

2016 年 10 月 31 日 全 24 頁

【DIR 金融イノベーションプロジェクト・ワーキングペーパー】

ミャンマーにおける FinTech 実用化に向けて

～ミャンマー資本市場を対象としたブロックチェーン実証実験と実用化に向けた考察～

フロンティアテクノロジー第一部・グローバルサービス支援部・経済環境調査部¹

〔要約〕

- ビッグデータ、人工知能（AI）、ブロックチェーンなどの技術を金融業に適用するという FinTech 活用による革新的な金融商品・サービスあるいはプラットフォームを創出する取り組みが、既存の金融機関、テクノロジー企業、ディスラプター、イノベーターと呼ばれる新興企業において活発化している。特に、新興国・発展途上国では金融規制・市場インフラが相対的に確立されていないこともあり、FinTech の導入が進んでいる。
- 有望視されている技術はブロックチェーンである。すでにビットコインなどの仮想通貨を生み出し、ソーシャル・イノベーション（顧客行動の変化、社会的課題への対応をもたらすこと、及びそれらを踏まえた規範及び規制の在り方の改善などを実現すること）に繋がりがつつある。
- 今回のヤンゴン証券取引所の証券決済業務を対象とした実証実験は、まさに上記の状況に適合するものである。主な成果としては、1）証券決済業務で実証実験を行った範囲内（振替指示、決済、残高参照等）、かつ一定条件のビジネス環境下であれば現行サービス機能を再現できること、2）ブロックチェーンの特性による業務フロー改善の可能性があること、3）ミャンマーにおけるインフラ環境の課題を解決する手段となり得ること、が挙げられる。
- さらに、実証実験で判明した課題の多くが解決されれば、ミャンマーや新興国における資本市場システムにおいてブロックチェーンを導入することに、有効性がありえよう。特に、ヤンゴン証券取引所は上場企業や証券会社数の規模が小さくステークホルダーも限られることから、成熟した先進国と比較して導入が進めやすい点はメリットとなる。
- ブロックチェーンは発展途上の技術であり、現在、市場参加者が適用に向けた様々な試みを継続している。本格的に実用化された場合、証券ビジネスに革新的な変化をもたらす可能性を秘めていると考えており、今後も技術進化の追求と適用検討を進めていく。

¹ 執筆責任者：フロンティアテクノロジー第一部長 伊藤慶昭、経済環境調査部長 内野逸勢

執筆者：（フロンティアテクノロジー第一部）次長 相原一也、次長 前田哲洋、上席課長代理 田中まり、上席課長代理 木下和彦、（グローバルサービス支援部）副部長 中島尚紀、次長 二宮聡広、主任 福島慎太郎、（経済環境調査部）主任研究員 町井克至

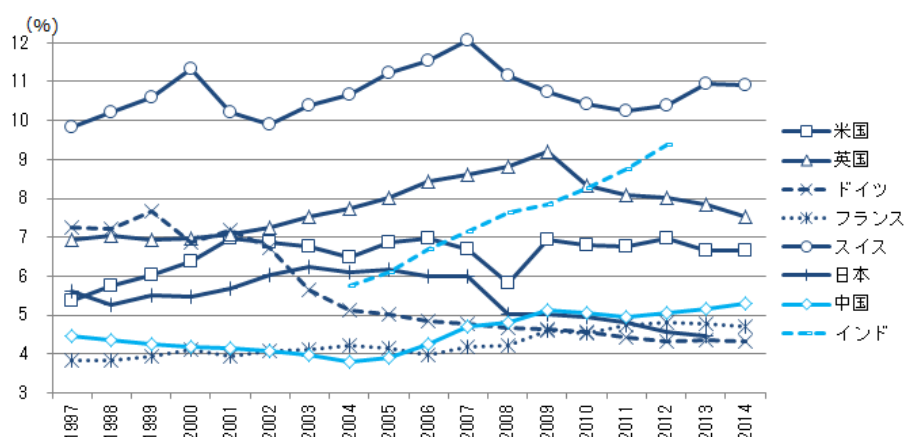
第1章 FinTechが注目される理由とは

“FinTech”とは、金融庁の金融審議会の報告²では、「金融（Finance）と技術（Technology）を掛け合わせた造語であり、主に、ITを活用した革新的な金融サービス事業を指す」とされている。さらに、同報告では「特に、近年は、海外を中心に、ITベンチャー企業が、IT技術を生かして、伝統的な銀行等が提供していない金融サービスを提供する動きが活発化している」とされ、既存の金融機関・金融市場の提供する金融サービスに多大な影響を与える、あるいは代替するような革新的な金融サービスが、特に海外で創出される可能性が指摘されている。

1.1. 先進国から新興国・発展途上国へ ～金融サービスに対するニーズの拡大～

現在、先進主要国の既存の金融業は、経済活動においてかつてほど存在感が見られなくなっている。主要国におけるGDPに占める金融・保険業の割合の推移を見ると、近年、フランスを除く欧州をはじめ、それぞれピーク時の水準を下回って推移している（図表1）。今後も各国内の少子高齢化による人口減少といった社会構造の変化によって、既存の金融機関のプラットフォームにおける金融サービスの取引量（トランザクション）の大きな伸びは期待できないと想定される。

図表1 金融・保険業の対GDP（主要先進6か国及び中国・インド）



（注1）日本は、国民経済計算の表記通りで、金融・保険業は金融業と保険業の合計。中国は出所資料（英字版）の“Financial Intermediation”、インドは出所資料の“banking & insurance”、それ以外は ISIC rev.4 コードで金融・保険業（K）を対象とした。

（注2）出所資料の制約によるデータ欠落箇所あり。

（出所）OECD.stat、中国国家統計局中国統計年鑑2015、インド統計局“Statistical Year Book, India 2015”、内閣府より大和総研作成

他方、図表1が示すように、中国、インドは、金融業の存在感が増してきている。これは経済成長に伴い中間所得者層が拡大し、金融サービスへのニーズが高まっていることが、要因の

² 金融庁 金融審議会「決済業務等の高度化に関するワーキング・グループ報告～ 決済高度化に向けた戦略的取組み～」(平成27年12月22日)

一つとして考えられよう。ただし、先進国のような“伝統的な”金融制度・市場インフラが先進国ほど整備・確立されていない新興国あるいは発展途上国では、スマートフォン等のモバイル端末の普及が急速に進むことで、伝統的な金融機関よりも利便性の高いモバイル対応の金融サービスが台頭する余地が生まれていると想定される。このようなモバイルに対応した、いわゆる FinTech を活用した金融サービス（決済や海外送金、P2P レンディングなど）は、新興国・発展途上国において積極的に導入される可能性が高いと言えよう。

さらに、このような新たな金融サービスが新興国・発展途上国において一定のシェアを占めると、そのようなサービスを提供する仕組み・インフラが発展する可能性がある。新興国・発展途上国から新たな仕組み・インフラが先進国にスピルオーバー（国境を超えたサービス展開）することも考えられる。

1.2. 革新的な金融サービス・インフラ創出の可能性を持つディスラプター

FinTech を用いた金融サービスの発展には「ディスラプター（市場破壊者）」の存在が欠かせないとされている。この点について英国貿易投資総省は、既存の金融機関を主な顧客とする IT 企業を「伝統モデル」とし、FinTech に取り組むベンチャー企業等を「新興モデル」と位置付けるとともに、ディスラプター（市場破壊者）あるいはイノベーターとしている（図表 2）。前者は既存の「金融サービス・セクターをサポートする典型的な大規模かつ既存テクノロジー企業」である。一方、後者は、既存の金融機関を排除する、あるいは最終消費者のニーズに適合した利便性の高い代替ソリューションを提供する企業である。このような両者の対立構造が、革新的な金融サービス、あるいは金融インフラ創出に繋がる可能性があると考えられる。ただし、ディスラプターは、テクノロジー企業以外にも、既存の金融機関になることも想定される。

