

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

学位論文内容の要旨

北海道の国道における通行止めの原因は冬期の約 7 割、年間の約 4 割が吹雪によるものである。道路利用者は目的地へ安全、確実に到達するために、道路管理者は道路維持作業や交通規制を的確に行うために道路上の吹雪の状況を知りたいと考えている。しかし、吹雪は時空間的な変化が大きい。吹雪によって道路の視界状況は急激に変化し、視界不良の区間も刻々と変化していく。吹雪は短い時間間隔で広域的に状況を捉えることが必要である。吹雪の状況を計測する観測機器として視程計がある。北海道内に 6000km 以上ある国道に対し、道路沿いに整備されている視程計は約 25 地点である。広域的な情報とは言えない。現在、吹雪の状況を最も広域的に捉えられるのは道路監視用に整備された CCTV カメラ (閉鎖回路テレビカメラ) の画像情報である。北海道の国道沿いには 1200 台以上の道路監視用 CCTV カメラがあり、そのうち 105 台のカメラの画像はインターネットを通じて 15 分間隔で提供されている。画像情報の短所は吹雪の状況を把握するために目視による評価が必要な点である。そのため、多くの地点の状況を短時間で判断することや 1 冬期を通じて 24 時間連続的に視界状況を把握することは難しい。本研究の目的は画像を目視して吹雪の状況を評価する方法に代わり、静止画像内の吹雪や視界の状況を定量的、自動的に評価できるシステム (以後、“視界情報提供システム”と称する) を開発することである。

本研究は第 1 章から第 8 章で構成される。

第 1 章では、本研究の背景として、吹雪による道路障害の発生状況、吹雪に関する情報へのニーズと現状を示している。北海道の国道における通行止めの原因は吹雪が最も多い。時空間的な変化が大きい吹雪に対して、道路利用者や道路管理者が短い時間間隔で広域的に吹雪の状況を捉えられる情報を望んでいるものの、現状では十分な情報が存在しないことを指摘している。

第 2 章では、吹雪を計測する既存技術についてのレビューを行っている。スノーパーティクルカウンタや視程計を用いた現地における計測手法のほかに、気象データを用いた推定によって吹雪の状況を把握する方法をレビューしている。近年は画像から道路障害を捉える手法も研究されている。画像から視界不良を捉える方法についてもレビューを行い、画像内のエッジングやコントラスト、光幕に着目した評価技術の特長を整理している。

第 3 章では、目視に代わって画像情報から画像内の視界状況を自動的に評価する視界情報提供システムを開発している。視界情報提供システムは画像のコントラスト感度を考慮した画像処理を行い、被提供者がわかりやすい情報 (以後、“視界情報”と称する) に変換する画像数値化装置、視界情報を道路利用者や道路管理者に提供する送信装置、処理結果や元画像などを格納する収集装置で

構成している。視界情報提供システムの目標を整理した上で、各装置の要求仕様を定めて視界情報提供システムを構築している。

第4章では、被験者評価実験によって視界情報提供システムで用いる画像処理手法の評価を行っている。画像処理手法には人間のコントラスト感度特性が高い空間周波数帯域のパワースペクトルに着目した萩原らの研究結果を用いている。画像処理によって得られた画像評価値(WIPS:Weighted Intensity of Power Spectra)と、被験者評価実験の結果を比較し、視界情報提供システムが自動算出したWIPSが大きくなると画像を目視した被験者の評価が見やすい評価になることを示している。

第5章では、第3章、第4章で開発した視界情報提供システムを用いて、実際に多くの地点の道路監視用CCTVカメラの画像から、長期間、自動的に視界情報を推定する視界情報提供実験を行っている。視界情報提供実験は一般国道230号と一般国道231号の2つの国道で行っている。一般国道230号中山峠付近は吹雪や降雪による視界不良が発生する山岳区間であり、一般国道231号は冬期には日本海側からの季節風によって猛烈な吹雪や地吹雪が発生し、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る。実験後には視界情報提供システムの評価を行い、画像が取得できなかった場合を除くと、10箇所以上の地点の画像から15分間隔で、長期間、安定して視界情報を推定していたことを示している。

第6章では、視界情報提供実験時の視界情報について評価を行っている。被験者による評価実験結果のほか、気象データや衛星画像を用いて視界情報を評価している。被験者評価結果との比較では、信頼性評価手法であるクロンバックの α 係数を用い、0.8を越えると信頼性が高いと評価されるクロンバックの α 係数が0.877と高いことを示している。気象データによる評価では、吹雪の発生につながる強風や降雪が計測された際に視界情報が視界不良を示すことを示唆している。

第7章では、第3章、第4章で構築した視界情報提供システムを用いた視界情報の予測手法を開発している。予測手法として重回帰モデルとカルマンフィルターを用いた結果、1時間前のWIPSと風速、気温、降雪量の気象予測データを用いたカルマンフィルターによる予測は変化する視界情報に対する追従性が高いことを確認している。しかし、視界状況が急変する事例については両手法では予測が難しかったことも指摘している。

