

LPデータを用いた震災前後の被害箇所の自動検出結果の可視化に関する研究

田中成典¹・今井龍一²・中村健二³・川野浩平⁴

¹正会員 関西大学教授 総合情報学部 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)
E-mail: tanaka@res.kutc.kansai-u.ac.jp

²正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報基盤研究室
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)
E-mail: imai-r92ta@nilim.go.jp

³正会員 大阪経済大学准教授 情報社会学部 (〒533-8533 大阪府大阪市東淀川区大隅2-2-8)
E-mail: k-nakamu@osaka-ue.ac.jp

⁴学生会員 関西大学大学院 総合情報学研究科 (〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町2丁目1番1号)
E-mail: kawano@kansai-labo.co.jp

災害復旧は、被災状況を迅速かつ適切に把握することが肝要である。河川事業では、通常、LPなどの既存資産が生成・蓄積されている。そこで、被害箇所の詳細な状況は、既存資産のLPから生成した3次元CADデータと震災後のLPから生成した3次元CADデータとを比較することで把握できる。しかし、迅速な対応が求められる復旧対応のなかで、すべての被害箇所を詳細に確認する事は、多大な手間が必要である。

そこで、本研究では、まず、東日本大震災の被害状況を分析し、被害箇所の検出の指針を定める。次に、震災前後のLPを活用して被害箇所の候補を自動的に検出する手法を提案する。提案手法の有用性を検証するため、東日本大震災で得られたLPを用いて実証実験を行い、被害箇所の候補の検出精度を評価する。

Key Words : Point cloud data, Aerial LiDAR, 3D model, Great East Japan Earthquake, Disaster recovery

1. はじめに

ひとたび災害が発生すると、公共建造物の管理者は、迅速かつ適切に機能回復を図る対応を取ることが求められる。このためには、既存の資産（各建造物の図面や管理情報など）を機動的かつ効果的に活用できる環境を構築し、平常時から有事に備えておく必要がある。

河川事業に着目すると、河川基盤地図¹⁾、航空レーザ測量の3次元地形データ（以下、「LP」という。）^{2,3)}や航空写真などの有用な既存資産が生成・蓄積^{4,5)}されている。これら既存資産から、VR技術を活用して河川建造物を3次元モデルとして表現^{6,7)}し、さまざまな主題情報と関連づけた環境があると、必要な情報へのアクセス効率が大幅に向上するなど、震災時における有用なマネジメントツールとなる。

こうしたLPなどの既存資産から生成した3次元CADデータや、現地計測した測量成果を用いることで、震災時に被害箇所とその度合いなどの詳細情報を把握できる。

しかし、災害復旧のように迅速な対応を求められる場面で、すべての被害箇所を詳細に確認することは多大な手間と時間を必要とする。また、震災による道路の寸断などの理由から現地計測が困難¹⁰⁾な場合がある。この対策の一案として、LPなどの震災前後の測量成果を比較することで、震災により甚大な被害を受けた箇所（以下、「被害箇所候補」という。）を自動的に抽出する手法が研究されている。被害箇所候補を自動抽出する既存手法として、衛星画像や航空写真による変化域の抽出手法や、DEMデータやLPによる差分解析手法がある。衛星画像や航空写真による手法では、色情報の変化を用いるため、被害による形状変化の度合いを算出することが困難である。また、DEMデータはメッシュデータであるため、測量地点の形状的な特徴が失われており、災害対応に必要な建造物の詳細を加味して被害箇所候補を検出することは難しい。そこで、本研究では、既存資産のLPから生成した3次元CADデータと震災後のLPから生成した3次元CADデータとを比較することで、高速かつ簡易的に被害箇所候補と被害の度合いを取得する。これによ

り、優先的に復旧対策すべき箇所や現地踏査を詳細に実施すべき箇所の選定など、災害対応の効率化が計れる。また、被害箇所の候補地の断面形状が、震災前後でどのように変化したかを解析することで、現地踏査の際に見落としていた被害箇所の発見も期待できる。こうした3次元CADデータに関する既存研究⁶⁾⁹⁾として、著者らは、LPやMMSなどの移動体計測装置で計測した点群座標データから、現況地形を精緻に再現した3次元CADデータを自動生成する技術¹¹⁾¹²⁾を開発している。この技術では、河川堤防の形状的特徴であるブレイクライン¹³⁾¹⁶⁾を点群座標データから自動生成し、その特徴を考慮した3次元CADデータを生成している。既往研究の技術を用いて震災前後のLPから生成した3次元CADデータを重ね合わせて比較することで、形状的特徴であるブレイクラインの変化を即座に発見できると考えられる。

本研究の目的は、震災による被害箇所の候補地を取得して現地踏査の手間と時間の効率化を図る支援策の確立とする。具体的には、既往研究の技術を元に震災前後のLPから抽出したブレイクラインを比較する手法を考案し、比較から得られた差分を用いて被害箇所をどの程度まで把握できるかを実証実験によって明らかにする。そして、ブレイクラインを考慮した3次元CADデータを利用した復旧対応の支援策を検討する。

2. 被災状況の調査

(1) 調査目的

本章では、震災前後のブレイクラインの変化を確認することが、河川堤防の被害箇所の候補地特定に活用可能であるかを検証するため、東日本大震災で甚大な被害を受けた北上川流域の被害箇所の状態を類型化する。そして、類型化した結果を分析することで、本研究の課題の解決に寄与可能であるかを評価する。震災による河川堤防の被害箇所とその特徴の調査結果を次に示す。

(2) 調査内容

本調査では、震災による河川堤防の被害の特性を把握するため、北上川流域の中でも、主な被害箇所である7件の5件（うち、4件が緊急復旧工事の対象¹⁷⁾が含まれているKP 0.0からKP 14.0（図-1）を対象に被害箇所の状況を整理・分類する。本調査の手順を次に示す。

