

ETC2.0 プローブ情報を活用した冬期交通障害の予兆把握に関する基礎的研究

中村 孝一，久保田 小百合，池原 圭一，池田 武司，大橋 幸子* 1

1. はじめに

近年，冬期交通において，降雪による大規模な車両滞留や長時間の通行止めが局所的に多数発生している．国土交通省では，冬期道路交通確保対策検討委員会の提言である「大雪時の道路交通確保対策中間とりまとめ（令和3年3月改定）」に基づき，大規模な車両滞留を徹底的に回避することを基本的な考え方として，道路ネットワーク機能への影響を最小化できるよう，各種取り組みを実施している．

具体的な道路管理者等の取り組みは，「リスク箇所の事前把握と監視強化」や「立往生車が発生した場合の迅速な対応」等がある．しかし，これらは監視（CCTV カメラ画像やパトロール等による確認）の負担が大きいため，把握できる事象がCCTV カメラ設置やパトロール実施箇所周辺に限られることが課題である．

この課題に対し，鏡味ら¹⁾は，ETC2.0 プローブ情報を活用した冬期交通障害の発生を検知する手法を提案している．これは，冬期交通障害の発生時における段階的な速度低下の状況に着目して発生を検知しており，事前に冬期交通障害につながる交通状態を捉えること（冬期交通障害の予兆把握）を想定するに至っていない．

そこで，本研究では，冬期交通障害の予兆把握において，ETC2.0 プローブ情報の活用可能性を検討する．このとき，ETC2.0 プローブ情報がリアルタイムに近いタイミングで取得できると仮定する．

2. 冬期交通障害の予兆把握におけるETC2.0プローブ情報の活用可能性の検討

本章では，冬期交通障害の予兆把握におけるETC2.0プローブ情報の活用可能性について，図1に示す手順により検討を行う．まずは，冬期交通障害が発生した区間を対象に，着目する予兆挙動を示した上で，商用車プローブ情報により予兆挙動を定性的に把握する．次に，商用車プローブ情報により予兆挙動を定量的に把握した上で，ETC2.0プローブ情報による予兆挙動について定量的な把握を行う．そして，商用車プローブ情報とETC2.0プローブ情報の定量的な結果を比較することで，冬期交通障害の予兆把握におけるETC2.0プローブ情報の活用可能性を検討する．なお，本研究では，積雪期に発生した立ち往生を冬期交通障害とする．

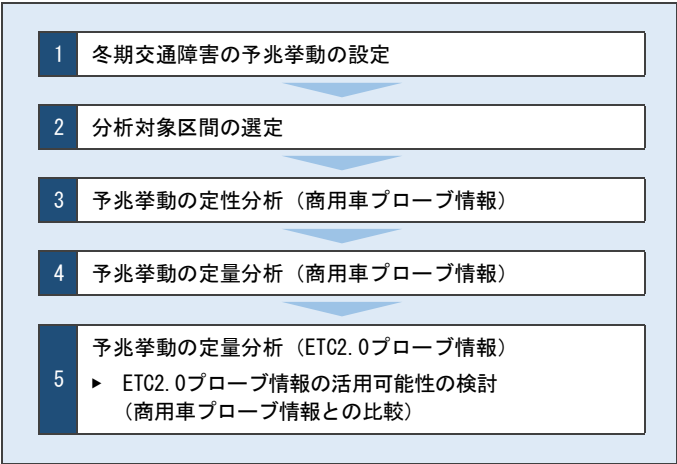


図1 冬期交通障害の予兆把握におけるETC2.0プローブ情報の活用可能性の検討手順

表1 商用車プローブ情報とETC2.0プローブ情報の比較

データ項目	商用車プローブ情報	ETC2.0プローブ情報
車両ID数	2,038	26,583
トリップID数	16,346	75,231
取得時間間隔（中央値）	1.0 s	17.0 s
取得距離間隔（中央値）	7.0 m	203.8 m

※本研究で扱う区間・期間（令和2年12月）の情報を示している

2.1 主な使用データ

(1) ETC2.0プローブ情報

ETC2.0プローブ情報の走行履歴データは，ETC2.0車載器を搭載する各車両を対象とした，直線走行時の200mごと及び走行方向の変化時の走行位置（緯度・経度），時刻，瞬間速度等が記録されている．

