

# 新しい交通サービス実践への道程

## Steps toward Implementing a New Public Transportation Service

○ 中島秀之 田柳恵美子 松原 仁 平田圭二 白石 陽

公立ほこだて未来大学

### 1. 論文の目的

公立ほこだて未来大学のプロジェクトチーム「スマートシティほこだてラボ」では、2011年からスマート化の究極ともいえるフルオンデマンド制御技術を導入した新しい都市型公共交通システム[1]の提案と実装を目指して活動してきた。従来、情報科学・情報工学からの交通系分野の研究においては、アイデアをモデル化してシミュレーションで実証する、もしくは実証実験を行うところまでが目標とされ、実社会の実システムとして稼働させるところまで考えることは少なかった。しかしながら、2012年度より本研究をサービス学として展開するにあたり、社会的実践まで射程に入れた研究計画へ拡張し、利用者や利用環境との相互作用の中でのサービス展開そのものを研究対象に組み入れてきた。

我々は、サービス学とは実践を含むものでなければならないと考えており、函館市を実践のターゲットとして様々な準備と試行を行ってきた。具体的には、①交通行動や交通状況に関する事前調査、②様々な手法・範囲でのシミュレーション、③実システムと実車を用いた実証実験に取り組んできた。その過程で遭遇した様々な困難—仮説実証やモデル構築をゴールとする研究では得難い—を省察し、サービスイノベーションの実践障壁に関する発見事項を導出することが本稿の主旨である。

### 2. 背景と課題

#### 2.1. 超高齢社会とスマート交通の課題

プロジェクトの前提として、函館を始めとする地方都市では少子化に加えて、若者が都会に流出することによる高齢化の加速、その結果としての過疎化が懸念されていることがある。函館では毎年数千人規模で人口が減少している。これは日本の中核都市中の最悪値である。人口が減少すると街の生活レベルを維持するためのインフラのコストが相対的に高くなる。公共交通に関しては、いわゆるモータリゼーションスパイラル[2]によって、赤字経営が当たり前になっていたところへ、人口減と高齢化要因が加わり(図1)、もはや従来型の公共交通が存続不可能となる地域も急増している。中小都市ではすでに定時運行路線バスを全面廃止し、自治体あるいは市民団体によるコミュニティバスやデマンド交通の自主再建を余儀なくされる地域も出始めている。

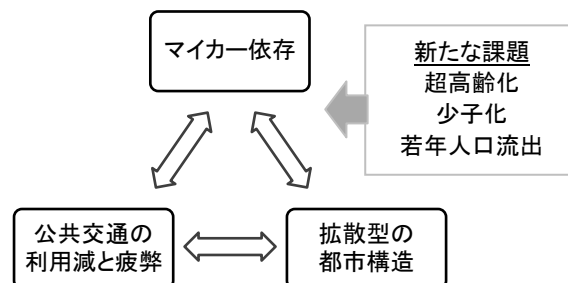


図1 20世紀のモータリゼーションスパイラルと21世紀の新たな課題

高齢化と過疎化がさらに進み、高齢独り暮らし世帯の急増も予測される中で、公共交通の重要性は逆に増していく。ところが日本にはつい最近まで交通政策に関する法律がなく、公共交通は国土政策と社会資本整備政策の下位に位置づけられていたに過ぎなかった。政府は2013年に交通政策基本法、2014年に地域交通活性化再生法を制定、これまで「空っぽのバスを走らせるために補助金をつぎ込んできた」[3]と揶揄されてきた政策が、ようやく見直され始めたのである。こうした政策動向の下、地方自治体は地域交通ネットワーク再生計画を策定し、公共交通の再編に取り組み始めている。柔軟な運行を提供するコミュニティバスやデマンド交通等へのより広範な導入が期待されるが、抜本的改革にはバスやタクシー等の民間業者や医療介護等の福祉団体の利害が複雑に絡み合い、また乗降場所を定めないデマンド交通には乗降時の安全確保面からの抵抗もあるなど、様々な障壁をクリアしていかなければならない。それでも道路運送法の規制緩和は徐々に進み、デマンド交通や乗り合いタクシーなどが、かなりの自由度で導入できるようになった。定時路線運行バスの廃止に追い込まれた自治体は、こうした規制緩和をバネにそれぞれのやり方で自主再編を追求してきた。

