

AIを利用した視程低下の自動判定について

張 尚勛^{*1}、 栗原 真基^{*1}、 柴田 練^{*2}、 土橋 博文^{*3}

1. はじめに

道路管理上において霧または吹雪・地吹雪による視程障害は交通安全確保の観点から非常に重要な要素である。特に積雪寒冷地では、霧及び吹雪・地吹雪(降雪含む)の複合的な影響による視程障害がしばしば発生する。視程障害発生中の事故は後続車からの発見が遅れやすく、多重衝突事故に発展する事例も少なくなく、地域社会に与える影響が非常に大きくなることから、対策手法の確立が急務となっている。

高速道路及び一般国道の視程障害多発箇所等の交通障害の発生リスクが高い箇所には殆どの場合CCTV (ITV) が設置され、交通・気象・路面状況等の把握に活用されている。しかし、多くの場合それらの状況把握は監視員による画像チェックに頼るため、多大な人員、労力を要するのみならず状況把握の遅延、誤認、見逃しが発生する危険性が高く、適時の交通規制や通行止めが実施できない可能性がある。

こうしたことから、CCTV画像からAIにより自動かつ正確に視程低下状況の判断ができ、適時にアラームなどで道路管理者に状況を通知できれば、交通安全確保及び効率的・効果的な道路管理に非常に役立つことが予想される。

ここでは、CCTV画像の代わりに普及が進んでいるウェブカメラの画像を用いて、AIを利用した視程低下の自動判定を試みたので報告する。

2. 概要

2020年度冬期(11月～3月)に東北自動車道(北上管理事務所管内)において、5ヶ所にウェブカメラを設置し1分毎の画像(800×450)を取得するとともに、視程の目視判断を行った。

目視判断は、現地において視程階級毎に目標物を定め、画像から目視により目標物を確認し、視程階級を判断した。視程階級は表1に示した通り①～⑥とした。写真1に目標物の設定状況、昼間と夜間の目標物の見え方の一例を示す。

表1 視程階級

視程階級	判断基準	備考
①	視程50m以下	視程階級⑤、⑥は箇所毎の300m超の設定可能目標物により設定
②	視程50～100m	
③	視程100～200m	
④	視程200～300m	
⑤	視程300～400m或は300～600m	
⑥	視程400m超或は600m超	

* 1 株式会社応用気象エンジニアリング、

* 2 東日本高速道路株式会社東北支社北上管理事務所

* 3 株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北

このように膨大な数の画像とそれに対応する人間の目で見えて判断した視程階級のデータが取得できたので、その一部のデータを教師データとし、AIによる視程低下の自動判定モデルを構築し、視程低下が見られた別の日の画像を用いてモデルの評価を行った。モデルの構築及び評価には各箇所合わせて約3万枚の画像を用いており、作業はインテルCore i5 プロセッサ搭載の通常作業用のノートパソコンで行った。



写真1 目標物の設定状況及び昼間(左)と夜間(右)の目標物の見え方(一例)

3. モデルの構築

画像認識に適した手法であるディープラーニングの畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いて、視程低下を6段階で自動判定するモデルをPythonにより構築した。なお、視程低下は霧、吹雪・地吹雪、及び両方により発生しているが、ここでは視程低下原因を区別せず、また昼夜も区別せず、一つのモデルで判定することを目標とした。

また、モデルは画像全体を読み込みエリアとしていることから、箇所が違えば背景等が違い、モデルの判定精度に影響が大きいことが予想されるため、箇所毎に1つのモデルを構築した。

写真2に吹雪・地吹雪、霧発生時の代表的な画像を示す。

視程階級を6段階で判定するモデル構築に用いた教師データは、視程低下が確認された11日間(約15000枚の画像)～13日間(約18000枚の画像)のデータであり、一般的なCNNモデル構築の手法を用いた。

