

これからの都市型公共サービスを考える

— はこだてスマートシティプロジェクトを例にして —

松原 仁 中島秀之 (公立はこだて未来大学)

5. 応般

はこだて圏におけるサービス学の実践

我々はサービス学の本質は、既存のサービスを分析することにとどまらず、新しいサービスをデザインし、実践することにあると考えている。新しいサービスをデザインするためには、そのサービスの実践とその結果の分析が必要である。逆にデザインを主として考えた場合にも、そのデザインを実現し、使用に供し（これがサービスである）、その結果をデザインにフィードバックする必要がある。

デザイン＝

[創造→構成→サービス→分析→デザイン]∞
と考えている。

現在、はこだて未来大では、はこだて圏を実践の場とした新しい交通システムをデザインしている。函館における交通行動調査のデータを取得して、その結果を踏まえたマルチエージェントシミュレーションにより、現在の函館の公共交通状況を再現する。その上で新しい交通システムを導入したシミュレーションを行い、両者を比較し、新システムの優位性を検証する。小規模ながら新システムを実験運用し、その結果をさらにシミュレーションに反映し、函館のバスとタクシーを新しいシステムに入れ替えた場合の優位性を示すのが狙いである。

はこだて圏の現状

はこだて圏は北海道の道南（長万部から南側の渡島半島）を指し、函館市がその中核となっている。

函館は昭和初期まで東京以北で最大の人口を有する都市として発展した。北海道の中心が札幌に移ってからもしばらくの間は遠洋漁業の基地として栄えたが、1970年代にいわゆる200海里問題が起きてその後は遠洋漁業が難しくなった。一方で第二次世界大戦後にそれまで軍が占有していた函館山が解放されたので、その夜景を観光資源として売り出すことに成功し、魚介類を中心とする食べ物、温泉、五稜郭、異国情緒の街並みなどを有する日本でも有数の観光都市となった。はこだて圏の主な産業は遠洋漁業に代わって観光となったが、その観光も最近の入込客数が減少し経済的に厳しくなりつつある。また日本の地方都市に共通する人口減少、高齢化、ドーナツ化現象などが顕著に現われ、このままでは都市としての存続が危ない状況にある。2013年現在の函館市の人口は約28万人で、年々数千人減少している。

2016年に新幹線が道南（当面の終着駅は函館市の西にある北斗市の仮称「新函館駅」）まで延伸することが決まっており、それを好機と捉えて再生を目指す動きも始まっている。

地方都市は共通に人口減少・高齢化問題を抱えている。さまざまな解決策が試みられているものの決定打はほとんどない。地方都市では公共交通の利用が低迷し、マイカー化が進んでいる。公共交通は車社会の浸透や過疎化に伴い、採算性の点から縮小再生産のスパイラルにある。すなわち、利用者の減少から路線や便数が減少し、それに伴う利便性の低下からさらに利用者が減るといった悪循環が各地域で発生している。しかし同時に進む高齢化により自動車

を手放す高齢者も増えているため、公共交通機関の需要は以前より高まっているとあってよい。自治体は多くの補助金を公共交通に出しているが、ずっとそれを続けていくことはできないと思われる。

その一方、情報通信技術の普及により、これまでは困難であった利用者の詳細な要望（何時にどこからどこまで移動したいのか、時間的余裕はどれくらいなのか）を収集することが、リアルタイムで実現できる状況にある。その要望をできるだけ満足するように新しい交通システムをデザインしてはこだて圏で実践し、現在はマイカーを使っている人々や観光客にもその交通システムを使ってもらうことで事業として持続可能なものを目指すことを目指している。

スマートシティはこだて

「スマートシティはこだて」¹⁾とは、はこだて圏を対象とした情報技術の適用により、街のさまざまな活動やサービスを有機的なシステムとして統合し、全体として住みやすい便利な街の構築を目指すものである（図-1）。はこだて未来大と、産学官連携の舞台としての「特定非営利活動法人スマートシティはこだて」を中心に展開しているが、獲得した研究予算などに応じて外部研究機関とも連携している。スマートシティの定義としてはさまざまな分野への情報技術適用が考えられるが、現在特に注力しているのは、公共交通機関のフレキシブルな運行とほかの都市内サービスを連携させることにより、高効率の移動を実現するための基本システムの開発である。基本的にはすべての公共交通をデマンドによって動かすフルデマンド化を想定している（バスと表現するとタクシーを含まないと誤解されるので、後述のように我々はSAVと呼んでいる）。都市内のすべてのバスやタクシーをコンピュータシステムにより集中管理し、運行を制御するための通信システム、ガイドシステムを開発する。本方式の有効性を示し、固定路線や固定ダイヤを廃することによりデマンドに応じた有機的な配車が可能となることを都市規模で実証する狙いがある。