#### 2.2. 中核都市の公共交通改革の状況

一方、定時運行バスの全面廃止にまで至らない中核都市では様相が異なる。見てとれるのは、独創的な改革策を導入する地方がなかなか現れない現況である。ゾーン制の導入→交通結節点の設置(ハブ&スポーク型)という、国交省が提示するベストプラクティスを各都市が志向して再編案を押し進めているのが現状である。函館市も例外ではない(図2)。

国交省では、社会的サービスのインフラコストと



図 2 ゾーン制と交通結節点の導入による函館市の公共交通ネットワーク再編イメージ[4]

利便性の問題を改善するため、コンパクトシティ化を前提とする地域整備計画が推進されており、地域交通ネットワークもその一部と位置づけられている。しかしながら、住民のアメニティ（住環境や生活の快適さ、満足度）を考えると、求心的な集中居住だけが必ずしも選択肢ではない。東京など大都市とは異なり、近隣近郊の豊かな自然景観に恵まれた地方都市の場合、都市機能のコンパクト化の一方で、居住・遊住機能のある程度の分散化と利便性を損ねないアクセスの提供が理想モデルとなる。周辺自治体を含めた広域函館圏もそのようなモデルを志向している。コンパクトシティにも本来柔軟な定義があり、集中居住がすべてではない。その地方に適したコンパクトシティのあり方を見据えること、そしてさらに、我々が提案しようとしている高度なデマンド制御やビッグデータ活用等のスマート化技術の導入が、従来のコンパクトシティの制約に対して、より柔軟な新しい解を提供しうることを想定すべきである。

中核都市は、現在のマクロなネットワーク再編構想の段階を経て、次にスマート化を見据えたミクロな交通施策の改革へ進むことになる。国土省の平成27年度の施策には、公共交通へのビッグデータ活用も盛り込まれ、民間では実用事例もすでに出ている。我々が提案する完全自動制御によるフルデマンド交通の導入事例はまだ国内にも世界にも（我々の知る限り）存在しないが（3章で後述）、ビッグデータ活用とデマンド交通が統合される次の段階の中核技術になることは間違いない。いずれにしても我々の重要な課題は、ITの活用によって公共交通サービスの質や満足度をこれまでのマイナスレベルからさらに落とすことを食い止め、従来とは異なるスマート（賢い）なシステムに基づくサービスイノベーションにより、交通サービスの価値増大を実現していくことである。

### 2.3. 新システムの目的

我々はモビリティ（移動性）の確保による街と人の活性化を目的としている。公共交通をクラウド化し、タクシーとかバスとかいう運行形態や車輻サイズの違いをユーザに意識させず、デマンドに応じた最適配車を行うことにより、よりスマートで利便性の高い公共交通を提供する。

現在、コンピュータシステムのクラウド化が進んでおり、ハードウェアを各自で維持する必要がなくなり、ネットワーク上のハードを効率良く利用するため、ハードのコストも相対的に減少しつつある。これと同じことは交通機関でも実現可能である。理想的には自家用車を含むすべての車両をクラウド化するのが望ましい（図3）。すべての登録車両の運行をコンピュータシステムで一元管理することにより効率の良い配車と運行、柔軟な乗り合いが可能になる。我々はこのシステムをスマートアクセスビークルシステム（SAVS）と呼んでいる。料金体系も要求に応じて可変であり、例えば、時間のある人には若干遅いが低額のサービスを、急ぐ人には現状のタクシーに近い料金と速度を約束するといったホスピタリティの提供を可能にする。

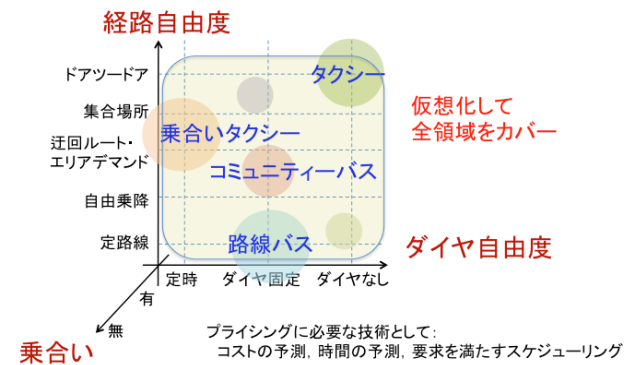


図 3 交通サービスの仮想化

2013年秋の函館での実証実験において、限られた範囲の実験運行ではあるものの、完全自動制御によるフルデマンド運行に成功した。しかし前述したように、社会システムの変革、及び新技術の導入には、様々な壁がある。函館地域での実験の経験から、その障壁となる制約条件の現状について分析し、国内外の事例の知見も加えながら、今後の展開に向けた課題と可能性について考察する。

