



人工衛星光学センサ画像の目視判読による 2008年中国四川地震での北川県南東部の建物被害分布

三浦弘之¹⁾、翠川三郎²⁾

1) 正会員 東京工業大学 人間環境システム専攻 助教 博士 (工学)

e-mail: hmiura@enveng.titech.ac.jp

2) 正会員 東京工業大学 人間環境システム専攻 教授 工学博士

e-mail: smidorik@enveng.titech.ac.jp

要約

2008年中国四川地震で甚大な被害を受けた地域のひとつである北川県南東部を対象として建物被害分布を把握するために、地震前後に撮影された人工衛星光学センサ画像を利用して、建物被害の目視判読を行った。地震前の画像から辺長さ10m程度以上の建物の位置が特定できた。地震前後の画像の比較から、対象範囲全域で計約5,000棟の建物の被害レベルを、倒壊、大破程度、中破程度ないしそれ以下の3種類に判読した。各集落の被害率を算出したところ、中心部の曲山鎮では被害率80%以上となるなど、地震断層の上盤側に位置する集落の方が下盤側の集落に比べて被害率が高い傾向がみられた。

キーワード： 2008年中国四川地震、北川県、建物被害、光学センサ画像

1. はじめに

2008年5月12日に中国四川省で発生した四川地震 ($M_s 8.0$) では、死者・行方不明者約8万7千人、負傷者約37万人、倒壊建物数は約650万棟以上¹⁾、直接的経済被害は約8,500億元 (約13兆円) もの甚大な被害を受けた。この地震は、四川省汶川県 (Wenchuan county) の山間部を震源とする断層長さ約250kmの巨大地震であり、震源近傍に位置する汶川県だけでなく、震源から約100km以上北東に位置する地域においても多数の建築物被害や斜面災害が発生した。

広域での被害情報を収集するために、被災国である中国をはじめとして、国際災害チャータやUNOSAT (国連衛星プロジェクト) といったリモートセンシングによる災害情報共有のための国際協力の取り組みにより、人工衛星画像や航空写真の解析が実施され、地すべり箇所、建物被害、堰止め湖などの被害箇所を表すマップが公開されている^{2~5)}。しかし、建物被害に関しては、人的被害や経済的被害に及ぼす影響が大きく重要であるにも関わらず、一部の地域において倒壊建物の位置や建物倒壊率分布が示されているものの⁵⁾、詳細な被害の数や分布に関する報告はみあたらない。

今回の地震のように、建物被害が広域かつ多数に及ぶ場合には、衛星画像による被害把握が有効と考えられる。衛星画像から建物被害を把握する方法として、画像処理により自動ないし半自動的に被害地域を検出する方法と目視により被害を判読する方法がある。地表分解能1m程度の光学センサによる高分解能衛星画像を対象とした、画像処理による被害検出手法としては、画像の輝度値の変化やエッジ、

テクスチャ等を利用して被害地域を推定した事例^{6~8)}がある。これらの方法では、広域での被害分布を概観的に評価できるものの、個々の建物の被害程度を把握することは困難である。一方、目視による被害判読では、地震前後に撮影された高分解能衛星画像を用いて、建物一棟一棟の被害を判読した事例^{9~11)}がある。広域を対象とした目視判読は、画像処理に比べて時間を要するものの、個々の建物の被害程度を比較的精度良く判読することが可能であり、より詳細に被害分布を把握できるものと考えられる。

そこで本研究では、2008年中国四川地震において建物被害が甚大であった地域のひとつである四川省北川県(Beichuan county)の南東部を対象として、地震前後に撮影された人工衛星光学センサ画像の目視判読により、建物被害分布を明らかにすることを試みる。

2. 対象地域と使用した衛星画像データ

2008年中国四川地震による震度分布¹²⁾と主な都市の位置を図1に示す。中国の震度階は修正メルカリ震度階とほぼ同等であり、震度XIの地域は、震源のごく近傍に位置する汶川県周辺と震源から約130km北東に位置する北川県周辺に分布していることがわかる。図中の矩形は、余震の分布、地震観測記録の解析や地表地震断層の調査結果¹³⁾から推定された断層モデル^{14, 15)}の位置を表している。これによると、この地震の断層は2つの断層モデルに分けられ、震源を含む南西側の断層は傾斜角35度と低角の逆断層であり、北東側の断層は傾斜角65度と高角の逆断層が推定されている。各断層の長さはそれぞれ140kmである。

本研究の対象地域は、四川地震により甚大な被害が生じた地域のひとつである北川県南東部とした。対象地域では、特に北川県の中心部である曲山镇(Qushan)では壊滅的な被害が生じた。図2は地震直後の曲山镇南部を撮影した空撮画像である¹⁶⁾。これをみると、多くの建物が倒壊し、地すべりにより多数の建物が埋没している様子がみられる。また、この街は断層の直上に位置し、地表に地震断層が現れた^{5, 13, 17)}。この街の地震前の人口は約22,000人であり、地震により約55%に相当する12,000人の死者が発生した。また、街全体に壊滅的な被害が生じたため、街への立ち入りは制限されることとなった。

