

駐車場所までのうろつき行動を考慮したシミュレーション モデルの構築と混雑緩和手法の検討

高橋 浩司*¹ 堀口 良太*¹ 花房 比佐友*¹ 小宮 粹史*¹ 飯島 護久*¹
(株) アイ・トランスポート・ラボ*¹

大型連休や一時的なイベントによる大型施設への過大な交通需要によって引き起こされる一般道の渋滞は、大型施設の利用者だけでなく、施設を利用しない一般のドライバーにも大きな社会的損失をもたらす。また、渋滞時の駐車場でうろつき走行は、歩行者と車両の接触機会を増加させ、事故発生確率を高める。本研究では、大型施設に対する過大な交通需要が引き起こす渋滞について、施設周辺道路および駐車場の車両の駐車行動に着目して車両の施設に近づいた際に駐車場選定と駐車場内を案内するモデルの構築を行った。渋滞及び駐車場内の混雑を緩和する方策の検討とその効果評価を行った。

Construction of a simulation model considering loitering behavior to parking locations and study of congestion mitigation methods

Koji Takahashi*¹ Ryota Horiguchi*¹ Hisatomo Hanabusa*¹ Tadashi Komiya*¹ Iijima Morihisa*¹
i-transport Lab. Co., Ltd. *¹

Traffic congestion on public roads caused by excessive traffic demand for large facilities due to temporary events causes significant social losses not only to users of large facilities but also to ordinary drivers who do not use the facilities. In addition, loitering in parking lots during congestion increases the chance of contact between pedestrians and vehicles and increases the probability of accidents. In this paper, we focus on the parking behavior of vehicles on the roads around facilities and in parking lots during large events and construct a model that guides drivers to select parking lots and navigate through parking lots, and study and evaluate the effectiveness of measures to reduce traffic congestion and congestion in parking lots.

Keyword: Parking behavior, Parking lot, Land use, Mesoscopic traffic simulation

1 はじめに

1-1 背景と目的

本研究では、街路網交通流シミュレーション AVENUE によって駐車場利用における駐車場の

うろつき走行を再現することを可能にし、駐車行動の円滑化による混雑の緩和を行い一般道路の影響評価を行うことを目的とする。

観光地や郊外の大型商業施設では、ゴールデンウ

イクやお盆、シルバーウィークなどの大型連休のほか、紅葉時期といったオンシーズンに、旅行者が大量に集中することで、駐車場やその周辺地域が非常に混雑する。観光地では普段、その地域を利用しない遠方からの旅行者が多いため、自動車交通が主な移動手段であり、駐車場の整備は都市形成において重要な役割を持つ。駐車場の機能が不十分であると、入庫待ち行列の発生や駐車場所を探さうろつき交通の増加の原因となり、来訪者の施設利用の機会損失につながるだけでなく、一般道の車線容量を低下させ、周辺環境悪化や事故リスクの増加を引き起こす。駐車場の機能をより高度に整備することで、ドライバーが希望する駐車マスに効率よくアクセス出来るようになることは、うろつき走行の交通量を減らすことに繋がり、駐車場の内外の混雑を減らすことが可能である。これは、都市交通の観点からも有意である。

1-2 既往研究

駐車行動に関する研究及び渋滞対策の評価は、多くの既往研究の蓄積がある。

大下らは観光地における渋滞の発生に着目し、地方自治体及び観光協会に対してアンケートを実施して、渋滞が発生する要因と渋滞を解消するための除去手法を整理している¹⁾。駐車場を効率的に運用するための施策にはいくつかの方法が取り上げられる。1つは駐車場の予約システムであり、駐車場を利用する時刻と場所を予め予約することで、観光客は駐車場を探し回るうろつき行動や満車による待ち行列の削減が可能となる。山本らは湯布院町で駐車場予約システムを導入したケースの実施評価を行っており、利用者からも高い評価を得られている²⁾。

