

## 車両間の自動交渉に基づく駐車場の利用権割り当てメカニズム

徳田 渉† 金森 亮†† 伊藤 孝行†††

†名古屋工業大学大学院情報工学専攻 ††名古屋大学未来社会創造機構

†††名古屋工業大学大学院産業戦略工学専攻

### 1 はじめに

本研究では駐車場予約システムの導入を想定し、事前に駐車場と車両との間で交渉を行うことにより利用駐車場を割り当てるメカニズムを提案する。

ドライバーは目的地付近で車両を駐車するため、第一希望の駐車場から順に駐車可能であるかを確認する。ドライバーは駐車場関連の情報提供をもとに駐車場を選択することが可能であるが、数分後に駐車場へ到着した際には駐車場がすでに満車になっている場合があり、うろつき運転が問題となっている。また、世界各国の大都市で駐車場の空きを探すための移動時間の浪費が問題となっており、多くの車両がうろつき運転を行うことにより混雑が発生することが示されている [1]。

そこで、駐車場情報と車両情報をもとに駐車場の混雑状況を予測し、駐車場と車両との間で駐車場の利用に対する交渉を行う。交渉により各車両は目的地に最も近い駐車場など、選好に適した駐車場に割り当てられる。また、エージェントを用いたシミュレーションにより、車両の総所要時間の評価を行う。

Di Nocera ら [2] は、本研究と同様にマルチエージェントの技術を用いて、車両エージェントと駐車場エージェント同士で駐車場の割当に関して交渉を行っている。本研究とは異なり、多属性効用理論に基づいた効用関数により、駐車場エージェントと車両エージェントが互いの要求に対して承諾または拒否を決定する。また、Chou ら [3] も同様にエージェントを用いている。ドライバーの需要と駐車場の供給を整合させることを目的としており、駐車場の料金や距離に対する車両の効用値を考慮して交渉を行っている。

本論文では、第2章でシミュレーションのための設定環境について示し、第3章で本研究で提案する自動交渉に基づく駐車場の利用割当メカニズムについて説明する。第4章でシミュレーション実験について示し、第5章で本研究のまとめを行う。

### 2 目的の交通環境の概要

#### 2.1 想定するエージェント

本研究では、実環境の車両、駐車場、およびデータセンターをそれぞれ車両エージェント、駐車場エージェント、管理エージェントとして扱う。

車両エージェントは独自に出発地、目的地、駐車場の許容範囲、および駐車時間を持つ。各車両エージェントは出発時に管理エージェントに自分の持っている

情報を送信する。管理エージェントは受け取った情報から車両エージェントに選択すべき駐車場を決定する。

駐車場エージェントは独自に駐車料金と駐車台数を持ち、管理エージェントの要求に従って情報を送信する。各駐車エージェントは車両エージェントが到着した際に自分の駐車可能台数を更新する。また、駐車している車両エージェントの駐車時間の記録を行う。

管理エージェントは車両エージェントと駐車エージェントの情報の収集、提供、および管理を行う。また、車両エージェントから要求があれば、経路探索を行い発見された経路を車両エージェントに提供する。

#### 2.2 車両の経路選択と駐車行動

車両が駐車場へ向かい目的地へ到着するまでの行動として、目的の駐車場が混雑していると判断した際に、各車両は駐車所に空きが発生するのを待つ行動、または別の駐車場へ向かう行動をとると想定する。車両エージェントが別の駐車場へ向かう場合、目的の駐車場の代替として車両の目的地から最も距離が近く、空きが存在する駐車場が割り当てられる。また、代替の駐車場の割当の際に、割当対象となる車両エージェントが一度訪れた駐車場は候補から除外される。目的の駐車場を変更した車両エージェントは、現在地から駐車場までの経路、および駐車場から目的地までの経路をそれぞれ探索する。経路探索は経路の所要時間をコストとして設定した上で行われ、最短経路を導く。

