

路車間通信を用いた駐車場システムの有効性に関する研究

大澤 孝直

指導教員：井手口 哲夫

1 はじめに

近年、VICS、ETC、DSSSをはじめとする ITS 技術の普及により、一般・高速道路の高度化がなされてきた。その一方で、道路との結節点であり、交通社会において重要な場所のひとつである駐車場は一般・高速道路に比べ高度化がなされているとは言いがたい。現状の駐車場はさまざまな課題を抱えており、駐車場内の混雑はその一例である。駐車場内の混雑は、空き駐車スペースを探索するための時間の浪費、駐車場周辺道路の渋滞等の問題をもたらし、最終的には環境問題や経済活動の阻害といった大きな問題となる。

そこで、本研究では、駐車場内における混雑の解消と車両が駐車場に入ってから駐車するまでの時間の短縮を主な目的とする駐車場システムの提案を行い、マルチエージェントシミュレーションにより提案システムの有効性を検討する。

2 関連研究

Tanら [1] は低コストのセンサを用いることで、駐車場全体のコストを軽減させるシステムを提案している。駐車場内に無線センサネットワークを用いることで、リアルタイムに駐車場の空車状況の情報を取得し、個々のドライバーにそれぞれ違った空き駐車スペース情報を提供するシステムである。Luら [2] は車車間通信・路車間通信技術を用いた駐車場ナビゲーションシステムを提案している。この方式では、ドライバーは車車間通信、路車間通信を用いて空車の駐車スペース情報を車載器を通じて得る。入場してくる車両ごとに異なる空き駐車スペースの情報を与え、ナビゲーションを行う。

関連研究で挙げた駐車場システムは駐車場の混雑率やドライバーの満足度を考慮していない。そのため、利己的な駐車が行われる可能性が高くなったり、空車状態であるのに指定された駐車場所に駐車する必要があるなどの課題が存在する。また、車載器普及率についての検討がされておらず、実際にどのくらいの有効性があるのか検討されていない。そこで、本研究では、駐車場の混雑率やドライバーの満足度を考慮した駐車場システムを提案するとともに、車載器普及率を考慮した場合の有効性についても検討する。

3 提案システムの概要

提案する駐車場システムでは、主に 3 つの機能を提供する。

1. 駐車場関連情報の提供
2. 駐車場占有率を考慮したシステム切り替え機能
3. ドライバーの満足度を考慮した駐車スペースの割り当て機能

駐車場関連情報の提供では、カーナビや DSRC などの無線通信機能を有する車載器を利用することで駐車場関連情報を受信できるようにする。ドライバーは中央管理サーバーから路側機（入り口ゲートや AP）を通じて駐車場の地図情報と空き駐車スペース情報を提供してもらう。そして、ドライバーは路側機から提供された地図情報と空き駐車スペース情報に基づき、指定

された空き駐車スペースまでナビゲーションを受ける。

駐車場占有率を考慮したシステム切り替え機能では、駐車場の占有率に応じてシステムの動作を切り替える。通常、ドライバーは空車状態の駐車場において指定された駐車スペースに止めるという制約を受けることは好ましく思わない。そこで、駐車場が空車状態のときは通常の ETC 機能を有する駐車場として動作させる。一方、満車状態の駐車場において、空き駐車スペースを探索し、時間を浪費することにドライバーはストレスを感じやすい。そこで、満車時は駐車場の空きスペース情報を提供する代わりに、指定した駐車スペースに駐車してもらう。この切り替え制御では、切り替えポイントとして閾値を設定する。本研究ではこの切り替えポイントである閾値を T とし、適切な閾値 T をシミュレーションによって検討する。

ドライバーの満足度の考慮では、車両が入庫した際にシステムは可能な限りエントランスまでの距離が近く、入庫難易度の低い空き駐車スペースから提供する。

3.1 想定する ITS 車載器

今回各車両に備わっている ITS 車載器は DSRC 部とカーナビゲーションシステム部からなるものを想定している。図 1 に ITS 車載器機能構成ブロック図の例を示す。

