

## 広域化する地震被害地域における緊急対応と リモートセンシング技術の利用\*

多 賀 直 恒 \*\*  
城 野 博 \*\*\*

The use of the urgent response in the earthquake damage area  
which becomes a wide area and the remote sensing technology

Naotsune, TAGA and Hiroshi, SHIRONO

At present, the occurrence of 3 big earthquakes was foreseen, and it continued to since Hanshin big earthquake disaster, the coastal waters of Tottori and Tokachi, Miyagi, and an earthquake-triggered landslide in Niigata Prefecture appeared this time.

Urgent correspondence right after the earthquake disaster is very important correspondence for the post-disaster restoration and the rescue activities.

First, it makes use of recent remote sensing technology, and a stricken area is specified, and necessary information is added, and planning grasping of the disaster information and a paramedic is the most important to grasp the damage of the earthquake disaster area.

Image information from the universe by the remote sensing of the artificial satellite which can be used at present did investigation and an examination about the conditions in this recent field and the future subject though it was limited.

**Key Words:** Urgent Response, Post-Disaster Restoration, Rescue Activities, Earthquake Damage Area, Disaster Information, Artificial Satellite and Remote Sensing

### 1. 巨大地震の発生の可能性と過去の地震被害の状況

現在、東海地震、東南海地震、南海地震が同時に発生した場合の被害予測が政府の中央防災会議から発表され、阪神大震災を超える被害が予想されている。東海地震は、駿河湾周辺の「駿河トラフ沿い」で発生すると予想される地震で、この地域では過去2回大きな地震が発生している。1回目は、1854年に南海トラフ沿いに発生した安政東海地震で、このときに駿河トラフ沿いの破壊も同時に起こった。しかし、次に起こった1944年の東南海地震

では駿河トラフ沿いが未破壊のまま残り残された。1回目の安政東海地震から150年近くが経過していることや、駿河湾周辺の明治以降の地殻歪の蓄積状況を考え合わせると、駿河トラフ沿いに近い将来大規模な地震が発生する可能性が高いと考えられる。今回予想されているのは、マグニチュード8クラスの地震である。また、予想される被害分布(図1)は、駿河湾沿いを中心とし東京、長野、神奈川、静岡、岐阜、愛知、三重の8都道府県である。これらの県は、昭和53年6月に成立した(同年12月施行)大規模地震対策特別措置法(大震法)の地震防災対策強化地域の指定されている(図2)。また、被害予想についても死者約6700人と予想されている(図3)。なお被害分布は、平成13年3月に中央防災会議内に設置された、地震学や耐震工学の学識経験者16名からなる「東

\* 平成16年11月30日受付

\*\* 福岡大学大学院工学研究科

\*\*\* 福岡大学大学院工学研究科博士後期課程

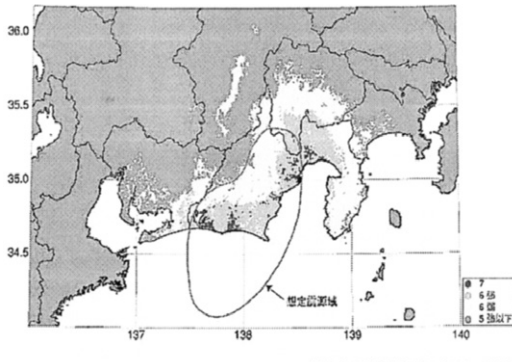


図1 東海地震の予想被害分布

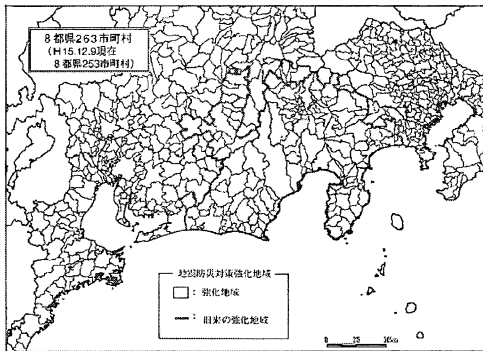


図2 地震防災対策強化地域

海地震に関する専門調査会」で、東海地震の想定震源域等について検討を行った結果、地震防災対策強化地域に比べて西側に広がり、山梨県の北部、長野県中南部のそれぞれ一部地域と愛知県東部が新たに加わった。さらに、東海地震では、千葉県房総半島先端、東京都伊豆諸島の一部、神奈川県湘南海岸の一部、愛知県東部太平洋岸等、三重県志摩半島等まで、広域に高い波が伝わる事が予想されている。

東南海・南海地震は、遠州灘西部から紀伊半島沖を経て土佐湾までの地域及びその周辺地域の南海トラフ沿いで、フィリピン海プレートが陸側のプレートに潜り込み、プレートの沈み込みに伴う陸側のプレートの変形が限界に達したとき、元に戻ろうとして急激に運動する際に発生する海溝型地震である。歴史的に見て100~150年間隔でマグニチュード8程度の地震が発生し、最近では昭和19年及び21年にそれぞれ発生していることから、今世紀前半にも発生するおそれがあるとされている。東南海・南海地震で被害が予想される地域は、東海から九州の震源域に近い太平洋沿岸を中心に、地震の揺れや津波により広域かつ甚大な被害になると予想されている (図4)。

■建物全壊棟数(朝5時のケース)

揺れ	静岡県、山梨県南部、愛知県西部等強い揺れが生じる地域を中心に、約17万棟
液状化	揺れの大い地域や軟弱地盤を中心に、約3万棟
津波	静岡県、三重県等の沿浜部を中心に、約7千棟
火災	(風速3m/sの場合) 約1万棟 (風速15m/sの場合) 約5万棟
停電	静岡県等を中心に停電が発生し、約8千棟
合計	(風速3m/sの場合) 約23万棟 (風速15m/sの場合) 約29万棟

(参考) 予知情報に基づく警戒宣言が発令された場合、火災の減少により、全壊棟数は、最大約3万棟減少

■ライフライン等

水道	断水人口(発生直後) 約950万人
電気	停電人口(発生直後) 約520万人
ガス	供給支障人口(1週間後) 約290万人
交通施設	道路、鉄道等にも被害が発生し、定期利用困難となることも想定
避難生活	避難発生時の1週間後には約190万人の避難者
物資不足	米は最大約41万kg、飲料水は最大約5,500kg。その他食料、毛布、靴着等が不足
医療対応	地域内で対応困難な重傷者は最大で約27,000人
その他	ブロック塀の倒壊やビルからの落下物等の被害 海水浴シーズンには約10万人が訪れ、川崎や横浜が閉鎖の場合、甚大な被害が想定

■死者数(朝5時のケース)

揺れ	約6,700人
液状化	死者が発生せず
津波	住民の避難意識の程度により約400人~約1,400人
火災	(風速3m/sの場合) 約200人 (風速15m/sの場合) 約600人
停電	約700人
合計	約7,900人~約9,200人

(参考) 予知情報に基づく警戒宣言が発令された場合、事前の避難・警戒行動により、最大ケースの場合約9,200人から約2,300人に減少

■詳細的被害(最大ケース)

	予知なし(警戒発災)	予知あり(警戒宣言)
直接被害 (個人住宅の被害、企業施設の被害、ライフライン被害等)	約26兆円	約22兆円
間接被害 生産停止による被害	約11兆円	約9兆円
東西間幹線交通被害	約2兆円	約2兆円
地域外等への波及	約5兆円	約5兆円
合計	約37兆円	約31兆円

前述の直接的被害の上限を踏まえて算出  
 間接被害及び公共土木被害は含まれていない。  
 ○警戒宣言の経済的影響は、日あたり実約2兆円  
 <警戒宣言発令に伴う避難者団体別移行に伴う影響>  
 ・強化地域内の商業活動の停止 ・東西幹線交通停止  
 ・強化地域外での交通等の影響 ・我が国全体への影響の波及等

図3 東海地震被害予想

また、被害予測についても東海地震同様死者が約6600人と予想されている(図5)。東南海・南海地震では、広域被害が予想されるために計画的かつ着実に事前の防災対策を進める必要があるとして、議員立法により平成14年7月に「東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」が制定され、平成15年7月25日に施行されている。これにより、1都2府18県652市町村を「東南海・南海地震防災対策推進地域」として指定した(図6)。

