

2. スマトラ沖地震による被害箇所の人工衛星画像からの抽出

2.1 被害状況

スマトラ沖地震は平成16年（2004年）12月26日、インドネシア西部時間午前7時58分50秒（日本時間午前9時58分、UTC午前0時58分）にインドネシア西部、スマトラ島北西沖のインド洋を震源としたマグニチュード9.0の地震であった。これは1900年以降、世界で4番目に大きい規模の地震であった。この地震により大津波が発生し、特にスマトラ島北端のアチェ特別州西海岸は甚大な被害を受け、州都バンダ・アチェや西アチェ県のムラボーなどはほぼ壊滅した。2005年1月現在、死亡者は166,320人、負傷者は最大で10万人と想定されている。

2.2 画像処理手法を適用した被害箇所の抽出

スマトラ沖地震による被害抽出のフロチャートを図2-2-1に示す。今回のように、大規模な被害でかつ地理情報の少ない海外で被害抽出を行う際には、中分解能衛星による処理を初めに行い概要を把握し、解析範囲を絞り込んだ後に高分解能衛星による処理を行い、被害の詳細を把握するという手順とする方が効率的である。しかし、撮影のタイミングによっては高分解能衛星画像を先入手する可能性もある。その場合、画像を購入する場所を決定することが難しいが、震源・震度情報や様々な地理情報から解析範囲を絞り込む必要がある。

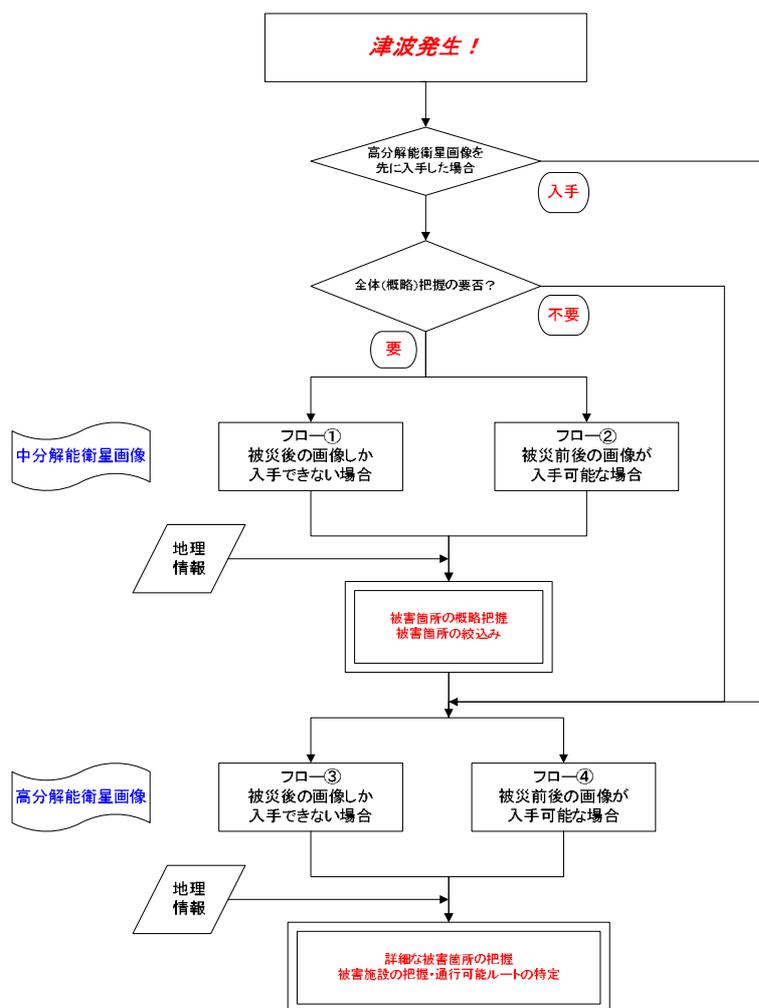


図 2-2-1 処理全体のフロチャート

2.3 衛星画像を利用した概況把握

(1) 中分解能衛星画像の利用

まず、スマトラ島北部の被害状況を全体的に把握するために、観測幅が広域である Landsat 衛星を利用した。画像検索の結果、地震の前後ともに直近の撮影があり、かつ、雲の影響も少ないので、次に示す画像を使用することにした。使用した Landsat 画像のうち、被災前（2004年12月21日撮影）のフォルスカラー画像を図2-3-1に、被災後（2005年1月6日撮影）のフォルスカラー画像を図2-3-2に示す。

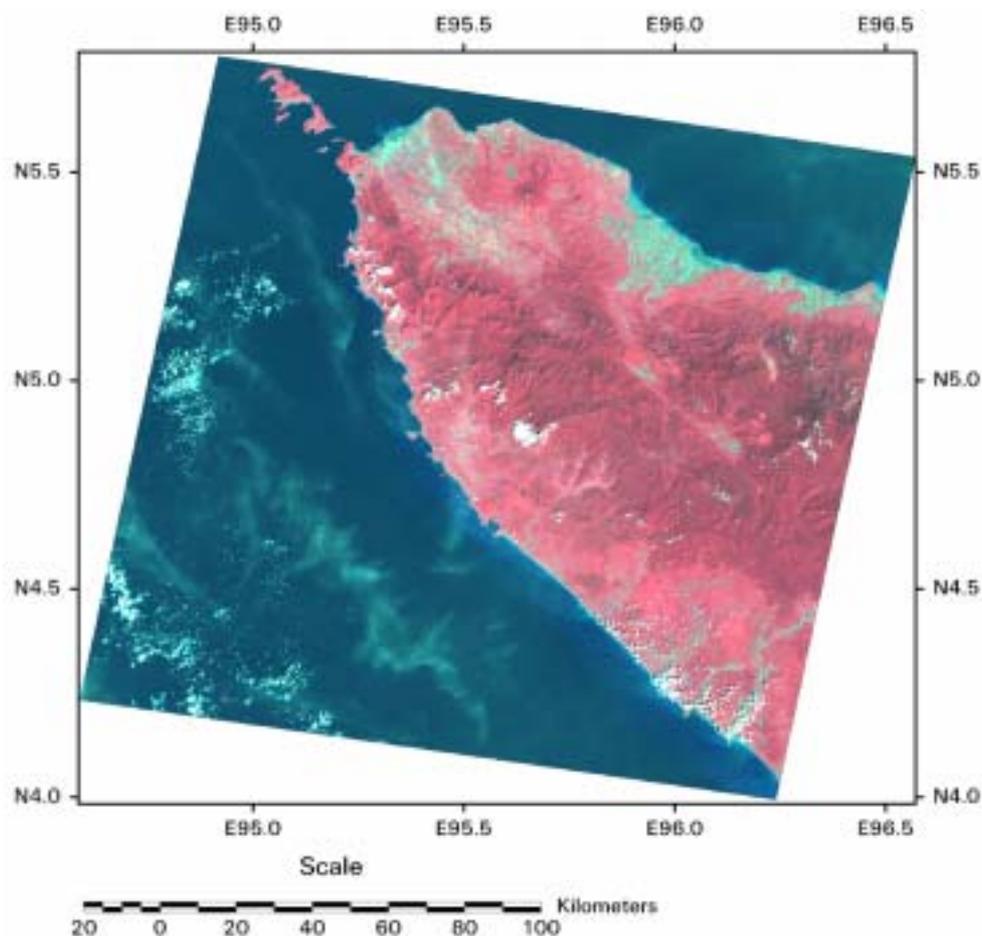


図 2-3-1 被災前（2004年12月21日撮影）Landsat 画像（R:G:B=B4:B3:B2=近赤外:緑:青）

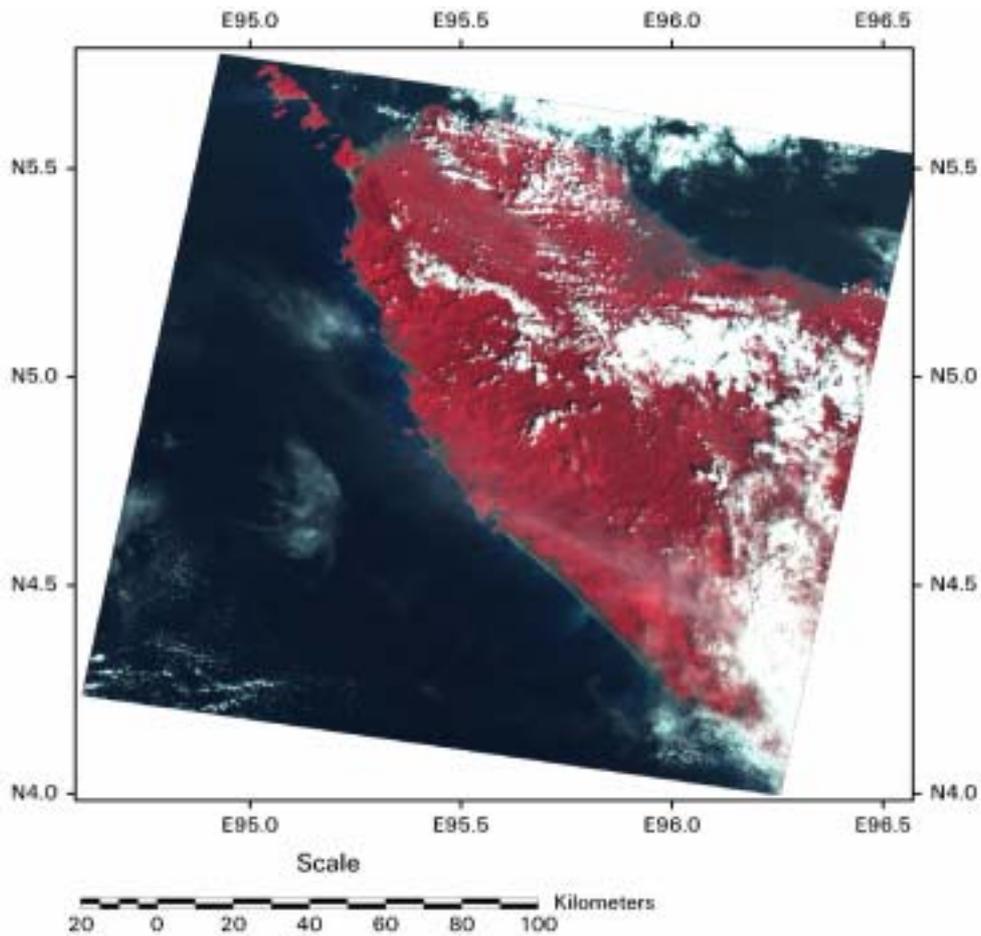


図 2-3-2 被災後（2005 年 1 月 6 日撮影）Landsat 画像（R:G:B=B4:B3:B2=近赤外:緑:青）

次に、スマトラ島の中分解能衛星画像を使用して行う画像処理について、フローチャートにとりまとめた。被災後のみの画像しか入手できなかった場合の処理フローチャートを図 2-3-3 に示す。被災前後の画像が入手出来た場合の処理フローチャートを図 2-3-4 に示す。

