

シェアモビリティによるモーダルコネク트가公共交通の選好に与える影響

上野 優太¹・八戸 龍馬²・溝上 章志³

¹正会員 一般財団法人計量計画研究所（〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2番9号）

E-mail: yueno@ibs.or.jp

²学生会員 熊本大学大学院自然科学教育部（〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1）

E-mail: 194d8361@st.kumamoto-u.ac.jp

³正会員 熊本大学教授 大学院自然科学教育部（〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1）

E-mail: smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp

近年、移動全体をサービスとして同一プラットフォーム上で検索、予約、決済を可能にするMaaSに注目が集まっている。MaaSでは公共交通を組み合わせることで最適な移動手段を提供することでマイカーより快適なサービス提供を目指す。地方都市ではモビリティ水準が低いためにファースト・ラストワンマイル問題が生じる。そのため、アクセス・イグレス区間にシェアモビリティを提供することは重要である。本研究では、公共交通にシェアモビリティを組み合わせる場合に選好に与える影響をSP調査、移動手段選択モデルによって分析する。

Key Words : share mobility, cross nested model, modal connect, MaaS

1. はじめに

欧州を中心に公共交通における新たなモビリティサービスとして MaaS(Mobility as a Service)が注目を集めている。MaaS とは、公共と民間の両者を含めたあらゆる交通手段を統合し、その最適化を図った上で、マイカーと同等か、それ以上に快適な移動サービスを提供する新たな概念である。MaaS では、個人の出発地から目的地までの Door-to-Door の移動をサポートし、複数の移動選択肢を提示する。これらの選択肢の経路案内、情報提供、予約、決済が同一プラットフォーム上で行われることから、MaaS の利用によりシームレスでストレスフリーな移動が可能になる。今後、国内でも MaaS 導入に向けて、プラットフォーム開発のようなシステム面での取り組みは重要である。しかし、それだけでは自動車依存度の高い我が国の公共交通の利用率が向上するとは考えにくい。図-1 に MaaS を構成する事業者の関係性を示す。MaaS は供給サイドにこれまでの交通事業者と新たな交通事業者、プラットフォーム事業者で構成され、中でも以下の理由より新たな交通事業者の重要性が考えられる。公共交通の利用が少ない最大の原因の一つとしてファースト・ラストワンマイル問題が挙げられる。そのため、MaaS を実現する上で既存の交通手段を組み合わせるだけでなく、

アクセス・イグレス区間を補完する交通手段の導入が求められるであろう。欧州で MaaS を成功させているサービスに共通する特徴として、カーシェアリング（以後、

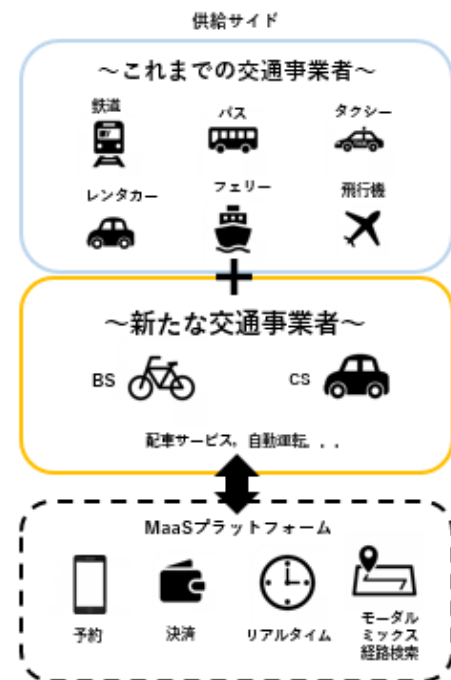


図-1 MaaSのサービスモデル図

CS と記す) やバイクシェアリング (以後, BS と記す) のようなアクセス・イグレス区間を補完する交通手段がサービスに含まれており, 我が国でも MaaS 導入を本格的に進める前段階として, シェアモビリティの整備は最優先されるべきである。

国内外問わず, CS や BS は市民に浸透しつつあるため, それらのサービスに対する選好意識の分析や需要予測の方法, 普及過程や導入効果についての研究が盛んに行われている。しかし, 鉄道やバスといった代表交通手段との連携および相乗効果を分析するような研究はほとんどない。一方で, MaaS のフィールド調査や効果分析に関する研究は近年増加しているものの, 公共交通とシェアモビリティから成るモーダルミックスに対する選好意識を分析し, その需要を予測するモデルについて検討を行った研究は少ない。本研究では, 1) 自動車の代替交通手段としての公共交通利用の端末部分にシェアモビリティを導入した場合の選好意識調査の実施, 2) 公共交通利用部分の類似性を考慮した手段選択モデルの構築を行う。さらに, 3) このモデルを第四回熊本都市圏 PT 調査データに適用することにより, シェアモビリティによるモーダルコネクが公共交通の利用需要に及ぼす影響について予測することを目的とする。

本論文は 6 章から構成されている。まず, 第 2 章ではモーダルミックスに関連する既存研究, および課題について述べる。第 3 章では, シェアモビリティを組み込んだ公共交通利用代替案の効率的設定方法と手段選択に関する調査の概要, 集計結果について述べる。第 4 章では, 代表交通手段利用部分の類似性を考慮する移動手段選択モデルについて, いくつかの離散選択モデルを推定した結果について説明する。第 5 章では, 得られたモデルと第 4 回熊本都市圏 PT 調査を用いたマイカーから公共交通への転換トリップ数の推計を行う。最後に第 6 章で本研究の結論と問題点について述べる。

2. 既存研究と本研究の位置づけ

本研究に関連する既往研究は 1) シェアモビリティによる公共交通の利用促進効果に関する研究, 2) 複数の交通手段の組み合わせによる公共交通の需要予測に関する研究の 2 つに大別できる。

1) は 3) CS サービスの実利用データを用いたトリップパターンによる実態分析, 4) 公共交通連携のためのシミュレーションによるステーション探索といった方法で検証されている。3) については, 桑原ら²⁾は豊田市の HamoRIDE の利用実績データを用いて, トリップチェーンに注目し, ワンウェイ型 CS を利用したトリップはマルチモーダル環境をサポートする役割を担っているかに

