

被災後画像による目視判読

まずは、高分解能衛星画像から目視により被害状況をどこまで把握できるかを確認した。画像の表示方法については、QuickBirdには植生の被害が明瞭に判読できる近赤外のバンドが含まれているため、トゥルーカラーの他にフォルスカラー（R：G：B＝近赤外：緑：青）とした。解像度が約0.6mの画像であるため、構造物の被害については図2-3-21から図2-3-24に示す4事例のように、かなり詳細に把握することが可能である。

トゥルーカラーの画像は通常の航空写真と同じ色合いであり、一般の人が目視判読を行っても読み取ることが可能である。一方フォルスカラーの画像は、植生（緑）からの反射が大きい近赤外を赤色に表示するため、画像解析の経験者でないと判読に戸惑う可能性がある。しかし、近赤外の波長帯を用いることにより、森林や樹木の被害や変化が明瞭に判読できるというメリットがある。目視判読を行う際には、表示方法についても注意する必要がある。

事例 1 : 橋の崩壊

Blangme における橋の崩壊について目視判読を行った。高分解能衛星であるため、道路は明瞭に確認できる。道路を道沿いに追っていくと橋が崩壊していた。津波により落橋し、冠水していることが読み取れる。

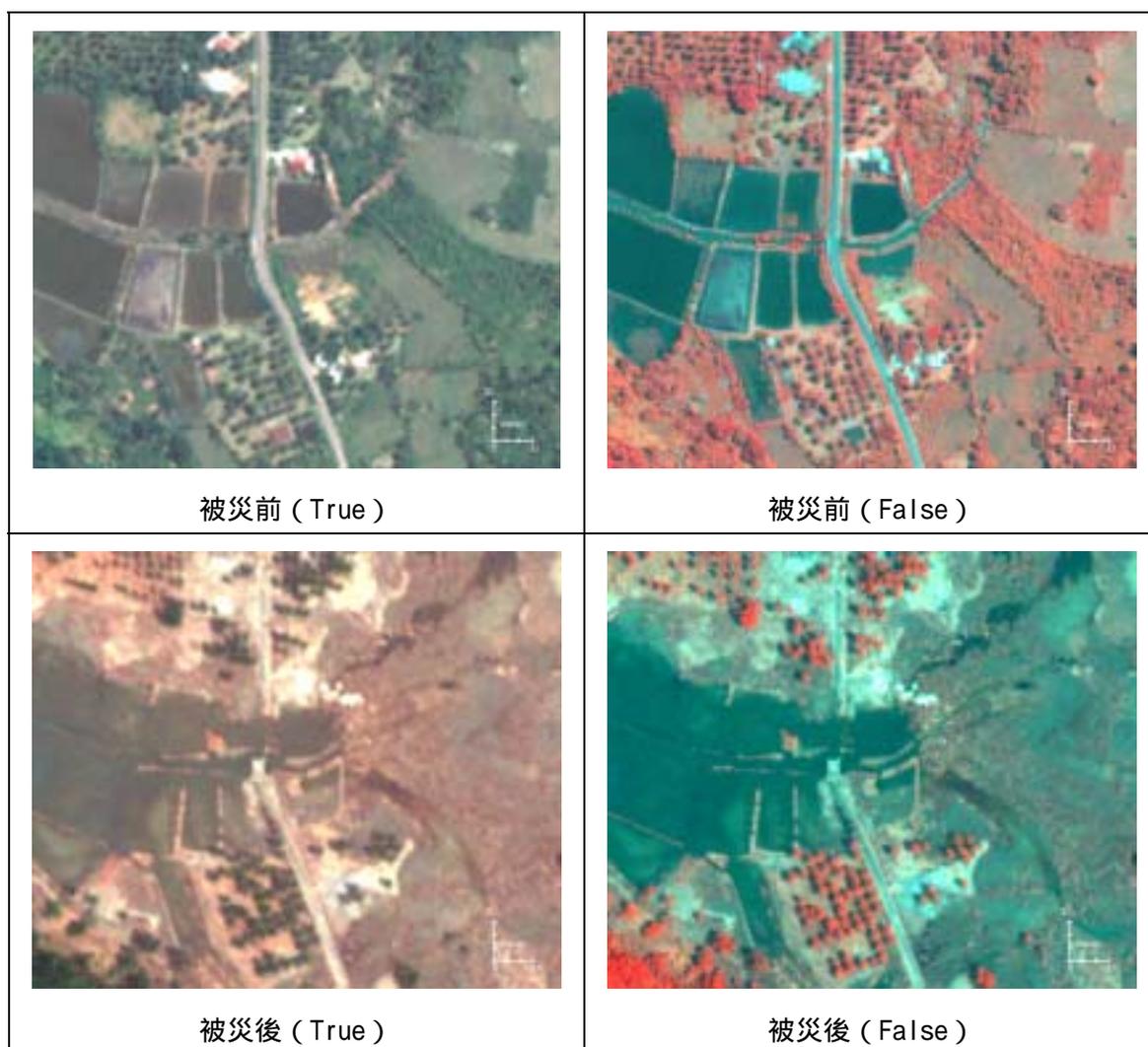


図 2-3-21 目視による被害判読 (事例 1 : 橋の崩壊)

事例 2 : 道路の通行不可

津波による土砂により道路が埋もれてしまった事例である。True Color の被災後の画像からは、道路が泥に埋もれていることが画像の色から判読できる。False Color の画像からは、被災前後の画像の比較より津波による植生の減少（赤色の減少）が判読できる。True Color から判読できた被災後の泥については、False Color では淡い緑色で表現されるため判読が難しい。

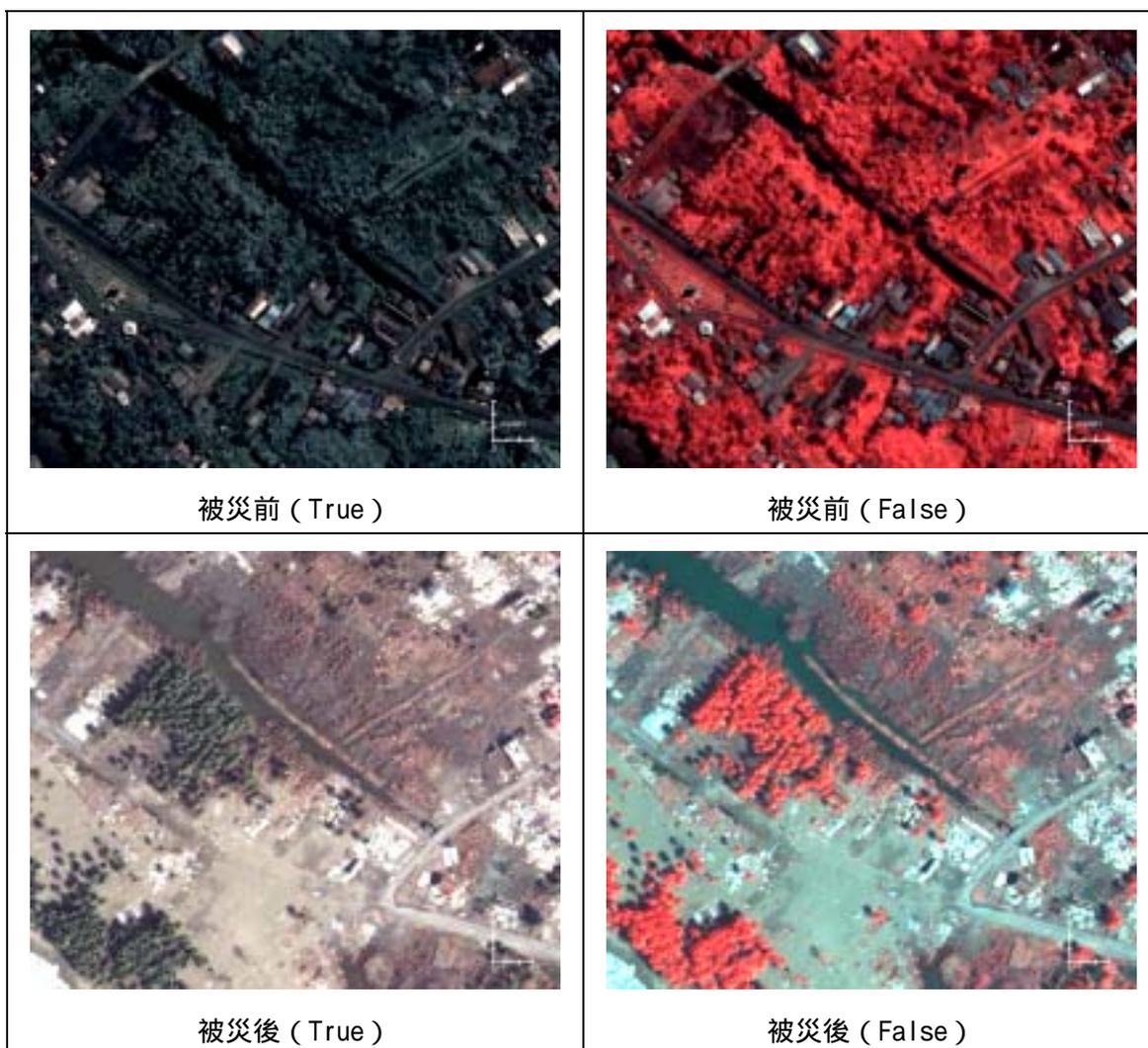


図 2-3-22 目視による被害判読（事例 2 : 道路の通行不可）

事例3：海岸付近の津波被害

津波による海岸線付近の被害状況を目視判読した。被災前は田畑の区画が明瞭に読み取れるが、被災後は水に流されて確認できない状態である。また、被災前の画像では把握できないが、画像右上の範囲は高低差があり、被災後の画像では水が溜まっていることが読み取れる。海岸線付近の小さな樹木は完全に流されてしまっている。

