

2004年スマトラ島沖地震及びインド洋津波災害におけるスマトラ島・アチェ州被害状況現地調査

The Report of the Field Survey of the 2004 Sumatra Earthquake and Tsunami at Ache, Indonesia

地理調査部 中島秀敏¹
Geographic Department Hidetoshi NAKAJIMA

要 旨

2004年12月26日に発生したスマトラ島沖地震はインド洋沿岸諸国に大規模な津波被害をもたらした。国土地理院地理調査部環境地理課では地理情報とリモートセンシング技術を活用して被害実態の把握に取り組み、特に、甚大な被害が生じたインドネシア共和国アチェ州については高精度衛星情報などを用いて詳細衛星画像図の作成および津波被災限界線等の判読、土地利用・土地条件データの作成と被害推計など、緊急地理情報の作成と提供を行った。

本稿は、筆者が2005年3月にスマトラ島現地調査団に参加した際に実施した、衛星データから緊急に作成した地理情報がどこまで現地の実態を捉えることができたのか、といった観点からの現地被害実態と土地利用・土地条件現地検証調査の報告である。

1. はじめに

2004年スマトラ島沖地震はMw9.0 (USGSによる)を記録し、長周期地震動とともにインド洋に大津波を発生させた。津波はスマトラ島西海岸に壊滅的被害を与えたほか、スマトラ島を回り込みタイ王国プーケット、インド洋を超えスリランカやインド東岸などに大きな被害を与え、さらにモルディブや遠くはアフリカ・ソマリアまで達し、死者・行方不明者およそ23万人に及ぶ大災害をもたらした。

当時、巨大地震と大津波が発生したという事実は直ちに世界中に報じられたが、被害の情報はメディアの発達したタイ・プーケットやスリランカなどの一部を除いてなかなか入ってこなかった。特に、震源に近く、甚大な被害が発生していると思われるインドネシア・スマトラ島北西部からは数日間ほとんど何の情報も入らず、それがかえって壊滅的な被害を予想させた。

国土地理院地理調査部環境地理課では、この未曾有の災害の実態把握と復興支援のため、各種地理情報や衛星データの可視化と定量化に取り組んできた。

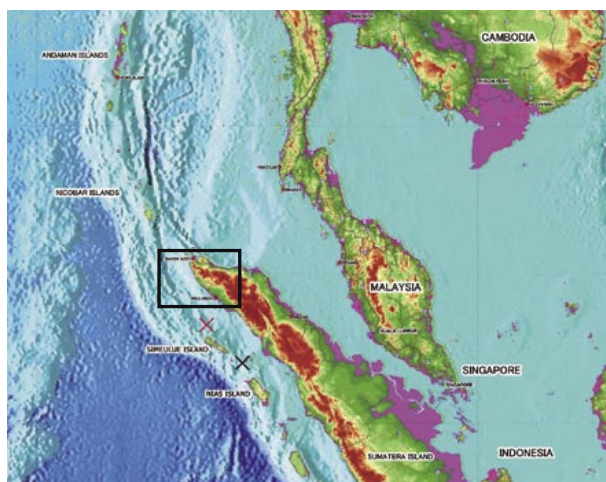
その成果は、

- 1) 地球地図など地球規模地理情報の活用によるインド洋沿岸地図「スマトラ島沖地震周辺地域」の作成・配布
- 2) (財)資源・環境観測解析センター(ERSDAC)の協力による「Terra/ASTER衛星画像集」「同データ集」(4カ国5地区)の作成・配布

- 3) QuickBird パンシャープンによる「BandaAche 被災状況(被災前後比較画像集)」の作成・配布
 - 4) 「5千分1および1万分1 QuickBird パンシャープン画像地図」(被災前・後、広域・市街地拡大)全44面の作成・配布
 - 5) 被災前 Landsat データの加工・判読による土地条件データの作成
 - 6) 被災前 QuickBird データの解析による土地利用データの作成
 - 7) 被災前後 QuickBird データの比較による津波被災・浸水範囲の推定
 - 8) 被災状況の現地調査((社)土木学会スマトラ島調査団の一員として)
- など、多岐にわたる。

(このうち3)～8)はバンダアチェ周辺対象)

今回は、これらの取り組みのうち、8)のインドネシア共和国・アチェ州における衛星データによる調査の検証を主目的とした現地調査について報告する。なお、1)の「スマトラ島沖地震周辺地域」の作成・配布については佐々木ほか(2005)で、5)6)7)については国土地理院ウェブサイトでその概略が、それぞれ報告されている。取り組みの全体像については別の機会に報告することとしたい。



図ー1 スマトラ島とその周辺
「スマトラ島沖地震周辺地域」より。□は図ー2の範囲

2. 現地の概要

2.1 アチェ州とバンダアチェ市の概要

アチェ州は正式名称をナングロ・アチェ・ダルサラム州といい、インドネシア共和国の州の中で最西

端に位置している。面積は 57,365km²、人口は約 430 万人といわれていたが、今回の災害によって約 16 万 7 千人が死亡・行方不明になったと推定されている (2005 年 12 月現在。アチェ・ニース復興再建庁 (BRR) による)。人口の 97% 以上はイスラム教徒で、州内には大小数多くのモスクが点在している。

