

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

◆研究概要・体制

道路行政の技術開発ニーズ	インフラ分野のDX	ETC.2.0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
公募タイプ(研究分野)		ソフト分野
研究の概要	冬期道路環境をエッジコンピュータにより低通信量かつリアルタイムに収集しつつ、AIを活用してデジタルツインを構築し、道路交通マネジメントに反映することにより、冬期の人やモノの移動にかかる負担軽減、効率化を実現する。	

【研究者氏名】

氏名	所属・役職	主な担当テーマ
○ 高橋 翔	北海道大・准教授	1・2・5
萩原 亨	北海道大・教授	1・4・5
有村 幹治	室蘭工大・教授	3・4・5
浅田 拓海	室蘭工大・准教授	2・3・5
永田 泰浩	北海道開発技術センター・次長	1・2
大井 元揮	北海道開発技術センター・交通政策室長	4・5
芝崎 拓	北海道開発技術センター・上席研究員	4・5
小西 信義	北海道開発技術センター・主任研究員	4・5
丹治 和博	日本気象協会 北海道支社・統括主幹	1・3・5
小松 麻美	日本気象協会 北海道支社・主任技師	1・5
槌本 陽	日本気象協会	1・5
山本 郁淳	ドーコン・室長	3・5
内藤 利幸	ドーコン・グループ長	1・4・5
松田 真宣	ドーコン・グループ長	1・4・5
平川 貴志	ドーコン・主任技師	1・4・5
高橋 歩夢	ドーコン・主任技師	1・4・5
坂本 信	ドーコン・技師	1・4・5

【研究の構成】

フィジカル空間（現実世界）

【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



道路API

【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

道路・交通を高度化する各種機能が共通して利用するデータ・解析結果を提供するインタフェース機能を実装した基幹システム

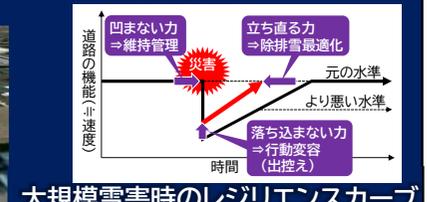
時々刻々と変化する道路交通状況・気象状況等の動的データや予測・解析結果をデジタルツインとして再現



道路API

【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

常時観測データによるアンサンブルデータの生成と深層学習を用いた短期的な将来渋滞予測手法の技術開発



サイバー空間

【テーマ5】 道路API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社会実装方法の検討

- 道路情報の新たな価値
- 情報サービス提供範囲
- 冬期以外の道路異状への応用



国土の災害脆弱性とインフラ老朽化を克服した安全に安心して暮らせる社会の実現

(「2040年, 道路の景色が変わる」より)

(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

- ・冬期路面や視界等の情報収集・活用に関する技術開発に向けて、道路走行環境のリアルタイムモニタリング車両を2.25倍、路線を2倍に拡充。「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)
→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。



【新路線「えさし号」の車両】



【モニタリング車両の経路】

(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

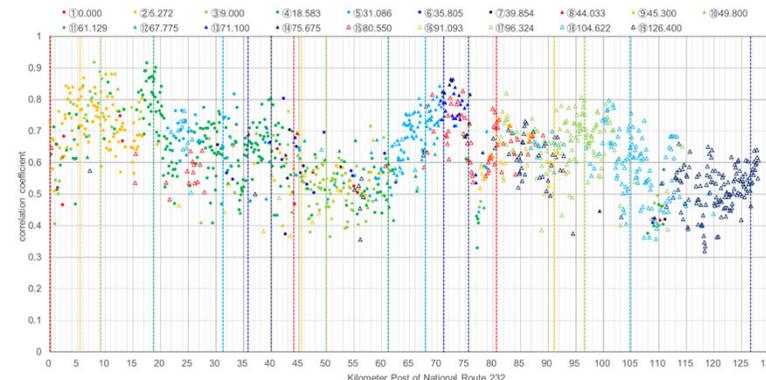
- ・デジタルツインでの道路の路面や視界の先読み情報予測のため、過去の路面データと気象データに基づく空間方向の系列データを用いて、積雪寒冷地における路面状態を予測する手法のプロトタイプを検討。
- ・プロトタイプモデルの性能確認により、空間方向の系列データを用いた予測を行うことと、路面状態の予測に気象データを導入することの有効性が確認。
- ・さらなる精度向上は必要であり、「デジタルツインにおける路面と視界の先読み情報」を提供可能な仕組みの構築に向けては、予測アルゴリズムの高度化、さらには気象レーダやCCTVから得るデータなどとの連携も引き続き検討が必要。



【路面予測の対象とする道路】



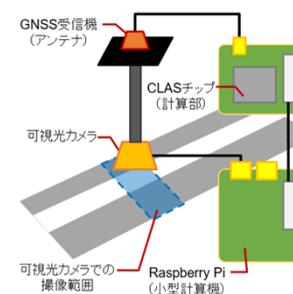
【風向風速の分布情報イメージ】



【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】

(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

- ・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。非積雪期に見られる本来の道路位置の高精度な計測を実現。「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(車線の左右に偏った走行、カーブ内側の走行等)が生じる様子を可能することが可能。
- ・特急わっかない号の前方の映像に対して、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。
- ・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。



【GNSS受信機と可視光カメラ】



【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】

(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

・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。

①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

②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

③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、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

・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。

・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。

(3) 道路APIを実装した基幹システムの構築

・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。

・次年度は、「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。

(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

・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Macroscopic Fundamental Diagram(以降、MFD)で表される交通状態の関係について分析。

・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、そこで渋滞が発生し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。

・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予定。

・また、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実施。

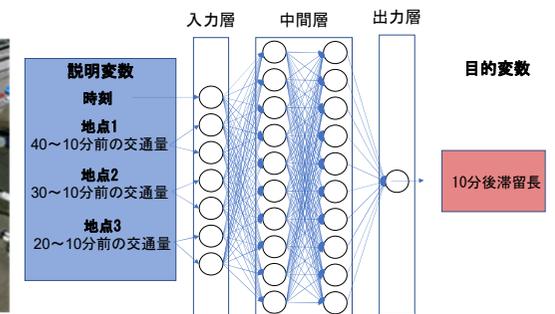
・交通のサービスレベルが復旧する様子を確認できていないため、各交通手段別のレジリエンスカーブ分析を実施予定。

(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ミ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。



【Vissimシミュレーション画面】



【機械学習モデルの構築】

(1) 道路利用者への情報提供方法の検討

- ・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実施、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、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。
- ・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。
- ・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、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いる。



【CCTV画像を用いた視界状況提供システムの例】



【Xでの提供イメージ】

(2) 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転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。

【情報提供内容】

- 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
- 2)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・道央エリアの視界状況の提供
- 3)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

その他

行政機関等との連携

- ・将来的な道路行政の現場への落とし込みを想定し、研究を進める上で適宜、行政機関(国土交通省北海道開発局, 土木研究所寒地土木研究所, 北海道等)と連携・意見交換を実施
- ・北海道開発局 留萌開発建設部・稚内開発建設部と意見交換会実施済。12月下旬にも両開発建設部との意見交換会を実施予定。

民間企業等との連携

- ・効率的、効果的な情報収集のため、協力企業(宗谷バス(株)などのバス会社, 物流事業者等)との連携をはかっている。また、情報提供情報提供に対する協力企業・団体(道の駅, コミュニティFM等)との連携し、具体的な情報提供内容のニーズの把握や行動変容を把握。

学会等への参加状況

- ・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、の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)

- 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院)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)姥名将平・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