



Tokyo Tech

SAR衛星画像による2024年1月1日の 能登半島地震の被害抽出

松岡昌志（東京工業大学）
サドラ・カリムザデ（タブリーズ大学）
大串文誉（テラフェーズ）

ver.1 (2024/1/19)

背景と目的

- 2024年1月1日に能登半島で発生した地震は、石川県、富山県、新潟県を中心に甚大な被害をもたらした。被害が広範囲かつ甚大であったため、地震後に被災地から伝えられた被害情報だけでは被害状況の全体像の把握が困難である。また、高解像度の光学センサを搭載した人工衛星による観測画像は天候に左右され、被害状況を一律に把握することがなかなか難しい。
- そこで、天候に左右されないALOS-2衛星の合成開口レーダ(SAR)を用いて、地震発生後深夜および翌日に観測された画像を用いて、建物および地盤の被害域を推定した。また、より広範囲についてSentinel-1衛星が1月7日に観測している。その画像からの変化抽出結果についても示す。

SARによる被害把握の仮説

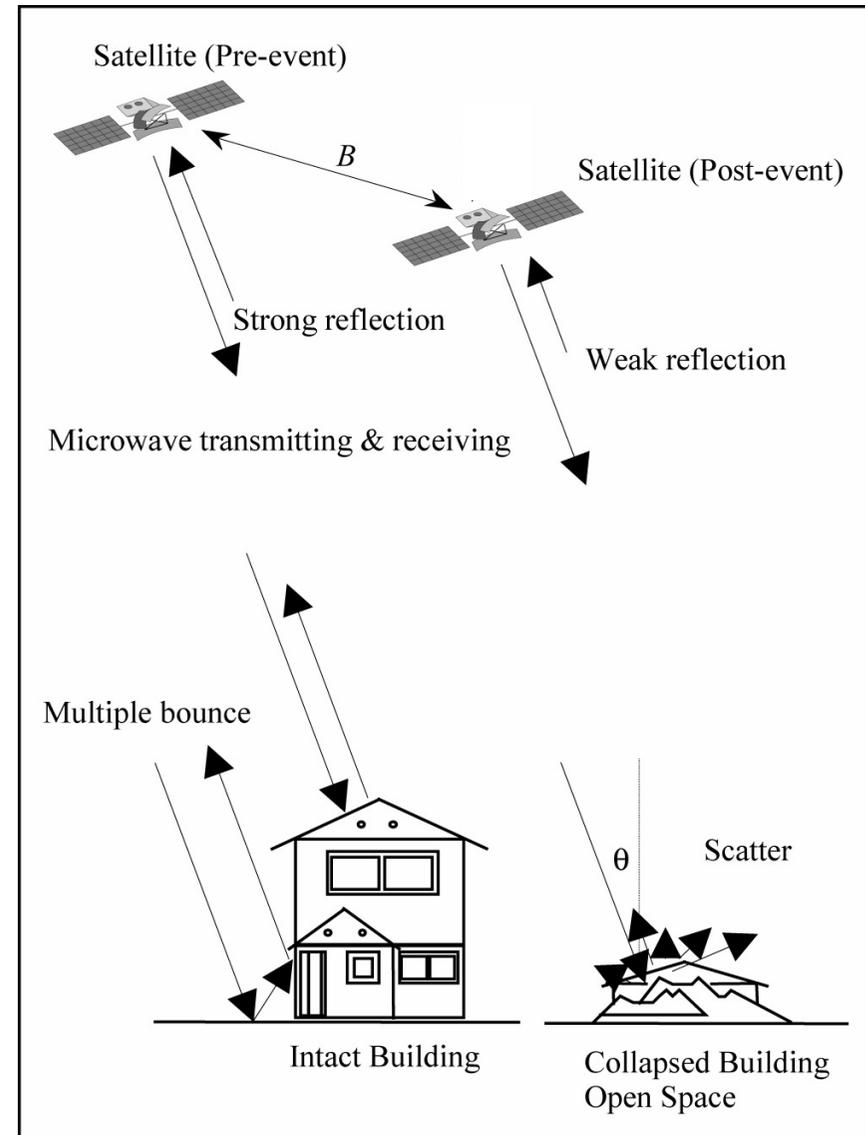
マイクロ波の反射（後方散乱強度）
 建物 > 被害を受けた建物や空地

後方散乱強度の差分（地震後—地震前）
 被害 < 無被害

後方散乱強度の相関
 被害 < 無被害

コヒーレンス（位相の干渉性）
 被害 < 無被害

本報ではコヒーレンスを使用



SARによる被害推定

- 1995年阪神・淡路大震災以降，国内外で発生した数多くの地震災害とSAR衛星による観測事例から，被害抽出手法の高度化や定量化が進められてきた¹⁾。本報では，コヒーレンス差分を採用した。