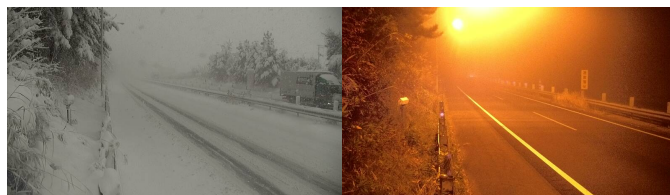


写真2 代表的な視程低下時画像
(左：吹雪・地吹雪、右：霧)

なお、教師データの8割を訓練用、2割をテスト用とし、畳み込み処理を2回実施し、ユニット数が512個のネットワークを作成し、モデルコンパイル時のepochsは100に設定した。

4. 自動判定結果

前項で構築した視程階級を6段階で自動判定するモデルにより、視程が低下した7日間(約10000枚の画像)～8日間(約11000枚の画像)の画像から視程低下判定を行った。

なお、ここでは主に視程低下の程度が大きい箇所Aと箇所Bの判定結果について報告し、他の箇所については割愛する。

4.1 時系列図

視程50m以下は50m、視程50～100mは75m、視程100～200mは150m、視程200～300mは250m、視程300～600mは450m、視程600m超は1000mとして、目視判断及びAI判定による時系列変化を求めた。なお、箇所A、箇所Bとも階級⑤は視程300～600m、階級⑥は視程600m超であった。

図1及び図2に箇所Aと箇所Bの時系列図を示す。なお、図中の目視判断とAI判定に大きな差異が見られた時の画像を写真3及び写真4に示す。

図1及び図2から、霧及び吹雪・地吹雪による視程低下時とも目視で視程が低下する場合はAI判定でも視程が低下する傾向であり、目視判断とAI判定の視程は概ね合致していることが分かった。特に目視判断で視程が300m以下の場合は、AI判定でも殆どの場合は視程が低下したと判定され、視程が大きく下がる場合は視程低下の判定精度が高い傾向であった。

また、写真3及び写真4の目視判断とAI判定に大きな差異が見られた時の画像から、視程低下を過大判定した空振りの場合は、CCTVカメラのピンボケやカメラドームの汚れ、ヘッドライト等の影響が関与している可能性があることが分かった。

写真4(1)の見逃し時の写真からは通過車両による視界遮断は時には見逃しの判断に繋がる可能性もあることが分かった。これは写真4(3)の見逃し時も含め、教師データの不足、または過学習に起因するのではないと思われる。

