

平成 21 年度 第 3 回災害リモートセンシング技術の標準化と高度化に関する研究委員会

話題提供資料

- ・「被災地の衛星画像分析のためのスペクトルライブラリの整備」(越村俊一)
- ・「デジタル空中写真測量に基づく新潟県中越沖地震における建物倒壊の把握」(丸山喜久)
- ・「Estimation of Building Damage Ratio due to the 2010 Haiti Earthquake Using PALSAR Images」
(松岡昌志)

被災地の衛星画像分析のための スペクトラルライブラリの整備

東北大学大学院工学研究科
株式会社ビジョンテック
東北大学大学院工学研究科

越村 俊一
岡田周平
萱場 真太郎

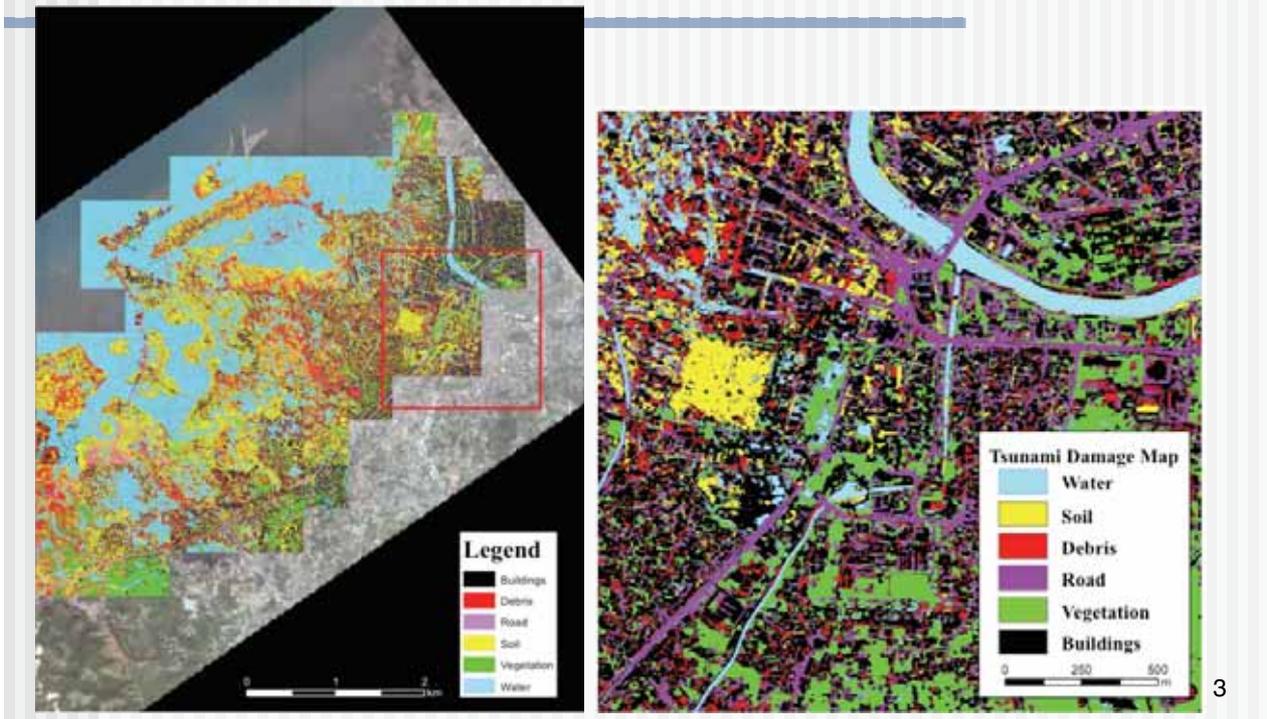
1

40番やりました



2

衛星画像解析による被災地マップ



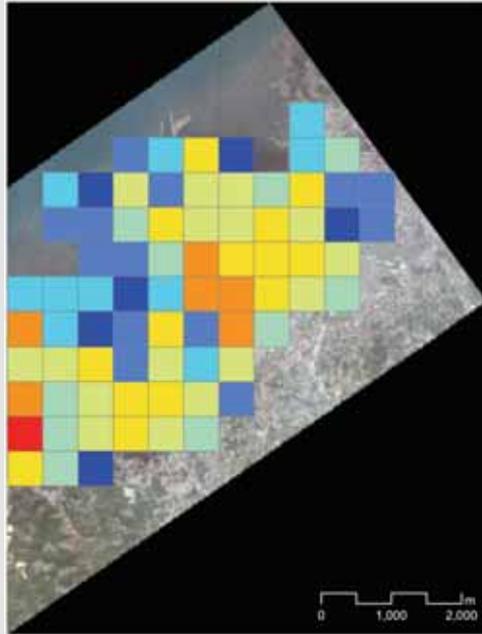
3

分類精度

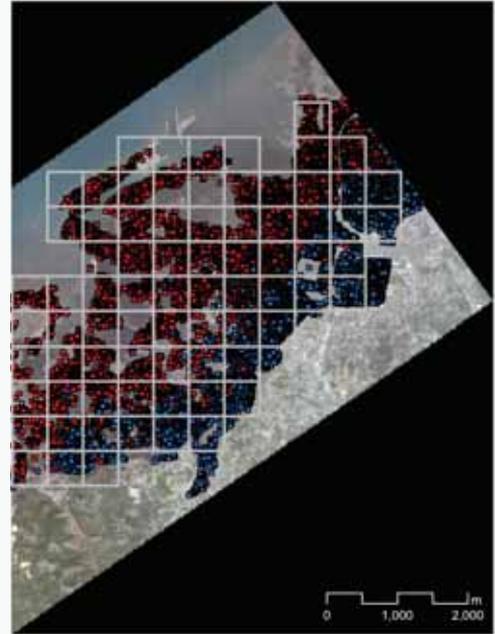
	水没域	土砂域	瓦礫域	植生域	道路	建造物	\bar{A} [%]
μA [%]	76.9	68.1	79.3	96.9	57.3	74.2	77.1
ρA [%]	77.8	69.7	82.5	76.2	100	75.2	

4

瓦礫の面積と建物破壊率

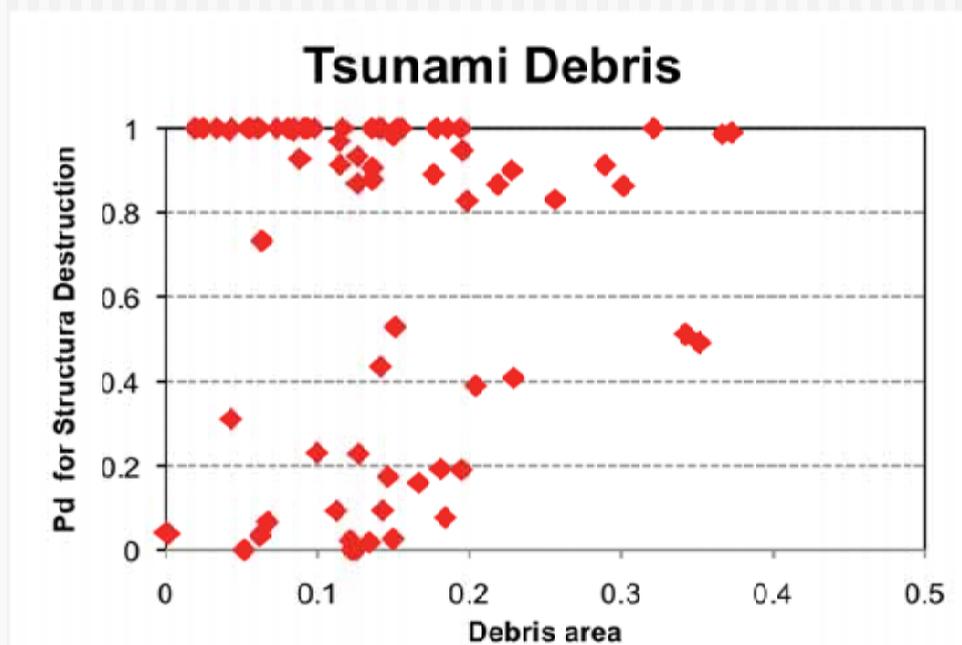


瓦礫域と
実被害の
関係



5

瓦礫域の面積と建物破壊率



6

分光観測とスペクトラルライブラリ

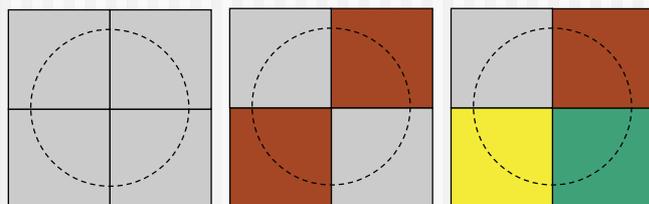
- 津波被災地を模した箱庭を作成し，対象物毎の分光特性やミクセル解析のためのスペクトラルライブラリを整備する
- 機材：
 - スペクトルカメラ：ADC3, TETRACAM社製
 - 分光放射計：MS-720, 英弘精機製