第8章では、本研究の成果をとりまとめるとともに、今後の課題を記している。成果は視界情報提供システムを開発したこと、視界情報提供実験を通じて視界情報提供システムと視界情報の評価を行ったこと、視界情報の予測手法の開発を行いその評価を行ったことである。一方、夜間の画像に対する視界情報の算出方法、静止画像の取得の安定性と取得時間の短縮、視界状況急変時の視界情報予測手法などを課題として指摘している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 萩 原 亨

副 査 教 授 加賀屋 誠 一

副 査 教 授 中 辻 隆

副 査 教 授 長谷山 美 紀 (情報科学研究科)

学 位 論 文 題 名

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

本研究では、吹雪の状況を広域的かつ長時間に渡って捕えることを目的とし、道路画像を用いた視界情報提供システムの可能性に着目している。吹雪は時空間的な変化が大きい。吹雪によって道路の視界状況は急激に変化し、視界不良の区間も刻々と変化していく。短い時間間隔で広域的に吹雪の状況を捉えることが、道路交通の障害を軽減するとき必要となる。北海道の国道沿いには 1200 台以上の道路監視用 CCTV カメラがあり、それらのカメラから送られてくる映像を目視によって吹雪状況が評価されている。広域的に吹雪を把握することは可能となっているが、目視であることから、多くの地点の状況を短時間に判断すること、一冬期を通じて連続的に同じ評価基準で視界状況を把握することが難しい。そこで、本研究では、目視による評価に代わり、静止画像から吹雪や視界の状況を定量的、自動的に評価できるシステム (以後、“視界情報提供システム” と称する) を実現した。

本研究は第 1 章から第 8 章で構成される。以下に各章の要旨を示す。

第 1 章では、本研究の背景として、吹雪による道路障害の発生状況、吹雪に関する情報へのニーズと現状を示した。北海道の国道における通行止めの原因は吹雪が最も多い。時空間的な変化が大きい吹雪に対して、道路利用者や道路管理者が短い時間間隔で広域的に吹雪の状況を捉えられる情報を望んでいるものの、現状では十分な情報が存在しないことを明らかにした。

第 2 章では、吹雪を計測する既存技術についてのレビューを行った。スノーパーティクルカウンタや視程計を用いた現地における計測手法のほかに、気象データを用いた推定によって吹雪の状況を把握する方法をレビューした。画像から視界不良を捉える方法についてもレビューを行い、画像内のエッジングやコントラスト、光幕に着目した評価技術の特長を整理した。

第 3 章では、目視に代わって画像情報から画像内の視界状況を自動的に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、視界情報提供システムの目標を

整理した上で、各装置の要求仕様を定めて構築された。被提供者がわかりやすい情報(以後、“視界情報”と称する)に変換する画像数値化装置、視界情報を道路利用者や道路管理者に提供する送信装置、処理結果や元画像などを格納する収集装置で構成された。

第4章では、被験者評価実験によって視界情報提供システムで用いる画像処理手法の評価を行った。画像処理手法には人間のコントラスト感度特性が高い空間周波数帯域のパワースペクトルに着目した萩原らの研究結果を用いた。画像処理によって得られた画像評価値(WIPS:Weighted Intensity of Power Spectra)と、被験者評価実験の結果を比較し、視界情報提供システムが自動算出したWIPSが大きくなると画像を目視した被験者の評価が見やすい評価になることを示した。

第5章では、第3章、第4章で開発した視界情報提供システムを用いて、実際に多くの地点の道路監視用CCTVカメラの画像から、長期間、自動的に視界情報を推定する視界情報提供実験を行った成果を示した。視界情報提供実験は一般国道230号と一般国道231号の2つの国道で行った。実験後には視界情報提供システムの評価を行い、画像が取得できなかった場合を除くと、10箇所以上の地点の画像から15分間隔で、長期間、安定して視界情報を推定できた。

第6章では、視界情報提供実験時の視界情報について評価を行った。被験者による評価実験結果のほか、気象データや衛星画像を用いて画像処理により提供された視界情報を評価した。被験者評価結果との比較では、高い信頼性を得た。気象データによる評価では、吹雪の発生につながる強風や降雪が計測された際に視界情報が視界不良を示すことを示唆できた。

第7章では、第3章、第4章で構築した視界情報提供システムを用いた視界情報の予測手法を開発した。予測手法として重回帰モデルとカルマンフィルターを用いた結果、1時間前のWIPSと風速、気温、降雪量の気象予測データを用いたカルマンフィルターによる予測は変化する視界情報に対する追従性が高いことを確認した。しかし、視界状況が急変する事例については両手法では予測が難しかった。視界情報の入力間隔、予測手法などにおいて今後の改良が必要となった。

第8章では、本研究の成果をとりまとめるとともに、今後の課題を記している。

これらを要するに、本研究は吹雪時の視界情報提供に関する新しいシステムを開発し、視程障害による防災技術の高度化を行う上で有益な知見を得たものであり、交通工学、地域計画学に貢献するところ大なるものがある。よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。