

ブロックチェーンを用いた非集中型学習支援システムの提案

堀真寿美^{†1} 小野成志^{†1} 宮下健輔^{†2} 坂下秀^{†3} 喜多敏博^{†4}

概要: 学習支援システムは、サーバーを中心に据えた集中型のシステムであることがほとんどである。これは、従来の学校という教育システムが、教室で一人の教師が多くの学生に教えるという仕組みを持つ以上、自然な構成でもある。しかしながら、最近のMOOCに代表されるようなオンライン教育システムの進展に伴い、学校という仕組みと教師は背景に退き、学習者中心の教育を推進することが大きな教育効果をもたらすことがわかってきている。教育方法のこのような進展に対して、従来の集中型学習支援システムの対応は不十分である。今回、学習者中心の教育向け非集中型教育システムをブロックチェーンで構築する試みを行った。その実験結果について報告する。

キーワード: ブロックチェーン, 電子書籍, オープンエデュケーション, 学習経済

Decentralized Learning Support System Using Blockchain

MASUMI HORI^{†1} SEISHI ONO^{†1} KENSUKE MIYASHITA^{†2}
SHIU SAKASHITA^{†3} TOSHIHIRO KITA^{†4}

Abstract: The learning support system (LMS) is mostly a server-based centralized system. This is a rationalized structure, as the traditional school has a mechanism in which one teacher teaches many students in one classroom. However, with the development of the online education system represented by the recent massive open online courses (MOOC), it has become clear that promoting the learner-centered education will bring about highly educational effects without the brick-and-mortar schools. Therefore, the conventional centralized LMS is inadequate for such progress in education. We report some experimental results of construction of a decentralized education system for learner-centered education with a blockchain.

Keywords: Blockchain, e-book, open education, learning economy

1. はじめに

2009年から稼働し続けているBitcoinTMは、非集中型管理による、通貨の発行と流通が可能であることを世の中に示した。そして、BitcoinTMの技術基盤であるブロックチェーンは、通貨取引以外のデータの記録、プログラムを自動執行するコントラクト、現実世界から信頼できるデータだけを取り込むオラクルなどの実装が進み、非集中型管理モデルとして、BitcoinTMとはまた異なる進化を遂げようとしている。ブロックチェーン推進者の多くは、ブロックチェーンを利用することで、BitcoinTMが通貨の世界で成功したように、中央集権化された社会の様々な仕組みを、非中央集権化できると考えている。

教育分野では、ブロックチェーンの適用が金融部門などの他の分野に比べかなり遅れていたが、2018年以降、一斉に様々な提案が見られるようになってきた。その多くは、中央集権化された教育からの転換を目指そうという試みである。

もともと従来の学校で行われている集中型管理型の教育は、情報を効率的に伝達するために優れた手段である。た

だし、この集中型管理の教育方法が効果を発揮するためには条件が二つある。第一に伝達すべき情報が安定的で変わることのない真理である事、第二に学習者は、概ねその内容を理解できるということである。

ところが、今日のような急速に変化を遂げて行く社会においては、多くの知識は時間とともに急速に陳腐化してしまう[1]。安定的な真理だけを学ぶだけでは、今日の社会が求めていることに対応できない。また、学習者は、急速な社会変化に順応して行くためにはひとそれぞれに異なった手間と時間をかける必要があり、画一的な教育では、このような学習者の個別の特性に応じることはできない。ここに集中型管理の教育の限界が発生する。

一方、非集中型管理の教育は、一人一人の個性に合わせて、必要な知識を柔軟に与える仕組みである。従って、知識社会が急速に進展している現代において、非集中型の教育が実現されれば、社会基盤として大きな価値を持つ。

非集中型の教育の技術的な条件は、既に出そろっている。現代は、インターネットの発展と拡大により、時間と空間を超え、人々は物理的な学校に通わなくても、いつでもどこでも学習することが可能となっているからである。しか

^{†1} NPO 法人 CCC-TIES
NPO CCC-TIES
^{†2} 京都女子大学
Kyoto Women's University
^{†3} 株式会社アクタスソフトウェア

Acutus Software, Inc.
^{†4} 熊本大学
Kumamoto University

し、非集中型管理の教育の課題は、そこで行われる教育の質の保証ができないという点にある。従来の学校に対する第三者機関のレビューという質保証の仕組みは、学校という集中型管理教育システムに対する仕組みである。非集中型管理の教育においては、学習者個々人の「学び」の成果を直接測定する必要があり、学校に対する質保証と同じ手法を適用することはできない。

この課題に対応するため、本稿では、学習経済モデルを提案する。学習経済は、学校あるいは教師が学習者に提供する「教え」ではなく、学習者自身の「学び」を保証する仕組みである。そのため、学習経済では、ブロックチェーンを利用して、学びを仮想通貨で取引し、市場原理に基づく学びの質を保証する。学習経済の効果はそれに留まらない。仮想通貨による学びに対する報酬は、学習者に主体的に知識を獲得する強い動機付けを提供することができ、従来の学校では実現することのできなかつたスピードで、知識の獲得と更新が可能となることができる。