### 3. デマンド交通の現状と SAVS の概要

デマンド交通（Demand Responsive Transportation ; DRT）にはどのような種類があるのか、またその実用化はどのような段階にあるのか、国内と世界の現状を概観した上で、SAVSの特徴を述べる。

### 3.1. デマンド交通のカテゴリの定義

デマンド交通とは、乗客のデマンド（呼び出し予約）に応じて、乗降時刻あるいは乗降場所を柔軟に調整しながら走行する公共交通の形態である。バスだけでなく相乗り方式のタクシーや、両者を混在させたデマンド交通の活用例も増えている。

デマンド交通は、自由度に応じて大きく以下のような運行方式にカテゴリ分けすることができる。

① 迂回路方式：路線バスとして基幹ルートを行きながら、事前のデマンド受付により迂回ルートを通る経路、定められた停留所で乗降する方式。

② フレックスルート方式：あらかじめ停留所は定めておくが、停留所候補を繋ぐルートはデマンドに応じて決める方式。

③ ドアトゥドア方式：停留所や路線を定めず、乗客が指定した任意の乗降場所を運行する方式。

以上3方式の中で、自宅や目的地で乗降できる自由度の高さから、従来、③をフルデマンドと呼ぶ場合が多いが、現実には「毎時運行」などダイヤ固定である、「1時間前までの予約」など運行上の制約条件が多い、また運行ルートをオペレータや運転手が経験知で決定しているなどの場合がほとんどであることから、ここではあえてドアトゥドアとしたうえで、フルデマンドを次のように再定義する。

④ フルデマンド方式：ドアトゥドア、ダイヤフリー、リアルタイム予約（運行中車両へのデマンドも可能）のデマンド運行が可能。すなわち「いつでも、どこでも、すぐに」を実現する方式。

また運行方式とは別のカテゴリとして、運行目的・運行区域により次の2つに分けられる。

- (a) 特定運行型 (Special Transport Services: STS) 過疎地域や高齢化地域、交通空白地域等の、特定区域・特定目的の運行を目的とするもの。
- (b) 広範運行型 (General Transport Services: GTS) 中心地域や特定地域という区分を超えてより広範なエリア、広範な目的に対してデマンド交通を導入しようとするもの。

特定運行型は欧米など海外でも使われている定義だが、広範運行型は我々独自の定義である。

デマンド交通は従来そのほとんどが特定運行型であるため「広範に運行する」という考え方がそもそも存在しなかった。我々が目指すのは(a)を含めた(b)を満足させるものであるため、(b)を新たに定義しておく。両者の違いは運行エリアの大小ではなく、むしろ都市交通全体の中での位置づけが末端的なのか(a)、中枢的なのか(b)という分類と捉える方が適切であろう。

さらに上記③と④については、予約システムと配車システムがコンピュータで自動制御されているかどうかの違いもある。現在まで多くが人力に依存しているため明確な分類定義がないが、これについても定義しておく。

- (i) 予約・配車いずれのシステム導入もなし

- (ii) 予約支援システムを導入
- (iii) 配車運行自動制御システムを導入
- (iv) フル自動制御（予約+配車運行）システム

我々が現在開発しているシステムは、④フルデマンド×(b)広範運行型×(iv)フル自動制御を実現する極めて高性能なスマートデマンド交通である。これらをすべて満足するシステムは、（我々が知る限り）まだ世界に例がない。次に国内外の主な先進事例を取り上げ、実用化の状況を把握する。

### 3.2. デマンド交通の先進事例

公共交通へのデマンド交通の導入で、最も成功しているといわれるスウェーデンでは、政府が全土で高齢者・障害者向けの乗合タクシーをコミュニティ単位で運行してきた。ストックホルムやヨーテボリなどの中核都市では、これをフレックスルート方式のデマンドバスへ発展させ、運行地域を急拡大させてきた。2007年時点でストックホルムでは人口185万人に対して年間利用回数450万回、ヨーテボリでは人口56万人に対して170万回といずれも高利用率だが、位置づけはあくまで中心市街地に対する末端部、誰でも利用可能だが主には高齢者居住者が多い地域での運行である[5][6]。ヨーテボリ「flexlinjen (flex line)」は、2005年の8路線から2010年には20路線にまで拡大している(図4)。予約受付は電話で、オペレータがデマンドのあった停留所をインプットし、運行ルートを運転手に知らせるシステムである。降りる場所はデマンドではなく中心市街地への結節点となる停留所が想定されている。



