

兵庫県南部地震災害における航空写真等による情報支援

アジア航測株式会社 土居原 健

1. その時（はじめに）

1995年1月17日午前5時46分ころ、兵庫県南部を震源としてマグニチュード7.2、最大震度Ⅶを記録する大地震が阪神・淡路地域を襲った。死者・行方不明者は5,500人を上回り、住家の全半壊も20万棟を数えた。都市の象徴とも言えるべき高速道路や新幹線は脆くも崩れ落ち、道路・鉄道・地下鉄・新交通システムなどの交通網はもとより、ガス・水道・電気・電話などのライフラインは至る所で寸断された。人口150万人の大都市神戸を襲った典型的な内陸直下型地震は市民の生命・財産・社会生活を奪ったうえ、その都市機能を停止させた。

午前7時30分、テレビ・ラジオに流れる地震情報の収集開始。在阪の各支店・事業所の被害状況の把握に努めたが、電話が全く通じない。午前9時、災害撮影対策班の編成。30分後、八尾運行所（大阪）に対して、1/4,000航空写真撮影の指示。午前10時15分、2機が離陸。午前・午後の2回のフライトにより高速阪神線、淡路島全域の航空写真撮影を終了。

徐々に技術所や営業拠点の職員の安否や建物・設備の被害状況についての情報が入り始めた。西宮技術所がダメージを受けている。撮影フィルムの処理ができない。午後3時30分、調布運行所からの応援機ガルフストリーム695で急ぎよ撮影フィルムを東京へ移送。厚木技術所で夜を徹して写真処理。翌18日、災害の実態が航空写真として関係省庁ならびに大阪・神戸の出先機関や自治体に届けられた。その後も被災地域を連日撮影し、阪神・淡路地区のほぼ全域の災害状況を合計166コース、5,000枚の航空写真（縮尺1/4,000～1/10,000）で記録した。

航空測量を行う各社は、企業の社会貢献の一つとして災害時における迅速な情報提供を使命と考えている。正

確な災害の状況把握は、救援・復旧作業にとって第一に行うべきことで、当社もその中の1社として震災直後から航空機による画像情報の収集を行い、現地の調査・分析を加えて情報提供を実施してきた。航空写真等による地震災害時の対応に関して、情報の提供側からみた情報支援活動を報告する。

2. 緊急災害撮影班の設置と初期災害情報の収集

地震発生後、地域防災計画の緊急点検を求める自治省消防庁通達が各都道府県知事宛に発せられた。防災計画では災害発生時の緊急体制や非常体制が取決められている。当社も緊急時には航空写真撮影を行うよう自社で取決めしている。

先に述べた災害撮影対策班の編成と地震発生後数日間の航空写真撮影は、このルールに基づき行ったものである。その結果、図1に示す範囲で震災直後の災害状況を画像情報として記録することができた。

一方、航空写真撮影を行う情報計測部門の活動ばかりでなく、これと併行して防災・地質部門も行政の要請を受け、二次災害防止のための溪流危険度調査や砂防堰堤点検、砂防地内家屋被害調査などの緊急調査活動に参加した。激しい地震動により地すべり災害や崖崩れ災害、地盤のゆるみや亀裂が広範囲に発生しており、余震による更なる地すべりや梅雨・台風の大雨による土石流災害の危険があったからである。

以上を振り返り、緊急時の社内取決めは初動対応として十分な機能を果たし、情報提供の任を全うしたようである。しかし、当社自らの罹災まで想定していなかった点では、緊急連絡体制の不備など反省すべき点も指摘された。

