



# Surface Movement Monitoring (SMM) based on High-Resolution TerraSAR-X Satellite Data

Operational Case Studies

DEFENCE AND SPACE

Dr. Jan Anderssohn

07 July 2017

**AIRBUS**

日本語訳



# 高解像度 TerraSAR-X データを用いた、 地表面変動モニタリング (SMM)

実利用例

DEFENCE AND SPACE

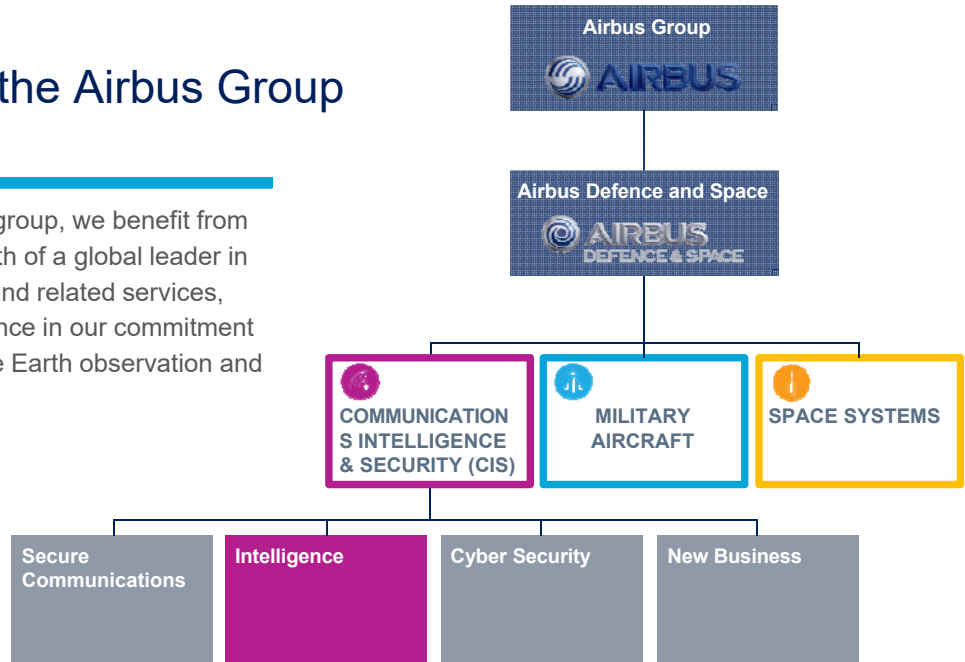
Dr. Jan Anderssohn

07 July 2017

**AIRBUS**

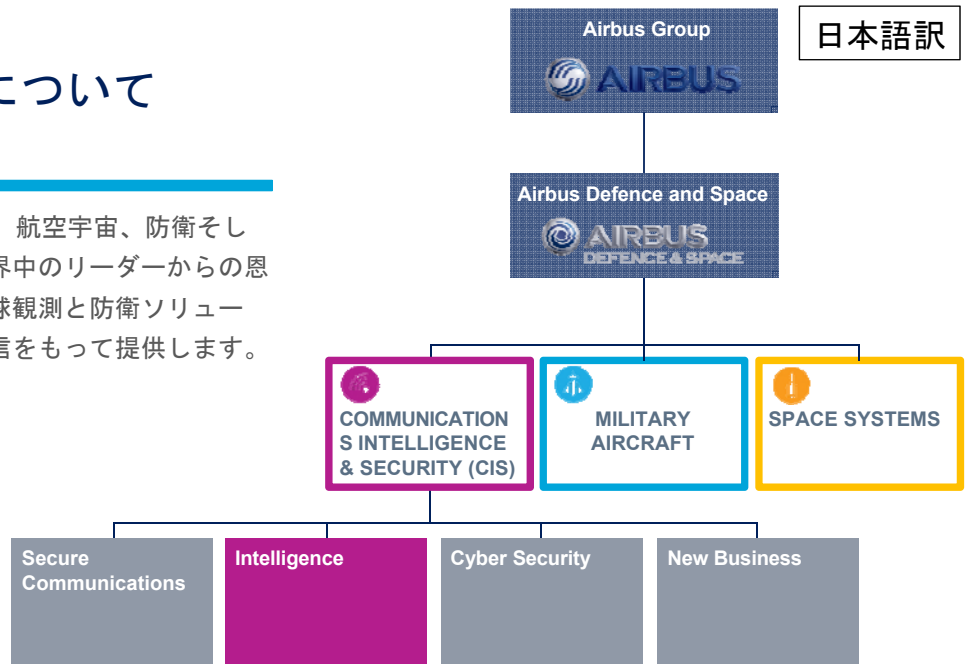
# The Power of the Airbus Group

As part of the Airbus group, we benefit from the power and strength of a global leader in aerospace, defence and related services, guaranteeing confidence in our commitment to provide sustainable Earth observation and defence solutions.



# Airbus Groupについて

Airbus Group として、航空宇宙、防衛そして関事業における世界中のリーダーからの恩恵を受けながら、地球観測と防衛ソリューションを確固なる自信をもって提供します。



日本語訳

# Serving Customers in Versatile Markets

Intelligence supports decision makers worldwide to increase security, boost performance, optimise mission planning and operations and improve management of natural resources.



Defence & Security



Oil, Gas & Mining



Avionics



Maritime Surveillance



National Planning



Forestry & Environment



Public Security



Location-Based Services



Agriculture

# 多様なマーケットにおける顧客へのサービス

日本語訳

意思決定者を支えるインテリジェンスは、セキュリティの増加、パフォーマンスの向上、ミッション計画の最適化、そして天然資源の管理を向上させます。



Defence & Security



Oil, Gas & Mining



Avionics



Maritime Surveillance



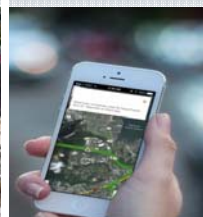
National Planning



Forestry & Environment



Public Security



Location-Based Services



Agriculture

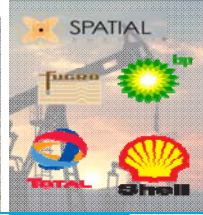


# Serving Customers in Versatile Markets

Intelligence supports decision makers worldwide to increase security, boost performance, optimise mission planning and operations and improve management of natural resources.



Defence & Security



Oil, Gas & Mining



Avionics



Maritime Surveillance



National Planning



Forestry & Environment



Public Security



Location-Based Services



Agriculture

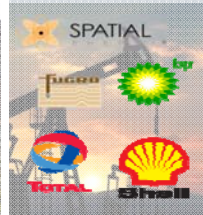
# 多様なマーケットにおける顧客へのサービス

日本語訳

意思決定者を支えるインテリジェンスは、セキュリティの増加、パフォーマンスの向上、ミッション計画の最適化、そして天然資源の管理を向上させます。



Defence & Security



Oil, Gas & Mining



Avionics



Maritime Surveillance



National Planning



Forestry & Environment



Public Security

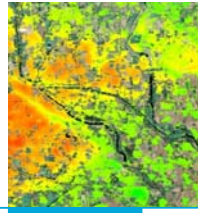


Location-Based Services



Agriculture

# Pioneering Earth Observation Data and Services



## SATELLITE IMAGERY

- Pléiades
- SPOT 6/7
- TerraSAR-X
- TanDEM-X
- DMC Constellation
- FORMOSAT-2

## MONITORING SERVICES

- GO Monitor
- GO Monitor Forest
- Global Seeps
- Geological Studies
- Surface Movement Monitoring
- Change Detection

## REFERENCE LAYERS

- WorldDEM™
- GEO Elevation
- SPOTMaps
- GEO GCPs
- Foundation Layers

## PLATFORMS & SOFTWARE

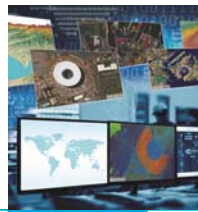
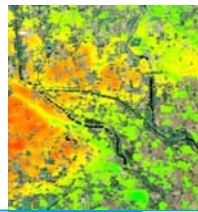
- Pixel & Street Factory™
- SAFEcommand™

## DATA ACCESS & MANAGEMENT

- GeoStore
- Direct Reception Services
- Data Management Solutions

日本語訳

# 先駆的な地球観測データとサービス



## 衛星画像

- Pléiades
- SPOT 6/7
- TerraSAR-X
- TanDEM-X
- DMC Constellation
- FORMOSAT-2

## モニタリングサービス 参照レイヤ

- GO Monitor
- GO Monitor Forest
- Global Seeps
- Geological Studies
- Surface Movement Monitoring
- Change Detection

