

障害者用駐車スペースの利用状況の改善に向けた駐車場シミュレータの開発

西館有沙・山口範和

Development of a Parking Simulator for an Improvement of Situation of Utilization of Parking Spaces for Disabled Persons

Arisa NISHIDATE and Norikazu YAMAGUCHI

E-mail: nishiari@edu.u-toyama.ac.jp

E-mail: norikazu@edu.u-toyama.ac.jp

概要. 健常者による障害者用駐車スペースの不正利用を防止する目的で複数の自治体において駐車許可証制度の導入が進められている。しかし、現状の駐車許可証制度は幾つかの問題点を含んでおり、適切な制度の設計が求められている。適切な許可証制度を設けるには、許可証の発行数をどの程度にすればよいのかなどについての定量的な評価が必要である。そうした評価を得る方法として、我々はシミュレータを用いたアプローチを提案する。本論文では、研究の出発点として作成したシミュレータのプロトタイプについて述べ、今後の課題を整理する。

キーワード. 障害者用駐車スペース, シミュレータ開発, 許可証制度

Keywords and phrases. Parking spaces for disabled persons, Simulator development, License system

1. はじめに

本論文では障害者用駐車スペースの利用状況を改善することを目的に開発した駐車場シミュレータについて詳細を述べ、今後の調査研究および開発における課題を整理する。最初にシミュレータ開発の背景と動機を述べよう。

1.1. 障害者用駐車スペースの国内外の現状

障害者用駐車スペースとは、車いす使用者等がドアを全開にして車の乗降を行うことができるように、通常よりも広い幅を設けてある駐車区画の事であり、その多くは施設の入り口までの経路ができるだけ短くなる位置に設置されている。「高齢者、障害者等が円滑に利用できるようにするために誘導すべき建築物特定施設の構造及び配置に関する基準を定める省令」(2006年12月15日、国土交通省令第114号)によって、収容台数200台以下の駐車場においては全体の収容台数に1/50を乗じて得られた数以上、200台を超える駐車場においては1/100を乗じて得られた数に2を加えた数以上を設置することになっている。このように、障害者用駐車スペースは一般の区画と比べた場合にその数は少ない。

障害者用駐車スペースに健常者のみが乗った車両が停まる不正利用の問題は、以前から複数の文献におい

て指摘されているものの(全国脊髄損傷者連合会2001; 国際交通安全学会2002; 小川2002)未だ解決には至っていない。

こうした不正利用が起こる原因として、日本の駐車場事情が他国と比べても厳しい状況にあること、市民の多くにこの区画の必要性が理解されていないことなどが挙げられる(西館2011)。また、根本的な問題として、障害者用駐車スペースの利用資格者を定めた法規定や、資格のない者が利用した場合の罰則がないことも理由として挙げられる。障害者に自動車運転免許を与えている国の多くは、障害者用駐車スペースの利用資格者を定め、資格者には許可証を与え、許可証が提示されていない車両が駐車した場合の罰則を設けている(Nishidate, Mizuno & Tokuda 2008; 西館・水野・徳田2008a)。これらの国では、我が国の状況に比して健常者による駐車数が少ない事が報告されている(国際交通安全学会2002)。

こうした諸外国の状況を鑑みて、我が国では複数の自治体が、障害者用駐車スペースの**駐車許可証制度(パーキング・パーミット制度)**の導入に至っている。これは、条例等で定めた利用資格者に許可証を発行し、この許可証の掲示のある車両のみ区画の利用を認める、というものである。条例という性格上、利用資格者以外の利用を厳しく規制することは出来ないが、利用資格の有無が明確になるために、不正利用の抑止という意

味においては一定の効果を挙げているとする報告がある（西館 2009）。

1.2. 駐車許可証制度における問題点

2006 年以降、佐賀県をはじめ、複数の自治体において許可証制度が導入されたが、許可証制度には検討すべき課題が残されている。

§ 1.1 で述べたように、障害者用駐車スペースは一般の区画と比べてその数が非常に少ない。その為、許可証を発行する対象を広げ過ぎると、資格者の間でこの区画の取り合いが起きることになる。また、2006 年に佐賀県で導入された許可証制度には法的な罰則が設けられておらず、許可証制度そのものが有効に働くか否かも問題視された（相浦・清田 2008）。

相浦・清田（2008）はこうした問題点を踏まえ、佐賀県内の大規模ショッピングセンターで調査を行い、以下の 2 点について考察を行った。

（問題 1）罰則のない許可証制度が不正利用の抑制に有効に働くか

（問題 2）許可証の交付対象を広げた事の弊害がどの程度あるか

彼らは調査結果に基づき、以下のように結論している。

- (1) 障害者用駐車スペースの比較的多い駐車場では、健常者の駐車を排除する事によって障害者用駐車スペースを確保する事が可能である
- (2) 障害者用駐車スペース数の少ない駐車場では健常者の駐車を排除しても障害者用駐車スペースは確保できない

更に、許可証を提示する車両の割合が増加するに連れて近いうちに、障害者用駐車スペース数の多い駐車場においても、軽度の移動制約者が広い乗降幅を必要とする障害者の駐車の機会を奪う事態が発生する、と予想している。

即ち、許可証制度を導入したとしても、現状のままでは自動車の乗降に際して広いスペースを必要とする本質的なユーザにとっては状況が大幅に改善される見込みは薄い。実際に、佐賀県が 2007 年に実施した調査（佐賀県健康福祉本部地域福祉課 2008）では、制度の導入後に許可証の交付を受けてからこの区画に停めるようになった者がいること、結果として利用者の 4 割が制度導入前後で利用のしやすさは変わらないと答えていることが確認されている。

このような状況を踏まえると、今後、許可証制度を導入する自治体が増えてゆくにしても、法制化に向けた検討が進むにしても、どこまで利用資格者の範囲を広げれば良いかについて明らかにされなくては、適正利用の実現は難しいであろう。即ち、許可証の発行数に関する定量的な評価が必要である。この利用資格者の範囲について検討を行うにあたり、健常者による不正利用が起らないと仮定した場合、利用者の範囲を広げた場合など、様々な仮定に応じて、本質的な利用者の駐車実現率がどのように変化するかを検討する必要がある。しかし、現実場面において、それらの検証を行うことは殆んど不可能と言って良い。それは実験や調査がほぼ不可能だからである。

なお、許可証制度の適切な運用に際しては（問題 1）についても検討が必要であるが、（問題 1）については清田・林田・前田（2009; 2011）、藤本・村上・中村（2011）による研究があることを付け加えておく。

1.3. シミュレーションによるアプローチ

駐車許可証制度の運用については、2つの問題点がある事を述べた。我々は（問題 2）に対して、計算機シミュレーションによるアプローチを提案する。即ち、利用許可を受けている者の割合がどの程度であれば本質的に広いスペースを必要とする利用者は問題なく駐車をを行うことが出来るのかを、シミュレーションを用いて考察し、どの程度まで利用資格者の範囲を広げることが出来るのかを明らかとする事を目指す。

その為に、ここでは自動車の乗降時あるいは乗降後の身体の転回等において健常者より広い幅を必要とする者を**コア**（ユーザ）と呼び、それ以外の理由で障害者用駐車スペースの利用資格者の範囲に含まれる可能性のある者を**ボーダー**（ユーザ）と呼ぶことにする。コアもボーダーも許可証の交付を受けている者と考えれば、共に障害者用駐車スペースに駐車する正当な権利を持っている。しかし、ボーダーの数を増やせば、コアが障害者用駐車スペースに駐車する事の出来る割合は低下するであろう。コアとボーダーの間で専用スペースの奪い合いが生じる為である。問題は、ボーダーの増加に伴い、コアの駐車成功確率がどのように影響を受けるかである。許可証の交付対象をどこまで広げても良いか、という問題はある施設に来場する車両全体のうちで、コアとボーダーの比率がどの程度であれば、コアは問題なく障害者用駐車スペースへ駐車する事が出来るかを測ることになる。

先に述べたように、現実世界において、ボーダーの割合を変化させ、実験や調査を行う事は不可能と言って良い。しかし、計算機の中の仮想空間であれば、自由にコア、ボーダーの割合を操作する事が出来る。また、自由に障害者用駐車スペースの数を増やしたり、減らしたりする事も出来るし、駐車場全体の収容台数の操作も容易に行うことも出来る。ボーダーの割合を増やしたとき、或いは減らしたとき、障害者用駐車スペースの設置数を増やしたとき、或いは減らしたとき、障害者用駐車スペースへのコアの駐車成功確率や一般ユーザによる不正利用状況が計算機の中でどのように変化するかを見ることで、上で述べた問題に対して一つの解答を得られる可能性がある。とりわけ、精度の高いシミュレータを完成させる事が出来れば、シミュレーション結果から様々な提言をする事が可能になるであろう。