また，ETC2.0プローブ情報の処理方法が令和2年1月に見直され，データの取得数が拡充している．そのため，本研究では，令和2年度における冬期交通障害を対象とする．

(2) 商用車プローブ情報

冬期交通障害の予兆挙動を確認するため，貨物商用車1台ごとの位置や瞬間速度等が1秒おきに記録された商用車プローブ情報を用いた．また，表1に示すように，本研究で扱う区間・期間におけるETC2.0プローブ情報と比べると，車両ID数は少ないものの，取得時間間隔（中央値）は約1秒間隔と約20分の1，取得距離間隔（中央値）は約7m間隔と約30分の1であった．

* 1 国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路交通研究部 道路交通安全研究室

(3) 立ち往生発生箇所の記録

冬期交通障害の記録として、各地方整備局及び北海道開発局管内で発生した立ち往生の記録を用いた。記録されている内容は、発生事例ごとに、発生日時、路線、距離標、勾配、車種、タイヤ、天候、気温、路面状態、立ち往生発生後の交通状況等である。

(4) テレメータデータ

当時の気象情報(積雪有無、降雪量等)を把握するため、国土交通省が直轄国道上の観測施設にて30分または1時間間隔で観測・収集しているテレメータデータを用いた。テレメータによる気象の観測項目は、雨量、気温、路面温度、路面状態、風向風速、積雪深、降雪量(降雨量)等である。ただし、観測施設によって、観測を実施していない項目があることに留意する。

(5) 道路施設基本データ (MICHI)

分析対象とする道路状況を把握するため、道路施設基本データを用いた。これは、道路管理者(国土交通省)が管理する道路構造、構造物、附属物及び附帯設備に関する道路施設(縦断勾配、橋梁、防護柵等)の諸元等が記録されている。

2.2 冬期交通障害の予兆挙動

本研究では、「信号交差点部における発進時の加速度の抑制」及び「上り勾配の単路部における顕著な速度低下」を冬期交通障害の予兆挙動とした(図2)。

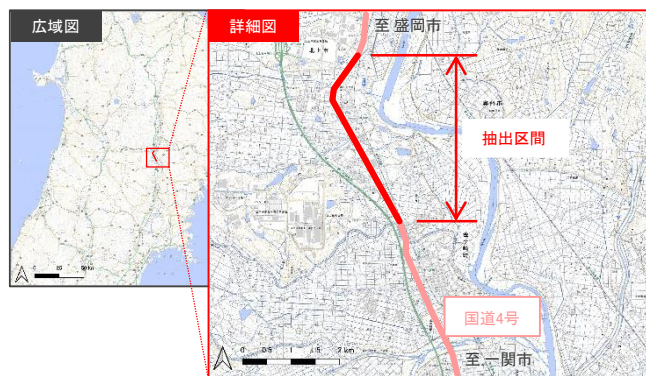
具体的には、信号交差点部では、冬期交通障害の発生前(予兆時)において、信号手前で停止した車両が次に発進する際、加速度が抑制される傾向があると考えられる。これは、路面状態が悪く、意識して慎重に加速することを想定している。また、上り勾配の単路部(交差点部から離れ

た勾配のある単路部)では、予兆時において速度低下の度合いが強まる傾向があると考えられる。これは、無雪期においても渋滞等による速度低下は見られるが、縦断勾配に加え、路面状態の影響を受けることで、顕著に速度低下することを想定している。

2.3 分析対象区間の選定

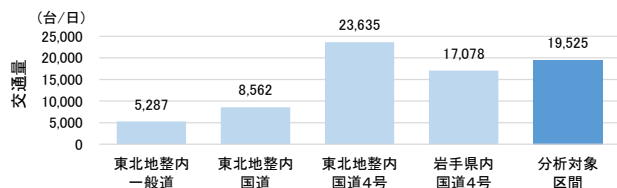
立ち往生発生箇所の記録から、令和2年12月において連続する区間で最も立ち往生が多く発生しており、信号交差点部と上り勾配の単路部が含まれる、「国道4号(475.6~480.6kp)」を分析対象とした。