このような学習経済の仕組みについて、以下では、2でブロックチェーン技術とその教育分野への応用事例を紹介し、3で学習経済を実現するアーキテクチャを紹介し、4で学習経済のプロトタイプによる実証実験を説明し、5 実験結果に関する考察を行う。6はまとめである。

2. 先行研究

2.1 ブロックチェーンの教育分野への応用

ブロックチェーン技術の教育分野への適用は、金融部門などの他の分野に比べ、遅れが見られ、ブロックチェーンが世界的にブームとなった 2017 年によく、成績証明書の管理程度の提案が見られる程度に留まっていた。ところが、2018 年に入ると、世界各国で、様々な先行事例が登場してきた。本章では、現在提案されているブロックチェーンの教育分野への応用のユースケースを説明する。

2.1.1 成績証明書発行・管理

教育分野において最も早くから行われているものが、学習者が習得した知識や能力を証明する証明書の発行である。これは、ブロックチェーンの真正性、耐改竄性、永続性を利用して、偽造、改ざん、消失といったそれまでのデジタル証明書の欠点を解決しようとするアイデアである。

MIT メディアラボと Learning Machine は、成績証明書管理システム「Blockcerts」を発表している[2]。サンフランシスコのコンピュータスクール Holberton School、シンガポールの職業大学 Ngee Ann Polytechnic では、既にブロックチェーンによる成績証明書管理システムを導入し、在校生に対し在学中から卒業後まで、いつでも QR コードにより簡単に成績証明書を取り出せるサービスを開始したと発表している [3, 4]。また、イギリスの Open University では、成績証明書の管理に加え、学習ポートフォリオをブロックチェーンに記録する Open Blockchain プロジェクトを発表

している[5]。

ブロックチェーン推進者は、これによりにより、認可された教育機関以外の機関や個人でさえも信憑性が高く検証可能で永遠に保持することができる証明書を発行することができるとしている。

ただし、ブロックチェーン技術は、あくまでも入力された情報そのものは正しいという想定の上の技術である。従って、現在の証明書自体の価値と証明書の質の保証は、証明書を発行する機関の信頼に基づいている。

2.1.2 個人教育

学校という組織を介さず、教師と学習者が直接向き合う教育を Woolf や ODEM は提案している。

Woolf は、Oxford の研究者と研究グループで開始するとしている、トップランクの高等教育機関の教員と個人のマッチングである。学習者が様々な条件を入力すると、学習者の要望に最も適した教授が紹介され、ブロックチェーンのコントラクトに同意すると、指導を受けられる。チューターリングの方法は、対面あるいはスカイプなどを利用した一対一の講義であり、この点で MOOC(Massive Open Online Courses)などのオンライン教育とは異なる[6]。

ODEM も同様に、学習者と教師のマッチングである。学習者は、教師がオンラインで開催する様々なイベントやプログラムに参加し学習をする。ODEM は既にサービスを開始しており、プラットフォームでは複数のイベント、プログラムが提供されている。

Woolf の CEO は、Woolf は学生にとってはタクシーに代わって Uber™ 利用するようなものであり、教師にとっては宿泊施設を利用する代わりに Airbnb™ のサービスを受けるようなものである[7]と述べているように、学校組織という仲介者の存在をなくすことで、低価格で学習者に最も有利な教育を提供することが可能であるとしている。さらに、いずれの場合でも、教員個人が修了証明書を発行していることが、従来の学校が発行する証明書との違いである。また、教師から発行される修了証明書は、Woolf、ODEM のいずれも、教師が学習者一人ひとりを評価するため、学習者の多様な能力を評価できることが期待できる。

一方で、一対一での指導を前提としているこれらの事例では、教師にも利益を提供すると同時に、学習者に低価格で教育を提供する必要があり、それだけの利益をどのようにして生み出すかという課題がある。また、Woolf は、そもそもエリート大学の教師というブランドにより、信頼を確保しており、ODEM は修了証明書を学校が承認し、学校の単位として認めるようにすることで信頼を確保しているが、それらは、結局、伝統的な学校の権威を利用したものであり、本来の意味で、教師が提供する修了証明書の信頼をどのように高めるかについては、解決されていない。

2.1.3 雇用とのマッチング

学習者と企業の雇用のマッチングを行うのが、TutellusTM ^a, BitDegreeTM ^bである。

両者とも、教師と学習者にオンラインコースのマーケットプレースを提供し、仮想通貨でオンラインコースの直接取引すると共に、オンラインコースの試験の成績やコース完了証明書がブロックチェーンに記録され、それにより企業が人材発掘を行う仕組みである。ただし、学習者の評価方法は、通常のオンライン教育と同じような試験や課題提出で評価される。この方法は、人材の掘り起こしに有効であるとして、多くの企業からの支持を受けているだけではなく、学習者が成績に応じて仮想通貨を獲得でき、推奨するオンラインコースを受講する学習者に企業が奨学金を出す仕組みを持っており、学習者にとっても大きなメリットがある。また、教師に独自の仮想通貨を発行し、学習者からの評価が上がると仮想通貨をより多く獲得する仕組みがあり、それによってオンラインコースの受講料以外の報酬を得られる。こうして、企業、学習者、教師のエコシステムが構築されることを目指している[8, 9, 10].