こうしたシミュレーションによる方法は、従来までの社会科学的方法とは一線を画す方法であり、自然科学的方法における標準的な方法の一つである。駐車場の利用状況という一つの現象をモデル化し、それを計算機によってシミュレートし、得られた結果について考察を行う。その際に、本質的でない要素はモデルの単純化の為に捨象する。こうしたモデルやそれを基にしたシミュレータに求められている事は現象全体の微細な状況までをすべて反映させる事ではなく、ある程度の簡略化は伴うものの、現象の本質を捉える事にある。筆者らの知る限りにおいて、これまで障害者用駐車スペースの利用状況を対象としたシミュレータが開発された例はなく、本研究は萌芽的なものであり、本論文ではその第一段階に当たるシミュレータ開発について述べる。

こうした方法は、一度シミュレータが出来上がってしまえば、低コストで様々な状況に対し、繰り返し(数値)実験を行うことが出来、数値実験のデータに基づく検討が出来る点で従来の調査に基づく方法に比べて利点がある。その一方で、モデルの妥当性やシミュレーションの精度の問題が付き纏う。言い換えれば、現実を反映しないようなシミュレータであれば価値が無い。その意味で、現時点では開発したシミュレータはまだプロトタイプに過ぎない。シミュレータ内部で用いた一部のパラメータについては仮のものを採用しているし、実際の状況との適合度についても十分な検討が行われていない為である。本研究で作成したシミュレータによるシミュレーション結果を現実の状況により近付ける為には、幾つかのパラメータにつ

いては現実のデータを元に推測する必要があり、その為の調査が別途必要となる。それは今後の課題である。

次節では研究の出発点として作成した駐車場シミュレータの「プロトタイプ」について、それがどのようなものであるかを述べ、実際にシミュレータを動かして得られるシミュレーション結果について述べる。また、第3節において、開発における今後の課題についても述べる。

2. 駐車場シミュレータについて

本節では、シミュレータを用いた研究の出発点として開発したシミュレータ(プロトタイプ)の詳細を述べる。また、プログラム開発に使用した数学的な背景についても同時に説明する。なお、開発はプログラミング言語Cを用いて行った。

2.1. シミュレータの概要

本研究で作成した駐車場シミュレータの概要を述べる。

n を0以上の整数とする。 n は時間ステップを表す。作成したシミュレータは n についての逐次処理を用いて、駐車場内の入退場、コア車両及びボーダー車両の障害者用駐車スペースへの駐車状況、障害者用駐車スペースの不正利用状況等をシミュレートするものである。なお、シミュレータ内部での1ステップは現実時間の1分相当である。

また、自然数の組 (i, j) は駐車スペースの位置を表し、 $P_{i,j}(n)$ が第 n ステップにおける駐車スペース (i, j) の様々な状態を表す(詳しくは、§2.4を参照)。

$N \geq 1$ を最大観測ステップとして固定するとき、作成したシミュレータでは $n = N$ となるまで次のメイン・アルゴリズムに基づき処理を行う。

アルゴリズム 2.1 (メイン・アルゴリズム).

- 1° 駐車場の大きさを決定 (§2.4を参照) し、乱数の種を初期化する。
- 2° すべての i, j に対して初期状態 $(P_{i,j}(0))$ を設定する (§2.5を参照)。
- 3° 駐車場の状態更新をする (§2.9を参照)。
- 4° 車両の来場を決定する (§2.6を参照)。
 - 車が来場する場合は、各種車両の種類に応じた駐車の意味決定方針に基いて駐車処理を行い、然るべく $P_{i,j}(n)$ のパラメータを更新する (§2.7を参照)。

- 車が来場しない場合には、何もしない。

5° n の値を 1 増やし、3° に戻る。但し、 $n = N$ となったら処理を終える。

注意 2.1. よく用いられる方法であるが、乱数の種の初期化にはプログラムを実行した時間を用いる。これにより、実行する毎に異なる状況が得られる。なお、乱数の種を固定すれば実行結果は常に同じものになる。

以下、各手続きの詳細を説明する。

2.2. 乱数について

実際の駐車場の使用状況は毎日異なる。そうしたランダムな状況を再現する為には、乱数を用いた確率的な処理が必要となる。そこで、プログラム内部では擬似乱数を発生させ、確率的な処理を行う。シミュレータの詳細について述べる前に、まずは乱数について述べよう。

計算機内部で無作為な状況を作り出す為には信用に足る乱数を発生させる装置（アルゴリズム）が必要となる。計算機で発生させることの出来る乱数は**擬似乱数**と呼ばれる。何故ならば、計算機は決まりきった計算をすることしか出来ない為、本当に無作為に数値を発生させることはその仕組み上不可能だからである。しかし性質の良い擬似乱数を使用すれば、それは真にランダムなものであると考えても差し支えない。乱数の信頼性について詳しくは Knuth (2004), 伏見 (1989), Press, Teukolsky, Vetterling and Flannery (1993) 等を参照されたい。

Matsumoto & Nishimura (1998) はモンテカルロ法シミュレーションの為の擬似乱数生成法として**メルセンヌ・ツイスター (Mersenne Twister)** という方法を開発した。メルセンヌ・ツイスターは $2^{19937} - 1$ という非常に長い乱数周期を持ち、発生させる一様乱数の性質は非常に良く 623 次元に均等分布する。要するに、メルセンヌ・ツイスターにより発生させた擬似乱数は統計的に安全な乱数、即ち真にランダムなものであると言って差し支えない*1。

本研究では、Saito & Matsumoto (2008) によって、メルセンヌ・ツイスターを改良した SFMT*2 という方法を乱数生成の手法として採用した。特にプログラム内部で確率的な判定をするには $(0, 1) = \{x \in \mathbb{R} | 0 < x < 1\}$

*1メルセンヌ・ツイスターを用いた乱数生成方法は Gnu Scientific Library や R 言語における標準的な乱数生成方法として用いられている。

*2SIMD-Oriented Fast Mersenne Twister の略。

や $(0, 1] = \{x \in \mathbb{R} | 0 < x \leq 1\}$ に値をとる擬似乱数を発生させる必要がある為、dSFMT というライブラリを利用した。なお、 \mathbb{R} は実数全体の集合を表す*3。

2.3. 車種

プログラム内部には**コア車両**、**ボーダー車両**、**一般車両**の3種類の車種が用意されている。**コア車両**は障害者用駐車スペースの主たるユーザであり、現実世界では車いす利用者等が乗車した本質的に障害者用駐車スペースを必要とする車両に当たる。**ボーダー車両**は乗降時に広い幅を必要とするわけではないが、長距離の歩行が困難である高齢者や難病者、妊産婦、けが人等が乗車した車両が該当する。**一般車両**はコア車両でもボーダー車両でもない車両であり、現実世界では健常者のみが乗った車両に相当する。これらの車種は後で述べる駐車場の状態パラメータで用いる。

2.4. 駐車場の設定

自然数 I_{\max}, J_{\max} を任意に選び、駐車場の収容台数を $I_{\max} \times J_{\max}$ と設定する。収容台数はシミュレートしたい対象に合わせて変更する事が出来る。本研究では第一段階として、障害者用駐車スペースの不正利用が頻繁に行われているスーパーマーケットの駐車場を模することを考えているので、収容台数は概ね 50 台から 300 台程度を主な設定として用いるが、実際には収容台数が 10000 台を超えるような大規模駐車場のシミュレーションも十分に可能である事を付け加えておく。

$1 \leq i \leq I_{\max}, 1 \leq j \leq J_{\max}$ に対して、 $P_{i,j}(n)$ が第 n ステップにおけるインデックス (i, j) の駐車スペースを表す ($n \geq 0$)。 $P_{i,j}(n)$ は**タイプ (type)**、**エリア (area)**、**状態 (state)**、**残り滞在時間 (rsteps)** という 4 つのパラメータを持つ変数である。以下、各パラメータについて説明する。

2.4.1. タイプパラメータ

タイプ $P_{i,j}(n)_{\text{type}}$ は駐車スペースの特性を決定付けるパラメータである。プログラム内部では Type0, Type1, Type2 の 3 つのパラメータが設定されている。タイプパラメータは初期状態 $P_{i,j}(0)_{\text{type}}$ を設定したら、ステップ数 n の増加に伴う変化をしない。即ち、時間発展に関して不変なパラメータである。

*3実際には計算機が発生されることの出来る数は有限桁の数に過ぎない為、乱数の値はすべて有理数である。

Type0 スペース Type0 は通常の駐車スペースであり、大部分のスペースは Type0 である。Type0 の駐車スペースには任意の車両が駐車することが出来る。

Type1 スペース Type1 は障害者用駐車スペースに相当するもので、コア車両及びボーダー車両が優先的に駐車しようとするスペースである。Type1 の使用状況の時間発展を追跡する事が今回のシミュレータ開発の目的の一つである。

導入部分でも述べたように、実際の駐車場では障害者用駐車スペースの設置数は建築物移動等円滑化誘導基準によって決まっている為、今回のシミュレータにおいても収容台数 $I_{\max} \times J_{\max}$ を元に、上記の基準に基づき Type1 スペースを設定する。

