

道路政策の質の向上に資する技術研究開発

【研究状況報告書（1年目の研究対象）】

①研究代表者		氏名（ふりがな）		所属		役職			
		高橋 翔 （たかはし しょう）		北海道大学 大学院工学研究院		准教授			
②研究 テーマ	名称	デジタルツインによる冬期道路交通マネジメントシステムの技術開発							
	道路行政 技術開発 ニーズ	No.	SDx1,SE6,SDs8		政策 テーマ	インフラ分野のDX			
		項目名	ETC2.0とAIを活用した交通 マネジメントサービス			経済の好循環を支える基盤整備			
		道路交通マネジメントの実 践・高度化を可能とする技 術		防災・減災が主流となる社会の 実現					
被災後の交通状況をリアル タイムに把握し、情報提供 できる技術									
③研究経費（単位：万円） ※R5は受託額，R6以降は計画額 を記入。端数切捨。		令和5年度		令和6年度		令和7年度		総合計	
		2,999		3,100		2,500		8,599	
④研究者氏名		（研究代表者以外の主な研究者の氏名，所属・役職を記入。なお，記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。）							
氏名		所属・役職							
萩原 亨		北海道大学・教授							
有村 幹治		室蘭工業大学・教授							
浅田 拓海		室蘭工業大学・准教授							
永田 泰浩		(一社)北海道開発技術センター 地域政策研究所 次長							

大井 元揮	(一社)北海道開発技術センター 地域政策研究所 交通政策室長
芝崎 拓	(一社)北海道開発技術センター 調査研究部 上席研究員
小西 信義	(一社)北海道開発技術センター 調査研究部 主任研究員
丹治 和博	(一財)日本気象協会 北海道支社 統括主幹
小松 麻美	(一財)日本気象協会 北海道支社 主任技師
槌本 陽	(一財)日本気象協会 北海道支社
山本 郁淳	(株)ドーコン交通事業本部 交通部 都心交通企画室 室長
内藤 利幸	(株)ドーコン交通事業本部 防災保全部 グループ長
松田 真宜	(株)ドーコン交通事業本部 交通部 グループ長
平川 貴志	(株)ドーコン交通事業本部 交通部 主任技師
高橋 歩夢	(株)ドーコン交通事業本部 防災保全部 主任技師
坂本 信	(株)ドーコン交通事業本部 防災保全部 技師

⑤研究の目的・目標 (提案書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入。)

本研究では、サイバー空間に道路API(Application Programming Interface)を備えたデジタルツインによる冬期道路交通マネジメントシステムの構築による、積雪寒冷地における高度な移動支援の実現を目的とする。これにより年間を通じて安全で快適な道路交通の確保が可能となる。

本研究で開発するデジタルツインは、フィジカル空間とサイバー空間で動的データを交換する道路APIを有する。道路・交通・気象の動的データをエッジコンピュータで加工の上、道路APIを通してサイバー空間に送り、シミュレーションを実行。道路交通状況として今後起きることを再び道路APIを通して道路管理者や道路利用者に提供する。

⑥これまでの研究経過、目的・目標の達成状況

令和5年度は、冬期の路面や視界等の情報収集・活用に関する技術開発、冬期道路交通マネジメントを可能とするデータ集積プラットフォームに関する技術開発、交通・気象データを利用する高度交通制御に関する技術開発、及び冬期における人の移動の負担軽減に資する情報提供に関する技術開発を行う。

具体的には、次の4つを令和5年度の研究テーマ（【テーマ1】～【テーマ4】）としている。

【テーマ1】冬期の路面や視界等の情報収集・活用に関する技術開発

【テーマ2】冬期道路交通マネジメントを可能とするデータ集積プラットフォームに関する技術開発

【テーマ3】冬期道路交通マネジメントのための交通・気象データを利用したシミュレーション等に関する技術開発

【テーマ4】冬期における人の移動の負担軽減に資する情報提供に関する技術開発

これらの達成状況について、以降に報告する。

1. 【テーマ1】冬期の路面や視界等の情報収集・活用に関する技術開発

・カメラと小型PCを搭載した車両から連続的かつ即時に得る路面や視界状況などの道路環境・交通データと気象予測データを統合するデジタルツインにより利用者に先読み情報を提供する技術を開発する。

(1) 道路走行環境のリアルタイムモニタリング車両・対象路線の拡充

既存研究において、特急わっかない号（札幌－稚内、都市間高速バス4台の車両）を用いて路面と視界の情報をモニタリングし、デジタルツインに蓄積できることが検証されている。令和5年度は、既存研究を踏まえ、車両台数および路線を拡充することにより、デジタルツインの時空間解像度を向上させることを目標とした。

以上を目標としていたことから、令和5年度の研究では、車両台数および路線を次のとおりに拡充し、路線を2倍に、台数を2.25倍とした。

・「特急わっかない号（札幌－稚内）」で、これまでの4台から7台に拡充

・新路線として「えさし号（札幌－枝幸）」を追加（えさし号は2台の車両でモニタリング）



図1-1 新路線「えさし号」の車両

路線が2倍となると共に、モニタリング可能な車両台数計が2.25倍となったことから、デジタルツインが構築可能な時空間解像度の向上を達成した。これは、時間解像度の観点では既設となっていた「札幌－稚内」で最大1.75倍に、空間解像度の観点では「えさし号」が新設されたことから300km分の路線が新規でモニタリング可能となったことを意味する。

(2) デジタルツインにおける路面と視界の先読み情報の生成手法（予測手法）の検討

気象データと車両前方画像を用いて冬期の路面を先読みする手法を開発する。また、この手法と既往研究で開発済みの冬期の視界の先読み手法を踏まえ、道路の路面や視界などの先読み・時系列データのデジタルツインでの活用方法を検討する。

◆気象データと車両前方画像を用いて冬期の路面を先読みする手法のプロトタイプ

デジタルツインでの道路の路面や視界の先読み情報予測のため、過去の路面データと気象データに基づく空間方向の系列データを用いて、積雪寒冷地における路面状態を予測する手法のプロトタイプを検討した。前項の『(1)道路走行環境のリアルタイムモニタリング車両・対象路線の拡充』で搭載している道路モニタリングのエッジコンピュータでは、前方の視界状況の定量化と路面状態の判定に加えて、車両走行時に得られた映像、それに紐づく位置情報、および日時などのデータを保存する機能も有している。また、既存研究より、冬期のみでなく夏期にも走行させたことから、これまでにモニタリングしたデータが2年以上蓄積されている。

本研究項目では、この蓄積されたデータを活用し、従来では路面状態の推定にとどまっていた取り組みを路面状態の予測に拡張する。具体的には、まず蓄積された道路データと気象データを用いて空間方向の系列データを構築する。次に、構築した系列データを用いて路面状態を予測するモデルを構築し、未観測の路面状態を予測する。提案手法により得られる予測結果を活用することで、従来の道路管理から拡張し、道路環境を先読みした新たな取り組みが可能となると考えられる。

令和5年度に検討したプロトタイプについて説明する。最初に、道路データと気象データを用いて系列データを構築する。次に、系列データを入力とし、路面状態を 乾燥(dry)、半潤(semi wet)、湿潤(wet)、シャーベット(slush)、凍結(ice)、新雪(fresh) のいずれかに予測するモデルを構築する。6種の路面状態の画像例を図1-2に示す。最後に、予測結果に含まれる誤りを訂正するために、最頻値によるフィルタリングを適用し、その結果を 乾燥(dry)、湿潤(wet)、積雪(snow) の3種類に変換する。



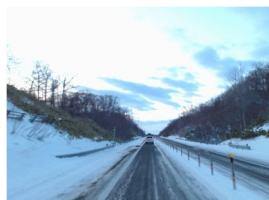
(a) *dry*



(b) *semi wet*



(c) *wet*



(d) *slush*



(e) *fresh*



(f) *ice*

図1-2 6種の路面状態の画像例

【路面状態を予測するプロトタイプモデルの構築】

令和5年度の構築したプロトタイプでは、空間方向の系列データを入力として路面予測を行うモデルを構築する。予測モデルには、系列データを効率的に学習できるように設計されているLSTM[1]を用いる。これにより、年単位の長期で周期性をもつ路面状態に対しても、高精度な予測が期待できる。予測モデルでは、 i 日の区間 j における路面状態と、 i 日と $i+1$ 日の気象データから構成されるデータ $\vec{d}_{i+1,j}$ を入力として、 $i+1$ 日の区間 j における6種の路面状態それぞれの確率 $p_{i+1,j}^l$ ($l \in \{dry, semi\ wet, wet, slush, ice, fresh\}$) が(3)式のように計算され出力される。

$$p_{i+1,j}^l = LSTM(\vec{D}_{i+1,j}) \quad (3)$$

なお、予測結果 $\ell_{i+1,j}^6$ は、確率 $p_{i+1,j}^l$ に基づいて得られ、(4)式のように計算される。

$$\ell_{i+1,j}^6 = \arg \max_k p_{i+1,j}^k \quad (4)$$

[1] S. Hochreiter and J. Schmidhuber, "Long Short-Term Memory," in *Neural Computation*, vol. 9, no. 8, pp. 1735-1780, 15 Nov. 1997.

