

# 実都市における Smart Access Vehicle シミュレーションの試み

## Smart Access Vehicles Evaluation using Traffic Simulator at Real City

小柴 等<sup>\*1</sup>  
Hitoshi KOSHIBA

野田 五十樹<sup>\*1</sup>  
Itsuki NODA

山下 倫央<sup>\*1</sup>  
Tomohisa YAMASHITA

中島 秀之<sup>\*2</sup>  
Tomohisa YAMASHITA

<sup>\*1</sup>産業技術総合研究所サービス工学研究センター  
AIST Center for Service Research

<sup>\*2</sup>公立はこだて未来大学  
Future University HAKODATE

In this paper, we evaluate to effectively of DRT on real city (Hakodate, JAPAN). In this case, we use exist simulator of the Simulator of Urban MObility (SUMO). So, we developed only demand-bus's core parts simulator. There are demand generator and bus route re-locator. It is easy way of hi fidelity and quick evaluation of simulation using real data.

### 1. はじめに

本報では、Smart Access Vehicle (SAV) サービスの社会実装を念頭に、北海道函館市を対象として進めている各種のシミュレーションについて述べる。

本稿で取り上げる SAV サービスは形態としてはデマンドバス (Demand Responsive Transportation : DRT) の一種で、その特徴は、1. 過疎地域ではなく都市を対象とすること、2. 運行車両としていわゆるバス車両だけでなくタクシーなども含むこと、3. 事前予約ではなくデマンドが生じた時点で SAV を呼び出すこと、などがあげられる。筆者らはこれまでに、この SAV サービスを実運用するためのサービスデザイン [中島 11, 松原 13, 田柳 13], 人流 (デマンド) の基礎調査 [佐野 13], 利便性評価・配車評価のためのシミュレーション基盤の構築・運用 [野田 08, 小柴 13], などを行ってきた。これらの結果から、我々は利便性 [野田 08] という評価軸で見た場合に SAV サービスが社会にとって有用であると判断しており、SAV サービス・システムの社会実装を推進している。具体的には乗客向けのデマンド入力アプリ、SAV 車両向けの配車情報通知アプリなどを作成した上で、北海道函館市において、1日あたり11時間で7日間の全自動 SAV 運行を実現した [小柴 14]。

この枠組みにおいて、文献 [小柴 13] では、函館市の実在のエリアにおいてシミュレーションを行い、グリッド状の仮想交通網を対象に行った試行結果 [野田 08] とは異なる傾向を報告している。文献 [野田 08] ではデマンド数に応じてデマンドバス (SAV) の台数も増加させることで利便性の急速な改善が見られたが、文献 [小柴 13] ではいったん改善するものの、その後悪化する傾向が見られており、その理由として、0.5km<sup>2</sup> という狭いエリアに数十台もの SAV を投入したことが原因で渋滞を引き起こしていること、をあげている。

そこで、本報では対象エリアを函館市街地およそ 5.0km 四方 (25.0km<sup>2</sup>) に拡大した上で、デマンド数、SAV 台数と利便性の関係について試行し、報告する。

### 2. シミュレーション基盤 SAVSQUID

SAV サービスのシミュレーションを実施するために作成したシミュレータについて説明する。

連絡先: 小柴 等, 産業技術総合研究所 サービス工学研究センター, 〒135-0064 東京都江東区青海 2-3-26 AIST 臨海副都心センター, hitoshi.koshiba@aist.go.jp

シミュレーション、特にあらゆる可能性を網羅的に試行・検証する網羅的シミュレーションは、サービスデザインにも有効な手法である。我々はこれまでに、この網羅的シミュレーションと、SAV の運行コントロール (デマンド自体の発生や、どのデマンドを、どの車両が、どの順番で処理するかを決定する)、交通シミュレーション (実際の道路ネットワークに沿って、加減速なども行いながら車両を運行させる)、を統合的に行うシミュレーション環境 SAVSQUID (SAVs Simulator for Qualitative Utility Investigation and Design) を開発し、これを用いて、函館市の特定地域を対象に路線バスと SAV の利便性比較や採算性比較を行ってきた [小柴 13]。今回も、シミュレーションの環境に SAVSQUID を使い、想定実験エリアにおける SAV 運行の利便性、採算性を評価した。

