



# シ。ン。ポ。ジ。ウ。ム

## 気象状況に応じた北海道の

### 効率的な物流体系の確保に向けて

一般財団法人日本気象協会 丹治和博

初雪の便りが近づく中、「気象状況に応じた北海道の効率的な物流体系の確保に向けて」と題したシンポジウム（主催：一般財団法人日本気象協会）が、令和5年10月31日（火）に開催されました。

#### 講演

「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」

高橋 翔 氏（北海道大学大学院工学研究院 准教授）

#### パネルディスカッション

「気象状況に応じた北海道の効率的な物流体系の  
確保に向けて」

コーディネーター 萩原 亨 氏  
（北海道大学大学院工学研究院 教授）

高橋 翔 氏（北海道大学大学院工学研究院 准教授）

松本 一城 氏（国土交通省北海道開発局建設部  
道路計画課 道路調査官）

松尾 直人 氏（株式会社ラルズ 専務取締役）

斉藤 博之 氏（北海道物流開発株式会社  
代表取締役会長・防災士）

小笠原 範光（一般財団法人日本気象協会  
社会・防災事業部 副部長）

#### 講演

「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」

北海道大学大学院 工学研究院 准教授 高橋 翔 氏

#### 画像・映像データとAI活用による支援技術を目指して



広大な北海道での気象、道路、物流の状況を知るためには、現実世界を計測、分析して「見える化」することが必要です。ここでは、冬期道路に対する現実世界の定量化と可視化をお話します。私が取り組んできたのは

「画像・映像データの意味理解とAI活用に関する理論構築」で、スポーツ映像解析、気象予報の誤差推定、インフラ管理の業務支援などです。

安全で快適な次世代の道路交通を目指すために、ま

ず道路状況のデータ集積基盤（IoT）によるさまざまなデータの集積、次にデータサイエンスによる道路及び利用者の状況分析（AI）と理論の導出、最後にAR（拡張現実）やVR（仮想現実）などによる道路状況の可視化の3軸で研究を進めています。

### Edge-AIを用いた道路空間の定量化とその可視化

道路空間の各種事象を定量化する仕組みの一つとして小型計算機での即時解析の研究を進めています。道路空間にみられる事象は多岐にわたりますが、まずは自転車に注目して、その走行映像を小型カメラで撮影し、小型計算機で即時解析しています。このときの末端装置が「エッジコンピュータ」です。この計算機による演算（エッジコンピューティング）の強みは「現地で即時解析できる」ことで、これがEdge-AIです。Edge-AIを応用して車載システムによるデータ集積をしています。これまでは、車の前方の視界情報を集積し、これらを解析して視界の良し悪しを評価しています。また、画像と音のデータから路面状態の識別、堆雪による道路狭窄の具合の識別も研究しています。

次に、VR空間で車を運転するシミュレーターも構築しました。例えば、交差点右折時の視界をVRで提示し、対向車や歩行者の位置などがシミュレーション可能です。また、運転者の目の動き（視認）を数値化できます。

AR活用の観点では、その基本となる「重畳表示」によって運転者が視認すべき対象物などを遮蔽してしまう課題があります。ARでお知らせする文字や記号表示が対象物に重なることで、空間把握を妨げて安全性が低下する恐れがあります。そのため、AIによって表示位置を改善する研究も行っています。

### リアルタイムデジタルツインの構築

冬期の道路空間は短時間でドラスティックに変わります。大雪、視程障害、吹きだまり、路面凍結が頻発し、交通混雑や公共交通の長期運休なども発生します。適切な道路交通マネジメントや情報提示のためには、こうした変化のモニタリングが不可欠で、これらに基づいたシミュレーションとその可視化が必要となります。このためには「リアルタイムデジタルツイン」が必要です。「デジタルツイン」とは、現実空間のヒト・

モノ・コトのコピーがサイバー空間上に表現される、現実空間とそっくりの双子（ツイン）のことです。サイバー空間上の建物や道路に変化を加え、分析や予測などを試し、それらを可視化して現実にフィードバックできます。遠方の現況が現地にいることなく理解、予測でき、広大な北海道では特に有効です。『デジタルツインによる冬期道路マネジメントシステムの技術開発』では、Edge-AIで低通信量かつリアルタイムにデータを集積する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、冬期のヒトやモノの移動にかかる負担軽減、効率化を目指しています。特に、道路空間のモニタリングでは気象データが不可欠で、交通・気象データなどを利用するシミュレーションやその結果に基づく交通制御を可能とする連携の仕組みを「道路API」と呼び、その実装に取り組んでいます。