- WorldDEM™
- GEO Elevation
- SPOTMaps
- GEO GCPs
- Foundation Layers

## プラットフォーム&ソフトウェア

- Pixel & Street Factory™
- SAFEcommand™

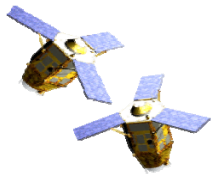
## データアクセス&マネージメント

- GeoStore
- Direct Reception Services
- Data Management Solutions

# Our Constellation - The Imagery that Suits You

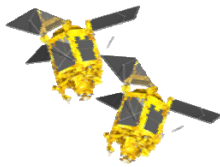
## Pléiades

- Very high resolution twin satellites [50cm]
- Daily revisit capacity and highly reactive tasking



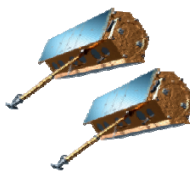
## SPOT 6/7

- High resolution twin satellites [1.5m]
- 60km swath for large-area coverage
- Daily revisit capacity



## TerraSAR-X TanDEM-X

- Radar satellite formation
- Various resolutions [0.25m to 40m] and scene sizes



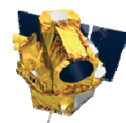
## DMC Constellation

- Vast daily collection capacity
- 600km swath for rapid coverage and revisit



## FORMOSAT-2

- Reactive 2m-res satellite
- Daily revisit capacity with the same viewing conditions



11 07 July, 2017 Surface Movement Monitoring (SMM) based on High-Resolution TerraSAR-X Satellite Data

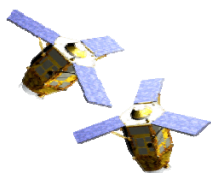
AIRBUS

日本語訳

# 当社のコンステレーション - 最適な画像を提供します

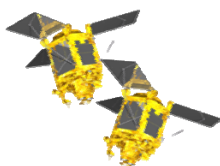
## Pléiades

- 高解像度双子衛星 [50cm]
- 毎日の撮影が可能で、高いタスキング対応能力



## SPOT 6/7

- 高解像度双子衛星 [1.5m]
- 60kmのスワ幅で広範囲撮影
- 毎日、撮影可能



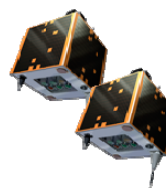
## TerraSAR-X TanDEM-X

- レーダー衛星フォーメーション
- 多様な空間解像度 [0.25m to 40m] とシーンサイズ



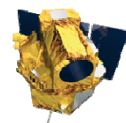
## DMC コンステレーション

- 日々の膨大な画像収集能力
- 600km スワ幅での高速なカバレッジと周期の回復能力



## FORMOSAT-2

- 2m-空間解像度衛星
- 毎日、同じビューイングでの撮影



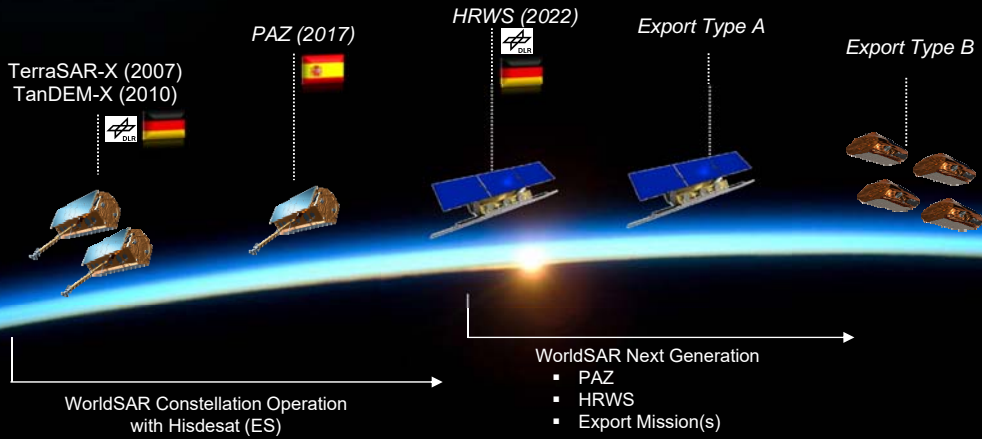
12 07 July, 2017 Surface Movement Monitoring (SMM) based on High-Resolution TerraSAR-X Satellite Data

AIRBUS



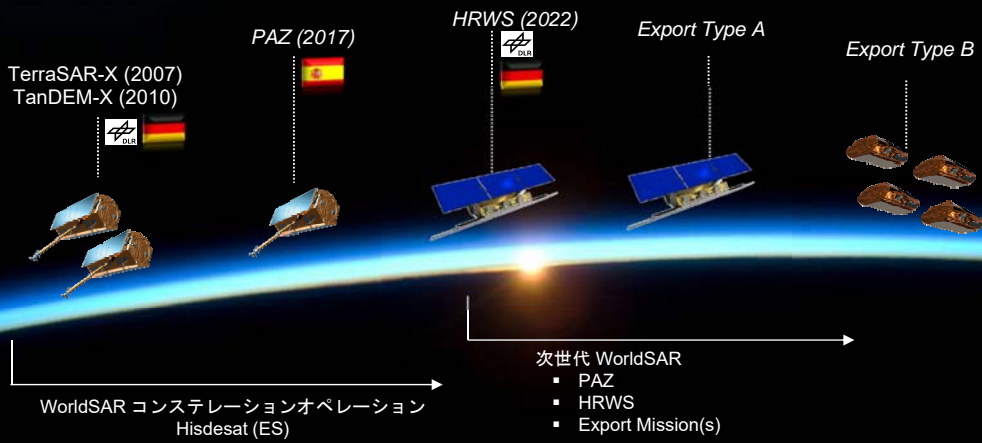
# WorldSAR Concept: Current and Future Missions

Airbus DS Intelligence Services & Space Systems Export



# WorldSAR コンセプト: 運用中と将来のミッション

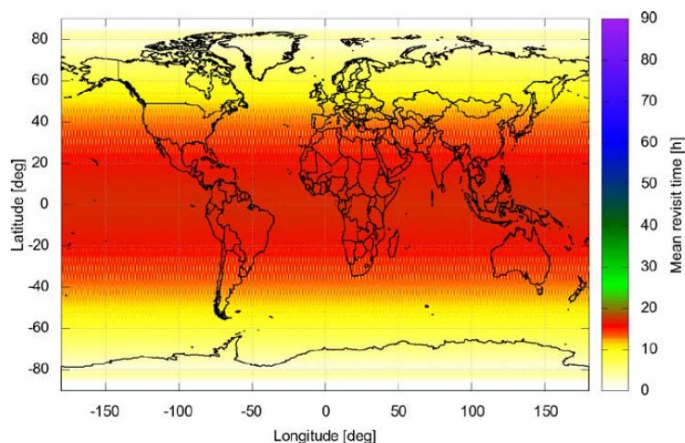
Airbus DS Intelligence Services & Space Systems Export



## TerraSAR-X / PAZ Constellation: Global Mean Revisit Time

### PAZ Features:

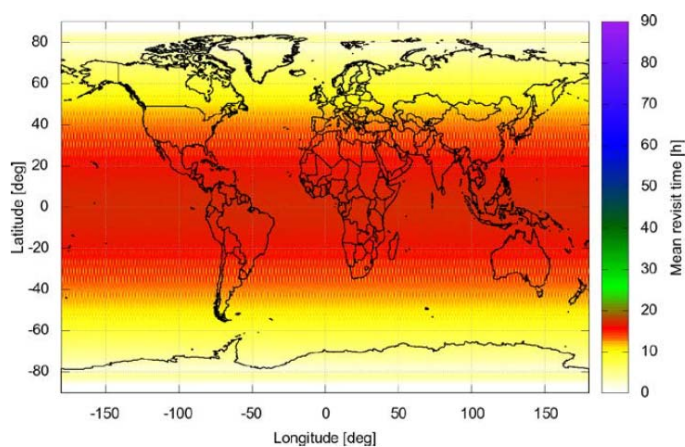
- Mission operated by Hisdesat (Spain)
- Launch: Q4 / 2017
- Operational: mid 2018
- Repeat cycle: 4/7 days
- Full constellation with TerraSAR mission
  - Identical modes
  - Synchronized data order



## TerraSAR-X / PAZ コンステレーション: Global Mean Revisit Time

### PAZ の特徴:

- 運用: Hisdesat (スペイン)
- 打上: Q4 / 2017
- 運用開始: 2018中旬
- 再帰サイクル: 4/7 日
- TerraSAR とのフルコンステレーションミッション
  - 同一モード
  - シンクロしたデータオーダ