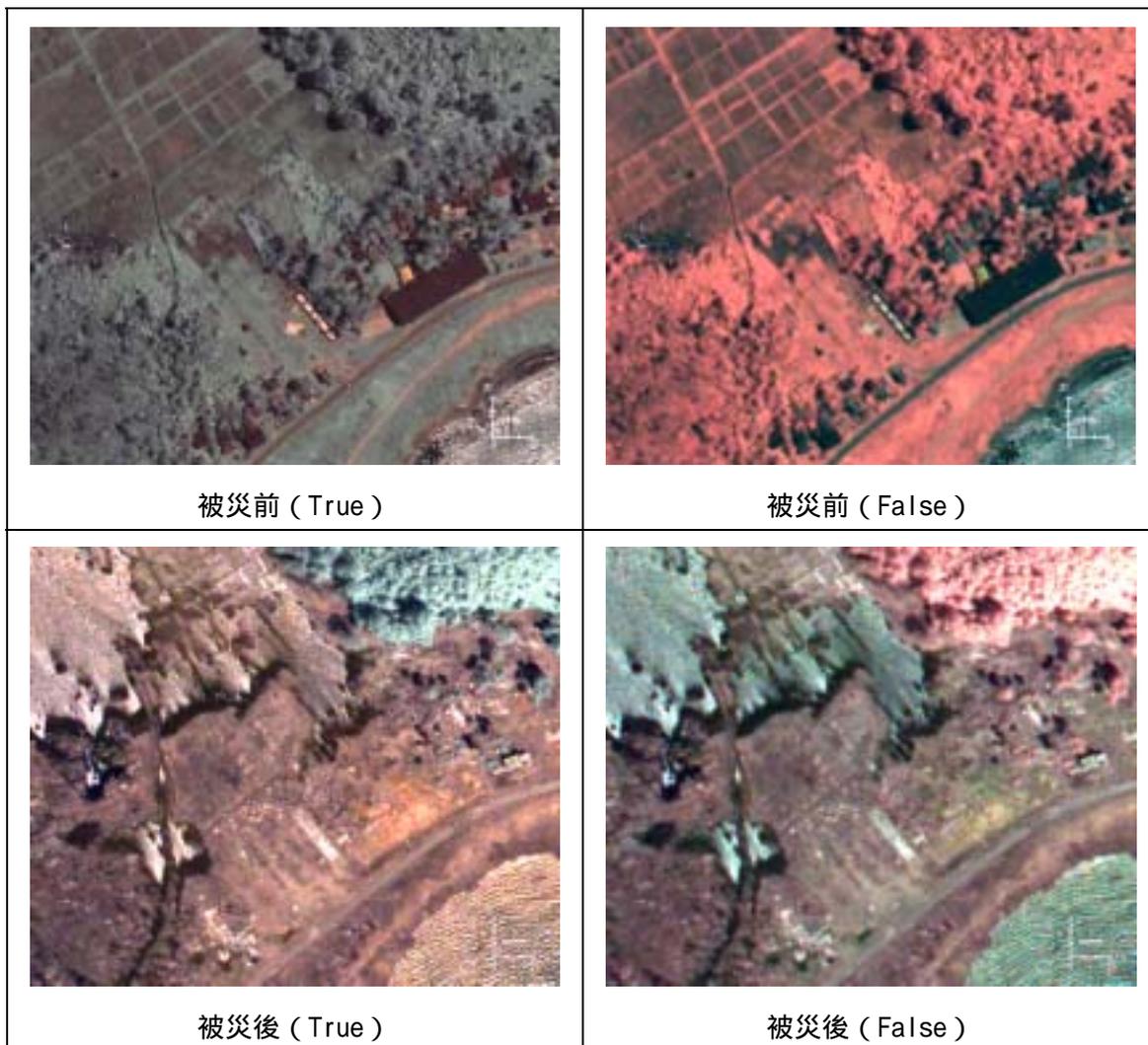


図 2-3-23 目視による被害判読（事例3：海岸付近の津波被害）

事例 4 : 構造物の崩壊

ムラボーの市街地における構造物の崩壊について目視判読を行った。被災後の画像では、津波により大きな構造物以外は崩壊していることが読み取れる。また地表面では、構造物の残骸が白っぽく映り、流されてきた泥も堆積していることが読み取れる。

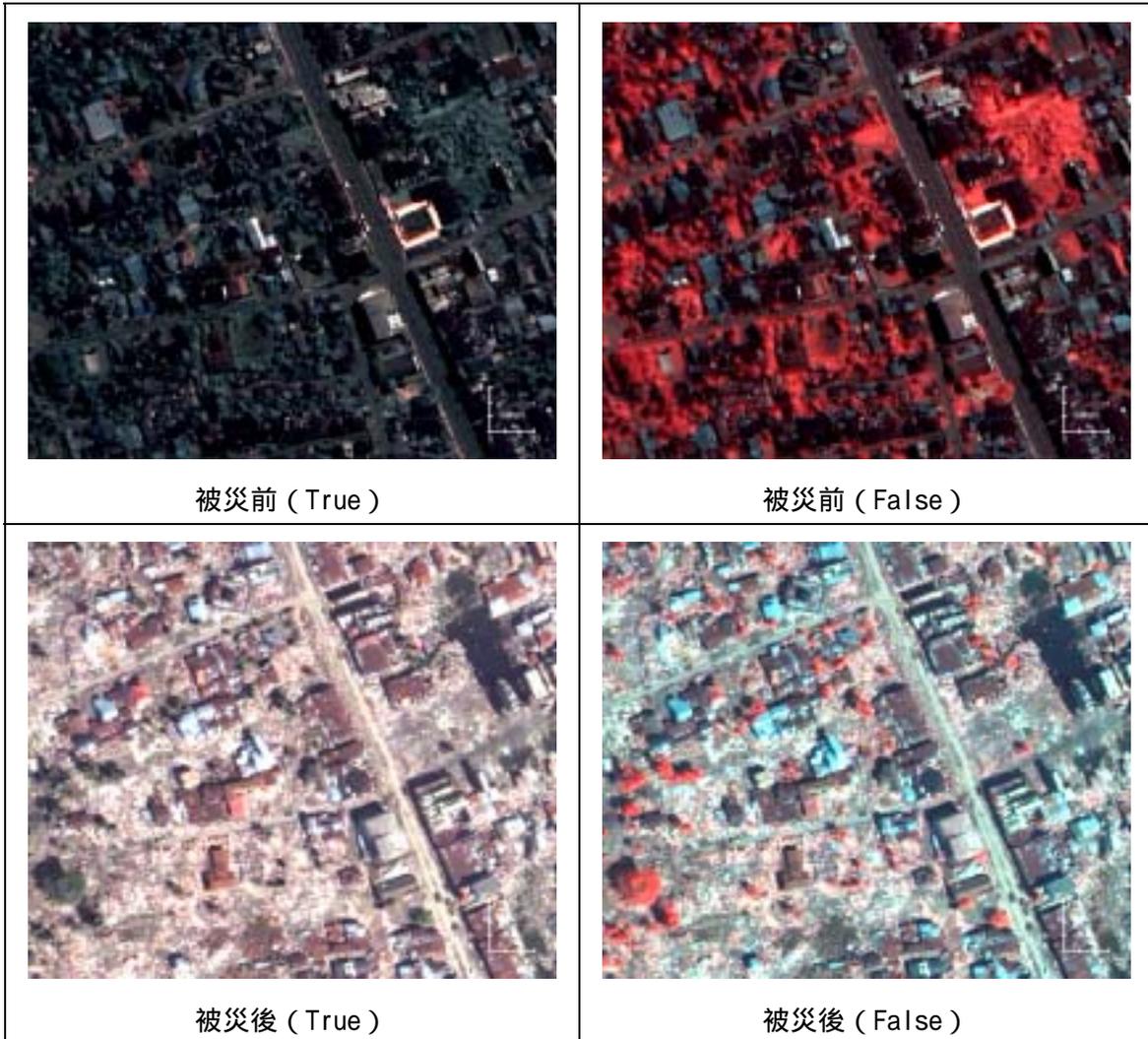


図 2-3-24 目視による被害判読 (事例 4 : 構造物の崩壊)

画像処理による被害判読

図 2-3-20 のフロチャートにより、使用する画像処理手法は「教師なし分類（色分類）」と「テクスチャ」とした。教師なし分類（色分類）は 5 種類（赤・黄・黄緑・水色・青）に分類を行った。教師なし分類であるため（現地の状況も被災の状況も画像処理段階では分からないため）分類項目はなく、画像毎に似ている特徴を抽出して分類している。そこに便宜的に色をつけているため、この色自体には意味はない。分類結果を確認して、被災前後の分類画像やツール画像と比較して始めて分類結果の意味付けが可能になる。テクスチャにおいては、画像の模様やきめの粗さ・細かさをバンド（青・緑・赤・近赤外）毎に抽出しているが、これも被災前後の色やパターンの変化によって被害範囲の把握が可能になる。高分解能衛星（QuickBird）においてこの 2 つの画像処理手法が有効であるかを検証した。なお、テクスチャ処理の結果表示についてはフォルスカラーで行ったため、赤色は植生、青から緑は水域、白は構造物のテクスチャを示している。黒色はテクスチャなしである。

被災前後の画像にそれぞれ教師なし分類（色分類）とテクスチャ処理を行った結果を2-3-25から図2-3-32に示す。被災前後の画像を比較することにより、色分解処理においては5つに分類された特徴の変化、テクスチャ処理においては植生や構造物の線形パターンの変化によって被害範囲の把握が可能である。

1．Blangmeについて（主な土地利用：農地）

図2-3-25と図2-3-26の分類結果の比較より、教師なし分類（色分類）においては被災後に赤色に分類されている範囲、テクスチャにおいては被災前が赤色で被災後が白色に変化している範囲が被害範囲である。テクスチャの色の変化は、植生の変化によるものである。

2．Calangについて（主な土地利用：農地）

図2-3-27と図2-3-28の分類結果の比較より、教師なし分類（色分類）において特に明瞭に把握できる被害範囲は、被災後の左上の黄色～黄緑色に分類されている範囲と、上側中央付近の青色に分類されている範囲である。テクスチャにおいては、被災前が赤色で被災後が白色に変化している範囲が被害範囲である。テクスチャの色の変化は赤色が多いため、同様に植生の変化によるものである。

3．Kuala Bubonについて（主な土地利用：市街地・農地）

図2-3-29と図2-3-30の分類結果の比較より、教師なし分類（色分類）においては、被災前が黄色～黄緑色に分類されていて、被災後に青色に分類されている範囲が被害範囲である。テクスチャにおいては、被災後の画像に白色の部分が増えたことが明瞭に把握できる。これは構造物が崩壊し、瓦礫のきめを検出しているからである。被災後に白色に変化している範囲が被害範囲である。また、赤色の部分も減少しているため、植生も影響を受けているといえる。

4．Meulabohについて（主な土地利用：市街地）

図2-3-31と図2-3-32の分類結果の比較より、Meulabohは衛星画像（トゥルー画像）を見る限り構造物が多いため市街地であると判断できるが、教師なし分類（色分類）において市街地では特徴が細かく分類されてしまうため、被害範囲を括ることが難しい。また、テクスチャについては上記1～3と結果が異なる。市街地であるために、植生の赤色が出ないことや、被災前は黒色であるが被災後は構造物の崩壊等で瓦礫のきめを検出することにより白色になっている点が異なる。このため、被災前後で黒色から白色に変化している範囲が被害範囲である。

1) Blangme 被災前 (2004/04/12)

