

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
久保田小百合
KUBOTA Sayuri
鏡味 沙良
KAGAMI Sara

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、降雪が少ない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。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これらへの影響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、ETC2.0プローブ情報の時系列変化をもとにした冬期交通障害の検知の試行を行うものである。

【研究内容】

令和3年度は、令和2年度に東北、北陸、中国、九州地方整備局管内の直轄国道で発生した通行止めの実績をもとに、検知フローを構築し、検知の試行を行った。検知フローは、気象状況や交通状況から時系列変化の段階的なリスクの高まりを捉える検知指標を検討し、それらを用いて構築した。

【研究成果】

1. 使用したデータと特徴

分析の対象箇所は、第5回冬期道路交通確保対策検討委員会の直轄国道の通行止め一覧（令和2年度）に関する資料をもとに、通行止めの理由が立ち往生車両などによる冬期交通障害である20箇所（上下線別に24箇所、東北、北陸、中国、九州地方整備局管内の直轄国道）とした。なお、通行止め一覧からは、詳細な区間や実際に交通障害が発生した時間のデータを得られないことなどを踏まえて、1km、30分単位のデータを検知に使用した。

2. 検知フローの構築と検知の試行結果

冬期交通障害の検知を行うにあたっては、ETC2.0プローブ情報の時系列変化の特徴を分析し、図-1に示す

冬期交通障害の発生メカニズムを考慮した段階的なリスクの高まりを捉えることとし、表-1に示す検知指標を設定した。また、一度“障害発生あり”として検知した後に、その状態が継続しているかを判断する指標についても設定した。これら発生メカニズムや指標をもとに図-2に示す検知フローを構築した。なお、表-1と図-2は、「見逃し（実際に発生した冬期交通障害を見逃していること）」を少なくするために繰り返し検討し、設定及び構築した結果を示している。

構築した検知フローを用いて、全車両、8t以上の大型車、11t以上の大型車の3つの車両区分を対象に検

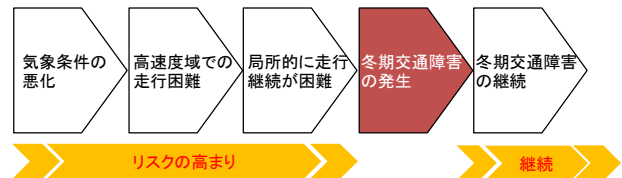


図-1 冬期交通障害の発生メカニズム

表-1 検知指標の設定結果

発生メカニズム	検知指標
気象条件の悪化 ⇒ リスクの高まり	a) 気象条件が、いずれかにあてはまる場合 ・気温が0℃以下 ・気温が3℃未満で、かつ降水量、累積降水量、降雪量、積雪深のいずれかが存在
高速度域の走行が困難になる ⇒ リスクの高まり	b) 当日の85%マイル速度が、平常時の平均速度を下回る
局所的に走行継続が困難な箇所が生じる ⇒ リスクの高まり	c) 当日の15%マイル速度が平常時の速度の5%マイル速度を下回る
冬期交通障害の発生 ⇒ 発生の検知	d) 当日の平均速度が、平常時の5%マイル速度を下回る e) 当日の85%マイル速度が、平常時の速度の5%マイル速度を下回る
冬期交通障害の継続 ⇒ 状態の継続	f) 一つ前の時間帯がc)の条件に当てはまる g) ETC2.0のサンプル数が冬期交通障害発生前の5割の水準に戻っている

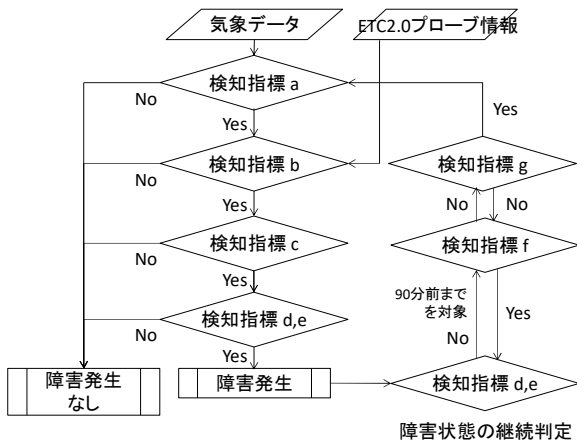


図-2 検知フロー（略図）

表-2 検知の試行結果（混同行列）

		実事象	
		発生	未発生
検知フローによる判定	発生判定	3,524 (正解) A	10,302 (誤検出) B
	未発生判定	1,632 (見逃し) C	16,150 (正解) D

- ▶ 全体正解率 = 62.2% [= (A+D) / (A+B+C+D)]
- ▶ 再現率 = 68.3% [= A / (A+C)]
- ▶ 精度 = 25.5% [= A / (A+B)]

