

移動困難者に配慮した バスネットワークの設計

渡辺 祥平¹・塚井 誠人²・高瀬 孝太郎³

¹学生会員 広島大学大学院 工学研究科 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1)

E-mail:m153649@hiroshima-u.ac.jp

²正会員 広島大学大学院准教授 工学研究院社会環境空間部門 (〒739-8527 広島県東広島市鏡山1-4-1)

E-mail:mtukai@hiroshima-u.ac.jp

³非会員 成田国際空港株式会社 (〒282-8601 成田市成田国際空港内 NAAビル)

E-mail: k-takase@naa.jp

本研究では、広島県廿日市市で運行されているコミュニティバス「廿日市さくらバス」を対象に、交通弱者のニーズに着目したコミュニティバスの運行経路の設計を行う。具体的には、住民を分類し、廿日市市に住む交通弱者を推計した上で、彼らの買物や通院などの移動ニーズを把握し、その移動ニーズを満たす場合の総移動時間が最少になるような最適巡回問題を定式化する。そして、現状の路線網や交通弱者以外のニーズに対応した場合の最適ルートと比較、検討する。その結果、現状の路線網より移動時間の短い、移動ニーズに合った最適な巡回ルートの作成が可能となった。さらに、移動目的に応じた巡回ルートの特性も把握することができた。

Key Words : *community bus, transportation poor, transportation network planning,*

1. はじめに

路線バスの減便や撤退といったサービスレベルの低下は、全国のいたるところで起こっている。そこで、多くの自治体は路線バス利用の不便な地域を含む交通空白地域を解消することを目的として、コミュニティバスを運行している。公的機関が運行するコミュニティバスは、様々な利用者を想定して運行される。その中でも、より選択肢の少ない移動困難者への日常の足を提供する意義は大きいと考えられる。この前提に立てば、移動が困難な住民のニーズを把握し、そのニーズに沿った運行経路の設定を行うべきだが、特に利用者数ベースで路線改善を行ってきたコミュニティバスは、移動困難者のニーズに適した運行を実施していない可能性がある。その理由を次に示す。

- ①移動が困難であるか否かは、自動車の保有や、家族の送迎の有無にも依存するため、交通空白地域の住民が、必ずしも移動が困難とは限らない。したがって、交通空白地域にコミュニティバスを運行することが、交通弱者のニーズに沿った移動手段の提供に結びつくとは限らない。
- ②既存のコミュニティバスの路線網は、事業者や住民

へのアンケートに基づいて設定されていることが多い。そのため、乗客数の多い路線を選定する。しかし、交通弱者は、外出を頻繁に行うことが出来ない可能性がある。そのため、実際のバス利用者のうち、交通弱者が占める割合が少なくなり、交通弱者の移動ニーズは実際の路線網設定に反映されにくい。特に、利用人口が多い都市部では、単に利用者のニーズに応えると、その大半を占める交通弱者以外の住民のニーズに応えることになる。

渡辺ら¹⁾は、潜在能力アプローチを援用したアンケート調査を実施し、アンケート回答者を客観的な基準によって、移動能力の程度に着目して分類した。得られた分類ごとに、コミュニティバスの利用に関するロジットモデルを推定した結果、住民の移動能力によってコミュニティバスに求める利用ニーズが異なることが明らかになった。しかしこの研究では、利用ニーズを踏まえた路線の設計までは行っていない。

大野²⁾は、GISを利用したバスネットワーク評価システムを提案した。人口分布、道路ネットワーク、バス停の位置、および街区の形状のデータを用いてバス停の最適配置を求めた上で、実路線との競合を踏まえて、都市部におけるコミュニティバスの新しい路線設定と乗客数

との関係を明らかにした。

高山ら³⁾は、長野市において運行されているコミュニティバスを対象に、福祉と市街地活性化を目的とした路線網の検討を行った。住民の利用目的別の行動特性の把握を目的としたアンケートの結果をもとに、コミュニティバスの運行目的別の到着時刻指定OD表の作成して、各目的に沿った路線の検討を行った。この路線網最適化問題では、遺伝的アルゴリズムを援用することによって、コミュニティバスの路線網と運行スケジュールを同時決定する組み合わせ最適化問題を定式化して、長野市の中心市街地の路線網計画への適用を行った。

