

令和 2 年 7 月 15 日現在

機関番号：94601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01844

研究課題名(和文) 発展途上国学習者に向けたブロックチェーン上で動作する学習支援システムの構築の研究

研究課題名(英文) A Study of Learning Support System Using Blockchain for Learners in Developing Countries

研究代表者

堀 真寿美 (Hori, Masumi)

特定非営利活動法人サイバー・キャンパス・コンソーシアムTIES (附置研究所)・附置研究所・主任研究員

研究者番号：00778037

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,800,000円

研究成果の概要(和文)：ブロックチェーン技術を用いた学習支援システムとして、学習経済モデルを提案するとともに概念実証実験(PoC)を行った。PoCに用いられるシステムには、(1)学習者がSNSに投稿した学習成果をブロックチェーンで記録する、(2)記録された学習成果に基づいて学習コンテンツを制作する、(3)知財を管理しながら学習コンテンツを販売する、(4)学びの収益として仮想通貨が学習者に還元されるという4つの機能を実装した。本研究の実証実験では、ブロックチェーンベースの教育システムが、途上国の教育における経済的な課題を解決するだけでなく、学習者に動機を提供する可能性があることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で提案した学習経済では、人々が日常生活や社会生活で得た、不確かな情報、感覚的な認知、様々な体験などから得た「学び」すなわち「知識だけではなく学びの過程」をも仮想通貨で取引し価値化する。その仕組みは、ブロックチェーン技術を応用して提供される。このような学習モデルは、本研究が開始されるまでほとんどみることがなかった。我々の研究発表の後、2018年になって、類似の流れを汲む学習経済の大規模な提案が米国などで行われるようになった。ただし、学びの価値化の具体的な仕組みは、本研究以外では提案されたことはない。本研究は、様々な点において非常に独創的であり学術的に高い意味を持っていた。

研究成果の概要(英文)：As a learning support system using blockchain, we proposed a learning economy model and conducted a proof of concept experiment (PoC). We implemented four functions in the system used for PoC; 1) record learning results posted by learners on SNS by blockchain, 2) create learning contents based on the recorded learning results, 3) manage intellectual property While implementing learning contents, and 4) returning virtual currency to learners as learning income. In the demonstration experiment of this research, it was shown that the blockchain-based education system not only solves the economic problems in education in developing countries but may also provide motivation to learners.

研究分野：教育工学

キーワード：ブロックチェーン 学習支援システム 電子書籍 オープンエデュケーション コンテンツカプセル

1. 研究開始当初の背景

発展途上国におけるオンライン教育の課題の一つは、特定サーバーによる学習管理システム **LMS (Learning management system)** の運用に伴う金銭的、人的リソースが不足している点にある。加えて、知的財産権等の整備状況も多様であるため、著作権管理やプライバシー対策の技術とノウハウをそのまま移転するのが困難である。この課題を解決するために、ブロックチェーンを用いた非集中型アーキテクチャの学習支援システムの開発を行うこととした。

ブロックチェーンは、運用コスト、可用性、プライバシー保護、セキュリティの確保に優れていると考えられた。このためブロックチェーンの技術を用いて、発展途上国の実情に対応した学習支援システムを開発できるという着想に至った。

2. 研究の目的

本研究では、次の二つを目的とする。

第一に、すでに開発されている **CHILO** と呼ばれる学習支援システムのアーキテクチャにブロックチェーンの技術を導入することで、発展途上国の実情に即した学習支援システムの開発を行う。

第二に、ブロックチェーンによる高い信頼性に基づく直接取引の実現が、オンライン教育の新たな潮流をもたらすかもしれないと言われているため、その可能性について明らかにするとともに、ブロックチェーン技術がもたらす新たなオンライン教育の手法とサービスを検証する。