知を行った。なお、どの車両区分で“障害発生あり”と検知しても、その区間・時間は“障害発生あり”として扱うこととした。

検知の試行結果は、混同行列を用いて整理し、3つの評価指標で試行結果を評価した（表-2）。再現率（見逃さなかった割合）は70%を超えており、見逃した割合は

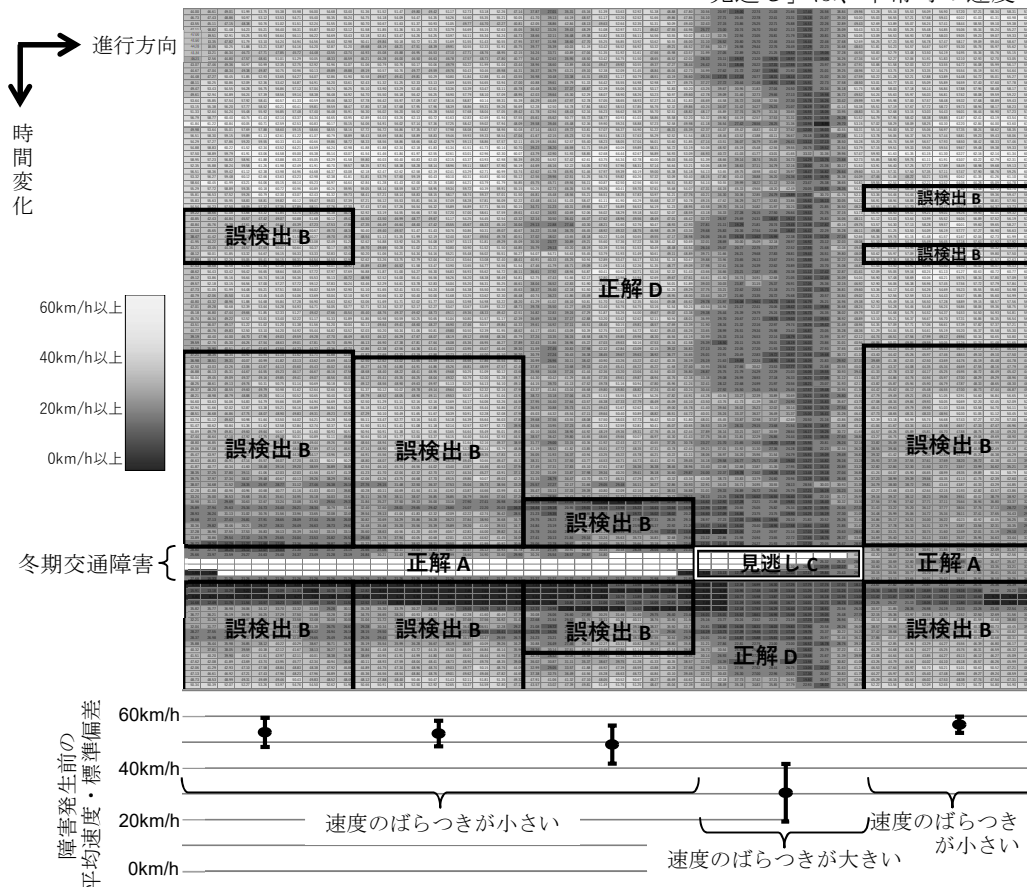


図-3 冬期交通障害発生時の速度状況と検知結果（例）

30%以内に収まっている。その一方で、精度（誤検出しなかった割合）は30%程度であり、誤検出（実際には発生しなかった冬期交通障害を検出してしまうこと）した割合は70%程度となった。

3. 見逃し・誤検出の原因分析

図-2の検知フローは、「見逃し」を少なくすることを前提に構築したものであることから、現状は「誤検出」が多い結果となっている。この「誤検出」の原因を確認するため、冬期交通障害発生時の速度状況に「誤検出」等が発生した時間と区間を表した例を図-3に示した。

「誤検出」は平常時の速度のばらつきが小さい箇所でも多く発生しており、これは、小さな速度変化でも“障害発生あり”と検知されてしまうためである。そのため、速度のばらつきが小さい箇所では、異なる検知指標や閾値を採用し、検知フローに組み込むことにより、精度を向上させることができると考えられる。

なお、「誤検出」の中には、冬期交通障害発生直前及び直後に発生しているものも含まれていた。発生直前は、平常時よりも速度が低下した状態が継続していることを確認でき、予兆を捉えている可能性がある。発生直後は、進行方向の後ろ側の速度が低くなっていることが確認でき、滞留していた車両が捌ける様子を捉えていると推察できることから、まだ障害が解消していないと判断することで、精度を向上させることができると考えられる。

「見逃し」は、平常時の速度のばらつきが大きい箇所

所で発生しており、場所ごとに検知指標や閾値を変更するなどの調整を行うことで、さらに再現率を向上させる余地があると考えられる。

[成果の活用]

今後は、速度のばらつきが小さい箇所では、異なる検知指標や閾値を採用することを検討し、冬期交通障害の検知の精度を高める予定である。また、冬期交通障害の予兆を捉えられる可能性があることも示唆されたことから、予兆を把握する手法を検討する予定である。

災害時調査支援のための道路管理技術の高度利用に関する調査

Study on enhanced use of road management technologies for disaster investigation support

(研究期間 令和元年度～令和3年度)

道路構造物研究部 Road Structures Department 道路構造物研究部 道路地震防災研究室 Road Structures Department Earthquake Disaster Management Division	部長 Director 研究官 Researcher	福田 敬大 FUKUDA Yukihiro 梅原 剛 UMEBARA Takeshi
---	-------------------------------------	---

When a large-scale disaster occurs, the damage is enormous, the distribution is wide, and it may take a lot of time to grasp the damage situation. Therefore, for the purpose of quickly grasping the damage situation of road facilities due to earthquakes, heavy rain disasters, etc., an efficient method of grasping the damage situation using road management technology and remote sensing technology is studied in cooperation with a municipality.

〔研究目的及び経緯〕

地震や豪雨等による大規模災害が発生すると、被災が甚大で広範囲にわたる場合や夜間など、被災状況の把握に多大な時間を要することがある。そこで地震や豪雨災害等による道路施設の被災状況の迅速な把握を目的として、現在用いられている道路管理技術に加えリモートセンシング技術（以下、道路管理技術等という。）を活用した災害時の調査支援の検討を行っている。

昨年度までは、道路管理技術等の活用条件の整理や自動航行 UAV を活用した海岸部の道路被災状況把握精度の確認及び課題の整理を行ってきた。

本年度は、主に平地及び山間部での夜間の道路上の被災状況把握精度の確認を目的として、赤外線カメラ及びレーザスキャナを装備した自動航行 UAV の現場飛行実験を行った。

〔研究内容〕

現場飛行実験は、現在通行止めとなっている石川県加賀市の防風林の中にある片側一車線、道路延長 1km 程度の片野町市道（図-1）及び九谷ダム左岸の市道で実施した。実験では、路面が土砂に覆われた状況や路面