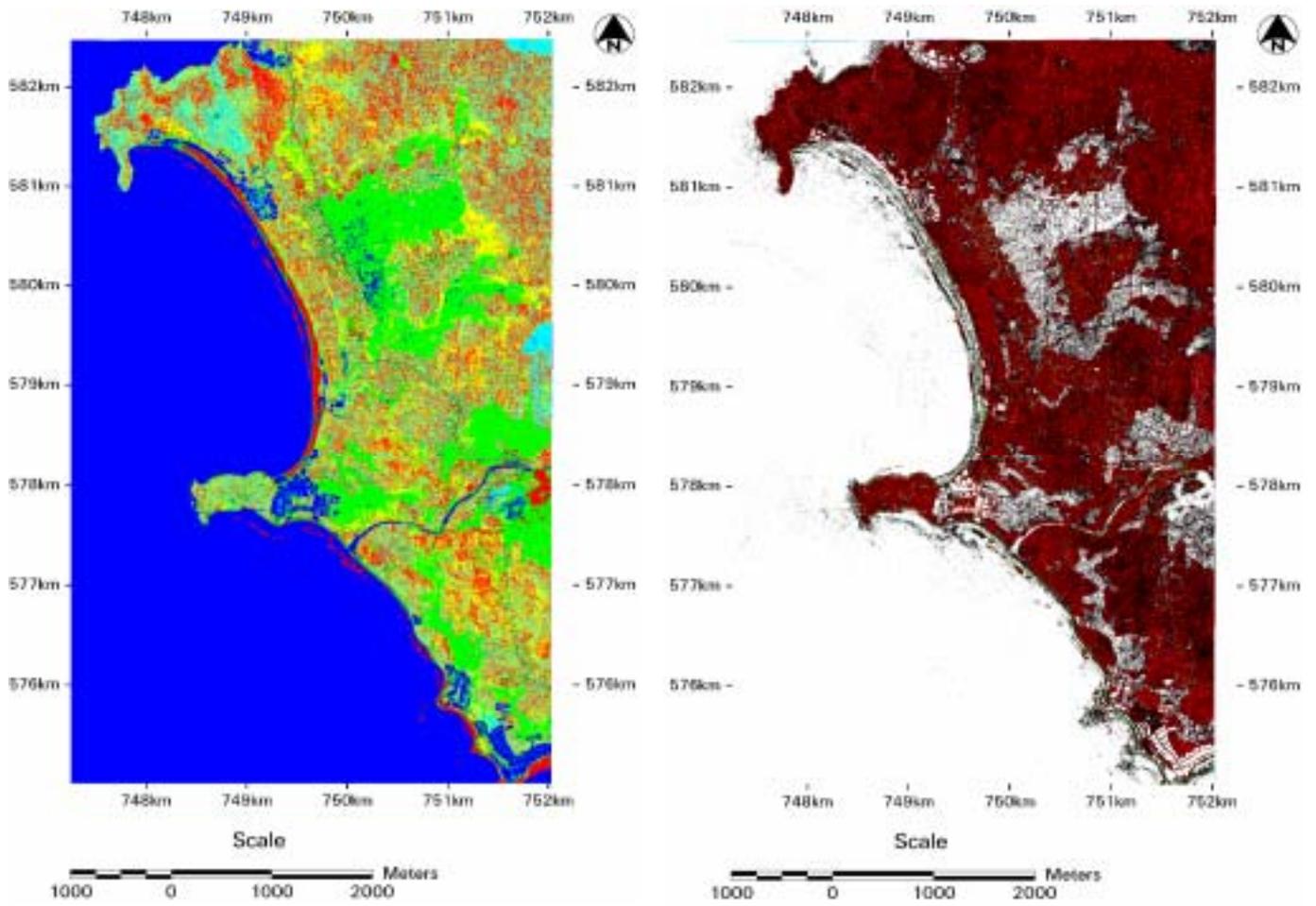


図 2-3-25 教師なし分類 (色分類) 処理 (左) とテクスチャ処理 (右)

2) Blangme 被災後 (2005/01/02)

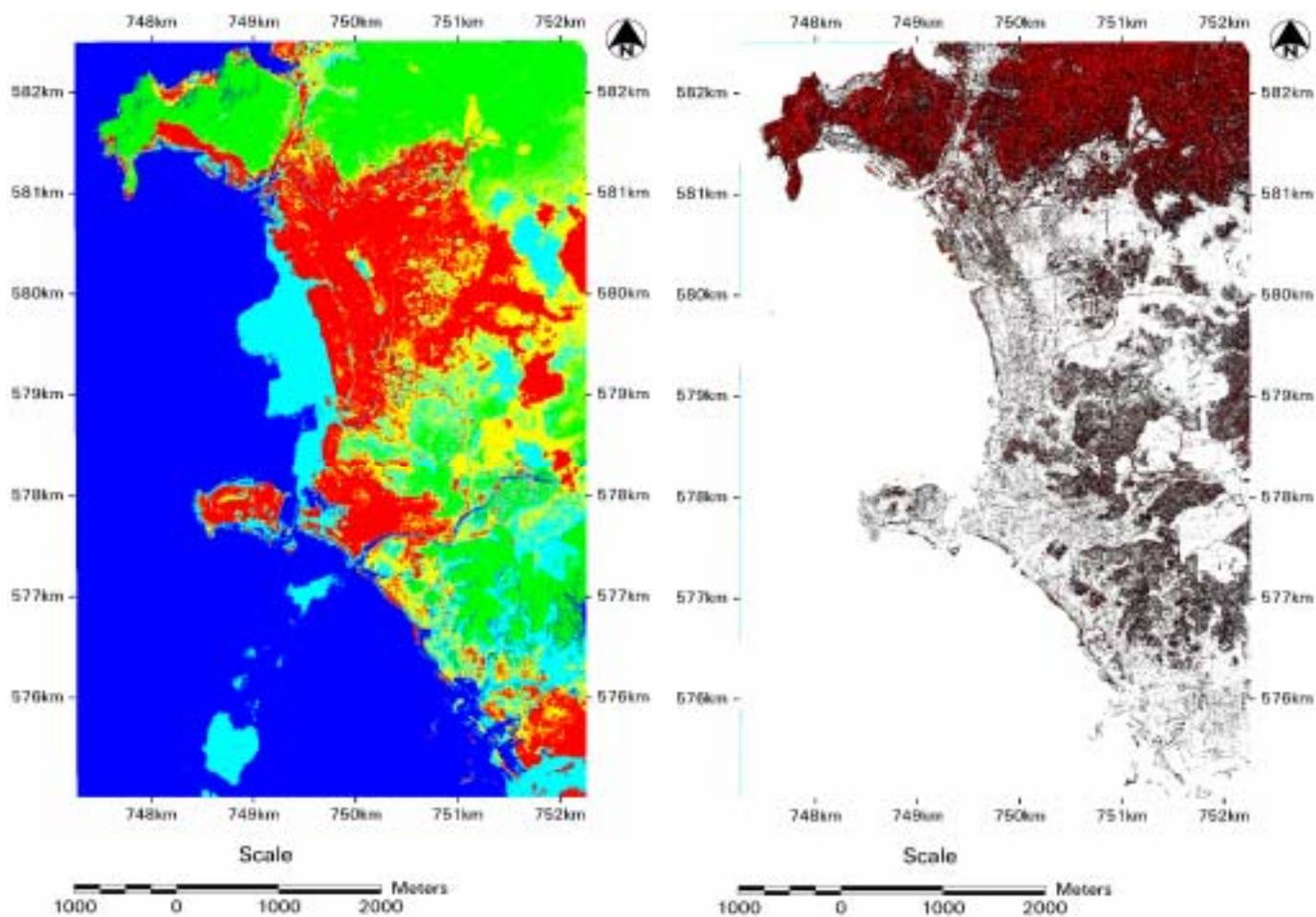


図 2-3-26 教師なし分類 (色分類) 処理 (左) とテクスチャ処理 (右)

3) Calang被災前 (2004/04/17)

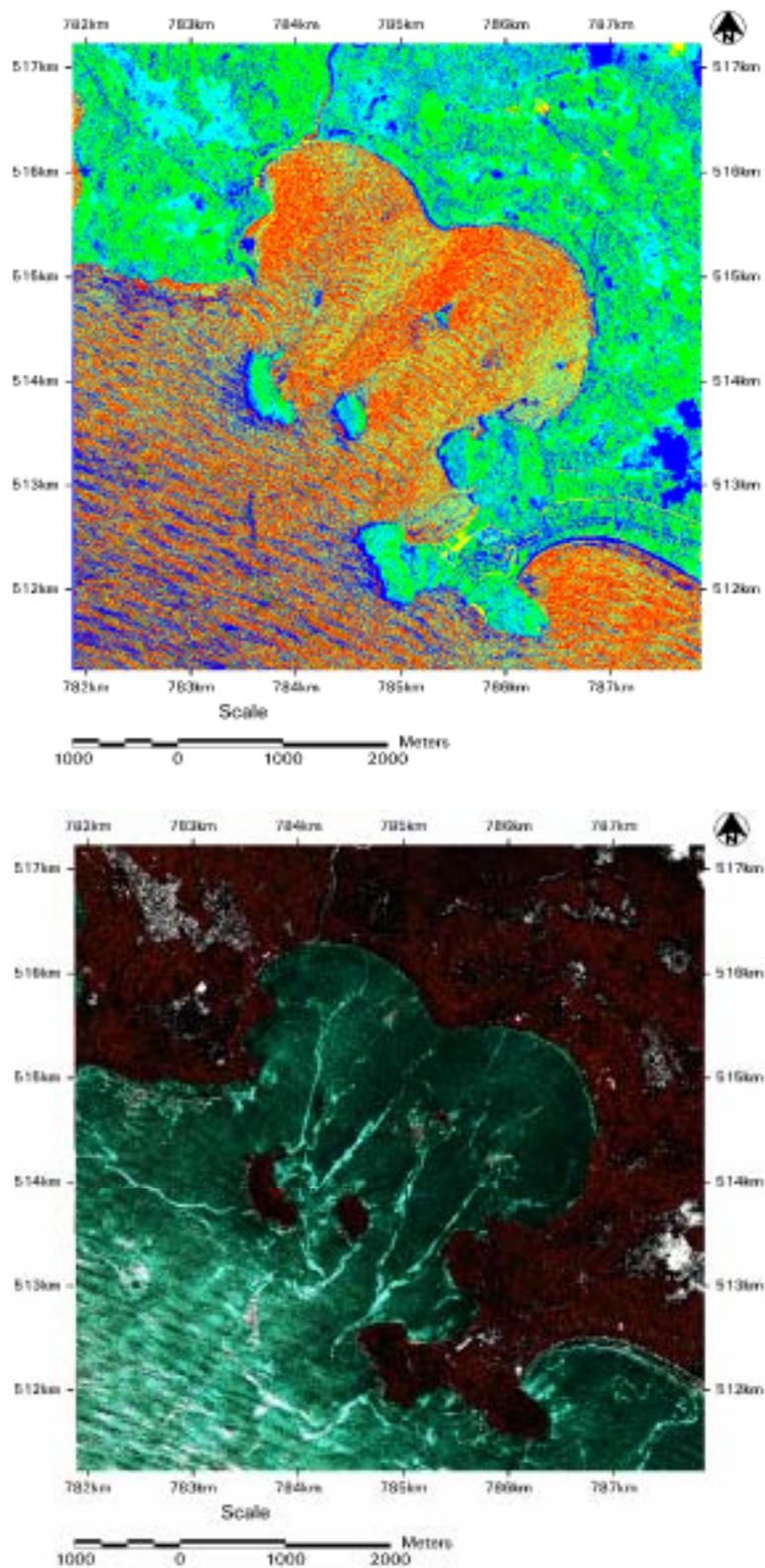


図 2-3-27 教師なし分類 (色分類) 処理 (上) とテクスチャ処理 (下)

