

吹雪多発路線におけるCCTVカメラの画像を利用した視界情報提供システムの検証*

Feasibility Study on a Road Visibility Information System Using Images Transmitted by Multiple CCTV Cameras*

永田泰浩**・萩原亨***・金田安弘****・川村文芳*****・田宮敬士*****

By Yasuhiro NAGATA **・Toru HAGIWARA ***・Yasuhiro KANEDA ****・Fumiyoshi KAWAMURA *****・Keiji TAMIYA *****

1. はじめに

積雪寒冷地域の冬期道路を管理する上では、広域的な道路の視界状況を短時間で把握することが重要である。著者らは、道路に設置されている多数のCCTVカメラから静止画像を抽出し、道路上の視界状況を自動判別する視界情報提供システムを開発した。そして、この視界情報提供システムを用いて、国道230号で情報提供実験を行ってきた。国道230号の実験区間は、中山峠を含む山岳区間である。視界不良の原因が多量降雪である場合も多く、視界不良が多く多くの地点で同時に発生し、長時間継続するため、視界状況も安定しやすい。このような地域では、視界情報提供システムが安定的に視界情報を推定し、その精度も十分実用に耐えうることを著者らは示してきた^{1) 2)}。

一方、北海道の日本海側では、より厳しい視界不良が多発する。この地域の視界不良は、日本海側からの強風を伴って発生する吹雪が主な原因であり、雲の帯の位置、動きによって、視界不良の状況とその発生区間が急激に変化する。視界情報提供システムの実用化に向けては、このような視界が急変しやすい状況下でも、視界情報提供システムが安定的に動作し、信頼性のある情報を提供できるかどうかを検証する必要があった。そこで、本研究では日本海の沿岸に位置する国道231号（札幌～留萌、約120km）を対象に、視界情報提供システムの安定性および信頼性を検証する実験を行った。実験は2006年度と2007年度の冬期に行い、視界情報提供システムを運用し、本システムが安定的に視界情報を推定し、その視界情報が道路利用者にとって有効な情報となっていたかを検証した。

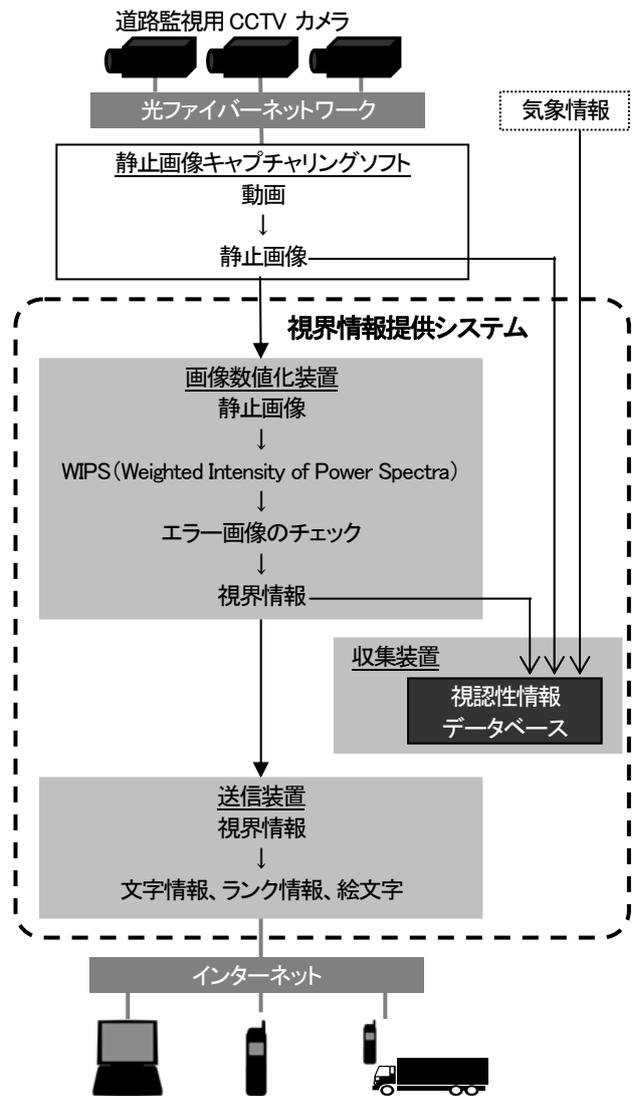


図1 視界情報提供システムの3つの装置

2. CCTV画像を利用した視界情報提供システムの構築

北海道では吹雪や降雪による著しい視界不良がしばしば発生する。特に吹雪による視界不良は、風況や降雪をもたらす雲の状況によって、短時間で視界状況や発生区間が急激に変化するため、ドライバーにとって大きな障害となっている。このような道路上の視界状況を把握することも、国道沿いに多数整備されている道路監視用CCTVカメラの役割のひとつである。CCTVカメラからの画

*キーワード：交通情報、ITS

**正員、工修、財団法人 日本気象協会 北海道支社
(札幌市中央区北4条西23丁目、
TEL011-622-2237、E-mail:naga@sapporo.jwa.or.jp)

***正員、工博、北海道大学大学院工学研究科
****非会員、理修、社団法人 北海道開発技術センター
*****非会員、工学、社団法人 北海道開発技術センター
*****非会員、国土交通省 北海道開発局 札幌開発建設部

像情報は、人間が見ることによって道路の視界状況に変換することができるが、この方法には以下のような短所がある。

- ・多数のカメラの画像を、常時、見続ける必要がある
- ・視界状況の判別結果が画像を見た人により異なる

そこで著者らは、多数のCCTVカメラの静止画像から、画像の視界状況を自動的に数値化、評価する視界情報提供システムを開発した。

視界情報提供システムは、図1のように3つの装置（画像数値化装置、収集装置、送信装置）で構成される。視界情報提供システムによって視界状況を評価するためには静止画像が必要である。システム稼動の前段階として、静止画像キャプチャリングソフトが、CCTVカメラの動画をもとに静止画像を抽出する。

画像数値化装置は、静止画像から視認性情報“WIPS (Weighted Intensity of Power Spectrum)”を算出する。萩原らは、CCTVカメラの画像から吹雪時の視界状況を判定する手法として、人間のコントラスト感度関数に着目

