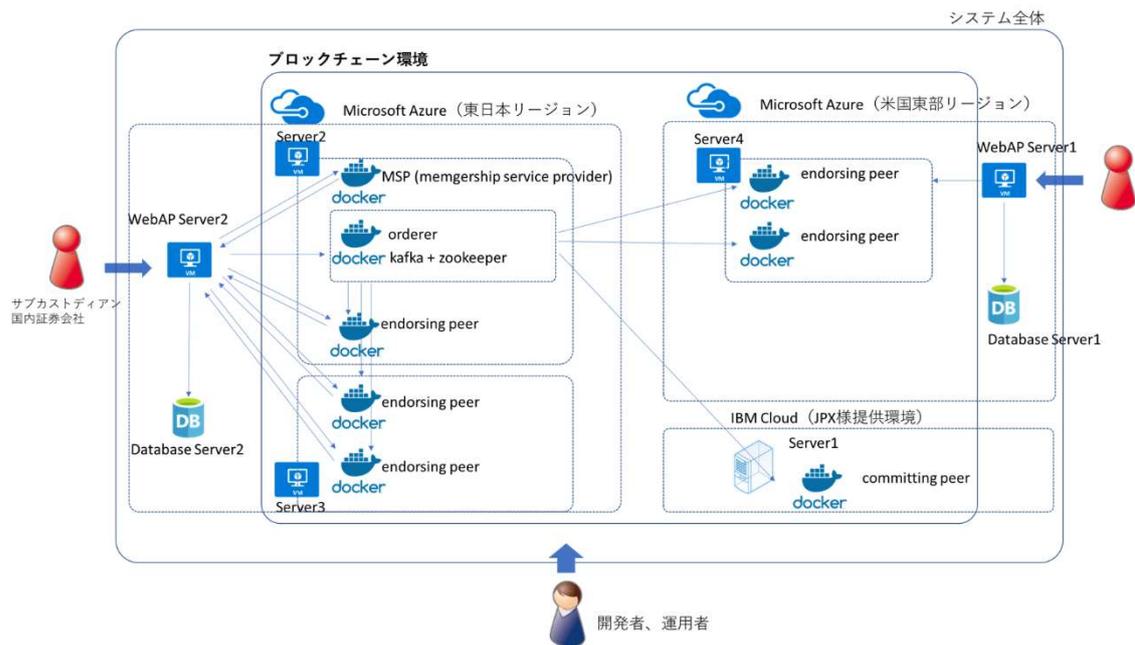


図 8 システムの構成概要図

本実証実験では、海外の機関投資家が約定情報をブロックチェーンに登録し共有する役割を担い、米国と日本に約定情報を操作する個別のシステムを配置する構成とした。約定情報を操作するシステムは Web アプリケーションとして利用者にユーザーインターフェースを提供する。

3.1.3. 「約定情報連携ツール」のアプリケーション

「約定情報連携ツール」の主な機能の一覧は以下（表1）の通り。

機能	説明
約定情報登録	約定情報を入力し、登録する
約定情報一括登録 (ファイルアップロード)	複数件の約定情報を一括で登録する。ブロックチェーン上でSSI ¹² を管理し、SSIに基づき決済情報を更新する
約定情報更新	約定情報に対応する決済情報を更新する
約定情報検索、照会	登録済みの約定情報を検索し、詳細を表示する

表1 「約定情報連携ツール」提供機能

「約定情報連携ツール」の主な機能は、Webアプリケーションとブロックチェーンで構成し、約定情報の登録、照会処理フローを以下のように行う。(図9、図10)

¹² SSI : Standing Settlement Instruction ; 照合システム加入者が、予め決済に用いる証券および資金口座や決済代理人等の情報を登録し、決済の都度確認する負荷の軽減を図るために利用する標準的な決済条件。証券受渡の相手先や投資家の種類により様々なパターンが発生するためデータベース化して管理され、このデータベースそのものをSSIまたは「SSI マスター」と呼ぶことがある。