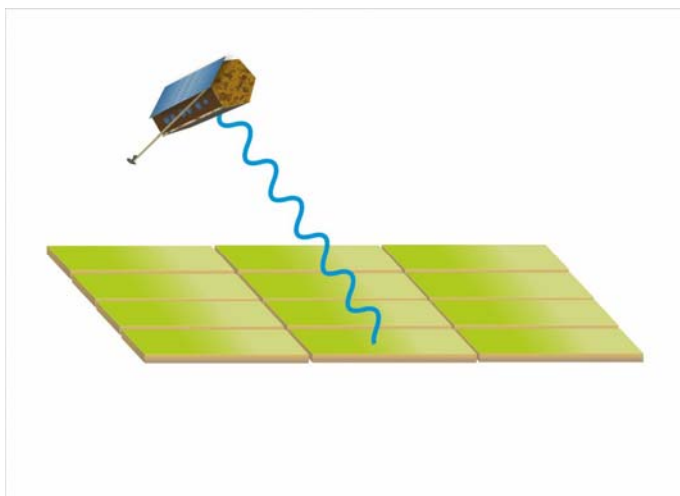
# Surface Movement Monitoring (SMM) Basics

日本語訳

# 地表面変動モニタリング(SMM) 基礎

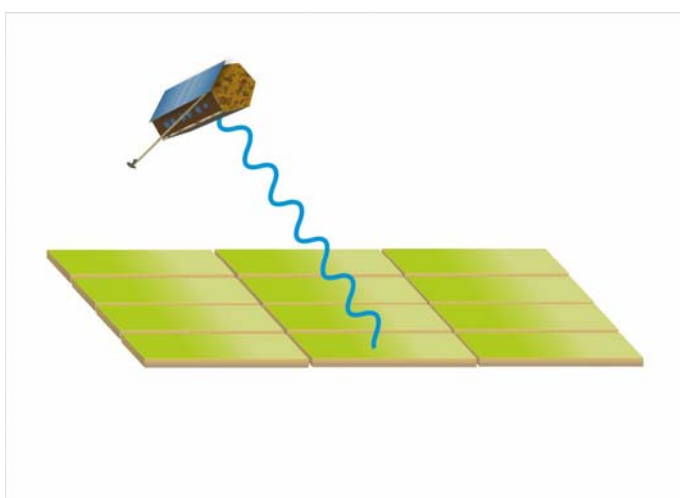
## Surface Movement Measurement Principle

- Comparing a pixel in a set of acquisitions at different times, the movement of the pixel within this period can be measured.
- The measurement direction is along the line of sight of the satellite sensor.
- Movements are indicated by a **path length difference**.



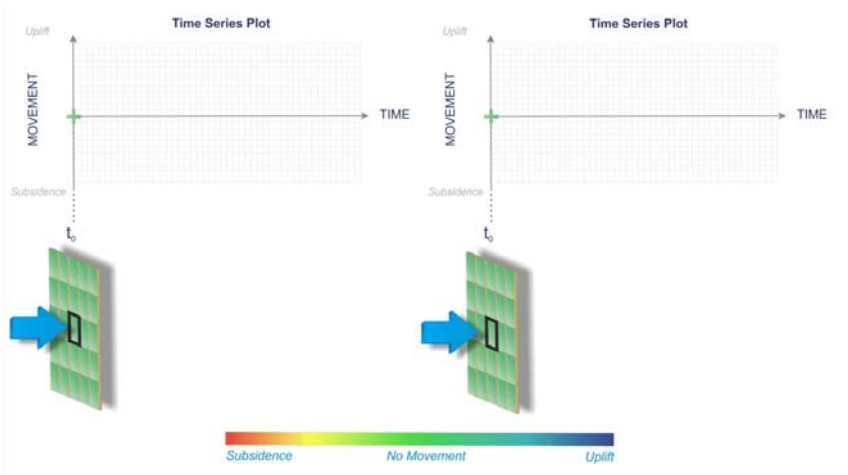
## 地表面変動モニタリングの原理

- 時系列で撮影された1ピクセルを異なる時間で比較することで、その期間の変動を測定することができます。
- 測定の方法は、衛星センサーの視線方向（LOS:Line of sight）となります。
- 測定される変動は、**視線方向の距離の違い**で示されます。



# Time Series of Surface Movement - 1

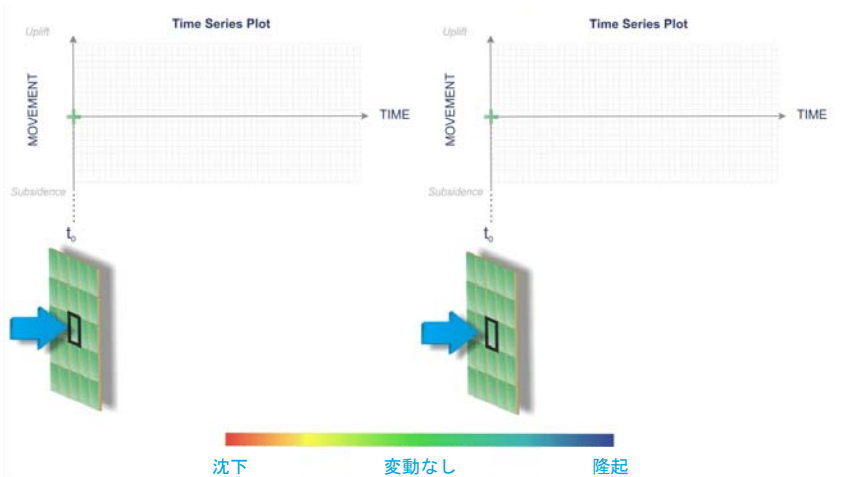
- If more than two acquisitions are made, time series of movement can be evaluated



21 07 July, 2017 Surface Movement Monitoring (SMM) based on High-Resolution TerraSAR-X Satellite Data

# 時系列の地表面変動 - 1

- 2時期以上の観測が行われた場合は、時系列の変動が評価できます。



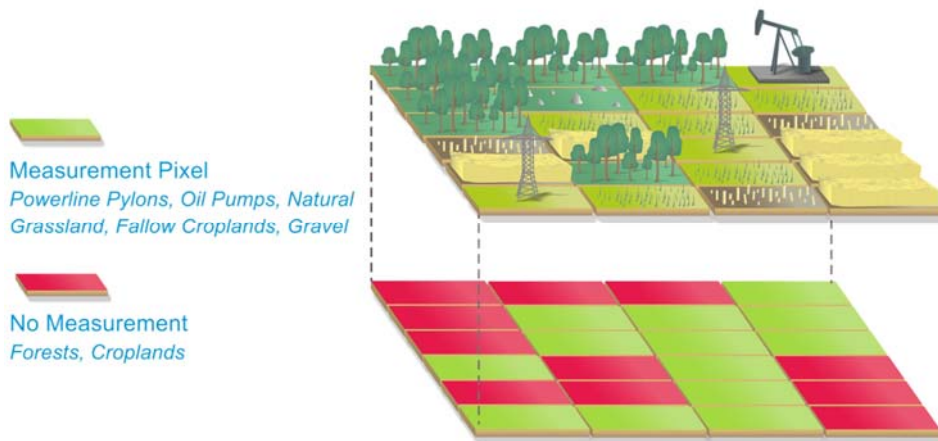
22 07 July, 2017 Surface Movement Monitoring (SMM) based on High-Resolution TerraSAR-X Satellite Data

