

平成 30 年度 特別研究報告書

高齢者の生活パターンを事前に収集することで
ダイヤを最適化する乗り合いバスシステムの検討

龍谷大学 理工学部 情報メディア学科

T140490 長谷川翔太

指導教員 三好 力 教授

内容概要

近年、高齢者の増加に伴い、高齢者による交通事故が問題視されている。そのため、高齢者が自ら自動車を運転しなくてもよく、かつ高齢者が不便を感じることなく目的地まで移動する手段として、乗り合いバスを利用する方法を考えた。しかし、乗り合いバスは自動車と違い、決められた時刻にしか出発せず、決められた場所にしか停車しないため、バスの時刻表に合わせた生活を必要があるため、自動車を運転していたときとは生活パターンが急激に変わる恐れがある。そこで、本論文では、自動車を使っている段階の高齢者の生活パターンを収集することで、高齢者が利用する施設を分析し、施設の利用者を地域ごとにグループ分けを行い、バスがどのような順番で地域を回れば高齢者の生活パターンを激変させず、かつバスのダイヤを最適化できるのか検討した。

目次

第1章 はじめに.....	4
1.1 研究背景.....	4
第2章 既存技術および関連研究.....	6
2.1 タクシー.....	6
2.2 フリー乗降制のバス.....	6
2.3 GPSによるバス運行の通知.....	6
2.4 貸し切りバス.....	7
2.5 オンデマンドバス.....	7
2.6 乗り合いタクシー.....	8
第3章 提案手法.....	9
3.1 高齢者の行動パターンの分析.....	9
3.2 施設の利用パターンの分析.....	9
3.3 バスの効率的運行の分析.....	9
3.4 提案手法.....	10
第4章 実験.....	11
4.1 実験内容.....	11
4.2 実験結果.....	11
第5章 考察.....	17
第6章 おわりに.....	18
謝辞.....	19
参考文献.....	20

第1章 はじめに

1.1 研究背景

近年、高齢者の増加に伴い、高齢者による交通事故が問題視されている。これは、高齢化によって運動神経が衰えていることや、目が悪くなっていることが原因といわれている。高齢者が自分で自動車を運転しなくても目的地まで移動する方法があれば、高齢者による事故を減らせる。

高齢者が運転免許証を返納しても利用できる移動手段として、まず自動運転の自動車を利用する方法を考えた。自動運転の自動車ならば、高齢者が気づけない危険を察知して事故を未然に防ぐことができる。しかし、自動運転の自動車は自動運転でない自動車よりも高価なため、購入できる高齢者が限られる。

現状のタクシーは高価であるので、安価な交通手段の候補として、自動運転のタクシーを考えた。タクシーが自動運転になれば、高齢者が自動運転の自動車を購入する必要がないためである。しかし、タクシーを自動運転化するためには、自動運転の車は車体価格が高く、メンテナンス費用や手間暇もかかってしまうため、車両価格が安くなり、メンテナンスが容易で安く簡単にできるようになるまで、自動運転車両がタクシー車両として導入されることはない。また、タクシー車両は一般の車両よりも長い距離を走るため、耐久年数は一般消費者のための車両よりも高くなければならず、タクシー車両に自動運転が導入されるには、数十万キロ走る実績が必要である。これらの問題が解決するまでは、タクシーが自動運転化されても、安価な交通手段にはならない。

次に、自動車の代わりに乗り合いバスを利用する方法を考えた。公共バスは、毎日決められた時刻表通りに運行し、安価なため、高齢者でも簡単に利用することができる。しかし、利用者が多い都市部ではバスの運行本数が多いが、利用者が少ない過疎地ではバスの運行本数が少ないため不便である。またいつでも好きな時に出発でき、好きなところまで運転できる自動車とは異なり、バスは決められた時刻にしか出発せず、決められた場所にしか停車しないため、バスの時刻表に合わせた生活をする必要があり、自動車を運転していた時とは生活パターンが急激に変化してしまい、高齢者を混乱させてしまう恐れがある。