本手法では、最後に、予測結果に含まれる誤りを訂正するために、最頻値によるフィルタリングを適用し、その結果を 乾燥(dry)、湿潤(wet)、積雪(snow) の3種類に変換する。

【プロトタイプモデルの性能確認】

ここでは、北海道で実際に観測された道路データと気象データから構築する空間方向の系列データのデータセットを用いて路面予測モデルを構築し、ある日における道路全区間の路面状態を予測する。具体的には、北海道の宗谷地方にある高規格道路の「幌富バイパス」における20kmの道路から獲得した道路データを用いる。路面予測の対象とする道路を図1-3に示す。



図1-3 路面予測の対象とする道路

本実験では、i日の道路データと、i日とi+1日の気象データを入力として、i+1日の路面状態を予測する。学習に用いる350日分のデータセットのうち、230日分を学習データセットに、120日分をテストデータセットとした。また、比較手法としては次の3つを用いる。

(A) 時間軸方向で最頻値を用いた手法（比較手法1）

比較手法1では、時間軸方向の最頻値の計算を行うことにより路面予測を行う。提案手法と比較手法1を比較することによって、空間方向の系列データを構築することの有効性を確認する。

(B) 道路データのみを用いた手法（比較手法2）

比較手法2では、道路データのみを予測モデルの入力として路面予測を行う。提案手法と比較手法2を比較することによって、路面予測の説明変数に気象データを用いることの有効性を確認する。

(C) 予測結果を補正しない手法（比較手法3）

比較手法3では、最頻値による予測結果の補正を行わずに路面予測を行う。提案手法と比較手法3を比較することによって、予測結果の補正に最頻値を導入することの有効性を確認する。

実験結果を図1-4および表1-5に示す。図1-4から、予測対象とする120日の正解率は0.784と高い結果が得られた。また、夏の期間(5月～10月)において、降水に伴い道路状態が変化する日に対しても、路面の状態変化がdryからwetに変化することを予測できている。このことから、提案手法を用いることで気象データを反映させた路面状態の予測が可能であることが確認できる。表1-5には、提案手法と3つの比較手法の定量的な評価が示されている。表より、提案手法と他の手法と比べると全ての評価指標において提案手法の方が同じ値または高い値となることが確認できる。以上のことから、空間方向の系列データを用いた予測を行うことと、路面状態の予測に気象データを導入することの有効性が確認できる。しかしながら、さらなる精度向上は必要であり、「デジタルツインにおける路面と視界の先読み情報」を提供可能な仕組みの構築に向けては、予測アルゴリズムの高度化、さらには気象レーダやCCTVから得るデータなどとの連携も引き続き検討が必要である。気象レーダやCCTVから得るデータの活用についての検討結果については、次の項目以降に詳述する。

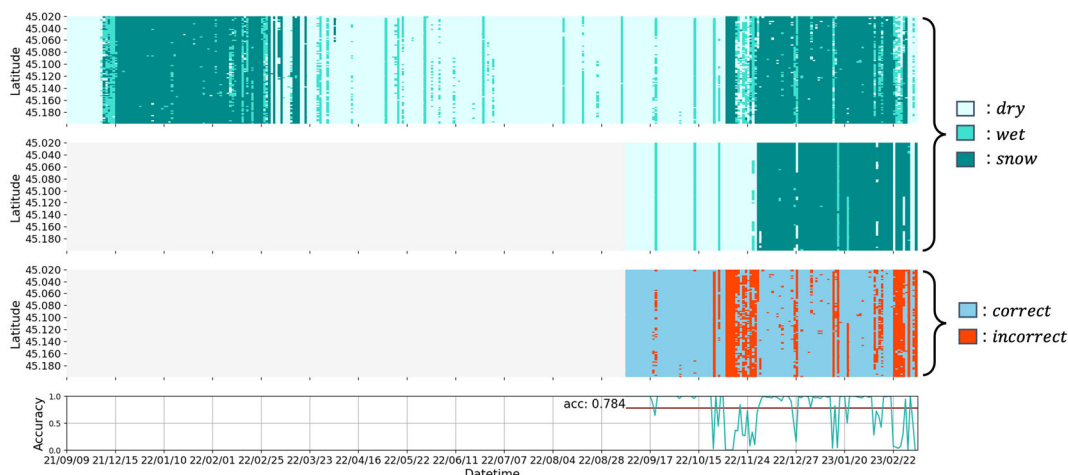


図1-4 提案手法を用いた予測結果

表1-5 提案手法と3つの比較手法でそれぞれ路面を状態予測した結果に基づく評価指標

	提案手法			比較手法 1			比較手法 2			比較手法 3		
	夏期	冬期	他	夏期	冬期	他	夏期	冬期	他	夏期	冬期	他
正解率	0.97	0.83	0.65	0.93	0.82	0.59	0.93	0.85	0.67	0.97	0.80	0.65
再現率	0.92	0.44	0.62	0.47	0.31	0.34	0.47	0.33	0.46	0.92	0.38	0.63
適合率	0.85	0.39	0.43	0.50	0.31	0.34	0.50	0.43	0.45	0.85	0.37	0.45
F 値	0.88	0.40	0.42	0.48	0.31	0.31	0.48	0.35	0.43	0.88	0.36	0.45

◆気象レーダ（XRAIN）の活用検討

デジタルツインでの道路の路面や視界の先読み情報予測のため、気象データ（XRAIN）の活用方法について検討を行った。

札幌～稚内間の主たるルートは道央自動車道のほか、深川・留萌自動車道、国道12号、国道40号、国道232号、国道233号、国道275号であり、冬期に吹雪の影響を最も受けるのが留萌市～稚内市の国道232号、国道40号の幌延以北となる。この地域では国土交通省が函岳に気象レーダを設置している。この函岳レーダはマルチパラメータ化（MP化）され、高精度の降水量観測を行っており、冬期の降雪状況の把握に有効と考えられる。レーダによる観測は遠方ほど観測高度が高くなり精度が低くなったり、地形などによる遮蔽の影響を受けたりするので、予め観測高度や地形などの影響を確認しておく必要がある。

冬期の函岳レーダは仰角0.1度と-0.4度で観測されており、この仰角による観測高度を示したのが図1-6である。留萌～稚内間に着目すると、仰角0.1度では観測高度は1,250m～2,000mの範囲内であり、仰角-0.4度では1,000m以下の範囲となっている。北海道付近の雪雲の高さは通常2,000m～3,000m程度であり、留萌～稚内間の雪雲は十分にとらえることができると考えられる。なお、仰角-0.4度の場合には、南南東方向は大雪山系によって遮られ、十勝地方などは観測されない。

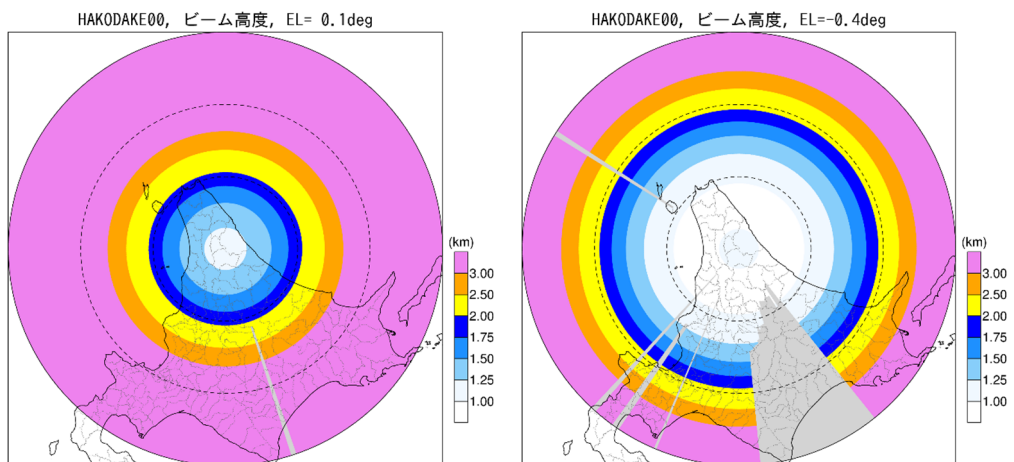


図1-6 函岳レーダの冬期の観測仰角（左：0.1度、右：-0.4度）

また、レーダによる観測では海上の波浪による反射によって、疑似的なエコーが観測されることがある。こうしたエコーはシークラッタと呼ばれ、そのエコーの発生が懸念されるエリアは観測値から除去（マスク）されて、合成雨量が解析される。函岳レーダでシークラッタとしてマスクされるエリアを示したのが図1-7である。留萌沖の日本海のエリアはシークラッタのためにマスク処理されている範囲が多く、その一部はわずかに陸地もかかっている。日本海側の国道232号がわずかにこのマスク処理のエリアにかかる可能性がある。

以上のことから、函岳レーダはマスク処理のエリアは要注意だが、観測高度の点では冬期の走行環境を評価する上では、極めて有効な情報といえる。

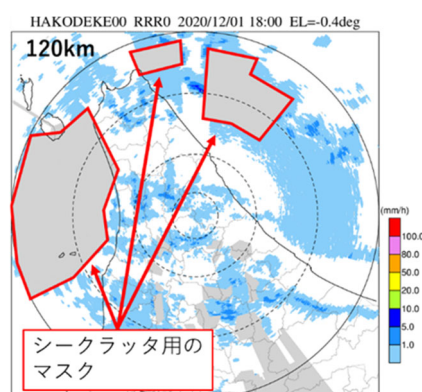


図1-7 函岳レーダの観測除去領域

気象庁では全国20箇所に気象ドップラーレーダを設置して、日本全国のレーダ雨量観測を行っている。このドップラーレーダの観測網は、局地的な降水の観測精度の向上を図るため、平成24～25年度にレーダ観測データの距離方向の解像度を250mメッシュとしている。さらに、この高解像度降水ナウキャストは、これら気象ドップラーレーダの観測データに加え、気象庁・国土交通省・地方自治体が保有する全国の雨量計のデータ、ウィンドプロファイラやラジオゾンデの高層観測データ、函岳レーダを含む国土交通省レーダ雨量計のデータも活用し、降水域の内部を立体的に解析している。そのため、デジタルツインに用いる降雪実況はこの高解像度降水ナウキャストを用いる。

◆冬期予測データの活用検討

検討した気象データをデジタルツインへの導入検討を行った。インターフェイス等は今後の検討で変更する予定である。

【降水（降雪）に関する実況・予測データ】

図1-8にデジタルツインに導入した高解像度降水ナウキャストを示す。高解像度降水ナウキャストは降水量と降水強度を表示可能とした。高解像度降水ナウキャストの更新間隔は5分で、60分先までの予測情報がある（図1-9に高解像度降水ナウキャストの画面説明を示す）。