図4 ヨーテボリ市 flexlinjen ウェブサイト  
<http://goteborg.se/wps/portal/invanare/trafik-o-gator/flexlinjen/>

フィンランドの首都ヘルシンキでは、市街地中心部でフレックスルート方式のデマンドバス「Kutsuplus」の導入が試験的に始まっている。ユーザの現在地と目的地に最も近い停留所とマップの提示、バス乗継を含めた複数ルートの提案、ルートや所要時間に応じた価格設定などが、携帯端末の利用で可能になっている。フルデマンド方式ではないが、都市中枢部のコミュニティバスをフル自動制御



表1 国内のデマンド交通：ドアトゥドア方式×広範運行型の事例 [5][7]をもとに作成

名称	運行地域	運送法上の分類	経営主体	運行事業者	スケジュール	予約方法	料金(おとな)	車両
ニセコ町デマンドバス「にこっとBUS」	北海道ニセコ町ほぼ全域	区域運行	ニセコ町	ニセコバス	ダイヤなし(午前8時~午後7時/毎日運行)	一週間前から概ね45分前までに電話予約	1乗車200円	10人乗り2台
「いちのへいくべ号」	岩手県一戸市全域	乗合タクシー	LLP一戸市デマンド交通	バス1社、タクシー3社(左記出資元)	ダイヤなし(平日7:30~16:30)	2日前~1時間前までに予約	区域制:300~700円	ジャンボなど4台
「雪舟くん」	岡山県総社市全域	区域運行	総社市	バス2社、タクシー5社	平日8時台~16時台まで往復計16便	1時間程度前までに予約	1乗車300円	10人乗り4台、8人乗り5台

でスマート化することが目指されている(図5)。



図5 ヘルシンキ交通局 Kutsuplus ウェブサイト

<https://kutsuplus.fi/>

アメリカでは、シリコンバレーのRidePal社、ボストンのBridj社などが、乗合のデマンドバスサービスに進出しているほか、日本でもタクシー呼出システムの進出が話題となっているUber社が、マイカー相乗りサービスも展開している。アメリカで民間主導のサービスが見られるのは、欧州と異なり政府主導の公共交通の役割が限定されていることが背景にある。そのため、公共の基幹交通と、民間主導のデマンドサービスとの統合が遅れていることが課題といえる。

日本においてもデマンド交通の導入は全国各地で進んでいる。国交省の地域交通ネットワーク政策において、基幹ルートは定時路線運行で、結節点から枝分かれする末端部分をデマンド交通にというモデルが描かれているように、実用化事例のほとんどが特定運行型で、迂回路またはフレックスルート方式のコミュニティバスが多勢を占めるが、ドアトゥドア方式やフルデマンド方式のミニバスや乗合タクシーの運行も増えてきている。

国内の数少ない事例として、ドアトゥドア方式かつ広範運行型を志向しているのが、岡山県総社市「雪舟くん」[5]、北海道ニセコ町「にこっとBUS」[7]、岩手県一戸市「いちのへいくべ号」[7]である(1)。総社市とニセコ町は、路線バスの存続が厳しくなり、市町全域をデマンド交通でカバーする広範運行に移行した例である。一戸市の場合には既存の路線バスとの共存がなされている。

総社市の場合、乗降場所は自由に指定できるものの、出発地域(周辺部)から到着地域(中心市街地)への方向性を持ち、毎時1本運行と本数も決まっ

ているため、実態はフレックスルートのドアトゥドア版という形式になっている。また、土日運行はなく、平日の高齢者用途を主目的としているため、特定運行の拡張版ともいえる。予約も配車運行もオペレータの手作業と経験知で行われている。

ニセコ町では、365日ダイヤなしでドアトゥドアのデマンドに対応するが、要事前予約、運行台数2台と、広範運行とはいえ小規模な運用である。しかしながら、配車運行システムを導入して、どの利用者にも大きな不便を与えることのない経路をシステムで選定し運行している。

一戸市も、平日運行ながらダイヤなしでドアトゥドアのデマンドに対応しているが、要事前予約で台数も4台と少ない。広範運行ではあるものの、町内のほとんどを占める中山間地域から中心部へのアクセス改善を目的として、既存の路線バスを補完する運用となっている。

