

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 —

小柴 等^{1,a)} 野田 五十樹¹ 平田 圭二² 佐野 渉二² 中島 秀之^{2,b)}

概要：筆者らはこれまで、デマンドバス的一种である Smart Access Vehicles (SAV) の社会実装を目指して、シミュレーションによる利便性評価などを行ってきた。ここでは実際の道路ネットワークを用いるなど、ある程度実環境を考慮したシミュレートを実現した。今回はさらに 40 名程度の被験者の協力の下で 7 日間、デマンド自動受付・全自動配車の複数台運行という SAV の実証実験を行った。フルデマンド型乗り合いビークル複数台のリアルタイム自動配車は筆者らの知りうる限り世界初であり、これを 1 日あたり 11 時間維持できたことは、SAV サービスの社会実装を行う上で有用な成果と考える。また、これらのサービスを行う上でシミュレーションとの連携によって、サービスデザインと評価を行った。そこで、この実験の概要およびシミュレートとの比較結果について報告する。

1. はじめに

本稿では中規模都市を対象とした新たな交通機関 Smart Access Vehicles (SAV) の実運行と、そのために作成・実行したシミュレーション、および、両者の比較結果について報告する。

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 [4], [5], [7], 人流 (デマンド) の基礎調査 [6], 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 [2], [3], などを行ってきた。これらの結果から、我々は利便性 [2] 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。

ところで、多くのサービスにおいて一度離反した顧客を取り戻すことは容易ではなく、一つのミスが当該サービスを越えて環境にまで多大な影響を及ぼすことがある。した

がって、シミュレーターを利用して完全ではないにせよ施策が致命的なエラーを引き起こす可能性を調べておくことは有用である。特に、公益性の高い公共サービスのドメインにおいてシミュレーションを用いた、あり得る／取り得る状態のマイニングは有用である。しかしながら、シミュレーションはあくまで何らかのモデルで表現された仮想世界の話であって、現実を完全に模倣することはできない。つまり、シミュレーションが現実をどこまで模倣できているのか、結果をどこまで信頼してよいのか、は明かではない。また、シミュレーションで得られた知見をそのまま・直ちに社会に実装することは難しい。

これらの背景から我々は、実際に SAV サービス・システムを小規模運用することで、技術的可能性の検証とシミュレーションの評価とを実施したので、結果について報告する。

以下では、まず SAV 実運行の条件 (実験エリア, SAV 台数, 想定デマンド数, 期間など) を説明し、関連して実施したシミュレーションとそのためのフレームワーク (シミュレータ) について説明する。次に、実際に運行した結果、および、シミュレーションとの比較結果について述べる。

2. 実証実験要件

実験に先立って設定した要件を以下にまとめる。

目的 1. 技術検証, 2. シミュレーション結果との比較

場所 北海道函館市 (詳細は後述)

期間 2013 年 10 月 24 日 (木)~30 日 (水) 計 7 日

車両台数 5 台

¹ 産業技術総合研究所 サービス工学研究センター
AIST CfSR, Aomi Koto-ku, Tokyo 135-0064, Japan

² 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate, Hakodate, Hokkaido 041-8655, Japan

^{a)} hitoshi.koshiba@aist.go.jp

^{b)} h.nakashima@fun.ac.jp

被験者 事前募集の協力者 40 名程度 (インセンティブあり)

想定デマンド数 250 件/日

詳細は以下の通りである。

まず、目的について述べる。

目的 1 の技術検証とは、1. SAV 利用者の要望 (デマンド) に応じて、2. 実時間内に適切・妥当な車両と訪問順序を決定 (計画/推薦) し、3. SAV に通達し、4. SAV が実際に利用者のデマンドを満たす、という一連の動作を実現する SAV システムが実際に構築・運用できるか、特に 2., 3. の部分について人手を介さずに (ある程度自動的に) 達成できるか、を検証することである。そこで今回は SAV システムのサブシステムとして、主に 1. SAV 利用者のための配車依頼システム (乗客 App)、2. 利用顧客からの依頼に応じて適切な車両と訪問順序を選定する配車システム、3. SAV のドライバーのための配車指示システム (車載 App)、の 3 つのサブシステムを構築し、これらを用いて実際に SAV の運行 (予約受付, 配車計画, 送信, 実走) ができることの確認が目標となる。