以上の問題を解決する方法を本研究で提案する。まず、高齢者が自動車を使っている段階で生活パターンを収集し、利用施設などを分析する。次に、バスで施設を利用するものとして、分析をもとにバスのダイヤを変更しつつ、施設側から利用時間をバスのダイヤに合わせてもらい、バスや施設が効率的に運用されるように調整する。そして、高齢者が自動車を使っている段階で、あらかじめ生活パターンを変更してそれに合わせて生活してもらう。これにより、生活パターンと交通手段の両方が一度に変化することを避け、免許証を返納した後は、生活パターンは変わらず交通手段がバスになるので、急

激な変化を避けることができると思われる。

第2章 既存技術と問題

2.1 タクシー

タクシーは運転手と車両を貸切る形で、少人数の旅客を輸送する公共交通機関である。通常、タクシーは旅客が任意の目的地を指定できるため、旅客が望むところに行くことができる。しかし、タクシーは他の公共交通機関と比べると料金が高いため、日常的に利用することは現実的ではない。

2.2 フリー乗降制のバス

フリー乗降制とは、バスの停留所以外でも路線上の任意の位置でバスに乗降できる制度である。乗車時にはバスに向かって手を挙げるなどして合図する。降車時には停車位置の50m手前までに押しボタンや口頭で運転手、乗務員に停車場所を申し出る。ただし、駐停車が禁止されている場所や停車すると危険な場所などでは乗降できない。また、事業者や路線によっては、降車は路線上の任意の場所で取り扱うが、乗車は停留所しか取り扱わない「フリー降車制」というものもある。フリー乗降制は非常に便利なシステムではあるが、このシステムを採用している区間の多くは、元々人口の少ない山間部や農村部である。後続車との接触事故を避けるために、頻繁に停車しても他の交通に悪影響を及ぼさないところでなければ実行できず、利用者が多すぎると目的地までの所要時間が大幅に増えてしまうため、都市部での採用が難しいことが問題である。

2.3 GPS によるバス運行の通知

東京都営バスを運営する東京都交通局は、位置情報を活用して「バスロケーションシステム」という仕組みを提供している。「バスロケーションシステム」の例として、バス停では、路線ごとに、3つ手前の停留所に到着した時点から、バスの現在位置を表示する。時刻表ではなく、「今、バスがいる場所」をリアルタイムに表示するので、バスが来るまでどのくらい待つのが分かり、「しばらくバスが来ない」と判断した場合は、別のバスや鉄道、タクシーなど他の交通手段を利用することもできる。インターネットで提供する「都バス運行情報サービス」では、任意のバス停を指定して、そこに停車するバスの経路別に、現在のバスの位置を確認できる。仮に現在地から近いバスが複数あっても、一番早くバスが到着するバス停を選んで利用したり、自宅からバス停までの所要時間とバスの現在位置をあらかじめ確認して、なるべく待たずに済むように自宅を出るといった使い方ができる。また、「外出先などで最寄りのバス停の位置が分からない」という場合は、地図上でバス停を検索できる「停留所地図検索」を利用して、最寄りの

停留所の位置を確認し、そこに停まるバスの運行状況を検索できる。GPS 機能付きのスマートフォンや携帯電話であれば、位置情報を利用して「現在地の近く」の地図を自動表示できる。さらに、「都営交通ルート検索」では、目的地の住所や駅名などの情報を入力すれば、都バスや都営地下鉄などを利用した乗り換え経路と所要時間が分かる。現在地からバス停への順序や乗り換え時の徒歩移動経路も地図で見ることができ、便利である。しかし、現在の GPS の精度では誤差が生じやすく、高層ビル間の道路や高速道路高架下など見通しの悪い場所での使用は難しい。また、現時点では、一部の都市しか行っていないため、全国に広がるまで時間がかかりすぎるのが問題である。

