

平成 30 年度
東北地域災害科学研究集会
講演予稿集

開催：平成 30 年 12 月 22 日(土) 23 日(日)
会場：秋田大学理工学部 1 号館

<第 1 会場>

秋田大学理工学部 1 号館：3 階共-321 室

第1部 12 月 22 日(土)13：00 - 14：00
(司会：久利 美和先生)

第2部 12 月 23 日(日)10：00 - 12：00
(司会：高瀬 慎介先生)

第3部 12 月 23 日(日)13：15 - 15：00
(司会：鎌滝 孝信先生)

＜第1会場:3階共-321室＞

平成30年(2018年)12月22日(土)

【第1部】 司会:久利 美和先生		
13:00-13:15	液状化実験を活用した効果的な防災教育の検討	○手塚寛(東北大学大学院理学研究科)、Muhammad Salman Al Farisi(東北大学大学院工学研究科)、関亜美(東北大学大学院環境科学研究科)、熊谷裕太(東北大学大学院工学研究科)、新谷直己(東北大学大学院理学研究科)、宮鍋慶介(東北大学大学院情報科学研究科)、久利美和(東北大学災害科学国際研究所)
13:15-13:30	津軽半島, 十三湖周辺に認められる津波と液状化の痕跡	○岡田里奈, 梅田浩司(弘前大学理工学部), 鎌滝孝信(秋田大学地方創生センター)
13:30-13:45	加振実験と動的解析による石場建て構法の摩擦力の検討	○末次 優大(秋田県大学システム学科技術学部建築環境システム学科)、クアドラ カルロス (秋田県大学システム学科技術学部建築環境システム学科)
13:45-14:00	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	○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)、西脇遼(秋田大学理工学部)、渡辺一也(秋田大学大学院理工学研究科)
14:00-14:15		
14:15-14:30		
14:30-15:00	休憩	
15:00-17:30	公開シンポジウム 特別講演会(1階共-127室)	

平成30年(2018年)12月23日(日)

9:00-9:50	地区総会(第1会場 3階共-321室)
-----------	---------------------

【第2部】 司会:高瀬 慎介先生		
10:00-10:15	自主的・持続的な防災教育活動の普及を目指した実施支援 -減災アクションカードゲームを例に-	○関亜美(東北大学大学院環境科学研究科)、Muhammad Salman Al Farisi(東北大学大学院工学研究科)、手塚寛(東北大学大学院理学研究科)、石橋信治(東北大学大学院工学研究科)、熊谷裕太(東北大学大学院工学研究科)、新谷直己(東北大学大学院理学研究科)、久利美和(東北大学災害科学国際研究所)
10:15-10:30	木造住宅の耐震改修促進に向けた連繋型政策モデルの提案	○小野寺凜成(東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻)、佐藤健 (東北大学災害科学国際研究所)
10:30-10:45	2018年口永良部火山噴火警戒レベル4での対応と課題	○久利美和(東北大学災害科学国際研究所)、山中佳子(名古屋大学大学院地震火山研究センター)
10:45-11:00	平成28年北海道豪雨による道路被害からの教訓	○奥村誠(東北大学災害科学国際研究所)
11:00-11:15	山形大学の教員養成における学校防災教育－教職大学院と学部－	○村山良之(山形大学大学院教育実践研究科)
11:15-11:30	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-2018年福島県いわき市薄磯区	○杉安和也(東北大学災害科学国際研究所)、高橋秀幸・横田信英(東北大学電気通信研究所)、片山健太(東北大学大学院)・Garcia Fry Martin(東北大学)、橘一光(福島工業高等専門学校)、小野寺清美・菊地弘幸(株式会社空むすび)
11:30-11:45	火災時における避難リスクの認知向上を目指した屋内濃煙体験訓練の提案	○渡邊武(東北大学工学部・工学研究科 技術部)、杉安和也(東北大学災害科学国際研究所)、小林光(東北大学大学院・工学研究科)
11:45-12:00	心理学を用いた災害シミュレーションの可視化手法の検討	○高瀬慎介(八戸工業大学) 斎藤丈士((株)NHK メディアテクノロジー) 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) 邑本俊亮(東北大学災害科学国際研究所) 櫻庭雅明(日本工営中央研究所)

12:00-12:15	ポスター発表(ポスター掲示会場 3階共-319室)
12:15-13:15	昼食

【第3部】 司会:鎌瀧 孝信先生		
13:15-13:30	十三湖における塩水の遡上特性	○赤坂光、佐々木幹夫 (八戸工業大学)、功刀 智 (鉄建建設㈱)
13:30-13:45	小川原湖塩水遡上特性	○木村皇介・佐々木幹夫(八戸工業大学土木建築工学科)、功刀 智(鉄建建設㈱)
13:45-14:00	下北半島西部, 大間町奥戸におけるイベント堆積物調査	○村上正能(弘前大)、岡田里奈・梅田浩司(弘前大)、鎌滝孝信(秋田大)
14:00-14:15	秋田県八峰町および能代市の沖積低地にみられる洪水堆積物について	○鎌滝孝信(秋田大学地方創生センター), 岡田里奈・梅田浩司(弘前大学大学院理工学研究科)
14:15-14:30	秋田県にかほ市沿岸低地にみられる津波および洪水堆積物の特徴	○宇内滉志(秋田大学理工学部)、鎌滝孝信(秋田大学地方創生センター)、安部訓史(秋田大学工学資源学部)、得丸達生(秋田大学理工学部)、松富英夫(秋田大学大学院理工学研究科)
14:30-14:45	橋梁部における杉の堆積に関する水理模型実験	○西脇遼(秋田大学)、齋藤憲寿(秋田大学)、渡辺一也(秋田大学)
14:45-15:00	無人調査船と高分解能ソナーによる蔵王山御釜火口湖の調査	○山崎新太郎(京都大学防災研究所)、八木浩司(山形大学)、田房友典(弓削商船高等専門学校)、岩崎俊佑(弓削商船高等専門学校)、平松雅宏(北見工業大学)

<第 1 会場：3 階共-321 室>

— 第 1 部 —

司会：久利 美和 先生

平成 30 年 12 月 22 日（土）

4 題（13：00~14：00）

液状化実験を活用した効果的な防災教育の検討*

東北大学大学院理学研究科	手塚 寛
東北大学大学院工学研究科	Muhammad Salman Al Farisi
東北大学大学院環境科学研究科	関 亜美
東北大学大学院工学研究科	熊谷 裕太
東北大学大学院理学研究科	新谷 直己
東北大学大学院情報科学研究科	宮鍋 慶介
東北大学災害科学国際研究所	久利 美和

1. はじめに

液状化現象は、強い地震動によって地面が液体のように振る舞うものであり、例えば平成 23 年東北地方太平洋沖地震や、最近発生した平成 30 年北海道胆振東部地震でも液状化現象による被害が報告されている。筆者らは、子どもとその保護者が多く参加するサイエンスイベントおよび中学校での出張授業において、液状化実験を活用した防災教育を実施してきた。本発表では、これらの結果をもとに、モデル実験を活用した効果的な防災教育のあり方について検討する。

2. 実験手法

実施した液状化実験は、長谷川ほかの手法¹⁾に基づく。この実験では、まず水槽に敷き詰めた砂に水を十分に含ませ、その上に 3D プリンターで作製した建物模型を置き、地震前の状態を再現する。水槽を置いた机を叩いて振動を加えると、模型が砂中に沈み、水槽内は水浸しになる。これにより、地震発生後の液状化を再現することができる。

3. 防災教育実践例

宮城県仙台市で開催されたサイエンスイベントでは、液状化実験に加えて、図を用いて液状化実験のメカニズムを解説したり、タブレットで仙台市の液状化ハザードマップを見せて解説を加えたりした。子どものみならず大人も実験に興味をもち、楽しんでいる様子が見られたが、液状化現象が起こりうる場所に関する情報は、あまり知られていないようであった。例えば、多くの来場者は、液状化現象は埋め立て地でしか起きないと思っているか、どこで起きるか知らないようであった。また、仙台市は液状化のハザードマップを公開しているが、そのことを知らない来場者がほとんどであった。

高知県高知市内の中学校で実施した出張授業では、液状化実験に加えて、講義やグループワークを実施した²⁾。講義では、液状化現象のメカニズムや起こりやすい条件などを解説した。また、高知県作成の液状化可能性予測図と、国土地理院の土地条件図および高知平野西部の干

*Investigation of Effective Education for Disaster Mitigation by Utilizing Liquefaction Experiment, Hiroshi Tetsuka, Muhammad Salman Al Farisi, Tsugumi Seki, Yuta Kumagai, Naoki Araya, Keisuke Miyanabe, and Miwa Kuri.

拓の歴史を記した図を併せて紹介し、液状化現象の起こりやすさと地形発達史や人為改変に密接な関連があり、土地の履歴を知ることによって危険性を知ることができる旨を伝えた。グループワークでは、液状化可能性予測図と津波浸水の予測範囲・時間を記載している津波避難マップ（高知市作成）を参考にしつつ、津波から避難する際、「どこへ・どのような手段で・どのようなルートで・何に気をつけるか」を検討する議論を行った。生徒からは、「瓦礫やガラスなどに気をつける」「橋を通らないようにする」「液状化しているところを通らないようにする」といった意見が出され、活発な意見交換が行われた。

4. 液状化実験の効果的な活用方法

浦野・林³⁾は、モデル実験の効用として、(1)現象の疑似体験ができ、その現象を直感的に理解できる、(2)観察・考察の対象とすることができる、(3)強い印象を残すことができる、等があると述べている。強い印象を残せるようなモデル実験を実施することは、災害を引き起こす現象への興味関心を高めるための導入として有効なアプローチであると思われる。また、モデル実験は、目の前で起きた現象が「なぜ起きるのか」を考えてもらうきっかけにもなる。

防災教育のためにモデル実験を活用する場合、上記の実験の強みを活かした上で、対象の地域特性や年齢層に応じた解説（講義）やグループワークを実施することで、高い効果が期待できる。解説やグループワークは、実験で担うのが難しいが災害リスクを理解する上では重要な知識や態度を涵養することができる。解説は、主に災害に関する判断に必要な基礎的知識を涵養できる。我々が実施したグループワークは避難経路等を主体的に考えるというもので、発災時の行動を具体的にイメージするきっかけとなる。こうした手法をとる際には、自然災害や防災に詳しい者と地域の情報に詳しい者が協力することによって、より具体的・実践的かつリスクの少ない行動を検討することができる。

一方で、ただ手を動かすだけでは、防災上は大きな効果が得られないことに留意する必要がある。楽しいだけでなく、防災に役立つものとなるには、適切な解説やグループワークの実施を併せて行うなどの工夫が必要である。また、参加者が実験そのものに夢中になりすぎると、実際の被害をイメージするのが難しくなることも懸念される。実際の被害写真や動画を用意するなどして、実験で観察される現象と実際の被害のイメージをうまく接続させる必要があるだろう。

参考文献

- 1) 長谷川翔，石澤堯史，磯崎匡，伊藤大樹，昆周作，佐々木隼相，平田萌々子，松岡祐也，山田修司：安全・安心の社会的実装に向けた学際的調査と提案—福島県いわき市沿岸地域に根付く防災・減災，東北大学グローバル安全学トップリーダー育成プログラム学生自主企画活動報告書，第3章，pp. 32-83，2017.
- 2) 手塚寛，熊谷裕太，新谷直己，関亜美，Muhammad Salman，宮鍋慶介，久利美和：液状化実験を活用した防災教育，日本地球惑星科学連合 2018 年大会，O-08，2018.
- 3) 浦野弘，林信太郎：災害を理解し，防災を意識する教材の開発—火山に焦点をあてたモデル実験の開発とその効果—，日本科学教育学会年会論文集，vol. 28，pp. 577-578，2004.

津軽半島，十三湖周辺に認められる津波と液状化の痕跡*

弘前大学理工学研究科 岡田 里奈・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

突発的な事象により地質学的な時間スケールに比べて瞬時に形成された堆積物をイベント堆積物という。このうち，津波堆積物はイベント堆積物の一種であり，津波またはそれから派生した水流によって海底や沿岸の砂泥や礫等が侵食され，それらが別の場所へ運搬されて再堆積したものの総称と定義されている（例えば，澤井，2012）。津波堆積物の分布調査や年代測定によって当時の浸水範囲や発生時期等が明らかにされるが，これらの情報は将来の地震・津波ハザード評価に反映できる。東北地方の日本海沿岸では，鎌滝ほか（2015，2016）において秋田県にかほ市，秋田県潟上市（鎌滝ほか，2015）や青森市鰺ヶ沢町（熊谷ほか，2017）の沿岸域においてもイベント堆積物が報告されている。今回，筆者らは，新たなイベント堆積物を明らかにするために鰺ヶ沢町より北方約 25 km に位置する五所川原市五月女菰（そとめやち）において堆積物の調査を行った。

2. 調査地域および調査方法

調査地域である五月女菰（そとめやち）には，浜堤に沿って南北に延びる小河川が存在し，汽水湖である十三湖に注いでいる。この小河川の周辺は標高 1.0~0.6m の低地が広がっているため，津波が発生した際に遮るものがなく，海域からの物質輸送に伴う堆積作用が生じると推定できる。ジオスライサーを用いて幅 10cm，長さ 200cm，厚さ 3cm のブロックサンプルを定方位で採取した。試料は小河川の河口から約 250m 地点からさらに上流に向かって約 20m 間隔，合計 15 箇所 で採取した。さらに，南北方向に約 7m，東西方向に約 5m，深さ約 2.5m のトレンチを 2 箇所（小河川の河口から約 270m および約 300m 地点）で掘削し，壁面観察を行なった。この地域でのイベント堆積物を認識するため層相観察・記載，砂質堆積物の検鏡観察・粒度分析，剥ぎ取り等を行った。また，堆積物に含まれる木片や植物片等については放射性炭素年代測定を実施した。

3. 結果・考察

トレンチでの壁面観察によると，地表から深さ約 85 cm まで盛土や耕作土，深さ 85~90 cm は泥炭層，深さ 90~100 cm は有機質シルト混じりの中粒砂層，深さ 100~105 cm は有機質シルト層，深さ 105~125 cm は細粒~粗粒砂層，深さ 125~135 cm は泥炭層，135 cm 以深は中粒砂層となっている。深さ 105~125 cm の砂層には次のような特徴がある。1) 下位の泥炭層との侵食面が明瞭である，2) 上部には植物片が含まれ，下部には偽礫（リップアップクラスト）がみられる，3) 砂層は薄い泥層を境に 2 つのユニットに分けられる，4) 平行層理や斜交層理がみられる，5) 南側から北側に向かって薄くなり，消滅する，6) 砂の鉱物組成や形態が十三湖の海浜砂と類似する。

*Traces of tsunami and liquefaction recorded around the Lake Jusan, Tsugaru Peninsula by Rina Okada, Koji Umeda, Takanobu Kamataki

これらを踏まえると、この砂層は海側からの碎屑物の供給によって生じたイベント堆積物であると考えられる。さらに、このイベント堆積物を 1 cm 間隔でサンプリングして粒度分析を行った結果、2 つのユニットともに上方細粒化（下部は粒径 1.0 mm にピークを有する単峰性を示すことに對し、下層の上部は粒径 10 μ m と 0.5 mm にピークを有する二峰性を示す）している。以上のことから、2 つの上方細粒化する砂層のユニットは海側からの 2 回の遡上流によって、泥層（マッドドレイプ）は遡上流が停滞した際に形成された堆積物と判断した。次に、このイベントを決定するために、深さ 100~105 cm から採取した植物片、深さ 125~135 cm から採取したヤマトシジミの化石の ^{14}C 年代測定を行った結果、植物片より AD1726-1814、ヤマトシジミの化石より AD1392-1443 という値を得た。ヤマトシジミの年代については、海洋リザーバー効果の影響を考慮する必要があるが、十三湖は汽水環境であり精確なリザーバー年代を決定することは困難である。但し、一般的に海産試料と陸上試料の年代差が約 400 年と考えられていることから（Reimer et al., 2013）、深さ 125~135 cm の堆積物の年代は AD1800 年頃以前であると考えられる。したがって、これまでの日本海側の古地震・古津波研究によると（例えば、川上ほか, 2017）、この堆積物に相当するイベントは 1741 年に発生した渡島沖津波の可能性が高い。なお、羽鳥（1984）によるとこの津波による十三湖付近の波高は 5~6m と推定されており、1983 年日本海中部地震のそれを上回るとされている。

ところで、深さ 125~135 cm の泥炭層には小規模ながら多くの噴砂痕や荷重痕が認められる。その下位の砂層の中粒砂が泥炭層を砂脈として貫き、噴砂が泥炭層を覆っている。また、噴砂を津波堆積物が侵食していることから、津波の発生以前に液状化が生じていたと考えられる。1741 年渡島沖津波は地震ではなく渡島大島の噴火・山体崩壊・海底地すべりによって生じたと考えられているが（例えば、Satake, 2007）、弘前藩庁日記によると噴火開始から山体崩壊までの 10 日間には津軽地方にも地震が頻発していたらしい。したがって、津波堆積物の下位にみられる液状化痕は、これらの地震によって生じた可能性がある。

引用文献

鎌滝ほか（2015）第四紀研究, 54, 129-138p ; 鎌滝ほか（2016）土木学会論文集 B2（海岸工学）, 72, 2, I_1693-I_1698p ; 鎌滝ほか（2017）土木学会論文集 B2（海岸工学）, 73, 2, I_445-I_450 ; 川上ほか（2017）地質学雑誌, 123, 10, 857-877p ; Satake（2007）Earth Planets Space, 59, 381-390p ; 澤井（2012）地質学雑誌, 118, 535-558p ; 羽鳥（1984）地震研究所彙報, 115-125p ; 一木ほか（2015）第四紀研究, 54, 5, 271-284p ; Reimer et al（2013）Radiocarbon, 55, 1869-1887p

加振実験と動的解析による石場建て構法の摩擦力の検討

秋田県立大学 末次 優大、クアドラ カルロス

1. はじめに

本研究では伝統構法のうち、柱脚を基礎に緊結しない石場建て（礎石建て）に着目し、柱脚の滑り挙動について検討する。縮小模型を用いた加振実験、およびその結果をもとに摩擦力を考慮したモデルの作成・解析を行い、比較を通して解析結果の妥当性を考察する。

2. 加振実験

縮小模型を振動台に設置し、1100 Gal のパルス波を入力して加振方向の加速度を計 3 回計測した。なお、サンプリング周波数は 200 Hz とした。

図 1 に試験体の概略図、表 1 に試験体の諸元を示す。試験体長辺梁の中央に加速度計 a1, a2, その直下付近の振動台上に a3, a4 を設置した。礎石はコンクリートブロックで代用した。

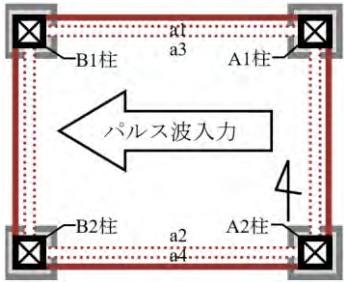


図 1. 試験体概略図

表 1. 試験体諸元

材料	スギ
長辺×短辺	1175×910 mm
高さ	370 mm
質量	42.05 kg

事例として一回目加振の各観測点の加速度の一部を図 2 に示す。なお、グラフ中の点と数字は、滑り出し加速度、摩擦時の最小加速度・最大加速度を示している。滑り出し加速度は、試験体上と振動台上の加加速度に顕著な差が発生する点の加速度とした。

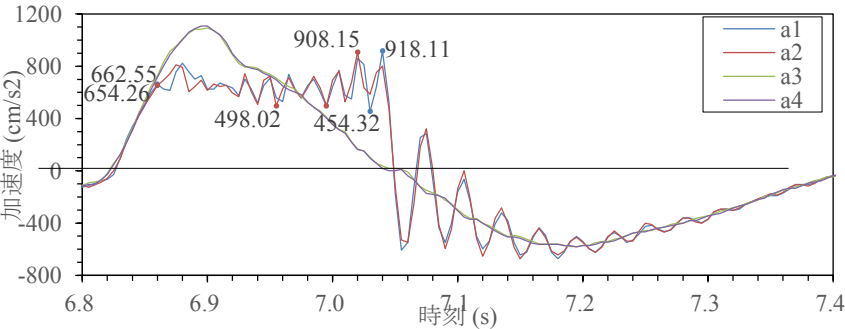


図 2. 各観測点の加速度

最小加速度と最大加速度の平均値を平均加速度と定義し、各回の滑り出し加速度と平均加速度を表 2 に示す。滑り出し加速度は判断が難しく各回のばらつきが大きいため、ばらつきの小さい平均加速度を用いると、試験体の摩擦係数は $\mu = a/g = 676.90/980.665 = 0.690$ と推測される。

*Shaking Table Test and FEM Analysis to Evaluate Friction Force on Wood-stone Support
by Y. Suetsugu and C. Cuadra.

表 1. 滑り出し加速度と平均加速度

	滑り出し加速度 (cm/s ²)			平均加速度 (cm/s ²) ($\max a_i + \min a_i$)/2		
	a1	a2	平均	a1	a2	平均
1 回目	662.55	654.26	658.41	686.22	703.09	694.65
2 回目	709.88	722.61	716.25	700.41	678.67	689.54
3 回目	785.59	722.61	754.10	643.62	649.38	646.50
平均			709.58			676.90

3. 動的解析

構造解析ソフト「SAP2000」を用い、試験体のモデル化および時刻歴応答解析を行った。入力波には加振実験と同じものを使用した。

解析モデルの使用材料は、柱・梁などに用いるのはスギ材である。天板に用いるは合板である。柱脚部はすべて摩擦係数の等しい滑り支承と見なし、リンク要素 (Friction Isolator) を適用した。水平方向の剛性は、加振実験試験体の質量および固有振動数から求め、鉛直方向の有効剛性は剛と見なせる十分大きい値に設定した。また、摩擦面を水平とするため、曲面半径は無限大に設定した。

加振実験 1 回目, 2 回目, 3 回目の入力波を入力した。事例として一回目の柱上部の加速度を図 3 に示す。 $\mu=0.690$ の解析結果は、滑り出し加速度が実験結果とほぼ一致するが、摩擦が発生している時間が実験より 0.05~0.06 秒ほど短く、動摩擦係数が実際よりも大きくなっていると考えられる。 $\mu=0.552$ の解析結果は、滑り出し加速度が実験結果より小さいが、摩擦が発生している時間は $\mu=0.690$ の場合より長く、実験結果より短い結果になった。

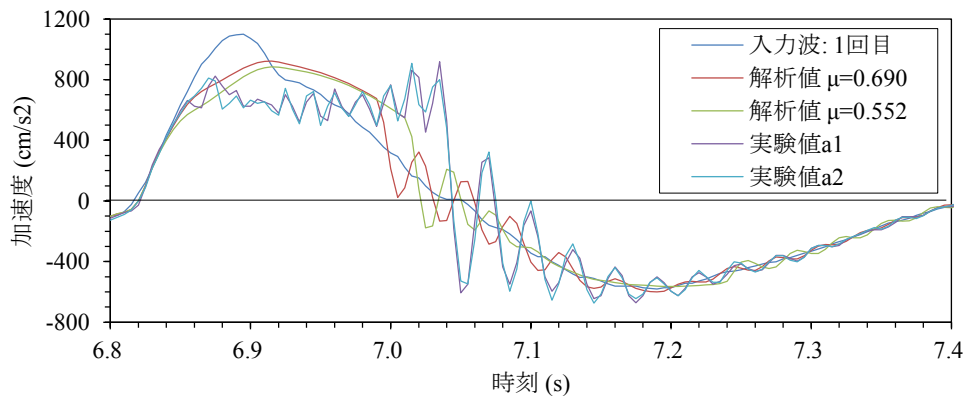


図 3. 解析結果と実験値の比較

4. まとめ

石場建てについて加振実験および解析の結果を比較し、滑り出しの加速度は概ね一致することを確認した。しかし、摩擦が発生している時間については、小さい摩擦係数を用いても大きな差異が認められるため、今後さらなる検討が必要である。また柱脚の滑り挙動について、摩擦力のほか、摩擦時の速度・滑り量を含めた検討を行っていく。さらに、礎石に石材を使用した場合の摩擦係数の検討も同様にを行う。

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*

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
秋田大学理工学部 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

近年、光や熱など周囲環境に存在する微小なエネルギーを電力へ変換する技術（エネルギーハーベスティング）が注目されている。これまで小規模な発電は用途が限られていたが、電子機器の省電力化技術の進歩に伴い用途が広がっている¹⁾。我が国は河川や海洋などの再生可能エネルギーを豊富に有しており、これらを長期間供給可能な電源や、災害時の非常用電源として活用することが期待できる。本研究では、水流や波などの再生可能エネルギーを活用する手法の一つとして、小型振り子発電装置を開発した。

2. 振り子発電の仕組み

写真1に発電装置の概要を示す。下端を回転自由にした中空の装置を水中へ設置し、水流や波などが衝突した際に、衝撃力と浮力の復元力によって装置が振り子のように振動する。そして、圧電素子を用いて振動（運動エネルギー）を電気エネルギーへ変換する。

3. 実験概要

発電装置を2軸（上下左右）方向に制御可能なロボットアームへ設置し、ロボットアームの水平運動を振り子運動に変換して発電実験を行った。写真2に発電実験の様子を示す。設定条件は、ロボットアームの水平移動速度 250 mm/s, 振り子の角度 $\theta=0.73$ rad, 動作時間 3 s, 圧電素子のおもり 6.9 g とした。圧電素子および6軸センサーはワンボードマイコンの一種である Arduino に接続しており、10 ms 毎に電圧および角度、角速度、角加速度を計測し、データの記録を行った。なお、圧電素子は整流回路を介しているため、得られる電圧は正の値となっている。

4. 実験結果および考察

図1に振り子運動の時間と電圧および角度の関係を示す。振り子運動の周期は 1.02 s（周波数 0.98 Hz）であった。電圧は最



写真1 発電装置

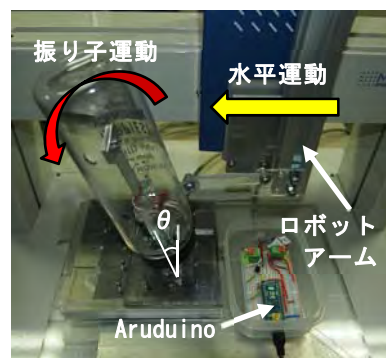


写真2 発電実験の様子

* Development of a compact pendulum power generator to utilize renewable energy by Noritoshi SAITO, Keita TAKAHASHI, Ryo NISHIWAKI and Kazuya WATANABE

高で 10.22 V と振り子運動による発電を確認でき、角度の変化が大きい箇所では低く、角度の変化が小さい箇所では高くなる傾向であった。

図 2 に振り子運動の時間と角速度および角度の関係を示す。角速度の最大値は -0.52 rad および -0.07 rad 付近に集中しており、これはロボットアームの加速によるものと考えられる。また、ロボットアームの減速に伴い角度の変化が小さくなると、角速度の正負が交互に生じていた。

図 3 に振り子運動の角度と角加速度の関係を示す。ロボットアームの加減速により、角加速度は $-2.96 \sim 3.24 \text{ rad/s}^2$ の範囲で正負が交互に生じていることから、発電装置が常に振動していることがわかる。ここで、図 1 と比較すると、ロボットアームの減速に伴い角加速度が大きく変化する場合には高い電圧を示す傾向であることから、慣性力に起因する発電装置の振動を圧電素子が吸収し、電気エネルギーへ変換していると考えられる。しかし、ロボットアームの加速による発電への影響は見られなかった。

5. まとめ

本研究は、小型振り子発電装置を開発し、発電実験を行うことにより以下の知見を得た。

- 1) 圧電素子を用いて振り子運動から発電できることを確認した。また、角度の変化が小さい箇所では高い電圧が得られる傾向であった。
- 2) 慣性力に起因する発電装置の振動を圧電素子が吸収し、電気エネルギーへ変換していると考えられる。しかし、ロボットアームの加速による発電への影響は見られなかった。

謝辞

本研究で使用した計測プログラムの作成にあたり、秋田大学大学院理工学研究科 谷口智行技術長にご指導を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 竹内敬治: エネルギーハーベスティングの最新動向, 表面技術, Vol.67, No.7, pp.334-338, 2016.

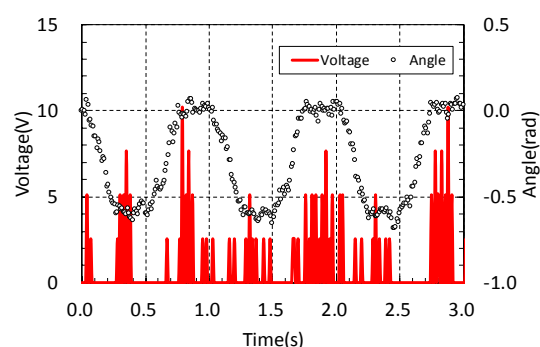


図 1 時間と電圧および角度の関係

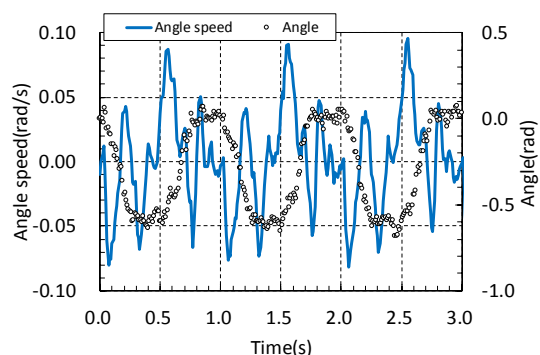


図 2 時間と角速度および角度の関係

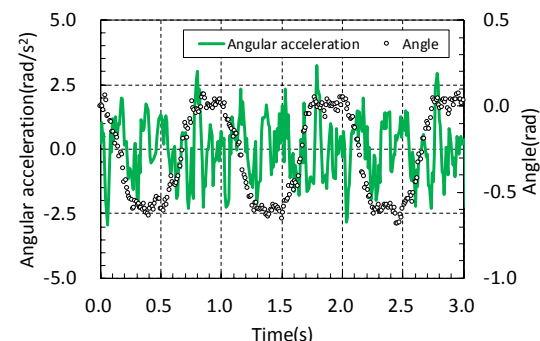


図 3 時間と角加速度および角度の関係

<第 1 会場：3 階共-321 室>

— 第 2 部 —

司会：高瀬 慎介 先生

平成 30 年 12 月 23 日（日）

8 題（10：00～12：00）

自主的・持続的な防災教育活動の普及を目指した実施支援*

-減災アクションカードゲームを例に-

東北大学大学院環境科学研究科 関亜美

東北大学大学院工学研究科 Muhammad Salman Al Farisi

東北大学大学院理学研究科 手塚寛

東北大学大学院工学研究科 石橋信治

東北大学大学院工学研究科 熊谷裕太

東北大学大学院理学研究科 新谷直己

東北大学災害科学国際研究所 久利美和

1. はじめに

東日本大震災の発生を契機に、被災時のとっさの行動に直結する実践的な防災教育の実施が求められている。災害発生時のとっさかつ正確な判断力を鍛えるために、久松ら（津波工学研究報告第 32 号（2015））によって開発された減災アクションカード（Disaster Mitigation Action Card, DMAC）ゲームは、ユニバーサルデザインであるピクトグラムが描かれたカード 全 27 枚を用いる思考促進型のゲームであり（図 1）、年齢や国籍を問わず実施することが可能である。これまで DMAC を実施する際には、開発者自らが実施先に出向き、ゲームのルール説明や、ゲームの進行役であるゲームマスターおよびサブマスターを担っていた。しかしながら、開発者が多くの場所を定期的に訪れてゲームを実施し続けることは容易ではない。また、地域に防災意識を根付かせるためには、地域住民自らが主体的に防災活動を実践していくことが望ましい。本稿では、DMAC の実施支援活動を例として、地域住民が実践的な防災教育を自主的・持続的に行うための環境づくりへ向けた支援活動について報告する。本支援活動内容としては、（1）地域の高校生や大学生に事前に DMAC の講習会を実施、（2）講習を受けた地域住民を主体とした DMAC の実施、の 2 段階での支援活動を行った。そのうえで、以降は開発者らが直接出向かずとも、持続的に DMAC を用いた防災教育が実施できる環境づくりを目指した。同時に、現地学生を巻き込んで実施することで、より多くの地域住民が防災意識を持つきっかけとなる場を提供できることを期待した。



図 1. 減災アクションカードゲーム

*Support activities aimed at dissemination of voluntary and sustainable education for disaster mitigation: an example of the Disaster Mitigation Action Card Game by Tsugumi Seki, Muhammad Salman Al Farisi, Hiroshi Tetsuka, Shinji Ishibashi, Yuta Kumagai, Naoki Araya, Miwa Kuri

2. 防災教育活動の実施支援例

実施実績として、茨城県水戸市および山形県庄内町での実施例を述べる。

水戸市では、筆者ら 2 人が出向き、前日に茨城大学の子どもふれあい隊サークルの学生 12 名に DMAC の講習会を行い、ゲーム当日はサブマスターおよびプレイヤーとして各班に入ってもらった。水戸市では小・中学生および保護者を対象に、前半・後半に分けた 2 部構成とし、第 1 部では小・中学生の学年・性別を混合した 4~5 名グループを 6 班作り、茨城大学の学生は各班に 2 名、サブマスターおよびプレイヤーとして加わり、ゲームマスターは筆者らが担当して基本的な問題を出題した。第 2 部では保護者を対象として、男性グループ 1 班、女性グループ 3 班の計 4 班に分け、茨城大学の学生は各班に 1 人サブマスターとして加わり、子供という際に災害が起こる状況を想定した応用問題も交えながらゲームを実施した。問題はどちらも、地震、津波、停電、洪水の計 4 題とし、問題文は国営ひたち海水公園や那珂川といった地域に実在する場所を織り込んで作成した。

庄内町では、筆者ら 3 人が出向き、前日に鶴岡工業高等専門学校のサービス・デザイン部の学生 4 名と顧問 1 名に向けた講習会を行い、ゲーム当日はサブマスターとして各班に入ってもらった。庄内町では小学校低学年~60 歳代と幅広い年代の地域住民を対象に、年代・性別を混合した 4 班構成でゲームを実施した。水戸市での実施例と同様にゲームマスターは筆者らが担当し、問題は、地震、津波、停電、洪水の計 4 題とし、問題文には湯野浜海水浴場や最上川などの庄内町に実在する名詞を織り込んだ。

3. 実施成果

水戸市で実施したアンケートでは、「防災の事をもっと知りたいか」という問いに対し、参加者のうち 96%以上が防災に対して意欲的な回答をしていた。また参加者の半数以上が、「DMAC や防災の事を家族に伝えたい」という意思を示していた。保護者らにとっては、忘れかけていた東日本大震災の経験を思い出し、防災について考え直すきっかけになっていた。

庄内町では、参加者の多くが初めて DMAC を体験し、参加者の中には、教育関係者で自分の学校や地域でも広めたいと DMAC の取り寄せを希望し、なかには、福祉施設のコミュニケーション促進のために使いたいという声もあった。本支援活動後、庄内地域では本活動への参加者を中心に、大学生 20 名、高齢者 20 名、PTA 役員 15 名、学童支援の高齢者（女性）30 名を対象として自主的に DMAC を用いた防災教育を実施した報告を受けている。主催者によると、庄内地域は太平洋側の地域に比べて災害に対する意識が低く、時折趣旨説明に時間を要することもあったが、DMAC はゲーム感覚で気軽に防災に触れ、楽しく実施できるため非常に有効であった。

防災訓練を受動的に受けるだけでなく、能動的に防災意識を持つことは、発災時の自助・共助・公助能力の向上のために非常に重要である。防災教育実施支援の一環として、多くの地域住民を巻き込んだ DMAC を実施することで、多くの人が気軽に防災に触れるきっかけとなり、その後も継続して地域主体型の防災教育が実施されることで、地域全体が一体となった減災への備えが実現する。

木造住宅の耐震改修促進に向けた連繋型政策モデルの提案*

東北大学大学院工学研究科 〇小野寺 凜成
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. はじめに

平成 30 年 4 月時点では、9 割近い市町村が耐震診断・耐震改修を促進する補助金を交付する制度を設けている¹⁾。しかし、これらの耐震化促進は、狙い通りの成果を挙げられていない。

耐震化促進は、アセスメント（事前評価）・プランニング（補助制度設計）・プロモーション（実施への誘導）・フィードバック（事後評価）の 4 段階に分けられる。ところが、現状は 4 段階が合理的な繋がりを持たず、効果的な促進になっていない（図 1）。本研究では、4 段階を繋げた、連繋型政策モデルの提案を目的とする。本モデルは、自治体の耐震化促進施策を策定する際のモデルとして用いられる。本稿では、プランニングとプロモーションについて述べる。