4) Calang被災後 (2005/01/07)

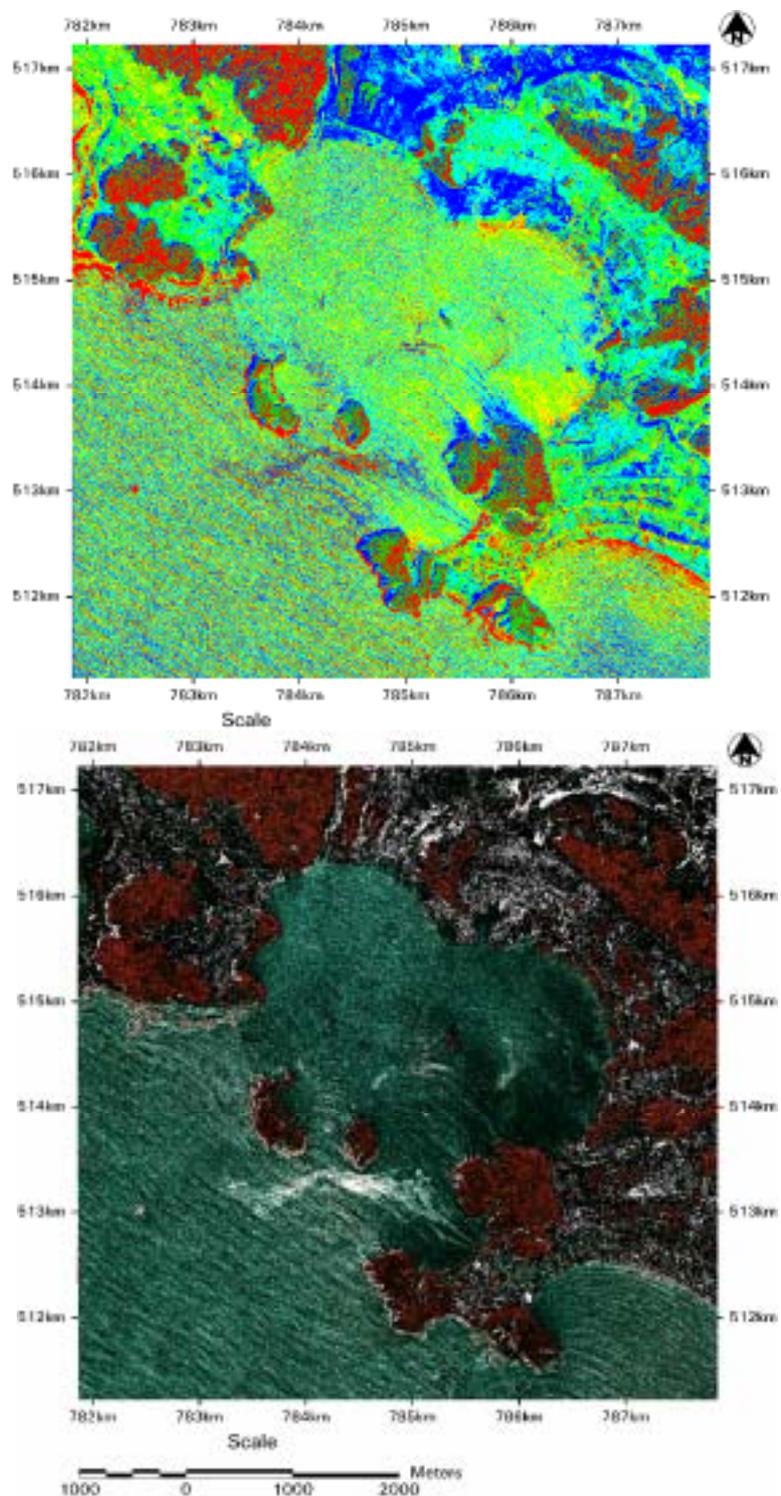


図 2-3-28 教師なし分類 (色分類) 処理 (上) とテクスチャ処理 (下)

5) Kuala Bubon被災前 (2002/09/19)

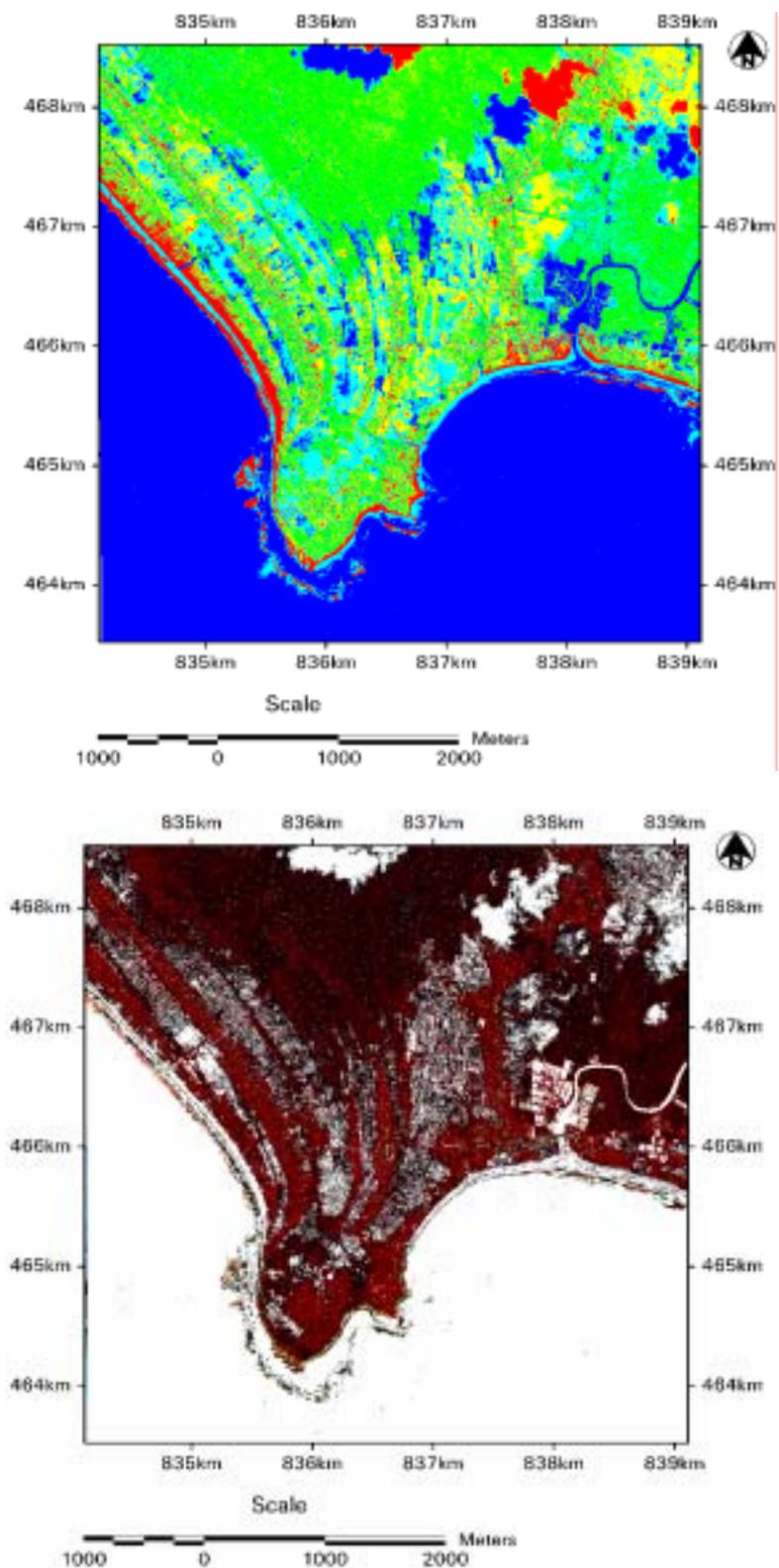


図 2-3-29 教師なし分類 (色分類) 処理 (上) とテクスチャ処理 (下)

6) Kuala Bubon被災後 (2005/01/07)