コミュニティバスの路線の設計は様々な手法を用いて行われているが、現在のところ、個人の潜在能力とコミュニティバスの利用ニーズに着目したバス路線の検討は、未だ進んでいない。

本研究では、広島県廿日市市で運行されているコミュニティバス「廿日市さくらバス」を対象に、コミュニティバスを適切に運行するために、移動が困難な住民のニーズに着目した路線網の策定を目的とする。

2. 対象地域の概要

廿日市市は広島市の西部に隣接し、昭和50年代以降、広島市のベッドタウンとして急速に発展してきた。同市の人口密集地帯は、平成27年12月1日現在で32,229世帯、人口76,177人を有している。同地帯には、廿日市市全域の約7割が住んでおり、沿岸部に大規模商業施設や市役所といった主要公共施設、山間部には複数のニュータウンや団地がある。また、公共交通に関しては、JR山陽本線、広島電鉄宮島線などが同市街を東西に横断するように運行しており、それらの路線と直交する山間部に向けて民間バス会社が運行する複数の路線が走っている。

廿日市地域では、平成12年の実験運行を経て、平成13年からコミュニティバス「廿日市さくらバス」の運行が開始されている。平成27年現在、さくらバスは、広島電鉄廿日市市役所前駅を起点とした東循環2路線、西循環1路線を運行している。2016年現在、このバスは2000年の運行開始当初よりも利用者が減少する一方で、運営コストは増大している。その対策として、これまで小規模な運行経路の見直しは行われてきたが、抜本的な変更は行われていない。

3. 問題設定と計画手順の概要

対象地域の巡回型コミュニティバス最適ルートを求めるにはバス停間ODを求める必要がある。ここでは、そ

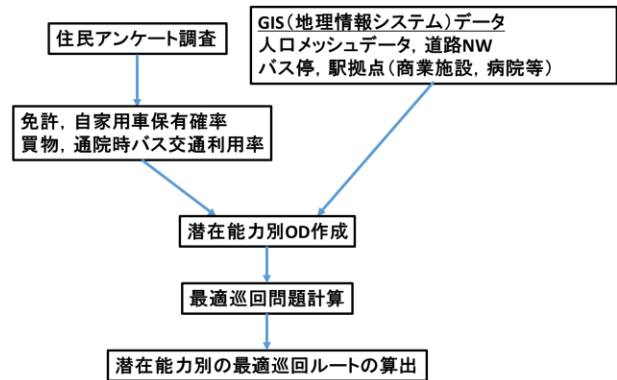


図 1 最適巡回ルート算出手順

の概要について説明する。本研究の最適巡回ルート算出手順を図1に示す。まず、住民アンケート調査を行い、年齢や住所、免許・自動車の保有率を問う。その結果を元に、ロジットモデルを用いて個人属性から免許・自動車の保有確率を算出する。また、住民のバス停別の買物、通院時の目的地、アクセス・イグレス距離別のバスの利用率を把握して、潜在的なニーズを明らかにする。先行研究¹⁾で定義した移動困難者の研究対象地域の分布をGISデータを用いて把握する。このデータから対象地域で運行されるコミュニティバスの利用ターゲットとなる移動困難者を把握する。潜在的なニーズとバス停利用者数を用いて潜在能力別ODを作成し、このODから利用者の平均所要時間を最小化する最適化問題を解いて、現状の路線網との比較検討を行う。次節では、巡回型コミュニティバスの最適巡回問題の定式化の概要を示す。この定式化に必要な潜在能力に基づく住民の分類方法、潜在能力別のOD作成方法の概要、ならびに、分析に使用したデータやモデルの概要を説明する。

3.1 最適巡回問題の定式化

移動困難者ODが所与の下でのコミュニティバスの最適巡回問題を定式化する。なお簡単のため、巡回ループには以下の仮定を置く。

- ① 巡回方向は一方向に限定。(実際の運行方式と同様)
- ② 全てのバス停に1回ずつ立ち寄る。
- ③ 巡回ループの起点には N_i 回立ち寄る(出発、終着を加えると N_i+1 回)。

ここで、

$$\text{バス停} : i, j \in B, B = \{i, j=1, \dots, N_B\},$$

$$\text{巡回ループ} : L = \{\dots, O_{ki}, \dots\}, O_{ki} = \{1, 0\},$$

k: 巡回順, i: バス停コード, これらのうち, 起終点となるバス停を γ とする (なお γ は 1ヶ所). なお本問題は, 巡回ループをあらゆる順序を求める整数計画問題である. 最適解を厳密に求めることはできないので, 巡回セールスマン問題の解法として用いられることの多い, 焼きなまし法より制約条件を満たす近似最適解を求める.

