

駐車場利用データに基づく オークション型駐車場予約システムのシミュレーション評価

橋本 創^{1,a)} 金森 亮^{2,3,b)} 伊藤 孝行^{2,3,4,c)}

概要：駐車場探しのためのうろつき、入庫待ちにより渋滞が発生しドライバーの時間的損失が発生している。一方、電気自動車の普及に伴い、電気自動車と電力系統の間で電力融通を行う Vehicle-to-Grid (V2G) という手法が提案され、注目を集めている。以上のことから、本研究では駐車場での電気のやり取りを通り入れた駐車場予約システムの提案を行う。また、提案システムの評価を行うため、駐車場利用データを解析し、解析結果に基づいてシミュレーションを実行した。

1. はじめに

情報通信技術 (Information and Communication Technology : ICT) の発展に伴い、カーナビゲーションやモバイル端末が普及している。車中においても情報の送受信が可能になり、ICT を利用した高度交通システムを用いて、交通問題の解決が期待されている。高度交通システムの一つに駐車場予約システムがあり、駐車場探しのためのうろつき、入庫待ち、及び路上駐車の問題が期待されており、駐車場経営者にとっても、需要の事前把握というメリットがある。特に空港では駐車場予約システムの導入が進んでおり、一般の駐車場においても、軒先パーキングという会員制の駐車場予約サービスが始まっている。一方、環境配慮型の次世代の低炭素都市のモデルとしてスマートコミュニティが提案されており、スマートコミュニティでの、エネルギーマネジメント手法の一つとして、電気自動車と電力系統とで、双方向の充放電を可能にし、住宅と事業所との異なる電力需要を調整する Vehicle-to-Grid (V2G) という手法が提案され、注目を集めている。V2G により、再生可能エネルギーの安定化、電力消費の平準化が期待されており、電気自動車の保有者は、V2G に参加し報酬を獲得することができる。そして、V2G での電力融通を行う場として、駐車場やコンビニエンスストアが注目されている。

以上のことから、本研究では駐車場での電気のやり取り

を取り入れた駐車場予約システムの提案を行う。提案する駐車場予約システムでは、オークションによって駐車スペースへの割当及び駐車料金の決定を行っている。オークションを用いることで、支払意思額の高い利用者に駐車スペースを割り当てることができ、駐車場収入の増加が期待できる。また、今後、V2G において、駐車場が電力融通の場として重要になってくることから、電気自動車の保有者は、駐車場に対して、電気を売却できると設定した。さらに、シミュレーションにより、複数の駐車場経営戦略を比較し、駐車場収入を増加させるために有効な駐車場経営戦略を検討した。実際の駐車場利用データに基づいたシミュレーションを行っており、駐車場経営戦略を変更した場合の駐車場の需要の変化についても考慮している。

2. 関連研究

浅野 [1] の研究では、公共駐車場の稼働率の低さによる収益の低さを問題としており、駐車場の料金を混雑具合によって変更することで、収益を改善することを提案している。具体的には、駐車場が混雑している時間帯には、駐車料金を高くし、駐車場が空いている時間帯には、駐車料金を安く設定することで、収益の改善を図っている。さらに、公共駐車場の例として、約 640 台が収容可能な福井県立病院の駐車場を対象としてシミュレーションを行っており、提案手法の有効性を示している。ただし、病院の駐車場という性質のため、来院者とそれ以外の利用者で区別を行い、動的な料金設定の適用は来院者以外の利用者のみとしている。一方、本研究では、民間の時間貸しの駐車場を対象としており、利用者の区別を行っていない。

