

ペダル踏み間違い事故の低減における左足ブレーキ操作の有効性について (第2報) *

坂田 知浩¹⁾ 城戸 章宏¹⁾ 金子 友海¹⁾

Effectiveness of Left Foot Brake Operation in Reduction of Mistake in Pedal Stepping
(Second report)

Tomohiro Sakata Akihiro Kido Tomomi Kaneko

In the previous report, the authors discussed the effectiveness of changing the driving operation method from the brake operation with the right foot to the brake operation with the left foot using a simple simulator. In this research, the authors compared another simulator used in Driving School with the simulator used in the previous report and confirmed its characteristics. Also, the authors attempt to change the position of the brake pedal relative to the acceleration pedal and examine the feeling of its operability.

KEY WORDS: safety, active safety, evaluation, Left Foot Brake, Mistake In Pedal Stepping (C1)

1. まえがき

1990年代にはMT車に比べてAT車は割高で燃費も悪く、車種によってはATの設定がないなど、AT車の普及がゆっくり進んでいったが、近年のAT技術の進歩や価格の低下、そもそもMT車を販売する設定がないなどが理由となり、現在販売されている乗用車の多くがAT車となっている。また、AT車の普及に伴い1991年に導入されたAT限定免許制度に則って自動車運転免許を取得する割合は年々増加し、2014年度の新規の普通自動車免許（第一種）の合格者の内55%がAT限定免許を選択しており、このAT限定免許を取得すると左足を使う運転経験をすることが無い。自動車の基本性能である「走る」、「曲がる」、「止まる」の内、その「止まる」をブレーキペダル、「走る」をアクセルペダルが担っており、「隣同士に配置され、排他的に右足によって操作される」ということでその安全性を担保している。MT車を運転する場合は、ブレーキペダルやアクセルペダルの操作に伴って左足を使ったクラッチ操作が必要となるが、AT車にはこの操作が不要であり、このように操作が容易になることもAT車におけるペダルの踏み間違いによる事故の原因となっている。ペダル踏み間違い事故は、年間6千～7千件程度発生しており、事故全体の約1%に相当する。年齢層別・性別の免許保有者数あたりペダル踏み間違い事故発生率を図1に示す⁽¹⁾。

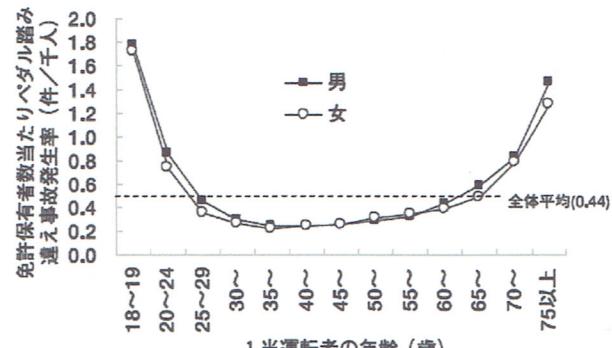


図8 第1当運転者の年齢層別・性別の免許保有者数当たりペダル踏み間違い事故発生率(H17～H21年合計)

Fig.1 Rate of pedal stepping mistake accidents ⁽¹⁾

発生率は、若年層である24歳以下と70歳以上が全体平均を上回っている。ペダル踏み間違い事故による運転者の死亡率は3.44%であるのに対し、全事故では0.17%であり、事故全体と比べると運転者が死亡する重大事故になりやすい。

踏み間違い事故を減少させるため、多くの工学的なアプローチによる解決策が検討されている。現在市販されている車両においても、「アクセルの急な踏み込みを検知して、誤発進や誤後進とシステムが判断すると、警報音と警告表示で注意を促すとともに、エンジン出力を抑えて発進をゆるやかにする」という機能が装備されている。また、ブレーキペダルに足を置いたまま、足を右に傾けるとアクセル操作ができ、アクセルを操作した状態でブレーキペダルを踏むと、構造的にアクセル操作が効かなくなり自動車の暴走を防ぐ機構⁽²⁾

*2018年10月 日受理。2018年10月17日自動車技術会秋季学術講演会において発表。

1)北海道科学大学短期大学部(006-8585 北海道札幌市手稲区前田7条15丁目4-1)

