

IV-36

冬期道路とヒューマン・ファクターに関する研究(第2報)

-車両走行実験の結果から-

北海道開発局	開発土木研究所	正員	加治屋安彦
同	上	正員	福澤 義文
同	上	正員	金子 学
(財)日本気象協会	北海道本部		金田 安弘
同	上		丹治 和博

1. はじめに

冬期道路には、滑りやすい雪氷路面や降雪・吹雪による視程障害など車の運転には非常に厳しい環境条件が存在する。別報<sup>1)</sup>では、北海道内のドライバーに対して冬期の運転に対する意識や経験を調査したが、高齢者ほど冬道での運転を敬遠する傾向が大きという結果が得られている。一方、北海道の高齢化は今後急激に進展し、このままいくと将来の冬期モビリティは非常に縮小したものにならざるを得ない。

筆者らは、冬期道路の厳しい環境条件と安全性向上への期待、さらに高齢化の急激な進展と冬期モビリティの縮小から、何らかの形で冬期の安全な走行を支援するシステムが不可欠と考え、寒地型ITS(高度道路交通システム)技術の研究開発を行っている。

本報告は、この冬期道路の安全走行支援システムの開発にあたり、様々なドライバーの冬期道路における運転挙動を把握するため、実験場内の試験走路において車両走行実験を行った結果を報告するものである。

2. 車両走行実験の概要

表-1 車両走行実験の被験者

**2.1 被験者**  
被験者は、合計44名で、性別、運転習熟度などを考慮し、概ね20~29歳、30~39歳、40~49歳、50歳以上の年齢層がそれぞれ10名前後になるよう調整し、走行実験を行った。このうち、30~39歳の男性被験者のみ、夜間における一部の実験を行った(表-1)

(a)年齢層	20~29歳	30~39歳	40~49歳	50歳以上
男性	7人	10人	4人	8人
女性	6人	3人	4人	2人
合計	13人	13人	8人	10人

(b)運転歴	1年未満	1~5年	6~10年	11年以上
男性	0人	4人	5人	20人
女性	2人	4人	4人	5人
合計	2人	8人	9人	25人

(c)冬道の運転頻度	ほぼ毎日運転する	週に4~5日運転する	週に2~3日運転する	たまにしか運転しない
男性	15人	7人	5人	2人
女性	1人	3人	5人	6人
合計	16人	10人	10人	8人

**2.2 実験車両**

実験に用いた車両は、全ての被験者に対して同一の車両とし、その主な仕様は表-2に示す通りである。

表-2 実験車両の仕様

項目	実験車両の仕様
形式	セダンタイプ
駆動系	4WD, オートマチック車
ブレーキ	ABSは装着していない
タイヤ	スタッドレスタイヤ

**2.3 実験の内容**

実験日は、平成9年2月10~11日と2月17~21日、実験場所は石狩市美登位に位置する開発土木研究所石狩吹雪実験場内の試験道路である。

実験は、(1)ドライバーの安全な車間距離認識に関する試験調査、(2)冬期道路での制動停止距離の試験調査、(3)冬期道路での障害物回避行動の試験調査の3項目について行った。また実験に関わる基礎資料の収集として、それぞれの実験中に(4)試験道路におけるすべり摩擦係数の観測を行った。

各試験調査は日中を対象として行ったが、30~39歳男性被験者については、夜間における(1)ドライバーの

Winter Road and Human Factor (The 2nd Report) -Results from the Test Drive Experiments- by Yasuhiko KAJIYA (E-mail:ykajiya@ceri.go.jp), Yoshifumi FUKUZAWA, Manabu KANEKO, Yasuhiro KANEDA, Kazuhiro TANJI

安全な車間距離認識に関する試験調査、(3)冬期道路での障害物回避行動の試験調査も実施した。それぞれの実験実施日の気象・路面状況を表-3に、調査項目の目的や着目点を表-4、5にまとめる。

実験観測の方法としては、実験場内の試験道路を往復走行することにより行い、1被験者1実験あたり5往復の走行を基本として観測を実施した。また、それぞれの試験調査における観測回数や走行試験方法を表-6に示す。

