

鹿児島大学 地震火山地域防災センター

平成30年度報告書

平成31年3月

はじめに

地震火山地域防災センター
センター長 地頭菌 隆

平成 30 年は地震、火山噴火、豪雨、台風による自然災害が全国で多発しました。

6 月 18 日、大阪府北部を震源とする地震が発生して最大震度 6 弱を観測しました。この地震で 4 人が亡くなりましたが、そのひとはブロック塀の倒壊による児童でした。9 月 6 日、北海道胆振地方中東部を震源とする地震が発生して、最大震度 7 を観測しました。地震によって家屋の倒壊や多数の斜面崩壊によって 41 人が亡くなりました。これ以外にも各地で地震による災害が発生しています。

九州の火山を中心に火山活動も活発でした。霧島連山の火山は活発な活動が続いており、新燃岳は 3 月 6 日に 2011 年以來 7 年ぶりに爆発的噴火を起こし、4 月 19 日にはえびの高原（硫黄山）周辺でも噴火が始まりました。硫黄山付近の河川には硫酸やヒ素などの重金属を含んだ温泉水が流入して白濁化し、下流域では稲作が中止されました。口永良部島の新岳も活発な状態が続いており、8 月 15 日には噴火警戒レベル 4（避難準備）に引き上げられました。このほか、1 月 23 日には草津白根山の噴火に伴う噴石により 1 人が亡くなっています。

水・土砂災害も各地で発生しました。4 月 11 日、大分県中津市耶馬溪町の火砕流台地周縁で雨が降っていないときに大規模な崩壊が発生して 6 人が亡くなりました。6 月 28 日から 7 月 8 日にかけて台風や梅雨前線の影響により西日本を中心に記録的な大雨となりました。総雨量は四国地方で 1800mm、東海地方で 1200mm を超えるなど、7 月の月降水量が平年の 2~4 倍になったところもあり、1 府 10 県に大雨の特別警報が発表されました。各地で土砂災害や河川災害が発生し、広島・岡山・愛媛県を中心に 245 人が犠牲となりました。鹿児島市でも斜面崩壊により 2 人が亡くなっています。平成 30 年は台風の発生数も多くて平年の 25.6 個を上回る 29 個、そのうち 16 個が日本に接近、5 個が上陸しました。台風による大雨、暴風、高潮の災害も各地で発生しました。気候変動等の影響による集中豪雨、局地的大雨、大型台風等の増加に伴って、これまでに経験したことがない大規模な災害の発生リスクが各地で高まることが指摘されています。

さて、平成 30 年 4 月に、理工学研究科附属南西島弧地震火山観測所と一体になって、地震火山地域防災センターに改組し、新組織最初の報告書が完成しました。

本報告書は、平成 30 年度における調査研究、防災教育、社会実装の 3 推進部門および南西島弧地震火山観測所の活動、シンポジウムの開催記録、公募プロジェクト研究報告を取りまとめたものです。

組 織

センター長	地頭菌 隆（農水産獣医学域農学系教授）
調査研究推進部門長	小林 励司（理工学域理学系准教授）
防災教育推進部門長	松成 裕子（医歯学域医学系教授）
社会実装推進部門長	安達 貴浩（理工学域工学系教授）
附属南西島弧地震火山観測所長	中尾 茂（理工学域理学系教授）
地震火山防災研究分野責任者	柿沼 太郎（理工学域工学系准教授）
気象水象地盤災害研究分野責任者	寺本 行芳（農水産獣医学域農学系准教授）
災害医療総合防災研究分野責任者	垣花 泰之（医歯学域医学系教授）
センター教員	浅野 敏之（地震火山地域防災センター特任教授）
センター教員	眞木 雅之（地震火山地域防災センター特任教授）
センター教員	石峯 康浩（地震火山地域防災センター特任准教授）
センター教員	八木原 寛（附属南西島弧地震火山観測所准教授）
センター教員	仲谷 幸浩（附属南西島弧地震火山観測所特任助教）

