Vol.2016-ITS-64 No.12
2016/3/7

デマンド応答型公共交通 Smart Access Vehicle System におけるモビリティサービスのクラウド化に向けて

佐野 渉二[1,a)]　落合 純一[2,b)]　平田 圭二[1,c)]　鈴木 恵二[1,d)]　野田 五十樹[2,e)]　中島 秀之[1,f)]

概要：スマートシティはこだてプロジェクトでは，情報技術を用いて街の様々な活動やサービスを有機的なシステムとして統合することで，全体として住みやすい便利な街の構築を目指している．医療サービス，教育サービス，エンターテイメントサービスなど多様なサービスがあるが，それらが物理的に離れた場所で提供されている場合，複数のサービス連携を行う場合には移動手段を確保する必要がある．そこで我々は，利便性の高い移動手段を確保するため，デマンド応答型公共交通 Smart Access Vehicle System (SAVS) を提唱し，実装した．これまでにシミュレーション実験において，実証実験の運用状況を把握しながら，3 回の実証実験を行う中で，長時間運用可能であることの確認と SAVS のユーザビリティの向上を図ってきた．現在，モビリティサービスと他のサービスを連携をして行えるようにするため，これまでの公共交通システムでは一体で運営されてきた車輌の管理と運用を切り離し，それらとサービスを柔軟に組み合わせることを可能とするモビリティサービスのクラウド化の実現を目指している．本稿では，移動あサービスのクラウド化に向けたサービス連携プラットフォームとして Unified Mobility Platform (UMP) について述べる．UMP において，SAVS 運用サーバと通信するための API を提供することでさまざまな事業者が各自で多くのサービスを創出し，提供できるものと考えている．

1. はじめに

筆者らはスマートシティはこだてにおける目的として，街の様々な活動やサービスを有機的に統合し，全体として住みやすい便利な街（スマートシティ）の構築を挙げている [1]．現状，医療・福祉サービス，教育サービス，飲食サービス，エンターテイメントサービスなど多くのサービスがあるが，これらの連携は一部，あるいは範囲が限定されており，複数のサービスを連携，あるいは統合して提供することで，新たなサービスを創出できる．筆者らはサービス連携がほとんど行われない現状の問題点として，サービスを提供する場をつなぐ都市内公共交通が不便であると考えている．都市内公共交通としては，主にバスと，タクシーがあるが，利便性と料金においてサービス連携のための機関としてはベストマッチングとはいえない．

1 公立はこだて未来大学
FUN, Hakodate, Hokkaido 041–8655, Japan
2 産業技術総合研究所
AIST, Tsukuba, Ibaraki 305–8560, Japan
a) sano@fun.ac.jp
b) j.ochiai@aist.go.jp
c) hirata@fun.ac.jp
d) kjsuzuki@fun.ac.jp
e) i.noda@aist.go.jp
f) h.nakashima@fun.ac.jp

そこで，筆者らは新しい都市内公共交通として，デマンド応答型公共交通に着目し，Smart Access Vehicle System (SAVS) を提唱し，SAVS の構築を行ってきた [2], [3]．ここで，SAVS は運用システム全体を指し，SAVS における車輌は Smart Access Vehicle (SAV) と呼んでいる．SAVS では乗客のデマンドに応じて，乗合いを許容しながら SAV の配車を自動で行われ，現状のバスとタクシーを統合した公共交通システムである．これまでに函館市で 3 回の実証実験を通し，SAVS が実運用できることを確認しており，シミュレーションにより函館全域で SAVS を運行する場合に必要な車輌数も算出している．

デマンド応答型公共交通としては，これまでにもデマンドバスとして導入事例 [4], [5] があり，NTT 方式 [6]，コンビニクル [7] により提供された事例も見られる．しかし，これらは運行地域が限られた少数台の運行であり，事前予約を必要とするなど筆者らが考えるサービス連携を行うための公共交通機関としては適していない．また，近年，日本の大都市においては，UBER [8] も参入し注目されているが，これは，タクシー配車システムにおける配車を IT 化したものであり，タクシーと同等である．

従来の公共交通機関では，人を運送するモビリティサービス自体を目的としており，採算が取れない場合は，運行地域や車輌台数などの規模を縮小することで，さらに利便

© 2016 Information Processing Society of Japan

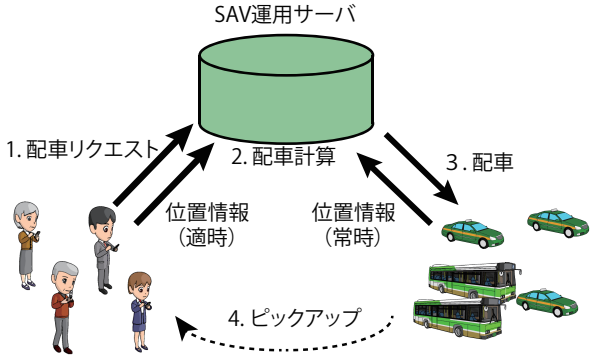

図 1　Smart Access Vehicle System の構成
Fig. 1　Structure of Smart Access Vehicle System

