

CCTVカメラの画像処理を用いた 暴風雪時の視程障害検知に関する研究

中村 裕貴¹ 萩原 亨² 永田 泰浩³

¹学生会員 北海道大学大学院 工学院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail:yuki-nakamura@eis.hokudai.ac.jp

²フェロー 北海道大学大学院 工学研究院 (〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目)

E-mail:hagiwara@eng.hokudai.ac.jp

³正会員 一般社団法人 北海道開発技術センター (〒001-0011 札幌市北区北11条西2丁目2-17)

E-mail:nagata@decent.or.jp

北海道内でも、特に風雪による視界不良が発生しやすい、根室中標津方面の国道における冬季期間の道路カメラ画像を対象とし、CCTVカメラで撮影された画像データの処理・解析を行った。画像に対し定量的な評価値であるWIPSを算出し、その数値変化とアメダスなどの気象データから、カメラ付近の風速の推移を辿ることで、視界不良の検知を試みた。風雪による視界不良は、天候が穏やかな時でも、気温が低く地上に堆積した乾いた雪が、突発的な風により舞い上げられることで生じる場合がある。そこで、従来のGPVやアメダスなどの気象レーダーでは捉えきれない視界不良に対し、画像処理を用いてアプローチをかけることで、より高精度な情報の作成による、暴風雪時のリスク回避への貢献を目指す。WIPSの数値変化と風速の推移の結果から、強い風により視界が芳しくない状況になると、WIPSの値は下落する傾向にあり、WIPSの数値変化と視界不良には関連性があることが示された。このことから、既存の気象データとの複合的な組み合わせにより、WIPSという評価値が道路管理の効率化、および防雪計画の策定などを行う上で、有為な指標となり得ることが明らかとなった。

Key Words : *image processing, driver's visibility, road management*

1. はじめに

近年、地球規模で様々な場面において、これまでの知識・経験だけでは対応しきれない事象が頻発している。北海道の自然災害へ焦点を当てると、2016年の台風上陸や、道東方面への爆弾低気圧による大雨・高潮被害などが挙げられる。また、冬季には複数の暴風雪により吹きだまりや視界不良が発生している。道路交通など人々の暮らしに影響を及ぼすことから、気象による障害や被害を最小限にすることが求められている。

地上の視程障害を知るため、永田・萩原らはCCTVカメラの画像から視界情報を自動的に算出し、道路管理者に視界情報を提供するシステムを構築した¹⁾。視界情報提供システムの構築のみならず、吹雪量や吹き溜まり高さの推計技術の開発に関する研究なども行った。

視程障害は、気象レーダーに映る雲がなくても、地上に堆積した乾いた雪が、風により舞い上げられることで、発生する場合もある。このような視界不良は、道路交通に影響を与える可能性があるにも関わらず、検知は難し

い。

本研究では、画像から道路の視界情報を得るために、北海道内の道路に設置されたCCTVカメラの画像に処理・解析を施す。定量的な視界評価指標のWIPSを画像から推定し、その数値変化と気象情報から、気象レーダーでは捉えきれない視程障害を捉えうることを検証する。

2. 研究手法

2.1. WIPSについて

WIPS(Weighted Intensity of Power Spectra)は、以下の手順で求められる。256階調のグレースケールのデジタル画像に、画素濃度を用いて周波数分析する。パワースペクトルを算出し、空間周波数に用いられる単位をcppからcpdへ変換する。その後、人間のコントラスト感度が最高となる帯域において、パワースペクトルを合計する。

WIPS値が大きいくほど、コントラストの対比が鮮明で、画像は見えやすい。吹雪や霧となると画像内の対象物が

あいまいとなりWIPS値は低くなる。

2.2 画像の切り出し位置

WIPSは、画像を切り出す位置によって空間周波数が異なりその値は変化する。本研究では、画像に表示される道路情報の文字などの影響で、視界不良が発生しても数値が高く算出されることを防ぐため、図-1の9箇所においてWIPSを推定した。視界不良が発生すると、WIPS値は低くなる。分析には9箇所算出されたWIPS値の最低値を用いることにした。