アチェ州は 17 の県と 4 つの市に分かれている (県と市は同格)。州都はバンダアチェ (Banda Aceh) 市で、面積は約 61km² と州内の県市で最も狭く、海に面した北部以外は大アチェ (Ache Besar) 県に囲まれている。市内は 9 つの郡に分かれており、89 の村落 (街区) から構成されている。人口は約 26 万人であったが、約 6 万 1 千人がこの津波で死亡したと推定されており、現在の人口は約 20 万人である (バンダアチェ市ウェブサイトより)。

2.2 バンダアチェ市周辺の地形と土地利用

現地調査に先立ち、被災前の衛星データを加工・判読・解析して土地条件データ (図-3) と土地利用



図-2 アチェ州周辺 (「スマトラ沖地震周辺地域」) に加筆

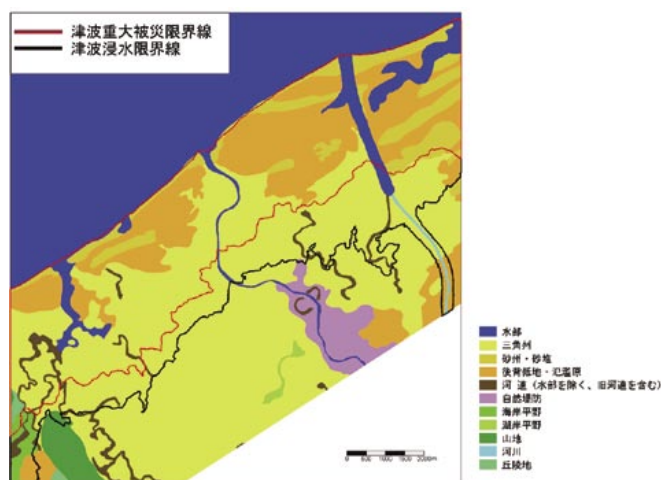


図-3 バンダアチェ周辺の土地条件
被災前 Landsat データの判読により作成

用データ (図-4) を作成している。以下は基本的にこれらの成果と地形図等の読図、および現地調査によるものである。

バンダアチェ市はスマトラ島北端の、南西部をスマトラ島脊梁山脈の北端、北東部をスラワ山の山麓丘陵地に挟まれた低地に位置しており、山脈と低地の境には断層が走っている。南部から北部海岸まで順にアチェ川が形成した扇状地、三角州、後背低地および数列の沿岸砂州の順に並び、自然堤防と旧河道がその間に数多く分布している。古くからの市街地は三角州上の微高地に、港町は沿岸砂州上に位置しており、標高はともにきわめて低い。空港のある市南東部から大アチェ県にかけては、低地には水田、丘陵地には果樹園や牧草地が広がっており、赤道直下にも関わらずどこか日本と共通した田園風景が広がっている。

沿岸部は砂州に仕切られたラグーンと後背低地からなり、ラグーンと後背低地の境界付近はエビ養殖場が多く分布していた。1923 年に作成された地形図では、現在は後背低地となっている部分にも広くラグーンが分布しており、沿岸漂砂などの堆積や干拓によるきわめて若い地形であると考えられる。

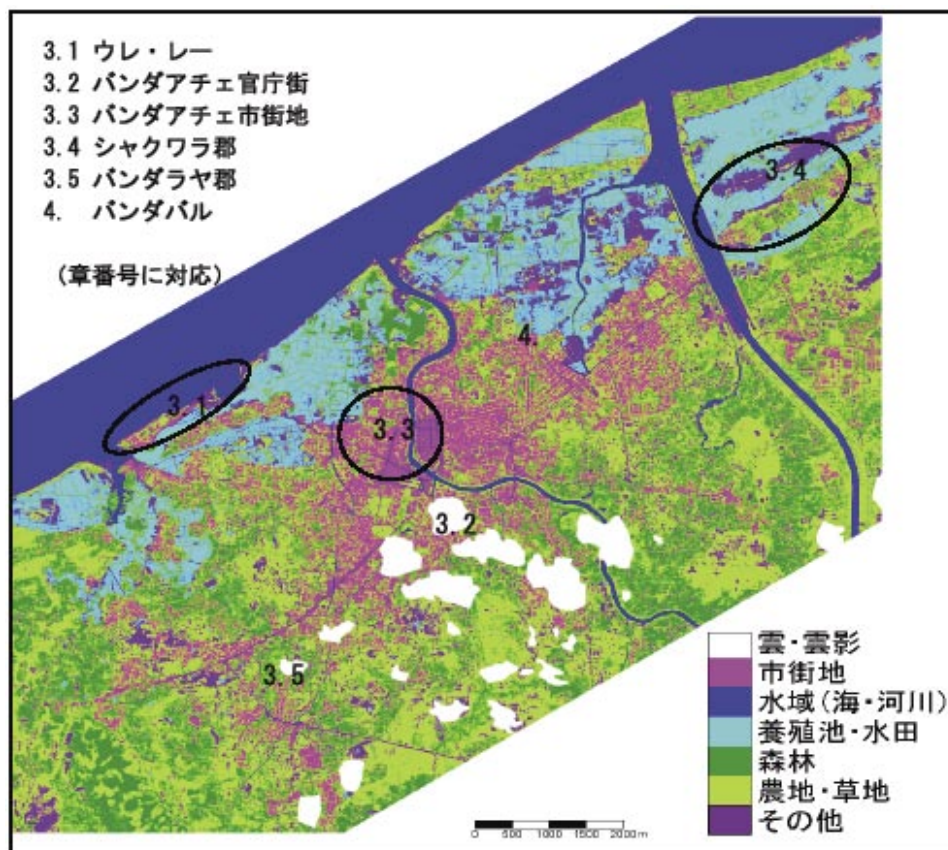
西海岸のロンガ (Lho'nga) との間には山地に挟まれて幅 1 km 程度の平地が分布しているが、この間の標高は大部分が 10m 以下 (推定) と低い。かつてこの低地は海峡であったものが、西海岸の沿岸漂砂と東側からの河川運搬土砂の堆積などに伴い陸化したものであると推定される。

