

### 3) 道路閉塞・建物倒壊

道路閉塞または建物倒壊の抽出には、エッジオーバーレイ、テクスチャオーバーレイ、多時期画像による教師なし分類を試行した。図 2-4-18 に道路閉塞・建物倒壊現場の被災前後の画像および各種処理結果を示す。

#### 道路閉塞

- エッジオーバーレイ、テクスチャオーバーレイでは、線の成分が多すぎ、道路閉塞の被災箇所を特定することが困難である。
- 多時期画像の教師なし分類では、道路閉塞箇所は特定のクラスには分類されていないが、建物倒壊が道路の分類クラスを遮る箇所としての認識は可能である。
- エッジオーバーレイ、テクスチャオーバーレイは、被災後のみのエッジ抽出画像およびテクスチャ解析画像を上回る視認性は認められなかった。

#### 建物閉塞

- エッジオーバーレイ、テクスチャオーバーレイでは、線の成分が多すぎ、建物倒壊の被災箇所を特定することが困難である。
- 多時期画像の教師なし分類では、変化箇所が何らかの分類クラスに分類されているが、被災箇所の分類クラスとそれ以外の変化箇所の区別が困難である。



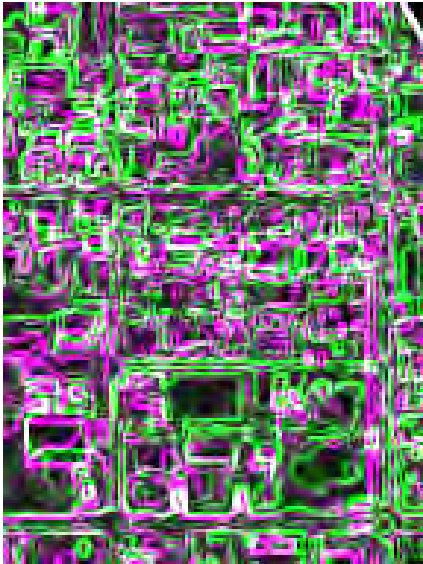
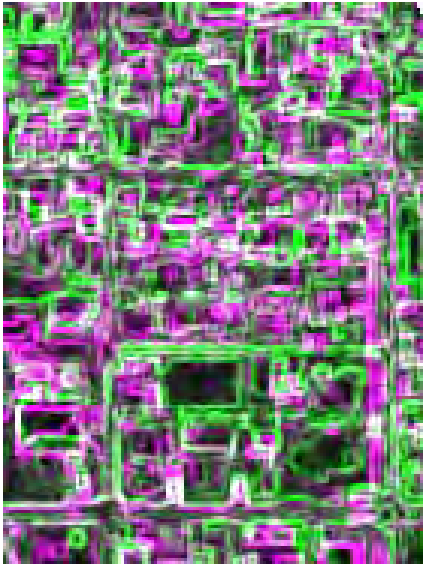
<p>被災前</p> 	<p>被災後</p> 
<p>エッジオーバーレイ (RGB = 後、前、後) 評価: ( × )</p>  <p>【図の説明】 グリーン、マゼンダは被災前後でエッジに変化のある箇所を、白黒は被災前後でエッジに変化のない箇所を示した。 グリーンは被災前でエッジのある箇所、マゼンダは被災後でエッジのある箇所、白は被災前後でエッジのある箇所、黒は被災前後でエッジのない箇所を示す。</p>	<p>テクスチャオーバーレイ (RGB = 後、前、後) 評価: ( × )</p>  <p>【図の説明】 グリーン、マゼンダは被災前後でテクスチャに変化のある箇所を、白黒は被災前後でテクスチャに変化のない箇所を示した。 グリーンは被災前でテクスチャのある箇所、マゼンダは被災後でテクスチャのある箇所、白は被災前後でテクスチャのある箇所、黒は被災前後でテクスチャのない箇所を示す。</p>
<p>【低評価の理由】 影の影響、画像間の位置ずれなど、被災以外の要因によるエッジ変化箇所が視認性を低下させている。</p>	<p>【低評価の理由】 影の影響、画像間の位置ずれなど、被災以外の要因によるテクスチャ変化箇所が視認性を低下させている。</p>

図 2-4-18(1) 建物倒壊現場の被災前後の画像および各種処理結果

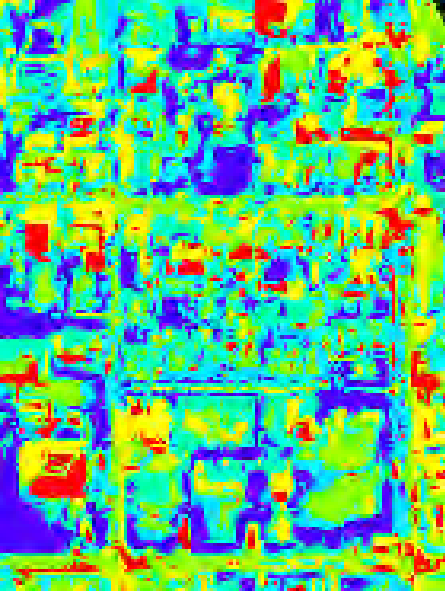
<p>教師なし分類（多時期）</p> <p>評価：（×）</p>  <p>【図の説明】 6 種類のカラーはそれぞれ、被災前後の画像内（被災前後の RGB の六次元特徴空間）で互いに類似する特徴をもった 6 つのグループを 6 色の擬似カラーで表示した。色は特に意味を持たないが、寒色系は 2 時期の元画像とも暗い箇所（樹木、影等）を示し、赤色は被災後に明るくなった箇所を示し、黄色は被災後に暗くなった箇所を示す。</p>	<p>&lt; 一連の処理結果の表現の説明 &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 処理名の右に示す評価は、表 2-4-4（p84）に示す絶対評価と相対評価を並記したものであり、括弧内は相対評価を示す。</li> </ul>
<p>【低評価の理由】 影の影響、画像間の位置ずれなど、被災以外の要因による色調変化箇所が視認性を低下させている。</p>	

