

アクセルとブレーキの踏み違い
エラーの原因分析と心理学的・工学的対策の提案

報告書

平成23年3月

研究委員会の構成

プロジェクトリーダー

篠原 一光 (大阪大学大学院人間科学研究科准教授)

プロジェクトメンバ

呉 景龍 (岡山大学大学院自然科学研究科教授)

木村 貴彦 (関西福祉科学大学健康福祉学部講師)

白石 修士 (株式会社本田技術研究所四輪 R&D センター主任研究員)

田久保 宣晃 (科学警察研究所交通科学第三研究室室長)

事務局

佐伯 芳久 (財団法人国際交通安全学会)

廣谷 はるみ (財団法人国際交通安全学会)

目 次

1	問題	1
2	ペダル踏み替え事故の実態分析	3
2.1	ペダル踏み替え事故の概要	3
2.2	ペダル踏み違い事故の発生傾向の分析	4
2.3	ペダル踏み違い事故の当事者の年齢・性別	5
2.4	ペダル踏み違い事故の形態と発生場所	10
2.5	ペダル踏み違い事故の当事者の行動	11
2.6	ペダル踏み違い事故の年齢別傾向の詳細分析	12
2.7	まとめ	14
3	踏み替え事故に関連する要因の実験的検討(1)―高齢者と若年者の比較	18
3.1	はじめに	18
3.2	実験目的	18
3.3	実験方法	18
3.3.1	被験者	18
3.3.2	実験概要	18
3.3.3	実験刺激	19
3.3.4	反応時間の定義	21
3.3.5	踏み間違いの定義	21
3.4	実験結果	21
3.4.1	反応時間の比較	21
3.4.2	踏み間違い率の比較	23
3.4.3	踏み間違い発生時のペダル選択率	23
3.5	考察	24
3.5.1	反応時間	24
3.5.2	踏み間違い	25
3.6	結語	26
4	アクセル・ブレーキ踏み違いエラー研究用実験装置の構築	27
4.1	目的	27
4.2	実験装置概要	27
4.3	課題	28
5	今後の展開	30

1 問題

アクセルとブレーキの操作は自動車運転のもっとも基本的な操作の一つといえるが、これを間違えて事故になる場合がある。ペダル踏み間違いによって起こった重大事故は、突然暴走し道路外の建物に突っ込む、すぐにアクセルペダルを開放してブレーキを踏み直せばよいはずなのに実際にはこの簡単な操作ができず事故になってしまった、など非常に特徴的であるため、報道され注目を集めている。その例を以下に示す。

(事例1) 午後1時50分、ファーストフード店の駐車場から発進しようとしていた乗用車が突然暴走、ガラス窓を突き破って店内に進入した。運転していた女性(58)と店内の男性客2名が負傷。女性は「車が急発進した」などと話しており、警察ではアクセルとブレーキの踏み間違いが事故の原因ではないかとみて、車両の検分をすすめている。

(事例2) 午後2時35分、スーパーマーケット駐車場で、場内に進入してきた乗用車が暴走、そのまま40m走行し、同敷地内菓子店外壁に突っ込んだ。運転していた女性(68)は腹部を強打し、4時間後に死亡。現場にはブレーキ痕が見あたらないため、警察ではアクセルとブレーキを踏み間違い、パニックになった可能性が高いと推測している。

アクセルペダルとブレーキペダルの操作が不適切なため事故が起こるという問題は、1980年代に注目され研究されてきた。この問題は「意図しない加速(unintended acceleration; UA)と呼ばれている。Pollard and Schmidt(1989)では、UAを伴う事故(Sudden Acceleration Incidents; SAI)は「意図せず予期もしていない時の強い力での加速で、静止状態または非常に低速の初期速度から急に加速するものであって、ブレーキ効力の喪失を伴っているもの」と定義されている¹⁾。また彼らの研究ではペダルの踏み違い(pedal misapplication)がUAの主要な原因であることが指摘され、アクセルペダルとブレーキペダルを離すこと、ブレーキペダルの位置を高くすること、ギアをドライブにする時にはブレーキペダルを踏まなければならないようなロック機構を導入することが提案されている。これにより、ペダルを同時に踏むのを防ぎ、自分が誤ったペダルを踏んでしまうことを気づきやすくすることができる。また、ロック機構の導入は、アクセルペダルを踏んでいる最中にギアチェンジをして急に加速してしまうことや、ドライバーが慌てて操作する場合でも間違えてアクセルペダルを踏み込んでしまうことを防ぐことにもつながる。

これらは確かに発進時のUAを防ぐことに有効であったが、上述の事故事例はこれらの対策が既に講じられた車両を運転している間に起こっているものであり、これまでの対策では防ぐことのできないUAがあることを示している。すなわち、UAは発進操作を行う段階で生じる問題に限定されない。Schmidtら(2010)は事故データの分析に基づき、UAが発進時というより、発進して運転を行っている最中にしばしば起こっていることや、急いでいない時にも起こっているということを報告している²⁾。

以上の状況から、アクセルペダルとブレーキペダルの踏み違い事故を防止するためには、現在使用されているアクセルペダルやブレーキペダルを使用する際にも起こりうる踏み違いエラーにいかなる要因が寄与するかを、先行研究で行われている分析よりもさらに詳細なレベルで分析する必要があると思われる。特に、意図せず踏み違いエラーをしてしまう認知プロセスを検討することは、先行研究では十分に行われてこなかった点である。そこで本プロジェクトでは、以下の点を検討することとして研究活動を開始した。

アクセルとブレーキの踏み違いエラーによる事故がどの程度起こっているのか、どのような状況で起こっているのかについて、事故統計に基づいて検討し、事故実態を把握する。

アクセルペダルとブレーキペダルのいずれかを踏む際に、どのような要因（ペダルを踏む際の足の使い方のような状態的要因、および、年齢、性別といった個人的特性要因）が踏み違いエラーを引き起こすのかについて、実験的に検討する。単にエラーの発生頻度を検討するのではなく反応の内容について詳細に分析する。

これらの分析を出発点として、アクセルとブレーキの踏み違いエラーを防止するための方策を提案することが本プロジェクトの最終的目標である。踏み違いエラーを誘発するリスクが高い要因を同定し、その要因に介入するような心理学的対策（教育方法や内容の改善）、工学的対策（ペダルに関連する機構の改良）としてこれまでに導入されてきた対策をさらに進めて何が有効かを明らかにしたいと考える。

参考文献

- 1).Pollard, J. and Sussman, E.D. (1989) An examination of sudden acceleration. NHTSA, DOT-HS-807-367
- 2).Schmidt, R. and Young, D. (2010) Cars gone wild: The major contributor to unintended acceleration in automobiles is pedal error. *Frontiers in psychology*, 1, 1-4.

2 ペダル踏み替え事故の実態分析

我が国でのペダル踏み違い事故については、個別事件の報道がみられるものの、事故の傾向を分析した報告は交通事故総合分析センターによる数例（参考文献1、2、3）以外にはほとんどみられない。これらによると、ペダル踏み違い事故の割合は増加傾向にあること、高齢者にペダル踏み違い事故が多くみられること、男女間で差がみられること、などの傾向が示されているが、必ずしも十分な分析とは言えない。そのため、ペダル踏み違い事故の検討をより詳細に行うために事故実態の分析が必要であると考えた。

本章では、ペダル踏み違い事故の事故統計からみた特徴について、既存の知見を引用しつつ、本調査研究で実施した分析結果により明らかにする。

なお、分析対象は国内の交通事故の統計である警察庁の交通統計であるが、事故統計には事故の主要因（原因）についての項目が存在する。主要因は、「人的要因」、「車両要因」、「道路交通環境要因」から各々選択できるが、「人的要因」の「操作不適」という中分類の中に「ペダル踏み違い」という小分類が存在する。本分析においては、この人的要因のペダル踏み違いが選択されている事故をペダル踏み違い事故と定義する。なお、これは既存の報告も同じである。

2.1 ペダル踏み替え事故の概要

ペダル踏み違い事故は、年間6千～7千件程度発生しており、これは、事故全体の約1%に相当する。

図1に平成12年から同21年までの10年間のペダル踏み違い事故と全事故の推移を示す（参考文献¹⁾。平成12年に6,436件であったペダル踏み違い事故は、平成21年に6,577件で、この間に約2%の増加傾向にある。一方、全事故は平成12年に821,138件であったものが、平成21年には652,582となり、この間に約21%減少した。

事故全体の件数が大幅に減少する中で、ペダル踏み違い事故は微増している。相対的には増加傾向といえるもので、将来的にさらに重大な問題となる可能性が示唆される。

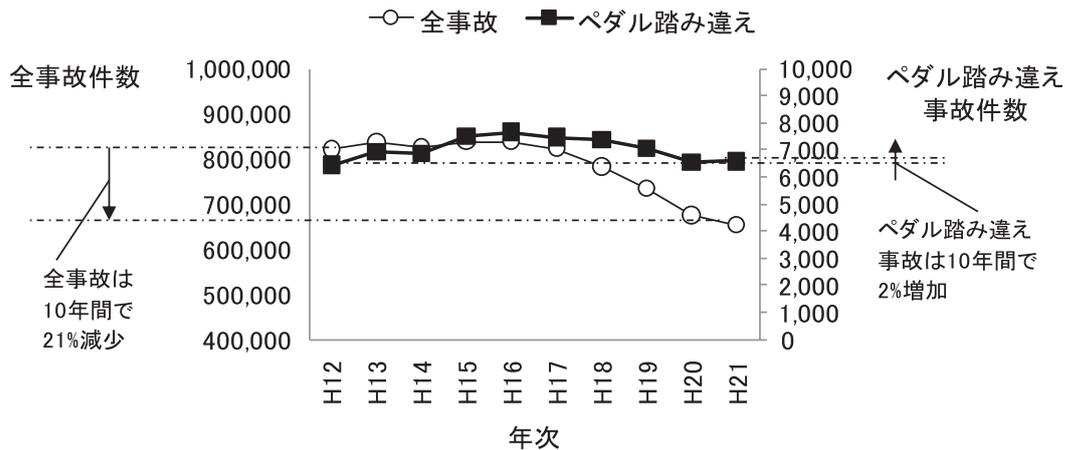


図1 ペダル踏み替え事故の推移 (H12-H21) (参考文献 1)

図2は、ペダル踏み間違い事故の運転者のうち死亡した運転者の割合（死亡率）と、全事故の同死亡率を比較したものである。ペダル踏み間違い事故では運転者の死亡率は3.44%であるのに対し、全事故では0.17%である。ペダル踏み間違い事故では事故全体と比較して運転者が死亡する重大事故になりやすいことが示されている。

