

没入型 3D-VR システムによる吹雪の視覚的再現 Visual Expression of Snowstorm in Immersive Type 3D-VR System

菅原幸夫 (北見工業大学), 高橋修平 (北海道立オホーツク流水科学センター)
Yukio Sugawara , Shuhei Takahashi

1. 諸言

これまで吹雪については¹⁾, その発生条件や吹雪量など多岐にわたり観測されており, たとえば, 竹内ら²⁾による, 吹雪時の雪の移動量と視程との関係が挙げられる. さらに吹雪の形態について, 雪粒子の運動形態などを指標に分別されている. 一方, いわゆる複数大画面から構成され没入感を伴う投影面を持つ映像投影システム (VR システム) は広く発達してきているが, 吹雪現象の視覚的再現に供された例は殆ど見当たらない. 本研究では雪粒子の空間密度と視程の相関を把握するために, VR システム中に, 実測された吹雪粒子の運動や分類結果を反映させて視覚的に吹雪を再現し, 同時に描画する識別子を用いて視程測定実験を行う. この実験により得られた結果と実測されているそれと比較し, 視程に差異が生じるかどうかを検証することによって吹雪現象の視覚的再現の可能性について評価するものである.

2. 吹雪の表現

文献¹⁾によると, 吹雪は降雪の無い地吹雪と降雪を伴う吹雪に分類されるが, 本実験では地吹雪を, さらに地吹雪の中の雪粒子が目の高さより高く水平視程が減少する高い地吹雪の視覚的再現を計る. なお, 実験における雪粒子の空間密度は図 1 に示す文献²⁾に示される結果との比較を想定して決定している.

(1) 吹雪粒子の運動と空間密度

高い地吹雪において存在する吹雪粒子の運動として挙げられている転動, 跳躍, 浮遊を含む雪粒子の運動を再現する. これら三種類の運動を混合したものを吹雪として表現している.

雪粒子の空間密度²⁾ M は

$$M = \frac{4\pi x r^3}{3V_{VR}} \times \rho_s,$$

である. ここで, r は吹雪粒子の粒径, V_{VR} は VR 空間における描画範囲の体積, ρ_s は雪の密度, x は V_{VR} 中の吹雪粒子数である. 吹雪の発生条件²⁾として地上気温 0°C を想定し,

$$r = 10\text{mm}, \quad \rho_s = 0.05\text{g/cm}^3,$$

そして, $V_{VR} = 720\text{m}^3$ とすると, 空間密度 M の単位は g/m^3 となる. なお, 描画する雪粒子の形状は球体としている.

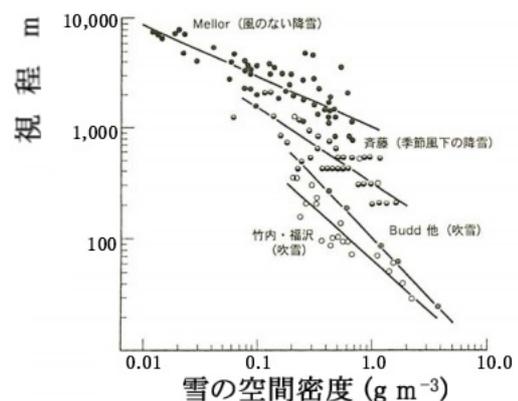


図 1 吹雪時の雪粒子の空間密度と視程との関係²⁾

実験では比較的空間密度が高い時を想定し、吹雪粒子数 x に付き、

6000, 8000, 10,000, 12,000,

の4種とする。すると空間密度は g/m^3 を単位としてそれぞれ 1.75, 2.33, 2.91, 3.49 となる。図2に、これら空間密度における吹雪現象を描画するエミュレート画面の図を示す。このエミュレート画面はVRシステムに再現する描画対象の開発環境のPC画面である。

(2) 視程の測定

VR空間には、再現する吹雪と、VR空間内において観測者から十分に離れた位置に図2に示す識別子を投影する。

識別子は道路速度標識を想定している。実験開始時には、観測者はVR空間の、一番手前の地面に相当する位置に立ち、識別子全てが視認できると判断する距離まで識別子を手前に移動させ停止させる。このときの観測者と識別子の間の距離を視程とする。被験者はのべ36人であり、各人が各雪粒子数につき8回の測定を行っている。

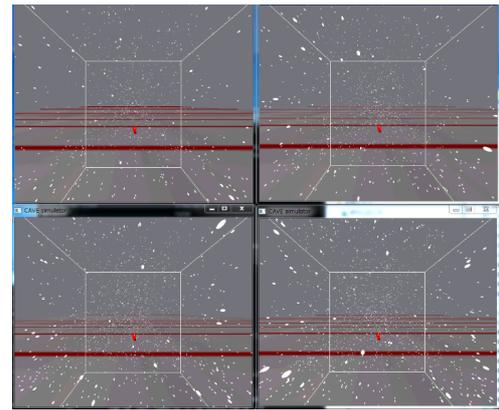


図2 吹雪を描画するPC画面(左上から時計回りに空間密度 (g/m^3) 1.75, 2.33, 3.49, 2.91)

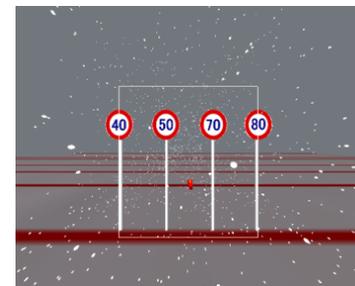


図3 識別子

3. 結果と考察

空間密度と視程について、得られた結果を図4に示す。観察者ごとの視程の差は、識別子を視認できると判断する際の基準を決めていなく、観察者の判断に委ねているからと考える。視程は空間密度に依存して変化しているのが確認される。このことはつまり本実験における視程と視覚的吹雪の間には空間密度との相関があり、単なる視力検査になっているのではないといえる。報告²⁾では空間密度と視程の間に対数での線形関係を示しているが、実験でも類似した関係があることがわかる。

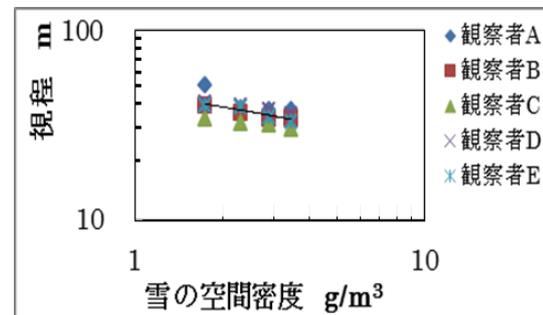


図4 吹雪時の雪粒子の空間密度と視程

4. 結言

吹雪に関する報告と実験結果は相関を持つことがわかった。したがってVRシステムによる吹雪の視覚的再現には有用性があると評価する。地域性を表すために本研究では雪粒子数と風速を適用したが、吹雪はその発達度、気象条件、雪面の状態の違いによっても視程が大きく左右される。詳細な吹雪の条件を実験の環境に取り込むことで、より現実に近い吹雪を構築し視覚的再現の有用性が増すと考える。

【参考・引用文献】

- 1) (社) 雪と氷の事典, 日本雪氷学会, (2005), 169-172.
- 2) 竹内政夫・福沢義文, 1976: 「吹雪時における光の減衰と視程」, 雪氷, 38, 165-170.