ついて判別するトリップ判別モデルを構築した。トリップ判別モデルとは, 対象エリア内外どちらの会員なのかや, 利用したステーションと駅や会員住所との位置関係から CS サービスがどのような使われ方をしたか分類するモデルである。対象エリア内の会員の全トリップのうち, アクセス交通としての利用は 8.2%, イグレス交通としての利用は 6.5%であることを示した。4) については, 桑原ら²⁾は東京で展開されている Times Car PLUS×Hamo の利用実績データを利用して対象地を 250m 四方の分割メッシュとし, 利用シーン a (アクセス・イグレス交通として CS サービスを利用し, 公共交通へ乗り継ぐ) と b (OD 間をダイレクトに利用する), a と b の共起性の 3 つのステーション配置のパターンをシミュレーションによって求めた。その結果, 利用シーン a に比べて利用シーン b での利用が多く, CS と公共交通の連携を高めるためには料金施策が効果的であることを示した。また, 西垣ら³⁾は仮想都市を対象にワンウェイ型 CS が導入されることによって地域のアクセシビリティに与える影響について, 評価するための指標を構築することを試みた。アクセシビリティ指標には, 時間価値に関するパラメータなどを導入し, CS の有無によるアクセシビリティをシミュレーションによって算出した。公共交通機関が充実している場所と, 空白地域を結ぶようにステーションを配置することでアクセシビリティを大きく改善できることを示した。全体的には公共交通の利用は減少する結果となったが, 公共交通が充実している場所からその他の場所へ移動する際には, CS がイグレス目的で利用され, CS が公共交通の利用促進効果を持つことを示した。

2) については, 溝上ら⁴⁾はパークアンドライド需要予測のための GEV 型手段選択モデルを構築した。パークアンドライドは移動の大半は公共交通であるものの, 端末部は自動車と複数の交通手段で構成される移動手段であるため, 自動車と公共交通の類似性を考慮した, より精度の高い手段選択モデルを構築した。しかし, 端末部にシェアモビリティを導入した際の公共交通の需要予測を行うような研究はない。

これらの既往研究では, シェアモビリティが公共交通の利用に与える影響を分析できているが, 対象地域が仮想都市や実績データを用いているため大都市であり, 地方都市を対象にしたものは一部に限られる。また, 地方都市のようにそのようなサービスがなければ実績データを得ることはできない。

以上を踏まえて, 本研究の位置づけは, 地方都市である熊本市にシェアモビリティが導入されて, 公共交通とのモーダルコネクが実現した際に, 公共交通に対する選好はどう変化するかを意識調査と移動手段選択モデルの構築によって把握するものである。

3. 熊本市におけるシェアモビリティによるモダ ルコネクトを想定した下での公共交通に対する 利用意向調査

(1) 本調査

(a) 調査概要

シェアモビリティや公共交通の利用意向に関する既往研究は、居住地域内に新たなサービスが導入された場合の利用可否や利用料金の上下限などを尋ねることで適切なサービスの導入規模を決定することを目的としたものが多い。中村ら⁵⁾は、熊本市中心部におけるワンウェイ型 CS の導入可能性の検討を行う際に、被験者一日のトリップチェーンの中で CS に置き換えてもよいトリップを選択させ、そのトリップに対してサービスプロファイルを用いた SP による利用意向調査を実施している。この場合は、1 トリップの OD 間全体を CS に置き換えるかの質問になるため、質問内容は個人によって変わらない。本調査を同様の方法で行うと、1 トリップを構成する複数の交通手段の全ての区間に対してシェアモビリティで置き換えるか尋ねることになるため、調査票の作成難易度も高く、被験者にとっても複雑な質問になる。そこで、シェアモビリティと代表交通手段である公共交通とを組み合わせた、ミックスモードによる移動手段を、各被験者に合わせてオーダーメイド形式でモビリティマネジメントで使われる行動プラン作成の方法と同じ方法で作成し、提案することにした。質問フローは以下の通りである。

- 1) 日常的によく行う異なる目的のトリップを 2 つまで回答してもらい、それらのトリップの移動手段と費用、所要時間を回答してもらい。
- 2) 1) で回答してもらった移動手段を何らかの理由で変更しなくてはならない場合の代替の移動手段と費用、所要時間を回答してもらい。
- 3) シェアモビリティとはどのようなサービスなのか、また、その利用方法について図-1 に示す独自に作成したパンフレットを用いて、十分に説明する。
- 4) 2) のうち、公共交通を代表移動手段とするトリップのアクセスやイグレス部分をシェアモビリティで改善した代替的な移動改善案を 2 つ作成する。2) のうち、公共交通以外を代表移動手段とするトリップについては、その部分を BS または CS で置き換える。
- 5) 1) と 2) と 4) の計 4 つの移動手段、費用、所要時間を提示し、その中から選択順位をつけてもらう。

ここで、移動手段の定義は、OD 間を door-to-door で利用する全ての交通手段の組み合わせとする。例えば、図-2 に示すように自宅からバス停まで徒歩、バス停から目的地付近のバス停までバス、目的地付近のバス停から目



図-1 2回目の調査時に用いたパンフレット

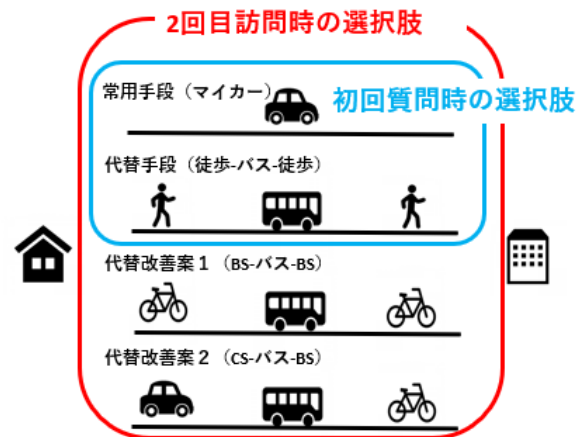


図-2 移動方法の例

的地まで徒歩でトリップを行った場合、移動手段は徒歩・バス・徒歩である。また、以後、1)の移動手段を常用手段とし、2)の移動手段を代替手段とする。例えば、常用手段が OD 間全てマイカーだった場合、代替手段はバス・徒歩・バスである。必然的にほとんどのトリップがマイカーか公共交通のどちらかの移動手段になるであろう。2)のアクセス・イグレス部をシェアモビリティで改善した2つの案をそれぞれ代替改善案 1、代替改善案 2 とよぶ。例えば、代替手段が徒歩・バス・徒歩だった場合、徒歩の部分 BS で置き換えたものを代替改善案 1、アクセス部の徒歩を CS でイグレス部の徒歩を BS で置き換えたものを代替改善案 2 として提示する。図-2 に移動手段の例を示す。また、常用手段に公共交通を含み、代替手段でマイカーの場合、代替改善案として OD 間全てで CS、