箱庭作成

黒色のプラスチックケース（32cm×23.5cm×5.5cm）を用いて箱庭を作成．
ケースの配置により面積比率を変更

- コンクリート（モルタル）
- レンガ
- トタン
- 木板
- 豊浦砂，黒土
- 芝



観測条件

- 室内観測（暗室）
- 一定光源
- センサ俯角固定（45, 60, 75, 90度）
- 地表物形状（板状, 破碎）
- 面積比率の固定（25, 50, 75, 100%）

9

観測風景



10

スペクトルカメラによる反射率 ヒストグラム

- 3000×3000ピクセルの画素をサンプルとして抽出
- バンド毎(G, R, NIR)に分割した画像からヒストグラムを作成



11

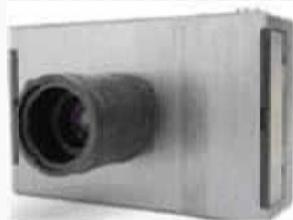
Spectroradiometer (Eiko MS720)

Specification (MS720)

Spectral range	350 – 1050 nm
Spectral resolution	10 nm

Specification (ADC3)

Sensor	3.2 megapixel CMOS sensor (2048 x 1536 pixels)
Spectral range	Green, Red and NIR



12

デジタル空中写真測量に基づく 新潟県中越沖地震における建物倒壊の把握

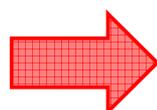
丸山 喜久

千葉大学

研究の背景と目的

地震被害を早期に把握するために空中写真は有効な手段である。
しかし屋根の見た目に変化の少ない場合、写真から直接把握することは難しい。

以前よりも短時間で空中写真測量が行えるようになった。



地震前後の デジタル空中写真から建物高さを取得し、その差分から建物倒壊を把握する。



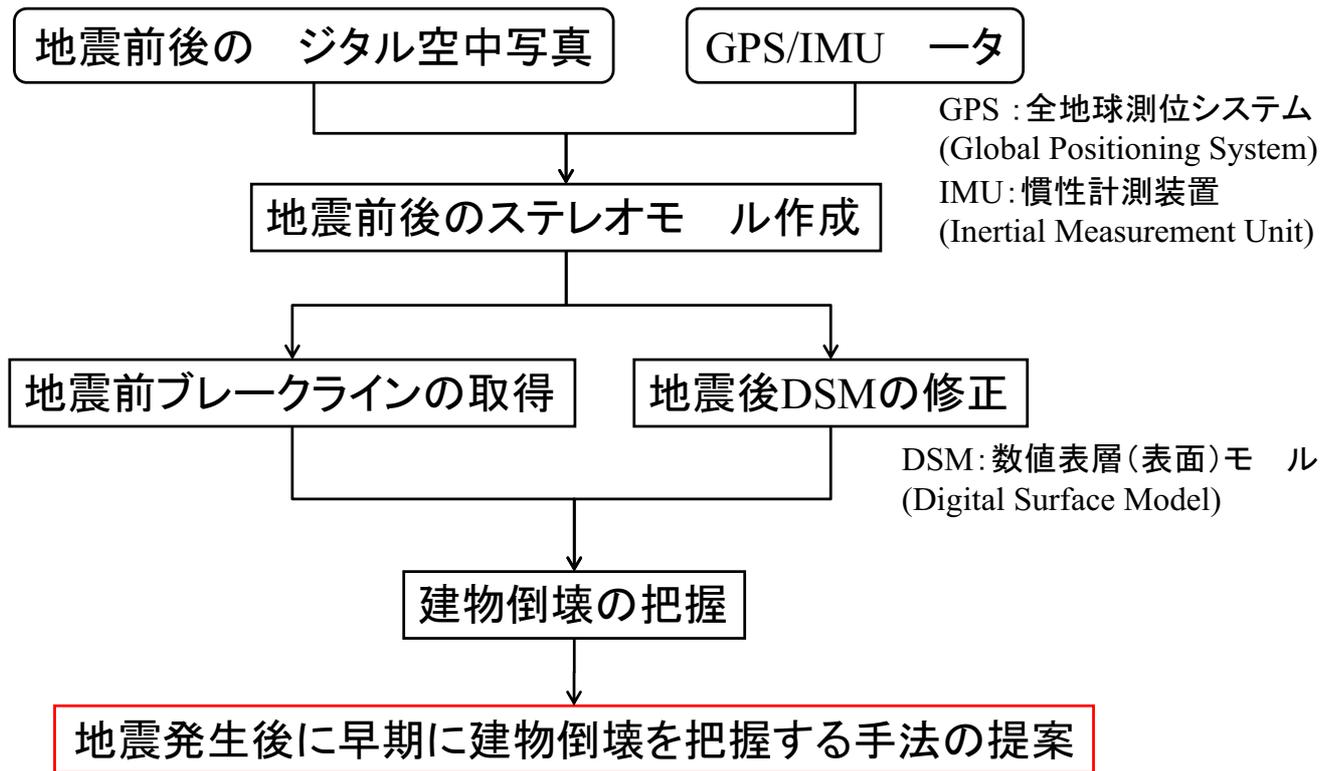
現地写真



空中写真

新潟県中越沖地震において1階部分が崩壊した家屋

研究の流れ



3

対象地域: 新潟県柏崎市



4

使用した空中写真

地震前(柏崎市提供)

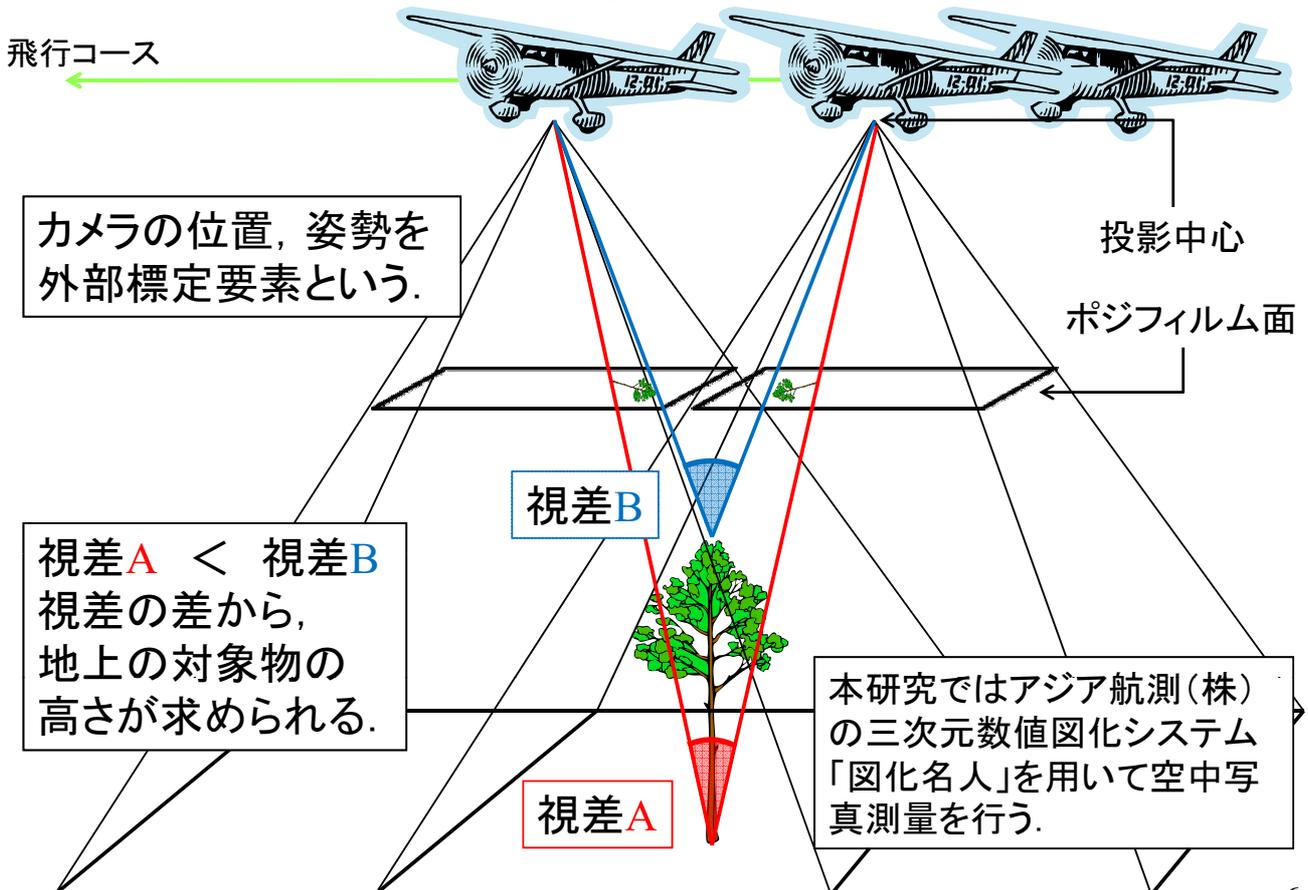
地震後(アジア航測(株)提供)