今後は例えば、障害者用駐車スペースの設置基準よりもスペース数を多くした場合にコア車両の駐車成功率がどの程度変化するかを見る事が出来る。現在、佐賀県等が車いす使用者の乗る車両以外の許可証掲示車両のための区画を加えるプラスワン運動を実施しているが、その効果を詳しく検討する事が可能となる。

Type2 スペース Type2 に設定された駐車スペースは、Type1 の代替としてコア車両が駐車可能な駐車スペースである。西館 (2011) によると、障害者専用駐車スペースが何らかの理由で埋まっていた場合、障害者ドライバーが実際にとる手続きは、2台分を使用する、駐車場の角等に位置するある程度乗降幅を確保できるスペースを使用する、等がある。こうした先行研究の結果を踏まえて、今回作成したシミュレータでは駐車場全体の角部分を Type2 に設定する。Type2 は Type1 が埋まっていた場合に、コア車両が代わりに駐車しようとするスペースであるが、Type2 はコア車両やボーダー車両専用のスペースと言うわけではない為、任意の車両が駐車することが出来る。

なお、次に述べるエリアパラメータを用いて駐車場内を幾つかの区画に分けた際には、各区画の角部分を Type2 に設定する事も出来る。駐車場全体の角部分のみを Type2 に設定したのは簡単の為であり、技術的には Type2 を細かく設定する事は難しくない。

2.4.2. エリアパラメータ

エリア $P_{i,j}(n)_{\text{area}}$ は駐車場内の駐車区画に相当する。 $J \geq 2$ とするとき、Area 1 から Area J まで J 個のエリアに駐車スペースを分類する。 J が大きいほど、建物の入り口から遠い不便な区画と見なす。Type 1 の駐車スペースのエリアは原則的に Area 1 とする。

エリアパラメータの導入によって仮想的には複雑な形状の駐車場を取り扱うことが可能となる。§2.10 で見るようにシミュレータの実行画面では全体としては駐車場全体の見た目はいつでも矩形であるが、エリアパラメータを離れた区画を複数用意することで、仮想的には複雑な形状の駐車場を取り扱っていると見做す事が可能になる。

注意 2.2. プログラムを組む観点からは、タイプとエリアを一つのパラメータにまとめることは出来るが、幾つかの処理を簡潔に済ませるために分けて考えている。

2.4.3. 状態パラメータ

状態 $P_{i,j}(n)_{\text{state}}$ は駐車スペースが空車であるか、空車でない場合にはどの車が駐車しているのかを表すパラメータである。 $P_{i,j}(n)_{\text{state}} = 0$ の場合は空車であり、 $P_{i,j}(n)_{\text{state}} = 1$ の場合はコア車両、 $P_{i,j}(n)_{\text{state}} = 2$ の場合はボーダー車両、 $P_{i,j}(n)_{\text{state}} = 3$ の場合は一般車両が駐車していると考えられる。

2.4.4. 残り滞在時間パラメータ

残り滞在時間 $P_{i,j}(n)_{\text{rsteps}} \geq 0$ は、プログラム内部で残り何ステップ駐車を続けるかを決定するパラメータである。 (i, j) に駐車する事が決まった場合に、後で述べる滞在時間の決定方法に基づいて滞在時間を決定する。

駐車場全体の状態更新によって、 $P_{i,j}(n)_{\text{rsteps}} = 0$ になったら、その駐車スペースから車両が出て行き、新たに来場した車両が (i, j) に駐車可能になる。

2.5. 初期状態の設定

時刻 $n = 0$ での駐車場の初期状態を設定する。初期状態を適切に設定することで、様々な状況を観察する事が出来る。

駐車場に全く車両が駐車していない状態から観測を始める場合は、次のようにする。

アルゴリズム 2.2 (初期状態の設定 (1)).

すべての i, j に対して、 $P_{i,j}(0)_{\text{state}} = 0, P_{i,j}(0)_{\text{remsteps}} = 0$ とする。

ある程度、車両が駐車している状態から観測を始める場合は次のようにする。

アルゴリズム 2.3 (初期状態の設定 (2)).

1° $p \in [0, 1]$ を与えておく。

- 2° 各 (i, j) ($1 \leq i \leq I_{\max}, 1 \leq j \leq J_{\max}$) に対して、一様乱数 U を発生させ $U \leq p$ となった場合は、 $P_{i,j}(0)_{\text{state}} = 3$ とし、そうでない場合は $P_{i,j}(0)_{\text{state}} = 0$ とする。但し、 $P_{i,j}(0)_{\text{type}} = 1$ であるスペースは除く。
- 3° 2° で $P_{i,j}(0)_{\text{state}} = 3$ 、即ち駐車状態、となった $P_{i,j}(0)$ については、アルゴリズム 2.14 を用いて滞在時間 $P_{i,j}(0)_{\text{remsteps}}$ を決定する。

注意 2.3. アルゴリズム 2.2 はアルゴリズム 2.3 で $p = 0$ の場合である。

2.6. 駐車場への車両の来場

2.6.1. 車両の来場と車種の決定方法

各時間ステップ n において車両が来場するか、しなやか確率的に決定する。車両の来場する確率を $p_a \in (0, 1)$ とおく。区間 $(0, 1)$ に値をとる一様乱数 U を発生させ、 $U \leq p_a$ である場合には車両が来るとし、そうでない場合には車両は来ないと処理する。なお、各車両の来場確率は独立であるとする。つまり、示し合わせて来場するような車両の存在を捨象している。

上の手続きで車両が来場する事が決まった場合には、何台の車両が来場するのかを決定する。 a_{\max} を 1 回の時間ステップで来場可能な車両の最大数とするとき、 $1 \leq A \leq a_{\max}$ 台の車両を来場させるように処理をする。 A がどのような値をとるかは現時点では一様乱数を用いて簡潔に処理をしているが、将来的には調査結果に基づき適切な確率分布を考える。 p_a および a_{\max} の値、 A の従う確率分布については現時点では仮のものを採用している為、今後の調査により現実に近付けるための精査が必要である。

来場台数 $A \geq 1$ が決まったら、どの車種の車両が来場しているのかを決定する。車種は既に述べたようにコア車両 (内部パラメータでは 1)、ボーダー車両 (内部パラメータでは 2)、一般車両 (内部パラメータでは 3) の 3 種類である。コア車両の来場確率を $p_{\text{core}} > 0$ 、ボーダー車両の来場確率を $p_{\text{border}} \geq 0$ とする。このとき、一般車両の来場確率 p_{normal} は $p_{\text{normal}} = 1 - (p_{\text{core}} + p_{\text{border}})$ で決まる^{*4}。来場車種の決定は一様乱数を用いて行う。

以上をアルゴリズムにまとめよう。

アルゴリズム 2.4 (車両の来場と車種の決定).

- 1° 一様乱数 $U \in (0, 1)$ を発生させ、 $U \leq p_a$ であるな

^{*4}余事象の確率を考えれば自ずと p_{normal} は決まる。

らば次の手順に進み、そうでない場合は処理を終える。

- 2° $1 \leq A \leq a_{\max}$ に値をとる一様乱数 A を発生させる。
3° A 回以下の処理を繰り返す。

- (i) 一様乱数 U を発生させる。
(ii) $U \leq p_{\text{core}}$ ならばコア車両を発生させ、
 $p_{\text{core}} < p \leq p_{\text{core}} + p_{\text{border}}$ ならばボーダー車両を発生させ、そうでない場合は一般車両を発生させる。

なお、車両が発生した場合はその都度、§2.7 で述べる駐車ルーチンを車種に応じて呼び出し、駐車処理を行う。

注意 2.4. 車両の発生と、来場台数の決定を同時に行うことも可能であるが、現時点では p_a や確率変数 A の従う確率分布が不明確である事から、敢えてこのような処理を採用している。実際の調査データに基づき、 $A \geq 0$ の従う確率分布が上手く決定出来れば、処理を簡潔に済ませることが可能となる。

注意 2.5. アルゴリズム 2.4 では時間帯の影響を無視している。即ち、殆んど同じ状況を長時間観測している事に対応する。

2.6.2. p_{core} 及び p_{border} について

問題となるのは p_{core} 及び p_{border} の値をどの程度に設定するかである。

既に許可証制度を導入している佐賀県、福島県での利用許可証の発行数と世帯数との比率は以下の表 2.1、表 2.2 の通りである^{*5}。

表 2.1: 佐賀県における許可証の発行数と世帯数比

	許可証発行数	世帯数比
乗降困難	1,659	0.56%
乗降以外の 移動時要配慮	2,559	0.87%

^{*5}2010 年 10 月 1 日現在の値を利用。また、自家用車の登録台数を元に比率を算出しても大きな差はない。

表 2.2: 福島県における許可証の発行数と世帯数比

	許可証発行数	世帯数比
乗降困難	5,931	0.82%
乗降以外の移動所要配慮	5,920	0.82%

これらを踏まえると、コア車両の来場確率 p_{core} は

$$0.005 \leq p_{core} \leq 0.01 \quad (2.1)$$

程度であると考えられる。

次にボーダー車両について述べよう。ボーダー車両とは、乗降時に広い幅を必要とするわけではないが、長距離の歩行が困難である高齢者や難病患者、妊産婦、けが人等の乗車を想定した車両であった。表 2.1, 表 2.2 のうち乗降時に幅を必要とする可能性の高い者を除いた者の比率を概算値として利用して、大胆に見積もれば $0.008 < p_{border} < 0.01$ 程度となる。