BS を利用するような代替改善案 1,2 を提示する。この時、BS はメルチャリ、CS はタイムズカーシェアのサービス形態を参考に、BS の利用料金は 3 円/分、所要時間は徒歩の 1/3 であり、CS の利用料金は 15 円/分、所要時間は徒歩の 1/5 とした。1)と 2)は現存する移動手段であるため RP データであるが、3)と 4)は仮想的な移動手段であるため SP データとなる。RP 調査では被験者に対して共通の質問項目を提示すればよいが、SP 調査では、被験者の移動手段に合わせて最適と思われる公共交通とシェアモビリティの組み合わせによる移動手段を選択肢の中

に入れなければならないので、個人専用の調査票を作成する。図-3 に SP 調査で用いた調査票の一例を示す。この方法はモビリティマネジメントで用いられる行動プランを作成して提示する方法と同じであり、本研究のオリジナルである。

調査概要について表-1 に示す。調査対象地は、熊本市中心部ではなく、現状公共交通が不便で多くがマイカーで移動を行っているが、モーダルコネクトが実現することで、公共交通の利便性が向上する見込みがありそうな郊外地域とした。具体的には図-4 に旗印で示す、豊肥本線肥後大津駅まで約 3km 離れており鉄道駅までのアクセ

表-1 アンケート調査概要

調査対象地 (図-7)		①大津町 美咲野 (19) ②南区 刈草, 島町 (18) ③菊陽町 新山, 杉並台 (24) ④東区 桜木, 花立, 秋津 (17)
調査方法		世帯訪問留置調査
初回調査	配布数/回収数	171 部/115 部(67%)
	質問内容	個人属性 (性別, 年齢, 世帯構成) 日常でよく行うトリップの目的, 常用・代替手段, 費用 代替手段を利用しない理由
2回目調査	配布数/回収数	85 部/78 部(91%)
質問内容		常用手段, 代替手段, 代替改善案 1・2 の 4 択の順位づけ (図-6)

注) 調査対象地の () 内の数字は SP 調査終了後の回収数を示す。

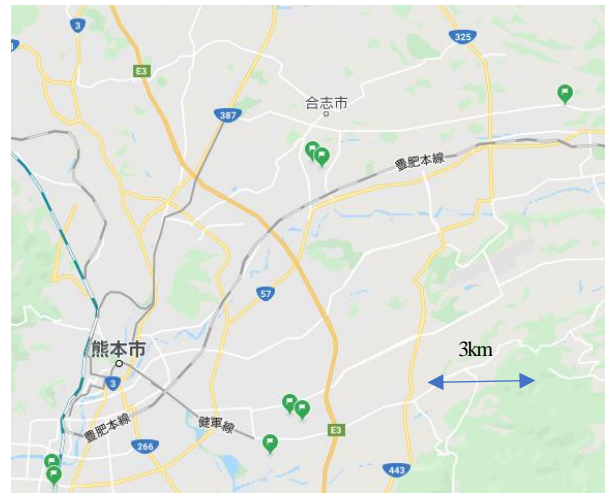


図-4 調査対象地域

熊本における公共交通サービスの改善を目的とした新たな移動サービスの導入に関する意識調査-調査票 2-

問、前回の調査で、あなたがよく行う移動とその方法（お忘れの方は同封していますのご確認下さい）についてお聞きしました。この調査票ではその時の回答結果を元に各種のシェアリングサービスを用いた新たな移動方法を提案しています。今後この移動を行うときに、利用したい方法の順位（利用したい順に1,2,3...の数字）をお書き下さい。（回答の前にパンフレットをお読み下さい。）

移動方法 (移動目的は 通勤)	移動にかかる料金	移動時間	回答欄	記入例
① あなたが日常で利用している方法 (前回の問 8) ※バス停・駅は最寄りを調べて提案しています 	1つ目 自家用車: 50 円 2つ目 1日当たりの維持費: 500 円 3つ目 円 4つ目 円 5つ目 円 6つ目 円 合計 550 円 ※車はガソリン・駐車場代込み	自家用車: 10 分 1日当たりの維持費: 0 分 円 円 円 円 円 合計 10 分 自家用車は維持費もお考え下さい		2
② ①の方法が利用できない場合に用いる方法 (前回の問 9) ※バス停・駅は最寄りを調べて提案しています 	1つ目 徒歩: 0 円 2つ目 バス: 170 円 3つ目 徒歩: 0 円 4つ目 円 5つ目 円 6つ目 円 合計 170 円 ※車はガソリン・駐車場代込み	徒歩: 7 分 バス: 7 分 徒歩: 2 分 円 円 円 円 合計 16 分 自家用車は維持費もお考え下さい		3
③ ②の移動方法をシェアリングサービスで改善したもの ※バス停・駅は最寄りを調べて提案しています 	1つ目 カーシェアリング: 30 円 2つ目 バス: 170 円 3つ目 徒歩: 0 円 4つ目 円 5つ目 円 6つ目 円 合計 200 円 ※車はガソリン・駐車場代込み	カーシェアリング: 2 分 バス: 7 分 徒歩: 2 分 円 円 円 円 合計 11 分 自家用車は維持費もお考え下さい		1
④ ②の移動方法をシェアリングサービスで改善したもの ※バス停・駅は最寄りを調べて提案しています 	1つ目 自転車シェアリング: 9 円 2つ目 バス: 170 円 3つ目 徒歩: 0 円 4つ目 円 5つ目 円 6つ目 円 合計 179 円 ※車はガソリン・駐車場代込み	自転車シェアリング: 3 分 バス: 7 分 徒歩: 2 分 円 円 円 円 合計 12 分 自家用車は維持費もお考え下さい		4