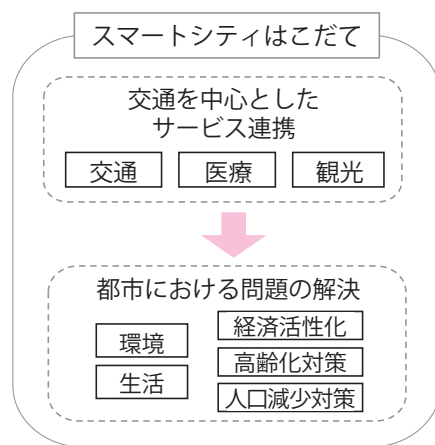


図-1 Smart City Hakodate

交通システムの改変は需要の変化をもたらす。そのため、小規模実験で実証することから始め、効果と需要の変化を観察しながら徐々に大規模化していく必要がある。このような試みは函館規模の都市でしか実験できないが、いったん成功すればそのシステムをほかの大規模都市に移植することは可能である。

我々は函館のサイズがこのような開発に最適であると考えている。函館の都市規模が、公共交通のフルデマンド化が有効である程度には大きく、また実験が可能な程度には小さいという意味で絶好の地の利である。開発の要素ごとにさまざまな公的研究開発資金を投入し、都市生活を全面的に情報技術で支える、スマートシティをはこだて圏で実現したい。最終像としては、移動サービスを中心に据えた都市内のさまざまなサービス（医療、観光、娯楽、ショッピングなど）の連携を支えるシステムを作る（図-2）。

提案するスマートアクセスビークル（Smart Access Vehicle : SAV）とは、現在のバスとタクシーの中間的存在で、両者の利点を兼ね備えた新しい交通システムである。数百台から数千台の都市内公共交通をコンピュータネットワークを通じて集中管理する。そして、これらをデマンドに応じて最適配置するというのが基本構想である。現在のバスは固定路線、固定のダイヤで運行されており、乗客がこれに合わせて行動する必要がある。一方、タクシーは任意の地点から任意の地点まで乗客のデマンドに応

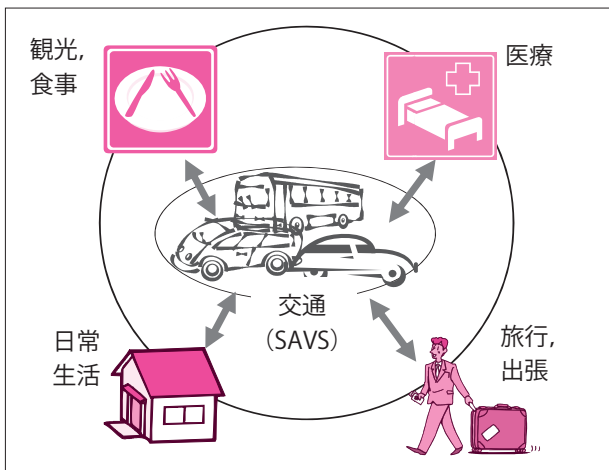


図-2 SAV System centered Service Coordination

じた移動サービスを提供しているが、これは日常的に使うには高額であるという欠点を持つ。SAVは、バスとしては固定路線・固定ダイヤを持たない自由運行システムであり、タクシーとしては乗合いをすることにより若干効率性は下がるものの料金を大幅に引き下げるシステムである。コンピュータシステムが最適解を計算することにより、適切な配車をするため、バスとタクシーといった区別がなくなる。さまざまな定員の車両を用意しておくことにより、デマンドが少ない地域では小型の、デマンドが多い地域では大型の車両を使うことにより最適化が図れる。