この仕組みでは、三者がそれぞれ利益を得ることができる。しかし、いずれも以下の二つの理由により、限られた範囲での学びの提供に留まる可能性がある。

第一に、この仕組みでは、テストの成績など従来の評価手法に基づく指標によって学習者を評価しているため、多様で目まぐるしく変化する現代社会における評価指標として限界があり、社会や企業が期待する学習成果を正確に反映した評価に結びつかない。第二に、雇用や仕事と直結しない、また実践性を伴わない、教養、自然科学、社会科学、萌芽的分野などには対応できない。

3. 学習経済モデルのアーキテクチャ

3.1 学習経済モデル

教育分野へのブロックチェーンの応用モデルとしての課題は、どのように「学び」の質を保証し、評価するかにある。中央主権型モデルの学校においては、学校の教育の質を保証することが、「学び」の成果を保証することにもなったが、非集中型管理の教育モデルにおいては、個々の学習者の「学び」の成果の質を評価する必要がある。

非中央集権型の教育の質を保証するため、我々は「学び」を取引する学習モデルを提案する。このモデルを「学習経済」と呼んでいる。学習経済は、1994年にLundvallら[11]が、国家のイノベーション能力を高めるため、政府として企業、教育機関、そして個人の学習にいかに関わるかが重要であることを説明する言葉として、提唱したものが知られている。我々が、本稿で提案する学習経済は、この学習経済の考え方をさらに拡張したものである。

学習経済は、学校や教師が提供する教育、すなわち「教え」の質ではなく、学習者自身の「学び」の活動の質を評価する。そのため、「学び」の定義を、学校で提供される、体系化された知識やスキルを習得することから拡張し、人々の日常生活や職場での活動そのものを含むものとして定義する。これは、イリイチ[12]が言う、人々の知識の大部分は、学校の外での「学び」から得たものであり、教師から得られたものではなく、これからの学習は、日常的な人間活動の不可欠な部分となる、という「学び」の考え方によるものである。

学習経済の概念図を図1に示す。

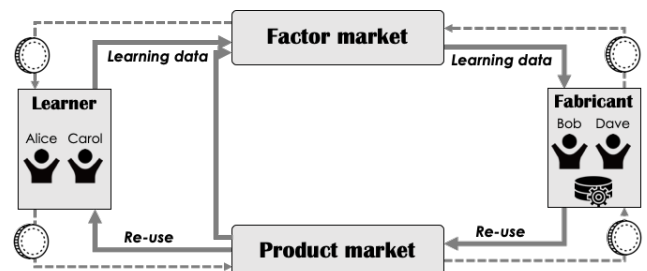


図1:学習経済の概念図

よく知られている市場経済原理に基づく経済循環は、「家計」、「企業」、「生産要素市場」、「財・サービス市場」の4人のプレイヤーが存在する。学習経済では、このうち「家計」と「企業」をそれぞれ、Learner と Fabricant に置き換え、「学び」の取引を実現する。

まず、Learner は、学習経済の定義による「学び」のデータ、すなわち、人々の日常生活や職場での活動で発生するデータを生産要素市場で販売する。次に、Fabricant はLearner の「学び」のデータを、素材として買い取り、加工し付加価値をつけて製品あるいはサービスとして、財・サービス市場でLearner に販売する。ここでFabricantは必ずしも人間である必要はない。Learner は、Fabricant の製品を購入し、それを利用することで得られた「学び」のデータ、すなわち体験のデータ、あるいは経験のデータを再び生産要素市場に提供する。これにより、学習経済に学びの循環が形成される。

市場経済の原理では、循環する市場において市場が十分に大きければ、商品の価値が不断に評価されて、商品に対して妥当な価格が形成され、そして質の低い商品は淘汰される。学習経済においても、同様に、学習者の「学び」のデータの価値が、市場経済の中で不断に評価されて妥当な価格が形成される。また、低品質、あるいは虚偽の情報が含まれるデータ・製品は排除される。

このような学習経済モデルは、次のような効果が期待できる。

- 学校という中央管理者の存在を置かず、学習者によ

a <https://www.tutellus.io/>

b <https://www.bitdegree.org>

る学びの循環により学びの質を保証することができる。

- 「学び」の強いインセンティブが、人々に生涯学び続ける意欲を与える。
- 研究者などの特定の人々のみが関わってきた知識の生産に、多様な人々が関わり、報酬を得ながら多様な知識を産み出すことが期待できる。

3.2 シナリオ

学習経済において、「学び」のデータは、SNS やブログに投稿した自らの考え・気づきのデータ、Web の行動ログ、ウェアラブルセンサーなどの IoT (Internet of Things) から得られた観察データなどを想定している。また、「学び」のデータを素材として生まれる製品は、マニュアル、研究論文、データ解析結果、教材、など様々なものが想定される。製品は製品になる前の半製品の場合もあり、それを加工して、最終の完成品になることも考えられる。