3. 研究の方法

本研究以前にわれわれが開発した学習支援システム **CHILO** は、コンテンツカプセルと呼ばれるエンジン部とメタデータ部から構成される構造をとっている(図1)。エンジン部の **INPUT** メソッドにより、インターネット上のリソースの所在地と、リソースの組合せや学習順などの構造情報を、**LOM (Learning Object Metadata)** に基づいたメタデータとして記述され、そのメタデータは、**OUTPUT** メソッドにより **EPUB3** や **SCORM** などのファイル形式で出力される。これにより、**EPUB3** 形式で記述された **CHILO** は利用者からは電子書籍に見えるが、電子書籍を開いたときにメタデータ部の所在情報に従って、必要な学習リソースをインターネットからダウンロードしてオンライン学習環境を自律的に構築する。

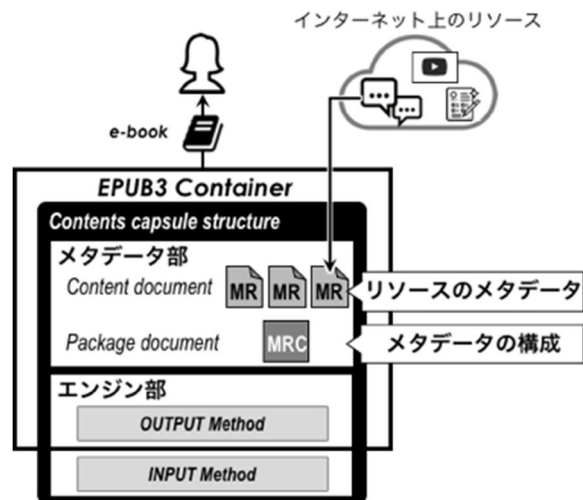


図1: コンテンツカプセル概要

本研究では、**CHILO** にブロックチェーン技術を導入し、**1. 学習者が SNS に投稿した学習成果をブロックチェーン記録する**、**2. 記録された学習成果を素材とした学習コンテンツを作成する**、**3. 知財を管理しながら学習コンテンツを販売する**、**4. 仮想通貨による収益が学習者に還元される**、という四つの機能からなる学習支援システムのプロトタイプを構築し、実証実験を行うこととした。

4. 研究成果

発展途上国におけるオンライン教育の課題解決のために開発された学習支援システムは、開発の過程でより汎用的な学習支援システムとなる事がわかってきた。このため、本研究はシステム開発により多くの時間を費やすこととなった。

(1) 概念モデルの設計

本研究では、**CHILO** にブロックチェーン技術を導入して行く段階で、概念設計を行った。その過程で、このシステムは、単なる学習支援システムにとどまらない、新しい概念を導入することとした。学習者の学習成果が自身の報酬につながる「学習経済」というモデルである。学習経済は、**3つ**の特色を持つ。第一に、知識だけではなく学びという知識獲得の過程を価値化するための仕組みである事、第二に、価値化の手段として仮想通貨の取引を利用すること、最後に、非集中型の学習モデルを採用し、学習者一人一人が取引できる市場を用意することにしたことである。学習経済における学びの循環モデルの概要を図2に示す。