図表 2 金融業中心のテクノロジー企業における伝統的モデルと新興モデル

	伝統的モデル	新興モデル
ポジショニング	- 市場参加者は、一般的にファシリテーターとして認識され、金融サービス・セクターをサポートする典型的な大規模かつ既存テクノロジーの企業である。 - 例えば、Fiserv社、SunGard社、Infosys社、FirstData社等。	- 市場参加者は、本質的にディスラプターかつイノベーターであり、既存の金融サービス仲介者を排除する、あるいは新たなテクノロジーによって消費者のニーズに適合したサービスに対して、代替的ソリューションを提供する企業。 - 例えば、Zopa社、Fidor Bank、Transferwise社等。
活用する金融ITインフラ（事業モデル）	既存の金融ITインフラの維持・管理等に特化した事業モデル。	2つの事業モデルが台頭。第一に、安定した市場シェアを維持する既存プレイヤーの管理下にある既存インフラを活用するモデル。第二に、既存インフラを完全に置き換えるモデル。 - インフラを置き換えるモデルは、高いリスクを伴う戦略であるが、成功すれば高いリターンを生む。
収益モデル	確立された収益モデルは、例えば1取引当りの料金、預り資産の割合に対する料金、ライセンス料を利用する傾向。	収益の源泉は広範にわたる。様々なタイプが存在。例えば、広告収入、データ加工による収益化などが挙げられる。

（出所）UK Trade & Invest（英国貿易投資総省），“Landscaping UK FinTech”より大和総研訳

第2章 FinTech において有望視されるブロックチェーンの期待と課題

2.1. FinTech において注目される“Tech”とは

FinTech に関する世界経済フォーラムの報告³などを基に、既存の金融業の業種・分野別に金融機関が抱える課題・問題の解決のために、活用されると期待される IT 技術を示したものが図表3である。ビッグデータ、AI、IoT、ブロックチェーンなどの技術（要素）が、各金融分野の様々な課題に対応し、新しい商品やサービス、インフラを生み出しつつあることが確認できる。

図表3 金融業の主な業種・分野における問題・課題と IT の活用（代表的なサービス）

業種	分野	問題、課題など	主に活用するIT	代表的な新商品、サービス、業界に与える影響など
銀行	送金	送り手・受け手間の煩雑な送金の構造（特に海外送金）	ブロックチェーン、モバイル	仮想通貨、モバイル決済
	預貸	資本規制による融資ギャップ、審査時間の短縮化、高リターン化	ビッグデータ、AI、SNS	ソーシャル・レンディング（P2Pレンディング）
保険	バリュー・チェーン全体	デジタル販売チャネル、プロセス自動化などの外部要因にとる影響	ビッグデータ、AI、モバイル	保険バリュー・チェーンのアンバンドル化
	保険リスク	現実（リアルタイム）情報の欠如、顧客との密なコミュニケーション	IoT、ビッグデータ、AI	テレマティクス保険、インステック
アセット マネジメント	個人向け資産運用ツール	マス顧客層に対応する手数料、金融危機後の顧客の信頼性回復	ビッグデータ、AI、SNS	PFM、ロボアドバイザー、アルゴリズム取引、ソーシャルトレーディング
	コア業務全体	メンテナンスコストの高騰、規制等への適合の繰り返しによるシステムの複雑性	ビッグデータ、AI	コア業務のアウトソース化
資本市場	ファイナンス	規模の大小によらないタイムリーな資金供給、硬直的・標準的でない投資先評価	ビッグデータ、AI、SNS	クラウド・ファンディング
	アルゴリズム取引	HFTの費用対効果が低減（2009年にピークアウト）	ビッグデータ、AI	取引ツール
	取引所	メンテナンスコストの高騰、発行体による株主把握	ブロックチェーン	取引プラットフォーム

（出所）World Economic Forum “The Future of Financial Services”を基に大和総研作成

ただし、これら有望視される IT 技術の活用において、依然問題は山積みであり、革新的な金融商品・サービスあるいはプラットフォームとして、既存の金融業のバリューチェーン＝価値を生み出す「仕組み」を代替するには、さらなるイノベーションが必要である。つまり、プロダクト・イノベーション（潜在需要を喚起する新商品・サービスを提供すること）、プロセス・イノベーション（事業運営の劇的な効率化をもたらすこと）、ソーシャル・イノベーション（顧客行動の変化、社会的課題への対応をもたらすこと、及びそれらを踏まえた規範および規制の在り方の改善などを実現すること）、セキュリティ・イノベーション（利便性とセキュリティの両立をもたらすこと）の4つのイノベーションを総合して相乗効果を生み出すこと（＝金融イノベーション）が必要となろう。この観点から、現時点において、金融イノベーションに最も近い技術が、ビットコイン等の仮想通貨に活用されているブロックチェーンと考えられる。

³ World Economic Forum “The Future of Financial Services”, June 2015

2.2. ブロックチェーンの期待と課題

ブロックチェーン技術は、経済産業省の資料⁴によれば「その構造上、従来の集中管理型のシステムに比べ、①『改ざんが極めて困難』であり、②『実質ゼロ・ダウンタイム』なシステムを③『安価』に構築可能という特性を持つ」「価値記録の取引を第三者機関不在で実現している」とされている。また、同資料では、ブロックチェーンが社会経済に与えるインパクトとして、「価値の流通・ポイント化プラットフォームのインフラ化」「権利証明行為の非中央集権化の実現」「遊休資産ゼロ・高効率シェアリングの実現」「オープン・高効率・高信頼なサプライチェーンの実現」「プロセス・取引の全自動化・効率化の実現」を指摘している。

つまり、安全性・安定性を重視したこれまでの金融 IT に対して、同様の安全性・安定性を確保しつつ低コスト・低価格を実現できれば、それがブロックチェーン技術のイノベーションの要素であると言えよう。ただし、同資料では「新ブロック生成に時間がかかる」「単位時間あたりのトランザクション件数が限られている」「実ビジネスでの運用手法等が確立されていない」等の課題についても同時に指摘している。

2.3. 先進国での FinTech 適用の難しさと新興国・発展途上国への期待

ブロックチェーンに関する世界経済フォーラムの報告⁵によると、ブロックチェーンがもたらす金融サービスのエコシステムの効率化といった有用性を評価しつつも、ブロックチェーンは次世代金融インフラの選択肢の一つに過ぎないとしている。また、ブロックチェーンによる新しいインフラやその上に実装されるアプリケーション（サービス）は、伝統的な金融機関が確立したエコシステムの見直しを迫る一方で、実装にあたっては既存機関や規制機関との深い連携を要するとしている。つまり、すでに金融インフラや法規制が整備された先進国においては、その導入の難しさが指摘されていると言える。

一方で、既存の安全・堅牢な金融インフラが存在しないような新興国・発展途上国では、先進国と比べて相対的に金融商品・サービスの取引量（トランザクション）が少ない、金融に関連する法規制等が厳格でないといった特徴があるほか、金融インフラへの投資余力が小さい、専門的な人材が少ないといった事情もあるとみられる。そのため、ゼロベースで新しい革新的な金融インフラを議論できる可能性がある。

先進国で基幹的なインフラとして直ちに導入することが難しいブロックチェーンのような技術に対し、新興国・発展途上国において先駆的に実証実験を行うことによって次世代金融インフラのモデルケースとして先進国への示唆を得る取り組みは、資本市場の先行きを見通す上で有意義であると考えられる。

⁴ 経済産業省 商務情報政策局 情報経済課「平成 27 年度 我が国経済社会の情報化・サービス化に係る基盤整備（ブロックチェーン技術を利用したサービスに関する国内外動向調査）報告書概要資料」（平成 28 年 4 月 28 日）

