

## Xバンド航空機SAR画像を用いた 橋梁の地震・津波被害抽出

○平野 晴也, 山崎 文雄, 劉 ウェン  
千葉大学 工学部 都市環境システム学科



CHIBA UNIVERSITY

### 背景・目的

- 2011年東北地方太平洋沖地震による津波により、多くの道路橋や鉄道橋が被害を受けた  
→交通網の遮断が緊急対応や復旧の遅れにつながる  
→今後の交通インフラの被害が懸念される
- 時間・天候の面から合成開口レーダ(SAR)が災害状況の把握に用いられている



February 13, 2018

2

### 背景・目的

	航空機SAR	衛星SAR
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高解像度</li> <li>・緊急観測が可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・災害前後2時期の画像を比較可能</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・災害前後同一条件での観測が困難</li> <li>・災害前のデータが存在しない可能性</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・航空機SARに比べ解像度・緊急性の面で劣る</li> </ul>

災害後1時期の航空機SAR画像から橋梁の被害状況を把握する

#### 本研究の目的

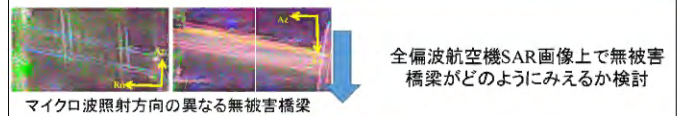
Xバンド航空機SAR画像を用いて、災害後1時期の航空機SAR画像から橋梁の津波被害抽出を試みる

February 13, 2018

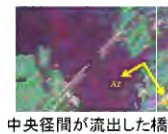
3

### 本研究の流れ

目的: 災害後1時期の航空機SAR画像から橋梁津波被害を抽出する



無被害の小規模橋梁における後方散乱特性



無被害橋梁の後方散乱特性をもとに、津波被害を受けた橋梁被害抽出を行う

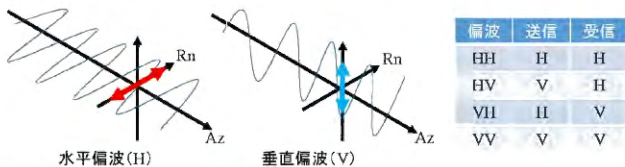
目視判読による橋梁津波被害の抽出

February 13, 2018

4

### Polarimetric and Interferometric SAR : Pi-SAR

- Pi-SAR-X2はXバンド・4偏波(HH・HV・VH・VV偏波)で観測可能のため、単偏波よりも詳細に対象物を識別することができる



開発年	2008
中心周波数	9.55 GHz / 9.65 GHz
分解能(レンジ)	0.3 m - 1.0 m
分解能(アジマス)	0.3 m (1 look)
観測幅	> 5 - 10 km

February 13, 2018

5

### 4成分散乱電力分解

- Pi-SAR-X2画像を4成分散乱電力分解を用いて4種類の散乱メカニズムに分解した(G4U, Singh et al. (2013))

- HH 偏波
  - HV 偏波
  - VH 偏波
  - VV 偏波
- $$[S] = \begin{bmatrix} S_{HH} & S_{HV} \\ S_{VH} & S_{VV} \end{bmatrix}$$
- 表面散乱 (Ps)
  - 2回反射散乱 (Pd)
  - 体積散乱 (Pv)
  - ヘルックス散乱 (Pc)