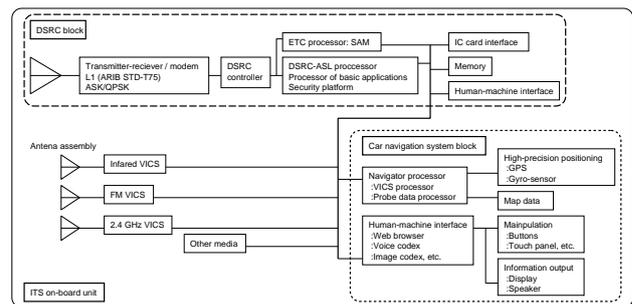


図 1 ITS 車載器機能構成ブロック図の一例

4 評価方法とシミュレーション条件

提案システムの評価方法は、車両が駐車場に入ってから駐車するまでの時間をシステムの有無で比較する。また、車載器を持つ車両と持たない車両が混在する場合についてもシミュレーションを行う。本研究で使用する駐車場は愛・地球博記念公園の北駐車場の一部を模擬したものとす。愛・地球博記念公園の北駐車場の一部を図 2、図 3 に示す。この駐車場をシミュレータ上では図 4 のように模擬する。駐車場で主に模擬する要素としては、駐車場の形状、駐車場内の交通ルール（一方通行）等である。図 4 における矢印は駐車場内における一方通行を示している。ただし、今回使用するシミュレータ上では駐車場内の曲がり道が実装困難であるため、駐車場の曲がり道を直線の道路に置き換えている。図 4 のエントランスと示してある部分は人気が集まるエリアであることを表す。店内までの入口が近い、駐車しやすい、目的の施設に近いなど、さまざまな理由で駐車場の特定部分に人気が集まるようなエリアを想定している。

シミュレーション条件を表 1 に示す。ドライバーモデルは最適速度モデル (Optimal Velocity Model)[3] を利用する。(ドライバーモデルを利用することで、車両の速度は一定とならず、

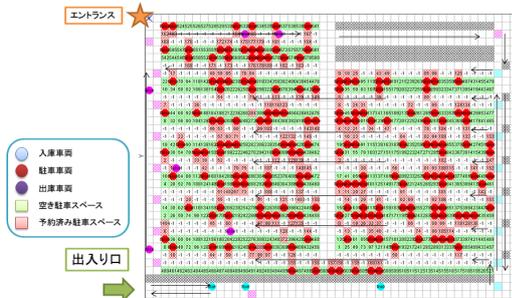
図 2 愛・地球博記念公園の北
駐車場の一部 (1)図 3 愛・地球博記念公園の北
駐車場の一部 (2)

図 4 シミュレータ上で模擬した駐車場

常に前方車両等を考慮して変動する。) 平均車両入庫率と平均車両出庫率は混雑が発生する時間帯を想定し、それぞれ 4, 0.5 [vehicle/minutes] とする (車両の入庫・出庫時間間隔は指数分布に従うものとする)。出入口ゲートの数は愛・地球博記念公園の形状を参考にし、それぞれ 1 つとする。また、出入口ゲートサービス率は入場の際に大きな影響を及ぼすことはないと考え、ここでは ∞ [vehicle/minutes] としている。その他のシミュレーション条件を以下に示す。

- 駐車場が満車の場合は車両の入庫規制を行う
- 各車両の位置は正確に把握できるものとする
- 駐車に要する時間は考慮しない
- 各車両にはカーナビや DSRC 機器が搭載され、駐車場から駐車案内を表示する機能が備わっているものとする
- 駐車場内の障害物 (歩行者) 等は考慮しない
- 各機器の通信遅延・損失・エラーなどは考慮せず、理想的な通信ができると仮定する

表 1 シミュレーション条件

駐車可能台数	582 台
駐車場内の制限速度	20 km/h
ドライバーモデル	OVM(最適速度モデル)
車両サイズ	5 m
初期駐車場占有率	50 %
平均車両入庫率	4 vehicle/minutes
平均車両出庫率	0.5 vehicle/minutes
出入口ゲートサービス率	∞ vehicle/minutes
出入口ゲート数	1
1 STEP	100 ms
ドライバーの視野	半径 20 m
シミュレータ	artisoc[4]