図 2-4-18(2) 建物倒壊現場の被災前後の画像および各種処理結果

#### 4) 堤防破損

堤防破損はエッジオーバーレイ、テクスチャオーバーレイを試行した。図 2-4-19 には堤防破損現場の被災前後の画像および各種処理結果を示す。

- エッジオーバーレイ、テクスチャオーバーレイともに被災状況が反映されている。被災後画像のみのエッジ抽出、テクスチャ解析と比べて被災によって明るく変化した箇所が明瞭に識別でき、効果的であった。

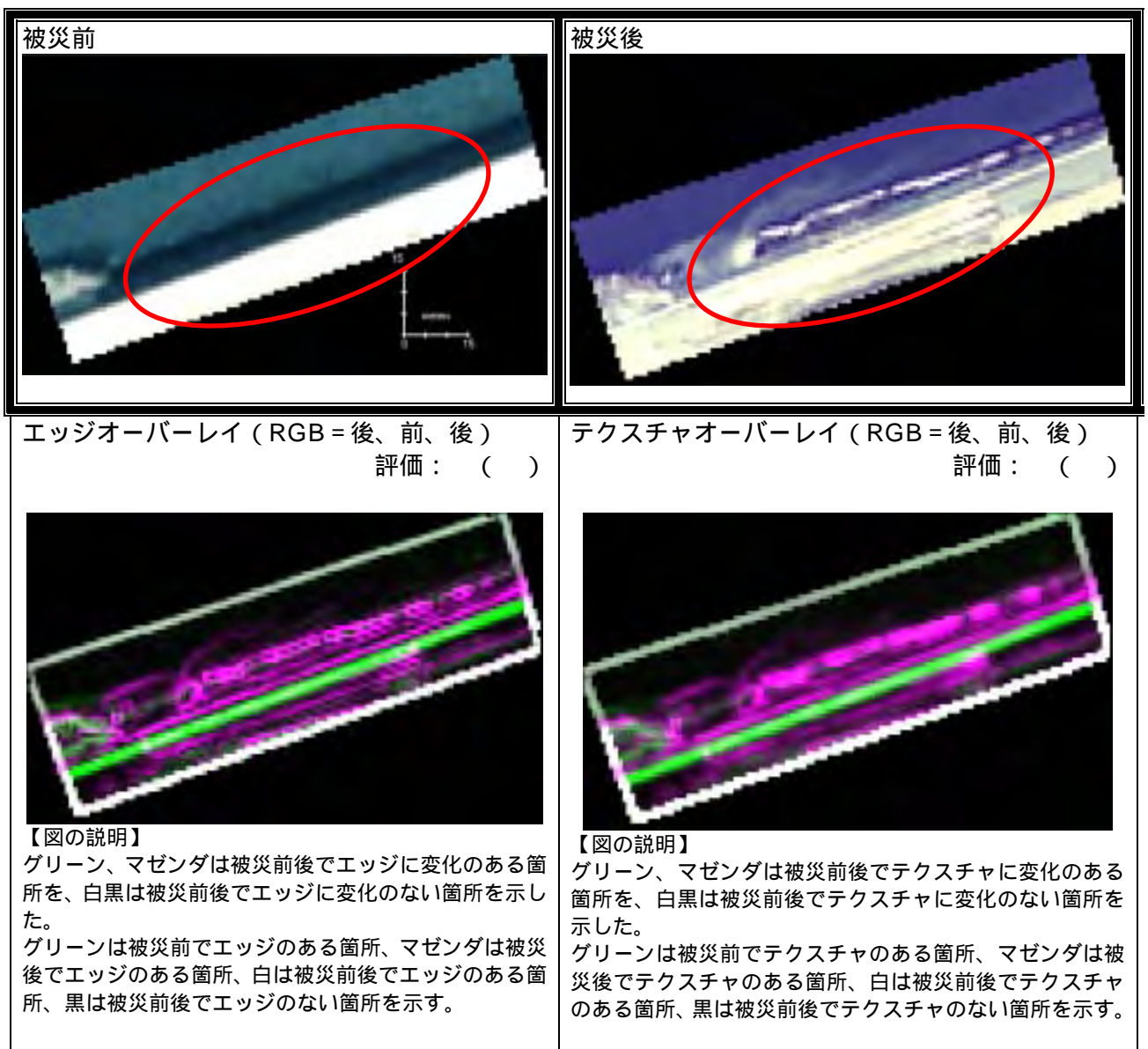


図 2-4-19 堤防破損現場の被災前後の画像および各種処理結果

## 5) 土砂災害

土砂災害ではエッジオーバーレイ、テクスチャオーバーレイ、多時期画像の教師なし分類を試行した。図 2-4-20 および図 2-4-21 には土砂災害現場の被災前後の画像および各種処理結果を示す。また、図 2-4-22 には、撮影時期の異なる画像の組み合わせのほかに画像情報以外の組み合わせとして試行した、地図と標高との組み合わせ結果を示す。

- エッジオーバーレイ、テクスチャオーバーレイでは、土砂災害箇所の境界線の抽出が可能である。とくにテクスチャオーバーレイでは鮮明な境界のみが抽出されるため、エッジオーバーレイより被災箇所の識別が容易である。被災後画像のみの場合と比べて変化箇所が明瞭に識別でき、効果的であった。しかし、2 時期の日照条件の違いによる樹木の影の差異や経年変化によって裸地化した箇所も同様に抽出されるため注意が必要である。
- 教師なし分類では、森林から裸地への変化箇所が特定のクラスに分類されている。被災後のみの画像の教師なし分類と比較すると、土地被覆が変化した箇所以外の裸地が別クラスに分類されていることがわかり、その分抽出精度が向上しているといえる。しかし、経年変化によって裸地化した箇所も同様に抽出されるため注意が必要である。
- 画像情報以外のデータを用いた複合的処理のうち地図画像との重ね合わせでは、仮に土地勘のない被災地に対しても場所の特定が可能になる点、等高線と重ね合わせることで崩壊地と裸地の区別が可能になる点で効果的であることが示唆された。標高データとの重ね合わせによる鳥瞰画像では、傾斜を可視化することで崩壊地と裸地を直観的に区別することが可能で、有効性が示唆された。ただし、組み合わせる情報は被災形態によって異なる点に注意が必要である。