目的 2 のシミュレーション結果との比較とは、想定の実験範囲、SAV 台数、デマンド数でシミュレートした場合に、利便性はどの程度になり、実際の運行との差がどの程度であるか、を明らかにすることである。

次に、運行範囲、実験期間、車両数などの条件について述べる。これらの条件については主に、SAV の実運行を行う交通事業者などステイクホルダーらの事情によって設定された。

運行範囲については、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、函館市街地にほど近いエリアを設定した。設定エリアを図 1 に示す。これ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 四方のエリアで、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、システム上では範囲を矩形で判定しており、図 1 の表示範囲であればデマンドを受け付ける。

運行期間は、平日だけでなく休日も含めたいという筆者らの希望と、函館市が実施するイベント (ノーマイカーデー) とのタイアップの可能性から 2013 年 10 月 24 日 (木) から 30 日 (水) の 7 日間を設定した。

車両運行は、タクシー会社の協力を仰いで期間中、筆者らが車両を借り上げて行うことにした。借り上げ台数は計 5 台、内訳は客数 3 名までの普通車 3 台、客数 8 名までのジャンボタクシー 2 台である。

被験者は、街作りに関する NPO 法人およびプロジェクト実施者の所属するはこだて未来大学を通じて募集すること



図 1 実験エリアの概形

にした。被験者らには 1 日 5 千円を上限に、1 乗車あたり 250 円を支払うというインセンティブを設定した。なお、これらとは別にノーマイカーデーのイベントとしての SAV 利用者募集も行っており、こちらの応募者は無料で SAV に乗れることのみをインセンティブとして謝金は設定しなかった。制約は、指定の実験エリア内で移動したいときに、筆者らが貸与するスマートフォンとアプリケーションを利用して移動すること、のみでその他の制約は設けない。

デマンド数については、タクシー会社へのヒアリングを行った結果、今回の運行地域におけるタクシー 1 台の 1 日あたり平均乗客数がおおよそ 25 件程度という回答が得られたため、この倍のデマンドまでを見込んでおけば対応可能との考えで、車両 1 台あたり 50 件を 5 台の運行で仮に 1 日あたり 250 件程度のデマンドを設定した。

3. シミュレーション

ここでは 2 で述べた条件を元に行ったシミュレーションについて説明する。

3.1 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。

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 [3]. 今回も, シミュレーションの環境に SAVSQUID を用い, 想定実験エリアにおける SAV 運行の利便性を評価した.

なお, 利便性は以下の定義に従う.

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 [2] また, SAVSQUID によるシミュレーションを可視化した様子を図 2 に示す¹.

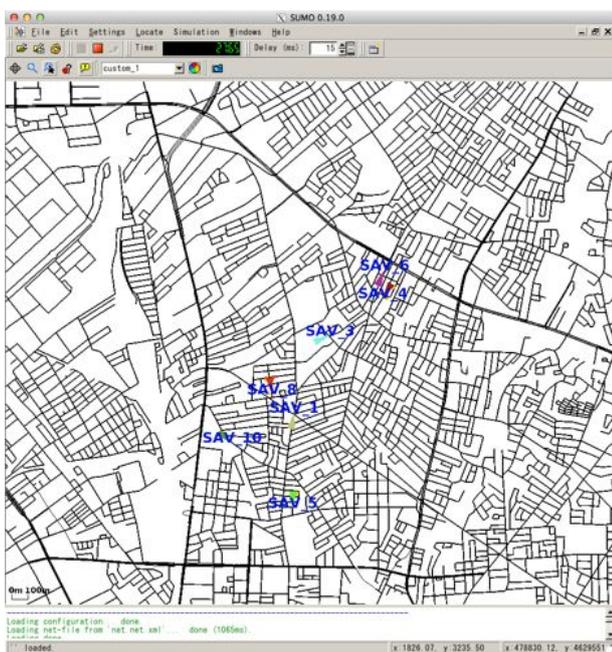


図 2 SAVSQUID(SUMO) の GUI 出力の例²

3.2 事前条件にもとづくシミュレーションの試行

SAVSQUID に運行範囲の道路ネットワークを取り込んで, シミュレートを行った. 道路ネットワークは株式会社ゼンリンの汎用デジタル道路地図データにもとづいて生成した.