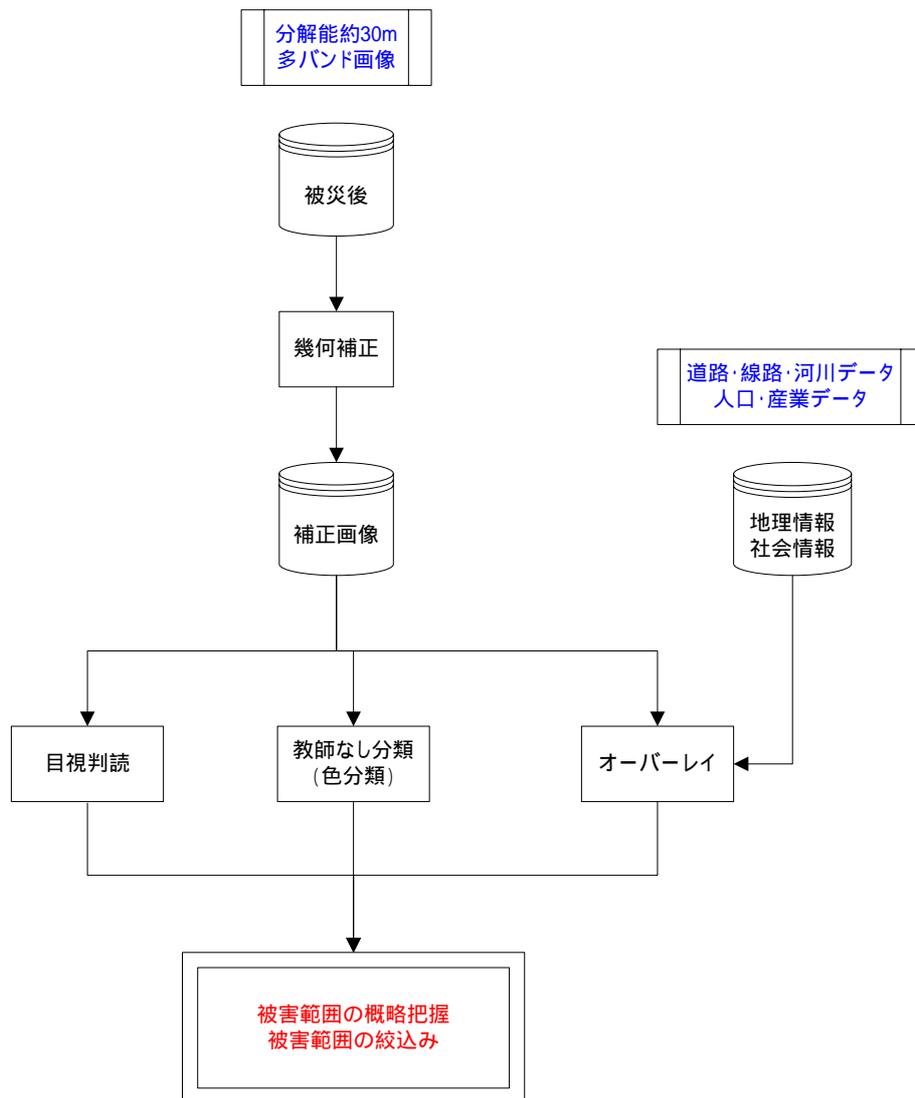


図 2-3-3 中分解能衛星を用いた画像処理フローチャート（被災後の画像のみ使用する場合）
（全体フロー（図 2-2-1）のフロー の部分に相当）

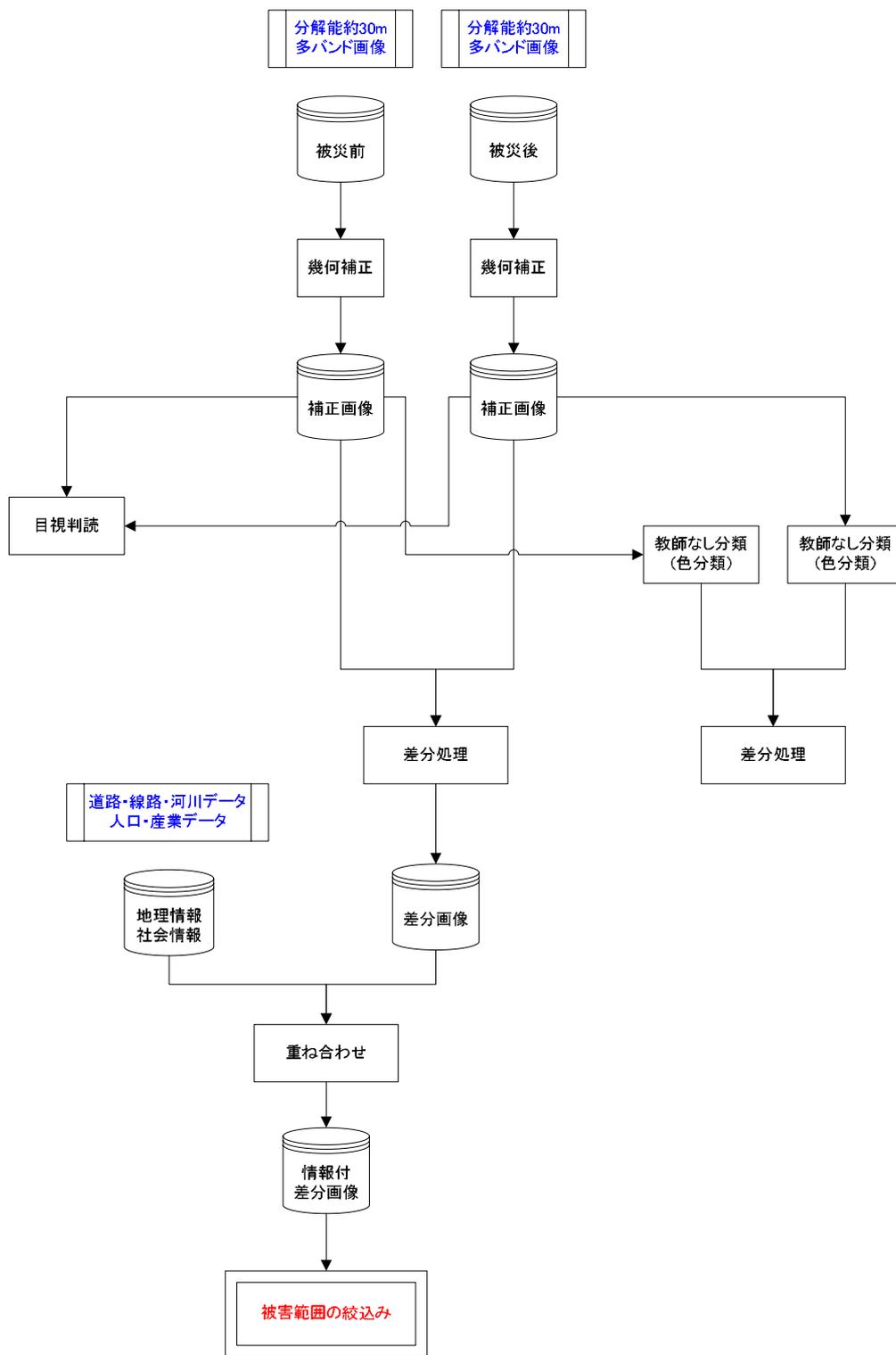


図 2-3-4 中分解能衛星を用いた画像処理フローチャート（被災前後の画像を使用する場合）
（全体フロー（図 2-2-1）のフロー の部分に相当）

被災前後の画像が使用可能であるため、図 2-3-4 のフロチャートに沿って進めた。今回の中分解能衛星での処理は概略の把握を目的としているため、被災前後の画像があり変化範囲が明確に抽出できる差分処理を適用した。他にも画像処理手法として目視判読や教師なし分類（色分類）によっても被災範囲の把握は可能であるが、それらの処理は高分解能衛星画像の使用時に行うこととした。差分の手法として、あらかじめ被災前後の画像に教師なし分類を行い、その差分を利用するというフローも考えられるが、作業が 2 段階になるため今回は適用除外とした。また、他の画像処理手法（エッジ抽出、エッジ強調、テクスチャ）については、適用しても分解能が低く有効でないためフロチャートから除外した。

フロチャートに沿って、被災前後の画像を重ね合わせて各バンド間で差分をとり、被害範囲の抽出を行った。その結果を図 2-3-5 に示す。赤色の範囲が被害範囲である。雲の部分については、一部灰色でマスクしてある。