日本語訳



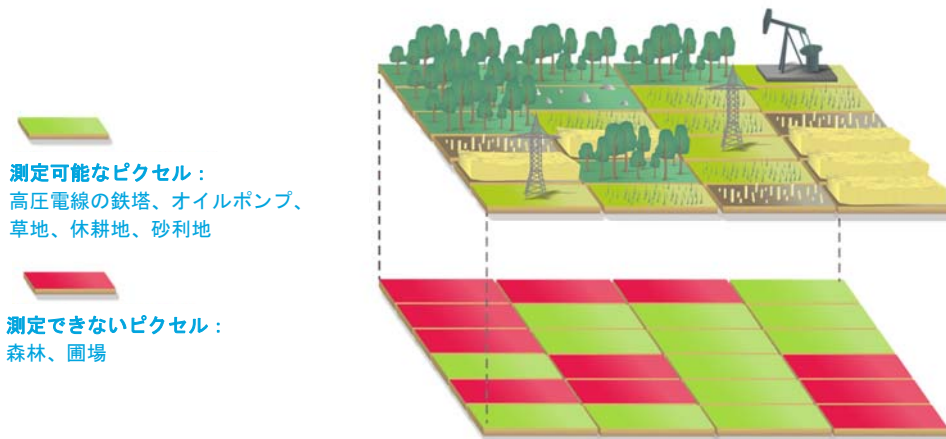
## Time Series of Surface Movement - 3

- Example of time series measurement pixels in a **rural** environment



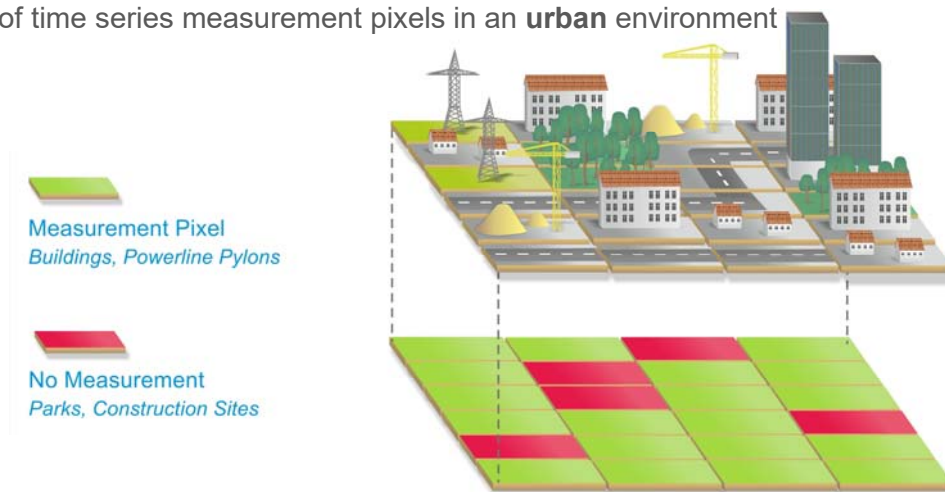
## 時系列の地表面変動 - 3

- 郊外での時系列変動測定のパixelの例



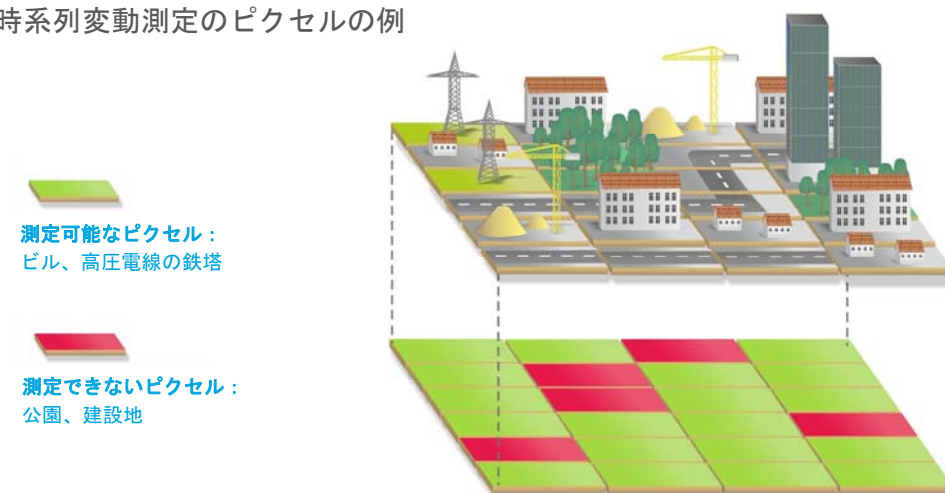
## Time Series of Surface Movement - 4

- Example of time series measurement pixels in an **urban** environment



## 時系列の地表面変動 - 4

- 都市での時系列変動測定のパixelの例



# Surface Movement Monitoring – Mosul Dam, Iraq

日本語訳

# 地表面変動モニタリング – モスルダム, イラク



# Mosul Dam, Iraq

Satellite based high resolution monitoring of terrestrial infrastructure

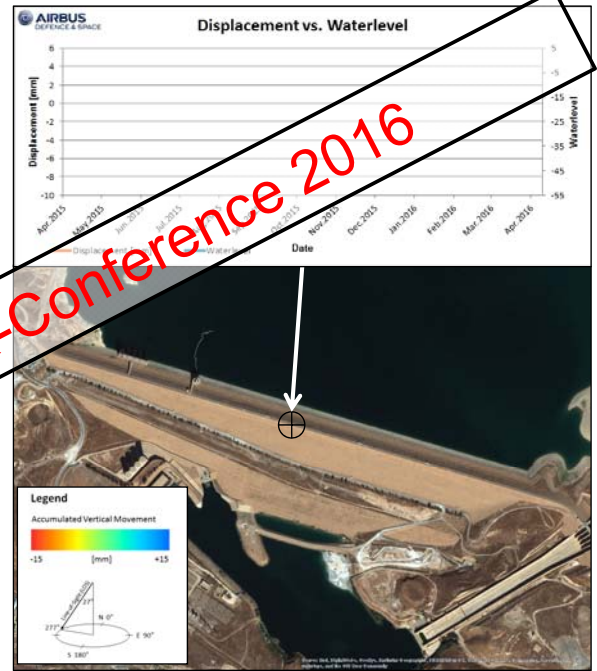
Precise estimation of surface movements

Remote measurements independent of local situation

High revisit time interval of few days

Cross correlation of movement time series with additional data

Shown at Harris SAR-Conference 2016



# モスルダム, イラク

衛星による地上インフラの高解像度観測

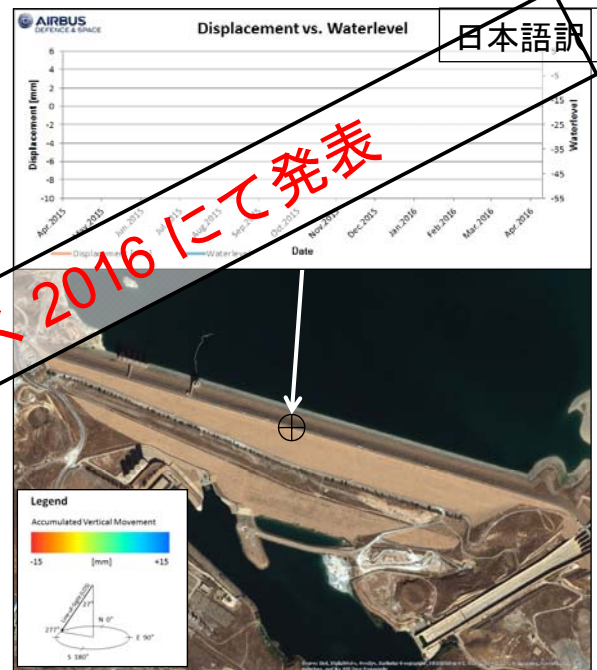
精密な地表面変動の推定

観測エリアの情勢に依存しない、遠隔からの測定

数日の間隔での高精度の観測

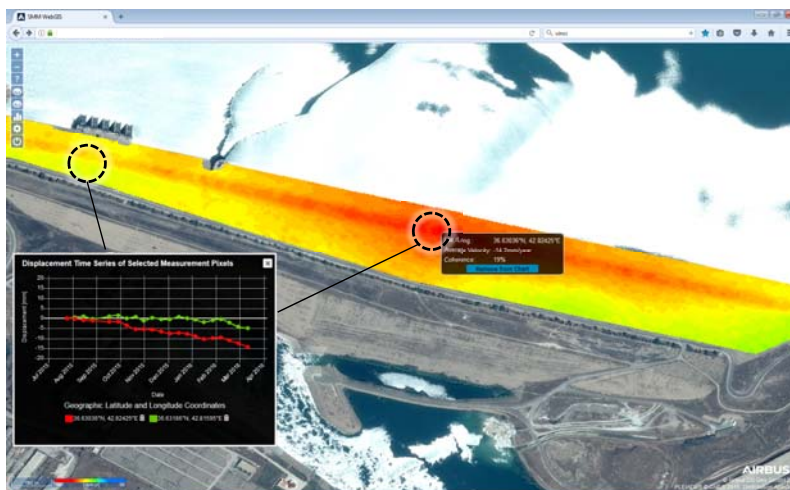
他のデータと時系列の変動結果の高い相関

SAR-カンファレンス 2016 にて発表



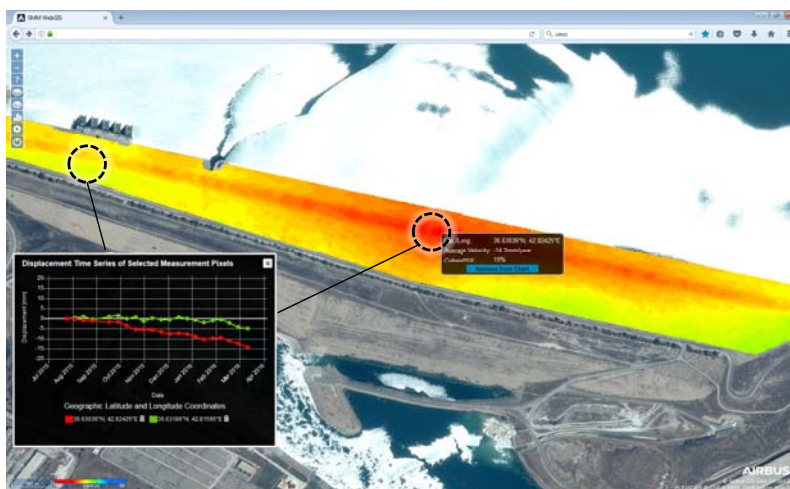
## Mosul Dam, Iraq

- SMM WebGIS
  - Web-Application (App)
  - Access via internet
  - Easy to handle
  - Provides information ready for decision makers



