

# 吹雪時の視界予測モデルの構築に関する研究\*

## Development of Visibility Forecasting Model using Meteorological Data under Snowstorm Conditions\*

南雅人\*\*・萩原亨\*\*\*・荒木啓司\*\*\*\*・永田泰浩\*\*\*\*

By Masato MINAMI\*\*・Toru HAGIWARA\*\*\*・Keiji ARAKI\*\*\*\*・Yasuhiro NAGATA\*\*\*\*

### 1. 本研究の背景と目的

北海道の道路交通の特徴として、冬期の積雪が挙げられる。特に、吹雪や降雪による視界の悪化はドライバーの心理的負担や、交通事故を起こす可能性が大きくなるなど、さまざまな障害を引き起こす原因となる。よって、いかに冬期道路交通の安全性を確保し、ドライバーの心理的負担を緩和させるかが重要な課題となる。

吹雪対策として現在、国道 230 号中山峠において視界情報をドライバーに提供するサービスが実験的に行われている。これは、道路監視用カメラ CCTV で撮影された画像から判断した視界レベル、実際の画像、気象といった情報をインターネットで提供するというものである。これによって視界状況が把握できるため、交通事故の軽減につながるだけでなく、交通渋滞やドライバーの心理的負担の緩和<sup>1)</sup>、または、ドライバーの判断で出発時間の変更や代替ルートの利用を行うことが可能になる。

しかし、視界情報提供の問題点の1つとして、CCTV カメラが設置されていない地点における視界情報が提供できないという点が挙げられる。

そこで、本研究ではこの点に注目し、容易に入手できる気象データから視界を予測する手法を明らかにし、今後の視界情報提供サービスにおいて、CCTVカメラが設置されていない地点でのドライバーへの視界予測情報の提供に役立ていくことを目的とする。

### 2. 予測手法

われわれの社会生活では普段、晴、曇り、雨などの天気情報が必要とされる。気象庁では、これらの情報の予測を行う際に、PPM(perfect prog method)という概念を用いている。PPM とは、過去の実況の気象数値データとその時に実際に起こった事象のデータセットから、あらかじめ両者の統計的関係を作成しておき、その関係を日々新たに予測される気象数値データに適用することで、事象を予測するものである。PPM では、要因と結果が線形的関係で結びうるとみなして、両者の統計的関係を求める。一般に以下のような重回帰式が利用される<sup>2)</sup>。

$$Y = \sum_n C_n X_n \quad \text{---- (1)}$$

$Y$  : 目的変数 (結果)

$X_n$  : 説明変数 (要因)、 $C_n$  : 係数

実際の視界情報提供サービスにおいて、視界予測情報を提供することを考えた場合、より単純なモデル構造であることが望まれる。そして、実際の天気情報の予測においても用いられていることを考慮して、本研究における視界予測は、PPMの概念に基づき、過去の実況の気象データとその時の視界のデータセットから重回帰分析を用いて行い、その手法を明らかにしていくとこととする。

### 3. 視界予測モデル構築に用いるデータ

#### (1) 視界予測を行う地点

中山峠 CCTV カメラのうち、以下の3地点で行う。

- ・ スキー場前地点 (峠山頂付近)
- ・ KP44.6 地点 (札幌側)
- ・ KP43.5 地点 (札幌側)

\*キーワード：交通安全、ITS、交通情報

\*\*学生員、北海道大学大学院工学研究科

(札幌市北区北13条西8丁目、TEL/FAX 011-706-6211)

\*\*\*正員、博(工)、北海道大学大学院工学研究科

(札幌市北区北13条西8丁目、TEL/FAX 011-706-6214)

\*\*\*\*財団法人日本気象協会北海道支社

(北海道札幌市北区北4条西23丁目、TEL011-064-8557)

(2) 気象データ

3次メッシュ区画(1km×1km)データ実況値

- ・ 気温[ ] (更新間隔1時間)  
(0.1 刻み 最小値-17.3、最大値3.4)
- ・ 風速[m/s] (更新間隔1時間)  
(1m/s 刻み 最小値0m/s、最大値5m/s)
- ・ 降雪量[mm/h] (更新間隔1時間)  
(1mm/h 刻み 最小値0mm/h、最大値62mm/h)

