

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

西垣 友貴¹・Jan-Dirk Schmöcker²・中村 俊之³・
宇野 伸宏⁴・桑原 昌広⁵・吉岡 顕⁶

¹学生会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市京都大学桂C1-2-437)

E-mail:nishigaki@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

²正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市京都大学桂C1-2-436)

E-mail:schmoecker@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 名古屋大学未来社会創造機構 (〒464-8601 愛知県名古屋市千種区不老町)

E-mail:tnakamura@mirai.nagoya-u.ac.jp

⁴正会員 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都府京都市京都大学桂C1-1-205)

E-mail:uno.nobuhiro.2v@kyoto-u.ac.jp

⁵正会員 株式会社トヨタIT開発センター 研究2部 (〒107-0052 東京都港区赤坂6-6-20)

E-mail:kuwahara@jp.toyota-itc.com

⁶非会員 株式会社トヨタIT開発センター 研究2部 (〒107-0052 東京都港区赤坂6-6-20)

E-mail:yoshioka@jp.toyota-itc.com

近年、我が国でもカーシェアリングシステム(CS)の普及が徐々に進み始めている。CSへの期待は公共交通の補完としての利用やラストワンマイルモビリティ等、多くの可能性が求められる中で、これまで土木計画学で実施されてきた多くの研究はコストの最小化、利益の最大化を目指したものがほとんどであり、社会にとって最適なシステムとはどのようなものかという観点で取り組まれているものは少ない。

本研究は、ワンウェイ型のCSの導入によって地域のアクセシビリティがどのように変化するかを定量的に評価するための指標の構築を試みる。仮想都市を対象に、アクセス、イグレスでのCS利用や公共交通の代替としてのCS利用を想定した場合のアクセシビリティの改善状況を分析した。分析の結果、導入時に期待されるCSの特徴を捉えており、設定した評価指標が概ね妥当であることを示唆する結果となった。

Key Words : Accessibility, One Way Car sharing system, facility arrangement, simulation analysis

1. 研究の背景

カーシェアリングシステム(以下CS)は自動車依存の低減やCO₂の排出量削減への効果が期待されており、海外では多くの成功事例も報告されている。一方で、我が国の現状を鑑みると、これまで順調な普及を示しているとは一概には言い難い状況が長らく続いていたが、公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団の調べ¹⁾によると2010年頃から会員数が徐々に増加し、2017年には100万人を超えるに至ったと報告されている。この状況を踏まえると、これまで他国に遅れをとっていた我が国でも、少しずつではあるが普及が進んできたと言える段階に差し掛かってきた。しかしながら、日本で導入されているCSはこれまでそのほとんどがラウンドトリップ方式であった。他方、海外ではCar2goやLyft, Mavenをはじめとするワンウェイ方式のカーシェア事業が展開されており、

我が国においても展開が期待されている。

これまでCSが社会に対して好影響を与える可能性が十分にあることは多くの研究で示されている。例えば、矢野ら²⁾は京都市内在住のCS会員を対象に行ったアンケート調査の結果より、CSが自動車利用距離を削減しうることや、公共交通の利用を促進する効果があること、太田ら³⁾は日本全国の免許保有者を対象に行ったアンケート調査の結果より、CSが利用頻度の低い自家用車の代替になりうることを示している。また、武内ら⁴⁾はCSに小型EV車を導入した場合を想定してシミュレーション分析を行い、ガソリン車を用いる場合に比べてCO₂の排出量を約20%ほどに抑えることができるという結果を示唆している。CSは確かに社会に好影響を与えることができるシステムであることは間違いない。一方で、どのようなシステム体系を構築することで、社会に対して、より大きな影響を与えることができるのかという課題も

存在する。

そうした中で本研究は、CSが社会に対して与える影響度合いを評価できる指標を構築することを目的としている。具体的には、ワンウェイ型のCSを対象として、CSを導入する地域全体のアクセシビリティ指標を定義し、CS導入によってこの値がどの程度改善されるのかを観測することで、CS導入後のアクセシビリティを評価する。

本研究の構成は以下の通りである。第二章で既存研究の整理と本研究の位置付け、第三章ではアクセシビリティ指標の構築、第四章で仮想都市を用いたシミュレーション分析とその結果の考察を行う。第五章でCSの平均速度を変化させて結果の比較を行い、第六章で得られた結果のまとめを行う。

2. 既往研究の整理と本研究の位置付け

CSに関する研究は国内外問わず様々な観点から行われており、本章では3つの視点により整理した上で、本研究の位置づけを述べる。

(1) 再配車計画に関する研究

Weiklら⁹⁾はCS導入地域をいくつかのセクションに分割し、各セクション、各曜日、各時間帯の需要を実データを用いて集計し、パターンの分類を行った。需要パターンの推移を観測することで、リアルタイムの需要予測を可能にし、その予測結果を用いて再配車の計画を行う手法を構築している。なお、この研究においては、再配車の計画を行う際の目的はコストの最小化となっている。

Kekら⁸⁾はコストの最小化を目的とした再配車計画を構築したうえで、ZVT(駐車場に車両が存在しない時間)、FPT(駐車スペースに空きが無い時間)、NR(再配車の回数)を用いて、再配車計画自体の評価を行っている。

