

# デマンドバスと大型車両による協調型交通システムの提案

上原 和樹<sup>1,a)</sup> 赤嶺 有平<sup>2</sup> 當間 愛晃<sup>2</sup> 根路銘 もえ子<sup>3</sup> 遠藤 聡志<sup>2</sup>

受付日 2014年4月6日, 採録日 2014年10月8日

**概要:** 公共交通機関が十分に供給できない地方都市郊外では, その利便性の低さから自家用車が多く利用されている. 特に通勤時や退勤時といった交通需要が高まる時間帯においては郊外部と都心部を結ぶ道路において渋滞が起きやすく深刻な問題となっている. 本稿では, デマンドバスを利用して地方都市郊外の乗客を集約し, 大型車両によって都心部まで輸送する新たな交通システムについて提案し, さらにクラスタリングを用いた効率的なデマンドバス経路生成手法について述べる. 評価実験では沖縄県那覇通勤圏をモデルに構築したネットワーク上でパーソントリップ調査報告書に基づいたシミュレーションを行い, 提案手法の有効性について評価した. 提案手法は, 既存の固定路線バスに比べて同等の旅行時間で移動ができ, かつ旅行手段へのアクセス性が良くなることを示した. また, 従来のデマンドバスとの比較においては単位時間あたりのデマンド処理数が増える状況において, 利用効率が良くなることを示した.

**キーワード:** 高度交通システム, 交通需要マネジメント, Dial-a-Ride 問題

## A Proposal of a Cooperative Transport System with Demand Responsive Transits and Mass Transits

KAZUKI UEHARA<sup>1,a)</sup> YUHEI AKAMINE<sup>2</sup> NARUAKI TOMA<sup>2</sup> MOEKO NEROME<sup>3</sup> SATOSHI ENDO<sup>2</sup>

Received: April 6, 2014, Accepted: October 8, 2014

**Abstract:** In suburban area, almost of people use private car because of the lower usability of public transit. It is serious problem that traffic congestion is often caused especially in commuting hours. In this paper, we propose a new transport system that connects its customers dispatching from suburban area cooperatively to transit point to make their connection with mass transits by demand responsive services. Furthermore, a scheduling algorithm for demand responsive transit with clustering method is provided. We evaluated the proposed system with static simulation constructed from the real network data and the person trip survey report. The simulation result indicated that the proposed system shortened access time to get public transit remaining the trip time same as the existing fixed route buses and showed higher utilization efficiency comparison with the conventional scheduling algorithm for dial-a-ride services.

**Keywords:** intelligent transport system, traffic demand management, dial-a-ride problem

### 1. はじめに

交通渋滞は全国各地で発生する重大な社会問題であり, 経済損失に加えて騒音や CO<sub>2</sub> 排出などの環境問題を引き起こす要因となっている. 地方都市郊外においては, 軌道交通などが十分に供給されないため陸上移動の大部分は道路に依存している. そのため, 通勤時や退勤時のような地域間を接続する道路の需要が急激に高まる時間帯には渋滞が慢性化しており, 深刻な問題となっている. 交通渋滞緩

<sup>1</sup> 琉球大学大学院理工学研究科  
Graduate School of Engineering and Science, University of the Ryukyus, Nakagami, Okinawa 903-0213, Japan

<sup>2</sup> 琉球大学工学部  
Faculty of Engineering, University of the Ryukyus, Nakagami, Okinawa 903-0213, Japan

<sup>3</sup> 沖縄国際大学経済学部  
Department of Economics, Okinawa International University, Ginowan, Okinawa 901-2701, Japan

a) e065709@eva.ie.u-ryukyuu.ac.jp

和策の1つとして、公共交通機関の利用を促進し自家用車の利用を抑える方法があげられる。一般に、公共交通機関の利用を促進するためには自家用車による移動に比べて公共交通機関による移動の利便性が高い必要がある。しかし、地方都市郊外においては近くにバス停がない、利用したい時間帯にバスが運行していないなどの理由により利便性が低く、自家用車が多く利用されているのが現状である。これは、地方都市郊外における交通需要が空間的に分散していることで公共交通機関の収益性が悪く、交通手段を十分に供給できていないことが原因だと考えられる。このような現状の中、デマンドバスが有効な交通手段として注目されている。デマンドバスは、利用者のデマンド（希望した乗降位置、時間）に応じて経路やスケジュールを柔軟に作成・変更できるバスの運行形態であり、デマンド発生地点および発生時のみ走行することができるため運行の効率化が望める。さらに、近年ではスマートフォンやカーナビゲーションシステムなどの情報端末も多く普及しており、これらの端末から得られる情報（渋滞情報やリアルタイム予約）を活用したデマンドバス配車戦略や経路作成などへの応用も期待できる。

これらのことから、筆者らは地方都市郊外における公共交通機関の利便性を改善・向上させるためにデマンドバスに着目した。しかしながら、デマンドバスは輸送する乗客の数が多くなるに従い乗車と降車における経路や配車の組合せが爆発的に増加し、最適な経路の設計が困難になることが知られている [1]。そのため、人口の少ない過疎地域やコミュニティ内での小規模な利用に多く焦点が当てられており、多くのデマンドを扱うような都市圏や地方都市圏などを対象とした研究例は少ない。そこで、本研究では地方都市郊外から都心部への移動を対象とした比較的規模の大きなデマンドに対してデマンドバスによる交通システムを提案する。しかし、前述のとおりデマンドバスに対して多数のデマンドへの効果的な配車や経路計画は困難であるため、筆者らは通勤時間帯において似通った道路の利用需要が発生することに着目した。地方都市郊外部における通勤時のデマンドは、同一の時間帯に都心部へ向かうことが多い。すなわち、ほとんどのデマンドは目的地が近いと集約して輸送することが可能だと考えられる。このとき、従来型のデマンドバスを用いた場合、起点から目的地まで乗客の乗り降りがほとんどないと考えられ効率的でない。このような問題を解決するため、本研究では階層型の協調デマンドバスシステムを提案する。

提案システムは、地方都市郊外から都心部へ向けたデマンドに対して、複数のデマンドバスを用いて地方都市郊外のデマンドを集約し、LRT (Light Rail Transit) や基幹バスといった大型車両への乗り継ぎを協調的に達成する新たな交通システムである。このように、デマンドバスを階層的に他の輸送機関と組み合わせることで利用範囲を限定

し、車両を効率良く運行できると考えられる。さらに、階層的な乗り継ぎによりデマンドが集約されるため、経路生成の難しさを緩和することができる。提案手法においてデマンドバスは、地方都市郊外における公共交通機関へのアクセス性を高める役割を担い、大型車両は、迂回の少ない直線的な経路上で乗客を比較的短い旅行時間で輸送する。このような車両は主要な道路を利用する際、バスレーンのような他の交通から影響を受けにくい車線を優先的に通行することも期待できる。

