

一般道路を対象にしたSAR強度画像による舗装損傷推定に関する基礎的研究

○張 辰吉・松岡昌志・押尾晴樹(東京工業大学)

1. 背景と目的

背景: 道路舗装の状態の把握は道路管理に必要なが、リソースの不足により国や市町村で舗装点検を十分に実施できていない。

→衛星搭載のSARの活用

SARの強度やコヒーレンスを用いた方法^{1), 2), 3)}が提案されている。

課題: 幅員の狭い一般道路を対象にした検討が不十分。

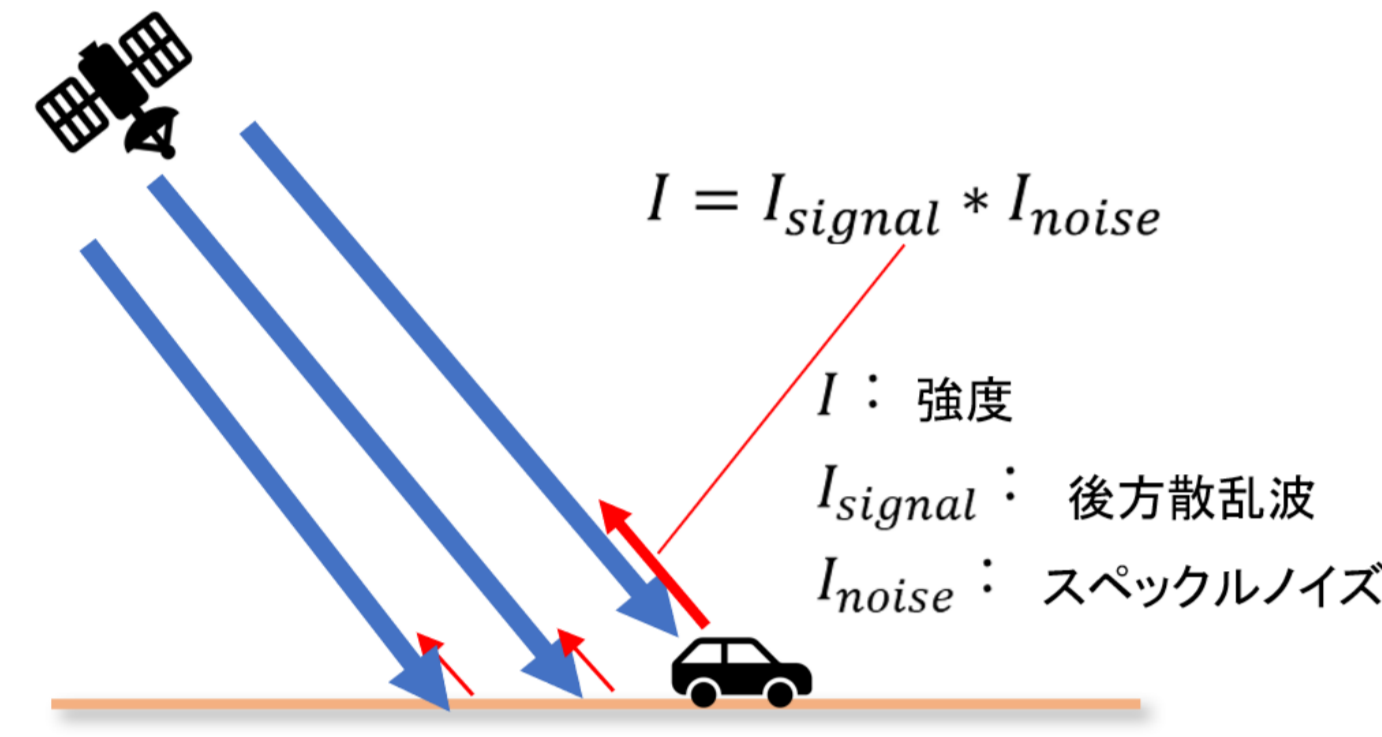
目的: 日本の一般道路を対象にSARの強度画像と舗装損傷との関係を分析し、舗装損傷推定の可能性を検討する。

