

ワンウェイ型カーシェアリングシステムにおける最適ステーション配置の都市間比較分析

○ 熊本大学大学院 学生会員 山本真生
 学生会員 上野優太
 正会員 溝上章志

1. 研究の背景と目的

近年、欧米の都市では会員間で車両を共同利用し、乗捨て可能なワンウェイ型カーシェアリング（以後、OWCS: One-Way type Car Sharing と記す）が交通手段の一つとして浸透している。我が国においても、様々な事業者によって CS が運営されているが、OWCS はトヨタ自動車の Ha:mo RIDE のみである。

OWCS は、車両の貸出と返却が専用のステーションに限定されるステーションベース型（以後、SB 型と記す）と、対象地域内であれば路側帯や公共の駐車場に返却が可能なフリーフロート型（以後、FF 型と記す）の 2 種類に分類される。現況として、我が国においては FF 型の導入が法規制によって導入が難しい状況である。

今後、我が国でこれらの事業が様々な都市への導入にあたり、事業の収益と利便性は重要な課題であり、ステーションの配置は両者に関係する大きな要因の一つと考えられる。また、都市によって都市や交通の特性は異なるために利用のされ方も異なると考えられる。

本研究では SB 型を対象に九州圏内の 3 都市において、ステーション配置の最適化を行い、3 都市間の最適ステーション配置の比較分析を行い、都市や交通の特性による違いを明らかにすることを目的とする。

2. 分析対象都市の概要

熊本市全域を対象地域の 1 つとして設定し、熊本市より規模の大きい都市である北九州市、規模の小さい都市である久留米市の 3 都市を対象地域として設定した。北九州市、久留米市においても市内全域を対象地域としている。3 都市の人口や分担率などの基本的な情報については表-1 に示す。

3. 運用シミュレーションとステーションの最適配置計画

本研究では、SB 型の運用効率を高めるに開発済の OWCS 運用シミュレーションを組み込んだ最適ステーション配置計画を定式化し解く。運用シミュレーションの詳細については文献 1) に譲る。以下では、図-1 に示す各都市の PT 調査の現況ネットワークの全ノードをステーション候補地とし、トレードオフの関係にある予約受付率と実車率の 2 つの目的関数を最大化する最適ステーション配置計画を定式化した。

表-1 3都市の概要

	北九州	熊本	久留米
人口(人)	976,846	734,474	302,402
人口密度(人/km ²)	1,995	1,885	1,316
DID 地区人口(人)	877,833	579,318	183,547
DID 地区人口密度(人/km ²)	5,572	6,643	5,644
内々トリップ数(万)	198	140	52
生成原単位 ネット	2.89	3.14	2.88
(トリップ/日) グロス	2.25	2.78	2.75
分担率 自動車	57.8	55.3	65.4
(%) 公共交通	14.9	6.8	9.9
その他	27.3	37.9	24.7
トリップ長 平均	4.5	4.7	3.7
(km) 分散	20.55	18.52	15.91

以下では元の多目的の最適ステーション配置計画の解法として以下の最適満足化法を用い、メタヒューリスティックス解法である遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて解いた。

以下では元の多目的の最適ステーション配置計画の解法として以下の最適満足化法を用い、メタヒューリスティックス解法である遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて解いた。

$$\max_{\delta, x} \frac{\sum_t \sum_i \sum_n \sum_{pq} \delta_p x_{p_i, q_{t+pq}}^{i,n}(t)}{V} \tag{1}$$

$$s.t. \delta_p = \{0,1\} \tag{2}$$

$$x_{p_i, q_{t+pq}}^{i,n}(t) = \{0,1\} \tag{3}$$

$$\sum_i \sum_s \sum_n \delta_p x_{p_i, q_{t+pq}}^{i,n}(1) + \sum_p \delta_p a_p(1) = N \tag{4}$$

$$\delta_p a_p(t) \geq 0 \tag{5}$$

$$\delta_p C_p(t) \geq \delta_p a_p(t) \tag{6}$$

$$\delta_p a_p(t) = \delta_p a_p(t-1) - \sum_i \sum_n \sum_q \delta_p x_{p_i, q_{t-1+pq}}^{i,n}(t-1) + \sum_i \sum_n \sum_q \delta_p x_{q_i, p_{t-qp}}^{i,n}(t-qp) \tag{7}$$

