

<第2会場:214室>

令和元年(2019年12月26日(木))

【第1部】司会:高瀬 慎介先生		
13:00-13:15	IoTセンサの駆動を想定した振動発電デバイスによるマイクロ水力発電	○齋藤憲寿(秋田大学大学院理工学研究科)、高橋圭太(秋田大学大学院理工学研究科)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)
13:15-13:30	震源断層モデル推定の不確実性リアルタイム評価手法の開発 -2019年山形沖地震への適用-	大野圭太郎・太田雄策・○日野亮太(東北大学大学院理学研究科)
13:30-13:45	個別要素法における物理パラメータ決定のための研究	○橋本憲二(八戸工業大学)、小笠原亮介(八戸工業大学)、高瀬慎介(八戸工業大学)、金子賢治(八戸工業大学)
13:45-14:00	秋田県北部の沖積低地における洪水堆積物について	○宿田涼介・梅田浩司(弘前大学理工学部地球環境防災学科)、鎌滝孝信(秋田大学地方創生センター)
14:00-14:15	カルデラ火山の外輪山における大規模地すべりの発生年代	○吉田怜奈・宿田涼介・五十嵐広大・梅田浩司(弘前大学理工学部)
14:15-14:30	下北地域の地盤特性に関する研究	○東大地(八戸工業大学)、小笠原亮介(八戸工業大学)、橋本憲二(八戸工業大学)、金子賢治(八戸工業大学)、高瀬慎介(八戸工業大学)

15:00-17:10	公開シンポジウム 特別講演会(222室)
-------------	----------------------

令和元年(2019年12月27日(金))

9:00-9:50	地区総会(第1会場 213 室)
-----------	------------------

【第2部】司会:渡辺 一也先生		
10:00-10:15	秋田県中部八郎湖の湖底堆積物中に保存されたイベント堆積物	○鎌滝孝信(秋田大学地方創生センター)・阿部恒平・黒澤英樹(応用地質株式会社エネルギー事業部)
10:15-10:30	洪水時における樹皮剥離過程に関する検討	○谷口隼也(秋田大学理工学部)、齋藤憲寿(秋田大学大学院理工学研究科)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)
10:30-10:45	数値シミュレーションによる津波の河川遡上と堆積物に関する検討	○林直幸(秋田大学理工学部)、齋藤憲寿(秋田大学)、鎌滝孝信(秋田大学)、渡辺一也(秋田大学)、田中仁(東北大学)
10:45-11:00	河川遡上津波による土砂混合及び堆積に関する実験	○高桑充広(秋田大学理工学部)、鎌滝孝信(秋田大学)、齋藤憲寿(秋田大学)、渡辺一也(秋田大学)
11:00-11:15	秋田県北部の沖積低地における津波堆積物の分布様式	○網干秀俊・鎌滝孝信・平川知明(秋田大学)・宿田涼介・梅田浩司(弘前大学)
11:15-11:30	深淺測量による汀線位置と簡易汀線測量による汀線位置	○玉澤佑大(八戸工業大学土木建築工学科)、佐々木幹夫(八戸工業大学)、加藤雅也(釧路高専)
11:30-11:45	簡易汀線測量の汀線位置測定精度	○平川雅壺(八戸工業大学土木建築工学科)、佐々木幹夫(八戸工業大学)、加藤雅也(釧路高専)
11:45-12:00	2017年秋田豪雨によって水田に堆積した流木の特徴	○松林由里子(岩手大学理工学部)

12:00-12:30	ポスター発表(ポスター掲示会場 1Fフリースペース)
12:30-13:30	昼食

【第3部】司会:佐々木 幹夫先生		
13:30-13:45	津波遡上への氾濫水密度の影響	○松富英夫(中央大学研究開発機構)
13:45-14:00	孤立波の浅水変形に伴う底面境界層の発達	○田中 仁(東北大学大学院工学研究科)、Nguyen Xuan Tinh(東北大学大学院工学研究科)、西脇 遼(東北大学大学院工学研究科)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)
14:00-14:15	ロードセルを用いた浮体式津波避難シェルターの波力に関する検討	○蒔苗純(秋田大学理工学部)、齋藤憲寿(秋田大学大学院理工学研究科)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)
14:15-14:30	漂流物を考慮した津波解析	○上野礼慈(八戸工業大学)、橋本憲二(八戸工業大学)、小笠原亮介(八戸工業大学)、高瀬慎介(八戸工業大学)、竹内貴弘(八戸工業大学)、金子賢治(八戸工業大学)
14:30-14:45	防潮林の津波減衰効果に関する研究	○浅倉俊太郎(八戸工業大学)、橋本憲二(八戸工業大学)、小笠原亮介(八戸工業大学)、高瀬慎介(八戸工業大学)、金子賢治(八戸工業大学)
14:45-15:00	三陸沖北部地震を考慮した八戸市におけるX-GISを用いた津波遡上解析	○中村 優真(八戸工業大学)高瀬 慎介(八戸工業大学)野島 和也(日本工営(株)先端研究開発センター)櫻庭 雅明(日本工営(株)先端研究開発センター)山口 裕矢(東北大学災害科学国際研究所)森口 周二(東北大学災害科学国際研究所)、寺田 賢二郎(東北大学災害科学国際研究所)
15:00-15:15	満水になったダム湖の洪水調節能力	○佐々木幹夫(八戸工業大学)、加藤雅也(釧路高専)
15:15-15:30	波による海岸地形の変動特性	○竹村晴登(八戸工業大学土木建築工学科)、佐々木幹夫(八戸工業大学)、加藤雅也(釧路高専)

<ポスター掲示会場:1Fフリースペース>

ポスター発表12:00~12:15		
ポスター1	2019年6月18日山形県沖の地震における木造住宅の地震応答について	○三辻和弥(山形大学)、大野晋(東北大学)
ポスター2	日中における風水害への応急対策の比較	○周 晋(東北大学大学院)、柴山明寛(東北大学災害科学国際研究所)、佐藤健(東北大学災害科学国際研究所)
ポスター3	青森県内のKiK-net4地点における増幅特性の水平方向異方性について	○片岡俊一(弘前大学)
ポスター4	死蔵スマートフォンを活用した簡易地震計の普及に関する基礎的研究	○寺本 尚史(秋田工業高等専門学校)、星 颯杜(秋田県分析化学センター)
ポスター5	ドローンによる残存者探索を組み込んだ津波避難訓練の取り組み -2019年福島県いわき市薄磯区の事例-	○杉安和也(東北大学)、高橋秀幸(東北学院大学)、横田信英(東北大学)、橘一光(福島工業高等専門学校)、松本行真(近畿大学)
ポスター6	インドネシアCitarum川流域の水田耕区における氾濫解析	○竹田稔真(日本大学大学院工学研究科)、河村弘仁(日本大学工学部)、朝岡良浩(日本大学工学部)、若林裕之(日本大学工学部)、Boedi Tjahjono(IPB University, Indonesia)、Sitaresmi Dewayani (Provincial Office of Food Crops and Horticulture of West Java Province, Indonesia)
ポスター7	人工衛星と数値地図情報を用いたパナマ運河流域の水収支解析	○神戸智志(日本大学工学部)、朝岡良浩(日本大学工学部)、Lucas Calvo(Technological University of Panama)

<第2会場：214室>

— 第1部 —

司会：高瀬 慎介 先生

令和元年12月26日（木）

6題（13：00~14：30）

IoT センサの駆動を想定した振動発電デバイスによる マイクロ水力発電*

秋田大学大学院理工学研究科 齋藤 憲寿
秋田大学大学院理工学研究科 高橋 圭太
秋田大学大学院理工学研究科 渡辺 一也

1. はじめに

あらゆるモノがインターネットに接続される IoT 社会の実現には電源の確保が重要な課題の一つとして挙げられており、天候や昼夜を問わず電力を供給し、電池のように交換を必要としない代替電源技術であるエネルギーハーベスティングが注目されている。その中で、エネルギーハーベスティングと無線センサ技術の融合によりメンテナンス性の向上や配線コストの低減などが考えられ、その電源として長期間だけではなく非常用としても活用できるマイクロ水力発電への期待が大きい。著者ら¹⁾は振動発電デバイスを用いたマイクロ水力発電装置を開発して基礎的な陸上実験を行っており、本研究では河川や水路等で使用する IoT センサの駆動や通信に必要な不可欠な自立電源への適用を想定し、水理実験を行った。

2. 発電装置

図 1 に発電装置の概要を示す。発電装置の下端に回転軸を取り付けて水中へ設置すると、浮力が復元力となり倒立振り子として機能する。水流が発電装置へ衝突すると、円柱から発生するカルマン渦列により水流と直角方向に振動（振り子運動）するため、振動発電デバイスが振動を吸収して変形し、運動エネルギーを電気エネルギーへ変換する。



図 1 発電装置

3. 実験概要

図 2 に実験概要を示す。可傾斜造波循環水路の中央付近に水路幅 0.1 m の水制および発電装置を設置し、水深 0.22 m、水制内の流速 0.29~0.44 m/s となる定常流を流した。そして、ワンボードマイコンの一種である Arduino を用いて 20 ms 毎に 30 s 間、図 1 中の 6 軸センサを用いて発電装置の角度、角速度および角加速度を計測した。また、振動発電デバイスの電圧および電流を計測し、電力を算出した。

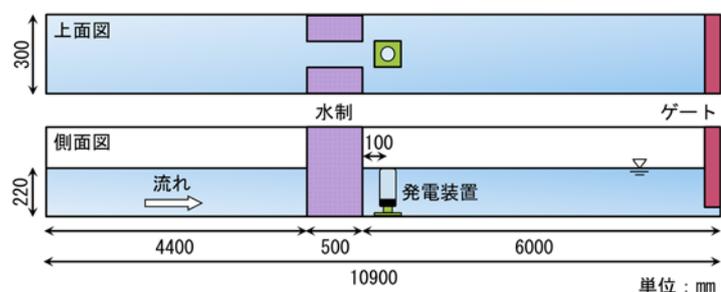


図 2 実験概要

* Micro hydroelectric power generation by the vibration generating electricity device which assumed drive of a IoT sensor by Noritoshi SAITO, Keita TAKAHASHI and Kazuya WATANABE

4. 実験結果および考察

図3に流速と振り子運動の振動数および振幅の関係を示す。流速が増加するとカルマン渦列の影響によって振り子運動の振動数や振幅が大きくなるが、流速 0.39 m/s 以上になるとどちらも一定となった。

図4に流速と振動発電デバイスの最大電力の関係を示す。流速 0.29 m/s では発電が確認できなかった。また、最大電力は振り子運動の振動数や振幅とは異なり、流速の増加に伴い大きくなる傾向を示した。

図5に流速と1 sあたりの振動発電デバイスの発電量および設備利用率の関係を示す。発電量および利用設備率は最大電力と同様に、流速 0.29 m/s では0であったが、流速の増加に伴いどちらも大きくなる傾向であった。ここで、近年のVLSIの低消費電力化や無線技術の発達により、10 μ W程度の発電量があればIoTセンサを間欠的に動かすことが可能となってきている²⁾ことから、本研究の範囲内では発電を確認できた流速 0.32 m/s 以上において、マイクロ水力発電を自立電源へ適用できる可能性が示唆された。

5. まとめ

- 1) 流速の増加に伴うカルマン渦列の影響により振り子運動の振動数や振幅が大きくなるが、流速 0.39 m/s 以上になるとどちらも一定であった。
- 2) 流速が増加すると振動発電デバイスの最大電力や発電量、設備利用率は大きくなる傾向であった。また、本研究の範囲内では発電を確認できた流速 0.32 m/s 以上において、マイクロ水力発電をIoTセンサの自立電源へ適用できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 齋藤憲寿, 高橋圭太, 渡辺一也: 再生可能エネルギーを活用するための小型振り子発電装置の開発, 東北地域災害科学研究, No.55, pp.197-202, 2019.
- 2) 鈴木雄二: 環境発電技術の展望, 日本 AEM 学会誌, Vol.22, No.3, pp.339-342, 2014.

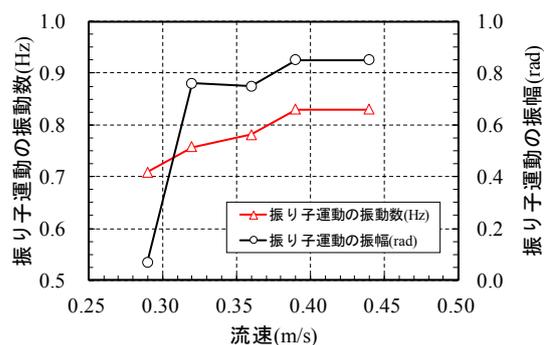


図3 流速と振り子運動の振動数および振幅の関係

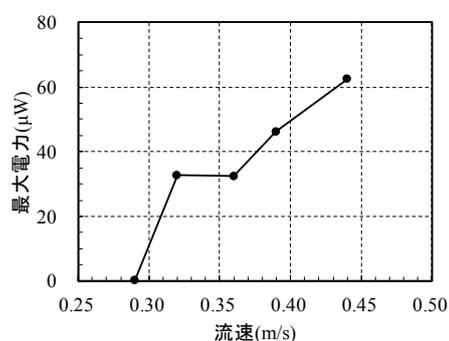


図4 流速と振動発電デバイスの最大電力の関係

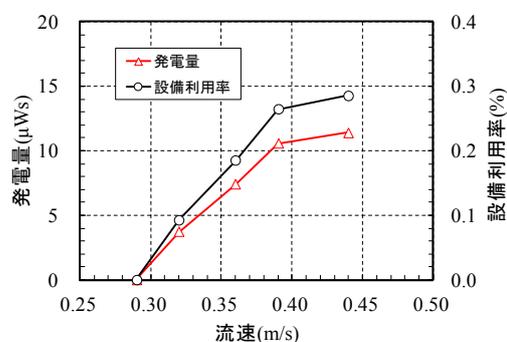


図5 流速と振動発電デバイスの発電量および設備利用率の関係

震源断層モデル推定の不確実性リアルタイム評価手法の開発 -2019年山形沖地震への適用-

東北大学大学院理学研究科 大野圭太郎, 太田雄策, 日野亮太

1. はじめに

地震発生直後に、地震規模および地震を引き起こした断層面の大きさ、すべり量を推定することは、津波や強震動等、生じうる災害誘引を推定する観点からきわめて重要である。現在、東北大学大学院理学研究科と国土地理院では、GNSS (Global Navigation Satellite System) のリアルタイム解析による地殻変動場モニタリングシステム (REGARD) の開発を進めている。REGARDには推定された地殻変動場から、矩形断層モデルもしくはプレート境界におけるすべり分布モデルを自動推定する機能が実装されている。このうち、矩形断層モデルにおいては、問題が非線形のため、初期値を与えた最尤推定法によって断層モデルの推定を行っている。そのため、推定される断層モデルは与える初期値に大きく依存し、さらに推定誤差の定量的な扱いが困難という問題点がある。実際に、2019年山形沖地震の際、REGARDは断層モデルを人の手を介さずに自動推定することに成功したものの、推定誤差の判断等に困難性があったために公表には至っていない。

このような背景のもと、私達は現在、リアルタイムGNSSデータから推定される断層モデルの不確実性を、実時間で定量的に把握する手法の開発を進めている。本発表では、開発中の手法の概略および、同手法の2019年山形沖地震への適用結果についてその結果を示す。

2. データおよび手法

使用したデータは、2019年山形沖地震の際に実際にREGARDにおいて得られた永久変位場（以下、REGARD解）を用いた。本手法で推定を行うのは、均質無限弾性体中における有限矩形断層(Okada et al. 1992)である。内陸地震等の場合一般に、断層幾何をあらかじめ固定することができず、問題が非線形となる。そのため、本研究ではベイズ統計を用いた確率的推定手法であるマルコフ連鎖モンテカルロ法 (Markov Chain Monte Carlo Method, 以下MCMC法)を用いた。さらにリアルタイムでの利用を念頭におき、速やかな解の収束を目的として複数連鎖を用いたパラレル・テンパリングを採用した。

3. 結果

図1にREGARD解を用いてMCMC法によって推定された断層パラメータの事後確率分布および、その中央値を用いた断層面、さらに断層面が推定された頻度を示す。事後確率分布を見ると、走向、傾斜、すべり角では複数ピークが確認できる。さらに断層の長さ、幅、すべり量では正規分布的な形状をせず、値が大きい方にテールを曳く分布が得られている。得られた結果において特に重要な点は、REGARDで用いられている最尤推定では得られる

*I Real-time automatic uncertainty estimation of GNSS-based coseismic single rectangular fault model: a case study of 2019 Yamagata-Oki earthquake by Yusaku Ohta, Keitaro Ohno and Ryota Hino

答えが単一である一方で、本手法で得られる結果は推定の不確実性を、幅を持って提示できるという点にある。例えば図1に示した断層面が推定された頻度を表す図は、震源断層が存在しうる範囲を明瞭に可視化することに成功している。このような情報は、地震発生後の事後対応等に活用できる可能性がある。

4. 議論

日本海では、北海道から新潟県沖にかけての日本海東縁を中心として、これまでいくつか大きな地震が発生したことが知られている。そのため、将来起きうる日本海側の地震に対して開発した手法を適用することで、その能力の網羅的な評価を行った。使用したのは国の「日本海における大規模地震に関する調査検討会(平成26年)」であり、全60ケースである。これら地震によって想定される地表面変位を計算し、それに観測誤差にあたるノイズを付加した後に、MCMC法による断層推定を行った。その結果を図2に示す。図2を見ると、観測点からの距離に応じて推定精度が大きく変わることが明らかである。発表では、より詳細に推定精度等の議論を行う。

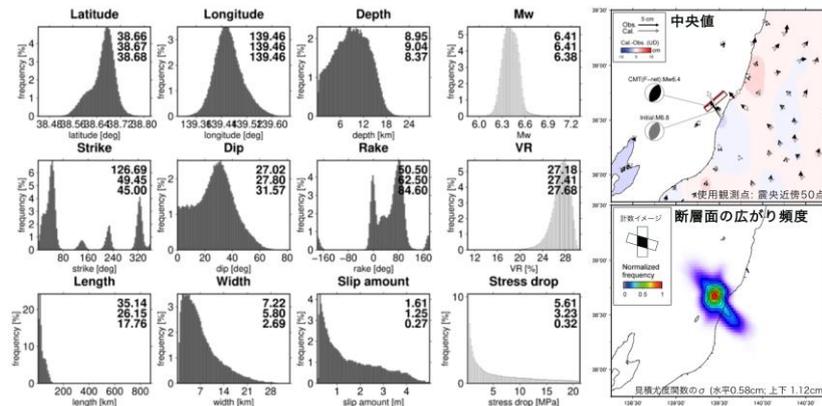


図1. 開発した手法による2019年山形沖地震の断層推定結果。左図が各断層パラメータの事後確率分布、右上図がその中央値で描画した断層面、右下図に断層の存在頻度を示す。

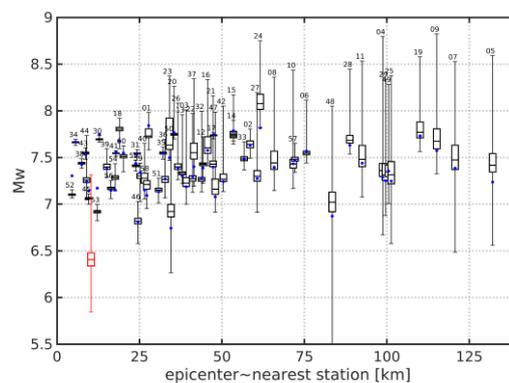


図2. 日本海東縁で発生しうる地震(全60ケース)に対して開発した手法を適用した場合の推定精度をGNSS観測点と断層面との距離で箱ひげ図にて示す。青が仮定した地震規模、赤色の箱ひげ図が山形沖地震の推定結果を示す。

個別要素法における物理パラメータ決定のための研究*

八戸工業大学大学院 橋本 憲二
八戸工業大学大学院 小笠原 亮介
八戸工業大学大学院 高瀬 慎介
八戸工業大学大学院 金子 賢治

1. はじめに

日本は世界でも有数の斜面災害多発国であり，斜面崩落の危険性が高い地域では災害シミュレーションが利用されている。特に，土砂流動のような不連続体を対象としたシミュレーションに適用可能な手法の1つとして，個別要素法が挙げられる。

個別要素法では，図-1のような数値モデルを導入することで粒子間の接触力の計算を可能にしている。

接触力は接触点の法線方向と接線方向に分解され，法線方向にダッシュポットとバネ，接線方向にダッ

シュポットとバネおよびスライダーを考慮して計算する。この数値モデルにおいて，バネは弾性係数，ダッシュポットは減衰係数，スライダーは摩擦係数を意味している。求められた接触力により粒子の接触後の運動は決定され，時間増分 Δt 毎に計算が行われていく。時間増分 Δt は粒子の質量 m と数値モデルのバネ定数 K により求められ，時間増分 Δt とバネ定数 K は反比例関係にある。

解析するにあたり，時間増分 Δt を小さくして解析結果の精度を良くすることはできるが，その分計算量は増加し，解析に必要な時間も長時間となる。しかし，既往の研究により，時間増分 Δt をある程度大きくする，即ち，バネ定数 K をある程度小さくしても解析結果の精度に影響しないことが分かっている。バネ定数 K の値次第では計算コストを削減でき，今後の災害シミュレーションの大規模化・高精度化が望める。よって本研究では，解析精度に影響しないバネ定数 K の範囲を具体的に調査する。

2. 実験概要・結果

ベンチマーク実験として，粒子モデルと安息角実験装置を使用し斜面崩落を発生させ，斜面の安息角を計測した。この実験の再現解析を行い，安息角を実験結果と比較することで，ばね定数 K の妥当な範囲を調査する。

粒子モデルは 3D プリンターで作成したものを使用した。安息角実験装置に粒子モデルを敷き詰め，安息角実験装置の前面の板を上をスライドさせることで，斜面崩落を起こすことができる。実験回数は安息角のバラツキを考慮するため 100 回行った。

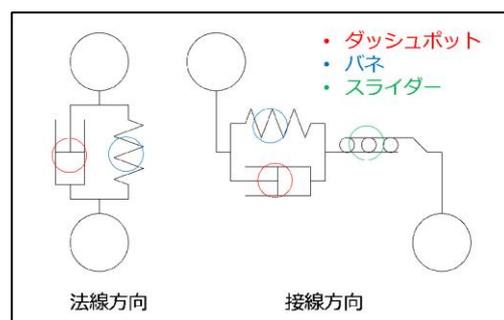


図-1 数値モデル

*Studies to determine physical parameters in Distinct Element Method by Kenji Hashimoto, Ogasawara Ryosuke, Shinsuke Takase, Kenji Kaneko

事前実験により、崩落後の斜面形状を大きく2種類に分類できることが分かった。粒子モデル上部の一部が底面と水平になっており途中から斜面になるパターン A (図-2) と、粒子モデル上部全てが斜面になっているパターン B (図-3) である。そこで100回の実験データをパターン別に安息角を計測し、ヒストグラム (図-4, 図-5) で整理した。パターン A の平均安息角は46.65度、パターン B の平均安息角は38.35度であった。A のヒストグラムは正規分布になったが、B は角度がやや偏った。再現解析でも同じようなヒストグラムになるかどうかを検討する予定である。

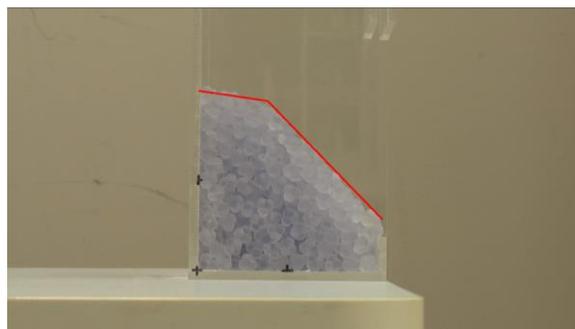


図-2 パターン A

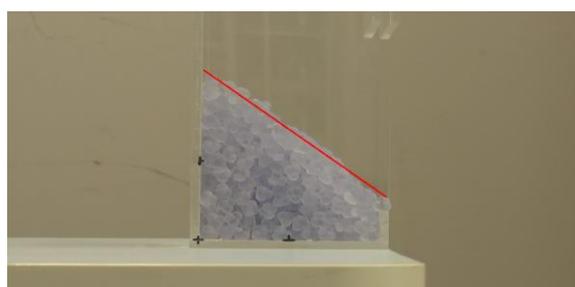


図-3 パターン B

3. 解析方法

ベンチマーク実験の再現解析を行い、ヒストグラムを作成して模型実験と比較する。数値解析にはプログラミング言語 Fortran90 を用いる。個別要素法自体の計算コードは既存の物を使用するため、本研究では模型実験の再現に必要なデータファイルを作成するためのコードを作成した。