なお、利便性は以下の定義 [野田 08] に従う。

**利便性** 出発地から目的地まで乗り換えなしで到達する場合の、要求発生時刻から達成時刻までの平均時間

**採算性** 単位時間におけるバス1台あたりのデマンド処理数

### 3. 対象エリア

運行範囲については、文献 [小柴 14] に示された実証実験エリアに従うものとした。

文献 [小柴 14] に示された実証実験エリアを図1に示す。

このエリアは実証実験の際に、1. バス会社はじめ既存の公共交通事業者の収益に影響を及ぼしにくそうなエリアであること、2. 一方である程度の量のデマンドが見込めること、などの条件から、実運行を行う交通事業者と相談の上、設定されたものである。

エリアは函館市街地である五稜郭からみて北西に位置する約 5.0km 四方の範囲で、主要道路 (基本的にエリアの枠線内側に接する道路) 沿いに病院や複数のショッピングモール、大規模電気店が点在し、住宅街なども含んでいる。一方で路線バスの乗り入れはほとんど無い。

なお、今回の試行においては簡単のために、上記のエリアを矩形で近似して試行した。

### 4. 実験

上記、対象エリアに対して下記の条件でシミュレーションを試行した。

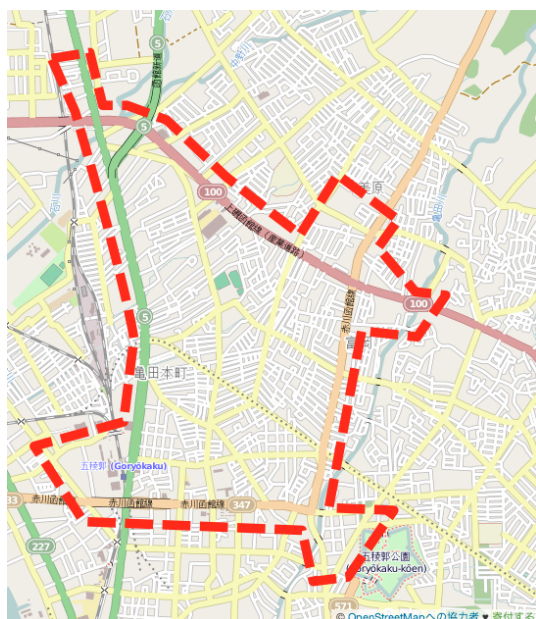


図 1: 文献 [小柴 14] における実験エリア概形

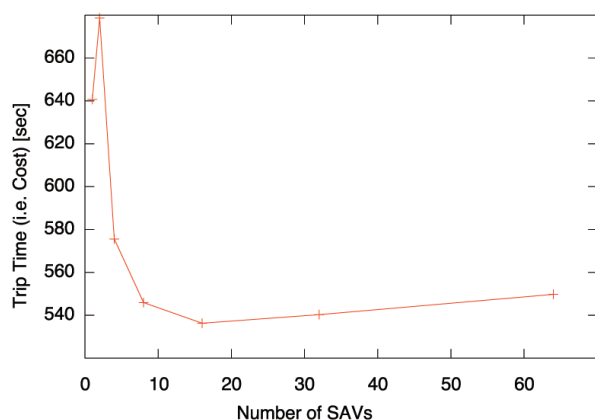


図 2: 採算性を固定した場合の実験結果

**採算性** SAV1 台あたり 3 デマンド (確率的に発生)

**SAV 台数** 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 の 8 パターン

**デマンド発生期間** 3600 sec (1 時間)

**試行回数** 100 回 (1 回もデマンドが生じなかった場合は再試行)

結果を図 2 に示す。今回の試行では採算性を固定しているため SAV の台数とデマンド数は線形に比例する。したがって横軸はデマンド数と読み替えても良い。

図 2 からは、デマンド数が非常に少ない状態では SAV の効率が悪く、デマンド数が増えると共に急速に利便性は改善すること。ただし、改善はある程度で底を打ち以降はわずかに悪化をしてゆくこと。が観察できる。