した。WIPSの算出プロセスを簡単に示す。

- ①静止画像を切り出し、グレースケールに変換する。
- ②各画素の明るさの分布を2次元フーリエ変換によって、空間周波数成分に分解し、得られた各々の空間周波数に対応するパワースペクトルを算出する。
- ③パワースペクトルにおいて、1.5～18cpdの範囲が人間の感じることのできる空間周波数の範囲であり、この範囲内のパワースペクトルの合計値を求め、WIPSとする。

視界良好時は画像のコントラストとともにWIPSが大きくなり、視界不良時にはコントラストとともにWIPSが小さくなる^{3) 4) 5)}。

一方、WIPSは利用者にとっては理解しづらい数値である。画像数値化装置では、このWIPSの値を元に各画像を視界レベル1（視程500m以上）、視界レベル2（視程200～500m）、視界レベル3（視程100～200m）、視界レベル4（視程100m未満）の4段階の視界情報に分類する。視界情報の視程は、既存の被験者実験結果によって求めた

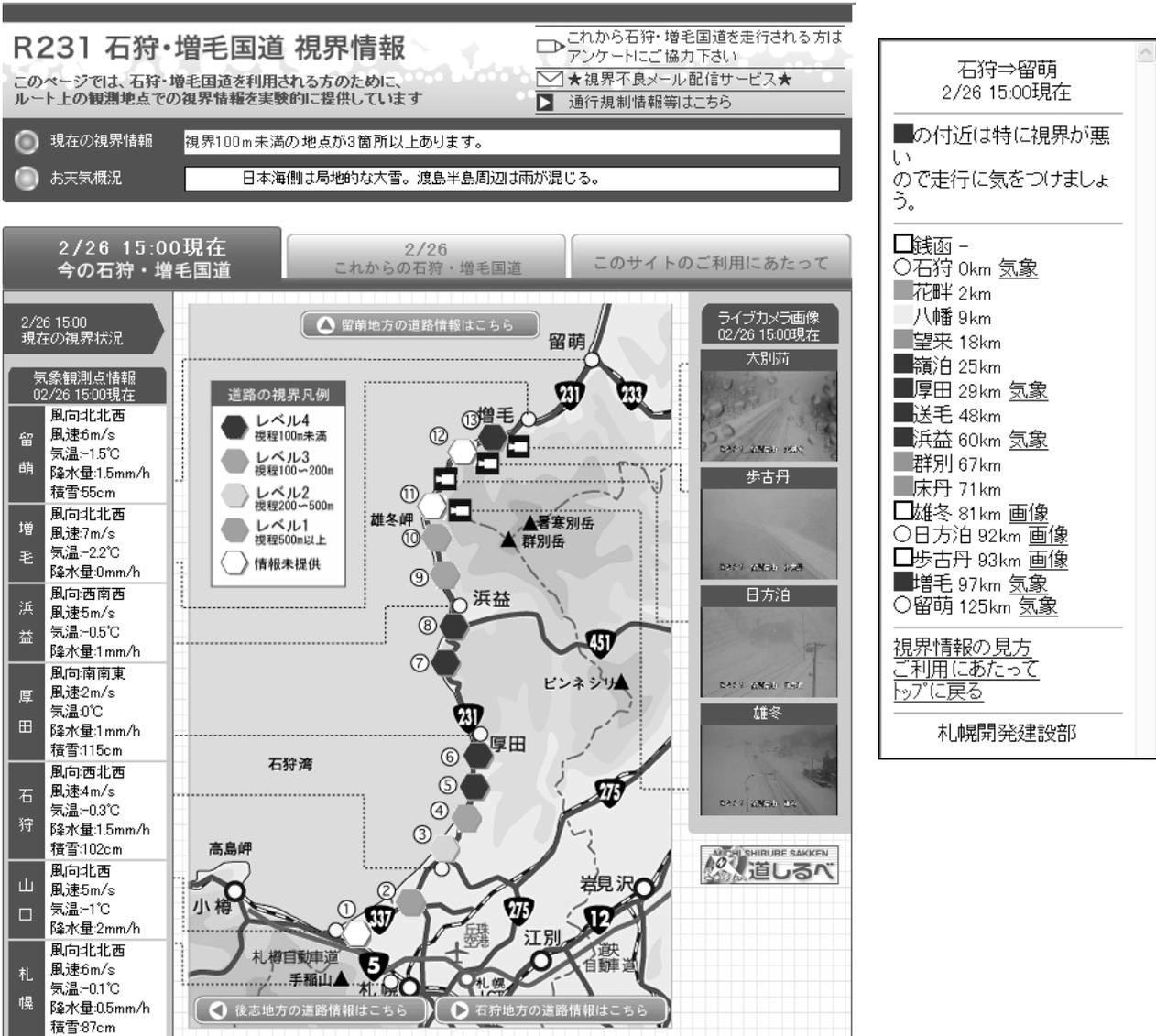


図2 視界情報提供実験サイト（左：パソコン用のWeb画面、右：携帯電話用のWeb画面）

画像見た人が感じる視程とWIPSの関係⁶⁾から定めている。

収集装置は、WIPS、視界情報、静止画像、気象データを視認性情報データベースに格納する。

送信装置では、推定された視界情報を PC や携帯電話用の Web サイトのフォーマットに合わせて変換し、送信する。図 2 は次章の視界情報提供実験で用いた Web 画面であり、視界情報を送信した Web サイトの一例である。さらに、視界が悪化して視界情報が設定した閾値を下回った際には、送信装置から視界不良を知らせる緊急メールを送れるような仕組みを構築した。なお、静止画像を取得できなかった場合やエラー画像を取得した場合は、その状況を画像数値化装置によって判別し、その結果も送信装置から提供した。

3. 国道 231 号における視界情報提供実験について

(1) 静止画像の取得

視界情報提供実験では、北海道の国道 231 号に整備された道路監視用 CCTV カメラ (12 箇所) より視界情報を求め、道路利用者に提供する。基本的な情報提供時間帯は日中であり、夜間については道路照明などによって日中と同様に視界状況を判別できそうな一部地点のみを対象として、試験的に視界情報を提供した。視界状況の更新間隔は 15 分とした。国道 230 号の視界情報の更新間隔も 15 分であり、国道 231 号では視界不良の状況や発生区間が急変しやすいことを考慮すると、更新間隔をより短くすることが望ましい。