ここで、衛星画像から建物被害を判読するには、地表分解能1m程度のQuickBirdやIKONOSといっ

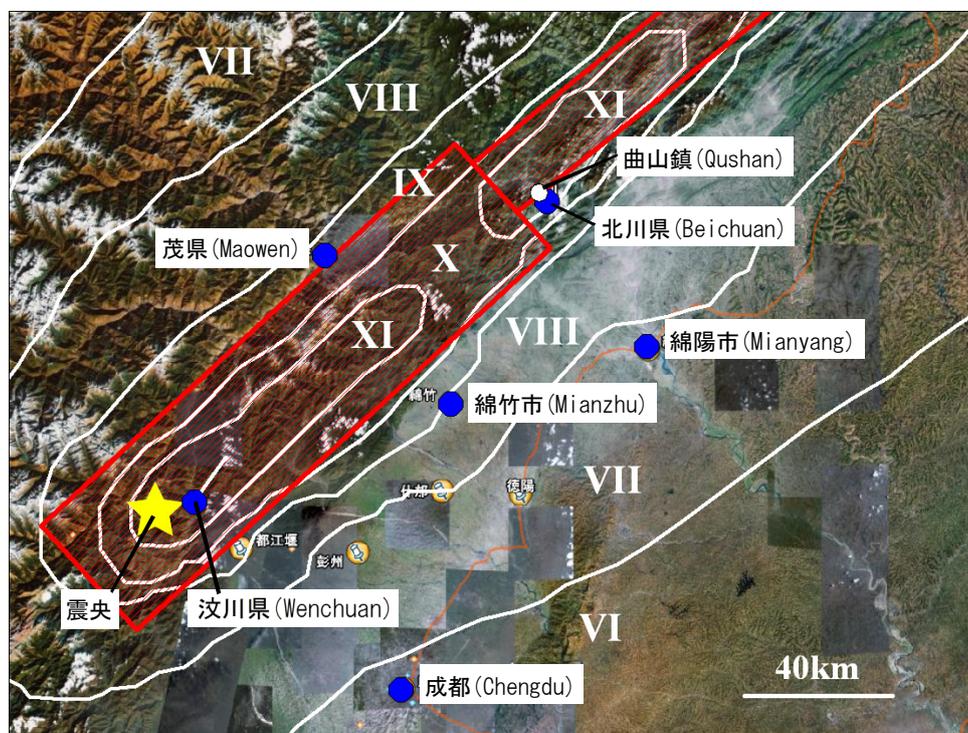


図1 2008年中国四川地震による震度分布¹²⁾と断層位置^{14, 15)}および主な都市の位置

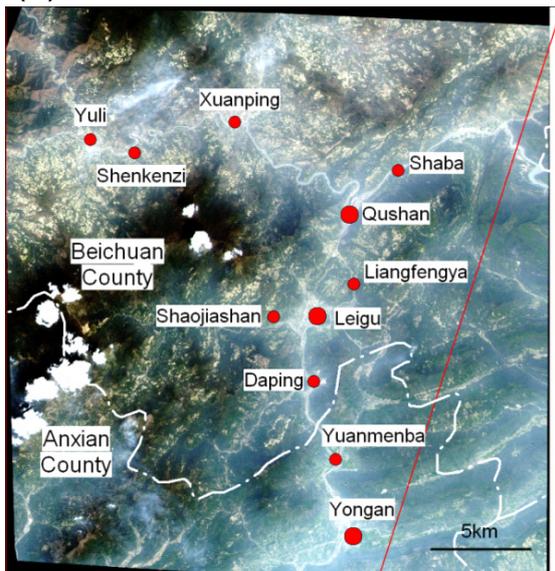
た高分解能衛星画像を利用することが望ましい。しかし、対象地域では地震直後に雲のない良好な高分解能衛星画像が得られなかった。一方、台湾の人工衛星である FORMOSAT により、地震 2 日後に雲量の少ない比較的良好的な画像が得られた。この画像の地表分解能は 2m である。本研究では、地震後画像として、この FORMOSAT 画像を利用することとした。ただし、この画像は地震後に緊急撮影されたものであり、通常の定期観測では対象地域は観測範囲外であるため、地震前の FORMOSAT 画像は得られていない。また、地震直前の良好な QuickBird 画像や IKONOS 画像もみあたらない。

地震前の画像として、人工衛星 ALOS の PRISM (パングロマティック) センサおよび AVNIR-2 (マルチスペクトル) センサにより 2007 年 3 月に撮影された画像を利用することとした。PRISM 画像の分解能は 2.5m, AVNIR-2 画像の分解能は 10m である。本研究で使用する地震後 FORMOSAT 画像がカラーの単画像であり、地震前後の画像を同様の条件で比較するために、直下視の PRISM 画像と AVNIR-2 画像を用いてパンシャープ化した分解能 2.5m のカラー単画像を使用することとした。