デマンドは図 1 の範囲内で任意の 2 地点をランダムに抽出して発生させた. ただし, 交差点内などが停車位置になることがないように, データ上の道路距離³が 50 m 以下の短い道路は対象から除外した. また, 120 sec 以下の移動時間しかかからないような短距離のデマンドも生成しないよ

¹ 厳密には, SAVSQUID が活用する OSS の外部シミュレータ SUMO [1] の GUI 出力

² 道路ネットワークは株式会社ゼンリンの汎用デジタル道路地図データにもとづく. 許諾番号: Z13LC 第 097 号, Copyright ©2013 ZENRIN CO., LTD.

³ 幅員ではなく道路長. 基本的には交差点間の距離

うに設定した. デマンド発生タイミングは SAV 運行時間内に確率的に 250 件のデマンドが発生するよう設定した. 車両についても, 普通車とジャンボタクシーを区別せず, 乗客の定員に制限を設けなかった. その他, 初期状態において SAV は範囲内にランダムに配置されている.

これらの条件でシミュレーションを試行した結果を表 1 に示す.

表 1 想定条件でのシミュレーション結果

車両台数	5 台 (固定値)
運行時間	11 時間 (39 600 sec, 固定値)
発生デマンド数	248 件 (うち, リジェクト数 1 件)
利便性	985.1 sec (全て徒歩移動の場合, 1334.1 sec)
未稼働車両率	0.3 %

* 車両台数, 運行時間以外の値は 400 試行の平均値

表 1 において, リジェクトとは, 発生したデマンドのうち徒歩で移動した方が早いと判断され乗車を拒否した件数を示す. 徒歩移動にかかる時間については先行研究 [2], [3] を踏襲して, 寄り道なしで SAV を用いて移動した場合の 8 倍を設定している. また, 未稼働車両率とは, 一度も顧客を乗車させることのなかった車両の率を示す. たとえば, 20 台の車両を 1 日運行したときに, 一度も顧客を乗せなかった車両が 5 台いると, $(5/20) = 0.25$ となり, 未稼働車両率は 25.0% となる.

表 1 からは SAV5 台で, 1. ほぼ全てのデマンドを否決することなく受け付けて処理できそうなこと, 2. 未稼働状態の車両はほとんど発生しておらず車両台数として多すぎるということもなさそうなこと, 3. リジェクトの件数も平均で 248 件中 1 件程度と少ないことから車両台数が少なすぎるということもなさそうなこと, 4. SAV を用いることで, おおよそ 250 人⁴が約 6 分⁵, 全体で約 1500 分 (25 時間) の時間を節約できそうなこと, が見て取れる.

表 2 車両 10 台でのシミュレーション結果

車両台数	10 台 (固定値)
運行時間	11 時間 (39 600 sec, 固定値)
発生デマンド数	250 件 (うち, リジェクト数 0 件)
利便性	547.8 sec (全て徒歩移動の場合, 1332.9 sec)
未稼働車両率	0.5 %

* 車両台数, 運行時間以外の値は 400 試行の平均値

ここで, 車両の数について倍の 10 台をアサインできた場合についても試行した. 結果を表 2 に示す. 表 2 からは, SAV を 10 台に拡大した場合, 5 台の場合と比べて 7 分程度利便性が向上し, 徒歩と比較すると 250 人が約 13 分の時間を節約できそうなこと, リジェクトされるデマンドが

