

デジタルカメラ画像を用いた吹雪視程判読－視程計データとの比較－

○原田 裕介 上石 勲(株式会社アルゴス) 荒川 逸人 飯沼 弘一(野外科学株式会社)

1. はじめに

本研究は、道路吹雪防災コンサルティング業務での視程連続観測において、できるだけ簡便な解析方法でデジタルカメラ画像の適用が可能なかを検討するものである。

「道路吹雪マニュアル」¹⁾によれば、予備調査において気象調査の他可能であれば視程観測の連続観測を行うよう明記されている。また、「2005 除雪防雪ハンドブック」²⁾によれば、吹雪による視程障害の実態を把握するために、どのような場所や気象条件のもとで障害が発生しやすいかを知ることが必要であると明記されている。以上から、道路吹雪防災コンサルティング業務において、現地調査で視程連続観測を実施するケースが多い。

「雪氷調査法」³⁾によれば、視程観測は「視程計」と「目視」による方法が記載されている。目視の連続観測は困難なため、視程計を使用するケースがほとんどである。しかし、視程計は高価であるため、複数点設置して広域な視程分布を測定するには経済的ではない。

そこで、本報告では、視程計に比べ非常に安価であるインターバル機能付きのデジタルカメラで定期的に撮影した画像から視認性による視程判読を実施し、視程計による観測との比較、および視程判読時の気象条件(風速・気温・積雪深)の抽出結果について示す。

2. 条件整理

「気象条件から視程を推定する手法の研究」⁴⁾によれば、冬期の道路交通の確保を目的とする場合、視程値はメートル単位の精度は必要なく、50m未満、50～200m、200～500m、500～1000m、1000m以上の5段階程度の吹雪の強弱がわかれば、実用的には十分であると明記されている。また、「2005 除雪防雪ハンドブック」²⁾によれば、視程が200～300m程度では車の走行速度は視程が良いときと比べて1割ほど低下するものの、ほぼ正常な運行を保つようであると明記されている。

よって、道路管理者にとって有益な資料となりうる視程50m未満と50～200mの発生状況の把握とその気象条件の抽出を考慮するものとした。また、コンサルティング業務での作業性を考慮し、できるだけ簡便な観測および解析手法を用いることとした。

3. これまでの吹雪画像研究と計測機器比較整理

これまで、石本⁵⁾による CCD カメラ、荻原⁶⁾によるデジタルカメラによる吹雪画像解析報告がある。手法については、本ページ下記に示した。また、表 1 に視程計、CCD カメラならびにデジタルカメラによる現地調査での計測機器比較整理結果を示した。

表 1 現地調査での計測機器比較整理結果

観測機器	視程計	CCDカメラ	デジタルカメラ
測定方式	光の透過率	コントラスト	コントラスト
電源	100V AC 電源	100V AC 電源	電池
夜間照明	不要	必要	必要
記録装置	データロガー	ビデオデッキ	内蔵(メモリーカード等)
本体+記録装置費用	200万円程度	20万円程度	6万円程度

CCD ビデオカメラ：画面内に設置した専用ターゲットの輝度差から視程を計測する方法。
デジタルカメラ：コントラストとパワースペクトル値による解析手法

4. 観測方法

著者らは、冬期通行止道路において吹雪発生が予想された H18.1.26-2.4 の 8 日間、視程計、デジタルカメラならびに気象観測計(気温・風向風速・積雪深)を設置し、連続観測を実施した(表 2、図 1、写真 1)。本観測のデジタルカメラ画像判読では、「雪氷調査法」³⁾ 目視による視程観測をもとに、周辺の建物など(ここでは電柱、山および簡易の旗)の目標物を利用し、視程判読基準を 13 段階に分類した(図 1、表 3)。また、照明未設置区間のため夜間デジタルカメラ画像データは削除した。さらに、視程計およびデジタルカメラ設置位置は、ドライバーの目線と積雪深を考慮し 1.8m とし、併せて画像判読の基準高さとした。

表 2 視程計およびデジタルカメラ仕様

視程計	バイサラ CVS-PWD11
検出方法	前方散乱式
測定範囲	0~2,000m
測定インターバル	30 秒
記録方法	30 秒瞬値、1 分平均値

デジタルカメラ	カシオ QV-2900UX
有効画素数	約 200 万
画像サイズ	800×600 FINE(約 200KB/枚)
ズーム	なし
フォーカス	∞
ホワイトバランス	オート
露出モード	プログラム
電源	単 3 形電池×4 本 (リチウム電池)
ストロボ	発光禁止
測定インターバル	10 分
画像判読人員	2 名

