

# 国際消防救助隊活動支援のための空間情報通信システムに関する研究

## －ハイチ地震の震度分布及び建物被害分布の推定－

鄭 炳表・細川 直史・座間 信作・滝澤 修

### **Spatial and Communication Supporting System for IRT-JF:**

### **Estimation of Seismic Intensity and Building Damage**

### **due to the 2010 Haiti Earthquake**

**Byeong-pyo JEONG, Masafumi HOSOKAWA,**

**Shinsaku ZAMA and Osamu TAKIZAWA**

**Abstract:** As an attempt to instantaneously pinpoint the areas where extensive damage is expected, we estimated distribution of Seismic Intensity and Building Damage due to 2010 Haiti Earthquake based on our proposed method. In comparison with building damage based on Building Damage Assessment by UNITAR, UNOSAT et al. , the results of distribution of building damage fairly correlated.

**Keywords:** ハイチ地震 (The 2010 Haiti Earthquake), 震度分布及び建物被害分布の推定 (Estimation of Seismic Intensity and Building Damage) , SRTM-3, LANDSCAN2006

#### 1. はじめに

近年、世界中で毎年のように地震、水害など自然災害が数多く発生し、2001 年までの統計をみると約25年の間に、少なくとも41億人が被災している。そのうち約130万人の尊い命が地震などの自然災害により失われているが、最近では2008年発生した中国の四川大地震や2009年発生したスマトラ島沖地震などは記憶に新しい。これらのような大地震が開発途上国で発生すると、これまで積み上げてきた経済発展が阻害されると同時に、十分な災害対策がなされていないため、自国の力だけでは十分な緊急活動が行えないのが現状であり、日本を始めとする

防災先進国からの緊急救助活動や防災応急技術を含めた国際援助は喫緊の課題である。

2010年1月12日発生したハイチ大地震は、死者数が20万人をこえる程の大規模な大災害となった。このような大規模地震が発生した場合、人命救助活動を行うために、日本から国際消防救助隊が発見されるが、より効率的に活動を行うためには、まず、被害がどの地域に集中しているかなどについて、できるだけ早期に把握をし、次に救助隊のような限られた防災資源をどこに投入するについて、迅速な判断が必要になってくる。

そこで、甚大な被災地域をいち早く把握する一つの試みとして、衛星データから得られるDEM (Digital Elevation Model) 及び人口データを用いて、2010年1月12日に発生したハイチ地震の震度分布および建物被害分布を推定し、地震後公開され

---

鄭：〒184-8795 東京都小金井市貫井北町4-2-1  
独立行政法人情報通信研究機構情報通信セキュリティ研究センター防災・減災基盤技術グループ  
E-mail : jeong@nict.go.jp Tel : 042-327-6807

