

航空写真による福岡県西方沖地震での 玄界島の家屋被害把握

矢野嘉久¹・山崎文雄²・松岡昌志³・丸山喜久⁴・胡内健一⁵

¹千葉大学大学院 自然科学研究科 都市環境システム専攻 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)

E-mail:yano@graduate.chiba-u.jp

²千葉大学 工学部 都市環境システム学科 教授 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)

E-mail:yamazaki@tu.chiba-u.jp

³防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター チームリーダー

(〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通1-5-2) E-mail:matsuoka@edm.bosai.go.jp

⁴千葉大学 工学部 都市環境システム学科 助手 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)

E-mail:yamaruyam@tu.chiba-u.jp

⁵東京大学大学院 工学系研究科 社会基盤学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

E-mail:kouchi@ares.iis.u-tokyo.ac.jp

2005年3月20日午前10時53分頃、玄界灘を震源とする福岡県西方沖地震が発生した。この地震によって福岡県西区の玄界島の多くの木造建物が大きな被害を受けた。近年、広域災害時の情報収集の手段としてリモートセンシング技術が幅広く利用されている。そこで、玄界島一帯を捉えた垂直航空写真と斜め航空写真を用いて、建物一棟単位での被害判読を行った。垂直航空写真の目視による被害判読を行った結果と現地調査によって得られたデータを比較すると、早期対応を目的とする概略の被害把握が精度よく可能となることが確認できた。

Key Words : *aerial photograph, damage detection, visual inspection, wooden houses*

1. はじめに

2005年3月20日午前10時53分頃、福岡県西方沖(北緯33.7度、東経130.2度)を震源とする地震が発生した。気象庁によると、震源の深さは9km、マグニチュードは7.0と発表された¹⁾。この地震により福岡県の中央区、東区、前原市、佐賀県のみやき町で震度6弱を観測したほか、九州北部を中心に、九州地方から関東地方の一部にかけて震度1~5強を観測した。また、一ヵ月後の4月20日にはこの地震の余震域の中で最大となるマグニチュード5.8の地震が発生した。5月12日現在での福岡市内の人的被害の数は、死者1名、重傷者50名、軽傷者876名に及んでいる²⁾。また、住家被害も数多く出た。とくに、福岡市西区の玄界島では多くの建物が木造であり、その半数以上が大きな被害を受けた。

近年、こういった大地震における被災地域の早期把握手段として、リモートセンシングの利用に関する研究が進んでおり、2004年10月に発生した新潟県中越地震でも、多くの衛星画像や航空写真が被災地域の情報収集のために活用された³⁾。地震などによって広域災害が発生した直後には、以後

の対応を戦略的に決定するために、様々な事柄を総論的に把握できる情報が必要となるといわれている³⁾。そういった初期対応のための情報源としてリモートセンシングは有効に活用できる。また、災害後の復旧経過など、時間的な変化を把握するのにも適しており、多岐にわたって利用されている。災害の際に活用されるリモートセンシング技術は、主として航空写真と衛星画像である。これらの特徴としては、航空写真は地上解像度が高く、撮影地域のかなり詳細な状況まで知ることができる。しかし、一度に撮影できる範囲が狭い。また、国や地域によっては経済的や軍事的理由により航空機が飛ぶことが不可能で、航空写真を撮影できない場合もある。一方、衛星画像は航空写真よりも地上解像度では劣っているが、ほぼ同一時刻に広範囲を捉えることができ、地球上の大部分の地域が観測可能である。

そこで、本研究では、地震発生の日翌日に撮られた垂直航空写真を用いて玄界島の建物被害の目視判読を行った。この結果を現地調査のものと比較し、目視判読による被害把握の精度を検証した。