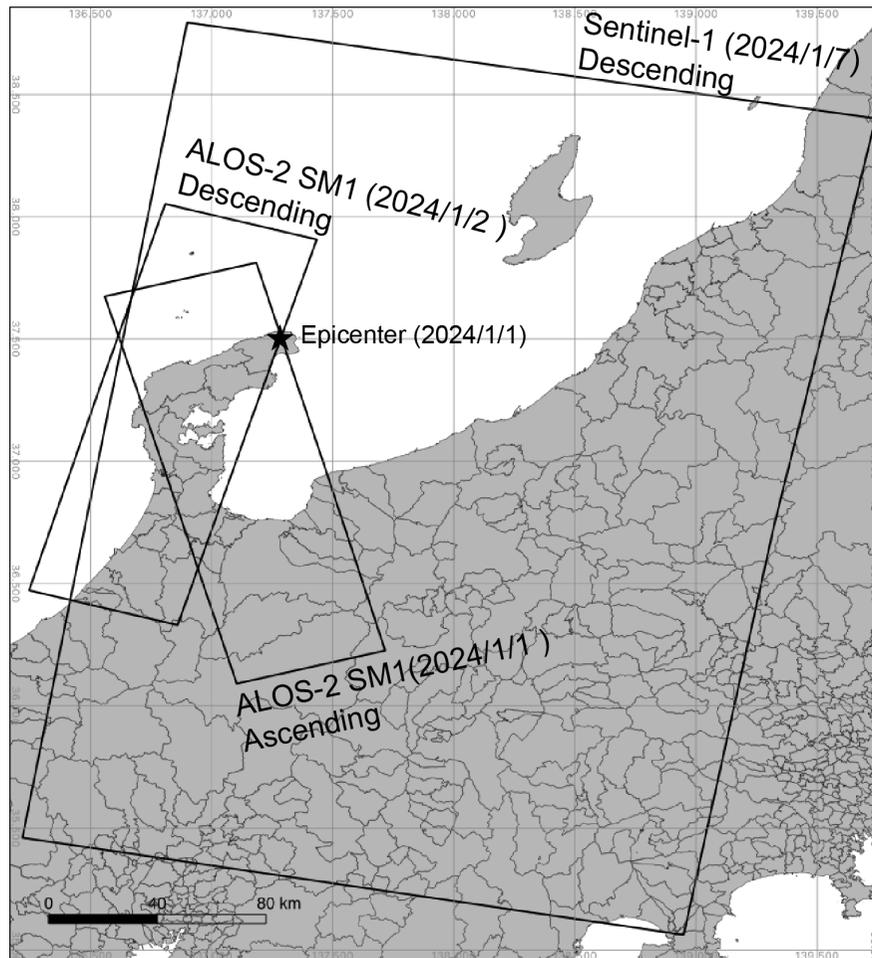
γ_{pre} : 地震前同士のペアのコヒーレンス

γ_{co} : 地震前後のペアのコヒーレンス

γ_{diff} : コヒーレンス差分値 ($\gamma_{pre} - \gamma_{co}$)

1) P. Ge, H. Gokon, and K. Meguro: A review on synthetic aperture radar-based building damage assessment in disasters, Remote Sensing of Environment, Vol. 240, 111693, 2020.

衛星の観測範囲とデータセット



Dataset-A1 ALOS-2 (Asc)

Date	Beam	Look	Orbit
2022/5/23	SM1	L	Asc.
2022/9/26	SM1	L	Asc.
2024/1/1	SM1	L	Asc.