4.2 精度評価

箇所Aと箇所Bの構築モデルによるそれぞれ箇所のAI判定の精度評価を行い、その結果を表2、表3に示す。

精度評価には、視程低下推定の精度評価に良く用いられる方法¹⁾²⁾である「空振り」、「1ランク空振り」、「完全適中」、「1ランク見逃し」、「見逃し」の各率

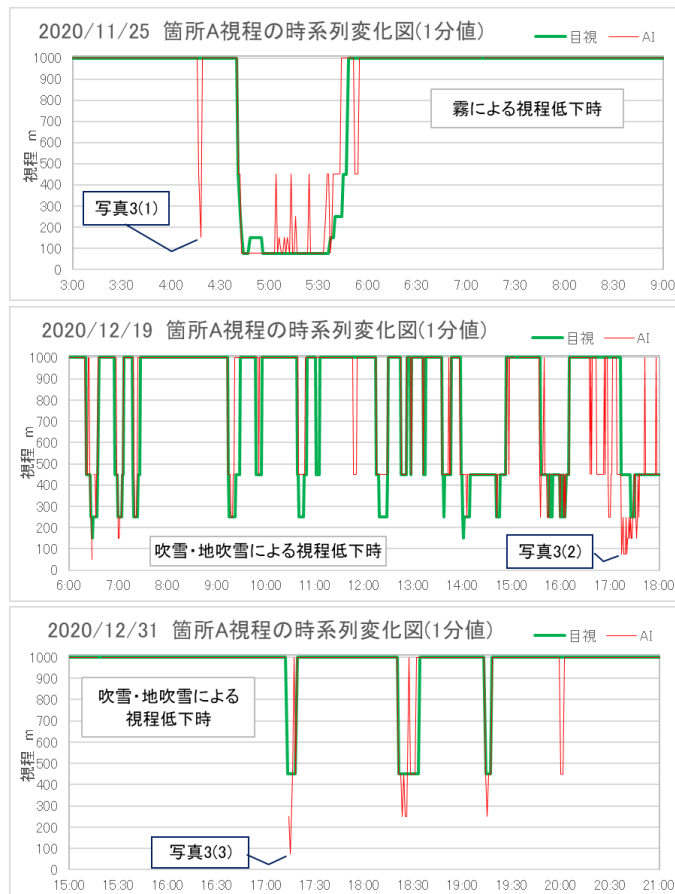


図1 箇所Aの代表的な時系列図

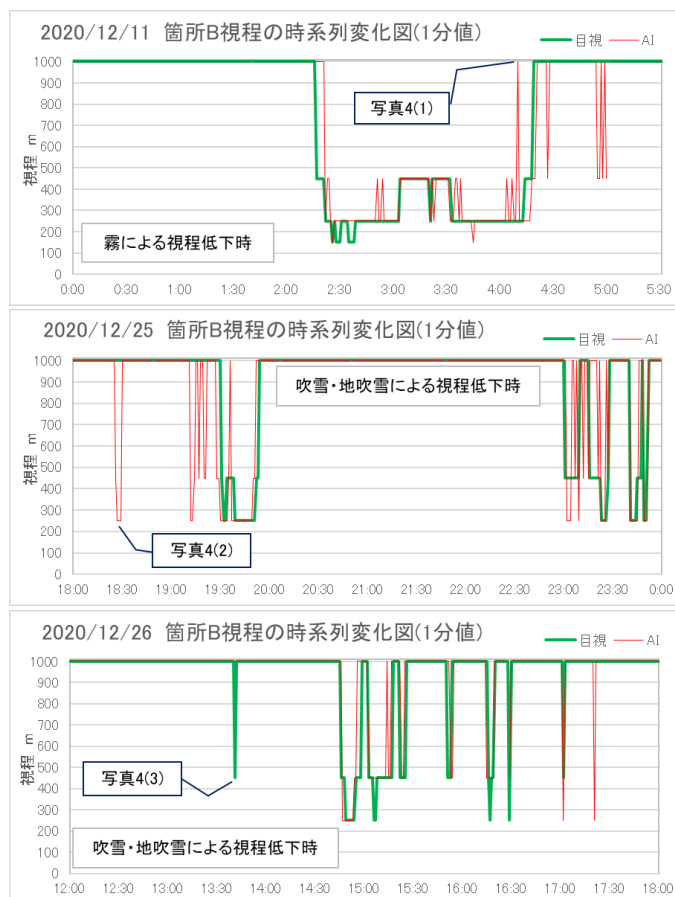


図2 箇所Bの代表的な時系列図



写真3 目視判断とAI判定に大きな差異が見られた時の
代表的な画像(箇所A)



写真4 目視判断とAI判定に大きな差異が見られた時の
代表的な画像(箇所B)

をもって評価した。なお、今回は視程が低下していない
場合のデータが多く、発生頻度の低い現象に対する精度評価に気象分野で広く用いら
れている指標であるスレツスコアも用いた。各指標の算
出方法は表の中に記載している。

視程低下原因の霧と雪、発生時間帯の昼と夜の区別を
しないで視程低下の自動判定を行っているが、箇所Aでの
完全適中率は89.8%であり、「1ランク空振り」と「1
ランク見逃し」を合わせると98.8%と非常に高い適中率
であった。箇所Bでは完全適中率が98.0%であり、「1ラ
ンク空振り」と「1ランク見逃し」を合わせると99.8%
とより高い適中率であった。