再現性をより高めるため、安息角実験装置の上に粒子モデルをランダムパッキングさせる。この初期位置条件により、解析と同時に粒子モデルは重力により装置の中に充填されていく。ランダムパッキングすることで、再現解析ごとに異なる充填の仕方になるようにしている。

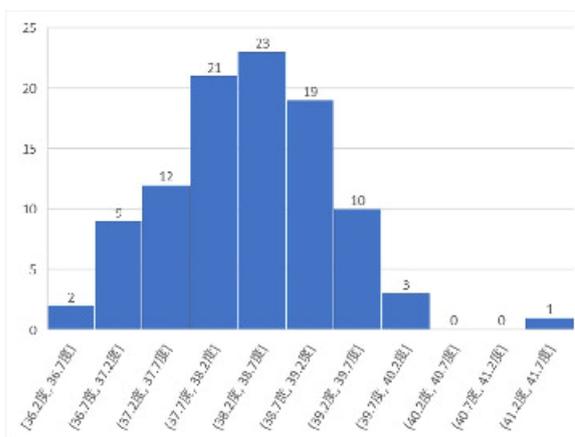


図-4 ヒストグラム (A)

4. おわりに

模型実験により、斜面形状が2種類存在することが判明した。パターン B が正規分布にならなかったため、再現解析ではどのようにするのか比較を行う。バネ定数 K を変化させた安息角の実験値と解析値の比較は現在実施中である。本発表では比較後の考察まで含めて発表する予定である。

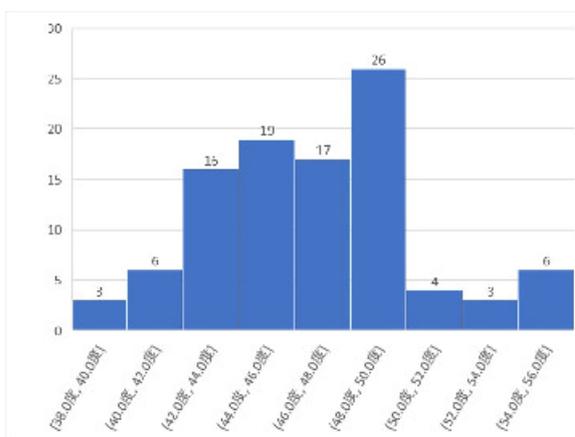


図-5 ヒストグラム (B)

秋田県北部の沖積低地における洪水堆積物について*

弘前大学理工学部 宿田涼介・梅田浩司

秋田大学地方創生センター 鎌滝孝信

1. はじめに

洪水堆積物のみならず、自然災害に伴うイベント堆積物を認定することは、災害の発生場所や周期さらにはその規模などを推定できる可能性があることから、防災面でも役立つことが期待される。筆者らは秋田県八峰町峰浜周辺の沖積低地において、ハンドコアラーやハンディジオスライサーを用いたイベント堆積物の調査を進めてきた。その結果、鎌滝ほか(2016, 2018)では津波堆積物(Em1層)や洪水堆積物(Em2層)を見出している。本研究では、これらの結果を踏まえた上で、Em2層の分布範囲や形成年代を明らかにするため、八峰町峰浜およびその周辺の沖積低地で掘削したボーリングコアの層相観察、堆積物の顕微鏡観察およびEPMAにより堆積物に含まれる軽石の主成分元素の分析を行なった。

2. Em2層の特徴

八峰町峰浜周辺のボーリングコアの層相観察では、Em2層は深度0.90~1.24 mに分布しており、軽石を含む淘汰の悪い火山灰混じりのシルトからなる。下位の砂混じりシルトとの境界は侵食面になっていることが多い。また、材を主体とする植物片が多く含まれる。Em2の上部では平行層理や低角の斜交層理が発達し、上方細粒化する。Em2層の軽石について弘前大学理工学部のEPMA(加速電圧15kV, 照射電流 6.0×10^{-9} A, 電子ビーム径 $10 \mu\text{m}$)によって主成分9元素の定量を行なった。これによると、 K_2O が1.30~1.53 wt.%, TiO_2 が0.24~0.42wt.%の範囲であり、青木・町田(2006)による十和田aテフラに対比される。これらのことから、Em2層は十和田火山の西暦915年の噴火エピソードA(Hayakawa, 1985)の火砕物に由来するラハール堆積物であると考えられる。

3. Em2層の形成年代

Em2層の形成年代については、MH2コアのEm2層(深度1.15 m)の中から得られた材の ^{14}C 年代が 910 ± 22 yrBPであった。また、Em2層の上位の地層(深度0.88m)から 328 ± 22 yrBP下位の地層(深度1.37m)から 1094 ± 23 yrBPの年代値を得ている。さらに、下位の地層にはバブルウォール型の火山ガラスが含まれるが、化学組成から白頭山-苫小牧テフラ(西暦946年の冬: Oppenheimer et al., 2017)に対比される。以上のことからEm2層の形成年代はおよそ1000年前と考えられる。米代川の洪水被害についてはいくつかの歴史史料に記録されているが、このうち鷹巣町史年表によると延久5年(西暦1073年)に大規模な洪水が発生したことが記されている。そのため、Em2層を形成したラハールは噴火エピソードAから約150年後に発生し

*Flood deposits on coastal lowland in northern Akita Prefecture by Ryosuke Syukuda, Koji Umeda and Takanobu Kamataki

た可能性がある。

4. 推測される洪水災害の規模

米代川右岸の能代市須田から八峰町峰浜までの沖積低地で掘削したボーリングコアの層相観察によると、Em2層と対比できるイベント堆積物が一部のコアでもみられた。Em2層の分布範囲をもとに当時の洪水による浸水範囲を推測すると、少なくとも米代川の河口から約1.5kmの右岸から約5.0km北側の八峰町峰浜までの堤間低地が浸水したものと考えられる。平成28年に能代市によって米代川における洪水・土砂災害ハザードマップが公開されているが、これによると米代川の両岸からおよそ2.0kmの範囲が0.5m以上の浸水区域とされている（米代川流域の24時間総雨量を254mmと想定）。Em2層が形成された当時の米代川の正確な流路は不明だが、十和田火山の西暦915年の噴火の影響によって、現在の洪水浸水想定区域を超える大規模な洪水が発生したと考えられる。

謝辞

本研究には科学研究費（基盤研究（C）, 課題番号：17K01321, 代表：鎌滝孝信）を使用した。弘前大学大学院理工学研究科の岡田里奈氏および秋田大学理工学部の網干秀俊氏、高桑充広氏には現地調査に協力いただいた。ここに記して関係各位に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 青木かおり・町田 洋：日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成— K_2O-TiO_2 図によるテフラの識別, 地質調査研究報告, 57, pp.239-258, 2006.
- Hayakawa, Y. : Pyroclastic geology of Towada volcano. Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 60, 507-592, 1985.
- 鎌滝孝信・高渕慎也・松富英夫・阿部恒平・黒澤英樹：秋田県男鹿市および八峰町における津波堆積物調査, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 72, I_1693-I_1698, 2016.
- 鎌滝孝信・内舘美紀・金澤 慎・石田将貴・松富英夫：1983 年日本海中部地震津波の影響地域における過去の津波履歴の検討, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 74, I_529-I_534, 2018.
- Oppenheimer, C, Wacker, L, Xu, J, Galván, JD, Stoffel, M, Guillet, S, Corona, C, Sigl, M, Cosmo, ND, Hajdas, I, Pan, B, Breuker, R, Schneider, L, Esper, J, Fei, J, Hammond, JOS, Büntgen, U. : Multi-proxy dating the “Millennium Eruption” of Changbaishan to late 946 CE. Quaternary Science Reviews, 158, 164–171, 2017.
- 米代川水系米代川浸水想定区：<http://www.thr.mlit.go.jp/noshiro/kasen/shinsui/shinsui4.htm>

カルデラ火山の外輪山における大規模地すべりの発生年代

弘前大学理工学部 吉田怜奈・宿田涼介・五十嵐広大・梅田浩司

1. はじめに

東北地方の脊梁山地には中新世後期から第四期に形成されたカルデラ火山が多く分布する。これらの多くはカルデラ壁を滑落崖とし、カルデラ内部に向かって移動した地すべり地形がカルデラ縁に沿って環状に配列するといった特徴を有する。カルデラ内部の地すべりに限らず現在活動している斜面変動は、比較的規模の大きい初生地すべりの再活動と考えられている。そのため、過去の地すべりの発生した時期・規模や現在までの活動史を明らかにすることは、将来の土砂災害の予測に有効である。地すべりの冠頭部の引張場に形成される凹地には周辺から運搬された砂、泥などが堆積するが、その過程で樹木や植物片、腐植土などの有機物のほかテフラなどが取り込まれることがある。このような停滞水域で採取した年代既知のテフラの対比と層序関係に基づく編年などの方法を用いることによって、地すべりの発生時期や活動時期の推定が行われている（例えば、渡部・八木、2003）。本研究では、第四期火山である十和田カルデラあるいは碓ヶ関カルデラに形成された大規模地すべりの活動年代を、テフロクロノロジーを用いて研究した。

2. 十和田カルデラの大川岱地すべり

八甲田-十和田火山地域（梅田ほか、1999）には、湯ノ沢、碓ヶ関、沖浦、八甲田、十和田の5つのカルデラが認められており（村岡・長谷、1990）、このうち十和田カルデラは、奥瀬、大不動、雲井、八戸火砕流堆積物の噴出に伴い61~15.5ka（工藤ほか、2019）に形成された陥没カルデラである。カルデラ内部にはカルデラ縁から内側に向かって移動した幅約500m、奥行約1km程度の地すべり地形がいくつか存在する。このうち、カルデラの南西縁には最大で80mの滑落崖を有し、幅3.5km、奥行6kmに及ぶ地すべり地形が認められる。今回、大川岱地すべりと命名する。これは大八木（2003）のカルデラ火山解体期の後カルデラ火山体削剥ステージに相当する。

3. 碓ヶ関カルデラの長峰地すべり

碓ヶ関カルデラは2.6~2.3Maに形成されたカルデラで、4.2~3.6Maに形成された湯ノ沢カルデラとともに二重カルデラをなす（長森ほか、2013）。大規模地すべり地形は碓ヶ関カルデラのカルデラ縁の内側に分布し、幅ないし奥行が1km以上の地すべり地形が8箇所認められる。このうち、長峰地すべりは最大で60mの滑落崖を有し、移動体の大きさも幅2km、奥行1.6kmに及ぶ。また、中央部にはより新しい移動体が存在する。長峰地すべりはカルデラ内部の湖成堆積物の碓ヶ関層であり、シルト岩、砂岩、礫岩からなる。これは大八木（2003）のカルデラ

*Large scale landslides on the rim of the volcanic caldera by Reina Yoshida, Ryosuke Syukuda, Kodai Igarasi, Koji Umeda

火山解体期の湖成堆積物削剥ステージに相当する。

4. テフロクロノロジーからみた地すべりの活動期

地すべり地では地すべり活動により停滞水域が形成される。それは冠頭部の引張場に形成される凹地や斜面末端の河川の堰止湖などである。このような停滞水域では ^{14}C 年代測定が可能な泥炭層やテフラが保存されやすく、それらの年代値や年代既知のテフラとの対比や層序関係に基づいて、地すべりの発生時期や活動時期を推定することができる。今回、大川岱地すべりと長峰地すべりの滑落崖下の凹地からハンドコアラーによって深さ 150cm 程度のコア試料を採取し、層相観察、偏光顕微鏡観察を行なった。その結果、大川岱では深度 136cm 付近に、長峰では深度 99cm および 136cm 付近にテフラ含む層準を識別した。さらに 3 つの層準 (Ok-136、Ik-99、Ik-128) に含まれる火山ガラスについて、弘前大学工学部の EPMA (加速電圧 15kV, 照射電流 $6.0 \times 10^{-9}\text{A}$, 電子ビーム径 $10\mu\text{m}$) によって主成分 9 元素の定量を行なった。これによると IK-99 と Ok-136 の火山ガラスは K_2O が 1.22~1.69 wt.%, TiO_2 が 0.23~0.41wt.% の範囲であり、青木・町田 (2006) による十和田火山を給源とし、西暦 915 に降灰した十和田 a テフラに対比される (なお、Ik-128 については、現時点では対比できていない)。そのため、大川岱、長峰の地すべり活動は、少なくとも約 1000 年以前に生じていた可能性が高い。なお、講演ではコア中に含まれる泥炭層の ^{14}C 年代測定の結果についても併せて報告する予定である。

謝 辞

弘前大学大学院理工学研究科の近藤美左紀氏には EPMA 分析について協力いただいた。ここに記して関係各位に深く感謝の意を表します。

引用文献

- 青木かおり・町田 洋：日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成— K_2O - TiO_2 図によるテフラの識別, 地質調査研究報告, 57, pp.239-258, 2006.
- 工藤 崇・内野隆之・濱崎聡志：十和田湖地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 192p, 2019.
- 村岡洋文・長谷紘和：黒石地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 124p, 1990.
- 長森英明・宝田晋治・吾妻 崇：青森西部地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 67p, 2013.
- 大八木規夫：カルデラ火山の解体過程における地すべりの発生—東北地方におけるその全体像—, 日本地すべり学会誌, 40, 10-21, 2003.
- 梅田浩司・林信太郎・伴 雅雄・佐々木実・大場 司・赤石和幸：東北日本, 火山フロント付近の 2.0Ma 以降の火山活動とテクトニクスの推移, 火山, 44, 233-249, 1999.
- 渡部寿郎・八木浩司：白神山地東部・湯ノ沢川上流域におけるテフロクロノロジーからみた最終氷期以降の地すべり地形発達, 季刊地理学, 55, 122-131, 2003.

下北地域の地盤特性に関する研究

八戸工業大学	東 大地
八戸工業大学大学院	橋本 憲二
八戸工業大学大学院	高瀬 慎介
八戸工業大学大学院	金子 賢治
八戸工業大学大学院	小笠原 亮介

1.はじめに

下北半島では、下北縦貫道路などのインフラ整備や原子力発電所などの建設が進められており、従来からの農漁業主体の産業構造から徐々に変化が生じつつあるが、半島の地質や地盤についてまとまった文献が少ない。これまでの文献調査により、田名部低地の軟弱地盤の調査、地すべりの調査、土丹の性状調査、グリーンタフの調査、中間土の調査の5つの課題がある。その中で下北県民局管内で工事している場所から試料を採取することを踏まえ「田名部低地の軟弱地盤の調査、土丹の性状調査」の2つにピックアップし、それらを土粒子の密度試験、粒度試験、含水比試験、液性限界塑性限界試験といった室内材料試験を行い、その性状を把握して将来の対策に反映する。



図-1 田名部低地の試料採取箇所



図-2 砂子又の試料採取箇所

2. 現地調査及び試料採取

まず、下北の地質の調査として下北ジオパークを数か所巡り、さまざまなジオサイトを調査した。その中には、仏ヶ浦のグリーンタフなどがありましたが、観光地ということもあり、見学のみした。試料採取の現地調査では、田名部低地(図-1)から試料を採取し、土丹は、東通村砂子又(図-2)にある、国道338号道路改良工事を行っている場所から採取した。

3. 現地調査の結果

現地地で採取した試料の色は図-3と図-4のようになっている。含水比試験と密度試験の結果を表-1に記す。まず、基本的性質として、田名部低地の軟弱地盤は、沖積粘土、砂子又の

Study on ground characteristics of Shimokita area by Daichi Azuma, Kenji Hashimoto, Ryosuke Ogasawara, Shinsuke Takase, Kenji Kaneko

土丹は、洪積粘土という結果になった。粒度試験の結果を図－5に記し、どちらも細粒分が多く含まれている土であることが分かる。现阶段で、総合的に見ると、どちらも粘土気質であり液状化しやすい土であることが分かった。しかし、塑性液性試験がまだ行われていないため、一概に正しいとは言えないことが分かる。最終的には、スレーキング試験も行い、さらに詳しく調べていく必要がある。



図－3 田名部低地の試料



図－4 砂子又の試料

4. おわりに

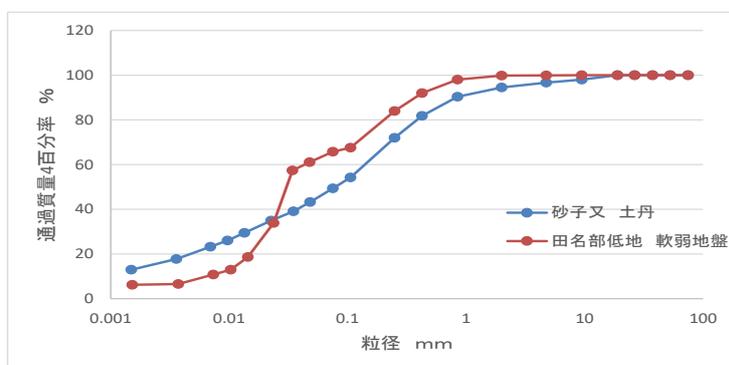
本研究では、1か所から試料を採取し実験を行ったが、高含水比の泥炭や軟弱粘性土は、田名部低地に広く分布しており、違う場所ではまた違った性質を示す可能性があることも考慮し、ほかの場所での試料の性質の検討も行っていきたい。

次に、砂子又の土丹の研究では、切土のり面での表層崩壊が多々あったといわれていたが、そのメカニズムについては研究されていない。塑性液性試験以外を終え现阶段での性状として、粘土気質であり液状化しやすい土という結果が出ているが、これからは、塑性液性試験やスレーキング試験を行い、もっと鮮明な結果を検討し考察していきたい。

そして、整備されていない下北の地質状況に関する資料を最終的にまとめてデータベース化することによって、将来に役立つ資料を作成していきたい。

表－1 含水比、密度試験結果

	田名部低地	砂子又
含水比試験 %	66.130	30.439
密度試験 g/cm ³	2.688	2.640



図－5 粒度分布曲線

<第2会場：214室>

— 第2部 —

司会：渡辺 一也先生

令和元年12月27日（金）

8題（10：00～12：00）

秋田県中部八郎湖の湖底堆積物中に保存されたイベント堆積物*

秋田大学地方創生センター

鎌滝 孝信

応用地質株式会社エネルギー事業部

阿部 恒平・黒澤 英樹

河川および河口周辺を含む沿岸低地における甚大な自然災害を引き起こす要因として、津波や洪水が挙げられる。我が国では沿岸低地に人口が密集していることもあり、津波や洪水の頻度や規模を予測することは、沿岸低地における防災対策を考える上で重要な課題といえる。

津波の頻度や規模を予測する手法として、津波堆積物を使って海域で発生する巨大地震の再来間隔を推定し、その発生時期や影響範囲および被害に関する将来予測を試みる研究は、1980年代後半以降国内でも数多くなされてきた。近年では、歴史津波の規模を津波堆積物の分布から検討した研究も869年貞観津波などを例におこなわれている。ただし、それらの研究の大部分は太平洋側を対象として実施されてきた。一方、日本海東縁については我々のグループで青森県、秋田県および山形県沿岸域における古津波研究を進めてきた結果、古津波の履歴に関する情報は徐々に蓄積されてきた。しかしながら、沿岸低地における平面的な浸水範囲など、津波の規模に関する情報を得るには、さらなる研究の推進が必要な状況である。一方、過去の洪水の履歴や影響範囲を洪水堆積物から推定するような研究はほとんどない。しかし、我々が進めている古津波研究の調査過程で、北東北日本海側の沿岸低地のいくつかに洪水堆積物が見出されている（宿田ほか、本学会など）。本研究は、沿岸低地における大規模な津波や洪水の履歴や影響範囲など、より防災・減災施策に直結する情報を得ることを目的として実施している。

調査地域は秋田県中部の八郎湖の一部である。八郎瀉はかつて汽水海跡湖だったが、大規模な干拓事業がおこなわれ、現在ではその周辺に残された水域が八郎湖と呼ばれ、淡水化されている。試料採取は、口径40mmのフレーガー式サンプラーに内径36mm、長さ80cmの亚克力チューブを使用し、八郎湖の9地点で湖底の表層堆積物を採取した。得られた試料の長さは地点により異なるが、長さ20~60cm程度の湖底堆積物である。採取した試料は、堆積物の観察、記載および放射性炭素年代測定などをおこなった。なお、本研究における調査地点の周辺では、鎌滝ほか（2015）が秋田県瀧上市天王地区の陸上でボーリング調査をおこなっており、13~14世紀頃に形成されたと考えられるイベント堆積物が報告されている。各地点から得られたボーリング試料は、主に砂や粘土の混ざるシルトからなり、複数の貝殻密集層が挟まれる。それら貝殻密集層はほぼヤマトシジミの殻からなるが、ほとんどの個体が離弁ということから、貝殻密集層をイベント堆積物と解釈した。本講演では、八郎湖の湖底堆積物から得られたイベント堆積物の特徴と形成年代および分布様式について報告し、その形成要因について議論する。

謝辞：本研究には科研費（基盤研究（C）, 課題番号：17K01321, 代表：鎌滝孝信）を使用した。現地調査に際しては瀧上市役所の協力を得た。ここに記して関係各位に深く感謝の意を表します。

引用文献：鎌滝ほか（2015）第四紀研究, 54, 129-138.; 宿田ほか（2019）本学会講演要旨。

*Event deposits recorded in the lake Hachiro-ko, central part of Akita Prefecture. by Takanobu Kamataki, Kohei Abe and Hideki Kurosawa

洪水時における樹皮剥離過程に関する検討*

秋田大学工学部 谷口 隼也
秋田大学大学院理工学研究科 齋藤 憲寿
秋田大学大学院理工学研究科 渡辺 一也

1. はじめに

大雨による河川流量の増水で、河川流域の森林から大量の樹木が流木となって流れ出し、下流域に大きな被害を与えるという事例が全国的に多くあり¹⁾、流木について深く研究が進められている²⁾³⁾。しかし、樹皮剥離についての研究や流下距離、流下時間を相似則に合わせて行う流木に関する研究は多くはない。そのため、流木の発生源を推定することはまだ難しい状況である。流木の発生源を推定することは、今後の河川管理や森林管理にとって重要である。

そこで本研究では、循環水路を作成して水理模型実験を行った。この水路は2016年の台風10号で流木による被害が大きかった岩手県岩泉町の小本川を参考とした。水路内で水、砂礫、流木モデルを流し、樹皮の剥離時間や剥離過程を観察し、流木の発生源を推定するための指標とするための検討を行った。

2. 実験概要

水理模型実験は平面循環水路を用いて行った。実験で使用する水路を図-1に示す。縮尺は1/470とした。水路の中心線の一周は280.0 cm、水路全体の横幅は129.0 cm、奥行きは49.4 cmとした。水は水路内側の排水ポンプから汲み上げ、水路外壁から挿し込んだホースから水を出すことで水流を起こす仕組みにした。なお、吐き出せる流量はホース1本当たり50 L/minである。ホースの位置は曲線の入口付近と出口付近の4箇所にあり、底部から5 cmで、15°で入射するようにした。ポンプで水を汲み上げ続けると内部の水位が減少し、水を流せなくなってしまった。そのため、曲線部出口に越流堰を設け、水を内部に溢れさせて水を循環させる仕組みにした。水を溢れさせる際、流木モデルが内部に流れ込むことを防ぐため越流堰に金網を設けた。

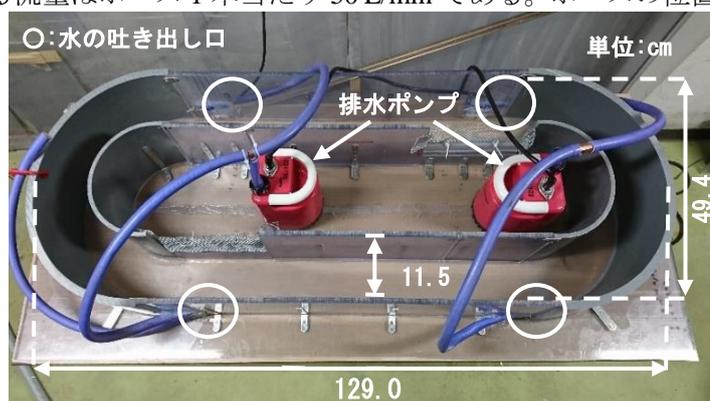


図-1 水路全体写真

3. 実験方法

実験は図-1の水路に水、砂礫、流木モデルを投入して行った。流木モデルは杉の枝を実際の流木と仮定して用いた。流木モデル長は4.5 cm、5.5 cm、6.5 cmとし、実スケールでは、順に20 m、

*Experimental study of stripping driftwoods in a flood by Junya TANIGUCHI, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

25 m, 30 m であった。流木モデルの直径は、約 6 mm のものを用いた。流木の投入量は、10 本、30 本、50 本の 3 種類とした。本実験では流木モデルを沈めて砂礫と接触させるため湿潤状態のものを用いた。

使用する砂礫は、粒径加積曲線が似ている、秋田県五城目町を流れる二級河川の馬場目川河床の砂礫を用いた。馬場目川の砂礫の均等係数は 7.83 であり、最大粒径は 33 mm であった。図-1 の水路に砂礫を全て投入すると、層厚が約 4 cm となった。また、実験で用いる際は水路内の観察を容易にするため浮遊砂は取り除いておく。

水位は水路底部から砂礫の層厚を含めた高さとし、8 cm, 9 cm, 10 cm の 3 種類とした。水位 10 cm で清水のみの状態で流速測定を行った。このとき、流速は 0.43 m/s となり、実際の流速に換算すると、流速は 9.43 m/s となった。池谷⁴⁾によると砂礫型土石流の流速は 3~10 m/s とされているため、流速を再現出来ていることが確認された。

4. 実験結果と考察

水流を 10 分毎に止め、樹皮の剥離やひび割れの数を観察した。一本の流木モデルの側面を 4 方向から撮影し、流木モデルの面積(pixel)と剥離箇所の面積(pixel)を求めた。これらを流木モデルの面積に対する剥離面積の割合として求めた値を剥離率(%)とした。剥離率を 4 方向分求めて平均したものを平均剥離率(%)とし、これを用いて剥離を定量的に評価することにした。



図-2 流木モデルの樹皮剥離

水位 10 cm, 流木長 5.5 cm, 流木本数 10 本の条件で実験を行い、水を 40 分流した。この後、流木モデルを 1 本取り出して観察を行った。この流木モデルを図-2 に示す。画像解析を行った結果、平均剥離率は 10.6% であった。表面を観察した結果、ひび割れは見られなかった。また、剥離部分を観察した結果、この流木モデルの剥離は断面やひび割れから生じたものではなく、樹皮表面の摩擦により生じた可能性が考えられる。

5. 終わりに

今回は水路内で砂礫型土石流の流速を再現出来ていることが確認され、樹皮の剥離を一部観察することが出来た。今後の実験では、流木モデルの投入量や水位等を変化させて検討を行う。

参考文献

- 1) 水原邦夫: 土石流に伴う流木による災害とその防止軽減対策に関する考察, 水利科学, No.352, pp.1-46, 2016.
- 2) 立石龍平, 香月智, 石川信隆: 回転円筒実験による水・砂・流木の混合土石流の偏析に関する基礎検討, 構造工学論文集 Vol.62A, pp.1097-1110, 2016.
- 3) 芳賀弘和, 坂本康, 小川滋: 森林流域からの倒木や流木の流出, 水環境学会誌 Journal of Japan Society on Water Environment, Vol.29, No.4, pp.207-213, 2006.
- 4) 池谷浩: 土石流災害, 岩波新書, pp.47-48, 1999.