（平成 31 年 3 月現在）

	職名	氏名	部局等名1	職名 (部局等)	運営委員	調査研究推進部門			防災教育 推進部門	社会実装 推進部門	
						気象水象 地盤災害 研究分野	地震火山 防災 研究分野	災害医療 総合防災 研究分野			
1		浅野 敏之	地震火山地域防災センター	特任教授	○	○	○	○	○	○	
2		眞木 雅之	地震火山地域防災センター	特任教授	○	○	○			○	
3		石峯 康浩	地震火山地域防災センター	特任准教授	○		○	○		○	
1		八木原 寛	附属南西島弧地震火山観測所	准教授	○		○				
2		仲谷 幸浩	附属南西島弧地震火山観測所	特任助教	○		○				
1		松田 忠大	法文教育学域/法文学系	教授				○			
2		森尾 成之	法文教育学域/法文学系	教授				○	○	○	
3		小林 善仁	法文教育学域/法文学系	准教授		○	○				
4		南 直子	法文教育学域/法文学系	助手				○			
5		黒光 貴峰	法文教育学域/教育学系	准教授	○			○	○		
6		佐藤 宏之	法文教育学域/教育学系	准教授				○		○	
7		関山 徹	法文教育学域/教育学系	准教授				○	○		
8		松井 智彰	法文教育学域/教育学系	准教授			○				
9		深瀬 浩三	法文教育学域/教育学系	准教授			○	○			
10	南西島弧地震火山観測所長	中尾 茂	理工学域/理学系	教授	○		○				
11	調査研究推進部門長	小林 励司	理工学域/理学系	准教授	○	○	○	○	○	○	
12	社会実装推進部門長	安達 貴浩	理工学域/工学系	教授	○	○				○	
13		武若 耕司	理工学域/工学系	教授				○			
14		本間 俊雄	理工学域/工学系	教授				○			
15		山口 明伸	理工学域/工学系	教授				○			
16		川畑 秋馬	理工学域/工学系	教授			○				
17		佐藤 紘一	理工学域/工学系	教授				○			
18	地震火山防災研究分野責任者	柿沼 太郎	理工学域/工学系	准教授	○	○	○	○	○	○	
19		齋田 倫範	理工学域/工学系	准教授		○					
20		酒匂 一成	理工学域/工学系	准教授		○	○			○	
21		木村 至伸	理工学域/工学系	准教授			○				
22		審良 善和	理工学域/工学系	准教授			○	○			
23		上田 岳彦	理工学域/工学系	准教授		○	○	○			
24		長山 昭夫	理工学域/工学系	助教			○				
25		加古 真一郎	理工学域/工学系	助教		○		○			
26		小池 賢太郎	理工学域/工学系	助教			○	○			
27		伊藤 真一	理工学域/工学系	助教		○					
28	センター長	地頭菌 隆	農水産獣医学域/農学系	教授	○	○	○	○	○	○	
29		寺岡 行雄	農水産獣医学域/農学系	教授		○		○			
30		岡 勝	農水産獣医学域/農学系	教授		○		○			
31		角 明夫	農水産獣医学域/農学系	准教授		○	○				
32		肥山 浩樹	農水産獣医学域/農学系	准教授		○					
33	気象水象地盤災害研究分野責任者	寺本 行芳	農水産獣医学域/農学系	准教授	○	○	○	○			
34		加治佐 剛	農水産獣医学域/農学系	准教授		○					
35		平 瑞樹	農水産獣医学域/農学系	助教		○	○	○		○	
36		西 隆一郎	農水産獣医学域/水産学系	教授		○					
37		鈴木 廣志	農水産獣医学域/水産学系	教授		○					
38		山本 智子	農水産獣医学域/水産学系	教授		○	○				
39		西 隆昭	農水産獣医学域/水産学系	准教授		○	○				
40		小澤 真	農水産獣医学域/獣医学系	准教授				○			
41		松鶴 彩	農水産獣医学域/獣医学系	准教授				○			
42	災害医療総合防災研究分野責任者	垣花 泰之	医歯学域/医学系	教授				○			
43		佐野 輝	医歯学域/医学系	教授				○			
44	防災教育推進部門長	松成 裕子	医歯学域/医学系	教授	○			○	○		
45		八代 利香	医歯学域/医学系	教授				○			
46		吉留 厚子	医歯学域/医学系	教授				○		○	
47		吉浦 敬	医歯学域/医学系	教授				○			
48		宇都 由美子	医歯学域/医学系	准教授				○			
49		兒玉 慎平	医歯学域/医学系	講師				○			
50		稻留 直子	医歯学域/医学系	助教				○			
51		日隈 利香	医歯学域/医学系	助教				○			
52		森 隆子	医歯学域/医学系	助教				○			
53		今村 圭子	医歯学域/医学系	助教				○			
54		馬嶋 秀行	医歯学域/歯学系	教授				○			
55		菊地 聖史	医歯学域/歯学系	教授				○			
56		田松 裕一	医歯学域/歯学系	教授	○			○			
57		速見 浩士	鹿児島大学病院	准教授				○			
58		寺菌 英之	鹿児島大学病院	准教授				○			
59		新駿河 洋子	鹿児島大学病院	副看護部長				○			
60		西郷 康正(放)	鹿児島大学病院	診療放射線技師長				○			
61		土橋 仁美(看)	鹿児島大学病院	看護師				○			
62		升屋 正人	学術情報基盤センター	教授				○	○	○	
63		井村 隆介	共通教育センター	准教授		○	○	○	○	○	
64		福満 博隆	共通教育センター	准教授				○			
65		尾上 昌平	研究支援センター	技術専門職員				○			
66		富永 茂人	産学・地域共創センター 連携推進部門 COCグループ	特任教授		○				○	
					(分野・部門別小計)	14	25	25	50	10	15

目 次

平成 30 年度 地震火山地域防災センター活動概要	1
平成 30 年度 活動報告 (調査研究推進部門)	7
平成 30 年度 活動報告 (防災教育推進部門)	9
平成 30 年度 活動報告 (社会実装推進部門)	13
平成 30 年度 活動報告 (南西島弧地震火山観測所)	19
[プロジェクト報告]	
Ku バンド高速スキヤンドップラーレーダによる降灰ナウキャスト	23
眞木 雅之・小堀 壮彦・平野 洪賓	
デジタルサイネージを活用した大規模災害時の地域防災情報の発信	39
眞木 雅之・中垣 壽・高橋 忍	
平成 30 年 7 月豪雨による斜面災害の調査と斜面崩壊の数値解析	45
平 瑞樹・白川 翔・板井 雄太郎・上田 陽平・渡邊 剛	
離島における介護職者の防災教育の現状と課題に関する研究—奄美市と五島市の比較—	51
今村 圭子・松成 裕子	
ウェブベース火山ハザードマップを活用した火山防災情報集約・発信技術の開発	57
石峯 康浩	
シラスおよびシラスを含む土質材料の不飽和浸透特性に関する研究	65
酒匂 一成	
地理情報システムを用いた歴史文化情報の可視化と災害対策への活用に向けた基盤構築	73
佐藤 宏之	
ドローンによる空中写真を用いた火口周辺地形モデルの作成	79
井村 隆介	
緊急水害調査における被災状況の実態把握のための基礎的検討	85
安達 貴浩	
地すべり津波の数値実験	91
柿沼 太郎	
火山性物質溶出解明のための多孔質中における高・低温流体移流拡散モデルの開発	97
長山 昭夫	

距離減衰式から推定される面的震度分布と 1914 年桜島地震への応用・・・・・・・・・・105
小林 励司

桜島から噴出する火山灰の構成鉱物に関する研究
—火山灰中の変質鉱物から火山活動を監視するための予備的調査—・・・・・・・・・・111
松井 智彰・七村 玲奈

地域住民の防災意識向上を目指した体験型実践教育システムの構築とその実行（地震編）・・・・117
審良 善和

歯科的身元確認業務に関する地元機関との連携構築と支援・教育体制の強化・・・・・・・・123
田松 裕一

島嶼域におけるサトウキビ圃場の消費水量に関する研究・・・・・・・・・・・・・・・・129
肥山 浩樹

[イベントポスター関連]

平成30年度 防災・日本再生シンポジウム
「南九州固有の地域防災と地域強靱化の最新動向」・・・・・・・・・・・・・・・・135

放射線利用研究セミナー
福島第1原子力発電所事故後の JAEA の環境回復に向けた取組・・・・・・・・・・・・137

島民講座 薩摩硫黄島セミナー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・139

放射線に関する研修会・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・141

保健師のための放射線研修会・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・143

[防災関連の論文について]（論文名・著者名・掲載誌名・巻・頁）・・・・・・・・・・145

平成 30 年度 地震火山地域防災センター活動概要

1. 防災セミナーの開催

本センターでは学内外から講師を招いて防災セミナーを実施している。セミナーは学内外に公開している。平成 30 年度においては第 20 回から第 22 回まで 3 回のセミナーが実施された。

(1) 第 20 回セミナー

開催日 平成 30 年 5 月 9 日

演題・講師 地震火山地域防災センターについて 地頭菌 隆
南九州、北部南西諸島域での地震火山観測研究 中尾 茂
海底地震観測で得られた巨大地震前後の地震活動変化
ー 2011 年東北地方太平洋沖地震ー 仲谷 幸浩

