

高分解能リモートセンシング技術を使った災害状況把握

筑波大学 空間情報科学分野
「第57回GIS研究会」

日時：平成22年6月24日(木)17:30～
場所：筑波大学総合研究棟A棟(総A219)

国土地理院 地理地殻活動研究センター
地理情報解析研究室長 小荒井衛

高分解能光学衛星画像の地物判読特性

小荒井・飯田・津留・樋野・峰島・洲濱・蔭山(2008):地図

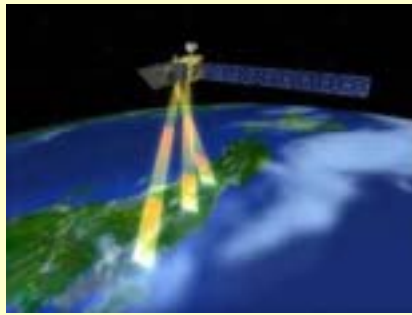
1. 空中写真ステレオ画像(地上分解能0.2～0.4m)
2. **QuickBird**(米国)(パンシャープン:地上分解能0.6m)
3. **IKONOS**(米国)(パンシャープン:地上分解能1m)
4. EROS-A1(イスラエル)(パンクロマテック:地上分解能1.8m)
5. **ALOS PRISM** ステレオ画像(日本)
(パンクロマテック:地上分解能2.5m)
6. **SPOT5**(フランス)
(パンクロマテック:地上分解能2.5m)ステレオ視可能
7. IRS(インド)(パンクロマテック:地上分解能5.8m)
8. SPOT4(フランス)(パンクロマテック:地上分解能10m)
9. ALOS AVNIR2(日本)(マルチカラー:地上分解能10m)

陸域観測技術衛星(ALOS)

打ち上げ：2006年1月

目的

- 地図作成
- 地域観測
- 災害状況把握
- 資源探査

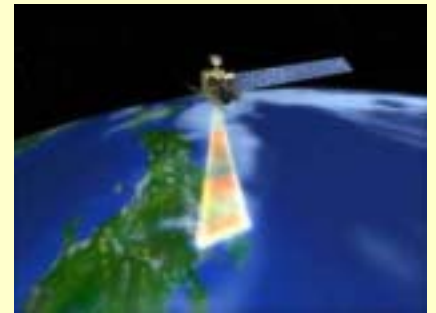


PRISM

3方向視可能な
立体視センサ
パナクロマティック
分解能2.5m

AVNIR-2

マルチスペクトルセンサ
分解能10m



PALSAR

SARセンサ
分解能10m、100m

From JAXA HP

ALOSのセンサ

■ALOSの3種類の観測センサ

- パナクロマチック立体視センサ(PRISM) 2.5mパナクロマチック
2.5mという高分解能で地表のデータを観測することを目的に設計
同時に3方向の画像を取得、高精度なDEM、地形図の作成が可能
基準点無しで水平精度6m(3 σ)、DEM水平、鉛直精度各5m(σ)を実現予定
- 高性能可視近赤外放射計2型(AVNIR-2) 10mマルチスペクトル
青、緑、赤の3色と近赤外領域の計4種類の波長で観測
多目的なカラー画像を作成することが可能
災害時にセンサを傾けること(ポインティング機能)で対象地域の観測が可能
- フェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ(PALSAR)
衛星から発射した電波の反射を受信することで観測するセンサ
観測する領域の天候・昼夜に関係なくデータを取得可能

集落内道路・普通建物の判読(空中写真)

都市計画図



空中写真(左)



空中写真(右)



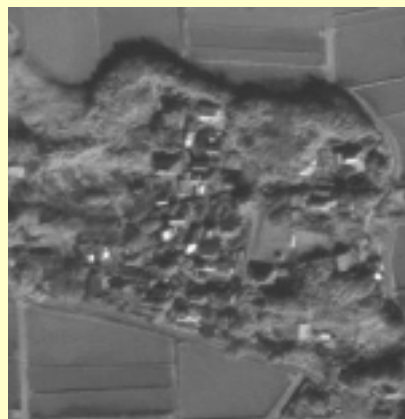
空中写真のステレオ画像だと集落内道路・普通建物まで判読・描画が可能

集落内道路・普通建物の判読(IKONOS)

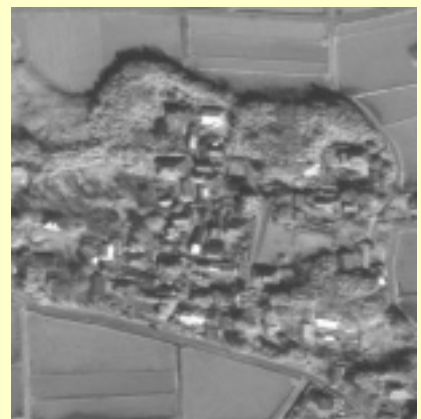
数値地図25000



IKONOS画像(左)



IKONOS画像(右)



集落内道路や建物1軒1軒の判読は可能だが、描画までは困難

集落内道路・普通建物の判読 (IRS、ADEOS)

IRS単画像(分解能5.8m) ADEOS単画像(分解能8m)



IRS、ADEOS画像では、集落の存在や集落外の道路・河川は判読可能

河川構造物の判読(空中写真)

都市計画図

空中写真(左)

空中写真(右)



空中写真のステレオ画像だと護岸や堰まで判読・描画が可能

河川構造物の判読 (IKONOS画像)

数値地図25000

IKONOS画像(左)

IKONOS画像(右)

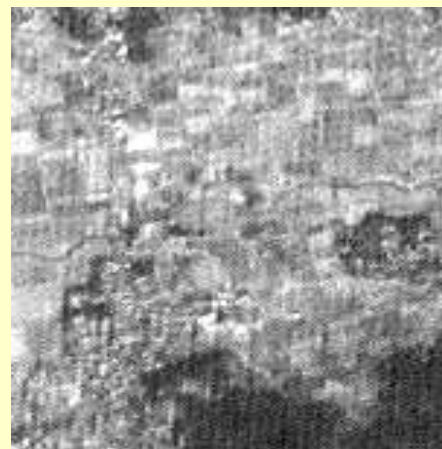


河川付帯施設の配置の判読は可能、護岸の状態や堰の存在は判読困難

河川構造物の判読 (IRS、ADEOS)

IRS単画像(分解能5.8m)

ADEOS単画像(分解能8m)



IRS、ADEOS画像では、河川のみ確認可能

Quick Bird画像とIKONOS画像との比較 普通建物(独立建物)

Quick Bird(パンシャープン:0.6m分解能) IKONOS(パンシャープン:1m分解能)



Quick Birdの方が、建物の角等がよりシャープに判読できる(描画にも有利に働く)

Quick Bird画像とIKONOS画像との比較 歩道橋・歩道・道路分離帯・並木

Quick Bird(パンクロ:0.6m分解能) IKONOS(パンクロ:1m分解能)



Quick Birdの方が道路付帯構造物の判読特性が良い。
IKONOSは判読が困難か？

分解能の違いによる判読可能性

- 5m分解能で、判読可能なもの
真幅道路、軽車道、道路橋、普通鉄道、堅牢建物、プール、タンク、電波塔、河川、用水路、園庭、学校
- 2.5m分解能で、判読可能になるもの
徒橋、普通建物
- 1m分解能で、判読可能になるもの
徒歩道、歩道橋、道路分離帯、並木、プラットフォーム、無壁舎、煙突、高塔、護岸、土堤、被覆、駐車場、墓地、田、畑、果樹園、針葉樹林、広葉樹林
- 0.6m分解能で、判読可能になるもの
歩道、電柱
- 0.6m分解能でも、判読困難なもの
送電線

空中写真シミュレーション画像(ステレオ)とIKONOS単画像との比較（同分解能で比較）

- 空中写真シミュレーション画像の方が良い例
普通建物、普通無壁舎、堅牢無壁舎、電柱、煙突、護岸、土堤、被覆、墓地など
いずれも、高低感が判読の決め手になる地物
単画像で実体視出来ないことが、判読性を悪くした要因
- 衛星画像の方が良い例
河川、用水路、園庭など
大半が、水または植生が関係した地物
近赤外まで含んだ波長帯である
→ 空中写真と比べて有利に働いた

地物の判読特性のまとめ

- 1m分解能の場合、建物1軒1軒の判読や道路付帯構造物等の判読が、住宅密集地では難しい場合がある
- 0.6m分解能の場合は、比較的明瞭に見える事が多く、道路付帯構造物や小物体の判読に有利に働いた
- 住宅が密集した場合、建物の倒れこみで、道路等の判読が難しい場合がある
- ステレオ画像の方が圧倒的に判読がしやすい(特に高低差のある地物、住宅密集地など)
- カラー画像の方がパンクロ画像に比べて判読には有効であるが、明瞭な差が出るほどではなかった
(差が出たもの:庭園路、普通無壁舎、墓地、芝地、荒地)
- 2.5m~5mの分解能だと、カラー画像でも地物判読が極端に悪くなる

高分解能光学衛星画像 を使った災害状況把握

小荒井・佐藤・宇根・天野(2008):地質学雑誌 ほか

- ・2005年10月 パキスタン北部地震の事例
 - ・2006年5月 ジャワ島中部地震の事例
 - ・2006年2月 レイテ島岩屑なだれの事例
 - ・2008年5月 中国四川地震の事例
- ・2008年6月 岩手・宮城内陸地震の事例
(航空写真の事例)

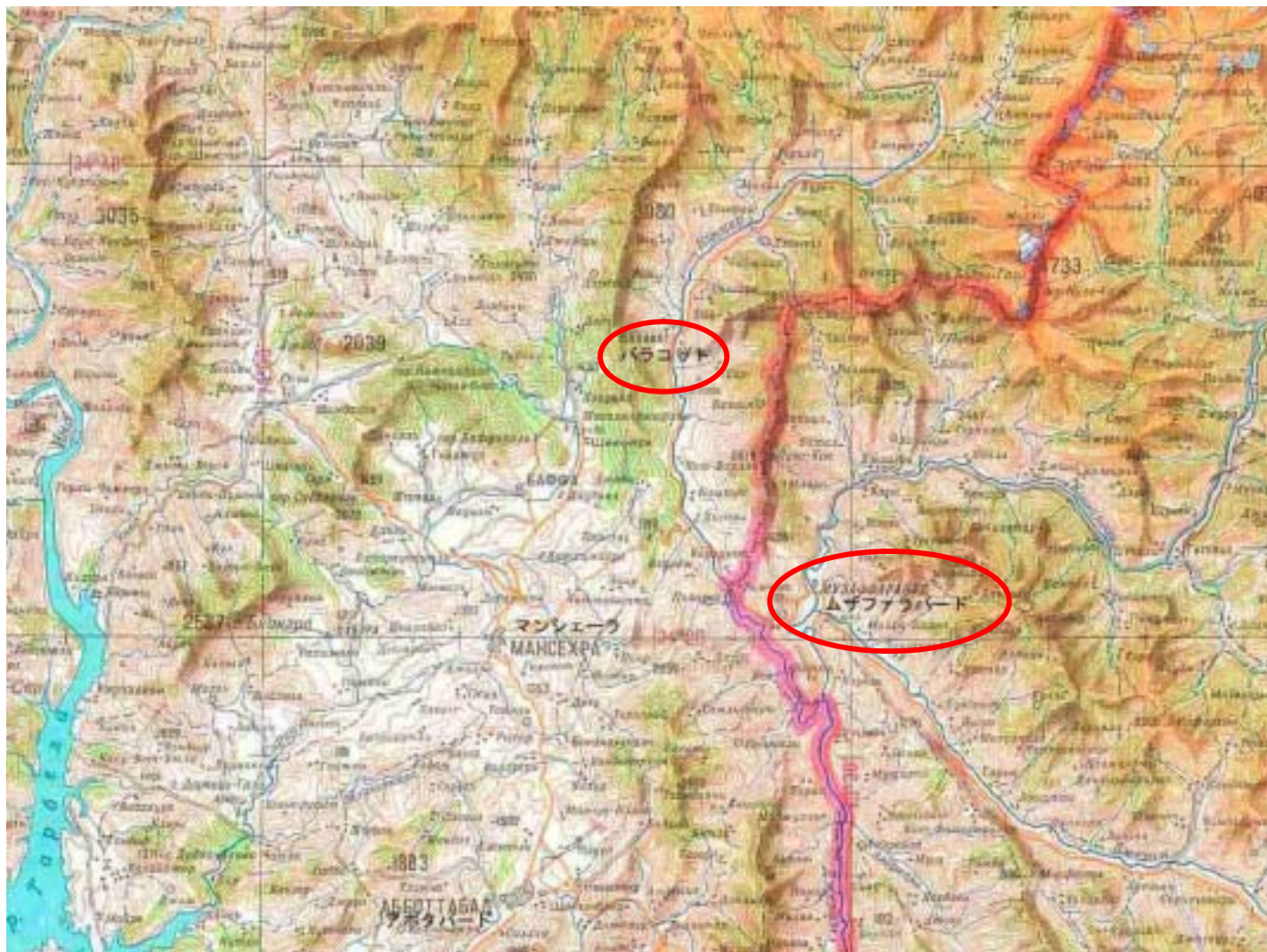
使用した高分解能光学衛星画像

- パキスタン北部地震 2005年10月8日
Quick Bird(分解能0.6m)
地震前:2005年8月11日; 地震後:2005年10月19日(web公開画像)
IKONOS(分解能1m)
地震前:2002年9月22日; 地震後:2005年10月9日(web公開画像)
SPOT5(分解能2.5m)
地震前:2004年3月2日; 地震後:2005年10月20日、10月27日(ステレオ視可能)
- ジャワ島中部地震 2006年5月27日
IKONOS(分解能1m)
地震前:2006年5月9日; 地震後:2006年5月28日(web公開画像)
ALOS PRISM(分解能2.5m)
地震後:2006年6月12日(ステレオ視可能)
- レイテ島地すべり
Quick Bird(分解能0.6m)
災害後:2006年4月16日、4月18日
ALOS PRISM(分解能2.5m)
災害後:2006年10月10日(ステレオ視可能)

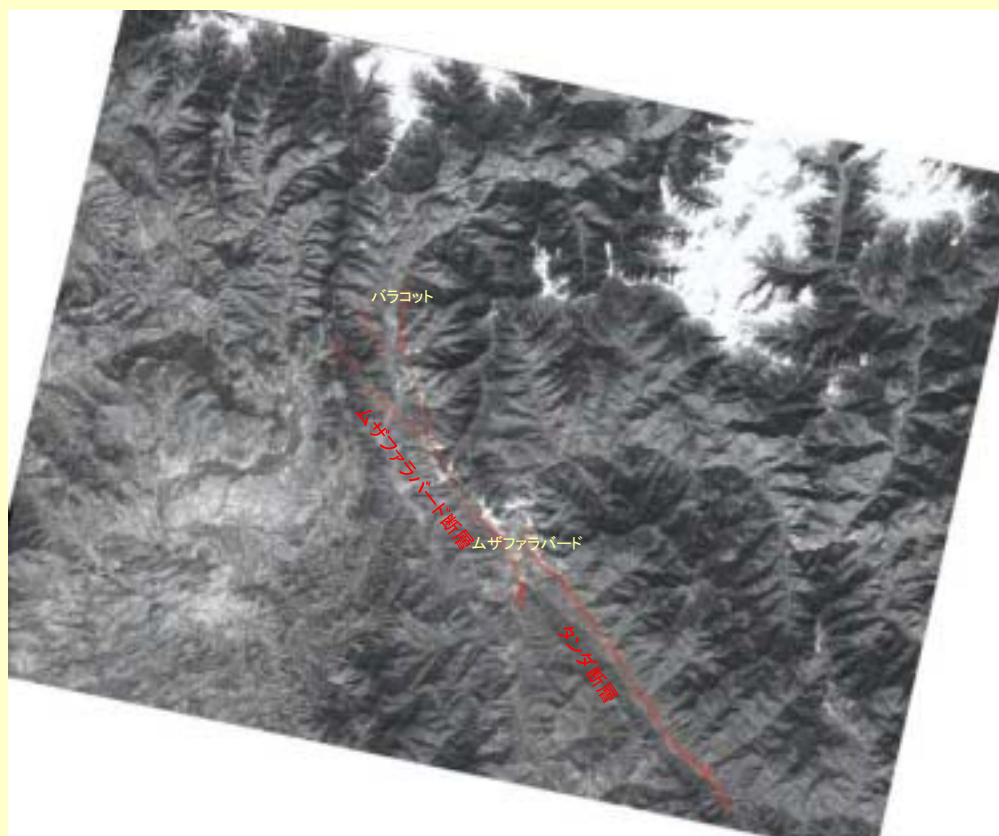
パキスタン北部地震

小荒井・佐藤・宇根・天野(2008):地質学雑誌

- 発生日:2005年10月8日
- 震央:イスラマバードの北北東約100kmの地点
- 深さ:26km
- マグニチュード:7.6
- 死者:パキスタン、インドあわせて8万人以上
- 災害直後、被災地になかなか入れず、現地情報の不足
- WEB上で、被災地を撮影した各種高分解能衛星画像が公開される。Google Earthの登場。
- 現地に入らずに、どこまで被害状況の把握が可能か？