バス停間のループ上の最短移動時間を $t_{ij}(L)$, バス停間需要を D_j とすると, 利用者の総移動時間 $S(L)$ の最小化問題は, 式 (1) のように定式化できる.

$$\min_L S(L) = \min_L \sum_{i=1}^{N_B} \sum_{j=1}^{N_B} t_{ij}(L) \cdot D_{ij} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{subject to} \quad L = \{ \dots O_{ki} \dots \} \\ k = 1, \dots, N_B + N_I \\ i = 1, \dots, N_B \\ \left\{ \begin{aligned} \sum_{k=1}^k O_{ki} &= 1 \\ \sum_{k=1}^k O_{k\gamma} &= N_I + 1 \end{aligned} \right. \quad (2) \end{aligned}$$

3.2 潜在能力に基づく住民分類手順

実績利用者数を用いたバス路線の評価は, 利用者属性を踏まえた利用ニーズを考慮していない. 本研究では, バス停間需要を, 利用者の潜在能力を踏まえて決定することとした. 先行研究¹⁾を参考に, 潜在能力アプローチを援用して, 住民を「移動利便者」, 「移動不便者」, 「移動困難者」に3分類して, 各OD利用者別のODを作成して路線評価に反映させる. 具体的には, 個人が利用可能な外出手段に着目して, 1) 「自ら運転する自動車以外で外出が可能か」, 2) 「家族の運転する自動車以外で外出が可能か」, 3) 「長距離の歩行が可能か」, 4) 「公共交通の利用が可能か」の4基準を参照する. 「自らの運転で自動車での外出が可能」は, 世帯の自動車保有, 免許の保有, 年齢に着目して, 可否を判定する. 「家族の運転で自動車での外出が可能」は, 世帯で自家用車を保有していることのみを条件とする. 「長距離の歩行が可能」は, 既往研究を参考に, 75歳を可否の閾値とする.

「公共交通の利用が可能」は, 交通空白地域に該当していないことを条件とする. 交通空白地域は, 鉄道駅から500m以上, かつバス停から300m以上離れた地域である.

以上の基準を満たす標本を算出した上で, 各標本が満たす基準数の合計によって, 住民を「移動利便者」, 「移動不便者」, 「移動困難者」に分類する. 具体的には, 3基準以上を満たす場合は移動に不便がない「移動利便者」, 2基準を満たす場合は中間の「移動不便者」, 1基準以下しか満たさない場合は「移動困難者」とする.

表 1 客観的情報による移動困難者の分類まとめ

	世帯で車を保有	免許を保有	75歳以上	交通空白地域に該当
N ₁	○ or ×	○ or ×	○	○
N ₂	×	○ or ×	×	○
N ₃	×	○ or ×	○	×

表 2 性別別免許保有確率

	年齢	確率		年齢	確率
男	49歳以下	0.99	女	49歳以下	0.97
//	50~64歳	0.98	//	50~64歳	0.85
//	65~74歳	0.93	//	65~74歳	0.64
//	75歳以上	0.70	//	75歳以上	0.25

表 3 性別別自家用車保有確率

	年齢	確率		年齢	確率
男	49歳以下	0.98	女	49歳以下	0.95
	50~64歳	//		50~64歳	//
	65~74歳	0.93		65~74歳	0.85
	75歳以上	0.78		75歳以上	0.61

3.3 GISデータとアンケート調査の概要

本研究では, 地理情報システム (Geographic Information System: 以下GIS) を用いて, 移動困難者の抽出を行った. 本研究で用いたGISデータは道路ネットワーク (2014年), バス停 (さくらバス, 民間バス 2000年, 2015年), 駅, 拠点 (商業施設, 病院等 2015年), 50m人口メッシュ (2000年, 2010年) である. 50m人口メッシュは2000年, 2010年に行われた国勢調査の人口データを電話帳データを用いて, 50mメッシュに配分して作成した.