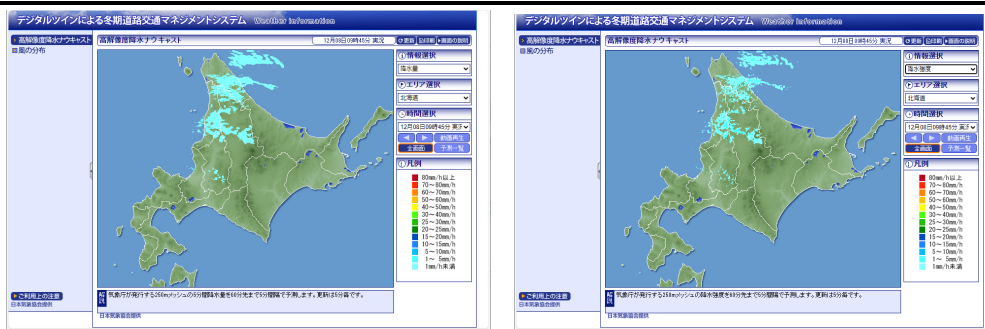


図1-8 高解像度降水ナウキャスト（上：降水量，下：降水強度）

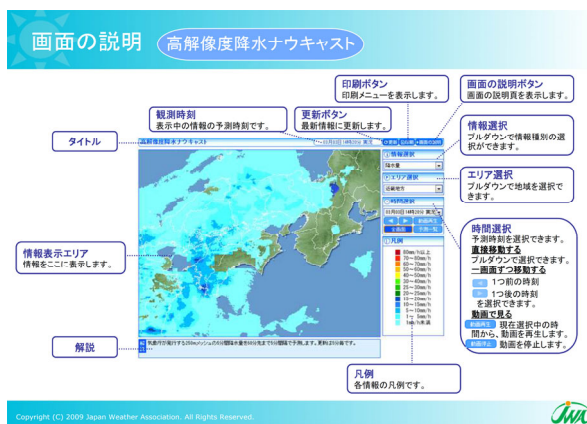


図1-9 高解像度降水ナウキャストの画面説明

【風向・風速に関する予測データ】

札幌～稚内間など北海道の冬期の走行環境では、降雪の強弱に加えて、地吹雪の発生に大きく関係する風の情報が不可欠である。そこで、デジタルツインに風向・風速の予測情報を導入した。風向・風速の実況・予測情報の表示例を図1-10に示す。この風向風速の実況および予測情報は、日本気象協会の独自モデル（統合予測モデル）によるもので、3時間ごとに2日先までの予測情報からなる。さらにデジタルツインでの風向・風速情報は、利用者が風の強弱と向きが視覚的に分かるよう風の流線を表示した。また、下絵には国土地理院の地理院地図を用い、拡大表示を可能とした。

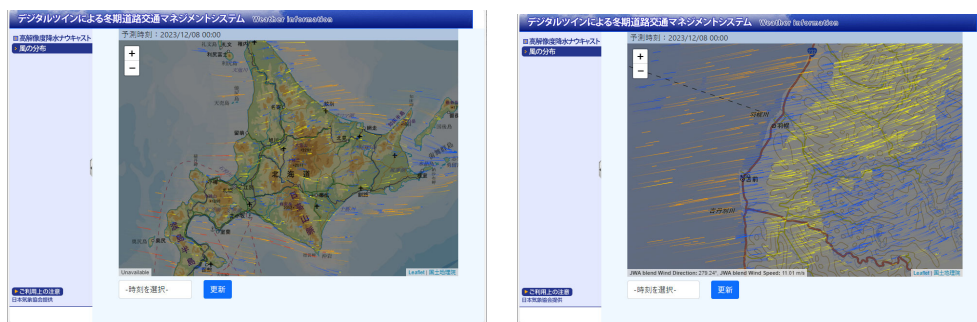


図1-10 風向風速の分布情報（上：広域表示，下：狭域表示）

◆車両の前方画像・道路管理用CCTVカメラを用いた時系列データの推定

過年度収集した「特急わからない号」の車両前方画像より求めた視界情報と、走行路線上の道路管理用CCTVカメラの道路画像より求めた視界情報の関係性を分析することで、車両の走行していない時間帯の時系列データを推定する手法を確立した。時系列データの推定フローを図1-11に示す。

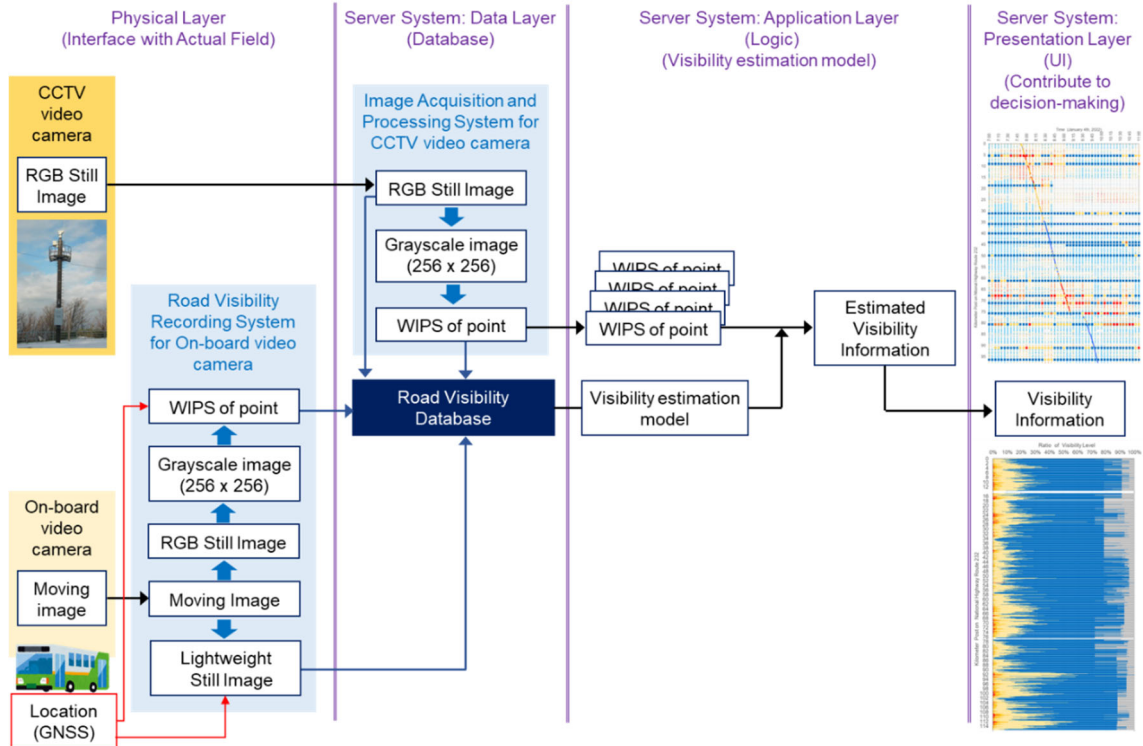


図1-11 デジタルツインによる時系列データの推定フロー

吹雪による視界不良が多発した2022年1月4日の一般国道232号の実際のデータを図1-12に示した。当該区間では、図のように、道路管理用CCTVカメラ19地点の視界情報が5分間隔で得られる。道路管理用CCTVカメラの視界情報は、一定の時間間隔で視界情報を取得できることが長所であるが、CCTVカメラのない区間については、視界情報を把握することができない。一方、「特急わからない号」の車両前方画像より求めた視界情報は、図1-12の左上から右下に走る線のような分布となる。全線にわたり、連続的、線的に路線上の視界情報を取得することが長所であるが、走行していない時間帯の線的な視界情報は把握することができない。

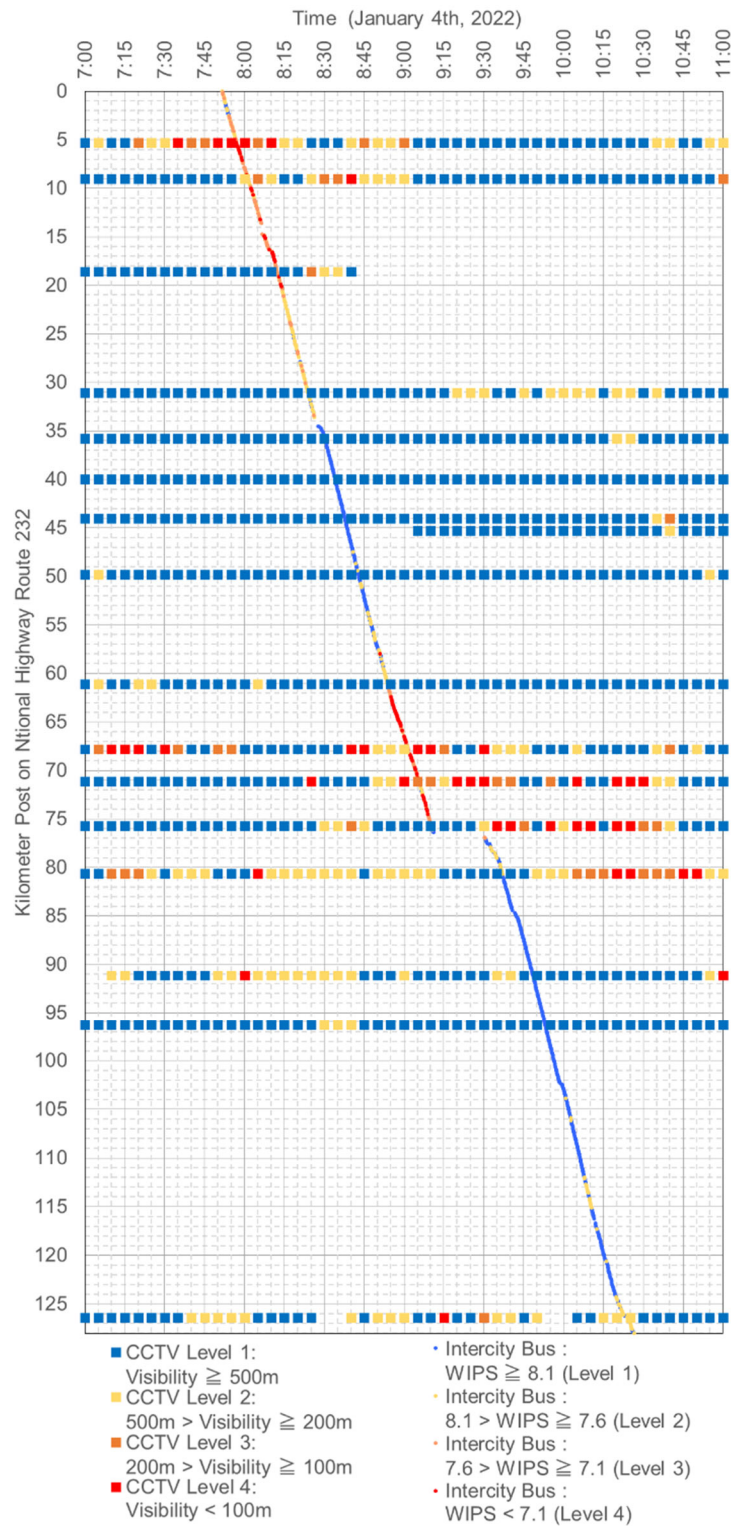


図1-12 車両前方画像の視界情報（左上から横断する線）とCCTVカメラ視界情報

本検討では、2019年度に走行した全ての車両前方画像の視界情報を100m間隔に整理し、同時刻の19箇所のCCTVカメラ視界情報の相関係数を式(1)のように求めた。最も相関係数の高い地点のCCTVカメラと、相関係数を図1-13に示した。

$$WIPS_{Bki} = b_{1kj} \times WIPS_{Ckji} + b_{0kj} \quad (1)$$

$WIPS_B$: value of the WIPS by the intercity bus

$WIPS_C$: value of the WIPS by the CCTV

i: intercity bus number (i=1 to m, m: total number of intercity buses (Maximum number:114))

j: CCTV number (c=1 to 19)

k: 0.1km-section number (k=1 to 1280 or 1281)

