

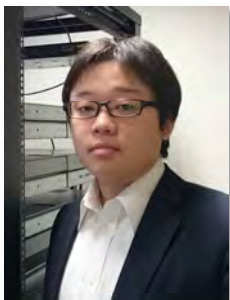


GNSSを活用した冬期道路のデジタルツイン

北海道大学 大学院工学研究院
先端モビリティ工学研究室
高橋 翔

講演者： 高橋 翔 (Ph. D.) – 北海道大学 大学院工学研究院 准教授

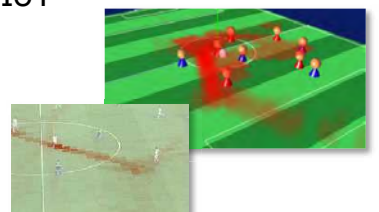
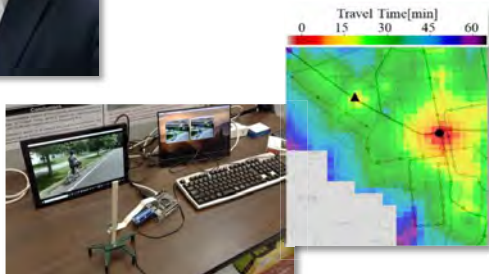
1



RESEARCH ACTIVITIES

画像・映像処理、画像意味理解、スポーツ映像解析、
データサイエンス、エッジコンピューティング、AI、IoT

<https://www-lmd.ist.hokudai.ac.jp/sho-takahashi/>



PROFESSIONAL HISTORY

- | | |
|-----------|----------------------------------|
| 2018－現在 | ： 北海道大学大学院工学研究院，准教授 |
| 2018－2019 | ： フィレンツェ大学 MICC，客員研究員 |
| 2017－2018 | ： 北海道大学数理・データサイエンス教育研究センター，特任准教授 |
| 2013－2017 | ： 北海道大学大学院情報科学研究科，特任助教 |
| 2011－2013 | ： 日本学術振興会特別研究員 |
| 2010－2012 | ： 北海学園大学，非常勤講師 |