2. ヒアリング調査結果と連繋型政策モデルへの要件

連繋型政策モデルへの要件を探るため、耐震化促進の現状と課題点について、仙台市都市整備局建築指導課へヒアリング調査を行った。その結果得られたモデルへの要件を以下に示す。

■プランニング：財政支援を頼りに、国や県の一律の制度に従っている。財政支援を受けずに、自治体に応じた補助制度を設けるには、予算や費用対効果など財政上の説得力が不可欠である。

■プロモーション：誘導（広告や相談会）の目標や効果が管理されず、無駄打ちも少なくない。制度利用件数の目標を掲げ、誘導の質・量を改善し、効果を高めていく仕組みが必要である。

3. 提案する連繋型政策モデルの枠組み

上記の要件を踏まえながら、連繋型政策モデルの枠組みを構築した（図 2）。各段階を、目標－手段や評価－反映という合理的関係で繋いでいる。たとえば、プランニングでは、アセスメントによる目標リスクを満たす制度を設計する。また、プロモーションでは、プランニングで決まった耐震診断の目標件数を達成する誘導を行う。さらに、フィードバックでは、耐震化の社会・住民ニーズを随時反映することで、プランニングやプロモーションの改善・修正を行う。

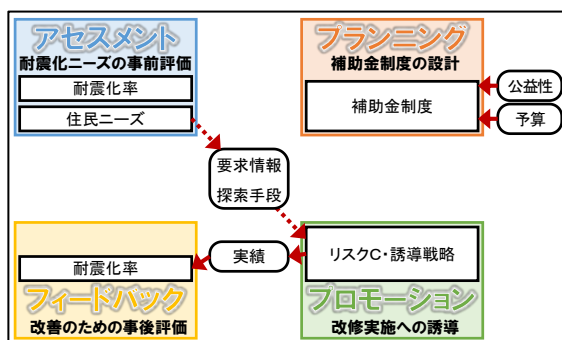


図 1 従来型政策モデル

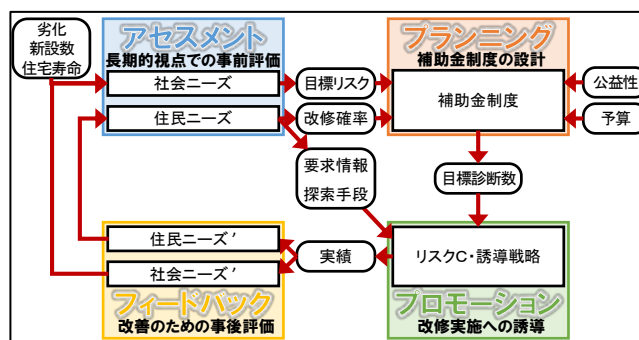


図 2 連繋型政策モデル

* Proposal of serial policy process to promote seismic reinforcement of wooden houses by Rinsei Onodera and Takeshi Sato

4. プランニングの具体例

従来のプランニングは、アセスメントやプロモーションと繋がっておらず、独立したものとなっている。そのため、どれほどの効果を見込んだ補助制度か、補助金額をどれほどに設定すればよいのか、議論されてこなかった。これでは、補助制度が説得力のあるものにならない。

連繋型政策モデルでは、アセスメントによって、対象地区の目標リスク（たとえば全壊棟数30年間期待値）を設定する。そして、プランニングにおいて、1年間の事業（補助率と耐震診断割合の組合せ）を仮定した地震リスク評価を行い、目標リスクと予算を満たす事業を決定する。図3は、地震リスク評価結果と、事業費用を重ね合わせたグラフである。ある予算を満たしつつ、最も目標リスクへ近づける補助率と耐震診断割合の組み合わせを探ることができる。

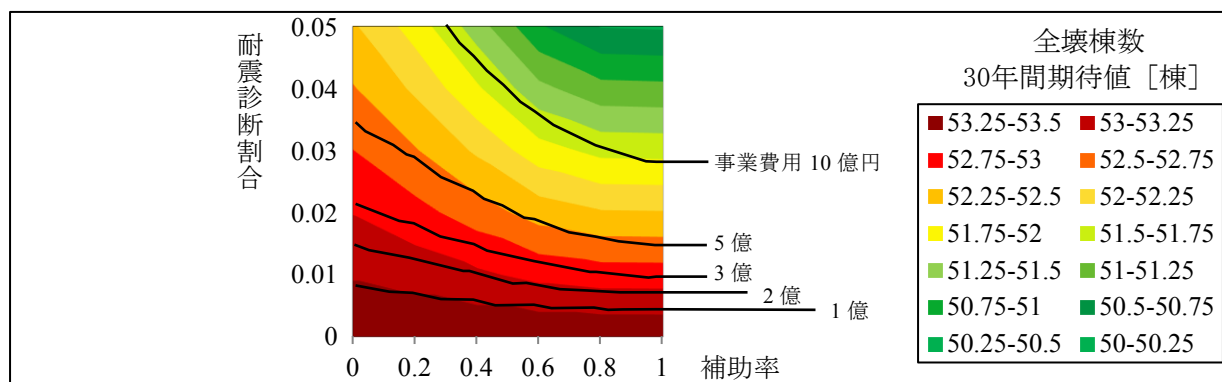


図3 事業実施後の地震リスク評価結果と事業費用

5. プロモーションの構成

従来のプロモーションは、プランニングやフィードバックと十分に繋がっていない。そのため、補助制度の利用をどれほど進めればよいのか、どうすればより進められるのか、議論されてこなかった。これでは、肝心の耐震化促進の進捗を、狙い通りのものにすることができない。

連繋型政策モデルでは、アセスメントによって、耐震化に関する社会・住民ニーズを抽出する。また、プランニングによって、耐震診断の目標件数を設定できる。そして、プロモーションにおいて、目標件数を達成するように耐震診断実施を誘導する。また、診断実施後の耐震改修実施の誘導も行い、フィードバックを通してより効果的な誘導へ改善していく。これにより、耐震化促進の効果・進捗を管理することができる。

プロモーションでは、広告や相談会、戸別訪問などの媒体を組み合わせることを想定する。それらを通してリスク・コミュニケーションを行い、耐震診断や耐震改修の実施へ誘導する。

6. 今後の展開

今後は、プロモーション（リスク・コミュニケーション）の具体的な内容についても設計する。また、フィードバックの体系を整理し、プランニングとプロモーションを改善していく流れについても、具体例を設ける。

7. 参考文献

- 1) 国土交通省，報道発表資料：地方公共団体における耐震改修促進計画の策定状況及び耐震改修等に対する補助制度の整備状況について，http://www.mlit.go.jp/report/press/house05_hh_000741.html（2018.11.15 参照）

2018 年口永良部火山噴火警戒レベル 4 での対応と課題*

東北大学災害科学国際研究所 久利美和
名古屋大学大学院地震火山研究センター 山中佳子

1. はじめに

2018 年 8 月 15 日、気象庁は口永良部火山の噴火警戒レベルを 4 にあげた。本研究では、それにとまなう住民への対応と住民の対応について調査を行った。聞き取り調査は、2018 年 9 月 7 日に、気象庁福岡管区気象台口永良部火山防災連絡室および屋久島町総務課消防交通係、9 月 8・9 日に口永良部住民を対象に行った。

2. 噴火警戒レベルおよび避難区域設定と住民への情報伝達

気象庁は、2018 年 4 月 18 日以降、口永良部火山の噴火警戒レベルは 2 としていたが、2018 年 8 月 5 日から火山ガス（二酸化硫黄）の放出量が増加し、8 日 12 時ころから火山性地震が増加、15 日に新岳の西側山麓付近のやや深い場所で火山性地震が増加したことから、「火山の状況に関する解説情報（臨時）（口永良部島第 6 2 号）」を 8 月 8 日 20 時 00 分に発表した。その後、火山活動が更に高まり、居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生する可能性があるとして判断し、8 月 15 日 10 時 30 分の「噴火警報（居住地域）（口永良部島）」で、噴火警戒レベルを 2（火口周辺規制）から 4（避難準備）に引き上げたと発表した。8 月 29 日には、火山活動の更なる高まりは認められなかったことから、気象庁は火口周辺警報を発表し、噴火警戒レベルを 4（避難準備）から 3（入山規制）に引き下げた。

8 月初旬以降、活動が活発化していたことから、口永良部連絡室と屋久島町総務課ではレベル 3 以上への引き上げの可能性があるとして、気象台より連絡を受け取っていた。2016 年 10 月より福岡管区気象台の 2 名が屋久島町役場のある建物 2 階に常駐しており、「顔の見える関係」が構築されていた。8 月 15 日朝 8 時半頃、気象台より屋久島町あてに電話による連絡があり、「口永良部西側で地震。レベルを 3 または 4 にあげる。」ことが伝えられ、屋久島町総務課役場口永良部支部の職員、本村・前田区長、消防団団長あてに電話連絡を行った。10 時 30 分、気象庁はレベル 4 の「避難準備」を発表した。

気象庁ではおおむね火口から 3 km の範囲での警戒が呼びかけられていたが、屋久島町では、警戒は 3 km の範囲としながらも、立ち入り制限を 2 km 圏内にとどめていた。屋久島町はその理由を、「避難準備」の段階なので、前田地区住民の自宅への立ち入りを可能にするためと回答した。

屋久島町では年 1 回の談話会を開催しており、平成 30 年度は 8 月 16 日に開催が予定されていたが、15 日のレベル 4 の発表を受け、急遽、懇談会を説明会に変更した。また、気象台でも、8 月 16-17 日に定期観測を予定していたことから、迅速な合同説明会に至った。

8 月 16 日の説明会での住民の要望に基づき、気象台は、レベル 4 の判断について説明を行

* Operation and issues under the 2018 volcanic eruption warning level 4 on Kuchinoerabu volcano by Miwa Kuri, and Yoshiko Yamanaka

うとともに、日報配信（火山性地震発生状況、気象支援情報）を8月29日までの2週間行った。口永良部島の噴火警戒レベル判定基準（平成30年3月29日時点）では、レベル4【居住地域に重大な被害を及ぼす噴火の可能性】はレベル2, 3の段階で、体に感じる地震の発生、山麓の浅い場所を震源とするA型地震の多発の、いずれか一つでも観測された場合と定められていたが、今回は、火山ガス（二酸化硫黄）量の増加と島西部深部でのやや大きめの地震の発生を加味しての判断であったと説明した。レベルを下げる判断基準については、一時的に活発化した地震現象がなくなったのち、2週間程度で行うと回答した。本件にかかわる説明会は8月26日と29日を含め、計3回行われた。中・長期的には、気象台は、2015年の噴火対応以来、定期的な住民説明会と、平常時の隔月報、地域からの要望に基づく緊急時の日報配信を継続している。

3. 住民の状況と対応

8月15日、前田地区は立ち入り可能ながら警戒が必要となったことで、宿泊施設の受け入れを停止した。屋久島町より口永良部支部を通じて、住民の番屋ヶ峰への避難の提案を受けていたが、再度、台風が接近していたことから、住民（特に年長者）の避難にはより危険が伴うとの本村・前田地区区長の判断で、前田地区住民の避難場所は本村にある公民館と定められた。田代地区の住民避難はなかった。屋久島への島外避難が報道されていたが、当該者は翌日には口永良部に帰島しており、屋久島町公式の島外避難者はなかった。

8月13日は口永良部島夏祭りが予定されており、飲食物などの準備が完了していたが、台風接近のため、島外者は8月12日の船で屋久島に戻り、居住者のみでの実施となった。8月15日の警戒レベル4以降、8月後半に予定されていた小中学校の校舎基礎工事も延期となったため、宿泊予約の大量のキャンセルが生じたことから、住民の経済的な打撃は大きい。さらに、「避難準備」として立ち入り規制を行わず、宿泊施設営業が自主規制扱いとなったため、経済的支援の可能性が低くなった。

4. 課題

事前の判定基準への追加要素を加味した今回の判断は、活動推移に不確定要素の大きい火山活動では現実的な運用と考えられる。一方で、今回加味された判断基準内容の妥当性については、専門家を交えた検証が必要である。判定を下げる基準として2週間の地震の静穏期間が定められているが、住民負担を軽減する上では、より短期間での判断の可能性についても検討が望まれる。前田地区と本村地区では避難行動の切迫度が実質的に異なるとの判断のもと、前田地区が立ち入り可能ながら避難が推奨され、結果、自主避難として扱われたことによる経済被害の課題が明らかになった。立ち入り規制区域を地区の境界を隔てる2.5kmに決定することで経済的な課題が改善できるか否かの検証、現状では居住者と訪問者を区別した規制は行われていないが、その必要性和有効性の検討、立ち入り規制と経済支援を合わせた新たな制度設計が、今後の検討課題として明らかになった。

また、気象状況による複合災害の危険性が表面化した。番屋ヶ峰が避難場所として計画されていたが、番屋ヶ峰は島内の高台にあり、強風・豪雨時は居住地域からの移動に危険を伴う。さらに、避難所トイレが屋外にあるために避難後も危険が伴う。移動については気象状況に応じた判断が必要となるが、施設については至急の改善が望ましい。

平成 28 年北海道豪雨による道路被害からの教訓*

東北大学災害科学国際研究所 奥村 誠

1. 平成 28 年 8 月北海道豪雨による道路被害

平成 28 年 8 月 17 日から 23 日に 3 個の台風が相次いで北海道に上陸し大雨が発生した後、30 日には岩手県に大きな被害をもたらした台風 10 号が津軽海峡から日本海に西北に抜ける過程で、太平洋岸からの湿潤な空気を巻き込み十勝地方をを中心に記録的な大雨となった。これにより 9 河川で堤防が決壊、79 河川で氾濫が発生し、死者 6 名（行方不明を含む）のほか、鉄道も石北線、石勝線、根室線、日高線で路盤流出などの深刻な被害が発生した¹⁾。

国道は 28 路線 54 区間（延長 706.3km）で通行規制を行ったが、24 路線 31 区間で土砂災害が発生し、8 月 29 日夜から通行止としていた道東自動車道の土砂災害と合わせて、日高山脈を越えるすべての道路(7 本)が通行不能になり、道東地域が途絶状態に陥った。特に、国道 274 号の日勝峠前後の 43.8km の区間は、10 か所の橋梁損傷、6 か所の道路本体の洗掘と損傷、3 か所の覆道損傷など合計 66 か所で甚大な被害を受けた。当初は現場に近づくことができず被害の概要把握が困難な状況で、最新の IT 技術を駆使した復旧工事が平成 29 年 10 月中に完成するまで、36.1km の区間の通行止は 14 か月に及んだ。

この道路被害と復旧工事の概要は、北海道開発局の資料¹⁻³⁾や土木学会誌⁴⁾で紹介されているが、道路管理や影響緩和策などのソフトな災害対応の面でも重要な教訓を得ることができる。そのため、平成 28 年 10 月に引き続き、平成 30 年 9 月に国土交通省北海道開発局建設局および被災道路箇所を来訪して災害対応に関するヒアリングと現地視察を実施した。以下、a)当時の状況、b)新たに発覚した問題点、c)その後の改善点、に区分しつつヒアリング内容を報告する。

2. 事前通行規制の決定方法

- a) 直轄国道では、災害の危険性が高い場所を事前通行規制区間として規制基準とともに指定し、パトロールの目視結果と合わせて判断している。パトロールは全道を 128 に分け発注した維持工事として実施され、1 区間をおおむね 2 時間で循環できるように区間分割している。
- b) 日勝峠は落石と雪崩を理由とした特殊通行規制区間であったが、降雨による河川洗掘で橋梁背面の土砂流出や落橋、道路本体の洗掘は過去に例はなく、想定されていなかった。
- c) 有識者会議の議論を受け、降雨および河川の水位を理由とする規制基準を追加し、テレメータ、CCTV を増設するとともに、河川管理者からの推移データを活用することとした。なお、夜間の目視による水位観測がむづかしいこと、解除の判断において、水位低下時に河川蛇行が強まり浸食が増す可能性を考慮する必要があることが課題として認識されている。

3. 災害事象の検知と規制実施

- a) 災害の発生はパトロールのほか警察・消防および直通電話 #9910 を通じた通報で検知する。

*Lessons from highway damage by 2016 heavy rainfall disaster in Hokkaido by Makoto Okumura

業者が事前通行規制区間のゲートを閉め、区間内部に残る車両を追い出す。

b) 規制区間内に集落があり孤立化の危険性があった。パトロールカーに通行止機材を積んでいない場合、通報を受けてから実効性のある規制が開始できるまでのタイムラグが長くなる。

c) 自治体に連絡要員(リエゾン)を派遣し、沿道の居住者の状況把握に努めるとともに、パトロールカーへの積載機材の見直しで3時間以内に規制開始できるようにした。急病人対応のため緊急自動車のみ通行可能とする体制を確認した。

4. 復旧方針の決定と工事の迅速化

a) 従来、復旧工事も、一般的な工事と同様の手順で測量、設計、工事管理を行っていた。

b) 発注済みの工事も一時中止として資機材を本区間の復旧工事に集中させることとした。また、ドローン搭載の Laser Scanner や MC(Machine Control)・MG(Machine Guidance)建設機械を活用し、丁張を省略し土工事を行った。工事用道路の利用時間を割り当てて多区間の同時施工を可能とした。冬季も河川系の工事を継続し、除雪も実施して迅速な工事の再開に備えた。

c) 今回の復旧工事は、i-construction 技術の成功例として評価されている⁴⁾。

5. 通行止期間中の影響緩和策

a) 道路情報板、HP、メール、SNS、地域 FM、記者発表を通じて、被災状況と規制状況を広報。

b) 道東地域の孤立により農水産物の輸送や観光に大きな影響を与えたと考えられたため、道東道を昼夜連続工事により着手から24時間で9月1日8:00に開通させ、同時に本省からNEXCOへの要請により被災区間内の交通に対する無料化措置を実施した。

c) 地域期成会、商工会議所、運輸関連協会などからの要望を受け、利用者や観光、経済への影響を少なくするための広報の充実に力を入れた。高速道の無料化はH29.10の竹浦橋被災時にも実施され、情報提供の強化は豪雪時にも効果を発揮している。ネットワーク全体の信頼性の確保の重要性は、平成29年度末の道路法改正による「重要物流道路制度」に引き継がれている。

参考文献

1)国土交通省北海道開発局(2017)平成28年8月北海道大雨災害への対応、北海道開発局報告冊子、90頁、平成29年9月28日初版発行

2) 佐藤友祐・佐藤大・藤岡博之(2018) 台風の影響により被災した国道274号日勝峠(日高側)の復旧についてー被災から14か月での開通を可能にした受発注者との協力体制ー, 第61回(平成29年度)北海道開発技術研究発表会, 防8(道), 6頁, <https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/splaat0000016711-att/splaat000001676d.pdf> (2018.11.13 最終アクセス)

3) 南朋恵・伊東佳彦・中原孝行(2018) 国道274号日勝峠災害の類型区分とその復旧ー復旧工事におけるICTの活用ー, 第61回(平成29年度)北海道開発技術研究発表会, 防10(道), 5頁, <https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/splaat0000016711-att/splaat000001676f.pdf> (同上)

4)伊藤幸輔(2018)2016年北海道豪雨災害による国道274号早期復旧技術, 土木学会誌, Vol.103, No.9, pp.24-25.

山形大学の教員養成における学校防災教育－教職大学院と学部－*

山形大学大学院教育実践研究科 村山 良之

1. はじめに

2019（平成 31）年度から始まる新しい教職課程に対応するため、教職課程編成の指針となる「教職課程コアカリキュラム」が 2017 年 11 月に示された。そこでは、（災害安全を含む）学校安全への対応に関する基礎的知識を身に付けることが目標の 1 つに挙げられ、大学では教職課程の必修科目の中でこれに対応することとなった。大学の裁量により、学校安全に関する授業科目を設定する場合、関連科目のなかの授業コマで確保する場合等、多様であるとされる。山形大学地域教育文化学部では、2015 年度から小学校教員養成コースにおいて「教員になるための学校防災の基礎」を開講し、2017 年度からは必修科目として本格開講している。さらにそれに先行して、大学院教育実践研究科（教職大学院）では、必修科目「学校の安全と防災教育」を 2009 年度研究科設置時から開講している。本発表は、それらの実践を踏まえた成果と課題について検討するものである。

2. 教職大学院「学校の安全と防災教育」

表 1 は、開講 10 年目にあたる 2018 年度の授業計画である。最近数年はおおよそこのような計画で実施している。

表 1 「学校の安全と防災教育」授業計画 2018 年度

01	ガイダンス／授業の目的，方法，防災教育の現状と課題
02	災害事例①／東日本大震災 ハザードと基本的メカニズム
03	災害事例②／東日本大震災の教訓 発表会①
04	災害事例③／東日本大震災の教訓 発表会②
05	災害事例④／東日本大震災の教訓 発表会③
06	災害論①／災害の土地条件（沖積低地）
07	災害論②／災害の土地条件（液状化，丘陵地）
08	災害論③／災害の土地条件（活断層，山形の土地条件）
09	災害論④／災害の一般的構造
10	防災論／防災の課題，防災法体系，学校安全
11	防災教育①／学校防災他
12	防災教育②／クロスロード他
13	防災教育発表会①
14	防災教育発表会②
15	防災教育発表会③ まとめ

*Disaster education in the course of teacher training in Yamagata University by Yoshiyuki Murayama

地震災害を中心にその土地条件とハザードに重点を置いていること、受講生による発表の機会が多いことが、本授業の特徴である。他の自然災害とくに水害と土砂災害については、09回とそれ以前の回で触れている。11, 12回では防災管理の内容も含まれている。前半の発表会は、「東日本大震災における学校等の被害と対応に関するヒアリング調査記録集 増補第四版」(安全教育学会編, 2014) から、受講生が1校ずつ担当して記録集の内容とその後について紹介するものである。授業最後の発表会は、防災に関する授業案, 学校防災マニュアル案等を提示するものである。なかには、その後実際に学校現場で実践されたものもあり, 学校の防災行事として定着しているものもある。数は多くないが, 修了生から問合せが来たり, 依頼によって筆者が訪問して授業等をしたりということもある。

3. 地域教育文化学部「教員になるための学校防災の基礎」

2015年度～18年度通して, 15回の授業のうち, 前半は地球科学的内容8回, 後半は学校防災の実践的内容という構成である(2016年度の実績を, 村山(2016)で提示)。学部内の教員3人に加えて, 山形地方気象台の専門家による授業4回, 現職校長先生による授業1回を含むことが特徴である。

学部実施の授業改善アンケート(無記名)の総合評価(総合的に判断すると良い授業だと思うか: はい5点～いいえ1点)によると, その平均値は2015年度4.64, 16年度4.65, 17年度3.56, 18年度3.98である。17年度から必修となり, 選択科目だった前年度までと比べて受講生が約2倍に増えた。受講生のおよそ半分は, そもそも受講を希望しなかった学生であると推察され, 点数の動きに反映していると考えられる。18年度は, 前年度の学生によるコメントをもとに授業内容に改善を加えたためか, 17年度に比べて若干改善していることも明らかである。しかしながら, 独自に実施している無記名のアンケート調査によれば, 授業前半(地球科学), 授業後半(学校防災), 授業全体のいずれにおいても, 「有益」+「少し有益」と評価した学生の割合は, 17年度に比べて18年度の方が若干低下している。各回の授業に対する評価(とくに有益または有意義と感じた授業回として挙げた人数の割合)の変化, 自由既述等も踏まえて, より詳細な検討が必要である。

4. おわりに

教職大学院の授業については, 受講時の調査とともに, 修了生の数も大きくなってきているため, 修了生に対するまとまった形での調査, 検証をすべき時期であると考ええる。学部の授業については, 学生による評価をさらに丁寧に検討して, とくに地球科学的内容の授業に関する改善と, 学校防災に関する内容の充実, および授業方法の改善について, 検討を継続していきたい。

文献

村山良之 2016 山形大学地域教育文化学部における防災教育—これまでの実績と学部改組への取組— 東北地域災害科学研究, 53, 223-228.

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 -2018 年福島県いわき市薄磯区の事例-

杉安和也（東北大学災害科学国際研究所）、高橋秀幸・横田信英（東北大学電気通信研究所）、
片山健太（東北大学大学院）・Garcia Fry Martin（東北大学）、
橘一光（福島工業高等専門学校）、小野寺清美・菊地弘幸（株式会社空むすび）

1. はじめに

福島県いわき市薄磯区は、東日本大震災の際に同市内では最大の 115 名の死者(関連死含む)をだし、防潮堤（防災緑地）の整備、居住地の高台移転を含む震災復興土地地区画整理事業が実施された地域である。同事業におけるハード面整備は震災メモリアル施設の建設を除き、2018 年 4 月 1 日をもって完了し、現在は道路ネットワーク・避難場所としても使用される集会所や学校等の公共施設も完成形の状態で使用可能となった。これは、暫定的な避難経路・避難場所によって運用せざるを得なかった地区防災計画を、ようやく現地を歩きながら検証できる状況に至ったことを意味している。筆者らは、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 2 年目にあたる 2018 年 10 月 21 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. 訓練の方針

2018 年における訓練では、「午前 8 時 30 分に地震が発生し、大津波警報が発令され、30 分後（午前 9 時）には津波が到達する」という想定のもと、「約 10-15 分間での避難完了」を目標とした。薄磯区は、2016 年 11 月 22 日に発生した福島県沖での地震時の避難状況を踏まえて、逃げ遅れの確認時間の短縮のため、避難する場合は玄関に「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ている。今回はこの避難済みサインの掲示、新たに使用可能となった避難場所までの避難所要時間の確認（自動車避難を含む）、避難後の地区内での情報伝達、車椅子利用の身体障害者や観光客を想定した沿岸部から避難対応、ドローンを活用した沿岸部の逃げ遅れ（残存者）の確認、以上の 5 点を訓練によって確認することとした。なお、薄磯区内での各地区の避難目標地点は下記の 4 パターンに分類される。図 1 はその避難経路を示したものである。

- ①震災以前からの残存住宅地（小塚・南作地区）からは、最大 600m ほど離れた津波避難場所に指定されている豊間中学校に徒歩避難する。
- ②震災後に整備された高台移転地（薄磯 2 丁目）からは、安否確認のため、同地区内にある薄磯集会所に集合する。
- ③震災後に整備された災害公営住宅（薄磯団地 ※



図 1 2018 年度 薄磯区避難訓練の概要図

* Action of the evacuation drills of the post recovery project from 2011 Great East Japan Earthquake –Case study at 2018 usiso iwaki city fukushima- by Kazuya Sugiyasu, Hideyuki Takahashi, Nobuhide Yokota, Kenta Katayama, Garcia Fry Martin, Ikkoh Tachibana, Kiyomi Onodera and Hiroyuki Kikuchi

津波避難ビルにも指定）からは、3 階以上に避難、もしくは約 300m 離れた高台へ徒歩もしくは自動車避難する。

④海岸（薄磯交流多目的広場駐車場）からは、身体障害者や観光客を誘導しつつ、防災緑地を越えて、高台に徒歩避難する（直線距離は約 250m だが、スロープの場合は約 450m となる）。

3. 各地の避難の様子と昨年度との比較

(1).徒歩避難の様子：小塚・南作地区では、避難場所から最遠の住居の住民が、消防団とともに逃げ遅れを確認しつつ、避難完了後、区長へ電話で避難人数を報告するという流れとなった。避難時間は約 15 分（昨年 15 分）であった。災害公営住宅では、住民の避難後、消防団や隣組長らが各棟の避難状況を確認後、高台の集会所に向かい、区長へ直接報告するという流れとなった（※実際の災害時には各棟の 3 階以上に待機し、電話報告をすることとなる）。避難時間は約 23 分（昨年 45 分）であった。この 23 分という避難時間が、今回の避難訓練での最長所要時間となった。海岸（薄磯交流多目的広場駐車場）からの避難は、住民の誘導の元、身体障害者役を車椅子で運搬しつつ、車椅子が通行可能な道路・スロープ・防災緑地を経由して、高台までの避難時間は約 6 分であった（※ただし事前の試走では同じ経路で約 8 分 30 秒であり、昨年は徒歩避難で約 7 分が必要であった）。途中車道と歩道を分断する縁石が車椅子の支障になるといった課題が確認された。

(2).自動車避難の様子：自動車避難者数は、昨年度の 33 台から今年度は 11 台へと大きく減少に転じた。これは主たる自動車避難需要の高い災害公営住宅から、高台への居住移転が昨年より進行したためと考えられる。一方で昨年は地区内に分散して車両を駐車していたのに対し、今年度は集合場所としていた集会所周辺への路肩駐車が集中し、巡回する消防車両の通行に支障が生じていた。今後、災害時の駐車ルールの見直し・徹底が必要となるだろう。

(3).ドローンによる逃げ遅れ確認の様子：今回の避難訓練では、逃げ遅れ確認を行うドローンを 2 台（DIJ 社製 Inspire1 および Phantom4）運用し、高台から死角となる約 250m 先の防災緑地の向こう側（多目的広場駐車場および海岸）の様子を観測した。1 台は操縦難易度の低い高台上空を垂直飛行し、残りの 1 台は、電線や住宅等への配慮が必要なため、操縦難易度が高くなる水平飛行での観測（※高台から海岸方面へ移動）を試みた。結果としてはどちらのアプローチでも駐車場・海岸に残存する車両・人々を十分に視認可能なレベルで観測が可能であった。ただし、水平飛行し、現地の様子を直接観測した方が、当然ながら解像度は高く、残存者側からもドローンの存在を飛行音と目視で確認でき、避難の注意喚起を施せる可能性がある。

4. 訓練後の総括

最終的に今年度の訓練には 126 名が参加（昨年 145 名）し、地震が発生してからの平均での避難開始時間は 4.4 分（昨年 3.4 分）と微増する一方、平均での避難完了時間は 11.5 分（昨年 12 分）、避難を開始してからの避難所要時間は 7 分（昨年 8.6 分）と、高台移転が進んだことで短縮された。この訓練前に、筆者らは各地から車椅子で避難した場合の避難所要時間を計測しており、車椅子での平均避難所要時間は 8.8 分（最短 7.3 分・最長 11 分）であった。これらの数値を参考に、訓練当日に、振り返り事項として「本地区での避難所までの移動時間は約 10 分必要」であること、「避難目標時間を 15 分とる場合、遅くとも 5 分以内には自宅を出発（避難を開始）する必要がある」という『5 分以内に出発・移動時間は 10 分必要』という地域胸中の時間感覚を共有してもらうことを本訓練での総括とした。今後、この結果をもとに具体的な地区防災計画を検討していく予定である。

火災時における避難リスクの認知向上を目指した 屋内濃煙体験訓練の提案

東北大学工学部・工学研究科技術部 渡邊 武
東北大学災害科学国際研究所 杉安和也
東北大学大学院・工学研究科 小林 光

1. はじめに

消防訓練や防災訓練の一環として、煙体験ハウスといったテント内に無害な煙を充満させ、その中を通り抜けることで、火災時の煙の怖さを疑似体験させるという取り組みが行われている。筆者らの所属する東北大学工学研究科においても、青葉消防署より煙体験用のテント及び煙発生装置を借用し、毎年2回程度の濃煙体験訓練を実施している。しかしながら、この濃煙体験訓練を行うには、数ヶ月前に事前予約が必要であるのに加え、屋外実施のため、雨天時には中止となる問題があった。また、実際には屋内で火災に遭遇し、その煙から避難することが想定されるため、テント内の煙からの避難は火災建物からの避難とは状況が異なる。

そこで筆者らは、火災時における避難リスクの認知向上を目指した、より実践的な訓練プログラムを作成するべく、2017年10月から屋内での濃煙体験訓練を試行し、改良を加えながら計3回の屋内濃煙体験訓練を実施した。本研究では、主に2018年6月及び10月に実施した屋内濃煙体験について、アンケート結果を踏まえ、条件設定や有用性を検討した結果を報告する。

2. 方法

2.1 参加者及び実施場所

濃煙体験を行う部屋は、排煙窓及び熱感知器（作動式）を有する空室とし、訓練に使用する機器が要求する1φ200V電源設備のある部屋を選定した（床面積30m²、高さ2.5～3m）。対象者は、本学の留学生を含む学生、教職員、研究者である。実際に参加した者の多くは本体験を実施した建物（工学系総合研究棟）の入居者であり、20歳代～60歳代の男女計73名となった。

2.2 使用機器

通常の濃煙体験では、煙をあらかじめ充満させた空間に参加者が入場するが、本研究での屋内濃煙体験では、煙の充満過程を観察してもらうため、その再現機器としてスモークマシン（Rosco 1200）と熱風発生機（竹綱製作所 TSK-11）を併用し、火災時の高温の煙の再現を試みた。また、煙を排出するための送風機（スイデン SFJ-300-1）、煙充満時の明るさを測定する照度計（Fuso TM-720）、更に誘導灯を模擬したPC画面の輝度調整に輝度計（TOPCON BM-9）、濃煙下での視認性確認のためにノートパソコン（TOUGHBOOK CF-C2）の液晶画面を非常口誘導灯再現の代用とした。また室内は実際に家具も置き、疑似的なオフィス空間を再現した。

2.3 訓練内容

部屋の広さを考慮して、参加者8名を1班とし、約15分で班交代するように参加人数を調整した。参加者には事前に屋内濃煙体験の概要を説明し、アンケートへの回答を依頼した。参加

* Proposal of dense smoking drill at indoor aimed for recognizing evacuation risks in case of fire
by Takeshi Watanabe, Kazuya Sugiyasu and Hikaru Kobayashi

者は保護メガネとサージカルマスクを着用して体験室に入室し、室内が煙で充満する過程を観察し、煙充満後に非常口誘導灯を模擬した PC 画面の見やすい高さとし、垂直方向・水平方向の視認可能距離を確認し、最後に姿勢を低くして壁に手を当てながら出口に向かって避難するという濃煙居室からの避難行動を体験した。

3. 測定結果

2018 年 6 月 15 日の訓練では、夜を想定して窓をスクリーンで覆い、照明を消灯/蛍光灯の 2 条件で実施した。その結果、蛍光灯点灯の方が非常口誘導灯は見づらく、垂直及び水平方向の視認距離は 1～2m であった。また、参加者の過半数が、非常口誘導灯が見やすい高さは目の高さ程度、非常口誘導灯の色は緑色と黄色が見やすいと回答した。

2018 年 10 月 16 日の訓練（図 1）では、照明を昼の自然光/夜の蛍光灯の 2 条件を設定し、それぞれ照度を測定することで煙の濃度管理を試みた¹⁾。その結果、視認可能な水平距離は 1～4m、垂直距離は 0～1.5m であった。昼の条件下では、非常口誘導灯は下部が見やすく、色は白色に続いて黄色が見やすかったが、夜の条件下では、目の高さと下部で見やすさに差はあまり見られず、黄色を見やすいと回答した者はいなかった。



表 1 は両訓練でのアンケート結果を示したものである。 図 1 屋内濃煙体験訓練（昼）の様子

表 1 屋内濃煙体験における視認性集計結果（単位 人）

	非常口誘導灯の高さ			非常口誘導灯の色							平均視認距離 (m)	
	上	中	下	白	青	緑	黄	橙	赤	不可視	垂直	水平
夜(消灯)	—	—	—	5	2	9	10	3	1	1	—	—
夜(蛍光灯)	3	16	6	5	1	11	10	3	3	6	1.14	1.62
昼(自然光)	0	1	23	9	0	5	6	2	0	1	0.75	1.85
夜(蛍光灯)	0	8	12	9	1	8	0	1	2	0	1.42	2.64

4. 中性帯の作製と煙濃度の調整

2017 年の濃煙体験では、多くの人が体験できるように大きな部屋（床面積 60m³）で実施したが、扇風機だけでは煙がスモークマシンより上部に届かず、むしろ足下の方で煙濃度が高い状況となった。そこで 2018 年は半分の床面積 30m² の小さな部屋に変更し、疑似的なオフィス空間を再現すると共に、スモークマシンと熱風発生機を併用することで、火災初期に見られる中性帯を再現することに成功した。この結果、一般的な煙体験ハウスより煙の動きと視認性を体験できる内容となり、火災からの避難でかむ理由を視覚・体感的にも理解しやすくなった。

表 1 の条件別や同一条件内で、集計結果にバラつきと傾向が見られ、煙濃度が一定になっていなかったと思われる。照度の値に視認距離との比例関係が見られたが、照度計では人影や照度分布の影響で正確に測定することも難しかったため、煙濃度の調整には課題が残っている。

参考文献：1) 桑原祐貴，藤井慎，高松衛 他；濃霧中における LED 色光の視認特性に関する研究－昼間および夜間における－，日本人間工学会講演集，47(特別号)，pp.314-315，2011

心理学を用いた災害シミュレーションの可視化手法の検討

八戸工業大学 高瀬 慎介
(株) NHK メディアテクノロジー 斎藤 丈士
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 邑本 俊亮
日本工営(株)先端研究開発センター 櫻庭 雅明