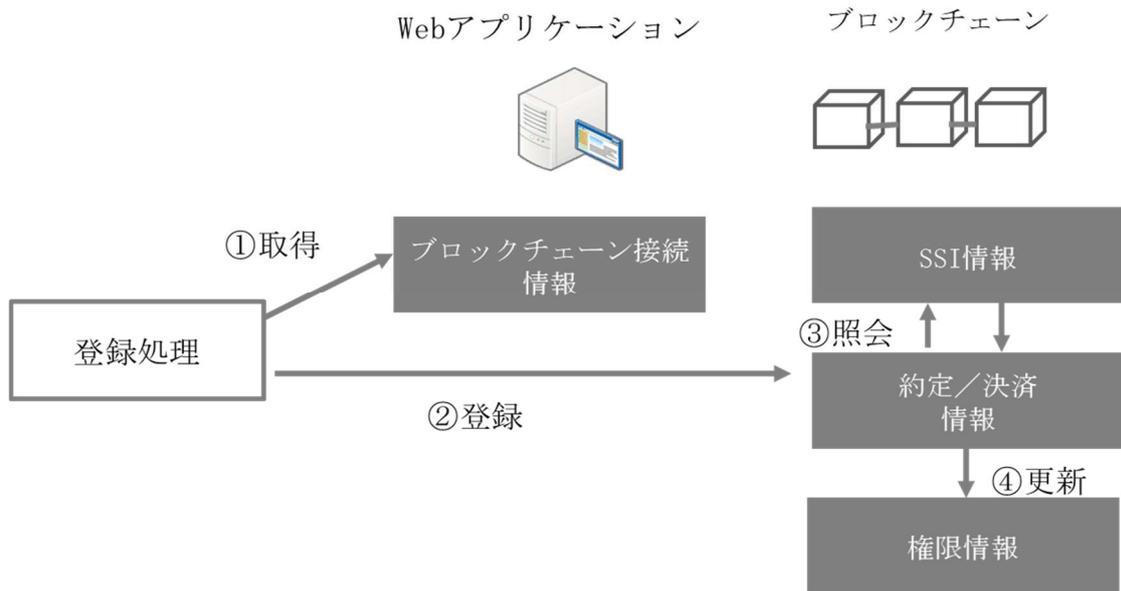


図 9 約定情報登録処理フロー

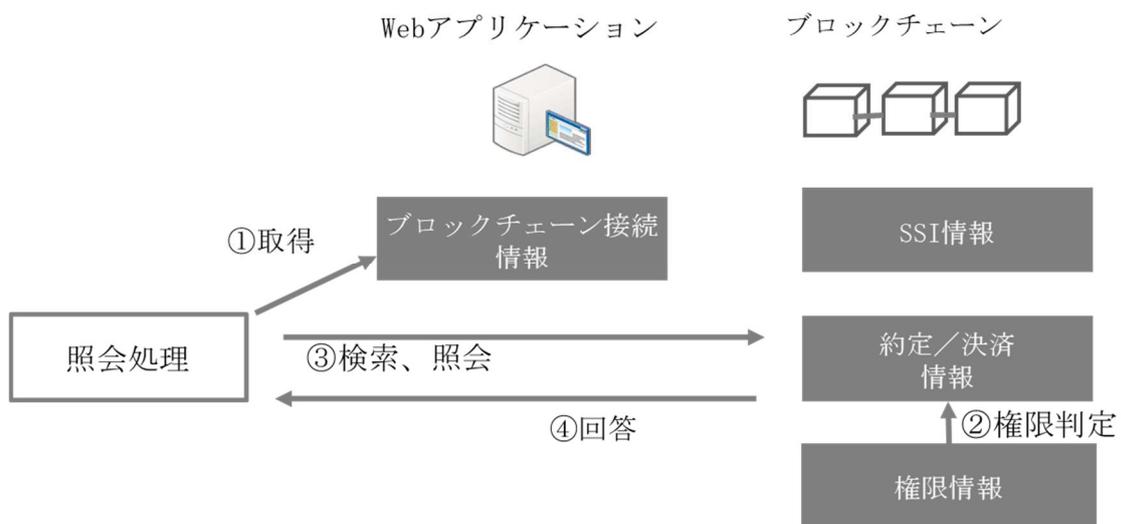


図 10 約定情報検索、照会処理フロー

図 9 の約定情報登録処理フローでは、Web アプリケーションから①接続情報を取得し、②約定情報登録にあたり、③SSI より決済情報を取得し、④約定と決済情報の更新といった流れとなっている。一方、図 10 の約定情報検索、照会処理フローでは、Web アプリケーションから①接続情報を取得し、②参照権限を確認した上で、③照会するといった流れとなっている。アプリケーションにより多少の違いがあるとは想定されるものの、更新系と照会系ではブロックチェーンへの接続情報や権限情報の取得といった点が共通の作りであり、ブロックチェーンを利用したアプリケーションの特徴となっている。

3.2. 「約定情報連携ツール」に求められる機能

業務分析フェーズの分析結果を受け、また開発フェーズのツール検証を兼ねて、開発した「約定情報連携ツール」を公開し、参加金融機関が実際に使用することで、画面の使用感、機能についてイメージの共有を図り、追加で必要と思われる機能を取りまとめた。機能面での追加要望は以下の通りであった。

- ・ SSI マスターとのデータ連動機能