数値シミュレーションによる津波の河川遡上と堆積物に関する検討*

秋田大学 林 直幸・齋藤憲寿・鎌滝孝信・渡辺一也
東北大学 田中 仁

1. はじめに

2011年3月11日に三陸沖を震源に地震が発生し、東日本の各地で大きな揺れを観測するとともに、沿岸を襲った津波により多くの命が失われた。さらに沿岸のみならず、河川を遡上した津波が河川堤防を越えて沿岸地域に甚大な被害をもたらした。そのため、沿岸域における津波防災を考える上で、津波の河川遡上への対策が重要であることが示唆された。

一方、日本海側では活断層が陸地に近く、地震発生から津波到達までの時間が短い傾向にあるにも関わらず、実際に起こった地震や津波の件数が少ないことが影響し、日本海側での津波のデータや記録は少ない。

そこで、本研究では秋田県北部に位置する米代川（図1）を対象に津波発生時の数値シミュレーションを行い、過去の津波痕跡（図2）と比較することで数値シミュレーションの再現性を確認した。その後、同様の方法で竹生川についての数値シミュレーションを行い、過去の津波で形成された堆積物の分布状況との関係性を検討した。これにより数値シミュレーションの精度向上と現地実測の効率化を図る。

2. 計算領域

本研究では米代川を対象に津波の再現計算を行った。米代川は秋田県北部に位置し、流域面積 4100 km²、流路延長 136 km の一級河川で、沿線には大館能代空港や日本海沿岸東北自動車道なども存在し、秋田県北部における交通に関して重要な地域となっている。また、日本海中部地震時には河口より 7 km 地点にまで津波が遡上した上、左岸では遡上した津波が家屋密集地にまで達し多大な浸水被害をもたらすこととなった¹⁾。この津波は竹生川についても被害をもたらした。竹生川は秋田県北部に位置する二級河川で流域面積 34.7 km²、流路延長は 12.8 km である。

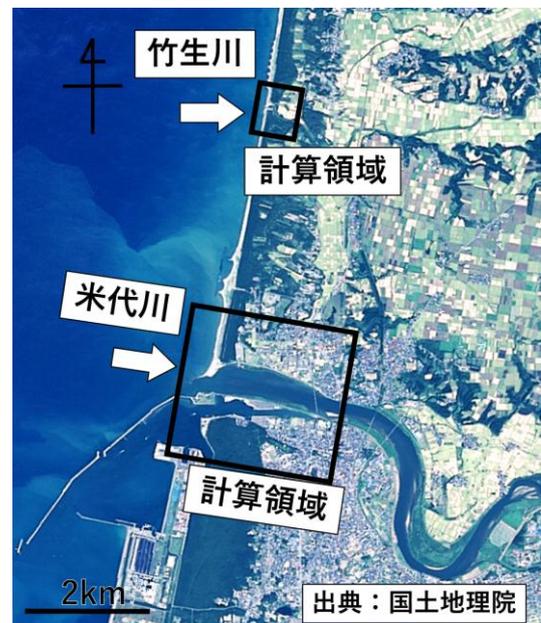


図1 対象領域

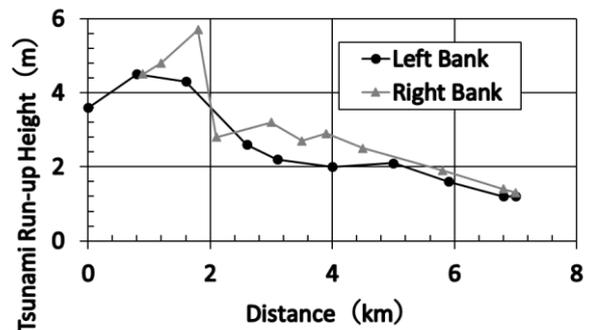


図2 米代川遡上高¹⁾

*Study on River run-up of tsunami and their deposits by numerical simulation. by Naoyuki HAYASHI, Noritoshi SAITO, Takanobu KAMATAKI, Kazuya WATANABE and Hitoshi TANAKA

3. 計算手法

本研究では、津波の数値計算に iRIC(International River Interface Cooperative)を使用した。今回使用した計算条件を以下の表 1、表 2、図 3 に、計算結果の例を図 4 に示す。

表 1 使用データ

名称	データ内容
地形データ	5 m メッシュデータ
計算タイムステップ ²⁾	0.5 s
潮位 ³⁾	T.P.+0.24 m
河川流量 ³⁾	151.8 m ³ /s

表 2 粗度係数⁴⁾

地形	粗度係数
陸地	0.03
海域	0.025
河川	0.025

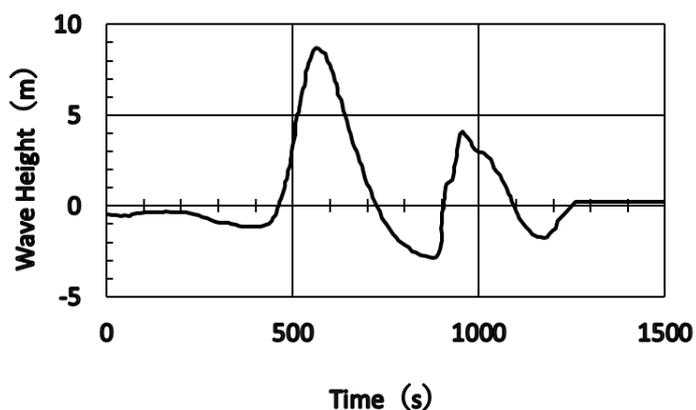


図 3 入力津波



図 4 計算結果例

表 1 の計算タイムステップに関しては、CFL 条件を満たすように設定した。潮位は能代港での験潮記録より、津波発生直前の潮位とした。なお、計算中の潮位変動は考慮していない。河川流量は津波発生時の記録がないため、河口から 20 km に位置する富根観測所の流量記録の値と、富根から下流で流入している支川久喜沢川及び常盤川の各流量の合計流量として設定した³⁾。図 3 の入力津波は、日本海中部地震時の能代港での験潮記録には欠けている部分があり計算に使用できなかったため、既往の研究⁵⁾により導かれた能代港の沿岸約 100 m 地点での波形を使用した。計算の結果、津波の浸水域を再現することができた (図 4)。

他の詳細な計算結果については発表にて報告する。

謝辞

本研究の実施にあたり、大成学術財団の助成を受けた。ここに記して、謝意を表す。

引用文献

- 1) 首藤伸夫, 卯花政孝: 東北大学工学部津波防災実験所研究報告, pp.88-267, 1983.
- 2) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会: 原子力発電所の津波評価技術, 59p., 2002.
- 3) (財) 国土技術研究センター: 津波の河川遡上解析の手引き (案), 105p., 2007.
- 4) 小谷美佐, 今村文彦, 首藤伸夫: 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp.356-360, 1998.
- 5) 相田勇: 地震研究所彙報, 第 59 号, pp.93-104, 1984.

河川遡上津波による土砂混合及び堆積に関する実験*

秋田大学 高桑充広・鎌滝孝信・齋藤憲寿・渡辺一也

1. はじめに

1983年5月26日に発生した日本海中部地震により、秋田県を中心とした日本海沿岸地域では大きな津波被害を受けた。死者は104人にのぼり、そのうち100人は津波による犠牲者とされる。被害を受けた県北部の八峰町峰浜沼田地区では、近年、鎌滝ら¹⁾によりボーリング調査が行われ、得られたイベント堆積物の分布を基に、過去の津波履歴に関する検討が行われた。一方、津波被害予測の高度化を図る上で、津波による土砂堆積を再現する実験は重要である。しかし、当地を対象として津波による土砂堆積を再現する実験は行われていない。八峰町峰浜沼田地区は竹生川の河口部に位置するため、当地で得られたイベント堆積物の分布から津波等の浸水履歴を推定するためには、河川の河口部に襲来する津波を想定した土砂遡上実験を行うことが有用と考える。津波が河川を遡上する際には、海由来の土砂と川由来の土砂の混合が起きると想定される。本研究では、土砂の混合状況を検討するために粒径分布の異なる土砂を用いて水路実験を行った。

2. 対象地域

研究対象地域は秋田県北部の八峰町峰浜沼田地区で、竹生川の河口付近に広がる沖積低地である。1983年の日本海中部地震では、竹生川に沿って津波が遡上し、上流1,100m付近の水田まで浸水し、さらに川沿いを1,800mまで遡上したとされる²⁾。また、河口部における津波の打ち上げ高は10.36mである³⁾。過去に津波浸水履歴調査を目的としたボーリング調査¹⁾が行われた区域を図-1のAに示す。また、実験用の砂は図-1のBの地点で採取した。

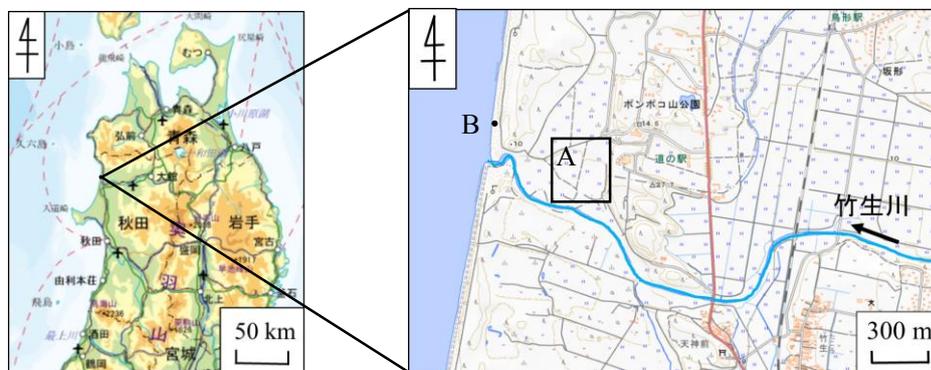


図-1 対象地域
A(枠内)：ボーリング調査対象地域
B：土砂採取地点

※地形図は国土地理院の国土電子webから引用

3. 実験

3.1. 実験条件

津波の河川への遡上により、二種類の砂、すなわち粗い砂と細かい砂がどのように混ざるかを水路実験により把握する。図-2に実験水路の概況を示す。水路は既往研究⁴⁾で用いられたものであり、実際の津波に近いフルード数が出ることを確認されている。実験ケースは以下の3ケースとする。砂は図-1のBの地点で採取したものを篩い分けして用いるが、(1)の実験では実験室で保有している砂を用いた。

(1)水平部①～水平部②にかけて一様に砂を配置する。

(2)水平部①に粒径425~850 μm の粗い砂を設置し、傾斜部②と水平部②に粒径250~425 μm の細

*Experiment of sand mixture and sedimentation by a tsunami run up to a river by Atsuhiko TAKAKUWA, Takanobu KAMATAKI, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

かい砂を設置する。

- (3)水平部①に粒径 250~425 μm の細かい砂を設置し、傾斜部②と水平部②に粒径 425~850 μm の粗い砂を設置する。

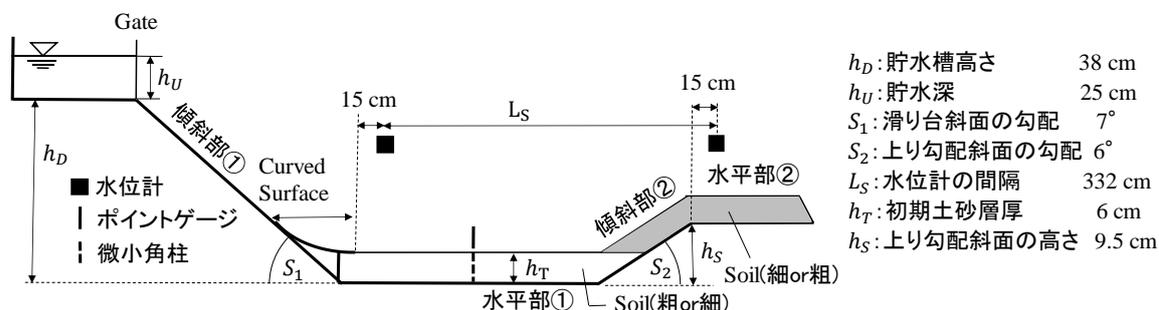


図-2 実験水路 側面図 (ケース(1)では水平部①~水平部②にかけて一様に砂を敷く)

3.2. 実験方法

貯水槽に水を溜め、ゲートを急開することで津波氾濫流を模擬した。図-2 の水平部①及び水平部②の上部に超音波式水位計 (KEYENCE 社製, UD-500) を設置した。通水後は、水を取り除き 1 日程度放置し、図-3 のように傾斜部②から水平部②にかけてポイントゲージを用いて堆積した砂の厚さを測定する。また、土砂の状況を把握するために粒度分析を行う。黒丸の点で砂の厚さを測定し、白丸も含めた同じ列 3 箇所の砂を抽出し混ぜ、粒度分析を行う。粒度分析には沈降管天秤法⁵⁾を用いる。また、ポイントゲージおよび微小角柱によって生じたマッハ角 β からフルード数を求める。

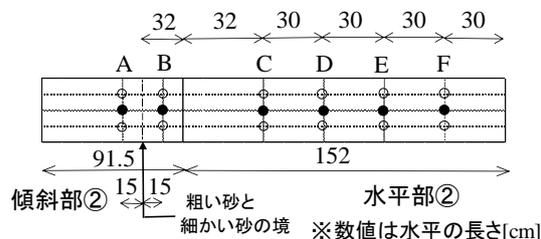


図-3 土砂厚の測定・サンプリング (図-2 における傾斜部②及び水平部②の上面図)

4. 結果

ケース(1)の実験を行った結果、層厚の変化については表-1 の通りになった。傾斜部②において砂の堆積が確認されたが、水平部②において層厚の変化はあまり見られなかった。

ケース(2),(3)の土砂混合のケースについては、粒度分布も併せて発表会および本稿で報告する。

表-1 層厚の変化

測点	傾斜部②		水平部②			
	A 中央	B 中央	C 中央	D 中央	E 中央	F 中央
初期土砂層厚[cm]	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
実験後の層厚[cm]	8.59	8.37	6.19	5.65	6.33	5.79

参考文献

- 1)鎌滝孝信ほか：土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.74, No.2, pp.I_529-I_534, 2018.
- 2)土木学会：1983 年日本海中部地震震害調査報告書, pp.157,158, 1986.
- 3)乗富一雄：1983 年日本海中部地震による災害の総合的調査研究, pp.90,91,97, 1984.
- 4)松富英夫ほか：土木学会論文集 B2, Vol.75, No2, pp.I_397-I_402, 2019.
- 5)成瀬元：堆積学研究, No.62, pp.55-61, 2005.

秋田県北部の沖積低地における津波堆積物の分布様式*

秋田大学 網干 秀俊・鎌滝 孝信・平川 知明
弘前大学 宿田 涼介・梅田 浩司

1. はじめに

秋田県沿岸域では、1983年5月26日に発生した日本海中部地震に伴う津波被害が確認されている。このほかに秋田県周辺の沿岸部に影響を与えた地震津波は、規模は日本海中部地震に比べて小さいものの、1793年西津軽地震や1804年象潟地震、1939年男鹿地震、1964年男鹿半島沖地震などが知られている（宇佐美ほか、2013など）。したがって、沿岸域における防災を考える上で津波被害は無視できないものとなっており、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震を期に津波防災への意識が再び高まっている。しかしながら、秋田県における津波は16世紀以前の歴史記録がほとんど認められず1983年津波と同規模の津波の再来間隔については不明である。津波による被害を低減させるためにはハード対策とソフト対策の二つがあるものの、大規模津波においては、ソフト対策の重要性に焦点を当てる必要がある。その一つとして想定地震による津波シミュレーションをもとに作成したハザードマップがあるが、シミュレーション結果と実際の津波痕跡高や津波堆積物の分布等による実データとの対比を行なえる地域は限られる。津波の観測例が少ない秋田県沿岸においては、津波堆積物によって過去の津波に関する実データを補完することで、津波ハザードマップなど防災情報の充実につながると考える。

1983年日本海中部地震の津波浸水域にあたる秋田県八峰町峰浜沼田地区において、古津波堆積物の痕跡調査（鎌滝ほか、2016、2018）が行なわれており、過去に形成された津波堆積物と考えられるイベント堆積物が確認されている。しかしながら、その津波堆積物を形成した津波の規模や浸水域等は特定されていない。そこで本研究では、シミュレーション結果などとの対比を行なう実データの補完を目的として、古津波による浸水域の推定に向けた広範囲における堆積物調査をおこなった。

2. 調査地域および調査方法

調査地域は秋田県北部の能代市と八峰町の境界を流れる竹生川河口付近に広がる沖積低地である。この調査地点は海岸線に並行した砂丘の背後に位置した標高約2m~4mの水田で、1983年に発生した日本海中部地震に伴う津波において最も大きい津波痕跡高を観測した地域の周辺にあたる。同地点における既往研究（鎌滝ほか、2016、2018）では、13~15世紀頃に形成されたと推定される津波堆積物が確認されている。本研究では、古津波の侵入経路を現河道における河口部周辺からと仮定し、イベント堆積物の分布範囲を検討するための調査をおこなった。掘削調査では、日本海中部地震における津波堆積物の堆積状況（三浦ほか、1984；佐藤ほか、

*The spatial pattern of tsunami deposits on coastal lowland in northern Akita Prefecture by Hidetoshi Aboshi, Takano, Tomoaki Hirakawa, Ryosuke Syukuda and Koji Umeda

1994)を参考にし、河川からの距離と堆積厚に関連性があるものと考え、竹生川と直交した測線および海岸線と直交した測線に沿って群列ボーリング調査をおこなった。ボーリング調査では、ハンドコアラーおよび長さ 2m 程度の小型ジオスライサー（高田ほか、2002）を使用し堆積物を採取した。

3. 調査結果および考察

得られたボーリングコア試料は、有機質シルトや泥炭を主体とした細粒堆積物の中に何枚かの砂質堆積物を挟む。ここでは小型ジオスライサーにより深度 190cm までの堆積物を採取したコア試料をもとに、堆積物の特徴を以下に述べる。深度 25cm 付近にみられる厚さ 10cm 程度の砂層には、1) 下位から上位へ向けて砂の粒径が細粒化すること、2) 下位の有機質シルト層との境界は明瞭な侵食面を呈すること、3) 侵食面直上の堆積物には下位の有機質シルトを侵食して取り込んだ偽礫（リップアップクラスト）を含むなどの特徴が確認された。この砂層は、これらの特徴から、突発的に生じたある程度強い水流によって堆積物が再移動し、それが水流の影響下で堆積したイベント堆積物と解釈した。この特徴的な砂層は、海岸線に直交する測線上の複数の地点で掘削されたコア試料でそれぞれ確認された。また、それぞれのコア試料を対比すると、海岸から離れる方向に向けて砂層の厚さが薄くなる特徴がみられる。ゆえに、この砂層は海からの強い水流により形成された津波堆積物と解釈した。

講演では、コア試料中にみられる上記以外の砂層についての詳細や上記津波堆積物の分布様式について述べる。

謝辞

本研究には科学研究費（基盤研究（C）, 課題番号：17K01321, 代表：鎌滝孝信）を使用した。弘前大学大学院理工学研究科の岡田里奈氏および秋田大学理工学部の高桑充広氏には現地調査に協力いただいた。ここに記して関係各位に深く感謝の意を表します。

引用文献

鎌滝ほか（2016）土木学会論文集 B2(海岸工学), 72, 2, I_1693-I_1698. ; 鎌滝ほか（2018）土木学会論文集 B2(海岸工学), 74, 2, I_529-I_534. ; 三浦ほか（1984）農業技術, 39, 49-52. ; 佐藤ほか（1994）活断層研究, 12, 1-23. ; 高田ほか（2002）地質ニュース, 579, 12-18. ; 宇佐美ほか（2013）日本地震被害総覧 599-2012, 694p.