(2) 第 21 回セミナー

開催日 平成 30 年 9 月 11 日

演題・講師 日本における原子力災害医療体制に関する実態調査 吉永 健嗣
鹿児島県の原子力災害拠点病院としての当院の課題と今後の取り組み
について 土橋 仁美

(3) 第 22 回セミナー

開催日 平成 31 年 3 月 14 日

演題・講師 大規模災害時の歯科的身元確認業務について 田松 裕一
災害時の情報伝達手段の整備 升屋 正人
桜島から噴出する火山灰に含まれる斜長石の構造状態について
松井 智彰
熊本地震から見たこれからの土木の在り方 小池 賢太郎

2. シンポジウム等の開催

平成 30 年度に本センターが開催したシンポジウム等は以下の通りである。

(1) 防災・日本再生シンポジウム「南九州固有の地域防災と地域強靱化の最新動向」

主 催 鹿児島大学地震火山地域防災センター

共 催 一般社団法人国立大学協会、鹿児島大学工学部海洋土木工学科

開催日 平成 30 年 11 月 10 日

会 場 鹿児島大学稲盛会館キミ&ケサメモリアルホール (郡元キャンパス)

(2) 島民講座「薩摩硫黄島セミナー」

主 催 鹿児島大学地震火山地域防災センター

後 援 鹿児島県三島村

開催日 平成 30 年 11 月 29 日

会 場 硫黄島三島開発総合センター1 階 講堂

(3) 「放射線利用研究セミナー」

主 催 鹿児島大学研究推進機構研究支援センターアイソトープ実験施設

共 催 鹿児島大学地震火山地域防災センター

開催日 平成 30 年 6 月 13 日

会 場 鹿児島大学学習交流プラザ 2F 学習交流ホール

(4) 「放射線に関する研修会」

主 催 公益財団法人原子力安全技術センター 原子力安全部

共 催 環境省、鹿児島県診療放射線技師会、鹿児島大学地震火山地域防災センター

開催日 平成 31 年 1 月 13 日

会 場 鹿児島大学桜ヶ丘キャンパス 共通教育棟 501 号室

(5) 「保健師のための放射線研修会」

主 催 公益財団法人原子力安全技術センター 原子力安全部

共 催 環境省、鹿児島大学地震火山地域防災センター

開催日 平成 31 年 1 月 26 日

会 場 鹿児島大学桜ヶ丘キャンパス 共通教育棟 402 号室

3. 学内における防災教育および防災に関する研修会等の実施

共通教育および教員免許状更新講習において防災に関する科目を提供するとともに、防災士養成等に取り組んでいる。

(1) 共通教育の提供

共通教育科目 4 科目の実施

いのちと地域を守る防災学Ⅰ（前期毎週）

いのちと地域を守る防災学Ⅱ（後期毎週）

「大学と地域」（防災クラス）（前期毎週，後期毎週）

(2) 防災士養成の取り組み

防災士資格取得試験対策講座の実施

日本防災士機構による防災士資格取得試験の実施（年 1 回）

(3) 平成 30 年度教員免許状更新講習の開設

講習名 地域防災の最前線

平成 30 年 8 月 6 日実施

4. 地域との連携による事業の実施

(1) 大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組専門部会の開催

平成 30 年 5 月 25 日第 3 回専門部会を開催した。

(2) 大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組専門部会ワーキンググループ(WG)の活動

WG-I 「噴火と関連現象」 デジタルサイネージを活用した防災情報の効果的配信等を議論した。

WG-II 「生命と暮らしへの影響」

- 第 1 回 平成 30 年 12 月 20 日 趣旨説明・メンバー紹介・今後の活動に関する意見交換他
- 第 2 回 平成 30 年 12 月 27 日 火山防災等に関する資料の紹介・HUG 体験
- 第 3 回 平成 31 年 1 月 11 日 災害フォーラム聴講・同フォーラム内容に関する意見交換・山梨県富士山科学研究所吉本主任研究員からの富士山の噴火対策状況の紹介ならびにそれを受けた意見交換
- 第 4 回 平成 31 年 1 月 31 日開催 HUG 演習
- 第 5 回 平成 31 年 2 月 19 日開催 磐梯山噴火記念館佐藤館長による福島県における火山防災教育の状況紹介ならびにそれを受けた意見交換
- 第 6 回 平成 31 年 3 月 11 日開催 HUG の内容分析、鹿児島市避難所マニュアルに関する意見交換、火山災害データベースに関する研究紹介

WG-III 「交通への影響」

- 第 10 回 平成 30 年 5 月 8 日開催 議題 軽石の港湾区域での取り扱い、「暫定レポート平成 30 年 5 月版」の検討、鹿児島県全県下を対象とした多量降灰に対する交通被害と対策の検討法
- 第 11 回 平成 30 年 5 月 25 日開催 議題 暫定レポート 2018 年 5 月版について最終確認、鹿児島県内での議論の進め方、鹿児島市走行実験、その他
- 第 12 回 平成 30 年 7 月 30 日開催 議題 大隅半島側に多量降灰があった場合の影響概要、各地域の住民への影響、本年度の WG 3 の方針、その他（土石流・洪水発生対策など）
- 第 13 回 平成 30 年 10 月 15 日開催 議題 大隅半島の大噴火後の砂防概要、桜島大噴火後の砂防設計指針草案の検討、その他
- 第 14 回 平成 30 年 11 月 30 日開催 議題 大噴火後に起きる現象と対策、交通 WG 提言草案の議論、その他

第 15 回 平成 31 年 1 月 25 日開催 議題 大隅半島の被災(新たな資料発掘)、日本の主要活火山の噴火対策、大隅地域のハザードマップ案(関係者用)検討、その他

第 16 回 平成 31 年 2 月 22 日開催 議題 提言の検討、交通復旧、その他

WG-IV「産業への影響」

平成 30 年 9 月 11 日 勉強会「火山噴火時における港湾の対応課題について」

平成 31 年 1 月 30 日 勉強会「建物内への降灰侵入対策」

(3) 文部科学省学校安全総合支援事業の支援

表記文部科学省の事業の支援を受け、鹿児島県教育委員会は「学校安全推進体制の構築」と題して、自然災害から児童・生徒を守る活動を実施している。本センターは、平成 24 年度から県・市町教育委員会からの要請を受けて、モデル校へ防災教育アドバイザーの派遣および防災実践指導を行っている。平成 30 年度は、志布志市で実施し、出前講座・防災シンポジウムの開催・避難訓練に対する助言指導等を通じた協力・支援を行った。

