

アクセシビリティ指標を用いたワンウェイカーシェアリングシステムの駐車場配置計画手法

Optimizing one-way car sharing station location with respect to network accessibility improvements

西垣 友貴*

Tomoki NISHIGAKI

*交通マネジメント工学講座 交通情報工学分野

1. はじめに

近年、公共交通の利便性向上等が期待され、カーシェアリングシステム(以下 CS)が注目されている。海外事例と比較すると、日本における運営状況は遅れている。日本のCS 運営の特徴として行政や他の公共交通との連携不足を指摘する声もある。こういった現状を踏まえると、まずは、他の公共交通との連携も考慮に入れた上で、CS が導入地域の利便性をどの程度向上させることができるのかを把握する必要があると考えられる。

そこで本研究では、公共交通との連携を考慮に入れた、CS による地域交通の利便性向上度を評価する指標と、この指標に基づいて地域のアクセシビリティの向上度を最大化する駐車場配置手法を提案している。

本研究では、これらの手法を提案することと、実規模のネットワークを用いた試算を通じて、CS 導入時に参考になるような知見を得ることを目的としている。

2. 評価指標の提案

本研究では移動にかかる一般化費用をそのままアクセシビリティ指標として採用しており、CS の有無で差を取ることでアクセシビリティの向上度としている。それらを定式化したものが式(1)~式(8)である。

ここで考慮している、徒歩移動の身体的抵抗とは、

$$C_{ij}^+ = \left\{ C_{ij,n}^+ \mid C_{ij,n}^+ = \sum_l \sum_m \sum_k \delta_{ij,n}^{+,k} \left(f_k \left(\frac{d_{lm}}{v^k} \right) + \alpha \frac{60}{2f_{lm}^k} + \frac{1}{\beta} F_{lm}^k \right) \right\} \quad (1)$$

$$C_{ij}^- = \left\{ C_{ij,n}^- \mid C_{ij,n}^- = \sum_l \sum_m \sum_k \delta_{ij,n}^{-,k} \left(f_k \left(\frac{d_{lm}}{v^k} \right) + \alpha \frac{60}{2f_{lm}^k} + \frac{1}{\beta} F_{lm}^k \right) \right\} \quad (2)$$

$$A_{ij}^s = \min[C_{ij}^s] \quad (3) \quad A_i^s = \overline{A_{ij}^s} \quad (4)$$

$$A^s = \overline{A_i^s} \quad (5) \quad AI_{ij} = A_{ij}^+ - A_{ij}^- \quad (6)$$

$$AI_i = \overline{AI_{ij}} \quad (7) \quad AI = \overline{AI_i} \quad (8)$$

C_{ij}^s	i 間を移動するのにかかるコストの集合	WT_{lm}^k	交通手段 k におけるリンク lm の待ち時間
s	シナリオ(+CSあり, -CS無し)	β	時間価値
$C_{ij,n}^s$	i 間をつなぐ n 番目の経路のコスト	A_{ij}^s	i 間のアクセシビリティ
k	交通手段(徒歩, バス, 電車, CS)	A_i^s	メッシュ i のアクセシビリティ
$\delta_{ij,n}^{s,k}$	リンクが経路に含まれるかのダミー変数	A^s	導入地域のアクセシビリティ
f_k	徒歩移動の身体的抵抗を表現する関数	AI_{ij}	i 間のアクセシビリティの向上度
T_{lm}^k	交通手段 k におけるリンク lm の移動時間	AI_i	メッシュ i のアクセシビリティの向上度
α	待ち時間の時間価値	AI	導入地域のアクセシビリティの向上度

徒歩移動が他の交通手段とは異なり、距離に応じて負担が大きくなることを表現するためのものである。これを含め、パラメータ等は既往の研究から引用して設定しており、 $\alpha = 2, \beta = 29.8$ としている

