

空撮映像目視判読による地震被害建物の抽出に関する精度検証

長谷川 弘忠¹・山崎 文雄²・松岡 昌志³・関本 泉⁴

- ¹正会員

理化学研究所 地震防災フロンティア研究センター
(〒673-0433 兵庫県三木市福井字三木山 2465-1)
- ²正会員 工博

理化学研究所 地震防災フロンティア研究センター (同 上)
- ³工博

理化学研究所 地震防災フロンティア研究センター (同 上)
- ⁴

NHK衛星放送局 (〒150-8001 東京都渋谷区神南 2-2-1)

兵庫県南部地震による建物の被害状況について、地震後の空撮映像を利用した複数人による目視被害判読を行い、判読者の違いが建物被害抽出結果に与える影響について検討を行った。空撮映像はハイビジョンカメラにより上空から斜め下方を撮影したものを使用した。結果の評価には、建物1棟ごとの被災度調査データと、被害地上写真を利用した。この結果、被害の有無については、個人差および判読時間の影響を受けず、概ね同程度の抽出が可能であることが解った。ただし倒壊建物の抽出を行う場合には、判読者の個人差の影響が顕著であり、空撮映像上での倒壊判読基準の統一が必要であることが明らかとなった。

Key Words : aerial television, building damage, the 1995 Kobe Earthquake, GIS, helicopter, HDTV images, ground survey

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震では、被害状況の早期把握を行うことの重要性が認識された。筆者らの研究グループでは、この方法としてリモートセンシング技術に着目し研究を行っている。これまでの研究により、兵庫県南部地震直後の被害地域を撮影した空撮ハイビジョン映像から、目視判読により建物1棟ごとの被害を概ね把握可能であることが解っている¹⁾²⁾。しかしこれら建物被害を把握する上で、目視判読者の個人差による被害判定の差違が課題となっていた。そこで本研究では、兵庫県南部地震による建物被害に着目し、複数の判定者による空撮映像を利用した建物被害判定を行い、その判読精度の検証を行うとともに、地上調査による“全壊”判定では区別されていない“倒壊”建物の被害判読精度の検証を併せて行った。

2. 検討方法

本検討の対象地域は、建物の倒壊が多く発生した兵庫県西宮市内の、東西を国道171号線と夙川、南北を JR 東海道本線と阪急神戸線に囲まれた寿町・千歳町・安井町・末広町・分銅町・常磐町・平松町の7町（面積約 0.37km²）で、本地域の建物数を建築構造別に分類すると表-1 に示す通りである。

使用した空撮ビデオ映像は、NHK が地震発生の直後から直線的な飛行を重ねて、被災地全域を撮

表-1 検討地区の建築構造別建物数

分 類	棟 数
木 造	939
非木造（鉄骨造・鉄筋コンクリート造等）	49
不 明	12
合 計	1000

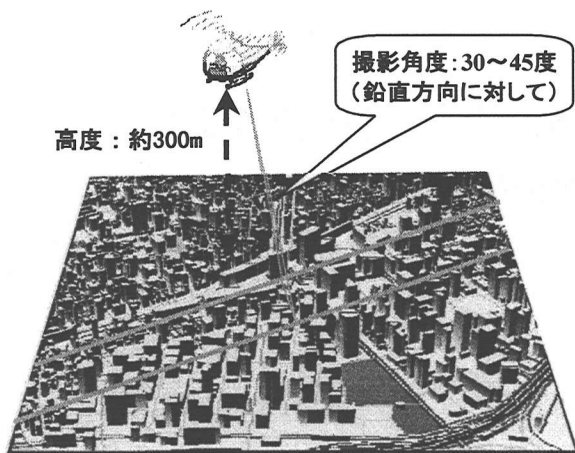


図-1 空撮映像の撮影方法



写真-1 空撮 BMP ファイル画像の例



写真-2 建物被害地上写真と空撮映像の比較例

影した膨大な記録の一部である。本映像はヘリコプター搭載ハイビジョン空撮システムにより撮影したもので、従来の NTSC 方式の映像に比して、高画質で詳細な情報を得ることが可能であり、図-1 に示すように上空から斜め下方に向かって撮影したものである。本研究では、この映像の中から被害判読エリアの画像を 1035×1920pixel のビットマップファイル（以下 BMP ファイル）に変換し、パソコンを用いて目視により被害の判読を行った。使用した画像例を写真-1 に示す。