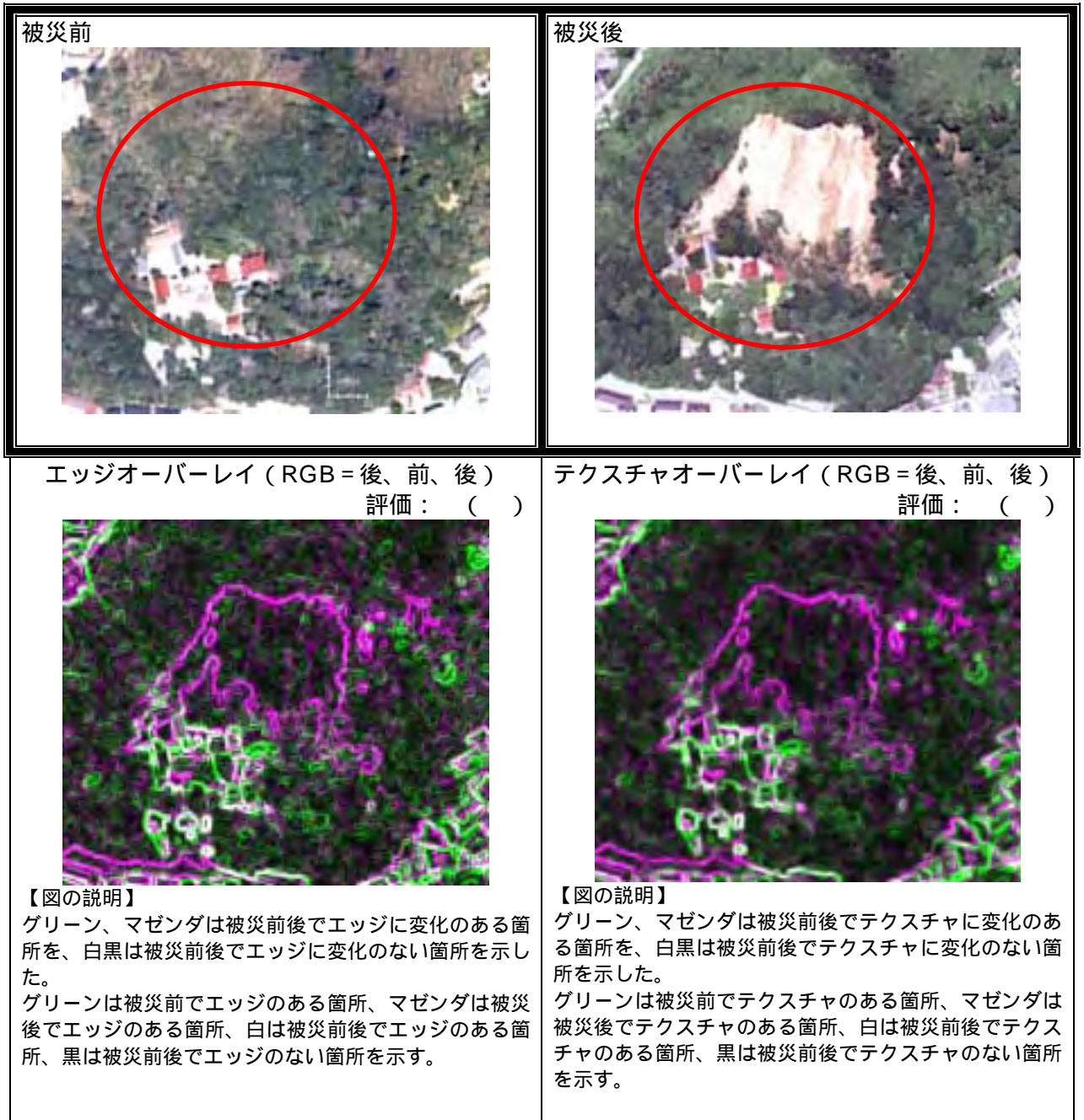


図 2-4-20(1) 土砂災害 現場の被災前後の画像および各種処理結果



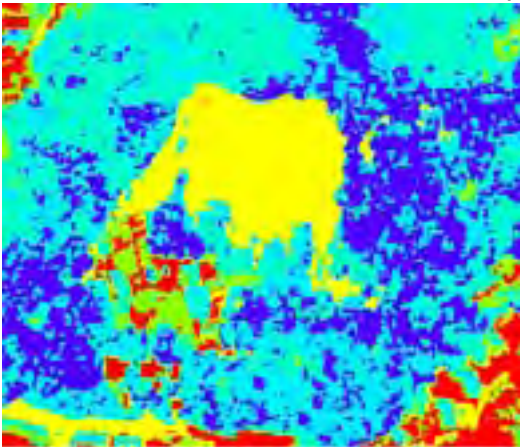
<p>教師なし分類（多時期）</p> <p>評価：（ ）</p>  <p>【図の説明】 6 種類のカラーはそれぞれ、被災前後の画像内（被災前後の RGB の六次元特徴空間）で互いに類似する特徴をもった 6 つのグループを 6 色の擬似カラーで表示した。 色は特に意味を持たないが、寒色系は 2 時期の元画像とも暗い箇所（樹木、影等）を示し、赤色は被災前後とも明るい箇所を示し、黄色は被災後に明るくなった箇所を示す。</p> <p>【高評価の理由】 被災前後の画像を用いることで、崩壊前から裸地だった箇所と崩壊によって裸地化した箇所が異なる分類クラスに区分されるため、被災箇所の識別が明瞭となり、抽出精度の向上に有効であると判断された。</p>	<p>&lt; 一連の処理結果の表現の説明 &gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>処理名の右に示す評価は、表 2-4-4(p84)に示す絶対評価と相対評価を並記したものであり、括弧内は相対評価を示す。</li> </ul>
--	--