阪神大震災後に起こった地震の中で、マグにチュード7を越えた主な自身についての状況をあげる。1つは、平成12年10月6日13時30分に発生した「鳥取県西部地震」である。この地震は鳥取県西部で発生し、マグニチュードは7.3であり、鳥取県境港市、日野町で震度6強、西伯町、会見町、岸本町、日吉津村、淀江町、溝口町で震度6弱など中国・近畿・四国地方を中心に震度5弱~1を観測した。この地震の震源は米子市の南約20kmに位置し、震源の深さは11kmであった。この地震での死者はなく負傷者182名、家屋全壊430棟などの被害がでた。この地震の特徴は、負傷者があったものの死者がなく、被害が少なかったこと、発生した場所が人口の少ない山間部でありことに加え、地盤が固かったことにより被害



図4 東南海・南海地震震度予想分布



図6 東南海・南海地震防災対策推進地域

■建物全壊棟数 (例5時のケース)

揺れ	東海から九州にかけて強い揺れが生じる地域を中心に、約17万棟
震況化	揺れの大きい地域や秋田地震を中心に、約8万棟
津波	東海から九州にかけての太平洋沿岸を中心に、約4万棟
火災	約1万棟～約4万棟
崖崩れ	高層ビル等で約2万棟
合計	約33万棟～約36万棟

■ライフライン等

水道	断水人口 (発生直後) 約1,600万人
電気	停電人口 (発生直後) 約1,000万人
ガス	供給支障人口 (1週間後) 約300万人
交通施設	道路、鉄道等にも被害が発生し、一定期間利用困難となることも想定 津波は、特に、津波による機能低下・停止が想定
避難生活	地震発生時の1週間後には約420万人の避難者
物資不足	米は最大約250万kg、飲料水は最大約15,000kl、その他食料、毛布、肌着等が不足
医療対応	圏域内で対応困難な重傷者は最大で約96,000人
その他	ブロック層の崩壊やビルからの落下物等の被害 海水浴シーズンには大勢の海水浴客が訪れ、円滑な避難が困難な場合、最大な被害が想定

■死者数 (例5時のケース)

揺れによる建物の全壊	約6,000人
津波	避難意識が高い場合 約3,300人 避難意識が低い場合 約8,600人
火災	約100人～約500人
崖崩れ	約2,100人
合計	約1万2千人～約1万8千人

※<避難意識が高い場合>北海道南西沖地震における札幌市の場合 (避難率71.1%)  
<避難意識が低い場合>日本海中部地震の場合 (避難率20%)

■経済的被害 (最大ケース)

直接被害 (個人住宅の被害、企業施設の被害、 ライフライン被害等)	約29兆円 ～ 約43兆円
間接被害 生産停止による被害 東西幹線交通の寸断による被害 その他全国への経済に与える影響	約9兆円 ～ 約14兆円 約4兆円 ～ 約5兆円 約0.3兆円 ～ 約1兆円 約5兆円 ～ 約8兆円
合計	約38兆円 ～ 約57兆円

※発生時刻や火災等の規模により幅がある  
※過去の地震災害の広域を踏まえて推計  
※人的被害及び公共1本被害は含まれていない。

図5 東南海・南海地震震度被害予想

の拡大に至らなかったが、山間地域で起こった地震としては近年でかなり大きいものとなった。また、鳥取県が地震を想定した訓練を5月と7月に実施、防災計画の見直しを図っていたことも被害の軽減に直結した。弁当・おにぎりの支給から住宅再建支援策など、行政側の的確で素早い対応についても地元住民の評価が高かった。

次に、平成15年5月26日18時24分頃に発生した「宮城県沖地震」についてである。この地震は宮城県沖の深さ約72kmでM7.1の地震が発生し、岩手県大船渡市、江刺市、衣川村、平泉町、室根村及び宮城県石巻市、涌谷町、栗駒町、高清水町、金成町、桃生町で震度6弱を観

測したほか、青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県の一部で震度5強、東北地方を中心に、北海道から近畿地方にかけて震度1以上を記録した。この地震は、陸側のプレートの下に沈み込んでいる太平洋プレート内部で発生したものと推定され、地震発生時の切迫性が高いと言われている。いわゆる「宮城県沖地震」とは、発生場所、深さ、地震発生時のメカニズムが異なるものと考えられる。

3つ目は、平成15年9月26日に北海道の十勝沖を中心起こった「十勝沖地震」である。この地震は最初に午前4時50分頃、釧路沖深さ45kmでマグニチュード8.0の地震が発生し、北海道新冠町、静内町、浦河町、鹿追町、幕別町、豊頃町、忠類村、釧路町及び厚岸町で震度6弱、北海道帯広市、釧路市、厚真町、足寄町、本別町、更別村、広尾町、弟子屈町、音別町及び別海町で震度5強を観測したほか、北海道地方から中部地方にかけて震度1以上を記録した。また、この地震により、広尾町十勝港(検潮所)で高さ2.5m、えりも町百人浜で遡上高4.0mなど、北海道から東北地方にかけての太平洋沿岸で津波が観測された。同日6時8分頃、十勝沖深さ約21kmでマグニチュード7.1の地震が発生し、北海道浦河町で震度6弱、北海道新冠町で震度5強を観測したほか、北海道地方から中部地方にかけて震度1以上を記録した。地震活動は本震～余震型で推移し、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生したもので、この地震は、昭和37年3月4日に発生した十勝沖地震(M8.2)のマグニチュード、震源位置、プレート境界型地震、本震～余震型での活動推移などの特徴がほぼ同じであることから、地震調査委員会が想定していたM8クラスの十勝沖地震(想定M8.1前後)と考えられた。この地震により、北海道及び東北各県に被害が発生し、行方不明者2名、負傷者849名、住家全壊116棟、住家半壊368棟、住家一部破損1,580棟、床下浸水9棟の被害が発生したほか、合計37,176人に避難勧告が出され、7,429人が避難した。この地震で、苫小牧の出光興産北海道製油所タンク火災が発

生した。この火災は、地震によって備蓄タンクが破壊しその中の重油に引火し発生したものである。このため、破壊した備蓄タンクからの重油の抜きとり作業などの消火作業が長期化し火災発生から約1ヶ月近く経った10月21日に消火活動が終了した。この火災によって耐震性を十分考慮して作られた備蓄タンク本体の火災として各方面に大きな衝撃を与えた。

最後は、平成16年10月23日に新潟県中越地方を中心とする「新潟県中越地震」である。この地震は平成16年10月23日17時56分に新潟県中越（北緯37度17分，東経138度52分）を中心に発生した地震でマグニチュードは6.8である（図7）。この地震では、気象庁が阪神大震災以降に震度階を震度0から7の10段階に変えて以来初めて震度7を記録した地震である。新潟県川口町で震度7，新潟県小千谷，山古志村，小国町で震度6強，新潟県十日町や長岡市などで震度6弱，新潟県六日町などで震度5強，新潟県三条市など，福島県，群馬県，埼玉県，長野県の新潟県との県境付近で震度5弱など広い地域で強い震度を観測した。この地震では阪神大震災で記録した819ガルを超える1500ガルを記録している。発生した地域は断層帯がない空白地域であると考えられていて近くには「長岡平野西縁断層帯」があるが，国の地震調査推進本部は今後30年以内にマグニチュード8クラスの地震が起きる確立を2%と予想していた地域であった。さらに内陸部で起こった地震のため山古志村などの山村地域では地震による土砂災害が発生し山村と他地域を結ぶ道が不通となりさらに電気・水道・通信も途絶し，山村全体が孤立状態になり被害の把握がすぐに行うことが不可能であった。また，土砂崩れなどの土砂災害によって発生した土砂が河川に流れ込み，その土砂によって堰きとめられる河道閉塞が各所で発生し崩壊の危険が発生した。

## 2. 求められる緊急対応に必要な災害情報

巨大地震が発生したときに発生から2,3時間を初期期という。このときにはまず，地震の被害の把握が必要となる。地震の被害は，時間を追うごとに変化していくため随時対応する必要がある。必要な情報については以下のようなことが考えられる。

(1) 時系列で変化する情報：災害が発生すると，国や地方公共団体を始めとする防災関係機関は，地震警報や津波情報，雨量や河川の水位などの自然現象に関する情報とともに被害規模等の情報を収集し，関係機関に連絡を行い，その情報に基づき所要の体制を整備して，人命救助，医療，搬送活動などの緊急対策に取り組みなければならない。また，災害時における社会的混乱を防止し，民毛の安定を図るとともに，被災地の住民の適切な判断と行動を助け，住民の安全を確保するためには，正確な情報の速やかな公表と伝達，広報活動が重要であり，防災基本計画においても，国や地方公共団体は被災者並びに国民への的確な情報伝達を行うとされている。