一方、道路監視用 CCTV カメラの動画から、静止画像を抽出するのに要する時間は、動画の回線状態が良好な場合には 1 地点あたり 5 秒程度であったが、回線の負荷の状態により 30 秒程度の時間を要する場合があった。あくまでも実験であり、CCTV カメラによる道路監視システムへ負荷を与えることはできないため、動画の回線へのアクセスは 1 本という制限のある状態で静止画像を取得していた。実験を行った 2006 年度と 2007 年度の冬期は、国道 230 号でも視界情報提供システムを用いて情報提供を行っており、一度に約 20 台のカメラからの静止画像を取得していた。そのため、回線の負荷の状態によっては、静止画像の抽出に 10 分以上の時間を要する可能性があった。以上から、静止画像の抽出時の画像取得失敗を回避するため、静止画像の抽出間隔 (視界情報の更新間隔) を 15 分とした。回線への複数のアクセスが与えられれば、より短い間隔で、安定した画像取得が可能になる。

(2) 視界情報提供実験サイト

図 2 に実験モニターに情報提供を行った Web 画面を示した (カメラ⑩はカメラ画像の不調により情報提供を

中止した)。パソコン用の Web 画面では、視界情報のレベルに応じた 4 種類の色別の絵文字を地図に重ねて表示し、気象情報や一部地点の静止画像を掲載した。また、利用者の交通行動の一助となるように、今後の気象予測情報を提供した。携帯電話用の Web 画面は、図 2 のように初期画面では視界情報のみを提供し、必要な情報は追って確認できるように階層化して構築した。これは、携帯電話で情報を確認する利用者の通信コストを考慮したためである。また、登録制のメールサービスとして、実験区間の 3 地点以上で視界レベル 3 以上が推定された場合に、視界情報提供システムから視界不良を知らせる緊急メールを送信する仕組みを構築した。

(3) 視界情報提供モニター

情報提供実験のモニターは、2006 年度は 137 名、2007 年度は 165 名 (表 1 参照) であり、実験区間を走行するドライバーを主とした。運送業者、バス業者、道路維持業者、地元自治体については、実験主体から直接依頼し実験モニターを募集した。一般のモニターについては、関係機関でパンフレットを配布して募集を行った。

表 1 実験モニターの内訳一覧 (2007 年度)

分類	人数	備考
一般	37 名	石狩市、留萌市など
運送業者	7 名	石狩市、増毛町、羽幌町
バス業者	7 名	札幌市、羽幌町
道路維持業者	2 名	石狩市
関係機関	112 名	自治体、開発局事務所等
合計	165 名	

4. 国道 231 号における視界情報提供実験の結果

(1) 視界情報提供システムの安定性の検証

図 3 に 2006 年度冬期と 2007 年度冬期の視界情報の提供結果を示した。視界情報提供システムは、静止画像の取得が失敗した場合を除いて、安定して視界情報を推定することができた。画像取得失敗の主な原因は、CCTV カメラの動画を転送している光ファイバーケーブルのメンテナンスであった。また、光ファイバーケーブルの負荷が大きくなる場合にも、画像取得がやや不安定になった。吹雪による視界不良時には CCTV カメラによる道路監視のため、光ファイバーケーブルの負荷が大きくなることも考えられ、視界情報提供システムの実用化に向けては、より安定的に画像取得を行う方法の検討が重要な課題である。2006 年度の「若生」については、実験期間中に CCTV カメラが故障し、青一色の画面となったため、エラー画像の頻度が非常に高くなっている。

一方、視界情報が推定できた静止画像の一部に、着雪によって前方が見づらくなっている画像や、塩のようなものが付着してぼやけたような画像が含まれていた。実験区間は強風を伴う吹雪の多発区間であるため、カメラの撮影方向と吹雪の主風向が一致している地点で、着雪の発生が多かった。実験に用いた CCTV カメラは道路監視用に整備されたものであり、道路事務所においてワイパーの遠隔操作も可能である。そのため長期間にわたって着雪が発生することはなかったが、塩の付着に比べると視界情報への影響が大きく、好天時に視界レベル4を推定した場合もあった。着雪の検知は、今後の課題のひとつと考えている。

塩の付着については、山岳区間である国道 230 号での実験では確認できなかった事象である。海側から強風が発生するという地域特性が原因と考えられる。塩の付着の場合は、着雪のような大きな影響がでることはなかったが、画像がぼやけることによって、視界レベルがやや大きくなる（視界が悪いほうに判断しやすい）ことが確認された。

静止画像が取得できれば、視界情報提供システムはほぼ安定して視界情報を推定できるので、その視界情報を蓄積することで、地点による視界不良の発生頻度を定量的に比較することもできる。図 3 のように、国道 231 号の実験区間では、聚富から川下の間で視界不良の発生が多く、特に小谷付近で視界不良が発生しやすいと考えられる。視程計のように数メートル～数十メートルの差を検知することはできないものの、視界情報を蓄積することで、視界情報提供システムを簡易型の視程計測機器として活用できる可能性もある。

(2) 視界情報の有効性の検証

情報提供実験の終了後、提供した視界情報の評価を把握するため、実験モニターを対象としたアンケート調査を実施した。アンケート結果の一部を図 4～図 7 に示す。

図 4 は 2006 年度の実験終了後に実施したアンケートで、図 2 で示した視界情報提供実験サイトで提供した各種情報が役立ったかどうかの設問に対する回答である。図のように、視界情報が「役にたった」という回答割合は、ライブカメラ情報（CCTV カメラの画像情報）の割合とほぼ等しかった。道路利用者が CCTV カメラの画像情報を直接見て、視界状況を把握するのと同じ程度の有効性があったと判断できる。

図 5 の設問は「実験区間を走行する前に実験サイトの情報を見て、あなたが実際にとった行動で、あてはまるものを全てお選びください。」である。情報提供 Web サイトを見た上でとった行動は、「注意して走行した」という回答が 48 名と最も多く、全回答者 72 名の 2/3 に達した。実際の行動変化は伴っていないものの、注意喚