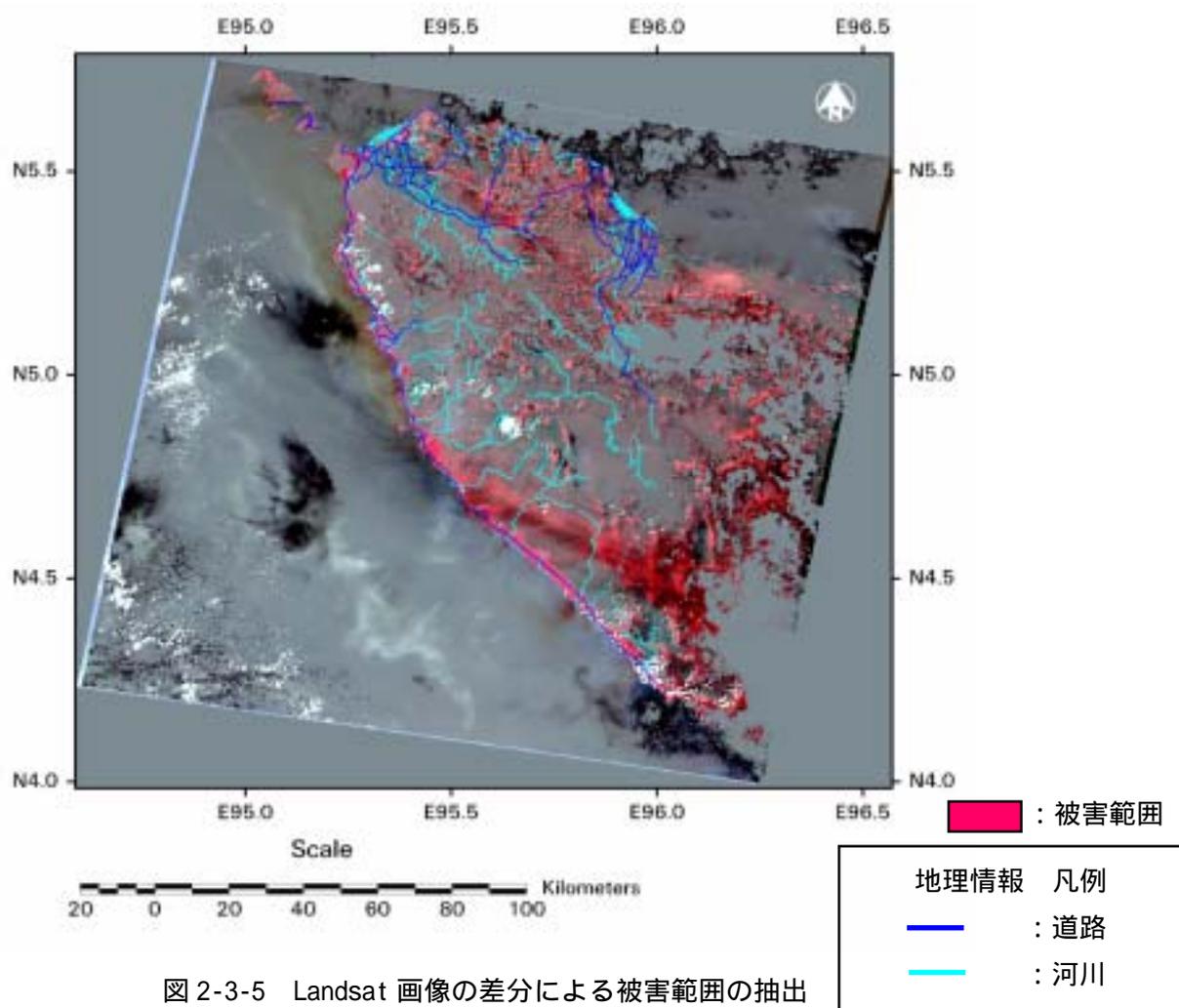


図 2-3-5 Landsat 画像の差分による被害範囲の抽出

また、図 2-3-5 には道路等の社会情報や河川等の地理情報を重ね、道路が集中している地域や河口周辺地域を「人口が集中する都市域」と判断した。スマトラ半島西部の海岸線沿いから人的被害が大きいと思われる範囲を選択し、高分解能衛星を用いて詳細な被害状況把握を行う範囲を図 2-3-6 に示す。選択した被害エリアの拡大図を図 2-3-7 から図 2-3-10 に示す。