図-3 2回目の訪問時に用いた SP データ収集のための調査票

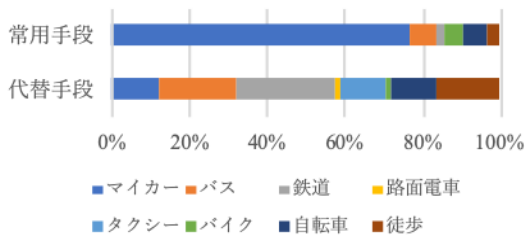


図-5 常用・代替手段別の代表交通手段

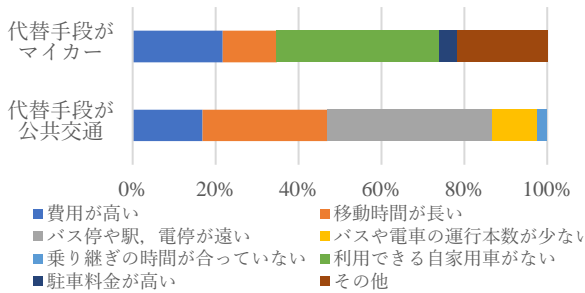


図-6 代替手段を利用したくない理由

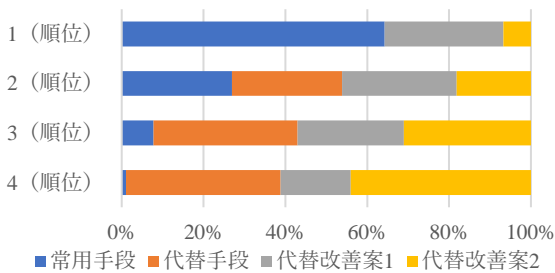


図-7 順位別移動手段の割合

スが不便な住宅街の大津町美咲野などである。調査方法は世帯訪問留置調査とした。まず、RP データを収集するため、1 世帯につき 3 人分の調査票を配布し、回収した。その後、オーダーメイド型の調査票を作成して、同一の世帯に配布し、回収して SP データを収集した。最初の世帯訪問では、171 世帯に調査票を配布し、115 世帯から回収できた。これらの世帯に 2 回目の訪問を行ったが、不在やお断りにより、85 世帯にしか配布できなかった。しかし、2 回目の調査まで協力してくれた世帯は、78 世帯であり、回収率は 9 割を超えた。取得できた有効トリップ数は RP データが 244 トリップ分、SP データでは 193 トリップ分であった。

(b) 集計分析

RP データ、SP データの有効データについて集計分析を行った。図-5 に常用手段および代替手段の代表交通手段の割合を示す。常用手段では、マイカーが約 75% を占め、公共交通は鉄道、バス、路面電車を合わせて約 15% であった。代替手段では、公共交通が約半数を占めており、マイカーの分担率の高さが分かる。また本調査では、代替手段を日常で利用しない理由について質問している。

図-6 に代替手段が公共交通とマイカーのときの理由を示す。代替手段が公共交通のときの理由としては、「バス停や駅、電停が遠い (40%)」が最も多く、次に「移動時間が長い (30%)」が多い。一方、代替手段がマイカーのときのしない理由としては、「利用できる自家用車がない (40%)」が最も多く、次に「費用が高い (22%)」が多い。これらの結果から、シェアモビリティによって公共交通利用の総所要時間を短縮させること、マイカーの代替としての需要もあることのどちらの場合でもシェアモビリティの有用性がわかる。

図-7 に SP データから得られた移動手段の利用意向の順位別の割合を示す。順位に 1 位がついた移動手段で最も多いのは常用手段であり 6 割を超える。しかし、代替改善案 1 と 2 を合わせると 4 割弱を占め、シェアモビリティの導入によって公共交通の利用が増加する可能性があることがわかる。

4. 移動手段選択モデルの構築

(1) シェアモビリティの類似性の考慮

本章では、調査で取得できたサンプルを用いて、常用手段、代替手段および 2 つの代替改善案の 4 つの選択肢のうち、どの移動手段を選択するかという移動手段選択モデルを構築する。この 4 つの移動手段の選択問題を図-2 の場合で考える。図-2 を図-8 の経路図に置き換えた時、常用手段は OD 間全てでマイカーを利用するが、代替手段と 2 つの代替改善案では、代表交通手段にバスを、代替改善案の 1 と 2 では、イグレス交通手段に BS を利用するため、図-8 の黄色で示した部分で交通手段が重複する。さらに、図-5 に示すように、サンプルの大半が代表交通手段に常用手段がマイカー、代替手段が公共交通という組み合わせであるものの、常用手段に公共交通、代替手段にマイカーの組み合わせも存在し、代替改善案に OD 間全てを CS、BS を利用するような移動手段を与えている場合もある。そのため、代替改善案の端末部分はシェアモビリティで構成されているものの主要部分は公共交通であることからマイカーや公共交通との選択肢類似性を否定できない。このような移動手段選択問題に対して Multinomial Logit (MNL) モデルを適用すると、IIA (Independence from Irrelevant Alternatives) 特性のために、類似した選択肢の選択確率を過大評価する。これに対して、IIA 特性を緩和するアプローチである Nested Logit (NL) モデルを適用する場合、シェアモビリティを含んだ移動手段は公共交通を含んだ移動手段の部分集合になることが多いが、シェアモビリティをマイカー代わりとして利用する場合もあるため、はじめからマイカーと独立した選択肢ツリーと仮定するのは適切でない。そこ