⁴ 1 デマンドを 1 人に換算

⁵ $\{(徒歩 1334.1 sec) - (SAV 985.1 sec)\} = 349.0 sec = 5.8 min$

ほぼ無いといえそうなこと、が確認できる。また、未稼働率も 0.5% とほとんど発生していないことが確認できる。

台数を増やすことで、顧客の利便性が向上する理由は、1. 乗り合いの発生確率が減ること、2. 自身の近くに SAV がある確率が高まること、などで説明できる。このように台数を増やすと顧客の利便性は向上するが、一方で、車両の台数を増やすと人件費や燃費などのコストが発生する。したがって、事業者にとって単純な台数の増加は好ましいことではない。

4. 実運行

以下では、北海道函館市において実際に SAV を運行した結果について述べる。

4.1 システム構成

SAV システムは大まかには、2つのユーザ向けアプリケーションと、バックエンドシステムから成り立つ。すなわち、

- (1) 顧客がデマンドを入力するためのアプリケーション (乗客 App)
- (2) SAV ドライバーがデマンドを確認するためのアプリケーション (車載 App)
- (3) デマンドに応じて最適な車両と訪問順序を計画する配車システム

という3つのサブシステムから構成される。また、これらのサブシステムはデータベースを介したデータのやりとりによって連携を実現する。

これにより、SAV システムはオペレーターを介することなく、自動でデマンドの受付からアサインまでを行うことができる。全自動での対応は、SAV サービスの提供上重要であるのみならず、サービスを社会実装する際に有用な特徴である。つまり、全自動化を行うことで、普段は一般のタクシー配車システムとして使いながら、アルゴリズムを切り替えて特定の日だけタクシーを SAV として運行する、というような使用方法が可能となり、事業者らが実態を見ながら徐々に SAV サービスを導入することが可能になる。

4.1.1 乗客 App

乗客 App は、顧客が自身のデマンドを入力・通知するためのアプリケーションで、Android v2.3.3 以上を搭載した端末で稼働する。後述する配車支援システムでデマンドを処理した結果、デマンドが SAV にアサインされると、何時頃に乗車・降車(目的地到着)できそうかという、見込み時間も表示される。なお、これらのサービスを提供するために、本アプリは適時位置情報を収集し、送信している。

今回の実験では、3G もしくは 4G 回線の契約を行った Android 端末を実験者側で用意し、アプリケーションを設定した状態で貸与して運用した。スクリーンショットを図 3 に示す。

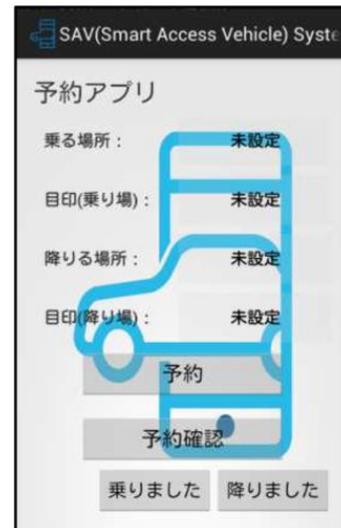


図 3 乗客 App スクリーンショット

4.1.2 車載 App

車載 App は、SAV ドライバーに向けて、顧客の迎車・降車位置や順序と、それらの順序の変更を適時通知するためのアプリケーションで、Android v4.0.4 以上を搭載した端末で稼働する。後述する配車支援システムでデマンドを処理した結果、デマンドが SAV にアサインされると、音で通知すると共に、画面上の顧客リストと地図上の訪問順序を更新する。顧客リストには、乗り間違い防止のための顧客名、乗降地点住所、ユーザ入力による目印情報などが表示される。また、顧客の乗降をシステムに通知するために、顧客乗降を通知するボタンなども有する。なお、これらのサービスを提供するために、本アプリは適時位置情報を収集し、送信している。

今回の実験では、ドライバーの可視性などを勘案して、4G 回線の契約を行った約 10 インチの Android タブレット端末を用意し、この端末上で運用した。スクリーンショットを図 4 に示す。