学習経済で考えるシナリオの一つを説明するために、ここで、アリス、ボブ、キャロル、デイブという四人の学習者を登場させる。①ベテランの農家であるアリスは、野菜栽培に関するブログを生産要素市場で販売する。②農業指導員であるボブは、アリスのブログを含めた複数のブログを購入し、そこからベテランの農家に共通する手技を見つけ野菜栽培のコツとして電子書籍を作成し、財・サービス市場で販売する。③初心者の農家であるキャロルはボブの電子書籍を購入し野菜を栽培する。そして、そこでの疑問点をブログとして生産要素市場で販売する。④ボブはキャロルのブログを購入し、電子書籍を改訂し、再び財・サービス市場で販売する。⑤さらに、ボブの電子書籍は生産要素市場を通して、研究者のデイブにも販売される。デイブはボブの電子書籍を引用して研究論文を作成し、財・サービス市場で販売する。

この仕組みで、アリス、ボブ、キャロル、デイブの情報は、市場に提供されると、生の情報は規格化され、加工された情報は電子書籍などのフォーマットに変換され商品化される。さらに商品のメタデータがブロックチェーンに記録され、本人のものとして知財管理される。商品化された情報は市場を通して価値が評価され、価値が価格に反映し、商品の生産者は報酬を獲得する。また、二つの市場で形成される経済循環により、商品の質が次第に昇華していくと同時に、循環過程で発生する経済的な淘汰により、低品質な情報や虚偽の情報を含んだ商品が排除され質が保たれる。

3.3 アーキテクチャ

学習経済モデルは、ブロックチェーンによる知財管理、CHiLO(Creative Higher Education Learning Objects)カプセル、オラクルといった主な3つの技術要素を持っている。アーキテクチャの概要を図2に示す。

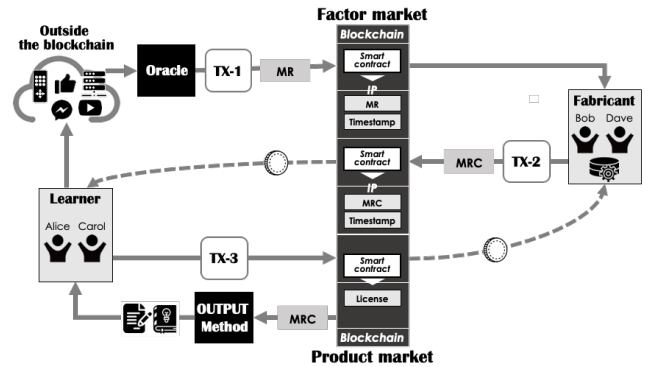


図2:学習経済のアーキテクチャ概念図

3.2.1 ブロックチェーンによる知財管理

学習経済モデルでは、「学び」を知財とすることで取引を行う。デジタルデータとタイムスタンプをセットで保管しておくことでデジタルデータが、その時点で存在していたという存在証明を行い、知財を管理することができる。ブロックチェーンのトランザクションは、トランザクションが発生した時刻とともに台帳に記録されるため、トランザクションとして、デジタルデータの権利所有者とデジタルデータのハッシュ値を記録することで、ブロックチェーンによる信頼性の高い知財管理をすることができる。先行研究としては、Binded のイメージファイルのハッシュ知財管理、Ledger Journal の論文管理、Bernstein Technologies のデジタル文書管理など、既に実証実験が始まっている [13]。

しかし、このブロックチェーンによる知財管理は、あくまでも記録した時点でそのデジタルデータが存在していたという、存在証明にすぎず、そのデジタルデータをだれがどのように利用したかという、知財の追跡を行うことはできない。

3.2.2 CHiLO カプセル

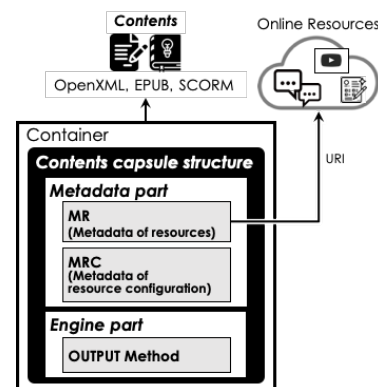


図3:チロカプセル概念図

CHiLO は、我々のプロジェクトで教育システムを実現する技術群の総称である。

学習経済では、このうちの CHiLO カプセルの技術を用いる事で知財の利用を追跡する。

CHiLO カプセルは、内部に、画像、動画、テキストなど

のリソースの実体を持たず、メタデータ部とエンジン部から構成されているコンテナファイルである。CHiLO カプセルのメタデータ部には、リソースの存在場所を示す URI(Uniform Resource Identifier)等を記述した MR(Metadata of Resource) と、リソースの集合のさせ方や体系的な構成を記述した MRC(Metadata of resource configuration)を持つ。そして、ファイルを開く際に、MR に従ってネットワークからリソースをダウンロードし、MRC に従って構成し、エンジン部の OUTPUT Method により OpenXML, EPUB, SCORM などの通用性の高いファイルフォーマットに変換され、表示される。

