

冬期道路とヒューマン・ファクターに関する研究

- 吹雪による視程障害時のドライバーの運転挙動 -

Winter Road and Human Factors - Drivers' Behavior under Poor Visibility Condition -

開発土木研究所 防災雪氷研究室 ○正員 金子 学 (Manabu KANEKO)

// 正員 加治屋安彦 (Yasuhiko KAJIYA)

// 正員 松澤 勝 (Masaru MATSUZAWA)

財団法人日本気象協会 北海道支社 丹治 和博 (Kazuhiro TANJI)

1. まえがき

積雪寒冷地の冬期道路は、吹雪等による視程障害や滑りやすい雪氷路面等のため、非常に厳しい運転環境となっている。特に、降雪や吹雪による視程障害時には、視認できる目標物が乏しくなるため、前走車両のテールランプを目標に短い車間距離で追従走行する状況が多く見られる。こうした状況下においては、前走車両の減速や停止に対する迅速かつ適切な回避動作が要求されることから、事故の発生にのドライバーの運転挙動が大きく関与するものと考えられる。

開発土木研究所のこれまでの研究により、視程障害時の障害物回避行動では、高齢者等、冬道運転の苦手なドライバー程、運転操作のバラツキや個人差が大きく、急ブレーキや急ハンドル等のような極端な操作の頻度が高いことがわかっている。

筆者らは、冬期事故防止対策手法の確立に向けて、寒冷地AHSをはじめとするITS技術による安全走行支援システムの開発を行なっているが、こうしたシステムを効果的なものとするには、ドライバーの反応や車両挙動も含めた総合的な検討が必要である。こうしたことから、供用道路において、吹雪時の被験者運転挙動実験を行なったので、ここに報告する。

2. 実験方法

本実験は、一般国道275号江別市角山にて行なった(図-1)。現地は、緩やかなカーブ区間を含む片側2車線の道路であり、周囲は開けた平坦地となっている。この区間では、過去に吹雪による視程障害時に多重衝突事故が何度か発生したため、この対策として西側路側に防雪林や防雪柵が整備されている。



図-1 実験区間

実験には図-2に示す車両(視程障害移動観測車)を用い、運転挙動、車両挙動、気象状況を測定した。測定データは10Hz(0.1秒毎)データとして記録するとともに、ドライバー脇のビデオカメラにより前方の状況を撮影した。実験は、冬道運転に比較的慣れた22~35歳の男性5名の被験者により、実験区間の往復走行(それぞれ数回)により行なった。