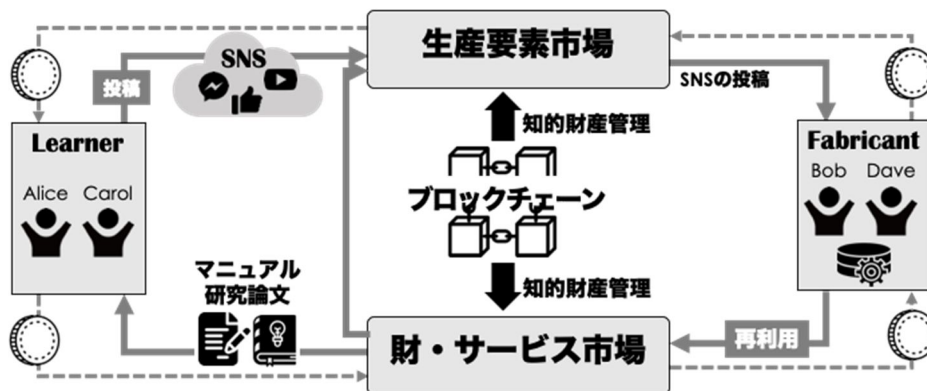


図 2: プロトタイプ概要

図 2 では、説明の都合上、市場を 2 つに分けているが、実際には一つの市場である。市場の取引は、コンテンツカプセル技術と仮想通貨によって行われる。生産要素市場には、個々の学習者の気付きなどが投入され、財・サービス市場は、生産要素市場から購入されたコンテンツカプセルを組み立てたいわば製品化されたコンテンツカプセルが投入される。この市場で、学びのカプセルが取り引きされる。

取引の例をこの図 3 にそって紹介してみよう。学習者は、日頃から日常生活やインターネットなどから学び、学習者の活動は電子的なセンサーで記録されていることもある。自分の日常の行動を含めた学習活動を振り返り、気付きをまとめて、電子的なノートに記録する。学びを売りたいと思えば、このノートと公開しても良いと思った行動記録などを学びのカプセルに入れて生産市場に投入する。仮にアリスという学習者がいて、農業に従事しているとしよう。アリスは、日々の農作業を記録し、気付いたことをノートにまとめる。それが田植えの時期の作業だとすれば、田植えに関する様々な情報がノートに記載されている。アリスがそれを市場に出すために、ノートとそれに伴う行動記録をカプセルに入れて市場に投入する。アリスが無意識に行っている植付のやり方が優れた結果を示していれば、市場では、高い価格で取引される。アリスのカプセルは、田植えという限られた情報のためそのまま利用されるよりも製品化されるための素材として生産要素市場で扱われる。

一方、別の学習者であるボブも農業者であり、農業指導員でもあるとしよう。そのため田植えだけでなく、稲作のための優れた技術を集めたプロダクトを制作したいと考えている。ボブはアリスのカプセルにある情報を見て、アリスのカプセルを購入する。アリスには、ボブから報酬が与えられる。ボブは、その他にも稲作に必要な防除や水管理、収穫などの素材を生産要素市場から購入して、それぞれの学習者の学習のプロセスなどを取り出し、組み合わせ、「稲の育て方」という製品化されたカプセルを制作し、財・サービス市場に出す。このとき、ブロックチェーンのコンテンツコントラクト技術を使って、アリスの成果の二次利用であることも自動的に記載される。最後に、農業を学びたい学習者キャサリンは「稲の育て方」を気に入って購入すると、報酬はボブに与えられ、同時にアリスにも二次利用の結果として報酬が付与される。

このようにして、学びはカプセルに入れられ、仮想通貨と交換されながら経済的な循環を行う。

(2) プロトタイプ構築

学習経済の概念モデルを実証するためにプロトタイプを構築した。

プロトタイプの具体的な実装概要を図 3 に示す。本プロトタイプでは、インターネット上のリソースを SNS への投稿記事に限定し、オープンソースで提供されている Mastodon 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オープンソースの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 Fabric 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。

SNS に投稿された記事は、投稿者の著作権情報と投稿者が指定した価格などの利用条件とともに、ブロックチェーンに記録される。電子書籍作成者は、そこから好みの投稿記事を選択肢、著作権者に仮想通貨を支払い、電子書籍を作成する。この電子書籍の情報も、作成者の著作権情報と利用条件ともブロックチェーンに記録される。学習者は電子書籍作成者に仮想通貨を払って電子書籍を購入する。