深浅測量による汀線位置と簡易汀線測量による汀線位置

八戸工業大学 玉澤 佑大, 佐々木 幹夫, 釧路高専 加藤 雅也

1. はじめに

三沢海岸において三沢漁港の南海岸には著しい砂の体積が発生し、北海岸では、海岸侵食が急速に進行し、この海岸侵食は北側の海岸全体に広まった。そのため、青森県では、海岸の侵食を防止するため、ヘッドランド工法を用いてきた。現在三沢海岸では、B1HL、B2HL、およびB13HLと呼ばれる合計13基のヘッドランド工が存在し、そのB1HLからB13HLの区間の汀線測量は、八戸工業大学が行っている簡易汀線測量と県が行っている深浅測量がある。簡易汀線測量は1か月1回、20m～30m間隔でその日のうちに終了している。これに対して深浅測量は測定期間が長く500m間隔で測定されているため、日によって変化する汀線位置が正確に測定されているか分からない。そのため、本研究では、2つの測定結果に現れている地形変動特性を調べてみる。

2. 研究方法

深浅測量と簡易汀線測量を比較するためには、同一の座標系にする必要がある。深浅測量は、青森県が実施した2014年から2018年の5年間のデータを日本測地系に変換した値を用い、簡易汀線測量は、本研究室が日本測地系の座標で測定を行っているため、そのまま用いる。

表-1 簡易汀線測量 2015年測定年月日

回数	対象月	実施日	測定範囲
1	4月	4月21日	B1～B13HL
2	5月	5月29日	B1～B14HL
3	6月	6月19日	B1～B15HL
4	7月	7月31日	B1～B16HL
5	8月	8月27日	B1～B17HL
6	9月	9月16日	B1～B18HL
7	10月	10月15日	B1～B19HL
8	11月	11月18日	B1～B20HL
9	12月	12月5日	B1～B21HL
10	1月	12月24日	B1～B22HL

表-2 深浅測量測定年月日

2014年		2015年		2016年		2017年		2018年	
観測月日	観測時間								
7月28日	9:40	7月9日	10:10	9月19日	9:40	7月12日	9:50	7月26日	9:40
"	10:10	"	10:30	"	10:00	"	10:10	"	10:00
"	10:40	"	10:45	"	10:20	"	10:35	"	10:20
"	11:30	"	11:20	"	10:40	"	11:00	"	10:55
"	13:00	"	11:50	"	11:10	"	11:25	"	11:15
"	14:00	"	13:40	"	13:00	"	13:00	"	11:50
"	15:00	"	14:05	"	13:40	"	13:50	"	13:00
"	16:00	"	15:00	"	14:25	"	14:45	"	13:50
7月29日	9:45	"	16:10	"	15:15	"	15:20	"	14:55
"	10:50	7月10日	9:55	"	16:00	"	16:10	"	16:00
"	13:00	"	10:50	9月20日	9:50	7月13日	9:45	7月27日	9:45
"	14:05	"	11:45	"	10:45	"	10:30	"	10:30
"	15:10	"	13:30	"	11:50	"	11:25	"	11:30
7月30日	9:50	"	14:20	"	13:20	"	13:00	"	13:25
"	10:55	"	15:20	"	14:15	"	14:00	"	14:20
"	11:50	"	16:00	"	15:05	"	14:55	"	15:20
"	13:00	7月13日	10:20	9月21日	9:50	"	15:45	7月30日	9:45
"	13:50	"	11:00	"	10:55	7月14日	10:00	"	10:30
"	14:15	"	11:25	"	11:25	"	10:25	"	10:50
"	14:40	"	13:00	"	11:50	"	10:55	"	11:15
"	15:05	"	13:25	"	12:15	"	11:20	"	11:35
"	15:30	"	14:05	"	12:40	"	11:50	"	12:05

表1は、簡易汀線測量の1例を示しており2015年4月から12月までの汀線測量実施日を示している。表より簡易汀線測量は、日に1回実施している。表2は、深浅測量の測定年月日を表している。表2の深浅測量は、測定に3日間かかり、測定間隔も長いため、汀線の変化が生じている可能性がある。

3.汀線測量の比較

2014年から2015年の過去5年間の結果をグラフ化した値から差を読み取ると、平均で18.5mの差が発生している。2014年では、HL9の北側で最大168mほど深浅測量汀線が海側にあり、HL3,4では測定位置がほぼ一致している。2015年は、HL12の北側で、最大36m深浅測量汀線が陸側にあり、HL1の北側では最小1.3m海側にある。2016年はHL1の南側で最大21m深浅測量汀線が陸側にあり、HL12の南側では測定位置がほぼ一致している。2017年は、HL7で最大25m深浅測量汀線が陸側にあり、HL13の南側で最小8m海側にある。2018年は、HL6で最大18m深浅測量汀線が陸側にあり、HL2,3では、測定位置がほぼ一致している。この結果から最大で168mの差があり、差が少ない箇所では、測定差は1m以下となっている。深浅測量と簡易汀線測量による地形変動にどのような違いがあるかについては、現在調査中であり、後日、発表会にて報告する。

簡易汀線測量の汀線位置測定精度

八戸工業大学 平川 雅彦、佐々木 幹夫、釧路高専 加藤 雅也

1. はじめに

三沢漁港防波堤建設以来、防波堤により北向きの沿岸漂砂が阻止されたため、漁港北側では激しい侵食、南側では著しい堆積が生じた。三沢海岸の侵食を防ぎ砂浜を残すため、ヘッドライン工法が用いられており、ヘッドライン工は三沢漁港北側約 1.5km から 1 km 間隔で合計 14 基設置されている。ヘッドランド工法の効果を明らかにするため、ヘッドランド工周辺の汀線を GPS を用いて月一回の割合で観測を行っている。深淺測量による汀線位置の測定に時間がかかり、1 日では終わらないのは通常である。このため、本研究室では、簡易汀線測量を実施している。この簡易汀線測量の誤差を疎かに明らかにすることを本研究の目的にしている。

2. 研究方法

汀線は深淺測量により高い密度で求められる。しかし、三沢海岸では B1HL から B14HL までの距離が約 15 km と長い距離となるため、深淺測量により汀線位置を求めたとしても 1 日で終わることはない。青森県も深淺測量を実施しているが、年一回、500m 間隔で 2~3 日の工程で行っている。本研究室では月に 1 回、1 日で完了している。

簡易汀線測量は、GPS、小型パソコンを一枚の板に固定し、B1HL~B14HL 区間(15km)を汀線に沿って歩き汀線位置を測定する方法である。波が高い時の汀線位置の測定は、陸側に一定距離後退したところに仮の汀線を設けこの仮汀線に沿って測定している。

汀線位置はサージングブレイカー(砕け寄せ波砕波)の砕波点を基準にしている。これは汀線付近の地形は汀線を境にそれより陸側は緩く、海側は急な勾配となっており、波が穏やかな時は汀線上で砕波することから導いている方法である。満潮や干潮により波の打ち上げは大幅に変化するが砕波点は大きくは変化しない。本研究では、汀線位置に 5m 以内の差であれば、ほぼ同位置にあるとしており、潮汐による汀線位置の補正はしていない。

汀線位置の測定精度を調べるために三沢海岸 B6HL 南側において汀線測量と地形測量を実施した。この場所は、ミス・ビードル広場があり海岸付近まで車で行けるようになっている。また、この近くには、ヘリポートがあり、ここには高さのわかっている箇所があり、レベル測量を用いた地形測量が可能となっている。10:00~14:30 かけてヘリポートの高度既知点からの地形測量を行い、GPS を用いた簡易汀線測量による汀線調査を行った。

表 1 は、調査時の波高、天候などを表している。なお、潮位は八戸測候所の観測値で示している。図 1 は、簡易汀線測量と地形測量の開始時間を表している。図 2 は 4 回の簡易汀線測量の結果と N2 と S2 測線における地形測量による汀線位置測定結果を示している。

表 1 観測時の条件

観測月日	2019/10/8火曜日	
観測時刻	10:00~14:30	
天候	曇り時々雨	
気温	15°C	
気圧	1007.4hPa	
風向	南東	
風速	4.4m/s	
波高	2.5m/s	
波向き	E	
潮位	満潮	118cm(13:16)*
		115cm(22:40)*
	干潮	58cm(5:11)*
		102cm(18:01)*

* 注)印は八戸測候所の気象データである。

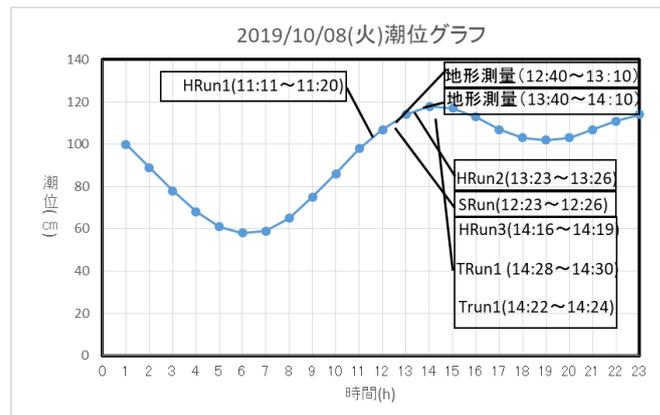


図 1 潮位および汀線測量

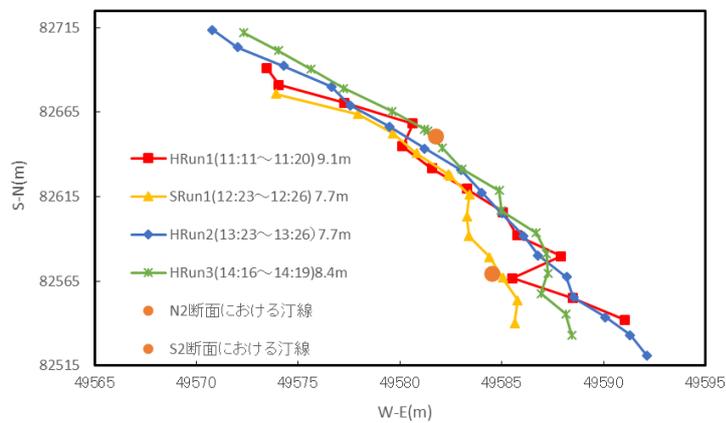


図 2 汀線位置の測定結果

2017年秋田豪雨によって水田に堆積した流木の特徴*

岩手大学工学部システム創成工学科社会基盤・環境コース 松林由里子

1. はじめに

2017年7月22日から23日の梅雨前線による大雨によって、秋田県内では、雄物川とその支川、中小河川などで氾濫が発生し、1,940箇所の農地（水田・畑）が被害を受けた²⁾。雄物川本川と支川での また、雄物川支川で、スギの流木が多く見られた。

図-1 に、協和荒川漆原付近の調査範囲約 80,000 m²を示す。図の東から西に荒川が流れており、北から宮田又沢川が合流する。合流地点下流の荒川橋付近に設置された水位計では、7月22日夕方から23日夜にかけて、水位がはん濫注意水位を大きく超えた。合流地点より上流の荒川の氾濫により、水田が冠水し、表土が流出し、大量の流木が堆積した。また、水田を横切った流れによって、もっとも大きい場所で水田表層から1.8mの深さまでの洗掘が観察された。

流木の流動と堆積特性について検討するために、雄物川の支川淀川に合流する小支川荒川沿いの協和荒川漆原の水田に堆積した流木の状況について調査した結果を報告する。

2. 調査方法

2017年7月から12月にかけて、長さ、根の高さと幅、幹周を計測し、根の有無、折れ、皮のはがれ等の状態を記録し、調査範囲全体を小型 UAV によって撮影した。

3. 流木の特徴

氾濫原で計測した流木は、表-1 に示す通り、9割近くがスギで、根が絡み合って2本、または3本一緒に成長、漂流して堆積したと考えられる木がそれぞれ、2組ずつあった。スギであると判断した流木は、すべて特徴的なスギの表皮が残されており、緑色の枝葉が残されたものも多く、7月22日から23日にかけての大雨で流出したスギと推測される。また、調査対象範囲の上流では河川内や河岸でスギの倒木化が見られ、発生要因の一つになっていると考えら

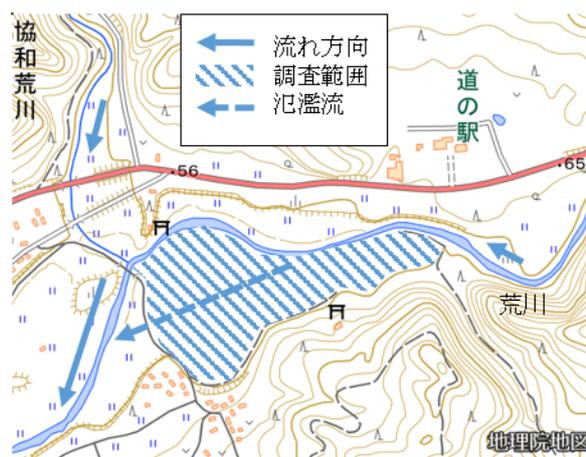


図-1 調査範囲の水田（地理院地図に図を追加）

表-1 計測した流木のうちわけ

スギ	89本
スギ2本一緒に漂流したもの	4本
スギ3本一緒に漂流したもの	6本
クロマツまたはアカマツ	1本
広葉樹	7本
クルミ類	2本
木材	3本
総計	112本

*Characteristics of driftwood deposition at rice paddy caused by the Akita torrential rainfall in July, 2017 by Yuriko Matsubayashi

れる。

堆積の仕方は、障害物の無い場所に堆積しているほか、流木同士が重なり合ったり、微高地にせき止められるように堆積する様子が見られた。また、根の一部が土砂に埋まっているものも見られた。図-2 に、スギ流木の長さ と 幹周の比の分布を示す。根の有るものと根の無いもの、それぞれの幹周と長さの相関係数は 0.4 未満で、線形比例の弱い相関が見られる。根の有るものは、漂流時の幹の折損が少ない状態で堆積したことが予測される。

図-3 に、空中写真のオルソ画像から判断した樹幹の向きを 8 方位に分けた結果を示す。スギの樹幹方位で最も多いのは西と南西方向で、水田全体の氾濫流れに沿っており、漂流時に根が上流を向いた状態だった流木が多いと推測される。

4. まとめ

2017年7月22日から23日にかけて、雄物川流域に降った雨によって、雄物川小支川の淀川沿いの水田に堆積したスギ流木の形状や堆積方向について調査を行った。根がある流木は幹周に対する全体の長さが長く、幹が折れるなどの損傷の少ない状態で漂流、堆積していた。また、氾濫流の方向に沿って樹幹方向が下流側になるように堆積した流木が多く、漂流時の流木の姿勢が示唆された。

謝辞

謝辞：本調査には、岩手大学工学部の卒業生、清野亮氏、佐々木勇人氏、佐々木優作氏、澤村健人氏、菅原健太氏、鈴木直人氏の協力を得た。謝意をあらわす。

参考文献

- 1) 松富英夫, 今野史子, 2017年7月秋田豪雨による雄物川洪水氾濫の特徴と課題, 水工学論文集 Annual journal of Hydraulic Engineering, JSCE 62, I_1165-1170, 2018
- 2) 秋田県総合防災室, 平成29年7月22日からの大雨による被害状況, 平成29年9月12日12時00分,

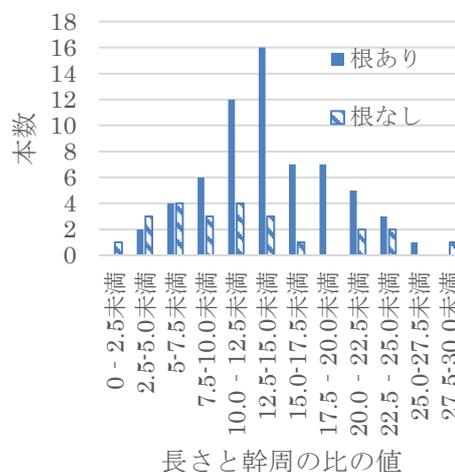


図-2 スギ流木の長さ と 幹周の比の値



図-3 スギ流木の樹幹の向き

<第2会場：214室>

— 第3部 —

司会：佐々木 幹夫先生

令和元年12月27日（金）

8題（13：30～15：30）

津波遡上への氾濫水密度の影響*

中央大学研究開発機構 松富英夫

1. はじめに

松富ら^{1,3)}は歴史津波や想定津波の規模評価の高度化を目指し、小規模移動床実験に基づいて、津波遡上距離や土砂堆積距離・津波遡上距離比などの氾濫水密度 ρ への依存性を検討している。しかし、小規模移動床実験の常としてスケール効果が危惧され、実験結果の普遍性に難があると思われる。この一解決方法として対象事象の理論解析が考えられる。本研究は津波遡上に的を絞り、最大遡上距離や遡上過程に対する氾濫水密度の影響を理論的に検討し、これらに関する知見の充実を図る。

2. 理論

図-1に示すように一様勾配斜面上の津波遡上を検討対象とする。入射津波は氾濫水深や遡上距離にピークを有し、戻り過程をも表現できるPeregrineら⁴⁾のDam break flowとする。氾濫流に土砂を含ませるため、Whitham⁵⁾のように氾濫流先端部のみに底面摩擦抵抗を導入する。氾濫流先端部における流れ方向の流速 U は一様とする。

氾濫流先端部における質量 M の保存則は次式である。

$$\frac{dM}{dt} = \frac{d}{dt} \int_{\xi}^{x_s} \rho h_p dx \quad (1)$$

ここで、 t は時間、 x は斜面に沿った空間座標、 x_s と h_p は摩擦を考えない場合の氾濫流の先端位置と水深、 ξ は摩擦を考えた場合の先端部の後端位置で、後端位置から流入する質量は静水の質量であるが、先端部内で直ぐに土砂を取り込み、土砂水密度(氾濫水密度)になると考えている。

氾濫流先端部における運動量 P の保存則は、 K を移動床下の氾濫流(非定常流)の摩擦損失係数とすれば、

$$\frac{dP}{dt} = U \frac{d}{dt} \int_{\xi}^{x_s} \rho h_p dx + \frac{1}{2} \rho_w g H^2 - igM - \rho K U^2 (a - \xi) \quad (2)$$

ここで、 ρ_w は清水の密度、 g は重力加速度、 H は先端部後端位置における氾濫水深、 i は斜面勾配、 a は氾濫流の先端位置である。式(2)において、右辺第1項は底面からの流入運動量を含む。第2項は清水による静水圧としており、先端部の後端位置で圧力の不連続が生じる不完全な先端部モデルと判断するかもしれない。本研究では先端部の氾濫水密度は空間平均的なものとして考えている。

任意の時間・位置におけるPeregrineらのDam break flowの氾濫水深 h_p と氾濫流速 u_p を用いれば、先端位置 $a(t)$ の値域は $0 \leq a \leq 2h_1/i$ (=最大)となり、式(1)と(2)は次式となる。

$$\left(c_1 - \frac{1}{2} \frac{da}{dt} - \frac{1}{2} igt \right)^3 t \frac{d^2 a}{dt^2} - \frac{1}{2} \frac{\rho_w}{\rho} \left(c_1 - \frac{1}{2} \frac{da}{dt} - \frac{1}{2} igt \right)^4 + ig \left(c_1 - \frac{1}{2} \frac{da}{dt} - \frac{1}{2} igt \right)^3 t + Kg \left\{ a - \left(\frac{3}{2} \frac{da}{dt} - c_1 + igt \right) t \right\} \left(\frac{da}{dt} \right)^2 = 0 \quad (3)$$

ここで、 $c_1 = \sqrt{gh_1}$ 、 h_1 は初期の貯水深である(図-1参照)。

式(3)が本研究の解くべき式である。

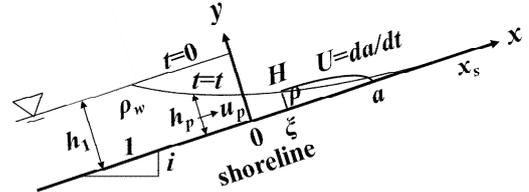


図-1 入射氾濫流の初期条件と諸記号の定義

3. 級数解

級数解を仮定して式(3)を解く。結果として、任意の h_1 、 i 、 K に対する氾濫流の先端位置 $a(t)$ と先端部における流れ方向の流速 $U(t)$ の級数解として各々次式が得られる。

$$a = 2c_1 t - \frac{1}{2} igt^2 - \frac{h_1}{K} (3b_4 p^4 + 4b_5 p^5 + 5b_6 p^6 + 6b_7 p^7 + \dots) \quad (4)$$

$$U = \frac{da}{dt} = 2c_1 - igt - c_1 p \quad (5)$$

$$t = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{h_1}{g}} (4b_4 p^3 + 5b_5 p^4 + 6b_6 p^5 + 7b_7 p^6 + \dots) \quad (6)$$

ここで、 p ($0 \leq p \leq 2$) はパラメータであり、係数 $b_4 \sim b_8$ は

$$b_4 = \frac{1}{1,152} \left(4 + 3 \frac{\rho_w}{\rho} \right) \quad (7) \quad b_5 = \frac{1,152 b_4^2}{(3,264 b_4 - 5 - 5 \rho_w / \rho)} \quad (8)$$

$$b_6 = \frac{64(9b_4^2 - 102b_4 b_5 + 70b_5^2)}{(12 + 15 \rho_w / \rho - 8,832 b_4)} \quad (9)$$

$$b_7 = \frac{32(51b_4 b_5 - 276b_4 b_6 - 140b_5^2 + 370b_5 b_6 - 288b_4^3 i/K)}{(14 + 21 \rho_w / \rho - 11,520 b_4)} \quad (10)$$

$$b_8 = \frac{8 \left(69b_4 b_6 - 360b_4 b_7 + 35b_5^2 - 370b_5 b_6 + 474b_5 b_7 + 240b_6^2 + 24b_4^3 (6b_4 - 49b_5) i/K \right)}{(4 + 7 \rho_w / \rho - 3,648 b_4)} \quad (11)$$

式(4)と(6)の収束性の検討例を図-2に示す。図から、係数 b_8 までの第5次近似を採用すれば級数解が十分に収束(第4と5次の差は4.6%)することが判る。本章の以下の計算例では第5項まで採用したものを示す。また、氾濫流先端位置の遡上過程と戻り過程が線対称でないことも判る。

式(4)と(6)の計算例を図-3と4に示す。これらの図から、(1)最大遡上距離ばかりでなく、最大遡上に要する時間や遡上継続時間($a(t) > 0$ の時間)も摩擦損失係数 K に依存すること、(2)摩擦損失係数 K と氾濫水密度 ρ または比重 ρ/ρ_w が連動せず、氾濫水密度だけが変化する場合、遡上への氾濫水密度の影響は小さいこと(後述の図-5参照)が判る。(2)は土砂を含む氾濫流の先端位置 $a(t)$ などの評価においては ρ と K の連動が重要であることを示している。

4. 解析解

氾濫水密度 ρ は次式のように移動床下の氾濫流の摩擦損失係数 K と氾濫流の入射フルード数 F_{ri} で評価できる⁶⁾。

$$\rho = \rho_w / (1 - KF_{ri}^2) \quad (12)$$

* Effect of the density of inundation water on tsunami run-up

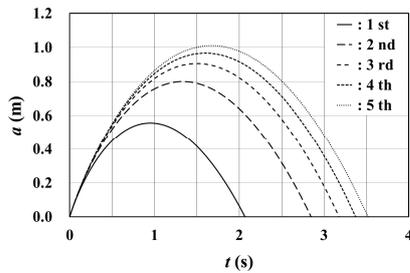


図-2 氾濫流先端位置 a に関する級数解式(4)と(6)の収束性の検討例 ($h_1=0.09$ m, $i=0.05$, $K=0.008$, $\rho/\rho_w=1.1$)

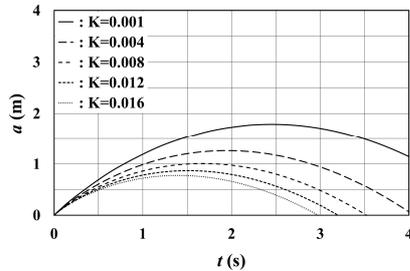


図-3 氾濫流先端位置 a の摩擦損失係数 K への依存性の検討例 ($h_1=0.09$ m, $i=0.05$, $\rho/\rho_w=1.1$, 第5次近似)

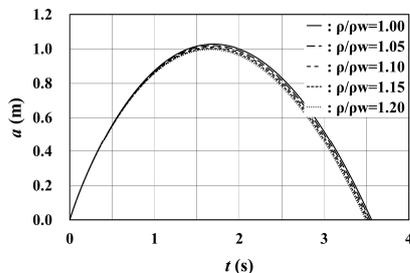


図-4 氾濫流先端位置 a の氾濫水密度 ρ への依存性の検討例 ($h_1=0.09$ m, $i=0.05$, $K=0.008$, 第5次近似)

式(3)と(12)から、任意の h_1 と i に対する氾濫流の先端位置 $a(t)$ と先端部における流速 $U(t)$ の解として次式を得る。

$$a = 2c_1 t - \frac{1}{2} i g t^2 - 4 \frac{(1 - \rho_w / \rho)}{(4 + \rho_w / \rho)} g t^2 \quad (13)$$

$$U = \frac{da}{dt} = 2c_1 - i g t - 8 \frac{(1 - \rho_w / \rho)}{(4 + \rho_w / \rho)} g t \quad (14)$$

また、最大遡上距離 a_m と遡上高 R_m として次式を得る。

$$a_m = \frac{2h_1}{i + 8(1 - \rho_w / \rho) / (4 + \rho_w / \rho)} \quad (15)$$

$$R_m = \frac{2h_1}{1 + (8/i)(1 - \rho_w / \rho) / (4 + \rho_w / \rho)} \quad (16)$$

氾濫水の比重 ρ/ρ_w をパラメータとした場合の式(13)の計算例を図-5に示す。図から、氾濫水密度が高くなるにつれて、最大遡上距離ばかりでなく、最大遡上に要する時間や遡上継続時間も短くなること判る。

図-3との比較から、図-5の結果は最大遡上距離の割に遡上継続時間が短いことが判る。これは時々刻々に変化する摩擦損失係数を用いる必要があること⁷⁾を示唆する。

5. 解の検証

松富ら¹⁾⁻³⁾の実験値との比較・検討を通して級数解と解析解の有用性を検証する。検証結果例を図-6に示す。図中、●は摩擦損失係数 K 毎の清水の最大遡上距離 L_{RW} (級数解)と実験で得た土砂を含む氾濫流の最大遡上距離 L_R

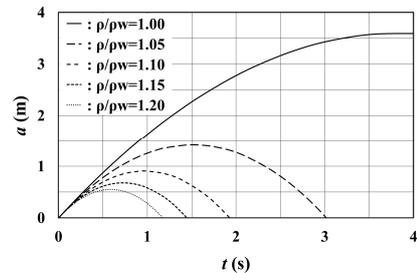


図-5 氾濫流先端位置 a の氾濫水密度 ρ への依存性の検討例 ($h_1=0.09$ m, $i=0.05$)

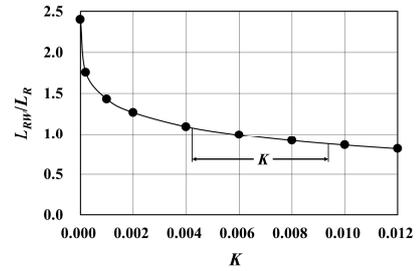


図-6 摩擦損失係数 K 毎の清水の最大遡上距離 L_{RW} (級数解)と実験で得た土砂を含む氾濫流の最大遡上距離 L_R の比 ($h_1=0.162$ m, $i=0.127$, $\rho/\rho_w=1.0$, 第5次近似)

の比、実線はそれらをExcelの自由曲線で結んだもので、実験で使用した遡上斜面の状態から推定された K の値域も示されている。図から、級数解は予想に反して小さめ(88%)からやや大きめ(106%)の値を与えていることが判る。一層高い近似度の級数解を用いれば、これより大きめの値を与える。この程度の小さめであれば、本研究理論の有用性が確認されたと言ってもよからう。

6. 主な結果

- (1)津波遡上に的を絞り、氾濫流の先端位置 $a(t)$ と先端部における流速 $U(t)$ に関して、氾濫水密度 ρ と摩擦損失係数 K を連動させない場合は級数解(式(4)~(6))、両者を連動させる場合は解析解(式(13)と(14))を導出し、最大遡上距離や遡上過程への氾濫水密度の影響を理論的に検討した。
- (2)摩擦損失係数 K を一定にした土砂を伴う津波の遡上解析では(数値シミュレーションを含む)、最大遡上距離を正確に評価できても、遡上継続時間($a>0$ の時間)などを正確に評価できない可能性があり(逆も言える)、氾濫水密度 ρ と摩擦損失係数 K を連動させることが重要であることを指摘するとともに連動式の例(式(12))を提示した。
- (3)実験値との比較・検討を通して導出した氾濫流の先端位置 $a(t)$ に関する級数解と解析解の有用性を確認した。

参考文献

- 1) 松富英夫、今野史子、齋川 聖、鎌滝孝信、渡邊一也：津波氾濫水密度の土砂堆積や遡上高への影響、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol.72, No.2, pp.397-402, 2016.
- 2) 松富英夫、今野史子、後村晃基、今藤晃太、鎌滝孝信、渡邊一也：津波氾濫水密度とその遡上距離や土砂堆積への影響に関する定量実験、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol.73, No.2, pp.373-378, 2017.
- 3) Matsutomi, H. and Konno, F.: Experiments on the density of tsunami inundation water and its influence on the tsunami run-up and deposit, Proc. of Intl. Conf. on Coastal Eng., No.36, Full Length papers: Paper.41, 2019.
- 4) Peregrine, D. H. and Williams, S. M.: Swash overtopping a truncated plane beach, JFM, Vol.440, pp.391-399, 2001.
- 5) Whitham, G. B.: The effects of hydraulic resistance in the dam-break problem, Proc. Roy. Soc., A, Vol.227, pp.399-407, 1955.
- 6) 松富英夫：津波氾濫水密度の簡易評価法、土木学会論文集B2(海岸工学)、Vol.75, No.2, pp.385-390, 2019.
- 7) 松富英夫：陸上遡上津波の先端条件と先端部の抵抗係数、第28回海岸工学講演会論文集、pp.74-78, 1981.