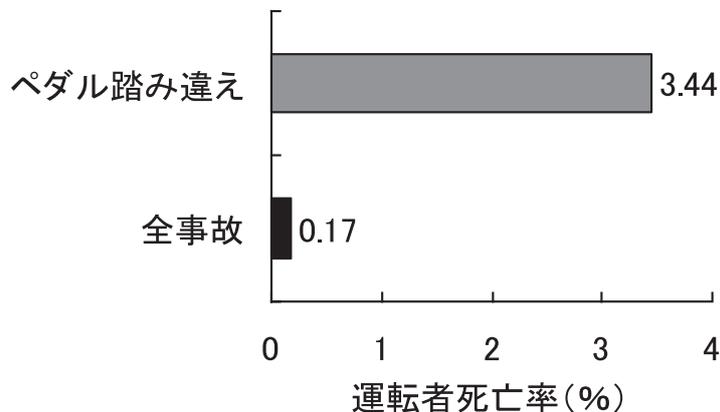


図2 ペダル踏み間違い事故の運転者の死亡率 (H12～H21年合計) (参考文献 1)

2.2 ペダル踏み間違い事故の発生傾向の分析

ペダル踏み間違い事故のより詳細な傾向を把握するため、財団法人交通事故総合分析センターより入手した交通事故データを分析した。分析データは以下のとおりである。

- 対象……平成17年～平成21年の5年間に発生した死傷事故件数の合計。
- 件数……全事故3,667,869件。うちペダル踏み間違い34,946件。
- 条件……第1当事者(過失がより重い当事者、過失が同程度であるときは傷害の軽い当事者。以下1当)の車種を四輪車に限る

● 分析する事故の内容とその区分

- ◆ 事故の主要因となった1当運転者の人的要因（5区分）…ペダル踏み違い、ブレーキ弱い+急ブレーキ、その他操作不適、発見遅れ、判断の誤り
- ◆ 1当運転者の性別（2区分）…男、女
- ◆ 1当運転者の年齢（14区分）…18～19歳、20～24歳、25～29歳、以下5歳毎合計で79歳まで、80歳以上
- ◆ 1当運転者の危険認知速度（運転者が危険を認知した時点での速度。衝突速度ではない。）（6区分）…停止中、1～20km/h、21～40km/h、41～60km/h、61～80km/h、81km/h以上。
- ◆ 1当の行動類型（事故発生時点での1当車両の進行状態）（5区分）…発進、直進、右左折、後退、その他
- ◆ 事故発生地点の道路形状（4区分）…交差点、交差点付近、単路（交差点以外の道路）、その他（踏切、その他の交通の場所）
- ◆ 事故類型（事故の形態分類）（7区分）…人対車両、車両相互・追突、車両相互・出会い頭、車両相互・その他、車両単独・工作物合計、車両単独・路外逸脱、車両単独・その他

なお、上記のとおりデータを絞り込むための条件を設定しているため、例えば一般的に知られている全事故と、本分析での全事故とは値が異なる（対象の5年間合計で前者は4,155,981件であるのに対し、本分析対象である後者では3,667,869件）。これは、ペダル踏み違いに関係しない歩行者や自転車が第1当事者となる事故を除くなどしたためであり、傾向をより適切に分析するための条件設定である。

なお、上記の各区分を全て考慮した場合、ペダル踏み違いで最も多い事故の区分は、「20～24歳の男性による、1～24km/hで、直進時の、単路での、追突事故」で、528件であった。年齢を高齢者に限定しても年齢以外同区分の、「70～74歳の男性による、1～24km/hで、直進時の、単路での、追突事故」で、204件であった。

2.3 ペダル踏み違い事故の当事者の年齢・性別

図3に我が国の総人口（平成19年10月1日現在、参考文献4）、図4に免許保有者数（平成19年末、参考文献5）、図5に比較対象とした全事故件数、図6にペダル踏み違い事故件数を、いずれも年齢層別・性別で示す。

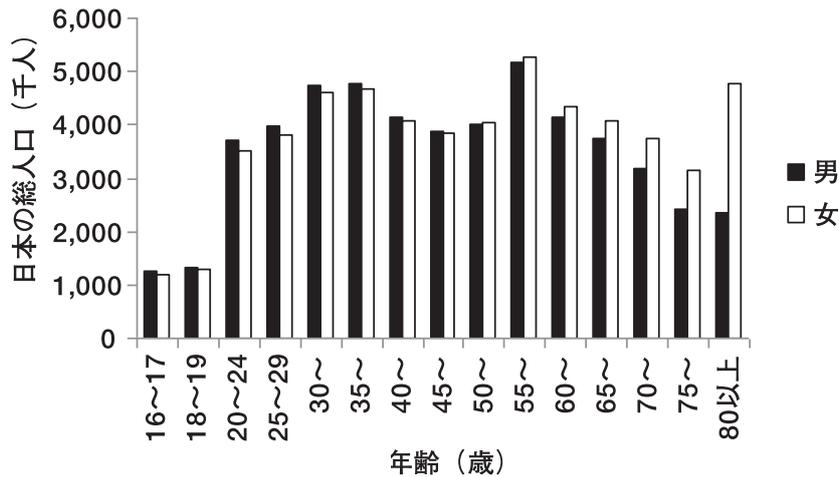


図3 我が国の年齢層別・性別総人口 (平成19年10月1日現在, 参考文献4)

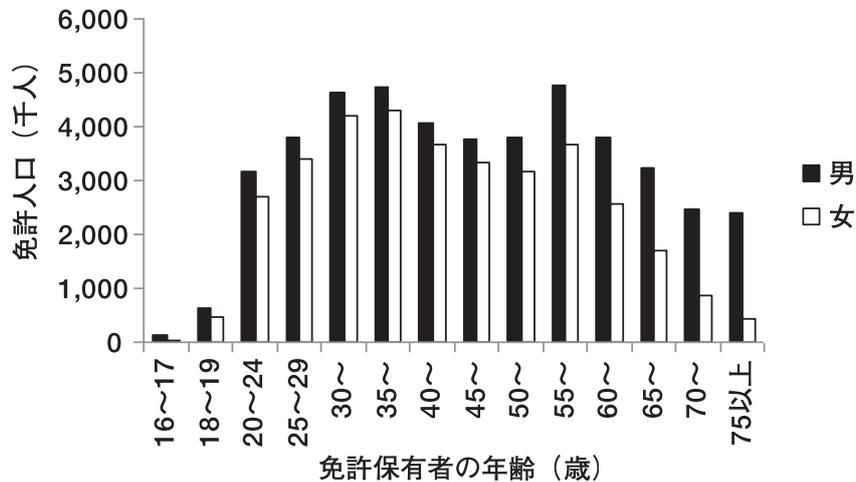


図4 年齢層別・性別免許保有者数 (平成19年末, 参考文献5)

検討の前提となる人口 (図3) と免許保有者 (図4) についてグラフより確認すると、人口としては、男女とも35～39歳および55～59歳にピークがあり、特に後者が明確である。これはいわゆる団塊の世代である。これに対して免許保有者は、ピークとそれを挟む中年層での傾向は人口とほぼ同じといえるが、それらより若年層と高齢層で人口との違いが見られる。高齢層では、高齢になるほど人口よりも免許保有者の減少が著しく、特に女性で顕著である。これは、モータリゼーション以前では免許保有が一般的でなく、特に女性の免許取得者が少なかったことによるといわれている。一方、若年層の傾向は、免許取得者の割合が低年齢ほど低いことによると推定される。いずれにせよ、人口、免許保有者数という事故の母数となる人数については、男女ともに35～39歳および55～59歳の二つの年齢層をピークとした傾向である。

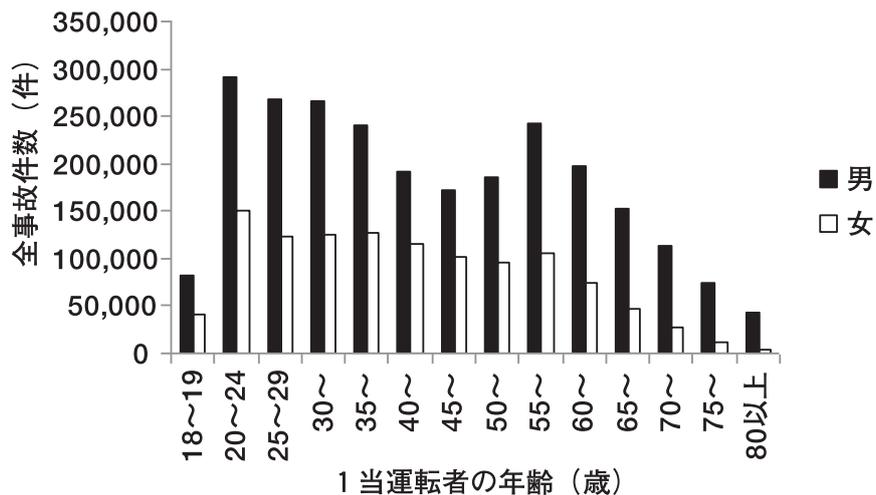


図5 第1当運転者の年齢層別・性別全事故件数（H17～H21年合計）

次に、比較対象である全事故の発生件数のグラフ（図5）を検討すると、男性では20～24歳と55～59歳が二つのピークとなっている。高齢者に近い55～59歳については母数と同じ年齢層のピークであるが、若年層では母数より低い年齢層でのピークとなっており、これらはいわゆる若年者が事故を起こしやすいといわれる傾向を反映したものと推察できる。これらから、男性の全体的にみた事故の発生は、若年者で事故を起こしやすい傾向と、母数（人口、免許保有者）の傾向を反映した傾向になっていると解釈できる。女性については、母数でみられた顕著なピークが存在せず、加齢と共に徐々に減少する傾向があるが、相対的に若年層での事故が多いことは男性と同様であり、その解釈も同様にできると推定する。

さて、主題であるペダル踏み違い事故の発生件数（図6）であるが、グラフには母数や全事故と比較して、若年層と高齢者により明確な二つのピークが存在する。若年層については男女とも20～24歳がピークで、高齢者については、男性では70～74歳が、女性では55～59歳がピークとなっている。ペダル踏み違い事故の量的問題は、若年層と高齢者の両者に存在すること、高齢者については特に男性でより高齢で発生することが示されている。なお、全体合計の性別では、男性で21,863件、女性で13,083件のペダル踏み違い事故が発生しており、男性が全体の63%を占めている。

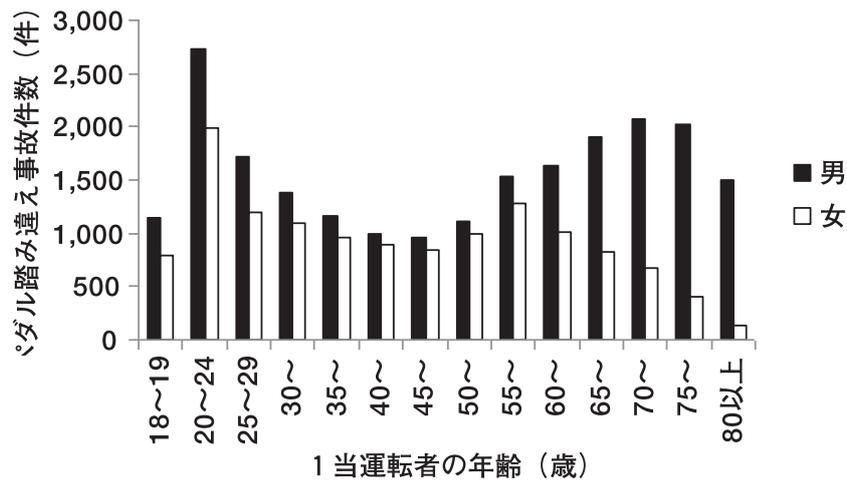


図6 第1当運転者の年齢層別・性別ペダル踏み違い事故件数 (H17～H21年合計)

