

ブロックチェーンを活用した駐車場管理と公共交通利用促進の一体的取組に関する実証実験

石井 明¹・天方 匡純²・菅原 宏明³・小篠 耕平⁴

¹正会員 八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 (〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8)
E-mail:akri-ishii@yachiyo-eng.co.jp

²正会員 八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 (〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8)
E-mail:amakata@yachiyo-eng.co.jp

³非会員 八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 (〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8)
E-mail:sugawara@yachiyo-eng.co.jp

⁴非会員 八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 (〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8)
E-mail:kh-ozasa@yachiyo-eng.co.jp

本稿は、学生の通学手段情報と駐車場シェアリング情報をブロックチェーン技術を使って共有し、駐車場対策とバスサービス改善対策を一体的に取組むための新しいシステムを提案した。また、構築したシステムを使って沖縄国際大学の学生を対象に実証実験を実施した結果、大学駐車場区画の予約状況に応じた学生のスマートな通学手段選択や、日ごとの通学手段別人数変化の把握が確認できた。これより、本稿で提案するシステムは、取組みにおいて関係者間の意識変容を促す有用なシステムであることが検証できた。

Key Words : ブロックチェーン, 駐車場シェアリング, 実証実験, MaaS

1. はじめに

(1) 研究の背景

沖縄県の公共交通機関はバスとモノレールのみであり、旅客地域流動調査(平成21年度)による自家用自動車の機関別旅客輸送分担率¹⁾は、全国平均約66%に対して沖縄県は約90%と極めて高く、自動車依存型社会であることがわかる。また、混雑時旅行速度²⁾は、東京23区の19.3km/hに対して那覇市は16.9km/hと遅く、交通渋滞が慢性化している状況であり、更に近年は、観光客の増加に伴うレンタカー利用も増え、渋滞ばかりではなく事故の増加といった問題も指摘されている。

交通渋滞はバスの定時性・速達性というサービスを低下させる要因となっている。その結果、バス利用者数は、平成25年度から概ね横ばいで下げ止まり傾向にあるものの、昭和60年度7,718万人の33.7%の2,599万人まで減少³⁾している。バス利用者の減少傾向はバスの経営面に大きな影響を与え、採算が取れない路線は運行回数の減少や縮小により更に輸送サービスや利便性が低下し、最悪、廃止に至る可能性がある。この負のスパイラルは輸送空白地域を生み出し、対症療法的な交通弱者のための交通手

段確保対策が必要になり、移動利便性低下による地域経済の衰退までつながりかねない。欠損額が生じている路線バスのバス事業者に対しては、行政が支援している状況であり、沖縄県民や観光客等の移動利便性、交通弱者の移動手段確保、強いては持続可能な地域経済社会のための地域公共交通の維持は喫緊の課題となっている。

沖縄県では、交通渋滞対策として自家用車利用から公共交通利用への転換を図るため、自動車の効率的な利用、公共交通機関の利用環境改善(バスターミナルの改良、バス停周辺環境整備、ノンステップバス導入、オキカサービス、多言語化、バス案内アプリなど)や定時性や速達性の確保対策(バス専用レーンの拡充、急行バス実証実験)など様々な取組みを推進してきている。また、交通渋滞の要因の一つに、学生の朝夕の送迎があると言われており、2018年度から通学・移動で自家用車依存度が高い沖縄国際大学生の通学・移動手段を公共交通(バス、モノレール)へ転換を図るための方策について検討に着手している状況である。

(2) 研究の目的

沖縄国際大学³⁾の平成30年5月1日現在の全学生数は

5,588人（学生5,532人，院生56人），専任教員は131人，職員は81人であり．学生駐車場が7箇所，職員駐車場が4箇所整備され，それぞれの駐車場の駐車枠（駐車場整備台数）の合計は学生用2,029台，職員用244台となっている．

沖縄国際大学は沖縄本島中部に位置する宜野湾市に立地し，沖縄国際大学から最大約4km離れた東西それぞれには沖縄本島を縦断する国道58号および国道330号の基幹路線がある．その基幹的バス路線は運行本数も多く北部や那覇新都心にアクセスしやすいが，沖縄国際大学は2本の基幹軸の中間に位置するため運行するバス路線は2系統と少なく，運行頻度も低い．そのため，駐車場整備台数の約2倍にあたる約3,700人の学生が自家用車を利用した通学を行っており，その結果，授業が集中する時間帯には入庫待ちや違法路上駐車が発生し，交通渋滞の要因だけでなく近隣地域にも迷惑をかけている状況である．また，ピーク時は駐車場内は過密状態になり，無理な駐車などにより接触事故も頻発している等，駐車場整備台数に対して利用者数が多いために様々な問題が顕著化している．沖縄国際大学ではこれまで自家用車利用を抑止する試みとして学生同士の相乗りも試行したが，帰宅時の条件が合わず断念したという経緯がある．

一方，これ以上駐車場を増加させることは困難であることから，2018年度は学生のバス利用促進のため「沖縄国際大学バスマップ」や「学生住所とバス停位置情報のマッチングシステム構築」などの対策に取り組み始めるとともに，通学実態等の現状把握調査を実施した．その結果，授業開始時刻と最寄りバス停到着のバスダイヤがマッチしていなかったり，遠方から通学する学生にとってはバス運賃が大きな負担であること，バス遅延が交通渋滞等により常習化していることから，通学時のバス利用者は僅か約200人/日に留まっている．それに対しバス会社は，大学という潜在需要はあるが実際の利用者ニーズは不明であること，運転手の人員不足や厳しい経営状況から容易に増便やダイヤ変更などきめ細やかなバスサービスの展開や向上することができない状況である．