災害が発生した後に必要な情報は，発生後の時間とともに変化する。阪神大震災時に必要とされた情報の調査によると，災害当日に必要な情報として，一余震の今後の見通し—家族や知人の安否—地震の規模や発生場所—地震の被害—ライフラインの復旧見通し—自宅の安全性—火災の状況—の順で挙げられているが，被害情報や安否情報が必要とされている。

地方公共団体の防災無線やテレビ・ラジオによる緊急時の災害に関する放送を通じて，第一には自然現象に関する情報，次には被害に関する情報が提供されるが，発災直後の混乱状況の中においては，被災者に対して次の適切な行動を示唆する情報をあわせ流すことが望まれる。例えば，地方公共団体では，防災行政無線網を介して地震に関する情報とともに，津波に関する警戒や今後の情報に関する注意を呼びかけたり，テレビは地震発生直後に火の取り扱いの注意等を呼びかけている。更に不安解消のための余震情報や次に自分がどうすればよいかというとの示唆を与える情報例えば，被害が少ない地域はどこか，何処が安全か，といった情報が流されることが望ましい。その際には，高齢者，障害者，外国人等の災害弱者に配慮した伝達を行う必要がある。

一方，発災一週間後の必要情報としては，一余震の今後の見通し—ライフラインの復旧1日状況—交通機関や道路の開通状況—食料や生活物資の状況—入浴に関する状況—水食料の配給場所—の順に挙げられている。復旧情報，生活情報の必要性が高まっている。国や自治体はこれらの被災者に役立つ正確な且つきめ細やかな情報を適切に提供することが必要となる。また住民からの問い合わせ

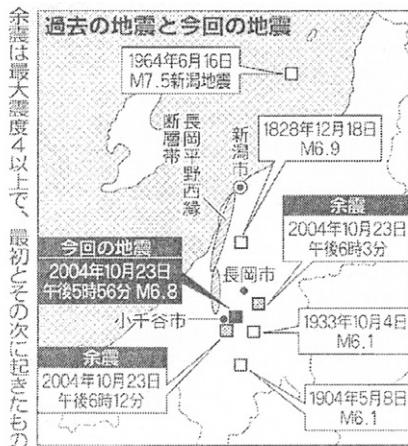


図7 新潟県中越地震

わせに対応できる体制を整備する必要がある。

(2) 安否情報と電話の輻輳：災害が発生したときに知りたい情報として、多くのものが家族や知人の安否に関する情報を挙げている。安否情報の提供はその後の救護活動、復旧活動を円滑に進める上でも極めて重要である。しかし、災害発生時には一般的に交通通信の途絶により個人の安否の確認を行うことが難しいことが予想される。阪神大震災の発生当日には全国から神戸方面に対し通常ピーク時の50倍の電話回数が集中し、電話がかかりにくい状態となったが、それが回線の輻輳をもたらすという悪循環を呼び、救急救助活動などの応急対策に必要な緊急連絡の障害となったことが指摘されている。これは阪神大震災の重要な教訓の一つであるが、その後の調査でも家族で安否確認方法、集合場所を決めている人の割合は、16.5%に過ぎない。なお、回線の輻輳から電話がかかりにくくなるという阪神大震災の教訓からNTT災害用伝言ダイヤル（171）が導入された。

被災地住民の安否に関する情報をマスメディアを通じて迅速且つ的確に提供することも電話回線の不可を避ける上で非常に有効である。阪神大震災の教訓を踏まえて各放送局では安否情報の効果的な収集、報道システムについて様々な工夫がなされつつある。

10月に発生した新潟県中越地震では、発生後すぐにNTT災害用伝言ダイヤルの開始と電話回線の輻輳を防ぐために新潟地域への通話量の最大約75%程度をコントロール（規制）した。また、NTTのiモードによる災害用伝言板のサービスも開始した。一方、NHKは地震発生後に教育テレビチャンネルで、地震の安否情報を安否確認と伝言をインターネットと電話で集め放送した。放送を開始したところ開始直後は、被災地住民への安否確認と伝言の情報が殺到した。

(3) 被災住民の情報収集：非常時に災害対策本部を担当する自治体の防災担当者によると、災害時の情報収集についてはどうも消防機関に依存する傾向があるという。しかし消防機関に依存するだけでなく防災部局としても能動的な災害情報の収集努力を行う必要がある。災害対策本部など本部レベルでは足を持っていないため情報収集は電話による入手を基本としている。いわゆる草の根的な情報収集は、地区レベルでの課題であって地区レベルから本部への連絡は、電話が使用できないときは無線に依るのが現状である。電話が輻輳によって十分機能しないときに災害情報の収集体制は現状では十分とは言えない。一般市民からのかけつけ情報の受け入れ体制や草の根情報収集体制（市内を積極的に巡回して能動的に災害状況を把握する体制）については、現時点で行政ではあまり意識されていない。地区の災害対策本部におけるパトロール班や参集職員役割、位置づけを明確にする

ことによって災害情報収集体制が整備される可能性がある。この問題は、行政の防災担当における災害情報、特に地震発生直後の初動期の情報収集に対する必要性の認識、位置づけによって決まると考えられる。

(4) マスメディアの役割：災害発生時の適切な対応に関する情報及び事前に周知しておくべき情報を住民に伝達するための手段として、テレビ、ラジオ、新聞等のメディアの果たす役割は非常に大きい。放送機関は平成10年度末で973施設、新聞社が編成9年現在約54百万部が毎日発行されている。これらのメディアは、災害発生時には、被害の大きさ等被害情報を全国、全世界にいち早く伝達するという大きな意義を持つ。さらに、大規模災害時には、被災地にニーズである住民の安否情報、鉄道道路の復旧情報、避難所炊き出し等の生活情報がこれらの媒体を通じて、定期的に繰り返し伝達されるとともに、それぞれのメディアが特徴を生かした情報提供を行った。災害発生時において、被災地と被災地外、発生からの時間の経過等によって、求められる情報も入手する媒体も変わることから、その時々々のニーズに応じた情報の提供が各媒体から適切になされることが望まれる。

大規模な災害が発生した際に備えて、メディアがお互いに情報の共有・提供、放送内容の役割分担、機材・設備等の融通、人員の応援体制等の協力関係を結ぶことが多く見られるようになった。協力関係の携帯としては、同一地域内におけるAM放送、FM放送、コミュニティ放送などが連携するパターン、地域内の同種メディアにより災害時に連携するパターン、自社の取材能力の不足を補うための他社からの情報提供を受けるパターンなどが見受けられる。これらの役割分担や連携関係は、被災者にとって、多様な情報を様々な手段で受け取ることが出来るメリットを有しておりより一層推進されることが望まれる。

10月に発生した新潟県中越地震では、十日町市などで臨時災害FM局の開設などが行われ、各被災地域情報などを放送している。また、十日町ではこの臨時災害FM局の開局までは、災害情報を印刷物で配布していたが、配布を取りやめている。

#### 災害情報の収集

次に災害情報の収集に関しては次のようなことが考えられる。

(1) 情報収集主体：対策本部として想定すべき災害情報の発見者、情報の提供者などの収集主体の体制を整理する。災害情報の収集主体は、自治体・消防・警察などの公的機関の職員、報道機関、タクシー・郵便配達・宅配業者等の民間組織、一般市民、公的機関や報道機関のヘリコプターなどである。ヘリコプターは、広域の災害情報の把握に有効で、全体状況の把握や火災に発見に特

に役立つ。夜間、悪天候、視界条件の悪いときなど期待できないので万能というわけには行かない。報道機関や民間の組織など連携を緊密にするにはあらかじめ情報協定を結んで情報の通報や情報収集に対する自発的積極的協力を依頼するなど事前に行っておくことが必要である。タクシー宅配便の無線、郵便配達システム事前協定と自発的積極的な協力を図る。公的機関の職員の参集途中の情報収集や一般的には高所見張り、巡回広報車などが基本である。一般市民は自発的なもので何らかの体制を期待するのは難しい。ただし、自主防災組織、消防団などの情報収集体制があれば別であるが、情報の伝達方法をどのようにするか、具体的のどのような体制を計画し期待するか。最大のネックは、電話回線の故障、輻鱗、無線の混信や電話 FAX が日常的に使用できない状況下での災害情報を如何に伝えるかが問題である。かけつけ情報として、過去の災害事例からも貴重な災害情報の伝達ルートと位置づけられる。あらかじめ受け入れ体制を整備しておく、市役所の出先機関、消防署の分署、他の公的機関、学校の指定避難場所、消防団、自主防災組織など連絡体制をあらかじめつくり市民に周知しておくことが必要である。

