ブロックチェーン技術を活用した新たな交通需要マネジメント施策の提案

PROPOSAL OF ADAPTING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY FOR TRAFFIC DEMAND MANAGEMENT

八千代エンジニヤリング株式会社　石井　明
Yachiyo Engineering Co.,Ltd.　Akira Ishii

1. はじめに

ブロックチェーンは暗号通貨ビットコイン[1]を実現するために，分散型データベース，P2P，公開鍵暗号，コンセンサスアルゴリズム等の幾つかの異なる技術を組み合わせた基幹概念である．データを一貫して分散型で堅牢に構築・維持できるという特徴が着目され，暗号通貨以外にも適用可能なアプリケーション基盤として技術発展した．また，ブロックチェーン上でプログラム実装が可能となり，ある条件に従って契約譲渡等の自動処理が可能になったことで，近年，様々な分野で多くの適用実験[2]が試みられている．

我が国の交通分野では，主要都市部は自動車交通需要が集中し慢性的な道路交通混雑が発生している．更には，それにより引き起こされる地域公共交通サービス低下，環境負荷，経済損失等が問題になっている．人口減少，高齢化社会が進展する中，地域公共交通維持，地域活性，環境負荷軽減のためにも道路交通混雑緩和は重要な社会課題となっている．ハード対策である道路等の施設整備には膨大な時間と費用を要し，早期効果発現が期待できない．そのため，ソフト対策である交通需要マネジメント（TDM：Transportation Demand Management）施策を組み合わせた課題解決が試みられている．本稿では，リアルタイムで自動車利用者の移動手段を制御することがTDM 施策に最も有効と考え，ブロックチェーンを基盤とするプラットフォームで自動車利用者の移動情報を様々なプレイヤーで共有し，そこにトークンエコノミーやスマートコントラクトを活用した相乗りやシェアリング等の移動多様性を実装した新たな交通需要マネジメント施策の仕組みを提案する．また，提案した仕組みの一部機能を用いた模擬実験の結果も報告する．

2. 従前TDM施策の課題と本稿での提案

2.1. 従前TDM施策の課題[3]

TDM 施策は多種多様あり，交通行動から，自動車利用者の時間の変更，経路の変更，手段の変更，自動車の効率的利用，発生源の調整の 5 つに分類される．幾つかの施策を組み合わせて交通需要を調整し，道路交通混雑を緩和する取組みである．しかし，TDM 施策検討のための交通需要予測は，10 年に 1 回の PT 調査や 5 年に 1 回の OD 調査を用いた交通需要予測に基づいて評価・実施されているため，使用データが社会情勢変化や日々の変化を十分に反映できておらず，予測と実際で乖離が生じ施策とおりの結果にならない．

2.2. 本稿で提案するTDM施策

目的地までの移動において，自家用車利用と公共交通利用は相反する手段である．利便性が良い自家用車による移動が選択されやすいが，道路空間や目的地での駐車場空間は限られており，利用者数が施設の許容量を超過すると混雑が発生する．そのため，リアルタイムで過度な自家用車利用を抑制し，公共交通利用への転換を図ることが効果的である．そこで本稿では，駐車場管理と公共交通利用促進を一体的に取組む新たな TDM 施策を提案する．自家用車での移動は目的地に必ず駐車スペースがなければならないため，まずは駐車場のシェアリングが必要である．しかし，駐車場のシェアリングだけでは公共交通への利用転換が進まないため，そこにブロックチェーン技術を活用し，交通行動とインセンティブを融合させたトークンエコノミーの形成と，各種シェアリングを組み合わせることで，この新しい TDM 施策が実現可能になる．この TDM 施策のエコノミーモデルを**図 1** に示す．駐車場利用徴収金を原資として，自家用車から公共交通へ利用転換した人やライドシェアへの還元や，目的地へのラストワンマイル対策を行い，公共交通利用を誘発させる．なお，ブロックチェーンを活用することからトークンによる地域通貨や割引等の還元や個人宅駐車場等の空き駐車スペースの有効活用といった拡張性のある設計も可能である．地域経済発展，地域モビリティ向上，公共交通維持への効果も期待できる．

また，この TDM 施策においてブロックチェーン技術を活用するメリットを，特徴的な技術[4]に分けて**表 1** に整理する．一方，デメリットは，この TDM に迅速な合意形成は必要ないため，運用後にデータが線形的に増大していくスケーラビリティ問題である．

表 1　ブロックチェーンの特徴の活用機会

特徴	メリット
分散型台帳システム	・関係者間の連携，新規参入が容易（各関係者のデータ統合システム構築不要） ・情報共有による公平でスマートな移動手段選択，付加価値創出 ・中央集中型に比べてシステム規模の検討不要 ・安価（管理者不在，データ連携）
耐改ざん性	・トレーサビリティ（移動手段情報の蓄積，データ消失防止） ・堅牢なセキュリティ
スマートコントラクト	・処理効率化（駐車料金の分配等） ・直接取引／契約（駐車場，ライドシェア，ラストワンマイルの移動手段） ・第三者不要

