

# MaaS 時代に向けた駅における鉄道車両ドアから自動車乗車までの乗客移動モデル

鈴木隆弘<sup>1</sup> 清原良三<sup>1</sup>

**概要:** 近年,排出ガスの削減や交通渋滞緩和のためマイカーの削減施策が講じられている.マイカーに代わる交通として公共交通機関の利用が推進されており,公共交通機関の利便性はマイカーの削減に大きく影響を及ぼすと考えられる.現在,多岐にわたる公共交通機関を跨いで利用することは予約や運賃の決済を各事業者に対して行わなければならないため利便性に欠けている.そこで,交通を1つのサービスとして捉え予約から決済までを利用する交通機関の事業者に関わらず,一括で行うことが出来るようになる MaaS という概念が注目されている.本論文では MaaS の普及に伴い利用者と予約車両間に生じる課題を提示し,利用者の乗り換えにかかる時間を推定するという観点から課題の解決手法を提案する.

**キーワード:** ITS MaaS

## Walking Model at Railway Station for MaaS

TAKAHIRO SUZUKI<sup>1</sup> RYOZO KIYOHARA<sup>1</sup>

### 1. はじめに

近年では排出ガスの削減や交通渋滞、駐車場不足の緩和のためにマイカー削減施策として公共交通機関の利用が推奨されている.しかし,現状の公共交通機関ではそれぞれの事業者が単独でサービスを提供しているため,利用者が複数のサービスを跨いで利用する場合には利便性に欠けてしまう.そこで,社会が抱える移動手段における課題を解決するために交通を1つのサービスとして捉える MaaS(Mobility as a Service)という概念が注目されてきている.

図1に示すように MaaS とは ICT を活用して,公共交通か否か,また運営主体に関わらず,マイカー以外のすべての手段による移動を1つのサービスとして捉え,シームレスにつながり新たな移動の概念とするものである.そのコンセプトに基づく取り組みは欧州を中心に推進されてきており2016年には様々な公共交通を一括で検索・予約・決済できるアプリケーション「Whim」がヘルシンキ市でサービスを開始している.「Whim」は公共交通機関の利用シェアの増加,公共機関の運行効率化,都市部における渋滞の削減や環境負荷の低減効果が期待されている[1].日本でも MaaS に対する積極的な取り組みがなされており様々な実証実験が行われている.

表1に示すように MaaS はサービスの統合の程度に応じて4段階のレベルに分かれており,レベル1では複数モードの交通の提案・価格情報の統合,レベル2では予約・決済の統合,レベル3では公共交通に加えてレンタカーなども含めたサービス提供の統合,レベル4ではデータ分析による政策を行う政策の統合となっている[2].現在の日本ではレベル1までのサービスが提供されており,株式会社ジョルダンの乗換案内サービスや株式会社ナビタイムジャパンが運営する「NAVITIME」が代表例となる.

MaaS の統合レベル2のサービスにおける予約・決済システムでは検索・予約・決済を事前に一括で行う都合上タクシーを利用する際に利用者と予約車両を1対1で紐づけする

### MaaS (Mobility as a service) とは

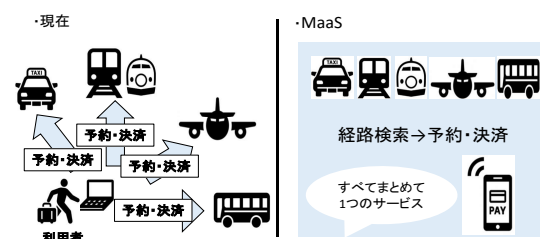


図1 MaaS の概要

<sup>1</sup> 神奈川工科大学  
Kanagawa Institute of Technology., Atsugi City., Kanagawa 243-0203, Japan

表 1 MaaS の統合レベル

統合レベル 4 : 政策の統合
統合レベル 3 : サービスの提供の統合
統合レベル 2 : 予約・決済の統合
統合レベル 1 : 情報の統合
統合レベル 0 : 統合無し