大学の駐車場対策や公共交通サービス改善対策はそれぞれ重要であるが，個別対策では効果が限定的になってしまうことから，大学側で駐車場対策を実施し，過度な学生の自家用車利用から公共交通利用への転換を図り，バス利用者増加をバス会社にデータで示すことでバスサービス改善に繋げる「駐車場管理と公共交通利用促進の一体的取組」という方針で取り組んでいくこととした．

そこで本稿では，この取組みに堅牢なセキュリティで異なる複数関係者間の情報共有が容易なブロックチェーン技術を適用した実証実験を行い，今後の展開や開発について検討を行った．

2. 大学駐車場管理の適正化と公共交通利用促進の一体的な取組みにおけるブロックチェーン

(1) ブロックチェーンの概要

ブロックチェーンとは，仮想通貨ビットコインを実現するために生み出された基幹概念であり，取引記録が連なったブロック（台帳）の集合体のことを言い，「分散型台帳」とも言われている．複数のノードによって構成されるネットワーク型のシステム（図-1）において，各ノードが保持する「台帳」の役割を果たすデータストアにあたる．取引情報は暗号学的ハッシュ関数によりハッシュ値に変換される．暗号学的ハッシュ関数は，入力値が少しでも変わると出力値が全く別なものになる，出力値から入力値を予測することができない，入力データによらず出力サイズが一定になる（図-2）といった特徴を有している．これにより，ブロックチェーンではデータが肥大化せず，存在する前に別データが存在していたという前後関係を，理論的に否定できない形で定義してブロックが繋ぐことが可能であり，取引情報が改ざん不可能な堅牢なセキュリティの中で蓄積され，それを様々なステークホルダーが共有することを実現している．

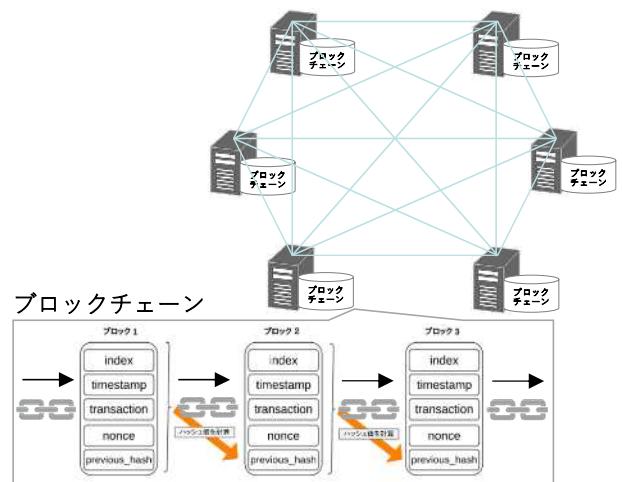


図-1 ブロックチェーン概念図

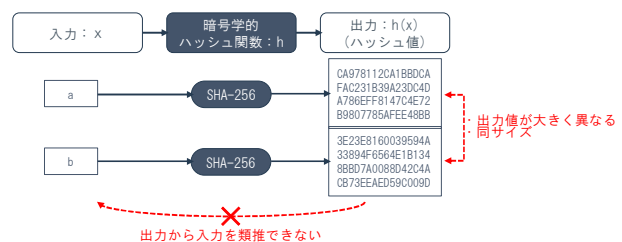


図-2 暗号ハッシュ関数

また，図-3に従来の中央集中型システムとブロックチェーンによる分散型システムのイメージ比較を示す．従来

の中央集中型のシステムでは中央管理者がデータを管理し、安全性や取引データの信憑性を確保してきたが、単一障害に弱く、高い汎用性やセキュリティが必要であり、高価であった。これに対して、ブロックチェーンによる分散型システムでは、参加者全員で取引データを共有し監視することで、情報の透明性、高い改ざん性、データの信憑性が確保できる。また、単一障害を持たないためシステムが停止することはなく、参加者間で直接取引も可能であり、低コストで運用することが可能となっている。

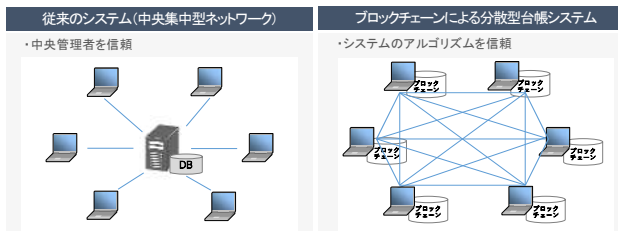


図-3 中央集中型（従来）と分散型のシステムイメージ比較

ブロックチェーンは前述の通り仮想通貨ビットコインを実現させるための概念技術であったが、一貫した状態のデータストアを分散型で堅牢に構築・維持できるという特徴から仮想通貨以外にも応用が可能なアプリケーション基盤として発展した。これにより、ブロックチェーン上で動作するプログラム（スマートコントラクト）が実装できるようになり、ある条件に従って契約の譲渡が自動処理することが可能になったことで、近年では、様々な分野への適用⁹され、多くの適用実験が試みられている。

(2) 一体的な取組みへの導入

従来のシステムで「駐車場管理と公共交通利用促進の一体的取組」を実現する場合、情報連携の前に中央管理者やデータ管理者を決める必要があったり、各関係者のシステム構成が異なるため連携が難しいという課題があった。これに対して、ブロックチェーンの分散型システムでは、もともと複数プレイヤー間での運用が前提であり、異なる複数の関係者が多いほど適用しやすい。システム構成も大きく変更する必要はないが、暗号化技術によりデータが肥大化しないような対策が取られているものの全ての取引情報を蓄積していくため大容量データの共有システムとしては不適であり、取扱データは最低限となるように検討することが重要である。

