

# 障がい者用ドライブスルー型駐車場が 運転操作負荷に与える影響

伊藤誠一郎<sup>1</sup>・大枝良直<sup>2</sup>・樋口明彦<sup>3</sup>・羽野暁<sup>4</sup>

<sup>1</sup>学生会員 九州大学大学院 工学府土木工学専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail: ito.seiichiro.086@s.kyushu-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 九州大学大学院 工学研究院 准教授 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail: oeda@doc.kyushu-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 九州大学大学院 工学研究院 准教授 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail: higuchi3333@gmail.com

<sup>4</sup>正会員 九州大学 キャンパスライフ・健康支援センター 特任准教授

(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744)

E-mail: hano-s@chc.kyushu-u.ac.jp

駐車場ではバック動作が必要な形状や配置が多く、障がい者にとって体や首をひねる動作を必要とする駐車は難しい運転行動である。一方、ドライブスルー型駐車場は前進のみで行えるため比較的簡易な運転操作で済み、障がい者用の駐車場として利用が期待される。

本研究では、バック動作を伴う通常型とドライブスルー型での駐車について運転操作に関わる負荷量であるハンドル操作量、アクセル・ブレーキ回数、駐車所要時間や加速度などを考慮し、2つの駐車場を定量的に比較する。測定では健常者と障がい者を被験者とした。その結果、ドライブスルー型の方が運転操作の負荷が小さいことが分かった。また、ドライブスルー型は駐車ロットの向きや大きさを数パターンを考慮して同様の測定を行い、ロットの配置・形状と運転操作負荷量の関係の定量化を行った。

**Key Words:** parking lots, drive through type, barrier-free, disabilities, load of parking

## 1. はじめに

現在、日本における身体障がい者数は 436 万人<sup>1)</sup>と数多くいる。その中で自動車を自ら運転する人もおり、身体障がい者車両に限定の免許保有者総数は 18 万人を超えて<sup>2)</sup>おり、そのため専用の駐車場が各所に存在する。しかし、現状ではバック動作が必要な形状や配置がほとんどであり、特に脊髄損傷者にとって体や首をひねる動作を必要とするため駐車は難しい運転行動である。障がい者用駐車場の駐車ますの基準としては幅を 3.5m 以上にするのみ<sup>3)</sup>である。令和 3 年 8 月から国土交通省が「車椅子用駐車施設等のあり方に関する検討会」を開催しており、インフラ整備として障がい者用駐車場について考える必要がある。そこで障がい者が運転を自ら行うにあたり、駐車行動において負荷の少なくなる駐車場を設計することを最終的な目的とし、本研究ではその第一段階として、現在提案されているドライブスルー型駐車場において、速度や加速度、位置などを測定できるレーシングレコーダーやカメラを用い「ドライブスルー型

駐車場が与える運転操作負荷の定量的な分析」を行った。

既存の研究では、障がい者の運転行動に関する研究がある。障がい者が自ら運転する際の問題点および対策を考えるためにアンケート調査を行い、特にドアスペースが足りないことを指摘<sup>4)</sup>するものや、脊髄損傷者にとってホールド性のよいシートのほうが運転操作が安定することを示したもの<sup>5)</sup>がある。特に池田らの研究<sup>6)</sup>ではカーブ走行について、ビデオ映像から頭部の動きの解析と頸肩部と前腕部の筋電図から負荷を分析し、特に左カーブの 30km/h 以上になると頭部の動きが大きくなることや、脊髄損傷者はハンドルを右手で握ることが多いが、体幹の安定性を補うようにその腕を使うことで右半身に過剰な負荷がかかっている可能性を示した。また、駐車場の設計に関する研究としては、平沢ら<sup>7)</sup>の研究がある。駐車行動の実験を被験者 1 名で行い、時間測定やアンケートを実施し、駐車場の空間効率に加え、時間効率、快適性を考慮した駐車場スペース設計の概念を示した。これらの研究は通常タイプの駐車スペースのものでドライブスルー型駐車場に関する研究は確認できなかった。