1. 北上川 KP 0.0 から KP 14.0 の範囲が含まれる震災後のLPデータを用いて3次元CADデータを生成

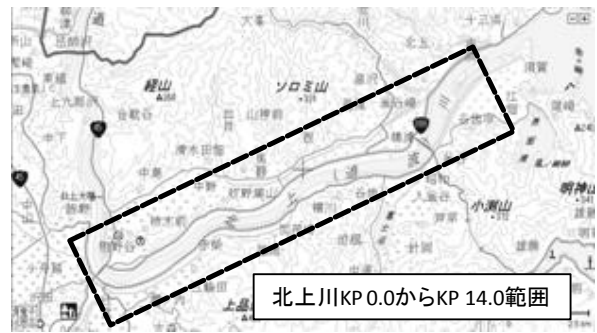


図-1 北上川流域の中でも主な被害箇所

【出典】国土交通省:電子国土ポータル, 2012年12月現在

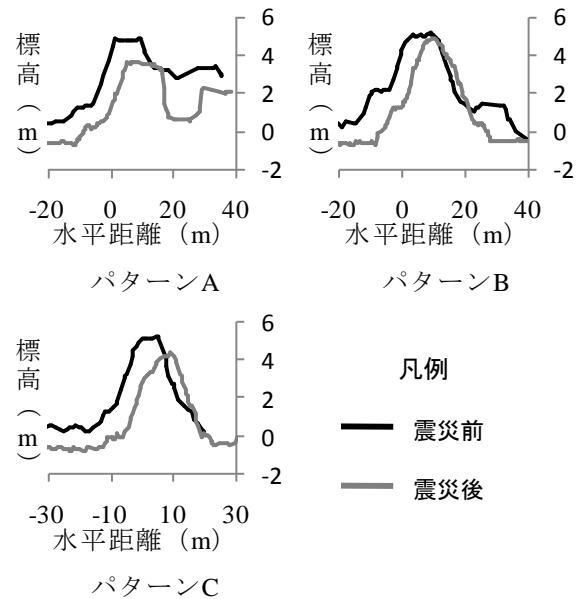


図-2 河川堤防横断面図の類型例

2. 北上川 KP 0.0 から KP 14.0 の範囲が含まれる震災前のLPデータを国土地理院が公開する座標補正パラメータ¹⁸⁾を用いて補正し、3次元CADデータを生成
3. 震災前後の3次元CADデータを重ね合わせ
4. 東北地方整備局より提供された北上川流域の河川堤防の被害箇所の位置情報を参考に、被害が確認された40箇所と被害が確認されなかった5箇所を対象として横断面図を生成
5. 生成した震災前後の横断面図（震災前45枚、震災後45枚）を比較し、被害の特性を類型化

本調査では、被害の特性を把握するため、堤体の形状的な変化が法面、天端面、法肩のどの部分に集中的に発生しているかを類型化する。

(3) 調査結果

生成した震災前後の横断面を重ね合わせ、震災による影響を確認したところ、主に図-2に示す3種類のパターンに類型化された。類型化された震災による影響の集計結果を表-1に示す。パターンAに類型化された断面は11枚あり、断面形状に大きな違いは無いが、堤防そのものが地盤沈下により標高が下がっている状態である。パターンBに類型化された断面は9枚あり、地盤沈下の影響は少ないが、法肩が大きく削れて天端面の幅が狭まっている状態である。パターンCに類型化された断面は25枚あり、地盤沈下の影響と天端の形状変化の両方の被害が発生している状態である。これらのことから、被害が確認された箇所85% (40枚中34枚) に断面形状の変化が見られ、一方、被害が確認されなかった箇所大半に天端面の沈下が見られることが明らかとなった。

法面、天端面、法肩のどの部分に集中的に被害が発生しているかを明らかにするため、断面形状の変化が見られた34枚の横断面を形状変化の箇所に基づき整理した結果、表-2のように類型化された。なお、集計時に参考とした、法面、天端面、法肩の形状変化の判断基準は、図-3に示すとおりである。集計結果を確認すると、すべての横断面において法肩が変化していることが明らかとなった。これらの調査結果から、震災前後の河川堤防の比較において被害箇所候補を効率的に検出するためには、法肩の変化を検出することと、天端面の沈下に伴うノイズを調整可能な仕組みが必要であることが明らかとなった。

(4) 被害箇所の検出手法

本研究では、前者の法肩の変化の検出には、河川堤防の法肩をつないだ特徴稜線であるブレイクラインの震災前後での変化を把握することで対応する。また、後者のノイズに対しては、変化量に応じて被害検出の有無を調整することで対応する。このことにより、被害箇所を把握できると考えられる。

3. 研究の概要

本研究は、震災前後のブレイクラインを比較して差分を検出することで、河川堤防の被害箇所候補を検出するシステムを開発する。本システムの処理の流れを図-4に示す。本システムは、3次元CADデータ生成機能および被害箇所候補検出機能の2つの機能で構成する。入力データは、震災発生前に蓄積されたLPと、震災発生直後に測量されたLPとする。出力データは、震災による被害箇所とその被害箇所の震災前後の河川堤防の横断面とする。3次元CADデータ生成機能は、LPから河川堤防の