気象メッシュデータは、全国に約1,300ヶ所設置されているアメダスの観測データ(降水量、風向・風速、気温、日照時間)から推定されている。メッシュ化によりアメダスが設置されていない地点の気象データがわかるようになる。また、3次区画とは、経度差45秒、緯度差30秒、距離にして約1km×1kmのメッシュデータである。

(3) 視界データ

- ・ WIPS 値<sup>3)</sup>: CCTV カメラ画像より解析された、視界の程度を表す数値(更新間隔10分)
- ・ RVI 値<sup>3)</sup>: レベル1(視界良)~レベル4(視界悪)の4段階レベルへのWIPS値の変換値

4. 分析結果

(1) 重回帰分析(1)

予測するWIPSと同時刻の気温、風速、降雪量の3種を説明変数として重回帰分析を行った。

表1、表2、図1に重回帰分析(1)の分析結果を示す。3地点での的中率<sup>4)</sup>は50%以上、広義的中率<sup>4)</sup>は80%近い値を示している。しかし図1を見ると、視界良好時(RVI=1,2)の予測の精度が高いのに対して、視界不良時(RVI=3,4)の精度が低い。特に、実況RVI=4のときにはRVI=4と予測できていない。

(2) 視界不良時における予測精度向上

重回帰分析(1)の課題である、視界不良時の予測精度の向上の方法について仮説をたてた。

仮説( ) 気温、風速、降雪量以外の変数の使用

仮説( ) 予測するWIPS時刻より過去の気象の考慮

仮説( ) 予測するWIPSに過去1時間のWIPS最小値の採用

表1 重回帰分析(1)による決定係数

	スキー場前	KP44.6	KP43.5
重回帰(1)	0.36	0.37	0.34

表2 重回帰分析(1)によるRVI予測精度

	スキー場前	KP44.6	KP43.5
的中率	68.16	53.87	55.30
広義的中率	79.54	79.57	76.96
見逃し率	5.91	3.41	3.99

(単位: %)

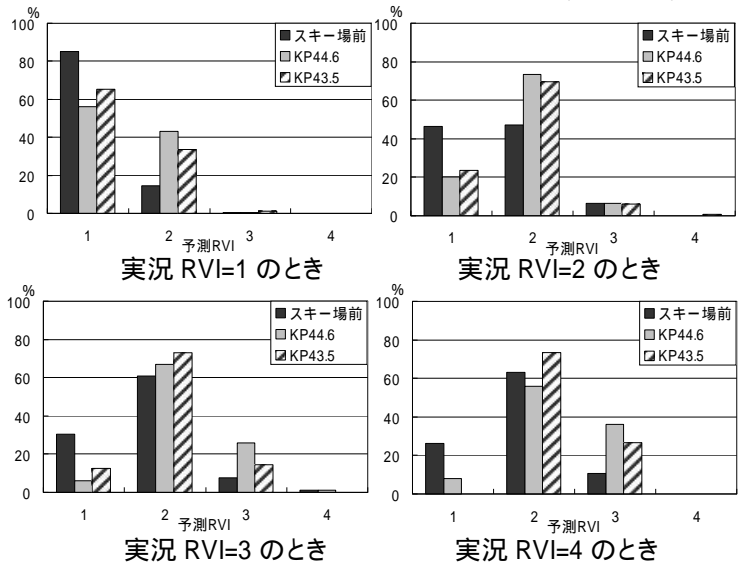


図1 重回帰分析(1)による実況RVI別の予測RVI

仮説( ) 月別の気象傾向の考慮、月別のモデル

仮説( ) 重回帰式を用いなくてもRVIを確定できる気象条件

これらの仮説をもとに次の重回帰分析を進める。ただし比較を行うため、説明変数は3つとし、P値の有意水準を5%とし、多重共線性を起こさないという条件の中で、決定係数が最大になるよう選択し、表示する決定係数は自由度調整済み決定係数とする。