表-3 実験実施日の気象・路面状況

調査実施日	気象状況	路面状況（すべり摩擦係数）
平成9年2月10日	晴れ	圧雪（0.36～0.44）
2月11日	晴れ時々曇り	圧雪（0.26～0.36）
2月17日	曇り時々雪	圧雪（0.29～0.44）
2月18日	雪のち吹雪	氷板、圧雪、非常に滑りやすい圧雪（0.19～0.27）
2月19日	曇り、一時吹雪	圧雪、非常に滑りやすい圧雪（0.21～0.29）
2月20日	吹雪のち曇り	氷板（0.25～0.31）
2月21日	雪	圧雪、非常に滑りやすい圧雪（0.13～0.25）

\*カッコ内のすべり摩擦係数はすべり摩擦係数測定装置による観測結果

表-4 各実験の着目点

調査項目	調査における着目点
ドライバーの安全な車間距離認識に関する試験調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ドライバーが安全と考える車間距離認識の実態把握</li> <li>○ 既存調査結果（実際の道路上での調査結果との整合）</li> <li>○ 視線誘導標の発光による車間距離の変化（夜間）</li> </ul>
冬期道路での制動停止距離の試験調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 冬期道路上でのドライバーの知覚反応時間の把握</li> <li>○ 冬期道路における急制動方法と制動停止距離の実態把握</li> </ul>
冬期道路での障害物回避行動の試験調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 障害物回避に関わる走行位置の実態把握</li> <li>○ 視線誘導標の発光による回避行動への影響（夜間）</li> </ul>
試験道路におけるすべり摩擦係数の観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 各実験に関わる基礎資料の収集</li> </ul>

表-5 各実験の観測項目

調査項目	観測項目	
ドライバーの安全な車間距離認識に関する試験調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>ビデオ画像（側面からの撮影）</li> <li>写真撮影（側面からの撮影）</li> <li>ドライバーが感じる車間距離</li> </ul>	走行速度 ビデオ画像（車内から前方） ビデオ映像（試験区間全体） 写真撮影（適時）
冬期道路での制動停止距離の試験調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>知覚反応時間</li> <li>ブレーキ操作</li> <li>制動停止距離</li> <li>すべり摩擦係数（滑り抵抗測定装置）</li> </ul>	
冬期道路での障害物回避行動の試験調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブレーキ操作</li> </ul>	
試験道路におけるすべり摩擦係数の観測	<ul style="list-style-type: none"> <li>制動停止距離</li> <li>すべり摩擦係数（滑り抵抗測定装置）</li> </ul>	

表-6 各実験の方法

調査項目	観測項目	
	被験者の観測回数	観測方法
ドライバーの安全な車間距離認識に関する試験調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ テストコース5往復を1回の実験の基本走行とし、1被験者あたり1~2回の実験を実施</li> <li>○ 30~39歳男性の被験者については、夜間の実験を1回実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 乗用車(ライトバン)が先導して走行し、被験者が安全と考える車間距離を維持し、その車間距離を測定</li> </ul>
冬期道路での制動停止距離の試験調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ テストコース5往復を1回の実験の基本とし、1被験者あたり2~4回の実験を実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 被験者が予期しない、停止合図により通常の動作での急制動を行い、その距離などを測定</li> <li>○ 障害物回避行動の試験調査と同じ往復走行時に実施</li> </ul>
冬期道路での障害物回避行動の試験調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ テストコース5往復を1回の実験の基本とし、1被験者あたり2~4回の実験を実施</li> <li>○ 30~39歳男性の被験者については、夜間の実験を1回実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 障害物の有無は、あらかじめ被験者が分かるように配置し、その回避の走行軌跡を観測</li> <li>○ 制動停止距離の試験調査と同じ往復走行時に実施</li> </ul>

### 3. 実験の結果

#### 3.1 冬期道路における制動停止距離

a) 反応時間：図-1は、被験者の属性別の反応時間を平均値と標準偏差でまとめたものである。これを見ると、女性の反応時間は男性に比べて平均値で0.18秒ほど長くばらつきも大きい。また、運転歴1年未満の人やたまにしか運転しない人も、反応時間が長くばらつきが大きい傾向にある。これらの被験者の個々の実験値を集計した場合、反応時間に1秒以上要した実験値の割合は19~28%であった。なお、今回の実験では、あらかじめ被験者に停止の合図を知らせていたので、被験者が判断に迷って空走する時間は極めて短く、道路構造令で規定するところの反動時間に相当するものと考えられる。

