



向山 栄*

地震災害発生直後に期待する災害情報の特性とIKONOS衛星画像の利用

1. IKONOS衛星画像による2004年新潟県中越地震の災害状況把握

地震災害など、広域的な災害発生後の被災情報収集手段として、近年では従来の空中写真判読に加えて、高解像度衛星画像について災害時情報取得手段としての有効性の検討が進められている。しかし、被害状況を子細に渡って直接把握するには解像度が必ずしも十分でないことから、これまでの議論は、画像処理手法や自動判読手法の工夫により、計測値から間接的に被災箇所を推定することに焦点が当てられてきた。筆者らは2004年（平成16年）新潟県中越地震の際に地上解像度1mクラスのIKONOS衛星画像による災害状況図の作成を試み、高分解能衛星画像が災害状況を視覚的に把握して総覧的情報を取得し、かつ伝達することに十分利用できることを実証した。また、その有効性は周辺関連技術の発展と不可分であることを確認した。

2. 災害直後の情報取得の目的

災害直後においては、以後の対策を被災規模に応じて戦略的に決定するために、被災状況の包括的な情報が必要である。包括的な情報とは、発生した事象の種類と規模、被災範囲を、発生場の条件とともに認識できる総覧的な情報である。加えて、緊急対応を要する被害や、救援経路、救援が困難な個所などを、被災地全域にわたって判別できる情報であることが重要である。緊急対応の判断を行

う時期はできるだけ早いほうがよいが、災害初期には情報が十分に集まらないことが多い。しかし被害情報を収集してからではおそい。したがって、必ずしも詳細な情報がなくても既存の情報と断片的な情報とを合わせることによって、全体を短時間に均一に把握できる程度の情報をできるだけ早く得ることが重要となる。

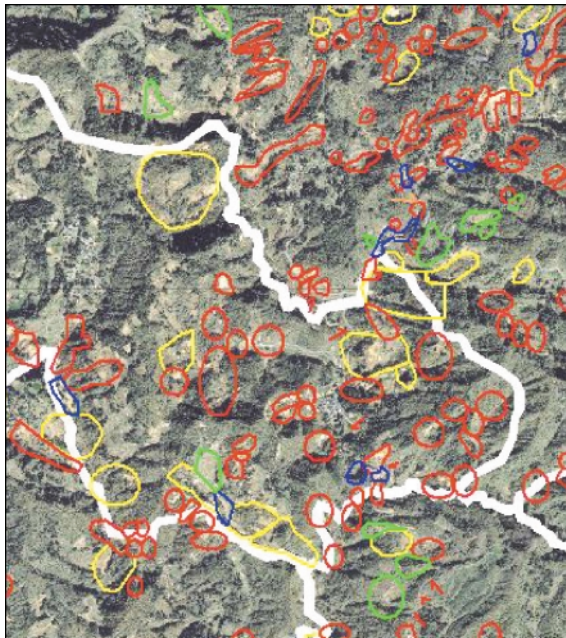
このような判断に必要な情報は、広域的であると同時に被害状況を具体的に記述できる必要がある。このような条件を満たすものとして、従来から空中写真判読が行われてきた。しかし従来の空中写真判読は、多数の写真の現像焼き付け、判読結果の地形図への移写に時間を要し、写真図作成にあたってはモザイク作成もしくはオルソフォト化という手間を要するなど、作業の迅速性を制約する条件があった。

一方、衛星画像から災害情報を取得することについては、画像の高解像度化により、被害状況を具体的に把握できる可能性に大きな期待がかけられるようになった。また、情報取得の迅速性、周期性および広域性などの長所を活かして、災害前の危険地域抽出 災害発生後の被災箇所比較抽出 災害後の復旧支援 への利用が従来から考えられてきた。しかし衛星が周期的軌道を持つことが、かえって災害発生時の適時監視には障害となるため、これまでは主に災害後の時系列的情報提供への貢献が期待されてきた。