## 2. 駐車行動の測定と分析

### (1) アンケート調査

池田ら<sup>8)</sup>は障がい者 102 人に対して自動車を運転する際の身体や車両、環境による走行中の安全を妨げている問題を検討するために肢体不自由者の運転に関するアンケート調査を行っているが、その結果、走行中の座位姿勢の変化、道路の形状による影響、特にカーブにおいてバランス保持や身体への影響（例えば貧血）が問題であることを指摘し、特に、55%がステアリングを左に回すときに操作しにくいと回答した。これは、右手でハンドルを握り、左手で加減速を操作しているためであると考えられる。今回、本実験に先立ちあらかじめ参加した脊髄損傷者 2 名に関しても同じ質問をしたところ、同様の結果が得られ、左に 180°以上回転すると困難という回答が得られた。また同じ参加者からは長く運転すること、カーブの走行、バックの安全確認、腰を動かすことが負荷という回答も得た。そこで、駐車行動の測定では運転動作と走行時の負荷を考慮する。

### (2) 駐車場と実験器具

今回実験で利用する駐車場は 2 種類である。1 つはドライブスルー型駐車場である。図-1 にドライブスルー型駐車場の外観を示す。図中の 1 の方向から入庫し、2 の方向から出庫するというもので、前進のみで駐車行動が完結する駐車場である。九州大学伊都キャンパスのセンター 5、6 号館の間に設置されている。また、2 つ目は通常型駐車場である。図-2 に通常型駐車場の外観を示す。この駐車ロットは車路に対して直角であり、入庫時もしくは出庫時にバック動作が必要な一般的な駐車場である。記録器具は Qstarz 社製のレーシングレコーダーを車に固定し速度、加速度および位置情報として緯度経度を



図-1 ドライブスルー型駐車場



図-2 通常型駐車場

記録した。また、実験の状況を記録するために、ビデオカメラを 3 台を自動車の運行記録のため、また、車内の状況を記録するため、ビデオカメラ 2 台を車内に設置した。

### (3) 負荷の指標

今回、駐車場による負荷を算出するにあたり、アンケート結果や既存研究から負荷の指標を設定した。負荷を「運転動作による負荷」と「車の運動による負荷」の 2 つに大別した。「運転動作による負荷」は駐車所要時間(sec)、アクセル・ブレーキ回数(回)、ハンドル操作量(度)の 3 種類、「車の運動による負荷」は前後方向および左右方向の加速度 (G) の 4 種類の計 7 種類を指標とした。駐車所要時間に関しては、ビデオデータからストップウォッチで測定した。ハンドル操作量に関しては左右への回転量 (度) の合計として定義した。他の指標に関しては、レーシングレコーダーから得られるデータを用いて算出した。

### (4) ドライブスルー型駐車場と通常型駐車場の比較実験

2021 年 11 月 4 日および 29 日に健常者 4 名と脊髄損傷者 2 名で既存のドライブスルー型駐車場と通常型駐車場を走行し、レーシングレコーダーとビデオカメラによる測定を行った。今回レーシングレコーダーで得たいアクセル・ブレーキ回数やハンドル操作量等のデータは健常者・脊髄損傷者においても変化しないものと仮定し、健常者でも実験を行った。被験者の属性を以下の表-1 に示す。どちらの駐車場も駐車枠の手前 20m からスタートし測定を行い、ドライブスルー型と通常型の運転操作負荷の差異を検証した。

表-1 被験者の属性

| 被験者 | 実験日                 | 年齢   | 性別 | 障がいの有無 | 運転頻度    |
|-----|---------------------|------|----|--------|---------|
| 1   | 2021 年<br>11 月 4 日  | 20 代 | 男性 | 無      | 年数回     |
| 2   | 2021 年<br>11 月 4 日  | 40 代 | 男性 | 無      | 毎日      |
| 3   | 2021 年<br>11 月 4 日  | 50 代 | 男性 | 無      | 週 4~6 日 |
| 4   | 2021 年<br>11 月 29 日 | 60 代 | 男性 | 有      | 毎日      |
| 5   | 2021 年<br>11 月 29 日 | 70 代 | 男性 | 有      | 毎日      |
| 6   | 2021 年<br>11 月 29 日 | 50 代 | 男性 | 無      | 不明      |