図-1 現場飛行実験場所（片野町市道）

障害物等を想定した模擬被災事象（図-2）を片野町市道に再現するとともに、九谷ダム左岸市道の路面亀裂（幅 1～8cm）、ガードレールの損傷等の事象を用いて、昼夜の道路被災状況把握精度の確認を行った。

なお UAV は、飛行速度 5m/s で道路からの離隔 30m（平時の航空法上の第三者又は物件との最低離隔）、飛行高度 30m での飛行とした。飛行機種は、DJI 社の Matrice300RTK を用い、昼間は解像度 1920×1080（動画）のカメラを、夜間は赤外線カメラ（解像度：640×512（動画））やレーザスキャナ（Zenmuse L1）を装備した。

〔研究成果〕

1. 平地及び山間部における被災状況把握（昼間）

航空法の規定から、道路上の被災箇所にもっとも近寄った位置（高度 30m、離隔 30m）での撮影を実施した場合、昨年度の海岸部での実験同様、数十 cm 程度のブロックまでの確認は可能であった。また、LTE 回線を用いたリアルタイム配信映像では、平地部であったこともあり、電波状況は昨年度と比べ良好であったが、場所により配信が不鮮明となる状況が発生した。

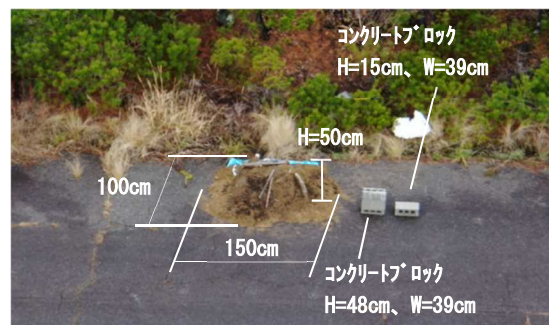


図-2 模擬被災事象（片野町市道）の一例

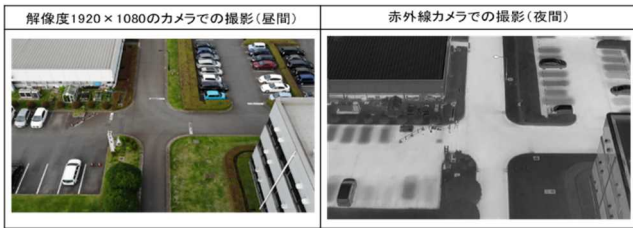


図-3 赤外線カメラ映像（研究所敷地内での試験）

本結果より、通信状況は同日であっても時間帯や回線の混み具合等により電波速度等の影響を受けることから、リアルタイム映像配信のためには、衛星通信や国交省所有の光ファイバーの活用、UAV 専用帯域の整備等に関する検討を行い、災害時にも安定した通信体制を確保することが望ましい。一方で、リアルタイムにこだわらず、UAV の離着陸場に通信機器を設置し、そこから UAV の撮影映像を展開する手法など、代替案の検討も必要と考えられる。

2. 夜間における被災状況把握

(1) 赤外線カメラによる被災状況把握

現場飛行実験の実施に先立ち、研究所敷地内で夜間、試験的に赤外線撮影を実施した結果、構造物等が鮮明に映ることが確認できた（図-3）。しかし加賀市での実験では、悪天候（曇り時々雨）の影響で、道路と周辺土砂等との温度差が小さかったこともあり、5m/s の飛行では、人物、車両のみの確認しかできなかった。一方、現場上空で停止（ホバリング）することで、模擬被災事象の路面に覆われた土砂やガードレールの損傷は確認できた（図-4、5）。

結果を踏まえ、気象条件により、道路被災箇所の視認性が大きく変化することが明確となったことから、今後、夜間時の赤外線カメラの効果的な活用方法（例えば、効果的な撮影時期、撮影地域、撮影対象物、大気温度等）の検討が必要であると考えられる。

(2) レーザスキャナによる被災状況把握

レーザスキャナを用いて取得した点群から変換した3D 画像を図-6、7 に示す。なお3D 画像は、装着スキャナ内に蓄積した処理データを現地のノートパソコンで表示したものであり、蓄積データ取得後、数分程度で表示できる。

今回の実験では、数 cm 程度の路面亀裂の確認は困難であった（図-6）。一方で、図-7 に示すように、赤外線カメラの映像同様、人物や車両、ガードレールの損傷状況の確認は可能であった。模擬事象は、3D 画像の角度を変化させることにより、路面に何らかの障害物が存在していることは確認できたが、土砂かコンクリートか、といった材質の判断は難しかった。また、そもそも対象物が、災害時に新たに発生したものかど