シミュレーションを活用した既往研究では、辰巳により MITSIM における駐車場選択モデルの構築が行われており、路外駐車場の選択行動を対象として駐車場情報提供と道路情報提供の影響評価や空き駐車場探しのうろつき行動がネットワーク上に及ぼす影響を評価可能にしている³⁾。中村らは INSPECTOR において、都心駐車場所の選択モデルを構造化し路上/路外の駐車と駐車ブロックの選択を行う意志判断を可能にし、名古屋市栄地区を対象にしてその機能の再現性を示した⁴⁾。森下らは大規模店舗の出店後の交通流の予測を行うため周辺道路を含めた駐車場の交通シミュレータをセルラオートマトン (Cellular Automata; CA) によって開発した⁵⁾。橋本らは、観光地における有効利用政策として、駐車場料金、入庫

待ち時間、目的地までの距離、駐車場の混雑度を指標とした駐車場選択モデルを構築し、料金政策による駐車場利用の平準化を示した⁶⁾。

駐車場利用者の行動モデルについての研究もおこなわれている。倉内らは駐車場案内システムの導入によるドライバーの駐車行動変化を、導入の前後のドライバーアンケートによって集計し、感度分析している⁷⁾。

これらの既往研究では、駐車場外の渋滞対策や、駐車場の選択を効率的にしようろつき走行を抑制すること目的としており、駐車場内の走行のモデル化や駐車場内の混雑による交通渋滞は評価がされていない。本研究では駐車場外の行動だけでなく、駐車場内のうろつき行動を含めた駐車場の利用行動をモデル化し、一般道の交通流への影響を評価可能にすることを目指す。

2 駐車場利用行動における流動性低下の要因整理

2-1 駐車場に関連する交通問題

ドライバーの駐車行動を複数の段階に分けて考える。最初に行われるのは目的地の選択であり、どこに駐車場に駐車するか意志判断である。車両が駐車場に到達すると、駐車場に入庫する動作があり、駐車場内では空きの駐車マスを探る走行がある。ドライバーが駐車する駐車マスを決定すると駐車マスの前でのハンドル操作が行われる。所定の時間施設を利用すると再出発し、出庫する。本研究では目的地の選択からハンドル操作までの判断と操作を駐車行動と呼び、目的地の選択から出庫までを駐車場利用行動と呼ぶ。

駐車場利用行動が引き起こす流動性の低下要因は様々な事象が挙げられる。一つ目は地区内での空き駐車場を探さうろつき走行の増加である。駐車場が満車となり、ドライバーが選択した駐車場を利用できないと判断すると、ドライバーは現在の目的地としている駐車場から別の駐車場を目指して走行をする。満車による駐車場の目的地変更は1つの車両が複数回行う場合もあり、満車となっている駐車場が多いほど地区内の走行量は増加する。大多数の駐車場が利用できないと判断すれば、施設そのものの利用を諦めることとなる。うろつき走行は市街・地区の広い範囲だけではなく、駐車場内でも発生する。駐車場内の空きの駐車マスが減少すると、空きの駐車マスに到達することが出来る機会が減少し、空きの駐車マスを探る走行量が増加する。駐車場内の交通量が増加すると、車両の動線が錯綜する機会も増

加し、流動性は更に低下する。このような混雑した状態では駐車の利用効率の低下も引き起こす。

二つ目は駐車のための駐車行動に伴うハンドル操作である。ドライバーは駐車マスに車両を駐車させる際に、駐車マス前で駐車行動を行う。この時のハンドルの切り返し操作は後続車両の進行を妨げることになり、車列を形成させる要因となる。この車列の形成もまた駐車マスから発進する車両の流出を妨げることとなり、駐車マスの利用の効率性を低下させる。

三つ目は前面道路での入庫待ち車列形成である。入庫待ち車列形成は、前述した駐車場内でのうろつき走行や駐車場内混雑により、駐車場の利用効率の低下を含めた駐車場の需要超過や、車両の到着時刻の集中による駐車場の入出庫時のゲートの処理能力を上回る需要が発生した際に発生する。出庫処理能力の不足も満車状態の解消が遅れることになるため、結果的には入庫待ち車列を形成させる要因となる。

四つ目は歩行者との錯綜である。公道から駐車場への流入する地点では歩道を跨ぐことが必要となる場合が多い。また、駐車場内の施設前などでは駐車場利用者が横断歩道を通行したり、走行路線を乱横断したりする。歩行者との錯綜は車両の走行を妨げ、車列を形成させる要因となる。