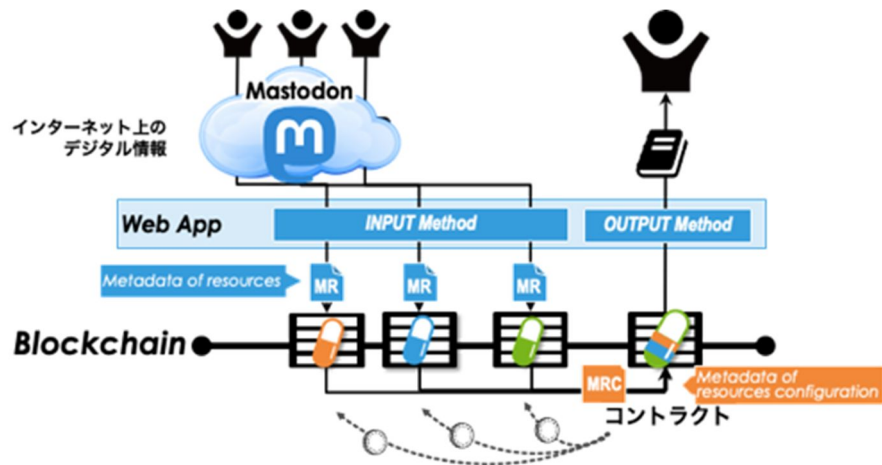


図 3: プロトタイプ概要

(3) 実証実験

プロトタイプシステムを用いた実証実験を実施した。実証実験は、筆者らの職場において、スタッフを対象に実施した。スタッフには実証実験であることは告げず、実証実験システムの使用方法だけを説明し、興味があれば使うように伝えた。また、参加者は SNS への記事の投稿、電子書籍の制作とともに自由に行える事とした。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。実証実験では、研究代表者が所属する研究室スタッフ 15 名を対象に、職場での気づきを学習成果として SNS に投稿し、何らかの学習コンテンツが作成できるか、獲得する仮想通貨が、参加者のモチベーションにつながるのか検証を行った。

実証実験の結果、ブロックチェーンを用いた学習支援システムには、教育の質保証、学びの成果の評価、学習者のインセンティブにおいて有効であることがわかった。

教育の質の保証

参加者は、類似の電子書籍がある場合、特定の電子書籍だけを好んで購入し、その結果、特定の電子書籍の売上げだけが上がる傾向を示した。これは、市場経済における参加者による商品価値の評価の傾向を示していると考えられ、教育の質を確保できる可能性がある。

一方で、本実証実験においては、SNS の投稿記事により、職場のノウハウや意見をまとめた電子書籍を作ることはできたが、それは知識と呼べるものまでには至らなかった。これは、参加人数が少なかったことと実験期間が短かったことに事による可能性もあるが、SNS のショートメッセージの、学習コンテンツとしての質的な限界である可能性がある。

学びの成果の評価

本実証実験においては、記事を多く投稿するものは、仮想通貨を多く獲得し、そういった参加者は多くの電子書籍を購入する傾向にあった。つまり、活発に活動している参加者ほど、多額の仮想通貨を獲得しており、仮想通貨は学習の活発さを表す指標となることがわかった。

しかし、学習者がどのような知識をどの程度、修得できたかについては、検証することができなかった。

学習者のインセンティブ

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、参加者のインタビューでは、他の参加者の仮想通貨の所有量が気になった。仮想通貨を獲得できると嬉しかった、といった回答があった。つまり、仮想通貨には、ゲーム的な要素があり、所謂ゲーミフィケーションの効果により、参加者にインセンティブを与えることができたと考えられる。

また、一般的にインターネットにおいて閲覧するだけの参加者が、なんらかの発信をする参加者にくらべ大多数を占めると言われている。今回の実証実験では母集団が少ないものの、活動をしなかった参加者は何らかの活動をした参加者を下回っている。

これらのことから、仮想通貨を学習活動に取り入れることにより、学習者に学びに対するインセンティブを与えることができる可能性があると考えられる。

(3) 今後の展望

実証実験の結果、学習経済の持つ課題もあきらかになった。学びの成果をブロックチェーンに記録し、それを仮想通貨で取引する実験では、競争原理に基づく質保証の機能の有効性を確認することができたが、それだけでは、誤りを訂正できない機会も多く経験することとなった。言い換えれば、競争による学びの価値の評価という仕組みによって、学習の質に対して市場が妥当な結果を出すためには、長い時間が必要となる。例えば、誤った知識が学習経済に投入され、最初