(3) 仮説( )( )( )に基づいた重回帰分析

a) 重回帰分析(2)

仮説( )に基づき、説明変数の候補として、気温、風速、降雪量に、それぞれから作成した2乗の値も加え、合計9変数を説明変数の候補とし、重回帰分析を行った。(表3参照)

b) 重回帰分析(3)

仮説( )に基づき、説明変数の候補として、重回帰分析(2)での説明変数の候補に、それぞれの1時間前、2時間前の値も加え、合計27変数を説明変数の候補とし、重回帰分析を行った。(表3参照)

c) 重回帰分析(4)

仮説( )に基づき、予測する時刻から過去1時間以内におけるWIPSの最小値を目的変数として重回帰分析(3)と同様の手法で分析を行った。

d) 重回帰分析(2)(3)(4)分析結果

表4、表5、図2に重回帰分析(2)(3)(4)の分析結果を示す。重回帰分析(2)では重回帰分析(1)と比較すると、決定係数、そして的中率ともに精度が向上した。また、図2からわかるように重回帰分析(1)では実況RVI=4のとき、RVIを2と予測するケースが最多だったのに対し、重回帰分析(2)ではRVIを3と予測するケースが最多になっている。次に、重回帰分析(3)では重回帰分析(2)と比較すると、決定係数、的中率、広義的中率、見逃し率<sup>4)</sup>は改善の傾向にあるが、その度合いは小さい。しかし、図2からわかるように、実況RVI=4のときにRVIが的中するケースが見られるなど、重回帰分析(2)のときよりもさらに、実況RVI=4のときの予測精度が向上している。

重回帰分析(4)においては、的中率、広義的中率については低下してしまった。しかし、決定係数は大きく上昇し、重回帰分析(3)のときよりもさらに、実況RVI=4のときの予測精度が向上している。

以上より、説明変数に新たな変数を候補として加えること、過去の気象を考慮すること、過去一定時間以内でのWIPS最小値を目的変数とすることは視界予測の精度、特に視界不良時の予測の精度の向上につながる事がわかった。

(3) 仮説( )と仮説( )に基づいた重回帰分析

a) 重回帰分析(5)

仮説( )に基づき、観測データ(1~3月)を1,2月と3月に分類し、重回帰分析(4)と同様の手法で、それぞれについて重回帰分析を行った。

b) RVIを確定できる気象条件

RVIを確定できる気象条件を模索したところ、次の条件を満たすとき、ほぼ実況RVI=1となる。

- ・ 気温(同時刻)または、気温(同時刻)が正值
- ・ 降雪量(同時刻)かつ降雪量(1h前)が0で、風速(同時刻)かつ風速(1h前)が1 m/s以下

この条件に当てはまるデータは予測RVI=1とし、そのデータについて、重回帰分析(4)による予測精度と比較すると、予測精度の向上が見られた。

表3 重回帰分析(2)(3)における説明変数の候補

気温	同時刻	1h前	2h前
風速	同時刻	1h前	2h前
降雪量	同時刻	1h前	2h前
気温^2	同時刻	1h前	2h前
風速^2	同時刻	1h前	2h前
降雪量^2	同時刻	1h前	2h前
気温*風速	同時刻	1h前	2h前
気温*降雪量	同時刻	1h前	2h前
風速*降雪量	同時刻	1h前	2h前

表4 仮説( ) ( )による分析の決定係数比較

	重回帰(1)	重回帰(2)	重回帰(3)	重回帰(4)
スキー場前	0.36	0.40	0.44	0.54
KP44.6	0.37	0.43	0.46	0.55
KP43.5	0.34	0.43	0.45	0.52

表5 仮説( ) ( )による分析のRVI予測精度比較

		重回帰(1)	重回帰(2)	重回帰(3)	重回帰(4)
		的中率	68.2	70.5	71.5
スキー場前	広義的中率	79.5	79.1	79.4	79.0
	見逃し率	5.9	5.6	4.6	5.6
	的中率	53.9	61.1	61.8	56.2
KP44.6	広義的中率	79.6	78.9	78.2	75.9
	見逃し率	3.4	2.8	2.6	2.3
	的中率	55.3	63.3	63.3	58.2
KP43.5	広義的中率	77.0	77.9	77.3	77.0
	見逃し率	4.0	3.5	3.2	2.9