### 3.3. フルデマンド交通への課題

以上見てきたように、デマンド交通の運行は世界中で広がっているが、そのほとんどが何らかの制約ある運行システムに留まっている。その理由として、既存の実証実験等の結果から「都市中枢部で広範に使うには、ドアトゥドアのデマンド方式は効率が悪い」という見解が広く普及しているためであると推測される。

これに対し、SAVSが目指すフルデマンド方式では、都市部の(電車や地下鉄を除く)すべての道路公共交通を、一元的に運行する。小規模地域ではなく、中核的な都市での大規模運行を想定している。事前予約は必要とせず、運行中にも予約を受け付けながらルート変更が可能な実時間スケジュールリングを行う。

SAVSは独自のシミュレーションを通じて、運行台数を固定した計算では(従来の実証実験通り)確かにデマンドが増えるに従い効率が下がるが、デマンドが増えるに従い運行台数の投入量を増やしていく計算により、規模が大きくなっても効率が改善されていく[8][9]という結果を得ている。

このシミュレーションを、現実の都市を対象として実証するために、函館市街地全域(平成の合併以前の旧函館市を想定)を対象としたSAV運用(函館市内のすべてのバスとタクシーを統合して運用す

るり)を目指している。

SAVSの特徴は

- ・ 過疎地域ではなく都市全域を対象とする
- ・ 運行車輛としていわゆるバス（乗車定員11人以上）だけでなくタクシー（乗車定員10人以下）も含む
- ・ 事前予約ではなくデマンドが生じた時点でSAVSを呼び出すなどである。

SAVSはユーザが乗りたいと思ったときに呼び出す方式を採るが、タクシーと違い、乗車地点と降車地点の両方を告げることにより、配車システムが最適の車輛を選び出すようになっている。SAVは固定経路を持たず、呼び出しに応じて乗合いをしながら乗客を目的地まで届ける。つまり、従来のタクシーとバスを統合したようなシステムになっている。

SAVSは大まかには以下より構成される：

- ・ ユーザ<sup>2</sup>がデマンドを入力するためのアプリケーション（乗客App），
- ・ SAVドライバがデマンドを確認するためのアプリケーション（車載App），
- ・ デマンドに応じて最適な車輛と訪問順序を計画する配車システム。

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、SAVSは人間のオペレータを介することなく、全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。しかも運行ルートを中央からコントロールしているため、新しいデマンドや不測の事態（事故や天候による渋滞など）にも柔軟に対応できる。

## 4. 実証実験

これまでに実証実験は2回行った[10]。

### 4.1. 第1回実験

[期間] 2013年10月24日（木）～30日（水）7日間

[場所] 北海道函館市中心部の限定エリア（図6）

[車輛] 5台（普通タクシー3台、ジャンボタクシー2台）

[ユーザ] 事前募集の実験協力者40名程度

第1回の実験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5km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、大規模電器店が点在し、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ため自家用車利用が中心の地域である。



図6 一回実験エリア

この実験の初日には通信エラーなどの問題が多出したが、最後の4日間は完全自動運行に成功した。複数台乗合い型リアルタイム完全自動配車としては世界初の快挙だと考えている。

### 4.2. 第2回実験

第1回実験でシステムの稼働は確認されたので、第2回実験ではユーザインタフェースの評価を中心に行った。そのためユーザもサービス学会参加者に限定した。エリアも特に限定せず、函館市中心部から、学会会場の未来大までをカバーした。

[期間] 2014年4月27日（日）

[場所] 北海道函館市中心部全域

[車輛] 16台（普通タクシー12台、ジャンボタクシー3台、小型バス1台）

[ユーザ] サービス学会参加者のうち50名程度

### 4.3. 今後の技術的課題

2回の実証実験で明らかになった技術的課題は以下である：

- ・ 乗客Appのユーザインタフェースの改善。乗客に様々な情報を提供するとともにリクエスト後のキャンセル、変更、エラーへの対応を可能にする必要がある。また、乗車位置、降車位置を地図上で示す場合に全体が丁度入りきる縮尺への自動ズーム機能が望まれる。
- ・ 車載Appカーナビとの連携。現在、車載端末では乗客が指示した乗車、降車ポイント間を直線でつないだルートが表示されている。実際の走行経路はドライバにまかされているのだが、ドライバからはカーナビとの連携を望む声が多い。また、乗客App同様に、乗車位置、降車位置を地図上で示す場合に全体が丁度入りきる縮尺への自動ズーム機能（あるいはそのような表示モードに移るボタン）の追加が望まれる。