判読に使用したSPOT5画像(2.5m分解能) 2005年10月20日撮影



赤線はNakata and
Kumahara: 2006による
活断層

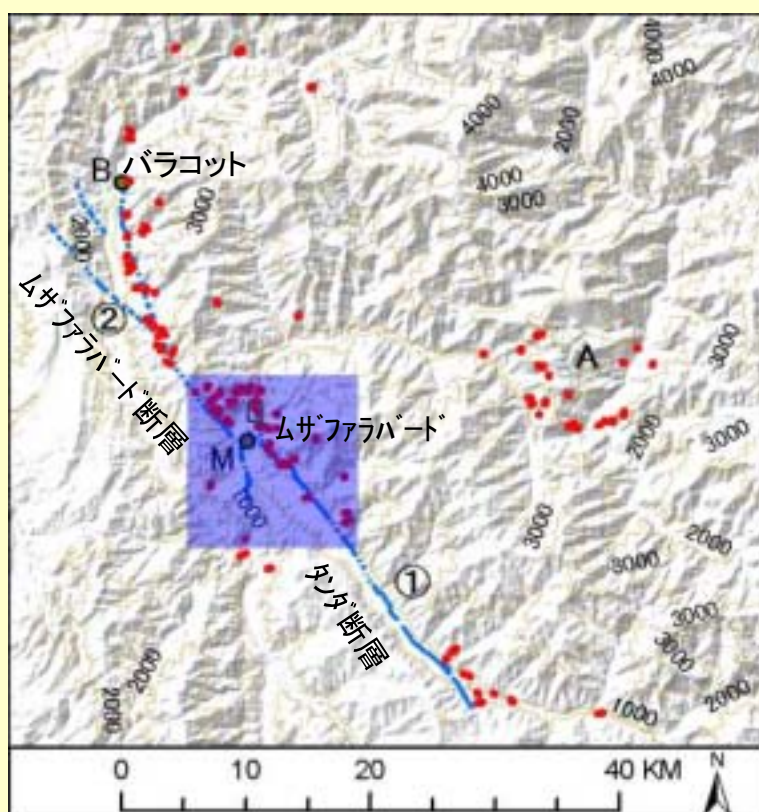
判読に使用したIKONOS画像(1m分解能)

スペース・イメージング社のHPで公開した画像(ムザファラバード周辺)

左(地震前)2002年9月22日撮影 右(地震後)2005年10月9日撮影



SPOT5ステレオ画像で把握した 地震による斜面崩壊の分布



斜面崩壊は、活断層に沿って北西側(逆断層の上盤側)に集中して発生

→SARで求めた地殻変動量の大きいエリア

網掛け部分はIKONOS画像の範囲

IKONOS単画像とSPOT5ステレオ画像との 災害判読特性の比較(ムザファバード)



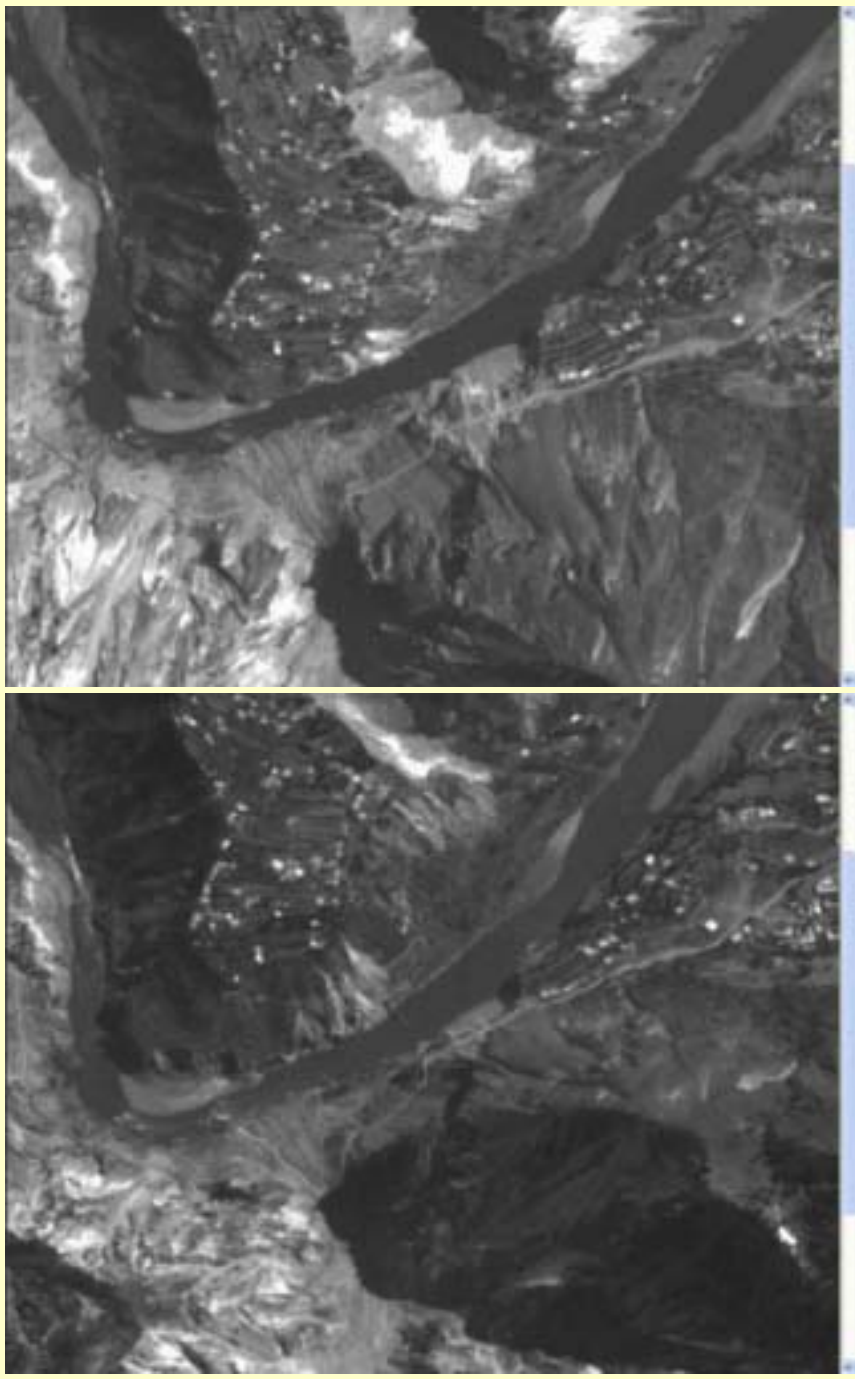
1

橋梁の被害(IKONOS画像)



1

橋梁の被害 (SPOT5ステレオ画像)



2

土砂崩壊による道路封鎖 (IKONOS単画像)



2

土砂崩壊による道路封鎖 (SPOT5画像)

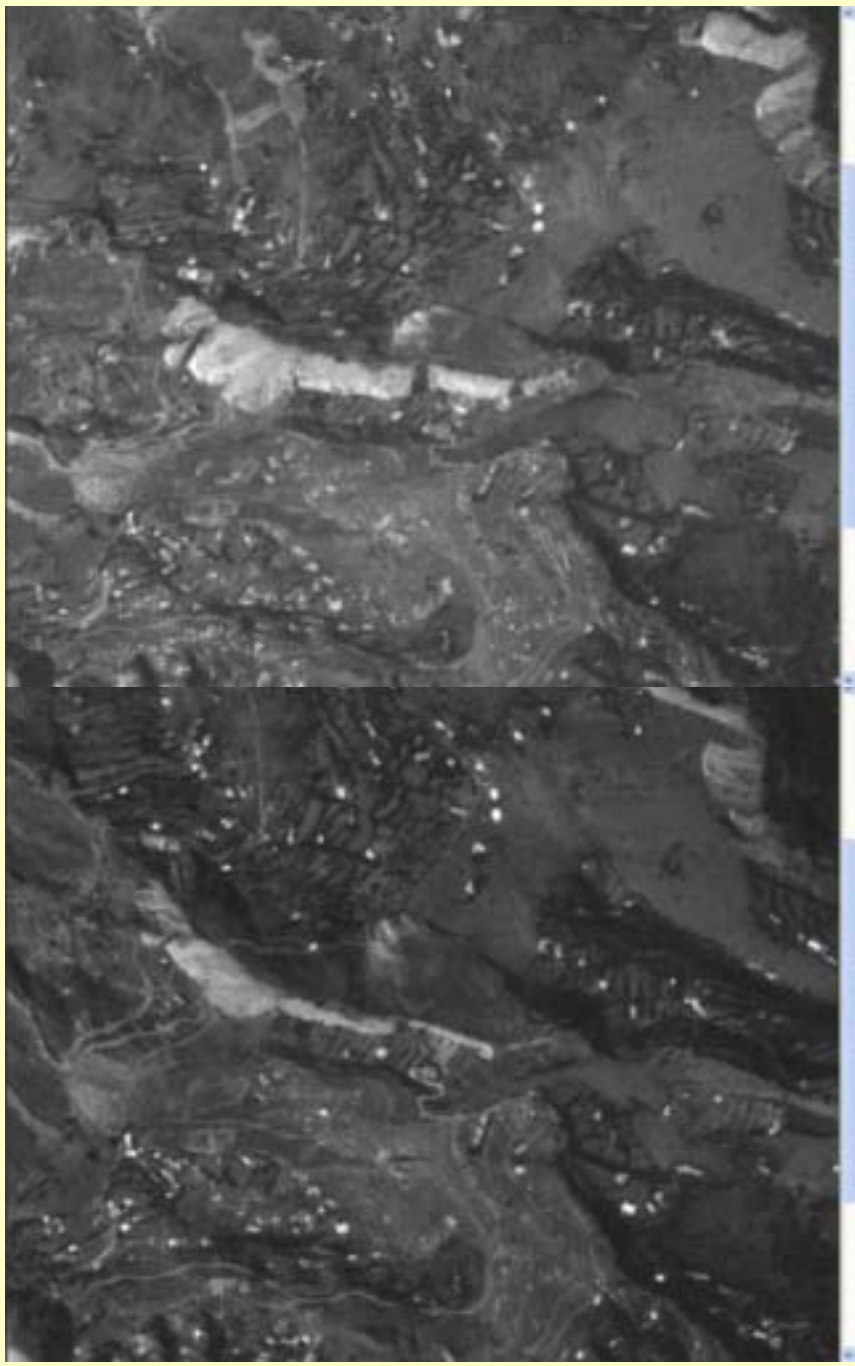


3

地滑りによる道路崩壊 (IKONOS画像)



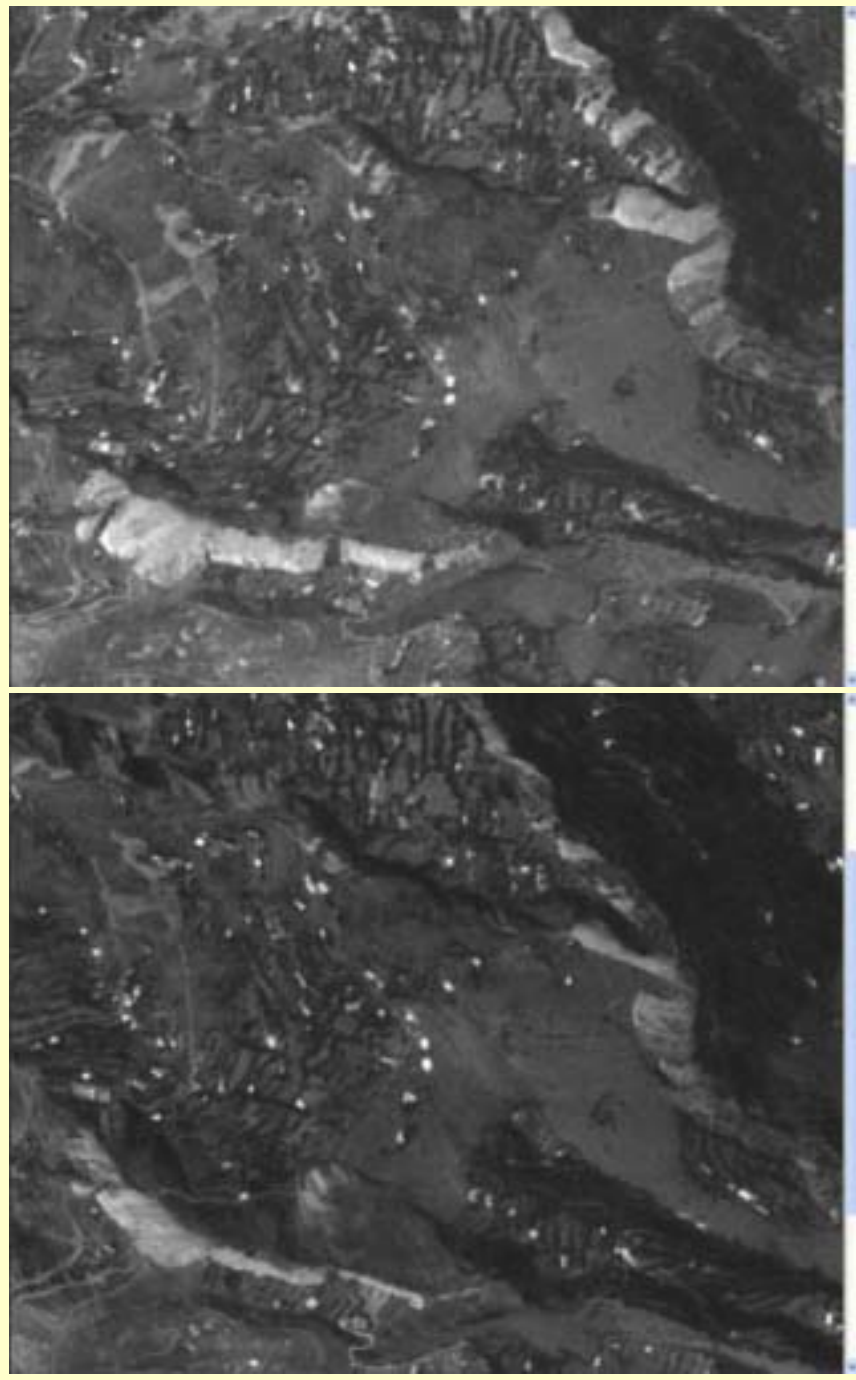
地滑りによる道路崩壊（SPOT5画像）



斜面上のクラック（IKONOS画像）



斜面上のクラック(SPOT5ステレオ画像)



