

平成 28 年度
東北地域災害科学研究集会
講演予稿集

開催：平成 28 年 12 月 23 日(金)・24 日(土)

会場：陸前高田市コミュニテイホール

<第1会場>

陸前高田コミュニティーホール・大会議室

司会：鎌滝 孝信先生

6題（13:00～14:30）

平成28年12月23日（金・祝）

子吉川を対象とした塩分遡上に関する検討*

秋田大学工学資源学部 古仲 陽穂
秋田大学大学院理工学研究科 渡辺 一也

1. はじめに

本荘平野において子吉川は古くから農業用水として利用されていた。子吉川は良質な米を作り出す水として知られている。また、割合は少ないものの、他には水道および工業用水として利用されている。しかし、子吉川では頻繁に渇水による水不足に見舞われており、特に流量の低下時において、塩分の遡上も発生している。その遡上距離は河口から 10km 近くまでであり、塩分遡上時においては本荘市子吉地区までが揚水不能となっている。そのため、塩水の遡上に関してその状況を把握し、遡上の条件について検討することは非常に重要である。

そこで、本研究では秋田県の一級河川である子吉川を対象として塩分遡上と流量・波高などの外力との関係について検討を行った。

2. 研究対象河川

子吉川は図-1 に示されるように秋田県南西部に位置している。その幹川流路延長は 61km であり、流域面積は 190km² となっている。笹子川、鳥海川、石沢川、芋川等の支川を合流させ本荘市街地を迂回し、日本海に注ぐ一級河川となっている。

3. 観測結果

観測は 2013 年から行っており、データの取得については既往の研究（例えば^{1) 2)}）を参考に多項目水質計を使用した。それらのデータと秋田河川国道事務所が観測したデータを併せて検討を行った。ここでは一例として図-2 に 2015 年における子吉川の塩分観測状況を示す。これにより、8km 付近まで高濃度の塩水が遡上されていることが確認された。

参考文献

- 1) 渡辺一也・小此木啄哉・今井勇士：河口形状の異なる日本海側河川を対象とした塩分遡上と入退潮量に関する検討，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol.71, (2), pp.409-414, 2015. (DVD-ROM)
- 2) 渡辺一也，神成寿樹，伊東緋音：日本海側河川を対象とした冬季高波浪時の wave set-up と入退潮量に関する検討，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，第 70(2)巻，p.401-405, 2014.



図-1 研究対象領域

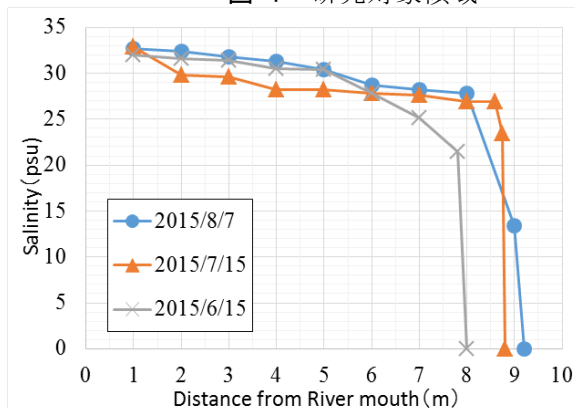


図-2 塩分遡上に関する検討

*Investigation of Salinity Intrusion at the Koyoshi River by Akiho Konaka and Kazuya Watanabe

秋田県南部沿岸の沖積低地にみられるイベント堆積物*

秋田大学地方創生センター	鎌滝 孝信
秋田大学工学資源学部	安部 訓史
秋田大学工学資源学部	金澤 慎
秋田大学大学院理工学研究科	松富 英夫

1. はじめに

秋田県では1983年5月26日に発生した日本海中部地震で、県北部沿岸を中心に79人が犠牲になるなど大きな津波被害を受けた。秋田県内においてこの津波で大きな被害を受けた地域は男鹿半島以北で、県中部以南の地域ではそれほど大きな遡上高は観測されていない（土木学会日本海中部地震震害調査委員会、1986など）。秋田県中一南部地域は、1983年日本海中部地震と1833年庄内沖地震の震源域の間にあたり、大きな津波を伴うような海域を震源域とするような地震が知られていない地域、すなわち地震空白域とされる（石川、2002；大竹、2002）。一方、この地域における過去の津波記録をみると、前述の海域における地震に比べると地震規模は一回り小さいが、1804年象潟地震により秋田県南部のにかほ市沿岸部に津波被害があったとされる（羽鳥、1986など）。1804年象潟地震は、秋田県にかほ市の象潟から金浦にかけて地盤を隆起させた地震として知られ、海陸の境界部にある活断層による地震と考えられている。秋田県地震被害想定調査報告書（2013）では、秋田県が設定した想定津波の中で最大クラスの津波が発生すると、にかほ市沿岸域で浸水深が10m規模の津波が襲来することが想定されている。しかしながら、この地域でそのような地震が発生したことを裏付ける古文書等の記録はない。したがってにかほ市のみならず秋田県中一南部や山形県北部の防災施策を考える上でも、この地域における過去の津波による浸水履歴や浸水範囲を明らかにすることは重要である。そこで我々は、古地震・古津波に関する証拠を集め、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、秋田県沿岸域において古津波痕跡に関する調査を進めている。鎌滝ほか（2015）は、にかほ市北部の三森地区で津波堆積物の可能性があるイベント堆積物（志岐、1988）を3層報告しているが、その形成要因は明らかになっていない。本研究では、秋田県にかほ市の沖積低地で実施した群列ボーリング調査により、過去の津波によって形成された可能性があるイベント堆積物が見出されたので報告する。

2. 調査地域および調査方法

調査地域は秋田県南部のにかほ市三森地区で、鳥海山北麓で白雪川と大沢川に囲まれた沖積低地に位置する。ボーリング調査を実施した地点は海岸から約100~400mまでの沖積低地で、浜堤の内側の後背湿地にあたる標高約2~3mの水田である。ボーリング調査はここで海岸線に直交した測線を設定し、それに沿って群列掘削をおこなった。この地点は秋田県地震被害想定調

*Event deposits recorded in coastal lowland on the southern part of Akita Prefecture, the eastern margin of Japan Sea by Takanobu Kamataki, Norifumi Abe, Shin Kanazawa, and Hideo Matsutomi

査（秋田県，2013）によると，秋田沖の地震空白域（石川，2002；大竹，2002）を中心とした海域の想定地震および青森沖から山形沖まで震源域を拡げた最大クラスの想定地震（秋田県，2013による海域 A+B+C の連動地震）による津波で，5～10m の浸水深が想定されている。そのため，地震空白域の地震が過去に発生していたか否かを評価する上で，この地域における津波堆積物の有無は重要な根拠となる。ボーリング調査は径 30mm 程度のハンドコアラと小型ジオスライサー（高田ほか，2002）でおこない，深さ 1～2m 程度のコア試料を採取した。試料は現地にて半裁し，堆積物の観察，記載を実施した。

3. 結果と考察

採取したボーリングコア試料には，沖積低地で堆積した有機質シルトや泥炭を主体とした細粒堆積物中に，砂を主体とした粗粒堆積物が複数枚挟まれることが明らかになった。それら粗粒堆積物の中で，深度 1m 付近に挟まれる最大層厚 70cm 程度の中粒～細粒砂層には，1) 基底部分がシャープな侵食面を呈すること，2) 侵食面の上部の堆積物に下位の地層を侵食し取り込んだ有機質シルトや泥炭のリップアップクラスト（偽礫）が含まれること，3) 内部に平行層理，斜交層理等の初生堆積構造が見られること，4) 上部には材や植物片が密集すること，などの特徴が見られる。したがってこれらの粗粒堆積物は，平常時には有機質シルトや泥炭を主体とした細粒の堆積物が堆積する湿地環境に，強い水流を伴った突発的なイベントによって砂質堆積物が流入し，その強い水流の影響下で形成されたイベント堆積物と解釈した。

このイベント堆積物の海岸付近から内陸方向への厚さの変化をみると，最も海側の地点で最も厚く，陸側に向かって薄くなり消滅するという特徴が確認できた。また，粒径も中粒砂を主体としたものから細粒砂を主体としたものへと細粒化することがわかった。これらの特徴から，このイベント堆積物は，海からの強い流れによってもたらされたと解釈することができる。したがって，現時点ではこのイベント堆積物は津波もしくは高潮によるものと考えられる。

4. おわりに

今後，イベント堆積物の形成要因および形成年代を明らかにするために，イベント堆積物のより広範囲への分布調査および試料の各種分析等を進める予定である。

5. 謝辞

本研究には文部科学省「地（知）の拠点整備事業」平成 28 年度補助金を使用した。秋田県にかほ市農業委員会事務局の方々には，調査用地の借用等に際して便宜を図っていただいた。ここに記して関係各位に深く感謝の意を表します。

引用文献：秋田県，2013，秋田県地震被害想定調査報告書，553pp.；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，933pp.；羽鳥，1986，地震研彙報，61，143-157；石川，2002，日本海東縁の活断層とテクトニクス，155-165.；鎌滝ほか，2015，第四紀研究，54，129-138.；大竹，2002，日本海東縁の活断層とテクトニクス，175-185.；志岐，1988，月刊地球，7，438-440.；高田ほか，2002，地質ニュース，579，12-18.

青森県鱒ヶ沢町にみられるイベント堆積物*

弘前大学工学部	熊谷 秀平
弘前大学工学部	梅田 浩司
秋田大学地方創生センター	鎌滝 孝信
弘前大学教育学部	小岩 直人

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う津波では、岩手県・宮城県・福島県を中心に約2万人が犠牲となった。太平洋沿岸のみならず日本海沿岸においても19世紀から20世紀にかけて1833年庄内沖地震、1983年日本海中部地震、1993年北海道南西沖地震などマグニチュード7.5を超える巨大地震が発生し、沿岸各地に津波による被害を経験している。こうした地震・津波被害の低減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地震や津波の頻度や規模、被害の種類や大きさ等の情報を古文書に加えて科学的な根拠によって示すことが重要である。このうち、津波堆積物は、地層中に保存された過去の津波痕跡であり、その分布調査や年代分析を行うことによって過去の津波による浸水範囲や発生時期を推定することが可能となる。最近では津波堆積物を使った古地震・古津波研究が国内外で数多くなされるようになった。しかし我が国における研究例はそのほとんどが太平洋沿岸のものであり、日本海沿岸からの報告は、箕浦ほか(1987)、平川ほか(2013)、鎌滝ほか(2015)等に限られる。筆者らは日本海沿岸の古地震・古津波研究の一環として、青森県の日本海沿岸における過去の津波痕跡に関する調査を実施している。本年度に実施した青森県鱒ヶ沢町鳴沢川周辺での津波堆積物調査の結果、有機質シルト層の中に水流によって運ばれてきたと考えられるイベント堆積物(砂層)が見出されたのでこれについて報告する。

2. 調査地域および調査方法

調査地点の選定にあたっては、津波による浸水が推定される場所およびその周辺であること、人口改変の影響が少ない場所、過去の研究例などを基準とし、空中写真、地形図等で調査地点を抽出した後、現地確認を行い、ハンドコアラーにて事前調査を行った。その結果、青森県鱒ヶ沢町北部に位置する鳴沢川下流部でボーリング調査を実施した。この周辺は、鳴沢川が形成した沖積平野の最下流部になっている。鳴沢川最下流部付近には標高5~10m前後の砂丘上の高まりが存在し、それを切って鳴沢川が日本海へ流出している。津波は鳴沢川を遡上する際には、この砂丘上地形の北端、鳴沢川の低所を遡上するものと推定されている(小岩, 2012)。

この地域での過去の調査によると、海岸線からの直線距離が約400m、鳴沢川左岸沿いの氾濫原上に位置している美ノ捨という地点で、津波堆積物と思われる砂層が見つまっている(小岩, 2012)。また、この堆積物は2,300年前以降に形成されたと推測されており(葛西, 2014)、年代測定や空間分布の調査などの必要性を示唆している。

* Event deposits recorded in coastal lowland areas of Ajigasawa Town, Aomori Prefecture by Shuhei Kumagai, Koji Umeda, Takanobu Kamataki and Naoto Koiwa

そこで、今回、美ノ捨とその周辺をボーリング地点として選定し、イベント堆積物の空間分布の調査および明確な年代測定を行い、津波堆積物であるかどうかのより詳細な検討を実施した。なお、ボーリングは、ハンドコアラーとジオスライサーを使用して行い、長さ1~2m前後のコアを採取した。採取したコアは層相観察および記載を行い、材や植物片の放射性炭素年代測定、砂質堆積物および海浜砂・河川砂の検鏡観察および粒度分析を実施した。

3. 結果とその解釈

採取された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中に砂を主体とした粗粒堆積物が数枚挟まれることが明らかになった。深度24~42cmは極細粒砂混じり有機質シルトからなり、この中の深度26cmには、パッチ上に褐色テフラが挟在し、深度39~41cmには細粒砂の薄層(以下①層)がみられる。深度42~46cmは暗灰色粘土からなる。深度46~58cmは細粒砂からなり(以下②層)、下層に有機質シルトを含む。深度58~85cmは有機質シルトからなり、下層ほど材や植物片を含む。深度85~115cmは泥炭からなり、材や植物片が密集している。またこの中の深度107~109cmには細粒砂の薄層(以下③層)がみられる。深度115~125cmは細粒砂からなり(以下④層)、この中の深度123cmには層厚5mmほどの有機質シルトの薄層がみられる。深度125~140cmは再び泥炭からなり、材や植物片が密集している。深度140cm以深では細粒砂層(以下⑤層)と有機質シルトまじり泥炭層の互層が厚く堆積している。

各層の鉱物組成については、①層では石質岩片、石英、斜長石を、②層では石質岩片と石英を主体とするのに対して、③~⑤層では石質岩片と斜長石が卓越する。また、鳴沢川河口付近で採取した海浜砂は、円磨された石質岩片、石英粒子を多く含むが、斜長石をほとんど含まないことを特徴とする。粒度組成は①層と②層では、0.01mm前後、および0.3mm前後、③層では、0.01mm前後、および0.15mm前後、④層では、0.01mm前後、および0.2mm前後、深度140cm以深の各⑤層では、0.01mm前後、および0.1mm前後と、いずれも二峰性を有するものとなっていて、淘汰の悪い砂層である。

この中で、①層および②層の細粒砂層には、(a)基底部分が侵食面であること、(b)堆積物の下部に下位の地層を侵食し取り込んだものと思われる有機質シルトが含まれているという特徴がある。したがってこれらの堆積物は、有機質シルトや泥炭を主体とした細粒の堆積物が堆積する湿地環境に、強い水流を伴った突発的なイベントが発生することで形成されたイベント堆積物と解釈した。このイベント堆積物は、前述のように海岸と調査地点との間に砂丘上の高まりが存在しており、海岸線からもある程度離れていることから高潮堆積物の可能性は低いと考えられる。なお、調査地点の近傍には鳴沢川が流れているため、洪水堆積物の可能性もあるが、(c)海浜砂の粒度組成が0.3mm前後にピークを有し、①層および②層の粒度組成と一致していることから、これらのイベント堆積物は現段階では津波による可能性が高いと考えられる。

引用文献：平川ほか、第30回歴史地震研究会講演要旨集、41p.；鎌滝ほか、2015、第四紀研究、54、129-138.；小岩、2012、鳴沢地区の歴史時代の津波堆積物に関する地質調査(鯨ヶ沢町役場受託研究).；葛西、2014、地域社会研究(弘前大学地域社会研究会)、7、73-77.；箕浦ほか、1987、地震2、40、183-196.

浮体式津波避難シェルターの挙動に関する検討 ～第二波目以降が最大津波となるケースを想定した検討～

秋田大学工学資源学部 藤井 龍也
秋田大学大学院理工学研究科 渡辺 一也

1. はじめに

2011年の東日本大震災の発生を受けて、従来想定よりも巨大な津波が来襲されることが予測されている。今後、南海トラフ地震や首都直下型地震などの巨大な地震が予測される中で、防潮堤や高所避難などでは防ぎきれないような津波から身を守るための対策に加えて、避難後の対策も必要となっている。また、東日本大震災や2010年に発生したチリ地震のように、津波の第二波目以降が最大波となるケースもあり、その対応が求められている。そのため、高所避難と浮体式津波避難シェルターを利用したハイブリットな避難に注目した。この手法は従来手法と組み合わせることにより生存率の向上を図るものである。

本研究では、特に第二波目以降が最大津波となる場合を想定した水理実験を行い、シェルターの挙動や波高についての検討を行った。

2. 実験方法

水理模型実験は津波避難シェルターを建物上に設置したものと仮定して行った^{1) 2)}。縮尺は1/20とし、波高や挙動等を計測して、シェルターを使った避難に対する評価を行った。シェルター模型は6人乗りを想定している。大きさは、直径8.6cm、重さ78.9gの球形の模型となっている。建物模型の材料はアクリル板を使用し、中にはおもりとしてコンクリート片と粘土を使用した。大きさは奥行30cm、高さ15cm、幅14cmとした。

本研究では津波の第二波目以降を想定しており、第一波目の津波については建物模型付近に貯水することで表している。実験水路について図-1に示す。また、実験条件は表-1に示した様に、各ケース3回ずつ計54回実験を行った。

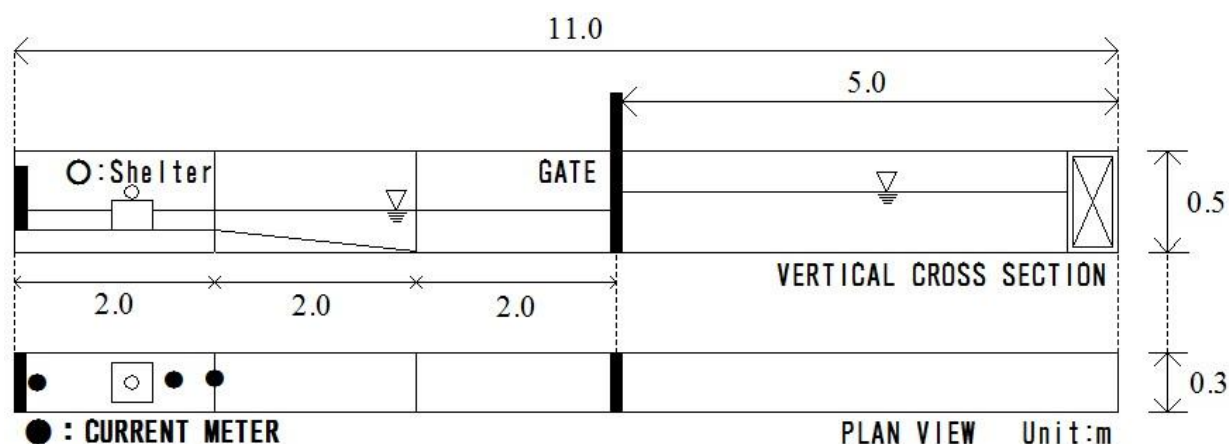


図-1 実験水路

表-1 実験条件

	止水板(大)	止水板(小)
貯水深(cm)	40.0 35.0 30.0	
静水深(cm)	15.0	7.5
斜面勾配	1/26	
設置位置(cm)	建物模型前から 3.0 15.0 27.0	

3. 実験結果

図-2 に今回の実験の一例を示す。図中に (×) で示される点は、シェルターの図心を表している。この図心の動きとビデオ解析を併せてシェルターの挙動について検討した。その結果表-2 の様にシェルターの挙動を 6 パターンに分類することができた。実験条件を見ると、静水深が 15cm の場合はパターン B, C が多く、7.5cm の場合にはパターン A が多く見られた。



図-2 パターン A の挙動

表-2 シェルターの挙動

	シェルターの挙動
A	建物模型から落下後、建物模型の後ろで回転する
B	水に浮き、安定な状態で流される
C	水に浮き、不安定な状態で流される
D	波と共に回転しながら流される
E	建物模型から落下後流され、回転しながら建物模型へ戻る
F	建物上に残る

4. おわりに

今回の実験ではビデオ解析による結果から、シェルターの挙動を 6 パターンに分類することができた。同じ条件でも異なる挙動を示す場合もあったため、今後はシェルターの移動速度についての検討や波高、流速などと合わせた解析を行っていく必要がある。

参考文献

- 1) 渡辺一也・金子祐一：津波避難ビル上に設置した浮体式津波シェルターの挙動に関する検討，土木学会論文集 B3 (海洋開発)，Vol. 71(2), I_701-I_706, 2015. (CD-ROM)
- 2) 遠野雄樹・渡辺一也：建物上に設置した浮体式シェルターの挙動分析と流速・波力に関する検討，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要，2016 (CD-ROM)

津波氾濫水密度に関する定量的実験*

秋田大学 今野史子 松富英夫 後村晃基 今藤晃太

1. はじめに

津波氾濫水の密度は津波荷重に対して線形的に影響するが、その最大値は判っていない。津波の遡上距離（遡上高）、土砂堆積距離と遡上距離の比や土砂堆積厚にも影響を及ぼし、土砂堆積距離を基礎データとして評価される歴史津波の規模に影響するが、これらの密度依存性は定性的な実験的検討にとどまっている。

本研究は、津波荷重や津波規模評価の高度化への寄与を目指して、津波氾濫水密度の各種水理量への依存性を工夫した水理実験に基づいて定量的に検討することを目的とする。

2. 実験方法

高シールズ数を確保するため、すべり台状の実験水路を自作する（図-1）。ただし、すべり台の下端に水平水路部を設け、水平水路部の下流端には高さの低いジャンプ台（逆勾配）を接続する。氾濫流はすべり台の上端にゲート付きの貯水槽を設置し、ゲート急開により発生させる。氾濫流はすべり台を流下し、水平水路部に敷かれた土砂（砂層長 L_s 、初期砂層厚 h_T ）を巻き込んで

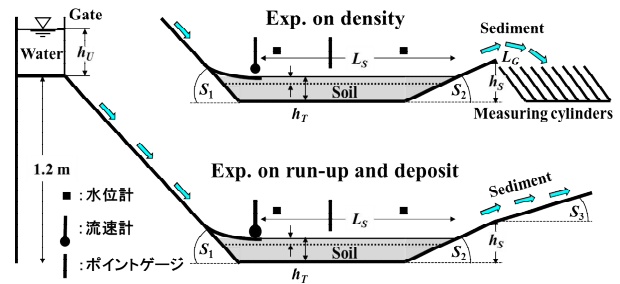


図-1 実験水路と測定器具の配置

下流端の低いジャンプ台を駆け上がり、空中に飛散する。飛散した土砂水は落下点域に配置されたメスシリンダー群（ $8 \times 8 = 64$ 本）に飛び込む（図-1上図）。あらかじめ各メスシリンダーの重さを量り、土砂水が飛び込んだ後の各メスシリンダーの重さを量れば、土砂水の体積はメスシリンダーから直接読み取れるので、メスシリンダー内の土砂水の密度が評価できる。すべり台の高さは1.2 m、水路幅は0.3 mとし、貯水槽の長さ、貯水深、すべり台斜面の角度 S_1 、水たたき部の長さ、水平水路長、低いジャンプ台の高さ h_s と斜面角度 S_2 は試行錯誤して決定する。

水理量評価のため、土砂を敷いた土砂層域の上下流端付近に水位計（高精度超音波式変位センサー）を設置する（図-1）。また、土砂層域の中心部に設置したポイントゲージとその横の水路側壁に設置した微小角柱で氾濫流表面にマッハ波を形成させ、上方からのビデオ撮影によりマッハ角を評価し、入射氾濫流のフルード数と流速を評価する。さらに、氾濫流先端移動速度、非先端部氾濫水深を評価するため、水平水路部にスケールを配置し、ビデオ撮影を行い、フルード数を評価する。フルード数についてはマッハ角によるものとのクロスチェックを行う。

3. 津波氾濫水密度の水理量への依存性

津波氾濫水密度のフルード数やシールズ数への依存性を検討する。その結果は発表時に示す。

*Quantitative experiment on the density of tsunami flooding water by Fumiko KONNO, Hideo MATSUTOMI, Koki ATOMURA and Kota KONDO

深浅データを用いた津波後の仙台湾海浜地形の回復過程に関する研究

東北大学工学部建築社会環境工学科土木工学専攻 三枝 信太郎
東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 田中 仁
東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 三戸部 佑太

1. 研究の目的

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖津波により、仙台湾南部海岸の海浜・河口部では大規模な地形変化が生じた。これらの被災地の内一部は急速な地形回復を示しているが、津波来襲から5年経過した現在でも大規模な地形変化が残存している箇所は多く存在する。これは津波以前の同海岸における土砂収支のバランスが崩れたままであることを意味している。本研究では2010年夏季から2015年冬季までの仙台湾南部海岸における深浅測量データを用いて個々の箇所の海浜地形の回復過程を明らかにした。

2. 研究内容

(1) 研究対象：宮城県仙台市の深沼海岸から宮城県山元町の山元海岸にまたがる仙台湾南部海岸を対象とした。東北地方太平洋沖津波により仙台湾南部海岸では、ほぼ全線で壊滅的な被害を受けた。津波後、現在まで各海岸において多様な回復過程を示している。

(2) 深浅測量データ：今回用いた深浅測量データは国土交通省仙台河川国道事務所より提供を受けた。測線は仙台湾南部海岸北部から約100個の測線が設定されている(図-1)。測量は2010年8-9月から2015年12月まで年に2回、概ね夏季と冬季に1回ずつ行われ計11回の測量が行われた。これら深浅測量データを用いて各海岸、河口付近における海浜地形の回復過程を分析した。閑上漁港海岸荒浜地区測線No. 11+5における岸沖方向(y)100m-1500m、100m毎の水深の経年変化を示す(図-2)。名取海岸閑上漁港付近(図-3)では北向きに卓越している沿岸漂砂が防波堤により遮断され堆積し海浜地形が回復傾向を示している。また、山元海岸では津波による甚大な地形変化が生じた。今回は津波湾が生じた箇所にある測線Co. 34の測量データを示す(図-4)。津波直後は汀線付近で浸食、300-400m沖で堆積が観測され、その後汀線付近は急速な回復傾向を示している(図-5)。

3. 主要な結論

仙台湾南部海岸では津波来襲後5年経過した現在、海岸構造物、河口などの影響により場所による多様な海浜地形の回復過程を示しており、土砂収支の崩れたままの海浜地形も多く残存している。名取海岸閑上付近では名取川河口防波堤の影響で海浜地形の回復が促進されている。また、津波湾の生じた山元海岸の汀線付近の海浜地形は津波直後に大きく浸食され、その後急速な回復傾向を示していた。

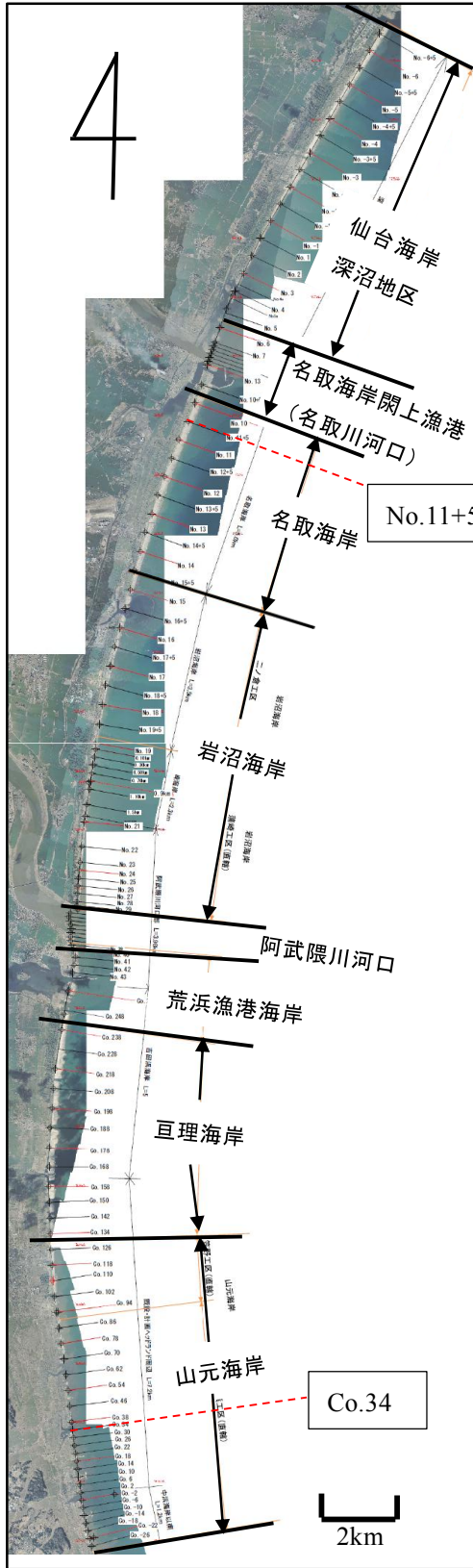


図-1：測線配置図

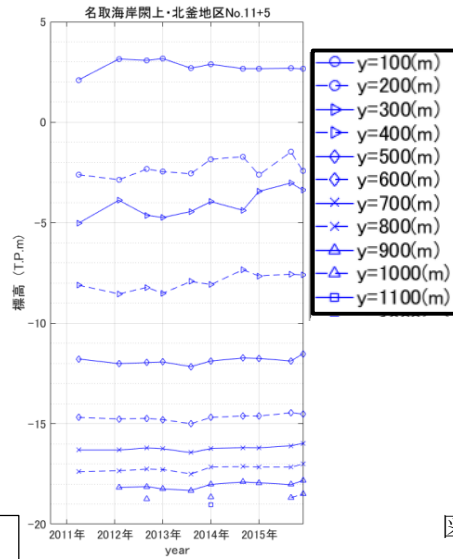


図-2：関上漁港防波堤付近の測線 (2016/11/12) No.11+5 における水深の経年変化



図-3：関上漁港の防波堤と測線 No.11+5

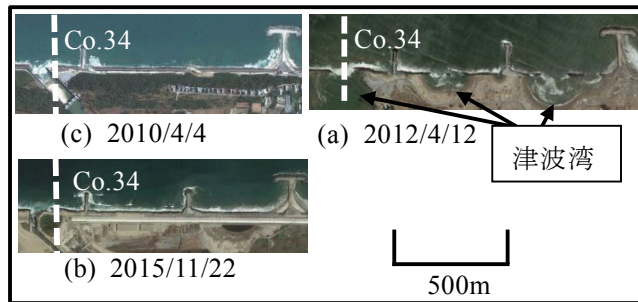


図-4：山元海岸坂元付近の地形変化

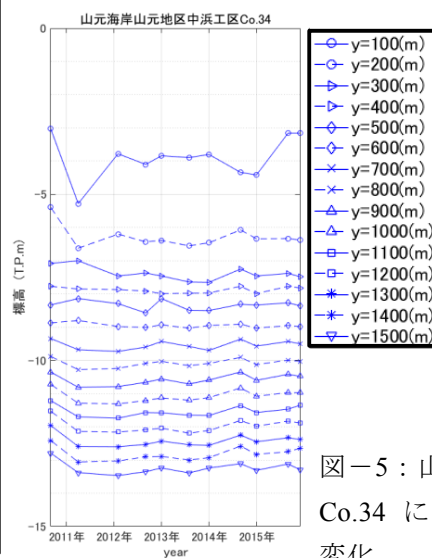


図-5：山元海岸坂元の測線 Co.34 における水深の経年変化

<第2会場>

陸前高田コミュニティーホール・中会議室

司会：水田 敏彦先生

7題（13:00～14:45）

平成28年12月23日（金・祝）

園芸用パイプハウスの耐風・耐雪性能と補強効果*

東北大学 植松 康・高橋和也

1. はじめに

我が国では、植物生産施設として、設置費用が安く施工も容易であることから、パイプハウスが広く用いられている。温室としての機能上多くの透過光量を必要とするため、骨組部材寸法と部材数が最小限に抑えられている上、作業性の観点から支柱等の補強は通常なされない。そのため、通常の建築物に比べて耐風・耐雪性に乏しく、台風等の強風や大雪による倒壊もしばしば発生している。このような被害を低減するためには、パイプハウスの耐風・耐雪性能を正確に把握するとともに、効果的な補強方法を明らかにすることが重要である。

本研究においては、まず典型的なパイプハウスの二次元フレームモデルを対象とし、風荷重あるいは雪荷重が作用した際、崩壊までの挙動を幾何学的・材料非線形を考慮した有限要素解析により明らかにする。風荷重については、パイプハウスが比較的変形しやすいこと、変形に伴って作用する風圧分布が変化することを考慮し、数値流体計算(CFD)と構造計算を連成させた解析を行う。ただし、ここでは時間平均成分のみに着目する。また、雪荷重については、風の影響で偏分布になることを考慮し、雪荷重分布がハウスの最大耐力や崩壊性状に及ぼす影響についても検討する。次に、パイプハウスの設計で一般的に用いられる許容応力度あるいは許容限界変形に基づき、各種補強方法が耐風・耐雪性能に及ぼす影響を把握する。

2. 解析モデル

解析モデルを図1に示す。アーチパイプ(STKM11A)の特性は、外径： $\phi=22.2\text{mm}$ 、厚さ： $t=1.2\text{mm}$ 、ヤング係数 $E=2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比 $\nu=0.3$ 、降伏応力度 $\sigma_y=175 \text{ N/mm}^2$ であり、応力度-ひずみ度関係は(c)でモデル化されている(第二勾配 $=E/420$)。

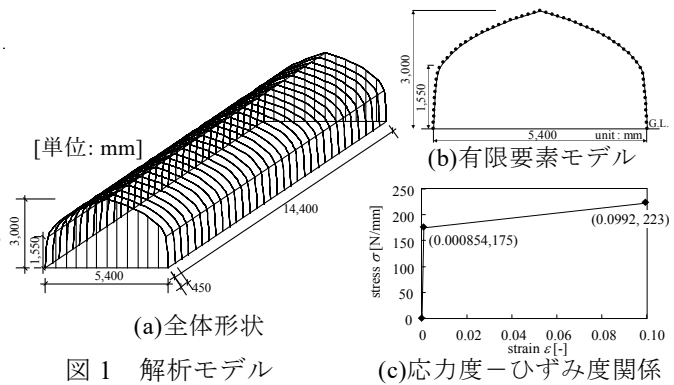


図1 解析モデル

検討した補強方法を図2に示す。補強部材はアーチパイプと同じ部材である。Case 5では、強風や大雪が予想されるとき、7フレームごとに鉛直支持部材を応急的に設置したもの、Case 6は斜めのアーチである。柱脚は固定、補強部材の端部はピン接合とする。

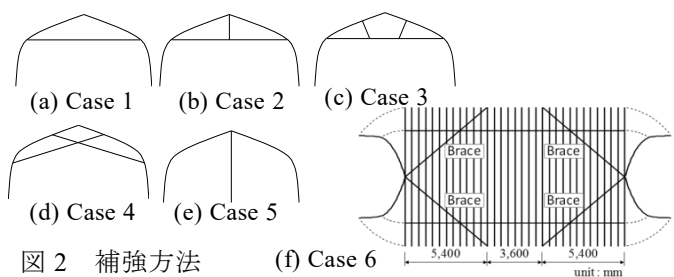


図2 補強方法

*Collapse procedure under wind or snow loading and effect of reinforcement on the wind and snow resistance of pipe-framed greenhouses
by Yasushi Uematsu and Kazuya Takahashi

3. 解析方法

3.1 構造解析方法

構造解析には ABAQUS 6.13 を用いる。幾何学的非線形に加え、材料非線も考慮する(図 1(c))。アーチパイプは、図 1(b)

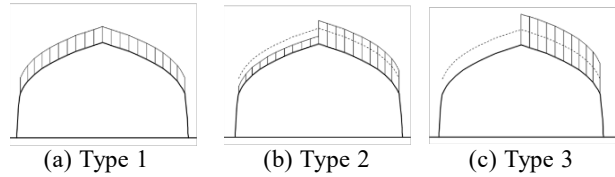


図 3 雪荷重の載荷重パターン

に示すように 58 個の梁要素に分割されており、各節点に荷重負担面積に応じた荷重を集中荷重として作用させる。荷重の大きさを徐々に増大させ、各荷重ステップでの釣合形状を、弧長制御法を用いて計算する。風荷重については、次節に示す数値流体解析によりパイプハウスの変形を考慮して計算する。一方、雪荷重については、図 3 に示すような 3 パターンの分布を想定する。Type 2, 3 は風による雪粒子の移動に伴う不均一荷重をモデル化したものであり、全荷重は同一である。また、荷重の大きさと作用方向はフレームの変形によらず不変とする。

3.2 数値流体解析

フレームが風圧によって変形すると外圧分布も変化するので、図 4 に示すように、CFD と構造解析の連成計算を行う。すなわち、風速を徐々に増大させ、変形に応じた平均外圧係数分布を CFD で求め、その結果を新たな荷重として用いる。解析には

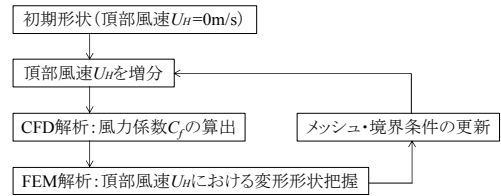


図 4 解析フロー

オープンソースコード OpenFOAM (ver2.1.0) を用いる。乱流モデルは改良型 $k-\epsilon$ モデルである。

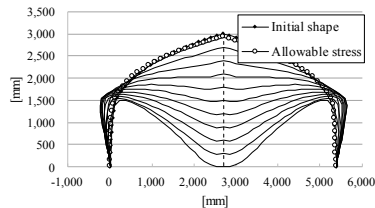


図 5 雪荷重 (Type 1) による変形

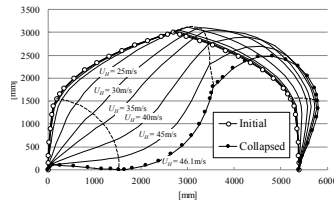


図 6 風荷重による変形

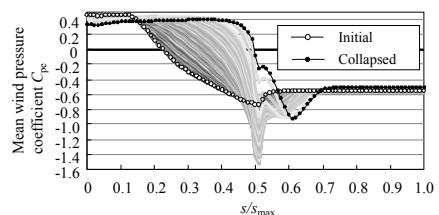


図 7 変形に伴う外圧係数分布の変化

4. 解析結果と考察

4.1 崩壊過程

雪荷重 (Type 1) および風荷重が作用したとき、崩壊 (フレームの一部が地面に設置する状態) に至るまでの変形課程を図 5 および図 6 に示す。破壊形状はいずれも実際のパイプハウスの被害状況に近い。図中、許容応力度に達したときの変形を○付きの曲線で表しているが、いずれも初期形状に近い。部材の塑性化の拡大に伴い、急激に変形が進む様子がよく分かる。図 7 は風荷重により変形したフレームに作用する外圧分布である。変形に伴い外圧分布は大きく変化し、正圧域の広がりによってフレームが押し潰されるように変形する状況がよく理解できる。

4.2 補強効果

図 2 に示した各種補強方法について、許容応力度もしくは許容変形限界を与える雪荷重および風荷重を計算し、無補強時の値と比較することで補強効果を検討した。その結果、Case 1, 2 は対称な雪荷重については非常に効果的であるが非対称分布に対しては効果が小さいこと、Case 4 は対称分布に対しては Case 1, 2 ほどの効果はないが、非対称な荷重に対しても効果が期待されること、Case 5, 6 も効果は小さいこと、などが示された。

瞬間的な開口発生時の室内圧変化に及ぼす開口面積と風速の影響

東北大学大学院工学研究科 今野 大輔, 植松 康
大阪市立大学大学院工学研究科 ガヴァンスキ 江梨

1. はじめに

台風や竜巻等の強風災害においては、飛来物により窓ガラス・ドアといった開口部被害が多く見られる。強風時における開口部の破壊は、内部への風の吹込みによる室内圧上昇の原因となり、屋根葺き材など外装材の飛散や、構造骨組の破壊といった甚大な二次被害をもたらす恐れがある。

建物の開口部が瞬間的に開放された場合の室内圧変化の性状については、開口部分の空気塊の運動による Helmholtz 共鳴によって内圧変動が説明できるとした Holmes¹⁾の研究が最も有名である。近年では、松井ら²⁾や染川ら³⁾は、風洞実験や理論解析により、区切られた室内空間内の開口部破壊による圧力変化や、開口発生直後のオーバーシュート現象に関する検討を行った。しかし、それらは限定的な開口寸法や風速を対象としたものである上、内圧のみの検討に留まっている。屋根や壁面に作用する風力は、外圧と内圧の差で与えられることより、内圧だけでなく外圧も併せて考慮する必要がある。したがって、外圧と内圧との相関も考慮しなければならない。そこで、本研究においては、開口を瞬間的に発生させることのできる模型を用いた風洞実験により、内外圧の同時測定を行い、開口発生時の内圧変動に加え、屋根面や壁面ならびに全体風力に及ぼす影響を検討する。

2. 実験概要

風洞実験模型は、外法で 100mm(B)×100mm(D)×50mm(H)の陸屋根模型であり、厚さ 2mm のアクリル板で作製されている。幾何学的縮尺率を $\lambda_L = 1/100$ と仮定する。その場合、対象建物は実寸で 10m×10m×5m となる。Holmes¹⁾によれば、風洞実験により内圧変動をシミュレートするためには内部空間の容積に対して相似則を満たす必要がある。そこで、模型下部には、瞬間的に変動する内圧を測定する為に、相似則関係を満たすような容積を持つ空気層模型を取り付けている。空気層を取り付けた模型写真を図 1 に示す。

模型の側面には大きさの異なる開口部を設けており、それぞれの開口は瞬間的に開放することが可能である。それぞれの開口の寸法および壁面に対する開口率は表 1 に示すとおりである。また、風圧測定点位置と開口位置の詳細を図 2 に示す。測定点数は、屋根面に 25 点、窓面に各 3 点×4 面で 12 点、内圧測定点が 4 点の、計 41 点である。

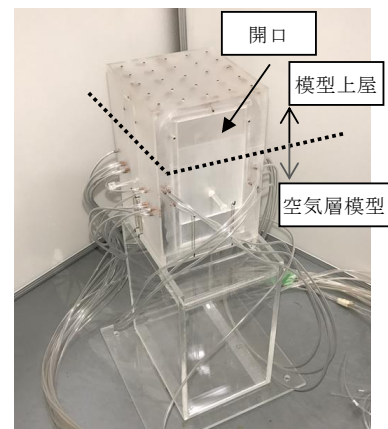


図 1 実験模型(空気層模型付)

表 1 各開口面積と開口率

開口	開口面積	開口率
A	20mm×25mm	10%
B	30mm×25mm	15%
C	40mm×25mm	20%
D	60mm×25mm	30%

実験には、東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻所有のエッフェル型境界層風洞を使用した。本実験では異なる風速の影響も把握するために、地表面粗度区分をⅢと仮定し、設計風速 U_H を実スケールで $U_H = 25.4$ (m/s) および 10 (m/s) と設定した。実験では使用した風洞の性能より、 $U_{H_model} = 9$ (m/s) および 3.5 (m/s) と設定した。従って、風速の縮尺率は $\lambda_v = 1/2.82$ となり、幾何学的縮尺率 $\lambda_L = 1/100$ より、時間の縮尺率は $\lambda_T \approx 1/35.5$ となる。風洞実験は、「開口瞬間開放」、「開口常時開放」の2ケースについて行った。風向角は各窓面に対し、窓面に正対する方向 ($\theta=0^\circ$) から 90° まで13風向である。

3. 実験結果

結果の一例として、開口A(開口率10%)およびD(開口率30%)に対する結果を図3(a)~(d)に示す。実験条件は、開口瞬間開放、風向角 $\theta=0^\circ$ であり、縦軸は開口開放前後の内圧係数及び窓周囲の外圧係数、横軸は実スケールの時刻を示している。結果として、開口開放後に内圧は窓面外圧とほぼ同様の変動をするが、風速が低く、開口が大きい場合には開放直後に過渡的な振動が見られ、外圧を上回る大きさの内圧も計測された。これは、Helmholtz振動によるものと考えられる。

4. まとめ

開口を瞬間的に発生させることのできる模型を用いた風洞実験を行い、内圧の変動に及ぼす風速と開口面積の影響について検討した。

参考文献

- 1) Holmes, J. D. (1978). Mean and fluctuating internal pressures induced by wind (pp. 435-450). Department of Civil and Systems Engineering, James Cook University of North Queensland.
- 2) 松井正宏, 田村幸雄, 吉田昭仁. (2005). 強風時の建物内圧の非正常性に関する風洞実験. 理論応用力学講演会 講演論文集, 54(0), 199-199.
- 3) 染川大輔, 川口彰久, 谷口徹郎, 谷池義人. (2008). 内圧のオーバーシュートを考慮した外装材設計用風荷重. 日本建築学会構造系論文集, 73(628), 867-873.