積雪寒冷地・北海道（広大）における道路空間

◆ 広大で積雪寒冷地域である北海道

➡ 予測困難かつ突発型の事象が発生

- － 冬期の視程障害等をはじめとした大規模自然災害
- － 凍結融解による舗装劣化等の道路インフラの損傷など



エッジAI等を用いたICT道路モニタリング技術

リアルタイムな計測による道路状況の把握

- ### ➡ 情報提供，道路維持管理の効率化や高度化などの支援



HOKKAIDO UNIVERSITY

積雪寒冷地・北海道における道路空間



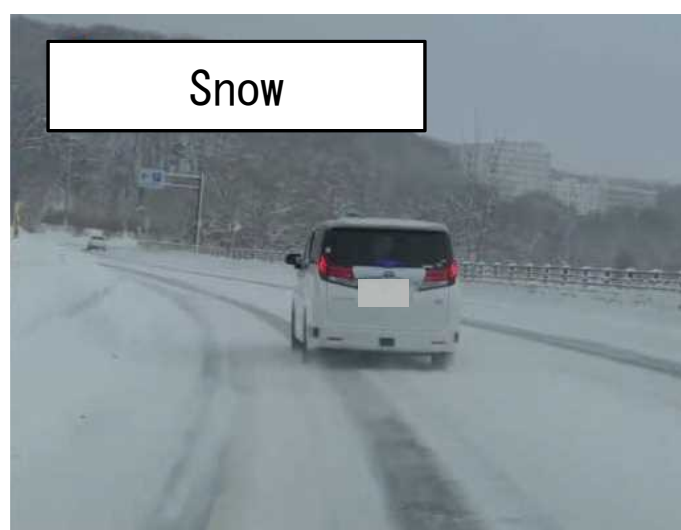


【冬期の道路状況】

【冬期の運転視界状況】



《道路利用の様子》



路面の状態によって車両が走行する場所が違う

冬期の道路でのモニタリング

- 積雪寒冷地では降雪により走行環境の変化が激しい

走行環境の変化



➤ 堆雪・低ミュー路...
急激な走行環境の変化により移動に大きな影響が生じる

適切な道路交通マネジメント・情報提示のため、走行環境のモニタリングが重要



HOKKAIDO UNIVERSITY

道路デジタルツインの例 1 :
GNSSと画像解析AIでわかる冬期道路の様子



HOKKAIDO UNIVERSITY

昼夜を問わずに道路状況をセンシングする機能

- ・道路状況を高頻度かつ広範囲にモニタリング
- ・線的な冬期道路情報（雨や越波も含む）の獲得
- ・道路に突発する多様な情報の獲得



HOKKAIDO UNIVERSITY

GNSSとAIを活用した道路維持情報の取得技術

◆ 広大で積雪寒冷地域である北海道

➡ 予測困難かつ突発型の事象が発生

- － 冬期の視程障害等をはじめとした大規模自然災害
- － 凍結融解による舗装劣化等の道路インフラの損傷など

エッジAI等を用いたICT道路モニタリング技術

リアルタイムな計測による道路状況の把握

➡ 情報提供，道路維持管理の効率化や高度化などの支援

様々な車両に装備することで自動・日常で**負担無くパトロールと判断支援**

《支える技術・ツール》

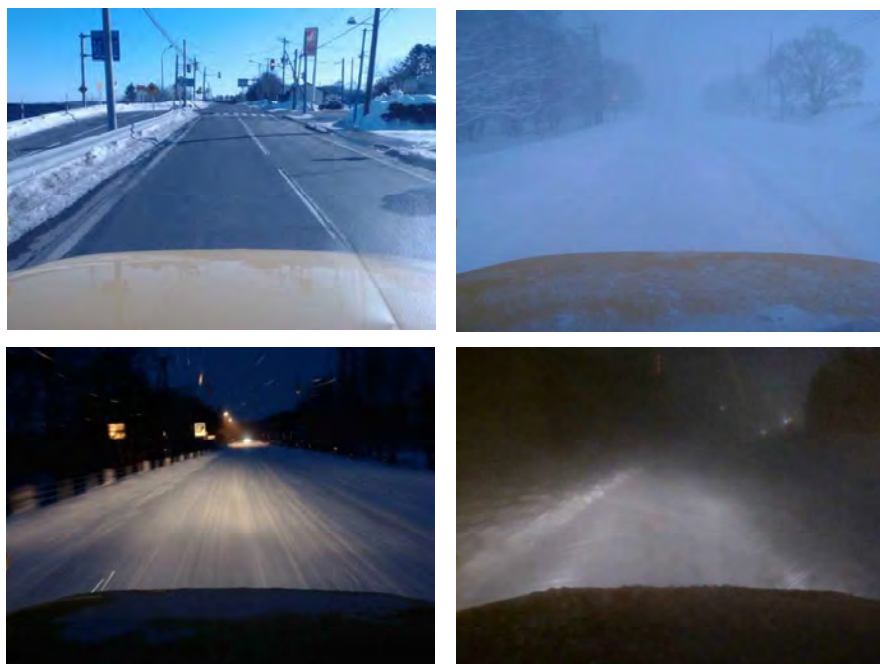
画像認識やAIを活用することで得られるデータや，それによって実現する「現状診断」をマッピングするデジタルツインの構築を含む，次世代の施工・管理技術



HOKKAIDO UNIVERSITY



マイクロコンピュータ
(Edge-AI)



道路空間の視界情報のEdge-AIによる評価

車載システムで取得する画像を数理モデル・機械学習によって識別



HOKKAIDO UNIVERSITY

Weighted Intensity of Power Spectra(WIPS)¹⁾：ヒトの視覚特性に基づく評価手法

➡ 画像の空間周波数に注目した物理現象をとらえた手法

WIPSの算出の例

視界良好



WIPS: 10.6

...

視界不良



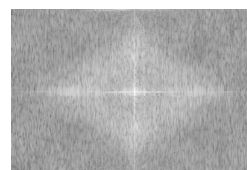
WIPS: 6.5

※：WIPS値が高い場合は、視界状況が良好と判断

パワースペクトル画像

各周波数成分のパワーを表現した画像

➡ 周波数成分の含まれ方によって値が変動する



➡ 視界が良い画像：高周波成分のパワーが強い

1) T. Hagiwara, Y. Ota, Y. Kaneda, Y. Nagata and K. Araki "Method of processing closed-circuit television digital images for poor visibility identification," Transportation Research Records: Journal of the Transportation Research Board, 1973 (2006), pp. 95-104

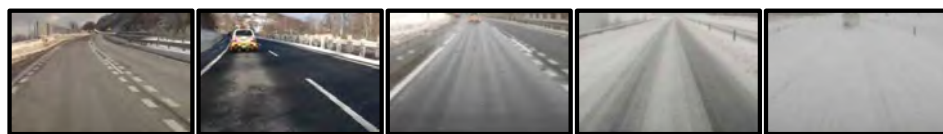


HOKKAIDO UNIVERSITY



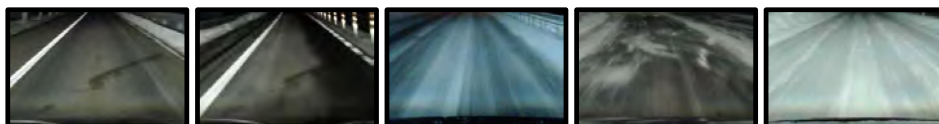
マイクロコンピュータ
(Edge-AI)

