

システムダイナミクスモデルを用いた駐車場選択行動最適化に関する研究

—福岡市中央区天神地区を対象として—

高松 和希

1. はじめに

1.1. 研究の背景と目的

現在の我々の日常生活において、自動車はなくてはならない存在になっている。我が国では20世紀後半にモータリゼーションが本格化し、それまでの交通手段に比べて圧倒的に高い自由度がもたらされ、個人の行動範囲を大きく拡大する結果になった。目的地までの交通手段に自動車が追加されると、自動車を停めるための駐車場の需要が必然的に増加する。郊外では広い敷地を駐車場にすることで対応を行ってきたが、都市部では敷地面積に限界があり、それが不可能なため、需要と供給の均衡が取れない状況が続いている。更に都市部では駐車場の場所が郊外に比べて分かりにくい傾向にあるため、ドライバーはまず近場の駐車場を探すことから始め、これにより駐車場選択に偏りが生じ、限りある駐車場の利用率が下がるとともに交通渋滞も発生する。これらの問題の改善には、駐車場の適切な選択行動が必要であり、そのためには駐車場選択モデルを作成し比較検討することが重要になる。この比較検討を行うことで、駐車場選択の偏りを軽減し、スムーズな駐車場選択により交通渋滞を緩和させることを本研究の目的とする。

1.2. 既往研究と本研究の位置付け

既往研究に関しては、室町・原田・吉田による需要の時間変動を考慮に入れた休日買い物目的の駐車場選択行動の研究¹⁾や、高山のマップ法を用いたドライバーの空間的経路選択特性に関する研究²⁾等がある。本研究の位置付けとしては、システムダイナミクスモデルを用いることにある。システムダイナミクスモデルを用いてシミュレーション分析・最適化を行うことで、実際の敷地で行うには大規模で出来ない調査・分析を容易に出来る。また、本研究の要の部分の、パラメータの変更が自由に出来る点でも優れている。現状では、坂本・梶谷・久保田による交通融合シミュレーションを用いた駐車場およびアクセス経路の適正化に関する研究³⁾等でこのモデルが使用されているが、依然として数少ない状況にあると考えられる。

以上の観点から、本研究ではシステムダイナミクス

モデルを用いたドライバーの駐車場探索行動のシミュレーション分析・最適化を行なう。

1.3. 研究の対象

本研究では、福岡県福岡市中央区の天神地区⁴⁾を対象とする。天神地区は九州最大の繁華街であり、福岡市の中心業務地区である。そのため、天神地区には多くの人が訪れ、その中には車利用者も多数存在しており、駐車場も多い。また、その駐車場の入り口のサインはその多くが視認性に問題があり、実際の駐車場調査においても、近くまで行かないと駐車場が空いているのか空いていないのかが分からないものが多かった。これらの点を踏まえると、本研究のモデル検討のための対象敷地としては適切である。

1.4. 研究方法

本研究では、まずアンケート調査を行ない、天神地区の特性を把握した。次に、天神地区の駐車場の情報として、場所、料金、駐車台数、店舗提携情報を調査した。これらの結果を基に駐車場選択モデルを構築し、駐車台数増加・駐車場サインの有無のパラメータ変動による選択行動のシミュレーションを行なった。

2. 天神地区の概要

2.1. アンケート調査の概要

以下の表1にアンケート調査の概要を示す。

調査人数	200人
調査日	2020年10月31日(土)
天気	晴れ
ターゲット層	買い物層
調査場所	福岡市天神駅周辺の各店舗提携の駐車場
調査内容	yes(人)/no(人)
駐車場の事前決定	122/78
駐車場情報の活用	19/181
駐車料金低下による利用	198/2
提携情報の事前提供による利用	141/59
平均駐車時間	3.36時間