2.3 現地調査の行程

現地調査は「土木学会インドネシア・スマトラ島沖巨大地震調査団」の団員として、バンダアチェ市とアチェ州西海岸 (ロンガ～ムラボ (Meulaboh)) を対象に、3 月 1～5 日の 5 日間 (往復日程を含まず。現地 4 泊) 実施した。

- 1 日午後：インドネシア警察への登録 (できず)
被害概要把握 (中心部、北海岸)
- 2 日午前：登録、情報収集 (バンダアチェ市役所)
- 2 日午後：情報収集 (メディアセンター)
被害詳細調査 (中心部)
- 3 日午前：被害詳細調査 (内陸部、東部低湿地帯)
- 3 日午後：被害詳細調査 (中心部～北海岸～西海岸)
- 4 日午前：被害詳細調査 (西海岸)
- 4 日午後：西海岸へり調査 (バンダアチェ～ムラボ)
被害検証調査 (市街地東部)
- 5 日午前：現地報告会 (ジャクワラ大学)

現地報告会は土木学会調査団、振興調整費調査団、ジャクワラ大学の合同で行われた。筆者もリモート



図－4 バンダアチェ周辺の土地利用（被災前） QuickBird データの解析により作成

センシングによる土地利用・土地条件調査と被害分布について報告した。

当時、アチェ州は独立アチェ運動（GAM）とインドネシア国軍との紛争地帯であり、災害以前は外国人の入域は制限されていた。被災後、入域制限は解除されたが、現地調査当時は、復興支援活動に携わる外国人はインドネシア国家警察本部（Indonesian National Police Headquarter）への登録と、そこで発行される顔写真入りの身分証明書の携帯が義務付けられていた。



写真－1 国家警察本部の臨時登録所

登録所はアチェ州知事官邸敷地内に置かれた警察の大型ワゴン車であった（写真－1）。筆者も登録を行おうとしたが、当局の予想以上に外国人が押しかけたのか、小一時間待った後に「身分証明書用のカードが切れたので残りは翌朝」との宣告を受けた。発災から2ヶ月が経過していたせいか、警察当局にも気負いは見られず、和やかな雰囲気の中で手続きは進んでいた。ちなみに身分証は翌朝に入手できた。

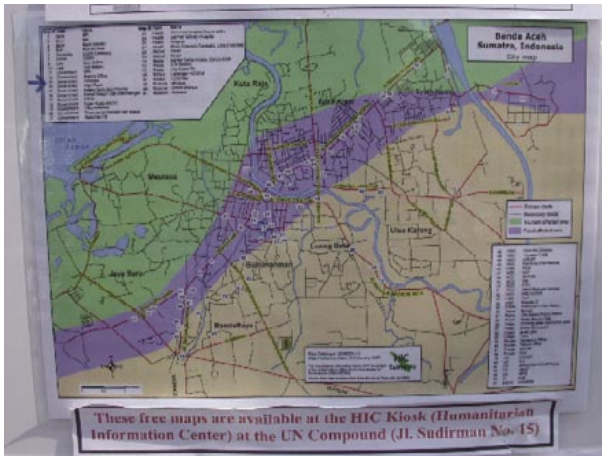
2.4 現地機関の体制

現地ではバンダアチェ市役所とアチェ州政府、そして情報の集約とプレスおよび行政へのリリースを目的として被災3日後に大統領指示で設けられた、アチェメディアセンター（国家災害管理調整局：BA-KORNAS PBPに所属。組織はバンダアチェとジャカルタに分散）が連携して被災情報把握と復興対策、そして情報発信に当たっていた。

筆者は調査団内では「災害対応班」として、バンダアチェ市役所とメディアセンターにおいて被害状況と情報収集体制などについて調査を行った。

被害状況は村落→郡→県市→メディアセンターの順に取りまとめられていた。州知事官邸に設けられたメディアセンターの現地オフィスはインフォメーションセンターと呼ばれており、ジャカルタへの報

告、記者発表、情報揭示のほか、国連人道問題調整事務所（OCHA）の協力をうけ、インターネットで被災状況の発信を行っていた（ただし回線はしばしば不通となっていた）。



