MEV によるカー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

社会環境工学専攻　中村　謙太

1. はじめに

都市における新たな交通手段として乗り捨てが可能なワンウェイ型カーシェアリング（以後，OWS：One-Way type Sharing と記す）が注目を集めている．しかし，利便性が高い反面，需要の偏りにより車両が偏在するといった問題が生じている. OWS にはステーションベース型とフリーフロート型の 2 つのサービスがある．前者は専用のステーションが存在する．一方，後者は専用ステーションが存在せず，対象地域内であれば道路の路側帯に返却できるサービスである．本研究では，(1)再配車を行わないステーションベース型とフリーフロート型 OWS の運用シミュレーション分析，(2)ステーションベース型についてデポ配置の最適化を行い，効率性を高めた運用を検討することを目的とする．

2. OWS システムの運用に関するシミュレーション分析

OWS 運用シミュレータの概要については著者らの既存研究である文献 1)にあるため, ここでは省略する．熊本市中心部から東は熊本県庁，北は JR 上熊本，南は JR 平成駅，西は JR 熊本駅までの約半径 5km 圏内の 29 の熊本都市圏 PT 調査 C ゾーンを OWS システムの導入地域とし, シミュレーション分析による OWS システムの導入可能性の検討を行う. PT 調査のマスターデータから導入対象地域内に発着の両方を持つトリップを抽出し，OWS システム選択モデルを適用する潜在需要とする．これにより 151,040 のトリップが抽出された．両タイプの初期条件の設定値を表-1 に示す．基本条件のもとで 90 日間のシミュレーションを実行したときの結果を表-2 に示す. ステーションベース型 OWS では，潜在需要のうち 1,842 トリップ（約 1.2%）が，フリーフロート型 OWS では，潜在需要のうち 3,308 トリップ（約 2.2%）が OWS を利用するという結果が得られた．

表-1　基本設定

	デポ	駐車スペース	配車数（台）	総台数	料金（円/分）	予約リードタイム
ステーション型	42 箇所	5/デポ	3/デポ	126	20	30 分前まで
フリーフロート型	262 箇所	1/デポ	－	126	20	30 分前まで

表-2　基本設定での出力結果

	ステーションベース型			フリーフロート型			最適配置計画		
	平均	標準偏差	変動係数	平均	標準偏差	変動係数	平均	標準偏差	変動係数
予約受付トリップ数	1,842	70.4	0.04	3,308	142.8	0.04	1,434	55.1	0.04
予約受付率	0.56	0.02	0.03	0.32	0.01	0.05	0.62	0.02	0.04
車両不在による予約不可トリップ数	952	92.1	0.1	5,690	692.2	0.12	625	75.9	0.12
駐車不可による予約不可トリップ数	473	56.1	0.12	1,343	109.1	0.08	237	31.8	0.13
車からの転換トリップ数	442	26.2	0.06	1,239	62.1	0.05	230	17.5	0.08
徒歩からの転換トリップ数	943	40.1	0.04	1,012	50.71	0.05	854	36.8	0.04
バスからの転換トリップ数	95	10.3	0.11	188	15.3	0.08	39	5.5	0.14
使用台数	124	1.3	0.01	126	0	0	81	0.54	0.01
稼働率	0.99	0.01	0.01	1	0	0	1	0.01	0.01
実車率	0.16	0.01	0.04	0.3	0.01	0.04	0.17	0.01	0.04
利用時間(分)	28,568	1,148.8	0.04	54,224	2,118.9	0.04	18,349	838.5	0.05