昼間の画像



Dry Semi-wet Wet Slush Snow

夜昼間の画像



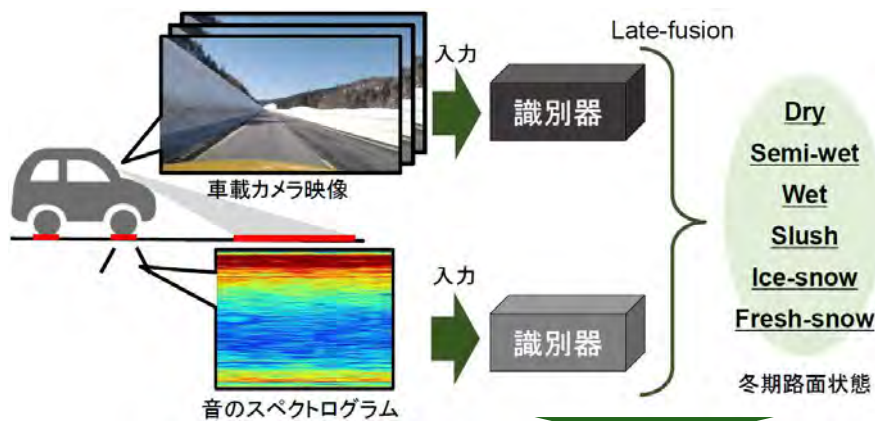
Dry Semi-wet Wet Slush Snow

道路空間の路面情報のEdge-AIによる評価

車載システムで取得する画像と音を低演算量の深層学習によって識別



HOKKAIDO UNIVERSITY

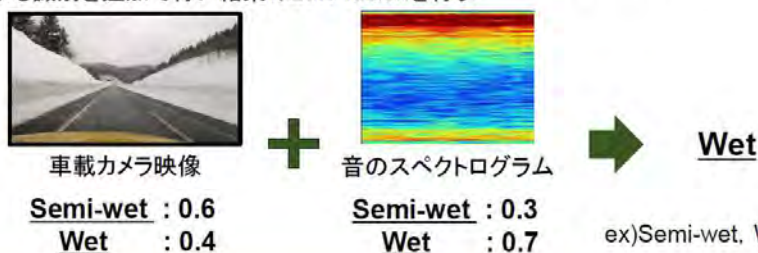


識別器

MobileNets2)を使用
→ 軽量の深層畳み込み
ニューラルネットワーク
(CNN)3)

- 2) A. G. Howard, M. Zhu, B. Chen, D. Kalenichenko, W. Wang, T. Weyang, and M. Andretto: MoblieNets:Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications, CoRR, 2017.
- 3) Y. LeCun, B. Boser, J. S. Denker, D. Henderson, R.E. Horward, W. Hubbard, and L. D. Jackel:Backpropagation Applied to Handwritten Zip Code Recognition, Neural Computation, 1989.

映像による識別が不得意かつ音による識別が有効な路面状態である場合、音による識別を追加で行い結果のLate-fusionを行う。



ex)Semi-wet, Wet間

・結果の統合方法

$$L = \arg \max_k (\alpha_I^k p_{I_f}^k + \beta_S^k p_S^k)$$

α_I : 映像による識別器の精度に基づいた重み(定数)

$p_{I_f}^k$: 映像による識別の確信度

β_S : 音による識別器の精度に基づいた重み(定数)

p_S^k : 音による識別の確信度

システム設置の様子



ダッシュボード
(カメラとGPSを設置)



運転席背面

LANケーブル



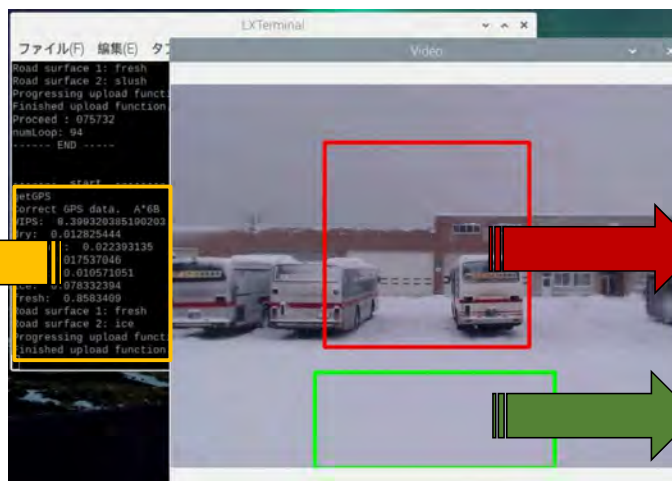
北海道大学

車載型AIによる道路空間把握 システムの稼働の様子 (解析の様子・Webシステム)

15

システムが稼働している様子

```
getGPS
Correct GPS data. A*6B
WIPS: 8.399320385190203
dry: 0.012825444
semi-wet: 0.022393135
wet: 0.017537046
slush: 0.010571051
ice: 0.078332394
fresh: 0.8583409
Road surface 1: fresh
Road surface 2: ice
Progressing upload funct
Finished upload function
```