	地震前	地震後
撮影日	2007年4月27日	2007年7月19日
使用カメラ	UltraCam D	Digital Mapping Camera
地上解像度	約0.16m	約0.12m
飛行高度	約1890m	約1220m
対象画像	C2-1439~1443	C4-0010~0015
GPS/IMU ータ	同時調整済み	直接定位のみ

5

空中写真測量とは



6

GPS/IMUによる外部標定要素

①撮影時(直接定位)

地震後

- GPS受信機・・・位置と速度を測定.
- IMU(慣性計測装置)・・・加速度と角速度を測定.

②撮影後(同時調整)

地震前

- 電子基準点の 一タを用いてブロック調整を行う.



電子基準点



航空カメラに
取り付けられたIMU

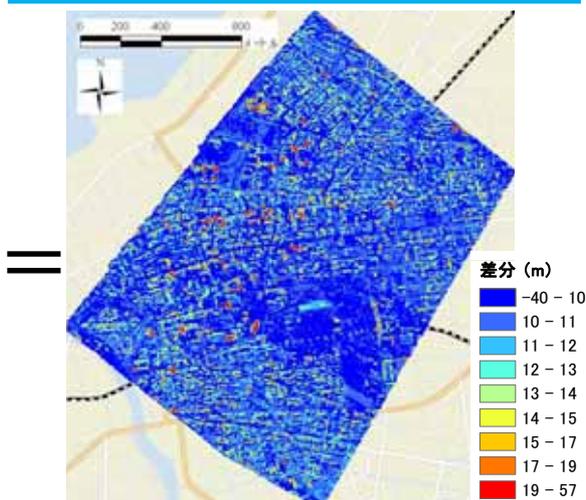
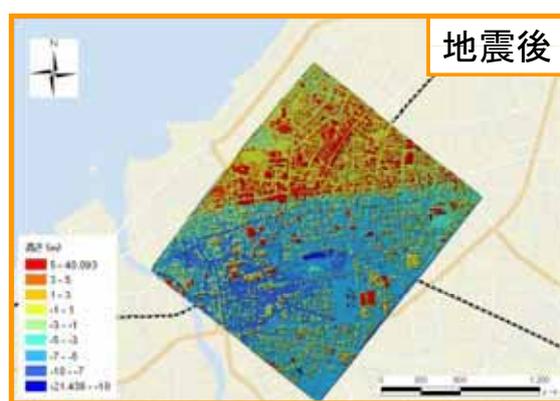
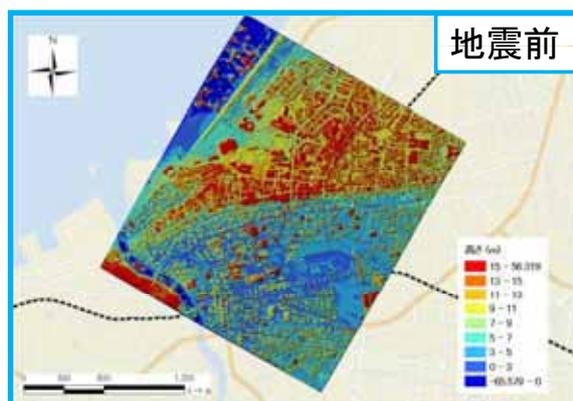
国土地理院ホームページより

<http://www.gsi.go.jp/>

地震の直後では地盤変位の影響で基準点 一タの使用に制限が
かかり、同時調整が実施できないことも多い。

7

自動計測によるDSM

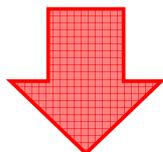


直接定位のみの外部標定要素だけでは正確なステレオモデルは作成できなかった。

基準点(地上座標が既知の点)を用いたバンドル標定による、外部標定要素の調整(同時調整)が必要。

8

- 地震前ステレオモデル上で明瞭な地物の地上座標を計測し、**基準点**(標定点)とする。
- 通常の基準点よりも精度が劣るため、通常よりも多数の点を用いて調整する。



基準値以内の精度で調整計算を行うことができ、より適切なステレオモデルが作成できた。



地震前のモデル上で座標を計測



地震後の画像に基準点として入力

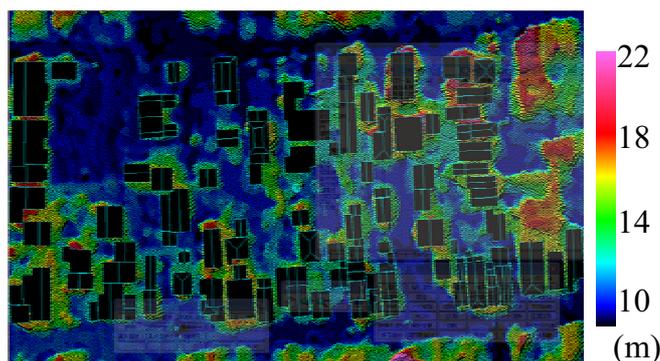
DSMの計測方法

- 自動標高取得法
 - ほぼ全自動で計測することができ、**短時間**で実施可能。
 - 誤計測を5～30%含み、人工物の形は再現できない。

地震後のモデル

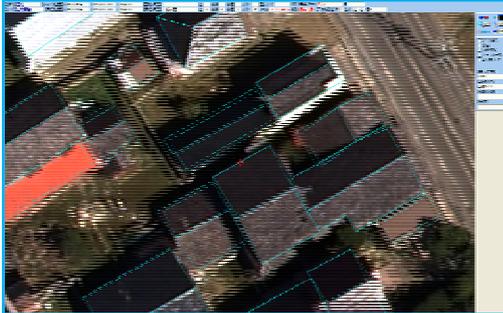
- ブレークライン取得法
 - 標高が急激に変化する部分を手動で取得。
 - 高精度になるほど**作業量が増加**。

地震前のモデル

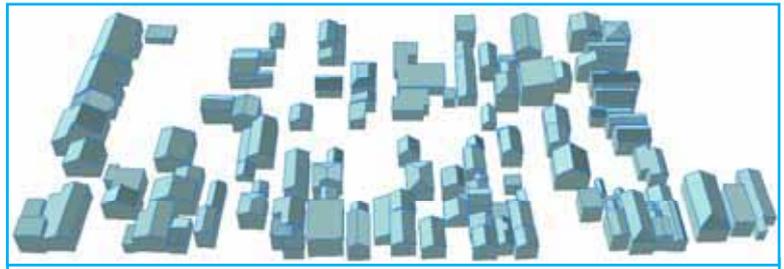


自動計測点とブレークライン

ブレイクライン取得法による地震前DSMの修正



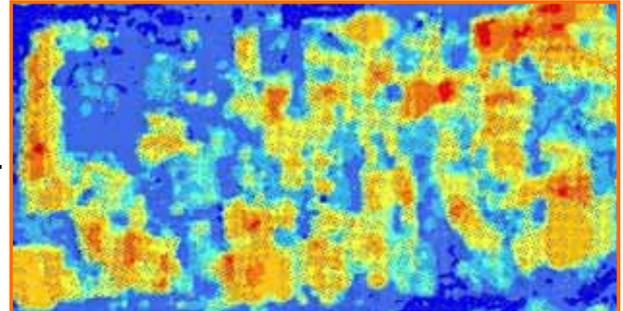
図化機で建物輪郭を計測



ブレイクラインより作成した3次元建物モデル



地震前ブレイクラインを与えたTIN
(Triangulated Irregular Network)



