

領域 7

災害時における対応をスピーディかつ的確に支援する

ICTによるデータを用いた冬期交通障害検知に関する調査

Study on Detection of Traffic Disruption in Winter Using Data from ICT

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

道路交通研究部 道路交通安全研究室
Road Traffic Department
Road Safety Division

室長
Head
主任研究官
Senior Researcher
研究官
Researcher
交流研究員
Guest Research Engineer

小林 寛
KOBAYASHI Hiroshi
池原 圭一
IKEHARA Keiichi
成田 健浩
NARITA Takehiro
郭 雪松
GUO Xuesong

In this study, to improve the efficiency of the detection of stuck vehicles in winter, detection trials were performed based on time-series variations in the ETC2.0 probe information.

【研究目的及び経緯】

近年、短期間の集中的な大雪が局所的に発生するようになり、それに伴って発生する幹線道路上の大規模な車両滞留や長時間の通行止めが大きな問題となっている。このような冬期の交通障害は、雪に不慣れな地域においても度々発生しており、社会経済活動のみならず人命にも影響を及ぼすことが危惧されている。冬期の交通障害は、立ち往生車が発生した直後において、迅速な対応を実現できれば被害を軽減することが期待できるため、立ち往生車が発生した場合の情報収集や情報提供の効率化や工夫が求められている。

本調査は、冬期における立ち往生車の検知の効率化を図ることを目的とし、ETC2.0プローブ情報の時系列変化をもとにした検知の試行を行うものである。

【研究内容】

令和2年度は、北陸地方整備局管内の直轄国道において、過去に発生した立ち往生車の発生事例をもとに、立ち往生車の発生前後におけるETC2.0プローブ情報の時系列変化の特徴を整理し、立ち往生車の検知指標を検討した。また、複数の検知指標を組み合わせた検知フローを作成して検知を試行し、今後、検知精度を向上させるための課題を整理した。

【研究成果】

1. ETC2.0プローブ情報等のデータ取得状況

立ち往生車の検知の試行にあたり、北陸地方整備局管内の立ち往生車の発生箇所数とETC2.0プローブ情報のデータ取得状況を確認した(図-1)。立ち往生車の発生箇所は、平成30年度までの事例が整理されており、近年では平成29年度に多く発生している。一方、ETC2.0プローブ情報は、平成29年度のデータ量は少なく、データ量が増加したのは令和元年度の1月からであり、同年3月には3,690万台キロに達している。

2. 立ち往生車検知に用いる指標

立ち往生車を検知するため、立ち往生車が発生した

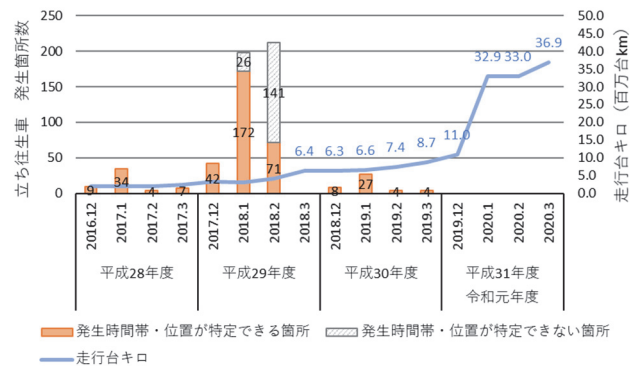


図-1 データ取得状況

際のETC2.0プローブ情報の変化に着目し、時系列の速度変化の特徴から検知に用いる指標を検討した。検討に際しては、北陸地方整備局管内の典型的な発生パターンに当てはまる地点(縦断勾配部3箇所、信号交差点部3箇所)を抽出し、各地点の立ち往生車発生前後において、候補となる指標の時系列変化の特異な傾向の有無等を確認することで、検知指標の活用の方角性を整理した。なお、平成29年度と平成30年度のデータを使用したものの、ETC2.0プローブ情報のデータ量が十分ではないため、各地点の分析区間延長は5km、分析単位時間は1時間として設定せざるを得なかった。

表-1に検知指標の検討結果として、立ち往生車検知に用いる指標の活用の方角性を整理した。

表-1 検知指標の検討結果

指標	活用の方向性
積雪状況	積雪記録のある時間帯とない時間帯で速度低下は見られた。積雪記録のある時間帯の速度低下は、立ち往生による速度低下の必要条件と見なせる。 ⇒ 発生検知の1次フィルターとして活用
平均速度の統計的有意差*	立ち往生の前後時間帯で有意差のある速度低下が見られ、立ち往生以外でも有意差のある速度低下は見られた。速度低下に有意差があれば立ち往生による速度低下の必要条件と見なせる。 ⇒ 発生検知の1次フィルターとして活用 (次頁へ続く)

85%マイル速度	速度のばらつきが小さく、経時的な速度低下を把握しやすい。 ⇒ 発生リスクの評価に活用 下限値を設定し、下限値を下回った場合は著しい速度低下であり、立ち往生の可能性が高い。 ⇒ 発生検知に活用
平均速度の変化	速度のばらつきが大きい。下限値を設定し、下限値を下回った場合は速度低下であり、立ち往生の可能性が高い。 ⇒ 発生検知に活用
スリップ評価値(急減速-0.5G以下割合)	発生直前や発生時間帯で評価値の上昇傾向が見られ、スリップしやすい路面状況であると推定できる。ただしサンプル取得が少ない。 ⇒ 発生リスクの評価に活用