で、移動手段選択モデル構築の前段階として、シェアモビリティがマイカーと公共交通のどちらと相関が大きいかを同定するシェアモビリティの分布比率決定モデルを推定する。分布比率決定モデルには、IIA 特性の制約を緩和することが可能であり、選択肢の類似性や選択肢ツリーの構造想定に対する問題を解決するために、複数のネストに 1 つの選択肢が属することを許す Cross Nested Logit (CNL) モデルを採用した。CNL モデルの選択確率式は

$$p(i) = \sum_m p(m)p(i|m)$$

$$= \sum_m \frac{\left[\sum_{k \in C} (\alpha_{km} e^{V_k})^{1/\lambda} \right]^\lambda}{\sum_{m'} \left[\sum_{k \in C} (\alpha_{km'} e^{V_k})^{1/\lambda} \right]^\lambda} \cdot \frac{(\alpha_{im} e^{V_i})^{1/\lambda}}{\sum_{j \in C} (\alpha_{jm} e^{V_j})^{1/\lambda}} \quad (1)$$

である。α_{jm} は選択肢分布特性パラメータとよばれ、0.0 ≤ α_{jm} ≤ 1.0 かつ ∑_m α_{jm} = 1.0 であり、ネスト m ごとの選択肢 j の分布比率を特定化する。この α_{jm} により、選択肢 j が 1 つ以上のネストに含まれることを可能にする。一方、λ は類似性パラメータであり、0.0 ≤ λ ≤ 1.0 ならばその選択ツリー構造の仮定は正しく、λ = 1 のとき MNL モデルと一致する。また、手段 i が単一のネスト m だけに配置されている場合には NL モデルと一致する。

図-9 に分布比率決定モデルのツリー構造を示す。

α_{mycar,auto} と α_{mt,transit} を 1.0, α_{car,transit} と α_{mt,auto} を 0.0 と仮定した。これはマイカーと公共交通は相互に独立することであり、それぞれの選択肢とネストの関係から考えると無理のない仮定である。効用関数のパラメータと類似性パラメータ λ とともに、シェアモビリティの auto と transit に対する選択肢分布特性パラメータ α_{share mobility,auto} と α_{share mobility,transit} を同時推定することで、シェアモビリティによるモーダルコネクタがマイカーと公共交通のどちらに位置づけられるか判断する。表-2 に分布比率決定モデルの推定結果を示す。SP データのサンプル数は 193 であるが、図-9 のツリー構造に合うサンプルは 135 であったため、それらをサンプルサイズとする。推定結果は、代表手段での移動時間を除いた説明変数の符号条件で理論的な結果となった。また、類似性パラメータ λ は 0.64 とツリー構造の仮定は妥当である。選択肢分布特性パラメータは α_{share mobility,auto} = 0.23, α_{share mobility,transit} = 0.77 となり、シェアモビリティは auto よりも transit のネストに高い比率で分布する交通手段であることが示された。

(2) 移動手段選択モデルの推定

本節では、常用手段、代替手段、2 つの代替改善案の順位付けのうち順位が 1 位であった移動手段を選択する

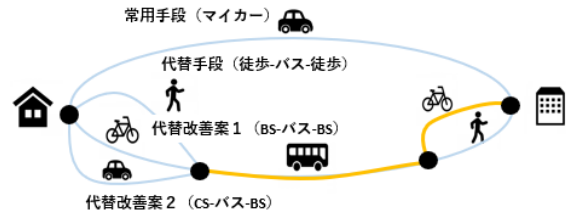


図-8 図-2 の経路図

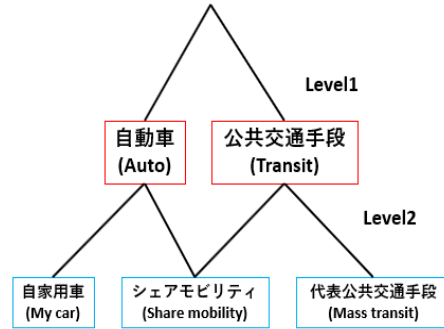


図-9 分布比率決定モデルのツリー構造図

表-2 分布比率決定モデルの推定結果

説明変数	推定値	t 値
料金 (円)	-0.0002	-1.3
アクセス時間 (分)	-0.017	-1.28
イグレス時間 (分)	-0.01	-1.36
代表手段での移動時間 (分)	0.0017	1.36
男性ダミー	-0.32	-1.07
年齢	0.01	1.62
α _{share mobility,auto}	0.23	
α _{share mobility,transit}	0.77	
λ	0.64	
初期尤度	-296.63	
最終尤度	-123.9	
サンプルサイズ	135	

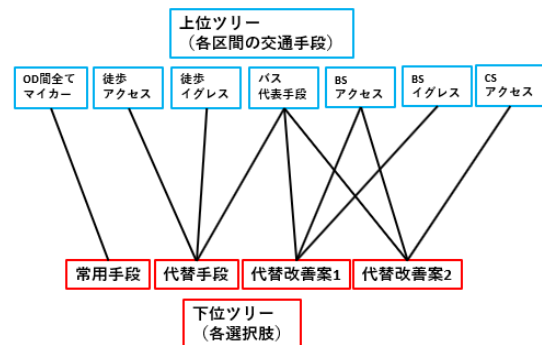


図-10 CNL モデルのツリー構造図

ものと見なし、移動手段選択モデルを推定する。選択肢間には相関が生まれるため、MNL モデルをはじめ、NL モデル、CNL モデル、MXL モデルといった IIA 特性を緩

和するいくつかのモデルで推定を行う。

CNL モデルの選択肢ツリー構造を図-10 に示すように移動手段選択モデルの場合には、他モデルのツリー構造と異なり、上位レベルに各区間の交通手段がネスティングされ下位レベルで各移動手段の選択が行われるようになっている。そのため、選択確率式は(1)の通りであるが、選択肢分布パラメータ α_{jm} は無数に存在し、推定するには複雑である。本推定では、本来の CNL モデルの簡易型として α_{jm} を以下のように与える方法を用いた。

$$\alpha_{jm} = \left(\frac{T_m}{T_j}\right) \delta_{jm}; 0 \leq \alpha_{jm} \leq 1, \sum_m \alpha_{jm} = 1, \forall n \quad (2)$$