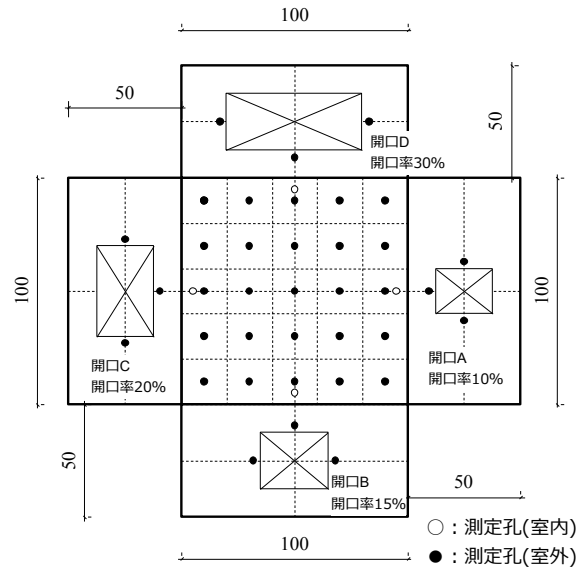


図2 測定点位置

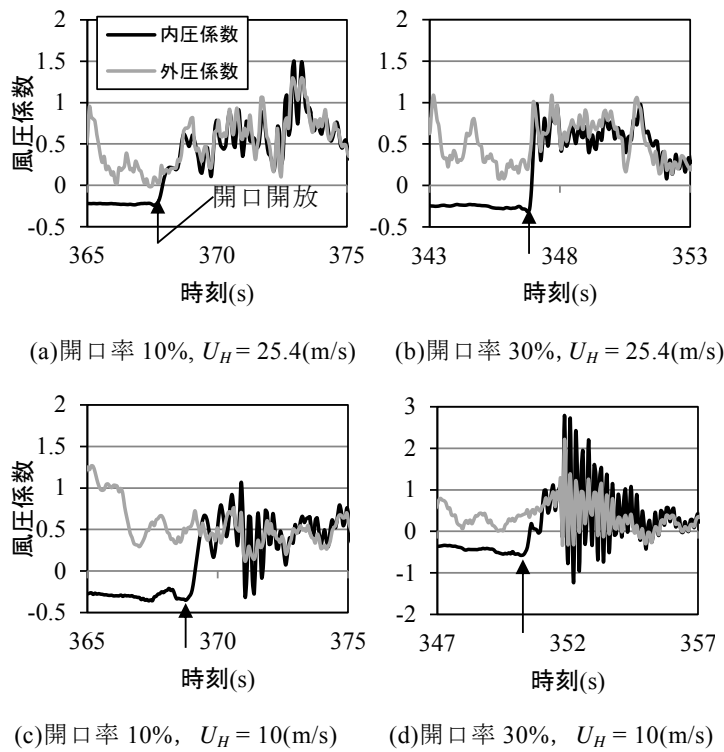


図3 開口率、風速が異なる場合の内外圧係数時刻歴の比較

通気工法外壁システムにおける通気層内圧のシミュレーションによる予測*

東北大学大学院工学研究科 渡部慶, 植松康

1. はじめに

近年、低層建物の外壁として、サイディングを用いた通気工法が普及している。通気工法は、サイディングの裏に通気層を設けて換気を行うことにより、壁体内の結露やカビの発生を抑制する目的で用いられる。図1に通気工法外壁システムの例を示すが、通気層は外部に直接通じているため、通気層内の圧力(以下、層内圧)が外圧とともに変化する等圧効果が生じる。サイディングに作用する風力は、外圧と層内圧の差であるから、等圧効果によって低減され、残りの荷重を通気層より室内側の部材が負担する。よって、外壁の合理的な耐風設計のためには、外圧だけでなく、層内圧を把握することで各部材の負担する風力を適切に評価することが必要であると考えられる。しかし、これまでに通気工法外壁システム内の流れの性状や等圧効果について、風荷重の観点から検討した例はなく、外圧と層内圧の関係も明らかにされていない。そこで、本研究では、非定常ベルヌーイ方程式を用いたシミュレーションで壁面に作用する外圧の時刻歴データから層内圧を予測し、各部材に作用する風力について検討する。

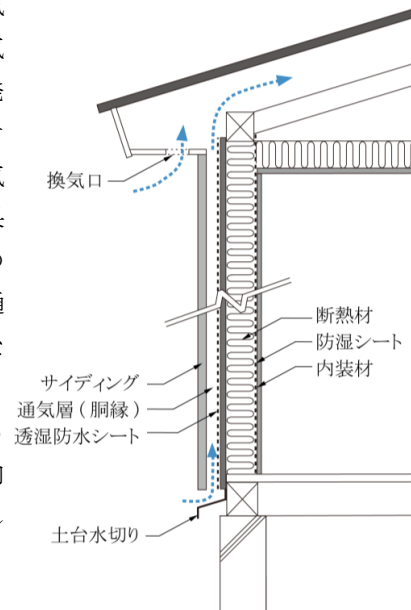


図1 通気工法外壁システムの例

2. 本研究の概要

建物壁面の通気層は、壁面全体に連続して設けられるが、実物大の通気層全体をそのまま再現して層内圧の測定実験を行うことは現実的ではない。そこで、本研究では、通気層全体をシミュレーションモデルで再現し、層内圧の計算を行う。まず、実際の部材を用いて通気層の一部を模した試験体に風洞実験で得られた変動風圧を作用させる実験(以下、実物大動風圧実験)層内圧を測定する。次に、この実験結果を数値シミュレーションによって適切に再現できるような通気層のモデルを作成する。それを壁面全体のモデルへ拡張し、さらに、壁面に作用する空間的・時間的に変動する外圧を入力値とすることで、層内圧を予測する。

なお、通気層の施工方法には複数の仕様があるため、通気層の流れ性状に影響があると考えられるパラメータを変化させて検討を行う。ここで、通気層と外部との流れ、または通気層内での流れが生じる部分は、①嵌合部の隙間、②通気層上下端の開口、③胴縁間の隙間である。これらの隙間の流れをモデル化するため、実物大動風圧実験では、嵌合部のみに着目した試験体と、上端の開口状態と胴縁隙間の形状を変化させたアセンブリ試験体を用いる。

*Numerical simulation of internal pressure of vent layer in ventilated exterior wall systems of a low-rise building, by Kei Watanabe, Yasushi Uematsu

3. 壁面風圧測定実験

実物大動風圧実験と層内圧シミュレーションの入力値として、壁面に作用する外圧係数の時刻歴を取得するために、風洞実験を行う。図2に示すような切妻型軒付きの低層建物を模した縮尺率 1/100 の模型を用い、風向を変化させながら、境界層乱流中で妻面および桁行面の風圧を測定する。

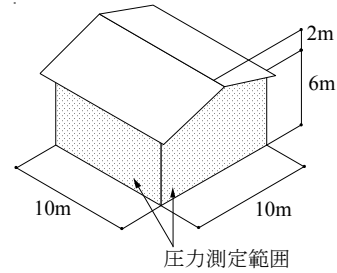


図2 風洞実験模型

4. 層内圧シミュレーション手法

層内圧のシミュレーションには、非定常ベルヌーイ方程式に圧力損失を考慮した Oh et al.¹⁾の方法を用いる。まず、通気層内をいくつかの仮想室に分割し、各仮想室の圧力は一様であると仮定する。そして、仮想室 (i, j) の内圧を $P_{i,j}$ 、外圧または隣接する仮想室の内圧を P とし、開口部および仮想室間の流れを層流と仮定すると、 $P_{i,j}$ と P の関係は、式(1)のように表される。

$$\rho l \dot{U} = P_{i,j} - P - \left(\frac{1}{k}\right)^{\frac{1}{n}} \cdot \left(\frac{\rho}{2}\right)^{\frac{1}{2n}} U |U| - \frac{64\nu}{Ud} \cdot \frac{l}{d} \frac{\rho}{2} U |U| \quad (1)$$

ρ : 空気密度 [kg/m³] l : 隙間の深さ [m] U : 流速 [m/sec] ($\dot{}$ は時間微分)

k : 流量係数 [-] n : 流れ指数 [-] ν : 動粘性係数 [m²/sec]

d : 隙間の幅 [m]

また、仮想室についての質量保存則より、式(2)が導かれる。

$$\dot{P} = \frac{\gamma P_0}{V_0} \sum_{m=1}^N k_m A_m U_m \quad (2)$$

γ : 比熱比

P_0 : 大気圧 [Pa]

V_0 : 仮想室の体積 [m³]

A : 開口面積または仮想室間の隙間の断面積 [m²]

N : 仮想室数

各方向の流れに式(1)を適用し、Runge-Kutta 4th order 法を用いて時間刻み Δt ごとの流速変化を求め、式(2)に代入して得られた圧力変化から、次ステップの各仮想室の内圧を計算する。

ここで、嵌合部の有効隙間幅や、隙間の流量係数が不明であるため、実物大動風圧実験の試験体を再現したモデルを用いたシミュレーションによる層内圧と実験値とが一致するように値を決定する。このようにして決定した隙間の特性値を用いて、風洞実験模型の壁面の大きさに拡張した通気層全体モデルを作成する。そして、全体モデルの各仮想室に風洞実験で得られた風圧係数を外圧として与え、壁面全体の層内圧を計算する。

5. まとめ

通気工法外壁システムにおける適切な風荷重評価を行うことを目的として、通気層内圧をシミュレーションによって予測することを試みた。

参考文献

- 1) Oh et al. : The UWO contribution to the NIST aerodynamic database for wind loads on low buildings: Part3.Internal pressures, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2007

大気下層の強風特性*

福島大学 渡邊 明

1. はじめに

再生可能エネルギーの振興に伴い、風力発電システムの設置に関わる風況特性が重要な課題になっている。特に、プロペラ型風車は、稼働率に関する平均風速だけではなく、ヨー制御やピッチ制御に伴う、風向変動量や風速変動量が風力発電システムの設置場所の選定や、安全確保の観点から重要になっている。数秒以内の風速変動はピッチ制御が間に合わず、抵抗が拡大し、タワーの振動を通して劣化や倒壊に関与する。また、短時間の風向変動はヨー制御が間に合わず、発電効率の低減だけではなく、タワー等の負荷になる。こうした観点から、複雑地形域での風速・風速特性を理解することは重要な課題になっている。渡邊、佐藤(2014)は台風時の突風特性を2秒毎の風速観測から解析し、おおよそ突風率はこれまで指摘されてきた1.5から2.0付近に収束することを示した。また、Watanabe and Takahashi (2014)は、1秒ごとの1年間の風速変動を地上4.22m, 7.12m, 10.02mの3高度で観測し、1秒間の風速変動の標準偏差が下層2高度で0.5m/s, 10.02mで0.2m/sと小さくなること、及び風向変動では、逆に下層から6.5°, 9.5°, 11.5°と大きくなることを示した。風速計の設置場所にも依存すると考えられるが、1秒以内に10度以上の風向変動があることは、発電効率を低下させることになる。こうした観点から、特に強風が発生する台風通過時の強風特性について解析を行った。

2. 台風通過時の接地層内での風の特性

一般に接地層内での風速分布は指数法則に従い、風向は上層の風向と一致することが知られている(竹内, 近藤:1981, 近藤:1999)。従って接地層では鉛直方向に指数関数的な風速変動はあっても、風向変動は理論的に小さいと考えられる。ここでは垂直軸風車に設置した、高度4.22m, 7.12m, 10.02mの3段の1秒毎の風向・風速偏差を求め、台風通過時の接地境界層の風向・風速変動特性を解析した。台風201607号では平均風速が下層の4.22mで1.7m/s, 中層で1.9m/s, 上層で2.0m/sと上層ほど風速が大きくなっている。風向・風速計の設置場所の疎度定数や大気安定度にも依存するが、基本的には指数分布をしていると考えられる。この分布に対数法則

$$U_a = \frac{u_*}{k} \ln\left(\frac{Z_a}{Z_0}\right)$$

を適応すると、摩擦速度 u_* は 0.14m/s から 0.15m/s, 疎度定数 Z_0 は 0.033m から 0.045m となり、誤差はあるものの凡そ対数分布をしていることが分かる。なお、 k は Kármán 定数で 0.40 である。また、台風 201611 号ではやや観測点から遠いところを台風が通過したこともあり、平均風速が下層で 0.18m/s, 中層で 0.24m/s, 上層で 0.26m/s と非常に弱い風速になっている。この場合の摩擦速度 u_* は 0.04m/s から 0.05m/s, 疎度定数 Z_0 は 0.60m から 0.88m となり、同じ場所での測定結果としては大きな差が生じている。原理的には摩擦速度は安定度に依存するが、摩擦速度は測定場所で一定のはずであるが、観測場所には観測小屋や観測鉄塔があるため、風向によって疎度定数が異なっているものと考えられる。台風 201607 号では北西方向が主体であるが、台風 201611 号では南東から北西まで変化をしており、南東方向にある森林などによる影響と考えられる。また、風速偏差では、台風 201607 号で 0.4m/s 前後、台風 201611 号で 0.1m/s から 0.15m/s と小さいことが分かった。

さらに、風向変化を1秒間の平均偏差で見ると、台風 201607 号で 35° から 28° , 台風 201611 号で 11° から 23° となっている。台風 201607 号では上空ほど平均風速偏差は小さく、台風 201611 号では特に上空で大きくなっている。風向偏差は風力発電システムではヨー制御に関連して発電量に直結し、層流で評価するパワー係数などの評価と異なってくる。この観測地点ではおおよそ風速で評価したにはこうした効果は含ま

* Characteristics of strong wind in the lower atmosphere
by Akira Watanabe

れておらず、最大の 35° の偏差では約 20% 効率が減少することになる。

3. まとめ

特に強風をもたらす台風時に L-band Doppler radar を用いて、10 分間ごとの高度 300m から 8km までの風向・風速変動を観測時間ごとの偏差を解析することで、その特徴を調べた。その結果、風速偏差は強風極値が出現している前後で極大を示していること、また、風向偏差は上層弱風域で出現していることが明らかになった。

さらに、気象観測露場に設置した垂直軸風力発電システムの 3 高度に設置した超音波風向・風速計から 1 秒ごとの風向偏差、風速偏差を求め、風向・風速偏差の特徴を解析した。その結果、接地境界層内の風速分布は凡そ対数法則に従うものの、風向変化が大きく、1 秒間に 20° から 30° あることが分かった。Watanabe and Takahasgi(2014)は同様な解析を1年間のデータをもとに実施しているが、風速偏差が 0.5m/s 以下、風向偏差が約 10° 以下となっていて、今回対象とした台風通過時に比べて風速変動は類似しているが、風向変化は大きいところで 3 倍になっていることが分かった。近年台風などでプロペラ型風力発電システムが倒壊する報告がされているが、台風時の強風と合わせて、風向偏差が予想以上に大きく、抗力としてタワーの負荷になっている可能性を示した。

引用文献

近藤純正, 1999, 大気境界層の気象, 天気, Vol.46, No.9 585-594.

竹内清秀, 近藤純正, 1981: エクマン層の構造, 地表に近い大気, 東京大学出版会, 42-70.

渡邊 明, 佐藤彩花, 2014: 台風時の突風特性について, 東北地域災害科学研究, Vol.50, 1-6.

Watanabe, A and Takahashi, M., 2014: Development of Small Size Wind Power Generation System and Characteristics of Wind Situation at the Living Environment in Fukushima, Grand Renewable Energy 2014, CD, OP-Pv-2.

積雪寒冷地の木造住宅を対象とした

小屋組の垂木・軒桁接合部の強風被害予測に関する研究*

東北大学大学院工学研究科 吉田 早智子

東北大学大学院工学研究科 今野 大輔

大阪市立大学大学院工学研究科 ガヴァンスキ 江梨

東北大学大学院工学研究科 植松 康

1. はじめに

本研究では主として積雪寒冷地にある木造住宅を対象とし、部材耐力と部材に作用する風力の確率モデルに基づき、屋根の構造的・形態的特徴を考慮した強風被害予測モデルを提案することを目的としている。

積雪寒冷地では、住宅の設計時に積雪や地震に比べて強風への配慮に欠ける場合が多く¹⁾、過去の強風被害調査においては図1のような屋根部の大きな構造被害も報告されている。そのため、設計で想定している風速以下の強風においても被害が発生する場合もあると考えられる。そこで、本研究では小屋組の被害シナリオを想定するとともに、被害に影響を及ぼすと予想されるパラメータを選定し、耐力と風力の確率モデルに基づく強風被害予測モデルを構築することを目指す。このような被害予測モデルを用いることで、各パラメータが被害に及ぼす影響を明らかにし、有効な被害低減対策を講じることが可能になると考えられる。

強風被害予測に関して、屋根に作用する風力は日本建築学会「建築物荷重指針・同解説(2015)²⁾」(以後、「荷重指針」と称す)等によりある程度定められているが、屋根部の耐力に関する系統的な研究はほとんど行われていない。そこで、本研究では特に耐力モデルに着目する。積雪寒冷地における木造住宅の強風被害について、植松ら³⁾は、屋根葺き材の耐力を過去の強



図1 小屋組の強風被害

風時における風速記録と被害率に基づいて推定しているが、この手法は特定地域の平均的な被害率を推定するものであり、個々の建物特性は反映されない。そこで、本研究では既往の文献や実物大耐力試験の結果に基づき耐力を推定することで、被害に対する各因子の影響評価や個々の住宅に必要な耐風性能を把握することを可能とする被害予測モデルの構築を試みる。

2. 本研究で対象とする小屋組の強風被害のシナリオとパラメータ

既往の文献調査に基づいて、積雪寒冷地にある木造住宅の小屋組の強風被害のシナリオと被害に影響を及ぼすと予想されるパラメータを設定する。文献調査の結果、本研究では小屋組の

**Development of a stochastic model for predicting wind-induced damage to wooden houses in snowy cold region based on the wind-resistant performance of roof frame joints by Sachiko Yoshida, Konno Daisuke, Eri Gavanski, Yasushi Uematsu

強風被害のシナリオを以下のように想定する(図2)。

- 雨戸やシャッターが用いられていないため強風時に飛散物によって開口部(主に窓ガラス)が破損
- 内圧の上昇により、屋根に大きな風力が作用
- 垂木・軒桁接合部の破損
- 屋根の飛散

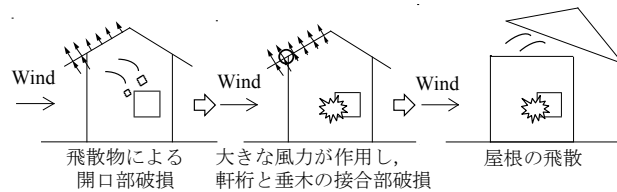


図2 小屋組の強風被害のシナリオ

また、強風被害予測において被害に影響を及ぼすと予想されるパラメータは屋根勾配、屋根葺き材の種類および開口部の破壊の有無の3点とする。

3. 強風被害予測モデルの概要

耐力 R と外力 S が対数正規分布に従うと仮定すると、次式を用いて比較的容易に被害確率 P_f を計算することができるため本研究ではこの手法を用いる⁴⁾。

$$P_f = P[R \leq S] = 1 - \Phi \left[\frac{\ln(\mu_R / \mu_S)}{\sqrt{v_R^2 + v_S^2}} \right] \quad (1)$$

ここで、 μ_R : 耐力 R の平均値、 μ_S : 外力 S の平均値、 v_R : 耐力 R の変動係数、 v_S : 外力 S の変動係数である。また、 $\Phi[\cdot]$ は標準正規分布の確率分布関数を表す。

耐力 R は、文献5)の実物大耐力試験の結果の値に基づき推定を行う。また、外力 S は、本研究では小屋組の垂木・軒桁接合部を対象とすることから、比較的狭い範囲に作用する風力が対象となる。そこで、そのような風力を荷重指針の「外装材用風荷重」に基づき推定する。

4. まとめと今後の展望

本研究は、積雪寒冷地の木造住宅を対象とし、住宅の構造的・形態的特徴や強風被害の特徴を考慮した強風被害予測モデルを提案することを最終目標としている。本報では、小屋組の強風被害に着目し、文献調査や現地調査、耐力試験に基づき、強風被害予測モデルを提案した。部材の劣化の評価方法や連鎖的な被害を十分に考慮できていないこと等の課題は残るが、それらの検討を行うことで予測精度を向上できると考えられる。

謝辞

本研究を実施するに当たり、北海道立北方建築総合研究所主査・堤拓哉氏、日本住宅・木材技術センター長・岡田恒氏および大和ハウス工業株式会社総合技術研究所・西塔純人氏、藤井雅也氏より有益な助言を得た。

また、本研究は、日本学術振興会科学研究費・若手B「強風災害に対する日本住宅のリスク評価と台風性能向上度の可視化(2015~2017)(課題番号15K20861)」(研究代表者・ガヴェンスキ江梨)、および(公財)LIXIL住生活財団2014年度研究助成「高齢化の進行する積雪寒冷地における空き家等老朽化住宅の強風被害ポテンシャルに関する研究」(研究代表者・植松康)の助成による。ここに記し、謝意を表す。

参考文献

- 1) 植松 康, 佐々木 和彦, 野澤 壽一, 「自治体および消防署における住宅の強風被害調査の実態と建築工学的観点からの提案」, 日本風工学会誌, 第83号, pp. 57-64, (2000)
- 2) 日本建築学会, 「建築物荷重指針・同解説」, 日本建築学会, (2015)
- 3) 植松 康, 三吉 拳志, 佐々木 和彦, 山田 大彦, 吉田 正邦, 「東北地方における台風と住宅の強風被害予測モデルに関する研究」, 日本建築学会構造系論文集, 第525号, pp. 27-32, (1999)
- 4) 柴田 明德, 「確率的手法による構造安全性の解析」, 森北出版株式会社, (2005)
- 5) 吉田 早智子, 今野 大輔, ガヴェンスキ 江梨, 植松 康, 「積雪寒冷地の木造住宅の強風被害予測に関する研究—小屋組接合部の耐力評価—」, 東北地域災害科学研究, 第52巻, pp. 85-90, (2016)

1896 年陸羽地震の温泉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 名誉教授 鏡味 洋史

1. はじめに

1896 年（明治 29 年）陸羽地震は横手盆地東縁断層帯の北部とその東方の真昼山地東縁断層帯の一部で発生した M7.2 の内陸地震であり、秋田県を中心に死者 209、負傷者 779 の人的被害や、住家全潰 5792、山崩れ 9899（山崩れは秋田県側のみの統計）の被害が発生した。筆者らはこの地震をとりあげ当時の被害調査報告や新聞記事などによる文献調査を進め、被害分布や被災状況、震災対応などを明らかにしてきた^{例え 1)~3)}。陸羽地震に関する新聞記事を見てみると、温泉湯治場での被災、避難、湯量の変化、客離れの影響など温泉関係の被害が多く報じられている。最近の内陸被害地震、例えば 2016 年熊本地震、2016 年鳥取県中部地震を見ても温泉地の被害が関わっている例が多い。ここでは陸羽地震と温泉の関わりについて考察してみる。

2. 被災地域における当時の温泉

1896 年陸羽地震当時被災地域に存在した温泉を図 1 に示す。国会図書館デジタルコレクションに所蔵されている温泉関係の文献を検索し、1896 年に近いものとして「秋田県温泉のしるべ（1894 年）」⁴⁾と「岩手県地誌要略（1904 年）」⁵⁾を見つけ図示した。1927 年開業の花巻温泉はまだない。当時の鉄道・主要道路と既報¹⁾で求めた住家全潰率の分布も併せて示す。当時の温泉地への交通手段は徒歩が中心であったが、岩手県側の志度平や鉛温泉などへは盛岡から花巻駅までは鉄道で花巻からは馬車や人力車などの交通の便があった。

3. 温泉被害に関する文献調査

これまでに収集した史料に温泉被害が記載されているものを次に示す。
震災予防調査会報告：第 11 号山崎の報告⁶⁾に『陸中の鶯宿、繫、大沢等の温泉は全く其湧出を絶ち鉛、湯田等は其幾分を減少せり』とある。なお、秋田県側の記載はなかった。その他、巨智部の報告⁷⁾の中で『長信田、千屋両村界川口川の上流で数個の冷泉湧出』と記されている。
秋田震災誌⁸⁾：被災状況が書かれた「各地報告」があり、生保内村『字向生保内たる溪間の冷泉 7 月ごろより少しく白色に変じ且つ湿気を帯ぶるを発見せる村老あり』と記されている。
地方新聞：当時の岩手県の代表的な新聞に「岩手公報」がありマイクロフィルムを参照した。温泉被害に関する多くの記事が残されており、例えば『劇震当日の鉛温泉実況(9 月 5 日 3 面) 三十余名の浴客は人心地もなく戸外に飛び出したる(中略)先を争つて花巻指して逃げ延びたる(中略)途中志戸平と大沢温泉との間なる(中略)山の道路は処々に欠裂』などと記されている。一方、地震発生前後の秋田県の地方紙は全て欠号となっている。新聞切抜帳⁹⁾から「秋田魁新

* Literature survey on damage of hot springs due to the 1896 Rikuu earthquake by Toshihiko Mizuta and Hiroshi Kagami

報」と「秋田日日新聞」を参照したが、温泉被害に関する記事を見つけることはできなかった。

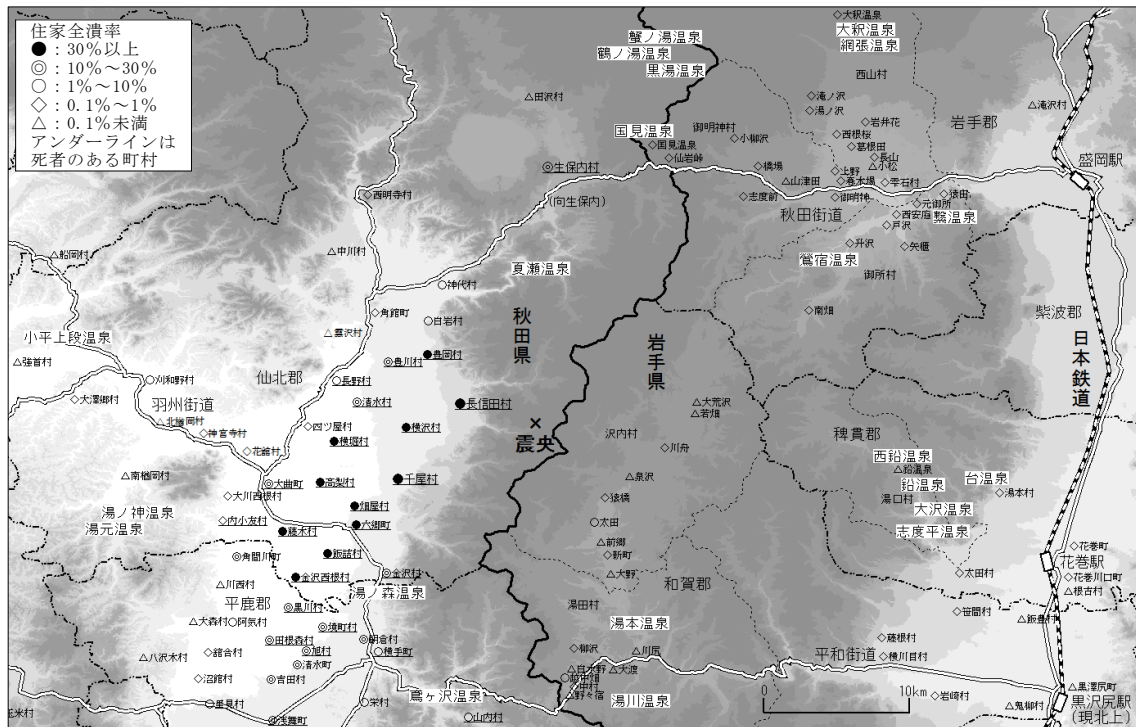


図1 当時の温泉・鉄道・主要道路と陸羽地震の被害

4. まとめ

- 陸羽地震について被害調査報告、新聞から温泉被害を整理した。明らかにされた主な項目は、
- 1) 地震発生時には多くの湯治客が訪れていた。温泉宿の被害は軽微であり、また道中の被害も一部を除いて少なく、多くの客が温泉地から脱出している。
 - 2) 温泉については、湧出の一時停止、変化が多く報告されている。また震災対応については、風評被害があり新聞には温泉への来浴を呼びかける広告が多く掲載されている。

参考文献

- 1) 水田敏彦・鏡味洋史：1896年陸羽地震による家屋および人的被害の整理と震度分布の推定，東北地域災害科学研究，45巻，pp.111-116，2009。
- 2) 水田敏彦・鏡味洋史：1896.8.31 陸羽地震による各町村被害状況に関する風俗画報からの文献調査，日本建築学会技術報告集，22巻，50号，pp.373-376，2016。
- 3) 水田敏彦・鏡味洋史：1896.8.31 陸羽地震の秋田県における震災対応に関する文献調査，日本建築学会技術報告集，16巻，34号，pp.1207-1210，2010。
- 4) 金永堂：秋田県温泉のしるべ，pp.56-79，1894。
- 5) 岩手県連合教育会：岩手県地誌要略，pp.56-86，1904。
- 6) 山崎直方：陸羽地震調査概報，震災予防調査会報告，11号，p64，1897。
- 7) 巨智部忠承：秋田県震災概査報告，震災予防調査会報告，11号，p81，1897。
- 8) 秋田震災救済会：秋田震災誌，p86，1897。
- 9) 地震調査研究推進本部：明治大正昭和戦前期新聞切抜帳，<http://www.herpl.adep.or.jp/>

1896 年陸羽地震の踏査報告の足跡をたどって*

北海道大学 名誉教授 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

被害地震の際に行われる踏査報告の多くは調査行程など被害情報の収集の過程についての記載を含まない。しかし、中には調査行程を詳細に日誌風に記載しているものもあり、当時の交通事情を始め被害の少なかった道中の記載などを含め多くのことを読み取ることができる。筆者らは 1894 年庄内地震について、関野貞の手書きの踏査日誌¹⁾、鶴岡町在住の個人の日誌『庄内大地震実見誌』²⁾を紹介した。本論では 1896 年陸羽地震の踏査報告を読み直すとともに当時の新聞記事等を参照し各調査者の踏査の足跡を明らかにすることを試みる。

2. 1896 年陸羽地震の調査報告

1896 年陸羽地震の調査報告書は中央気象台の報告と震災予防調査会報告がある。中央気象台の報告は地震に関する年次報告の一節として報告されている³⁾。被害報告の後半に台員の池上技手の復命書よりの摘録を掲載している。震災予防調査会報告第 11 号に陸羽地震に関する一連の報告が掲載されている。山崎直方の報告『陸羽地震調査概報』⁴⁾では地質学の立場から報告しており、特に断層の探索について述べている。巨智部忠承の『秋田県震災概査報告』⁵⁾は秋田県側の調査概要を報告している。中村達太郎の『陸羽地震震災一巡回報告』⁶⁾は建築物の被害について報告している。曾祢達蔵の『岩手秋田両県下家屋調査報告』⁷⁾では被災地域の家屋構造との関係から建築物被害の詳細について論じている。

3. 地震発生当時の時代背景

陸羽地震発生当時の時代背景の概略を述べておく。陸羽地震は地震発生 2 か月前の 6 月の明治三陸地震津波、2 年前の 1894 年庄内地震があり記憶の新しい中での地震である。秋田への鉄道はなく東京から秋田県側には黒沢尻（現北上）で下車し平和街道沿いに平鹿郡横手に入るか、盛岡で下車し雫石を経由し仙岩峠を越え仙北郡生保内に入るルートがあった。

4. 各調査の踏査行程の比較

各報告書を読み解き調査者の足跡を当時の新聞記事で補い表 1 に示す踏査行程の一覧表を作成した。括弧[]は推定したものである。[電]は官報に記載の電報の発信である。

地震の発生は 8 月 31 日 17 時過であり、翌 9 月 1 日の午後 2 時半の列車で中央気象台の池上は現地に向かっており、曾祢、中村、山崎は翌々日の同列車であり、迅速な対応であったことがわかる。曾祢、中村はともに建築物の被害調査であり調査地も重なることから、おそらく同

*Tracing for footprints on reconnaissance reports of 1896 Rikuu earthquake by Hiroshi Kagami and Toshihiko Mizuta

じ行程で調査したものと推察される。山崎の調査は地質学の立場から断層の探索を丹念に行っており1か月に及んでいる。踏査の行程はすべて明らかにできないが断片的に新聞記事で追うことができる。巨智部忠承の調査は秋田県庁、震災救済会の要請によるもので、新聞記事によれば、巨智部忠承は北秋（田）の某無煙炭山踏査のついでに秋田に到着したとしている。

5. まとめ

1896年陸羽地震の被害調査報告を再読し著者らの踏査行の足跡をたどることを試みた。次いで踏査の行程を当時の新聞記事などで補い、比較して一覧表にまとめた。足跡をたどることで明らかにできたことは少なくないが、さらに特筆すべき項目として以下があげられる。

- 1) 気象台の調査は地震発生の翌日発の夜行列車で現地入しているなど、迅速な調査行である。
- 2) 断層の発見は重要な意味を持っており、山崎は踏査を1か月程度かけ丹念に行っている。
- 3) 岩手県側から秋田県側への山越えの様子、大曲秋田間の舟運の利用など、当時の交通事情を垣間見ることができる。

表1 踏査行程の一覧表

月日	池上	曾祢	中村	山崎	月日	巨智部
8/31						
9/1	上野発					
9/2	花巻着	上野発	上野発	上野発		
9/3	川舟泊		[黒沢尻]	雫石へ		
9/4	[六郷]					
9/5	[六郷]			御明神泊		
9/6	[六郷]			雫石泊電		
9/7				太田		
9/8						
9/9						
9/10				川舟断層電		
9/11						
9/12						
9/13			[盛岡]			
9/14		[帰京]	帰京	六郷電		
9/15				生保内泊		
9/16						
9/17				田沢湖		
9/18				角館、六郷	10/18	秋田発
9/19					10/19	
9/20					10/20	
9/21					10/21	
9/22					10/22	秋田講演会
9/23					10/23	
9/24				平鹿郡	10/24	
9/25				平鹿郡	10/25	
9/26					10/26	
9/27					10/27	
9/28				盛岡講演会	10/28	
9/29					10/29	
9/30				帰京	10/30	大曲小宴
					10/31	大曲
					11/1	大曲
					11/2	秋田講演会

参考文献

- 1) 鏡味洋史・水田敏彦：1894年庄内地震の文献調査 2) 関野貞の「両羽庄内震災調査日誌」, 日本建築学会大会学術講演梗概集B構造II, 1047-1048, 2010.
- 2) 水田敏彦・鏡味洋史：1894年庄内地震の文献調査 3) 「庄内大地震実見録」に記された鶴岡－酒田間の被害, 日本建築学会大会学術講演梗概集B構造II, 267-268, 2013.
- 3) 中央気象台：明治29年地震報告, 48-62, 1900.
- 4) 山崎直方：陸羽地震調査概報：震災予防調査会報告, 11, 84-91, 1896.
- 5) 巨智部忠承：秋田県震災概査報告, 震災予防調査会報告, 11, 75-83, 1896.
- 6) 中村達太郎：陸羽震災巡回報告, 震災予防調査会報告, 11, 84-91, 1896.
- 7) 曾祢達蔵：岩手秋田両県震害家屋調査報告, 震災予防調査会報告, 11, 92-104, 1896.

<第1会場>

陸前高田コミュニティーホール・大会議室

*ポスター紹介発表あり

平成28年12月24日(土)

司会：佐々木幹夫先生

7 題（10:00～11:45）

秋田県南部海岸における汀線位置変化動向と海域構造物規模の関係 に関する実証研究*

秋田大学 鍵主佳飛 秋田大学 松富英夫

1. はじめに

松富ら（1992）は秋田市の雄物川河口（放水路口）からにかほ市の平沢漁港までの延長約45 kmの秋田県南部海岸（図-1）の汀線位置変化を1991年8月から月に2回（13年4ヶ月間）、2005年1月からは月に1回（11年11ヶ月間）の頻度で現地調査している。また、日本海側で初の島式漁港である道川漁港（沿岸方向幅約270 m、初期の離岸距離約340 m）の背後2地点（St.6”とSt.6。以下、調査点をSt.と略記）と漁港南端から約350 m南側に位置し、その南西沖に2014年から離岸堤が築造されている地点（St.6’）の計3地点で汀線位置変化を現地調査している。漁港南側の調査点St.6’は1998年5月から、漁港北端の調査点St.6”は2015年4月からの調査である。後者の調査目的は、①大規模海域構造物の背後地汀線位置変化への影響、②同一波浪条件下における海域構造物の規模による汀線位置変化への影響差と③本海岸における卓越沿岸漂砂方向の検討にある。

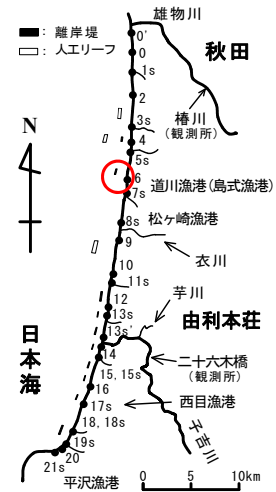


図-1 対象海岸と調査点

本研究は秋田県南部海岸における海域構造物規模の汀線位置変化動向への影響を、これまでの汀線位置変化に関する現地調査データの巨視的かつ微視的な解析を通して実証的に論じる。

2. 海域構造物規模の影響

各調査点における諸構造物の設置状況は表-1の通りである。表-1の情報段階で海域構造物の汀線位置変化への影響が心配される調査点はSt.4、St.6”、St.6、St.6’、St.9、St.14、St.16である。

図-2に各調査点における1年毎の汀線位置変化を示す。St.6については調査開始初期の4年間分を除いた1996年からのものを示している。

表-2に図-2と秋田沿岸海岸保全施設台帳（秋田県河川砂防課、2016）から判断した各調査点における海域構造物の有無、設置位置、規模と通年の巨視的な汀線位置変化動向を示す。表中、凸とは汀線位置が夏季に前進、冬季に後退、凹とは夏季に後退、冬季に前進傾向であることを示す。

海域構造物がない場合、通年の汀線位置変化動向は凸である。また、St.4、St.9、St.16など、近場に単堤の離岸堤のような小規模な海域構造物があっても、本海岸の汀線位置は波の穏やかな夏季に前進、波の荒い冬季に後退（凸）の傾向である。この傾向は大規模な道川漁港の北端背後と南端の南側に位置するSt.6”とSt.6’でも同じである。ただし、St.6”はSt.6’に比べて通年の汀線位置変化の振幅が大きい傾向にある。

*An empirical study on the relationship between trend of shoreline position change and scale of sea area structure on the Akita Southern Coast by Kai KAGINUSHI and Hideo MATSUTOMI

一方、St.6は大規模な海域構造物である道川漁港の配後に位置し、汀線位置は夏季に後退、冬季に前進傾向で、St.14を除く他の調査点と逆の変化動向を示す。これは、(1)夏季は波が小さいため（周期が短いため）、回折による漁港背後への波と漁港周辺への直接波との絶対的な波諸元差が小さく、(2)冬季は波が大きく（周期が長く）、回折による漁港背後域への波と漁港周辺への直接波との絶対的な波諸元差が大きいためと考えられる。また、通年の汀線位置変化の振幅が大きい傾向にある。汀線位置変化の微視的な動向は発表時に言及する。

表-1 各調査点における諸構造物の設置状況

調査点	諸構造物の設置状況
St.0'	海域構造物なし
St.0	海域構造物なし
St.2	海域構造物なし
St.4	ほぼ正面に潜堤、北側に離岸堤、背後に消波護岸
St.6''	島式漁港の北端背後に位置し、北側に離岸堤群
St.6	島式漁港の背後に位置
St.6'	島式漁港南端から約 350 m 南に位置。2014~2015 年にかけて南西沖に離岸堤が出現。背後に消波護岸
St.9	北側に離岸堤。背後の消波工に波が当たることあり
St.14	防砂堤の付け根に位置。最近南に離岸堤群を設置
St.15	海域構造物なし。南に西目川河口、背後に消波工
St.16	北側に離岸堤、南側に消波護岸、背後は階段護岸。階段護岸に波が当たること多い
St.18	直接に影響を与えるような海域構造物なし

表-2 海域構造物の有無、設置位置、規模と通年の汀線位置変化動向の関係

調査点	海域構造物	設置位置	規模	通年の変化動向
St.0'	無	—	—	凸
St.0	無	—	—	やや凸
St.2	無	—	—	凸
St.4	有	正面	小	やや凸
St.6''	有	南北	大・小	凸
St.6	有	正面	大	凹
St.6'	有	南北	大・小	凸
St.9	有	北	小	凸
St.14	有	南北	大・小	やや凹
St.15	無	—	—	やや凸
St.16	有	北	小	凸
St.18	無	—	—	やや凸

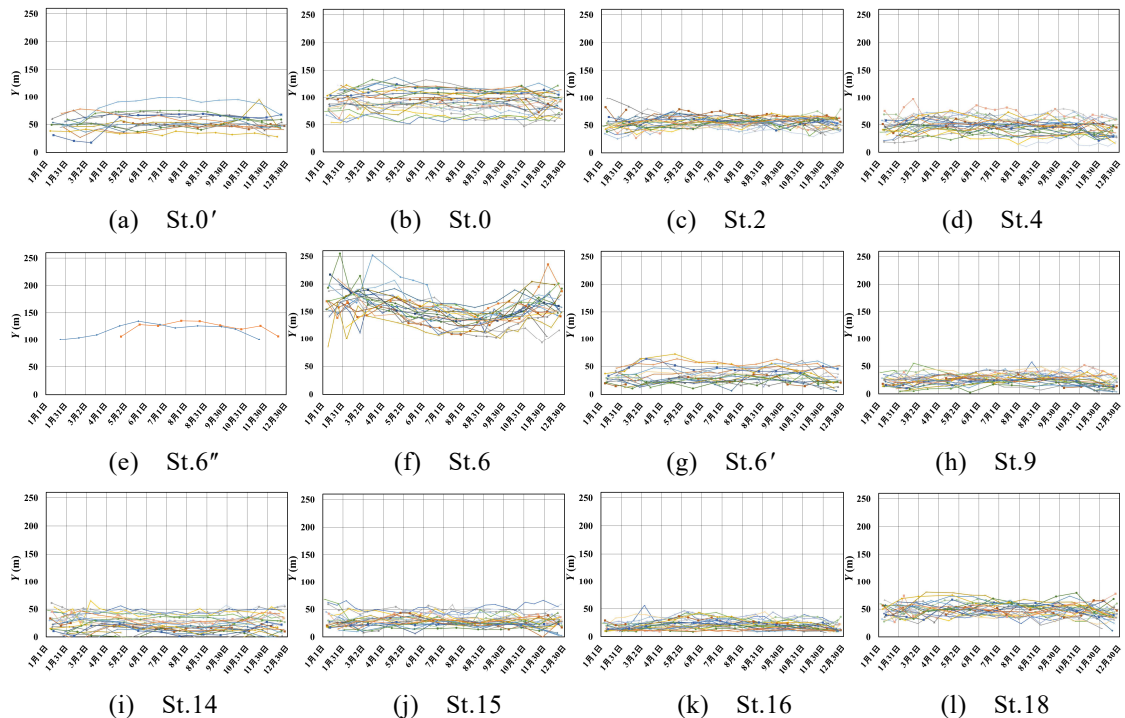


図-2 各調査点における1年毎の汀線位置変化

Analysis of erosion and accretion waves on Cua Dai Beach in Central Vietnam

Dinh Van Duy¹, Hitoshi Tanaka², Yuta Mitobe³, Nguyen Trung Viet⁴ and Le Thanh Binh⁵

1. Introduction

In recent years, beach erosion has occurred at almost all delta coastlines in Vietnam. Cua Dai Beach located on the left coastline of Thu Bon River delta in Central Vietnam is also one of such cases. Because of significant beach deformation at Cua Dai Beach, there have been many studies related to this problem such as finding the erosion mechanism (Tanaka et al., 2015) or applying beach nourishment as a sustainable solution against coastal erosion at Cua Dai Beach (Fila et al., 2016). In addition, Duy et al. (2016) applying the analytical solution of one-line model for delta formation proposed by Larson et al. (1987) to find a constant expressing time scale shoreline change denoted by ε (m²/day). However, there are still many assumptions in his study. Therefore, it is necessary to find further approach for the estimation of the constant ε in order to make comparison with result from the previous study. For that reason, an analysis of erosion and accretion waves on both sides of Cua Dai River mouth will be performed in this study to clarify the value of ε .

2. Study area and data collection

Cua Dai Beach is a 5km long coastline on the left of Thu Bon River mouth (also known as Cua Dai River mouth) (Figure 1). Cua Dai Beach used to be one of the most beautiful beaches in Vietnam. However, severe erosion has resulted in the completely lost of this white sandy beach. Moreover, the erosion zone is proceeding northward to the neighbor beaches and this phenomenon can be observed clearly from the recent field trips.

Concerning the data set used in this study, Landsat images from 1973 to 2016 were utilized. Those images are rectified to the same coordinate system in the World Geodetic System 84 (WGS-84) with the coordinates of the origin are 217,298.08 E and 1,754,078.07 N. The baseline is set at 144.94 degrees counter clockwise from the North. In this study, tidal correction was not performed since the maximum difference between shoreline positions before and after tidal correction is still smaller than the resolution of Landsat images. Spatial moving averaging was applied to reduce the impact of big scatter in shoreline position due to low resolution of the Landsat images.

3. Results and discussion

Figure 2 shows the comparison between the measured data and the analytical one in terms of propagation speed of the erosion wave. Figure 2a and 2b both represent the shoreline changes of Cua Dai Beach with reference to the shoreline position in 1989. In which, shoreline positions for Figure 2a are extracted from Landsat images while shoreline line positions for Figure 2b are obtained from analytical solution for delta growth (Larson et al., 1987) as in Eq. (1).

$$y = \frac{q_0}{D} \sqrt{\frac{t}{\pi\varepsilon}} e^{-x^2/(4\varepsilon t)} - \frac{q_0}{D} \frac{|x|}{2\varepsilon} \operatorname{erfc}\left(\frac{|x|}{2\sqrt{\varepsilon t}}\right) \quad (1)$$

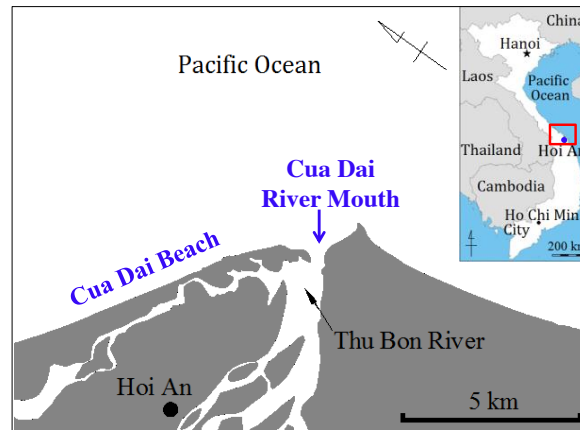


Figure 1. Study area

¹ Graduate student, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 6-6-06 Aoba, Sendai 980-8579, Japan

² Professor, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 6-6-06 Aoba, Sendai 980-8579, Japan

³ Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Tohoku University, 6-6-06 Aoba, Sendai 980-8579, Japan

⁴ Associate Professor, Thuyloi University, 175 Tay Son, Dong Da, Hanoi, Vietnam

⁵ Vietnam Hydraulic Engineering Consultants Corporation, 95/2 Chua Boc, Dong Da, Hanoi, Vietnam.

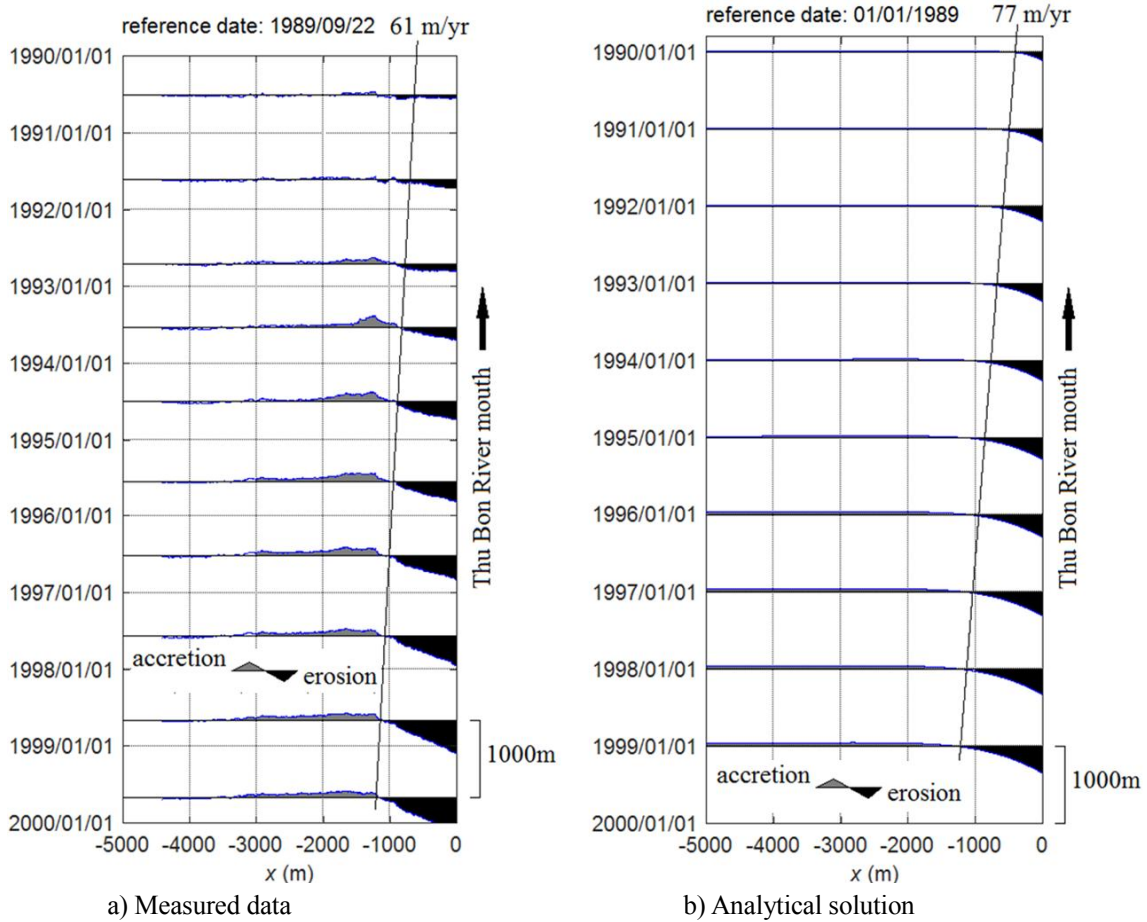


Figure 2. Comparison between measured data and analytical solution

In which, y : shoreline positions; x : longshore coordinate with the origin at the river mouth; t : time; q_0 : sediment supply rate from the river; $D=D_B+D_C$ (D_B : berm height, D_C : depth of closure); ε : diffusion coefficient related to the longshore sediment transport coefficient; erfc : complementary error function.