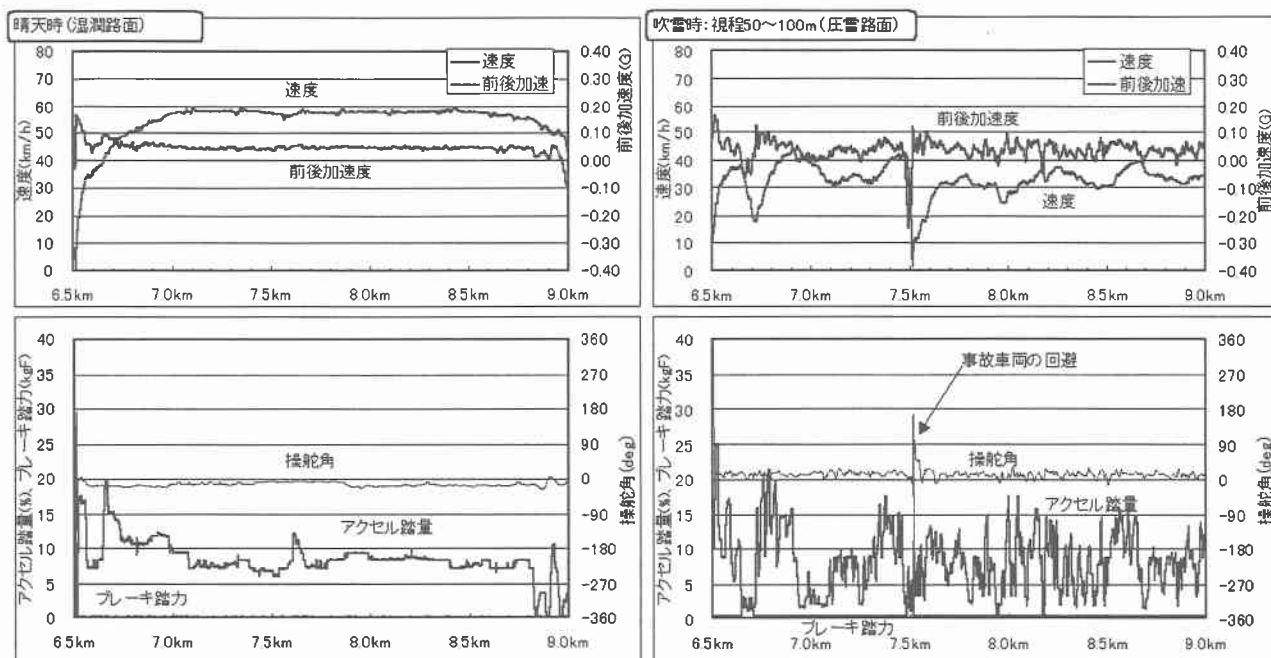
図-2 視程障害移動観測車

3. 晴天時と吹雪時の運転挙動の一例

計38回行なった走行実験の観測データの中から、同一被験者による晴天時と吹雪時の運転挙動の例を図-3に示す。晴天時の例は3月7日の日中に観測したものであり、路面は湿潤状態となっていた。また、吹雪時の例は翌日の日中に観測したもので、厳しい吹雪により視程が断続的に50~100mに低下しており、路面は圧雪となっていた。図中の横軸には距離(キロポスト)を、縦軸には運転操作と車両挙動を示す。

晴天時の場合、信号交差点(KP=6.5)から加速し、その後ほぼ一定の速度を保った後、KP=9.0での減速に至る円滑な速度変化となっている。加速時にはアクセル踏量が多いものの、その後はほぼ一定となり、ハンドル操舵角も安定しており、ブレーキ操作は見られなかった。

一方、吹雪時の場合、晴天時と比べて速度が低い他、速度が大きく変化していた。アクセル操作や、前後方向加速度も速度変化と同様に変化していた。この他、単路部であるにもかかわらず、ハンドル操舵角にも小刻みな変動が現われ、ブレーキ操作も数回見られた。



図－3 晴天時と吹雪時の車両挙動及び運転挙動の比較

応できるよう、ドライバーがブレーキペダルに足をかけている状況と考えられる。

4. 視程障害による運転挙動への影響

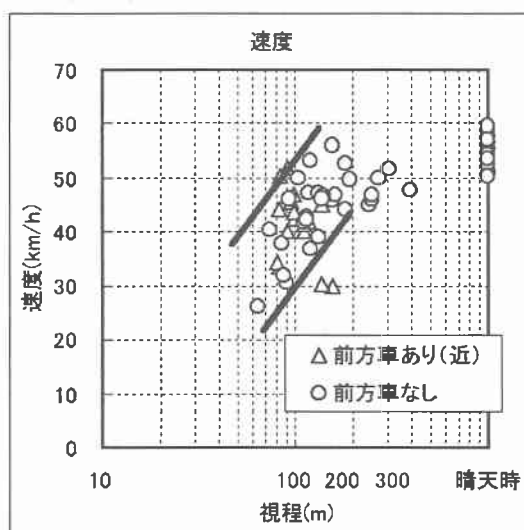
厳しい視程障害時の運転挙動は、上記の例のように不安定となると考えられるが、周辺車両や道路線形、交差点の有無等によって傾向が変化することが予想される。このため、観測データから1)交差道路が無く周辺環境の変化の少ない単路部と、2)停止車両が存在しやすい信号交差点のデータを抽出し、それぞれの区間について視程障害が運転挙動に与える影響の検討を行なった。

4.1 単路部

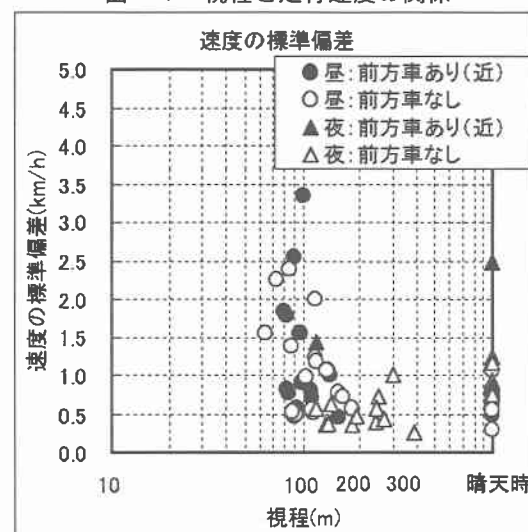
実験区間の中から、周辺環境の変化の少ない5区間を選び、10秒間の観測データを抽出した。