やアクセルペダルから足を放すと強められた回生ブレーキにより車両が減速する機能も市販化されている。西川らは、「アクセルからブレーキペダルへの踏み替え操作では、ペダル段差が少なくアクセルペダルの横方向の位置が人体中心から遠過ぎず近過ぎない場合に、正確な操作ができる。」と報告している⁽³⁾。安部らは、「認知処理（注意の切り替え）能力低下がペダルの誤操作に影響する可能性が確認された。」と報告している⁽⁴⁾。

しかし、そもそも日本での運転では常識となっているが世界中を見渡すと必ずしも常識とは言えない「右足でブレーキペダルとアクセルペダルを操作する」を「右足はアクセルペダルの操作のみとし、左足でブレーキペダルを操作する」という運転操作自体の変更についてはあまり検討されていない。筆者らは第1報において、簡易的なドライビングシミュレータを用いてアクセルペダルとブレーキペダルの右足操作と両足操作の有効性について計測し、その結果を分析するとともに、被験者へのアンケート調査も実施、分析を行い、AT車におけるペダルの両足操作は、ペダルの踏み替え時間の短縮という点において優位性を確認した。また、自動車運転技能を教授する教官にもアンケート調査を行い全体の約2割が左足でのブレーキ操作が良いと回答し、その理由として、「そもそも踏み間違える心配がないから」が全体の3分の2を占める事を示した。そこで第2報では自動車教習所で使用されているシミュレータと比較検討を行った。そして、簡易ドライビングシミュレータを用い、左足によるブレーキ操作におけるペダル配置が運転操作におよぼす影響について検討した。

2. 実験方法

本実験では第1報同様、ドライビングシミュレータによる走行とアンケート調査を行った。走行では、従来の右足によるアクセル操作とブレーキ操作での走行を2周実施後、右足をアクセル操作、左足でブレーキ操作の両足操作へ運転操作を変更して2周実施し、最後にペダルを左へ寄せて配置し2周実施した。

なお被験者の属性は、

性別 男性：13名、

年齢 10代：7名、20代：2名、30代以上：4名

であった。

2.1. 実験装置

走行では、AT車の左足ブレーキ操作の有効性を検証するため、実車両を用いず、走行ログを取得しやすい簡易的なドライビングシミュレータを用いた。ハードウェアにはPlayStation3 (Sony Interactive Entertainment LLC)を用い、ソフトウェアにはGRAN TURISMO6 (POLYPHONY DIGITAL)を使用した。ドライビングコースは、通常の市街地走行を想定して「曲率の小さなコーナーが多いが、高低差のないコース」

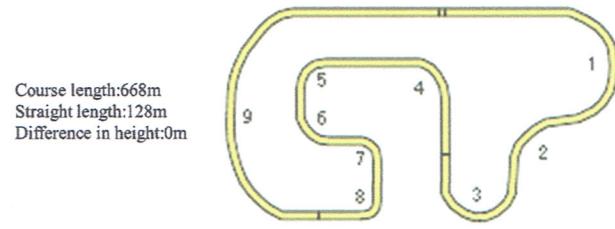


Fig.2 Course layout



Fig.3 Pedal layout

とし、図2に示すグランツーリスモアリーナAレイアウトコースを走行コースとした。なお、コース長668m、ストレート長128m、高低差は0mであり、1周を1分程度で走行可能である。通常PlayStation3では両手のみで操作するワイヤレスコントローラが標準仕様となっているが、第1報と同様にシート、ステアリングホイール、ペダルを有する、T500 RS GT RACING WHEEL(Thrustmaster)を使用した。このコントローラは、ペダル位置をフロアポジション（＝オルガン式）か、サスペンションポジション（＝吊り下げ式）に選択可能であるが、一般的なフロアポジションとした。ペダルの配置を図3に示す。また、ペダルの間隔も3段階に調整できるが、本実験では右足による走行時は標準である2段目（間隔135mm）を使用した。走行データはリプレイデータとして保存可能なため、データ解析用ソフトウェアMoTec社「i2 Pro」を用いて解析を行った。

2.2. アンケート概要

第1報と同様にアンケートを実施した。アンケート内容は全9問とし、問1から問8までは走行前に回答し、問9は走行後に回答した。質問項目を以下に示す。

問1 性別は？

問2 年齢を教えてください

問3 自動車の免許は持っていますか？

問4 問3で持っていると答えた方に質問です。免許歴はおよそどのくらいですか？

- 問5 問3で持っていると答えた方に質問です。免許を持っている方は普段運転しているのはAT(オートマ)ですかMT(マニュアル)ですか?
- 問6 どのくらいの頻度で運転しますか?
- 問7 グランツーリスモシリーズはプレイしたことはありますか?
- 問8 問7であると答えた方に質問です。プレイした方はステアリングコントローラですかワイヤレスコントローラですか?
- 問9 片足での運転と両足操作はどちらが運転しやすかったですか?