5. 調査研究の実施

(1) 火山観測用 Ku バンド高速スキャンレーダによる降灰観測

2018 年 9 月に Ku バンド高速スキャンレーダを宮崎県高原町に設置し、霧島新燃岳の降灰観測を実施している。

(2) 総合防災データベースの改良と活用

文部科学省地域防災対策支援研究プロジェクト事業「南九州における地域防災支援データベースの構築」(平成 25 年度から平成 27 年度)を継承するもので、引き続き資料の収集と登録作業、外部公開のためにデータベースの改良を行った。

また、平時の防災啓発として、デジタルサイネージによる情報発信を行った。

(3) 外部機関との共同研究など

気象庁気象研究所「気象レーダを活用した火山噴煙に関する研究」(平成 26 年 4 月から平成 34 年 3 月)を継続して実施した。

京都大学防災研究所「船舶レーダによる機動的火山噴火監視技術の確立と火山防災への利用」(平成 30 年 4 月から平成 32 年 3 月)を新たに開始した。

特定非営利活動法人雷嵐対策推進機構「小型高精度マイクロ波レーダによる局地観測とその応用に関する共同研究」(平成 30 年 9 月から平成 33 年 3 月)を新たに開始した。

内閣府戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」において、国立研究開発法人防災科学技術研究所からの受託研究課題「衛

星データ等即時共有システムと被災状況解析・予測技術の開発」の研究題目「機動的レーザ観測による火口域降灰分布解析手法の開発」(平成30年11月から平成32年3月)を新たに開始した。

6. その他

(1) 自治体等からの訪問

平成30年7月10日 福島県いわき市 市議会清政会 会長小野邦弘様を始め7名が本センターを訪れ、地頭菌センター長、小林調査研究部門長、浅野特任教授と、地域防災の取組みや防災教育、また南海トラフ地震、桜島噴火等大災害対応について、議論を交わした。最後に、海洋波動実験棟にて、津波発生メカニズムが体験できる施設を見学した。

平成31年2月18日 淡路広域消防事務組合消防本部 消防監石田一彦様、淡路消防保安協会 会長柴田拓二様をはじめ19名が本センターを訪問した。地頭菌センター長が本センターの設立の経緯や目的、地域防災の取組についての説明を行った後、浅野特任教授が「津波の発生メカニズムと南海トラフ地震津波について」と題する講演を行った。その後、南海トラフ地震津波に対する防災対応などについて議論を交わした。最後に、海洋波動実験棟において、津波を造波できる施設を見学した。

平成 30 年度 活動報告

調査研究推進部門

1. はじめに

防災に関する教育・研究や行政等の取り組みについて、本センターに係わる教職員および関係機関の情報交換や交流を目的に平成 25 年度から「鹿大防災セミナー」を実施している。以下、平成 30 年度に開催した第 20 回から第 22 回の概要を報告する。

2. 鹿大防災セミナー開催報告

第 20 回

日時：平成 30 年 5 月 9 日（水）16 時 30 分～17 時 50 分

会場：理学部理学系先端研究棟 2 階理学部大会議室（郡元キャンパス）

講演：

「地震火山地域防災センターについて」

農水産獣医学域農学系 教授 地頭菌隆（地震火山地域防災センター長）

「南九州、北部南西諸島域での地震火山観測研究」

理工学域理学系 教授 中尾茂（南西島弧地震火山観測所長）

「海底地震観測で得られた巨大地震前後の地震活動変化－2011 年東北地方太平洋沖地震－」

南西島弧地震火山観測所 特任助教 仲谷幸浩

司会：調査研究推進部門 准教授 小林励司

概要：

今回は、この 4 月にあった改組を受けて特別編として企画された。

まず、センター長である地頭菌隆教授から、前身である地域防災教育研究センターの歩みと、改組の概要、および今後の取り組みについての紹介がされた。

続いて、今回の改組でセンター附属となった南西島弧地震火山観測所について、その所長である中尾茂教授から、観測所の設立経緯や、観測内容、およびこれまでの研究成果についての紹介がされた。

最後に、この 4 月に南西島弧地震火山観測所に赴任された仲谷幸浩特任助教から、これまでの自身の取り組みである海域での地震観測や地震活動の研究について紹介され、今後の抱負についても語っていただいた。

セミナーには、教職員、学生のほか、鹿児島地方気象台などの学外関係者を含めて 53 名が参加した。



地頭菌センター長の講演の様子

第21回

日時：平成30年9月11日（火）16時30分～17時50分

会場：理学部理学系先端研究棟2階理学部大会議室（郡元キャンパス）

講演：

「日本における原子力災害医療体制に関する実態調査」

鹿児島大学病院看護部 看護師 吉永健嗣

「鹿児島県の原子力災害拠点病院としての当院の課題と今後の取り組みについて」

鹿児島大学病院看護部 看護師 土橋仁美

司会：防災教育推進部門 教授 松成裕子

概要：

吉永健嗣氏から、東京電力福島第一原子力発電所の事故後に、大きく見直された原子力災害医療体制についての原子力施設の立地および隣接する道府県における医療体制の整備状況について紹介された。

続いて、土橋仁美氏から、本学の大学病院が原子力拠点病院に指定されたことからの大学病院の訓練等による取り組みについて紹介された。

セミナーには、教職員、学生のほか、鹿児島地方気象台などの学外関係者を含めて35名が参加した。



土橋氏の講演の様子

第22回

日時：平成31年3月14日（木）16時30分～17時50分

会場：理学部理学系先端研究棟2階理学部大会議室（郡元キャンパス）

講演：

「大規模災害時の歯科的身元確認業務について」

医歯学域歯学系 教授 田松裕一

「災害時の情報伝達手段の整備」

学術情報基盤センター 教授 升屋正人

「桜島から噴出する火山灰に含まれる斜長石の構造状態について」

法文教育学域教育学系 准教授 松井智彰

「熊本地震から見たこれからの土木の在り方」

理工学域工学系 助教 小池賢太郎

平成 30 年度 活動報告

防災教育推進部門

1. はじめに

本人の防災力の向上や、地域防災に貢献する人を育てることを目的として、共通教育科目において科目を提供している。地域社会貢献のために、公開授業にも提供されており、一般社会人の受講も可能となっている。

これらの共通教育科目は「防災リーダーの育成」に関わる「防災士」養成の研修講座としても認定されている。これらの単位取得および別途救命講習の修了証取得によって、防災士の資格取得試験を受験できる。救命講習と資格取得試験も教育部門で準備し、実施している。

本年度も、教員免許状所持者のための教員免許状更新講習も開設し、実施した。

以上については、来年度も引き続き実施するため、その準備作業を行った。

2. 共通教育科目 2 科目の提供（公開授業にも提供）

(1) いのちと地域を守る防災学I (Disaster mitigation to guard lives and communities I)