Visibility(WIPS):
8.399

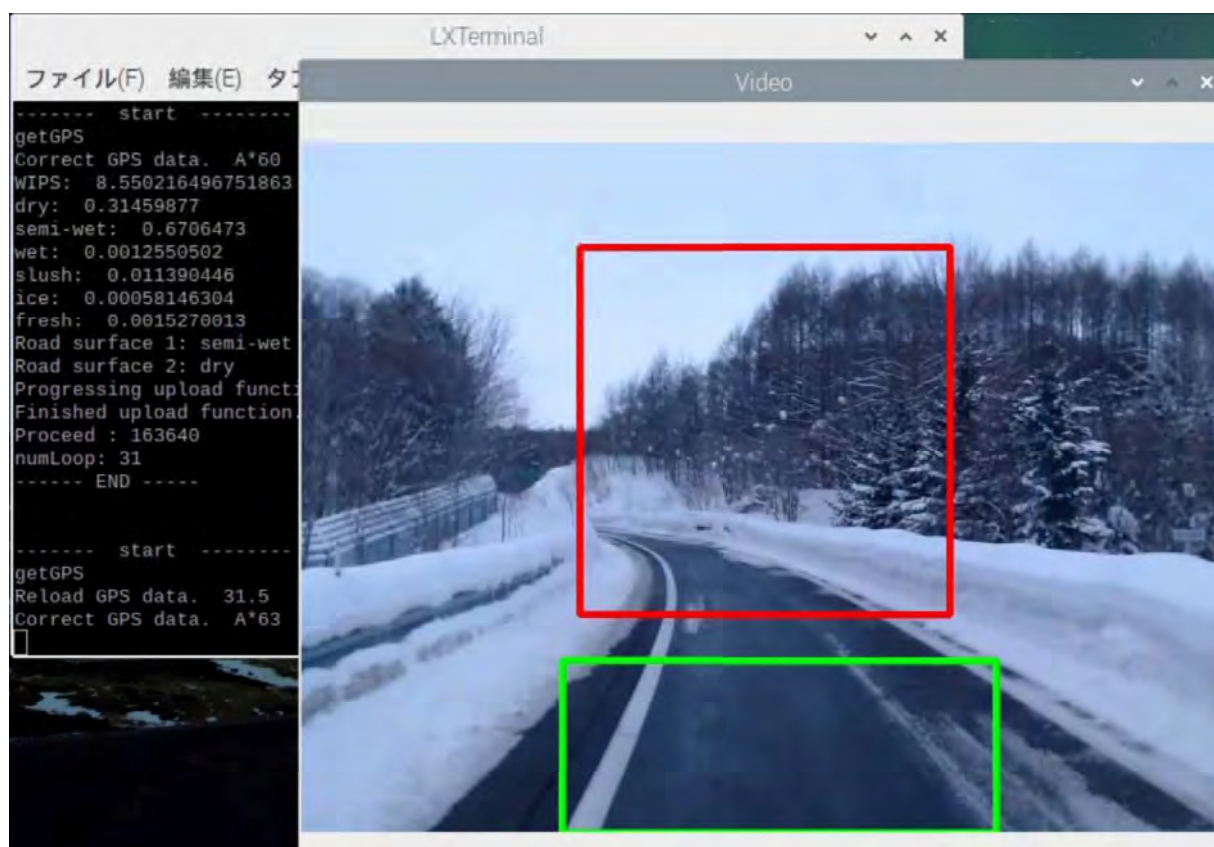
Road surface:
fresh snow

車載器の画面(リモートデスクトップ)