図 2 四川省北川県曲山鎮における被害¹⁶⁾

(a) 地震前



(b) 地震後

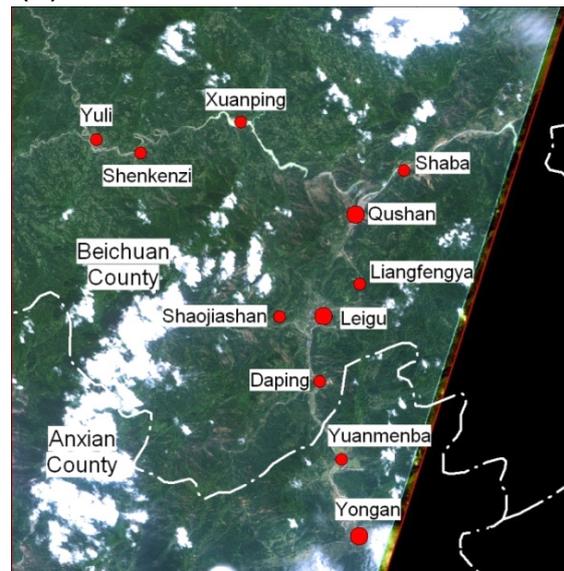


図 3 北川県南東部における (a) 地震前 ALOS 画像, (b) 地震後 FORMOSAT 画像

表 1 使用した衛星画像の諸元

撮影時期	地震前	地震後
撮影年月日	2007年3月31日	2008年5月14日
撮影時刻 (CST*)	11:52 AM	11:46 AM
センサ	光学センサ	光学センサ
衛星名 (センサ名)	ALOS (PRISM/AVNIR-2)	FORMOSAT
地表分解能	2.5 m	2 m
オフナディア角	0度 (直下視)	45.1度
衛星方向	—	N38.5E度
太陽高度	57.2度	68.9度
太陽方向	N144.2E度	N124.0E度
量子化ビット数	8 bit	8 bit

* : 中国標準時間 (UTC+8)

使用した地震前後の画像を図 3(a), (b)に、各画像の諸元を表 1 にそれぞれ示す。図中には主要な市街地の位置も併せて示している。衛星画像は、前述の北川県曲山鎮の他に、北部に位置する万里郷 (Yuli), 旋坪郷 (Xuanping), 中央部に位置する擂鼓鎮 (Leigu), 北川県の南側に位置する安県 (Anxian county) の永安鎮 (Yongan) など比較的規模の大きい 11 の市街地とその他の小規模な村を含んでいる。なお、画像範囲は南北方向、東西方向ともに約 28km である。

3. 建物被害の目視判読

3.1 建物位置の判読

建物被害の目視判読に先立ち、北川県曲山鎮において 2008 年 10 月に現地調査を行った。建物や斜面災害箇所の写真や映像を撮影し、現地の建物や被害の様子を確認した。次に、広域での建物被害の分布を把握するために、地震前後の衛星画像を用いて目視判読を実施した。まず、地震前画像を用いて建物の位置を特定した。地震前画像からの建物の判読例を図 4 に示す。まず、ディスプレイ上で 1/5,000 から 1/10,000 程度の縮尺で画像を表示させ、図中の黄点線で示すように道路や河川の位置を把握し、建物の存在する街区を特定する。次に、画像を 1/2,000 から 1/3,000 程度の縮尺に拡大し、街区内の個々の建物の位置を特定する。建物の有無については、道路や土壌などの地表面と異なる色をもつピクセルが複数集まっているか、それらのピクセルが矩形に近い形状となっているか、太陽照射と逆方向に影らしき暗いピクセルがみられるか、を考慮することにより判断した。図 4 の場合、赤丸で囲った箇所は道路沿いに位置し、道路に比べて明度の低いピクセルが矩形に近い形状でまとまって存在していることがわかる。さらに、表 1 に示したように画像取得時の太陽方向は南南東であり、これらの地物の北西側に矢印で示すように影らしきやや暗いピクセルが存在していることがわかる。以上より、赤実線で示す地物は建物であると判断した。

以上の作業を全域で実施し、判読した建物の中心点に GIS ソフトウェア上でポイントを与えることにより建物の位置を表す点群データを作成した。対象範囲全域での判読の結果、計約 5,000 棟の建物の位置を特定できた。特定できた建物の辺長さをみたら、最小辺長さは約 10m であった。つまり、画像上で 4 ピクセル以上の長さをもつ建物については特定できたことになる。一方、辺長さが数 m 程度すなわち画像上で 1~3 ピクセルの小規模な建物は、特に農村部において多く存在するものと考えられるが、建物のエッジや背景との色の違いが明瞭でなく形状や影の有無を確認できないことから、特定は困難で

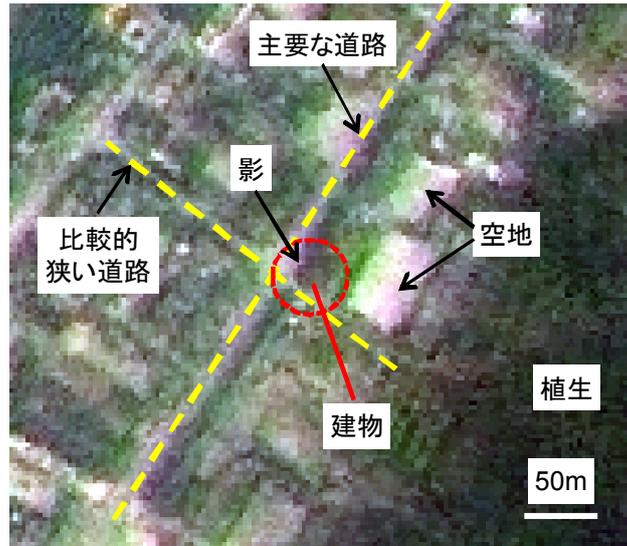


図4 地震前画像からの建物位置の判読例

あった。以降の検討では、目視で特定できた辺長さ 10m 程度以上の建物を対象として被害の判読を行う。なお、市街地では比較的規模の大きな建物が多くを占めることから、本研究で対象とする規模の建物の被害分布から被害の全体像を把握できるものと考えられる。