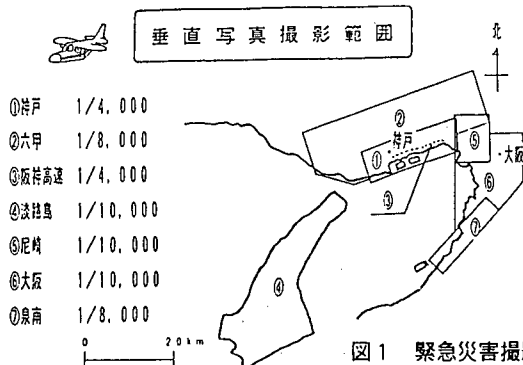


図1 緊急災害撮影の撮影範囲と撮影結果

撮 影 結 果					
地区名	種 類	縮 尺	撮影面積 (ha)	撮影日 (1月)	撮影枚数
① 神 戸	カラー垂直	1/4,000	240	18, 20, 21	1,200
② 六 甲	カラー垂直	1/8,000	600	20, 21	980
③ 阪神高速	カラー垂直	1/4,000	20	17	180
④ 淡路島	カラー垂直	1/10,000	600	17, 18, 21	1,000
⑤ 尼 崎	カラー垂直	1/10,000	110	20	120
⑥ 大 阪	カラー垂直	1/10,000	240	18, 21	360
⑦ 泉 南	カラー垂直	1/8,000	100	20	190

表1 災害時の航空写真と判読可能な災害種類

災害の種類	災害の内容	航空写真の種類
家屋など建物の倒壊	家屋の一部・全部の倒壊、壁など付帯物の損傷・延焼 堅牢建物・構造物の倒壊（傾き） 建物内火災は困難	垂直・斜め カラー 1/5,000
地割れ	道路面などに発生する割れ目 盛土部分の破壊を伴うことがある	垂直 カラー 1/4,000～1/5,000
噴砂・噴水跡 （液化化）	地表付近で地下水とともに砂が噴出 地割れを伴うことが多い	垂直 カラー 1/5,000
護岸・堤防等の破壊 （液化化・側方流動）	土盛り堤防付近の液化化による破壊 港湾・河岸	垂直 カラー 1/5,000～1/8,000
地すべり・崖崩れ	自然斜面、人工切土（崖崩れ）、斜面工などの崩壊	垂直・斜め カラー 1/5,000～1/20,000
落石	同上（石一つが2次災害に直結する危険性あり）	垂直・斜め カラー 1/2,000～1/5,000
落橋・その他		垂直 カラー 1/5,000

3. 発災後、時系列的にみた情報ニーズ

3. 1 情報ニーズと航空写真

画像情報は救援・復旧作業や二次災害防止、復興・再開発計画のために有効に使われている。ここでは、地震の発生時から3ヶ月間「発震期から復興期の始まり」まで、時間経過に従いながら新聞報道で読みとれた情報ニーズを航空写真に関連させてまとめた。

（1）発震期～救助避難対応期（発震～3時間）

発震後10分、地震の第1報が大阪気象台から発表された。今日、この段階で被害規模が推定できる情報システムが初動対応に必要と言われている。

（2）救援期（3時間～3日）

発震後12時間のうちに罹災自治体から支援要請が発信された。この間、災害状況の収集と規模の把握（何処で、何が、どの程度）を先ず急がねばならない。ヘリコプターや現場から被害を伝えるニュースや映像が報道されたが、地図に位置や範囲が示されたものではなく、土地感のない者にとっては被害の場所や大きさを捉えるのが困難であった。当社の航空写真撮影もこの時始まった。

また、災害救援法の適用が決まり避難所生活が始まった。災害状況のほかに避難・救援情報が必要となってくる。阪神地区全体の航空写真が手にはいると断片的な被災状況が徐々につながり、被害の大きさが一層明らかとなった。

（3）復旧期（3日～1ヶ月）

復旧期には先ず地図が必要になる。一般書店で地図帳が品切れとなった。他方、神戸市は1/2,500縮尺のデジタル地図情報を保有している。しかし、自らも罹災したうえ、一方で緊急対応が迫られたことから、復旧作業のためのベースマップは当社を始めとするマッピング担当会社が準備の一端を受持った。