本稿では、提案システムの有効性について検討するために、通勤時に焦点を当て、実データを用いたシミュレーション実験を行う。対象地域モデルは、交通渋滞が深刻な社会問題となっている沖縄県那覇市およびその通勤圏をモデルに作成した。沖縄県は軌道交通がほとんどないため、都市部における渋滞が深刻な問題となっており、交通渋滞の緩和策が強く求められている。県民1人あたりの渋滞損失額は全国4位となっており、那覇都市圏の混雑時平均旅行速度は、大都市以下となっている。また、バス路線が不便なため利用率が低く、県民の62%が自動車通勤である。さらに、車両1台あたりの道路面積が全国平均の約半分であるうえ、依然として車両台数は増加傾向にある。そのため、つねに道路整備が追いつかない状況にあり既存道路の有効活用が必要となっている。一方、島嶼県のため県外からの車両の流入がなく、大都市圏より交通網の規模が小さいためシミュレーション実験に適している。

## 2. 関連研究

デマンドバスに関する研究は、スケジューリングアルゴリズムに関するものや実際に運用した際の影響や効果を評価するシミュレーション、実証実験など様々である。

デマンドバスのスケジューリングは Dial-a-Ride 問題 (DARP) に分類されており、現実的な時間で最適解を求めることが困難であるため、短時間で準最適解を得るアルゴリズムが多く提案されてきた [2], [3]。Jawら [4] はタイムウィンドウの制約を用いて、複数台車両における挿入法を提案した。挿入法は様々な解法の中でも計算効率が高く、この手法を用いた応用などもよくなされている [5], [6]。これらの応用においては解の精度（利用車両数、旅行距離）が改善されたものの、それに応じて計算コストが大きくなることも報告されている。

運用における評価や導入検証に関する研究として、野田ら [7] は、都市においてデマンドバスの運行を適用した場合の運行規模や採算性に関して固定路線バスとの比較をシミュレーション実験により示した。これより、デマンド頻度とバス台数が一定比率で比例する場合、デマンド頻度が高いほどデマンドバスの方が固定路線バスより利便性が高くなるとし、都市における運行規模の大きなデマンドバス運用の可能性を示した。小柴ら [8] は、中規模都市におけ

るデマンドバスの実運用に焦点を当て、北海道函館市を対象とした現状の路線バスとデマンドバスの比較を行った。その結果、実都市の道路ネットワークを採用した場合においてもおおむね野田ら [7] と同等の結果を示したほか、新たにデマンドが少なすぎる場合はデマンドバスの達成コストが高くなり効率が良くないことも示した。坪内ら [9] は、自治体担当者とシステム管理者が互いに長所を活かして効率的にシミュレーションできる枠組みを示し、そのシステムを用いたシミュレーションと実証実験との比較を行い提案システムを評価した。

本研究と類似したデマンドバスと他の交通を連携させた研究として、内村ら [10] の提案する階層的な公共交通システムがあげられる。内村らは、最も下層のレベルにおいてコミュニティ内の移動手段を確保するためにデマンドバスを用いるとし、デマンドバスの経路計画に遺伝的アルゴリズムを用いることで良好な経路が得られることを示した。しかしながら、デマンドバスと他の交通機関との連携についての評価は示されていない。また、シミュレーションの規模も比較的小規模に行われているため、このような交通システムの効果については不明である。

本稿では、デマンドバスと大型車両との連携に焦点を当てた経路生成およびスケジューリングアルゴリズムを提案し、デマンドバスと大型車両が連携した際の効果について評価する。本研究はデマンドバスの適用としては比較的規模の大きな中規模都市を対象とし、実都市の道路ネットワークを用いたシミュレーションを行う。

### 3. 提案手法および想定するシステム

#### 3.1 提案システム概要

本研究で提案するシステムは、デマンドバスと大型車両の連携によりアクセス性および輸送効率を高めることに焦点を当てている。具体的には、地方都市郊外の地域では出発地点までシステム利用者を迎えることで提案交通システムへのアクセス性を高め、大型車両によって多くの乗客を迂回の少ない直線的な経路上で輸送することで旅行時間を少なく抑えることができると考えられる。

提案システムの概要を図 1 に示す。ここで、説明を簡単にするため出勤時のみについて述べる。まず、都市郊外におけるデマンドは郊外地域に配置されたデポ (図 1: A) を起点とするデマンドバスによって集約された後に乗り継ぎ地点 (図 1: B) へと輸送される。乗客は、乗り継ぎ地点から大型の基幹バスや LRT など (以下、大型車両とする) によって都心部 (図 1: C) に輸送される。ただし、都心部においては公共交通機関が充実しており、都心部内は自由に移動できる状況を想定している。

サービスの提供方法として、利用者が事前に出発地、目的地、希望到着時刻といったデマンド情報を入力することを想定している。システム運営側は集まったデマンド情報

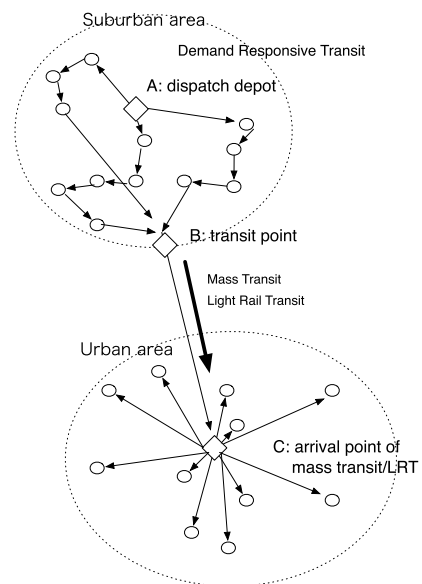


図 1 提案手法イメージ

Fig. 1 The simple image of proposed system.

に基づいてバスの経路と乗客の割当てを行い、求まった経路から各乗客の出発時刻を算出して通知する。一般的なデマンドの処理方式は、主にバッチ方式とリアルタイム方式とに分けることができるが、本手法は通勤時に焦点を当てておりリアルタイム性を要するケースは少ないと考えられることから、バッチ方式を採用する。これにより全体のデマンドを考慮したうえでより有効な経路設計およびスケジューリングが可能になると考えられる。

#### 3.2 経路設計とスケジューリング

地方都市郊外のコミュニティ内でデマンドバスを利用するためには、デマンドバスの経路設計およびスケジューリングをする必要がある。本システムの利用者は大型車両への乗り継ぎのために一度乗り継ぎ地点 (大型車が軌道交通の場合は駅など) へと集められる。そのため、各利用者の降車地点に関する経路は考慮する必要がなく、通常 of DARP に対し比較的問題を容易に (時間枠制約付の車両配送問題, VRPTW [11] として) 扱うことができる。本稿では、クラスタリングを用いた経路設計を提案する。地方都市郊外におけるデマンドは出発地点で分類され、この分類結果ごとに経路を作成する。また、クラスタリングでは時間的な差を考慮できないため、あらかじめ希望到着時刻をもとに作成した最遅出発時刻 (Latest Pickup Time, LPT) [4] ごとに昇順で並べる。経路設計は以下の手順に従い作成する。

- (1) デマンドを最遅出発時刻  $LPT$  の昇順でソートする。
- (2) 郊外地域に配置された出発デポ (図 1: A) から放射状にクラスタリング (後述) を行う。
- (3) それぞれのクラスタにおいて、クラスタに属するデマンドをデマンドバスに割り当てる。このとき、デマンドの数がバスの定員を超えた場合、もしくは、クラスタ

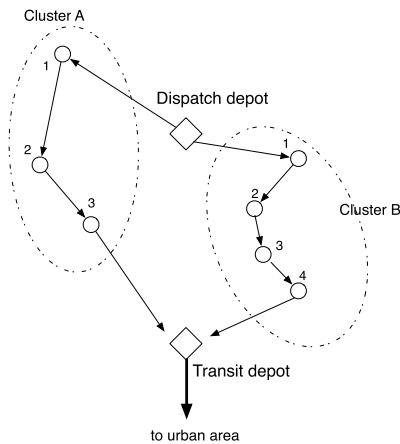


図 2 経路作成手順  
Fig. 2 Procedure of route designing.