3.2 建物被害の判読

図5に地震前後の衛星画像と現地調査で撮影した建物の写真の比較を示す。図はいずれも曲山鎮の中心部の画像である。地震前後の画像中において赤丸で囲った建物に対する現地写真を図の右側に示している。図の上段に示す建物は、現地写真の通り完全に倒壊した。地震前後の建物の画像を比較すると、地震前にはやや明度の低い比較的均一なピクセルからなる屋根面がみえたのに対して、地震後にはテクスチャが乱れ、明度の高い薄橙色のピクセルが多くを占めるようになっている。現地写真よりこれらのピクセルは瓦礫を表していることがわかる。また、図の中段に示す建物では、現地写真の通り大破程度の被害が生じた。地震前後の画像を比較すると、屋根面上の明度や色に大きな変化はみられないが、建物の北側に上述のような薄橙色のピクセルが複数存在していることから、瓦礫が散乱する様子がみられる。また、図の下段に示す外観上軽微な被害ないし無被害であった建物においては、地震前後の画像で建物の屋根面などに顕著な違いはみられなかった。

地表分解能 1m 程度の衛星画像であっても、中破、小破程度の被害と無被害の建物を判別することは困難である¹¹⁾ことから、本研究では、各建物の被害を倒壊、大破程度の被害、中破程度ないしそれ以下の被害の大きく3種類に分類することとした。衛星画像による建物の被害レベルの判読基準を表2に示す。建物の屋根面を表すピクセルの大部分が瓦礫へと変化していれば倒壊に分類する。屋根面のピクセルの一部において、瓦礫への変化などの被害がみられるものは大破程度に分類する。また、屋根面自体に顕著な変化がみられなくても、建物周囲に瓦礫を表すピクセルが複数隣接して存在していれば大破程度に分類する。地震前後で顕著な変化がみられなかった建物は、中破程度ないしそれ以下に分類する。明らかに地すべりの土砂に埋没した、堰止め湖に水没したと判断できる建物については、別途分類することとした。地震後の画像において、雲や山腹の影に完全に隠れてしまった建物については不明と分類した。

被害判読では、地震前後の画像をディスプレイ上で 1/2,000~1/3,000 程度の縮尺に拡大し、同範囲の画像を見比べることで、表2の基準に基づいて建物一棟一棟の被害レベルを分類した。なお、判読結果と判読基準との対応を確認するために、一通り全ての建物の被害を判読した後に、複数回の見直しを行



図5 各被害程度の建物に対する地震前、地震後の画像および現地写真の比較

表2 衛星画像による各被害レベルの判読基準

被害レベル	地震後の画像の特徴
倒壊	建物の屋根面を表すピクセルのうち、大部分が瓦礫に変化している
埋没	倒壊に分類した建物のうち、建物の大部分が土砂に埋没している
水没	河川の付近に位置し、建物の大部分が堰止め湖に水没している
大破程度	建物の屋根面を表すピクセルの一部が、瓦礫に変化するなどの被害がみられる、または、屋根面に顕著な変化はみられないが、周囲に瓦礫のピクセルが複数隣接して存在する
中破程度ないしそれ以下の被害	地震前と比較して、建物の屋根面や周囲に顕著な変化はみられない
不明	雲や山腹の影に隠れて、建物そのものの位置が判読できない

った。計約 5,000 棟の建物の被害判読には見直しを含め計 150 時間強を要した。これは 1 棟あたりの判読に平均 2 分程度要したことになる。

判読結果の妥当性を検証するために、現地調査による実際の被害と衛星画像から判読した被害の比較を行った。対象地域は、現地調査を実施した曲山鎮の中心部で、調査中に撮影した建物の写真や映像を基に被害を分類した。現地調査により被害が判明した計 58 棟の建物を対象として比較した。表 3 に各被

表 3 現地調査と衛星画像から判読した被害のクロス集計

現地調査による被害レベル	衛星画像から判読した被害レベル				
	中破程度ないしそれ以下	大破程度	倒壊	計	正解率(%)
中破程度ないしそれ以下	9	2	1	12	75.0
大破程度	3	12	2	17	70.6
倒壊	3	3	23	29	79.3
計	15	17	26	58	44/58 =75.8%