写真－２ メディアセンターに掲示されていた地図
公共機関の位置と津波の被災状況が記されている

3. 被害状況の調査

3.1 北海岸ウレ・レー（Ule Lheu）港地区

ウレ・レーは沿岸砂州上に位置し、バンダアチェの外港として古くから栄えていた港町である。近年は砂州を掘り込み、近代的な港湾が建設されていた。バンダアチェ市内で最も壊滅的被害を受けた街で、DigitalGlobe社のウェブサイトサンプルとして被災前後のQuickBirdパナシャープン画像がいち早く掲載され、世界中に衝撃を与えた場所でもある。

現地は、「港のモスク」と記念塔を除き、建物は残らず姿を消していた。新港の構造物はかろうじて残っていたが、市街地と新港との間の砂州が切れ、新港地区は島になっていた。砂州も細くなり、外洋側は波浪侵食を受けている（写真－３）。内湾側も被災前の衛星地図では建築物のあった場所が完全に水没していた（一部は以前から水上建築物であったようだが）。砂の一部が津波により消失したことに加えて、砂州全体がやや（１ｍ未満）沈下していると推定される。

ウレ・レー地区には、日中はかろうじて難を逃れた住民が数多く訪れていた。そのうちの一人の女性は、「枕につかまって海上を翻弄され辛うじて助かったが、家族はみな波にのまれてしまった。家のあった場所も水中となってしまった。それでもここで生活する望みを捨てておらず、ここに通ってきている」と涙ながらに語っていた。この「元の場所で生活したい」との思いはこの後あちこちで耳にし、また被災地への自主的な仮設住宅建設という形でも目につくこととなった。



写真－３ ウレ・レー地区 左遠方に見えるのが新港

3.2 バンダアチェ官庁街

バンダアチェの市街地は、アチェ川の三角州が形成した微高地に分布しており、左岸側が主として旧市街地、右岸側がオランダ植民地時代に造成され、第二次世界大戦後に発達した新市街地となっている。市の官庁街は左岸側のメインストリート南部の内陸側にある。このため、市庁舎、州庁舎とも津波被害は免れていた。これらが被災していた場合は災害対策にさらに遅れが生じていたであろうことを考えると不幸中の幸いと言え、公共施設の計画的配置の重要性を示したともいえる。ただし、担当者によると市長をはじめ市職員の半数近くが津波で死亡したため初動対応は困難を極めたとのことであった。

市庁舎入口の張り出し屋根部分は地震動で崩落していた（写真－４）。この建築様式は公共建築物に多く、他でも同様な崩壊が見られた。



写真－４ バンダアチェ市役所庁舎
地震動により入口部分が崩壊している

3.3 バンダアチェ市街地

アチェ川の右岸側は国道のロータリーから北側がメインストリートのパングリマ通り（Jl. Panglima）である。ここはほぼ全域が津波の浸水被害を受けて

いた。特にメインストリート中央付近から北部にかけては浸水だけではない被災建築物が増え、スプラトマン通り (Jl. Supratman) の橋より北部はほとんどの建築物が被災していた (写真-5)。

市街地から北西に向かって、前述のウレ・レー地区への道路が2本延びている。このうち内陸側の道路はイスカンダル・ムダ通り (Jl. Iskandar Muda) と旧国王の名を取って呼ばれており、古くから市街地と港を結ぶ重要な役割を果たしてきた道路である。これに対し海岸側の道路は鉄道跡で、近年、市街地が拡大した地区である。写真-6は後者の道路上、河岸から約200m付近より西側の様子である。ここは三角州上の微高地部分にあたるが、ここから北西側はほとんどの建物が破壊されていた。この位置から海岸までは北西方向に約2,000mの距離があるが、海岸付近の沿岸砂州は幅20～50m (被災前) と狭く、かつ海岸から1,600m付近までは後背低地・氾濫原であるため、他の地点と比べて津波がさらに押し寄せやすい環境にあったと考えられる。



写真-5 市街地北部・スプラトマン通りの橋から北 (アチェ川河口側) を望む



写真-6 市街地西部の被災状況 (西側を望む)

3.4 北海岸シャクワラ (Syiah Kuala) 郡、放水路付近

アチェ市東部にはアチェ川の放水路がある。1923年オランダ作成1942年大日本帝国陸地測量部編集の「外邦図」および1978年インドネシア測量局 (BAKO-SURTANAL) 発行の5万分1地形図によると、この放水路の河口付近はもともと小河川とラグーンからなっており、土地条件に合わせた計画であったことが伺える。

ラグーンは津波前まではエビ養殖場として使われ、周辺の砂州上には比較的新しい住宅が点在していた。中には小規模な宅地造成もなされていたことが被災前の衛星画像で確認できる。

この地区はかなり内陸の砂州間低地まで水に浸かったままとなっていた。道路は砂州上を海岸線と平行に通っているので大きな被害は受けていない。しかし、すぐ脇は内陸側も池となっており、浸水後の水位低下時に生じたと見られる砂地盤の崩壊も見られた。地盤沈下もしくは地殻変動の影響も考えられるが、干拓地から放水路への排水ポンプが停電で動いていないとの情報もあり、詳細は不明である。

ちなみに、放水路の堤外地 (河川敷) は耕地として活用されていたが、津波の遡上によりかなり内陸まで浸水被害をこうむった模様である。



写真-7 砂州と砂州間低地の状況

3.5 内陸部の地震動被害

今回の地震では、沿岸で地震動そのものによる被害がどれほど生じていたのか詳細は不明であるが、津波被害を受けていない内陸部を見た限りでは、地震規模の割には大きな被害は少ないようである。