国道4号(475.6~480.6kp)は、岩手県北上市と金ヶ崎町にまたがる区間(図3)である。交通量(図4)は、岩手県内国道4号の平均交通量よりも多い。降雪量は、テレメータデータ(図5)で当該区間に近接する観測地点「相去」において、12月の合計降雪量が約50cmと、東北地方整備局管内では比較的降雪量が少ない地点となっている。一方、アメダスデータ(図6)で当該区間に近傍の観測地



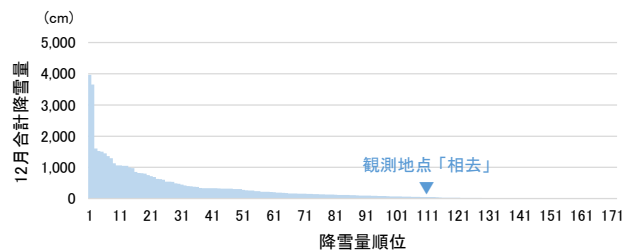
※国土地理院地図を加工して作成

図3 分析対象区間 [国道4号(475.6~480.6kp)]



出典：平成27年度全国道路・街路交通情勢調査

図4 平均交通量(東北地方整備局管内)



出典：東北地方整備局内テレメータデータ 2020.12~2021.2 (3ヶ月合計1cm以上)

図5 12月合計降雪量(東北地方整備局管内・テレメータデータ)

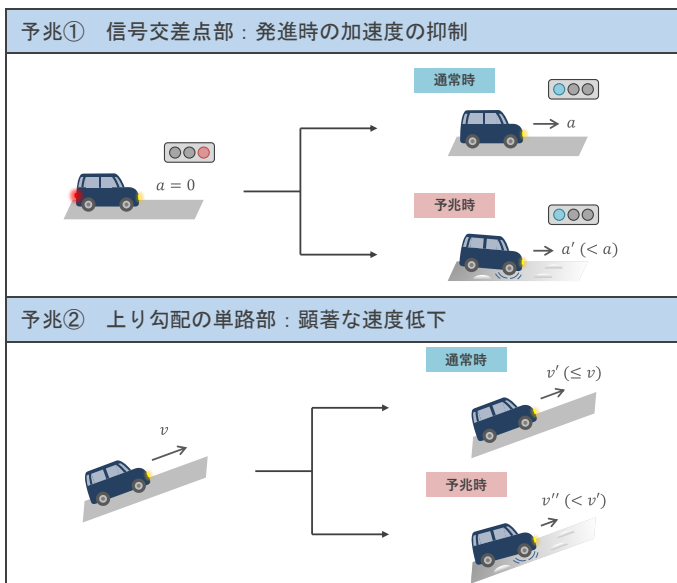


図2 冬期交通障害の予兆挙動

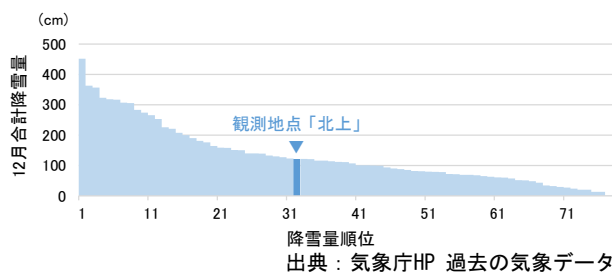


図6 12月合計降雪量（東北地方整備局管内・アメダスデータ）

点「北上」において、東北地方整備局管内の12月合計降雪量が中央値より多くなっている。故に、距離標から近接するテレメータデータの降雪量は、観測地点の影響等により隣接箇所でも異なる可能性があることから、当該区間は一定量の降雪があると判断した。

2.4 商用車プローブ情報による予兆挙動の定性分析

本節では、商用車プローブ情報を用いて、冬期交通障害の予兆時の挙動を定性的に把握する。具体的には、商用車プローブ情報から冬期交通障害（立ち往生）発生前後の時間帯のタイムスペース図を作成し、2.2で示した冬期交通障害の予兆時における特徴的な挙動を確認した。