- ・ CSV 形式でのデータアップロード・ダウンロード機能やオンライン接続機能
- ・ 一括確認機能
- ・ SWIFT メッセージなど（現在メッセージをやり取りしているフォーマット）で、データをアップロードする機能

本プロジェクトでは、これらの中で要望の多かった SSI マスターとのデータ連動機能と CSV 形式でのデータアップロード機能の追加開発をすることとした。

また、実運用に向けて運営面での課題として以下を挙げていただいた。

- ・ 海外ステークホルダーへ参加の動機付けの促進
- ・ 約定情報の入力と決済指図送信との二度手間の解消
- ・ ビジネス展開する際の費用対効果が不明

今回のプロジェクトには参加をしていない海外の機関投資家や、グローバルカスタディアンが、どのようなモチベーションで「約定情報連携ツール」にデータ提供が可能になるか？データの入手先と継続性を課題として認識共有し、議論を行った。

3.3 「約定情報連携ツール」の全体像

プロジェクトで「約定情報連携ツール」に対する要望を整理した結果、全体像として以下のような機能群が求められるとの想定に至った。これらは、データ・フォーマット、登録時の単位、SSI 連携／非連携といった連携パターン等バリエーションが多く存在し、装備すべき機能が一様ではなかったため、全体を把握した上で開発期間なども考慮し、プロジェクトでの機能範囲を定めた。(図 11)