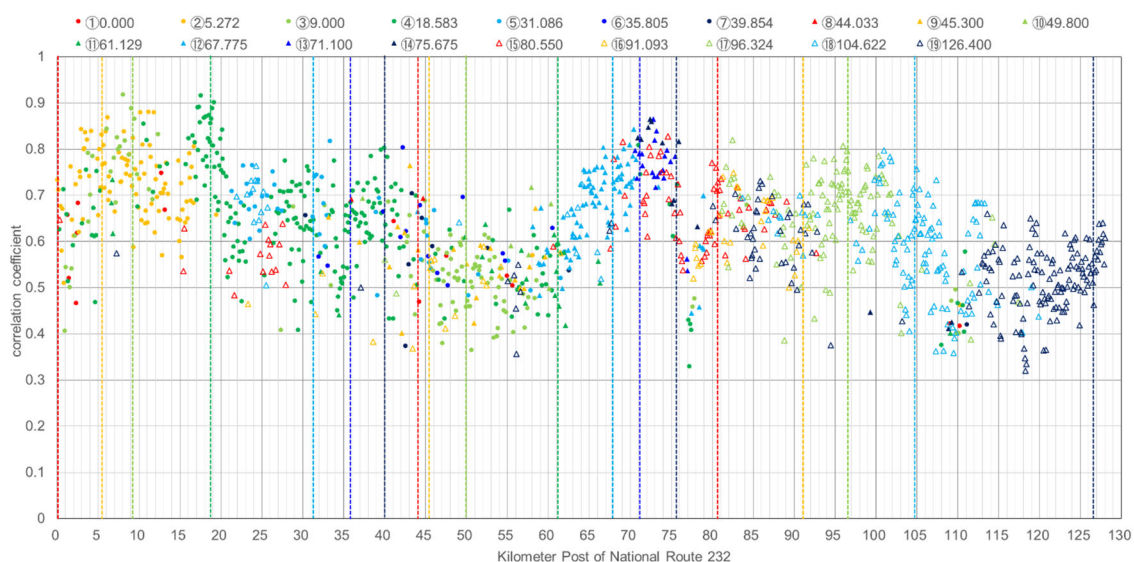


図1-13 車両前方画像の視界情報とCCTVカメラ視界情報の相関係数

2022年1月4日の一般国道232号の視界情報の時系列データを推定した結果を、図1-14に示した。図のように、一定の時間間隔で連続データを取得できるというCCTVカメラの視界情報の長所と、対象区間の視界情報を線的に取得できるという車両前方画像の視界情報の長所を組み合わせることで、全線にわたって、時系列データを把握することができた。

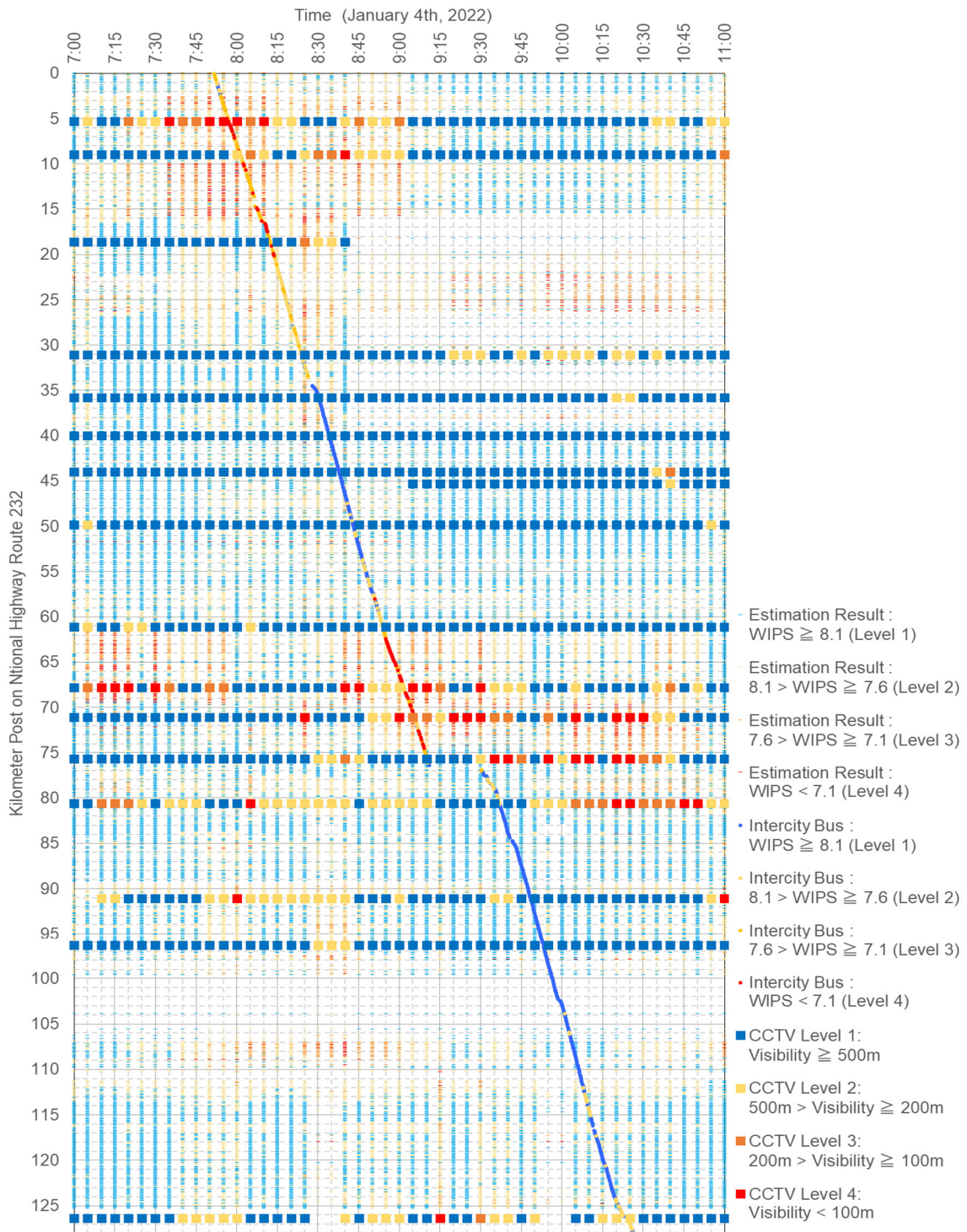


図1-14 対象区間の視界情報の時系列データを推定した結果

(3) 冬期路面と通常路面との間における横方向の車両位置の変化を観測する手法の構築

運転行動の結果として現れる冬期路面および通常路面での車両走行位置（横位置）をGNSSと映像解析を併用した手法により取得・集積する技術、深層学習に基づく画像からの深度計測（DepthMAP）により路肩の堆雪を観測する技術、及び冬期路面における走行軌跡を自動的に集積する技術を開発する。

◆冬期路面および通常路面での車両走行位置（横位置）の取得・集積

特急わからない号に搭載した小型PCにより、路面と視界の情報を常時モニタリングしているが、冬期路面の環境では、運転行動の結果として車両の走行位置は、道路環境に応じて変化する。滑りやすい雪氷路面においては路肩側に寄った走行、路肩に大きな堆雪がある場合には中央線側に寄った走行となる。このような走行環境のモニタリングは冬期道路マネジメントのためのデジタルツインに有用であり、道路路線の各区画における走行位置の変化を検出可能な手法が望まれる。また、例えば、片側2車線の道路が堆雪によって1車線となることの把握には、事前知識や推論が必要でコンピュータには簡単ではなく、平時の状況を把握し、常にそれらと比較することが必要である。このため、非積雪期に車道の緯度経度を計測することで、道路の本来の位置を把握し、これをデジタルツインに搭載することで、冬期に本来想定される走行経路との比較を可能とする。

令和5年度には、まずGNSSの受信装置として、単独で高精度な測位が可能なCentimeter-Level Augmentation Service（以降、CLAS）測位が可能な受信機を搭載する機器を独自に構築し、車道外側線の位置を計測した。このデータを基準データとしてデジタルツインに搭載する。具体的には、図1-15に示すようにRaspberry Pi 4BにGPIOによって接続可能なCLASのチップを用いて小型の計測器を複数構築した。