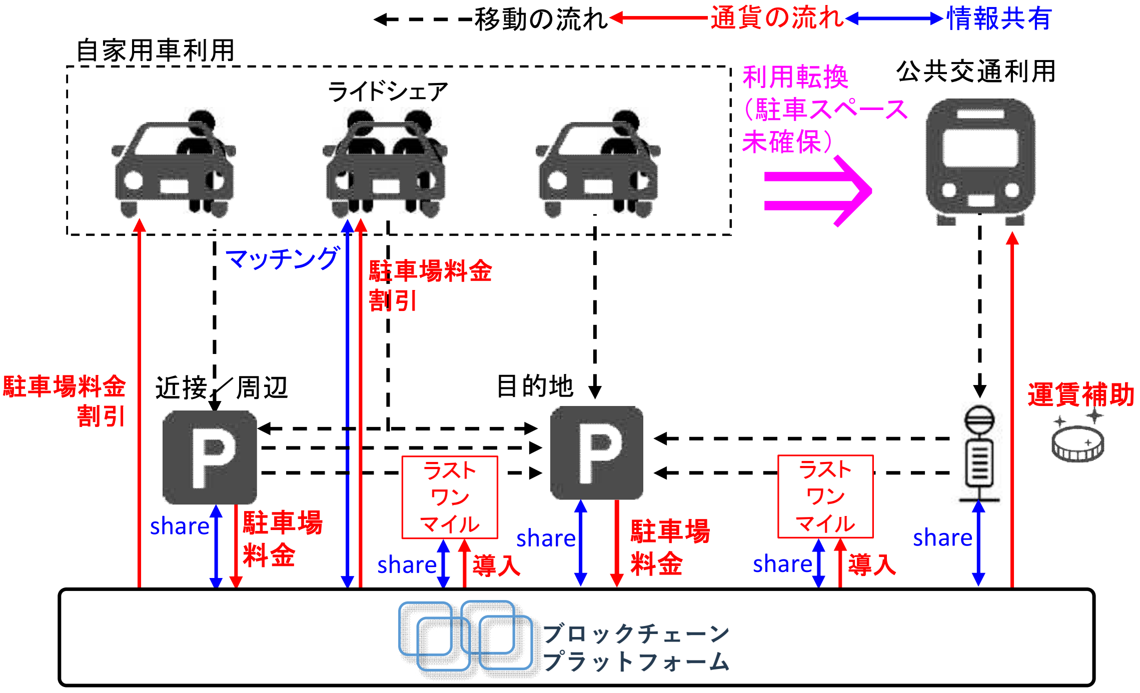


図 1　ブロックチェーンを活用した TDM 施策のエコノミーモデル

3. 模擬実験による効果検証

3.1. 実験フィールドの概要と実験目的

模擬実験は沖縄国際大学で実施した．大学の駐車場利用は，現状利用制限がないこともあり，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いる．その結果，駐車場確保のため早朝から通学したり，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，ピーク時には駐車場内は過密状態になり，無理な駐車などで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様々な問題が顕著化している．そこで，大学通学という出発地・目的地が明瞭なフィールドで，本稿で提案した TDM 施策の一部である駐車場利用と通学手段情報をブロックチェーンで共有（**図 2**）し，下記 3 点の行動変化や情報共有による効果を確認する．

① 駐車場満車時の他通学手段の選択

② 駐車場区画の効率的な利用

③ 利用者変化

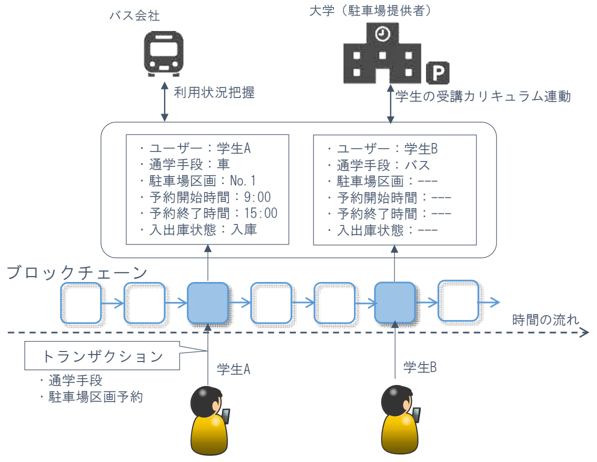


図 2　実験イメージ

3.2. 実験概要

実験は，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 名を対象に，2019 年 1 月 21 日(月)～29 日(火)の 9 日間で実施した．実験参加者は当日分および翌日分の通学手段登録を可能とし，サイトログイン画面でユーザー区分を行った後，**図 3** に示す流れで通学手段の登録を実施した．