1. はじめに

高密度に蓄積された災害関連データと高度に発展した災害シミュレーションは、メカニズム解明やリスク評価のためのツールという目的だけでなく、3次元可視化を通じてサイバー空間における災害の疑似体験をも実現することが可能である。筆者らは、これまで、東北大学災害科学国際研究所に設置されている「災害科学情報の多次元統合可視化システム(以下、IMIDeS)」を用いて災害シミュレーション結果や災害調査結果の3次元可視化コンテンツを作り上げてきた。その中で、データの質や量、およびリアリティの追求だけでは人々の防災・減災意識を高めるような可視化コンテンツには到達しないことを痛感しており、真の意味で防災に寄与する3次元可視化コンテンツとは、視覚を通じて人の心に訴え、それによって防災意識を刺激するようなものである必要があると考えている。それを実現するためには、災害データやシミュレーションの専門的知識に加えて、人間の認知過程に関する知見、およびそれに基づいて可視化コンテンツを作り出すための高い映像技術が求められる。当然ながら、単独の研究分野だけではこれを達成することは難しく、それぞれの要素技術の専門家が防災という出口を見据えて、強固な連携体制の下でコンテンツを構築する必要がある。そこで本研究では、災害シミュレーション、認知心理学、映像のそれぞれの専門家が集結し、人の心に訴える可視化コンテンツの作成を試みた。

2. 可視化コンテンツの選定

本研究は、2つの災害シミュレーション結果について検討を行った。1つは、「仙台市の建物の地震応答シミュレーション(図1)」, 2つめは「山形県月山で発生した雪崩の再現シミュレーション(図2)」を題材とした。図1, 2に示す可視化結果は、これまでのシミュレーション結果の可視化方法によるものである。このデータをもとにIMIDeSにより表現可能な3次元可視化コンテンツを作成した。図3, 4に雪崩の再現シミュレーションの可視化結果を示す。視点による感じ方の影響を調べるため、上方からの視点と下方からの視点の2パターンの可視化を行っている。

3. SD法を用いた可視化コンテンツに対する印象評定実験の結果と考察

可視化方法による違いが人の心にどのように影響を及ぼすか調べるため、可視化コンテンツを8種類(2D・3D×雪崩・地震×上方視点・下方視点)用意し、1グループ6名で8つのグ

ループに対して順番にコンテンツを上映し、上映ごとに 20 個の形容詞対を用いた SD 法による印象評定実験を行った。コンテンツの再生順による影響も考慮し、各グループのコンテンツの再生順はバランスをとっている。得られたデータに対して因子分析を行った結果、4 つの因子（臨場感・恐怖感・現実味・複雑性）を抽出することができた。各因子を構成する評定項目に対する評定値の違いをみると、たとえば臨場感は、地震・雪崩とも、上方視点よりも下方視点の方が、2D よりも 3D の方が、評定値が高かった。また、恐怖感は、雪崩の場合は 2D・3D とも下方視点で評定値が高く、地震の場合は上方視点であっても 3D だと評定値が高くなった。これにより、可視化方法により人に与える影響の違いがあることがわかった。また、今回、4 つの因子が抽出されたことで、今後の可視化コンテンツを作成する上で、注意する箇所もわかるようになり、より効果的な可視化方法への発展も期待できる。

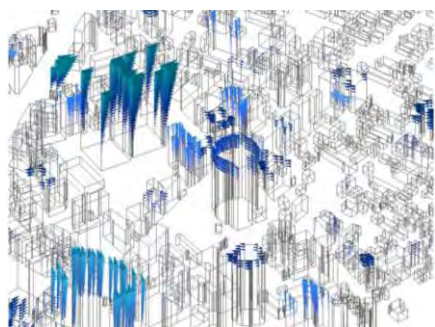


図 1：仙台市の建物の地震応答シミュレーション

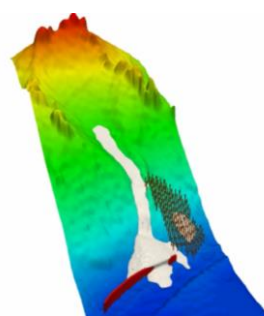


図 2：月山で発生した雪崩の再現シミュレーション



図 3：雪崩の再現シミュレーション可視化結果（上方視点）



図 4：雪崩の再現シミュレーション可視化結果（下方視点）

謝辞：本研究は、東北大学災害科学国際研究所共同研究助成を受けたものです。ここに記して、感謝を表します。

<第 1 会場：3 階共-321 室>

— 第 3 部 —

司会：鎌滝 孝信 先生

平成 30 年 12 月 23 日（日）

7 題（13：15～15：00）

十三湖における塩水の遡上特性

八戸工業大学 赤坂光・佐々木幹夫、鉄建建設(株) 功刀 智

1. はじめに

本研究は、青森県にある十三湖を調査対象としている。十三湖は汽水湖である。十三湖は一級水系岩木川の河口に位置している。岩木川は津軽平野を通過した後、十三湖へ流れ込み十三湖河口から岩木川からの淡水が日本海に注がれている（図 1）。十三湖の河口を現地では水戸口と呼んでいる。十三湖は日本でのヤマトシジミの一大生産地の一つである。2011 年にはシジミ漁獲量が日本で一位であった。しかし、シジミは何らかの影響を受けて年漁獲量が安定していない。十三湖は、異常な水温上昇や湖に流入する大量の河川水の影響で塩分濃度が安定していない。本研究では、十三湖における塩水の遡上特性を調べることにする。



图 1 十三湖位置图



図2 三戸口位置図

2. 塩水遡上特性

図 2 に示すよう十三湖には三戸口と岩木川の二箇所の主流な水路がある。岩木川からは淡水が流れ、三戸口からは海水が流れている。そして、この二箇所の水路が湖の水位に大きく関係している。国土交通省青森河川国道事務所より取り寄せた水戸口水位、岩木川流量、十三湖水位のデータを整理し、2013 年～2017 年の各月ごとの海水の侵入量を計算する。十三湖へ流入する岩木川流量 Q_1 を基に十三湖水位より水戸口河道内流量 Q_2

を算出する。水戸口河道内流量 Q_2 は式(1)により表され、式(2)により求めることができる。流量 Q_2 は式(2)により算出する。 Δt の時間は 3600 秒として計算し、 η を若宮水位観測所・十三観測所の実測値平均を使用した。流量 Q_2 が正の値ならば順流、負の値ならば逆流、塩水遡上となる。

$$Q_2 = Q_1 - A_s \frac{\partial \eta_b}{\partial t} \dots (1)$$

Q_2 : 水戸口河道内流量 (m^3/s)

η_b : 十三湖水位 (m)

t : 時間

$$Q_2 = Q_1 - A_s \frac{\eta_b^{(t+1)} - \eta_b^{(t-1)}}{2\Delta t} \dots (2)$$

Q_1 : 岩木川流量 (m^3/s)

A_s : 十三湖面積 (km^2)

図1に1例として、2015年の塩水遡上量を示した。2015年の場合、逆流流量は、1月から4月に減少傾向にある。特に4月に遡上する塩水はごくわずかであった。その後、5月から7月にかけて増加し、再び8月から逆流流量は減少している。塩水の流入量は6月、7月、8月に50%を超えることがわかった。

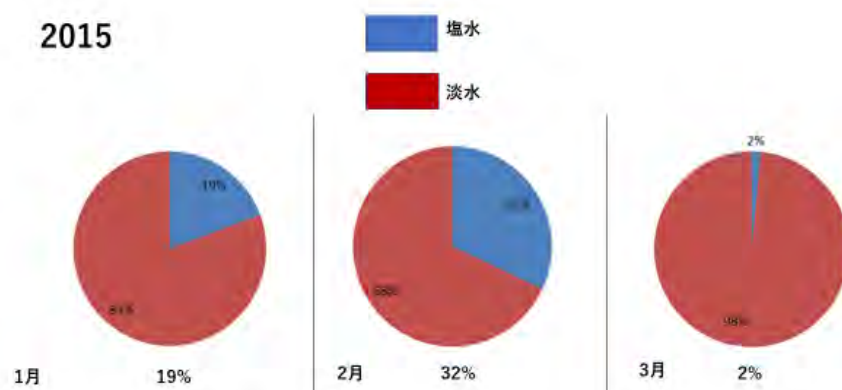


図1 塩水遡上量

グラフから岩木川流量と逆流流量は相対的となっていることがわかる。十三湖に流入する岩木川流量が多い場合、十三湖の水位が上昇するため、塩水遡上が発生しにくいことがわかった。十三湖に流入する岩木川流量が少ない場合、十三湖の水位が下降するため、塩水遡上が発生しにくいことがわかった。

3. おわりに

本研究により、シジミの漁獲量が年々少なくなっている十三湖の汽水環境を調査し、シジミの生態に及ぼす原因を究明してみる。また、ヤマトシジミの育成環境に影響を及ぼす汽水環境を把握することにより、安定してシジミが取れる塩分環境をしらべてみる。

小川原湖塩水遡上特性

八戸工業大学工学部土木建築工学科 ○木村 皇介・佐々木 幹夫、鉄建建設(株) 功刀 智

1.はじめに

本研究では青森県の東部に位置する小川原湖を調査対象にしている(図 1)。小川原湖は湖沼面積 62.12km²、水面の標高は 2014 年平均水位が 0.291m となっている。小川原湖は日本の湖沼では 11 番目の面積規模を有している(汽水湖のなかでは 5 番目)。青森県では、最大の湖である。また、流入河川は七戸川や花切川など 6 主要河川で、流出河川は高瀬川となっている。小川原湖の水質が平成 16 年から平成 26 年にかけて急激に悪化している。水質悪化の原因として進入塩分量の増加や、塩淡水境界面上昇が考えられている。しかし、湖への塩水進入については不明な点が多く、解明が急がれる。そこで、本研究では、湖口における塩水遡上特性を明らかにすることを研究目的としている。今年度は、湖口部、北部湖岸近くに位置する滞筋における遡上塩水塊の挙動を現地観測により検討してみる。観測は平成 30 年 11 月 7 日から 12 月 10 日までの約 1 ヶ月間行った。



図 1 小川原湖位置

2.観測方法

観測は自記式の流向流速計 (No. 104) 写真 1、塩分水温計 (No.1060, No.1061) 写真 2、水温塩分計 (No.336, No.337) 写真 3、水温塩分計 (No.007) 写真 4 を用いて、2018 年 11 月 7 日から 12 月 10 日にかけて行った。



写真 1 流向流速計 (No.104)



写真 2 水温塩分計 (No.1060, 1061)



写真 3 水温塩分計 (No.336, 337)



写真 4 水温塩分計 (No.007)

*Characteristics of salt water intrusion in Lake Ogawara by Kosuke Kimura, Mikio Sasaki and Satoshi Kunugi

図 2 に観測地点を示す（図 2 ▲印）観測場所には濤筋が通っているためこの地点での観測を行った。写真 5 に流向流速計と塩分計の設置状況を示す。計器設置は観測地点に船で行き船上よりロープに固定した流向流速計と塩分計を取り付けたロープに鉄パイプを縛り付けて固定した(写真 5)。

図 3 は 11/7~12/10 までの観測を行った際の機器の設置位置である。観測開始時の水深は 1.8m だった。流向流速計（No.104）は底面から 0.8m、水温塩分計（No.1060, 1061）はそれぞれ底面から 1.2m、1.5m、（No.336, 337, 007）は 0.3m、0.6m、0.9m の位置に設置した。

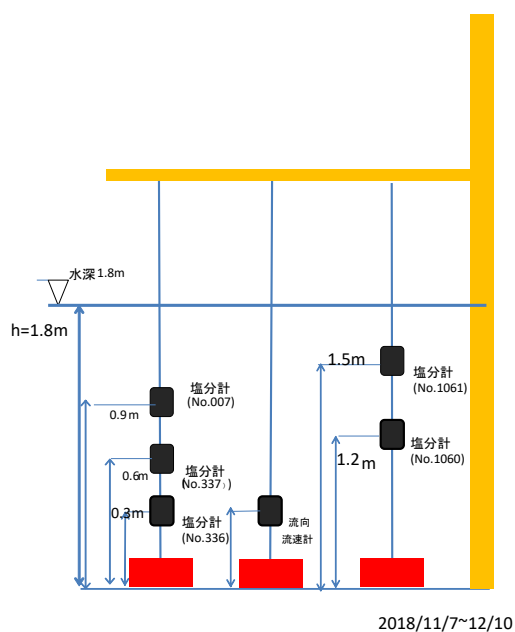


図 3 設置位置図 2018/11/7~12/10

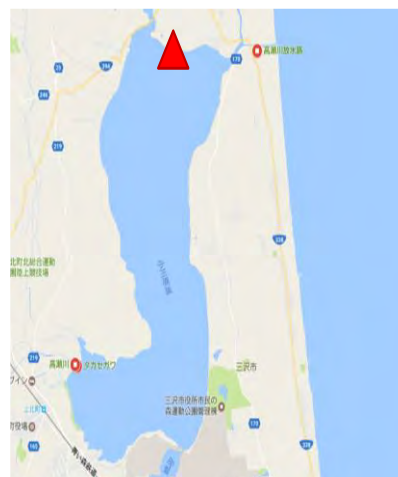


図 2 小川原湖における観測位置



写真 5 計測器設置の様子

3.おわりに

現在は観測中のため観測が終わり次第、湖への塩水進入状況を調べ、2018 年の小川原湖の塩水遡上特性を明らかにしていく。

下北半島西部，大間町奥戸におけるイベント堆積物調査

弘前大学理工学部 村上正能・岡田里奈・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

近年，異常気象などによる自然災害が多発しており，2018 年も西日本豪雨災害，台風 21 号による強風・高潮被害，北海道胆振東部地震による表層崩壊などの甚大な被害が発生した。こうした自然災害による被害は，自治体や住民にとって非常に重要な課題であり，防災・減災意識を高めていくためにも，過去に発生してきた災害の種類や頻度，規模などの情報を，古文書などの歴史資料に加えて科学的な証拠を併せて示すことが重要となる。このうち，過去の地震・津波の証拠については，津波堆積物に関する調査・研究によって明らかにされてきており，国内外で数多くの報告がなされている。このうち，下北半島東部では東通村において標高 5m 以上まで分布する津波堆積物が確認されており，この津波を引き起こしたと考えられる地震は西暦 1611 年慶長三陸地震，あるいは 17 世紀に千島海溝で起こった連動型地震の可能性が高いと考えられている (Tanigawa et al., 2014)。一方，半島西部ではいくつかの古地震に係わる史料（例えば，1588 年の大地震；むつ市史編纂委員会編，1988）はあるものの，これまでに津波堆積物の存在は確認されていない（電源開発株式会社，2017）。筆者らは下北半島西部の大間町奥戸においてイベント堆積物の調査を行なったので，その結果について報告する。

2. 調査地域及び調査・研究方法

本研究の調査場所は青森県下北半島に属する大間町奥戸地区奥戸川下流域の沖積低地である。同地域の標高は 2～5m 程度であり，海浜や河川に近く，イベントが発生した際の堆積物が残留している可能性が高いと考える。調査方法は同地域にてハンドオーガーを用い 1～2m のコアを採取し，層相変化を観察，記録した。またハンドオーガーにて採取した地点のうち，イベント堆積物と思われる層が見つかった地点においては幅 12cm，奥行き 2.5cm，長さ 2m のジオスライサーを用いて 2m 前後のコアを採取し，層相観察・記載を行なった。試料の数としてはハンドコアラーで 13 本，ジオスライサーで 5 本となる。さらに堆積物の碎屑粒子について偏光顕微鏡観察，粒度分析を行った。

3. 結果・考察

採取したコア試料は，粘土を主体とし砂層を間に挟んでおり，ここではジオスライサーを用いて深度 1.9m まで採取した代表的なコア試料（コア番号 11）を紹介する。コア試料の深度 0～0.27m は暗褐色の耕作土，0.27～0.47m は暗褐色の粘土層，0.47～0.72m は暗褐色の有機質粘土層，0.72～1.03m は灰褐色の粘土層，1.03～1.10m は灰色の砂混じりの粘土層，1.10～1.34m は灰褐色の細粒～中粒の砂層，1.34～1.48m は褐色の粘土層，1.48～1.54m は青灰色のシルト層，

1.54～1.66m は暗灰色の粘土層，1.66～1.90m は暗褐色の粘土層となっている。このうち，1.10～1.34m の砂層は，層序および堆積物の特徴から電源開発がイベント堆積物として認定した Eok ①層と対比できる。この層について 1cm 間隔で粒度分析を行なった結果，上方に向かって逆級化が認められる。また，他のコアと対比を行なったところ，砂層は海岸に向かうにつれ粒度が細くなり，層厚も薄くなる。逆に，この層の上位と下位の粘土層が厚くなる傾向が認められる。一方，陸側（河川の上流）に向かつては，粒度が粗くなるとともに層厚も増す。

また，奥戸の海浜砂と奥戸川の河川砂，および砂層について偏光顕微鏡による観察を行なった。その結果，海浜砂は粒径が大きく（0.5～1.0mm），構成鉱物としては石英，単斜輝石，斜方輝石，斜長石，岩片が見られた。河川砂の粒径は海砂に比べて細かく（0.02～0.08mm），構成鉱物としては斜長石，単斜輝石，斜方輝石，リン灰石，火山ガラスであり，少量の石英を含む。一方，イベント堆積物と考えられる砂層の粒度は細粒で（0.01～0.06mm），構成鉱物として斜長石，単斜輝石，斜方輝石，リン灰石，火山ガラス，粘土塊と少量の褐簾石と石英を含むことから，鉱物組成は河川砂と類似する。また，電源開発株式会社(2017)によると Eok①層には原生の海水～汽水生種の珪藻化石が含まれないことから，今回，大間町奥戸の沖積低地で見出した砂層は，河川からの洪水堆積物であると判断できる。

参考文献

谷川晃一郎 青森県六ヶ所村平沼における津波堆積物調査 活断層・古地震研究報告，No17，p.1-14，2017

電源開発株式会社 第 467 回原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合 2017 年 5 月
むつ市史年表編 むつ市史編さん委員会 1988 年 12 月

秋田県八峰町および能代市の沖積低地にみられる洪水堆積物について*

秋田大学地方創生センター

鎌滝 孝信

弘前大学大学院理工学研究科

岡田 里奈・梅田 浩司

我々は 2012 年度以降、日本海東縁の秋田県および青森県において、地震・津波被害の将来予測に資する情報を整備することを目的として、古津波の痕跡に関する調査を進めてきた。その結果、北東北における日本海東縁の古津波に関する情報は徐々に集まりつつある（例えば、鎌滝ほか、2018）。一方、それらの調査では津波堆積物のみならず、洪水によって形成されたと考えられるイベント堆積物がいくつかの地点でみつかっている（鎌滝ほか、2016；鍛冶ほか、2018 など）。なかでも 1983 年日本海中部地震の際に浸水被害を受けた地域から得られたボーリングコア試料には、1983 年以前に形成された津波堆積物および洪水堆積物の両方がみいだされている（鎌滝ほか、2016, 2018）。

調査地域は秋田県山本郡八峰町峰浜沼田地区に広がる沖積低地で、1983 年日本海中部地震の際には、低地を流れる竹生川に沿って津波が遡上し、上流 1,100m まで遡上したとされる（土木学会日本海中部地震震害調査委員会、1986）。また、その地域の水田には 5~10cm の厚さの砂や泥、すなわち津波堆積物が表面を覆ったことがわかっている（三浦ほか、1984）。ボーリング調査は、外径 116mm のオールコアボーリング、長さ 2m 程度のハンディジオスライサー（高田ほか、2002）およびハンドコアラーでおこない、深さ 8m~2m 程度のコア試料を採取した。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等を実施した。

得られたボーリング試料から見いだされた洪水堆積物は、1) 材などを中心とした植物遺骸や軽石を多量に含む淘汰の悪い火山灰混じりのシルトを主体とし、2) 下位の砂混じりシルトとの境界は侵食面を呈し、3) イベント堆積物の下部は砂質シルトのリップアップクラストや材および軽石を多く含み上方粗粒化し、4) 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、という特徴がみられる。また、この洪水堆積物の形成年代は、植物遺骸の ^{14}C 年代により 10~12 世紀と考えられる。この時期には十和田カルデラの大規模な噴火があり（西暦 915 年、早川・小山、1998）、それに関連して発生した火山泥流が米代川流域に大きな被害を与え、当時の住家の埋積等が知られている（赤石、1999）。本研究で得られた洪水堆積物は、その内包物や形成年代から、十和田カルデラの 915 年噴火に関連した火山泥流堆積物の可能性がある。本講演では、洪水堆積物の特徴とその分布様式について報告する。

引用文献：赤石和幸（1999）地質学雑誌，105，xxiii-xxiv.；土木学会日本海中部地震震害調査委員会編（1986）日本海中部地震震害調査報告書，933p.；早川由紀夫・小山真人（1998）火山，43，403-407.；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.；鍛冶ほか（2018）東北地域災害科学研究，54，43-48.；三浦ほか（1984）農業技術，39，49-52.

*Flood deposits recorded in coastal lowland on Happo town and Noshiro city, northern part of Akita Prefecture. by Takanobu Kamataki, Rina Okada and Koji Umeda

秋田県にかほ市沿岸低地にみられる津波および洪水堆積物の特徴*

秋田大学 宇内滉志・鎌滝孝信・安部訓史・得丸達生・松富英夫
弘前大学 岡田里奈・村上正能・梅田浩司

1. はじめに

近年、日本でも地震や大雨の影響により津波や洪水が発生し、多くの被害が報告されている。秋田県では 1983 年 5 月 26 日に発生した日本海中部地震で、県北部の沿岸地域を中心に 79 人が犠牲になるなど大きな津波被害を受けた。このような災害には事前に防波堤や護岸の整備などのハード対策だけでなく、過去に発生した津波や洪水の記録を基にし、住民の防災意識を向上させることを目的とする防災教育などソフト対策を進めていくことが重要である。古文書にも記されていないより長期間にわたる津波および洪水の記録を追跡するためには、地層の記録を調べる必要がある。日本における津波堆積物に関する研究例はほとんどが太平洋沿岸におけるもので、日本海沿岸部における情報は不足している。また、洪水堆積物に関する研究例も多くない。そこで演者らは将来における被害低減に役立てるための情報を取得することを目的として、秋田県にかほ市の三森地区において津波堆積物調査を行っている。その結果、当地域ですでに報告されている津波堆積物（鎌滝ほか，2015, 2017）に加え、洪水によって形成された可能性が高いイベント堆積物が見いだされたので報告する。

2. 調査地域および調査方法

調査地域は鳥海山の北西麓に位置し、秋田県にかほ市の白雪川と大沢川に囲まれた三森地区で、標高約 2～3m の沖積低地の水田である。この地域は、2013 年に公表された秋田県地震被害想定調査（秋田県，2013）によると、最大クラスの津波の場合、約 2～5m の浸水深が予想されている。また、調査地域からは津波堆積物と考えられるイベント堆積物が複数見いだされている（鎌滝ほか，2015，2017）。一方、鳥海火山を由来としたラハール（火山泥流）堆積物も当地域から 2km 程度内陸で報告されている（南ほか，2015）。本調査地域において外形 116mm，コア径 90～100mm の機械ボーリング，直径 30mm 程度のハンドコアラーおよび幅 100mm，長さ 200cm 程度の小型ジオスライサー（高田ほか，2002）を利用して地表から 2～6m の堆積物を掘削した。試料は室内に持ち帰り，詳細な層相観察，砂質堆積物の検鏡観察，粒度分析，放射性炭素年代測定等を実施した。

3. 結果とその解釈

ボーリングコア試料には，沖積低地に堆積した有機質シルトや泥炭を主体とした細粒堆積物の中に砂を主体とした細粒～中粒砂程度の粗粒堆積物が挟まれていることが明らかになった。

*A study of tsunami and flood deposits on coastal lowland in Nikaho City, Akita Prefecture. by Hiroshi Unai, Takanobu Kamataki, Norihumi Abe, Tatuki Tokumaru, Hideo Matsutomi, Rina Okada, Masanori Murakami and Koji Umeda

その粗粒堆積物の一つとして、深度 1.10m 付近の厚さ 15cm 程度の中粒砂の層は以下の特徴を持つ。その特徴は、1) 基底部が侵食面であること、2) 上部に粒度の細かい砂が、下部には粗い砂が堆積していること、3) 砂の層の中に貝殻の破片が入っていること、などである。したがってその粗粒堆積物は、平常時には有機質シルトや泥炭を主体とした細粒堆積物が堆積する湿地環境に、強い水流を伴った海からの突発的なイベント、すなわち津波によって砂質堆積物が移動、堆積したものと解釈した。この砂層は、その特徴および層位から鎌滝ほか（2017）が報告している津波堆積物と対比される。さらにボーリングコア試料中には、粘土、シルト、極細粒～極粗粒までの各種粒径の砂および細礫等の互層からなるイベント堆積物が挟まれることがわかった。そのイベント堆積物は、海岸に近い地点よりも遠い地点の方で層厚が厚いこと、さらに白雪川に近い地点の方で層厚が厚いことから、洪水の影響による可能性が高いと判断した。講演では、それら津波堆積物と洪水堆積物の特徴について詳細を述べる。

4. おわりに

今後イベント堆積物の形成年代を特定するために、イベント堆積物のより広範囲な分布調査や放射性炭素年代測定などを通して試料の分析を進める予定である。

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。秋田県にかほ市農業委員会事務局およびにかほ市防災課の方々には調査用地の借用等の際してお世話になった。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：秋田県，2013，秋田県地震被害想定調査報告書，553pp.；鎌滝ほか（2015）第四紀研究，54，129-138；鎌滝ほか（2017）土木学会論文集 B2（海岸工学），73，2，I_445-I_450；南ほか（2015）火山，60，1-16；高田ほか，2002，地質ニュース，579，12-18.

橋梁部における杉の堆積に関する水理模型実験*

秋田大学工学理工学部 西脇 遼

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

近年、大雨に伴う河川の増水によって流木が発生し、流出した流木が橋梁などの河川構造物に堆積することで水位が上昇し、洪水氾濫による被害が国内で多発している。2016 年 8 月の岩手県豪雨災害など流木の流出によって被害が拡大した災害の事例が数多く存在する^り。小本川の氾濫のような流木による被害は、杉林が豊富な秋田県内においても発生する可能性があり、その流出過程を知ることは重要である。

そこで、本研究では実河川をモデルとした水理模型実験を行い、橋梁への杉の流木の堆積状況、堆積した際の水位の変化や堆積しやすい条件などの検討を行った。

2. 研究对象

本研究の対象河川および橋梁は、2016 年 8 月に台風による豪雨災害が発生した岩手県の小本川にかかる実際の橋梁である。現地で測量を行い橋の全長 98 m、川幅 54 m、水面から橋梁の欄干上端までの高さ 7.5 m という値を得た。

3. 実験方法

水理模型実験は直線矩形開水路に橋梁の模型を設置し、流木の模型を投入して行う。縮尺は実河川の川幅 54 m と水路の幅 300 mm の比より 1/180 とした。模型は単断面の橋梁とし橋脚が中央に 1 本の 2 スパンとなっており、橋脚幅は 20 mm、橋梁幅員 20 mm、橋桁厚 10 mm、欄干高さ 10 mm、橋脚と橋梁端部の間隔を 140 mm とした。橋梁模型の設計図を図-1 に示す。

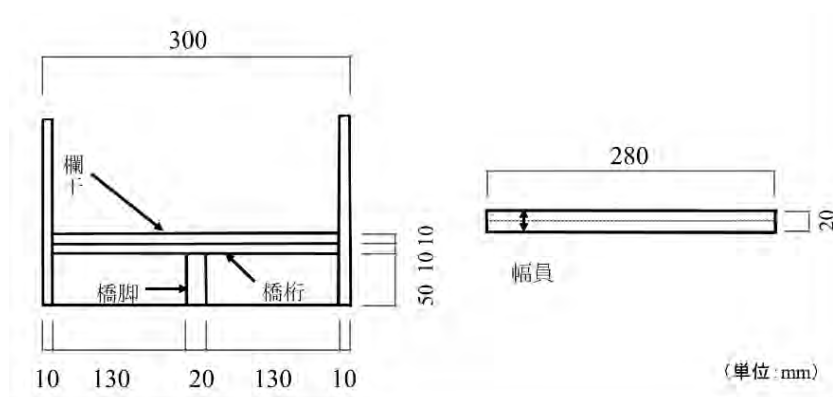


図-1 橋梁模型設計図

*Experimental Study on Accumulation of Cedar at the Bridge by Ryo NISHIWAKI, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

流木模型は杉を用いた。杉の流木の実寸法は 20 m, 25 m, 30 m の 3 種類を想定し、その縮尺は 1/180 とし、3 種類の流木模型を作成した。杉の直径は 1m を想定し、模型流木の直径は 0.5cm とした。また小本川での災害時の流木発生量 1500 m³ より²⁾ 流木の本数を算出した¹⁾。流木模型の詳細を表-1 に示す。

流木模型の比重は乾燥状態で 0.38 であり、湿潤状態で比重は 0.87~0.97 である。実験では湿潤状態で使用した。橋梁模型を設けた実験水路に水位 5 cm の定常流となるように水を流した。これにより橋桁下部と水面の間隙が無くなる。流木は 10 本/秒ごとに流し、流木長ごとに 5 回ずつ合計 15 回実験を行った。流木の流下状況については、流木堆積率で評価した。流木堆積率は式(1)で表される。

表-1 流木模型のデータ

	流木長	流木長	流木長
実物	20 m	25 m	30 m
模型	12 cm	15 cm	18 cm
本数	100 本	80 本	60 本

$$\text{流木堆積率(\%)} = \frac{\text{堆積した流木の本数}}{\text{流した流木の本数}} \times 100 \quad (1)$$

4. 実験結果

今回の実験により得られた流木が橋梁に堆積した様子を図-2 に示す。流木が橋梁に堆積した状態の橋梁上流部での水位は流木が無い場合の水位と比べて約 2~3 cm の上昇となった。また、橋梁下流部での水位は流木が無い場合の水位と比べて約 1 cm の低下となった。



図-2 横方向からの流木堆積の様子

図-3 は流木長と流木堆積率の関係を表したものである。流木の長さが長いほど、流木が橋梁に堆積しやすいことが読み取れる。流木長ごとの流木堆積率は長さ 12 cm では 25~40 %, 15 cm では 30~60 %, 18 cm では 60~80 %と分布の範囲が 15~30 %程度になっていた。

5. 終わりに

今回の実験により流木が堆積する様子と流木長の違いによる堆積量の変化を確認できた。今後の実験では流木長ごとの水位変化の違いと堆積しやすい条件の検討を行う必要がある。

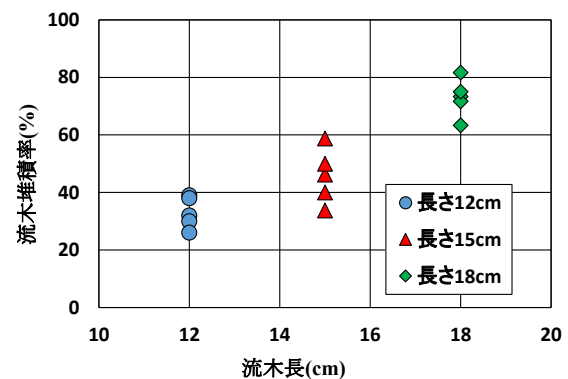


図-3 流木長と流木堆積率の関係

参考文献

- 1) 加藤一夫ら：小本川の流木捕捉施設設計に関する水理模型実験による検討，河川技術論文集，第 24 巻，2018.
- 2) 財団法人 砂防・地すべり技術センター：鋼製砂防構造物設計便覧，鋼製砂防構造物委員会編集 平成 21 年版，2009.