表-1 震災による影響の集計結果

分類	類型内容	被害有	被害無
パターンA	天端面の沈下	6	5
パターンB	断面形状の変化	9	0
パターンC	天端面の沈下 + 断面形状の変化	25	0

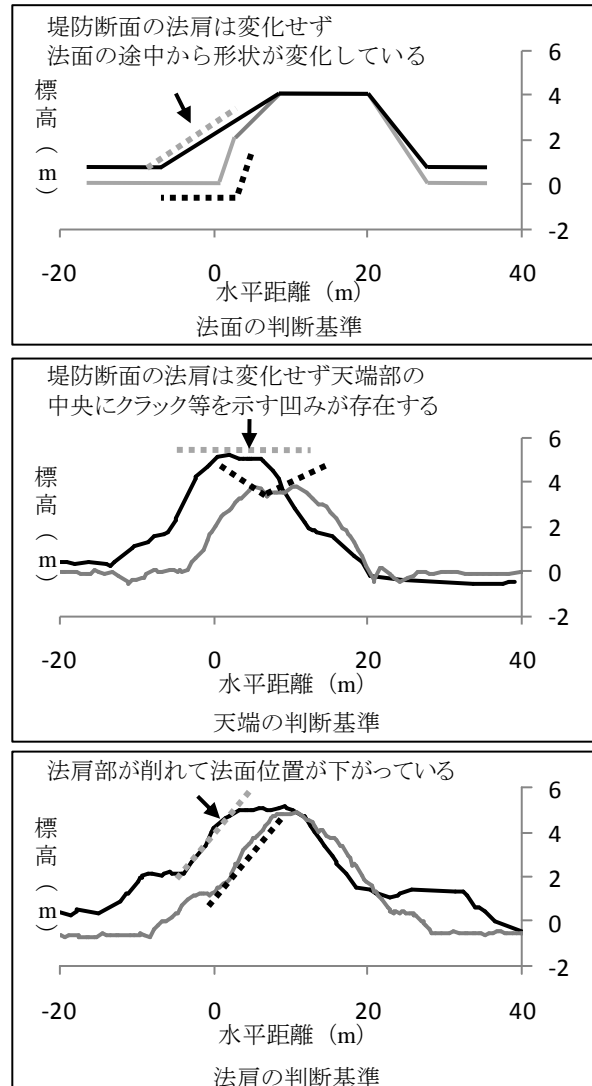


図-3 河川堤防横断面形状変化の類型化

表-2 形状変化の整理結果

形状変化	被害有
法面のみ	0
天端のみ	0
法肩のみ	31
法面+天端面	0
法肩+天端面	3
法面+法肩	0
法面+法肩+天端面	0

形状的特徴を利用して、河川堤防横断の断面変化点を特定してブレイクラインを抽出する。被害箇所候補検出機能は、震災前後のブレイクラインを比較し、変化量に基づき被害箇所を検出する。

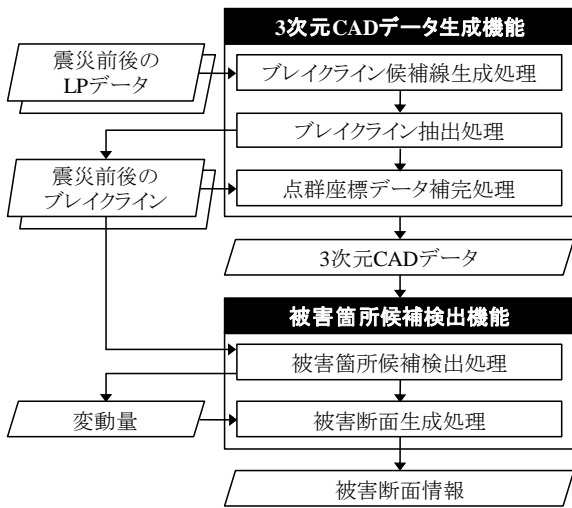


図4 処理の流れ

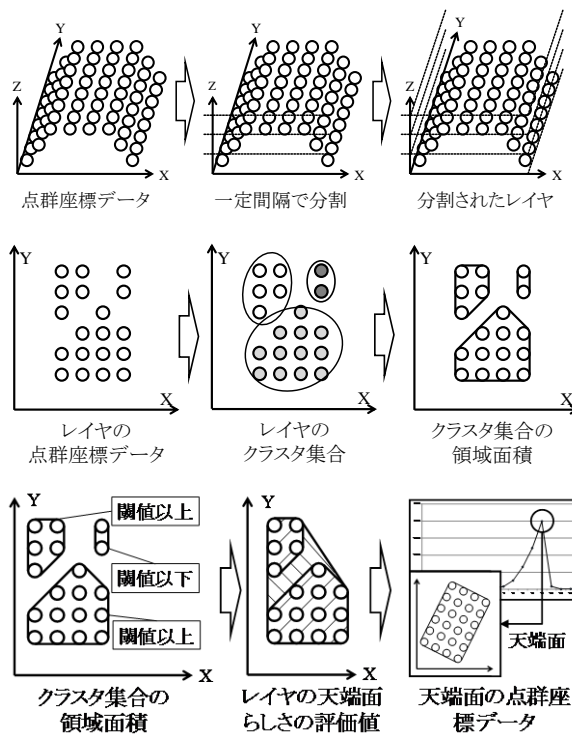


図5 ブレイクライン候補線生成処理の概要

本論文では、4章にて3次元CADデータ生成機能、5章にて被害箇所検出機能の内容を詳述し、6章にて東日本大震災で得られたLPを用いた評価実験を行い、提案手法の有用性を評価する。

4. 3次元CADデータ生成機能

(1) ブレイクライン候補線生成処理

ブレイクライン候補線生成処理の概要を図5に示す。本処理では、まず、標高の値を用いて点群座標データを複数のレイヤに分割する。次に、分割された各レイヤに含まれる点群座標データを点間の相対距離に基づきクラスタリング¹⁹⁾する。そして、ブレイクライン候補線取得