そこで本稿では、駐車場利用の公平性、駐車場利用状況を踏まえた通学手段の選択、通学手段別の日ごとの通学者数の確認のため、学生の通学手段情報と駐車場区画シェアリング情報をブロックチェーンで共有した（図-4）。これは、仲介業者を必要とせず駐車場利用者（本

稿では学生）と駐車場管理者（本稿では大学）が直接取引することが可能な新たな駐車場シェアリングシステムであり、本稿の1つの特徴的な成果である。

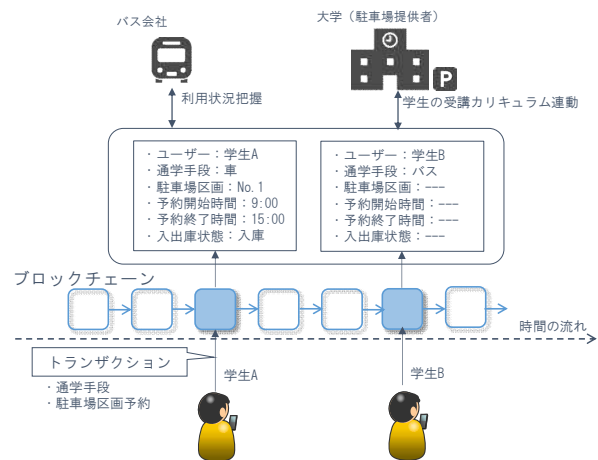


図-4 ブロックチェーンを利用した情報共有イメージ

3. 実証実験

(1) 実験実施目的

実証実験の実施目的は、ブロックチェーン技術自体も発展途上であること、このような取組における適応事例がないことから、システムの優位性や課題について確認することである。また、取扱データから大学駐車場区画の予約状況に応じた学生のスマートな通学手段選択や日ごとの通学手段別人数変化の把握が可能であり、関係者間の意識変容を促すシステムであるか検証する。

(2) 実験環境構築

a) システム設計

本稿の実証実験のシステムで実装すべき機能は、①ユーザー区分、②通学手段登録、③駐車場区画の予約機能、④駐車場使用状況把握機能の4つである。ただし、④は沖縄国際大学の駐車場には入出庫の管理施設がなく、予約した駐車場の実際の利用状況について確認するために今回専用の実装機能である。

実証実験は、図-5に示す流れで実験参加学生が当日分および翌日分の通学手段が登録できるように設計検討した。①は図-7に示す画面により区分され、図-8の画面に遷移するように設計した。また、②は、自家用車（自分で運転）、公共交通機関、その他（徒歩、二輪、自転車、自分で運転しない送迎やライドシェアによる車利用）、休みの4分類とし、③および④は②で自家用車を選択した場合のみ追加で情報入力する設計とした。③は、駐車場区画の予約は1時間単位とし、受講カリキュラムと連動して学生毎に駐車場区画の予約可能時間が変更される

ように設計した。④は当日のみアクティブとし、入庫、出庫の順に実行が可能になるように設計した。

なお、日付変更時における誤作動防止のため登録可能時間は5:00～23:00（23:00～翌日5:00はメンテナンス時間）、駐車場区画予約登録は各人1日1つのみ可能とし、時間帯を分けた予約が必要な場合は前予約が終了後に新規予約するように運用面による調整も行った。

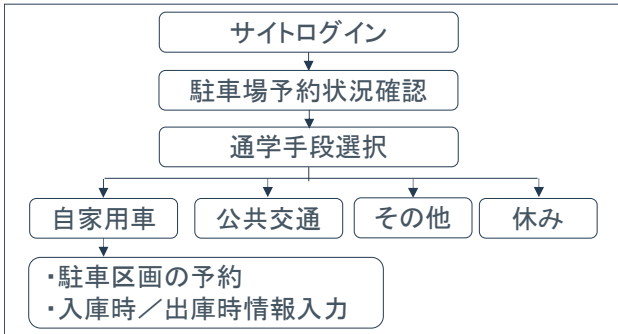


図-5 実証実験における通学手段登録の流れ

b) 構築環境

図-6に本稿の実証実験において構築したシステム環境のイメージ図を示す。ブロックチェーンのノードはAmazon Web Services環境（以下、「AWS環境」という）で構築し、計算処理負荷分散のため、学生の画面操作による要求を受け付ける「学生アクセス用」とブロックチェーンのブロック生成（マイニング）のみを担当する「マイニング用」に分け、これらをPeer to Peer通信で同期させた。また、学生からはスマートフォンからの登録を前提とするため、Google Chrome等のブラウザからインターネットを介したAWS環境への要求アクセスでは、学生のスマートフォンとAWS環境はHTTPSを使用した通信となるが、ブロックチェーンのノードはHTTPS接続が不可能である。そのため、AWSのロードバランサーを置き、学生の要求をHTTPに変換してブロックチェーンのノードに渡すようにシステムを構築した。