図 4 車載 App スクリーンショット

4.1.3 配車システム

配車システムは文献 [2] で示された逐次最適挿入法と、

交通シミュレータ SUMO [1] などを用いて、デマンドに対して適当な SAV を探索するシステムである。基本的には SAVSQUID の機能限定版で、各 SAV の乗客数上限を盛り込んでいること以外に大きな差はない。

ただし、今回の実験では、被験者募集をおこなった NPO 法人をはじめとするステイクホルダーからデマンドのリジェクトは行わないでほしいという要請があったため、徒歩で移動した方が早いと判断される場合でも SAV にデマンドをアサインした。これは、実験の設定として、基本的には SAV への乗車回数に応じて謝金が支払われる設定であったことに由来する。

4.1.4 オペレート支援システム

前述の通り、SAV システムは基本的に全自動でデマンドを受け付け、全自動で配車する。しかしながら、実際にはキャンセルや乗り違いなどに対する例外処理も必要のため、各車の位置や、デマンドのアサイン状態を可視化するオペレータ向けのツールも用意した。スクリーンショットを図 5 に示す。



図 5 オペレート支援システム

4.2 運行結果

4.2.1 環境条件

前述の条件に従って乗客となる被験者を募集した結果、38名の被験者を確保できた。38名の内訳は以下の通りである。

今回の実験では、位置情報を収集するため、プライバシー・個人情報保護の観点から未来大の学生も含め、基本的に被験者の管理は募集を行った NPO 法人に一任しており、性別や年齢などは筆者らに開示されていない。

SAV ドライバーは事業者らの都合から期間中、日ごとに

表 3 被験者の内訳

募集種別	人数
NPO 募集	21 名
未来大学生	15 名
一般参加	2 名
合計	38 名

*一般参加はノーマイカーデ어의応募者

入れ替わり、専属のドライバーは存在しなかった。また、タブレット端末などの操作に慣れたドライバーはほとんどいなかった。そのため、毎朝運行開始前にシステム操作方法に関する教示を与えるなどの操作を行った。ドライバーへの教示の様子を図 6 に、SAV の運行の様子を図 7 に示す。



図 6 ドライバーへの教示の様子



図 7 SAV 運行の様子

運行期間中の天候は、初日の 10 月 24 日は冷え込んだものの、期間を通じて降雨・降雪はなく安定していた。



図8 日ごとのデマンド数, ユニークユーザ (UU) 数の推移

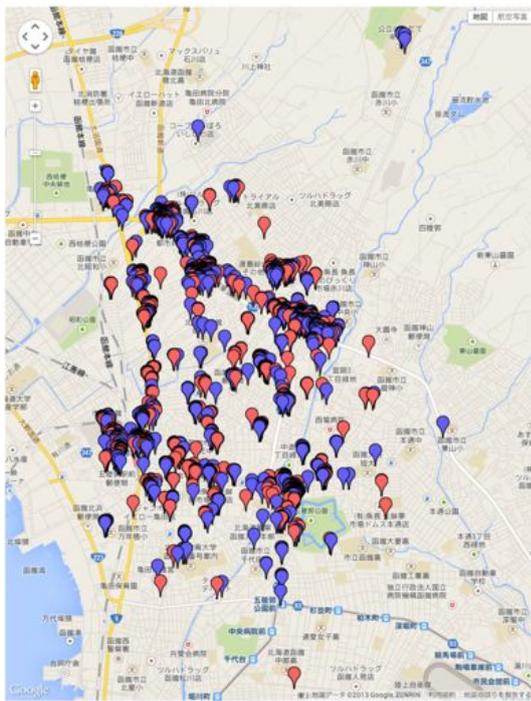


図9 デマンドの発生位置 (乗車地点: 赤, 降車地点: 青)

4.2.2 運行結果

まず, 日ごとのデマンド数, ユニークユーザ (UU) 数の推移について, 図8に示す. また, デマンドの発生位置 (乗車地点, 降車地点) を図9に示す.

図9右上の青いピンが立っている飛び地は公立はこだて未来大学, 中央下の赤いピンが立っている飛び地はタクシー事業者の本社位置である. この様に複数の飛び地は見られるが, 基本的に範囲内でデマンドが発生していること, 主要幹線沿い, 特に商業施設エリアにデマンドの偏りが見

られること, などが観察できる.