### 冬期道路空間のモニタリングと道路空間の計測

現在、バス会社の協力により稚内・札幌の都市間バス「特急わっかない号」にシステムを車載し、走行中の車両で道路空間の分析・評価を行っています。運転席にEdge-AIを設置し、バス1回の走行で3000~4000の画像や解析結果がインターネットを介して送られてきます。視界や路面、堆雪の状態を解析した結果を道路管理者に提供することで対応判断を支援できます。Edge-AIによる冬期道路空間の定量化で重要なのは、平時の状況を把握することです。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ありません。このため、非冬期に車道の緯度経度を計測しておくことで、道路の本来の位置を把握し、冬期に車線幅などを計算できるようにします。この計算結果をデジタルツインに搭載することで、冬期道路マネジメントシステムに生かすことに取り組んでいます。

また、気象関連データを用いて視界レベルを推定する手法についても研究しています。この視界レベルは、人間の目視に準じて設定しています。これまでは、道



東を対象に2022年1月の気象関連データを用いて、視界レベルが推定できるかに取り組み、従来の手法より妥当な補完となる手法が構築できました。

### 冬期の道路空間の可視化

Edge-AIによる現実世界のモニタリングとその可視化を地図上に表現しました。堆雪の少ない状態と堆雪が多く交通に支障が生じている状態が比較できます。この情報が道路利用者や道路管理者に提供されれば現況が細かく伝わり、判断の助けになります。

以上のように、『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』には非冬期の地道なデータ集積をはじめ、分析、可視化にわたるさまざまな課題が含まれます。路面、視界、気象と多様なデータでサイバー空間をつくり、ヒトやモノの移動にかかる負担を軽減する仕組みを構築し、種々の交通問題の解決に貢献できればと考えています。

### パネルディスカッション

#### 「気象状況に応じた北海道の効率的な物流体系の確保に向けて」



**萩原** パネルディスカッションは、北海道の効率的な物流輸送の取り組みの現状と「2024年問題」の影響、複雑化が予想される物流輸送で異常気象時の対応に分けて議論したいと思います。

#### 北海道の物流効率化への取り組みと「2024年問題」



**松本** トラックドライバーの働き方の現状は、全産業従事者より年間労働時間は約2割長く、所得額は約1割低く、有効求人倍率も約2倍と高くなっています。働き方改革による自動車運送事業の時間外労働規制見直しにより、①時間外労働の上限を年960時間に、②拘束時間は1日あたり最大15時間以内、1ヶ月あたり284時間以内に改正されます。これにより2024年度には全体の物流の輸送能力は約14%不足、2030年度には約

34%不足の可能性があります。全国的高速自動車国道は約9,200kmで道路全体の0.7%に過ぎませんが、走行台キロでは大型車が30%を占め、物流に占める高速道路の役割の大きさがわかります。国内輸送全体に占める自動車輸送の分担率は旅客、貨物ともに約6割を占め、近年は電子商取引の市場が飛躍的に拡大し、宅配取扱個数はここ40年で10倍以上に増加しています。一方、北海道の高規格幹線道路の開通率は全国90%に対し67%にとどまっています。そこで、物流の効率化のために、2021年11月に道の駅「もち米の里なよろ」を中継拠点とした実証実験を実施しました。実証実験では道の駅でトラックのヘッド交換を行い、各区間で折り返すことで拘束時間が減少し、空荷がなくなるという結果を得ました。2022年度は、中継地点で中小の物流事業者も利用できる共同輸送の仕組みを模索し、ドライバーを交替や荷物だけ積み替えを実施しました。その結果、中継拠点を活用した輸送で総労働時間は約4割、輸送費用も約3～4割、環境負荷（CO<sub>2</sub>排出量）も約5割の削減という成果を得ました。今年度は取り組みを広げ、名寄、白滝、倶知安、ニセコの除雪ステーションなどでも実証実験を行っています。