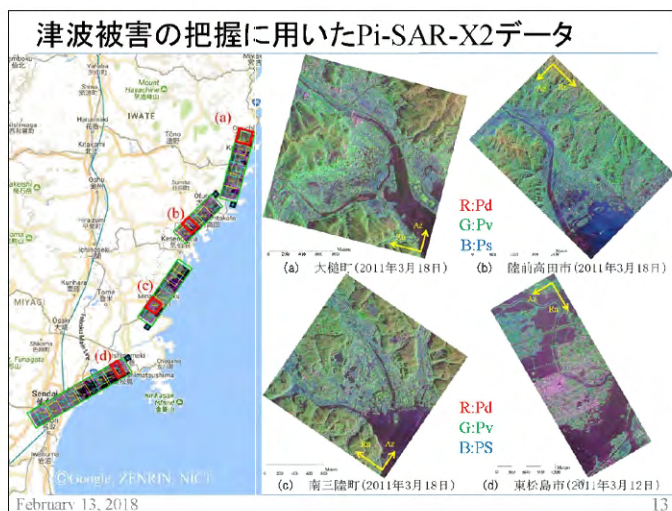
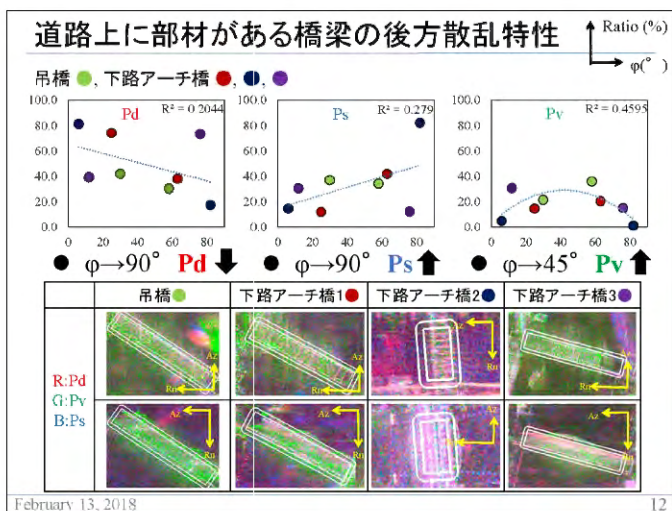
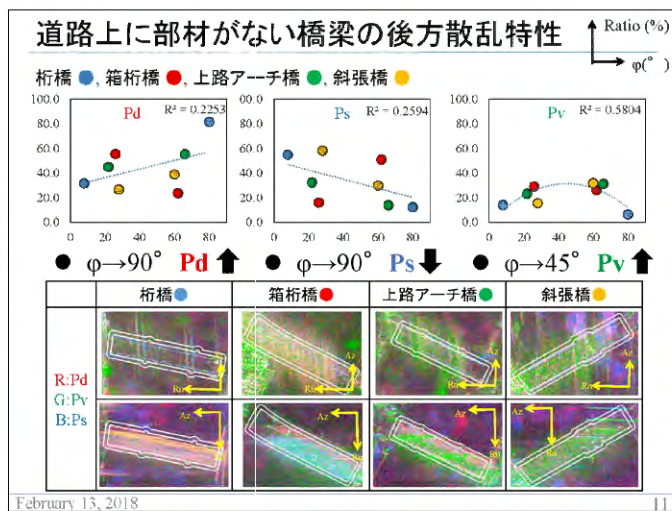
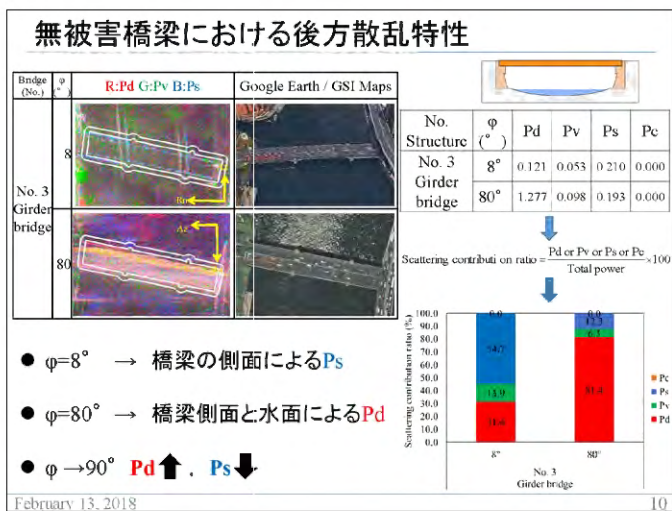
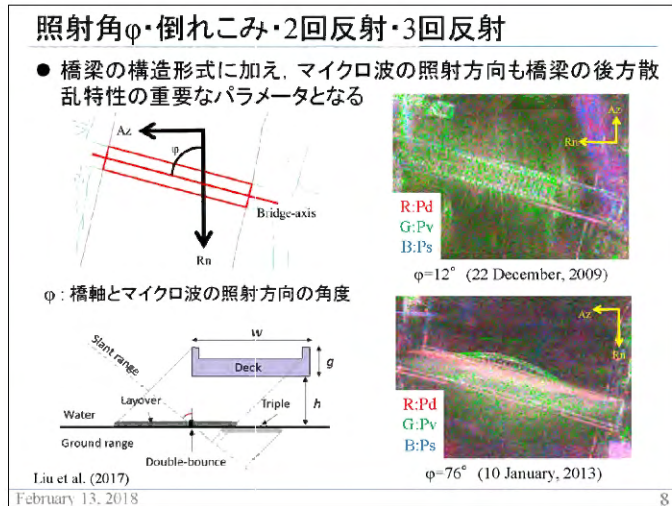


- Ps: 地表面で発生する奇数回の散乱 (例) 地面・海面
- Pd: 直角構造で発生する偶数回の散乱 (例) 建物
- Pv: ランダムな線状物体で発生する散乱 (例) 植生
- Pc: 直線偏波を円偏波に変える散乱 (例) 人工構造物

February 13, 2018

6







### 目視判読方法

4成分散乱電力分解  
G4U, Singh et al. (2013)