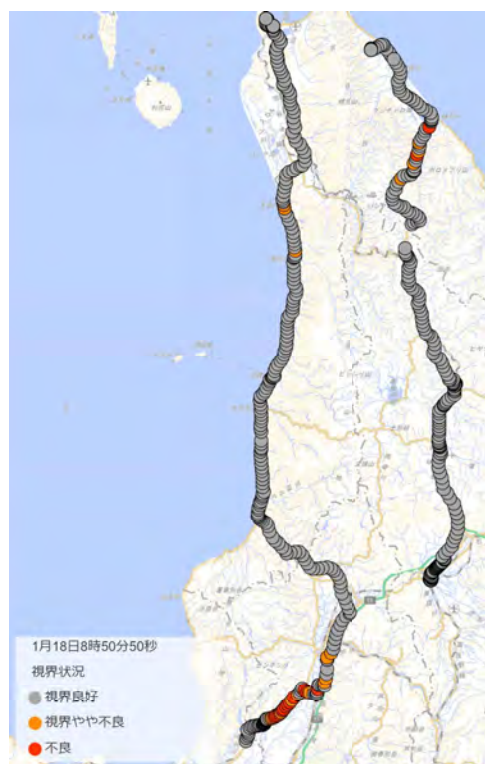


北海道大学

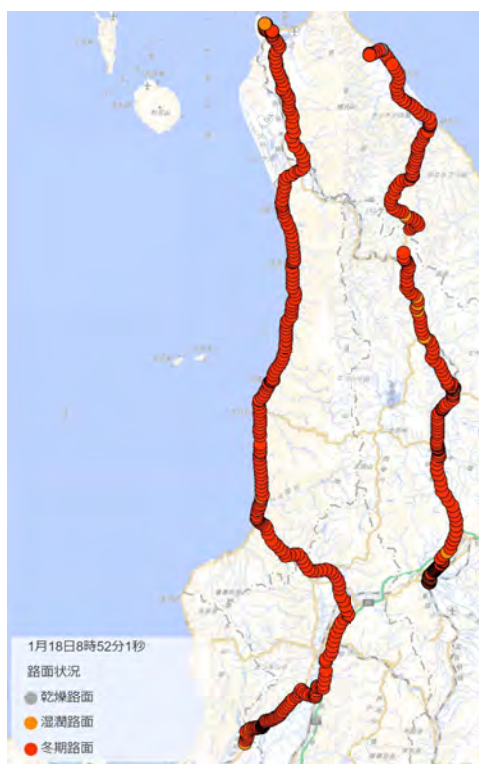
システムが稼働している様子



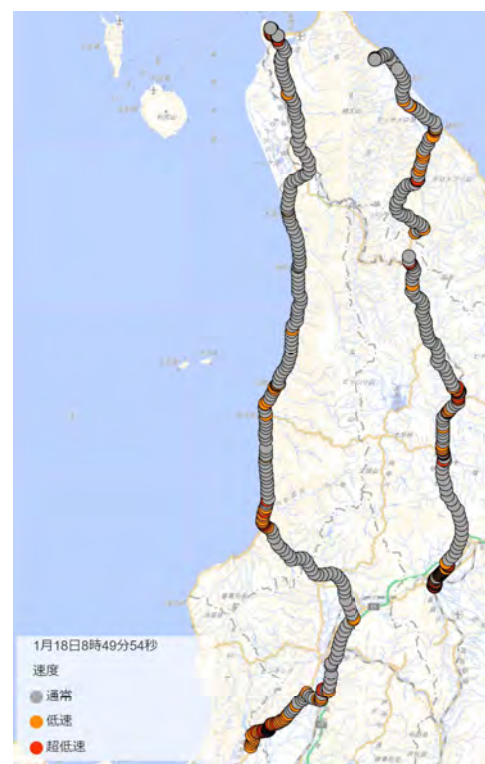
道路空間のデジタルツイン：車載システムでの道路空間モニタリング



視界



路面



走行速度

道路空間の様子（2022年1月17日）



12月12日の様子



1月17日の様子

12月12日と比べて通常でない様子となる

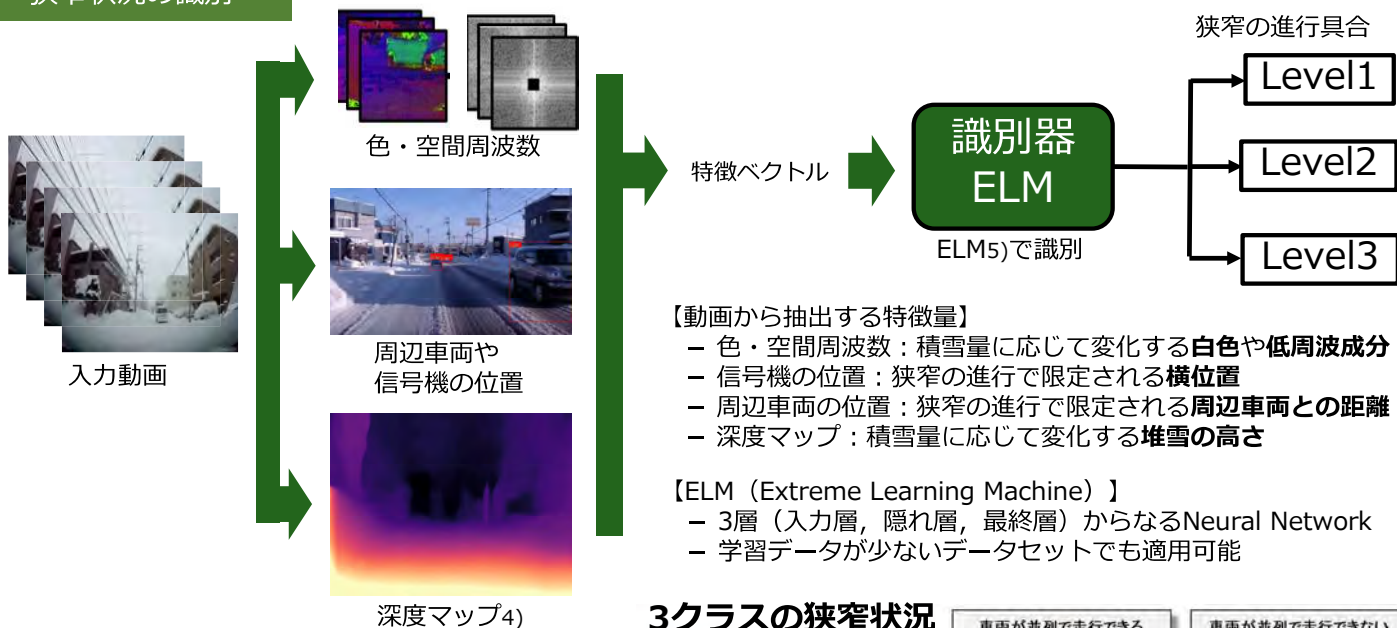


北海道大学

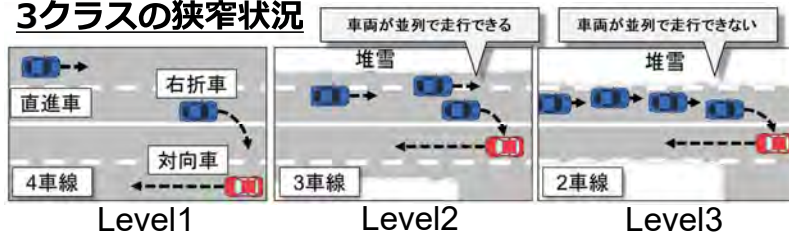
19

道路状況のデータ集積基盤：堆雪・道路狭窄についてのデータ集積

狭窄状況の識別



3クラスの狭窄状況



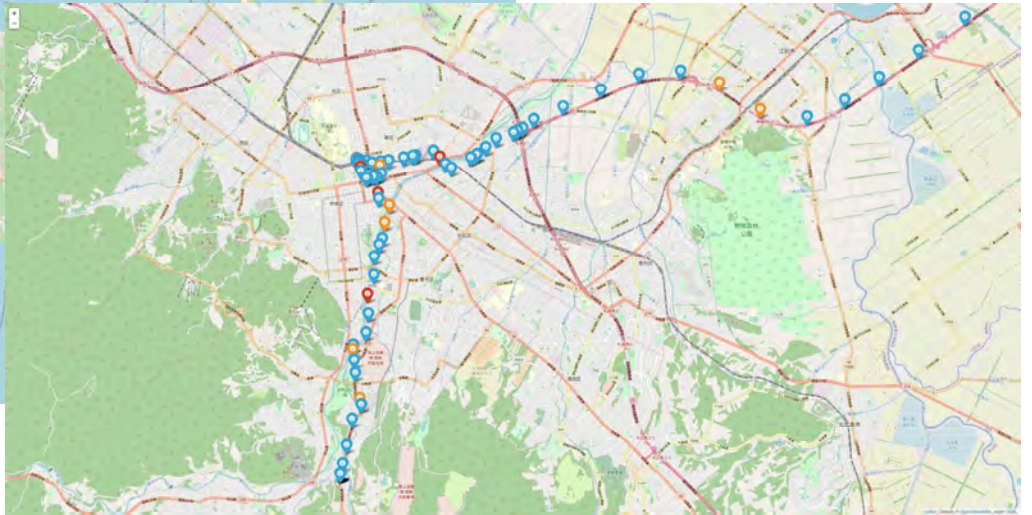
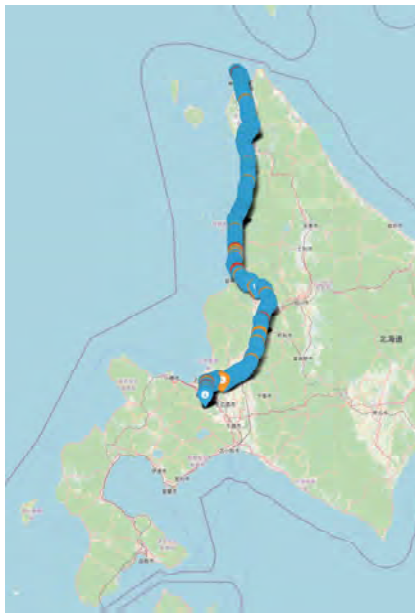