**松尾** ㈱ラルズは、北海道6社、東北3社、北関東1社の食品スーパー10社などから成る食品流通グループ、アークスグループの一員です。弊社の物流では、第一に弊社と卸売業者、配送業者、ドライバー、庫内作業の代表者が参加する定例ミーティングがあります。ここではモーダルシフト推進やバラ積み禁止、女性・高齢者にやさしい物流、作業の効率化などのコミュニケーションをはかっています。「2024年問題」への対応では、次の6点を決めました。①特売品の事前発注の徹底による物量の平準化、②店舗への納品時の接車時間30分によるマテハンの回収の定位置管理や整理整頓の徹底、③商品引き取りの接車時間30分の厳守、④納品リードタイムの延長、⑤商品渡しは搬入口までとしたドライバーの運転専念化、⑥積み残した物量の後回し納品は特売

対象商品を選び納品の効率化です。配送の改善は4つのモーダルシフトで推進しています。ひとつは海上輸入コンテナの計画発注に努めて道内通関を推進すること、2つめはJR貨物の輸送推進で、3つめは長距離輸送の10トン車の帰り便活用です。4つめは道内近郊の輸送について店舗配送の帰り便を活用することです。例えば、キャベツの輸送をバラ積み輸送からパレット輸送に変えたことで、積載率は64%になったものの積み込み・積み下ろしは2時間から30分となり、ドライバーの負担が軽減されました。ブロッコリー輸送では、鮮度を保つMAフィルムのシートを利用したドーリーやクレートによる輸送により、軽量化とともに積み込み・積み下ろしの時間が4分の1以下に短縮しました。



**斉藤** 強調したいのは、共同輸配送や物流効率化が進まなければ、北海道にモノが届かなくなる地域が出てくること、効率化によって1台のトラックの役割や影響が大きくなることです。だからこそ、気象データをいかに有効に活用できるか、発注量の予測判断や行動が重要になると考えています。ドライバー1日当たり13時間の拘束時間として輸送可能な範囲を北海道の地図に描くと、モノを届けられない地域が出てくるのがわかります。そこで、高速道路で輸送可能になる範囲に着目し、道の駅での一時保管や仕分けができる中継拠点の機能を提言します。中小の業者では、積載効率を高めることで高速道路利用を可能にすることを、関係者全体で考えていかなければなりません。中継地点の整備では、トイレを含む一時待機所や自動入退場システムが必要であり、荷受けに関する細かい調整や経理処理などへの対応も考えなくてはなりません。このような多くのハードルが「2024年問題」の本質ではないでしょうか。北海道のすみずみまでモノを届けるためには、量的に小さな単位でもリレー輸送ができる仕組みを考えるべきです。ドライバーの就労13時間の輸送可能範囲を踏まえ、タイムラインを引いて風雪や降水量の程度で運行の可能性を判断することが必要です。

「2024年問題」は、モノを売る人、買う人、運ぶ人の三者で考えなければならない問題です。

### 物流輸送の異常気象時における対応と支援



**小笠原** 「ホワイト物流」推進運動では「異常気象時における措置の目安」として降雨時は1時間50mm以上、暴風時には風速30m以上などを「輸送は適切でない」とリスク回避の情報を提示しています。さまざまな気象

情報や道路情報などを収集して運行判断をし、社内、荷主、店舗などと適切に情報共有することは物流事業者にとって容易ではなく、その対応策として日本気象協会では「GoStopマネジメントシステム」を開発、提供しています。インターネット上で、道路上の輸送影響リスクを算出し、気象情報と道路情報を一つのサイトに集約して提供するサービスです。2022年2月21日には大雪で札幌道が全面通行止めになりましたが、GoStopでは6日前に20日夜間から21日にかけて走行リスク「嚴重警戒」と予測し、前日から「嚴重警戒」の予測を伝え、当日の配送指示に活かされたと聞いています。物流企業はドライバーの安全確保と物流の維持・確保のために、荷主は輸送可否の判断や販売機会損失の回避のために、気象リスクの早期把握がますます重要になっています。物流に特化した情報を一目で把握できるGoStopマネジメントシステムは今後の物流事業の課題解決に役立っていくものと考えています。