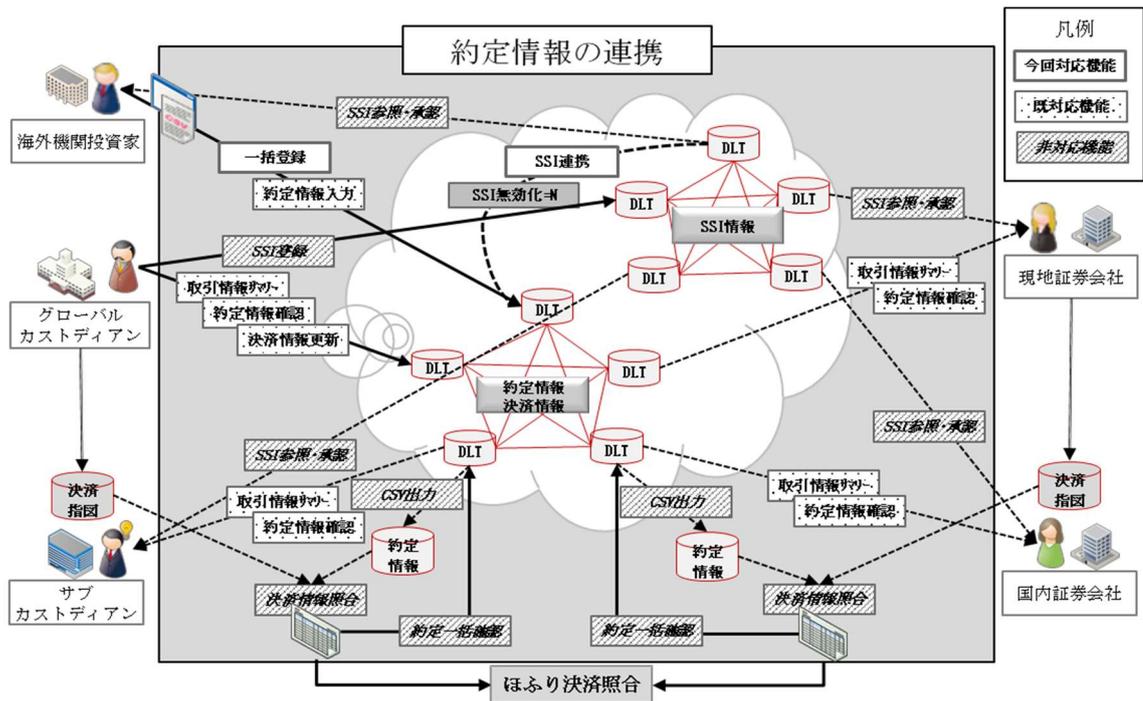


図 11 約定情報連携ツールの機能範囲

4. 業務分析期間と開発フェーズにおける評価

4.1. 業務分析を通じた「約定情報連携ツール」の有効性

分析①、②、③を通して「約定情報連携ツール」の有効性について検証を行った。

分析①では、新たなステークホルダーの存在が確認出来た。但し、これらのステークホルダーは、機関投資家、グローバルカストディアン、サブカストディアン、現地証券会社、国内証券会社と同様の立ち位置であり情報連携が可能と結論づけた。分析②では、指図遅延については約定情報連携ツールを利用しても一部は対応が困難であり、指図ミスについては対応が可能である。また、海外ステークホルダーとの情報共有により「指図の滞留」及び「未照合・不一致」原因の発生個所の88%部分をカバーすることができる。との結論に至った。

分析③では、分析②の調査結果が定性的な評価であったことに対し、参加金融機関各社のデータを集計・分析することで、定量的な評価の裏付けとした。

これらの分析により、次のことが期待できる評価結果となった。

- ・ S-3日からS-2日の一致率の向上が期待できること
- ・ S-2日までの29%未受信と、S日当日の受信分についてトレース可能であること
- ・ 不一致や未照合の主たる要因であるアカウント相違は解消可能であること

なお、指図遅延については、一部はトレース等により、解消の可能性はあると想定されるものの、決済指図が未着の状態では「約定情報」が連携されたとしても、内容の把握に留まり、「約定情報」との紐づけが出来ないため、現段階では期待効果は不明との結論に達した。また、検討会の中で、決済期間が短縮となった場合、

- ・ 決済日当日でも不一致が1%程度ある点は、指図全体の件数が大きいと1%の手作業で絶対量が大きく負担大との意見
- ・ 決済日当日の指図受信が10%程度ある点は、フェイルの可能性のある取引であり、なんらかの対策が必要であるとの意見

といった情報もプロジェクト内で共有した。

4.2. 「約定情報連携ツール」システム実現のための技術課題

「約定情報連携ツール」のシステムを実現するためのブロックチェーン/DLTの課題を、技術面の課題と運用面の課題に分類した。¹³

4.2.1. 技術面の課題

本プロジェクトの開発フェーズを遂行する中で挙げられた技術面の課題は、以下の通りである。今後のブロックチェーン/DLTの動向への期待を含める意味で、Hyperledger Fabricの機能追加、拡充を期待したい。

¹³ 記載は2018年6月時点の実証実験結果に基づいている。2019年3月時点において、Hyperledger Fabricのバージョンアップによるセキュリティ機能強化・クラウドサービスやHyperledger提供ツールによる導入や監視における運用性向上が見られ、実運用に向けた機能改善が進んでいる。

(1) データ共有における動的なセキュリティ機能強化

データの共有にあたり、関係者の範囲を固定で定義できる Channel の機能はあるが、トランザクションごと、またはレコードごとに関係者の範囲を動的に定義できる機能が、ブロックチェーン/DLT の特性である共有とセキュリティの観点で必要となると思われる。