## モスルダム, イラク

- SMM WebGIS
  - ウェブアプリ (App)
  - インターネット経由のアクセス
  - 簡単な取扱い
  - 意思決定者のための情報として提供



# SMM WebGIS (Web-Application) & Data Mining

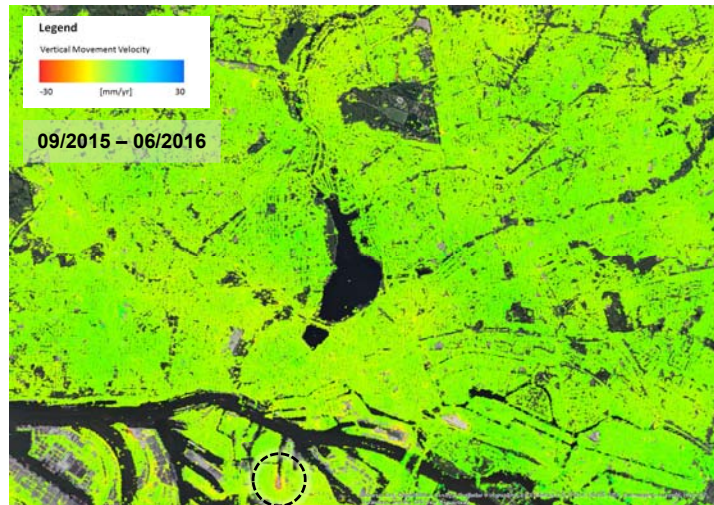
日本語訳

# SMM WebGIS (Webアプリ) & データマイニング



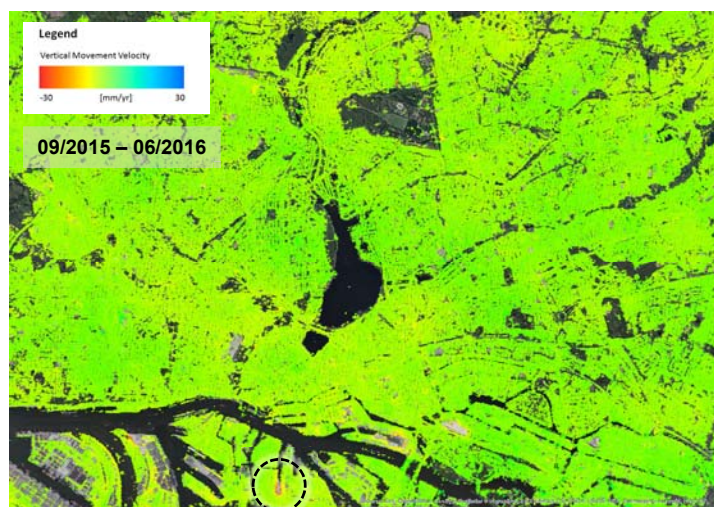
## SMM Result based on TerraSAR-X: Hamburg, Germany

- City-wide surface movement monitoring
- TerraSAR-X StripMap Mode Data
- High spatio-temporal resolution
- **>3 Million** measurement pixel



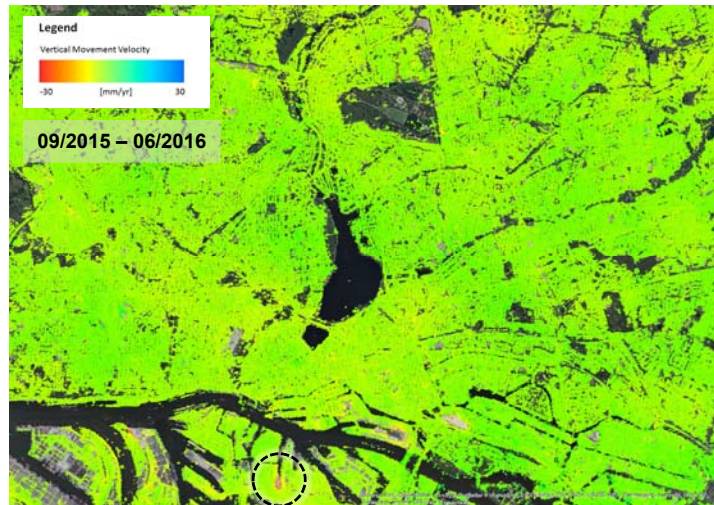
## TerraSAR-XによるSMMの結果: ドイツ, ハンブルク

- 都市全域の地表面変動モニタリング
- TerraSAR-X ストリップマップモードデータ
- 高時間分解能
- **300万点以上**の測定点



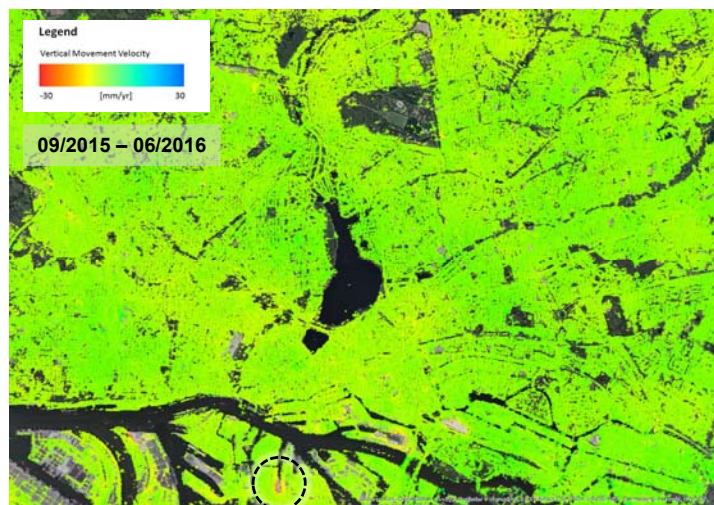
## SMM Result based on TerraSAR-X: Hamburg, Germany

- **Millions** of measurements to be evaluated
  - **Impossible** to be evaluated by human
  - **Required** information are buried in this data mass
- **Derivation** of required information
- Generalisation
  - Classification
  - Clustering



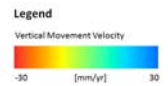
## TerraSAR-XによるSMMの結果: ドイツ, ハンブルク

- 数百万点の測定点
  - 人間による評価は不可能
  - 必要な情報はこの全体データに埋め込まれている
- 必要情報の導出
- 一般化
  - 分類
  - クラスタリング





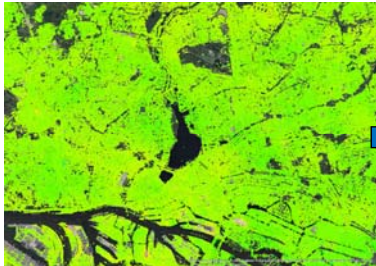
# Data Mining



Original Mass of Measurement

Assigned to Building Polygons

SMM WebGIS



> 3 Million Measurements

~0.16 Million Polygons

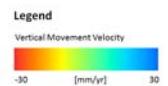
Web-Application

Mass Reduction

From Data to Information

# データマイニング

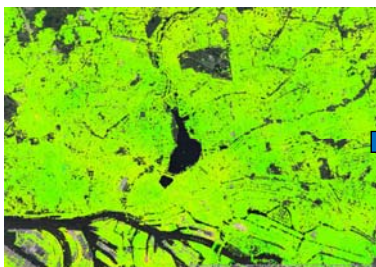
日本語訳



測定点全体

建物ポリゴンへの割当

SMM WebGIS



300万点以上

16万程度のポリゴン

Webアプリ

データ量減少

データから情報へ

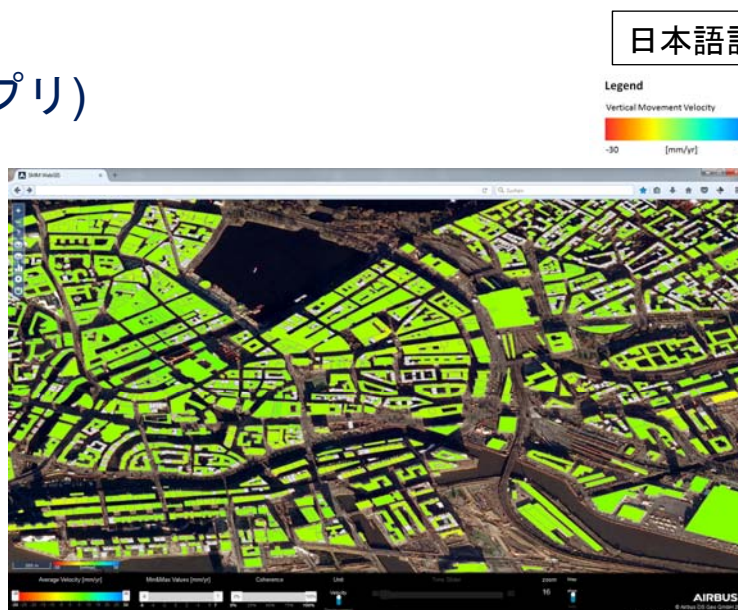
## SMM WebGIS (Web-Application)