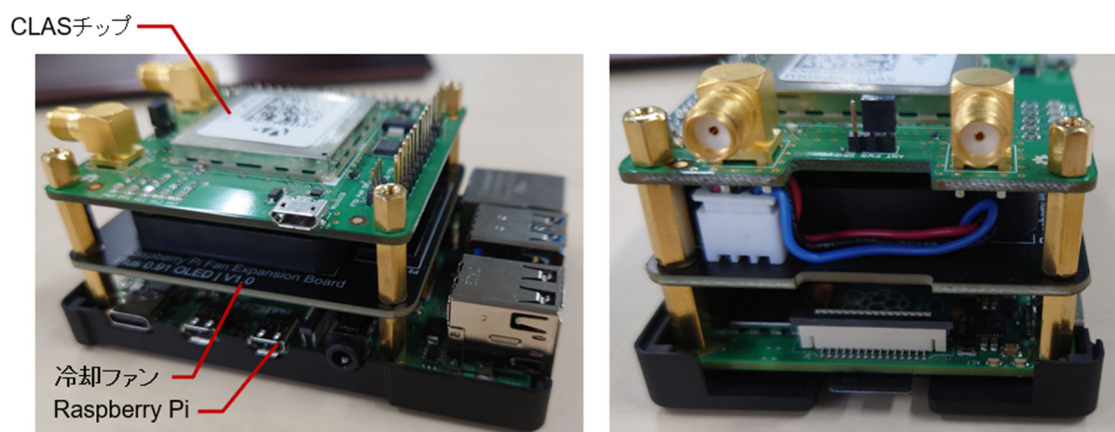


図1-15 CLAS計測可能なRaspberry Pi

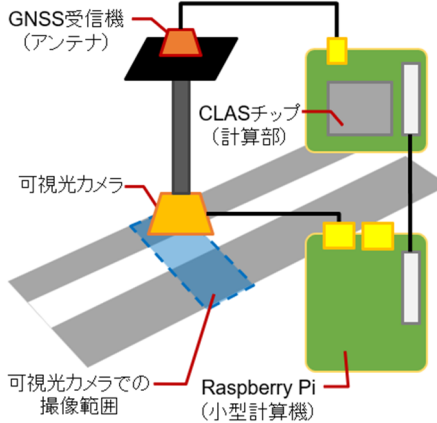


図1-16 GNSS受信機と可視光カメラ



GNSS受信機を装備した車両



GNSS受信機とカメラ

図1-17 計測装置を装備した車両

図1-15の装置には、図1-16のようにGNSS受信機と可視光カメラを装備し、車道外側線の上を常にGNSS受信機が通過するように図1-17に示す車両で車道外側線を計測した。計測した区間は、図1-18に示すとおりであり、その内訳は、起点を道の駅のもい、終点を稚内駅として、国道232号（L=127km）、道道121号（L=2.6km）、幌富バイパス（L=10.9km）、豊富バイパス（L=16.0km）、及び国道40号（L=24.7km）である。車道外側線の緯度・経度座標の計測は、双方向で走行位置の算出が行えるよう、両側の車線で行っている。

また、計測時には図1-15の装置を図1-17の車両の左サイドミラーの他、右サイドミラーと屋根上の計3台設置し、左サイドミラーのGNSS受信機での計測にエラーを含む場合、他の受信機から補完可能とした。

以上によって、非積雪期に見られる本来の道路位置の高精度な計測が実現した。特急わかかない号に車載しているシステムには緯度経度を計測する機能が実装されている。したがって、高精度に計測した道路位置と特急わかかない号が常に観測する車両位置との比較ができる。特に特急わかかない号は、先に記載したとおり、年間を通して走行しているため、「夏期の走行履歴と車道外側線の距離」と「冬期の走行履歴と車道外側線の距離」が得られ、冬期に特異な走行が生じる様子を可能することが可能となった。

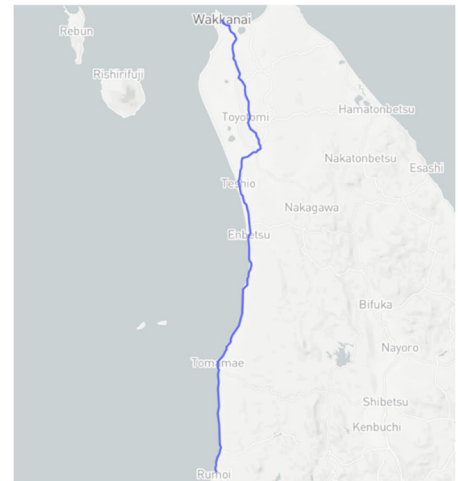


図 1-18 車道外側線の移動経度計測区間

◆ 深層学習に基づく画像からの深度計測（DepthMAP）による路肩の堆雪の観測

前の項目でも述べたとおり、路肩に大きな堆雪がある場合、中央線側に寄った走行となる。これは、堆雪が進行する場合、スムーズな交通を担保することが難しくなるため、冬期の道路マネジメントには路線中に生じる堆雪の様子を把握することも有用と考えられる。また、特急わかかない号に車載しているシステムでは、常に車両前方の映像を記録しており、堆雪の様子が視認可能な形で観測される。

また、近年、画像認識で解決可能な様々な課題に対して、深層学習に基づく識別器によるシステムが有効であることが知られている。これらの中には、単眼のカメラで撮影された静止画像から撮像された物体までの距離を推定可能な手法も提案されている[2].

[2] C. Godard, O. M. Aodha, M. Firman, and G. J. Brostow, "Digging into self-supervised monocular depth estimation," International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 3828–3838, 2019.

そこで本研究プロジェクトでは、特急わっかない号の前方の映像に対して、文献[2]の手法 (DepthMAP) を適用して、特急わっかない号が走行するルート上の堆雪状況を観測した。観測結果を図1-19に示す。この計算には過年度に集積したデータを活用した。図1-19の左は2021年12月12日であり、右は2022年1月17日である。1か月間の降雪に伴う除雪によって形成される路肩の堆雪の様子が観測できていることが判る。



図1-19 特急わっかない号で記録した車両前方映像からの堆雪の観測

◆冬期路面における走行軌跡の自動的な集積

先の項目で記載したとおり、本研究プロジェクトでは、特急わっかない号の走行によって集積しているデータを活用することで「夏期の走行履歴と車道外側線の距離」と「冬期の走行履歴と車道外側線の距離」が得られ、冬期に特異な走行が生じる様子を可能することが可能となった。本研究プロジェクトでは、冬期路面の走行の様子を集積するために、この冬期に見られる特異な走行を定量的に観測する手法も検討した。

具体的には、車両のGNSSデータと車道外側線のGNSSデータから車両の横断方法の走行位置を算出し、複数の結果を比較可能としている。本手法の詳細は次のとおりである。車両の走行中に記録された測位座標の基準である車道外側線に対する位置を定量化するため、提案手法では、1次元の座標系を新たに定義する。

この座標系における軸は、車道外側線に直行し、その交点を原点とする。軸上で車道外側線から中央線への方向を正とする。このX軸上の位置を、GNSSデータに基づき求める。より詳細には、次の2ステップで求めている。

- (1)記録された測位座標それぞれについて、最近傍の車道外側線座標を取得し、X軸上の座標を算出する。X軸上の座標は、測位座標計測時点の車両の進行方向の方位角、外側線から測位座標に向けた方位角を用いて決定する。
- (2)複数走行しているデータ群に記録されている車両座標を標準地域メッシュで分け、各メッシュのX軸上の座標の代表値を算出する。

本手法を用いた走行環境のモニタリングについて、その実現可能性について実データを用いて確認した。本実験で用いるメッシュのサイズは、1辺が1kmの3次メッシュとした。対象とする期間は、本資料作成時点が12月であるため、既存研究の期間に計測していたデータでの検証をしている。具体的には、大きな降雪が確認された2021年度を対象とし、2021年9月から2022年2月末までに取得されたデータを用いる。本実験では、走行位置計測が可能な全区間を対象とし、降雪のない期間とのコサイン類似度と降雪量の関係性を比較することで、提案手法が降雪に伴う走行環境の変化を検出できるかを確認した。

本実験では、提案手法を用いて稚内から留萌までの経路となる226の3次メッシュを用いて有効性の確認を行う。具体的には、メッシュごとの走行位置を要素とするベクトル（226次元）により比較を行う。まず、2021年9月・10月の各メッシュの走行位置（車道外側線からの距離）の中央値を算出し、メッシュ番号の大きい順に並べてベクトルとする。このベクトルと、2021年11月から2022年2月の期間で週ごとに観測される走行位置（車道外側線からの距離）の中央値を要素とするベクトルを用いて、それらのコサイン類似度を算出する。このコサイン類似度が大きければ、比較するペアとなる時期が互いに同様な走行環境であることを示し、コサイン類似度が小さければ、異なる環境であることを示す。

結果を図1-20に示す。横軸の値は週の第1日目を示す。

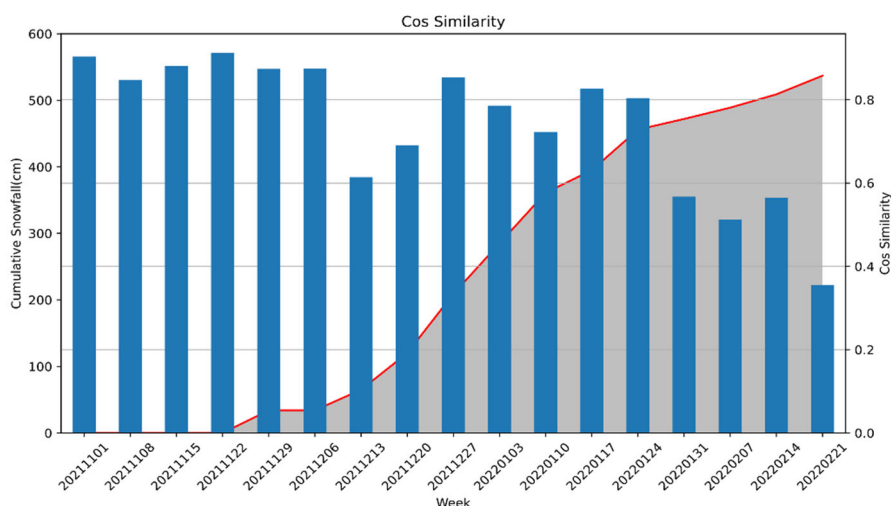


図1-20 コサイン類似度と降雪量

棒グラフが各週の2021年9月・10月に対するコサイン類似度を示し、右の縦軸に対応する。赤色の折れ線グラフは、気象庁より得た2021年11月からの累積降雪量を示し、左の縦軸に対応する。図1-20から、2021年12月6日までは、コサイン類似度が安定して90%程度を維持していることが確認できる。しかしながら、12月13日には60%程度まで大きく低下している。これは、降雪に伴う雪氷路面の影響と考えられる。12月27日にかけて、85%程度まで上昇しているが、これはさらなる降雪や車両の通過に伴い、圧雪路面となることで、安定した走行が可能になったためと考えられる。12月27日以降はコサイン類似度は低下傾向にある。特に、1月31日以降は60%を下回り、2月21日には40%を下回る値となっている。これは、氷点下の続く積雪寒冷地において、雪が蓄積されていくため、走行環境が変化し続けたために起こったものと考えられる。以上のことから、提案手法で算出した走行位置で、走行環境のモニタリングができる可能性が示された。