図-1 玄界島一帯を捉えた航空写真



(a) 玄界小学校を捉えたIKONOS画像（左）と垂直航空写真（右）



(b) 家屋被害を捉えたIKONOS画像（左）と垂直航空写真（右）

図-2 IKONOS画像と垂直航空写真の比較

2. 垂直航空写真を用いた目視判読と玄界島での現地調査の概要

(1) 垂直航空写真を用いた建物被害の目視判読

福岡県西方沖地震では、さまざまな航空写真が撮影され、衛星画像も高解像度衛星の一つであるIKONOS衛星（地上解像度：1m）などによって観

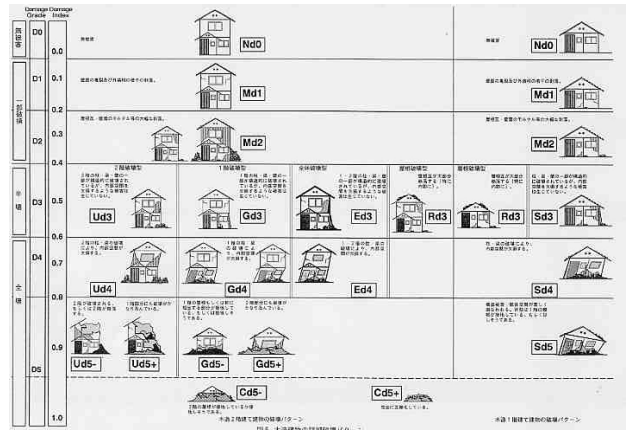


図-3 木造建物の詳細破壊パターン (岡田・高井, 1999)⁷⁾



図-4 垂直航空写真の一棟単位での目視被害判読結果

表-1 垂直航空写真の目視被害判読結果

被害区分	D0-D2	D3	D4	D5	合計
棟数	79	113	8	18	218

測された。図-1に玄界島一帯をアジア航測（株）が撮影した垂直航空写真（地上解像度：約17cm）を示す。衛星画像と垂直航空写真の比較として、図-2の(a)に玄界小学校、(b)に家屋被害を捉えたIKONOS衛星画像と垂直航空写真を示す。これより玄界島の家屋は小さく、IKONOS画像ではこの形状を正確に識別するのが困難であることがわかる。

図-1に示した垂直航空写真を用いて、被害の目視判読を行った。これまでに航空写真や高解像度衛星画像を用いた目視被害判読に関する研究はいくつか行われている^{4),5),6)}。本研究の場合、玄界島というある程度狭い範囲内での被害判読であるので、より解像度の高い航空写真を用いた。

判読の際の被害判定の基準には、玄界島のほとんどの建物が木造建物であるので、図-3に示す木造建物の被害パターン⁷⁾を用いた。この被害パターンは被害区分が被害なしを表すD0から、建物のある階層が消失するほどの破壊を表すD5までの6段階に分類されている。しかし、垂直航空写真による目視判読ではD0~D2までの軽微な被害を正確に判読するのは難しいので、D0~D2を一つのランクと



図-5 斜め航空写真

表-2 現地写真と斜め航空写真を併用した建物被害の判定結果

被害区分	D0	D1,2	D3	D4	D5	合計
棟数	32	46	57	45	9	189

表-3 福岡市による玄界島の戸建て系（木造・プレハブ）の被災度調査結果

被害区分	一部損壊	半壊	全壊	合計
棟数	61	46	107	214

し、D0~D2（無被害もしくは屋根瓦・壁面の剥落）、D3（柱・梁・壁の一部の構造的な破壊）、D4（内部空間の欠損）、D5（崩壊）の4段階で判読を行った。図-4と表-1に判読結果を示す。今回の判読において要した時間は約4時間である。

(2) 玄界島の現地調査

著者らは4月24日と5月1日の2度にわたって、玄界島の現地調査を行った。調査の主な目的は、建物一棟単位での被害状況の現地写真を撮影し、同時に各戸の玄関に貼ってある応急危険度判定の結果も記録した。これらの調査結果と垂直航空写真の目視判読結果を比較する。

現地調査によって得られた写真を用いて被害判定を行った。この際、現地写真だけでは確認できない部分もあったので、図-5に示す航空機から撮影された斜め写真（解像度：数cm）も同時に利用して判定した。表-2に現地写真と斜め撮影航空写真を併用した建物被害の判定結果を示す。垂直航空写真での判読と比べ、より詳細な部分まで見ることができるので、D0とD1~D2を分けて5つのランクで判定した。

福岡市による玄界島での戸建て系（木造・プレハブ）の家屋被害の数を表-3に示す⁸⁾。兵庫県南部

地震などで実施された自治体ごとの建物被害調査の方法は多少異なっており⁹⁾、D0~D5の判定基準と自治体統計の全壊・半壊・一部損壊・無被害の判定を正確に対応させることは困難である。しかし、全壊と半壊の境界がD3の範囲内にあるものとし、現地写真でD3と判定した建物の大半が全壊に含まれると考えると、現地写真での判読結果は福岡市による被災度調査結果と比べ、大幅な誤差はないと考えられる。よって、この現地写真での判定結果を信頼性の高い結果と考えることにした。ただし、調査時の玄界島の状況は家屋の倒壊の激しいところや崖崩れなどが発生している場所などがあり、現地写真が撮影できなかった箇所もあるので、判定棟数は垂直航空写真で判読した数と比べると、若干少なくなっている。

3. 垂直航空写真の目視判読結果と応急危険度判定・現地調査結果の比較

(1) 目視判読結果と応急危険度判定の比較

垂直航空写真による目視判読結果と応急危険度判定¹⁰⁾を比較した。応急危険度判定は「調査済み」、「要注意」、「危険」の3段階に分類される。結果を表-4に示す。D0~D2で半分以上が調査済み（安全）だったのに対し、D3では半分以上が危険であった。今回の玄界島の垂直航空写真の目視判読では、D3以上の判定だと危険家屋と判断してよいと考えられる。しかし、D0~D3までの比較ではかなりのばらつきがあるので、今後より詳細な検討が必要である。

