



# Integration of Satellite-based Deformation Data in Structural Health Monitoring System of Transport Infrastructures (Case Study of Roadway Networks in Myanmar)

## 交通インフラヘルスマonitoringへの衛星から観測された変動情報の統合 (ミャンマーの道路網におけるケーススタディ)



Khin Myat Kyaw, Wataru Takeuchi

**Abstract:** Vulnerability of transport infrastructure is traditionally assessed by site-visit and site-based testing. These methods are time-consuming, expensive, impractical, and access is not always possible. Remote sensing technology, Synthetic Aperture Radar Interferometry InSAR-based structural health monitoring becomes popular with the freely available SAR data, such as Sentinel-1 and ALOS-2/PALSAR-2. InSAR time-series analysis will be conducted to understand the surface deformation patterns, its related damage mechanisms and early detection of potential damage areas along the road. These information will be useful for decision makers in managing and prioritizing roadway maintenance, and also planning new road construction with the consideration of past damage patterns.

**要約:** 輸送インフラの脆弱性は、従来、現地調査と現場試験によって評価されてきました。これらの方法は時間がかかり、費用がかかり、実用的ではなく、アクセスが常に保障されているとは限りません。リモートセンシング技術、特に干渉SARベースのインフラヘルスマonitoringは、Sentinel-1やALOS-2/PALSAR-2などの自由に利用できるSARデータによって広く用いられる様になりました。干渉SAR時系列解析を通じて、構造物表面の変形パターン、それに関連する損傷メカニズムの理解を通じて、道路周辺の潜在的な損傷領域の早期検出を行います。これらの情報は、意思決定者が道路のメンテナンスを管理および優先順位付けし、過去の損傷パターンを考慮して新しい道路建設を計画するのに役立ちます。

### 1. Introduction 背景

Transport infrastructure construction and maintenance requires a substantial amount of investment. Maintenance is vital for boosting the resilience of infrastructure assets while reducing overall costs (Hallegatte, 2019). Remote sensing technology, InSAR-based structural health monitoring is useful as it can remotely monitor a large area. It can help the decision makers to broadly understand the past damage mechanisms and provide information for detailed-assessment and prioritization of roads maintenance.

交通インフラの建設と維持には、かなりの投資が必要です。メンテナンスは、全体的なコストを削減しながらインフラストラクチャ資産の回復力を高めるために不可欠です(Hallegatte, 2019)。リモートセンシング技術、特に干渉SARベースの構造ヘルスマonitoringは、広い領域を遠隔で監視できるため便利です。これは、意思決定者が過去の損傷メカニズムを広く理解し、メンテナンスの詳細な評価と優先順位付けのための情報を提供するのに役立ちます。

### 2. Objectives 目標

- To identify the influencing factors of damage in road infrastructures from InSAR time-series analysis
- To predict or early detect the potential locations of subsidence-induced damages in roadways using different InSAR techniques
- To identify the damage evaluation thresholds from different case studies
- InSAR時系列解析による道路インフラに対する被害影響要因の特定
- さまざまなInSAR技術を使用して、道路の沈下に伴う損傷の潜在的な場所を予測または早期に検出を行う
- さまざまなケーススタディから損傷評価のしきい値を特定する

### 3. Case Study Area

- Highway located in central part of Myanmar (red line in Fig-1)
- Sentinel-1 and ALOS-2/PALSAR-2 SAR images will be used.
- ミャンマー中部に位置する高速道路(図-1の赤線)
- Sentinel-1とALOS-2/PALSAR-2のSAR画像が使用されます。