性が悪くなるという負のスパイラルに陥っている．また，公共交通を維持するために地方自治体の補助を受けているケースもある．筆者らは，モビリティサービスを他のサービス提供を目的とする手段ととらえる．さまざまなサービスと連携することで移動手段に付加価値が生じ，現状より多くの人に利用されるものと考えている．

本稿では，SAVS とさまざまなサービスを連携し，新たなサービスを開発するためのサービス連携プラットフォーム Unified Mobility Platform (UMP) について述べる．現状，バス・タクシー運行においては，車輌の管理，運用およびそれに伴う料金（運賃）設定のすべてを同一の事業者が行っている．筆者らは，モビリティサービスのクラウド化として車輌の管理と運用を分離して管理することを考え，サービスを開発する際にそれらを自由自在に組み合わせ，場合によっては統合できる場を提供することを目指している．SAVS では，SAVS 運用サーバにおいて配車を自動で行っているが，UMP において，SAVS 運用サーバと通信するための API を提供することでさまざまな事業者が各自で設計する多くのサービスを開発できる．

2. Smart Access Vehicle System

2.1 概要

Smart Access Vehicle System (SAVS) は，デマンド応答型公共交通 [9] の一種であり，固定ダイヤや時刻表を有さず，乗客のデマンドに応じて即時自動配車するシステムである．SAVS は車輌自動配車システムの全体を指し，SAVS における車輌は Smart Access Vehicle (SAV) と呼ぶ．SAVS のユーザは，SAV に乗って移動する人，および SAV の運転手の両方であるため，本稿では，前者を乗客，降車を運転手として区別する．

SAVS の構成を図 1 に示す．乗客は，スマートフォン上で乗客アプリ (2.2 節) を用いて配車リクエストを行うことで，SAV 運用サーバが自動で配車を行う．配車結果は SAV に搭載するタブレット端末上の車載アプリ (2.3 節) に通知することで，運転手は SAV を運転して乗客をピックアップしに向かう．なお，SAV の運行状況はモニタリングアプリ (2.4 節) で確認できる．

筆者らは，都市内すべてのバス，タクシーを SAV として運用することを目指している．このため，SAVS の実運用を目的として，2013 年 10 月，2014 年 4 月，2015 年 5 月の計 3 回に函館市内で実証実験を行い，長時間運用が可能であることを確認してきた．また，実証実験の回数を重ねるごとに乗客アプリ，車載アプリを改良してきた．2013 年 10 月，2014 年 4 月の実証実験については，文献 [2], [3] で述べているため，参照いただきたい．本稿では，2015 年 5 月に公立はこだて未来大学で行われた人工知能学会全国大会参加者を対象に行った実証実験について述べる．

以下に記す SAVS についての特徴，乗客アプリ，車載アプリなどは，2015 年 5 月時点でのシステムを対象に述べる．

2.1.1 乗客から見た SAVS の特徴

乗客視点で SAVS を見ると，SAV に乗りたいときに，乗客アプリを用いて乗車位置と降車位置を指定して配車リクエストを行うシステムである．配車結果として，いつくらいに乗車可能かの目安となる時間を乗客アプリ上で確認でき，配車された SAV の現在位置も確認できる．同じ SAV に乗車，降車する他の乗客がいない場合は，SAV の現在位置から乗車位置まで直接向かってくるが，同じ SAV で自身が乗車する前に乗車，降車する他の乗客がいる場合には迂回する．乗合いを許容するため，自身が乗車する際には，他の乗客が乗車していることもある．配車リクエストを行う際には，降車位置にこの時刻までに到着したいという時刻（以降，降車締切時刻とする）を設定できるため，降車締切時刻を指定して配車リクエストを行うことで，どれだけ迂回しても降車締切時刻までに降車位置に到着することができる．また，乗客はどの SAV に乗るか指定しないので，どのサイズの SAV (バス，タクシー（普通タクシー，ジャンボタクシー）など) に乗るかはわからない．

2.1.2 運転手から見た SAVS の特徴

運転手視点で SAVS を見ると，車載アプリ上に通知された配車情報（乗客の乗車位置，降車位置）に従って SAV を運転し，乗客を乗車，降車させ，乗車，降車の通知を車載アプリ上で行う．移動する乗車位置，降車位置の順番は，車載アプリ上で指定される．SAV に割り当てられた乗車位置，降車位置はリストとしてすべて記されるため，少し先の未来を見据えながら運転できる．このリストを本稿では配車リストと呼ぶ．なお，休憩する場合は，車載アプリ上で通知することにより，その SAV への配車を停止できる．ただし，休憩を通知した時にすでに配車されている場合は，新規配車を停止できるが，すでに配車されている乗客については全員を降車させるまで運転することとされている．