に属するデマンドの希望到着時刻が一定時間  $WS$  を超えた場合、利用している車両数が上限に達していなければ新たなバスを追加してデマンドの割当てを継続する。  
(4) 各デマンドバスに割り当てられたデマンドについて、乗り継ぎデポ (図 1: B) から遠いデマンドから順に出発地点をたどり経路を作成する (図 2)。  
ここで、 $LPT$  は希望到着時刻から、デマンドの OD 間最短移動時間を引いた時刻を表し、 $WS$  は乗客が希望到着時刻より早く着くことを許容できる時間幅を表す。

### 3.2.1 クラスタリング

郊外地域におけるクラスタリングは、K-means 法と同様の手順で行うが、クラスタの評価基準として方向ベクトルを採用した。提案システムのクラスタリング処理手順を以下に述べる。

- (1) 出発デポ  $O$ 、初期クラスタ数  $N$ 、最大車両数  $V_{\max}$ 、最大エリア角  $\theta_{\max}$  を設定する。
- (2) 各クラスタにすべての利用者をランダムに割り当てる。
- (3) クラスタに属するすべての利用者への方向ベクトルを平均し、そのクラスタの基準ベクトルとする。
- (4) (3) においていずれかの基準ベクトルに変更があった場合、(5) の操作を行い、そうでなければ(6) の操作を行う。
- (5) 全利用者における起点からの方向ベクトルを算出し、それぞれの利用者を基準ベクトルが近いクラスタへ割り当て、(3) の処理へ戻る。
- (6) 終了条件を満たすまで  $N = N + 1$  し (3) の処理へ戻る。

ここで、ベクトル間の距離は方向を用いる。利用者にはその利用者へのベクトルとクラスタの基準ベクトルと方向が近いクラスタが割り当てられる。

上記の操作は以下の 2 式のいずれかを満たす場合終了となる\*1。

\*1 すべてのエリア角  $\phi$  が最大エリア角  $\theta_{\max}$  の範囲に収まるか、クラスタ数 (エリアの数) が最大車両数を超えた場合に終了となる。

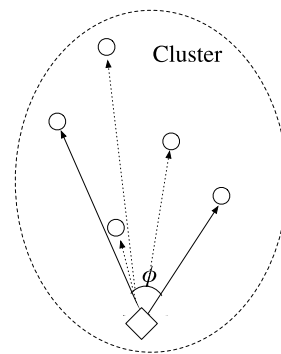


図 3 エリア角  
Fig. 3 Angle  $\phi$  of an area.

$$\theta_{\max} \geq \phi_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (1)$$

$$N \geq V_{\max} \quad (2)$$

エリア角  $\phi_i$  はクラスタ  $i$  内において最も方向ベクトルが離れた 2 つの利用者のなす角 (図 3) を表しており、 $\phi$  が小さいほどデマンドバスの経路は直線に近づく。そのため、 $\theta_{\max}$  の値を小さく設定するほど迂回距離が短くなり利用者の旅行時間を短くすることができるが、1 つの車両が担当するエリアが狭くなるためクラスタ数が増え、必要とする車両数が多くなる。

### 3.2.2 経路・スケジュール設計

次に、経路の巡回スケジュールを設定し暫定的な出発時刻を算出する。ここで暫定的に算出した出発時刻は大型車両への割当ての際に変更となる可能性がある (3.3 節)。出発時刻の算出は以下の手順により行う。

- 各クラスタ  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) について
  - (1) クラスタ  $i$  内の各デマンドバス  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, M_i$ ) について到着締切時刻  $DL_j$  を算出する。
  - (2) 到着締切時刻から各地点における乗車時刻を算出し、各乗客に割り当てる。

$DL_j$  は到着デポ (図 1: C) に到着しなければならない時刻を表し、各乗客  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, L$ ) の締切時刻  $dl_k$  のうちから最も早い時刻がデマンドバス  $j$  における締切時刻となる。

$$DL_j = \min dl_k \quad (k = 1, 2, \dots, L) \quad (3)$$

$$dl_k = DAT_k - DTT(DEPOT_C, DAP_k) - DTT(DEPOT_B, DEPOT_C) \quad (4)$$

ここで、 $DAT_k$  は乗客  $k$  の希望到着時刻、 $DTT(\alpha, \beta)$  は  $\alpha$  地点から  $\beta$  地点までの最短移動時間、 $DAP_k$  は乗客  $k$  の希望到着地点、 $DEPOT_B$ 、 $DEPOT_C$  はそれぞれ図 1 における B 地点と C 地点、すなわち大型車両の出発デポ (乗り継ぎデポ) と到着デポを表す。

### 3.3 大型車両への割当て

乗り継ぎデポに到着した乗客は、大型車両に乗り継ぐ必

要がある。ここで、それぞれのデマンドバスが乗り継ぎデポに到着する時刻に差がある場合大型車両への乗車時刻に時間差が生じる。そのため、同一の大型車両に割り当てられるデマンドバスはできるだけ到着時刻に近い方が望ましい。本研究では、このような時間差をなくすために、同一の大型車両に割り当てられるデマンドバスのスケジュール時刻およびその車両に乗車する乗客の出発時刻を調整する。具体的には以下のように行う。

- (1) デマンドバスを到着締切時刻 ( $DL$ ) 順にソートする。
- (2) 各デマンドバス  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, M$ ) について
  - (a) デマンドバス  $j$  を大型車両  $l$  に割り当てる。このとき、大型車両  $l$  にデマンドバス  $j$  の乗客すべてが乗れなければ新たな大型車両にバス  $j$  を割り当てる ( $l = l + 1$ )。また、大型車両  $l$  に割り当てられたデマンドバス  $j$  が最初に割り当てられたバスであれば、デマンドバス  $j$  の到着締切時刻  $DL_j$  を大型車両の出発時刻とする。
  - (b) 大型車両の出発時刻とデマンドバス  $j$  の到着締切時刻  $DL_j$  の差分  $dif$  を求め、デマンドバス  $j$  のタイムスケジュールをすべて  $dif$  だけ早める。

## 4. シミュレーション実験

提案システムの有効性について検証するため、固定路線バスおよび乗り継ぎを行わない従来型のデマンドバス (ADARTW [4]) との比較をシミュレーション実験により行った。実験の対象地域は沖縄県中南部 (人口約 110 万人) とし、パーソントリップ調査報告書 (PT 調査報告書) [12] に基づき通勤時間帯に那覇市外から那覇市へ向かうトリップを用いた。

### 4.1 道路モデル

シミュレーションに用いた地域データは、那覇通勤圏の市町村をモデルとして構築した。本稿では、那覇市内へのトリップ数が比較的多いうるま市以南の沖縄本島中南部の市町村を那覇通勤圏と表現している。道路網データは、国土地理院発行の数値地図 1/25000 を基に構築し、道路幅などの情報を基に手作業で通勤に影響が少ないと思われる小路を削除したものを用いた。道路網データのパラメータを表 1 に示す。

#### 4.1.1 OD からの距離補正

トリップの OD はゾーン内のいずれかのノードを出発

表 1 道路網データのパラメータ

Table 1 Specifications of the road model used by the traffic simulation.