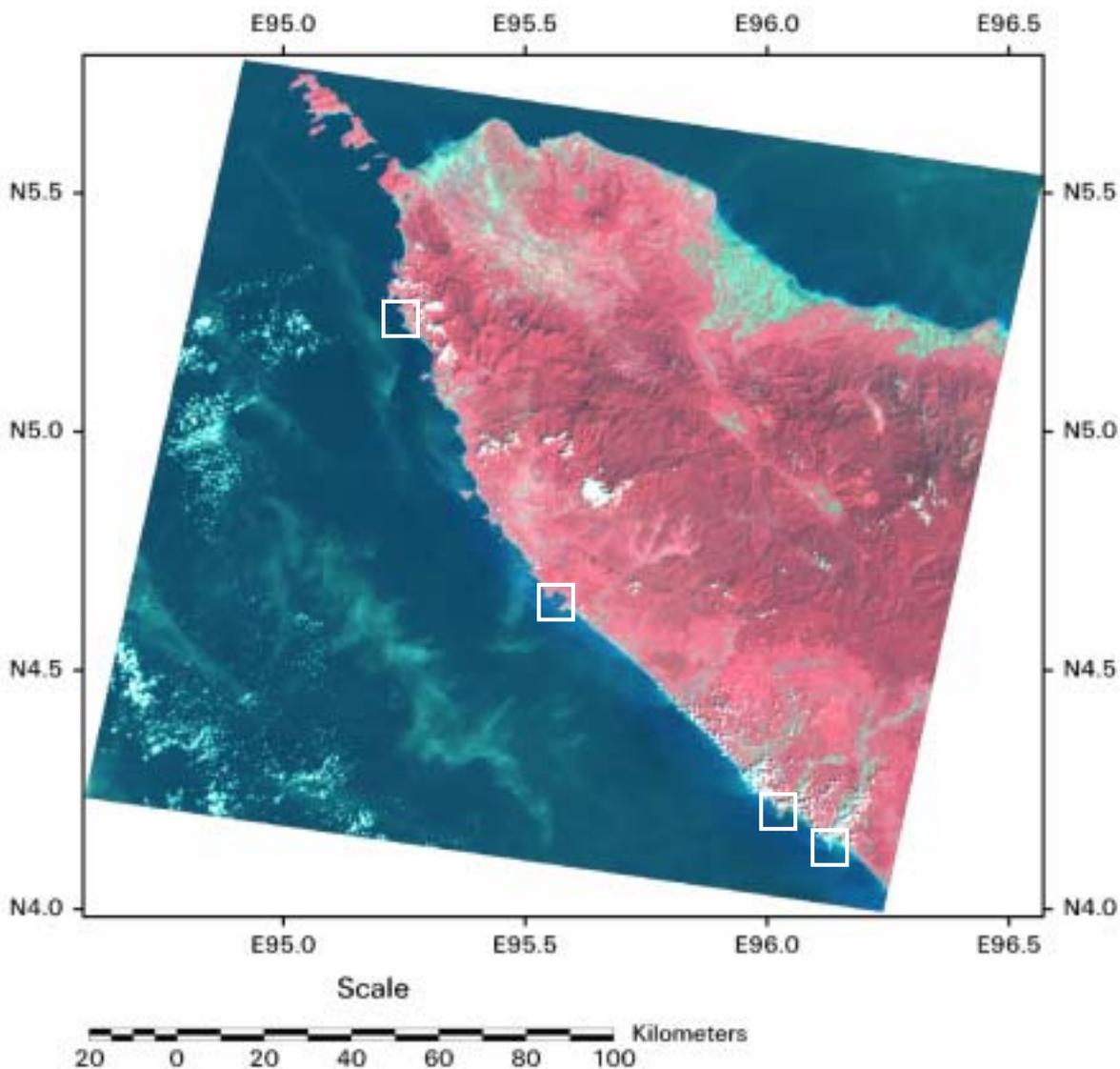


図2-3-6 選択した被害エリア（白枠が選択範囲）

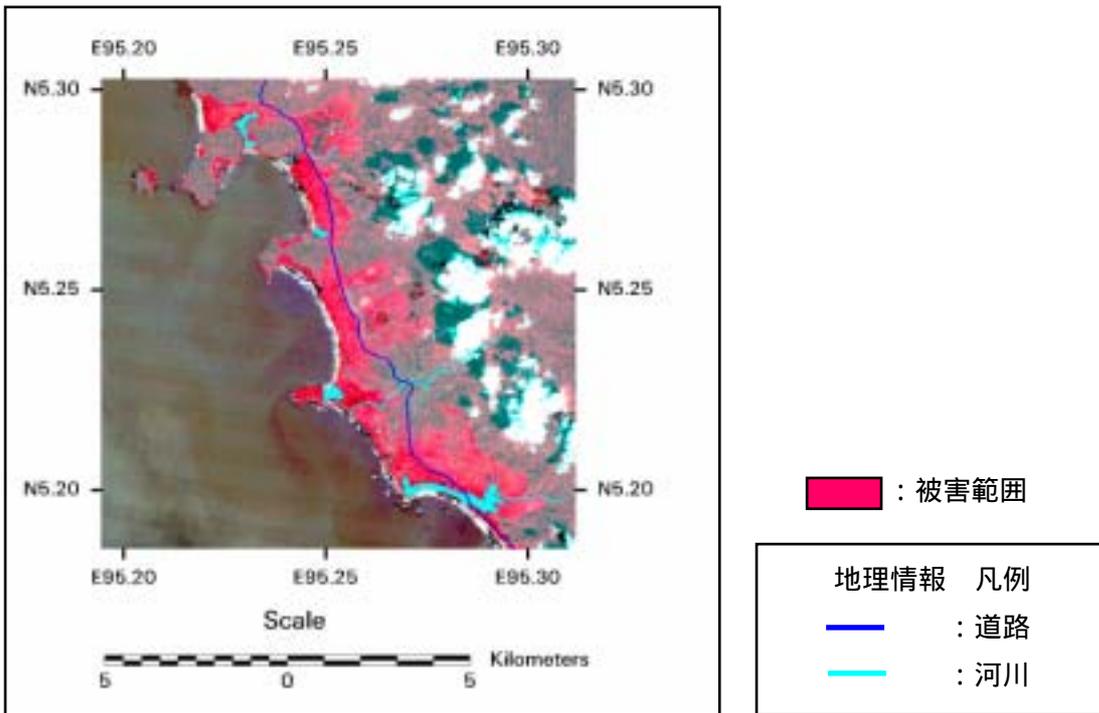


図2-3-7 重大被害エリア（その1：Blangme）

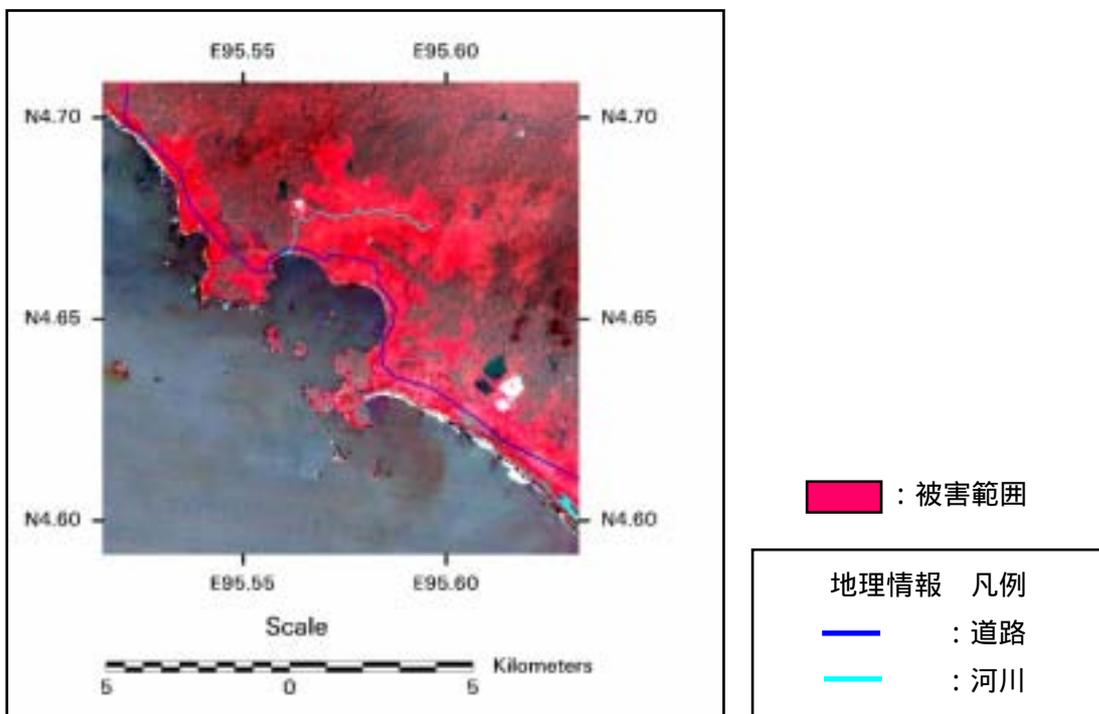


図2-3-8 重大被害エリア（その2：Calang）

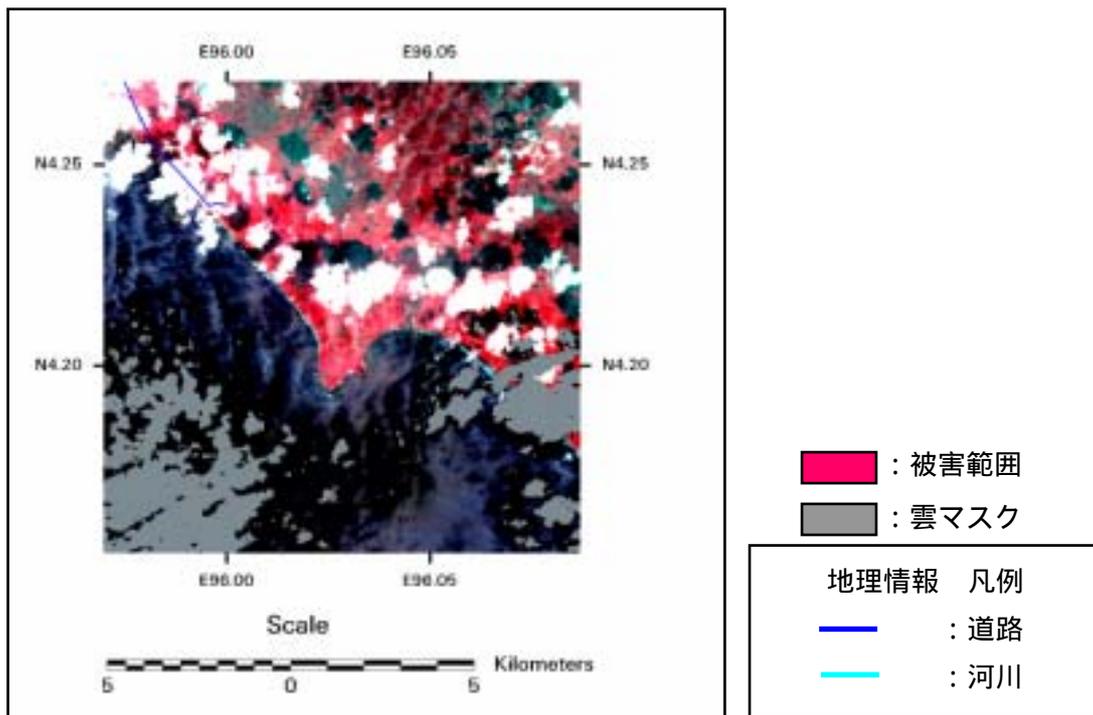


図2-3-9 重大被害エリア（その3：Kuala Bubon）

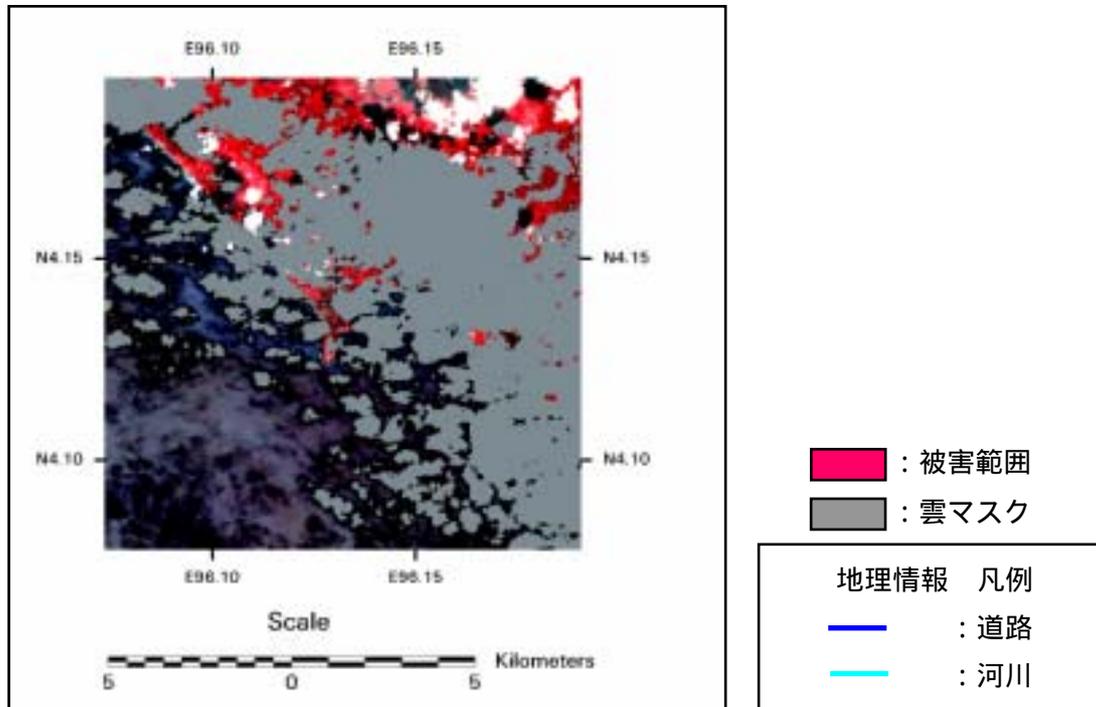


図2-3-10 重大被害エリア（その4：Meulaboh）

図2-3-7から図2-3-10は、フォルスカラー画像のため（R:G:B=B4:B3:B2=近赤外:緑:青）、被災前後の差分画像において「赤色が濃く残って表示された」ということは、近赤外波長の差分が大きいということである。すなわち、近赤外波長帯域に大きく反応する植生の変化が大きいことを示している。このことから、津波により植生が大きく被害を受けている範囲が判読できる。さらに、道路や河川といった都市情報を重ね合わせることによって、人口の集中する場所を推定することができる。今回は、人口が集中する都市域、かつ、植生の被害が大きい場所を、中分解能衛星を利用して選択した。選択した範囲の詳細な被害把握については、高分解能衛星を利用することとした。

(2) 高分解能衛星画像の利用

前項で選択した被害範囲について、高分解能衛星 (QuickBird) の画像を借用し、詳細な解析を行った。QuickBird の画像はパングロマティック (モノクロ : 解像度約 0.6m) とマルチスペクトル (青、緑、赤、近赤外 : 解像度約 2.4m) があるが、今回はこの 2 種類の画像を合成し、パンシャープン画像 (青、緑、赤、近赤外 : 解像度約 0.6m) を作成して利用した。QuickBird の仕様を表 2-3-1 に示すとともに、使用した被災前後の QuickBird 画像を図 2-3-11 から図 2-3-18 に示す。

表 2-3-1 QuickBird の仕様

スペック項目	QuickBirdデータ
軌道高度	450Km
軌道傾斜角	太陽同期極軌道 (98 °)
衛星重量	950Kg
平均再訪時間	1 ~ 3.5日
センサ機構	プッシュブルームセンサ
ポインティング機構	前後・左右 ±30 °
パングロセンサ分解能	0.61m (直下点で)
パングロバンド帯域	450 ~ 900nm
カラーセンサ分解能	2.44m (直下点で)
カラーバンド帯域	Blue 450 ~ 520nm
	Green 520 ~ 600nm
	Red 630 ~ 690nm
	Near IR 760 ~ 900nm
観測幅	スナップショット : 16.5Km × 16.5Km
	ストリップ : 16.5Km × 165Km
	ステレオ (標準) : 16.5Km × 16.5Km