デマンドバスについてはこれまでもさまざまな試みがなされている（たとえば文献2）、3）が、主に過疎地あるいは都会での少数台運行を対象としたものである（文献3）では“low demand area”という表現を使っている）。たとえば岡山県総社市では「雪舟くん」という名称のデマンドバスのサービスを2011年から実施している。平日の昼間に1時間おきに市内を9台の乗合バスが走っている。利用者はあらかじめ氏名や住所などの情報を登録しておき、乗りたいときは1時間前までに電話で予約をしておけば、基本的に希望する場所で拾って希望する場所に送り届けてもらえる。料金は一律300円である（赤字分は公費を支出している）。配車は電話を受ける人間が人手で行っている。家から病院や買い物に行く高齢者を主な利用者とするサービスである。

これに対し、我々が目指しているのは一定の人口を有する都市全域型であるという特徴がある。フルデマンド方式は過疎地よりもむしろ都市において高効率性が期待できることがシミュレーション結果から分かっている⁴⁾。また、従来のデマンドバスは事前予約制がほとんどであるが、SAVシステムはスマートフォンで（タクシーを呼ぶときのように）必要なときに呼ぶことができる。

SAV サービスの実現に向けて

我々はシミュレーションによって一定の条件を満たす場合はフルデマンド化が有効であることを示している⁴⁾。シミュレーション上の結果が実際にも有効であることを確認するために実証実験が必要である。しかし固定路線で固定ダイヤのバスを一度に全廃してフルデマンド化することは社会的なリスクが高いのでコンセンサスを得るのは困難と思われる。探索問題のアナロジーとしては、固定システムのバスの効率化を図ると局所的な最適解に達する。それに対してSAV方式はその局所最適解よりもよい全域的な最適解になっている可能性があるというのが我々の主張である。局所最適解から全域最適解に移行するためには、一時的に効率が落ちる「谷」を経由することから、U字型遷移をたどるのが一般的である。遷移の途中の「谷」の部分では一時的に固定システムより公共交通が使いにくくなるので、そこを越えることが難しいのである。

日本最初のフルデマンドバスは高知県で実証実験が行われ、大都市（高知市）と小都市（当時の中村市、現在は合併して四万十市）で1台ずつ運行された。結果、大都市で少数台を運行すると多くのデマンドをさばくために回り道が多くなり、効率が悪く、デマンドの少ない小都市では有効であるという結論が得られ、中村市のみで実用化された。現在に至るまでフルデマンドバスはデマンドの低い地域のためのシステムである³⁾というのが業界の通説になっている。しかしながら、我々はマルチエージェントシミュレーションにより、少数台の投入は効率が悪

いが、ある規模以上の台数を投入すると現在の路線バス方式より効率がよくなるという結論を得ている。少数台の実証実験でこの谷を越えるというのは困難な問題であるが、その手法を考え出さない限り公共団体やバス、タクシーの運行主体を納得させるのは困難である。そこでサービス→分析→デザインというサービス学のループを回す手法が必要となる。デザインにマルチエージェントシミュレーションを使うという手法は最近盛んになりつつある（たとえばデジタルシティ京都⁵⁾における避難方式の研究）が、サービス実現までのループを含むものは我々の知る限り初めてである。

我々はまずは少数の車両（バスとタクシー）で実験をするが、その結果から大規模運用の効率を算出する必要がある。この手法については後で述べる。

デマンドに応じて最適配置をするシステムが機能することを確認した上で社会的なコンセンサスを得て最終的なフルデマンド化を目指す。地方都市における今の（固定路線固定ダイヤシステムの）公共交通は、人口減少に伴い早晚破綻することは明らかなので、スマートシティとして持続するにはこの方法しかないというのが我々の考えである。SAVの利点として、SAVシステムに移行しても現状の固定システムの運行方式（バスは決められた時間に決められた路線を走り、タクシーは電話で注文を受けたり道を流したりするというもの）を維持できることがある。コンピュータ制御の柔軟性ゆえである。場合によっては一部の路線だけあるいは一部の時間帯だけフルデマンド方式にすることも可能である。そうすることによってU字型遷移を回避できる可能性があると考えている。これを実現するためには事業者、公共団体などのコンセンサスを得ることが必要で、ここでもサービス学実践の貴重な経験となりそうである。経験を一般化できればさまざまなU字越えに適用できると期待している。