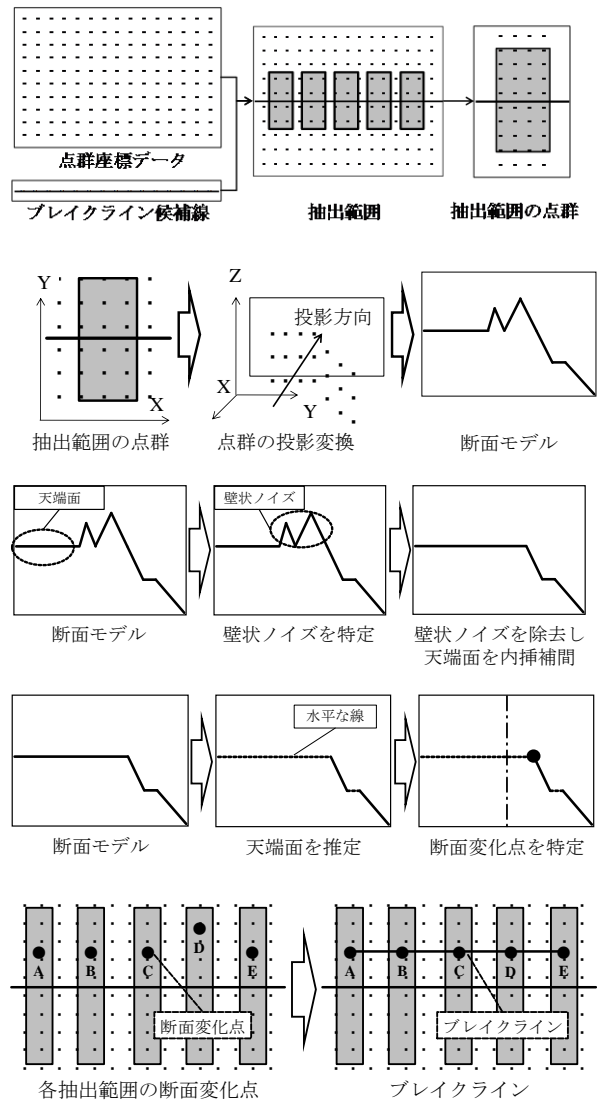


図6 ブレイクライン抽出処理の概要

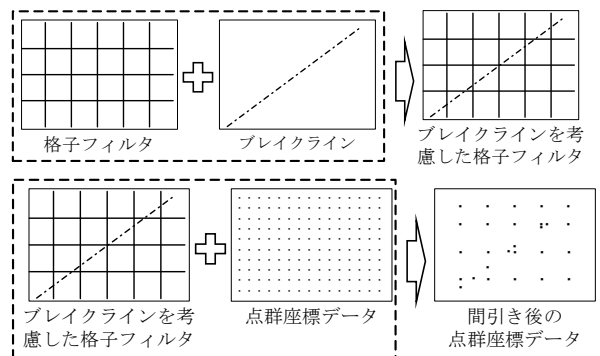


図7 点群座標データ補完処理の概要

処理にてブレイクライン候補線が取得されている場合は、そのブレイクライン候補線に基づき各レイヤのクラスタリング結果をそれぞれ分割する。また、各クラスタの外形線²⁰⁾ (以下、「クラスタの領域外形線」という。)とその面積 (以下、「クラスタの領域面積」という。)を算出する。そして、微小面積のクラスタを除外した各レイヤの外形線 (以下、「レイヤの領域外形線」とい

う。)とその面積(以下、「レイヤの領域面積」という。)に基づき、水平面である度合いを示す水平面評価値をレイヤ単位で算出する。最後に、水平面評価値が閾値以上のレイヤを抽出し、そのクラスタの領域外形線を取得してブレイクライン候補線とする。

(2) ブレイクライン抽出処理

ブレイクライン抽出処理の概要を図-6に示す。本処理では、まず、ブレイクライン候補線を用いて断面変化の抽出範囲を3次元的に限定する。次に、各抽出範囲の点群座標データを用いて断面モデルを作成する。そして、断面モデルを用いて天端面よりも高い標高の点群座標データを除去した断面モデルを作成する。また、断面変化点特定処理は、断面モデルから天端面と法面の交点を断面変化点として取得する。このとき、断面モデルを構成する線分の中から、最も高い位置に存在する水平な線分を天端面とする。最後に、断面変化点を繋いでブレイクラインを作成する。なお、処理の詳細は、既往研究¹²⁾を参照されたい。

(3) 点群座標データ補完処理

点群座標データ補完処理の概要を図-7に示す。本処理では、まず、ブレイクラインの抽出結果と格子状のフィルタを重ねたブレイクラインフィルタを作成する。次に、ブレイクラインフィルタを用いて点群座標データの内挿処理を行い、ブレイクラインを考慮した格子状の点群座標データを取得する。なお、処理の詳細は、既往研究¹²⁾を参照されたい。

5. 被害箇所候補検出機能

(1) 被害箇所候補検出処理

本機能は、図-8に示すとおり、まず、震災前のブレイクラインを10cm間隔で分割した点(以下、「評価点」という。) $P=\{p_1, p_2, p_3, \dots, p_i\}$ を取得する。ここで、複数の断面点列をつないだブレイクライン $B=\{b_1, b_2, b_3, \dots, b_j\}$ の各線 b_j は、xyz座標 (x_{bj}, y_{bj}, z_{bj}) を通り、ベクトル $(vx_{bj}, vy_{bj}, vz_{bj})$ で向きが表されている折線とし、評価点 p_i のxyz座標は (x_{pi}, y_{pi}, z_{pi}) とする。次に、任意の評価点 p_i から震災後のブレイクライン B への距離 $MD(p_i, b_j)$ を次の式(1)にて算出する。

$$MD(p_i, b_j) = \sqrt{\frac{vx_{bj} \cdot (x_{pi} - x_{bj}) + vy_{bj} \cdot (y_{pi} - y_{bj}) + vz_{bj} \cdot (z_{pi} - z_{bj})}{vx_{bj}^2 + vy_{bj}^2 + vz_{bj}^2}} \quad (1)$$