なお、学生の通学手段情報と駐車場区画シェアリング情報を登録するコントラクトコードはEthereumのクライアントソフトであるGethを利用して実装した。

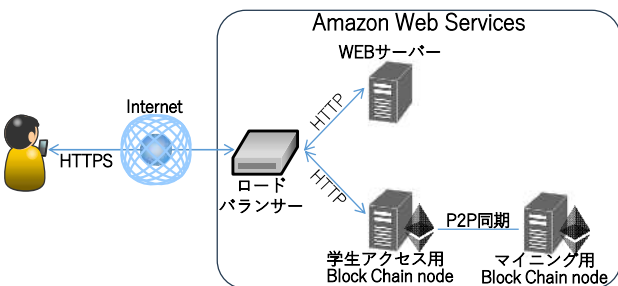


図-6 構築環境イメージ図



図-7 ログイン画面によるユーザー区分

- ログインユーザー**: ログインしているユーザーIDを表示 (Display the user ID currently logged in)
- 駐車場の予約状況確認エリア**: 当日 or 翌日の駐車場の予約状況を確認するエリア (Area to check parking reservation status for today or tomorrow)
- 通学手段の登録エリア**: 当日 or 翌日の通学手段を登録するエリア。通学手段で自家用車を選択した場合、併せて下記の駐車場区画の予約も実施する。 (Area to register commuting method for today or tomorrow. If a private car is selected, parking area reservation is also implemented.)
- 入庫/出庫登録エリア**: 当日のみ有効。予約した駐車場区画に対する入庫/出庫のタイミングを登録。出庫ボタンは入庫ボタンを押しした後、有効となる。 (Area for entry/exit registration, valid only for today. Register the timing for the reserved parking area. The exit button becomes valid after pressing the entry button.)
- 更新ボタン**: 画面全体を最新の状態に更新 (Update button to refresh the entire screen to the latest state)

図-8 登録画面（全体）

(3) 実証実験概要

a) 実証実験日程および参加者

実証実験の日程は下記のとおりである。実証実験参加者は、沖縄国際大学前泊教授のゼミ生徒ならびに講義受講生徒（1年生）の29名を対象とした。

【実証実験日程】

操作説明会：2019年1月17日（木）10:40~12:10

（前泊教授の講義内で実施）

説明会参加者23名（後日配布者6名）

実験期間：2019年1月21日（月）～29日（火）9日間

b) 実証実験参加者の情報整理

実証実験参加者にはシステムにログインするユーザーID及びパスワードを払い出し、実証実験参加者の普段の通学情報および実証実験期間中の大学授業予定（受講カリキュラム）を調査票に記入してもらい回収を行った。

回収した調査票から整理した実証実験参加者の普段の通学情報および通学手段別通学予定を、図-9および図-10にそれぞれ整理した。実証実験参加者の普段の通学手段は、自家用車利用者が16人（55%）、公共交通機関利用者が2人（7%）、その他が8人（28%）、未回答者が3人（10%）であった。また、通学手段別の通学予定では、平日および土曜日の授業が集中する9時から15時に大学にいる時間が集中していることを確認できた。一方、大学が休校となっている日曜日についても大学駐車場のイベント利用や一般者への貸出等、多目的での利用可能性を探るため、通学情報を登録できるように予定の把握を行った。

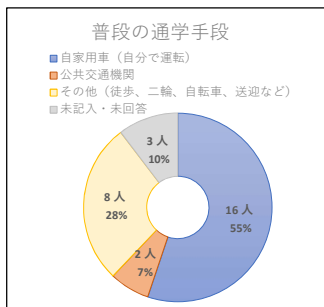


図-9 実験参加者の普段の通学手段

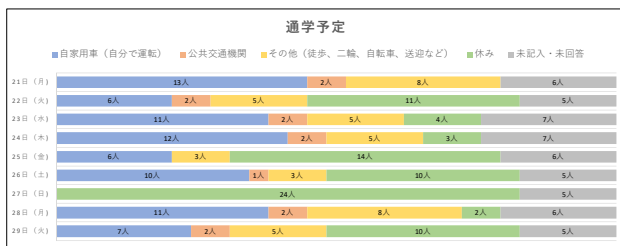


図-10 実験参加者の通学手段別の通学予定

実証実験において、自家用車利用通学者、公共交通利

用者やその他交通手段を利用した通学者それぞれの日ごとの利用者数変化を確認するため、通学手段別に日ごとの時間帯別受講予定を図-11～図-13に整理した。なお、予定整理は、調査票への記入で1日の予定時間が分割して記入されていた場合は、今回構築したシステムの予約時間設定と整合させるため一連の連続時間帯として整理した。また、調査票から実験参加者29名のうち自家用車を利用した通学者は16名であり、自家用車利用通学者の日ごとの時間帯別駐車場利用予定では時間帯で最大12名のため、実証実験では駐車場区画数は10区画とし、駐車場区画数以上となる2019年1月21日（月）、23日（水）および24日（木）で予約競合が生じやすい環境とした。なお、システム設計時では、講義受講以外の目的での駐車場区画予約を排除するため学生毎の受講カリキュラムに連動した駐車場区画の予約可能時間設定を想定していたが、実験参加者全員が説明会に参加していない等の事情からシステム不具合と誤認されないように実験参加者全員が8:00～21:00の間を1時間単位で駐車場区画を予約できるように運用した。

凡例（人）	利用時間帯												
	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
21(月)	3	8	11	10	10	10	10	5	4	4	3	1	0
22(火)	2	2	4	4	4	4	4	5	6	5	4	4	2
23(水)	2	10	10	10	11	11	11	11	11	4	2	2	1
24(木)	3	9	11	12	11	11	11	9	9	6	5	3	0
25(金)	2	5	5	3	4	4	4	4	3	3	2	1	0
26(土)	0	5	9	9	10	3	3	3	3	3	3	2	0
27(日)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28(月)	2	7	10	10	10	10	10	5	4	4	3	1	0
29(火)	2	2	4	4	4	4	5	6	6	5	4	4	2

図-11 自家用車利用通学者の時間帯別駐車場利用人数

凡例（人）	利用時間帯												
	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
21(月)	0	0	0	0	0	1	2	1	1	1	0	0	0
22(火)	0	1	1	1	1	2	2	2	3	1	0	0	0
23(水)	0	2	2	2	2	2	2	2	3	0	0	0	0
24(木)	0	1	2	2	2	2	2	2	3	1	0	0	0
25(金)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26(土)	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
27(日)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28(月)	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
29(火)	0	1	1	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0