3. ドライビングシミュレータとの比較

自動車教習所で使用されているシミュレータと試供シミュレータとの間にどのような差異があるかを比較検討するため、北海道自動車学校様の協力の基、実際に運転免許教習に使用している三菱プレシジョンドライビングシミュレータ DS-7000 と構成を比較した。図4に三菱プレシジョンドライビングシミュレータ DS-7000 を示し、表1にシミュレータの比較結果を示す。

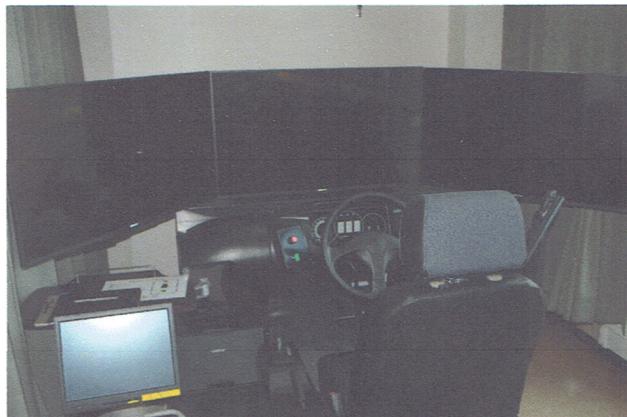


Fig. 4 Driving simulator (DS-7000)

Table 1 Comparison between DS-700 and GRAN TURISMO6

	DS-7000	GRAN TURISMO6
Brake	◎	◎
Curve Setting	◎	◎
Evasive Action	◎	×
Road Surface Condition	◎	◎
ABS	◎	◎

図に示すように DS-7000 は視野角を確保するためモニタを 3 台使用している。本実験ではモニタ 1 台のみの使用で GRAN TURISMO6 を運用しているが、技術的にはモニタ 3 台を使用しての運用は可能である。また本研究においては、ペダルの操作時の反応速度や操作性について主に検討しており、市街地を想定した環境での回避行動については今後の検討課題と

考えているので、現状では大きな影響はないものと考えられる。DS-7000 では急ブレーキは 100km/h~30km/h の中で 5 段階であるが、本実験で用いた GRAN TURISMO6 は任意の速度から急ブレーキをかける事が可能である。カーブ走行については DS-7000 では 30R, 65R, 100R の 3 種類であるが、GRAN TURISMO6 では走行コースを作成できることから優位性があると思われる。両シミュレータとともに路面設定、ABS の切り替え設定が付いている。以上のことから本研究の目的を検証するには GRAN TURISMO6 をシミュレータとして十分活用できると考えられる。

4. 実験結果

4.1. ペダル配置による走行解析

ブレーキペダルの配置による影響を確認するため、片足操作（右足ブレーキ）で操作した場合と両足操作（左足ブレーキ）、被験者の走行タイムを比較した。図5は標準状態の設定で、アクセルペダル中心からブレーキペダル中心距離は約 135mm であり、ペダル配置のボルト穴で配置を変えられ、その間隔を更に約 15mm 広くすることができる。5人の被験者による実験結果を図6に示す。図から、間隔が 135mm の場合、右足操作（右足ブレーキ）と両足操作を比較すると、若干ではあるが両足操作の方が遅くなった。こ

