

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：18001

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26730160

研究課題名(和文) 基幹交通と有機的に結合した末端型デマンドバスモデルの開発及びシミュレーション評価

研究課題名(英文) The development and evaluation of a new demand bus system organically linked to trunk transportation

研究代表者

赤嶺 有平 (Yuhei, Akamine)

琉球大学・工学部・助教

研究者番号：00433095

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、既存の路線バス網を置き換え可能な階層型協調デマンドバスシステムの開発及びシミュレータによる評価を行った。提案システムは、経路計画に要する計算時間を既存のデマンドバスに対して大幅に短縮することが可能である。評価実験では、既存の路線バスに対して待ち時間及び歩行時間が減少する一方、乗車時間はやや増加することが示された。ただし、提案システムはデマンドバスをベースとしているため、運行車両台数と旅行時間はトレードオフの関係にあり、運行コストを何らかの形で補填できれば、従来の路線バスに対してサービスレベルを大きく向上できる可能性がある。

研究成果の概要(英文)：In this study, we proposed a hierarchical cooperative transport system using demand responsive buses to improve efficiency of public transport systems. Our system can reduce computational time to plan bus routes in comparison with the existing demand bus system. The experimental result showed that the total wait time and the total walk time are less than the times of the fixed route buses and the total ride time are slightly increased. There is a possibility the system realize higher quality of transportation than the existing public transportation system if the operational cost is supplied by a government because increasing the number of bus for its operation can reduce the trip time of passengers.

研究分野：高度交通システム

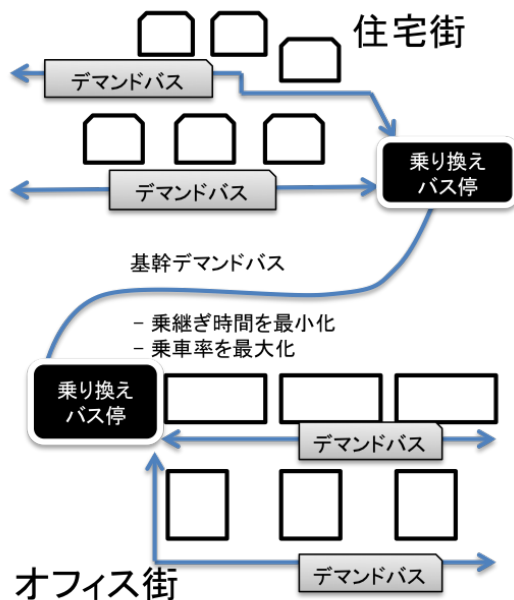
キーワード：高度交通システム 交通シミュレーション デマンドバス

1. 研究開始当初の背景

地方都市においては、陸上交通の多くを道路交通に依存しており、自家用車の増加と相まって交通渋滞が深刻な社会問題となっている。交通渋滞が慢性化すると、路線バスのサービスレベルが悪化するため、より自家用車が増加、渋滞の悪化、といった負のスパイラルに陥る傾向がある。公共交通の促進が主な解決手段となるが、一度 Door-to-Door の利便性に慣れた利用者をより不便な公共交通へ転換させるのは容易ではなく、利便性の高い公共交通システムが望まれる。

デマンドバスは、利用者からの要求に応じて柔軟に経路を変更するバスである。運用形態によっては、自宅前で乗車し目的地で降車するといったサービスも可能である。複数の乗客が「乗り合う」ので比較的割安な運賃でサービスを提供できるが、交通需要の形態によっては、乗降車地点が分散するため乗車率が極端に低下する可能性がある。コスト減少のためには、同時に多くの乗客を乗せる必要があるが回り道のため旅行時間が増加する。

現在、運行されているデマンドバスは、多くが交通需要が少なく路線バスの経営が難しい地域においてコミュニティバスのコスト削減策として導入されており、福祉サービスとしての側面が大きい。また、安価な乗り合いタクシーとしての特性が注目されているため、原則として出発地から目的地まで一本のバスで移動することを想定しているものが多い。