図-12 公共交通を利用した通学者の時間帯別予定

凡例（人）	利用時間帯												
	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21
21(月)	1	3	4	4	4	7	8	5	5	2	0	0	0
22(火)	1	2	3	3	3	4	5	4	4	1	1	1	0
23(水)	1	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0
24(木)	1	2	4	4	3	2	2	1	1	1	1	1	0
25(金)	1	2	3	3	3	2	2	2	2	0	0	0	0
26(土)	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0
27(日)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28(月)	1	3	4	4	4	7	8	5	5	2	0	0	0
29(火)	1	2	2	2	2	3	4	4	4	1	1	1	0

図-13 その他交通手段による通学者の時間帯別予定

(4) 実証実験結果

ブロックチェーン上で取引された通学手段登録、駐車場区画の予約・使用登録の情報から、大学駐車場区画の予約状況に応じた適正な駐車場区画予約や通学手段選択、

通学手段別の学生数変化が確認できるかデータ分析を実施した。

a) 登録状況

実験期間中の各参加者の登録状況および登録頻度区分による割合を図-14および図-15にそれぞれ整理した。この結果、実証実験9日間全てに登録した学生は2名であり、実験参加者数の約半数にあたる13名が4回以上登録していることを確認した。一方、実験期間中に一度も登録しなかった学生は10人いた。なお、ここでいう“登録”とは、何らかの通学手段を選択し、「登録する」ボタンを押した人数の集計値であり、サイトにログインしただけで「登録する」ボタンを押していない学生は集計されていない。

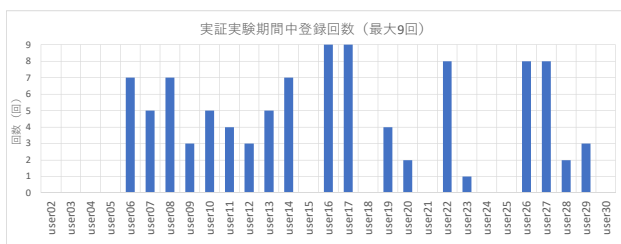


図-14 ユーザー毎の実証実験期間中の登録回数 (最大9回)

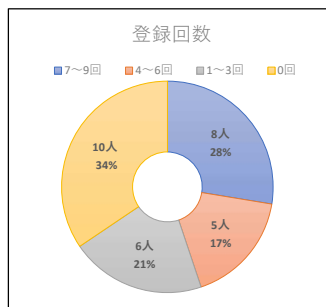


図-15 登録回数

また、日ごとの実験参加者の登録状況を図-16に示す。実証実験期間全体の平均登録率は約4割であり、授業の集中日は登録率が高くなる傾向であったが、ほとんどの学生が登校しない土曜日や授業がない日曜日の登録率は低い結果になった。

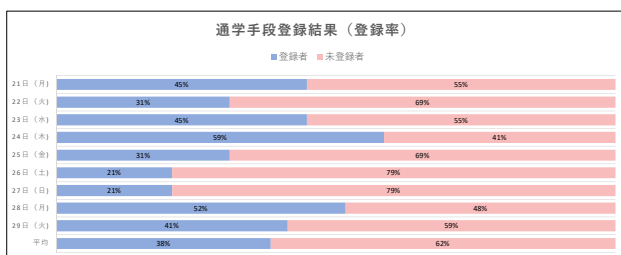


図-16 実証期間中の日ごとの登録状況

b) 駐車場の予約状況 (および利用状況)

システムに登録された各日の駐車場予約の最終状況を図-18に示す。これより、2019年1月24 (木) と28 (月) に駐車場区画が全て予約された時間帯が発生したこと、一つの駐車場区画で時間帯を分けて予約登録が行われたことが確認できた。なお、駐車場区画の予約は、実際の参加者の登録状況を踏まえ、駐車場区画の競合が発生するように前日より調整枠で駐車場区画を予約している点に留意して結果をみる必要がある。調整枠で使用した駐車場区画は表-1のとおりである。また、当初、駐車場区画の実際の使用状況は、入出庫登録情報から把握する予定であったが、利用者全員の入出庫登録が確認できなかったため (図-17) , 予約された駐車場区画は全て予定時間使用されたものとして整理した。

表-1 駐車場区画の調整枠による予約状況

日付	枠数	詳細
21日 (月)	3	No.01 (8:00~16:00) , No.02 (8:00~15:00) No.03 (9:00~16:00)
22日 (火)	3	No.01 (9:00~16:00) , No.02 (8:00~15:00) No.04 (9:00~12:00)
23日 (水)	3	No.02 (8:00~12:00) , No.02 (12:00~16:00) No.03 (8:00~18:00)
24日 (木)	2	No.02 (9:00~17:00) , No.05 (9:00~18:00)
25日 (金)	2	No.02 (8:00~21:00) , No.09 (14:00~18:00)
26日 (土)	2	No.02 (8:00~13:00) , No.07 (9:00~14:00)
27日 (日)	0	
28日 (月)	2	No.05 (9:00~18:00) , No.10 (8:00~17:00)
29日 (火)	2	No.02 (9:00~15:00) , No.08 (9:00~14:00)

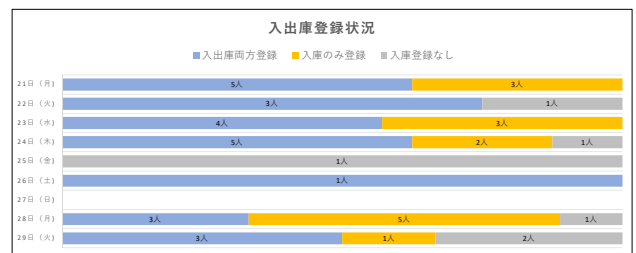


図-17 入出庫登録状況 (調整枠除く駐車場予約者対象)

c) 通学情報登録状況

実証実験期間中の実験参加者毎の通学手段の登録状況を図-19に整理した。これより、2019年1月23日 (水) および24日 (木) に、普段は家用車を利用して通学をしている学生が、通学手段を変更している行動が確認できた。また、各実験参加者の通学手段を日ごとに集計し、日ごとの通学手段別の学生数を図-20に整理した。