無人調査船と高分解能ソナーによる蔵王山御釜火口湖の調査*

京都大学防災研究所 山崎 新太郎

山形大学 八木 浩司

弓削商船高等専門学校 田房 友典

弓削商船高等専門学校 岩崎 俊佑

北見工業大学 平松 雅宏

火口湖や山上湖に代表されるような小規模・浅水域の水底地形の科学調査は従来、困難である。特に火口湖に至っては、その湖水の透明度が低い場合が多く、レーザー光や光学写真、ROV等を含む潜水調査による調査が不可能な場合も多い。従って、音響技術の導入が必要になるが、それにも障壁がある。それは、サイドスキャンソナーやマルチビームソナーに代表される科学調査用の地形調査装置は高価かつ重量があり、さらに、それらを十分保持しうる船舶の湖水面へ導入も困難であるからである。一方で、小規模・浅水域における科学調査が重要な意義を持つ場合がある。本研究の対象とした蔵王火山の御釜火口湖は2014年10月に突然の湖水面の白濁現象が発生したと報道された。この白濁現象の原因としては火山活動に関連した噴出物とも考えられたが、湖底における地すべりの発生による泥の巻き上げも考えられ、水底の科学調査無しに結論を出すことは難しい。両者では火山防災にけるおける現象の意義が全く異なる。

筆者らの研究チームは、最近市販されている高性能魚群探知機（ソナー）を遠隔操作が可能な人力で可搬性のある無人ボートに搭載した。このソナーは魚群を捉えるのに適した200kHz音波の他、面的に水底面をイメージングするサイドスキャンや光学写真に近い解像度で物体形状が把握できる455kHz音波を用いた音響イメージが取得可能である。それらを2018年9月に蔵王御釜火口湖に導入して合計5時間の調査を行った。これにより御釜火口湖表面の9割をカバーする地形図を作成すると共に、湖底の音響イメージを取得できた。

重要な結果としては、火口湖の南部に長さ約80 m、幅約90 mの比較的規模の大きな湖底地すべり様の地形が確認できた。これは、2014年の白濁現象の発生位置とは異なり、また地すべり地形の規模が大きいために、その現象とは直接関係しないと思われるが、御釜火口湖では湖底地すべりも発生していることを示している。今回、御釜火口湖において、低価格・軽量のソナーでも地形図作成や詳細な湖底イメージが取得できることが実証できた。今回使用音波の周波数は455 kHzと200 kHzであったが、海底ガス田の調査において、海底面からのガス放出を捉えるのに魚群探知機の周波数帯（18–50 kHz程度）の音響が利用されている例があり、魚群探知機によっても噴気や熱水噴出なども確認できる可能性がある。ソナーの火口湖湖底での火山活動監視への有効性も確認するために今後、音響条件を変えるなどし、継続して御釜火口湖において調査を行いたいと考えている。

*Investigation for Okama crater lake of Mt. Zao by using an unmanned survey vessel and a high-performance recreational sonar by Shintaro Yamasaki, Hiroshi Yagi, Tomonori Tabusa, Shunsuke Iwasaki and Masahiro Hiramatsu

<第 2 会場>

秋田大学理工学部 1 号館：3 階共-320 室

第1部 12 月 22 日(土)13：00 - 14：30
(司会：片岡 俊一先生)

第2部 12 月 23 日(日)10：00 - 11：45
(司会：水田 敏彦先生)

第3部 12 月 23 日(日)13：15 - 15：00
(司会：河井 正先生)

＜第2会場：3階共-320室＞

平成30年(2018年)12月22日(土)

【第1部】 司会：片岡 俊一先生		
13:00-13:15	八甲田山における積雪水量に関する研究	○柿崎 志歩(八戸工業大学土木建築工学科)、佐々木 幹夫(八戸工業大学)
13:15-13:30	三沢海岸の長期的な汀線変化の特徴	○久保田 桃加・葛西美琴・佐々木 幹夫(八戸工業大学土木建築工学科)
13:30-13:45	三沢海岸2018年地形変動特性	○葛西美琴・久保田 桃加・佐々木 幹夫 (八戸工業大学工学部土木建築工学科)
13:45-14:00	1906年および1982年の秋田県森吉・阿仁の地震による被害に関する文献調査	○水田敏彦(秋田大学地方創生センター)、鏡味洋史(北海道大学(名))
14:00-14:15	1914年秋田仙北地震と秋田県師範学校	○鏡味洋史(北海道大学(名))、水田敏彦(秋田大学地方創生センター)
14:15-14:30	災害伝承碑のデジタルアーカイブ化に関する取組みと活用手法の提案-伊豆半島における取り組みを通じて-	○熊谷 誠(岩手大学地域防災研究センター)
14:30-15:00	休憩	
15:00-17:30	公開シンポジウム 特別講演会(1階共-127室)	

平成30年(2018年)12月23日(日)

9:00-9:50	地区総会(第1会場 3階共-321室)
-----------	---------------------

【第2部】 司会：水田 敏彦先生		
10:00-10:15	文化元年(1804)象潟地震の震源像	○今井健太郎(海洋研究開発機構)・岡田真介(東北大災害研)・蝦名裕一(東北大災害研)・高橋成実(防災科学技術研究所)・都司喜宣(深田地質研究所)
10:15-10:30	津軽平野南部の地震時卓越振動数	○片岡俊一(弘前大学)
10:30-10:45	地殻浅部での低周波地震活動	○小菅正裕(弘前大学理工学研究科)
10:45-11:00	福島県の広帯域リニアアレイで観測された常時微動の地震波干渉法解析-南北測線における解析-	○起田 賢親、山本 英和、齊藤 剛(岩手大学)
11:00-11:15	岩手大学で観測された短周期微動の地震波干渉法解析による群速度の推定	○佐々木 恵太、山本 英和、齊藤 剛(岩手大学)
11:15-11:30	微動アレイ探査による盛岡市域におけるS波速度構造の推定-稠密極小アレイ観測と大規模アレイ観測-	○多田 光希、山本 英和、大場 星也、齊藤 剛(岩手大学)
11:30-11:45	波形が時間変化する森吉山周辺での散乱波群	○雨澤勇太・小菅正裕・前田拓人(弘前大学理工学研究科)
11:45-12:00		

12:00-12:15	ポスター発表(ポスター掲示会場 3階共-319室)
12:15-13:15	昼食

【第3部】 司会：河井 正先生		
13:15-13:30	UAVを用いた砂州の地形変化についての検討～馬場目川を対象として～	○藤澤尚矢(秋田大学)、渡辺一也(秋田大学)
13:30-13:45	高速道路切土斜面に被害をもたらした降雨の評価の妥当性について -アメダス線形補間データとレーダー・アメダス解析雨量の空間的誤差-	○芳賀奈津美・風間基樹 加村晃良(東北大学)、長尾和之・高橋卓也(東日本高速道路株式会社)、澤野幸輝(株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北)
13:45-14:00	小安地熱地域に発達する断裂系に基づく応力場の復元	○近藤 颯(岩手大学大学院 総合科学研究科)、越谷 信(岩手大学 理工学部)
14:00-14:15	雫石盆地西縁断層帯を構成する複数の断層構造	○福岡渉(岩手大学大学院総合科学研究科)、越谷信(岩手大学理工学部)、鎌田栞(株式会社日水コン)、鈴木智大(岩手大学社会環境工学科)
14:15-14:30	2016年台風10号小本川洪水における赤鹿地区から宮本地区の2次元河床変動再現シミュレーション	○千田健一((株)防災技術コンサルタント)
14:30-14:45	2018年7月西日本豪雨における真備町氾濫域の土砂堆積と氾濫水密度の概算	○松富英夫(秋田大学)、鎌滝孝信(秋田大学)
14:45-15:00	田んぼダム排水装置に応じた水田貯水量と許容降雨量の算定	○竹田稔真(日本大学大学院工学研究科土木工学専攻)、朝岡良浩(日本大学工学部土木工学科)

＜ポスター掲示会場：3階共-319室＞

ポスター発表12:00～12:15		
ポスター1	震災アーカイブの変遷	○柴山明寛(東北大学災害科学国際研究所)
ポスター2	東北日本、月山火山の形成史：直下に存在する断層の活動との関係	○大泉涼、武部未来、伴雅雄、岩田尚能(山形大学)
ポスター3	鉄骨置屋根構造における地震力の伝達メカニズム	○山口優樹(仙台高等専門学校 生産システムデザイン工学専攻 建築デザイン学コース)、藤田智己(仙台高等専門学校)、飯藤将之(仙台高等専門学校)
ポスター4	慣性質量効果を有する液流ダンパーを付加した 1 層フレーム試験体の 振動台加振試験	○横田陽大(仙台高等専門学校生産システムデザイン工学専攻建築デザイン学コース)、藤田智己(仙台高等専門学校)、畑中友(東北工業大学工学部建築学科)、船木尚己(東北工業大学工学部建築学科)、飯藤将之(仙台高専専門学校)
ポスター5	津軽平野における地震波干渉法解析	○石田早祐美、小菅正裕、前田拓人(弘前大学理工学研究科)
ポスター6	深部低周波地震の発生メカニズム ～波動伝播シミュレーションによる検討～	○春山太一(弘前大学理工学研究科)、小菅正裕(弘前大学理工学研究科)、前田拓人(弘前大学理工学研究科)

<第2会場：3階共-320室>

— 第1部 —

司会：片岡 俊一 先生

平成30年12月22日（土）

6題（13：00～14：30）

八甲田山における積雪水量に関する研究*

八戸工業大学 柿崎志歩
八戸工業大学 佐々木幹夫

1. はじめに

森県を中心にある八甲山には大量の雪がある。山の雪は春 3 月に融け始める。融雪水は地中に浸透して地下水になる。7 月までは、青森県の東西平野の河川は雪解けのために水量が豊富になっている。これらの河川からの水は飲料水として、また灌漑に使用されている。山からの融雪水量を明らかにすることは非常に重要である。積雪水量は明らかになっていない。八甲田山の積雪水量を予測するためには、すべての深度における雪の密度を明らかにする必要がある。残雪からの水が水資源として重要であるため、河川に流入する水の量を明らかにする必要がある。しかし、山に残っている雪の密度や硬度などの雪の特徴は不明な点がある。本研究では、八甲田山における雪質等を観察し、積雪・融雪モデルを用いて積雪水量を予測してみる。

2. 積雪水量の予測

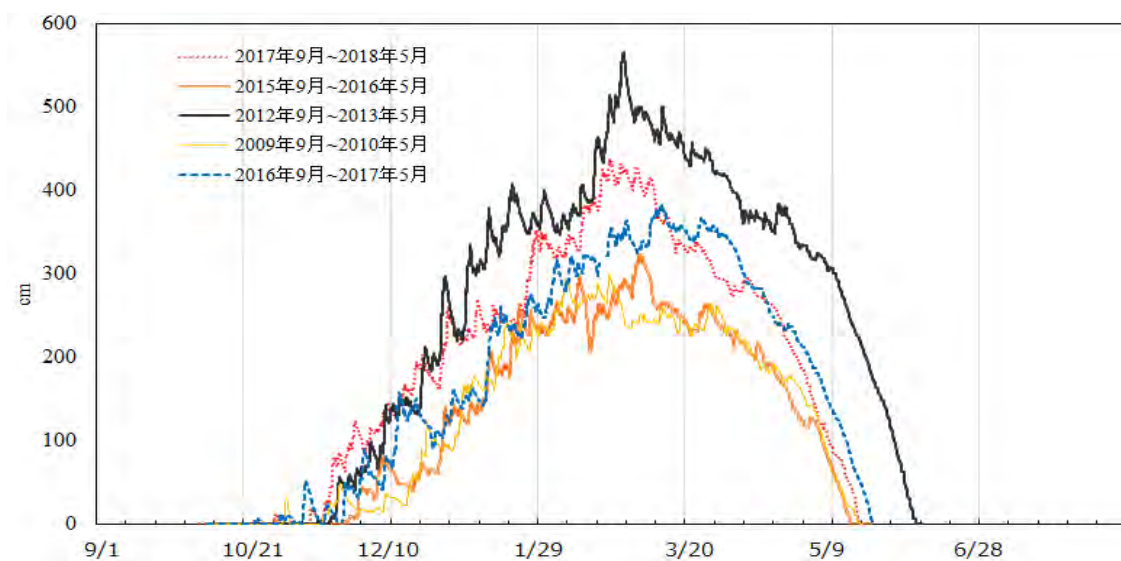


図 1 八甲田山の酸ヶ湯における積雪深

八甲山の酸ヶ湯温泉観測所での積雪深の観測日は、気象庁のホームページに公開されている。八甲山における積雪深の特徴を調べるために、酸ヶ湯の積雪深について検討した。結果を図 1 に示す。2009 年から 2010 年までの積雪深の線に示すように、2009 年 11 月 15 日に雪が積もり始め、2010 年 2 月 18 日から 30 日間、270~290cm の積雪が続く。2 月 21 日に深さ 300cm のピークになった。その後、雪は徐々に減少していった。雪の深さは 5 月 19 日に積雪終了した。次に、2012 年 9 月から 2013 年 5 月までの雪の深さについては、2012 年 11 月 14 日に雪が積もり始めた。2013 年 1 月 19 日から 20 日間、380~400cm の積雪が続く。2 月 26 日に深さ 566cm のピークになった。雪は 2013 年 6 月 5 日に積雪終了した。次に、2015 年 9 月から 2016 年 5 月ま

での雪の深さについて、2015 年 11 月 22 日に雪が積もり始めた。2016 年 1 月 25 日から 15 日間 250～270cm の積雪が続く。3 月 2 日に深さ 323cm のピークになった。雪は 2016 年 5 月 13 日に積雪終了した。次に、2017 年の 9 月から 2018 年の 5 月までの積雪深については、2017 年 11 月 11 日に雪が積もり始めた。2017 年 12 月 30 日から 250 日から 260cm まで、同じ積雪が 15 日間続いた。2 月 21 日に深さ 429cm のピークになった。雪は 2018 年 5 月 19 日に積雪終了した。図 1 に示すように、積雪深の特徴を以下に示す。11 月の初めから 11 月末にかけて雪が積もり始める。雪の深さは、2 月中旬から 3 月初めの間にピークになる。積雪深は 300～700cm に達する。雪は 5 月中旬から 6 月初めにかけて積雪が終了する。

3. 降雪量の結果

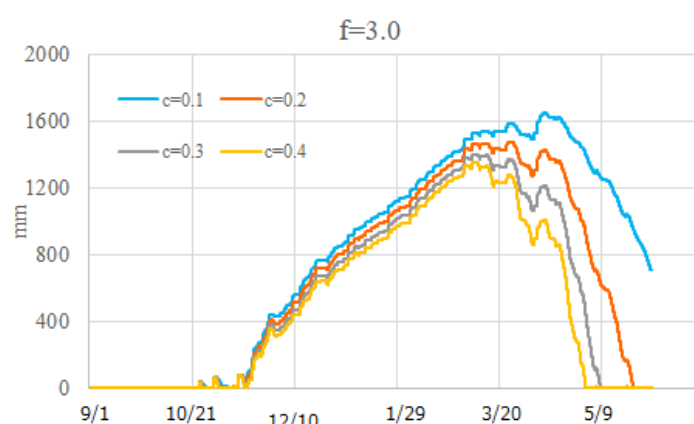


図 2 2018 年の降雪係数 f

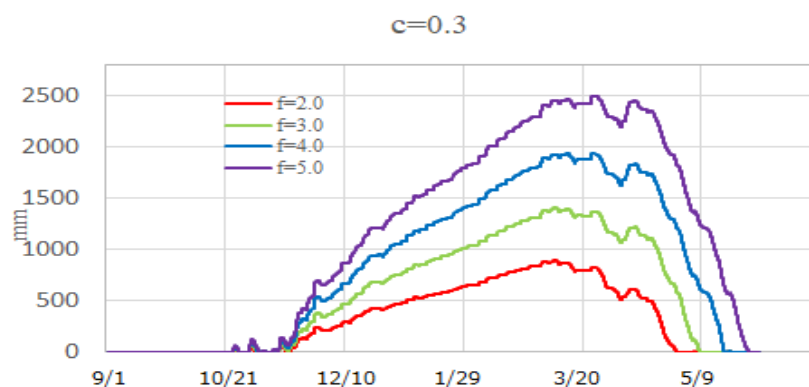


図 3 2018 年の融雪係数 c

図 2 と図 3 はそれぞれ降雪係数 f と融雪係数 c の値を $f=3.0$ 、 $c=0.3$ に固定したときの積雪水量である。 $f=3.0$ に固定したグラフでは、 c の値が大きいくほど融雪量は大きくなるがこれは単位温度当たりの融雪量が多くなるためである。また、図 3 に示すように、 $c=0.3$ に固定したグラフでは f の値が大きければ降雪量が多くなるので積雪は遅くまで残っていることになる。

三沢海岸の長期的な汀線変化の特徴

八戸工業大学工学部土木建築工学科 ○久保田 桃加・葛西美琴・佐々木 幹夫

1. はじめに

三沢漁港の防波堤が建設された後、海岸沿いの北向きへの沿岸漂流は防波堤によって阻止された。その結果、海岸線の顕著な進歩が漁港の南海岸で生じた。そして、厳しい海岸侵食は北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 は堤防を意味している。本研究は、平均汀線（汀線の空間平均）を用いて砂浜の安定化と回復を調査し、三沢海岸の長期的な汀線変化の特徴を明らかにすることを目的としている。

2. 長期的な汀線変化の特徴

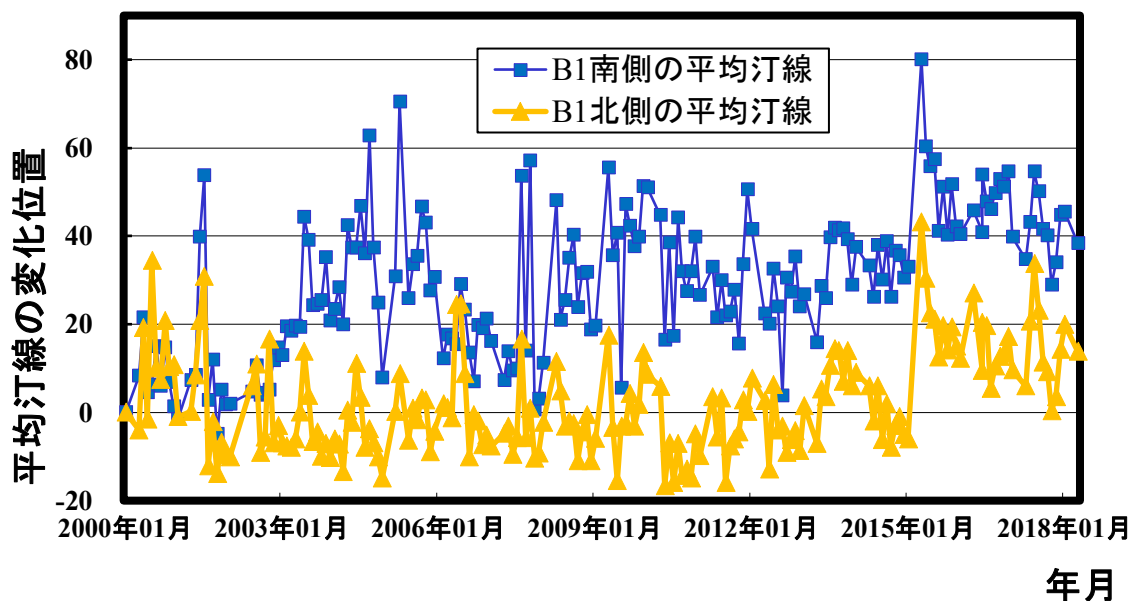


図1 B1HL 南側と B1HL 北側

2.1 B1 ヘッドランド平均汀線の長期地形変動

図1は、B1HLの南北海岸の平均汀線を示している。人口岬の間の海岸に従って平均を取る。図は2000年1月から2018年4月の南北海岸の平均汀線を示している。青色の線は南側海岸の平均汀線を意味し、黄色の線は北側海岸の平均汀線を意味する。B1HL 南側海岸では、2000年1月から2002

年1月まで後退傾向である。2003年1月から2006年1月にかけて前進傾向を示している。2006年1月から2008年1月にかけて後退が見られる。2008年1月から2015年1月にかけて前進と後退を繰り返しており、2015年1月から2018年4月にかけて前進傾向である。

B1HL 北側海岸では、2000年1月から2002年1月にかけて前進傾向である。2002年1月から2015年1月にかけて前進と後退を繰り返しており、同位置にある。2015年1月から2018年4月にかけて前進傾向である。

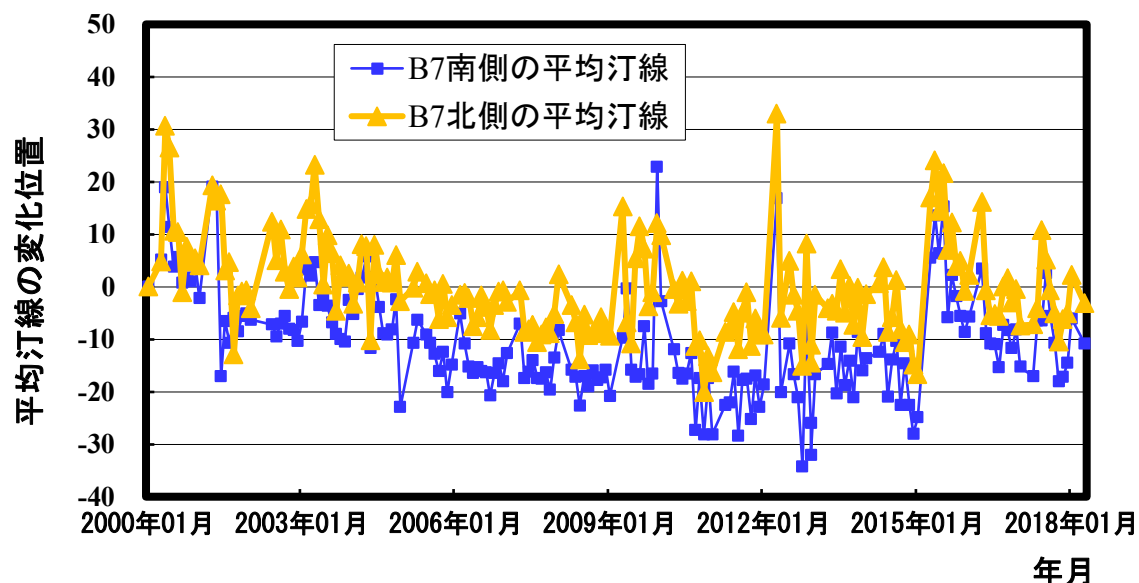


図2 B7HL 南側と B7HL 北側

2.2 B7 ヘッドランド平均汀線の長期地形変動

図2は、B7HLの南北海岸の平均汀線を示している。2000年1月から2018年4月までのB6HLとB7HLの南北海岸の平均汀線を示している。B7HL 南側海岸では、2000年1月から2003年1月にかけて後退しているが、2003年1月から2009年1月にかけて同位置にある。は前進傾向である。2009年1月から2015年1月にかけて前進と後退を繰り返しており、2015年1月から2018年1月にかけて後退傾向となっている。B7HL 北側海岸では、南側と同様に2015年1月から2018年4月にかけて後退傾向が見られる。

3. おわり

平均汀線を用いることにより、三沢海岸では過去には海岸侵食が起きていたが、現在は侵食が止まり、ヘッドランド工の建設により海岸が安定していることを示すことができた。汀線位置を一つずつ見ると、全体として前進しているのか後退しているのかわかりづらいため、平均汀線にすることで長期間の汀線変化が明らかになる。地形変動を見る場合、平均汀線は有効な手法といえる。

三沢海岸 2018 年地形変動特性

八戸工業大学工学部土木建築工学科 ○葛西 美琴・久保田 桃加・佐々木 幹夫

1. はじめに

三沢海岸では、三沢漁港防波堤の建設以来、その北側海岸において侵食が急激に進んでいた。三沢海岸の侵食を防ぎ砂浜を残すための対策としてヘッドランド工法が用いられている。三沢海岸には合計 13 個のヘッドランドが建設されている。ヘッドランドは南から北へ順に B1HL、B2HL、～B13HL と名付けられている。ヘッドランド工周辺の海岸地形を定期的に調査することで、地形変動の傾向を把握でき、海岸の地形変動の特性を明らかにすることができる。また同時に、ヘッドランド工法の効果を確認することが可能となる。本研究では、2018 年 4 月から 1 月までの汀線位置を調べることで地形の変動特性を明らかにしてみる。

2. 現地観測

観測は、GPS、小型パソコンを一枚の板に固定して、B1～B13HL 区間（1.4 km）を汀線に沿って歩き汀線位置を月に 1 度の割合で測定した。気象条件により観測実施日は左右されたがおおむね月 1 回の観測は実施できた。写真 1 は測定時状況を、写真 2 は使用した GPS と小型パソコンを示している。



写真 1 汀線測定風景



写真 2 GPS と小型パソコン

3. 地形変動特性

図 1 は 2000 年 4 月 28 日、2017 年 12 月 24 日、2018 年 5 月 15 日における B1HL～B2HL 間の汀線位置を示している。右側が海で左側が陸となっている。図において点線は、2000 年 4 月 28 日の汀線位置を示し、細線は 2017 年 12 月 24 日の汀線、太線は 2018 年 5 月 15 日の汀線を示している。図より、2000 年 4 月 28 日の汀線と 2018 年 5 月 15 日の汀線を比較すると、B1HL～B2HL 間では

600m~800m 付近では後退が見られ、最大 10m 程の後退が見られる。それ以外の海岸では前進しており、最大で 60m の前進が見られる。B1HL 南側でも前進しており、最大 30m 程の前進が見られる。2017 年 12 月 24 日の汀線と 2018 年 5 月 15 日と比較すると、B1HL~B2HL 間では南側ではほぼ同位置にあり、400m~B2HL で後退しており、最大で 20m の後退が見られる。B1HL~B2HL 間では汀線形状は、円弧状を示し、B1HL 南側間では前進が見られているため、海岸は安定化が進んでいると考えられる。

図 2 は、2004 年 4 月 30 日、2017 年 12 月 24 日、2018 年 5 月 15 日における B10HL~B12HL 間の汀線位置を示す。図より、2004 年 4 月 30 日と 2018 年 5 月 15 日の汀線を比較すると、B10HL~800m 間では最大 30m の前進が見られる。B10HL 北側-800m~600m 間では最大 20m の後退が見られる。B10HL 北側-600m~B11HL 間では最大 35m の前進が見られる。B11HL~B12HL 間では、B11HL 北側 500m 付近で最大 10m の後退が見られる。それ以外の海岸では前進しており、最大 35m の前進が見られる。2017 年 12 月 24 日と、2018 年 5 月 15 日と比較すると、全体的に前進しており、最大 35m の前進が見られる。B11HL~B12HL 間でも全体的に前進しており、最大で 25m の前進が見られる。この海岸でも汀線形状が円弧状となっており安定化してきていることがわかる。

4. おわりに

調査結果より、ヘッドランド周辺の砂の堆積は著しい。ヘッドランド間中央の堆積はわずかであるが、2000 年と比較すると回復している。今年の汀線と過去の汀線を比較すると天候などによって変化はあるが前進していることが分かる。また消波ブロックがあるため測定できないところがあった。残りの月も調査を進め、2018 年の地形変動特性を明らかにしていく。

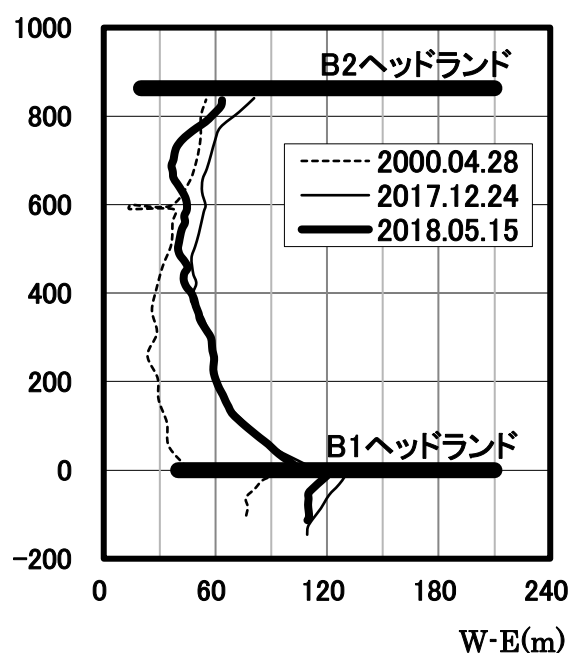


図 1 地形変動特性 2000 年 4 月 28 日、2017 年 12 月 24、2018 年 5 月 15 日における汀線位置

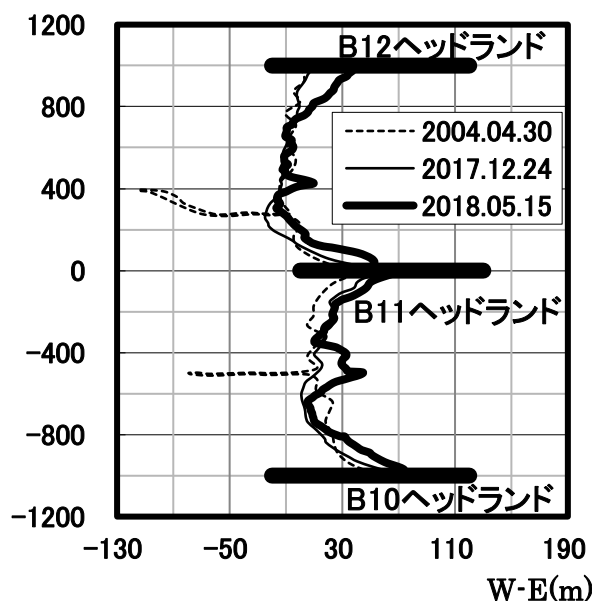


図 2 地形変動特性 2000 年 4 月 30 日、2017 年 12 月 24、2018 年 5 月 15 日における汀線位置

1906 年および 1982 年の秋田県森吉・阿仁の地震による

被害に関する文献調査*

秋田大学 地方創生センター 水田 敏彦
北海道大学（名） 鏡味 洋史

1. はじめに

筆者らは秋田県内に被害を与えた明治以降の被害地震について、当時の地方新聞、郷土出版物、行政資料などの文献調査を進めている。これまで県内の広域に被害を及ぼした 1896 年陸羽地震、1914 年秋田仙北地震および局地的な地震である 1955 年二ツ井地震などについて、被害および分布、震災対応などを順次明らかにしている。一方、これらの地震の他に秋田県内に被害を及ぼした被害地震も数多く知られている^{（例えば 1）}。小論では、これらの中から 1906 年と 1982 年に秋田県森吉・阿仁地域で発生した二つの地震を取上げ、当時の新聞記事から被害の実態、分布を明らかにする。被災地が限られる地震であるが、当該地域のみならず県内の地震防災を考える上の基礎資料として重要であると考えている。

2. 1906 年および 1982 年の秋田県森吉・阿仁の地震と被災域の概要

日本被害地震総覧¹⁾による両地震の諸元を以下に示す。
また、震央の位置を図 1 に示す。

1906 年の地震：1906 年 10 月 12 日、10 時 4 分、秋田県北部、 $\lambda = 140.5^{\circ}$ E, $\phi = 40.0^{\circ}$ N, $M=5.4$, また、同日 9 時 56 分にも同程度の地震（ $\lambda = 140.5^{\circ}$ E, $\phi = 40.0^{\circ}$ N, $M=5.6$ ）があった。被害については、『北秋田郡阿仁合町で石塀の崩壊などの小被害あり』と掲載されている。

1982 年の地震：1982 年 1 月 8 日、5 時 37 分、秋田県中部、 $\lambda = 140.29'$ E, $\phi = 40.1'$ N, $M=5.2$, $h=0$ km, 被害については、『阿仁町で物体の落下、窓ガラスの破損、小学校の校舎の壁や床に亀裂』と掲載されている。

両地震の主な被災域は秋田県森吉町および阿仁町である。秋田県の中央部北側に位置し、森吉町は 1956 年北秋田郡米内沢町と前田村が合併し森吉町となり、阿仁町は 1955 年に阿仁合町と大阿仁村が合併し阿仁町となった。これらの地域は米代川支流の源流部に当たり、阿仁鉾山の金、銀、銅の採掘で栄えた町である。また、積雪は平地部でも 1m を超え、山間部では 2m 以上を記録する豪雪地帯でもある。さらに、2005 年に北秋田郡の森吉町、阿仁町、鷹巣町、合川町の 4 町が合併し、現在は北秋田市の一部となっている。

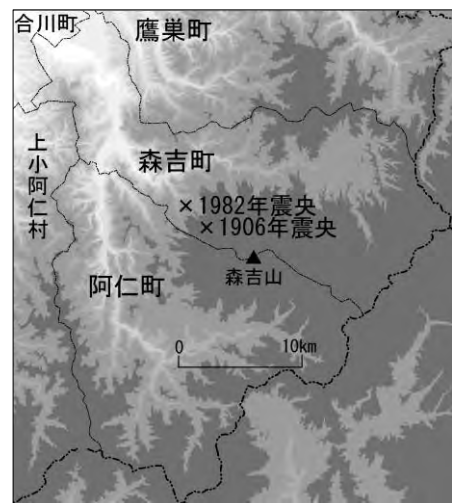


図 1 対象とした地震の震央

*Literature survey of Akita-ken Moriyoshi-Ani earthquakes of 1906 and 1982 by Toshihiko Mizuta and Hiroshi Kagami

3. 新聞記事に掲載の被害のまとめ

1906 年の地震：秋田の代表紙である秋田魁新報のマイクロフィルムを資料とした。地震に関する記事は地震発生翌日の 10 月 13 日と翌 14 日に表れる。被害に関する記事を整理し表 1 に示す。

表 1 1906 年 10 月 12 日の地震被害

秋田魁新報	秋田気象三十年報 ²⁾
波動区域は南は新潟より北は函館に渉り秋田は其震動最も強烈なり 秋田測候所（秋田市牛島）の験測結果 初めの地震：震動の始まりし時刻 12 日午前 9 時 58 分 53 秒、震動の時間 1 分 13 秒、最大水平動 3 耗 3（周期 0.8 秒）、最大上下動 0 耗 3（周期 0.5 秒） 2 回目の地震：震動の始まりし時刻 12 日午前 10 時 4 分 23 秒、震動の時間 1 分 36 秒、最大水平動 5 耗 8（周期 0.7 秒）、最大上下動 1 耗（周期 2 秒） 秋田市：2 回の強震あり 1 回は 2 回より強烈に家屋震動し人々戸外に出づる、時計止り 大曲町：時計止り	明治 29 年 10 月 12 日午前 10 時 4 分 23 秒 中強震部：羽後、陸奥を含み面積 590 方里 弱震部：陸中、陸奥、羽後、渡島を含み陸地面積 1210 方里 羽後北部、陸奥西岸に亘り震動甚だ強く振り子時計は概ね運動停止 北秋田郡阿仁合町：古河鉱業場の石塀崩壊したる等同郡内には多少の被害あり

1982 年の地震：秋田魁新報、能代市をエリアとする北羽新報、被災地域を含む北秋田市をエリアとする秋北新聞と大館・北秋田・鹿角市をエリアとする北鹿新聞のマイクロフィルムを資料とした。地震に関する記事は地震発生の当日の 1 月 8 日付夕刊から 1 月 10 日の紙面まで表れる。被害に関連する記事を整理し表 2 に示す。このほか鉄道被害が大きく報じられており、秋田魁新報に『秋田、羽後本荘、二ツ井の 3 駅の地震計が震度 4 を記録。このため、秋鉄局は奥羽本線の羽後境―追分間と北金岡―鷹巣間、羽越本線の象潟―秋田間、それに男鹿、阿仁合、五能の 3 線で線路に異状がないかを点検した。いずれも同 8 時半までには何らの異状も認められずに復旧したが、この間列車は全面ストップ。ダイヤは大幅に乱れた』ことが報じられている。

表 2 1982 年 1 月 8 日の地震被害

郡名	旧市町村	集落	秋田魁新報	北羽新報	秋北新聞	北鹿新聞
北秋田郡	森吉町		酒店などで酒瓶、窓ガラス破損		松浦商店：壁落下	
		森吉	森吉小：蛍光灯 10 本落下		森吉小：蛍光灯 10 本破損 森吉郵便局：ガラス破損	森吉小：蛍光灯 12 本破損 郵便局：窓ガラス 1 枚破損
	阿仁町		震度 3 ないし 4 町道：小さな亀裂		町道下浜瀬地内のアスファルトが長さ 60 メートルほどにわたって亀裂	下浜瀬地内の町道：長さ 60 メートル、幅 2 メートル裂けた、通行に支障はなかった
		比立内	幸屋渡店舗陳列品落ち、酒瓶やしょうゆ瓶などが割れた			酒店で酒瓶転倒破損被害
		打当				民家突き上げるような揺れ天井落下
		水無	阿仁合小：1 階図書室の床に数本亀裂、給食室の壁ビビ割れ数本、昭和 51 年春完工で鉄筋コンクリート建て町立体育館：壁小規模亀裂		町立体育館：壁亀裂	町立体育館：壁亀裂
		真木	林業研修センター：タイル一部破損 簡易水道：被害十数戸断水		林業研修センター：2 階タイル落下 直木地内簡易水道管破裂 13 戸ほど一時断水	阿仁町林業研修センター：2 階トイレのタイル落下 真木地区簡易水道断水 15 戸の住民
		銀山	山村開発センター：タイル一部破損		開発センター：玄関床タイル 80 枚はがされた 高嶋製材所：工場の床 1.6 メートルにわたって亀裂	開発センター：玄関床タイル 80 枚はがれた 銀山下新町高嶋製材所工場：コンクリート床面長さ 1.6 メートル、深さ 7 センチ亀裂 酒店で酒瓶転倒破損被害
		根子	根子小：2 階教室長さ数十センチの亀裂数本、体育館教室の床小規模亀裂、昭和 42 年建築鉄筋コンクリート建て		根子小：音楽室・女子トイレのコンクリート床亀裂	根子小：2 階の 2 教室コンクリート床亀裂
	鷹巣町		震度 3	震度 3		震度 3
鹿角郡	鹿角市		震度 3 ないし 4			
	能代市			震度 3～2 建物被害なし		
	秋田市		震度 2、蛍光灯は動き、調度品や家具もガタガタ	震度 2		震度 2

4. まとめ

1906 年と 1982 年に秋田県森吉・阿仁で発生した地震について、新聞記事から被害の状況を整理した。明らかにされた主な項目は、1) 1982 年の地震被害は 1906 年に比べてやや大きい、2) 1982 年の地震については建物・道路・水道被害が発生し、鉄道への影響も見られた。

参考文献 1) 宇佐美龍夫ほか 4 名：日本被害地震総覧，東京大学出版会，2013。 2) 秋田測候所：秋田気象三十年報，130pp，1916。

1914 年秋田仙北地震と秋田県師範学校*

北海道大学（名） 鏡味 洋史
秋田大学 地方創生センター 水田 敏彦

1. はじめに

1914 年秋田仙北地震は内陸の秋田県仙北郡を震源とする、 $M=7.1$ の地震で、震央から約 35 km 離れた秋田市内でも負傷 3、全壊 3、半壊 3 の被害を生じた。なかでも秋田鉱山専門学校では 1 年前竣工のレンガ造校舎が大破するなど大きな被害を生じた。筆者らは文献調査を行い、同校の被害の詳細を明らかにした¹⁾。同校は秋田市街地に隣接する田圃の埋立地に新設され、南隣には秋田県師範学校も移転しており、被災している。本論では、秋田県師範学校に着目し 1914 年秋田仙北地震との関わりについて文献調査を行う。

2. 秋田県師範学校の沿革と手形キャンパス

前身は 1873 年創設の伝習学校まで遡り 1886 年に秋田県師範学校として旧藩校の所在地東根小屋町（現：中通）に開校、1909 年女子師範学校を分離し男子校となった秋田師範学校は手形字深田に移転した。1914 年には秋田仙北地震で被災している。1949 年には新制の秋田大学学芸学部（現：教育文化学部）にキャンパスとも継承されている。

3. 文献

秋田仙北地震関係の文献から秋田県師範学校に関わるものを以下に示す。

秋田県簿冊：大正 3 年震災関係書類巻庶務課²⁾：秋田県公文書館に保管されており、その中に秋田県師範学校関係の書類が残されている。被害に関しては集計表の中で秋田県師範学校の被害額は建物 1779 円、書籍器械 229 円、備品 70 円であり、書籍器械、備品等については個別の詳細な調査一覧表がある。3 月 22 日には生徒を震災地に派遣しており、経費の申請、復命書が残されている。

秋田魁新報記事：【3 月 16 日号外 2 面】▲県立学校の薬品 各県立学校の理化学器械薬などの破損夥し又師範中学土蔵に破損又は亀裂せるもの多し【3 月 20 日 3 面】○師範生の視察 師範学校生徒は試験休みを利用して 22 日震災地を視察し尚見学の為土工手伝を為すといふ。

創立 60 年、秋田県師範学校³⁾：記念誌で年表には、大 3.1.15：午前 4 時 58 分強震あり本校も多少の震害を被れり、大 3.8.28：震災復旧工事竣工せり、が掲げられている。卒業生の文集に地震の記載のあるのは「大正 13 年卒業村上善彦：思い出づる儘に」で『卒業の年の 3 月には強首の大地震に見舞はれて、跳飛んで外に出た刹那、鉱山学校の大煙突が折崩れて物凄い光景であった。私は〔中略〕取急ぎ高師入学の旅路に上った。其の時は、未だ線路が曲がって居て徐行して通った位だ。』と体験談を記している。

*The 1914 Akita Senboku earthquake and Akita Prefectural College of Education by Hiroshi Kagami and Toshihiko Mizuta

震災予防調査会報告：大橋良一「大正3年ノ秋田地震ニ就テ」⁴⁾では師範学校の土蔵の内壁に生じた亀裂について写真を用い説明している。

佐々木金一郎「大震の記」：佐々木金一郎は地震当時師範学校3年生で同校の寄宿舎で地震を体験している。同氏は卒業後小学校教諭・校長を歴任し、郷里の田根森（現：横手市）の村長を務め、郷土史家として秋田県史の編さんに関わっている。「大地震の記」では地震の体験談を述べるとともに、地震に関して新聞記事などから学んだことを細かに記録している。畑中康博：「大地震の記」について、では全文の翻刻を示し、日記の構成について議論している。

4. 秋田県師範学校の被災状況

被害は土蔵に亀裂が入る程度であり、詳細は大橋の論文に写真入りで示されている。新聞記事にも取り上げられている。学校の記録では復旧工事が8月28に竣工している。

5. 秋田県師範学校生徒の活動

生徒の被災地派遣は3月22日に実施されており、生徒10名、引率教諭1名、炊夫1名で強首村、布又の震源地方面に2泊3日で出かけている。日記を残している佐々木金一郎はこの行事に参加していないが、別途帰省途中の3月と7月の2回強首方面に同級生とともに出かけ詳細な日記を残している。図1に3月23日の行程、訪問地を示す。

6. まとめ

小論では1914年秋田仙北地震と秋田県師範学校との関わりを文献で追ってみた。建物被害は軽微であったが、生徒の寄宿舎での地震時の様子、被災地への訪問などを知ることができた。

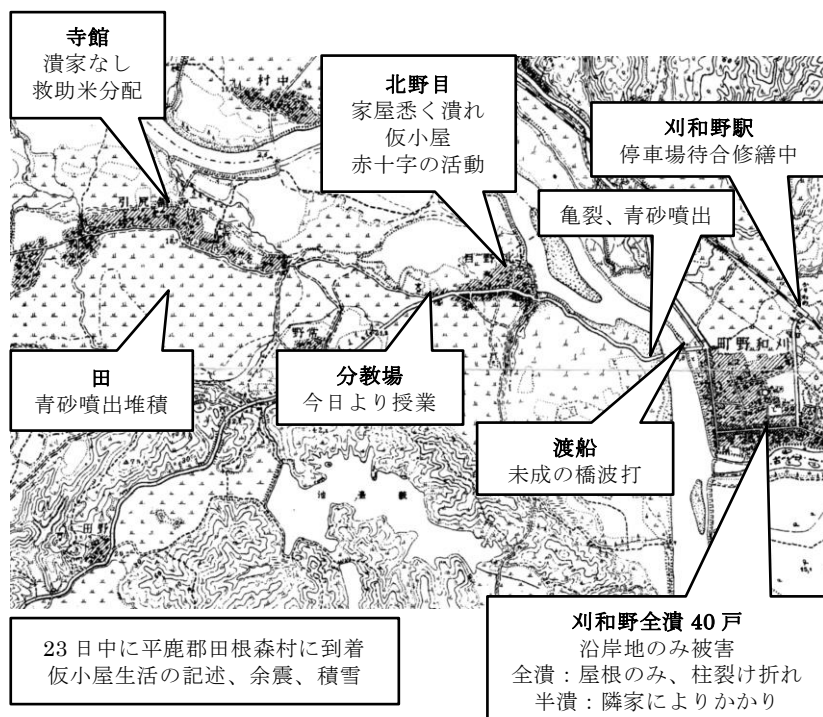


図1 佐々木金一郎による激震地の視察先

文献

- 1) 鏡味洋史・水田敏彦：1914年秋田仙北地震による秋田鉾山専門学校被害の文献調査, 歴史地震, 30, 51-62, 2015.
- 2) 秋田県：大正3年震災関係書類老庶務課, 秋田県公文書館所蔵簿冊, 142pp, 1914.
- 3) 秋田県師範学校：創立60年（秋田県師範学校）, 281pp, 1933.
- 4) 大橋良一：大正3年の秋田地震に就て, 震災予防調査会報告, 82, 37-41, 1915.
- 5) 畑中康弘：「大地震の記」について, 秋田県立博物館研究報告, 37, 51-68, 2012.