以上の年齢層別・性別の傾向をより明らかに確認するため、免許保有者当たりの全事故の割合 (図7)、免許保有者当たりのペダル踏み違い事故の割合 (図8)、ペダル踏み違い事故が全事故に占める割合 (図9) を求めた。

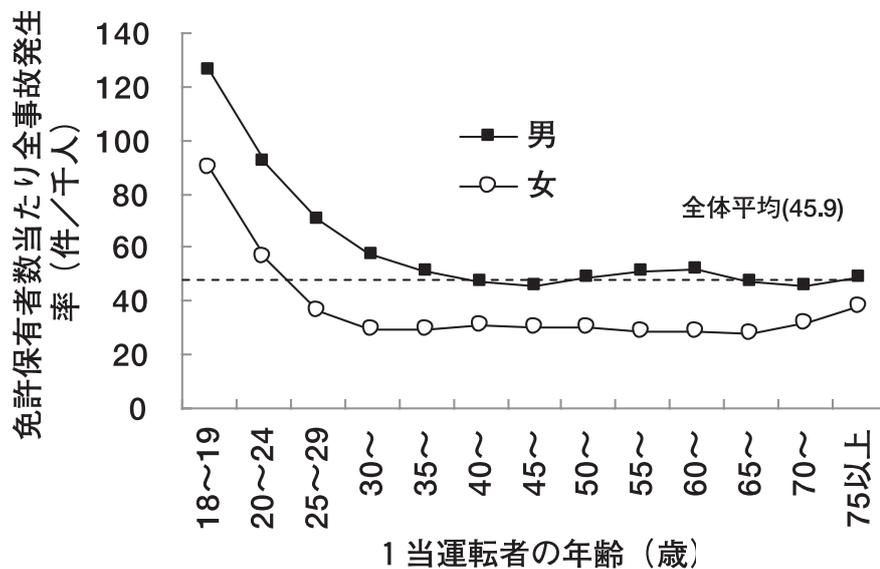


図7 第1当運転者の年齢層別・性別の免許保有者数当たり全事故発生率 (H17～H21年合計)

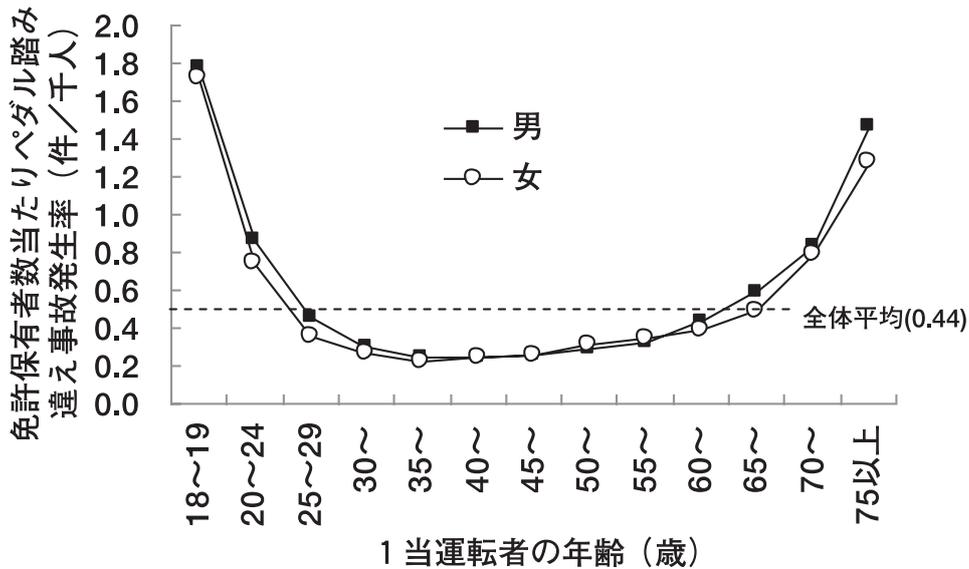


図8 第1当運転者の年齢層別・性別の免許保有者数当たりペダル踏み違い事故発生率 (H17～H21年合計)

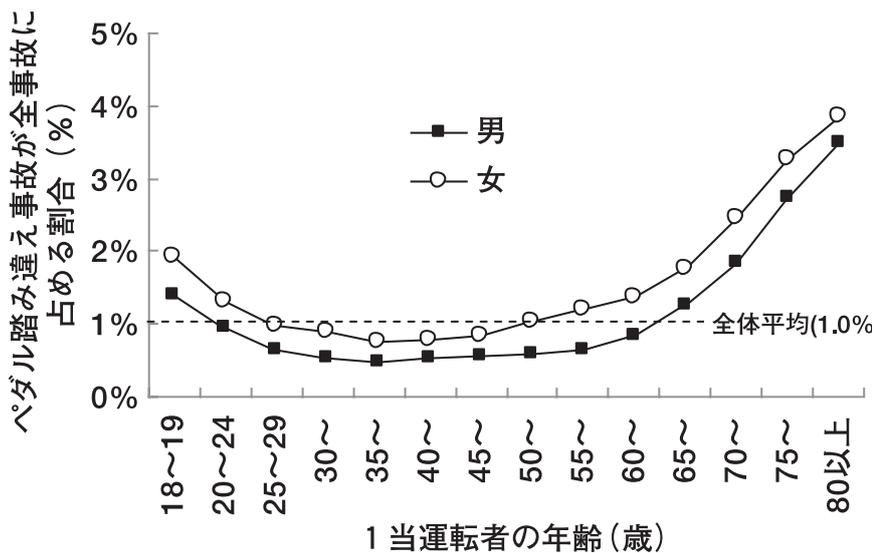


図9 第1当運転者の年齢層別・性別の全事故に占めるペダル踏み違い事故の割合 (H17～H21年合計)

免許保有者当たりの全事故発生率は、若年者のみにピークがあり高齢者と中年層では差がみられず、男女では男性でより発生率が高い。これを比較対象とした場合、免許保有者当たりのペダル踏み違い事故発生率は、若年層では全事故と同様に率が高いが、高齢者で顕著に率が高くなり、また男女に差が無くほぼ同傾向となっている。この特徴は、全事故に占めるペダル踏み違い事故の割合からも明らかとなっていて、同割合は、高齢者でより高く、また男性よりも女性でより高いことがわかる。

以上の分析から、年齢層別のペダル踏み違い事故は、若年層と高齢者、特に高齢者で発生傾向が特徴的であること、性別では男性よりも女性でより特徴的であることが明らかとなった。

2.4 ペダル踏み違い事故の形態と発生場所

全事故とペダル踏み違い事故について、事故の形態（事故統計項目での事故類型）で分類した構成率を図 10 に示す。全事故と比較して、ペダル踏み違い事故では、追突の割合と車両単独事故の割合が高い。追突の割合は全事故では 34.6% であるのに対し、ペダル踏み違い事故では 1.8 倍の 60.8% となっている。また、車両単独事故の合計（工作物衝突、路外逸脱、その他の合計）では、全事故での 3.3% が 16.7% と 5 倍の構成率となっている。追突事故と車両単独事故がペダル踏み違い事故の特徴であることを確認できる。

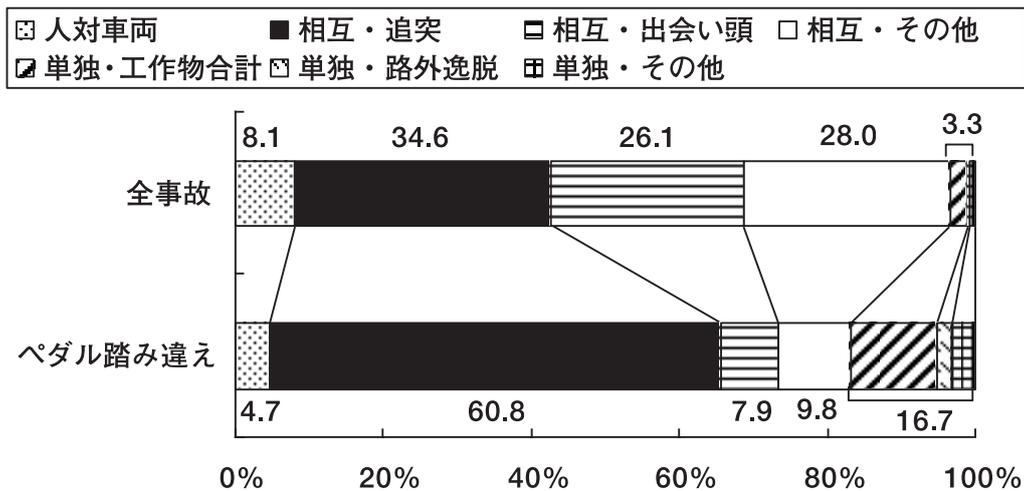


図 10 全事故とペダル踏み違い事故の事故類型別構成率の比較（H17～H21 年合計）

次に、事故の発生場所で分類した構成率を図 11 に示す。事故統計分類上のその他の場所、すなわち、駐車場など道路以外の場所での構成率が全事故では 3.0% だがペダル踏み違い事故では 13.4% と約 4.4 倍も高い。また、交差点付近での構成率も、全事故の 11.3% に対してペダル踏み違い事故では 17.9% で、1.6 倍の構成率である。上記の事故類型の結果と併せると、その他の場所で車両単独事故、交差点付近で追突事故が発生する特徴が推定できる。

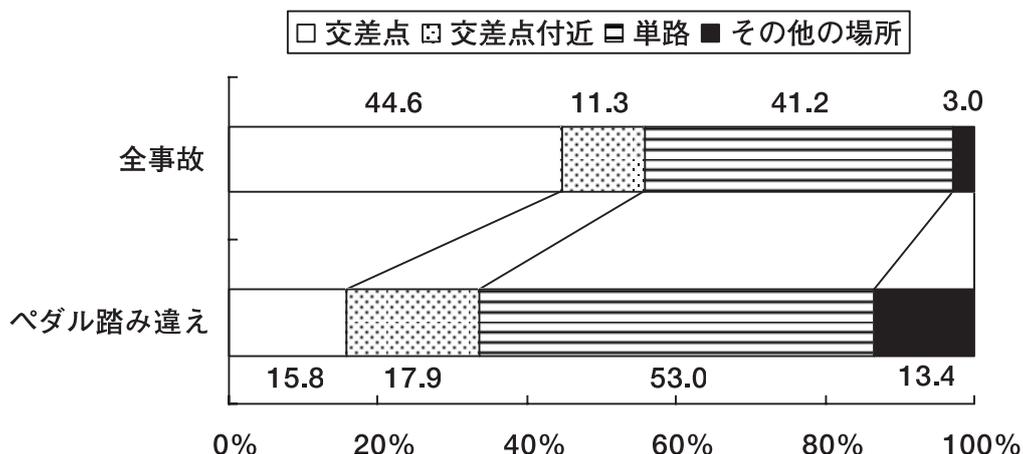


図 11 全事故とペダル踏み違い事故の事故発生場所別構成率の比較
(H17～H21年合計)