これまでは実態調査を実施しないと不明であった通学手段別の人数把握や、調査を実施した場合でも、ある特定日の状況しか把握できなかったことがシステムで容易に時系列で通学手段別の人数変化を把握することが可能

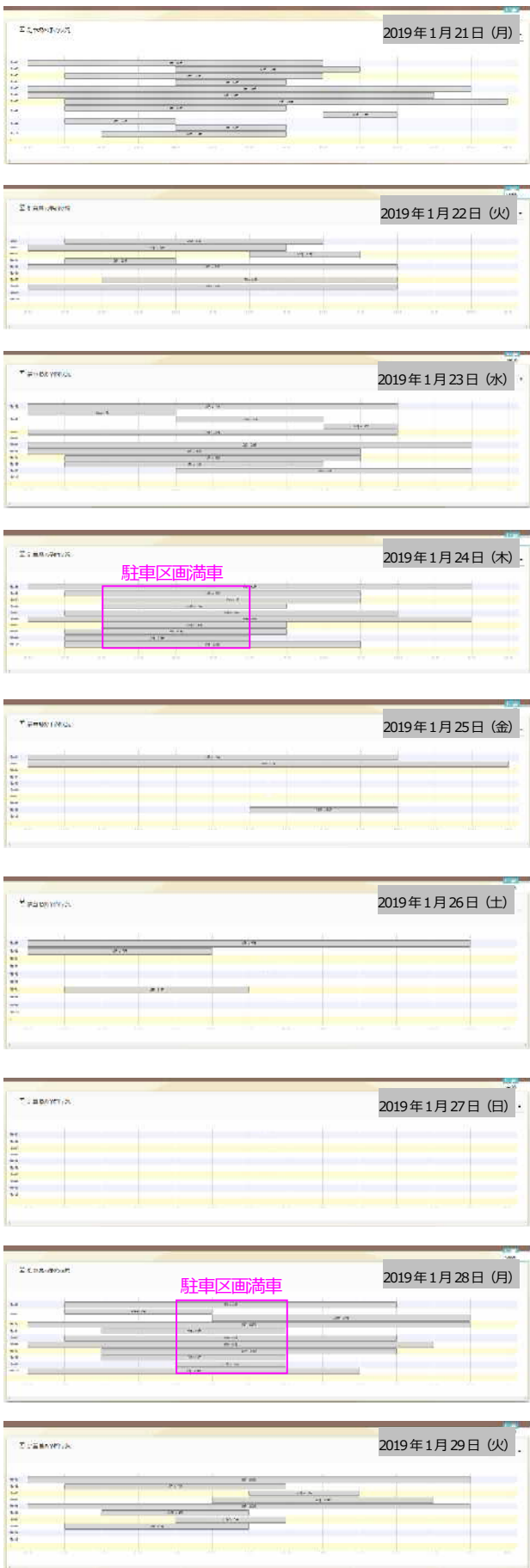


図-18 日ごとの駐車区画最終予約状況

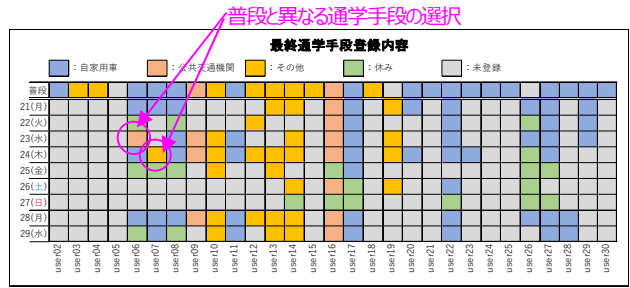


図-19 実験参加者毎の実験期間中の通学手段登録状況

普段, 自家用車を利用して通学している学生の通学手段の変更1名を含む

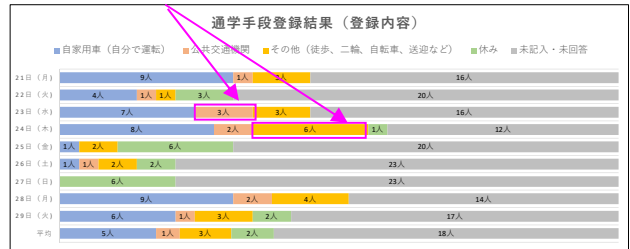


図-20 実証期間中の日ごとの通学手段別登録結果

であることが確認できた。

d) 登録タイミング

実証実験期間中の実験参加者毎の通学手段登録タイミングおよび各実験参加者の通学手段タイミングを日ごとに集計した結果を図-21および図-22にそれぞれ整理した。

実証実験では、必ずしも通学前（授業予定から1時間以内は事前登録として集計）に通学手段登録している状況は確認できなかった。積極的な登録が行われなかった要因の一つに、実証実験の駐車場予約は架空区画に対して実施しており、駐車場区画を予約できない場合でも自家用車による通学が制限されないこと、また、公共交通機関やその他交通手段で通学する学生にとっては、通学手段を登録したら終了であり、自家用車利用者に比べて操作が単調で楽しみが少なかったことがあると推測され、学生に魅力のあるインセンティブを与えるような仕組みも必要であることが分かった。