災害伝承碑のデジタルアーカイブ化に関する取組みと活用手法の提案

-伊豆半島における取組みを通じて-*

岩手大学地域防災研究センター 熊谷 誠

1. はじめに

三陸地方では、過去の津波災害の様子や警句を伝承する石碑が各地に数多く残っているが、明治三陸津波（1896 年）やそれ以前の津波に関する石碑は建立からすでに百年以上を経過しており、少なからず風化が進んでいる。特に、砂岩や花崗岩などを用いた石碑では風化が著しく進み、現在では、判読が困難となっているものも少なくない。こうした風化などによる可読性の低下については、他地域の石碑でも生じていることが予想され、伊豆半島における元禄関東地震津波の石碑やその他の災害伝承碑についても可読性の低下が懸念される。また、三陸地方では東日本大震災によって所在が明確な石碑のうち約半数が浸水し、中には破損・流失被害を受けたものも少なくない。伊豆半島地域でも今後、東海、東南海地震等の発生が予想されており、これらの津波による石碑の被害・流失が懸念される。そこで、本研究では Sfm（Structure from Motion：三次元形状復元技術）により、風化が進み可読性が低下した碑文を復元するとともに、今後、被災の危険性のある石碑の碑文や三次元データ、位置情報を先行して保存すること、保存した石碑情報の災害学習等での利活用の手段について検討することを目的とした。

2. 調査・研究の方法

本研究では、はじめに伊豆半島地域における災害伝承碑について文献・資料、web ページ等から情報収集を行った。次に、おおよその石碑所在地情報と静岡県が整備する「静岡県 GIS」上に示される「津波」、「液状化」、「土砂災害」のハザード情報を照合し、今後、被災の可能性のある石碑を特定し現地調査を行った。現地調査では、碑文情報、サイズデータ、位置情報の収集と 3D データ作成に必要な底部を除く全面からの写真撮影を行った。最後に現地調査で収集した情報と撮影した写真をもとに、内山ほか（2014）による手法（Sfm ソフトウェア Agisoft Photo scan による 3D モデルデータの作成）を用いて、石碑の三次元データを作成するとともに、災害伝承碑が持つ情報の災害学習等での利用を想定しながら、デジタルアーカイブとしての形式についても検討、試作した。

3. 文献・資料調査と現地調査

既存の調査資料・各種文献の調査から伊豆半島内で 44 基の石碑情報が収集された。これらの情報をもとに、2016 年 10 月～2017 年 2 月の期間に 2 回の現地調査を行った結果、31 基の石碑の所在地を特定することができた。また、これら 31 基の石碑について「静岡県 GIS」に搭載されているハザード情報の範囲と照合したところ、22 基の石碑に「津波」、「液状化」、「土砂災害」

*Research Center for Regional Disaster Management by Makoto Kumagai

のうち少なくともいずれか一つの災害での被災可能性があることが明らかになった。

4. 石碑・デジタルアーカイブデータの検討・作成

現地調査で得られた石碑情報と「静岡県 GIS」上で得られた石碑の被災リスクの情報を併せて以下の図 1 に示す石碑のデジタルアーカイブデータを作成し、前後左右および上面から撮影が可能だった石碑のうち一部のものには、図 2 に示すような 3D 立体データを搭載した。データの様式には表 1 に示す項目を搭載し、碑文情報等のほかに位置情報を用いて「静岡県 GIS」上に QR コードからアクセスし、石碑位置のほか周辺情報を閲覧できるページも構築した。

表 1. アーカイブの搭載項目

項目	備考
名称	
座標	緯度、経度
対象災害	
建立場所	
設置時期	
移設履歴	
サイズ	タテ・ヨコ・奥行
想定リスク	土砂災害、津波、液状化
状態	良好・判読可・判読困難 etc
碑文の内容	災害概要・被害・復興・教訓 etc
位置図	静岡県GIS画像及びQRコード
石碑写真	全体、遠景
碑文の翻刻	
災害リスクマップ	土砂災害、津波、液状化を対象
参考文献	



図 1. アーカイブの様式

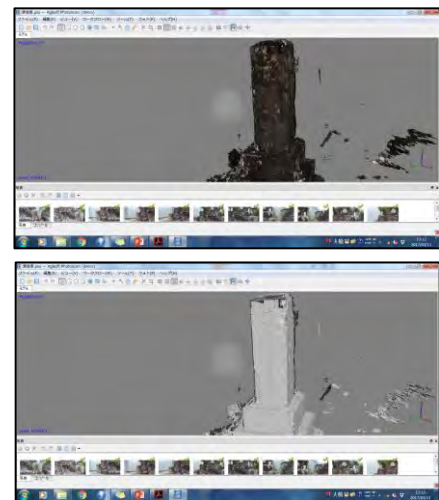


図 2. 石碑 3D データ

5. 伊豆半島ジオパークガイドによる災害伝承碑のデジタルアーカイブ利活用の検討

本研究は、伊豆半島ジオパーク推進協議会から学術研究助成を受けて行ったものであるが、いずれの研究成果も伊豆半島地域のジオパーク活動での利活用が期待されている。そこで、本研究は災害伝承碑のデジタルアーカイブの利活用についても検討するため、伊豆半島ジオパークの現地案内や情報発信を務めるガイドの協力を得て、ガイドが災害伝承碑やその周辺の現地案内を行う際のガイド支援するツールとしての使いやすさ、分かりやすさなどの向上を目指して検討を重ねているところである。将来的には、これらの手法を三陸地域で流失を免れた津波伝承碑等にも適用し、津波防災に資するコンテンツの一つとして整備できないかと考えている。

6. 参考文献

羽鳥（1975）「地震研究所彙報 vol.50」 pp385-395、武村（2014）「歴史地震」第 29 号 17-32、伊東市教育委員会「新指定の市指定文化財元禄地震津波供養塔」、静岡県 HP「砂防関係の石碑」

<第2会場：3階共-320室>

— 第2部 —

司会：水田 敏彦先生

平成30年12月23日（日）

7題（10：00～11：45）

文化元年（1804）象潟地震の震源像*

海洋研究開発機構	今井健太郎
東北大学災害科学国際研究所	岡田 真介
東北大学災害科学国際研究所	蝦名 裕一
防災科学技術研究所	高橋 成実
深田地質研究所	都司 喜宣

1. はじめに

1804 年 7 月 10 日に象潟沖で発生したと考えられる地震により、秋田県本荘から山形県酒田の間に甚大な震害をもたらした。津波被害も局所的に甚大であった。さらに、景勝地である象潟湖はこの地震により陸地と化した。平野・他（1979）は、史料や地形学的根拠に基づいて象潟湖の湖岸線や旧海岸線などの古地理を復元し、本地震による地殻変動の様相を明らかにした。羽鳥（1986）は、震度分布や津波高分布を史料に基づいて明らかにし、本地震の波源域の推定を行った。ただし、いずれの既往研究においても本地震の断層モデルを検討するまでには至っていないのが現状である。本研究では、既往研究で言及されてきた地殻変動量分布および津波高分布や最新の詳細 DEM データによる旧湖岸線や旧汀線を基準海面とした場合の地盤隆起量を説明するための断層モデルについて検討する。

2. 本地震による地殻変動量・津波痕跡高分布

本地震の断層モデルの推定を行うための地殻変動量データは、平野・他（1979）による地殻変動量分布と国土地理院による空間分解能 1 m の精細 DEM における旧湖岸線および旧汀線の標高値を利用した。DEM については T.P.基準のため、男鹿と鼠ヶ関の平均海面を利用して象潟沿岸の平均海面（ $\approx$ T.P. +0.24 m）となるように補正を行った。

津波痕跡高は芹田・三森、酒田および宮ノ浦（都司・他，2015）と関（蝦名・他，2017）の値を利用した。本地震において、際立って高い津波となった地点は 2 ヶ所あり、ひとつは象潟南部の集落である関村である。金浦年代記には“下居堂迄一面水となり...”という記述がある。関の津波高は下居堂近傍の奈曾川土手の地盤標高を基準として 7 m 程度と推定されている（蝦名・他，2017）。もうひとつは、象潟から 35 km ほど南に位置する酒田市宮野ノ浦であり、瀧澤八郎兵衛日記には“宮ノ浦は一軒も無御座津浪にて海中へ引かれ申候...”とあり、当該集落が全流失したと解釈できる。宮野浦の津波高は集落中心地盤標高（ $\approx$ 3.0 m）と江戸期家屋の被害関数を利用し、全流失となる浸水深に基づいて 6 m と推定されている（都司・他，2015）。

3. 解析方法

本解析では、以下の項目を踏まえて断層面の設定を行った。象潟沖の地下構造に関する反射断面（産業技術総合研究所による）には、背斜構造の左端に発達する東傾斜の逆断層を読み取ることができ、断層の空間連続性を同定することができる。一方で、陸域に断層崖を確認する

*Source estimation for the 1804 Kisakata earthquake by Imai et al.

ことができないことから、平野・他（1979）の解釈と同じく海岸線近傍に走向を持つ断層面を仮定した。また、旧湖湖岸線の東西方向の比高は若干ではあるが西側よりも東側の方が低い傾向にあることから、海域に断層の浅部先端を持つ東傾斜の断層を仮定した。反射断面の連続性、地殻変動分布や津波の影響範囲を考慮し、象潟湖を中心として断層長さを 25 km、日本海の海洋地殻の厚さを考慮して断層幅は 10 km、深さは 1 km とした。

津波痕跡高分布と計算津波高（線形長波理論、空間格子間隔 50 m、時間間隔 0.2 s）の分布傾向と相似となる断層の中心位置、走向と傾斜角について感度解析を行った。この結果から、断層の中心位置は象潟湖中心から西に 2 km 沖、走向は N10～20°E、傾斜角は 60～70°とした。本地震を 1 枚断層とした場合、地殻変動分布と津波高分布の両者をうまく説明することができなかった。そのため、断層位置、走向や傾斜角はそのままに、断層長さ方向に 5 分割した小断層による地殻変動量および津波高分布を説明するための断層モデルを SA アルゴリズム（Kirkpatrick et al., 1983）を用いて推定した。地殻変動量や津波痕跡高には誤差に基づくばらつきを一様乱数で考慮し、10,000 回の試行を行い、各小断層のすべり量を評価した。

4. 解析結果と残された課題

図 1 に象潟地震の地殻変動量と津波高を説明する断層モデル、とそれによる地殻変動量分布を示す。図 2 には旧象潟湖の復元状況を示しており、詳細 DEM による現況地形から本解析モデルによる隆起量を差し引いたものになる。図から旧汀線や旧湖岸線をおおむね復元していることがわかる。本解析による推定断層モデルの平均すべり量は 7.3 m、その規模は Mw7.1 となった。一般的な活断層の地震規模に対して大きなすべり量となった。

今後は、さらなる史料精査、地震動の影響範囲や余効変動の影響を含めて、本地震を解釈していく必要がある。

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 16H03146 の助成を受けて実施しました。ここに記して謝意を表します。

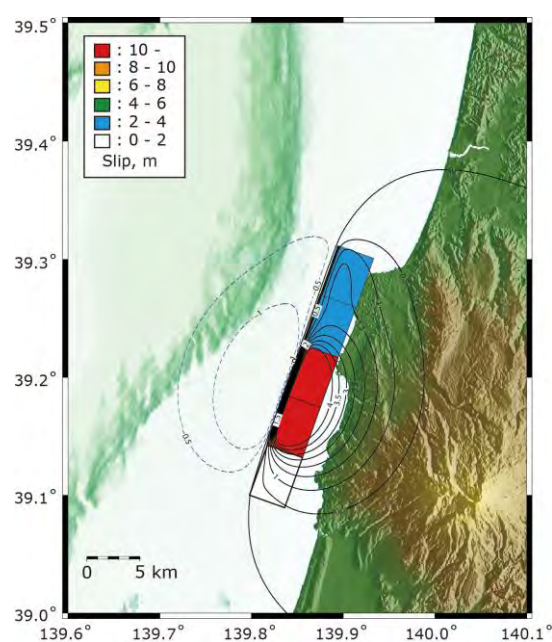


図 1 象潟地震の地殻変動量と津波高を説明する断層モデル。コンターは実線が隆起、点線が沈降を示し、その間隔は 0.5 m である。

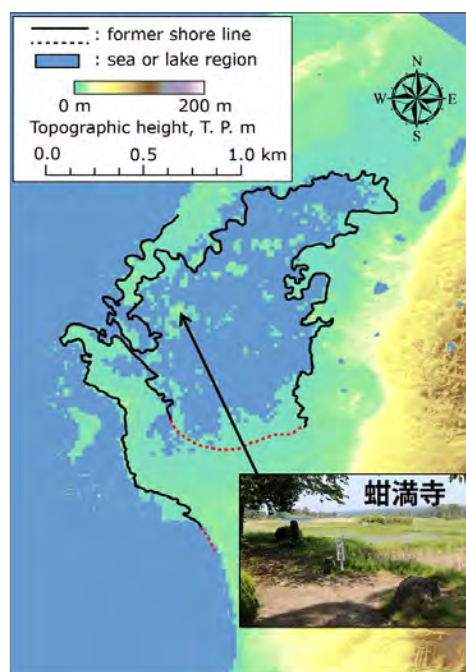


図 2 本断層モデルによる象潟湖の復元。実線および点線は平野・他（1979）による旧象潟湖の湖岸線および旧汀線を示す。なお、蛸満寺周辺は地震前も陸域であった。

津軽平野南部の地震時卓越振動数*

弘前大学 片岡俊一

1. はじめに

観測される地震動は、地下構造の影響を受けることから、精緻な地震動予測の為には、適切に地下構造の影響を組み込む必要がある。地下構造を知るためには物理探査が直接的ではあるが、地震動そのものの分析も必要不可欠であろう。そこで、我々は震度の差を地震動増幅の一つと捉え、津軽平野南部における強震観測点の平均 S 波速度と観測される震度との関係を調べてみた。その結果、距離減衰が無視できるとすると、両者の対応関係が良いことを明らかにしている¹⁾。

この地域は、強震動が観測される機会は少ないが、最近の地震記録を見ると、地震の規模が小さいにも拘わらず低振動数成分に卓越が見られるものがある。この卓越は比較的深い地下構造の影響と思われ、前述のような表層の平均 S 波速度で評価できるものではない。そこで、低振動数の卓越振動数について地震動および微動の分析を行ってみた。

2. K-NET 弘前における地震動

2011 年東北地方太平洋沖地震以降、秋田県北部から青森県南部で浅い地震がそれ以前に比べると活発に発生している。そこで、このような地震の際の K-NET 弘前 (AOM016) における記録を集めて、周波数特性を検討してみた。対応する地震の震央分布を K-NET 弘前の位置とともに図-1 に示す。取り上げた 5 つの地震のマグニチュードは 4.2~5.0、震央距離は 38km~71km であるので、K-NET 弘前における震度は、地図上で 1 とした秋田県内陸北部の地震

(M:5.0) による 3 が最大で、それ以外の地震による震度は 1 又は 2 である。

記録を積分し、速度成分で低振動数の卓越を確認し、記録の後半部分約 40 秒についてフーリエスペクトルを

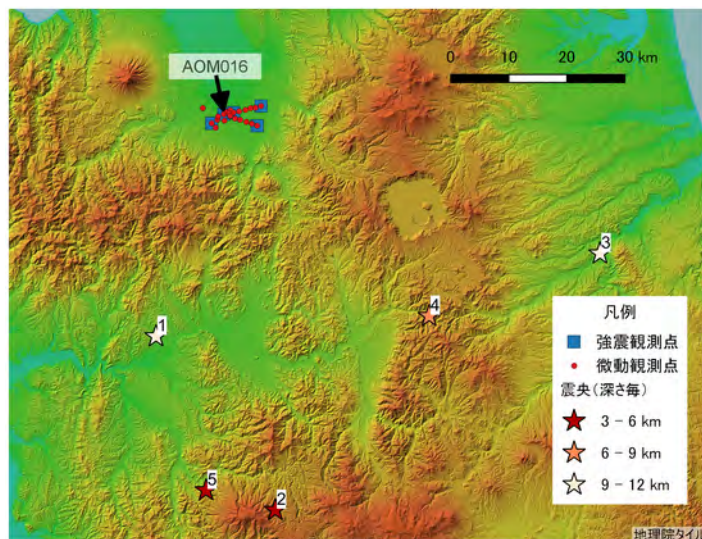


図 1 対象地震の震央位置と AOM016 の位置

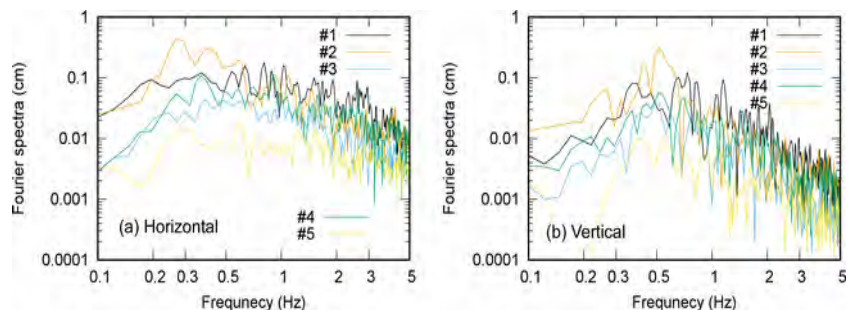


図 2 K-NET 弘前で観測された地震動のフーリエスペクトル

* Predominant frequencies during earthquakes observed in southern part of Tsugaru plain by Shunichi Kataoka

求めた。その結果を図-2に示すが、水平動では殆どの地震で0.3Hz程度の成分が、上下動では0.5Hz付近に卓越が見られる。

3. 微動の卓越振動数

K-NET 弘前で観測された低振動数の卓越が津軽平野南部の他の観測点で見られるかを確認したところ、K-NET 弘前から東に6kmほど離れた「平川市柏木町震度観測点」、「平川市猿賀観測点」における同一地震の記録にはK-NET 弘前のように低振動数の卓越が見られないことが分かった。そこで、常時微動の卓越振動数の空間分布を確認してみた。

用いた微動計は東京測振社製のCV-374AVである。これを最低30分間観測点に設置し、微動を収録した。10分間のデータ毎に平滑化したパワースペクトルを求め、さらにその平均による水平動と上下動との比（以下、H/V スペクトル）を求めた。水平2成分は最後まで独立に扱ったが、図-4にはその平均値のピーク振動数とその大きさの空間分布を示す。図から、対象範囲の西部ではK-NET 地点と同様な振動数特性であり、0.2Hzから0.3Hzの範囲に明瞭なピークがあるが、東部では低振動数の卓越が見られないことが分かる。

4. まとめ

津軽平野の南側で起きた複数の浅い地震によるK-NET 弘前における地震動記録には、低振動数に卓越が見られた。一方、津軽平野南東部の観測記録ではそのようなものは見られなかった。微動と比較しても同様であり、この間で地下構造が変化していることが示唆される。

謝辞

本報告は、弘前大学理工学部地球環境学科を卒業した小野寺一駿君（平成28年度）、山内大樹君の卒業研究を整理してまとめたものである。記して謝意を示す。

参考文献

1) 片岡：弘前周辺の強震観測点における震度と平均S波速度との関係、日本地震工学会・大会—2017梗概集、P4-9.pdf.

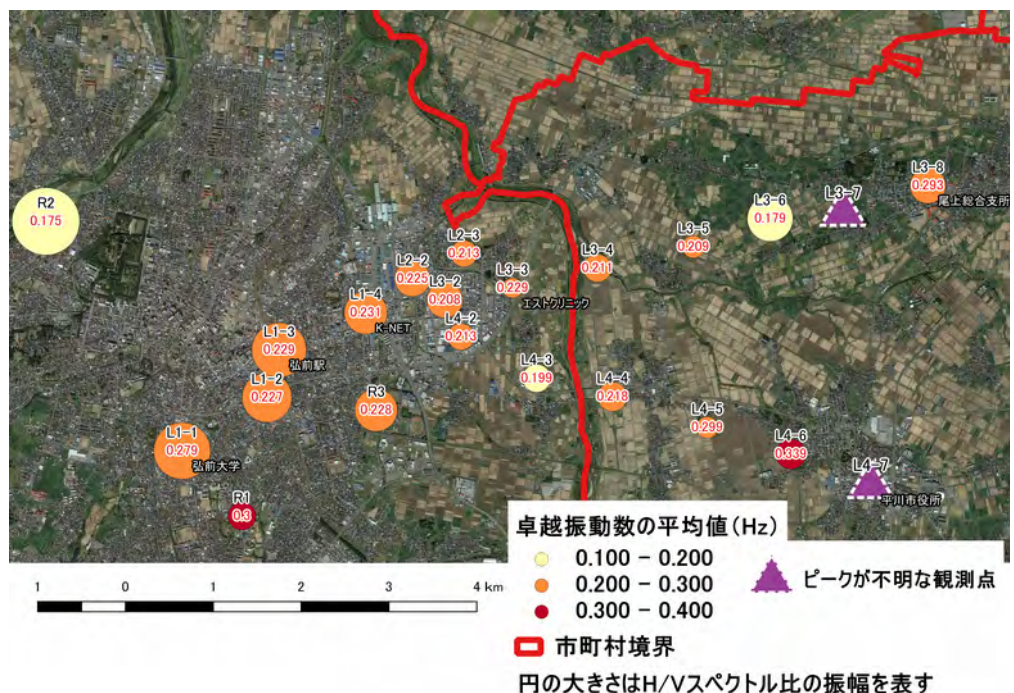


図3 津軽平野南部の微動の卓越振動数（低振動数に着目）

地殻浅部での低周波地震活動*

弘前大学大学院理工学研究科 小菅 正裕

1. はじめに

通常の微小地震よりも有意に低い数 Hz の波が卓越する地震を低周波微小地震と呼ぶ(以下、低周波地震と略記)。低周波地震の多くは 20 km よりも深部で発生することから、高温で物質が柔らかく脆性破壊を起こすことができない領域で発生する地震と考えられている。一方、それ以浅の地殻浅部において発生する低周波地震も一定数存在し、それらに対しては上記の解釈は成り立たない。従って、地殻浅部低周波地震の活動状況を知ることは、地殻内での断層運動の発生条件は何かを理解する上でも重要である。しかし、浅部の低周波地震に対しては気象庁地震カタログで低周波地震のフラグ付けがなされておらず、活動の実態は不明である。そこで本研究では、地殻浅部において通常の地震と低周波地震の両方が発生している地域において、地震波の周波数成分の割合を示す Frequency Index (以下、FI 値と述べる) を用いて地震の分類を行い、地殻浅部における低周波地震活動の特徴を把握することを目的とする。

2. 方法とデータ

FI 値は $FI = \log A_H/A_L$ で定義される。ここで A_H と A_L は高周波および低周波帯域における平均スペクトル振幅である。両帯域でのスペクトル振幅が等しければ FI 値は 0、低周波のスペクトル振幅の方が大きければマイナスの値をとる。本研究では、高周波帯域は 10–20 Hz、低周波帯域は 2–4 Hz を用いた。高周波帯域は通常の微小地震において卓越する周波数、低周波帯域は東北日本の低周波地震において卓越する周波数に対応する。

FI 値を用いた地震の分類は、北海道の函館の東部に位置する活火山である恵山付近で発生している低周波群、およびその西方の深さ 10–15 km において発生している高周波および低周波地震を対象に行なった。FI 値の算出は、防災科学技術研究所 Hi-net のホームページからダウンロードしたイベント波形データに対して行った。

3. FI 値の頻度分布と地震の分類

FI 値は、-1.2 に大きなモード、+0.1 に小さなモードを持つ bimodal な分布をしている。FI 値がほとんどマイナスの値をもつのは、算出の対象とした地震の中に高周波の地震が少数であったことを反映している。地震の分類は

- (1) FI 値が -0.4 未満を低周波地震、それ以上を高周波地震とする。
- (2) FI 値が -0.8 未満を低周波地震、-0.2 以上を高周波地震、その中間をハイブリッド地震とする。の 2 通りで行った。(1)の基準は FI 値の分布形状から、(2)の基準は(1)で低周波とした地震の波形中に高周波成分も含まれている場合があることから設定した。

*Seismic activity of shallow low-frequency earthquakes by Masahiro Kosuga

4. 地殻浅部低周波地震の空間分布

(1)の基準による分類では、低周波地震は恵山の南西の汐首岬付近の深さ 20~32 km に大きなクラスター、それよりも 10 km 程度西方の石崎地区の深さ 10~15 km に小さなクラスターを形成している。高周波地震は、大きなクラスター内に数個、および小さなクラスターに隣接して分布している。後者は、高周波地震と低周波地震を含んだ 1 つのクラスター内で東部は低周波、西部は高周波と、地理的に明瞭に区分される。気象庁カタログではこのクラスター内に高周波地震と低周波地震が混在しているので、FI 値を用いることで高周波地震と低周波地震の空間的棲み分けが明瞭になった。

(2)の基準による分類では、大きなクラスター内においては、(1)では高周波と分類された地震がハイブリッド型に、小さなクラスター内においては、浅部の地震がハイブリッド型に分類された。すなわち、小さなクラスター内では浅部がハイブリッド型、それよりも深部の東部は低周波、西部は高周波と、3つのタイプの地震が棲み分けて発生していることが明らかになった。

FI 値を用いた地震の分類は、閾値を決めれば客観的に行うことができ、験測者の主観に左右されることがないので、地震活動の検討には有用なツールとなる。2013 年から 2014 年にかけて、本研究の対象地域も含めて地震観測網 AS-net が整備された。そのデータの解析から、ここで取り上げた小さなクラスターよりも浅部（深さ 5 km 前後）において、低周波地震が発生していることが確認された（野口・他，2018）。今後は AS-net のデータも含めた地震活動解析を行う。

5. まとめと今後の展望

本研究では、北海道の恵山周辺で発生した地震の波形記録から FI 値を算出して地震の分類を行い、低周波、高周波、および両者のハイブリッドの地震が空間的に棲み分けていることを明らかにした。FI 値は簡便に求めることができ、地震の分類が客観的に行えるので、分類に基づいた地震活動解析には有用なツールである。

今後は、AS-net のデータを用いた解析や、地殻浅部の高周波地震から地殻下部の低周波地震まで連続した震源分布を示す北海道の雌阿寒岳、深さ 10 km 前後に低周波地震と高周波地震が分布している岩手山や北海道の羊蹄山地域などでの解析を進める。

謝辞

本研究では、防災科学技術研究所 Hi-net 及び気象庁観測点での波形記録、気象庁一元化処理の震源要素と験測値を使用した。関係諸機関に感謝いたします。

福島県の広帯域リニアアレイで観測された

常時微動の地震波干渉法解析—南北測線における解析—

岩手大学工学部 起田賢親

岩手大学理工学部 山本英和 齊藤剛

1. はじめに

福島県の直下で発生するスーパースラブ地震(例えば, Uchida et al, 2010)と呼ばれる地震の発生メカニズムを解明するため, 2012 年度から(公財)地震予知総合研究振興会は広帯域地震計アレイを設置し, 2014 年までは東西測線 (10 台), 2014 年から 2015 年までは南北測線 (4 台) において, 地震・微動観測を行ってきた。本研究では南北測線の 4 点の観測点データに加え, 観測点周辺の Hi-net, F-net の観測点間で Radial 成, Transverse 成分, Vertical 成分の一ヶ月間重合相互相関関数を算出した。得られた一ヶ月重合相互相関関数から群速度の推定を行った。

2. 広域リニアアレイ観測

南北測線の広帯域リニアアレイ観測は地震予知総合研究振興会により 2014 年 9 月から 2015 年 4 月まで実施された。観測点を図 1 に示す。F-net 観測点である広野(N.HROF)を NS-1 とし, 振興会の観測点を北から順に 2, 3, 4, 5, としている。センサーには固有周期 120 秒 3 成分速度計 (Trillium Compact) を使用し, 収録にはデータロガー LS8800 を使用した。サンプリング周波数 100Hz で観測点ごと独立に連続測定された。周辺の観測点として相互相関関数算定に利用した F-net の N.YMZF および Hi-net の N.IWWH 観測点も図 1 に示す。

3. 一ヶ月重合相互相関関数の算定

観測点データ, Hi-net のデータはともに 100Hz で観測が行われているが, 計算の負荷を減らすために波形データを 20Hz にリサンプリングした。また, ノイズの影響の軽減と周波数範囲の規格化を目的とした前処理として, 時間幅 1 秒の時間規格化, 二値化, スペクトルホワイトニングを Radial,

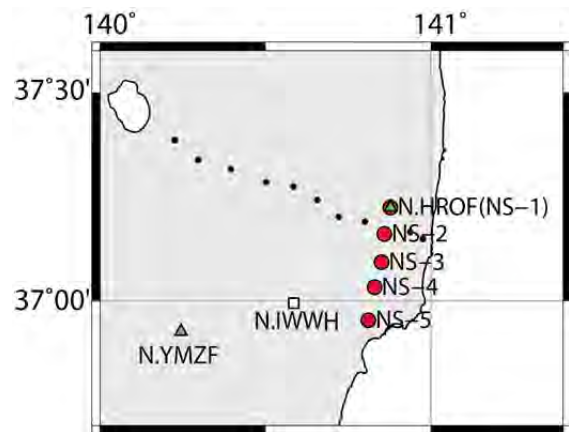


図 1 観測点位置

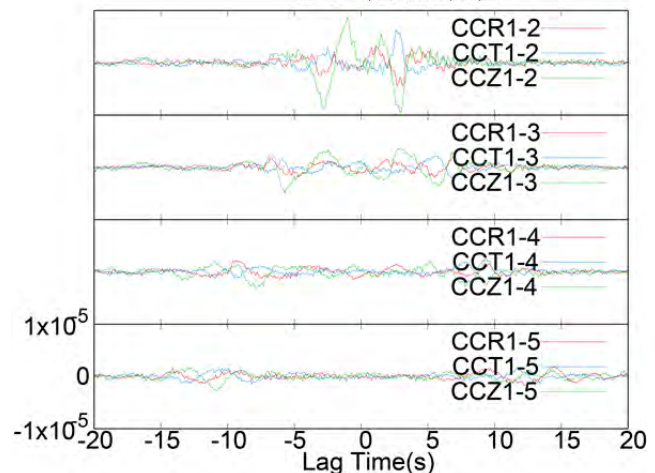


図 2 NS-1(N.HROF)から各観測点への
1 カ月重合相互相関関数

Transverse, Vertical 成分の微動に対して行った（例えば, Bensen et al., 2007）。前処理を行った波形に対し FFT 処理によりクロススペクトルを算出し、逆フーリエ変換により相互相関関数を計算した。基本区間 15 分の相互相関関数を平均して一時間重合相互相関関数として算出した。重合する期間が長いほどノイズが小さく、特徴的な位相を確認することができる為、群速度の算定には一ヶ月重合した相互相関関数を用いるものとした。図 2 に NS-1 と各観測点間の相互相関関数を計算した結果を示す。距離が短い 1-2 間では位相がはっきりと現れ、距離が長くなる程位相が小さく、遅れ時間が長くなる様子が確認できた。

図 3 に測線上の各測点間の相互相関関数を示す。1-2 間、2-3 間、3-4 間ははっきりと位相が見て取れるが、4-5 間では位相がはっきりしていない。そのため、4-5 間で速度構造の変化が示唆される。

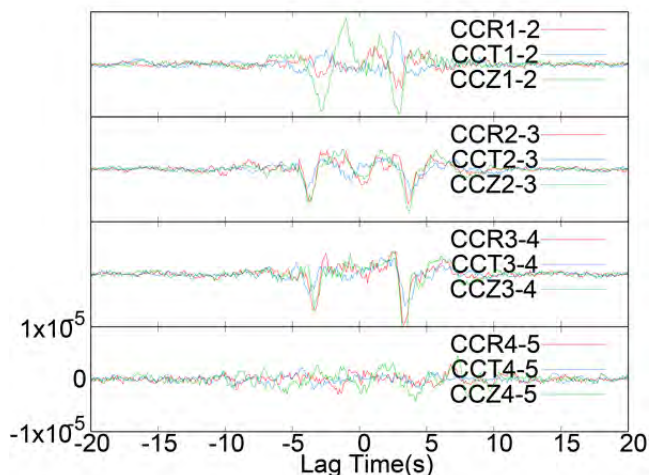


図 3 南北測線上の各測点間の
一ヶ月重合相互相関関数

4. 群速度の算定

相互相関関数に対し、マルチプルフィルタ解析 (Dziewonsky et al., 1969) を行うことで周波数ごとの群速度を算出した。図 4 に観測点 ns-002 と ns-003 の 2015 年 1 月の ZZ の相互相関関数から計算した群速度分散曲線と周波数ごとの SN 比を示す。SN 比が 10 を超え始める 0.2Hz から 0.4Hz で正と負の方向で群速度が異なっているが、それ以上の周波数帯では約 2.1km/s 程度ではほぼ同じ値である。同時に算出した SN 比から、SN 比 10 以上の群速度が信頼できるものと考えられる。

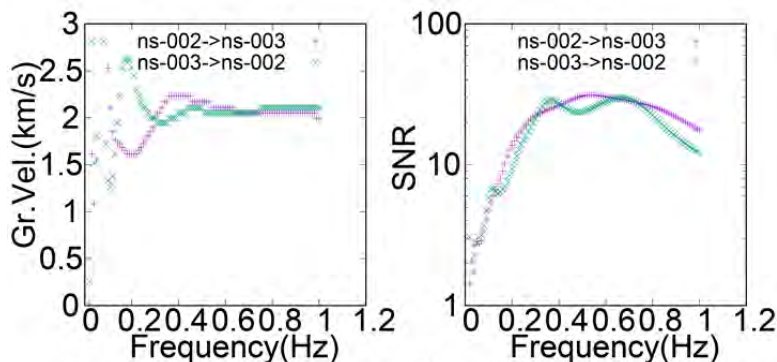


図 4 2015/01 の NS-2, NS-3 間の群速度(左)と SN 比

謝辞

（公財）地震予知総合研究振興会からデータを提供していただいた。（国研）防災科学技術研究所から F-net, Hi-net のデータを提供していただいた。一部の図面の作成には GMT(Wessel and Smith, 1998)を使用した。記して謝意を表する。

参考文献

- 山本ほか (2016), 東北地域災害科学, 第 52 巻, pp.263-268.
 Bensen, G.D., et al. (2007), Geophys. J. Int., 169, 1239-1260.
 Dziewonski, A., et al. (1969), Bull. Seism. Seism. Soc. Am., 59, 427-444.
 Uchida, N., et al. (2010), J. Geophys. Res., Vol. 115, B09308, doi:10.1029/2009JB006797.
 Wessel, P. and W. H. F. Smith (1998), EOS Trans. AGU, 79, 579.