孤立波の浅水変形に伴う底面境界層の発達*

東北大学大学院工学研究科 田中 仁

東北大学大学院工学研究科 Nguyen Xuan Tinh

東北大学大学院工学研究科 西脇 遼

秋田大学大学院理工学研究科 渡辺一也

1. はじめに

津波の下での底面せん断力については、これまでマンシングの粗度係数に代表される定常流の知見が援用されてきた。ただし、近年の著者の研究によれば、波源から浅海域に及ぶ広い範囲において波動境界層の特性を示し、定常流摩擦係数式では底面摩擦を過小評価することが示されている(田中ら¹⁾, Nguyenら²⁾)。これらの研究において、津波の浅水変形は Green 式により評価されており、底面摩擦によるエネルギー損失が無い条件のもとで、境界層外縁流速の特性が既知であるとの前提で解析がなされている。ただし、実際の津波数値計算への波動摩擦係数の導入に当たっては、浅水流方程式による伝播計算と整合的な波動摩擦係数の具体的な適用方法を検討する必要がある。そこで、著者ら³⁾は波源において正弦的な波形を与え、浅水変形過程の数値計算の計算手法を提案した。本論文においては孤立波を入力条件として、波源域から浅海部までの一次元伝搬現象について、マンシング式を援用する既往の計算法との差違に関する検討を行った。

2. 数値計算方法

本研究においては、実務の数値シミュレーションにおいて標準的に使用されるリーブフロッグによる計算手法との整合性を考え、それから大きく逸脱せずに、摩擦係数の波動性を加味できる手法を用いることとする。そこで、以下では著者ら³⁾により提案された、マンシングの粗度係数を補正する手法を用いることとする。田中ら²⁾は、津波のもとでの底面せん断力を評価するために、通常用いられるマンシングの粗度係数 n に係数 a を乗じて、新たな粗度係数 n_0 を導入することを提唱している。すなわち、

$$n_0 = an \quad (1)$$

とする。ここで、係数 a の算定法は次式に示すとおりである。

$$a = \begin{cases} \sqrt{\frac{f_w}{f_c}} & \text{for } f_w > f_c \\ 1.0 & \text{for } f_w < f_c \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 f_w, f_c : それぞれ波, 定常流による摩擦係数であり、 f_w の計算には、Tanaka⁴⁾, Tanaka・Thu⁵⁾による波動摩擦係数を用い、 f_c は対数則に基づく定常流摩擦係数を用いた。その他の計算方法は著者ら³⁾の論文に準じている。

*Development of bottom boundary layer under shoaling solitary wave by Hitoshi Tanaka, Nguyen Xuan Tinh, Ryo Nishiwaki and Kazuya Watanabe

数値計算には一次元浅水流方程式を用い、一様な 1/50 勾配の海岸 (図-1(a)) における津波の浅水変形を扱った。数値計算には、通常使用されている陽形式のリーブフロッグ法を用いた。数値計算では、著者ら³⁾の設定と同様に水深 4,000m の波源域の境界より片振幅 0.5m, 周期 7.5 分の孤立波一波を入力した。初期条件は全域で静水条件とした。空間格子間隔および時間格子間隔は、それぞれ $\Delta x=200\text{m}$, $\Delta t=0.5\text{s}$ とした。底質粒径は $d=3.0\text{mm}$ とし、相当粗度との関係は $k_s=2d$ とした。

3. 数値計算結果

本計算手法による Method 1 の他に、定常流抵抗則による Method 2 による結果も示す。図-1(b), 図-1(c)には数値計算から得られる波高, 最大流速を示している。二つの方法で差は見られない。一方、このような浅水変形に対して、式(1)の係数 a は図-1(d)の様に変化し、ほぼ全域で 1.0 よりも大きな値を有する。このため、図-1(e)の最大シールズ数では Method 2 が過小評価の値となる。

図-1(f)は二つの方法での最大シールズ数の比 (Method 1/Method 2) を示す。浅海に近づくにつれて 1.0 に漸近するが、沖では 10 倍以上の差が見られる。

4. おわりに

孤立波の一次元浅水変形に伴う底面せん断力の空間変化を明らかにし、定常流の摩擦係数では過小評価となることを示した。今後、本手法を二次元数値計算に拡張する予定である。

謝辞: 本研究に対して、大成学術財団から研究助成を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 田中 仁, Nguyen Xuan Tinh, 宋 文世: 津波の下での底面境界層発達と底面せん断力の特性, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.74, No.2, pp.L_313-L_318, 2018.
- 2) Nguyen Xuan Tinh・田中 仁・宋 文正: 乱流モデルを用いた津波の下での底面境界層数値解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.75, No.2, pp.L_13-L_18, 2019.
- 3) Nguyen Xuan Tinh, 田中 仁, 西脇 遼, 渡辺一也: 摩擦係数の遷移特性を考慮した津波伝搬の一次元数値計算, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.75, No.2, pp.L_697-L_702, 2019.
- 4) Tanaka, H.: An explicit expression of friction coefficient for a wave-current coexistent motion, Coastal Engineering in Japan, Vol.35, No.1, pp.83-91, 1992.
- 5) Tanaka, H. and Thu, A.: Full-range equation of friction coefficient and phase difference in a wave-current boundary layer, Coastal Engineering, Vol.22, pp.237-254, 1994.

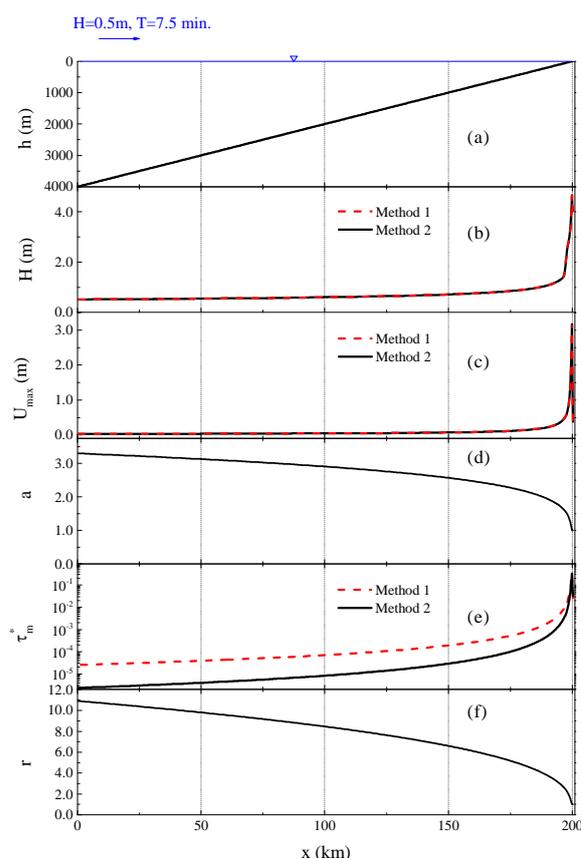


図-1 計算結果

ロードセルを用いた浮体式津波避難シェルターの波力に関する検討*

秋田大学工学部 蒔苗 純
秋田大学大学院理工学研究科 齋藤 憲寿
秋田大学大学院理工学研究科 渡辺 一也

1. はじめに

2011年の東日本大震災における津波被害を受け、地震発生から津波が到着するまでに避難の時間を十分に確保できない場合と、避難場所を越える大規模な津波が来襲する場合への対策が課題であり、その対策として浮体式津波避難シェルターの利用が効果的と考えられる。しかし、このような大規模津波に対してはシェルターだけでは十分な対策ではないと考えられ、本研究では高所避難とシェルターを併用した複合的な避難に着目している。既往研究¹⁾²⁾でも津波作用時における建物上に設置したシェルターの挙動や波高についての検討は行われてきたが、それらは津波の第一波目を対象としたものが多く、必ずしも最大波力を対象としてはいない。そのため、本研究では第二波目以降の津波を対象とした波力について検討した。

2. 実験方法

実験は縮尺 1/20 で作成した建物模型とシェルター模型を使用して行った¹⁾²⁾。建物模型は奥行 30 cm、高さ 15 cm、幅 14 cm であり、シェルターは直径 8.6 cm、質量 78.0 g である。実験水路は高さ 0.50 m、全長 11.0 m のうちゲート上流側の貯水長が 5.0 m、ゲート下流側に斜面勾配 1/26 の斜面があり、その先に建物模型を設置した。本研究では波力の検討は第二波目以降の津波のみを対象としているが、後述する相関図作成のために第一波目を対象とした津波の波力計測も行った。第二波目以降の津波を想定した実験では第一波目の津波は建物付近の貯水（浸水深）で再現し、第一波目を対象とした実験では浸水深を設定する代わりにゲート下流側の水深（静水深）を 6.7 cm とした。建物上に設置するシェルターの位置は前、中、後の 3 通りであり、それぞれ建物前面から後背面にかけて 3 cm、15 cm（中心）、27 cm の位置とした。波高計測時はシェルターを設置せず、波高計を建物模型前面から 9 cm 上流側に設置し、水平波力計測時は 500 g ロードセルをシェルターに固定して水路上部から 5 mm 浮かせた状態で行った。実験は各 3 回行い、実験条件を表-1、表-2 に示した。

表-1 実験条件（第二波目以降対象）

	浸水深 (cm)	貯水深 (cm)	シェルター の設置位置
No.1	15	30	中
No.2	7.5	30	中
No.3	7.5	35	後
No.4	15	40	中

表-2 実験条件（第一波目対象）

	静水深 (cm)	貯水深 (cm)	シェルター の設置位置
No.5	6.7	40	後
No.6	6.7	40	前

* Investigation of Wave Force Acting on Floating Type Tsunami Evacuation Shelter using Load Cell by Jun MAKANAE, Noriyoshi SAITO and Kazuya WATANABE

3. 実験結果

図-1において、No.2とNo.1を比較すると貯水深は等しいが最大波力が約4倍大きいことがわかる。これは浸水深が高いほど水の抵抗により津波作用時の波力が低下することを示している。また、No.2とNo.3を比較するとNo.3が貯水深が5cm大きい、最大波力がほぼ等しくなっている。これはシュルターの設置位置が下流側に位置しているほどシュルターに到達するまでの津波の減勢により波力が低くなることを示している。

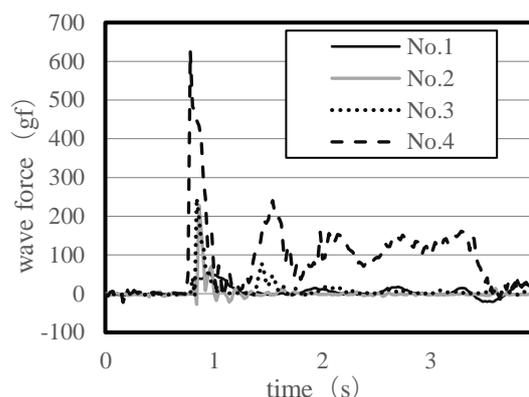


図-1 水平波力の時間推移

次に、既往研究²⁾の四分力計で計測した水平波力との比較を行うため、一例として図-2でNo.1の条件における波力を各計測機器で比較した。二つの波形の周期はおおよそ一致しているがロードセルの最大波力が約20gf大きい。そこで、今後最大波力について検討する際により正確な検討を行うため、図-3の相関図を作成した。相関図には第一波目を対象とした波力の値も使用した。図-3にはNo.1~No.6の最大波力を抽出し、各3回の実験値の平均6点を相関関係に示した。同じ条件の実験でも最大波力が異なるのはシュルターに設置した各計測機器の設置方法や位置の違いが原因であると考えられるが、図-3に示す近似式を用いてロードセルの値を分力計に近づけるよう補正を行うことにより最大波力についての検討は可能であると考えられる。

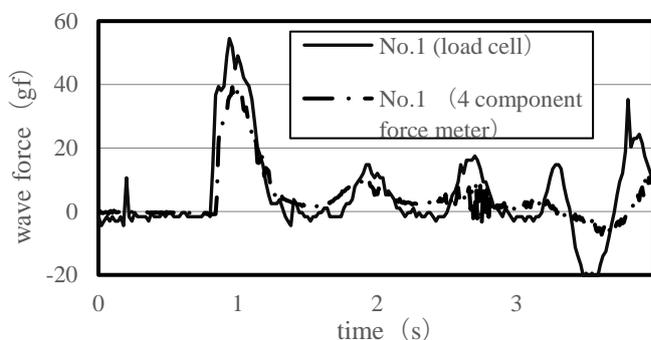


図-2 No.1の分力計とロードセル比較

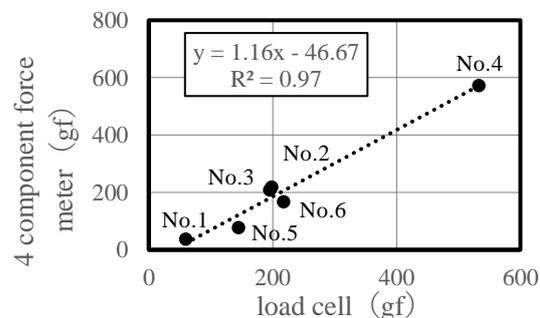


図-3 水平波力相関図
(分力計-ロードセル)

4. おわりに

本実験によりロードセルを用いた場合においても十分に波力を計測することができた。今後は検討する実験パターンを増やして波力の検討を進め、津波作用時のシュルターの挙動についての検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 藤井龍也・渡辺一也：第二波目以降が最大津波となる場合の津波避難シュルターの挙動に関する検討，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，73 巻，2 号，pp. I_210-I_215, 2017.
- 2) 國井優太・渡辺一也：津波シュルターに作用する波力と運動特性に関する検討，東北地域災害科学研究，第 54 巻，pp.31_36, 2017.

漂流物を考慮した津波解析

八戸工業大学 上野 礼慈
八戸工業大学 橋本 憲二
八戸工業大学 小笠原 亮介
八戸工業大学 高瀬 慎介
八戸工業大学 竹内 貴弘
八戸工業大学 金子 賢治

1. はじめに

流水や沿岸結氷含む氷海域において、最大の海氷を伴った津波は、通常の津波よりも被害を拡大し、国民の生命・財産に甚大な損害を与える可能性がある。東北地方太平洋沖地震で発生した津波でも、当時残されていた僅かな海氷の遡上や、河川水のアイスジャム発生による水位上昇や水門への衝突等、何らかの津波による氷のレスポンスが確認された。



写真-1 アイスジャム

<http://penobscotpaddles.blogspot.com/2014/01/breaking-up-ice-jam.html>

凍っていた川の表面は気温の上昇や雨によって融け、下流に流れ出す。そうした流水が何らかの理由で詰まり、川の水をせき止めてしまう現象をアイスジャムという。これは蛇行している場所や流れの遅い場所で起こりやすい。氷詰まりは川の流れを大幅に減らし、上流で洪水を引き起こす可能性がある。

ゆえに、海氷を伴った津波の市街地氾濫等に関する検討が急務であると考えられる。しかし、あまりにも大規模な実験は時間的にもコスト的にも困難である。そこで本研究では、八戸工業大学で実験を行い、そのデータをもとに津波解析を行う。約 100 回のサンプルから 2~3 ケースを選択し、解析結果を実験結果と同様に出るように細かい調整を繰り返す。そのようにして数値シミュレーションによる解析手法の提案を目的とする。

2. 実験概要

竹内貴弘教授らの「海氷群を伴った津波の市街地氾濫に関する一考察」という論文を参考に数値解析を行う。

水路の寸法は長さ 9m、幅 0.4m0~4.5m エリアで水を貯め、6~7.5m エリアに 1/30 の勾配があり、勾配の先に構造物を配置

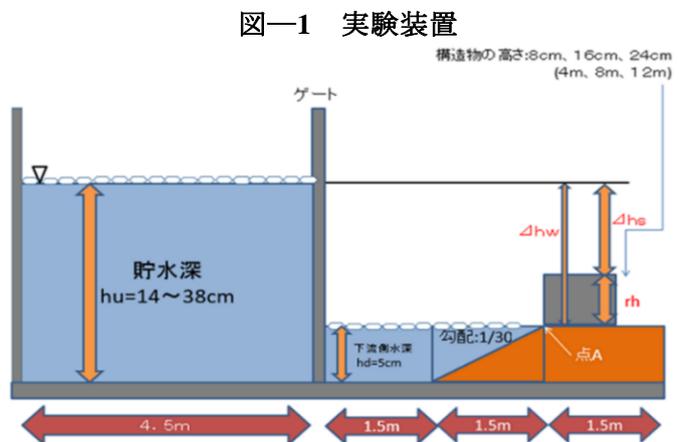
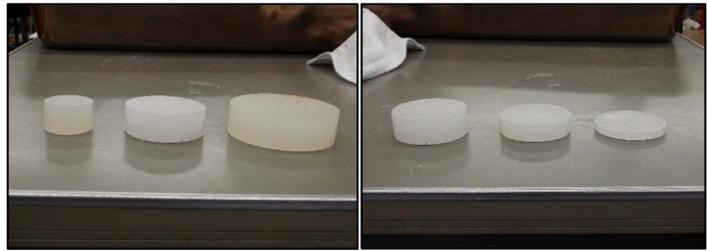


図-1 実験装置

する。漂流物のサイズの種類は厚さ 2cm で直径 3cm, 5cm, 7cm の 3 種類と直径 5cm で厚さ 0.5cm, 1cm, 2cm の 3 種類の計 6 種類である。



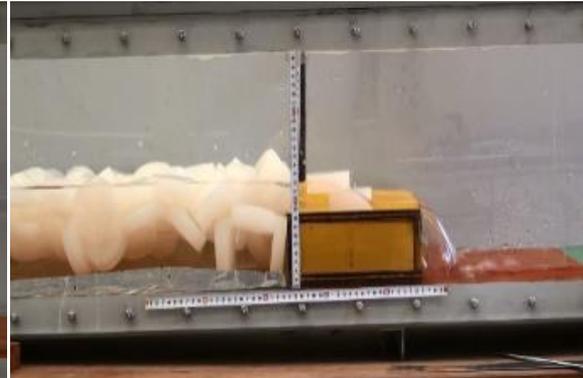
写真一2 漂流物のサイズ

3. 実験結果

100 回の結果を構造物に堰き止められるパターン A, 構造物にいくつか漂流物が乗り上げるパターン B, 構造物を超えて漂流物が流れていくパターン C に分類したものを写真一3~6 に示す。



写真一3 タイプA



写真一4 タイプB



写真一5 タイプC



写真一6 タイプC

4. 終わりに

100 回行った実験の結果を 3 つのタイプに分類した。それぞれ構造物に堰き止められるパターン A, 構造物にいくつか漂流物が乗り上げるパターン B, 構造物を超えて漂流物が流れていくパターン C である。漂流物が小さく厚さが薄いほど構造物に乗り上げやすいことがわかった。

今後はこの実験装置と漂流物のジオメトリを作成し、シミュレーションでこの実験を再現できるように条件を設定して解析をしていく予定である。

防潮林の津波減衰効果に関する研究

八戸工業大学 浅倉 俊太郎
八戸工業大学大学院 橋本 憲二
八戸工業大学大学院 小笠原 亮介
八戸工業大学大学院 高瀬 慎介
八戸工業大学大学院 金子 賢治

1. はじめに

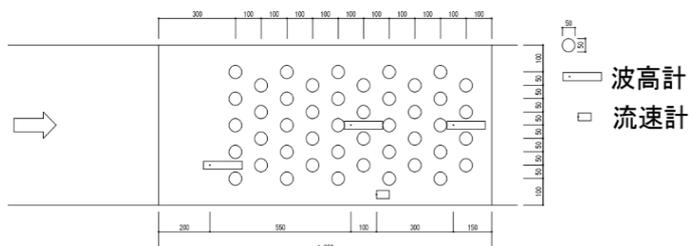
3.11 の東日本大震災が発生して以来、かつてないほどに海岸林の重要性が認識され、被災地のみならず今後大地震と津波の発生が予想される地域においても、海岸林をどう修復・再生していくのか、災害に強い海岸林をどのように造成したら良いかの議論や検討が始まっている。津波は広範囲にわたる自然災害であり、全ての沿岸地域に長大な構造物による対策をとることは不可能である。防潮林等の自然防災力の効果を適正に評価し積極的に活用していくことは防災面のみでなく、自然環境に配慮した快適な海岸空間の創造のために有効な技術である。しかし、防潮林による津波減衰効果や減災機能について確認されてはいるが、十分に理解されていないのが現状である。本研究では、模型水理実験を行い、さらに被害を軽減させるための機能・効果利用可能性を検討する。

2. 実験の概要

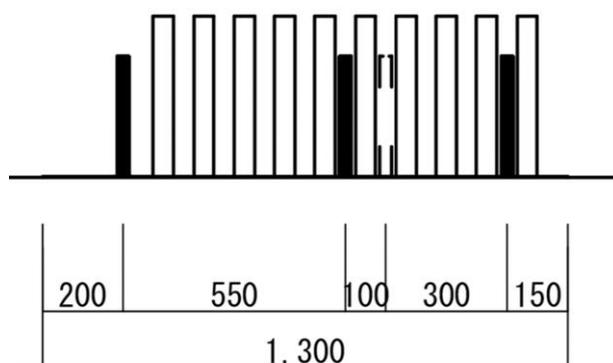
津波に対する防潮林の形状の違いによる津波エネルギー低減効果について、精度検証のための水理模型実験を行った。

防潮林のモデルは、ステンレス製の直径5cmの円柱を5cm間隔で図のように配置し、円柱の高さは40cmとした。また、防潮林モデルに働く力を推定するため、モデル周辺に波高計流速計を図一1のように配置した。