また、復旧期には、国土地理院のほか様々な機関が航空写真から災害状況を判読し、災害状況図を作成した。液化化や地すべり・崖崩れなどの地盤変状や、家屋の焼失・損壊分布などが航空写真から読みとられた。しかし日が経過するとともに航空写真では厳密な判定が困難な全壊・半壊などの被害ランク区分も求められるようになり、徐々に情報精度に対する要求が強まった。

（4）復興期（1ヶ月～3ヶ月・・・）

まちづくり案の提示が始まった。復興には土地の高さや位置基準の情報が不可欠である。しかし、液化化や側方流動に伴う護岸の変形や破壊を見ても直感できるように、神戸市全体の地盤が変位した可能性がある。国土地理院は兵庫県南部を中心として、20点の三角点についてGPSを用いた緊急精密一次基準点測量と62点の水準点（約84Km）の緊急水準測量を実施し、地殻変動を詳細に算出して成果を公表した。位置基準の骨格となる基準点整備が完了すると、過去の測量成果との比較や地震前後の航空写真を用いた変位量計測が求められるようになった。

情報ニーズは以上のように時間とともに「点」の災害状況から「面」へと広がり、徐々に計測される「量」へと変わり、それに応じて航空写真も役割を変えている。

3. 2 航空写真による判読情報

地震災害時の航空写真で判読可能な現象を表1にまとめて示す。判読可能な災害情報は各種上げられるが、以下では、ステレオ実体視が可能など、特に航空写真の特徴を活かした判読例を紹介する。

（1）断層の発見

1月17日に撮影した航空写真から、淡路島北西部の北淡町野島平林地区と富島地区北部の小倉地区の2か所で断層を確認した。活断層として知られる野島断層と推定

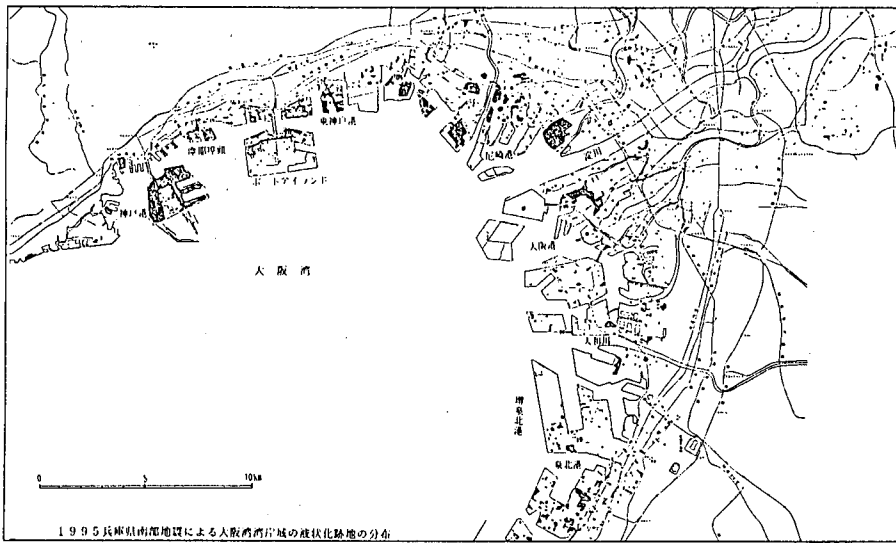


図2 大阪湾沿岸域の液状化跡地の分布（航空写真判読による）

し、右ずれ、ずれ幅は1.5～2.5m、西落ち逆断層であることを認めた。

航空写真は概ね60%づつ重複（オーバーラップ）してステレオ計測可能なように撮影される。標定点がなければ厳密な測量は望めないが、大きさが既知の地物や既製図面があると概略の3次元計測が行える。

（2）大阪湾沿岸域全体の液状化跡地の分布調査

1月17～20日に撮影した縮尺1/4,000、1/8,000のカラー航空写真をもとに兵庫県沿岸部埋立人工島はもとより、大阪湾沿岸の埋立人工島や港湾施設、淀川沿いに河口からはほぼ20Kmの平地部に至る広範囲な地域の液状化跡を捉えた。図2に判読結果を示す。

