

高齢ドライバーの踏切事故の要因解明

井上 貴文* 佐藤 文紀* 小野間 統子*
北村 康宏* 中村 竜*

Risk Factors of Level Crossing Accidents by Older Drivers

Takafumi INOUE Ayanori SATO Noriko ONOMA
Yasuhiro KITAMURA Ryo NAKAMURA

The level crossing accidents by car drivers of 60 years and over account for 48% of level crossing accidents by the drivers of all ages. This ratio is bigger than 26% of the ratio of traffic accidents by these older drivers to all the accidents by the drivers of all ages. “Stay” was a most frequent cause of accidents caused by drivers of 60 years and over at the level crossing equipped with automatic barriers. Then we implemented WEB investigation, two indoor experiments and one outdoor experiment to compare risk factors to raise the possibility of the “Stay” by the young drivers with those by the older drivers. As a result, we found some risk factors causing the fault of the older drivers. Missing a warning was the risk factor at the entrance of the level crossing, and incorrect performance to the closed barriers was the risk factor at the way out.

キーワード：高齢ドライバー，踏切事故，停滞，第1種踏切，WEB調査，実験

1. はじめに

自動車による踏切事故は、踏切数の減少や障害物検知装置の普及などにより減少しているが、いまだに鉄道の安全を脅かしている。また、自動車ドライバーの高齢化が進み、踏切事故に占める高齢ドライバーの割合が高くなっている。

そこで、踏切事故防止のために、高齢ドライバーに特徴的な踏切事故のリスク要因を、調査と実験により解明した。

1.1 事故統計

国土交通省鉄道局が作成した鉄軌道輸送の安全にかかわる情報（平成27年度）参考資料によると、平成23年度から27年度の踏切における自動車の事故件数は492件で、そのうち60歳以上の自動車ドライバーによるものは228件、46%であった（表1）¹⁾。なお、一般に高齢ドライバーは70歳以上を指すが、上記資料では60歳以上と未満の分類のみであったため、本報告書では60歳以上を高齢者とする。3章以降の実験では高齢者の特徴をより明確に示すため、70歳以上を対象とした。

また、警察庁交通局が作成した交通事故の発生状況の資料では、平成23年から27年の踏切を除く自動車事故件数は約294万件で、そのうち60歳以上の自動車ドライバーによるものは約76万件、26%であった（表1）²⁾。

* 人間科学研究部 安全心理研究室

2つのデータを比較すると、踏切の自動車事故はその他の自動車事故と比べて60歳以上のドライバーの占める割合が高かった（ $\chi^2(1) = 109.36, p < .05$ ）。

表1 自動車の踏切事故とその他事故の年齢段階別件数

	踏切事故	その他事故	計
60歳未満	264	2,181,471	2,181,735
60歳以上	228	755,716	755,944
計	492	2,937,187	2,937,679

60歳以上のドライバーはどのような原因で踏切事故を起こすのであろうか。前述した国土交通省の資料では、遮断機のある踏切（以下、第1種踏切とする）における自動車事故の原因別の件数が示されている（表2）¹⁾。

表2 踏切自動車事故の年齢別原因別件数

	直前横断	側面衝撃	限界支障	停滞	落輪・エンスト	その他	総計
60歳未満	75	58	14	89	23	5	264
60歳以上	60	36	9	95	27	1	228

年齢と原因の件数の分布には有意な差がなく（ $\chi^2(5) = 8.50, p > .05$ ）、年齢によらず停滞がもっとも主要な原因であることがわかる。

1.2 停滞のリスク要因

第1種踏切道における自動車の停滞による踏切事故と

特集：安全の人間科学

は、踏切道から出る前に踏切遮断機が閉じた、前方の道路が渋滞していたなどにより、自動車が踏切道内に停滞していたことによる事故¹⁾である。

そもそも、道路交通法第3章第5節によれば、車両は踏切を通過する前に停止すること、安全を確認すること、警報中は進入しないこと、踏切道内で運転できなくなった場合には非常信号の措置をすることが求められている。その他に、国土交通省鉄道局は、踏切道進入時の左右確認と安全に通過できる余地の確認、踏切道内に閉じ込められたときの対処として前進して遮断かんを押し上げることを推奨している³⁾。