表1 アンケート調査の概要

2.2. 駐車場特性

天神駅周辺の駐車場を一通り探索し、その場所・料金・台数・店舗提携情報を調査した。それぞれ以下の

図1と表2に示す(尚、表2では本研究で使用した6か所を示す)。調査の結果、天神駅周辺の駐車場は全部で50か所、総台数は2964台、1時間あたりの平均料金は384.95円であった。基本的に夜のほうが料金は安く、長時間割引があるものが多かった。大きな収容台数の駐車場は、そのほとんどが店舗と連携しているものが多かったが、どの店舗と連携しているのか、どのような割引サービスがあるのかは駐車場内に入らないと分からないものがほとんどであった。また、駐車場への入り口は狭いものが多く(一方通行のものが多かった)、また掲示板も見つけにくいものが多かった。これらの結果から、駐車場利用者は、予め停める予定の駐車場情報を調べていけば問題なく目的の駐車場に車を停めることができるが、そうでない場合、駐車場を探して周辺を探索する傾向にあることがわかる。1時間あたりの平均料金がおよそ400円と高額だが、その分布は100円~1320円と幅広いため、より安いところを探そうとして周辺を探索しがちなことも要因の一つとなっている。他にも、天神から少し離れた所にある駐車場と連携して最大駐車料金が500円になるフリンジパーキング^{註1)}や、駐車場の予約等のサービスがあるが、活用している人はほとんどおらず、結局現地に行ってから探す、という現状が続いている。

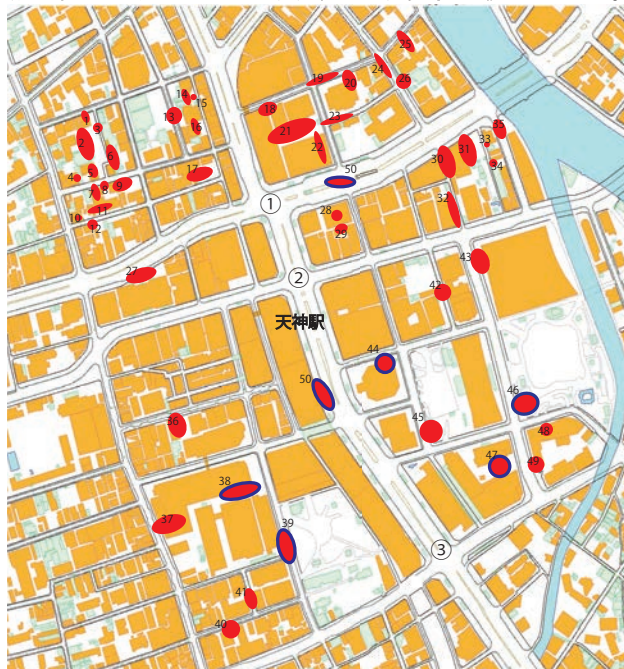


図1 天神駅周辺の駐車場位置^{註2) 5)}

No.	台数(台)	料金(円/h)	提携
38	385	400	○
39	244	500	○
44	184	520	○
46	247	400	○
47	240	460	○
50	417	540	○

表2 天神駅周辺の駐車場情報(抜粋)

3. 駐車場選択モデルの構築

3.1. モデル構築のための交通調査

モデル作成のための交通調査として、福岡市が毎年行っている自動車交通量変動調査^{註3)}を参照した。尚、調査は令和元年度のものであり、調査時間帯は午前7時から午後7時までの12時間である。以下の図2と表3~5に示す。表を見ると、流入量・流出量^{註4)}ともにA-C間で大きな差が出ており、②③通りに比べて①昭和通りの車の交通量が多いことがわかる。また、交通量のピーク時間帯を比較すると、朝の通勤ラッシュの時間帯はA→Cの移動が多く、昼頃からC→Aの移動が多くなっている。渡辺通りの方向B-D間は、博多から天神方向に向かう車、反対に博多方面に向かう車が多いため、①②③全て同じような数値で量が多くなっている。直進と右左折の関係性を見ると、直進が最も多く、右左折は平均してほぼ同じ割合である。



図2 交差点図

表3 車の流入量

流出量	A	B	C	D
①	12741	12432	15372	15180
②	6743	13513	6930	15772
③	9563	14585	10617	17143

表4 車の流出量

①(%)	左折	直進	右折	②	左折	直進	右折	③	左折	直進	右折
A	7.5	79.3	10.3		12.0	62.0	26.0		14.2	67.3	18.5
B	8.9	82.2	8.1		7.7	84.4	7.9		10.7	77.1	12.2
C	18.5	70.1	11.4		19.9	61.9	18.2		30.0	58.3	11.7
D	13.5	71.8	14.7		9.3	77.9	12.8		9.6	74.6	15.8