走行速度と視程の関係について図－4に、速度の標準偏差と視程との関係について図－5にそれぞれ示す。走行速度は、視程の低下に伴って低下の傾向にあり、この傾向は視程200m以下の場合に顕著となっていた。また、速度の変動（標準偏差）も視程の低下に伴って増大する傾向となっていた。速度の変動には、前走車両の挙動が影響すると考えられるが、日中の視程障害時の実験では、前走車両の有無に拘わらず速度の変動が大きかった。なお、観測データの内、前後方向加速度とアクセル踏量については、速度のデータと同様の傾向となっていたので、説明を省略する。

次に、最大ブレーキ踏力と視程の関係について図－6に示す。視程100m程度の場合に、比較的強いブレーキ操作が2例見られた。何れの場合も周辺に車両が存在したが、車内から撮影したビデオ映像から見て、これらの車両は障害とはなっていなかった。これらのブレーキ操作は、周辺車両に強く反応した結果と考えられる。また、視程障害時にわずかなブレーキ踏力が記録され、視程の低下に伴って増加する傾向が見られたが、車両の速度に変化は見られなかった。これらの例は、視界が悪く運転が難しい状況下で、停止車両等の突発的な事象に対



図－4 視程と走行速度の関係



図－5 視程と速度の標準偏差の関係

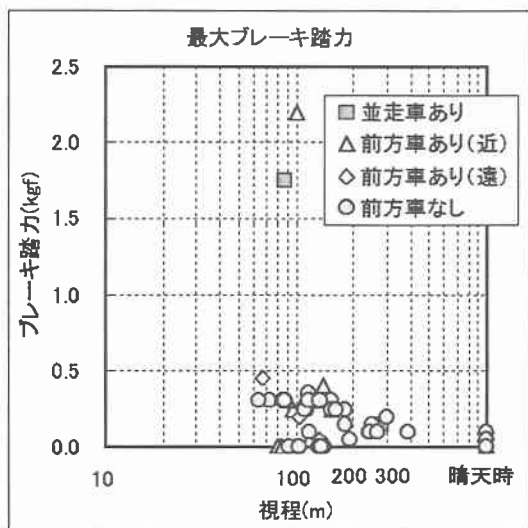


図-6 視程と最大ブレーキ踏力の関係

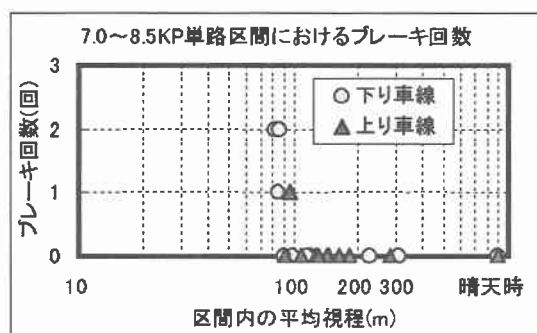


図-7 障害物が無い場合のブレーキ操作と視程

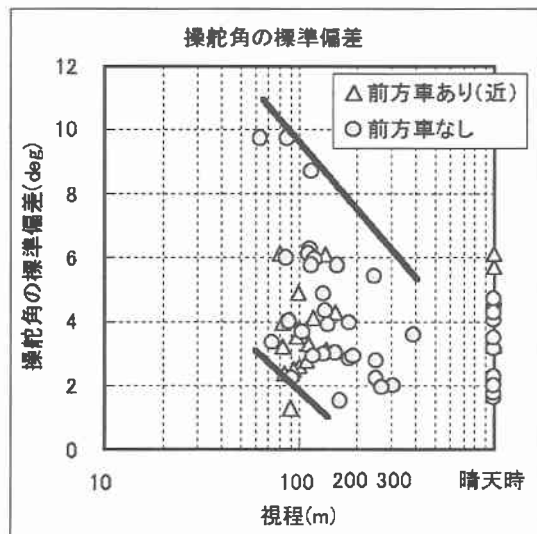


図-8 操舵角の標準偏差と視程

ここで、単路部全体（7.0～8.5KP）のブレーキ操作回数の総計から、障害物や渋滞による必然的なブレーキ操作を除いた回数と視程との関係について図-7に示す。晴天時の場合には、追従走行の場合でもブレーキ操作が皆無であったものの、視程100m以下の場合、障害物が無いにも拘わらず、ドライバーが1～2回のブレーキ操作を行う事例が見られた。ビデオ映像では断続的に視程が低下しており、これらのブレーキ操作は急激な視程の変化によるものと考えられる。