2.4 貸し切りバス

貸し切りバスとは、バスを貸し切って使用するバスのことで、利用にあたってバスの種類を選ぶことができ、その大きさは「小型のマイクロバス」から、「大型の観光バス」まで、様々な種類があり、距離や目的、時間などについても縛りがなく、バス一台ごとに値段がつけられており、バス会社と契約をして、利用することになる。1往復だけ使用するだけでなく、例えば、何かのイベントが行われたとき、会場までを行き来して、乗客を運ぶために使用することもできる。使用人数や運送距離、目的、予算など、ニーズに合わせて、どのバスが必要か選ぶことができるのが、貸し切りバスのメリットである。しかし、コースを自由に設定できる反面、コース設定の際には運転手が走りなれているコースかどうか事前に知っておかなければ、目的地に到着するのに時間がかかり、予定が狂ってしまう恐れがある他、事故などの万が一の事態が起こってしまった場合、どのような経緯で、どこに責任が生じるのかははっきりさせておかなければならない。

2.5 オンデマンドバス

オンデマンドバスとは、バス利用者の需要や乗りたいというニーズに合わせてタクシーのように路線外を走行する運行形態である。バスの利用者は、乗車の予約を電話やインターネット、メールなどから行い、それに合わせて運行の管理者が配車業務を行う。通常は路線運行をし、予約に合わせて範囲外を走行したり、完全にタクシーのように予約に合わせて走行するなど様々な運航形態が含まれる。利用者のいない停留所を経由しないことから、運航の効率化に結びつくメリットがあるが、目的地までの所要時間が他の利用者の都合によって変わることがあり、利用者からすると乗ってみるまで目的地までの到着時間がわからないという欠点がある。

2.6 乗り合いタクシー

乗り合いタクシーとは、9人以下の旅客を運ぶ営業用自動車を利用した乗り合い自動車のことである。深夜に別の交通機関がなくなる地域や、過疎地など路線バスの機能が十分に発揮されない場所などで主に運行されている。タクシー事業者が運行しており、タクシー車両を持ちいるためこの名前がついているが、所定のダイヤと停車地に従って運行しており、利用者はタクシーというより路線バスに近い感覚で利用することになる。使用される車種は、乗員定員9人の「ジャンボタクシー」が多い。立席利用など、座席定員を超える乗客を乗せることはできないため、グループでの利用をしないように呼びかける事業者もある。乗客を乗せきれない場合、続行便を手配してくれる事業者もあるが、グループでの利用を考えて運行しているわけではないため、自治体が活用することは難しい。

第3章 提案手法

3.1 高齢者の行動パターンの分析

高齢者の行動パターンは大きく分けて2種類ある。

一つ目は、買い物や公民館でレクレーションをするなどの、高齢者自身が行動の時間を決めることができるタイプである。これらの場合、高齢者自身が行動する時間帯を決定できるため、一定の規則性があると考えられる。そのため、利用する乗り合いバスのダイヤも一定のものになるため、そこまで不便を感じないと考えられる。

二つ目は、病院でのリハビリや通院などの、高齢者自身が行動の時間を決めることができないタイプである。これらの場合、病院側の都合によって行動の時間帯が変わってしまう。そのため、高齢者が免許証を返納した場合、病院に行く曜日ごとに乗り合いバスのダイヤを確認する必要があるため不便である。

3.2 施設の利用パターンの分析

施設の利用パターンは大きく分けて3種類ある。

一つ目は、同じ時間帯に多くの人を集めたいものである。これは、イベントやレクレーション、学校、買い物などといった、一つの施設を大勢の人間が利用することを目的としたタイプである。これらの場合、バス会社がお店や学校などと情報を共有すれば、それを基に乗り合いバスのダイヤを変更することが容易である。