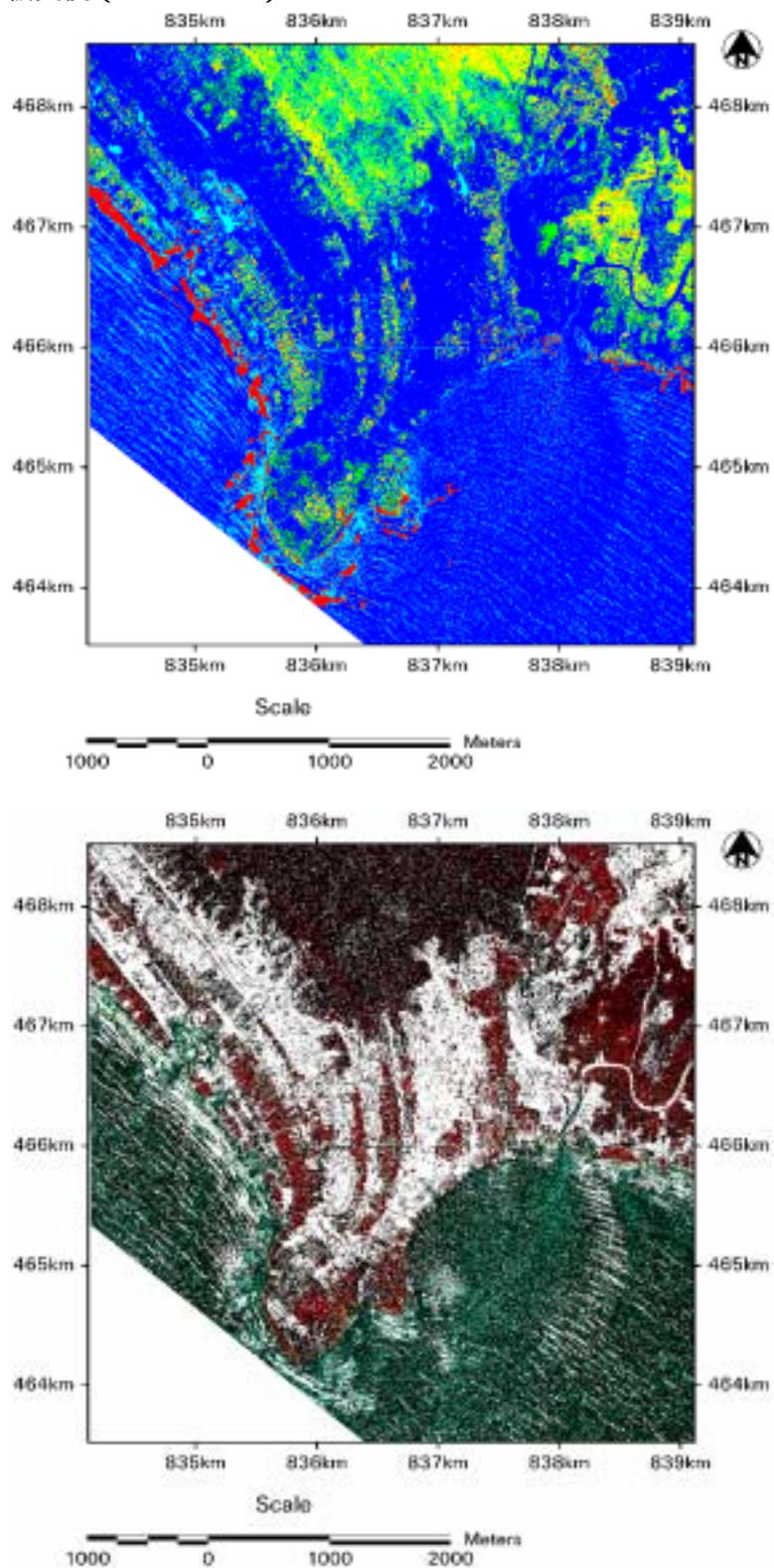


図 2-3-30 教師なし分類 (色分類) 処理 (上) とテクスチャ処理 (下)

7) Meulaboh被災前 (2004/05/18)

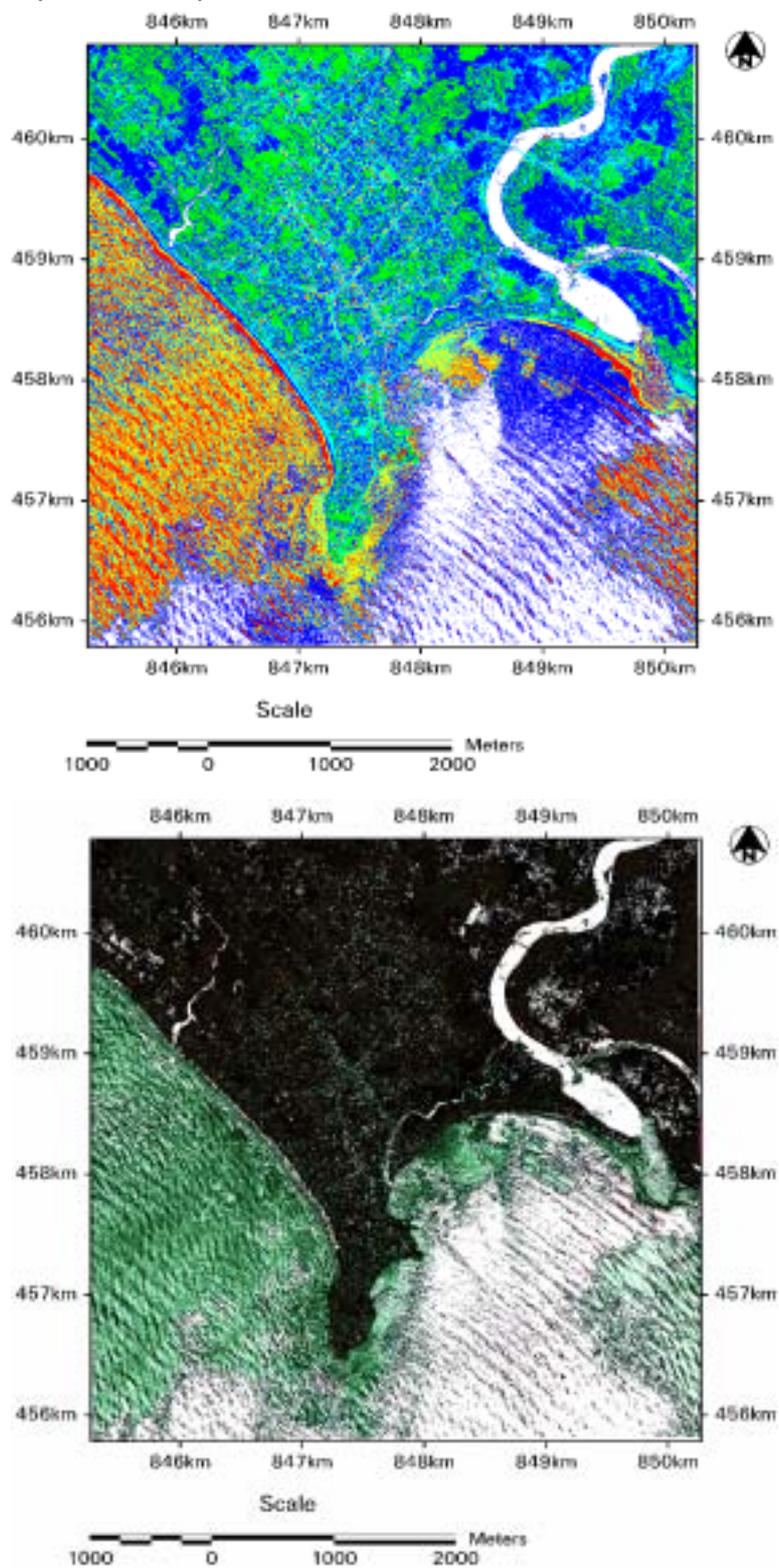


図 2-3-31 教師なし分類 (色分類) 処理 (上) とテクスチャ処理 (下)

8) Meulaboh 被災後 (2005/01/07)

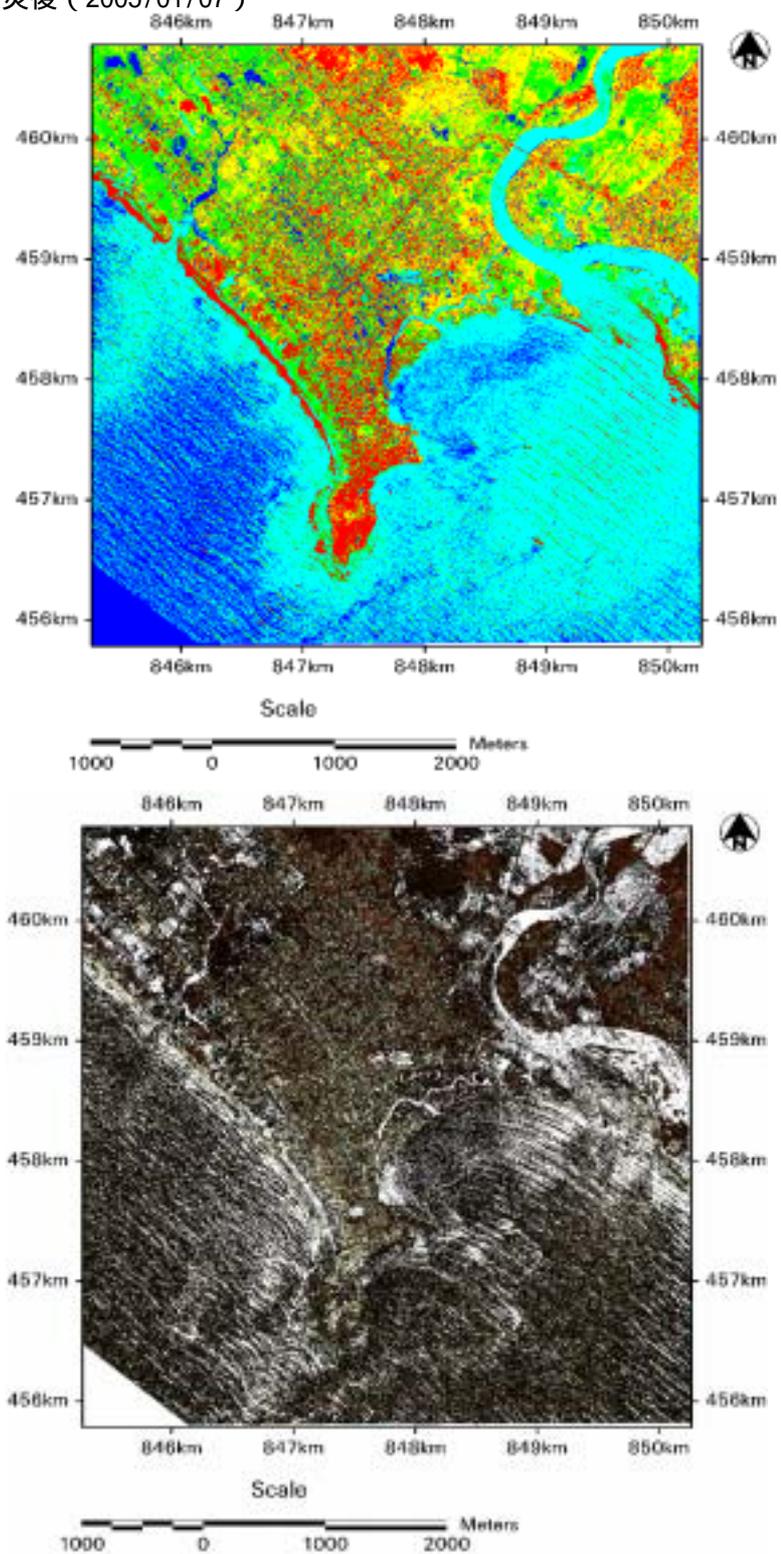
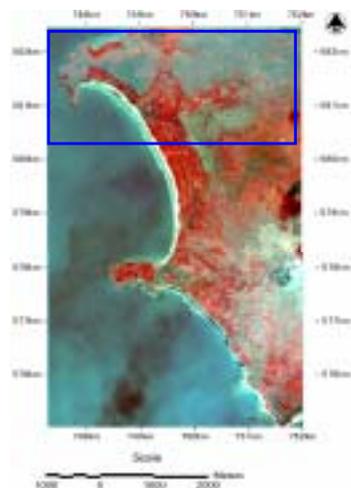
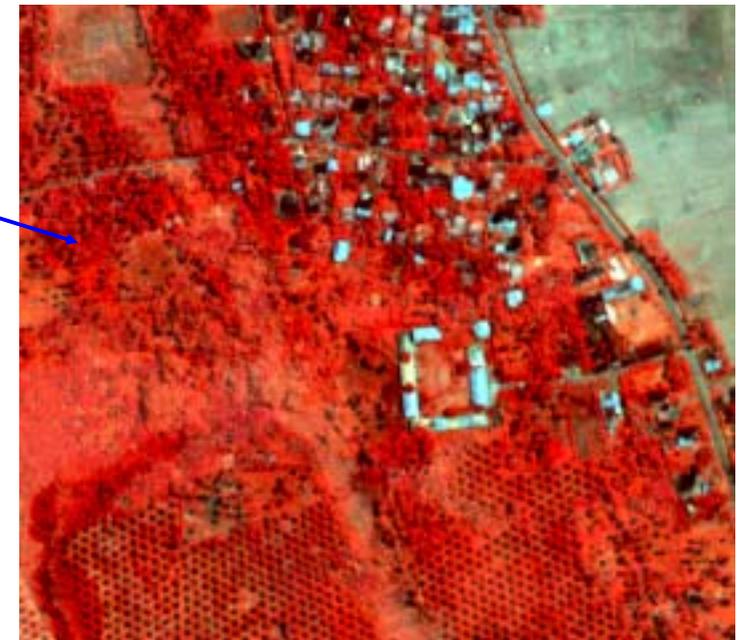
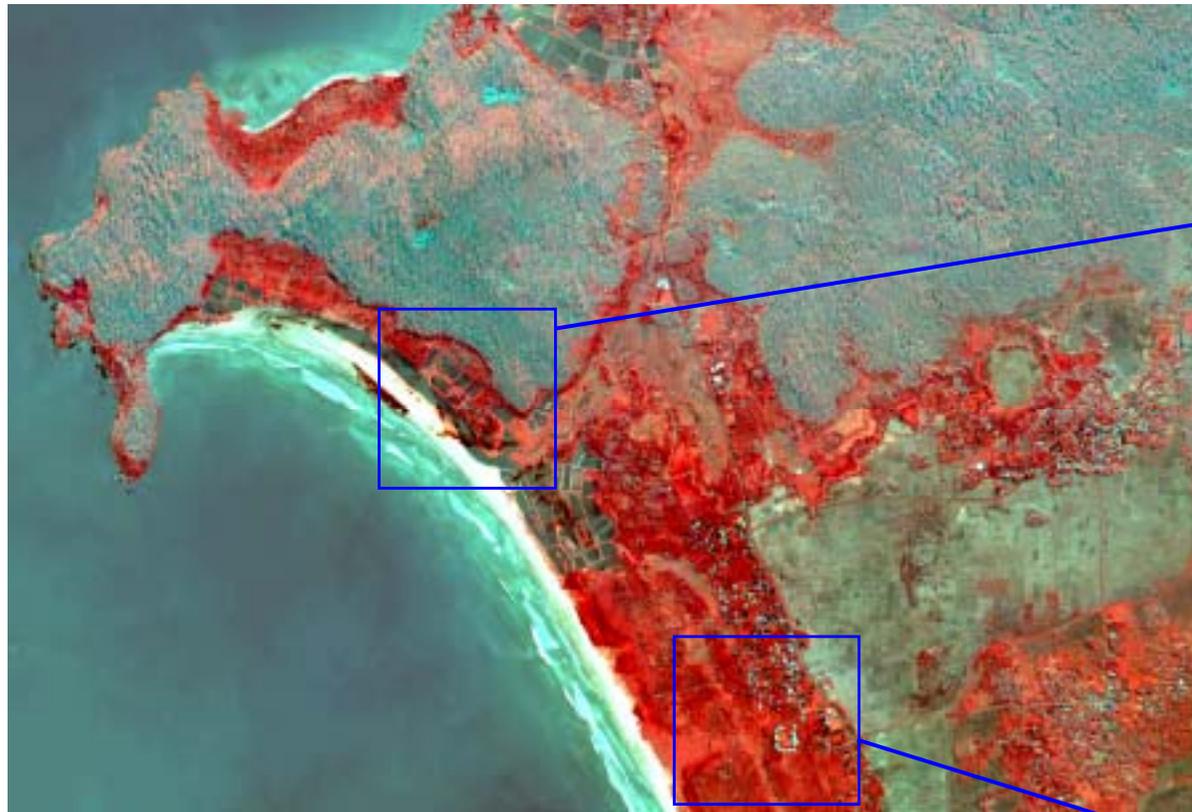