久保田ら [2] の研究では、白川郷という観光地に駐車場

¹ 名古屋工業大学大学院工学研究科創成シミュレーション工学専攻

² 名古屋工業大学大学院工学研究科産業戦略工学専攻

³ 名古屋工業大学 グリーン・コンピューティング研究所

⁴ 東京大学政策ビジョン研究センター

a) hashimoto@itolab.nitech.ac.jp

b) kanamori.ryo@nitech.ac.jp

c) ito.takayuki@nitech.ac.jp

予約システムを導入し、需要の分散、ピークカット、及び駐車場探しのためのうろつき抑制をはかっている。久保田らが提案する予約システムは、主にインターネットを利用して駐車場の管理及び予約を行うシステムである。実際にシステムを導入し評価を行っており、駐車場予約システムにより、ピーク時の交通コントロールの可能性が示され、利用者からの駐車場予約システムへの高い評価を得ている。久保田らの研究では、観光地での駐車場を対象にしており、長い距離を走ったあと、長い時間駐車するという特定の駐車行動のパターンが考えられる。本研究では、一般の時間貸し駐車場の利用者を対象としているため、より幅広い駐車行動が存在する。また、駐車場予約システムの導入による、交通状況の改善に主眼がおかれており、駐車場収入という点については触れられていない。

倉内 [3] の研究では、駐車場の入庫待ちや駐車場探しのためのうろつきによる、渋滞の発生などの交通状況の悪化を抑制するために、駐車場案内システム及び駐車場予約システムを導入し、交通シミュレーションを行い、交通流への影響を検証している。駐車場案内システムにより、運転手が駐車場の混雑状況を把握し、駐車場利用の平準化が期待できる。また、駐車場予約システムにより、駐車場探しのうろつきや入庫待ちの抑制が期待できる。文献 [3] では、アンケートを用いて、運転手の行動パターンをモデル化し、そのモデルをもとに、駐車場案内システム及び駐車場予約システムが導入された状態での、シミュレーションを行い、システムが交通流に与える影響について評価しており、駐車場案内システム及び駐車場予約システムにより交通状況が改善されることを示している。しかし、駐車場収入という点については触れられていない。

3. オークション型駐車場予約システム

3.1 予約システム概要

本研究で対象とするのは、一般の民間の時間貸しの駐車場であり、複数の駐車スペースを複数の時間帯にまたがって提供するものを想定している。駐車スペースの割当及び駐車料金については、オークションによって決定される。駐車料金に関しては、従来の固定額ではなく、利用者が申告する支払意思額に基づいて決定され、駐車スペースの割当は、従来の早い者勝ちではなく、支払意思額の高い利用者に対して割り当てられる。従来の固定額の料金や早い者勝ちの割当ではなく、オークションにより決定することで、支払意思額の高い利用者駐車場スペースを割り当てるため、駐車場収入の増加が期待できる。

また、提供する駐車スペースの一部には、放電設備が備わっており、電気自動車駐車場に対して電気を放出できるものとしている。放電設備が備わった駐車スペースに電気自動車が割り当てられると、電気を駐車場に売却し駐車料金の割引を受けることができる。駐車場の経営者とし

ては、利用者から買い取った電気を、より高い値段で電力系統に売却することができる。経営者は、利用者から買い取った金額と電力系統に売却した金額の差額を利益とすることができる。

さらに、提供される時間帯は、任意の時間帯を示すものではなく、一定の時間間隔に区切られているものとする。例えば1時間ごとに区切られている場合には、10時から11時までの駐車利用、12時から15時までの駐車利用が可能であり、10時20分からの利用、13時40分までの利用といった形は想定していない。

以下に本研究で提案する駐車場予約システムでの予約の流れを示す。

(1) 予約の受け付け

本システムではまず、予約の受け付けを行う。予約の受け付けは予約締切時間になるまで行われる。利用者が予約の際に申告する項目は、単位時間あたりの支払意思額、利用開始時間、利用終了時間である。利用者が電気自動車の所有者の場合には、駐車場に売却する電気の量も申告することができる。

(2) 予約締切時間

予約締切時間になると、予約の受け付けを締め切り、予約締切時間までに集まった予約を対象として割り当て及び料金の決定を行う。予約締切時間は、各利用時間帯の一定時間前に設定することができる。例えば、予約締切時間を各利用時間帯の30分前に設定した場合、10時からの駐車場利用の予約は、9時30分まで行うことができる。