2.5 ペダル踏み違い事故の当事者の行動

全事故とペダル踏み違い事故を、ペダル踏み違いの当事者である運転者の事故時の行動で分類した構成率を図 12 に示す。全事故と比較して、ペダル踏み違い事故では、発進時の事故の割合が高い。発進時の割合は全事故では 16.3% であるのに対し、ペダル踏み違い事故では 1.9 倍の 30.8% となっている。一般的にいわれるように、発進時の事故がペダル踏み違い事故の特徴であることがわかる。また、その他の直進時の割合や、後退時の割合もわずかだが高くなっている。(直進時は全事故 51.4% に対し、ペダル踏み違い事故 54.1%。後退時は同じく 4.1% に対し 4.4%)

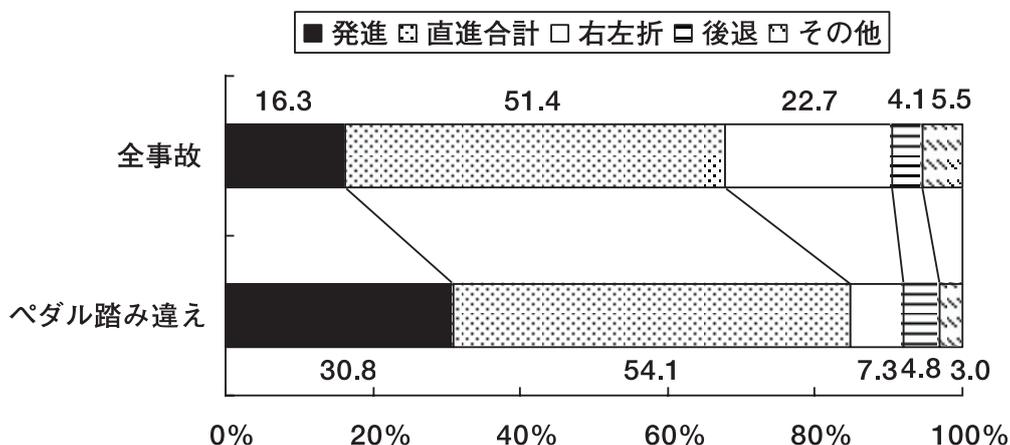


図 12 全事故とペダル踏み違い事故の当事者の行動別構成率の比較
(H17～H21年合計)

同様に、全事故とペダル踏み違い事故を、ペダル踏み違いの当事者である運転者の危険認知速度で分類した構成率を図 13 に示す。危険認知速度は、運転者が事故前に事故の危険を認知した時点の速度(自己申告を含む)であるが、元々割合の高い 20km/h 以下(1km/h 以上 20km/h 以下)の分類の構成率が、ペダル踏み違い事故でより高い。前者では 60.0% であるのに対し、

後者では70.3%となっており、発進時の事故の割合が高いことと一致する傾向である。

以上のように、ペダル踏み違い事故では低速での発進時の事故が特徴であることがわかる。

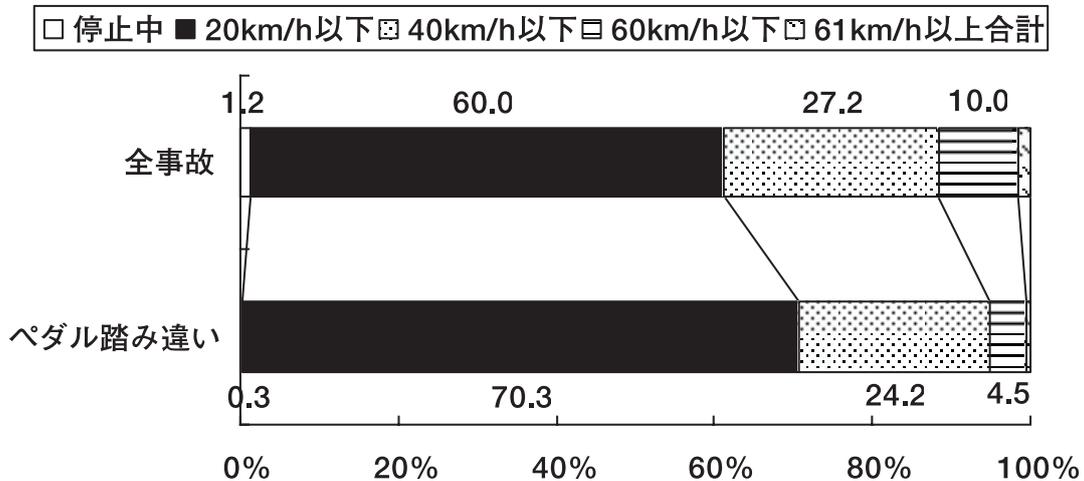


図 13 全事故とペダル踏み違い事故の当事者の危険認知速度別構成率の比較
(H17～H21年合計)

2.6 ペダル踏み違い事故の年齢別傾向の詳細分析

上記のように、ペダル踏み違い事故では、年齢・性別、発生地点と形態、当事者の行動に各々全事故と異なる特徴があることがわかった。特に、高齢者で発生率が高い傾向に着目すべきであると判断し、年齢層別にみた他要因の傾向を把握するための詳細分析を追加した。

具体的には、事故類型、行動、発生場所、危険認知速度の各項目の中の年齢層別構成率を求めた。例えば図 14 の事故類型の車両相互・追突では、18～19歳の6.6%、20～24歳の17.4%から、80歳以上の2.7%を全て合計すると100%となるような構成率を求めて検討したものである。

図 14 の事故類型別の年齢別傾向では、車両単独事故、人対車両事故において、高齢者のピークが非常に明確で、追突や出会い頭などの車両相互事故では若年者でのピークがより明確である。すなわち、高齢者のペダル踏み違い事故としては、車両単独や人対車両の事故となる状況が特徴的であることがわかる。

図 15 の運転者の行動別の年齢別傾向では、後退時の事故で高齢者の割合が顕著に高い。発進、直進、右左折、その他では若年者のピークが高い。すなわち、高齢者のペダル踏み違い事故としては、後退時が特徴的であることがわかる。

図 16 の事故発生場所別の年齢別傾向では、その他の場所で高齢者の割合が顕著に高い。交差点、交差点付近、単路では、若年者のピークが高い。すなわち、高齢者のペダル踏み違い事故としては、駐車場など道路以外の場所での事故が特徴的であることがわかる。

なお、速度に関しては年齢による明確な傾向の差はみられなかったため、グラフの掲載は割愛した。

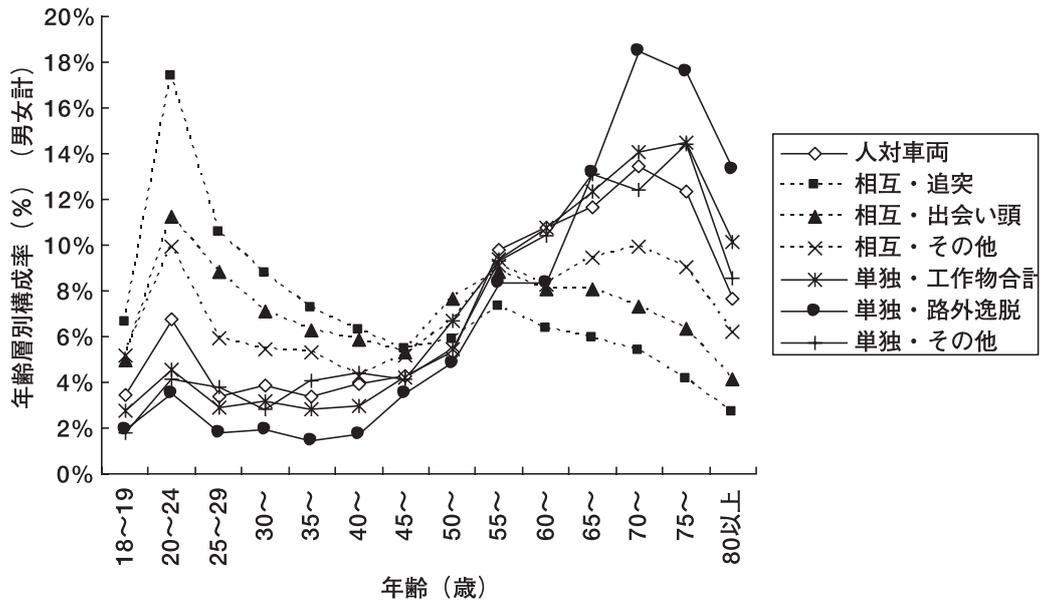


図 14 ペダル踏み違い事故の事故類型別事故の年齢層別構成率 (H17 ~ H21 年合計)

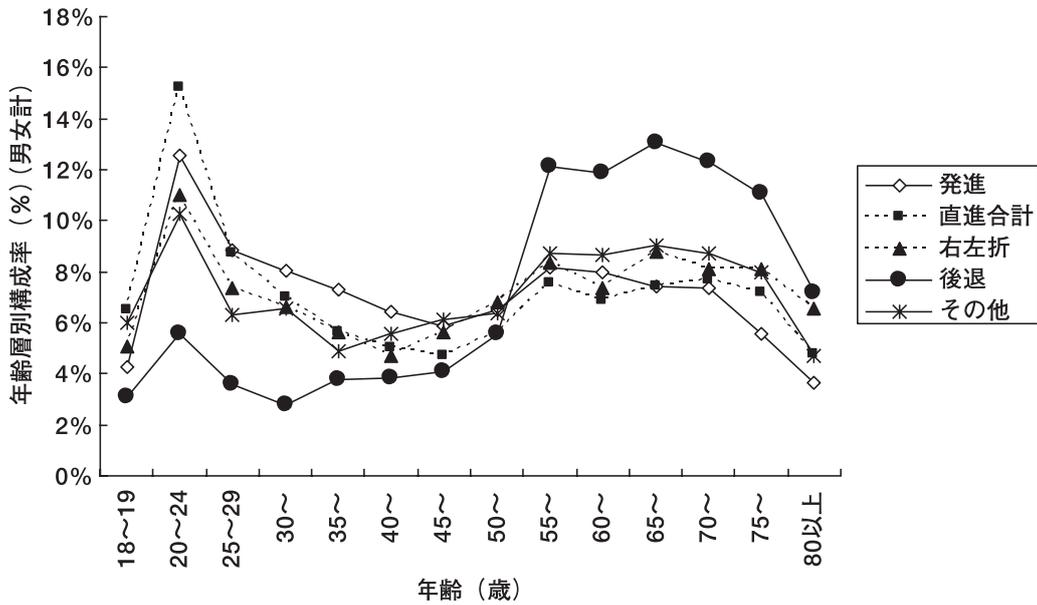


図 15 ペダル踏み違い事故の当事者の行動別事故の年齢層別構成率 (H17 ~ H21 年合計)