<sup>1</sup> バス型定時運行やタクシー型占有（非乗合）運行もSAVSの枠内で可能であるので、従来型のバスやタクシーは残らないという前提でデザインしている。

<sup>2</sup> ユーザと乗客の境界は定かでないが、一応乗車前後はユーザ、乗車中は乗客としている。

- ・ 車載Appの操作性の向上。押し間違いの取り消し等が必要。走行時の情報提示に音声を用いることが望まれる。また、現在の静電式タブレットでは手袋装着時に操作できないため、圧力式のタッチパネルの使用が望まれる。
- ・ 通信方式。現在は携帯電話網による通信を行っている。設備導入コストは安いが運用コストが高額になる。タクシー用デジタル無線などの利用が望まれる。
- ・ 乗客とSAVドライバが相互に相手の位置を確認する方法。現在、SAVの位置は乗客端末で確認できるが、ドライバが乗客位置を確認する方法が無い。地図上で相手の位置を表示するなどの方法が必要。また互いの位置以上のランデブー情報の提示の可能性も探る必要がある。
- ・ 空港等で多くの乗客が見込まれる場合の配車や待ち合わせ方式の洗練が必要。
- ・ ルート検索アプリなどとの連携（当該アプリからのSAV呼出しなど）。
- ・ 学習機能。あらかじめ予測されるデマンドに備えて空き車輛の配置を行う。
- ・ 実稼働に向けた料金体系等のデザイン、法的問題の確認。

## 5. 現状分析と問題点

本節では技術以外の課題について述べる。フルデマンド交通システムは3節で述べたように、世界中で導入されつつあるが、それらはすべて僻地あるいは都市周辺部のデマンドが少ない地域を対象としたもので、我々のように都市全域での実装を目指すものはない。そのため、実装には様々な障害があることがわかった。

### 5.1. 法的問題

一般論として法律は常に技術の後追いである。これは仕方のないことだが、できればその遅れを小さくして欲しいものである。

現状ではバスとタクシーは法的に完全に分離されている。これはそれぞれの既得権を侵害しないための行政的配慮であろう。運行形態として、タクシーは原則として乗合い禁止、経路自由であるが、これに対しバスは乗合いが前提で、経路やダイヤが固定（申請性）されている。車輛の乗車定員においては、タクシーは10人以下、バスは11人以上となっている。既得のニッチで営業している限りこれで良いのだが、新しい制度開拓が不可能である。業者も、行政から保護されているため、互いの客の奪い合いはあっても新規顧客発掘というマインドは薄い（十勝バス[2]など、一部の例外を除く）。

乗合自動車に関しては以下の区分がある：

- ・ 路線定期運行。路線と停留所、ならびに時刻表

を定めて運行されるもの。

- ・ 路線不定期運行。不定期の小規模運行。
- ・ 区域運行。路線や停留所を定めない運行。

我々のSAVSは都市全域の区域運行と考えてよい。なお、定期運行路線では空でも走らせなければならないが、イーグルバスでは定期運行路線の端に不定期運行の区間（降車専用）を接続させ、乗客がいるときのみ運行するという工夫をしている。

これらの制約下での新しい運行、あるいは制約を緩和するには、現状ではすべての関係者（住民、運行業者、行政、警察など）から成る地域交通協議会を組織し、そこで運行条件の決定や、場合によっては行政特区と設定する等の決定をする必要がある。

なお、函館における交通を話し合う委員会ではタクシーとバスが別々のグループとして設定されており、我々の提案しているような新システムを検討する場が存在しない。

これらの制約を緩和するには、現状ではすべての関係者（住民、運行業者、行政、警察など）から成る地域交通協議会を組織し、そこで行政特区と設定する等の決定をする必要がある。

以上の法的規制により、現状では我々の目指す方式での運行は認められていない。我々はそれを避ける為に、実験中はタクシーやバスを借り上げて実験している。これらの業者が自主的にSAVS運行を始めるようにするには、もう少し実績を重ねる必要がある。ただし、いつまでも借上げ実験を行っている限り、料金徴収もできず、実用性の検証にはならない。現在の法律に抵触しない形で有料運行の実績を積み上げる必要がある。地域通貨の利用は一案かもしれない。