図 2-3-32 教師なし分類 (色分類) 処理 (上) とテクスチャ処理 (下)

差分処理による被害判読

次に、被災前後の画像を利用して、詳細な被害範囲を抽出した。被災前から被災後の画像の差分をとり、各バンドの変化状況を確認した。差分画像の表示は同様にフォルスカラー（R：G：B=近赤外：緑：青）とした。その結果を図2-3-33から図2-3-36に示す。既に概略の被害範囲として絞り込んであるため、画像全域が被害範囲になっているが、土地利用が農地の部分においては赤色が濃い範囲（主に植生の被害）が被害範囲として抽出できている。市街地においては黒い範囲（主に構造物の被害）が被害範囲として抽出できている。

1) Blangmeの差分 (主な土地利用: 農地)

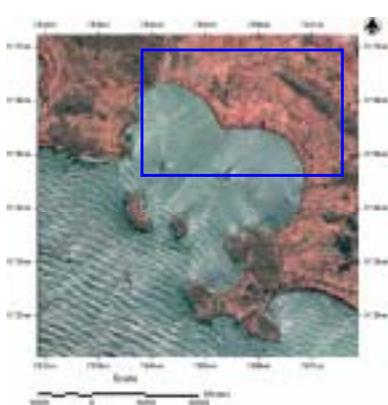
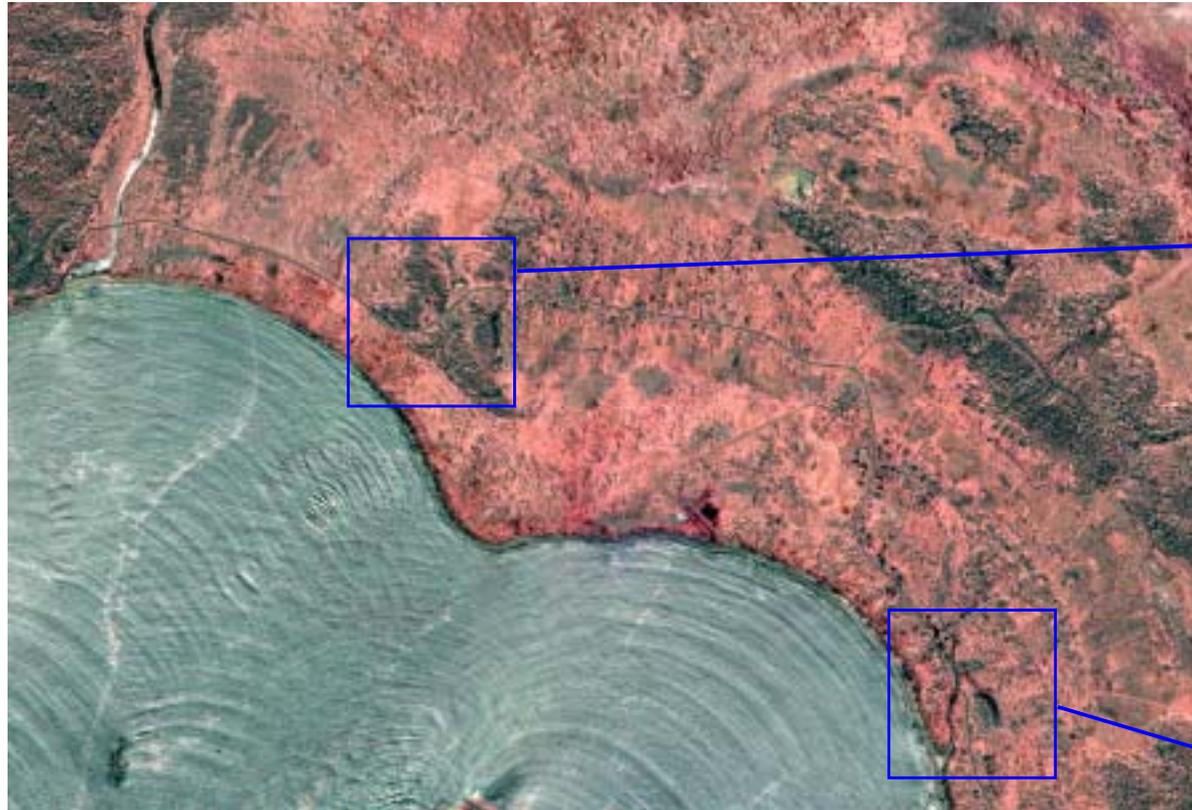


被災前の海岸線には植生分布が見られたが、津波により海岸線周辺の植生が被害を受けたため、「被災前 被災後」の処理を行うと、被災前の植生の部分が濃い赤で表示される。赤い範囲が主に被害を受けた範囲となる。

右上の拡大図において、海岸線付近の白色や黒色や所々にある赤色は、波の大小による反射の違いによって現れたものである。その内側にある赤い樹木やため池のような区画は、色が濃いことから差分の値が高く、津波の被害に遭い変化があったことを示している。さらに内側の樹林地は色が薄いことから被害を受けていないと言える。