2.1.3 SAV 運用事業者から見た SAVS の特徴

車輌にタブレット端末して車載アプリをインストールす

図 2　乗客アプリ
Fig. 2　Passenger application

図 3　車載アプリ
Fig. 3　Driver application

るだけでその車両は SAV となる．車載アプリ上で休憩を通知すれば新規配車されないことから，タブレット端末を搭載しておくだけで，必要に応じて車輌を SAV として稼働できる．筆者らは都市内すべてのバス，タクシーを SAV として運用することを目指しているが，通常は既存のバスやタクシーとして運用し，特定の日，あるいは特定の時間帯だけ車載アプリの休憩を解除し，SAV として運用することも可能である．

2.2　乗客アプリ

乗客アプリを図 **2** に示す．乗客が SAV に乗りたいときに乗客アプリを用いて，乗車位置，降車位置を指定して配車リクエストを行うことで SAV に乗車できる．乗客アプリの機能について示す．視認性を高めるために，通知内容が変わるときには，テキストボックスの色も変えることとした．

- ユーザ（乗客）登録
  車載アプリ上で表示される通知名と連絡可能な電話（携帯電話）番号を入力することでユーザ（乗客）登録を行える．電話番号は，実証実験の際，運転手が乗客を見つけられない場合やシステムの不具合があったときに連絡することを想定している．
- 配車リクエスト
  乗車人数，乗車位置，降車位置，降車締切時刻を設定して配車リクエストを行う．乗車位置，降車位置の指定は，地図上でスクロールしながらカーソルを移動させながら行うが，登録されたランドマークを指定することでカーソルをそのランドマークの位置に移動できる．ランドマークとしては，函館駅や函館空港など公共交通機関が 5 件，観光地が 16 件，飲食店として寿

© 2016 Information Processing Society of Japan

図 4　モニタリングアプリ
Fig. 4　Viewer Application

司，海鮮料理，和食，イタリアン，フレンチ，インド料理，蕎麦，ラーメン店，喫茶店に分類しながら 33 件の計 54 件が登録されている．

- 配車結果の通知
  配車リクエストをした後，配車結果が通知され，SAV の号車番号，乗車予定時刻，降車予定時刻を確認できる．このとき，降車締切時刻に間に合う SAV がなかったり，乗車位置が運行範囲外を指定している場合などは，配車できなかったことが通知される．
- SAV 運行状況の確認
  配車後は，割り当てられた SAV の現在位置を SAV アイコンとして確認できる．SAV の現在位置は定期的に更新される．キャンセルボタンを押すことで，SAV の配車をキャンセルできる．

2.3　車載アプリ

車載アプリを図 **3** に示す．車載アプリ上には，それぞれの SAV に配車された乗客の乗車位置，降車位置のリストが表示され，運転手は車載アプリ上に記されている順番通りに SAV を運転する．車載アプリの機能を以下に示す．

- 配車の確認
  SAV に配車されると，音を鳴らすとともに乗客の乗車位置，降車位置が地図上に表示され，乗客の通知名，電話番号，乗車人数が配車リストとして示される．
- 地図の操作
  車載アプリ下部に表示されている「全体」，「現在地」，「目的地」ボタンを押すことでそれに対応する縮尺が切り換わる．「全体」を指定したときは，配車されている乗客のすべての乗車位置，降車位置が表示される地図に，「現在地」を指定したときは，SAV がいる現在地を中心とした地図に，「目的地」を指定したときは，SAV が次に行くべき場所（1 番目に移動する乗車位置，降車位置）を中心とした地図が表示される．
- 乗車通知，降車通知
  乗客を乗車，または降車させたあとは，配車リスト上の該当するボタンを押すことで乗車，または降車の通知を行える．乗車通知を行うと，該当する乗車位置がなくなり，配車リストが乗車情報から降車情報に切り換わる．降車通知を行うと，該当する降車位置がなくなり，配車リストから該当する乗客情報がなくなる．
- 新規配車停止の通知
  新規配車を停止するには，「休憩する」ボタンを押すことで行える．新規配車を停止しても，すでに配車されている乗客については他の SAV に移されることはない．新規配車を停止しても配車リスト上に乗客情報がなくなるまでは，緊急事態を除き，運転を続けることを想定している．