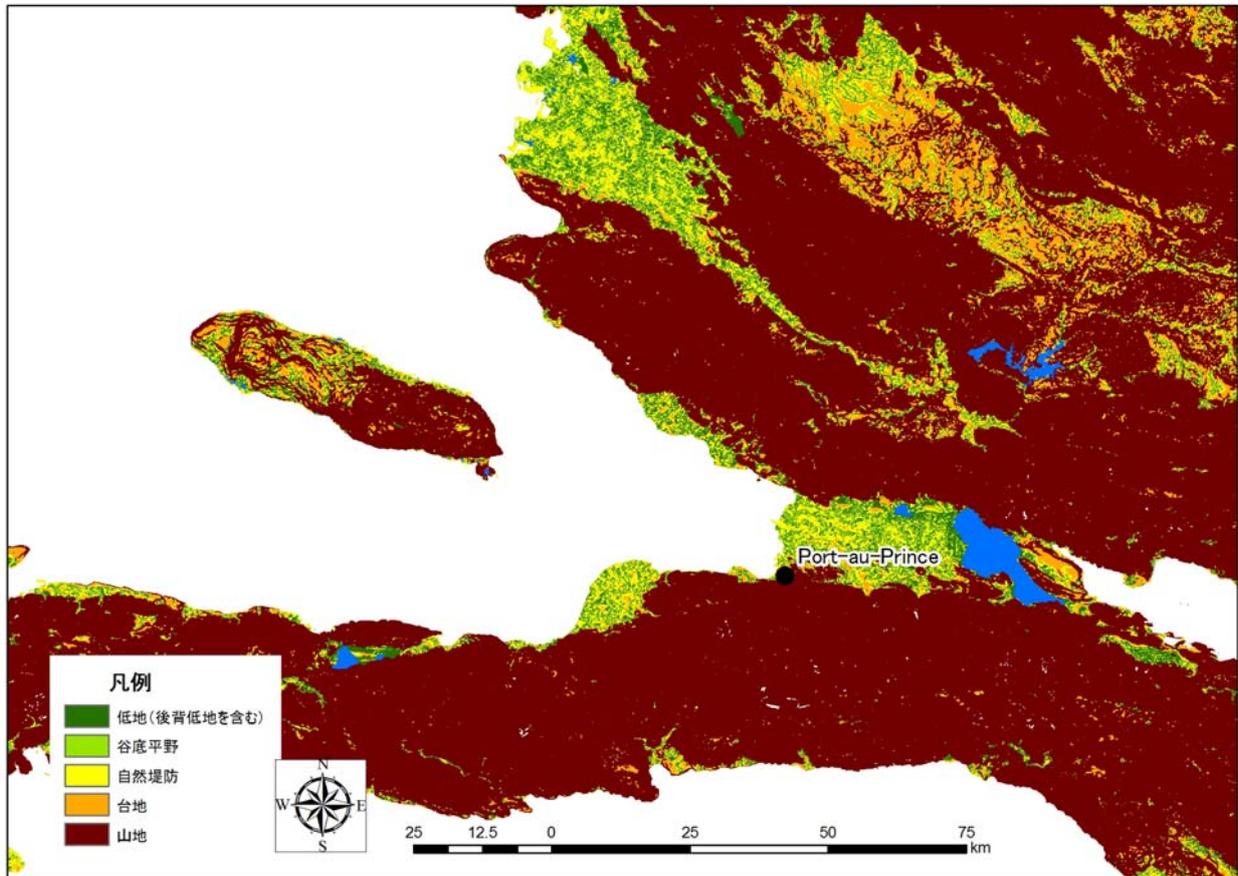


図1 ハイチにおける地形分類

た高分解能の衛星データなどに基づく建物被害分布と比較検討を行った。その結果、おおむね対応していることを確認したので報告する。

## 2. ハイチ地震の分析概略

### 2.1 SRTM-3 を用いた地形分類及び地盤による最大速度に対する増幅度の推定

筆者らが提案した DEM を用いる地形分類手法に基づき、SRTM-3 を用いてハイチの地形分類を行った。現地調査などは不可能だったため、ハイチ地形の反映させず、最終的には山地、台地、自然堤防、谷底平野、後背低地を含む低地の5つにまとめた (Fig.1 参照)。ハイチの地形は殆どが山地で、首都ポルトープランスの北側には低地が広がっている

ことがよく分かる。

また、得られた地形分類結果から地盤による最大速度の増幅度を推定した。松岡・翠川 (1995) によると地盤による最大速度 (PGV) の増幅度 AVR は、次式 (1)、(2) により、求めることが可能である。

$$\log AVR = 1.83 - 0.66 \log AVS_{30} \pm 0.16 \quad (1)$$

$$100 < AVS_{30} < 1500$$

$$\log AVS_{30} = a + b \log H \pm \sigma \quad (2)$$

$AVS_{30}$  は、深さ 30m までの地盤の平均 S 波速度、 $H$  は標高、 $a$  と  $b$  は、地形区分ごとの係数であり、ここではハイチにおける地形区分ごとの地盤増幅パラメータが存在しないため、翠川・松岡によるパラメータを改良したものを用いた。

## 2.2 最大速度の震度分布及び建物被害分布の推定

地震動分布を評価するため、USGS の震源情報を採用し、距離減衰式には、司・翠川 (1995) による断層面からの最短距離を用いた最大速度の式を用いた (式 3)。また、地表での地震動の強さを表す最大速度を求める式 (4) を、地表面の最大速度から震度 (MMI) への変換にはは、USGS の ShakeMap が採用している Wald et al. (1999) の式 (5) を用いた。

$$\log PGV_b = 0.58 M_w + 0.0038 D - 1.29 - \log(X + 0.0028 \times 10^{0.50 M_w}) - 0.002 X \quad (3)$$