⁵ World Economic Forum “The future of financial infrastructure”, August 2016

第3章 ミャンマー金融業界を取り巻く環境

3.1. 大和総研におけるミャンマー資本市場への取り組み

本章では今回の実証実験にてミャンマー資本市場を対象とした理由、これまでの大和総研の取り組みから得られた経験と課題について説明する。

大和総研では1990年代から継続して駐在員を配置し、ミャンマーの資本市場育成に長年深く関与してきた。1996年には証券市場設立に向け、ミャンマー経済銀行との合併でミャンマー証券取引センター（Myanmar Securities Exchange Center, MSEC）を創設し、店頭での証券売買を開始した。さらに2008年にはASEAN+3によるアジア債券市場育成イニシアティブの活動に基づき、債券市場整備・育成に向けたロードマップの作成を支援した。

2012年5月には、ミャンマー中央銀行、東京証券取引所、大和総研は証券取引所設立及び資本市場育成支援に関する覚書に調印し、ヤンゴン証券取引所開設に向けた活動を開始した。大和総研は、システムや事務手順の導入、人材育成、制度設計等の助言を通じたサポートを行った。

こうした活動を経て、2015年にヤンゴン証券取引所が開設され、2016年3月に取引を開始し現在に至っている。このように、大和総研は初期段階からミャンマー資本市場の形成に関わっており、同国の資本市場、金融インフラ環境等についてのノウハウ、知見の蓄積が十分にあると考える。

3.2. 資本市場の現状と課題

3.2.1. ビジネスロケーション

現在、ビジネスの中心地であるヤンゴンにミャンマー全土の人口の約15%が集中しており、取引所や証券会社等の資本市場関係機関も数キロメートルの範囲内にほぼ集約している（図表4）。

今後のビジネス発展や個人所得の増加に合わせ、証券サービス提供範囲はミャンマー全土へ拡大すると考えられる。例えば、ミャンマー最大手の銀行であるカンボーザ銀行では、2011年の59支店が、2015年には391支店に増加しているなど、同国において金融サービスのニーズは急速に拡大していると言える。

特に行政機関が多く所在し今後ビジネスの発展も見込まれるネピドー、中国資本の投入が目立つマンダレー、タイ国境で工業団地の建設が進むダウエイなどで、証券会社本支店の新規開設、現地企業の上場が見込まれる。

図表4 ミャンマーにおける主要都市



都市名	人口	特徴
ヤンゴン	736万人	旧首都で人口の約15%が在住、ビジネスの中心地
ネピドー	116万人	首都、行政機関を集約している
マンダレー	173万人	ヤンゴンに続く第2の経済都市 中国資本の投入が多く物流拠点
ダウエイ	49万人	タイ国境に近い経済特別区で、ASEAN向け物流拠点 日本・タイと共同で工業団地を整備中
モーゴウ	17万人	鉱物資源が豊富で、今後発展が見込まれる

(出所) ミャンマー人口省 “2014 Census Data”、白地図専門店（三角形）より大和総研作成

3.2.2. 人材リソース

証券市場を維持するためのシステム運用保守や業務オペレーションを行う上で、IT や証券業務に関連した十分なスキルのある人材プールが存在することが望ましい。しかしながら、大和総研のこれまでのミャンマーでの活動経験に基づくと、以下の 2 つの特徴から、現時点ではどちらについても限定的な状況であると言える。

- ・ IT 人材は増加しているものの、現時点でヤンゴンに集中している上、高度な専門性を持った人材は少ない。
- ・ 証券知識を持つ人材についてはヤンゴンでも限定的で、現時点は外国人に頼る証券会社が少なくない。

従って、同国において安定した証券市場のシステムを運営するためには、少ない人数で運用できること、さらに IT 面では高度な専門性を持たない人材で運用できることが求められる。

3.3. インフラの現状と課題

3.3.1. 電力

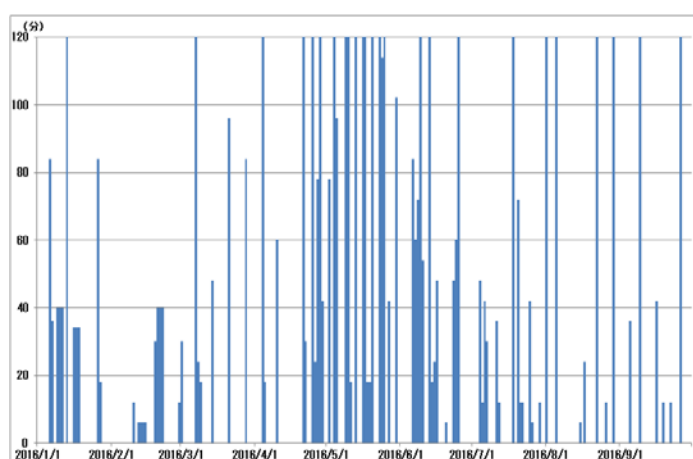
IT システムを安定的に稼働するためには、安定的な電力供給が必須だが、新興国ではその達成が困難な場合が多く、ミャンマーも例外ではない。

ミャンマーの電力事情は、停電が恒常的に発生する環境が過去から継続している（図表 5）。交通事故における電柱の破壊、道路工事のミスや豪雨時の倒木によるケーブル切断といったトラブルも停電に繋がっているとみられる。

このため、同国で IT システムを運用するにあたっては、UPS⁶を常備するとともに、自家発電装置を独自に用意し冗長構成をとり、業務の中断を防ぐのが一般的である。

また、同国では UPS や自家発電装置を製造／保守するベンダーが限られ海外ベンダーの製品や保守サービスに依存せざるを得ないため、安定稼働のためには技術者の確保も課題となっている。

図表 5 ヤンゴン市内某所の停電状況



停電回数	187回 (週4以上のペースで発生)
10分以上の停電日数	87日
平均停電時間	35分

(出所) 現地稼働システムの実測値に基づき大和総研作成

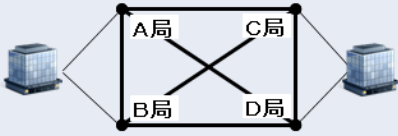
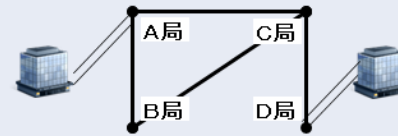
3.3.2. 通信回線

電力同様、通信サービスの品質についても、先進国で利用可能なビジネス向け通信回線の帯域や障害断時間／頻度とは大きく異なる。

先進国と新興国（発展途上国を含む。以下同様）の通信インフラを比較すると、通信業者の回線が多重化されておらず障害耐性が低い（図表 6）ほか、通信業者の運用手順が整備されていないなど、インフラ／オペレーション双方に問題を抱えており、安定したサービスを継続して提供する体制が業者側に確立されていない場合が多い。

⁶ UPS (Uninterruptible Power Systems 無停電電源装置) 停電などで外部からの電力供給が途絶えた場合、瞬時に代替りの電力を供給する電源装置

図表6 先進国と新興国におけるネットワーク事情

先進国（回線障害が少ない）	新興国（回線障害多発）
● 設計、作業、マテリアルの品質が高い ● ケーブルがメッシュ型に潤沢に敷設され、迂回路が多い → 障害発生が少なく、サービス停止も短い  メッシュ型のケーブル敷設 ※ 多様な迂回経路が存在 ※ どこかのケーブルが切れても迂回可能	● 設計、作業、マテリアルの品質が劣悪 ● 敷設済のケーブル本数が少なく、迂回路が乏しい → 障害発生が多く、サービス停止も長い  不完全なケーブル敷設 ※ 迂回経路が少ない ※ 途中、迂回ケーブルが無い区間も存在