(単位: %)

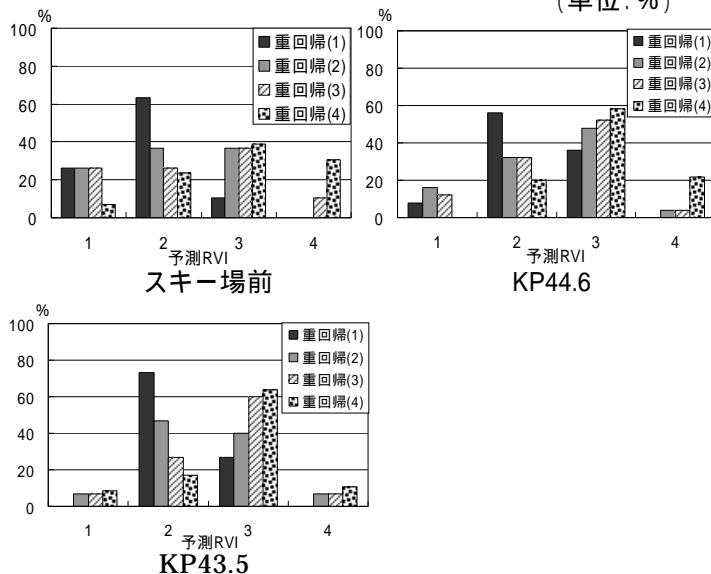


図2 実況RVI=4のときの地点別の予測RVI

表6 仮説( ) ( )に基づく分析のRVI予測精度比較

		重回帰(4)	重回帰(5)	重回帰(6)
		的中率	65.1	63.5
スキー場前	広義的中率	79.0	79.4	82.4
	見逃し率	5.6	4.0	2.6
	的中率	56.2	61.0	67.2
KP44.6	広義的中率	75.9	77.1	78.0
	見逃し率	2.3	2.2	2.2
	的中率	58.2	58.1	65.9
KP43.5	広義的中率	77.0	76.7	80.2
	見逃し率	2.9	2.6	2.6

(単位: %)

c) 重回帰分析(6)

仮説 ( ) に基づき、4-(3)-b) で示した気象条件に当てはまる観測データについて、重回帰分析(5)と同様の手法で重回帰分析を行った。

d) 重回帰分析(5)(6)分析結果

決定係数については、観測データを分類しているため重回帰分析(4)との比較は難しいが、重回帰式を用いなくても RVI を予測できる観測データ以外で重回帰分析を行った結果、決定係数は低下してしまう傾向にある。しかし、表 6、図 3 に重回帰分析(5)(6)の分析結果を示す通り、的中率、広義的中率については上昇の傾向にあり、見逃し率は下降し、精度の改善が見られた。次に図 3 を見ると、重回帰分析(4)に比べ重回帰(5)(6)では、RVI=1,2 と予測するケースが減少し、RVI が的中するケースが増加していることがわかる。

以上より、重回帰分析(5)(6)では、視界不良時の予測の観点では、精度の向上が見られた。

5 . 本研究のまとめ

本研究では、容易に入手できる気象データから視界レベルを予測する手法を明らかにすることを目的として分析を進めてきた。その中で 5 つの仮説は特に、視界不良時の予測精度の向上に繋がるものであった。また、図 4 からわかるように、一連の分析で、的中率広義的中率は上昇に繋がらなかったケースもあったが、概ね上昇の傾向にあり、見逃し率は下降の傾向にある。視界情報を入手するドライバーにとっては、特に視界不良時の予測情報の価値が高いと考えられる。よって、本研究では、重回帰分析(6)を視界予測の手法とし、今後、この手法により構築された予測モデルを用いることで、CCTV カメラの設置されていない地点における視界予測に繋げていく。