$PGV_b$  : 最大速度 (cm/s)

$M_w$  : モーメントマグニチュード

$D$  : 震源の深さ (km)

$X$  : 震源までの距離 (km)

$$PGV_s = PGV_b \cdot AVR \quad (4)$$

$$I_{mm} = 3.47 \log PGV_s + 2.35 \pm 0.98 \quad (5)$$

$I_{mm}$  : 改正メルカリ震度

$PGV_s$  : 地表面最大速度

今回のハイチ地震のような大地震が発生したとき、救助隊のような限られた資源を迅速かつ効率的に投入していくためには、震度分布に加えて、建物などの被害分布を早期に把握する必要がある。

そこで、ハイチ地震による建物被害分布を計算するためにアメリカ Ork Ridge National Laboratory が公表している世界人口統計データである

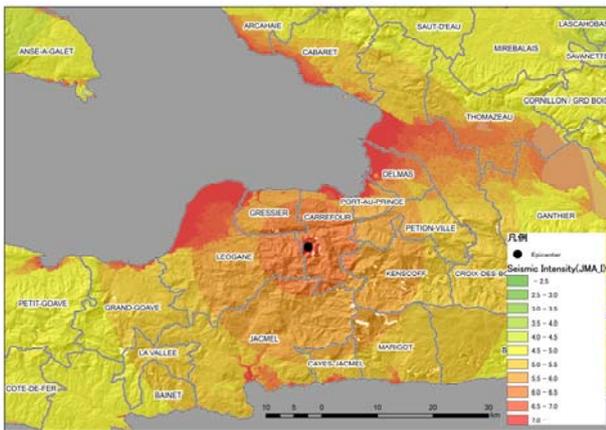


図2 ハイチ地震における推定震度分布

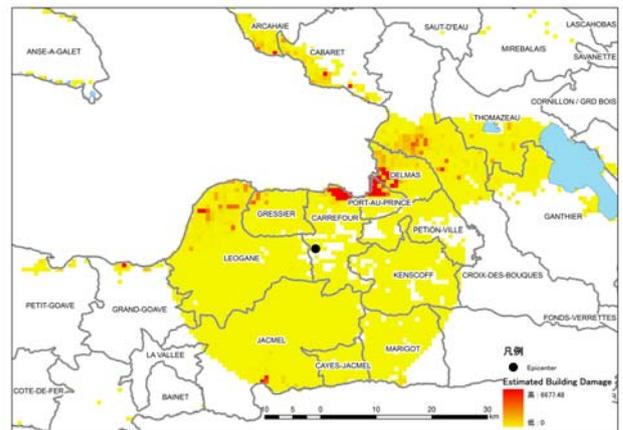


図3 ハイチ地震における推定建物被害分布

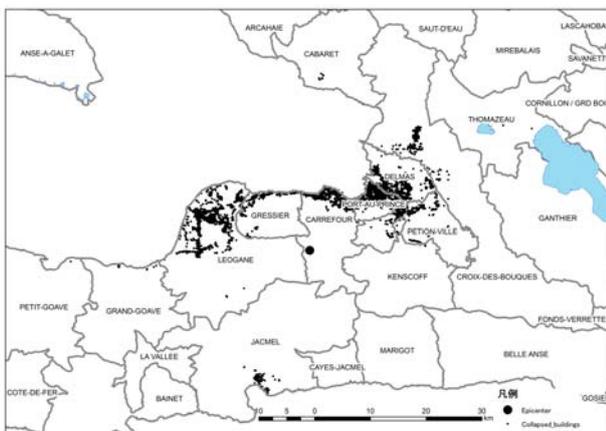


図4 GeosEye を用いて判読した建物被害

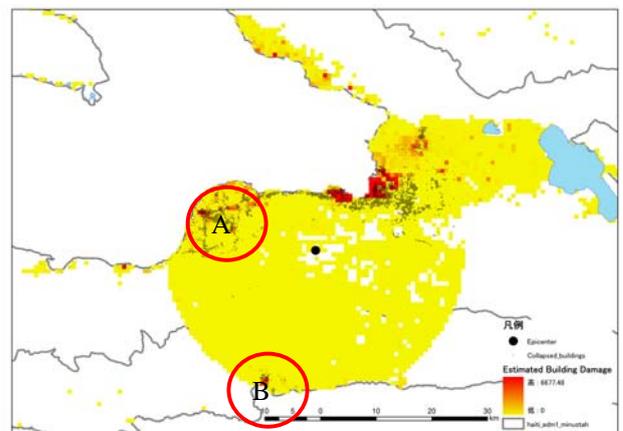


図5 推定建物被害と実被害の重ね合わせ

表1 推定した建物被害量の比較

UNITAR, UNOSATなどによる被害分析 (European Macroseismic Scale 1998)		本研究による
Negligible to slight damage (小被害)	188,238	191,418
Moderate damage (小被害)	18,397	
Substantial to heavy damage (中被害)	33,549	
Very heavy damage (大被害)	34,500	
Destruction (倒壊)	24,568	
Total	299,252	191,418

LANDSCAN (2006) を加工し、建物データとして用いた。ただし、ハイチの建物事情や被害関数などが把握されていないため、ここでは、日本の内閣府などが用いている被害率を代用し、建物被害分布を推定することにした。

図2、図3にハイチ地震における推定震度分布及び推定建物被害分布を示す。

また、地震発生1日後、撮影、公開された衛星写真(解像度50cm、GeoEye社)を用いて国際機関の研究者らが判読した建物被害データ(図4の黒い点)と我々の推定震度分布と重ね合わせてみると、実際の被害と良く対応していることが分かる。

一方、激しい揺れが予測され、衛星写真からも被害は確認できるにもかかわらず、あまりニュースなどではその被害情報が伝わってこない地域(たとえば、モール地域(図5のA)やジャクメル地域(図6のB)など)が存在していることが分かる。

なお、表1は国際組織が衛星写真や航空写真を利用し、目視で判断した建物被害量であり、本研究の被害量を比較した結果、約10万棟の差がみられた。

#### 4. おわりに

甚大な被災地域をいち早く把握する一つの試みとして、アメリカ、NASAのSRTM-3とアメリカOrk Ridge National LaboratoryのLandScanを用いて、2010年1月12日に発生したハイチ地震の震度分布及び建物被害分布を推定し、地震発生1日後、撮影、公開された衛星写真(解像度50cm、GeoEye社)を用いて国際機関の研究者らが判読した建物被害デ