図 2-4-20(2) 土砂災害 現場の被災前後の画像および各種処理結果

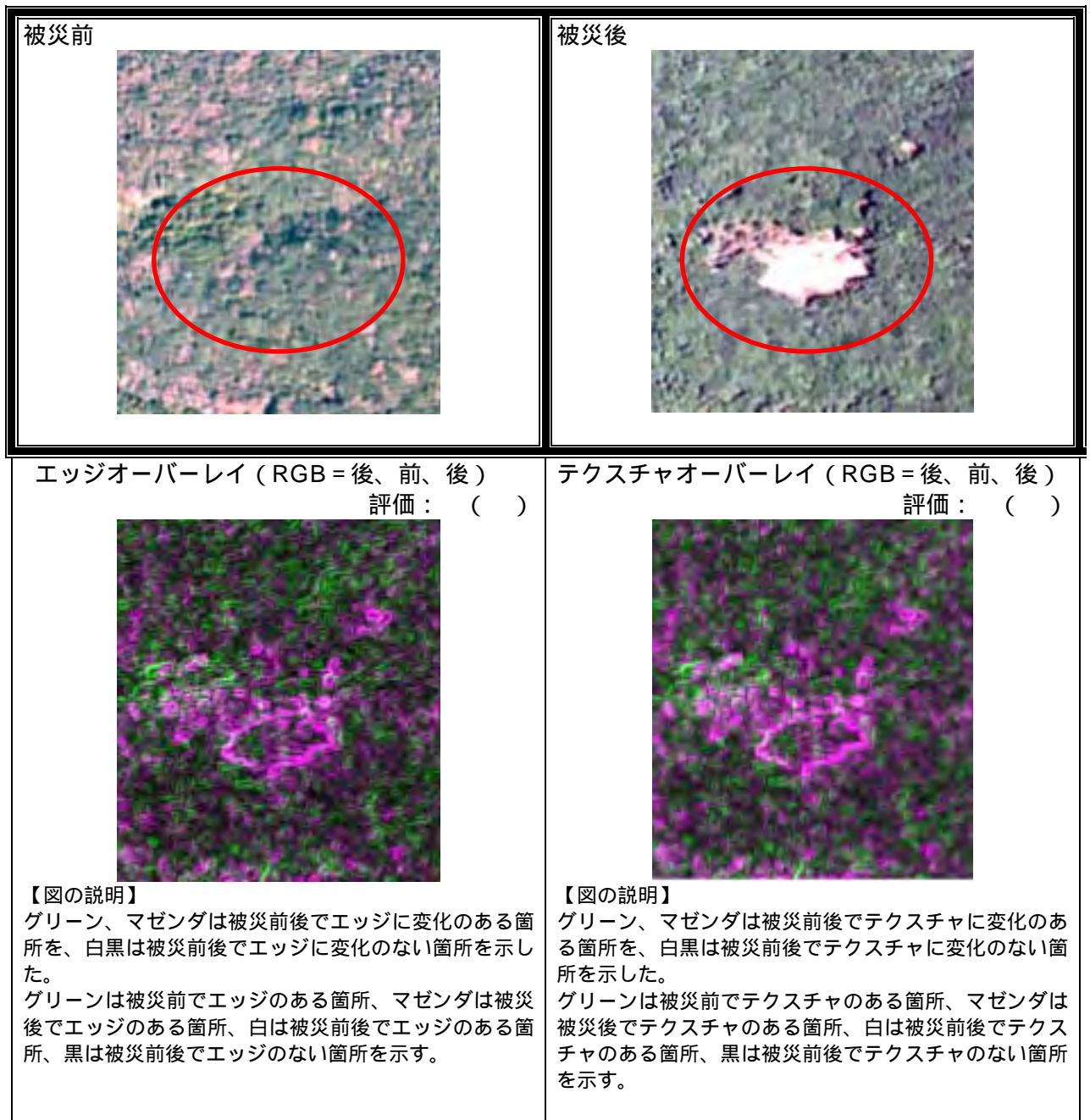


図 2-4-21(1) 土砂災害 現場の被災前後の画像および各種処理結果



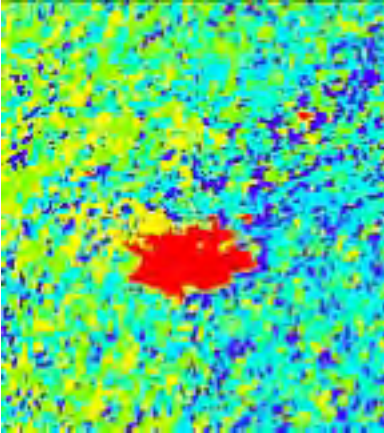
<p>教師なし分類（多時期）</p> <p style="text-align: right;">評価：（ ）</p>  <p>【図の説明】 6種類のカラーはそれぞれ、被災前後の画像内（被災前後のRGBの六次元特徴空間）で互いに類似する特徴をもった6つのグループを6色の擬似カラーで表示した。色は特に意味を持たないが、寒色系は2時期の元画像とも暗い箇所（樹木、影等）を示し、赤色は被災後に明るくなった箇所を示し、黄色は被災後に暗くなった箇所を示す。</p>	<p>&lt;一連の処理結果の表現の説明&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>処理名の右に示す評価は、表 2-4-4(p84)に示す絶対評価と相対評価を並記したものであり、括弧内は相対評価を示す。</li> </ul>
<p>【高評価の理由】 被災前後の画像を用いることで、崩壊前から裸地だった箇所と崩壊によって裸地化した箇所が異なる分類クラスに区分されるため、被災箇所の識別が明瞭となり、抽出精度の向上に有効であると判断された。</p>	

図 2-4-21(2) 土砂災害 現場の被災前後の画像および各種処理結果





<p>被災前</p> 	<p>被災後</p> 
<p>地図との重ね合わせ</p> <p style="text-align: right;">評価： ( )</p>  <p>【図の説明】 被災後画像と数値地図 1/25,000 (地図画像) を重ね合わせた例。青色は道路、建物、地名等の情報を、茶色は等高線を示す。</p> <p>【高評価の理由】 地図情報を重ね合わせることで、仮に土地勘のない被災地に対しても場所の特定が可能になる点、等高線と重ね合わせることで崩壊地と裸地の区別が可能になる点で効果的であると判断された。</p>	<p>標高との重ね合わせ (鳥瞰画像)</p> <p style="text-align: right;">評価： ( )</p>  <p>【図の説明】 標高データを用いて被災後画像を鳥瞰表示した例。起伏が立体的に可視化される。</p> <p>【高評価の理由】 標高データを重ね合わせ傾斜を可視化することで、崩壊地と裸地を直観的に区別することが可能になる点で効果的であると判断された。</p>