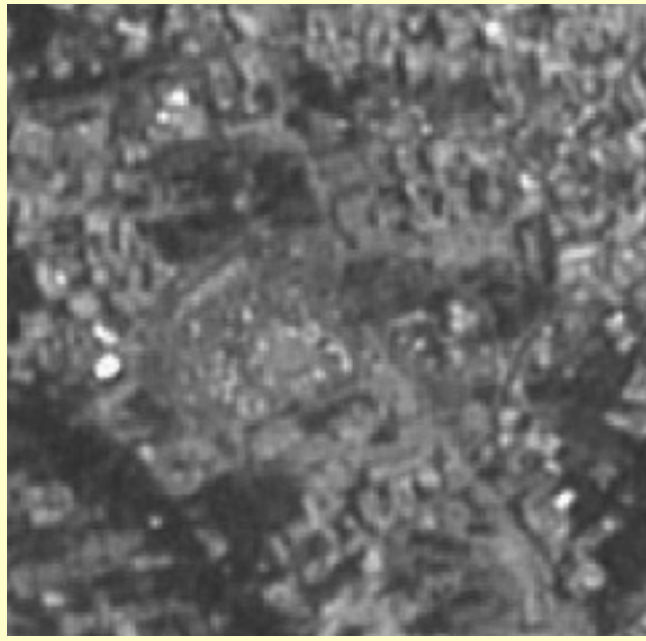
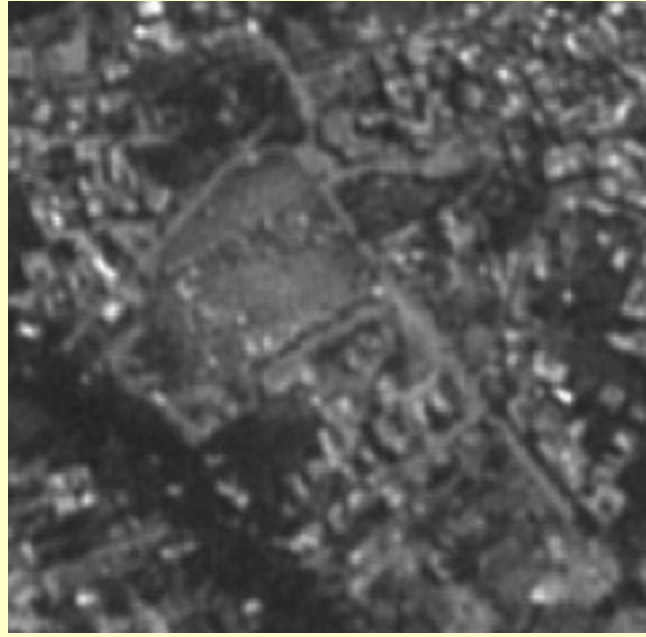
建物の被害状況(IKONOS画像)



災害前

災害後

建物の被害状況 (SPOT5ステレオ画像)

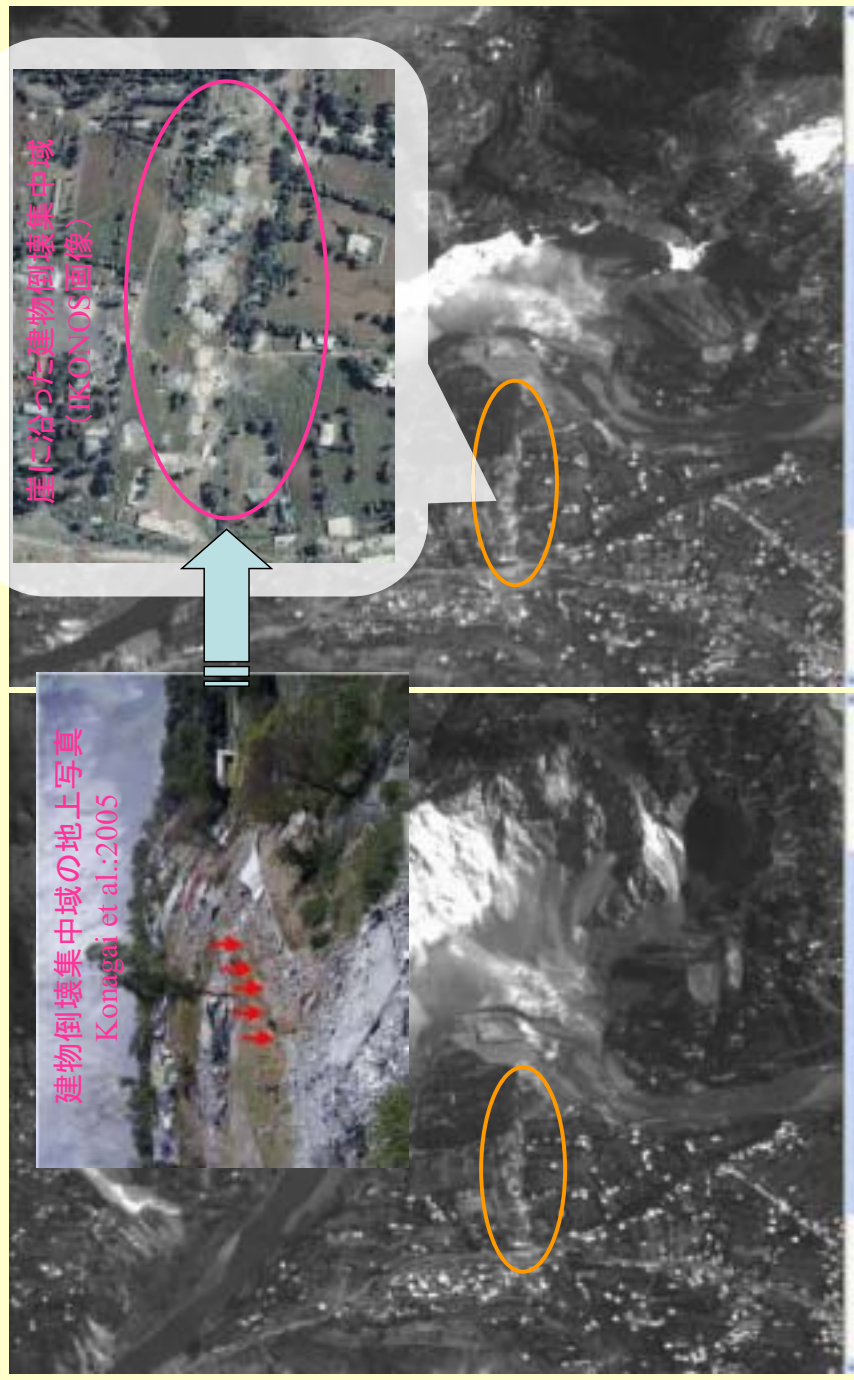


大規模斜面崩壊、河道閉塞跡、 断層変位地形等の判読 (IKONOS画像)



大規模斜面崩壊、河道閉塞跡、 断層変位地形等の判読(SPOT5画像)

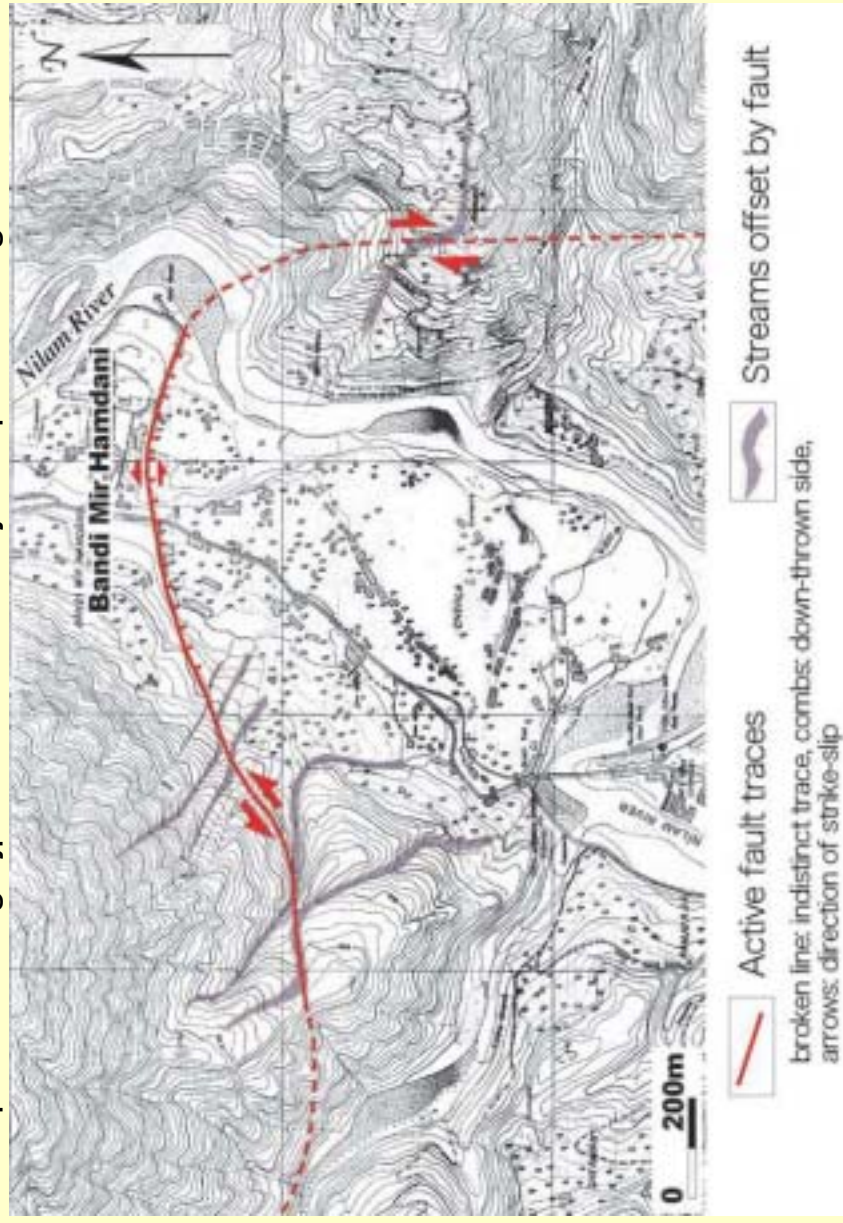
5



ムザファラバード北部周辺の活断層

(活断層研究センターHPから)

<http://unit.aist.go.jp/actfault/katsudo/jishin/pakistan/fig.08.html>



Quick Bird 画像 (0.6m分解能)

日立ソフトエンジニアリング社のHPで公開した画像(バラコット周辺)



バラコットの北部の Quick Bird画像

(災害前)



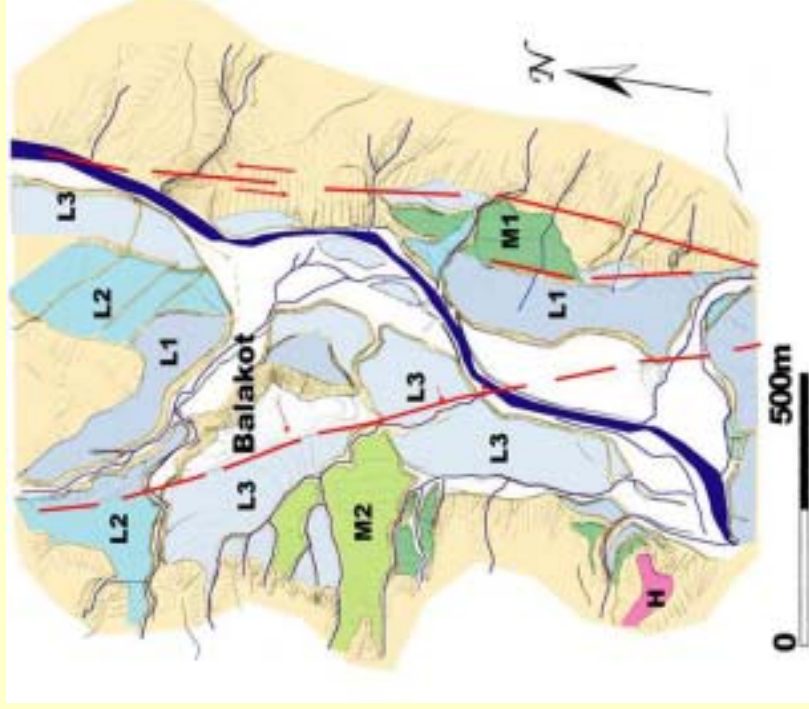
建物被害集中区域は
断層運動に伴う
撓曲崖

河床の裏立(隆起)の可能性

バラコットの丘の壊滅的被害状況
(新聞写真等から)

バラコット周辺の活断層

(活断層研究センターHPから)



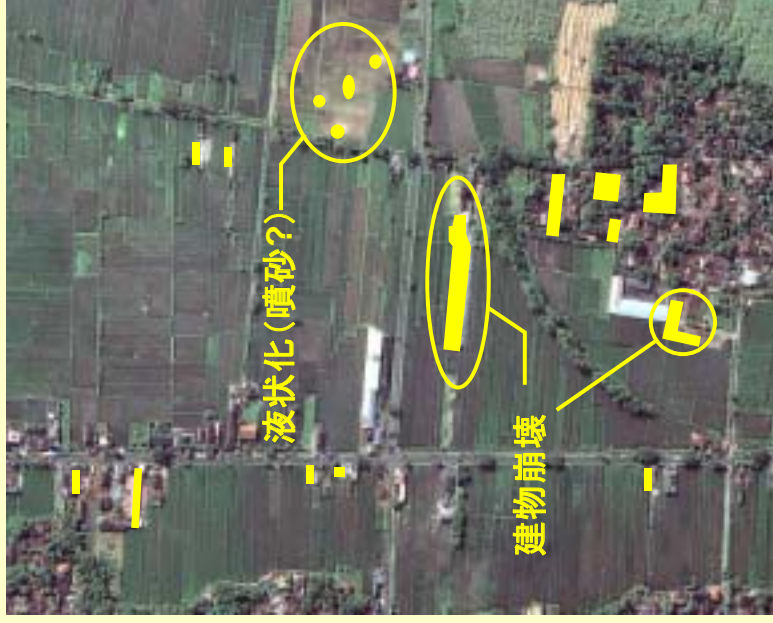
ジャワ島中部地震の災害判読事例

小荒井・佐藤・宇根・天野(2008):地質学雑誌

IKONOS画像による建物被害の判読(建物散在域)



地震前(2006年5月9日)



地震後(2006年5月28日)

IKONOS画像による建物被害の判読(建物密集域)



地震前(2006年5月9日)

地震後(2006年5月28日)

ジャワ島中部地震被害状況画像(ALOS PRISM) 2006年6月12日撮影 2.5m分解能パンクロ画像



B(後方視)



F(前方視)

実体視により建物散在域での建物被害の把握が可能

レイテ島地すべりの災害判読事例

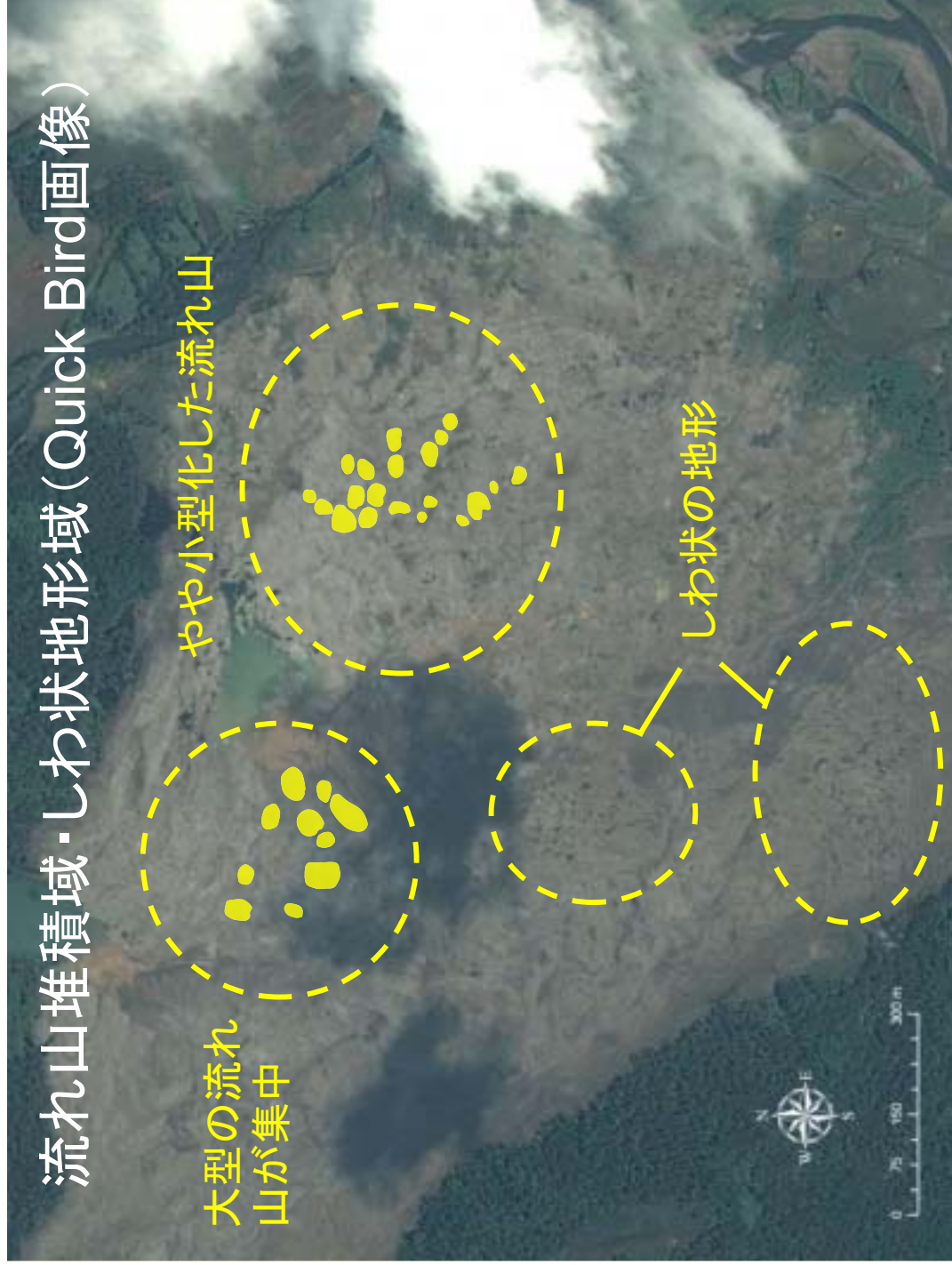
小荒井・佐藤・宇根・天野(2008):地質学雑誌

小荒井・佐藤・新井場・小山内・伊藤(2008):地すべり学会誌

山体崩壊域 (Quick Bird画像)