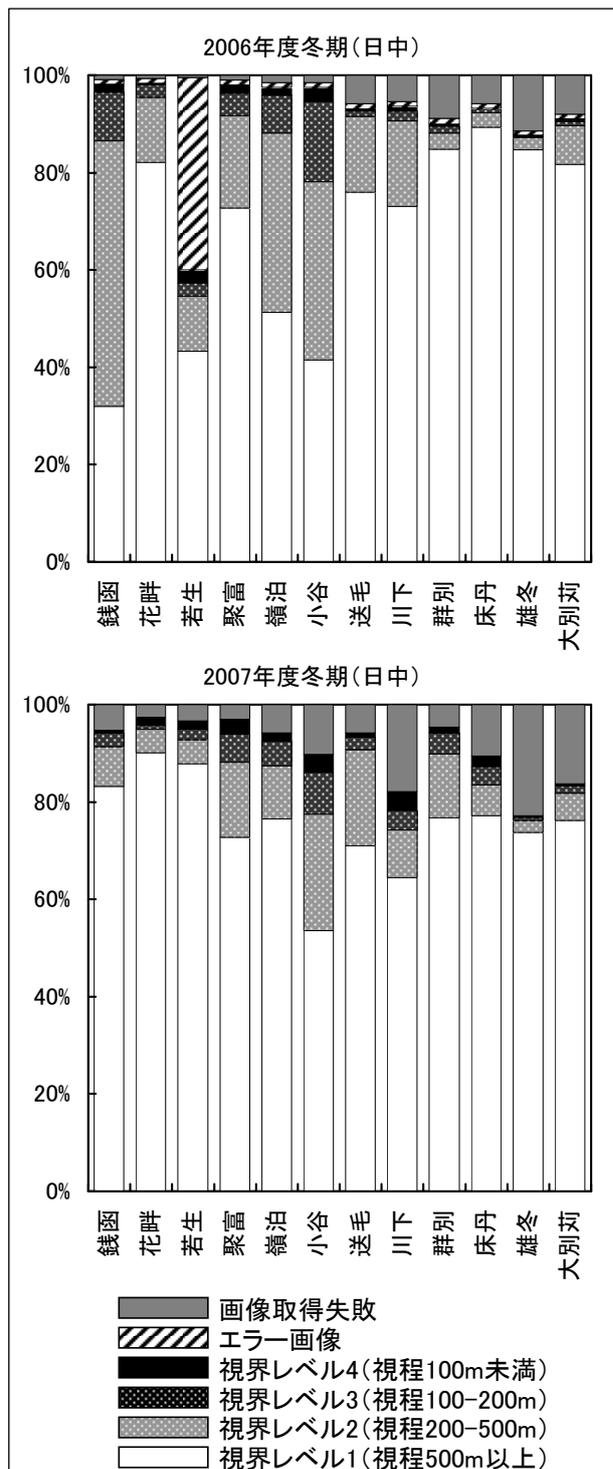


図 3 視界情報提供結果（2006 年度、2007 年度）

起には効果があったことがわかる。一方、「旅行や移動をとりやめた」という回答や、「出発時刻を変更した」、「走行するルートを変えた」という回答者も 10 名以上存在した。図には実験モニターが自由欄に記入した具体的な行動も示したが、視界情報がこれから実験区間を走行するドライバーの一助となっている状況が確認できた。

図 6 は「石狩・増毛国道の視界情報（視界情報提供実験の Web サイト）を利用して、どのような効果がありましたか？」という設問である。図より、視界情報の提

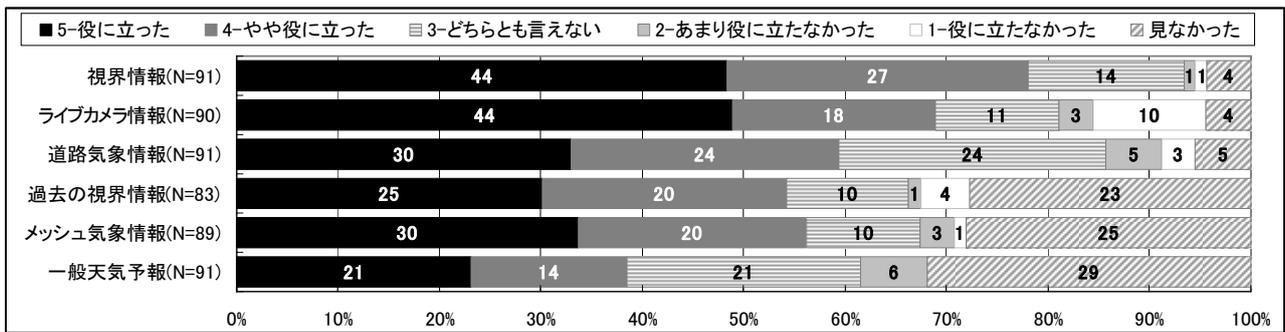
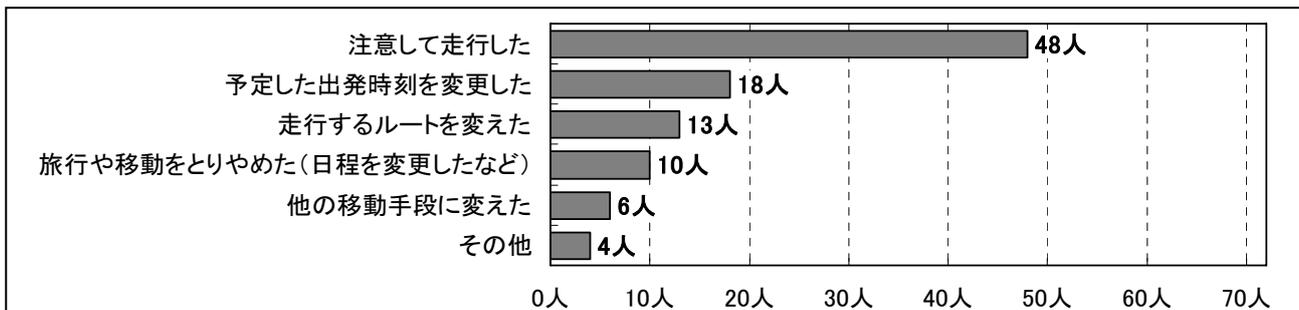