(1) 分析期間

当該区間において、冬期交通障害として立ち往生発生箇所の記録がある時刻・発生位置を表2に示す。例として、同日に複数かつ比較的近い地点で立ち往生が発生する令和2年12月16日（水）の定性的な分析結果を次に示す。

(2) 予兆挙動の定性分析

令和2年12月16日のタイムスペース図を図7に示す。信号交差点部及び上り勾配の単路部において、立ち往生発生の直前（約1～2時間前）で速度低下が見られた後、車両の走行履歴が見られなかった。これは、立ち往生が発生し、車両が通行できなかったことを示していると考えられる。このことから、冬期交通障害の予兆挙動について、定性的に把握できたと考えられる。

表2 当該区間で発生した立ち往生発生箇所の記録

時刻	KP	起点からの距離	方向
2020/12/14 19:20	479.6	1,635m	上り
2020/12/15 10:55	479.6	1,635m	上り
2020/12/16 8:15	477.6	3,719m	上り
2020/12/16 11:21	479.6	1,635m	上り
2020/12/16 11:40	476.2	1,059m	下り
2020/12/16 14:15	476.6	1,505m	下り
2020/12/16 16:30	479.6	1,635m	上り
2020/12/17 11:47	475.6	5,924m	上り
2020/12/18 8:25	477.5	3,819m	上り
2020/12/18 10:35	479.4	1,791m	上り
2020/12/18 14:10	476.6	1,505m	上り
2020/12/18 18:03	475.6	5,924m	上り
2020/12/26 3:56	478.9	3,939m	下り

赤字：定性分析で着目する期間

2.5 商用車プローブ情報による予兆挙動の定量分析

本節では、商用車プローブ情報を用いて、予兆挙動を定量的に分析する。具体的には、2.2で示した予兆挙動について、まずは予兆時と通常時における地点ごとの速度状況を比較することで、予兆挙動の特徴を把握する。そして、予兆挙動の特徴を踏まえ、定量分析の手法を設定し、予兆時と予兆発生前における時間経過ごとの速度変化を比較することで、予兆挙動を定量的に把握する。

予兆挙動の特徴把握にあたっては、予兆時と通常時における地点ごとの速度状況について、予兆時は商用車プローブ情報による車両ごとの観測値、通常時はETC2.0プローブ情報による平均値・tile値を用いて、「X軸：起点からの距離（m）、Y軸：速度（km/h）」により把握する。このとき、通常時は、令和2年11月～令和3年1月において、立ち往生発生時刻の前後24時間を除いた積雪期（降雪量1cm以上または積雪量1cm以上）とする。なお、商用車プローブ

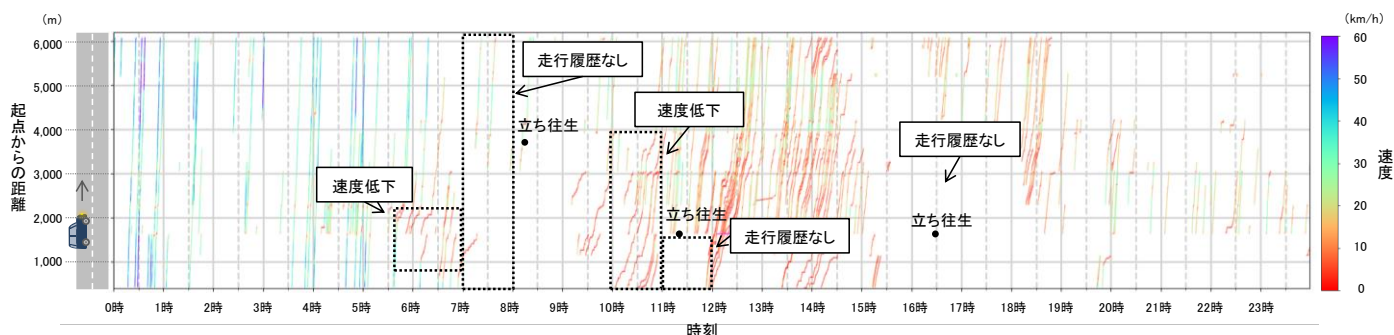


図7 立ち往生発生の記録がある位置・時刻のタイムスペース図
[令和2年12月16日・上り]