After obtaining the shoreline positions, Figure 2a and 2b can be easily plotted by subtracting the shoreline positions from the initial one in 1989 as presented in Eq. (2).

$$\Delta y = y(x, t) - y(x, 1989) \quad (2)$$

As can be seen from Figure 2, there is a good agreement between the measured data (61m/year) and the theoretical one (71m/year). It should be noted that shoreline positions from the analytical solution were obtained with the value of $\varepsilon=125 \text{ m}^2/\text{day}$. This value of ε is obtained from Duy et al. (2016). Therefore, it can be concluded that the value of $\varepsilon=125 \text{ m}^2/\text{day}$ is reliable.

4. References

- Duy D.V., Tanaka H., Mitobe Y., Hoang V.C. and Viet N.T. (2016). Study on river mouth delta formation and recent beach erosion on Cua Dai Beach, Vietnam. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)*, Vol.72 (in Japanese).
- Fila J., Kampen M., Knulst K., Marijnissen R. and Noort R.V. (2016). Coastal erosion Hoi An. *Multidisciplinary Project Report, Delft University of Technology*, 168p.
- Larson M., Hanson H. and Kraus N.C. (1987). Analytical solutions of the one-line model of shoreline change. *Technical Report CERC-87-15, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station*, 72p.
- Tanaka H., Viet N.T., Hoang V.C. and Duy D.V. (2015). Erosion mechanism on Cua Dai Beach, Central Vietnam. *Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)*, Vol. 71(2), pp. I_449-I_454. (in Japanese).

UAV を用いた高頻度海浜モニタリング*

東北大学 工学部建築・社会環境工学科 鈴木 彰容
東北大学 大学院工学研究科 三戸部 佑太
東北大学 大学院工学研究科 田中 仁

1. はじめに

海浜形状データは海岸部における土砂輸送や地形変化を把握するための基礎的なデータとして必要不可欠である。空中写真は広域の地形情報を一度に捉えることができ、海岸を対象とした研究にも大いに活用されてきている。一方河口地形は複雑な外力のもと絶えず変化し続けるため、この変形過程を分析するには、高頻度にデータを取得することが必要になる。しかし従来の空中写真測量は高価であることから、高頻度を実施することには難しさが伴う。一方で近年、小型の UAV(Unmanned Aerial Vehicle)の普及が進み、その簡便さから海岸部のモニタリングにも適用され始めている（例えば、松葉ら、2016）。本研究では、一週間に一度という高い頻度で UAV を用いた空撮を実施し、その空中写真を解析することで、河口の変形過程について分析を行う。

2. 研究対象と研究手法

本研究では二級河川・七北田川河口付近を対象とした（図 1）。この地域はこれまでも様々な研究がなされており、その変形過程について分析が行われている（例えば、Srivihok, 田中, 2004）。最近では 8 月末に東北に上陸した台風 10 号の影響で、海岸線が大きく浸食された。一方河口部の砂州は日常的に変形している。

今回の研究では、SwellPro 社製の Splash Drone を用いた。内蔵 GPS による完全自律飛行が可能のため、予め河口部を含む全長約 1km の海岸線を航路に選択し、航行及び空撮を行った（図 1）。UAV の移動速度は約 5m/s、撮影間隔は 0.5 秒とした。使用したカメラの解像度は 12MP（3000×4000）で、高度 80m から空撮を実施した。地上解像度は 4cm となっている。なお、カメラは広角レンズのものを使用したため、画像全体にレンズ歪みが生じたが、キャリブレーションを実施し、得られた校正値を用いてこれを除去した（図 2）。今回は得られた画像群から、河口部だけを抽出し解析を行った。画像の幾何補正は、画像内にある漂流物等を地上基準点として用いることで実施し、幾何補正された画像から、輝度を利用し汀線を抽出した後、潮位補正を行った。

3. 結果と考察

高度 80m での地上解像度は約 4cm なので、地上の小さな漂流物や凹凸、色の変化などを目視で確認できた（図 2）。また河口部の汀線変動を図 3 として示す。これは 10 月 22 日から 11 月 18 日までの一週間間隔の汀線データを 10 月 22 日を基準画像としてプロットしたものである。

*High-frequency UAV topography monitoring of coastal areas by Suzuki Akihiro et al

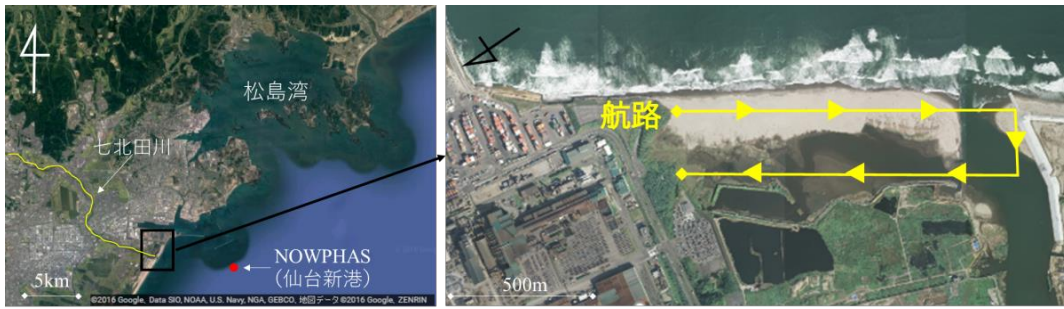


図 1：対象地域（七北田川河口部）

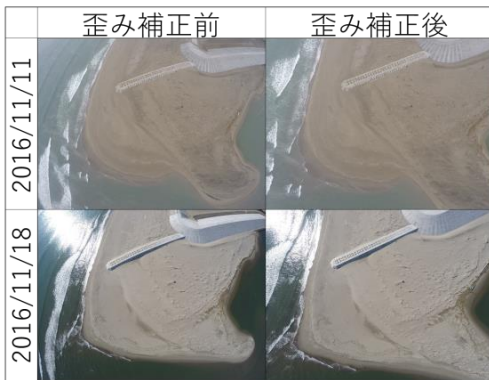


図 2：撮影された写真

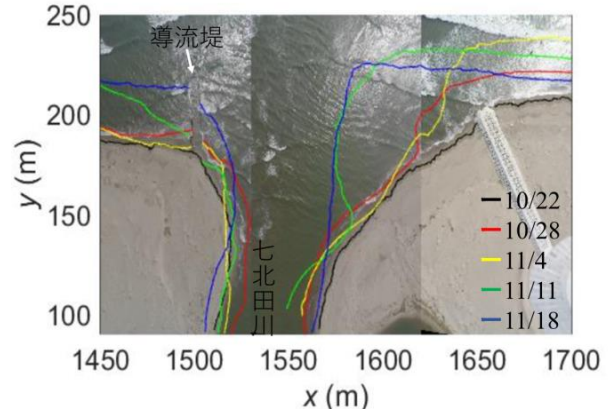


図 3：河口部の汀線変動

これを見ると、特に河口右岸部で砂が堆積傾向にあることがわかる。NOWPHAS（全国港湾海洋波浪情報網）で、七北田川河口から一番近い仙台新港の波浪情報から、この海岸線では最多波向が東南東であることが分かった。これにより河口右岸側からの沿岸漂砂が卓越し、河口左岸側も堆積傾向ではあるものの、より河口右岸側に堆積したと考えられる。今後は、UAV 空撮によって得られた画像から得られた汀線データや波浪データ、NOWPHAS の観測点から得られた波浪情報をより詳細に分析することで、河口砂州及び海岸線の変形過程を議論していく。

参考文献

- Patchanok Srivihok, 田中仁：高頻度空中写真撮影による七北田川河口砂州の動態の検討，海岸工学論文集，Vol.51，PP.531-535，2004.
- 松葉義直，佐藤慎司，波多野景治：静岡県福田浅羽海岸サンドバイパス吐出口周辺における UAV を用いた地形変化監視手法の適用，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.72，No.2，PPI_851-I_858，2016.

我が国におけるヘドニック法を用いた砂浜の経済評価*

東北大学工学部建築・社会環境工学科 濱田 佳那子
東北大学災害科学国際研究所 有働 恵子

1. はじめに

気候変動に関する政府間パネル第5次評価報告書により、気候変動に起因する海面上昇が予測されている。さらに、その影響で海岸侵食が進行し、日本の砂浜の最大約9割が消失する可能性があるとされている（有働・武田，2014）。

砂浜は、陸域への波浪の侵入を防ぐ防災機能を有するほか、動植物の生息地、人々のレクリエーションの場など多様な役割を担う空間である。砂浜の消失はこうした機能を失うことを意味し、長期的な砂浜の侵食に対して、その機能を維持するための策を講じる必要がある。砂浜消失は日本全国において予測されているが、そのすべてを保全することは現実的ではなく、砂浜の重要度に応じて保全する必要がある。本研究では、日本全国の砂浜の重要度を測るために、ヘドニック法を導入して統一的な手法で経済評価を行うことを目的とする。

2. 研究方法

77の沿岸区分を対象にヘドニック法を用いた。ヘドニック法は、ある価格はそれを構成する要素によって説明されるという理論に基づいて、価格に対して各要素が与える影響を評価する手法である。地価などが用いられ、大野（2000）によると下記の式で表現できる。

$$h = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_ix_i + \varepsilon$$

(h :地価, a :パラメータ, x :要素, ε :誤差項)

ここでは公示地価を目的変数とし、藤田ら（1997）を参考に構成要素として表-1のデータを採用した。これらを使用して重回帰分析を行い、その結果を考察した。

表-1 使用データ

変数名	単位	出典	
公示地価	円/m ²	国土交通省 国土数値情報地下公示データ, 土地総合情報ライブラリ	
地点面積	m ²		
前面道路幅員	m		
最寄り駅との距離	m		
用途区分が住居地域である	(ダミー変数)		
砂浜幅	m		国土地理院 海岸情報データファイルをArc上で計測
公園や海水浴場が整備されている	(ダミー変数)		地図上で目測
海岸との距離	m	地図上で計測	

3. 結果とまとめ

図-1 および2 に示す千葉と千葉東の区分における分析結果を表-2 および3 にそれぞれ示す。

*Economic evaluation of beach in Japan by Hedonic Approach by Kanako Hamada and Keiko Udo



図-1 千葉



図-2 千葉東

表-2 千葉における分析結果

	係数	t	P-値	
切片	17533.72	2.357265	0.027294	5%有意
地積	-4.24	-0.90246	0.376166	
前面道路幅	1498.37	1.955526	0.062777	10%有意
駅との距離	-1.26841	-1.54309	0.136456	
住居地域	9250.285	2.595436	0.016174	5%有意
砂浜幅	-56.1719	-1.72615	0.097731	10%有意
海岸までの距離	1.040371	0.328927	0.745187	
	決定係数	0.52557	観測数	30

表-3 千葉東における分析結果

	係数	t	P-値	
切片	12414.22	5.868593	6.63E-06	1%有意
地積	-2.28413	-0.68944	0.497754	
前面道路幅	2308.843	5.81343	7.54E-06	1%有意
駅との距離	-0.83978	-4.92375	6.34E-05	1%有意
住居地域	1824	1.195583	0.244588	
砂浜幅	-54.2429	-2.35015	0.028146	5%有意
公園・海水浴場	7371.474	4.50069	0.000178	1%有意
海岸までの距離	-3.00751	-2.40409	0.025075	5%有意
	決定係数	0.75245	観測数	30

千葉において、表-1 に示すすべての変数で分析を行うと、砂浜幅と公園・海水浴場の2変数間の相関が0.7を超え非常に大きくなった。砂浜が存在する点では必ず公園あるいは海水浴場が整備されており、この2変数が同じ意味を持つことになったため、砂浜幅のみを採用した。

砂浜幅について、千葉・千葉東ともに負の値を示している。これは砂浜幅が広いほど地価が低下することを意味するが、係数の値がほかに比べ小さいことや、*t* 値の絶対値も小さくなっていることから、これらの砂浜の影響力は大きくないと言える。千葉と千葉東それぞれの係数を比較すると、ほぼ同じ値になっている。しかし、*t* 値に注目すると、千葉東の砂浜幅の方が地価に対し強く影響すると思われる。

今後、全国の砂浜において同様の分析を行い、砂浜の重要度について検討する予定である。

謝辞

本研究は、文部科学省「気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT：Social Implementation Program on Climate Change Adaptation Technology）」の支援により実施された。

参考文献

- 1) 有働恵子・武田百合子：海面上昇による全国の砂浜消失将来予測における不確実性評価，土木学会論文集 G（環境），Vol.70，No.5，I_101-I_110，2014。
- 2) 大野栄治（2000）『環境経済評価の実務』勁草書房
- 3) 藤田壮・盛岡通：ヘドニック価格法による親水空間整備の社会的便益評価に関する実証研究，土木学会論文集 No.573/VII-4，27-37，1997.8

直線状の海岸砂丘上の風況特性に関する研究

東北大学工学部 栗林 司
東北大学災害科学国際研究所 有働恵子

1. 序論

海岸砂丘は、内陸への波浪や飛砂の侵入を防ぐ自然堤防としての機能を有する。しかしながら、例えば茨城県の砂丘では風の影響で人工的に作られた直線状の砂丘が数十年かけておよそ 100 m 毎の小さい砂丘に分断されることが Udo et al. (2003 ; 図 1(a)-(c)参照)によって示されており、こういった砂丘の長期変形は堤防としての機能を大きく損なう恐れがある。本研究では砂丘を分断するメカニズムを明らかにするため、ラージエディシミュレーション (LES) を用いた数値計算により直線状の砂丘周辺の風況を再現することを目的とする。

2. 研究方法

2005 年に国土地理院によって測定された 2 m メッシュの数値標高モデルを用いて、砂丘周辺の風場の数値計算を行った。ここではラージエディシミュレーション (LES) を基礎とした数値流体解析のソフトウェア RIAM-COMPACT® (Uchida, 2014) を用いた。計算領域は水平方向に $0.5 \times 0.5 \text{ km}^2$ 、鉛直方向に 0.2 km とした。流入境界面は主流方向と垂直になるように設定した。グリッド数は水平方向に 400×400 、鉛直方向に 50 である。風の流入条件は 1/7 のべき乗則によって決定した。側方境界面と上部境界面はすべり条件、流出境界面は対流型流出条件とし、地面は粘着条件とする。流入する風の風速 u_0 と角度 θ_0 は、研究対象領域の風配図(Udo et al., 2003) を考慮して、ケース 1 ではそれぞれ 20 m/s と 22.5° (北北東)、ケース 2 では 20 m/s と 112.5° (東南東) とする。いずれも砂丘を斜めに横断する風向である。

3. 結果と考察

地面から $z = 0.07\text{m}$ におけるケース 1 およびケース 2 の流入風向方向の平均風速を、それぞれ 図 2(a) および 図 2(b) に示す。またそのときの砂丘に沿った平均風速の変化を 図 2(c) および 図 2(d) に示す。図 2(a) と 図 2(b) とともに、特に 図 2(b) では砂丘に沿って約 100m 間隔で速度が増大する傾向にあった。これを砂丘コンターの変化 (Udo et al., 2003 ; 図 1(b)) と比較すると、砂丘が分断された場所と風速が増大する場所が概ね一致しており、砂丘に沿った風速の違いにより砂丘の分断が生じたことが示唆された。今後、風速の鉛直方向の変化や、三次元的な風の挙動、地形の影響など、より詳細な解析を行う必要がある。

4. 結論

本研究では、直線状の海岸砂丘周辺の風況について、ラージエディシミュレーションを基礎とした数値流体解析ソフトウェア RIAM-COMPACT® を用いて再現した。流入風速および風向を 20 m/s と 112.5° (東南東) としたとき、砂丘に沿って風速が増大する場所が見られた。

*Characteristics of wind field over an artificial straight dune by Tsukasa Kuribayashi and Keiko Udo

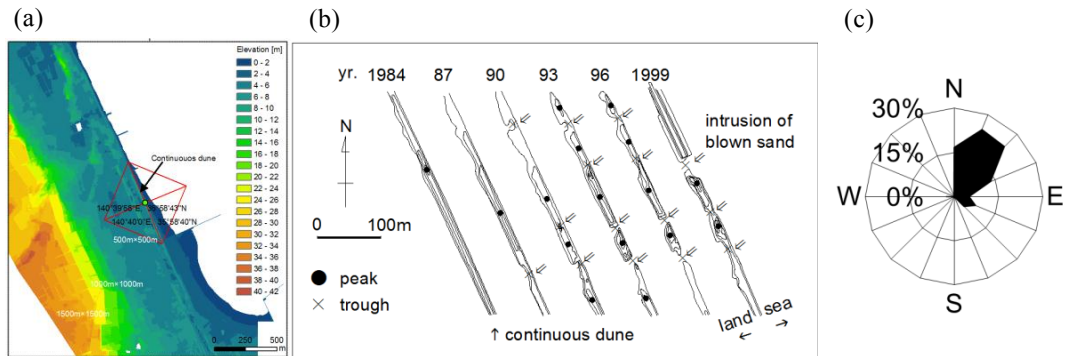


図 1. (a) 2 m メッシュ数値標高モデル(国土地理院提供), (b) 1984 年から 1999 年の砂丘コンター
 の変化 (Udo et al., 2003), (c) 茨城県下津海岸の 1985 年から 1999 年の風配図。(a)での赤枠は
 風向北北東および東南東のときの計算範囲を示す。

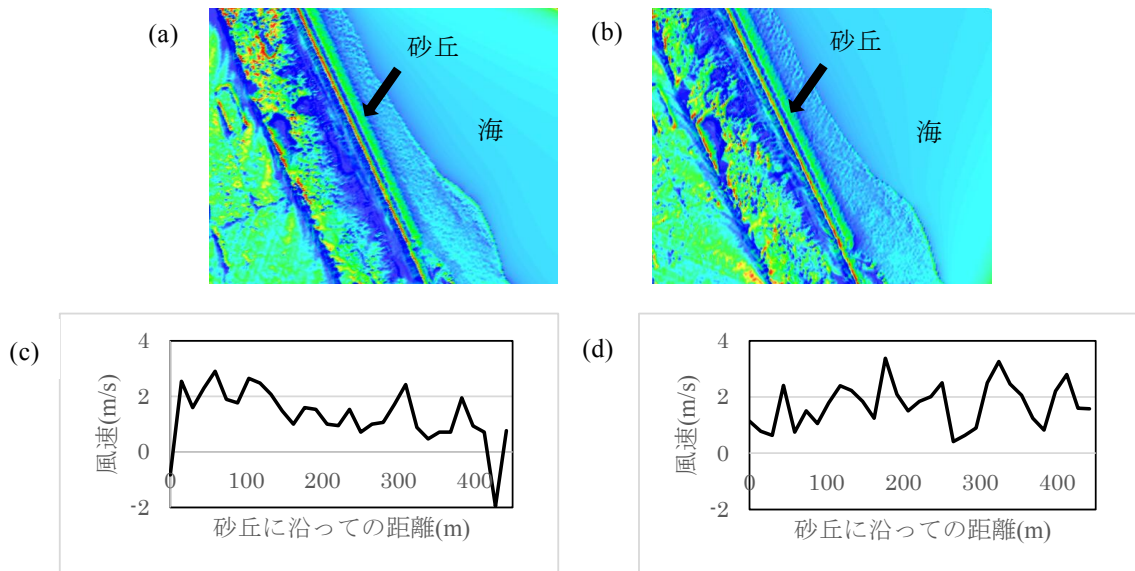


図 2. (a) 風速 $u_0 = 20$ m/s, 角度 $\theta_0 = 22.5^\circ$ (ケース 1)と風速 $u_0 = 20$ m/s, 角度 $\theta_0 = 112.5^\circ$ における
 流入風向方向の平均風速の数値計算結果と(c) ケース 1 および (d) ケース 2 における地表から
 の高さ $z = 0.07$ mでの砂丘に沿った平均風速の変化

参考文献

- 1) Uchida, T., 2014. Validation testing of the prediction accuracy of the numerical wind synopsis prediction technique RIAM-COMPACT for the case of the bolund experiment: comparison against a wind-tunnel experiment, Reports of RIAM, Kyushu University, 147, 7-14.
- 2) Udo, K., S. Takewaka, and H. Nishimura, 2003. Long-term morphological change of backshore dunes, *Coastal Engineering 2002 (Proc. of 28th Int. Conf. on Coastal Eng.)*, 3786-3798.

三沢海岸 2016 年地形変動特性

八戸工業大学工学部土木建築工学科 佐藤 航、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。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、2016年4月から12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（1.4km）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。

3. 地形変動特性

図1は2000年4月29日と2015年12月24日における汀線位置を示す。図において点線は、2000年4月29日の汀線位置を示し、細線は2015年12月24日の汀線で、太線は2016年4月25日の汀線を示している。図より、B6HLからB7HL海岸において太線が2015年12月24日汀線より南側で前進、北側では、ほぼ同位置にある。2000年4月29日汀線と比較すると、前進と後退を繰り返しながら、ほぼ同位置にある。汀線形状は、円弧状を示し、この海岸は安定化が進んでいると考えられる。一方、B7HLからB8HL海岸では、2016年4月25日の汀線が、2000年4月と2015年12月の汀線位置より前進していることがわかる。この海岸でも形状は円弧状を示し、海岸の安定化が進んでいると考えられる。

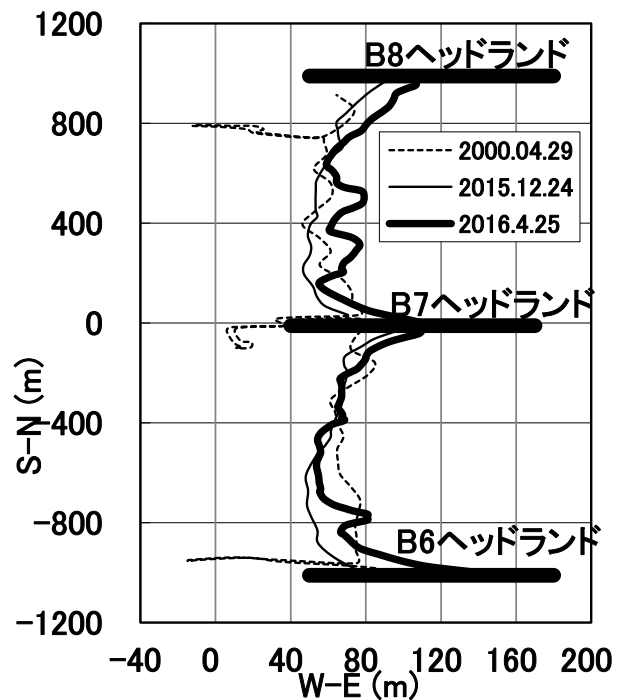


図1 地形変動特性 2000年4月29日 2015年12月24日 2016年4月25日における汀線位置

図2は2000年4月29日から2016年4月25日および11月2日のB6HLからB7HL間の汀線位置を示す。点線は2000年4月29日を示し、細線は2016年4月25日、太線は2016年11月2日の汀線位置を示している。図2よりB6HLからB7HL海岸において、太線が2016年4月、2000年4月汀線より全体的に後退していることがわかる。B7HLからB8HL海岸も2000年4月、2016年4月汀線より、後退していることがわかる。しかし、この後退は、海岸の侵食を意味するものでなく、年変動の範囲内の後退である。

図3は2016年における4月25日から11月2日にまでのB6HLからB7HLまでの各月の汀線位置を示している。一番前進しているのが4月25日の汀線であり、一番後退しているのは、8月25日の汀線である。他の月はこれら二つの汀線間に位置している。汀線形状はヘッドランドの近くが前進、ヘッドランド間中央部が相対的に後退している形状となっており、その形は円弧に近くなっており、この形状は海岸がヘッドラインにより安定化が進んでいることを示していると言える。

4. おわりに

本研究では、2016年4月から1月に月に一度の割合で汀線位置を測定する計画で現地観測を実施した。その結果、ヘッドラインの建設により、三沢海岸は安定化していることを示すことができた。

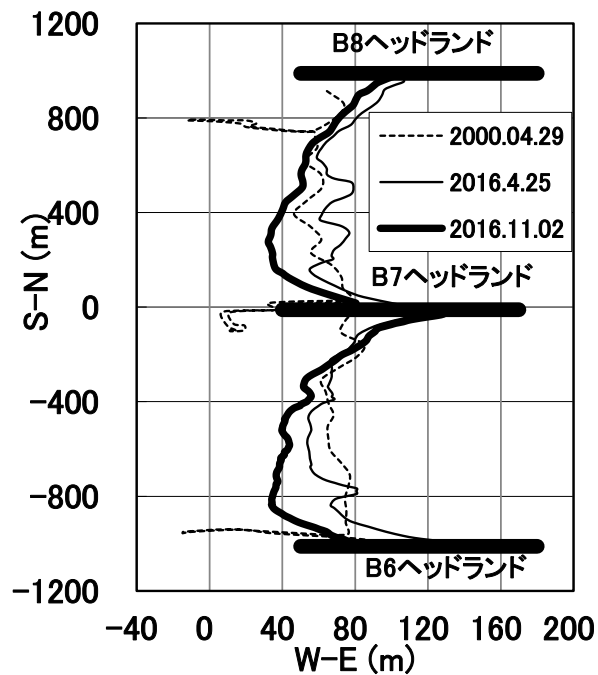


図2 地形変動特性 2000年4月29日、2016年4月25日、2016年11月2日における汀線位置

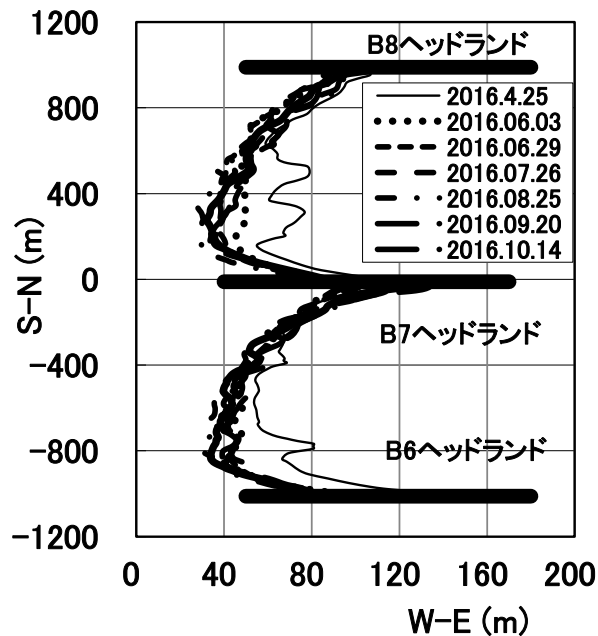


図3 地形変動特性 2016年4月25日から11月2日における汀線位置

小川原湖汽水環境調査

八戸工業大学 古村 朋也・佐々木 幹夫、鉄建建設㈱ 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地としている(図 1)。高瀬川は湖沼面積 62.12km²、水面の標高は 2014 年の年平均水位が 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(汽水湖の中では 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塩分進入量の増加や、塩淡水境界面上昇が考えられている。そこで、本研究では、湖における汽水環境特性を明らかにすることを最終的な研究目的とし、今年度は、遡上塩水の現地観測を行い、遡上している塩水の鉛直構造を検討してみる。



図 1 観測機器設置位置 (●印)

2. 観測方法

観測は自記式の塩分水温計、流向流速計を用いて、10月6日から11月10日にかけて行った。図1に観測地点を示す(図1●印)。写真1に流向流速計と塩分計の固定状況を示す。流向流速計は底面から48cmの高さに設置した。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塩分計(写真1)を鉄パイプに縛り付けて固定した(写真2)。塩分計の位置は湖の底より約18日間隔で16cm、32cmに設置した。



写真1 現地観測の状況

写真2 計測器設置完了後の様子

左:流向流速計、右:塩分計

左:流向流速計、右:塩分計

3. 結果と考察

図2、図3に湖底から16cm、32cmの高さの塩分観測結果を示す。観測は10/6から10/24の18日間は湖底より16cm、10/24から11月10日の19日間は湖底より32cmの位置で行っている。図の縦軸は塩分濃度を示し、単位はpsuである。図2に示すように湖底16cmの時は10/8、20:00から23:00は高い濃度となりすぐに減少し、10/17から10/24までは、塩分濃度が上昇、

下降を繰り返している。湖底から 32cm の高さは(図 3)、11/1、11/4 から 11/5 は大きく上昇し下降している。図 4 に高瀬川の順流と逆流を示す。縦軸は流速を示し、横軸は時間で単位は 10/1 からの日数(32 から 11/1)である。流速がプラスのときは順流(湖から海へ)、マイナスの流

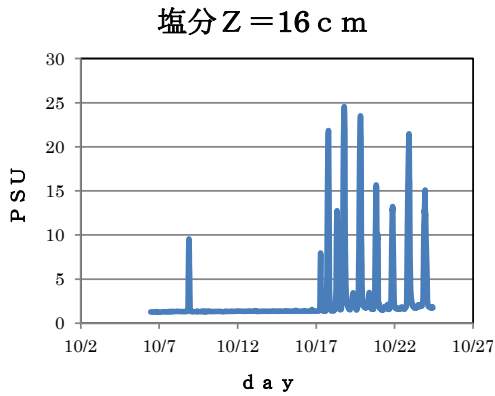


図 2 塩分観測結果(Z=16cm)

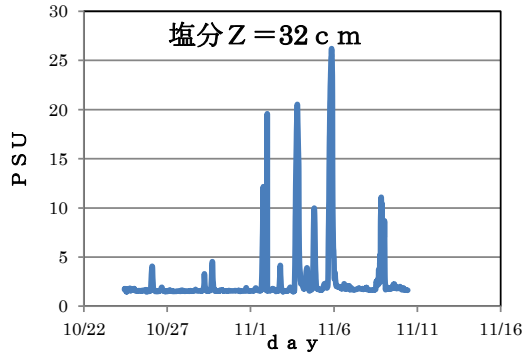


図 3 塩分観測結果(Z=32cm)

速は逆流を示す。図 2 と図 4 の比較より 10/17 逆流から塩水が観測地点に進入している。この逆流は、図 2 の塩分濃度が高くなっているところに対応している。図 3 と図 5 を比較すると逆流は生じているが上層までは塩水が多くは来ていないことが分かる。

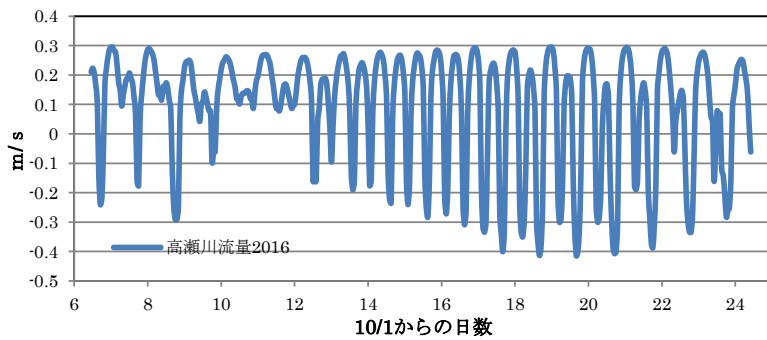


図 4 高瀬川の順流と逆流(10/6~10/24)

4. おわりに

湖に塩分計を設置し塩分の現地観測を実施し、遡上塩水の鉛直構造を調べてみた。

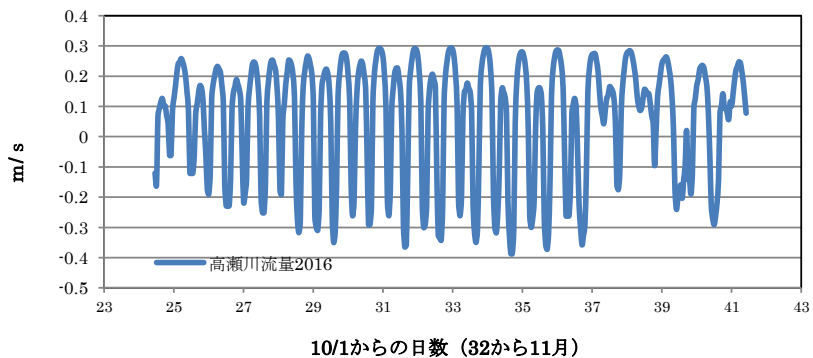


図 5 高瀬川の順流と逆流(10/24~11/10)

ポスター発表 紹介
8 題 (11:45～12:00)

熱帯氷河の流動速度推定に向けた

合成開口レーダー利用に関する基礎的検討*

日本大学大学院工学研究科土木工学専攻 ○船木 翔太
日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩
日本大学工学部情報工学科 若林 裕之

1. はじめに

氷河末端の変動は、涵養域の雪氷量が氷河流動によって消耗域に移動し、消耗域で減少した雪氷量との収支によって決まる。このことから、氷河流動は氷河の末端変動に大きな役割を果たす。氷河の流動速度を調べる上で、山岳氷河は現地調査が困難なため、連続的かつ広域的に観測可能な衛星リモートセンシングが有効である。これまでに、光学センサや SAR(Synthetic Aperture Radar:合成開口レーダー)によって観測された 2 時期の画像を用いた画像相関法や InSAR (Interferometric SAR:干渉 SAR)による研究が行われている。ここで、合成開口レーダーとは、見かけ上アンテナを合成して観測対象の画像の空間分解能を向上させたレーダーである。SAR は能動型センサであるため、太陽や対象物を放射源としている光学センサとは異なり、昼夜を問わず観測可能という特徴をもつ。また、全天候で観測可能という特徴がある。この特徴は、被雲率の高い極域や熱帯地域などでの観測に有効である。

本研究では、熱帯氷河の流動速度推定に向けた合成開口レーダー利用に関する基礎的検討として 2 期間の InSAR 解析を行った。

2. 対象氷河および使用データ

本研究は、南米ボリビア多民族国のアンデス山脈に分布する 2 つの熱帯氷河を対象とした。それぞれ、ワイナポトシ西氷河およびコンドリリ氷河である。

使用データは人工衛星 ALOS-2(Advanced Land Observing Satellite-2:陸域観測技術衛星だいち 2 号)に搭載されている PALSAR-2(Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar-2:フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダー)によって観測されたデータを用いた。観測波長帯は L-Band (波長 $\lambda=23.6\text{cm}$)、回帰日数は 14 日である。使用した PALSAR-2 データを表-1 に示す。分解能は 10m である。

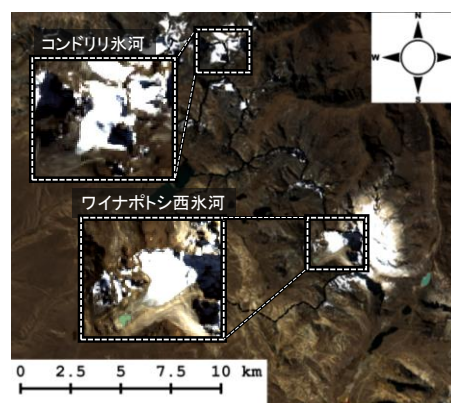


図-1 対象氷河

* A fundamental study of surface velocity estimation with SAR data on tropical glacier by Shota Funaki, Yoshihiro Asaoka and Hiroyuki Wakabayashi

表-1 ALOS-2/PALSAR-2 使用データ一覧

シーン ID	観測日	軌道	運用モード
ALOS2042663940-150308	2015/3/8	南行軌道	SM3
ALOS2044733940-150322	2015/3/22	南行軌道	SM3
ALOS2096483940-160306	2016/3/6	南行軌道	SM3
ALOS2104763940-160501	2016/5/1	南行軌道	SM3

3. InSAR 解析の概要

InSAR 解析とは SAR によって観測された、異なる 2 時期の位相情報をもつ複素画像について位置合わせを行い、生成された干渉縞から地表面変位を算出する手法である。

本研究では若林(2009) の SAR 解析手法を適用して、2 期間の InSAR 解析を行なった。解析期間はペア 1 の 2015 年 3 月 8 日－2015 年 3 月 22 日(14 日間隔)およびペア 2 の 2016 年 3 月 6 日－2016 年 5 月 1 日(56 日間隔)の計 2 ペアである。軌道間基線長はペア 1 が約 59m, ペア 2 が約 30m である。

4. 結果および考察

ワイナポトシ西氷河における 2 期間の InSAR 解析の結果を図-2 に示す。ペア 1(14 日間隔)では標高約 5100m 付近に氷河の流動によると考えられる約 1 周期の干渉縞を確認できた。ペア 2(56 日間隔)では干渉縞を確認できなかった。ペア 2 において干渉縞を得られなかった要因として、時間間隔が広いことと、解析期間が 3 月～5 月と雨季の期間(11 月～4 月)を跨ぐため、降雪や降雨により地表面の状態が大きく変化したと考えられる。

5. 終わりに

本研究は、熱帯氷河の流動速度推定に向けた合成開口レーダー利用に関する基礎的検討として 2 期間の InSAR 解析を行った。その結果、ワイナポトシ西氷河においてペア 1(14 日間隔)で 1 周期の干渉縞を得ることができ、ペア 2(56 日間隔)では干渉縞を得ることは出来なかった。今後は、InSAR 解析の結果をもとに、氷河流動速度の推定を行う。

謝辞：本研究の一部は JSPS 科研費(15H06642,代表:朝岡良浩), JSPS 二国間交流事業の助成を受けた。PALSAR-2 データは JAXA より提供(JAXA PINo. 1362)を受けたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献： 1) 若林 裕之：PALSAR データの多偏波干渉 SAR 解析,平成 21 年リモートセンシング学会学術講演会, pp.281-282, 2009

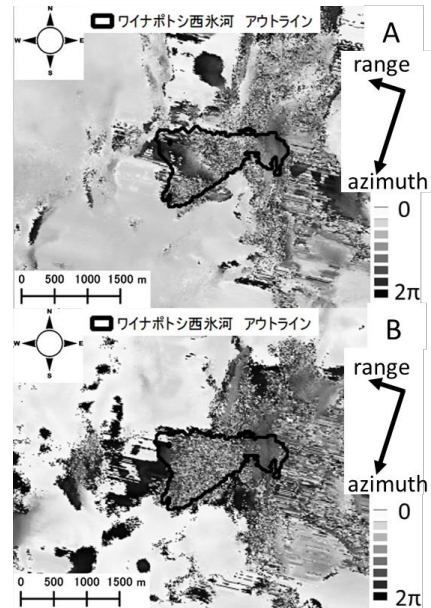


図-2 ワイナポトシ西氷河の InSAR 画像 (A)ペア 1(14 日間隔)

マルチコプターでの空撮による鉄道橋に堆積した流木量の推定

岩手大学大学院 ○堀井一希 岩手大学 松林由里子 岩手大学 小笠原敏記

1. はじめに

2016年8月30日に岩手県を通過した台風第10号による降雨に伴い、岩手県久慈市市街地を流れる久慈川流域で、大量の流木が発生した。この流木が久慈川にかかる橋梁に堆積し、河川氾濫により久慈駅周辺で床上浸水被害発生の一因となったと考えられる。

近年、小型 UAV による空撮画像による高精度な地形情報取得技術が開発され、様々な分野で利用されている¹⁾。自然災害の被災状況の把握にも活用されており、今後の対象分野の拡大が期待されている²⁾。

本研究では、橋脚周辺の流木堆積状況の把握のために、マルチコプターで撮影した画像を解析して三次元のデータを作成し、橋脚に堆積した流木量を算出した。非接触観測で流木量の推定を行った既往の研究³⁾では、3D スキャナを用いて、橋脚と流木の三次元モデルを作成し、流木撤去後の地形データを利用して高精度に流木量を算出している。本研究では、制度は劣るが、より安価なマルチコプターを用い、上空からの撮影により、安全な場所から広範囲の流木量の推定を行える手法を用いて流木量を推定した。

2. 調査内容

対象領域は橋脚に流木が堆積し、上流の左右岸から越流した JR 八戸線の鉄道橋とし、写真 1 に赤線で示す範囲を撮影対象とした。矢印は流下方向を示す。

撮影は9月2日に行い、DJI 社製の Phantom4 と搭載されているカメラを使用した。対象領域の上空約 50m の高さからカメラを地面に対して垂直に向けて行った。



写真-1:久慈川鉄道橋の航空写真(国土地理院 (2013 年撮影)を加工

3. 解析結果

マルチコプターで撮影した画像から三次元的な堆積状況を得るために Agisoft 社の PhotoScanPro を用い、RTK-GPS による測量データによる補正を行って三次元モデルを作成し、線路と橋脚、地盤の堆積を引いて流木量を求めた。図-1 に三次元モデルの上空と左岸上流から見た図を示す。写真-2 は 9 月 12 日に撮影した鉄道橋の様子である。また、図中の矢印は流下方向を示す。

*Estimation of volume of driftwood at railway bridge by using drone aerial photography by Kazuki Horii, Yuriko Matsubayashi and Toshinori Ogasawara



図-1:左岸部の三次元データ(左:上空より, 右:左岸上流より)

写真2:撮影した鉄道橋の様子

流量の計算を行うに当たって、作成した三次元モデルから10cm/pixelの解像度で数値標高モデル（以下、DEMと略す）を抽出して用いた。DEMによる鉄道橋周辺の高さの分布を図-2に示す。

解析対象は、左岸部に堆積した流木のみを対象とし、空隙はないものとして計算した。

流木の体積計算は、鉄道橋に隣接するテニスコートの高さを基準とし、基準点の位置を図-2に赤点で示す。基準点より標高が高い点を流木または橋とし、標高が低い点を地盤として計算を行った。

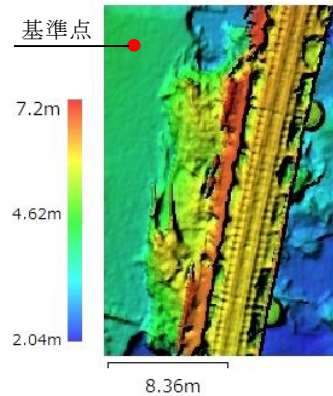


図-2:左岸部のDEM

DEMから流木と橋の合計体積を求め、さらに橋桁と橋脚の体積を引いた値を堆積した流木量とした。橋の体積は実測結果や三次元モデルの計測から、橋脚2本、線路距離24.8mに対して、堆積量164.5m³の結果を得た。

4. まとめ

マルチコプターでの上空からの撮影で、流木の堆積が算出でき、災害の状況把握に役立つと考えられる。しかし、今回求めた流木の堆積は、洗掘された地盤の高さ、橋桁や橋脚の体積に誤差が含まれるため、流木撤去後の線路の三次元解析を行い、計算の精度を高めることで、流木量の精度が向上できると考えられる。

5. 参考文献

- 1) 内山庄一郎・井上公・鈴木比奈子(2014): SfMを用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究, 防災科学技術研究所研究報告, 81, 37-60
- 2) 内山庄一郎他編(2014)平成26年8月豪雨による広島土石流災害における空撮写真を用いた捜索支援地図の作成
- 3) 玉井信行他編(2015)『豪雨による河川橋梁災害 - その原因と対策 -』技報堂出版 pp.29-43

Microtremor Observations in Tono Basin, Iwate Prefecture - Preliminary results -*

Anupap Wanasawan¹, Ai Sato², Hidekazu Yamamoto³, Tsuyoshi Saito⁴, Fumika Sato¹, Nobuo Doi⁵

1. Introduction

We estimate underground S-wave velocity structures by using microtremor observation in order to understand site effects on strong motions. This research aimed to find peak frequencies of microtremor H/V spectral ratios for analyzing underground structures. These included a thickness and/or a S-wave velocity of soil layers for predicting damage from an earthquake that may occur in the future. Our research focused on Tono City located in east-southern part of Iwate Prefecture. We observed microtremors by using a single three-component seismograph and by using an array of seismographs.

2. Microtremor Observation

We conducted two cross observation lines across the central area of Tono City. The first line named 'B-Line' was located along the latitude direction (north-south), and the second line named 'D-Line' was located along the longitude direction (east-west). The observation points consisted of 34 single observation points and 6 miniature array observation points. The miniature array had a circular shape and consisted of four microtremor sensors with a radius of 60 cm. We used a three-component accelerometer type JU310, made by Hakasan Kogyo Co. Ltd., as a microtremor sensor. We observed microtremor records for 15 minutes with one observation point for both single and array points.

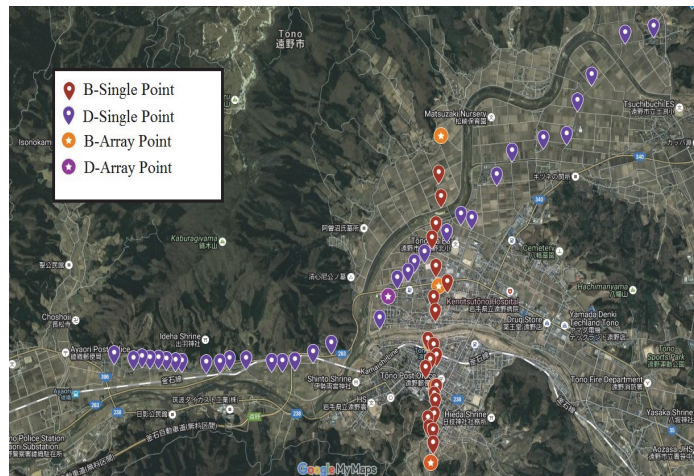


Fig. 1 Location map of microtremor observation points

¹ Graduate student, Graduate School of Engineering, Iwate University

² Undergraduate student, Faculty of Education, Iwate University

³ Associate Professor, Faculty of Science and Engineering, Iwate University

⁴ Technical staff, Faculty of Science and Engineering, Iwate University

⁵ Professor, Faculty of Education, Iwate University

3. Microtremor H/V spectral ratio and peak distribution

We divided the observed 15-minute microtremor records into small segments of which length was 40.96 sec in order to calculate power spectra by FFT. We obtained the average of all spectra for three components. Microtremor H/V spectral ratio was calculated from the horizontal spectrum divided by the vertical spectrum. The horizontal spectrum was calculated from the vector summation of NS and EW spectra. We obtained a peak frequency from the H/V spectra. Figure 2 shows examples of power spectra observed at the site of B11. The figure shows the clear peak which was about 3 Hz. H/V peak frequencies were obtained from all sites. Figure 3(a) shows peak frequencies at all sites and figure 3(b) shows peak frequencies in the B-Line. Peak frequencies at the center area were about 3 Hz, but those at northern and southern areas were higher. A peak frequency corresponds to a thickness of a sedimentary layer. The result implied that the central area was located at a plain area and the northern and southern areas were located near mountain.

