

1 . 新潟中越地震被災施設の人工衛星画像からの抽出

1 . 1 被害状況

(1) 被害の概要

平成16年10月23日17時56分に発生した新潟県中越地震は新潟県小千谷市、川口町、堀之内町、山古志村など山間部を中心に大きな被害をもたらした。地震の規模はマグニチュード6.8、地震の深さは13kmと浅く川口町では最大震度7を観測した。その後地震は震度6弱以上を観測する余震が4回発生するなど活発な余震活動が続いていたが、11月後半には地震活動も低下し、11月10日の地震(M5.3)を最後に震度5弱以上となる余震は発生せず有感地震も減少した(巻末資料1)。

地震に伴い山間地や河川沿いでは斜面崩壊、地すべり、地盤の変状、液状化などの災害が各所で発生し、家屋の倒壊や道路、鉄道、河川堤防など構造物への被害が多発した。とりわけ斜面崩壊による被害が著しく、国土交通省が空中写真(判読地域1,310km²)からまとめた判読結果では、斜面崩壊は3,791箇所へのぼり、そのうち362箇所が崩壊幅50m以上あった。これら崩壊土砂量の合計は1億m³に達し、100万m³以上の大規模な崩壊・地すべりは12箇所発生していることがわかった(平成17年1月13日:巻末資料2)。これにより高速道路、一般国道をはじめ各所で道路が寸断され通行止めとなった。山間地では集落が孤立状態に陥りピーク時には61集落にもなった。

道路被害による通行止め箇所を表1-1-1に示す。土砂崩れや路面陥没・路肩決壊による全面通行止めは241箇所、このうち直轄国道は17箇所、補助国道(県管理)61箇所、県道163箇所であった(新潟県道路管理課 平成16年12月28日)。このうち補助国道および県道の被害状況は土砂崩れ78箇所、道路陥没78箇所、事前通行規制22箇所、道路・路肩決壊30箇所、その他16箇所(平成16年11月1日)である。そのほかの市町村道は2,200箇所以上にのぼった。

表 1-1-1 道路被害による通行止め箇所数

通行規制状況 (H16.12.28 現在)		被災直後全面 通行止め箇所数
直轄国道	国道 8 号	7
	国道 17 号	9
	国道 116 号	1
	小 計	17
補助国道		61
県道		163
合計		241

北陸地方整備局道路管理課(H16.12.28 現在)

高速道路は関越自動車道、北陸自動車道とも地震直後から全面通行止めとなった。関越自動車道における被害は小出IC～堀之内IC間の路面にひび割れ及び段差、堀之内IC～越後川口IC間の盛土のり面崩落、小千谷IC～長岡IC間の本線橋梁部や横断ボックス部付近における多数の段差の発生が特徴的であった。比較的大きな被害は堀之内IC～越後川口IC間の214KP～216KP付近で発生した被害で4カ所で大規

模な路肩盛土の崩壊が起きた。この区間では沢などをいくつも盛土した部分が連続しており、214.5KP付近では両車線（4車線）にも及ぶ大規模なものとなった。215.1KPや215.9KP地点でも大きな崩壊が発生している。

国道17号では川口町牛ヶ島付近の切土のり面が崩落、さらに路面に亀裂が生ずる被害が出た。このため一般車両はのり面補強工事のため29日まで通行止めとなっている。川口町^{てんのう}天納では沢部の高盛土が約80mにわたり下のJRとともに大きく崩落し道路が完全に遮断された。ここでは迂回路の建設によって復旧対応している。またこのすぐ南では高盛土に段差が生じ交通の障害となっている。規模は大きくないが随所で発生し多くの道路で交通の障害となった。川口町^{わなづ}和南津トンネルではトンネル内のコンクリート剥落により長期間の通行止め（平成16年11月2日に片側交互通行を確保）が行われた。道路橋梁の被害では小千谷大橋など橋脚部分の損傷や継ぎ手段差の被害など多数発生した。

河川施設等への被害は429箇所（河川堤防・護岸亀裂等が280箇所、河川埋塞が147箇所、海岸護岸が2箇所）であった。被害の形態としては亀裂が圧倒的に多く、これは堤防の縦断方向に亀裂が入ったもので、アスファルトで舗装された面も大きく地割れしており、多数の亀裂被害箇所がみられた。のり面の崩壊箇所もいくつかあり、このうち最大の被害は、長岡市三俵野町の堤防箇所（信濃川右岸29.25km付近）で発生し、長さ150m、天端幅7mのうち4mが崩壊する裏法面滑りの被害が起きた。