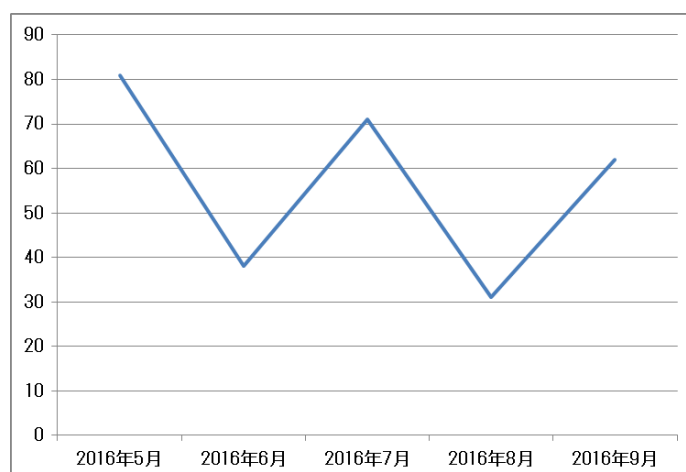
（出所）大和総研作成

ミャンマーにおいては、市内・都市間・国際間の全てにおいて回線容量が不足しており、朝晩の時間帯にインターネット速度が顕著に低下するなどの状況も依然発生している。また、障害発生時でも原因究明や復旧までに時間がかかる。

安定したサービスに向けた回線冗長化についても問題点が存在する。インターネット接続サービスを提供する業者は現在複数あるものの、物理回線を提供している業者はMPT（ミャンマー国営郵便・電気通信事業体）にほぼ限定されており、現実的な多重化が難しい。

こうした状況から、通信が安定せず、取引所システムにおいても図表7のように回線断が頻繁に発生している。日系を始めとする各国企業の参入により急速に改善が見込まれるものの、現状で取引所システムを安定して稼働するためには様々な工夫を必要とする。

図表7 ミャンマー証券市場におけるネットワーク切断の件数



（出所）現地稼働システムの実測値に基づき大和総研作成

3.3.3. 機器の調達、保守サービス

ミャンマーでは、以下の理由から、先進国の証券市場で利用されるような高度な IT 機器や保守サポートを得ることが容易ではない。

- ・ 経済制裁の影響から、国際的な大手 IT ベンダーがミャンマーに進出していない。
- ・ IT 機器の販売やサポートのできるベンダーが小規模で、技術者も少ない。
- ・ 高信頼性を求められるような大規模システムの運用・保守経験に乏しい。

これらはヤンゴンのような同国の中心的な都市においても該当しており、地方部ではさらに状況が厳しい。従って、同国で IT システムを構築・稼働する場合、比較的安価で容易に入手できる標準的・汎用的なサーバやネットワーク機器を用いることが有効となる。

この点は、証券市場の拡大により見込まれる新たな参加者のニーズとも合致する。同国における現在の証券市場の規模や収益性を考慮すれば、証券市場の拡大によって見込まれる新たな参加者にとっても、IT コスト抑制は共通する重要な課題であると考えられる。

3.4. 取引所システムの現状と課題

2016 年 10 月現在、ヤンゴン証券取引所では会員証券会社 5 社により株式の売買が行われている。また、取引所・証券会社とも全てヤンゴン市内に所在しており、上場会社は 3 社である。

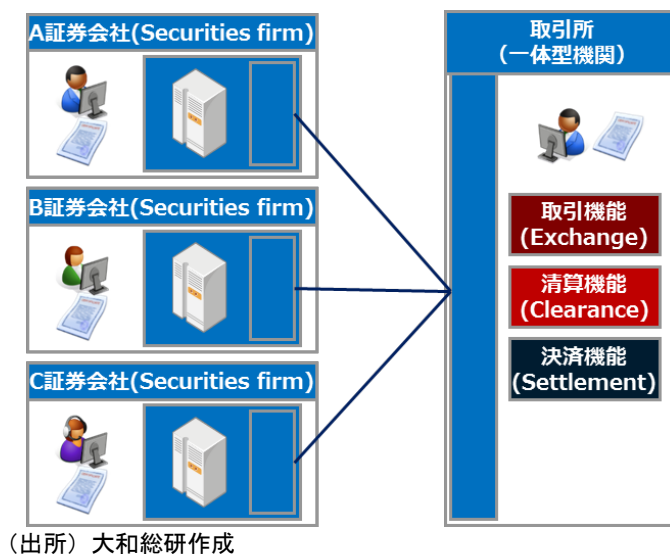
売買は板寄せ方式で 1 日 2 回（11 時と 13 時）行われている。約定後の証券・資金決済は T+3 で行われており、ヤンゴン証券取引所にて証券を、決済銀行であるカンボーザ銀行にて資金を、それぞれの清算口座を介して DVP 決済している。決済機関では証券会社のみが口座を保有し、個別投資家の保有残高は証券会社が管理する。

ヤンゴン証券取引所システム（以下、取引所システムという）はヤンゴン市内のデータセンターに配置され、ヤンゴン証券取引所の端末及び各証券会社が独自に用意したシステムとの間で VPN⁷接続している。この接続を通じ、①注文の送付が市場開設中逐次行われるほか、②30 秒ごとの市況情報③出来情報④決済情報⑤コーポレートアクション等の通信が、タイマーで自動的に行われている。

構成面の特徴として、取引所システムが取引所・清算機関・決済機関の全て機能を有している点があげられる（図表 8）。これによりシステム環境や事務処理がシンプルになっており、コストの削減や少人数での市場運営に大きく寄与している。

⁷ VPN(Virtual Private Network) インターネットに接続されている利用者間で仮想的に専用ネットワークを構成しセキュアな通信を実現する接続方式

図表8 ヤンゴン証券取引所におけるシステム構成



一方、一般的な証券取引をベースにフローやデータ保管の最適化を進めたことから、必ずしも簡素ではない処理も一部残っている。例えば、決済情報交換はタイマー処理のため、時限に合わせた事務フローの構築が必要な一方、通信障害等が発生した場合は手作業でのデータ交換や入力処理が必要となり、手順が容易ではない。

また、総株主通知は証券会社全社から情報を収集した上で、取引所で集約して報告する必要があり、発行体が任意のタイミングで株主名簿を作成することができない。

3.5. ミャンマー資本市場の現状を踏まえたブロックチェーンの適合性

上述したミャンマーの環境を考慮すると、同国の資本市場発展に資する取引所システムには、下記の要求事項を満たすことが望ましいと考えられる。

- ① 現状の証券取引機能の実現に加え、事務処理の効率化が可能である。
- ② 新規証券参加者が比較的簡単かつ安価に証券取引ネットワークに参加可能である。
- ③ システムやネットワークが不安定な環境においても、「フェールソフト⁸」が可能である。
- ④ 汎用的かつ保守性の高い安価なサーバで構築・運用可能である。

このような4つの要求事項に対しては、ブロックチェーン技術の持つ「改ざんが極めて困難」「実質ゼロ・ダウンタイム」「安価」といった特性や、「オープン・高効率・高信頼なサプライチェーンの実現」「プロセス・取引の全自動化・効率化の実現」といった可能性が適合的であると

⁸ 障害が発生した際、問題箇所を切り離すなどして被害を最小限に抑え、システムを完全には停止させずに機能を縮小した状態でサービスを継続する設計方針

考えられる。

第4章 ブロックチェーン導入による想定メリット

大規模かつ高い信頼性を要求されるような情報システムにおいては、運用管理を最適化するためにデータ、業務・権限を中枢機能に保持させる中央集権方式を採用することが主流であるが、同時に中枢機能を担う組織や人材、システムには非常に高いレベルが要求される。一方、ミャンマーの証券取引市場はようやく近代化に着手した段階で未成熟な部分も多いことから、ブロックチェーンの非中央集権管理という特性が適合すると考えられる。