2.4　モニタリングアプリ

モニタリングアプリを図 **4** に示す．実証実験中は，乗客アプリや車載アプリの使い方に関する問い合わせ，システムの不具合などを受け付けるために SAV サポートセンタを設置したが，SAV サポートセンタで SAV の運行状況を確認するためモニタリングアプリを作成した．モニタリングアプリの機能を以下に示す．

- SAVS の異常確認
  乗車予定時刻や降車予定時刻になっても乗車通知，または降車通知がない場合，SAV の位置情報が取得できない場合など異常状態を確認できる．サポートセンタでこの情報を閲覧しながら，必要な時に運転手に携帯電話などで指示を行うことを想定している．
- SAV 運行状況の確認
  すべての SAV の位置，運行状態を確認できる．運行状態は配車されていない SAV を青色，配車されている SAV を緑色，乗車予定時刻や降車予定時刻になってもそれらの通知がないなど異常状態にある SAV を赤色で色分けしている．すべての SAV の表示，配車されている SAV の表示など条件に合わせて表示内容を変えられる．
- 車載アプリ画面の共有
  指定した SAV に搭載されている車載アプリと同じ画面を閲覧できる．これは運転手からサポートセンタに問い合わせがあった際，その運転手とみている画面を共有することで指示しやすくしている．なお，モニタリングアプリ上でも乗車，降車通知や新規配車停止の通知を行えるが，実証実験では可能な限り運転手に操作させることとした．
- 配車状況の確認

すべての SAV について全乗車人数，配車リクエストが割り当てられた件数，降車まで行った件数の一覧を確認できる．配車リクエストが割り当てられた件数と降車まで行った件数の差はキャンセルされた件数に相当する．

2.5 SAVS 運用サーバの構築

乗客アプリからの配車リクエストに対して配車計算を行い，適切な SAV を選択する配車エンジンを有する SAV 運用サーバを構築している．SAVS は配車リクエストに対して即時配車を行うシステムであるため，配車計算は，リアルタイムで行う必要がある．そこで，すでに配車されている乗客に関しては，配車されている SAV，および乗車位置，降車位置を変更しない制約を設けることで探索のための計算量を減らし，新規の配車リクエストに対しては，適切な SAV，および適切な移動順序を選択する逐次最適挿入法 [10] に従って配車計算を行う．

3. シミュレーション実験

2015 年 5 月に行った実証実験に向けて，移動時間を考慮して SAV 台数を決めるためシミュレーション実験を事前に行っていた．2015 年 5 月の実証実験の目的は，利便性に関して評価を行うためではなく，長時間運用可能であることと乗客アプリ，車載アプリの操作性の確認である．運行状況を事前に把握することで実証実験において必要な対策を行うために行った．なお，筆者のプロジェクトグループで行った他のシミュレーション実験 [3] において，函館市内を対象として社会実装を行うためには，現状の公共交通利用者数を想定すると約 700 台，函館市の人口（約 30 万人）の半数が昼間 12 時間に 1 往復することを想定すると約 3,000 台必要である結果が出ている．

3.1 シミュレーション条件

本研究では，交通シミュレータとして Simulation of Urban Mobility（SUMO）[11] を用いた．SUMO は，ドイツ航空宇宙センターが開発しており，オープンソースソフトウェアとして公開されている．SUMO は，フリーの地理情報データである OpenStreetMap[12] に対応しているため，容易に現実の道路網でのシミュレーションが可能である．SUMO に関する条件を**表 2** に示す． 本稿で述べるシミュレーションの対象地域を**図 5** に示す．図 5 は，OpenStreetMap のスクリーンショットを編集したものであり，色が明るい箇所の道路網を利用した．実証実験の対象者は，JSAI2015 の参加者であるため，デマンドの乗車位置・降車位置を中心街，湯の川温泉付近，函館空港付近の 3 地域に限定した．図 5 の地域に対して，デマンドの乗車位置・降車位置は表 2 の確率で作成した．シミュレーション時間は 1 時間とし，デマンド数を 20，30，60，120 の 4 通りについてシミュレーションを行った．ただし，以降で述べるシミュレーション結果は，乱数のシードを変えて 30 回行った平均値である．

図 5 シミュレーション対象地域（中心街，湯の川温泉，トラピスチヌ・空港）
Fig. 5 Hakodate area for simulation

表 1 SUMO に関する条件
Table 1 Silumation parameter of SUMO

パラメータ	値
車輛（タクシー）の定員	3 人
車輛（ジャンボタクシー）の定員	8 人
車輛の長さ	12.0 m
最短車間距離	3.0 m
最大加速度	0.6 m/s^2
最大減速度	1.5 m/s^2
最大速度	8.0 m/s
人間の歩行速度	1.0 m/s