今回の新潟県中越地震では、山間部の山古志村が地震による土砂崩れのために他地域との道路が寸断され半日間孤立してした。さらに停電の発生や、携帯電話の基地局の停波が発生しまったく外部との連絡が寸断され、被害の把握がまったくできない状況となった。地震発生が夕方から夜となったことで、翌朝になってから被害の詳細な状況が把握されたり、土砂崩れなどにより道路の寸断などにより被害調査と把握に時間がかかった。

(2) 避難のための情報：市町村長は、災害が発生し又はその恐れのある場合には、災害対策基本法に基づき地域の住民に対して避難のための立ち退き勧告を指示することが出来る。この様な住民の避難を円滑に実施するため、地町村は地域防災計画において、災害発生時の避難誘導體制、避難場所の確保、避難所の適切な運営等を定めている。市町村においては、地域防災無線の活用などの活用を通じて消防、警察等関係各機関と連携し災害に関する情報を逐次住民に伝えとともに、災害の発生が予測される場合には避難の勧告等の決断を的確に行い、迅速に住民等に伝達する必要がある。一方、市町村からこの様な避難の勧告が出された場合に住民は早急に安全な場所に、避難することが求められる。

(3) 避難誘導の判断：台風の接近等風水害の発生が予想される場合に備えて、多くの市町村では、降雨量、河川水位、過去の災害経験など地域の実情を勘案して、避難の勧告を行うための基準を設けている。これらの基準は、観測データの蓄積、災害経験の積み重ね、技術開発

の進展に伴って、随時見直されて行くべきものであり、関係機関においては、新たな技術・手法の開発や精度の向上に努めていく必要がある。

専門家の活用：災害発生の前兆現象の早期発見、発生情報・被害情報の迅速な収集などを目的として、専門家を対象としたボランティア制度が創設されている。

郵便局においては、市町村と連携し、業務に支障のない範囲で、職員が郵便配達業務途上で発見した道路の損傷こつて、市町村に情報提供をする取り組みも行われている。

(4) 地域コミュニティの活用：災害から身を守る上で、地域の最小単位であるコミュニティが自主的に地域の危険を察知したり、災害発生の前兆現象を把握し、住民に適切な避難行動や初動対応を行うよう誘導していくことが非常に有益で且つ重要である。例えば、阪神大震災の際、従来からのコミュニティ活動が活発であった淡路島の北淡町では住民一人一人の生活に関する情報が的確に把握されていたことから、安否の確認、空助救急活動が迅速に行われたといわれている。しかしながら、都市化の進展に伴い、住民の移動が広域化、大規模化するとともに、住民同士のつながりも希薄化し、地域コミュニティの脆弱化が進んでいるため、自分で住んでいる地域について過去に発生した災害発生の前兆現象を知らない人が多くなりつつある。このため特に、災害に危険個所を抱えている地域では、古くからの住民による地域の災害履歴を新住民へ語り継ぐとともに、警戒や避難を始めるべき時期等について国安を話し合っておくことが望まれる。なお発災時には、高齢者、障害者などの災害弱者に配慮した対応が必要となり地域として災害弱者の存在等の情報を把握しておくことが、円滑な避難行動や初動対応に有効である。

### 3. リモートセンシングと災害情報の関係

災害発生時の初動体制を迅速に行うためには、すばやい災害の被害の把握と情報収集が肝要である。これまでは、行政職員などによる現場調査や、防災ヘリコプターなどによる空中からの把握、航空機からの空中撮影などによって把握されてきた。しかし、これらの方法では個々の情報収集能力が小さく情報全体把握に時間がかかる。また、発生が危惧されている東海地震、東南海地震、南海地震などのような広域巨大地震時には一度に広域で被害が予想されこれまでの方法での被害把握は困難であると考えられる。このような広域災害の一括的な把握を行ううえで有効であると考えられているのがリモートセンシング技術である。リモートセンシングは、対象物に直接接触することなく、離れたところから情報をセンサーによって得る技術のことであるが、災害情報として活用す

るリモートセンシング技術は地球観測衛星によって撮影された(得られた)情報である。利点としては、地震が発生した直後に撮影された画像と地震が発生する前の画像を比較することで一度に被害状況などを把握できることである。これまでも、阪神大震災時にも人工衛星の画像を使って被害予想などがされたがこのときは使用された画像が地震発生から4ヶ月たったものを使用していて、また、分解能が30mと悪く被害の把握を行うには無理があった。近年の急速なりモートセンシング技術の発展により分解能1mという人工衛星の登場でより被害の把握が可能となった。

#### 災害地域を観測した高分解衛星画像の例

1999年のIKONOS衛星の打ち上げ以降、人的災害あるいは自然災害の被災地を観測した高分解能画像は、同時多発テロ事件、イラク戦争、洪水、山火事、火山災害、地震災害など数多くある。しかし、被害の判読精度や画像の有効性を定量的に評価したものは数少ない。被地震災害を観測した最初の例は、著者の知る限りでは1999年台湾地震の埔里でのIKONOS画像であろう。しかし、衛星打ち上げ直後の準備的運用期間に撮影されたこともあり、一般には公開されていない。地震の前後で高分解能衛星画像が得られた最初の被害地震は2003年5月のアルジェリア地震である。地震後のみの画像からは判断が難しい軽微な被害は、地震前の画像を参照することで、判読がより容易になることが定量的に明らかになっている。しかし、以下で具体的に示すように、カメラの撮影角度や被害箇所によって認識が困難な場合もある。地震の2日後にブメルデス市を観測したQuickBird衛星の画像を示す。(図8)地上分解能は約60cmである。図中のAとBの建物はともに目視判読からは中程度の被害と判断できるが、現地の写真によるとAの建物は二階部分が真下に崩壊しており、Bは一階が完全に潰れていることから、両方とも倒壊と判断できる。このように真下に層崩壊しているような場合などは、高分解能衛星を持ってしても被害程度の判読が困難な場合がある。また、瓦礫が散乱しない、瓦礫が建物の影に隠れてしまうなど、破壊の仕方によっては無被害と判断されてしまう可能性もある。このように、中程度の被害を判定することは難しい場合が多い。高分解能衛星画像からは建物一棟ごとの被害は概ね判読できるが、目視による判読は、被害が広範囲になった場合には効率的な方法とはいえない。災害前後の画像比較処理によって変化域を検出することも考えられるが、高分解能であるがゆえの問題点も多い。例えば、撮影角度、太陽高度、それに伴う影の影響が画像に与える影響が非常に大きく、地震前後の画像の位置合わせが容易ではない。

現在の高分解能衛星の多くは観測波長帯が可視域3バ

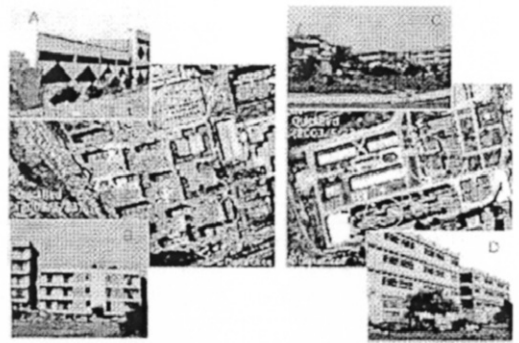


図8 地震の2日後のブメルデス市のQuickBird衛星の画像

ンド、近赤外域1バンドと少ないが、LandsatのTMやTerraのASTERのように多くのバンドを持つならば、対象物の認識の精度が向上し、その結果、災害把握も容易になる可能性がある。

これからは、情報収集衛星を含めより多くの高分解能衛星が利用可能となる。そして、これらの複数衛星の相互利用によって観測頻度が高まることから、世界各地で多発する大規模災害の早期把握手段としての活用が大いに期待される。センサや衛星システムの高性能化だけでなく、災害対応を行う当事者にいかに早く、かつ、確実にデータを送るために、データ処理・伝送技術の高速化や大容量化に対応できる冗長性を持った地上システムの整備も平行して進めていくことが急務と考えられる。