開講期：前期／講義形式／2 単位／大分類：教養教育科目(教養活用科目)／小分類：統合 I(課題発見)／受講対象：全学部／担当教員：小林励司他 13 人

授業概要：

授業では、自然災害やその対策について正しい知識を持つと同時に、地域自治体や防災組織が現在行っている防災への取り組みや新しい技術を理解し、災害時にはいのちを自ら守ることができ、かつ支援やボランティア活動を担うことのできる態度・志向性を獲得することを目的とする。この講義は、自然・人文に及ぶ複合的・総合的な「防災学」のかなりの範囲を網羅するものであり、本学のさまざまな学部・大学院・教育研究施設に所属する「防災学を専門とする教員」がそれぞれの得意分野をオムニバス形式で担当講義する。

後期の「いのちと地域を守る防災学 II」と対になる構成となっており、前期の本授業では、災害を知り、それに対する対処・対策を考えることに重きが置かれている。なお、この授業の概要・性格から本授業は、「防災士」受験資格取得科目の 1 つとなっている。

学習目標：

1. さまざまな自然災害の発生のしくみを始めとして、防災にかかわる知識や技術などを理解し、災害種ごとに説明できる。
2. 災害種ごとに一般的な対策・対処のしかたを理解し、地域の特性に応じておおよそ適当な対策などを選択できる。
3. 万が一に災害が生じた場合、いのちを自ら守ることができ、かつ支援やボランティア活動を担うことのできる態度・志向性を獲得する。

授業内容と担当者：

1. 講義の目的/防災士とは/近年の自然災害に学ぶ（理工学研究科；小林励司）
2. 鹿児島島の自然災害史（共通教育センター；井村隆介）
3. 津波のしくみと被害（理工学研究科；柿沼太郎）
4. 地震のしくみと被害（理工学研究科；小林励司）
5. 風水害と対策（理工学研究科；安達貴浩）
6. 社会基盤の地震被害（理工学研究科；木村至伸）
7. 避難と避難行動（地震火山地域防災センター；浅野敏之）
8. 島嶼の自然災害（共通教育センター；岩船昌起）

9. 土砂災害と対策(農学部;地頭菌隆)
10. 災害における医療活動 (医学部;松成裕子)
11. 火山噴火のしくみと被害 (地震火山地域防災センター;八木原寛)
12. 歴史災害に学ぶ防災意識 (教育学部;佐藤宏之)
13. 自然体験活動と防災及び避難生活者の健康づくり支援について(共通教育センター;福満博隆)
14. 中山間地域における地盤災害と農地復旧対策 (農学部;平瑞樹)
15. 学校教育における防災教育の実情と課題 (教育学部;黒光貴峰)

(2) いのちと地域を守る防災学 II (Disaster mitigation to guard lives and communities II)

開講期：後期／講義形式／2単位／大分類：教養教育科目(教養活用科目)／小分類：統合II(課題解決)／受講対象：全学部／担当教員：小林励司他11人

授業概要：

授業では、自然災害やその対策について正しい知識を持つと同時に、地域自治体や防災組織が現在行っている防災への取り組みや新しい技術を理解し、災害時にはいのちを自ら守ることができ、かつ支援やボランティア活動を担うことのできる態度・志向性を獲得することを目的とする。この講義は、自然・人文に及ぶ複合的・総合的な「防災学」のかなりの範囲を網羅するものであり、本学のさまざまな学部・大学院・教育研究施設に所属する「防災学を専門とする教員」がそれぞれの得意分野をオムニバス形式で担当講義する。

前期の「いのちと地域を守る防災学I」と対になる構成となっており、後期の本授業では、災害にかかわる情報を知り、新たな減災や危機管理の手法を身に着けることに重きが置かれている。また、鹿児島市消防局、鹿児島地方気象台、県危機管理課、県原子力安全対策課からの授業を用意しており、行政の防災関係機関の現場対応などを知ることができる。なお、この授業の概要・性格から本授業は、「防災士」受験資格取得科目の1つとなっている。

学習目標：

1. 災害にかかわる情報の種類やその発信・入手方法の概要を理解し、災害種や災害ステージ等に
応じてそれらを説明できる。
2. 新たな減災や危機管理の手法を一般的なレベルで理解し、地域の特性に応じておおよそ適当な
手法を選択できる。
3. 万が一に災害が生じた場合、いのちを自ら守ることができ、かつ支援やボランティア活動を担
うことのできる態度・志向性を獲得する。

授業内容と担当者：

1. 講義の目的/災害と流言・風評(理工学研究科;小林励司)
2. 気象災害の監視と予測(地震火山地域防災センター;眞木雅之)
3. 地震に関する知見・情報(理工学研究科;小林励司)
4. 大規模災害と情報通信I(学術情報基盤センター;升屋正人)
5. 大規模災害と情報通信II(学術情報基盤センター;升屋正人)
6. 鹿児島県の災害と危機管理(鹿児島県危機管理防災課;小田健治)
7. 自然災害に対する行政の危険防止責任 (法文学部;森尾成之)
8. 災害報道・リスクコミュニケーション(南日本新聞;桐野秀吾)
9. トラウマの理解と心理的ケアI(教育学部;関山徹)
10. トラウマの理解と心理的ケアII(教育学部;関山徹)
11. ハザードマップ(共通教育センター;井村隆介)
12. 地域の復旧と復興(法文学部;小林善仁)
13. 福島第一原発事故の概要と放射線による健康影響 (福島県立医科大学;熊谷敦史)
14. 鹿児島県の原子力防災対策(鹿児島県原子力安全対策課;西博夫)
15. 火山の監視と防災情報(鹿児島地方気象台;石原和彦)

3. 防災士養成の取り組み

(1) 研修講座相当（認定）の共通教育科目の提供

2. の共通教育科目 2 科目について、日本防災士機構に研修講座相当と認定してもらう手続きを行った。

(2) 救命講習会の実施

防災士資格取得のために、指定された救命講習を修了する必要がある。今年度は、下記いずれかの定期救命講習を各自受講する。

鹿児島市消防局が行っている「普通救命講習 I」もしくは赤十字社鹿児島県支部が行っている「救急法基礎講習」がある。（ただし、消防局のほうは毎月 19 日に実施し、赤十字のほうは頻度が少なく、今回は 3 月 2 日になり、また、消防局のほうは無料、赤十字のほうは有料であることを通知している。）

日 時：2019 年 2 月 19 日（火）、2019 年 3 月 19 日（火）に実施される定期救命講習、もしくは、「救急法基礎講習」2019 年 3 月 2 日（土）