図8に示したデマンド数などの推移については以下で説明する. 実験初期段階, 特に実験初日の10月24日はドライバー・被験者 (乗客) のシステム (アプリケーション) への不慣れと, システム自体との不具合などからデマンド数が伸び悩んでいる. その後, オペレーションの見直しや車載Appのマイナーチェンジなどを加えた結果, 27日以降は一日あたり170件程度のデマンドが安定して発生し, システム側でも処理できている.

前述したとおり, 一般タクシーの稼働レベルが1日あたり25件程度のデマンド処理であるため5台で125件となる. 今回の運行では一日あたり170件程度のデマンドであったため, 一般タクシー以上の数のデマンドが発生し, 処理することができたといえる. なお一般タクシーのデマンド処理数25件は12時間以上の稼働で達成されているため, SAVが11時間の運行時間であったことを考慮すると, 170件のデマンドは十分な量といえる. さらに今回の運行では, これらのデマンドに対して, 指定したSAV以外への乗り間違えやキャンセルなどの例外を除く, 通常の処理についてはオペレータを介さずに自動的に行うことができた.

これにより, 2章においてあげた,

1. SAV利用者の要望 (デマンド) に応じて, 2. 実時間内に適切・妥当な車両と訪問順序を決定 (計画/推薦) し, 3. SAVに到達し, 4. SAVが実際に利用者のデマンドを満たす, という一連の動作を実現する SAVシステムが実際に構築・運用できるか, 特に2., 3.の部分について人手を介さずに (ある程度自動的に) 達成できるか, を検証すること

という, 目的1の技術検証を達成できた.

フルデマンド型乗り合いビークル複数台のリアルタイム自動配車は筆者らの知りうる限り世界初であり, これを1

日あたり 11 時間維持できたことは、SAV サービスの社会実装を行う上で有用な成果となった。

4.3 シミュレーションとの比較

4.2 章の結果を受けて、追加のシミュレーションと比較を行った。比較項目には利便性を設定し、シミュレーション側のパラメータはデマンド数を 170 に設定、また、デマンドの発生箇所については簡単のためまずは一様分布にして比較する。

まず、実運行側の利便性について、安定稼働をしていると思われる、10 月 27 日から 30 日までの 4 日間のデータを対象に各種指標の 1 日あたり平均値を算出した。結果を表 4 に示す。表 4 からは、SAV を用いた際の利便性が 21 分程度、仮に徒歩で移動したと推定した場合の利便性が 31 分程度であり、結果、174 人が 10 分程度の時間を節約できたことが読み取れる。

表 4 実運行時の利便性

車両台数	5 台 (固定値)
運行時間	11 時間 (39 600 sec, 固定値)
発生デマンド数	174 件
利便性	1268.8 sec (全て徒歩移動の場合の推計値, 1888.9 sec)
未稼働車両率	0.0 %

* デマンド数, 利便性は 4 日間の平均値

次に、シミュレーションの結果を表 5 に示す。表 5 からは、SAV を用いた際の利便性が 10 分程度、仮に徒歩で移動したと推定した場合の利便性が 22 分程度であり、結果、170 人が 12 分程度の時間を節約できたことが読み取れる。

表 5 シミュレーション結果

車両台数	5 台 (固定値)
運行時間	11 時間 (39 600 sec, 固定値)
発生デマンド数	170 件 (うち, リジェクト数 0 件)
利便性	623.8 sec (全て徒歩移動の場合, 1334.2 sec)
未稼働車両率	0.4 %

* 車両台数, 運行時間以外の値は 400 試行の平均値

表 4 および、表 5 を比較すると、そもそもの利便性 (徒歩移動の場合の利便性) に約 9 分 (554.9 sec) のズレがある。これは、実運行とシミュレーションとでデマンドの分布が異なることが原因と考えられる。前述したとおり、現実にはデマンドの地理的分布には偏りが見られる。一方で、今回のシミュレーションでは一様分布で設定している。この条件の違いがそもそもの利便性のズレとして発現したものと考えられる。