(3) 駐車場の割り当て

予約締切時間までに集まった予約をそれぞれの予約が希望する利用時間帯への割り当てを行う。同じ利用時間帯を希望している予約が複数存在し、駐車スペースの空きが予約に対して少ない場合には、競合する予約に対して、オークションを行い、どの予約を割り当てるかを決定する。割り当てが決定した段階で支払料金も決定される。オークションで割り当てられなかった予約はキャンセルされる。駐車スペースが割り当てられる場所は、競合している予約に応じて、駐車場管理者から自動的に割り当てられるものであり、利用者が、駐車スペースの場所を希望することはできない。ただし、電気自動車は放電設備のある駐車スペースに優先的に割り当てられ、電気自動車以外の自動車は放電設備のない駐車スペースに優先的に割り当てられる。オークションによる割り当て及び支払料金の決定方法の詳細については次小節で述べる。

(4) 営業時間の残り時間の確認

営業時間の残り時間を確認し、営業時間が残っている場合には、1. に戻り、再度予約を受け付け、予約の割り当てを繰り返す。営業時間が残っていない場合に

は、予約の受け付けを終了する。

3.2 オークション

本システムでは、予約の割当及び支払料金の決定をオークションを用いて行っている。割当方法及び支払料金の決定は以下の流れで行う。

- (1) 集まった予約を単位時間あたりの期待収入が高い順での並び替え
- (2) 並び替え後の予約を順に割当
- (3) 割り当てられた予約の単位時間あたりの支払料金を第 $(n + 1)$ 番目の単位時間あたりの支払意思額に設定 (n は駐車スペースの数)

1. では、予約締切時間までに集まった予約に対して、単位時間あたりの期待収入が高い順での並び替えを行う。期待収入とは、期待収入は以下の式で表される。

$$I = W - D + E$$

上式での I は期待収入、 W は支払意思額、 D は駐車場への電気売却による駐車料金の割引額、 E は駐車場経営者が電気を電力系統に売却することで得られる収入である。期待収入は、駐車場利用者を割り当てたときに、駐車場経営者が得られるであろう収入を表している。単位時間あたりの期待収入が高い順での並び替えをする理由は、駐車場経営者の収入をより高くするためであり、単なる支払意思額での比較ではなく、電気の収入も含めた値で比較すべきだからである。

2. では、1. で並び替えた予約を順に空いている駐車スペースに割り当てていく。ただし、駐車場には留保価格が設定してあり、単位時間あたりの期待収入が留保価格未満の予約は割り当てられない。電気自動車は放電設備のある駐車スペースに優先して割り当てられ、電気自動車以外の自動車は放電設備のない駐車スペースに優先して割り当てられる。割り当てられなかった予約はキャンセルとなる。また、一度割り当てが確定した予約に関しては、キャンセルされることはなく、たとえ、予約確定以降により高い支払意思額の予約の申告があつたとしても、以前に確定された予約が上書きされることはない。

3. では、2. で割り当てられた予約の支払料金を決定する。単位時間あたりの支払料金は、第 $(n + 1)$ 番目の単位時間あたりの支払意思額となる。つまり、割り当てられなかった予約の中で最も高い単位時間あたりの支払意思額が、単位時間あたりの支払料金となる。ただし、第 $(n + 1)$ 番目の単位時間あたりの支払意思額が留保価格未満の場合、単位時間あたりの支払料金は留保価格となる。支払意思額をそのまま支払料金としない理由は、自分の支払意思額は、操作することが可能なため、なるべく安く利用しようと考え、支払意思額を実際の値よりも安い値で申告する人が増え、結局、支払料金が安くなってしまうことを防止

するためである。また、支払意思額をそのまま支払料金とした場合には、予約申告時間及び駐車場利用時間が等しい場合であっても、支払料金が異なってしまう利用者に不公平が生じてしまうためである。

4. 駐車場経営戦略の検討

本研究では、駐車場収入を増加させるための駐車場経営戦略の検討を行う。駐車場予約システムには、うろつき及び渋滞の削減という効果があり、V2G には、電力系統の安定化という効果がある。しかし、駐車場経営者からみたメリットがなければ、導入することは困難であるため、積極的に導入を進めていくために、駐車場経営戦略を評価し、最適な駐車場経営戦略を提案することが重要である。本研究では、駐車システムの戦略として、駐車場予約システムを導入しない従来の駐車場、駐車場予約システムを導入した駐車場、予約システムを導入し、留保価格を増加させた駐車場、及び、予約システムを導入し、留保価格を減少させた駐車場の比較を行う。また、V2G が導入された場合の戦略として、駐車場の放電設備の数を変化させて比較を行う。さらに、駐車場の経営戦略が変化すると、駐車場の需要変動も変化するため、より正確な駐車場経営戦略の評価を行うためには、駐車場の需要変動の考慮をすることが必要である。本研究では、実際の駐車場利用データを解析して、駐車場の需要変動の考慮をしている。