場 所：前者は、鹿児島市消防局、後者は赤十字社鹿児島県支部

内 容：救命措置（胸骨圧迫・人工呼吸・AED 使用）の実習、異物除去・回復体位の演示解説

講 師：各関係の講師等

受講者：防災士資格取得希望者 8 人

(3) 防災士資格取得試験対策

防災士資格取得試験は、『防災士教本』の内容に基づいて行われる。2. の共通教育科目 2 科目では網羅できない部分があるため、その部分の学習が必要となる。

今年度は、講義形式にはせず、メール上で試験対策の指導を実施した。

(4) 防災士資格取得試験の実施

日 時：2019 年 2 月 17 日（日）14:00～15:00

場 所：鹿児島大学理学部 2 号館 211 号講義室

実施者：日本防災士機構

受講者：防災士資格取得希望者 8 人

4. 教員免許状更新講習の開設

開設講習名：地域防災の最前線

実 施 日：平成30年8月6日

講 師：浅野敏之、石峯康浩、小林励司

平成 30 年度 活動報告

社会実装推進部門

1. はじめに

社会実装推進部門では、地方自治体等学外の組織や個人と連携し、シンポジウムやワークショップ等の開催を通じて、防災減災策の検討、防災啓発活動等に取り組んだ。また、防災に関する外部からの問い合わせや相談に応じた。以下は主な活動の報告である。

2. シンポジウム等の開催

(1) 放射線利用研究セミナー

2018年6月13日に、平成30年度アイソトープ実験施設継続放射線業務従事者教育訓練も兼ねた講演「福島第1原子力発電所事故後のJAEAの環境回復に向けた取組」が本センターとの共催により開催された。講師には日本原子力研究開発機構 福島研究開発部門 福島研究開発拠点福島環境安全センター プロジェクト管理課の川瀬 啓一氏によるもので、10:30～12:00で行われた。内容は、福島第一原子力発電所事故の概要をはじめとして、事故後の環境中での放射性物質挙動に関する研究開発（放射線計測機器開発、モニタリング、環境回復に向けた研究開発など）について、原子力及び放射線全般についての説明を取り入れた構成になっており、この分野の最前線の現場で活躍する講師からの講演であったことから、放射線業務従事者以外からの参加もあり、盛大な講演会となった。

(2) 防災・日本再生シンポジウム「南九州固有の地域防災と地域強靱化の最新動向」

2018年11月10日、鹿児島大学稲盛会館において、平成30年度防災・日本再生シンポジウム「南九州固有の地域防災と地域強靱化の最新動向」（主催：地震火山地域防災センター、共催：一般社団法人国立大学協会、鹿児島大学工学部海洋土木工学科）が開催された。参加者は、一般市民、学生、建設業関係者、自治体関係者など、会場がほぼ満席となる192名であった。

シンポジウムの冒頭、高松英夫・鹿児島大学理事から主催者としての開会挨拶があり、続いて一般社団法人国立大学協会の山本健慈 専務理事から共催者として来賓挨拶があった。



写真-1 総合討論の様子（防災・日本再生シンポジウム）

シンポジウムの第Ⅰ部「地域防災における行政と民間の取り組み」では、3つの講演があった。
①藤巻浩之・国土交通省九州地方整備局企画部長から、「地域防災における国土交通行政の取り組み」と題して、平成29年7月九州北部豪雨など大規模自然災害の発生時におけるTEC-FORCEの活動実績などについて講演がなされた。

②中豊司・鹿児島市危機管理局危機管理課長から、「地域強靱化計画における地方自治体の役割」と題して、国土強靱化の必要性・基本目標・取り組み例を説明するとともに、国土強靱化地域計画と地域防災計画の違いについて講演がなされた。

③萩亮・一般社団法人鹿児島県建設業協会から、「災害時における地域建設業の貢献」と題して、災害応急対策に関して県建設業協会が行政機関と協定を締結し、県内で発生した大規模災害に対して、協会会員企業が協力要請に応じて情報収集や災害応急工事を実施した例について講演がなされた。

さらに、講演後、総合討論が実施され、3名の講演者に対して会場から多くの質問が出され、活発な議論が行われた。

シンポジウムの第Ⅱ部では「地域防災研究の最前線」と題して、理工学域工学系の海洋土木工学専攻に所属する柿沼太郎准教授（海岸災害分野）、山城徹教授（海洋災害分野）、齋田倫範准教授（河川災害分野）、酒匂一成准教授（土砂災害分野）、審良善和准教授（社会基盤分野）から、それぞれの専門分野における最近の研究成果の紹介があった。各講演後には質疑応答の時間を設けられ、会場の参加者から質問や意見が挙げられた。

最後に、地頭菌隆・地震火山地域防災センター長の閉会挨拶でシンポジウムを閉じた。

(3) 島民講座「薩摩硫黄島セミナー」

2018年11月29日、島民講座「薩摩硫黄島セミナー」が三島村薩摩硫黄島開発総合センターにおいて開催された。セミナーでは小林哲夫氏（鹿児島大学地震火山地域防災センター客員教授）と増野雄基氏（三島村役場定住促進課ジオパーク委員）による講演がおこなわれた。小林哲夫氏は「薩摩硫黄島の噴火史と火山防災」と題して、硫黄島の火山活動の歴史を解説し、特徴的な噴火様式や噴出物、火山地形等について講演の後、火山防災で特に注意すべき噴火現象、特に噴石、火砕流、山体崩壊について詳しい紹介があった。増野雄基氏は、「日本で最も小さなジオパークー三島村のジオパーク活動ー」と題して、2015年9月4日に「日本ジオパーク」として認定された三島村（三島村・鬼界カルデラジオパーク）の豊かな自然やそれを活用して生活してきた人の営みについて紹介した。ジオパーク認定から3年たった今、三島村がどのような活動を進めているのか、どういった経緯で三島村が認定されたかなど再確認し、考え方や今後の方針を島民の方と共有することが重要だと講演された。