Acknowledgement

We thank NIED for support of six accelerometers (JU-310) in our research and thank Iwate University students, K.Sasaki, K.Kanesaki and M.Hiraga for field our research assistant.

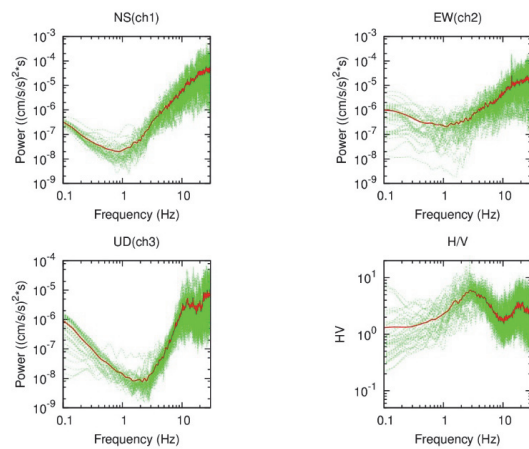


Fig. 2 Example of power spectra and H/V spectral ratio of microtremors

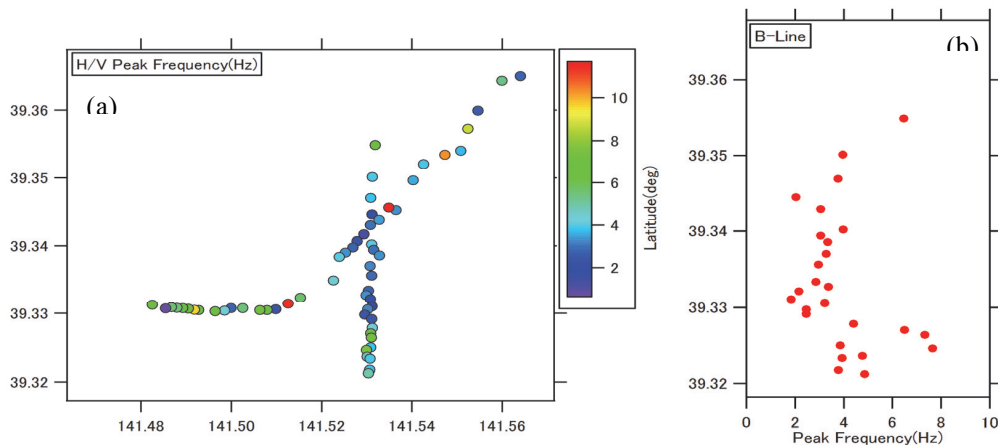


Fig. 3 Peak frequency distribution of microtremor H/V spectral ratios (a) Peak frequencies. A red color indicates relatively high frequency and a blue color indicates relatively low frequency. (b) Peak frequency distribution along the B-Line.

平常時と災害時の防災行動の要因分析に基づいた 大地震に対する住民の災害対応力に関する研究*

東北大学大学院 工学研究科 ○木村 宇応
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. 背景と目的

東日本大震災では、甚大な津波被害を受けた沿岸部に対して、地震動による建物被害が少ない内陸部でも多くの避難者が発生した¹⁾。しかし、このような地域では、不要な避難を抑える在宅避難などの災害対応の可能性は十分にあったと考えられ、住民による自助・共助の重要性が示唆された。先行研究では、世帯属性など地域特性による避難割合の違いや、備蓄食料の確保の重要性を示す結果となった一方で、その対策効果の定量的評価までは至っておらず、地域特性のみでの評価の限界が示唆された²⁾³⁾。自助・共助の促進を目的とするならば、災害経験や災害意識など住民個人を対象とした防災行動の要因を解明する必要がある。

本研究では、これらについて明らかにするため、後述する仙台市の小地域の住民を対象としてアンケート調査を行った。本稿では、東日本大震災時の避難行動に影響した要因について分析した結果を報告する。

2. 調査手法

仙台市において津波被害がなく、建物被害が軽微であったにも関わらず、多数の避難者が発生した地域である南材地区町内会連合会（以下、南材地区）と柞江学区町内会連合会（以下、柞江地区）の住民を対象としてアンケート調査を行った。調査方法は、町内会長に配布を依頼し、後納郵便によって回収した。5,870世帯に配布し、回収数は1,402票（回収率は23.9%）、有効回答数は1,386世帯（有効回答率は23.6%）であった。

アンケート調査票の主な項目は、①過去の災害に関する経験や知識、②東日本大震災当時の避難有無とその理由、③東日本大震災以前と現在の変化（災害意識、災害知識、平常時防災行動、日常生活行動）、④今後起こりうる地震災害についての考え、⑤回答者属性（年齢・性別・住居属性）である。

3. 調査結果

調査結果の一部を抜粋し、以下に示す。

3.1. 平常時防災行動と避難行動の関係

平常時防災行動については、表1に示す10項目について震災前の状況と現在の状況を調査した。震災前と現在を比較すると、両地区において実施率は上昇しており、家具の転倒対策が最も実施率が上昇している。

ここで、実施数を得点として、南材地区についてその得点と避難行動との関係を図1に示す。この結果、低得点域（実施数が0～3）と高得点域（実施数が7～10）で避難有無に差が見られた。震災時、避難した人のうち32%が低得点域に属し、高得点域は25%に留まる。避難しな

*Study on residents' disaster flexibility ability to large-scaled earthquakes based on factors analysis on disaster prevention action at normal and disaster phases. by Takanori Kimura and Takeshi Sato

った人については、低得点域が 23%、高得点域が 36%であり逆の傾向にある。このことから、在宅避難率を底上げするには、7 得点以上が望まれるといえる。

また、平常時防災行動のうち、備蓄食料の有無について避難行動との関係に 1%未満の有意差が確認できた。この結果を図 2 に示す。避難した人の半数近くが震災時に備蓄食料を確保しておらず、避難しなかった人については、半数近くが 3 日分以上の備蓄食料を有していたことがわかった。このことから、在宅避難率を底上げするには、3 日分以上の備蓄食料が望まれるといえる。

3.2. 災害経験・災害教育・災害伝承と避難行動の関係

災害経験、災害教育、災害伝承については、表 2 に示す項目について回答を得た。これらと震災時の避難行動との関係は、平成 20 年岩手・宮城内陸地震の災害経験のみについて 1%未満の有意差を確認できた。その結果を図 3 に示す。経験者の方が避難率は高い傾向にあり、同じ経験者でも家屋の被害を受けた人や当時避難した人の方が、避難率が高くなる傾向が見られた。

4. まとめと課題

本稿では、災害時防災行動として東日本大震災時の避難行動に影響した要因について分析した結果を述べた。平常時防災行動については、実施数及び備蓄食料が少ない人の方が避難する傾向にあった。在宅避難のためには、7 項目以上の実施、3 日分以上の備蓄食料の確保が望まれるといえる。また、平成 20 年岩手・宮城内陸地震について経験者の方が避難する傾向にあった。

謝辞

アンケート調査にご協力頂きました南材地区町内会連合会及び柞江学区町内会連合会の住民の皆様にご感謝の意を示します。参考文献

- 1) 佐藤健, 戀水康俊, 昆野辰樹: 東日本大震災における仙台市の避難者発生 の地域特性, 日本地震工学会論文集, 第 12 巻, 第 4 号 (特集号), 278-287, 2012
- 2) 濱岡恭太, 谷端勇紀, 佐藤健: 東日本大震災時の仙台市における避難者発生要因に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 341-342, 2015.9
- 3) 濱岡恭太, 谷端勇紀, 佐藤健: 宮城県仙台市の町内会住民を対象とした東日本大震災時の避難情動の実態に関する研究, 日本建築学会技術報告集 第22巻 第51号, 727-731, 2016.6

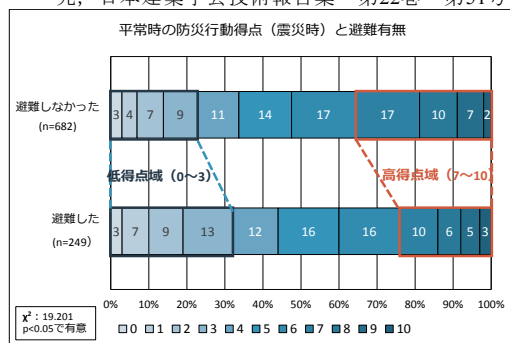


図 1. 平常時防災行動の得点と避難との関係

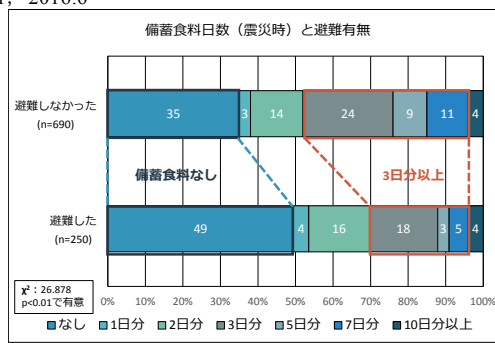


図 2. 備蓄食料と避難との関係

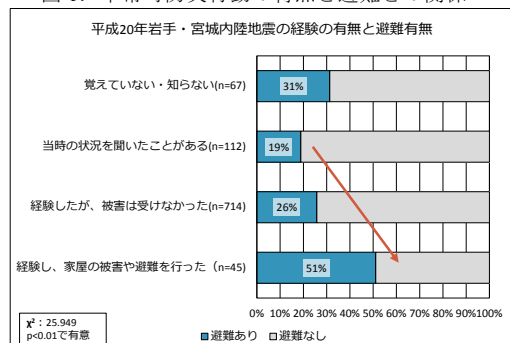


図 3. 災害経験と避難との関係

表 1. 平常時防災行動の 10 項目

- ①備蓄食料（日分）
- ②備蓄飲料水（日分）
- ③ラジオや懐中電灯など避難に役立つもの
- ④災害時の家族との連絡方法
- ⑤余分な毛布など災害時の寒さ対策
- ⑥地震保険
- ⑦耐震補強・耐震性能が保証される家
- ⑧家具転倒防止
- ⑨ガラス散乱防止
- ⑩防災訓練

表 2. 災害経験・災害教育・災害伝承の質問項目

項目	質問内容
災害経験	「昭和53年宮城県沖地震」「昭和61年8.5豪雨」「平成20年岩手・宮城内陸地震」について経験の有無を4段階で質問
災害教育	「習っていない」「小学校で習った」「中学校で習った」「高校で習った」「その他」の5択、複数回答で質問を行った
災害伝承	「何度も聞いた」「聞いたことがある」「聞いたことはあるが覚えていない」「聞いたことがない」「わからない」の5択、単一回答で質問を行った

アレイ観測された水平動微動の周波数波数解析法による

Love 波の位相速度の推定*

岩手大学 山本英和, ○金崎慶次, 齊藤剛

1. はじめに

微動アレイ探査では、微動の上下動成分を利用することが多く(Okada, 2003)、水平動成分はあまり利用されていない。水平動解析には齋藤(2007)による水平動微動に周波数波数解析法を適用した手法がある。ただし、3成分微動の研究報告は微動計の台数制限の理由などから少なく(藤根ほか, 2014)、観測・解析事例を増やして、機器の配置方法、解析方法などの改良が必要とされる段階である。本研究では、齋藤(2007)の水平動 FK の適用をさぐるため、岩手大学構内で各種形状のアレイを使用して水平動微動を測定し、水平動の位相速度を算定し、手法の適用性を検討する。

2. 微動アレイ観測

本研究で用いた微動データは2016年9月4日に岩手大学工学部グラウンドで観測された。図1にアレイ配置図を示す。岩手大学工学部のグラウンドにおいて、微動計を用いて三重三角形型に10台配置した。三角形の半径は45m, 15m, 5mである。半径の大きさを3倍ごとに小さくした。できるだけ少ない微動計で、幅広い波長をカバーすることを想定している。使用した微動計は白山工業株式会社製の三成分加速度計(JU310)である。サンプリング周波数は200Hz、時刻はGPSにより同期している。8:25~16:25までの8時間観測を行った。

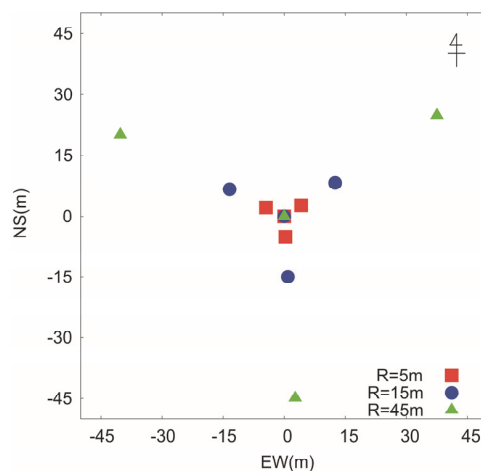


図1 アレイ配置図

3. 解析

観測された微動を基本区間 40.96 秒ごとに FFT によりクロススペクトルを求め齋藤(2007)の手法により位相速度を推定した。図2は Vertical(Z)成分の観測 Rayleigh 波位相速度と理論 Rayleigh 波位相速度、図3は Transverse 成分の観測 Love 波位相速度と理論 Love 波位相速度、図4は Radial 成分観測 Rayleigh 波位相速度と理論 Rayleigh 波位相速度である。理論位相速度は山本(2000)の S 波速度モデルを使用して基本モードを計算した。Transverse 成分はアレイ半径に応じた位相速度が検出可能な周波数帯において観測 Love 波と理論 Love 波がほぼ一致している。

*Estimation of phase velocities of Love wave from array records of horizontal microtremor by using FK analysis by H. Yamamoto, K. Kanazaki and T. Saito

このことから水平動微動から Love 波を検出できたと推察する。Vertical 成分は 5Hz~18Hz, Radial 成分は 5Hz~8Hz, 10Hz~13Hz で観測 Rayleigh 波と理論 Rayleigh 波が一致している。しかし, Vertical 成分では 18Hz~20Hz, Radial 成分では 13Hz~20Hz で観測 Rayleigh 波が理論 Rayleigh 波よりも速い位相速度を示している。これらは, Vertical 成分は 5Hz~18Hz, Radial 成分は 5Hz~8Hz, 10Hz~13Hz で基本モード, Vertical 成分は 18Hz~20Hz, Radial 成分は 13Hz~20Hz で高次モードを検出している可能性がある。今回の観測では 10 台の微動計を利用できたため, 4 点三角形に比べてより広い周波数帯で Love 波と Rayleigh 波を観測することができた。このことから水平 FK 法を用いて Love 波の位相速度を利用する微動アレイ探査の有効性が示された。

謝辞

(国研) 防災科学技術研究所から微動計をお借りしました。記してここに謝意を表します。

参考文献

- Okada(2003): The Microtremor Survey Method
p.135
齋藤(2007):物理探査, 60, 297-304
山本(2000):物理探査, 53, 153-166
藤根ほか(2014):公益財団法人 物理探査学会
第 131 回学術講演会論文集 126-128

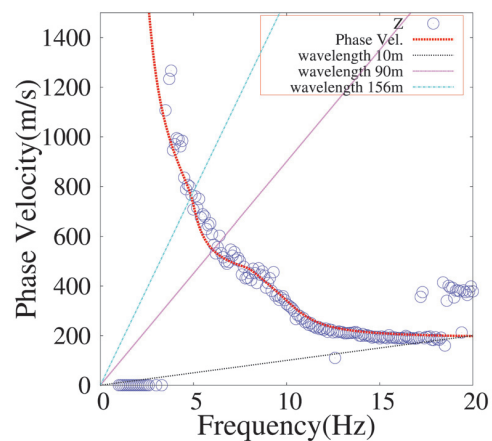


図2 Vertical(Z)成分の観測 Rayleigh 波位相速度と理論 Rayleigh 波位相速度

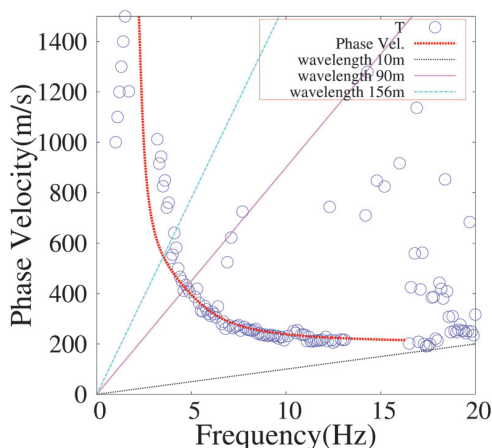


図3 Transverse 成分の観測 Love 波位相速度と理論 Love 波位相速度

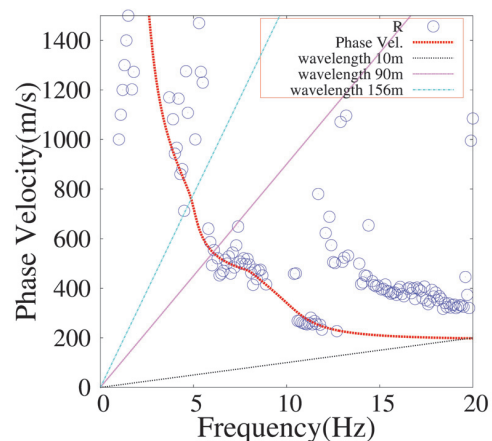


図4 Radial 成分観測 Rayleigh 波位相速度と理論 Rayleigh 波位相速度

浅部 2 次元 S 波速度構造推定を目的としたリニアアレイで観測された 短周期微動の地震波干渉法解析-岩手大学構内における試み-*

岩手大学 山本英和 ○佐々木恭輔 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。最近、浅部地盤の S 波速度を探索するために、地震波干渉法という新しい手法が提案されている。これは常時微動記録の相互相関関数を長時間重合すると 2 地点間のグリーン関数が得られるものである。本研究では、短周期微動を利用して浅部の 2 次元 S 波速度構造探索の新たな手法開発を目的に、3 成分微動計の直線配置による長時間の微動測定を実施し、地震波干渉法解析により、上下動および水平動の波動伝播が確認できるかどうかを試みた。

2. リニアアレイによる微動観測

岩手大学理工学部のグラウンドにおいて、長さ 100m の測線を南北に設定し、南端を 0m 地点、北端 100m 地点とした。微動計は白山工業株式会社製の 3 成分加速度計 JU310 を 11 台使用した。微動計間隔は 10m である。サンプリング周波数は 200Hz である。観測は平成 28 年 10 月 15 日の 9 時 25 分から 14 時 25 分に実施した。

3. 重合相互相関解析

基本解析区間を 20.48 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。今回、測線を南北方向に設定したため、JU310 の場合、ch1 が radial 方向、ch2 が transverse 方向、ch3 が上下動方向となる。Bensen et al. (2007)の解析方法に習い、観測された微動の対して周波数規格化、二値化をおこなってからそれぞれの成分に対して相互相関関数を計算し、重合した。図 1 に全組み合わせの相互相関関数を距離ごとに示した。transverse 方向が radial 方向、上下動方向に比べて、同一距離におけるラグタイムが長いことが分かる。このことから transverse 方向の伝播速度が遅いことが予想される。

4. 群速度の推定

Dziwonsky et al. (1969)の解析方法に習い、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.11 の群速度を図 2 に示す。plus が No.1 から No.11 方向、minus が No.11 から No.1 方向である。また、山本(2000)による S 波速度モデル(図 3)から計算した群速度を図 4 に表す。EW 方向は観測値と計算値がほぼ一致していて、NS と UD では観測値

* Seismic interferometry analysis of short-period microtremors observed with a linear seismometer array for estimating two-dimensional shallow S-wave velocity structures -An experiment in a ground of Iwate University- H. Yamamoto, K. Sasaki and T. Saito

が計算値よりも少し速くなっていた。

また、今回の観測では2次元変化を検出するために直線上に多数の微動計を設置して群速度を推定したが、結果として同一周波数ならほぼ同程度の速度が得られた。このことから岩手大学理工学部グラウンドはほぼ均質な構造であることが予想できる。

謝辞

(国研) 防災科学技術研究所から微動計をお借りしました。記してここに謝意を表します。

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.

山本英和(2000), *物理探査*, 53, 153-166.

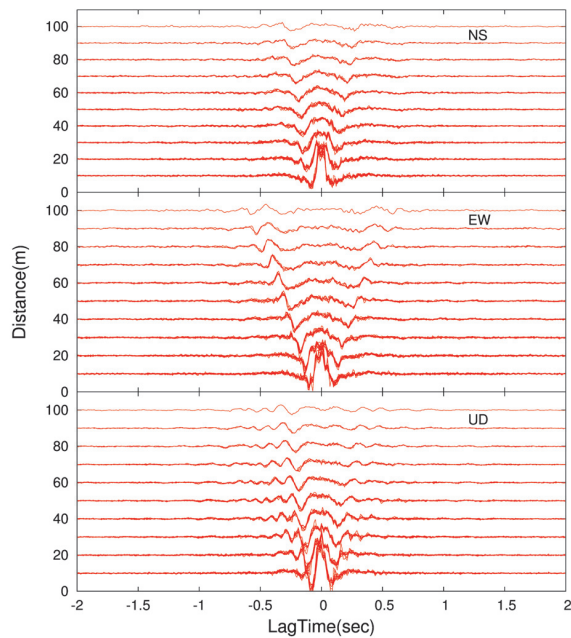


図1 相互相関関数

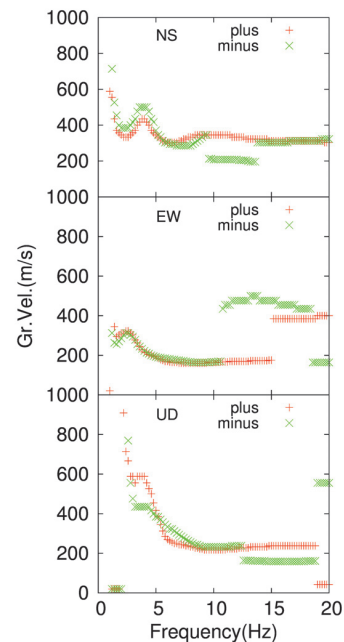


図2 推定した群速度

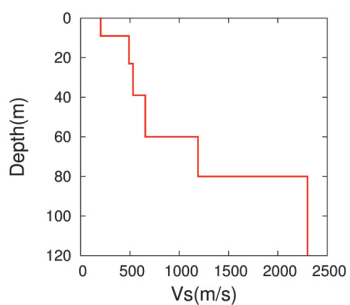


図3 山本(2000)による構造モデル

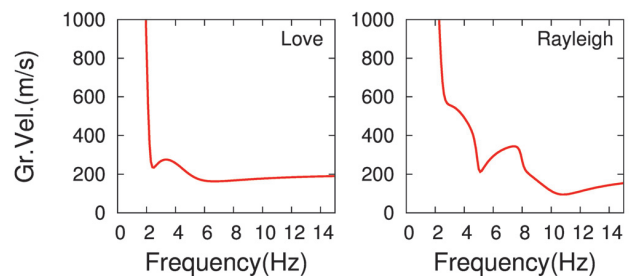


図4 山本(2000)による群速度

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(その2)*

岩手大学大学院工学研究科 ○佐藤史佳
岩手大学理工学部 山本英和 齊藤剛

1. はじめに

前回の報告では地震予知振興会により福島に設置された 10 点の臨時観測点の上下動データに、国立研究開発法人防災科学技術研究所の広帯域地震観測網 F-net の観測点 HRO と観測点 SBT の上下動データを加えて地震波干渉法解析を行った。本研究では、観測点 No.1~No.10 の水平動データを用いて地震波干渉法により Radial 成分と Transverse 成分の相互相関関数の算出と、得られた相互相関関数から群速度の算定を行うことを目的とする。

2. 広帯域リニアアレイ観測

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平成 23 年 8 月から平成 26 年 2 月まで実施された。リニアアレイ測線の配置を図 1 に示す。観測機器は広帯域速度計 (Trillium Compact : Nanometrics 製), データロガー (LS-8800 : 白山工業株式会社製) を用いた。また、本解析では観測点 No.1 から No.10 の向きを正, No.10 から No.1 の向きを負の向きと設定した。

3. 相互相関関数の算定

観測点の位置関係に基づき、時間領域で EW 成分, NS 成分から Radial 成分, Transverse 成分を計算したのち、山本ほか (2016) と同様の手法で相互相関関数を重合し、グリーン関数を算出した。図 2 に 1 ヶ月平均相互相関の全観測点の組み合わせを示す。縦軸は観測点距離を示す。Radial, Transverse 双方で観測点距離の増加とともに位相の遅れが確認できる。

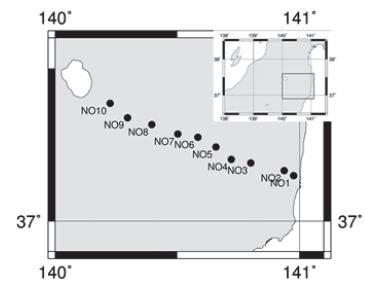


図 1 観測点位置図

4. 群速度の算定

得られた相互相関関数に対し、マルチプルフィルタ解析 (Dziewonsky et al., 1969) により周期ごとの群速度を算出した。また、同時に SN 比も算出し、信頼性の高い群速度の周期範囲を定量的に検証するために用いた。SN 比が大きいことは算定された群速度の信頼性が高いことを意味する。例として、図 3 に観測点 No.5 と No.10 の 2012 年 10 月の RR の相互相関関数から計算された群速度分散曲線と同時に計算される周期ごとの SN 比を示す。SN 比の閾値は前報と同様 10 以上と設定すると、正の方向の周期 1~7 秒の群速度が利用可能であり、約 3km/s で分布することが分かる。また、図 4 に観測点 No.1 と No.8 における RR と TT の 12 ヶ月平均相互相関関数から計算された正の方向の群速度分散曲線と SN 比を示す。SN 比 10 以上の周期範囲では、RR, TT 双方の群速度が約 2~3km/s で連続的に分布している。また、周期 5 秒以下では RR より TT の群速度がわずかに遅いが、5 秒以上では TT が RR の群速度よりも速い値を示すことが分かる。さらに、Nishida et al.,(2010)のモデルと観測による群速度の比

*Seismic interferometry analysis of microtremors observed in linear array with broadband seismometers in Fukushima Prefecture Part 2 by F. Sato, H. Yamamoto and T. Saito

較を行った。図 5 に No.5 の地点の Nishida モデルによる群速度と No.1 と No.8 における RR と TT の 12 ヶ月平均相互相関関数から計算された SN 比 10 以上の正の方向の群速度分散曲線の比較を示す。比較すると、全体的に Nishida モデルによる群速度よりも観測による群速度が遅く分布しており、最大で約 0.6km/s 遅いことが分かる。

謝辞

地震予知総合研究振興会から広帯域リニアアレイ観測データを提供していただきました。一部の図の作成には、GMT (Wessel and Smith, 1998) を用いました。記して感謝致します。

参考文献

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.
 Nishida et al. (2008), *J. Geophys. Res.*, 113, B10302. doi:10.1029/2007JB005395.
 Wessel, P. and W. H. F. Smith(1998), *EOS Trans. AGU*, 79, 579.
 山本ほか(2016), *東北地域災害科学研究* 第 52 巻, 263-268.

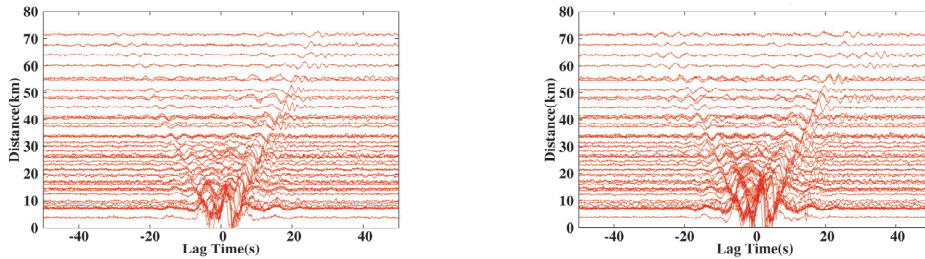


図 2 2012 年 1 月の全観測点の組み合わせ 1 ヶ月平均相互相関関数
 左図が Radial 相互相関関数(RR)、右図が Transverse 相互相関関数(TT)を示す。

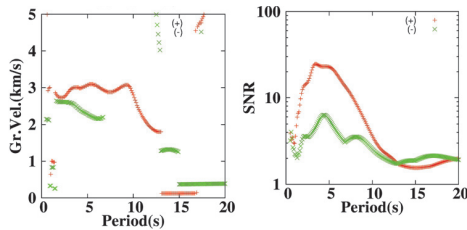


図 3 観測点 No.5 と No.10 の 2012 年 10 月の RR 群速度分散曲線(左図)と SN 比(右図)

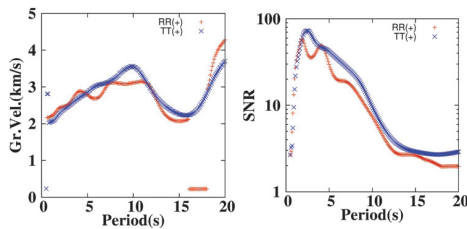


図 4 観測点 No.1 と No.8 の RR と TT の 12 ヶ月平均相互相関関数から計算した群速度分散曲線(左図)と SN 比(右図)

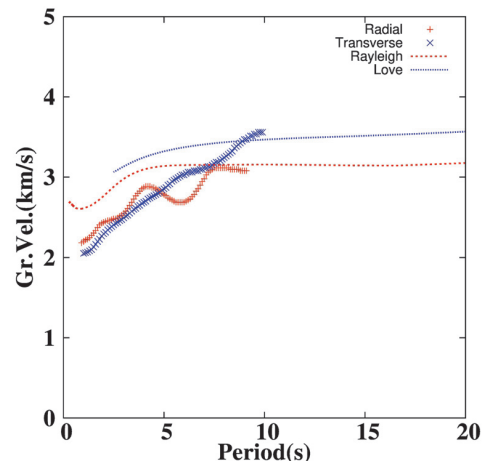


図 5 観測点 No.1 と No.8 の RR と TT の 12 ヶ月平均相互相関関数から計算した群速度分散曲線と Nishida モデルの比較

岩手大学でアレー観測された三成分微動記録への地震波干渉法解析の適用可能性について

山本英和, ○平賀証人, 齊藤剛, 金崎慶次 (岩手大学), 佐藤史佳 (岩手大学大学院)

1. はじめに

地震時の揺れやすさを評価するためには地盤の S 波速度構造を把握する必要がある。地盤の S 波速度を推定するには微動アレー探査が用いられることが多い。本研究では、微動アレー探査を用いて測定した微動記録に地震波干渉法解析を適用し、浅部地盤探査へ干渉法の適用可能性を調査することを目的とし、通常の探査より若干長めの測定時間である数時間程度の微動アレー記録に対し重合相互相関関数を算出し、群速度を求め、微動アレー記録から S 波速度構造探査の情報量を増やすことについて可能性を調査する。

2. 微動観測

図 1 に岩手大学グラウンド内での観測地点を示す。中心に 1 台、半径 15m の円周上に正三角形型配置で 3 台、半径 45m の円周上に正五角形型配置で 5 台の計 9 台を設置した。使用した微動計は白山工業株式会社製の三成分加速度計 JU310 である。サンプリングは 200Hz とした。本観測は 2016 年 10 月 24 日と 31 日に実施した。

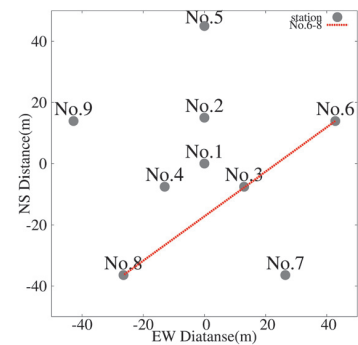


図 1 観測点位置図

3. 相互相関関数の計算と重合

ノイズの影響の軽減と周波数範囲の規格化を目的とし、観測される上下動微動に前処理として二値化、スペクトルホワイトニングを行った (Bensen et al., 2007)。前処理を行ったデータを FFT 処理によりクロススペクトルを算出し、相互相関関数を計算した。EW, NS 成分から radial, transverse 成分を計算し、RR, TT, ZZ の三成分についてそれぞれ周波数 1.0Hz のバンドパスフィルタを施し、相互相関関数を重合し、グリーン関数を導出した。重合した時間は 30 分、1 時間、2 時間、3 時間、8 時間、16 時間としたが今回は 16 時間重合したものに絞って群速度の推定を行った。

4. 群速度の推定

相互相関関数のマルチプルフィルター解析を行い、包絡線を規格化し最大値の時間遅れを読み取ることで群速度を算定した。五角形に配置した微動計の各辺における群速度を比較した結果、図 1 に赤線で示された No.6 と No.8 の 2 点間で図 3 に示す理論値に近い値 (図 2) が得ら

*Applicability of seismic interferometry analysis to array records of three-component microtremors observed in Iwate University by M.Hiraka, H.Yamamoto, T.Saito, K.Keiji, and F.Sato

れた。しかし、No.5 と No.7 の 2 点間ではこれよりも速い速度が得られた。このため、東西方向である No.5 と No.7 の 2 点間に対し直交する方向からの微動が多く、微動が全方位から到来していないことが推定される。従って、偏った微動源が想定される場合の 2 点間での地震波干渉法を適用するには波動源の分布を確認する必要がある。

謝辞

防災科学技術研究所より微動計 JU310 をお借りしました。記して感謝致します。

参考文献

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

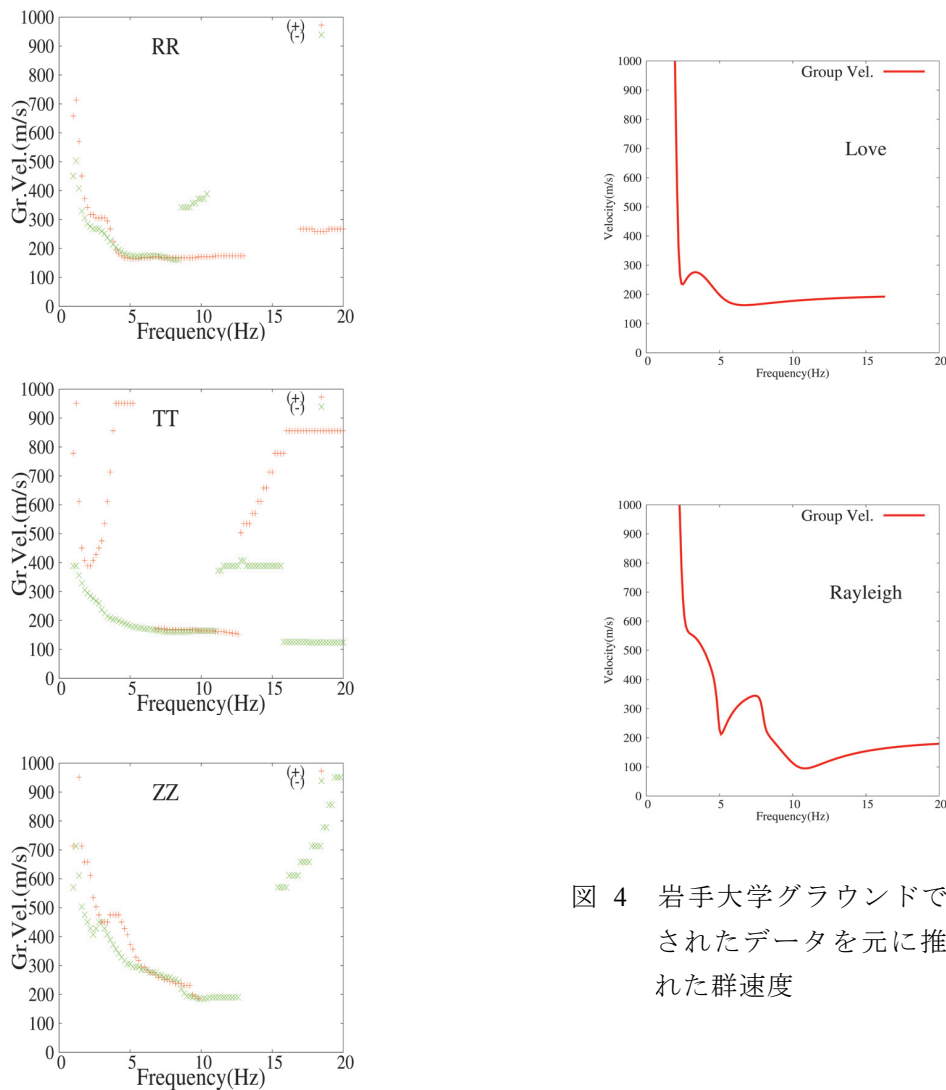


図 4 岩手大学グラウンドで観測されたデータを元に推定された群速度

図 2 3 成分ごとの群速度分散曲線(左)と SN 比(右)
RR(上段), TT(中段), ZZ(下段)

司会：久利美和先生

5 題（13:00～14:15）

林野火災発生数のグリッド型推定モデルの構築

福島大学共生システム理工学類 押切 ほたる
福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

1. はじめに

現在、日本では年間約 2,000 件程度の林野火災が発生し、その焼損面積は約 1,000ha、損失額は年間約 5 億円であることが総務省消防研究所の報告 (2005)から読み取れる。この資料には、林野火災の発生件数についての県別・月別の詳細なデータが記載されている。また、寒河江・佐々木 (1984)などの既往研究から林野火災の発生には、気象的要因、地理的要因、人為的要因があることが分かっており、菅野・横尾(2016)によって都道府県別・月別の林野火災発生数の簡易推定モデルの構築もされている。しかし、防災に適応させることを考えると、都道府県別という広い範囲では気象的にも地理的にもその地域に最適な対策をすることができない。そこで本研究では、菅野・横尾(2016)モデルを用いて日本における 1 キロメッシュごとの林野火災発生数を推定し、GIS により可視化させることを目的にしている。

2. 方法

菅野・横尾(2016)モデルにおいて変数として組み込まれている傾斜 20 度以上の面積の割合、ため池の数、月別相対湿度、風速の 1 キロメッシュごとのデータを作成する。それらのデータを菅野・横尾(2016)モデルに組み込み、1 キロメッシュごとの林野火災発生数を推定する。推定した値を GIS により可視化させる。

2.1 都道府県別・月別の林野火災発生数の簡易モデル

今回使用した菅野・横尾(2016)モデルが以下の式(1)である。ここで、 N_f , T , H_r , W_v , N_p はそれぞれ森林面積当たりの林野火災発生数、各都道府県における 20°以上の傾斜の面積の割合、各月の相対湿度、各月の平均風速、単位面積当たりのため池の数である。また、 a , b , c , d , e は県別に最適化するパラメータである。

$$N_f = \begin{cases} a \cdot T^{-0.801} + b \cdot H_r + c \cdot W_v + d \\ \quad (N_f > 0, \text{ other than August}) \\ a \cdot T^{-0.801} + b \cdot H_r + c \cdot W_v + d + e \cdot N_p \\ \quad (N_f > 0, \quad \text{August only}) \\ 0 \\ \quad (N_f \leq 0) \end{cases}$$

(1)

3. 結果

福島県の月別・1キロメッシュの林野火災発生数のグリッド型推定モデルの結果は以下の図1, 図2であり, 菅野・横尾(2016)モデルの推定グラフの結果において火災発生数推定値が最大の3月に比べ最小の9月は発生リスクの高いグリッドが少ないことがわかる。また, 1キロメッシュごとの推定値に関しては現在比較対象がないため福島県の合計値を ΣN_f とし, 菅野・横尾(2016)推定値, 実際の発生件数(1999~2003 平均)と比較した結果が図3であり, 良好に推定できていることがわかる。

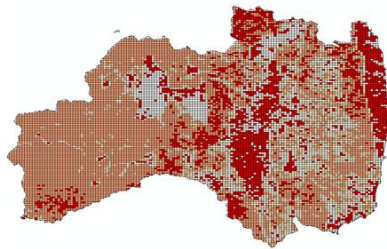
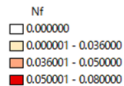


図1 福島県4月の推定結果

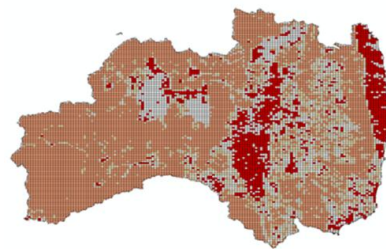


図2 福島県9月の推定結果

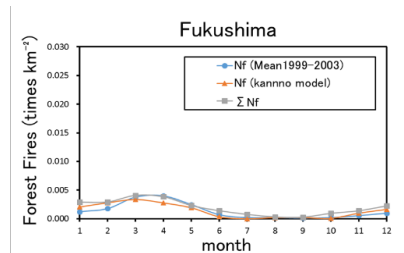


図3 福島県の1999~2003年の平均発生件数と菅野・横尾(2016)推定値と ΣN_f

4. 考察

都道府県別・月別の林野火災発生頻度に関してはすでに推定されているため, 本研究の新規性は, 1キロメッシュごとの推定値を算出したこと, 更に数値を可視化させたことにあると考えられる。

本研究では福島県の結果のみで配色を決めているため地形による影響が強く出ているが, 他の都道府県の結果次第で影響の仕方が変化する可能性がある。

参考文献

菅野隼也・横尾善之 (2016) 東北地方における県別・月別の林野火災発生数の推定に関する検討, 東北地域災害科学研究, 第52巻, pp.31-36.

独立行政法人消防研究所 (2004) 林野火災の発生危険度と拡大を予測するシステムの開発に関する研究報告, 第1章-第3章, 1-22.

寒河江幸平・佐々木弘明 (1984) 林野火災出火件数の重回帰分析, 消防研究所報告, 第57号, 67-71.

Applicability of the Curve-Number method for estimating flow duration curves in the Humid Tropics

Chris Leong* and Yoshiyuki Yokoo*

1. Objective and study catchments

This paper analyzes the applicability of the Curve Number (CN) method in estimating flow duration curve (FDC) for island catchments in the humid tropics, toward runoff estimation in ungauged island catchments. The study is based on Hawaiian catchments.

2. Results

Figure 1 shows a comparison of measured runoff (Q_m) and estimated runoff (Q_{est}) for Alakahi catchment. Q_{est} is overestimated, therefore Q_m is calibrated to improve estimations as suggested by Tedela *et al.* (2012). In the low end, the estimated curve bends up implying an error in estimations. Figure 2 confirms the Q_{est} accuracy. The accuracy is set as $\pm 30\%$ of Q_m . If Q_{est} is within range, a value of 1 is assigned to it, otherwise it takes a 0 value. Therefore in the low end, Q_{est} is poor thus has 0 values. Two high end data points also are out of range not consistent for all catchments. Figure 3 shows a transformation of figure 2 as a complete FDC. The low end is observed to have values out of range thus inaccurate estimates. Past research have shown the dominant controls for the FDC shape and based on these we can identify the applicability of the CN method to the FDC.

The CN method was developed to estimate runoff from storm rainfall (Ponce and Hawkins, 1996) thus it may function well in the top end of the FDC where precipitation is dominant rather than at the low flows of the FDC. At the low end, geology and soil control the low tail of the FDC (Yaegar *et al.*, 2012).

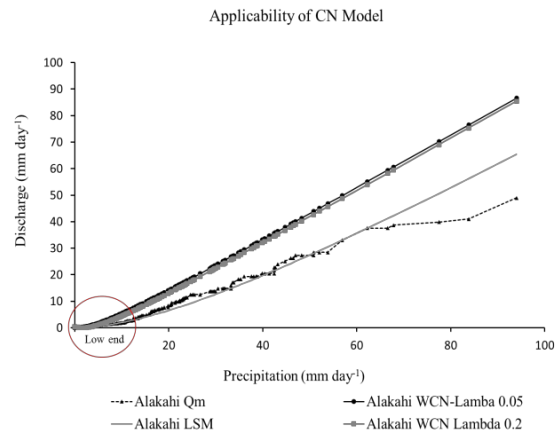


Fig. 1. Applying the CN method to Alakahi catchment. Alakahi WCN-Lambda 0.02 and 0.05 are the estimated runoff at $\lambda = 0.2$ and 0.05 respectively. Q_m is the measured streamflow and LSM is the calibrated estimated runoff.

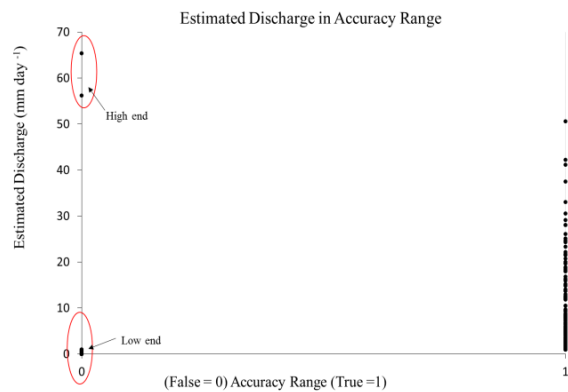


Fig. 2. The points on the 1 value represent the data within the $\pm 30\%$ range. Those on the 0 value represent out of range values.

*Graduate School of Symbiotic Systems Science, Fukushima University, Japan

Furthermore the CN method does not consider evapotranspiration which is a dominant control in the low flows (Yokoo and Sivapalan, 2011).

3. Expected Outcome

Figure 4 shows each catchments maximum exceedance probability for accurate estimates when using the CN method. Based on this result, the CN method can possibly only make stable estimations in FDCs up to approximately 50% exceedance probability.