停滞のリスク要因は、踏切進入時と脱出時とに分けて考えることができる。

進入時は、停滞になりやすいタイミングで進入することが停滞のリスク要因であり、具体的には、警報に気づかなかつたり、気づいても無視したり、先行車に続いて進入したりすることなどが想定される。

脱出時は、脱出できる状況であるのに脱出しない、あるいは、できないことが停滞のリスク要因であり、具体的には、踏切から出る前に遮断かんが降下した際に踏切外に空間があるのに遮断かんを突破しないことなどが想定される。

本報告は、進入時と脱出時の停滞のリスク要因について、高齢ドライバーと若年ドライバーとを比較し、高齢ドライバーに特徴的な踏切事故のリスク要因を明らかにする。そのために、WEB調査によりドライバーの意識を調査するとともに、進入時の行動の問題は室内実験を、脱出時の行動の問題は室外実験を行った。

2. WEB 調査

2.1 目的

ドライバーの意識に基づき、60歳以上のドライバーに特徴的な停滞のリスク要因を探索する。

2.2 方法

第1種踏切を通行する一般のドライバーで、60歳以上と20～30歳代の男女2617名を対象とした。

質問内容は進入時の停滞のリスク要因として、交通ルール遵守の程度、各ルールの効果の高さ、手間や負担の大きさについての意識を尋ねた。脱出時の停滞の要因として、遮断かんに閉じ込められた場面を示し、対処方法について自由記述を求めた。

2.3 結果と考察

有効回答数は1643件で、回収率は63%であった。高齢者816名（男性451名女性365名、平均65.6歳、標準偏差（以下、SDとする）4.5、範囲60～84歳）、若

年者827名（男性411名女性416名、平均32.9歳、SD4.8、範囲20～39歳）であった。

2.3.1 進入時の停滞の要因

踏切通行時の交通ルール（出口空間の確認、警報中の進入禁止など）の遵守の程度についての5段階評価（図1参照）結果を、「実施しない」を1、「←」を2、「どちらとも言えない」を3、「→」を4、「実施する」を5として評点化したところ、出口空間の確認は高齢者では平均4.6、若年者では平均4.3となり、高齢者の方が遵守しているとの回答が多く（ $t(1641)=6.53, p<.05$ ）、警報の遵守でも高齢者の平均が4.7、若年者の平均が4.4で高齢者の方が遵守しているとの回答が多かった（ $t(1641)=6.81, p<.05$ ）。

この結果からは、高齢ドライバーに特徴的な進入時のリスク要因は見いだせなかった。

実施しない	←	どちらとも言えない	→	実施する
-------	---	-----------	---	------

図1 交通ルール遵守の程度についての回答欄

2.3.2 脱出時の停滞の要因

遮断かんにより踏切内に閉じ込められた際に、車や踏切設備が故障したと想定した者を分析から除いた。

対処方について分類した結果を表3に示す。

表3 踏切に閉じ込められた際の対処方（人）

内容	若年	高齢
車で遮断かんを押し出する	252	309
車で遮断かんをゆっくり押し出する	58	20
非常ボタン、発炎筒等で対応する	125	75
非常ボタン、発炎筒等を使ったのち、踏切内に戻る	38	48
遮断かんを手で上げようとしたり、非常ボタンを押すと遮断かんが上げられると思う	10	23
踏切内に車が残っているもののうち、非常ボタンや発炎筒を使用していない	15	15
その他	117	177
計	615	667

各件数の分布には有意な差があり（ $\chi^2(6) = 53.31, p < .05$ ）、残差分析によれば高齢者は若年者と比べ、「車で遮断かんをゆっくり押し出する」「非常ボタン・発炎筒等で対応する」が少なく、「遮断かんを手で上げようとしたり、非常ボタンを押すと遮断かんが上げられると思う」が多かった。

高齢者は、車でゆっくり押し出すと遮断かんが折れずに上がることを知らない可能性が、また、遮断かんを手で上げようとする誤った対処をする可能性がうかがえた。

なお年齢差はなかったが、「非常ボタン、発炎筒等を使ったのち、踏切内に戻る」という危険な行動の回答が6.7%を占めたことは、事故防止上注目すべきであろう。

3. 進入判断実験（先行車あり）

3.1 目的

2.3.1 項で述べたように、WEB 調査では高齢ドライバーに特有の進入時の停滞の要因は見出されなかった。また、質問紙の回答は本人の主観によるため、実際の運転と異なっている可能性がある。一方、実際の行動を観察する手法では、ドライバーの年齢把握が難しい。