2-2 駐車場に求められる機能

前節で示した駐車行動による交通流率の低下に対して、駐車場に求められる機能は以下のものが挙げられる。

- ・ 駐車可能台数の確保
- ・ 出入口ゲートでの効率的な流動性の確保
- ・ 錯綜頻度の削減
- ・ 駐車時の切り返し操作の時間短縮
- ・ 満空情報の提供

駐車可能台数の確保では、駐車場の駐車可能台数を年間のピーク時の需要に見合う収容台数の確保が必要である。立地面積の都合によって十分なスペースが確保できない場合は、専用のバスを運行することで来訪する車両の台数を削減することが必要である。ピークの頻度が少なく、その時期が予測可能であるならば臨時のバスを運航することで対策することが考えられる。

出入口ゲートでの効率的な流動性の確保では駐車場への出入口数を十分に設置することが挙げられる。出入口を1か所に集約するのではなく、複数の地点から駐車場に入庫することを可能にすることで、車

列の形成を分散させることも可能である。また、1台が通過するために掛かる時間を短縮させることも有効であり、事前清算やETCカードを使った自動清算も対策として挙げられる。

錯綜頻度の削減は、車車や歩車の導線が錯綜する地点を減らすことで錯綜機会を減らすことが可能である。車車の錯綜を減らすためには右折の道路構造を減らしたり、一方通行の道路にしたりすることで可能である。また、歩車の錯綜地点において誘導員を配置することで、歩行者の動きを整流し、車両の流動性を向上させることが可能である。

駐車行動の時間短縮では、駐車マスが駐車しやすい形状となっていることが重要である。駐車マスの横幅を広く確保することで、心理的な負担を軽減して、スムーズな駐車を促すことが可能である。駐車マスへの入庫は前方からの進入と後方からの進入の2種類があり、後方からの駐車の方が時間を要する傾向にある。走行路線への接続角度を直角から斜めに向けることで車両は車頭から駐車しやすくなり、駐車行動の時間を短縮することが出来る。

満空情報の提供は、ドライバーの駐車場の選択や駐車位置の選択をする上での適切な意思決定を促すことが可能である。ドライバーが適切なタイミングで、駐車場の満空情報や、利用目的に沿った駐車場の案内情報を得ることが出来る様になれば、より効率的な車両の分配が実現される。満空情報の提供は看板による表示だけでなく、誘導員を配置して誘導員が適切に配分する事でも可能である。

3 駐車行動モデルの構築

3-1 モデル化する駐車場利用行動

本研究で再現するドライバーの駐車場利用行動を図1に示す。ドライバーは出発時に施設を目的地として走行を開始する。この時点ではどの駐車場を利用するかは決定していない。ドライバーが施設に接近すると駐車場情報を取得して駐車する駐車場の選択を行う。車両が駐車場前に到着すると、駐車場の前面道路から駐車場の入口ゲートに向かって走行する。この際、歩道を跨ぐ状況においては、歩行者との錯綜を回避する運転をする。駐車場の入庫時は料金所での発券などの通過処理を行う。駐車場内に進入すると、駐車場所を探して、うろつき走行をする。駐車場内の分岐地点では、どの方向に進むか進行方向を選択する。このうろつき走行の間においても、歩車の錯綜がある場合には錯綜を回避する運転を行う。うろつき走行中に空きの駐車マスを見つけると