Dataset-A2 ALOS-2 (Desc)

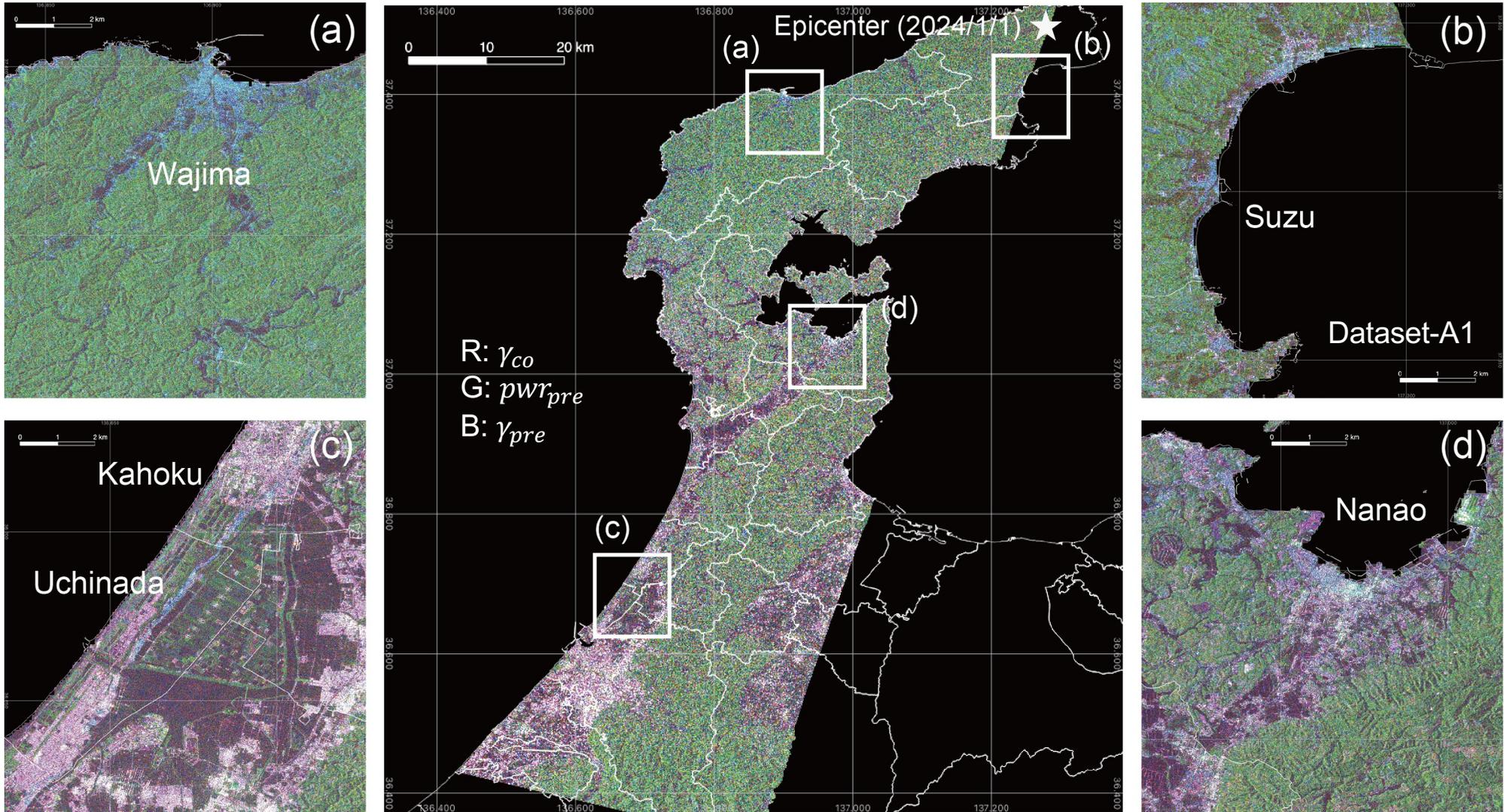
Date	Beam	Look	Orbit
2022/11/22	SM1	L	Desc.
2023/6/6	SM1	L	Desc.
2024/1/2	SM1	L	Desc.

Dataset-S Sentinel-1

Date	Beam	Look	Orbit
2023/12/14	IW	R	Desc.
2023/12/26	IW	R	Desc.
2024/1/7	IW	R	Desc.