学習経済ではこの技術を拡張し、ブロックチェーンにおいて次に示すトランザクションをコミットすることにより知財の利用を追跡する。

TX-1:MR の記録 - インターネットなどのブロックチェーンネットワークの外に置いた Learner のリソースの MR を後述するオラクルにより抽出し、に記録する

TX-2:MRC の記録 - Fabricant が、MR の示すリソースを組み合わせ、MRC を作成に記録する

TX-3:コンテンツ出力要請 - Learner のコンテンツ出力要請に応じて、ブロックチェーンに出カライセンス情報を記述し、MRC を OUTPUT Method を実装したアプリケーションに渡しコンテンツを出力する

TX-1 及び TX-2 のプロセスにおいて MR と MRC がブロックチェーンに記録されタイムスタンプと共に保管されるため、MR の示すリソース、及びそれを組み合わせたコンテンツの知財を管理することになる。さらに、それぞれのトランザクションのコミットに対して、コントラクト(図2)を実装することで、データ利用に関する仮想通貨の取引が可能となる。このとき、MR を記録しコントラクトに従って Fabricant に提供するのが生産要素市場、作成した MRC を記録しコントラクトに従ってコンテンツを出力するのが財・サービス市場に相当する。

3.2.3 オラクル機能

学習経済において、もう一つの重要な機能は、ブロックチェーンにオラクル機能である。ブロックチェーンにおけるオラクルとは、ブロックチェーンの外側のデータをブロックチェーンが求める形式に合わせて変換し、データの信頼性を確保し、信頼性の確保において重要な役割を果たす。Web 上の情報などのブロックチェーンの外部の情報は、名乗り、改竄などセキュリティの側面、また、フェイク、過ち、間違いなどといった内容の側面で信頼性が担保できないデータである。そのようなデータをブロックチェーンに記録する際、ブロックチェーンのオラクルを介すことで、

データは信頼性の高いものとなる。

4. 実証実験

以上の学習経済のアーキテクチャに基づくプロトタイプシステムを開発し、実証実験をおこなった。

4.1 実証実験の方法

実証実験では、人々が SNS に投稿した、日常の生活や職場での気づきを「学び」のデータとし、実際に仮想通貨を発行して学習経済モデルにおける、1) 知財の追跡、2) 学習者のインセンティブ、3) 学びの質保証、の可能性を検証した。なお、仮想通貨は現実の通貨と交換できないため、参加者にとっては単なるポイントであり、ポイントを獲得した参加者には特に特典を提供することはしなかった。

実験の筆者らの研究室スタッフ 15 名を対象に、2018 年 10 月から 1 月の約 3 ヶ月、開発したプロトタイプを提供した。

4.2 プロトタイプシステム

プロトタイプは、SNS, Web サーバー, エージェントシステムで構成した。システム構成を図 4 に示す。SNS は、オープンソースで提供されており、カスタマイズも可能な MastodonTMc を利用した。Mastodon は Twitter と同様のユーザインターフェースをもつミニブログサービスである。ブロックチェーンのプラットフォームは、Hyperledger FabricTM d を利用した。Hyperledger Fabric は、The Linux FoundationTM が主催する Hyperledger プロジェクトの 1 つである。

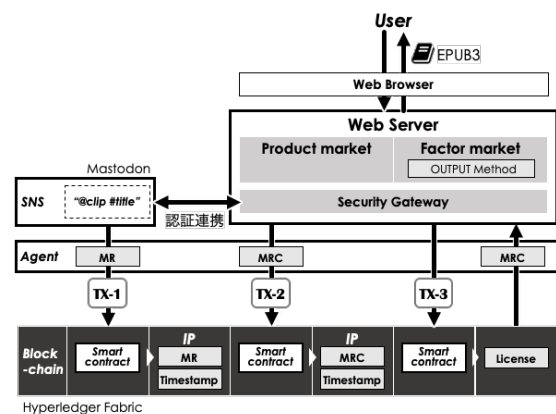


図 4:システム構成図

Web サーバーにはセキュアゲートウェイを実装し、SNS へのアクセス、ブロックチェーンへのアクセスはセキュアゲートウェイを介すこととした。このことにより、ブロックチェーンへのアクセスはセキュアゲートウェイを経由することとなり、ブロックチェーンが外部にさらされないようにした。また、MR, MRC, 及びユーザの仮想通貨残高の値はワールドステートに記録した。ワールドステートは、Hyperledger Fabric がもつキー・バリュー型のデータ領域で、データを上書きすることで現在の状態を比較的簡単に取得

c <https://github.com/tootsuite/mastodon>

d <https://www.hyperledger.org/>

することができる。

Learner と Fabricant の役割分担は持たせず、ユーザは Learner であり Fabricant でもあるとした。ユーザはプロトタイプにおける、トランザクションがコミットする具体的なプロセスを次に示す。

TX-1:MR の記録 - ユーザが、SNS に “@clip #タイトル” の文字列を含めた記事を投稿すると、エージェントが、クローリングし MR が抽出して、ブロックチェーンに記録する