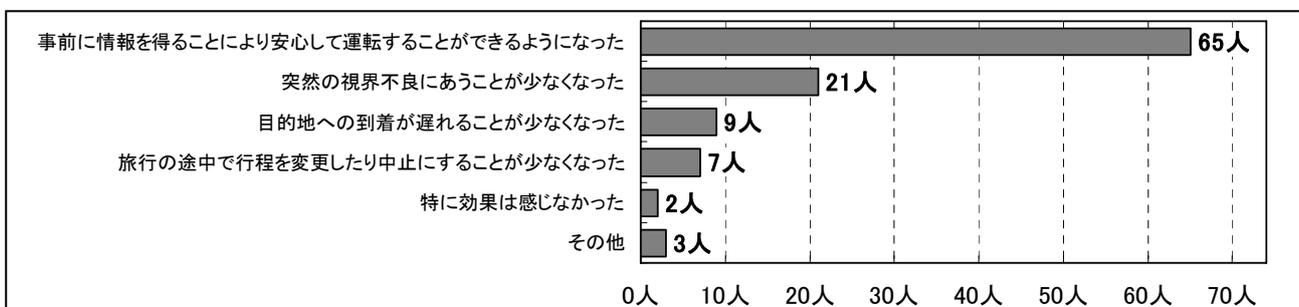
図4 視界情報提供実験サイトで提供した情報は役に立ちましたか？（回答者数は図中に示す）



■自由欄 記入例(具体的な行動について)

- ・札幌へ買い物しようとサイトを見たら石狩方向の視界が悪かったから控えた。
- ・その日はかなりの吹雪でしたが出張せねばならない状況でした。少し時間を空けて出かけようということにしました。
- ・交通手段が自家用車のため、中々日程変更が難しいため時間を変更したり、視界不良区間を予め知ることでより慎重な運転をした。
- ・バスで移動した。
- ・R231を回避し、R275+R233で目的地の留萌へ向かった。
- ・札幌に行くに当たって、深川留萌自動車道、高速道路又はR275を選択した。理由は吹雪による視界不良。
- ・悪天候でも出かけねばならない同僚にアドバイスのものとして。

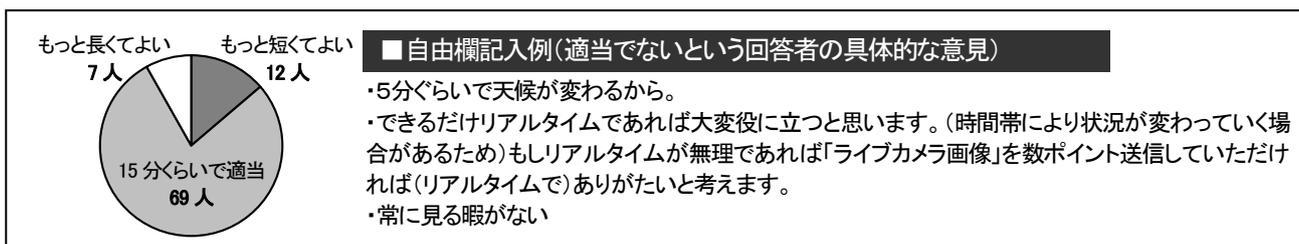
図5 走行予定のあるドライバーが情報提供 Web サイトをみてとった行動（全回答者数 72 名—複数回答可）



■自由欄記入例(具体的な効果について)

- ・運転時の心構えができるようになった。1日の行動をとりやすくなり事故防止につながったと思う。
- ・札幌市内に比べると風雪が強く吹雪が冬は重大な関心事項であるため携帯を持っている人にとってはとても心強い。
- ・天候がわかることが運転に対して安心感を与えます。今後も必要なサービスであると強く思います。
- ・運転して移動など天候の急な悪化などに対応できるから。
- ・運行管理上着しい視界不良の場合運行の中断等の措置が必要だから。

図6 視界情報を利用して感じた効果（全回答者数 76 名—複数回答可）



■自由欄記入例(適当でないという回答者の具体的な意見)

- ・5分ぐらいで天候が変わるから。
- ・できるだけリアルタイムであれば大変役に立つと思います。(時間帯により状況が変わっていく場合があるため)もしリアルタイムが無理であれば「ライブカメラ画像」を数ポイント送信していただければ(リアルタイムで)ありがたいと考えます。
- ・常に見る暇がない

図7 情報提供間隔は15分で適当でしたか？（全回答者数 88 名）

供による効果を確認できる。アンケートの全回答者 76 名のうち 65 名が「安心して運転することができるようになった」と回答しており、視界情報がドライバーの安心感向上に効果があったと考えられる。また 21 名が「突然の視界不良にあうことが少なくなった」、9 名が「目的地への到着が遅れることが少なくなった」と回答しており、具体的な効果としても、運転前の心構えや安心感についてのコメントが多かった。図 5、図 6 のような評価結果を踏まえると、視界情報が冬期道路の安心感、安全性の向上に有効であったと考えられる。

図 7 は情報提供間隔に関する設問である。国道 231 号は視界不良の状況とその発生区間が急激に変化する路線であったが、「15 分ぐらいで適当だと思う」という回答が、約 8 割を占めていた。一方、自由欄には「できるだけリアルタイムであれば大変役に立つと思います。」「5 分ぐらいで天候が変わるから」という回答もあり、正確な視界状況把握のためには、より短い間隔での情報提供が望ましいと考えられる。

(3) 視界情報の正確性の検証

a) 静止画像による検証

視界情報の正確性を検証するため、視界不良の発生した 2007 年 1 月 9 日を事例として、視界情報の視界レベルと CCTV カメラの画像を比較した結果を図 8 に示す。図中の画像は、視界情報の変化が大きかった「聚富」に