※判定対象時間内(1時間)に得られたサンプルを集計し、サンプル数と平均値から母集団との有意差検定を行った。

3. 立ち往生車の検知フロー

検知フローの作成方針としては、立ち往生車検知をアラートとして活用することを想定し、ある程度の誤検出は許容しつつも取りこぼし(未発生と判定して実事象では発生)を小さくすることに留意した(表-2)。

表-2 検知フローの作成方針(混合行列)

		実事象	
		発生	未発生
検知フローによる判定	発生判定	真陽性 (○正検出)	偽陽性 (×誤検出)
	未発生判定	偽陰性 (×取りこぼし)	真陰性 (○正未検出)

作成した検知フローを図-2に示す。なお、検知フローは典型的な発生パターンとして縦断勾配部と信号交差点部のそれぞれで作成したものの、今回の分析区間延長と分析単位時間の条件においては、縦断勾配部と信号交差点で検知指標の時系列変化の傾向に違いがみられなかったことから、共通の検知フローとした。

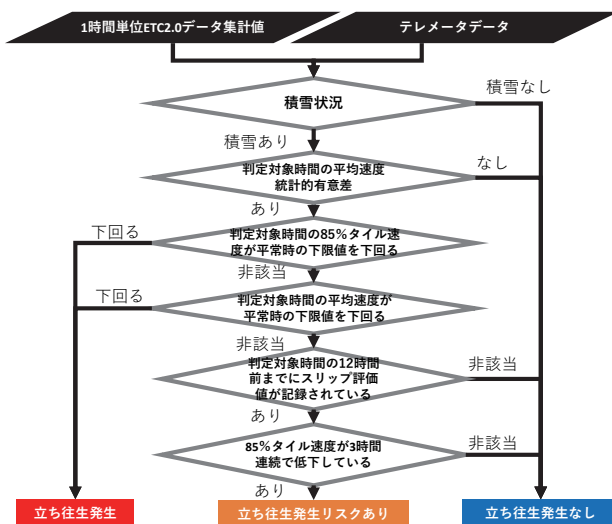


図-2 検知フロー

4. 立ち往生車検知の試行結果

検知の試行は、図-2のフローに基づき、次の条件で行った。

- ▶ 対象路線：北陸地方整備局管内の国道8号、17号、18号
- ▶ 対象期間：2018年1月～2019年3月の冬期
- ▶ 発生時間帯・位置が特定できない箇所は誤検出の扱いとした。

検知の試行結果は、混合行列を用いて表-3に整理し、次の3つの指標で試行結果を評価した(表-4)。

- ▶ 全体正解率：フローによる判定が正解した割合
= (真陽性+真陰性) / (全体)
- ▶ 再現率：実事象の発生のうちフローで発生を判定した割合
= (真陽性) / (真陽性+偽陰性)
- ▶ 精度：フローで発生を判定したデータのうち実事象で発生した割合
= (真陽性) / (真陽性+偽陽性)

表-3 検知の試行結果(混合行列)

Case1		実事象	
		発生	未発生
検知フローによる判定	発生判定	84	29,218
	未発生判定	56	1,492,722

表-4のCase1は、図-2に基づく試行結果であり、表-3をもとに算出している。Case1以外は派生ケースである。Case1において、全体正解率が高いのは、立ち往生が発生しない時間が非常に多く、検知フロー上も未発生判定が多いことによる。再現率は6割(取りこぼしが4割)となった。精度は極めて低い結果となった。

表-4 試行結果の評価

	Case0	Case1	Case2	Case3	Case4
全体正解率	96.0%	98.1%	97.7%	98.0%	98.6%
再現率	64.3%	60.0%	60.0%	60.7%	42.7%
精度	0.15%	0.29%	0.24%	0.29%	0.08%

- ◇ Case0は、積雪状況による判定を除外したフローによる結果である。速度に関する指標のみではCase1よりも精度は低い。
- ◇ Case2は、平均速度の統計的有意差判定を除外したフローによる結果である。Case1よりも精度は低くなり有意差判定の有効性が確認された。
- ◇ Case3は、発生リスクありを立ち往生発生と仮定したフローによる結果である。Case1と同等の結果となった。
- ◇ Case4は、集計単位を15分とした結果である。単位時間内でETC2.0プローブ情報が取得されていないことが多く、Case1よりも再現率は低下している。ETC2.0プローブ情報が取得されている時間帯のみに絞ると、再現率は69.3%となった。

5. 立ち往生車検知の課題整理

ETC2.0プローブ情報のデータ取得数は、2020年1月以降大幅に増加している。それにより平均速度や85%マイル速度の経時的なばらつきが安定している(変化量が小さい)ことが想定される。データの増加に伴い、交通特性を踏まえて適切に分析区間を設定し、分析時間帯の細分化を図る必要がある。さらに、閾値を精査したり、大型車に着目した分析により検知指標や検知フローの見直しを検討することも有効と考えられる。