そして、算出したMDの最短距離をそのポイント p_i の変化量として取得し、ユーザが指定したブレイクラインの変化量の閾値 *near* 以上の値であった場合に、被害箇所として検出する。

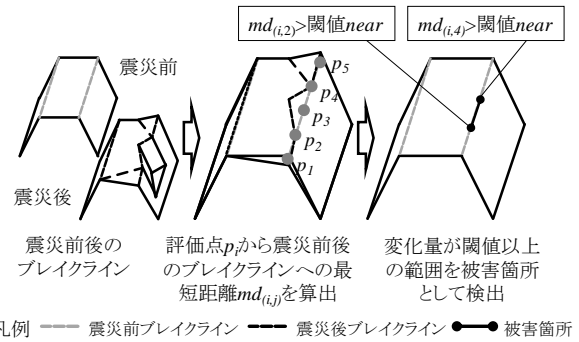


図-8 被害箇所候補検出処理の概要

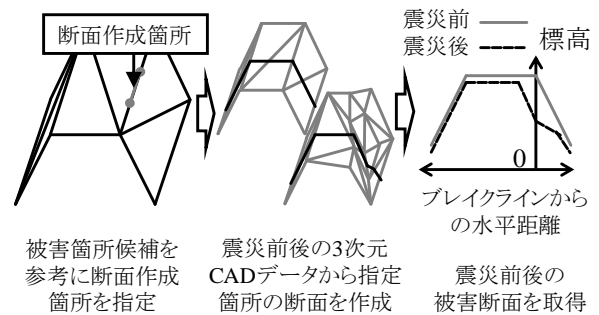


図-9 被害断面生成処理の概要



図-10 本実験の対象エリア

【出典】国土交通省:電子国土ポータル, 2012年12月現在

表-3 LPの仕様

	震災前	震災後
水平精度	±25~30cm	
鉛直精度	±25cm	
対象範囲	約50,000m ²	
対象点数	約29,000点	約29,000点

(2) 被害断面生成処理

本機能は、図-9に示すとおり、震災前後のLPを用いて生成した3次元CADデータから、被害箇所候補を参考に震災前後の断面図を作成する。まず、被害箇所候補の位置を参考に被害が甚大である箇所をユーザが指定する。そして、ユーザが指定した任意の位置で震災前後のブレ

イクラインに直交する断面を生成した後、震災による被害箇所候補の被害断面を生成する。

6. 震災前後のLPデータを用いた被害箇所候補検出の評価実験

(1) 実験目的

本実験では、災害対応の経験を持つ河川管理者の助言の下、東日本大震災で甚大な被害が発生した北上川下流域を対象に、震災前後のLPを用いて被害箇所の候補を検出可能であるかを評価し、本手法の有用性を検証する。なお、被害箇所候補の検出および3次元CADデータの生成には、震災前のLPとして治水安全度評価²⁾における航空レーザ測量成果、震災後のLPとして国土地理院から提供を受けた東日本大震災における航空レーザ測量成果を用いる。

(2) 対象エリア選定

本評価実験では、次の3つの選定条件を設定し、震災後の状況を踏まえて対象エリアを選定した。

- 北上川下流域の浸水範囲であること
- 震災状況が甚大な箇所であること
- 堤防形状が大きく変化した緊急復旧が必要な箇所であること

対象エリアは、国土地理院からの提供の浸水範囲概況図などの資料や災害対応の経験を有した河川管理者の助言を参考にするとともに、現地踏査を経て、上述の3つの条件を満たす箇所(図-10)を選定した。なお、図-10には、国土地理院から提供を受けた浸水範囲概況図も重ね合わせて示している。

(3) 実験条件

東日本大震災では、大規模な地殻変動が発生しており、震災前後の3次元CADデータを正確に重ね合わせるには、地盤沈下の影響を考慮して震災前の3次元CADデータの座標を補正しなければならない。そのため、本実験では、国土地理院から公開されている座標補正ツールおよび座標補正パラメータ¹⁸⁾を用いて震災前のLPの座標を補正した。なお、座標補正パラメータが国土地理院より公開されていない場合は、距離標などの震災前の位置座標が明らかな地物を現地測量して位置座標を取得し、これらを比較して移動量を算出することで、暫定的なパラメータを算出できる。その上で、震災前後のLPを用いた評価実験を実施した。本実験で用いたLPの仕様を表-3に示す。