日立ソフトウェアエンジニアリング株式会社 ホームページより

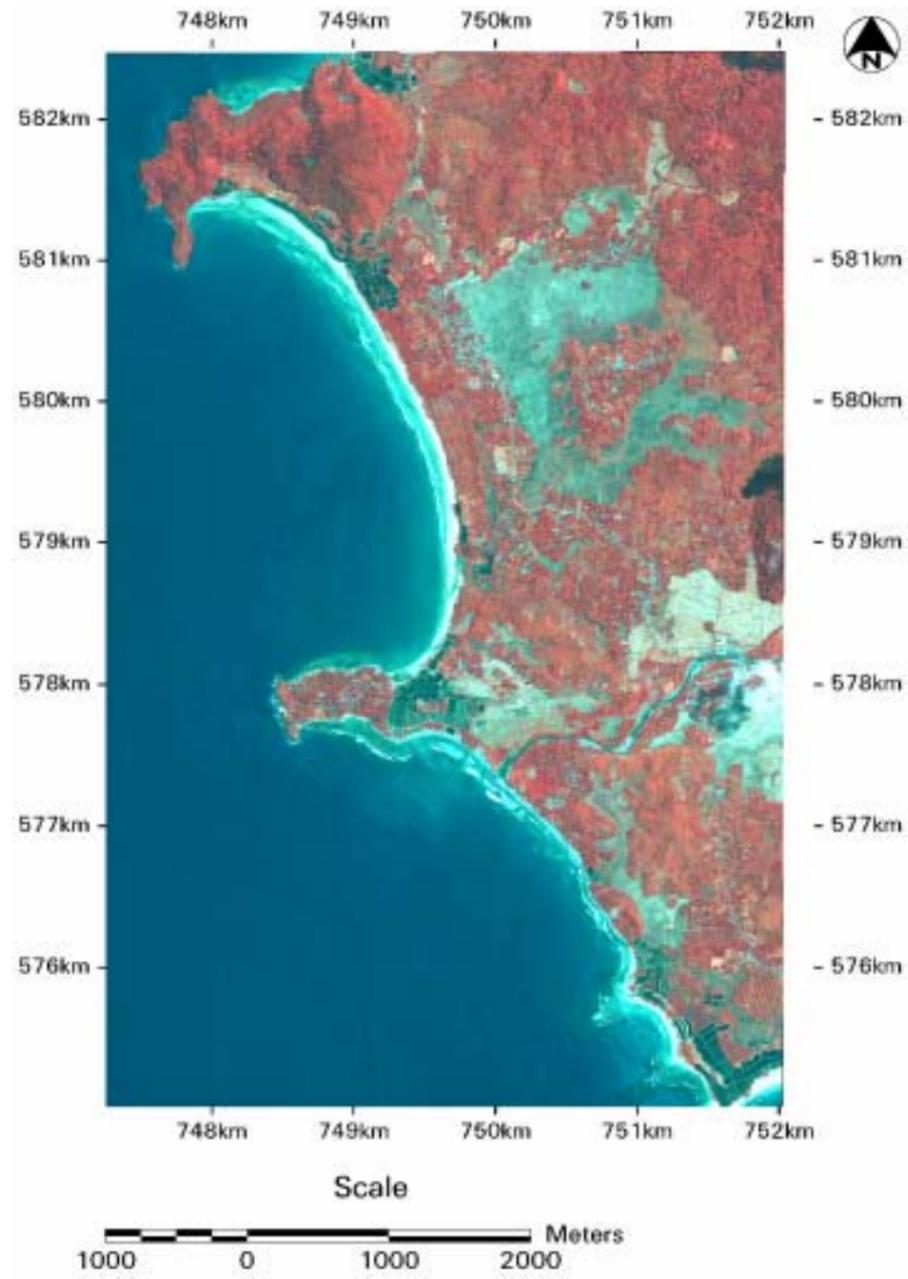


図 2-3-11 False 画像



図 2-3-11 True 画像

Blangme 被災後 2005年1月2日撮影

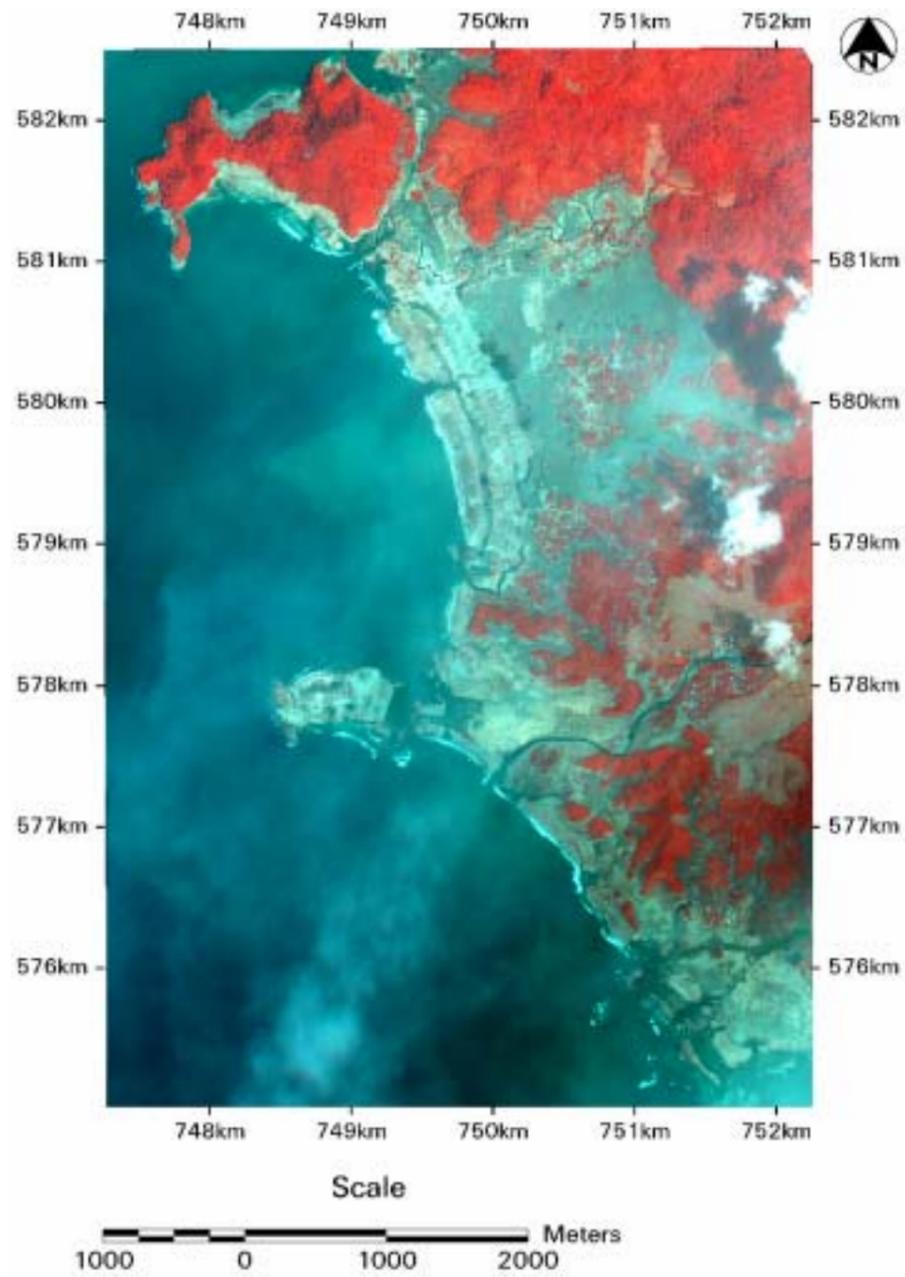


図 2-3-12 False 画像



図 2-3-12 True 画像

Calang 被災前 2004年4月17日撮影

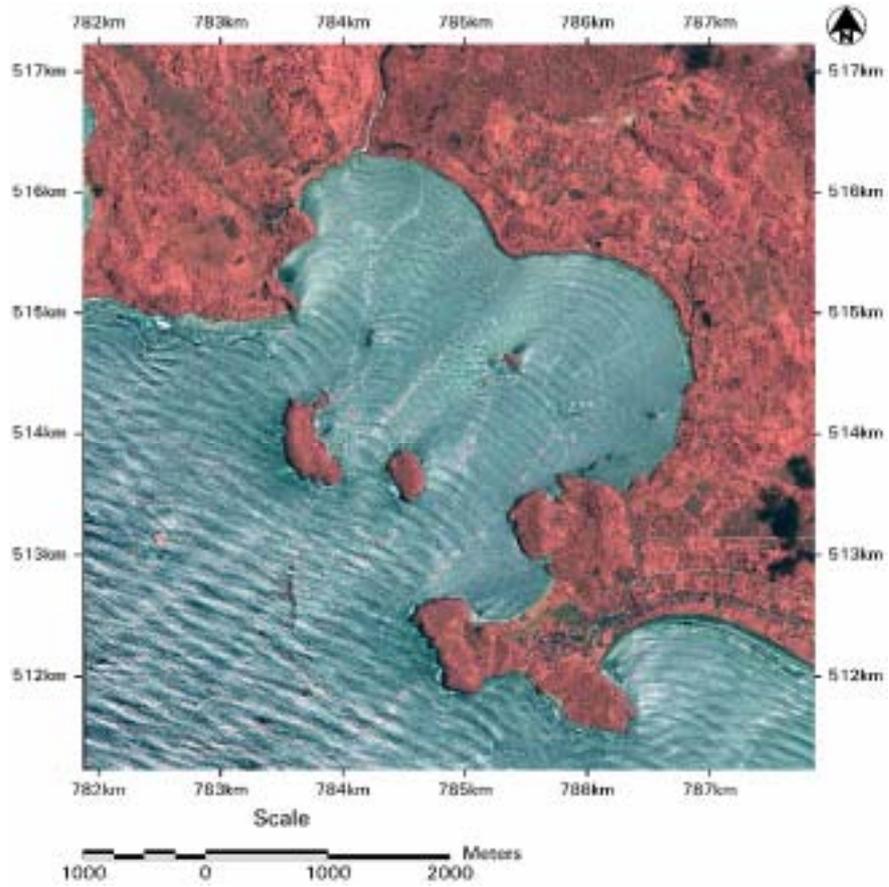


図 2-3-13
False 画像

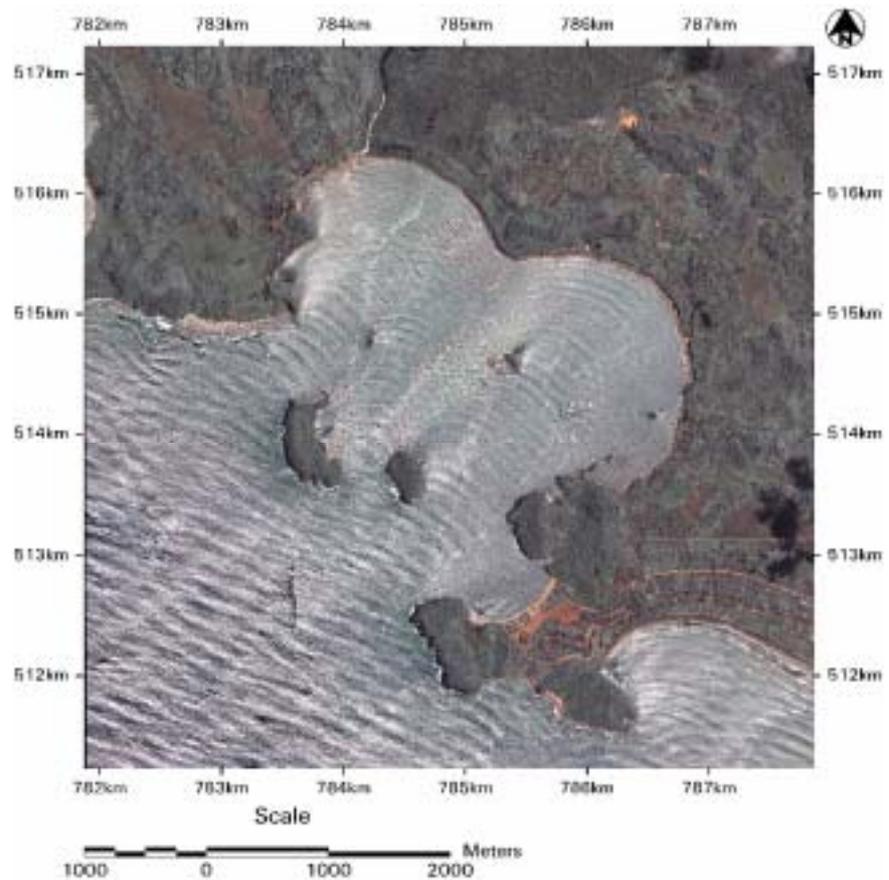


図 2-3-13
True 画像

Calang 被災後 2005年1月7日撮影