しかし今回の災害では、地震発生翌日の午前11時頃に近畿・中国地方上空を通過中の

* 国際航業株式会社

IKONOS衛星から、その柔軟な姿勢制御能力を活かして、被災地域の撮影を実施することができた。被災地が軌道の直下ではないため、画像がかなり倒れ込み解像度はやや落ちたが、被雲の全くない良質な画像が得られたので、筆者らはこれを用いて災害直後の被災箇所を抽出し災害状況図の作成を試みた（図. 1）。この災害状況図の詳細については、既に報告したものががあるのでここでは省略する（参考文献1）～3）。



記号	判読項目	備考
黄色の輪	地すべり箇所	これらの区分は、全体の傾斜、滑動面の傾斜度や崩落土塊表面の特徵などによるもので、厳密なものではない。
赤色の輪	斜面崩壊箇所	
緑色の輪	地盤・盛土の顕著な破壊・変形箇所	
青色の輪	崩落土砂の河道閉塞による漏水域	
水色の輪	液状化による噴砂、陥没箇所	市街地における液状化地点を除く
オレンジ色の輪	道路構造物損壊箇所	崩落土砂によって確認できない箇所がある
赤色の輪	道路斜面損壊箇所（切土、盛土）	
青色の輪	鉄道施設損壊箇所	
緑色の輪	砂防・治山施設の損壊	
紫色の輪	写真判読範囲	

図. 1 IKONOS衛星画像と空中写真判読によって作成した新潟県中越地震災害状況図（部分：芋川流域）とその凡例

3. 高分解能衛星画像利用のブレークスルーは肉眼視化

今回作成した災害状況図の特徴は、衛星画像による判読図においても従来の空中写真に

よる判読図と同様な判読項目を抽出し記載できたことにある。そしてその点が、災害現場において状況把握の実用に供された最大の理由であると考えられる。それは、衛星画像の高解像度化に全面的に依存している。

一般に、衛星画像は航空機による空中写真と比較すると解像度が劣り、道路面の亀裂などの小規模な災害現象を抽出することはむずかしい。しかし、発災直後の緊急対応を要する段階において重要なことは、事態の推移を予測して対応行動が選択できる程度に災害概況をイメージすることであり、必ずしも情報に精度の高さを求めなくとも良いかわりに、曖昧な情報から素早く目的の判別を行うことが重要である。したがって、認定できる現象の種類はやや限定されたとしても、解像度の粗いデータから記号化された災害状況よりも、肉眼によって被災地点と被害の種類を確認にできることのほうが、災害状況のイメージングには役立つ。新潟県中越地震の対応において、筆者らは災害状況図のほかに、液状化地点の判読や、河道閉塞による天然ダム形成箇所の判読を行ったが、これらの作業はIKONOS衛星画像のみでも十分に実施できた（図. 2）。画像データの高分解能化によって肉眼視が可能な水準に達したことが、衛星画像を災害状況把握の実用の段階に推し進めたブレークスルーであったと考えられる。

このように、情報のデジタルデータ化が進む流れとは一見逆行するようであるが、今後のある一定期間には、デジタル画像解析技術を用いて、肉眼判別能力を最大限に生かすような技術的進展にも力が注がれるのではないかと考えられる。たとえば、地形判読の分野においては、航空機レーザ測量技術の進展によって、高密度の地形計測データが得られるようになった。その結果、実地形に即した精密な地形モデルを作成することが容易にな

り、それを利用して視覚に訴えるような精緻な地形表現法が工夫されるようになった。これは地形モデルが精細になり、実地形に対する人間の視覚イメージを再現するのに十分な忠実度を持つようになったので、地形判読をできるだけ効率よく行うには、視覚を十分に活用することが効果的であることが再認識されるようになったからであると考えられる。