(2) 並列処理要求に対する制御機能

同一ブロックに格納する複数のトランザクションによる同一データの更新は認められていない。並列処理的に同一データを更新する要求が発生した場合、整合性を担保するために、シリアルに処理をする制御が必要であり、現状では、その役割をアプリケーションで担っているが、ブロックチェーン/DLT による標準的な機能として具備が必要と思われる。

(3) リソース（ディスク使用量）の効率的運用のサポート機能

ブロックチェーン/DLT の特性上、時間の経過とともにデータが蓄積され、ディスク使用量は増加する。過去の不要なトランザクションデータの破棄や圧縮などのディスク使用量の削減のために、ガーベージまたはサーバーごとに保有するトランザクションデータを選択可能な機能等が必要と思われる。

4.2.2. 運用面の課題

運用面の課題として、ネットワークの管理に関わる現状の Hyperledger Fabric に対する以下の課題が挙げられる。将来の Hyperledger Fabric の機能改善を期待する一方で、同様にこれら課題を解決するクラウドサービスの提供も期待したい。

(1) ネットワーク設定機能の簡素化

現状の Hyperledger Fabric のネットワーク構成では、役割が細分化され、その設定はパラメータにより行うため、ネットワークの関連性を理解するのが難しい。より簡素化するために、対話型での設定、設定内容の可視化が求められる。

(2) 参加者の追加・削除、権限設定管理の簡素化

新規開発や保守を行う上で、ネットワークへの新規参加者の追加および既存参加者の削除、役割や権限の設定を参加者の管理画面より、簡易に設定できる機能が必要となる。

(3) ネットワーク状態の監視機能

ネットワーク上には異なる役割を持つサーバーがそれぞれ複数存在し、ネットワーク上でデータを伝播させながら登録データを確定させているが、独自に構築したネットワークにおいては構成するサーバー数は限られる。特定の役割を持つサーバーがすべて停止するとネットワークそのものが機能せず、一定数以上のサーバーが正常稼働する状態を常に保たなければならず、ネットワーク全体の状態を監視し、障害発生時やリソースの使用率の閾値超過時などに通知する機能が必要である。また、それらの状況を時系列で把握するためのログ収集機能も必要である。

5. 実証実験の総括

5.1. 今回実証実験の評価

本プロジェクト開始にあたり、

- ・ 約定情報の事前共有によるフェイルの抑制、決済照合一致率の向上効果(狙い1)
- ・ 海外を含めた関係当事者における各種標準化の適用(狙い2)
- ・ 決済照合業務の円滑化の推進(狙い3)

の3点の狙いを設定し、評価の指針とした。

5.1.1. 実証実験の狙いに対する達成度

(1) 約定情報の事前共有によるフェイルの抑制、決済照合一致率の向上効果(狙い1)

狙い1について、参加金融機関からは向上効果が期待されるとの一定の合意が得られたこともあり、相対的ではあるが達成度が高いと評価している。一方、実用化に向けては、以下の課題と捉えている。

課題：海外ステークホルダーの参画による、実務的な観点での検証

実証実験では、海外ステークホルダー（海外機関投資家、グローバルカストディアン、現地証券会社）の疑似的な役割を演じて情報連携の仕組みを検証した。但し、海外ステークホルダーが不参加だったため、実務的な観点での検証が不十分な状況での実証実験となった。海外ステークホルダーの参画や行動を促すにあたり、まず問題意識と解決に向けた認識の共有が必要であり、参加金融機関の協力・支援や国際機関へのプロモーションなどを踏まえつつ、こうした海外ステークホルダーの参加による検証を計画・実施していくことで、実用化の道なりに繋げたいと考えている。

(2) 海外を含めた関係当事者における各種標準化の適用(狙い2)

ISO15022等に準ずる形での約定情報フォーマット定義、ステークホルダーの類型化等標準化に向けた方策と道筋が明確になった点は、達成度は高かったと評価している。実用化に向けて以下の課題を確認した。