また、本研究の課題としては、視界不良時の視界予測精度は改善されつつあるものの、依然として実況 RVI=4 のときにおける的中率が低いことが挙げられる。原因の 1 つとして、気象データと視界データの時刻が完全に一致していないことが挙げられる。突発的な気象の変化による視界悪化が起きたときには、気象データが対応できていない可能性が高い。また、気象メッシュデータの時間的空間的な精度も考えなければならぬ。

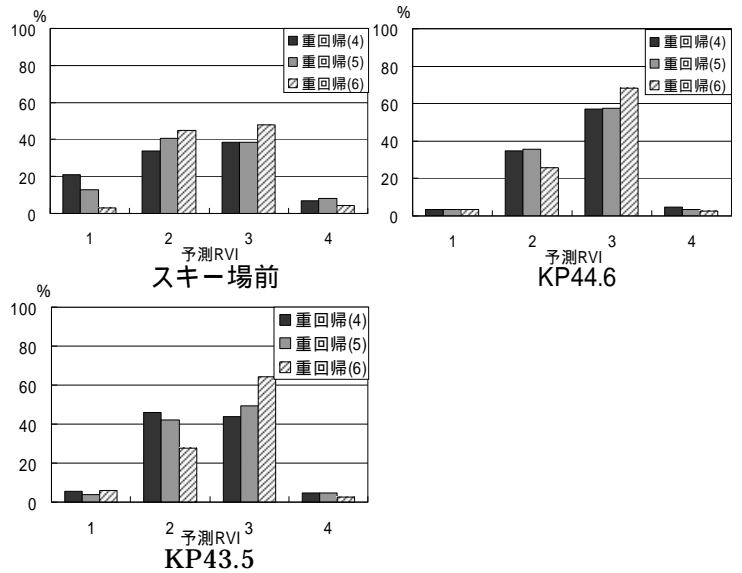


図 3 実況 RVI=3 のときの地点別の予測 RVI

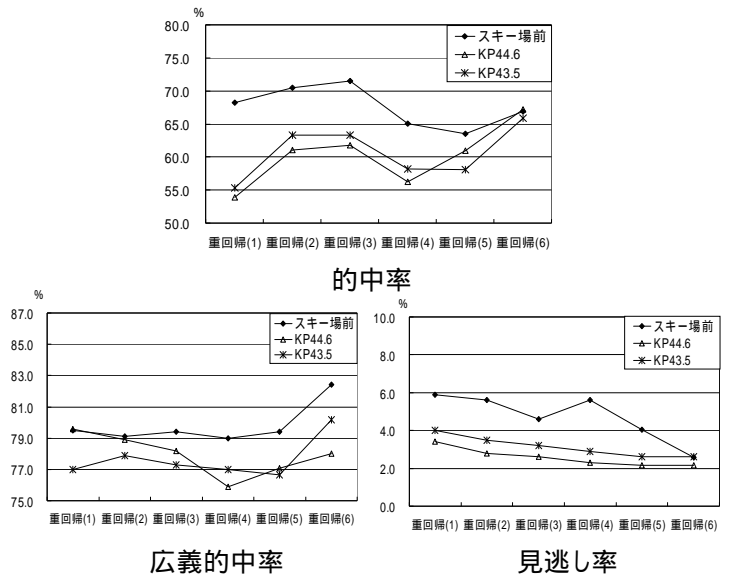


図 4 的中率、広義的中率、見逃し率の推移

参考文献

- 1) 鈴木武彦ほか：冬期道路の高度情報提供システムの開発, 第 2 回 ITS シンポジウム 2003, 179-184 頁, 2003
- 2) 古川武彦：わかりやすい天気予報の知識と技術, オーム社, 平成 10 年
- 3) Hagiwara, T., et al. : Method of Processing Closed-Circuit Television Digital Images for Poor Visibility Identification, Journal of the Transportation Research Board No. 1973, pp 95-104, 2006.
- 4) 松澤勝：吹雪時の視程推定手法とその活用に関する研究, 寒地土木研究所報告, 第126号, 2006年