ここで、 T_j は選択肢 j の総所要時間であり、 T_m はある区間の交通手段 m で移動する時間であり、 δ_{jm} は選択肢 j と交通手段 m の包含を示し、0 と 1 で表現される。例えば、図-2 の代替手段について総所要時間が 60 分であり、そのうちバス移動が 30 分であれば α_{jm} の値は 0.5 である。このように、 α_{jm} を各選択肢の各交通手段に与えることで、選択肢の類似性を考慮する。

(3) 各モデルの推定結果と比較

(a) 推定結果

各モデルの推定結果を表-3 に示す。RP データから推定した BL モデルは、説明変数のパラメータの符号条件はどれも理論的にであり、尤度比も 0.604 とモデルの適合度は高い。公共交通のダミー変数に比べてマイカーのダミー変数の t 値が高いモデルとなっている。RP データと SP データを組み合わせ推定した MNL, NL, CNL, MXL モデルで説明変数の t 値がやや低いものも見られるが、パラメータの符号条件は理論的である。料金が低く、各区間の所要時間が短いほど、また、移動手段にマイカー、シェアモビリティが含まれていると選択肢の効用が高くなるモデルとなっている。端末部の交通に注目すると、アクセス時間よりもイグレス時間が短いほど効用が高まる。また、統計的信頼性も高い。MXL モデルでは、他のモデルと男性のダミー変数が逆転する結果となった。尤度比はどのモデルでも 0.24~0.27 の値をとっており、モデル全体の適合性は高く、モデルによって大きな差はない。

なお、本調査は RP データと SP データの両方をプールしたデータにより、RP/SP combined MNL モデルと選択手段の順位づけデータを用いた Ordered Logit と Probit モデルも推定した。モデルの説明は省略する。同様に、表-3 に

表-3 各モデルの推定結果

使用データ	RP	RR+SP						
	BL	MNL	NL	CNL	MXL	combined	Ordered	
							Logit	Probit
料金 (円)	-0.0016 (-2.49)	-0.001 (-2.02)	-0.0009 (-1.86)	-0.0016 (-0.4)	-0.001 (-2.52)	-0.0014 (-2.14)	-0.013 (-0.89)	-0.008 (-0.84)
アクセス時間 (分)	-0.084 (-1.82)	-0.008 (-0.29)	-0.0047 (-0.14)	-0.049 (-0.91)	-0.029 (-0.99)	-0.011 (-0.28)	-0.035 (-2.48)	-0.019 (-2.26)
イグレス時間 (分)	-0.35 (-2.95)	-0.14 (-2.94)	-0.16 (-2.19)	-0.2 (-2.88)	-0.14 (-2.99)	-0.32 (-1.87)	-0.07 (-3.99)	-0.044 (-4.27)
代表手段での移動時間 (分)	-0.027 (-1.49)	-0.019 (-1.65)	-0.021 (-1.49)	-0.009 (-0.24)	-0.026 (-2.21)	-0.011 (-1.001)	-0.001 (-0.27)	-0.001 (-0.42)
マイカーダミー	2.18 (4.87)	1.66 (5.26)	1.91 (2.05)	1.47 (3.26)	1.68 (5.23)	1.104 (2.46)	1.95 (9.45)	1.19 (9.77)
シェアモビリティダミー		0.58 (2.25)	0.79 (1.02)	0.81 (1.51)	0.089 (0.36)	2.45 (2.02)	0.23 (1.53)	0.17 (1.96)
公共交通ダミー	1.31 (1.75)							
男性ダミー		0.51 (2.06)	0.61 (1.41)	0.51 (1.18)	-0.12 (-0.45)	-0.08 (-0.3)		0.03 (0.55)
常用方法						0.32 (5.37)	-0.0006 (-0.15)	-0.0002 (-0.09)
年齢								
類似性パラメータ			0.87 (2.23)	0.38 (2.27)				
スケールパラメータ						0.32 (1.85)		
閾値	12 23 34						-1.15(-6.34) 0.15(0.87) 1.51(8.19)	-0.68(-4.21) 0.11(0.66) 0.91(5.61)
尤度比	0.604	0.27	0.26	0.24	0.25	0.33		
サンプルサイズ	244	190						

注) パラメータの () の数字は t 値を示す。

推定結果を示す。RP/SP combined, Ordered モデル共に、説明変数のパラメータの符号条件は理論的に正しく、Ordered モデルの各閾値の推定結果も妥当である。

(b) モデルの特性比較

主要交通手段が重複した選択肢の選択モデルを通常の MNL モデルで推定する場合、IIA 特性のために、類似した選択肢の選択確率を過大推計する問題が生じる。IIA 特性を緩和するモデルとして CNL モデルなどを推定したが、代表交通手段が公共交通である部分の全経路に占める比率に応じて、選択肢の選択確率を正しく推計できるモデルとなっているかを検証する必要がある。図-8 の経路図で考えると、常用手段（マイカー）は他の選択肢と重複する区間を持たないため、他の選択肢の重複率が大きくなると、常用手段の選択確率は大きくなるはずである。そこで、図-8 の経路図の代表交通手段であるバスの区間の重複率を変化させ、サンプルごとの SP データを MNL, NL, CNL モデルに代入して、選択確率の平均値を算出した。なお、アクセス区間の比率を変えて重複率を変化させる場合は、イグレス区間を固定し、逆にイグレス区間を変化させる場合にはアクセス区間を固定して、選択確率のサンプル平均値を算出した。図-11 にアクセス区間、イグレス区間それぞれを固定した場合の常用手段の選択結果を示す。MNL, NL モデルは区間重複率が増加するにつれ、常用手段の選択確率は微減する程度であるが、CNL モデルは区間重複率が増加するにつれ、選択確率は大きくなるという結果が得られた。この結果から、推定した CNL モデルでは常用手段の他の選択肢に対する独立性が相対的に高いことを示すことができ、IIA 特性が緩和したモデルとなっている。

5. 熊本都市圏におけるモーダルコネクトによる公共交通への転換トリップ推計

(1) 分析手法

熊本都市圏 PT 調査において実際に代表利用手段として公共交通機関を利用しているトリップのアクセス・イグレス区間にシェアモビリティが導入されて、モーダルコネクトが実現した場合の常用手段としてのマイカーから代替改善案 1, 2 への転換数の推計を行う。推計のためのモデルは IIA 特性を緩和できる CNL モデルを用いた。PT 調査データは実際に行ったトリップに関する LOS (Level of Service) 情報しか得られないため、代替手段として公共交通を利用した場合の LOS 情報はない。本研究では、以下のようにして公共交通手段を用いた場合の LOS を作成した。