2. 【テーマ2】冬期道路交通マネジメントを可能とするデータ集積プラットフォームに関する 技術開発

(1) デジタルツイン構築範囲および道路APIの基本機能の検討

本研究プロジェクトでは、冬期道路交通マネジメントに貢献するデジタルツインに基づくシステムを構築し、道路行政に貢献したいと考えている。このため、道路行政の現場への落とし込みを見据え、北海道開発局と連携し、道路維持管理に関連する工事に従事する方々や都市間バスを運行するバス会社などへのヒアリングなどを重ねた。具体的には、昨冬までの経験についてのヒアリングや本プロジェクトで検討を進めている情報提供システムの利用可能性について調査を進め、画像などで道路の視界や路面の状態について確認できるようにすることや、降雪や地吹雪による視界不良などを把握するために風速・風向などの情報を含む気象データが閲覧できるようになるデジタルツインへの期待が大きいことを確認した。また、そのヒアリングで宗谷地方と札幌の間には、単純な降雪のみではなく、風による視界不良などが頻発する区間があること、またそれに伴う事故も発生していることなどが挙げられた。これらの現状から、都市内および都市間交通のデジタルツインを構築するエリアとしては、宗谷地方と札幌の間を対象とすることを検討した。また、その適用範囲について都市間では、地図と結びつく形で路線内での視界状況と路面状態、およびそれに関係する気象データとして気象レーダの観測データと風向・風速、降雪量について、現況と予測やシミュレーションまでが可能となる先読み情報を生成する機能を有すること、都市内については、気象データと交通流に関するデータを連携したシミュレーションによる高度交通制御のために常時観測されるデータと連携する機能を有することを検討している。

以上より、デジタルツインの構築でカギとなる道路APIの基本機能について、令和5年度には次を有するものを検討した。

・ フィジカル空間からサイバー空間への連携（テーマ1とテーマ2の連携）：

車載システムやCCTV、気象関係のシステムなど道路を含む実空間で観測された多様なデータを低容量なデータ通信でサイバー空間に到達可能な機構

・ 常時観測のデータと都市内交通シミュレーションの連携（テーマ2からテーマ3への連携）：

ETC2.0や各種カメラで観測される車両台数・交通量などのデータを動的に構造化するサーバシステムから、シミュレーションに必要なデータをシミュレータが要求する形式で提供し、その出力結果を構造化して格納する機構

・ デジタルツインに集積・計算された各種データとフィジカル空間の連携（テーマ4）：

フィジカル空間でデジタルツインの出力を待つ道路管理者、道路維持事業者、及び都市間バスを運行するバス会社等、ヒトに対するフィードバックを与えるリアルタイムな可視化インタフェース

(2) 複数のエッジから送信される大量データを集積するプラットフォーム機能の構築

本研究プロジェクトで構築するデジタルツインは、フィジカル空間に散りばめられた複数のエッジからのデータを大量に集積する。令和5年度には、初年度として、まずは複数の車載システムから常時送信される道路空間を撮影した画像およびエッジコンピューティングによって取得する解析結果のデータを受け入れるサーバのプロトタイプを構築した。具体的には、一般的なWebDAVシステムによって構築したデータを受信する仕組みを構築した。将来には複数かつ大量のエッジからのデータ受信が想定されるため、認証プロセスやデータ受け入れの機能は常に速やかに実施されることが望ましい。まずは、この一般的な仕組みにおいて、不定期に起動およびデータ送信する9台のエッジから、データをもれなく収受できることを確認した。

しかしながら、現状のサーバはデータ受け入れ以外のタスク、例えば、デジタルツインとしてフィジカル空間にフィードバックする可視化インタフェースの演算を行う場合には、ストレージへのアクセスなどのレスポンスに課題があることを確認している。この原因の一つとして、当然ながらサーバの基本スペックが挙げられるが、WebDAVによって受け入れたデータを最終的にストレージする構造やアルゴリズムについて、ソフト側での課題があることも確認している。

このため、今後のシステム拡張において、最終的にストレージ機構（データ置き場の並列化および整理アルゴリズム）の検討が必要である。本研究項目は、令和5年度から令和6年度で実施予定であるが、今年度の残りと次年度には、まずこの課題解決に向けたシステム拡張とストレージ機構について検討する。

(3) 道路APIを実装した基幹システムの構築

本研究プロジェクトで構築するデジタルツイン・システムは、先に示したとおり、3つの道路APIの基本機能を有するものを3カ年で構築する。本項目については、特に複数のエッジや各種シミュレーション機能のためのデータ入出力に関する道路APIのプロトタイプを開発する。

初年度である令和5年度には、3つの道路APIの内、「フィジカル空間からサイバー空間への連携」と「デジタルツインに集積・計算された各種データとフィジカル空間の連携」を担う部分について進めた。特に「デジタルツインに集積・計算された各種データとフィジカル空間の連携」については、ヒトに対するフィードバックを与えるリアルタイムな可視化インタフェースが求められるが、特急わっかない号で観測およびAI解析したデータを即時可視化する機能のプロトタイプの実装に至っている（【テーマ4】）。これは「フィジカル空間からサイバー空間への連携」のAPI機能も十分に駆動しなければならず、即時可視化のプロトタイプが現時点で動作することは、本プロジェクトの全体としての進捗が大きいといえる。

しかしながら、また、先の項目「(2)複数のエッジから送信される大量データを集積するプラットフォーム機能の構築」で言及したシステム拡張のためには、本項目で検討する基幹システムで「ストレージ機能」と「シミュレーションおよび可視化インタフェースの機能」を分離する仕組みを検討することが望ましい。本研究項目は、本プロジェクト全体に関わる基幹システムであることから、令和5年度から令和7年度の3年度で実施予定となっている。

次年度には、まず「ストレージ機能」と「シミュレーションおよび可視化インタフェースの機能」を分離する仕組みについて検討し、デジタルツインの基本機能を確実に稼働させることを目指す。また、令和7年度の完成に向けては、令和6年度に「常時観測のデータと都市内交通シミュレーションの連携」の道路APIの実装に着手する。

3. 【テーマ3】冬期道路交通マネジメントのための交通・気象データを利用したシミュレーション等に関する技術開発

札幌全域（及び千歳市周辺）のエリアを対象に、次の(1)および(2)の検討を行う。

(1) ビッグデータを用いた冬期の都市交通のレジリエンスに関する分析

札幌市全域（及び千歳市周辺）を対象とし、気象データ、ETC2.0プローブデータ、人流データの実態を時系列で整理し、雪害時のレジリエンスカーブを分析する。

◆気象データおよびETC2.0プローブデータを用いた雪害時の交通状況の分析

およそ200万人が居住する世界でも珍しい積雪寒冷地である札幌では、その都心部で冬期の大雪により道路交通に大きな影響が出る。XRAIN降水強度は、降雪状況を面的かつリアルタイムに把握できる可能性があり、大雪について観測および予測が可能なデータとして期待できる。一方、交通の観点では、面的な交通状態の変化を表すMacroscopic Fundamental Diagram（以降、MFD）があり、XRAINとの協調利用が大雪時の交通状態推定に貢献する可能性が期待できる。そこで本研究プロジェクトにおいて、令和5年度には、気象データおよびETC2.0プローブデータを用いた雪害時の交通状況の分析として、札幌都心部におけるXRAIN降水強度とMFDで表される交通状態の関係について分析した。

最初に、地上の降雪状況を把握する方法としてXRAIN降水強度の有効性を検証した。XRAIN降水強度と地上観測の降雪量を比較したところ両者は強い相関を示した。次に、XRAIN降水強度がMFDの形状に与える影響を分析した。XRAIN降水強度によってMFDにヒステリシスループが発生し、そこで渋滞となっていることが明らかとなった。これらの結果は、XRAIN降水強度から交通状態を推定できることを示唆した。

具体的には、最初にXRIANの降水強度と地上観測の降雪量を様々な気象条件で比較し、積雪状況を把握する方法としてXRAIN降水強度を用いることの有効性について検証した。XRAIN降水強度と積雪深変化量の相関係数は、気温が0℃未満で0.7以上となった。

次に、2021年12月1日から2022年2月28日までの90日間のMFDを1日毎に作成し、降雪の多かった日に着目して、XRAIN降水強度がMFDの形状に与える影響を調査し、交通状態の考察を行った。降雪日のMFDは平常日のものと比べて異なった。降雪日において、車両存在台数Kが増加する一方、スループットQが減少し、MFDにヒステリシスループが発生した。2021-2022年冬期における複数回の降雪日において札幌市の都心部においてヒステリシスループが発生することをMFDから確認した。冬期における降雪による路面状態の悪化や道路の幅員減少により道路ネットワーク性能が悪化し、それが交通渋滞に影響する状況をXRAIN降雨強度とMFDを用いることから再現できたと考えられる。

今後は、札幌市における冬期について、より多くの渋滞事例でXRAIN降水強度とMFDの時間推移の関係を調査し、降雪・堆雪などが冬期の道路ネットワーク性能をどれだけ低下させるのかなどを定量的に評価する必要がある。これにより、交通渋滞を軽減する除排雪を検討し、効率的な冬期における道路交通管理に貢献していきたい。

◆雪害時のレジリエンスカーブ分析

札幌市全域を対象に、人流データの実態を時系列で整理し、雪害時（2022年2月）における滞在人口のホットスポット分析を行った。

本検討では、降雪・除排雪情報の供給情報と利用交通手段が把握可能な携帯電話位置情報を用いた。まず、降雪・除雪情報と各交通の利用人口を比較することにより、交通サービスレベルが低下する状況を推定した。記録的な大雪が影響することはもちろん、特に深夜帯の断続的な積雪が除雪の妨げになり、翌日の交通に大きな悪影響を及ぼすことが示唆された。