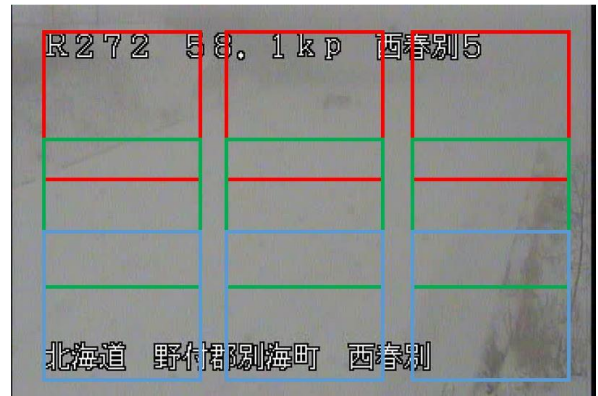


図-1 9か所の切り出し位置

2.3 対象エリアとカメラの選択

本研究の対象エリアとして、根室中標津方面の道路カメラを画像処理の対象エリアとした(図-2の丸枠エリア)。対象エリアには、表-3に示す20箇所のCCTVカメラがある。各CCTVカメラで撮影された道路画像を分析した結果、視界不良が見られたCCTVカメラは、越川2、標津町北、中標津町の3つであった。これらのCCTVカメラを解析対象とし、3章にて実例を踏まえながら検証する。



図-2 対象エリア

2.4 視界不良日時

対象とする3つのCCTVカメラにて、2016年12月1日～2月21日の解析対象期間内に、視界不良が起きた日を特定した。2016年は、12月6日・9日・11日・27日に起きていた。2017年は、図-4に示す「吹雪丸」のアクセスが多かった日時と近い、1月23日、2月19日に視界不良が発生した。以上を踏まえ、12月上旬、1月下旬、2月中旬の6日間を本研究の分析対象日時とした。「吹雪丸」とは、株式会社シー・イー・サービスが主体となって運営し、道路管理者向けにリアルタイムな吹きだまりや、視界不良の情報を提供しているシステムサイトのことを指す²⁾。

表-3 選択したカメラの一覧

	国道番号	地点名
視界情報提供地点	R243	西春別1
	R243	計根別
	R243	西春別2
	R243	シカルナイ
	R243	別海
	R244	金山
	R244	標津町北標津
	R244	尾岱沼1
	R244	九虫橋
	R272	西春別3
	R272	共春
	R272	西春別カーブ
	R272	上春別2
R272	上春別	
R272	中標津町堺	
参考情報算出地点	R240	ピリカネツプ
	R243	古梅
	R244	越川2
	R335	標津町崎無異2
	R44	熊牛原野

TOPページアクセス数 ■ Top ■ 注意報 ■ 警報

2.5 分析に用いる気象観測点

視界と気象のリアルタイムな変化を知るために、カメラに近い気象観測点のデータを集め、分析に用いた。対象カメラと対象の地域気象観測システム(通称アメダス)の観測点は以下の通り。

- ・越川2カメラ：斜里アメダス、根北峠テレメータ
- ・標津町北カメラ：標津アメダス、根北峠テレメータ
- ・中標津町カメラ：根室中標津アメダス

3. 分析結果

3.1. WIPS分布

図-5(1)～(3)は、分析対象とした3つのCCTVカメラで撮影された画像のWIPSの分布図と、3.2で掲載する各カメラで視界不良が発生した日時のWIPSを抽出した分布図