課題：「約定情報連携ツール」普及に向けた仕様、ルール面の標準化、明確化

ISO15022をベースとした独自フォーマットでの約定情報データやSSIを「約定情報連携ツール」上で実装したが一部であり、全体として「約定情報連携ツール」で管理するデータ、参加金融機関と約定情報連携ツール間で授受するインターフェイス（フォーマット・プロトコル）などに国際標準（デファクト含む）を踏まえた標準化を図り、参加・利用しやすいツールへ改善・変更する必要がある。各種標準の利用状況やFMIでの実情等を踏まえつつ、平仄を合わせた形で実用化を図りたい。

(3) 決済照合業務の円滑化の推進(狙い3)

約定情報の連携により、指図の遅延や未照合を発生させる原因のほぼ80%の削減可能性があり、達成度は不明としながらも円滑化に向けての一翼を担う評価は高い。決済照合業務全体の円滑化実現のためには、更なる広い範囲での検証が必要と捉えている。

課題：業界全体でかつ主体的に進められる推進力（推進・バックアップ団体のフォロー）の強化

「約定情報連携ツール」の有用性を確認出来たものの、実証実験の実施結果頼みでは、今後の実現性として厳しい状況にある。今後、より多くのステークホルダー（今回不参加であった金融機関、および海外含む）の参加を実現し、実際の本番業務データを用いた形で、非居住者証券取引決済をもとにした業務モデルケースの検証等によって、業界や制度全体で「約定情報連携ツール」を用いた決済照合業務の円滑化に向けたベストプラクティスを策定できるようなアクションを計画・実施していくことが肝要だと考える。

5.1.2. ブロックチェーン/DLT 利用による実証実験システム開発に対する評価

本プロジェクトの狙いを達成するためのシステム・インフラとして、Hyperledger Fabric を採用し、ブロックチェーン/DLT 利用による実証実験システム開発を実施した。開発にあたり、以下の検証項目と各々の検証ポイントを設定して評価を実施した。

- (1) ブロックチェーン/DLT の決済インフラとしての有効性
実証実験の中で、物理データ直接参照への対策や性能効率性の確保に課題はあり、今後への期待も残しつつ、決済インフラとしての基本的な要件を満たしていると判断した。
- (2) ブロックチェーン/DLT 利用開発での簡便性
開発言語（GO 言語）は、通常の言語と生産性等は変わらないことや、新しい技術のため開発支援ツールの不足やフレームワークの整備に課題があることから、必ずしも開發生産性が高いとは言えない。しかしながら、作りこみを行わずに標準でブロックチェーン/DLT の分散型 v 台帳管理ができることは、非常に魅力があると捉える面もある。
- (3) その他コスト等（追加検証項目）
ブロックチェーン/DLT を利用することによって、通常のシステム構築では簡易に出来ていた設定作業や解析作業が複雑になる場合があり、結果コスト増要因になる可能性があるため注意が必要である。

5.2. 今後の展望

本プロジェクトでは、分散型台帳技術を採用した「約定情報連携システム」の実現が、非居住者取引におけるフェイルの抑制や決済照合一致率の向上という課題に対する有効な解決策となることを検証し、一定程度の可能性を確認した。また、システム・インフラとしてのブロックチェーン/DLT は、性能効率性等の観点で従来型システムに迫るもので、機能範囲を絞ることで十分に実用に耐えうることを確認した。

今後の展望として、「約定情報連携システム」の実用化に向けては解消すべき課題がいくつかある。グローバルカストディアンや機関投資家を含むステークホルダー間のコンセンサス形成、運営のためのビジネスモデル策定とコスト面の課題解消、ミドルウェアとしては一部未成熟な部分の取り扱いと割り切り事項の検討、である。更に、今回実証実験では実施できなかった指図を送信する海外側の状況理解を深め、グローバルカストディ