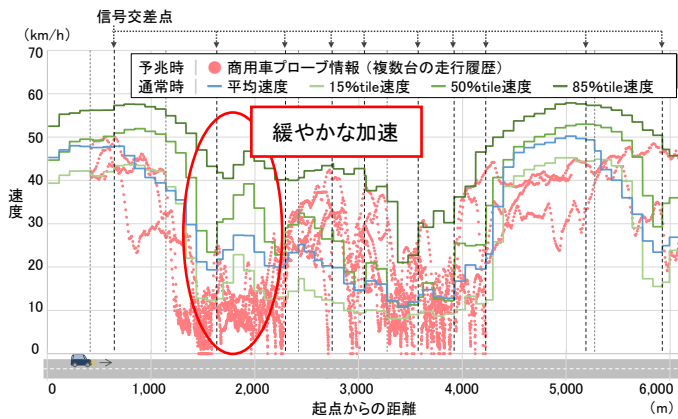


図8 信号交差点部：発進時の加速度の抑制
[令和2年12月15日・上り 10:30~11:00]

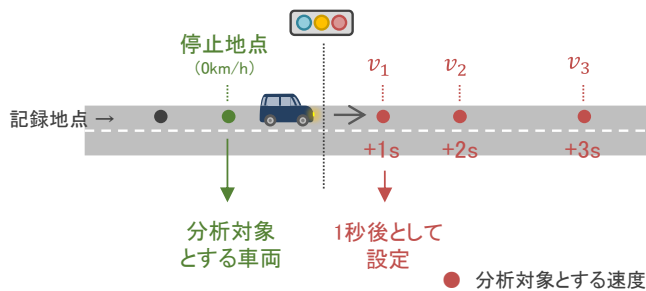


図9 分析対象とする速度（信号交差点部）

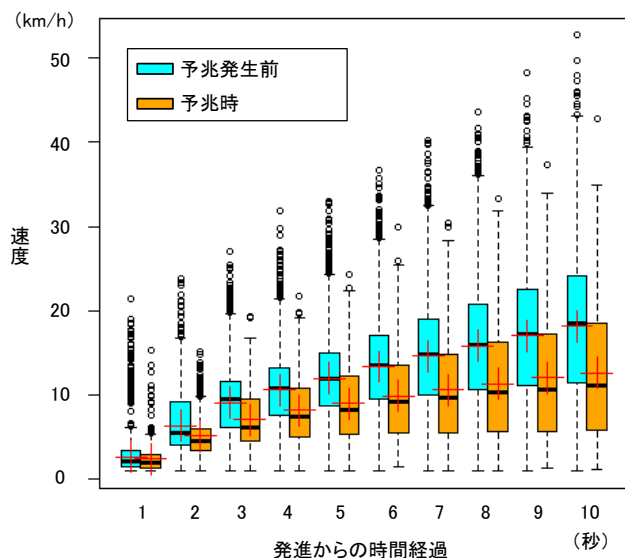


図10 信号交差点における発進後の速度変化（1~10秒後）
[商用車プローブ情報による結果]

ブ情報の図示にあたり、複数台の走行履歴を用いているが、通常時との速度の比較を優先するため、車両ごとに色分けをせず、同色で表示する。

予兆挙動の定量分析にあたっては、予兆時と予兆発生前における時間経過ごとの速度変化について、いずれも商用車プローブ情報を用いて、時間経過ごとの平均速度を求める。このとき、予兆発生前は、令和2年12月14日～12月31日における0時～予兆時直前とする。