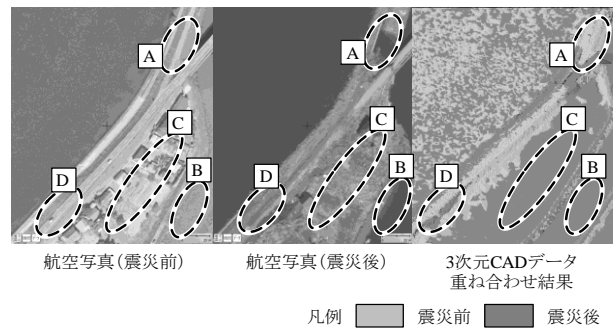


図-11 震災前後の3次元CADデータの重ね合わせ
【出典】国土交通省:電子国土ポータル, 2012年12月現在

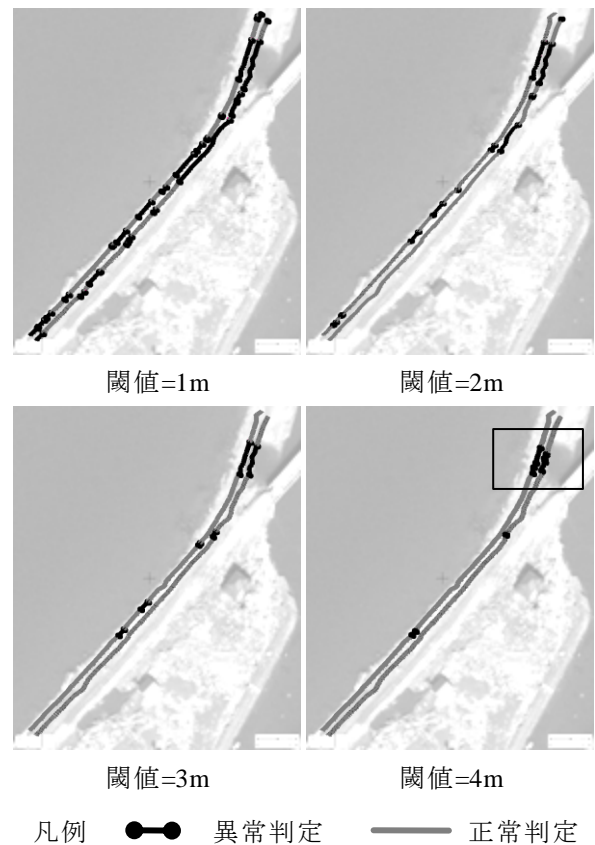


図-12 東日本大震災による河川堤防の被害箇所

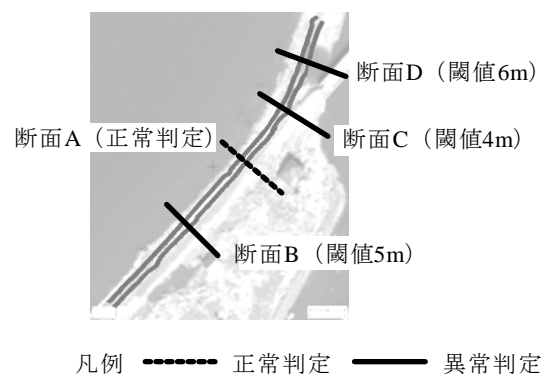


図-13 被害断面の生成箇所

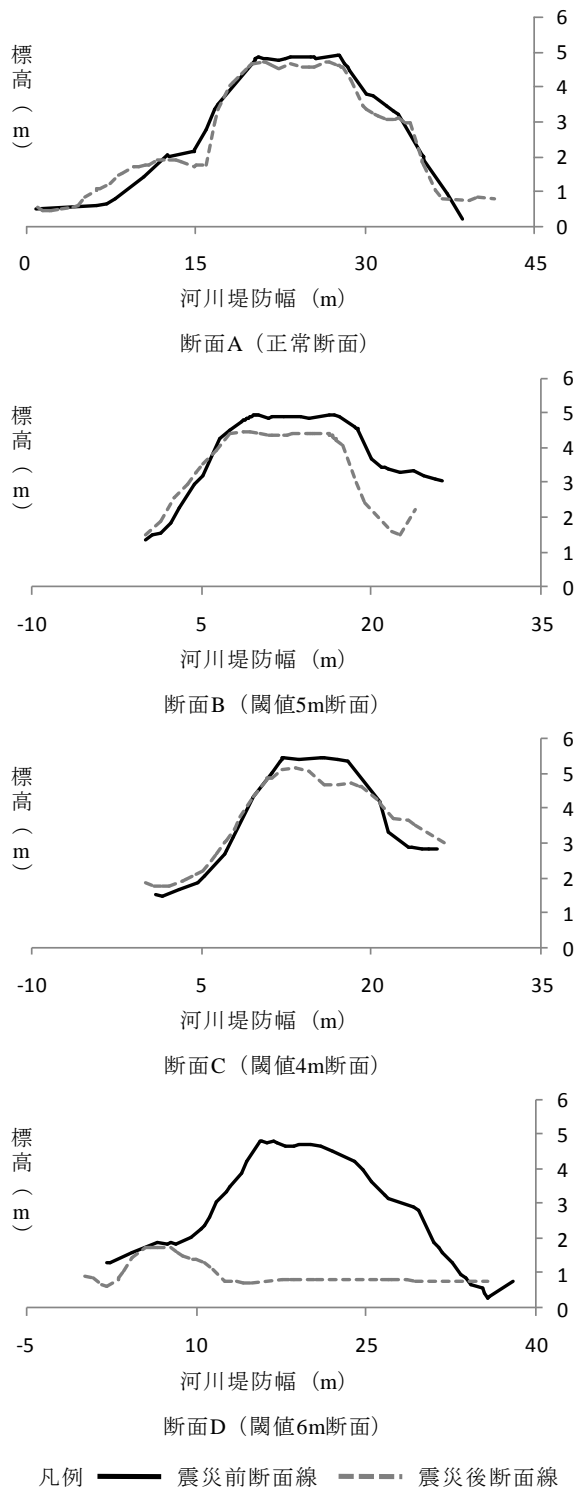
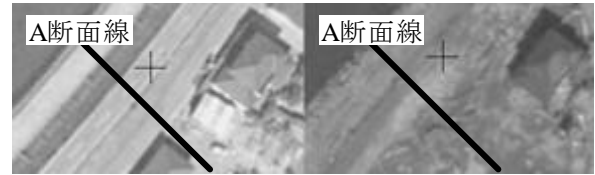