また、ETC2.0プローブ情報以外から得られる動的な情報として、路面状況、路面温度、除雪状況などを付加することも有効と考えられる。

検知精度の向上を妨げる要因としては、立ち往生車の発生データの不完全性が挙げられる。発生時間帯・位置が特定できないと誤検出の扱いとなり精度が低下する一つの要因となっている。

[成果の活用]

今後も、検知精度を向上させるため、分析に使用するデータの充実を図り、検知指標、検知フロー等に関して工夫や改良を行う予定である。

冬期道路管理を踏まえた降雪予測情報に関する調査

Study on snowfall forecast information applicable to winter road management

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室 室長 増田 仁
 Road Structures Department Head MASUDA Hitoshi
 Earthquake Disaster Management Division 主任研究官 長屋 和宏
 Senior Researcher NAGAYA Kazuhiro

In order to set a timeline and perform snow removal properly, it is necessary to know the snow depth on the road. This study aims to summarize the method of estimating the snow depth on the road using the weather forecast by the Japan Meteorological Agency (JMA). The method for estimating the snow depth on the road is developed and examined by field observation data.

[研究目的及び経緯]

近年の集中的な大雪時に備え、道路管理者は広域的に連携し、除雪体制を強化すること等が検討されている。そのため、タイムラインを作成し、道路ネットワークへの影響を最小化する取り組みが求められている。現在の道路管理の現場では、気象庁等が発表する予測情報を活用して降雪量を推定し、除雪等の判断を行っている。しかしながら、これらを実施するためには、精度の高い積雪量推定が必要となる。また、その判断にあたっては、除雪機械の移動等を考慮した早期の積雪量推定が必要である。

本調査では、路面積雪量の予測手法の開発を目的として、気象状況等と路面積雪量との関係を明らかにするとともに、実際の気象観測データおよび気象庁等により配信されている気象予測データを用いて路面積雪量の予測手法の検証を行った。

[研究内容及び研究成果]

令和元年度に概成した路面積雪量予測手法について、現地気象観測および過去の道路雪害時の気象データを

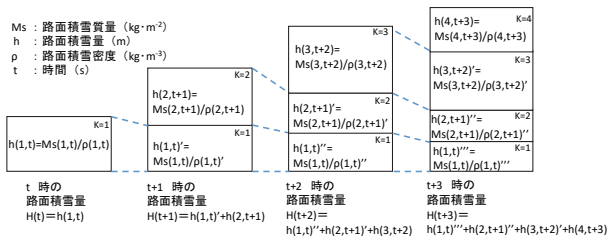


図-1 路面積雪の圧密と時間変化のイメージ

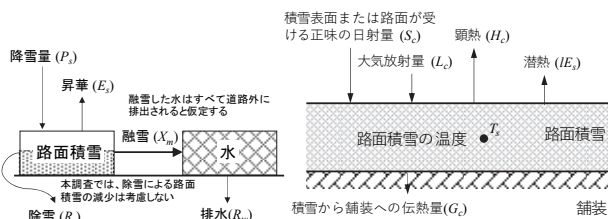


図-2 路面積雪の質量収支 (左) と路面積雪と外部との熱エネルギー交換 (右) のイメージ

用いて路面積雪量の検証を行った。また、この時に気象庁から配信された気象予測データによる路面積雪量の予測値を再現し、路面積雪量予測の有用性と道路管理者のタイムラインへの活用性を検証した。

(1) 路面積雪量予測手法の概要

本調査での路面積雪量予測手法が対象とする要因の範囲は、自然要因による融雪（路面に降る雪の融解による路面積雪量の減少）と圧密（自重による積雪表面の沈降）としている。この路面積雪量予測手法は、図-1 に示すように時間毎に路面積雪質量と路面積雪密度から路面積雪量を計算し、各層を積算して路面積雪量を得る。この時の路面積雪密度は粘性圧縮モデルを用いることで、雪の沈降による圧密の影響を反映する。

図-1 の路面積雪質量は、熱収支法で計算した融解量を減じた値とする。路面積雪質量は図-2 の左図の質量収支で定義し、融解によって生じた水は滞留することなく路面から排出されると仮定している。路面積雪量の融解量の算定には、外部との熱のやり取りを図-2 の右図に定義し、路面積雪の温度が 0°C で熱エネルギーが余剰の時に路面積雪が融解する。

(2) 道路雪害発生時の気象情報等の整理

過去 5 年間に発生した道路雪害事例から、地域性や気象観測データの有無を考慮し、表-1 に示す 5 事例を抽出の上、気象データ及び雪害の経過資料を収集した。

(3) 路面積雪量の観測および気象状況データの取得

路面積雪量予測手法を検証するため、令和2年度冬

表-1 路面積雪推定手法の検証対象とした道路雪害

事例 No.	年月日	整備期	県	主な道路雪害発生地域	主な被災路線	雪害の概要
1	2014年12月5～7日	中国地盤	広島県 鳥取県	国道54号 (三次市～船岡町)		新岡立ち往生(8台)、国道通行止め
2	2015年2月9～10日	近畿地盤	福井県	国道8号 (敦賀市～南越前町)		スタック発生による立往生(約590台)、国道通行止め(約7時間)
3	2016年1月24～26日	北陸地盤	新潟県	国道8号 (長岡市～見附市)		スタック発生による渋滞、最大40時間近い国道通行止め
4	2016年1月24～26日	北陸地盤	新潟県	国道8号 (糸魚川市)		スタック発生による国道通行止め(8.7km)
5	2017年2月11～12日	中国地盤	鳥取県	山陰自動車道 (鳥取IC～鳥取西IC、八束水～はわいIC) 鳥取自動車道 (河原IC～鳥取IC) 国道9号 (鳥取市、湯梨浜町)		立ち往生車両発生(山陰道で約100台、国道9号で約150台A)、国道・高速道路通行止め