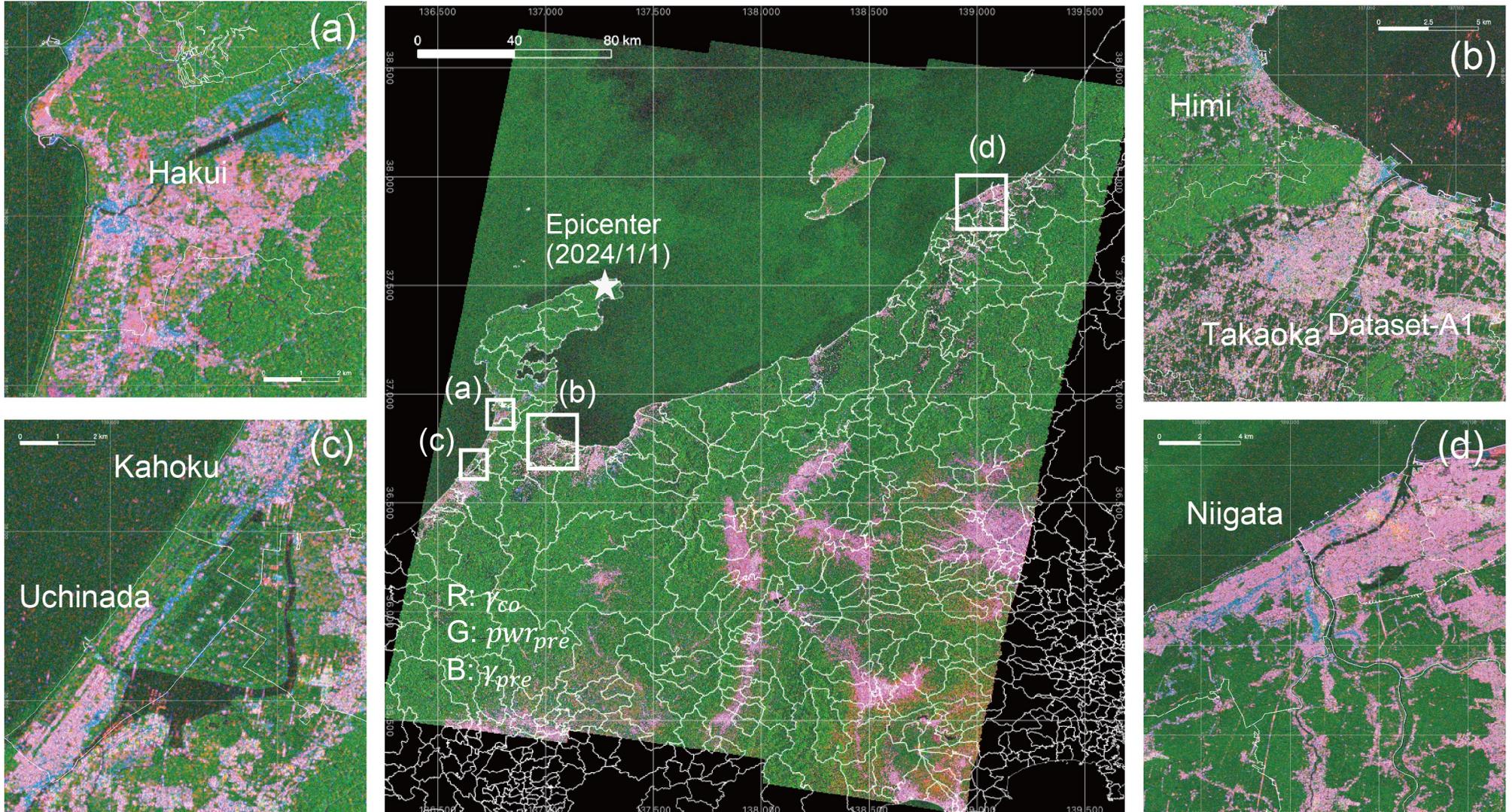
Dataset-A2のカラー合成画像

地震前後で変化が少ない地域が紫色から白色に、変化が大きい地域がシアン色になる。震源に近い輪島市や珠洲市においてはほぼ全域がシアン色になることから、建物や地盤の変化が広域的であることが示唆される。また、かほく市から内灘町にかけて、および、七尾市では局所的にシアン色が分布し、前者は日本海の砂丘縁辺部に沿って線状に、後者は七尾湾の埋立地と低地部においてみられる。