高分解能衛星からの画像を用いての災害監視・把握の可能性は大きくなっているがいくつかの課題も残されている。その課題とは

- 高分解能のカメラ(センサー)を搭載した衛星がすぐれないこと
- 衛星は各々に地球の周りを飛ぶときに周期を持っている。このため地震などの災害が発生したときにその直後に衛星が発生現場を撮影できるとは限らないこと
- 仮に災害発生直後を撮影できたとしても、天候の関係、太陽高度、撮影条件によってはその撮影した画像が使用できない場合があること

などの問題が挙げられる。分解能1m前後の高分解能衛星は、一般的に入手・利用できるものとして有名なものにIKONOSとQuickBirdがある。各国が持っている偵察衛星も同様の分解能を持つが軍事上の問題から使用することができない。また、IKONOSなどの高分解能衛星は現在1基ずつしか飛んでいないため地震発生直後を捉えられるとは限らない。しかし、IKONOSは周期が11日と従前よりはかなり早い周期で元の位置に戻ってくるため災害の発生被害の把握には有効であるが災害直

後の被害状況の把握には衛星の数を増やすなどの方法を講じる必要がある。衛星から得られるデータは、人工衛星に搭載されているセンサの違いによって異なる。主に光学センサに代表される受動型センサーは、太陽光を受けた地表からの反射や散乱、地表の放射を見るものであり、私達の目と同じく可視光の画像を撮ることのできるセンサである。このセンサで撮影された画像は、目で見た感覚と似た画像で、わかりやすい一方、雲にじゃまされがちであり、可視域では昼間の画像に限定されるという一面もある。一方、SAR (合成開口レーダー) などに代表される能動型センサーは、実際にセンサー側からある波長の信号 (電磁波) を出し、それに対する地表の反射や散乱を見るものである。能動型センサーの中で、マイクロ波のレーダーを用いたものは、昼夜問わず、雲にも殆どじゃまされない画像を撮ることが可能であるが、可視光と異なり、地表の物質毎に反射や散乱の特性を考えながら画像を読みとる必要が出てくる。このことから、衛星から撮影された画像ですぐに被害を把握しようとすると光学センサで撮影されたものが望ましいが撮影条件によっては判読に適さないものが出てくる可能性がある。

以上のようにまだ地球観測衛星として高分解能衛星の数が少ないことや周期日数の課題といったハード的な問題、衛星によってデータの処理や規格が異なるなどのソフト的な問題が存在し、災害直後の被害を捉えることが確実ではないが、2005年にはIKONOSが分解能50cmの衛星を打ち上げる予定であり、リモートセンシング技術は更なる発展を見せている。高性能分解能衛星を多く打ち上げるにより地球をカバーすることで災害発生直後の被害地域を捉えることが可能になり広域災害の初動対応にも迅速に対応できるようになると考えられる。

#### 地震被害、衛星から把握数時間で全体像写真のずれ検出 2002. 11. 5 日経

大地震の発生直後、人工衛星で被災地の写真を撮影し、平常時の写真とのずれを検出して被害が大きい地域を特定するシステムを内閣府が2003年末までに実用化する。完全に自動化すれば発生から数時間で被害の全体像を把握できるといい、復旧対策などに役立てたい考えである。内閣府が写真の発注を予定しているのは、米国の企業が打ち上げた商用衛星イコノスなど、高度五千から千キロの軌道を南北に周回している地球観測衛星。地震発生後、最も早く日本上空を通過する衛星に撮影を依頼する。現在利用可能な衛星の解像度は1~10m程度で、解像度1mのイコノスはとまっている車なども識別できるという。届いた写真は平常時の写真と重ね合わせて、建築物の輪郭などのずれを検出。連れが密集しているエリアを被害地域と特定し、数時間以内に国の緊急対策本部に情報を送って、自衛隊の派遣など応急対応に活用する。

橋、道路、鉄道などの重要施設については、事前にコンピュータに登録することで被害の有無がピンポイントでわかるという。

大地震の際には、通信網や交通網が寸断されるため短時間で情報を集約して被害規模を把握するのは困難を極める。1995年の阪神大震災では、「被害の全体像をつかめたのは三日後だった」(内閣府地震火山対策担当)内閣府は96年度から震度や地盤などのデータを基に30分以内に建築物被害や人的被害を推計するシステムを運用している。衛星写真による被害情報でこの推計を補強・修正することでさらに信頼性を高めたいとしている。

残る課題のひとつは、ずれを検出する精度の設定。自動車やベランダに干した布団などを被害と判断しないようにずれの検出の仕方を調整する必要があるという。2003年度待つまでにシステムを実用化する予定であり当初は一部で人手が必要になるが2004年度末までには完全に自動化する計画である。

#### 4. 阪神大震災以降のリモートセンシング技術の発展状況

阪神大震災のときにも、リモートセンシング技術を利用して被害把握を行う研究が様々行われてきた。そのひとつに松岡・山崎らの「1995年兵庫県南部地震での建物被害地域における人工衛星 SAR 強度画像特徴」があるが、この研究では、建物被害データと地震前後に阪神・淡路地区を観測した ERS 衛星の SAR 画像とを用いて、建物被害地域における後方散乱特性の変化を定量的に評価し、衛星画像を用いた被害分布の抽出を試みている。使用した画像は、阪神大震災発生後4ヶ月経った1995年5月23日に観測した ERS・1/SAR を用いている。リモートセンシング技術を用いた被害把握の先駆的研究であるが、衛星の画像の分解能が30m とよくないことや使用した画像が地震発生からかなり経っているために地震直後の建物被害状況を観測しているのではなく、瓦礫化した建物、瓦礫が撤去されて空き地になった地域、新築の建物などの地震発生直後の被害状況を把握するには難があった。その後リモートセンシング技術は急速に発展し、IKONOS や QuickBird など軍事技術を利用した高分解能衛星も打ち上げられ、高分解能で地球を観測することが可能になっている。

#### 地球観測衛星の変遷と地震被害分布の推定

1960年代に気象衛星の利用から始まった。当時は雲の解析、とくに時系列解析から雲の移動速度などの調査に利用された。1972年の Landsat 衛星の打ち上げ以来、現地調査が困難な地域や危険地域における状況把握にリモートセンシングが用いられ、地球環境モニタリング技術として定着してきた。民生用では、1970年代は解像度



が80m, 80年代で30m, 90年代は10mと着実に技術進歩がはかられてきた。一方, 軍事用では, 60年代の米国において, CORONAなどのプロジェクトにより, すでに2m以下の分解能を持つ写真が宇宙から撮影されている。

当初は磁気テープに記録されたデータの解析には大型コンピュータが必要であったことから, その設備を有する限られた機関でのみ処理が可能であった。が今では, CPUの高速化などのコンピュータ技術の急速な発展によりパーソナルコンピュータでも十分解析が可能となった。また, 今では, 誰でも衛星画像をパソコンで見られるようになったといっても過言ではない。

最近の主な人工衛星と光学センサの仕様(電磁波の観測波長帯や地上分解能)をみると, SPOT衛星では, マルチスペクトルで20m, パンクロマティックでは10mの分解能を実現している。

もし, 自然災害のつめ跡(地表面の物性の急激な変化)が衛星の分解能で検出できる程度の広がりを持ち, かつ, 電磁波の反射/放射特性に影響を与える程度のものであれば, これらの地域を数百km上空の人工衛星からでも検出できる可能性がある。(表1)

1999年8月17日にトルコ共和国の西部で発生したマグ

ニチュード7.4の地震では, 震源のイズミット市とその周辺地域において広域かつ甚大な被害が生じた。死者は1万7千人以上, 全壊家屋は7万7千戸を超える大災害となった。図9には地震の翌日にイズミット市対岸のギョルジュク市を観測したLandsat-5衛星の画像を示す。1画素(ピクセル)の大きさは地上分解能と同じ30m, 範囲は約7.5km四方である。なお, 可視域の3つのバンドから生成したグレースケール画像である。参考までに地震前の1999年3月27日に観測された画像も左に示している(図9)。

この地域は現地調査によると多数の建物が倒壊した範囲である。建物が倒壊して瓦礫化すると, 可視から近赤外域での輝度値が大きくなる傾向があることは阪神・淡路大震災や2001年インド西部地震でも確認されている。

一方, 地震前と比較して地震後に輝度値が減少することで判読できる被害もある。例えば, 斜面崩壊によって植生がはぎ取られた地域や火災で焼失した地域, 護岸沈下で水没した地域などである。

画像処理的には地震前後の画像の位置合わせをピクセルレベルで正確に行い, 輝度値の差分などを求めることで, 被害地域を浮き立たせることができる。このように被害範囲が広い場合には, ピクセルの分解能が30mの