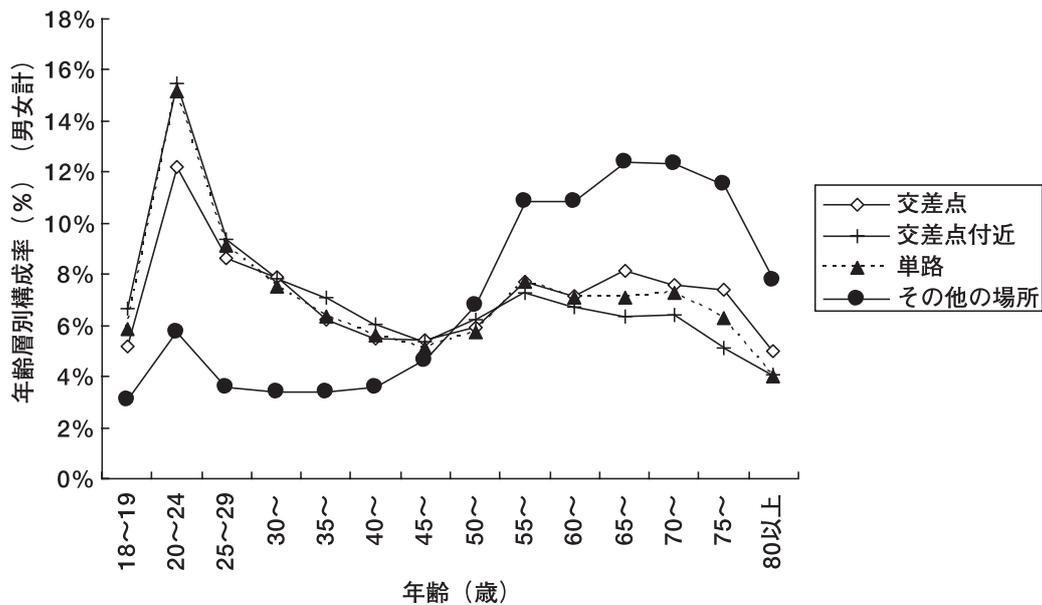


図 16 ペダル踏み違い事故の発生場所別事故の年齢層別構成率 (H17 ~ H21 年合計)

2.7 まとめ

分析で得られたペダル踏み違い事故に関する特徴的な結果は以下のとおりである。

- ペダル踏み違い事故の当事者である運転者の年齢層別の傾向としては、若年者（20～24歳）と高齢者（男性70～74歳、女性55～60歳）で高い。全事故に占める割合や、免許人口当たりの発生率でみると、年齢別では高齢者で非常に高い値となった。
- ペダル踏み違い事故の当事者である運転者の性別の傾向としては、男女間では男性で発生件数が多いが、全事故に占める割合では女性でやや高い値となった。
- 全体と比較してペダル踏み違い事故では、以下の割合がより高い。
 - 追突事故、車両単独事故
 - 発進時の事故
 - 低速での事故
 - 道路以外の場所での事故
- ペダル踏み違い事故の中では、以下の事故で高齢者の占める割合がより高い。
 - 人対車両事故、車両単独事故
 - 後退時の事故
 - 道路以外の場所での事故
- なお、今回の分析を全て個別に分類した場合の最頻値は、「20～24歳の、男性による、1～24km/hで、直進時の、単路での、追突事故」で、528件であった。

以上のように、ペダル踏み違い事故においては、量的には男性若年者に代表されるそもそも暴露機会の多い分類での事故が特徴的であるが、質的にみると、高齢者と女性が逆に発生率の高い分類であることが確認された。

また、事故のその他の特徴としては、発進時、車両単独事故や追突事故といった分類が多く、これらは通常概念と良く一致するものであった。ただし、高齢者に対象を絞った場合には、人对車両事故や後退時の事故、また道路以外の場所での事故といった、全体とは異なる特徴が出現する結果となった。

本分析では、事故の状況、当事者及びその行動を明らかにすることを主題としたが、特徴として確認された高齢者については、さらにその事故の特徴を詳細に検討する必要があるものと考えられた。

参考文献

- (1) 交通事故総合分析センター：交通事故例調査・分析報告書（平成16年度）（2004）
- (2) 交通事故総合分析センター：イタルダイインフォメーション No.86（2010）
- (3) 交通事故総合分析センター：ブレーキとアクセルの踏み間違い事故、人と車 2007年9月号、p30-32（2007）
- (4) 総務省統計局：政府統計（e-Stat）
- (5) 警察庁交通局：交通統計平成20年度版

【付録】

図1

死傷事故件数	全事故（件）	ペダル踏み違い（件）	構成率（％）
H12	821,138	6,436	0.8%
H13	836,684	6,910	0.8%
H14	824,600	6,840	0.8%
H15	837,226	7,491	0.9%
H16	838,181	7,658	0.9%
H17	822,866	7,465	0.9%
H18	782,970	7,365	0.9%
H19	733,444	7,037	1.0%
H20	675,220	6,545	1.0%
H21	652,582	6,577	1.0%

図 3, 図 4

年齢層	総人口 (千人) (H19年10月)		免許保有者数 (千人) (H19年末)	
	男	女	男	女
0~17歳	9,483	9,022	-	-
16~17	1,256	1,195	132	44
18~19	1,341	1,277	644	456
20~24	3,716	3,521	3,156	2,692
25~29	3,967	3,828	3,809	3,408
30~	4,747	4,615	4,622	4,202
35~	4,763	4,663	4,717	4,301
40~	4,141	4,079	4,072	3,682
45~	3,879	3,852	3,770	3,322
50~	4,017	4,032	3,799	3,178
55~	5,161	5,271	4,781	3,673
60~	4,131	4,344	3,808	2,566
65~	3,747	4,091	3,222	1,690
70~	3,191	3,732	2,470	859
75~	2,407	3,157	2,409	422
80歳以上	2,360	4,780	上に含む	上に含む
合計	62,310	65,461	45,411	34,495

図 5,図 6

年齢層	全事故 (件) (H17~19計)		ペダル踏み違い (件) (H17~19計)	
	男	女	男	女
18~19	81,225	40,764	1,142	787
20~24	290,871	151,296	2,727	1,990
25~29	268,192	123,302	1,723	1,195
30~	265,316	124,554	1,376	1,100
35~	239,560	127,375	1,158	958
40~	190,662	115,221	994	892
45~	172,134	100,936	957	840
50~	185,764	96,092	1,114	986
55~	243,247	106,465	1,542	1,275
60~	197,148	73,703	1,630	1,010
65~	153,229	47,421	1,908	834
70~	113,067	27,328	2,072	675
75~	74,284	12,336	2,028	402
80歳以上	42,782	3,595	1,492	139
合計	2,517,481	1,150,388	21,863	13,083

3 踏み替え事故に関連する要因の実験的検討 (1) 一高齢者と若年者の比較

3.1 はじめに

近年、日本の自動車事故による死亡者数は減少傾向にある。実際に数字を挙げてみると平成22年の死亡者数は4863人で、前年度と比較すると51人減少している。この傾向は現在も続いており10年前と比べると3分の2程度に減少している。しかし、65歳以上の高齢者の死者は高止まりの傾向があり、昨年は2450人であった。その死者数は全体の50.4%を占め、高齢者の死者が初めて半数を超えた¹⁾。

高齢者の交通事故の例として操作不適事故と言われるハンドルの操作ミスやペダルの踏み間違い事故などが挙げられる。ペダル踏み間違い事故の事故率は平成21年には平成12年の約1.3倍と大きく悪化している²⁾。アメリカの研究では予期せぬ急加速の事故は高齢者ドライバーと関係していることが多く(60歳やそれ以上のドライバーは1~6倍関係する)³⁾、ペダルの踏み間違いの割合は高齢者の認知機能に関連し、特に実行制御機能に依存している⁴⁾と報告している。

近年、日本におけるペダルの踏み間違い事故は1日で約20件起きており、年間では6500件以上発生している²⁾。事故に至らないものも考慮すると、ペダルを間違えるという現象は非常にありふれたことであることが分かる。要因としては、踏み間違えているにもかかわらず脳ではブレーキを踏んでいると錯覚しパニック状態に陥ったり、気付いてブレーキを踏んだものの間に合わなかったりということが考えられる。しかしながら、踏み間違えることの原因はいまだはっきりと分かっていない。

そこで本研究は若年者と高齢者の視覚刺激に対するペダル踏み行動の特性を比較し、踏み間違いの原因や加齢効果を検討する。

3.2 実験目的

本研究の目的は、運転時の基礎的なペダル操作の踏み間違い率を年齢層別に比較し、その結果からペダル踏み間違い事故の加齢効果の原因を特定することである。

3.3 実験方法

3.3.1 被験者

被験者は若年者20名(平均年齢23.1歳)、高齢者20名(平均年齢69歳)の計40名で実験を行った。被験者の条件として免許所持者、色盲ではない人、視力が裸眼もしくは矯正視力で0.7以上の人を対象とした。

3.3.2 実験概要

本研究では若年者と高齢者に対して単純反応実験、選択反応実験、弁別反応実験の3つの実験を行った。全ての実験で反応時間と踏み間違いの回数を測定し、それらの結果から視覚刺激の判断時間や行動特性の相違を検討する。踏み間違いの回数は被験者の隣で実験者が回数を数え

るようにし、被験者には踏み間違いに気付いた時に足を止めて踏み間違いを申告してもらうようにした。実験は十分な練習を行った後でおこない、各実験の間には十分な休憩を取った。

3.3.3 実験刺激

図 17 に実験で用いる視覚刺激を示す。全ての実験で緑と赤の視覚刺激を使用する。刺激の大きさは 1.5° 、呈示時間は 200ms とする。刺激の間隔は 4s から 6s のランダムに設定し、刺激が呈示されていない間は固視点を呈示する。1 セッションの実験時間は約 4 分間であり、赤と緑の視覚刺激を各 24 回ずつ、計 48 回呈示する。実験はそれぞれ 3 セッション行い、合計 144 回視覚刺激を呈示する。

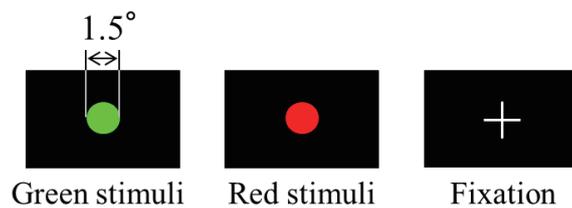


図 17 Visual stimuli using in this experiment

実験 1 - 単純反応実験

図 18 に実験 1 のタイムコースを示す。実験 1 では緑と赤の 2 種類の実験刺激をランダムに呈示する。被験者には緑、赤どちらの視覚刺激にも出来るだけ素早くアクセルペダルを踏んでもらう。ペダルの操作方法は左足を床に置き、右足をアクセルペダルに乗せてもらい反応するときは右足を素早く押し込んでもらう。