アンや国際機関との連携を進めることで、約定情報連携システムの本格展開が視野に入るものとする。

補足資料

1. ブロックチェーンとは ―用語について―

ブロックチェーン/DLT は急速に発展している技術であるため、用語についても技術の成熟と並行して定義や使用法が確立していく段階にあると考えている。本プロジェクトでどのような意味で用語を使用しているか、改めて整理したので参考にして頂きたい。また、金融機関向けシステムを構築する我々のようなSIの立場で、ブロックチェーン/DLTという技術をどのように評価するか、この視点も重要であると考え、補足資料としている。本プロジェクトで利用した Hyperledger Fabric v 1.0.5 の利用が評価の前提となっていることを理解頂き、各方面から様々な指摘やご意見を頂けると、ブロックチェーン/DLT の更なる発展と普及に資することもあるのではないかと考えている。

1.1. ブロックチェーンの特徴

ブロックチェーンとは、特定の管理者が関与することなく当事者間での直接取引を可能にするために考案された基盤技術である。また、ブロックチェーン上で取引を行うすべての参加者が同じ台帳を共有することから分散型台帳基盤としての価値も認められている。ブロックチェーンの参加者が保有する台帳に登録されたデータは改ざんが困難であり、かつ、データを消失した場合においても、他の参加者からのデータ伝播により復旧が容易に可能である。そして、この機能をブロックチェーンそのものが具備していることが特徴でもあり、これによりデータを分散管理するための機能開発の省略が見込める。

1.2. パブリック型とコンソーシアム型

ブロックチェーンは参加者のネットワークの範囲から、パブリック型とコンソーシアム／プライベート型に分類される。パブリック型とはビットコインのブロックチェーンのように世界中に構築されている誰でも参加可能なネットワークである。また、コンソーシアム／プライベート型とは許可した参加者のみが参加可能な閉じたネットワークである。パブリック型は、構築済みのネットワークを利用するため、ネットワーク構築コストが抑えられ、広くデータを公開できるメリットがある一方、データの処理性能は低く、共有台帳によって本来公開すべきでない秘匿性が高いデータが全員に公開されるデメリットがある。コンソーシアム／プライベート型は、処理性能やデータの秘匿性を向上させたが、ネットワークの構築・運用コストをトレードオフしている（図1参照）。

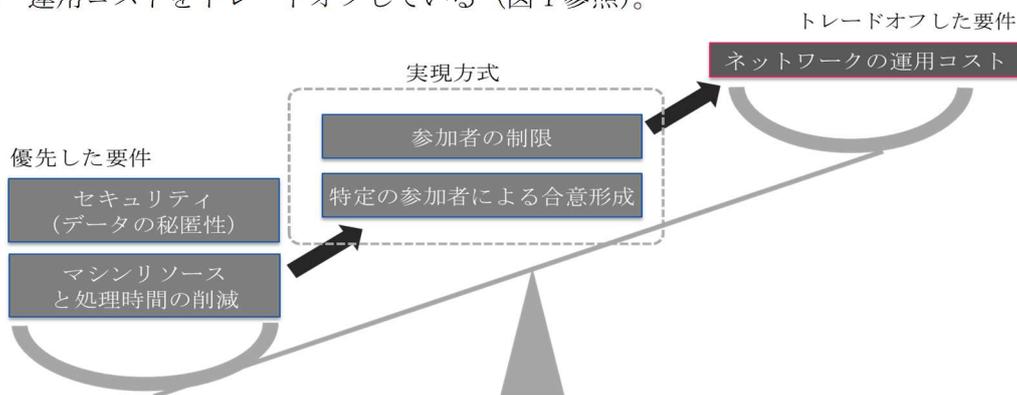


図1 コンソーシアム／プライベート型の特徴

2. システムを構築する立場でのブロックチェーン/DLT の評価結果、考察

今回の「約定情報連携ツール」開発を通して、金融機関向けシステム構築の要素技術としてブロックチェーン/DLT に対する評価視点を設定し、評価を実施した。評価の視点は、「機能性」、「機能性（セキュリティ）」、「性能効率性」、「可用性、回復性」、「保守・運用性、移植性」、「開発生産性」とし、その結果を以下の表に示す。（表 2）

