

論文内容の要旨

論文題目：

オンデマンドバスシステムの開発と地域への導入設計の研究

氏名： 坪内 孝太

1. 研究の目的

利用者が好きな時刻を指定でき、約束した到着時刻に間に合うように運行するオンデマンドバスシステムを開発した。当該システムおよび全国で行った実証実験の結果について説明するとともに、様々な地域に導入する際に適用できる導入設計手法について提案し、提案手法の評価を行うことを目的とする。

2. 開発したオンデマンドバスシステム

オンデマンドバスシステムとは利用者の予約に応じて、バスが利用者の場所へ行き、乗降させる乗り合いバス運行システムである。路線バスは一定の決められた停留所、決められたスケジュールで乗客を乗降させるが、オンデマンドバスには決められた停留所やスケジュールがない。

開発したオンデマンドバスシステムは、①運行計画生成アルゴリズム、②予約インターフェイス、③車載システム、④データベースという4つの基礎技術からなる。運行計画の中核を担う運行計画生成アルゴリズムは、タイムウィンドウを各予約に設け、タイムウィンドウを違反しない探索範囲のみを検索する点、タブサーチにより重複する探索計算を省いている点で工夫がなされた高速計算アルゴリズムである。本システムの予約インターフェイスについては、データベースに蓄積されている過去の利用履歴をマイニングし、システムが自動的に人の移動を推測し提案する個別適合型の予約提案機能により入力が平易になっていることに工夫がある。なお本予約提案アルゴリズムは、実証試験において15%程度の的中率を達成できたことが確認されている。システム全体図を図1に示す。

3. 開発したオンデマンドバスシステムの評価

千葉県柏市、大阪府堺市、滋賀県守山市の異なる3カ所で実証実験を行い、開発したオンデマンドバスシステムのサービス評価を行った。各市で共通して得られた知見として、①乗車時間を指定でき、かつ約束した時刻を守って運行するという本システム独自の機能が、利用者の年齢お

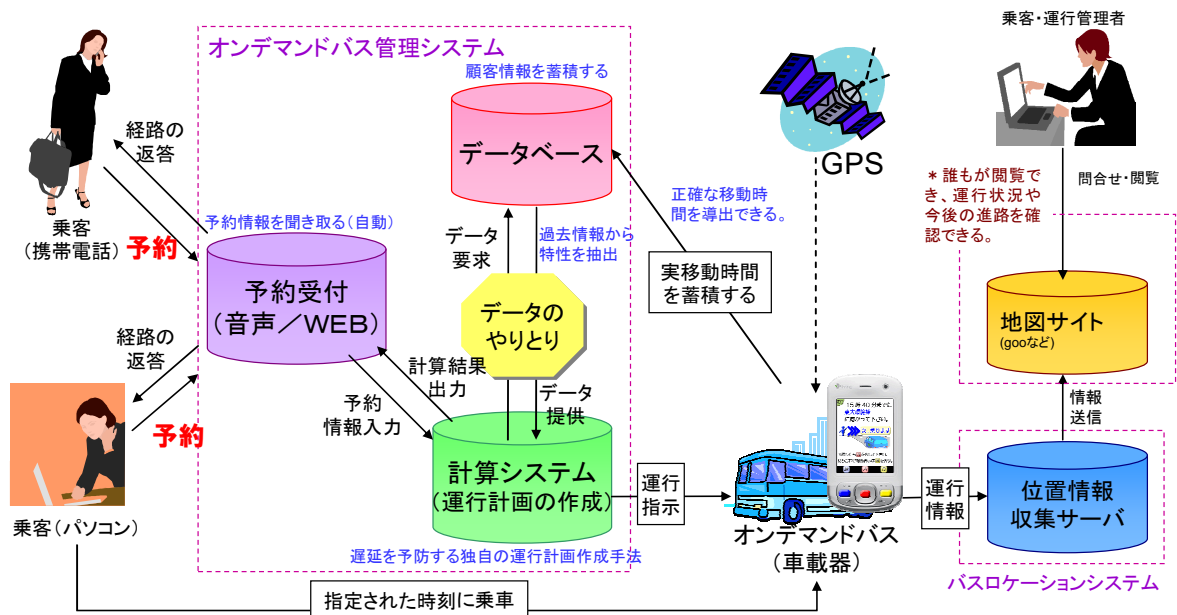


図1 開発したオンデマンドバスシステム

よび職種等を特定せずオンデマンドバスのサービス評価の向上につながっている事、②自家用車からの転換も10%~20%程度確認でき、また外出機会の創出や新規移動需要の創出に結びついている事、③利用者から見た導入以降はほぼ100%賛成と高く地域への積極的導入が求められていること、④支払い意思額と実際のコストとの差は大きく、採算性の課題がある事、⑤路線バスからの乗り換えが多く確認され、既存交通機関との競合は課題となる事といった5点が確認された。異なる地域の実験から似た結果を得ることができ、そのサービスとしての評価が高かった結果は、本システムの弾力性を示している。