今回のシミュレータ開発における我々の目標の一つは許可証制度の適切な設計であるから、実際にシミュレーションを行う場合には p_{border} の値を変化させ、それによりコア車両の駐車成功確率がどのように変化するかを見る必要がある。そこで、 $p_{core} > 0$ を (2.1) の範囲で与えた際に

$$0 \leq p_{border} \leq 0.03 \quad (2.2)$$

の範囲について考える。

2.7. 駐車における意思決定

来場する車両の種類が決まった際に、どのような思考ルーチンで駐車手続きを行うのかをコア車両、ボーダー車両、一般車両に分けて述べる。

2.7.1. コア車両の意思決定方法

選ばれた車両がコア車両であった場合、コア車両は以下の手順で駐車スペースを探す。

アルゴリズム 2.5 (コア車両の駐車).

- 1° Type1 のスペースに空きがあるかどうかを探索し、空きがあれば駐車し、手続きを終える。
- 2° Type1 のスペースに空きがなかった場合には、Type2 のスペースに空きがあるかどうかを探索し、空きがあれば駐車し、手続きを終える。

3° Type1 にも Type2 にも空きがなかった場合には、駐車を断念し、処理を終える。

上の手順の作成に於いては西館 (2011) による調査結果を参考にした。以下、詳しく述べる。

車いす使用ドライバーなどは乗用車の乗降に際して広いスペースを必要とする。その為、両端の空いている箇所にも駐車することもあり得るが、駐車した時点で両端が空いていたとしても、買い物などを終えて戻ってきた際に両端が空いているとは限らない。その為、障害者用駐車スペースに空きがなかった場合には、角のスペースを利用する事が多い。ここでも、そうした状況を考慮し、角の部分を Type2 とし、積極的に利用するようにした。

2.7.2. ボーダー車両の意思決定方法

ボーダー車両は以下の手順に従って駐車処理を行う。

アルゴリズム 2.6 (ボーダー車両の駐車).

- 1° Type1 のスペースに空きがあるかどうかを探索し、空きがあれば駐車し、手続きを終える。
- 2° Type1 のスペースに空きがなかった場合には、入口に近い箇所から順に空きスペースを探索し、空いている箇所があれば駐車をする。
- 3° 2° までに空きスペースが見つからなかった場合には退場する。

2.7.3. 一般車両の意思決定方法

西館 (2011) や国際交通安全学会 (2002) によれば、一般車両が障害者用駐車スペースを不正利用する理由として、例えば次のような理由がある。

- 混んでいる
- 短時間で用が済む

一つ目の理由で挙げた、駐車場の混雑状況は不正利用を誘発する一つの鍵となっている事は想像に難くない。特に、建物入り口付近の混雑状況が重要であると考えられる。そこで、作成したシミュレータでは Type1 駐車場の近くの混雑状況と駐車場全体の混雑状況を計算し、その占有率に基づいて不正利用車両が発生する確率を操作する。より具体的には Area パラメータの小さいエリアの駐車率と駐車場全体の駐車率に応じて不正利用の確率を 2 段階で変化させる。

アルゴリズム 2.7 (不正利用判定).

1° 混雑状況に応じて不正利用判定を行う。不正利用判定は2段階で行う。

(i) 入口付近 (Area2) の使用率が設定した閾値 C_0 を超えているとき、不正利用車両の発生確率を $p_{\text{ill}} = p_0 > 0$ に設定する。

(ii) 入口付近の使用率が設定した閾値 C_0 以上であり、かつ全体使用率が設定した閾値 C_1 を超えているとき、不正利用車両の発生確率を $p_{\text{ill}} = p_1 > 0$ に設定する。但し、 $p_1 > p_0$ とする。

2° 一様乱数 $U \in (0, 1)$ を発生させる。 $U \leq p_{\text{ill}}$ であるときには、不正利用をすると判定する。このとき、アルゴリズム 2.8 に基づき駐車処理を行う。

$U > p_{\text{ill}}$ である場合には不正利用を行わないと判定する。このときは、アルゴリズム 2.9 からアルゴリズム 2.12 のいずれかの方法を用いて駐車処理を行う。

不正駐車をを行う場合 発生した一般車両が不正駐車をすることが決まった場合、以下の手順で駐車手続きを行う。

アルゴリズム 2.8 (不正駐車).

1° 駐車場の Type に無関係に入口から近い箇所から順に空きスペースを探索し、空いている箇所があれば駐車をする。

2° 1° で空きスペースがなかった場合 (即ち、駐車場が満車であった場合) は退場する。

不正駐車を行わない場合 発生した一般車両が不正駐車を行わない場合、駐車ルーチンには複数のルーチンを用意した。どの車両が発生するのかを確率的に決定し、以下のいずれかの駐車ルーチンに基いて駐車を行う。

一般車両も多くは入口付近に駐車を行うと考えれば、以下のルーチンが基本となる。

アルゴリズム 2.9 (一般車両の駐車 (基本)).

1° 前方から順に空きスペースを探索し、空きが見つかればそこへ駐車する。但し、Type1 駐車場には駐車をしない。

2° 1° で空きが見つからなかった場合には退場する。

敢えて混んでいる前方ではなく、なるべく空いてい

る所を探す場合は、次のルーチンを用いる。各列の混雑状況を比較し、最も空いている列へ駐車する。

アルゴリズム 2.10 (一般車両の駐車 (混雑域を避ける車両)).

1° 各列の混雑状況を計算する。

2° 全ての列のうちで最も混み合っていない列で空きスペースを探し、空きが見つかればそこへ駐車する。但し、Type1 駐車場には駐車をしない。

3° 2° で空きが見つからなかった場合には退場する。

ドライバーの操作技術が未熟である場合を想定し、両隣が空いている場合、または片側が空いている場合に駐車を行う。

アルゴリズム 2.11 (一般車両の駐車ルーチン (低スキル)).

1° 前方から順に空きスペースを探索し、両側 (または片側) も空いている場合に限り駐車を行う。但し、Type1 駐車場には駐車をしない。

2° 1° で空きが見つからなかった場合には、アルゴリズム 2.9 に切り替える。

駐車場の出入口付近を優先して選ぶドライバーとして、次の方法を用意した。

アルゴリズム 2.12 (一般車両の駐車ルーチン (後方優先)).

1° 駐車場の出入口から近い場所から順に空きスペースを探索し、空きが見つかった場合には駐車を行う。但し、Type1 には駐車をしない。

2° 1° で空きが見つからなかった場合には、退場する。

注意 2.6. 今回作成したシミュレータでは、駐車場の出入口は建物から最も離れた位置にあると想定している。即ち、駐車場の出入口は最もエリアパラメータの大きい区画にある。

注意 2.7. 探索方法を変更しているだけで、アルゴリズム 2.10, アルゴリズム 2.12 は駐車が成功するまでに駐車場内の全てのスペースに対して検索を行う。従って、アルゴリズム 2.11 のような途中での切り替えは必要ない。

注意 2.8. 一般車両の駐車ルーチンを複数用意する事はあまり本質的でないように思えるが、実際にはそうではない。というのも、複数のアルゴリズムによってコ

ア車両の Type1 駐車スペースへの駐車可能性は影響を受ける。実際の駐車場においても、全ての車両が前方から順に駐車を行なっている訳ではない。また、建物入口付近の混雑状況は一般車両の不正利用を引き起こす要因となっている（西館・水野・徳田 2008b）ことから、全ての車両を前方から順に駐車するようにすると、不正利用確率はアルゴリズム 2.7 で設定した閾値 C_0 を超えた状態が長引くことになり、現実とシミュレーション結果が合わない事態を招く可能性がある。

また、複数の駐車方法を採用する事で、駐車場出入口付近の Type2 への駐車可能性も大きな影響を受ける。特に、アルゴリズム 2.12 の影響が今回の場合は大きい。

2.8. 滞在時間の決定

駐車スペース $P_{i,j}(n)$ に車両が駐車することが決まった場合、どの程度の時間滞在を続けるのかを決定する。即ち、 $P_{i,j}(n)_{\text{rsteps}}$ を決定する。滞在時間 $T > 0$ は来場する車両によってバラバラであるはずだから、 $T > 0$ は確率変数である。従って、 T がどのような確率分布に従うのかが問題となる。