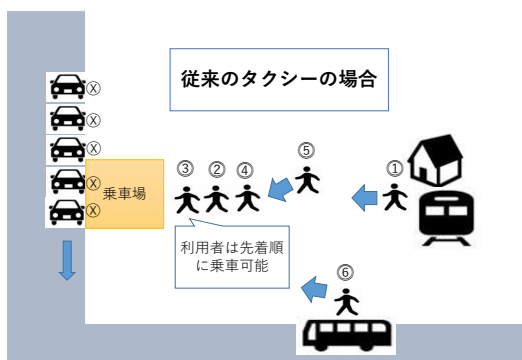


図 4 従来のタクシーでの送迎

こととなる。鉄道駅では鉄道からタクシーへの乗り換えの際に 1 対 1 での待ち合わせが生じることに加え、現在の日本の都市部の鉄道駅では利用者とタクシーの待ち合わせ場所となるロータリーや道路において、多数の予約車両が一斉に利用者と待ち合わせることが出来るほど十分に確保されていない。そのため図 2 で示す従来のタクシーでの送迎とは異

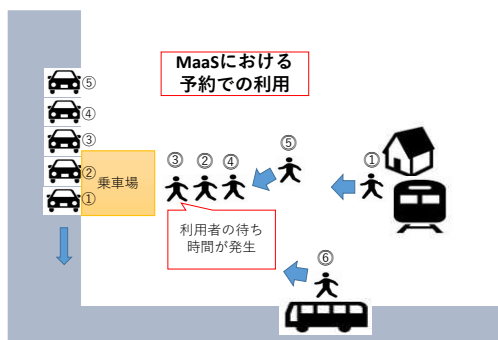


図 3 MaaS における予約での課題

なり利用者を到着順に予約車両へ乗車させることが難しく、図 3 に示すように本来では不要である待ち時間が生じてしまうという課題がある。そこで、利用者個人個人の乗り換えにかかる時間を推定する。推定結果に合わせて図 4 に示す通りタクシーの待機列を事前に調整することで利用者を先着順に予約車両へ乗車させる手法を提案する。

## 2. 関連研究

タクシーの配車サービスとしてはすでに JapanTaxi というサービスが開始している。しかしこのアプリケーションでは駅での予約はおおよそ想定されておらず、利用者が駅で予約車両を待たなければならないという課題の解決にはつながっていない。マイカーの所有者数が減少することに伴い駅前であってもすべてのタクシーが予約されているということも検討する必要がある。

乗車位置を特定するために、人物の位置検出を行う研究として中澤らによる分散カメラエージェントを用いる手法が既に提案されている[3]。これ利用者の乗車位置を検出する上では必要な関連研究となる。

乗り換えにかかる負担は乗換抵抗として佐藤らに要因分析がされている[4]。佐藤らは乗り換え行動コストを定義し各乗換抵抗要因の定量化を可能とし、乗換抵抗の要因分析を行い乗換抵抗低減施策の提案を行った。乗換抵抗が増大することに伴い乗り換えにかかる時間に大きな影響を与えると考えられる。佐藤らの論文ではバリアフリー化の推進を目的として執筆されているが本提案を検討するにあたっての関連研究となる。

乗車位置や車両の混雑状況の推定手法としては前川らが Bluetooth の受信特性を用いた推定手法を提案しており[5]、鉄道利用者の携帯端末間で観測された Bluetooth の RSSI に基づく継続的な更新アルゴリズムにより乗車車両と混雑状況が推定できるとしている。提案手法で得られた乗車車両情報及び各車両の混雑情報は乗り換えにかかる時間の推定の要素となる。

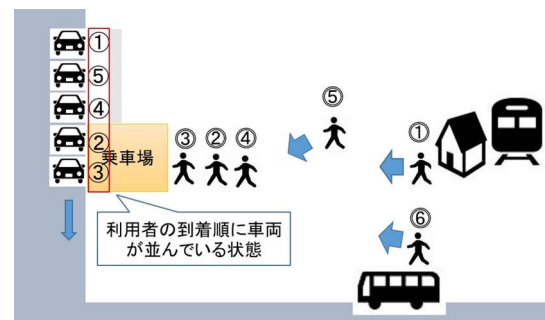


図 2 予約車両の待機列の調整

### 3. 提案手法

タクシーの乗車場へ利用者が到着する順番に合わせて予約したタクシーの到着順を前後させることでタクシーの乗車場での利用者の待ち時間を削減する。そのために本論文では鉄道車両内での利用者の乗車位置や車両混雑時の振る舞い等から乗り換えにかかる時間に大きな影響を与える要因を模索し、その要因から利用者個人個人の乗り換えにかかる時間を推定する手法を提案する。