しかし、低層建築物がほとんど地震動による被害を受けていないのに対し、中高層建築物では被害が散見された。これは、長周期の地震動が中高層建築物の振動周期と合致しやすかったことと、一般に当地の中層建築物は細い支柱の上に重量のあるコンクリート床をのせ、さらに壁面をレンガで覆う形のも

のが多いため、荷重に耐え切れなくなって崩壊が発生したものと推測される。1階部分のみが崩壊している中層建築物も、いくつか確認できた。



写真-8 地震動による被害(バンダラヤ(Banda Raya) 郡)

3.6 西海岸(ロンガ〜ダエラサル (Daerah Saruh))

今回の津波災害で最後まで情報が入ってこなかったのがアチェ州大アチェ県〜アチェジャヤ (Ache Jaya) 県〜西アチェ (Ache Barat) 県〜ナガンラヤ (Nagan Raya) 県の200km以上に及ぶ西海岸地帯であった。津波のまさに直撃を受け壊滅的打撃をこうむった地域であり、都司ほか(2005)ではロンガで34.9mの遡上高が報告されている。海岸沿いの集落やインフラは全て被災し、村落によっては人口の9割以上が死亡・行方不明となったとされている。

陸路では、ロンガからダエラサル (Daerah Saruh) 付近までの被災状況を調査した。

衛星画像の事前判読によると、津波は西海岸のロンガからバンダアチェ市西部のジャヤバル (Jaya Baru) 〜メウラサ (Meuraxa) を通って北海岸に達しているように見えた。現地を確認したところ、この間の標高は予想通り極めて低く、衛星画像の通り、ロンガ西方には被災前から広大な湿地もしくは沼沢が広がっていたことが推察された(被災後は瓦礫の集積所となっていた)。今回は標高データを確認していないので地形判読の域を出ていないが、大局的には、西海岸〜北海岸の間の分水界は西側海岸線から約300mしか離れていない砂丘上にあることがTerra/ASTERから読み取れる。つまり、西海岸沿いの砂丘を軽く越えた津波はロンガ村落を壊滅させた後、洪水流となって東へと流下してバンダアチェ市西部に達したと推測される。

ロンガの村落はほぼ壊滅状態であったが、生き残った人たちはやや内陸に建設された仮設住宅のほか、村落のあったところの中で海からやや遠い場所に固まってテントを張るなどして生活していた。

写真-9はロンガ北部の海岸付近に残った樹木で

ある。樹木の多くは津波により倒壊したが、このように一部は津波に耐えて残っていた。この残った樹木は海水の影響で下部が枯れ始めているが、その高さが揃っているのが確認できる。ポールと写真による簡易計測によると、この場所では地上約8m(標高は5m程度)の津波が押し寄せてきたことが推定できる。

この他にも、当地区では陸に打ちあげられた船、被災したセメント工場、岬の鞍部を乗り越えた津波跡、そして完全に壊滅した集落が確認できた。



写真-9 ロンガ北部の西海岸
枝の枯れている位置から津波高が推定できる



写真-10 完全に壊滅したダエラサル地区
遠方では岬鞍部を津波が越えているのがわかる

3.7 ヘリによる西海岸調査(バンダアチェ〜ムラボ)

今回の津波によって西海岸沿いの国道に架かる橋はその大部分が流出し、ロンガ〜ムラボ間の集落は一時完全に孤立した。国道は津波直後からインドネシア国軍による緊急復旧工事が開始されていたが、現地調査当時においては北部の一部が仮復旧したのみで、救援物資の輸送はバンダアチェからのヘリ輸送にほぼ頼らざるを得ない状況であった。

筆者は、アチェ州副知事の土木学会調査団への要請を受ける形で、現地に駐在している国連人道問題調整事務所（OCHA）の協力を得て、バンダアチェから西アチェ県ムラボまで、西海岸の被災状況をヘリコプターにより上空から調査する機会を得た。

途中の集落はほぼ全滅しており、生き残った人々は高台や川沿いで避難生活を送っていた。Terra/ASTER フォールスカラー画像のとおり、海岸沿いの河川には例外なく津波の遡上痕があり、植生を枯らしていた。アチェジャヤ県のチャラン（Calang）とムラボの間は低平地が内陸深くまで広がり、数多くの砂州列（地質構造を反映したものかもしれない）が海岸沿いに分布しているが、多くの砂州間低地は水没していた（写真－13）。海岸部も河口付近を中心に侵食が認められ、全体的な地盤の沈降を示唆している。沈降量は地形から1～2m以下と推定される。



写真－13 アチェジャヤ県 Krueng Sabee 郡上空

試みた（図－5、詳細は国土地理院ウェブサイトを参照）。これに関連して、バンダアチェ市街地北東の住宅地 Bandar Baru において、この衛星データによる被害範囲推定の検証を行った。