に一定の評価を得てしまった後、それが市場原理の中で訂正され、人々がそれを再学習する場合には、かなりの時間を要することが推定される。通常の市場経済では、それは許容できるものと受け止められているが、教育の仕組みとしては、誤った知識の訂正は容易に行えず、大きな禍根を残すことになる。人々が容認できるだけの短い時間内で誤りが訂正され、学習経済における質保証を維持するためには、さらなる工夫が必要となる。

このため、学習経済の次の開発目標は、ブロックチェーンにおけるオラクル機能の導入であると考えている。すでにそのようなオラクル機能を果たすためには、コンピテンシーに基づく教育（**Competency-Based Learning (CBL)**）の概念を応用すれば良いというところまで、概念設計を終えている。今後、できるだけ速やかに、学びの質を保証できる仕組みとして、システムの実装を実現するための準備を進めているところである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 9件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Hori Masumi, Ono Seishi, Miyashita Kensuke, Kita Toshihiro, Terano Takao	4. 巻 Volume 2: CSEU
2. 論文標題 Toward Sustainable Learning Economy through a Block-chain based Management System	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education	6. 最初と最後の頁 430-437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0009567604300437	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 堀 真寿美, 小野 成志, 宮下 健輔, 坂下 秀, 喜多 敏博	4. 巻 2019
2. 論文標題 学習経済モデルに基づくブロックチェーンを利用した非集中型学習支援システムの構築	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報教育シンポジウム論文集 (2019)	6. 最初と最後の頁 190-197
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 堀 真寿美, 小野 成志, 宮下 健輔, 坂下 秀, 喜多 敏博	4. 巻 2019-10T-46
2. 論文標題 スマートなコンピテンシーマネジメントシステムの提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 インターネットと運用技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 106 - 107
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Masumi Hori, Seishi Ono, Toshihiro Kita, Hiroki Miyahara, Shiu Sakashita, Kensuke Miyashita, Kazutuna Yamaji, Tsuneo Yamada	4. 巻 2
2. 論文標題 Crowdsourced Learning Based on Learning Economy	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 OPEN EDUCATION IN HUMAN RESOURCE DEVELOPMENT IN ASIA'S PERIOD OF INTEGRATION, The 32nd Annual Conference of the Asian Association of Open Universities	6. 最初と最後の頁 1093-1101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 堀真寿美, 小野成志, 喜多敏博, 宮原大樹, 坂下秀, 宮下健輔, 山地一禎	4. 巻 2018-CSEC-81
2. 論文標題 ブロックチェーンを用いた学習経済モデルによる学習プラットフォームの構築	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 研究報告コンピュータセキュリティ (CSEC)	6. 最初と最後の頁 1 - 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hori, M., Ono, S., Miyashita, K., Kobayashi, S., Miyahara, H., Kita, T., Yamada, T., and Yamaji, K.	4. 巻 Volume 2
2. 論文標題 Learning System based on Decentralized Learning Model using Blockchain and SNS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Education	6. 最初と最後の頁 183-190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hori, M., Ono, S., Kita, T., Miyahara, H., Sakashita, S., Miyashita, K., and Yamaji, K.	4. 巻 11082
2. 論文標題 Development of a Learning Economy Platform Based on Blockchain	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 EC-TEL 2018 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 pp 587-590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 堀真寿美, 小野成志, 山地一禎, 宮原大樹, 宮下健輔, 坂下秀, 喜多敏博	4. 巻 2017
2. 論文標題 ブロックチェーンを利用した非集中型学習支援システムの検証	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 インターネットと運用技術シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 65-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hori, Seishi Ono, Kensuke Miyashita, Shinzo Kobayashi, Hiroki Miyahara, Toshihiro Kita, Tsuneo Yamada and Kazutsuna Yamaji	4. 巻 Volume 2