二つ目は、利用者を少人数に分散させたいものである。これは、病院など設備の有効活用のために、利用者を少人数に分散させる必要があるタイプである。この場合、病院側の都合によって曜日や時刻が変わるため、乗り合いバスのダイヤを変更することは難しい。

三つめは、不定期のものである。これは、個人宅訪問など個人の事情によって時間帯や訪問の有無が変わるものである。この場合、個人の用事や事情によって時間帯が左右され、時間帯の規則性が存在しないため、乗り合いバスのダイヤを変更することは不可能である。

3.3 バスの効率的運行の分析

乗り合いバスを効率的な運行方法を分析する。乗り合いバスは不特定多数の旅客を運送する乗り物であるため、一度の運行で多数の旅客を運ぶことができれば効率的であり、一度の運行で少数の旅客しか運ぶことができなければ非効率的である。また、同じ人数を運ぶ場合でも短い距離を運行する場合と、長い距離を運行する場合ならば、短い距離

を運行する場合の方が効率的である。ゆえに、乗り合いバスを効率的に運行するためには、短い距離で多くの人数を運ぶ運行方法を考えなければならない。

3.4 提案手法

第2章の既存技術の問題点を解決しつつ、高齢者の行動パターンと施設の利用パターンの分析から、免許証を返納した高齢者にとって不便であり、かつ乗り合いバスのダイヤの変更が難しい、病院行きの乗り合いバスの利便性の向上を考える。提案する手法として、病院を利用する高齢者を地域ごとに分け、さらに地域ごとに診察する時刻を分ける方法を提案する。地域ごとに診察する時間を分けることで、乗り合いバスの停車する停留所があらかじめ決まり、利用者がいない停留所を経由しなければならないという問題が解決できる。また高齢者としても、病院の都合によって診察に行く時間帯が変わることがなくなるので、乗り合いバスのダイヤを一々確認する必要がなくなり、自分が住んでいる地域の時刻表だけを覚えていけばよくなるので、通院が楽になると考えられる。このシステムを実現するためには、バスの運行が効率的で、施設利用が十分分散されており、高齢者の予約時間とバスのダイヤを調整する必要がある。高齢者の住所と地図から、地域ごとに高齢者のグループ分けをし、グループごとに設備を利用してもらうことで、時間帯ごとに施設を利用する高齢者の地域が変わるため、時間帯とグループからバスのダイヤを最適化することができる。今回の実験では、病院と病院を利用する4つの地域をバスが運行するときの、最適な運行方法をシミュレーションする。

第4章 実験

4.1 実験内容

利用者を地域ごとに分けた場合のバスの最適な運行方法を確認するため、以下の実験を行った。

以下の図のように、病院と病院を利用する4つの地域が一直線上に並んでいると仮定する。



図1.病院と病院を利用する4つの地域

また、病院と地域Aとの距離を a 、地域Aと地域Bとの距離を b 、地域Bと地域Cとの距離を c 、地域Cと地域Dとの距離を d とする。この条件下でバスの最適な運行方法をシミュレーションする。

バスの運行方法は、最初は、病院から一つ目の地域に向かい、一つ目の地域から高齢者を病院へ運送する。二度目は、病院から高齢者を一つ目の地域に運送した後、二つ目の地域に向かい、二つ目の地域から高齢者を病院へ運送する。三度目は、病院から高齢者を二つ目の地域に運送した後、三つ目の地域に向かい、三つ目の地域から高齢者を病院へ運送する。四度目は、病院から高齢者を三番目の地域に運送した後、四つ目の地域に向かい、四つ目の地域から高齢者を病院へ運送する。五度目は、病院から高齢者を四番目の地域に運送した後病院に戻る。この運行方法を基に、乗客がいるときの価値を1、乗客がいなかったときの価値を0として、各地域をどの順番で運行すれば最も効率が良いかを判定する。四つの地域を回る順番は、 $4!=24$ 通りあるので、各順番における効率を考える。