TX-2:MRC の記録 - まず、ユーザがタイトルなどの MRC のフレームワークを作成し、エージェント経由でブロックチェーンに記録する。次に、Web に一覧表示される SNS の記事の一覧から、MRC に組み込みたい記事を選択すると、エージェントが MRC に選択した記事の MR を MRC に組み込んでいく (図 5)

TX-3:コンテンツ出力要請 - Web に表示されるされた一覧から、出力したい MRC を選択すると、エージェントがブロックチェーンにライセンスを記録し、MRC を出力する。Web アプリケーションに組み込まれた OUTPUT Method により、MRC から電子書籍が出力される。

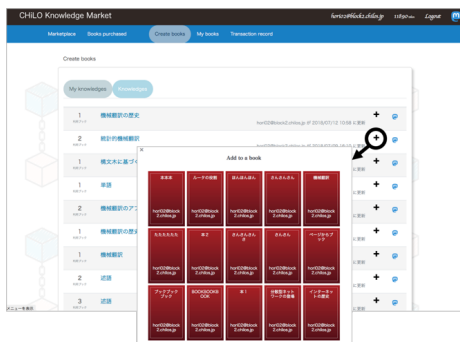


図 5 エディタエージェント ナレッジマーケット

また、仮想通貨の最小単位を 1CHL とし、表 1 に示すコントラクトを Transaction コミットの条件とした。

表 1 実装したコントラクト

TX-1	MR がブロックチェーンに記録されると、所有者 (投稿者) に 100CHL 付与される
TX-2	MRC 制作者は、MRC に組み込む MR の所有者に、200CHL を支払わなければいけない
TX-3	電子書籍を出力するには、MRC 作成者が設定した CHL を支払わなければいけない。支払われた CHL の 50%とは MRC 作成者に、残りの 50%をそこに含まれる MR 所有者で按分する。

4.3 トレース

トランザクションは、トレースすることができる。図 6 はブロックチェーンに記録されたトランザクションの実行結果である。\$class は、トランザクションを実行した関数、

mr_id 及び mrc_id はユーザがブロックチェーンに記録した MR 及び MRC の ID, user はトランザクションを実行したユーザ名、そして timestamp はトランザクションが発生した時刻である。すなわち、ユーザが作成した MR 及び MRC がタイムスタンプと共に記録されており、時系列で追っていくことにより知財の利用をトレースできる。

```
TX-1
{"$class": "org.chilo.block.CreateKnowledge",
 "mr_id": "k_abc424c5-9f82-4d12-830c-46b5de04d287",
 "user": "resource:org.chilo.block.User#alice@peer1-...",
 "transactionId": "d41b5bc2ba7ece9ffac006c3b2717e6c...",
 "timestamp": "2019-01-15T06:58:52.236Z" }

TX-2
{"$class": "org.chilo.block.AddKnowledgeToBook",
 "mr_id": "resource:org.chilo.block.Knowledge#k_abc...",
 "mrc_id": "resource:org.chilo.block.Book#b_c072fe3c...",
 "user": "resource:org.chilo.block.User#alice@peer1...",
 "transactionId": "2ebcaafd8629c959b3c68cfbaf7f8ce0...",
 "timestamp": "2019-01-15T09:52:20.191Z" }

TX-3
{"$class": "org.chilo.block.BuyBook",
 "mr_id": "resource:org.chilo.block.Book#b_c072fe3c...",
 "user": "resource:org.chilo.block.User#amy@peer1-...",
 "transactionId": "0ff96713438f4770de41736f6d8c6dc9...",
 "timestamp": "2019-01-15T10:01:49.739Z" }
```

図 6 : 記録されたトランザクション

5. 考察

実験結果から、学習経済が期待通りに動作することが確認できた。一方、参加者のインタビューからは、現在のプロトタイプのままでは、ユーザインターフェースと、コンテンツ制作の労力がかかっているという課題も明らかになった。

5.1 インセンティブ

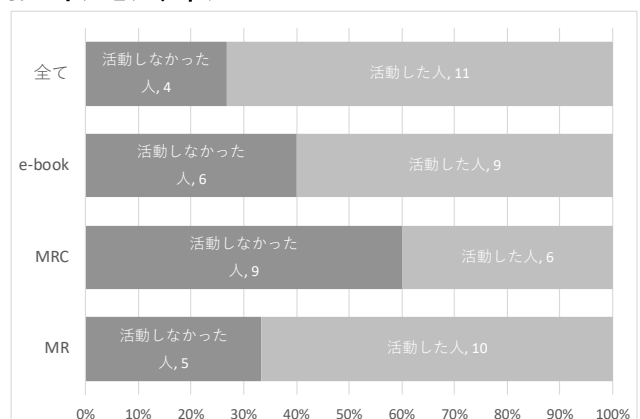


図 7 : ユーザの活動状況

ユーザ登録した 15 名のうち、ブロックチェーンに MR を全く記録しなかったユーザが 5 名で全体の 1/3, 全く MRC を作成しなかったユーザは 9 名で全体の 60%, 電子書籍を出力しなかったユーザは 6 名で 40%であり、全く何もせず見ているだけのユーザは 4 名で約 27%であった (図 7)。