岩手大学で観測された短周期微動の地震波干渉法解析による 群速度の推定*

岩手大学工学部 ○佐々木恵太

岩手大学理工学部 山本英和 齊藤剛

1. はじめに

地震時の揺れやすさを評価するために、地盤の S 波速度構造を把握することが重要である。これらの探査には、表面波の位相速度から地下構造を求める手法の微動アレイ探査がよく用いられる。しかし、この手法では、解が 1 つに求まらない可能性がある。よって、より多くの地下構造の情報があることが望ましい。そこで、最近では、別の手法である地震波干渉法によって、群速度の分散曲線を得ることで、地盤の S 波速度構造の情報量を増やすことを試みられ始めている。岩手大学内では、過去に、山本ほか(2017)で、岩手大学内のグラウンドにおいて 100m のリニアアレイを用いて微動観測を行った。より深部の情報を得るためには、100m より長い測線間隔が必要とされる。かつ、より長時間の微動データの重合が必要である可能性がある。そこで、本研究では、数百 m 離して微動計を配置し、1 ヶ月程度という比較的長い時間の微動観測を実施し、解析をした。

2. 微動観測

図 1 に岩手大学内での観測地点を示す。数百 m 間隔で 3 成分微動計を 5 台設置した。使用した微動計はレナーツ・エレクトロニクス社製の固有周期 5 秒三成分速度計 Lennartz LE-3D/5s である。データロガーは、白山工業株式会社の LS-8800 を用いた。サンプリングは 100Hz とした。本観測は 2018 年 8 月 8 日から 2018 年 10 月 3 日に実施した。解析はデータロガーに不具合が生じた以外の、のべ 33 日分を使用した。



図 1 微動観測地点

3. 重合相互相関解析

基本解析区間を 81.92 秒とし、FFT によるスペクトル解析により相互相関関数を計算する。EW, NS 成分から、radial, transverse 成分を座標回転し、Bensen et al. (2007) の解析方法に基づき、観測された微動に対して周波数規格化、二値化をおこなう。radial, transverse, UD 成分に対して相互相関関数を計算し、重合した。図 2 に全組み合わせの相互相関関数を距離ごとに示す。transverse 方向が radial 方向、UD 方向に比べて、同一距離におけるラグタイムが長いことが分かる。また、今回は、33 日間のものを重合し、群速度の推定を行った。

*Estimation of group velocity by seismic interferometry analysis of short period microtremors observed at Iwate University by K.Sasaki, H.Yamamoto and T.Saito

4. 群速度の推定

Dziewonski et al. (1969) のマルチプルフィルター解析を行い、群速度の推定を行った。例として、観測点 No.1 と No.2 の重合相互相関から推定された群速度を図 3 に示す。plus が No.1 から No.2 方向、minus が No.2 から No.1 方向である。また、青の点線は、山本(2000)による S 波速度モデル(図 4)から計算した群速度を表している。過去の山本(2000)では、100m 未満程度の微動アレイ探査により、群速度を推定したが、今回得られた群速度の方が 2~3Hz の周波数帯で低速度となっている。今回の 200~300m 程度の長い測線間隔、かつ長時間の観測では低い周波数帯の連続性の高い分散曲線を得ることができた。このことから、従来よりも深部の情報を修正しなければならないことを示唆している。

参考文献

Bensen, G.D. et al. (2007), Geophys. J. Int., 169, 1239-1260.

Dziewonski, A. et al. (1969), Bull. Seism. Soc. Am., 59, 427-444.

山本(2000),物理探査, 53, 153-166.

山本ほか(2017),東北地域災害科学研究,第 53 巻,157-162.

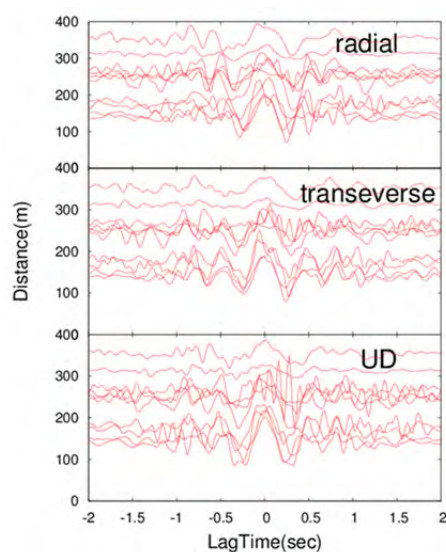


図 2 重合相互相関関数

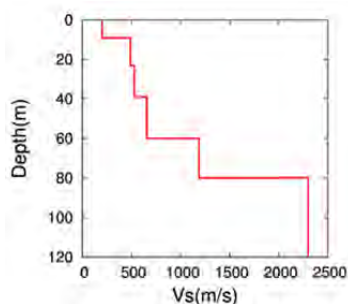


図 4 山本(2000)による構造モデル

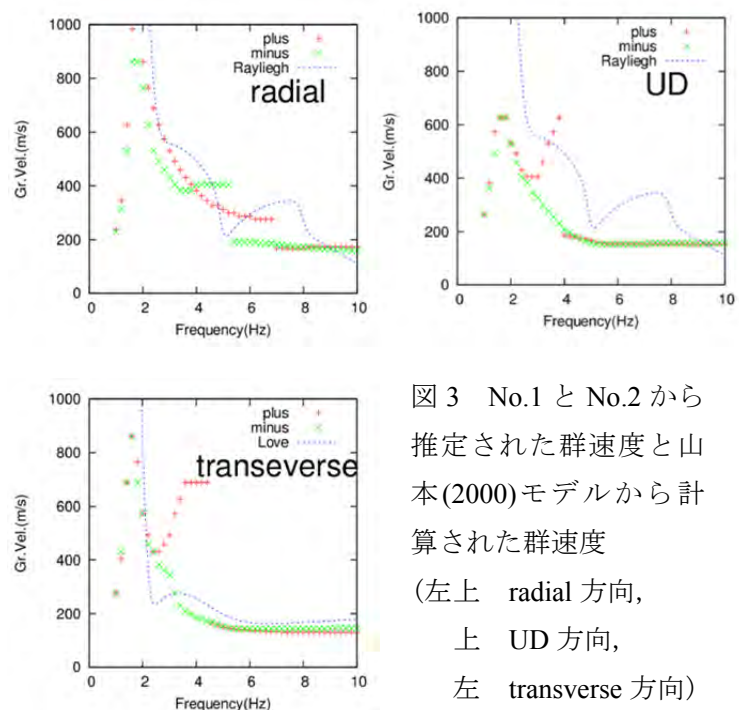


図 3 No.1 と No.2 から推定された群速度と山本(2000)モデルから計算された群速度
(左上 radial 方向,
上 UD 方向,
左 transeverse 方向)

微動アレイ探査による盛岡市域における S 波速度構造の推定 - 稠密極小アレイ観測と大規模アレイ観測 - *

岩手大学工学部 ○多田光希, 大場星也

岩手大学理工学部 山本英和 齊藤剛

1. はじめに

都市の地震ハザード評価のためには特定の地域の浅部の S 波速度構造を面的に調査する必要がある。今回調査対象の盛岡市では過去の複数の地震時の高密度アンケート震度調査から都市内の数 km の狭い範囲内で体感震度が 1 ないし 2 程度異なり, それが地盤増幅率の影響であることが示唆されている。本研究では, 新たに開発された浅部探査専用の装置を用いて稠密探査を実施し, 地震時の揺れやすさが狭い範囲で大きく異なると考えられる盛岡市域の地震ハザードに有用な S 波速度構造分布を得ることが目的である。また同時に, やや長周期まで対象とした通常の微動アレイ探査を実施し, 盛岡市のやや深部の S 波速度構造の推定を試みる。

2. 微動観測

稠密極小微動アレイ観測には 4DGeoTeK による GDAQ-4S を使用した。本装置は, 中心に 1 台, 半径 60cm の円周上に 3 台, 等間隔に配置された 4 台の固有周波数 4.5Hz のジオフォーンで測定を行う。サンプリング周波数は 500Hz と設定した。極小アレイ探査地点では微動の H/V スペクトル比を得るために単点微動観測も同時に実施している。単点観測に使用した微動計は白山工業社製の微動計 JU310 である。サンプリングは 200Hz である。大アレイの場合は, センサーにはレナルツ社製固有周期 5 秒 3 成分速度計を, データ収録には白山工業社製の LS8800 を使用した。サンプリングは 100Hz である。アレイ半径は 50m から 500m である。Anupap et al. (2018)では, 岩手大学周辺の盛岡市中心部において探査を行った。本研究ではその領域の西部の青山地区と南部の本宮地区において測定を行った。図 1 に極小アレイ観測点および大アレイ観測点を示す。

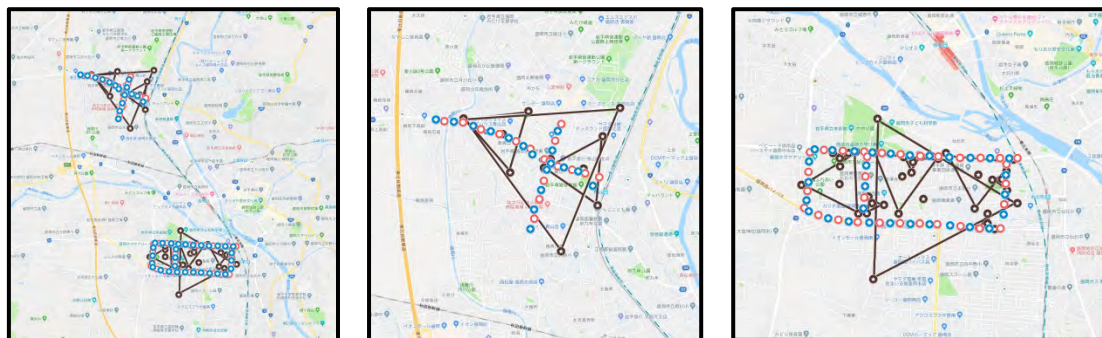


図 1 観測点位置 (左) 観測点全体 (中央) 青山 (右) 本宮 図の赤および青の点は稠密観測点、茶は大アレイ観測点を示す。

* Estimation of S-wave velocity structures in Morioka area by using microtremor array survey – Observation using miniature arrays and one using large size arrays -by K.Tada, H.Yamamoto, S.Ohba and T.Saito

3. 微動の H/V スペクトル比

位相速度解析の前に、単点微動記録から H/V スペクトル比を計算し、ピーク周期分布を求めた。大アレイでは4点同時に微動を測定しているため、それぞれ単独にスペクトルを計算した。図2に微動のスペクトルおよび H/V スペクトル比の例を示す。H/V スペクトル比のピーク周波数を読み取り、その逆数からピーク周期を算定した。図3に大アレイの微動記録から得た本宮地区のピーク周期分布、図4に稠密観測点におけるピーク周期分布を示す。図3では周期は大局的には東から西にかけて約 0.5 秒から 1.4 秒と長

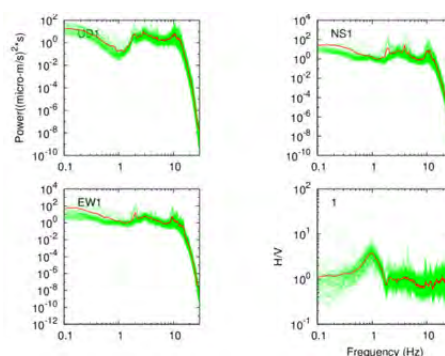


図2 微動の H/V スペクトル比の例

くなっている。しかし、図4からわかるように観測点間隔が密になると場所によって周期が急に異なる地点が一部見られる。これは H/V の形状が複数ピークを示すことに起因すると考えられる。図5図6に示す青山地区でも同様に観測点間隔が密の場合、短周期のピークも認められた。

講演では、アレイ解析による位相速度および推定 S 波速度について報告する予定である。

参考文献

Anupap et al. (2018), 東北地域災害科学研究, 第 54 巻, 217-222.

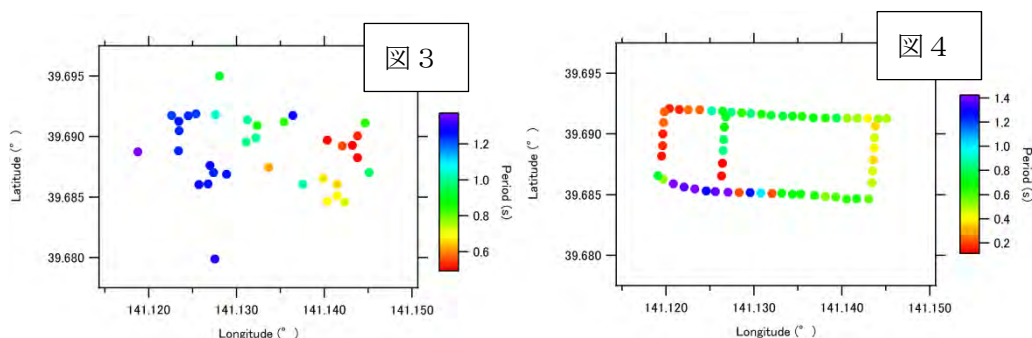


図3 本宮地区大アレイの微動記録による H/V ピーク周期

図4 本宮地区稠密観測の微動記録による H/V ピーク周期

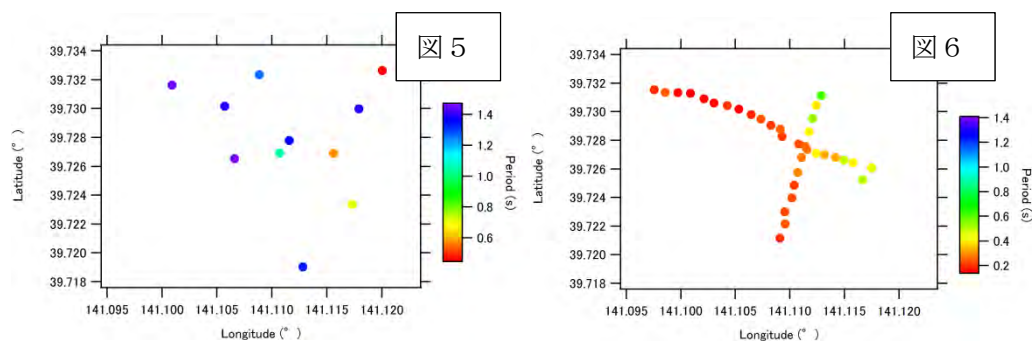


図5 青山地区大アレイの微動記録による H/V ピーク周期

図6 青山地区稠密観測の微動記録による H/V ピーク周期

波形が時間変化する森吉山周辺での散乱波群*

弘前大学大学院理工学研究科 雨澤勇太, 小菅正裕, 前田拓人

1. はじめに

東北日本弧の中部地殻には、マグマ溜まりから分離し上昇してきた地殻流体の貯留域が多数存在すると考えられている。また、流体の移動に伴う地殻内での間隙水圧の変化は、東北日本弧内陸浅部の地震活動に大きな影響を与えていると考えられている (Hasegawa et al., 2005)。秋田県北部の第四紀火山である森吉山周辺では、2011年東北地方太平洋沖地震後、震源域の拡大（マイグレーション）を伴う誘発地震活動が活発化した。我々は基盤観測網および独自に設置した地震計記録の解析から、観測波形記録のS波の後に高周波に卓越する散乱波群が見られ、しかもそれらの波形が時間変化するを見出した。また、散乱波群の発生源として地殻流体の存在が指摘されており (e.g. Kosuga, 2014)、散乱波群の波形の変化は地殻流体の挙動を反映している可能性がある。本研究では、散乱波群の波形の時間変化を系統的に解析するとともに、波動伝播シミュレーションで理論波形を計算し、震源の違いが地震波に与える影響を検討を行った。さらに波形形状に着目した分類を行い、散乱波群の波形の時間変化の要因を考察した。

2. 散乱波群の波形の時間変化

散乱波群の挙動に着目するため、まず、震源位置およびメカニズム解が非常に良く似ている波形同士をグルーピングし、その中での散乱波群の波形の変化を抽出した。一辺 500 m のグリッド内で発生した異なる地震のP波およびS波について 1 s 間の波形に 2-8 Hz のバンドパスフィルターをかけて全ての地震ペアについて波形相関を計算し、震源周辺の3定常観測点でのアンサンブル平均が 0.85 以上となる波形群を1つのグループとした。その結果、グリッドの位置によらず、散乱波群の波形は時間変化を呈し、中には数時間～数日という短い期間で変化する場合があることが判明した。

次に、震源の違いが地震波に与える影響について、波動伝播シミュレーションで理論波形を計算することにより検討を行なった。波形の計算は、指数関数型の速度ゆらぎを与えた2Dの不均質媒質中で、実際の震源位置および観測点位置に準じたデータセットで行った。その結果、震源位置や震源メカニズムのわずかな変化では震源から放射される地震波は大きく変わることはないことが判明した。

さらに、散乱波群の波形形状に着目して波形を分類した。散乱波群の波形形状は、(A) ピークが1つのもの、(B) ピークが2つのもの、(C) ピークが不明瞭なものの3通りに大別できる。分類は、森吉山北部に位置する震源クラスター内で2011年3月～2013年12月に発生した1613個の地震のうち、震源近傍の定常観測点における観測波形記録について目視で行った。その結果、それぞれの波形形状の割合は (A) 37.7%, (B) 59.4%, (C) 2.9% となった。(A) と (B) の震源分布には目立った偏りは見られないが、(C) の震源はクラスターの北東側に集中していることが判明した (図1)。

* Temporal changes in scattered seismic wave packets observed around the Moriyoshi-zan volcano

3. 考察

散乱波群の波形が時間変化する要因として、(1) 震源位置および震源メカニズムの違いによる放射される地震波の違い、(2) 地震波の経路上の構造不均質の時空間変化、(3) 散乱体の時空間変化が考えられる。(2) の場合、それぞれの地震発生時の経路上の構造が異なり、それによって入射波あるいは散乱波が強く減衰され、観測される散乱波群の特定ピークの振幅が小さくなり、散乱波群のピークの多様性が生じる。(3) の場合、散乱体そのものの消長により、散乱波群の波形に多様性が生じる。波動伝播シミュレーションの結果および、波形形状が(A)と(B)の震源の空間分布に偏りが見られないことから、(1)だけでは観測された散乱波群の波形の変化を説明するのは難しい。(2)(3)の場合は、経路上あるいは散乱体への地殻流体の高速な移動が有力なメカニズムである。

4. まとめ

散乱波群の波形は入射波の震源位置によらず変化しており、数時間～数日という短時間で変化する可能性があることが判明した。散乱波群の波形形状は(A)と(B)に関しては震源位置と対応しない。これらの観測事実を説明できる要因は、地震波の経路上の構造不均質の時空間変化または、散乱体の時空間変化である。そのどちらが主たる要因であるかを判断するには、震源位置の時空間発展と散乱波群の波形の時間変化がどのように対応しているのかなど、より詳細な解析が必要がある。

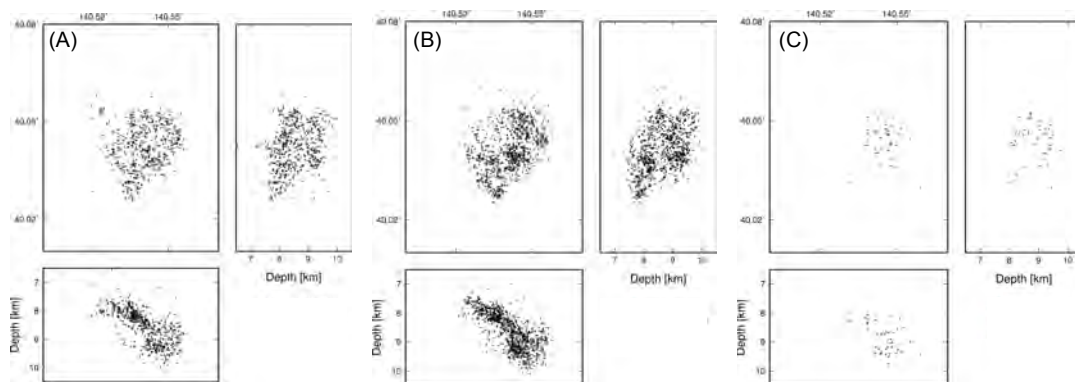


図1 波形形状による散乱波群の分類

左からそれぞれ、(A) ピークが1つのもの、(B) ピークが2つのもの、(C) ピークが不明瞭なものの震源位置である。震源は森吉山北方の震源クラスターで、2011年3月～2013年12月に発生した地震をhypoDDにより高精度再決定したものである。

<第2会場：3階共-320室>

— 第3部 —

司会：河井 正先生

平成30年12月23日（日）

7題（13：15～15：00）

UAV を用いた砂州の地形変化についての検討* ～馬場目川を対象として～

秋田大学理工学部

藤澤 尚矢

秋田大学大学院理工学研究科

渡辺 一也

1. はじめに

近年、降雨形態が変化しゲリラ豪雨などの集中豪雨による洪水被害が多発する状況にある。秋田県においては2017年7,8月の集中豪雨や2018年5月の浸水被害など甚大な被害が生じている。秋田県最大の二級河川である馬場目川も非常に高い水位が観測され、左岸の堤防に洗掘が生じた。被害を少なくするためには、高頻度かつ高精度なデータの蓄積が必要であるが、現状として二級河川においてこのようなデータの取得は困難である。そこで、比較的容易かつ低コストで空中写真を入手できるUAVに着目した。

本研究では、UAVを用いて写真を撮影し、その写真から定性的に砂州の動きや変化を観察し、砂州の移動について定量的に評価した。

2. 研究手法

UAVにより上空150mから空撮写真を撮影し、砂州の動きを把握した。河道に砂州が形成されている状態で河岸浸食が発生する流量が流れると、通水直後から河岸浸食が発生するので、¹⁾ 砂州の形態の把握は重要である。対象領域は馬場目川平ノ下地区であり、2017年7,8月の集中豪雨により左岸に洗掘が生じている。撮影した2017年9月11日、2018年8月3日、22日、9月7日の対象河川の様子をそれぞれ図-1～図-4に示す。図-1では湾曲部後の囲まれた領域の砂州が発達し、河川の流路が狭窄している。図-2も同様に砂州が発達している状態である。また、図中の下流側の砂州が大きくなり、交互砂州を形成している。図-3では図-2に比べて湾曲部後の囲まれた領域の砂州が小さくなっていることが確認できる。また、下流部にあった砂州は確認できない。図-4では特に湾曲部後の囲まれた領域の砂州に着目すると、一部分が流出している样子が確認された。

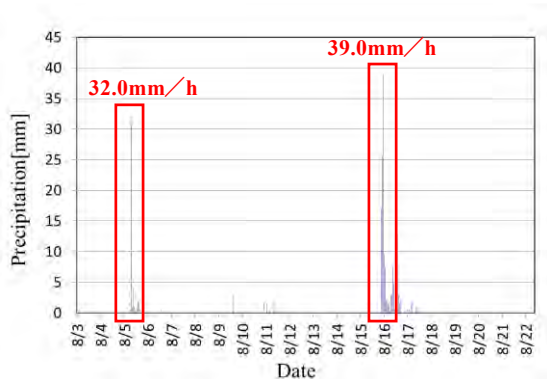


図-5 1時間あたりの降水量変化

表-1 砂州の面積

Date	Area[m ²]
2017/9/11	3124.4
2018/8/3	2947.0
2018/8/22	1301.8
2018/9/7	1153.1

また、降水量に着目し、砂州の変化との関係を調べた。図-5は図-2と図-3の間の期間における1時間あたりの降水量をまとめたものである。データはアメダス五城目観測所で観測

*Study on the Sandbar of Topographical Change using UAV : As a target Babame River by Naoya FUJISAWA and Kazuya WATANABE

されたものを利用した。8月5日の7時～8時に32.0mmの降水量，8月15日の23時～24時に39.0mmの降水量を観測している。そのため，降水により砂州の形態が変化したと考えられる。

次に，写真のGPSデータから砂州の面積を導出した。結果は表-1のようになった。対象は囲まれた領域内の水面上の砂州である。これより，砂州の面積が減少していることを把握した。



図-1 2017年9月11日の馬場目川の様子



図-2 2018年8月3日の馬場目川の様子



図-3 2018年8月22日の馬場目川の様子



図-4 2018年9月7日の馬場目川の様子

3. まとめ

本研究では，UAVの空中写真から砂州の動きや変化を検討した。その結果，砂州の移動を定性的に把握することができた。また，対象領域の湾曲部後の砂州に着目し，面積を求め，定量的に評価した。

参考文献

- 1) 河上将尊，渡邊康玄：河岸浸食に及ぼす交互砂州の影響に関する水理実験，土木学会論文集 A2(応用力学)，Vol. 72，No. 2 (応用力学論文集 Vol. 19)，I_593-I_600，2016

高速道路切土斜面に被害をもたらした降雨の評価の妥当性について

- アメダス線形補間データとレーダー・アメダス解析雨量の空間的誤差 -

東北大学 芳賀奈津美 風間基樹 加村晃良
東日本高速道路株式会社 長尾和之 高橋卓也
株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北 澤野幸輝

1. はじめに

高速道路切土盛土斜面では豪雨に対する維持管理が課題となっている。降雨による斜面の被害を防ぐためには素因・誘因に基づく危険度評価等が求められるが、未だにその評価方法は自確立されていない。そこで本研究では斜面崩壊の大きな誘因の1つと考えられる降雨パターンに着目し、東北地方の高速道路切土斜面で過去に大きな被害を出した事例を分析し、降雨パターンと切土斜面被害発生との相関関係について考察する。アメダス観測所における降雨データとレーダー・アメダス解析雨量データを用いて、その誤差を分析した。

2. 使用データ

東北地方の高速道路切土斜面が降雨を誘因として崩壊に至った事例についての分析を行った。盛土と比較して切土は被災時刻と発見時刻の時間差が小さい傾向にある。また被災の時期は夏季に集中しているため、全92件の切土斜面被災事例のうち1998年の台風4号と2002年の台風6号影響を受け崩壊したとみられる24事例(12事例ずつ)を対象に分析した。雨量データの評価には2つの時間降雨量を用いた。1つ目は対象とする斜面から直近3ヵ所の気象庁アメダスデータ¹⁾を直線距離で線形補間したものであり、もう1つはレーダー・アメダス解析雨量¹⁾(以下、解析雨量)である。

対象とする崩壊地点は岩手、宮城、福島の子三県に分布する。解析雨量が存在するのは1988年4月以降であり、2001年3月までは5km四方メッシュが採用されている。本研究の検討では1988年以降の降雨を対象とした。

3. 分析結果

1998年の台風4号の被災点のうち、磐越自動車道50.7~66.2kpに位置する6つの切土斜面に

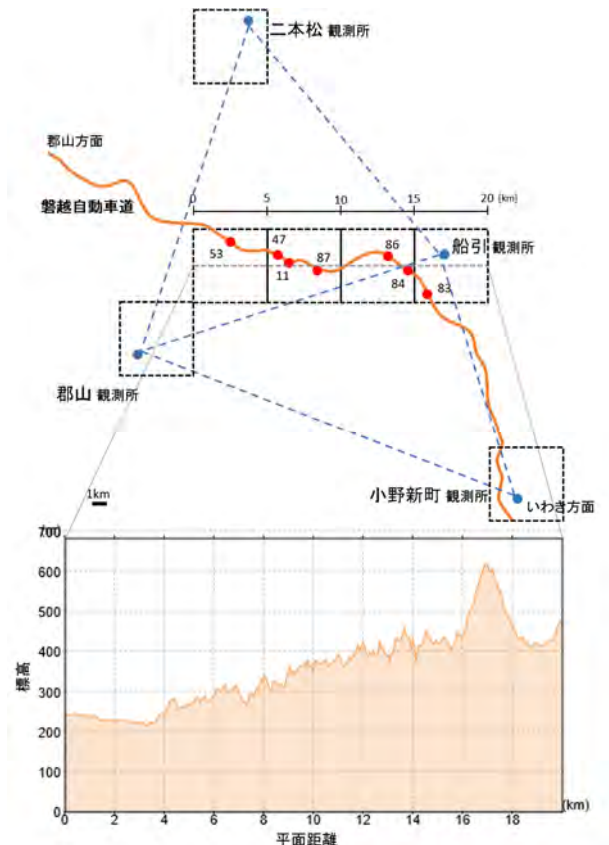


図1 被災地点概略図

*Validity of the evaluation of rainfall that caused damage to cut slopes of expressway by Natsumi Haga

関して 5km 四方の解析雨量を適用すると、連続した 4 つのメッシュに区切ることができる。図 1 に被災地点とメッシュの配置，線形補間に用いたアメダス観測所の概略図を示す。またグレーの破線位置における地形断面図が下部のグラフである。この

表 1 1998 年台風 4 号被災地点の時間雨量の比較

	日付	標準偏差	被災地点位置の解析(補間)雨量 [mm/h]			
			地点53	地点11,47,87	地点84,86	地点83
1	1998/7/22 8:00	19.6	50 (18)	12 (14,15,13)	3 (2.2)	2 (2)
2	1997/7/24 15:00	18.8	0 (0)	3 (0,0,0)	45 (0,0)	2 (0)
3	1997/7/21 16:00	18.1	43 (0)	31 (0,0,0)	4 (0,0)	0 (0)
4	1995/7/24 16:00	17.1	40 (0)	0.4 (0,0,0)	0.4 (0,0)	0.4 (0)
5	1997/7/24 16:00	16.1	0.4 (0)	7 (0,0,0)	40 (0,0)	2 (0)
6	1997/8/26 18:00	12.2	31 (9)	14 (7,8,6)	2 (0,0)	0.4 (0)
7	1998/8/29 10:00	9.8	0 (4)	0 (8,7,10)	21 (7,14)	18 (15)
8	1998/9/22 15:00	8.9	21 (11)	18 (8,8,6)	4 (3,1)	0 (1)
9	1998/8/29 8:00	8.9	22 (12)	8 (9,9,7)	0.4 (3,1)	0 (1)
10	1997/8/4 16:00	8.4	1 (2)	0.4 (5,4,6)	14 (4,9)	20 (9)

4 つのメッシュにおいて、1995 年から 1998 年までの 4 年間の各時刻における解析雨量の標準偏差を比較し、偏差の大きい上位 10 の時刻を表 1 にまとめた。()内の数値は各被災地点の線形補間雨量を示す。7 番目と 9 番目は被災時を含む降雨イベントである。2 番目の時刻では隣り合うメッシュの解析雨量に最大 43mm/h, 同地点を示す 2 種類の雨量間に最大 45mm/h の差が見られる。図 1 の地形断面を見ると、20km の間に標高差約 400m の地点を含むことがわかる。さらに広域の地図を見ると、地点 83 を含むメッシュには標高 700m を超える山が存在する。この標高の違いが降雨をもたらす雲の動きに影響を与え地上の降雨量に違いを生み出すと考えられる。

地点 11 に着目し 12 時間連続で時間降雨量が 0mm の場合を降雨イベントの区切りとして被災時の降雨イベントを抽出した。図 2 は被災時降雨イベントの時刻歴時間雨量，図 3 は累積雨量である。この地点では被災時降雨イベントにおける 2 つの時間雨量の増減のタイミングは概ね一致したが、同時刻における 2 つの値は最大 20mm/h 異なった。線形補間雨量では時間雨量の最大が 15mm/h であるのに対して解析雨量では 15mm/h を超える雨量が 6 回記録されている。また被災時の累積雨量は解析雨量が 60mm 多く、最終的な差は 64mm であった。他被災地点でも同様に解析雨量が線形補間雨量を上回る傾向が多く見られた。

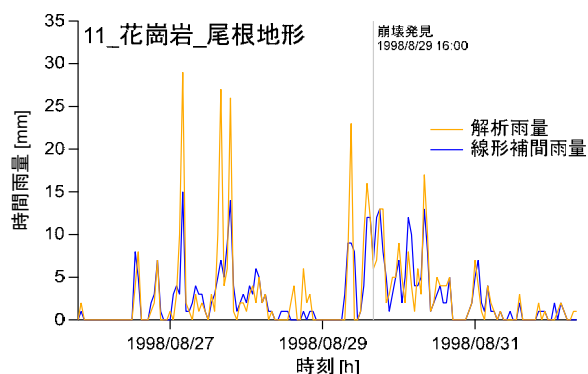


図 2 地点 11_時刻歴時間雨量

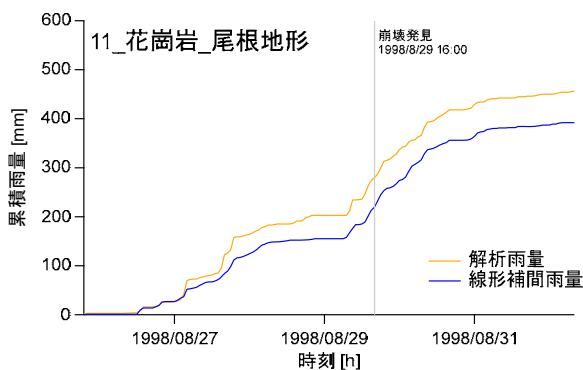


図 3 地点 11 時刻歴累積雨量

4. 結論

本研究によって解析雨量の隣り合う 5km 四方のメッシュ間で 40mm/h 以上，同地点の解析雨量と線形補間雨量の間で 40mm/h 以上の時間降雨量の差が生じることが分かった。これは地形等の影響を受けるためと考えられる。また線形補間して得られた雨量は解析雨量より小さい値を示す傾向にあった。

参考文献

- 1) 国土交通省気象庁，各種データ・資料，www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html
- 2) 地理院地図，<http://maps.gsi.go.jp>

小安地熱地域に発達する断裂系に基づく応力場の復元*

岩手大学 近藤颯 越谷信

1. はじめに

小安地熱地域は秋田県南東部に位置する(図 1)。本研究では皆瀬川流域を調査地域として、地表の断裂調査及び過去の調査資料を用いて断裂形成時の応力場の解析を行い、これらの結果から断裂の形成過程について検討した。本研究は野外での産状を明らかにしたうえで、それらの断裂系の形成過程および順序を検討し、形成時の応力場を復元する。

2. 調査地域の産状

図 2 は小安地域の皆瀬川層に存在する石英等の白色の鉱物で充填された鉱物脈(以下、白色鉱物脈)の走向・傾斜の極を下半球等積投影したステレオ図であり、そこから卓越方向を求めた。図 2 の①で示す NE-SW 走向急傾斜方向に断裂の方向分布の集中があり(以下、NE 系)、断裂分布は①'の E-W 走向方向に重複して広がる(以下、E-W 系)。②の傾斜角 $30\sim 40^\circ$ 以下の緩傾斜の鉱物脈群がもう 1 つの断裂の方向分布の極大を構成する(以下、水平系)。

現地での観察から、NE 系と E-W 系には横ずれ運動を示すジョグ構造を示すものが見られる。水平系の例は少ないが、 $N04^\circ E 08^\circ NW$ の面に $N62^\circ E 17^\circ NE$, $NS 09^\circ SW$ に $N80^\circ W 12^\circ NW$ の条線が存在し、断層面の小構造から判断して、概ね E 方向に向かう逆断層のずれのセンスを示す。