4.2 実験結果

A→B→C→Dの順番の場合

$0*a+1*a$ 、 $1*a+0*b+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*c+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*d+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(a+b+c+d)$ となり、それぞれの距離における0と1の数は、 $(a_0, a_1) = (2, 8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2, 6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2, 4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2, 2)$ となる。よって、A→B→C→D

の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{28} = \frac{5}{7} = 0.71$ である。

A→B→D→C の順番の場合

$0*a+1*a$ 、 $1*a+0*b+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*(c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、
 $1*(a+b+c+d)+0*d+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(a+b+c)$ となり、それぞれの距離における
0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。

よって、A→B→D→C の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{28} = \frac{5}{7} = 0.71$ である。

A→C→B→D の順番の場合

$0*a+1*a$ 、 $1*a+0*(b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*c+1*(a+b)$ 、
 $1*(a+b)+0*(c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(a+b+c+d)$ となり、それぞれの距離に
おける 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$

となる。よって、A→C→B→D の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{30} = \frac{2}{3} = 0.67$ である。

A→C→D→B の順番の場合

$0*a+1*a$ 、 $1*a+0*(b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*d+1*(a+b+c+d)$ 、
 $1*(a+b+c+d)+0*(c+d)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*(a+b)$ となり、それぞれの距離における 0
と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。

よって、A→C→D→B の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{28} = \frac{5}{7} = 0.71$ である。

A→D→B→C の順番の場合

$0*a+1*a$ 、 $1*a+0*(b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(c+d)+1*(a+b)$ 、
 $1*(a+b)+0*c+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(a+b+c)$ となり、それぞれの距離における 0 と
1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よ

って、A→D→B→C の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{30} = \frac{2}{3} = 0.67$ である。

A→D→C→B の順番の場合

$0*a+1*a$ 、 $1*a+0*(b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*d+1*(a+b+c)$ 、
 $1*(a+b+c)+0*c+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*(a+b)$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の
数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よって、

A→D→C→B の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{28} = \frac{5}{7} = 0.71$ である。

B→A→C→D の順番の場合

$0*(a+b)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*b+1*a$ 、 $1*a+0*(b+c)+1*(a+b+c)$ 、
 $1*(a+b+c)+0*d+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(a+b+c+d)$ となり、それぞれの距離に
おける 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$

となる。よって、B→A→C→D の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{30} = \frac{2}{3} = 0.67$ である。

B→A→D→C の順番の場合

$0*(a+b)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*b+1*a$ 、 $1*a+0*(b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、
 $1*(a+b+c+d)+0*d+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(a+b+c)$ となり、それぞれの距離における
0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。

よって、B→A→D→C の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{30} = \frac{2}{3} = 0.67$ である。

B→C→A→D の順番の場合

$0*(a+b)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*c+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(b+c)+1*a$ 、
 $1*a+0*(b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(a+b+c+d)$ となり、それぞれの距離に
おける 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$

となる。よって、B→C→A→D の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{32} = \frac{5}{8} = 0.63$ である。

B→C→D→A の順番の場合

$0*(a+b)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*c+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*d+1*(a+b+c+d)$ 、
 $1*(a+b+c+d)+0*(b+c+d)+1*a$ 、 $1*a+0*a$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数
は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よって、

B→C→D→A の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{28} = \frac{5}{7} = 0.71$ である。

B→D→A→C の順番の場合

$0*(a+b)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*(c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(b+c+d)+1*a$ 、
 $1*a+0*(b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(a+b+c)$ となり、それぞれの距離における 0 と
1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よ

って、B→D→A→C の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{32} = \frac{5}{8} = 0.63$ である。

B→D→C→A の順番の場合

$0*(a+b)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*(c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*d+1*(a+b+c)$ 、
 $1*(a+b+c)+0*(b+c)+1*a$ 、 $1*a+0*a$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、
 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よって、B→

D→C→A の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{28} = \frac{5}{7} = 0.71$ である。

