

戦略的創造研究推進事業  
(社会技術研究開発)  
平成24年度研究開発実施報告書

問題解決型サービス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」

中島秀之  
(公立はこだて未来大学学長)

## 目次

1. 研究開発プロジェクト名 .....	1
2. 研究開発実施の要約 .....	1
① 研究開発目標 .....	1
② 実施項目・内容 .....	1
③ 主な結果 .....	1
3. 研究開発実施の具体的内容 .....	1
(1) 研究開発目標 .....	1
(2) 実施方法・実施内容 .....	3
(3) 研究開発結果・成果 .....	4
(4) 会議等の活動 .....	7
4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況 .....	7
5. 研究開発実施体制 .....	7
6. 研究開発実施者 .....	8
7. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など .....	9

## 1. 研究開発プロジェクト名

ITが可能にする新しい社会サービスのデザイン

## 2. 研究開発実施の要約

### ① 研究開発目標

地方都市は人口減少・高齢化によりそれぞれに様々な問題を抱えている。我々は、人流と物流の停滞が都市の経済的・文化的な低迷の要因ととらえ、情報処理技術による全く新しい形の利便性の高い公共交通システム構築と新しい価値を持つ交通サービス提供を行う。活性化された人流と物流を予測し運行実験を行い、段階的にシステムを洗練しサービスを適応的に社会実装することで、地方都市ごとに最適な状況を生み出せるような汎用の方法論を提案する。

### ② 実施項目・内容

- (ア) 函館におけるパーソントリップの調査を開始した。また、類似データを所持している数社とコンタクトし、データの利用可能性を検討した。
- (イ) 函館バス、函館タクシーにおける配車システムの現状を視察した。
- (ウ) 函館中心部を対象としたバスシミュレーションシステムを構築するため、対象地域の道路データの変換およびシミュレーションの基本機能を実装した。

### ③ 主な結果

函館バスやタクシーの配車システムは予想以上に利用可能であることが分かった。それに伴い、システムの連結可能性の検討を開始した。

## 3. 研究開発実施の具体的内容

### (1) 研究開発目標

地方都市は人口減少・高齢化問題を抱え、様々な対策が講じられているもののほとんど効果はあがっていない。多くの地方都市では、マイカー化が進み公共交通の利用が低迷し、需要縮小路線ではバスの運行本数が減少または廃止になることで不便になり、更に利用者が減少するという負のスパイラルに陥っている。しかし一方では、高齢を理由に運転免許を手放す高齢者も増えているため、逆に公共交通の必要性は増加するという

ジレンマに直面している。函館バスは、現在、自治体の資金援助の下、需要縮小路線についても運行されているが、今後、公的助成が大幅に削減されると、運行路線の減少を余儀なくされることが予測されている。運行効率化と利用者満足の調和を図るため、これまでに函館市、函館バス以外にも函館タクシーなどが新しい運行形態の小規模実証実験を行っているものの実用的な成果を見出せていない。このため、このままでは函館市の公共交通は先細りであるという認識では一致している。

本プロジェクトはこの問題に対する根本的な解決策を提案する。我々は、以前実施したコンピュータシミュレーションにより、小規模のフルデマンドバス化実験では問題解決に失敗し、都市全体の交通網を変える位の大規模実験でないと成功しないという定性的な結論を得ている。しかし、都市全体に及ぶような規模の実証実験をいきなり実施するのは困難である。そこで、実地調査に基づくシミュレーションと実車輛を使った小規模な運行実験を繰り返し、段階的に交通システムを洗練しサービスを適応させていくことで、将来、大規模実験をした際に本提案が有効であることが確認できるような実験結果を得ることを目指す。

なお、現在、多くの地方都市でも上記のような問題が顕在化している一方で、相対的に需要過多の大都市圏では公共交通網が有効に機能しているため、同様の問題は顕在化していない。それでもなお、本提案の解決策が大都市圏の公共交通に業務用を含む自家用車の削減や混雑緩和をもたらせば、その意義は大きいと考える。