車両が目的とする駐車場、車両が一度訪れたことのある駐車場の情報は、車両が情報を自動的に送信し、車両の情報を収集・提供するデータセンターが受信すると想定する。

### 3 自動交渉に基づく駐車場の利用割当

管理エージェントが、将来的に駐車場エージェントの駐車可能台数がなくなると判断した、車両エージェントと駐車場エージェントの間で駐車場の利用に関して交渉が行われる。管理エージェントは条件  $s_i - n_i < 0$  を満たしている場合、車両エージェントと駐車場エージェントに交渉を行わせる。 $s_i$  は駐車場エージェント  $i$  の駐車可能台数、 $n_i$  は駐車場  $i$  を目指している車両エージェント数を示す。

交渉を行う前に、交渉成立時に車両エージェントが目指す代替の駐車場を決定する必要がある。全駐車場から、車両エージェントが一度訪れたことのある駐車場と車両エージェントの駐車場の許容範囲から外れている駐車場を除いた駐車場が、代替の駐車場の候補となる。そして、候補中で最も車両エージェントの目的地と距離が近い駐車場が代替として選択される。代替候補がない場合は交渉は行われない。

交渉時には多項ロジットモデル [4] に基づいて各車両の駐車場に対する効用を考慮する。交渉が成立する

Assignment Mechanism for Usage of Parking Lot based on Automatic Negotiation between Vehicles

Sho Tokuda Ryo Kanamori Takayuki Ito

†Department of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering Nagoya Institute of Technology

††Institute of Innovation for Future Society, Nagoya University

†††School of Techno-Business Administration, Graduate School of Engineering Nagoya Institute of Technology

確率を式 (1) に示す .

$$P_{i,j} = \frac{\exp(U_{k,j})}{\exp(U_{k,j}) + \exp(U_{i,j})} \quad (1)$$

$P_{i,j}$  は駐車場エージェント  $i$  と車両エージェント  $j$  との交渉が成立する確率を示す . また ,  $U_{i,j}$  と  $U_{k,j}$  はそれぞれ車両エージェント  $j$  の駐車場エージェント  $i$  に対する効用関数と代替の駐車場として選択された駐車場エージェント  $k$  に対する効用関数を示す .

## 4 シミュレーションによる評価実験

### 4.1 実験設定

実験では交渉による車両の駐車場探索時間の変化について評価を行う . 各エージェントの動態を再現するためのシミュレーターとして SUMO\* を用いる . また , 本実験で使用するネットワークを図 1 に示す . 図 1 は Open Street Map から得られた名古屋市の都心部の地図データをもとに , SUMO によって構成された . ネットワーク中には駐車場が 12 カ所あり , 合計 450 台の車両エージェントを 10 秒に 1 台の間隔で作成し投入する .

各車両エージェントの出発地と目的地は図 1 の起終点からランダムに選択される . また , 駐車場の許容範囲は 200m , 400m , および 600m , 駐車時間は 10 分 , 30 分 , および 60 分の中から決定される . 各駐車場エージェントの駐車料金は 300 円/時 , 400 円/時 , または 500 円/時 , 駐車台数は 5 台または 10 台が選択される . 両エージェントともに , 各情報の組を持つエージェントが同数になるよう作成される .

任意の駐車場に対して各車両エージェントが持つ効用関数を式 (2) のように設定する .

$$U_{i,j} = \beta_1 u_{i,j}^1 + \beta_2 u_{i,j}^2 + \beta_3 u_{i,j}^3 + \beta_4 u_{i,j}^4 \quad (2)$$

$u_{i,j}^1$  は駐車場  $i$  の駐車料金 ,  $u_{i,j}^2$  は駐車場  $i$  と車両エージェント  $j$  の目的地の距離 ,  $u_{i,j}^3$  は駐車場  $i$  を目指す車両エージェント数 ,  $u_{i,j}^4$  は駐車場  $i$  の駐車台数を示す . また ,  $\beta_n (n = 1, 2, 3, 4)$  はパラメータであり , 本実験では  $\beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = -0.1$  ,  $\beta_4 = 0.1$  とする .