表-2 路面積雪量予測手法の検証対象とした降雪事例

観測要素	観測機器	備考
路面積雪の温度	放射温度計	表面温度を計測
日射量・大気放射量	長短波放射計	
降雪量	積雪深計	積雪深差から推定
降雪強度	降雪強度計	積雪しない降雪を観測
積雪状況	WEBカメラ	積雪の開始や状況を把握

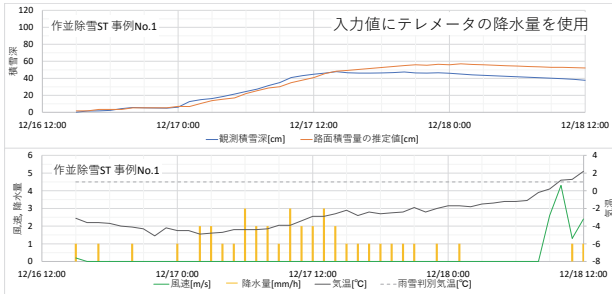


図-3 降雪事例による路面積雪量予測手法の検証結果

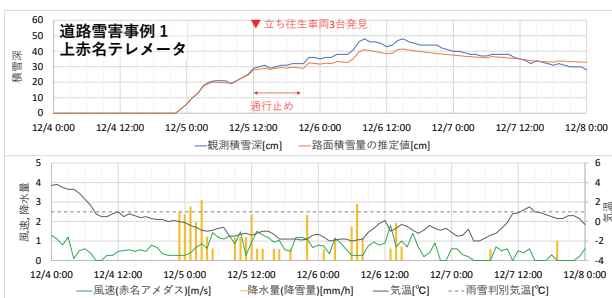


図-4 道路雪害時の気象観測データによる検証結果

期に宮城県仙台市の国道 48 号作並除雪ステーションで表-2 に示す気象観測を実施した。気温、降水量は道路テレメータの観測値を利用した。

(4) 観測値や実況推定値による路面積雪量の検証

検証箇所での路面積雪量の検証結果の例を図-3 に示す。路面積雪量の推定値は積雪深の観測値に合致している。他の事例でも積雪深によく一致した。

道路雪害事例に対する検証結果の例を図-4 に示す。立ち往生発見時は路面積雪量の推定値が約 30cm に達

した時であり、道路雪害の発生に対応している。他の 4 事例においても同様の結果であり、路面積雪量推定手法は道路雪害の発生リスクを表現しているといえる。

(5) 気象予測値を用いた路面積雪量予測の検証

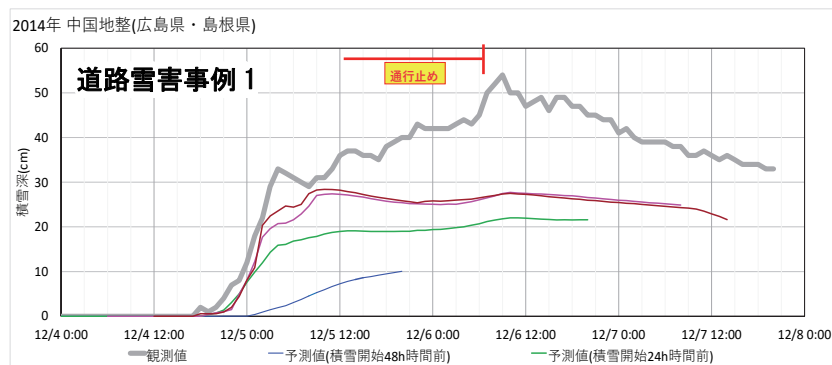
気象庁気象予測モデルの値から路面積雪量予測を再現し、活用性を検討した。検証箇所での降雪事例に対しては、72 時間前や 48 時間前は適切に予測されず、24 時間前から実際の積雪深に比較的近似した結果となった。

同様に、道路雪害事例に対する路面積雪量の再現結果の一例を図-5 に示す。この結果、72 時間前は路面積雪量の増大が予測されず、48 時間までも過少であるが、24 時間前になると、実際の積雪深の増大に合致した予測になる。この結果を道路管理者のタイムラインと照合すると、24 時間前の「体制強化・緊急発表呼びかけ」の段階から活用できる場合が多かった。

路面積雪量予測手法の入力値による感度分析を行ったところ、降雪量と気温の影響が最も多い。このほかの要素については、降雪時を前提に一定値や他の地点での代替値を用いることでも良いと考えられる。