表1 主な地球観測衛星の諸元

衛星	センサ	可視域(μm)	近赤外域(μm)	中間赤外域(μm)	熱赤外域(μm)	地上分解能	回帰日数	運用期間
Landsat-4, 5	TM	マルチスペクトル B: 0.45-0.52 G: 0.52-0.60 R: 0.63-0.69	0.76-0.90	1.55-1.75 2.08-2.35	10.40-12.50	30m 120m(熱赤外)	16日	82.10-01.6
Landsat-7	ETM+	マルチスペクトル B: 0.45-0.515 G: 0.525-0.605 R: 0.63-0.69	0.76-0.90	1.55-1.75 2.08-2.35	10.40-12.50	30m 60m(熱赤外)	16日	99.4-
		パンクロマティック 0.52-0.90	-	-	-	15m	-	-
SPOT-1, 2, 3	HRV	マルチスペクトル G: 0.50-0.59 R: 0.61-0.68	0.79-0.89	-	-	20m	26日 (2-3日)*	86.5-
		パンクロマティック 0.51-0.73	-	-	-	10m	-	-
SPOT-4	HRVIR	マルチスペクトル G: 0.50-0.59 R: 0.61-0.68	0.79-0.89	1.58-1.75	-	20m	26日 (2-3日)*	98.3-
		パンクロマティック 0.61-0.68	-	-	-	10m	-	-
JERS-1	OPS	マルチスペクトル G: 0.52-0.60 R: 0.63-0.69	0.76-0.86	1.60-1.71 2.01-2.12 2.13-2.15 2.28-2.40	-	18m x 24m	44日	92.9-93.12 (SWIR) 92.9-98.10 (VNIR)
IRS-1C, 1D	LISS	マルチスペクトル G: 0.52-0.59 R: 0.62-0.68	0.77-0.86	1.55-1.70	-	23.6m 70.8m(中間赤外)	24日	95.12-(1C) 97.9-(1D)
		パンクロマティック 0.50-0.75	-	-	-	5.8m	(5日)*	-
ADEOS	AVNIR	マルチスペクトル B: 0.42-0.50 G: 0.52-0.60 R: 0.61-0.69	0.76-0.89	-	-	16m	41日	96.10-97.6
		パンクロマティック 0.52-0.69	-	-	-	8m	-	-
Terra	ASTER	マルチスペクトル G: 0.52-0.60 R: 0.63-0.69	0.76-0.86 2.235-2.285	1.60-1.70 2.145-2.185 2.185-2.225 2.295-2.365 2.365-2.43	8.125-8.475 8.475-8.825 8.925-9.275 10.25-10.95 10.95-11.65	15m(可視近赤) 30m(中間赤外) 90m(熱赤外)	16日	99.12-
		パンクロマティック 0.45-0.90	-	-	-	-	1m	-
IKONOS	VNIR	マルチスペクトル B: 0.45-0.52 G: 0.52-0.60 R: 0.63-0.69	0.76-0.90	-	-	4m	11日 (1.5-2.9日)*	99.9-
EROS-A1	Pan	パンクロマティック 0.5-0.9	-	-	-	1.8m	2-4日*	00.12-
		マルチスペクトル B: 0.45-0.52 G: 0.52-0.60 R: 0.63-0.69	0.76-0.90	-	-	2.8m	4.7日*	01.10-
QuickBird-2	Pan	パンクロマティック 0.45-0.90	-	-	-	0.6m	-	-
		マルチスペクトル B: 0.45-0.52 G: 0.52-0.60 R: 0.63-0.69	0.76-0.90	-	-	4m	2-3日*	03.6-
OrbView-3	Pan	パンクロマティック 0.45-0.90	-	-	-	1m	-	-

\*:ポインティングなどを使用した場合の平均再訪日数,各機関によって定義などが異なるため,単純な比較はできない。

衛星画像を使ってでもある程度は被害範囲を推定できる。しかし、点在する被害分布や建物レベルでの詳細な被害判読は困難である。

### 高分解能衛星 IKONOS

高分解能衛星 IKONOS は、分解能 1 m の画像を撮影することが可能な高分解能衛星である。アメリカのスペースイメージング社が運用していて、打ち上げは1999年9月25日である。設計寿命は7年で、次世代機では最高50 cm の解像度を予定している) 回帰日数は11日で、撮影時刻は午前10時~11時となっている。この IKONOS の特徴は、軍事偵察衛星の技術を用いたセンサを搭載していることでこのことにより分解能 1 m という画像を撮影することが可能である。また、その画像を商用利用できる点も大きな特徴である。

### 高分解能衛星画像の特徴と判読

米国政府は、1994年3月10日に発表された大統領令(PDD-23)により、冷戦時代に培った偵察衛星技術に規制緩和を与え、一部民生転用を認めた。これによって、2000年代からは分解能 1 m 程度の画像が一般に利用可能となっている。IKONOS はカメラの首振り(ポインティング)機構による観測のため、観測頻度が数日と比較的高い。神戸ポートアイランドを観測した IKONOS 画像を示している。分解能は約 1 m である。比較のため同じ範囲について、ADEOS 衛星(分解能: 16m)が観測した画像も左に示す。両者は観測日が異なるため、埋立地には若干の違いが見られるが、人工島中心部ではそれほど大きな変化がないと考えられる。(図10)

左の ADEOS 画像からは大きな建物の認識すら困難であるが、右の IKONOS 画像からは、図2神戸ポートアイランドを観測した ADEOS 衛星と IKONOS 衛星画像の空間分解能の比較主要な道路、新交通システム(ポートライナー)の路線、建物の形状などが認識でき、走行中あるいは駐車中の車両までが検知できる。

偵察衛星による画像判読の分野では、画像分解能と対象物の認識との関係として、ジョンソン基準がある。これは、認識レベルを、「存在するかしないか: detection

(検知)」「どの方向を向いているか: orientation(方向性)」「どんな種類のものか: recognition(認識)」「それが何なのか: identification(固定)」を4つに分けたときに、それぞれのレベルに対して目標物が何ピクセル以上必要を示したものである。基準によると、目標物の大きさが1ピクセルあれば検知できるとし、2ピクセルでその方向が推定できる。さらに、5ピクセルあれば認識でき、10ピクセルの大きさともなれば目標物の同定ができるとされている。この基準によると、1 m 分解能であれば建物や大型車両などは同定でき、一般車両はその方向性は把握できても認識するのが微妙なレベルである。

画像判読には予見なども必要であり、それは過去の画像データの蓄積と判読者の経験がものをいう。偵察衛星の判読技術の場合、1960年から現在までの紛争地域などを撮影し、判読した膨大なデータの蓄積があることから、軍事的な事象での判読ノウハウは確立しているといってもよい。

1 m 分解能ではあるがこのような画像が民生レベルでも利用できるようになった現在、災害監視に有効利用するためには、自然災害などを観測した画像と判読の蓄積を進めていくことが重要である。

高分解能衛星などリモートセンシング技術の発展にもなって衛星画像の入手の方法などについても進展が見られる。まずは、コンピューターの高性能化により衛星から得られたデータの解析・処理が短期間で行われるようになったことや FAX や電話で行っていた検索や発注は、インターネット上でできるようになり、ブロードバンド化が進んだ現在では発注から入手までをインターネット上ですべて行う運用機関もでてきた。このように衛星画像を容易に入手できる反面、著作権などの問題に配慮する必要がある。

### ●データサービスの最新動向

近年の急速な情報処理技術の進展により、リモートセンシングデータの利用環境は劇的に変化している。リモートセンシングにおけるデータサービスとは、観測衛星も

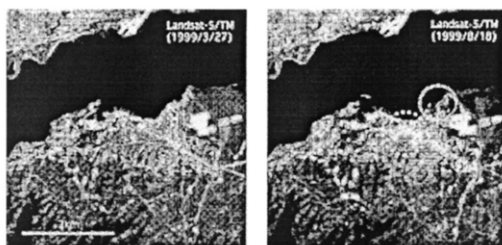


図9 1999年のトルコ西部地震前後のギョルジュク市を観測した Landsat 衛星画像

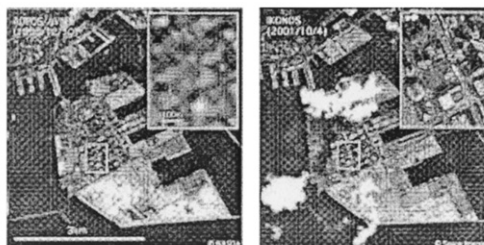


図10 神戸ポートアイランドを観測した ADEOS 衛星と IKONOS 衛星画像の空間分解能の比較

しくは飛行機から取得されたりリモートセンシングデータが受信・処理された後に、適切な方法により利用者にデータ(プロダクト)を提供するサービスを示す。一般的なデータサービスとして