そこで本章では、前述にて提示した4項目の要求に対してブロックチェーンの特性がどのように適合するか、まずは机上での検討を行い、実機検証の観点を洗い出す。なお、ブロックチェーン自体の詳細な説明については、すでに多くの参考文献が存在するため本資料では割愛する。

要求事項① 現状の証券取引機能の実現に加え、事務処理の効率化が可能である。

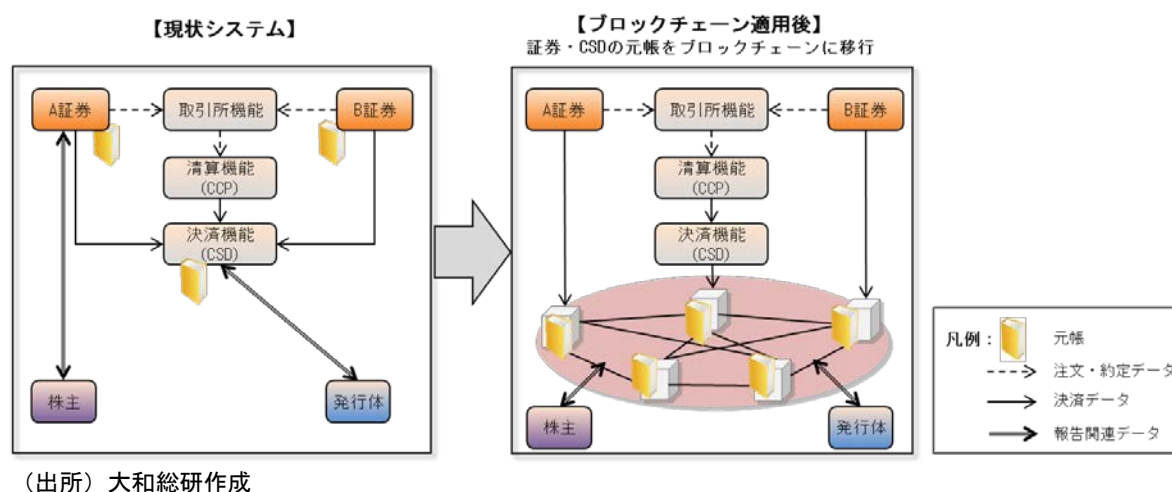
ブロックチェーンでは、ノード⁹間にて自動でデータ連携する仕様となっており、理論上、物理的に分散した拠点到に配置されたノードであっても、各拠点が同一データを保持することとなる。この特性を利用することで、取引所と証券会社間でのデータ連携に係る事務処理の大幅な削減が見込まれ、証券知識を持つ人材が不足しているミャンマーにおいて大きな利点になると考えられる。

また、総株主通知や個別株主通知等、要件発生の都度情報収集が必要となる業務においては、収集事務が不要となり、任意のタイミングでリアルタイムに準じた情報取得が可能となる。さらに、ブロック生成時点のデータがいつでも取得可能というブロックチェーンの特性により、指定日付における株主名簿を容易に作成することができる。ただし、証券会社ごとにノードを保有することを想定した場合、ノード上には他証券会社の情報も共有することとなるため、機密性を確保できるか否かは重要な検証観点となる。

一方、現状の証券取引機能を実現するためには、ブロックチェーン上に現状の業務アプリケーションの実装が必要となる。この点において、ブロックチェーンに独自機能を実装する手段として「スマート・コントラクト」と呼ばれるプログラミング機構が存在する。以上、要求事項の確認には、実際に業務アプリケーションを作成して、一連の業務についての機能、非機能両面での検証が必要となる（図表9）。

⁹ ブロックチェーン・ソフトウェアがインストールされ、ブロックチェーン・ネットワークに接続されたサーバやパソコンを指す

図表 9 現状の証券業務機能をブロックチェーンで置換したイメージ



要求事項② 新規証券参加者が比較的簡単かつ安価に証券取引ネットワークに参加可能である。

ブロックチェーンにおいて新たなノードを追加する際には、サーバ、ネットワークスイッチ等の機器や、機器が稼働するためのインフラ及びブロックチェーン・ソフトウェアの導入、設定、検証作業が必要となる。このうち、機器とインフラに関しては要求事項③、④にて後述する。本項ではブロックチェーン・ソフトウェアの導入、設定、検証作業を中心に述べる。

仮想通貨ビットコインのように自由に参加が可能な環境では、インセンティブ獲得を目指した経済競争によってブロックチェーン・ネットワークが維持されるという性質から、ソフトウェアの選定やチューニング、機器の高性能化などで、環境構築に掛かる費用は高価になりがちである。その反面、証券取引へのブロックチェーン導入において、取引所と証券会社がノードを保有すると想定した場合、ノード間における差別化の必要性は低いため、基本的には全ノードを画一的に構成することで、比較的安価に環境を構築できると考えられる。

要求事項③ システムやネットワークが不安定な環境においても、「フェールソフト」が可能である。

本要求事項については、システム障害と通信回線障害の2つの観点からの検討が必要である。現状、新興国においてシステム障害の発生頻度を低下させるためには、前述の通り、電力をはじめとした諸設備に対して莫大な費用をかけて対応することとなる。また、システム障害発生時における業務影響の最小化に関しては、綿密なシステム設計のもと、高性能な機器及びソフトウェアを導入した上で、一連の機能を冗長化させるのが一般的な手段である。この点において、ブロックチェーンの導入によりシステムを含むノード単体の障害発生頻度を低下させることは難しいが、要求事項①で述べたブロックチェーンの自動データ連携仕様により、特段の考

慮をせずに障害時の影響を最小化することが可能と考えられる。

また通常、通信回線障害時において、証券会社は取引所が保有するデータにアクセスできなくなり、サービス継続が困難となるが、ブロックチェーンで構築したシステムで障害が発生した場合には、証券会社は自ノードに障害直前までの整合性のあるデータを保持しているため、残高照会等の情報提供サービスは継続が可能であると思われる。

以上のように、全ノード／各システムの完全稼働を目指すのではなく、障害時においても正常稼働するシステムのみ利用し、部分的にでも業務継続させる「フェールソフト (Fail soft)」の概念で対応すれば、BCP (Business Continuity Planning：事業継続計画) における費用対効果は高いと判断する。

しかしながら、振替指示等の取引サービスに関しては、通信回線障害時に更新データが他ノードに到達しない事態が想定され、復旧後に同データが破棄される可能性が高い。実運用を考慮する場合、障害時には更新系サービスを利用不可とするなど、現状システムと同等、ブロックチェーン環境外部における運用面の工夫が必要となる。

要求事項④ 汎用的かつ保守性の高い安価なサーバで構築・運用可能である。

これまで述べてきた通り、ブロックチェーンは機器とソフトウェアの構築、及び冗長化設定が容易である。このため、単体で多重性を持った高価なサーバではなく、汎用的なサーバにて稼働が可能とされている。また、構築後のシステム運用保守については、ストレージの知識が不要であること、全てのノードを画一的な構成とできることから、スキルの高い IT 人材でなくても対応可能と言える。さらに、機器故障時の保守対応については、ベンダーサポートに依存するのではなく、サーバごと予備機と交換する等、自前に対応可能な方式への切り替えで、高い保守性とコストメリットの両方を享受することができると考える。

以上の通り、ミャンマーにおける要求事項 4 点に対して、ブロックチェーンが持つ特性は有効であり、適切に導入できた場合の効果が比較的大きいのではないかと想定する。これを受けて、次章以降では、ブロックチェーン導入に向けた具体的な検討のために行った実機検証に関して説明する。