地震後の自動計測DSM

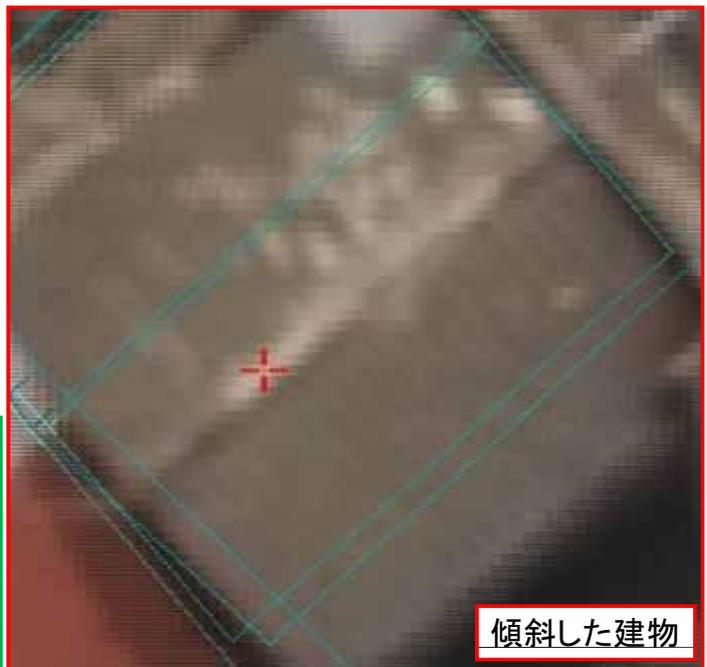
11

ブレイクラインと地震後ステレオモデル

12



無被害建物



傾斜した建物

地震前のブレイクラインを利用することで、比較的容易に地震後のブレイクラインも取得できる。

抽出結果

ブレイクライン — 自動計測



即時性を重視

ブレイクライン — ブレイクライン



理論上の正解(即時性に劣る)

2.5m以上標高値が減少した箇所
(一階層3mに、倒壊後の瓦礫を考慮)

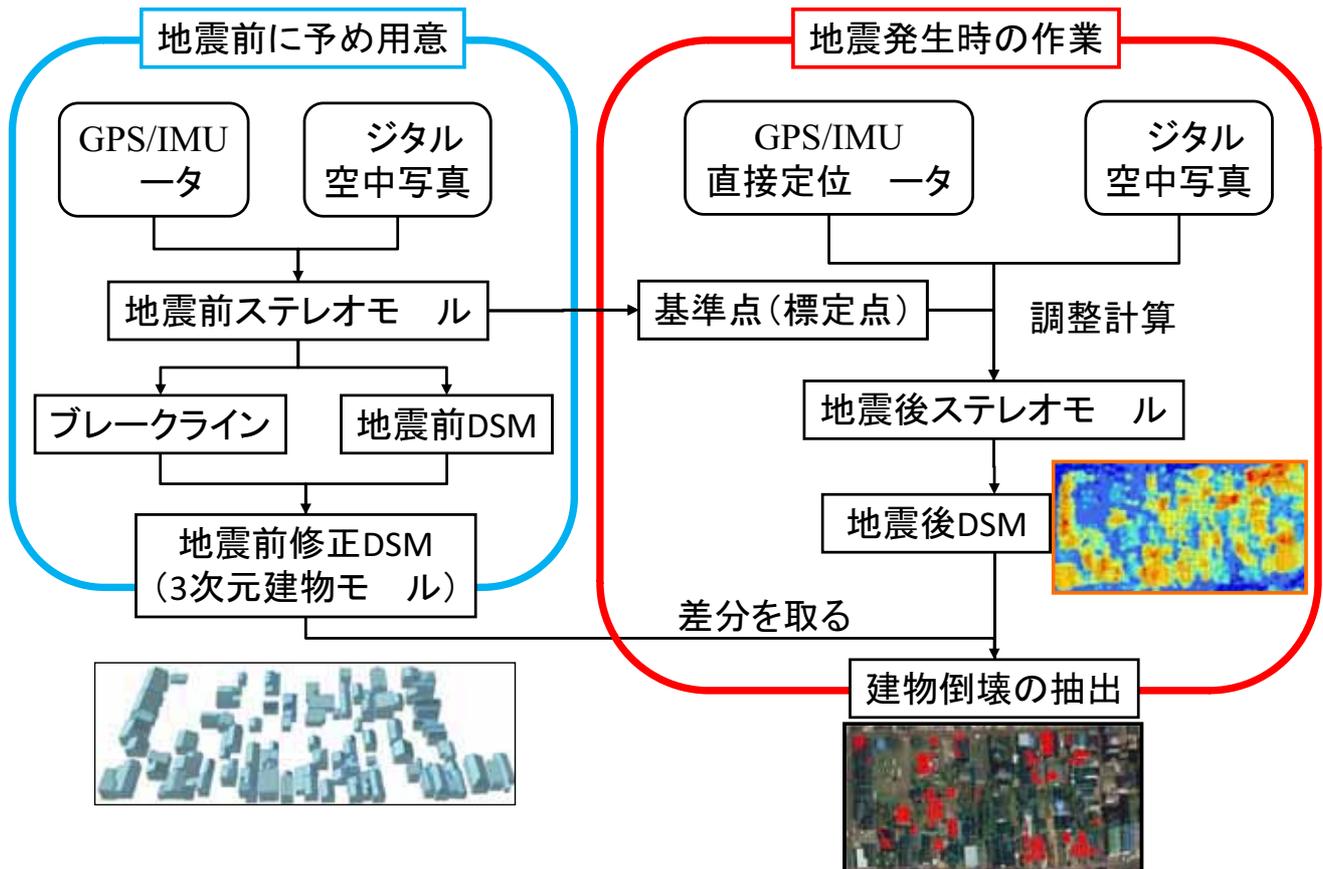


目視判読結果

13

早期に建物倒壊を把握する手法

14



まとめと今後の課題

- 空中写真測量を行い、**地震前後のDSMの差**から建物倒壊の抽出を試みた。
- 精確な同時調整が行えない地震災害時においても、**地震前ステレオモル**を計測し**基準点を得る**ことで、即時性を損わずにDSMを構築することが可能。
- 地震前に予めブレイクラインを取得しておけば、**地震発生後、早期に建物倒壊を把握**できる。

- これまでに研究されている、ピクセルやオブジェクトの特徴量をもとにした抽出手法と組み合わせることで、建物被害把握法の高度化を図る。

Estimation of Building Damage Ratio due to the 2010 Haiti Earthquake Using PALSAR Images

M. Matsuoka
AIST, Japan

Information Flow

Data acquisition



Change detection/identification
(visual, image processing, ..)



Damage evaluation/quantification
(**damage ratio**, numbers, magnitude, volume, ...)