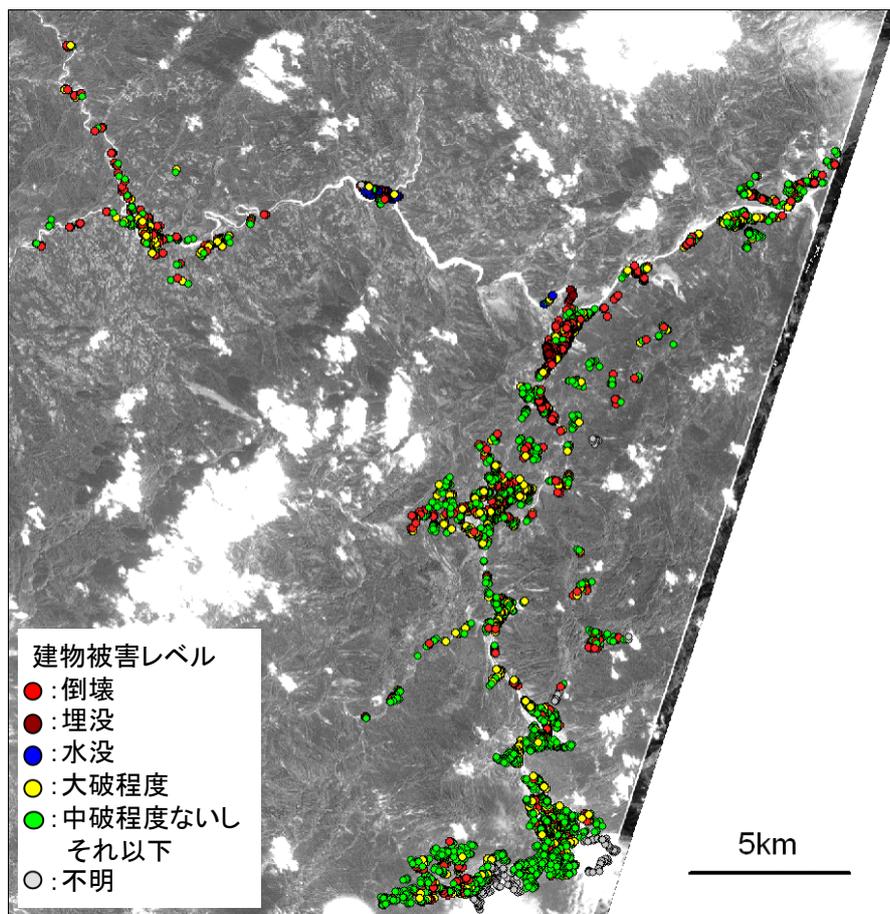


図 6 衛星画像から目視判読された建物被害分布

表 4 衛星画像の目視判読による建物被害数と割合

被害レベル	建物数	割合(%)
倒壊	1,107	22.0
埋没	71	1.4
水没	44	0.9
大破程度	988	19.7
中破程度ないし それ以下	2,652	52.8
不明	160	3.2
合計	5,022	100.0

害レベルの建物数のクロス集計結果を示す。表中の灰色が現地調査による被害レベルと衛星画像から判読した被害レベルが一致した建物の数を表す。実際には中破程度以下の被害だった建物 12 棟のうち、衛星画像上からは建物の周囲に瓦礫らしき地物がみられたために、大破以上と過大評価した建物が 3 棟あった。また、実際には倒壊だった建物 29 棟のうち、1 階部分が潰れたものの 2 階以上はほぼ無被害であったために、衛星画像上からは中破程度以下と過小評価した建物が 3 棟あった。被害レベルごとの建物総数に対する正しく分類された建物数の割合を正解率とすると、中破程度以下は 75%、大破程度は 70%、倒壊は約 80%であり、全体の正解率は約 75%であった。

画像全体における判読結果を図 6 に示す。図中の丸が特定された建物の位置を表し、赤丸が倒壊建物、茶丸が埋没した建物、青丸が水没した建物、黄丸が大破程度の建物、緑丸が中破程度ないしそれ以下の被害の建物、灰丸が被害が不明だった建物を表す。各被害レベルの棟数とその割合を表 3 に示す。計約 5,000 棟の建物のうち、倒壊建物、埋没建物、水没建物、大破程度の建物の数はそれぞれ 1,107 棟、71 棟、44 棟、988 棟である。埋没と水没を含む倒壊建物数と大破被害の建物数は、それぞれ全体の約 24%、20%に相当する。また、中破程度ないしそれ以下の被害の数は 2,652 棟で全体の約 50%にあたる。このため、対象範囲では全体の約 45%の建物が大破以上の被害が生じていることがわかった。

4. 建物被害分布の評価

判読した建物被害の分布を評価するため、目視判読結果を用いて各集落の被害率を算出した。被害率は各集落に含まれる建物総数（不明建物を除く）に対する埋没と水没を含む大破以上の被害の建物数の和の割合で定義する。主な市街地における被害判読結果の拡大図を図 7 に示す。図中には、各地域の被害率の値も示している。被害率は曲山鎮（Qushan）や旋坪郷（Xuanping）で約 85%と最も高く、万里郷（Yuli）では 60%となり、北側に位置する地域で被害率が高い傾向がみられ、中央部に位置する擂鼓鎮（Leigu）では 50%で、南側に位置する永安鎮（Yongan）地域などでは 30%前後と南側ほど被害率が低下する傾向がみられる。

対象範囲全域の集落で被害率を求めたところ、計 34 ヶ所の集落での被害率が算出できた。図 8 に得られた被害率の分布を示す。図には断層の位置を破線で示している。被害分布をみると、前述したように、断層の北側に位置する集落の方が被害率 50%以上の地域が多く、断層の南側に位置する集落では被害率 50%未満の地域が多くみられる。

図 8 中の矢印で示す方向に対する被害率分布の断面図を図 9 に示す。図 9 上段が各集落の被害率の断面図を、中段に倒壊率の断面図を、下段に地震断層の断面図をそれぞれ示す。ここで、倒壊率とは、全体から水没や埋没した建物を除いて、倒壊建物数を建物総数で除した割合を表す。断層の上盤側と下盤側は図中の矢印の通りである。これをみると、被害率と倒壊率の分布のいずれも断層の下盤側の地域に