4) C. Godard, O. M. Aodha, M. Firman, and G. J. Brostow, "Digging into self-supervised monocular depth estimation," International Conference on Computer Vision (ICCV), pp. 3828–3838, 2019.

5) H. Guang-Bin, Q. Zhu, and C. Siew, "Extreme learning machine: theory and applications," Neurocomputing, pp.489-501, 2006.



道路空間の様子（2021年12月12日）

画像解析での判定



- : 堆雪がみられない
- : 堆雪の可能性あり
- : 大きな堆雪の可能性あり

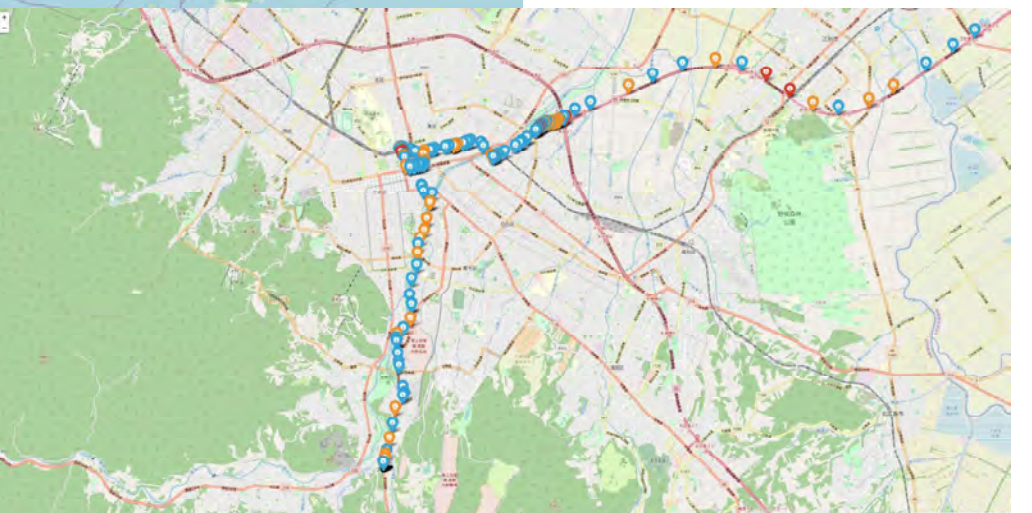
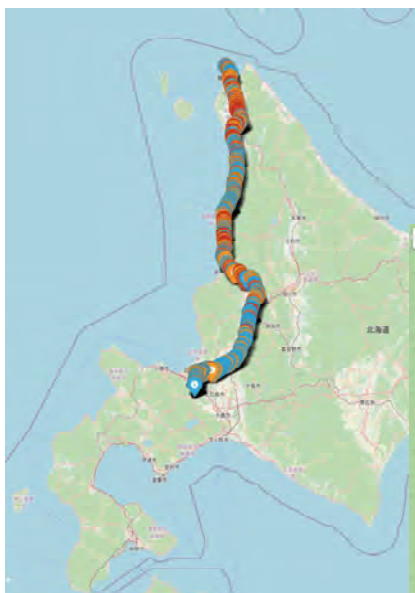
システム