【成果の活用】

本調査で検証した路面積雪量予測手法は、大雪時に道路管理者がタイムラインを運用する際に必要な予測情報となりうる。気象観測値に加えて、気象庁予測情報による路面積雪量の予測結果を検証したところ、48 時間前の体制確保は可能性判断にとどまり、24 時間前から体制強化等に活用可能と考えられた。今後の事例検証に加えて、路面積雪量予測の試行運用を行うことで、道路管理の実情に即した情報として展開できる。



予測対象時間帯	2014年12月4日	2014年12月5日	2014年12月6日	2014年12月7日
降雪期間				
予測期間	48時間前	MSM	GSM	GSM
	24時間前	MSM	MSM	GSM
	12時間前	LFM	MSM	GSM
	6時間前	LFM	MSM	GSM

図-5 気象予測情報による路面積雪量予測の検証結果

冬期道路対策への住民参加の促進に関する調査

Research on promotion of community participation in countermeasures against snowfall on the road

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

社会資本マネジメント研究センター
建設経済研究室
Research Center for Infrastructure Management
Construction Economics Division

室長 小俣 元美
Head OMATA Motoyoshi
主任研究官 原野 崇
Senior Researcher HARANO Takashi

In recent years, very strong snowfall has been intensive and continuous. At the same time, the aging of skilled snow removal operators and labor shortages are becoming more serious. These make road snow removal more difficult in heavy snowfall areas, especially in rural areas. For this reason, the community participation is required for road snow removal.

In this study, we investigated cases of snow removal activities by local residents in heavy snowfall areas and their support measures.

[研究目的及び経緯]

近年、非常に強い降雪が集中的かつ継続的に発生するなど雪の降り方が変化する一方、道路の除雪を担う地域の建設業者等は、除雪機械の老朽化や熟練したオペレータの高齢化等により、除雪作業を取り巻く環境が一層厳しさを増している。この状況を受け国土交通省道路局が設置した冬期道路交通確保対策検討委員会は「大雪時の道路交通確保対策 中間とりまとめ」(2018.5)の中で、道路管理者間の協力体制の構築や地域建設業者の確保に加え、地域や民間団体による除雪作業への協力体制の構築について提言している。

国総研では、地域や民間団体が道路除雪へ積極的に協力できる仕組みの構築を目指し、冬期道路対策への住民参加を促進する方策の検討を行っている。

本業務は、その施策を検討し促進するための基礎資料として自治体や地域住民等に情報提供することを目的に、豪雪地帯の住民等による道路除雪活動に対する支援策についての調査を行ったものである。

[研究内容]

1. 住民等による道路除雪活動への支援策調査

豪雪地帯対策特別法に基づく豪雪地帯及び特別豪雪地帯に指定されている各自治体(※令和2年4月1日現在532市町村)について、地域住民等の道路除雪活動を支援する施策や制度の概略を調査した。国土交通省国土政策局地方振興課が対象自治体を実施している『豪雪地帯基礎調査』の結果から、除雪支援制度の実施状況を整理した上で、各自治体のホームページや文献等から資料を収集し、支援内容の詳細を確認した(表-1)。除雪支援実施は240市町村、そのうち住民等による道路除雪活動を支援する制度等の実施が確認

できたのは161市町村であった。

表-1 収集した資料および活動支援内容

資料	<ul style="list-style-type: none"> 自治体HPでの事業・制度の紹介 事業・制度の要綱等(条例、例規集の掲載内容) 広報での事業・制度の紹介
活動支援内容	<ul style="list-style-type: none"> 支援種別(除雪ボランティア制度、除雪機の購入支援、除雪機の貸与、その他除雪用資器材の購入支援、その他除雪用資器材の貸与や支給、除雪機燃料の支給・燃料費の助成、活動費用の助成、報奨金、地域一斉除雪) 市町村HP掲載有無、URL 事業・制度の内容

2. 住民等による道路除雪活動支援の実施状況

前項で確認された161市町村での活動支援実施状況について豪雪地帯基礎調査結果から整理した。併せて、当該市町村の気象状況を気象庁の観測データから、人口や年齢構成、財政状況等の社会経済状況を総務省統計局資料等から調べ、支援実施状況とこれらのデータの関連性を整理した。

[研究成果]

1. 支援の実施状況(分布)

住民等による道路除雪活動への支援を実施している市町村は豪雪地帯で30%(161市町村)、特別豪雪地帯で25%(50市町村)であった。支援策の実施状況を道府県別にみると、豪雪指定市町村が10市町村以上の道府県で「支援を実施している」市町村の割合が多いのは、鳥取県(79%)、富山県(73%)、石川県(63%)、福井県(53%)、山形県(51%)の順となっている。(図-1)