表 2 デマンドの出発地・目的地の生成確率
Table 2 Occurrence probability of origin-destination point

乗車位置	降車位置	確率
中心街	中心街	0.50
中心街	湯の川温泉付近	0.10
中心街	函館空港付近	0.10
湯の川温泉付近	中心街	0.10
湯の川温泉付近	函館空港付近	0.05
函館空港付近	中心街	0.10
函館空港付近	湯の川温泉付近	0.05

3.2 シミュレーション結果

デマンド距離率と移動コストに関するシミュレーションを行った．デマンド拒否率は，配車条件に合わず配車されなかった割合であり，移動コストは車輛待ち時間と移動時間の和である．

デマンド拒否率に関するシミュレーション結果を**図 6** に示す．横軸は SAV 台数，縦軸はデマンド拒否率である．SAV 台数を増やすとデマンド拒否率が下がることがわかる．乗車人数の異なるタクシーとジャンボタクシーで違い

© 2016 Information Processing Society of Japan

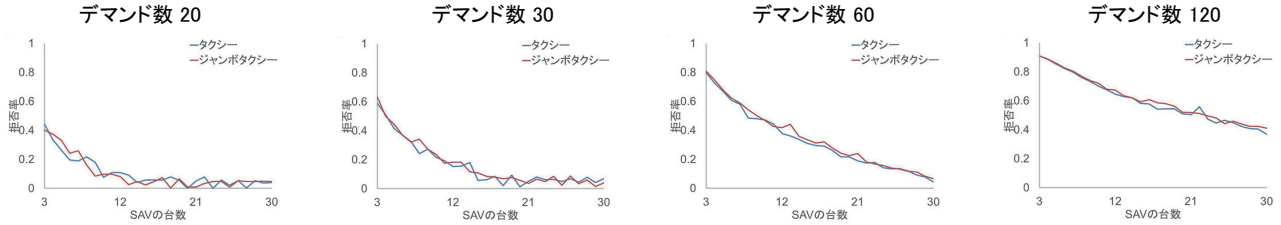

図 6　SAV 台数とデマンド拒否率
Fig. 6　Result of Ratio about rejected demands

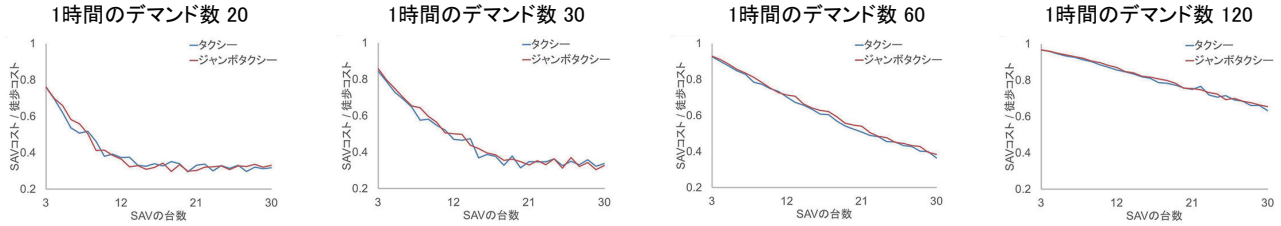

図 7　SAV 台数とコスト (タクシーとジャンボタクシーの比較)
Fig. 7　Result of costs(taxi vs jumbo-taxi)

がみられないのは，対象地域の移動は高々 10km 程度と近距離であることと，デマンド数 120 で毎分 2 回の頻度なため，乗車人数 3 人のタクシーでも満車となることがなかったためと考えられる．

移動コストに関するシミュレーション結果を **図 7**，**図 8** に示す．両者とも横軸は SAV 台数，縦軸は，徒歩の移動コスト（移動時間のみ）と SAV の移動コスト（車輌待ち時間と移動時間の和）の比である．SAV 台数を増やすと徒歩コストに対する SAV コストの比率が小さくなり，徒歩に対してより短時間に移動できることがわかる．実証実験では乗客数を増やしてより多くのデータを取得し多くの課題を見出すため，SAV の待ち時間を入れても徒歩よりも少なくとも半分の時間（移動コスト比 0.5）程度で移動可能とすることを想定した．

人工知能学会の参加者は 1,000 人規模であり，夕刻まで発表プログラムが組まれていることを考慮し，実験時間 7 時間 30 分中にその 4 割程度の参加者が 1 回デマンドを行うことを想定した．1 時間に換算すると 50 程度であることから，徒歩よりも半分の時間で移動できる台数は 20 台であるから，20 台で運用することとした．

4.　実証実験

4.1　実証実験の概要

- 2015 年 5 月 30 日（土）～ 6 月 2 日（火）
- 時間： 12:00～19:30（6 月 2 日のみ 11:00～17:30）
- 場所： 北海道函館市中心部全域 （**図 9**）
- 車輌台数： 20 台（普通タクシー 18 台，ジャンボタクシー 2 台），6 月 1 日のみ 30 台（普通タクシー 28 台，ジャンボタクシー 2 台）
- 乗客： 人工知能学会全国大会参加者のうちの実験協力者