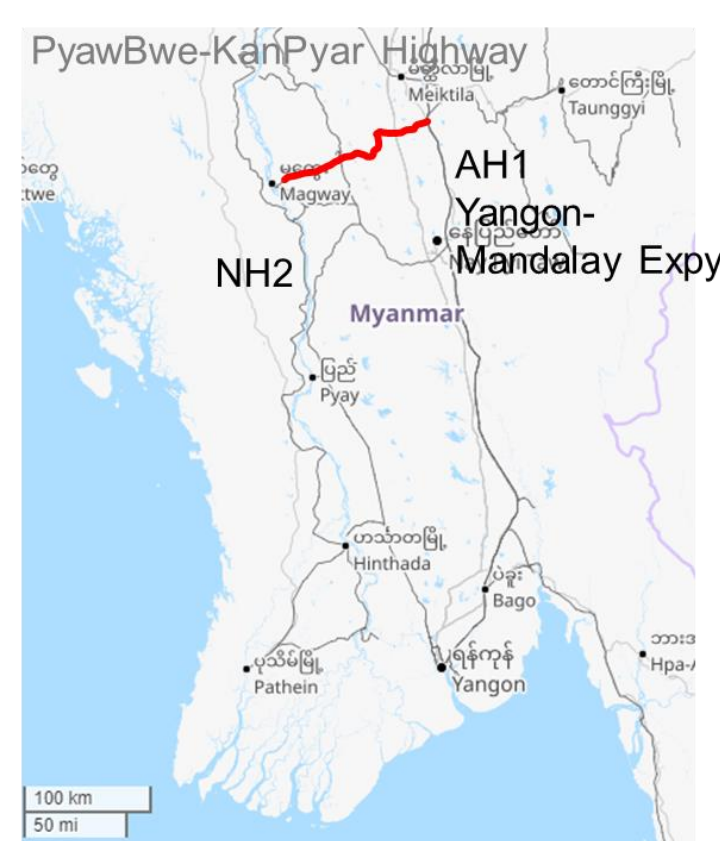


Figure 1: Location of case study road 図1: ケーススタディ道路の位置

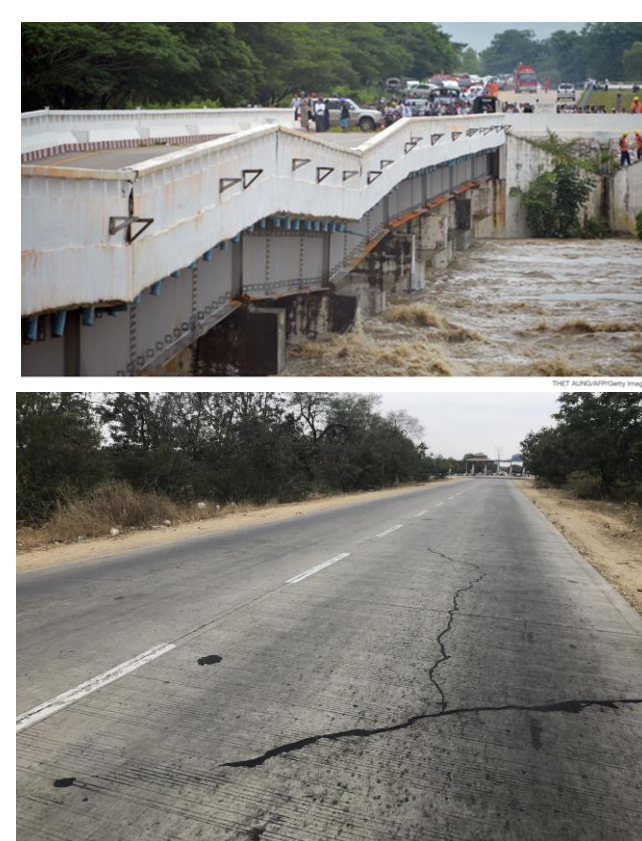


Figure 2: Damages of road infrastructures in Myanmar 図2: ミャンマーの道路インフラの被害状況

### 4. Research Framework 研究体制

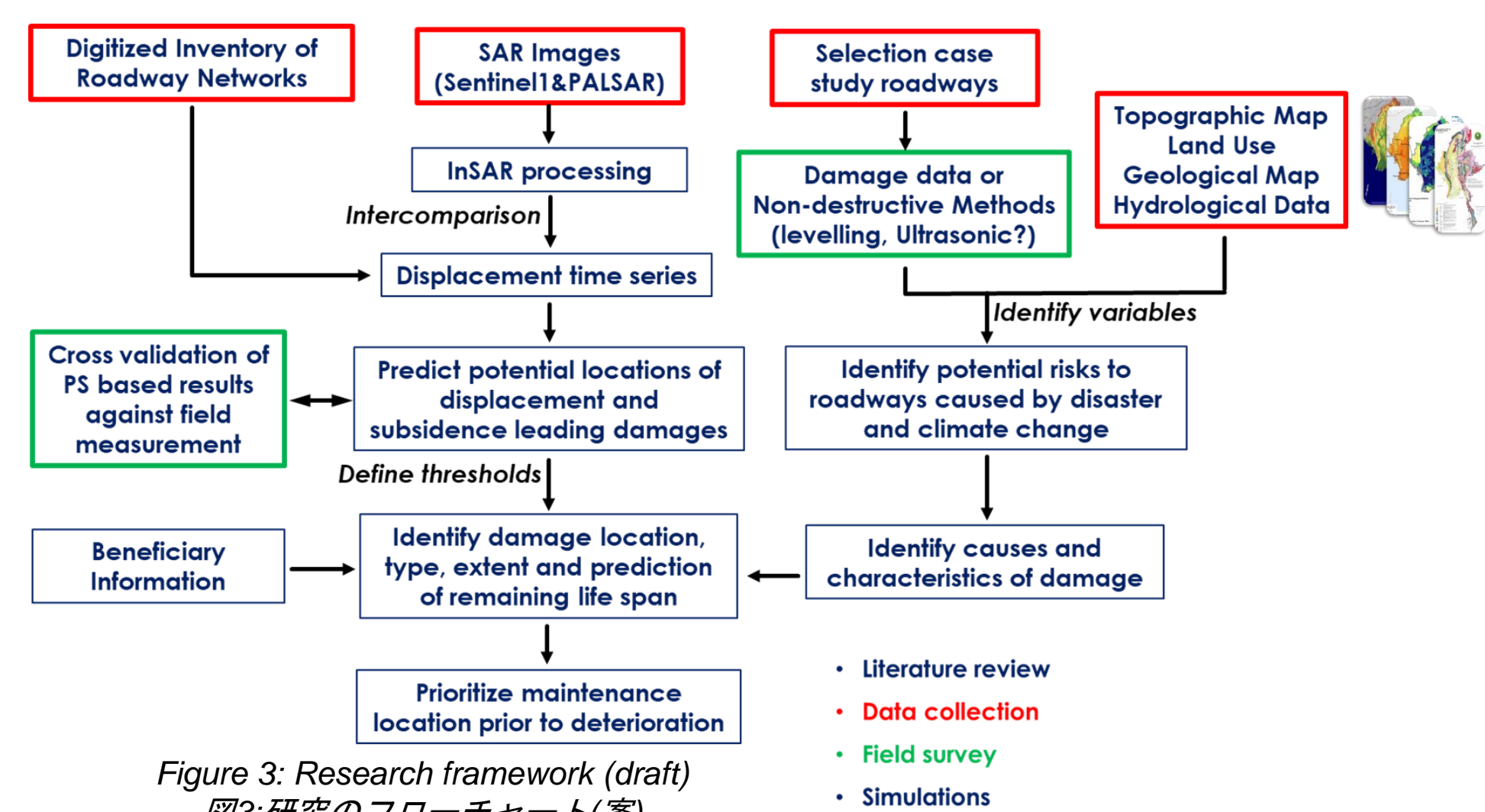


Figure 3: Research framework (draft) 図3: 研究のフローチャート(案)

### 5. Preliminary Result and Discussions これまでの結果と議論

#### Subsidence history

- DInSAR analysis with Sentinel-1 data revealed around 30~150mm/yr (Sentinel-1, Ascending orbit, 90 SAR images covering from Jan 2019 to Dec 2021).
- Effect of vegetation cover needs attention in C-band data (see comparison of vegetation on road in Fig-4).

#### 地盤沈下履歴

- Sentinel-1のデータを用いたDInSAR解析では、約30~150mm/年(Sentinel-1、アセンディング軌道、2019年1月から2021年12月までの90枚のSAR画像)が明らかになった。
- Cバンドデータでは植生被覆による影響に注意が必要である(図-4の道路上の植生の比較を参照)。

#### Current road surface condition

- Car body acceleration measurement was carried out in March 2023 and absolute vertical acceleration is calculated for each 0.125-mile segment as shown in Fig-5.