写真-2 放射線に関する研修会の様子

(4)放射線に関する研修会

2019年1月13日には、本センターと環境省、そして、鹿児島県診療放射線技師会の共催による「放射線に関する研修会」が開催された。環境省と本センターの共催による研修会やセミナーはこれまでも何度か開催してきたが、今回は鹿児島県診療放射線技師会との共催になった。原発立地県である本県において原子力災害が起これば、第一に活躍が求められる診療放射線技師の方々を対象にした研修会を開催できたことは非常に画期的なこととなった。研修会では、福島原発事故直後に福島へ派遣され活躍した長崎大学病院副診療放射線技師長の奥野浩二氏からの「福島原発事故について、原子力災害時に起こりえること」と題し、実際の活動現場における講演があり、次に、長崎大学病院診療放射線技師である岩竹聡氏からの「原子力災害時の放射線による健康影響について」の講話があり、その後は、長崎大学原爆後障害医療研究所助教の山田裕美子先生から「住民、知人からの相談、質問への応じ方」の事例に対応した演習があった。参加した診療放射線技師会の会員の皆さんは、同職種の講師による実際の福島における活動からの内容であったことから現実的なこととして受け止められ、充実した演習でもあり、好評であった。このような取り組みは本学のセンターの社会実装推進部門としては専門職職能団体との連携につながる効果的なものとなった。

(5)保健師のための放射線研修会

2019年1月26日には、環境省の「平成30年度放射線健康管理・健康不安対策事業（福島県外における放射線に係る健康影響等に関するリスクコミュニケーション事業）」として本センターとの共催による研修会が開催された。原発立地県である本県においては原子力災害に関する研修会は多く開催されている。しかしながら、新人保健師にとっては、日々の多忙な業務に慣れることも重要であるが、さらには原子力災害時における活躍も求められる。そこで、今回は1、2年の勤務になれる頃の新人保健師を対象に「保健師のための放射線研修会」と題し、研修会を開催した。研修会では、長崎大学大学院医歯薬学総合研究科准教授の吉田浩二先生から「放射線の基礎知識と健康影響」として福島における実際の活動からの講演があった。その後は、長崎大学原爆後障害医療研究所助教の山田裕美子先生から「被災者のメンタルヘルス・被災者が抱える問題」の事例を交えながら、保健師としてどのように対応したらよいのかの実践に即した演習であった。参加者には、新人保健師だけではなく、キャリアのある保健師の参加もあった。参加の新人保健師からは先輩からの具体的なそして専門知識に裏打ちされた被災者への説明から多くの学びがあったことへの感想が聞かれた。社会実装推進部門としての原子力災害時に活躍する自治体等の保健師との連携を紡ぐ大きな一歩となった。

3. 地域との連携による事業の実施

(1)大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組 専門部会の開催

第3回専門部会が2018年5月25日に鹿児島大学で開催された。地頭菌センター長から地震火山地域防災センターの概要、専門部会の設立趣旨、専門部会委員の紹介、当センターが進めているプロジェクトの概要と年間スケジュールの説明があった。その後、ワーキンググループ1（噴火と関連現象）、ワーキンググループ2（生命と暮らしへの影響）、ワーキンググループ3（交通への影響）、ワーキンググループ4（産業への影響）の活動趣旨についてそれぞれ真木主査、石峯主査、三田主査、浅野主査から資料をもとに説明があった。最後に総合討論がおこなわれ、各委員から今後のプロジェクト計画や活動方針についてコメントや要望が出された。

(2)大規模火山噴火にレジリエントな地域社会の実現に向けた防災・減災の取組 ワーキンググループの設置と開催

4つのワーキンググループが専門部会の下に設置された。ワーキンググループ1（噴火と関連現象）は2019年3月に鹿児島大学で開催された。議題はデジタルサイネージを活用した防災情報の効果的な配信である。学内外のサイネージモニター設置機関の担当者を委員として、2019年度に実施するサイネージ実証実験の内容や進め方について議論した。

ワーキンググループ2（生命と暮らしへの影響）では、鹿児島県、鹿児島市、DMAT等と大規模

噴火時の災害医療支援者の対応に関する課題について検討を行い、その結果に基づき、鹿児島県主催で10月20日に開催された平成30年度DPAT研修会ならびに11月11日に開催された九州・沖縄DMATブロック訓練の結果検討会において、火山噴火時に支援活動を行う際の留意点についてグループリーダーが講演をおこなった。

ワーキンググループ3(交通への影響)は2018年11月30日に鹿児島大学において開催された。会議では、桜島大正噴火と同規模の噴火があった場合の大隅半島での降下火災物の道路交通網への影響や対策について議論がなされた。対策が進んでいない大隅半島での現状の改善策として、北海道の駒ヶ岳や十勝岳の事例が参考になることが指摘された。本ワーキンググループは昨年度の活動を基に「桜島大噴火時の交通対策 暫定レポート2018年5月版」を出版し、当センターのホームページ上で公開した。

ワーキンググループ4(産業への影響)は2018年9月11日に鹿児島大学において「火山噴火災害時における港湾の対応課題について」と題する勉強会が開催された。この勉強会は、ワーキンググループのキックオフミーティングとして開催され、鹿児島地方気象台、国土交通省鹿児島港湾空港事務所、鹿児島県港湾課、鹿児島大学海洋土木工学科教員有志、民間港湾関係企業の方々が出席した。勉強会では、大規模火山噴火の事前・発災時・事後における港湾に要請される対応と解決すべき課題について議論された。第2回の会議は2019年1月30日に鹿児島大学で開催された。会議では、大規模噴火時の工場・病院・発電所など、高い清浄性が要求される建物内への降灰侵入対策に関連して、2件の講演が行われた。1件目は「鹿児島県における火山噴火に対するBCP(事業継続計画)への備え」と題して、鹿児島大学名誉教授の門久義氏が、2件目は「首都圏における火山灰BCP(富士山噴火)対策の動向及び風洞試験装置を用いた火山灰フィルタの性能試験結果について」と題して、株式会社 ユニパック 代表取締役の松江昭彦氏が講演をおこなった。

(3) 文部科学省学校安全総合支援事業の支援

文部科学省「学校安全総合支援事業」の委託を受け、鹿児島県教育委員会は「学校安全推進体制の構築」と題して、自然災害から児童・生徒を守る活動を実施している。本センターは、平成24年度から県・市町教育委員会からの要請を受けて、モデル校へ防災教育アドバイザーの派遣および防災実践指導を行っている。これまで、志布志市・東串良町・大崎町・霧島市・奄美市・指宿市において、出前講座・防災シンポジウムの開催・避難訓練に対する助言指導等を通じた協力・支援を行った。

平成30年度は、平成24・25年度に「実践的防災教育総合支援事業」を実施した志布志市で再び実施することになった。これは、市の教育委員会が学校内に防災担当の中核教員を置き、学校安全教育の手法確立、地域ぐるみの学校安全体制の確立を目標とするなど、取組内容の深化・充実を目指していることに対応するものである。本センターからは浅野敏之特任教授と井村隆介共通教育センター准教授が参加した。