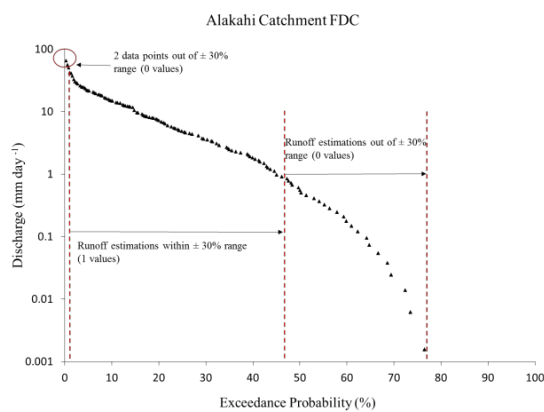


Fig. 3. The transformation of figure 2 as a FDC

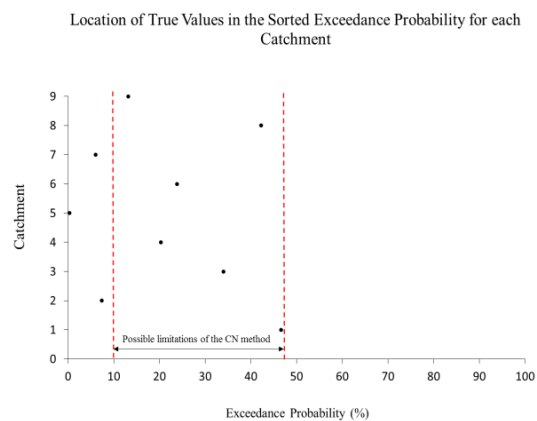


Fig. 4. Each catchment showing the maximum percentage that the CN method can estimate runoff within the $\pm 30\%$ range from its FDC

References

- Ponce, V., Hawkins, R. (1996) Runoff curve number: Has it reached maturity?, *Journal of Hydrologic Engineering*, 1, 11-19, DOI: 10.1061/(ASCE)1084-0699(1996)1:1(11).
- Tedela, N., McCutcheon, S., Rasmussen, T., Hawkins, R., Swank, W., Campbell, J., Adams, M., Jackson, C., Tollner, E. (2011) Runoff Curve Numbers for 10 small forested watersheds in the mountains of the Eastern United States, *Journal of Hydrologic Engineering*, 17, 1188-1198, DOI: 10.1061/(ASCE)HE.1943-5584.0000436, 1188-1198.
- Yaeger, M., Coopersmith, E., Ye, S., Cheng, L., Viglione, A., Sivapalan, M. (2012) Exploring the physical controls of regional patterns of flow duration curves—Part 4: A synthesis of empirical analysis, process modeling and catchment classification, *Hydrology and Earth System Sciences*, 16, 4483-4498, DOI: 10.5194/hess-16-4483-2012.
- Yokoo, Y., Sivapalan, M. (2011) Towards reconstruction of the flow duration curve: development of a conceptual framework with a physical basis, *Hydrology and Earth System Sciences*, 15, 2805-2819. DOI: 10.5194/hess-15-2805-2011.

蔵王火山での無人観測装置の冬季運用試験*

東北大学 工学研究科 航空宇宙工学専攻 谷島諒丞・山内元貴・大丸拓郎・大塚光
東北大学大学院 災害科学国際研究所 リーディング大学院 久利美和

1. はじめに

近年、火山観測体制の強化が求められているが、積雪の多い北日本の火山での冬季観測では、低温、着氷及び着雪（以下、「樹氷化」）による火口監視カメラの視界の遮断への対策が必要である。そこで、本研究では、樹氷化防止策を施した独立電源型（バッテリー駆動型）観測装置と外部（商用）電源型観測装置を開発し、蔵王山において冬季運用試験を行った。

2. 開発機器

独立電源型観測装置は、内部にバッテリーを搭載し、独立して無人観測が継続できる装置である。この装置は、バッテリーと制御回路が入ったペリカンケース、カメラが入ったアクリルドーム、アルミフレームから構成されており、サイズは L660 x W470 x H850 mm、重量は 11 kg である（図-1）。これは、無人ヘリコプタでの運搬と積雪を想定した仕様である。バッテリーは、塩化チオニール電池（FieldPro 製 LB1240）とリチウムイオン電池（IDX 製 DUO-150）を組み合わせ使用した。アクリルドームは、電力を必要としない樹氷化防止策として、プラスチック専用コーティング剤（プレクサス社製プレクサス）を塗布した。

外部電源型観測装置は、商用電源を利用して駆動する観測装置で、電力を利用した樹氷化防止策が施されている。この装置は、外殻が回転可能な PTZ カメラ（Axis 製 Q6115-E）、3G モバイルルータ（サン電子製 RX210）、防水防塵キャビネット（Axis 製 T98A18-VE）、ワイパーブレードから構成されており、サイズは L450 x W250 x H490 mm、重量は 9 kg である（図-2）。カメラの樹氷化防止策には、仙台管区気象台のヒータによる樹氷化防止策（仙台管区気象台, 2016）と比較するため、ワイパー方式を採用した。カメラの外殻が回転すると、それに沿う形状のワイパーブレードによって、雪が払われる。ワイパーブレードは、厚さ 2 mm のポリカーボネート板で、仙台管区気象台の「布粘着テープでふさいだ蔵王刈田嶺神社の社務所の窓だけが樹氷化していなかった」との証言に基づき、表面に布粘着テープを張り付けている。

いずれの観測装置も C&R 社の Thermal Desktop を用いて、事前に熱解析を行った。過去十年の気温データを参考に推定した外気温モデルを使用し、定常解析と非定常解析を行ったが、いずれの結果においても各構成機器の温度は許容温度範囲に収まっていた。

また、観測装置が取得した情報を発信することを目的とし、web ページを利用したモニタリングシステムを構築した。モニタリングシステムは、観測装置、通信用の携帯回線、東北大学内に設置したサーバ、ユーザの端末により構成されており、観測装置が取得した画像データやバッテリーの電圧データにユーザがアクセスできるようになっている。

*Winter operational test of unmanned observation devices in Mt. Zao



図-1 独立電源型観測装置



図-2 外部電源型観測装置

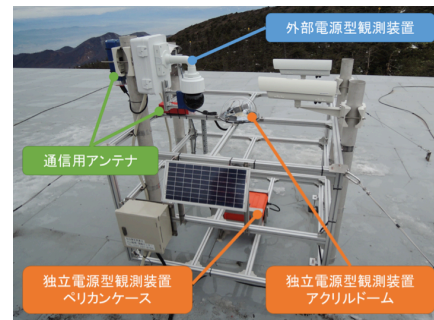


図-3 観測装置の設置状態

3. 冬季運用試験

開発した観測装置の性能を検証するため、実際の火山環境で冬季運用試験を実施した。試験環境は、気象環境が蔵王山頂に近く、商用電源が利用でき、経過確認と維持管理が比較的容易な場所として、蔵王ロープウェイ地蔵山頂駅を選択した。試験は、2015年12月3日から開始した。観測装置は、地蔵山頂駅屋上にアルミフレームを設置し、固定した(図-3)。いずれの観測装置も、カメラの向きを樹氷の成長方向とは逆の、風下である東に向けて設置した。

試験の結果、独立電源型観測装置は、2016年1月7日19時まで画像データを伝送し続けた。バッテリー容量から推定した観測期間は48日間であったが、実際には36日間であった。この原因は、①低温環境であったためバッテリー性能が想定以上に低下した、②天候等により携帯回線の電波状況が悪く、データ伝送時間が長くなった、の二点であると考えられる。また、取得した画像データから、3日目には、アクリルドームが樹氷化したことが確認された。

外部電源型観測装置は、12月3日20時頃に外殻の回転が行えなくなった。初期設定では、カメラ動作コマンドを東北大学内部のサーバから5分間ごとに送信していたが、この設定では、時間間隔が長すぎ、さらに、通信できなかった場合に外殻が回転しないため、凍結したと考えられる。そこで、外殻の回転動作はカメラ内部の時計を基準に1分ごとに自動で行い、画像は5分後ごとに東北大学内のサーバからコマンドを送信し取得する設定としたところ、安定して動作することが確認された。また、次の運用試験として、カメラの向きを南向きに変更し運用できるかを確認したが、すぐにカメラが凍結し、外殻の回転動作ができない期間が続いた。

4. 結論

本研究では、独立電源型観測装置と外部電源型観測装置を開発し、蔵王山において冬季運用試験を行った。試験の結果、コーティング剤のみでの樹氷化防止策は効果が得られなかったが、カメラの外殻の回転動作を利用したワイパーによる樹氷化防止策は、カメラを風下側に設置し、1分毎の自動回転を与えることで、おおむね良好であることが確認された。通信については、多湿日に通信が不調となる傾向が確認されたが、通信機材への障害は確認されなかった。

参考文献

仙台管区気象台蔵王山火口カメラ通年化に係る検討チーム(2016):蔵王山火口監視カメラ冬季運用に係る実証実験(概報)

東北地方太平洋沖地震後の大学理学分野からの情報発信における企画

の趣旨・形態・規模について

東北大学災害科学国際研究所 久利 美和

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震に関する東北大学大学院理学研究科の情報発信の企画主旨・形態・規模の時系列変化について本稿にてまとめる。

久利ほか（2011）は、東日本大震災後3ヶ月までに理学研究科が実施した震災に関する4件の情報発信企画とそのうち5月9日学内向け企画（約280名参加）および5月19日市民向け企画（約420名参加）の2件の質問紙調査について、参加者の属性（居住域、職業など）、公演情報入手法、情報必要度（震災についての日常的な話題の取り扱い程度）、情報参考度、テーマ別関心度、および、自由記述の特徴について、概要報告を行った。結果、各種属性によらず、情報公開の迅速性（タイムリー）への高評価と科学者の専門性や科学者にもわからないことがあること（科学の不確実性の受容）への言及が学内関係者に比べて、学外者で特徴的であったことが示された。一方で、行動指針に直結しない情報に情報不足感を感じる傾向があることも示唆された。

本稿では、上記自由記述の詳細を解析するとともに、半年後以降の企画参加者、主体的な企画参加ではなく、講義や出前授業で同様の内容を学んだ、生徒や学生の関心の比較を行うことで、非常時の情報発信を市民がどのように受け止めたかについて、日常からの関心の違いに着目し解析することとした。

2. 震災直後の企画参加者の自由記述にみる関心の動向

5月9日および5月19日に実施した企画への自由記述については、1.学術的関心、2.情報公開・迅速性、3.意識のずれ、4.他テーマへの関心（他地域・津波・原子力工学・医療・食品・放射能除去など）、5.科学と社会（情報活用・リスク評価など）、6.研究者の専門性・科学の不確実性、7.感謝・継続依頼（日常での情報不足感・安心・安堵・わかりやすさなど）、8.その他（企画会場・時間・運営・理学研究科ホームページへの要望など）、の項目に大別し、記載頻度を求めた。「4. 他テーマへの関心」については、学生企画では、内容が参考になったので、他のテーマ（津波・原子力工学など）もききたいという趣旨の記載であったが、市民向け企画では、情報不足感（医療・食品・放射線除去など）を主張する記載や、テレビや雑誌等で取り上げられていた行動指針についての特定の意見と講演会での研究者の意見の相違であった。学生向け・市民向けともに、仙台より深刻な地域の放射線量への情報不足感、専門家と市民の不安への意識のずれを指摘する記載があった。市民向け企画の「科学者には専門分野があってなんでもわかっているわけではないことがわかった」「わからないことをわからないといってくれて安心できた」「わからないという発言に誠実さを感じた」は、研究者の専門性や科学の

不確実性についての講師の発言をうけた意見であると考えられる。また、項目 1, 2, 3, 4, 7 や項目 1, 2, 4, 5, 7 を含むような、不安への意識のずれや情報不足感を指摘しつつ、同時に、公開・迅速性への感謝の記載もあった。

3. 震災半年後から1年後の企画参加者の災害知識と防災意識

震災後半年以降は、外部企画への講師派遣件数が増え、テーマを限定し、比較的少人数での実施となる傾向になったが、主催企画は下記2件である。

国大協シンポジウム「2011年東北地方太平洋沖地震はどのような地震だったのか？」を10月22日に実施し、80名の参加者が会った。質問し回答は37名で、その内訳は、一般22名、大学関係者8名、地域防災関係者3名、報道関係者4名であった。国大協シンポジウム「放射性物質の拡散予測と大学人の役割」を11月13日に実施し、77名の参加があった。5月19日の市民向け企画参加者で、継続的に勉強会に参加を希望する方へ案内を送ったが、その中の参加者は10名以下であった。欠席返信者の理由は「選挙日のため」であった。質問紙調査は47名で、その内訳は、一般14名、大学関係者28名、食品関係者3名、保育関係者1名、報道関係者1名、であった。

地震・津波災害への意識について、5月19日の市民向け企画参加者は、災害も含め、社会的・学術的な関心は高いものの、行動の優先順位については、大学主催企画や災害をテーマとしたものに限定されていないであろうことが推測されるものの、5月19日市民向け企画参加者の日常からの災害への関心についての直接的な調査は困難であることから、東北地域の地学を専門としない大学2年相当理工系学生202名(2011-2013年度)、および、沿岸部高台に立地する高校の1年生784名を対象(2013年度)に質問紙調査を行ない、企画来場者の結果と比較した。

「想定宮城県沖地震より大きいと思った」の割合は、地震企画参加者、放射線企画参加者、理工系学生、高校生の順に減少し、「何も考えられなかった」の割合は増加している。地震企画来場者は理工系学生と比較しても震災前から地学や学術への関心が高かった。一方、防災への備えの意識は、必ずしも高くなかった。放射線企画への参加者目的は、地震企画に比べて、学術的興味や社会貢献よりも、研究者そのものへの関心が高かったことも明らかとなった。5月19日企画参加者は地震よりも放射線の拡散についての話題への関心者が多かったことから、同様の傾向があったことが推測される。学生・生徒を対象に、地震・津波の事前知識についても調査を行ったところ、地震後の津波発生の危険性については大学生の9割、高校生の8割が認識していたが、津波が押し波から来る場合も引き波から来る場合もあることを知っていた学生は2割以下で、3~4割が津波の前には必ず潮が引くと認識しており、必ずしも正しい知識を有しているわけではないことも示された。より正しい知識の普及が必要であることが示唆された。

参考文献

久利美和・村上祐子・立花浩司(2011), 科学的な不確実性を伝える企画としてのサイエンスカフェ, 日本地震学会ニュースレター, Vol. 23, No. 4. p30-32.

題目：被災地の経験を世界に発信する意義と世界防災フォーラムの役割

東北大学 災害科学国際研究所 教授 小野 裕 一

2015年に国連防災世界会議が仙台で開催され、世界の防災に関わる取り組みの指針である仙台防災枠組が策定されるとともに、世界の防災関係者が、今後の防災について議論しました。

仙台防災枠組では、防災投資の重要性やより良い復興などの日本の提唱する考え方も取り入れられるとともに、2011年3月11日に発生した東日本大震災の被災から復興への活動に注目が集まりました。また、東北大学は、国連防災世界会議の会期中に、防災について検討し議論する国際的なフォーラムを「世界防災フォーラム」と称して東北の地にて、地元自治体等と連携して2年に一回開催することを発表しました。

その後、在仙台の関係者に加えて、在東京政府関係者、学術関係者、民間企業の担当者との協議を重ね、2017年11月25日~27日に第一回目の世界防災フォーラムを実施することとなりました。

「世界防災フォーラム（以下フォーラム）」は、防災を「BOSAI」と英語表記することで、減災、事前の災害対策、災害対応、復旧・復興での対応を通じた包括的な取り組みとして定義し、「BOSAI」の考え方により世の中の政策や、社会、文化に浸透することを意味する防災の主流化を目指すことをテーマとしています。

特に、具体的な解決策をソリューションとして結集し共有すること、産官学民に加えてメディアや国際機関の多様な関係者が一同に介して議論を深める場を創り出すこと、東北を含めた被災地での被災から復興への記憶、記録、教訓を後世に引き継ぐための発信を継続的に実施する場を創り出すことに注力します。

また、東北で開催するにあたり、被災地と本フォーラムがどのように関わっていくかを十分に考え、被災地に沿ったプログラムの構築を目指しており、以下の通り被災地と世界の防災関係者をつなぐ企画を検討しています。

フォーラムの参加者が全員参加する会議において、東北の復興の現状をクローズアップした企画を一般に公開する形で実施すること、また被災地に海外の参加者が足を運んでいただけるような企画も検討していきます。

国際的な防災に関する指針である、仙台防災枠組自体は、国ごとの防災への取り組みの指針となし、取り組みの進捗を管理するものですが、東日本大震災での被災とその後の復興への取り組みには多くの学ぶべきことがあります。教訓を世界に発信することで将来の大きな災害に

備える世の中を構築することにもつながります。世界防災フォーラムは、東北を世界の防災の発信拠点として、多様な関係者の連携のハブとなり、継続的な発信のコアとなります。

司会：梅田 信先生

8 題（14:30～16:30）

貯水池における濁水現象の将来予測に関する研究*

東北大学 工学部 建築・社会環境工学科 安松 陸史
東北大学 大学院工学研究科 梅田 信

1. はじめに

近年、気候変動の影響により局所的豪雨が頻発するようになり、貯水池内の濁度の上昇や高濁度現象の長期化が問題となっている。いくつかの地域では、集中豪雨により濁度が短期間に急激に上昇した結果、浄水施設の処理能力が追いつかず断水が起こるなどの問題も顕著になりつつある。このようなことを踏まえると、特に水源となっている貯水池における濁水現象の発生状況に関する将来予測を行うことは、今後の安定した水供給の実現のために必要である。ところで、貯水池内での濁質挙動は、水温成層の状態によって大きな影響を受けることが知られている。また流入水に含まれる浮遊懸濁物質(SS)の沈降速度は粒度や濁質の組成によって異なると考えられているが、これを考慮に入れた予測計算は難しい。そこで本研究では鉛直一次元モデルを用いて、気候変動下における将来の貯水池内の水温構造の変化を考慮した貯水池内濁水現象に関する将来予測を行う。

2. 研究対象地域の概要

秋田県にある皆瀬ダムを対象として、解析モデルの再現性の検証を行った。皆瀬ダムは秋田県雄勝郡に位置し、雄物川の支川である皆瀬川上流部のダム湖である。総貯水容量は $3.16 \times 10^7 \text{m}^3$ である。皆瀬ダムの平面形状を図1に示す。皆瀬ダムでは、オリフィスゲート及びクレストゲート(2門)から放流を行っているほか、シリンダーゲート(最低飲み口 E.L.224m)を通して発電用の取水も行っている。発電用水は、灌漑期(5月10日～9月6日)までは表層取水(水深2.5m)、非灌漑期は最低飲み口で取水している。

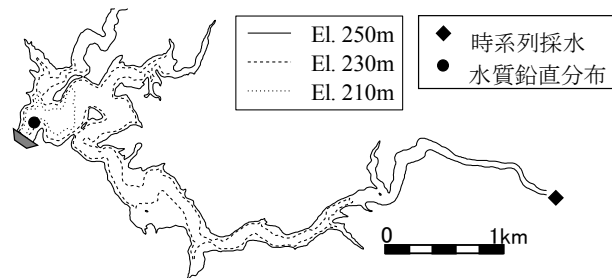


図1 対象貯水池

3. 研究方法

解析モデルの再現性は、2001年8月22日に発生した洪水を対象として行った。対象とした洪水時の概況を図2～図4に示す。また、図5と図6は貯水池内の水温と濁度の状況である。検証計算において決定した濁質の沈降速度などを用いて、気候変動の影響を考慮した予測計算を実施し、その結果について考察した。

* Study on prediction of turbidity in reservoirs under future environmental changes , by Rikushi Yasumatsu, Makoto Umeda.

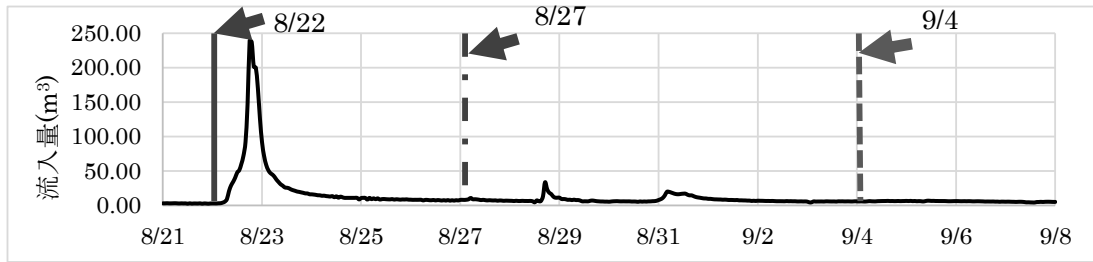


図 2 ダム湖への流入水量の時系列データ

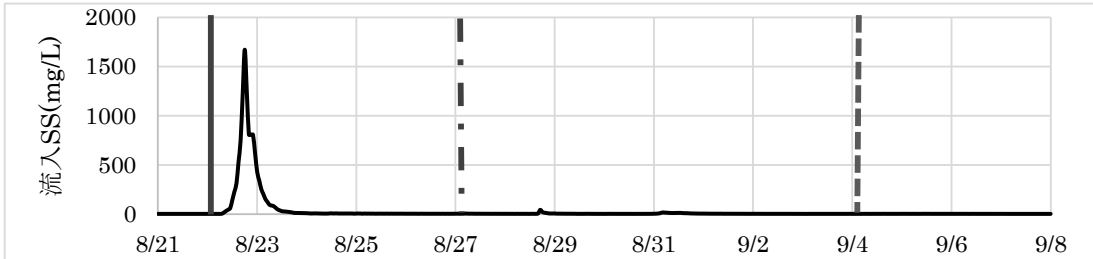


図 3 ダム湖への流入 SS の時系列データ

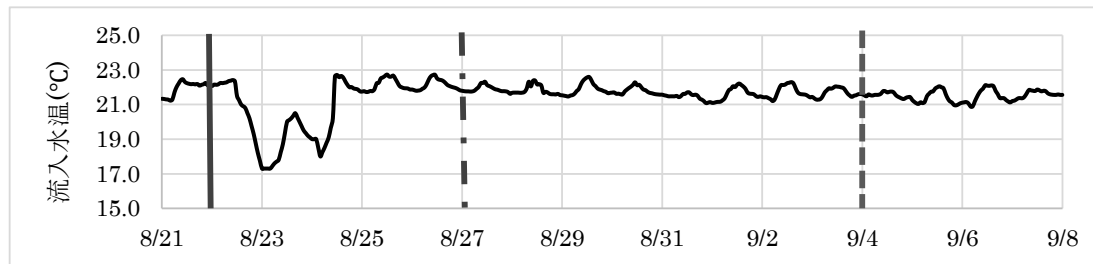


図 4 流入水の水温の時系列データ

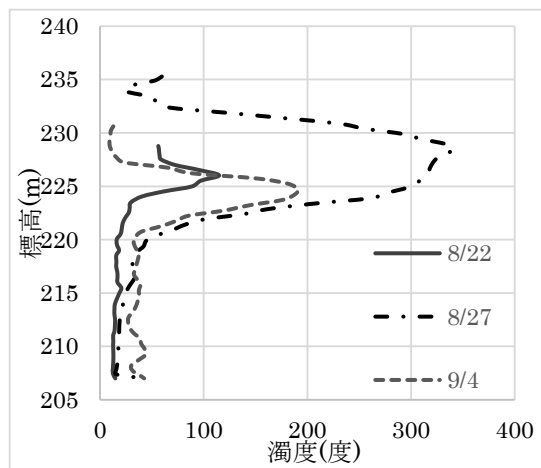


図 5 濁度－標高グラフ(実測値)

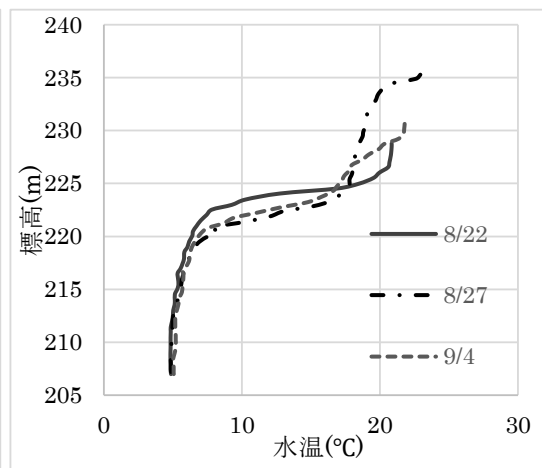


図 6 水温－標高グラフ(実測値)

4. 参考文献

梅田信, 池上迅, 石川忠晴, 富岡誠司: ダム貯水池における洪水時濁水挙動に関する数値解析, 水工学論文集, 第 48 巻, 2004 年 2 月.

梅田信, 富岡誠司: ダム貯水池における洪水時微細土砂の流下過程について, 河川技術論文集, 第 9 巻, 2003 年 6 月.

笹平川流域における水田貯留の実態調査*

日本大学工学部土木工学科 ○相川 大和
日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩

1. はじめに

準用河川は、計画降雨のリターンピリオドが小さいため、超過洪水の頻度が高い。河川の整備予算などは、経済優先度の高い1級河川から重点的に配分されるため、水害が起りやすい準用河川は、整備が後回しになる傾向がある。そのため安価で、地形や地勢に適した方法で水害対策を講じることが、準用河川を整備する市町村の課題である。

本研究では、準用河川の水害対策として、水田貯留によって内水氾濫の被害を軽減する取り組みに着目する。例えば、

新潟県村上市では田んぼダム事業によって、2級河川の外水氾濫を抑制する取り組みが行われている¹⁾。また、須賀川市では内水氾濫による被害を軽減する取り組みが行われている。

本研究では、福島県須賀川市笹平川流域を対象として、水田地域の現地観測に基づいて流出率を算定して、水田の貯留能力を評価した。

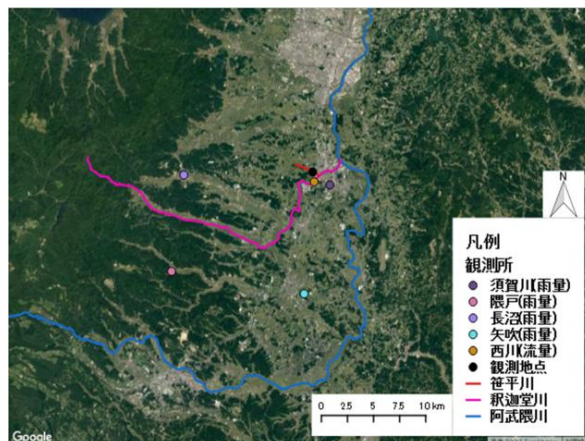


図-1 釈迦堂川および笹平川の概要

2. 笹平川流域の概要

本研究は、1級河川釈迦堂川に合流する準用河川の笹平川（図-1）を対象とする。流域面積は307.2haで、上流域（265.6ha）の大部分は水田として利用され、その他に笹平池、十貫田池、会の田池の3つの貯留池がある。下流域（41.6ha）は、市街地高地区が17.7ha、市街地低地区が23.9haとなっている。

釈迦堂川のH.W.L.（計画高水位）はT.P.240.0mであり、笹平川の最下流部天端高はT.P.239.0mと、釈迦堂川に対して1.0m低い現状であるため、洪水時には合流部において浸水による被害が発生しやすい。平成23年9月21日の台風15号豪雨時、釈迦堂川で観測された水位がT.P.240.33mであり、笹平川の最下流部天端高を1.33m上回った。その結果、笹平川下流域に位置する須賀川卸センターで、約8.5億円の被害が生じ、浸水状況が床上33戸、床下1戸にまで及んだ。そのため、須賀川市は平成28年度から降雨時の洪水流量の減少と洪水到達時間を遅らせることを目指

*Investigation of current water storage ability of paddy field in the Sasadaira River basin by Yamato Aikawa and Yoshihiro Asaoka

して田んぼダム事業を計画している。

表-1 流出率とピーク流量

降雨期間	総降雨量	直接流出率	ピーク流量
7/3 23:00 ~ 7/6 19:00	21mm	62%	0.84m ³ /s
8/2 11:00 ~ 8/3 7:00	68mm	29%	3.93m ³ /s
9/13 2:00 ~ 9/13 18:00	26mm	36%	2.35m ³ /s

3. 研究方法

現地観測は、笹平川の上流域の最下流地点（図-1）に圧力式水位計（Onset 社，U20-001-04）を設置して、水位の自動計測を行った。また、水位計付近において流量観測を行った。各断面の流速は1点法を用いた。これらの結果から水位流量曲線を作成して、1時間間隔の流量データを作成した。さらに、ハイドロ・ハイエトグラフ（図-2）を基に勾配急変点法を用いて流出率を算定した。

4. 研究結果および考察

洪水開始時刻を7月3日23時、終了時刻を7月6日19時と設定すると、洪水期間の降水量21mmに対して流出率は62%になった。

同様に8月、9月の流出率を算出した結果、8月は29%、9月は36%となった。水田の水位が高い7月は流出率が高く、水位が低い8、9月は流出率が低い結果となった。ただし、流出率が100%を越える洪水イベントもあり、調整池の事前放流などの影響が考えられる。

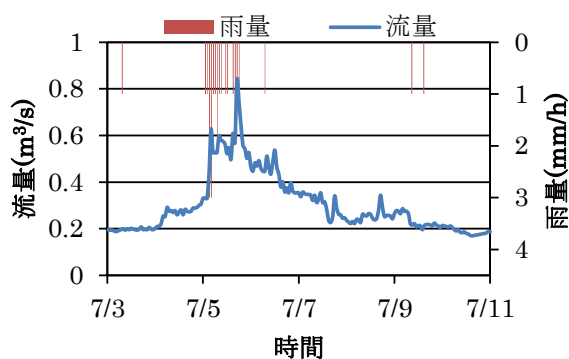


図-2 ハイドロ・ハイエトグラフ

5. 終わりに

本研究では、笹平川流域の田んぼダム事業予定地を対象として、水田地域の流出率を算定して、貯留効果について検討した。今後は、排水施設による洪水到達時間の遅れについて検討する。

謝辞:本研究は須賀川市との共同研究の一環として実施した。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 吉川夏樹, 長尾直樹, 三沢眞一 (2009): 水田耕区における落水量調整板のピーク流出抑制機能の評価, 農業農村工学会論文集, No.261, pp.31-39.

水温成層した貯水池における流速変動計測*

東北大学 工学部建築社会・環境工学科 水田 直樹

東北大学 大学院工学研究科 梅田 信

株式会社建設環境研究所 小堀 文裕

1. はじめに

ダムは、治水・利水の面で欠かす事の出来ない存在である反面、短所もある。その一つに、出水・濁水の際、下流に長期に渡って濁水を放出してしまうという濁水長期化現象が挙げられる。それにより、下流域の景観が損なわれたり、魚等の水産資源に悪影響を及ぼしたりする為、これまで濁水長期化現象に関する多くの研究が行われてきた。しかし、水温成層した環境における湖水の流動と微細粒子の沈降・浮遊過程についての詳細な研究事例は少なく、この観点からの現象解明が必要と考えられる。そこで本研究では、現地での流速観測を通して濁水長期化現象の詳細なメカニズムを解明していくことを目的とする。

2. 研究方法

本研究では、一級河川・北上川水系胆沢川に建設された、岩手県奥州市に位置する胆沢ダム(奥州湖)を対象とした。奥州湖は流域面積 185.0km²、総貯水容量 1.43×10⁸m³の大規模な貯水池である為、夏季には水温成層が形成される。

現地観測は 2016 年 9 月 12 日、図-1 の地点 A で行った。また、流速変動計測には超音波ドップラー式 3 次元精密流速計(Nortek 社製 VECTOR)を用いた。図-2 に当日の水温と濁度の鉛直分布を示す。この状態に対して表層、水温成層付近、深層という分布を考慮して計 16 水深での流速変動を計測した。各水深での計測は、流速計の姿勢を安定させて行う必要がある為、図-3 のような装置を用いて行った。この装置の特徴は、流速計の上部に配置した水中フロートと湖底に設置したおもりによって流速計の姿勢を安定させている点である。図の右側のロープを引き上げて流速計を表層から順に降下させ、片側固定の滑車により任意の深度で停止させながら底層まで流速変動を計測できる仕組みになっている。各水深での計測は、16Hz で約 10 分間行った。

3. 結果

計測結果の一例を図-4,5 に示す。図-4 は水深 14m 付近(表層)での計測結果における流速計の水深を示しているが、流速計の揺れは小さく、流速計は概ね静止状態で計測出来たと言える。図-5 は(a)水深 21m(水温成層付近)と(b)水深 31m(深層)の上下方向流速の計測結果であるが、水温成層付近では深層よりも流速が大きい結果が得られた。

*Measurement of current velocity variations in a thermally stratified reservoir by Naoki Mizuta, Makoto Umeda and Humihiro Kobori

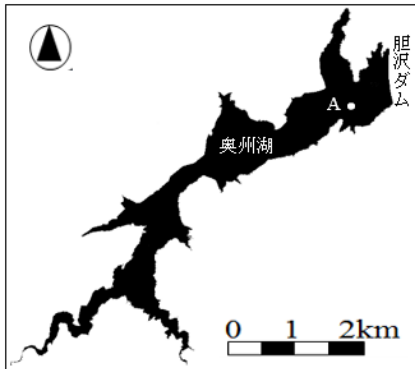


図-1 奥州湖の平面図

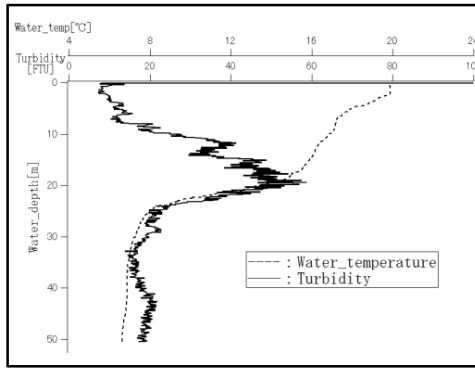


図-2 濁度, 水温の鉛直分布

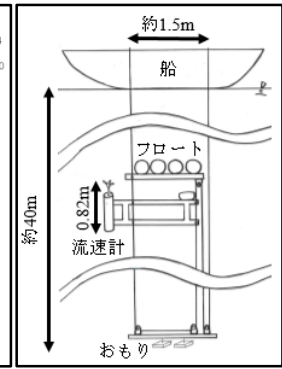


図-3 流速変動計測装置

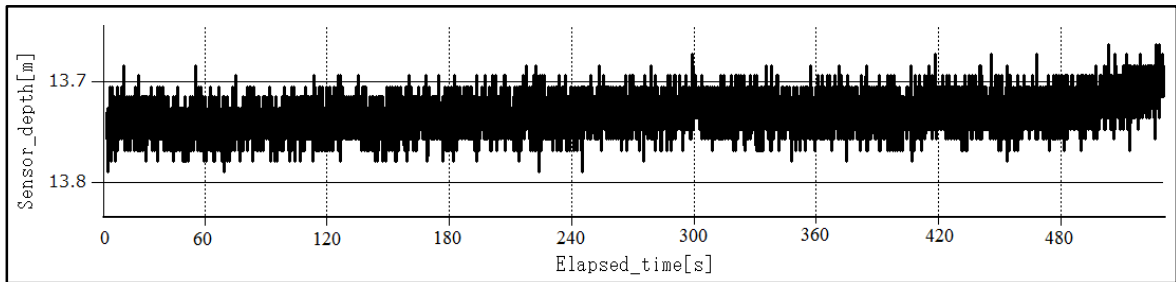


図-4 水深 14m 付近 (表層) での流速計水深の時系列データ

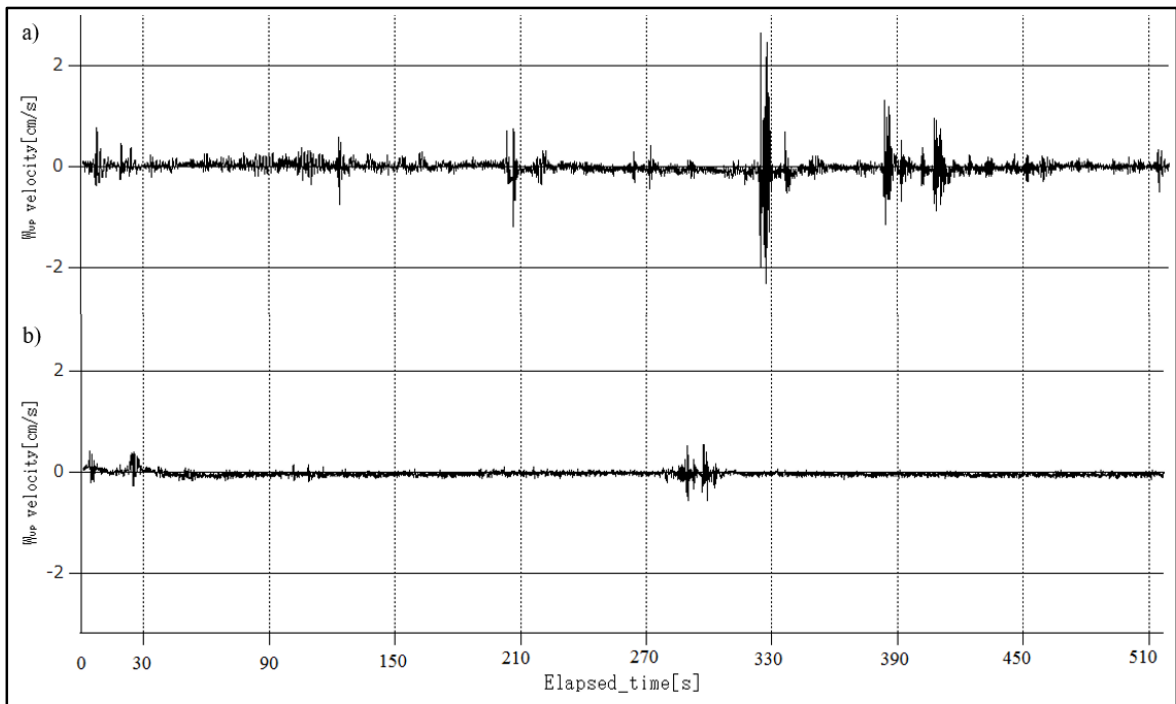


図-5 a) 水深 21m (水温成層付近), b) 水深 31m (深層) での上下方向流速の時系列データ

水源貯水池における将来の藻類増殖と適応策効果の評価*

東北大学 大学院工学研究科 梅田 信

1. 序論

ダム貯水池は、我が国の水道水源の約半分を担っている。したがって、貯水池の水質悪化は上水道の利用に対して影響を与えうるものであり、水道水の安定的な供給には水質管理が重要である。貯水池における富栄養化現象の一つである藻類の過剰な増殖は、水質問題の代表的なものであるが、気候の温暖化により将来的に発生頻度等が増加することが懸念されている。

本研究では、温暖化によるダム湖内での藻類増殖状況についての予測展望を、全国的な範囲で多数の貯水池を対象にして行った。また適応策として貯水池内の流動制御対策を行った場合の効果発現に関して検討を行った。

2. 研究方法

本研究では、が選定したダム湖を検討対象とした。対象としたダムの地理的分布を図-1に示す。対象ダム選定の際に留意した点は次の通りである。まずダム湖の水質悪化の影響を受けやすいのは、上水道への利用であると考えられるため、利用目的に上水道があるダム湖に限定した。また、温暖化での気温上昇による影響の現れ方に、地域的な傾向があると予想されるため、可能な限り広い範囲からダムを選択した。

各ダム湖を対象とした水温解析には、既往検討における方法と同様に、鉛直一次元の水温解析モデルを用いた。アオコの代表的な原因種である藍藻類は、高水温の環境で発生する傾向が高いことが知られている。このような知見をもとに、貯水池内の水温の解析結果に対し、表層水温が 20°C を超える年間日数 n_1 および表層水温勾配が 0.5°C/m を超える年間日数 n_2 という指標から、アオコすなわち植物プランクトンの過剰な増殖という水質評価に結び付けた。水温指標と、流入河川の総リン濃度の情報を組み合わせて経験的な評価式を作成し、湖内の表層クロロフィル a 濃度を推定した。ただし、将来の流入総リン濃度については、既往の実測値から変化がないと仮定した。つまり本研究では、地球温暖化による気象条件（気温、日射量）の変化による湖内水温環境の変化のみについての藻類増殖への影響を評価したことになる。温室効果ガスの排出シナリオについては、種々のものが想定されているが、特に将来の気候条件変化が大きい RCP8.5 を主に評価の対象とした。解析の対象期間は、1981～2000 年（基準期）、2031～2050 年（中未来）、2081～2100 年（遠未来）の三期間を設定した。貯水池内の藻類増殖に対する適応策としては、現在の富栄養化対策として用いられることが多い、湖内対策である曝気式循環施設の設置を考慮して予測を行い、対策の有無による比較検討を行った。

*Prediction of algal growth in water resources reservoirs in future environments and efficiency evaluation of an in-lake adaptation measure by Makoto Umeda

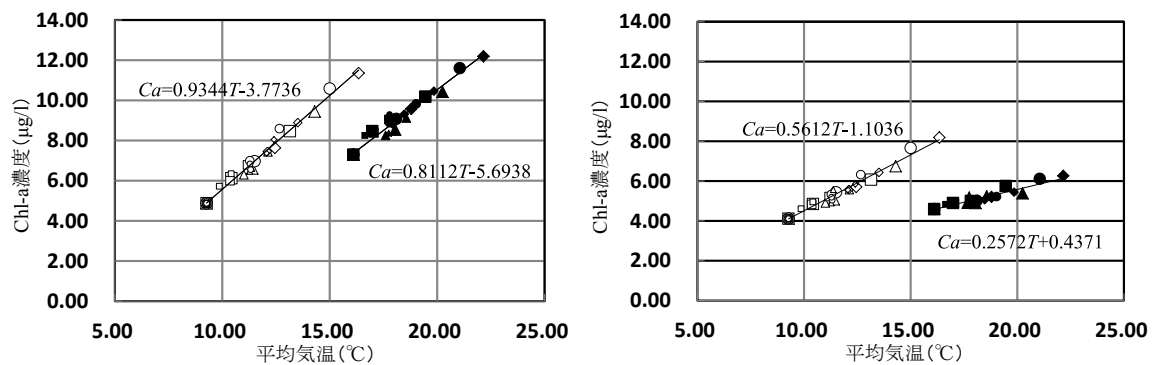


図-1 予測結果に基づく Chl-a 濃度と気温の関係。白印は東日本の貯水池，黒印は西日本の貯水池を示す。また，左図は適応策無し，右図は適応策有りの条件による結果を示す。

3. 結果

図-1 は，検討対象貯水池を，東日本（19 ダム）と西日本（18 ダム）に分けてプロットしたものである。また左図が適応策無し，右図が適応策としての曝気循環を導入した場合の結果を示している。適応策なしの条件による結果では，東日本と西日本のプロットのバラつき具合が概ね平行になっている。このことから，貯水池内での藻類増殖（クロロフィル *a* 濃度の増減）という，気温変化に対する応答特性は，気温自体は異なるものの，東西日本で概ね同等であるという読み取り方ができると考えられる。またこれに対して，曝気循環を導入したときの結果では，どちらの地域でも未導入の条件より勾配が小さくなっている。したがって，気温が上昇した環境に対して藻類増殖を抑制する効果が発揮されていると考えられる。ただし，東西の地域別に傾向を比較すると，勾配がより小さく出ている西日本の方が，気温上昇に対して曝気循環がより効果を発現しやすい結果となっていると考えられる。

4. 結論

本研究では，日本国内の多目的ダム貯水池（上水道目的を有する計 37 ダム）を対象として，将来の気候変動による湖内水温の変化が，ダム湖内の藻類増殖環境に及ぼす影響についての評価を行った。適応策としての曝気循環を未導入の場合，概ねすべての貯水池においてクロロフィル *a* 濃度が増加する傾向が示された。一方，曝気循環を導入した場合，藻類増殖を抑制する効果が発揮されることがわかった。また，全国を東西に分けて地域的な比較した場合，西日本において曝気循環がより効果を発現しやすいと考えられる結果が得られた。

謝辞：本研究は，文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム（SI-CAT）の援助を受けて実施された。

UAV を用いた水田地域の地形測量と水田区画データの作成

日本大学工学部土木工学科 ○木村健人
日本大学工学部土木工学科 朝岡良浩

1. はじめに

準用河川は、計画降雨の再現期間が短く設定されているため、洪水を引き起こす一因となっている。近年では気象条件が変化し計画、降雨を超える降雨が多く発生しており、洪水被害が増加している。通常、河川整備は経済優先度を考慮し、1級2級河川から整備予算が配分されるため、準用河川では整備が不十分となることも多い。そのため、地域の地形や土地利用に応じた水害対策を講じる必要がある。このような準用河川の水害対策の1つが、水田の貯留機能に着目して洪水流量を緩和する田んぼダム事業である(吉川ら,2009)。水田の貯留機能を評価するためには、流域における水田の区画データが必要となるが、十分に整備されていない地域も多い。流域内における水田の形状や寸法を広域的かつ効率的なモニタリングするためには、航空写真などによる測量技術が有効である。特に最近ではUAV(Unmanned Aerial Vehicle)が普及し、経済的に航空写真測量を実施することが可能になりつつある。本研究では、福島県須賀川市の準用河川である笹平川を対象として、UAVによる水田地域の地形測量と水田区画データの作成を目的とする。



写真-1 TRIMBLE-UX5

表-1 TRIMBLE-UX5 の諸元

項目	TRIMBLE UX5
タイプ	固定翼
質量	2.5kg
翼長	1m
翼面積	34dm ²
外寸	100cm×65cm×10cm
バッテリー	4.8V,600mAh
航続時間	50分
航続距離	60km
飛行速度	80km/時
最高高度	5,000m

2. 研究対象地域

準用河川笹平川流域は、東北自動車道を挟み、上下流で土地利用形態が大きく異なるため、市街地調整区域である上流域と市街地調整区域である下流域に分割されている。流域の概要を図-1に示す。流域面積は合計307.2haであり、上流域(265.6ha)の大部分は水田もしくは山林である。下流域(41.6ha)の大部分は住宅地であるが公共施設・商業施設が集中しており、本川積迦堂川の(T.P.240m)より地盤が低く、洪水時には合流部付近で自然排水が困難となる内水被害常襲区域である。



図-1 笹平川流域図

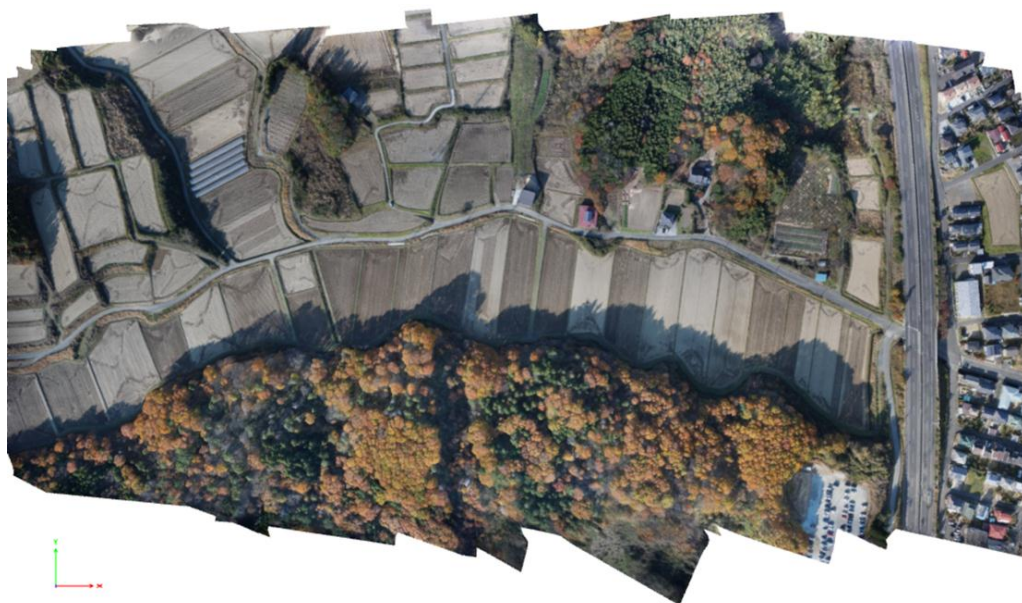


写真-2 対象地域の航空写真

3. 研究方法

本研究ではUAVによる航空写真測量及び、水田地域の地形測量と区画データを作成した。UAVはTrimble社のTRIMBLE-UX5(写真-1)を使用した。TRIMBLE-UX5の概要は表-1に示す。11月15日に福島県須賀川市の笹平川上流域に設定した試験エリアで実施した。撮影画像(写真-2)のGCPとして7地点を設定した。