地すべり・崖崩れ等による土木災害は267箇所が発生している。これによる家屋被害は全壊が18棟、半壊17棟、一部破損が4棟であった。山古志村寺野地区、竹沢地区、樽木地区、南平地区や小千谷市十二平地区など信濃川支流芋川流域では土砂の崩落により水が堰きとめられ天然ダムが形成された。国土地理院によると芋川流域では45の天然ダムが確認されている。これが急速に拡大し決壊の恐れがあるため排水による応急措置が取られた。

図1-1-1に地震による被害箇所の分布図を示す。「平成16年新潟中越地震 災害状況図 速報版」および10月24日に撮影された航空写真をもとに、次章で画像処理した地域を中心に追加判読し地図上に示したものである。

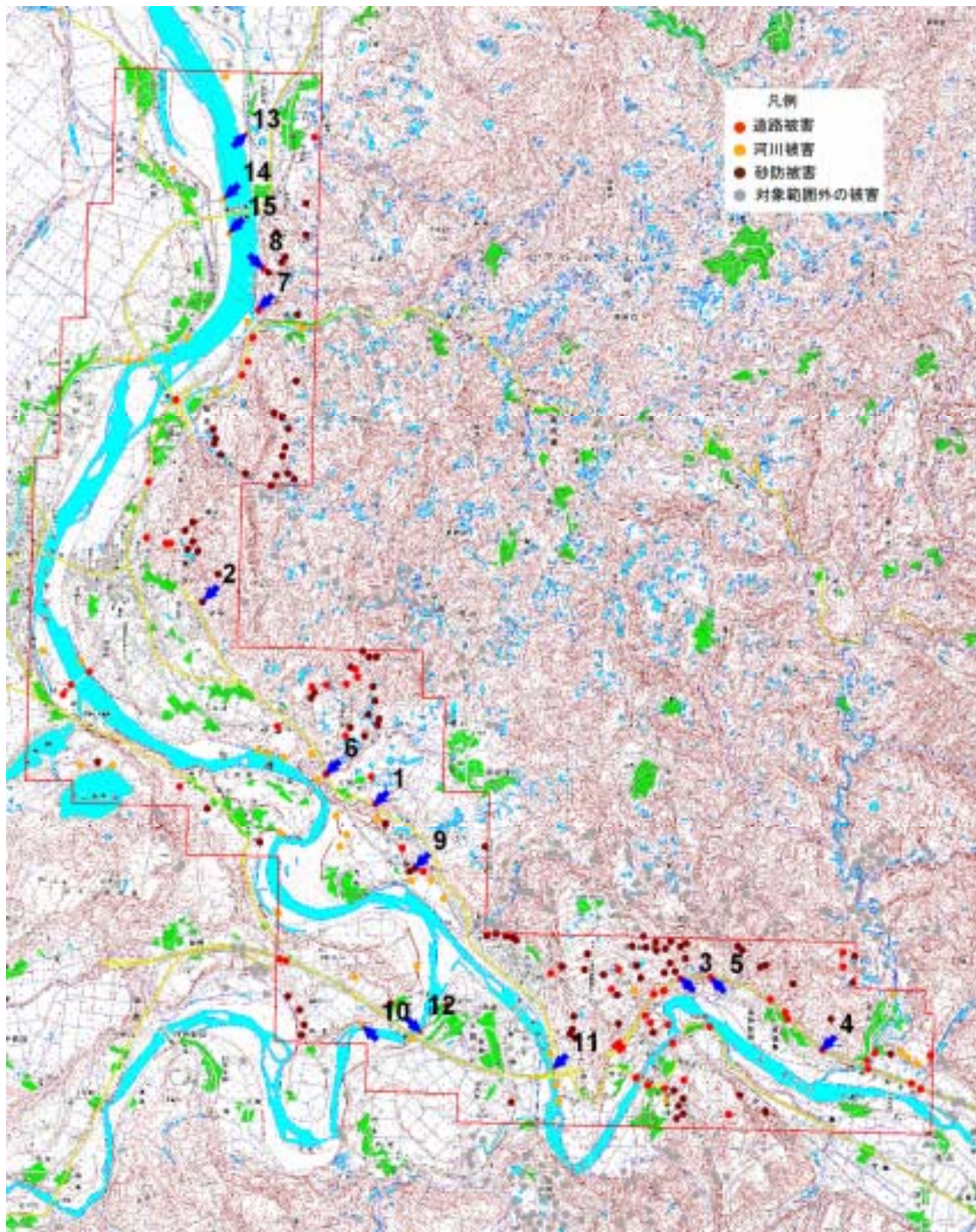


図1-1-1 信濃川および魚野川沿いの地震被害分布

「平成16年新潟県中越地震災害状況図 速報版」および10月23日撮影の空中写真による

: IKONOS画像範囲

(2)被害形態・規模

今回の新潟県中越地震で発生した被害のうち、初動期に被災箇所を判定すべき道路および河川構造物の被害について空中写真などの判読から規模や形態をまとめると下記のようなになる。