5. 駐車場需要変動の解析

本研究では、実際の駐車場利用データを解析して、駐車場の需要変動の考慮をしている。本研究では、駐車場の需要変動として、駐車場の料金の変更された場合の駐車時間の変化について注目しており、生存時間分析を用いて、駐車時間の変化を求めている。

5.1 生存時間分析

生存時間分析とは、イベントが起きるまでの時間とイベントとの間の関係に焦点を当てた分析方法である。生存時間分析は、工学分野や医療分野などで使用される分析方法であり、製品の故障や破壊、疾患の再発や死亡などをイベントとし、イベントの生起のことを広義の死亡と呼んでおり、死亡するまでの時間を生存時間と呼んでいる。本研究では、生存時間を駐車時間とし、イベントを駐車場からの出庫とし、分析を行っている。本研究での、生存時間分析の説明変数は駐車時間であり、説明変数には、入庫時間、1時間あたりの駐車料金、収容可能台数、及び、支払方法を与えている。生存時間分析により、駐車料金を変更した場合の駐車時間の変化を求めることが出来、図1のように料金を変更した場合の生存確率の変化を求めることができる。具体的な駐車時間を変化させる方法は、まず、元々の留保価格での駐車時間 t_1 までの生存確率 $S_1(t_1)$ を求める。

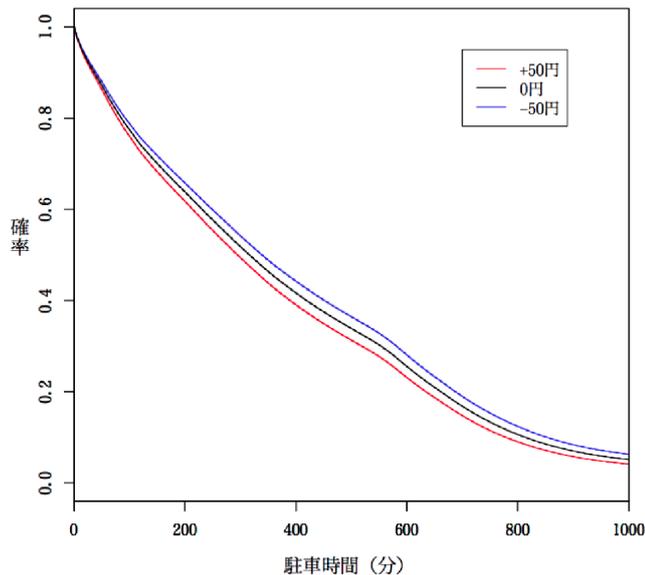


図 1 料金を変更した場合の生存確率の変化

そして、留保価格変更後の生存確率で、 $S_2(t_2) = S_1(t_1)$ となる値を求め、 t_2 を留保価格変更後の駐車時間とする。例えば、元々の留保価格での駐車時間が 300 分であり、300 分までの生存確率が 0.3 だった場合は、留保価格変更後の生存確率が 0.3 である駐車時間を求める。留保価格変更後の生存確率が 0.3 のときの駐車時間が 240 分の場合、留保価格変更後の駐車時間は 240 分となる。

6. 駐車場経営戦略の評価

6.1 駐車場の設定

シミュレーションで対象とする駐車場は、郊外の駅前の駐車場とした。郊外の駅前の駐車場とした理由は、郊外の駅前であれば、電車の利用を目的として駐車場を利用することが多く、電車のダイヤにあわせて、駐車場の利用時間を設定することが多いと考えられたため、利用者が駐車場の入出庫時間を予測しやすく、駐車場予約システムを導入しやすいからである。