2.8.1. ガンマ分布とその性質

滞在時間の特徴として、長時間滞在を続ける車両の存在が少なからず存在する事が挙げられる。例えば、スーパーマーケットであれば来場する大部分の車両は必要な買い物を済ませて短時間で退場するが、ごく一部の車両は長時間滞在を続ける。来場した自動車の滞在時間を決定するには、このような長時間駐車を続ける車両が僅かな割合で現れるような確率分布が適している。ここでは**ガンマ分布**という連続型確率分布を用いる。

定義 2.1 (ガンマ分布). $\alpha > 0, \beta > 0$ とするとき、次の関数 $f(x)$ を確率密度関数にもつ確率分布を**ガンマ分布**といい、 $\Gamma(\alpha, \beta)$ と表す。

$$f(x) = \begin{cases} \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} e^{-\beta x} x^{\alpha-1}, & x > 0, \\ 0, & x \leq 0. \end{cases} \quad (2.3)$$

$\alpha > 0$ は**形状母数**、 $1/\beta > 0$ は**尺度母数**と呼ばれるパラメータである。ここで、 $\Gamma(s)$ は Euler のガンマ関数を表す。即ち、

$$\Gamma(s) = \int_0^\infty e^{-x} x^{s-1} dx \quad (2.4)$$

によって定められる関数である。

以下、ガンマ分布の性質を簡単に述べる。詳しくは藤澤（2006）など確率論の成書を参照されたい。

X をガンマ分布 $\Gamma(\alpha, \beta)$ に従う確率変数とする。このとき、期待値が $E(X) = \alpha/\beta$ 、分散が $V(X) = \alpha/\beta^2$ となることは簡単な積分計算とガンマ関数の性質から分かる。

また、微分法を用いて $f(x)$ の増減を調べれば、 $\alpha \geq 1$ のとき、 $x = (\alpha - 1)/\beta$ で $f(x)$ は最大値をとる事がわかるので、ガンマ分布の最頻値は $(\alpha - 1)/\beta$ である。特に $\alpha = 1$ の場合はガンマ分布は指数分布そのものであるから、 $x = 0$ が最頻値を与える。なお、 $\alpha \leq 1$ の場合は $f(x)$ が単調減少関数となる為、来場した自動車の滞在時間分布には適さない。従って、以下では $\alpha > 1$ のみを考える。

更に、ガンマ分布は次の性質を持つ。 $\alpha > 1$ ならば $f(0) = 0$ となることは (2.3) の確率密度関数の定義の仕方から明らかである。従って、 $f(x)$ の確率密度関数を δ だけ平行移動した $f(x - \delta)$ も確率密度関数となる事がわかる。この事実はガンマ分布の特筆すべき特徴の一つであり、 $\delta > 0$ は後に車両の最小滞在時間としての役割を果たす。 $\alpha > 1, \beta > 0$ とするとき、 $\Gamma(\alpha, \beta)$ の確率密度関数を δ だけ平行移動した関数を確率密度関数に持つ確率分布を $\Gamma(\alpha, \beta, \delta)$ と書くことにする。即ち、 $\Gamma(\alpha, \beta, \delta)$ は次の関数 $g(x)$ を確率密度関数に持つ確率分布である。

$$g(x) = \begin{cases} \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} e^{-\beta(x-\delta)} (x-\delta)^{\alpha-1}, & x > \delta, \\ 0, & x \leq \delta. \end{cases} \quad (2.5)$$

但し、 $\alpha > 1, \beta > 0, \delta \in \mathbb{R}$ とする。一つの例として、 $\Gamma(3, 6, 5)$ の確率密度関数のグラフを図 2.1 に示す。

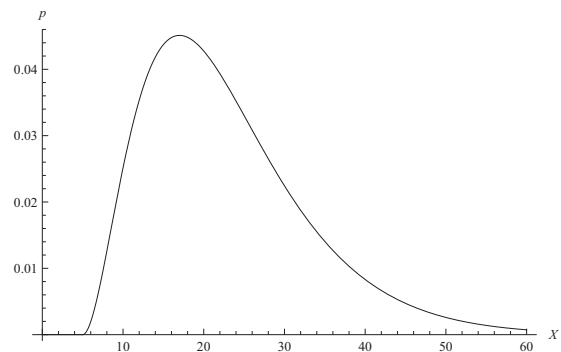


図 2.1: $\Gamma(3, 6, 5)$ の確率密度関数のグラフ

2.8.2. ガンマ分布に従う乱数の生成

ガンマ分布 $\Gamma(\alpha, 1)$ に従う確率変数 Z が得られたとすると $X = Z/\beta$ はガンマ分布 $\Gamma(\alpha, \beta)$ に従う確率変数で

ある事が確率変数の変換から従う。従って、 $\Gamma(\alpha, \beta, \delta)$ ($\alpha > 1$) に従う確率変数を計算機内部で発生される為には、ガンマ分布 $\Gamma(\alpha, 1)$ に従う擬似乱数が生成出来れば十分である。

一様乱数 U からガンマ分布 $\Gamma(\alpha, 1)$ に従う乱数 Z を生成する方法として、Ahrens & Dieter (1974) の方法を用いる (あわせて (Knuth 2004: 第3章) を参照せよ)。即ち、次の手順で一様乱数 U から変換を行う。

アルゴリズム 2.13 ($\Gamma(\alpha, 1)$ に従う乱数の生成)。

1° 一様乱数 U を生成し、

$$Y = \tan \pi U$$

$$X = \sqrt{2\alpha - 1}Y + \alpha - 1$$

とおく。

2° $X \leq 0$ ならば、 X を棄却し 1° に戻る。

3° 2° のチェックをクリアした場合、新たに一様乱数 V を生成し、

$$V > (1 + Y^2) \exp\left((\alpha - 1) \log \frac{X}{\alpha - 1} - \sqrt{2\alpha - 1}Y\right)$$

ならば、 X を棄却し 1° に戻る。そうでない場合に X を採択する。

注意 2.9. 上のアルゴリズムは $\alpha > 1$ の場合にしか使えないが、既に述べたように滞在時間分布を考える場合には $\alpha > 1$ しか考えない。

2.8.3. 滞在時間の決定

$\delta > 0$ を最小滞在時間とする。自動車の来場が決まったら、以下の方法で滞在時間 $T > 0$ を決める。即ち、以下のアルゴリズム 2.14 は各車両が駐車処理を行った際に呼び出され、 $P_{i,j}(n)_{\text{rsteps}}$ の値として採用される。

アルゴリズム 2.14 (滞在時間 T の決定)。

1° Z を $\Gamma(\alpha, 1)$ に従う確率変数として、アルゴリズム 2.13 によって生成し、 $X = Z/\beta + \delta$ とおく。

2° X を自然数となるように丸めたものを内部の滞在時間 T として採用する。

アルゴリズム 2.14 で決まる滞在時間 T は 3 つのパラメータ α, β, δ によって決まる。これら 3 つのパラメータはどのような施設を想定したシミュレーションを行うかによって適宜取り替える。

また、ここでは滞在時間 $T > 0$ の決定にガンマ分布を用いたが、対数正規分布やワイブル分布等の他の確率分布の使用も検討している。

2.9. 駐車場の状態更新

各時間ステップが始まると同時に次の手順に基づいて駐車場全体の状態更新を行う。

アルゴリズム 2.15 (状態更新). n を状態更新を行う前の時間ステップとする。

1° すべての i, j に対して、もし $P_{i,j}(n)_{\text{state}} \geq 1$ ならば、

$$P_{i,j}(n+1)_{\text{rsteps}} = P_{i,j}(n)_{\text{rsteps}} - 1$$

とする。

2° この操作によって、 $P_{i,j}(n+1)_{\text{rsteps}} = 0$ となれば、そのスペースを空車とするように $P_{i,j}(n+1)_{\text{state}} = 0$ とする。

以上が、今回作成した駐車場シミュレータの詳細である。

2.10. シミュレーション結果の確認

最後に、今回作成したシミュレータを実行して得られるシミュレーション結果がどのように出力されるのかを述べる。以下は実際にシミュレータを実行して得られた結果のサンプルにもなっている。

シミュレーション結果を確認する方法は大きく分けて 4 つある。

2.10.1. アニメーションによる方法

1 つ目の方法は視覚的な方法である。プログラムを実行すると、仮想的な駐車場の時間発展の様子をアニメーションによって見る事が出来る。

アニメーション画面では、白いマスが一般の駐車スペース (Type0 または Type2) *6、水色のマスが障害者用駐車スペース (Type1) を表し、コア車両は赤、ボーダー車両は緑、ノーマル車両は青で表示される。

更に、画面上では各時間ステップ n での全体の占有率、Area1 (=Type1) の占有率及び Area2 の占有率が表示される。また、それまでに起こった不正利用の回数、コア車両の来場回数と Type1 への駐車成功回数、Type1