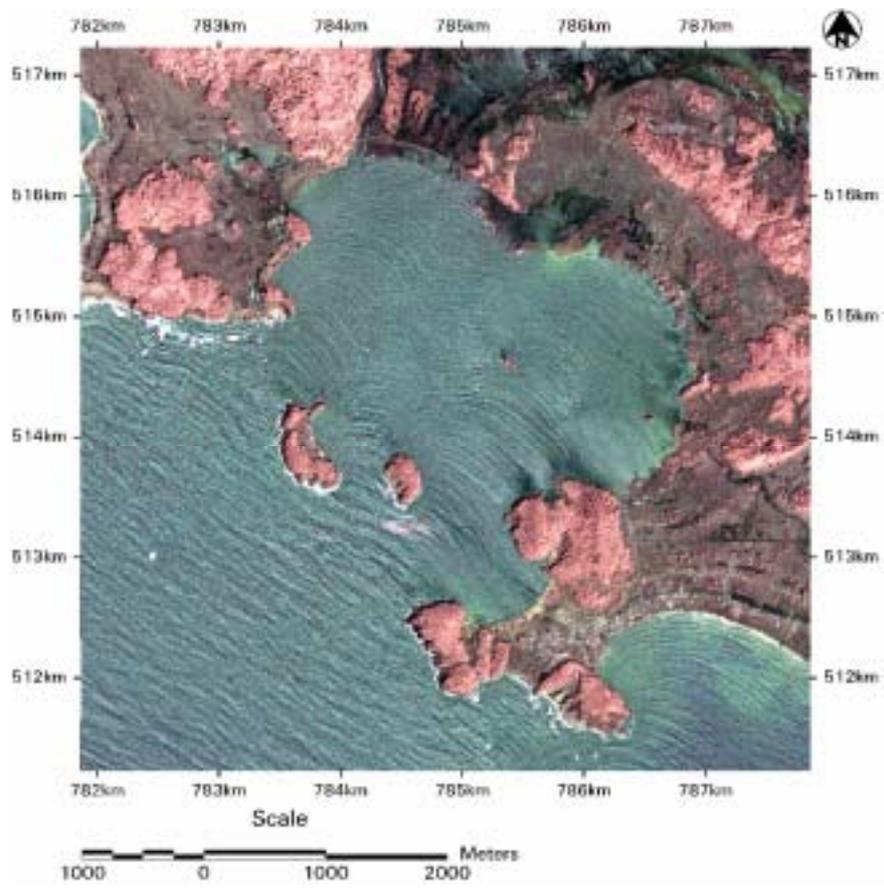


図 2-3-14
False 画像

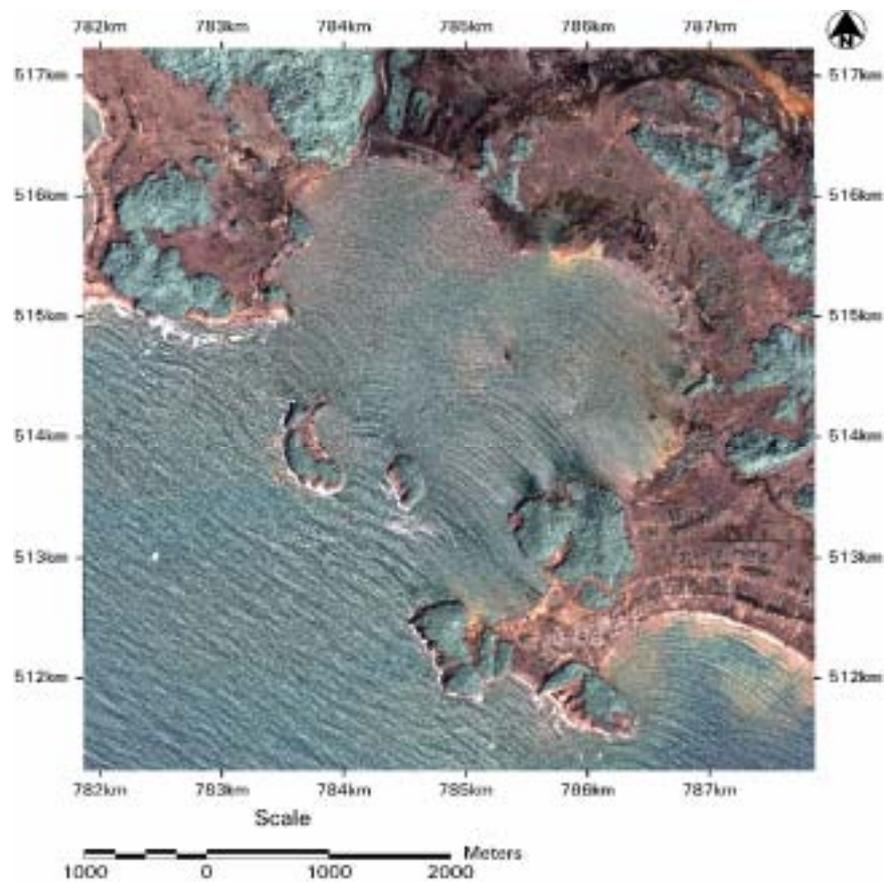


図 2-3-14
True 画像

Kuala Bubon 被災前 2002年9月19日撮影

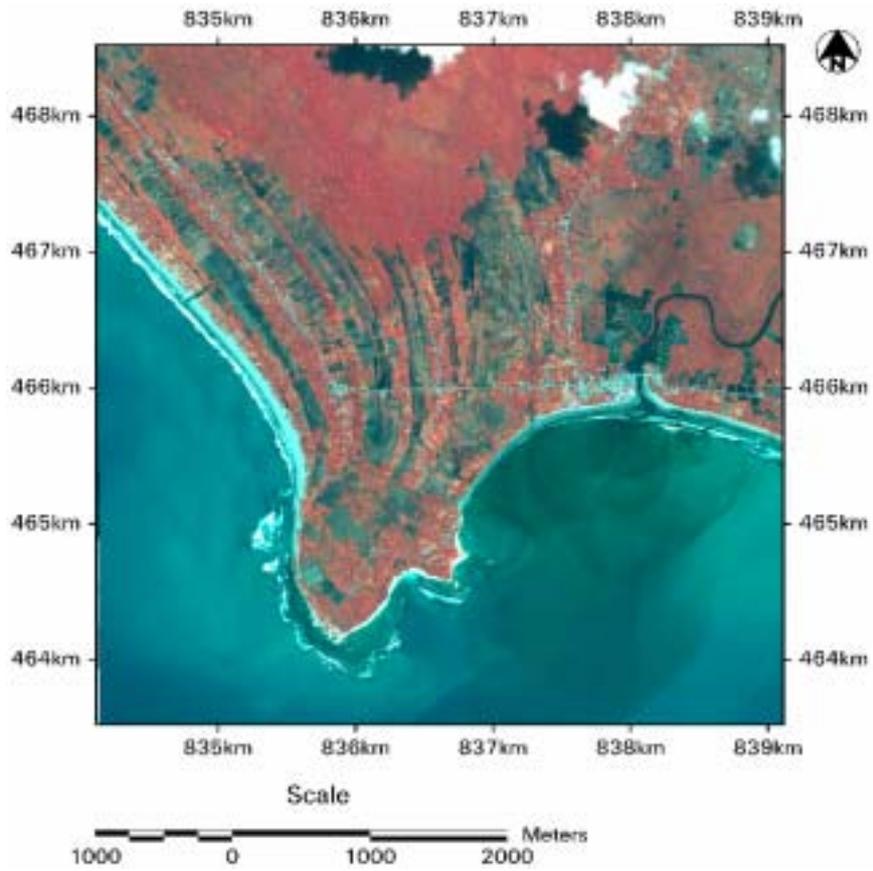


図 2-3-15
False 画像

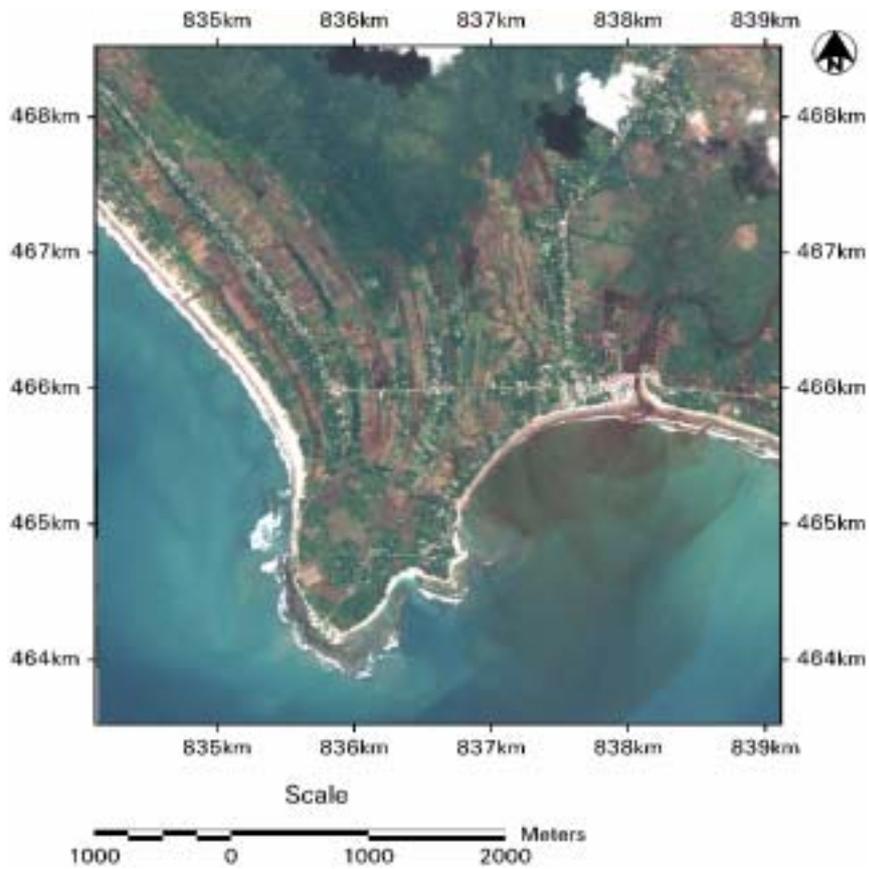


図 2-3-15
True 画像

Kuala Bubon 被災後 2005年1月7日撮影

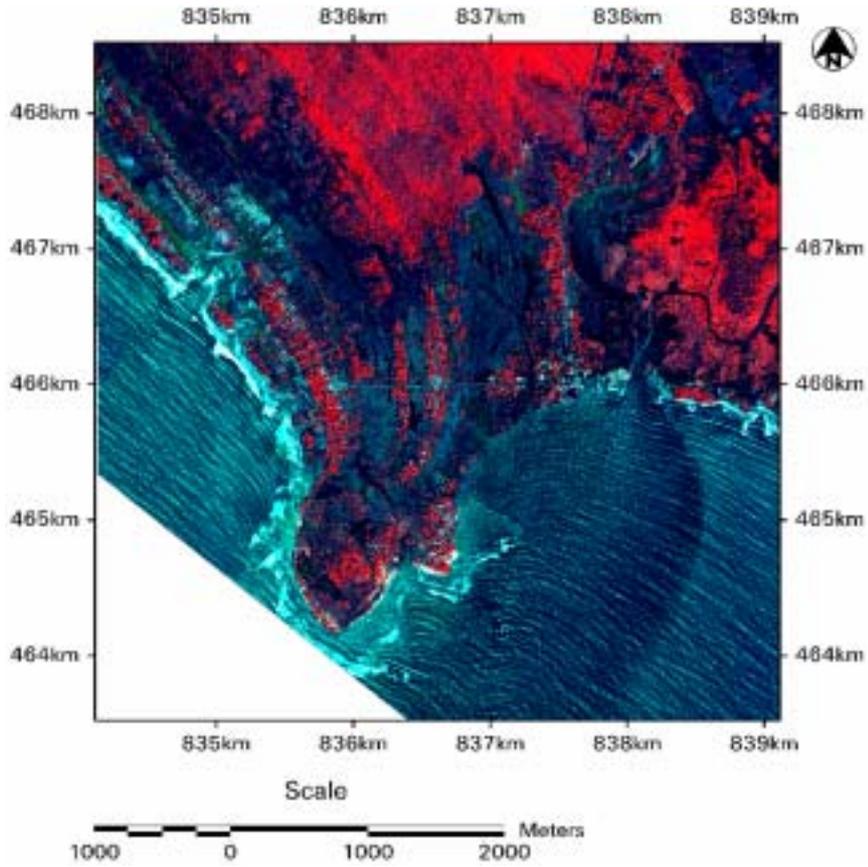


図 2-3-16
False 画像

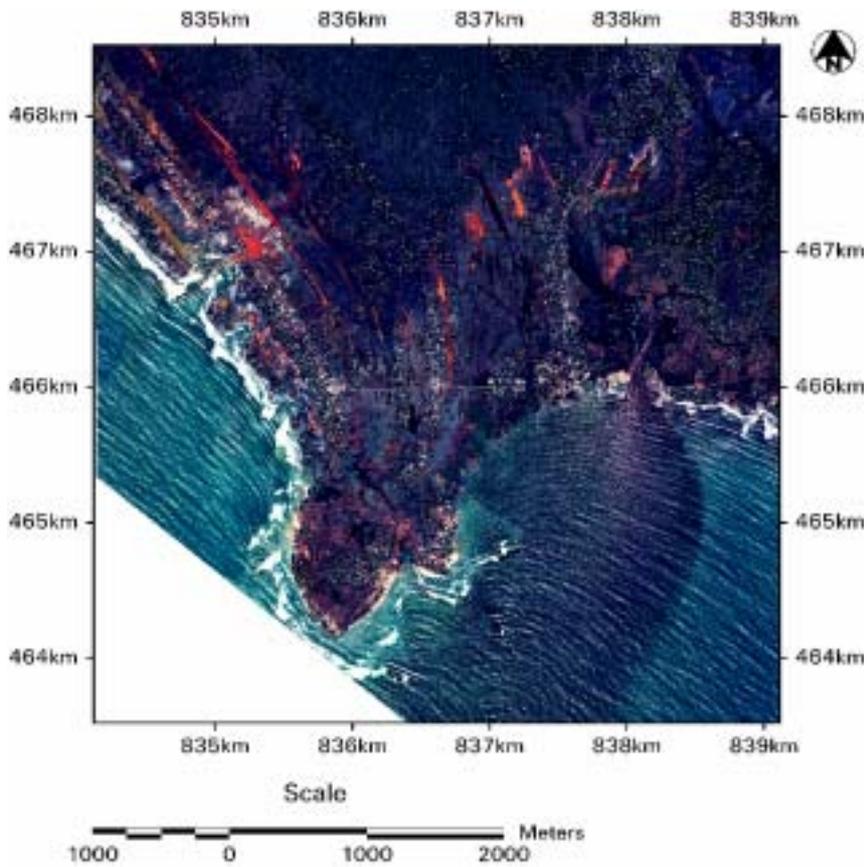


図 2-3-16