実験の構築システム環境のイメージを**図 4** に示す．ブロックチェーンのノードは Amazon Web Services 環境で構築し，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 Amazon Web Services 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．

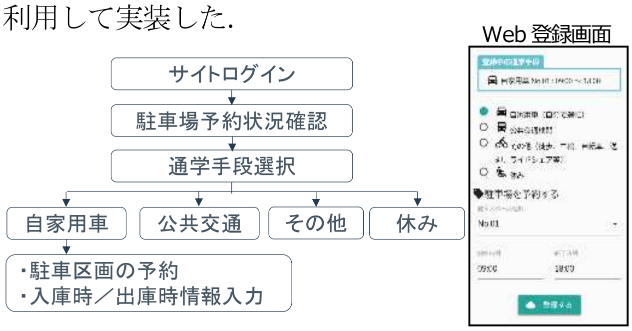


図 3　通学手段登録フロー及び Web 登録画面

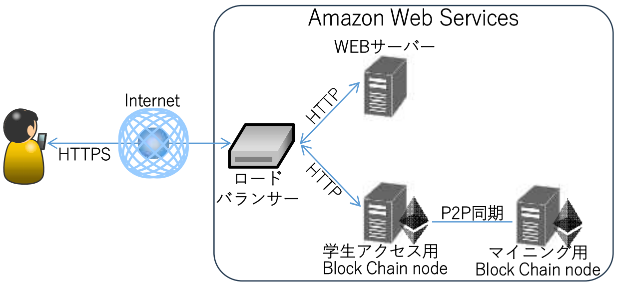


図 4　構築環境イメージ図

3.3. 実験結果

ブロックチェーン上に記録された情報から，TDM 施策の効果検証を行った．

(1) 駐車場満車時の他通学手段の選択

2019 年 1 月 24 日(木)に，普段は自家用車を利

用して通学をしている学生が，通学手段を変更して通学している行動が確認できた．当日の駐車場区画および自家用車通学者以外の予約登録状況を**図 5** および**図 6** に示す．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ているのが確認できた．

(2) 駐車場区画の効率的な利用

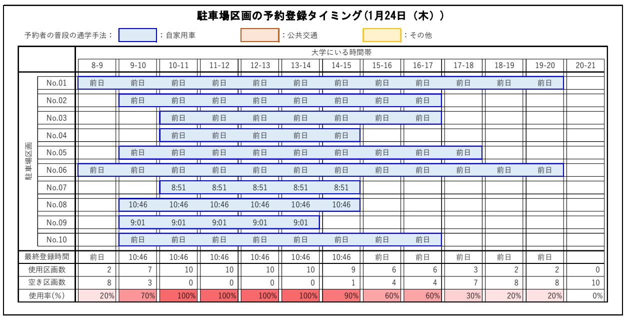
2019 年 1 月 28 日(月)における駐車場区画の予約登録状況を**図 7** に示す．使用時間帯を分けて 1 つの駐車場区画を効率的に利用している状況が確認できた．

(3) 利用者数変化

時系列の通学手段別人数変化を**図 8** に示す．これまでは実態調査を実施しないと不明であったり，調査を実施した場合でも調査日の特定の状況しか把握することができなかった通学手段別の人数把握が容易に確認できた．このような情報を公共交通機関と共有することで，公共交通のサービス向上にも繋がっていくことが期待できる．

4. おわりに

本稿では，駐車場管理と公共交通利用促進の一体的な取組みにブロックチェーン技術を活用し，交通行動とインセンティブを融合させたトークンエコノミーの形成と，各種シェアリングを組み合わせた新たな TDM 施策を提案した．また，一部機能を用いた模擬実験を行い，提案した TDM 施策が交通行動変化を促す有用な施策であることを確認した．今後も引き続き機能を拡張して検証を行っていく．また，近年，交通分野では MaaS（Mobility as a Service）と呼ばれる新しい概念が，100 年に 1 度のモビリティ革命とも言われ気運が高まっている．本稿で提案した TDM 施策を MaaS に取り込み相乗効果を図ることで，より早期の社会課題解決を目指すことも重要である．