3.2 節の住民分類に必要な情報は, 世帯の自動車保有, 免許の保有, 年齢といった個人属性である. しかし国勢調査では, 年齢別人口までしか把握できない. そこでこの地域の世帯の自動車保有率と免許保有率を求めるために, 市民の移動実態や既存の公共交通のサービス改善ニーズの把握を目的として廿日市が実施したアンケート調査を利用した. この調査は, 2015年7月から8月に, 郵送配布・郵送回収で実施された. 調査対象者は廿日市市全域に居住する18歳以上の住民であり, バス路線の沿線か否かによらず, 無作為に抽出された2400名が対象とされた. このうち, 本研究の対象地域とした人口密集地帯には, 1111部が配布され, 回収数は461部だった.

3.4 GIS情報に基づく住民分類方法

GIS 情報に基づく住民分類の例として、移動困難者の推計法について説明する。移動困難者に分類される条件を、表 1 に示す。たとえば、 N_3 は 75 歳以上のみがあてはまる人口なので、メッシュ i ごとに、式 (3) に当てはまる人数を算出する。

$$N_{a,i} = (P_{m75i} \times L_{m75} + P_{f75i} \times L_{f75}) \times C_i \quad (3)$$

ここで、

P_{m75i} : 75 歳以上の男性の人口

P_{f75i} : 75 歳以上の女性の人口

L_{m75} : 75 歳以上、男性の自家用車非保有確率

L_{f75} : 75 歳以上、女性の自家用車非保有確率

C_i : メッシュのうち公共交通利用可能な面積の割合

あるメッシュの一部が公共交通空白地帯の場合、その面積の割合 C_i を求めて、メッシュ内人口を乗じて交通空白地帯に含まれる人口を求める。さらに、 N_1 、 N_2 も同様の手順で算出して、合計値をメッシュごとの移動困難者の推計結果とする。移動利便者、移動不便者も免許保有確率と、自家用車保有確率を用いて推計を行った。

なお、本抽出方法で用いた免許保有確率と自家用車保有確率はアンケート調査のデータからロジットモデルで推計した。推計結果に基づく属性別免許・自家用車保有確率を表 2、3 にまとめる。

3.5 潜在能力別ODの作成方法

潜在能力別に OD を作成するためには、潜在能力別にバス停毎の勢圏の人口、地域別の目的地、人口当たりのバス利用率を推計する必要がある。

バス停圏人口は、GIS を用いて 50m 人口メッシュ毎に最寄バス停とその距離を求めて算出した。廿日市市には、コミュニティバスと民間バスが運行されている。そこでバス停圏人口は民間バスも含めて計算し、民間バス停が最寄の住民はさくらバスの利用者から除外した。また、最寄のバス停が居住地から 300m 以上離れている住民はバス利用を行わないと考えて、利用者から除外した。

次に、以上の手順で発生したバス停別の利用者数を、目的地となるバス停毎に配分する。本研究では、移動目的は買物、通院の 2 目的のみを対象とする。地域によって買物や通院の目的地需要は違うため、アンケート調査からバス停毎の目的地の選択確率を求める。まず、アンケートの住所情報から GIS 上に回答者をプロットして、最寄のバス停を求める。次に移動手段に関わらずその回答者が買物、通院目的で利用する目的地を算出して、目的

表 4 買物時のバス交通利用率

		イグレス距離	
		100m 以内	101m 以上
アクセス距離	100m 以内	0.040	0.076
	101~200m	0.100	0.074
	201~300m	0.132	0.060
	301~500m	0	0.059

表 5 通院時のバス交通利用率

		イグレス距離	
		100m 以内	101m 以上
アクセス距離	100m 以内	0.129	0.095
	101~200m	0.224	0.118
	201~300m	0.217	0.200
	301~500m	0	0

表 6 買物 移動困難者 OD 表 (人/月) (一部)