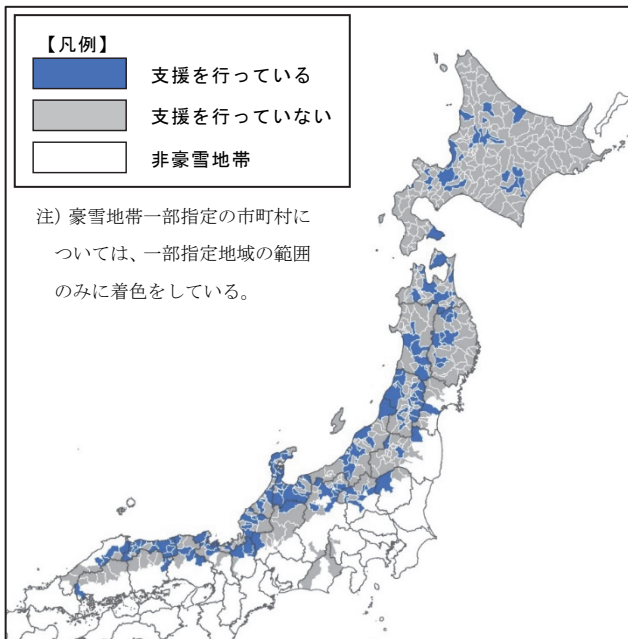


図-1 住民等による道路除雪活動への支援の実施市町村の分布

2. 支援策の実施内容

豪雪地帯における住民等による道路除雪活動への支援の実施内容は「除雪機の貸与」が16%と最も多く、次いで「活動費用の助成」(14%)、「除雪機の購入支援」(10%)の順となっている。一方で、特別豪雪地帯に限ってみると「活動費用の助成」が17%と最も多く、次いで「除雪機の貸与」(12%)、「除雪機の購入支援」(5%)の順となっている(図-2)。住民が除雪機を所有しない地域では貸与されれば人手は住民参加で充足でき、住民が保有する除雪機を使う場合は実費助成や燃料の現物支給で支援するケースが多く見られた。

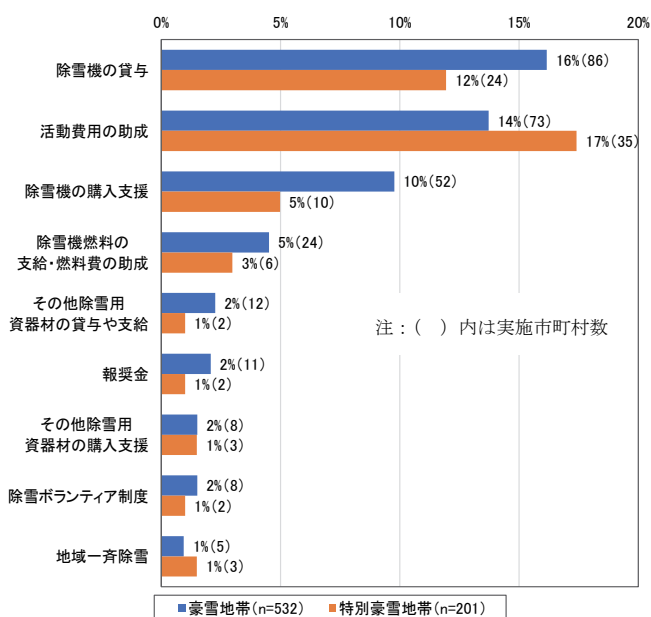


図-2 住民等による道路除雪活動への支援内容

3. 支援策と社会状況の関連性について

豪雪地帯全532市町村と、うち支援実施161市町村について社会状況との関係性を整理したところ、一定の傾向が見られた。その一部を以下に示す

市町村の人口規模が大きい市町村ほど、支援実施の割合が高くなっている。(図-3)

15~64歳人口の割合が多い市町村において、支援実施割合が高くなっている。住民等の担い手が多い市町村において、道路除雪活動への支援を実施している様子が伺える。(図-4)

また道路実延長が長い市町村ほど、支援の割合が高くなっている。(図-5)

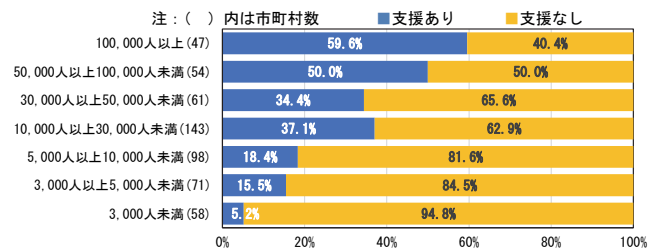


図-3 支援策の実施状況(人口規模別)

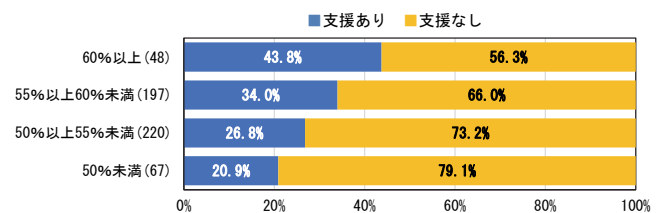


図-4 支援策の実施状況(15~64歳人口割合別)

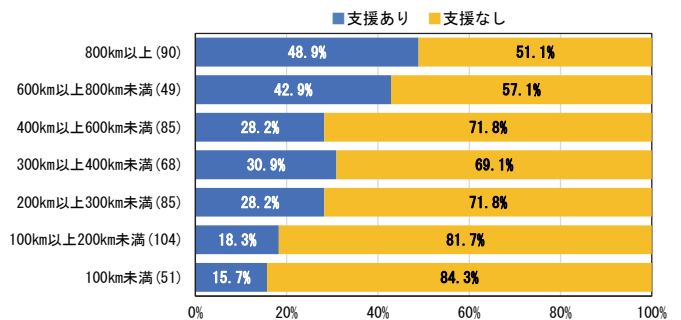


図-5 支援策の実施状況(道路実延長別)