評価視点	評価結果
機能性	約定情報連携に要求される、登録、参照、更新、削除（取消）機能をブロックチェーン/DLT にて実現可能であることが確認できたため、機能性は十分であると評価した。
機能性（セキュリティ）	データの改ざん耐性、秘匿性、二重取引の防止の観点で、十分であると評価した。 <ul style="list-style-type: none"> ・仮に特定の参加者がデータを不正に変更した場合においても、そのデータをネットワーク上の他のサーバーに伝播することができないことから改ざん耐性があると評価した。 ・Chaincode でアクセス制御機能を実装することにより、データの秘匿性を確保できると評価した。ただし、アクセス制御のみではデータ領域への直接アクセスに対応できず、データの暗号化が必要となることを注意点としてあげる。 ・二重取引の発生時には、トランザクションを検知し、データの整合性を損なうトランザクションを排除可能であるため、二重取引が防止できると評価した。
性能効率性	本ツールでの性能測定結果は、10 万トランザクション実行時の 1 秒当たりの処理件数が 30 件程度であり、約定情報連携の処理性能としては不十分であると評価する。ただし、ブロックチェーンへの登録要求 1 回あたりの約定情報登録件数の増加、パラメータチューニングにより処理性能の向上が見込める。
可用性、回復性	ブロックチェーンのネットワーク上の役割ごとに冗長化することで、任意のサーバーが停止した状態でもシステムが稼働すること、サーバーの再起動時、切り替え時にデータの復旧がされることの確認ができた。また、ネットワークへの新規サーバーの参加および既存サーバーの離脱も容易に実施でき、システム全体での可用性、回復性は十分であると評価した。
保守・運用性	Chaincode に実装した業務処理に変更した場合のリリース作業、また、Hyperledger Fabric のバージョンアップ ¹⁵ 作業においても、ブロックチェーンのデータとプログラムを引き継いで実施可能であり、保守に必要な機能を備えていると評価した。一方、ブロックチェーンを長期間運用した場合のデータ量の増加に関して、サーバーが個別に不要な過去データの削除や圧縮を選択することができず、運用面での考慮が必要となる。また、Hyperledger Fabric の内部で発生する障害は追跡性の観点から原因解析が難しく、この点において保守性は不十分であると評価した。
開発生産性	Chaincode は Go 言語で実装可能であり、学習コストを含めた開発生産性は高い。一方、実装したプログラムのテストなど開発者を支援する機能の整備は不十分であり、開発工程全体での生産性には課題が残るため不十分であると評価した。

表 2 評価結果

ブロックチェーン/DLT (Hyperledger Fabric v. 1.0.5) によるシステム開発の生産性は従

¹⁵ バージョン 1.0.5 から 1.1.0 へのバージョンアップにおいて、今回実装した約定情報連携ツールで確認。ただし、Hyperledger Fabric のバージョンアップ頻度が高く、必ずしも互換性を保証しているとはいえず、バージョンごとの確認が必要となる。

来型システムと同等と、現時点では評価している。一方で、開発したシステムの保守・運用にかかるコストは、現行のミッションクリティカル・システムと同等の信頼度を期待する場合、従来型システムよりもコスト高となる可能性が高い。特に、情報の権利保護、データのバックアップやアーカイブ、BCPの実現方法等について、ブロックチェーン/DLTによる実現形態は従来型システムとは全く異なるアーキテクチャーとなっている。これらを踏まえ、今後の金融機関や決済機関のシステムとして何を基準としどのレベルを目指すべきなのか、各国や国際機関と連携し、法整備等を視野に入れた幅広い議論が必要となってくる。

この状況を踏まえ本プロジェクトでは、ブロックチェーン/DLTの活用が適しているシステムとして以下の特徴を持つものと類型し、整理を行った。

- ・非常に高い性能要件が求められない業務
 - ・フラットなデータ構造で管理可能な業務
 - ・多数の参加者でシステムを運用するコンソーシアムで構成できる業務
 - ・信頼性（可用性、回復性）要求が高く、システムの無停止運用が求められる業務
- なお、相対的な定義としているが、これらは製品や環境の整備が進むにつれて改善されることを念頭に置いての表現であることをご理解頂きたい。