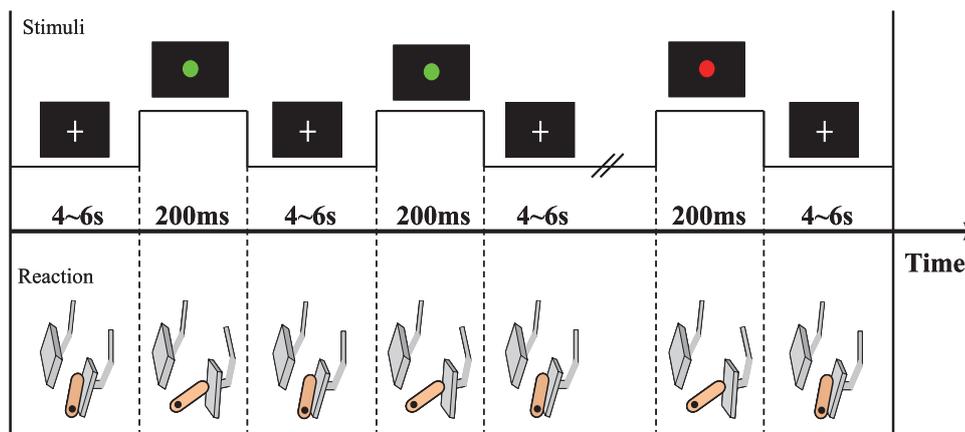


図 18 Procedure of experiment 1

実験 2- 選択反応実験

図 19 に実験 2 のタイムコースを示す。実験刺激は緑と赤の 2 種類をランダムに呈示する。被験者には緑の視覚刺激に対して出来るだけ素早くアクセルペダルを踏んでもらい、赤の視覚刺激では何もしないでいてもらう。ペダルの踏み方は左足を床に置き、右足をアクセルペダルに乗せてもらい反応する時は右足を素早く押し込んでもらう。

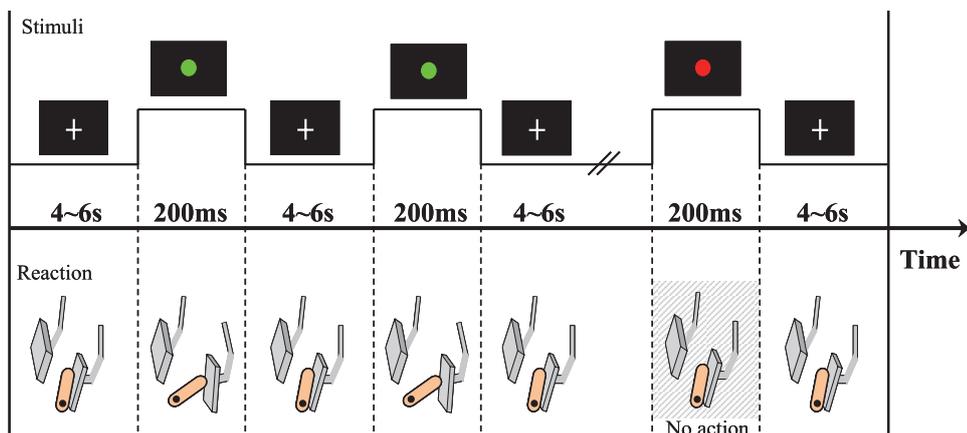


図 19 Procedure of experiment 2

実験 3 - 弁別反応実験

図 20 に実験 3 のタイムコースを示す。実験刺激は緑と赤の 2 種類をランダムに呈示する。被験者には緑の視覚刺激に対してアクセルペダルを、赤の視覚刺激に対してはブレーキペダルを出来るだけ素早く踏んでもらう。ペダルの踏み方は左足を床に置き、右足でアクセルペダルとブレーキペダルを踏み分けてもらう。

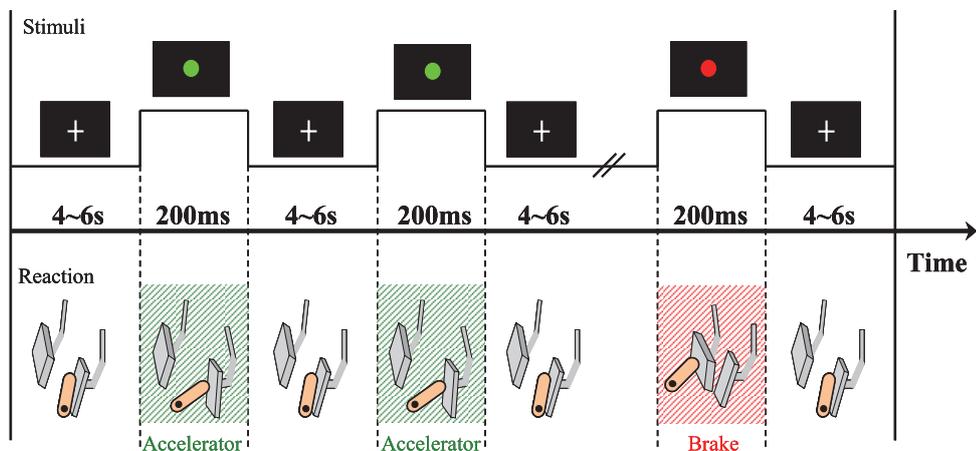


図 20 Procedure of experiment 3

3.3.4 反応時間の定義

図 21 にアクセルとブレーキの反応時間を算出する定義を示す。反応時間は、視覚刺激が呈示されてからペダル操作によりエンコーダが変化し始めるまでとする。実験中は被験者に常にアクセルペダルに足を乗せている状態を保ってもらうようにする。その理由としてペダルが足から離れていると、足の初期位置が被験者で異なることや、足の動き始めが反応時間に正確に反映されないなどの問題が起きるためである。

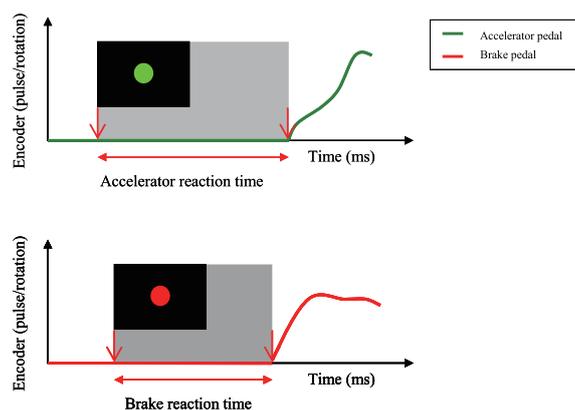


図 21 Definition of reaction time

3.3.5 踏み間違いの定義

実験中に以下に示す行動を被験者が行った場合を踏み間違いとして定義し回数を数えた。踏み間違いの回数は、実験者が被験者の隣で数えるようにした。また、踏み間違いの踏み込み量をペダルの最大踏み込み量の 10 分の 1 以上として定義し、それより下のものは踏み間違いの数から除外した。その理由として、わずかに踏み込んだものは事故に繋がらないため除外してもよいと考えられ、更に一定の踏み込み量を定義することにより統一して比較できるようにしようと考えたためである。

- 刺激が出ていないのにペダルを踏む
- 呈示された刺激に適切でないペダルを踏む
- 反応してはいけない刺激のときにペダルを踏み込む
- 刺激を見逃す

3.4 実験結果

3.4.1 反応時間の比較

図 22 に全実験の若年者の平均反応時間を示す。図 23 に全実験の高齢者の平均反応時間を示す。平均反応時間のエラーバーは標準偏差を示す。全ての条件においてアクセル、ブレーキともに高齢者の反応時間の方が長いという結果になった。また実験別にみると、アクセルでは実験 1 から実験 3 に行くにつれて反応時間が長くなった。

実験1から実験3までの反応時間の結果に対し反復測定分散分析を行ったところ、条件では $F(3,114)=443.34$ 、 $P<0.0001$ となり主効果が見られた。条件と年齢間では $F(3,114)=2.835$ 、 $P<0.05$ となり交互作用が見られた。そして条件別に有意差を調べるために分散分析をおこない、多重比較をおこなった。

実験1と比較すると若年者、高齢者ともに全ての条件で有意差が見られた ($P<0.01$)。実験2の比較では、若年者においては実験3のアクセルで $P<0.05$ 、その他の条件で $P<0.01$ となり有意差が見られ、高齢者では全ての条件で $P<0.01$ となり有意差が見られた。実験3のアクセルとブレーキを比較すると若年者、高齢者ともに有意差が見られた ($P<0.01$)。

次に若年者と高齢者の比較を見ていくと実験1では有意差は見られなかった ($P \geq 0.05$) が、実験2では有意差が見られた ($P<0.01$)。実験3はアクセルの反応時間に有意差が見られた ($P<0.01$) が、ブレーキでは見られなかった ($P \geq 0.05$)。

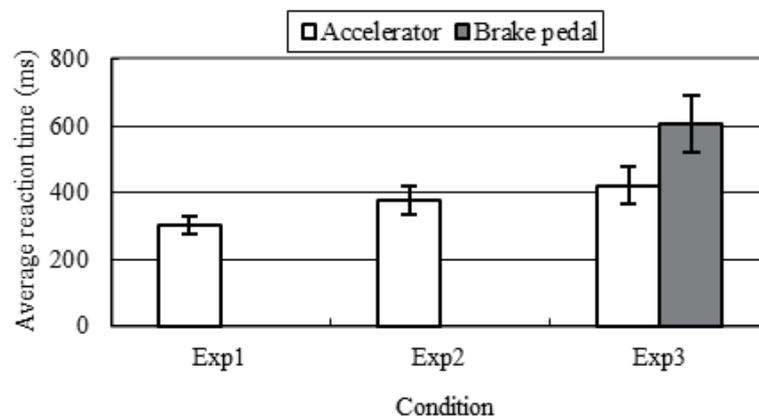


図 22 Average reaction time for all experiment of young subjects

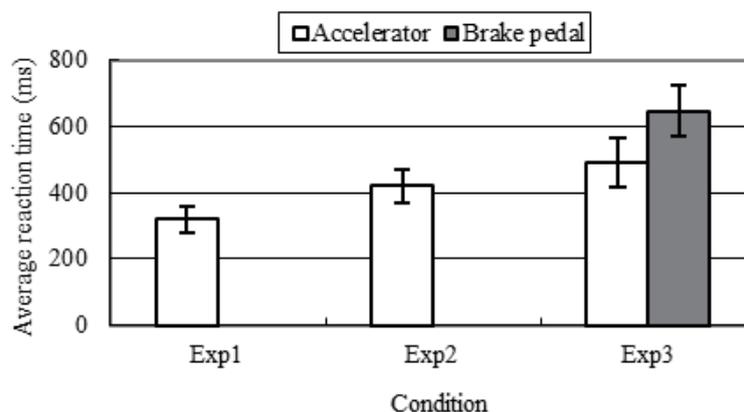


図 23 Average reaction time for all experiment of older subjects

3.4.2 踏み間違い率の比較

図 10 に若年者と高齢者の平均踏み間違い率を示す。エラーバーは標準誤差を表す。平均踏み間違い率は、年齢別に全ての踏み間違いの回数を合算して刺激の呈示回数で割ったものである。実験 1 は若年者、高齢者ともにほぼ 0% 付近だった。実験 2 は若年者が 2% で高齢者は 3.8% であった。実験 3 の片足条件は若年者が 1%、高齢者が 3.5% であった。年齢層別に比較すると、実験 1 を除く全ての条件で高齢者の割合が若年者の割合を大きく上回っていた。