駅を始点・終点とするデマンドバスで乗客を駅に集約

図1：提案システムの概念図

2. 研究の目的

本研究は、末端交通機関としてデマンドバスを活用した複合的な交通システム(図1)の設計及び検証を目的とする。デマンドバスは、比較的時間的制約の少ない移動を想定して運行されているが、本研究では、交通需要

の大部分を占める、通勤・通学目的の移動手段としての利用を想定している。また、デマンドバスは、出発地から目的地まで直接輸送することが多いが、本研究では、デマンドバス間、またはデマンドバスと他の交通機関との乗り継ぎを前提とすることで、より広範囲をサービスエリアとした交通システムを目指した。さらに、乗り継ぎを前提とする事で、始点または終点を一カ所に集約できるため経路計画問題の複雑性の緩和や問題の分割が可能となるため計算時間の短縮が期待出来る。乗り継ぎは、利用者にとっては心理的な抵抗となるが、デマンドバスの到着時刻を基幹交通の出発時刻に合わせる事で大幅に軽減できると考えている。

一般的な交通需要の傾向として、住居・職場はそれぞれ特定の地域に偏って存在しており、交通流は支線から幹線道路へ一旦集約し、目的地近くで再度支線へと分散していく。これにより幹線道路の渋滞が発生し、路線バスのサービスレベル低下を招いている。従って、提案システムにより幹線道路を走行するバスの乗車率を高めることで道路の利用効率を高め、結果として渋滞緩和につながる可能性がある。

3. 研究の方法

本研究では、交通システムを設計・評価するための基盤とするため、対象地域として公共交通網の不足により交通渋滞が深刻化している沖縄県中南部地域に設定し、同地域の交通を再現可能なシミュレーションモデルを構築した。シミュレータを構築することで設計した交通システムの評価を数時間で実施することができる。

当初計画においては、既存交通機関との連携を想定したデマンドバスシステムを検討していたが、より効率的な輸送を実現するため、大型バスを用いて幹線道路のみを走行する基幹デマンドバス、中型バスを用いて幹線以外の道路を走行する末端デマンドバスの2種類のデマンドバスを協調的に運行する、階層型協調交通システムとして設計した。基幹交通をデマンドバスとすることで、乗り継ぎの待ち時間を最小限に抑えることができ、結果的にサービスレベルの向上につながると考えた。

設計した交通システムをシミュレータ上で構築し、パーソントリップ調査(個人の移動場所及び移動手段をアンケート調査したもの)より抽出したバス利用者の交通需要に対して

- 1) 既存の固定路線バスのみ
- 2) 一般的な乗り継ぎを行わないデマンドバスシステムのみ
- 3) 提案システムのみ

の何れかを用いて処理した場合の運行コスト、移動時間を推定し、比較評価を行った。対象地域とした沖縄県中南部地方は、北九州市よりやや面積が小さく、人口が多い。さら

に、より実際の運行状況に近い環境で評価するため、提案システム以外の一般車両を含む個々の車両の振る舞いをモデル化した専用のミクロ交通シミュレータを開発し評価を行った。ミクロ交通シミュレーションを用いることで、交通渋滞による遅延が利用者に与える影響や、提案システムが他の交通に及ぼす影響を評価することが可能である。

4. 研究成果

(1)本研究では、カバーエリアの異なる複数のデマンドバスサービスを上位の基幹デマンドバスにより接続した階層型協調バスシステムを設計し、静的シミュレーションによる評価実験を行った。シミュレーションの設定は以下の通りである。

- 対象時間は終日
- 沖縄県パーソントリップ調査におけるバス利用者全トリップ(約 8.5 万人)を利用者とする
- 予約はすべて前日までに受け付け 経路を作成することを想定
- 利用者は希望到着時刻を指定する
- 乗り継ぎ地点は 20 箇所とし、位置は遺伝的アルゴリズムにより探索

以下、路線バス及び既存のデマンドバスシステムとの比較結果について評価項目別述べる。

計算時間について

デマンドバスの経路計画問題は、問題規模の拡大により現実的な時間内での求解が困難となる問題とされており、最適解を要求しない近似解法を用いる必要がある。近似解法も問題規模の拡大に応じて当然計算時間が増加するため、本研究が対象とするような人口規模の大きい地域に適用するためには計算時間短縮が重要である。図2に示す通り、提案システムは、階層化することで問題が適切に分割され計算時間の大幅な短縮が実現できている。計算時間の短縮は本研究における主要な成果の一つである。