5 シミュレーション結果

平均探索時間と車両占有率について説明する。平均探索時間 (Average Search Time) とは、車両が駐車場内に入ってから駐

車するまでの時間と定義する。また、占有率 (Occupancy Rate) は駐車場内の車両占有率である。

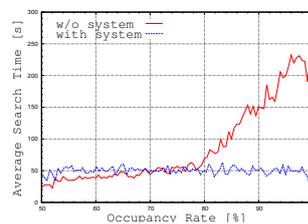
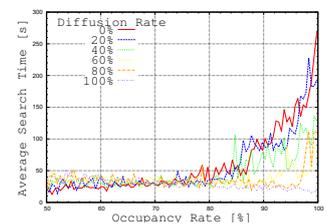
5.1 すべての車両が通信機能を有する場合

図 5 は、占有率に対する平均探索時間を比較したものであり、駐車場の占有率が $X\%$ のときに入庫した車両が駐車を完了するまでにどのくらいの時間がかかるかを表している。システムを利用しない場合は 80~90% 辺りから平均探索時間が急激に上昇しているのに対し、システムを利用した場合は平均探索時間が横ばいになっていることが確認できる。また、この図からシステムの切り替え制御の閾値は 80~90% 付近に設定することで効果が得られると考えられる。つまり、駐車場の占有率が 85% 以下のときは、通常の ETC 機能付きの駐車場として動作させ、占有率が 85% より大きいときは空きスペース提供型 ETC 駐車場システムとして動作させることが望ましいと思われる。

5.2 通信機能を持つ車両と持たない車両が混在する場合

通信機能を持つ車両の割合 (以下、車載器普及率) を 0, 20, ~, 100% とし、シミュレーションを行ったものを図 6 に示す。

図 6 から車載器普及率が大きくなるにつれて、平均探索時間が全体的に短くなっていることが確認できる。車載器普及率が 40% 以上のとき、システムを利用することで、システムを利用しない場合 (車載器普及率 0% のとき) に比べて、平均探索時間を半分程度に削減できることが確認できる。今日の ETC やカーナビの普及率がすでに 40% 以上になっていることを考慮すると、システムを導入することでシステムの恩恵を十分に受けることができると考えられる。また、それに伴い、駐車にかかる時間や駐車場内の混雑の解消が期待できる。

図 5 占有率に対する平均探索
時間の比較図 6 普及率を考慮した占有率
に対する平均探索時間の比較

6 おわりに

本研究では、駐車場内における混雑の解消と車両が駐車場内に入ってから駐車するまでの時間の短縮を主な目的とする駐車場システムの提案を行い、提案システムの有効性を評価するためシミュレーションを行った。提案システムを導入することで、車載器普及率が 100% を満たさなくとも、40% 以上存在すれば平均探索時間が半分程度削減できることわかった。今日の車載器普及率が 40% 以上であることを考慮すると、十分にシステムの恩恵を得ることできると考えられる。

参考文献

- [1] Tang, V., Zheng, Y. and Cao, J.: An intelligent car park management system based on wireless sensor networks, in *Pervasive Computing and Applications, 2006 1st International Symposium on*, pp. 65-70IEEE (2006).
- [2] Lu, R., Lin, X., Zhu, H. and Shen, X.: An Intelligent Secure and Privacy-Preserving Parking Scheme Through Vehicular Communications, *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, Vol. 59, No. 6, pp. 2772-2785 (2010).
- [3] Bando, M., Hasebe, K., Nakayama, A., Shibata, A. and Sugiyama, Y.: Dynamical model of traffic congestion and numerical simulation, *Physical Review E*, Vol. 51, pp. 1035-1042 (1995).
- [4] Artisoc2.6 Mas コミュニティ, <http://mas.kke.co.jp/>.