図 2-4-22 土砂災害現場の画像情報以外との複合的処理結果

以上より、画像処理手法の被害形態別の複合処理適用性検討結果を表 2-4-4 にまとめた。上段は、各処理画像の視認性に関する絶対評価であり、下段は原画像に対して視認性が向上したかどうかを示す相対評価である。

表 2-4-4 画像処理手法の被害形態別の複合処理適用性検討結果

施設	情報ニーズ 被災形態	画像処理手法の複合的処理			他の情報との複合的処理	
		エッジ オーバーレイ	テクスチャ オーバーレイ	教師なし分類 (多時期)	地図との重ね 合わせ	標高との重ね 合わせ
橋梁	落橋(道路)	×	×			
	落橋(鉄道)	×	×			
	高架段差(縦ずれ)	×	×			
	高架段差(横ずれ)	×	×			
道路	路面亀裂					
	路面陥没					
	道路閉塞・障害	×	×	×		
建物	建物倒壊	×	×	×		
		×	×	×		
河川・港湾	堤防破損					
	液状化					
	崩壊・土砂流出					
	亀裂					
砂防	土砂災害					

凡例(上段)

- ：高い精度で被災箇所が視認できる
- ：視認可能だが被災していない箇所も抽出してしまう
- ：視認可能だがやや不明瞭
- ×：全く視認できない
- ：被災前画像未整備のため適用不可
- ：被災形態と画像処理のミスマッチのため試行せず

凡例(下段)

- ：原画像より視認性が向上した
- ：原画像と同程度
- ×：原画像よりも劣る
- ：被災前画像未整備のため適用不可
- ：被災形態と画像処理のミスマッチのため試行せず

### (3) IKONOS 画像の適用性検討

本項では、IKONOS 画像を用いた場合の被害形態別の被害箇所抽出の適用性検討を行った。本項の目的は、現状での最高レベルの空間分解能を有する IKONOS 画像での適用性を確認することで、前項までの検討結果を実利用可能な衛星画像に展開する上での確からしさや課題を整理することである。用いた画像は、平成 12 年 7 月 23 日観測の神戸地区の画像および平成 12 年 12 月 4 日の神津島の画像である。いずれも被災後にあたるが、神戸地区の場合被災から 5 年を経過しており、被災状況の抽出可能性を検討することは困難である。したがって、神戸地区の場合は、航空写真からシミュレートした 1m 解像度の画像と IKONOS 画像の視認性を比較し、前項までの検討で使用したシミュレーション画像の妥当性を確認した。神津島の画像については、被災からあまり時間が経過していないため、被災状況の抽出を試みた。

#### 1) 高架段差

対象とした被災箇所は、縦ずれ 1 箇所、横ずれ 1 箇所である。図 2-4-23 に縦ずれ箇所のシミュレーション画像および IKONOS 画像の比較結果を、図 2-4-24 に横ずれ箇所のシミュレーション画像および IKONOS 画像の比較結果を示す。なお、シミュレーション画像と IKONOS 画像は撮影時期が異なる（平成 2 年と平成 12 年）ため、構造物の配置や土地利用が異なる点に注意が必要である。

##### 高架段差（縦ずれ）

- 両画像は同一の解像度（1m）であるが、IKONOS 画像に比べてシミュレーション画像はコントラストが明瞭で、視認性はシミュレーション画像のほうが高い。エッジ抽出、テクスチャ解析、エッジ強調等の処理は、隣接画素との差分が大きいほど処理結果が明瞭になるため、IKONOS 画像を用いた処理結果は、図 2-4-2 よりやや劣ると想定される。しかし、2 時期の日照条件の違い等の影響も含まれているため、普遍的な傾向とは言い切れない点に注意が必要である。

##### 高架段差（横ずれ）

- IKONOS 画像に比べてシミュレーション画像は全体に平滑で見やすい画像である。一方、シミュレーション画像に比べて IKONOS 画像はコントラストが明瞭で道路境界がはっきりしており、全体的には両画像の間に視認性の差はないものと考えられる。しかし、2 時期の日照条件の違い等の影響も含まれているため、普遍的な傾向とは言い切れない点に注意が必要である。