豪特法で指定された地域の多くがその後、市町村合併した自治体の一部地域となっており、現在の市町村単位で実施している「豪雪地帯基礎調査」では実態が把握しづらい部分もあるが、どのような地域にどのような支援策が効果的かを明らかにすべく、その他の指標についても精査中である。

【成果の活用】

本調査結果は、地域住民等による除雪活動の促進に係るガイドラインや指針等として取りまとめ公表する予定である。

斜面災害時における道路通行可否の把握技術に関する調査

Study on technologies to grasp road trafficability after slope disaster

(研究期間 平成 30 年度～令和 2 年度)

道路構造物研究部 道路地震防災研究室 室長
 Road Structures Department Head
 Earthquake Disaster Management Division 研究官
 Researcher

片岡 正次郎
 KATAOKA Shojiro
 梅原 剛
 UMEBARA Takeshi

With the aim of investigating places that have become difficult to access due to slope disasters caused by earthquakes and heavy rains, and to avoid secondary damage caused by the re-collapse of slopes during road enlightenment work, we focus on Unmanned Aerial Vehicles (UAV), which are one of the early grasping technologies, and examine effective methods for use in slope disasters.

[研究目的及び経緯]

地震や豪雨等に起因する斜面災害により、現場立ち入り不可能となった箇所や道路啓開活動時の斜面の再崩壊による二次被害を回避することを目的として、無人航空機 (UAV) に着目し、斜面災害時における効果的な活用方法の検討を行っている。

本年度は斜面再崩壊危険箇所の早期発見のため、UAV レーザ計測データ等を用いた斜面崩壊危険箇所の判読事例の収集・整理を行った。また、実際の斜面崩壊現場において、崩壊箇所周辺状況の UAV レーザ計測を行うとともに、その計測データを処理・加工することにより、危険箇所の判読が可能か検討を行った。

[研究内容]

1. 斜面再崩壊危険箇所の判読事例の収集・整理

地震による斜面崩壊後の雨や余震等による再崩壊に備えるため、航空レーザもしくは UAV レーザで計測したデータを処理・加工して作成した地形表現図等により、危険箇所の把握を行うことがある。そこで、文献調査等を行い、地形表現図から斜面崩壊の前兆となる微地形の抽出が可能であった事例を収集・整理した。

2. 危険箇所の判読可能性の検討

2019 年 10 月に発生した台風 19 号の影響で、斜面が崩壊した神奈川県箱根町の国道 138 号の現場に関して UAV レーザ計測を実施するとともに、計測データを 3 種類程度の異なる地形表現図を用いて処理することで、再崩壊危険

箇所の判読が可能か検討した。

[研究成果]

1. 斜面再崩壊危険箇所の判読事例の収集・整理

既往研究の調査から、斜面崩壊発生域及びその近傍では図-1 に示すような崩壊の前兆となる微地形等 (遷急線、崩壊跡地、ガリー等) が観察されている。そこで、

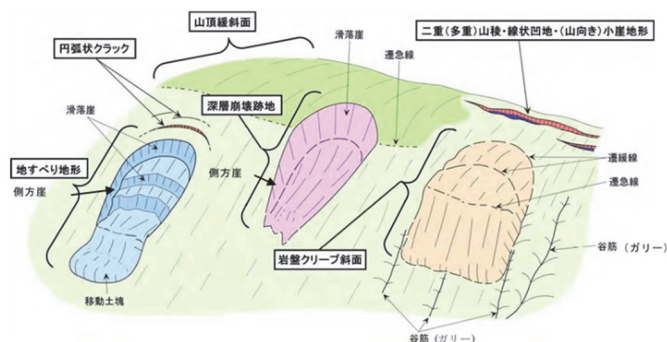


図-1 斜面崩壊地の模式図¹⁾

表-1 調査から得られた抽出可能な微地形

○：事例あり

地形表現図	概要	崩壊の前兆となる微地形										
		崩壊地(跡地)	滑落崖	側方崖	崩積土	末端崩壊	小崖(段差・亀裂)	凹地	緩状凹地	ガリー	急崖	不規則凹凸
傾斜量図	傾斜量を濃淡で表現した図。緩傾斜が淡色、急傾斜が濃色となる。	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○
方位傾斜量図	斜面の向きと傾斜量を表現した図。傾斜方向で色分けし、傾斜量をその濃淡で示す。						○		○			
陰影図	地形モデルに一方から光を当てた場合の影を表現した図。		○				○		○			
陰陽図	地形の凹凸によりできる影を表現した陰陽値を基に作成した図。	○										
鳥瞰陰影図	陰影図を、ある高さから俯瞰した様子を表現した図。	○	○				○					
DS立体図	標高、傾斜、曲率を重ね合わせた図。凹凸を赤青色、濃淡で傾斜量、グレースケールで標高を示す。	○										
ラブラシアン図 ⁺ 傾斜量図	ラブラシアンと傾斜量図を重ね合わせた図。地形の凹凸をラブラシアンで示し、勾配を傾斜量図で表現している。凹地が青く、凸地が赤く示される。						○		○			
微地形強調図	傾斜量図とウェーブレット図を重ね合わせた図。傾斜量図で強調しづらい微小な起伏地形をウェーブレット図で補っている。	○	○			○	○	○	○	○	○	○
カラー標高傾斜図	傾斜量図に標高図を重ね合わせた図。標高情報がない傾斜量図にカラーで標高を表現する。	○	○				○	○	○	○	○	○
赤色立体地図	傾斜量図に地上・地下開度を重ね合わせた図。微小な凹凸地形が地上・地下開度によって強調される。	○	○		○	○			○	○	○	○