次に、昼間の滞在人口をホットスポット解析することにより、雪害時に通勤・通学が不可能であった地域を推定した。図3-1に雪害時2/22（火）午前10時の滞在人口の減少数（左）と標準化増減比を利用したエシュロンスキャンの結果を地図上に示す。まず、左の増減数に注目する。札幌市の中心部である、札幌駅・大通駅周辺の滞在人口が非常に大きく減少していることが読み取れる。次に右のエシュロンスキャンの結果に注目する。赤く示されたホットスポットが他の地域に比べ、滞在人口の増加傾向があった地域の範囲を示している。郊外の人口が全体的に増加傾向にあることが分かる。したがって、通常の日には中心部に出勤している人々の多くが、午前10時になってもまだ郊外にとどまっている可能性が高いと考えられる。

最後に、通勤時間帯における各交通手段の利用人口について、ホットスポット解析を通じて評価し、天候条件の地域差による影響や各交通手段の相互の影響を明らかにした。

今後は、集計期間・地域の拡大を予定している。2回の雪害中の3日間のみ使用したため、交通のサービスレベルが復旧する様子を確認できていないため、各交通手段別のレジリエンスカーブ分析を実施予定である。

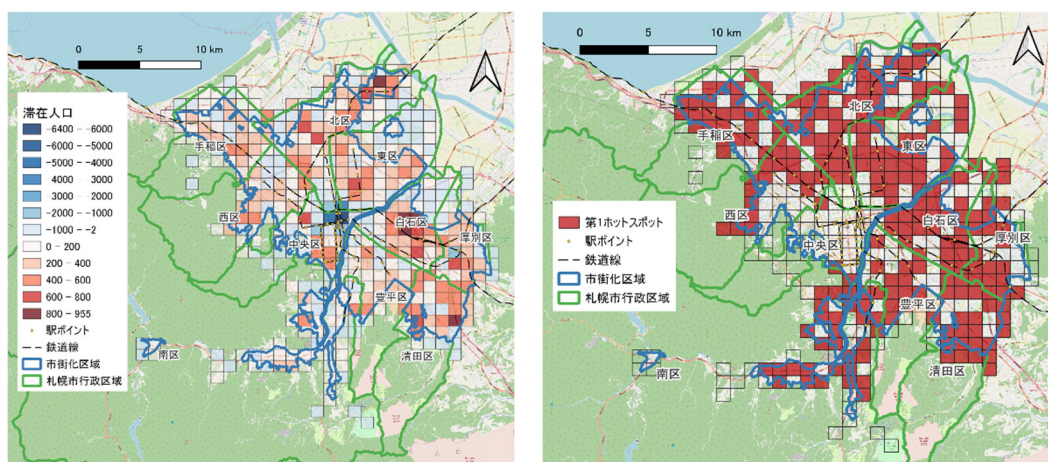


図3-1 雪害時2/22（火）午前10時の滞在人口（左：増減数，右：エシュロンスキャン）

(2) ミクロ交通シミュレーションを活用した交通制御支援モデルの開発

道路交通流のカメラ画像解析を入力としたマイクロ交通シミュレーションを構築し、信号現示パターン・車種別交通量を入力、渋滞長を出力としたアンサンブルデータ生成技術を開発する。

◆ デジタルツインとデータ駆動型交通制御支援モデルの構築

エッジAIと交通シミュレーションをオンラインで動的に連携させる方法論として、エッジAIの利用を前提に交通シミュレーション（Vissim：図3-2）を近似する機械学習モデルを構築（図3-3）することで、仮想空間上に実装しAPIを介してシステム協調の実現化を試みた。そのための要素技術として、交通流理論に基づいたシミュレーションから渋滞状況の短期予測を行う機械学習モデルを構築し、エッジAIの車両判別精度を考慮した精度分析を行った。



図3-2 Vissimシミュレーション画面

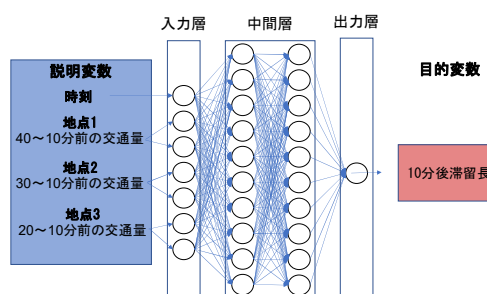


図3-3 機械学習モデルの構築

本検討では、新川ICを対象として、10分後の滞留長を予測する機械学習モデルをNNとLGBMの2つの手法で構築し、精度の検証を行った。結果として、本手法によって過去の交通量データから10分後の滞留長を予測することができた。

また、物体検知アルゴリズムによる交通量調査データの誤差が渋滞予測に与える影響を評価するとともに、その設定条件について検討した。機械学習モデルの構築に加えてエッジAIの車両判別精度を考慮したデータを作成し、機械学習モデルに入力することで疑似的に物体検出アルゴリズムによる車両判別精度を再現し、精度検証を行った。結果として、両モデルにおいて精度低下がみられたが、図3-4に示すようにNNモデルと比較してLGBMモデルの予測精度が高いという結果が得られた。

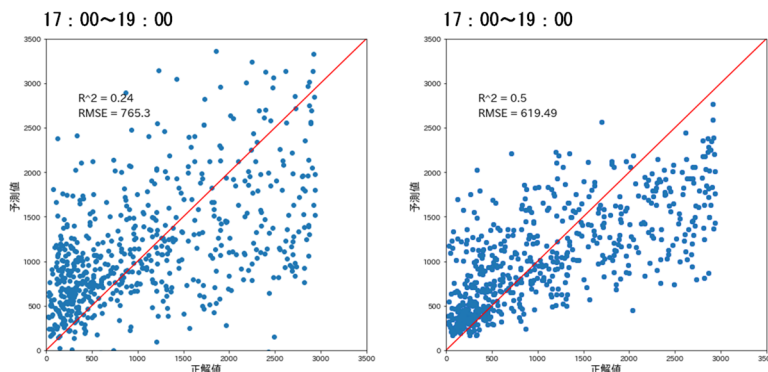


図3-4 左：NN精度（誤差考慮） 右：LGBM精度（誤差考慮）

4. 【テーマ4】冬期における人の移動の負担軽減に資する情報提供に関する技術開発

本テーマでは、リアルタイム性の高い多様な情報（視程・路面・遅延情報等）や注意喚起のアラート等の有用性の高い情報を想定し、利用者の行動選択に訴求する情報提供内容について検討する。また、道路利用者へ提供する情報提供プラットフォームのプロトタイプを構築し、情報提供の方法を検討する。さらに、宗谷地方と札幌市間のエリアを対象に実証実験を行い、プラットフォームの動作や道路利用者の行動変容（経路変更、時間調整、取りやめ等）をモニターの行動から把握し、その効果と課題を整理する。

◆情報提供内容・手段の検討

令和5年度には、ドライバー自身に安全な交通行動を促すようなソフト面での対策として、利用者の行動選択に訴求する情報提供内容について検討するため、Webシステムで情報提供されることを想定したアンケート調査を行い、情報提示方法の違いがドライバーの行動意図に与える影響と効果的な情報の提示方法について考察した。情報提示方法により、冬期における日常的な行動と、具体的な情報提示後の行動意図は異なるという結果が得られている。さらに、視界状況を文字情報だけでなく道路画像を用いて提示することが危険を回避する行動意図を促すことにおいて有効であることも明らかとした。

加えて、本年度には、まず道路利用者へ提供する情報提供プラットフォームとして、多様な情報を閲覧できるプロトタイプを展開しその利用者に対するヒアリングおよびアンケート調査を再度行うことで、より利用者の行動選択に訴求する情報提供の方法を検討する。

本資料作成時の12月までには、道路行政の現場への落とし込みを見据え、北海道開発局と連携し、道路管理に関連する業務に従事する方々へのヒアリングなどを重ねている。6月には、昨冬までの経験についてのヒアリングや本研究プロジェクトで検討を進めている情報提供システムの利用可能性について調査を進めた。その回答には、画像などで道路の視界や路面の状態について確認できるようにすることや、降雪や地吹雪による視界不良などを把握するために風速・風向などの情報を含む気象データが閲覧できるようになるデジタルツインへの期待が大きいことが確認されている。この結果に基づいて、具体的に提供する情報としては、路線内での視界状況と路面状態、およびそれに関係する気象データとして気象レーダの観測データと風向・風速、降雪量とした。図4-1に本研究プロジェクトで利用可能としたプロトタイプシステム（現時点ではデータ種別の仕組み）の例を示す。

本研究プロジェクトは冬期の現場との連携が必須であり、関係の皆様には、この冬期に情報提供プラットフォームに触れて頂き、その結果についてのヒアリングおよびアンケート調査を予定しており、今年度の最終報告にはその詳細を記載したい。

◆実証実験の実施

令和5年12月から令和6年3月の期間で、特定地域（札幌～留萌～稚内間）を対象に実証実験を行い、プラットフォームの動作や道路利用者の行動変容（経路変更，時間調整，取りやめ等）をモニターの行動から把握し，これまでのプレスタディで既に得られたバス会社の安全運航を支えるシステムとして有用であるとの知見と併せてその効果と課題を整理する予定である。

令和5年度の実証実験は，1次情報提供として，SNSであるX（旧Twitter）を用いて実施する．試行する情報提供システムは以下の3つで，その利用実態のログやアンケート，システムの試験稼働の様子に基づいてデジタルツイン技術の有効性を高める検討を行うことを目的としている。

- 1)「わからない号」(稚内出発の朝便)に設置した車載カメラから得られた視界状況などを提供(図4-2)
- 2)(一般社団法人)北海道開発技術センターによる，国道に設置されたCCTV画像を用いた道北エリア，道央エリアの視界状況の提供(図4-3)
- 3)(一般財団法人)日本気象協会北海道支社によるレーダー(函岳，美深町)による高解像度降水ナウキャスト(Xバンドレーダーも合成された降水量・雨雲情報・風の分布図・吹雪視程・降雪量メッシュ)の提供(図4-4)