ノード数	639
リンク数	2,006
リンク総延長	376 km

地・目的地とするため旅行時間が過小評価される傾向がある。特に、郊外ではゾーンが大きく設定されているため、ゾーン内の距離における誤差が大きくなる。そこで、本実験では移動距離を以下の式により推定して補正した。

$$d = k\sqrt{S} \quad (5)$$

ここで、 $S$  はゾーンの面積、 $k$  はゾーン内移動距離の調整係数であり、本実験では  $k = 2/\pi$  とした。筆者らは上記の推定移動距離の補正によって OD 間旅行時間の良好な相関が得られることを確認した [13]。

### 4.2 固定路線バスモデル

固定路線バスの経路は、平成 18 年度において実際に沖縄県を運行していた路線バスの時刻表に記載された路線図をもとに作成した。固定路線バスのモデルは、その利用者が最寄りのバス停 (バス路線にあるエッジ間のノード) まで徒歩で移動し、バスに乗車した後に目的地近くのバス停で降車する。その後、乗客は目的地まで徒歩で移動する。出発地および目的地までの補正距離は徒歩によって移動すると想定した。

### 4.3 ADARTW

ADARTW [4] は計算効率と解の精度が良く、多くの手法で応用されている手法である [5], [6]。本実験では通勤時における地方都市郊外から都心部への移動を対象とするため、比較的多くのデマンドを処理する必要がある。そこで本稿ではこれらの手法のうち、計算コストの観点から ADARTW によって経路設計、スケジューリングされるデマンドバスを比較対象とした。

### 4.4 シミュレーション設定

評価実験における設定条件は以下のように行った。

- 各市町村におけるシミュレーションは独立で試行する。
- 信号および渋滞などの背景交通は考慮しない。
- バスの利用可能台数は無制限とする。
- 乗降車それぞれにかかる時間はそれぞれ 3 秒とする [14]。
- バスの旅行速度はすべての市町村において一定とする。
- デマンドとして PT 調査報告書における目的地がモノレール沿線とその周辺 500 m 圏内のトリップを使用する\*2。このとき使用するトリップのデータは、通勤目的の移動が集中すると考えられる午前 7 時 30 分から午前 8 時 30 分までに那覇市内の目的地に到着するものを利用する。

デマンドバスおよび固定路線バスの平均旅行速度は、平

\*2 これらのデマンドはモノレールを利用して目的地に到達できるため、固定路線バスを提案システムと置き換えて実験を行うことが可能であると考えられる。

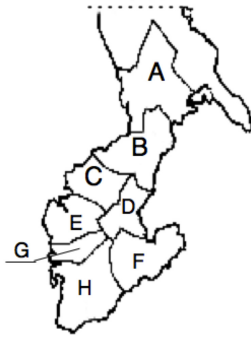


図 4 シミュレーションで用いたエリア区分  
Fig. 4 Area distribution for simulation.

成 18 年に利用されていた時刻表 [15] の時刻間隔とバス停留間距離に基づき算出した速度 31 (km/h) を用いた。この時刻間隔は通勤時に利用されると考えられる午前 7 時から午前 9 時までで那覇の最終バス停 (バスターミナル) に到着するバスの時刻表に基づいている。徒歩における移動速度は 4.3 (km/h) [16], モノレールの旅行速度は時刻表および駅間距離から算出した 30 (km/h) を利用した。

#### 4.4.1 提案システムの設定

提案システムにおける, デマンドバスの乗車定員は 20 人, 乗り継ぎに利用する大型車両の乗車定員は 60 人とした。これは, それぞれマイクロバス\*3, 大型バスを想定した定員である。大型車両の到着地はモノレール駅のいずれかとし, 降車地点から目的地へはモノレールを利用して移動するものとする。ここで, モノレールを利用する際, 乗り継ぎに待ち時間がかかると考えられ, この待ち時間は時刻表の時刻間隔から平均をとり 2.5 分とした。システムを利用する際に入力として必要となる希望到着時刻は, PT 調査マスターデータにおける到着時刻を用いた。出発地においては補正距離分も含めてマイクロバスが出発地点まで迎えに来るとし, 到着地についてはモノレールを利用して目的ノード到着後に, 補正距離分歩くことを想定した。

提案システムにおける各パラメータは,  $WS = 20$  (min), 最大エリア角  $\theta_{\max} = 60^\circ$ , 初期クラスタ数  $N =$  (利用者/車両の定員) とした。乗り継ぎデポはデマンドバスの起点となる出発デポと同じ地点とし, 大型車両の到着地点は, 対象地域におけるトリップの目的地の中で最もトリップが集中する地点に近いモノレール駅とした。また, 出発デポはエリア (1 つ以上の市町村からなる地域) ごとに 1 カ所あり, 到着エリアに最も近いノードに配置した。本実験において利用したエリアを図 4 に示す。出発地のエリアはそれぞれ沖縄エリア (図 4A, 沖縄市, 北谷町)・宜野湾エリア (図 4B, 宜野湾市, 北中城村, 中城村)・浦添エリア

(図 4C, 浦添市)・西原エリア (図 4D, 西原町, 与那原町, 南風原町)・南城エリア (図 4F, 南城市)・豊見城エリア (図 4G, 豊見城市)・八重瀬エリア (図 4H, 八重瀬町, 糸満市), 到着地のエリア是那覇エリア (図 4E, 那覇市) とした。

#### 4.4.2 ADARTW の設定

デマンドバスの乗車定員は, 提案システムで利用する車両定員と同じ 20 人とした。地方都市郊外部においては乗客を出発地点まで迎え, 都心部においては目的地に最も近いノードに降りし目的地まで歩くと想定した。シミュレーション中における ADARTW のパラメータは, 予備実験によりどの市町村においても旅行時間, 使用車両台数の観点から良い結果を示した以下の値を採用した。

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 1 \quad (6)$$

また, 本実験において利用可能な車両およびオペレータの人数に制限は設けないことから  $C_5$  から  $C_8$  の値は 0 と設定した。ここで, ADARTW によって経路設計をするためには, タイムウィンドウを設定する必要がある。タイムウィンドウにおける各時刻は, 希望到着時刻指定利用者 (*DDT-specified customer*) のタイムウィンドウ [4] に従い, 希望到着時刻は 4.4.1 項の提案手法と同様, PT 調査マスターデータの到着時刻とした。デマンドバスで利用者に設定されるタイムウィンドウのパラメータは, 試験的に  $\alpha = 10$  (min),  $\beta = 1.5$ ,  $WS = 20$  (min) とした。この  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $WS$  については個人差があると考えられ, 様々な値をとりうるため今後十分な議論が必要である。