[道路]

- 路線
- ・切土のり面の変状・・・切土のり面の崩壊やのり面ののり枠を巻き込んで崩壊しているものが多い。崩壊に至らないまでも変状が発生しているのり面も見られる。空中写真では土砂が路面にせり出しているのが確認できる。
 - ・盛土の崩壊・・・沢部の高盛土で多く見られ規模も比較的大きい。路肩部が大きく片側に崩壊しているのが多く確認できる。
 - ・路面の変状・・・路面の亀裂、陥没、変形はいたる所で見られる。切盛の境部で変状が発生しているものも多い。規模の大小にかかわらず交通の障害となっており、車の渋滞箇所からも判断できるものもある。その他空中写真で確認できない小さな変状もかなりあるとみられる。
 - ・路面覆土・・・道路が大規模な土石流や斜面の崩壊土砂によって覆われ、路線が寸断しているので比較的判別は容易である。

道路施設・構造物・・・被害箇所は橋梁などの段差や横ずれ、橋脚部の破損、擁壁倒壊、壁面剥離・落下等であるが空中写真でこのうち確認できるのは、比較的大きな段差や横ずれの被害箇所が対象となる。橋梁などの変状は交通規制された車の状況からも判断が可能な箇所もある。

[河川]

河川・池等の施設・構造物

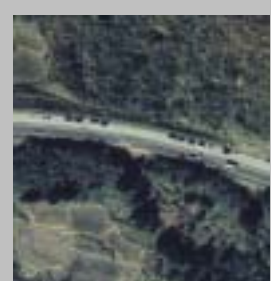
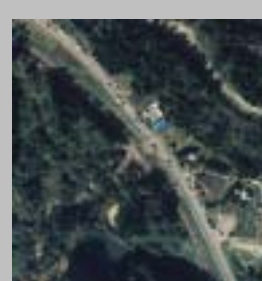
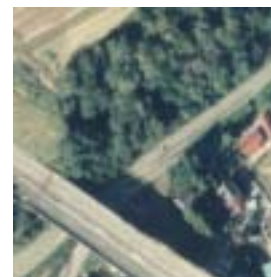
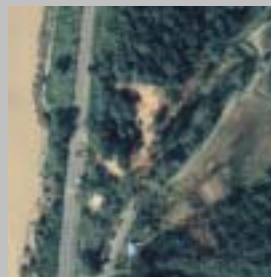
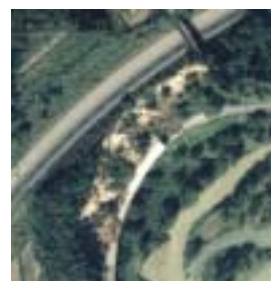
- ・河岸斜面の崩壊・・・信濃川や魚野川沿いの段丘崖に沿って崖や斜面の崩壊が多く見られる。崩落した土砂は水面まで達し河床にとどまっている。
- ・堤防法面および護岸構造物の変形・・・堤防の裏法崩れや天端部の亀裂、堰や水門施設の損傷が発生している。規模の大きな被害であれば確認できる。

河川敷・谷底低地

- ・液状化・・・河川敷や水田などに利用されている河川沿い低地で噴砂の痕が確認できる。噴砂や噴出した水の範囲は周囲と色調が異なるため容易に判別できる。
- ・土砂堰き止めによる自然ダム、湛水被害・・・崩落土砂などにより河川が堰き止められたことによりその上流側で湛水域が生じている。湛水域は周囲との色調が異なるため容易に判別が可能である。

今回の地震被害では、阪神・淡路大震災と異なり中山間地が激震に見舞われたことを踏まえ、土砂による路面覆土、河岸斜面の崩壊の項目を検討した。表1-1-2に10月24日に撮影された空中写真による代表的な被災箇所を示した。空中写真の撮影が行われた24日昼の時点では道路被害についてはまだ主要幹線道路の復旧も行われ始めたばかりで、被災状況がそのまま維持されていると考えられる。高速道や国道などの一部の幹線道路はすでに26日には復旧が完了している箇所も見られた。このことから、道路の被災については初動期における判読・把握が重要だと言える。表1-1-3には、各被害形態の代表的な空中写真と初動期の現地写真および被害状況を示す。

表 1-1-2 被害別形態表（その１）

被災箇所		被害	← 大規模		小規模 →
道路	路線	切土法面の変状			
			国道17号 川口町牛ヶ島	川口町木津大原地先	関越自動車道 (堀之内 ~ 越後川口)
		盛土の崩壊			
			関越自動車道 (堀之内 ~ 越後川口) KP214.5km	関越自動車道 (堀之内 ~ 越後川口) KP215.9km	国道17号 川口町天納
					