一般的にインターネットにおいて閲覧するだけのユーザが、なんらかの発信をするユーザに比べ大多数を占めると言われている[14]。今回の実証実験では母集団が少ないものの、活動をしなかったユーザは何らかの活動をしたユーザを下回っている。実証実験における仮想通貨は、何の特典も得られないポイントであるが、それが参加者の活動にインセンティブを与えたのではないかと考えられる。

図8はユーザ毎のMR記録数、MRC記録数、仮想通貨の獲得数である。今回の実証実験期間で、に記録されたMRは344件で、うち上位3名のMR記録数が全体の約74%をしめた。MRCは20件で、上位3名が全体の約85%をしめた。また、仮想通貨の全体の収支は212,630 CHLで、上位3名が全体の71%をしめた。

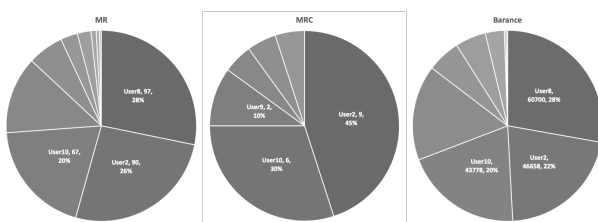


図8：記録されたMR及びMRCの各ユーザの投稿がしめる割合

5.2 学びの循環

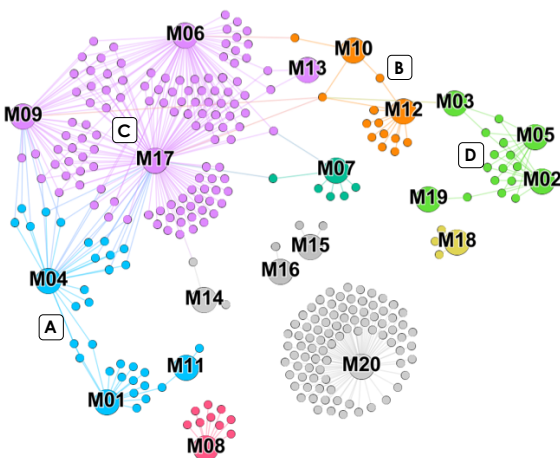


図9：MRとMRCの関係グラフ

図9は、ブロックチェーンに記録されたMRとそのMRを組み込んだMRCをエッジでつないだグラフである。図中のMRCのノードには、M01からM20のキャプションを振っており、MRのノードにはキャプションがない。また、MR及びMRCはモジュラリティに基づいてクラスタリングしており、クラスターAからJの10種に分類されている。モジュラリティに基づいてグラフを分割することにより、関連の深い要素同士をクラスタリングすることができる[15]。

クラスターA～Dには、一つのクラスターにMRCが複数存在している。このようなMRCは、組み込まれるMCが

同じ為、他のMRCと内容が非常に似通っていると言える。それぞれのMRCの作成者が異なることから、実証実験では内容が似通った複数のMRCが作成されたことがわかる。

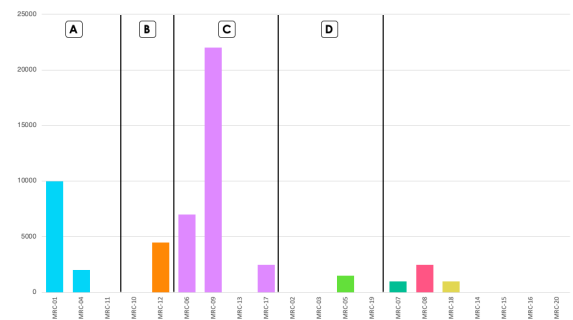


図10：ユーザ毎のMRの売上げ（左）、MRCの売上げと収支（右）

図10は、MRCの作成者が獲得した仮想通貨である。グラフでクラスタリングしたグループ毎に分けて表示している。特徴的な点は、仮想通貨を獲得したMRCが一つだけある点である。つまり、利用者は、似たようなMRCがあったとき、何らかの情報により、一つだけ選択して購入するという行動をとることを示している。

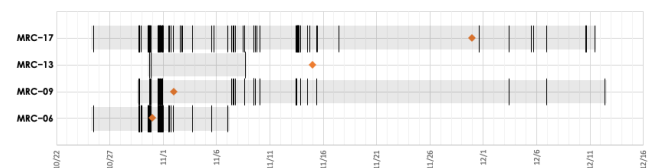


図11.MRのタイムスタンプ

図11は、クラスターCに分類されたMRC-06, 09, 13, 17に含まれるMRのタイムスタンプである。タイムスタンプが縦につながっているのが同じMRを組み込んだことになる。図中ダイヤモンドマークがMRCの作成日であり、MRC-06が最も早く作成され、次にMRC-09, MRC-13, 17が作成されていることがわかる。