2. 論文標題 Learning System based on Decentralized Learning Model using Blockchain and SNS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Education	6. 最初と最後の頁 183-190
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0006666901830190	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Hori Masumi, Ono Seishi, Miyashita Kensuke, Kita Toshihiro, Terano Takao
2. 発表標題 Toward Sustainable Learning Economy through a Block-chain based Management System
3. 学会等名 CSEDU2020 (the International Conference on Computer Supported Education) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀 真寿美, 小野 成志, 宮下 健輔, 坂下 秀, 喜多 敏博
2. 発表標題 コンピテンシーベースドラーニングの学習経済への導入
3. 学会等名 第47回IOT・第35回SPT合同研究発表会-情報処理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀 真寿美, 小野 成志, 宮下 健輔, 坂下 秀, 喜多 敏博
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第46回インターネットと運用技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀真寿美, 小野成志, 喜多敏博, 宮原大樹, 坂下秀, 宮下健輔, 山地一禎
2. 発表標題 学習経済に基づくクラウドソーシングの提案
3. 学会等名 第25回CLE研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀真寿美, 小野成志, 宮下健輔, 宮原大樹, 小林信三, 喜多敏博, 山地一禎, 山田恒夫
2. 発表標題 ブロックチェーンを利用した「学び」を取引するプラットフォームの提案
3. 学会等名 AXIES 2018年 年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hori, M., Ono, S., Kita, T., Miyahara, H., Sakashita, S., Miyashita, K., Yamaji, K., and Yamada, T
2. 発表標題 Crowdsourced Learning Based on Learning Economy
3. 学会等名 the 32nd Annual Conference of Asian Association of Open Universities (AAOU) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hori, Seishi Ono, Kensuke Miyashita, Shinzo Kobayashi, Hiroki Miyahara, Toshihiro Kita, Tsuneo Yamada and Kazutsuna Yamaji
2. 発表標題 Learning System based on Decentralized Learning Model using Blockchain and SNS
3. 学会等名 CSEDU2018 (the International Conference on Computer Supported Education) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀真寿美, 小野成志, 宮原大樹, 喜多敏博, 山地一禎
2. 発表標題 ブロックチェーンを用いた学習経済モデルによる学習プラットフォームの構築
3. 学会等名 UeLA&JADE 合同フォーラム2017
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀真寿美, 小野成志, 山地一禎, 小林信三, 喜多敏博, 山田恒夫
2. 発表標題 ブロックチェーンと電子書籍を用いた学習基盤の構築
3. 学会等名 大学ICT推進協議会 2017年度 年次大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 堀真寿美, 小野成志, 山地一禎, 宮原大樹, 宮下健輔, 坂下秀, 喜多敏博
2. 発表標題 ブロックチェーンを利用した非集中型学習支援システムの検証
3. 学会等名 情報処理学会インターネットと運用技術 (IoT) 研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 コンテンツ流通プログラムならびにコンテンツ提供方法およびシステム	発明者 堀真寿美	権利者 NPO法人CCC-TIES
産業財産権の種類、番号 特許、W02018/110352	出願年 2018年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 ブロックチェーンにおけるコンテンツコントラクトならびにそれを用いるコンテンツの管理システムおよびコンテンツの提供方法	発明者 堀真寿美	権利者 NPO法人CCC-TIES
産業財産権の種類、番号 特許、W02019/004118	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小野 成志 (Ono Seishi) (10793820)	特定非営利活動法人サイバー・キャンパス・コンソーシアム T I E S (附置研究所)・附置研究所・非常勤研究員 (94601)	
研究分担者	喜多 敏博 (Kita Toshihiro) (20284739)	熊本大学・教授システム学研究センター・教授 (17401)	
研究分担者	宮下 健輔 (Miyashita Kensuke) (50289138)	京都女子大学・現代社会学部・教授 (34305)	
研究分担者	宮原 大樹 (Miyahara Hiroki) (60604684)	山梨大学・工学部・助手 (13501)	
研究分担者	小林 信三 (Kobayashi Shinzo) (70793842)	特定非営利活動法人サイバー・キャンパス・コンソーシアム T I E S (附置研究所)・附置研究所・非常勤研究員 (94601)	