乗り換えにかかる時間に影響を与える要因としては以下の項目とする。

- ・年齢や荷物を加味した歩行速度
- ・混雑時の振る舞い
- ・階段とエスカレータの選択
- ・階段の上り下りの速度
- ・乗車位置
- ・同伴者

スマートフォンの3軸加速度センサを用いて個人の最高歩行速度や最適歩行速度を検出し、カメラセンサを用いて取得する駅構内の人の流れや混雑状況等から推定する。

乗り換え時間は乗車位置から階層移動手段までの距離、階層移動手段の距離、階層移動手段から改札までの距離、改札からタクシー乗車場までの距離をそれぞれの混雑状況や同伴者および荷物を考慮した移動速度で除算し、導き出された時間をすべて加算したものである。各パラメータで想定する移動距離を図5に示す。乗り換え時間は式(1)で表せるものとし、パラメータを表2に示す。

$$\text{乗換時間} = \frac{d_1}{v_1 c_1 - (f + b)} + \frac{d_2}{v_1 c_2 - (f + b)} + \frac{d_3}{v_1 c_3 - (f + b)} + \frac{d_4}{v_2 c_4 - (f + b)} \quad (1)$$

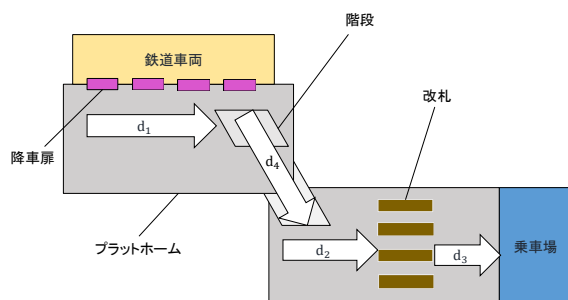


図5 各パラメータで想定する距離

表3 パラメータ

パラメータ	意味
$d_1$	乗車位置から階層移動手段までの距離
$d_2$	階層移動手段から改札までの距離
$d_3$	改札から乗車場までの距離
$d_4$	階層移動手段の距離
$v_1$	平坦な経路の移動速度
$v_2$	階層移動速度
$c_1$	降車扉から階層移動手段までの混雑状況
$c_2$	階層移動手段から改札までの混雑状況
$c_3$	改札から乗車場までの混雑状況
$c_4$	階層移動手段の混雑状況
$f$	同伴者による移動速度制限
$b$	荷物による移動速度制限

### 4. 観察

予備実験として小田急線本厚木駅を対象とした被験者4人の後段時間、階段から改札まで、改札からタクシーの乗車場までの移動時間を混雑時(表3)と閑散時(表4)の2回計測を行った。予想外の結果として、混雑時より閑散時の方が

表2 混雑時計測結果

	後段時間 単位:秒	改札まで 単位:秒	乗り場まで 単位:秒
被験者1	13.2	24.2	53.1
被験者2	18.3	22.7	50
被験者3	15.5	18.8	42.5
被験者4	20.4	23	45.3
Ave	16.9	22.2	47.7

表4 閑散時計測結果

	後段時間 単位:秒	改札まで 単位:秒	乗り場まで 単位:秒
被験者1	22.7	22.4	46.6
被験者2	19.2	20.4	46.7
被験者3	26.4	9.6	42.7
被験者4	23.5	21.5	46.8
Ave	22.9	18.5	45.7

時間のかかる被験者がいた。顕著なのは階段である。階段はすべての被験者で、混雑時の方が早かった。これは単純に混雑していれば乗り換え抵抗が大きいわけではなく、一定の流れに乗ると通常時より早くなることを示しており、いわゆる川の流れと同じで、流用が増えると早くなる現象があることがわかった。