図 2-3-33 Blangme 差分画像

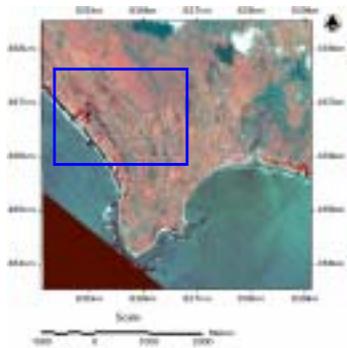
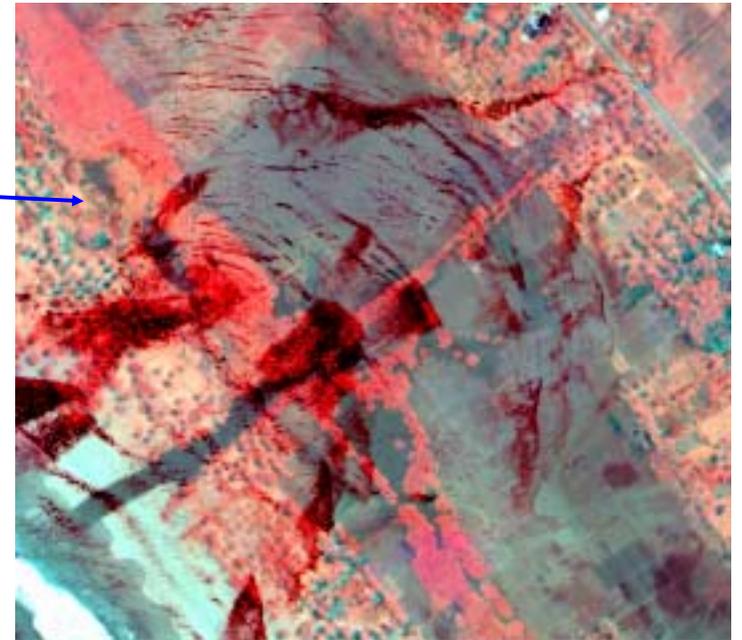
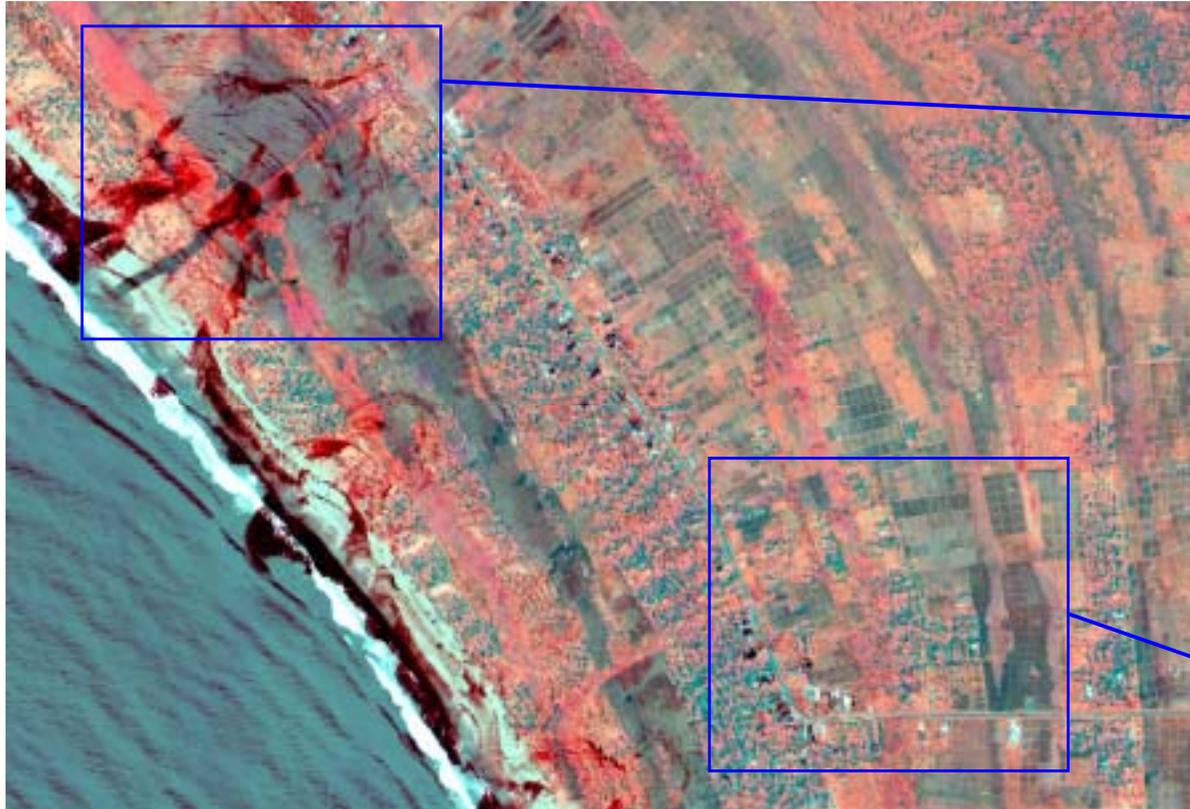
2) Calangの差分 (主な土地利用: 農地)



海岸線沿いに道路が走っているが、全体的に樹木が多い場所である。標高の低い部分はほとんど津波による被害を受けているため、差分画像では赤く表示されている。ただし、図2-3-33と色の濃さが違うのは、被災前・被災後ともに撮影日が異なるため、日照量の違いによる反射輝度が異なるためである。小さな丘のような樹木地の部分は被害を逃れている為、黒く表示されている。道路が黒く表示されているのは、道路自体は津波を受けても構造物としては残っているため、被災前後で変化していないからである。

図 2-3-34 Calang 差分画像

3) Kuala Bubonの差分 (主な土地利用: 市街地・農地)

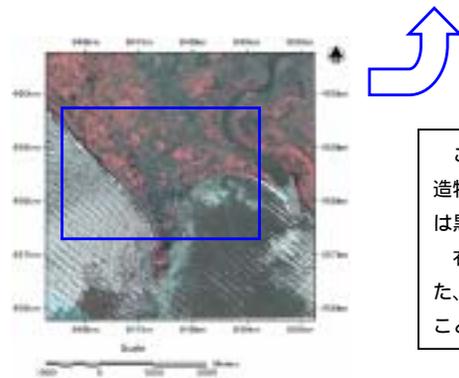


道路沿には建物や橋梁といった構造物があるが、周辺は農業地域である。この範囲は5km四方であるが、ほぼ全域津波による被害を受けているので、差分の結果も全体的に被災前の状況を示すような色が付いている。赤い部分が植生被害、黒い部分が構造物の被害を受けた箇所である。

右上の拡大図は、被災後において津波の水が引く際の流路になった場所である。被災前の状況を表す画像と被災後の波の画像が合成された画像になっている。赤色が特に濃い部分は波による反射が強い部分である。

図 2-3-35 Kuala Bubon 差分画像

4) Meulabohの差分 (主な土地利用: 市街地)



この範囲は都市部であるため、主に構造物が津波による被害を受けた。被災後に構造物が崩壊・散乱して画像上では明るく(反射が強く)なっているため、差分画像では黒く表示されている部分が構造物が崩壊した箇所となる。

右上の拡大図は、河口の形状が大きく変わってしまっていることが読み取れる。また、川に架かっている橋も二重に見えるため、被災前後で位置が変化した(流された)ことが確認できる。

図 2-3-36 Meulaboh 差分画像

橋の被害抽出

高分解能衛星において、橋の被害が判読可能かを検討した。橋の現地調査写真と比較して判読の可否を評価した。検討した事例を図2-3-37から図2-3-39に示す。高分解能衛星を用いているため、橋が流されていたり落下している状況は明瞭に確認できた。橋が残っている場合でも、周辺の河川の状況や橋の路面の色の変化により、津波による浸水の被害を受けている状況までは確認することができた。判読可能な橋の大きさについては、高分解能衛星画像上で橋と認識できる幅、すなわち車両が通行できる幅の橋（幅員4画素以上：2.4m以上）については、前述したように橋の有無や浸水の有無が確認できる。橋のこれらの結果から、目視判読により道路を追うことにより橋の通行可否が確認できるため、災害時の通行経路の確認には十分利用できることが分かった。

事例1：橋が残った例（浸水はしている）

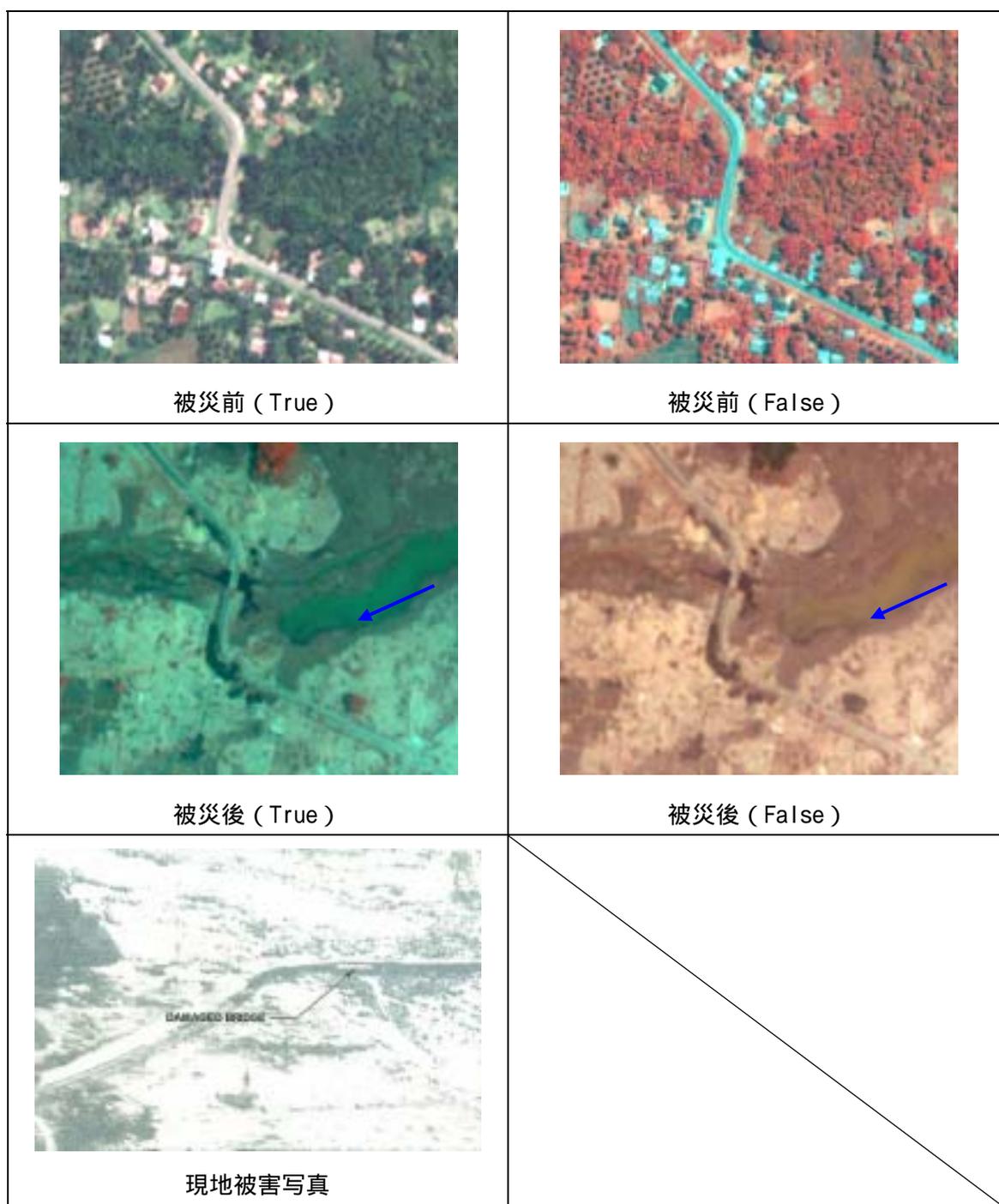


図 2-3-37 橋の被害状況（事例1：持ち堪えた例） 矢印は現地被害写真の撮影方向
被災後の画像は浸水しているため、True・False共に色のイメージが被災前と変わっている。