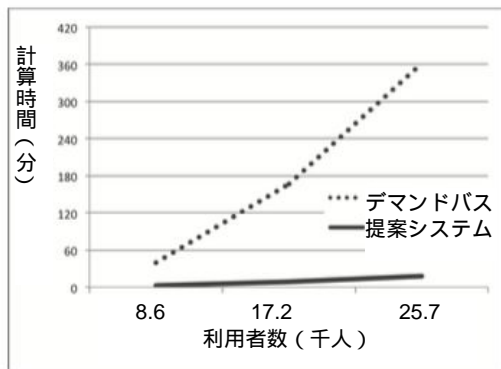


図2：利用者数に対する計算時間

旅行時間について

旅行時間(出発地から目的地への移動に要

する時間)は、交通手段選択の際に重要な判断基準となる。従って、旅行時間の短縮は利用者の増加に大きく貢献する。図3に示す通り、提案システムは、路線バスに対して1割程度旅行時間を短縮されるものの乗り換えのないデマンドバスよりもやや長いと推定された。提案システムは、乗り継ぎを要するため待ち時間分増加したと考えられる。提案システムを含むデマンドバスシステムは、乗降者場所を大幅に増やすことが可能であるため、歩行距離が減少し旅行時間の減少につながっている。

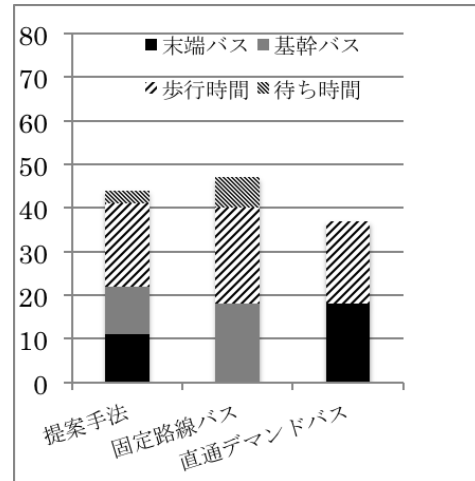


図3：各交通システムの推定旅行時間と内訳

運行コスト

交通手段の選択基準として移動費用(例えば運賃)が重視される。運賃を直接的に算出することは困難であるが運行に必要なコストを算出することで程度の比較が可能である。総距離は燃料費、総時間は人件費に影響する。それぞれの推定結果を図4に示す。固定路線バスについては必要台数が不明であったため保有台数を参考として記載した。運行コストについては、固定路線バスだけでなく既存のデマンドバスよりも削減できる可能性が示されている。

コスト項目 (1日あたり)	提案システム	固定路線バス	デマンドバス
総走行距離	63984km	82342km	68892km
総走行時間	3171分	4321分	3365分
車両台数	613台	646台	628台
末端バス	478	-	-
基幹バス	135	-	-

図4：運行コストの比較 (末端、基幹バスは内訳)

(2)実際の運行時における遅延の発生や他の交通(自家用車)への影響を評価するため、ミクロ交通シミュレータを用いて評価実験を行った(図5)。実験は、提案システム以外の交通(自家用車)を流入させる(図5背

景有), 流入させない(同背景無)の2ケース実施した。背景有のケースでは, 自家用車による渋滞の影響でデマンドバスの到着時間に遅延が発生し, 待ち時間が増加したと考えられる。実際の運行においては渋滞状況等を事前に予測し経路計画に反映させる等の対策が必要と考えられる。