そこで、先行車に続いて踏切に進入する際の先行車との位置関係について、年齢差の有無を検証することを目的として、室内実験を行った。

3.2 方法

運転頻度が週1回程度の70歳以上と20～30歳の男女を対象とした。

被験者には11.6型ワイド画面のノートパソコンで、先行車に続いて踏切に進入しようとする映像（アニメーション）を見せ、進入するタイミングでボタンを押してもらった。

映像は、踏切長の短いものと長いもの、先行車の移動速度の速いものと遅いものの組み合わせで4種類を作成した。映像は被験者の視点で撮影されたようなアニメーションで、踏切手前に停車している青色の先行車に接近する場面から始まり、先行車が発車して踏切に進入し、自車は踏切手前に停止する。その後、先行車は踏切内を移動し、踏切を脱出し、さらに遠くまで移動していくものであった（図2）。

先行車と自車の、映像開始からの挙動変化タイミングを表4に示す。

練習ののち、4種類の映像をランダムな順番で各3回提示した。ボタンを押すと映像は一時停止し、再度押すと次の映像に変わるようにした。

表4 映像の種類とタイミング（秒）

映像	先行車 発車	自車 停止	先行車 脱出*
A（踏切短く先行車速い）	1.7	6.7	8.1
B（踏切短く先行車遅い）	3.3	13.3	16.2
C（踏切長く先行車速い）	1.7	6.7	11.0
D（踏切長く先行車遅い）	3.3	13.3	22.0

*：先行車の後部が出口側の遮断かんの位置

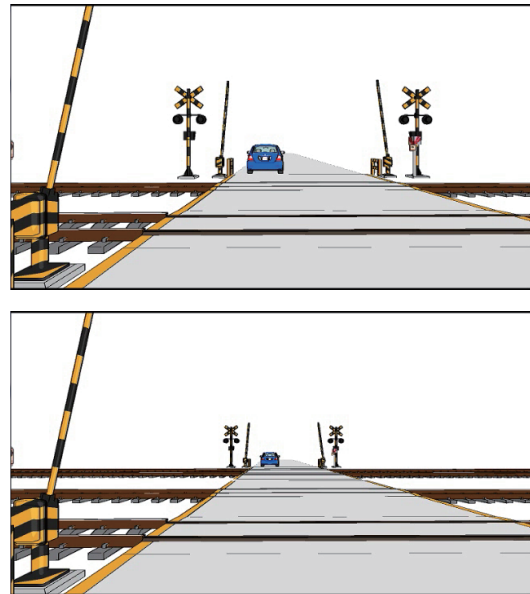


図2 映像例（上：踏切長が短い，下：踏切長が長い）

3.3 結果と考察

被験者は、高齢者16名（男性12名女性4名、平均73.8歳、SD2.7、範囲70～79歳）、若年者15名（男性7名女性8名、平均30.1歳、SD5.8、範囲20～39歳）であった。

自車が一旦停止をする前にボタンを押した3試行は教示の指示と異なる回答であったため除外し、反応時間の平均値を各映像の代表値とした。

映像の種類によらず、先行車が脱出する前に踏切内に進入した回数をみると、高齢者が64回中14回（22%）、若年者が60回中27回（45%）で高齢者が少なかった（ $\chi^2(1) = 7.48, p < .05$ ）。

ここから、高齢者は若年者よりも先行車脱出前に進入するものが少なく、WEB調査の結果と同様に問題がないことが分かった。

つぎに、先行車の後部が踏切を脱出した時点とを起点としてボタンを押した時間との時間差（秒）を計算し、進入時間とした。なお、起点を先行車の後部が踏切を進入した時点とした理由は、自車の大きさについての情報を与えていないため、自車の脱出に必要な空間の大きさが不明であったためである。進入時間が0より小さい、すなわち先行車が踏切内にいるときに進入した回答について集計した結果を表5に示す。

2（年齢段階）×2（先行車の速度）×2（踏切長）の多元配置分散分析を行ったところ、年齢段階の主効果はなく（ $F(1,33) = 0.39, p > .05$ ）、先行車の速度、踏切長の主効果がみられ（ $F(1,33) = 6.27, p < .05$ ）（ $F(1,33) = 9.13, p < .05$ ）、交互作用はみられなかった。