ドライバーの操舵角の標準偏差と視程との関係（図-

8）について見ると、前走車が存在する場合には、視程と操舵角の標準偏差との間には明確な関係は見られなかったが、前走車が無い場合には、視程の低下に伴ってハンドル操作の変動が増大する傾向となっていた。

4.2 信号交差点部

実験区間には往路復路各1箇所の信号交差点が存在する。ここでは、交差点進入時の運転挙動に着目して調査を行なった。

(1)信号機が青の場合

青信号の交差点では運転挙動は単路部とほぼ同様となると考えられる。交差点までの10秒間の運転挙動について調べたところ、ブレーキ操作を除いて、単路部の場合と同様の傾向（視程の低下に伴って運転挙動が不安定となる）を示していた。

青信号の交差点に進入した際の最大ブレーキ踏力と視程の関係について図-9に示す。前走車が無い場合や、前走車が遠方の場合にも比較的強いブレーキ操作を行なった事例が、視程障害時に見られた。これは、単路部でのブレーキ操作が直前の車両や並走車両の影響によるものであったことと異なるが、単路部より警戒して交差点を通過している状況と考えられる。

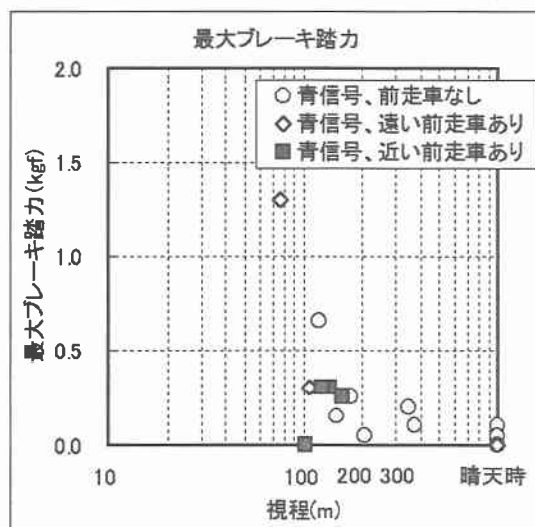


図-9 青信号での交差点進入時のブレーキ操作

(2)信号機が赤の場合

信号交差点において、赤信号により停止する場合のブレーキ操作と視程障害との関連に着目し、晴天時と吹雪時（視程200m以下）の最大ブレーキ踏力と、その位置（停止位置までの距離）との関係を調査した（図-10）。最大ブレーキ踏力となった地点は、晴天時には停止位置の100m手前から直前まで広く不規則に分布していたが、吹雪時には停止位置の50m手前付近に集中する傾向が見られた。この原因としては、吹雪時には遠方から信号機を識別できないことと、ドライバーが交差点直前の急ブレーキが危険であると考えていることが挙げられる。また、停止位置に近い場合に、ブレーキ踏力の大きい事例が幾つか見られた。

急ブレーキの状況について調べるため、0.1秒間のブレーキ踏力の変動の最大値（最大ブレーキ踏力差）と

その位置について図-11に示す。(図-10では踏力に着目したが、ここでは操作の早さに着目した。)
晴天時の場合、急なブレーキの操作位置は停止位置の100m手前から直前まで幅広く分布していたが、吹雪時ではより手前側となっており、停止位置に近い例ほど操作が急になる傾向が見られた。

以上、吹雪時の赤信号交差点でのブレーキ操作は、晴天時より手前であるものの、交差点に近づく程操作が急で踏力の大きい例が増えることがわかった。視程が低下した状況下では、こうした操作は事故や錯綜の要因となり得るものと考えられる。