3. OWS システムシミュレーションを組み込んだ最適デポ配置計画

フリーフロート型ではステーションベース型と比較し予約受付トリップ数は増加する反面，配車数制約のため予約受付率は低下するという特性がある．また，日本では路上での駐車スペースの確保が容易ではないため，フリーフロート型 OWS の導入は解決すべき課題が多い．ここでは，ステーションベース型 OWS の運用効率性を高める最適デポ配置計画問題を定式化し解く．以下のような最適デポ配置計画を定式化し，メタヒューリスティックス手法である遺伝的アルゴリズム（GA）を用いて最適化を行う．決定変数として，候補地pにデポを配置するとき 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 でデポpからデポ 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$x^{i,n}_{p_t q_{t+t_{pq}}}$を導入する．$V$は 1 日の置き換え意向のトリップ数，$a_p(t)$は時刻 t でのデポpに存在する車両数，C_p はデポpの駐車スペース数，Sはデポ候補地集合，Nは総車両数，t_{pq}はデポpからデポ q までの旅行時間である．目的関数式(1)は，第 1 項目の予約受付率，第 2 項目の実車率という 2 つの多目的関数を，αにより線形加重和したものである．これはデポ数の増加に応じて車両数が増加すると予約受付率は増加するが実車率は低くなり，デポ数の減少により車両数が減ると実車率は高くなるが予約受付率は低下するというトレードオフの関係を，多目的計画問題の解法として汎用的な線形加重和法でスカラー化したものである．駐車スペースを 5 台，各デポへの配車車両数を 3 台，目的関数のウェイトα=0.5，適応度を評価するシミュレーションの実行日数を 10 日として最適化を行った結果のデポ配置結果を図-1 に，表-2 の最右列に最適解の各種効率性指標値を比較して示す．デポは 27 箇所に削減され，総車両台数は 81 台となった．システムの規模は小さくなっているが予約受付率は高くなるとともに，実車率も高くなり，パレート改善している．中心市街地内のデポはすべて解となっている上，郊外部でも熊本駅，平成駅，新水前寺駅周辺のデポは解となっており，公共交通機関との結節ポイントが解になることがわかった．

$$\max_{\delta,x} \alpha\left(\frac{\sum_t^T\sum_i^I\sum_n^N\sum_{pq}^S \delta_p x^{i,n}_{p_t q_{t+t_{pq}}}(t)}{V}\right)+(1-\alpha)\left(\frac{\sum_t^T\sum_i^I\sum_n^N\sum_{pq}^S \delta_p x^{i,n}_{p_t q_{t+t_{pq}}}(t)t_{pq}}{T*N}\right) \quad (1)$$

$$s.t.\quad \delta_p=\{0,1\} \quad (2)$$

$$x^{i,n}_{p_t q_{t+t_{pq}}}(t)=\{0,1\} \quad (3)$$

$$\sum_i^I\sum_s^S\sum_n^N \delta_p x^{i,n}_{p_t q_{t+t_{pq}}}(1)+\sum_p^S \delta_p a_p(1)=N \quad (4)$$

$$\delta_p a_p(t)\geq 0 \quad (5)$$

$$\delta_p C_p(t)\geq \delta_p a_p(t) \quad (6)$$

$$\delta_p a_p(t)=\delta_p a_p(t-1)-\sum_i^I\sum_n^N\sum_q^S \delta_p x^{i,n}_{p_{t-1}q_{t-1+t_{pq}}}(t-1)+\sum_i^I\sum_n^N\sum_q^S \delta_p x^{i,n}_{q_{t-t_{qp}}p_t}(t-t_{qp}) \quad (7)$$

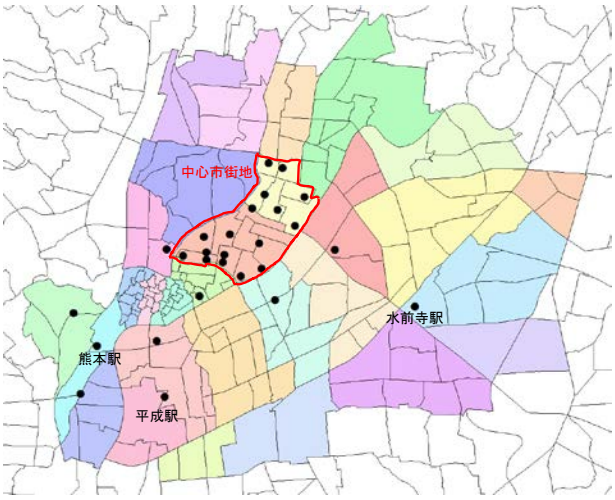

図-1　最適解のデポ配置

4. おわりに

本研究では，ステーションベース型，フリーフロート型 OWS の運用シミュレーション分析を行い，ステーションベース型についてデポ配置の最適化を行い，効率性を高めた運用を検討することができた．

参考文献

1)　中村謙太，溝上章志，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,vol70,No.5,2016