一方で、①本システムの諸処の特長に対する利用者からの評価点および②乗合率やオンデマンドバス効率といったシステム評価値については、地域の特性や実験の対象者等の差異から地域間の違いが確認できた。

4. 導入設計シミュレータの開発とその妥当性検証

様々な地域への導入設計を行うために、導入設計手法について整理し、オンデマンドバス導入設計シミュレータを開発した。開発したシミュレータは、シミュレーションの苦手な地方自治体の担当者と、地域に土地勘のないシステム管理者がネットワークを通じて協力して行う CSCW (Computer-Supported Cooperative Work)を実現しているという特徴を有している。簡易なインターフェイスを通じて Web ページから自治体担当者がシミュレーションに必要な入力データを作成し、それをシステム管理者がシミュレーションにかけるという仕組みである。

本シミュレータの妥当性を検証する目的で、入力データの精度の異なる2つの実験結果を示した。実験は、事前に担当者が推測したシミュレーションの結果と、その後の実証実験の結果との両者を比較するものである。

入力データの精度の高い滋賀県守山市の実証実験の場合、5%以内の誤差という高い精度で導入状況を推測できることを確認した。一方で入力データの推測精度の低い大阪府中之島地域の場合は、シミュレーションの推測結果と実証実験の結果に30%程度の誤差が確認された。この結果、本シミュレータの特長として地域の移動需要を正しく把握できている場合は、精度高く推測できるが、地域の移動需要の特長を把握できていない場合は、その信頼性は低くなる

ことが確認された。

5. シミュレータを用いた運行計画生成アルゴリズムの評価

精度の高さについて示された本シミュレータを用いて、運行計画生成アルゴリズムの性能評価を行った。シミュレーション実験により、オンデマンドバスの成立率や顧客不満足度といったサービスレベルは、①投入する車両台数、②運行面積、③エリアの形状、④顧客の発生密度には影響されるが、⑤バス停の設置密度、⑥車両のサイズには影響を受けないことが明らかになった。これらの運行計画生成アルゴリズムの特長を把握することは、オンデマンドバスの導入計画を練る際の参考になる。

特に、バス停の設置密度に影響を受けないことは、オンデマンドバスが運行するエリアさえ決めてしまえば、そのエリア内にバス停をどれだけ配置させても、運行効率が悪くならないことが明らかになったことを意味し、路線バスと比べた際のオンデマンドバスの優位性といえる。一方で、運行面積やエリアの形状に左右されるという結果からは、エリアの選定が運行効率を決定する主要因であることが明らかになった。

また、既存の研究では発生する顧客密度が大きくなると、オンデマンドバスの運行効率が極端に悪くなることが示されていたが、本研究では発生する顧客密度が大きくなると確かに運行効率は低下するものの、低下の度合いはほぼ線形であることが示された。また、逆に運行台数を大きくすると1台あたりの運搬人数が増え、スケールメリットが働くことも明らかになった。

6. 交通分担シミュレーションの開発と評価

開発したシミュレータの応用として、交通分担と連携させたシミュレータの開発を行った。本交通分担シミュレータの特長は①オンデマンドバス実証実験によって得られた域内移動トリップ状況からトリップパターンの推測を行ったこと、②交通分担を犠牲量モデルによってモデル化したこと、③実際のパーソントリップ調査の調査結果から現実の状況に補正したことの3点が挙げられる。

まず、実移動データを用いることで、より現実に即したシミュレーション実験が可能となる。この点については、パーソントリップ調査や交通量調査など既知の調査結果と照合させることで、さらに精度を高い仮想環境を構築することができる。

また、犠牲量モデルを用いた交通分担の決定を行っているため、運賃の変動による乗車状況の変化や、実証実験にすら多額の予算を必要とする大規模社会実験などを仮想的にコンピュータシミュレーションすることが可能である。また、犠牲量の計算式を変えることで、晴天時と雨天時の交通分担状況の違いなども調べる事ができる。

堺市の事例においては、市が計画しているLRT敷設の効果についてシミュレーション実験を行った。都市部の方の路線において、雨の場合はある程度の需要を見込めるが、晴れの場合は既存の交通手段からの転換が期待できないというシミュレーション実験から得た帰結は、実際に現場の会議でも経験的に挙げられていた懸念事項であり、現実的な帰結といえる。