2. 時系列データを用いた強度画像の作成

使用データ

衛星: Sentinel-1 (Cバンド) 解像度: 15m 軌道: descending

強度画像は後方散乱係数として出力



- ・スペックルノイズ
 - ・車両による一時的な変化
- これらの影響を解像度を下げずに取り除きたい。
→時系列の強度画像の使用

点検時期

時間

15時期の強度画像

1 2 3 ... 15

位置合わせ、時系列フィルタリング⁴⁾
→スペックルノイズの低減

強度画像をスタッキングし、各ピクセルで最小値を抽出
→車両による一時的な変化を低減

モザイク強度画像

3. 道路の後方散乱特性の分析

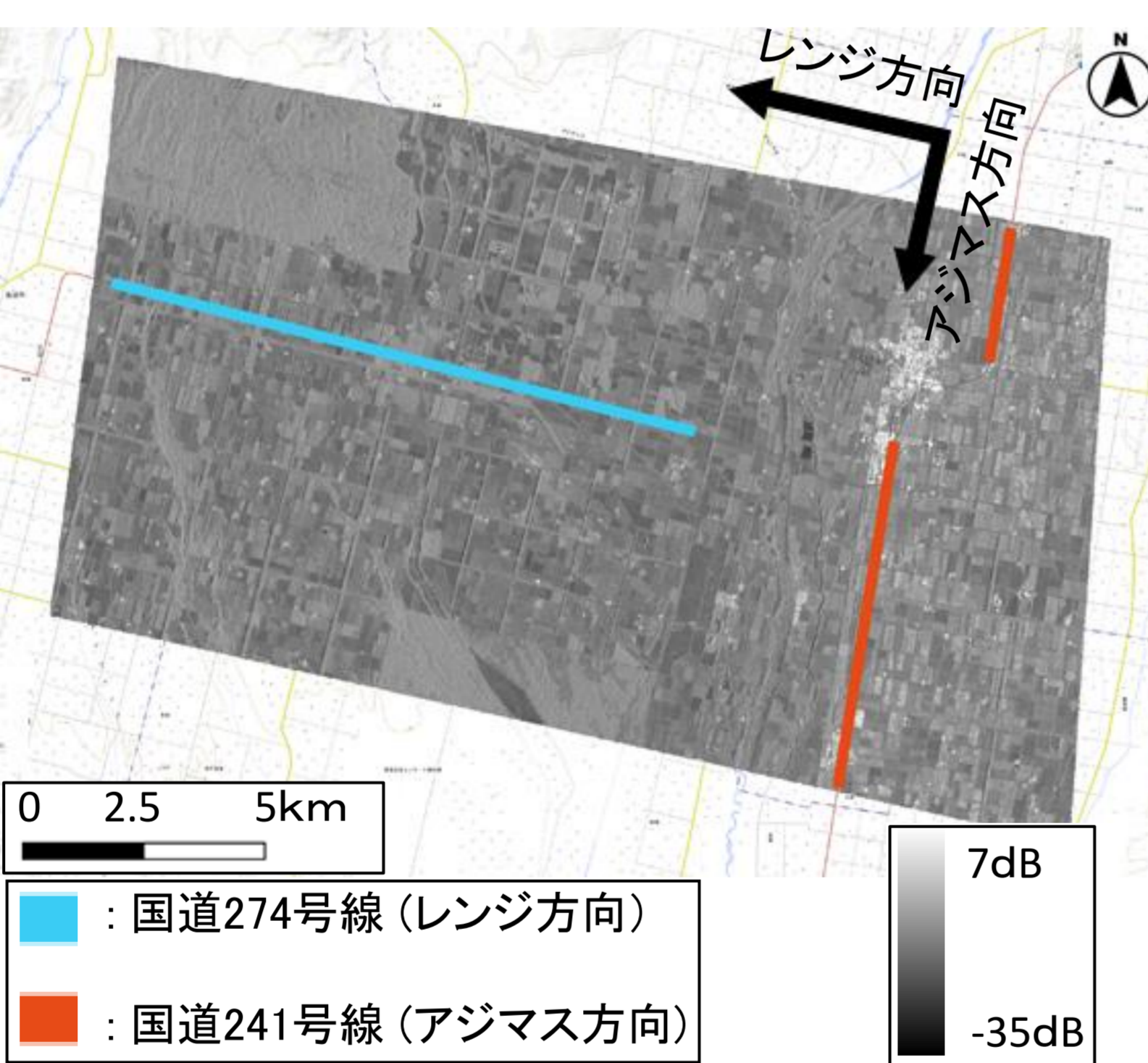
対象地域: 北海道士幌町一般道路

→周辺に人工物が少ない道路をアジマス方向、レンジ方向で選定。

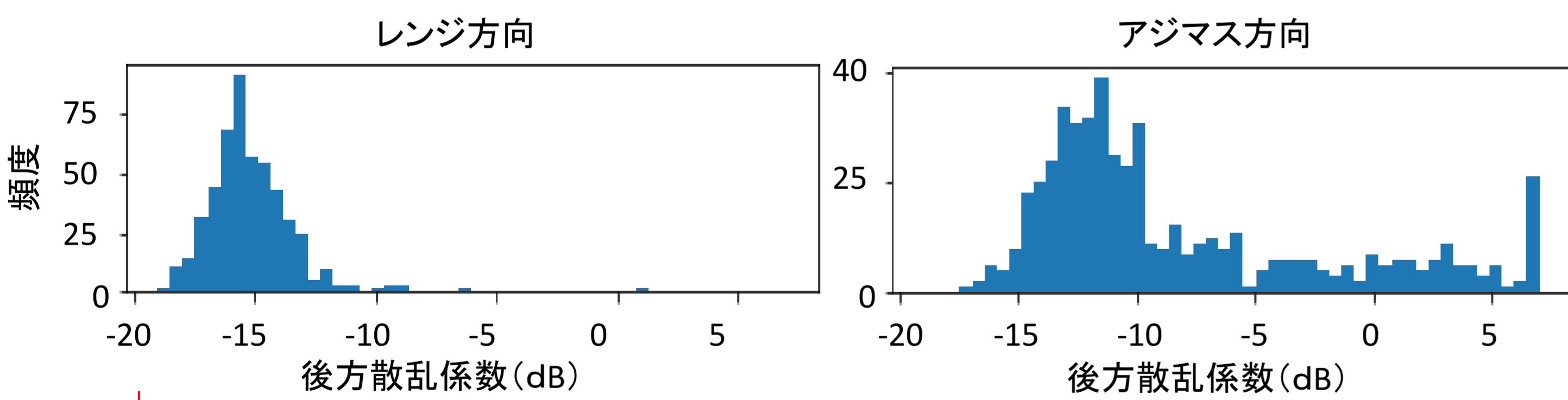
各道路から500点サンプリング。

幅員: 3m

片側車線数: 1



道路の後方散乱強度の分布



- ・レンジ方向の道路と比べ、アジマス方向の強度は値が高い範囲に分布。
- ・アジマス方向の一部の道路で強い後方散乱。
→道路の横のガードレールによる2回反射。

レンジ方向の道路の強度は舗装表面からの後方散乱が優位と仮定。
→累積相対度数が 0.99になる -9.5dB未満が舗装表面からの散乱として、-9.5dB以上の強度の道路は分析の対象から除外した。

【参考文献】

- 1) Suanpaga, W., Yoshikazu, K.: Riding quality model for asphalt pavement monitoring using phase array type L-band synthetic aperture radar (PALSAR). Remote Sens. 2, 2531-2546, 2010.
- 2) Meyer, F.J., Ajadi, O.A., Hoppe, E.J.: Studying the applicability of X-band SAR data to the network-scale mapping of pavement roughness on US roads. Remote Sens. 12, 1507, 2020.
- 3) Karimzadeh, S., Ghasemi, M., Matsuoka, M., Yagi K., Zulfikar, A.C.: A deep learning model for road damage detection after an earthquake based on synthetic aperture radar (SAR) and field datasets. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 15, 5753-5765, 2022.
- 4) De Grandi, G. F., Leysen, M., Lee, J. S., Schuler, D.: Radar reflectivity estimation using multiple SAR scenes of the same target: technique and applications. IGARSS'97. 1997 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings. Remote Sensing - A Scientific Vision for Sustainable Development, Singapore, 2, 1047-1050, 1997.