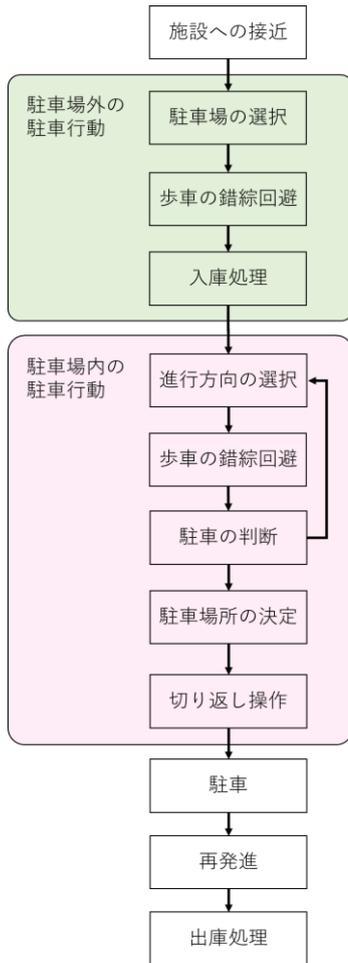


図 1 モデル化する駐車場利用行動

駐車場の判断を行う。駐車マスが決定されずに別の分岐地点に到着した際には進行方向の選択を繰り返す。駐車マスを決定すると駐車マスの前でのハンドル操作を行う。駐車場利用者が所定の時間施設を利用すると、目的地を変更して再出発をする。出庫ゲートにおいて清算処理をして、駐車場外へ退場する。本研究では、うろつき走行を対象にして、駐車場の選択と、進行方向の選択、駐車場の判断について行動のモデル化をする。

駐車場の選択、進行方向の選択及び、駐車場の判断においては、人々の選択行動がロジットモデルに従って行動するものと仮定して確率的に行動することとした。ロジットモデルによる選択確率 p_i は

$$p_i = \frac{e^{U_i}}{\sum_j e^{U_j}} \quad (1)$$

で表される。ここで U_i は注目する対象の効用であり、全体の効用に対する注目する対象の効用の割合で決定される。

3-2 駐車場の選択

観光施設や商業施設などに対して遠方からアクセスするドライバーは、出発開始時にはどの駐車場を選択するか意思決定がされていないことが考えられる。この段階では施設周辺の複数の駐車場や施設そのものに近づくことを目的としており、駐車場の選定が行われるのは、駐車場に十分に近づき、近隣の交通状況や駐車場の満空状況、駐車場料金などの情報が確かになったタイミングであると考えられる。

AVENUEでは、特定の施設を目的地とする車両が指定の道路を通過する際に、予め候補となっている駐車場から利用する駐車場を選定する。ドライバーは駐車場を利用した際の効用を計算し、ロジットモデルに従った確率選択によって駐車場を選定する。駐車場 i の効用 U_i^P は

$$U_i^P = \sum_j c_j x_j \quad (2)$$

で表される。ここで、 x_j は駐車場利用に関連する説明変数であり、駐車場の満空情報、駐車場までの所要時間、利用施設までの距離、駐車料金などが与えられる。また、 c_j はそれぞれの説明変数に対するドライバーの感度である。満空情報は高度な情報が共有される場合には、駐車マスの満空率が取得されるが、情報が粗い場合には満車と空車の2種類のみとなる。駐車場 i の効用 U_i に対して、注目する駐車場 i が選択される確率 p_i^P は

$$p_i^P = \frac{e^{U_i^P}}{\sum_j e^{U_j^P}} \quad (3)$$

で表される。

3-3 駐車場の判断

駐車場内においてドライバーは空いている駐車マスに対して駐車場の意志判断を行う。この意思判断は注目する駐車マスがドライバーの希望に適しているかで決定される。注目する駐車マスの下流で、より適した駐車可能な駐車マスが存在すると考えると現在の駐車マスを通り下流の駐車マスを目指す。存在しないと考えられる場合には現在の駐車マスが選択されやすくなる。

AVENUEでは、全ての駐車マス(parking lot)に効用パラメータ U_i^{lot} を設定する。駐車マス i の効用パラメータ U_i^{lot} は

$$U_i^{lot} = \sum_j c_j^{lot} x_j^{lot} \quad (4)$$

で表される。ここで、 c_j^{lot} は利用施設までの距離、最

下流まで到達した際の回遊の可否などが説明変数として与えられる。また、 x_j^{lot} は各説明変数に対するドライバーの感度である。

ドライバーが空きの駐車マスの前に到達すると、注目する駐車マスに対して駐車するかどうかの意志判断を行う。駐車マス i に駐車する確率 p_i^{lot} は

$$p_i^{lot} = \frac{e^{U_i^{lot}}}{\sum_j e^{U_j^{lot}} - \sum_k e^{U_k^{lot}}} \quad (5)$$

で表される。ここで、 U_j^{lot} は駐車場全体の空き駐車マスの効用、 U_k^{lot} は現在地に至るまでに駐車を決定しなかった駐車マスの効用である。進行先の残りの駐車マスの効用に対して、注目する駐車マスの効用の割合が高いと、その駐車マスの選択される確率が上昇し、最後の1マスに対しては必ず駐車をすることとなる。ここで、駐車場構造が、同じ場所に何度でも到達することが出来る構造であるとき、ドライバーは必ずしも最後の1マスに車両を駐車する必要はないと言える。本研究についてはこの周回による駐車可否は駐車判断において考慮の対象外としている。