・ジオコード画像へ変換  
・後方散乱係数へ変換

Pi-SAR-X2画像と災害前後の光学画像を比較

被害区分ごとに目視判読の有効性を検討

国総研資料をもとに津波により被害を受けた15橋梁を選定

No. 1)	橋梁名	被害区分 2)
59	大槌大橋	高欄の変形
60	安渡跨道橋	構造上無被害
61	安渡橋	上下部構造の流出
66	小楯橋	構造上無被害
67	古廟橋	構造上無被害
90	沼田跨線橋	全上部構造・橋台背面土の流出
94	最上堂橋	上部構造の一部流出
96	松原大橋	損傷確認されず
101	気仙大橋	全上部構造・橋台背面土の流出
103	姉齒橋	全上部構造の流出・橋脚の損傷
124	不明	構造上無被害
126	中橋	上下部構造の流出
127	八幡橋	構造上無被害
128	水尻橋(上)	上部構造一部・橋台背面土流出
159	定川大橋	中央径間の流出・橋台背面土の流出

February 13, 2018

### 上部構造の流出

Ps: 表面散乱, Pv: 体積散乱, Pd: 2回反射散乱

No. 1)	R: Pd G: Pv B: Ps (Sigma naught)	Google Earth Before	GISI map Soon after	Damage type 2)
90				全上部構造の流出 橋台背面土の流出
101				全上部構造の流出 橋台背面土の流出
103				全上部構造の流出 橋脚の損傷

- 全上部構造が流出すると橋脚が確認できるため被害判読可能
- 橋台背面土流出・橋脚損傷を画像から確認することは難しい

February 13, 2018

### 上下部構造・上部構造の一部流出

Ps: 表面散乱, Pv: 体積散乱, Pd: 2回反射散乱

No. 1)	R: Pd G: Pv B: Ps (Sigma naught)	Google Earth Before	GISI map Soon after	Damage type 2)
61				上下部構造の流出
128				上部構造の一部流出 橋台背面土の流出
159				中央径間の流出 橋台背面土の流出

- 全上下部構造流出の場合、橋梁の位置がわかれば判読可能
- 上部構造一部流出の場合、輪郭が途切れるため被害判読可能

February 13, 2018

### 流出以外の被害

Ps: 表面散乱, Pv: 体積散乱, Pd: 2回反射散乱

No. 1)	R: Pd G: Pv B: Ps (Sigma naught)	Google Earth Before	GISI map Soon after	Damage type 2)
59				高欄の変形
96				損傷確認されず
124				構造上無被害

- 橋梁輪郭の同一線上や床版上の後方散乱が一定でない場合、橋梁に瓦礫が堆積している可能性がある

February 13, 2018

### 目視判読の結果

1時期のSAR画像から被害を明確に判読できる○, 明確に判読できない×, どちらともいえない△

No. 1)	橋梁名	橋桁	橋脚	被害区分	目視判読結果
59	大槌大橋	○	-	高欄の変形	○
60	安渡跨道橋	△	-	構造上無被害	-
61	安渡橋	×	×	上下部構造の流出	○
66	小楯橋	△	-	構造上無被害	-
67	古廟橋	△	-	構造上無被害	-
90	沼田跨線橋	×	○	全上部構造の流出, 橋台背面土の流出	○
94	最上堂橋	○	-	上部構造の一部流出	○
96	松原大橋	○	-	損傷確認されず	○
101	気仙大橋	×	○	全上部構造の流出, 橋台背面土の流出	○
103	姉齒橋	×	○	全上部構造の流出, 橋脚の損傷	○
124	不明	○	-	構造上無被害	○
126	中橋	×	×	上下部構造の流出	○
127	八幡橋	○	-	構造上無被害	○
128	水尻橋(上)	○	-	上部構造の一部流出, 橋台背面土の流出	○
159	定川大橋	○	-	中央径間の流出, 橋台背面土の流出	○

- 橋梁の輪郭(橋桁)が明確に確認できない場合、災害後1時期の航空機SAR画像から橋梁被害を目視判読することは難しい

February 13, 2018

### まとめ

- Xバンド航空機SAR画像を用いて4成分散乱電力分解を行い、橋梁の後方散乱特性の把握・津波被害の目視判読を試みた
  - 道路上に部材のない橋梁の後方散乱は、 $\phi$ が $90^\circ$ に近づくほどPdの割合が高くなり、Psの割合が低くなる
  - 上部構造の一部・全上部構造の流出, 上下部構造の流出, 瓦礫堆積は災害後1時期のSAR画像から目視判読可能
- 目視判読は個人によって評価が異なるため、被害を受けた橋梁のパラメータの定量化が今後の課題となる

本研究で使用したPi-SAR-X2画像は情報通信研究機構と千葉大学の共同研究のもと、提供していただきました。

February 13, 2018