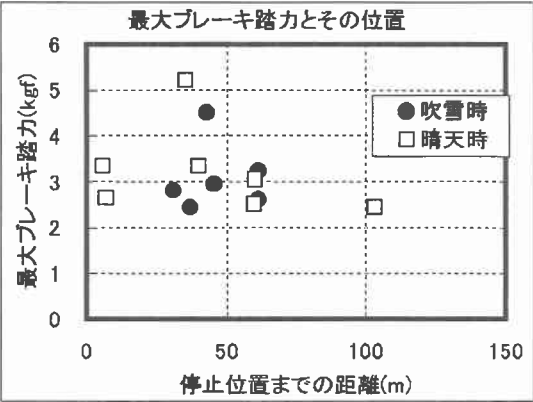


図-10 赤信号交差点での最大ブレーキ踏力

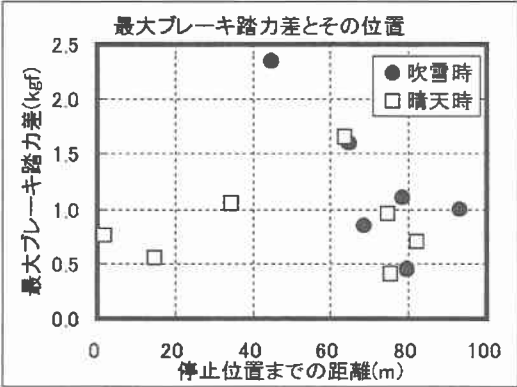


図-11 急激なブレーキ操作の位置

5. 視程障害時の高齢者の運転挙動

本実験は、厳しい吹雪条件の一般道で行なったため、安全に配慮して冬道運転に習熟した男性ドライバーのみを被験者とした。冬道運転に不慣れなドライバーの場合には、視程障害の影響をより強く受けるものと考えられる。このため、著者らが平成10年度に行なった高齢ドライバーによる運転挙動実験(実験場内)の結果を今回の実験結果と比較することとした。

今回の実験と平成10年度の実験データから、実験条件がほぼ同様となる直線区間のハンドル操作のデータを選び、これらを比較した(図-12)。高齢ドライバーの操舵角の変動は、今回の実験での冬道運転に習熟したドライバーの場合と比べて大きく、平成10年度の実験が周辺車両や交差道路が無い実験場で行なったものであることを考えあわせると、高齢ドライバーの場合、今回のような一般道路の条件では、更に変動が大きくなるものと考えられる。

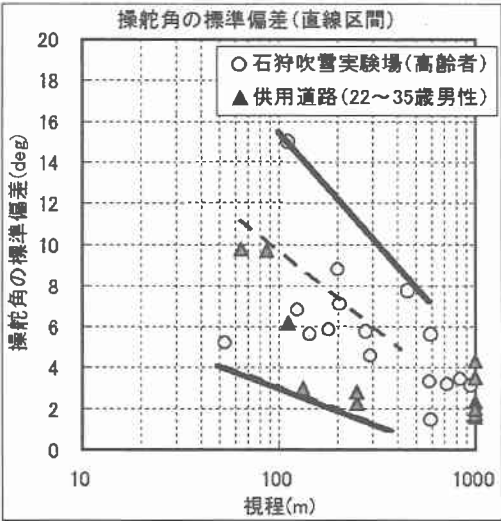


図-12 高齢ドライバーの運転挙動

6. まとめ

一般道路において、冬期視程障害時の運転挙動実験を行なった結果、視程の低下に伴って走行速度が低下する他、加減速等の車両挙動の変動や、ハンドル操作の変動が増大する傾向にあることがわかった。また、厳しい視程障害の下では視程の変動等、状況変化に伴うブレーキ操作も見られた。

また、過去に行なった高齢ドライバーの運転挙動実験結果を今回の実験と比較した。その結果、完全に同一の条件での比較ではないが、高齢ドライバーの場合、厳しい視程障害時の条件下では、ハンドル操作の変動が更に大きくなるものと考えられた。

一方、吹雪時の信号交差点の場合、青信号での運転挙動は単路部とほぼ同様となるが、より注意深い運転操作となることや、赤信号では晴天時の場合より手前側でブレーキを踏む傾向となるが、停止位置に近いブレーキ操作の場合ほど踏力が大きく、急な操作となること等がわかった。

本実験の結果、上記に示したように吹雪時のドライバーの運転挙動がある程度明らかとなった。視的目標物が乏しい吹雪時には、ドライバーは見え隠れする目標を頼りに走行するが、周辺車両や視界等変動により急な減速を生じやすい状況にあり、こうした車両の挙動変化が、事故や錯綜の誘因となる恐れも高い。吹雪対策としては従来、防雪柵や防雪林、視線誘導標等の整備が行なわれてきたが、最近では事故防止対策へのITS技術の活用も盛んに進められている。

これらの安全対策の効果を、より効高いものとするため、今後もドライバーのヒューマン・ファクターの検討を行なっていきたい。

参考文献

1)加治屋安彦、福澤義文、金子学、丹治和博、永田泰浩
：冬期道路とヒューマンファクターに関する研究－障害物回避行動に関する被験者実験－、第15回寒地技術シンポジウム、平成11年11月。