3-4 進行方向の選択

駐車場内に入庫したドライバーは、道なりに走行をして駐車を行うための駐車マスを探るが、分岐においては進行方向を選択する必要がある。それぞれの進行方向において想定される空き駐車マスを比較して、どの方向に進んだ方がより高い効用を得られる場所に止めやすいかによって進行方向を決定する。これは最大の効用が得られる駐車マスの選択ではなく、止められる確率を考慮した止めやすさも考慮して進行方向を選択すると考える。

AVENUEでは、分岐地点において道路ネットワークの幅優先経路探索を行う。分岐地点における進行方向 i の選択確率 p_i^{dir} は

$$p_i^{dir} = \frac{e^{U_i^{lot}}}{\sum_l e^{U_l^{lot}}} \quad (6)$$

で表される。ここで、 U_l^{lot} は各進行方向に存在する空き駐車マスの効用である。それぞれの経路での止めることが出来る駐車マスが存在しない場合、その経路のネイピア数 e の乗数は0となる。これは、駐車マスが存在しない場合においてもその経路が選択される確率がある事を示す。従って、進路の先に駐車マスが存在しない場合には選択確率はゼロとなる様に候補から除外する。

表 1 ソレイユの丘駐車可能台数

駐車場名	駐車可能台数
第一駐車場	145
第二駐車場	1,365
第三駐車場	160

4 シミュレーション設定

4-1 検証エリア

本研究では神奈川県横須賀市に存在する長井海の手公園ソレイユの丘⁸⁾とその周辺地域を対象として駐車場の流動性の向上策による一般道の影響評価の検証をした。ソレイユの丘は国道134号線から約1.7km離れた場所に位置し、施設の北部正面に第一駐車場と第二駐車場、施設の東部側面に第三駐車場の計3か所の駐車場が設けられている。各駐車場の駐車可能台数を表1に示す。全駐車場の延べ収容台数は1,670台である。ソレイユの丘では第三駐車場よりも、第一駐車場、第二駐車場が先に満車となることが多く、第一駐車場、第二駐車場は第三駐車場よりも高い効用が得られると考えられる。

ソレイユの丘は大型連休期間に家族連れの利用者が増加し、国道134号線にまで渋滞が延伸する。ゴールデンウィーク期間の現地調査においては、13時50分頃において、国道134号のソレイユの丘入口交差点から南方に1.1kmの渋滞が確認されており、国道134号線を南北に通過する一般の車両交通に対しても影響を及ぼしていることが確認された。

4-2 シミュレーションのデータ作成

シミュレーションで扱うネットワークを図2に示す。国道134号線は横須賀三崎線と接続する三浦縦貫堂道林入口交差点から三崎口駅までの範囲とし、ソレイユの丘入口交差点とは別に、荒崎口交差点からのアクセスが可能となるネットワークを構築した。

信号制御の情報はソレイユの丘にアクセスするソレイユの丘入口交差点と、商業施設が集中しており右左折交通が多い三浦初声高校入口交差点の2交差点を対象に現地調査をしてその集計結果から現示時間を適用した。2交差点以外での信号現示に対しては、ソレイユの丘入口交差点、三浦初声高校入口交差点とサイクル長を同期させた上で、国道134号線方向の現示時間を同一にすることで交通流に影響を及ぼさないようにした。