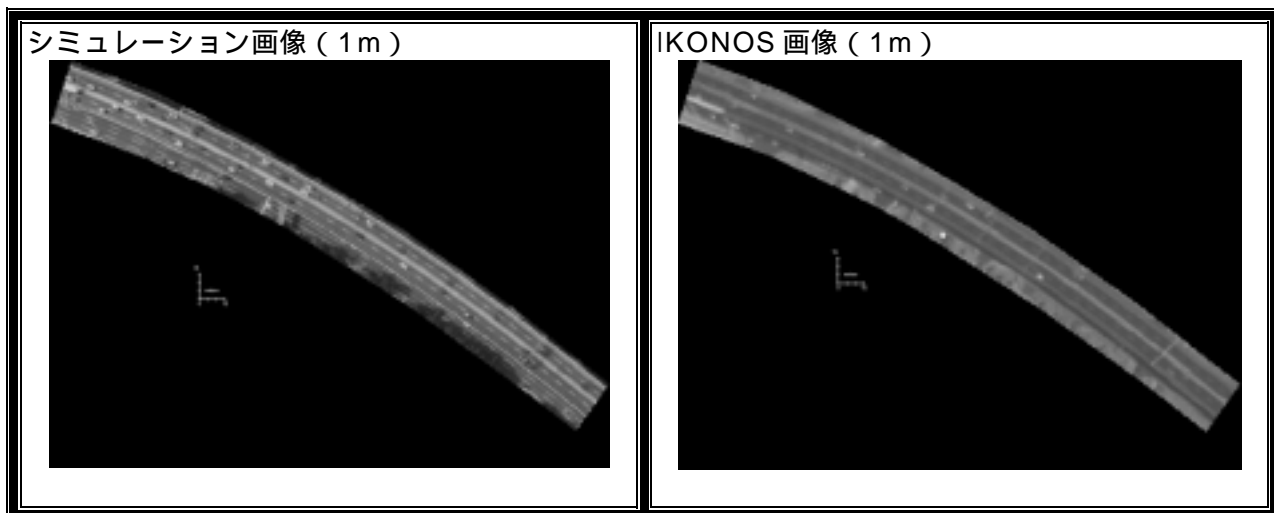


図 2-4-23 高架段差 (縦ずれ) 現場におけるシミュレーション画像と IKONOS 画像の比較

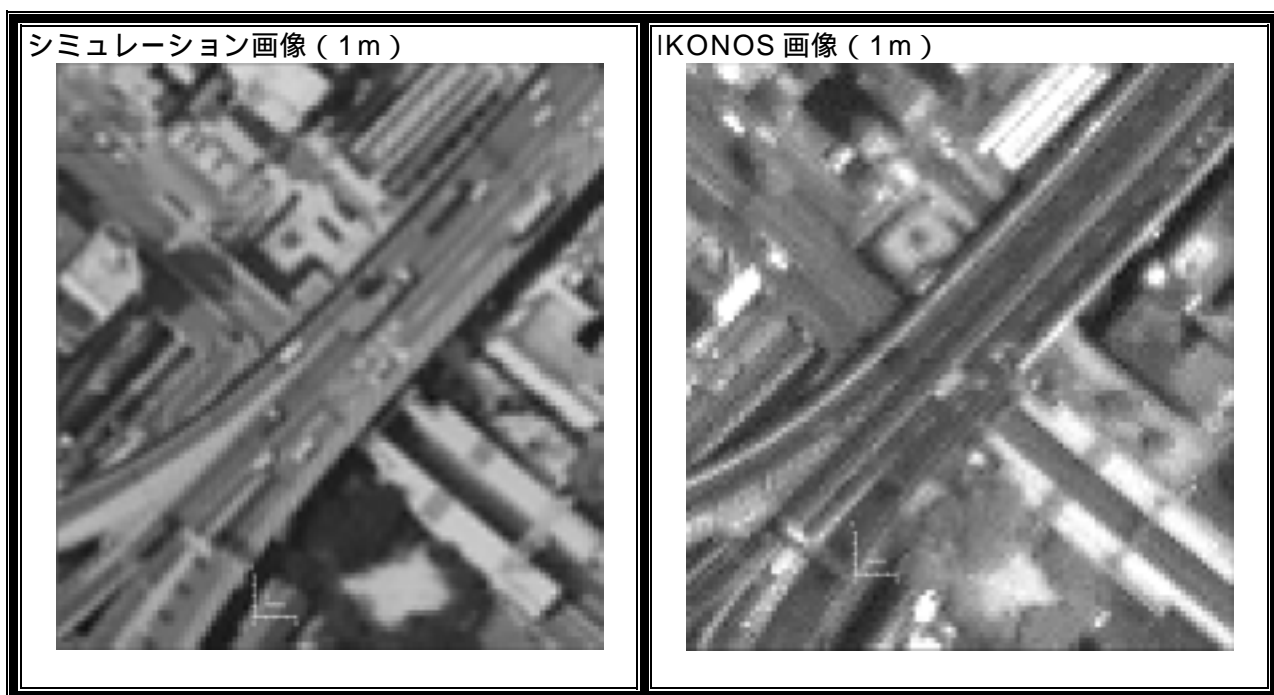


図 2-4-24 高架段差 (横ずれ) 現場におけるシミュレーション画像と IKONOS 画像の比較



## 2) 道路閉塞・建物倒壊

図 2-4-25 にシミュレーション画像および IKONOS 画像の比較結果を示す。なお、シミュレーション画像と IKONOS 画像は撮影時期が異なる（平成 2 年と平成 12 年）ため、家屋の配置や土地利用が異なる点に注意が必要である。