3. 評価指標の試算と感度分析

1) 評価指標の試算

提案している指標に基づいて CS 導入効果の試算を行った。試算に用いたネットワークの概要を図 1 に、その他諸設定を表 1 に、試算結果を表 2 に示す。

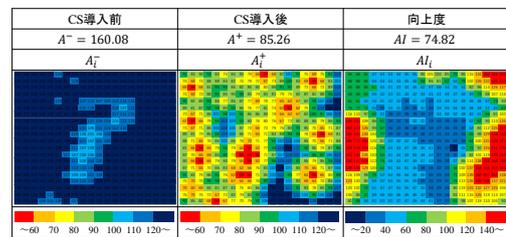
表 2 を見ると、CS が導入された場所を中心に広い範囲で効果が見受けられる。また、鉄道の空白地域であれば、バス路線が存在している場所でも導入効果が大きいことも見受けられる。これは、バスの利便性を低く設定しているためであり、利便性が低い公共交通が存在しているため、周囲のアクセシビリティをあまり向上させられないことが示唆されていると考えられる。

表 1 試算における諸設定

d_{lm}	上下左右: 1メッシュ500m 斜め: 1メッシュ500 $\sqrt{2}$ m	f_{ij}^{min}	1時間当たりの本数
μ^{walk}	70m/min(4.2km/h)	f_{ij}^{bus}	赤: 2本, 青: 2本
μ^{train}	300m/min(18km/h)	f_{ij}^{train}	∞ (待ち時間無し)
μ^{CS}	1500m/min(90km/h)	F_{ij}^{min}	0円
μ^{CS}	500m/min(30km/h)	F_{ij}^{max}	100円/1.5km
f_{ij}^{min}	∞ (待ち時間無し)	F_{ij}^{max}	~3km: 200円, 3-6km: 250円 6-9km: 300円, 9km~: 350円
f_{ij}^{max}	1時間当たりの本数	α	2 (移動時間に対して3倍の価値)
β	1: 1本, 2: 1本, 3: 1本, 4: 1本 5: 0.5本, 6: 0.5本, 7: 1本	β	29.8/min

図 1 ネットワークの概要

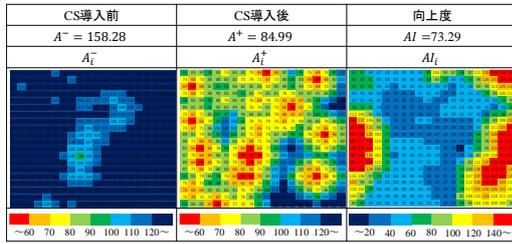
表 2 試算結果(最小コストの経路)



また、選択肢に入り得る複数の経路を考慮した場合の評価指標も提案している。これは hyperpath の理論を一部援用、拡張して算出した。詳細な数式やアルゴリズムは割愛し、ここでは結果のみを掲載する。その結果が表 3 である。これを見ると、複数の経路を考慮することにより、より良い評価になっていることが分かる。また、CS 導入

前の方が複数経路を考慮する影響が大きいことが分かるが、これについては、CSの利便性が高く、CSと公共交通が同時に選択肢に入り得ないことを示唆しているだろう。

表3 試算結果(複数経路)