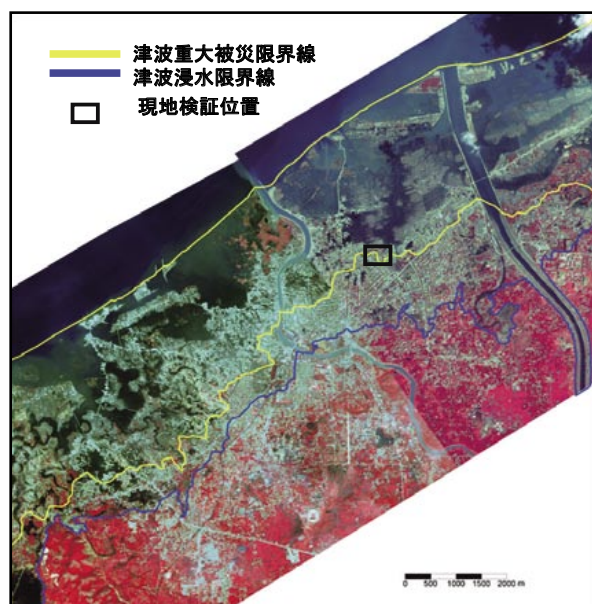
写真－11 仮復旧したロンガ南方の国道橋



写真－12 アチェジャヤ県ジャヤ郡 Ceunamprong 上空

4. 「津波重大被災限界線」の現地検証

前述の通り、筆者らは衛星データを用いて被害状況を把握するため、自動分類によって土地利用データを作成するとともに津波による被害範囲の抽出を



図－5 「津波重大被災限界線」と「津波浸水限界線」

検証方法としては、被災前と被災後の2つの QuickBird パンシャープンを比較判読した「津波重大被災限界線」をまたぐ形で前後200～300m程度の調査範囲を設定し、衛星画像地図（被災後・市街地詳細）で位置を確認しながら、その前後の被災状況、具体的には建造物（この地域ではほとんど住宅）と樹木の被災率を目視で検証するとともに現地写真を撮影し、同時に衛星画像地図の該当箇所も撮影するという手順で実施した（写真－14、15）。被災前の空地および樹木の分布状況については、帰国後に衛星画像地図（被災前）による確認を行った。

想定した「津波重大被災限界線」からの概略距離、

有効調査地点の分布、建物の被災率、樹木の被災率を表－1に示す。被災率については、「津波重大被災限界線」を判読した際の基準に従い、「家屋が機能しない（住めない）状態が目視で認められる場合（物置等の小屋は除外）」を被災と認定し、一枚の現地写真で撮影可能な幅でかつ奥行き 50 m 程度の範囲を 1 地点とし、被災建物の比率を 6 段階（20% 単位）で記述した。樹木は残存が認められる場合、被災前の衛星画像と比較して記述した。



写真－14 現地検証写真の例（1）



写真－15 現地検証写真の例（2）

その結果、この地区においては「津波重大被災限界線」から 50 m 以内（内陸側）において 20 ～ 60% の建物と 40 ～ 60% の樹木に被災が見られたが、50 m 以上離れた地点では重大被災はほとんど見られなかった。また逆に、「津波重大被災限界線」から 100 m 以内（海岸側）においても、20 ～ 40% の建物と 20% の樹木が重大被災を免れていたが、100 m 以上海岸よりの地点では一部の堅牢建築物を除き、ほとんど重大被災を被っていた。ただし、建造物がほとんど重大被害を被った場所であっても、すべての調査地点で何らかの樹木は残っていた。

限界線より内陸側の重大被災を見落とした要因の多くは、津波が横方向から破壊を行うのに対し、衛

表－1 「津波重大被災限界線」付近の実際の被災率
黒字は線の内陸側、赤字は海岸側を示す

限界線からの距離 (m)	計測地点数	建物被災率 (%)	樹木被災率 (%)
200-	0	—	—
100-200	1	0	0
50-100	3	0	0
0-50	2	40	40
0-50	1	60	80
50-100	1	80	80
100-200	2	90	90

表－2 「迅速線」付近の実際の被災率
黒字は線の内陸側、赤字は海岸側を示す

限界線からの距離 (m)	計測地点数	建物被災率 (%)	樹木被災率 (%)
200-	2	0	0
100-200	3	20	20
0-100	2	40	60
0-100	1	80	80
100-200	2	90	90

星は上方向からの観測であるため、建物の壁面が破壊されても屋根が破壊されずに残った場合は容易には確認できないためであると思われる。ただし、屋根が残っていても傾いたり一部損壊している場合も多く、被災前後の判読を丁寧に行うことによって微妙な変化を確認できる可能性がある。

今回の解析に用いた「津波重大被災限界線」は被災前後の画像を比較判読して作成しているが、緊急時には被災後のデータのみから至急作成する必要があることも考えられる。そこで、基準は変えずに判読者を代え、被災後のみを判読して、かつ 200m 以下の細かい凹凸は省略して迅速に作成した津波重大被災限界線（以下「迅速線」という）との比較も試みた。

その結果、迅速線から 200 m 以内（内陸側）において 60% の建物に重大被害が見られる地点があるなど、地点単位では精度が大きく低下する箇所が生じたが、平均するとおおむね迅速線の 200 m 以上内陸側では重大被害はほとんど見られなかった。また、迅速線の海岸側における被災率は津波重大被災限界線のそれとほとんど変わらなかった。