b) ブレーキ操作：図-2は、被験者の属性別のブレーキ操作を区分したものである。これでも同様に、女性や運転歴1年未満の人、たまにしか運転しない人にフルロックブレーキをかける人が多いことが分かる。

c) 制動停止距離：さらに、図-3は、ブレーキの操作区分別の制動停止距離を滑り摩擦係数から算出した制動停止距離と比較したものである。これを見ると、ポンピングブレーキで停止した場合に、摩擦係数から算出した値よりも短い距離で停止した例の多いことが分かる。

d) 急制動による車両停止：停止状態として、車両が45度以上横向きになって停止したものと車線からはみ出て停止したものを「危険な状態で停止」とし、車線上で進行方向にほぼまっすぐな状態で停止したものを「安全に停止」と区分した。また、その中間にあたるものを「やや危険な状態で停止」とした。被験者の属性別の比較では、全体的にあまり大きな差はないが、ブレーキ操作の差などを反映してか、女性や運転歴1年未満の人、たまにしか運転しない人に安全に停止した人の割合が低い。全体として、安全に停止できた割合は8割未満であった。

e) 安全な状態で停止するための制動距離：図-4は、滑り摩擦係数ごとに安全に停止できた人の割合を、走行速度別にまとめたものであるが、これを見ると滑り摩擦係数が0.2を下回ると、安全に停止させることがかなり難しくなってくる事が分かる。

### 3.2 冬期道路における車間距離特性

図-5は、今回の実験で得たドライバーの反応速度や道路構造令に示される2.5秒という反応速度と滑り摩擦係数から求めた制動停止距離より長い車間距離（すなわち安全な車間距離）で運転した人の割合を、被験者の属性別にまとめたものである。これを見ると、運転歴1年以内の人などに安全な車間距離で運転した人が少ないことが分かる。

### 3.3 冬期道路における障害物回避行動

表-7は、障害物回避行動における回避行動開始時の速度や、滑り摩擦係数と2.5秒の反応時間から算出した制動停止距離、走行軌跡上の行動開始位置、減速後の速度の割合を、被験者の属性別にまとめたものである。また、図-6は、一例として、男女別の走行軌跡のばらつきと平均などを示したものである。これらより、以下のことが分かる。

a) 回避行動前後の速度変化：回避行動時の減速については、男性よりも女性の方が、また高齢になるほど、さらに運転歴が短く、運転頻度の少ない人ほど減速の程度を大きくしている傾向にある。

b) 回避行動の走行軌跡、開始位置：走行軌跡上の行動開始位置は、女性や50才以上、運転歴1年未満、たまにしか運転しない人などで障害物に近くなっており、急なハンドル操作を行っていることが分かる。ただ、図-6を見ても分かるように、走行軌跡にはかなりばらつきがあり、個人差が大きいと言える。