一方、SAV を用いることで改善する利便性はそれぞれ、10 分と 12 分であり、そもそもの利便性からみると差は小さい。シミュレーションの方が利便性の改善率が 2 分ほ

ど高いことについては、地理的な分布の偏り同様、時間的な偏りを考慮していないことが考えられる。現実には、通勤・通学時間や昼食の前後などデマンドが集中しやすい時間帯が考えられるが、シミュレーションではこちらも一様分布となっている。時間的なデマンドの集中は乗合の発生確率を向上させ、乗合は利便性を悪化させる。

以上より、条件の違いから細かい部分での差異は確認されたものの、利便性の改善については比較的現実に近い値を求められていそうなことがわかった。

これにより、2 章においてあげた、

利便性はどの程度になり、実際の運行との差がどの程度であるか、を明らかにすること

という、目的 2 の実効性検証を達成できた。

ただし、デマンドの発生条件については未だ十分でなく、より現実に近い条件を設定したときにどのような結果になるのかは検証できていない。また、ある 2 地点間の移動についても気象条件その他の外部要因によって変化すると考えられ、これらの変化を取り込めていない点についても十分ではない。

5. おわりに

本稿では、SAV サービスの社会実装を目的として、シミュレーションを通じたサービスデザインの枠組みと、実運行の結果、シミュレーションと実運行の比較結果について述べた。

シミュレーションを通じたサービスデザインの枠組みはこれまで提案してきたとおりである [3], [5]。したがって、本稿の新規性・有用性はこれらのデザイン結果を現実社会に反映させるための技術開発と検証を行っている点にある。

技術検証のパートでは、システム開発を行った上で北海道函館市の特定エリアにおいて 7 日間の運行を実施し、当初の目標通り、全自動でのデマンド受付、配車を実現できた。フルデマンド型乗り合いビークル複数台のリアルタイム自動配車は筆者らの知りうる限り世界初であり、これを 1 日あたり 11 時間維持できたことは、SAV サービスの社会実装を行う上で有用な成果となった。つまり、全自動での対応が達成できたことで、普段は一般のタクシー配車システムとして使いながら、アルゴリズムの切り替えで、特定の日だけタクシーを SAV として運行するというような使用方法が可能となり、事業者らが実態を見ながら徐々に SAV サービスを導入する、という導入方法が採用可能となった。

シミュレーション結果と実運行結果の比較のパートでは、デマンドの地理的・時間的な分布の違いに起因すると考えられる差異もみられたものの、意思決定材料としての有用性を認められる程度の結果を得ることができた。

今後、実運行で得られたデマンドにもとづいて、地理的・時間的な分布を調整することで、シミュレータに対しても

より現実に近い条件を設定でき、これにより結果の差異を減少できると考えている。この点については、すでに独自のパーソントリップ調査 [6] を実施しているほか、携帯電話を用いた人口動態データなども購入しており、これらのデータにもとづいたデマンドのモデルを構築している。その上で、路線バスとの連携や他のサービスとの連携を考慮したシミュレーションを予定している。

また、2014年4月および10月にも実運行を計画しており、本報の実験結果や上述したシミュレーションの結果にもとづいてサービスをデザインしてゆく予定である。

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 運行などについては函館タクシー株式会社、路線バスの知見などについては函館バス株式会社の協力を得た。被験者の募集・管理についてはNPO法人“スマートシティはこだて”の協力を得た。記して感謝する。

参考文献

- [1] Behrisch, M., Bieker, L., Erdmann, J. and Krajzewicz, D.: SUMO - Simulation of Urban MObility: An Overview, *SIMUL 2011, The Third International Conference on Advances in System Simulation*, Barcelona, Spain, pp. 63–68 (2011).
- [2] 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 (オンライン), 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/110006595147/>) (2008).
- [3] 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, 合同エージェントワークショップ & シンポジウム 2013 (JAWS-2013) (2013).
- [4] 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).
- [5] 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).
- [6] 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).
- [7] 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).