2015 年 5 月に函館市内で実証実験を行った．実証実験対象地域を図 9 に示す．人工知能学会は公立はこだて未来大学を会場にして行われたが，公立はこだて未来大学と五稜郭タワー間はシャトルバスを運行していたので，五稜郭地区，函館駅周辺（観光地が多い西部地区を含む），函館空港を対象とした．SAV 車輌数はシミュレーション結果より 20 台としたが，6 月 1 日は，19 時より JR 函館駅前のロワジールホテル函館で交流会があるため 30 台とした．実証実験の目的は，長時間運用可能であること，乗客アプリ，車載アプリの操作性の確認である．対象地域に対して SAV 台数が少ないので，利便性を検証することは目的としていない．

乗客への乗客アプリの配布は NPO 法人スマートシティはこだてに一任し，運賃は無料でモビリティサービスを提供した．運転手は，事業者の都合上日ごとに変わったため，実証実験前に半数ずつ 30 分程度，車載アプリの説明を毎日行った．

4.2　実証実験結果

表 3 に運行実績として，配車リクエスト件数，配車された件数，乗車，降車した件数を示す．配車リクエスト数は想定していたよりも少なかったが，2 日目以降は 200 件を越える配車リクエストを受け付けた．

図 10 に配車リクエストされた乗車位置（青），降車位置（赤）の分布を示す．公立はこだて未来大学から五稜郭タワーへシャトルバスを運行していたので，それより南の範囲を実証実験範囲に定めたが，基本的にはその範囲外でも配車リクエストを受け付けた．南西部は函館駅や函館ベイエリアであり，観光や飲食のために移動した様子が分かる．

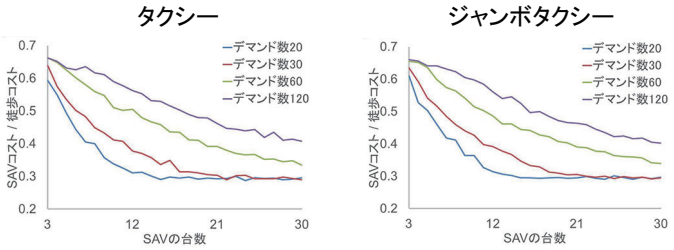

図 8　SAV 台数とコスト (1 時間のデマンド数の比較)
Fig. 8　Result of costs (the number of demands)

表 3　運行実績
Table 3　The number of passengers

	5 月 30 日	5 月 31 日	6 月 1 日	6 月 2 日	計
1. 配車リクエスト件数	109	215	218	230	772
2. 1. のうち 配車された件数	97	116	194	206	613
3. 2. のうち、乗車，降車した件数	77	89	169	175	510

図 9　実証実験対象地域
Fig. 9　Field Test Area

図 10　乗車位置（青）と降車位置（赤）
Fig. 10　Record of all pick-up (blue) and delivery (red) points

5. Unified Mobility Platform

筆者らは，移動手段として SAVS を用い，他のさまざまなサービスと連携して新たなサービスを開発するためのサービス連携プラットフォーム Unified Mobility Platform (UMP) の設計を行っている．本稿では，まず，モビリティサービスのクラウド化について述べ，UMP において，SAV 運用サーバとやり取りを行う API 例を示す．

5.1 モビリティサービスのクラウド化

一般にクラウド化というと，サーバ上にデータやコンピュータプログラムを保存し，インターネットなどのネットワークを通じて必要な時に必要なだけ利用することを指す．ここでは，計算リソース（ハードウェア）の管理とデータやコンピュータプログラムの利用方法（ソフトウェア）を分離することで，ユーザは自分専用の計算リソースをもつのではなく，ネットワーク上の複数の計算リソースを単一の計算リソースとみなして使用できる．

筆者らが考えるモビリティサービスのクラウド化 [2] とは，バスやタクシーなどの車輌（ハードウェア）の管理とその運用方法（ソフトウェア）を分離することで，それらを必要に応じて必要なだけ利用することを指す．つまり，現存するバスやタクシーなどの公共交通システムでは，事業者ごとに車輌の管理と運用を行ってきたが，全車輌（ハードウェア）を運用する際の共通インフラとしてとらえ，共通インフラを使用した運用方法（ソフトウェア）をサービスとしてさまざまな事業者が提供できる．

これにより，車輌の管理とその運用方法を同一の事業者だけですべて行う必要がなくなる．車輌のレンタルを行う事業者，運転手派遣のみを行う事業者，モビリティサービスを移動手段ととらえ他サービスと連携させた新たなサー