比べて上盤側の地域の方が被害率が高い傾向がみられる。一般に、四川地震のような逆断層による地震の場合、同じ断層最短距離に位置する地点であっても、断層の上盤側に位置する地点の方が、下盤側に位置する地点に比べて、断層全体からの距離は近くなることから地震動強さも大きくなる傾向にあることが指摘されている¹⁸⁾。このような場合、断層から30km以内に位置する上盤側の地点では、距離減衰式から推定される平均的な最大加速度と比べて1.5~3倍程度大きな加速度が観測される場合がある^{18,19)}。以上より、断層の上盤側で被害率が高くなった要因のひとつとして、上盤効果により地震動強さが大きかったことが可能性として考えられる。なお、この他に対象地域の地形や地盤特性の影響も考えられ、これらについては今後の検討課題である。

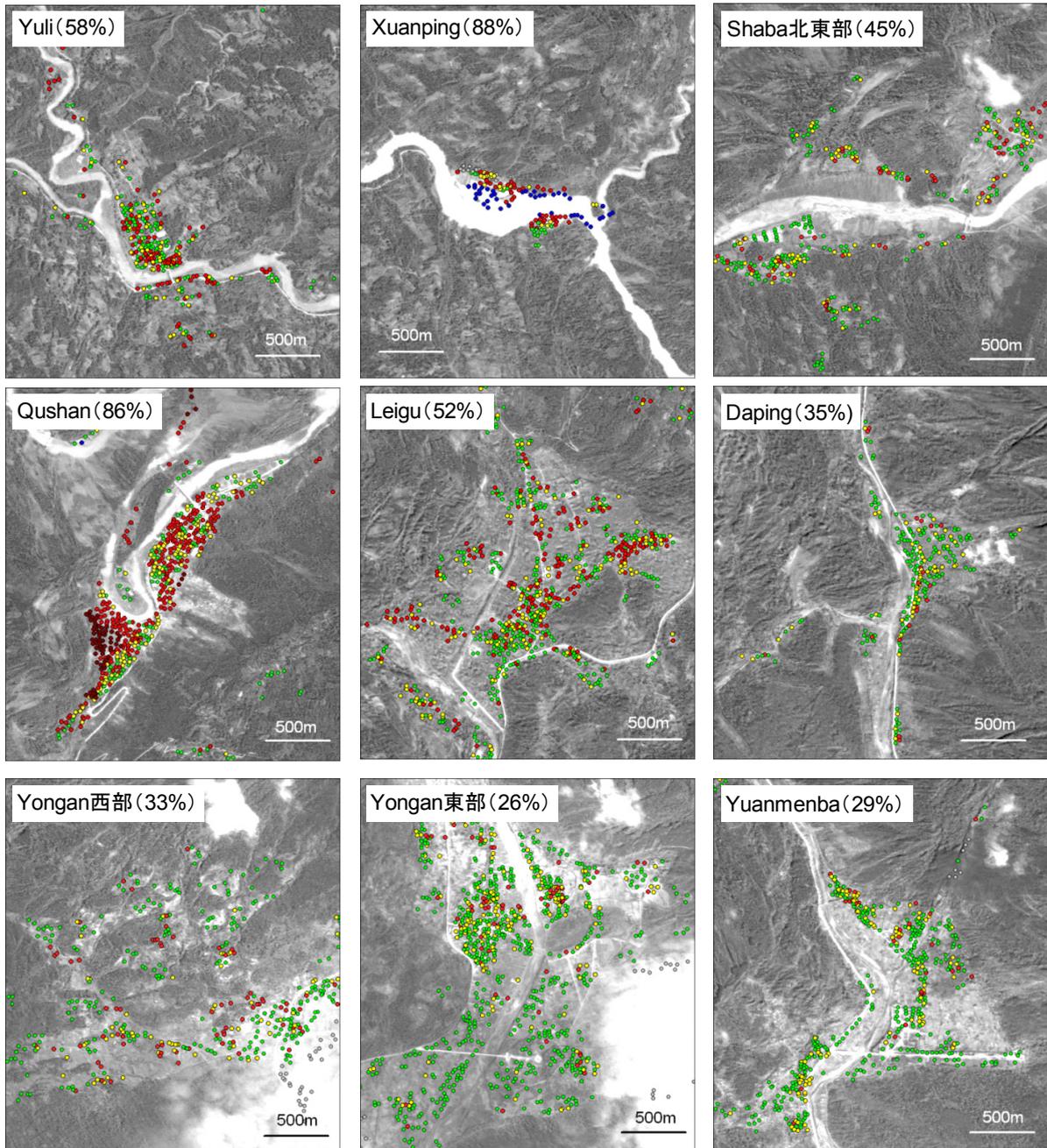


図7 主な市街地における被害分布と被害率（図の凡例は図5と同じ）

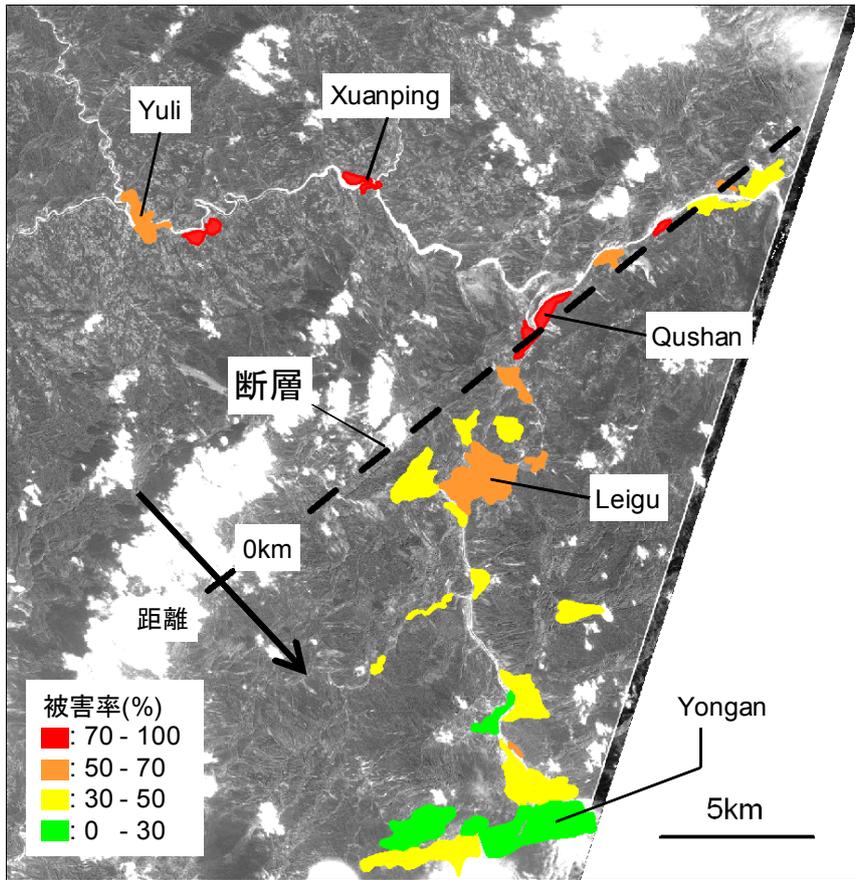


図8 被害率分布と断層位置

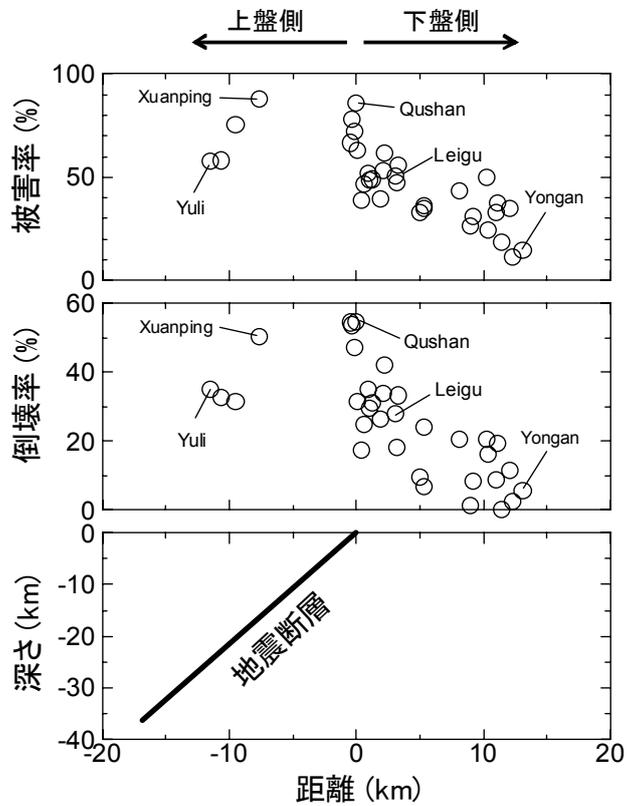


図9 断層位置と被害率分布の断面図

5. 結論