HOKKAIDO UNIVERSITY

道路空間の様子（2022年1月17日）

画像解析での判定



- : 堆雪がみられない
- : 堆雪の可能性あり
- : 大きな堆雪の可能性あり

システム



HOKKAIDO UNIVERSITY

12月12日と比べて通常でない様子が観測

道路デジタルツインの例 2 : GNSSのみからわかる冬期道路の様子



HOKKAIDO UNIVERSITY

車載型AIによる道路空間把握 GNSSで得られるデータを分析する例（道路自体の様子）

23

- GNSSデータ（緯度経度情報・速度情報）を活用し、通常路面（夏期路面）と冬期路面における横方向の車両位置の変化を観測。
- 特急わからない号の車載機画像にDepthMAPを適用し、走行ルートの堆雪状況を観測。
- 冬期の特異な走行状況（堆雪あり→中央より、雪氷路面→路肩側へ）と路面状況（堆雪、凍結など）の関係を分析し走行位置から道路状況を把握する手法を検討

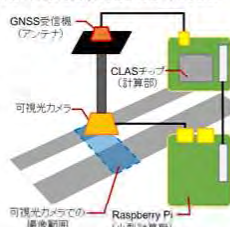
【冬期の特異な走行状態の観測】

- ① 夏期走行履歴と車道外側線の距離・・・正常な走行位置を記録
 - ② 冬期の走行履歴と車道外側線の距離・・・①の走行位置との差異を記録
- **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）の発生を観測

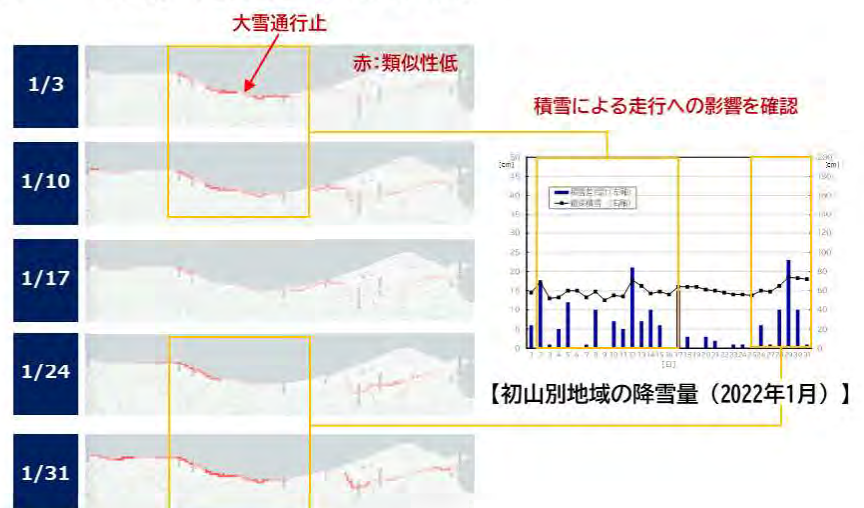


【道路状況と走行位置のイメージ】

11) 高橋翔, 白石直之, 萩原亨, “冬期走行環境における車両の横方向走行位置に関する研究,” 自動車技術会論文集, vol. 54, no. 3, pp. 622-627, 2023.