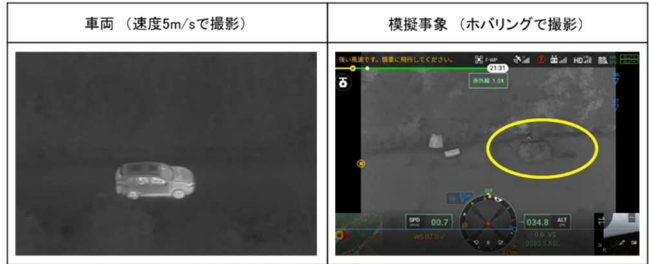


図-4 赤外線カメラ映像（片野町市道での実験）



図-5 ガードレールの損傷（ホバリング撮影）

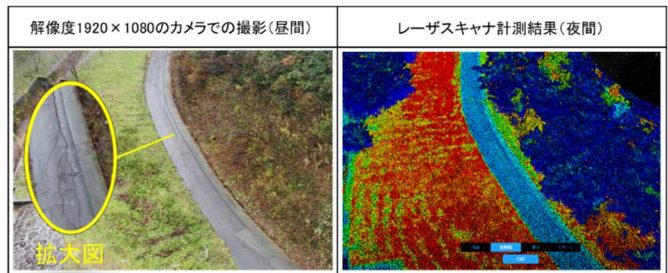


図-6 道路路面の亀裂

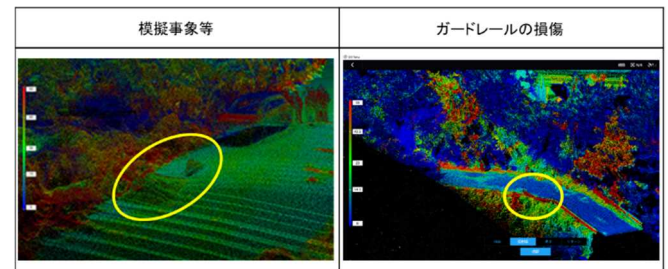


図-7 レーザスキャナ計測結果

うかの判断をするためには、事前に平時のデータを取得しておく必要があることがわかった。

最後に、本実験を通じて、夜間飛行では周囲の障害物等が全く見えない場所もあり、安全に飛行させるには、事前にコース設定した自動航行技術が有効であることが明らかとなった。

【成果の活用】

実道での昼夜間の飛行実験を行うことで、UAV の実運用に向けての課題の抽出や活用方法の提案を行うことができた。本研究の成果はUAV の活用方法の事例として技術資料にとりまとめ、道路の危機管理・災害対応に関する技術基準類に反映していく予定である。

道路災害リスクマネジメントに関する研究

Research on road risk management against natural disasters

(研究期間 令和2年度～令和4年度)

道路構造物研究部

Road Structures Department

道路構造物研究部 道路地震防災研究室

Earthquake Disaster Management Division

部長

Director

研究官

Researcher

福田 敬大

FUKUDA Yukihiko

川嶋 祥之

KAWASHIMA Yoshiyuki

In order to improve the resilience of the roads, it is important to estimate the exposure of roads to natural hazards and the condition of the roads. The natural hazards occur in various situation that affect the road availability. We analyze the records of road closures and the data of road structure to clarify the factors that affect road closures.

[研究目的及び経緯]

国土交通省では、頻発化・激甚化する災害を踏まえて、発災後、1日以内の緊急車両の通行の確保、1週間以内の一般車両の通行の確保を目指しており、災害に強い道路ネットワークを効率的・効果的に確保するために、道路の耐災害性能を評価する手法の検討を行っている。

それを受けて国総研では各種道路構造物の性能評価の手法を検討しているほか、道路地震防災研究室では道路ネットワークの通行止めリスクの類型化・評価およびそれらを可視化する手法等を検討している。

今年度はリスクを評価するための指標を検討するため、道路の通行止めに影響を与える要因を明らかにし、その影響の程度を分析した。本稿では直轄国道における過去の通行止めの記録を整理し、通行止めを発生させた災害の種類や地域別の傾向、通行止めとなった路線の道路構造等、通行止めに影響を及ぼす要因を分析した結果を述べる。

[研究内容]

2000年度以降に発生した直轄国道の通行止めの事例を収集し、1週間以上通行止めとなった事例について、その要因となった災害を区分した。その内、降雨・出水により通行止めとなった事例を対象に被災前後の24時間連続雨量の確率年を算出した。算出にあたっては、気象庁の異常リスクマップで公表されている「確率降水量の推定方法」¹⁾の手法を用い、「水文統計ユーティリティ」²⁾にて算出を行った。

100年以上の確率年を推定するにあたって、概ね50年以上の記録のある、全国152箇所の地上気象観測施設等の記録を対象とした。なお、より観測密度の高い地域気象観測システム(アメダス)は全国約1300箇所あるものの、記録が最長でも45年分と、長期間の推計を行った際の誤差が懸念されるため、本検討の対象外とした。

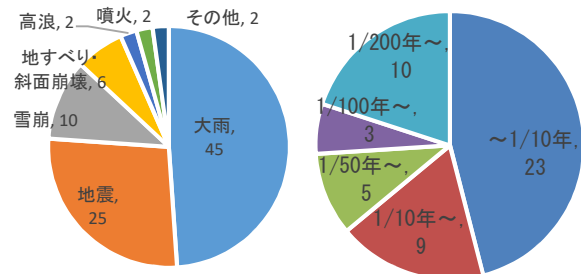


図-1 直轄国道における1週間以上の通行止め事例
図-2 降雨により通行止めとなった事例の確率降水量(24時間連続雨量)

次に地域による通行止めの傾向の差を明らかにするため、2016～2020年度に発生した1時間以上の直轄国道における通行止めについて、災害の種類等についてマクロ分析を行った。さらに、道路管理上のリスクの評価に必要な指標を検討するため、通行止めの記録とデジタル道路地図データベース(以下、DRM-DB)を結合させ、道路幅員や車線数、道路縦断勾配等と通行止め時間や回数の相関分析を行った。

[研究成果]

通行止めに影響を与える災害の種類や程度によって対策の方法が異なることから、リスクの評価において、適切に災害の種類や程度を想定する必要がある。そこで、2000年度以降に1週間以上直轄国道が通行止めとなった事例を災害種別に整理し、図-1に示した。なお、東日本大震災の津波の被害による通行止めは、地震による被害との区別が困難なため「地震」に分類した。

1週間以上直轄国道が通行止めになった事例は92事例あり、その内、降雨による通行止めが45事例と約半数を占めた。これらの事例を対象に、通行止めの開始前後の24時間連続雨量の確率降水量を算出し、図-2に示した。1週間以上、降雨・出水により通行止めとなった事例の内、約8割が1/100年確率以上の降雨、約4割が1/10年確率以上の降雨であった。