4. 周辺技術分野の進展も重要

発災直後の総覧的災害情報を収集する際に

は、出力する情報の種類と精度を、できるだけ早い段階で決定する必要がある。新潟県中越地震の際には、近年の地震観測網の整備および既往地震や地震動シミュレーションの事例研究の蓄積、さらに情報通信環境の整備により、現地の被災情報が乏しい段階でも、被害状況のある程度推定することができた。

今回の地震の場合には、震度情報、震源位置情報、高密度な気象情報などの情報は、インターネット等を利用して準リアルタイムに入手することができた(図.3)。また、本震

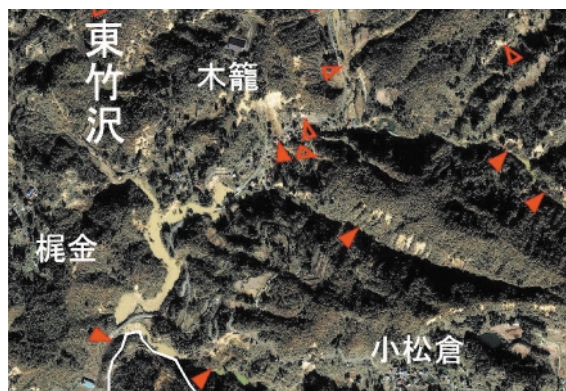


図.2 IKONOS衛星画像で見る新潟県中越地震による液状化発生状況(左)および河道閉塞による天然ダム位置図(右)

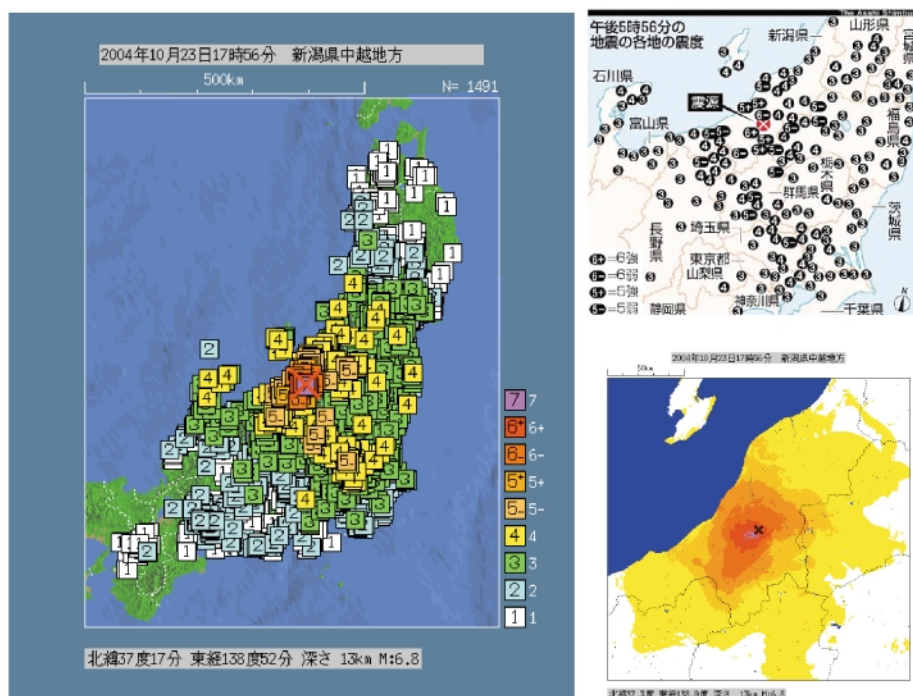
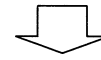


図.3 地震発生直後から入手できる面的かつ高密度な震度情報(気象庁の発表によるもの)