流れ山堆積域・しわ状地形域 (Quick Bird画像)



大型の流れ山（現地写真）



小型化した流れ山（現地写真）



しわ状地形（現地写真） 凹部は湛水



建物被害（Quick Bird画像）

泥流で潰れた家

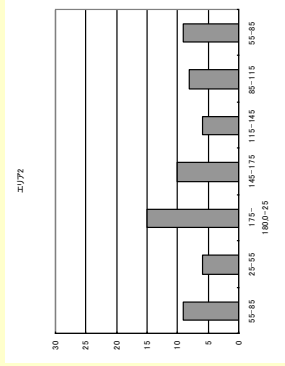
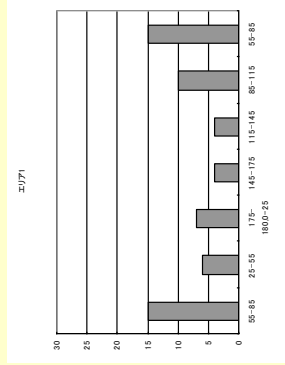
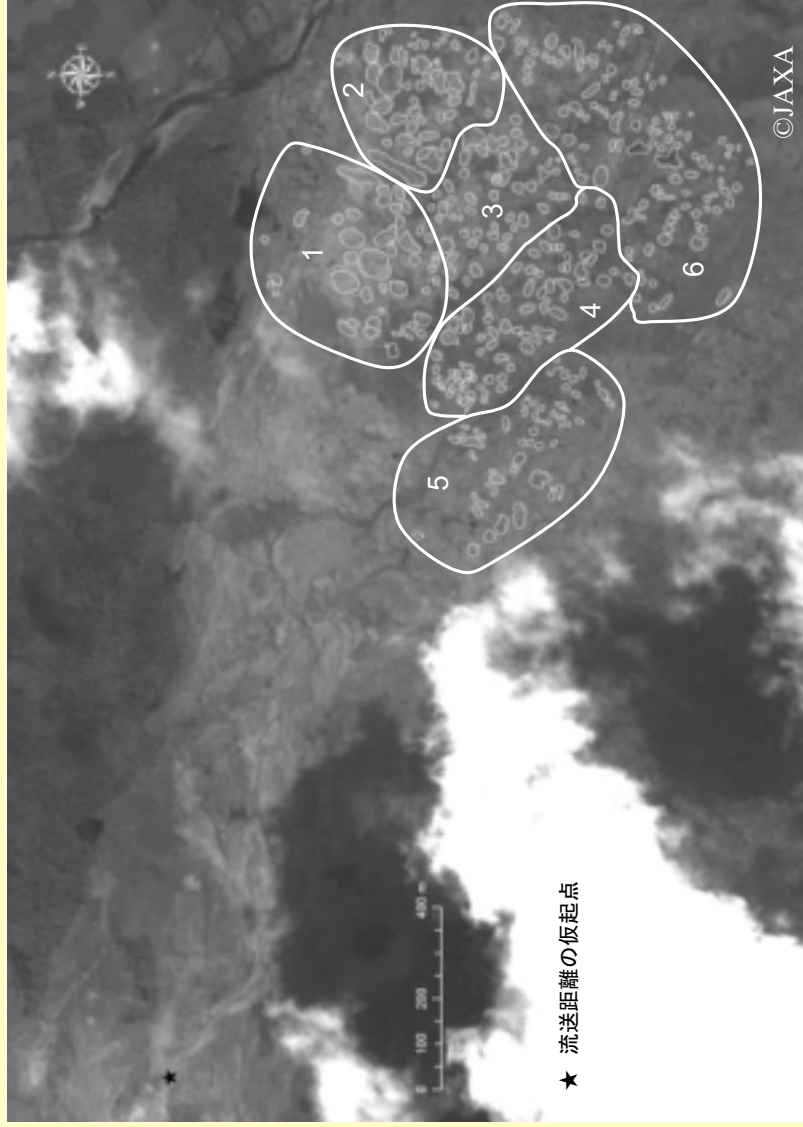


ガラストで潰れた家

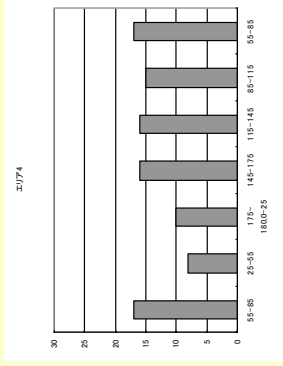
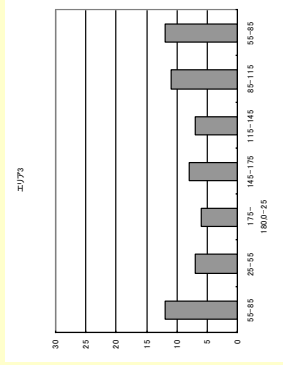


0 75 150 300 ft

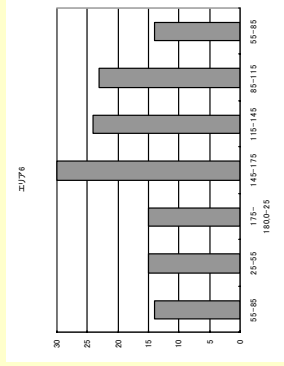
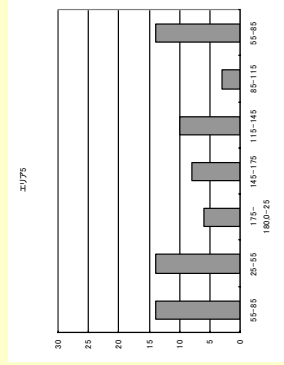
ALOS PRISMステレオ画像による レイテ島岩屑なだれの流れ山地形の図化



レイテ島岩屑なだれの 流れ山長径卓越方向



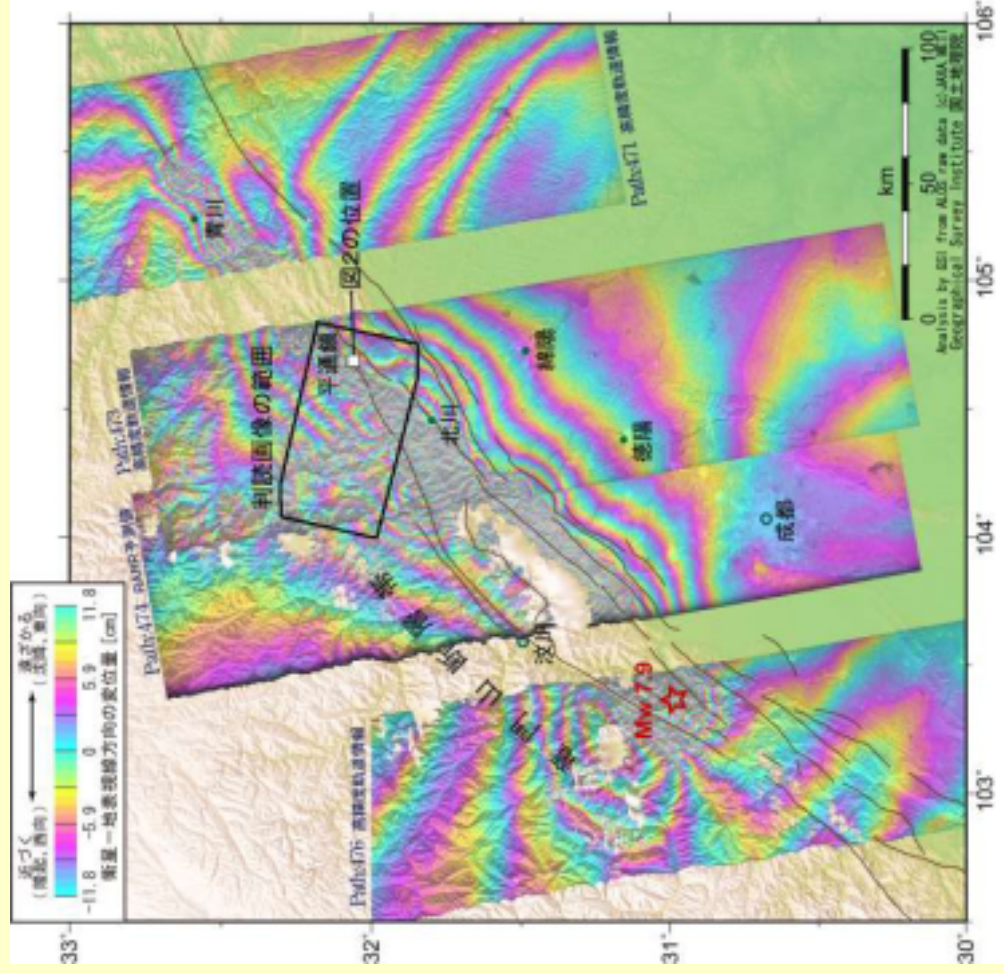
流送距離が短い流れ山の
長軸方向は流下方向に直
交する方向のものが、
流送距離が長い流れ山の
長軸方向は流下方向に平
行する方向のものが多い

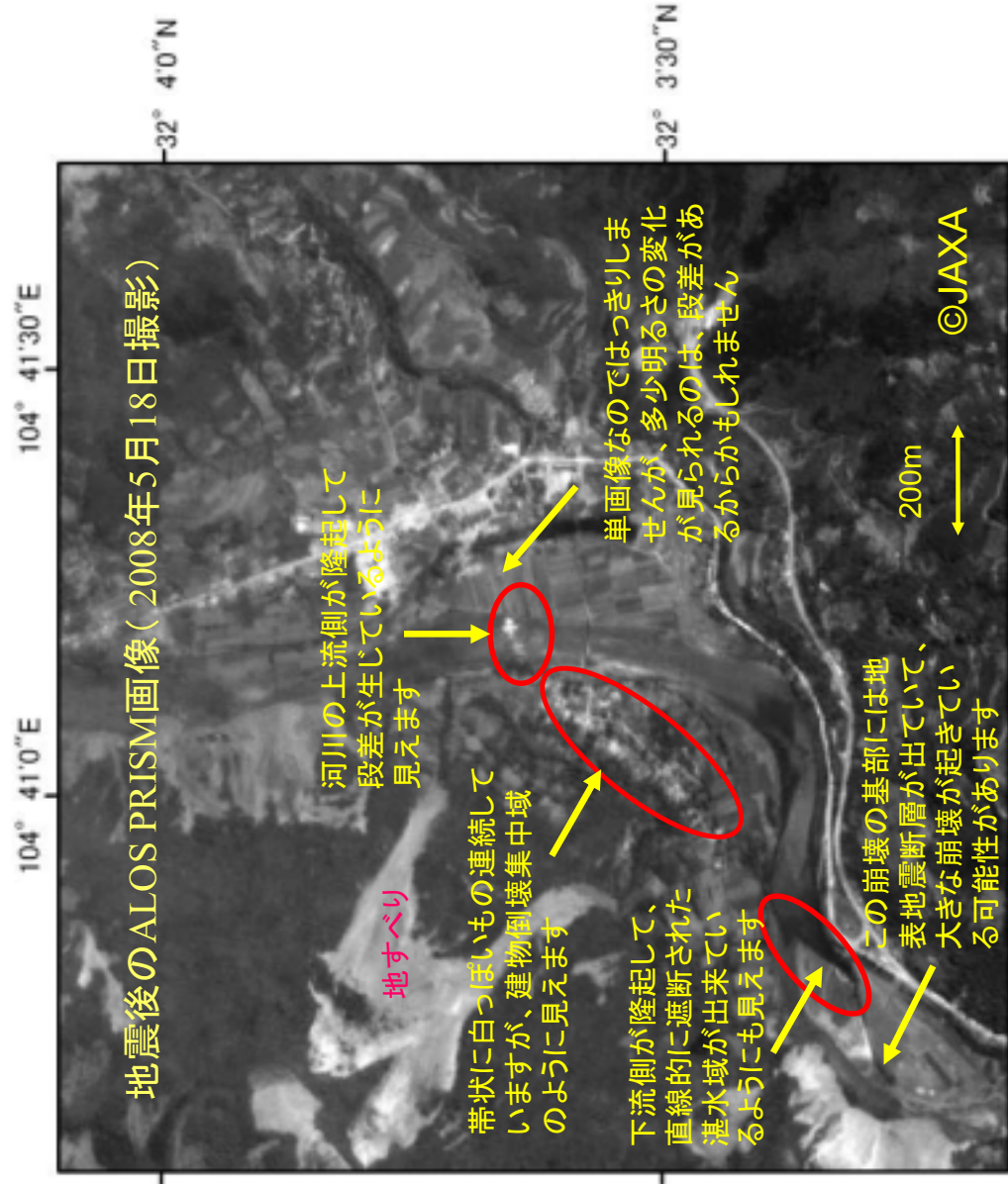
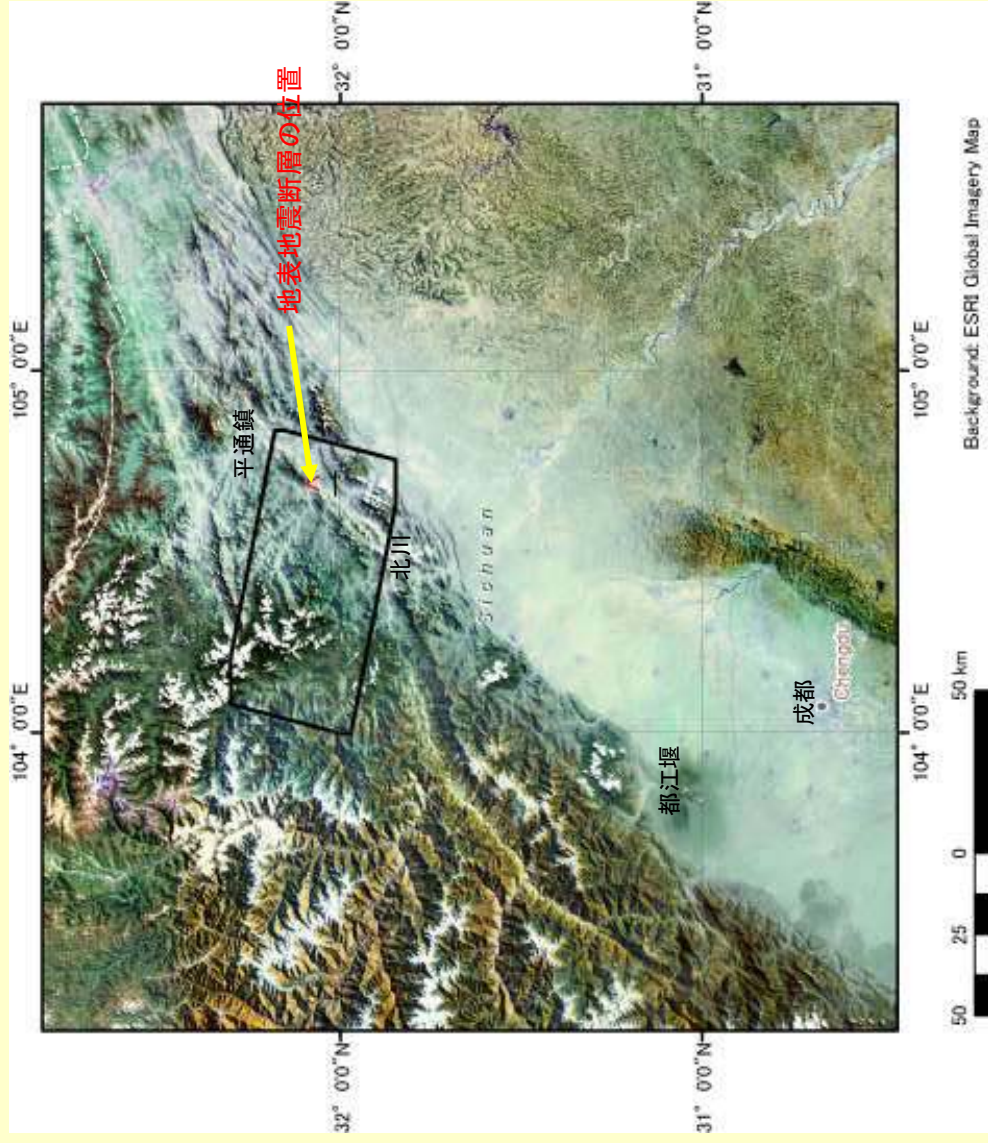