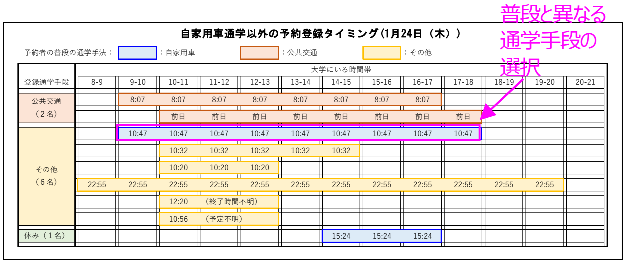


駐車場区画の予約登録タイミング（1月24日（木））

予約者の普段の通学手法：自家用車 / 公共交通 / その他

駐車場区画	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
No.01	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	
No.02		前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日				
No.03			前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日				
No.04			前日	前日	前日	前日	前日						
No.05		前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日			
No.06	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	
No.07			8:51	8:51	8:51	8:51	8:51						
No.08		10:46	10:46	10:46	10:46	10:46	10:46						
No.09		9:01	9:01	9:01	9:01	9:01							
No.10		前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日				
最終登録時間	前日	10:46	10:46	10:46	10:46	10:46	10:46	前日	前日	前日	前日	前日	
使用区画数	2	7	10	10	10	10	9	6	6	3	2	2	0
空き区画数	8	3	0	0	0	0	1	4	4	7	8	8	10
使用率(%)	20%	70%	100%	100%	100%	100%	90%	60%	60%	30%	20%	20%	0%

図 5　駐車場区画予約登録状況（24 日）

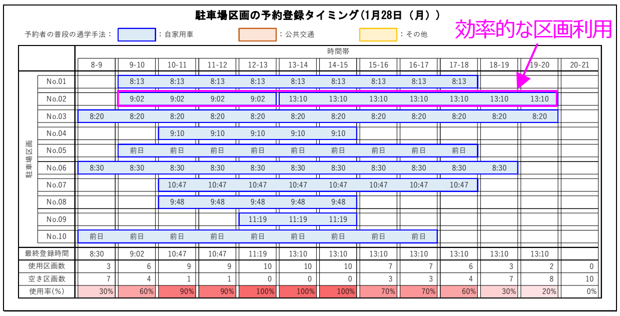


自家用車通学以外の予約登録タイミング（1月24日（木））

予約者の普段の通学手法：自家用車 / 公共交通 / その他

登録通学手段	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
公共交通（２名）		8:07	8:07	8:07	8:07	8:07	8:07	8:07	8:07				
			前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日			
その他（６名）		10:47	10:47	10:47	10:47	10:47	10:47	10:47	10:47	10:47			
			10:32	10:32	10:32	10:32	10:32						
			10:20	10:20	10:20								
	22:55	22:55	22:55	22:55	22:55	22:55	22:55	22:55	22:55	22:55	22:55	22:55	
			12:20	（終了時間不明）									
			10:56	（予定不明）									
休み（１名）							15:24	15:24	15:24				

図 6　自家用通学者以外の予定登録状況（24 日）



駐車場区画の予約登録タイミング（1月28日（月））

予約者の普段の通学手法：自家用車 / 公共交通 / その他

駐車場区画	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
No.01		8:13	8:13	8:13	8:13	8:13	8:13	8:13	8:13	8:13			
No.02		9:02	9:02	9:02	9:02	13:10	13:10	13:10	13:10	13:10	13:10	13:10	
No.03	8:20	8:20	8:20	8:20	8:20	8:20	8:20	8:20	8:20	8:20	8:20	8:20	
No.04			9:10	9:10	9:10	9:10	9:10						
No.05		前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日			
No.06	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30	8:30		
No.07			10:47	10:47	10:47	10:47	10:47	10:47	10:47	10:47			
No.08			9:48	9:48	9:48	9:48	9:48						
No.09					11:19	11:19	11:19						
No.10	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日	前日				
最終登録時間	8:30	9:02	10:47	10:47	11:19	13:10	13:10	13:10	13:10	13:10	13:10	13:10	
使用区画数	3	6	9	9	10	10	10	7	7	6	3	2	0
空き区画数	7	4	1	1	0	0	0	3	3	4	7	8	10
使用率(%)	30%	60%	90%	90%	100%	100%	100%	70%	70%	60%	30%	20%	0%

図 7　駐車場区画予約登録状況（28 日）

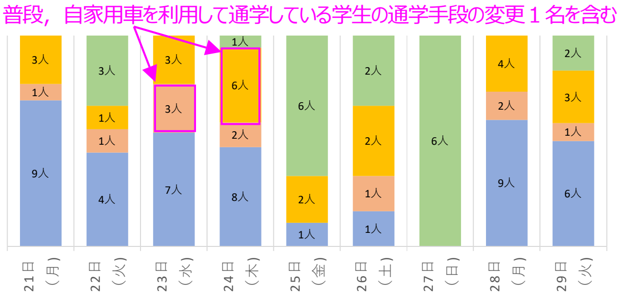


図 8　実証実験期間中の通学手段別登録人数変化

参考文献

1) Satoshi Nakamoto : Bitcoin:A Peer-to-Peer Electronic Cash System，2008
2) 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
3) 大塚和幸：交通需要マネジメントの現状と課題，こうえいフォーラム第 9 号，2001.1
4) 森北出版株式会社：ブロックチェーン技術入門，pp.1-85，2017