ステークホルダにとってのSAVシステムの利点

公共交通サービスには、

- (1) 利用者
- (2) 交通サービス提供者（企業）
- (3) 自治体

というステークホルダがかかわっている。サービスとして継続するためには、これらのすべてにとってメリットがあるようなものをデザインする必要がある。従来試みられているデマンド交通の試みの多くはメリットを提供し続けるのがうまくいっていないと考えられる。

SAV方式は以下のメリットがあると考えている。

(1) 利用者へのメリット

- (A) バス停まで歩かなくて済む
- (B) 事前予約が不要で必要なときに呼べる。
- (C) バスに近い値段でタクシーに使い利便性を得られる。
- (D) バスの路線図を調べることなく利用できる

(2) 交通サービス提供者（企業）へのメリット

- (A) 運転手や車両を効率的に運用できる（乗せていない運転手や車両を減らすことができる）。
- (B) 従来自家用車を使っていた人たちを呼び込むことによって乗客数が増加する。
- (C) サービス連携によってビジネス機会が増加する。

(3) 自治体へのメリット

- (A) 住民へのサービスを向上させることができる。
- (B) 税金の継続投資が軽減できる（ただしシステム移行時の初期投資は必要である）。
- (C) CO₂の削減など環境問題に対応できる。

SAV実現のための実証研究

我々はSAVシステムを実現するために、RISTEX「問題解決型サービス科学」のプロジェクトとしてまず3年計画で研究を進めている。はこだて未来大学、名古屋工業大学、産業技術総合研究所の3つの組織が分担してプロジェクトを実施してい

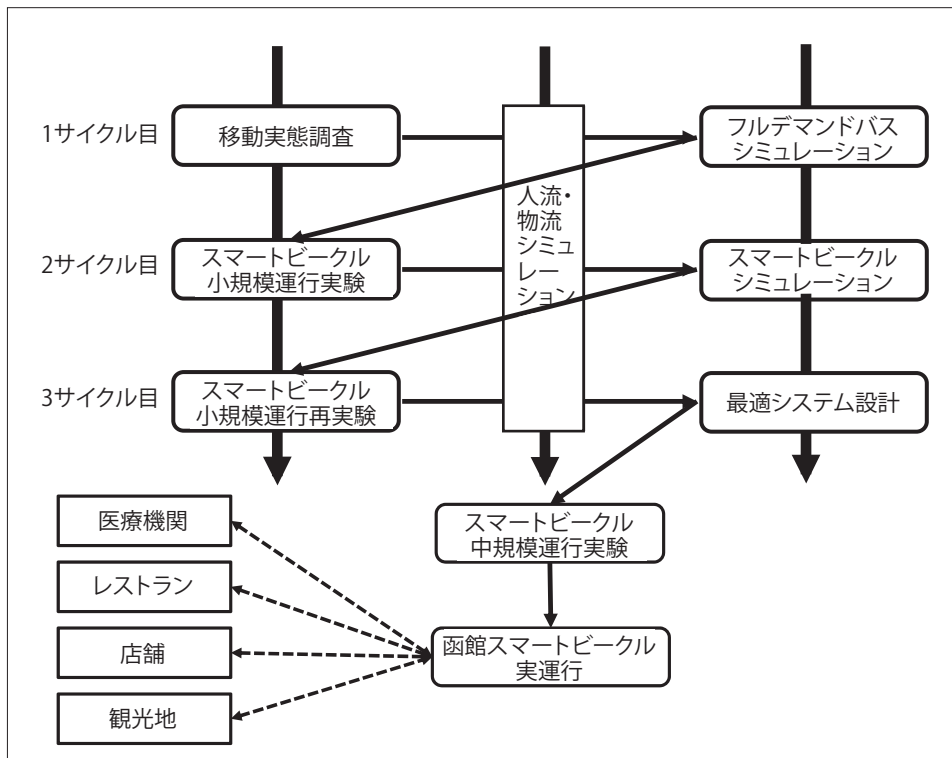


図-3 SAVにおけるサービスループ

る (図-3)。

- (1) はこだて圏における交通行動調査⁵⁾
 - (2) はこだて圏における人流シミュレーション
 - (3) はこだて圏における交通のシミュレーション
- という形で進めている。