- 両画像はやや明るさと陰影に違いが見られるが、視認性はほぼ同じであると考えられる。陰影の違いは 2 時期の日照条件の違い等の影響であると考えられる。

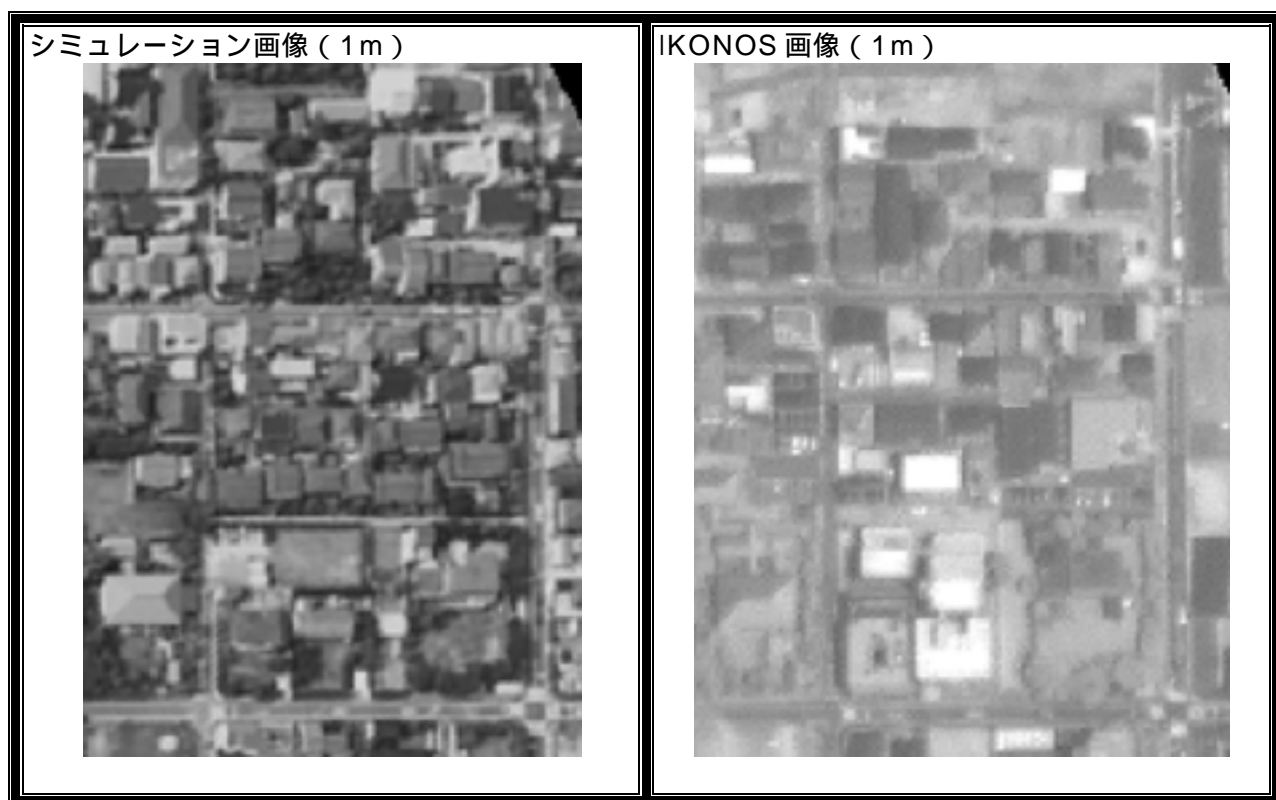


図 2-4-25 道路閉塞および建物倒壊現場におけるシミュレーション画像と IKONOS 画像の比較

### 3) 堤防破損

図 2-4-26 にシミュレーション画像および IKONOS 画像の比較結果を示す。なお、シミュレーション画像と IKONOS 画像は撮影時期が異なる（平成 2 年と平成 12 年）ため、構造物の配置や土地利用が異なる点に注意が必要である。

- IKONOS 画像に比べてシミュレーション画像はコントラストが明瞭で、視認性はシミュレーション画像のほうが高い。エッジ抽出、テクスチャ解析、エッジ強調等の処理は、隣接画素との差分が大きいほど処理結果が明瞭になるため、IKONOS 画像を用いた処理結果は、図 2-4-8 よりやや劣ると想定される。しかし、2 時期の日照条件の違い等の影響も含まれているため、普遍的な傾向とは言い切れない点に注意が必要である。

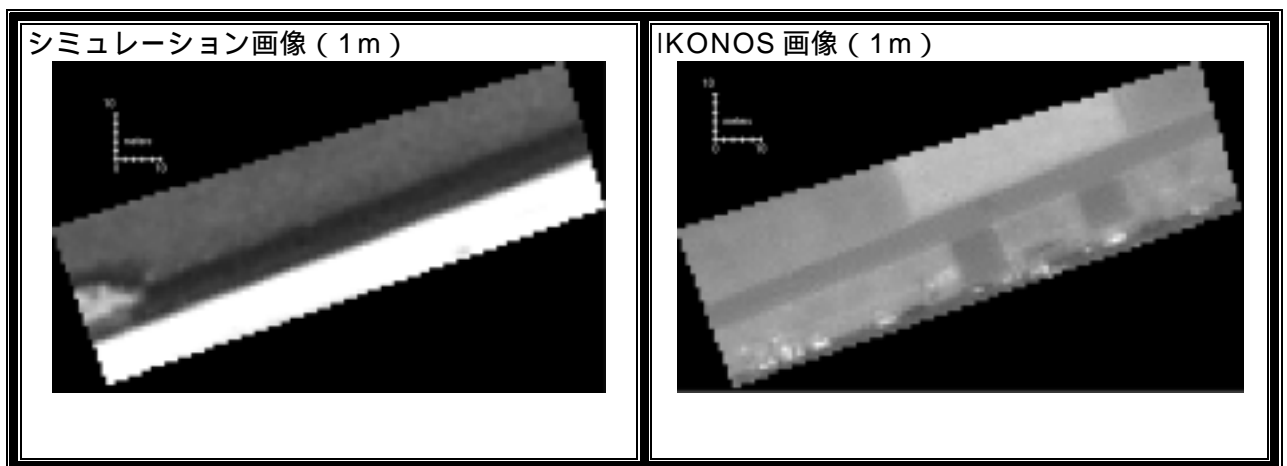


図 2-4-26 堤防破損現場におけるシミュレーション画像と IKONOS 画像の比較

#### 4) 土砂災害

土砂災害の対象地である神津島の画像については、被災からあまり時間が経過していないため、シミュレーション画像と同一の処理（エッジ抽出、教師なし分類、テクスチャ解析、エッジ強調、フーリエ変換）を行い、被災状況の抽出を試みた。

対象とした被災箇所は神津島の1箇所、被災規模は幅数10m、長さ数10m程度である。図2-4-13、図2-4-21に示す土砂災害地点は、IKONOS観測時期に植生が回復していたため、検討から除外した。図2-4-27に各種処理結果を示す。

- 対象とした土砂災害箇所は、フーリエ変換以外、どの手法でも抽出可能で、とくにエッジ強調、教師なし分類が有効であった。
- IKONOS画像は1m解像度のパンクロマティック（白黒）画像、4m解像度のマルチスペクトル画像、1m解像度に合成したパンシャープン画像の3種の画像プロダクトがある。教師なし分類は色情報に基づく抽出手法であり、マルチスペクトル画像、パンシャープン画像とも被災箇所が明瞭に抽出されている。しかしながら、マルチスペクトル画像とパンシャープン画像の教師なし分類結果を比較すると、崩壊箇所の境界の鮮明さや崩壊を免れた箇所の識別などの点でパンシャープン画像の分類結果のほうが精密であり、小規模な被災地への適用性や土砂流出量の試算などを念頭に置いた場合、解像度の高いパンシャープン画像を用いた方が効果的であることが示唆された。
- シミュレーション画像と比べてIKONOS画像は地形や樹木の陰影が強く、エッジ抽出、テクスチャ解析で不必要なエッジが抽出されている例が見受けられる。しかし、シミュレーション画像の撮影時期が7月であるのに対し、IKONOS画像は12月であるため、2時期の日照条件の違い等の影響も含まれており、普遍的な傾向とは言い切れない点に注意が必要である。

シミュレーション画像



IKONOS 画像 (1m : パンクロマティック)



IKONOS 画像 (4m : マルチスペクトル)



【図の説明】

R:G:B に近赤外 : 赤 : 緑のバンドを割り当てたフォールスカラー合成で示しており、植生域が赤色で表現されている。

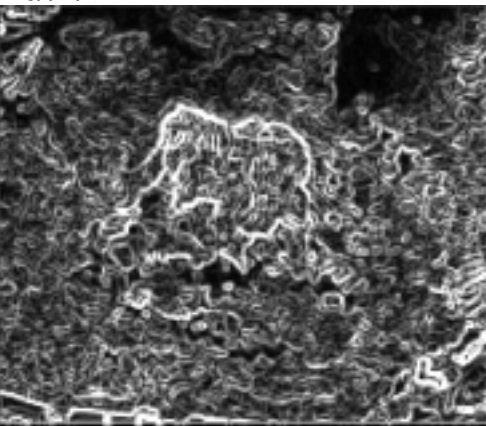
IKONOS 画像 (1m : パンシャープン)