また、実証実験終了後に実施した意見交換で、予定は直前にならないと決定しないことも多く、予約開始は前日から実施することで問題がないことが分かった。

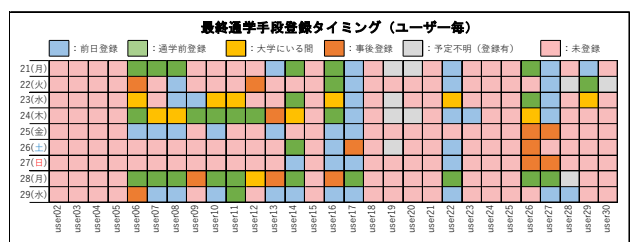


図-21 実験参加者毎の実験期間中の通学手段登録タイミング

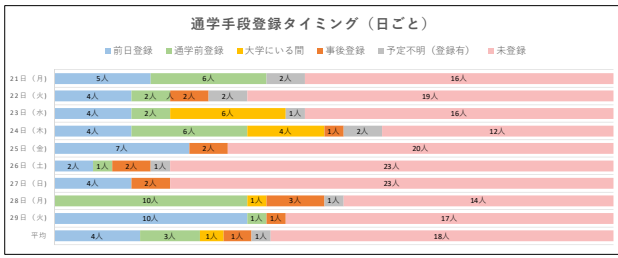


図-22 実証期間中の日ごとの通学手段登録タイミング結果

e) 行動変化分析

前述の図-19で2019年1月23日（水）および24日（木）に、普段は自家用車で通学している学生が異なる通学手段を選択しており、この行動分析を行った。

2019年1月23日（水）における自家用車を利用して通学している人の駐車場区画予約タイムスタンプおよび自家用車通学者以外の予約登録タイムスタンプを図-23および図-24にそれぞれ整理した。自家用車を利用した通学者による予約駐車場区画は10枠（調整3枠含む）であり、全時間帯を通して予約が入らなかった駐車場区画は2枠あった。そのような状況の中、普段、自家用車を利用して通学している学生の通学手段の変更（公共交通機関選択）を確認し、公共交通機関の利用者数変化を情報として捉えられることを確認した。この日は自家用車が利用できない理由があり公共交通を選択したものと推測できる。また、1つの駐車場区画を効率的に予約する状況も確認できた。

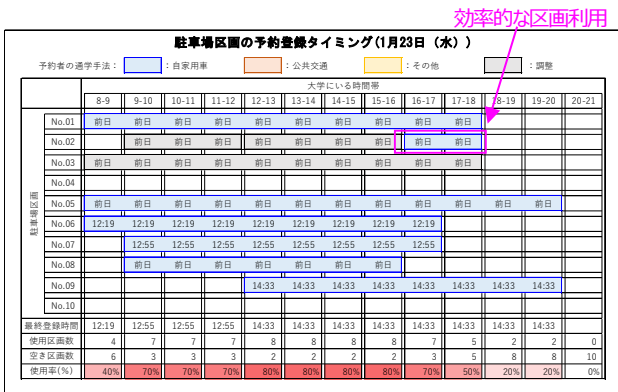


図-23 自家用車通学者の駐車場区画予約タイムスタンプ(23日)



図-24 自家用通学者以外の予定登録タイムスタンプ (23日)

一方、2019年1月24日（木）における自家用車を利用

して通学している人の駐車場区画予約タイムスタンプおよび自家用車通学者以外の予約登録タイムスタンプを図-25および図-26にそれぞれ整理した。自家用車を利用した通学者による予約駐車場区画は10枠（調整2枠含む）であり、全時間帯を通して予約が入らなかった駐車場区画は1枠もなかった。10時から14時の時間帯で全ての駐車場区画が予約された最終登録時間は当日の10:46であったが、その1分後の10:47に普段、自家用車を利用して通学している学生がその他の通学手段を選択したのが確認できた。これは、駐車場区画の予約状況を確認した際、自分の希望する時間帯枠の駐車場区画を予約できなかったことで他の通学手段を選択したものと推測できる。

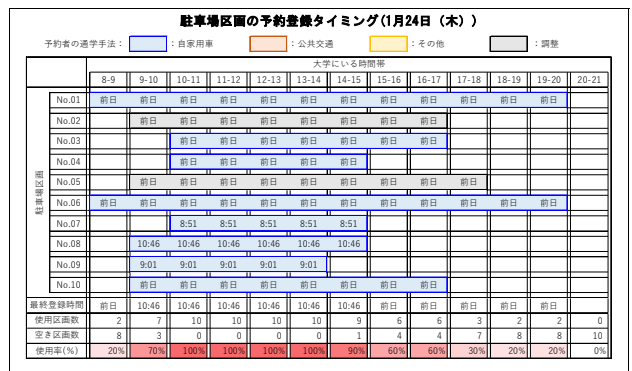


図-25 自家用車通学者の駐車場区画予約タイムスタンプ(24日)

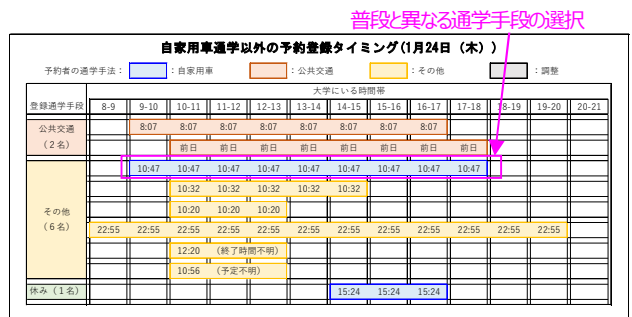


図-26 自家用通学者以外の予定登録タイムスタンプ (24日)

(5) 実証実験評価

実証実験を通して確認できたシステムの優位性や導入のメリットについて下記に整理した。

- ① 公共交通機関の利用者数変化を時系列的に確認することができた。これまでは実態調査を実施しないと不明であった通学手段別の人数把握がこのシステムでは容易に確認できるため生産性が高い。また、公共交通利用者数の日ごとの変化はバス事業者にとって非常に有益かつ貴重な情報であり、利用者の本質ニーズをバスサービス改善に直接繋げていくことが可能となる。
- ② 駐車場の予約状況を確認し、他の通学手段を選択することができた。これより、駐車場が事前