#### 4.4.3 固定路線バスの設定

固定路線バス利用者は最も希望到着時刻近くに到着するバスを選択すると仮定し, 乗車までの待ち時間を考慮しない。さらに, 路線バスの各バス停における停車時間は 12 秒と設定し [17], 乗り継ぎは自由に行えると仮定した。出発ノード, 目的ノードまでの補正距離分は徒歩による移動を想定した。PT 調査報告書に記載された旅行時間と固定路線バスモデルにより算出した旅行時間について相関を求めたところ, 相関係数は 0.43 と中程度の相関があることが示された。また, 平均誤差率は 0.31 であった。シミュレーション中で設定した速度が一定であるためサービスレベルが過大評価となっている。

### 4.5 固定路線バス利用者への適用

本節では, 代表交通手段がバスのトリップ, すなわち既存のバス利用者が提案システム, もしくは従来型のデマンドバス (ADARTW) を利用した状況を想定して行った実験について述べる。

#### 4.5.1 平均旅行時間

各交通機関を利用した際の平均旅行時間を市町村別でグラフにまとめた (図 5)。図 5 において, Demand Bus はデ

\*3 公共交通へのアクセス時間を短縮するためにはできる限り出発地点まで迎えらる車両が良く, 機動性と乗車人数の観点から本実験ではデマンド交通としてマイクロバスを想定した。

マンドバス車両による旅行時間, Trunk Bus は提案システムにおける大型車両の旅行時間をそれぞれ表す. また本実験では, 提案システムにおける都心部での移動はモノレールを想定したため, グラフ中にモノレールによる旅行時間 (Monorail) を示した. 通常, 目的地に希望到着時刻より早く到着した場合は空き時間 (Extra time) が生じる. この空き時間もコストとして考慮するため, 旅行時間は出発地を出発した時刻から希望到着時刻までの時間とした. 提案システムおよび ADARTW 利用者は, 目的ノードに到着後は補正距離分歩くことを想定したため, 歩行時間を含む.

図 5 より, ADARTW は他の交通手段に対して 5 分以上旅行時間が短いことが分かる. また, 提案システムは固定路線バスモデルと同程度の旅行時間であったが, そのうちの歩行時間が 10 分程度減少し, 空き時間に置き換わった.

4.5.2 利用した車両台数および各車両の利用効率

シミュレーションを行った対象地域のうち, 那覇市に隣接しない 3 つのエリアに対して提案システムと ADARTW を運行する際に要した車両台数と利用効率に関してそれぞれ表とグラフにまとめた.

図 6 は提案システムと ADARTW における利用効率として 1 時間あたりの車両の再利用頻度を示す. ここで, 再利用頻度は車両が出発デポから出庫し, 担当するすべての乗客を輸送した後に出発デポへと戻る頻度である. また, 固定路線バスに関してはエリアをまたがって運行するため, エリアごとの頻度について示すことは困難である. そこで, 参考としてエリアの端におけるバス停から終点まで

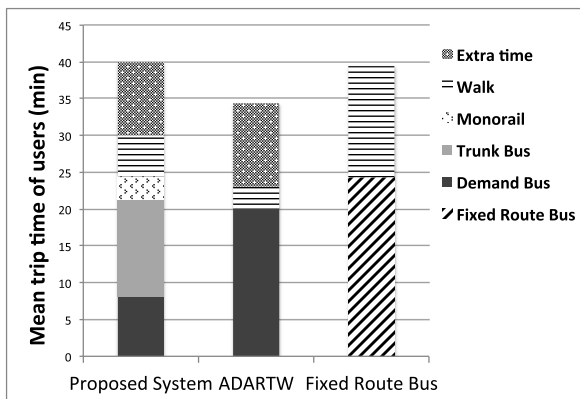


図 5 各交通手段の平均旅行時間 (分)

Fig. 5 The mean trip time (minute) of users transported by each transport system.

表 2 車両利用台数

Table 2 The number of used vehicles.

	沖縄エリア (139 人)		宜野湾エリア (418 人)		八重瀬エリア (253 人)	
	提案手法	ADARTW	提案手法	ADARTW	提案手法	ADARTW
マイクロバス台数	13	8	19	19	16	11
大型車両台数	3	0	5	0	2	0
計	16	8	24	19	18	11

の運行時間をもとに利用効率を算出した. このとき, 提案システムおよび ADARTW と同じ条件とするため再配車はエリア端のバス停に戻った時点から可能とした. グラフより, 提案システムにおけるデマンドバスは利用効率が高いことが示された. また, ADARTW の利用効率は固定路線バスよりわずかに良い結果となった. 表 2 は各エリアにおいて要した車両台数を示す. いずれの結果も ADARTW の車両台数が少ないという結果を示した.

4.6 利用者の増加にともなう変化

本実験で対象として取り上げた中でも, 那覇エリアに隣接しない地域のうちで最も通勤時間帯の旅行者数が多い宜野湾エリアを対象とし, 提案システムおよび ADARTW 利用者が増加 (普及) したと想定した場合の変化をグラフにまとめた. また, 実験対象のトリップは前節と同様 PT 調査報告書に基づくが, 午前 7 時 30 分から午前 8 時 30 分の間に那覇市に到着するすべてのモードによるトリップのうちからランダムで 10%, 30%, 50%, 70% の人が利用したと仮定した. 実験を行った各割合における具体的な旅行者数を表 3 に示す.

図 7 は, 各割合ごとの旅行時間を示しており, 提案システムは利用者の数が増えるに従い旅行時間が改善される

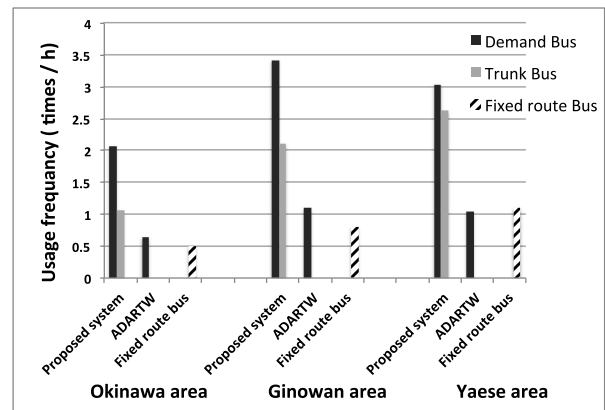


図 6 平均車両利用頻度 (回/時)

Fig. 6 Mean usage frequency (times/hour) of vehicles.

表 3 各割合ごとの平均旅行者数

Table 3 The number of trip people in each rate.