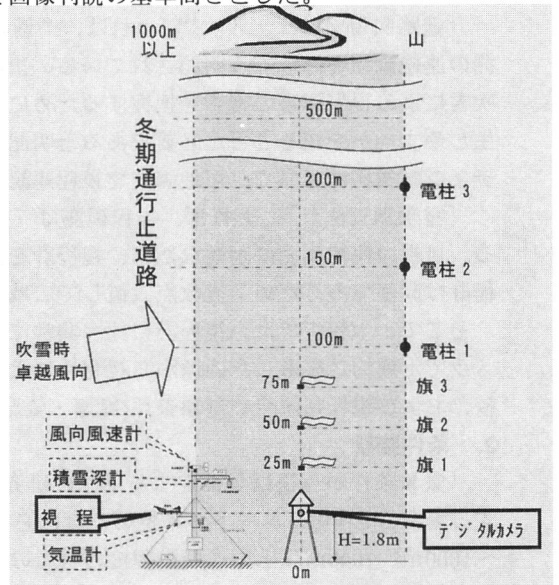
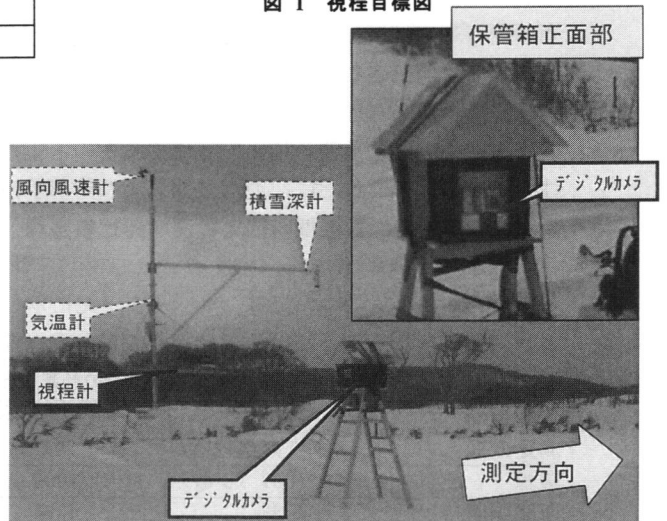


図 1 視程目標図

表 3 デジタルカメラの画像判読基準

分類 No.	目標物が確認できる範囲	視程判読
1	旗1	25m
2	旗1~旗2	35m
3	旗2	50m
4	旗2~旗3	60m
5	旗3	75m
6	旗3~電柱1	85m
7	電柱1	100m
8	電柱1~電柱2	125m
9	電柱2	150m
10	電柱2~電柱3	175m
11	電柱3	200m
12	電柱3~山	500m
13	山	1000m 以上



※：デジタルカメラは、防雪処理を施した保管箱に格納した。また、保管箱カメラ正面部の着雪を考慮し撮影方向を設定した。

写真 1 視程測定(視程計、デジタルカメラ、気象観測計)

5. 観測結果

デジタルカメラ画像は、H18.1.26-2.4の夜間を除く8日間で計642サンプルを取得し、表4に示した2名の被験者により判読した。本報告では、以下の3項目について結果を述べる。

- 1) 被験者による判読差異の確認
- 2) 視程計とカメラ画像判読の比較
- 3) 毎正時気象データとの比較

5.1. 被験者による判読差異の確認

ここでは、2.で示した吹雪障害となりうる視程50m未満および50~200mについて表5に整理した。その結果、被験者①②どちらが200mと判定した183サンプルのうち、78%の142サンプルで共に200m以下と判読した。また、前頁表3で示した13段階の画像判読基準で、共に200m以下と判読した142サンプルのうち、200m以下で判読分類No.が一致したのは約82%であった。さらに、判読後のヒヤリングから、視程200m前後の判読で約20%の差異が生じた要因の一つとして、高さ1~2m程度の地吹雪視程判読で被験者により差異が生じていたことを確認した。

表4 被験者の構成

被験者	備考
被験者①	道路吹雪観測業務経験者
被験者②	道路吹雪観測業務未経験者

表5 デジタルカメラ画像判読結果

全サンプル642	サンプル数	備考
どちらかが、200m以下と判読	183	
共に200m以下と判読	142	142/183=78%
50m未満、50-200mで判読結果が一致	116	116/142=82%

5.2. 視程計とカメラ画像判読の比較

前項で、被験者同士が共に200m以下と画像判読した142サンプルの視程計計測データを、表6に整理した。その結果、視程判読結果と視程計計測データに差異が見られた。特に、1000m以上と計測されたデータは69%であった。これらの要因として、視程計は、限られた空間のちりなどによる光の減衰・散乱の度合いから求めるため、測定領域に雪粒子が供給されなかった可能性が示唆される。

表6 視程計とカメラ画像判読の比較結果

視程計	データ数	備考
200m未満	0	
200-500m	7	7/142=4%
500-1000m	37	37/142=26%
1000m以上	98	98/142=69%