この判読結果の検証には、「震災復興都市づくり特別委員会」³⁾と兵庫県都市住宅部が調査し、建

表-2 被災度調査による建物被害判定基準の抜粋³⁾

ランク	判定基準	判定基準参考例（木構造）
全壊 / 大破	再使用不可 / 住める見込みが非常に少ない	全面的倒壊、各階の破損、明らかな傾倒 基礎・柱・外壁の著しい破壊 等
中程度の損傷	大幅な修理で再使用可能 / 大幅な修理で住める可能性有り	部分的破壊、外壁の破壊（大きな亀裂） 等
軽微な損傷	軽微な損傷で使用可能 / 少しの修繕で住める可能性有り	屋根瓦の部分的落下、外壁の僅かなひび割れ・落下 等
被害無し	見た目には被害が無い	
火災	火災による被害	

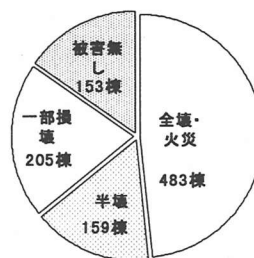


図-2 検討地域における建物被害の内訳

設省建築研究所により数値地図化された、建物一棟ごとの被災度調査データ⁴⁾を用いた。この調査による建物被害判定は、表-2 に示す通り全壊/大破（以下全壊とする）・中程度の損傷（以下半壊とする）・軽微な損傷（以下一部損壊とする）・火災・被害無しの 5 つの区分がなされている。さらに“倒壊”建物の被害判読精度の検証には、被災度調査時に撮影され、兵庫県立人と自然の博物館に収蔵されている建物被害地上写真（写真-2）を用いた。この結果今回の判読エリアでは、55 棟の建物の検証が可能であった。

空撮映像 BMP ファイルからの建物被害判読は、地盤・航空測量・建築・リモートセンシングの技術者と事務系女子の 5 名により実施した。被害判定の基準には、高井ら⁵⁾による木造建物の被害パターンを利用し、この中の D5 分類を“倒壊”，それ以外の被害（D1～D4）を“被害有り”，そして“被害無し”の 3 つの区分で木造建物被害を分類した。また非木造建物については、今回の判読エリアでは少数であるため、上記の木造建物被害に準じて判断を行った。

空撮映像 BMP ファイルからの建物被害判読は、地盤・航空測量・建築・リモートセンシングの技術者と事務系女子の 5 名により実施した。被害判定の基準には、高井ら⁵⁾による木造建物の被害パターンを利用し、この中の D5 分類を“倒壊”，それ以外の被害（D1～D4）を“被害有り”，そして“被害無し”の 3 つの区分で木造建物被害を分類した。また非木造建物については、今回の判読エリアでは少数であるため、上記の木造建物被害に準じて判断を行った。

3. 検討結果

検討地域における建物被害の内訳を図-2 に示す。これまでの研究¹⁾により空撮ハイビジョン映像からは、被災度調査データの“全壊（火災）”・“半壊”程度の被害建物の抽出が可能であり、“一部損壊”程度の軽微な損傷は判読が難しいことが