今後は、上記計算モデルの修正とともに、図6に示すようにシミュレータ上に本厚木駅ホームからタクシー乗車場までの経路を簡易的に再現する。橙色のマス、桃色のマス、黄色のマス、灰色のマス、茶色のマス、白色のマスはそれぞれ車両、降車扉、エスカレータ、階段、改札、その他の通路を表しており、図右上部の青色のマスは終着点を示す。

乗り換えにかかる時間に影響を与える項目をそれぞれのエージェントにパラメータとして与え、鉄道車両の降車扉からタクシーの乗車場までかかる時間を計測し、本厚木駅での乗り換えにかかる時間の実測値(表4)と比較する。実測値との相関性がみられたところで混雑状況等のパラメータを変更し再度計測を行う予定である。

計測結果より乗り換えにかかる時間に大きく影響を与え

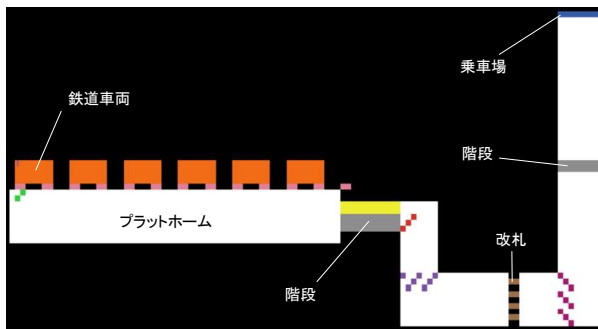


図6 本厚木駅の簡易図

表5 乗換移動速度の計測結果

乗換行動	属性	計測結果 (単位)	サンプル数
水平方向	高齢者	1.10 (m/秒)	51
	通勤・通学	1.32 (m/秒)	82
	買物・娯楽	1.34 (m/秒)	46
階段上り	高齢者	1.30 (段/秒)	58
	通勤・通学	1.59 (段/秒)	52
	買物・娯楽	1.81 (段/秒)	45
階段下り	高齢者	1.53 (段/秒)	53
	通勤・通学	2.07 (段/秒)	93
	買物・娯楽	1.99 (段/秒)	48

る要因を導き出し、導き出された要因をもとに乗り換え時間が予測可能であることを示す。また、移動速度については佐藤らの論文[3]に示された乗り換え移動速度の計測結果(表5)を参考に設定する予定である。

## おわりに

本論文では MaaS の普及という背景から、統合レベル2の MaaS 普及期における予約車両と利用者間で生じる待ち合わせの課題を現在の日本の鉄道駅の特徴と合わせて検討した後、利用者の乗り換えにかかる時間を推定する手法を提案し、予備実験の結果を示した。

今後は、シミュレータを用いて混雑状況及び同伴者や荷物による移動速度制限等が乗り換えにかかる時間に与える影響の度合いを調査すると共に、乗り換えにかかる時間の算出式(1)の妥当性の検討を行う。また、本厚木駅での研究の妥当性が認められた後、他の鉄道駅での応用も検討する予定である。

**謝辞** 実験の計測にご協力頂いた神奈川工科大学 清原研究室の方々に、謹んで感謝いたします。

## 参考文献

- [1]国土交通省:日本版 MaaS に向け  
<http://www.mlit.go.jp/common/001287842.pdf>  
<2019/10/19 参照>
- [2] 国土交通省:MaaS (モビリティ・アズ・ア・サービス) について [https://www.mlit.go.jp/pri/kikanshi/pdf/2018/69\\_1.pdf](https://www.mlit.go.jp/pri/kikanshi/pdf/2018/69_1.pdf)  
<2019/10/19 参照>
- [3]中澤篤志,加藤博一,井口征士:「分散カメラエージェントを用いた広域人物位置検出システム」  
情報処理学会論文誌 Vol.41 No.10
- [4]佐藤寛之,青山吉隆,中川大,松中亮治,白柳博章:「都市交通ターミナルにおける乗換抵抗の要因分析と低減施策による便益計測に関する研究」  
土木計画学研究・論文集 Vol19 no.4 2002年9月
- [5] 前川勇樹,内山彰,山口弘純,東野輝夫「鉄道における Bluetooth 受信特性を用いた乗車車両および混雑の推定手法」情報処理学会研究報告 Vol.2014-ITS-56 No.17