(2) 目視判読結果と現地写真の比較

垂直航空写真の目視判読結果と現地写真による被害判定結果との比較を表-5に示す。垂直写真の目視判読で被害ランクの低い（D0~D2）建物と分類された建物は、現地調査と整合がよい。この要因としては垂直航空写真の地上解像度が高いことと、玄界島の家屋被害は屋根部分に集中していたことがあげられる。これまで、高解像度衛星画像による被害の目視判読では軽微な被害の建物の判読は難しいとされてきたが、衛星画像よりも地上解像度が高い航空写真を利用することで、判読精度が向上している。また、垂直写真を用いた目視判読の際、誤判読の原因の1つとなるのが、屋根部分より下の壁や構造体の被害がわかりづらいことである。しかし、現地調査によると、玄界島の場合、屋根部分にあまり被害を受けていない建物の多くが、壁や構造体にもあまり被害を受けていなかった。このような傾向があったため、被害ランクが低いと目視判読された建物に関しては現地調査との整合が高くなったと考えられる。

垂直写真でD3と目視判読された建物の多くが、現地調査でD1~D2あるいはD4に分類されている。

表-4 垂直航空写真の目視判読と応急危険度判定の比較

垂直写真	応急危険度	調査済み	要注意	危険	合計
D0-D2		40	14	19	73
D3		5	25	67	97
D4		0	0	7	7
D5		0	1	15	16
合計		45	40	108	193

表-5 垂直航空写真の目視判読と現地写真による判定結果の比較

現地写真	垂直写真	D0	D1,D2	D3	D4	D5	合計
D0-D2		30	21	10	4	0	65
D3		2	23	42	30	2	99
D4		0	0	3	4	1	8
D5		0	2	2	7	6	17
合計		32	46	57	45	9	189

判定基準によると、D1,D2は屋根や壁の被害はみられるが、構造的には被害がなく、D3から構造的な被害が生じ、D4にいたってはいずれかの階層の内部空間が欠損するという事になっている。垂直写真を用いた目視判読では、これらの被害パターンの違いを適確に判断するのが困難であった。

D4、D5の目視判読に関しては、今回は建物棟数が少ないため断定的なことはいえないが、その判読精度は高く、既往の研究結果^{4),5),6)}と同様の結果が得られた。

したがって、全体的としては、垂直写真による目視判読には多少の誤判別があるものの、被害程度の早期概略把握という観点からは十分な精度が得られたものと考えられる。

4. まとめ

本稿では2005年3月20日に発生した福岡県西方沖地震での玄界島の家屋被害の状況を垂直航空写真を用いて目視判読した。この結果と現地調査によって得られた写真と斜め航空写真を併用して被害判定したものを比較した結果、垂直写真の被害判読結果に多少のばらつきがでたが、被害の早期概略把握といった面では十分な結果が得られた。

今回は玄界島というある程度限られた地域での被害把握であったため、比較的短時間で目視判読ができた。もし、玄界島と同じような環境の地域で災害が発生した場合、早期に航空写真の入手が可能ならば、初期対応のための必要な情報源として十分に利用できると考えられる。

今後、災害の際の情報収集の手段として、航空写真や衛星画像がいつそう活用されるであろう。リモートセンシング技術を用いた被害把握については、判読精度や自動判読法などのより詳細な検討を行うことが重要である。

参考文献

- 1) 気象庁：2005年3月20日10時53分頃の福岡県西方沖の地震について、http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/2005_03_20_fukuoka/index.html, 2005.
- 2) 総務省消防庁：<http://www.fdma.go.jp/bn/2005/index.html>
- 3) 向山栄：地震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, pp. 41-42, 2005.
- 4) 長谷川弘忠, 小川直樹, 青木久, 松岡昌志, 山崎文雄：空撮ハイビジョン映像および航空写真を用いた地震による被害建物の目視および自動判読, EDM Technical Report No. 5, 2000.
- 5) Kouchi, K., Yamazaki, F., Kohiyama, M., Matsuoka, M., and Muraoka, N. : Damage Detection from QuickBird High-Resolution Satellite Images for the 2003 Boumerdes, Algeria earthquake, Proceedings 1st Asia Conference on Earthquake Engineering, Association of Structural Engineers of the Philippines, Vol. 2, pp. 215-226, 2004.
- 6) Yano, Y., Yamazaki, F., Matsuoka, M., and VU, T.T. : Building Damage Detection of the 2003 Bam, Iran Earthquake Using QuickBird Images, Proceedings 25th Asian Conference on Remote Sensing, Vol. 1, pp. 618-623, 2004.
- 7) 岡田成幸, 高井伸雄：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン, 日本建築学会構造系論文集, No. 524, pp. 65-72, 1999.
- 8) 福岡市：<http://www.city.fukuoka.jp/index.html>
- 9) 村尾修, 山崎文雄：兵庫県南部地震における建物被害の自治体による調査法の比較検討, 日本建築学会計画系論文集, No. 515, pp. 187-194, 1999.
- 10) 被災建築物応急危険度判定研究会：被災建築物応急危険度判定マニュアル, 日本建築防災協会, 1998.

(2005. 6. 16受付)