- Generalisation and clustering of measurement mass
- Allocation of measurement to houses
- No additional software required
- Easy to handle (intuitive)
- Analytic tools



## SMM WebGIS (Webアプリ)

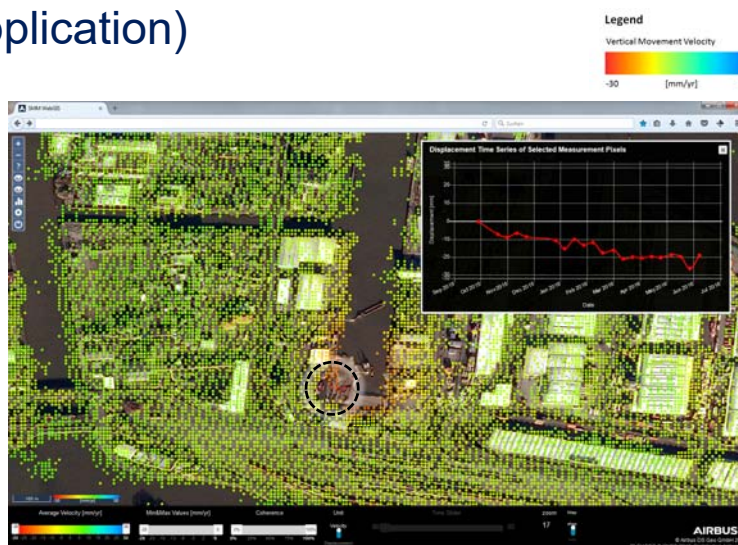
- 測定点全体の一般化とクラスタリング
- 測定点から建物への割当
- 追加ソフトウェアの必要なし
- 直感的で扱いやすい
- 分析ツール





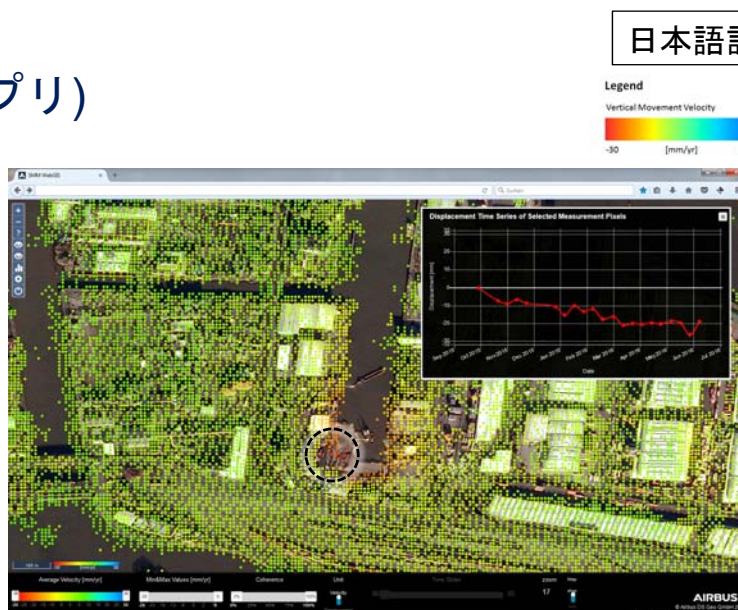
## SMM WebGIS (Web-Application)

- At higher zoom level full resolution measurement available
- Individual measurements can be analysed
- Provides information ready for decision makers



## SMM WebGIS (Webアプリ)

- より高いズームレベルでのフル解像度測定が可能
- 個々の測定点の分析が可能
- 意思決定者のための情報として提供



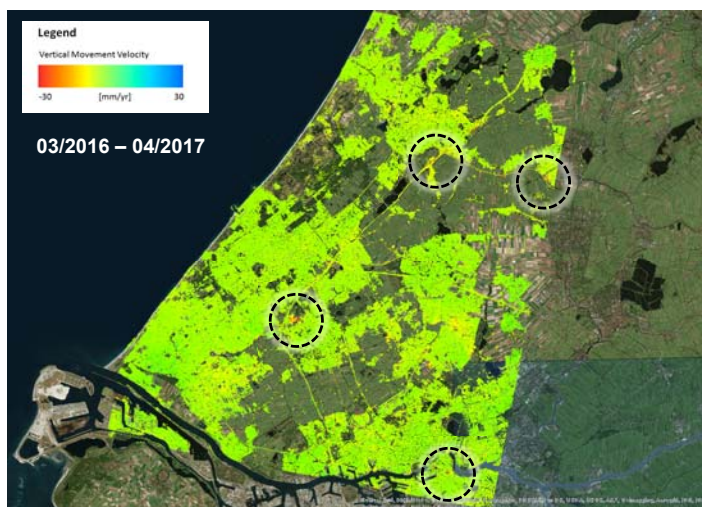
# TerraSAR-X vs. Sentinel-1

日本語訳

# TerraSAR-X と Sentinel-1

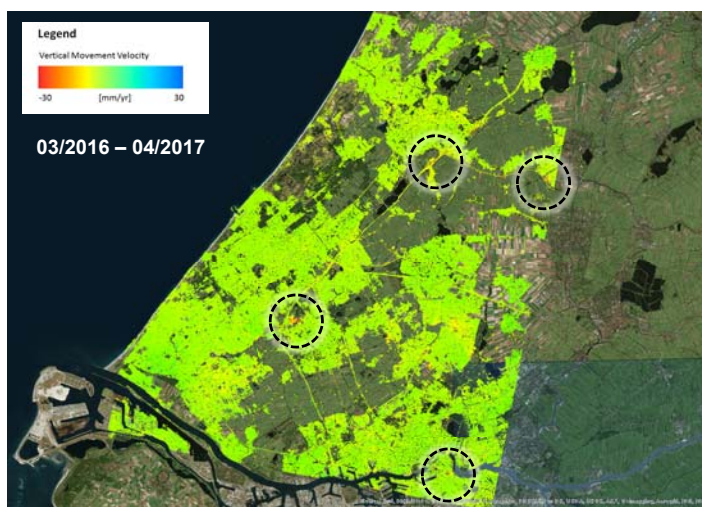
## SMM Result based on TerraSAR-X: SBAS

- Colour coded representation of vertical movement velocity [mm/yr]
- Illustrates progressive surface movements
- Measurement pixels only available over non-vegetative areas like houses, roads, railways, bridges, dams, ...
- Hot-spots identified



## TerraSAR-XによるSMM結果: SBAS

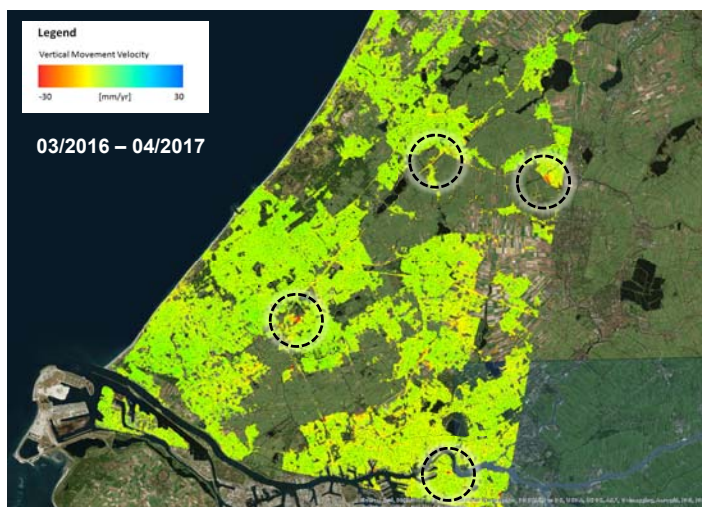
- 垂直変動速度[mm/yr]のカラー分布図
- 地表面の変動を表している
- 測定点は家、道路、鉄道、橋などの非植生地域
- 注目すべき点が特定される





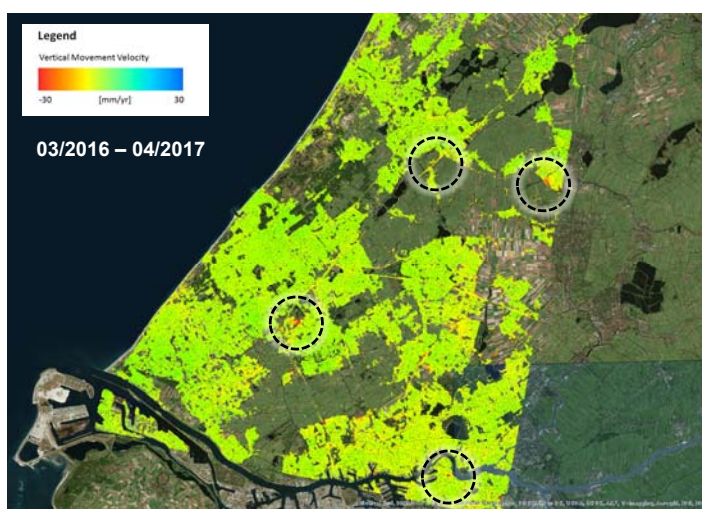
## SMM Result based on Sentinel-1: SBAS

- Colour coded representation of vertical movement velocity [mm/yr]
- Illustrates progressive surface movements
- Measurement pixels only available over non-vegetative areas like houses, roads, railways, bridges, dams, ...
- Hot-spots identified