表2 箇所Aにおける自動判定の精度評価結果

視程低下原因		霧、吹雪・地吹雪(降雪含む)、或は両方同時					
件数(箇所A)		目視による視程判断結果(正解)					
		階級①	階級②	階級③	階級④	階級⑤	階級⑥
AIによる 視程判定 結果	階級①	0	1	1	1	0	0
	階級②	0	39	18	4	7	1
	階級③	0	10	13	13	8	9
	階級④	0	3	15	52	231	52
	階級⑤	0	5	7	79	374	340
	階級⑥	0	0	4	18	200	8511
合計		0	58	58	167	820	8913
見逃し率%		0.4 (橙色セル合計/総ケース)					
1ランク見逃し率%		3.0 (黄色セル合計/総ケース)					
完全適中率%		89.8 (ピンク色セル合計/総ケース)					
1ランク空振り率%		6.0 (緑色セル合計/総ケース)					
空振り率%		0.8 (青色セル合計/総ケース)					
スレツスコア		31.8 (階級⑥を除いたピンク色セル合計/(総ケース - 階級⑥のピンク色セル))					
スレツスコア (1ランク許容)		89.7 (目視の階級⑥を除いたピンク・黄・緑色セル合計/(総ケース - 階級⑥の緑・ピンク色セル))					

表3 箇所Bにおける自動判定の精度評価結果

視程低下原因		霧、吹雪・地吹雪(降雪含む)、或は両方同時					
件数(箇所B)		目視による視程判断結果(正解)					
		階級①	階級②	階級③	階級④	階級⑤	階級⑥
AIによる 視程判定 結果	階級①	0	0	0	0	0	0
	階級②	0	0	0	0	0	0
	階級③	0	0	1	1	0	0
	階級④	0	0	7	102	50	23
	階級⑤	0	0	0	22	73	62
	階級⑥	0	0	0	3	63	11040
合計		0	0	8	128	186	11125
見逃し率%		0.0 (橙色セル合計/総ケース)					
1ランク見逃し率%		0.8 (黄色セル合計/総ケース)					
完全適中率%		98.0 (ピンク色セル合計/総ケース)					
1ランク空振り率%		1.0 (緑色セル合計/総ケース)					
空振り率%		0.2 (青色セル合計/総ケース)					
スレツスコア		43.2 (階級⑥を除いたピンク色セル合計/(総ケース - 階級⑥のピンク色セル))					
スレツスコア (1ランク許容)		92.5 (目視の階級⑥を除いたピンク・黄・緑色セル合計/(総ケース - 階級⑥の緑・ピンク色セル))					

スレットスコアは、箇所Aは31.8%、箇所Bは43.2%と低い、「1ランク空振り」と「1ランク見逃し」を許容すると、それぞれ89.7%、92.5%と非常に高い結果であった。

箇所A及び箇所BのAIによる自動判定の精度は非常に高く、現状でも道路交通管理に十分役立つと思われる。

4.3 モデルの他地域への適用(汎用性)検討

前項までは同一地点で構築したモデルによる判定を行ったが、ここではモデルの他地域への適用(汎用性)を検討するため、視程低下時の教師データが最も多い箇所Aで構築したモデルによる箇所Cの視程低下の判定を試みた。

代表的な時系列図を図3、精度評価結果を表4に示す。

箇所Aの構築モデルによる箇所CのAI判定は、箇所Cの目視判断の視程階級よりも低い視程の判定、また視程低下が見られない時の視程低下判定が目立つ結果であった。

また、その精度は、完全適中率が81.6%、1ランク空振り」と「1ランク見逃し」を合わせると90.3%と高い結果であったが、空振りも多く、スレットスコアも低い結果であった。

空振りケースを見ると、その殆どの場合は通過車両、ヘッドライト、カメラドームの汚れ、ピンツブレ等が発生したケースであり、その影響によるものと思われる。なお、同一地点で構築したモデルによる判定でも同様な原因による影響が生じているが、教師データにより学習され、その影響は限定的なものになる。しかし、他地域は映る背景、構造物、照明環境、受けるライトの強さ、汚れの場所、ピンボケ時の映り方等が異なるため、影響が拡大され、判定に大きな影響を及ぼすのではないかと推測される。