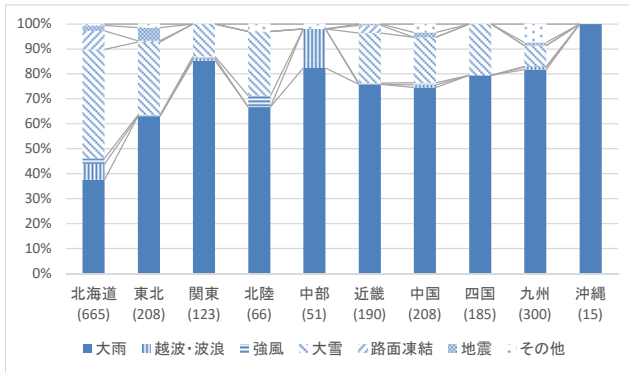


図-3 地方整備局等毎の直轄国道における通行止めの災害種別の割合(2016~2020) ※括弧内は通行止め回数

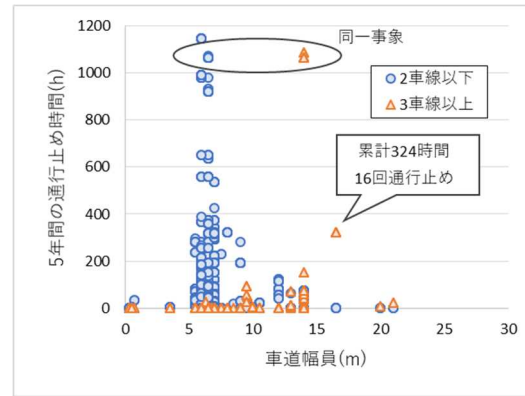


図-4 北海道の直轄国道の DRM 区間別の累積通行止め時間と車線数・車道幅員

なお、被災箇所によっては最も近傍にある観測点が50km以上離れているものもあるため、局地的な大雨の影響は考慮できていない。また、24時間連続降雨を対象に分析を行っているため、短時間に集中した降雨についても検討できていない。今後、テレメータ等の記録を活用することで、より詳細な分析が可能になると考えられる。

地域によって通行止めに影響を与える災害の傾向に差があると考えられるため、地方整備局等毎に通行止めの要因となった災害の割合を図-3のように整理した。全国的な傾向として大雨による通行止めの割合が高いものの、北海道・東北・北陸等は大雪(吹雪による視程障害、雪崩等を含む)による通行止めの割合が比較的高い。近畿・中国・四国等は、降雪量は少ないものの、勾配が大きく、標高の高い山間部の路線で通行止めとなっていた。同じ災害の程度であっても、地域によっては災害の受容度に差があるため、リスクの評価にあたっては地域の特性を加味する必要がある。

地域によって通行止めに影響を与える災害の傾向が異なることから、地方整備局等別にリスクを評価するための指標の検討を行った。例えば北海道開発局の直轄国道を対象にした分析では、前述のとおり大雪による通行止めの割合が他の地域に比べて高い。特に3月は大雪の他、雪崩の危険性が高まるため、他の月に比べて通行止め回数が多い。同じ雪を原因とする通行止めであっても、大雪であれば除排雪の体制や道路幅員、雪崩であればシェッドや雪崩防止柵等、通行止めに影響を与える要因や対策方法が異なるため、今後、災害の種別だけでなく、発生した事象についても記録を収集することで、より適切なリスク評価のための指標を検討できると考えられる。

図-4に車線数および道路幅員と通行止め時間の関係を示した。枠で囲んだ通行止めは、国道38号の白鳥大橋(2車線)が強風や着雪により通行止めとなったものであり、前後の4車線の区間も含めて通行止めとなっ

たため、同一事象であるものの、複数の点が図に掲載されている。

上記の事象を除くと、車線数が多く道路幅員の広い道路の方が、通行止めが長期化しにくい傾向にあることがわかる。災害の発生時に幅員が広いことで作業帯が確保しやすく、復旧が容易になることなどが考えられる。

また、4車線区間でも通行止めが長期化する事例もあり、国道450号では4車線区間で吹雪による視程障害や大雪等を理由に5年間で累計324時間・16回、通行止めとなっていた。他の地域の路線において、霧による視程障害を理由に4車線区間で長時間通行止めとなる事例もあり、視程障害による通行止めは道路幅員の影響を受けにくいと考えられる。

なお、国道334号の冬期間の通行止め、および1年以上通行止めとなった平成28年の国道274号の通行止めの事例は本検討の対象外とした。前者は約8%の勾配がある箇所があり、例年11月初旬から4月下旬頃まで路面凍結の恐れのため通行止めとなる区間である。後者は平成28年8月の豪雨により、橋梁損傷10箇所等、合計66箇所が被災し1年以上通行止めとなった事例である。

本検討では、道路の通行止めの区間に基づいてリスク評価の指標として分析を行ったが、今後、道路の通行止めの要因となった箇所や発生した事象を類型化することで、より詳細な分析が可能になると考えられる。

【成果の活用】

本研究の成果の一部は、国土交通省道路局が策定した「道路リスクアセスメント要領(案)」(令和4年3月)に反映された。

1) 気象庁、

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/riskmap/cal_qt.html

2) (一社) 国土技術研究センター、

<https://www.jice.or.jp/tech/software/rivers/hydrology>

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, and large-scale, long-term vehicle stagnation has occurred.

This study investigated the cause of "occurrence of stranded vehicles on snowy roads," which is the main cause of large-scale vehicle stagnation.