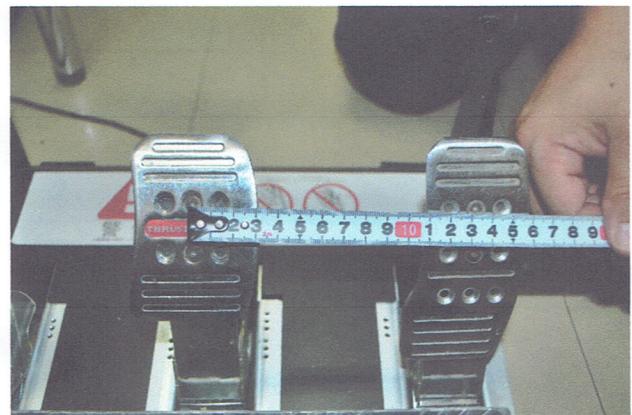


Fig.5 Distance between Acceleration pedal and Brake pedal

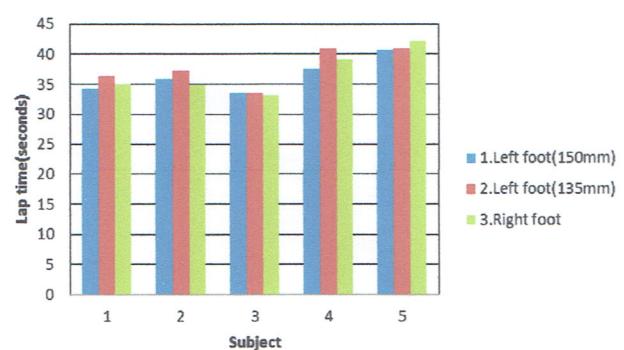


Fig.6 Comparison of lap time between Both foots operation and Right foot operation

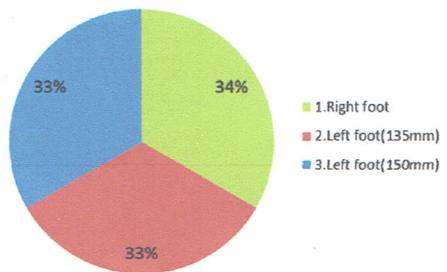


Fig.7 Driving feeling of pedal changing

これはアンケート結果から被験者が全員自動車運転免許を保有していることから自動車教習所で右足操作の指導、普段の自動車使用経験の影響であると考えられる。

一方、ブレーキペダルを更に左に 15mm 移動させ、アクセルペダル中心との距離を約 150mm に配置し、両足操作した走行タイムを比較した。図から明らかのように、ペダルを左に配置し走行した場合は片足操作と比べ同程度か若干の減少が見られる。これは約 15mm の移動であるが、左に寄ることで運転姿勢が改善されたためと考えられる。また、実験終了後に被験者にアンケートを取ったところ、図 7 に示すように最も操作しやすいと感じたのは、右足操作、左足操作、ペダルを更に離した左足操作、共に約 33% と差異がみられなかった。このことからも 15mm のブレーキペダル変更では運転感覚では大きな差異は生じないと考えられる。

ブレーキペダルを左に寄せることで両足操作での走行に改善が見られることから、ブレーキペダルをさらに左側へ移動させ異なる被験者で実験を行った。図 8 は従来のクラッチペダルの位置へブレーキペダルを移動させた際の配置を示しており、アクセルペダル中心との距離は 260mm である。

図 9 に 6 人の被験者による右足操作とブレーキペダルを

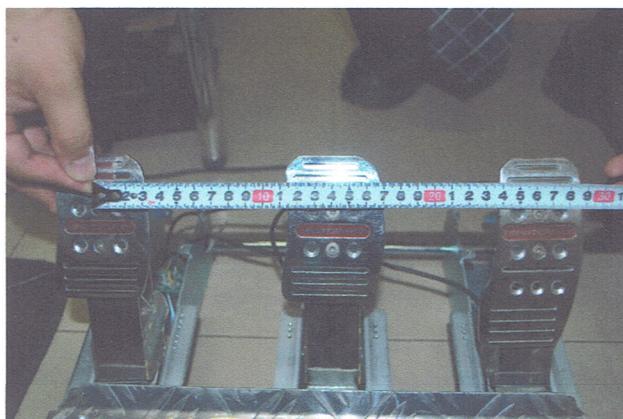


Fig.8 Changes pedal layout 260mm

260mm 移動させた場合の両足操作での走行タイムを示す。図に示すようにペダルを更に左に配置した方が若干タイムの短縮が認められた。以上のことからペダル位置の変更は運転姿勢の改善によるものだと考えられる。そこで「アクセルからブレーキ」の踏み替え時間を比較したグラフを図 10 に示す。図に示すように大幅な踏み替え時間の短縮が確認できた。これはペダル配置を 260mm としたことで、肩幅程度まで両足の間隔が広がり左足操作が容易になったためと考えられる。また、クラッチペダル位置への変更であるためクラッチ操作と同様に違和感がなく操作ができたためと考えられる。