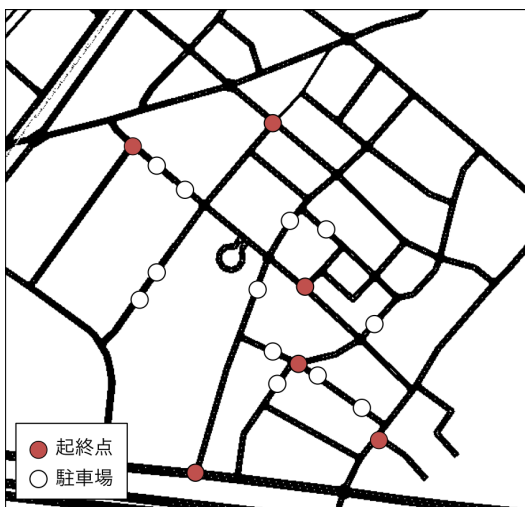


図 1: 本実験で使用するネットワーク

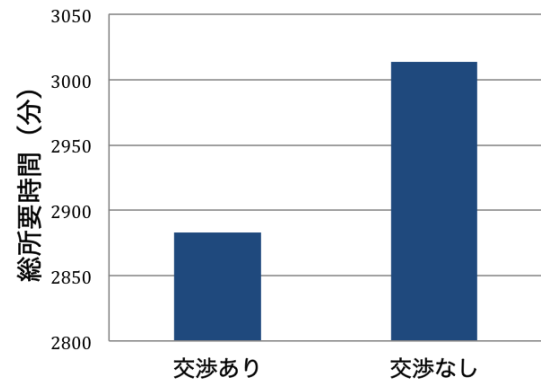


図 2: 交渉の有無による総所要時間の比較

### 4.2 実験結果

本実験では , 車両と駐車場の間の交渉の有無により場合分けを行い , 各車両の所要時間の合計値についてそれぞれの結果を比較する . 交渉の有無に関する比較結果を図 2 に示す . 図 2 の縦軸は総所要時間を示し , グラフの左側は交渉を行った場合の結果 , 右側は交渉を行わなかった場合の結果を表す . また , 両結果の総所要時間の差は約 130 分であった . 実験結果から , 交渉による駐車場の利用割当メカニズムの導入により , 駐車場の利用割当を効率良く行うことができ , また , 各車両の駐車場探索時間の削減を実現できることがわかった .

## 5 まとめ

本研究では , 駐車場と車両間の交渉に基づく駐車場の利用割当メカニズムを提案した . 提案手法では , 車両の嗜好を考慮して車両エージェントが目指す駐車場に対し交渉を行うことにより , 駐車場の空きスペースを無駄なく利用することを目的とした . シミュレーションにより自動交渉による駐車場の利用割当メカニズムの導入効果を検証するため , 各車両の総所要時間について評価を行った結果 , 交渉により駐車場の利用割当を効率良く行うことが可能であるとわかった . 本研究では , 車両の効用関数の各パラメータを簡易的に設定したが , パラメータ推定を行い適切にパラメータを設定することが今後の課題である .

### 参考文献

- [1] Polycarpou, E., Lambrinos, L., and Protopapadakis, E.: Smart parking solutions for urban areas, International Symposium on "A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks" (WoWMoM), pp.1-6, 2013.
- [2] Di Nocera, D., Di Napoli, C., and Rossi, S.: A Social-Aware Smart Parking Application, Proceedings of the 15th Workshop "From Objects to Agents", vol.1260, 2014.
- [3] Chou, S., Lin, W., Li, C.: Dynamic parking negotiation and guidance using an Agent-based platform, Expert Systems with Applications: An International Journal, vol.35, no.3, pp.805-817, 2008.
- [4] Ben-Akiva, M., Lerman, S.R.: Discrete choice analysis: theory and application to travel demand, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1985.

\*Simulation of Urban MObility: <http://www.dlr.de/ts/sumo/>