本研究では、2008年中国四川地震で甚大な被害を受けた地域のひとつである北川県南東部を対象として、地震前後に撮影された人工衛星光学センサ画像を用いて建物被害の目視判読を行った。地震前画像として地表分解能2.5mのALOS画像を、地震後画像として地表分解能2mのFORMOSATをそれぞれ利用した。まず、地震前画像から地物の形状や色、影の有無等を考慮して、対象範囲全域で約5,000棟の建物の位置を特定した。また、画像から特定できた建物の規模は、最小のもので辺長さ約10mであり、それ以下の規模の建物については形状や影の有無を確認できないことから特定は困難であった。地震前後の画像の比較から各建物の被害レベルを、倒壊、大破程度の被害、中破程度ないしそれ以下の被害の3種類に分類した。目視判読による被害と曲山鎮中心部での現地調査による被害を比較したところ、目視判読により約75%の正解率で分類できることを示した。目視判読を対象地域全域で実施し、被害分布を得た。各集落の大破以上の被害率を算出したところ、北川県中心部に位置する曲山鎮では被害率80%以上となり、被害率50%以上の集落が広く分布することがわかった。被害分布と地震断層の位置関係について検討したところ、断層の上盤側に位置する地域の方が、下盤側の地域に比べて被害率が高い傾向にあることを指摘した。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省グローバルCOEプログラム「震災メガリスク軽減の都市地震工学国際拠点」(代表者：時松孝次・東京工業大学教授)によっている。関係各位に記して謝意を表す。