表5 直進と右左折の割合

3.2. モデルの構築

アンケート調査、駐車場調査、交通調査のデータを基にして、駐車場選択行動のシステムダイナミクスモデルの構築を行なう。具体的には、範囲は昭和通りから国道202号線まで、那珂川から天神西通りまでとし、休日の昼に天神に買い物目的で訪れる車を対象とする。対象駐車場は、収容台数100台以上で店舗連携をしているものの中から店舗に近い6か所^{註5)}とし、車は那珂川側の昭和通りから天神に向かって進み^{註6)}、与えられたパラメータに沿って直進・右左折を行い、駐車場を探すものとする。車は探索行動を繰り返し、どこかの駐車場が満車になるとシミュレーショ

ンは終了するように設定されてある。モデルの都合上、かぎ状に繋がっている道路の直線化や主要道路（モデル内で駐車場探索のために通る道路）以外の道路の削除、迂回路の未設定等、簡素化を行なっている。また、シミュレーション分析の効率化のため、駐車台数を1/10にして検討するものとする。

4. モデルを用いたシミュレーション分析

ここでは、前章で構築したモデルを用いてシミュレーション分析を行なう。まず、初期の状態（車数 N=1160/h）でシミュレーションを行ない、満車までの時間とそれまでの駐車完了台数を記録する。その後、収容台数と駐車場サインの追加によるパラメータの変動を行い、モデルの最適化を行なう。図3にシミュレーション・フロー図を示す。

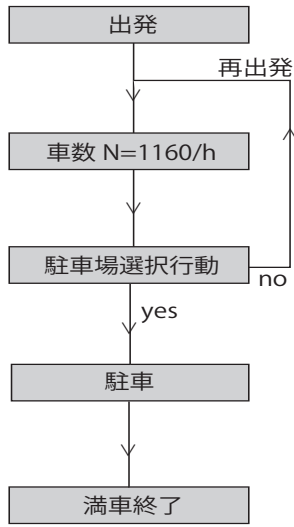


図3 シミュレーション・フロー図

4.1. パラメータの変更

本研究では、変更するパラメータを駐車台数と駐車場サインにしている。駐車台数を増やすことで駐車場の集約化が進み、駐車場が無秩序に散らばり駐車場選択行動が複雑になることにより起こる交通渋滞の緩和が期待できる。

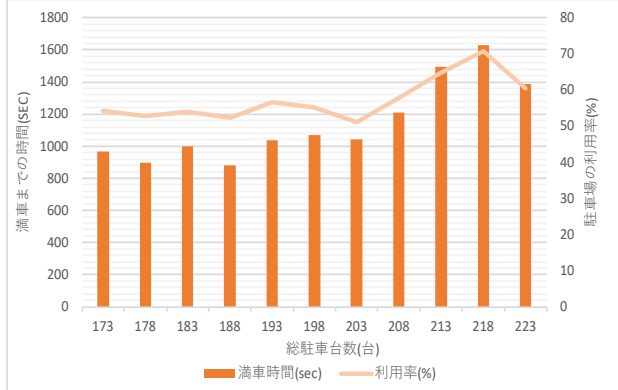


図4 駐車台数の変化による分析結果

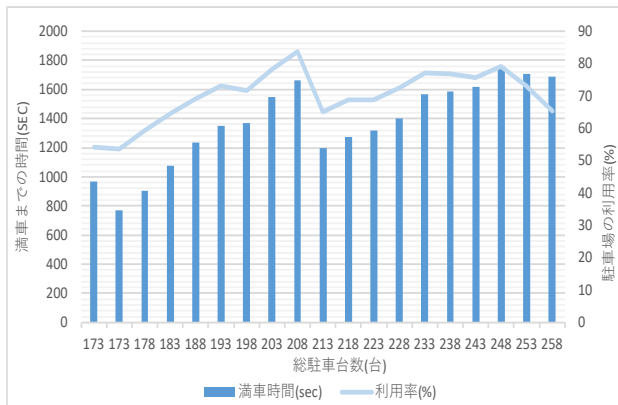


図5 駐車サインの変化による分析結果

また、駐車場調査により天神地区は駐車場サインが非常にわかりにくいことが判明している。このため、駐車場サインの追加は駐車場選択行動の最適化に大きな影響を与える要因になる。以上を踏まえ、本研究では駐車台数と駐車場サインの追加をモデルのパラメータ変更としている。

4.2. モデルの分析と最適化

以下の図4～7に初期モデルのシミュレーション分析結果とパラメータ変動による分析結果を示す。図の横軸はモデル内の駐車台数の合計を表している。尚、手順としては、

①初期モデルでシミュレーション分析を行う。初期の条件としては、スタートは昭和通りの那珂川側とし、直進・右左折のパラメータは福岡市の交通調査に沿うものとする。車は出発後シミュレーション・フロー図に従って駐車場選択行動を行なうものとする。どこかの駐車場が満車になった所でシミュレーションは終了し、その時点での経過時間・各駐車場の駐車完了台数・各駐車場の利用率を結果としてまとめる。