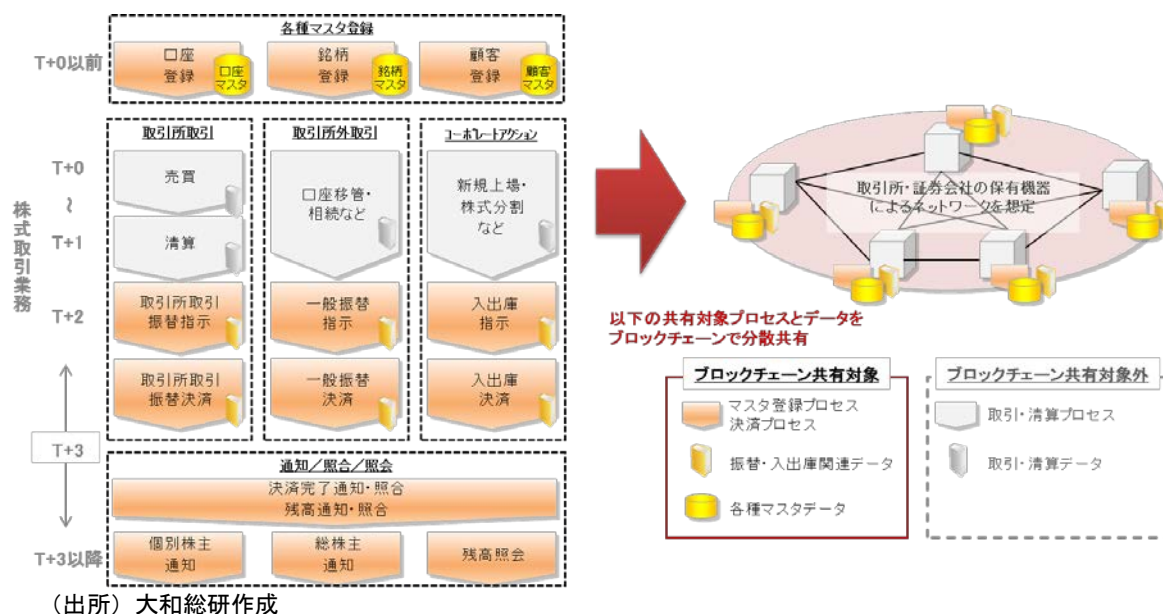
第5章 実証実験概要

ミャンマー資本市場を対象に、ヤンゴン証券取引所、並びに現地証券会社の両システムへのブロックチェーン技術適用を想定した実証実験を実施した。前章の要求事項4点を踏まえ、本検証で対象とする証券業務の範囲と検証項目を以下の通りとした。

5.1. 証券取引業務からみた実証実験範囲

今回の実証実験では、①各種マスタ（銘柄、口座、顧客、口座管理機関等）登録作業、②取引所内外取引の振替指示から決済処理までのプロセス、並びに③コーポレートアクションに伴う入出庫指示から決済処理までのいわゆるポストトレード・プロセスを対象とした（図表10）。なお、決済は証券決済のみで資金決済は対象外としている。ブロックチェーン上で稼働する業務アプリケーションの仕様に関しては、現行システムを可能な限り忠実に再現した。併せて、新機能の位置付けで、ブロックチェーンの実装によって実現可能と思われる一連の通知照会業務も範囲とした。

図表10 既存業務と実証実験対象範囲



5.2. 実証実験の検証項目

5.2.1 ブロックチェーンの適用による既存業務機能への影響

対象とする既存業務機能のブロックチェーンを活用した実装、また一部業務プロセスの簡略化の可否を確認した。具体的には、現在のヤンゴン証券取引所及び現地証券会社の業務フローやデータフォーマットを継承した上で、図表11に示す機能について確認した。

図表 1 1 実証実験で実装した既存業務機能

機能説明	対象データ	
	テーブル名	項目数
(1) 各種マスタ登録／照会機能 - 取引所及び証券会社にて決済データを登録するために必要となるマスタデータを登録／照会 - 発行体については自社株の情報のみ、投資家は本人情報のみ照会可能	銘柄	17
	口座	14
	顧客	10
	口座管理機関	9
(2) 入出庫／振替指示登録／照会機能 - 一意性、各種マスタとの整合性、登録権限をチェック - 決済前の登録情報は変更／削除可 - 振替指示については、現行と同様に受付締切時間を設定 設定時間以降は受付エラーとする	入出庫	13
	振替指示	23
(3) 決済機能 指定された入出庫／振替指示データを決済し、 決済完了データを作成	決済情報	16

(出所) 大和総研作成

また取引量に関しては、同証券取引所の現状を基に数年後の増加見込を推定した規模を用いて検証した（図表 1 2）。

図表 1 2 証券取引業務の前提条件

証券会社	10社
銘柄数	80銘柄
口座数	300,000口座
約定件数	5,800件/日

(出所) 大和総研作成

5.2.2 ブロックチェーンのメリットを活用した新機能追加の可能性

前述の通り、通知照会業務を中心に、ブロックチェーンの特性を活かしたシステム機能の実装による新たな業務の追加可否を検証した（図表 1 3）。

図表 1 3 実証実験で実装した新規業務機能

機能説明
(4) 残高照会／株主通知機能 - 決済情報及び残高情報が決済日ごとに閲覧可 - 利用者の属性に応じ、株主通知情報を出力（発行体：総株主通知、投資家：個別株主通知） - 共有口座の場合は、口座に属する全投資家情報を出力 ※ミャンマーでは夫婦や親子の間で口座を共有名義にすることが一般的

(出所) 大和総研作成

5.2.3. 非機能要件

証券取引に関する業務要件以外に、図表 1 4 に掲げる情報システムを起因とした非機能要件を確認した。特に電力供給や通信回線事情、さらには機材調達から技術者数とその技術レベルまで、ミャンマーが抱えるインフラ環境面での様々な課題に対して、ブロックチェーン適用が解決の糸口となり得るか考察した。さらにこれら諸要件に加え、各種マスタ、振替指示、決済等の全情報をブロックチェーンに保有させる仕組みを構築することで、ブロックチェーンがデータベース機能を代替するか検証した。

図表 1 4 非機能要件に関する確認事項

項目	内容
処理性能	既存システムと同等以上のスループット
セキュリティ	他社情報、個人情報に対する参照制御が設定可能
保守性	スマートコントラクトやデータの保守が容易
可用性	ノードやネットワークの障害が発生してもサービス継続可能
拡張性	ノード追加作業が容易
サーバスペック	安価なサーバ環境で構築可能