5.3 ユーザインターフェースとコンテンツ制作

実証実験では参加者のインタビューを試みた。その結果、参加者からは2点の指摘があった。

第一に、SNSをユーザインターフェースとして学習成果を集めているため、中にはフェイクと言われる投稿も混じる可能性があり、さらにSNSに投稿する短い文書の中に、学習コンテンツとして利用可能な内容を埋め込むことは難しいため、学習コンテンツとしての質的な限界が発生する可能性がある。

第二にSNSをまとめて学習コンテンツを制作するには、相当の労力が必要である。

6. 結論

本稿では、ブロックチェーンの教育分野への応用モデルとして、仮想通貨により学びを取引する学習経済を提案し、それを実現するプラットフォームの実証実験を報告した。

実証実験は、学習経済モデルを実現する、最低限の機能をもつ素朴なプロトタイプを開発し、実験をおこなった。

今後、ユーザインターフェースの改良とコンテンツ制作の労力軽減という2つの課題を解決するため以下を実施する予定である。

- (1) 学習成果の対象範囲を、SNSだけではなく学習者がWebに投稿したブログや動画などに拡大し、学習者のより多様な活動を学習成果として評価するとともに、質の高い学習コンテンツとして流通できるようにする。
- (2) 学習コンテンツの制作を効率的に行うための、学習成果へのメタデータの付与、検索機能の強化、ある程度の自動制作を検討する。

とくに、学習コンテンツの自動作成は、ブロックチェーンを利用したインテリジェントカリキュラムの生成に発展することが考えられる

学習経済は、従来の学校制度では対応しきれない急速な社会の変化に即応する知識の獲得、現代の社会ニーズに対応する多様な知識の獲得に対応するアプローチとして、欧米においては既に先行事例が提案されている。学習経済は、価値を生む主体を教育提供側とはしない、つまり、対価を支払う対象を学校や教師から学習者にかえる概念である。このような全く新しい概念に基づく学習アプローチの可能性を検討するためにも、早急にプラットフォームを完成させたい、さらにはサービスを実現させたいと考えている。

しかし、物流、金融、コンテンツ流通などいずれの分野においても、ビットコインをしのぐユースケースは極めてすくないとの報告もされている[16]。

ブロックチェーンは、その技術要素である、P2Pネットワーク、分散台帳、偽造防止・暗号化技術、コンセンサスアルゴリズムにより、本人性、真正性、耐改竄性、永続性をといった特徴を持っている。しかし、これら特徴は、技術を用いず、従来の集中アーキテクチャにおいても実現できる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP7H01844 及び国立情報学研究所平成 29 年度共同研究戦略研究公募型課題番号 13 の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] Lundvall, Bengt-åke and Björn Johnson. The learning economy. *Journal of industry studies* 1.2., pp23-42, (1994)
- [2] MIT MEDIA LAB. Digital Certificates Project, <http://certificates.media.mit.edu/>
- [3] Campbell, R. (2016). Holberton School Begins Tracking Student Academic Credentials on the Bitcoin Blockchain. *Bitcoin Magazine*. <https://bitcoinmagazine.com/articles/holberton-school-begins-tracking-student-academic-credentials-on-the-bitcoin-blockchain-1463605176>
- [4] Rohaidi, N. (2017). Using Blockchain for student certificates slashes admin costs. *GovInsider*. <https://govinsider.asia/digital->

- [gov/patrice-choong-ngee-ann-polytechnic-campus-ecosystem/](http://patrice-choong-ngee-ann-polytechnic-campus-ecosystem/)
- [5] Open Blockchain. <http://blockchain.open.ac.uk>
- [6] Woolf WHITE PAPER Building the first blockchain university <https://woolf.university/assets/doc/whitepaper.pdf>
- [7] <https://www.thetimes.co.uk/article/oxford-academics-open-woolf-budget-uber-of-universities-5f6plmmtb>
- [8] Tutellus, Empowering people through Education. (2018), https://lib.tutellus.com/ico/pdf/tutellus.io_whitepaper_v3.22_en.pdf
- [9] BitDegree, White paper Revolutionizing Global Education with Blockchain, (2017), <https://www.bitdegree.org>
- [10] NTOK, World's first ecosystem to tokenize your talents Ecosystem for private tutoring and tokenizing talents, <https://ntok.io/docs/en/NTOK%20White%20Paper.pdf>
- [11] Lundvall, Bengt-åke and Björn Johnson. The learning economy. *Journal of industry studies* 1.2., pp23-42, (1994)
- [12] Illich, Ivan. *Deschooling society*. Harmondsworth, Middlesex, 1973.
- [13] Grech, A., & Camilleri, A. F. (2017). Blockchain in education.
- [14] Nielsen, J. (2011), "Participation inequality: Encouraging more users to contribute, 2006", available at: http://www.useit.com/alertbox/participation_inequality.html (accessed 18 January 2019).
- [15] Newman, M. E., & Girvan, M. (2004). Finding and evaluating community structure in networks. *Physical review E*, 69(2), 026113.
- [16] <https://www.mckinsey.com/industries/financial-services/our-insights/blockchains-occam-problem>