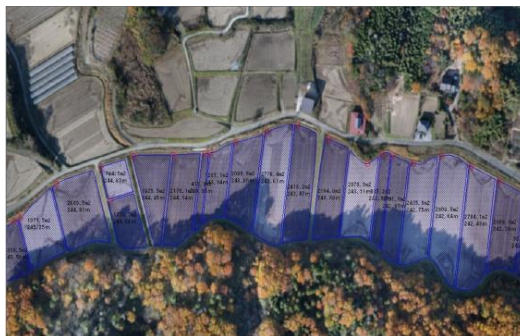


写真-3 水田ポリゴンサンプル図

4. 結果

試験エリアの航空写真測量で得た点群を基に水田ポリゴンを区間毎に作成し、それぞれのポリゴンに水田面積や、標高面積の属性を与えた(写真-3)。このようなデータを用いて畦畔の高さを加味することにより、水田の貯水容量を算出できる。

5. 終わりに

今後は航空写真測量とポリゴン作成のエリアを流域全体に拡大するとともに、水田全体の貯留容量を算定し、田んぼダム事案に活用する予定である。

謝辞:本研究は須賀川市との共同研究の一環として実施した。また、UAVによる航空写真測量は、株式会社開成測量設計社によって実施された。ここに記して謝意を表す。

参考文献:吉川夏樹, 長尾直樹, 三沢眞一 (2009):水田耕区における落水量調整版のピーク流出抑制機能の評価, 農業農村工学会論文集, 261, 31-39

UAV を用いた雪氷のアルベドの空間モニタリング*

日本大学工学部土木工学科 ○堀江 健太
日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩
日本大学大学院工学研究科情報工学専攻 照井 敬晶
日本大学工学部情報工学科 若林 裕之

1.はじめに

東北地方は世界でも有数の豪雪地帯である。このような地域で発生する融雪出水は利雪・克雪の2つの側面を持つ。利雪の例として、冬季に積雪として山地に貯えられた雪が、春から夏にかけて融雪して河川に流出することにより、生活用水や農業用水といった水資源となり、長期間安定した水を人間社会に供給する。しかし、克雪の例として、短時間に生じる急激な融雪出水によって、河川では洪水となり氾濫を引き起こすこともある。この2つの側面から春先の融雪を予測する必要がある。

雪氷の融解は雪氷面の熱収支に基づいた現象である。雪氷の融雪量を求めるには熱収支を構成する要素の1つであるアルベドについて把握する必要がある。アルベドとは日射光に対する反射光の割合である。雪氷面は、融雪により表面がざらめ雪となる。また、不純物や微生物によって表面上が不均一に暗色化する。以上により空間的に不均一となるアルベドを網羅的にモニタリングするためには上空からの撮影が有効な手段と考えられる。

既往の研究では、人工衛星を用いて積雪のアルベド推定が行われている。しかし、雪氷表面で暗色化するエリアのサイズに対して、人工衛星の画像は分解能が大きいため不均一な分布を抽出できない。そのため、分解能が高いUAV(Unmanned Aerial Vehicle)による撮影が有益と考えられる。UAVの研究で植物のアルベド推定は行われているが、UAVを用いた積雪のアルベドを推定する研究例は少ない。

本研究では、UAVを用いて雪氷体のアルベドを空間的にモニタリングする手法について検討する。

2.現地観測および地域

本研究では、現地観測（対象地域）は8月5日に山形県鶴岡市に位置する月山の雪渓(図-1)で行った。UAVは無人航空機と呼ばれ、カメラを搭載し空中から静止画や動画を撮影可能である。本研究では、DJI社のInspire を使用した。また、UAVには通常のデジタルカメラと、近赤外域カメラを搭載している。本実験で使用する回転翼は離着陸場所に規定がないため、現地到着から飛行と計測を迅速に行える。



図-1 現地観測地域

* Spatial monitoring of ice albedo with a UAV by Kenta Horie, Yoshihiro Asaoka, Takaaki Terui and Hiroyuki Wakabayasi

表-1 アルベド推定式の一覧および決定係数

	目的変数	説明変数	決定係数 R ²
式①	α(アルベド)	(RのDN)+(GのDN)+(BのDN)+(nirのDN)	0.629
式②	α(アルベド)	(Rの反射率)+(Gの反射率) +(Bの反射率)+(nirの反射率)	0.636
式③	α(アルベド)	(RのDN×R波長帯)+(GのDN×G波長帯) +(BのDN×B波長帯)+(nirのDN×nir波長帯)	0.717
式④(重回帰式)	log _e α	RのDN,GのDN,BのDN,nirのDN	0.976
式⑤(重回帰式)	log _e α	Rの反射率,Gの反射率, Bの反射率,nirの反射率	0.975
式⑥(重回帰式)	log _e α	RのDN×R波長帯,GのDN×G波長帯, BのDN×B波長帯,nirのDN×nir波長帯	0.975
波長帯幅 R:630~680(nm),G:525~600(nm),B:450~515(nm),nir:845~885(nm)			

本研究の観測ではUAV, 日射計, GPS, 白板, バキュームメジャー, PCを使用した。観測地点は雪渓周辺の砂利, 道, 草, 雪渓内の黒雪, 白雪, まだら雪の日射量, 反射量を日射計を用いて(計3回)測定し, また, 雲などで天候が変わるため, ほぼ同時期の白板と対象物の測定をする必要がある。そのため, 観測地点を測定する前に白板を毎回(計6回)測定した。さらにGPSを用いて緯度, 経度を測定した。併行してUAVを用いて, 雪渓周辺を撮影した。

また, 撮影画像からR,G,B,nirのDN(デジタルナンバー)を抽出して, アルベドを目的関数, R,G,B,nirのDNを説明変数とする複数の式について検討した。

3.結果および考察

仮定したアルベド推定式一覧および決定係数について表-1に示す。単回帰式の中では式③の精度が最も高い結果となった。また, 重回帰式の方が単回帰より決定係数が高い結果となり, 式④が最も精度の高い式となった。相関が最も高い(式④)の結果を図-1に示す。

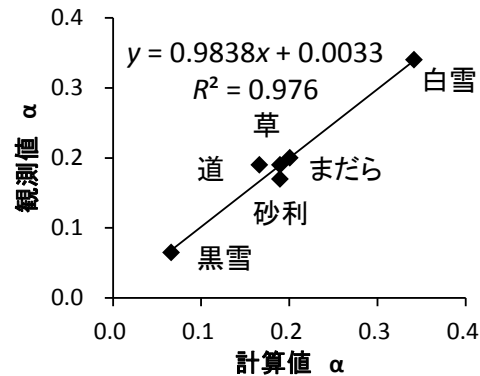


図-1 式④の計算値と観測値の比較

4.おわりに

本研究は, UAVによる撮影画像と地上観察の比較により, UAVに搭載したカメラの計測波長帯のDN値からアルベドを推定する手法について検討した。その結果, UAVの画像から雪氷体のアルベドで精度よく推定できることを確認した。今後は提案したアルベド推定式を用いて, 雪氷上のアルベドの空間分布を推定する。

謝辞

本研究の一部はJSPS科研費(15H06642, 代表: 朝岡良浩), クリタ水・環境科学振興財団の助成を受けた。ここに記して謝意を表する。

阿賀野川流域における融雪出水の年変動

日本大学工学部土木工学科 ○西谷 康平
日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩

1. はじめに

阿賀野川流域は日本有数の豪雪地帯であり、その融雪が水資源として利用されている。安定した水資源を供給するためには融雪出水を把握する必要がある。寒帯気候における長期間の積雪分布を調べた研究は多いが、温帯の豪雪域における積雪量の融雪出水の年変動調査した研究事例は少なく、気候変動の影響の検出および積雪を有効活用するうえで重要である。また温帯の積雪は豊富な水資源として生活用水・かんがい用水・水力発電などに利用することができる。

佐藤・朝岡(2016)は阿賀野川流域の積雪水量の長期変動の(1985~2015)傾向を調査し、おり気温は僅かに低下し、降水量は増加すること流域の積雪量は長期的に僅かに増加すること多雪・小雪といった極端な積雪量に偏る傾向が分かっている。この研究の目的は過去の流量観測データを過去の流速観測データを用いて融雪出水の河川流量や期間と時期が続くかを調査すること、多雪年・小雪年の融雪出水の特性についてリターンピリオドを用いて評価すること、10年1回の小雪と10年1回の多雪のピークの流量を融雪出水期と時期を評価することである。

2. 研究対象地域

阿賀野川は、新潟・福島・群馬の3県にまたがり、広大な流域と長大な流路を持つ日本有数の大河で阿賀野川水系としての本流指定部分は一級河川阿賀野川と一級河川阿賀川(あががわ)であり、その流路延長は210kmで流域面積は7710Km²また、下流部の河川水流量は日本最大級の一級河川である。源流は栃木・福島県境の荒海山(1580m)に発し、上流の福島県側は阿賀川と呼ばれている。阿賀川の流域はいくつかの大きな支川に分かれており、248本もあり流域内人口は約59万人住んでいる。福島県側の流域は、地形と豊富な水に恵まれ、日本有数の水力発電地帯となっている。

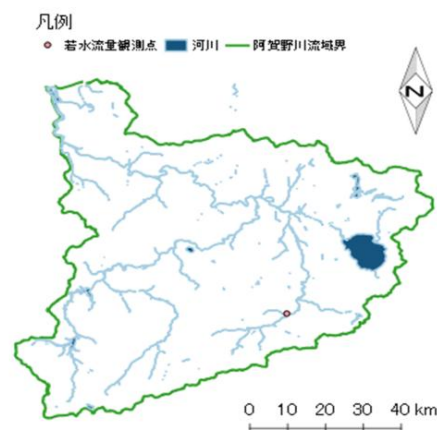


図1 阿賀野川水系流域

3. 研究手法および使用データ

若水流量観測点北緯は37度15分42秒 東経139度52分11秒 零点標高は435mである。水文・水質データベース2002年から2014年の日単位の流量データを取得した。これらのデータより各年1月から5月の最大流量と発生日時を抽出した。また日流量の10m²/s以上及び20m²/s以上の継続日数を調査した。

*Annual variation of snowmelt in the Agano River by Kouhei Nishitani and Yoshihiro Asaoka

4. 結果および考察

図2に2002年から2014年の1月～5月の最大日流量とその発生時期を示す。年最大日流量の平均値は98.083m³/sとなり、標準偏差は13.728 m³/sとなった。発生時期は、3月6日から5月4日に分布し、平均すると4月14日である。

図-3に2002年から2014年のハイドログラフで流量が10 m³/s以上が連続する日数とそのを示す。流量が10 m³/s以上の連続日数は、対象とした12年で25日から66日で、平均すると46日であった。継続期間の終了日は4月18日から5月21日に分布し、平均すると5月7日であった。同様に、図-4に2002年から2014年のハイドログラフで流量が20 m³/s以上が連続する日数とそのを示す。流量が20 m³/s以上の連続日数は、対象とした12年で11日から49日で、平均すると31.5日であった。継続期間の終了日は4月4日から5月12日に分布し、平均すると5月1日であった。

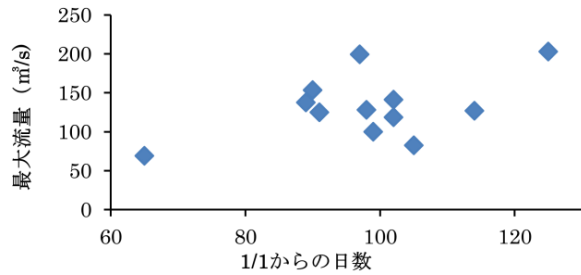


図-2 1～5月の日最大

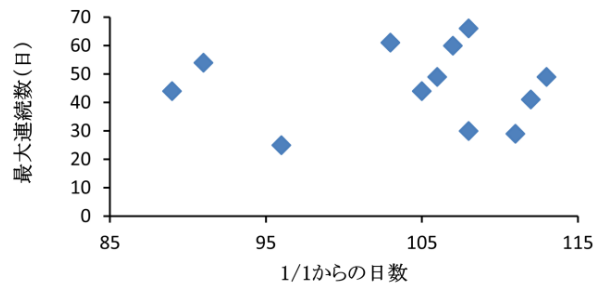


図-3 流量が10m³/s以上の継続日数と時期

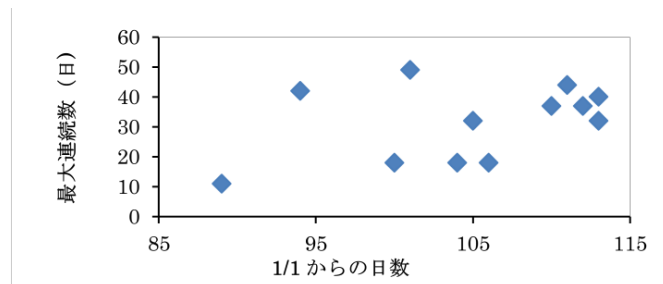


図-4 流量が20m³/s以上の継続日数と時期

5. 終わりに

本研究は過去13年間のハイドログラフをもとに融雪出水の最大流量及び、継続日数について調査した。その結果、融雪出水の継続日数は期間、終了日も大きく変動することを示した。今後は冬季の気象条件との関係について調査する予定である。

謝辞:本研究はは克雪研究協議会の支援を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

1) 佐藤豪・朝岡良浩(2016): 阿賀野川流域における積雪分布の長期変動, 東北地域災害科学研究, Vol.52, pp.79-84

熱帯アンデス地域の気候擾乱が氷河融解・流出量に及ぼす影響*

日本大学工学部土木工学科 ○寺沢 星泉
 日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩
 東京工業大学大学院環境・社会理工学院 木内 豪

1. はじめに

南米大陸のボリビア多民族国は年間降水量が 500mm と少なく、首都ラパスと隣接するエル・アルトでは、上流域に分布する熱帯氷河の融解水を水資源として利用している。ボリビアには全世界の約 20%の熱帯氷河が分布しているが、近年の地球温暖化に伴い急激な氷河の縮小が報告されている。また、首都圏の人口が急激に増加しており、とくに、エル・アルトは1992年から2012年の20年間で約40万人から2倍の約80万人となり、首都圏の水需要を押し上げる要因となっている。

このような背景に対して、長期的な水供給の計画を講じるためには、気候変化に応じて氷河の変動と融解量を推定することが重要である。既往研究により地球温暖化を考慮した融解量とそれに伴う面積変化が推定されている¹⁾。水資源の少ないボリビアでは長期的な気候変動による影響は勿論のこと、年変動による極端な気象変化に伴う河川流量の多寡も水供給計画を検討する上で重要である。そこで、本研究では過去6年間の河川の水位と気象の年変動を明らかにする。また、流量の年変動の多寡に着目して、影響を及ぼす気象要素について調査する。

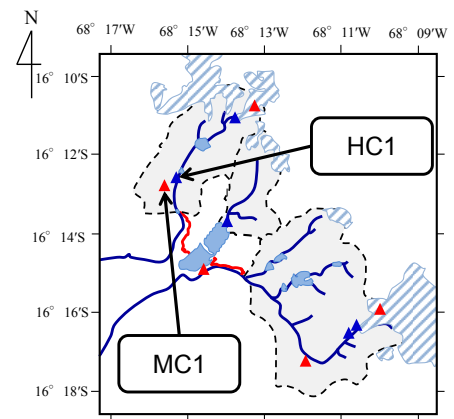


図-1 対象地域

2. 対象地域及び期間

本研究では、ボリビアの首都ラパスの上流に位置するコンドリリ氷河付近に設置した河川水位観測点(HC1)および気象観測点(MC1)のデータを用いた(図-1)。観測点の概要を表-1に示す。

表-1 観測点の概要

	HC1	MC1
緯度, 経度	南緯16°12'38.8", 西経68°15'14.5"	南緯16°12'44.5", 西経65°15'24.4"
標高	海拔 4499m	海拔 4490m
観測期間	2011年7月～2016年8月	2011年7月～2016年8月
観測項目	水温, 水圧	風速, 最大風速, 風向, 気圧, 気温, 湿度, 降水量, 日射量

* The influence of climatic disturbance on glacier melt and its runoff in the tropical Andes by Hoshimi Terasawa, Yoshihiro Asaoka and Tsuyoshi Kinouchi

3. 研究手法

気象観測点, 水位観測点のデータを基に流量, 気温, 湿度, 風速, 気圧, 日射量, 降水量の月単位データを作成した。なお, 流量は HQ (Height Quantity) カーブを用いて水位から流量に換算した。また, 重回帰分析を用いて月流量に寄与する気象要素を調査した。なお, 説明変数は重相関係数が高く, P 値が低くなる 3 変数を選択した。

4. 研究結果及び考察

月流量の年変動を図-2に示す。乾季の流量変化が小さく, 雨季の流量変化が大きいことが確認できる。年変動の大きい4月の月流量を気象要素で重回帰分析した結果 (表-2), 風速の影響が大きく負の相関の傾向を示した。これは, 風速が大きくなることにより昇華が発生して, 融解量が減少することが原因と考えられる²⁾。

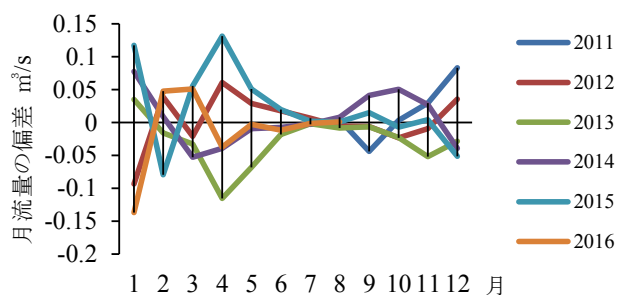


図-2 月流量の偏差

5. おわりに

本研究では, 氷河融解・流出量に対するアンデス地域の気候擾乱の影響について解析した。このことから, 各月により相関関係となる気象要素が異なることが明らかとなった。この結果をもとに, 前月の気象条件についても相関関係が得られないか検証するとともに, 周辺氷河についても同様の解析を行う予定である。

表-2 重回帰分析の結果

	2月	4月
重相関係数	0.998	0.999
変数1 (P値)	湿度 (0.0360)	風速 (0.0086)
変数2 (P値)	気圧 (0.0747)	降水 (0.0117)
変数3 (P値)	風速 (0.1885)	温度 (0.0772)

謝辞: 本研究の一部は JSPS 科研費 (15H06642, 代表: 朝岡良浩), JSPS 二国間交流事業, クリタ水・環境科学振興財団の助成を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 吉澤一樹, 朝岡良浩, Pablo FUCHS, 風間聡 (2014) : 氷河融解・質量収支モデルを用いた熱帯Huayna Potosi West氷河の将来展望, 土木工学会論文集G, Vol.70, No.5, I_219-I_225.
- 2) Wang, Jie, Ye, Baisheng, Cui, Yuhuan, He, Xiaobo, Yang, Guojing (2014) : Spatial and temporal variations of albedo on nine glaciers in western China from 2000 to 2011, Hydrological Processes, Vol.28, No.9, pp.3454-3465.

<第2会場>

陸前高田コミュニティーホール・中会議室

平成28年12月24日(土)

司会：呉 修一先生

7 題 (10:00～11:45)

近年の東北地方豪雨災害の概要と減災に向けた今後の取り組み*

呉 修一 富山県立大学環境工学科

森口周二, 佐藤翔輔, 有働恵子, 地引泰人 東北大学災害科学国際研究所

1. はじめに

東北地方では、2013年山形豪雨、秋田・岩手豪雨、2014年山形豪雨での被害に加え、2015年関東・東北豪雨では鳴瀬川水系洪井川で堤防決壊が生じた。2016年8月の岩手豪雨では、2級河川小本川の洪水で20名以上の死者が生じるなど、洪水氾濫や土砂災害が多発している。このような洪水災害は高頻度で毎年のようにどこかで生じることである。しかしながら、同じような課題が異なる地域で初めて発生することが多いため、各自にとって初の体験となり、適切な対応が出来ないのが問題である。よって、本発表では最近の東北豪雨災害の課題等を整理し、今後の減災に向けてどのような対応が必要か議論を行う事を目的とする。

2. 近年の東北地方の豪雨災害の概要と課題

・**2013年7月山形豪雨**：2013年7月18日の明け方の洪水に伴い、行方不明者1名、建物被害約500棟、被害総額約300億円の被害が生じた。本豪雨では、1) 夜間から早朝の避難の難しさ、2) 河川合流部や蛇行部での被害、3) 流木の橋脚閉塞の問題、4) 先行降雨に伴い流域の初期水分状態が湿潤であった、5) 洪水氾濫汚泥に伴う農地の被害、等の課題が明らかになっている¹⁾。

・**2013年8月秋田・岩手豪雨**：2013年8月9日に線状降水帯に伴う豪雨により洪水・土砂災害が発生し、死者8名、建物被害約1300棟、被害総額約300億円の被害が生じた。本豪雨では、1) 本川での被害は少なく支川や2級河川での被害、2) 過去80年以上も被害がなかったので油断した、3) 局所的な豪雨のため市役所等では大きな雨はなく油断につながった、4) 河川水位の急激な上昇、等の課題が明らかになっている²⁾。

・**2014年7月山形豪雨**：2014年7月9日から10日にかけて、台風8号が梅雨前線を刺激することで豪雨が生じた。山形県南陽市では最上川水系吉野川で洪水氾濫が生じ、2年連続の洪水被害となった。建物被害約750棟、被害総額約200億円の被害が生じた。本豪雨では、1) 流木の橋脚閉塞の問題、2) 住民・企業の自助努力の重要性、3) 樹木を伐採した山腹の斜面災害の危険性、等の課題が明らかになっている³⁾。

・**2015年9月関東・東北豪雨**：2015年9月の台風17, 18号の豪雨により鳴瀬川水系多田川の支川である洪井川で堤防決壊に伴う洪水氾濫等が生じ、宮城県では死者2名、建物被害約1800棟、被害額約330億円の被害が生じた。本被害では、1) 河川合流部の背水効果に伴う被害、2) 堤防の浸透破壊の問題、3) 県管理河川の脆弱性、等の課題が明らかになっている⁴⁾。

・**2016年8月岩手豪雨**：2015年8月31日に東北地方に観測史上初めて上陸した台風10号に伴う豪雨により、岩手県の2級河川の小本川で洪水が発生し、20名以上の死者、1000億円以上の被害が生じた。本被害では、1) 2級河川であり洪水ハザードマップの整備が行われず、2) 流木の橋脚閉塞の問題、3) 先行降雨に伴い流域の初期水分状態が湿潤であった、4) リスクの高い河道内に多くの住家が存在した、5) 1階だての高齢者グループホームで9名の災害弱者の方が亡くなる、等の課題が生じている。

*Review of recent water-related disasters in Tohoku region and future challenges for disaster risk reduction, Shuichi Kure, Shuji Moriguchi, Shosuke Sato, Keiko Udo, and Yasuhito Jibiki

3. !今後の減災に向けた取組

上記したように、高頻度災害である洪水氾濫や土砂災害は毎年のように生じ、今後は温暖化等の影響により規模・頻度の更なる増加が懸念されている。多くの水害の課題は共通であり、同様の問題が毎年のように繰り返される。これは、水害リスクを我が事と認識できないため、当事者意識が欠如しているためと思われる。よって、著者らは以下のような取組を実施することで、今後の減災に向けたフレームワークの構築を目指す。

・可能最大洪水氾濫の推定：

計画規模を超過するような最悪規模の洪水を物理的に算定し、その地域が潜在的に抱える最大の洪水リスクを明示することで、最悪シナリオを想定した防災対策を考えることが可能となる。著者らが実際に宮城県大崎市を対象に算定した⁵⁾可能最大洪水氾濫の一例を図-1に示す。

・災害情報の有用性評価：

2016年台風10号および2015年関東・東北豪雨災害の宮城・岩手県での被害を分析し、現地調査で得られた知見も踏まえて発災前後の行政対応や災害情報の発信状況と実被害との関係を明らかにする。これにより、どのような情報・対策が災害時に有効かを整理し、理解しやすい洪水指標・避難情報等の改善へと展開する。

上記以外にも様々な取組を実施・統合することで、発災前後の対応や有効な災害情報の発信のための知見を整理し、有効なタイムラインの策定支援やわかりやすい情報発信方法の提案等を今後行う予定である。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費若手研究 B(15K18120) の助成および一般財団法人河川情報センターの平成 28 年度研究助成を受けて実施されました。本研究は、東北大学災害科学国際研究所における共同研究により実施したものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献：

- 1) 梅松理美・呉修一・真野明・有働恵子：2013年7月山形集中豪雨被害特徴～月布川流域を一例として～、東北地域災害科学研究, Vol.50, pp.75-80, 2014.
- 2) 呉修一・森口周二・久利美和・安倍祥・Carine Yi・有働恵子・真野明：2013年8月秋田・岩手豪雨災害の特徴、東北地域災害科学研究, Vol.50, pp.81-86, 2014.
- 3) 呉修一・森口周二：平成26年7月山形豪雨・土砂災害緊急調査報告(速報), 2014.
http://irides.tohoku.ac.jp/media/files/topics/yamagata-flood_201407_v3.pdf (2016年4月17日アクセス)
- 4) 呉修一・森口周二・堀合孝博・小森大輔・風間聡・田中仁, 2015年9月東北豪雨による渋井川洪水氾濫の特徴, 自然災害科学, Vol.35, No.2, pp.87-103, 2016.
- 5) 呉修一・林晃大・森口周二・堀合孝博・田中仁, 2015年9月渋井川洪水氾濫を対象とした可能最大流体力の算定, 河川技術論文集, Vol.22, pp. 297-302, 2016.

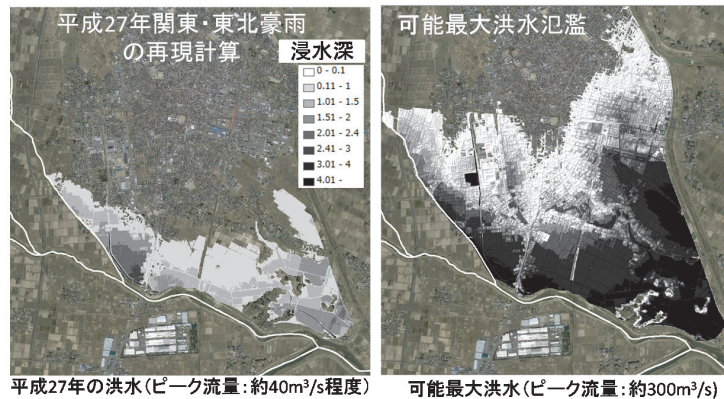


図-1 H27年9月の洪水(左)と最悪洪水(右)の比較(呉ら, 2016)

阿武隈川流域における極端豪雨時の流出解析と将来展望*

日本大学工学部土木工学科 ○小山田 怜史
日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩
東京工業大学大学院環境・社会理工学院 木内 豪

1. はじめに

近年、極端な大雨が増加している傾向にあり、阿武隈川流域においても大雨による大規模な洪水被害が度々発生している。今後気候変動による気温の上昇に伴い豪雨の規模等にも変化が出てくることが考えられることから、気候変動による将来の極端豪雨の変化を見通す必要がある。本研究の目的は、気候モデル AGCM20(Atmospheric General Circulation Model)¹⁾の出力データを用い、現在と将来において年最大日雨量の降雨パターンにどのような変化が見られるかを解析することである。

2. 研究対象地域

研究対象地域である阿武隈川流域を図-1に示す。阿武隈川流域(流域面積約5,400km², 幹川延長約239km, 流域内人口約138万人)は福島、宮城両県を南北にまたがる流域で、本線は福島県西白河郡西郷村旭岳から福島県中通りを北流し、宮城県に入り太平洋に注ぐ。流域の年平均降水量は約1100~1500mmである。



図-1 阿武隈川流域図

3. 研究手法及び使用データ

3.1 AGCM20の概要

AGCM20は気象庁気象研究所が開発した気候モデルであり、空間解像度は20kmメッシュである。気候予測は温室効果ガス排出量のシナリオ(SRES-A1B)を想定して行われ、現在気候(1979年1月1日~2003年12月31日)、近未来気候(2015年1月1日~2039年12月31日)、21世紀末気候(2075年1月1日~2099年12月31日)の3期間の時間雨量データが出力されている。各年代の雨量データについて、現在気候をSPA、近未来気候をSNA、21世紀末気候をSFAとする。本研究ではSPAとSFAのデータを用い、年最大日雨量の降雨イベントを解析した。

3.2 AGCM20のバイアス補正

気候モデルによって出力されたデータにはバイアスと呼ばれる誤差があり、本研究ではAMeDAS(Automated Meteorological Data Acquisition System)によって観測されたデータを用いて補正を行った。補正式は、SPA及び同期間のAMeDASの雨量データから年最大日雨量25年分を算出し、指数近似により算定した。その結果を図-2に示す。

*Runoff analysis and future projection of extreme rain in the Abukuma River basin by Satoshi Oyamada, Yoshihiro Asaoka and Tsuyoshi Kinouchi

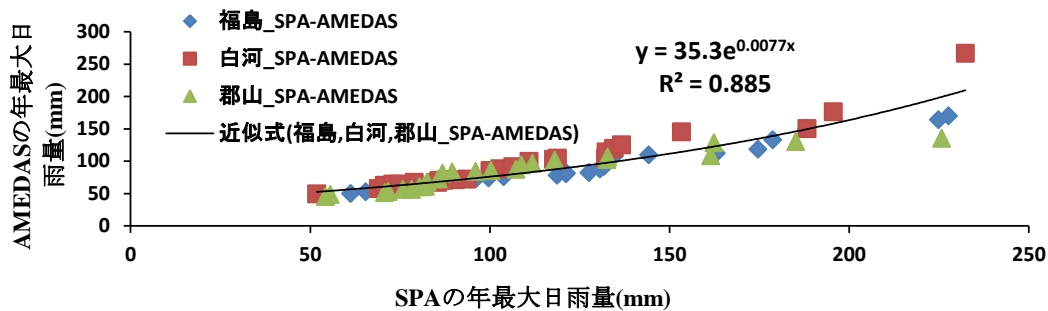


図-2 福島、郡山、白河の SPA 及び AMEDAS の年最大日雨量式

4. 結果及び考察

福島、郡山、白河における SPA, SFA の年最大日雨量の降雨イベントについて、降雨継続時間及び年最大日雨量の平均をそれぞれの気候と地点ごとに結果をまとめた。その結果を表-1に示す。郡山及び白河においては降雨継続時間が長くなり、年最大日雨量が小さくなった。福島においては降雨継続時間が短くなり、年最大日雨量が大きくなることが示された。SFA と SPA 差を分布図で確認すると、白河や郡山の上流域では SPA の方が大きく、福島の下流域では SFA の方が大きくなった。そのため現在と比較して、下流域では洪水の危険性が高まることも考えられる。

表-1 福島、郡山、白河における各気候の降雨継続時間平均、年最大日雨量平均

地点	気候	平均降雨継続時間(h)	標準偏差	平均年最大日雨量(mm)	標準偏差
福島	SPA	26	11	98.2	39.8
	SFA	20	13	104.3	56.4
郡山	SPA	14	5	84.2	32.8
	SFA	15	6	78.5	23.4
白河	SPA	16	9	89.6	35.8
	SFA	20	9	85.8	33.3

5. 終わりに

本研究では気候変動が極端豪雨にもたらす影響を評価した。その結果、降雨継続時間については福島で短くなり、郡山及び白河で長くなった。年最大日雨量については福島で大きくなり、郡山及び白河で小さくなった。今後は極端豪雨イベントの雨量データを流出モデルへ入力し、極端豪雨に対する流量の応答を解析し、現在と将来で洪水の頻度や規模がどのように変化するかを見通す予定である。

謝辞:本研究は須賀川市との共同研究の一環として実施した。また AGCM20 のデータは、気候変動リスク創生プログラムのテーマ C「気候変動リスクの基盤技術開発」より提供を受けた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Mizuta, R., H. Yoshimura, H. Murakami, M. Matsueda, H. Endo, T. Ose, K. Kamiguchi, M. Hosaka, M. Sugi, S. Yukimoto, S. Kusunoki, and A. Kitoh, (2012): Climate simulations using MRI-AGCM3.2 with 20-km grid. J. Meteor. Soc. Japan, 90A, 233-258.

2016年台風10号による人的被害の特徴(序報)*

静岡大学防災総合センター 牛山 素行

1. はじめに

筆者は、近年発生した豪雨災害による死者・行方不明者(以下では「犠牲者」と略記)について、行政資料、報道記事、現地調査などを元に、その発生日時、位置、原因外力、遭難状況などをとりまとめ、データベース化している(牛山, 2015). 本報では2004~2014年の主な豪雨災害42事例で生じた犠牲者712人(以下では「2004-2014」と)と、2016年台風10号で生じた27人(以下「台風10号」)を比較した特徴について論ずる. 台風10号災害については、行政機関の資料、新聞報道、テレビ映像、国土地理院空中写真、その他関連資料の収集を行うとともに、2016年9月2, 10, 11日(いずれも岩手)、18日(北海道)、10月13~15日(岩手)に現地踏査を行った. これらの調査結果を総合して判断、集計を行った.

2. 死者・行方不明者の概要

台風10号では、北海道で死者2人、行方不明者2人、岩手県で死者20人、行方不明者3人、計27人が生じた(図1). 同一の家屋内または近接する数m程度の範囲内で発生したケースを1箇所として数えると、発生地点数は北海道4箇所、岩手県12箇所、計16箇所となる.

3. 原因外力別犠牲者数

筆者は、犠牲者発生の原因となった外力を「高波」、「強風」、「洪水」、「土砂」、「河川」、「その他」の6種に分類している. なお、「洪水」は河道外に溢れた水に起因する者、「河川」は河道内の水に起因する者である. 台風10号では、「洪水」18人、「河川」4人、「土砂」5人となった(図2). 2004-2014では、「洪水」18.4%、「河川」19.1%、「土砂」48.9%、などであり、台風10号は水関係の犠牲者が多い事が特徴と言える. 「土砂」も、明瞭な崖崩れ、土石流の直撃は見られず、いずれも「洪水」と「土砂」の中間的な状況であった可能性が高い. 平地での洪水に比べ少量の水でも川の水の速さが速くなりやすく、河川付近の建物等に被害を与えやすい、山地河川での洪水(山地河川洪水)の恐ろしさがあらためて示唆された. また、「河川」はいずれも車で走行中に川に転落したケースであり、比較的小規模な水害時によく見られる「田んぼを見回りに」「川の様子を見に」といったケースは確認できない. 降雨、洪水自体が激しい規模で、「様子を見に」といった行動ができるような状況ではなかった可能性がある.



図1 岩手県内の犠牲者発生位置

*Characteristics of victims caused by the typhoon No.1610, 2016 by Motoyuki Ushiyama

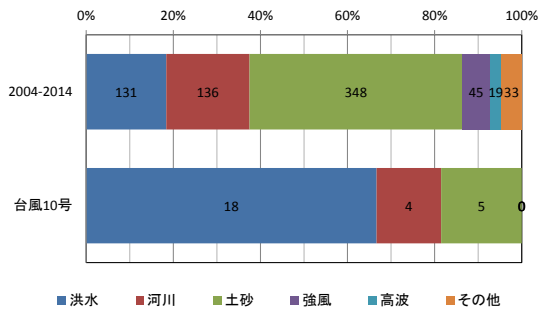


図2 原因外力別犠牲者数

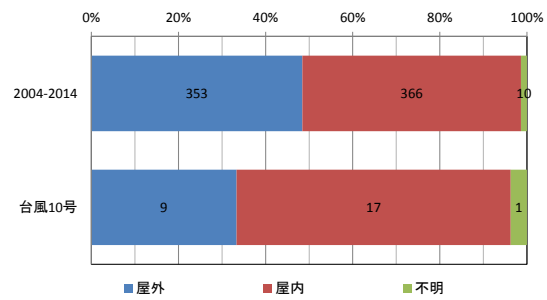


図3 遭難場所別犠牲者数

4. 遭難場所別死者・行方不明者

犠牲者の遭難場所を「屋内」「屋外」に大別すると、2004-2014では「屋内」365人(51.3%)、「屋外」343人(48.2%)とほぼ同程度である。なお原因外力別でみると、「土砂」のみは「屋内」が多い(86.5%)が、「洪水」と「河川」の合計では「屋内」は16.5%と少数であるなど、外力別に明瞭な相違がある。台風10号では「屋内」が27人中17人と多くなっている(図3)。「洪水」と「河川」の合計では20人中14人が「屋内」で、「洪水」では「屋内」が少数である2004-2014とはやや傾向が異なる。ただしこれは岩泉町のグループホームで死者9人が生じた影響も大きい。家屋が洪水により流失しその家屋で死者・行方不明者が出ることはこれまでの災害でもほとんど見られない。台風10号では、「洪水」が多かったが、こうしたケースは2箇所2人にとどまり、これはこれまでの事例と同傾向である。ただし、住家の流失自体は散見され、これらが人的被害に必ずしも繋がっていないことは関心がもたれる。

5. 避難行動(立ち退き避難)

ここで「避難」とは「水平避難」「立ち退き避難」と呼ばれる行動を対象とする。

2004-2014では何らかの避難「行動あり」63人(8.6%)、「行動なし」661人(90.5%)である。台風10号では、「行動あり」が8人(30%)と、2004-2014と比べやや比率が高い。避難先から戻った自宅で遭難したケースが3人、避難途中が5人である。「行動あり」8人は2004年以降では、2011年台風12号(14人)、2009年兵庫県佐用町水害(13人)に次いで多い。避難行動自体は比較的積極的であった可能性もある。

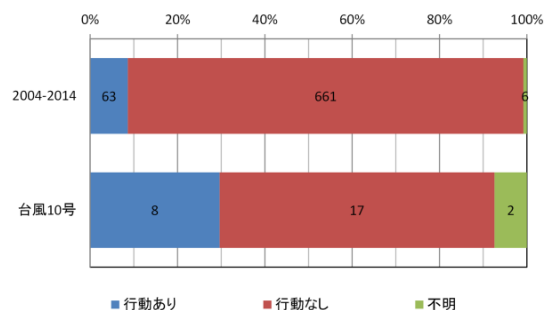


図4 避難行動の有無

6. おわりに

台風10号による犠牲者は、その多くが「洪水」起因であったこと、避難行動をとっていた犠牲者が多かったことなどが特徴的であったと考えられる。ただし、被害規模や、被害形態は近年の他の災害と比較し、特異な傾向があったとまでは言えないと思われる。なお、当日は他の観点からの集計結果についても合わせて報告する。

参考文献

牛山素行:2004~2014年の豪雨災害による人的被害の原因分析,東北地域災害科学研究, No.51, pp.1-6, 2015.

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*

秋田大学 松富英夫 秋田大学 今野史子 秋田大学 鎌滝孝信

1. はじめに

2016年8月30日の台風10号豪雨による岩手県の被害（内閣府、9月30日現在）は死者・行方不明者23人、全壊住家379棟、半壊住家2,120棟、一部破損住家509棟、床上浸水住家147棟、床下浸水住家890棟、非住家被害1,671棟と甚大であった。人的被害が目立った岩手県の小本川における洪水・氾濫の理由として以下が考えられ、指摘されている。

- ①8月30日の台風10号による記録的な大雨（先ず、河川上流域で大雨。その後、河川が増水状態のときに中流域で大雨）（中央大学 山田氏）。
- ②岩手県東部の岩盤は粘板岩や砂岩、花こう岩といった硬い岩石からなり、深さ1～5 mの表土層は長年の風化で無数の亀裂が走り、透水性が高い状態で、保水能力が低い（岩手大学 大河原氏）。
- ③8月22～23日の台風9号の影響で流域の保水能力が低下していた（岩手大学 小笠原氏）。
- ④乙茂地区中心部（道の駅）から直線距離で約2 km上流に位置する河川の大蛇行（抵抗）に起因する河川水位の上昇（秋田大学 松富）。
- ⑤その直下流部における洪水流の高速化とそれに起因する河畔林の流木化（秋田大学 松富）。
- ⑥洪水流の高速化に起因する河畔林の流木化と流路浸食による洪水・氾濫流の流向変化（岩手大学 小笠原氏）。
- ⑦流木の橋梁などでの滞留による河積の減少（岩手大学 小笠原氏、東北大学 今村氏）。
- ⑧川幅が約200 mの乙茂橋地点における左岸側から河川の流心方向へ約50 m突き出た乙茂橋へのアクセス道路の盛土による河積の減少（秋田大学 松富）。
- ⑨乙茂地区下流部における90°近い河川の曲がり（岩手大学 小笠原氏）。

そこで、本研究は小本川沿いの乙茂地区とその上流約3 km区間における最大の洪水・氾濫痕跡水面位や地盤高、浸水深を実測し、上記の理由④や⑤、⑧を実証することを目的とする。

2. 調査結果

現地調査域は東西に細長い。そこで図-1に示す4領域（R1～R4）に分割して最大痕跡水面位や地盤高などの調査結果を示す。

図-2 (a)～(d)に最大痕跡水面位（○地点）や地盤高（△や▲地点）の調査結果を示す。数値は水色が最大痕跡水面位（上段：建築物の前面または側面側、下段：側面または背面側）で、白色が地盤高である。○地点の白色数値も地盤高で、この点では浸水深が評価できる。さらに、黄色の数値は氾濫域中に堆積した漂流物（漂流ゴミを含む）の上端を最大痕跡水面位としたものである。これらの水面位や地盤高はグループホーム「楽ん楽ん」から北西側約60 mに位置する国道455号沿いの三級基準点（☆地点、基455-29）と対応付けられている。

*Flooding situation inferred from the watermarks of flooding at Otomo area and its upstream reach in Iwaizumi caused by the Typhoon No. 10 in 2016 by Hideo MATSUTOMI, Fumiko KONNO and Takanobu KAMATAKI

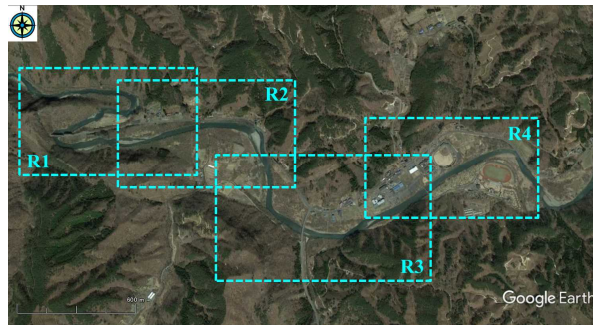


図-1 最大痕跡水面位などの調査域とその分割 (Google earthに加筆)

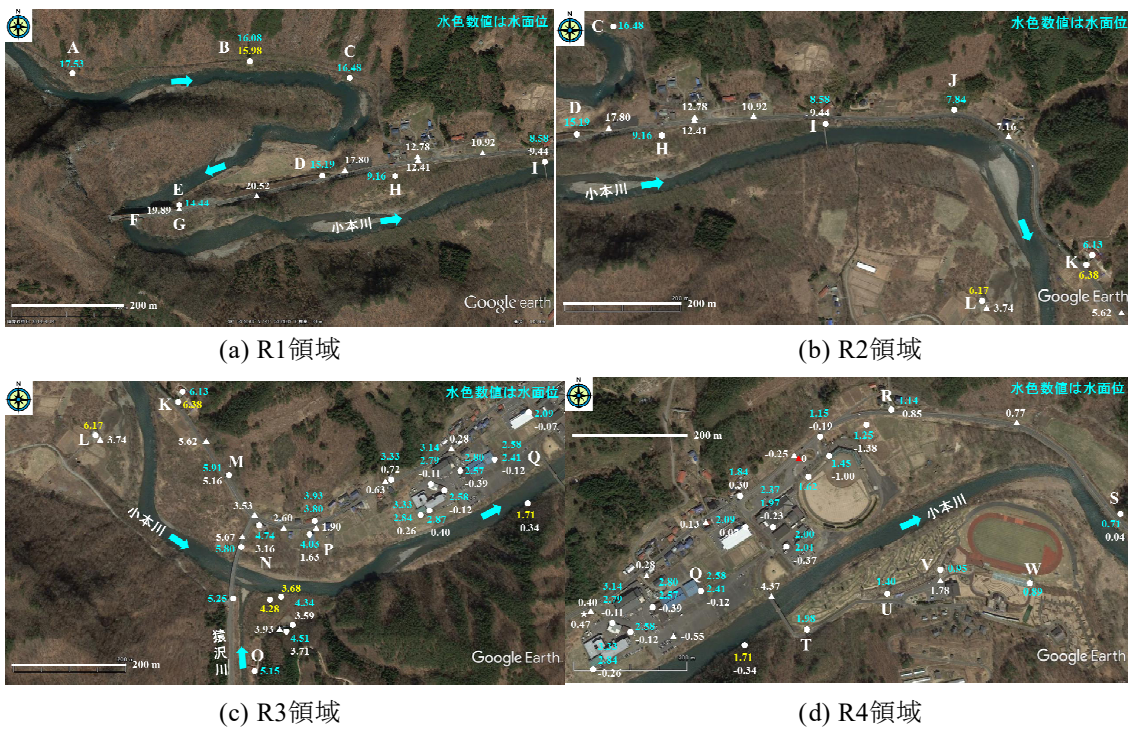


図-2 最大痕跡水面位などの空間分布 (Google earthに加筆)

3. 主な結果

現地調査に基づく最大の洪水・氾濫痕跡水面位と地形図から評価した水面勾配や平均河床勾配から乙茂地区とその上流約3 km区間における洪水・氾濫流の状況を推定し、次の結果を得た。

- ①乙茂地区の中心部から約2 km上流に位置する河川の大蛇行部で河川水位が大きく上昇した。
- ②その結果、その直下流部で限界水深が形成され、洪水流が高速化した。
- ③乙茂橋左岸側から河川流心方向へ約50 m突き出たアクセス道路の盛土 (川幅は約200 m) と盛土・橋梁部分における流木滞留の相乗効果により河積が減し、乙茂橋左岸側橋台付近で水位が局所的に上昇した。
- ④今回の洪水・氾濫災害は小本川のような山地河川で、洪水調節を行うところもない川沿いの平坦地は全てが氾濫域であることを改めて知らしめた。

土砂災害発生時の流域スケールの雨水貯留量のマッピング

福島大学共生システム理工学類 長谷川 永刀

福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

1. はじめに

土砂災害と流域の貯留量との関係についてこれまではタンクモデルより土壌雨量指数を用いて推定されてきた。しかし、パラメータの決定において全国一律のパラメータを用いていることや、降雨流出過程が3段階に固定されていることにより、不確実性が生じると考えられている。この問題点を解決する方法として、パラメータが少なく、それぞれの流域に合った降雨流出過程に分離することができる Hino & Hasebe (1985) の成分分離の手法を用いた。そして、降雨流出過程を成分分離した上で、Kirchner (2009) の方法を適用した。しかし、この貯留量推定法は日本の流域に適用できないことから、Kirchner (2009) の流量変動と流量の非線形な関係を線形なものに変更し、論理的な不整合を排除した千葉・横尾 (2015) の貯留量推定法を用いた。本研究ではこれらの手法を用いて日本各地の災害発生時の貯留量を求め、その値を地図上にプロットすることで災害発生危険度を可視化させることが目的である。

2. 方法

過去に土砂災害が発生した流域のうち北海道を除く一級河川を対象とし、流量と雨量のデータを用いた。本研究では流量データから解析を行っていくが、北海道は積雪が多く流量データの欠損が多いため対象流域から除くことにした。国土交通省の水文水質データベースから、流量データ及び、雨量データを発生した年と過去2年の合計3年間について取得した。この理由は初期値の影響を受けるのを防ぐためである。日野・長谷部が提案した手法では、まず流出高データを片対数プロットし、流出高の逓減部から傾きの異なる複数の逓減部を特定した。次に、この逓減部に指数関数をあてはめて求めた逓減係数の逆数の時定数を利用して数値フィルターを作成した。

次に千葉・横尾 (2015)にならい、Kirchner (2009)の貯留量を以下の手順で推定した。まず毎時の河川流量データの逓減部を対象に、流量減少量と流量の関係を調べた。次に、両者の関係に線形関係を仮定し、その傾きを求めた。この傾きを利用することで、流量減少量と流量の関係を導くことができる。なお、流量減少量と流量の関係を求める際には、無降雨の時間帯を対象にして、蒸発散量が流量よりもはるかに小さいことを条件にデータを選別することで、水収支式中の降雨と蒸発散量を見捨てる。この場合、流量減少量と流量の関係式を積分することで、流域スケールの雨水貯留量と流量の関係式が導かれる。詳細は、千葉・横尾 (2015)が詳しくまとめている。なお、求まる貯留量は、ある基準面からの高さとして計算されるため、実際の貯留量や貯留高を計算できる訳では

*Mapping rain-water storage at watershed-scale on the occurrence of sediment disaster in Japan by Eito Hasegawa and Yoshiyuki Yokoo

ない。しかし、土砂災害に関しては、貯留量の絶対値よりもその変化が重要であるため、問題にならない。

また、土砂災害のデータは国土交通省砂防部が発生後に対策を講じたものとして、ホームページ上で公開しているものを利用した。その後、土砂災害発生時の貯留量と平常時の貯留量を求め、災害時貯留量に対する平常時貯留量の割合を求めた。割合が高い地域ほど危険度が高いことを表している。北海道を除く24地点で貯留量の割合を示したマップを作製した。

3. 結果

土砂災害の発生と貯留量についての関係性において、図2より中部地方は高い割合を示している地域が多く、図3より四国、中国地方は割合にばらつきがあるが九州地方は低い割合を示している地域が多いことが分かった。今回は平常時の貯留量との比較を行ったが、今後それぞれの流域の貯留量を成分別に精査することで新たな地域特性を見出すことができ、より正確な危険度を把握できるのではないかと考える。

参考文献

Hino, M., Hasebe, M. (1984) Identification and prediction of nonlinear hydrologic systems by the filter-separation autoregressive (AR) method: Extension to hourly hydrologic data, *Journal of Hydrology*, 68, 181-210. DOI: 10.1016/0022-1694(84)90211-7.