発生が夕刻であったため、現地はすぐに夜間に入り、可視情報に乏しい状況になった。しかし、地震関連情報に加えて、既存の地形図、地質図などの基盤情報によって現地の地盤状況に関する知識を得ることにより、地震発生後数十分後には、被災情報のない地域も含めて、およそその加害現象の種類とそれらが発生した可能性の高い領域を推定できた。その結果、被災状況のイメージに修正を加えながら（図.4）、本震発生から約3時間後までには、その時点で情報発信の乏しい地域を含めて被災状況を想定し、情報取得すべき範囲と情報の種類（表1）を設定することができた。また、その後もさらに、インターネット等を通じて刻々と発信される被災情報、特に画像情報によって、細部の情報を加え、あるいは修正を行うことにより、地震発生から約6時間後には、現地を遠く離れた場所においても、災害の全体像をかなりの的確に把握す

災害イメージ①：最初の地震M6.8直後

- ・家屋倒壊、斜面崩壊、液状化、道路や堤防の盛土崩壊、陥没、ライフライン被害
- ・死者2～3名、負傷100～200名
- ・活断層は地表に出ないが、水準測量では地盤の隆起、沈降がわかる



災害イメージ②：2，3回目の地震後

- ・死者は十数名程度に増加。ただし新幹線の脱線、衝突や向上の爆発などの突発的な大事故が起こっていない場合。
- ・負傷者は500～1000名規模。
- ・斜面崩壊の多発。
- ・道路、鉄道の不通箇所多数。
- ・活断層は地表に出たかもしれない。



災害イメージ③：約6時間後

- ・およその被災範囲を推定。
- ・空中写真、衛星画像の具体的計画準備。
- ・山間地の情報が少ないので、被害は大きいと予想。

図.4 地震発生直後からの災害イメージの変化

表.1 2004年新潟県中越地震災害におけるIKONOS衛星画像を用いた災害状況図の記載内容

地震発生直後に想定できた判読項目	事象の一般的なスケール	総覧図における重要性*1	判読の難易		災害概況図記載内容	
			空中写真	衛星画像	凡例	凡例に示す備考
地すべり箇所	数10m～数100m					これらの区分は全体の傾斜、滑落崖の明瞭度や崩落土塊表面の特徴などにより厳密ではない。
斜面崩壊箇所	数m～数10m					
地盤・盛土の顕著な破壊・変形箇所	1m～数10m					
地割れ、亀裂	1m以下			×	×	
崩落土砂の河道閉塞による湛水域	数10m～数100m					
液状化による噴砂、陥没箇所範囲	数m～数100m					市街地における液状化地点を除く。
噴砂丘、亀裂、陥没深度など	数m以下			×	×	
全半壊家屋、倒壊建物	数m～数10m			～×	×	
道路構造物損壊箇所	1m以下～数10m					崩落土砂により確認できない箇所がある。
路面、施設の亀裂	1m以下			×	×	
道路斜面損壊箇所（切土、盛土）	数m～数10m					
鉄道施設損壊箇所*2	数m～数10m					
河川・砂防・治山施設の損壊	1m～数10m					
その他構造物の損壊（電柱など）	1m以下を含む			×	×	
火災発生箇所	数m～数100m				-	市街地における液状化地点を除く。
空中写真判読範囲	-	-	-	-		
*1：緊急対応の必要性が高い、あるいは救援活動の障害となる事象 *2：新幹線の脱線および停止した鉄道車両は、IKONOS衛星画像で判別可能。					衛星画像のみで判読しにくい項目は航空機による空中写真で確認作業を併行して実施。	

ることができ、詳細な画像情報を収集すべきと考えられる範囲を設定することができた(図.5)。

これは、1995年(平成7年)の阪神・淡路大震災時との非常に大きな相違点である。すなわち広域において地表付近での現象を観測する技術、それを解析し情報を伝達する技術の発展と、広域リモートセンシング技術の進展が調和して、災害時の衛星画像の実利用が実現化したと解釈できる。広域的な情報取得を特徴とする衛星画像の高度利用にあたっては、周辺分野での情報収集・伝達技術の進展が重要な役割を果たし、現在はそれらが次第に成熟しつつあると考えられる。