サービス科学への貢献という観点からの我々の研究目標は次の通りである。従来のサービス科学研究では、サービスのビジネス的、社会的、経済的な側面に興味が集中しており、サービスを科学的かつ体系的に論じられる理論的基盤にまでそれらの研究成果を汎化しきれていなかった。また、サービスに関して生じる現象や関係性を詳細に観察し明示化・モデル化するアプローチにおいては、サービス提供者(ドナー)とサービス受容者(レセプタ)を客観視し、それらから成る閉じた系を想定するものが主流であった。

これに対し我々は、サービスを社会というシステムの中で初めて成立する「価値創造を目的とした機能の発現」ととらえ、サービスをシステム論的な視点からモデル化する。ドナーやレセプタから成るシステムは次の2つの特徴を持つであろう。まず、ドナーやレセプタのサービスに関する認識は部分的かつ多面的であり、局所的に最適なサービス提供を行っているつもりでもシステム全体では最適になっていない可能性がある。システムの境界は曖昧で外乱を受けるので(オープン)、放っておくとサービスは暴走あるいは停止する可能性がある。そのような部分的でオープンなシステムを制御する従来技術には、包摂アーキテクチャ、経験的手法、シミュレーション予測などがある。しかし、これらの技術は主にシステム全体の統計的振舞いに注目したものであり、システムを構成するドナーやレセプタのレベルで相互に提供しあっているサービスを理解し制御するためのものではなかった。

我々は次のようなサービス科学の標準問題を提案し解き、貢献としたい：様々なサービスポリシー(現状維持/高い効用を得る人が最大数になる/低い効用を得る人が最小数になる/効用の平均・分散が最大・最少になる等)の実現、サービスの局所最適な提供を重畳して繰り返した場合に準全体最適を導くような条件や手法の実現、一定時間内にシステム全体にサービスポリシーを伝播させるための戦略やプランニング法の発見、現実とモデルの差分を発見し、新しい因果関係を適切に同定するシミュレーション方法の確立である。我々は、これら標準問題を意識しつつ具体的なサービスから得られた研究成果を

汎化することが、真のサービス科学につながると考える。

## (2) 実施方法・実施内容

都市内の全てのバスとタクシーをコンピュータシステムの集中管理によりフルデマンド化し(固定路線と固定ダイヤを全く持たずに複数乗客や荷物が乗り合い)、交通システムとしての利便性と運用効率を向上させる。その交通システムの乗り物をSmart Access Vehicle(スマートアクセスビークル)と呼び、スマートアクセスビークル交通システムをSmart Access Vehicle System (SAVS)と記す。SAVSの乗客に対する配車をサービスと捉えたと、配車のポリシーには、配車までの待ち時間だけをとっても、待ち時間の平均/分散を最小にするのか、最大待ち時間がある値を越えないことを保証するのかなど、複数考えられる。制御するデマンドバスの台数は、人口が30万人以上の中核都市の場合で1~3万台ほど必要となろう。また、季節や気象、観光客、災害等による交通状況の変動要因があるので、配車のポリシーは時々刻々と複合的に変化させる必要がある。よって、SAVSの配車サービスは準最適にあるいは局所的に計画・実施せざるを得ないが、それでもシステム全体では、乗客や荷物配送に適切な利便性を妥当な効率で提供し続ける必要がある。我々は本プロジェクトにおいて、そのような新しい交通システムの構築と利便性の高い配車サービスの実現を目指し、小規模な運行実験を行い、その有効性を検証する。そのため、函館市の実態調査から得られた実データに基づくシミュレーションと実車輦を使った小規模な運行実験を2回繰り返し、函館市の人流と物流を段階的に活性化させる。配車サービスの生成に協調的ナビゲーションを採用することで、乗客は配車サービスの被提供者であると同時に提供者にもなる。この点がSAVSの研究成果を汎化することでサービス科学の本質に迫れると確信する理由の1つである。