Kirchner, J. W. (2009) Catchments as simple dynamical systems: Catchment characterization, rainfall-modeling, and doing hydrology backward, *Water Resource Research*, 45, W02429, DOI: 29/2008WR006912.

千葉宇彦, 横尾善之 (2015) 流域スケールの雨水貯留量推定法の理論的修正とその効果, 土木学会論文誌 B1 (水工学), Vol.71, No.4, I_289-I_294.

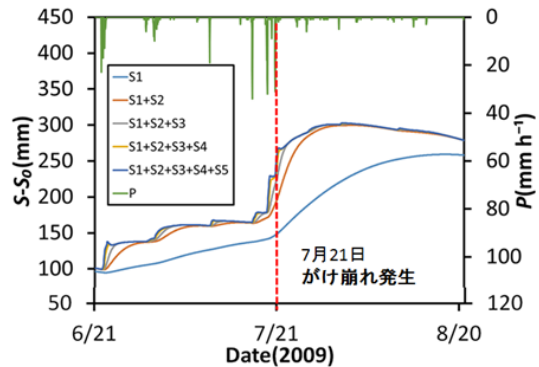


図1 災害発生流域の貯留量推定結果

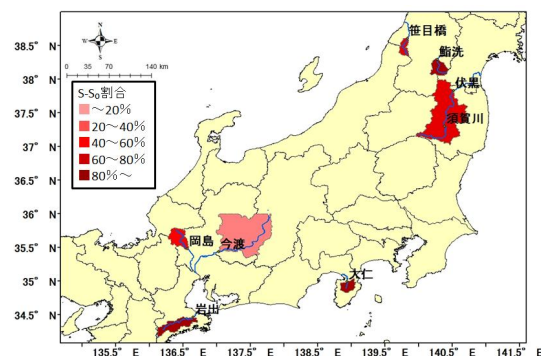


図2 東北・中部地方の貯留量値の割合

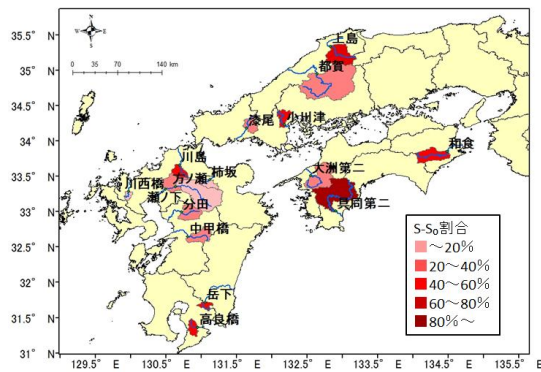


図3 中国・四国・九州地方の貯留量値の割合

下水管渠の水位モニタリングデータを用いた

内水氾濫シミュレーションの検証*

日本大学工学部土木工学科 ○阿部 圭将
日本大学工学部土木工学科 朝岡 良浩
日本大学工学部 長林 久夫

1. はじめに

近年,ゲリラ豪雨と呼ばれる時間 50mm 超える雨が増加傾向にあり,社会問題になりつつある。郡山市の市街地では 1986 年から 2013 年の過去 27 年間で 15 回もの浸水被害に見舞われている。このような浸水被害の改善を目的として,郡山市は 2014 年に国土交通省の 100mm/h 安心プランに登録された。その 100mm/h 安心プランでは流出抑制のため,①河川・下水道の整備水準の向上,②地域全体における分散型貯留浸透施設の推進,③危険情報の周知(住民の被害危険度の認知向上),④地域水防の取り組み,⑤まちづくりにおける水害対策への取り組みによる対策が検討されている。その中で,分散型貯留施設は官民連携による地域全体の設置が推奨され,分散型貯留施設の効果を評価するには内水氾濫のシミュレーションが有効である。

これまでに,雨水の地表面氾濫と下水管渠内の流れを統合的にシミュレーションする洪水氾濫解析モデル^{(1),(2),(3),(4)}が提案されてきたが,多くのモデルは氾濫域を対象とした検証が行われ,下水管渠の水位について検証した事例は少ない。しかしながら,分散型貯留施設の効果は主に初期損失や貯留の効果を持つと考えられ,洪水初期における下水道管渠の水位変動の計算精度を高める必要がある。

そのため,本研究は洪水氾濫モデルによる下水管渠内の水位計算の検証を目的として,小規模の洪水期間を対象とした下水管渠内の水位モニタリングを行い,洪水氾濫モデルによるの水位のシミュレーション結果と比較した。

2. 研究対象地域

本研究は,郡山市街地における 6 号幹線を対象とした(図-1)。

上流域から集まる流量及び遮集構造による分水量を検証するため図-1 における 3 か所に水位計を設置した。分水前の水位(st1)からは上流からの流出量,分水後の汚水管の水位(st2)及び雨水渠の水位(st3)からは遮集構造による分水量を特定できる。



図-1 郡山市 6 号幹線と下水道水位観測地点

3. 研究手法および使用データ

下水管の水位・流量の計算次元不定流解析,地表面氾濫水の計算には二次元不定流解析を行

*Verification of inundation simulation with water level monitoring data in sewer culverts by Keisuke Abe, Yoshihiro Asaoka and Hisao Nagabayasi

う。地表面の地盤高は、空間分解能 1m のレーザスキャンによるデータを用いた。シミュレーションには、下水道台帳による下水管渠のデータ、現地調達によるグレーチングのデータ、郡山市の区画・土地利用データを導入した。シミュレーションの入力データとして X バンド MP レーダによる解像度 250m、時間間隔 1 分の雨量データを用いた。

4. 結果および考察

6 号幹線における水位実測値と計算値の比較を図-2 に示す。分水前と分水後の遮集側の 2 地点では計算結果が実測値より水位が高い結果が得られた。水位変動を比較すると流出時の計算結果の変動が小さく、またピーク到達時間が計算結果の方が早いということがわかる。これらはシミュレーション解析で貯留を適切に表現できていないことが原因と考えられる。またシミュレーションでは雨水渠の変動がないが実測値では変動があることがわかる。実測値及びシミュレーションの水位が堰の高さに達していないため他の要因によって流出が発生したと考えられる。そのためには水渠への流出の要因を調査する必要がある。

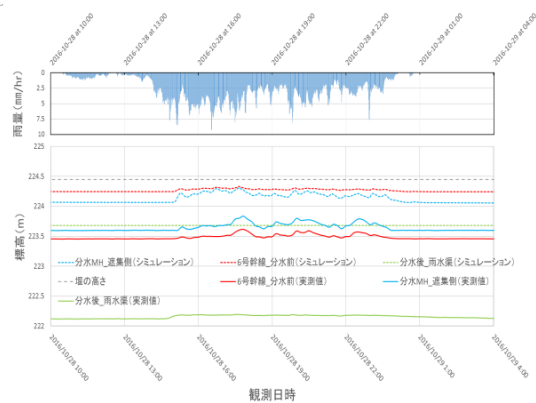


図-2 水位の実測値と計算

5. 終わりに

本研究は、郡山市 6 号幹線において下水管渠内の水位モニタリングを実施し、下水管渠の水位のシミュレーション結果の検証を行った。これにより、地表面氾濫水と下水管の流れを統合的に扱う内水氾濫シミュレーションに対して、改善項目及び検討項目が明らかになった。

現在、国土交通省は ICT による下水道管渠の水位モニタリングデータの普及を推奨している。本研究の成果は、下水管渠の水位モニタリングが内水氾濫シミュレーションの高精度化に対して有益であることを示唆している。

謝辞：本研究は、株式会社シビルソフト開発の技術支援を受けた。郡山市から下水道資料、アジア航測株式会社から地形データの提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 戸田圭一・井上和也・村瀬賢・横尾英男(2000)：豪雨による都市域の洪水氾濫解析,土木学会論文集, No.663/II-53,pp,1-10.
- 2) 関根正人,河上展久(2003)：都市における内水氾濫と地下街浸水の被害予測に関わる数値解析,水工学論文集, Vol.47,pp.889-894
- 3) 相良亮輔・錦織俊之・井上和也・戸田圭一(2007)：枝線下水道を考慮した市街地氾濫解析,水工学論文集,Vol.48,pp.589-594
- 4) 小澤恒太・朝岡良浩・長林久夫・手塚公裕(2016)：郡山市街の区画情報を用いた氾濫解析シミュレーションの改善

流域の主要な降雨流出機構と河川水質の関係

福島大学共生システム理工学類 長野 秀則
福島大学共生システム理工学類 横尾 善之

1. はじめに

降雨流出機構の理解には未だ不完全な点が多く、その主要なプロセスを特定する方法論さえも確立されていない。この問題の解決に向け、Yokoo (2014)は阿武隈川で観測された河川の水量・水質を利用して、河川流量をフィルター分離法(Hino & Hasebe, 1984)によって複数の成分分離した結果と、端成分混合解析 (End member mixing analysis: EMMA, Christophersen & Hooper, 1990)によって複数の成分に分離した結果を比較し、両者の類似性を見出している。本研究はYokoo (2014)で行われた研究を全国の河川で適用し、Yokoo (2014) の知見の一般性を確認することを目的として実施した。

2. 方法

本研究は、国土交通省の水文水質データベースから全国の一級河川のデータを取得して利用した。全国の一級河川から、淀川の銀橋、信濃川の長岡、利根川の足利、阿武隈川の黒岩の4ヵ所の流量および水質を同時にモニタリングしている観測点を解析対象とした。Hino & Hasebe (1984)のフィルター分離法は、千葉・横尾 (2015)にならって複数回にわたって適用し、河川流量を複数の成分に分離した。EMMAによる成分分離では、Yokoo (2014)にならい、濁度と導電度を利用した。

3. 結果と考察

フィルター分離法による成分分離結果と、EMMAによる成分分離結果を結果、淀川、信濃川、利根川の3河川において比較した結果を図1~3に示す。各図より、この3河川においてはフィルター分離法で分離した成分 Q_2 (2番目に減衰時定数が大きい成分) とEMMAによって分離した電気導電度のみが高い成分の変動に相似性があることが分かった。一方、図4に示す阿武隈川における結果では、フィルター分離法で得られた Q_2 成分は濁度と電気導電度の両方が低い成分の間に相似が得られた。

以上の結果から、Yokoo (2014)が報告したように、フィルター分離法による成分分離結果とEMMAによる成分分離結果には類似した変動を示す成分があることが確認できる。この結果は、フィルター分離による成分分離結果は単なる数学的な分離結果ではなく、地球化学的観点からも根拠がある結果であると言える。また、フィルター分離の結果と類似した変動を示すEMMAによる分離結果の水質特性が流域によって異なることは、流域内に貯留されている雨水の水質は流域毎に固有であることを示している。今後は、この固有性について詳しく検討する。

*Relationship of water quality of the river and runoff processes in watershed discharge by Nagano Hidenori and Yoshiyuki Yokoo

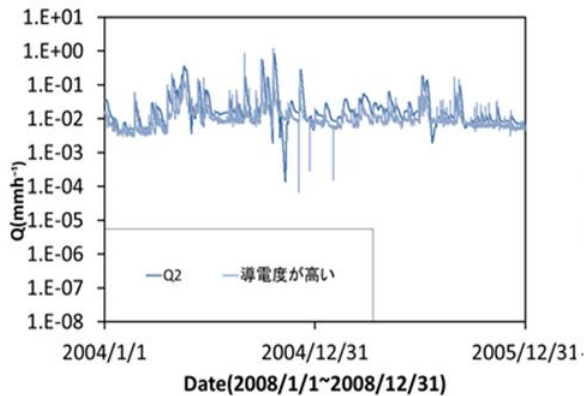


図1 淀川・銀橋で得られた結果

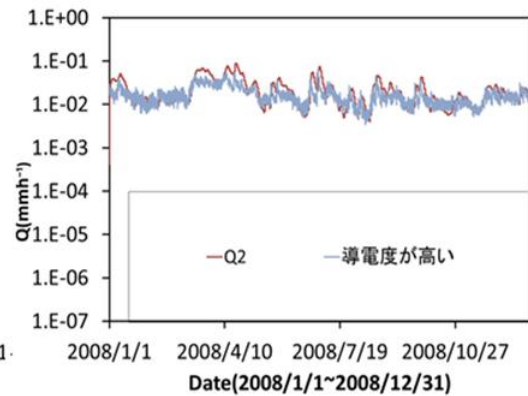


図2 信濃川・長岡で得られた結果

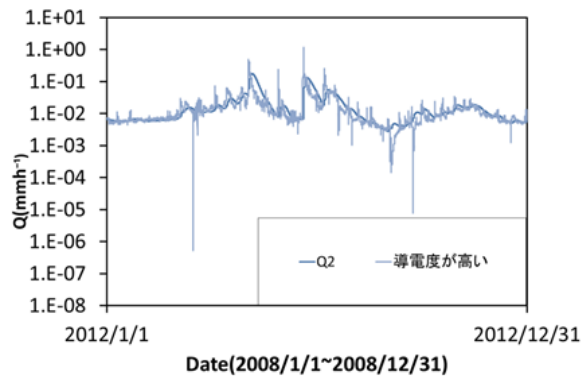


図3 利根川・足利で得られた結果

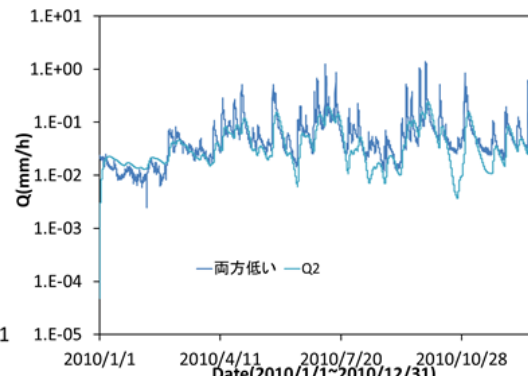


図4 阿武隈川・黒岩で得られた結果

参考文献

- Christophersen, N., Hooper, R. P. (1992) Multivariate analysis of stream water chemical data: The use of principal component analysis for end-member mixing problem, *Water Resour. Res.*, 28, 99-107, DOI: 10.1029/91WR02518.
- Hino, M., Hasebe, M. (1984) Identification and prediction of nonlinear hydrologic systems by the filter-separation autoregressive (AR) method: Extension to hourly hydrologic data, *J. Hydrol.*, 68, 181-210, DOI: 10.1016/0022-1694(84)90211-7.
- Yokoo, Y. (2014) Does discharge time source correspond to its geographic source in hydrograph separations? Toward identification of dominant runoff processes in a 300 square kilometer watershed, *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 11, 10931-10963, DOI: 10.5194/hessd-11-10931-2014.
- 千葉宇彦, 横尾善之 (2015) 流域スケールの雨水貯留量推定法の理論的修正とその効果, 土木学会論文集 B1 (水工学), 71 (4), (水工学論文集 第 59 卷), I_289-I_294.

司会：大野 晋先生

6 題（13:00～14:30）

tFISH/EEW 緊急地震速報で起動する即時津波予測*

東北大院理 堀内明子・日野亮太・太田雄策
エイツー 加地正明
東北大災害研 越村俊一
気象研 対馬弘晃

地震発生後に速やかに近地津波予測を行うことは防災上きわめて重要である。我々は、沖合津波波形逆解析による初期波高分布の推定に基づき、沿岸の津波波形を予測するアルゴリズムtFISHの性能評価の一環として、Mw7.3の2011年3月9日の三陸沖地震(以下、3.9地震)に伴う津波の予測実験を行ってきた(堀内ほか, JpGU2015)。地震発生6分後には精度の良い沿岸の予測津波波形を得ることができる一方で、沖合の津波データが十分に得られない地震発生直後では、正しい初期波高分布が得られず、沿岸での津波高を過小評価するという問題点があった。

近年、沖合津波観測波形データ以外の手段としてリアルタイムGNSSを用いたRAPiDアルゴリズム(Ohta et al., 2012)に基づいて得られる初期波高分布をtFISHと組み合わせ、地震発生直後の津波予測精度を改善する手法(tFISH/RAPiD)が提案されている(Tsushima et al., 2014)。しかし、RAPiDは、陸上GNSS観測点で十分大きい永久変位が観測されるM8以上の巨大地震に対しては有効であるものの、海域で発生するM7クラスの地震に対してはその精度が必ずしも十分ではない。一方で気象庁による緊急地震速報(EEW)は、M7クラスあるいはそれ以下の規模の地震に対しても、確実に震源情報を提供する。そこで本研究では、気象庁のEEWで地震後直ちに報ぜられる震源要素とtFISHを組み合わせ、津波を予測するアルゴリズムtFISH/EEWを開発している。ここでは、同アルゴリズムを3.9地震の実測データに適用して、その性能評価を行った。

tFISH/EEWにおいては、地震発生直後にEEWで得られる気象庁マグニチュードから経験則 (Wells and Coppersmith, BSSA, 1994)に基づいて矩形断層モデルを作成し、それによる海底上下変動を初期波高分布の開始モデルとする。この開始モデルを、沖合で観測される津波波形データを用いた逆解析に従って逐次修正し、改善された波源モデルに基づく沿岸の津波波形を予測する。ここでは、当時の緊急地震速報の最終報を用いて開始モデルを作成し、震源近傍の海底で得られた3.9地震の近地津波波形(Kubota et al., EPSL, 2016)を用い、tFISH/EEWによりGPS波浪計観測点における津波を予測した。また、開始モデルの起源となるEEWから得られる震央位置と規模がもつ不確実性も考慮して複数の異なる開始モデルを用いた予測も試行した。予測された津波波形を実測された波形を比較すると、開始モデルによらず、地震発生から2分後には波源直上の水圧計の津波データにより波源モデルが修正され始め、約10分後には観測波形と概ね一致する予測波形が得られることが分かった。

講演では、日本海溝海底地震津波観測網(S-net)のデータを用いてtFISH/EEWによる津波予測を行った場合の性能についても予察を加える。

*tFISH/EEW: Real-time tsunami forecasting based on offshore tsunami data and Earthquake Early Warning by Akiko Horiuchi, Ryota Hino, Yusaku Ohta, Masaaki Kachi, Shunichi Koshimura, and Hiroaki Tsushima

東北地方太平洋沖地震による秋田県内の誘発地震活動の推移*

弘前大学理工学研究科 小菅 正裕

1. はじめに

2011年東北地方太平洋沖地震後、震源から離れた内陸地域での誘発地震活動が活発になった。東北地方太平洋沖地震の発生から5年以上が経過しても誘発地震活動は依然として継続しているが、活動には時空間変化がある。このことは誘発地震活動の原因を探る上での重要な情報となる。そこでここでは、秋田県北部と南部での誘発地震活動の時空間変化を調べ、秋田県北部については、誘発地震の波形解析から推定される地震波散乱源の分布や異方性とも併せて、誘発地震活動の原因について議論する。

2. 誘発地震の震源分布と時空間変化

図1は、秋田県における震源分布を2011年～2013年と2014年～2016年の期間に分けて示したものである。誘発地震の震源域は、四角で囲んだ2つの領域のうち、秋田県北部が森吉山付近、南部が大仙市周辺である。その他に北秋田市付近や男鹿半島周辺での活動も活発になった。ここでは前者2箇所の領域を取り上げる。

図1を詳細に見ると、2つの期間での活動状況が森吉山付近と大仙市周辺ではかなり異なる。森吉山付近では活動度はあまり変わらないが、震源のクラスターの消長がある。最も活発であった森吉山の北側のクラスターでの活動が2015年後半からやや低下し、2016年からは森吉山の東の新たなクラスターでの活動が活発になった(図2)。このクラスターでの震源の深さは5km未満のものが多く、森吉山の北側のクラスターの震源に比べて系統的に浅い。一方、大仙市周辺では前半の期間の活動は森吉山付近よりも広範囲で活発であったが、後半の期間での活動は顕著に低下した。

3. 議論とまとめ

Kosuga (2014)は、森吉山周辺で発生した地震のS波の後に見られる顕著な後続波をS-S散乱波と解釈し、散乱源は森吉山の北西の深さ13km付近に存在すると推定した。また、この散乱源は、深部低周波地震を伴って上昇した地殻流体の分布域である可能性を指摘した。小菅(2016)は森吉山周辺の誘発地震を用いてS波偏向異方性の解析を行い、速いS波の振動方向が震源メカニズム解の節面方位に調和的であることから、異方性は誘発地震の断層面によると考えた。この場合も、断層面に流体が存在すると考えると、より効果的に異方性が生じることになる。

誘発地震活動が東北地方太平洋沖地震による応力変化に起因すると考えると、その活動が5年以上継続していることや、地震活動の消長を説明することは困難である。誘発地震活動そのものが周辺の応力場を乱していると考えするには、誘発地震の規模は小さすぎる。従って、誘発

*Spatiotemporal variation of seismicity in Akita prefecture triggered by the Tohoku-oki earthquake by Masahiro Kosuga

地震活動の時空間変化も、地殻流体の寄与と考えると矛盾が少ない。

文献

Kosuga, M., 2014, Earth Planets Space, 66:77.

小菅正裕, 2016, 日本地震学会 2016 年秋季大会予稿集.

謝辞 本研究では気象庁一元化震源要素と観測値及び Hi-net 観測点の波形データを使用した。関係機関に厚く御礼申し上げます。

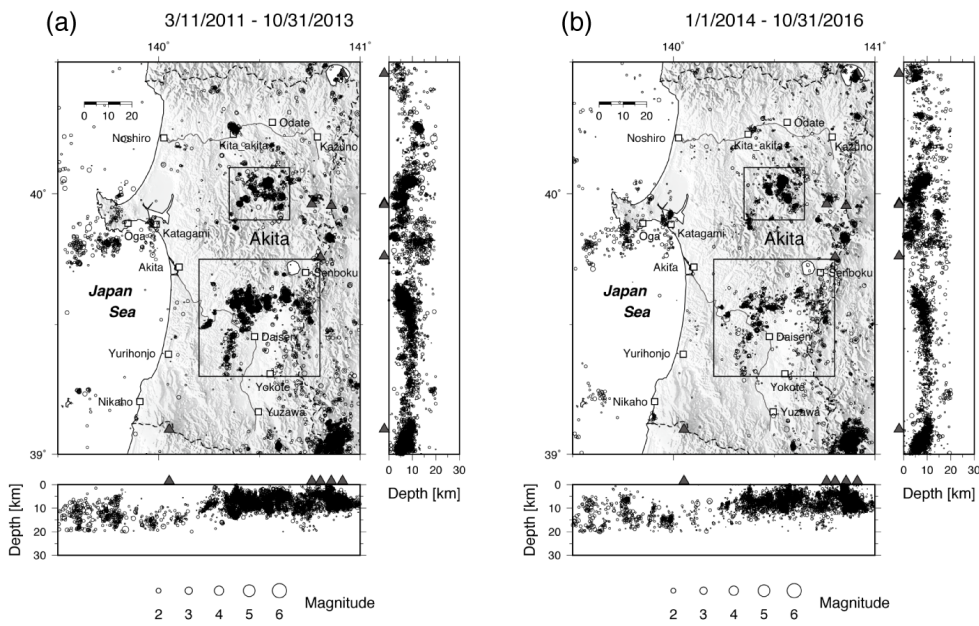


図 1 秋田県における震央分布の時間変化。

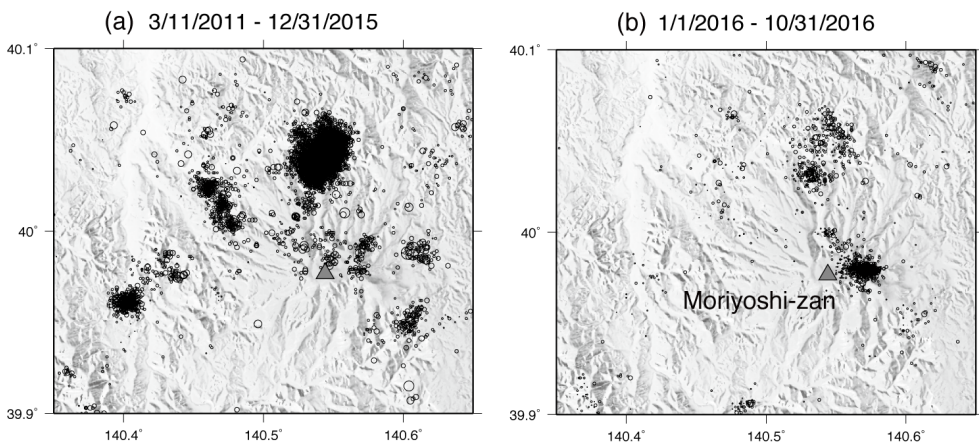


図 2 森吉山周辺における震央分布図の時間変化。三角印が森吉山の位置を表す。

実観測記録に基づく偏心を有する建物の振幅依存振動特性*

東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻 都丸英剛
東北大学災害科学国際研究所 源栄正人

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震は東北地方を中心に東日本各地に甚大な被害をもたらした。近年では災害発生時の最中・直後の意思決定、あるいは事業計画を適切なものとするために構造ヘルスマモニタリングに注目が集まっており、盛んに研究が行われている¹⁾。しかしながら、実構造物を対象とした損傷検出、健全性評価を検討した例は十分とは言えず、定量的検証を行うための知見不足が課題となっている。

本報告では、多くの地震を経験した石巻市牡鹿総合支所庁舎を対象に、微動レベルから強震動レベルの長期モニタリングによる実観測記録に基づいて、地震時とその前後、復旧耐震補強工事前後における振幅依存振動特性の分析を行う。

2. 対象建築構造物

対象建築構造物である石巻市牡鹿総合支所庁舎は、宮城県牡鹿半島南端の鮎川浜の高台にある、1975年10月竣工の地下階無しのRC造地上3階建の事務所建物である。2007年3月より観測を行っている。東日本太平洋沖地震において、1階で675gal、3階で1055galの貴重な強震記録が観測された。図1に断面図と平面図、を示し、強震計位置を●で示す。

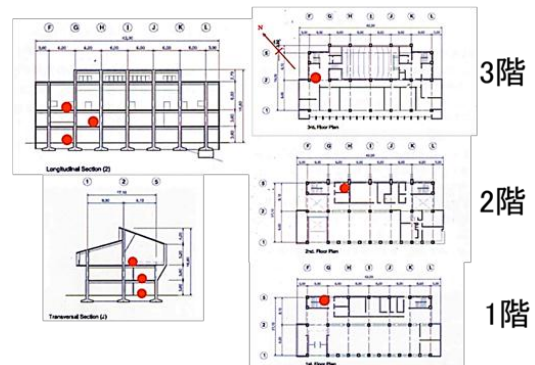


図1 断面図、平面図と強震計位置

既往の研究²⁾で対象建築物の牡鹿総合庁舎には、4Hz強、5Hz周辺と6.5Hz周辺に固有振動数が

卓越し、短辺方向の並進、長辺方向の並進、ねじれモードが存在する2軸偏心の建築構造物である事が分かっている。これら3つのモードの固有振動数の推移を分析する。

3. 長期微動観測記録に基づく振動特性

微動連続観測記録を基に、以下の手順で固有振動数の変化を求めた。3階の観測記録を用いて、深夜1時間のノイズの少ない10分間の記録を抜き出し、フーリエスペクトルのアンサンブル平均をとることにより求めた。長期モニタリングの結果を日平均気温変化と共に図2に示す。日平均気温は最寄りの石巻気象台のデータを用いた。赤枠で囲った部分は復旧・耐震補強工事を行った時期である。

* The amplitude dependent dynamic characteristics of a building structure with eccentricity based on long-term monitoring data by Hidetaka TOMARU, Masato MOTOSAKA

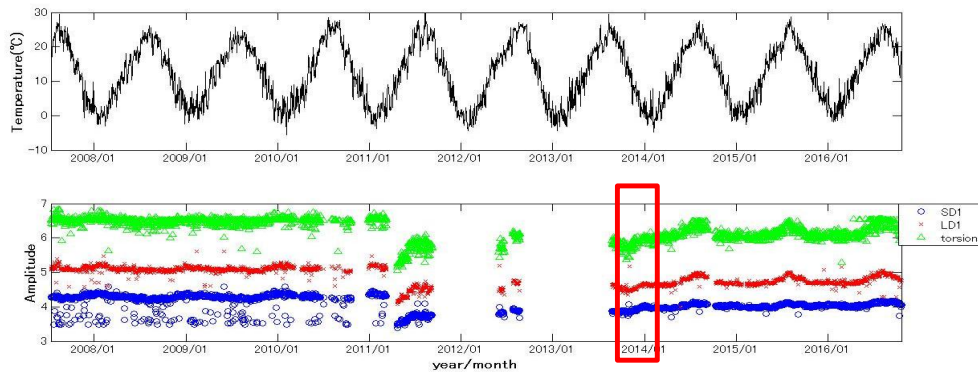


図2 日平均気温と3つのモードの固有振動数推移

3つの固有振動数はほぼ平行に推移をしており、東北地方太平洋沖地震による剛性低下の際も同程度の振動数低下をしている。だが、改修後の季節変動幅がねじれのモード程大きくなっている。また、改修前は、冬季に振動数が最大になっているが、改修後には夏季に最大となっている。コンクリートは健全な状態程、温度上昇による固有振動数の増加が大きくなる³⁾ことから改修工事の効果が出ていることが分かる。また期間中に明らかな振動数の上昇が見られる。

4. 地震時における固有振動数変化

図3に東北地方太平洋沖地震時の伝達関数の変化を示す。切り出し時間は10.24秒でシフト時間は5.12秒である。第一波が到達するとともに徐々に振動数が低下し、揺れが落ち着くと再び上昇していることが分かる。また、第二波到達時にねじれの固有振動数と長辺1次の固有振動数が近接していることが分かる。建物に大きな損傷を受けたと考えられる。

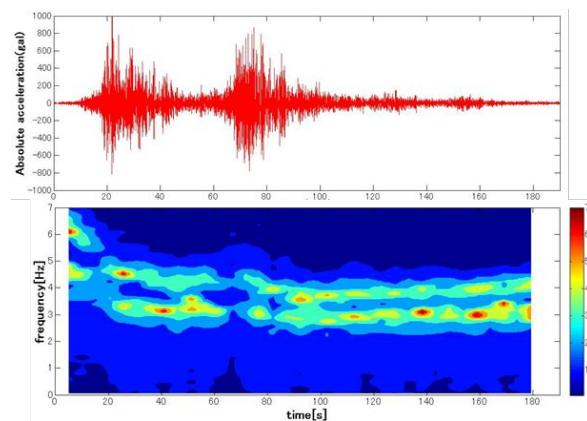


図3 3/11SD地震継続中伝達関数変化

5. まとめ

リアルタイム構造ヘルスマニタリング構築に向け、実存建造物の振動特性の長期変化に基づく評価を、3つのモード固有振動数を対象に行った。今後は3つの固有振動数の関係性を考慮した関係式を導き、剛心位置の変化を追跡する。

[参考文献]

- 1) 源栄正人ほか:東北地方太平洋沖地震における被災建物の振幅依存振動特性の長期モニタリング, 日本地震工学会論文集 第12巻、第5号(特集号), pp117-131, 2012
- 2) Francisco Arrecis ほか: Development of an Integrated Early Warning and Structural Health Monitoring System for Real Time Earthquake Information, 東北地域災害科学研究 第44巻 (2008), pp29-34, 2008
- 3) 金澤健司: コンクリート系建物の固有振動数の日変動メカニズムの解明、日本建築学会構造系論文報告集, 第612号, pp. 63-71, 2007. 2

東日本大震災の振動被害悉皆調査結果に基づく被害率推定の検討

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

1. はじめに

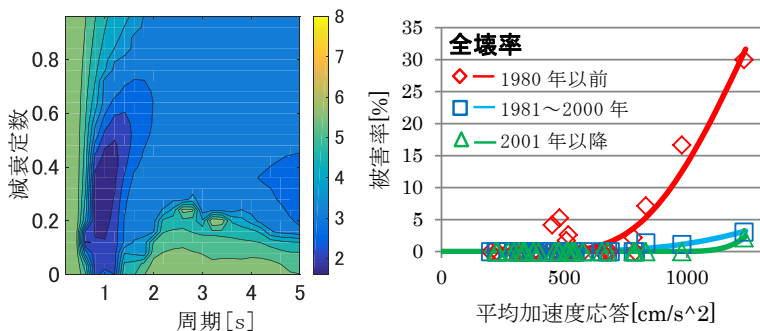
地震被害想定の研究では、兵庫県南部地震の地震動被害データから被害率曲線を算定しているものが多い^{例え 1)}。しかし、それ以降の地震では同一震度でも実被害率が小さい傾向²⁾や、罹災証明のデータでは被害率が大きく評価される傾向³⁾がある。そこで、本研究では M9.0 を記録した 2011 年東北地方太平洋沖地震の強震記録と悉皆調査による建物被害データを用いて、建物群の振動被害率曲線の検討と、建物群モデルを用いた応答解析による被害率推定の検討を行った。

2. 悉皆調査に基づく建物群被害率

被害データは日本建築学会が行った、東日本大震災の悉皆調査結果⁴⁾を用いた。建物群は構造種別(木造・S造・RC造)、建築年代(1980年以前、1981~2000年、2001年以降)によって分類し、地盤変状がある建物はデータから除いた。これらのデータを整理し、各悉皆調査地域、各建物群の被害率(一部損壊以上率、全半壊率、全壊率)を算出した。各地点の地震動データには東北大学、東北工業大学、気象庁、防災科学技術研究所の強震記録を用いた。

3. 地震動指標の検討

境ら⁵⁾にならい、木造建物群の実被害率と相関の高い地震動指標として、周期と減衰定数の範囲を検討した。減衰定数を 0~1.0 と変化させて周期 0~5 秒の弾性加速度応答スペクトルを計算しておき、周期と減衰定数の組み合わせごとに実被害率と推定被害率の残差の標準偏差を求め、コンターにして示した。図 1 に木造・1980 年以前の全壊率の例を示す。実被害率と相関を持つ周期は 0.7~1.1 秒、減衰定数は 20~40% 程度であることが分かる。なお、他の建築年の全半壊率及び全壊率においても同程度の範囲で他に比べて相関がよくなった。境ら⁵⁾は周期 1~1.5 秒、減衰定数 20~30% が建物の被害率との相関が高いと報告しており、それよりも短周期側で相関が高くなる結果となった。周期 0.7~1.1 秒、減衰定数 20~40% の加速度応答の平均値を地震動指標として、建築年別に全壊率の被害率曲線を求めた結果を図 2 に示す。おおむね実被害率と推定値が対応していることが確認できる。



(左) 図 1 建物被害と相関を持つ周期と減衰定数

(右) 図 2 木造全壊率の被害率曲線

4. 建物群の応答解析による検討

悉皆調査地域の建物群を一質点系のモデル群で表し、それらの非線形応答解析によって被害率を求める。建物群モデルの作成方法は以下の通りである。

境ら⁶⁾の平均的な木造建物群の周期分布から変換したベースシア係数分布を、小檜山ら⁷⁾の耐震診断の地域性に従って補正し、東北地方の平均的なベースシア係数分布を求める。これを鈴木ら⁸⁾の各建築年の骨格曲線に従って係数倍して、各建築年のベースシア係数分布を求めた(図3)。各分布をそれぞれ49分割して、骨格曲線として用いるSlip+Bilinearモデルのベースシア係数に当てはめる。また、質量は屋根の重量によって変化するとし、悉皆調査の屋根種別より「土葺瓦」「土無瓦」「金属・スレート」の3種で質量を設定し、悉皆調査地域毎に各屋根の存在比で重みづけする。よって、建物群モデルは各建築年で $49 \times 3 = 147$ モデルとなる。これに各悉皆調査地域で観測した地震動を入力して非線形応答解析(図4)をする。層間変形角が一定の値を越えたモデルを全壊と判断して、各悉皆調査地域におけるモデル群の全壊率を算出する。

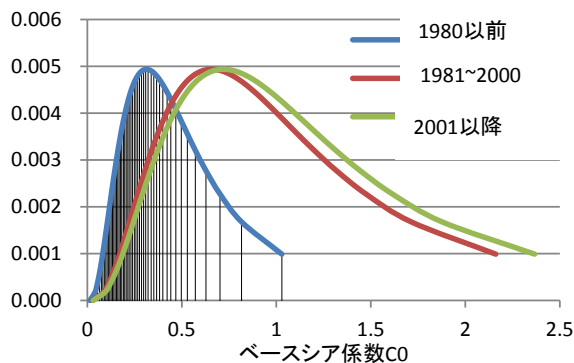


図3 東北地方における各建築年の耐力分布

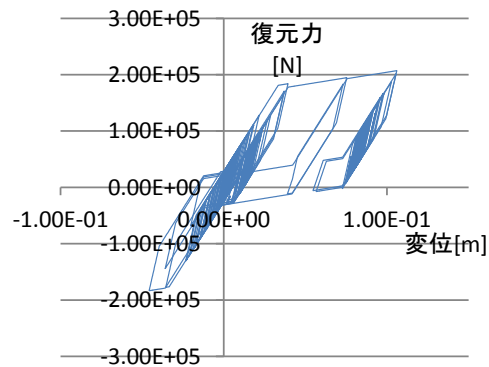


図4 Slip+Bilinear 応答解析結果の例

5. まとめ

東日本大震災の悉皆調査結果に基づき、構造種別・年代別の被害率曲線と、建物群モデルを用いた被害率推定の検討を行った。木造について弾性加速度応答を指標とした場合、減衰定数を20~40%、周期0.7~1.1秒の平均加速度応答が実被害率との相関がよいことが分かり、これを用いて被害率曲線を求めた。境ら(2013)⁵⁾の報告と比べて短周期側で相関がよくなる結果となった理由も含め、今後は建物群モデルを用いた応答解析による検討を進めていく。

[参考文献]

- 1) 山口直也ら：地域安全学会論文集，No. 2，2000，pp. 129-138
- 2) 翠川三郎ら：日本地震工学会論文集，第2巻，第2号，2002，pp. 15-2
- 3) 村尾修ら：日本建築学系計画系論文集，第515号，pp. 187-194，1999
- 4) 日本建築学会：2011年東北地方太平洋沖地震災害調査速報
- 5) 境有紀ら：日本建築学会構造系論文集，第78巻，第683号，2013年，pp. 35-40
- 6) 境有紀ら：日本地震工学会論文集，第9巻，第1号，2009，pp. 32-45
- 7) 小檜山雅之ら：第11回日本地震工学シンポジウム，pp. 2097-2102
- 8) 鈴木賢人ら：日本地震工学会大会，2016梗概集，P3-20

小学校区レベルの地震リスク評価に基づく 耐震改修の適正な目標評点と説明ツールに関する研究*

東北大学 工学部 ○小野寺 凜成
東北大学災害科学国際研究所 佐藤 健

1. 背景と目的

仙台市では、自助共助を防災対策の上で重要な取り組みと位置付けている¹⁾。しかし、住民に対し奨励される、耐震改修で目標とすべき耐震診断評点は、市内で一律1.0以上となっている²⁾。そのため、地区特性と住民にとっての改修可否の2点を考慮する余地がある。

そこで本研究では、地区特性と住民の判断の2点を考慮した地震リスク評価を行い、適正な目標評点を求めた。また最終的に、住民が改修する際意思決定支援として、評価結果を提示する説明ツールを作ることを目指す。そのため、評価は説明ツールで提示することを想定して行った。本稿では、説明ツールの一部となる、リスク評価と目標評点の適正化の結果を示す。

2. 評価対象

対象とする地区は、仙台市内南部の16小学校区とした。図1のように、ハザードの大きさが異なり、比較することができる小学校区を選択した。評価の対象となる被害は、上部構造に関して、木造住宅の建物被害と、それによる死者数、損失額の3つとした。また、地区特性としては、各地区の地震動発生確率、年代別住宅棟数、年代別平均床面積の3つを考慮した。

3. 評価手法

地震リスク評価は、主に山口ら³⁾の手法に倣って被害の30年間期待値を250mメッシュ単位で数値解析し、小学校区ごとに総和することで行った。地震動のデータはJ-SHIS⁴⁾から得られるものを利用し、木造住宅データはH19年度被害想定⁵⁾時のものを使用した。

目標評点の適正化は、目標評点を0.1,0.2,0.3,...,1.5と変化させ、それぞれの場合の改修後の地震リスク評価結果を比較することで行った。住民が改修するか否かの判断は、木耐協のアンケート結果⁶⁾を回帰し、費用と点差によって変化する確率で表現した。目標評点と改修前評点による改修確率の曲線を、図2に示す。改修後の被害から、適正な目標評点を検討した。

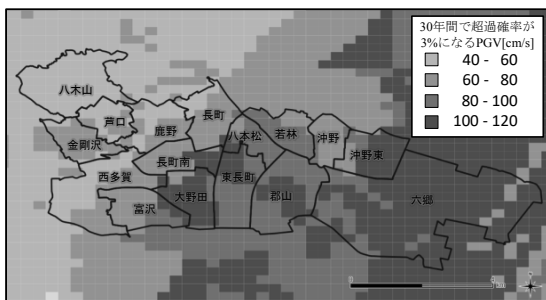


図1：対象小学校区とハザード

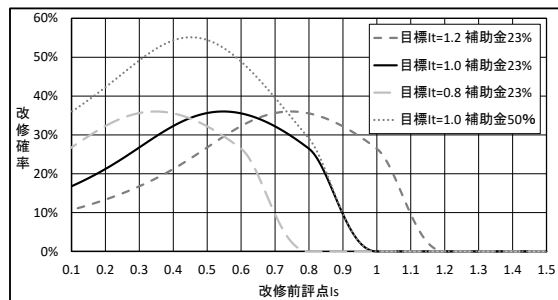


図2：費用と点差によって変化する改修確率

*A study about reasonable target level of seismic retrofit and decision support tools for local residents based on seismic risk evaluation at elementary school district level by Rinsei Onodera and Takeshi Sato

4. 評価結果

各被害期待値の、目標評点による変化を図3, 4, 5に示す。代表として、八木山、富沢、若林、六郷の4小学校区を抜き出した。各被害の最小となる目標評点が適正だと考える。

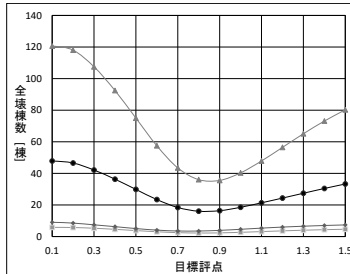


図3：全壊棟数の変化

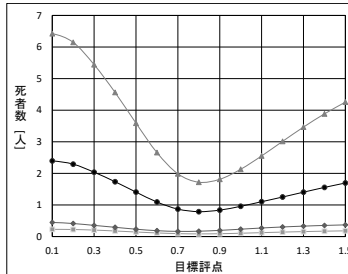


図4：死者数の変化

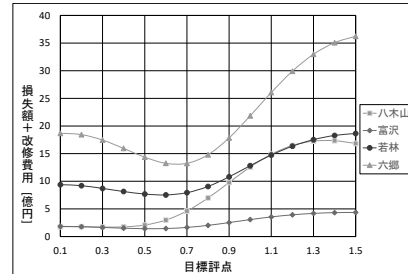


図5：損失額+改修費用の変化

全壊棟数と死者数については、地区によらず、それぞれ同程度の目標評点(0.8~0.9)で、最少となった。対して、損失額と改修費用の和については、地区のハザードの大きさと強い相関があった。ハザードの大きい六郷では高い評点(0.7)で、小さい八木山では低い評点(0.3)で被害が最小となった。しかし、残りの地区特性である年代別の住宅棟数と平均床面積、さらに住民の判断に関しては、有意な影響がみられなかった。これらの影響を無視できるとした場合は、ハザードのみを参照することで、適正な目標評点を簡便に推定できる可能性があるといえる。

本稿では、各被害が最小となる目標評点を適正值としたが、各被害をすり合わせた適正化も可能である。例えば、死者の許容人数を定め、それを満たす範囲で損失額と改修費用の和が最小となるような適正化をすることもできる。

5. まとめと今後の課題

地区特性と住民の判断を考慮して、仙台市南部の小学校区レベルの地震リスク評価を行い、耐震改修の目標評点を適正化した。建物被害や人的被害に注目すると、目標評点は地区によらず、0.8~0.9が適正值となった。対して、損失額と改修費用の和に注目すると、ハザードが大きい地区ほど目標評点が高く適正化された。