実験 1 から実験 3 までの踏み間違い率の結果に対し反復測定分散分析を行ったところ、条件では $F(2,76) = 18.05$ 、 $P < 0.0001$ となり主効果が見られた。条件と年齢間では $F(2,76) = 2.986$ 、 $P = 0.056$ となり交互作用が見られなかった。

条件別に分散分析をおこない多重比較をおこなうと、実験 1 との比較では、実験 2、実験 3 ともに有意差が見られた（若年者では $P < 0.05$ 、高齢者では $P < 0.01$ ）。実験 2 と実験 3 の比較では若年者、高齢者ともに有意差が見られなかった。若年者と高齢者の比較を行うと、実験 3 でのみ有意差が見られた（ $P < 0.05$ ）。

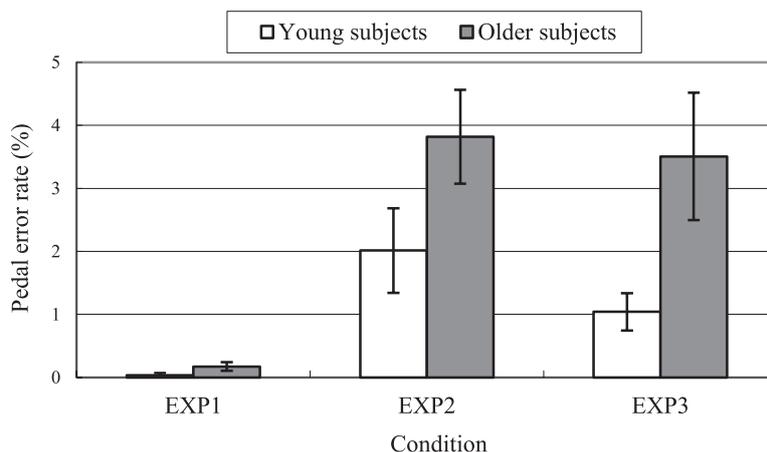


図 24 Pedal error rate of older subjects

3.4.3 踏み間違い発生時のペダル選択率

図 25 に実験 3 での (a) 若年者と (b) 高齢者の踏み間違い発生時のペダル選択率を示す。ペダル選択率とは踏み間違いが発生した際、どちらのペダルで踏み間違えたかの割合を示したものである。若年者はアクセル選択率が 70%（踏み間違い回数 21 回）に対し、ブレーキ選択率が 30%（9 回）であった。高齢者ではアクセル選択率が 86%（86 回）に対し、ブレーキ選択率が 14%（14 回）と若年者よりもアクセルの割合が高くなっていた。

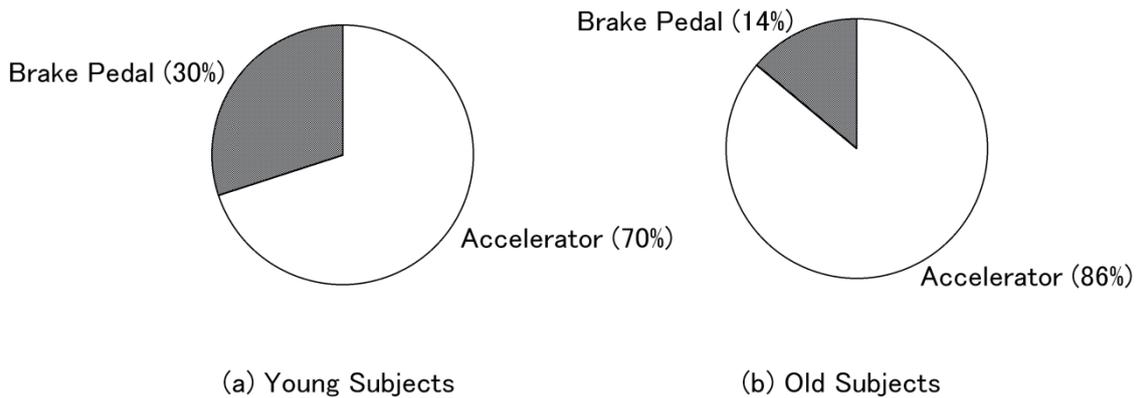


図 25 Pedal rate of pedal error of young subjects

3.5 考察

3.5.1 反応時間

実験1の単純反応時間の実験では若年者と高齢者に有意差が見られなかった。これは実験が視覚刺激を知覚し、ただ足を反応させるという単純反応課題であり、判断に要する時間が小さかったため差が出なかったのではないかと考えられる。しかし、若年者と高齢者を比較すると若干ではあるが高齢者の方が平均反応時間は長くなっている。また、高齢者の方が単純反応時間には個人差が大きく出ている。その理由は、神経系の伝達が年とともに衰え足への信号が遅れるということが考えられる。そのため、その衰えの速度は高齢者間で異なるので単純反応時間が若年者と変わらない高齢者と遅くなる高齢者がいるという結果になったと考えられる。

実験2の選択反応時間の実験では若年者と高齢者に有意差が見られた。これは実験2の課題に必要とされる認知要素が刺激の知覚、足の反応、視覚刺激の色の識別というように、実験1の課題と比較して色の識別時間が認知要素として増えたことに要因があるのではないかと考えられる。そのため実験1で見られなかった加齢効果が見られたと考えられ、この結果から運転時においても高齢者は若年者より色の判断が遅れるのではないかと推測することができる。

実験3の弁別反応実験では、若年者と高齢者の間でアクセルの反応時間では有意差が見られたが、ブレーキでは見られないという結果になった。実験3のアクセル操作に要せられる認知要素は刺激の知覚、足の反応、色の識別、ペダルの選択の4つがあり、またブレーキ操作の反応時間になると、それらの判断時間に加えて足の移動時間が加わる。アクセル操作に有意差が見られた理由として、実験3の課題は実験2の課題と比較すると認知要素としてペダルの選択が増えることに要因があると考えられる。そのため、認知要素である色の識別とペダルの選択の2つの要素が実験1と比較して増えた実験3のほうが、若年者と高齢者間の反応時間の差が実験2よりも大きく出た結果に繋がったと考えられる。ブレーキでは有意差が見られなかったことは、ブレーキの反応では判断時間に足の移動時間が加わるため、運転頻度の低い若年者に比べて日頃から運転している高齢者の方が足の移動をスムーズに行うことができ反応時間が短くなった

のではないかと考えられる。またアクセル操作の方に有意差が見られたという結果は注目すべき点であり、足の踏み変え時間を含んでいない知覚時間のみの結果に加齢効果が見られたことを示している。この結果から運転時においても知覚-判断-反応の一連の動作が高齢者の方が長く時間がかかるということを推測することができる。

3.5.2 踏み間違い

踏み間違い率は若年者と高齢者と比較すると、実験2、実験3の条件で高齢者の方が大きく上回った。若年者と高齢者間で、分散分析をおこない多重比較をすると実験3で有意差が見られた ($P<0.05$)。

実験1での踏み間違いの状況は刺激が出ていないのに予測して踏み込んだり、刺激を見逃したりすることが多く見られた。若年者と高齢者の間で踏み間違い率の差が見られなかったのは、課題が簡単な単純反応実験であり、刺激の知覚を行い反応するだけで判断の要素がないためであると考えられる。そのため間違いを発生させる要因が少なく若年者、高齢者ともに間違いが少なかったと考えられる。

実験2では視覚刺激が赤なのにペダルを踏み込むという踏み間違いが多く見られた。高齢者の踏み間違い率が高かったのは選択反応の実験であり、制御機能が年齢とともに衰えていくために視覚刺激が出たら思わず踏み出してしまい踏み間違い率が高くなったのではないかと考えられる。

実験3での踏み間違いの発生状況は、刺激が赤なのにアクセルを踏む、緑なのにブレーキを踏むなどの呈示された刺激に適切でないペダルを踏むという間違いが多く見られた。実験3が若年者と高齢者の踏み間違い率の差が最も大きく、唯一年齢間で有意差が見られた ($P<0.05$)。その理由として考えられるのは、実験3は色の判断やペダルの選択判断など実験1、2と比べて瞬時に高次の判断が求められるため高齢者の間違い率が大きくなったのではないかと考えられる。

踏み間違い発生時のペダルの選択率を見ると、若年者、高齢者ともにアクセルの選択率が高くなった。さらに、若年者で70%、高齢者では86%と高齢者では特に高くなるという結果になった。アクセルペダルの踏み間違いの選択率が高くなったことの原因は、実験中にアクセルペダルに常に足を乗せた状態を保ってもらうことに原因があると考えられる。この状態で、どちらのペダルを踏めばよいか混乱した時にとっさに足を乗せている方のペダルを踏み込んでしまう行動が生じたのではないかと推測される。さらに、高齢者はよりその傾向が見られ、この結果は高齢者で踏み間違い事故が多く発生する一つの要因であると考えられる。

3.6 結語

本研究は、若年者と高齢者に基礎的なペダル操作である3つの実験課題を行った。全ての条件で反応時間と踏み間違いの回数を測定し、それらの結果から視覚刺激の判断時間や踏み間違いの加齢効果を検討した。それらの結果は全実験を通して高齢者の平均反応時間が若年者よりも長くなった。また、有意差が見られたのは実験2と実験3のアクセル操作であり、実験3のブレーキ操作では有意差は見られなかった。それらのことから足の踏み変えのない認知時間に加齢効果があることが示された。また実験2、3の各実験から有意差が見られたことにより色の識別、ペダルの選択などのそれぞれの認知要素において加齢効果があると考えられる。

踏み間違いの実験結果では実験2、3で高齢者の踏み間違い率が若年者を大きく上回るという加齢効果が見られた。また、踏み間違い発生時のペダル選択率ではアクセルペダルの割合が高くなるという結果になった。その原因はペダルに常に足を乗せるからであり、混乱した際にはそのままペダルに乗せた足を踏み込むという行動が生じることが考えられる。高齢者ではよりその傾向が見られ、この結果は高齢者で踏み間違い事故が多く発生するという要因であると考えられる。

以上の結果から運転時においても知覚-判断-反応の一連の動作が高齢者の方が長く時間がかかるということを推測することができる。また踏み間違いの発生率は高齢者の方が高くなり、さらに高齢者では、片足条件のペダル操作方法では混乱時に足を乗せているペダル、つまりアクセルペダルを踏み込んでしまいやすいと考えられる。それらのことから高齢者は踏み間違い事故が発生しやすいという原因が説明できると考えられる。

参考文献

- 1). The National Police Agency.2011
- 2). 財団法人交通事故総合分析センター 運転操作の誤りを防ぐ—駐車場, 高齢者に多いペダル踏み間違い事故、イタルダ・インフォメーション、86、2010 (<http://www.itarda.or.jp/itardainfomation/info86.pdf>)
- 3). U.S. Department of Transportation, Transportation Safety Systems Center. An examination of Sudden Acceleration. Report HS-807-367 (Cambridge, MA), January 1989
- 4). Freund, B., Colgrove, L.A., Petrakos, D., and McLeod, R. : In my car the brake is on the right: Pedal errors among older drivers ,Accident Analysis and Prevention, 40, 403- 409, 2008.

