

北海道における車載カメラとAIを活用した冬期道路狭窄状態の推定と情報活用

Chang Wang

北海道大学 大学院工学院

9 産業と技術革新の基盤をつくろう



11 住み続けられるまちづくりを



13 気候変動に具体的な対策を



未来社会のあるべきかたち

- ◆ 車載カメラとAIで、積雪による道路の狭さをリアルタイムに可視化する
- ◆ 道路空間情報を地域で共有し、除雪・交通管理の迅速な判断につなげる
- ◆ 自動運転が冬期道路でも安全に走行できる社会を支える

研究で見たいもの

雪堆で道路の有効幅が連続的に変わるため、「少し狭い」状態は人にもAIにも判断があいまいです。



研究では、車載カメラ画像から Lv1-Lv3 の道路幅レベルを推定し、冬季道路のデジタルツインに送る「道路空間情報」を作ります。

データと外部検証

1,500

札幌市の画像
各レベル500枚

240

外部検証画像
4エリアから収集

10-fold

類似画像グループで
分割して評価

外部データ：当別町、千歳、苫小牧、札幌-稚内ルート。都市部だけでなく郊外・農村の冬道にも直接適用して、地域が変わっても使えるかを確認しました。



方法：道路の「狭さ」を推定

1 撮る

走行中の車載カメラで、冬期道路の画像を集める。

2 分ける

道路の狭まりを Lv1 / Lv2 / Lv3 の3段階に整理する。

3

あいまいさを学ぶ

Lv2 は境界が難しいため、隣のレベルの可能性も少し考える。

4 活用する

AI が道路幅レベルを確率で出し、道路デジタルツインへ送る。

比較した3つの学習方法

右の結果グラフの CM1・CM2・PM は、同じAIモデルに対して「教え方」だけを変えた比較です。

CM1	通常学習 Hard label	CM2	固定ソフトラベル Fixed soft label	PM	提案手法 Dynamic soft label
	正解を1つだけ教える基準手法。Lv2のような境界のあいまいさは扱いにくい。	正解に加えて、隣のレベルにも少し可能性を配る。あいまいさを固定ルールで表す。		提案手法 Dynamic soft label	固定ルールに先生AIの予測を混ぜ、学習中に教え方を調整する。連続的な狭まりに対応しやすい。

CM = comparison method, PM = proposed method. 比較により「動的にあいまいさを扱うこと」の効果を確認しました。

結果：PM が最も安定

札幌データ Accuracy

外部データ Accuracy

CM1

0.72

CM1

0.49

CM2

0.76

CM2

0.51

PM

0.78

PM

0.55

固定 soft-label よりも動的に調整する PM が、札幌データで Accuracy 0.78、外部データでも 0.55 と最高でした。

あいまいな Lv2 の改善

F1-score: 0.62 -> 0.66 -> 0.69
CM1 CM2 PM

※評価指標：結果の数字の読み方

0.72, 0.76, 0.78 などの値は 0~1 の範囲で、大きいほど良い評価です。

Accuracy (正解率)
正しく推定した画像数 ÷ 全画像数。全体として3段階をどれだけ当てたかを見る。

F1-score
「誤判定の少なさ」と「見逃しの少なさ」を合わせて見る指標。

Grad-CAM では、走行可能な路面・路肩の雪堆・雪との境界に注目。景色全体ではなく「道幅が狭くなる場所」を見て判断していることを確認しました。

定性結果：AIはどこを見て判断しているか？



Fig.1：PM は Lv2 を正しく判断した例。路面・雪堆・道路端など、道路空間に関係する領域へ注目しています。

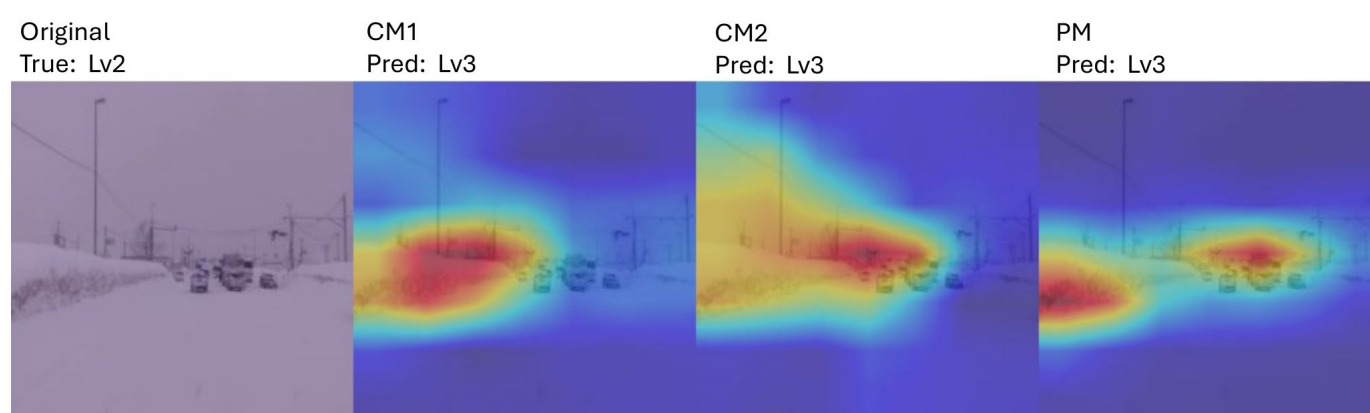


Fig.2：外部データの難例。雪で境界が見えにくい場面では、Lv2 / Lv3 の判断が揺れやすいことが分かります。

社会へのつながりと次の一步

使い道

除雪判断

交通管理

自動運転

車が日常的に走りながら道路幅の情報を集めれば、除雪の優先順位、冬季交通の注意喚起、将来の自動運転支援に使えるデータ基盤になります。

まだ難しいこと

Lv2 は「通れる」と「かなり狭い」の境界にあるため、地域ごとの道路構造・雪堆形状・路面の見え方に強く影響されます。

次の一步

大規模データ

地域・天候・道路構造を増やす

ドメイン適応

札幌以外でも安定させる

edge-AI実装

車載端末でリアルタイム化

研究から現場へ：冬道デジタルツインの流れ

1 走行中に撮る

車載カメラが冬道画像を集める

2 AIが推定する

道路幅のLv1-Lv3を確率で出す

3 地図に重ねる

道路デジタルツインへ反映する

4 現場で使う

除雪・注意喚起・運行判断を支える