〔研究目的及び経緯〕

国土交通省は、近年特に積雪地域において集中的な大雪が頻発する中、大雪による大規模な車両滞留の発生や長期化を回避することを目指している。このため国土技術政策総合研究所では、車両滞留の主要原因であり除雪作業の大きな支障となる「雪道における立ち往生車両の発生」について、その原因と対策の検討を行っている。

本研究では、冬期の道路交通対策に住民が果たせる役割について、道路除雪活動や道路利用の面から検討を行った。このうち住民による道路除雪活動についての検討結果は昨年および一昨年の年次報告に掲載した。本稿では道路利用に関連し、豪雪時の立ち往生車両の発生要因を既存データ等から検討した結果について述べる。

〔研究内容〕

全国の登坂不能車発生箇所データを用いて、大雪による車両滞留の発生要件を分析した。登坂不能車発生箇所データは、全国の直轄管理道路で発生した雪氷による道路通行不能状況を記録したもので、発生日時、発生箇所、道路勾配や車両の気象データ、車両やタイヤなどの諸データが揃っている。なお、今回の分析に当たっては、2011年11月から2021年3月末までの発生データ、計6,775件を用いて分析を行った。また、分析結果を踏まえて豪雪地帯の道路管理者にヒアリングを行った。

〔研究成果〕

整備局別の発生件数を表-1に示す。豪雪地帯を含む東北地整備管内と北陸地方整備局での発生件数が全国の半数を超える一方、件数は比較的少ないものの四国や九州でも車両の立ち往生が発生している。

表-1 整備局別 立ち往生発生件数

整備局	発生件数	整備局	発生件数
北海道	736	近畿	423
東北	2,186	中国	662
関東	764	四国	168
北陸	1,420	九州	25
中部	391	合計	6,775

図-1に勾配別の立ち往生発生件数を示す。1%から6%程度までは勾配が急であるほど立ち往生発生のリスクが高まると考えられる。6%以上で発生件数が減少しているが、道路構造令の規程もありこのような区間が少ないことが要因であると推察される。0~1%でも多くなっているが、これは交差点等の停止が発生する区間の影響が考えられる。

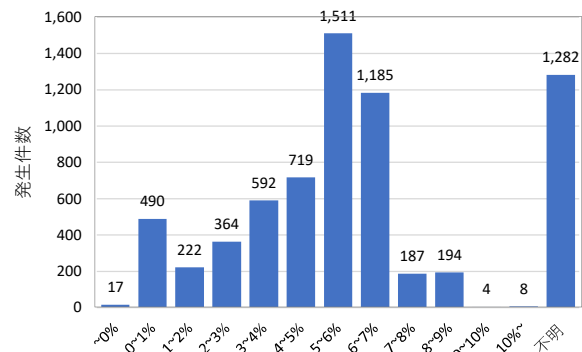


図-1 全国合計勾配別 立ち往生発生件数

図-2に時間帯別の立ち往生発生件数を示す。気温の下がると考えられる夜間での発生が多いことも考えられたが、日中での発生が多くなっており、交通量の推移と概ね類似しているものと見られる。

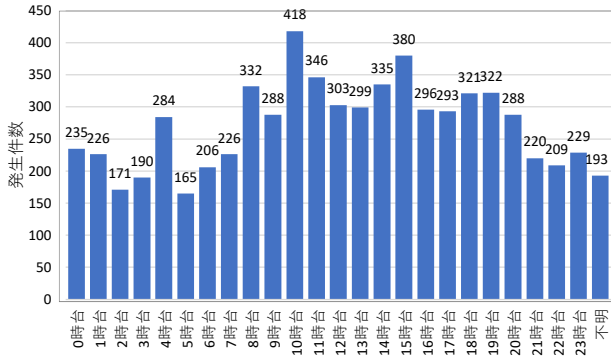


図-2 全国合計 時間帯別立ち往生発生件数

表-2 に各分析項目の整備局別の最頻値を示す。

- ① 近畿の積雪量が突出して多くなっているが、令和3年1月7日からの大雪によって非常に多くの立ち往生が発生していることに起因する。
- ② 九州及び四国では大型車以外で立ち往生が多く発生しており、路面状況も圧雪でなく、勾配も他と比較して急勾配である。雪道に不慣れなドライバーが勾配のある山間部で立ち往生したとみられる。
- ③ 積雪が少ない関東、中部、四国、九州地域ではノーマルタイヤで立ち往生が多く発生している。スタッドレスタイヤの装着率が低く、雪道を走行する機会が少ないドライバーが立ち往生を発生させているとみられる。
- ④ 北海道、東北では注意報等がない時間帯での立ち往生も多く発生しており、他地域よりも気温が低い。通常時から降雪量が多いが、気温の低下による路面凍結によって立ち往生が発生している可能性が考えられる。
- ⑤ 雪以外の原因による立ち往生発生が、他地域では1割以下に対して、北海道では約2割の発生を占めている。路面凍結などの気温が低いことによる影響

でも立ち往生が発生していると考えられる。

次に、上記の分析結果等を踏まえて北陸地方整備局北陸技術事務所（北陸雪害対策技術センター）、および近畿地方整備局福井河川国道事務所からのヒアリングを行った。主なヒアリング結果を以下に示す。

- ① 立ち往生の発生に関して、その時点での降雪状況よりも路面状況が主な要因で、圧雪等が融解している状況が特にリスクが高いと認識している。
- ② 縦断勾配4%以上で登坂不能車両が発生しやすくなる。福井河川国道事務所管内の道路では4%以上の急勾配区間では消雪パイプなどの対策をしていることが多く、消雪パイプ等が設置されていない区間で登坂不能リスクが高いという認識である。
- ③ 勾配が0~1%の区間は平地の市街部等と見込まれるが、これは交差点や渋滞などで一時停止をして再発進する際に発生しているものと見込まれ、交差点密度が高い場合が多いのではないかと。交差点や渋滞等で車両が一旦停止するとタイヤによって路面の雪氷が解けて小さな窪みが発生し、そこから抜け出せなくなることで立ち往生が発生している。
- ④ 雪道渋滞が大規模化につながる要因として、交通量の増加による容量超過があげられる。高速道が通行止めになって降ろされた交通量が国道に流入し、これに路面状況が重なって大規模な立ち往生が発生している印象がある。