①データ検索、②データ発注、③高次プロダクト発注、④データ配布・提供、⑤関連情報提供、⑥顧客相談窓口から構成されていてデータ提供機関が独自のサービスを展開している。これまでは、電話・FAX サービスが主流であったが、近年では、インターネットを利用した活用したサービスが一般化している。さまざまな地理情報(GI)をデータとともにリモートセンシングデータを提供する「空間情報のポータルサイト」も登場している。

インターネットを活用したデータサービスは、利用方法が簡便なだけでなく「必要な情報」を「必要なタイミング」で入手するために有効なサービスであり、今後さらに発展していくことが期待されている。(図11)

●国内のデータサービス

近年、インターネットを利用したサービスが急速に普及しているが国内ではデータ配布までをオンラインで行っている機関は限られている。しかし、主な観測衛星のデータについては、検索はオンラインで可能となっていて、必要なデータを迅速に探すための環境は整備されている。(表2)

●データ入手時の留意点

一般利用者が入手可能なリモートセンシングデータは、近年急速に増加している。データは観測目的と利用目的に応じてさまざまな種類があるが、データと有効に活用するためには、利用目的に応じた適切なデータを選択することが重要である。リモートセンシングデータの入手に当たりいくつかの留意点を示す。



図11 ユーザーサービス

① 対象地域

データを入手する際には、希望する地域の範囲が注文シーン内に含まれているかどうか、雲がかかっているかなど、ブラウザ画像、出力画像写真などの利用により確認することが必要である。

② 観測時期

農作物、樹木、その他の植物の生育状況は年間を通じて大きく変化する。これらの変化は、データを利用する場合、処理結果に大きな違いが生じる場合がある。このため、データの利用に当たっては目的とする情報を抽出するために適切な時期を検討したうえで、データを手入する必要がある。

③ センサー種類

リモートセンシングデータには、観測方式、観測波長帯、空中分解能、観測幅、観測頻度などのセンサー性能および機能にさまざまな種類がある。このため、データの入手には必要とする情報を得るために適切な観測方式を有するデータを選択する必要がある。また、空中分解能と観測幅についても、観測対象地域および目的により必要な性能が異なることから、費用対効果を考慮したう

表2 国内におけるユーザーサービス機関

機関名	サービス	対象データ	URL
オンラインにより検索・発注・配布を実施(ユーザ登録が必要)			
(財)資源・環境観測解析センター(ERSDAC)	ASTER IMS	Terra/ ASTER	imsweb.aster.ersdac.or.jp/ims/html/MainMenu/MainMenu_j.html
農林水産研究計算・情報センター	SIDaB	GMS, DMSP, NOAA	www.affrc.go.jp/agropedia/
オンラインによる検索のみが可能			
宇宙航空研究開発機構(JAXA)	EUS	MOS, JERS, ERS, ADEOS, ADEOS-II, Landsat, SPOT, 等	eus.eoc.jaxa.jp/euswww/
(財)リモート・センシング技術センター(RESTEC)		IRS-1C, 1D Radarsat	wwwirs.sate.restec.or.jp/ niban.sate.restec.or.jp/
(財)広島地球環境情報センター(HEEIC)		Landsat7, EROS-1A	www.heiic.jp/search.html
(財)環日本海環境協力センター(NPEC)	環日本海環境ウォッチ	NOAA, FY-1C, Orbview-2	www.nowpap3.go.jp/isw/
㈱NTTデータ	Geoコンテンツサービス	Orbview-3 EROS-A1 SPOT QuickBird	sirius.spotimage.fr/anglals/Welcom.htm (SPOTのみ:海外サイト)
日立ソフトウェアエンジニアリング(株)	Digital Globe Archive	QuickBird	www.hgjis.com/products/prod_imagery_jp.html (海外サイト) 独自の衛星画像ASPサービス「pixterra」を開始
日本スペースイメージング(株)	CARTERRA (国内は別途問合せ)	IKONOS	carterraonline.spaceimaging.com/cgi-bin/Carterra/phtml/login.phtml (海外サイト)

えで適切に選択する必要がある。

④ プロダクト処理のレベルとフォーマット

データフォーマットは、データを表示・処理するためのソフトウェアが、入手したデータを読み込めるかどうか事前に確認する必要がある。現在、データ配布機関では、データフォーマットは、複数用意されていることが多いことから、利用ソフトウェアを考慮して発注するデータのフォーマットを決定することとなる。

⑤ 入手までに要する日数

衛星データを発注してから入手するまでに要する時間は、CD-ROMなどの媒体による提供の場合は国内で1週間程度である。緊急にデータが必要な場合は、各データ配布機関の特急サービスなどを利用する必要があるが、すべての衛星にそのサービスが実施されているとは限らない。追加料金がかかることが多い。このため、データの発注に関しては、データの入手までに要する日数と特急サービスの有無を確認する必要がある。ただし、インターネットを利用したオンラインによるサービスの場合は、通常即日提供となっている。

⑥ データの利用権と著作権

入手したデータの利用は、購入者の内部利用のみに求められているのが通常である。また、購入者の有する権利は、購入したデータの利用権のみで、一般には所有権などの権利は衛星打ち上げ機関やデータ提供機関にある。このため、データを外部へ公表する場合には、公表形態により別途料金が発生する場合がある。このようなデータの利用権および著作権は、一般に高分解衛星など商業衛星データにおいてより厳しく規定されており、各データにおいて規定されている権利内容をよく確認し、権利に反しない利用を行うことが必要である。

5. 新潟県中越地震に関係したリモートセンシング技術の新しい状況

新潟県中越地震では、人工衛星による被害地域の撮影が行われている。10月23日の地震発生直後衛星がどの位置にいたかを衛星軌道計算ソフト「Satellite Tracker for LX200」を用いて計算すると被災地域をとらえた衛星はなかった。(図12・13)しかし、翌日の10月24日には、高性能分解能を有するIKONOSとQuickBirdが被災地域をとらえている。IKONOSは午後12時3分に新潟県に最も接近し(図14)、QuickBirdは11時11分ごろに新潟県にもっとも接近している(図15)。また、IKONOSについては10月29日には新潟県の真上を通過し、被害状況を鮮明にとらえている(図16)。そのほかにも分解能ではIKONOSなどに劣るがSPOT 5が10月25日に新潟県の被災地付近を撮影している。IKONOSの運営機関であるスペースイメージング社では、関係行政

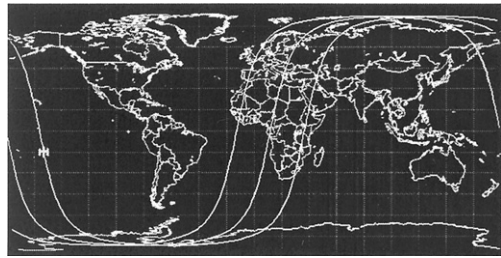


図12 中越地震発生直後の IKONOS 衛星の位置と軌道

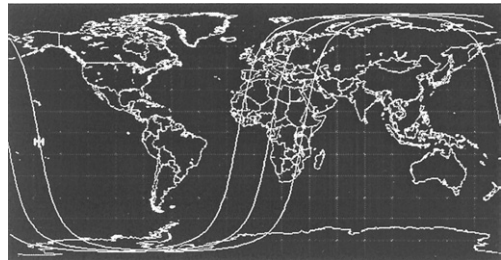


図13 中越地震発生直後の QuickBird 衛星の位置と軌道

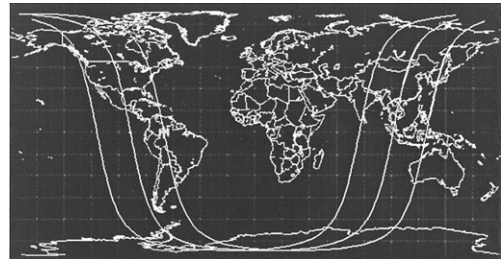


図14 中越地震発生後の初めて被害地域をとらえたときの IKONOS 衛星の位置と軌道

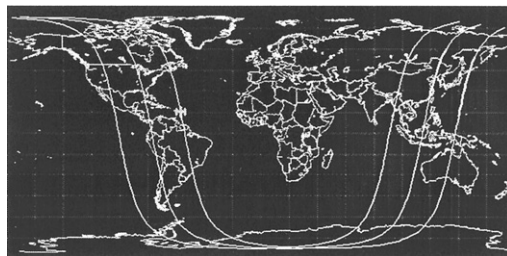


図15 中越地震発生後の初めて被害地域をとらえたときの QuickBird 衛星の位置と軌道

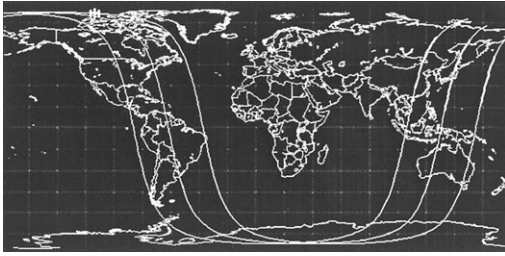


図16 被災地域上空を IKONOS 衛星が通過したとき(10月29日)の位置と軌道



図17 IKONOS 画像の地震災害前後の画像 (スペースイメージング社のホームページより)