**松本** 近年の北海道の国道の通行止めは発生頻度が高い傾向が見られ、ここ10年で最も多いのは吹雪です。2022年1月11～12日の暴風雪では、降雪強度が強まれば通行止め区間は拡大し、降雪強度が弱まると除雪が入り解除区間が拡大することがわかります。解除区間が漸増する過程でどのように除雪をコントロールするかが減災につながり、非常時の除雪マネジメントは、降雪が弱まり通行止め解除区間を拡大する過程で除雪力を強化することです。除雪力の強化には、機械力と雪処理能力が必要であり、予防的通行止めも大事です。「予防的通行規制区間」として、大雪時に急な登り坂

で大型車が立ち往生しやすい区間を全道で26区間設定しています。その際、通行止め情報などをホームページやSNSなどで発信し、リアルタイムでの情報提供を行っています。

**松尾** 私たちスーパーマーケットの使命は「地域のお客様のライフラインを守る」ことですが、ドライバーや従業員の安全も守らなければなりません。悪天候など非常時が事前に予測できる時は前日に、取引先などに連絡した上で30分前出発を実施しています。2018年の北海道胆振東部地震の際は、札幌市保健所の要請で高齢者施設に弁当1万食を、配送センター在庫の災害時物資（飲料約6千ケース）を店舗に供給しました。商品供給では「CGC災害時商品供給システム」が実施されました。災害時にはグループ内各社で備蓄している災害物資を依頼がなくても迅速に被災地に運ぶというしくみで、これにより札幌に全国各地本部より10トン車約30台が集まり非常に助かりました。弁当の供給では材料がそろわないため、原材料表示は応急で手書き対応しました。非常時は現場判断が最も大事だと感じています。2022年2月6日の大雪では、アークスオンラインショップの配送に大変苦労しました。この時、お客様から感謝の声の手紙が10数通届き、ドライバーのモチベーションも売上也伸びてよかったのですが、これは当たり前のようにはできないことだと思っています。現在、アマゾンとのネットスーパーを開始するため、同社と気象に関する規定について協議していますが、気象への対応は一律には決めにくく、天気予報による判断が難しいのが現状です。それでも、3日前の予測情報は特に重要です。



**高橋** 気象情報も含めてさまざまな情報の一元化が重要で、その一つが講演でお話した「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」です。車載型AIによる道路空間把握を用いて可視化し、さらに数日前から予測的に伝えることができれば非常に有益と考え、予測に積極的に取り組もうとしています。すでに

気象についてはさまざまな予測情報が出されており、これを活用し、今日、明日、明後日の物流業務の参考になる情報を提供できるようになればと考えています。大規模な問題が生じる前に予兆を捉え、省力的かつ経済性のある対応を判断することを支援すべくデジタルツインの技術開発を発展させていきたいと思っています。

#### これからの取り組みに向けて

**萩原** 最後に、皆さんから一言ずついただいてパネルを閉じたいと思います。

**小笠原** GoStopマネジメントシステムでは、物流事業者の方々から多くの要望が寄せられています。これに併せて、エッジコンピューティングによる道路状況把握が強力な解決策につながると期待しています。

**斉藤** 今まで当たり前だったモノが届かなくなることが実際に始まりかけていることを多くの人に認識してほしいと思います。必ず届けられるよう私たちも頑張りますし、引き続き提言していきたいと思っています。

**松尾** 今年は物流についてさまざまな角度で議論されています。今回もいろいろな観点でのお話に触れ、私たちとしても一層、物流効率化に力を入れていきたいと思っています。

**松本** 行政がやらなければならないことはまだまだたくさんあると実感しました。道路管理者に求められるのは気象の予測情報を使って正確に道路を通行止めにし、早く開けることだと思います。デジタルツインの取り組みは、道路行政に活かせるものと思いますので、引き続き連携をお願いします。

**高橋** デジタルツインの取り組みは、道路の観測と気象データとの連動により予測も含めて物流現場で役立つしくみにしていきたいと思っています。その際に必要なのは、それぞれ単品のデータについて横串を刺して一塊にしていくことです。みなさんのニーズをよく聞きながらデータを塊にして連動させるしくみづくりに尽力していきたいと思っています。