*6内部の設定を変更すれば Type2 についても別の色を付けることは出来る。

または Type2 への駐車成功回数、ボーダー車両の来場回数と Type1 への駐車成功回数が表示される。

実際の実行画面は図 2.1, 図 2.2 のようになる。

2.10.2. テキストファイルによる方法

2つ目の方法は計算結果をまとめたテキストファイルを開覧する方法である。シミュレータを実行し、計算が終了すると同時に計算結果をまとめたテキストファイルが出力される。同様の結果はコンソールにも表示される。

テキストファイルを見ることで次のような事がわかる。

- シミュレーションにおいて発生した車両の総数とその内訳
- Type1 スペースの使用状況とその内訳
- 不正利用の総数とその平均に関するデータ
- コア車両の Type1 への駐車成功確率と失敗した場合の原因の内訳
- ボーダー車両の Type1 への駐車成功確率と失敗した場合の原因の内訳

以下がシミュレータの実行に伴い出力されるテキストファイルの例である。

テキストファイルの例

```

■ シミュレーション結果

【設定】
収容数：100台
障害者専用スペース (Type1)：3台
観測ステップ数 1000

【来場車両】
来場車両総数：1475台
・コア：13台
・ボーダー：24台
・ノーマル：1438台
1ステップ当たりの平均来場台数：1.48

【Type1の使用状況】
総使用ステップ数 1715
・コア：393ステップ
・ボーダー：727ステップ
・ノーマル：595ステップ
Type1の利用率：57.17% (1715/3000)
満車になったステップ数：200
満車率：20.00% (200/1000)

【不正利用状況】
不正利用車両数：18台
不正利用車両の割合：1.252% (18/1438)
総不正利用時間：595
1台当たりの平均不正滞在時間：33.056 (595/18)
1スペース当たりの平均不正滞在時間：198.333 (595/3)
    
```

```

【コア車両】
全体に占める割合：0.88% (13/1475)
コア車両のType1への駐車成功確率：84.62% (11/13)
コア車両のType1への駐車失敗原因内訳
・コア車両が原因：1回 (影響率：16.67%)
・ボーダー車両が原因：2回 (影響率：33.33%)
・ノーマル車両が原因：3回 (影響率：50.00%)
コア車両のType1またはType2への駐車成功確率：100.00% (13/13)
    
```

```

【ボーダー車両】
全体に占める割合：1.63% (24/1475)
ボーダー車両のType1への駐車成功確率：83.33% (20/24)
ボーダー車両のType1への駐車失敗原因内訳
・コア車両が原因：2回 (影響率：16.67%)
・ボーダー車両が原因：6回 (影響率：50.00%)
・ノーマル車両が原因：4回 (影響率：33.33%)
    
```

2.10.3. グラフによる方法

3つ目の方法は計算結果から自動的に生成されるグラフを見る方法である。この方法では、時間発展に伴う利用状況の変化がログファイルに基づき可視化される。プログラムを実行すると計算の終了と同時に以下のグラフが自動で生成される。

作成されるグラフは以下の (G1) から (G6) である。全てのグラフで横軸は時間ステップ n であり, (G2) から (G6) は縦軸が2軸のグラフとなっている。

- (G1) 縦軸に不正利用回数, コア車両の来場回数, コア車両の Type1 への駐車成功回数, ボーダー車両の Type1 への駐車成功回数をプロットしたもの (図 2.3)
- (G2) 縦軸 1 に駐車場の全体及び Area2 (建物入り口付近の一般駐車区画) の占有率, 縦軸 2 に不正利用回数をプロットしたもの (図 2.4)
- (G3) 縦軸 1 に駐車場の全体及び Area2 の占有率, 縦軸 2 にコア車両の来場回数, コア車両の Type1 への駐車成功回数をプロットしたもの (図 2.5)
- (G4) 縦軸 1 に駐車場の全体及び Area2 の占有率, 縦軸 2 にボーダー車両の来場回数, ボーダー車両の Type1 への駐車成功回数をプロットしたもの
- (G5) (G3) の縦軸 1 を Area1 (=Type1) の占有率に置き換えたものをプロットしたもの (図 2.6)
- (G6) (G4) の縦軸 1 を Area1 (=Type1) の占有率に置き換えたものをプロットしたもの

2.10.4. ログファイルによる方法

最後の方法は計算結果を記録したログファイルを直接閲覧する方法である。ログファイルにはプログラム

を実行してから終了するまで、すべての時間ステップで起こったイベントが数値として記録されている。これまでに述べた全ての方法はログファイルに記録された結果をわかり易く提示する方法に過ぎない。

ログファイルは CSV 形式^{*7}により出力される為、表計算ソフトや Gnu R 等で簡単に取り扱う事が出来る。ログファイルを用いれば、自動で生成されないグラフを個別に作成する事が出来る。また、複数回のシミュレーション結果を元にした統計解析等においてログファイルが必要となる。

3. おわりに—今後の課題

第2節において、今回作成した駐車場シミュレータ(プロトタイプ)の概要を述べ、更に実際にシミュレータを動かした結果を紹介した。

計算機によるシミュレーションの利点は観測実験や調査により明らかにすることが困難な状況に対する予測が可能である点、低コストで数値実験を繰り返し行える事にある点にある。しかし、導入部分でも述べたようにこうしたシミュレーションを意味のあるものにするには、それが、現実を「模したもの」でなければならぬ。即ち、シミュレーションで採用しているモデルが妥当であり、ある程度の精度が前提となり、初めてシミュレータには価値が生まれるのである。

今回作成したプロトタイプは様々な場合に対応出来るように設計を行なっているが、内部で用いた幾つかのパラメータは過去のラフな調査結果や筆者らの推測に基いて設定されたものである。従って、現実の駐車場を模したものにする為には、更なる開発が欠かせない。最後に、今後の課題について整理し、本論文の結びとしよう。

我々の最初の目標は晴天時、平日または休日の繁忙状態にあるスーパーマーケットの駐車場の状況をなるべく精確にシミュレートする事にある。そこで、幾つかのスーパーマーケットの駐車場で定点調査を行い、統計的手法を用いて母数の推定などを行う必要がある。

以下、今後のシミュレータ開発の為に必要となる調査とその目的を述べる。

3.1. 確率 p_a 及び確率変数 A の従う確率分布の決定

シミュレータの1ステップは現実時間の1分相当であった。また、確率 p_a とは1ステップ当りに車両が来場する確率であり、確率変数 A とは1ステップ当りに

来場する車両の数であった。 p_a の値、及び A の従う確率分布については現時点では仮のものを採用している。

確率 p_a の値を実際状況に近づける為に、定点調査を行い1分当たりの車両来場確率を算出する。十分な大きさの標本を集めれば、統計的推定の標準的な方法から確率 p_a の値が推定される。このとき同時に1分当たりどの程度の車両が来場するのかを観測する。これにより、 A の従う確率分布の指標が得られる。

3.2. 滞在時間 T の従う確率分布の決定

現在、滞在時間 T はガンマ分布 $\Gamma(\alpha, \beta, \delta)$ に従っていると仮定している。ガンマ分布を特徴付けるパラメータは形状母数 α と尺度母数 $1/\beta$ 及び最小滞在時間 δ であるから、調査を行い上手く α, β, δ を見つける必要がある。特に α, β の決定が重要である。

その為に、実際のスーパーマーケットの駐車場において定点調査を行い、車両の滞在時間に関する標本を収集する。得られた標本に基づき、ガンマ分布の確率密度関数のパラメータ α, β を決定する。決定に際しては非線形の最小二乗法等の数学的手法を用いる。

また、滞在時間決定の項でも述べたようにガンマ分布以外の確率分布の使用も検討している。

以上のような定点調査の結果に基づきシミュレータの改良を行い、シミュレーション結果と実際の駐車場の利用状況を比較し、利用状況の再現性に関する評価を行う事が本研究の次なる課題である。

3.3. 一般車両の駐車傾向の把握

§2.7 で述べたように、不正利用を行わない一般車両の意思決定方法については複数のアルゴリズムを用意した。これは一般車両が建物入口付近に集中しすぎないようにする為の処理である。

一般車両の駐車傾向についてより詳細な情報を得ることが出来れば、より精確なシミュレータの開発に繋がるであろう。そこで、何らかの方法によって一般車両の駐車傾向を把握したいが、定点調査による方法では様々な面で難しい。この点については、方法を含めて今後の検討課題としたい。