参考文献

- 1) China Academy of Building Research: *Photo Collection of 2008 Wenchuan Earthquake Damage to Buildings*, China Architecture and Building Press, 229pp., 2008.
- 2) 国際災害チャーター：2008年5月12日中国の地震, http://www.disasterscharter.org/disasters/CALLID_204_j.html, 2008.
- 3) UNOSAT (United Nations Institute for Training and Research (UNISTAR) Operational Satellite Applications Programme, 国連衛星プロジェクト): EQ-2008-000062-CHN, http://unosat.web.cern.ch/unosat/asp/prod_free.asp?id=69, 2008.
- 4) 宇宙航空研究開発機構 地球観測研究センター：ALOSによる災害観測, http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/img_up/jdis_china_eq_080530.htm, 2008.
- 5) Guo, H. (ed.): *Atlas of Remote Sensing for Wenchuan Earthquake Disaster*, Science Press, 249pp., 2008 (in Chinese).
- 6) 松岡昌志, 山崎文雄, Thung Thuy Vu: 高分解能衛星画像を利用したイラン・バム地震での被害地域の自動抽出, リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム, 土木学会, pp.75-82, 2004.
- 7) Kosugi, Y., Sakamoto, M., Fukunishi, M., Lu, W., Doihara, T. and Kuramoto, S.: Urban Change Detection Related to Earthquake Using an Adaptive Nonlinear Mapping of High-Resolution Images, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol.1, No.3, pp.152-160, 2004.
- 8) Miura, H. and Midorikawa, S.: Detection of Building Damage Areas due to the 2006 Central Java, Indonesia Earthquake, *Proc. 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Paper ID 07-0010, 2008.
- 9) Saito, K., Spence, R. J. S., Going, C. and Markus, M.: Using High-Resolution Satellite Images for Post-Earthquake Building Damage Assessment: A Study Following the 26 January 2001 Gujarat Earthquake, *Earthquake Spectra*, Vol.20, No.1, pp.145-169, 2004.
- 10) Yamazaki, F., Yano, Y. and Matsuoka, M.: Visual Damage Interpretation of Buildings in Bam City Using QuickBird Images Following the 2003 Bam, Iran, Earthquake, *Earthquake Spectra*, Vol.21, No.S1, pp.S329-S336, 2005.
- 11) Miura, H., Wijeyewickrema, A. C. and Inoue, S.: Evaluation of Tsunami Damage in the Eastern Part of Sri

- Lanka Due to the 2004 Sumatra Earthquake Using Remote Sensing Technique, *Proc. 100th Anniversary 1906 San Francisco Earthquake Conference*, Paper No.8NCEE-856, 2006.
- 12) China Earthquake Administration: General Introduction to Engineering Damage during Wenchuan Earthquake, *Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration*, Vol.28S, 114pp., 2008.
 - 13) Hao, K.-X., Si, H., Fujiwara, H. and Ozawa, T.: Coseismic Surface Rupture and Crustal Deformation of the 2008 Wenchuan Earthquake Mw7.9, China, *Geophysical Research Letters*, Vol.36, L11303, doi: 1029/2009GL037971, 2009.
 - 14) 瀧瀬一 起：四川大地震（汶川地震）の震源断層と地震動，橋梁と基礎，12月号，pp.19-21，2008.
 - 15) Koketsu, K., Yokota, Y., Ghasemi, H., Hikima, K., Miyake, H. and Wang, Z.: Source Process and Ground Motions of the 2008 Wenchuan Earthquake, *Investigation Report of the 2008 Wenchuan Earthquake, China, Grant-in-Aid for Special Purposes of 2008*, MEXT, No.20900002, pp.203-234, 2009.
 - 16) Munich Re Group: The 2008 Sichuan Earthquake: *A Predictable Disaster with Unpredictable Consequences ? Severe Winter and Earthquake -Two Significant Events in China*, No. 302-05851, 2008.
 - 17) 林 愛明, 任 治坤：四川大地震 中国四川大地震の地震断層と被害写真集，近未来社，111pp., 2009.
 - 18) Abrahamson, N. A. and Somerville, P. G.: Effects of the Hanging Wall and Footwall on Ground Motions Recorded during the Northridge Earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.86, No.1B, pp.S93-S99, 1996.
 - 19) 司 宏俊, 翠川三郎：2004年新潟県中越地震で観測された最大加速度にみられる Hanging-wall 効果, 日本建築学会大会学術講演梗概集(近畿), B-2, pp.143-144, 2005.

(受理：2009年7月31日)
(掲載決定：2010年2月26日)

Distribution of Building Damage in the Southeastern Part of Beichuan County by the 2008 Sichuan, China, Earthquake Based on Visual Detection of Satellite Optical Images

MIURA Hiroyuki ¹⁾ and MIDORIKAWA Saburoh ²⁾

- 1) Assistant Professor, Department of Built Environment, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
- 2) Professor, Department of Built Environment, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

ABSTRACT

In order to evaluate distribution of building damage in the southeastern part of Beichuan county, severely damaged by the 2008 Sichuan, China, earthquake, visual damage detection technique is applied to pre- and post-event satellite optical images. The locations of about 5,000 buildings are identified from the pre-event image. The damage of each building is classified into three categories; complete collapse, severe damage, and less than moderate damage by comparing the pre- and post-event images. The damage ratio computed from the result of the visual detection in Qushan town, the capital of Beichuan county, is more than 80%. The distribution of the building damage shows that the damage ratios on the hanging wall of the earthquake fault is higher than those on the foot wall.

Keywords: The 2008 Sichuan, China, Earthquake, Beichuan County, Building Damage, Satellite Optical Image