今回のシミュレーションでは、郊外の駅前にある駐車場から距離が近い 3 つを選択し、3 つの駐車場全体でのシミュレーションを行う。つまり、3 つの駐車場それぞれの利用者を、3 つの駐車場全体での利用希望者であると仮定してシミュレーションを行う。駐車場の収容台数は、それぞれ、27 台、22 台、120 台である。3 つの駐車場のうち 1 つに予約システムを導入し、その他 2 つは通常の利用形態であり、利用者が到着順に駐車していく。全ての駐車場利用者があらかじめ駐車場の利用時間を把握していることは考えにくく、利用開始直前に駐車場の利用需要が発生する場合もあるため、予約システムを導入しない駐車場も残した方が利用者の利便性が増加するため、予約システムを導入する駐車場と予約システムを導入しない駐車場を設定した。提供できる時間帯は 1 時間ごとの時間帯とし、留保価

格は、駐車場料金データを参照し、それぞれの駐車場の時間あたりの駐車料金を調べ、1 時間あたりに換算した料金とした。V2G の効果として、駐車場利用者は 1kWh の電気を駐車場に売却するごとに 20 円の駐車料金の割引を受けられることができ、駐車場経営者は、利用者から回収した電気を 1kWh あたり 40 円で系統に売却できるものとする。

6.2 利用者の設定

シミュレーションにおける利用者は、6.1 節で対象とした 3 つの駐車場ごとの清算データを用いる。用いる清算データの期間は、2011 年 10 月 4 日から 2011 年 10 月 6 日までの 3 日間とした。時期を 2011 年 10 月 4 日から 2011 年 10 月 6 日に指定した理由は、イベント等による交通量の変動の少ない標準的な交通量のデータを用いてシミュレーションを行うためである。交通量の変動が少ない季節は 9 月～11 月の秋期であり、祝祭日及び祝祭日の前後の日は交通量の変動が大きくなるといわれている [4]。3 つの駐車場それぞれの利用者を、3 つの駐車場全体に対しての利用者と仮定し、利用者はまず、駐車場 1 を希望し、駐車場 1 に空きスペースが無く駐車できない場合には、駐車場 2 を希望する。駐車場 2 でも駐車できない場合は駐車場 3 を希望するものとする。駐車場 1 が予約システムを導入した駐車場であり、その他の駐車場は予約システムのない駐車場である。利用者は予約申告時間に駐車場 1 の予約を試み、競合相手の存在または空き駐車スペースがないために予約が出来なかった場合には、駐車場利用開始時刻に他の駐車場にいき、駐車場の利用を行う。

駐車場利用者の設定項目及び設定方法について以下に述べる。

駐車場利用希望時間帯 清算データから入庫日時と清算日時を抜き出し、入庫時間と清算時間の間の時間帯を駐車場利用希望時間帯とした

支払意思額 単位時間あたりの支払意思額については、駐車場料金データの値の 5 割増しを平均とした正規分布に従う乱数を発生させて設定した。[5]において、予約システムの追加料金による利用意向について述べられており(図 2)、通常の駐車料金に対して、25%の上乗せの追加料金であれば約 55%の人が利用すると答え、50%の上乗せであれば約 39%、75%の上乗せであれば約 35%の人が利用するという結果を参考にした。

予約申告時間 利用希望開始時間の、30 分前、1 時間 30 分前、2 時間 30 分前の 3 パターンを一様にランダムで設定した。[6]において、予約システムの導入評価を行った際の履歴が示され、予約から入庫までの時間の割合が、1 時間以内では 32%、1 - 2 時間では 30%、2 時間以上では 38%という結果を述べており(図 3)、ほぼ等しいためである。

電気売却量 利用者が電気自動車を保有している場合、電

気売却量を申告することができ、申告する電気売却量の値は1kWh～10kWhの間で一様にランダムで設定した。自家用乗用車の1日の平均走行距離は約30km[7]であり、現在の日本の電気自動車の蓄電池の容量は約20kWhであり、蓄電池を満充電した状態から約200kmの距離を走行することが可能である[8]。蓄電池の容量の半分程度である10kWhの電力量を売却しても、日常の自動車の利用に支障はないと考え、最大で10kWhの売却量に設定した。