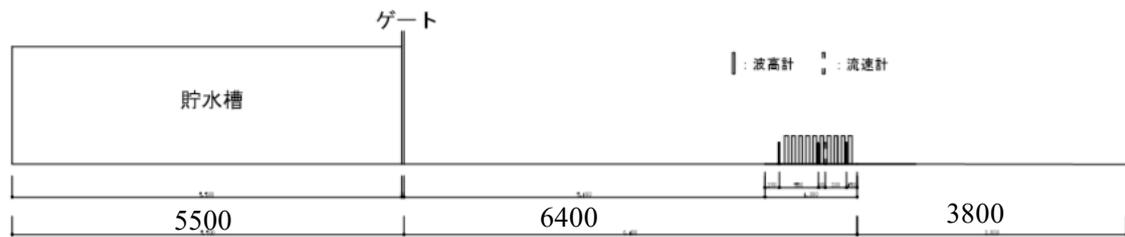
貯水位は、25cm、30cm、35cm とする。



図一1 上から見た防潮林モデル



図一2 横から見た防潮林モデル



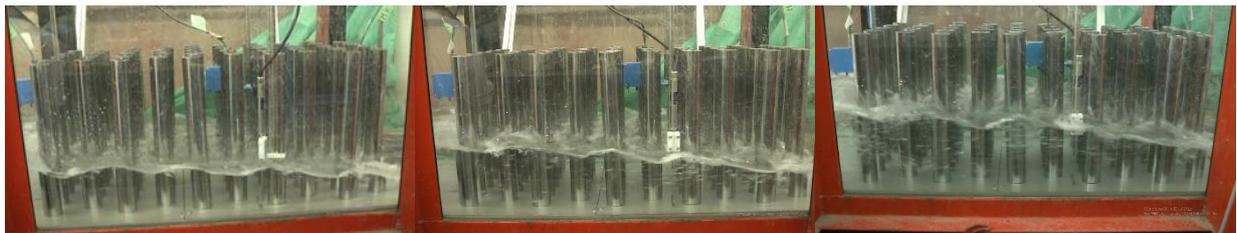
図一3 本実験で使用した水路

3.実験の結果

実験の様子を図一4.5.6に示す。実験の結果を図一7.8.9に示す。すべてのグラフでH1よりH3の値が小さくなっていることが分かる。

これは防潮林モデルによって津波エネルギーが低減されているからである。

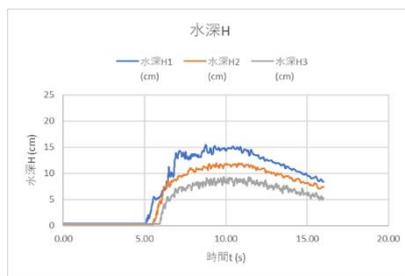
また、すべての水深で同じようなグラフの形となったので、今後は25cmを基準に実験を進めていく。



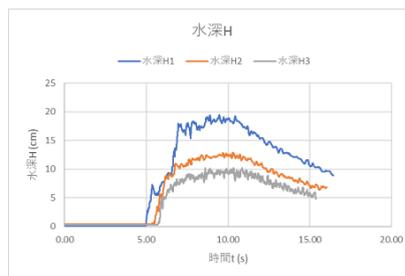
図一4 25cm

図一5 30cm

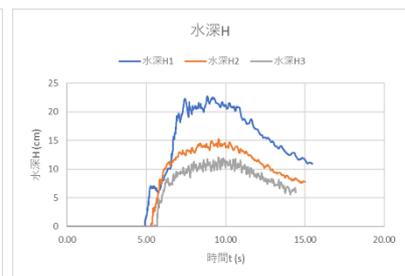
図一6 35cm



図一7 25cm



図一8 30cm



図一9 35cm

4.おわりに

今回の実験の結果は、すべての円柱を使ったが、今後、円柱の本数、配置を変更した実験を行っていく。本数、配置を変更することによって津波エネルギーがどのくらい変化していくのか調査をし、最も効率的な防潮林の配置などを検討していく予定である。

三陸沖北部地震を考慮した八戸市における

X-GIS を用いた津波遡上解析*

八戸工業大学 中村 優真
八戸工業大学 高瀬 慎介
日本工営（株）先端研究開発センター 野島 和也
日本工営（株）先端研究開発センター 櫻庭 雅明
東北大学災害科学国際研究所 山口 裕矢
東北大学災害科学国際研究所 森口 周二
東北大学災害科学国際研究所 寺田 賢二郎

1. はじめに

三陸沖北部地震を想定した八戸市における津波遡上解析は自治体を中心に検討が行われており、ハザードマップの整備や避難経路の確保などのソフト面での対策が実施されている。ハザードマップ作成のためには、津波浸水想定範囲の決定が必要であるが、その解析では構造物を考慮せず、地形データのみで予測解析を行っているのが現状である。

そこで本研究では、災害研の地域・都市再生研究部門計算安全工学研究分野と日本工営株式会社先端研究開発センターが共同で開発している自然災害の数値シミュレーションのためのプラットフォーム機能を実装した X-GIS (eXtended GIS) の機能の一つである津波解析モジュールを使い、構造物を考慮した八戸市における津波遡上解析を行った。その解析結果をもとに、現在設定されている避難ビル、避難場所の有効性について再確認するとともに、八戸市がより津波災害に強い都市になるための都市のレジリエンスデザインについても X-GIS を用いて検討を試みる。

2. 解析概要

X-GIS を用いて、三陸沖北部地震を想定した八戸市における津波遡上解析を行った。解析条件を表-1 に示す。地形、断層パラメータ等は、平成 24 年度津波浸水想定業委託報告書を参考にして設定した。構造物のデータは国土地理院の基盤地図情報に参考にした。

遡上解析は、構造物の有無、防波堤の高さ、位置や形状等を変更し、数パターン行う。それぞれの遡上解析結果を比較することにより、防波堤の効果、避難ビルや避難場所の有効性について、再確認してい

表-1 解析条件

項目	設定条件
解析領域	太平洋～八戸港
メッシュ構成	沖合から 大領域：450m（東日本沖） 中領域：150m（青森県沖） 小領域：50m（下北八戸） 詳細領域：10m（八戸港）
潮位補正等	T. P. +0. 800m
計算時間	3~5 時間
粗度係数	小西ら(1998)に従う
構造物	なし

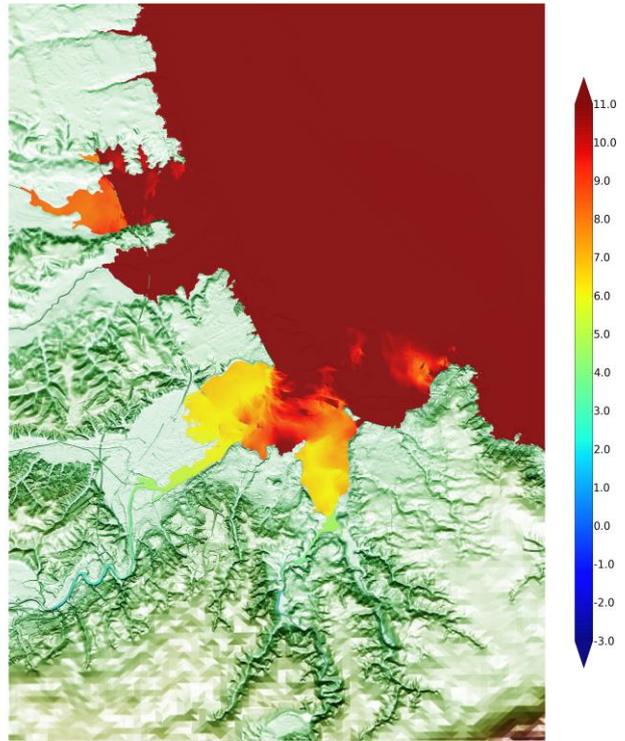
* Tsunami run-up analysis using X-GIS in Hachinohe City considering the Sanriku-oki northern earthquake by Yuma Nakamura, Shinsuke Takase, Kazuya Nojima, Masaaki Sakuraba, Yuya Yamaguchi, Shuji Moriguchi, Kenjiro Terada

く。その後、レジリエンスデザインについて検討していく。

3. 解析結果

遡上解析結果を図一1に示す。この遡上解析は防波堤なし、構造物なしである。そのため一番被害が大きいと考えられる場合である。図一1を見ればわかるように、内陸の深くまで11mを超す津波が遡上してきているのが分かった。

図一2のグラフは、八戸市津波防災センター地点での、津波水深、浸水深、流速、単位幅あたりの波力である。最高津波水深が9.261mであった。防災センターの避難所の床面高さは、10.96mであるため、防波堤が機能していない場合でも避難所として機能することが分かった。

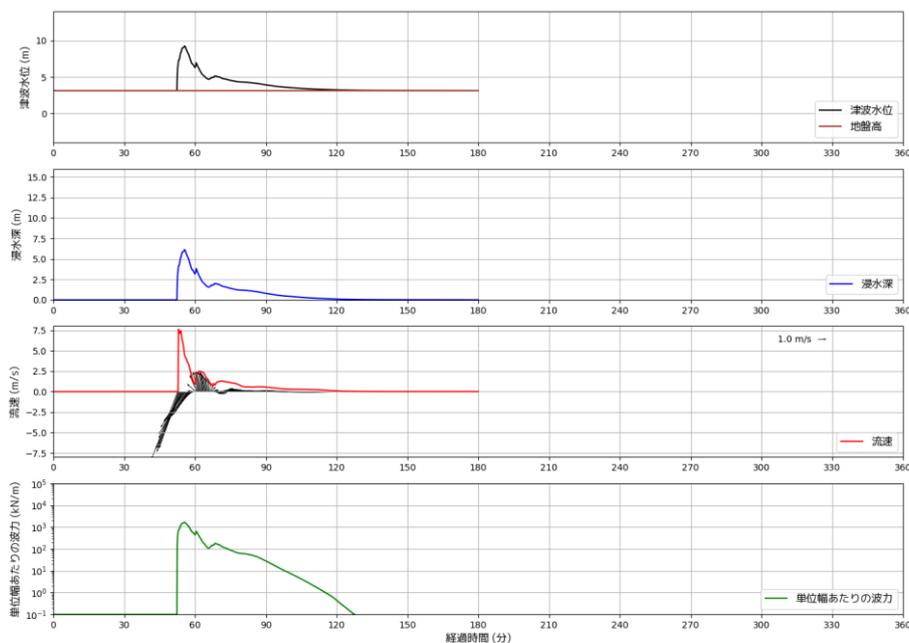


Cal_Time = 180.0 (min)

図一1 遡上解析結果

4. おわりに

今回の遡上解析の結果は、防波堤並びに構造物なしの場合であったが、今後、防波堤の高さ等を変更した解析を行っていく。深水域がどのように変化していくのかを調査していき、最も効果的な防波堤の高さ等を検討していく予定である。



図一2 津波防災センターにおける各種パラメータ

満水になったダム湖の洪水調節能力

八戸工業大学 佐々木 幹夫, 釧路高専 加藤 雅也

1. はじめに

近年、日本各地において過去に経験したことのないような大雨が降り、大水により河川は溢れ、氾濫水による被害が出ている。洪水は河川の堤防管理よりもダム管理による対策の方がはるかに安全度は高い。しかし、近年、ダムにおいても計画を上回る出水が発生しており、緊急放流を余儀なくされてダムもいくつかある。2018年9月21日、愛媛県肘川上流の野村ダム異常な出水により緊急放流を行ったがこの放流で5名の犠牲者が出ている。異常な出水に見舞われている現状を考えれば計画を上回る豪雨時のダム放流計画を持つ必要があるように見える。ダム湖は満水になっても洪水調節能力は存在しており、放流の仕方によっては大幅に放流量を少なくできる。ここに、本研究ではダム天端に越流式の異常洪水ゲートを有するモデルダムを設定し、満水になったダム湖の洪水調節能力を検討してみる。

2. モデルダムの設定とダム湖の水面上昇高

青森県岩木川上流西目屋村に目屋ダムがあった。1960年4月からその機能を発揮し、55年と半年の月日を頑張ったダムである。その機能は2015年9月に津軽ダムに引き継がれ、目屋ダム本体は津軽ダムのダム湖の中に水没している。この目屋ダムは幾度なく設計対象洪水量を越えた洪水に見舞われてきたダムであり、本研究のモデルダムとして最適と考える。表1にその緒元を示した。表中の C_q は常用洪水吐流量を大オリフェスとして求めた時の流量係数である。

表1 モデルダムの緒元 (目屋ダム)

ダム基準面	非常用洪水吐底面高を0 m	(EL176.0 m を基準面とする)
ダム流域	171.58	km^2
ダム湖面積	2.05	km^2
ダム天馬高	11.5m	(EL186.5m)
非常用洪水吐底面高	0 m	(EL176.0m)
非常用洪水吐高	10 m	(EL186.0 m) 幅 7m
ダム湖水面許容高	10 m	(EL186.0 (186.3 m))
常用洪水吐底面深さ	5.5m	(EL17m)
常用洪水吐底面高さ	6m	(-5.5m) 幅 5m 2門
常用洪水吐流量	280~560	m^3/s (EL176.5 ~186.0 m) ($C_q=0.6$)

満水時の水面をダム天端に設置された越流堰 (非常用洪水吐) 底面高にとり、この湖面積を

表 1 に示した値 ($A_s=2.05 \text{ km}^2$) とし、ダム湖面はこの堰の高さより高くないように 2 つの洪水吐を用いて放流するものとする。越流堰 (非常用洪水吐) とその下に位置している常用洪水吐の流量 Q_u および Q_l は以下のように与えられるものとする。

$$Q_u = C_q B h_c \sqrt{g h_c} = C_q B \left(\frac{2}{3} z\right) \sqrt{g \left(\frac{2}{3} z\right)} \quad (1)$$

ここに、 z : 水位、 h_c : 越流水深

$$Q_l = \left\{ (z - z_s) / (H - z_s) \right\}^m Q_{lm} \quad (2)$$

ここに、 z_s : 下部ゲート作動高 Q_{lm} : 下部ゲート最大流量

式 (1) は越流堰の流量であり、流量係数 C_q は 0.6 を取っており、式 (2) はこの流量に応じたゲート開閉操作をするものとしている。ダム湖の水面高 z は式 (3) により与えられる。

$$A_s \frac{\partial z}{\partial t} = Q_{in} - Q_{out} \quad \text{ここに、} \quad Q_{out} = Q_u + Q_l \quad (3)$$

式 (3) の水面高 z は越流堰底面からの高さであり、 $z = 0$ はダムが満水になった時の水面高であり、ダム湖への流入量はこれまでの目屋ダムの実績値を用いて、ダム湖が満水になり、水面上昇が上部ゲート高 $H=10\text{m}$ 以内に収まるように計算する。

図 1 に計算例として 1972 年 7 月洪水の場合を示した。この時、流入量はダムの計画洪水量 $500\text{m}^3/\text{s}$ はるかに超えて $1044\text{m}^3/\text{s}$ に達した。ゲート操作により放流しているが放流量は約 100

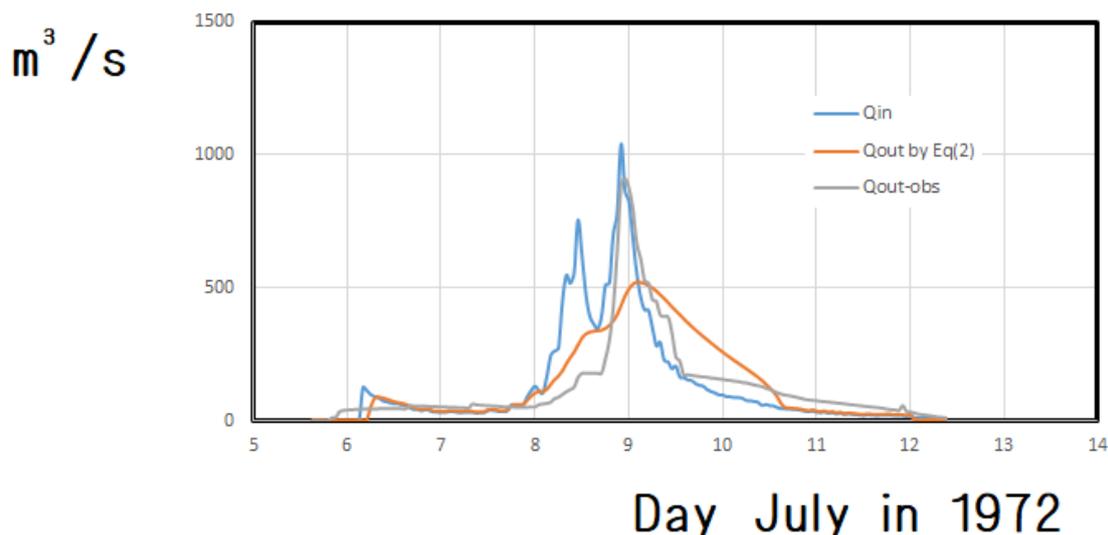


図 1 1972 年洪水の流入とダム放流量 (実績値)、計算値 (式 (2) & (3))

m^3/s 少ない $913\text{m}^3/\text{s}$ となっている。これに対して式 (2) による放流は約 $500\text{m}^3/\text{s}$ 少ない $520\text{m}^3/\text{s}$ となり、満水になったダム湖の洪水調節能力は明らかである。

波による海岸地形の変動特性

八戸工業大学工学部土木建築工学科 竹村 晴登・佐々木 幹夫, 釧路高専 加藤 雅也

1. はじめに

三沢漁港の防波堤が建設された後、海岸沿いの北向きの沿岸漂流は防波堤によって阻止された。その結果、汀線の顕著な前進が漁港の南海岸で生じた。そして、厳しい海岸侵食が北側の海岸で引き起こされた。青森県は、海岸侵食を防止し、砂浜を維持する対策工法として、ヘッドランド工法を用いた。ヘッドランド工は三沢海岸に合計 13 基設置されており、設置間隔は 1km となっている。順番に B1HL, B2HL, B3HL と南から呼ばれている。ここに、HL はヘッドランド工を意味している。現在侵食はヘッドランド工によって止まっているが海岸の地形変動は生じている。八戸工業大学では月に一回の割合で地形変動を調べている。地形変動は波によって生じているものと考えられる。本研究では波によって海岸地形がどのように変動しているか調べてみることにした。

2. 研究方法

月に一回の汀線調査は 2000 年より続いており、本研究では 2014～2017 年の観測値を取り、これに対応する期間の波高データおよび周期をもとに地形変動と波の関係について調べる。ここで使っている波高データは国土交通省ナウファスから引用したものである。波高データは、むつ小川原港のデータを選び、欠測の場合は八戸漁港の観測値より相関式により波高と周期を求めた。ただし、八戸港とむつ小川原港の両方が観測されていない場合には、前後平均を使用し波高・周期を求めている。

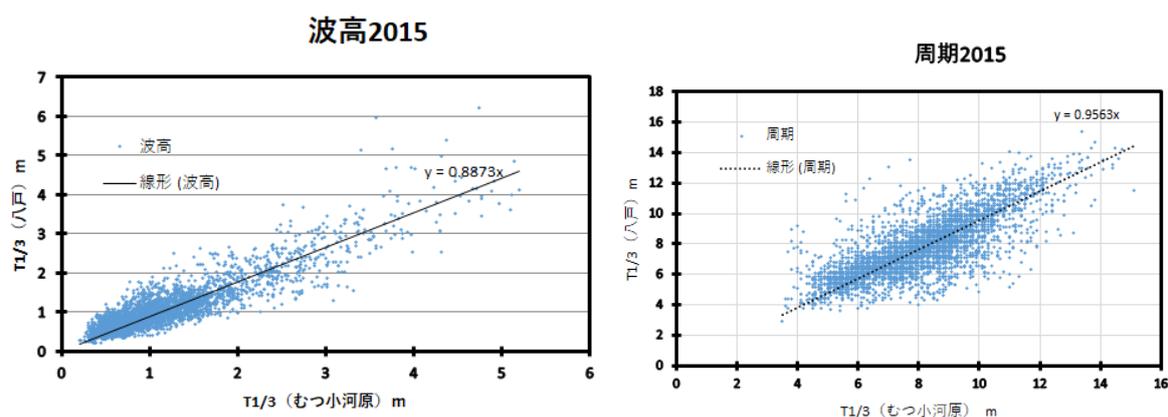


図. 1 むつ小川原港と八戸港の波浪

図1は2015年のむつ小河原港と八戸港の観測値の相関を示している。図1(a)が波高の相関図で、(b)が周期の相関図である。縦軸に八戸港の波高及び周期となり、横軸にむつ小河原港の観測値となっている。補間に使った式は次のようになっている。 $y=0.8873x$ “波高” $y=0.9563x$ “周期”。なお、年ごとに相関を取り補間しているため、ここに表記した値は2015年のみでの補間となっている

3. 波による地形変動

波高・周期と地形変動（汀線の移動）について調べてみたのが図2である。ここでは、過去4年の中で最も特徴が現れている2015年を採用した。図中の▲印で表しているのが冬季積雪のため汀線の測量がなかった期間である。●印が汀線の後退を表し、■印が前進を表している。波と地形変動の関係としてまず考えたのは、波高が高ければ汀線は後退していくと考えた。図2を見る限り一ヶ月単位では、波と地形変動の関係は見えてこない。しかし、汀線測量直近日数日間の波高に注目してみると、関係性がありそうに見える。前回の測定からの汀線移動（プラス・マイナス）で表示し、波高と比較してみた。その結果、波高が低い日に測定するのが基本だが、マイナス（汀線後退）になっている場合は波高が比較的高い。このことから波高が高い当日や、前数日間の高い波浪の日の場合には地形変動は大きいのではないかと考えられる。一ヶ月間の波高と汀線の前進後退の関係は明確ではない。しかし、汀線測定日当日の波高と汀線の前進後退の関係は強く、測定日当日の波高が小さい場合は汀線が前進している場合が多い。海岸地形変動は、波高だけでなく波の周期、海底勾配、底質粒径、底質比重に関係しているので、これらとの関係を現在調べている。波と地形変動の関係は密接で、波高が高くなるほど地形変動が起きている場合が多いが、波高が大きくても汀線が前進している場合もある。

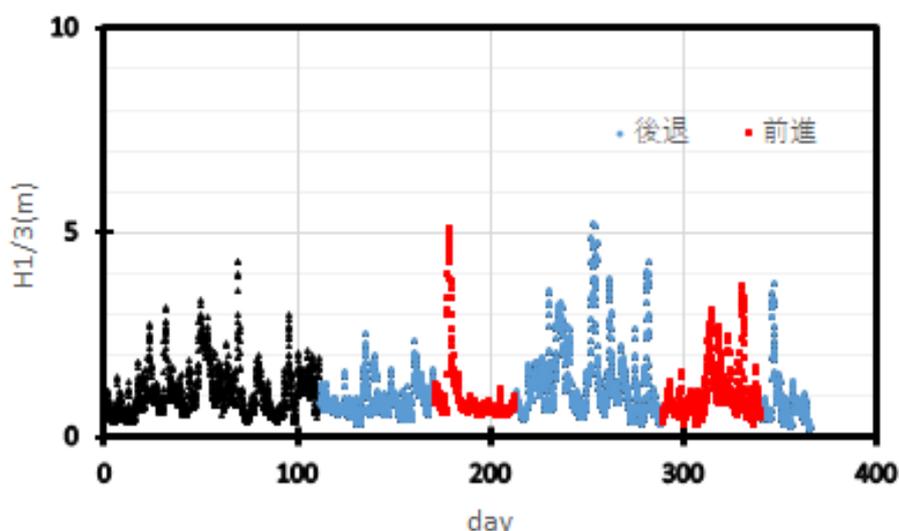


図.2 波高と地形変動の関係

<ポスター会場：1階フリースペース>

ポスター発表 紹介

8題（12：00～12：30）

令和元年12月27日（金）

2019年6月18日山形県沖の地震における木造住宅の地震応答について

山形大学 三辻 和弥
東北大学 大野 晋

1. はじめに

2018年6月18日に発生した山形県沖の地震では新潟県村上市や山形県鶴岡市において、木造住宅の屋根瓦や窓ガラス、外壁などの損傷、ブロック塀の損傷や転倒のほか、盛土斜面の崩壊などの地盤被害も報告されている。本論では、被害の大きかった鶴岡市小岩川地区での地盤の常時微動観測結果および観測記録に基づく木造住宅の地震応答について報告する。

2. 地震被害と地盤の常時微動観測

図1に常時微動観測記録から求めた小岩川地区の地盤のH/Vスペクトル比を示す。図には地震被害の分布をあわせて載せている。地区中心部で3箇所(KIG#1,#2,#4)、地区の南側を流れる河川のさらに南で1箇所(KIG#3)と、北側を流れる河川のさらに北で1箇所(KIG#5)の計5箇所を観測を行っている。観測点KIG#2およびKIG#4は特に被害の大きかった区域付近であるが、やや高振動数側ではあるものの、地盤の卓越振動数を示すピークが4-6Hz付近に見られる。これは2階建て木造住宅の固有振動数に近く、またH/Vスペクトル比のピークもこの振動数帯で高い値をとっているため、本震時には屋根瓦や外壁、ブロック塀に被害をもたらす地震動の高振動数成分の増幅に寄与していた可能性も考えられる。小岩川地区では道路の亀裂など地盤被害も見られているため、地盤の非線形化が起きていた可能性もある。一方、地区を流れる2つの河川よりも外側(さらに北とさらに南)であるKIG#3とKIG#5では卓越振動数を示す明瞭なピークは見られなかった。また、海に近いKIG#1の観測点でも卓越振動数の評価は難しい結果となった。