以上のような観点から、本研究の5年間の研究活動は、図1のような構想に基づいて進められている。

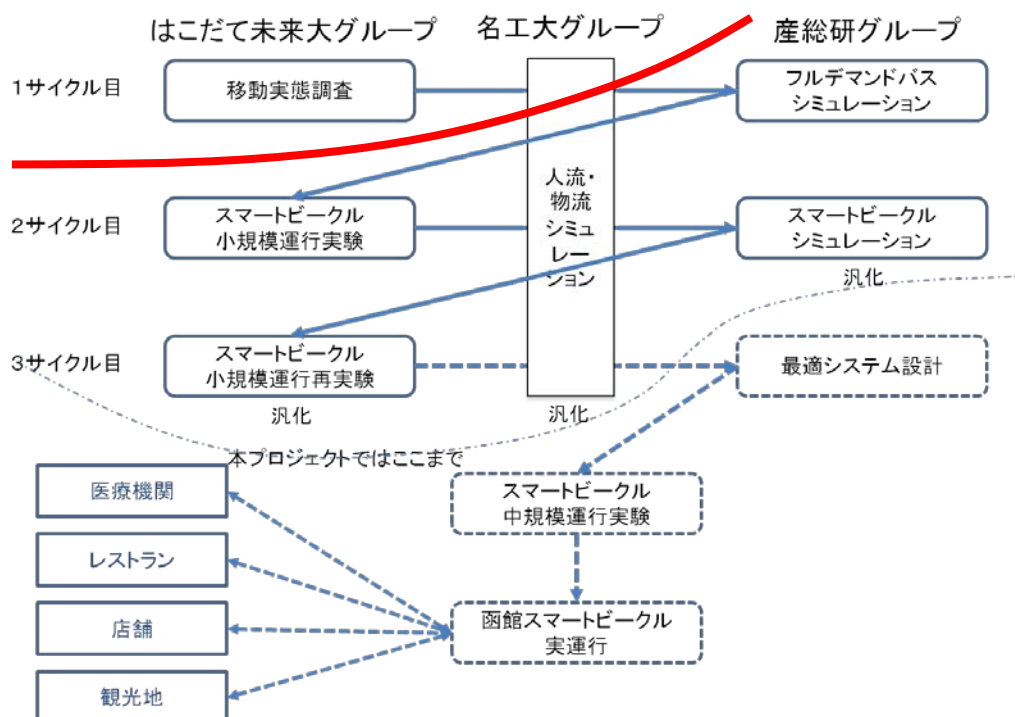


図1 本プロジェクトの研究構想  
(赤線より上の部分が平成24年度進捗部分)

1サイクル目は実データによるシミュレータ構築，シミュレーション結果分析を行い，2サイクル目では，はこだて未来大グループは，産総研グループが提案する配車・運行プランに基づいて初回の小規模運行実験を実施する．名工大グループはその実験結果を受けて，人流・物流シミュレーションモデルを改良する．順次，産総研グループは2回目の小規模運行実験のため改良した運行プランや配車ポリシー/アルゴリズムを提案する．ここで注目すべきは，協調的ナビゲーションの採用により配車サービスと利用者の関係性が変化することである．例えば，これまでは自家用車を利用していた人がバスを利用するようになるなど，市民や観光客の新しい行動パターンが創発される．この行動パターンの質的变化を捉えて分析することが重要である．単に量の多寡を観測するだけでは，交通システムの動作原理の変化までは検証できない．

SAVSの研究・実験における実データによるシミュレータ構築→シミュレーション結果分析→実運行実験→実データによるシミュレータ改良というサイクルから一次的研究成果として得られるものは，配車サービスによる人流・物流の制御に関する知見，創出され進化する新しい配車サービス，協調的ナビゲーションで創出され消滅するユーザ行動，配車サービスの効用とユーザ行動の関係などである．これら一次的研究成果を俯瞰し分析・考察し汎化する研究は，プロジェクト後期に研究代表者が主導し，本プロジェクトメンバ総動員で従事する．