おける各正時のものである。

8 時から 9 時にかけて視界情報の視界レベルが高く（視界を悪く評価する）になっており、それとともに、CCTV カメラの画像でも視界状況が明らかに悪化していた。9 時の視界情報は視程レベル 4（視程 100m 未満）であり、静止画像から判別できる視程状況とよく一致している。10 時には視界情報が視界レベル 1 まで回復しており、実際の静止画像においても吹雪が取まっていた。11 時から 13 時も 10 時と同様に視界レベルは回復したままであり、静止画像でも視界不良は小康状態となっていた。14 時から再び視界レベルが大きくなっており、14 時の視界情報が視界レベル 3（視程 100-200m）、15 時が視界レベル 4 となった。同時刻の静止画像を確認すると、14 時の静止画像の視程はおおよそ 100~200m、15 時の静止画像はほぼホワイトアウトの状態で視程 100m 未満であり、視界情報と一致していた。

さらに、視界不良の状況が急激に変化した事例として、2008 年 1 月 26 日の CCTV カメラの静止画像と視界情報の経過を図 9 に示した。図 9 上部の画像より、1 時間以内で極端に視界状況が変化している状況を確認できる。特に右側の 2 例（嶺泊、石狩若生）は、15 分の差で視界状況が極端に異なっている。図 9 の視界情報の経過図より、この事例の視界情報を確認した。嶺泊、石狩若生の両事例ともに、上側の画像はそれぞれ視界レベル 1（視程 500m 以上）、下側の画像は視界レベル 4（視程