C→A→B→D の順番の場合

$0*(a+b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(b+c)+1*a$ 、 $1*a+0*b+1*(a+b)$ 、
 $1*(a+b)+0*(c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(a+b+c+d)$ となり、それぞれの距離に
おける 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$

となる。よって、C→A→B→D の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{32} = \frac{5}{8} = 0.63$ である。

C→A→D→B の順番の場合

$0*(a+b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(b+c)+1*a$ 、 $1*a+0*(b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(c+d)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*(a+b)$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。

よって、C→A→D→B の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{32} = \frac{5}{8} = 0.63$ である。

C→B→A→D の順番の場合

$0*(a+b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*c+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*b+1*a$ 、 $1*a+0*(b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(a+b+c+d)$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$

となる。よって、C→B→A→D の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{32} = \frac{5}{8} = 0.63$ である。

C→B→D→A の順番の場合

$0*(a+b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*c+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*(c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(b+c+d)+1*a$ 、 $1*a+0*a$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よって、

C→B→D→A の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{30} = \frac{2}{3} = 0.67$ である。

C→D→A→B の順番の場合

$0*(a+b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*d+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(b+c+d)+1*a$ 、 $1*a+0*b+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*(a+b)$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よって、C→

D→A→B の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{30} = \frac{2}{3} = 0.67$ である。

C→D→B→A の順番の場合

$0*(a+b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*d+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(c+d)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*b+1*a$ 、 $1*a+0*a$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よって、C→D→B→A

の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{28} = \frac{5}{7} = 0.71$ である。

D→A→B→C の順番の場合

$0*(a+b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(b+c+d)+1*a$ 、 $1*a+0*b+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*c+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(a+b+c)$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よ

って、D→A→B→C の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{32} = \frac{5}{8} = 0.63$ である。

D→A→C→B の順番の場合

$0*(a+b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(b+c+d)+1*a$ 、 $1*a+0*(b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*c+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*(a+b)$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よって、

D→A→C→B の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{32} = \frac{5}{8} = 0.63$ である。

D→B→A→C の順番の場合

$0*(a+b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(c+d)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*b+1*a$ 、 $1*a+0*(b+c)+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(a+b+c)$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よ

って、D→B→A→C の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{32} = \frac{5}{8} = 0.63$ である。

D→B→C→A の順番の場合

$0*(a+b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*(c+d)+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*c+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(b+c)+1*a$ 、 $1*a+0*a$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (4,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よって、D→

B→C→A の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{30} = \frac{2}{3} = 0.67$ である。

D→C→A→B の順番の場合

$0*(a+b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*d+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*(b+c)+1*a$ 、 $1*a+0*b+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*(a+b)$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (4,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よって、D→

C→A→B の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{30} = \frac{2}{3} = 0.67$ である。

D→C→B→A の順番の場合

$0*(a+b+c+d)+1*(a+b+c+d)$ 、 $1*(a+b+c+d)+0*d+1*(a+b+c)$ 、 $1*(a+b+c)+0*c+1*(a+b)$ 、 $1*(a+b)+0*b+1*a$ 、 $1*a+0*a$ となり、それぞれの距離における 0 と 1 の数は、 $(a_0, a_1) = (2,8)$ 、 $(b_0, b_1) = (2,6)$ 、 $(c_0, c_1) = (2,4)$ 、 $(d_0, d_1) = (2,2)$ となる。よって、D→C→B→A

の順番の場合の効率は、 $\frac{20}{28} = \frac{5}{7} = 0.71$ である。

表 1. 運行方法と効率

運行方法	効率
A→B→C→D	0.71
A→B→D→C	0.71
A→C→B→D	0.67
A→C→D→B	0.71
A→D→B→C	0.67
A→D→C→B	0.71
B→A→C→D	0.67
B→A→D→C	0.67
B→C→A→D	0.63
B→C→D→A	0.71
B→D→A→C	0.63
B→D→C→A	0.71
C→A→B→D	0.63
C→A→D→B	0.63
C→B→A→D	0.63
C→B→D→A	0.67
C→D→A→B	0.67
C→D→B→A	0.71
D→A→B→C	0.63
D→A→C→B	0.63
D→B→A→C	0.63
D→B→C→A	0.67
D→C→A→B	0.67
D→C→B→A	0.71