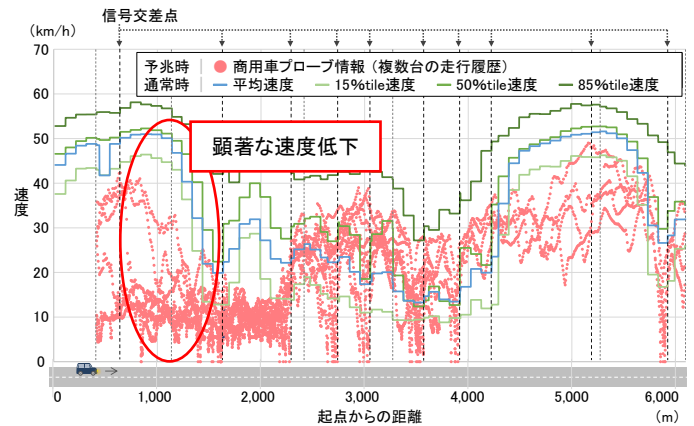


図11 上り勾配の単路部：顕著な速度低下
[令和2年12月15日・上り 14:00~14:30]

(1) 信号交差点部：発進時の加速度の抑制

a) 予兆挙動の特徴

信号交差点部において、発進時の加速度が抑制された例を図8に示す。図8より、予兆挙動が発生する区間（起点からの距離：2,000m前後）については、通常時の加速と比べ、緩やかに加速していた。なお、予兆挙動・冬期交通障害の発生がないと想定する区間については、通常時の速度と概ね一致している。これを踏まえ、信号交差点部で停止した車両を対象に、発進後の加速状況に着目して分析する。

b) 予兆挙動の定量分析

信号交差点手前で停止（0km/h）が観測された車両を対象に、発進後の加速状況进行分析する（図9）。具体的には、商用車プローブ情報により、信号交差点手前で0km/hが記録され、次に1km/h以上となった地点の時刻を発進から1秒後とし、その地点から予兆時と予兆発生前における1秒経過ごとの速度を比較する。そして、予兆時と予兆発生前の加速状況の違いにより、冬期交通障害の予兆時において、信号交差点部で発進時の加速度が抑制されることを確認する。

c) 分析結果

予兆挙動の定量分析結果を図10に示す。図10より、予兆時は、いずれの時間経過においても、予兆発生前の平均速度（赤十字線）を下回っている。そして、予兆発生前と比較して、予兆時の速度の変化量が小さく、緩やかな加速となっている。このことから、冬期交通障害の予兆時において、信号交差点部で発進時の加速度が抑制されることを確認した。

(2) 上り勾配の単路部：顕著な速度低下

a) 予兆挙動の特徴

上り勾配の単路部において、顕著な速度低下が見られた例を図11に示す。図11より、予兆挙動が発生する区間（起点からの距離：1,000m前後）については、通常時の速

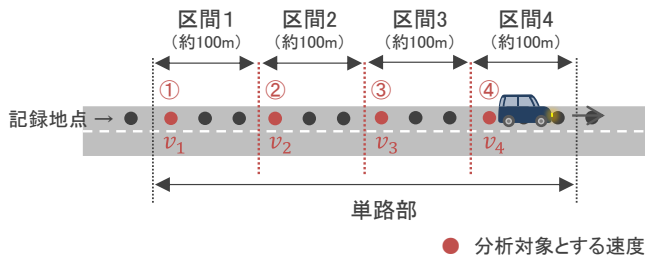


図12 分析対象とする速度（上り勾配の単路部）

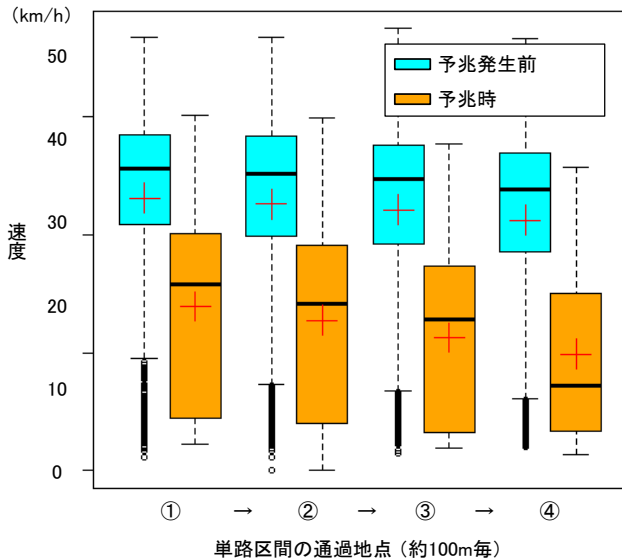


図13 単路部における走行速度の変化
〔商用車プローブ情報による結果〕

度と比べ、速度の減少幅が大きくなっていた。なお、予兆挙動・冬期交通障害の発生がないと想定する区間については、通常時の速度と概ね一致している。これを踏まえ、上り勾配の単路部における速度の低下度合いに着目して分析する。このとき、勾配の状況については、道路施設基本データにより確認している。