また、アチェ川放水路左岸地区およびバンダアチェ市街地（左岸地区）においても調査を実施した。その結果、判読した津波重大被災限界線の前後 100 ～ 200 m 程度という比較的狭い範囲で建物被災状況が急変する傾向が見られた。

以上から、被災前後の QuickBird 衛星画像を用いた判読による建物等の津波重大被災状況の把握は、

被災範囲をほぼ正確に反映可能であることが判明した。また、被災後の画像のみの判読であっても被害総量の把握には有効であることもわかった。ただしこの場合は前後の変化を比較できないため微妙な変化に気づきにくく、ある程度（今回のような三角州などの平坦地では200 m程度）内陸側までは一定割合で重大被害が生じている可能性があるため、一定の補正が必要である。

5. 現地で実感したこと

5.1 インターネットと印刷情報

今回は、バンダアチェ市のほぼ全域の1万分1と市街地の5千分1衛星画像地図を計44面作成して調査関係者に配布するとともに、自らも持参して現地調査に臨んだ（写真－16）。現地で入手可能な地図は街路図のほかは20万分1以上の広域図しかなく、衛星画像地図は被害把握に大変威力を発揮した。市など現地機関は地区単位の積み上げ式で被害把握を行っており、情報はOCHAによって適宜地図化され世界に発信されていたが、逆に、全世界からネットに載せられていたりリモートセンシング情報は筆者が見た限りでは現地ではあまり活用されておらず、衛星情報を定量化したものは見あたらなかった。インフォメーションセンターにも海外からの調査団が持参したというDigitalGlobe社のウェブサイトに掲載されている港湾地区の比較画像が貼られていたが、実際には衝撃を生々しく伝える以上の役割はないようだった。



写真－16 「5千分1衛星画像地図」
地図用紙を使用。1万分1とあわせ計44面を作成した

なぜ、ネットで多くの情報が発信されていたにもかかわらず、肝心の被災地でこれら地図・衛星画像情報が活用されていなかったのか。答えは簡単で、現地のネット環境が高速通信に対応していない、そしてA3版より大きい出力機器がないためである。

途上国に多く見られる特徴だが、アチェでも携帯

電話の普及率はきわめて高い。代わりに固定電話のインフラは貧弱で、ネット環境も脆弱である（滞在した5日のうち少なくとも2日はインフォメーションセンターのネット回線は利用不能であった）。ましてや災害時は通信インフラがダメージを受ける可能性も高く、いくら成果をネットで配信しても肝心の被災地で全く活用されない可能性が高い。現地に入る前、ネットで公開されているOCHAの地図情報を見て、その種類の多さと同時に1枚あたりの情報量の少なさに驚いていたが、今考えるとこれら現地から発信されている情報密度が、そのまま現地が受け取ることのできる情報密度を示していたといえる。被災地に向けた情報発信はこの点に注意すべきであるとともに、データを解析して定量化することと、可能なら出力図を直接持参するのが効果的である。

5.2 地形図教育と合意形成

行政、市民を問わず、現地で最も使われている地図には海岸、河川などの水涯線と行政界とわずかな主要建築物のほかは道路しか載っていない。しかし道路（街路）に関しては極めて詳しく、全ての道路に名称が記されており、通りの名さえわかっているれば目的地に到達できるようになっている。

しかし、この地図には等高線はおろか、河川海岸を除くと土地の高さを想起させるものは全く記されていない。住民の多くは元の土地に戻りたがっており、住宅の再建も始まっている。復興計画を作成するときには、わかりやすさを優先する必要があるかも知れないが、本来、地形情報は必須のはずである。市民にとっては等高線の入った地図は必要ないかもしれない。しかし、地形の様子をわかりやすく表現した地図の普及は、行政側のみならず合意形成のためにも必要なのではないだろうか。

6. おわりに

地震・津波発生から1年が過ぎた。現地の様子はマスコミではほとんど伝えられなくなったが、その後、GAMと国軍は復興を最優先して2005年8月には和平に合意し、12月にはGAMの軍事部門が解散、国軍もその大部分が撤退した。GAMは今後は政治団体として、本年春に予定されている地方選挙を通じ自治権の確立を目指すという。もともとアチェは20世紀初めまで独立国であり、オランダの植民地時代を経て第二次世界大戦後インドネシア共和国として独立した後も特別州として強い自治権が認められている。他の州とは宗教観や歴史の違いが大きく、津波問題に関するジャカルタとの温度差も大きい。しかし一方ではインドネシア共和国の一地方としてこの60年間積み重ねてきた歴史もある。この問題が簡単に解決するとは思えないが、今後、国と地方が官民

学挙げて復興に取り組むにあたり、今回作成した地理情報が合意形成に少しでも役に立つことができれば幸いである。

衛星データをめぐる環境もこの1年で大きく変化している。2005年6月、Google社が立ち上げた情報サイト「Google Earth」では、世界全域の衛星画像が無料で閲覧可能で、同年8月のハリケーン・カトリナや10月のパキスタン地震の被害状況も見ることができるようになっている。スマトラ島沖地震・インド洋津波の時も一部の機関は観測要求および必要なデータの即時無償公開を実施していたが、必ずしも大きな流れであったとは言えず、データ入手に少くない時間とコストのかかる側面があったことは否定できない。データの共有による付加価値性を重視する流れとなってきたことは、災害対策にとって非常に喜ばしいことであろう。