液状化は噴砂の形跡からカラー航空写真を用いれば現象を容易に読みとることができる。しかし、工場敷地や建物密集地では清掃や往來のため、噴砂の形跡もすぐ消されてしまい、日を経過した後での撮影写真では判読が困難となる。礫分と細粒分が適度に混合したマサ土を締固めた神戸港では、従来、液状化は起こりにくいと考えられていたことから、大阪湾沿岸全体をカバーする震災直後の航空写真は今後の防災計画のための貴重な資料となると考えられる。

3. 3 航空写真等による計測情報

航空写真測量では地上に標定点を設置し、その座標値による標定を行わなければ地物の測量ができない。震災後2ヶ月半、精密一次基準点測量や精密測地網二次基準

点測量により骨格となる基準点網が整備されるまで、地盤変位の明らかな阪神市域では標定点の座標が定まらず、厳密な航空写真測量が実施できなかった。

3月8日にGPS電子基準点が開設されると、標定点測量にもGPSが利用できるようになり、航空写真測量が効率的に行える環境が整った。

震災航空写真にGPSで座標を与えて地盤変位を計測した例、ならびにリアルタイムGPSの実験例を紹介する。

（1）地盤変位の計測

尼崎市～神戸市の湾岸埋立地では地盤変動が明らかだが、内陸の地表に地割れや断裂も見られない地域でも地盤変動が生じていると考えられる。地震前の航空写真を1/500あるいはそれ以上の大縮尺の図面で標定し、地震直後の航空写真は電子基準点とGPSを用いて標定す

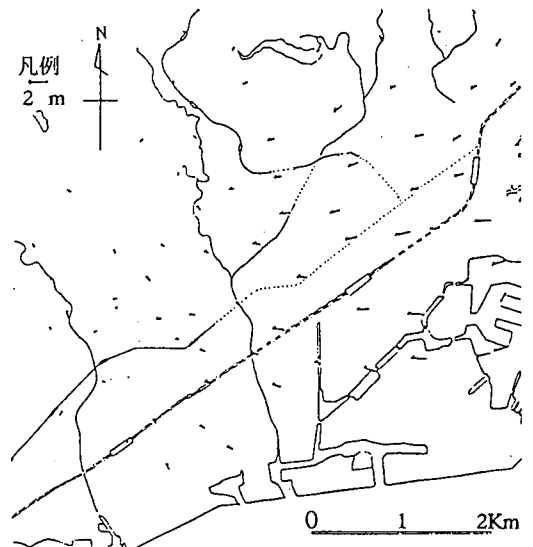


図3 神戸西部地区の地盤変位分布

る。両写真で確認できる変位追跡点の位置を絶対座標で測量して兵庫区、東灘区、西宮市の各地区の変位を調査した。

また、液状化の著しい埋立人工島では、接続する新交通システムに大きな被害を被った。橋桁や軌道施設、周辺地盤の変位も同様の手法を用いて調査した。

(2) リアルタイムなGPS計測

神戸市の西、鉢伏山の山頂にGPSリアルタイム・キネマティック測量用の補正データを送信する基準局を郵政省の近畿移動無線センターが設置した。これはスタティック測量を目的とする電子基準点に対して、移動しながらリアルタイムに復興測量を行うものである。機材を借用して現地で実験を行い、その可能性を検討した。

その結果、平面位置で約1cmの精度(公称 $2\text{cm} \pm 2\text{ppm} \cdot \text{D}$)で測量可能なことを確認した。ただし、観測にあたっては、上空視界の他にも、最少5衛星の観測が必要、基準局と観測局の視通が必要、基準局から10km以内の使用に限られる等々、通常観測より厳しい観測要件を満たす必要があることが分かった。