※本報告は令和元年度から令和 2 年度へと継続して実施した研究の成果を令和 2 年度研究成果としてまとめたものである。

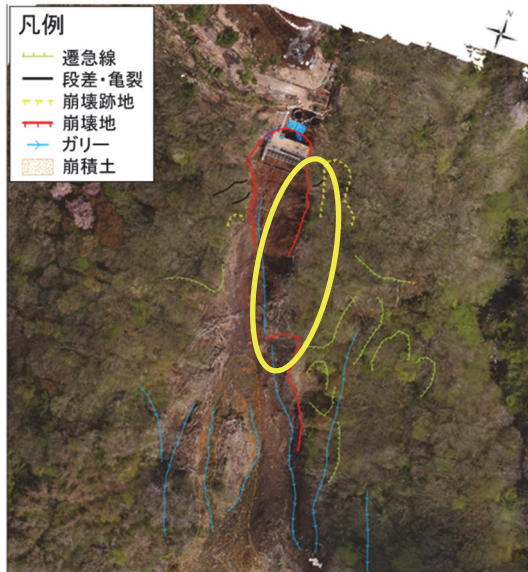


写真-1 斜面崩壊現場（デジタルオルソフォト）

レーザ計測データから地形表現図を作成することにより、それらの微地形を抽出することができた事例（20事例）を整理した。整理結果を表-1に示す。

表-1から、様々な地形表現図がある中でも、計測データを傾斜量図や赤色立体地図に処理・加工することにより、多種の微地形の発見が可能となることが確認できた。

2. 危険箇所の判読可能性の検討

写真-1に示す斜面崩壊現場において、UAVレーザ計測を実施するとともに、そのデータを用いて、数種類の異なる地形表現図を作成することにより、崩壊の前兆となる微地形が読み取れるか、また再崩壊危険箇所はないか判読した結果を図-2に示す。

図-2には、広く地形判読に用いられている傾斜量図、陰影図、赤色立体地図等の判読結果を示すとともに、

農林業での利用頻度が高いCS立体図についての判読結果を示した。判読は、崩壊の前兆となる微地形や一般的に斜面崩壊や浸食が発生しやすい場所である遷急点を結んだ線（遷急線）について試みた。

図-2より、傾斜量図や赤色立体地図では、遷急線、段差・亀裂、崩壊地・崩壊跡地、ガリー等の微地形等の判読が可能であることが確認できた。また、陰影図やCS立体図においては、ガリー等の一部の微地形の判読は可能であったが、それ以外の微地形等の判読は難しいことが明らかとなった。

一方、再崩壊危険箇所の判読について、写真-1では目視確認できないものの、図-2の赤色立体地図等では植生に覆われた箇所においても崩壊跡地等の把握が可能となり、写真-1の黄色で囲んだ部分が過去の崩壊と今回の崩壊後に、未だ崩れ残った状態となっていることが読み取れる。加えて、崩れ残った箇所の下部は大きくオーバーハングしており、当該箇所は、今後、崩壊の恐れがあるものと推測され、地形表現図が危険箇所の判読の際の有効なツールであることが確認できた。

[成果の活用]

斜面災害時における再崩壊危険箇所は、目視での監視等に加え、UAV計測データを用いた地形表現図を作成することにより、より精度良く発見できることが確認できた。今後、斜面再崩壊の危険箇所の判断において、本手法が現場における意思決定の際のツールの一つとして利用されることが期待される。

[引用文献]

1) 国立研究開発法人土木研究所：深層崩壊の発生する恐れのある斜面抽出技術手法及びリスク評価手法に関する研究，土木研究所資料第4333号，p.8，2016

	傾斜量図	陰影図	CS立体図	赤色立体地図
地形表現図				
判読可否	遷急線、段差・亀裂、崩壊地・崩壊跡地、ガリー等の判読が可能である。ただし、急傾斜の部分は黒く潰れる傾向がある。	崩壊地・崩壊跡地、ガリーの判読が可能である。光の当たる方向によって見え方が変わる傾向がある。	ガリーについては非常に明瞭に判読できる。ただし、全体的に扁平な表現となり、他の地形の判読にはやや不向きかと思われる。	遷急線、段差・亀裂、崩壊地・崩壊跡地、ガリー等の判読が可能である。ただし、谷間等の入り組んだ部分が黒く潰れる傾向がある。

図-2 調査から得られた微地形抽出可能な地形表現図