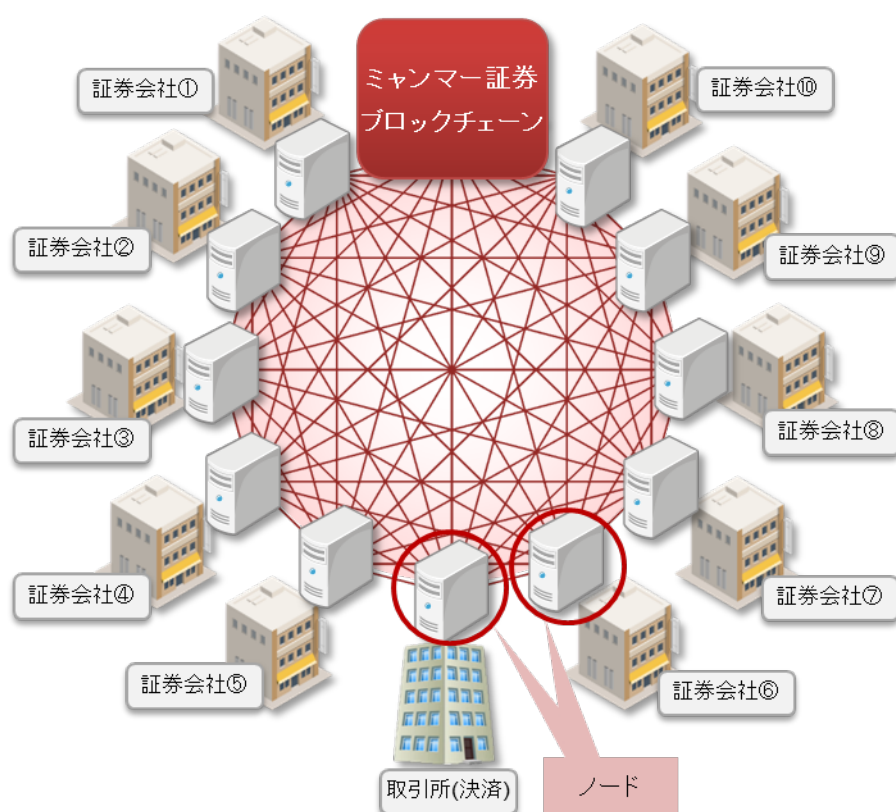
(出所) 大和総研作成

5.3. ブロックチェーンを適用した検証環境構成

上記の証券業務機能を実装するにあたり、「スマート・コントラクト」機構を有し、仮想通貨プラットフォームとしても稼働実績があるブロックチェーン・ソフトウェアの“Ethereum”を使用した。

また、本検証においては口座・顧客マスタ等、個人情報を含む情報をブロックチェーン内に保有することから、ビットコインとは異なり、ノード内の情報を一般公開しない環境を整備する必要がある。従って、取引所及び証券会社がノードを保持し、かつ外部へノードを公開しない「コンソーシアム型」のブロックチェーン構成を採用した。また取引所と証券会社が各自でノードとシステムを保有・運営し、投資家や発行体は彼らのシステムを利用する前提とした(図表 1 5)。

図表 1 5 検証環境構成概念図



(出所) 大和総研作成

第 6 章 机上の想定と検証結果の比較分析

6.1. 機能要件に対する評価

まず検証対象とした証券取引業務に関して、ブロックチェーンのスマート・コントラクト機能を利用してアプリケーションを開発できたものの、開発工程においてコンパイル処理がエラーとなるケースが多数見受けられた。エラー発生の原因として、Ethereum のスマート・コントラクトにはアプリケーションのファイルサイズや処理の複雑度に対して制限・制約が設けられていることが挙げられる。従って、複雑な処理ロジックを含む業務への適用を回避する、或いは、単純なプログラム・コマンドのみ利用することで処理ロジックを簡素化する等、ブロックチェーン上でのアプリケーション開発規約が必要となるであろう。

一方で、残高照会や株主通知機能等、ブロックチェーン導入によって実装が容易となった新規業務機能については、想定通り実装・サービス提供できることを確認した。

6.2. 非機能要件に対する評価

非機能の評価項目に関しては前章の図表 14 で述べた 6 項目に加え、ブロックチェーンがデータベース機能の代替になり得るか検証し、その結果について「制約条件の下で概ね期待通りの項目」、「改善が必要であるが対応可能であると考える項目」、並びに「大幅な改善が必要で、今後、対応に時間を要すると思われる項目」の 3 種類に分類して、各項目について評価していく。

6.2.1 制約条件の下で概ね期待通りの項目

① 可用性

今回の実証実験の対象とした証券取引業務に関して、ブロックチェーンを構成する複数台のノードが停止しても、正常稼働する他ノードを利用して業務継続可能であること、具体的にはあるノードが保有管理するデータが消滅しても、他ノードにあるデータを利用してサービス復旧できることを確認した。併せて、通信回線障害が発生した場合においても、各ノードにおいて参照系サービスのみ継続が可能であることを確認した。また、実証実験前の想定通り、障害時に自ノードでデータ処理を継続した場合、ノード間で保有するデータ同期が困難となり、復旧後に更新内容が破棄される現象が見受けられた。この現象については、第 4 章で述べた通り、現行システムと同様、データ更新処理を停止する等、運用面の取り決めが求められる。

② 拡張性

ブロックチェーン環境に新規ノードを追加する際、各ノードへの冗長化製品の導入や複雑な冗長化設定を留意することなく、ノードが追加可能であることを確認した。これにより新規参入証券会社、或いはすでに取引所会員である証券会社の支店追加が、現行の本番システムと比較し

て容易であることが期待できる。一方、新規ノード追加時に接続試験を実施することになるが、ブロックチェーンの特性上、プログラムとデータの修正や削除が困難なため、本番のブロックチェーン環境にて別途、接続試験用のアプリケーションとデータを用意する等、試験方法と手順を十分に検討する必要がある。

③ サーバスペック

低トランザクション処理の場合には安価なサーバ構成でもサービスを提供できることが確認できた。大量データや高トランザクション処理の場合には処理が著しく遅延したため、アプリケーションの見直しと高スペックのサーバを導入してスループットを向上させる必要がある。

6.2.2 改善が必要であるが対応可能であると考える項目

① セキュリティ

Ethereum には各ノード間で保管するデータに対するセキュリティ機能が具備されていないため、スマート・コントラクトに権限管理機能を追加開発し、市場参加者は自社の顧客及び取引に関する情報のみ参照可能な環境を構築した。しかしながら、この状況ではブロックチェーン環境の管理者にはノード上で保有する全データが参照できるため、データ暗号化機能を追加することで、別途、完全に参照権限を管理することが要求される。暗号化の導入に際しては、ブロックチェーンの分散管理による利点を極力損なわないよう、中央管理者の介在範囲を極力限定する方式が望ましい。

② データベースとしての評価

ブロックチェーンと外部データベースの棲み分けについて、現時点で確立された理論は存在しないことから、今回の検証では、あえて全てのデータをブロックチェーン上に載せることであるべき境界線の見極めを試みた。

検証により顕著な問題となったのは、検索、並び替えといった、通常のデータベース機能がブロックチェーンに存在しないことである。今回求められた要件の範囲ではブロックチェーン上にこれらの機能を自作することができたが、機能に汎用性がなく、複雑なプログラムとなった。この経験を踏まえ、検索、並び替えが必要なデータに対しては、外部データベース併用方式が望ましいと考えている。各ノードが必要に応じてブロックチェーンのデータを外部データベースにコピーし利用することで、ブロックチェーンの自動データ連携仕様と通常のデータベース機能の双方の利点を生かすことができる。

また、今回実装した株主通知機能では、各ノードより個人情報にアクセスするためにブロックチェーン上に個人情報を載せる必要があったが、個人情報を含む重要データをブロックチェーンに持たせるべきでないという議論もある。ブロックチェーンの特徴でもあるデータを全ノードで共有する分散台帳機能を損なわず機密性を持たせるためには、暗号化機能を有する分散データベースの利用が有効と考えられる。ただし分散データベースは権限管理が中央集権型であり、また通信回線障害による分断時のサービス継続はできないため、上述したブロックチェ

ーンにおける可用性のメリットは得られない。個人情報を含む重要データの扱いについては、分散データベース方式とセキュリティ項で触れた暗号化の両方式について引き続き検討が必要と考える。

6.2.3. 大幅な改善が必要で、今後、対応に時間を要すると思われる項目

① 処理性能

まず、ブロックチェーン上で管理する口座マスタに対して、30 万件に及ぶ口座情報の登録作業を実施したが、データを順次投入すると処理がほぼ停滞した状態に陥り、ブロックの作成処理が完了しなかった。このため、投入データ数を少数ずつ分けた上で一定間隔を置いて投入したところ、マスタの登録作業を完了することはできたが、数十時間を要した。また 30 万件登録されたマスタの検索処理には 10 分程度かかった。次に振替処理の性能検証を実施したが、登録作業の処理パフォーマンスと同様に、データ数の増加に伴って、スループットが指数関数的に悪化した。対応策として、データ処理タイミングとデータ構造を考慮すると共に、アプリケーション処理ロジックを単純化することが挙げられる。しかし、処理性能悪化はブロック作成処理の仕様に起因している部分が大きいと考えられるため、チューニングによる性能向上は限定的になると考えられる。