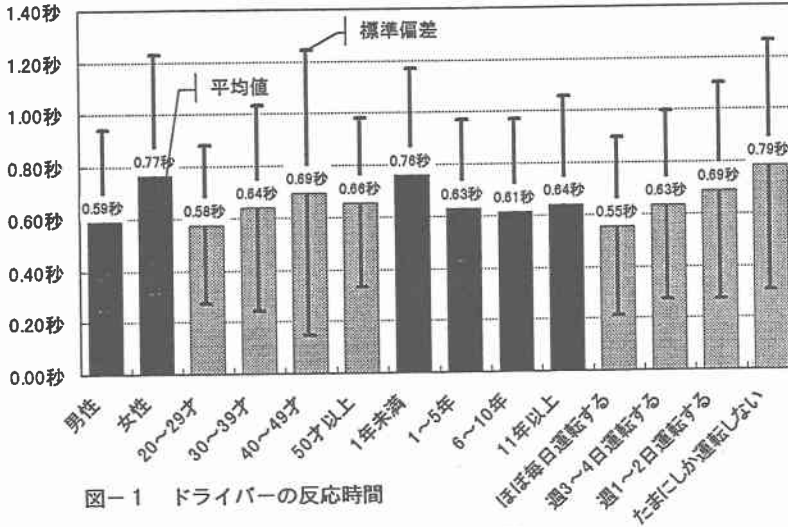


図-1 ドライバーの反応時間

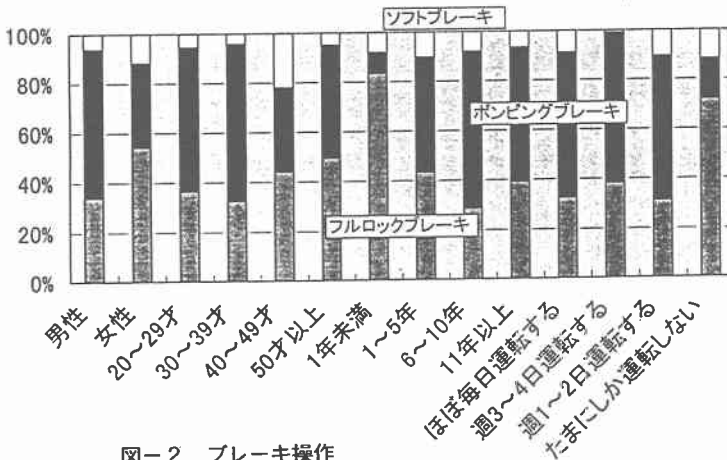


図-2 ブレーキ操作

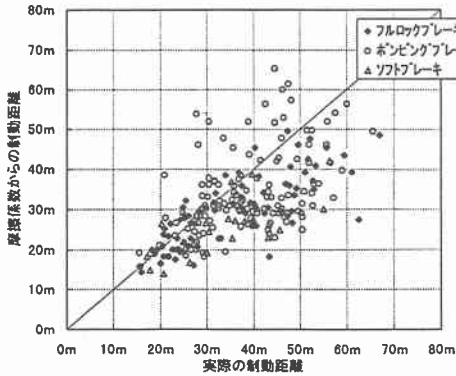


図-3 実際の制動停止距離と滑り摩擦係数から算出した制動停止距離の関係

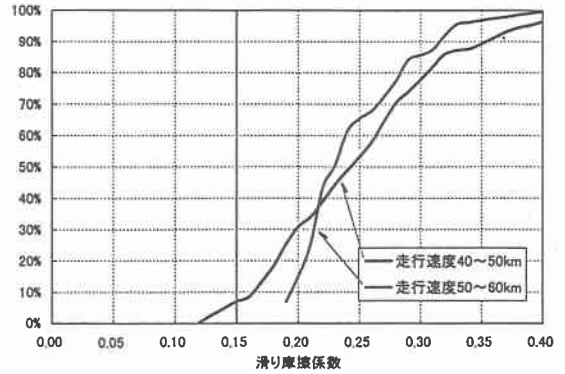


図-4 滑り摩擦係数と安全に停止できた人の割合の関係

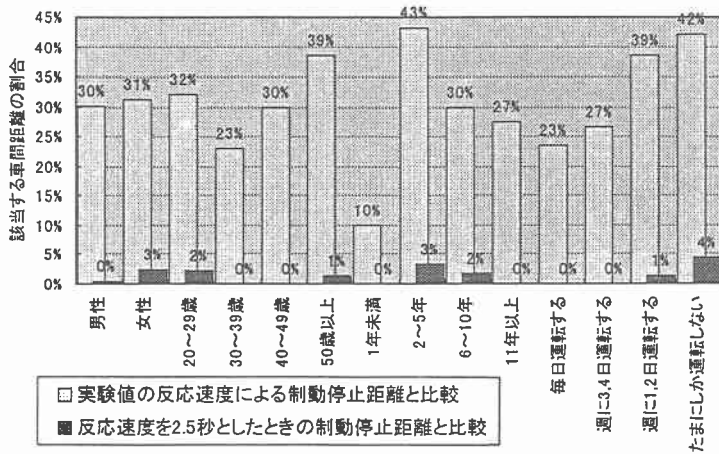


図-5 安全な車間距離で運転した人の割合

表-7 障害物回避行動

	回避行動開始時の速度(km/h)	制動停止距離(m)	走行軌跡上の行動開始位置	減速後の速度	
				回避中	終了時
男性	43.7	60	約60m手前	97%	95%
女性	39.9	54	約50m手前	88%	84%
20~29才	41.8	59	約50~60m手前	97%	95%
30~39才	44.2	62		97%	94%
40~49才	43.7	58		93%	90%
50才以上	40.9	54		約40m手前	89%
1年未満	37.3	47	約20~40m手前	89%	82%
2~5年	39.1	53	約40~60m手前	92%	87%
6~10年	43.5	62		97%	95%
11年以上	43.8	60		95%	93%
ほとんど毎日運転する	43.6	61	約50~60m手前	97%	97%
週に3~4日運転する	44.9	63		98%	94%
週に1~2日運転する	42.0	57		92%	89%
たまにしか運転しない	38.0	48		約40~50m手前	86%