True 画像

Meulaboh 被災前 2004年5月18日撮影

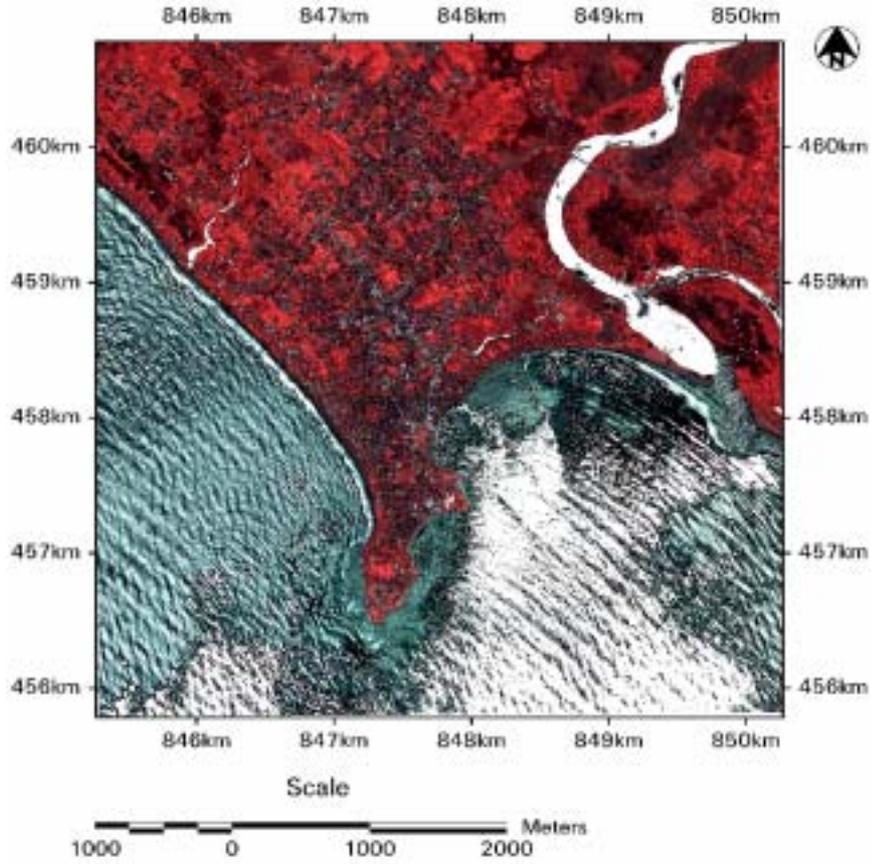


図 2-3-17
False 画像

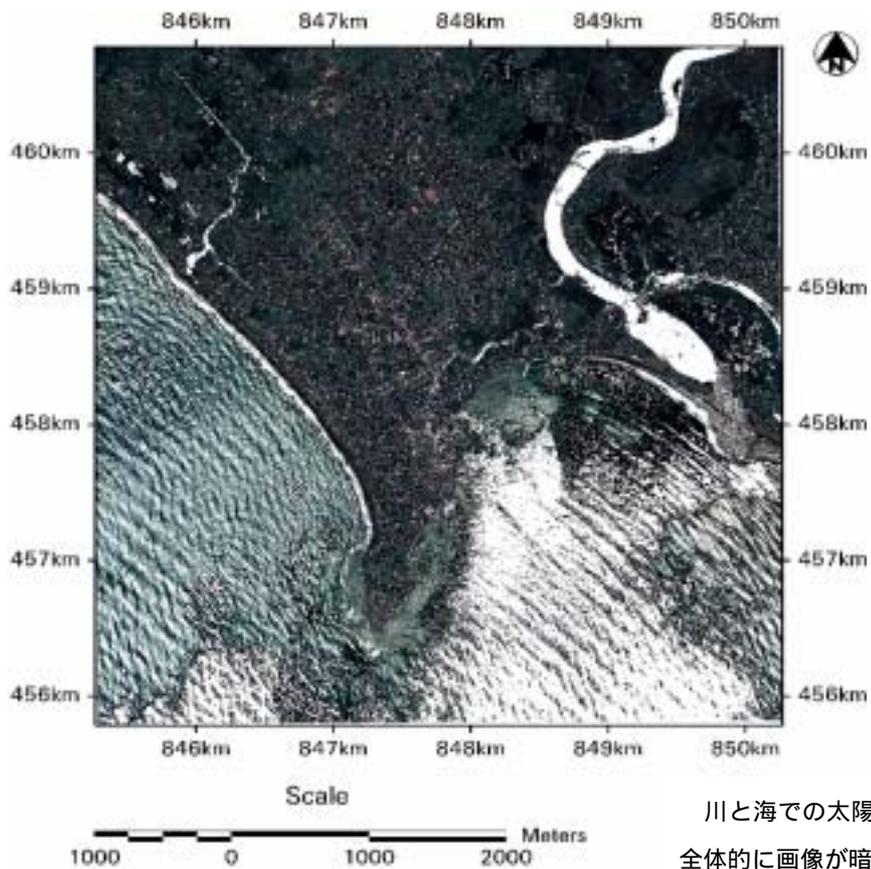


図 2-3-17
True 画像

川と海での太陽光の反射が強いため、
全体的に画像が暗くなっている。

Meulaboh 被災後 2005年1月7日撮影

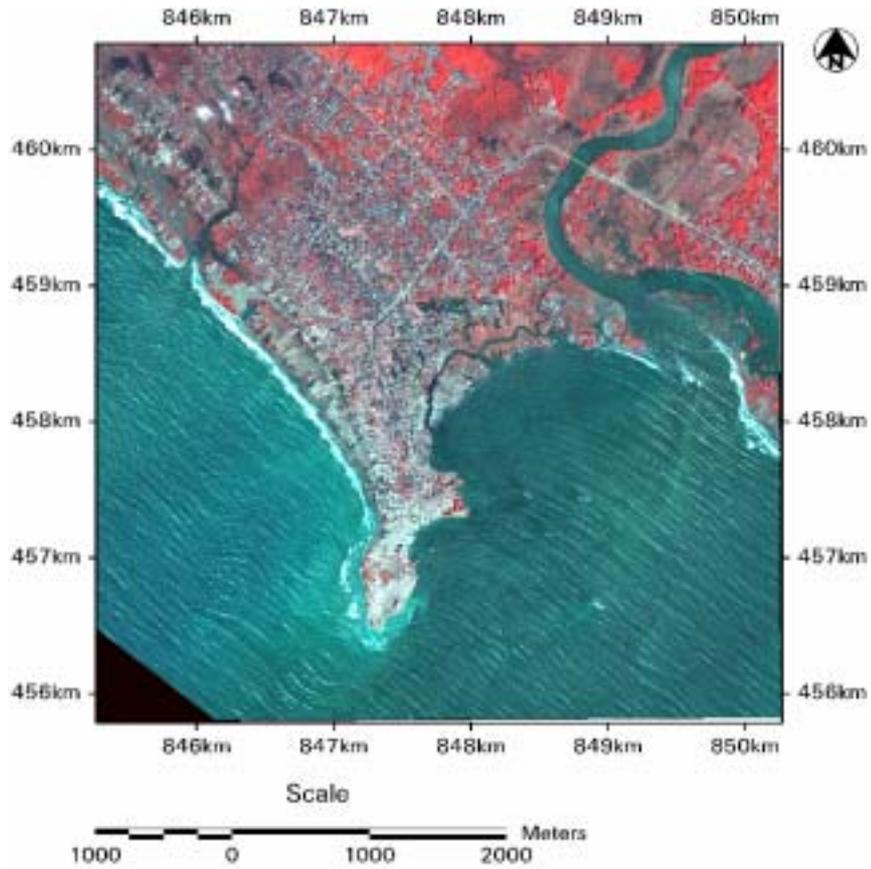


図 2-3-18
False 画像

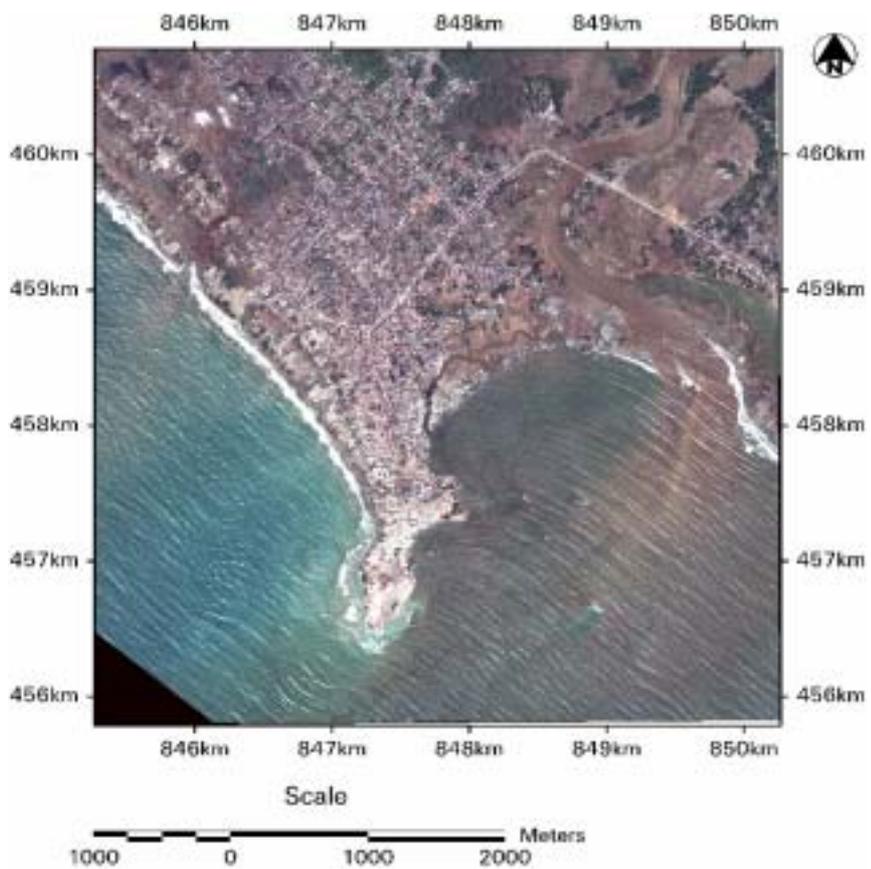


図 2-3-18
True 画像

次に、スマトラ島の高分解能衛星画像を使用して行う画像処理について、フロチャートにとりまとめた。