			関越自動車道 (堀之内 ~ 越後川口) KP215.1km	国道17号 川口町 路肩崩壊	路肩崩落
		路面の変状 (亀裂・陥没等)			
		路面覆土 (土石流・崩土)			
			信濃川右岸 31.0km付近 小千谷市浦柄	信濃川右岸	
					
道路施設・構造物	段差・横ずれ 構造体の破損				

- 1．網掛は１．１．２にて画像処理を適用した箇所
2．規模の大小は被害範囲の中から判断した

表 1-1-2 被害別形態表（その２）

被災箇所		被害	← 大規模 小規模 →		
河川	河川・池等施設・ 構造物	河岸斜面の崩壊			
			信濃川右岸	魚野川右岸	魚野川右岸
		堤防法面および 護岸構造物の変 状			
			信濃川右岸29.25km付近 長岡市三俣野町	信濃川左岸 三仏生	信濃川左岸 三仏生
	河川敷・谷底平地	液状化			
		堰き止めによる 自然ダム・冠水			

- 1．網掛は1．1．2にて画像処理を適用した箇所
- 2．規模の大小は被害範囲の中から判断した
- 3．斜線は撮影時には被害がなかったことを示す

表 1-1-3 画像処理に用いた代表的な被害箇所（表 1-1-2 より抜粋）

被災箇所		被害	空中写真(10/24)	現地写真	被害状況
道路	路線	切土のり面の変状			のり枠外側の斜面がのり枠の一部を巻き込んで崩壊。崩土が道路片側にせり出し道路を塞いだ。
			国道17号 川口町牛ヶ島	切土のり面の崩壊	
		盛土の崩壊			上り車線の法肩付近まで及ぶ大きな崩壊が発生した。
			関越自動車道 KP214.5km (堀之内～越後川口)	盛土の崩壊	
		土砂による閉塞(土石流・崩土)			県道589号沿いでの大規模な地すべり崩壊。道路は土砂により押し流された。斜面崩壊部の下方には巨大な岩塊(鮮新世の軟質な堆積岩)が多く堆積し、信濃川に流れ込む朝日川を堰き止める。このため上流側では周辺の田畑が冠水した。
			信濃川右岸 31.0km付近・小千谷市妙見町・小千谷市浦柄	・一般県道小千谷長岡線の道路崩壊 ・朝日川の河道閉塞	
河川	河川・池等施設・構造物	河岸斜面の崩壊			信濃川沿いの段丘崖が、激しい地震動により崩壊した。震源域付近には時代の異なる段丘が多く分布しており、信濃川や魚野川に沿った急崖部での崩壊が多発している。
			信濃川右岸	河岸斜面崩壊	
		堤防法面および護岸構造物の変状			妙見堰付近の信濃川堤防では長さ150m、天端幅7m のうち4m が崩壊し裏法面が滑った。
			信濃川右岸29.25km付近 長岡市三俣野町	裏法崩れ (150m)	

*現地写真は北陸地方整備局、日本道路公団および土木研究所で撮影した写真を掲載

1.2 画像処理手法を適用した被害箇所の抽出

(1) 被害箇所への画像処理手法の適用

使用する新潟県中越地方の IKONOS 画像を図 1-2-1 に示す。また、被害形態ごとに適用する画像処理手法を表 1-2-1 に示す。画像（バンド）間演算として NDVI（正規化植生指標）を用いることとした。NDVI は赤色波長帯と近赤外波長帯の 2 つの画像（バンド）の比から算出する。新潟県中越地方は山間部のため、IKONOS の近赤外波長帯を使用することにより、その波長帯に大きく反応する植生部分の抽出が容易となるため、NDVI を適用した。

表 1-2-1 被害形態と画像処理手法

		エッジ抽出	エッジ強調	教師なし分類	テクスチャ	画像間演算 (NDVI)
道路	切土法面の変状	○	○	○	○	○
	盛土の崩壊	○	○	○	○	○
	路面覆土	○	○	○	○	○
河川	河岸斜面の崩壊	○	○	○	○	○
	堤防法面および護岸構造物の変状	○	○	○	○	○

○印：今回画像処理を適用した形態と手法

各被害形態（5 種類）につき被害規模の大・中・小の 3 種類、合計 15 箇所について画像処理を行った結果を図 1-2-2～図 1-2-16 に示す。画像処理を適用したのは表 1-1-3 に示した 15 箇所である。（位置は図 1-2-1 に示す）



図 1-2-1 新潟県中越地方 IKONOS 画像(図 1-1-1 の赤枠範囲)

赤丸数字は図 1-1-3 ~ 図 1-1-17 の画像 No.を示す