割合	10%	30%	50%	70%
利用者数	211	609	1,014	1,426

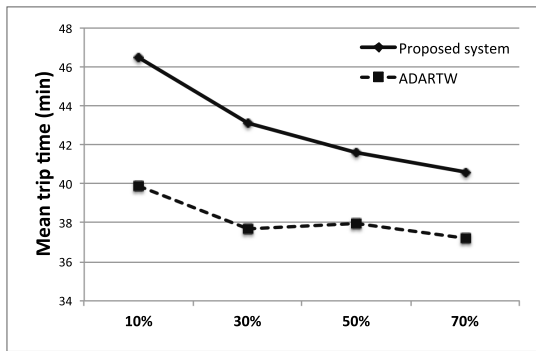


図7 利用者数変化にともなう旅行時間の推移 (分)  
Fig. 7 Transition of the mean trip time (minute).

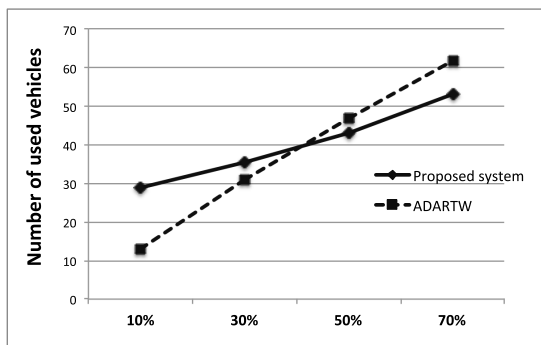


図8 利用者数変化にともなう使用車両台数の推移 (台)  
Fig. 8 Transition of the number of used-vehicles.

ことが分かる。これに対し、ADARTWは10%から30%にかけては若干旅行時間が短くなり、その後はほぼ一定で推移した。

図8は各割合ごとに使用した車両台数を示している。利用者数が少ない10%から30%にかけては提案システムに比べてADARTWの利用台数は少ないが、利用者数の増加にともないADARTWでは使用台数が増加していることが分かる。一方、提案システムは利用者数の増加に対する使用台数の増加率が少なく、50%以降においてはADARTWよりも少ない車両台数で運行が達成できている。

#### 4.7 考察

##### 4.7.1 既存のバス利用者のサービス置き換えに対する考察

図5においては、全体の旅行時間を比較するとADARTWの旅行時間が最も短く、提案システムは既存の固定路線バスモデルと同等の旅行時間であった。しかしながら、提案システムと固定路線バスにおける車両の移動時間はほぼ同程度を示しており、固定路線バスの歩行時間が10分程度空き時間に変わっている。一般に、移動時間と比べて目的地に到着後の空き時間は自由度の高さから価値が高く、サービスレベルが向上したと考えられる。さらに、提案システムとADARTWは固定路線バスに対して歩行時間が短い結果となった。歩行時間の減少はバス停が出発地、目的地に近くなったと解釈できる。このことから、提案システム

は固定路線バスに対してアクセス性が向上したと考えられる。さらに、提案システムは乗客を少数台の大型車両に集約するため車両の運行管理が容易であり、道路混雑時における渋滞情報の共有 [18]、予測 [19] に基づいた経路の変更により旅行時間の短縮が期待できる。

ここで、エリア内におけるデポの位置について考察する。本研究では提案システム利用者の旅行時間が極力短くなるようエリア内で行き先エリアに最も近い地点を出発デポとしたが、土地の利用状況によってはそのようにデポを配置することが難しい状況が考えられる。そのような場合は、デポに対してシステム利用者の旅行時間が短くなるようなエリア設定や行き先に応じて対象エリアを設定することが必要である。

図6は1時間あたりに再利用可能な車両台数を示す。グラフより、提案システムにおける各車両は利用効率が高いことが分かる。これはデマンドバスと大型車両とで運行を分担することでそれぞれが短い時間で再配車可能になることが理由だと考えられる。ADARTWと固定路線バスに関しては同程度の距離を移動するため、車両の利用効率が近い値となった。また、提案システムにおける大型車両は、エリア内のより到着デポと近い地点を出発デポとするため、固定路線バスに対して車両の利用効率が高いと考えられる。いずれの交通手段における利用効率もエリアの面積と移動するエリア間の距離に影響を受けると考えられるが、特に提案システムはこの影響が大きく現れている。デマンドバスはエリア内におけるデマンドを集めるため、エリア内の面積が広いほど運行時間が長くなり利用頻度が減少する。また、大型車両はエリア間の距離が離れるほど利用頻度が減少する。各エリアの面積と那覇市からの距離はそれぞれ沖縄エリア(図4A)が約63km<sup>2</sup>, 21.5km, 宜野湾エリア(図4B)が約47km<sup>2</sup>, 約11.22km, 八重瀬エリア(図4H)が約74km<sup>2</sup>, 約12.13kmである。宜野湾エリアは最も面積が狭いため、その分デマンドバスが早く出発デポまで戻ることが可能であり、利用効率が高くなったと考えられる。一方で沖縄エリアと八重瀬エリアについて比較すると、沖縄エリアの面積は狭いが利用効率が低くなっている。これは、那覇エリアと近い位置に出発デポを設定したため、デマンドバスが沖縄エリアを縦断する距離が長くなったことが理由だと考えられる。また、大型車両、ADARTW、固定路線バスそれぞれの利用効率はエリア間距離が長くなるに従って減少している。これらのことから、提案システムを運用する際は、車両の利用効率を高めるようなエリア面積とエリア間の距離、エリアの形状について考慮することが重要である。

##### 4.7.2 普及にともなう変化に対する考察

図7, 図8では、提案システムおよびADARTWの普及にともなう特性について比較した。その結果、提案システムはADARTWと比較して旅行時間が長くなったが、図7



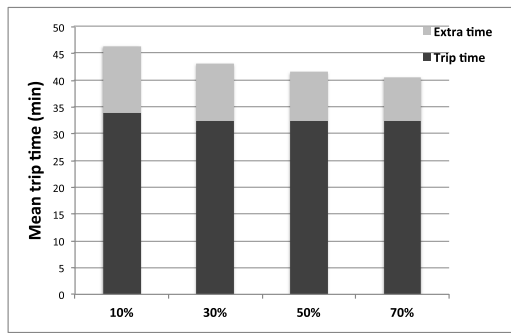


図 9 提案システムにおける利用者数変化にともなう利用者の平均旅行時間推移 (分)

Fig. 9 Transition of mean trip time (minute) of proposed system users.