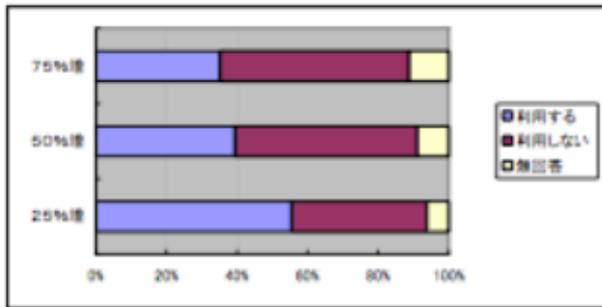


図2 駐車場予約の追加料金による利用意向

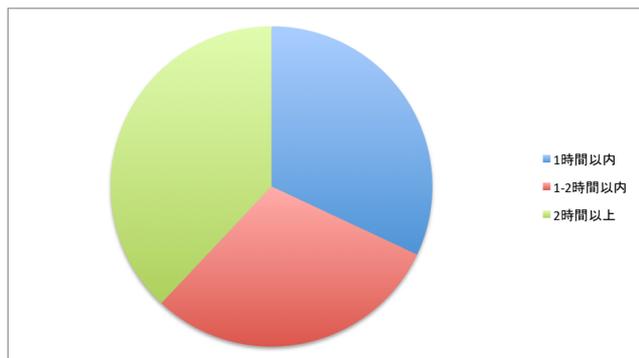


図3 予約から入庫までの時間の割合

6.3 比較する駐車場経営戦略

駐車システムの変更による戦略について、予約システムを導入しない場合、予約システムを導入した場合、予約システムを導入し、留保価格を増加させた場合及び予約システムを導入し、留保価格を減少させた場合の4つの戦略について比較する。以下に、それぞれの詳細を述べる。

予約システムなし 3つの駐車場のどれにも予約システムを導入しない場合である。利用者は、駐車利用開始時間に駐車場を訪れ、空きスペースがあれば駐車し、なければ次の希望の駐車場に移動する。支払額は留保価格(通常の駐車料金と同じ)となる。

予約システムあり 3つの駐車場のうち、1つに予約システムを導入した場合である。利用者は、予約申告時間に予約を申告する。集まった予約に対してオークショ

ンを行い、駐車場に割り当てる予約と支払額を決定する。予約できなかった利用者は、予約システムなしの場合と同様に、駐車利用開始時間に次の希望の駐車場を訪れ、空きスペースがあれば駐車し、なければ、次の駐車場に移動する。予約システムのない駐車場での支払額は留保価格となる。

留保価格増加 3つの駐車場のうち、1つに予約システムを導入し、留保価格を増加させた場合である。留保価格の増加額は50円に設定した。利用者の行動は、予約システムありの場合と同様である。

留保価格減少 3つの駐車場のうち、1つに予約システムを導入し、留保価格を減少させた場合である。留保価格の減少額は50円に設定した。利用者の行動は、予約システムありの場合と同様である。

駐車場経営戦略を変更した場合の駐車場の需要変動として、留保価格を変更した場合に、駐車時間を変化させている。シミュレーションの対象とした3つの駐車場での、留保価格の変化に対する駐車時間の変化の合計を表1に示す。表1で示したように、留保価格が増加すると駐車時間

表1 留保価格の変化に対する駐車時間の変化(駐車場の数3つ, 2011年10月4日から2011年10月6日の利用者)

	留保価格 変化なし	留保価格増加 (+50円)	留保価格減少 (-50円)
総駐車時間 (時間)	5018	4779	5344
駐車時間の差 (時間)	0	-239	+326

が減少し、留保価格が減少すると駐車時間が増加することがわかる。

一方、V2G導入時の駐車場経営戦略として、駐車場に導入する放電スペース数を変化させて比較を行っている。

6.4 駐車システムの違いによる比較

予約システムを導入しない場合、予約システムを導入した場合、予約システムを導入し、留保価格を増加させた場合及び予約システムを導入し、留保価格を減少させた場合の4つのパターンについて比較する。