		目的地バス停									
		101	102	103	104	105	106	107	108	109	
出発バス停	廿日市役所前駅	101	0	10.002	3.5756	0	0	3.4138	0	0	0
	あいワラザ	102	0	0	0.0731	0	0	0.2342	0	0	0
	ゆめタウン廿日市	103	0	6.2536	0	0	0	6.5298	0	0	0
	廿日市役所	104	0	0.4879	0.2153	0	0	0	0	0	0
	櫻浦橋	105	0	16.992	0	0	0	7.0622	0	0	0
	廿日市	106	0	21.904	5.0838	0	0	0	0	0	0
	広電廿日市駅	107	0	6.1682	6.2819	0	0	0	0	0	0
	中国薩道前	108	0	0.6797	0.7686	0	0	0.709	0	0	0
	桜尾	109	0	9.4673	5.6105	0	0	8.1945	0	0	0
	大東住宅前	110	0	1.8677	3.5579	0	0	5.5151	0	0	0
	山陽女子大西	111	0	1.0153	0	0	0	0	0	0	0
	佐方保育園前	112	0	0.9988	1.1272	0	0	1.0412	0	0	1.9976
	佐方下	113	0	1.2182	1.4033	0	0	1.2793	0	0	1.2182
	佐方中	114	0	1.0545	0.8751	0	0	0.9953	0	0	1.0545
	佐方	115	0	1.0718	0.5645	0	0	0.9044	0	0	1.0718
	佐方上	116	0	0.9982	0.7148	0	0	0.9047	0	0	0.9982
	月見台団地	117	0	0.8561	0.2101	0	0	0.6429	0	0	0.8561
	緑ヶ丘団地口	118	0	3.6311	2.7	0	0	2.1074	0	0	1.8156
	屋代	119	0	0.4126	0.7531	0	0	0.525	0	0	0.4126
	緑ヶ丘入口	120	0	0.1091	0.0575	0	0	0.0921	0	0	0.1091

地となる施設の最寄のバス停毎に集計する。なお目的地が最寄バス停から 300m 以上の場合、バス停が利用できないとした。このデータからバス停間の買物、通院の実 OD 表を作成して、出発バス停 (回答者の最寄バス停) 毎に集計して目的地の選択確率とした。なお、アンケート調査で回答者データのないバス停は、近隣のバス停と同様として補完した。

バス停圏利用者数は、バス停圏人口にバス利用率を乗じて求める。既往研究 3 では、居住地から乗車バス停までのアクセス交通と、降車バス停から目的地までのイグレス交通によって、バス交通の選択確率は変化すると指摘されている。本研究では、アンケート調査項目の移動手段からアクセス距離とイグレス距離の組合せを考慮したバス利用率を求める。アクセス距離を 100m 以内、101~200m、201~300m、301m~500m の 4 グループ、イグレス距離を 100m 以内、101m 以上の 2 グループに設定して、その組合せに当てはまるアンケート回答者から、さくらバスと路線バスの利用率を求めた。表 4、5 に買物、通院のバス交通利用率を示す。

以上の手順で作成したデータから、バス停間 OD を潜在能力別に作成する。一例として、一月あたりの移動困難者の買物 OD 表の一部を表 6 に示す。作成した潜在能力別の OD を用いて、総移動時間の最小化問題を解く。

4. 移動困難者分布状況

2000 年次、2010 年次の人口メッシュデータに基づいて作成した移動困難者の分布をそれぞれ図 2、3 に示す。表 7 は、各年次の移動困難者人口の合計を示す。本研究では、交通空白地帯か否かも移動困難者の用件として設定しているため、コミュニティバスのバス停を考慮する／考慮しないことで、移動困難者数は変わる。各年次の移動困難者人口は、さくらバスのバス停を除いて算出した場合は、それぞれ総人口の約 3.3%、約 4.8% であり、10 年間で約 1100 人増加している。一方で、2010 年の移動困難者数は 2000 年の移動困難者数より多いにもかかわらず、さくらバスの運行による移動困難者の減少数は、2000 年次の減少数よりも少ない結果となった。すなわち、2000 年から 2010 年にかけて移動困難者は、さくらバスの運行ルート外で増加していることが分かる。

図 2、図 3 を比較すると、2000 年では移動困難者が 1 人以上存在する地域が比較的狭い範囲に留まっているが、2010 年では広範囲に広がっている。さくらバス、民間バス、鉄道による人口カバー率は、両年次とも約 90% と同程度にもかかわらず、移動困難者はさくらバスの運行ルート外で大きく増加している。以上の分析により、人口分布の経年変化によって現在のさくらバスの運行は、移動困難者へのサービス提供がやや困難になっている可能性がある。