(2) 駐車場配置に関する研究

若林ら⁷⁾はCSの利用不確実性を考慮に入れた収益最大化問題を定式化し、単純なネットワークに適用することで、収益が下がるような駐車場配置の存在を明らかにした。

Kumarら⁶⁾は公共交通の配置やホテルや商業施設のような移動を誘引する施設の配置やCSの実利用データ等を用いて、周辺施設の影響度合いを考慮に入れた駐車所配置方法を収益最大化問題として定式化し、駐車場配置の決定手法を提案している。

(3) 予約システム及び、料金システムに関する研究

原ら⁵⁾はCSに利用権取引制度を導入することで、利用者の効用を最大化できる予約システム提案している。

若林ら⁷⁾は、横浜市で展開されている「チョイモビ」の実際の利用データを用いて利用不確実性を考慮した、交通手段選択モデルを構築し、そのモデルを用いて収益最大化問題を定式化している。

(4) 本研究の位置付け

(1)~(3)から、様々なアプローチでCSのシステムを最適化する手法が提案されてきていることが分かる。一方で、そのいずれもが目的関数として、収益の最大化やコストの最小化を据えている。そこで本研究では運営者でも利用者でもない立場からCSを評価することができる指標の構築を試みるものである。

3. アクセシビリティ指標の構築

本章では本研究で用いるアクセシビリティ指標の構築を行う。本研究では、CSの導入により対象地域のアクセシビリティがどう変化したかに着目するため、地域全体のアクセシビリティ指標を定式化する必要がある。

また、近年、携帯端末を用いてメッシュ単位での滞留人口や移動人口を把握する、モバイル空間統計が注目を集めており、研究も盛んに行われていることを受けて、モバイル空間統計を援用しやすいよう、メッシュ単位でのアクセシビリティを考慮する。

アクセシビリティの算出に際して考慮するのは、メッシュ間の移動に要する移動時間、待ち時間、費用の3項目である。これらを移動コストとし、アクセシビリティ指標の算出に用いるものである。

上記を踏まえて構築したアクセシビリティ指標を式(1)~式(4)で定義する。また、各変数の説明は表-1に示す。

$$C_{ij} = \min \left[\sum_k \frac{d_{ij}^k}{v^k} + \sum_k T_{ij}^k + \frac{1}{\alpha} \sum_k F_{ij}^k \right] \quad (1)$$

$$A_{ij} = \exp(-C_{ij}) \quad (2)$$

$$A_i = -\ln \bar{A}_{ij} \quad (3)$$

$$A = \bar{A}_i \quad (4)$$

式(1)は*i*から*j*への最小コストを求める式であり、第一項が移動時間、第二項が待ち時間、第三項が運賃を示している。式(2)は式(1)で算出した最小コストに基づき、*i*から*j*へのアクセシビリティを算出しており、式(3)がメッシュ*i*から地域内全体に対するアクセシビリティを、式(4)が地域全体のアクセシビリティを算出している。

このアクセシビリティ指標の構築にあたっては、国土交通省の研究¹⁰⁾を参考にしている。また、この指標は比較的単純なものとなっているが、本研究は、まずはアクセシビリティ指標の算出によってCSの特徴を表現できるかを検証するという側面を持っているためである。

なお、表-1内にも記載しているが、本研究では、CSの有無によるアクセシビリティの比較が一つの目的であるため、 k に含まれる交通手段にCSを含むパターンと含まないパターンの二パターンが存在している。最小コストを求める際にはダイクストラ法を用いており、 i から j へ移動する際の最小コストを求めるのと同時に経路を求めることも可能であり、経路に関しても、分析の対象としている。

4. 仮想都市を用いたCS有無の比較

(1) 仮想都市の設計

本節では仮想都市の設計について説明する。本研究ではメッシュ状の仮想都市を想定しており、一つのメッシュが500m四方で20×20の正形状を有した仮想都市である。この仮想都市内に、バス停や鉄道駅、CSの駐車場を設置する。

本研究において使用する仮想都市を図-1に示す。各数字はバス停の始点と終点を示しており、同じ数字を結ぶ線上にあるバス停は全て同じ路線のものとなっている。また、赤と青の四角は鉄道駅を示しており、同色の線路が示す鉄道路線の駅となっている。薄い緑で着色しているメッシュはCSの駐車場が導入されるメッシュであることを示している。

(2) 各交通手段による移動の設定

次に、公共交通の速度や待ち時間、徒歩での移動速度の設定を行った。全ての設定結果は表-2に示しており、その根拠などを以下に記載する。

速度に関しては、平均的なものを想定して、それぞれに一定の大きさと与えている。なお、移動時間は全て分速で設定している(表-2には参考のため時速も合わせて記載している)。

運賃に関しては、距離に応じて設定しており、バスの運賃は1.5kmあたり100円で設定している。鉄道の運賃は初乗りを200円とし、移動距離が3km増えるごとに50円ずつ値上がりしていくように設定した。

待ち時間に関しては、まずは各路線ごとに一時間当たりの運行本数を設定し、同一のODペアに複数のバス路線が存在している場合はそれぞれの運行本数を足し合わせたものを新たに運行本数として設定している。最後に30を、設定した運行本数で除することで、平均待ち時間としている。なお、表-2には路線ごとの待ち時間を記載している。