図-14 4箇所の断面形状の比較結果

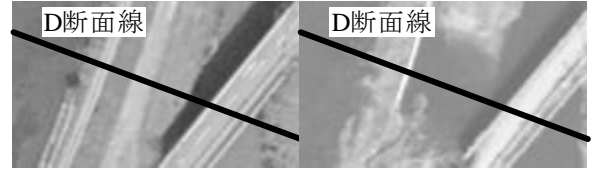
(4) 実験内容

本実験では、対象エリアの LP から作成した震災前後の 3次元 CAD データを用いて次の実験を実施する。

- 大局的な変化が確認できるかを検証する。具体的には、ブレイクライン抽出機能を用いて作成した震災前後の 3次元 CAD データを重ね合わせ



A断面周辺の航空写真



D断面周辺の航空写真

図-15 震災前後の航空写真

【出典】国土交通省：電子国土ポータル，2012年12月現在

せて可視化し、破堤した可能性のある箇所や地形が大幅に変化した可能性のある箇所などを視覚的に確認できるかを評価する。

- 局所的な変化が確認できるかを検証する。具体的には、被害箇所検出機能を用いて堤防形状が著しく変化している箇所を自動的に特定し、その箇所の断面形状を可視化することで、堤防の損傷や地盤沈下による影響の有無を視覚的に確認できるかを評価する。
- 復旧工事に必要な土量を算出できるかを検証する。具体的には、既存のソフトウェアを利用して、3次元 CAD データ作成機能にて構築した震災前後の 3次元 CAD データを既存のソフトウェアにて解析することで、復旧工事に必要な土量を算出できるかを確認する。

(5) 結果と考察

1) 震災前後の3次元CADデータの比較

本実験では、震災前後の 3次元 CAD データを重ね合わせて可視化し、破堤した可能性のある箇所や地形が大幅に変化した可能性のある箇所などを視覚的に確認できるかを評価する。本実験の対象エリアの LP から生成した震災前後の 3次元 CAD データを重ね合わせた結果を図-11に示す。図中 A、D の箇所では、震災の影響で堤防形状が変化している。また、堤防周辺を確認すると、図中 B の箇所では、河川敷などの堤防周辺のエリアが浸水した状態である。また、図中 C の箇所では、がれきなどが堆積し、地表面の形状が震災前後で異なっている。

以上の結果からも、震災前後の 3次元モデルを重ね合わせた結果や航空写真などを用いて確認することで、地形が大幅に変化した可能性のある箇所が容易にわかるこ

とが明らかとなった。

2) 震災前後の任意断面形状の比較

被害箇所候補検出機能により検出した被害箇所を図-12に示す。本研究では、震災前後のブレイクラインの比較による変化量を被害の度合いと捉え、震災前後でブレイクラインが小さく変化した箇所から大きく変化した箇所まで、それぞれ検出した。なお、本実験では、対象とする河川堤防が典型的な凸型形状であり、天端面の両端に法肩が存在するため、2本のブレイクラインを用いて被害箇所候補を検出する。被害箇所の詳細を確認すると、閾値 *near* の値が4mの場合に大きな変化を起こした被害箇所が明らかとなっていることが分かる。また、図-12の四角で囲った範囲は、河川管理者が緊急復旧工事¹⁾を実施した箇所であり、被害の大きな箇所である。このことから、本手法は、震災による被害箇所の候補地をユーザが指定した任意の変化量に応じて検出できていることがわかった。また、本手法で正しく被害箇所を検出できているかを確認するため、図-13に示す大きな被害を受けた箇所(断面 B, C, D)と被害を受けていない正常な箇所(断面 A)の各断面の生成結果を図-14、震災前後の各断面に対応した航空写真を図-15に示す。各図を確認した結果、以下の知見を得た。

- 断面 A は、震災前後で断面形状がほぼ一致しており、断面 A 周辺の堤防は、天端面の形状が保たれていることがわかる。また、図-15の断面 A 周辺の航空写真を確認したところ、道路面やがれきなどの堆積が見られるものの、堤防形状が残っていることがわかる。このことから、震災の被害を受けていない、もしくは軽微な箇所を正しく検出できていることが明らかとなった。
- 断面 B および断面 C は、天端面の形状が変化しており、堤内側の法肩の変化が著しいことがわかる。このことから、本手法により局所的な損傷箇所が正しく検出できていることが明らかとなった。
- 断面 D は震災前後で断面形状が著しく変化しており、震災前後の航空写真からも堤防形状が大きく変化していることがわかる。また、図-15の断面 D 周辺の航空写真を確認したところ、堤防形状が大きく変化していることがわかる。実際に、断面 D 周辺は大きな被害が特に集中して検出されており、河川管理者が緊急復旧工事¹⁾を実施した箇所である。このことから、破堤などの堤防形状が局所的に大きく変化している箇所が正しく検出できていることがわかった。

3) 震災前後の堤防の土量差分

本実験では、3次元 CAD データ生成機能にて作成した震災前後の3次元 CAD データの河川水位を基軸とした堤防の土量差分を算出し、復旧工事に必要な数量を把握できるかを検証した。土量の算出には、AutoCAD Civil 3D の土量算出機能を用いたが、とくに支障なく対処することができた。その結果、地殻変動が伴うような大規模な災害の条件下でも、震災前と同様の堤防に復旧するために必要となる土量の概数が把握できた。したがって、復旧工事の規模の把握や積算の基礎資料として活用できると考えられる。なお、本実験では、補正した LP を用いて作成した3次元 CAD データから、復旧工事に必要となる土量を算出しているが、実際の復旧工事に用いられた土量との比較実験を行っていないため、算出した土量の正確さを評価できないことから、算出結果の数値の提示は省略する。

7. おわりに

本研究では、震災前後の LP から3次元 CAD データを生成する既往研究の技術を用いて抽出したブレイクラインの比較手法を考案した。また、考案した手法により、災害による被害箇所をどの程度まで把握できるかを評価実験によって明らかにした。