© 2016 Information Processing Society of Japan

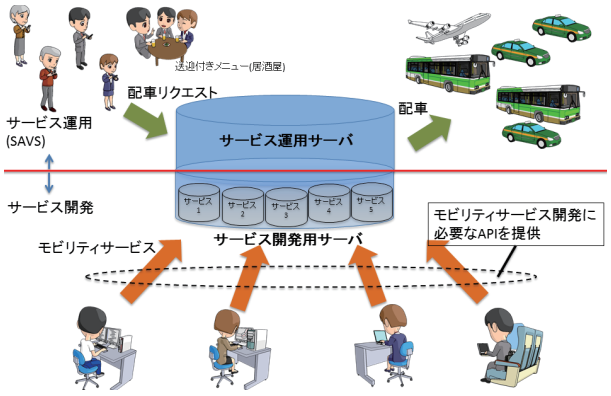

図 11　Unified Mobility Platform
Fig. 11　Unified Mobility Platform

ビスを提供する事業者など，車輌の管理とその運用方法の利用形態が大きく変わることが考えられる．またこれら車輌の貸与やサービス提供は，月単位や日単位など長期ではなく，時間単位，分単位，さらには秒単位で行うことも可能である．

一般に言われるクラウド化では，計算リソース（ハードウェア）は事業者が確保し，共通インフラで運用するためのセキュリティ管理を行う場合が多い．一方で，モビリティサービスのクラウド化では，車輌（ハードウェア）の確保も他の事業者を通じて行われる．このため，公共交通システムとして利用するためには，ある時間帯の車両が少なく利便性が悪いということがないように，一定水準の利便性を確保するための制約が必要かもしれない．この利便性を評価するツールとして，3 章で述べたシミュレータが使用できると考えられる．

5.2　サービス連携プラットフォーム

モビリティサービスのクラウド化を実現するためのサービス連携プラットフォームを Unified Mobility Platform (UMP) (**表 11**) と筆者らは呼ぶ．SAVS は SAV を効率よく運用するためのシステムであるが，UMP はそれより上位に位置するプラットフォームである．筆者らは，UMP の設計にあたり，現状の SAVS において，予約機能（未来の時間に対する配車），カーナビ機能による経路表示，電車，新幹線，飛行機など長距離移動に適した公共交通機関との連携を行えるようにしたものを想定する．つまり，モビリティサービスにおける時間と場所に関する制約をすべてなくして自由とし，自由にプライシングを行える場を提供する．モビリティサービスは地域事情に依存するため，公共交通システム全体を全国で統一するよりもシステムの核だけを共通とし，他は地方の特性に合わせて，場合によっては，時間と場所にある種の制約を設けて，柔軟に設計・開発できるようにすることが望ましいと考えている．プライシングに関しては，車輌の貸与，運転手の派遣など UMP 運営会社から対価を入手するものと車輌を使用したサービスを行うなど，UMP 運営会社へ対価を支払うもののマッチングについては，オークション形式にするなど今後検討する予定である．

5.3　Unified Mobility Platform 構築のための API

UMP 構築に向け，SAV 運用サーバと乗客アプリ，車載アプリとデータのやり取りを行うための API を提供する．UMP のための API として，2 章で述べた乗客アプリ，車載アプリに関するもの，あるいはサービスを提供するためにプライシングに関するものに分けられる．**表 4** にその一例を示す．2 章で述べたアプリもこの API を使用することで開発できる．

5.4　モビリティサービスと連携させたサービス例

5.3 節で述べた API を使用することでさまざまなサービスを創出できる．以下ではその一例を示す．

- SAVS を移動手段として利用する例
  現在，居酒屋ではタブレット端末上で注文したり，精算依頼をすることがあるが，精算依頼を行うと配車リクエストを行うことができる．これにより，飲食サービスとモビリティサービスを連携できる．このためには，ユーザ (乗客) 登録の API を用いて飲食店を登録し，配車リクエストの API を用いるだけで実現できる．
- SAVS で宅配サービスを行う例
  SAV は人だけでなく，モノを運送する際にも利用できる．上記同様にユーザ (乗客) 登録と配車リクエストの API を使用するだけで実現できるが，移動距離の API を使用して移動距離に応じた料金設定にしたり，燃料の API を使用して必要燃料量に応じた料金設定にもできる．
- 複数サービスとの連携させて利用する例
  観光ツアーとしてバスを貸し切り，観光地を回るツアーがあるが，例えば，街中健康増進ツアーとして，病院，飲食店，レジャー（温泉，スキー・スノーボードなど）を順に SAV で移動するツアーを容易に開発できる．これもユーザ (乗客) 登録と配車リクエストの API を使用するだけで実現できるが，擬似配車リクエスト，時間算出，燃料の API を使用し，移動時間を考慮した街中健康増進ツアー全体のプランを時間ごとに換えながら提示したり，SAV 利用者の少ない時間帯を狙ってお手頃価格で提供する案も考えられる．それぞれの移動は異なる SAV に乗ることになるが，あらかじめ車両を確保する必要はないので，1 人から時間を自由に設定できるサービスも提供できる．

