

降雪強度と風速から視程を推定する手法に関する研究

松澤 勝(北海道開発局開発土木研究所)、竹内政夫(日本気象協会北海道本部)

1. はじめに

吹雪や地吹雪による視程障害は多重衝突事故の主要因となっている。北海道内では、昭和63年度から平成9年度までの10冬期に、吹雪などの視程障害によって58件の多重衝突事故が発生している。吹雪の面的な発生状況をリアルタイムに把握することは、多重事故防止の観点から極めて重要である。

道路における視程障害のモニタリングには、現在、視程計が用いられているが、設置箇所は局所的な地点に限られており、面的に吹雪の状況を把握するには不十分である。しかし、吹雪の強さは、風速や降雪強度と深い関係があることが知られており、風速や降雪強度は、アメダス、道路気象テレメータ等の地上の気象観測地点や、気象レーダを用いて、面的に把握することは比較的容易である。従って、風速と降雪強度から視程値を推定する手法を明らかにすることは、視程の面的把握に有効であり、将来的な視程障害の予測に資すると考えられる。本研究では、視程と風速及び降雪強度との関係式を求め、視程値の計算を行ったので報告する。

2. 吹雪粒子の運動形態

吹雪粒子の運動形態には、転動・滑動、跳躍、浮遊の3種類ある(図1)。転動・滑動は、量的に少なく、跳躍の一部と見なし得る。また跳躍は、1~10cmの高さで卓越する。その上端で跳躍粒子が浮遊粒子に転化し、跳躍層の上は浮遊が卓越する層になっている。そして、跳躍層の中の浮遊粒子、浮遊層の中の跳躍粒子の量はそれぞれ無視できる。運転時の視程障害に影響を及ぼす高さは1~2mなので、本報では、浮遊層について着目する。

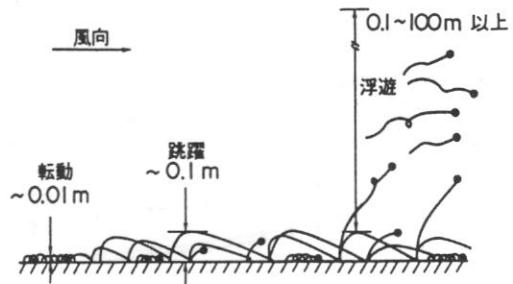


図1. 吹雪粒子の運動形態。(竹内, 1984)

3. 吹雪の強さを表す物理量

吹雪の強さを表す物理量として、飛雪濃度(単位体積空間に存在する飛雪の質量)と飛雪流量(単位時間に単位面積を通過する飛雪の質量)とがある。

竹内と松澤(1991)は、飛雪の落下速度が一定という条件で、降雪を伴う吹雪時の飛雪濃度の垂直分布を、次の式で表した。

$$N(z) = \frac{P}{w} + \left(N_i - \frac{P}{w} \right) \left(\frac{z}{z_i} \right)^{-\frac{w}{k u_*}} \quad (1)$$

ここに、

z : 高さ[m]

N : 高さ z での飛雪濃度[g/m³]

P : 降雪強度[g/m²s]

k : カルマン定数(=0.4)

z_i : 跳躍層の高さ

N_i : 高さ z_i での飛雪濃度[g/m³]

w : 飛雪粒子の落下速度[m/s]

u_* : 摩擦速度[m/s] である。

また、竹内(1980)は、視程と飛雪流量との関係を実測データから図示した。直線近似で、そ

のグラフから視程 Vis と飛雪流量 Mf の関係を求め、次の式を得た。

$$\log(Vis) = -0.76\log(Mf) + 2.76 \quad (2)$$

また、飛雪流量 Mf と飛雪濃度 N との間には、風速を V とすると次の関係が成り立つ。

$$Mf = N \cdot V \quad (3)$$

従って、(1)式で任意の高さの飛雪濃度を求めて、(3)式で飛雪流量に変換すると、(2)式によって任意の高さでの視程が求められる。

4. 数値計算結果

ここでは、風速と降雪量を変化させ、高さ1.5mにおける、視程を計算した(図2)。図2によると、降雪の有無が視程に大きく影響を与え、飛雪粒子の落下速度が 0.5m/s の条件では、降雪強度が 0.5mm/h 程度でも、視程は1オーダー程度悪化していることがわかる。また、飛雪粒子の落下速度が遅い、すなわち飛雪粒子の粒径が小さいほど、視程が悪くなる傾向にあることがわかる。

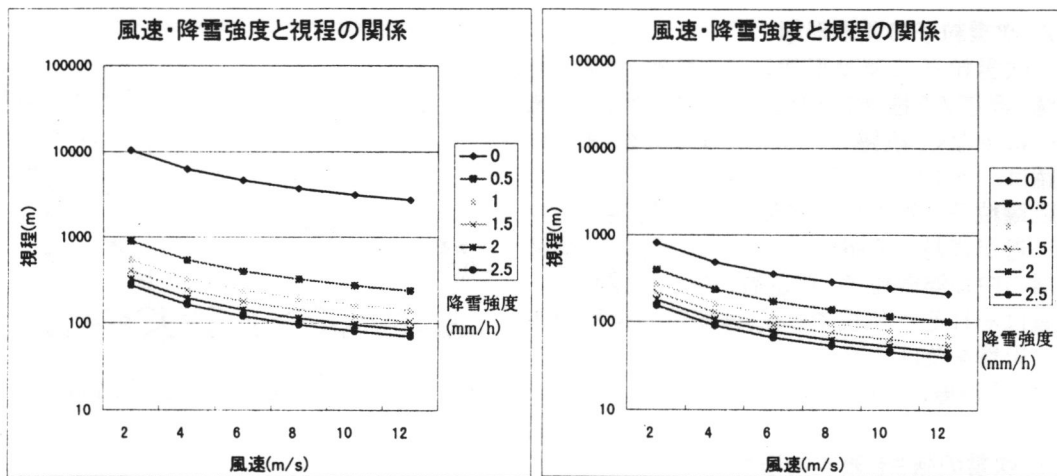


図2. 視程の計算結果、条件は次の通り。

左図: $z_1=0.1m$, $N_1=10g/m^3$, $w=0.5m/s$, $k=0.4$, $u_*=0.5m/s$

右図: $z_1=0.1m$, $N_1=10g/m^3$, $w=0.25m/s$, $k=0.4$, $u_*=0.5m/s$

5. 今後の課題

今後は、定数と仮定した飛雪粒子の落下速度や、摩擦速度の値に関する検討が必要である。特に摩擦速度 u_* は、風速に応じた値を用いて計算する必要がある。また、跳躍層の高さ z_1 での飛雪濃度 N_1 も風速や温度の関数であると考えられるので、実測値などを用いて、これらの関係を明確化する必要がある。今後は、これらの点に着目して、研究を進める予定である。

参考文献

竹内政夫, 1980: 吹雪時の視程に関する研究, 土木試験所報告, 74, p.31.

竹内政夫, 1984: 吹雪と吹き溜まりの発生機構, 鉄道土木, 26, 12, 41-44.

竹内政夫・松沢勝, 1991: 吹雪粒子の運動と垂直分布, 雪氷, 53, 4, 309-315.