6. オンデマンド交通システムの導入設計

図2にはオンデマンド交通システムの導入設計のワークフローを示した。これまで地域にオンデマンド交通システムを導入する際は、事前に実証実験を何度か繰り返し、地域への最適な導入形態を検討してきた。しかし、実証実験を行うには大きな費用と時間がかかり、その期間中に地域の移動様態が変わるといった問題も指摘されていた。本研究で提案するシミュレーションを用い

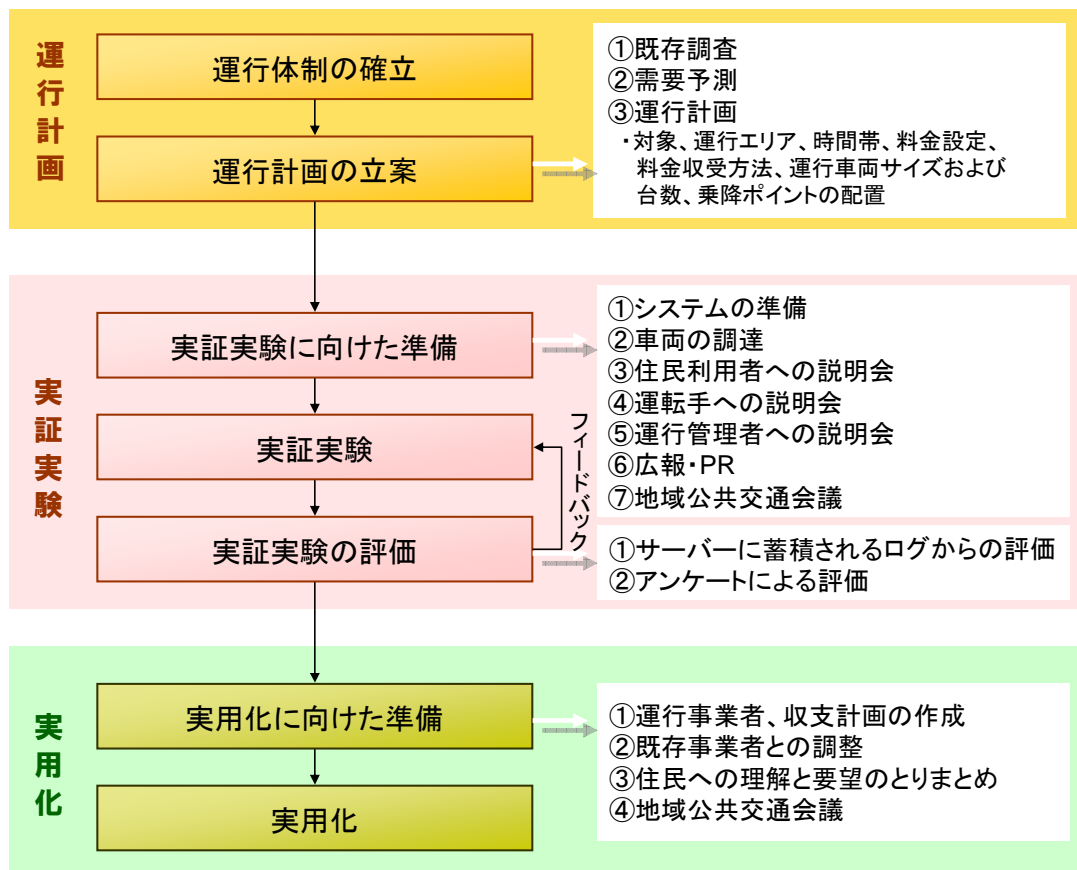


図2 オンデマンドバスの導入設計手順

た導入設計は、精度の高い推測によって運行計画から実用化までの時間を短縮することができる。特に、一度行った実証実験の運行ログをインプットデータとして地域の最適な導入設計を行えるシミュレーション方法が確立されていることで、実証実験のフィードバック回数を減らすことが可能となる。これら一連の導入設計プロセスと実施について新潟県三条市で行い、確認した。

7. 研究の結論

利用者が好きな時刻を指定でき、約束した到着時刻に間に合うように運行するオンデマンドバスシステムを開発し、評価を行った。実証実験の結果、サービスの評価が高く利用者からは導入が強く求められることを確認できた一方で、採算性や既存交通機関との競合といった課題も同時に確認できた。また、開発したオンデマンドバスシステムの導入設計を支援するシミュレータを開発し、その有効性およびシミュレーションの推測精度の高さを確認した。推測精度の高いシミュレータは、これまでオンデマンド交通の実用化までにかかっていた導入設計や実証実験にかかる時間やコストを小さくし、早期のオンデマンド交通の実現に寄与する事ができる。