言える。

他方、将来技術に目を向ければ、1996年6月には地上解像度3m、その翌年9月には1mと、航空写真に近いデジタル・カラー画像が取得できる商業衛星の運用開始が予定されている。2日に1回、同一地域を観測する衛星はほぼリアルタイムに画像を地上に伝送し、利用者には半日以内で画像が配信されるはずである。また、画像情報は空中から取得するだけでは不十分なことから、マルチメディア技術を利用し、屋内・外の既設モニタカメラからも画像を取得することが考えられている。これらは情報源として機動性や広域性、解像性、計測性能などの点で一長一短があるものの、進展する情報化社会、到来するマルチメディア社会では、全てが有効に利用されているものと思われる(図4参照)。これらを繋ぎ、相補的な情報源として役割を果たせるかどうか、航空写真の今一つの課題と考えている。

地震の発生は防ぐ術がない。それならば被害を最小限にくい止める工夫が必要である。当社は情報の送り手として、適切な情報の取得と迅速な分析を行うことにより、その一助となることを願って止まない。

4. 情報支援のこれから

未曾有の大災害に直面し、当社は保有する航空機から適宜、航空写真を元にした情報を広く提供してきた。しかし、地震国である日本はこの都市でもこのクラスの内陸直下型地震が起きる可能性があり、今後、いつ、何処で起きるか予測できない地震に対するためには、今一度、情報提供側の機能は十分であるのか見直す必要がある。

前述した通り、発災直後から復興に至るまで航空写真を用いた判読情報、計測情報の有用性は明らかである。しかし、航空写真では情報の収集(撮影)から提供まで少なくとも

1日を要するとなると、情報の伝達面でリアルタイム性に関する課題が残る。また、地震以降、地理情報情報システム(GIS)導入の必要性が唱えられているが、写真はそのままの形態ではデジタル地図情報との親和性を欠いている。デジタル化技術と情報通信技術が目覚ましく進展する周囲の動きに歩調を合わせるならば、航空写真のデジタル化とリアルタイム伝送は今後の大きな課題と

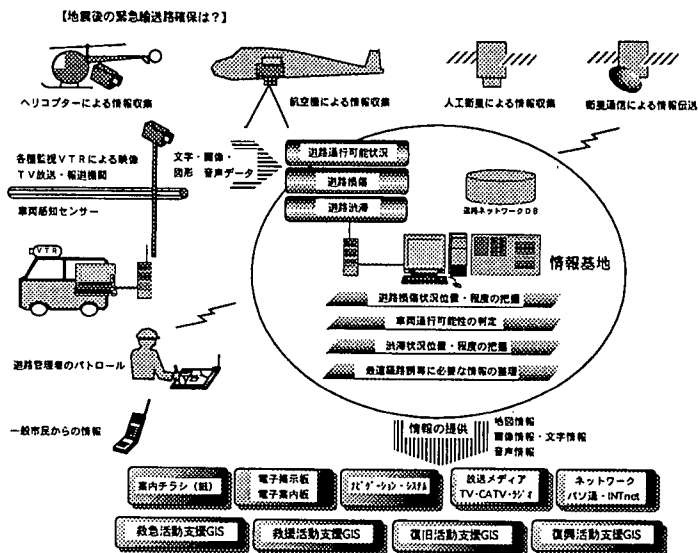


図4 マルチメディア社会における災害情報支援

参考文献

- ・国土地理院時報, No.83, 建設省国土地理院, (1995)
- ・測量7月号, (社) 日本測量協会, (1995)
- ・測量9月号, (社) 日本測量協会, (1995)
- ・兵庫県南部地震による大阪湾岸域の液状化災害, 遠山茂行ほか, 日本写真測量学会平成7年度年次学術発表論文集, pp55-59, (1995)
- ・地盤の科学, 土木学会関西支部編, フルバックス, (1995)
- ・1995年兵庫県南部地震による地表変動, 田中耕平ほか, 日本応用地質学会「阪神大震災」中間報告会予集, pp119-121, (1995)