(1) でははこだて圏で20人の住民を被験者にしてスマートフォンを持ってもらって数カ月にわたって継続的に交通行動調査を行った(最初に冬期調査を行った)。GPS機能で滞在場所の情報を自動的に獲得し、被験者にはどの目的でどの目的地までの交通手段で移動するかをスマートフォンで入力してもらった。はこだて圏は夏と冬の時期では交通の環境が大きく異なる(冬期は寒くて外に長時間いることができない、積雪の影響で道路が凍結して人は転びやすくなり車はのろのろ運転になるなど)ので、夏期調査も実施した。これらはSAV導入前の人流のデータとなる。

交通行動調査のデータが得られたので、それを用いてはこだて圏の住民全体の人流のシミュレーションを実施している。そこでは少数のデータから多数の行動をシミュレーションする技術⁶⁾を利用する。

その人流シミュレーションの結果を用いてはこだて圏における交通のシミュレーションを行い、はこだて圏でどのようなSAVを実装すべきかを検討する。

SAVの小規模実験のときに、先の人流データ提供者のうちSAV運行エリアを行動範囲(家あるいは職場等がある)とする人の行動を記録することにより、SAV導入による影響を見ることができる。これもごく少数データであるがマルチエージェントシミュレーションにより全域に拡大することができる。このような実証と人流の調査を繰り返すことにより、全域運用時のデータの精度を上げることができる。図-3に示したようにこのようなサイクルを何度も回すことがサービス学の研究にとって非常に重要であると考えている。この実証実験自体がサービス実践となっている。

中規模運行実験以降はRISTEXの3年計画の外(後)であるが、これについてもサービスのループを回すことになる。実運行においては公共交通のサービスだけでなく、図-2に示したように医療機関、レストラン、店舗、観光地などのサービスと連携してさらに効果を高めることを想定している。

サービス学への貢献

最初に述べたように本デザインの実現にはサービスを含んでいるが、この実践を通じてサービス学へは以下の貢献が期待できる。

まず、サービスとしては地方都市の公共交通モデルの新しい方向性を示すことがある。また都市内のさまざまなサービスを交通を中核として統合するという新しい方向性を示唆する。インターネットが「いつでも、どこでも、誰でも」を合い言葉に情報通信の空間距離を縮めたが、物流に関して類似のことができるのではないかと期待している。

サービス学としては、サービスと研究開発のループという経験の一般化のほかに、(1) 需要変化のモデル化の方法論、(2) ユーザの関与のモデル化の方法論、(3) マルチエージェントシミュレーションのサービスにおける位置づけ、(4) U字型変革において研究開発(谷)を最終的实践(対岸)につなげる方法論、などの創出を期待している。

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シブルシステムのデザインと実装, 観光情報学会誌「観光と情報」第7巻, 第1号, pp.19-28 (2011).
- 2) 大和裕幸, 稗方和夫, 坪内孝太: オンデマンドバスのためのリアルタイムスケジューリングアルゴリズムとシミュレーションによるその評価, 運輸政策研究, Vol.10, No.4, pp.2-10 (2008).

- 3) Ambrosino, J. D. and Nelson, M. R. (eds.): Demand Responsive Transport Services: Towards the Flexible Mobility Agency, Italian National Agency for New Technologies, Energy and the Environment (2003). ISBN 88-8286-043-4
- 4) 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, pp.242-252 (2008).
- 5) 京都大学フィールド情報学研究会 (編): フィールド情報学入門—自然観察, 社会参加, イノベーションのための情報学—, 共立出版 (2009).
- 6) 金森 亮, 森川高行, 山本俊行, 三輪富生: 総合交通戦略の策定に向けた統合型交通需要予測モデルの開発, 土木学会論文集D, Vol.65, No.4, pp.503-518 (2009).

(2013年10月23日受付)

松原 仁 (正会員) matsubar@fun.ac.jp

1986年東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻博士課程修了。同年通産省工技院電子技術総合研究所(現産業技術総合研究所)入所。2000年公立はこだて未来大学教授。NPOスマートシティはこだて理事長, NPO観光情報学会会長, 本会フェロー, 理事。

中島 秀之 (正会員)

1983年東大情報工学専門課程修了(工学博士)。同年, 電総研入所。2001年より産総研サイバーアシスト研究センター長。2004年より公立はこだて未来大学学長。本会フェロー, 編集委員長。JST さきがけ領域研究総括。NPOスマートシティはこだて副理事長。