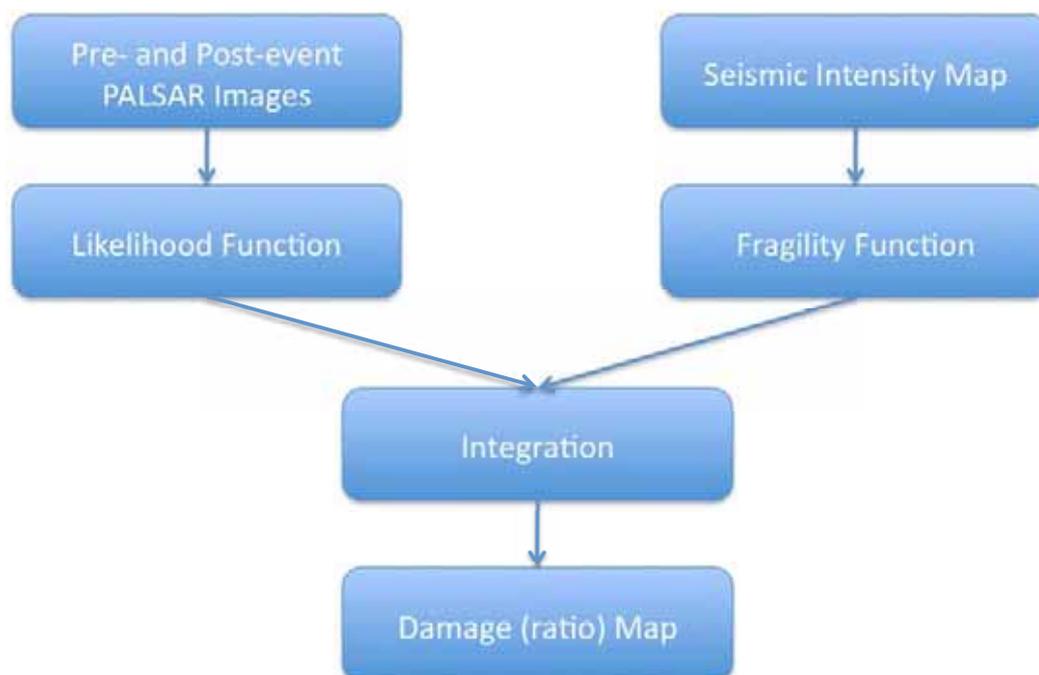


Decision making and response

Background and Objective

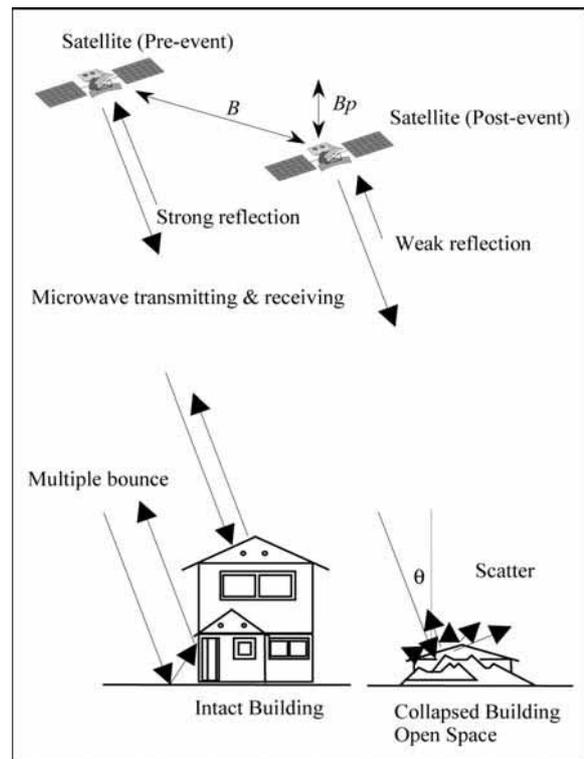
- For quick and stable estimation of damaged buildings due to earthquakes using PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar) loaded on the ALOS satellite, suitable damage estimation model is needed.
- We already developed not only C-band but also L-band SAR-based damage estimation model with integration of seismic intensity information (Nojima et al. 2006, Matsuoka and Nojima 2009).
- In this study, the model is applied to PALSAR images taken over the areas affected by the 2010 Haiti earthquake.

Processing Flow



Change Detection Index from SAR

- ✓ Image matching
- ✓ Speckle noise filtering
- ✓ Calculating following indices,
 - ✓ Difference of backscattering coefficient (after – before)
 - damage < no damage
 - ✓ Correlation coefficient
 - damage < no damage



Regression Discriminant Function

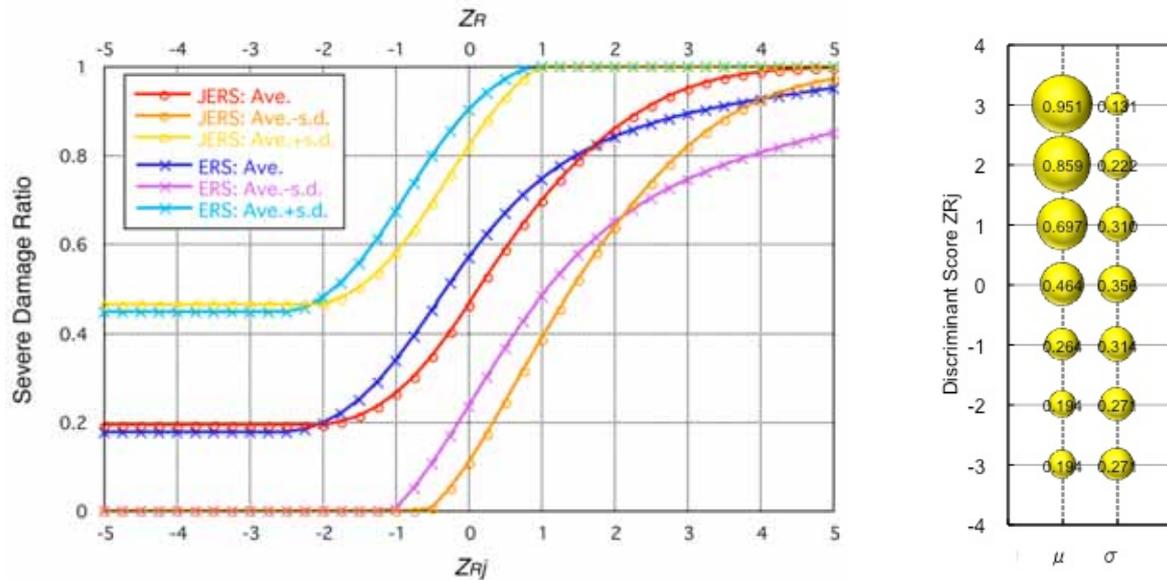
Difference:
$$d = 10 \cdot \log_{10} \bar{I}a_i - 10 \cdot \log_{10} \bar{I}b_i$$

Correlation:
$$r = \frac{N \sum_{i=1}^N I a_i I b_i - \sum_{i=1}^N I a_i \sum_{i=1}^N I b_i}{\sqrt{\left(N \sum_{i=1}^N I a_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N I a_i \right)^2 \right) \cdot \left(N \sum_{i=1}^N I b_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N I b_i \right)^2 \right)}}$$

where i is the sample number, and $I a_i$ and $I b_i$ are the digital numbers of the post- and pre-images, respectively. $\bar{I}a_i$ and $\bar{I}b_i$ are the corresponding averaged digital numbers over the surroundings of pixel i within a 13×13 pixel window; the total number of pixels N within this window is 169, which is used to compute the two indices.

Regression Discriminant Score:
$$Z_{Rj} = -1.277 d - 2.729 r$$

Relationship between Z_{Rj} and Severe Damage Ratio

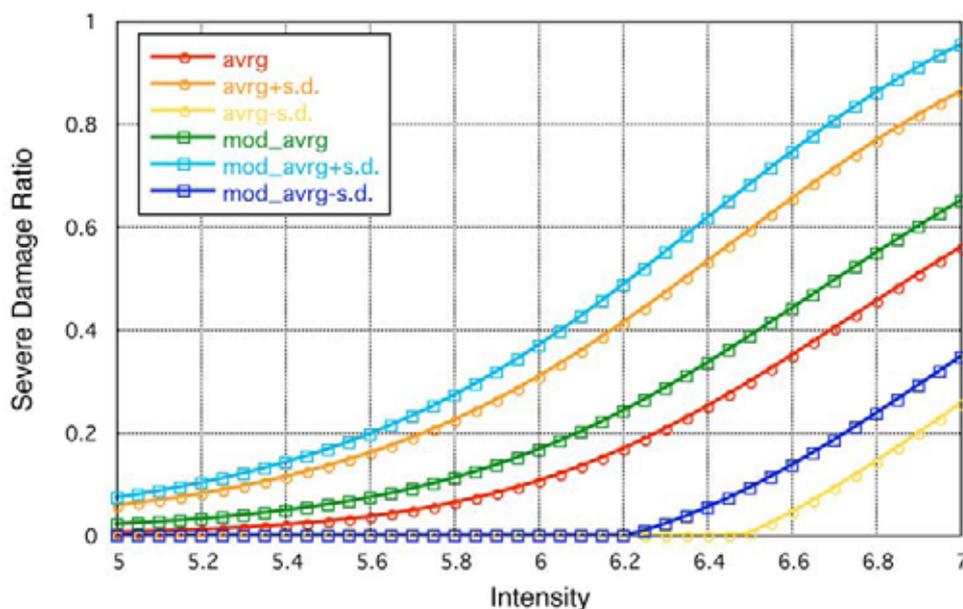


This curve is equivalent to the fragility function for damage without seismic intensity information, the severe damage ratio increases with increasing Z_{Rj} .