第5章 考察

実験の結果から、24通りの運行方法の効率は、大きく分けて0.71と、0.67、0.63の3通りとなった。この内、0.71となったのが、 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ と $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$ 、 $A \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow B$ 、 $A \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B$ 、 $B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 、 $B \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow A$ 、 $C \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow A$ 、 $D \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow A$ の8通り、0.67となったのが、 $A \rightarrow C \rightarrow B \rightarrow D$ と $A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow C$ 、 $B \rightarrow A \rightarrow C \rightarrow D$ 、 $B \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow C$ 、 $C \rightarrow B \rightarrow D \rightarrow A$ 、 $C \rightarrow D \rightarrow A \rightarrow B$ 、 $D \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$ 、 $D \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow B$ の8通り、0.63となったのが、 $B \rightarrow C \rightarrow A \rightarrow D$ 、 $B \rightarrow D \rightarrow A \rightarrow C$ 、 $C \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow D$ 、 $C \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow B$ 、 $C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow D$ 、 $D \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C$ 、 $D \rightarrow A \rightarrow C \rightarrow B$ 、 $D \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow C$ の8通りである。

このことから、一番効率の良い運行方法が複数あるため、利用者に合わせて運行方法を柔軟に変更することができると考えられる。

第6章 おわりに

本論文では、自動車を使っている段階での高齢者の生活パターンを収集することで、高齢者が利用する施設を分析し、施設の利用者を地域ごとにグループ分けを行い、どのような順番で地域を回ればバスのダイヤを最適化することができるのかが判明した。また、同じ地域で複数の最適な運行方法が存在することがわかり、このことから利用者の数に応じて、バスのダイヤを柔軟に変更することが可能であることが考えられる。これにより、免許証を返納した時に生活パターンと交通手段が同時に変わるという急激な変化を避ける事ができる。また、バス等の公共交通機関と病院等の施設の効率的な利用も促進できると考える。

今後の課題として、各地域間の料金や経路長を考慮していないため、各地域間に特徴が一切ない状態の為、これらを考慮したより現実に沿った条件下で実験を行う必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、数々のご指導を賜りました三好力教授に心から感謝の意を表します。また、研究課程で数々の助言を頂きました同研究室の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

[1]. タクシー - Wikipedia

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BF%E3%82%AF%E3%82%B7%E3%83%BC>

[2]. フリー乗降制 - Wikipedia

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%83%AA%E3%83%BC%E4%B9%97%E9%99%8D%E5%88%B6>

[3]. バス停以外でも乗り降り可能!? 「フリー乗降制」とは | バス停まっふ

https://bustei.publicmap.jp/article/00001_000526

[4]. GPS で現在地を示して不便を解消。東京都交通局の「バスロケシステム」 | 利用者向

け情報 | みちびき（準天頂衛星システム：QZSS）公式サイト

http://qzss.go.jp/usage/userreport/to-bus_1508114.html

[5]. 「貸切バス」と「観光バス」の違い | 比較.jp

<http://oakhillgarden.com/sub03.html>

[6]. バスツアー、貸切バスのメリットデメリット | 貸切バスの車種について

<http://oakhillgarden.com/sub03.html>

[7]. オンデマンドバスとは？どのような運行形態になります？ - バスキャッチ | BusCatch

<https://www.buscatch.com/faq/words2.html>

[8]. 乗合タクシー - Wikipedia

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%B9%97%E5%90%88%E3%82%BF%E3%82%AF%E3%82%B7%E3%83%BC>