時間価値に関するパラメータ α は加藤ら¹²⁾が報告している我が国の通勤時における時間価値を参考にし、一人当たりの一分間の時間価値を24.5円として計算を行った。

(4) シミュレーション結果の比較

本節では、(1)~(3)で設定した条件に基づきシミュレーションを行った結果を示していく。まずは、 A_i 及び、 A についてCSがある場合と、無い場合の結果及び、変化量を図-2に示す。

表-1 各変数の説明

C_{ij}	i から j へのコスト
k	交通手段：徒歩、バス、電車、CS (CSの有無はパターンによって異なる)
d_{ij}^k	移動距離
v^k	移動速度
T_{ij}^k	待ち時間
α	時間価値に関するパラメータ
F_{ij}^k	運賃
A_{ij}	i から j へのアクセシビリティ
A_i	i から全体へのアクセシビリティ
A	地域全体のアクセシビリティ

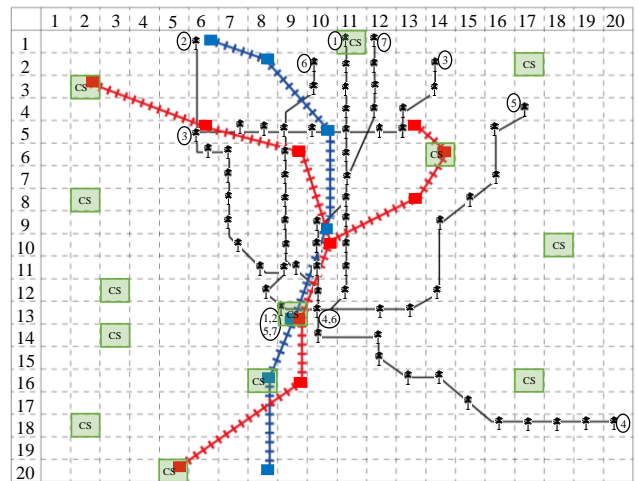


図-1 仮想都市

表-2 変数の設定結果

v^{walk}	70m/min(4.2km/h)
v^{bus}	300m/min(18km/h)
v^{train}	1500m/min(90km/h)
v^{CS}	500m/min(30km/h)
F_{ij}^{walk}	0円
F_{ij}^{bus}	100円/1.5km
F_{ij}^{train}	~3km:200円, 3~6km:250円 6~9km:300円, 9km~:350円
F_{ij}^{CS}	206円/15min
T_{ij}^{walk}	0min
T_{ij}^{bus}	路線ごとに決定 1:30min, 2:30min, 3:30min, 4:60min 5:60min, 6:60min, 7:30min
T_{ij}^{train}	路線ごとに決定 赤:15min, 青:15min
T_{ij}^{CS}	0min
α	24.5円/min

図-2に注目すると、CSの駐車場を導入したメッシュを中心にアクセシビリティの改善が見られる。また、駐車場から離れていても、僅かにアクセシビリティが改善されていることが確認できた。一方で、CSの影響が全くないメッシュも存在しており、駐車場配置を考慮する際の課題となると考えられる。

次に、各交通手段の利用状況の把握を行った。まずは、各交通手段を利用するODペアがどの程度存在しているかを把握すべく、各交通手段の利用率を算出した。その結果を図-3に示す。交通手段の利用率とは、例えばバスであれば、すべてのODペアに対する、バスを利用しているODペア数の割合を示している。

この結果を見ると、CSを導入することで公共交通の利用率が低下していることが見て取れる。そこで、どういったメッシュで公共交通利用が減少しているのかを把握すべく、メッシュごとに公共交通の増減を集計した。図-4はその集計結果であり、灰色はバス、電車共に利用が減少したメッシュ、青色は電車の利用は減少したが、バスの利用は増加したメッシュ、黄色はバスの利用は減少したが、電車の利用は増加したメッシュ、緑色は電車とバスの両方の利用が増加したメッシュを示している。

これを見ると、多くのメッシュで公共交通の利用が減少しているが、増加しているメッシュも存在しており、

電車の利用が増加しているのは鉄道駅の周辺に、バスの利用が増加しているのはバス停の周辺に分布していることが見て取れる。

これらの結果を踏まえて、いくつかのメッシュを抽出して結果を確認した。抽出したメッシュは、駐車場が導入されているが、アクセシビリティの改善が小さい、2行目17列目の37番。バスと電車の利用が共に大きく増加している5行目9列目の89番。駐車場が導入され、アクセシビリティの改善が大きい14行目3列目の263番の三つである。ここで着目したのは、 A_{ij} と各交通手段の利用率、交通手段の変化の三項目である。 A_{ij} に関しては、 A_i や A と比べた際に、値がかけ離れているため、 $-\ln A_{ij}$ として結果を集計し直している。交通手段の利用率は着目するメッシュを出発地としたODペアのうち、各交通手段がどのくらい利用されているかを集計している。交通手段の変化とは、各ODペアが導入前に公共交通を使っていたか、導入後にCSをどのように利用しているかという二点を軸に集計を行ったものである。CSの利用としては、CSの利用無し、公共交通のアクセスとしての利用、公共交通のイグレスとしての利用、公共交通を利用していない、CSのみの利用の四種類に分類し、集計を行っている。