図4-1 Xによるポータル兼リアルタイム性の高い情報提供Xでの提供の例

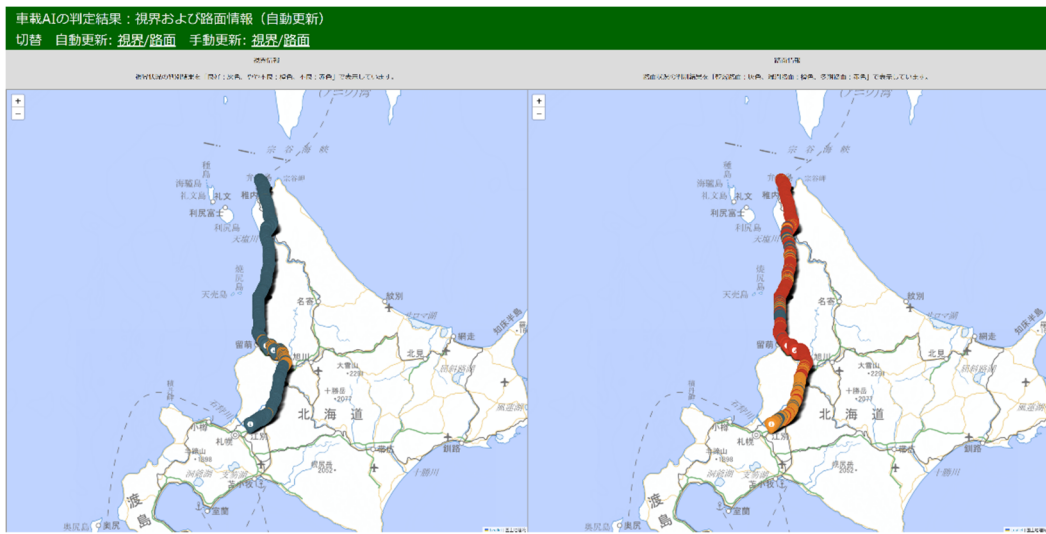


図4-2 特急わっかない号の車載システムが判別した視界（左）と路面（右）の情報提供の例



図4-3 CCTV画像を用いた視界状況提供システムの例

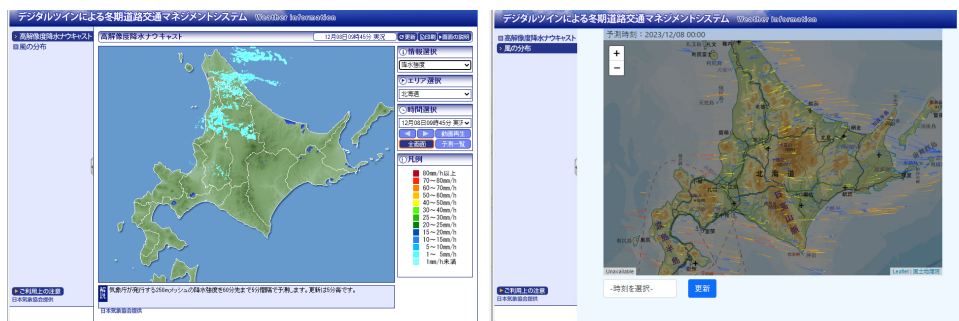


図4-4 降水強度（左）と風向風速（右）の情報提供の例（再掲）

⑦特記事項

(研究で得られた知見, 成果, 学内外等へのインパクト等, 特記すべき事項があれば記入. また, 研究の見通しや進捗についての自己評価も記入.)

今後, 我が国における道路インフラと人やモノとのスマートな協調といった新たな付加価値の創造を顧みると, 道路の走行環境や交通状況をリアルタイムにモニタリングし, 人やモノが必要とする情報を提供するインタフェース (Infra to Humans and Things) の開発が必要であり, 本研究はその先駆けとなる.

また, 本研究プロジェクトは, 冬期道路のデジタルツインをテーマにしていることから, 12月の報告書類作成時に完了していない項目があるが, 特に問題となる部分は無く, 令和6年度以降に向けて順調に実施している. 先読み (予測) やフィジカル空間へのフィードバックとしての情報提供の機能については, 予定よりも進捗が見られる.

加えて, 次に記載のとおり本件プロジェクトでの成果は大きく, 査読付き論文の採択も含め, 複数の学会発表にいたっている. また, 依頼講演もあり, 市民に研究成果を広く発信している.

【学会発表】

- 1) Yasuhiro Nagata, Toru Hagiwara, Sho Takahashi, Masahiro Yagi, Genki Ooi, “Developing Prototype of Digital Twin for Winter Road Maintenance,” TRB Annual Meeting, (2024)
- 2) 植西康太, 八木雅大, 高橋翔, 萩原亨, “道路空間を観測するエッジAIの類似度を用いた再学習のためのエッジ選択手法,” AI・データサイエンス論文集, vol. 4, no. 3, pp. 619-628, (2023)
- 3) 林亮佑, 八木雅大, 高橋翔, 萩原亨, 松本一城, “GNSSデータを用いた冬期道路環境における走行位置の観測,” 第68回土木計画学研究発表会・秋大会, 7144 (2023)
- 4) 福田英輝, 八木雅大, 高橋翔, 萩原亨, “低ランク近似に基づく離散データの更新を導入したテンソル補完による視界レベル推定に関する一考察,” 第68回土木計画学研究発表会・秋大会, 7144 (2023)
- 5) 高橋翔, 八木雅大, 萩原亨, 佐藤諒, “複数識別器の Late-fusion による夜間の視界レベル推定のEdge-computing に関する検討,” 日本道路会議, (2023)
- 6) Ryosuke Hayashi, Masahiro Yagi, Sho Takahashi, Toru Hagiwara, “An Observation Method of Vehicle Lateral Position Based on Map Matching in Winter Road Condition,” IEEE 12th Global Conference of Consumer Electronics (GCCE2023), (2023)
- 7) Fukuda Eiki, Masahiro Yagi, Sho Takahashi, Toru Hagiwara, “A Note on Visibility Level Estimation Based on Third-order Tensor Completion Using CCTV Images and GPV Data,” IEEE 12th Global Conference of Consumer Electronics (GCCE2023), (2023)

- 8) Masahiro Yagi, Ryo Sato, Sho Takahashi, Toru Hagiwara, “An In-Vehicle Edge Computing System for Monitoring Nighttime Winter Road Visibility,” IEEE 12th Global Conference of Consumer Electronics (GCCE2023), (2023)
- 9) 山城皓太郎, 萩原亨, 高橋翔, “Macroscopic Fundamental Diagram 理論に基づく冬期の降雪強度が札幌市中心部の交通流に与える影響に関する研究,” 第43回交通工学研究発表会, (2023)
- 10) Kota Uenishi, Masahiro Yagi, Sho Takahashi, Toru Hagiwara, “A Note on Discriminator Updating Method based on Weights of Other Models and its Verification,” International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW 2023), (2023)
- 11) 丹悠紀, 萩原亨, 高橋翔, “冬期における視界情報の提示方法の違いが交通行動意図に与える影響,” 第67回土木計画学研究発表会・春大会, (2023)
- 12) 永田泰浩, 金田安弘, 森本勝己, 高橋翔, 萩原亨, “車載カメラの画像を用いた吹雪時の視界状況評価について,” 雪氷研究大会, (2023)
- 13) Sho Takahashi, Masahiro Yagi, Toru Hagiwara, “An Edge-computing System for Observing Road Surface Condition and Visibility in Winter Road,” Presentation at International Conference on Road Weather and Winter Maintenance, (2023)
- 14) Toru Hagiwara, Masanori Matsuda, Sho Takahashi, “Evaluation of Traffic Congestion due to Heavy Snowfall in Sapporo Metropolitan Area Using Macroscopic Fundamental Diagrams (MFD),” Presentation at International Conference on Road Weather and Winter Maintenance, (2023)
- 15) Kotaro Yamashiro, Sho Takahashi, Toru Hagiwara, “A Study on Relationship Between Precipitation Intensity of XRAIN and Snow-depth on the Ground,” Presentation at International Conference on Road Weather and Winter Maintenance, (2023)

【依頼講演】

- 1) 高橋翔, “デジタルツインが導く未来社会の冬期道路交通 –Edge-AIによる現実世界の定量化と可視化–,” 日本気象協会シンポジウム, (2023)

【学会でのセッション運営：研究成果の発信および専門家との議論】

今年度は、第68回土木計画学研究発表会・秋大会（2023年11月24日～26日）にて、本研究プロジェクトに関するスペシャルセッションを立ち上げた。

セッション名「デジタルツイン・情報技術による道路交通マネジメント 高橋翔（北海道大学大学院）」（11月26日（日） 10:45～12:15）

セッション内で本プロジェクト関係者からの発表は以下のとおり。

- 1) OpenPoseを用いた道路映像における二輪車の識別に関する一考察，繁澤朗（北海道大学工学部）八木雅大・高橋翔・萩原亨
- 2) エッジAIの車両判別精度を考慮した高速道路の短期渋滞予測，金家侑希（室蘭工業大学大学院）瀧本康太・江戸元希・有村幹治
- 3) GNSSデータを用いた冬期道路環境における走行位置の観測，林亮佑（北海道大学大学院工学部）八木雅大・高橋翔・萩原亨・松本一城
- 4) 低ランク近似に基づく離散データの更新を導入したテンソル補完による視界レベル推定に関する一考察，福田英輝（北海道大学大学院）八木雅大・高橋翔・萩原亨
- 5) 携帯電話の位置情報集計データを用いた2022年札幌市大規模雪害時の交通行動変容，佐藤陽介（室蘭工業大学大学院）蛸名将平・佐々木悠貴・Tran Vinh Ha・有村幹治
- 6) 道路維持管理のDXとEBPMにむけた舗装点検・道路巡回のAI支援技術の構築と導入効果検証，日原弘貴（室蘭工業大学大学院）浅田拓海・亀山修一

本セッションでは、本件プロジェクト参加者以外にも2件の発表があり、関係する分野の研究グループに対する発信やネットワーク構築に繋がった。