1) C ゾーン単位のゾーン間ごとに、代表交通手段がマイ

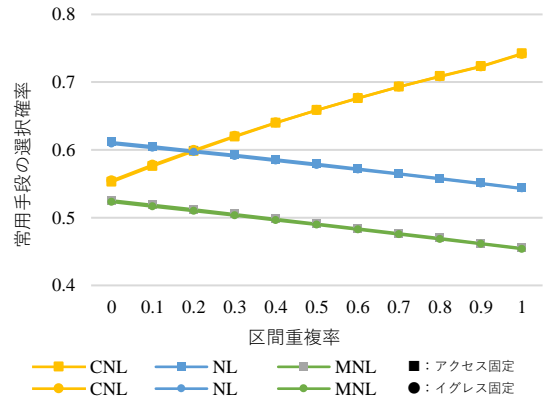


図-11 区間重複率の変化と常用手段の選択確率

- カー、公共交通機関であるトリップをそれぞれ抽出する。
- 2) 利用手段が公共交通機関であるトリップのアクセス、イグレス、代表交通手段別に所要時間の平均値を算出する。
- 3) 利用手段がマイカーであるトリップに対して 2) で作成した OD 間の各種所要時間を代替公共交通の所要時間として設定する。
- 4) 3) の代替交通手段のアクセス、イグレス区間を CS, BS で置き換えることによってサービスを改善した代替改善案 1, 2 を作成する。

ここで、CS, BS のどちらで置き換えるかを決定する際に、オーダーメイドの代替改善案の作成時には周辺環境が密集しているときは BS, 所要時間が比較的長いときには CS というようにしていた。しかし、対象とする PT 調査のマイカーによるトリップは非常に多い。そこで、代替改善案 1 は、アクセス、イグレス時間が 5 分以上の時に BS, 5 分未満のときに CS で置き換え、代替改善案 2 の設定には、その逆とするようにシステム化した。2 回目の調査時と条件を揃えるため、同様に BS の利用料金は 3 円/分、所要時間は徒歩の 1/3 であり、CS の利用料金は 15 円/分、所要時間は徒歩の 1/5 とした。代表交通手段の公共交通は初乗りを 170 円とし、乗車 15 分以降は 1 分あたり 1 円を加算するようにした。

PT 調査のマイカーによるトリップ数は 1,358,667 であるが、公共交通利用しているトリップが全くない OD ペアも 77,284 中 72,175 あった。そのため、以上の方法で 4 つの選択肢を作成できたマイカー利用トリップは 496,863 となった。これらのトリップを BS や CS による代替改善案を選択可能なトリップとする。

(2) 推計結果

代替改善案を選択可能な 496,863 トリップに CNL モデルを適用したところ、10,094 トリップが公共交通へ転換すると推計された。これは全体の 2.03% であるものの、

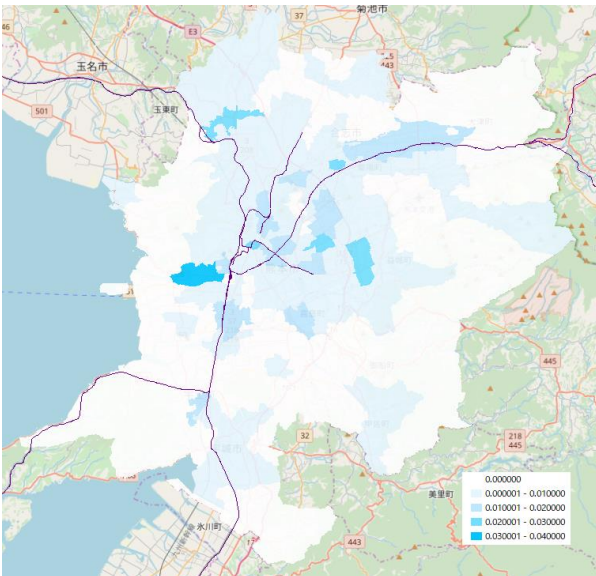


図-12 Cゾーン別公共交通選択トリップの発生比率

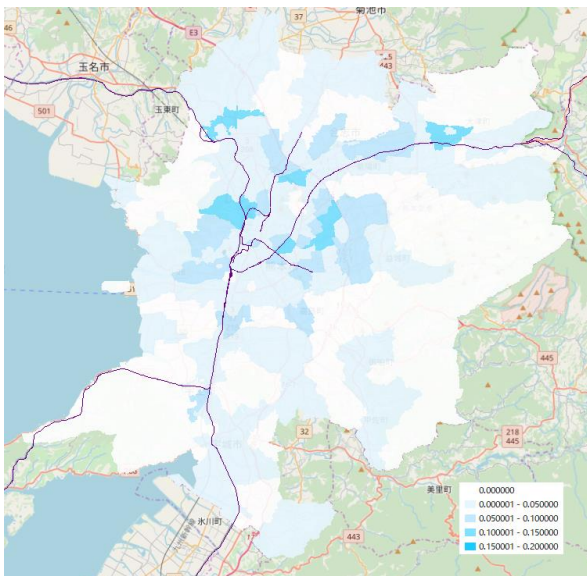


図-13 Cゾーン別公共交通選択トリップの集中比率

シェアモビリティによるモーダルコネクが公共交通への転換を可能にすることが明らかとなった。また、選択された代替改善案1, 2の内訳はそれぞれ5,019と5,075であり、アクセス、イグレス区間をBS, CSのどちらで置き換えても両者に大きな差は見られない。

図-12, 図-13に代替改善案への総選択トリップに対するCゾーン別選択トリップの発生・集中トリップ比率を示す。発生比率は、熊本市中心部やその北に位置する合志市や菊陽町、大津町などJR豊肥本線や熊本電鉄沿線のゾーンで高い。中心部への代表交通手段が鉄道であり、そこへのアクセス利便性をシェアモビリティによって改善することで公共交通への選択が起きることが考えられる。集中比率は熊本市中心部だけでなく、多くのゾーンで高くなっている。