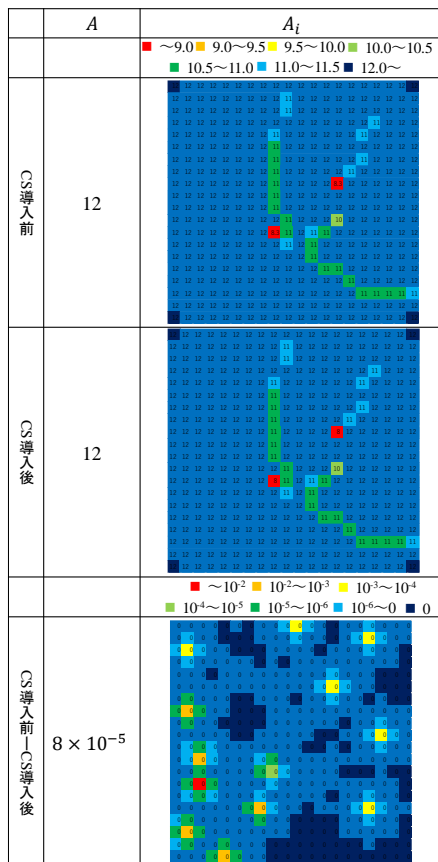


図-2 シミュレーション結果A及び A_i

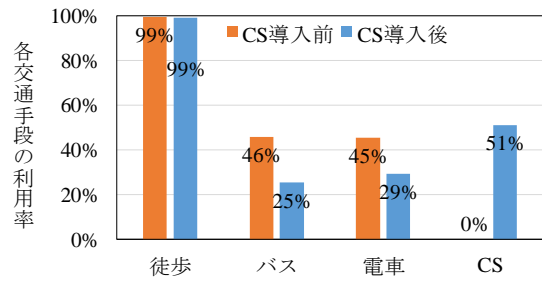
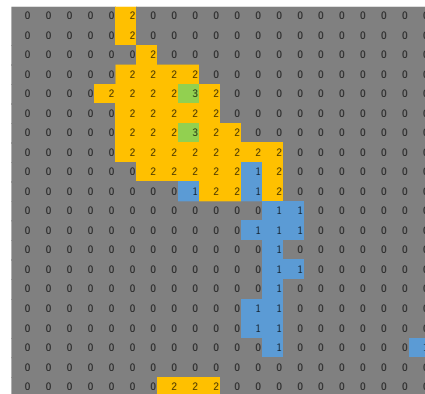


図-3 各交通手段の利用率



青：バスの増加，黄：電車の増加
緑：両方増加，灰：両方減少

図-4 交通手段の変化

まず、2行目17列目の37番の結果を図5～図7に示している。図5を見ると、広範囲でアクセシビリティが改善されており、特に、公共交通の空白地域へのアクセシビリティが飛躍的に向上していることが分かる。また、バスの沿線ではあるものの、数回の乗り換えが必要であった地域へのアクセシビリティも大きく改善していることが分かる。これは、CSが公共交通の代替手段として利用されたためであると考えられる。図6、図7を見ると、公共交通の利用は減少しており、CS利用は公共交通からCSへと転換しているものと、公共交通へのアクセス目的で利用されているものがある。なお、図7で示される交通手段の変化とはCSなしの場合に公共交通利用なし、またはありのメッシュに対して、CS導入後にどのような交通手段に変化したのかを示している。

次に5行目9列目の89番の結果を図8～図10に示す。ここは鉄道駅やバス停が存在している場所であり、元からアクセシビリティが良いため、大きな改善は見られず、空白地域へのアクセシビリティの改善が見られる程度である。しかし、各交通手段の利用率に着目すると、バス

も電車も共に利用率が増加していることが分かる。さらに、CSは公共交通のイグレス目的での利用のみ存在していることが分かる。これらのことを踏まえると、CSが公共交通利用を促進しているものと判断できる。

最後に14行目3列目の263番の結果を図11～図13に示す。図11からは、広範囲でアクセシビリティの大幅な改善が見られる。この結果は、対象としたこのメッシュが公共交通の空白地域であり、元々のアクセシビリティが悪かったことが影響していると考えられる。図12からは、元から公共交通の利用が少ないが、さらに減少しており、公共交通を利用するにもコストがかかっているであろうことが窺い知れる。図13からは、CSのみの利用がかなりの割合を占めていることが見て取れる。このことから、公共交通利用の不便さが窺える。しかし、公共交通の利用が元々見られなかったODペアにおいて、CSのアクセス利用が見られることから、一部の公共交通は、CSの導入によって利用しやすくなり、CSが公共交通の利用促進になっていることが分かる。