本手法は、既往研究の技術と震災前後の LP から生成した3次元 CAD データを重ね合わせて比較し、形状的特徴であるブレイクラインの変化を即座に発見する。その結果、優先的に復旧対策すべき箇所や現地踏査を詳細に実施すべき箇所の選定など、効率的な災害対応を支援する。

評価実験では、具体的な利用シーンを想定して、災害対応の経験を有した河川管理者の助言の下、災害発生時の復旧対策支援をテーマに、東日本大震災で得られた LP などを用いて本手法の有用性を確認した。また、河川管理者に本研究結果を説明したところ、災害対応で有用であるとの評価を得た。

今回は河川堤防を対象にしたが、本手法は地表面構造物の形状的特徴を比較する汎用性を確保している。今後の展開として、その他の土木構造物(道路、海岸や山間部を走る線路など)を対象に本手法の適用可能性を探っていく予定である。

謝辞: 本論文を遂行するにあたり、国土交通省近畿地方整備局の各氏には貴重なご意見を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局河川計画課：河川基盤地図ガイドライン(案)第2.1版, 2001.

- 2) 国土技術政策総合研究所：航空レーザ測量を活用した治水安全度評価, <<http://www.nilim.go.jp/lab/rcg/newhp/seika.files/lp/>>, (入手 2012.12.13) .
- 3) 伊藤弘之, 山本晶, 大谷周：航空レーザー測量により取得した河川データの管理手法に関する検討, 国土技術政策総合研究所年報 (調査・試験・研究の成果の概要), 国土技術政策総合研究所, pp.298-299, 2009.
- 4) 国土交通省：「国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2008」の策定について, 2009.
- 5) 国土交通省：ICT が変える、私たちの暮らし～国土交通分野イノベーション推進大綱～, 2007.
- 6) Lu, W., Murphy, K., James J., Sheffer, A. and Fu, H.: A Hybrid Conditional Random Field for Estimating the Underlying Ground Surface from Airborne LiDAR Data, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol.47, No.8, pp.2913-2922, 2009.
- 7) Zheng, Y. and Cao, Z.: Classification Method for Aerial LiDAR Data Based on Markov Random Field, *Electronics Letters* 4th, Vol.47, No.16, 2011.
- 8) Bretar, F. and Chehata, N.: Terrain Modeling from Lidar Range Data in Natural Landscapes; A Predictive and Bayesian Framework, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol.48, No.3, pp.1568-1578, 2010.
- 9) 大津慎一, 佐田達典：三次元形状計測における大量点群データの処理手法, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.16, pp.27-36, 2007.
- 10) 国土交通省：大規模自然災害時の初動対応における装備・システムのあり方 (提言), 2009.
- 11) 田中成典, 今井龍一, 中村健二, 川野浩平：点群座標データを用いた 3 次元モデルの生成に関する研究, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.19, pp.165-174, 2010.
- 12) 田中成典, 今井龍一, 中村健二, 川野浩平：点群座標データを用いた 3 次元モデルの自動生成に関する研究, 知能と情報, 日本知能情報ファジィ学会, Vol.23, No.4, pp.572-590, 2011.
- 13) 谷口健男, 真下啓治：3 次元体表面上の点群を用いた形状生成と要素分割, 応用数理, 応用数理学会, Vol.15, No.4, pp.310-319, 2005.
- 14) Gumhold, S., Wang, X. and MacLeod, R.: Feature Extraction from Point Clouds, *Proceedings of 10th International Meshing Roundtable, Sandia National Laboratories*, pp.293-305, 2001.
- 15) 古谷隆志, 真鍋友和, 谷口健男：point clouds からの特徴線抽出とそれを利用した 3 次元領域形状の生成, 計算工学講演会論文集, 計算工学会, Vol.9, pp.773-776, 2004.
- 16) 小林一郎, 宮下征士, 坂口将人, 上田誠：MMS データを用いた視距改良設計, 土木情報利用技術論文集, 土木学会, Vol.18, pp.1-8, 2009.
- 17) 国土交通省東北地方整備局：平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震 鳴瀬川・北上川被害状況, <<http://www.thr.mlit.go.jp/karyuu/taiheiyouokijisinn/index.html>>, (入手 2012.12.13)
- 18) 国土地理院：座標補正パラメータ, <<http://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/>>, (入手 2012.12.13) .
- 19) Ester, M., Kriegel, H.P., Kriegel, Sander, J. and Xu, X.: A Density-Based Algorithm for Discovering Clusters in Large Spatial Databases with Noise, *Proc. of The 2nd Int'l Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining*, AAAI, pp.226-231, 1996.
- 20) Kass, M., Witkin, A. and Terzopoulos, D.: Snakes: Active Contour Models, *Proc. of 1st International Conference on Computer Vision*, IEEE, pp. 259-268, 1987.

(2012.10.19 受付)

Visualization of the Automatic Detection Results of the Affected Areas Before and After the Earthquake Disaster Using LP data

Shigenori TANAKA, Ryuichi IMAI, Kenji NAKAMURA and Kouhei KAWANO

It is essential for disaster recovery to grasp the state of disaster promptly and properly. Existing assets useful in grasping affected areas such as LP are accumulated in river projects. Then, the detailed conditions of the affected areas can be grasped by comparing the three-dimensional CAD data generated from the existing asset LP with the dimensional CAD data from the LP after the earthquake disaster. However, while rapid response is required in recovery response, it takes much work to confirm all the affected areas in detail. This research first analyzes the situations of damage caused by the Great East Japan Earthquake, and set up guidelines for detecting affected areas. Second, a method for automatically detecting possible affected areas is proposed utilizing LP before and after the earthquake disaster. To evaluate usefulness of the proposed method, demonstration experiments are performed using LP obtained in the Great East Japan Earthquake, and the detection accuracy of the possible affected areas is evaluated.