結果としてはじめに「運転動作による負荷」について述べる。駐車所要時間、アクセル操作回数、ブレーキ操作回数、各被験者のハンドル操作量の全被験者の平均値を図3、図4に示す。通常型に比べドライブスルー型の駐車所要時間は短く、全被験者の平均で49.3%減少し、2つの駐車場で所要時間差をt検定を行ったところ、0.1%有意であった。(図中の\*は1%有意で\*\*、5%有意で\*を示している。

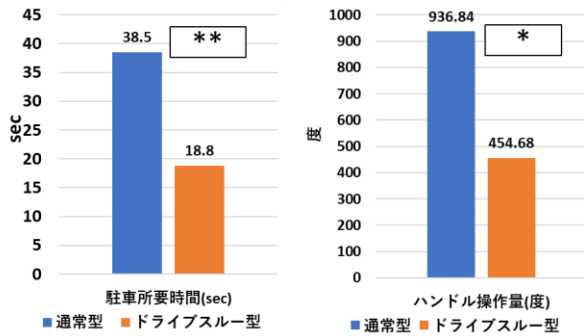


図-3 各駐車場で駐車所要時間とハンドル操作量の平均

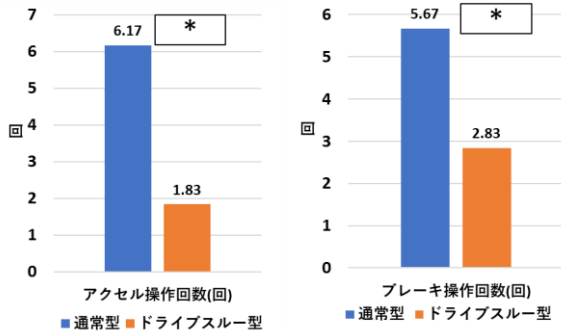


図-4 各駐車場でアクセル・ブレーキ操作回数の平均

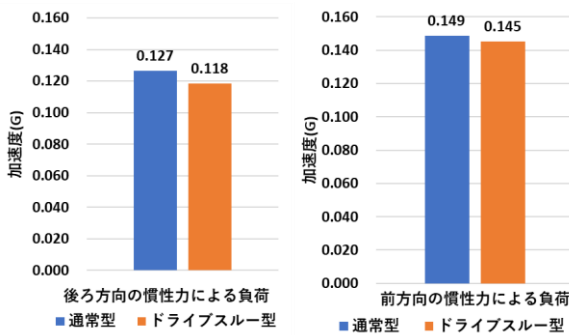


図-5 各駐車場で前後方向の加速度の平均

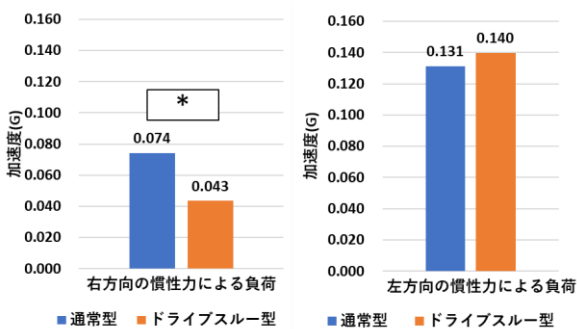


図-6 各駐車場で横方向の加速度の平均

続いて、ハンドル操作量はドライブスルー型駐車場は片側に回転だけで済むことで操作量は減少し、全被験者の平均で51.5%ハンドル操作量が減少し、t検定では5%有意であった。全被験者の平均でドライブスルー型駐車場のほうが通常型駐車場よりアクセル操作回数は70.1%、ブレーキ操作回数は50%減少した。いずれも両駐車場でブレーキ・アクセルの操作回数差はt検定で5%有意であった。「運転動作による負荷」はドライブスルー型により減少していると考えられる。