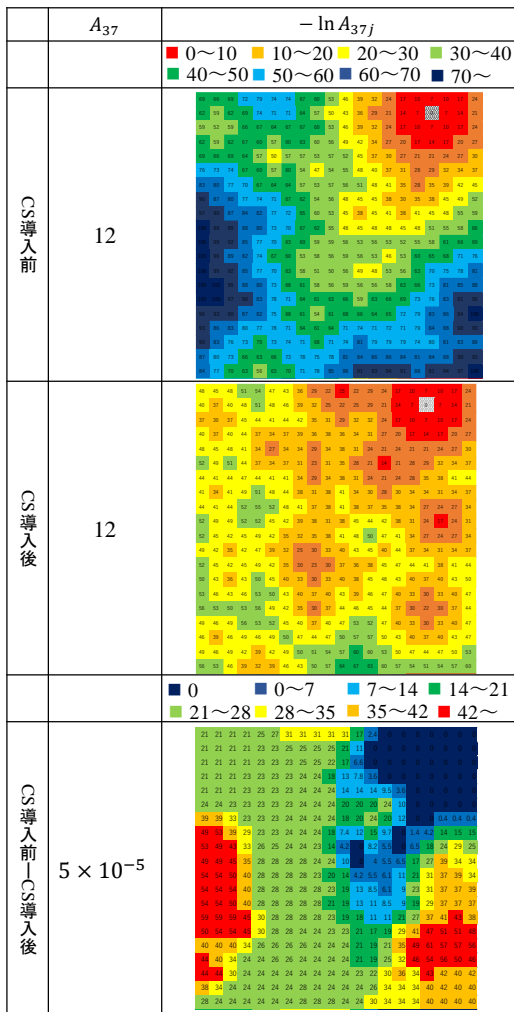


図5 シミュレーション結果- $\ln A_{37j}$

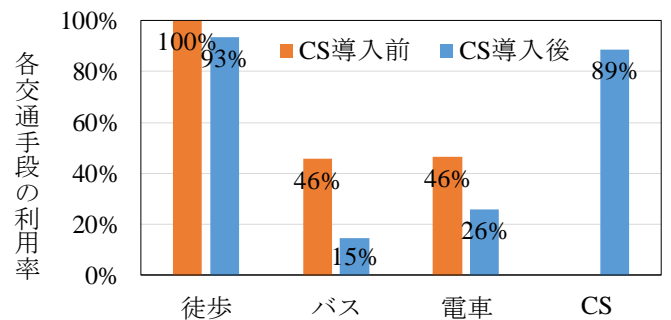


図6 各交通手段の利用率 from37

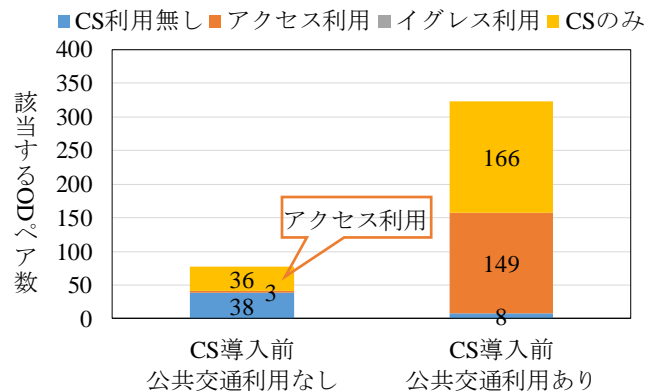


図7 CS導入後の交通手段の変化 from37

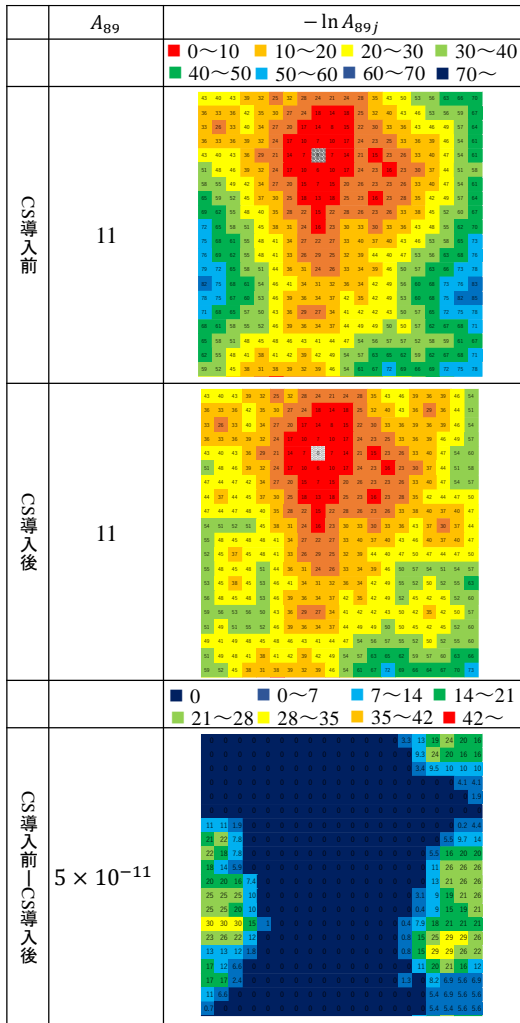


図-8 シミュレーション結果- $-\ln A_{89j}$

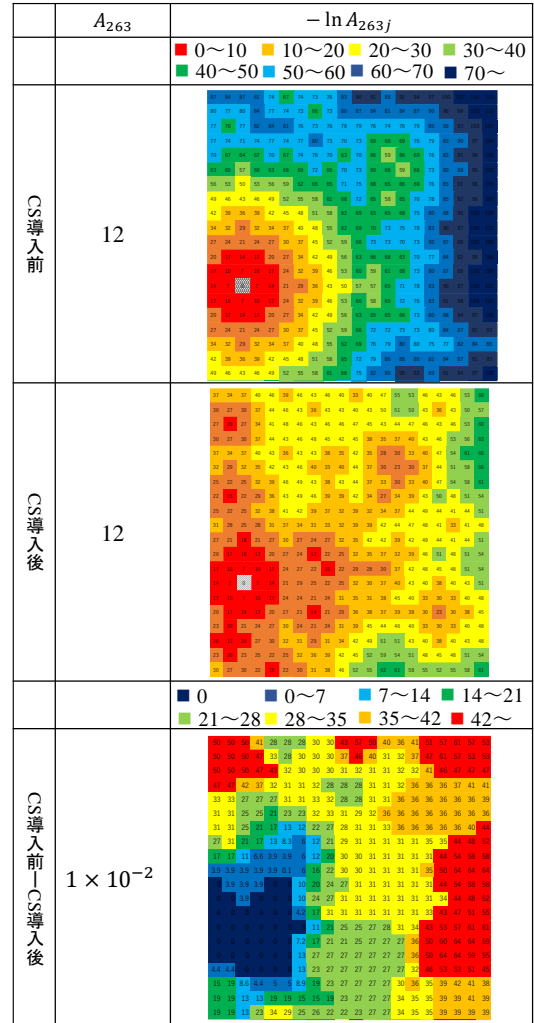


図-11 シミュレーション結果- $-\ln A_{263j}$

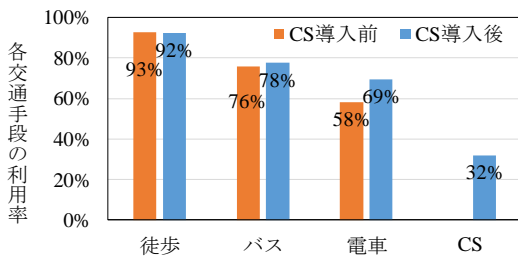


図-9 各交通手段の利用率 from 89

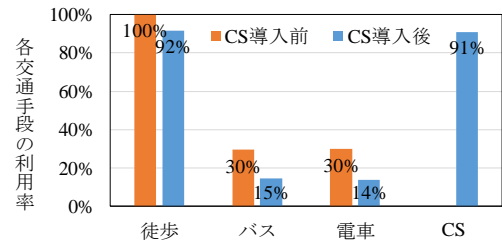


図-12 各交通手段の利用率 from 263

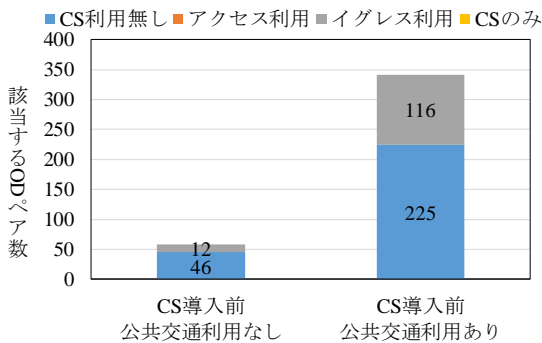


図-10 CS導入後の交通手段の変化 from 89

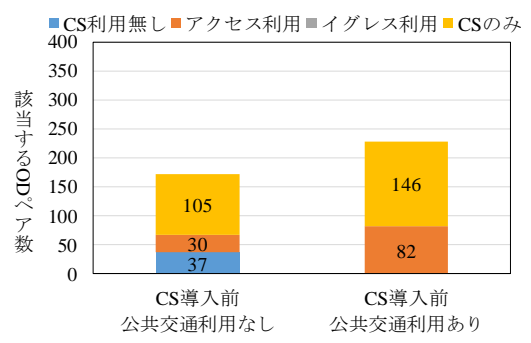


図-13 CS導入後の交通手段の変化 from 263

(5) まとめ