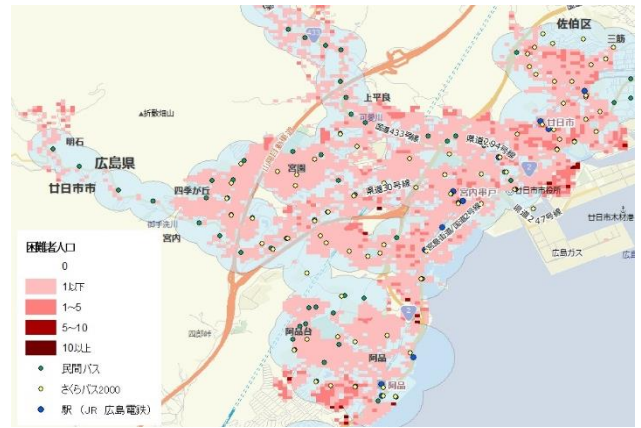


図 2 2000 年次 移動困難者人口 さくらバスあり

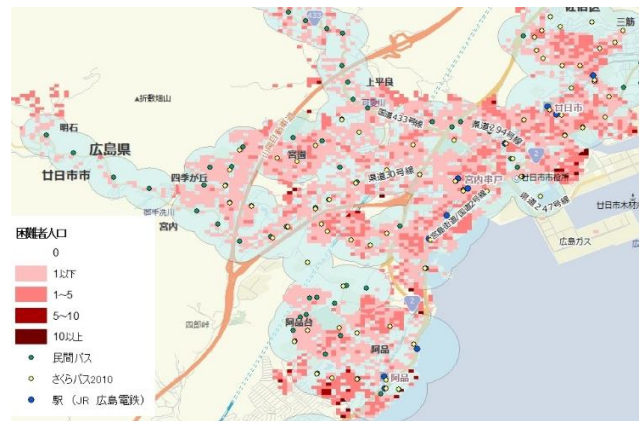


図 3 2010 年次 移動困難者人口 さくらバスあり

表 7 移動困難者人口

	2000 年次	2010 年次
困難者人口 さくらバスなし	2493.72 人	3574.49 人
困難者人口 さくらバスあり	1997.25 人 (496.47 減)	3098.70 人 (475.80 減)
総人口	73586 人	74023 人

5. 現在のさくらバス路線のもとでの潜在能力別 OD 移動コスト

3.5 節に示した手法によって求めた潜在能力別の買物、通院に OD の現在のさくらバス路線網での一人当たりの買物、通院の平均往復移動時間について表 8 に示す

図 4 に示す通り、現在のさくらバスは廿日市市駅から東は佐方ルート、宮内ルートの 2 路線、西は 1 路線を右周り、左周りで運行しており合計 4 ループある。なお、各図の赤点は病院の位置、青点は商業施設の位置をそれぞれ示している。

各分類の買物、通院の一人当たり平均往復移動時間（以下、移動時間）に着目すると、目的別、潜在能力別に大きな差はないものの、どの分類でも通院の移動時間

表 8 潜在能力別 OD 一人当たり平均往復移動時間

分類	対象 OD	総 OD 数 (トリップ)	平均往復 移動時間 ①
困難者	買物 OD	805.01	37.01
	通院 OD	690.58	38.93
	全 OD	1495.58	37.30
不便者	買物 OD	2005.97	37.75
	通院 OD	885.03	39.31
	全 OD	2891.00	38.23
利便者	買物 OD	12177.18	38.12
	通院 OD	10216.74	40.77
	全 OD	22393.94	39.33
全利用者	買物 OD	14988.16	38.01
	通院 OD	11792.35	40.55
	全 OD	26780.52	39.13

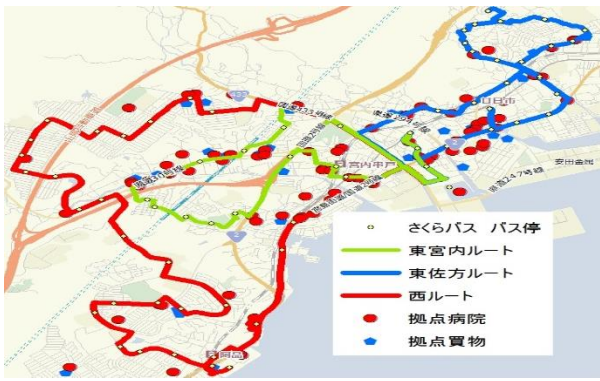


図 4 現在のさくらバス 巡回ルート

が長くなっている。これは、病院の分布は市内の広範囲にわたっているものの通院先は居住地の最寄りの病院ではなく、かかりつけの専門医や総合病院を選択するためと考えられる。全目的の移動時間に着目すると、差は小さいものの、移動不便者、移動利便者に比べて移動困難者の移動時間がやや短くなっている。すなわち、現在のさくらバスは、相対的に見て移動困難者の利便性に配慮されている。しかし、本分析では待ち時間を考慮していないにも関わらず、移動時間は平均 38 分程度かかっている。運行頻度の低いさくらバスでは、乗り換え抵抗によって需要が限られている可能性がある。