### 5.2. 縄張り問題（業者や行政の意識）

バスとタクシーは法的に分離され、互いに相手の領域を侵さないように運営されてきたが、その結果、運行業者の縄張り意識の助長されてきたようだ。

本システムをタクシー会社に提案すると、業者間の競争が無くなるのではないかという質問が返ってくる。現状は一定数の乗客を業者間で奪い合っているが、SAVSの導入により全乗客数の増加を目指して欲しいものである。また移動は単なる手段であるから、その上に様々なサービスを乗せることが可能であり、そこで競う余地があるし、是非そうして欲しいと考えている。

函館における交通を話し合う委員会ではタクシーとバスが別々のグループとして設定されており、我々の提案しているような新システムを検討する場が存在しない。

### 5.3. iPhone アプリ配布の問題

ユーザは携帯電話のアプリからリクエストを出すことにしている。このアプリの配布に関して、iPhone

は制約が多い。(これも縄張りの一種かもしれない) 基本的に apple の認証が必要である。こまめなアップデートやバグフィックスに対応するためには是非自由な配布を許してもらいたいものである。

なお、この携帯電話を通信手段として用いる方式は SAVS が営業段階に入ったときには問題が多い。一つには上記のようなアプリ配布の問題だが、システムの基幹部分を他のサービス業者の決定に依存するのは危険である。また、この方式では車両ごとに通信契約が必要となるので費用面でも問題がある。デジタルタクシー無線等を利用した独自通信システムの開発が望ましい。

#### 5.4. U字発展問題

以前に行ったコンピュータシミュレーションによるとフルデマンド方式の車両を少数台導入した場合、都市部ではその特性が活かせず、効率が下がることがわかっている。実際都市部での1台だけの実証実験は失敗している。しかし、シミュレーションでは都市全域の公共交通全体をフルデマンド運行すると現状より効率が上がることが分かっている。

つまり、フルデマンドバスの有効性は小規模実証実験では示せないばかりか、徐々に導入しながら様子を見るとという手法も使えない。サービス・トランジションの問題として知られているものと同型である。

これに関しては、実証実験の成功により解決案を得た。中央のコンピュータシステム以外はスマートフォンとタブレット端末、そして携帯電話網<sup>3</sup>を通信に用いるという比較的安価な現存技術でSAV運行を達成できたいということは、SAVSの実装は比較的安価<sup>4</sup>にできるということである。ならば、市内のすべてのバスとタクシーにタブレット端末を搭載した上で、現状通りの運行(つまり、バスは定時路線運行、タクシーは客待ち、流し、無線予約などによる運行)を維持することが可能である。そして、特定の日に一斉にSAVS運行に切り替え、翌日には元に戻すということが可能である。つまり、トランジションの谷間を飛び越えてしまうことが可能である。しかも、失敗した場合にいつでも元に戻せるので運行業者のリスクも無い。

コンピュータシステムによる全自動での運行は、SAVサービスの提供上重要であるのみならず、上記のようにサービスを社会実装する際に有用である。つまり、全自動化を行うことで、事業者らが実態を見ながら徐々にSAVSを導入することが可能になる。同時にユーザへの説明や、その反応を見ることも可

<sup>3</sup> 実運行時にはデジタル無線の利用を考えている。

<sup>4</sup> 安価とはいえ、1000台規模の装置を揃えるには数千万から億のオーダーの金額になるので、「地方創生」などの国の援助が望ましい。

能となる。

#### 5.5. ユーザの慣れの問題

我々の提案しているシステムは従来の公共交通サービスの概念を変えるものである。そのため、一般の理解が得られにくい。たとえば毎朝決まった時間にくるバスの利用者は、ダイヤのない運行に不安を感じる。利便性の最適化より定常性を重要視するユーザに安心感を与えるような方式も検討しなければならない。たとえ便利になるのであっても、各自の自分の生活様式を変更することへの心理的抵抗(面倒くささや不安)は根強い。

また、現状ではバスとタクシーに対する要求が分離しているため、ユーザはそれぞれに適応した使い方に慣れており、少々問題は無視するようになっている。ところが、これが混在すると新たな問題が生じることがあり、こちらには慣れていない。我々が把握している例としては、タクシー用の小型車両では女性は酔っ払い男性と相乗りしたくない(バスでも隣り合わせに座りたくないだろうが、こちらは諦めている面もある)とか、自分の家を知られたくないのでわざわざ遠くで降りるなどがある。

#### 5.6. 社会制度の慣性

以上をすべてまとめると社会制度の慣性の問題と言える。様々な社会制度はその時点での技術の可能性を基に形成されているので、新しい技術を受け入れることの障害となることが多い。