に確実に利用可能と分かれば、学生の駐車場確保のための早出、入庫待ちによる授業の遅刻や欠席、路上駐車といった無駄な行動や不安感を排除できる。また、通学手段変更により過度にマイカーに依存した学生の意識変容にも繋がる。

- ③ 駐車場の効率的な利用が確認することができた。大学はこれ以上駐車場を増やすことが困難であり、現在の限りある駐車場区画を効率的に利用することが必要である。そのため、大学側は駐車場使用状況を把握し、駐車場利用が競合しないように授業カリキュラムの平滑化や調整といった対策を検討することが可能となる。

一方、実証実験で顕著化した課題は、課題解決に向けた今後の検討内容方針と併せて下記に整理した。

- ① 情報確定までにタイムラグが発生している。ブロックチェーン技術の性質上、通学手段登録の情報確定まで10秒～20秒程度のタイムラグが生じるため、登録要求が正常送信されているのにも関わらず、繰り返し登録操作を実施している学生を数名確認した。システムのコンセンサスの取り方についての工夫も検討が必要である。また、ユーザー側は、このシステムがブロックチェーンで構築されていることを意識しないため、操作画面の見た目や操作性の改良で補完することも検討が必要である。
- ② 駐車場予約のルール化が必要である。受講カリキュラムとの連動は機能として実装したが実証実験では運用しなかった。大学へはサークルや交流等の授業以外の通学機会も想定され、予約ルールは再検討が必要がある。
- ③ 実際の駐車場には入出庫を管理する施設はないため駐車場利用状況の把握ができない。駐車場シェアリングシステムの本格運用のためには、駐車場の適正管理を行うための施設導入や連携についても検討する必要がある。
- ④ 実証実験の参加率が低かった。学生のモチベーションを上げ、使用してもらおうシステムにするためには、大学駐車場の適正化、地域公共交通維持、地域経済活性化という社会的意義だけではなく、バスを利用することによるポイントや大学周辺施設での割引などの魅力のあるサービスをシステムに組み込むことも必要であると考えられる。

4. おわりに

本稿では、これまで連携していなかった駐車場対策とバスサービス改善対策を一体的に取り組むために、学生の通学情報と駐車場シェアリング情報をブロックチェーン

技術を使って情報共有する新しいシステムを提案し、構築したシステムを用いて沖縄国際大学の学生を対象に実証実験を実施した。実証実験の結果、大学駐車場区画の予約状況に応じた学生のスマートな通学手段選択や、日ごとの通学手段別人数変化把握が確認でき、関係者間の意識変容を促すことが可能なシステムであることを検証できた。そのため、今後も引き続きこの取組やシステムを改善し、拡張させていく予定である。改善は、実証実験で顕著化した課題解決のほか、自家用車は単なる移動手段だけでなく空間利用としての利用価値や、周辺環境や風習の中で公共交通機関の利用意識がもともと低いため公共交通利用機会創出についても検討することが必要である。また、拡張は、大学駐車場の一般（県民等）への貸出しや周辺地域住民所有の駐車場のシェアリングといった地域ニーズに合わせた機能追加が必要である。このようなサービスや利便性向上の機能を統合してMaaS⁷⁾として発展させていくことも必要である。

最後に、このシステムは、駐車場不足や適正利用されていない駐車場、複数店舗で管理している共同駐車場管理にも展開が可能ある。ブロックチェーン自体も発展途上の技術であり、実証実験を重ねて取り組むことが必要になるが、少しでも沖縄県の渋滞緩和に繋げていけるように、今後も取組みを継続していく。

謝辞：沖縄国際大学経済学部地域環境政策学科の前泊教授には、貴重な意見や情報提供、実証実験の多大な協力を戴きました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 内閣府：社会資本整備の実績と現状について、<https://www8.cao.go.jp/okinawa/siryou/singikai/senmoniinkaigou/1/01-07.pdf> (2019/3/10 確認)
- 2) 沖縄県：陸上交通（バス路線の確保・維持）、<https://www.pref.okinawa.jp/site/kikaku/kotsu/kikaku/rikujukoutuu.html> (2019/3/10 確認)
- 3) 沖縄国際大学：学生数・教職員数、<http://www.okiu.ac.jp/gaiyou/number/index.html> (2019/3/10 確認)
- 4) Satoshi Nakamoto：Bitcoin:A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008
- 5) 株式会社マイナビ出版：ブロックチェーンアプリケーション開発の教科書, pp.25, 2018
- 6) 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, pp.7, 2016
- 7) 国土交通政策研究所報第 69 号～2018 年夏季～：MaaS（モビリティ・アズ・ア・サービス）について、http://www.mlit.go.jp/pri/kikanshi/pdf/pri_review_69.pdf (2019/3/10 確認)

(2019.3.10 受付)

DEMONSTRATION EXPERIMENT FOR AN INTEGRAL APPROACH OF
PARKING LOT MANAGEMENT AND PUBLIC TRANSPORTATION USE
PROMOTION BY USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

Akira ISHII, Masazumi AMAKATA, Hiroaki SUGAWARA and Kohei OZASA

This paper proposes the new system which is considered both a parking shortage countermeasure and a bus service improvement countermeasure together by sharing information both commuting method to school and parking lot usage situation with Blockchain technology. And, as a result of the demonstration experiment for students of Okinawa International University by using this new system, a suitable selection from several commuting method taking account of parking lot reservation situation and the time series change in number of people for each commuting method are verified. Therefore, it is indicated that this new system which is promoting the action change of each participant is a useful system for an integral approach of parking lot management and public transportation use promotion.