ジャワ島中国・四川地震の地表変位地形

小荒井ほか(2008):写真測量とリモートセンシング

- 判読の基本的な考え方
 - ALOS「だいち」PALSARの干渉画像
 - 帯状の非干渉域が出現(国土地理院:2008a)
 - この南縁で地表地震断層が出現している可能性が高い
 - その地域に集中してALOS PRISM画像(地上分解能2.5m)を判読使用した画像
- 地震前(2007年3月31日観測)
地震後(2008年5月18日観測)
 - 直下視の単画像(観測幅70km)
- 判読した範囲
 - 北川より北東の範囲(シーン番号132-2955)
 - 立ち入り規制の地域
- 災害直後の現地調査報告(林ほか:地学雑誌:2008)でも取り上げられていない
- 判読結果
 - 平通鎮近く地表地震断層の可能性のある地形が抽出できた





地震前のALOS PRISM画像(2007年3月31日)

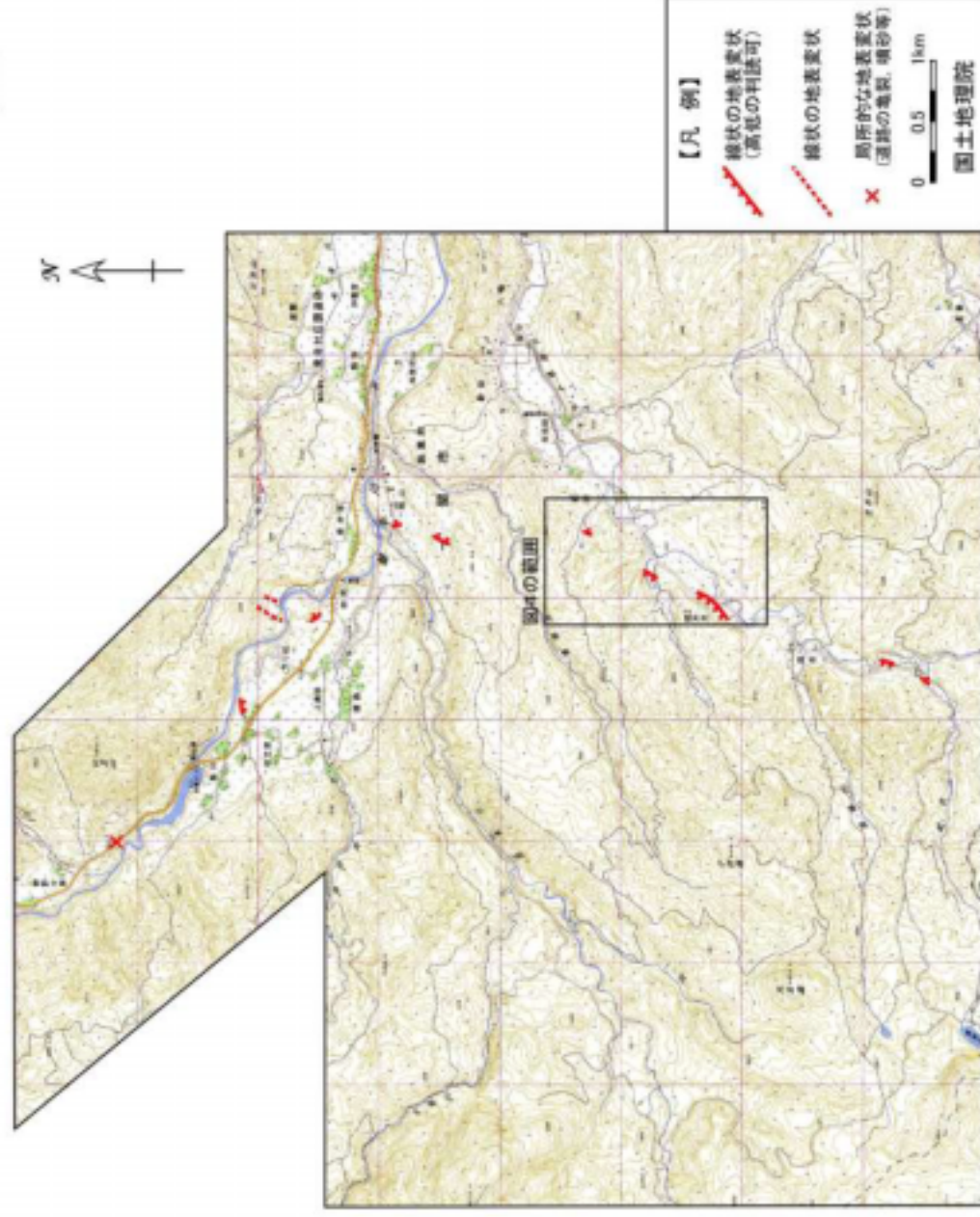


岩手・宮城内陸地震の地表変位地形

- 使用した空中写真
国土地理院撮影 縮尺1/10,000
6月15日・16日撮影
- 一関市爪木立(はのきだち)地区
北北東から南南西方向に連続する地表変状が確認できた
水田の色調の変化が直線的に複数の水田にまたがって出現
- 栗原市荒砥沢地区(荒砥沢ダム下流部)
爪木立地区と同様の変状
直線的で複数の水田にまたがる色調の変化
- 山地部(荒砥沢ダム上流部)
遠田ほか(2008)が地表地震断層の可能性のある変位を報告
地震前の空中写真には認められない樹冠の大きな隙間の連続
その箇所での樹木の倒れ込み
その変状が道路を横断する部分では右ずれの変位が判読

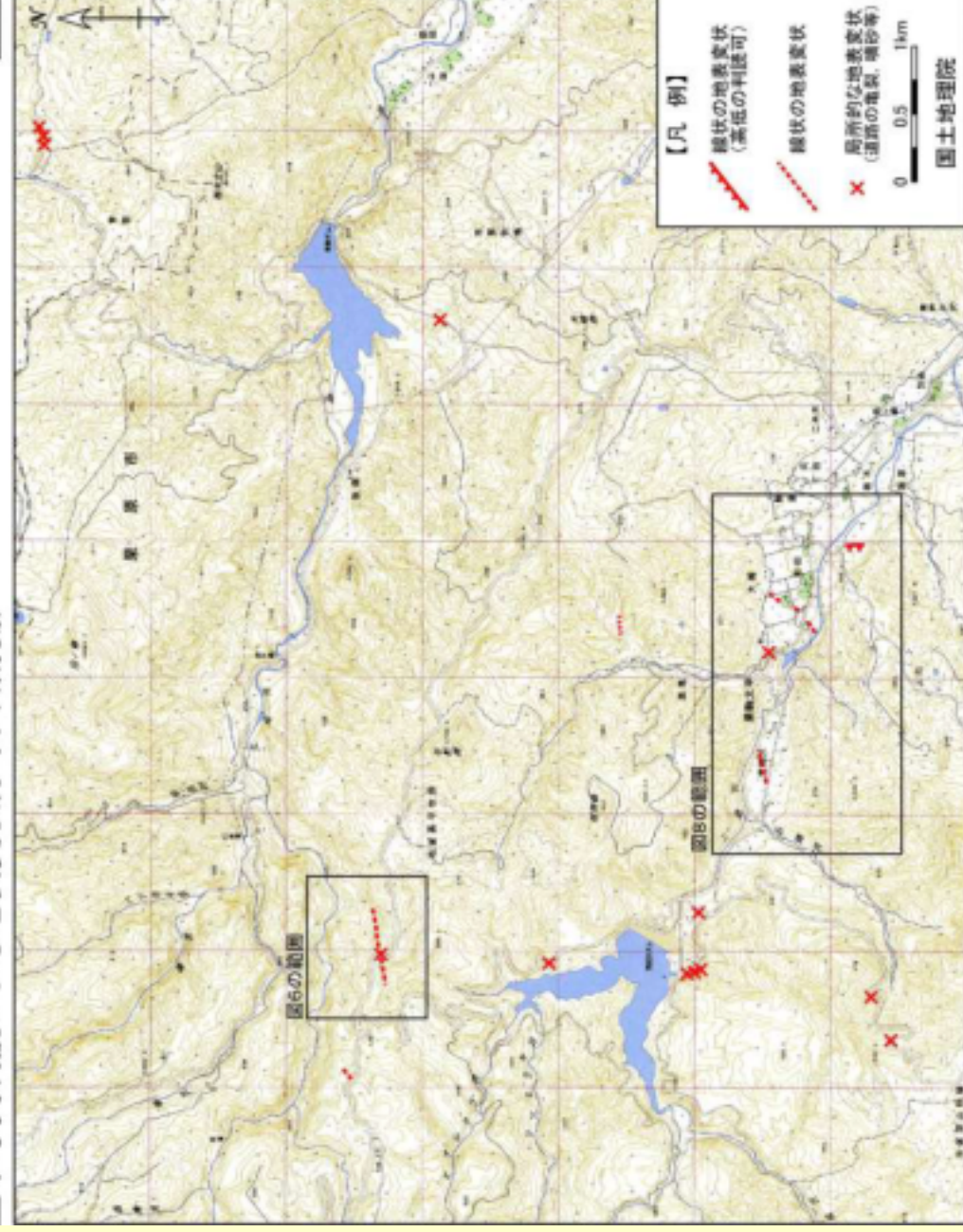
空中写真判読による地表変状分布図(北側)

図2

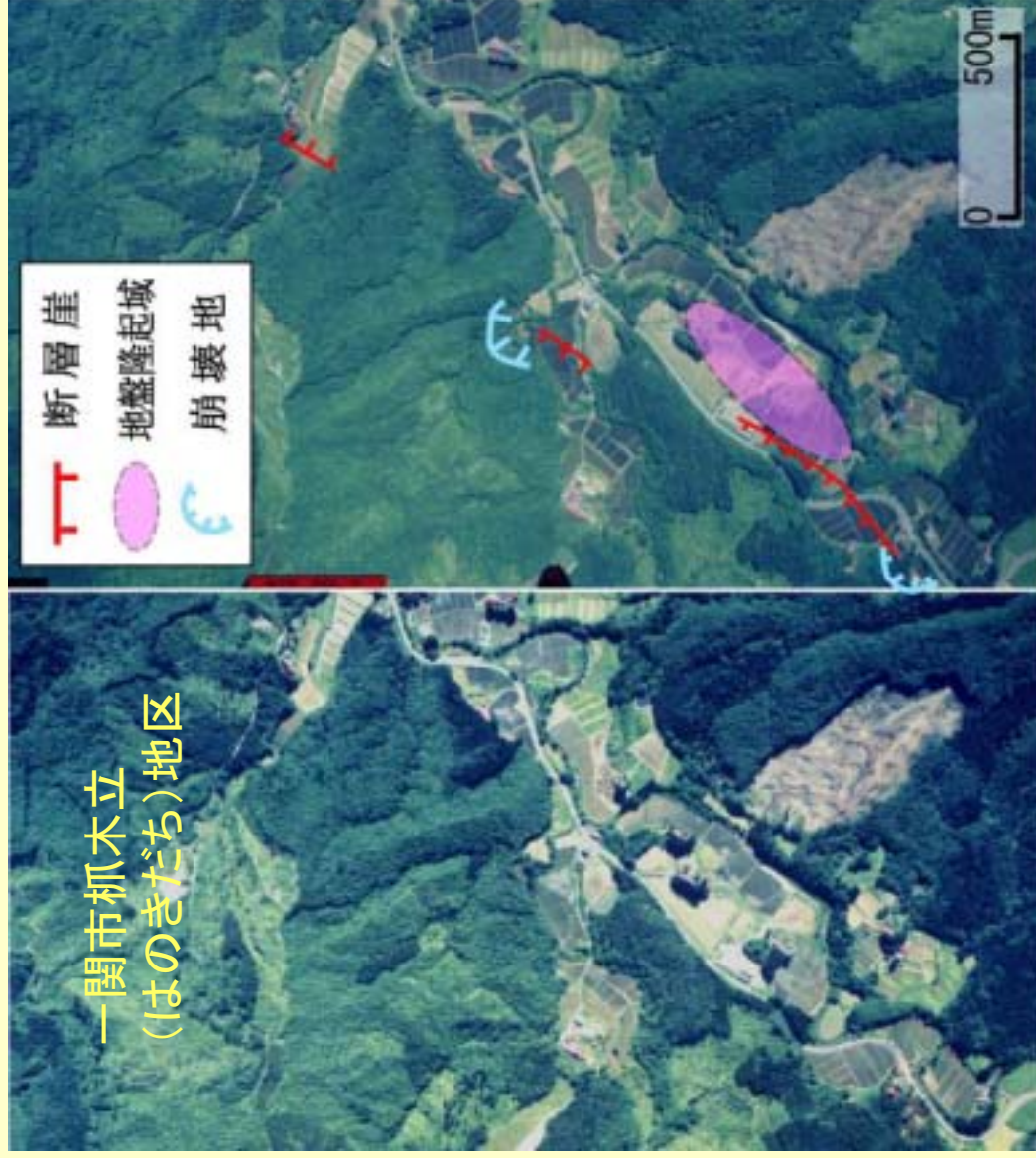


空中写真判読による地表変状分布図(南側)