Dataset-Sのカラー合成画像

かほく市と内灘町にて線状のシアン色が分布するのはALOS-2と類似していることから地震に伴う変化であることが断定できる。羽咋市では市街地だけでなく、農地において広域的なシアン色の地域が確認でき、液状化などによる地盤変状の可能性が高い。富山県氷見市や高岡市においても地盤あるいは建物被害が局所的に推定される。新潟市においても局所的に線状のシアン色の地域がみられ、液状化による地盤被害が示唆される。





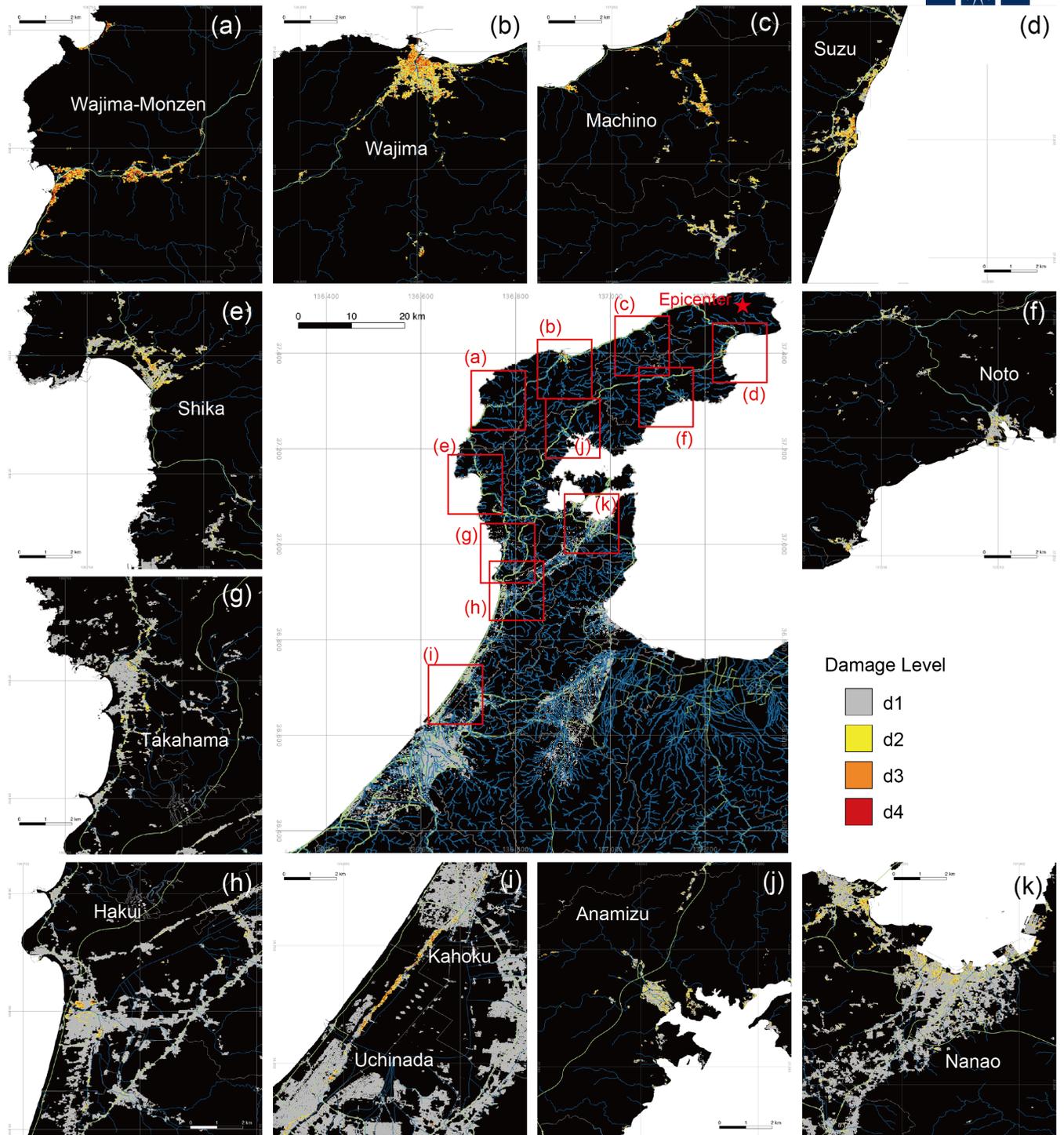
Dataset-A2による 被害抽出

コヒーレンス差分値について、Global Urban Footprint²⁾を用いたマスク処理にて市街地や集落を抽出し、コヒーレンス差分値を Jenks natural breaksにより4クラス (d1~d4) に分類した。