②初期モデル実行後、満車になった駐車場の駐車台数のみを5台増やして再びシミュレーション分析を行なう。これを繰り返して最適化を行ない、結果をまとめる。この結果を図4とする。モデルの関係上、No. 50の駐車場（図1参照）上限^{註7)}に合わせ、駐車台数 $X \leq 62$ までの台数変化とする。

③初期モデル実行後、満車になった駐車場以外の駐車

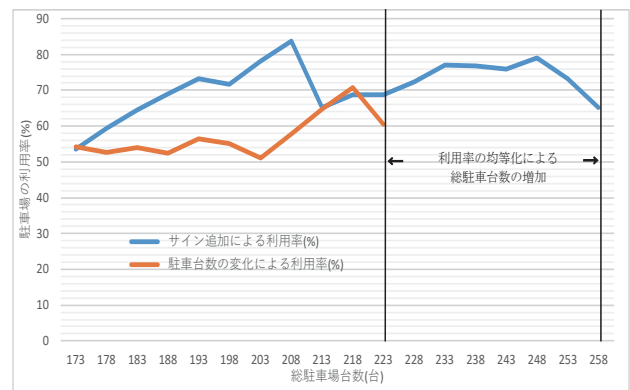


図6 駐車台数と駐車場サインの変化による利用率比較

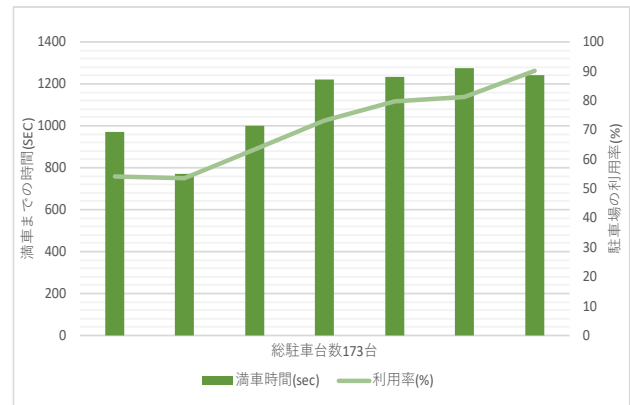


図7 駐車場サインのリアルタイム変動による分析結果

場に駐車場選択を誘導するような単純サインの追加を想定し、パラメータを変更する。その後再びシミュレーション分析を行ない、その後は②と同様に駐車台数を変化し最適化を行う。この結果を図5とし、駐車台数のみの変化と駐車場サイン追加を含めた変化の利用率の比較を図6に示す。

④初期モデル実行後、③と同様にサインの追加によるパラメータの変化を行なう。ただし③とは異なり、駐車台数を変えずに毎回満車になった駐車場以外のパラメータを変更することで、リアルタイムなサインの追加を想定した分析を行なう。この結果を図7とする。尚、図7のグラフの横軸は駐車台数を表しており、台数は初期モデルと同値である。

4.3. 考察

駐車台数の変化によるパラメータ変動においては、グラフは右肩上がりではあったが、直線的ではなく、3次関数のような動きを見せた。下がっている部分は、スタート地点から1番近い直線上にある駐車場の駐車台数を増やした時であった。これは、駐車台数が増えたことによる駐車待ち台数^{註8)}増加の理由で、そこに駐車予定だった車が奥の駐車場やその他駐車場へと流れていき、先に別の駐車場が満車になったからである。このことから、単に駐車場を増やせばいいのではなく、待ち台数の増加も考慮に入れて台数の変更を行なうことが必要であると分かる。

続いて、駐車場サインの追加によるパラメータ変動においては、単純な台数変化よりもグラフの傾きが大きく、利用率のばらけ具合の均等化による総駐車台数の増加も確認できた。しかし、図6を見ると分かる通り、サイン追加のグラフは、途中で駐車台数のグラフに利用率を上回られている。これは、駐車率の低い駐車場に誘導するだけの単純なサインだと、ある一定数を超えると今度は誘導先の駐車場が混み出すため、駐車場の利用率が下がり利用効率がかえって悪くなる、という結果を生み出している。