図3



一関市柵木立
(はのきだち)地区



現地写真提供：地理院関口辰夫氏

2008年9月20日撮影



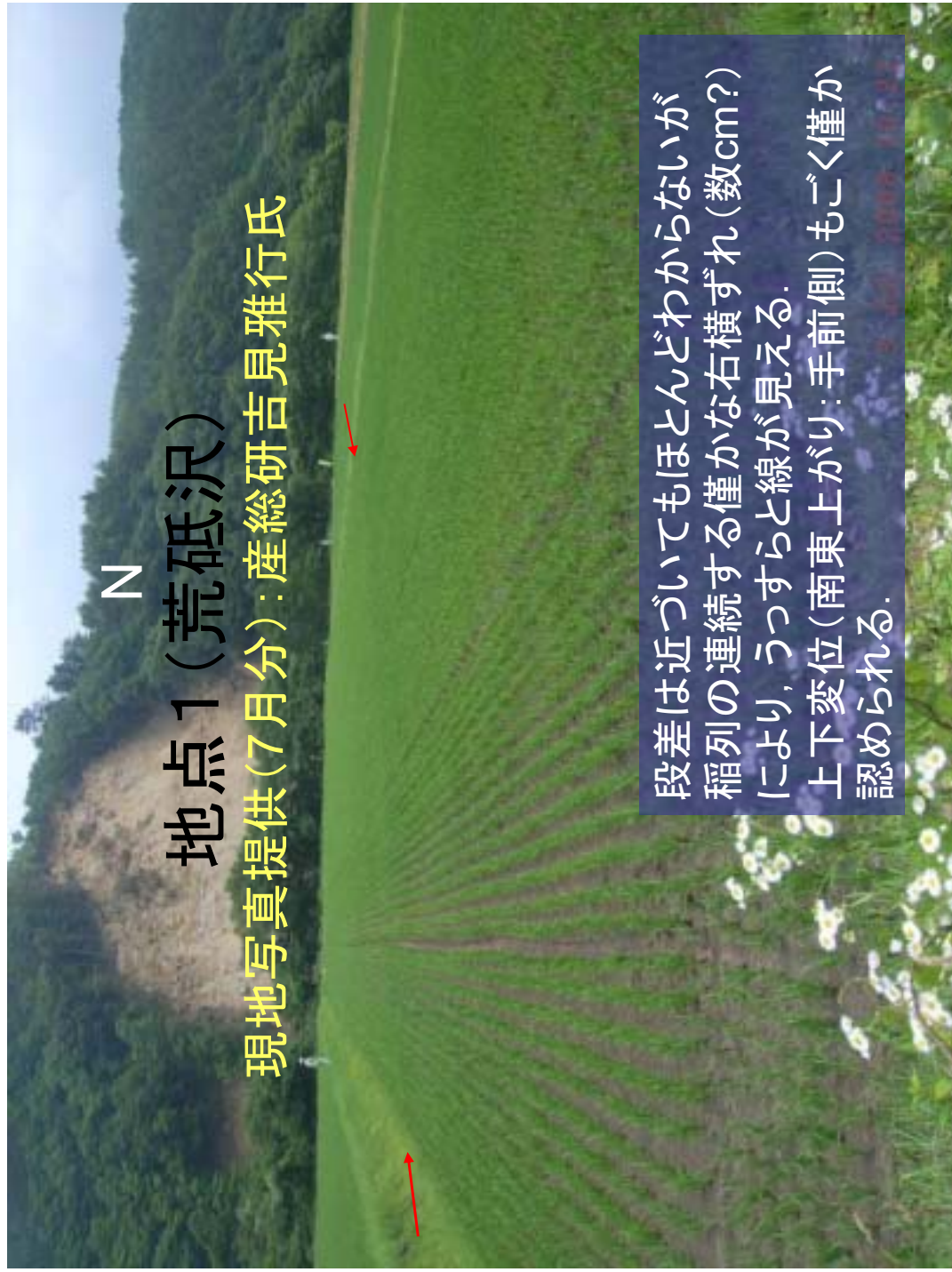
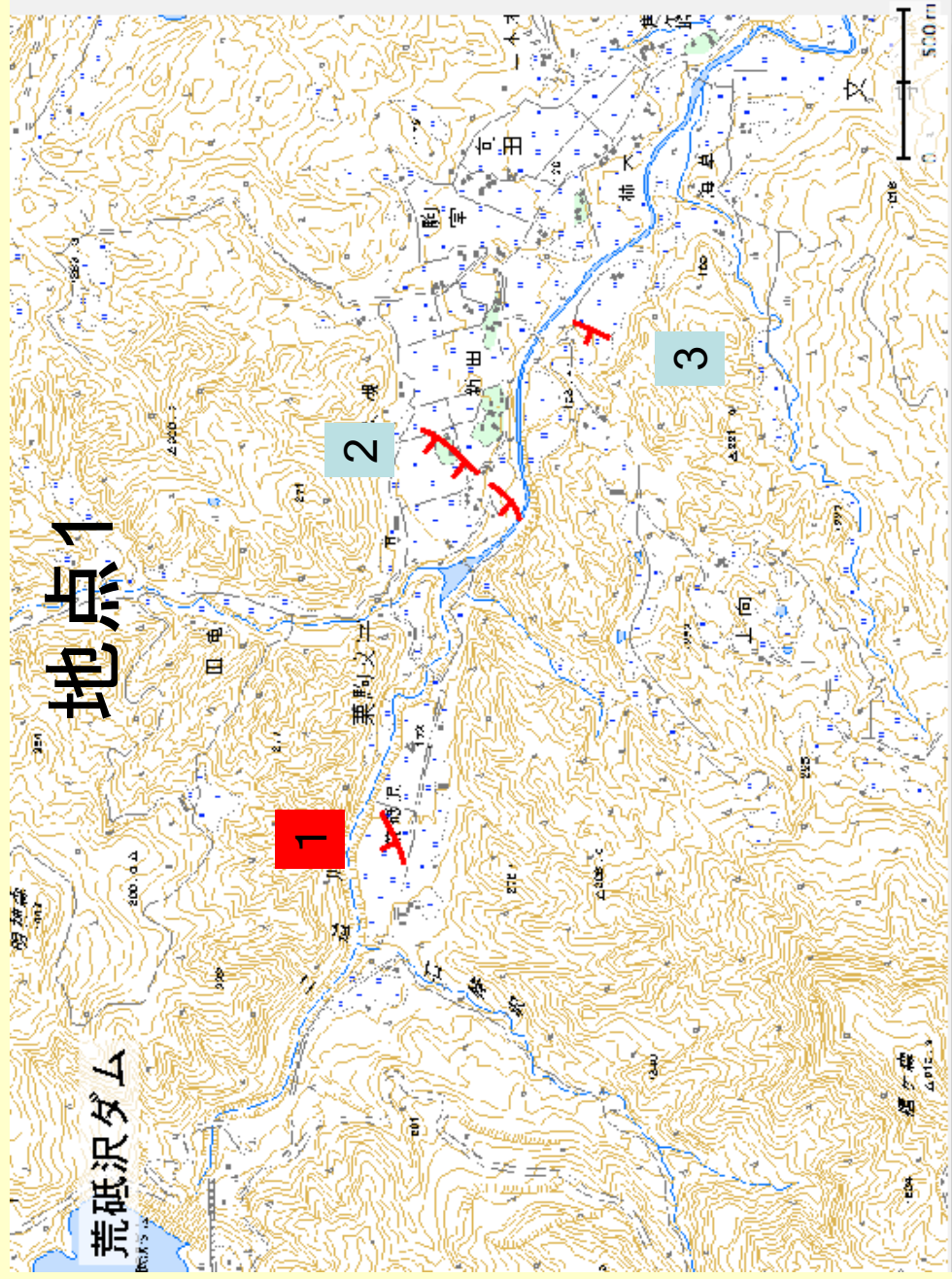


30cm以上の高低差あり



栗原市荒砥沢ダム下流部





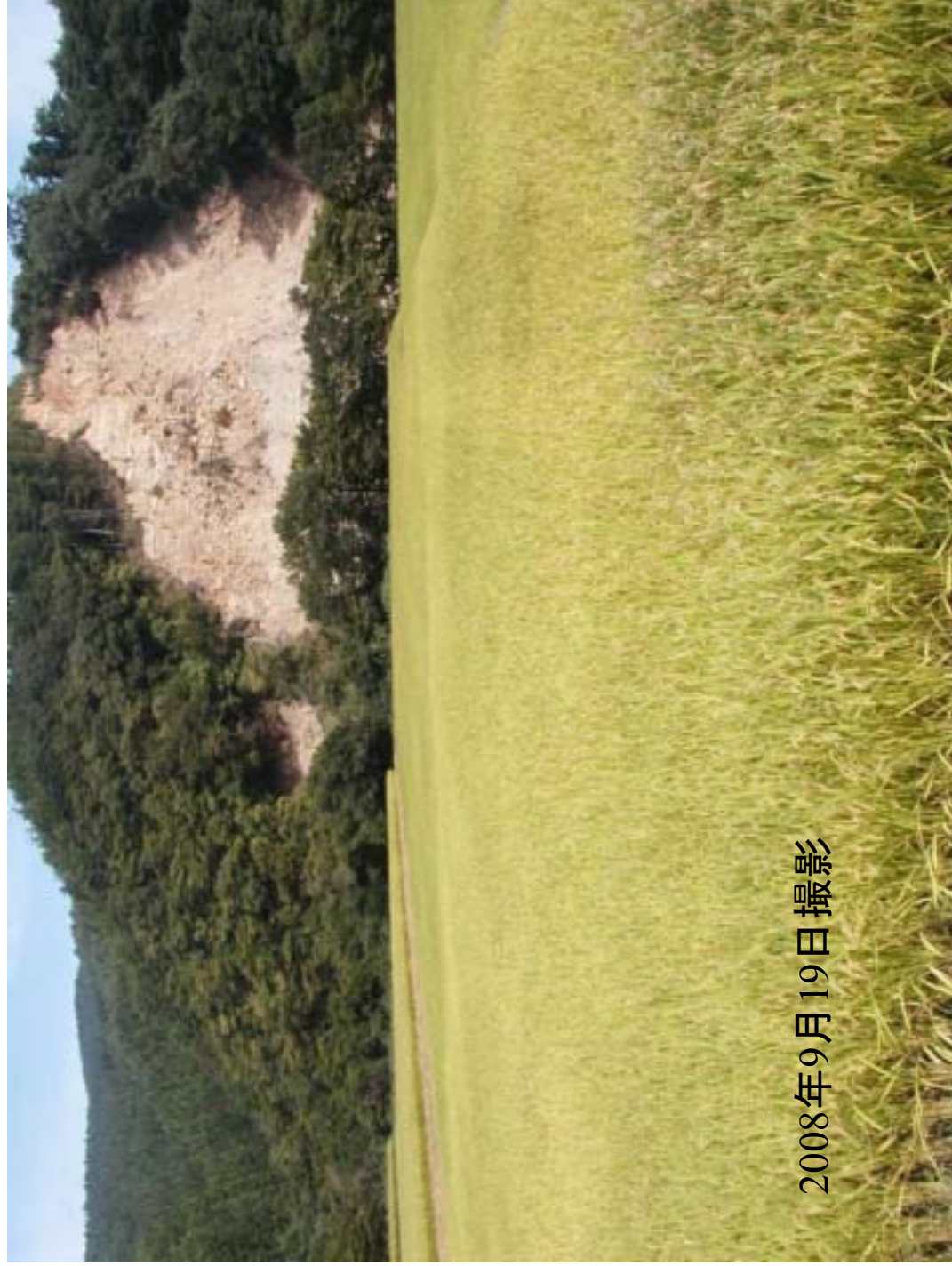


NNE

地点1(荒砥沢)

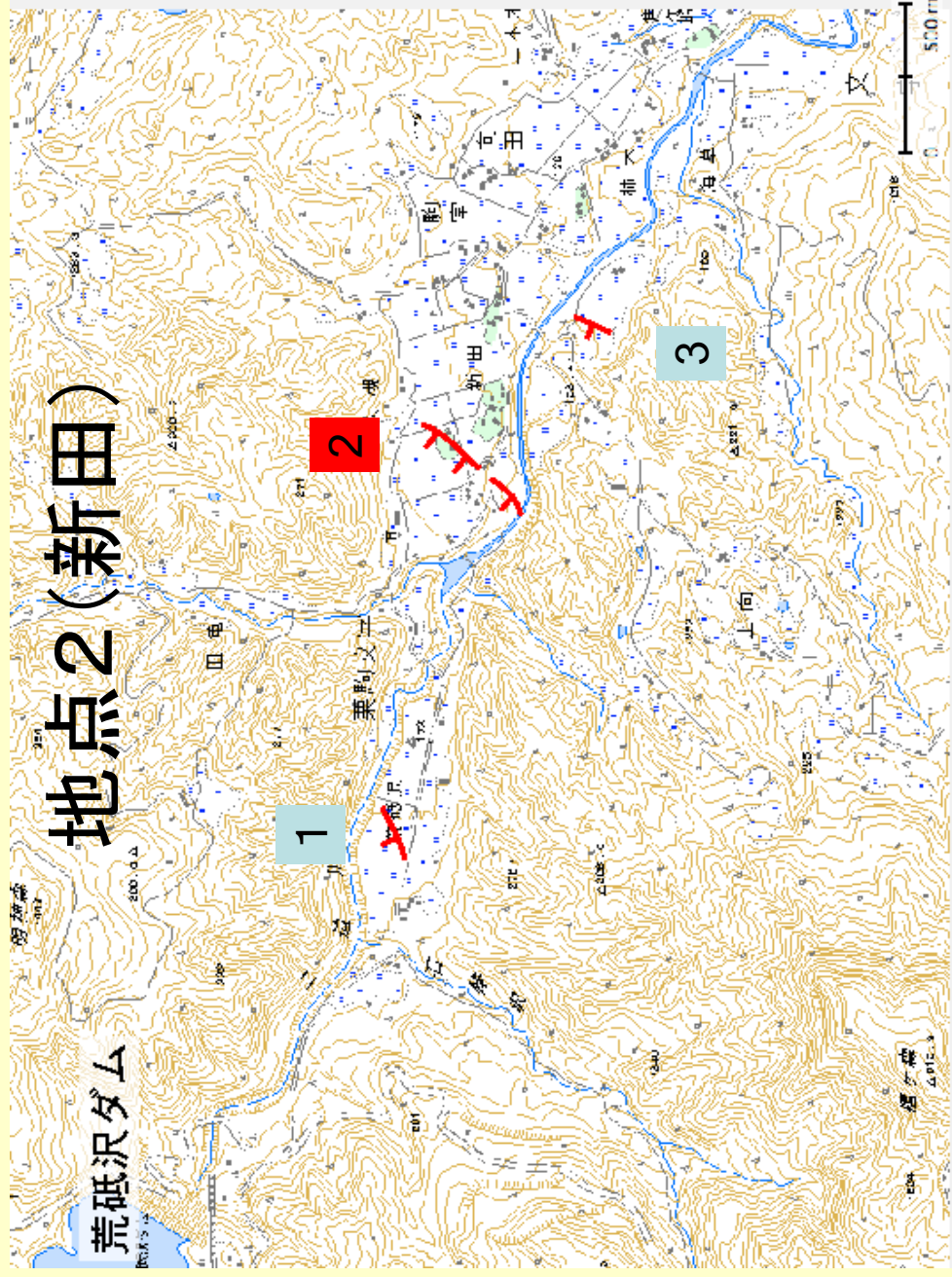
トレースの北東延長部では用水路のコンクリート壁に圧壊が見られる。

2008.09.19 10:28



2008年9月19日撮影

地点2(新田)



地点2(新田)



明瞭な南東側隆起

3 JUL 2003 9:53



2008年9月19日撮影

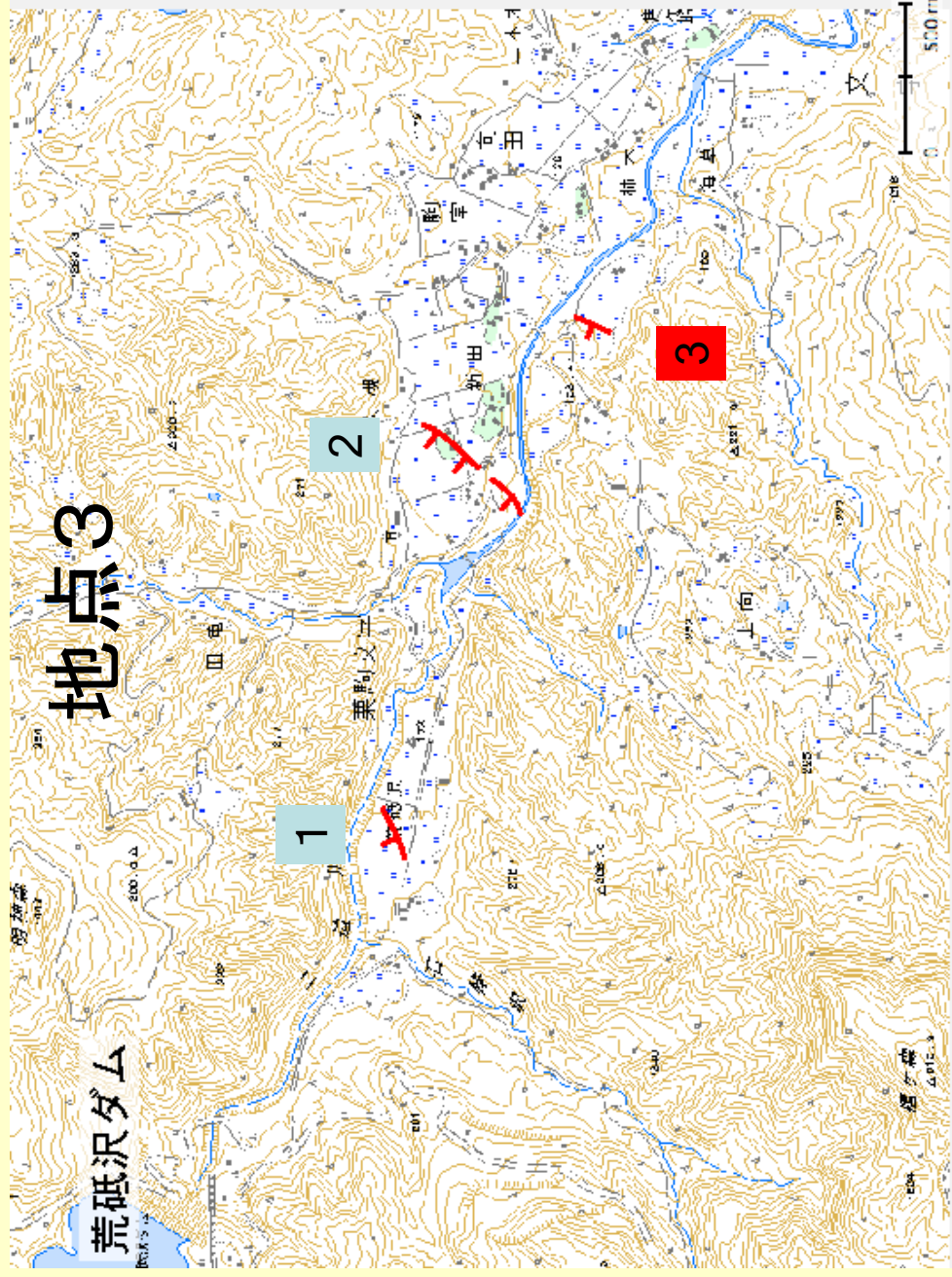


稲刈りした田では上下変位が確認可能
(約15cmの変位)