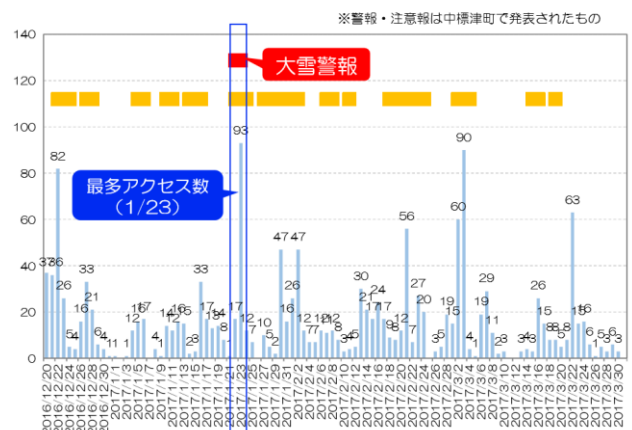


図-4 吹雪丸の日時別アクセス数分布

である。全体の分布図では、WIPS値の多くは10前後に分布しているのに対し、視界不良時は7～9の低値帯域へと分布の領域が変わっている。したがって、天候が安定し視界が良好な時は、WIPSは10前後の数値帯域において分布する。WIPSが7～9前後など低値であれば、視界不良が発生している可能性があるため、数値判断からの視界不良検知に有為であると考えられる。

また、越川2カメラの分布は、標津町北カメラ、中標津町カメラのWIPS分布とは異なり、WIPSの分布が8前後と10前後の2カ所へ分散している。要因として、越川2カメラで撮影された道路画像は、路面が圧雪状態でありコントラストが低く、視界不良が発生していない状態でも、WIPSが低く算出されたためと考えられる。

3.2. 気象とWIPSの比較

(1) 国道244号 越川2カメラ

①2016年12月27日

最初の事例は、2016年12月27日午前11時に、国道244号越川2カメラで捉えた視界不良である。斜里地点の地域気象観測システムデータによると、日中の降水量は0mmだった。気温は、前日の12月26日18時頃より氷点下となり、20時や22時、23時30分には0.5mmの降水が観測されていた。したがって、前日に降り堆積した雪が、翌日に風速が上昇したことにより舞い上げられ、視界不良が発生したと推測される。斜里アメダス地点より、越川2カメラに近い位置に設置されている、図-6(2)の根北峠のテレメータによる観測データでは、視界不良が生じる直前に風速は上昇しているが、その後は収束し、WIPSも9付近の数値帯域にて推移している。

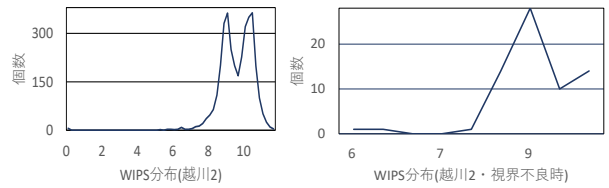
この事例では、斜里アメダスと根北峠テレメータにて、風速の推移に差が見られた。これは、設置されている場所や、観測点の地表からの高さの差異などに起因すると考えられる。しかし、双方のデータから得られる結果を複合的に用いることで、風による視界不良の検知の精度向上に寄与できると考える。

②2017年2月19日

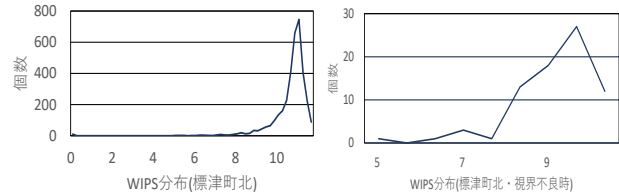
次の事例は、2017年2月19日10時30分に、越川2カメラ地点で発生した視界不良である。斜里アメダスのデータによると、降水は終日0mmであった。最大瞬間風速が強く、風速の上昇と共にWIPSが下降していることから、急な風により生じた視界不良を捉えたと推測される。(道路画像の変化は、図-7(3)に掲載している。)

また、図-7(1)に示す、当時の斜里アメダスデータによると、2日前の2月17日15時以降に気温が氷点下となり、時折0.5mmの降水が記録されていた。18日から19日にかけては、終日氷点下8℃前後の厳しい寒さが続いており、2日前に降った雪が気温の低下により乾き、風が