6. 潜在能力別の最適巡回ルートの算出

本節では、各潜在能力別 OD を考慮した巡回ルートを比較する。車両数を考慮して、設定するさくらバスのループ数は現在のさくらバスと同じ 4 ループまでとした。表 9 に、各潜在能力別 OD に対応したループ数 3、ループ数 4 の移動時間を示す。現在のさくらバス路線網での移動時間と比較すると、ループ数 3 のときは同程度の移動時間となり、ループ数 4 のときは約 6 分程度短縮できることが分かった。現在のさくらバスは西ルートを左右両回りによって運行しているが、提案ルートは一方向で 4 ループ運行する形をとっている。すなわちこちらの方が、利用者の移動時間を短縮できることが分かった。

利用者の潜在能力別 OD に対応した最適巡回ルートについて、ループ数 4 の結果を示す。図 5 に移動困難者買物 OD に対して、図 6 に移動困難者通院 OD に対して配慮した巡回ルートを、それぞれ示す。買物では、西側の山間部と沿岸部の分離が他の OD よりも明確に現れている。買物利用の場合、多くの目的地はループ内の近隣を選択するパターンが多いため、このような巡回ルートが現れたと考えられる。

通院では、病院とループの起終点を結ぶ紫色で示した直線的なループが現れる。このループは移動困難者 OD

表 9 潜在能力別 OD 対応巡回ルート
一人当たり平均往復移動時間

住民分類	対象 OD	ループ数 3 平均往復 移動時間(分) ②	ループ数 4 平均往復 移動時間(分) ③
困難	買物 OD	34.92	30.19
	通院 OD	38.12	32.47
	全 OD	37.05	33.47
不便	買物 OD	36.53	31.41
	通院 OD	39.13	34.19
	全 OD	36.99	33.66
利便	買物 OD	34.86	29.99
	通院 OD	38.54	34.38
	全 OD	36.01	32.73
全利用者	買物 OD	34.68	29.94
	通院 OD	38.30	33.86
	全 OD	36.31	32.13

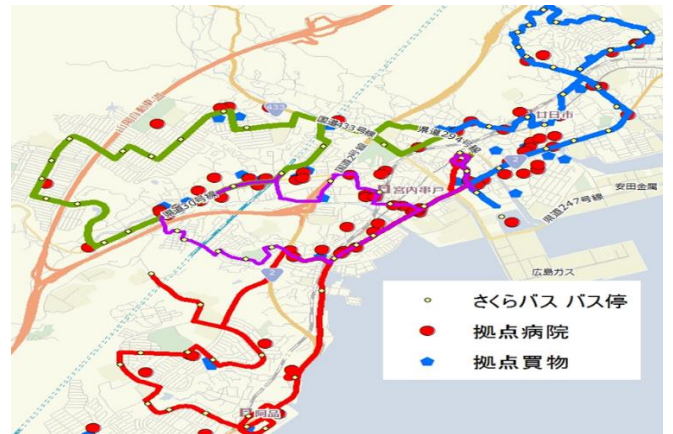


図 5 移動困難者買物 OD 巡回ルート ループ数 4



図 6 移動困難者通院 OD 巡回ルート ループ数 4

に留まらず、他の潜在能力の全住民の通院でも現れていた。つまり、通院者はいったん起終点「101 廿日市市役所前駅」に集めて、JA 広島総合病院との間でピストン運行を行う巡回ルートの設定が示唆される。

全目的の巡回ルートは、買物時と似た巡回ルートになる傾向がある。これは表8の総OD数に示すように、通院は買物に比べて利用者が少ないため、彼らの所要時間短縮を図るルートが表れにくいと考えられる。

7. 現在の巡回ルートと最適巡回ルートの比較

本節では、5、6節で算出した現在の巡回ルートの移動時間と最適巡回ルートの移動時間を比較する。最適巡回ルートの移動時間から現在のルートの移動時間を引いた値を、表10に示す。