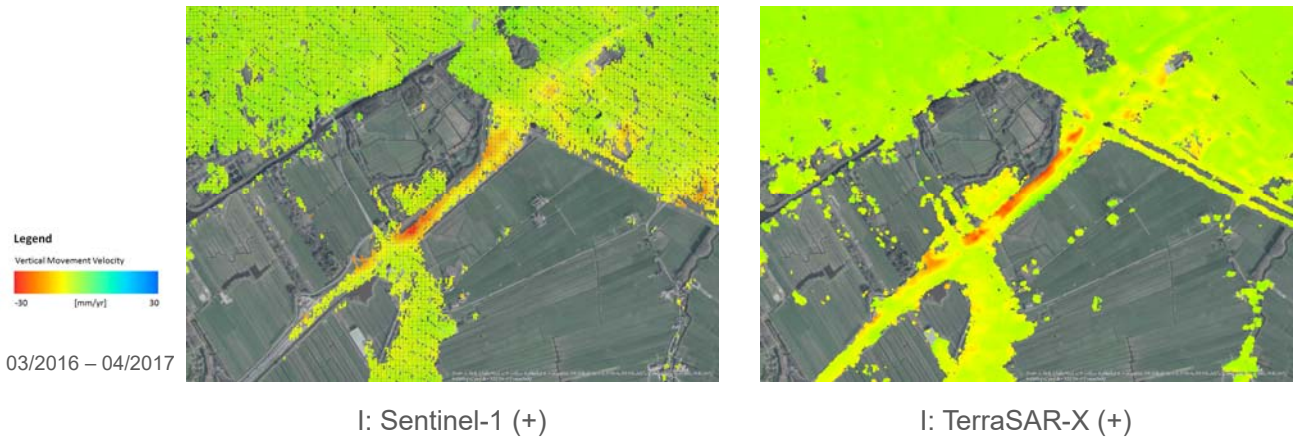
## Sentinel-1によるSMM結果: SBAS

- 垂直変動速度[mm/yr]のカラー分布図
- 地表面の変動を表している
- 測定点は家、道路、鉄道、橋などの非植生地域
- 注目すべきエリアが特定される





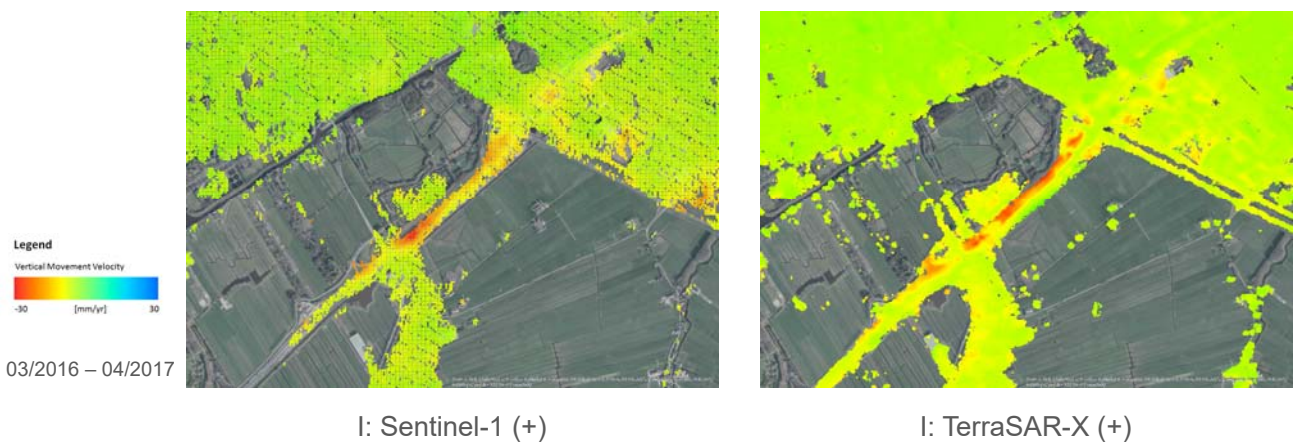
# SMM Result Comparison: Sentinel-1 vs. TerraSAR-X



Subsidence of recent built traffic lane

日本語訳

# SMM結果の比較: Sentinel-1 vs. TerraSAR-X



最近建設された道路の沈下

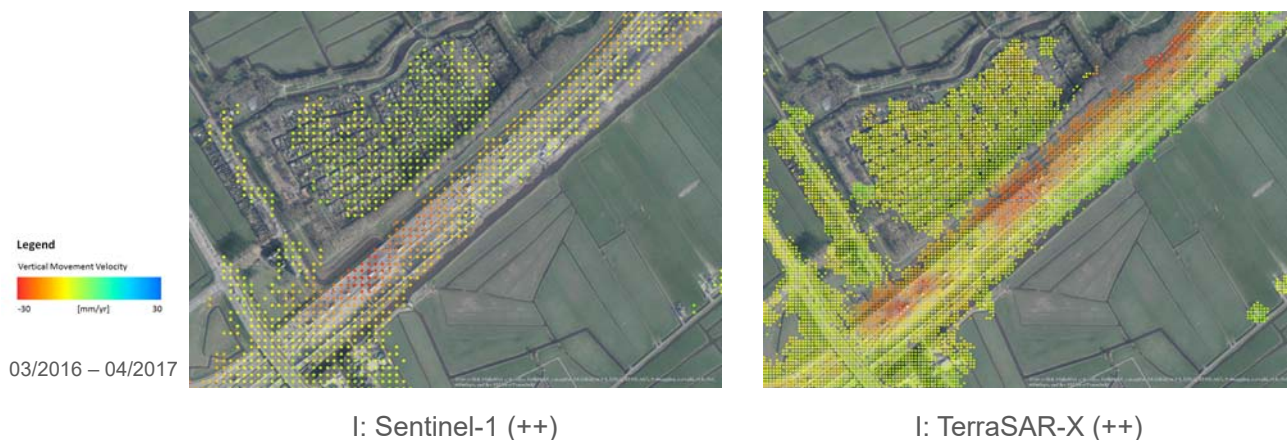
# SMM Result Comparison: Sentinel-1 vs. TerraSAR-X