(d1からd4にかけて差分値(変化)が大きいことを意味する)

能登半島北部の輪島市門前町、輪島市、町野町、珠洲市において、d4やd3が広く分布している。

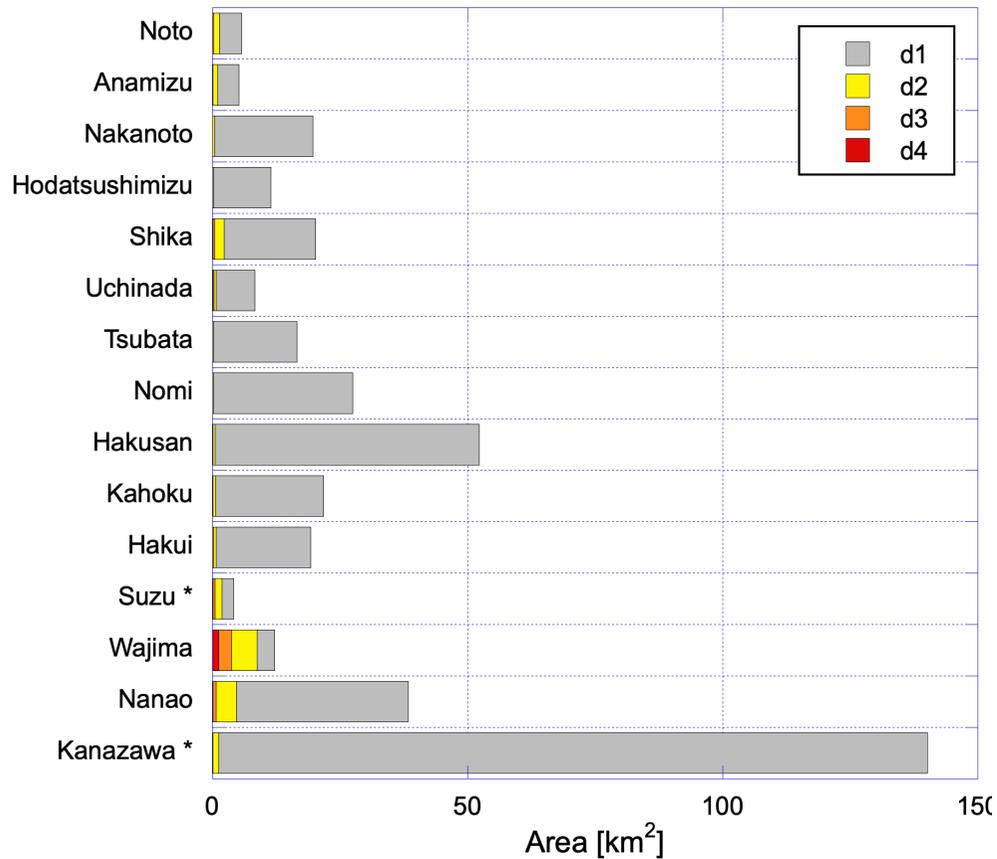
一方、能登半島南部の能登町、穴水町や西岸の志賀町、高浜町、羽咋市、そして、七尾市では局所的にd3やd2、場所によってはd4が分布している。

2) DLR: Global Urban Footprint,
https://www.dlr.de/eoc/en/desktopdefault.aspx/tabid-9628/16557_read-40454/