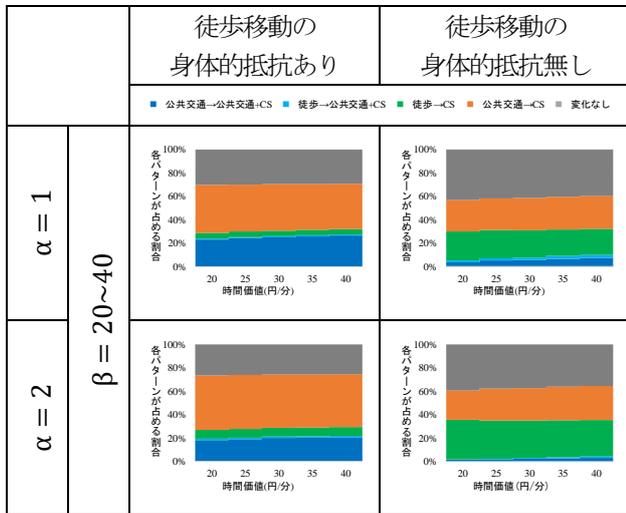


2) 感度分析

CS導入時に参考となる知見を得るために、パラメータを変化させて感度分析を行った。ここでは、交通手段に関する結果のみ掲載している。その結果を表4に示す。

この結果を見ると、徒歩の移動抵抗が無い場合、すなわち徒歩の移動コストが小さいままにCS等を利用できる場合、公共交通とCSの連携がほとんど見られないことが見受けられる。これは、CSや公共交通が高密度で徒歩のコストが小さくなると、連携が見られなくなることを示唆しているだろう。また、待ち時間の時間価値が小さい場合に連携が多く生じているが、待ち時間があるのは公共交通のみであるため、公共交通の利便性を向上させることで連携の促進につながることを示唆していると言える。

表4 各ケースにおける交通手段



4. 駐車場配置手法の提案

本研究で提案している指標に基づいて、アクセシビリティの向上度が最大になる駐車場配置の決定を試みた。目的関数を式(8)に、制約条件を式(9)に示す。

$$\max[AI] \quad (8) \quad \sum_i \delta_i^{CS} = ns \quad (9)$$

δ_i^{CS} ダミー変数 ※ ns 駐車場数
※メッシュiに駐車場があれば1

制約条件には駐車場数を採用しているが、これは、純粋にアクセシビリティの向上度を最大化できる配置を求め

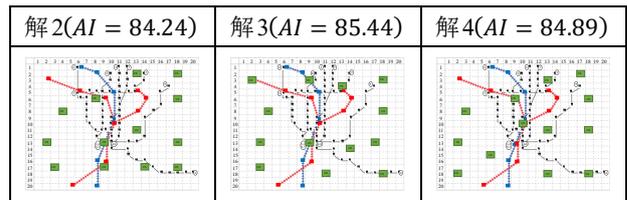
るためにはコストや採算といった金銭的な条件を含めるのは相応しくないと考えたためである。また、この問題の厳密解を求めるのは、計算コストの面で困難であるため、本研究では遺伝的アルゴリズム(以下GA)を採用している。

本研究ではGAを複数回適用して準最適解を求めるという手順を採用しているが、ここでは得られた解の内3つを掲載している。なお、解3の配置が本研究で得られた解の中で最も向上度が大きいものになっている。

この配置について、鉄道駅と隣接しており、鉄道と他の駐車場との結節点になっている駐車場に注目して確認すると、解2と解4は2つの鉄道駅との結節点が2つある代わりに、他の結節点が少ない配置となっている。一方で、解3は2つの鉄道駅との結節点が1つである代わりに、他の結節点が多い配置となっている。このことから、CSの駐車場には役割が存在しており、それらのバランスの下に準最適配置が決定されていると解釈できる。

また、解2、解4と解3では少しパターンが異なっていると言えるだろう。この結果は、この駐車場配置問題においては、同程度の効果が得られる複数の準最適解が存在していることを示唆していると言える。

表5 GAの適用結果



最後に、駐車場数に対してアクセシビリティの向上度がどのように推移するのかについての把握を試みた。その結果を図2に示す。この結果、それほど駐車場を増やさないうちから駐車場数の増加に対するアクセシビリティの向上度はかなり小さくなっていることが把握できた。

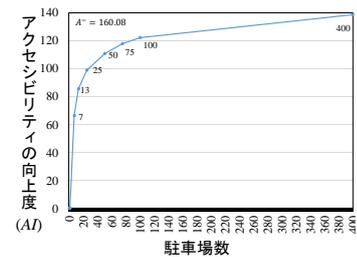


図2 駐車場数に対するアクセシビリティの向上度

5. おわりに

本研究では、公共交通との連携を考慮に入れた、CS導入による地域のアクセシビリティの向上度を評価する指標とその指標に基づいた駐車場配置手法を提案した。それらの試算の結果、CS導入に資するいくつかの知見を得ることができた。今後の課題としては、CSが利用できない可能性を考慮に入れた評価を可能にすることや金銭的な制約の下で配置を決定すること等が挙げられる。

修士論文指導教員

Jan-Dirk Schmoecker 准教授