本節では本章で得られた結果の総括を行う。構築したアクセシビリティ指標の算出から得られた結果は以下のような点が挙げられる。

アクセシビリティの改善という観点から見れば、元からアクセシビリティが悪い公共交通の空白地域と鉄道駅やバス停を結ぶように駐車場を導入することで、大きな効果が得られる。

駐車場によって公共交通の代替、アクセス、イグレス利用による公共交通の補完等異なる役割を担っている。

全体的には公共交通の利用が少なくなっているが、公共交通の中心となっている場所においてはむしろ公共交通利用の促進となっている。

これらの結果は、CSの特徴をよく捉えており、シミュレーション、さらには、本研究で構築したアクセシビリティ指標が概ね妥当なものであると判断できる。

5. CSの平均速度の違いによる影響

(1) 本章での状況設定

本章では、CSの平均速度を変化させることでアクセシビリティの算出結果にどのような差異が生じるのかを観測する。第四章ではCSの速度として、500m/min(30km/h)を与えているが、本章ではそれに加えて300m/min(18km/h)及び、700m/min(4.2km/h)の状況下でのシミュレーションも行い、結果の比較を行う。その他の状況設定は第四章で用いたものと同じである。

(2) シミュレーション結果

(1)で説明した状況設定でシミュレーションを行った結果を以下に示していく。なお、本章でアクセシビリティの算出結果を比較する際には、CSが無い状況でのアクセシビリティと、それぞれの設定速度におけるアクセシビリティとの差の比較を行う。