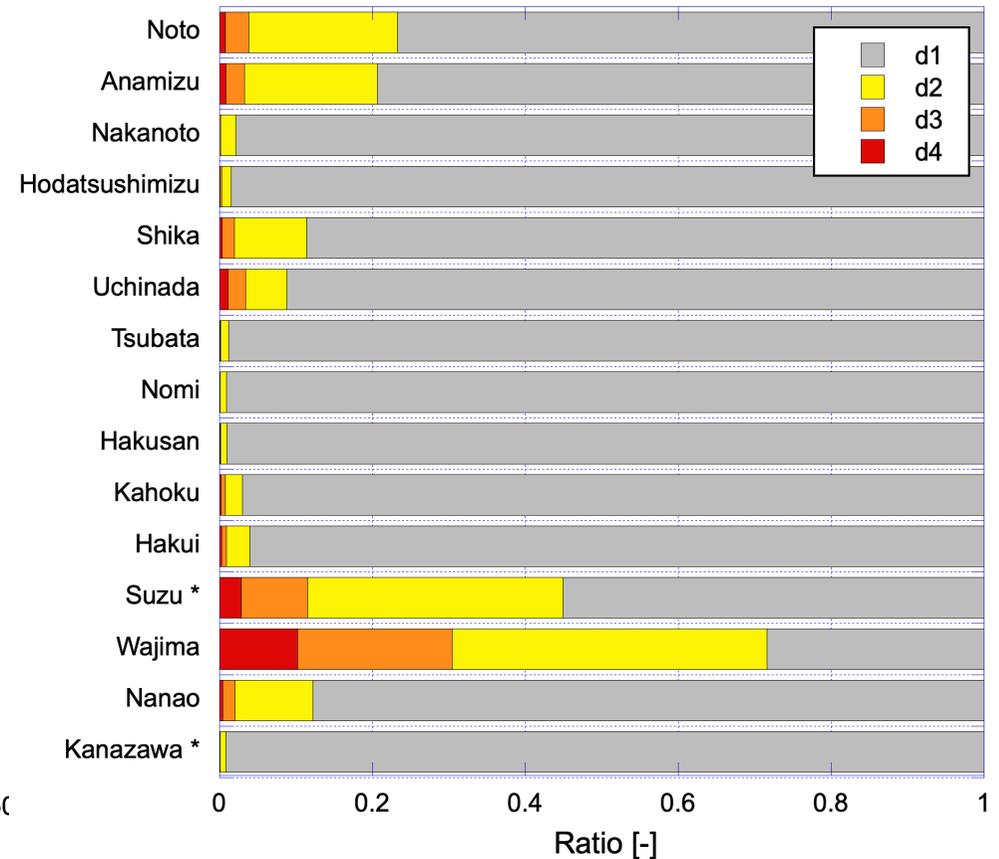


石川県の自治体ごとの集計

Damage Level [Ishikawa Prefecture]



Damage Level [Ishikawa Prefecture]



まとめ

- 2024年1月1日に能登半島で発生した地震は、非常に広い範囲に影響を与えた。被災地全体における建物被害の早期把握を目的として、地震前後に撮影されたSAR画像から被害域の抽出を試みた。
- この手法は、軌道間距離、観測間隔、計算窓の大きさ等に依存するため、被害程度との対応付けは難しいが、ALOS-2衛星のデータセットを用いて、後方散乱強度の変化および強震観測記録に基づく震度分布から類推される建物全壊率の分布と比較したところ、d4の地域は建物全壊率50%以上になっている可能性が示唆される。
- 自治体ごとに建物棟数などのストック情報があれば、被害クラスごとの割合と全壊率を掛け合わせることで、おおよその被害棟数が類推でき、自治体間での被害を相対的に評価できる。このような情報は大規模災害時の広域後方支援において有用である。

4クラスに分類した結果のkmzファイルを以下で公開している。

https://drive.google.com/file/d/1Kn0ypeuMpOa_LtZLXeP1oQGZHr700OMj/view?usp=sharing