#### 現在の路面状況

- 車体加速度測定は2023年3月に実施し、図5に示すように0.125マイル区間ごとに絶対垂直加速度を算出した。

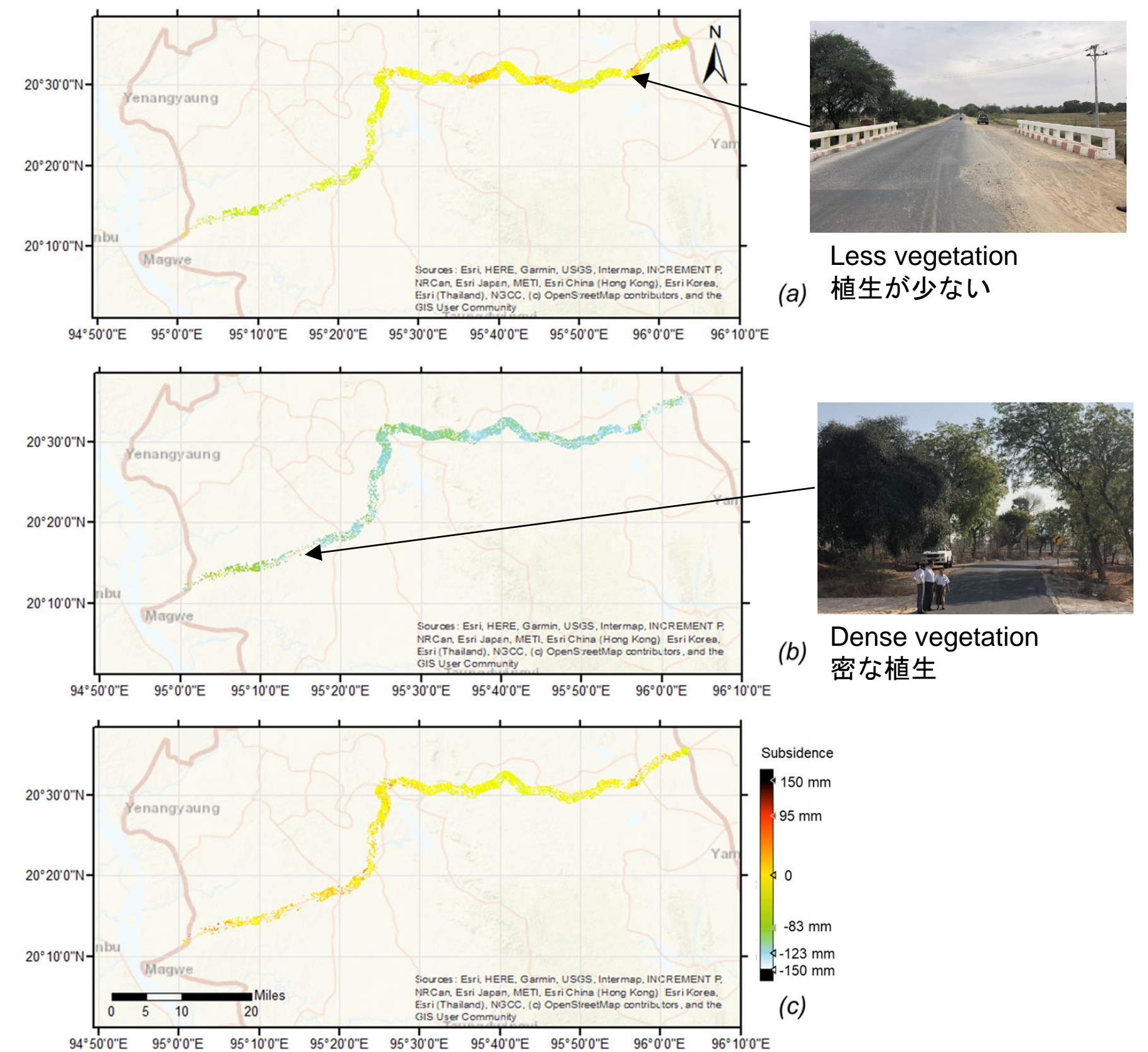


Figure 4: DInSAR derived subsidence for a duration of 1-year (a) 2019, (b) 2020, (c) 2021 図4:(a)2019年、(b)2020年、(c)2021年の1年間のDInSARから導かれた沈下情報

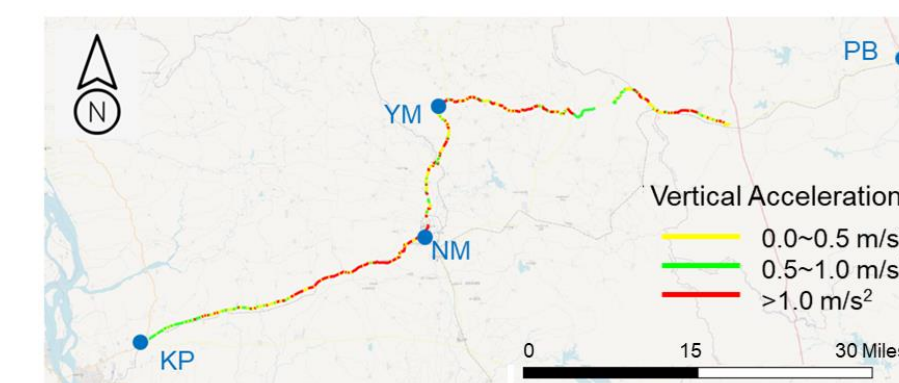


Figure 5: Absolute average of vertical acceleration along the road using iDRIMS 図5:iDRIMSを用いた道路の鉛直加速度の絶対平均値

Future Work:  
Current condition of road surface (IRI calculation)  
今後の仕事:  
路面の現状(IRI計算)

### 6. Future Works 今後の課題

- Time-series DInSAR simulations and validation with field data/ records
- More case studies for general conclusion
- 時系列DInSARシミュレーションと現地調査/記録データによる検証
- より一般的な科学的結論を得るための更なるケーススタディ

#### References 参考文献

- Hooper, A., Bekaert, D., Spaans, K., Arkan, M. 2012. "Recent advances in SAR interferometry time series analysis for measuring crustal deformation". *Tectonophysics*, 514–517, 1–13.
- Nagayama, T., Miyajima, A., Kimura, S., Shimada Y. and Fujino, Y. 2013. "Road condition evaluation using the vibration response of ordinary vehicles and synchronously recorded movies." *Proceedings of the SPIE Smart Structures and Materials+ Nondestructive Evaluation and Health Monitoring*, 86923A. Monitoring. International Society for Optics and Photonics.