今後は、ハザード以外の考慮対象に関して、影響を考察する。また、評価対象を地区全体の視点から住民視点に近づけながら、説明ツールを具体的に作成していく。

<謝辞>

本研究を進めるにあたり、東北大学 源栄正人教授に、木造住宅に関して貴重なデータを使用させていただいた。ここに感謝の意を表す。

<参考文献>

- 1) 仙台市防災会議：仙台市地域防災計画【共通編】，第2部第1章，平成27年4月
- 2) みやぎ木造住宅耐震改修工事促進助成事業補助金交付要綱，宮城県公式HP，<http://www.pref.miyagi.jp/soshiki/kentaku/taishinjigyoku.html>，(参照2016/10/19) など
- 3) 山口，森，井戸田：木造住宅の実効ある耐震化戦略と耐震化促進のためのリスク情報 耐震改修促進のための意思決定支援ツールに関する研究(その2)，日本建築学会構造系論文集，第73巻，第632号，1719-1726，2008年10月
- 4) 地震ハザードステーション J-SHIS，”データダウンロード”，<http://www.j-shis.bosai.go.jp/map/JSHIS2/download.html?lang=jp>，(参照2016/10/23)
- 5) 仙台市防災会議：仙台市地域防災計画，地震災害対策編，第6節，p.20，平成19年3月
- 6) 日本木造住宅耐震補強事業者協同組合(木耐協)，”調査データ” 「2013年01月19日発表 耐震補強にかかる金額の意識について」 <http://www.mokutaikyo.com/data.html> (参照2016/10/14)

司会：柴山 明寛先生

8 題（14:45～16:45）

秋田県沿岸市町における中学生の防災意識に関する研究*

秋田大学工学資源学部 安田 慎吾
秋田大学地方創生センター 鎌滝 孝信
秋田大学大学院理工学研究 渡辺 一也

1. はじめに

2011年3月11日の東日本大震災以降、大規模な自然災害が起きた際に一人一人が主体性を持った減災行動をとることが必要と、様々な場面で唱えられている。また、近年では太平洋側と日本海側における住民の防災意識の違いが問題になっており、相対的に太平洋側では防災意識が高く、日本海側では低い傾向にあるとされる(内閣府, 2016)。このような背景から、秋田県内では、小学生を対象とした防災意識に関するアンケート調査が実施され、アンケートそれぞれの質問に対する回答の単純集計およびクロス集計結果を基に検討が行われてきた(佐藤ほか, 2016)。一方、地域の過疎化、高齢化が進む秋田県の各自治体では、中学生や高校生が地域防災における次世代のリーダーとして活躍していくことが期待されている。そこで本研究では、日本海側に位置する秋田県沿岸市町の中学生の防災意識に関するアンケート調査を行った。また、比較対象として、今後南海トラフでの大きな地震が想定される愛知県と三重県の中学生との防災意識の違いを比較し、秋田県の中学生が意識すべき課題について検討する。

2. 調査実施学校

調査対象とした中学校は、秋田県内で八峰町1校、能代市7校、男鹿市4校、潟上市3校、秋田市2校の計17校である。秋田県以外では、愛知県愛西市と三重県桑名市でそれぞれ1校ずつを対象とした。また、秋田県能代市の5校と愛知県愛西市および三重県桑名市の中学校は、それぞれ米代川と木曾川すなわち一級河川の下流部かつ沿岸の周辺に立地していることから、それぞれの周辺地域特性が似ていると判断し比較対象とした。

3. 調査方法

アンケート調査は2016年7月～10月に実施し、実施校の教員を通じて生徒にアンケートを配布し、その場で記入および回収を行った。アンケートの回収は秋田県、愛知県、三重県合わせて19校、4827人である。回収したアンケートは、それぞれの質問の回答に対する単純集計を行い、さらに2つ以上の質問の回答を組み合わせたクロス集計を行った。また、学校周辺の地域特性が似ていると考えられる秋田県能代市と愛知県愛西市および三重県桑名市にある中学校における集計結果の比較を行うことによって、秋田県の生徒が今後意識していかなければならない課題について検討した。

*Investigation on disaster prevention awareness of the junior high school students in the coastal area of Akita Prefecture by Shingo Yasuda, Takanobu Kamataki, and Kazuya Watanabe

4. 結果

本講演では、「避難に関する知識」と「ハザードマップの認知」についての結果と考察を行う。「自然災害が起きた際、避難の仕方を知っていますか？」という質問で得られた回答別に、「ハザードマップがどのようなものか知っていますか？」という質問に対する回答の集計結果は以下のとおりである。

(1) **秋田県内の生徒のみの集計結果**：避難の仕方を「知っている」と回答した生徒では、ハザードマップを認知している生徒の割合は76%だった。一方、避難の仕方を「知らない」と回答した生徒では、ハザードマップを認知している生徒の割合は57%であった。

(2) **能代市と愛西市および桑名市の生徒の集計結果の比較**：能代市と愛知県および三重県で集計した生徒の人数に多少の差はあるが、今回の質問では能代市の生徒がハザードマップを「知っている」と回答した人が全体の約73%で、愛知県・三重県の生徒がハザードマップを「知っている」と回答した生徒が全体の71%となった。

5. まとめ

ハザードマップを認知している割合についてみると、避難の仕方を「知っている」と回答した生徒は、(1)(2)のどちらでも70%を超える結果となった。また、避難の仕方を「知らない」と回答した生徒でも、(1)(2)のどちらも60%前後となった。このことから、中学生がハザードマップを認知している割合は比較的高いといえるのかもしれない。しかしハザードマップは自然災害が起きた際、避難する上で重要かつ有用なものであるため、普段の学校の授業で防災教育を行うことや、防災に関するイベントなどを開催することでハザードマップの認知度をさらに向上させる取り組みを行っていく必要がある。また、ハザードマップを生徒に自ら作る機会を与え、自発的に防災に関して意識を持たせることが必要であると考えられる。

6. 謝辞

アンケート調査を実施するにあたり、秋田県教育庁保健体育課および八峰町、能代市、男鹿市、潟上市、秋田市の各教育委員会、秋田県内17校、愛知県内1校および三重県内1校の中学校の校長をはじめとする教職員および生徒の方々に多大なる協力を頂いた。この場を借りて深く感謝いたします。

参考文献：伊村則子ほか、千葉県市原市立小学校における小学生と保護者を対象とした防災に関する調査報告書、2009；内閣府、平成28年度版防災白書、2016；佐藤ほか、秋田県内の小学生および保護者の防災意識に関する研究、土木学会東北支部講演要旨、CD-ROM、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－*

山形大学大学院教育実践研究科 村山 良之

1. はじめに

山形大学地域教育文化学部では、2015年度から児童教育コース（小学校教員養成課程）において、防災教育科目「教員になるための学校防災の基礎」を開講し、2015年度入学生が3年生となる2017年度から必修科目として本格開講する。選択科目としての開講2年間の実績を踏まえて、その成果と課題について検討する。

またこの間、学部改組が決まり、2017年度入学生から新たな学部での教育、研究が開始されることになった。新学部は従来の5コースから2コースとなり、児童教育コースはそのままで、文化創生コースが新設されることとなった。これにともない防災教育が充実されることとなり、現在その詳細を検討中の防災教育科目について報告する。

2. 「教員になるための学校防災の基礎」開講2年の成果と課題

同科目では、地球科学的内容を授業時数の約半分を割いて前半に8コマ、後半に防災教育と防災管理の実際的内容を6コマ置いている。また授業担当者として、筆者を含む大学教員3名の他、現職校長と山形地方気象台から、いずれも無償で支援していただいている。

開講2年目にあたる2016年度は、開講初年度の反省を踏まえて、オリエンテーション段階で、前半の地球科学的な知識が自校化（ローカライズ）の土台でありひいては学校防災の鍵であることをよりていねいに説明した。さらに後半の最初となる第10回目の授業では、ハザードと土地条件に関する情報の把握方法について、事例地域を示しつつ前年度以上にていねいに説明した。第10回目授業後の感想や2016年度授業終了後の学生からの感想によれば、前半の地球科学的内容の授業が前年度よりもわかりやすかったことがうかがえる。授業全体への感想においても、肯定的なものが前年度同様に多く得られた。

学部改組でも変わることなく設置される児童教育コースでは、本科目が必修科目として継続開講されることとなった。2017年度以降は、そもそも受講を希望していない学生を含む受講生対象の授業となるため、これを踏まえてよりいっそう授業の改善に努めていきたい。

3. 学部改組にともなう防災教育科目の新設

学部改組によって新設される文化創生コースは、『地域社会における文化的な豊かさの保持と健やかで安心な生活の維持に寄与する「地域課題解決のスペシャリスト」を養成』することを目的とするもので、その必修科目として「地域防災論」が開設され、筆者が担当することとなった。同科目は、2年生後期に置かれるため、2018年度後期からの開講となる。

*Disaster education in Faculty of Education, Arts and Science in Yamagata University by Yoshiyuki Murayama

同コースは、定員 95 名で、「心身健康支援」と「芸術文化創生」の 2 つのプログラムからなり、前者は食物学および心理学を、後者は音楽芸術学、造形芸術学、スポーツ科学を中心とするプログラムである。このような多様な専門性を持つまたは志向する学生を対象とし、必修科目としての防災教育科目の設計は大きな課題である。

まず、既設防災科目が教員養成課程対象であるために学校防災に焦点を当てたものであったのに対して、新規科目では、地域課題としての防災の課題解決に取り組む人材の養成のための、より幅広い内容が求められる。一方で、上記のような多様な受講生を対象にかつ必修科目として設置されることから、地域防災に対する必要感の醸成と、最低限の地球科学的内容の理解および同内容への興味を喚起することが基盤となる。かなり高いハードルが想定される。

いまのところ、下記のような授業計画を検討中である。

2018 年後期開講予定「地域防災論」授業計画案

- 第 1 回：ガイダンス／本授業の目的、方法、概要について説明する。
- 第 2 回：地域防災の課題／受講生の体験や『記録集』等をもとに、東日本大震災等で明らかになった防災の課題を把握する。
- 第 3 回：地震と津波による災害／プレートテクトニクス、活断層、地盤、液状化
- 第 4 回：気象災害／梅雨、台風、前線、水害、風害、雪害
- 第 5 回：地形と水害／沖積低地
- 第 6 回：火山災害／火山灰、火砕流、火山泥流
- 第 7 回：前回までの内容をふまえて、地域で防災に取り組む際に把握すべきハザードと土地条件について検討する。
- 第 8 回：災害の一般的構造／誘因（ハザード）と素因、災害過程
- 第 9 回：防災法規と制度／地域防災計画、自助、共助、公助、自主防災組織
- 第 10 回：地域の防災課題／「DIG」
- 第 11 回：災害場面での行動選択／「クロスロード」
- 第 12 回：避難と避難所／学校地域連携、防災訓練
- 第 13 回：ボランティア／
- 第 14 回：災害復興／心のケア（サポート）、教育支援
- 第 15 回：まとめ／地域防災の課題と受講生が果たすべき役割

まだ未確定の計画であるが、上記の目的と受講生の状況を踏まえると、各回の内容とともに授業の方法についての工夫が必要である。受講生につながる題材を適確に取り上げることや、受講生の活動を授業に多く取り入れること等が求められよう。これらは、教育効果の向上に寄与しひいては既存科目の改善にもつながることが期待される。

4. おわりに

山形大学地域教育文化学部では、教員養成課程における学校防災に関する教育に加えて、地域課題解決に取り組む人材養成を目指す新コースにおける防災教育に、取り組むことになる。

小学校社会科における新潟地震の教材化

山形大学大学院 教育実践研究科 黒田 輝

1. 問題と目的

平成 28 年度から用いられている中学校社会科地理的分野の教科書は、東日本大震災の内容を中心に防災の内容が充実した。この変化は前年度から使われている小学校社会科の教科書でも同様であり、たとえば第 4 学年の単元「安全なくらしを守る」では、火災・風水害・地震などから選択して取り扱うことになっているが、地震に関する内容が前の版よりも充実している。

身近な地域を主題として扱う第 3・4 学年では、教科書の代わりに自治体の教育委員会が作成した副読本を用いて授業を行う学校が多い。しかし、山形県鶴岡市と酒田市の副読本には、いずれも地震の内容はない。山形県庄内地方で地震を小学校社会科で扱うとすれば、1964 年新潟地震を教材として学習することが望まれる。新潟地震の発災から 50 年以上が経過し、これを経験した人が減っており、当時を記憶する最後の年代の教員が退職しつつある。防災の内容が充実した教科書だけでなく、実際に学校現場で使われる副読本において地元の災害を題材とすることが求められる。そこで本研究は、庄内地方の小学校社会科の授業で活用できる新潟地震の授業案及び資料を作成し、同地域の防災教育の発展に寄与することを目指す。

2. 方法

小学校学習指導要領社会編（以下、学習指導要領）及び、現行の社会科教科書を検討し、新潟地震を授業で扱うことができる単元のリストアップを行い（図 1）、そして、独自に作成した資料がそれぞれの単元で活用可能かを検討する。

田村（2016）は新潟地震が庄内地方にもたらした被害状況を、既存の記録、当時の様子を知る人への聞き取り調査、当時書かれた作文などを通して明らかにした。この結果を小学校社会科で活用できるよう、資料を選択、一部加工して、新潟地震の内容を含む独自の副読本ページ案の作成と資料の作成を行う。第 3・4 学年対象の教材は、既存の鶴岡市と酒田市の副読本に差し替えや追加が可能なページにする。一方、第 5 学年及び第 6 学年の社会科の授業は教科書が使われているので、教科書を中心にした授業展開に適合する新潟地震関連の内容を盛り込んだ資料と授業案を作成する。

3. 結果

第 3 学年では「市の様子」、「飲料水・電気・ガス」などの単元での扱いが可能である。学習指導要領には、地域の地理的環境や人々の生活についての理解が学習内容として示されている。学習指導要領との整合性を十分に踏まえたうえで、新潟地震による地元の被害の様子や、発災後の給水の様子を物語る写真の活用が考えられる。

*The work of making a teaching material of The Earthquake In Niigata for elementary school social studies by Hikaru Kuroda

第4学年では「安全なくらしを守る」、「地域の古いもの探し」などの単元での扱いが可能である。両単元で、地域の人々の思いや願いに焦点を当てて学習を行うため、副読本の活用は不可欠である。とくに、第4学年の単元「安全なくらしを守る」で、副読本ページ（資料2）の活用によって、本単元の選択項目で地震を選択し、新潟地震を学習することが可能になるよう作成した。中学年の社会科では、人々の思いや工夫などが主題として取り上げられるので、田村が明らかにした新潟地震を経験した人々への聞き取り調査や作文などの資料も活用できる。

学年	○どの単元で扱うか	・何を教えるか	◆何を資料（写真）にするか	☆どうやって教えるか
第3学年	○市の様子	・私たちが暮らす町は素晴らしいところがたくさんある。地震に備えることでさらに素晴らしい町にできることを教える。	◆写真「倒壊した京田幼稚園」(図1-5)	☆写真資料を提示し、なぜこのようなことが起こったのかを考えさせ、庄内を襲った地震がかつて起こったことをとらえさせる。
	○飲料水、電気、ガス	・地震の時には水道が使えなくなることを教える。 ・給水の様子から、水が人々にとって大切なものであることを学ばせる。	◆写真「光ヶ丘地区各酒造店の給水の様子」(図1-4) ◆写真「光ヶ丘地区夜間給水の様子」(図1-5)	☆給水の様子の写真から、薄くおしよりにしている様子やたくさんの人が水を求めていたことを理解させる。 ☆（他には？）
第4学年	○安全なくらしを守る	・地震が発生するとどんなことが起こるかを教える。	◆写真「国道47号線の決壊」(図2-6) ◆写真「飯盛山噴砂」(図2-13)	☆新潟地震当時の被害の様子を伝える写真を提示する。 ☆現在、地震に備えを行っている人々の思いや工夫を取り上げて、地域では地震の対策が行われていることをつかませる。 （資料が必要）
	○地域の古いもの探し	・かつて大地震があったことを教えてくれる石碑が残されていることを教える。	◆写真「天保の大津波墓碑」	☆石碑にどんなメッセージが込められているかを考えさせる。

図1 新潟地震の扱いが見込まれる単元（中学年）

庄内地方でおこった地しんはどんな被害をもたらしたのでしょうか。

たかしさんたちは、庄内地方に大きなひ害をもたらした、新がた地しんについて調べました。

庄内地方をおそった新潟地震

新がた地しんは1964年（昭和34年）に、新がた県の沖で発生しました。この地しんで新がた県はもちろん、山形県の広いはんに大きなひ害をもたらしました。

鶴岡市では大山の多くの酒ぐらが地しんでつぶれてしまいました。大山の町は悪臭がたちこめたとされています。

酒田市では道路の一部が地しんによって大きなひびわれが生じました。合計1500の家がこわれるひ害になりました。

新潟地震の発生時刻

新潟地震の発生時刻（人） 資料(2016)より

図2 副読本ページ「安全なくらしを守る（地震）」

第5学年では「国土と自然」の単元で、日本で過去に発生した自然災害全般を扱う。この単元で新潟地震を取り上げることは、地域が身近であることから児童の興味関心の喚起にも有用である。単元「国土と自然」は、日本の自然環境の理解を出発点とした国土認識の核となる単元である。同時に、新潟地震を語り継ぐ担い手の育成が期待できる、小学校社会科で行う防災教育の核となる単元と言える。

第6学年では「暮らしと政治」の単元で、行政主体の防災が教科書でも取り上げられるようになった。中学校の公民的分野の土台となる本単元で、自治体の地震への備えを学習することで、地理的分野だけにとどまらない社会科の体系的な防災教育が可能になる。

田村彩（2016）山形県庄内地方における1964年新潟地震－防災教育の教材化に向けて－. 山形大学地域教育文化学部卒業論文. 150頁.

社会工学的視点から見た防災計画の枠組み (てんでんこ避難問題を例に) *

東北大学災害科学国際研究所 奥村 誠

1. 災害時行動の不確実性

講演者は、東北大学災害科学国際研究所の人間・社会対応研究部門に所属し、交通計画・及び施設配置計画の研究経験に立脚して、津波避難あるいは被災地への緊急物資支援への数理工学モデルの適用を研究してきた。その際、計画問題に関与する個々のステークホルダーの行動原理を踏まえることが求められるが、再帰年が長い大規模な災害時における人々の行動原理を観察・調査することが難しく、モデルの解として得られた行動指針が実際に実行可能であるかどうかはわからないという問題に直面してきた。

仮にある災害時の実行動が観測できたとしても、時間や場所、天候などの条件が異なる次の災害でも人々が同様の行動を取りうるのかはわからない。少数の参加者が事前情報の元で参加する訓練で観測された行動は、情報が欠乏しパニック状況になる災害時には実行できない可能性もある。アンケート調査による回答は、災害時に行うべきだと回答者が「頭で考えている」行動に過ぎず、災害時に「身体が動く」かどうかはわからない。

2. 物理工学的アプローチの限界

水の流れなどの物理現象を扱う従来の工学分野では、その現象を支配する原理が既知で「基礎方程式」が確立していることが多い。計算資源の制約を勘案して、高次項を無視したり時空間のメッシュを大きめに取れば誤差が大きくなるが、現象の観測結果や実験結果との比較の中で、計算手法の精度を徐々に上げて許容範囲に収めていくというアプローチが可能である。

これに対して、人間行動を内包する問題では、モデルや計算手法を合わせていくべき相手が不確実であり、観測が難しいという問題に直面する。災害直後に経験者から行動の詳細を聞き出すことや再現実験を行うことには倫理的な問題があり、時間が経ってからの調査では選択的な忘却や行動者自身の加齢に伴う運動能力の変化より、回答の信頼性が失われる危険性がある。

災害時の行動実態を捉える一つの可能性は、災害時の携帯電話やスマホ等の位置情報データの活用である。ただし、これらのデータは高度に個人的な内容を含み、事前に承諾を受けた分析目的以外に用いることは困難である。今後の災害時のデータの活用のため、分析期間を限定して必要最小限の情報に限定した利用計画を立て、事前の合意をとるための議論を加速させることが望まれる。

3. 協働によるアプローチの必要性

以上のように、社会的なシステムでは、内部のステークホルダーの将来の災害時の行動を外部の観測者が客観的に捉え、分析の精度を高めることには限界がある。そこで考えられるアプ

*Framework of disaster response planning from social engineering viewpoint (Case in individualized tsunami evacuation: Tendenko) by Makoto Okumura

ローチは、計画者と各ステークホルダーとが、将来の災害時にそれぞれがとるべき行動原理を意識化し、その行動を無理なく実現できるような仕組みを協働で造っていくというアプローチである。このとき、各ステークホルダーの行動基準は、物理工学のように客観的なものとして事前に「存在している」のではなく、相互の確認によって将来の災害に適用する行動基準を「具体化し、決めていくべきもの」となる。モデル化においても、徐々に高次項を加えたりメッシュサイズを細かくして複雑化していくことはステークホルダー側の理解を困難にさせるため、本質的で不可欠な要素に絞り込んでモデルの透明性を保つ必要がある。

4. てんでんこ避難に関わる計画問題

以下では仮想的に、自治体の防災担当者が避難インフラの在り方を検討し津波避難計画を策定する状況を考える。図-1のように、この自治体は海岸に面する2つの集落A,Bからなり、漁業の衰退と人口減少を受け主要な就業の場は集落Aに偏在しているため、体力的に恵まれている非高齢の就業者が日中には多く滞在している。他方集落Bには就業年齢を過ぎた高齢者が居住している。津波避難を支援するハードな施設として、(1)集落Aにおける津波避難タワー、(2)集落Bから高台に至る津波避難路、および(3)2つの集落を直結する道路の3つの施設整備構想があるが、予算の制約からその中の2つしか整備できないと仮定する。

どの施設が安全度の向上に有効かは、集落の人々がとる避難行動のパターンによって大きく異なる。図2に示すように、仮に集落Aに就業する人々が、集落Bの高齢の家族の避難を援助する(同伴避難)行動をとるなら(3)の集落間道路と(2)のB集落の避難路が必要となる。他方地域の人々が「てんでんこ避難」をとるなら(1)の避難タワーと(2)の避難路の整備が望ましい。

防災担当者が行うべきことは、地域の人々の現在の行動を観測して同伴避難とてんでんこ避難の比率を知って客観的に政策を決めることではない。より積極的に、地域の人々に両方の行動のメリットとデメリットを説明し、その地域ではどちらの行動原理を基本とするのかを決め、それを支える情報伝達体制を整備していくことが重要であり、選択した行動が確実にできるように、避難訓練を繰り返し行って課題を見出して解決を図っていくことが求められる。

5. おわりに

以上、防災計画において自然現象を対象とする応用物理工学的アプローチには限界があり、地域の人々との協働の中でとるべき行動を決めていく社会工学的アプローチが重要となることを論じた。関連研究の整理もまだで、極めて粗削りな議論にとどまっている。質疑において今後の展開への示唆をいただければ幸いである。

【参考文献】1)奥村誠・越村俊一・寺田賢二郎：災害対応技術におけるシミュレーションの役割と限界，2013.6.2，広島工業大学，土木計画学研究・講演集(CD-ROM)，Vol.47，No.252。

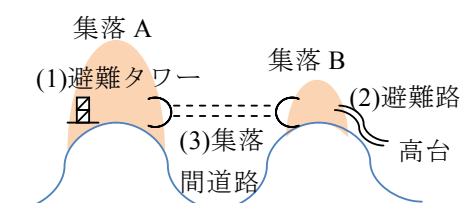


図-1 仮想的な避難インフラの整備構想

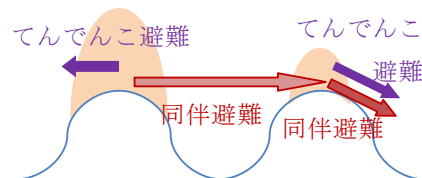


図-2 同伴避難とてんでんこ避難

スクールバス利用時における避難訓練

－山形県鶴岡市立豊浦小学校の事例分析－*

山形大学大学院教育実践研究科 牛草 学

1. はじめに

近年、山形県では児童生徒数の減少に伴う学校統廃合が進み¹⁾、遠距離通学を支援するためスクールバスが導入される自治体が増加している。東日本大震災の教訓の1つにスクールバス利用時を想定した災害対応マニュアルの整備や避難訓練の実施等の重要性が挙げられるが、山形県に限らず取組事例は非常に少ないのが実情である。

文部科学省では、各学校におけるバス導入の目的、専用バス・路線バスの別等を調査し、「国内におけるスクールバスの活用状況等調査報告」(2008)をまとめた。幼稚園のスクールバスに関しても、「幼稚園におけるスクールバスによる安全確保の推進について」(2008)を通知した。以後の調査等はなく、スクールバスにおける安全対策の推進状況は不明である。

本研究の目的は、以上のような現状を踏まえ、山形県鶴岡市立豊浦小学校で実践されたスクールバス利用時の避難訓練について、実施の背景や経緯をまとめ、訓練を通して得られた成果や課題を整理し、スクールバス利用時を想定した災害対応の参考事例を提示することである。

2. 調査対象

該当学校は、山形県鶴岡市中心部から南西に20kmほど離れた日本海沿岸の三瀬地区に所在している。2013年から学校の適正配置(学区再編)が検討され、近隣の2校と統合し、2015年4月に豊浦小学校として開校した。学校区は、三瀬、小波渡、堅苔沢、由良に分けられる。三瀬地区の児童は徒歩、他の地区はスクールバスを利用し、上級生がリーダーとなる班を編成し通学している。

山形県では、2016年3月に日本海での大規模地震で発生する津波による沿岸地域の浸水および被害の想定を見直し公表した²⁾。新たな想定の特徴は、到達時間が大幅に短縮したことである。三瀬地区では、津波最高水位13.2m、20cmの津波が到達する時間が8分となった。新たな想定が公表される前年から、学校やコミュニティーセンターが避難所になった際の運営に関わる事前協議が地域・学校・行政の三者で推進され、地域防災に対する関心が非常に高い。豊浦小学校では、2016年度の学校経営の重点の1つに防災教育を挙げている。

3. 訓練実施までの背景や経緯

学校統合前には、3校の統合を円滑に推進するため「統合準備委員会」が設置され、地域・学校・行政の三者による協議が積み重ねられた。スクールバスについては、「統合準備委員会」

*Evacuation drill for children getting on school bus - A Case study of Toyoura Elementary School, Tsuruoka City in Yamagata Prefecture - by Manabu Ushikusa

の総務部会において、運行ルートや停留箇所等の検討がなされている。学校統合後の2016年3月には、スクールバスの安全な運行を支える日常的な取組を一層充実するために、委託業務を請け負うバス運行会社2社も参画して『情報交換会』が開催された。『情報交換会』では、スクールバス利用時の児童の様子や安全に関わる情報等が共有されたことに加え、運行時の災害対応について話し合われた。バス運行会社からも、東日本大震災時の事例を踏まえた災害対応推進の意向が示され、スクールバス利用時の避難訓練に関する詳細な内容の検討が行われた。

4. 避難訓練の実際

2016年6月1日、一斉下校指導の一環として実施された。筆者は、バス運行会社と委託契約を結ぶ鶴岡市教育委員会および学校長の許可を受け、由良地区のスクールバスに同乗し参与観察を行った(表1)。通常は運転手1名で運行業務に当たるが、今回の訓練ではバス運行会社から乗務員が増員され帯同した。

表1 由良地区 避難訓練の経過

段階	訓練内容
01	郵便局T字路を右に曲がった所で地震発生 乗務員からの指示 バス停止
02	運転手 窓を開けてサイレン・防災無線・携帯電話 で情報収集
03	5-8分後に津波襲来の情報確認 乗務員から避難指示
04	ランドセルを置いて班ごとに全員下車 乗務員が避難場所を再指示
05	津波情報確認後1分 旧由良小学校へ避難開始
06	先頭は高学年児童 最後尾バス運転手 児童小走りで避難
07	津波情報確認後6分30秒 旧由良小学校に全員到着
08	津波情報確認後7分 点呼開始
09	津波情報確認後9分30秒 点呼完了
10	乗務員 全児童避難を学校へ携帯電話で報告
11	津波情報確認後10分 訓練終了の指示

5. おわりに

本訓練の実施後、学校・バス運行会社・市教委管理課それぞれの反省が集約された。成果として、具体的な改善措置を見出せた点を挙げるができる。例えば、速やかな児童確認を可能にするために児童名簿に読み仮名を付けること、両手で児童の避難支援を可能にするために避難マニュアル等をリュックに入れて常備すること等である。そして、児童・教員・運転手の防災意識が従前以上に高まったという当事者の評価もなされている。課題は、状況に応じてどの避難場所と経路を選択するのかという問題に焦点化された。スクールバスの位置により避難場所や経路が異なるため、運行範囲に対応した避難場所と経路を設定すること、地震によって斜面崩落が予想される運行範囲においては、複数の避難場所や経路から選択可能にすること等、該当学校ではより実践的な訓練の検討が続けられている。

謝辞：豊浦小学校校長工藤健一氏、教頭中村ちか子氏には、本研究の目的をご理解いただき、ヒアリング調査にご協力いただいた。

参考文献

- 1) 山形県教育庁総務課(2016)「平成28年度山形県学校名鑑」
- 2) 山形県(2016)「山形県津波浸水想定・被害想定調査(概要)」

中学で学習した地震に関する知識の定着度*

弘前大学 片岡俊一

1. はじめに

最近では、自然災害が多発していることから一般住民向けの防災教育が様々に行われており、その中には、防災士講座のように系統立って災害を学べるものもある。このような、系統だって災害を学ぶ時には、聴講者が一体どの程度の知識を有しているかを確認する必要がある。

災害をもたらす自然現象を学習するのは中学校からである。地震に関しては、中学の理科第2分野で1年次に学ぶ。一方で、それ以降に地震について学習する機会はそれほど多くない。高校においては、最近では理科基礎を3科目学ばなくてはならない制度となったため、地学を履修できる機会は増えたものの、履修している生徒の数は多いとは思えない。

つまり、一般住民向けの防災教育の内容の検討には中学で学習した地震の知識がどの程度定着しているのかを確認することが必要であると考えた。そこで、平成25年度と26年度に高校生、大学生、防災講座に参加された市民の方に対してアンケート調査を行った。以下に、その内容をまとめる。

2. 調査内容と調査対象

本調査では、表1に記載されている質問票を配り、その場で答えてもらった。表1の内容は、市販されている中学生の理科のワークブックを参考に作成した。

調査対象は、平成25年度の青森県立高校の1年生1903名、平成26年度の青森県内の大学生359名、平成25年度、平成26年度の弘前市防災マイスター育成講座¹⁾の受講生68名である。

青森県立高校については、1年生が在籍している全ての高校(61校)に質問票を送付し、各高校毎に1クラス分の回答を依頼した。回答は54校からあった。青森県の公立高校の1年生の総数に対する回答者の割合は21%となる。ただし、回答者の数は各高校毎にばら

ついであり、17名から42名であった。また、回答者数と正解率に正の相関が見られた。そこで、以下では各質問に対して、高校毎に求めた正解率をさらに平均したものを高校生の代表値とする。

大学生は弘前大学と青森大学の学生を対象とし、教養の授業あるいは専門課程の授業であっても入門的な授業で質問票を配布した。回答の際には、地学の履修の有無も確認したが、履修した

表1 質問内容

- ① 地震が起きたときに、はじめに伝わる小さな揺れを何というか。
- ② ①の揺れを引き起こす、伝わる速さの速い波を何というか。
- ③ 地震が起きたときに、後から伝わる大きな揺れを何というか。
- ④ ③の揺れを引き起こす、伝わる速さの遅い波を何というか。
- ⑤ ②の波と④の波が届いた時刻の差を何というか。
- ⑥ 観測地点での地震の揺れの大きさを表す数値を何というか。
- ⑦ 地震の規模を表す値を何というか。
- ⑧ 震源が海底の地下にあった場合、海水がもち上げられて高波が発生することがある。このような現象を何というか。

* Study for degree of fixation of seismological knowledge those were studied in junior high school by Shunichi Kataoka

学年を確認することを忘れており、大学での履修の可能性もある。

弘前市防災マイスター育成講座は弘前市が実施している地域の防災リーダー育成プログラムであり、受講生は自主的に参加されている。平成25年度は任意で回答してもらったが、平成26年度は受講者全員に回答してもらった。回答時には年齢と性別も記載してもらった。受講生の中には、弘前大学の学生と思われる方や20代の方も含まれており、大学生のグループとの一部重複がある。

4. 調査結果

各質問の正答率を高校生、大学生、防災講座受講生に分けて示すと図1のようになる。年齢が進んだ防災講座受講生は前半の問題に対する正答率は低いが、後半の問題に対する正答率は高校生、大学生と同等である。

図の最後に示した「震度・M」は震度とマグニチュードとの両者とも正解であった人の割合である。これを見ると、3つのグループで遜色がないことが分かる。

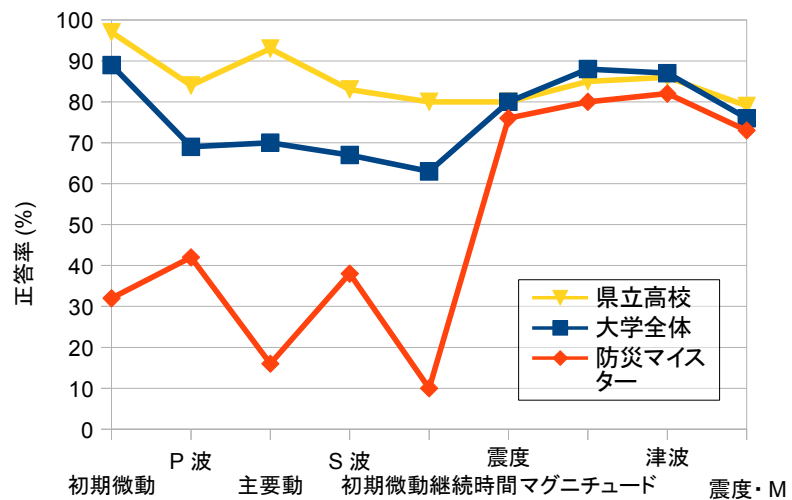


図1 調査対象毎の各問の正答率

5. まとめ

中学で学習した地震の知識がどの程度定着しているのかを調査した。定着の度合いの基準として、中学を卒業したばかりの高校1年生を対象に調査し、更に、大学生と防災講座受講生にも同じ質問を行った。地震や地震動の知識は高校生の正答率が高かったが、震度とマグニチュードに対しては3つのグループで同程度の正答率であった。

謝辞

本研究は、弘前大学大学院理工学研究科を平成25年度に修了した川田麻由さんの修士論文および弘前大学工学部地球環境学科を平成26年度に卒業した大川遥平君の卒業論文の内容を再構成したものである。平成25年度に実施した調査は、弘前市からの援助を受けて実施した。記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 米澤朋也, 2013, 東日本大震災 弘前大学からの展望【2011-2012】第6章, 弘前大学出版会

スーパーサイエンスハイスクールにおける グループ活動による災害研究の取組と設定テーマの変遷*

東北大学災害科学国際研究所 安倍 祥
宮城県仙台第一高等学校 SSH 研究部

1. はじめに

宮城県仙台第一高等学校（仙台市若林区）は、2012年に文部科学省からスーパーサイエンスハイスクール（SSH）の指定を受け、第1学年および第2学年の生徒全員と第3学年の理系生徒全員を主対象に、現在5箇年目の取り組みを進めている。第1学年では、数学および理科に学校設定科目を設けているほか、総合的な学習の時間を発展させた「学術研究基礎（1単位）」を設け、海洋生物をテーマとした課題研究と、自然災害をテーマとした課題研究「災害研究」を行っている。高大連携の取り組みとして、災害研究に大学教職員や大学院生がティーチングアシスタントとして参加して助言・支援してきたほか、大学院生による講演なども行われてきた。本稿では、これまで4箇年にわたり実施された災害研究から生徒らが設定した研究テーマについて分析し速報として報告する（詳報は、東北地域災害科学研究第53巻へ投稿する）。

2. 学術研究基礎における災害研究

第1学年の生徒（各年度約320名）は、4～5名程度のグループを編成し、表1に示す4研究部門64グループ体制（2012年度においては5研究部門80グループ）で、それぞれ自主的に研究テーマを設定し調査研究活動とポスター発表、そしてレポート作成に取り組んでいる。

表1 災害研究の研究部門体制（毎年度9月～1月に研究実施）

部門	大テーマ	研究内容
A	災害記録研究 ～災害と記録～	災害教訓を語り継ぎ、大震災の記録を国内外で活用することで、地域の歴史や文化を災害から守り、次の世代に受け渡していくための方法論を探求する。
B	災害に対する人間と社会の対応研究 ～人と災害～	歴史的視点での災害サイクル・復興の再評価を行い、災害をあらかじめ織り込んだ社会を考える。被災地のニーズに応える被災地支援や災害対応型救急医療などを研究する。また、国内外の災害の歴史や文化の違いを踏まえ、人間の災害認知と行動を研究する。
C	防災・減災・復興のための科学技術研究～技術と災害～	東日本大震災の教訓と復興メカニズムの解明に基づき、防災・減災のための技術の再構築を考える。地震や津波の変形過程および地域の被災過程を明らかにし、災害リスクの軽減や防災・減災技術等を研究する。また、歴史、文化、環境、産業に配慮した復興計画を研究する。
D	災害理学研究～災害と現象～	地震やそれによる津波をはじめ、火山噴火、気候変動などの自然災害の発生メカニズム解明に取り組む。また震災後の被災地の環境や生態変化を調査・観察し、災害が環境や生態へ与えた影響を研究する。

3. 災害研究における研究手法

4箇年のグループ研究活動について、主たる研究手法別に分類して図1に示す。「実験」に取り組むグループ数に増加が見られる。

*Changes in disaster research theme by group activities at Super Science High School by Yoshi Abe and SSH Research Division of Sendai Daiichi High School

4. 災害研究の対象ハザードおよび災害事例

研究の対象となった災害事例は、最も身近で情報量の多い東日本大震災が多く（表2）、研究に取り上げられたハザードも津波、地震の順に多い（ハザード別の比較は掲載省略、当日発表）。

2013年10月の台風26号による伊豆大島の土砂災害をきっかけに、この年度は土砂災害を研究対象とするグループ数が増加し、翌2014年8月豪雨による広島市土砂災害など翌年度も土砂災害の研究に取り組む例が見られた。

同様に、2014年9月の御嶽山噴火災害を契機に同年度から噴火災害をテーマに研究に取り組むグループ数が増加し、社会に大きな影響を与えた災害が研究テーマの設定にも反映されていることがわかる。

その他の詳細について、5箇年目の研究動向も踏まえ研究集会当日に発表する。

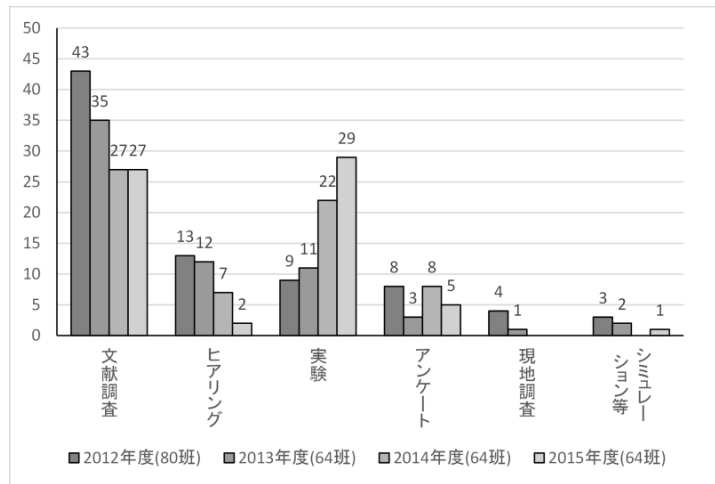


図1 災害研究の主たる研究手法

表2 災害研究で取り扱われた災害事例（※1 研究に複数事例を取り上げるケースがある）

	2012年度(80班)	2013年度(64班)	2014年度(64班)	2015年度(64班)
地震	東日本大震災 69	東日本大震災 54	東日本大震災 46	東日本大震災 49
津波	阪神・淡路大震災 3 想定南海トラフ地震 1 1978宮城県沖地震 3 昭和三陸地震 1 想定活断層長町-利府線 1 2000鳥取県西部地震 1	阪神・淡路大震災 5 想定南海トラフ地震 2 1993北海道南西沖地震 1 関東大震災 1 1960チリ地震 2	想定南海トラフ地震 1 1978宮城県沖地震 1 2008岩手・宮城内陸地震 1 1611慶長地震津波 1 869貞観地震津波 1 2010チリ地震 1 2008四川地震 1 2004インド洋大津波 1	阪神・淡路大震災 1 想定南海トラフ地震 1 1885安政江戸地震 1 1755リスボン地震 1
噴火	蔵王山噴火災害 1		蔵王山火山活動 2 2014御嶽山噴火 5 阿蘇山噴火 1 桜島噴火 1	蔵王山火山活動 2 2014御嶽山噴火 1
台風 風水害	平成24年7月九州北部豪雨 1 平成24年台風17号 1	2013伊豆大島土砂災害 2 平成25年台風 1 平成25年台風30号 1 竜巻災害 1	2014広島市土砂災害 1 平成26年台風19号 1	2015関東・東北豪雨 3 ハリケーンカトリーナ 1 平成16年台風23号 1 平成17年台風14号 1 平成27年台風18号 1
その他			2013ロシア隕石落下 1	
計	82	70	66	63

参考文献 宮城県仙台第一高等学校(2016)平成27年度 SSH研究開発実施報告書(第4年次)
<http://www.sendail.myswan.ne.jp/pdf/H27SSH.pdf>

震災アーカイブを用いた防災学習観光ツーリズム

の可能性に関する研究*

東北大学災害科学国際研究所 柴山明寛

1. はじめに

大規模地震災害において震災記録を後世に残すことは、今後の防災・減災対応・対策に有益である。そのため、阪神淡路大震災や新潟県中越地震、東日本大震災などでは、数多くの団体が震災アーカイブの構築がなされている。例えば、阪神淡路大震災では、神戸大学附属図書館が行っている「震災文庫」¹⁾、新潟県中越地震では、語り継ぐもの・中越地震データベース構築事業で実施している「語り継ぐもの-中越地震データベース-」²⁾、東日本大震災では、数十団体の構築事例がある。これらで収集された震災記録は、数百万点にもなっている。しかしながら、これらの膨大な震災記録は、防災・減災対策や防災教育などの一部の利用に止まっており、活発に利活用されているとは言いがたい。

そこで、本研究では、東日本大震災の震災アーカイブで収集された震災記録の一つの利活用方法として、防災学習観光ツーリズムへの震災アーカイブの利活用の促進方法を検討する。本報告では、2つの利活用事例と今後の展開について報告を行う。

2. 修学旅行生を対象とした防災学習観光ツーリズムについて

東日本大震災発生以降、東北地域内外からの防災学習を含んだ修学旅行生が増えている。現行で行われている修学旅行の内容としては、防災施設や震災遺構の見学、当時の体験談を聞く語り部の講話、防災関係機関での専門知識の学習、クロスゲームなどの体験型ワークショップなどが実施されている。修学旅行を企画する学校関係者からの上記の要望以外に、アクティブ・ラーニングを取り入れた修学旅行を積極的に取り入れる学校が増えつつある。そこで、学修者が能動的に学修するプログラムとして、学校間交流を組み入れた震災アーカイブを用いた防災学習を実施した。

実施内容は、新潟県長岡市立山古志中学校（以下、山古志中）の修学旅行生を対象に、受入学校の宮城県東松島市立矢本第二中学校（以下、矢本二中）で行った。まず、山古志中及び矢本二中ともに震災で甚大な被害を受けた場所で、山古志中は、2004年新潟県中越地震で中山間地域の被害があった場所であり、矢本二中は、東日本大震災で校舎の1階部分が浸水した場所である。本プログラムでは、各学校での震災体験や被害状況、その後の防災対策や復興状況について調べ学習を行い、互いの発表を行い、それを基にワークショップを行った。この中で、事前の調べ学習に震災アーカイブを利用した。山古志中に関しては、震災から10年以上が経過しており、生徒も物心が付く前の状況であるため、震災アーカイブを用いて震災当時の状況を確認し、ご家族の証言記録をまとめる作業を行い、発表資料の作成を行った。矢本二中については、経験した生徒も多かったため、自分たちの記憶と東松島図書館の震災アーカイブ

* Disaster prevention tourism using disaster archive by Akihiro Shibayama

を用いて発表資料の作成を行った。ワークショップは、それぞれの発表を基に4つのテーマ「被災状況と避難」「避難生活」「復旧・復興に向けて」「今後の防災・減災について」で議論を行った。これらを実施した結果、内陸部での直下型被害の状況、沿岸部の津波による被害の状況を生徒達は理解し、異なる防災対策、異なる復興を理解することができたと生徒達の感想をいただいた。また、生徒が一から震災記録の資料を集めるより、震災アーカイブで目的のものを短時間で収集することができた。しかしながら、山古志中では、震災の経験が無いことから、諸情報がわからないままでの震災アーカイブの利用は難しいとの課題などが挙げられた。矢本第二中では、自らの体験があったため、スムーズに震災資料を見つけ出すことができたが、震災当時を思い出すことが多かったため、生徒への配慮が必要ということがわかった。また、震災アーカイブの問題点であった顔が写っている写真について、当時の状況を確認する上で重要な情報ということもわかり、利活用には肖像権の問題を解決しなくてはいけないことがわかった。

3. ARを利用した防災観光ツーリズムについて

東日本大震災が発生から6年が経過し、被災地の状況は、嵩上げ工事や集団移転、宅地造成など、被災前後の状況がわからない状況まで変化している。この状況において、被災地外からの観光者は、震災直後の状況を説明しても理解することが困難である。そのため、最先端技術の一つであるARグラス（Augmented Reality：拡張現実）と震災アーカイブを合わせた防災観光ツーリズムを実施した。

実施は、仙台市荒浜地区及び多賀城市街の二ヶ所で行った。ARグラスの防災観光への利用方法として複数の手法を取った。一つ目は、被災直後の写真画像及び復興過程がわかる写真画像を実空間と重ね合わせ方法、二つ目は、震災から1ヶ月後の360度画像とARグラスに内蔵されているジャイロセンサーを用いた実空間との重ね合わせ方法、三つ目は、津波の浸水深を実空間と重ね合わせ方法、最後に、多賀城市のみで行った方法として海岸までの距離と河川からの距離を、ジャイロセンサーを用いて360度で表現する方法を用いた。これらの4つの方法を用いて実証実験を行った結果、震災当時の状況がある程度臨場感を持って体験することができることがわかった。しかしながら、システムコストが高いことと、単色でしか表現できない問題などがあったこと、などの課題も見られた。

4. まとめ

震災観光ツーリズムとして、2つの利活用事例とその課題について示した。今後も様々な手法を用いて、学習効果の高い震災観光ツーリズムを模索して行く予定である。

参考文献：

1. 神戸大学附属図書館、「震災文庫」、<http://www.lib.kobe-u.ac.jp/eqb/>、参照 2016/12/1
2. 語り継ぐもの・中越地震データベース構築事業、「語り継ぐもの-中越地震データベース-」、<http://kataritsugumono.jp/>、参照 2016/12/1