5. 今後の課題

高分解能衛星画像データは、災害発生直後にタイミングよく取得できれば、短時間に状況の把握ができる有力な情報源となる。しかし災害初期対応には、被害情報だけでなく、

それらと防災拠点や避難施設との関係を把握することが不可欠である。応急対応の判断にあたっては、これらの情報については事前に把握しておく必要があり、防災関連機関によって整備された基盤的地理情報を効率よく利用できる環境が望まれる。また、被害状況の情報を、救援活動の難易などを直接示す指標に変換して表示する工夫も必要と思われる。

さらに、情報が広域性を持つゆえの課題もある。近い将来発生すると考えられている東海、東南海・南海地震のようなM8クラスの巨大地震の発生時には、新潟県中越地震の被災範囲よりも広域的な対応が必要となり、取り扱う情報量も格段に多い。各調査機関の連携や民間各社の協力体制と、それを支える基盤情報や広範かつ迅速な通信手段を整備しておくことが望まれる。また、情報欠落部(天候障害、夜間)に対して、情報を補完する手法を確立する必要がある。加えて、情報通信手段が広範囲において致命的なダメージを受

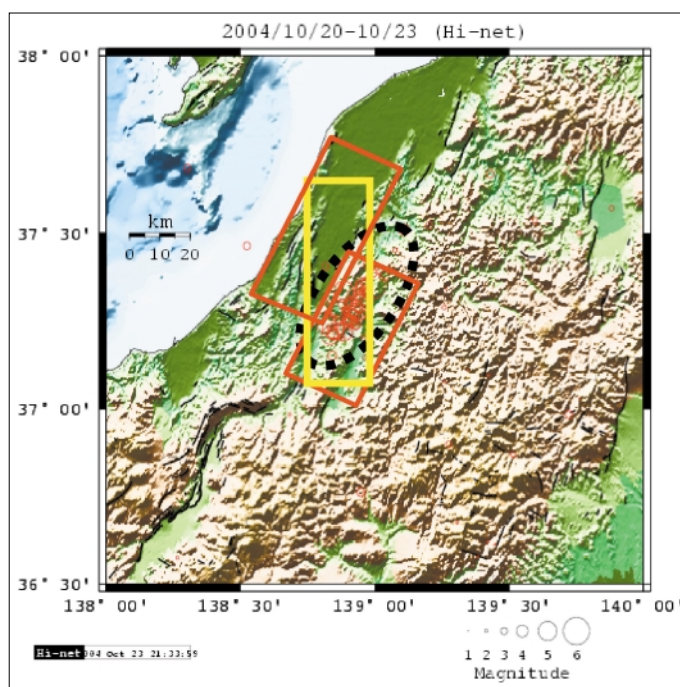


図.5 震度情報や余震発生域(黒破線枠)から、詳細情報(画像情報)が必要であると判断した範囲(赤枠)および実際にIKONOS衛星画像を取得した範囲(黄枠)。余震発生箇所の分布と背景図域は防災科学技術研究所のホームページから取得したもの

(DATE:2004/10/23 22:47 URL:<http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/niigata041023/>)

けた場合の対処を考えておくことも重要であろう。

(発表日2005年 6 月22日)

参考文献

- 1) 向山 栄：平成16年新潟県中越地震の被災状況をIKONOS衛星画像で見る、写真測量とリモートセンシング、Vol.43, No.6, 2004, pp2-3
- 2) 向山 栄：IKONOS衛星画像を利用した地震発生直後における総覧的災害情報の取得、写真測量とリモートセンシング、Vol.44, No.1, 2005, pp55-57
- 3) 向山 栄：災害発生直後に取得する災害情報の特性と衛星画像の利用、写真測量とリモートセンシング、Vol.44, No.2, 2005, pp41-42

発表者紹介

向山 栄 (むこうやま さかえ)

所属：国際航業株式会社 技術センター

E-mail:sakae_mukoyama@kkc.co.jp