これは文献 [小柴 14] の結果と定性的には同様の傾向であるといえる。ただし、エリアを広げたことで改善が底を打ってからの悪化率は非常に低くなっており、ここから、実エリアでの配車においてはエリアに対する SAV の密度を考慮する必要があるという文献 [小柴 14] の仮説を裏付けるデータを得ることが出来た。また、この密度を考慮することでデマンドが増える

ほど SAV の利便性が改善するという文献 [野田 08] の結果が、実道路ネットワークの取り込みや、車両の加減速などの条件を加えた、より忠実制の高いシミュレーション環境でも、近似的に得られることが確認できた。

## 5. おわりに

実環境下での SAV 運行を念頭に、採算性を固定した場合の利便性の影響について検証を行った。

文献 [野田 08] をベースに交通系の条件を付与し、実際の道路ネットワークを対象に試行した文献 [小柴 14] では、デマンドが膨大になると利便性が悪化するという先行研究と異なる傾向が観察され、対象エリアが狭すぎたために SAV が渋滞を起こしたからではないかと考察した。

今回は対象エリアを広げて試行したところ、デマンドが膨大になると利便性が悪化するという傾向はあるものの、エリアを広げて渋滞を引き起こしにくくしたことで、文献 [野田 08] に近い結果を得ることが出来た。

これにより、文献 [小柴 14] の仮説を支持するデータを得た。今後は SAV の密度と利便性の改善の関係性を明らかにすると共に、背景交通の考慮や、路線バスなど他の交通機関を考慮した場合について、試行を行う。

## 謝辞

本研究の一部は、科学技術振興機構社会技術研究開発センター (JST-RISTEX) の問題解決型サービス科学研究開発プログラム “IT が可能にする新しい社会サービスのデザイン” の研究助成によって行われている。記して感謝する。また、SAV 運行に関わる知見などについて函館タクシー株式会社、函館バス株式会社の協力を得た。記して感謝する。

## 参考文献

- [小柴 13] 小柴 等, 野田 五十樹, 山下 倫央, 中島 秀之: 実環境を考慮したバスシミュレータ SAVSQUID による実運用に向けたデマンドバスの評価, JAWS-2013 (2013)
- [野田 08] 野田 五十樹, 篠田 孝祐, 太田 正幸, 中島 秀之: シミュレーションによるデマンドバス利便性の評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 49, No. 1, pp. 242–252 (2008)
- [佐野 13] 佐野 渉二, 金森 亮, 平田 圭二, 中島 秀之: スマートシティはこだてプロジェクト: 人流シミュレータ構築に向けた交通行動調査結果の速報, 人工知能学会「社会における AI」研究会 第 16 回研究会 (2013)
- [小柴 14] 小柴 等, 野田 五十樹, 平田 圭二, 佐野 渉二, 中島 秀之: Smart Access Vehicles の社会実装 – シミュレーションを通じた分析と実証 –, 情報処理学会 研究報告 知能システム (ICS), Vol. 2014-ICS-174, No. 1, pp. 1–8 (2014)
- [松原 13] 松原 仁, 中島 秀之, 平田 圭二, 佐野 渉二: 新しい都市型公共交通サービスのデザイン, サービス学会第 1 回国内大会 (2013)
- [中島 11] 中島 秀之, 白石 陽, 松原 仁: 「スマートシティはこだて」の中核としてのスマートアクセスビークルシステムのデザインと実装, 観光と情報, Vol. 7, No. 1, pp. 19–28 (2011)
- [田柳 13] 田柳 恵美子, 中島 秀之, 松原 仁: デマンド応答型公共交通サービスの現状と展望, 第 27 回人工知能学会全国大会 (2013)