SAVのような社会実装を含むシステムはこの慣性が大きいので、1回のループを回すのも大変である。理想的なループが構成できず、一部を繰返したり、一部を飛ばしたりするなど、ループの形が崩れてしまうことが多い。

この新しいモデルへの転換は、漸進的な改革では実現が難しく、過去のモデルを大胆に刷新する根源的イノベーションを必要とする。従来、地域交通におけるクルマ依存解消と公共交通利用促進の漸進的変革の政策として、人々の選好における社会的ジレンマ(短期利益 vs. 長期利益, 部分最適 vs. 全体最適)の超克を目指すモビリティマネジメント(MM)が追求されてきた。本プロジェクトが追求する根源的変革は、従来のMMで促すことは困難である。そもそもスマート化交通は、社会的ジレンマそのものをITやビッグデータで乗り越え、交通と他のサービスとのシームレスな複合化による価値増幅が目指される。すなわち究極的には、MMなしに、市場原理で人々の行動変容を促すモデルが目指される。その時間問題になる壁は、MMが対象とする壁とは異なる次元に存在する。

最大の問題は、いったん行き渡った社会システム

の自己保存法則, すなわち経済学でいう「経路依存性」の超克である。経路依存性とは, 技術標準でいえば, デジュレもしくはデファクトスタンダードへのロックイン状態を指す。既存のモデルが, 経済的・政治的・技術的・心理的な側面から複合的にロックインされて変革されがたい状態である。U字発展問題で述べたように, ロックインされた状態は局所最適であることが多く, 経済原理だけで自発的にここから逸れることは難しい。これを乗り越えるには, トップダウンのリーダーシップはもちろん, セクターを超えて地域が一体となる政策連携とサービス連携, 広義の市場原理を働かせつつシステムの価値増大をコーディネートする機能をどうデザインし配置するかが, 非常に重要な役目を持つと考えられる。

## 6. まとめ

現在我々が進めているプロジェクトの社会的側面, 特に新しい社会システム導入の問題点について, 経験的に語った。

社会に新しいシステムを導入する際にその阻害要因としては法的規制, 既存企業の縄張り問題, ユーザの慣れなどがある。特に, 現状の技術や製品に基づく業者間の住み分けと, それらに対する行政の保護が新しいシステムの導入を阻害している側面を強く感じた。従来から, ニュースなどでは聞いている新規事業参入の困難さを身を以て体験しているわけである。

## 参 考 文 献

- [1] 松原仁, 中島秀之, 平田圭二, 佐野渉二(2013): 新しい都市型公共交通サービスのデザイン, サービス学会第一回国内大会, pp. 304-307.
- [2] 家田仁, 岡並木 (編著) (2002): 都市再生: 交通学からの解答, 学芸出版社
- [3] 森栗茂一, 猪井博登, 時安洋, 野木秀康. 大井元揮, 大井俊樹 (2013): コミュニティ交通のつくり方: 現場が教える成功のしくみ, 学芸出版社
- [4] 函館市 (2014): 函館市地域公共交通総合連携計画
- [5] 田柳恵美子, 中島秀之, 松原仁(2013): 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.
- [6] ヴェスタールント, Y. (2004): 基調講演 2: イエーテボリのモビリティサービス~ STS とフレックスライン 2 つの重要な社会的ツール ~, (財) 計量計画研究所編: 21世紀型の地域バス交通マネジメント: 住民、行政、事業者による地域モビリティ確保の方策を探る (講演・討議録) 平成 16 年 2 月, pp.19-28  
(<http://www.ibs.or.jp/sites/default/files/07-1.pdf>)
- [7] 国土交通省 地域公共交通支援センター 地域公共交通活性化事例集 (<http://koutsu-shien-center.jp/jirei/> 2015 年 1 月 20 日最終アクセス)
- [8] 野田 五十樹, 太田 正幸, 篠田 孝祐, 熊田 陽一郎, 中島 秀之(2003): デマンドバスはペイするか? 情報処理学会研究報告 2003-ICS-131, pp. 31-36.
- [9] 野田五十樹, 篠田孝祐, 太田正幸, 中島秀之(2008): 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.
- [10] 小柴等, 野田五十樹, 平田圭二, 佐野渉二, 中島秀之 (2014): 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.
- [11] 中島秀之, 小柴等, 佐野渉二, 白石陽 (2014): Smart Access Vehicle システムの実装, DICOMO 2014.