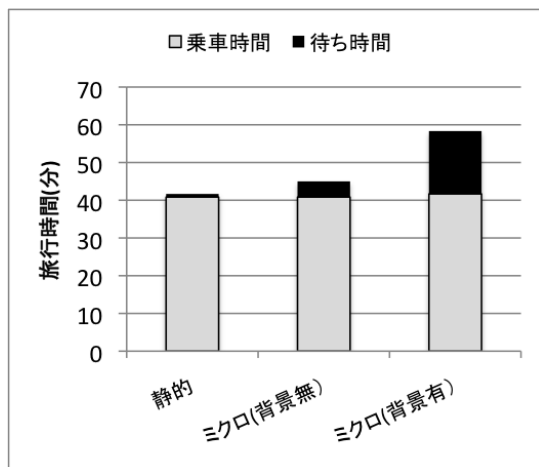


図5: ミクロ交通シミュレーションによる旅行時間の推定

(3)まとめ

本研究では, 複数レベルのデマンドバスによる階層型協調交通システムを提案した。既存の固定路線バス及び乗り換えのない一般的なデマンドバスとシミュレーションにより比較したところ, 固定路線バスに対しては, 旅行時間を短縮できる可能性が示された。特に, 待ち時間及び歩行時間が減少しておりトータルのサービスレベルは向上すると考えられる。提案システムはデマンドバスをベースとしているため, 運行車両台数と旅行時間はトレードオフの関係にある。従って, 運行コストを何らかの形で補填できれば, 従来の路線バスと比較してサービスレベルを大きく向上できる可能性がある。また, 入力データの仕様から乗降者地点が出発・目的地と同一ではないモデルとして評価実験を行ったため歩行時間が発生しているが, 交通システムとしてはこれらを同一地点とした運行も可能であり, 歩行時間をほぼ0とすることも可能である。その場合, 自家用車に対するディスアドバンテージは, 旅行時間のみであり, 運行コストが自家用車の取得・維持経費を下回れば, 大きなモーダルシフトを実現できる可能性がある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

Kazuki Uehara, Yuhei Akamine, Naruaki Toma, Moeko Nerome, and Satoshi Endo, Evaluation of a Hierarchical Cooperative Transport System on a

Dynamic Simulation, IEICE TRANSACTIONS of Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 査読あり, Vol.99-A, No.1, p.310-318, 2016年。

上原和樹, 赤嶺有平, 當間愛晃, 根路銘もえ子, 遠藤聡志, 中規模都市圏を対象としたデマンドバスを用いる階層型協調交通システムの提案, 情報処理学会論文誌, 査読あり, Vol.57, No.1, p.89-99, 2016年

[学会発表](計5件)

上原和樹, 赤嶺有平, 當間愛晃, 根路銘もえ子, 遠藤聡志, ミクロ交通シミュレーションによる階層型協調交通システムの評価, 情報処理学会第78回全国大会, 2016年3月10日, 慶應義塾大学矢上キャンパス(神奈川県横浜市)

新垣隆伍, 赤嶺有平, 上原和樹, 遠藤聡志, 根路銘もえ子, 階層型協調交通システムにおけるデマンドバス輸送の経路計画手法, 第14回情報科学技術フォーラム, 2015年9月7-9日, 愛媛大学城北キャンパス(愛媛県松山市)

上原和樹, 赤嶺有平, 當間愛晃, 根路銘もえ子, 遠藤聡志デマンドバスを用いた協調型交通システムにおける経路計画手法の検討, 第73回 MBL・第59回 ITS 合同研究発表会, 2014年11月20-21日, 福岡大学文系センター(福岡県福岡市)

新垣隆伍, 赤嶺有平, 上原和樹, 遠藤聡志, 根路銘もえ子, 中規模都市を対象とした集約型デマンドバスの経路計画手法の提案, 第13回情報科学技術フォーラム, 2014年9月3-5日, 筑波大学筑波キャンパス(茨城県つくば市)

與那嶺貴雄, 赤嶺有平, 上原和樹, 根路銘もえ子, 遠藤聡志, デマンドバスを対象としたミクロ交通シミュレータの開発, 第13回情報科学技術フォーラム, 2014年9月3-5日, 筑波大学筑波キャンパス(茨城県つくば市)

6. 研究組織

(1)研究代表者

赤嶺有平 (AKAMINE, Yuhei)

琉球大学・工学部・助教

研究者番号: 00433095