また、NE 系と E-W 系と水平系の断裂には連続関係と切断関係の両方が見られ、切断関係の場合、急傾斜の断裂が緩傾斜の断裂を切断している場合と

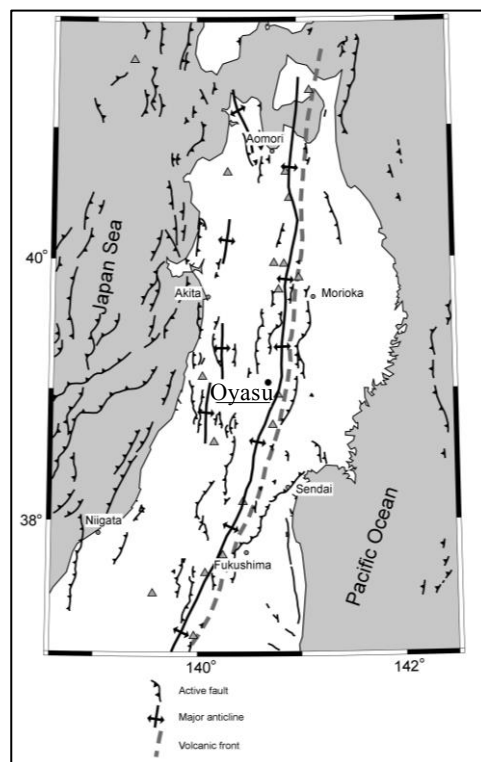


図 1 調査地域図

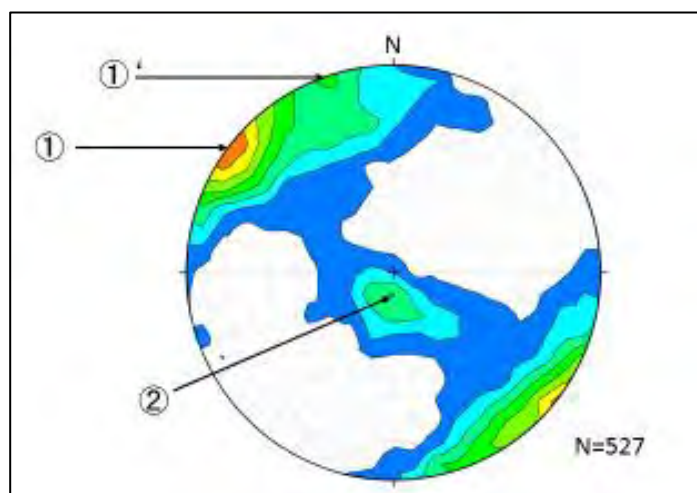


図 2 調査地域の白色鉱物脈の方向

*Stress field reconstruction based on fractures developing in Oyasu geothermal field, north Japan by Hayate Kondo and Shin Koshiya

緩傾斜の断裂が急傾斜の断裂を切断している両方の場合が確認されている。

3. 応力場の解析方法

山路(2012)の解析方法を用いて、GArcmB を使用し、断裂形成時の応力場の復元を行った。この方法は Jolly and Sanderson (1997)によるもので、三次元応力場において、流体圧の効果による開口性割れ目の方向分布に関する理論に基づいて、複数の古応力場に分けて復元しようとするものである(図 3)。

ϕ は応力比で、 $\phi = (\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ で表される。この時、 $0 \leq \phi \leq 1$ の値を取り、 $\sigma_2 = \sigma_3$ の時は $\phi = 0$ 、 $\sigma_1 = \sigma_2$ の時は $\phi = 1$ となる。なお、 σ_1 、 σ_2 および σ_3 は、それぞれ最大、中間および最小主圧縮応力であり、図 3 の P_f は流体圧である。

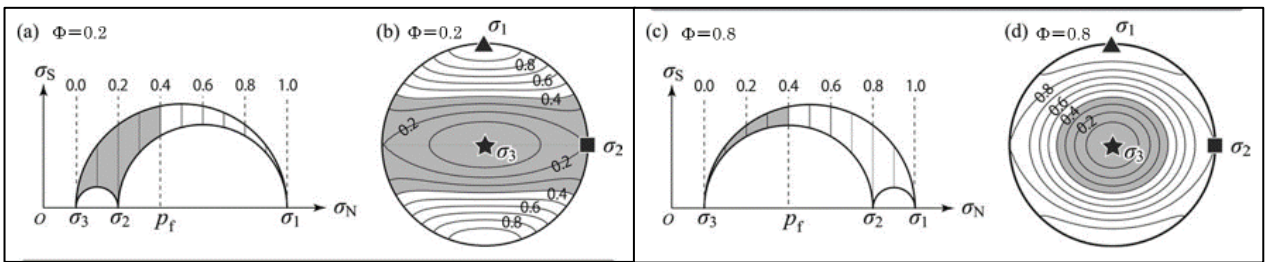


図 3 三次元モール円とステレオ図

4. クラスター解析と応力場

GArcmB を使用した応力場の復元ではクラスターを 3 つに分類して解析を行い、水平方向の逆断層型($\phi = 0.8$)のクラスター1、NE-SW 方向の横ずれ型($\phi = 0.5$)のクラスター2、NE-SW~N-S 方向の正断層型($\phi = 0.3$)のクラスター3 の 3 つの応力場が得られた。クラスター1 および 2 は、それぞれ水平系と NE 系に対応する。クラスター3 は方向的には、E-W 系に対応するが、ずれのセンスが一致せず、今後の検討が必要である。

クラスター1 とクラスター2 を作る断裂の形成は近接した時期、あるいは相互に応力場が入れ替わることによって生じ、その時 σ_1 の方向は変化せず、横ずれと逆断層的応力場に入れ替わったと考えられる。ただし σ_2 と σ_3 は応力比からすると入れ替わりにくいいため、連続する断裂があることから、いずれの応力場にあっても流体圧が高い状況が存在したと考える。

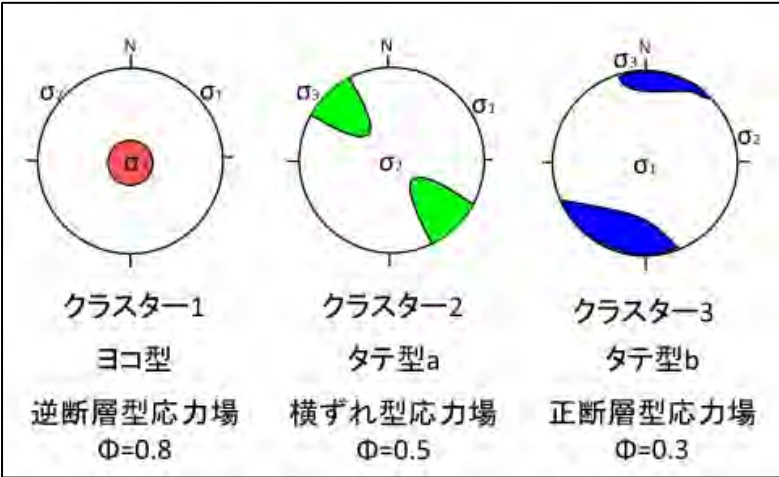


図 4 断裂のクラスター解析と主応力軸の方向の模式図

雫石盆地西縁断層帯を構成する複数の断層構造*

岩手大学 ○福岡 渉 越谷 信 鈴木 智大
株式会社日水コン 鎌田 菜

1. はじめに

雫石盆地西縁断層帯（以下、西根断層群と呼ぶ）は、計 4 条の断層からなる、活動度 B 級の活断層群である。

1998 年 9 月 3 日、岩手県雫石町において M6.2 の地震が発生した。これにより岩手県雫石町篠崎付近に南北約 800m にわたって地震断層が出現し、周辺地域に道路の破壊、斜面崩壊等の多大な被害が生じた（越谷ほか, 1998）。この地震断層の南端部は、従来から知られている西根断層群の西根従属断層の北端部にほぼ一致しており、これを篠崎地震断層と名付けた（越谷ほか, 1998）。一方で、西根断層群の垂直変位量は中央部で最大であり、地震断層が生じた位置からずれているため、西根断層群が活動したとする積極的な証拠がないという見方もある（土井ほか, 1998）。このように同断層群の活動実態は不明な点が多くあり、地震から 20 年経った現在でも解明には至っていない。よって本研究では、露頭調査や重力探査等の手法を用いて、当断層群全体の構造の検討を試みる。

2. 地質調査で発見した新たな断層

本研究における露頭調査で、従来まで知られていない断層露頭を発見した。同露頭と周辺の地質図を図 1 に示す。鏡肌から得られた断層走向はおよそ NE-SW で西側に 43° に傾斜しており、西根断層群の一般走向である N-S と大きくずれている。また断層周辺の地質図（須藤・石井, 1987）によれば、山津田層が分布しているとされているが、その断層を挟んだ西側には緩傾斜の小志戸前沢層が、東側には急傾斜の舩沢層が広がり、小断層や半波長 1m 程度のキンク褶曲など、著しい変形が認められる。

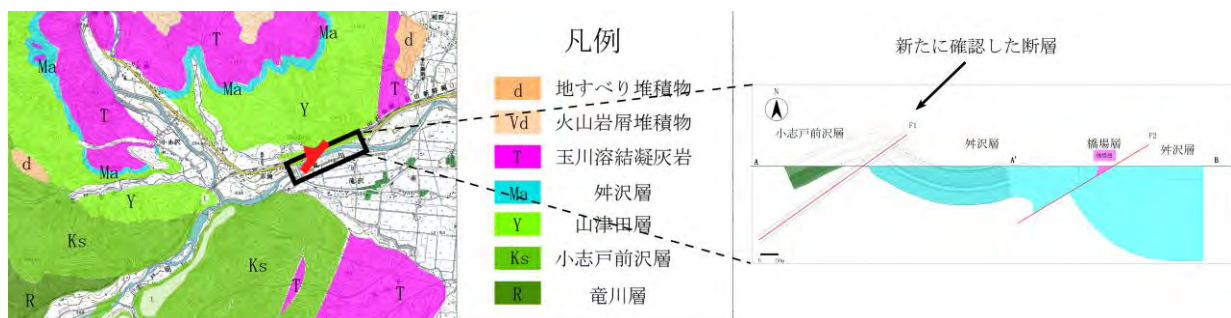


図 1 地質図(須藤・石井, 1987 より引用)と地質調査地域の断面図

*The geological structure of multiple active faults in the western marginal fault zone of Shizukuishi Basin
by Wataru Fukuoka, Shin Koshiya, Tomohiro Suzuki, and Shiori Kamata

3. 重力探査

重力測定には、Scintrex 社製 CG-5 オートグラフ重力計を使用し、測定点の水平座標および標高は測量は RNSS 測量と水準測量で行った。測線位置は図 2 に示す通り、ほぼ東西方向の 4 測線で行い、各測線において測点間隔は約 200m である。測線は北より szk3200, szk3300, szk3100, szk 3000 と呼称する。このうち、測線 szk3000 にて重力探査を行ったデータを解析して得られた地下構造モデルを図 3 に示す。各層の密度は、本地域の地質構造を考慮して 4 層構造とした。各層の密度は下位より、 2.7g/cm^3 , 2.5g/cm^3 , 2.0g/cm^3 , 1.9g/cm^3 とし、それぞれ本地域に分布する白亜紀花崗閃緑岩、中新世の生保内層と国見峠層で層厚約 1000m, 中新世の竜川層と小志戸前沢層、山津田層で層厚約 1000m, 鮮新世の舩沢層で層厚約 300m に相当すると想定した。それによれば、露頭調査で確認した断層は西根断層群の断層と地下約 2km で分岐し、断層による変位は約 600m であり、西根断層群の主断層あるいは断層群を構成する断層の一部であると推測される。残りの測線については、現在データ解析中である。



図 2 測線図

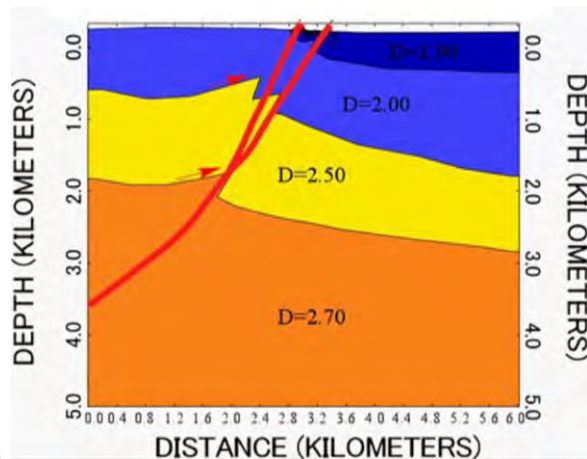


図 3 szk3000 で得られた地下構造モデル

4. 今後の展望

これまでの調査は当断層群の南半部が主であった。しかし前述のように露頭調査で新たな断層を確認したことにより、当断層群全体の構造を再検討する必要がある。図 2 の側線図に示すように、北半部についても重力探査を行い、さらに過去の物理探査の解析結果から当断層群構造を考察する。

謝辞

本研究の一部は、岩手大学大学院 2002 年卒の鑑頭正氏、岩手大学 2013 年卒の谷川匠氏により解析された。ここに謝意を表する。

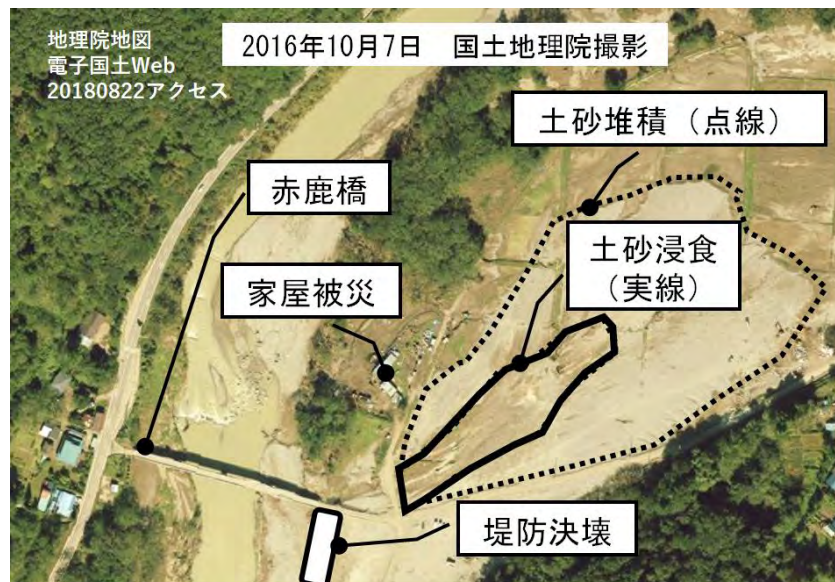
2016 年台風 10 号小本川洪水における赤鹿地区から宮本地区の

2 次元河床変動再現シミュレーション

株式会社 防災技術コンサルタント 千田 健一

1. はじめに

2016 年台風 10 号による小本川（おもと）出水では、乙茂（おとも）地区で高齢者福祉施設が被災し、その下流の赤鹿地区～宮本地区では、土砂と洪水が集落内に侵入した（本研究にて現地確認）。被災直後の国土地理院航空写真及びグーグル画像によれば、宮本地区では、赤鹿橋右岸堤防が決壊し、家屋を倒壊させるとともに、氾濫流主流に沿って堤内地が浸食、その周辺で土砂の堆積が生じている状況と判読される（図 - 1）。本研究は、現地補足調査にて河床材料流径等を確認し、混合流径 2 次元河床変動計算の手法を用いて上記浸食・堆積現象を再現した。



図－1 赤鹿・宮本地区の氾濫・土砂堆積・浸食領域判読



図－2 調査位置図（シミュレーション領域等）

2. シミュレーション結果の考察

下写真上段は赤鹿地区のグーグル画像である（2018/06/15 アクセス）。拡大すると、水没した赤鹿橋の橋面の泥の清掃が終わっていない段階で、発災直後の写真とわかる。写真判読による土砂堆積域を点線、土砂浸食域を実線で示した。シミュレーションでは、赤鹿橋の上流、湾曲部外縁では浸食が生じている（図 - 3 下段）。このことは、航空写真からは水面下であることから確認できない。航空写真から、宮本地区陸上部では、氾濫流により水田が浸食され、その周辺で土砂堆積が生じていることが分かる（図 - 3 上段）。これと、シミュレーション終了時の河床変動量分布を比べると、両者の空間分布は概ね一致した（図 - 3 下段）。

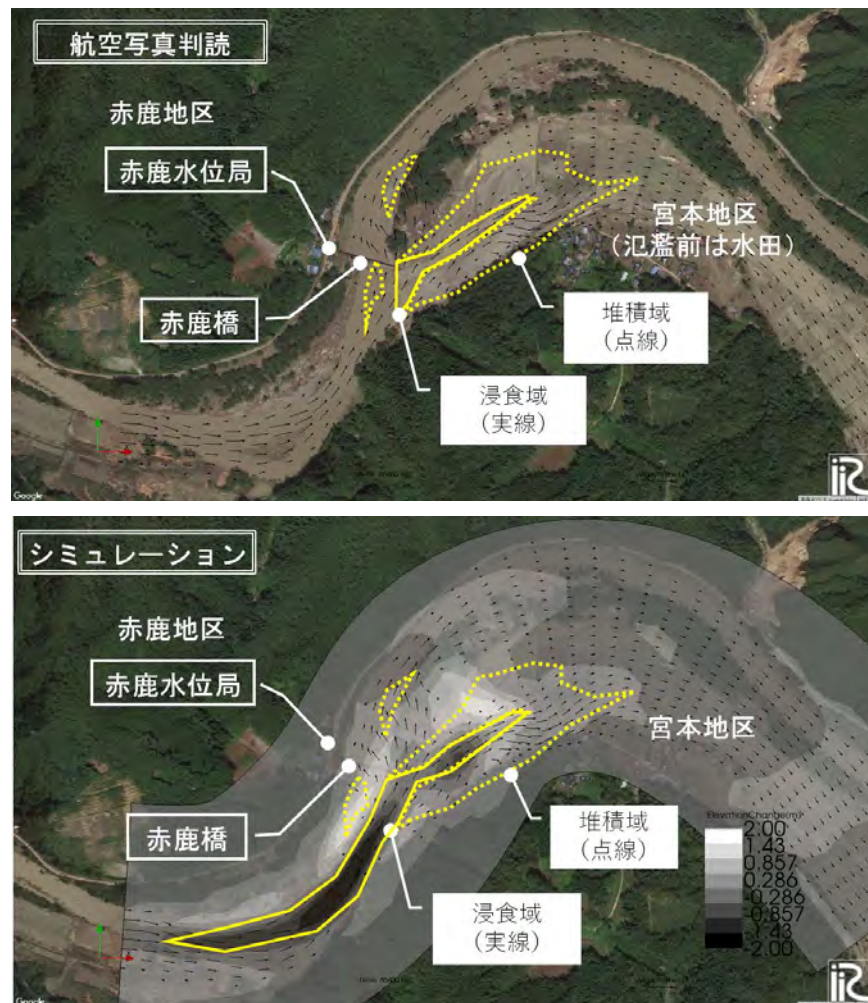


図 - 3 シミュレーション結果の考察

参考文献

松富英夫 今野史子 鎌滝孝信:2016 年台風 10 号による岩泉町乙茂における洪水・氾濫痕跡から見えること,東北地域災害科学研究,第 53 巻 (2017) 205～210

原田大輔・江頭進治・萬矢敦啓・岩見洋一 2016 年度小本川災害における、流路・河床変動を伴う洪水流の解析 2017 年度河川技術に関するシンポジウム OPS1 話題提供 PPT

2018年7月西日本豪雨における真備町氾濫域の土砂堆積と氾濫水密度の概算^{*}

秋田大学 松富英夫 鎌滝孝信

1. はじめに

2018年7月6日～7日にかけて西日本豪雨(以下、本豪雨)により、一級河川高梁川の右一次支川小田川沿いの倉敷市真備町地区において越水や破堤により大規模な洪水氾濫が発生した。内水、小田川の越水や破堤氾濫ばかりでなく、左二次支川末政川、高馬川、内山谷川、右二次支川真谷川の越水や破堤氾濫も発生したため、総氾濫面積は12 km² (地区面積の27%) 程度、最大氾濫浸水深は5.4 mに達した。真備町地区の死者は51人に達し、高齢者の犠牲が目立った。全壊家屋数は4,520棟 (倉敷市全体) で、市町村単位の全壊家屋数としては最大である。

洪水や津波氾濫後の土砂堆積の検討は、洪水では氾濫流の流向や流速、規模評価、洪水と津波氾濫の違いなどを目的として、津波では歴史津波の規模評価を主目的として行われている。洪水と津波氾濫の違いでは、建築物における被害程度の違いも論じられている。

本研究は、土砂堆積と密接に関係する氾濫水密度に着目した津波荷重や津波規模評価の高度化を背景に、本豪雨における真備町氾濫域の現地調査に基づいて、洪水氾濫による土砂堆積の実態や氾濫水密度などを論じる。

2. 現地調査

現地調査は2018年7月19、20日の2日間である。主な調査項目は真備町地区氾濫域の各調査地点 (St. と略記) における最大氾濫浸水深 (=最大氾濫浸水痕跡水位－土砂堆積地点地盤位) および堆積土砂の厚さと断面構造である。最大氾濫浸水深の測定にはレーザー距離計を用いた。

図-1に調査地点 (●) や破堤地点 (×)、堤防法面崩壊地点 (△) などを示す。図中の黒色アラビア数字は調査地点番号、赤色ローマ数字は破堤地点番号である。

表-1 現地調査結果例

調査地点	浸水痕跡場所	土砂採取場所	堆積土砂
St.1	排水機場建屋壁面	畔	泥
St.2	健康福祉館壁面	駐車場他	泥
St.3	浄化センター建屋壁面	水路の蓋	泥
St.4	2階建て住家壁面	畔	泥
St.5	2階建て住家壁面	畔	泥
St.6	3階建てRC造住家壁面	畔	泥
St.7	整備工場建屋内側壁面	道路脇	泥
St.8	大型平屋店舗壁面	水田内	砂＋泥
St.9	2階建て住家壁面	畑地内	砂＋泥
St.10	建造中2階建て住家壁面	水田内	砂＋泥
St.11	2階建て住家壁面	畔	砂＋泥
St.12	2階建て住家壁面	畔	泥
St.13	蔵壁面	休耕地内	砂

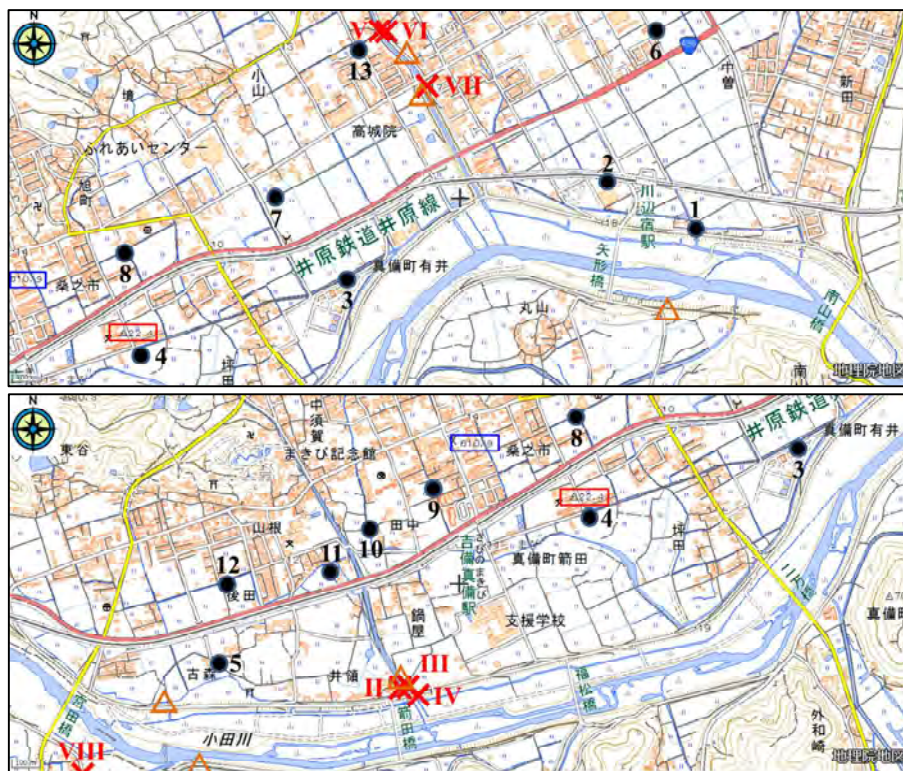


図-1 倉敷市真備町地区における浸水深・土砂堆積の調査地点(国土地理院地形図に加筆。●: 調査地点、×: 破堤地点、△: 堤防法面崩壊地点、□: 三角点、□: 水準点、黒数字は調査地点番号、赤数字は破堤地点番号)

^{*} Sediment deposit and rough estimation of the density of inundation water in Mabi-cho flooded area caused by the West Japan torrential rainfall in July, 2018 by Hideo MATSUTOMI and Takanobu KAMATAKI



図-2 St.9における堆積土砂の断面構造（砂層＋泥層）

3. 土砂堆積状況の実態例

本研究では堆積土砂の成分を砂（sand）と泥（シルト・粘土、mud）の2種類に大別して論じる。表-1に各調査地点における現地調査結果例を示す。図-2にSt.9における堆積土砂の断面構造（砂層＋泥層）を示す。堆積土砂の成分は泥が主体（mud-dominated）であった。

図-3に各調査地点における最大氾濫浸水深 h (m)と土砂堆積厚 Z (cm)の関係を示す。図中には土砂堆積厚を最大氾濫浸水深の0.5、1、2%とした場合の関係が破線で示されている。2%は2011年東北地方太平洋沖地震津波において仙台平野で得られた平均値で(Goto *et al.*, 2011)、■はそのときのデータ例（sand-dominated領域）である。▲は2017年7月の秋田豪雨において一級河川雄物川の左一次支川大納川の氾濫調査で得られたもの（mud-dominated領域）である。図から、本豪雨における真備町地区氾濫域の土砂堆積厚は東北地方太平洋沖地震津波における仙台平野の場合と比べて薄い傾向にあることが判る。ただし、堆積土砂が砂を有意に含む場合（赤色破線囲いのデータ。表-1参照）、堆積厚が厚い傾向にある。土砂堆積厚が薄い理由として、(1)全般的に調査地点が破堤地点から離れていて（後述の図-4参照）、洪水氾濫流の流勢が弱いこと、(2)本氾濫域は袋小路の湛水域で、全氾濫水量が制限される中で積極的に人工排水が行われたこと、つまり最大氾濫浸水深の割に全土砂量が少ない（湛水時間＝土砂の沈降時間が短いとも言える）ことが考えられる。

図-4に各調査地点における最寄りの破堤地点からの直線距離 L (m)と土砂堆積厚 Z (cm)の関係を示す。直線距離はGoogle Earthの距離測定機能を用いて評価している。図中の赤色破線囲いの意味は図-3の場合と同じである。また、暫定的に両者の関係に対する2種類の上限線が破線で示されている。図から、破堤地点から離れるにつれて、土砂堆積厚が薄くなることが判る。この傾向は東北地方太平洋沖地震津波において仙台平野で得られた土砂堆積傾向や一様勾配斜面を遡上する津波を模擬した氾濫流によるものと同じである。St.1、4、8の3調査地点における土砂堆積厚が直線距離の割に厚めである。St.1に最寄りの破堤地点はVII地点、St.4はIV地点、St.8はV地点である。これら3調査地点の共通事項は次のような個別事情を有することである。St.1は近傍に排水路と小田川への排水樋管があり、土砂が集まり易いところと推定される。St.4は破堤延長が100 m程度に達した大規模な破堤部の下流

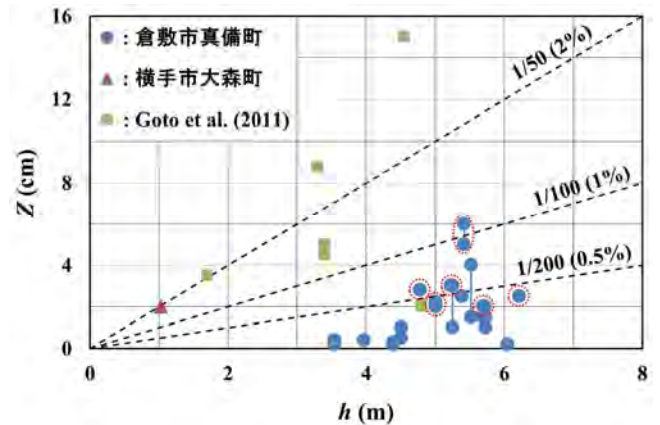


図-3 最大氾濫浸水深 h と土砂堆積厚 Z の関係（赤破線囲いは砂または砂を含む土砂堆積）

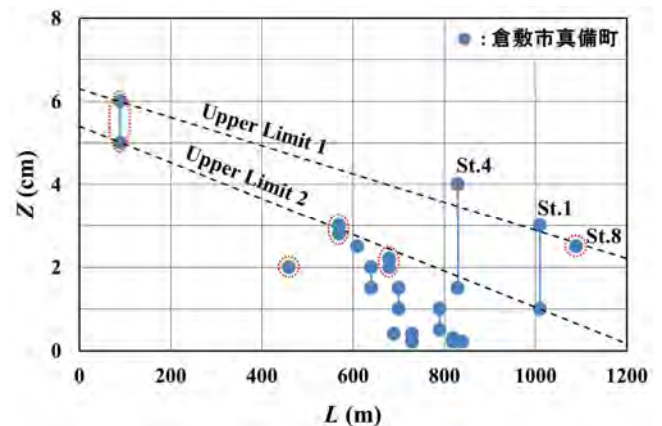


図-4 最寄りの破堤地点からの直線距離 L と土砂堆積厚 Z の関係（赤破線囲いは砂または砂を含む土砂堆積）

域に位置している、換言して洪水氾濫流が道路や鉄道施設（国道486号と井原鉄道）などの大規模な人工構造物に妨げられていないところである。St.8は破堤地点IVとV（破堤延長300 m程度）からほぼ等直線距離に位置しているところである。

4. 氾濫水の断面平均土砂濃度と密度の概算

本章では、先ず真備町地区氾濫域の湛水量、貯留率、堆積土砂量を利用可能なデータを用いて概算する。次に本地区の氾濫や湛水、排水の状況を論じる。さらに、本地区氾濫域における氾濫水の断面平均の土砂濃度と密度を概算するため、簡易な満水・排水時の土砂堆積モデルを考案し、現地調査で得られた土砂堆積データから氾濫水の断面平均土砂濃度と密度の評価を行う。

5. 主な結果

- (1)破堤地点から離れた調査地点が多く、堆積土砂は泥が主で、堆積厚 Z は最大氾濫浸水深 h の1%以下であった。
- (2)津波の場合と同様、砂の堆積層や砂を有意に含む堆積層が形成される場合は堆積厚が厚い傾向にあった。
- (3)土砂堆積厚は破堤地点からの直線距離 L に依存し、直線距離が増加するにつれて薄くなった。
- (4)大胆な仮定に基づく土砂堆積モデルを構築して、現地調査で得られた土砂堆積データから氾濫水の断面平均土砂濃度と密度（ $1.004 \sim 1.011 \text{ g/cm}^3$ ）を評価した。

田んぼダム排水装置に応じた水田貯水量と許容降雨量の算定

日本大学大学院工学研究科土木工学専攻 竹田稔真

日本大学工学部土木工学科 朝岡良浩

1.はじめに

近年、気候変動に伴う集中豪雨の増加や発生頻度の変動が起こりつつあり、豪雨による洪水への対策として田んぼダムが着目されている。田んぼダムは水田に専用の排水装置を設置し、装置が落水量を抑制することで降雨を水田に一時的に貯留し、洪水被害を緩和する取り組みである。

この取り組みは水田が本来持つ貯水機能を活かしているが、水田の最優先すべき目的は営農である。水田貯水量は畦畔高さに水田面積を乗じたものであるが、実際の水田は時期によって堰高さや田面水深の変化、作業による畦畔高さの変動が考えられる。また、降雨時に田面水が畦畔から排水路に越流した場合、越流量が排水装置からの落水量を大きく上回るため田んぼダム実施未実施に関わらず排水路流量が大きく増加する。営農においても畦畔からの越流は好ましくないため、畦畔から越流する降雨を算定することは、田んぼダム事業を計画する際に想定する降雨が適切かを判断するための有用な情報となる。

本研究では営農時に人為的に操作される堰高さと初期田面水深を変化させた場合の水田貯水量と、畦畔を越流しない降雨量を、複数の排水装置を対象に解析した。水田貯水量は同一の水田であれば同じ値となるため、貯水能力の指標として降雨終了時点における水田からの流出率を用いた。また、畦畔から越流しない降雨量を許容降雨量とし、排水装置間で比較・検討する。

2.排水装置概要と落水量算定式

本研究では3種類の排水装置を対象とした。田んぼダム排水装置は、コンクリート柵が設置されていない水田で用いる既成品の「フリースレーン」と「軽量落水柵」の2種類である。また比較対象として、水位調節のみを目的とする既製品の「水田用給排水口」を田んぼダム未実施とした。

フリースレーンは水深によって排水機構が変化し、水深0～5cmでは式(1)に示す堰流れで落水する。水深5～8cmは式(2)に示す遷移流れ、水深8cm以上では式(3)のオリフィス流れで落水し、遷移流れまたはオリフィス流れのときに田んぼダムとして機能する。

$$Q=E\pi\Phi_1\sqrt{2g}\int_D^h\sqrt{z}dz \quad (1)$$

$$Q=0.0001(h-D)+0.0031 \quad (2)$$

$$Q=\frac{C\pi\Phi_2^2}{4}\sqrt{2g(h+d)} \quad (3)$$

ここで、 Q : 流量(m^3/s)、 Φ_1 : 入口径(m)、 Φ_2 : 出口径(m)、 g : 重力加速度(m/s^2)、 h : 田面水深(m)、 d : 装置長(m)、 D : 堰高さ(m)であり、 E と C はそれぞれ堰とオリフィスの流量係数である。

軽量落水柵は水田から式(4)の堰流れで、装置入り口の水位調節機能を持つ堰から柵に流入し貯留する。その後、柵に貯留した水は式(5)のオリフィス流れで、穴の開けられた調整板より落水するという式を用いる。

$$Q=EB\sqrt{2g}\int_D^h\sqrt{z}dz \quad (4)$$

$$Q=\frac{C\pi\Phi^2}{4}\sqrt{2gh_2} \quad (5)$$

ここで、 Φ : 調整板孔径(m)、 B : 排水周長(m)、 h_2 : 柵内水位(m)である。

比較対象の水田用給排水口は式(4)の堰式のみで装置からの落水量を算出し、落水量抑制機構を持たないものとする。

*Calculation of Water storage capacity and Allowable rainfall among different Drainage devices in the Rice field dam by Toshimasa Takeda, Yoshihiro Asaoka

表 1. 各堰高さと初期田面水深ごとの許容降雨量

堰高0cm	初期田面水深(cm)											流出率 (%)					
	0																
フリードレーン	420											30.6					
軽量落水柵	372											19.4					
田んぼダム未実施	691											60.1					
堰高5cm	初期田面水深(cm)											流出率 (%)					
	0	1	2	3	4	5											
フリードレーン	379	376	373	371	370	368						34.5					
軽量落水柵	349	344	339	335	331	328						23.8					
田んぼダム未実施	579	579	579	579	579	579						60.1					
堰高10cm	初期田面水深(cm)											流出率 (%)					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
フリードレーン	342	337	332	327	323	320	317	315	314	313	312		38.9				
軽量落水柵	328	321	314	308	303	298	293	290	287	284	283		29.5				
田んぼダム未実施	462	461	461	461	461	461	461	461	461	461	461		59.7				
堰高15cm	初期田面水深(cm)															流出率 (%)	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		15
フリードレーン	317	309	301	294	287	280	274	269	264	260	257	255	253	252	252	251	40.2
軽量落水柵	313	304	296	288	280	273	266	259	253	249	244	241	239	238	238	238	37.1
田んぼダム未実施	352	349	346	344	343	342	341	341	340	340	340	340	340	340	340	340	58.7