事例 2 : 橋が流された例

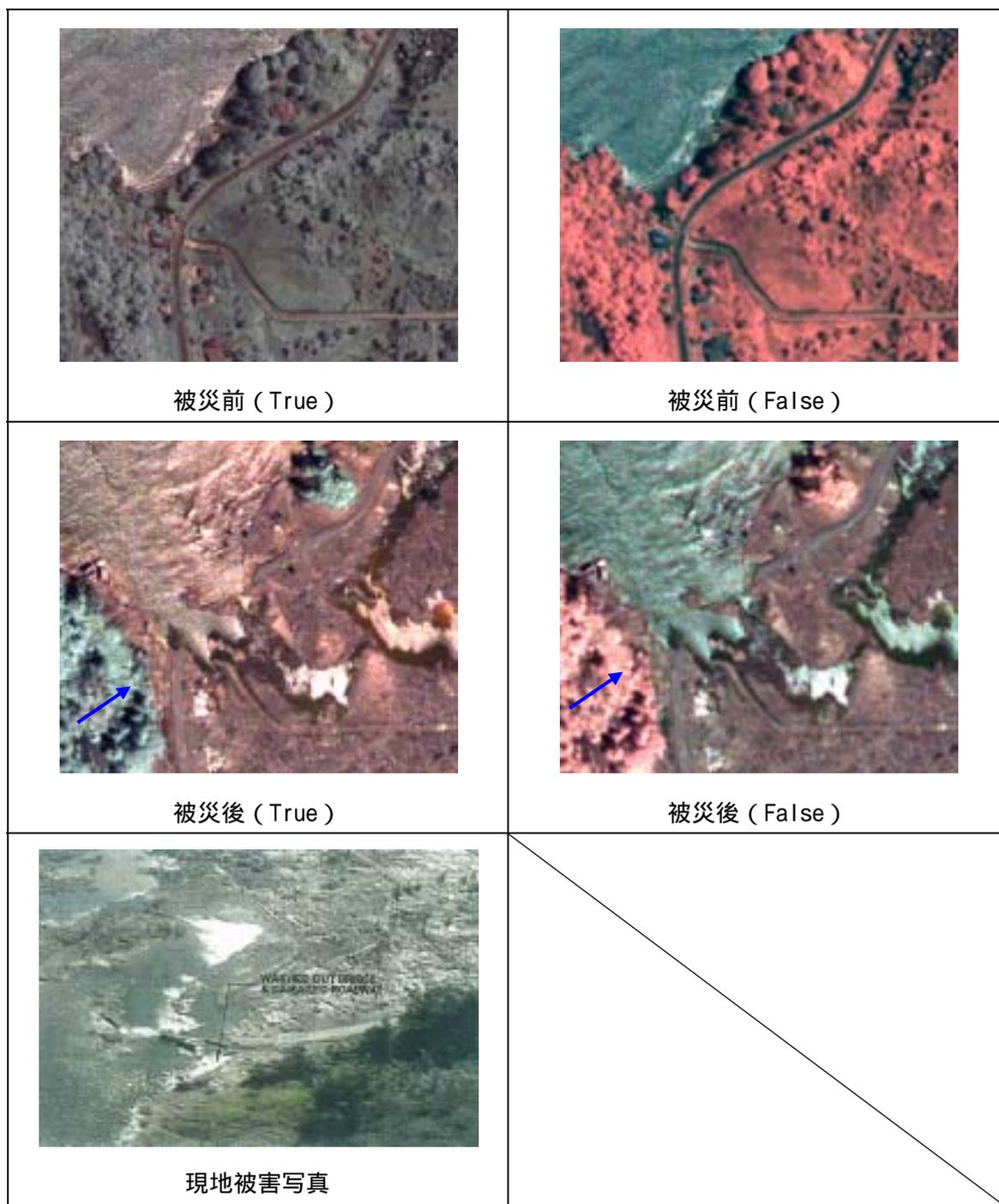


図 2-3-38 橋の被害状況 (事例 2 : 流された例) 矢印は現地被害写真の撮影方向
被災後の画像は浸水しているため、True・False共に色のイメージが被災前と変わっている。

事例 3 : 橋が流された例

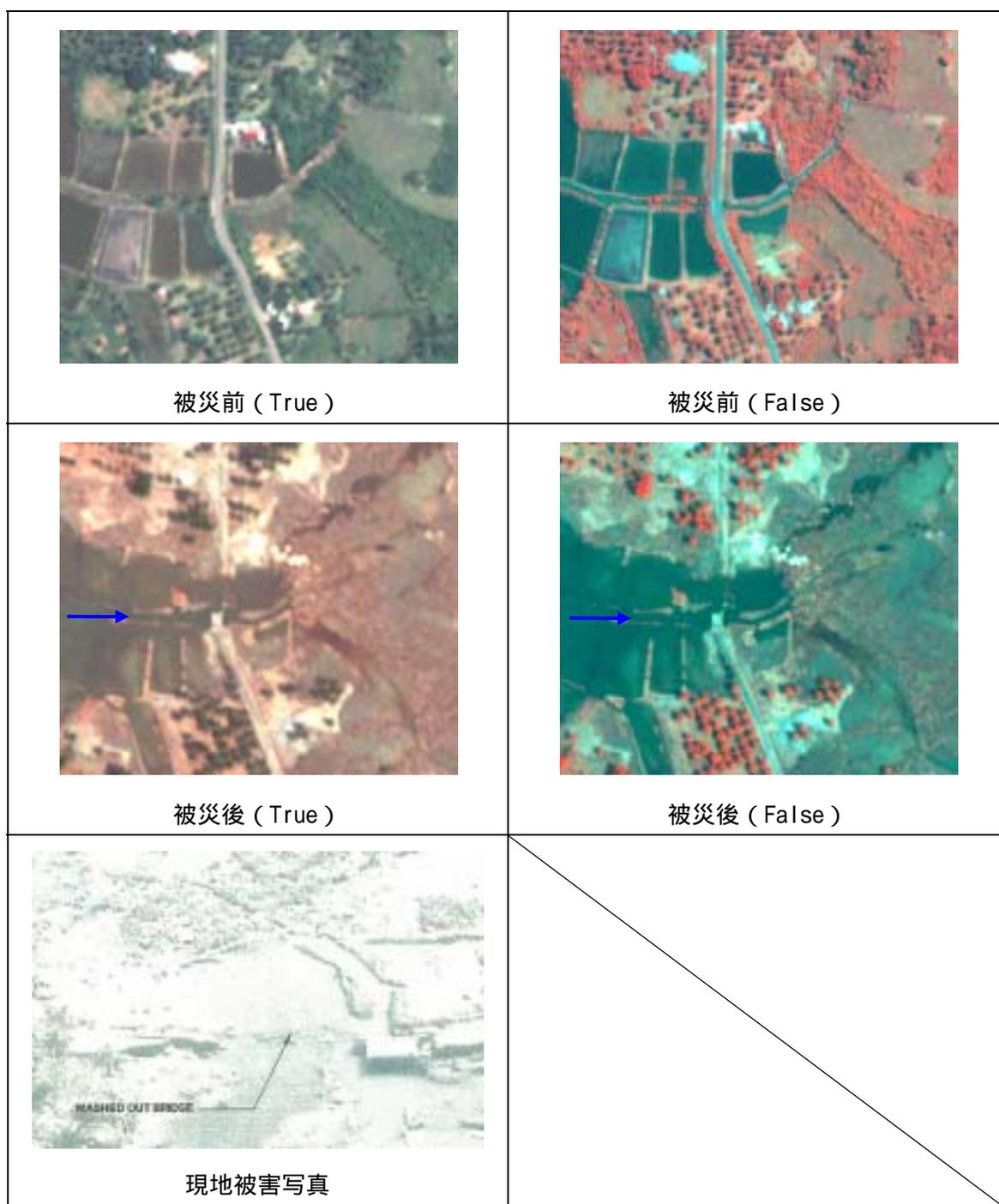


図 2-3-39 橋の被害状況 (事例 3 : 流された例) 矢印は現地被害写真の撮影方向
被災後の画像は浸水しているため、True・False共に色のイメージが被災前と変わっている。

2.4 まとめ

今回のスマトラ島の被害については、規模が広域に亘ることもあって2段階の手順により被害状況を把握した。中分解能衛星を利用して、被災前後の差分処理により土地被覆変化があった範囲を被害範囲として、広域的な被害範囲を概略で把握することができた。被害範囲の絞込みには地理情報を参考にした。道路沿線は住宅が密集することから道路情報を利用して、画像処理により詳細な被害状況把握を行う範囲を決定した。そしてその範囲について、高分解能衛星を利用して目視判読や画像処理により、構造物の崩壊や落橋、津波による海岸線の被害等を詳細に把握することができた。表 2-4-1、表 2-4-2 に分解能別に画像処理手法をまとめた。

表 2-4-1 中分解能衛星の画像処理と評価（広域を対象：100km 四方）

処理手法	被災後		被災前・被災後	
目視判読		衛星画像を見慣れていないと、被災後の画像のみから判読するのは難しい。		分解能は低いが、被災前後を見比べれば、ある程度広域的な被害範囲は確認できる。
テクスチャ	×	分解能が低いため難しい。	×	分解能が低いため難しい。
教師なし分類(色分類)		色分類は可能だが、被害範囲かどうかの判断が難しい。		色分類処理後の被災前・被災後を比較すると、面的に変化(被害)のあった範囲が把握できる。
オーバーレイ		被害範囲の限定が難しいが、地理情報と社会情報より、重大な被害だと思われる範囲が想定できる。		道路幹線や河川周辺の被害範囲が把握できるため、概略ではあるが重大な被害範囲を絞り込むことができる。
差分	-	-		被災前後の各バンドの差分を計算することにより、被害範囲の概略把握が可能。

表 2-4-2 高分解能衛星の画像処理と評価（狭域を対象：5km 四方）

処理手法	被災後		被災前・被災後	
目視判読		分解能が高いため、構造物(道路・橋・建物)の崩壊、海岸線の浸食が確認できる。		左記に加え、被災前後の画像を見比べれば、農地の被害や樹木の流出など山間部の被害も確認できる。
テクスチャ		特に都市部においては、建物の崩壊が把握できる。		特に都市部においては、建物の崩壊が把握できる。
教師なし分類(色分類)		色分類は可能だが、被害範囲かどうかの判断が難しい。		面的に被害を受けた範囲を抽出することができる。
オーバーレイ		画像が高分解能のため、重ねる地理情報の精度によっては有用でない場合もある。		画像が高分解能のため、重ねる地理情報の精度によっては有用でない場合もある。
差分	-	-		被災前後の各バンドの差分を計算することにより、詳細な被害範囲を把握できる。

	最も有効な手法
	有効な手法
	場合によっては有効
×	無効な手法
-	処理不可能