次に「車の運動による負荷」についてであるが、図-5、図-6に全被験者の平均の前後方向および左右方向の加速度の大きさの平均値を示す。加速度の大きさについては被験者によりどちらの駐車場においても大きな差は見られず、右方向の慣性力による負荷を除き、統計的にも有意でなかった。右方向の慣性力による負荷は5%有意であったが、大きさが非常に小さく、ドライブスルー型駐車場で走行したのちに障がい者への聞き取りから大きな負荷にはなっていないという回答を得た。さらに、および2(2)でのアンケート結果から負荷を検討すると、ほとんどの負荷は障がい者に対してハンドルを左に180°回転させるとつらいという回答を得たが、今回の実験で用いたドライブスルー型駐車場は右に入庫するタイプだけであったため、右回転で完結するものであったので問題はなかった。しかし、左に入庫するタイプに駐車枠を作るときには考慮する必要があると思われる。

(5) 駐車場形状比較実験

2021年12月21日に二つ目の実験として、この実験からドライブスルー型駐車場の車路と駐車枠のなす角θと入庫するための車路幅Lが運転操作負荷に与える影響を検証した。これは今後駐車場の設計を考えるために行うもので、図-7のようにドライブスルー型駐車場を模擬して、車路と駐車枠のなす角θと車路幅Lをθ=90°、60°、75°の3パターンとL=7m、6m、5.5m、4.5m、3.5m、2.5mの6パターンで測定をおこなった。θ=90°の時はL=2.5mを行わず、計17パターン測定した。図中の矢印は走行イメージである。

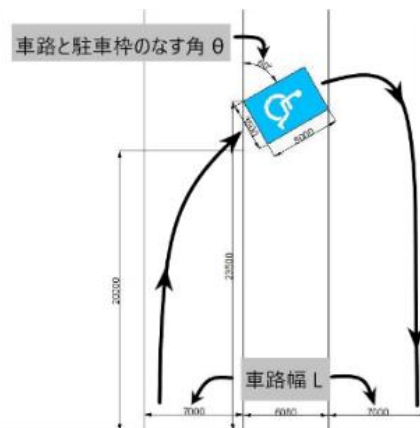


図-7 ドライブスルー型駐車場の設定イメージ図

またこの実験でも駐車枠の約 20m手前からスタートした。この実験の結果を用いて、 $\theta$  と L の影響を検証するために、標準化した  $\theta$  と L を説明変数とし、標準化した各負荷を被説明変数として重回帰分析を行った。モデル式を式(1)に示す。

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \theta_t + \beta_2 L_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$Y_{it}$ : 被説明変数 (負荷 i の t 番目の実験条件)

$\theta_t$ : 車路と駐車枠のなす角  $L_t$ : 車路幅  $\varepsilon_{it}$ : 誤差項

$\beta_0$ : 定数項  $\beta_1$ :  $\theta$  の偏回帰係数  $\beta_2$ : L の偏回帰係数

結果を表-1に示す。モデル式の被説明変数では特に駐車所要時間やブレーキ操作回数、ハンドル操作量、横方向加速度の最大値に  $\theta$  や L が影響を及ぼしていると分かった。どちらのパラメータも影響はするものの、**ほとんど負荷において  $\theta$  のほうが偏回帰係数の絶対値が大きく、L よりも  $\theta$  のほうが負荷に大きな影響があると考えられる。しかし L は横方向の慣性力による負荷を減少させるので片手でハンドルを握り、体を支える障がい者の方にとって重要な部分であると考えられる。よって障がい者用駐車場を設計する際には重視する必要があると考えられる。**