【GNSS受信機と可視光カメラによる位置計測機器】

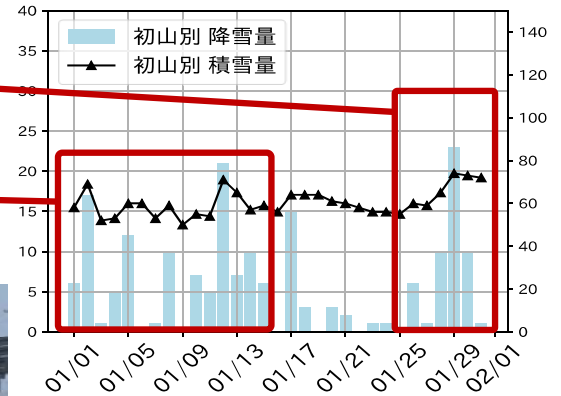
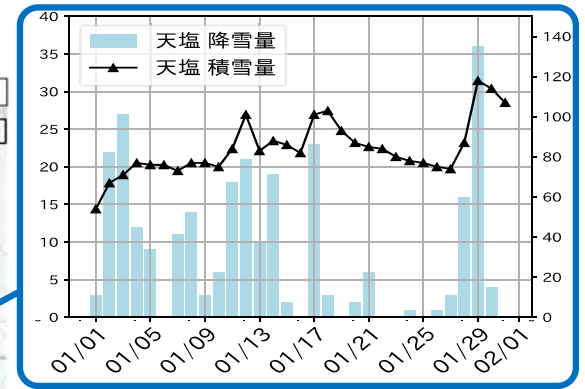
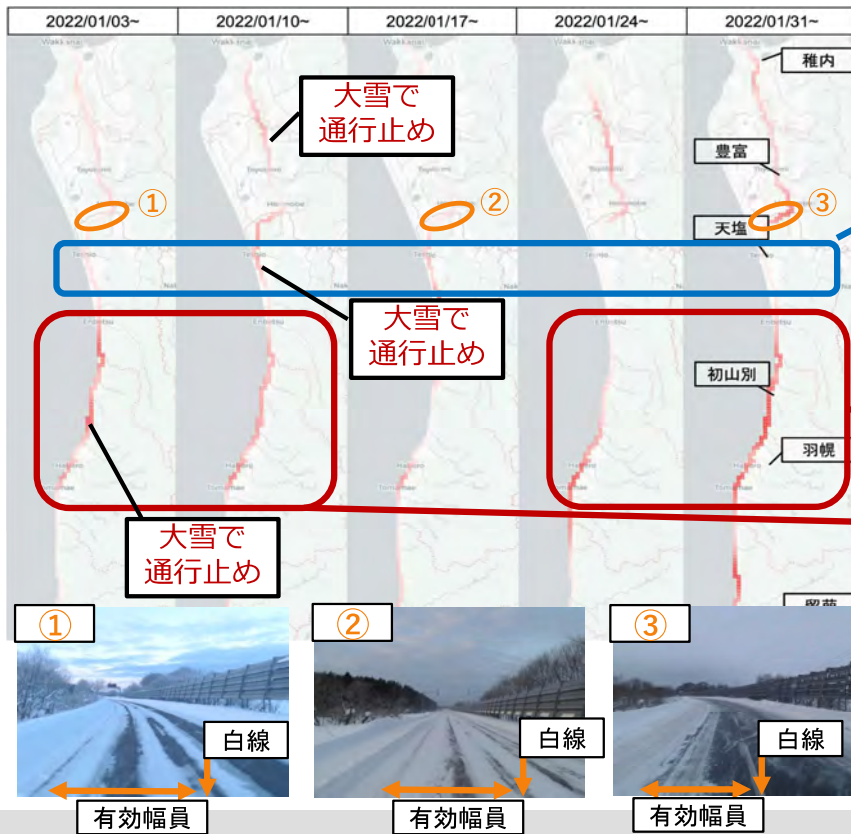


【初山別地域の降雪量（2022年1月）】

【走行位置の類似度(夏期vs冬期)】

GNSSで得られるデータを分析する例（道路自体の様子）

- 道路状況の可視化方法の一つとして、走行位置の変化を地図上に描画
- 走行位置の変化（道路環境の変化）が観測可能であることを確認



HOKKAIDO UNIVERSITY

道路デジタルツインの例 3 :

冬期道路以外でのGNSSと画像解析AIの活用



HOKKAIDO UNIVERSITY

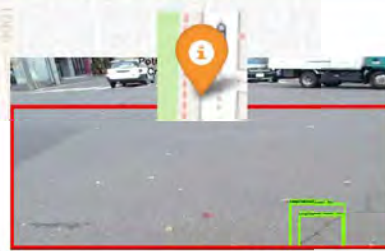
定量化された道路の様子を地図上にプロットした様子



路面損傷度

損傷小

損傷大



道路の様子の定量化され，デジタル空間に映すことで自身の管理区間の様子が俯瞰できる



HOKKAIDO UNIVERSITY

路面の損傷と関連する道路状況の定量化



車載カメラ

車載機器から得るデータ



前方視野映像

- ・路面
- ・道路空間（路面の上）
- ・緯度および経度

道路舗装の様子を日々の積み上げデータから可視化
(ひびわれ量・車両通行量)



道路の様子の例

意識せずに得るデータ（車載カメラ映像）を基に管理路線の区間ごとに舗装管理に関するデータ集積およびその変化のデジタル空間での評価

Faculty of Engineering, Hokkaido University

Sho Takahashi

Tel: +81-11-706-6215

E-mail: stakahashi@eng.hokudai.ac.jp



HOKKAIDO UNIVERSITY