においてはトリップ全体の 30%が利用する状況であればその差は 5 分程度であり、さらに利用者数が増加するに従い旅行時間が改善された。ここで、利用者数の増加に対して旅行時間が減少する理由について考察するため、提案システム利用者における旅行時間の内訳を図 9\*4に示す。図 9 より、車両によって輸送される時間はほぼ一定であり、空き時間が減少していることが分かる。提案システムは乗客の経路設計の際に利用者の希望時刻は考慮せず、出発地について分類する。このことから、利用者が少ない場合は希望到着時刻が離れた乗客が 1 つの車両にまとめられることが要因としてあげられ、希望到着時刻が遅めの乗客は目的地に早く到着してしまい、その空き時間が旅行時間に反映されたと考えられる。そのため、利用者数が増加すると同じ車両に希望到着時刻に近い乗客が乗車する確率が高くなり図 7、図 9 のように空き時間が減少する。これより、スケジューリングアルゴリズムの改善によって待ち時間を減少させることで旅行時間が改善されると考えられる。本研究で用いたデマンドバスのスケジューリングに関しては、3.2 節でも述べたように VRP の派生として扱うことができ、様々な VRP アルゴリズム [20] の中からより効率の良い経路設計手法を利用することが可能である。さらに、乗客を輸送している途中においてもスケジュールや乗車人数に余裕がある場合にはリアルタイムなデマンドに対応することで車両の運行効率を高められると考えられる。

図 8 では、システム利用者数が増加するに従い ADARTW よりも車両の利用台数が少なくなることが確認できた。これは、図 6 における運行効率の差に起因するものだと考えられる。提案システムにおけるデマンドバスと大型車両の運行はそれぞれ限定的な範囲に限られるため、各車両は役割を果たすと空き車両として次の新たなデマンドを処理することができる。この特性に関しては、本実験で提示した宜野湾エリアだけでなく、他のエリアや予備実験として行った都心部と都市郊外地域をモデル化した仮想ネット

\*4 徒歩時間は目的ノードから目的地までの補正距離分を歩くため一定であり、グラフの見やすさのためここでは除外した。

表 4 各交通システムにおけるコストと利用者数

Table 4 The operating cost and the number of customers.

	提案手法	ADARTW	固定路線バス
総走行距離	1,937.44	2,837.8	3,370.39
車両台数	124	99	160
利用者数	2,300	2,300	5,303

表 5 各交通システムにおける費用対効果

Table 5 The operating cost-benefit.

	提案手法	ADARTW	固定路線バス
総走行距離/利用者	0.84	1.23	0.65
一台あたりの利用者	18.54	23.23	31.38

ワークにおいても確認できたため、本実験で対象とした地域以外においても有効であると思われる。これらのことから、提案システムは ADARTW に対し車両の利用効率 (運行効率) が良く、図 8 のように利用者が多くなるほど有効であると考えられる。運行台数はシステム運用の際に要するコストの指標となるため、この知見は特に重要である。さらに、運行効率が良いことは、バス台数や運転手不足の解決、路線数を拡大することによるサービスレベルの向上に寄与するものと期待できる。

#### 4.7.3 コストに関する考察

本項では、提案システム、ADARTW、固定路線バスにおけるコストについて考察する。交通システムの利益について検討する際、運行コストに対してどの程度の収益 (利用者) を見込めるかが重要である。そこで、本稿ではコストに対する収益を測る指標として 1 人あたりのバス走行距離、および車両 1 台あたりの乗客数を示す。提案システムと ADARTW における総走行距離と車両台数はシミュレーションの結果を利用する。また、固定路線バスに関しては、バス時刻表 [15] に記載された路線図および時刻表より総走行距離と車両台数の推定を行った。固定路線バスの利用人数は PT 調査報告書より、午前 7 時 30 分から午前 8 時 30 分までの時間帯に上り路線 (那覇方面) を利用して目的地に到着するすべてのバス利用者を対象とした。それぞれの総走行距離、車両台数、利用人数を表 4 に示す。

表 5 は、1 人あたりの走行距離と車両 1 台あたりの利用者数を示す。いずれも固定路線バスが最も良い結果を示した。提案システムは 1 人あたりの走行距離が ADARTW と比較するとおよそ 30%短くなったが、1 台あたりの利用者数は ADARTW が良い結果となった。これより、提案システムは ADARTW に比べて乗客への配車は若干劣るが、経路の設計は効果的であると考えられる。また、提案システムおよび ADARTW は固定路線バスに対して走行距離、車両数ともにコストを多く要した。提案システムはエリアごとに乗客をまとめ、目的地までは他の都市との連携は考慮しないため、必要となる車両数が多くなったと考えられる。そのため、提案システムを運用する際は固定路線バ

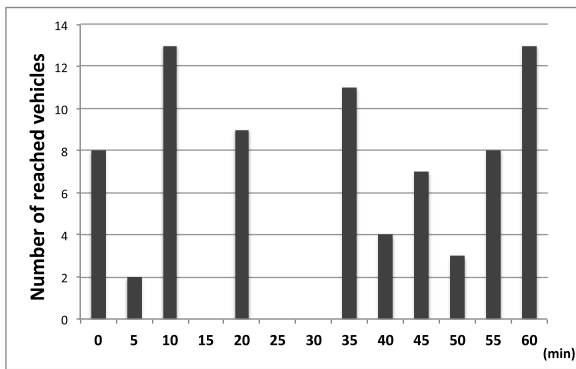


図 10 乗り継ぎデポにおける車両到着頻度分布

Fig. 10 Histogram of the number of vehicles reached at transit depot.

スに対して利用コストが高くなると考えられる。ただし、4.5.1 項において固定路線バスと比較すると旅行時間は同程度であったが、歩行時間が減少して空き時間となったことでサービスレベルが向上しているため、新たな利用者層の獲得によりコスト増による需要減少をある程度相殺可能だと考えられる。また、既存の固定路線バスと同等の利用コストを実現するためにはデマンドバス経路計画法の見直しや大型車両における都市間連携についても今後検討が必要である。

#### 4.7.4 運行に向けての検討事項

ここで、提案システムの実現に必要な検討事項について述べる。まず、車両台数や運転手といった有限な資源について検討する。本稿の実験においては、利用できる車両台数を無制限と設定したが実際に運用するには保有している車両台数、運転手の人数が制約となる。利用需要が制約の範囲内であれば運行可能であるが、制約を超えた場合の対応が必要となる。たとえば、システム予約時に車両の上限を超えていた場合は、デマンドを拒否する、または代替移動手段の提供を行うなどが考えられる。また、本稿では地方都市郊外から都心部へ移動するデマンドを扱ったが、実際には都心部から地方都市郊外への移動も存在する。これらに対しては、大型車両の復路や郊外エリアにおけるデマンドバスの運用で対応する必要がある。

提案システムは乗り継ぎデポにデマンドバスを集約することを想定したため、各大型車両の出発時刻に合わせてデポ周辺の交通需要が高まることが懸念される。図 10 は、4.6 節で行った実験における宜野湾市の全トリップ中 30%の旅行者がシステムを利用した際の乗り継ぎデポでの 5 分ごとのデマンドバス到着車両数を表す。計測間隔は最初のデマンドバスが乗り継ぎデポに到着してから 5 分間隔とした。平均値は 6 台、最大値は 13 台、最小値は 0 台であった。図 10 から、時間帯ごとのデマンドバス到着数に波があることが分かる。これは、複数台のデマンドバスを 1 台の大型車両にまとめることにより生じると考えられる。

道路においては単位時間あたりに通過できる車両数に限りがあるため、道路需要にこのような波がなく時間ごとで平均的に分散していることが望ましい。これについては大型車両とデマンドバスの同期時刻について、利用者ならびに社会全体の利得が向上するような最適化が求められる。

さらに、4.6 節においては単純に利用者の割合が増加したという想定で実験したが、実際には提案システムの利用者が増えることで道路需要が減少した場合、渋滞が緩和されると考えられる。その際、自家用車による移動が有利となり道路需要が増加するといった利用需要の変動が想定される。このような波は均衡点があると考えられ、均衡時におけるシステムの利便性評価、導入可能性についても検討が必要である。