(1) 越川2カメラ



(2) 標津町北カメラ



(3) 中標津町カメラ

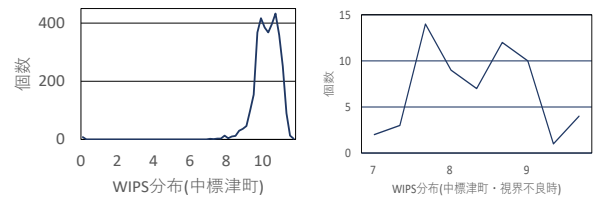
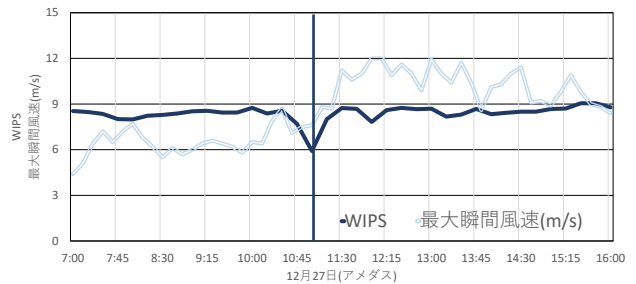
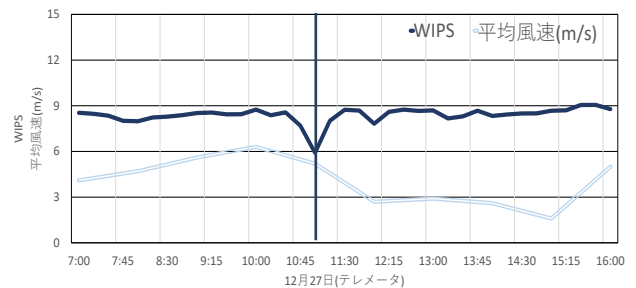


図-5 WIPS分布

(1) 斜里アメダスデータとWIPS[12月27日]



(2) 根北峠テレメータデータとWIPS[12月27日]

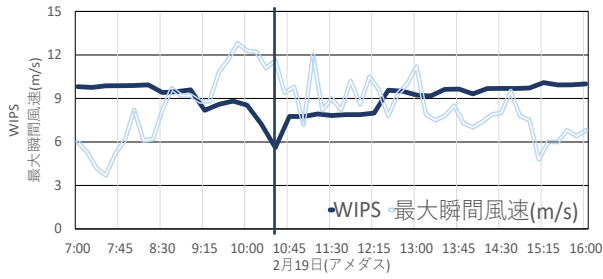


(3) 視界の変化[12月27日]

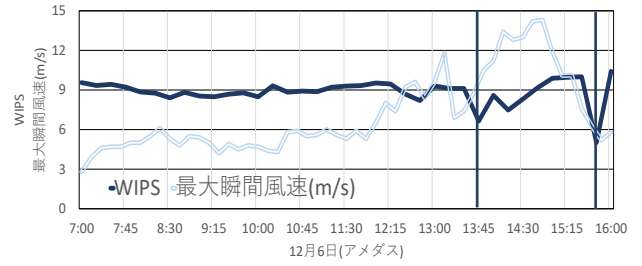


2016/12/27 10:30 WIPS:8.6 2016/12/27 11:00 WIPS:5.9
図-6 気象と視界の変化[越川2カメラ]

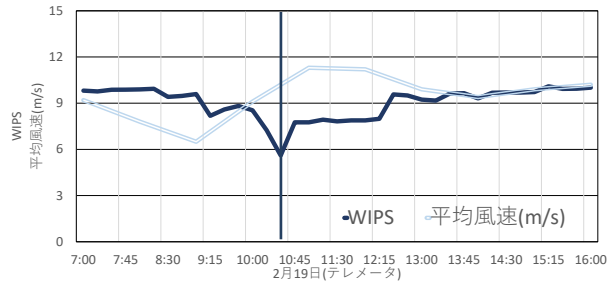
(1) 斜里アメダスデータとWIPS[2月19日]



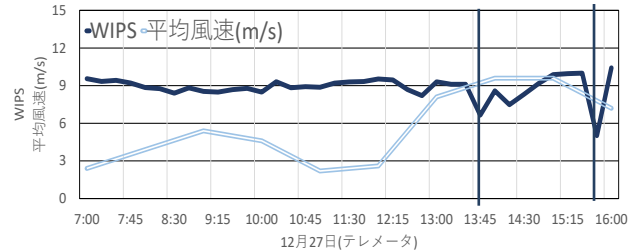
(1) 標津アメダスデータとWIPS[12月6日]