謝辞

本研究は平成25年度公益財団法人富山第一銀行奨学財団研究助成の援助を受けて行われた。

^{*7}Comma Separated Values の略。いわゆるカンマ区切り。

参考文献

- J. H. Ahrens and U. Dieter (1974) “Computer methods for sampling from gamma, beta, Poisson and binomial distributions,” *Computing (Arch. Elektron. Rechnen)*, 12(3): 223–246.
- 相浦真二郎・清田勝 (2008) 「身体障害者用駐車施設の利用実態と管理システムの構築」『低平地研究』17: 19–26.
- 藤本綾香・村上良知・中村美奈子 (2011) 「身障者用駐車場利用証制度の普及と運営に関する調査研究」『日本建築学会九州支部研究報告』50: 81–84.
- 藤澤洋徳 (2006) 『確率と統計』朝倉書店.
- 伏見正則 (1989) 『乱数』東京大学出版会.
- 清田勝・林田行雄・前田明子 (2011) 「罰則のないパーキングパーミット制度の課題と改善に向けての取組み」『交通工学』46(1): 66–76.
- (2009) 「罰則のないパーキングパーミット制度の有効性と課題」『交通科学』40(1): 69–76.
- D. E. Knuth (2004) *The Art of Computer Programming Volume 2 Seminumerical Algorithms*, アスキー. 有澤 誠, 和田 英一 (監訳), 斎藤 博昭, 長尾 高弘, 松井 祥吾, 松井 孝雄, 山内 齊 (訳).
- 国際交通安全学会 (2002) 『障害者用駐車スペースの利用の適正化に関する総合的研究』国際交通安全学会.
- M. Matsumoto and T. Nishimura (1998) “Mersenne Twister: A 623-Dimensionally Equidistributed Uniform Pseudo-Random Number Generator,” *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation*, 8(1): 3–30.
- 西館有沙 (2009) 「障害者用駐車スペースの不正利用防止に効果的な対策の特徴と課題」『アジア障害社会学研究』9: 33–40.
- (2011) 『障害者用駐車スペースの設置および運用に関する総合的研究』日本障害理解学会出版部.
- A. Nishidate, T. Mizuno, and K. Tokuda (2008) “The Condition of Parking Spaces reserved for People with Disabilities,” *The Asian Journal of Disable Sociology*, 8: 1–12.
- 西館有沙・水野智美・徳田克己 (2008a) 「EU 共通の駐車許可証を導入している国における障害者用駐車スペースの設置及び運用の状況」『富山大学人間発達科学部紀要』2(2): 57–64.
- (2008b) 「障害者用駐車スペースの不正利用に関するドライバーの意識」『障害理解研究』10: 51–59.
- 小川英明 (2002) 「大規模小売店舗における身体障害者用駐車場の利用実態に関する研究」『都市計画. 別冊, 都市計画論文集』37: 181–186.
- W. H. Press, S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery (1993) 『ニューメリカルレシピ・イン・シー—C 言語による数値計算のレシピ』技術評論社. 丹慶勝市・奥村 晴彦・佐藤 俊郎・小林 誠 訳.
- 佐賀県健康福祉本部地域福祉課 (2008) 「佐賀県パーキングパーミット制度—本当に必要な人のために (特集だれもが安心できる生活環境へ)」『国土交通』91: 32–33.
- M. Saito and M. Matsumoto (2008) “SIMD-Oriented Fast Mersenne Twister: a 128-bit Pseudorandom Number Generator,” A. Keller, S. Heinrich, & H. Niederreiter eds., *Monte Carlo and Quasi-Monte Carlo Methods 2006*, Springer Berlin Heidelberg, 607–622.
- 全国脊髄損傷者連合会 (2001) 『高速道路の SA・PA におけるバリアフリーに関する調査』平成 12 年度三菱財団助成事業報告書.

(2013年 5 月20日受付)

(2013年 7 月10日受理)

Parking Simulator (ver. 1.0)
 Timestep n=650, Occupation rate: (Whole)49.0% (Area1)100.0% (Area2)80.8%
 Inappropriate use(Total): 12, Core Success (Type1): 8/9, (Type1+2): 9/9, Border Success (Type1): 15/18

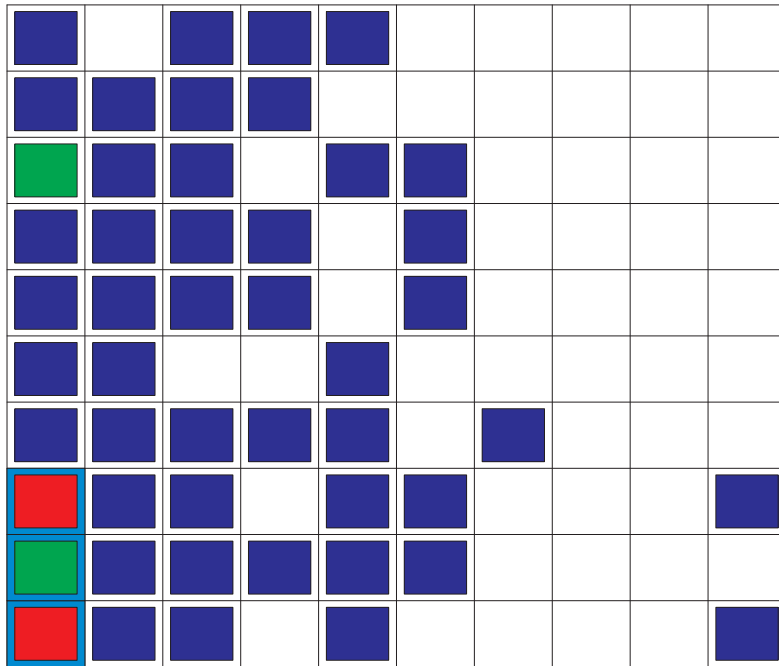


図 2.1: シミュレーションの実行画面の例 (1)

Parking Simulator (ver. 1.0)
 Timestep n=940, Occupation rate: (Whole)63.0% (Area1)100.0% (Area2)95.7%
 Inappropriate use(Total): 16, Core Success (Type1): 11/13, (Type1+2): 13/13, Border Success (Type1): 20/24

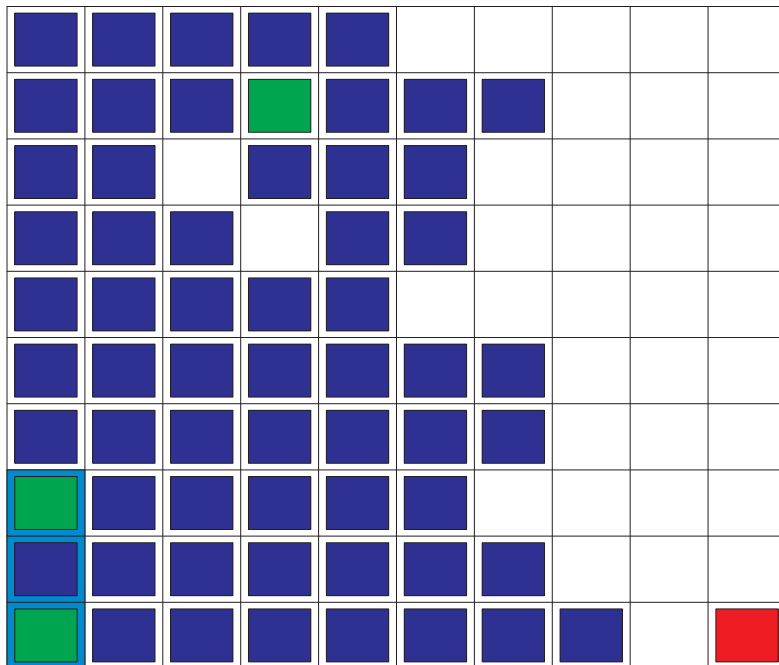


図 2.2: シミュレーションの実行画面の例 (2)