[成果の活用]

本研究の成果から、雪道で交通障害が発生しやすい要因について、地域毎の傾向がある程度判明した。道路管理者の対応に資するとともに、道路利用者へ豪雪時の道路利用を控えるよう注意喚起を促す根拠として利用できるよう、基礎資料として取りまとめる予定である。

表-2 整備局別 最頻値の整理

記録	車種	タイヤ種類	チェーン装着	発生時間帯	発生交通状況	天候	気温	注意報等	路面状況	積雪量	勾配
北海道	大型車 (53%)	スタッドレス (96%)	装着なし (90%)	10時台 (10%)	一部車線閉塞 (62%)	雪 (79%)	-4~-3 (14%)	なし (41%)	圧雪 (82%)	~5 (51%)	5~6% (28%)
東北	大型車 (75%)	スタッドレス (84%)	装着なし (84%)	10時台 (6%)	一部車線閉塞 (70%)	雪 (91%)	-3~-2 (18%)	なし (41%)	圧雪 (81%)	~5 (80%)	5~6% (38%)
関東	大型車 (48%)	ノーマル (72%)	装着なし (88%)	11時台 (7%)	一部車線閉塞 (67%)	雪 (94%)	-1~0 (22%)	大雪警報 (48%)	圧雪 (51%)	5~10 (32%)	5~6% (20%)
北陸	大型車 (78%)	スタッドレス (87%)	装着なし (82%)	15時台 (7%)	一部車線閉塞 (54%)	雪 (92%)	-1~0 (24%)	大雪注意報 (40%)	圧雪 (76%)	~5 (69%)	5~6% (19%)
中部	大型車 (54%)	ノーマル (50%)	装着なし (83%)	15時台 (9%)	一部車線閉塞 (75%)	雪 (98%)	-2~-1 (26%)	大雪注意報 (38%)	圧雪 (44%)	~5 (60%)	5~6% (31%)
近畿	大型車 (57%)	スタッドレス (73%)	装着なし (86%)	10時台 (8%)	一部車線閉塞 (55%)	雪 (94%)	-1~0 (31%)	大雪警報 (60%)	圧雪 (60%)	50~100 (30%)	4~5% (21%)
中国	大型車 (70%)	スタッドレス (61%)	装着なし (90%)	19時台 (8%)	一部車線閉塞 (48%)	雪 (92%)	0~1 (21%)	大雪注意報 (50%)	圧雪 (51%)	~5 (62%)	5~6% (24%)
四国	中型車 (66%)	ノーマル (63%)	装着なし (96%)	4時台 (48%)	一部車線閉塞 (83%)	雪 (95%)	0~1 (82%)	大雪注意報 (85%)	新雪・積雪 (84%)	~5 (70%)	8~9% (70%)
九州	小型車 (68%)	ノーマル (100%)	装着なし (100%)	19時台 (70%)	一部車線閉塞 (76%)	雪 (96%)	-4~-3 (60%)	大雪警報 (56%)	新雪・積雪 (76%)	~5 (80%)	7~8% (72%)

災害時調査支援のための道路管理技術の高度利用に関する調査

Study on enhanced use of road management technologies for disaster investigation support

(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
Road Structures Department
Earthquake Disaster Management Division

室長
Head
研究官
Researcher

増田 仁
MASUDA Hitoshi
梅原 剛
UMEBARA Takeshi

When a large-scale disaster occurs, the damage is enormous, the distribution is wide, and it may take a lot of time to grasp the damage situation. Therefore, for the purpose of quickly grasping the damage situation of road facilities due to earthquakes, heavy rain disasters, etc., an efficient method of grasping the damage situation using road management technology and remote sensing technology is studied in cooperation with a national highway office.

〔研究目的及び経緯〕

地震や豪雨等による大規模災害が発生すると、被災が甚大となり分布が広範囲にわたる場合や夜間に発生した場合など、被災状況の把握に多大な時間を要することがある。そこで、地震や豪雨災害等による道路施設の被災状況の迅速な把握を目的として、現在用いられている道路管理技術やリモートセンシング技術（以下、道路管理技術等という。）を活用した災害時の調査支援の検討を行っている。

令和2年度は、前年度の机上検討結果を踏まえ、道路管理技術等のなかでも迅速かつ精度良く道路被災状況調査が可能であり、通常の道路点検にも活用可能性がある自動航行 UAV に着目し、実際の現場において自動航行 UAV の試験飛行を行うとともに、試験飛行の際の被災箇所把握精度及び課題の整理を行った。

〔研究内容〕

災害時の迅速な点検及び被災箇所の把握を想定し、図-1 に示した市道富士小目井線の通行止め区間～旧国道220号の富士遮断機（往復約10km）間の現場において、自動航行 UAV の試験飛行を行った。また、試験飛行の実施にあたり支障となった法規制や運用上の課題及び UAV 映像による被災箇所の状況把握精度について整理した。ここで、自動航行 UAV とは、任意の場所から自動で UAV が飛行し、リアルタイムに映像配信を行い得る技術である。

〔研究成果〕

1. 実現場における自動航行 UAV の試験飛行

現地での自動航行 UAV の試験飛行は、表-1 に示す3ケースを行った。ケース1は長距離飛行による道路の線的な調査、ケース2は調査精度の把握を念頭においたケース、ケース3は遠隔地からの自動操作による調



図-1 自動航行試験飛行ルート（往復約10km）

表-1 試験飛行概要

Case	ケース1	ケース2	ケース3
飛行場所	市道（通行止め区間）～富士遮断機（往復約10km）	市道（通行止め区間）（往復約3km）	市道（通行止め区間）（往復約3km）
使用機体	DJI社 Matrice300RTK		Easy Aerial社 Falcon
搭載カメラ	Zenmuse H20 解像度：（動画）3840×2160 （静止画）5184×3888 ズーム：20倍		FLIR Duo 解像度：（動画）1920×1080 （静止画）1920×1080 ズーム：なし
発着場	市道（通行止め区間）の道路上		ドローンポート
通信方法	2.4GHz帯 （※操縦機のリモコンをLTE回線を用いて配信）		LTE回線
操作方法	自動航行 （伴走車を併走）		自動航行 （遠隔地からの操作）