### (3) 研究開発結果・成果

本年度は，上述の1サイクル目の前半に取り組んだ(図1 赤線より上の部分)．成果は以下の3点である．

- ①函館地域における移動実態調査を実施した
- ②既存の乗降データや人流データ等の情報を，函館地域のバス会社やタクシー会社から収集すべく交渉を開始した．また，地図業者からも購入すべく調査・交渉を開始した．
- ③バス運行管理戦略の検証のためのシミュレーション環境を準備した．  
具体的には以下の通りである．

#### ① 移動実態調査の実施

スマートフォンを用いてパーソントリップ調査のための交通行動調査ツールを開発し(図2)，函館地域の市民20名を被験者に対して，2012年12月から個人の交通行動調査を行った．交通行動の目的，目的地，交通機関，およびGPSデータなどを収集している．既存のパーソントリップ調査と異なる点として，長期にわたる交通行動調査，予定と実際の行動，および予定変更の理由を入力さ



図2 スマートフォンアプリ画面

せることにより、交通行動の変化の過程を把握しようとする事が挙げられる。

ここで収集された調査結果は、2年度目以降の名工大グループによる人流シミュレーションにおける交通需要発生モデル構築に利用される。公共交通のサービスレベルと交通需要変化は相互依存関係にあるので、どのような交通需要が発生・誘発されるかを事前に予測するのは一般的に難しい。当該人流シミュレータに用いられるNested Logitモデルは交通行動決定のメカニズムをシミュレートすることができるので、誘発された公共交通サービスに対する交通需要をより正確にシミュレートすることができる。また、少数のデータから、大規模な交通行動情報を算出できる点もメリットである。

### ②既存の乗降データや人流データ等の収集

函館市の季節変動や年齢層別の交通流のシミュレーションを進めるために、プローブ情報（人やクルマなど多数の移動体のセンシング情報の集積）を中心に、既存のデータベースの調査と収集を行った。具体的には、函館市が過去実施した大規模な交通調査の報告書およびそのデータ集を収集した。また、函館バス本社への訪問調査を実施し、ユーザ向けのバス運行情報システム「バスロケーションシステム」の集積データの保存管理・活用状況、その他の運行管理システム等、情報化全般の調査を行い、現在、運行情報データの利用許諾を得て、取得を進めている。さらに、函館タクシー本社への訪問調査を実施し、運行管理システムや、導入しているタクシー呼び出しシステムの状況等についての調査を行った。そして、国内最大手の地図情報会社であるゼンリンが保有する函館市および周辺地域で収集している交通流データについて、我々が必要とする情報を購入できるかどうかの交渉を進めている。

### ③ バス運行管理戦略検証のためのシミュレーション環境準備

上記①、②から得られた部分的なデータに基づき、名工大グループ、産総研グループと試験的シミュレーションを実施した(図3)。このシミュレーションシステムを用いて、函館中心部におけるオンデマンドバス導入の効果検証シミュレーションを試験的に実施した。

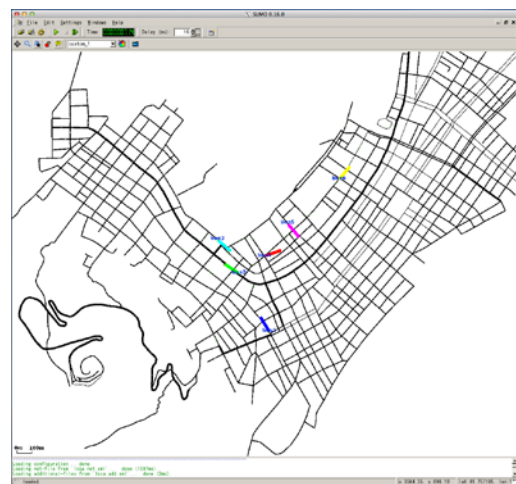


図3 シミュレーション画面

函館駅より西部地区にかけてを対象地域とし、地図データより道路データを抽出し、シミュレーション可能な形式に変換した。函館駅より西部地区にかけてを対象地域とし、地図データより道路データを抽出し、シミュレーション可能な形式に変換した。またシミュレータについては、オープンソースの交通シミュレータであるSUMOをベースに、函館に合わせた変更と、固定路線バスおよびオンデマンドバスの制御のための機能追加を行った。バスサービスでは、タイムスケジュールに従った運行や、利用者の乗降、デマンドに応じたルートの変更などを動的に行える必要がある。SUMOにはそのような機能が付随していないため、外部の機能として追加し、オンデマンドバスのシミュレーション