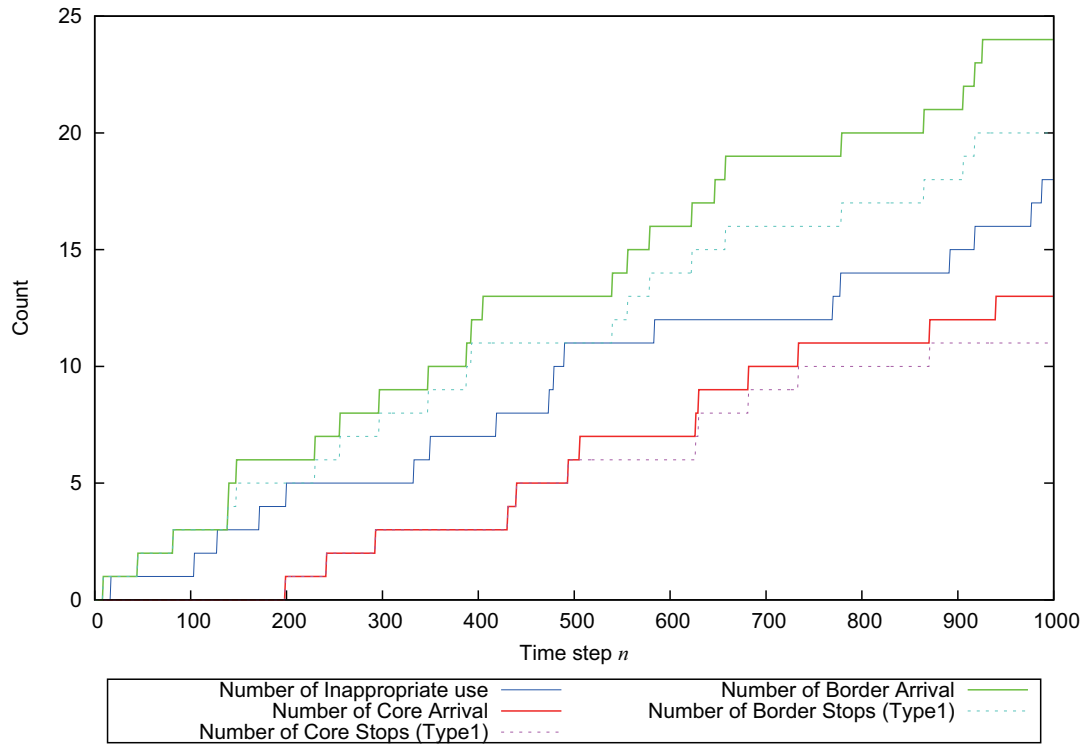


図 2.3: グラフ (G1) の例

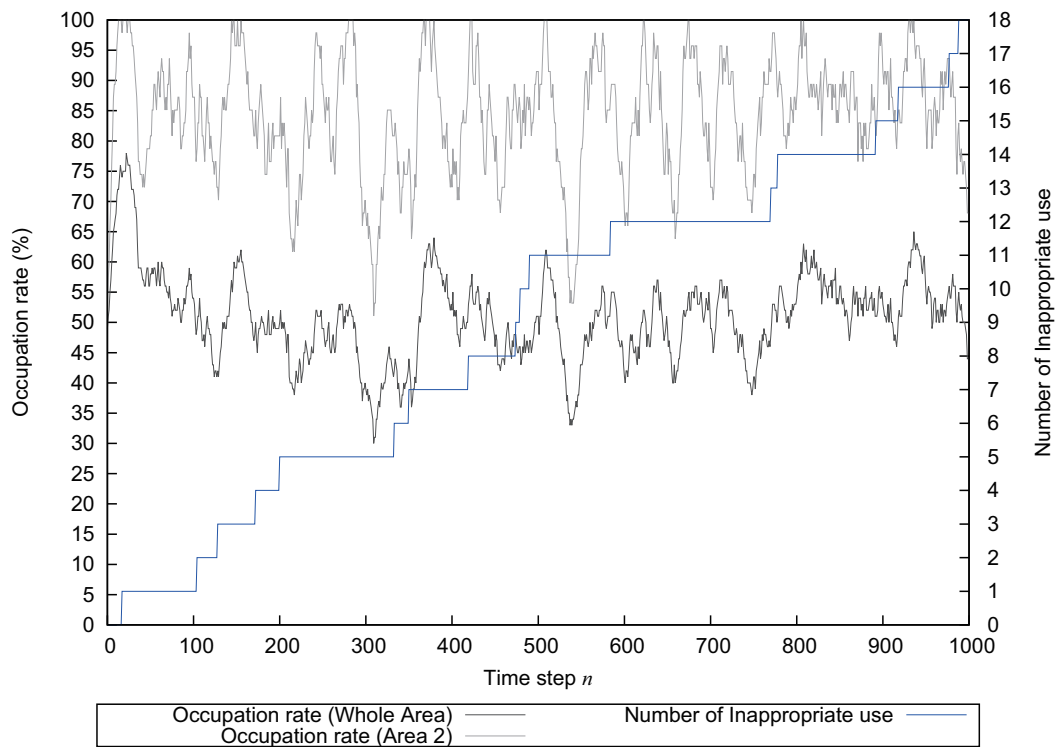


図 2.4: グラフ (G2) の例

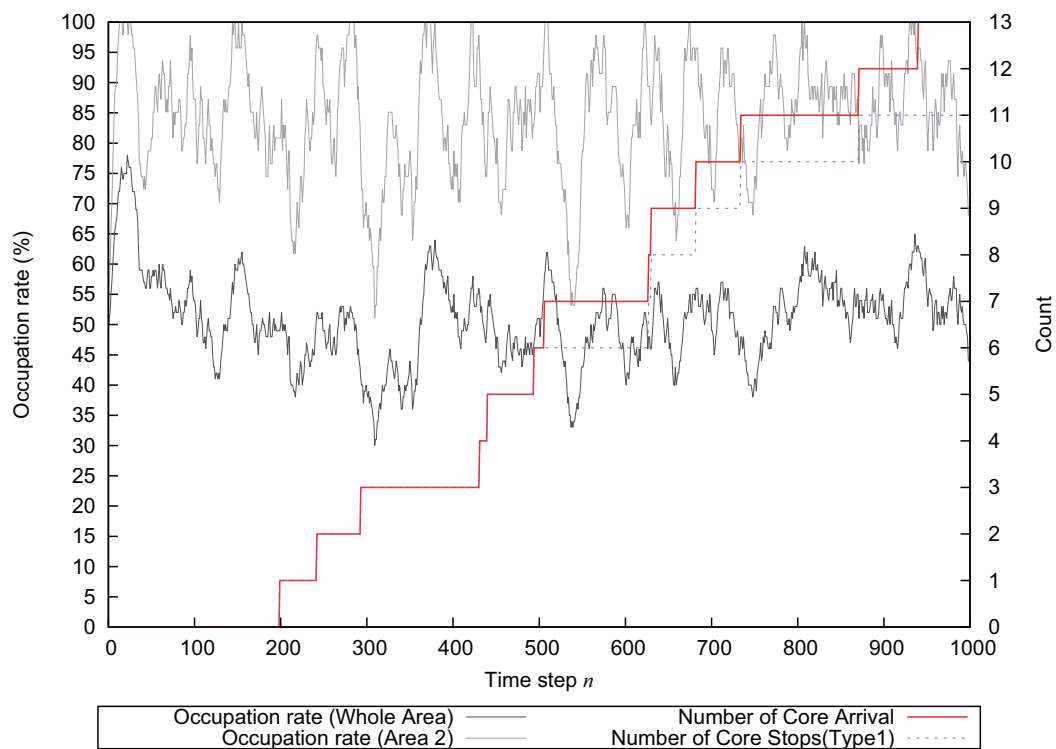


図 2.5: グラフ (G3) の例

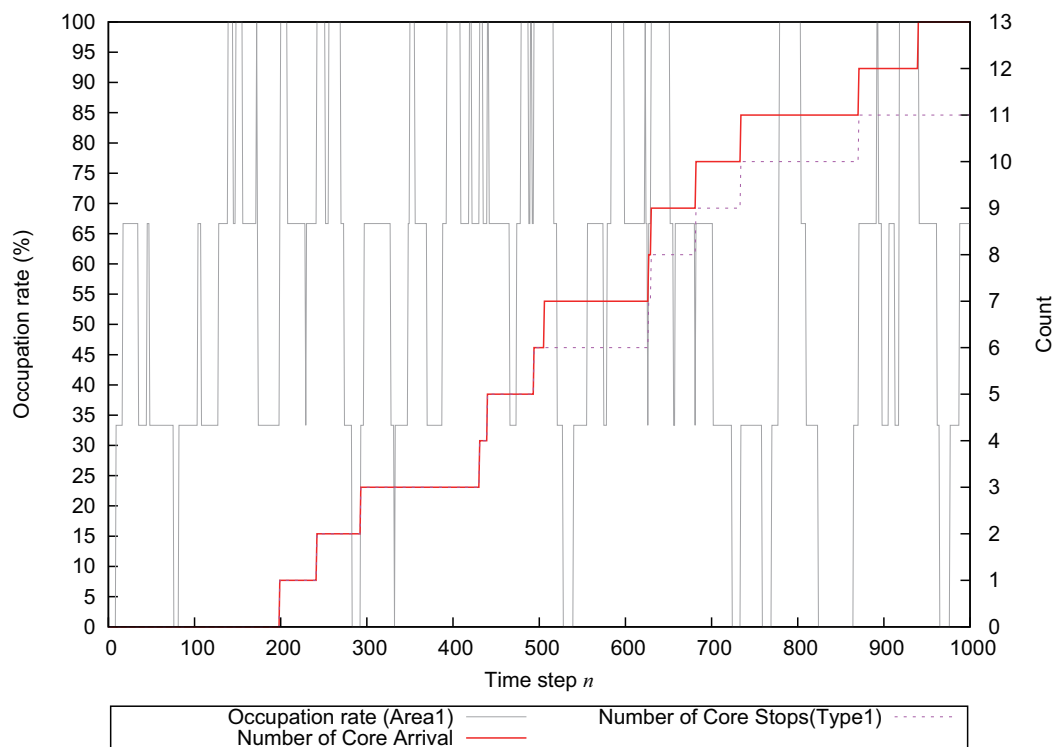


図 2.6: グラフ (G5) の例