表-2 重回帰分析の結果

| 内容(被説明変数)  | パラメータ    | 偏回帰係数  | 有意差 | 調整済みR <sup>2</sup> 値 |
|--|----------|--------|-----|----------------------|
| 駐車所要時間   | $\theta$ | 0.811  | *** | 0.597                |
|  | L        | -0.101 | -   |                      |
| アクセル操作回数   | $\theta$ | -0.373 | -   | 0.040                |
|  | L        | 0.199  | -   |                      |
| ブレーキ操作回数   | $\theta$ | 0.837  | *** | 0.721                |
|  | L        | -0.362 | *   |                      |
| ハンドル操作量  | $\theta$ | 0.867  | *** | 0.786                |
|  | L        | -0.380 | **  |                      |
| 後ろ方向の慣性力   | $\theta$ | -0.072 | -   | -0.136               |
|  | L        | -0.017 | -   |                      |
| 前方向の慣性力  | $\theta$ | -0.576 | *   | 0.327                |
|  | L        | 0.362  | -   |                      |
| 右方向の慣性力  | $\theta$ | 0.869  | *** | 0.782                |
|  | L        | -0.366 | **  |                      |
| 左方向の慣性力  | $\theta$ | 0.201  | -   | 0.323                |
|  | L        | -0.631 | **  |                      |
| 有意差: ***: p<0.001, **: p<0.01, *: p<0.05, .: p<0.1 |          |        |     |                      |

### 3. 結論

本研究では、障がい者が自ら運転する際に負荷の少ない駐車場を提供するために、ドライブスルー型駐車場の運転操作負荷への影響とドライブスルー型駐車場における負荷の要因について検証を行ってきた。ドライブスルー型駐車場の運転操作負荷への影響を検証するため「ドライブスルー型駐車場と通常型駐車場の比較実験」を行った。その結果、ドライブスルー型駐車場は通常型駐車場に比べて、「運転動作による負荷」に含まれる駐車所

要時間、アクセル操作回数、ブレーキ操作回数、ハンドル操作量が大幅に減少した。しかし、「車の運動による負荷」は値の大きさはどちらの駐車場においても大きさが小さく、ほとんど変化せず負荷としては大きな差はなかった。

続いて、ドライブスルー型駐車場における配置・形状と負荷の影響を測定するため、「駐車場形状比較実験」を行い、そのデータを用いて重回帰分析を行った。その結果ドライブスルー型駐車場において、車路幅 L はブレーキ操作回数、ハンドル操作量、左右への慣性力による負荷の計 4 つの負荷に対し、L が大きくなると負荷が小さくなるという影響を及ぼすことを明らかにした。また、車路と駐車枠のなす角  $\theta$  は駐車所要時間、ブレーキ操作回数、ハンドル操作量、右方向の慣性力による負荷の計 4 つの負荷に対し、 $\theta$  が大きくなると負荷が大きくなる影響を及ぼし、前方向の慣性力による負荷には  $\theta$  が大きくなると負荷が小さくなるという影響を及ぼすことを明らかにした。また偏回帰係数の大きさは  $\theta$  のほうが大きいものが多く、L よりも  $\theta$  のほうが負荷に対し大きな影響を与えていると考えられる。

以上から、ドライブスルー型駐車場の運転操作負荷への影響については、運転操作性がよく操作に対して難しさがある障がい者に対して優しいものとなっていると考えられる。また、ドライブスルー型駐車場における負荷の要因については、 $\theta$ 、L とともに負荷に影響を与えており、全体的に  $\theta$  のほうが大きな影響を与えていたため、設計時に  $\theta$  は特に配慮すべき条件であると考えられる。しかしながら、片手でハンドルを握り、体を支える障がい者にとって左右方向の慣性力による負荷は特に大きな負荷になると考えられる。また、L による左右方向の慣性力の偏回帰係数やハンドル操作量への偏回帰係数は他の被説明変数の偏回帰係数より絶対値が大きくなっている。そのため影響は大きいと考えられるため、左右方向に影響を与える L も検討するべきであると考えられる。