図4に、駐車場収入を示す。

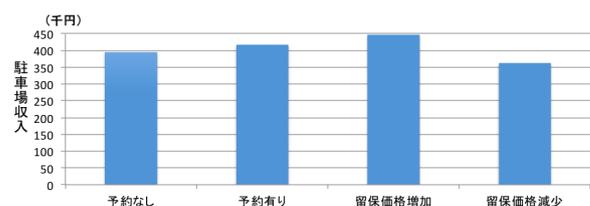


図4 駐車システムごとの駐車場収入

予約システムなしと予約システムありの場合を比較した場合、予約システムありの場合の方が高い駐車場収入を得

られている。予約システムありの場合では、オークションにより駐車料金を設定するため、駐車料金が高く設定され、駐車場収入が増加している。

予約システムを導入した場合での留保価格の違いにより比較した場合、留保価格が高いほど、駐車場収入が増加している。留保価格が増加することで、1人あたりの駐車料金が増加し、駐車場収入が増加している。ただし、今回のシミュレーションで考慮している駐車場の需要変動は、駐車時間の変化のみであり、駐車場利用者数の変化などの他の駐車場の需要変動については考慮していない。実際には留保価格を増加させれば、利用者数が減少し、留保価格を減少させれば、利用者数が増加し駐車場収入に影響を与える。そのため、今後は、よりいっそうの需要変動の考慮を行う必要がある。

6.5 放電スペース数の変化による比較

電気自動車の保有割合及び放電スペース数が変化した場合の、駐車場収入の変化を図6に、電気の取引量を図5に示す。それぞれのグラフ中の横軸は電気自動車全体の利用者数に占める割合であり、0~100%まで、10%刻みで変化している。また、駐車システムは、予約制を導入したケースを用い、駐車場利用者は1kWhの電気を駐車場に売却するとともに20円の駐車料金の割引を受けことができ、駐車場経営者は、利用者から回収した電気を1kWhあたり40円でシステムに売却できるものとする。放電スペース数は、各駐車場における放電スペースの数であり、放電スペース数1の場合は、3つの駐車場それぞれの放電スペース数が1であることを示している。

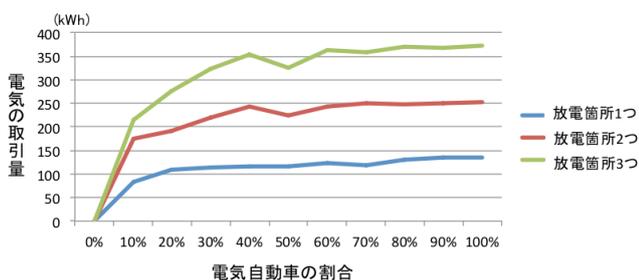


図5 電気の取引量の変化

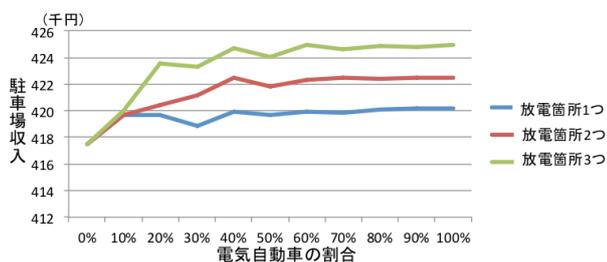


図6 駐車場収入の変化

放電スペース数が増えると、電気の取引が増加し、駐車場収入も増加している。また、電気自動車の保有割合が増加するほど、駐車場収入も増加している。電気の取引により、駐車場収入が増加していることを示している。しかし、放電スペース数に関係なく、電気の取引、及び駐車場収入は電気自動車の保有割合が30%以降から増加が緩やかになっている。電気自動車の保有割合が30%以上になると、放電スペースへの競争が激しくなり、新たな電気自動車が放電スペースを確保することが難しくなったためである。