3. 木造住宅の地震応答解析

被害の多かった2階建て木造住宅について地震応答解析を行った。図2に解析モデルを示す。上部構造は基礎固定として2質点系でモデル化($T=0.24s$)し、スリップを考慮した4折線型の非線形特性とした。地盤モデルは図2右の非線形特性とし、入力地震動はK-NET温海の観測記録を用いて工学的基盤波を算出し、距離と方向で補正した後、表層地盤の増幅特性を前節のH/Vスペクトル比の結果を乗じて推定した。図3は地震応答解析結果のうち、地盤を線形とした場合と図2右図の地盤の非線形特性を考慮した場合の木造住宅第1層のせん断力-水平変位の関係である。結果は被害の様相を説明するのに十分ではないが、地盤が線形の場合、推定される入力地震動が極端に大きくなるために第1層に耐力の低下がみられるが、非線形特性を考慮すると耐力低下は見られない。第2層の加速度応答は大きくなるため、構造被害はほぼ見られず、屋根瓦や外壁の損傷が多かった被害の様相と一致する傾向となった。ただし、まだ応答変位が過大な傾向となっているため、解析モデルや入力地震動についてさらに検討したい。

*Comment on seismic response of wooden house in 2019 Yamagata EQ. by Kazuya Mitsuji and Susumu Ohno

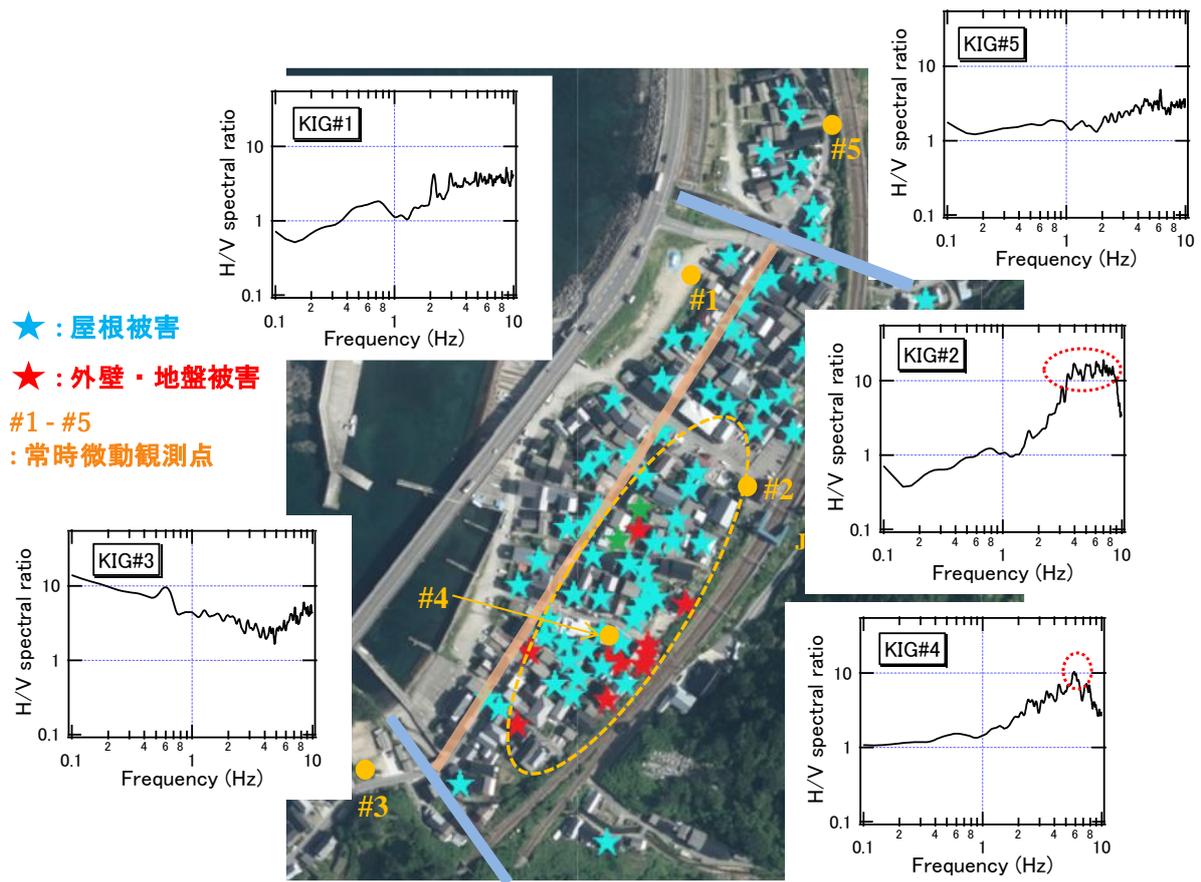


図1 小岩川地区の地震被害分布と地盤の H/V スペクトル比

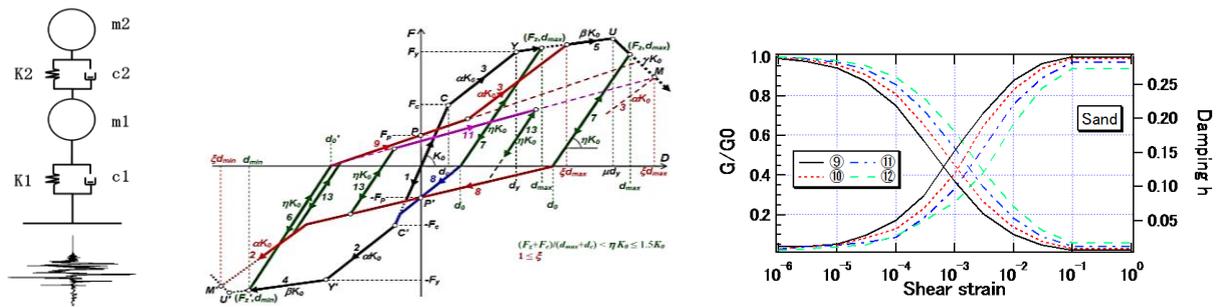


図2 木造住宅および地盤の地震応答解析モデル

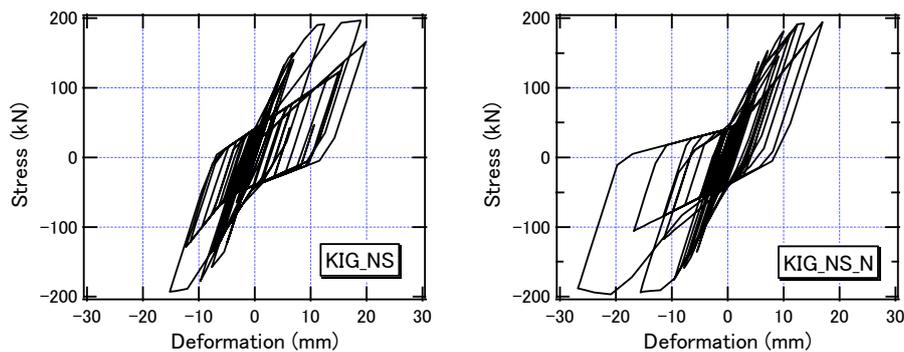


図3 地震応答解析結果（木造住宅モデル第1層のせん断カー水平変位）

日中における風水害への応急対策の比較

東北大学大学院工学研究科 周 晋
東北大学災害科学国際研究所 柴山 明寛
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. はじめに

近年の地球温暖化等の影響により、全世界的に風水害の頻度が増し、過去に類を見ない甚大な災害となってきた。2019年8月には中国に台風9号（レキマー）が上陸し、同年10月には台風19号（ハギビス）が日本に上陸し、甚大な被害をもたらした。人的被害は、中国では少なくとも56名、日本では98名が犠牲となった。本研究では、台風9号、19号の風水被害を踏まえて日中両国の事前対策から応急対応について比較検討を行った結果について報告を行う。

2. 2019年台風9号と台風19号の概要

台風9号は、2019年8月4日にフィリピンの東海上で発生し、10日未明に非常に強い勢力を保ったまま中国浙江省台州市付近に上陸、その後、台風は勢力を弱めつつ中国大陸を北上した。本台風は、中国に上陸した近年で最も強い台風となり、209万8000人が緊急避難した。さらに建物被害は、全壊が1万6000棟、半壊や一部損壊は13万4000棟の被害を受けた¹⁾。

台風19号は、2019年10月6日にマリアナ諸島の東海上で発生し、12日に静岡県伊豆半島付近に上陸した。関東地方や甲信地方、東北地方などで記録的な豪雨災害となり、甚大な被害をもたらした。さらに、約2週間後の10月25日から26日にかけて、千葉県を中心に再び豪雨災害が発生した。台風19号及び関連豪雨による建物被害（浸水、全半壊）は、36都府県に被害を及ぼし、全壊が2419棟、半壊や一部損壊は3万3745棟、床上床下浸水が5万0018棟の被害を受け、人的被害98名となった²⁾。避難者は、消防庁報告より10月13日5:00時点で23万7008人であった。

3. 日本と中国の災害時の警報の違い

日本の災害時の警戒レベルとその対応は、住民が国もしくは市町村から発表される防災情報を受け取り、自分の周辺の危険度を判断し、避難行動を行うかどうかを決める。さらに、自治体から発令された避難勧告及び避難指示（緊急）を受け、指定緊急避難場所もしくは指定避難所に向かい、命を守るため最善の行動をする。一方、中国の警報は、各級政府の行動を指導するために制定された。気象庁が台風警報を出し、各省や市が対応対策を始め、責任を持ち、台風を防ぐ準備をしていく。対策に応じ、屋内外での集会、授業を中止し、港内外への往來の船舶は避泊などの対応措置をとる。戸締り、囲板、看板など風に煽られやすいものを補強し危険な屋外電源を遮断する。必要な場合、政府は住民を安全な場所に緊急移転しなければならない。

表1 日本と中国の警戒レベルの違い

中国の警戒レベルシステム					
Blue・IV級		Yellow・III級		Orange・II級	
日本の警戒レベルシステム					
警戒レベル1	警戒レベル2	警戒レベル2相当	警戒レベル3相当	警戒レベル4相当	警戒レベル5相当

Comparison of Emergency Measures against Storm and Flood Damage in Japan and China by Zhou Jin and Akihiro Shibayama and Takeshi Sato

4. 日本と中国の指定緊急避難場所の開設について

指定緊急避難場所は、災害の危険から命を守るために緊急的に避難する場所として重要である。阪神・淡路大震災以後、避難所の運用方法が見直され、東日本大震災以後、災害対策基本法により、指定緊急避難場所の重要性が強調された。現在、日本では避難所の災害時の安全性や避難場所内の環境改善に努力している。台風 19 号の際、宮城県においては、主に小中学校の体育館、スポーツセンターなどを指定緊急避難場所としていた。避難場所には、布団、飲料水、食料などの備蓄が用意されている。一方、中国政府は 2008 年の四川大震災後、緊急避難場所の重要性を意識してきた。しかしながら、各地の現状はかなり異なり、制度の進展も遅い。中国は 2015 年に「防災避難場所の設計基準」と 2017 年に「都市コミュニティ避難場所に建設基準」を發布し、同時に各地の避難場所の建設もはじめた。今のところ、中国は人口が多く、現状の緊急避難場所の数は避難人口の需要を満たすことができず、各地の緊急避難場所の大部分が公園や緑地の一時的な屋外場所である。今回の台風 9 号では、市内の公共施設で比較的大きなスペースを緊急避難場所として開設することができた。例えば、学校内の大空間である体育館や教室、市民文化センターのホールや廊下、さらには会社の社員食堂などである。避難場所には概ねカップラーメンや飲み水が用意されていた。

5. 防災警報の発信について

日本は防災警報の発信システムが整っており、世界トップレベルにある。台風 19 号の時に、災害が発生する可能性のある地域では、事前に携帯電話を通じ、避難情報を発信し、市民一人一人が避難情報を得ることができるようにしていた。一方、近年中国の防災システム構築がまた進んでおり、台風に対して、気象部門は完備な国家、省、市、県の四級垂直管理システムを備え、すでに全国に貫通的な気象通信ネットワークを構築し、且つ、徐々に一定規模の災害性天気警報情報を発表するルートを構築しておる⁴⁾。

表 2 中国と日本の防災関連の警報情報の発信方法の違い

中国	①携帯電話のクライアント ②メール ③Wechat ④Weibo ⑤テレビ ⑥ラジオ ⑦電子ディスプレイ ⑦スピーカー 等 ※ 農村のスピーカーによる緊急放送、気象情報員が街頭でドラをたたき、村人に警戒を呼びかける
日本	①防災行政無線(スピーカー) ②ホームページ ③Twitter ④安全安心メール(登録制メール) ⑤ケーブルテレビ(文字放送) ⑥エリアメール・緊急速報メール ⑦市広報車 ⑧公共施設・町会等の掲示板 ⑨消防団車両による広報 など

6. おわりに

本文は台風 9 号と台風 19 号の基本概要を紹介し、中国と日本の台風災害時の応急対策を簡単に比較した。今後も詳細な比較検討を行い、相互で学ぶべきものを導きだし、日中の防災対策に繋げる研究を続けていく。

参考文献

- 1) 北京青年報. 張夕：レキマーの風雨総合強度、58 年ぶりに最大 (08 月 15 日 09:46 現在) . <http://news.cctv.com/2019/08/15/ARTIuDSai0DNqRRUqD5zoTu0190815.shtml> (参照：2019. 11. 25)
- 2) 内閣府：令和元年台風第 19 号等に係る被害状況等について (11 月 20 日 9:00 現在) , http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon19/pdf/r1typhoon19_39.pdf (参照：2019. 11. 25)
- 3) 内閣府：令和元年台風第 19 号等に係る被害状況等について (10 月 13 日 6:00 現在) , http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon19/pdf/r1typhoon19_03.pdf (参照：2019. 11. 25)
- 4) 人民網. 寇江沢：グリーンフォーカス・気象防災減災 (2015 年 08 月 09 日 09:45 現在) . http://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xmtjj/201508/t20150809_290126.html (参照：2019. 11. 25)

青森県内の KiK-net4 地点における増幅特性の水平方向異方性について*

弘前大学 片岡俊一

1. はじめに

青森県にある KiK-net 観測点における地中から地表への増幅特性を調べている際に、水平 2 方向で増幅特性が異なる事例を見つけたり。以下に既報の内容をまとめる。今回は、これに加え、震源位置への依存性、既往のサイト増幅特性との比較等を報告する予定にしている。

2. 対象観測点と選択した地震記録

研究対象とした観測点は、青森県にある KiK-net 観測点のうちの十和田湖東 (AOMH12)、新郷 (AOMH16)、名川 (AOMH17)、田子 (AOMH18) である。

増幅特性を知るために、1996年6月から2018年9月30日までに観測された地震動から野津・他²⁾が強震観測点のサイト増幅特性を定めた際の条件である、震央距離が150km以内、マグニチュードが5.0以上、最大加速度が2.0~100 galの範囲の地震動を選択した。この結果表1に示す数の地震が選択された。選択された地震の震央位置を図1に示す。

表1 選択した地震数

観測点名	コード	地震数	設置方位(°)
十和田湖東	AOMH12	68	3
新郷	AOMH16	73	3
名川	AOMH17	76	5
田子	AOMH18	52	4

設置方位はKiK-netのwebページより

<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/db/siteangle.html>

3. 地中と地表のスペクトル比の算出とその結果

地中から地表への伝達関数(厳密には、スペクトル比)を石田の提案手法³⁾により求めた。

各々の地震記録の主要動開始時刻から20.48秒のデータを対象とし、バンド幅0.2HzのParzenウィンドウを施した。さらに、文献3)に倣い、全ての地震記録の相乗平均を求めた。

各成分毎のスペクトル比の

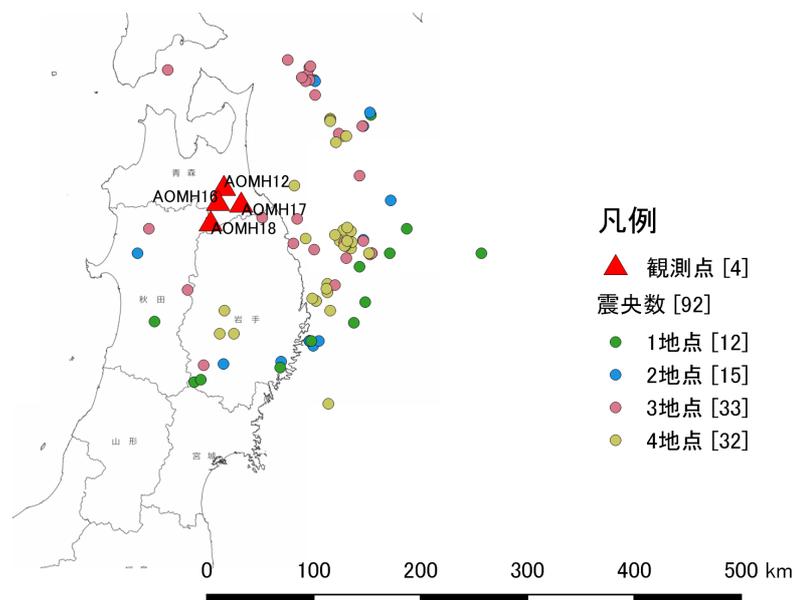


図1 選択された地震動に対応する震央位置

* Horizontal anisotropy of amplification characteristics at four stations of KiK-net in Aomori Prefecture by Shunichi Kataoka

絶対値および位相差の平均値を図2に示す。スペクトル比については、公表されている地下構造から算出した理論スペクトル比も描いてある。理論スペクトル比はピークが目立つように、 $h=0.01$ と極めて小さな減衰を仮定している。図を見ると、いずれの観測点もピーク振動数が2成分でやや異なる。位相差に着目すると、低振動数域ではいずれの観測点でも水平2成分でほぼ同じであるが、振動数が高くなるに従って、水平2成分間の違いが大きくなる。

謝辞

本報告は、弘前大学理工学部地球環境学科の平成30年度卒業研究として田中早紀さんが行ったものを再整理したものである。計算結果は、全て田中さんによるものである。

参考文献

- 1) 片岡：青森県内4地点のKiK-netにおける水平方向の異方性について，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演梗概集，CS12-17，2019.
- 2) 野津・長尾：スペクトルインバージョンに基づく全国の港湾等におけるサイト増幅特性，港湾空港技術研究所資料，No.112，2005.
- 3) 石田寛：地震観測記録を用いた伝達関数の評価手法に関する検討，1992年度日本建築学会関東支部研究報告集，13-16，1992.

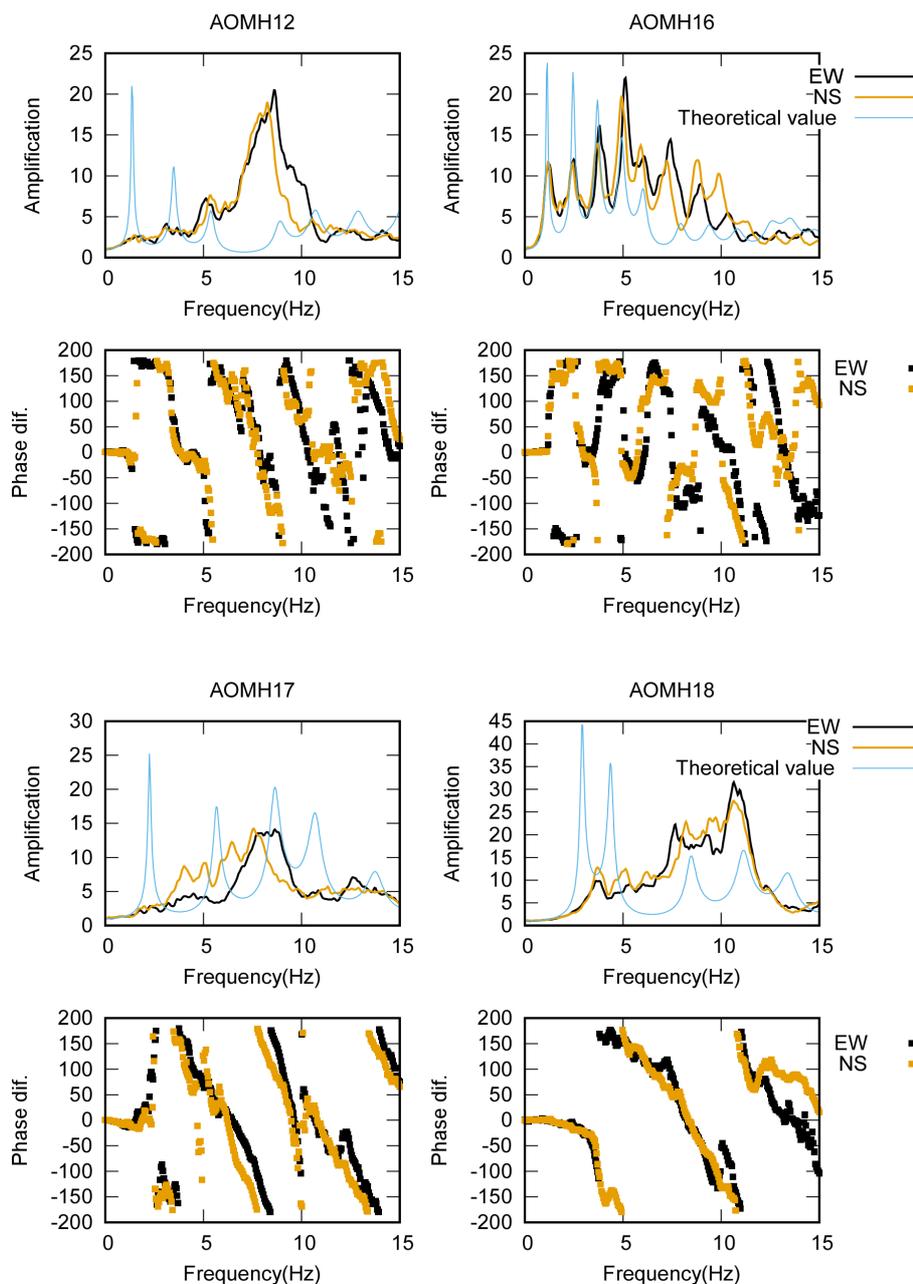


図2 4地点の観測伝達関数

死蔵スマートフォンを活用した簡易地震計の普及に関する基礎的研究

秋田工業高等専門学校 ○寺本尚史
秋田県分析化学センター 星 颯杜

1. はじめに

現在地震計は、地動加速度を観測するだけではなく、ビルや土木構造物などを対象に、地震被害や経年劣化などによる損傷分析にも活用されている。しかし、地震計の設置には多額のコストがかかる事や、建物の所有者に設置のメリットがあまりない事などから、特に住宅への設置はほとんど行われていないのが現状である。

本研究では機種変更で使用されなくなった死蔵スマートフォンを再利用することで、安価かつ簡便な地震計として住宅への設置を大幅に増やす手法を構築することを最終的な目的としている。本論ではその基礎的検討として、スマートフォンを活用した地震計の精度の確認、およびアンケート調査により地震計の普及に何が必要とされ、何が普及の壁になるかなどについての分析を行った結果について報告する。

2. アンケート調査および分析結果

地震計の設置方法および使用方法のイメージを図1に示す。まず地震計用アプリを古いスマートフォンにインストールし、家の壁に固定する。測定中は、充電切れ防止のために電源コードを繋げ、地震時は加速度を測定し、端末内に記録すると同時に、地震の揺れの大きさ(震度階)をディスプレイや音声により提供する。

地震計の普及に関する問題点の把握のため、アンケート調査を行った。アンケートの質問内容およびその結果を表1に示す。アンケートは秋田工業高等専門学校の学校祭の来場者を対象として行った。有効回答数は80名である。まず「地震計を設置したいと思うか」の質問では、

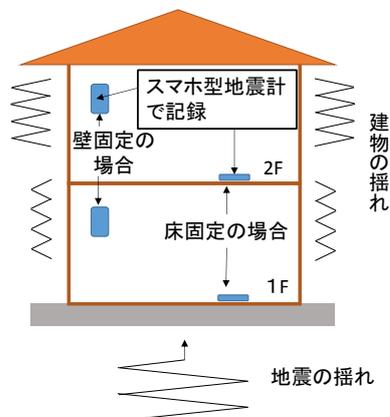


図1 地震計の設置イメージ

表1 主なアンケートの質問および回答結果

		はい	いいえ	
・スマートフォン所持の有無		91%	9%	
・地震計を設置したいか		35%	65%	
・無料であれば設置したいか		62%	38%	
・古いスマートフォンを利用した地震計を設置したいか		82%	18%	
・設置したくない理由	お金が掛かる			必要性が不明
	設置の手間			
	27%	22%	46%	5%
・地震計に欲しい機能	音声での警告			損傷診断
	自動撮影			
	63%	6%	31%	

*Basic study of widespread use of simple seismographs for wooden houses by using old smartphone by Naofumi Teramoto and Hayato Hoshi