ータ実被害データと比較した結果、おおむね調和的あることが確認された。今後は、地域により地形環境が違うことから、より多くの国・地域におけるケーススタディーを通じ、本研究で提案した手法の有用性を確かめていく予定である。

#### 参考文献

B. Jeong, S. Zama, M. Hosokawa O. Takizawa, B.C. Bautista: A study on classification of landform based on SRTM-3 for estimation of site amplification factors in Metro Manila, Philippines, 14WCEE, 2008.

NASA: Shuttle Radar Topography Mission,  
<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

翠川三郎, 松岡昌志: 国土数値情報を利用した地震ハザードの総合的評価, 物理探査, 8巻第6号, pp.519-529, 1995.

司宏俊, 翠川三郎: 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 建築学会, 第523号, pp.63-70, 1999.

D. J. Wald et al., :Relationship between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity for Earthquakes in California, Earthquake Spectra, Earthquake Engineering Research Institute, Vol. 15, No. 3, pp.557-564, 1999.

Google Crisis response, Haiti Earthquake -GeoEe Satellite Imagery Download,  
<http://www.google.com/relief/haitiearthquake/geoeye.htm>

Oak Ridge National Laboratory, LandScan 2006,  
<http://www.ornl.gov/sci/landscan/landscanCommon/landscan06>

中央防災会議、首都直下地震対策専門調査会、首都直下地震の被害想定(概要),  
[http://www.bousai.go.jp/syuto\\_higaisoutei/pdf/higai\\_gaiyou.pdf](http://www.bousai.go.jp/syuto_higaisoutei/pdf/higai_gaiyou.pdf)

UNOSAT, 29 Haiti Maps,  
[http://unosat.web.cern.ch/unosat/asp/prod\\_free.asp?id](http://unosat.web.cern.ch/unosat/asp/prod_free.asp?id)

Haiti Crisis Map -Telascience, <http://haiticrisismap.org/>