b) 予兆挙動の定量分析

上り勾配の単路部流入時からの速度変化に着目して分析する（図12）。具体的には、商用車プローブ情報により、信号交差点から300m以上離れており、延長が十分確保できる上り勾配の単路部を抽出する。次に、約100m間隔で単路部を区切り、約100m区間の中で最初に記録された速度を分析対象とする。そして、予兆時と予兆発生前における速度変化の違いにより、冬期交通障害の予兆時において、上り勾配の単路部で顕著な速度低下が発生することを確認する。

c) 分析結果

予兆挙動の定量分析結果を図13に示す。図13より、予兆時は予兆発生前の平均速度を下回っている。そして、予兆

表3 予兆挙動の定量分析の主な変更点
（信号交差点部：発進時の加速度の抑制）

項目	ETC2.0プローブ情報
停止地点	空間速度と瞬間速度の速度差により推定
発進1秒後の地点	発進後最初に記録される地点
発進2秒後の地点	発進後2回目に記録される地点

発生前と比較して、予兆時の速度低下の変化量が大きく、顕著な速度低下となっている。このことから、冬期交通障害の予兆時において、上り勾配の単路部で顕著な速度低下が発生することを確認した。

2.6 ETC2.0プローブ情報による予兆挙動の定量分析

本節では、商用車プローブ情報の分析により確認した予兆挙動について、ETC2.0プローブ情報と商用車プローブ情報の特徴の違い（表1）を踏まえ、商用車プローブ情報による予兆挙動の定量分析の手法を応用し、ETC2.0プローブ情報を用いて、冬期交通障害の予兆挙動を定量的に把握する。

(1) 信号交差点部：発進時の加速度の抑制

a) 分析対象の調整

ETC2.0プローブ情報は、取得可能な時間・距離の間隔が商用車プローブ情報よりも広がっている上、停止時（速度0km/h）が記録されない。そのため、これらを考慮して、信号交差点部において停止地点及び分析対象とする速度（図9）について、表3の通り調整した。このとき、瞬間速度はETC2.0プローブ情報の2測点の速度の平均値、空間速度は2測点の時刻と距離から算出した速度とする。

b) 分析結果

予兆挙動の定量分析結果を図14に示す。図14より、予兆時は、いずれの時間経過においても、予兆発生前の平均速度を下回っている。そして、予兆発生前と比較して、予兆時の速度の変化量が小さく、緩やかな加速となっている。これは、商用車プローブ情報と同様の結果であることから、ETC2.0プローブ情報により、冬期交通障害の予兆時における信号交差点部での発進時の加速度抑制が確認できたと言える。

(2) 上り勾配の単路部：顕著な速度低下

a) 分析対象の調整

ETC2.0プローブ情報は、約200m間隔で記録されており、商用車プローブ情報よりも広い間隔となっている。そのため、これを考慮して、上り勾配の単路部において分析対象とする速度（図12）について、表4の通り調整した。