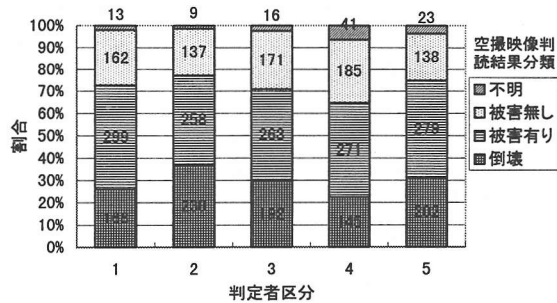


図-3 全壊・火災・半壊建物 (642 棟) に対する空撮映像判読結果の割合

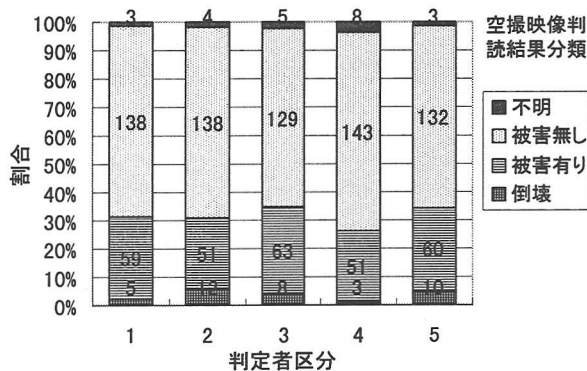


図-4 一部損壊建物 (205 棟) に対する空撮映像判読結果の割合

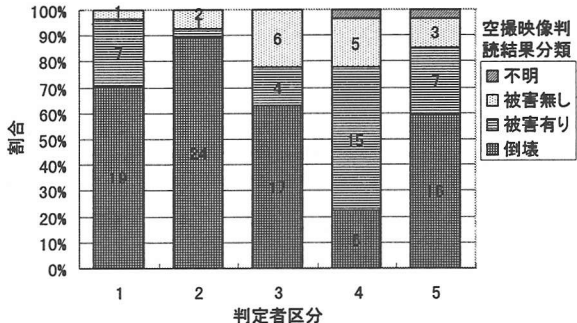


図-5 倒壊建物に対する空撮映像判読結果の割合

解っている。そこで、対象地域における被災度調査データによる“全壊 (火災)”・“半壊”被害の建物の合計 642 棟について、空撮映像判読結果を判定者別に示したものが図-3 である。これより被災度調査データの“全壊 (火災)”・“半壊”被害の中で、空撮映像判読結果の“倒壊”と“被害有り”の合計が占める割合は、判定者別に見ると 65%~77% (平均 72%) とほぼ同程度の高い判読率が得られた。一方、“一部損壊”程度の比較的軽微な被害建物 205 棟について、空撮映像判読結果を示した図-4 では、各判定者とも 30%前後の低い被害判読率となっており、本検討においても判読者によらず“一部損壊”程度の被害の確認が

表-3 地上写真による被害ランク別建物棟数

空撮映像判読	倒壊	被害有り					被害無し
木造被害分類	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
建物棟数 (棟)	27	16	5	3	1	3	

分類	被害の内容
Cd5- Cd5+	Cd5- 2階の屋根が壊れているか壊れそうである。 Cd5+ 完全に瓦礫化している。
Ud5- Ud5+	Ud5- 2階が破壊される、もしくは2階が崩落する。 Ud5+ 1階部分にも破壊がかなり及んでいる。
Gd5+ Sd5+	Gd5+ 2階部分にも破壊がかなり及んでいる。 Sd5+ 構造被害：居住空間が著しく損なわれる。状態は1階の屋根が壊れている、もしくは壊れそうである。
Gd5- Sd5-	Gd5- 1階の屋根もしくは軒に傾斜する部分が壊れている、もしくは壊れそうである。 Sd5- 構造被害：居住空間が著しく損なわれる。状態は1階の屋根が壊れている、もしくは壊れそうである。

図-6 倒壊被害の細分類⁴⁾

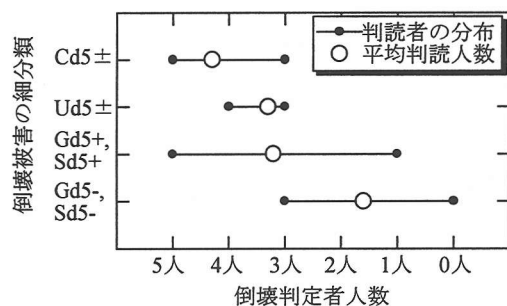


図-7 倒壊被害細分類別の適正判定者数分布

困難であることが明らかとなった。

次に、建物被害地上写真から検討地域における 55 棟の木造建物を前述の建物被害パターンに分類した結果が表-3 である。この結果を用いて空撮映像判読結果の“倒壊”判定について判読精度の検証を行った。図-5 は、建物被害地上写真により“倒壊”と確認された 27 棟の建物について、各判定者の空撮映像判読結果を示したものである。これより、判定者“2”にみられるように全体の 89%にあたる 24 棟を適正に倒壊と判定した結果がある一方、全体の 22%にあたる 6 棟しか判定されていない結果 (判定者“4”) も見られ、判定者によりその判読率に大きな違いが見られた。

そこで、倒壊被害の中でもその被害内容に着目し、倒壊判定の難易度について検討を行った。図-6 は、前述の木造建物の被害パターンから D5 分類を抜粋したものである。次に同図に示す被害分類と、27 棟の倒壊建物を適正に判定した人数と

の関係を示したものが図-7である。これより、Cd5±の全面的な倒壊では、ほぼすべての判定者が適正に判定している一方、Gd5-、Sd5-の被害では、適正な判定者が低くなっている。これは被災後の映像情報のみからでは、被害前の建物情報が得られないことに起因すると考えられる。この例として、2階建ての木造建物の場合、1階部分が層崩壊し、2階部分や屋根が外観上比較的健全な状態であれば、1階建の建物と誤判断してしまう場合が挙げられる。