査を念頭においたケースとした。また、試験飛行は海上飛行とし、速度5m/s、道路からの離隔30m、飛行高度を30m、50mに変化させて実施した。なお、今回の試験飛行は航空法上の災害時の特例にあたらなことから、通常の点検時でも活用可能な航空法上の最低離隔30m以上での飛行を基本とした。

一例として、ケース3の飛行状況を図-2に示す。ケース3の飛行から、電源の確保、離発着スペースの確保、遠隔操作に耐えうる通信環境の整備等の条件を満たせば、ドローンポートを用いて、遠隔操作によるボ

※本報告は令和2年度から令和3年度へと継続して実施した研究の成果を令和3年度研究成果として令和3年9月時点でまとめたものである。

ートの開閉、離着陸、自動航行の全てを自動で実施できることが確認できた。またケース 1 より、長距離飛行においてもほぼルート設定通りの飛行が確認できた。以上より、災害時において進入不可能となるような事態が発生した場合でも自動航行プログラムを組んでおくことで、調査可能となることが示された。

2. 被災箇所の把握精度の整理

ケース 2 では、市道富士小目井線の通行止め区間(往復約 3km)において、図-3 に示す被災事象の視認性確認飛行を行い、被災箇所の抽出がどの程度可能か整理した。被災事象は、①擁壁のクラック(幅約 3cm)、②厚さ 10~20cm 程度のブロックの散乱、③路面クラック(幅約 1.5cm)、④厚さ 35cm 程度のブロックの散乱、⑤道路路肩崩壊とした。なお、被災箇所は、あらかじめズームでの確認を行えるようルート設定に組み込んでおくこととした。

結果の一例を図-4 に示す。図-4 に示すように、飛行高度 50m においても厚み 10~20cm 程度のブロックの散乱は確認可能であったが、数 cm 程度のクラックはズーム機能なしでは確認できなかった。また高度 30m と 50m では、飛行高度の違いによる明確な視認性の相違はみられなかった。

また、ケース 2 は通行止め区間での飛行のため、災害時の特例として実施する可能性がある、高度 15m 道路直上の飛行も実施した。ここまで高度を下げると、約 1.5cm 幅の路面のクラックまで確認可能であるが、道路周辺状況等の把握が不可能となるため、確認事象の違いによる撮影方法(飛行高度、撮影範囲等)の検討の必要性が明確となった。

3. 運用上の課題や法規制等の整理

試験飛行を実施した上で確認された課題を表-2 に整理した。機体の課題として、今回のマルチコプター型のドローンでは、バッテリーの関係から、30分、10km 程度の飛行が限界であり、道路調査のようなスポット的な調査のみならず、線的な調査を行う必要がある場合には、数台のドローンを連携させることやバッテリーの性能を向上させる必要があることが明確となった。また自動航行や被災箇所の確認において、設定したルートからのずれが生じ、確認不可能となる場合もあり得たことから、ドローンに搭載する電波センサーの高度化や準天頂衛星システムの活用等の対策が必要であることもわかった。

通信技術においては、今回、飛行中のリアルタイム配信を動画配信サイト等で行ったが、通信速度が不足するエリアでは配信映像の乱れが生じることや配信不能となることもあったため、衛星通信や 5G 通信を活用したより安定的な通信体制の整備の必要性が明確と



図-2 自動航行 UAV の離陸及び遠隔操作状況



図-3 飛行ルートと被災事象及び被災箇所

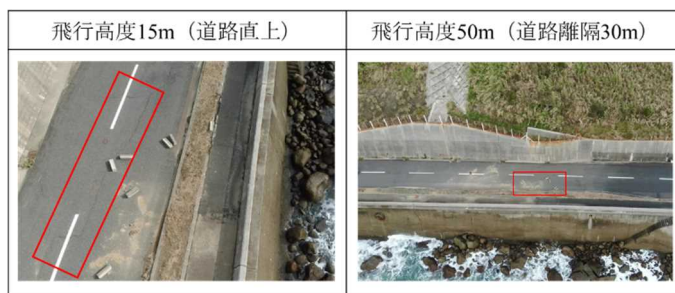


図-4 確認結果(厚さ 10~20cm 程度のブロック散乱)

表-2 試験飛行での課題一覧

項目	試験飛行を実施した上で確認された課題
①機体、カメラ	・時間30分、距離10km程度の飛行が限界 ・自動航行や視認設定箇所は、GNSS受信性能に依存するため、設定ルートから数mずれる場合がある
②通信技術	・日時や場所によりLTE回線の通信速度が変動し、速度が不足すると、配信映像の乱れもしくは配信不能となる
③法規制	・LTE回線の空中利用の申請に4ヶ月程度要した ・供用中の道路からの離隔が30m以上必要

なった。

法規制においては、電波法において LTE 回線の空中利用申請が必要なこと、航空法において道路との離隔が 30m 以上必要なこと、道路交通法において道路上での離着陸には道路占有許可申請が必要であること、道路上空飛行の際、安全面から警察協議が必要なこと等、自動航行 UAV の実用化には、未だ種々の運用上の課題があり、現状の法規制の改正等も考慮した道路調査での活用方法の検討も必要であることがわかった。

【成果の活用】

今回、現地で実際に試験飛行を行うことで、実運用に向けての様々な課題を抽出することができた。本研究の成果は、今後の国等による UAV の運用に関する法の改正や明確化に資する検討資料や自動航行 UAV 開発者及び通信事業者等の技術開発の一助となることが期待される。