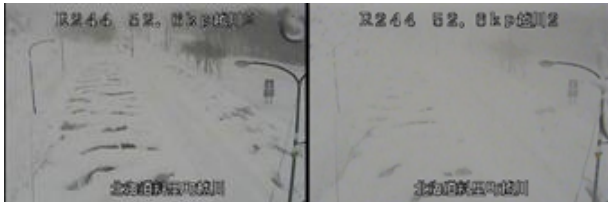
(2) 根北峠テレメータとWIPS[2月19日]



(2) 根北峠テレメータとWIPS[12月6日]



(3) 視界の変化[2月19日]



2017/02/19 10:00 WIPS:8.5 2017/02/19 10:30 WIPS:5.6
図-7 気象と視界の変化[越川2カメラ]

(3) 視界の変化[12月6日]



2016/12/06 13:15 WIPS:9.1 2016/12/06 13:45 WIPS:6.7

強まったことで舞い上げられ、視界不良を発生させたと考えられる。

図-7(2)に示す、根北峠テレメータの風速データと、越川2カメラ画像のWIPSの推移を調べ、関連性を検証したところ、斜里アメダスデータの風速と変化が類似する結果となった。

(4) 視界の変化[12月6日15時45分前後]



2016/12/06 15:30 WIPS:10.0 2016/12/06 15:45 WIPS:5.0

(2) 国道244号 標津町北カメラ

①2016年12月6日

国道244号標津町北カメラで発生した視界不良のうち、最初の事例は、図-8(3)の2016年12月6日13時45分に発生した視界不良を捉えたものである。標津地点の地域気象観測システムによると、当時午前中から正午過ぎにかけて0.5mmの降水が観測されており、視界不良発生時刻は降水量0mmであった。したがって、午前中に降った雪が、図-8(1), (2)に示す風速の変化と共に、視界不良を発生させたと推測される。

また、この日は15時45分にも、図-8(4)の一時的な視界不良が発生した。標津アメダスデータでは、その時間帯は風速は収束していた。標高の近い根北峠テレメータによると、図-8(2)に示す通り、標津アメダスの観測値

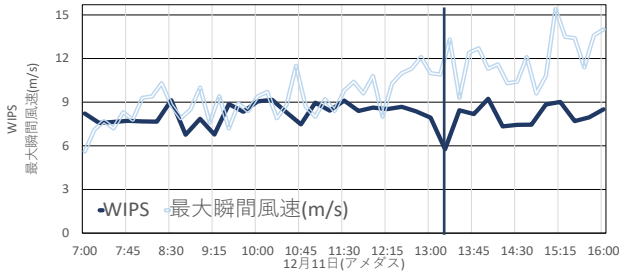


2016/12/06 16:00 WIPS:10.4 2016/12/06 15:45 金山地点
図-8 気象と視界の変化[標津町北カメラ]

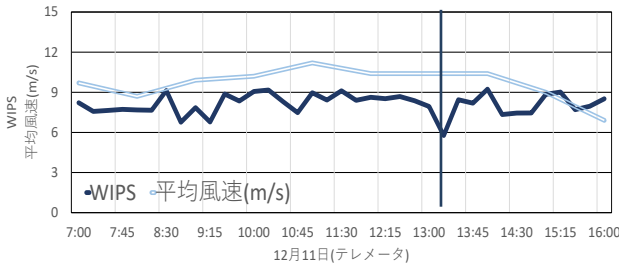
より、風速は大きい値で変化をしており、吹雪により発生した視界不良ではないかと考えられる。

標津町北カメラに隣接して設置されている、金山カメラの同時刻の画像を分析すると、視界不良は生じていない。それゆえ、一時的にこの地点へ急な風が流れ込み、

(1) 標津アメダスとWIPS[12月11日]