※太枠内の数値が各条件での許容降雨量(mm)である

3.水理シミュレーション概要

水田の水収支は次式で表すことができる。

$$\frac{dh}{dt} = R - \frac{Q}{A} \quad (6)$$

ここで、 Q : 装置からの落水量(m^3/s)、 R : 雨量(m/s)、 A : 水田面積(m^2)である。

許容降雨量は、水田の水が畦畔から越流する最小の日降雨量とする。畦畔高さは30cmとし、日降雨量を0mmから1mmずつ増加させ田面水深が30cm以上になった場合の日降雨量が許容降雨量である。加えて、降雨終了時点における流出率も式(7)によって算出し、排水装置に応じた水田貯水量の評価とする。ここで、累積落水量は降雨開始から降雨終了までの24時間における落水量の累積値とする。

$$\text{流出率} = \frac{\text{累積落水量}}{\text{総雨量} * \text{水田面積}} * 100 \quad (7)$$

4.シミュレーション結果及び考察

堰高さ0、5、10、15cmにおいて、初期田面水深を0cmから堰高さと同じ水深まで変化させた場合の許容降雨量について解析した結果を表1に示す。なお、初期田面水深は堰高さを越えないものとする。表1の右端には、それぞれの堰高さで初期田面水深が最大となる場合の流出率を示した。得られた結果及び考察を以下に示す。

- 1) フリードレーンは堰高さに比例して流出率も上昇した。この要因は、堰高さが低くなると越流水深が大きくなりフリードレーンによる落水量抑制効果が高まるため、降雨終了後も落水が続くからである。
- 2) 軽量落水柵は堰高さに比例して流出率も累積落水量も上昇した。軽量落水柵は柵内の水深で落水量を算出するため田面水深の影響が小さい。加えて堰高さ0cmと15cmの間で流出率は約2倍となったため許容降雨量は減少したが実際の流出量は増加したと考えられる。
- 3) 表1より、田んぼダム未実施では初期水深等に依らず流出率は約60%程度であった。また、水田貯水量は堰高さに応じて変化した。
- 4) 流出率は堰高さに比例して上昇するが、フリードレーンと田んぼダム未実施の場合、累積落水量は堰高さに応じて減少した。落水量は水深を変数に含む式によって算出されるため、越流水深の最大値が30cmの堰高さ0cmの場合よりも、越流水深の最大値が15cmとなる堰高さ15cmのほうが落水量の最大値は小さくなるためこのような結果になったといえる。

5.まとめ

本研究ではフリードレーン、軽量落水柵、田んぼダム未実施の3種類の排水装置に応じた水田貯水量と許容降雨量について算定し、計算値を比較検討した。

現場への適用に際し、実際の畦畔高さは変動することや、用水路から水田への氾濫水流入等が考えられる。前者であればパラメータの変更によって対応できる。後者は流出モデル等で流域全体について解析する必要がある、今後の課題の一つである。

＜ポスター会場：3階共-319室＞

ポスター発表 紹介

6題（12：00～12：15）

平成30年12月23日（日）

震災アーカイブの変遷について

東北大学災害科学国際研究所 柴山明寛

1. はじめに

豪雨・台風災害や地震災害など、近年希に見る自然災害が多発している。過去と比較して、日本の防災・減災対策が進んでいるものの、毎年数百人単位で自然災害の犠牲者が発生している。1923 年関東大震災では、推計 10 万人の方が犠牲となっている。それ以降、日本の自然災害において、数万人単位の犠牲者が発生することは無かったが、2011 年東日本大震災において、約 2 万人を超える犠牲者が発生してしまった。未曾有の大災害や想定外の被害と言われる東日本大震災ではあったが、過去の東北地域には、数多くの地震津波が発生しており、1896 年明治三陸地震津波では約 2 万人を超える犠牲者、1933 年昭和三陸地震津波では約 3,000 人を超える犠牲者、1960 年チリ地震津波では 142 人の犠牲者など、尊い命が失われている。幾度となく、地震津波を経験している東北の太平洋沿岸地域で数多くの犠牲者が発生してしまったのは、数多くの要因がある。その一つの要因として、過去の災害経験の伝承ができていなかったことが言える。二度と同じ悲劇を繰り返さないためにも、過去の災害を正しく理解することが重要である。そのためにも震災・災害アーカイブの役割は、非常に重要と言える。

本報告では、震災・災害アーカイブの歴史的変遷について述べる。

2. 東日本大震災の震災デジタルアーカイブについて

東日本大震災が発災してから 1 ヶ月後に、民間企業の Yahoo! Japan による「東日本大震災 写真保存プロジェクト」が立ち上がり、一般市民からの震災に関する写真の募集が開始され、2011 年 6 月からウェブ上で公開が始まった。同月、Google では、震災前後の衛星写真などを公開する「未来へのキオク」が開始され、同サイトで一般市民からの提供された写真等の公開も始まった。被災地県では、宮城県仙台市生涯学習施設であるせんだいメディアテークにおいて、「3 がつ 11 にちをわすれないためにセンター」が発災から 3 ヶ月後に立ち上がり、震災記録の収集や映像編集の支援などが開始された。発災から半年後には、宮城県の被災地大学でもある東北大学が東日本大震災アーカイブプロジェクト「みちのく震録伝」を開始し、研究者が撮影した震災直後の写真などを中心に収集を開始した。

発災から 1 年が経過し、報道映像や証言記録映像等をまとめた日本放送協会による「NHK 東日本大震災アーカイブス」の公開がされ、報道メディア関係では初の公開であった。同時期に、農林漁業協同組合「農林漁業協同組合の復興への取組み記録 東日本大震災アーカイブズ」が公開された。福島県の被災大学でもあるいわき明星大学の「はまどおりのきおくー未来へ伝える震災アーカイブー」が公開された。その半年後には、FNN が報道映像をまとめた「3.11 忘れない ～FNN 東日本大震災アーカイブ～」が公開された。2012 年 3 月にハーバード大学エドウィン・O・ライシャワー日本研究所が海外機関として初の「2011 年東日本大震災デジタルアーカイブ」が公開された。2012 年 9 月からは、総務省の「東日本大震災アーカイブ」基盤構築プロ

* About history of earthquake digital archive by Akihiro Shibayama

プロジェクトが開始された。プロジェクトでは、震災アーカイブの構築のための実証実験として青森県、岩手県、宮城県、福島県の4県5つのプロジェクトが実施された。青森県では、「あおもりデジタルアーカイブシステム」、岩手県では、「陸前高田震災アーカイブ NAVI」、宮城県では、東北大学「みちのく震録伝」、河北新報社「河北新報 震災アーカイブ」、福島県では、「東日本大震災アーカイブ Fukushima」がそれぞれ実施し、2013年3月には各ウェブサイトで震災アーカイブの公開がされた。青森県及び岩手県、福島県のプロジェクトについては、震災記録の収集等を自治体の協力の基で実施されていたが、運営自体は大学や協議会等で行われていた。河北新報震災アーカイブについては、初の商用データのアーカイブが行われ、検索までは無料で、資料自体を見るためには有料の仕組みになっている。また、同プロジェクトでは、国立国会図書館の東日本大震災アーカイブ「愛称：ひなぎく」が公開され、国内で初めて、各機関の震災アーカイブを結ぶポータルサイトを公開した。ひなぎくでは、各震災アーカイブを横断的に検索できるシステムを公開している。2013年5月には、学校法人東北学院の「東日本大震災の記録 Remembering 3.11」が公開された。東北学院グループの幼稚園、中学校、高校、大学で収集された資料が公開されている。2014年1月には、原子力関係の資料を中心とした日本赤十字社「赤十字原子力災害情報センター デジタルアーカイブ」が公開された。

自治体が主体となって震災デジタルアーカイブを構築したのは、2014年3月の宮城県多賀城市「たがじょう見聞憶」が最初となる。ただし、2012年12月に宮城県仙台市「フォトアーカイブ 東日本大震災―仙台復興のキセキ」や2013年3月から宮城県東松島市「ICT 地域の絆保存プロジェクト」なども、2015年3月にいち早く震災記録をウェブ公開がされている。ただし、両自治体ともにデータベース化まではされていなかった（東松島市は、その後にデータベース化された）。多賀城市以降、自治体が主体となった震災アーカイブの構築が数多く開始された。その後押しとなったのは、総務省の補助金である。本補助金を利用して構築されたアーカイブとしては、2014年4月公開の「青森震災アーカイブ」、2015年3月公開の久慈・野田・普代震災アーカイブ、2015年4月公開の福島県郡山市「郡山震災アーカイブ」、2015年6月公開の宮城県の「東日本大震災アーカイブ宮城」、2015年7月公開の千葉県浦安市「浦安震災アーカイブ」である。岩手県では、他の自治体より構築が遅かったが、震災資料の定義からその後の活用について、外部有識者を交えた会議を開催し、1年間をかけて「震災津波関連資料の収集・活用等に係るガイドライン」を2016年4月に策定した。2017年3月には「いわて震災津波アーカイブ～希望～」を公開した。いわて震災津波アーカイブは、23万点と東日本大震災デジタルアーカイブの中で最も多くの震災資料を公開している。続いて、東日本大震災アーカイブ宮城の22万点の公開が続く。その他の県については、福島県では2017年6月に「アーカイブ拠点施設（仮称）に関する資料収集ガイドライン」が策定され、現在、震災関連記録の収集が行われている。茨城県では、2017年3月に「茨城県東日本大震災デジタルアーカイブ」が公開されている。

3. まとめ

本報告では、震災デジタルアーカイブの変遷について報告した。今後、来る災害に対してこれらで得られた知見をまとめる必要があると思われる。

東北日本，月山火山の形成史：直下に存在する断層の活動との関係

山形大学理工学研究科 大泉 涼・武部 未来・伴 雅雄・岩田 尚能

1. はじめに

月山火山は東北日本の背弧側鳥海火山列に属する約 70～30 万年前に形成された成層火山である。東北日本の背弧側の成層火山はその研究事例数が少なく，月山火山の研究は重要な報告例となる。

これまでの研究によれば，噴出物は全て混合岩であるとされ，また混合端成分に時間変化があることが指摘されている。しかし，その変化の詳細は明らかにされていない。また，月山火山を形成した馬蹄形カルデラの活動についても詳細は明らかにされていない。

本研究では，月山火山について，地形解析，現地踏査，年代測定によって形成史を明らかにし，さらに噴出物の鏡下観察，全岩・鉱物化学分析を行い，マグマ供給系の変遷の解明を試みた。

2. 形成史

月山火山を構成する溶岩類は，地形的特徴から 3 つのグループに分けられる。それらは，最も古い溶岩が山体の周辺に分布する月山下部溶岩類(GLL)，その上位の，北方に分布する月山北部溶岩類(GUNL)，さらに上位の，山頂周辺に分布する月山山頂溶岩類(GUSL)である。月山山頂溶岩類はさらに，北部（月山山頂北部溶岩類(GUSL N)）と南部（月山山頂南部溶岩類(GUSL S)）に分けられる。上記溶岩類の形成年代は，K-Ar 年代測定より，GLL：0.75～0.60Ma，GUNL：0.60～0.55Ma，GUSL：0.55～0.45Ma と推定された。上記の年代および，各溶岩類の分布状況から，溶岩の噴出率は，GLL：0.0004 km³/千年，GUSL：0.02 km³/千年と推定された。この噴出率は日本の成層火山の平均的な値よりも低い。

月山火山の特徴のひとつとして山頂から北方に開く馬蹄形カルデラの存在が挙げられる。月山火山は，ほぼ南北方向に伸びている庄内平野東縁断層帯の南方の延長線上に存在しており，火山体の直下に断層が存在していることになる。GLL はその断層の東と西側両方に分布しているが東側の方が西側よりも標高が高いところに分布しており，その差は約 300 m である。GLL の形成年代は 0.7 Ma と推定されたことから，この断層の運動によって約 700 万年間に東側が 300m 隆起したと考えられる。東側の相対的隆起速度は 0.04 cm/年と計算される。この値は，地震調査研究推進本部による庄内平野東縁断層帯南部のずれの速度 0.5m/千年(0.05cm/年)に近い値である。おそらく馬蹄形カルデラを形成した誘因は断層運動であったと考えられる。また，この断層の活動が将来的に別の崩壊を引き起こすことも考えられる。

3. 岩石記載

対象にした全ての噴出物には、苦鉄質マグマが珪長質マグマに注入・急冷固結したと考えられる苦鉄質包有物が認められる。母岩は安山岩からデイサイトで、苦鉄質包有物は玄武岩から玄武岩質安山岩である。斑晶としては母岩・包有物共に、plg, cpx, opx が常に含まれており、母岩には hbl, qtz, olv が、苦鉄質包有物には hbl, olv が含まれる場合がある。また、斑晶には熔融組織を持つものが多い。

4. 全岩化学組成

GUNL, GUSL は中間カリウム - カルクアルカリ系列に属しているが、GLL のものは中間カリウム - ソレイト系列的な組成変化傾向を示すものも含む。各ユニットの SiO₂ 量の範囲は母岩, 苦鉄質包有物で, GLL : 57.8~61.5wt%, 51.1~54.5wt%, GUNL : 55.9~61.1wt%, 50.1~56.4wt%, GUSL : 56.0~62.1wt%, 49.7~57.4wt% である。各ユニットの噴出物は SiO₂ 組成変化図上で概ね直線的なトレンド上に乗る。各ユニットは、いくつかの組成変化図でトレンドが異なっている。その傾向は Cr-SiO₂ 組図で顕著である。SiO₂ 量と Cr 量が 48%, 30.0ppm と 64%, 6.0ppm を結ぶ線を境界に、それより高いところにプロットされる場合を高 Cr, 低い場合を低 Cr タイプとすると, GLL は低 Cr, GUNL と GUSL は高 Cr タイプである。なお, GUNL の最も古い GNL1004 の Cr 量は, 母岩で 30.2ppm, 苦鉄質包有物で 85.6ppm と他よりも高い値を示す。

5. 斑晶鉱物化学組成

苦鉄質包有物が含まれることなどから全ての噴出物は高温マグマと低温マグマの混合によって形成されたと考えられる。噴出物中の主要斑晶鉱物組成を分析したところ, 高温マグマ由来の斑晶の化学組成は plg : An_{80~86}, cpx : Mg#=80~82, olv : Fo_{82~86}, 低温マグマ由来の斑晶の化学組成は plg : An_{40~52}, cpx : Mg#=64~74, opx : Mg#=64~70 と求まった。また, 上記 2 点とは異なる中間的な組成のものとして plg : An_{80~86}, cpx : Mg#=76~80, olv : Fo_{72~76} の斑晶組合せも確認された。GLL では低温マグマ由来の Magnesio-hornblende が確認された。

6. 月山火山のマグマ供給系の変遷

全岩, 鉱物化学組成等を基に, 高温, 低温マグマの岩石学的特徴を推定した。高温マグマは, 高 Cr タイプの場合は SiO₂ 量 48.5~49%, 約 1100℃, 低 Cr の場合は, SiO₂ 量 50%, 約 1050℃, 低温マグマは, 高 Cr, 低 Cr タイプ共に SiO₂ 量 63% 程度, 約 850℃と求められた。高 Cr 高温マグマは低 Cr 高温マグマよりやや未分化なものである。

形成史に沿ってみると, GLL は低 Cr, GUNL は高 Cr, GUSL は主に高 Cr タイプ主体であるが, GUSL S の下部に一部低 Cr タイプが認められる。なお, GUNL の初期には Cr 量が特別高いものが認められる。以上より, GLL ではより分化の進んだ高温マグマが活動し, その後に特別に Cr 量の高いマグマの活動を経て, GUNL・GUSL では未分化マグマの活動が主体に移ったという変遷が明らかとなった。珪長質マグマ組成はあまり変化がなかったと考えられる。

鉄骨置屋根構造における地震力の伝達メカニズム

○山口優樹（仙台高等専門学校専攻科） 藤田智己（仙台高等専門学校）
飯藤将之（仙台高等専門学校）

1. はじめに

2011 年の東北地方太平洋沖地震，2016 年の熊本地震等，近年発生した大地震において鉄骨置屋根構造の地震被害が確認され，避難所として十分機能できない事例が発生した¹⁾。今後発生が予想される首都直下型地震等においても同様の事例が発生することが懸念されるため，著者らは鉄骨置屋根構造の損傷メカニズムの解明と補強法補の検討を行ってきた²⁾。

本研究では鉄骨置屋根構造の縮小試験体を作成し，各構面を繋ぐ屋根面せん断剛性を模擬した板バネをパラメータとした振動台加振試験とシミュレーション解析を実施し，板バネのせん断剛性と各構面に分配される水平力の関係を確認する。

2. 振動台加振試験

図 1，図 2 に縮小試験体概要を示す。試験体の質量は各構面同等で柱頭部が 1.6kg，屋根部が 1.6kg となる。妻構面の水平剛性は中央構面の 4 倍とし，妻構面フレームの固有周期は 0.2s，中央構面フレームの固有周期は 0.4s となっている。各構面は板バネによって接続され，板バネの幅は，10mm，15mm，20mm の 3 種類とした。試験は屋根面でのみ板バネで接続したケース，屋根面に 1 本と柱頭部に 2 本の板バネを接続したケースの計 12 ケースとした。入力には正弦波と地震波を用い，正弦波は中央構面が大きく揺れる 1 次モード，中央構面と妻構面が相互に揺れる 2 次モードに合わせて周波数を設定し，振動台の入力加速度は 30gal とした。地震波は El-centroNS 波，八戸 EW 波，JMA 神戸 NS 波を用いた。実験データとして，図 1，2 に示すようにフレームの応答加速度をひずみ式加速度計で，フレームの相対変位をレーザー変位計で計測した。また，各構面の柱と板バネに設置したひずみゲージの計測値から各部材に作用するせん断力を計測した。

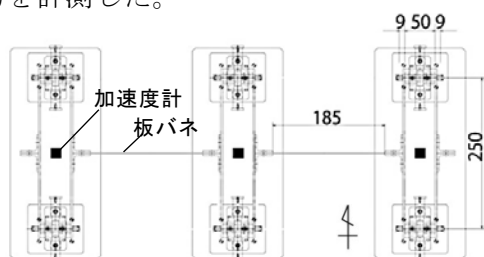


図 1 縮小試験体平面図

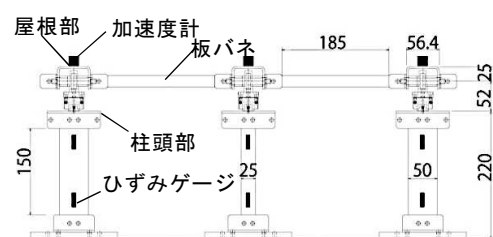


図 2 縮小試験体立面図 EW 方向

3. 試験結果

3.1 板バネのせん断剛性と作用せん断力の関係

正弦波加振試験における屋根面の板バネの梁幅が 20mm と 10mm の場合の柱頭部の慣性力および，柱と梁に流れるせん断力とその割合を図 3 に示す。なお，各構面に作用する慣性力は図中に太字で示しており，図中の左側に 1 次モード，右側に 2 次モードの結果を示している。

1 次モードの振動の場合、妻構面に比べ中央構面で応答が増幅し、その応答倍率は約 2.5~3.5 倍程度となる。2 次モードでは各構面が交互に振動し、中央構面の応答倍率は 1 次モードより小さく、約 2~3 倍程度となる。中央構面に作用する慣性力に対して、梁に分配される作用せん断力の割合は 1 次モードより 2 次モードが大きく、板バネのせん断剛性が小さくなるほど、左右に流れるせん断力の割合が小さくなることを確認した。これは中央構面の柱のせん断剛性に対して梁のせん断剛性の割合が小さくなるためである。

地震波加振試験の結果を図 4 に示す。図中の左側に El-centroNS 波、右側に八戸 EW 波の結果を示している。地震波加振試験では、梁に作用するせん断力が最大の時、正弦波加振試験における 1 次モードに近い割合で中央構面の慣性力が梁に分配されていることがわかった。

3.2 各部材の水平力と剛性の関係

屋根面の梁幅が 20mm と 10mm の場合における各部材のせん断剛性とその割合を図 4 に示す。なお、図中の右側には妻構面の柱と屋根面の板バネを直列バネとして評価した場合のせん断剛性とその割合を示す。実験結果から得られた各部材のせん断力の割合と比較すると、屋根面に流れる水平力は、1 次モードと近い値となることが確認できた。妻構面の柱と屋根面の板バネを直列バネとした場合も近い値となることが確認できた。

4. まとめ

本報では、振動台加振試験結果に基づき各部材に分配される水平力の割合と、板バネのせん断剛性との関係を示した。本試験のシミュレーション解析および、地震応答解析の結果については、本論文において報告する予定である。

参考文献

- 1) 一般社団法人 建築研究振興協会：東日本大震災における鉄骨置屋根構造の被害調査報告，2012.
- 2) 藤田智己ほか：RC 下部構造と鉄骨置屋根の接合部への作用応力に関する横つなぎ材剛性の影響，コンクリート工学会年次大会論文集，第 40 巻，査読有，pp.787-792，2018

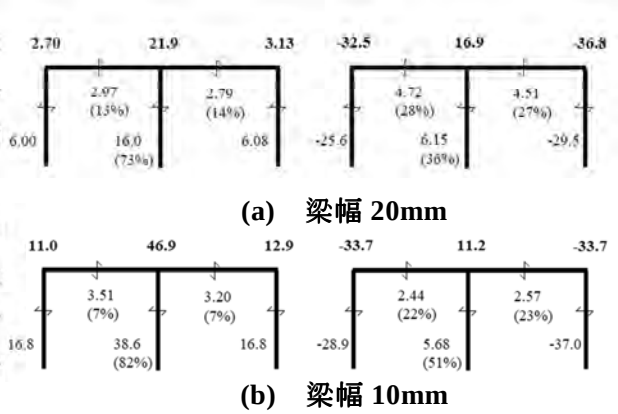


図 3 各部材の水平力と割合
(左:1 次モード 右:2 次モード)

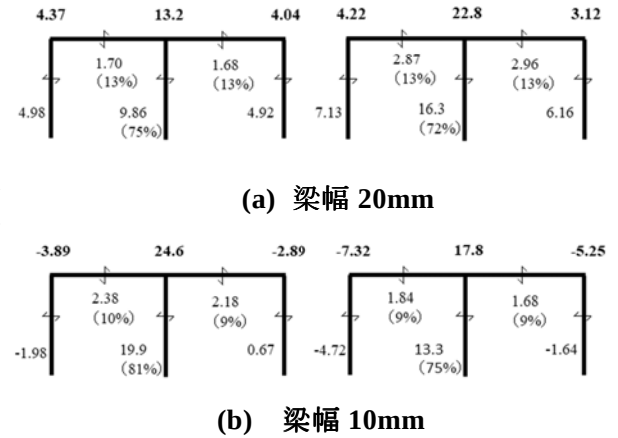


図 4 各部材の水平力と割合
(左:El-centroNS 波 右:八戸 EW 波)

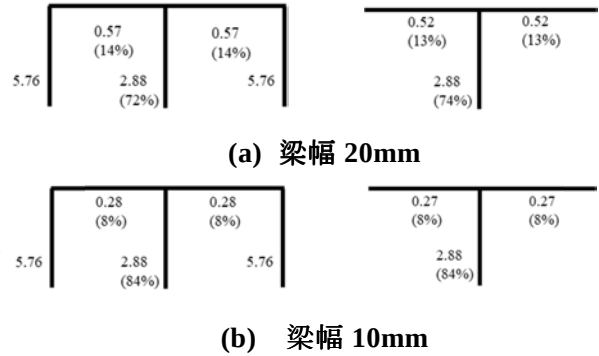


図 5 各部材のせん断剛性と割合

慣性質量効果を有する液流ダンパーを付加した

1 層フレーム試験体の振動台加振試験

○横田陽大（仙台高等専門学校専攻科） 藤田智己（仙台高等専門学校）

畑中友（東北工業大学工学部建築学科） 船木尚己（東北工業大学工学部建築学科）

飯藤将之（仙台高等専門学校）

1. はじめに

著者らは、地震発生時における建物の内部被害を軽減するための新たな制震装置として、従来と比較して大きな応答低減効果を得ることができる流体の質量移動効果を用いた慣性質量ダンパー(以降、慣性質量液流ダンパーとする)を進めている¹⁾²⁾。

本論では1層フレームに慣性質量液流ダンパーを付加した縮小試験体の振動台加振試験を実施した。試験結果から、本ダンパーを付加した際の振動応答特性の変化を明らかにするとともに、地震に対する有効性を確認する。

2. ダンパーの概要

本ダンパーは、図1に示すように1対のピストンシリンダー相互を細い管で連結した形状となっている。ダンパー内部には液体が封入され、シリンダーには液漏れを防ぐためのシール材が充填されている。液流が連結管内を移動することにより発生する慣性質量効果と液流の抵抗力を建物の応答低減に利用するものである。液流による抵抗力は液体がシリンダー間を移動する際に生じる急縮小部、連結管内部、急拡大部の3点での圧力損失である。

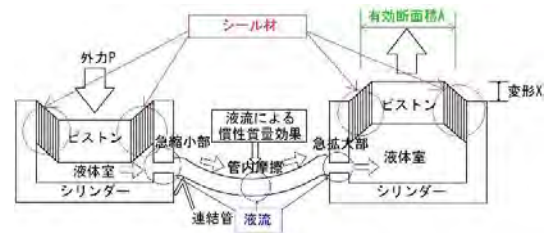


図1 慣性質量効果を有する液流ダンパーの概要

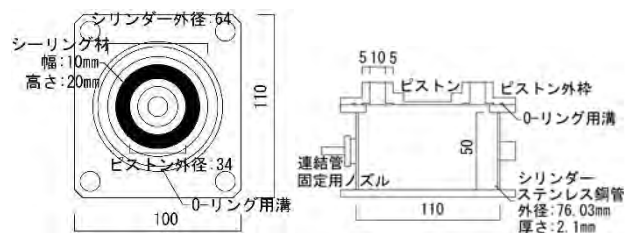


図2 ダンパー図面（左:平面図 右:断面図）

3. 振動台加振試験の概要

本試験で用いるダンパー試験体の平面図と断面図を図2に示す。また、本試験の試験体の全景を写真1に示す。ダンパーは、ステンレス製のピストン部と鉄製のシリンダーで構成され、これを2台1組として使用する。また連結管は内径10mmの鋼製の管を用いており、試験体ケースとして長さをパラメーターとし、0.5m、1.0m、2.0mの計3ケースを対象に試験を行った。ダンパーに封入する液体は水道水を用いている。

加振試験は、入力地震動として正弦波およびBCJ-L1波、エルセントロNS波（1940）、八戸EW波（1968）、タフトEW波（1952）、JMA神戸NS波（1995）の5種類の地震波によって実施した。

測定項目は、写真 1 に示すとおり、加速度計で応答加速度を、レーザー変位計でフレームの相対変位を、圧力計でダンパー内の内圧を、ロードセルでダンパー抵抗力を計測した。

4. 試験結果

加振試験は代表的な結果として正弦波加振試験より求めた共振曲線と BCJ-L1 波，八戸 EW 波，JMA 神戸 NS 波の試験結果をそれぞれ図 3，表 1 に示す。

正弦波加振試験において、図 3 に示すように連結管の管長を長くすると加速度応答倍率は小さくなり、固有周期が長周期化する。応答倍率は管長が 0.5m の時に約 6 倍，管長が 2.0m の時は約 2 倍となる。

地震波加振試験において、表 1 に示すように、全ての地震波ケースでダンパー無しのケースに比べてダンパーを付加することで応答加速度を 1/2 程度に低減することができている。各地震波の結果をみると、BCJ-L1 波および八戸 EW 波では管長を長くなるほど加速度応答倍率は低減している一方、JMA 神戸 NS 波では管長が 1.0m のケースよりも 2.0m のケースで加速度応答倍率は高くなり、管長と応答低減効果の関係が比例ではないことが確認された。

5. まとめ

振動台加振試験より以下の知見を得た。

- 1) 正弦波加振試験より、連結管の管長を長くした場合、慣性質量効果の増大による固有周期の長周期化と、高い応答低減効果が得られることを確認した。
- 2) 地震波加振試験より、ダンパーを付加することで加速度応答倍率を 1.5 程度に抑えることができる。BCJ-L1 波のように応答が一定となる周期帯での応答の場合、連結管の管長を長くするほど応答低減効果が高くなる。しかし、JMA 神戸 NS 波をはじめとした地震波では、連結管の管長による固有周期の変化の影響により、連結管を長くすることが必ずしも応答低減に繋がるわけではないことを確認した。

参考文献

- 1) 鈴木敦詞ほか：慣性質量効果を有する液流ダンパーの抵抗特性，日本建築学会大会学術講演梗概，pp.1007-1008，2013
- 2) 畑中友ほか：慣性質量効果を有する液流ダンパーを用いた 1 層フレーム試験体の振動応答特性，構造工学論文集 Vol.63B，PP.205-211，2017

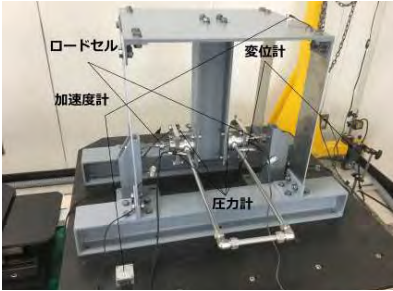


写真 1 試験体全景

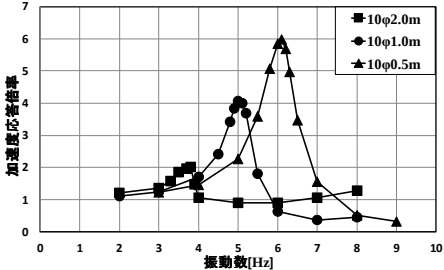


図 3 正弦波加振試験による共振曲線

表 1 地震波加振試験結果

地震波	試験体ケース	最大振動台 加速度[gal]	最大応答 加速度[gal]	最大応答 変位[mm]	ダンパー 抵抗力[N]	加速度 応答倍率
BCJ-L1波	ダンパー無	211.1	1161.1	14.54	—	5.50
	0.5m	195.4	355.1	2.33	54.3	1.82
	1.0m	195.9	312.0	2.58	45.3	1.59
	2.0m	199.6	295.7	2.54	54.5	1.48
八戸EW波	ダンパー無	109.7	464.6	5.47	—	4.24
	0.5m	111.0	202.1	1.21	30.8	1.82
	1.0m	112.9	160.0	1.06	24.0	1.42
	2.0m	108.8	138.3	0.86	22.9	1.27
JMA神戸NS波	ダンパー無	193.7	528.6	6.16	—	2.73
	0.5m	139.4	203.3	1.18	32.6	1.46
	1.0m	147.4	168.8	1.06	31.3	1.15
	2.0m	143.6	177.1	1.39	32.1	1.23

津軽平野における地震波干渉法解析*

弘前大学大学院理工学研究科 石田早祐美・小菅正裕・前田拓人

1. はじめに

最近、地震波干渉法を用いた地下構造推定が盛んに行われるようになった。地震波干渉法とは、2つの観測点における常時微動の相互相関関数を求めると、1点を震源、もう1点を観測点とするグリーン関数が求められるという方法である。地震波干渉法は浅部地下構造推定に優れているので、平野における堆積層構造の推定が可能である。そこで本研究では、地震波干渉法を用いて、津軽平野の地下構造推定を行うためのグリーン関数を求めることを目的とする。津軽平野では1766年に明和津軽大地震が発生しており、被害は弘前から津軽半島で大きかった。被害分布には津軽平野の構造が影響している可能性があるため、津軽平野の構造推定は地震被害想定や地震防災の観点からも重要である。

2. データと解析方法

本研究では、津軽平野周辺のHi-netの7観測点の連続波形記録を用い、2017年11月15日～30日の期間について解析を行った。解析はBensen et al. (2007) の手法をもとに行った。まず、連続波形記録から切り出した15分間の波形に対して、地震計特性補正を行った。次に、RMS振幅値が閾値未満で地震波が含まれていないデータに対してスペクトルのホワイトニング処理を行い、観測点間の相互相関関数を計算した。最後に、相互相関関数のスタッキングとフィルタリングを行った。フィルターの帯域は0.1–0.2, 0.2–0.4, 0.4–0.8 Hzとした。以上の処理を全観測点のペアに対して行った。

3. 結果と考察

相互相関関数のスタッキングによりS/N比が改善され、位相が明瞭となった。得られた相互相関関数は多くの場合について明瞭なピークを持ち、そのピークの到来時刻は観測点間距離の増加とともに系統的に遅くなる。その位相は2 km/s前後であった。これらの特徴から、相互相関解析によって短周期表面波のグリーン関数が抽出されたものと考えられる。周波数別にグリーン関数の特徴を調べたところ、0.1–0.2, 0.2–0.4 Hzでは2 km/s前後で伝播する明瞭な波群が確認されたが、0.4–0.8 Hzの高周波数帯では明瞭な位相がほとんど見られなかった。また、複数の観測点ペアにおいて得られたグリーン関数で、非対称的な相互相関関数がみられた。これは、常時微動の伝播が片方の観測点からもう片方の観測点に伝播する常時微動のみ卓越していることを示していると考えられる。今回の研究エリアでは、多くの場合日本海側の観測点を受信点とする波が明瞭となったことから、海洋の波浪が要因で日本海から内陸に伝播する常時微動が卓越したことがその原因として考えられる。

4. 今後の展望

本研究では、津軽平野において地震波干渉法を用いることでグリーン関数が抽出され、またその特徴が確認できた。今後、より長期間の相互相関関数をスタックすることで、より精度の良いグリーン関数が求められることが期待される。津軽平野地域には基盤的地震観測網の観測点が少

*Seismic interferometry analysis in Tsugaru plain by Sayumi Ishida et al.

なく、これらの点のみのグリーン関数によって得られる速度構造の解像度には限界があると考えられる。そこで、観測点の特に少ない領域において固有周期1 sの臨時観測点を設置しデータの蓄積中である。今後、これらの臨時観測点も含めて得られたグリーン関数に対して周期ごとの群速度を算出することで津軽平野の詳細な地下構造推定が可能となることが期待される。

深部低周波地震の発生メカニズム*

～波動伝播シミュレーションによる検討～

弘前大学大学院理工学研究科 春山太一・小菅正裕・前田拓人

1. はじめに

深部低周波地震は、地震の規模が小さいにも関わらず卓越周波数が顕著に低く、通常地震が発生する深さ下限よりも深部で発生することから、断層運動とは異なるメカニズムで発生すると考えられている。しかし、地震ごとに波形の違いが大きいことから、一般的な発生メカニズムは明らかになっていない。また、火山周辺で多く発生することから火山流体との関連性が示唆されており、発生メカニズムの解明は、火山活動の把握において重要である。東北日本の深部低周波地震において、コーダ波部分での低周波が卓越する特異な波形が観測されている。このような波形は稀であるが、振動特性の把握が容易であることから、深部低周波地震の発生メカニズムの物理モデルの検討には好都合な地震である。そこで本研究では、スペクトル特性を表す指標の Frequency Index (FI値)、卓越周波数、継続時間を求めてその空間分布を検討し、波動伝播シミュレーションにより理論波形の計算を行い観測波形と比較することでその物理モデルを検討した。

2. 肘折における深部低周波地震

FI値は、2つの周波数帯域での平均スペクトル比（高周波/低周波）の常用対数をとったものである。注目する帯域として、やや低周波：(10-20 Hz) / (2-4 Hz)、低周波：(10-20 Hz) / (1-2 Hz)を用いた。時間ウィンドは、S波到達からの2.56秒間（S波ウィンドウ）と、S波到達から3秒後から20秒間（コーダウィンドウ）の2つを用いた。FI値の計算は、北海道から関東地方までの10箇所の深部低周波地震発生域において、マグニチュード1.0以上で、気象庁によって低周波地震のフラグがつけられている地震を対象にし、主としてHi-net観測点の波形データを用いた。

その結果、今回調査した中で、肘折においてコーダ波部分での低周波振動の励起が最も顕著であった。それらの深部低周波地震は、スペクトル特性に明瞭な地域性や深さ依存性は認められないことから、震源から放射されていることが示唆される。

3. 波動伝播シミュレーションによる検討

深部低周波地震の震源域では、波形を多様にし、長時間にわたり波を放射する構造的要因があるものと考えられる。そこで波形の多様性を説明するモデルの一つとして、力源が流体の経路内で移動しながら波動を放射するというモデルが考えられる。力源の移動を考えなければ継続時間の長い波形の成因が説明不可能だからである。

そこで、流体の存在を表す低速度領域と震源のパラメータを変えて差分法による波動伝播シミュレーションを行い、計算した波形が深部低周波地震の地震波形の特徴をどの程度説明できるのかを検討した。地下構造としてJMA2001を用い、震源の深さは約15~30kmの範囲、震源メカニズムはCLVDとシングルフォース、観測点は東西100kmに5kmおきに与えて計算した。その結果、流体領域を仮定した場合、多重反射により、振幅が大きくなりコーダ波が観測波形と同規模程度の継続時間となった。また、流体内部における震源の位置を浅くするほど波の周期が長くなり、流体領域を大きくするほどコーダ波の振幅が大きくなるなど、観測された深部低周波地震の特徴を部分的・定性的に再現する結果が得られた。

*Examination of source mechanisms of deep low-frequency microearthquakes through the simulation of seismic wave propagation by Taichi Haruyama et al.