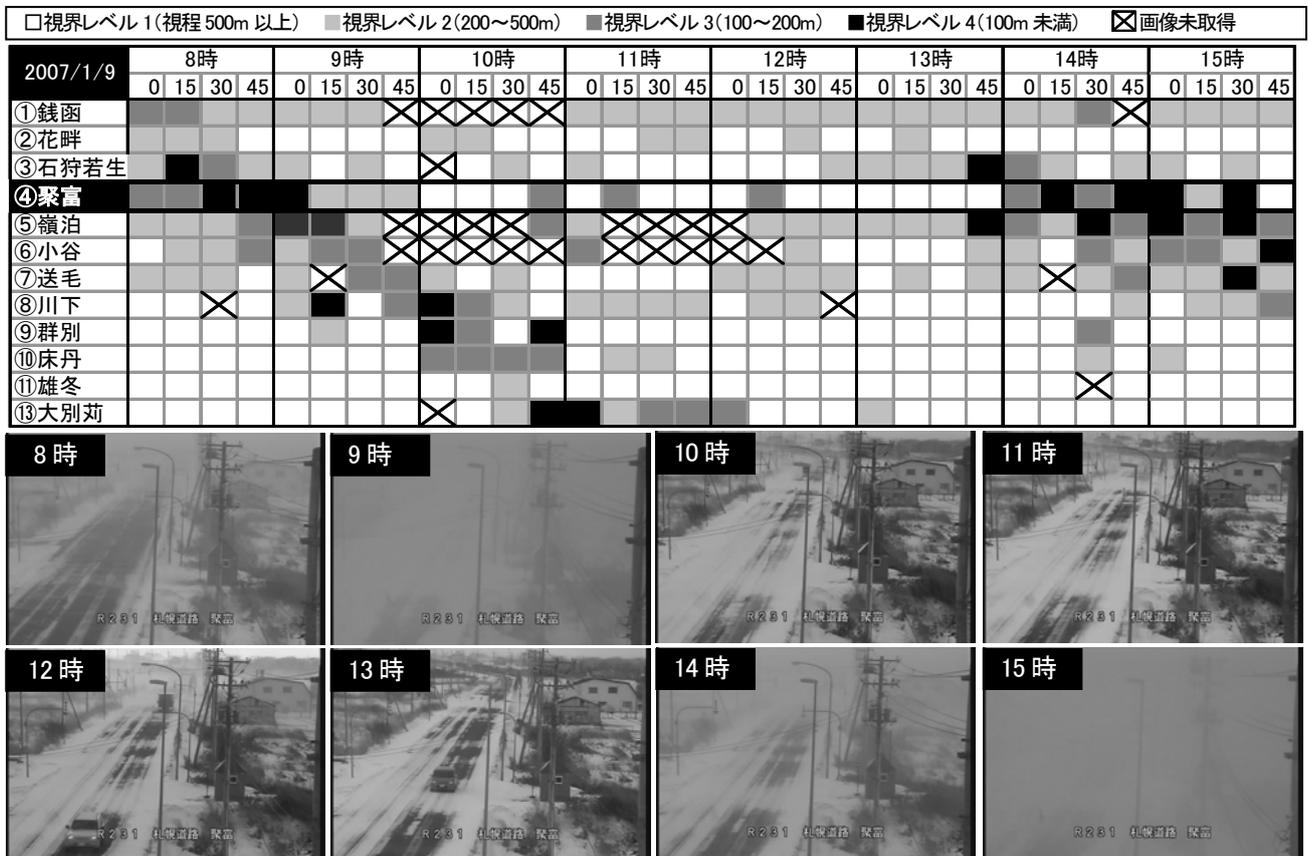
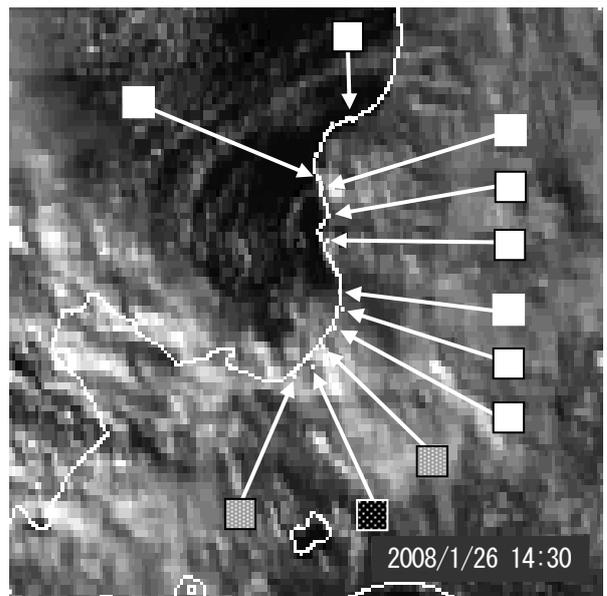
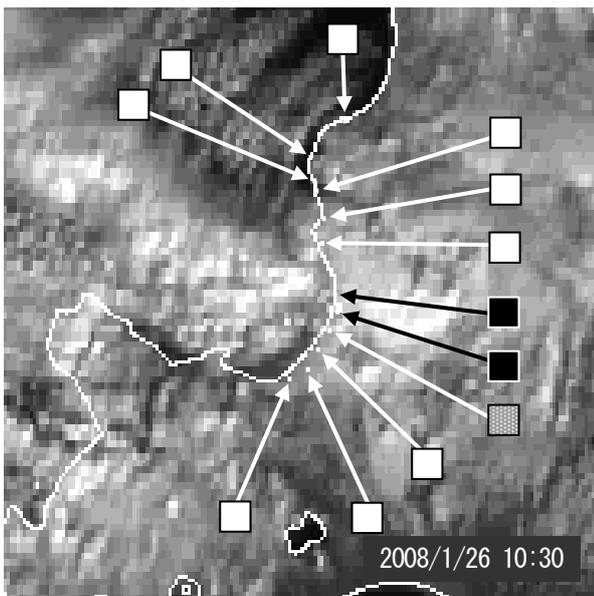
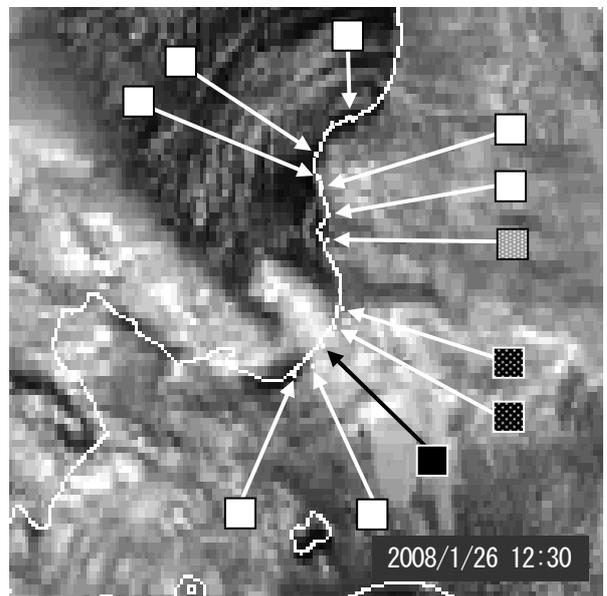
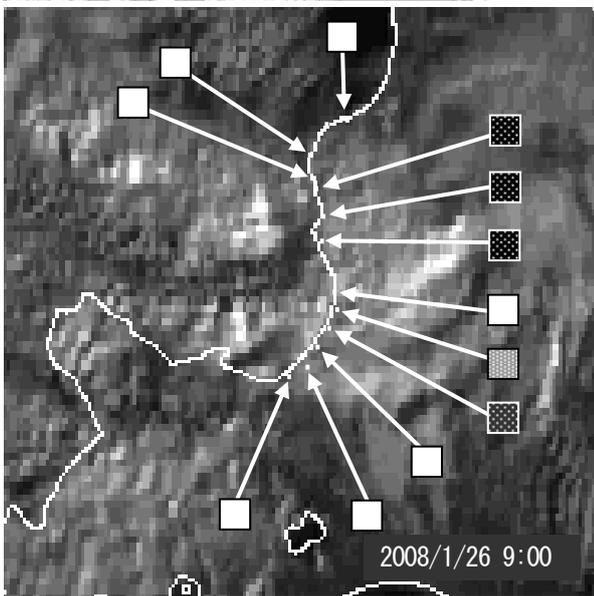
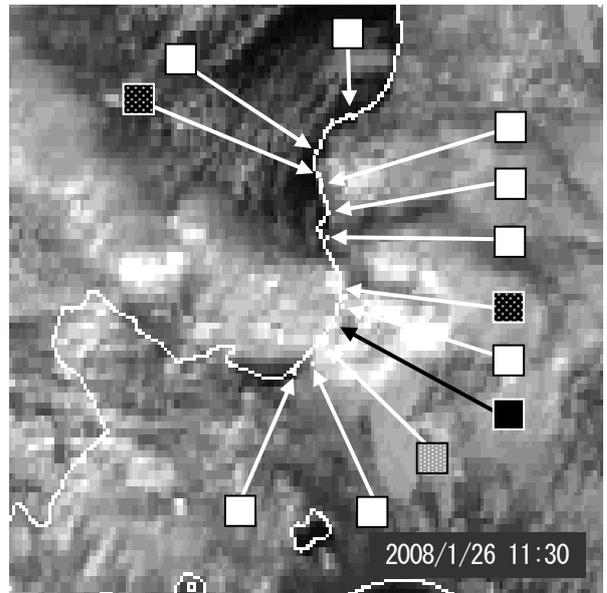
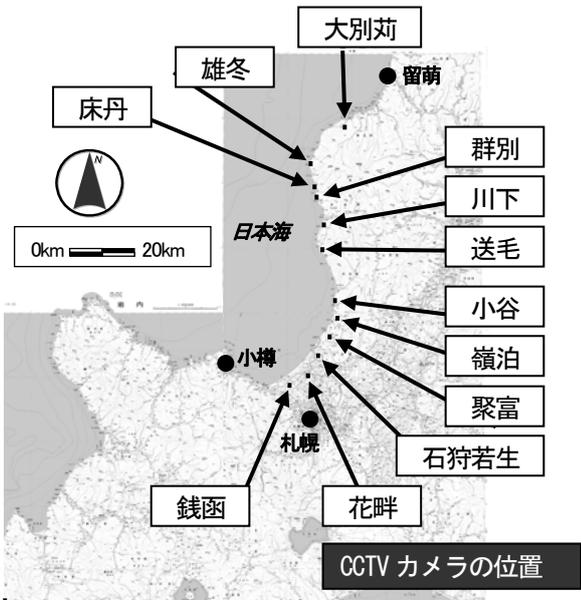


図 8 2007 年 1 月 9 日の視界情報提供結果と聚富における各正時の CCTV カメラ画像



視界レベル1 (視程 500m 以上)
 視界レベル2 (200-500m)
 視界レベル3 (100-200m)
 視界レベル4 (100m 未満)