4. 強度と舗装損傷の関係の分析

対象地域: 群馬県高崎市周辺

舗装損傷の指標:

国際ラフネス指数 IRI (mm/m)

車体の上下方向振動の累積値を走行距離で除した値。

データ数: IRI1回観測: 25569

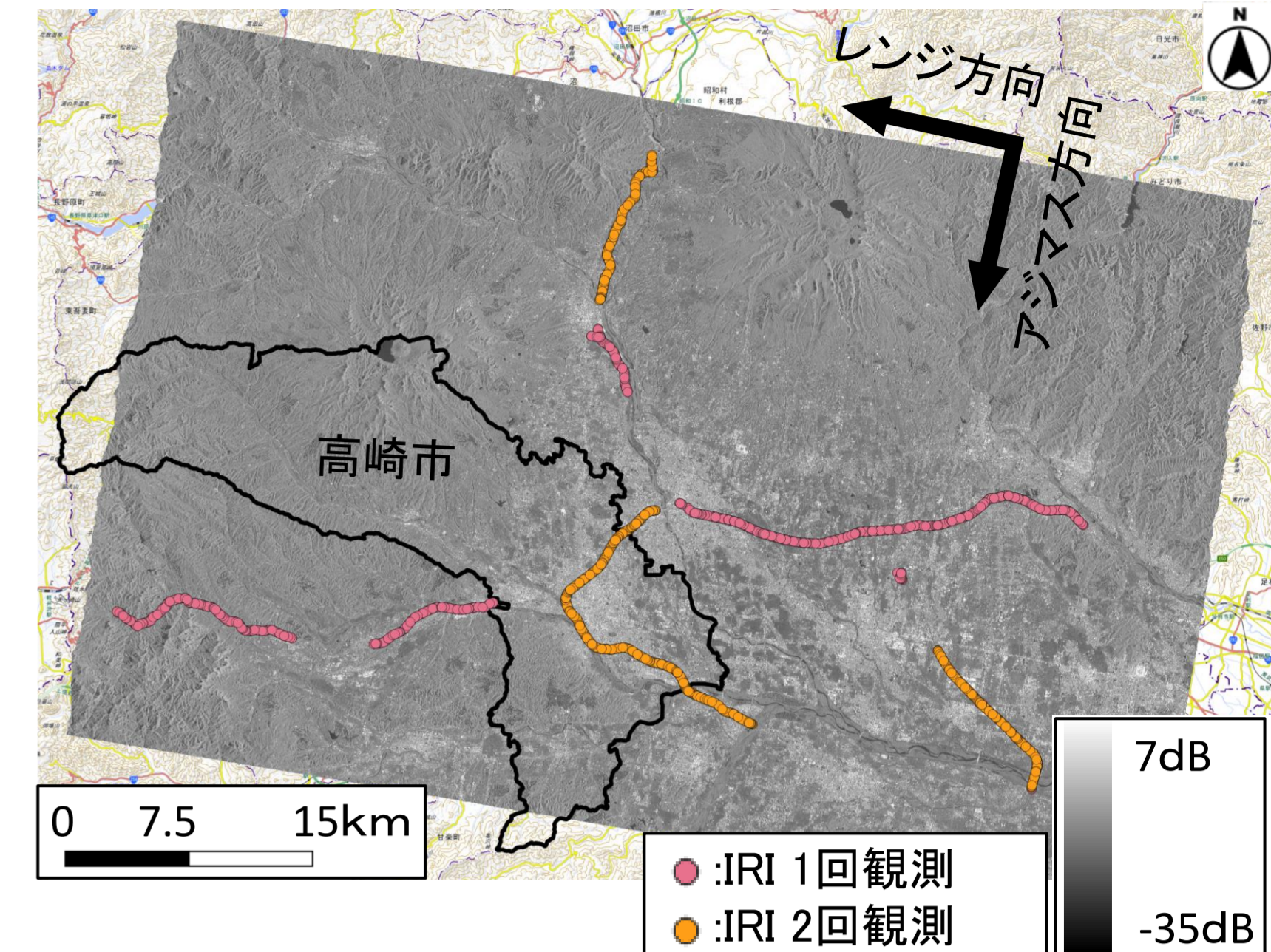
IRI2回観測: 3560

計: 29129

幅員: 3~3.5m

片側車線数: 1~3

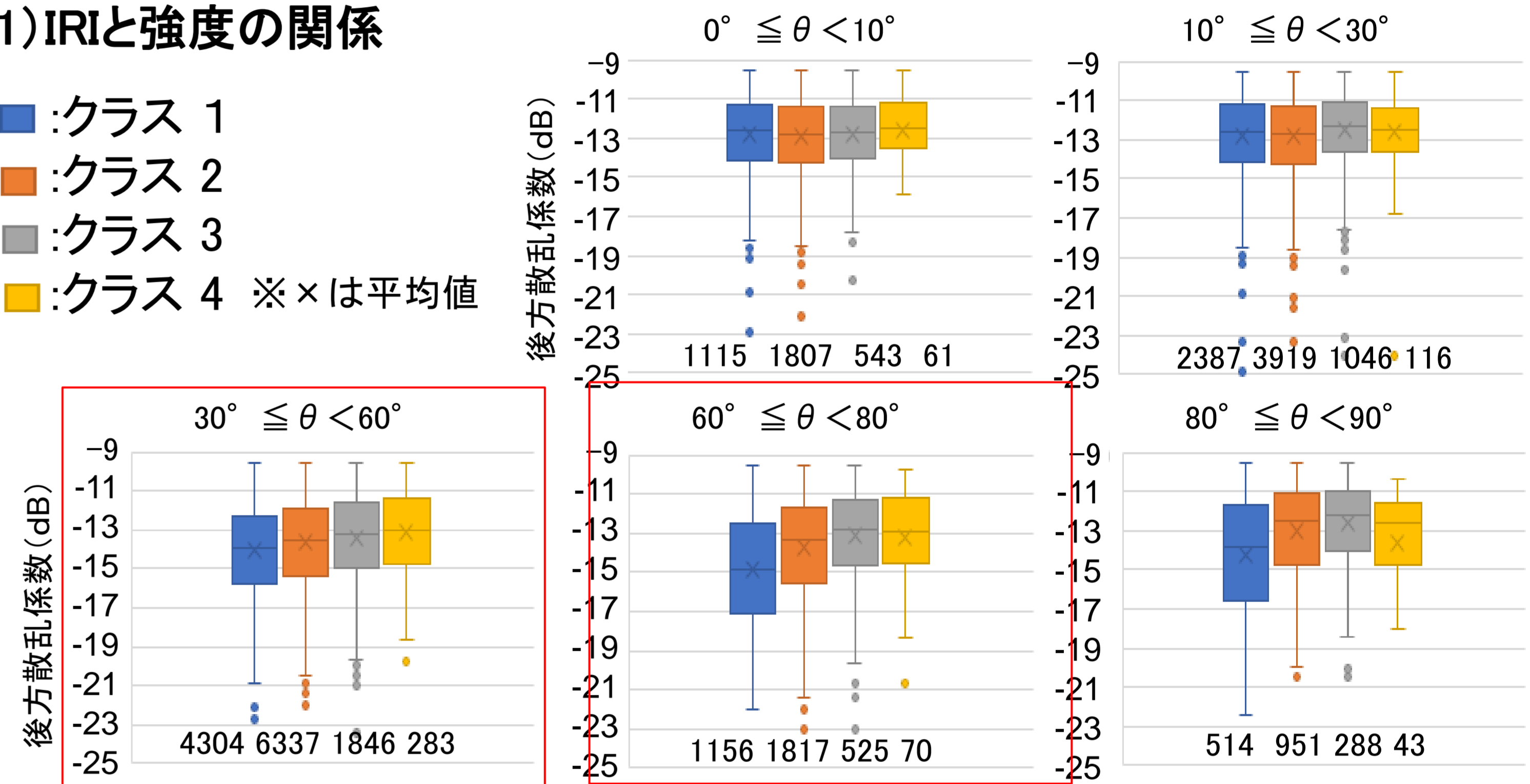
レンジ方向に対する道路の角度 θ により道路データセットを分割。



クラス	IRI(mm/m)	舗装の状態	損傷