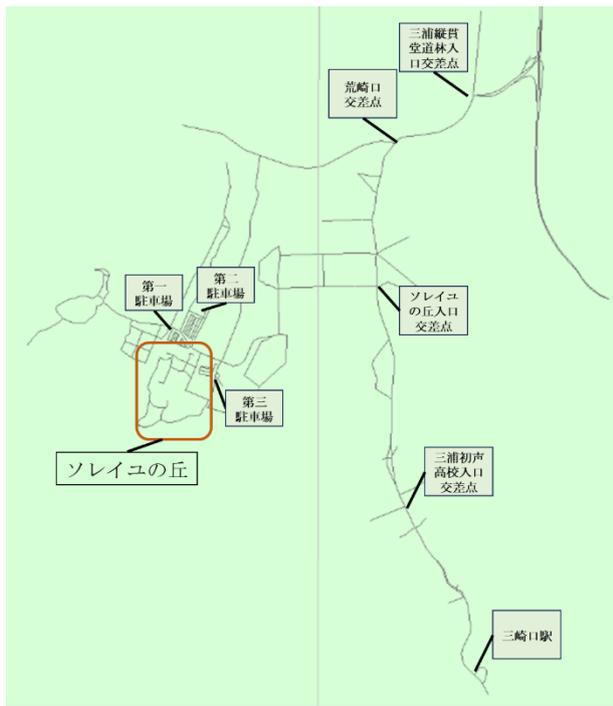


図 2 評価用ネットワーク

4-3 需要設定

シミュレーションの条件設定にあたり、対象エリアの交通状況や各駐車場の需要は確かであるとより正確な検証が可能である。このような情報を得るためには、一般の通過車両を含む車両の起終点ごとの台数や道路の交通量の観測データや入庫・出庫情報が判別できる履歴データなどを集計する必要がある。

車両の交通需要は神奈川県全域シミュレーションによって作成した車両の走行軌跡から対象地域を切り抜き発生集中地点及び発生時刻を集計することで作成し、日本道路交通情報センターの渋滞統計システムの交通量データをもとに走行台数を調整した。

5 まとめ

本研究では、駐車場の利用行動によって駐車場の内外において渋滞や混雑が発生する原因と、駐車場に必要な機能を整理した。ドライバーが駐車場を選定する際の意志判断と、駐車場を利用する際の行動をモデル化して、駐車場内のうろつき走行を再現可能にした。

今後の課題には2つ項目が挙げられる。1つ目は駐車場の判断のモデルの課題である。今回の駐車場の判断するモデルでは、周回が出来るネットワークにおいても周回することを考慮せずに残存する駐車マスで必ず駐車をするモデルとなっている。現実には周

回が可能である場合、一度駐車しないと判断した駐車マスも駐車場の候補となり、周回を繰り返すようになると考えられる。周回時の空き駐車マスを考慮した意思決定を行えるようにする必要がある。2つ目は、ドライバーの駐車場の判断における感度パラメータの分析方法についてである。感度パラメータの分析を行う際は、尤もらしい利用状況となるためにパラメータを推定していく。そのためには、それぞれの時間において個々の駐車マスの利用状況を把握するための調査も必要となると考えられる。

6 謝辞

本研究は国立研究開発法人情報通信研究機構の「ShonanFutureVerse: 仮想都市未来像にもとづく超解像度バックキャスト CPS 基盤」(採択番号05401)の成果である。本プロジェクトの関係各者に謝意を表す。

7 引用論文

- 1) 大下茂, 大川英一, 伊藤登, 倉林靖夫, 観光地の渋滞発生要因とその除去手法に関する研究, 第22回日本都市計画額学術研究論文集, 1987,
- 2) 山本裕一郎, 吉田豊, 坂本邦宏, 久保田尚, 観光地のパッケージ型 TDM における駐車場予約システムの役割に関する実験的研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.21 No.4 2024,9
- 3) 辰巳浩, 交通シミュレーションのための駐車行動フレームの作成と駐車場選択モデルの構築, 土木学会, 2020, No.28
- 4) 中村英樹, 鈴木一史, 櫻井淳史, 駐車場施策評価のための交通流シミュレータの開発と適用事例, 橋本稔, 永井護, 観光地における駐車場の利用政策の評価方法に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.13, 1996, 8
- 5) 森下信, 西山裕二, 栗山浩一, 大釜みち代, 駐車場及び周辺道路の交通シミュレーション, 日本計算工学会論文集, No.200000, 2000
- 6) 橋本創, 金森亮, 伊藤孝行, 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, 情報処理学会研究報告, Vol. 2013-ICS-171, No.23, 2013
- 7) 倉内文孝, 飯田恭敬, 塚口博司, 駐車場何愛システム導入によるドライバーの駐車行動変化の実証的分析, 第31回日本都市計画学会学術研究論文集, 1996
- 8) <https://soleil-park.jp/>