#### 4. 考察とまとめ

冬期道路におけるドライバーの運転挙動を把握するため、実験場内の試験道路において車両走行実験を行い、以下の知見を得た。

- a) 女性や運転歴が1年未満の人、たまにしか運転しない人など、相対的に運転を苦手とする人ほど、反応時間が長く、またフルロックブレーキを使いがちで、安全に停止できない率も高い。
- b) 非常に滑り易い雪氷路面では、安全に停止させることは難しく、滑り摩擦係数が0.2を下回るような状態ではそれが顕著である。
- c) 追従走行する場合に、路面の滑りを勘案した安全な車間距離で運転する人は非常に少ない。
- d) 障害物回避については、女性や50才以上、運転歴1年未満、たまにしか運転しない人などが減速の程度は高いものの、障害物近くで急なハンドル操作をしている。また、走行軌跡には個人差が非常に大きい。

今回の実験により、滑りやすい雪氷路面の冬期道路条件下におけるドライバーの運転挙動特性がある程度明らかになった。このように運転を苦手とする人にとって難しい運転条件下では、動作にばらつきが出やすく、交通流の錯綜などが生じやすくなるのが容易に推察される。

#### 5. 今後に向けて

冬期道路における多重衝突事故の発生は、滑りやすい雪氷路面や降雪・吹雪による視程障害条件下で、前走車のテールランプを頼りにして車間距離を十分とらずに走行し、また前走車が減速あるいは停止した際に適切な運転操作を行うことができないことが一因になっている。今回の車両走行実験では、こうした事故が起こりやすい条件に類似した条件下の運転挙動特性、特に相対的に運転を苦手とする人の特性を明らかにできた。冬期の交通安全対策には、ドライバーの運転技能の向上も望まれるところであるが、今後高齢者や女性のドライバーはますます増加する傾向にあり、こうしたドライバーが交通流の中にある程度混在する状況を想定した安全対策、或いは安全な走行を支援するシステムが必要になってくるものとする。今後に向けては、多様な運転者の人間要因を逆に意図的に利用することで、事故の発生を抑制する手法について考えていくこととしたい。

最後に、本研究の実施にあたって車両走行実験に参加・協力いただいた各位に感謝の意を表する次第である。

#### 〈参考文献〉

- 1) 金子学, 加治屋安彦, 福澤義文, 金田安弘, 丹治和博: 冬期道路とヒューマン・ファクターに関する研究(第1報)ードライバーニーズ調査の結果からー, 平成9年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会, 1998年2月。

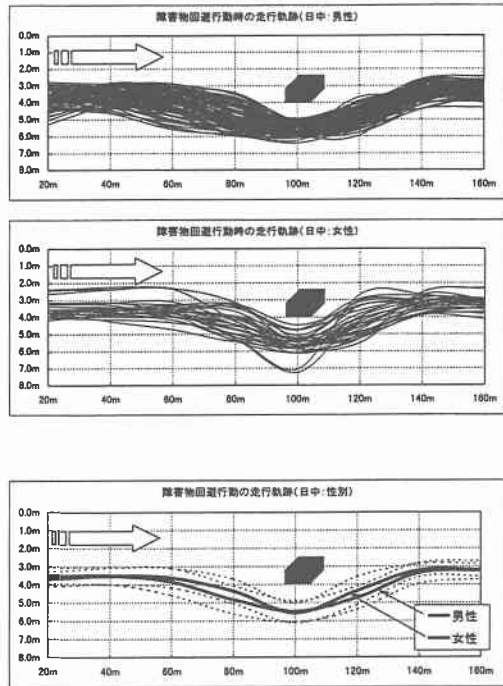


図-6 障害物回避行動の走行軌跡(男女別)