## 5. おわりに

本稿では、都心部においては交通手段が充実しているという想定のもと、地方都市郊外から都心部へ向かうデマンドをデマンドバスによって集約し、大型車両と連携して輸送する協調型交通システムを提案した。シミュレーションによる評価実験では、沖縄県那覇市通勤圏を対象に道路ネットワークを作成し、提案システムを既存の DARP アルゴリズム (ADARTW) で作成したスケジュールおよび固定路線バスモデルと比較した。その結果、提案システムは既存の固定路線バスと同等の旅行時間で、アクセス性に関して有利であることが示された。さらに、車両の利用頻度、利用した車両台数の比較、コストに関する考察より、現状のバス利用者以上の十分な利用が見込める場合、提案システムは ADARTW よりも十分に運行効率が良いことが分かった。ただし、シミュレーションの設定には現実的でない要素が含まれるため、今後はそれらを改善していく必要がある。具体的には、自家用車による渋滞や信号機などの背景交通を考慮することがあげられる。これらについては、筆者らが独自で開発したマイクロ交通シミュレータ [13] を用いてより詳細に検証する予定である。さらに 4.7.2 項、4.7.4 項で示したように、デマンドバスのスケジューリングおよび経路計画アルゴリズムの改善、ならびに大型車両とデマンドバスの協調運行に関して最適化する必要がある。

謝辞 本研究は、科研費若手研究 (B) (23760356) の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Paepe, W.E., Lenstra, J.K., Sgall, J., et al.: Computer-Aided Complexity Classification of Dial-a-Ride Problems, *INFORMS Journal on Computing*, Vol.16, No.2, pp.120-132 (2004).
- [2] Cubillos, C., Rodriguez, N. and Crawford, B.: A Study on Genetic Algorithms for the DARP Problem, *Springer Berlin-Heidelberg LNCS*, Vol.4527, pp.498-507 (2007).
- [3] Cordeau, J.F. and Laporte, G.: The dial-a-ride problem: models and algorithms, *Annals of Operations Research*,

- Vol.153, No.1, pp.29-46 (2007).
- [4] Jaw, J.J., Odoni, A.R., Psaraftis H.N. and Wilson, N.H.M.: A Heuristic Algorithm for The Multi-Vehicle Advance Request Dial-a-Ride Problem with Time Windows, *Transportation Research Part B*, Vol.20, No.3, pp.243-257 (1986).
  - [5] Diana, M, and Dessouky, M.M.: A new regret insertion heuristic for solving large-scale dial-a-ride problems with time windows, *Transportation Research Part B*, Vol.38, No.6, pp.539-557 (2004).
  - [6] Luo, Y., and Schonfeld, P.: A rejected-reinsertion heuristic for the static Dial-A-Ride Problem, *Transportation Research Part B*, Vol.41, No.7, pp.736-755 (2007).
  - [7] 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, Vol.49, No.1, pp.242-252 (2008).
  - [8] 小柴 等, 野田五十樹, 山下倫央: 実都市を対象としたシミュレーションによるデマンドバス評価, 人工知能学会全国大会論文集, Vol.27, RONBUNNO.1D4-3 (2013).
  - [9] 坪内孝太, 大和裕幸, 稗方和夫: オンデマンドバスの導入設計シミュレータの開発と評価, 人工知能学会論文誌, Vol.25, No.3, TS09-E, pp.400-403 (2010).
  - [10] 内村圭一, 斉藤隆司, Hiro Takahashi: 公共交通サービスにおける Dial-a-Ride 問題, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J81-A, No.4, pp.599-606 (1998).
  - [11] Lau, H.C., Sim, M. and Teo, K.M.: Vehicle routing problem with time windows and a limited number of vehicles, *European Journal of Operational Research*, Vol.148, No.3, pp.559-569 (2003).
  - [12] 沖縄本島中南部都市圏総合都市交通協議会: 第3回沖縄本島中南部都市圏パーソントリップ調査報告書 (2009).
  - [13] 赤嶺有平, 遠藤聡志, 上原和樹, 根路銘もえ子: 時間的交通分散を目指した旅行計画提示手法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.55, No.1, pp.438-447 (2014).
  - [14] 宇佐美誠史, 元田良孝, 金澤 崇: バス乗降時間の要因に関する基礎研究, 交通工学研究発表会論文報告集 25, pp.269-272 (2005).
  - [15] バス運行時刻表: 社団法人沖縄県バス協会 (2006).
  - [16] 松本直司, 清田真也, 伊藤美穂: 街路空間特性と歩行速度の関係, 日本建築学会計画系論文集, Vol.74, No.640, pp.1371-1377 (2009).
  - [17] 久宗周二: バス車内での人間行動, 高崎経済大学論集, Vol.51, No.1, pp.119-129 (2008).
  - [18] 山下倫央, 車谷浩一, 中島秀之: 交通流の円滑化に向けた協調カーナビの提案, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.1, pp.177-188 (2008).
  - [19] 金森 亮, 高橋 淳, 伊藤孝行: ドライバーの経路選択行動を考慮した予見的情報に基づく経路割当戦略に関する研究, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J96-D, No.12, pp.3009-3018 (2013).
  - [20] Kumar, S.N. and Panneerselvam, R.: A Survey on the Vehicle Routing Problem and Its Variants, *Intelligent Information Management*, Vol.4, No.3, pp.66-74 (2012).



上原 和樹 (学生会員)

2013年琉球大学大学院理工学研究科情報工学専攻修了。現在、同研究科総合知能工学専攻博士課程在学中。



赤嶺 有平 (正会員)

2004年琉球大学大学院理工学研究科博士課程総合知能工学専攻修了。博士(工学)。同年日本学術振興会特別研究員。2006年琉球大学工学部情報工学科助手。2007年から同助教。交通システム、複合現実感の研究に従事。人工知能学会、地理情報システム学会各会員。



當間 愛晃 (正会員)

2003年琉球大学大学院理工学研究科総合知能工学専攻(博士後期課程)修了。博士(工学)。2004年琉球大学工学部情報工学科助手。2007年同大学助教。複雑系工学, データ/テキスト/Web マイニング, 人工知能に従事。人工知能学会, 自然言語処理学会, 日本認知科学会各会員。



根路銘 もえ子 (正会員)

2001年琉球大学大学院理工学研究科総合知能工学専攻博士課程修了。博士(工学)。2001年通信・放送機構沖縄RC招聘研究員。2003年沖縄国際大学商経学部経済学科講師。2004年沖縄国際大学経済学部地域環境政策学科講師。

2005年から同准教授。進化型計算, 観光情報システムの研究に従事。人工知能学会, 計測自動制御学会各会員。



遠藤 聡志 (正会員)

1990年北海道大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年北海道大学工学部助手。1995年琉球大学工学部情報工学科講師。1996年同助教。2004年同教授。複雑系工学に関する研究に従事。人工知能学会, 計測自動制御学会, 日本知能情報ファジイ学会各会員。博士(工学)。

2005年から同准教授。進化型計算, 観光情報システムの研究に従事。人工知能学会, 計測自動制御学会, 日本知能情報ファジイ学会各会員。博士(工学)。