「地震計を設置したい」が 35%程度であったが、「設置したいと思わない」という回答者のうち、「無料であれば設置したい」と回答した人が 6 割に上った。また、「古いスマートフォンを利用した地震計を設置したいか」という質問では約 8 割の人が「設置したい」と回答しており、本方法が普及に有効である可能性が示された。一方、地震計を設置したくない理由としては「必要性が分からない」という回答が多く、地震計を設置することの利点や意義を明確に説明し理解してもらう必要があるといえる。

3. 振動台実験による簡易地震計の精度確認

スマートフォンを用いた地震計の精度の確認のため、地震波及び正弦波での振動台実験を行った。地震計には、Android OS 端末 (Huawei Ascend G6205-L02)2 台、iOS 端末 (iPod touch 6)2 台を用い、加速度計の結果と比較を行った。なお地震計用アプリとして iOS 端末には”i 地震”^[1]、Android OS 端末には筆者が開発したアプリ^[2]を用いた。

誤差率と最大加速度の分布図を図 2 に示す。

ここで、誤差率は振動台に設置した加速度計の値を正解とし、地震計との誤差を最大加速度で除した値とした。今回使用した端末は、いずれも 3 年以上前に販売されていた機種であり、現行機種と比べ MEMS センサーの精度は劣ると考えられるが、最大加速度が 155Gal(震度 4 に相当)より大きい点では誤差は 9%以内に収まった。計測震度についても比較した結果、震度 3 以上の震度で計測震度の誤差が最大 0.2 となった。

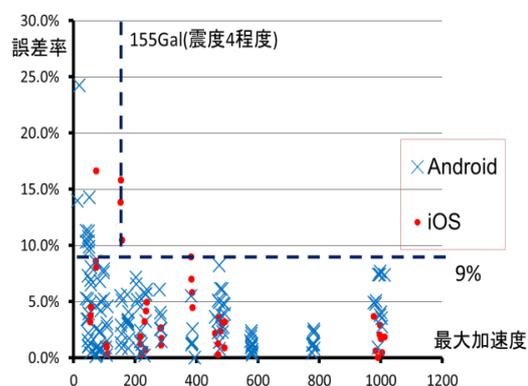


図 2 誤差と最大加速度の関係

4. まとめ

本研究では、死蔵スマートフォンを、木造住宅用地震計として活用することを目的に、精度の確認および地震計の普及に関するアンケート調査・分析を行った。

その結果、死蔵スマートフォンを地震計として活用する方法が、地震計設置に有効であることが分かった。また、最大加速度 155Gal 以上では誤差率は 9%以内に収まり、計測された地震波を気象庁震度階で表示する場合、震度が 3 以上の揺れに対しては既存の地震計と遜色無く計測可能であることが分かった。

参考文献

- [1] Shohei Naito, Hiroki Azuma, Shigeki Senma, Mutsuhiro Yoshizawa, Hiromitsu Nakamura, Ken Xiansheng Hao, Hiroyuki Fujiwara, Yoshiharu Hirayama, Noboru Yuki, and Minoru Yoshida” Development and Testing of a Mobile Application for Recording and Analyzing Seismic Data” Journal of Disaster Research, Vol.8 N0.5, pp990-1000, 2013
- [2] 寺本尚史：スマートフォンの加速度センサーを利用した地震計アプリの開発，日本建築学会年次大会学術講演梗概集，構造Ⅱ，pp.1117-1118，2017.8

ドローンによる残存者探索を組み込んだ津波避難訓練の取り組み -2019年福島県いわき市薄磯区の事例-

杉安和也（東北大学）、高橋秀幸（東北学院大学）、横田信英（東北大学）、
橘一光（福島工業高等専門学校）、松本行真（近畿大学）

1. はじめに

地震発生直後に、津波の襲来が想定される場合、消防団・自治体役員・駐在員等の防災役職者らは、地区内に逃げ遅れた残存者がいないか見回り業務（安否確認）を担う場合がある。しかしこれは防災役職者自身が津波に巻き込まれる二次被害のリスクが伴う。筆者らは、この課題を解決するべく、福島県いわき市薄磯区を対象に、同区の薄磯区会・薄磯区復興協議会・消防団と連携しながら、2017年度より同地区の津波避難訓練の企画運営支援を行っている。本稿はその3年目の取り組みにあたる2019年10月26日に同地区にて開催した津波避難訓練について、報告を行うものである。

2. 二次被害リスク回避の方策

地震発生直後における安否確認での二次被害リスクを回避するには、いくつかの方策が考えられる。1つは「自助の考えに基づき、各自で避難行動をとる（安否確認を行わない）」と、地区内で申し合わせることである。対象地区においては、津波の襲来予測時間に依存するものの、「共助の考えに基づき、防災役職者や住民同士が避難を呼びかけながら、安全な場所まで集団避難を行う」こととしている。これを後押しするための取り組みとして、初年度（2017年）では、安否確認時間の短縮のため、避難する場合には玄関に「避難済みサイン」を掲示するという地区独自のルールを設けた。また、次年度（2018年）には、車椅子利用の身体障害者や観光客の存在を想定し、ドローンを通じて沿岸部の逃げ遅れ（残存者）の確認と避難呼びかけを行い、残存者自身に徒歩避難（車いすでの移動）を促す取り組みを行った。この2018年の取り組みは、防災役職者にとっては最も二次被害リスクが低い施策である。これらの取り組みを通じて、今年度（2019年）においては、ドローンを通じて沿岸部の逃げ遅れ（残存者）の確認と避難呼びかけを行うが、残存者に自力避難が困難であり、消防車両による救出を行うという取り組みを行った。これはドローンによる事前確認を行うことで、残存者がいなければ防災役職者にとっての二次被害リスクが最小化できるとともに、残存者がいた場合も、訓練を通じて救出に向かった場合の所用時間をあらかじめ把握できているため、実際の災害発生時の救出の可否判断の材料とすることが期待できる。



図1 2019年度 薄磯区避難訓練の概要図

* Action of the tsunami evacuation drills focus on searching remains used by UAVs –Case study at 2018 usiso iwaki city fukushima- by Kazuya Sugiyasu, Hideyuki Takahashi, Nobuhide Yokota, Ikkoh Tachibana, and Michimasa Matsumoto

この安否確認の手段として、ドローンを活用することには二次被害リスクの回避以外にもいくつかの利点がある。1つは、防災緑地・防潮堤等により各所に死角が生じていても、ドローンであれば任意の場所での観測が可能である。もう1つは通信障害や停電が生じたとしても、事前の充電が完了していれば、直線距離にして2km以上離れた地点の動画をリアルタイム伝送することが可能である。

3. 訓練の方針

2019年における訓練では、「午前8時05分に地震が発生し、大津波警報が発令され、30分後（午前8時35分）には津波が到達する」という想定のもと、徒歩・自動車避難の手段に関わらず「約10-15分間での避難完了」を目標とした。この住民の避難訓練と並行して、ドローン（DJI社製MAVIC2、最大待空時間29分の機体を使用）による安否確認と消防団による残存者ピックアップ訓練を実施した。訓練の流れは以下の通りである。

- ①8:05 「防災サイレン鳴動」（訓練開始）、「消防団（消防車）による巡回」「ドローンによる安否確認」開始
- ②8:05-8:07 「沿岸部での残存者の有無をドローンの中継動画経由で確認」
→「残存者“有”の場合、巡回中の消防車に沿岸部への急行・残存者救出を指示」
- ③8:07-8:12 「消防団（消防車）が沿岸部へ急行、残存者の救出を行う」※残存者役は2名配置
- ④8:12-8:15 「残存者を消防車に同乗させ、沿岸部から避難場所まで移動（避難）する」

備考：(1) 本訓練上では消防車は出庫済み、ドローンも起動済みの状態で訓練を開始しているが、実際の災害時には消防団屯所に常駐人員が2名いたとして、この準備に3-5分程の時間が別途生じると想定される。

(2) 防災緑地・防潮堤による死角によって、避難場所（屯所の位置する高台移転地）から沿岸部は直視できない。よってドローンは沿岸部の安否確認のためには電線等に注意しつつ、防災緑地・防潮堤のほぼ上空で飛行させる必要がある（沿岸部は250m先）。

4. 訓練結果

上記のシナリオに沿って、訓練を実施したところ、沿岸部の別々の場所に配した残存者2名をピックアップし、避難場所に到着するまでに要した時間は約11分（8:16到着）であった。また、地区内での徒歩避難者は10分から20分の範囲でおおよそ避難を完了していた。これは観光客の少なく、自動車避難者渋滞が生じる心配の少ないローシーズンでの実験という前提条件が付くものの、早々に残存者の位置把握ができれば、徒歩避難と大差ない所用時間で、沿岸部への自動車での救出活動が可能ということである。

一方で観光客の多いハイシーズンを想定した場合、沿岸部へ消防車で救援に向かうことは、現実的ではない可能性が高い。そのような状況下の場合、ドローンを残存者確認にのみ運用したが、残存者自身が自力避難可能であれば、そのままドローンを介して避難誘導を図ることも可能である。しかし、自力避難ができない残存者がいた場合は、他の観光客に救援援助を依頼するなど、別の手段を検討する必要がある。

参考文献: 1) 杉安和也, 班目佳小里, 松本行真 2016年福島県沖地震津波時における福島県いわき市内沿岸自治会の避難状況とその後の津波避難施策の検討, 東北地域災害科学研究 No.54, p263-266

2) 杉安和也, 高橋秀幸, 横田信英, 片山健太, Garcia Fry MARTIN, 橋一光, 小野寺清美, 菊地弘幸 東日本大震災被災地における復興事業完了後の津波避難訓練の取り組みー 2018年福島県いわき市薄磯区の事例ー, 東北地域災害科学研究 No.55, p221-224

インドネシアCitarum川流域の水田耕区における氾濫解析

日本大学大学院工学研究科 竹田稔真
日本大学工学部 河村弘仁
日本大学工学部 朝岡良浩
日本大学工学部 若林裕之
IPBUniversity BoediTjahjono
ProvincialOfficeofFoodCropsandHorticultureofWestJavaProvince Sitaresmi Dewayani

1.はじめに

インドネシアは世界でも有数のコメ生産国であり、作られたコメのうち多くは国内で消費されるため農業は主要産業の一つである。近年では消費量が生産量を上回り、消費の一部は輸入に頼っていることからインドネシア人の食生活においてコメへの依存度は高いことがわかる。インドネシアの気候は雨季と乾季が明確に別れており稲作を行う上で干ばつと洪水による被害が毎年発生している。また、洪水の際はコメへの被害に加えて家屋が1m近く浸水することもある。これを受けてインドネシア政府は農業保険制度を導入し、水田への被害を補償し始めた。被害の度合いは専門スタッフによる現地調査にて決定される。しかし、水田耕区は広く目視や聞き込み調査等では実態の把握が難しいだけでなくかかる時間やコストも膨大になる。この問題を解消するために、インドネシアのBojongsoang地区を対象として衛星データを用いた浸水域の抽出手法が開発されてきたり。広範囲の浸水域を短時間で解析できるメリットを持ち、水害の把握に関して大きく貢献した。しかし、把握可能な時間分解能は衛星の回帰日数に依存し、浸水域は推定できるが浸水深は測定できない2つの問題点がある。

上記した2つの問題点を補う手法として、数値シミュレーションによる浸水域と浸水深の時系列予測が検討されている。本研究では浸水シミュレーションをインドネシアのBojongsoang地区に適用し、シミュレーションによる浸水域と衛星データから抽出した浸水域を比較することで同地区における氾濫解析の課題と氾濫の特性を明らかにした。

2.研究手法

2.1対象地域

インドネシアBojongsoang地区は、図1に示すようにCitarum川沿いに位置する。衛星データから浸水域を抽出した結果、西側は降雨による浸水域の変化が少なく氾濫と営農の判断が困難であった。本研究は氾濫特性の解析を目的としており、曖昧さを回避するために限定した対象区域を解析した。

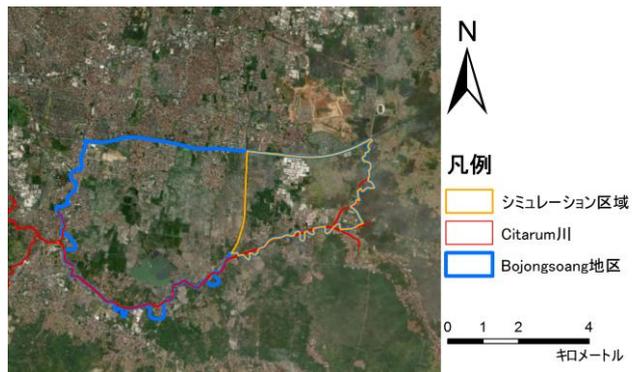


図1 インドネシア Bojongsoang 地区

2.2解析手法およびデータの概要

解析は降雨を入力して各メッシュの浸水深を出力する。降雨は現地に転倒マス型雨量計を設置しており、その値を用いる。メッシュは、5m分解能のDSM(DigitalSurfaceModel)を基に作成したTINデータである。各メッシュは土地利用を水田、原野、森林、建屋の4種類に区分して、それぞれ流出係数と粗度係数を設定した。

* Inundation analysis of rice paddy field in the Citarum river basin, Indonesia by Toshimasa Takeda, Hiroto Kawamura, Yoshihiro Asaoka, Hiroyuki Wakabayashi, Boedi Tjahjono and Sitaresmi Dewayani

解析は土地利用に応じた流出係数を降雨に乗じて各メッシュに与え、式(1)~(3)に示す平面2次元不定流の運動方程式を有限要素法を用いて浸水深を算出した。

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial(MU)}{\partial x} + \frac{\partial(NU)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2}{h^{1/3}} U \sqrt{U^2 + V^2} \quad (2)$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial(NU)}{\partial x} + \frac{\partial(MU)}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2}{h^{1/3}} V \sqrt{U^2 + V^2} \quad (3)$$

ここに、 h :水深(m), H :水位(m), g :重力加速度(m/s), M : x 方向の流量フラックス(m³/s), N : y 方向の流量フラックス(m³/s), U : x 方向の平均流速(m/s), V : y 方向の水深平均流速(m/s), n :粗度係数である。

対象期間は4月2日~4月4日とし、衛星データより抽出した4月1日の浸水域を初期条件として与えた。しかし衛星データによる浸水域の抽出では浸水深を測定できないため、浸水エリアの中で最も標高が高い位置に10cm足した値を浸水位として初期条件を作成した。対象期間の総雨量は157mm, 最大降雨強度は78.6mm/hrである。

3.解析結果

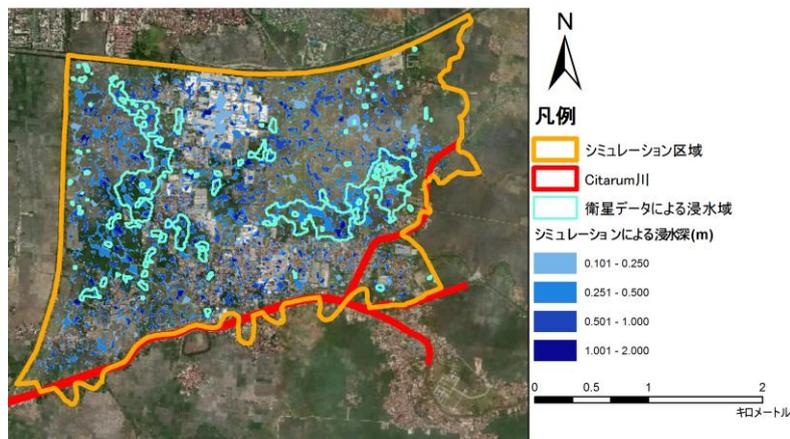


図2 Bojongsoang地区の氾濫解析結果

2章に記した条件で解析した結果を図2に示し、浸水深が10cm以上になった場合のみを浸水として表示している。シミュレーション区域全体に着目すると衛星データより抽出した浸水域と比較して、解析結果は浸水域を過大に示した。特に中央上部に位置する工業地帯上において衛星データと解析値の差異が見受けられる。一方で浸水域内のみに着目した場合、概ね形状は一致しているが浸水深が小さく浸水として表示されない箇所が点在した。

4.まとめ及び考察

本研究はインドネシアBojongsoang地区の一部を対象として氾濫解析を行い、衛星データと浸水域について比較した。その結果、シミュレーション結果では浸水域を過大評価している箇所が多く存在した。本解析は減水過程を考慮していないため水が窪地に溜まった場合そのまま残り続ける。しかし、現実には河川や水路による排水や蒸発等で水は減少していく。また、シミュレーション区域の南東においてCitarum川の氾濫が報告されているが条件として与えていない。そのため過大評価となる地点と過小評価となる地点が混在したと推察される。今後、詳細な排水や河川の条件を追加することでモデルを精緻化に務める必要がある。

謝辞

本研究の一部はJST/JICA SATREPSの支援を受けた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) H.Wakabayashi, K.Motohashi, T.Kitagami, B.Tjahjono, S.Dewayani, D.Hidayat, C.Hongo
Flooded area extraction of Rice paddy field in Indonesia using Sentinel-1 SAR data
The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science-
Sciences, Volume XLII-3/W7, 2019, pp.73-76.

人工衛星と数値地図情報を用いたパナマ運河流域の水収支解析

日本大学工学部土木工学科 神戸智志

日本大学工学部土木工学科 朝岡良浩

Technological University of Panama Lucas Calvo

1. はじめに

パナマ運河は太平洋と大西洋を結ぶ航路として1914年に建設され、パナマ経済の収入の大部分を船舶の通行料が占める。また、世界の貿易においても必要不可欠といえる。運河の最高点は海拔26m、全長は約80kmである。運河には水路の水位を段階的に変化させて船を持ち上げる閘門式運河が適用され、運河の用水はガトゥン湖から供給されている。ガトゥン湖は運河の用水だけでなく生活用水、灌漑用水、水力発電にも利用されている。

近年、パナマ運河において水不足が多発している。2019年には1914年の開通以来、乾季の降水が最小となった。パナマの乾季は通常1月から4月の4ヶ月だが、5ヶ月にわたって降水が記録されなかった。今後の気候変動によるパナマ運河の渇水頻度を展望するためにも、運河流域の水循環を把握し、流出モデルを構築する必要がある。

本研究はパナマ運河流域における流出モデル構築に向け、数値地図情報および人工衛星データを用いてパナマ運河流域における流出率の算出を目的とする。

2. 対象地域

本研究はパナマ運河流域(図1)を対象とする。運河の流域面積は約3319km²、流域内のガトゥン湖(429km²)には主にRio Chagres, Rio Gatun, Rio Cir Grande, Quebrade Lobracitaが流入しており、その他複数の河川を堰き止めて建設された人造ダム湖である。気候は亜熱帯気候であり、乾季は1月から4月、雨季は5から12月である。

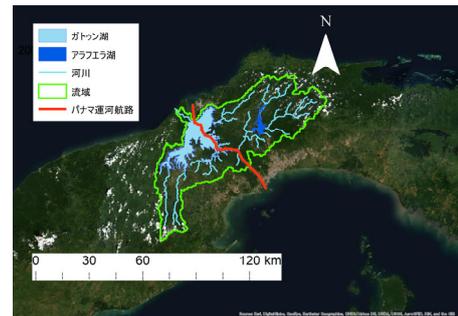


図1 パナマ運河流域

3. 研究手法

本研究はパナマ運河流域の流出率を算定して、対象地域の流出特性を解析した。流出率は(1)式より算定した。対象期間は2009年および2010年である。

$$\text{流出率} = \frac{\text{流出量}}{\text{降水量} \times \text{流域面積}} \times 100 \quad (1)$$

対象地域の流域界、標高、河川データはHydroSHEDSから抽出した。空間分解能は15秒である。降水量は全球降水マップ(Global Satellite Mapping of Precipitation, GSMaP)の1時間データを用いた。空間分解能は0.1度である。GSMaPは衛星に搭載されたレーダー雨量計によるデータである。本研究は柿澤ら(2011)の補正係数を用いてGSMaPの測定値を修正した。流量はCarvo(2018)の解析データを用いた。

4. 結果および考察

対象地域における年降水量の分布を図2に示す。2009年、2010年に共通して南西部で降水量が少ない傾向にある。流域平均の年降水量は2009年に3707mm、2010年に4605mmであった。図3に月降

*Water balance analysis in the Panama Canal catchment with satellite remote sensing and geographic information data by Satoshi Godo, Yoshihiro Asaoka, and Lucas Calvo.

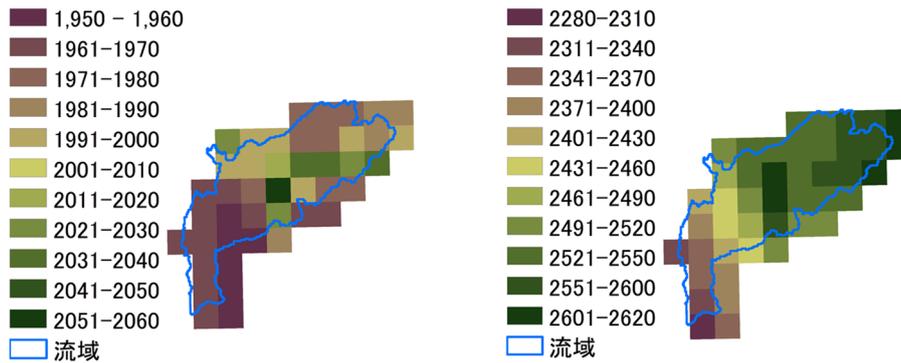


図2 降水量の分布(左:2009年, 右:2010年)

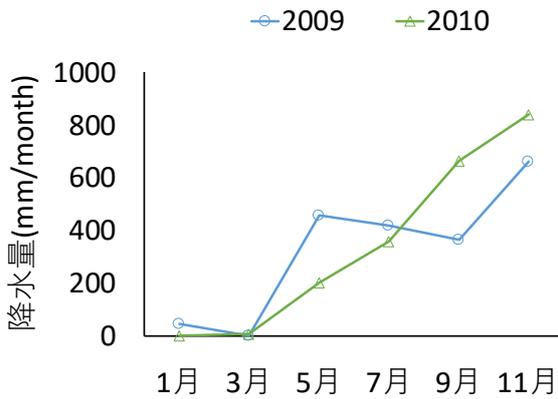


図3 月降水量

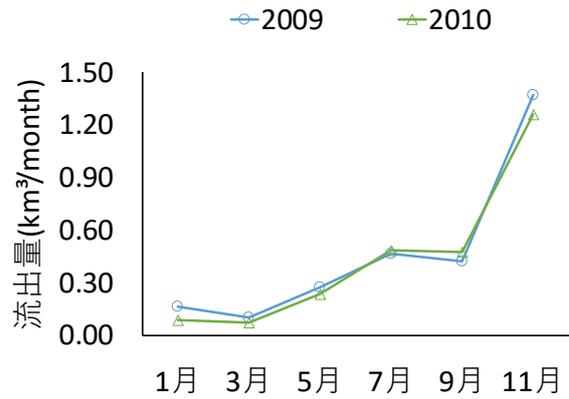


図4 月単位の流出量

水量を示す。月単位の最大雨量は2009年6月に758mm/month, 2010年11月に848mm/monthであった。月単位の流出量を図4に示す。4月から11月にかけて流出量が徐々に増加する傾向がある。図5に月単位の流出率を示す。年間の流出率は2009年が42.0%, 2010年52.2%であった。月単位の流出率は, 2009年1月から4月と12月, 2010年の1月, 3月, 12月は流出率が100%を超えた。乾季には地下水流出のような遅い流出成分の影響が大きいためと考えられる。

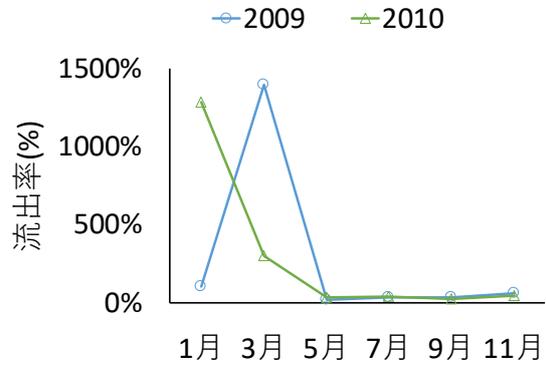


図5 月単位の流出率

5. まとめ

本研究では数値地図情報および人工衛星データを用いてパナマ運河流域における流出率を算出して, 流出特性を考察した。今後の課題として, 対象地域の地上観測雨量を用いてGSMapの降水データを補正する必要がある。

参考文献

- 1) 柿澤一弘・砂田憲吾・末次忠司 (2011): メコン河流域における全球降水量データの利用に関する検証, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.67, No.4, pp.I_289-294.
- 2) Lucas Calvo (2018): Application of HEC-ResSim® in the study of new water sources in the Panama Canal, Journal of Applied Water Engineering and Research, Vol.6, pp.236-250.