衛星の運用についても好転している。当時、日本が主導的に運用可能だった地球観測衛星／センサはTerra/ASTERのみであった。2006年1月ようやく

打ちあがった陸域観測衛星「だいち (ALOS)」は、平常時の地図作成のみならず、災害時の機動力として大いに活用が期待できる。解像度不足を心配する向きもあるが、発災時の第一次情報としては充分活用可能なのは今回Terra/ASTERで証明済である。データ入手の迅速化の目処がついた以上、今後は私たちの側により迅速な情報解析・提供が要求される番であろう。

残念ながら自然災害は今後も必ず発生する。減災への取り組みを強めるのは無論だが、今回の経験を生かし、状況をいち早く定量的に把握するとともに、二次災害の抑止や復興に少しでも役立てることができるよう、今後も情報発信に努めたいと考えている。

謝 辞

今回の現地調査は、(社)土木学会の「スマトラ島沖地震・インド洋津波被害調査特別委員会スマトラ島調査団」の一員として行った。

事前情報収集に際しては、(財)資源・環境観測解析センター(ERSDAC)にはTerra/ASTERのデータを迅速にご提供いただいた。(財)リモートセンシング技術センター(RESTEC)には最新の人工衛星データ取得・配信状況を何度もお知らせいただいた。日本地図学会会員の長岡正利氏には所蔵の「外邦図」の画像データを提供していただいた。地理地殻活動研究センターの飛田幹男主任研究官には地殻変動と潮汐の情報を提供いただくとともに有益なご議論をいただいた。企画部国際交流室の皆様には被災地への渡航に際し、関係機関との調整にご尽力頂いた。地理調査部環境地理課の皆様、特に沼田佳典係長と山田美隆技術専門職と竹松桂子氏には衛星データの収集と処理、画像出力、調査の方向性の議論等、多岐に渡り示唆と協力を頂いた。

現地では後藤洋三団長をはじめとする土木学会スマトラ島現地調査団の皆様、および同時期に現地入りした科学技術振興調整費緊急研究スマトラ島調査団の皆様には調査への多大なる協力と数多くの有益な情報を頂いた。飛鳥建設インドネシア事務所の鈴木智治氏にはロジ関係で多大なる支援を頂いた。国連人道問題調整事務所(OCHA)には数多くの現地情報を電子媒体の形で提供して頂いたほか、ヘリコプターに添乗させて頂き、西海岸調査の進捗に多大なる便宜を図っていただいた。地元シャクワラ大学都市工学科の皆様には現地調査に参加していただき、現地の情報提供、通訳、最終日のシャクワラ大学における報告会の開催など、多岐にわたりご協力いただいた。バンダアチェ市在住のZulkarnain氏には津波重大被災限界線の現地検証の際に同行していただき、地元住民への趣旨説明にご尽力いただいた。この他にもアチェ州副知事、バンダアチェ市役所、ア



写真－17 バンダアチェ市 BandarBaru にて



写真－18 モスクはその構造ゆえ被災を免れたものが多く、地域住民の支えとなっていた。
避難・復興拠点整備への鍵となるかも知れない

チェメディアセンター、インドネシア共和国技術応用評価庁 (BPPT)、外務省インドネシア大使館・メダ
ン総領事館などの関係機関には調査遂行への便宜を
図って頂いた。
これらの方々と機関に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- アチェ・ニース復興再建庁, <http://www.e-aceh-nias.org/> (accessed 14 Feb. 2006).
- アチェメディアセンター, <http://www.acehmediacenter.or.id/> (accessed 14 Feb. 2006).
- バンダアチェ市, <http://www.bandaceh.go.id/> (accessed 14 Feb. 2006).
- 鎌滝孝信, 西村裕一 (2005): 2004年スマトラ島沖地震津波調査報告, 地学雑誌, 114, 78-82.
- 国土地理院, スマトラ沖大規模地震およびインド洋津波被害関連ページ高解像度衛星データを用いた津波被災状況の把握, http://www1.gsi.go.jp/geowww/EODAS/banda_aceh/banda_aceh.html (accessed 14 Feb. 2006).
- The Reconnaissance Team of Japan Society of Civil Engineers (2005): The Damage Induced by SUMATRA EARTHQUAKE and ASSOCIATED TSUNAMI of December 26, 2004, (社) 土木学会, 97.
- 佐々木久和, 岩瀬三夫, 中島秀敏, 岡谷隆基, 榎場新一, 蒲田真理子, 岸本紀子 (2005): 「スマトラ沖地震周辺地域図」について, 「地図」, 43-2, 11-14.
- スマトラ沖地震・津波 災害対応過程研究会 (JRT-DMS), 2004年スマトラ沖地震・津波関連情報, <http://homepage2.nifty.com/jams/aceh.html> (accessed 16 Feb. 2006)
- 都司嘉宣他 (2005): スマトラ島沖地震津波による Banda Aceh 市とその周辺における津波被害, および浸水高さ分布, 地球惑星科学関連学会 2004 年合同大会講演予稿集, J113-013.
- その他, 現地情報の把握にはマスコミ報道を始め, 多数の資料を参照させていただきました。