図 11 にペダル配置を 260mm に変更した時のアンケート結果を示す。図に示すように約 8 割が 260mm への変更後の方が運転しやすいと回答している。これは両足の間隔が広がり運転姿勢が安定し、左足の操作が容易になったためと考えられる。また、実験時期の関係からサンダルで操作している被験者もあり、両足の間隔が広がることで運転しやすくなつたと考えられる。

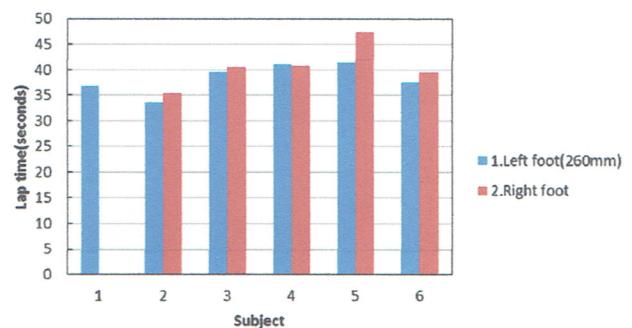


Fig.9 Comparison of lap time between the original pedal position and left adjusted 260 mm

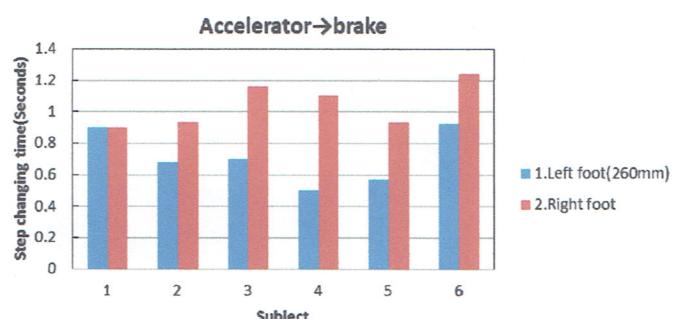


Fig.10 Driving feeling of pedal changing

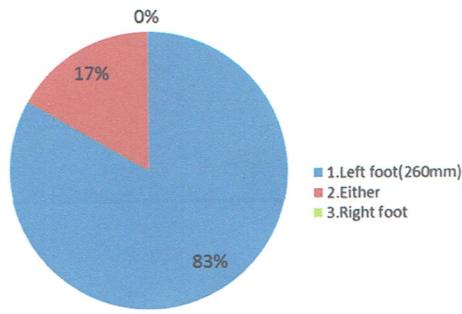


Fig.11 Driving feeling of left adjusted 260 mm

4. ま と め

本研究では、簡易的なドライビングシミュレータの比較を行い、アクセルペダルとブレーキペダルの両足操作時のブレーキペダルの配置が運転操作におよぼす影響を分析した。また、被験者へのアンケート調査も引き続き実施した。得られた結果を以下に示す。

- (1) 両足操作時において、オリジナルペダル配置よりブレーキペダルを左へ 15mm 移動させることで運転にペダル踏み替え時間、走行タイムに短縮が見られた。しかし、アンケート結果では、運転のしやすさに影響は見られない。
- (2) 両足操作時において、オリジナルペダル配置よりブレーキペダルを 260mm 移動させるとペダルの踏み替え時間は大幅に短縮した。また、ブレーキペダルを大きく左へ寄せることで運転しやすいと感じていることが明らかとなった。
- (3) ブレーキペダルを 260mm 移動させることで両足の間隔が広がったため、運転姿勢が改善することが影響していると考えられる。

参 考 文 献

- (1) 財) 国際交通安全学会 : アクセルとブレーキの踏み違えエラーの原因分析と心理学的・工学的対策の提案報告書 , 東京, 財団法人 国際交通安全学会, 2011, 26 p.
- (2) ナルセ機材有限会社, <http://www.onepedal.co.jp/products/>
- (3) 西川一男ほか: 人間の下肢の力学特性を利用したペダル特性の設計 , 日本機械学会論文集, Vol.80, No.809. p.10 (2014)
- (4) 安部原也, 早野公郎, 吉田智幸, 福井利尚, 江部和俊, 木村賢治: ペダル操作性に影響を与える人間特性に関する考察, 自動車技術会 2012 春季大会講演予稿集 (2012) , 20125076
- (5) 坂田知浩, 城戸章宏, 金子友海: ペダル踏み間違い事故の低減における左足ブレーキ操作の有効性について, 自動車技術会 2017 秋季大会講演予稿集 (2017) , 20176204