図 10 同時刻における視界情報と可視画像の比較 (2008 年 1 月 26 日)

5. まとめと今後の課題

視界情報提供システムによる視界情報提供実験から得られた成果を以下にまとめる。

- ▶ 視界情報提供システムは CCTV カメラ画像を利用して、長期間安定して視界情報を推定し、それらの情報を確実に収集できていた。
- ▶ 視界情報の蓄積により、対象区間における各地点の視界不良発生傾向を把握することが可能であることがわかった。
- ▶ 視界情報は道路利用者へ提供することにより、視界不良時における安全性の向上や、交通行動の支援に有効であることがわかった。
- ▶ 視界情報は道路の視界状況を良く表現できていた。

一方で、今後の課題として、以下の点が挙げられる。

- ◆ 画像取得失敗の削減
- ◆ 着雪による異常値の検出
- ◆ 情報提供間隔の改善
- ◆ 夜間の視界情報の実用化
- ◆ 正確な情報伝達方法の検討

視界情報提供システムの安定性検証で示したように、視界情報システムは静止画像の取得が順調に行えれば、着雪の事例を除いては安定的に視界情報を算出できる。逆に静止画像の取得失敗は、視界情報にとっては致命的である。動画を転送している光ファイバーケーブルのメンテナンスのように、原因が明らかな場合は別として、その他の取得失敗の発生原因を分析し、より安定的に静止画像を取得する方法を検討する必要がある。一方、着雪は視界情報への影響が大きいため、本研究で示した可視画像とのマッチングなどによって、検知できる可能性もある。具体的には可視画像で黒く映っている地点が、視界情報が視界レベル4と推定されたような場合には、着雪など画像の異常を疑うことが可能と考えている。

実験モニターへのアンケート結果や、気象衛星の可視画像による検証より、15分間隔の視界情報であっても、多くの地点の情報を提供することで、路線上の視界状況を概ね把握でき、道路利用者には有効な情報であることが確認できた。一方で、国道231号のように視界不良の状況とその発生区間が急激に変化する路線では、もっと短い間隔の視界情報を求める声もあった。15分間で極端に視界状況が変化する事例も確認できており、より有効で、正確な視界状況を提供するためには、情報提供間隔を短くするなどの改善が必要である。

夜間の視界情報の実用化も課題のひとつである。視界不良は昼夜を問わず発生する。道路照明などの存在しない地点においては、人間の目でも画像から視界状況を判別することが不可能であり、視界情報提供システムでの視界情報推定も不可能である。一方、道路照明のある

地点や市街部の地点については、視界情報が推定できることが確認できている。現在、そのような区間においての視界情報の提供を検討している。

パソコンや携帯の web サイトでの将来的な情報提供を考えると、情報を正確に伝達する方法を検討する必要がある。図2に示した現在の視界情報提供実験サイトでは、視界レベル1が緑色、視界レベル2が黄色、視界レベル3が橙色、視界レベル4が赤色のアイコンで表示される。このように、ユニバーサルデザインも考慮されておらず、現在、アイコンの色や形状の変更などの検討を行っている。

参考文献

- 1) Nagata, Y., Hagiwara, T., Kaneda, Y., Araki, K. and Sasaki, H.; Application of Road Visibility Information System to Winter Maintenance, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No. 2055, pp. 128-138, 2008.
- 2) 永田泰浩, 萩原亨, 金田安弘, 荒木啓司, 佐々木博一: 道路監視用 CCTV カメラの画像を利用した視認性情報システムの実用可能性についての研究, 機関誌「交通工学」, Vol. 44, No. 3, pp. 89-99, 2009.
- 3) Hagiwara, T., Fujita, S., Kizaka, K.: Assessment of Visibility on Roads under Snow Conditions Using Digital Images, In Proceeding of 11th International Road Weather Conference, 2002.
- 4) Hagiwara, T., Kizaka, K. and Fujita, S.; Development of Visibility Assessment Methods with Digital Images under Foggy Conditions, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No. 1862, pp. 95-108, 2004.
- 5) Hagiwara, T., Ota, Y., Kaneda, Y., Nagata, Y. and Araki, K.; A Method of Processing CCTV Digital Images for Poor Visibility, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No. 1973, pp. 95-104, 2006.
- 6) Nagata, Y., Hagiwara, T., Kaneda, Y., Araki, K. and Murakami, K.; Simple Way to Use Closed-Circuit Television Road Images for Poor-Visibility Information, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No. 1980, pp. 105-116, 2006.

吹雪多発路線における CCTV カメラの画像を利用した視界情報提供システムの検証*

永田泰浩**・萩原亨***・金田安弘****・川村文芳*****・田宮敬士*****

著者らは、道路監視用CCTVカメラの静止画像から道路の視界状況を把握する「視界情報提供システム」を開発した。視界不良の状況とその発生区間が急激に変化する路線において、本システムが安定的に視界情報を推定し、その視界情報が道路利用者にとって有効な情報であるかを知るため、視界情報提供実験を実施した。2006年度冬期と2007年度冬期に視界情報収集と提供を行った結果、本システムは長期間安定して視界情報を推定できること、収集した視界情報の提供によって視界不良時における安全性の向上や、交通行動の支援に有効であることがわかった。一方、画像取得失敗による視界情報の欠落や、画像取得間隔（情報提供間隔）の改善、夜間における視界情報推定方法などの課題が明らかになった。

Feasibility Study on a Road Visibility Information System Using Images Transmitted by Multiple CCTV Cameras*

By Yasuhiro NAGATA **・Toru HAGIWARA ***・Yasuhiro KANEDA****・Fumiyoshi KAWAMURA*****・Keiji TAMIYA*****

A Road Visibility Information System (RVIS) was developed that uses images transmitted by multiple closed-circuit television (CCTV) cameras as road visibility information. Feasibility studies in the daytime during the winters of 2006-2007 and 2007-2008 were performed on National Routes 231. During those two winters, the RVIS calculated visibility scale and road visibility index automatically, accurately, continuously and in a timely manner from road images recorded by multiple CCTV cameras. However, it is necessary to improve data collection at night and to capture still images accurately and quickly.