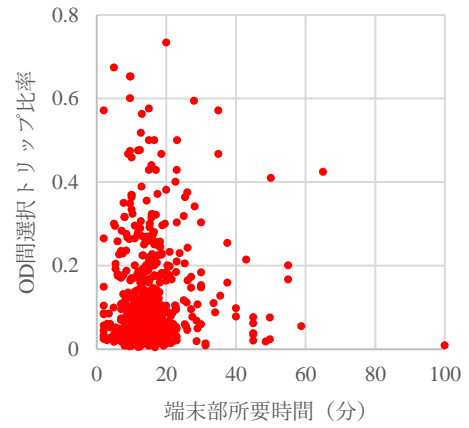


図-14 ODペア別の選択比率に対する端末部時間

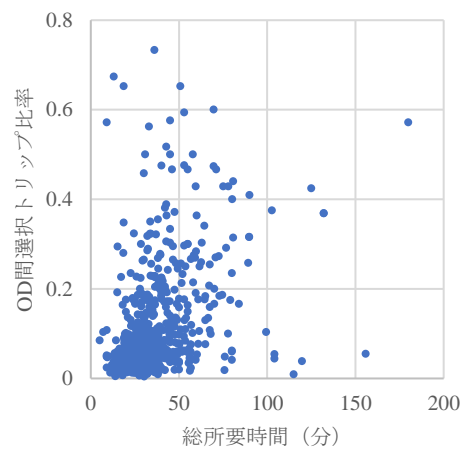


図-15 ODペア別の選択比率に対する総所要時間

次に、図-14, 図-15に各ODペアの改善前の端末部所要時間（アクセス時間とイグレス時間の和）、総所要時間、端末部所要時間/総所要時間に対する選択可能トリップに占める代替改善案選択トリップの比率をそれぞれ示す。これらより、端末時間は長いほど、総所要時間も長いほど、選択比率は高くなっている。中心部から周辺部への距離の長いトリップに対してシェアモビリティによって駅やバス停と出発地を繋げることにより公共交通への転換が起りやすいことが分かる。また、端末部所要時間/総所要時間が大きくなる、つまり、端末部の割合が大きいほど、代替改善案の選択比率が高いものが大半である。

6. おわりに

以下に本研究の成果を列举する。

- 1) 公共交通の利便性が低い地域を対象に、常用手段と代替手段の実態把握調査を実施、また、代替手段をシェアモビリティで改善することによる公共交通の利用意向

調査を行うことで、約 4 割が改善案の利用意向があることが明らかとなった。複数の移動手段が組み合わさった場合の利用意向調査の方法を提案した。

2) 利用意向調査データを元に、移動手段選択モデルを推定した。CNL モデルを推定することにより、代表手段部分の類似性を考慮し、選択肢の独立性を示した。選択には、アクセス時間に比べてイグレス時間が影響することが明らかになった。

3) 移動手段選択モデルを PT 調査に適用させることで公共交通への転換トリップの推計を行った。全体の約 2% が転換し、シェアモビリティによるモーダルコネクトの効果を示した。転換トリップは、公共交通の利便性の低い地域でも起こることが明らかとなった。

今後解決すべき課題について以下に列挙する。

- 1) 移動手段選択モデルを推定するにあたって用いたサンプルは、常用手段にマイカー、代替手段に公共交通の組み合わせの他に、その反対や様々な組み合わせのことで構成されている。そのため、アクセス時間の統計値が小さいなどの影響があると考えられる。追加で調査を行いサンプルを増やすことでモデルの信頼度を上げられる可能性がある。
- 2) 移動手段選択モデルは、料金や所要時間、交通手段で効用が決まるモデルである。サンプルが増え再推定することで、属性やトリップ目的を変数として扱うことができる。
- 3) PT 調査に移動手段選択モデルを適用したが、適用条件が緩くなっている。本来であれば C ゾーン単位でなく、各マイカートリップに対して、選択肢を作成しなければ

ならない。また、今回はすべてのトリップに対してシェアモビリティが利用でき、ステーションの配置等も考慮していないため、シェアモビリティを利用できないリスクを取り込んだシミュレーションにより現実的な推計を行う必要がある。

参考文献

- 1) 桑原昌広, 吉岡顕, 本間由紀子, 宇野伸宏, 中村俊之, Jan-Drik Schmocker ; トリップチェーン内におけるワンウェイ型カーシェアリングのトリップ判別モデル化と利用実態分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.74, No.5, p1187-1195, 2018.
- 2) 桑原昌広, 吉岡顕, 松本浩和, 早田敏也 : 公共交通連携向けワンウェイ型カーシェアリングのステーション候補探索手法提案・検証, 交通工学研究会論文集 (CD-ROM) Vol.39, pp513-519, 2019.
- 3) 西垣友貴, Jan-Drik Schmocker, 中村俊之, 宇野伸宏, 桑原昌広, 吉岡顕 : アクセシビリティ指標を用いたワンウェイ型カーシェアリングシステムの評価, 第 56 回土木計画学研究発表会・講演集, 2017.
- 4) 溝上章志 : P&R 需要予測への GEV 型手段選択モデルの適用可能性都市計画論文集, No.038-1, pp.40-45, 2003.
- 5) 溝上章志, 中村謙太, 橋本淳也 : ワンウェイ型 MEV シェアリングシステムの導入可能性に関するシミュレーション分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.71, No.5, pp.L_805-L_816, 201.

ANALYSIS ON PREFERENCE FOR PUBLIC TRANSPORT SERVICES CONNECTED BY SHARE MOBILITY

Yuta UENO, Ryoma YAE and Shoshi MIZOKAMI

MaaS(Mobility as a Service) is in the concept to provide a more comfortable mobility service than a private car by connecting optimized public transportation. However, local cities have problem so called the first or last-onemile problem public transport service. Therefore, it is necessary to develop sharing mobility that provides access/egress services.

In this research, we analyze the impact of modal connect by sharing mobility on public transport choice behavior by estimating modal choice model based on stated preference survey.