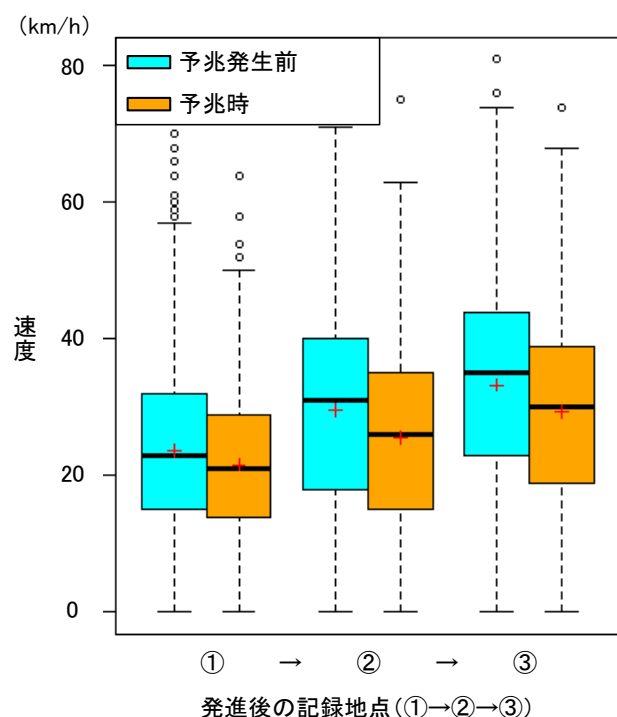


図14 信号交差点における発進後の速度変化
[ETC2.0プローブ情報による結果]

b) 分析結果

予兆挙動の定量分析結果を図15に示す。図15より、予兆時は予兆発生前の平均速度を下回っている。そして、予兆発生前と比較して、予兆時の速度低下の変化量が大きくなっている。これは、商用車プローブ情報と同様の結果であることから、ETC2.0プローブ情報により、冬期交通障害の予兆時における上り勾配の単路部での速度低下が確認できたと言える。

3. おわりに

本研究では、冬期交通障害の予兆把握において、ETC2.0プローブ情報の活用可能性を検討した。冬期交通障害の予兆となる挙動として、「信号交差点部における発進時の加速度の抑制」及び「上り勾配の単路部における顕著な速度低下」に着目し、商用車プローブ情報を用いて、予兆挙動を定性的・定量的に分析した。そして、商用車プローブ情報による分析の手法をETC2.0プローブ情報にも適用し、ETC2.0プローブ情報により予兆挙動を定量的に分析した。その結果、商用車プローブ情報よりもデータの取得時間・

表4 予兆挙動の定量分析の主な変更点
(上り勾配の単路部：顕著な速度低下)

項目	ETC2.0プローブ情報
速度	空間速度 (2測点の時刻と距離から算出)
着目する速度	1mピッチで速度を推定し、区切られた約100m区間の中で最初に該当する速度 (図12-①②③④)

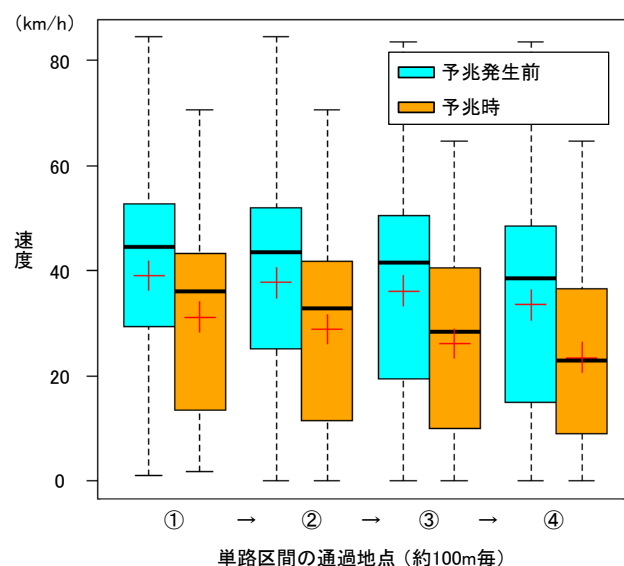


図15 上り勾配の単路部における走行速度の変化
[ETC2.0プローブ情報による結果]

距離間隔が広いETC2.0プローブ情報においても、冬期交通障害の予兆が把握できた。これにより、冬期交通障害の予兆把握において、ETC2.0プローブ情報の活用が期待される。

また、本研究により、冬期交通障害が発生する前に予兆を把握できる可能性が示唆され、立ち往生の発生前に対策を講じることができる可能性がある。そのため、本研究の成果を踏まえ、冬期交通障害の予兆把握を行う手法を構築することが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 鏡味沙良, 久保田小百合, 池原圭一, 池田武司: 通行止めに至る冬期交通障害発生検知手法におけるETC2.0プローブ情報の活用に関する調査, 土木計画学研究・講演集, Vol. 66, 2022.