機関にいち早く情報を提供すると同時に、テレビ・新聞などの各メディアで紹介している。また、一般向けにもホームページ上で震災前後の写真をならべて比較できるような状態にして公開している(図17)。また、同様に、(財)リモート・センシング技術センターのホームページ上でも IKONOS・QuickBird・SPOT の画像を公開している。(表3)また、リモートセンシング技術と地上の情報の連携として、リモートセンシングとGISなどの地上情報を組み合わせて災害復旧情報を共有する取り組みが行われている。

#### 巨大地震とリモートセンシングデータとの連携－「新潟県中越地震復旧・復興GISプロジェクト」

近年の急速なりモートセンシング技術の発展により、これまで数十m単位であった分解能が、IKONOSなどの偵察衛星技術を利用した高分解能衛星の衛星データの取得が可能となり、分解能1mという衛星データを利

用することが可能となった。この分解能の向上により衛星データから判読の難しかった被害状況などの判読が可能となっている。これまでは、被害状況などは、現地調査などのデータをもとにGISを用いて集約されてきたが、今回の新潟県中越地震では、様々な関係機関、企業の枠を超えた協力のもと「新潟県中越地震復旧・復興GISプロジェクト」が立ち上がり、高分解能衛星画像とGISの情報を組み合わせた情報が提供されている。この情報提供では主に地震発生後の災害対応や復興活動を支援するための情報提供を目的としているが、巨大地震とリモートセンシングデータとの連携をなす事例として考えられる。

「新潟県中越地震復旧・復興GISプロジェクト」の目的  
「新潟県中越地震復旧・復興GISプロジェクト」によると

今後の復興活動の本格化を見据え、本プロジェクトは、趣旨に賛同する諸機関のボランティア協力により、被災状況やライフライン復旧情報等を地理情報システム(GIS)を用いて、一元的にWEB上のデジタルマップに集約し、住民やボランティア団体、防災関係機関等との間の情報共有を図るものである。本プロジェクトでは、その活用により、災害対応、復興活動を支援するとともに、住民の方々に身近な情報を提供することをあわせて目的としている。

このプロジェクトで利用されている情報⇒

- ・イコノス衛星画像 ((C)日本スペースイメージング 日本スペースイメージング株式会社)  
縮尺：概ね1/2,500程度、解像度：1m  
撮影日：平成16年10月29日
- ・数値地図25000地図画像 (国土地理院)  
縮尺：1/25,000  
作成：平成9年10月1日～平成10年12月1日
- ・PAREA GeoNet (国際航業株式会社製の道路地図データベース)  
縮尺：1/25,000  
作成：平成15年

閲覧可能な情報項目⇒

この「新潟県中越地震復旧・復興GISプロジェクト」で入手可能な情報は、主な土砂災害発生箇所、河川管理施設被災箇所、河道閉塞の状況、土砂災害発生箇所航空写真、道路一般車両通行止め、震源、鉄道運行状況、電気、水道、固定電話、携帯電話、避難状況、災害状況、リアルタイム雨量・水位、災害救援、現地ボランティアセンター状況、消防本部である。

なお、この情報はインターネット上で公開されており「WebGIS」で閲覧することが可能である(図18)。

以上のように今回の地震では、地震発生直後を衛星で

表3 中越地震発生後の地球観測衛星の画像((財)リモート・センシング技術センターのホームページより)

	日付	衛星名	画像	画像
1	2004年11月23日	IKONOS (イコノス)		観測範囲:東西約23.5km×南北約53km (画像中央:川口町付近) 分解能:1m/カラー ©日本スペースイメージング(株)
2	2004年11月9日	SPOT5号 (スポット5)		観測範囲:約60km×約60km (画像中央:長岡市周辺) 衛星の位置情報:328/275(カラム/ライン) 分解能:2.5m/白黒 ©SPOT IMAGE
3	2004年11月5日	QuickBird (クイックバード)		観測範囲:東西約20km×南北約21km 画像:小千谷市付近 分解能:60cm/カラー ©Digital Globe
4	2004年10月29日	IKONOS (イコノス)		観測範囲:東西約24km×南北約73km (画像中央:川口町付近) 分解能:1m/カラー ©日本スペースイメージング(株)
5	2004年10月29日	SPOT5号 (スポット5)		観測範囲:約60km×約60km (画像中央:長岡市周辺) 衛星の位置情報:328/275(カラム/ライン) 分解能:2.5m/白黒 ©SPOT IMAGE</FONT
6	2004年10月24日	IKONOS (イコノス)		観測範囲:東西約18km×南北約70km (画像中央:川口町付近) 分解能:1m/カラー ©日本スペースイメージング(株)
7	2004年10月24日	QuickBird (クイックバード)		観測範囲:東西約41km×南北約20km 画像:小千谷市付近 分解能:60cm/カラー ©Digital Globe



図18 「新潟県中越地震復旧・復興GISプロジェクト」 WebGIS画面

とらえることはできなかったが、リモートセンシング技術を用いて撮影した画像とGISや地上で収集した災害情報とを組み合わせることで災害対応や災害復旧のための情報を共有し、一元化することが可能であると考えられる。今回は、災害復旧にリモートセンシング技術を用いたが、今後地震災害発生直後に活用できるようにするためには、平時からのライフラインなどの情報のGIS化や災害発生前の比較のための画像の情報などの整備が必要であると考えられる。

参考文献

1. 関根秀真, データサービス, 土木学会誌2004年1月号特集「リモートセンシング最前線」pp19-20, 土木学会誌 Vol89, No.1
2. 松岡昌志, 高分解能衛星による災害監視の可能性, 予防時報「217号」pp8-13, 社団法人 日本損害保険協会, 2004
3. 関 克己, 危機管理体制の強化と課題, 京大防

- 災研究所創立50周年記念 第2回 防災フォーラム, 2001
4. 吉井一弥, 日本の防災行政の課題-防災局長の反省-, 京大防大防災研究所創立50周年記念 第3回 防災フォーラム, 2001
5. 廣井 脩, IT時代の災害情報, 京大防大防災研究所創立50周年記念 第3回 防災フォーラム, 2001
6. 平成16年(2004年)新潟県中越地震 (第56報), 消防庁消防災害対策本部 pp6-12, 2004
7. 平成16年(2004年)新潟県中越地震について (第39報), 内閣府, pp12-15, 2004
8. 平成16年新潟県中越地震による被害状況について (第60報), 新潟県, pp4, 2004
9. 新潟県中越地震復旧・復興GISプロジェクト <http://chuetsu-gis.nagaoka-id.ac.jp/>, 2004
10. 多賀直恒, 城野 博, 巨大地震による緊急対応とリモートセンシング技術の応用, 福岡大学工学集報第73号, 2004

11. (財)リモート・センシング技術センターのホームページ [http://www.restec.or.jp/jishin/niigata/niigatatop\\_1.html](http://www.restec.or.jp/jishin/niigata/niigatatop_1.html), 2004
12. スペースイメージング社ホームページ <http://www.spaceimaging.co.jp/news/tyuetsu.html>, 2004
13. 平成16年度版防災白書, 内閣府, 2004
14. 平成15年度版防災白書, 内閣府, 2003
15. 平成13年度版防災白書, 内閣府, 2001
16. 地震被害, 衛星から把握数時間で全体像写真のずれ  
検出2002. 11. 5 日経
17. 岩盤内部 震源浅く 2004. 10. 25 毎日