過年度までの報告書や、前節の IKONOS 画像での結果や中分解能衛星での結果を踏まえて、被災後のみの画像しか入手できなかった場合の処理フロチャートを図 2-3-19 に示す。被災前後の画像が入手出来た場合の処理フロチャートを図 2-3-20 に示す。

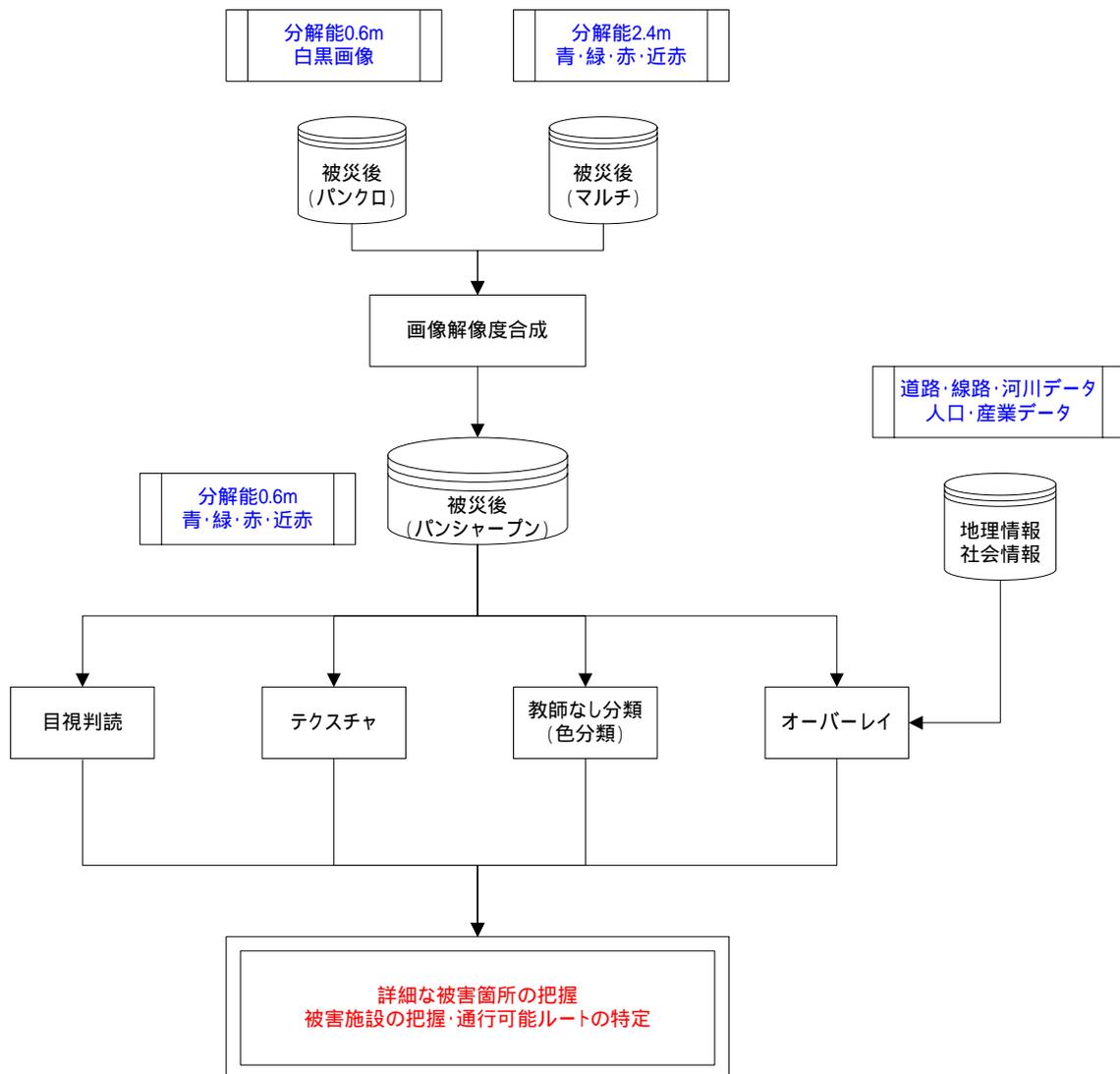


図 2-3-19 高分解能衛星を用いた画像処理フロチャート(被災後の画像のみ使用する場合)
(全体フロー(図 2-2-1)のフローの部分に相当)

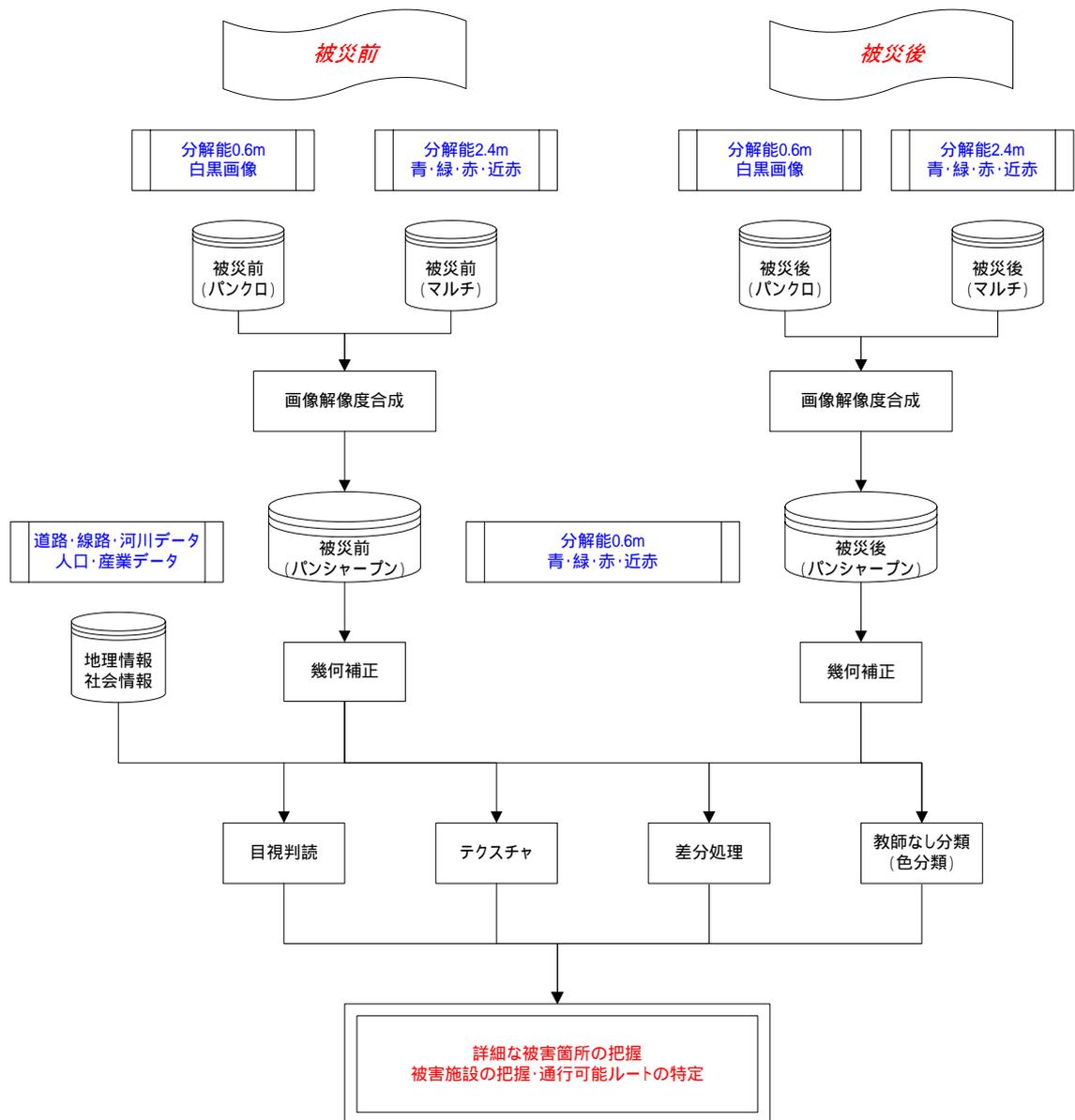


図 2-3-20 高分解能衛星を用いた画像処理フローチャート(被災前後の画像を使用する場合)
(全体フロー(図 2-2-1)のフローの部分に相当)

今回は被災前後の画像が使用可能であるため、図 2-3-20 のフローチャートに沿って画像処理を進めることとした。