【図の説明】

R:G:B に近赤外 : 赤 : 緑のバンドを割り当てたフォールスカラー合成で示しており、植生域が赤色で表現されている。

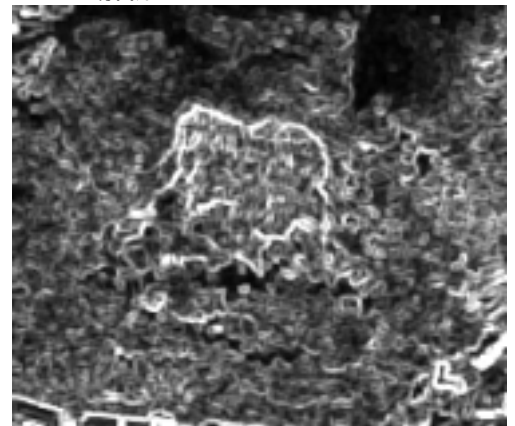
エッジ抽出



【図の説明】

被災後における注目画素値と隣接画素値との差分の大きいエッジ箇所を明るく表示し、差分の小さいエッジ箇所を暗く示した。

テクスチャ解析



【図の説明】

被災後における注目画素と周辺隣接画素との値のばらつきの大きいテクスチャを明るく、ばらつきの小さいテクスチャを暗く示した。

図 2-4-27(1) 土砂災害 現場におけるシミュレーション画像と IKONOS 画像の比較および IKONOS 画像処理結果

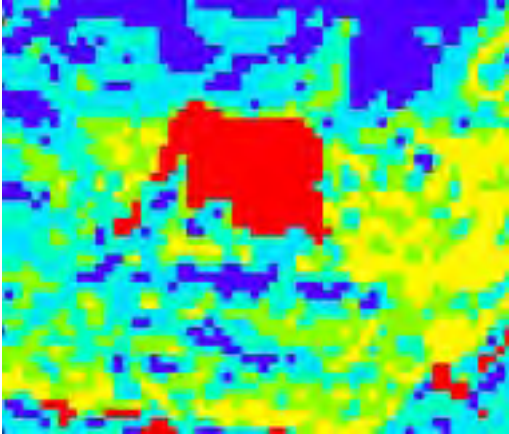
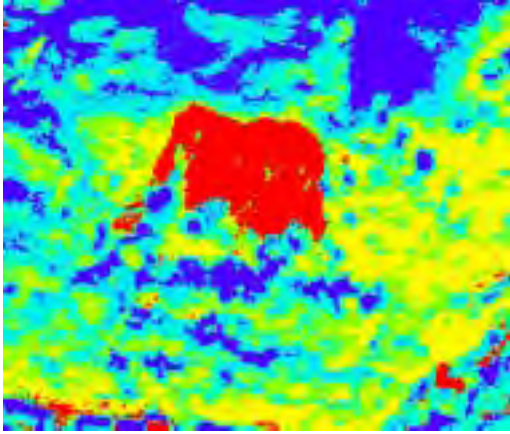
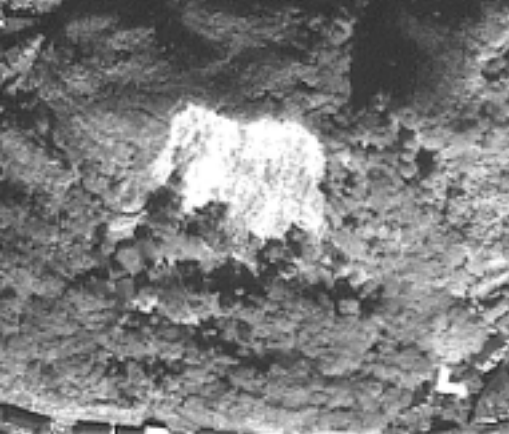
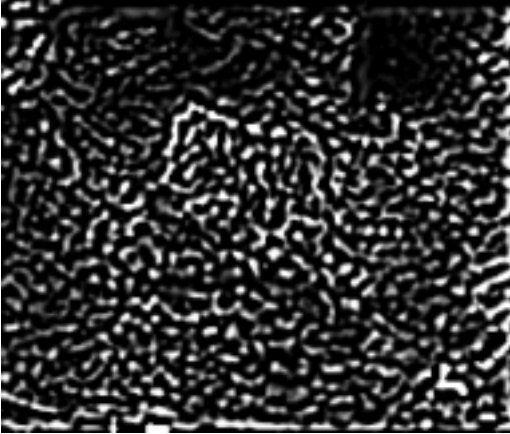
<p>教師なし分類 (マルチスペクトル)</p>  <p>【図の説明】 6種類のカラーはそれぞれ、被災後の画像内 (RGB の三次元特徴空間) で互いに類似する特徴をもった 6 つのグループを 6 色の擬似カラーで表示した。色は特に意味を持たないが、寒色系は元画像の暗い箇所 (樹木、影等) を示し、赤色は明るい箇所 (裸地等) を示す。</p>	<p>教師なし分類 (パンシャープン)</p>  <p>【図の説明】 6種類のカラーはそれぞれ、被災後の画像内 (RGB の三次元特徴空間) で互いに類似する特徴をもった 6 つのグループを 6 色の擬似カラーで表示した。色は特に意味を持たないが、寒色系は元画像の暗い箇所 (樹木、影等) を示し、赤色は明るい箇所 (裸地等) を示す。</p>
<p>エッジ強調</p>  <p>【図の説明】 被災後の元画像のエッジの部分を周辺に比べ強調して (明るい箇所を明るく、暗い箇所を暗く) 示した。</p>	<p>フーリエ変換</p>  <p>【図の説明】 テクスチャの特徴的な箇所 (中間周波数成分の高い箇所) を明るく示した。</p>

図 2-4-27(2) 土砂災害 現場におけるシミュレーション画像と IKONOS 画像の比較および IKONOS 画像処理結果