各分類の買物 OD の移動時間の差に着目すると、移動利便者の移動時間が最も短くなっている。これは、現在のルートが移動困難者の買物の利便性に配慮されているため、移動利便者を対象にした路線の改善効果が大きいと考えられる。通院 OD に着目すると、大きな差はないものの、移動困難者の移動時間が最も短くなっている。これは、現在のルートに比べて、より移動困難者の通院ニーズに対応した巡回ルートを提案できたことを示す。全目的 OD に着目すると、移動困難者、移動不便者、移動利便者の順に差が大きくなっている。すなわち、現在のさくらバスを利用者別に最適化すると、より移動能力が高い住民の移動時間が改善されることを示す。移動利便者は移動困難者よりも多く、そのニーズをそのままバスルート改善に反映すると、このような結果となると考えられる。つまり、利用者数ベースの改善を行うことによる危険性が確認できた。

8. 結論

本研究では、巡回型コミュニティバスを適切に運行するために、現状の路線網の評価と各潜在能力別 OD に対応した最適巡回ルートの算出を行い、本研究での最適ルート策定手法の有効性を検証した。現在のさくらバス路線網の移動時間を各潜在能力別に算出すると、相対的に見て移動困難者の利便性に配慮されていることがわかった。しかし、平均38分程度かかっており、運行頻度の低いさくらバスではより移動時間の短い運行が求められる。

各潜在能力別 OD に対応した最適巡回ルートの結果で

は、表10 現在の巡回ルートと最適巡回ルートの移動時間の比較

住民分類	対象 OD	ループ数3と現在のルートの移動時間の比較 ②-①(分)	ループ数4と現在のルートの移動時間の比較 ③-①(分)
困難	買物 OD	-2.09	-6.82
	通院 OD	-0.81	-6.46
	全 OD	-0.25	-3.83
不便	買物 OD	-1.22	-6.34
	通院 OD	-0.18	-5.12
	全 OD	-1.24	-4.57
利便	買物 OD	-3.26	-8.13
	通院 OD	-2.23	-6.39
	全 OD	-3.32	-6.60
全利用者	買物 OD	-3.33	-8.07
	通院 OD	-2.25	-6.69
	全 OD	-2.82	-7.00

現在のさくらバス路線網に比べて、約6分程度短縮した運行ができることが分かった。また、買物の場合は、それぞれの地域にある商業施設に乗り入れる中規模の巡回ルート、通院の場合には、病院への短距離、直線的ループが現れるなど、目的別に巡回ルートに特徴があることが分かった。ただし、同ルートが機能するためには、乗換待ち時間の短縮が不可欠であり、ダイヤ設定と待合環境の整備が不可欠である。また、通学時間帯を考慮して巡回ルートを変えるなどの改良が必要な可能性がある。

参考文献

- 1) 渡辺祥平：客観的基準による移動能力に着目したコミュニティバスの利用の分析，広島大学卒業論文，2015
- 2) 大野寛之：「地域の足」コミュニティバスの地理情報システム（GIS）を用いた評価，法政大学人間社会研究科人間福祉専攻博士論文，I_217-I_230，2008.
- 3) 高山純一，柳沢吉保，中野泰啓，加藤隆章：コミュニティバスの路線網策定システムの構築，土木計画学研究・論文集 Vol. 18 No.4 pp.705-711，2001
- 4) 吉田朗，原田昇：鉄道の路線・駅・結節交通手段の選択を含む総合的な交通手段選択モデルの研究，土木学会論文集，No.542，pp19-31，1996

(2016.7.31)

A ROUTING DESIGN FOR COMMUNITY BUS SERVICE CONSIDERING LOW MOBILITY PEOPLE

Shohei WATANABE, Makoto TSUKAI and Kotaro TAKASE

In Japan, the users of public transportation are continuously decreasing due to the dependence on private vehicles. Many local governments run community buses in order to fill the blank areas in public transportation. However, profitability in community bus operation should not be the first priority in network planning but take the potential needs of users into account for public service provision.

In this study, we develop an route optimization model for low mobility people by minimizing total sum of passenger's transportation time. The effectiveness of this method is evaluated by comparing existing and calculated route network. The characteristic of our study is to consider the passenger's transportation capability for estimated potential OD pattern. The formulated procedure applied for the community bus operated in Hatsukaichi city. The optimized route with the average routing time clarified that an effectiveness of proposed procedure.