ョン評価を行える環境を構築した。函館駅より西部地区にかけてを対象地域とし、地図データより道路データを抽出し、シミュレーション可能な形式に変換した。



#### (4) 会議等の活動

・実施体制内での主なミーティング等の開催状況

年月日	名称	場所	概要
H24年12月8日～9日	合宿	八雲	人流シミュレーション方式とそれに向けたデータ収集の打ち合わせ
H24年12月27日～29日	サイトビジット	函館	研究開発方針の再確認，全体像擦り合わせ，函館バス見学
H25年1月11日～12日	JSTシンポジウム	湘南国際村	本プロジェクトの発表，議論
H25年2月29日	函館タクシー見学	函館	函館タクシー見学，実証実験に関する打ち合わせ

#### 4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

本研究では若年層だけでなく，公共交通利用の潜在需要が高い高齢層に対してもスマートフォンによる交通行動調査を長期間（4か月間）実施しており，調査人数は少ないものの頻度の少ない活動や天候の影響など，中核都市における生活実態をより詳細に把握できる可能性が高い。ただし，高齢者を対象とすることから従来のパーソントリップ調査と比較して同行者や利用金額など調査内容を省略しているところもあり，他の情報公開されているデータを融合しながら，機械学習などで補完していく必要があると考えている。次年度の内容である調査データ（特にGPSデータ）のクリアリング，基礎分析などについては，プロジェクト参画者間で知恵をしぼって対応し，名工大グループを中心に交通需要予測モデルを構築していく予定である。

#### 5. 研究開発実施体制

##### (1) はこだて未来大グループ

- ① リーダー：中島秀之（公立はこだて未来大学，学長）
- ② 実施項目：移動実態調査と小規模運行実験

函館市を対象としたシミュレーション実験を可能にするため，函館の公共交通機関による移動の実態調査を行う。シミュレーション結果に基づき，患者の自宅と病院との間のデマンドバス（あるいは大型タクシー）の小規模運行実験を行い，運行・配車データを収集する。再シミュレーション結果に基づいて，再度，小規模運行実験を行い，スマートシティはこだて構想の基盤となる知見を得る。

##### (2) 産総研グループ

- ① リーダー：野田五十樹（産業技術総合研究所 サービス工学研究センター，チーム長）

② 実施項目：新サービスの創出とSAVSシミュレーション

函館地域の交通状況を反映したSmart Access Vehicle System (SAVS)のシミュレーションを実施する。これまで行ってきたフルデマンドバスシミュレーションをベースに、より一般的なスマートアクセスビークルのシミュレータを構築し、各種最適化手法を用いて、適切な運用方法の事前評価を進める。特に車両運用手法として、移動のデマンドが集中する地域や時間帯を分散化させる手法などを開発する。また、デマンドの一方的な集約ではなく、利用者に集約結果としての利便性・コストをフィードバックする協調的ナビゲーションの手法を実用化する。

(3) 名工大グループ

① リーダー：金森亮（名古屋工業大学，特任准教授）

② 実施項目：交通需要予測モデルによる現況再現・シナリオ評価

函館地域の住民全員の交通状況を再現するため、エージェントベースの交通需要予測モデルを構築する。具体的には、季節毎にサンプリングされた活動・交通行動調査結果とバス利用者数にてモデルパラメータを推定し、現況再現性を確認する。その後、スマートアクセスビークルの検討の基礎データである、地域の実情や要望に即した交通施策（主にバス路線網を改善するシナリオ）を導入した場合の市民の移動状況（各出発地から目的地までの移動量）を算出する。