6.　おわりに

本稿では，SAVS におけるサービス開発プラットフォー

© 2016 Information Processing Society of Japan

表 4　Unified Mobility Platform のための API 例
Table 4　Example of APIs for Unified Mobility Platform

大分類	小分類	機能の説明
乗客アプリ	ユーザ (乗客) 登録	ユーザプロファイルを入力すると，サービス運用サーバに登録される
	配車リクエスト	配車リクエストに必要な情報を入力すると，配車結果を返す
	擬似配車リクエスト	乗車位置，降車位置を入力すると，その時点で配車リクエストすると割り当てられる車輌の ID とその現在位置を返す
	時間算出	乗車位置，降車位置を入力すると，その時点で配車リクエストしたときの待ち時間 (乗車までの時間)・移動時間 (ともに見積時間) を返す
車載アプリ	SAV 登録	車輌情報を入力すると，サービス運用サーバに登録される
	配車問い合わせ	配車情報を問い合わせ，結果を返す
	乗降車通知	乗客の乗車，または降車を通知する
	稼働，停止申請	配車の受付可能状態，または受付停止状態にするため通知する
プライシング	燃料	2 地点の位置や移動距離を入力すると必要な燃料を返す
	SAV 位置全探索	SAV 全車輌の ID と位置のセットを返す
	移動距	2 地点間の移動距離 (経路に沿った距離) を返す

ムである UMP について述べた．UMP では，モビリティサービスを提供する SAVS を利用するための API を提供し，事業者はその API を利用することで，SAVS と他のさまざまなサービスと連携させ新しいサービスを創出できることについて述べた．多くのサービスを開発することで，事業者ごとに乗客を奪い合うのではなく，直接のつながりはなくとも俯瞰すると事業者間で協調して乗客に対応するようになることを期待する．

今後は UMP を実装し，サービス連携が気軽に行えることを確認する予定である．また，UMP においては基本的に各事業者間が独立でサービス開発を行うが，常に一定台
今後は UMP を実装し，サービス連携が気軽に行えることを確認する予定である．また，UMP においては基本的に各事業者間が独立でサービス開発を行うが，常に一定台

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，および人工知能学会実践 AI チャレンジ研究助成よって行われている．また，実証実験においては，NPO 法人スマートシティはこだて，函館タクシー株式会社の協力を得た．ここに記して謝意を表する．

参考文献

[1] 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，観光情報学会，Vol. 7，No. 1，pp. 19-28 (2011).
[2] 中島秀之，野田五十樹，松原 仁，平田圭二，田柳恵美子，白石 陽，佐野渉二，小柴等，金森 亮：バスとタクシーを融合した新しい公共交通サービスの概念とシステムの実装，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol. 71，No. 5, pp. I_875-I_888 (2015).
[3] 中島秀之，小柴 等，佐野渉二，落合純一，白石 陽，平田圭二，野田五十樹，松原 仁：Smart Access Vehicle System：フルデマンド型公共交通配車システムの実装と評価，情報処理学会論文誌，Vol. 57，No. 4 (2016，掲載決定).
[4] 四万十市: 中村まちバス，入手先 ⟨http://www.city.shimanto.lg.jp/kanko/dbus.html⟩
[5] 総社市: 雪舟くん，入手先 ⟨http://www.city.soja.okayama.jp/kotsu/kurasi/shin_seikatu_koutuu/shin_seikatu_koutuu.html⟩
[6] 奥山修司：おばあちゃんにやさしいデマンド交通システム，NTT 出版 (2007).
[7] 坪内孝太，大和裕幸，稗方和夫，オンデマンドバスシステムの実証実験による評価，運輸政策研究, Vol. 10，No. 4 (2008).
[8] Uber Technologies Inc.：Uber，入手先 ⟨https://www.uber.com/ja/cities/tokyo⟩
[9] 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，人工知能学会全国大会，2J4-OS-13a-1，pp. 1-4 (2013).
[10] 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).
[11] Behrisch, M., Bieker, L., Erdmann, J. and Krajzewicz, D.: SUMO - Simulation of Urban MObility: An Overview, *Proc. the 3rd International Conference on Advances in System Simulation (SIMUL 2011)*, pp. 63-68 (2011).
[12] OpenStreetMap：入手先 ⟨http://www.openstreetmap.org/⟩

© 2016 Information Processing Society of Japan