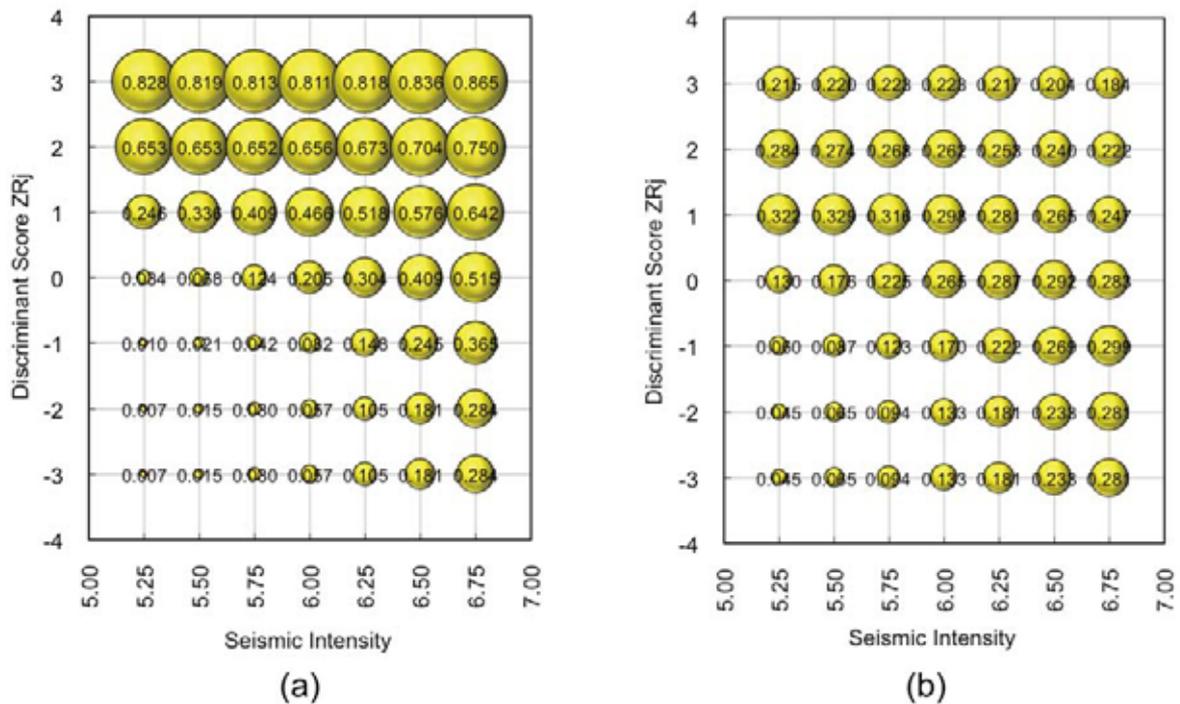
Fragility Function in terms of Seismic Intensity

- Modified Kobe model (added the 30% standard deviation on top of the average values for the severe damage ratio)

→ weaker strength than Kobe



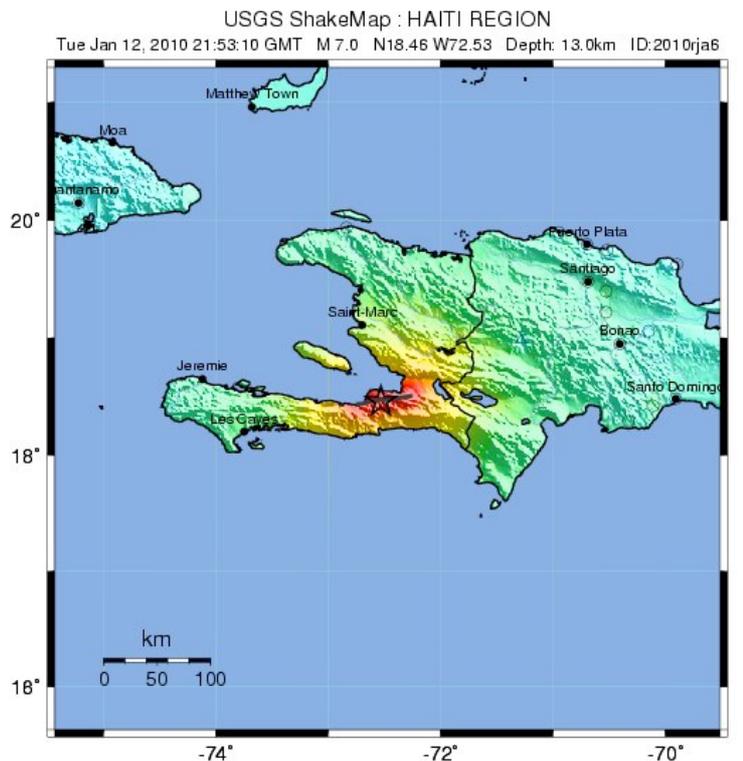
Integration of Z_{Rj} and Seismic Intensity



Estimated severe damage ratio from integration of SAR information and seismic intensity information. (a) Average values. (b) Standard deviations

Application to The 2010 Haiti Earthquake

- ✓ Date: Jan. 12, 2010
- ✓ Earthquake: M7.0, 13km depth
- ✓ Death or Missing: 210,000 <



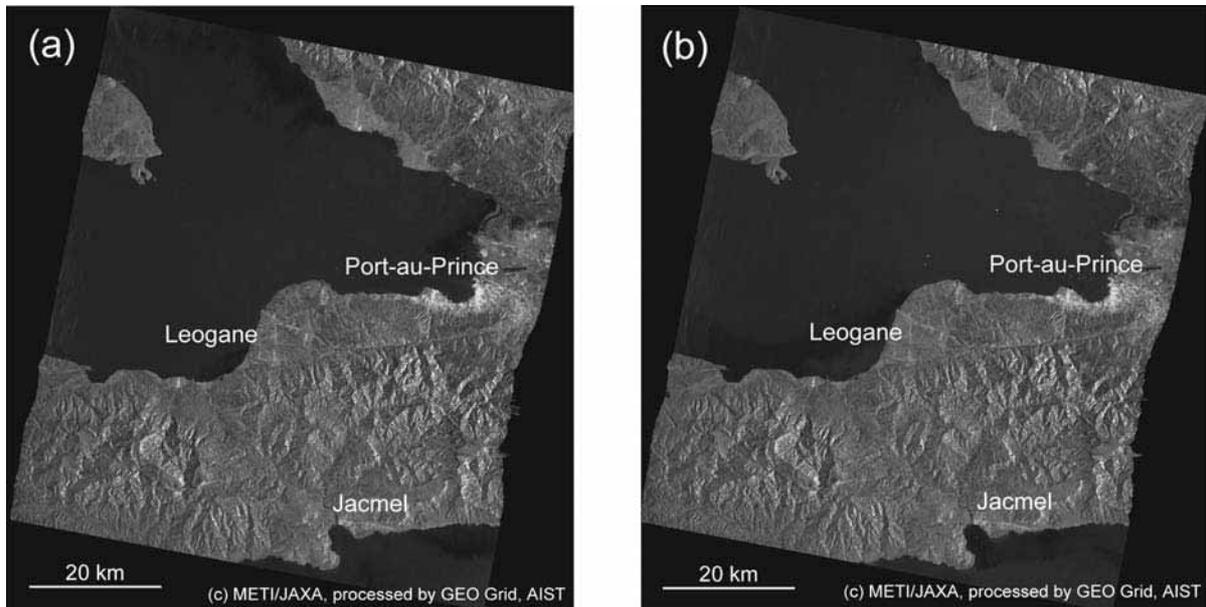
Map Version 7 Processed Wed Jan 13, 2010 06:53:11 PM MST - NOT REVIEWED BY HUMAN

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-18	18-31	31-60	60-118	>118
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