図-14は、CSの速度を三段階に変化させた場合の A_i 及び、 A の変化量を示したものである。これらを見比べると、CSの速度が300m/minである時には、CSの影響が全く見られないメッシュが大幅に増加していることが分かる。また、影響がある場合でも、隣接しているメッシュの影響は小さくなっている。一方で、500m/minの時と700m/minの時を比べると、影響の範囲には大きな変化が見られない。

図-15は各速度における、 A の変化量をグラフにしたものであるが、ここでは、500m/minから700m/minに速度が上がった時に大きくアクセシビリティが向上していることが分かる。

これらの結果を合わせると、速度が小さい状態での速度変化はCSの影響範囲に変化をもたらしており、速度

が大きい状態での速度変化は影響度合いに変化をもたらしていると考えられる。

図-16はそれぞれの状況における、各交通手段の利用率を示している。

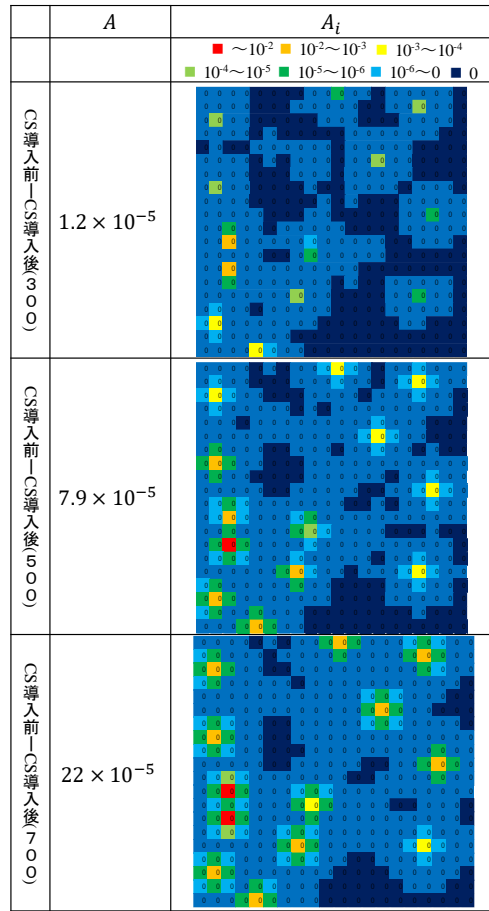


図-14 CSの速度の違いによる影響度の違い

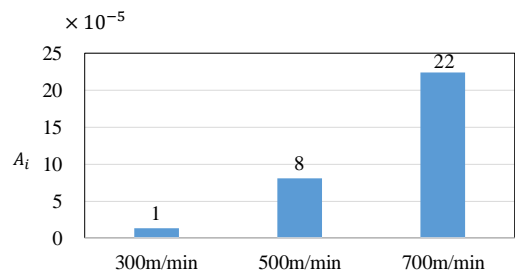


図-15 アクセシビリティの変化量

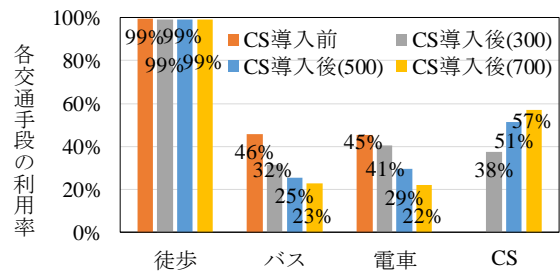


図-16 各交通手段の利用率

やはり、CS の速度が上がり、利便性が向上すると他の公共交通を利用する割合が減少していくという結果になっている。一方で CS の利用率は、500m/min と 700m/min との差よりも、300m/min と 500m/min との差が大きくなっていることから、速度が低すぎる場合は、他の公共交通よりもコストが大きくなってしまい、利用されなくなることを示していると判断できる。

(3) まとめ

本節では本章で得られた結果のまとめを行う。CS の速度が低すぎる場合はそもそも公共交通と比べても、利便性に劣り、利用されなくなってしまう可能性があり、実際、CS の影響範囲も小さくなってしまったことを示すことができた。一方で、速度が十分に確保されると、それ以降は影響範囲等への影響は小さくなり、速度上昇に伴う移動時間の減少によるアクセシビリティの向上が主な影響であると示すことができた。公共交通のうち、バスについては経路が固定されていることで交通混雑の影響を受けやすい一方で、経路が自由に選択可能な CS では混雑する経路を避けて走行することでアクセシビリティの向上につながることも可能である。

6. 結論

(1) 本研究のまとめ

本章では、本研究で得られた結果の総括を行い、本研究の課題について述べる。

本研究では運営者の観点でも利用者の観点でもなく、CS が導入地域に対してどの程度の影響を与えるかという観点から CS を評価できる指標の構築を目的とし、アクセシビリティ指標の構築を行った。

得られた結果をまとめると、公共交通機関が充実している場所と、空白地域とを結ぶように CS の駐車場を導入することでアクセシビリティを大きく改善させることができることを示した。

また、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、公共交通の利用を減少させることなく、むしろ、CS が公共交通の利用促進効果を持つことを示した。

そして、CS は公共交通の代替や補完として利用されることでアクセシビリティを向上させることができることも示した。

これらの結果は、CS に求められる役割と合致するものであり、CS の特徴もよく捉えていると考えられる。よって、この結果は、本研究で構築したアクセシビリティ指標及び、シミュレーション結果が妥当なものであることを示唆していると考えられる。