5.3. 毎正時気象データとの比較

道路吹雪観測業務経験のある被験者①の画像判読データと、気象観測計で計測された毎正時気象データを比較した。図2は、「2005除雪防雪ハンドブック」²⁾に記載されている、降雪時の7m高さ風速と気温と吹雪の状態を示したものに、本観測での降雪時観測結果を加筆したものである。本解析では、4m高さで計測された風速データを対数則によって7m高さに換算した。その結果、200m以下の視程と画像判読した時の気象条件は、

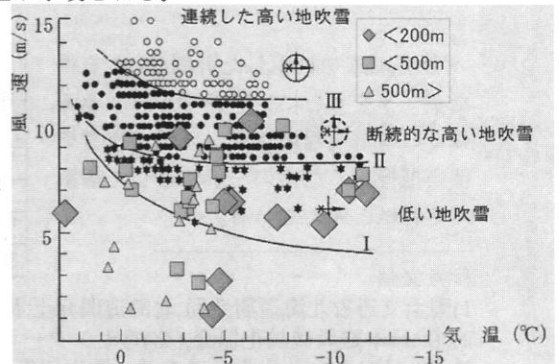


図2 視程判読値と気象データ整理結果

本路線の観測期間では-5℃以下の低温かつ風速5m以上の強風時に多い傾向であることを確認した。また、断続的にドライバーの目線より高い地吹雪が発生する気象条件下でありながら、視程を大きく判読した要因として、風速データは前10分間の平均値であるのに対し、デジタルカメラ画像は正時の瞬間値であったことや、降雪強度の差異が考慮される。

6. まとめ

本報告では、インターバル機能付きのデジタルカメラで定期的に撮影した画像から視認性による視程判読を実施し、被験者による判読差異の確認、視程計による観測との比較、および視程判読時の気象条件について示し、以下の結果を得た。

- 道路吹雪観測業務経験の異なる被験者を2名選定し、画像の視程判読を実施したところ、約80%の精度で視程200m以下の画像を抽出することができた。残りの約20%については、判読後のヒヤリングから、高さ1~2m程度の地吹雪視程判読で被験者により差異が生じていたことを確認した。
- 200m以下と画像判読したサンプルと同時刻の視程計データを比較したところ、差異が見られた。特に、1000m以上と計測されたデータは69%であった。これらの要因として、視程計は、限られた空間のちりなどによる光の減衰・散乱の度合いから求めるため、測定領域に雪粒子が供給されなかった可能性が示唆される。
- 道路吹雪観測業務経験のある被験者の画像判読データと、気象観測計で計測された毎正時気象データを比較した。その結果、画像判読で200m以下の視程悪化時は、本路線の観測期間では-5℃以下の低温かつ風速5m以上の強風時に多い傾向であることを確認した。また、風速データは前10分間の平均値であるのに対し、デジタルカメラ画像は正時の瞬間値であることを留意すべきである。

7. 今後の課題

道路吹雪防災コンサルティング業務での視程連続観測において、デジタルカメラ画像適用に向けた今後の課題を以下に示す。

- 視程計での視程と、画像判読による視認性についての詳細検討(目視による検討追加)。
- 撮影インターバルの設定(10分間隔では、断続的な吹雪による影響が考慮される)。
- 気象観測インターバルの設定(毎正時観測より詳細な計測が望ましい)。
- 夜間観測の扱い方(夜間照明の適用方法、照明未設置箇所の対処方法等)。
- 道路条件による観測手法の設定(目標物がない場合は、視程板を使用する。また、道路標識やスノーポール支柱に交通に影響しないような目印を設置する等)。

以上をふまえて、平成18年度調査計画(案)を表7に示す。

表7 平成18年度調査計画(案)

	平成17年度	平成18年度
視程計設置	○	○
計測間隔	10分平均	10分平均
デジタルカメラ設置	○	○
撮影間隔	10分	5分
目視観測	—	うち1日程度
気象観測	毎正時	10分平均

今後、表7に示した計画(案)から得たデータをもとに、デジタルカメラ画像での吹雪視程観測を、現場の吹雪条件を把握するための一手法として構築できればと考えている。

参考文献

- 国土交通省北海道開発局,北海道開発土木研究所:道路吹雪対策マニュアル,2003.7.
- (社)日本建設機械化協会,(社)雪センター:2005除雪防雪ハンドブック(防雪編),2004.12.
- (社)日本雪氷学会北海道支部:雪氷調査法,1991.7.
- 松沢勝,竹内政夫:気象条件から視程を推定する手法の研究,雪氷,64,77-85,2002.1.
- 石本敬志:北海道の国道における吹雪対策とビデオカメラによる視程計測装置の開発,雪氷,52,195-202,1990.9.
- 荻原亨,藤田諭,木坂聖:デジタル静止画像を用いた吹雪時の道路視環境評価に関する研究,寒地技術シンポジウム,17,145-152,2001.11.