高い:乾燥

低い:湿潤

地点3



地点3



E

バルジ



南東側隆起
3地点の中では最も明瞭なの
だが、うまく表現できない……



2008年9月19日撮影



右横ずれが認められる
上下差は約15cm
上側の田は乾燥しているが、
下側の田はドロドロ

地表変状のあった田のみ、被害認定が出ていた



各種衛星画像の災害判読特性の比較

小荒井・佐藤・宇根・天野(2008):地質学雑誌

災害判読特性カードの作成

災害の種類 ハギスタン北部地震 (2005年10月8日) IKONOS画像(災害前) ★は該当箇所	判読項目 橋梁被害 IKONOS画像(災害前) (分解能1m)	IKONOS画像(災害後) (分解能1m)
2002年9月22日 SPOT5画像(災害前) (分解能2.5m)	2002年9月22日 SPOT5画像(災害後・左) (分解能2.5m)	2005年10月9日 SPOT5画像(災害後・右) (分解能2.5m)
2004年3月2日 判読条件及び判読可能性 IKONOS(パナシャープン): P.2.5KMF:◎ SPOTS(パナクロマチック): P.25K5bF:○	2005年10月20日 判読上の特徴 IKONOS画像では、単画像であるために実体現は出来ないが、橋梁が河川に落ちているのが容易に判読できる。影の体積を判読するのが容易手になっている。	2005年10月27日 判読上の特徴 SPOTSステレオ画像では、分解能の面で判読は容易ではないが、影が重層の間にややはっきり判読できることや重体現により、東側では道路と接続しているが、西側は道路から完全に切り離され、河川に落ちているのが判読可能である。

災害の種類 バスマタン北部地震 (2005年10月8日) IKONOS画像(災害前) ★は該当箇所	判読項目 地すべり IKONOS画像(災害前) (分解能1m)	IKONOS画像(災害後) (分解能1m)
2002年9月22日 SPOT5画像(災害前) (分解能2.5m)	2002年9月22日 SPOT5画像(災害後・左) (分解能2.5m)	2005年10月9日 SPOT5画像(災害後・右) (分解能2.5m)
2004年3月2日 判読条件及び判読可能性 IKONOS(パナシャープン): P.2.5KMF:◎ SPOTS(パナクロマチック): P.25K5bF:○	2005年10月20日 判読上の特徴 IKONOS画像では、地すべり性の崩壊が判読でき、滑動崖も明瞭である。道路が寸断されているのも判読できる。移動土塊の崩元も判読可能である。土砂移動の距離そのものはそれほど大きくはない。	2005年10月27日 判読上の特徴 SPOTSステレオ画像では、実体現により滑動崖の存在が判読できる。また、地すべり前後のずれのずれも、判読を容易にしている。しかし、影が重層の間にややはっきり判読できることや重体現により、東側では道路と接続しているが、西側は道路から完全に切り離され、河川に落ちているのが判読可能である。

災害判読特性の比較(斜面崩壊)

- SPOT5、ALOS PRISM

地震前後の画像の比較により、地震による崩壊を抽出
広域の判読が可能で、網羅的マッピングが出来た
オルソ画像を活用して、正確な位置にマッピング
(単位斜面に分割し、正確な崩壊地形のポリゴン情報を取得)
土砂崩落による道路の不通・損壊も判読可能

- IKONOS、QuickBird

分解能が良いため、小崩壊、浅い表層崩壊、亀裂等が抽出可能
(SPOT5、ALOS PRISMでは分解能の関係で判読困難)

災害判読特性の比較(建物被害把握)

- SPOT5(実体視) (ムザファアラバード、バラコット) 都市部での建物は判読が困難

- ALOS PRISM(実体視) (ジャワ島中部地震)
郊外の建物散在域であれば、大きな建物の被害は判読可能

- IKONOS(単画像) (ムザファアラバード、ジャワ島中部地震)
建物1棟1棟の判読は可能
郊外の建物散在域であれば、建物1棟毎の被害状況の判読は可能
建物集中域の個別の建物被害状況は判読困難
建物集中域での建物被害集中域は判読可能
建物被害の網羅的マッピングは困難

- QuickBird(単画像) (バラコット、レイテ島地すべり)
分解能が良い分、建物の1棟1棟の被害状況の判読は容易
→ バラコットは建物倒壊率が高く、壊滅的被害
その分、建物被害の判読が容易だったか？

災害判読特性の比較(断層変位地形など)1

- SOPT5 変位地形の可能性があるとところ抽出可能
崖地形の存在(段丘崖、低断層崖など)
河床中の段差(瀬の存在など)
(分解能の関係で、決め手には欠ける)
- IKONOS、QuickBird 帯状の建物被害集中域は抽出
(地上写真で崖の存在が確認出来た: 単画像では困難)
土木学会調査団報告書(建物被害集中域の地上写真)
報道写真(バラコットの丘上の建物被害集中域)
→ 現地調査で断層変位地形を確認(活断層研究者)
橋梁の破壊、河川の濁りなども判読できた

災害判読特性の比較(断層変位地形など)2

- M8クラスの地震(四川地震)の場合
2.5m分解能白黒単画像であっても、高さ方向の微妙な変化をとらえやすい河床に着目することで、地表地震断層の候補がある程度判読可能であった。
- M7クラス下の地震(岩手宮城内陸地震)の場合
空中写真の実体視判読でも、変位の確認は困難
平野部: 水田における色調の違いを頼りにしないと判読が困難
稲が成長した時期だと判読は不可能
稲刈後であれば、現地調査では確認可能
山地部: 樹冠の大きな隙間の連続と、樹木の倒れ込み
→ 地表変状が生じているものと判断された

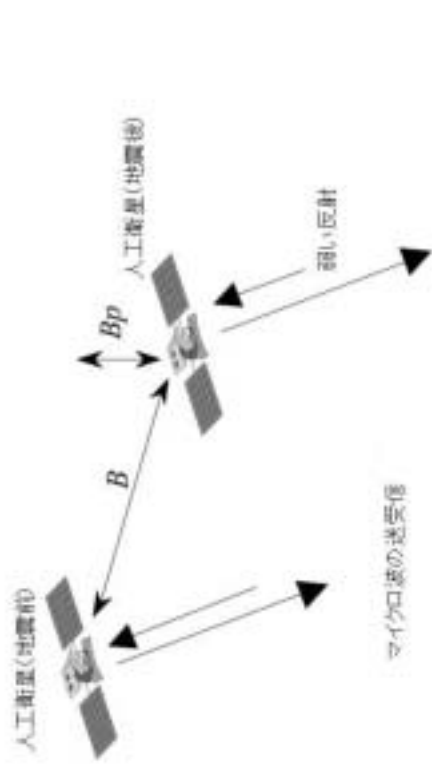
光学高分解能衛星画像による 災害状況判読特性のまとめ

- 広域をカバーする中分解能衛星ステレオ画像と被害集中域をピンポイントで撮影した高分解能衛星画像との組み合わせが、災害状況把握には有効
(SPOT5画像で、斜面崩壊発生域のほぼ全域をカバー)
- ステレオ画像で実体視出来ることの優位性
変動地形の判読等には有力
→ 高分解能衛星単画像だけではダメ
斜面崩壊の位置を正確に記述するにも有効
建物密集域の1棟ごとの建物被害の把握は単画像では困難

レーダリモートセンシング画像を 活用した災害状況把握

2007年5月リモートセンシング学会で発表

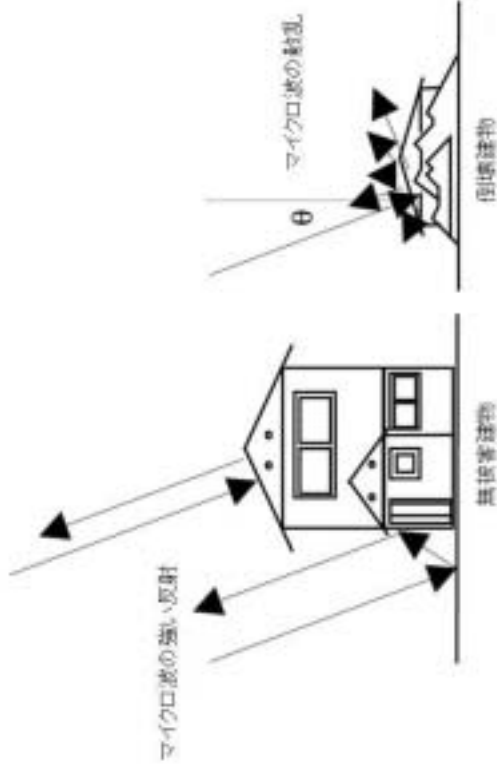
- 松岡ほか(2007)の方法による地震被害集中域の抽出(パキスタン北部地震)
災害前の2画像と災害後の1画像の計3画像に対し、散乱強度画像の相関係数を求め、相関係数の変化域を求める
- 高分解能光学衛星画像との比較
- SAR画像も含めた災害状況判読カードの作成



SAR散乱強度画像を使った地震建物被害把握の原理

(松岡ほか:2007より引用)

災害前の2画像と災害後の1画像の計3画像に対し、散乱強度画像の相関係数を求め、相関係数の変化域を求める



画像相関を利用した被害推定 (松岡ほか:2007)

- 地震前の2シーン(A, B)と地震後の1シーン(C)について位置合わせ(画像マッチング)を行う.
- 画像のピクセルサイズは3ルック相当にする.
- 3シーンの画像にスペックルノイズ低減フィルタ*を施す.
- 地震前同士のペア(A - B)から、および、地震前後のペア(B - C)から画像間の相関係数*を計算する(それぞれを, CC_{AB} , CC_{BC}).
- ピクセル単位で相関係数の差分($CC_{BC} - CC_{AB}$)を算出し、可視化する.
- 地表の変化が安定した地域(建物群など)を対象とするため, CC_{AB} の値が小さい地域(相関係数が0.8以下)はマスクする.

* フィルタサイズやウィンドウサイズなどはMatsuoka and Yamazaki(2004)を参考にしている.

M. Matsuoka, F. Yamazaki: Use of Satellite SAR Intensity Imagery for Detecting Building Areas Damaged due to Earthquakes, Earthquake Spectra, EERI, Vol.20, No.3, pp.975-994, 2004.8.

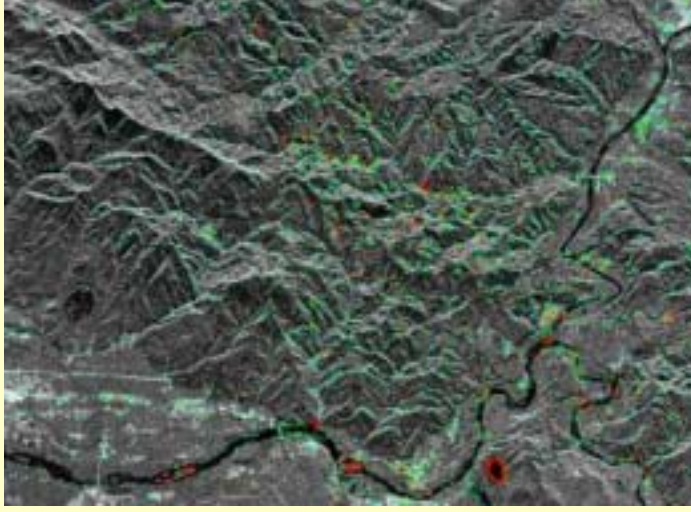
画像相関を利用した被害推定（松岡ほか：2007）

地震前画像ペアの相関係数が0.8以下はマスク

大規模な斜面崩壊・地すべり被害の自動抽出が可能



相関係数差分



旧山古志村付近を拡大

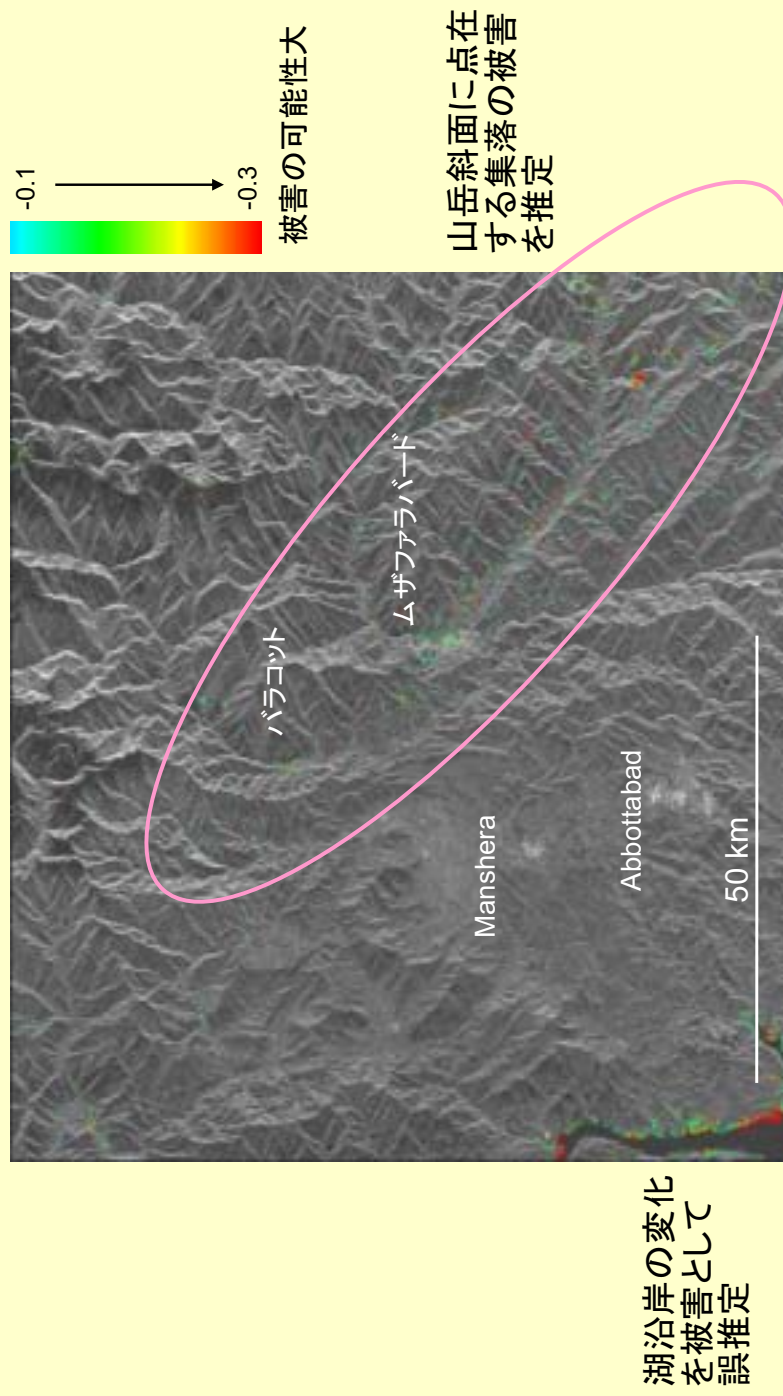


実際の斜面崩壊分布

画像相関を利用した被害推定

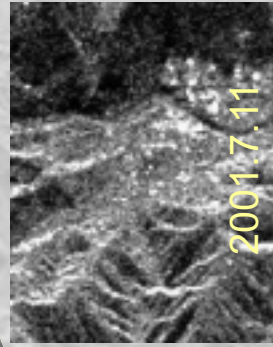
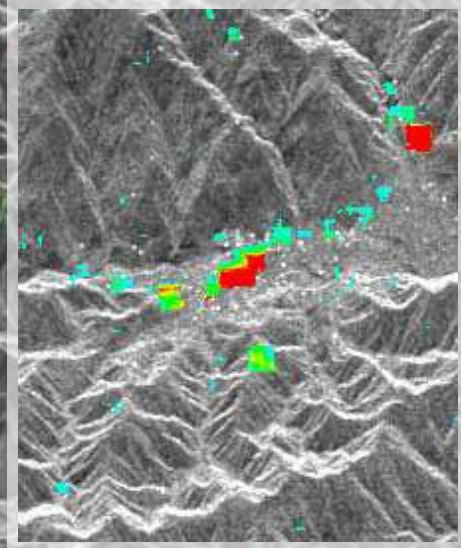
Radarsat/Standard (30m分解能), 7/11/2001, 6/20/2005, 10/18/2005の3シーンを利用