1	2未満	新設舗装	無
2	2以上4未満	健全	無
3	4以上8未満	やや劣化	有
4	8以上	修繕段階	有

(1) IRIと強度の関係

- : クラス 1
- : クラス 2
- : クラス 3
- : クラス 4 ※×は平均値



わずかに損傷の増加に伴い強度が増加する傾向。

有意差検定の実施→IRIクラスの間には有意差なし。

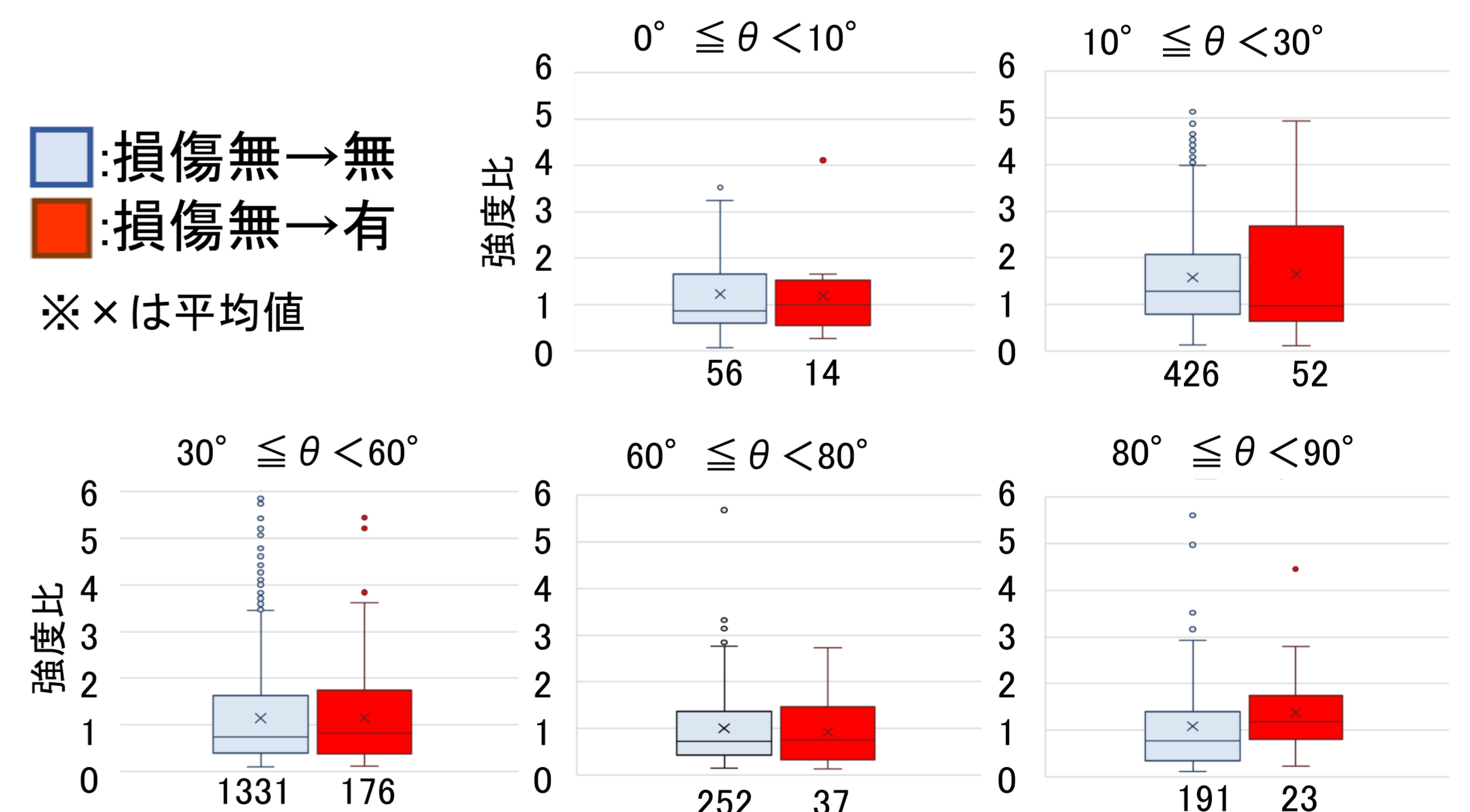
- ・幅員が解像度に対して狭く、周辺の植生等の散乱の影響。
- ・マイクロ波の波長に対して損傷の程度が小さい。

(2) 2時期のIRIの変化と強度変化の関係

1回目の測定で損傷無の道路を対象。

強度変化の指標として、強度比(2回目の強度/1回目の強度)

※強度を線形スケールにしてから比を計算。



損傷無→無の道路と無→有の道路との間で有意差はなし。

・2期間の舗装以外の地表面変化による影響

5. まとめと今後の課題

- ・道路の後方散乱強度の傾向
レンジ方向の道路 < アジマス方向の道路
- ・道路のIRIと強度との関係
一部の道路でわずかに損傷の増加に伴い強度が増加する傾向。
IRIクラスの間には有意差はなく、強度のみからの損傷推定は難しい。
- ・今後は強度とコヒーレンスを組み合わせた損傷推定について検討。