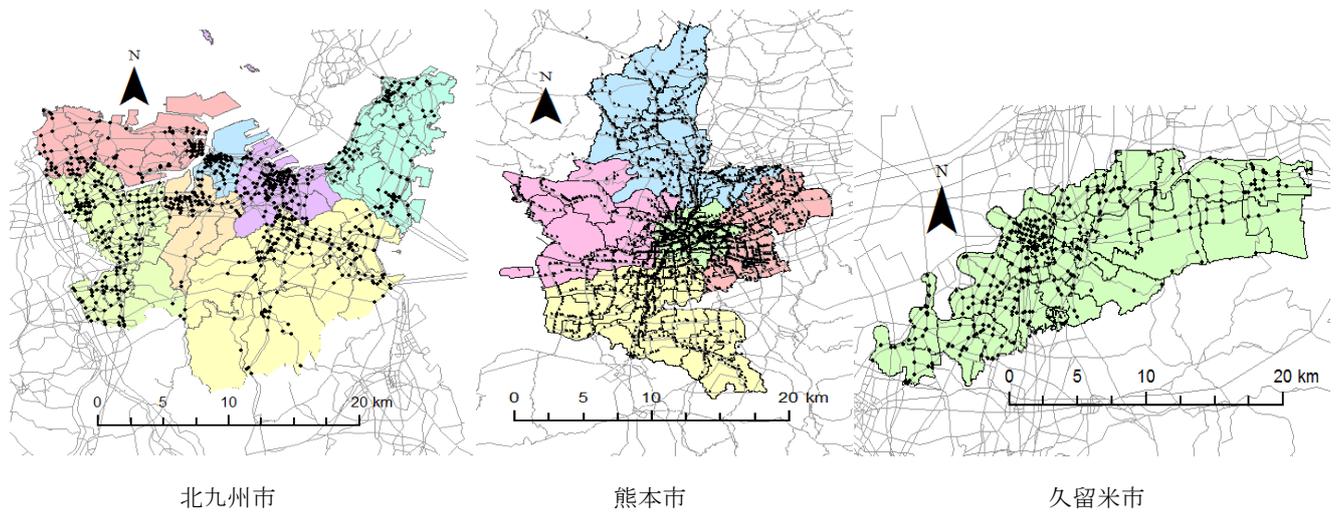


図-1 ステーション候補地とネットワーク

$$\frac{\sum_t \sum_i \sum_n \sum_{pq} \delta_p x_{p,q,t+t_{pq}}^{i,n}(t)_{pq}}{T * N} \geq 0.3 \quad (8)$$

決定変数として、候補地 p にステーションを配置するとき1、そうでないとき0の値をとる離散的な解変数 δ_p と、時刻 t から $t + t_{pq}$ の時間に個人 i が車両 n でステーション p からステーション q へ移動するとき1、そうでないとき0の値をとる離散的な状態変数 $x_{p,q,t+t_{pq}}^{i,n}$ を導入する。これらの変数を用いて以下のような最適ステーション配置計画を定式化しここで、 V は1日の利用希望トリップ数、 $a_p(t)$ は時刻 t でのステーション p に存在する車両数、 C_p はステーション p のデポ数、 S はステーション候補地集合、 N は総車両数、 t_{pq} はステーション p からステーション q までの旅行時間である。

目的関数(1)は、予約受付率(利用希望トリップの内、実際にOWCSが利用できたトリップの割合)を最大化する関数である。式(4)は $t = 1$ の初期時点での初期配置台数と移動する車両の台数は総車両数に等しいという容量制約条件である。また、式(5)はデポ p での配車数に対する非負条件、式(6)はデポに駐車スペース数以上の車両は駐車できないことを表す制約条件である。式(7)は時刻 t でのデポ p に存在する車両数は、時刻 $(t - 1)$ での車両数からデポ p から出発する車両数を引き、駐車する車両数を加えたものになる保存条件を表している。式(8)は実車率(1日の車両1台当たりの利用された時間の割合)に目標値を設定した満足化条件式である。この目標値は公共交通の運行継続するための収支基準から実

表-2 シミュレーションの基本条件

スペース	配車台数	料金(円/分)	事前予約時間
5	2	20	30 分前

車率を0.3と設定している。

ステーションのデポ数や配車台数シミュレーションの基本条件を表-2に示す。都市によって規模が異なるために同じステーション密度で比較する必要があるため、本研究では1ステーションあたりの人口を一定とした。ここでは、欧米を中心にサービスを展開しているCar2goとパリ都市圏で展開されているAutolib'を参考にして、ステーション密度の基準を3,000人/ステーションに設定し、最適ステーション配置におけるステーション数も各都市3,000人/ステーション前後になるようにしている。

4. おわりに

各都市の最適ステーション配置、最適解におけるシミュレーション分析を行っており、最適ステーション配置の都市間比較分析を行う予定である。結果と分析については発表時に説明する。

参考文献

1) 中村謙太, 溝上章志, 橋本淳也: ワンウェイ型カーシェアリングシステムの導入可能性と最適ステーション配置, 土木学会論文集 D3, Vol73, No.3, pp.135-147, 2017