この結果から、先行車が踏切内にいるときに進入した回答においては年齢差がみられず、踏切長が長い場合は

表5 平均進入時間（秒）

		n	平均	SD
A（踏切短く先行車速い）	若年	5	-0.9	0.7
	高齢	3	-1.1	1.5
B（踏切短く先行車遅い）	若年	8	-2.1	1.0
	高齢	4	-2.5	2.8
C（踏切長く先行車速い）	若年	6	-2.5	1.6
	高齢	3	-2.6	2.8
D（踏切長く先行車遅い）	若年	8	-4.9	3.4
	高齢	4	-6.3	4.6

短い場合よりも進入時間が早く、また、先行車が遅い場合は速い場合よりも進入時間が早く、危険側であることが分かった。

4. 進入判断実験（先行車 + 警報）

4.1 目的

先行車に続いて踏切に進入する場面に、警報が鳴動する状況を追加し、警報中の踏切進入の程度についての年齢差の有無を検証することを目的として、室内実験を行った。

4.2 方法

運転頻度が月2回以上の70歳以上と大学生の男女を対象とした。

60型のモニターを用い、映像が実寸大に見えるよう被験者とモニターとの位置を定めた。

映像内の踏切の構造、先行車と自車の速度は、3章の実験で使用した映像Aと同じとした。開始時に踏切出口の右手からタクシーが右折して先行車の前を走っていることが確認できるようにし、先行車の後部窓ガラスを不透明として先行車の先の交通の様子が分からないようにした。この状態で対向車線にバスを連ねて車線を塞ぎ、脱出空間が前方にしかないようにした。本実験の映像は図2と比較して周囲の風景を具体化し、画像の詳細度を高めた（図3）。

警報開始タイミングの異なる（警報が映像開始3秒後、4秒後…14秒後から鳴動する）12種類の映像を作成した。



図3 映像例（先行車 + 警報）

警報は、鳴動開始4秒後に入口側の遮断かんの降下をはじめ、6秒間で降下が終了、その直後から出口側の遮断かんの降下をはじめ、6秒間で降下が終了するように設定した。警報音は、実際の踏切において、窓を閉めた車内で録音したものを使用した。また、背景音と先行車のエンジン音を加えた。

また、後続車がホーンを鳴らす映像も作成した。ホーンは、映像開始10、11、12秒後（先行車の後部が踏切を通過した2、3、4秒後）に鳴り始める3種類の映像を用意した。なお、この際、警報は鳴動しなかった。

実験手順は、まず操作に慣れるため、画面上に赤い丸が出たら素早くボタンを押す課題を複数回行い、教示ビデオを視聴した。教示ビデオは、教示文と一般道を走行している映像を交互に提示するものを作成した（1分27秒）。教示では、警報が鳴動する可能性、後ろの車がホーンを鳴らす可能性、踏切に進入するタイミングでボタンを押すことを説明した。

その後、練習に続いて本課題を行った。本課題の最初の3回はホーンのある3種類の映像を各1回ランダムな順番で提示し、その後、警報のある12種類の映像とホーンのある3種類の映像を各1回ランダムな順番で提示し、合計18回の試行を行った。被験者がキーを押すと、映像が消え、さらにキーを押すと次の映像に変わるようにした。

実験終了後にアンケート調査を行った。

4.3 結果と考察

被験者は、高齢者39名（男性20名女性19名、平均73.7歳、SD2.8、範囲70～82歳）、若年45名（男性26名女性19名、平均21.2歳、SD1.8、範囲18～27歳）であった。

先行車が脱出する前に踏切内に進入した人数は、若年者が45名中26名（58%）、高齢者が39名中8名（21%）で、若年が有意に多く（ $\chi^2(1) = 12.04, p < .05$ ）、若年者は高齢者より先行車脱出前に進入したの多いことが分かった。

つぎに、警報のある12種類の映像について分析した。警報を経験した平均回数は、若年者45名の平均が5.4回（SD1.4）、高齢者39名の平均が5.9回（SD1.0）であり、若年者の方が少なかった（ $t(77) = 2.008, p < .05$ ）。