## 6. 研究開発実施者

「○」印は代表者・グループリーダー

研究グループ名：公立はこだて未来大学

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項目
○	中島秀之	ナカシマヒ デユキ	公立はこだて未来 大学	学長	総括，汎化
	松原 仁	マツバラヒ トシ	公立はこだて未来 大学複雑系知能学 科	教授	運行実験，汎化
	平田圭二	ヒラタ ケ イジ	公立はこだて未来 大学複雑系知能学 科	教授	運行実験，汎化
	田柳恵美子	タヤナギエ ミコ	公立はこだて未来 大学社会連携セン ター	特任教授	移動実態調査，汎 化
	白石 陽	シライシヨ ウ	公立はこだて未来 大学情報アーキテ クチャ学科	准教授	運行実験
	佐野涉二	サノ シ ョウジ	公立はこだて未来 大学	特別研究 員	運行実験システム 等

研究グループ名：(独)産業技術総合研究所

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項目
○	野田五十樹	ノダ イ ツキ	産業技術総合研究 所 サービス工学 研究センター	研究チー ム長	スマートアクセス ビークルシミュレ ーション設計
	山下倫央	ヤマシタ トモヒサ	産業技術総合研究 所 サービス工学 研究センター	研究員	スマートアクセス ビークルシミュレ ーション適用
	小柴 等	コシバ ヒ トシ	産業技術総合研究 所 サービス工学 研究センター		スマートアクセス ビークルシミュレ ーション適用

研究グループ名：名古屋工業大学

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項目
○	金森 亮	カナモリ リョウ	名古屋工業大学	特任准教 授	交通需要予測モデ ル構築
	伊藤孝行	イトウ タ カユキ	名古屋工業大学	准教授	シナリオ検討

## 7. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

### 7-1. ワークショップ等

年月日	名称	場所	参加人 数	概要
2013年 3月22日	第13回スマートシ ティはこだてワー クショップ	公立はこだて 未来大学	30	我々が提唱するSmart Access Vehicle System (SAVS)についての函館地域 での研究発表会 発表内容:①「SAV (Smart Access Vehicle) システム 準備の現状」 中島秀之 (公 立はこだて未来大学学長, 本プロジェクトリーダ ー) ; ②「北海道における デマンド型交通の導入状況 と導入・運用時の課題」

				大井元揮（北海道開発技術センター地域政策研究所主任研究員）；③「都市交通サービスからみたSAVSの可能性と実現に向けた課題」奈良照一（株式会社ドーコン 交通事業本部交通部 都心交通企画室長）
--	--	--	--	---

7-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

①書籍、DVD（タイトル、著者、発行者、発行年月等）

特になし

②ウェブサイト構築（サイト名、URL、立ち上げ年月等）

特になし

③学会（7-4.参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

- ・ 公立はこだて未来大学主催 地域交流フォーラム「21世紀の地域社会とスマートシティー持続可能なまちを創る情報技術+デザイン+社会連携」において、本プロジェクトの実証フィールドである函館の地域社会に向けて研究内容をアウトリーチした講演者：中島秀之，田柳恵美子，松原仁（以上，公立はこだて未来大学）

7-3. 論文発表（国内誌   0   件、国際誌   0   件）

7-4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

①招待講演（国内会議   0   件、国際会議   0   件）

②口頭講演（国内会議   5   件、国際会議   0   件）

③ポスター発表（国内会議   0   件、国際会議   0   件）

（口頭発表）

- ・ 佐野渉二，中島秀之，白石陽，松原仁，スマートシティはこだてプロジェクト：函館の個人移動記録をGPSで取得する調査の計画，人工知能学会第15回社会におけるAI研究会，2012年11月．
- ・ 佐野渉二，白石陽，田柳恵美子，平田圭二，松原仁，中島秀之：「スマートシティはこだて」の実現に向けて：スマートフォンを用いた交通移動調査システム，ユビキタスウェアラブルワークショップ2012，p.44，2012年12月．
- ・ 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，人工知能学会第16回社会におけるAI研究会，2013年2月．

7-5. 新聞報道・投稿、受賞等

特になし