### 4. 今後の展望

現状の課題としてデータ数が非常に少ない。そのため被験者を増やしデータをとる必要があると考えられる。また、実用化するには空間効率や時間効率が考慮できていないため交通流シミュレーションなどを用いて検討する必要があると考えられる。

## 参考文献

- 1) 障がい者白書 参考資料 障がい者の状況,  
[https://www8.cao.go.jp/shougai/whitepaper/r03hakusho/zenbun/siry0\\_02.html](https://www8.cao.go.jp/shougai/whitepaper/r03hakusho/zenbun/siry0_02.html), 内閣府, 2021(2021年11月20日)
- 2) 運転免許統計 p9 |  
<https://www.npa.go.jp/publications/statistics/koutsuu/menkyo.html>, 警察庁, 2020, (2021年11月20日)
- 3) 駐車場設計・施工指針について  
<https://www.mlit.go.jp/road/sign/kijyun/pdf/19920610tyuusyajou.pdf>, 国土交通省(旧建設省), 1994, (2021年11月16日)
- 4) 神沢信行, 小田邦彦, 栗山洋子, 西川寿子, 南久雄, & 中村春基. "35. 脊髓損傷者の自動者運転." 理学療法学 Supplement Vol. 12 Suppl.(第20回日本理学療法士学会誌 第12巻学会特別号). 公益社団法人日本理学療法士協会, 1985.
- 5) 岩崎洋, 中嶋富美子, 遠藤光二, & 熊倉良雄. 岩崎洋, et al. "69. 脊髓損傷者の自動車運転について: 座席の違いによる運転操作の変化." 理学療法学 Supplement Vol. 19 Suppl.(第27回日本理学療法士学会誌 第19巻学会特別号). 公益社団法人日本理学療法士協会, 1992.
- 6) 池田宏史, 廣瀬浩昭, and 三星昭宏. "車いすドライバーにおける自動車運転時の頭部位置変化と上肢筋負荷に関する研究." 人間環境学研究 8.1: 75-79. 2010
- 7) 平沢隆之, 亀井潤也, 安藝雅彦, 古賀誉章, & 須田義大. "駐車場 ITS における機能的な駐車場スペース設計の基礎的検討." 生産研究 64.2: 161-166. 2012
- 8) 池田宏史, 三星昭宏, and 木村直也. "肢体不自由者の自動車運転時における問題点." 人間環境学研究 5.1: 1\_27-1\_33. 2007

## The effect of drive-through type parking lot for people with disabilities on driving operation load

Seiichiro ITO, Yoshinao OEDA, Akihiko HIGUCHI and Satoshi HANO

In Japan, most of the current parking lots for people with disabilities are shaped to need to go back. Parking is challenging because it requires twisting the body and neck. In addition, the only standard of parking lots for people with disabilities is that the width must be at least 3.5 meters. So, it is necessary to consider parking lots for people with disabilities as part of infrastructure development.

A drive-through parking lot is defined as a parking lot only needed by moving forward. An ordinary parking lot is defined as one at 90 degrees to the roadway and needs to go back. In this study, five load indexes were employed: required time to park, the number of accelerator and brake operations, amounts of steering wheel operation, and acceleration in the front-back and lateral directions.

The first experiment compared a drive-through parking lot and an ordinary parking lot. As a result, the required time to park for a drive-through type of parking was about 50% less than an ordinary parking lot. In addition, the number of accelerator and brake operations of the drive-through type was less than the ordinary type. However, "loads due to vehicle movement" were small and did not change significantly between the two types of parking lots. These results indicate that drive-through parking lots are easier to use than ordinary parking lots, and loads of driving operations are subordinate.

The second experiment was a comparison of parking lot shapes. In this study, relative shapes are " $\theta$ ," which is the angle between the roadway and the parking lot, and " $L$ ," the width of the road. I did multiple regression analyses using the data from this experiment. As a result,  $\theta$  affected the driving operation load particularly.