つぎに、警報時に進入した回数をみると、若年者45名の平均が1.1回（SD1.5）、高齢者39名の平均が2.0回（SD2.0）であり、高齢者の方が多かった（ $t(82) = 2.393, p < .05$ ）。ここから、先行車に続いて進入する場合に、高齢者は若年者よりも警報中に進入する傾向があると言える。

ただし、先行車の有無と関わりなく、警報時に進入す

る傾向を年齢段階別に比較する際には、実験における警報鳴動の体験数を母数とした割合で判断すべきである。そこで、警報体験数を分母とし、警報が鳴動している時に進入した回数を分子とした値（以下、警報時進入割合と呼ぶ）を用いる。

さらに、変化を検知してから反応するまでには時間が必要であるため、警報鳴動後0秒付近では反応が間に合わない場合を含むと考えられ、これを除いて判断する方が適切である。

運転中の反応時間の平均あるいは中央値は状況によって異なり、0.66秒、0.68～0.93秒、0.5～0.7秒、0.62～0.94秒などの報告がある⁵⁾。そこで、警報鳴動後の1秒以降の警報時進入割合を計算すると、高齢者の割合は0.188 (SD0.268)、若年者は0.093 (SD0.221)で、高齢者が若年者よりも進入割合が有意に高い傾向があった ($t(82)=1.773, p<.10$)。ここから、高齢者は若年者よりも警報中に進入する割合が高いと言える。

また、「実験において、警報の鳴り始めたことをどう受け取りましたか」について5段階評価（1 進入すべき、2 進入する方がよい、3 どちらともいえない、4 進入しない方がよい、5 進入してはいけない）を求めた結果、「進入してはいけない」がもっとも多く、「進入しない方がよい」を含めると全体の約9割を占めていた。これを評点化すると高齢者4.5、若年者4.3で年齢差はなかった ($t(81)=0.805, p>.05$)。ここから、高齢者の警報時進入割合が若年者よりも多いことは、警報の軽視が原因ではなかったことになる。

年齢別にみたドライバーの信号無視による事故データの分析では、65歳以上が他の年齢段階と比べて見落としによる信号無視の割合が高いことが示されている⁴⁾。この結果から類推すると、高齢者は警報を見逃す（聞き逃す）ことにより、警報時の進入が多い可能性が高いと考えられる。

5. 進出判断実験

5.1 目的

遮断かんに閉じ込められた際の対処方法についてのWEB調査ではアンケートが想定している状況を誤解する者が多く、また回答が不十分な者が多いために対処行動の把握が困難な場合が多かった。

そこで、実際の踏切で閉じ込められる状況を作り、その場で対処方を尋ねることで、対処方についての年齢差の有無を検証することを目的として、室外実験を行った。

5.2 方法

対象者は3章と同じである。実際の実験順序としては、本実験を先に行い、次に3章の実験を行った。

鉄道総研構内および踏切（第1種踏切、1組全遮断、横断線路数は2本）を使用した。また、自動車は小型車のレンタカー（トヨタ、ヴィッツ）を使用し、ビデオとICレコーダーで被験者の行動や発言を記録した。

対処行動の報告の仕方は、「椅子から立つ」「〇〇まで移動する」などを、行動に移す前に行動単位で実験担当者に報告し、実験担当者が安全に実行可能と判断した場合には行動を許可し、そうでない場合には行動後に想定される状況の変化について説明することとした。対処行動が続いていれば、引き続き次の行動について報告させる手順とした。被験者には報告の模範例のビデオを見せ、自動車に乗り発車するまでの行動について報告の練習を行わせた。

その後、当該の踏切を含む周回コースを2周（一周約800m）運転してもらい、3周めでは踏切内に停止してもらった。運転中、実験担当者は助手席に座り、コースや停止位置の指示を行った。

踏切内停止後はエンジンを停止させ、ビデオ映像を用いて被験者に状況説明を行った。映像は被験者が停止している踏切で撮影したもので、状況を説明するテロップも表示した。説明内容は「先行車に続き踏切に進入し、遮断かんが降りてしまったが、先行車は先に進み、脱出側の空間はある」というものであった。また、ドライバーはレンタカーを一人で運転しており、実験担当者は実際には乗車しておらず、自動車は故障していない想定である旨を教示した。