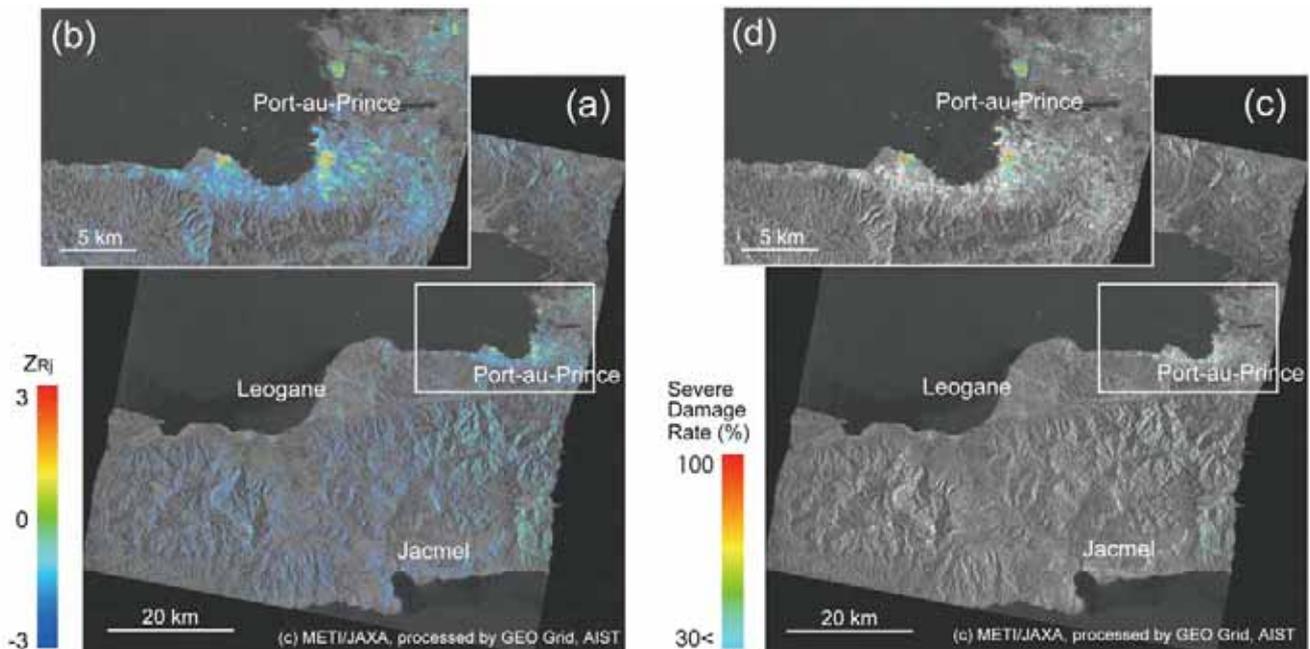
(USGS 2010)

PALSAR Images

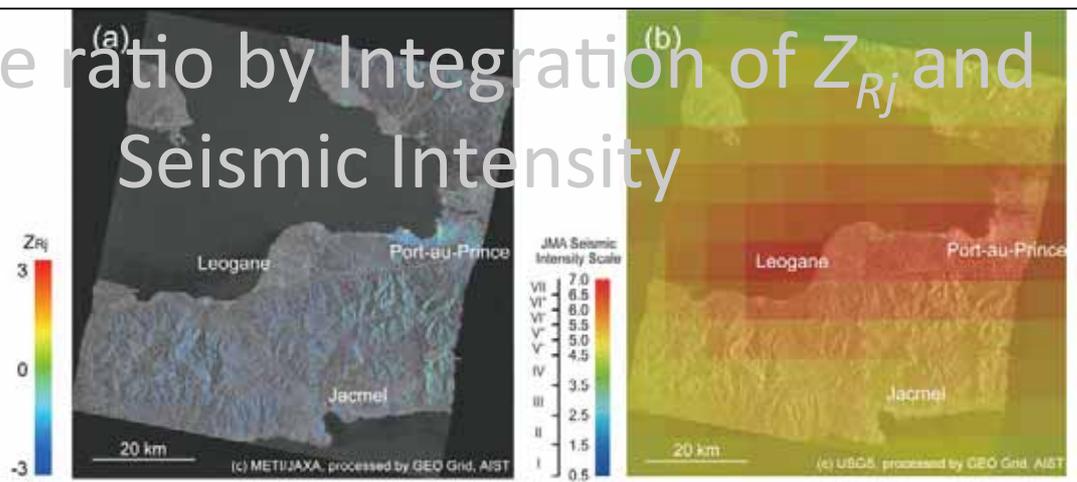
Mode: FBS (HH), Offnadir angle: 34.3 degree, Orbit: Descending, Pixel Spacing: 12.5m



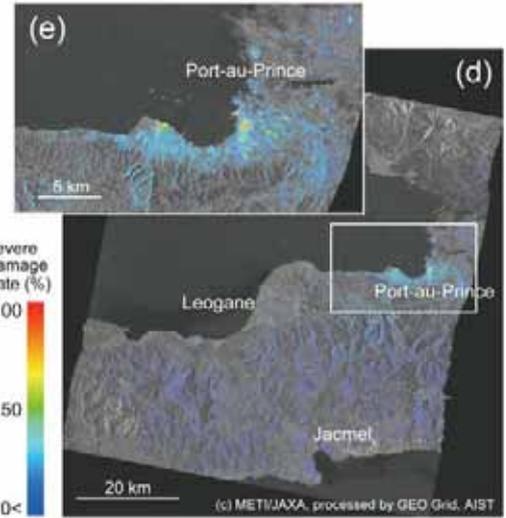
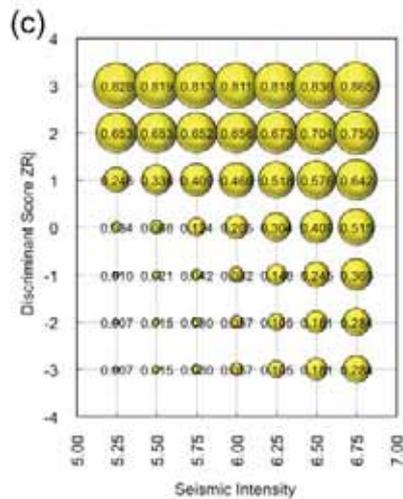
Z_{Rj} Map and Damage Ratio derived from PALSAR Images



Damage ratio by Integration of Z_{Rj} and Seismic Intensity



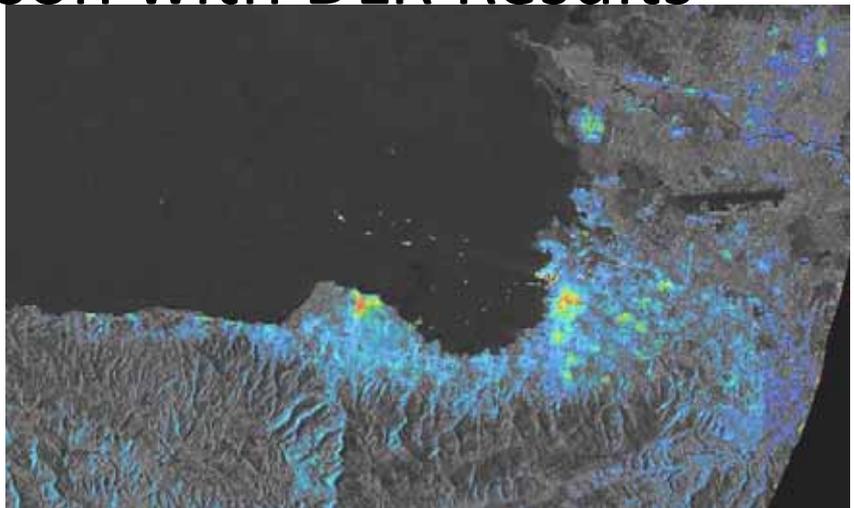
(a) Z_{Rj} map from PALSAR, (b) Seismic intensity estimated from ShakeMap (UGSG), (c) Integration of Z_{Rj} and seismic intensity, (d), (e) Damage ratio map by integration and zoom-in



Comparison with DLR Results

Source: GeoEye-1
Date: Jan. 13, 2010

Severe Damage Rate (%)
100
50
0<



Data Sources
Damage classes derived from GeoEye-1 (0.5 m) acquired on January 13, 2010. © DLR 2010.
Routes provided by United Nations Cartographic Section, extracted by DLR. © derived from ESRI Standard Online Service and on post-processed GeoEye imagery. © MAPUS/THA GIS 2010. © DLR 2010.
Point vector data provided by SERI111 and derived from GeoEye data by DLR. © SERI111 2010. © DLR 2010.
Satellite images: © GeoEye 2010. © 2009 ESRI. Routed: GeoEye. © DigitalGlobe 2010.