地震前画像ペアの相関係数が0.8以下はマスク

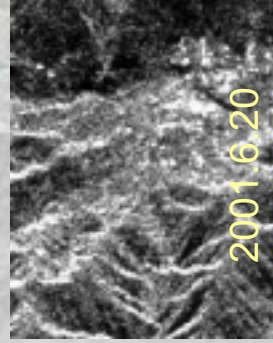


バラコット周辺

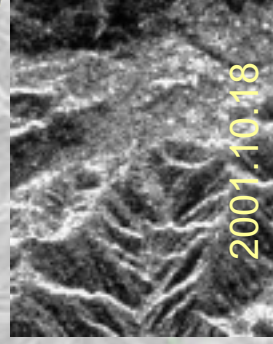
A



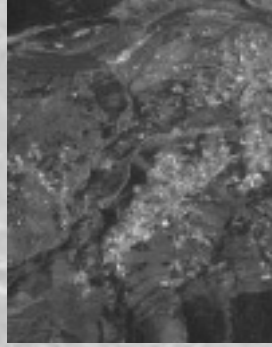
2001.7.11



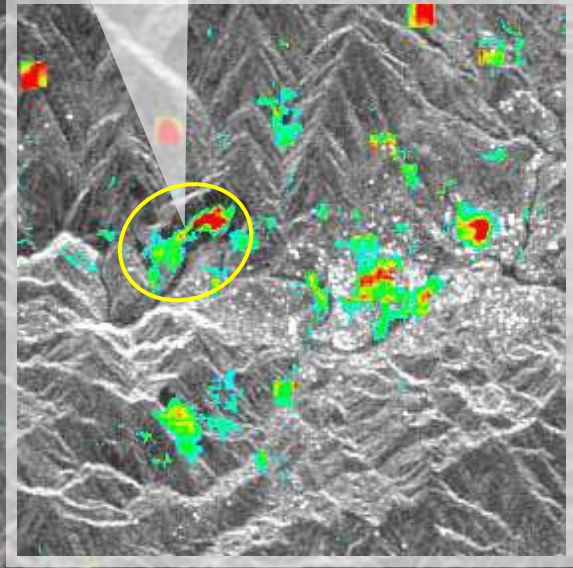
2001.6.20



2001.10.18

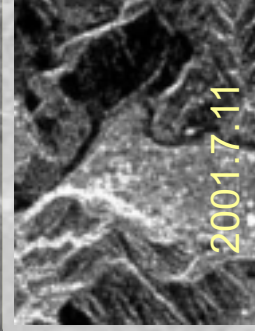


B

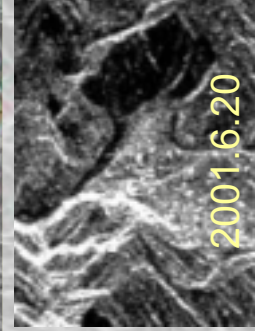


ムザファラバード周辺

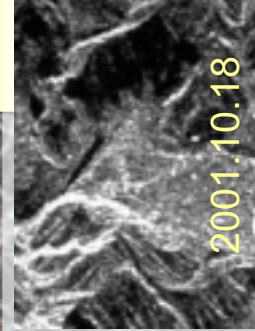
2001.7.11

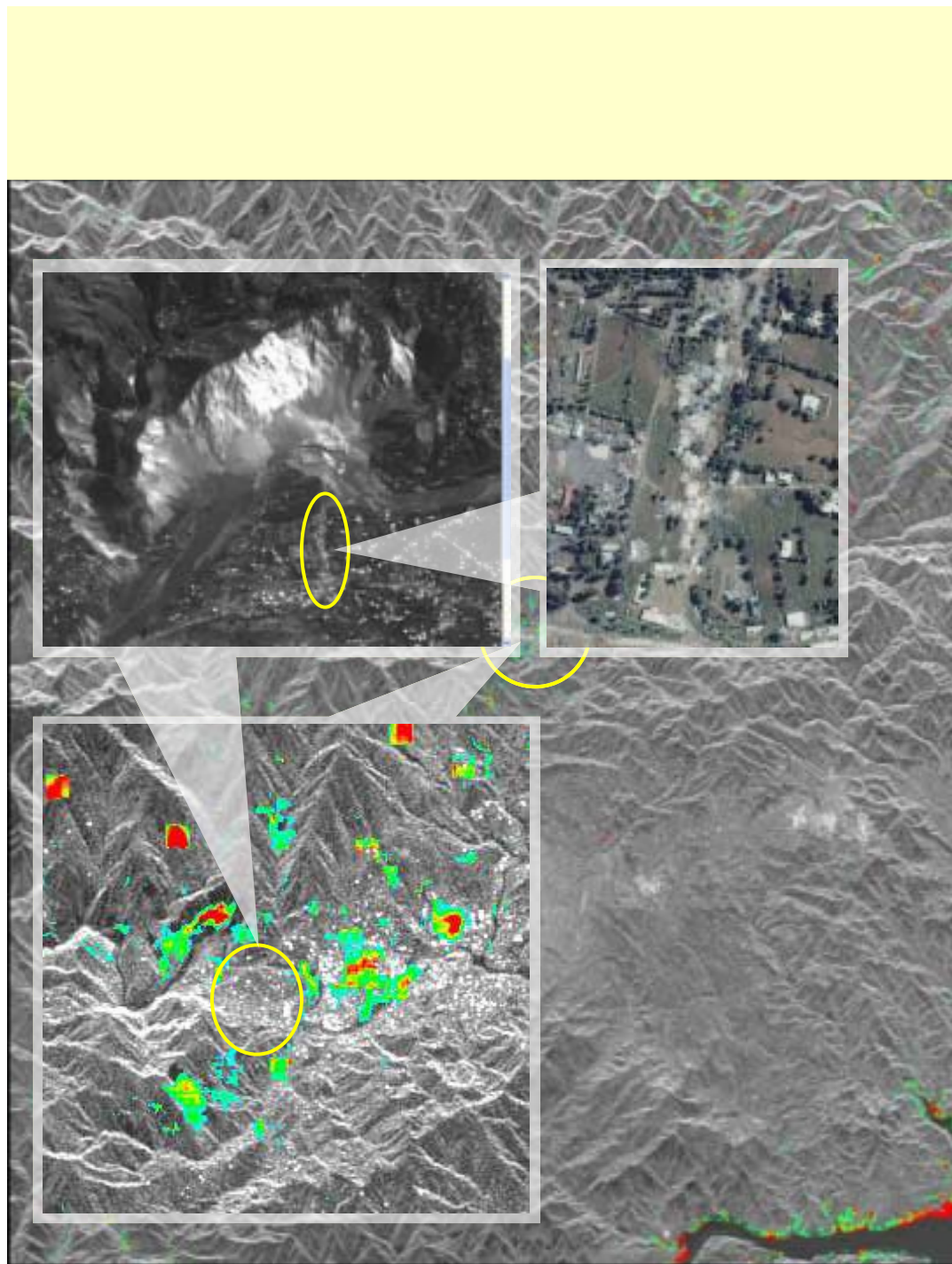
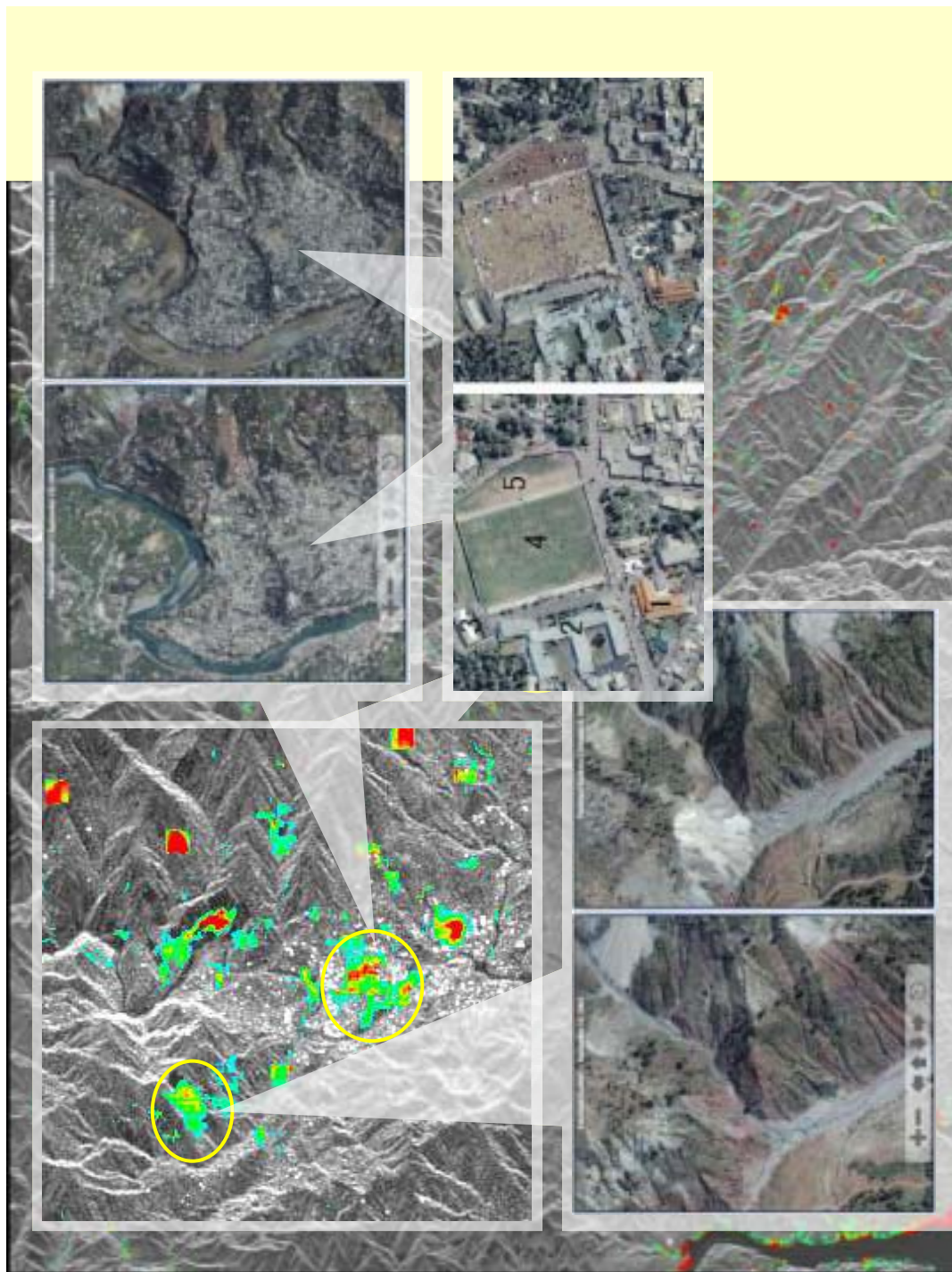


2001.6.20





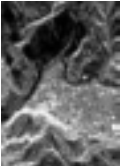

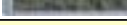

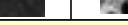

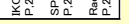
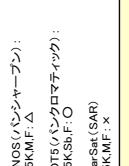


2001.10.18





災害判読特性力ードの事例 (SAR画像付)

災害の種類：ハキースタン北郭地震 (2005年10月8日)	判読項目：地盤断層(建物被害)	2005年10月8日	2005年10月27日	2005年10月27日	2005年10月18日
IKONOS画像(災害前) ★は貸出箇所	IKONOS画像(災害前) (分解能1m)	SPOT5画像(災害前) (分解能2.5m)	SPOT5画像(災害前) (分解能2.5m)	RadarSat画像(災害前) (分解能30m)	RadarSat画像(災害後) (分解能30m)
					
2002年9月22日	2002年9月22日	2005年10月20日	2005年10月20日	2005年10月20日	2005年10月18日
SPOT5画像(災害前) (分解能2.5m)	SPOT5画像(災害前) (分解能2.5m)	RadarSat画像(災害前) (分解能30m)	RadarSat画像(災害前) (分解能30m)	RadarSat画像(災害前) (分解能30m)	RadarSat画像(災害後) (分解能30m)
					
2001年7月11日	2001年7月11日	2001年7月11日	2001年7月11日	2001年7月11日	2001年7月11日
判読条件及び判読可能性 IKONOS(ハンビヤープン)： P.2.5KMF.△ SPOT5(ハンクロマティック)： P.2.5K3b.F.○ RadarSat(SAR) P.25K.MF.×	判読上の特徴 IKONOS画像では、断層に真っすぐ連続するのが確認できるが、国境を越え大する あたりに高低差が無く、地盤断層による断層面による断層の存在が確認できない。 SPOT5マルチバンドでは、本体域より西側山に連びる断層の存在が確認できる。断 層が横切る位置までは判読困難である。 RadarSatの高度までは判読困難である。 どのデータの解析にあつたものとは断定はされるが、これが断層物断層中成であるか どうかの判読は出来ず。	2001年7月11日	2001年7月11日	2001年7月11日	2001年7月11日

災害の種類：ハキスタン北極地震 (2005年10月8日)	判読項目：建物被害 Quick Bird画像(災害前) (分解能0.6m)	Quick Bird画像(災害後) (分解能0.6m)
インデックスマップ外	2005年8月11日 SPOT5画像(災害後・左) (分解能2.5m)	2005年10月19日 SPOT5画像(災害後・右) (分解能2.5m)
2004年3月2日 RadarSat画像(災害前) (分解能30m)	2005年10月20日 RadarSat画像(災害前) (分解能30m)	2005年10月27日 RadarSat画像(災害後) (分解能30m)
判読条件及び判読可能性 IKONOS(ハンバーブーン): P 2.9KMF: ◎ SPOT5(ハンクロマチック): P 2.9K, 3b F: ○ RadarSat (SAR) P 25KMF: ○	2001年7月11日 判読上の特徴	2005年10月18日 判読上の特徴 この画像では、建物がいまだ完全に倒壊し、建物内に人がいることが確認できる。また、建物一つ一つの倒壊状況まで確認できる。道とひとひさまの倒壊状況である。なお、地震像であるために高低相が強く、地盤崩壊の痕跡等が確認できる。建物一つ一つの倒壊状況までは、傾斜した地面に立地する建物が多く確認されている。これは確認できるが、建物一つ一つの倒壊状況までは確認出来ない。立体SAR画像では、災害前の画像と比べ、地震による地盤の崩壊の跡で、建物崩壊が低下していることが判明して確認できる。建物倒壊集中域の存在が確認される。

高分解能衛星画像を用いた 災害状況把握手法の提案

小荒井・佐藤・宇根・天野(2008):地質学雑誌

災害判読のための光学高分解能衛星画像の利用法

- 広域をカバーする中分解能衛星ステレオ画像と被害集中域をピンポイントで撮影した高分解能衛星画像との組み合わせが、災害状況把握には有効
- (SPOT5画像で、斜面崩壊発生域のほぼ全域をカバー)
- ステレオ画像で実体視出来ることの優位性
変動地形の判読等には有力
→ 高分解能衛星単画像だけではダメ
斜面崩壊の位置を正確に記述するにも有効
建物密集域の1棟ごとの建物被害の把握は単画像では困難

災害判読特性から見た各衛星センサの特徴

各種衛星センサの評価

- QuickBird 高分解能◎、実体視△、撮影間隔○、観測幅△
- IKONOS 高分解能○、実体視△、撮影間隔○、観測幅△
- ALOS PRISM 高分解能△、実体視◎、撮影間隔×、観測幅○
- SPOT5 高分解能△、実体視○、撮影間隔○、観測幅○

次世代災害監視衛星の満たすべき要件

- 高分解能衛星画像の高頻度でのステレオ撮影の実施
1m解像度(1mパンクロ、4mマルチカラー)の立体視センサ
同一軌道内でのステレオ撮影が可能(直下視と後方視など)
ポインティング機能を有する
50km四方程度の観測幅
- 光学画像のほか、レーダ画像の活用
(散乱強度の変化による建物倒壊域の抽出など)