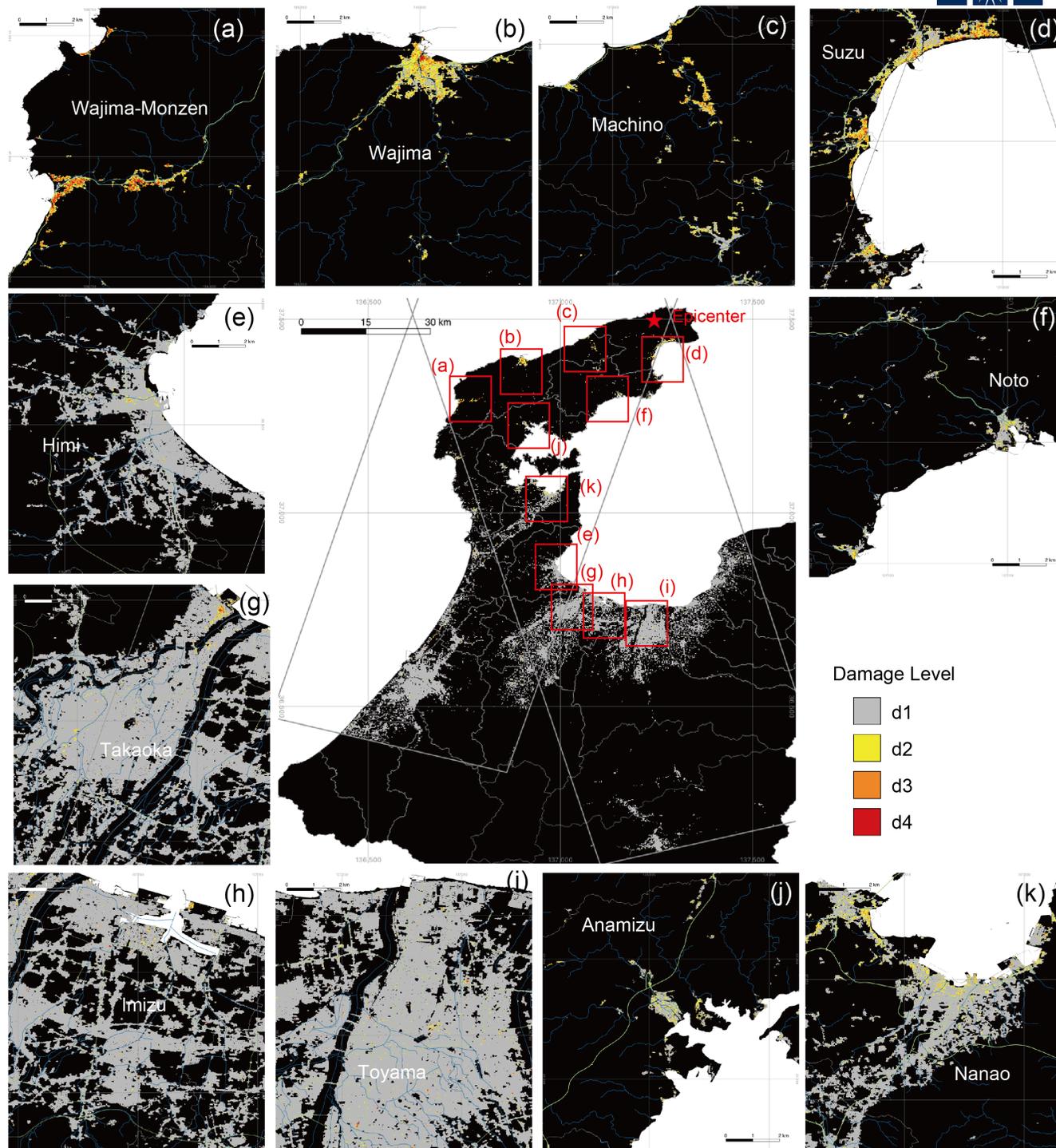
謝辞

ALOS-2データはJAXA所有のものであり、JAXAの大規模災害衛星画像解析支援チームの活動の一環として入手した。Sentinel-1はESA所有のものであり、NASAのAlaska Satellite Facilityより入手した。また、コヒーレンス算出等の画像処理はsarmap社のSARscapeを利用している。



Dataset-A1とA2 による被害抽出

Global Urban Footprint²⁾を用いたマスク処理にて市街地や集落を抽出し、Dataset-A2のコヒーレンス差分値をJenks natural breaksにより4クラス (d1~d4) に分類し、さらに、同じ閾値をDataset-A1にも適用し、両者が重なる地域については平均値を算出した。(d1からd4にかけて差分値(変化)が大きいことを意味する)



2) DLR: Global Urban Footprint,
https://www.dlr.de/eoc/en/desktopdefault.aspx/tabid-9628/16557_read-40454/