② 保守性

スマート・コントラクト上のアプリケーションを改修した場合、改修前に同じコントラクト上に保有管理しているデータを継承できないため、当該アプリケーションの処理に関係する全データを改めて新規登録しなければならない。従って、アプリケーション保守作業に膨大な手間がかかり、頻繁にアプリケーションを改修することが非常に困難である。さらに先述のスマート・コントラクトへのデータ登録作業に時間を要することも、問題を一層深刻化させている状況にある。現時点の改善策としては、アプリケーションの改修頻度に応じてスマート・コントラクトを分離する、若しくは初期開発の段階からデータ移管を想定した機能を組み込む等の工夫が想定されるものの、根本的な解決策には至らず、ブロックチェーン・ソフトウェアの大幅な改善が急がれる。

6.3. その他、検証で得られた重要な知見

① ノード保有者に対するインセンティブとセーフティネット

実運用を想定した場合、証券会社の規模の大小により各社のシステム利用量は異なるため、ブロックチェーンのノード保有者間で不公平とならないようなインセンティブの仕組みが必要と考える。一方、特定の証券会社によるブロックチェーンに対する大量処理の投入が、他ノードのシステム障害を引き起こすことがないよう、セーフティネットに関する検討も求められる。

これらの課題に対して、統計値を基にブロックチェーン外でのルールによって対応する方法

は容易に考えられるが、非中央集権管理の実現を目指し、今回の検証では Ethereum の持つ手数料機構による解決を試みた。この手数料機構により、処理要求に対しては負荷に応じた手数料が求められ、処理量があらかじめ設定した制限値を超えた段階で処理が停止することとなる。こうした検討を踏まえ検証を行った結果、手数料機構の挙動自体は想定通りだったものの、実運用に向けては多くの課題を残すこととなった。

検証開始当初、手数料不足による処理停止頻発を受け手数料の制限値を一律で引き上げたが、今度は特定の処理が長時間完了しない問題が発生した。この制限値は処理要求ごとにも設定ができるが、チューニングに関するノウハウが不足しており適切な値の設定が困難であった。

また、手数料機構はこのブロックチェーン上でのみ使用可能な仮想通貨でやりとりされるため、仮想通貨の発行、法定通貨との交換、証拠金の運用などに関するルール策定が必要となる。これらのルールは、今回対象外とした資金決済のブロックチェーン化に際しても求められることから、合わせての検討が効果的であろう。

今回使用した手数料機構はパブリック型を前提に作られた Ethereum の特徴的な機能であるが、別のブロックチェーン・ソフトウェア採用の際にも、これに代わるインセンティブとセーフティネットの仕組みが求められ、本検証にて得た知見は有用と考える。

② 時間の概念に関する差異

非中央集権管理という特性を持つブロックチェーンでは、時間に関する概念が従来と異なる点に注意が必要である。ブロックチェーン・ソフトウェアにおいては、時刻よりもブロック数が基準となる傾向が見受けられるが、その理由は、ノード間の時刻同期の仕組みが存在せず、正確な時刻の特定が難しいからであると考えられる。

多くの情報システムでは特定の時刻に処理を開始するタイマー実行処理を利用しているが、Ethereum のタイマー実行処理機能については調査の範囲では発見に至らなかった。よって、タイマー処理が必要な場合にはブロックチェーン外の中央集権的な機能に頼る必要がある。

また、処理要求のノードへの到達順序と実際の処理順序が必ずしも一致しないことから、証券取引における時間優先の原則が守られない可能性がある。これは証券取引においては大きな課題となるが、ザラ場方式を採用する先進国と異なり、1 日 2 回の板寄せ方式を採用するヤンゴン証券取引所では回避可能と考えられる。このように、多少の課題があっても適用検討を進められる点も、新興国を対象とする利点と言える。

第7章 まとめ

今回大和総研が行ったヤンゴン証券取引所の証券決済業務を対象とした実証実験を通して得た成果をまとめると、以下の通りである。

- ・ 証券決済業務で実証実験を行った範囲内（振替指示、決済、残高参照等）、かつ一定条件のビジネス環境下であれば、ブロックチェーンを利用した場合でも、現行サービス機能を再現できることが分かった。
- ・ ブロックチェーンの特長により、業務フロー改善の可能性がある。例えば、総株主通知の既存の業務フローでは、全証券会社に対して保有株数を確認する多大な手間が発生するが、ブロックチェーンの利用により発行体が独自で保有情報を確認できた。
- ・ ミャンマーにおけるインフラ環境の課題を解決する手段となり得る。汎用的で安価なサーバによるサービス提供、専門的な IT 人材が限定的な環境でのシステム運用、通信回線障害や停電が発生した場合の一部サービス継続、複数ノードによる相互バックアップなどのメリットが確認できた。
- ・ 実用化を考慮した場合、ブロックチェーン・ソフトウェアの改善を要するような課題が複数存在する。まず、マスタ登録や振替処理などをヤンゴン証券取引所規模で実行する場合に、処理性能面で問題があった。これはサーバスペックのみならず利用技術や実装方法も影響している。加えて、ブロックチェーン上のアプリケーションのバージョンアップに合わせてブロックチェーン内の全データを再作成する必要があり、保守性において大きな制約となる。さらにスマート・コントラクトの機能制約、データベース機能（データ検索処理）やデータ参照権限機能の不足などの課題も明確となった。これらの課題に対応するため、Ethereum 等のソフトウェアにおける機能追加・改善が求められる。
- ・ ブロックチェーンを利用したシステム構築や運用についての十分な経験とノウハウ蓄積が必須である。現状ではブロックチェーン技術を保有した人材、実環境での利用を見越したシステム構築事例の双方とも極めて限定的である。このため、ソフトウェアの評価を継続的に行うと共に、パイロット的プロジェクトの実施によりベストプラクティスを積み上げることが有意義と考える。

上述の課題に対応できれば、第4章で述べたメリットが顕在化することから、ミャンマーや新興国における資本市場システムにおいてブロックチェーンを導入することに、有効性がありうると大和総研では結論づけた。特に、ヤンゴン証券取引所は上場企業や証券会社数が少なく、ステークホルダーも限定されることから、成熟した先進国と比較して導入が進めやすい点はメリットとなる。ただし、その場合でもすでに稼働を開始したミャンマー資本市場の基幹システムへの導入は、段階的かつ慎重に行うことが現実的である。

一方、先進国の導入においても一定のメリットを享受することができるものの、その成熟度

が最大の障壁になると考えられる。長年にわたり証券業界全体で集中管理による証券市場の整備や法規制を進めてきたため、新たな仕組みを導入することとのトレードオフを改めて評価する必要がある。加えて、取引所、決済機関、証券会社といったステークホルダーが多数存在し、規制機関とも連携しながらシステム刷新を推進する必要があることから、相当の時間を要することが想定される。このため、先進国におけるブロックチェーンの適用分野は、新たな仕組みによる効果が想定しやすい海外送金や、市場全体でのシステム化が限定的な商品取引などから始まると考えられる。

ブロックチェーンは、まだ発展途上の技術であるものの、集中管理による効率化を推進してきた証券業界において、革新的な変化をもたらす技術となる可能性がある。大和総研は、今後も引き続きブロックチェーン技術の進化を追いながら、その適用に向けた検討を進めていく所存である。