Subsidence of recent built traffic lane

日本語訳

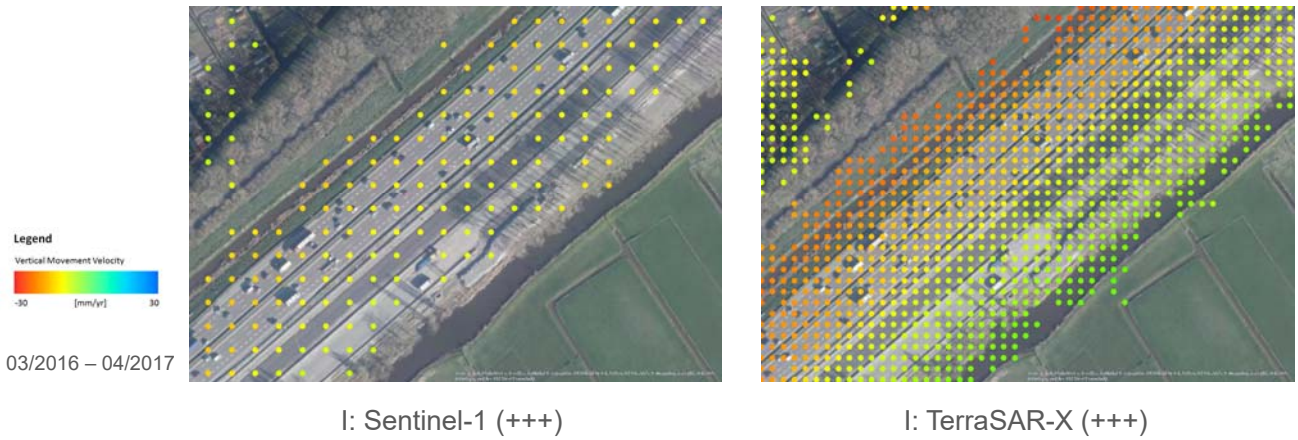
# SMM結果の比較: Sentinel-1 vs. TerraSAR-X



最近建設された道路の沈下



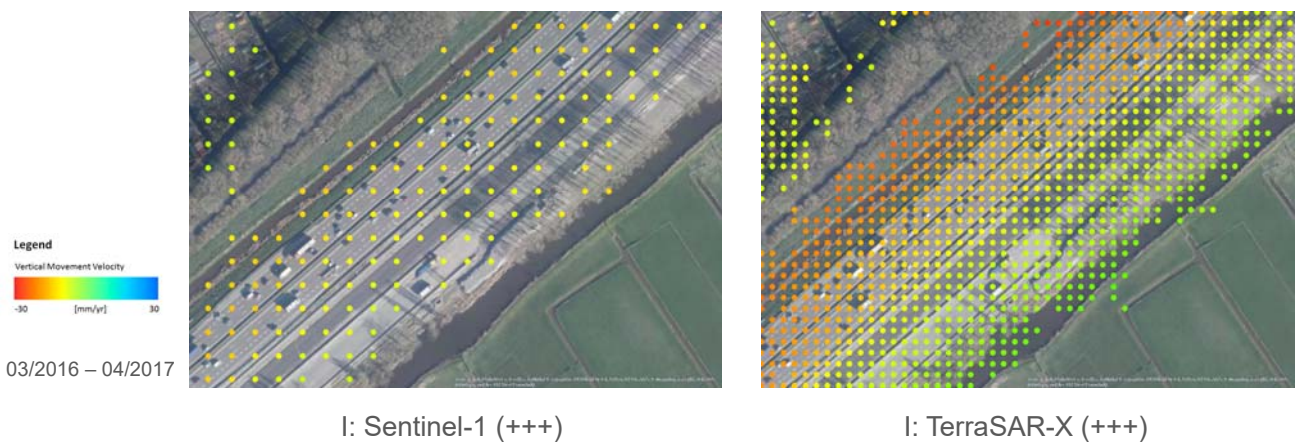
# SMM Result Comparison: Sentinel-1 vs. TerraSAR-X



Subsidence of recent built traffic lane

日本語訳

# SMM結果の比較: Sentinel-1 vs. TerraSAR-X



最近建設された道路の沈下

# SMM Result Comparison: Sentinel-1 vs. TerraSAR-X



II: Sentinel-1 (++)



II: TerraSAR-X (++)

## Railway Monitoring

日本語訳

# SMM結果の比較: Sentinel-1 vs. TerraSAR-X



II: Sentinel-1 (++)



II: TerraSAR-X (++)

## 鉄道モニタリング



## SMM Result Comparison: Sentinel-1 vs. TerraSAR-X

### Conclusion

#### ❖ Sentinel-1

- suitable for large-scale (overview) monitoring ✓
- suitable for hotspot identification ✓
- not suitable for single object/hotspot monitoring (e.g. railway, roads) ✗

#### ❖ TerraSAR-X

- suitable for single object/hotspot monitoring (e.g. railway, roads) ✓
- suitable for precise measurements ✓
- suitable for civil engineering/surveying ✓

## SMM結果の比較: Sentinel-1 vs. TerraSAR-X

### 結論

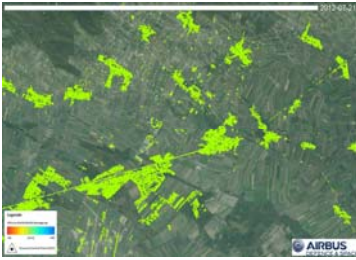
#### ❖ Sentinel-1

- 概要を把握するモニタリングに適しています。 ✓
- 注目すべき点を特定することに適しています。 ✓
- 単一オブジェクト(例: 鉄道、道路)や注目すべき点のモニタリングには適していません。 ✗

#### ❖ TerraSAR-X

- 単一オブジェクト(例: 鉄道、道路)や注目すべき点のモニタリングには適しています。 ✓
- 精密な測定に適しています。 ✓
- 土木/測量に適しています。 ✓

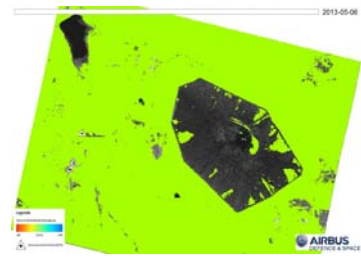
Oil & Gas: Austria



Mining: Germany



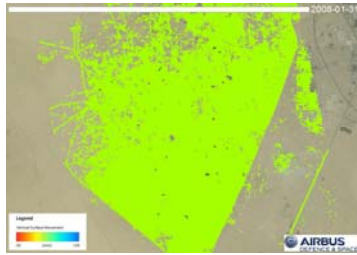
Mining: South Africa



Civil Engineering: Germany



Oil & Gas: Kuwait



Civil Engineering: Germany



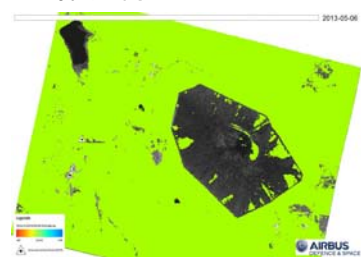
油田・ガス田: オーストラリア



採鉱: ドイツ



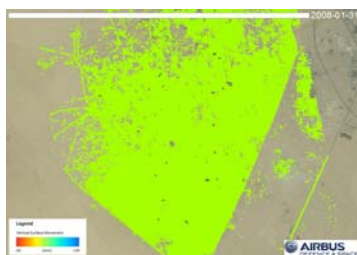
採鉱: 南アフリカ



土木: ドイツ



油田・ガス田: クェート



土木: ドイツ



日本語訳

# SMM - Tokyo Gate Bridge

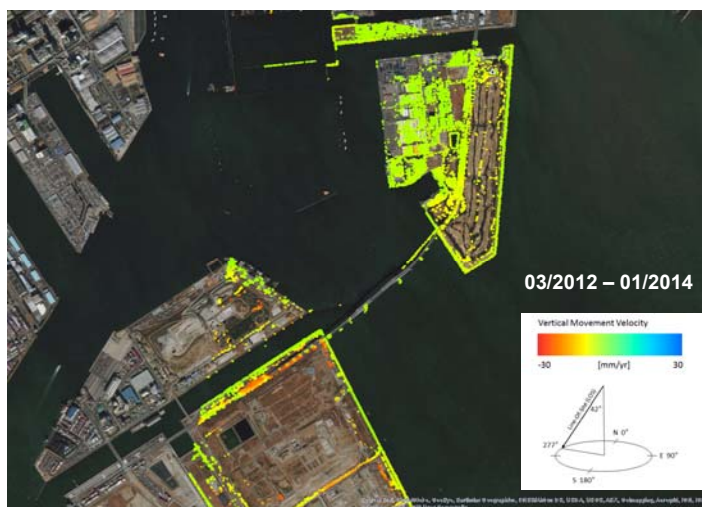
日本語訳

# SMM - 東京ゲートブリッジ

## SMM - Tokyo Gate Bridge

- Persistent Scatterer Interferometry (PSI)
- Reclaimed land shows significant subsidence
- Thermal dilatation of the bridge cause loss of PS point

→ **Home work for 2018:**  
estimation of PS points along the bridge

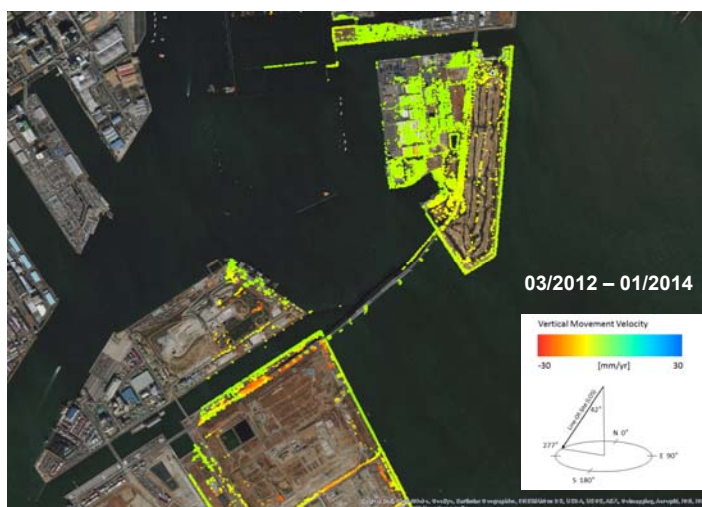


日本語訳

## SMM – 東京ゲートブリッジ

- PS干渉解析(PSI)
- 埋立地は著しい沈下を示す
- 橋のPS点欠落は熱膨張によるもの

→ **2018年への課題:** 現在欠落している橋へのPS点の推定





Dr. Jan Anderssohn

Airbus

Platz der Einheit 14, 14467 Potsdam, Germany

T +49 331 237 484 22

F +49 331 237 484 27

M +49 172 375 579 4

E [jan.anderssohn@airbus.com](mailto:jan.anderssohn@airbus.com)

©Airbus 2017

**AIRBUS**

日本語訳

Dr. Jan Anderssohn

Airbus

住所 : Platz der Einheit 14, 14467 Potsdam, Germany

電話 : +49 331 237 484 22

FAX : +49 331 237 484 27

携帯 : +49 172 375 579 4

メール : [jan.anderssohn@airbus.com](mailto:jan.anderssohn@airbus.com)

©Airbus 2017

**AIRBUS**