一方で、リアルタイムな駐車場情報の分かるサインの追加だと、駐車台数を変更せずとも限りなく均等に駐車場選択行動を行なうことができた。しかし、サインの追加だけでは満車までの時間はそこまで伸びなかった。

これらの結果を踏まえると、駐車台数を増やしつつ、リアルタイムなサインの追加を行うことが望ましいという結論になる。単純な駐車台数の増化による集約化ではなく、駐車場の利用率が低い駐車場に対して駐車台数の増加や駐車場サインの追加を行うことで、より

効率的な交通渋滞の緩和が期待できる。

5. おわりに

5.1. 結論

本研究では、駐車場選択行動の最適化について、システムダイナミクスモデルを用いてシミュレーション分析を行なった。結論は以下の3点である。

①福岡市中央区天神地区周辺のアンケート調査と駐車場の調査を行い、天神地区の特性と駐車場の現状を把握した。

②福岡市の交通調査のデータと①のデータを基にドライバーの駐車場選択行動のシステムダイナミクスモデルを構築した。

③作成したモデルを用いて駐車台数と駐車場サインの追加によるパラメータ変動による最適化に有効性を確認した。

5.2. 今後の展望

モデルの簡素化による結果のずれやスタート位置の限定、天候の未考慮等による選択行動の変動の部分においては本研究では未考慮であった。また、駐車場のサインを見てから駐車場にたどり着くまでのタイムラグの発生や、個人属性による駐車場選択の変化も実際の駐車場選択行動では起こりうる。これらの部分には未だ研究の余地があるため、今後の展望とする。

【補註】

註1) 都心部の自動車流入を抑制し、道路交通混雑の緩和を図るため、都心周辺部の駐車場でマイカーを受け止め、都心循環BRTなどの公共交通に乗り換えて都心部に行く新しい取り組み。2019年3月16日～2021年3月31日の間で福岡市が実証実験を行なっている。

註2) 参考文献5)を加工・編集して作成

註3) 福岡市では、市内の主要交差点における自動車交通の動向を経年的に把握し、今後の道路計画等立案の基礎資料として活用するため自動車交通量変動調査を実施しており、その調査内容としては、市内の主要交差点を通過する自動車の台数を方向別・車種別に午前7時から午後7時まで1時間毎(指定箇所は30分毎または10分毎)に計測し、自動車交通の動向を調査するものである。本研究では最新のデータである令和元年度のものを参照した。

註4) 「Aの流入量」といえば、Aから交差点に向かう車の量であり、「Aの流出量」といえば、交差点からAに向かう車の量になる。

註5) モデルの対象は買い物層であり、アンケート調査の際も店舗近くの連携駐車場を利用している人のほとんどが買い物層であったため、店舗近くの連携駐車場を選定した。また、台数の変化やサインによる誘導は、駐車台数が少ないと研究の意義が失われるため、一定数の数値として100台以上としている。

註6) 第3章1節の交通調査のデータに基づき、最も他の道路と差が大きく、昼の時間帯に影響を与える道路をスタート地点とした。

註7) シミュレーションモデルの性質上、駐車場が道路に1列に沿うような作りになっており、No.50の駐車場に62台以上の駐車場を設置すると駐車場が道路上に入り切らなくなるためこの値を上限値とした。

註8) モデル上での駐車場は、道路に対して平行一列に設置される。そのため、駐車場に車を停める際は道路上で減速してから、という構図になる。この時、駐車場に駐車するために減速した車が連なることで結果的に駐車待ち台数が生まれる。

【参考文献】

- 1) 室町泰徳、原田昇、吉田朗：需要の時間変動を考慮した駐車場選択モデルに関する研究 都市計画論文集 1991年 26巻 p. 289-294
- 2) 高山純一：マップ法を用いたドライバーの空間的経路選択特性に関する調査研究 都市計画論文集 1992年 27巻 p. 259-264
- 3) 坂本 邦宏、梶谷 晋士、久保田 尚：駐車場/交通融合シミュレーションを用いた駐車場およびアクセス経路の適正化 土木計画学論文集 2002年9月 Vol.19 No.3
- 4) 長聡子、出口敦：都心周縁地区における駐車場の利用実態とその役割に関する研究—福岡市天神都心周縁地区の分析を通じて— 日本建築学会計画系論文集 2007年8月 72巻 618号 p. 103-108
- 5) 出典：国土地理院発行5千分の1地形図