(2) 根北峠テレメータとWIPS[12月11日]



(3) 視界の変化[12月11日]



2016/12/11 12:15 WIPS:8.5 2016/12/11 13:15 WIPS:5.8
図-9 気象と視界の変化[標津町北カメラ]

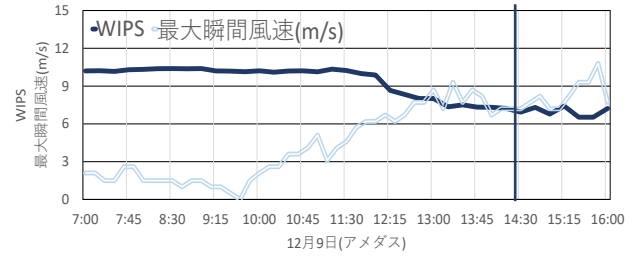
視界不良を発生させたのではないかと推測される。このような視界不良は、画像処理による検知の有為性が発揮される場面の一つであると考えられる。

② 2016年12月11日

次の事例は、5日後の12月11日13時15分に捉えた視界不良である。この日は天候状況が良好ではなく、視界不良の発生時刻前後でも、レンズに水滴が付着し、画像が見えづらい状態となっている。しかし、視界は確保されており、標津アメダスデータによると、降水量は終日0mmではあるが、2日前の12月9日正午過ぎから0.5mm~1mmの降水が観測されていた。降水時の気温は0℃前後とやや高いものの、その後徐々に気温を下げ、10日から11日にかけては氷点下5℃前後で推移していた。したがって、2日前に降雪した雪が、気温の低下により乾燥し、風により舞い上がり、視界不良を発生させたと考えられる。(図-9(3))

図-9(1), (2)にそれぞれ示した標津アメダスと根北峠テレメータの推移では、風速の変化に差がある。しかし、標津町北カメラとの距離や、地表からの高さを踏まえると、根北峠テレメータのほうが標津町北カメラに近

(1) 根室中標津アメダスとWIPS[12月9日]

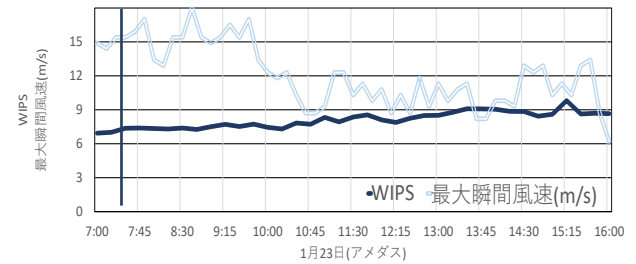


(2) 視界の変化[12月9日]



2016/12/09 13:30 WIPS:6.9 2016/12/09 14:30 WIPS:6.5
図-10 気象と視界の変化[中標津町カメラ]

(1) 根室中標津アメダスとWIPS[12月9日]



(2) 視界の変化[1月23日]



2017/01/23 07:30 WIPS:7.4 2017/01/23 10:30 WIPS:7.8
図-11 気象と視界の変化[中標津町カメラ]

いため、信頼性は高いと考えられる。一つ前の、12月6日の事例では両者に大きく風速の変化に差がないのに対し、この事例では差があるのは、降雪状況や気圧の配置により、風向・風速が常に変化することが要因であろう。

(3) 国道272号 中標津町カメラ

① 2016年12月9日

国道272号中標津町カメラでは、2016年12月9日に視界不良を捉えた。ここでは、中標津町カメラに近い、根室中標津地点の地域気象観測システムデータを用いる。図-10(1)に示すWIPSと根室中標津アメダスデータによる

と、正午過ぎから16時頃にかけて、風速は上昇しWIPSは下降している。降水は、正午過ぎから夕方にかけて0.5mm～1.5mmと観測されており、気温は早朝が氷点下10～13°Cで推移、その後、午後は氷点下2°C付近へと上昇し推移していた。したがって、風雪により発生した視界不良であると考えられる。