その後、警報を鳴動させ、遮断かんを降下させた。そして、周囲には他の車も歩行者もいない状況であることを説明し、対処行動を聞き取った。

対処行動の聞き取りが終わった後は室内に移動し、撮影したビデオを再生して振り返りながら、ヒアリングを行った。

5.3 結果と考察

被験者は、高齢者24名（男性17名女性7名、平均73.8歳、SD2.8、範囲70～79歳）、若年者21名（男性11名女性10名、平均29.2歳、SD5.9、範囲20～39歳）であった。

踏切に閉じ込められた際の対処方の回答を表6に示す。

各件数の値が小さいため、表3のような全体としての検定は行えなかった。

「車で遮断かんを押して出る」「車で遮断かんをゆっくり押し出して出る」「非常ボタン、発炎筒等で対応する」は、若年者と高齢者の間が同じか、ほとんど差がなかった。

「非常ボタン、発炎筒等を使ったのち、踏切内に戻る」の回答数は若年者2名高齢者8名であった。これらの件数とそれ以外の対処方をまとめた件数についてフィッ

表6 踏切に閉じ込められた際の対処方（人）

内容	若年	高齢
車で遮断かんを押して出る	8	5
車で遮断かんをゆっくり押して出る	3	2
非常ボタン、発炎筒等で対応する	5	5
非常ボタン、発炎筒等を使ったのち、踏切内に戻る	2	8
遮断かんを手で上げようとしたり、非常ボタンを押すと遮断かんが上げられると思う	1	3
踏切内に車が残っているもののうち、非常ボタンや発炎筒を使用していない	0	1
その他	2	0
計	21	24

シャーの正確確率検定で両側検定をすると傾向差がみられ ($p < .10$)、高齢者は若年者より踏切内に戻る傾向があることが分かった。

WEB調査の結果ではこのような差はみられなかったのに対し、本実験で傾向差が確認されたのは、実験では非常ボタンを押した後の行動について実験担当者から問いかけを行ったが、WEB調査ではそのような問いかけがなされなかったため、その後の行動として問題となる「戻る」行為に回答者の想定が及ばなかったと考えられる。

6. まとめ

60歳以上のドライバーが踏切事故に占める割合は踏切を除く交通事故に占める割合よりも高く、第1種踏切の事故原因では停滞がもっとも多かった。

進入時の停滞のリスク要因についてWEB調査と室内実験を行い、以下の知見を得た。

- 高齢ドライバーは、警報鳴動に気付かない傾向がある
- 若年ドライバーは、先行車が踏切を脱出する前に踏切に進入する傾向がある
- 年齢によらず、踏切長が長い踏切では先行車の脱出前に進入する傾向がある

- 年齢によらず、先行車の速度が遅いほど先行車の脱出前に進入する傾向がある

また、進入時の停滞のリスク要因として、WEB調査と室外実験を行い、以下の知見を得た。

- 高齢ドライバーは、ゆっくり押せば遮断かんは車に沿って上がる等の知識が少ない傾向がある
- 高齢ドライバーは、閉じ込められた際に遮断かんを手で上げようとする傾向がある
- 高齢ドライバーは、非常ボタンを押したのち、踏切内に戻る傾向がある

これらの知見は、踏切設備等から通行者へ情報を発信して事故防止を図るための情報内容や情報提示のタイミング等を検討するために活用できる。また、ドライバーに対して事故防止教育を行う際に、対象者の年齢に応じた教育内容を検討するために活用できる。

文献

- 1) 国土交通省：鉄軌道輸送の安全にかかわる情報（平成27年度版）参考資料，
<http://www.mlit.go.jp/common/001169976.pdf>
(2017年10月修正予定)
- 2) 警察庁交通局：平成27年中の交通事故の発生状況，p.18，
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001150496>
(参照日：2017年8月7日)
- 3) 国土交通省鉄道局：鉄道の安全利用に関する手引き，pp.14-15，2010.3，
<http://www.mlit.go.jp/common/000128837.pdf>
(参照日：2017年7月13日)
- 4) 交通事故総合分析センター：高齢者の四輪運転中の事故～その推移と特徴～，イタルダ・インフォメーション，No.68，pp.10-11，2007，
<http://www.itarda.or.jp/itardainfomation/info68.pdf>
(参照日：2017年7月11日)
- 5) 牧下寛，松永勝也：自動車運転中の突然の危険に対する制動反応の時間，人間工学，Vol.38，No.6，pp.324-332，2002