7. まとめと今後の課題

本研究では、駐車場予約システムの提案を行い、シミュレーションを用いて駐車場経営戦略の比較及び評価を行った。提案する駐車場予約システムでは、オークションによって駐車スペースへの割当及び駐車料金の決定を行っている。オークションを用いることで、支払意思額の高い利用者に駐車スペースを割り当てることができ、駐車場収入の増加が期待できる。また、今後、V2Gにおいて、駐車場が電力融通の場として重要になってくることから、電気自動車の保有者は、駐車場に対して、電気を売却できると設定し、駐車場経営者は、利用者から集めた電気を電力システムに売却することで収入を得られるとした。さらに、より現実的なシミュレーションのために、駐車場経営戦略が変化した場合の需要変動を考慮しており、名古屋市周辺の複数の時間貸し駐車場のデータを解析することで、需要変動を求めた。本研究では、需要変動として、駐車料金を変更した場合の駐車時間の変化に注目しており、生存時間分析により、実際の駐車場利用データを分析することで、駐車時間の変化を求めている。生存時間分析では、駐車時間を目的変数とし、1時間あたりの駐車料金、入庫時間、駐車場の収容台数、及び支払方法を説明変数として分析を行った。

シミュレーションでは、実際の駐車場利用のデータを用い、予約システムを導入しない場合、予約システムを導入した場合、予約システムを導入し、留保価格を増加させた場合及び予約システムを導入し、留保価格を減少させた場合の4つのパターンについて実行し、駐車場収入を求め、考察を行った。予約システムを導入しない場合と予約システムを導入した場合の駐車場収入を比較した場合に駐車場収入が増加することを示し、予約システム導入のメリットを示した。予約システムでは、オークションを用いて予約の割り当て及び支払額を決定しているため、競争が起きた場合に支払意思額の高い利用者に割り当てを行うことで支払額が増加し、駐車場収入が増加している。留保価格の変化による比較も行い、留保価格を増加させた場合に、駐車場収入が増加する可能性を示唆した。また、電気自動車の保有割合及び放電スペースの数を変化させた場合の、電気の取引、及び駐車場収入の変化について示した。電気自

動車の保有割合及び放電スペース数が増えるごとに、電気の取引量、及び駐車場収入が増加しており、電気の取引を行うことで、駐車場経営者にメリットがあることを示した。

本研究で提案した予約システムでは、一度確保された予約は変更されず、必ず使用されるものとして考えている。しかし、実際には、渋滞に巻き込まれるなどの交通状況の変化、急な予定変更などによって、利用開始時間や利用終了時間が変化することが考えられる。場合によっては、予定していた出庫時間を過ぎても駐車している自動車によって、後の時間帯に予約していた自動車が駐車できなくなるような事態も考えられる。今後は、このような不確実性にも対応した予約システムの提案が必要である。また、本研究では、駐車場の需要変動として、駐車時間の変化のみを求めている。実際には、駐車時間の変化以外の需要変動が考えられる。例えば、駐車料金を安くした場合の利用者数の増加などがある。今後は、需要変動についてよりいっそうの考慮を行う必要がある。現在の使用しているデータは、予約システムのない時間貸し駐車場の利用データのため、予約の有無による、駐車場利用の変化についてはわからない。そのため、駐車場予約が導入された場合の利用意向について調査し、駐車場予約システムが導入された場合の利用意向の変化を考慮したシミュレーションを行う必要がある。

参考文献

- [1] 浅野 善裕, "公共駐車場における料金政策に関する研究", 2007 年
- [2] 久保田尚・坂本邦宏・吉田豊・鈴木裕暁, "世界遺産・白川郷への駐車場情報・予約システムの導入効果", 土木計画学研究・講演集 26 巻, 2002 年
- [3] 倉内文孝, "駐車場管理システム高度化による駐車行動の変化と道路網交通流への影響効果に関する研究", 京都大学, 2002 年
- [4] 国土交通省 平成 22 年度 全国道路・街路交通情勢調査 (道路交通センサス) 一般交通量調査
<http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/data/kasyorep.pdf>
- [5] 山崎俊幸, "駐車場予約システムが利用者に与える影響に関する研究", 南山大学, 2006 年
- [6] 長縄 達博, 荻原 正敏, 渋井 理郎, 稲葉 勝三, "駐車場予約実験システムの評価と考察", 電子情報通信学会総合大会講演論文集 2001 年. 基礎・境界, 393, 2001-03-07
- [7] 自動車の使用実態
<http://www.mlit.go.jp/jidosha/iinkai/seibi/5th/5-2.pdf>
- [8] 電気自動車: 走行距離は 225km、「フィット EV」日本仕様が最高の電費性能を記録 - スマートジャパン
<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1207/23/news064.html>