CS の速度を変化させることによる影響度の違いを見ると、速度が低すぎる場合には利便性の低さから、利用されなくなるケースが多く存在しており、CS の影響範囲が小さくなってしまったことが明らかになった。逆に、ある程度速度が大きくなると、影響範囲等には変化はなく、単純に速度が上がったことによるアクセシビリティの向上が見られた。

(2) 本研究の課題

本研究では移動時間や待ち時間は全て同等の扱いをしているため、かなりの距離を徒歩で移動している例も多くみられた。この点に関しては、徒歩や CS での移動は電車やバスとは違い、自分で歩く、もしくは運転することによる負担があると考えられる。よって、現実では時間や金額が大きくなったとしても、負担の少ない電車やバスを選択する大いにあり得るため、コストを算出する際に、長すぎる徒歩や CS での移動に対するペナルティを設けることが望ましいと考えられる。

また、CS の大きな課題として、利用の不確実性が存在する。本研究ではその点は表現できていないが、これは CS にかかなり有利な設定となっている。CS の利用不確実性が除かれれば、どの程度の効果が得られるかの試算には有効な設定であるかもしれないが、我が国の CS 利用実態を考慮すると、不確実性を表現できるような指標であることが望ましい。

最後に、本研究ではダイクストラ法を用いて最短経路を検索するという形で最小コストを求めたが、二番目、三番目にコストの少ない経路にも着目し、それらのコストを削減できているかも注目できると、CS が持つ、公共交通の代替というような側面をより評価できるような指標を構築できるため、最小コストの算出方法を見直していくことも必要になるだろう。

参考文献

- 1) 公益財団法人交通エコロジー・モビリティ財団：わが国のカーシェアリング車両台数と会員数の推移 http://www.ecomo.or.jp/environment/carshare/carshare_graph2017.3.html(最終閲覧:20170725)
- 2) 矢野晋哉, 高山光正, 仲尾謙二, 藤井聡. "カーシェアリングへの加入が交通行動に及ぼす影響分析." 土木学会論文集 D3 (土木計画学) 67.5 (2011): 67_I_611-67_I_616.
- 3) 太田裕之, 藤井聡, 西村良博, 小塚みすず "カーシェアリング加入促進手法についての実証的基礎研究." 土木学会論文集 D 64.4 (2008): 567-579.
- 4) 武内博孝, 谷内利明. "カーシェアリングにおける小型 EV 導入による CO₂ 削減効果 (スイッチング電源, 家庭向け情報通信機器のエネルギー技術, 一般)." 電子情報通信学会技術研究報告. EE, 電子通信エネルギー技術 110.65 (2010): 37-42.

- 5) Weigl, Simone, and Klaus Bogenberger. "Relocation strategies and algorithms for free-floating car sharing systems." *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine* 5.4 (2013): 100-111.
- 6) Kek, A. G., Cheu, R. L., Meng, Q., & Fung, C. H. (2009). A decision support system for vehicle relocation operations in carsharing systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 45(1), 149-158.
- 7) 若林由弥, 羽藤英二, 齊藤いつみ 需要分布に着目した乗り捨て型カーシェアリングのポート配置問題土木計画学研究・論文集 48(2013)
- 8) Kumar, Prem, and Michel Bierlaire. "Optimizing locations for a vehicle sharing system." *Swiss Transport Research Conference*. No. EPFL-CONF-195890. 2012.
- 9) 原祐輔, 羽藤英二. "乗捨て型共同利用交通システムに対する利用権取引制度の設計とその解法の提案." 土木学会論文集 D3 (土木計画学) 70.4 (2014): 198-210.
- 10) 若林由弥, 羽藤英二, 齊藤いつみ, 需要・供給の不確実性に着目した乗り捨て型カーシェアリングの最適化プライシング, 第49回土木計画学研究発表会, CDROM, 2014.
- 11) 長谷知治, 松永康司, 笹山博, 佐野透, 森田正朗, 内田忠宏, 田畑美菜子, 加藤隆重, "交通アクセシビリティ指標に関する調査研究", 国土交通政策研究第107号 (2013)
- 12) 加藤浩徳, 上田孝行, 加藤一誠, 谷下雅義, 毛利雄一, "道路交通の時間価値に関する研究", 新道路技術会議, 道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート No.21-1(2012)

(2017.7.31 受付)

Evaluating One-Way Car Sharing System By Using Accessibility

Tomoki NISHIGAKI, Jan-Dirk Schmöcker, Toshiyuki NAKAMURA,
Nobuhiro UNO, Masahiro KUWAHARA and Akira YOSHIOKA

In Japan, Car sharing system (CS) is recently spreading. We can expect CS to complement public transportation and so on. However, many studies aim at minimization of cost or maximization of benefit. There is few studies which focus on how systems are optimum for areas where include CS.

In this study, we tried to determine accessibility value for evaluating One-Way CS system from a viewpoint how accessibility change in the area. We analyzed how CS change accessibility of area using hypothetical network. As result of simulation, we showed that accessibility become high because CS is used for access and egress transportation or a substitute for public transportation. Form this result, we can think our accessibility value is valid, because this result represent the feature of CS. And we can find that low speed of CS lead to diminish of area where CS have effect.