Framework
The products elaborated for this Rapid Mapping Activity are realized to the best of our ability, within a very short time frame, during a time-critical situation, applying the available resources. All geographic information has limitations, due to the scale, resolution, date and interpretation of the original source materials. No liability concerning the content of the use thereof is assumed by the producer.
Map produced on January 16, 2010 by ZNI
Updated on January 28, 2010 by ZNI
© DLR 2010

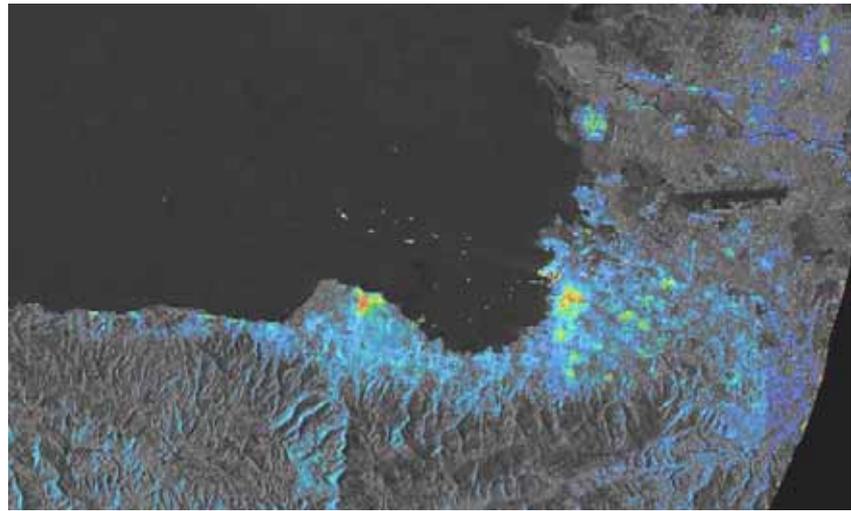
<http://www.esri.de>

Legend
Damage Assessment
Category of building damage per 250 m grid cell. Derived from visual interpretation of GeoEye-1 satellite imagery acquired on January 13, 2010.

- Individual / sparse damages visible
- Severe / extensive damages visible
- Very strong / vast damages visible



Comparison with UNOSAT Results



Severe
Damage
Rate (%)

100

50

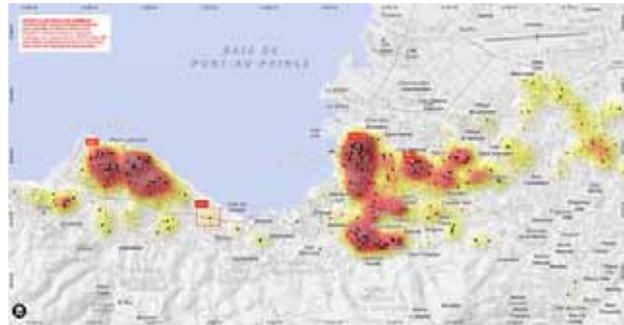
0<

Satellite Data (1) GeoEye-1
Imagery Dates 13 January 2010
Resolution 50cm
Copyright GeoEye 2009
Satellite Data (2) QuickBird-2
Imagery Date 4 March 2008
Copyright DigitalGlobe
Source Google Earth
Road & Urban Data Open Street Map
Place Names Google Map Maker
Other Data MINUSTAH, USGS, NGA
Elevation Data ASTER GDEM
Source METI & NASA 2009
Analysis UNITAR / UNOSAT
Map Production UNITAR / UNOSAT
Projection UTM Zone 18 North
Datum WGS-84 (EGM-96)

Map Data © 2009 Google -
Improve with Google Map Maker

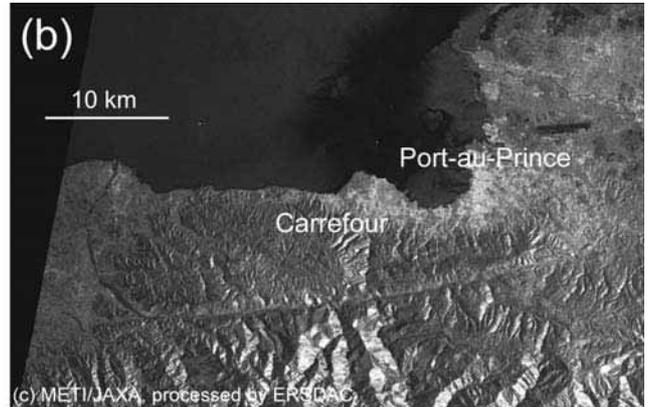
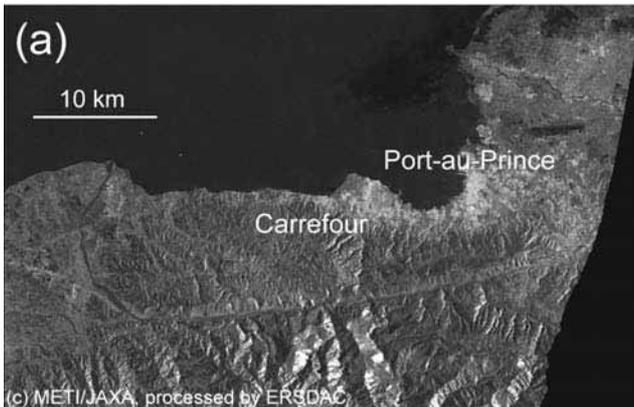
The depiction and use of boundaries, geographic names and related data shown here are not warranted to be error-free nor do they imply official endorsement or acceptance by the United Nations. UNOSAT is a program of the United Nations Institute for Training and Research (UNITAR), providing satellite imagery and related geographic information, research and analysis to UN humanitarian & development agencies & their implementing partners.

Source: GeoEye-1
Date: Jan. 13, 2010



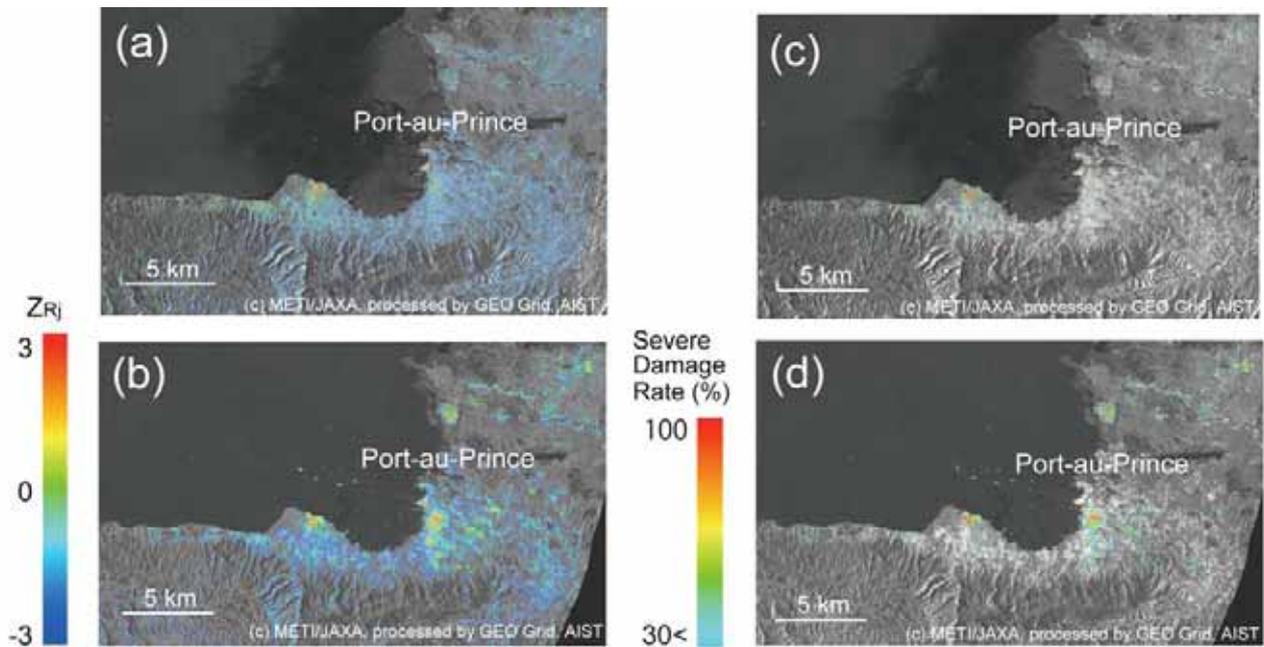
PALSAR Images (different offnadir angles' pair)

Mode: FBS (HH), Offnadir angle: 34.3 degree (pre-event) and 25.8 degree (post-event),
Orbit: Descending, Pixel Spacing: 6.25m



(a) PALSAR (2009/3/9), (b) PALSAR (2010/1/15)

Z_{Rj} Map and Damage Ratio Comparison with Same Offnadir Pair



(a) Z_{Rj} map [34.3-25.8], (b) Z_{Rj} map [34.3-34.3],
(c) Estimated damage ratio [34.3-25.8], (d) Estimated damage ratio [34.3-34.3]

Conclusion

- In order to validate a developed damage estimation model for L-band SAR images, the model was applied to ALOS/PALSAR images of the 2010 Haiti earthquake.
- Severe damage areas were estimated in the cities of Port-au-Prince and others.
- The accuracy of the proposed damage estimation model was examined by comparing the results of the analyses with interpretation of high-resolution satellite images.