②2017年1月23日

最後の事例は、2017年1月23日に捉えた降雪を伴う視界不良の事例である。この日の前後は、新千歳空港の滑走路が一時閉鎖され、遅延や欠航が相次ぐなど道内に寒波が到来した時期であり、早朝まで風も強く、根室中標津アメダスによれば降水量は0.5mmと観測されていた。

図-11(1)に示すように、WIPSの変化が小さい要因は、明け方より視界が悪く、圧雪アイスバーン状態で、路面が白くコントラストの対比が鮮明とならず、WIPSが低く算出されているためであろう。

以上、3つの地点のCCTVカメラで述べ6つの事例について考察した結果、風速が上昇すると視界は不良となりWIPSの値は下がることが実証された。

4. まとめ

道路に設置されたCCTVカメラの画像処理を通して、風雪により生じる視界不良を検知する、WIPSの有為性を明らかにした。具体的な成果を以下にまとめる。

WIPS値が実際の道路上の視界状況と相関があることが確かめられた。カメラの設置場所により、高さやアングルなどの若干の差異はあるものの、天候が安定し、視界

が穏やかな時はWIPSは10前後へ分布し、風雪で視界が悪くなると、7～9前後の低値帯域へと分布領域が変わることがわかった。

気象による障害や被害を最小限にするためには、従来の地域気象観測システムからの情報データに加え、道路カメラで撮影される画像から、リアルタイムな視界情報の提供を行い、交通障害のリスク対策に関して、より複合的な対策を施すことが重要となる。

本研究では、道東根室中標津方面のCCTVカメラを解析対象とし、WIPSを算出することで、視程障害検知に関して、事例を基に検証した。

参考文献

- 1) 永田泰浩：「道路画像を利用した視界情報システムに関する実証的研究」、北海道大学大学院工学院博士課程学位論文、2011年3月(未公開)
- 2) 星野洋, 正岡久明, 間山大輔, 萩原亨, 金田安弘, 越後謙二, 永田泰浩：「カメラ画像を活用した視程障害・吹きだまり検知技術開発」、日本道路学会論文原稿、2017年6月(未公開)
- 3) Toru Hagiwara, Yuji Ota, Yasuhiro Kaneda, and Keiji Araki, Method of Processing Closed-Circuit Television Digital Images for Poor Visibility Identification, Transportation Research Record 1973, pp95-104, 2006
- 4) Yasuhiro Nagata, Toru Hagiwara, Yasuhiro Kaneda, Keiji Araki, and Keisuke Murakami, Simple Way to Use Closed-Circuit Television Road Images for Poor-Visibility Information, Transportation Research Record 1980, pp105-116, 2006
- 5) Toru Hagiwara, Kiyoshi Kizaka, and Satoshi Fujita, Development of Visibility Assessment Methods with Digital Images Under Foggy Conditions, Transportation Research Record 1862, pp95-108, 2004

A Study on the Detection of Deterred Driver's Visibility Caused by Snowdrifts by the Use of Image Processing

Yuki NAKAMURA, Toru HAGIWARA, Yasuhiro NAGATA

Processed and analyzed the image data taken by CCTV road camera in the winter season in the national road of Nemuro Nakashibetsu area in Hokkaido, which has many opportunities to poor visibility due to wind and snow, in particular. In addition, making calculation of the WIPS a quantitative evaluation value for the image and attempted to detect visibility failure by tracking the wind speed around the road from the numerical change and weather data such as AMeDAS. Poor visibility caused by wind and snow may occur when the weather is calm and the temperature is low and dry snow accumulated on the ground is blown up by sudden winds. Thus, we aim to contribute to risk avoidance during storm snow by making more accurate information creation by applying image processing to visual defects which cannot be caught by conventional weather radar such as GPV and AMeDAS. As a result, the numerical change of WIPS and the transition of the wind speed, the value of WIPS tends to decline when the visibility is not good due to strong wind, indicating that the numerical change of WIPS and the poor visibility are related to each other. In this fact, it has been clarified that combined evaluation with existing weather data enables the evaluation value of WIPS to be a significant indicator in improving road management efficiency and formulating a snow protection plan.