4 アクセル・ブレーキ踏み違いエラー研究用実験装置の構築

4.1 目的

本プロジェクトでは実験的手法によってアクセルとブレーキの踏み違いエラーを引き起こす要因を同定することが研究目的の一つとなっている。岡山大学では本プロジェクト開始時点においてペダル操作を模擬できる装置が完成していたが、大阪大学では同等の装置を保有していなかった。本研究ではなるべく実車に近いペダル操作行動を実験に組み入れられることが必要であり、簡易ドライビングシミュレータで用いられるようなゲーム用機器を転用したペダルや、単純に汎用のフットスイッチを組み合わせた装置では不十分である。そこで、実車の部品を利用して、なるべく実車に近いペダル操作感が得られるような実験装置の構築を行った。

4.2 実験装置概要

実車と同様に動くアクセルペダル、ブレーキペダルを用い、各ペダルの踏み込み量をエンコーダで出力できるようにした装置を作成した（図 26）。ペダルは実車で使用されているものと同じ部品を用いている。またステアリングと運転用シートを設置して、実験参加者が運転時と同じ姿勢をとれるようにした。シートの位置や高さは調整することができる。ステアリングは取り付け位置のみ実車を模擬するもので操作することはできない。また、機器前部に液晶ディスプレイを置くための台を取り付け、運転姿勢をとった実験参加者が正面で表示を目視できるようにした。



図 26 装置外観

上述の機器にパーソナルコンピュータを接続し（図 27）、PC での刺激提示を行うと同時に、ペダル操作を記録できるようにした（エンコーダの出力を PC ①で記録し、設定したしきい値によりペダルの踏み込みを判定して PC ②に通知する）。PC ②で刺激提示を行うが、このために心理学実験用のソフトウェア（Super Lab 4.0）を利用できるようにした。また刺激提示部分は

自作のソフトウェアも利用可能となっている。

このほか、小型のビデオカメラを設置して、実際にペダルを踏む際の足の動作を録画できるようにしている。

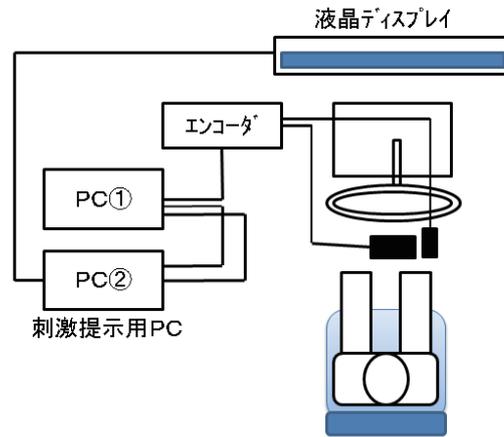


図 27 機器配置図

4.3 課題

本装置では様々な課題を使用することができるが、現時点では以下の課題を準備し、実施に向けた検討を行っている。

課題の目的：次に踏むペダルの予期（次にアクセルペダルを踏むべきか、あるいは、ブレーキペダルを踏むべきかという構え）が、ペダル踏み反応に対してどのような影響を持つかを検討する。同時に、アクセルとブレーキの踏み方の影響も検討する。

課題の内容：一つの試行に含まれる刺激提示と反応の系列を図 28 に示す。最初に予告刺激が提示されるので、被験者は次に出る刺激に対して構えをとる（ただしこの予告刺激は次の刺激を完全に正確に予測するのではなく、一定の比率で間違った予告となる）。続いて「アクセル」または「ブレーキ」という表示が出るので、被験者は指示されたペダルを軽く踏み込んですぐに戻し、足をペダルに触れた状態で保つ。これにより、次の刺激出現時に足がどの位置にあるかを定める。どのペダルを踏むかの指示が消去された後、しばらくして標的刺激が提示される。被験者は標的刺激が提示されたら出来るだけ素早く指定されたペダルを踏み込むように求められる。

実験条件：①ペダル踏み替えの有無（踏み替えあり（アクセルペダル→ブレーキペダル、またはブレーキペダル→アクセルペダル）、踏み替えなし（いずれかのペダルを2度踏む））、②予告の正確さ（予告が正しい、予告が間違っている、予告がどちらも示さない）、③ペダルの踏み方（かかとをアクセル側で固定した（床につけて支点とする）状態、かかとをブレーキ側で固定した（床につけて支点とする）状態、踏み換えるときにかかとを床から浮かせる）。

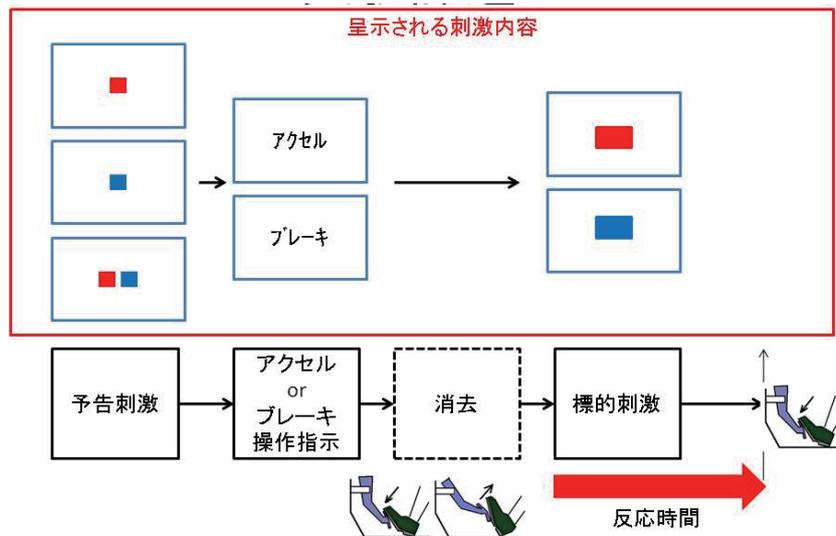


図 28 1 試行内の刺激提示と反応。予告刺激については、赤はブレーキ、青はアクセル、赤と青はどちらも出る可能性があるということを意味している。標的刺激も同様に、赤はブレーキ、青はアクセルを踏むことを指示する。

また、併せてアクセルやペダルの位置を把握するのに空間イメージ能力が関係するのではないか、ということも予想されるため、実験にあわせて心像鮮明性質問紙 (VVIQ)¹⁾を利用して被験者の空間イメージ能力を測り、アクセルとブレーキの空間位置のどのように把握しているかを調べるためにアクセルとブレーキの位置を再生するよう求める、という課題も準備している。再生の方法として、手で書く、正面を向いて足で再生、後方を向いて足で再生といった方法をとる。

ただし、これらの課題は暫定的なものであり、実際にこのまま実施するかについては検討を続けている。

参考文献

- 1). Marks, D.F. (1973). Visual imagery differences in the recall of pictures. *British Journal of Psychology*, 64, 17-24.

5 今後の展開

本年度においては、アクセルとブレーキの踏み違い事故の実態について交通事故統計に基づいた分析を行った。その結果、ペダル踏み違い事故の特徴の一つとして、いくつかの事故類型では高齢者の占める割合が高いことが分かった。また、高齢者のペダル反応の特性について実験的検討を行った。その結果、若年者に比べて高齢者の反応時間は長く、特に認知時間の長さの問題があることが反応時間分析からわかった。また踏み違いエラーの起こりやすさも高齢者の方が高いことが示された。これらの結果は、加齢に伴って変化する身体的・認知的機能が踏み違いエラーの発生する過程に関係していることを示唆するものである。さらに、予期やペダルの踏み方について考慮した実験を行うための実験環境の整備を行った。これにより、本プロジェクトの構想するアクセルとブレーキの踏み違いエラーに関する研究体制が整ったといえる。

今後の研究の展望を図 29 に示す。次の研究の展開としては、ここまでで構築した体制を引き続いてそれぞれ検討を継続することを予定している。すなわち、より多くのデータを蓄積することによりここまでで得られた知見の信頼性をより高めるとともに、予期等の心理学的要因についての検討を行うことでエラーの背後にある認知的プロセスに接近することとしたい。

次の本プロジェクトの目標としては、エラーを引き起こす要因を複数同定し、それらに対する対策としてどのようなものがありうるかの候補をリストアップすることがあげられる。さらにその対策の妥当性や信頼性、有効性を確認することにより、実際的なエラー防止対策へと展開したいと考えている。

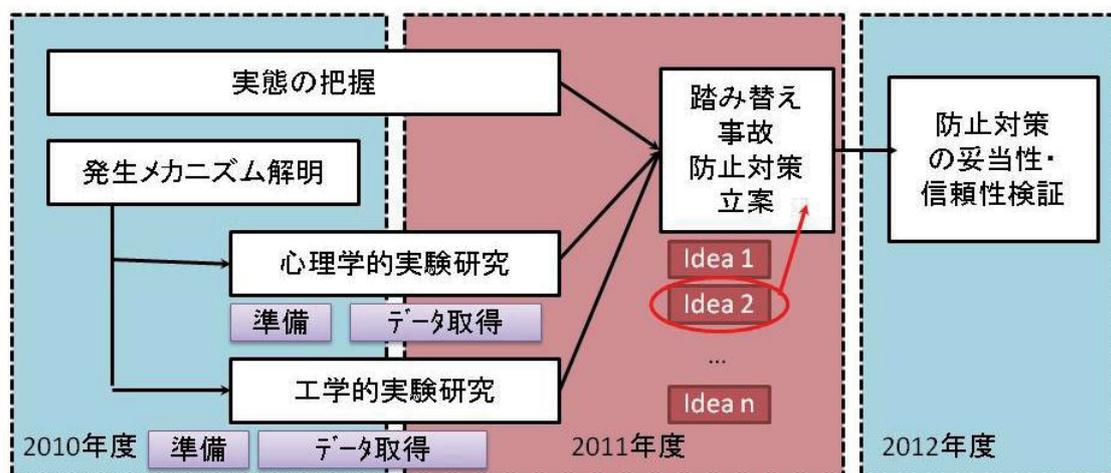


図 29 研究の展望

非売品

アクセルとブレーキの踏み違い
エラーの原因分析と心理学的・工学的対策の提案
報告書

発行日 平成 23 年 3 月

発行所 財団法人 国際交通安全学会

東京都中央区八重洲 2-6-20 〒104-0028

電話/03(3273)7884 FAX03(3272)7054

許可なく転載を禁じます。

IATSS

(財)国際交通安全学会

International Association of Traffic and Safety Sciences