次に、地上写真による55棟全ての被害分類（倒壊・被害有り・被害無し）の判読適合率と、“倒壊”建物の判読適合率の関係を図-8に示した。図中のマークの大きさは、対象地域1000棟の判読に要した時間を表している。これより全ての被害の判読適合率と倒壊被害の判読適合率には相関が見られ、倒壊判定適合率が高ければその他の被害の判読適合率も高いことが確認された。また判読時間による影響に着目すると、比較的短時間（3時間）で判定を行った場合では、判読率が極端に低くなっており、“倒壊”建物の抽出を目的の1つとする今回の研究においては、1000棟の建物に対し5時間程度の判読時間が必要であったと考えられる。さらに、図-8には“倒壊”判定を“被害有り”に含め、被害の有無についてのみの適合率を併せて示した。これより、短時間での判定者の結果は、若干適合率が低下するものの、ほぼ同程度の高い判定適合率が得られた。これは前述図2の被災度調査の“全壊（火災）”・“半壊”被害を、すべての判定者が同程度の割合で“倒壊”又は“被害有り”と判読していることと符合し、被害の有無程度の判読は個人差によらず、短時間での作業も可能であるが、“倒壊”建物の抽出にはある程度の時間を要し、また空撮映像上での倒壊基準に判定者の個人差が生じやすいことが確認された。

4. まとめ

本研究は、空撮ハイビジョン映像を利用し、目視による建物被害判読を行う上での判読個人差の検証を行った。この結果をまとめると次の通りである。被災時においてこのままでは居住不可能である被災度調査データの“全壊”・“半壊”建物は、空撮映像を利用することで概ね把握可能であり、判定者の違いによる個人差も少ない。一方、“倒壊”建物の判読では、今回最大約9割を判定した結果がある反面、判定者によりその割合にかなりの差違が見られた。これは、判読時間と空撮映像

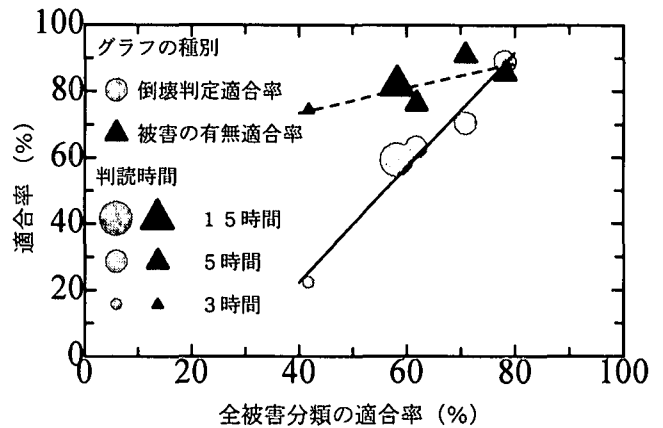


図-8 空撮映像判読による全被害分類の適合率と倒壊適合率および被害の有無適合率の関係（地上写真による55棟について集計）

上での倒壊基準の違いに起因するものであり、倒壊建物の抽出については、判定者の判読基準の統一が必要である。

5. 今後の課題

本検討では、空撮映像を用いた建物被害把握の中でも、木造建物被害に着目し研究を行ってきた。今後の検討では、同映像を用いた鉄筋コンクリート造等の非木造建物の被害把握について実施する予定である。さらに、空撮映像を用いた建物被害の目視判読を行う場合、建物の形状や屋根などの色の変化・乱れが、判断要素となることから、これらの判断要素に着目し画像処理による自動被害抽出に取り組む予定である。

参考文献

- 1) 長谷川, 山崎, 松岡, 関本: 空撮ハイビジョン映像を用いた兵庫県南部地震の建物被害把握の試み, 第3回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, pp427-430, 1998.
- 2) 長谷川, 山崎, 小川, 松岡, 関本: 空撮ハイビジョン映像及び航空写真による兵庫県南部地震の建物被害判読精度, 地域安全学会論文報告集, pp72~77, 1998.
- 3) 震災復興都市づくり特別委員会: 阪神・淡路大震災被害実態緊急調査 被災度別建物分布状況図集 (説明書), 1995.
- 4) 建設省建築研究所: 阪神・淡路大震災復興計画策定支援システムに係る数値化データ, 1996.
- 5) 高井, 岡田, 宮野, 岡崎, 鈴木: 1995年兵庫県南部地震における淡路島北淡町の建物被害写真調査その1, 地域安全学会論文報告集, pp250-253, 1997.