精度向上には判定に用いる画像範囲の選択、視程低下時の教師データ追加等が有効である可能性はあるが、視程による交通障害重要箇所では、対象箇所教師データを作成し、モデル構築を行うことが確実性の高い視程判定の最も有効な手段であると思われる。

5. 終わりに

視程低下の原因である霧と吹雪・地吹雪等の雪、及び昼と夜等の発生時間帯を区別せず視程をAIにより6段階(視程階級①～⑥)に自動的に判定するモデルを構築し、判定結果を検証した結果、目視判断とAI判定の視程は概ね合致し、完全適中率は90～98%、「1ランク空振り」と「1ランク見逃し」を加えると98.8～99.8%と非常に良い精度で判定可能であった。

モデルを他地域へ適用するには課題が残るものの、対象箇所毎にモデルを作成すると十分実用的な判定精度が

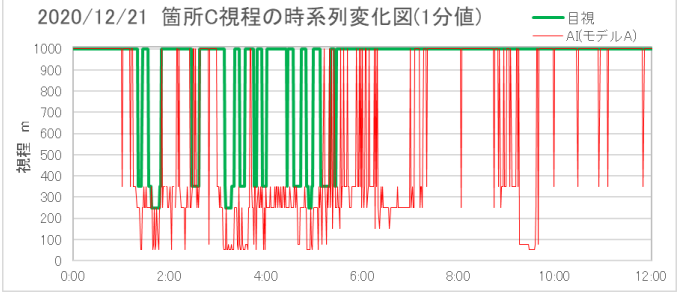


図3 箇所Aのモデルにおける箇所Cの判定結果の代表的な時系列図

表4 箇所Aのモデルにおける箇所Cの判定精度評価結果

モデル		箇所Aのモデルで箇所Cを判定						
件数(箇所C)		目視による視程判断結果(正解)						合計
		階級①	階級②	階級③	階級④	階級⑤	階級⑥	
AIによる 視程判定 結果	階級①	0	1	23	48	52	161	285
	階級②	0	0	6	12	36	106	160
	階級③	0	0	7	5	6	25	43
	階級④	0	0	10	53	88	493	644
	階級⑤	0	0	1	8	71	646	726
	階級⑥	0	0	0	5	107	8026	8138
合計		0	1	47	131	360	9457	9996
見逃し率%		0.1 (橙色セル合計/総ケース)						
1ランク見逃し率%		1.3 (黄色セル合計/総ケース)						
完全適中率%		81.6 (ピンク色セル合計/総ケース)						
1ランク空振り率%		7.5 (緑色セル合計/総ケース)						
空振り率%		9.6 (青色セル合計/総ケース)						
スレットスコア		6.6 (階級⑥を除いたピンク色セル合計/(総ケース - 階級⑥のピンク色セル))						
スレットスコア (1ランク許容)		26.9 (目視の階級⑥を除いたピンク・黄・緑色セル合計 / (総ケース - 階級⑥の緑・ピンク色セル))						

得られた。
今後は更に気象予報との組み合わせ等により、より正確な交通規制や事前通行止・規制解除の予測も視野に入れた開発を続けていきたい。

参考文献

1) 西村敦史, 國分徹哉, 武知洋太, 大宮哲, 松澤勝: 5 冬期にわたるインターネットによる「吹雪の視界情報」提供実験の成果と今後の取組について, ゆきみらい2018 in 富山, 第30回研究発表会論文集

2) 武知洋太, 大宮哲, 原田裕介, 大久保幸治, 松澤勝: 気象条件を用いた吹雪時の視程推定手法の精度改善に向けた分析-北海道と青森県における観測結果により-, 寒地土木研究所月報, No. 805, pp. 58-65, 2020