今回の志布志市学校安全総合支援事業実践委員会は、志布志市教育委員会を事務局とし、志布志市立通山小学校を拠点校とし、志布志小学校、香月小学校、有明中学校、志布志中学校をモデル校とするものである。委員会は、それぞれの学校の校長ならびに防災担当の中核教員、志布志市の警察署、消防署、志布志市役所、鹿児島地方気象台、鹿児島大学地震火山地域防災センターで組織されている。

本センターの教員が参画した本年度の活動概要は以下のとおりである。

① 「安全総合支援事業実践委員会」

第1回 平成30年9月19日(水) 14時00分～16時40分

志布志市役所志布志支所 1階 会議室

講話：「地域と連携した防災教育について」 井村隆介

その他、地域全体での学校安全推進体制の構築について協議した。

第2回 平成31年2月5日(火) 14時00分～16時40分

志布志市文化会館 2階集会室 1・2

講話：「志布志市における防災教育について」 浅野敏之



写真-3 平成30年11月27日志布志中学校(左)、11月30日志布志小学校(右)での出前授業の様子

その他、防災先進地視察報告、児童生徒用津波対策リーフレットなどについて協議した。

②「出前授業」

- *平成30年11月2日(金) 14時00分～14時45分 香月小学校 3・6年生
「大地震・大津波から命を守るために大切なこと」 井村隆介
- *平成30年11月27日(火) 15時20分～16時10分 志布志中学校 1・2年生
「津波のしくみと津波避難」 浅野敏之
- *平成30年11月30日(金) 14時40分～15時25分 志布志小学校 6年生
「津波のしくみと津波ひなん」 浅野敏之
- *平成30年11月30日(金) 15時20分～16時10分 志布志中学校 3年生
「地震・津波から命を守る」 井村隆介
- *平成31年2月6日(水) 15時40分～16時45分 香月小学校 校内研修
「津波防災」 浅野敏之

③「支援事業研修会」

平成31年1月18日(金) 14時00分～16時40分

志布志市役所志布志支所 1階 会議室

各校の防災担当中核教員による防災対策先進地（宮城県石巻市、大阪市）への視察報告、各学校の防災・避難対策の取組と計画、児童生徒用津波対策リーフレット作成などについて協議した。浅野と井村が出席し、指導助言を行った。

④「児童生徒用津波対策リーフレット検討会議」

平成31年2月4日(月) 13時40分～16時40分

平成31年2月5日(火) 9時00分～12時00分

志布志市役所志布志支所1階 会議室

浅野と井村が出席し、指導助言を行った。

4. 外部からの問い合わせや相談、訪問への対応

(1) 福島県いわき市議会清政会御一行による視察

2018年7月10日に福島県いわき市議会の清政会に所属する市議会議員の方々が、当センターへ視察に来られ、地頭菌センター長、小林調査研究推進部門長、浅野特任教授と、地域防災の取組みや防災教育、また南海トラフ地震、桜島噴火等大災害対応について、議論を交わされた。その後、海洋波動実験棟にて、津波発生メカニズムなどが体験できる施設を見学された。

(2) 淡路広域消防事務組合消防本部による視察

2019年2月18日 淡路広域消防事務組合消防本部に所属する消防士の方、淡路消防保安協会に所属する協会員の方19名が本センターを訪れた。地頭菌センター長から本センターの設立の経緯や目的、地域防災の取組についての説明を受けた後、浅野特任教授による「津波の発生メカニズムと南海トラフ地震津波について」と題する講演を受講された。その後、南海トラフ地震津波に対する防災対応などについて議論を交わした。最後に、海洋波動実験棟において津波を造波できる施設を見学された。

平成 30 年度 活動報告

南西島弧地震火山観測所

1. はじめに

南西島弧地震火山観測所は、前年度まで中長期にわたり実施してきた九州南部から南西諸島北部域の地震・地殻変動観測を主体とした観測研究を継続するとともに、災害を伴った顕著な地震の発生に応じた臨時の研究観測に参画した。さらに、前年度までの地域防災教育研究センターとの統合により、地震・火山現象に関連した科学的知見等の情報発信を強化することを掲げ、デジタルサイネージ等への取り組みを開始した。以下は、平成 30 年度の主な活動報告である。

2. 九州南部から南西諸島北部域における定常地震観測

南西島弧地震火山観測所では、データがリアルタイムで送信される微小地震観測点を 23 地点に設置して、中長期に維持している。このうち 11 観測点は、地震予知計画に基づき 1989～1996 年に設置され、通信回線等の維持にかかる経費を継続的に国から予算措置されている定常観測点である。これらの観測点のデータは、気象庁、国立研究開発法人防災科学技術研究所、および隣接する国立大学にリアルタイムで送信されている。このリアルタイムデータは、気象庁が発表する地震に関する防災情報等に利活用されている他、データ利用を希望する研究者により、地震データの共同利用の枠組みに基づき使用される。以上のように定常観測点の地震観測データは、学内だけでなく学外にも広く利用されており、観測機器や通信機器・回線等に障害が発生した場合は即時的に対応する。平成 30 年度においても、雷害や通信障害等の発生に応じ、大学院理工学研究科技術部（当観測所勤務）の平野舟一郎技術専門職員がその都度、当該観測点に出向いて復旧・保守作業を実施した。また必要に応じて仲谷幸浩特任助教が当該作業に加わった。これらの日々の作業は、中長期に安定して観測データを送信するために不可欠である。なお、障害復旧作業時には現地観測点と当観測所との連携が必要で、仲谷幸浩特任助教もしくは八木原寛准教授が受信再開とデータが正常であるかの確認、及び復旧しない場合の対応を観測所内で行っている。

3. 九州南部から南西諸島北部域における臨時地震・地殻変動観測

九州南部から南西諸島北部域は、フィリピン海プレートがユーラシアプレート下に沈み込むプレート境界付近に位置し、地震および火山活動が活発な領域である。屋久島より南には定常観測点が無い一方で、奄美大島周辺は地震活動の高い領域であり、過去には 1911 年喜界島近海地震（マグニチュード 8.0）が発生している。このため南西島弧地震火山観測所は、1990 年代にオフライン（現地収録方式）地震観測点を奄美大島に展開し、臨時地震観測を開始した。2000 年代に入り、観測点の増設やリアルタイム化を進め、トカラ列島にも地震観測点を展開した。さらに、国家プロジェクトである「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（平成 26～30 年度の 5 か年。平成 31～35 年度は「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第 2 次）」が実施される予定。）の研究課題として南西諸島北部域における地震・地殻変動観測研究を提案し、それまで観測点が設置されていなかった無人島・有人島に地震・地殻変動観測点を展開した。無人島観測点（女島、宇治島、臥蛇島、横当島）の設置・データ回収・保守作業は、主に平野舟一郎技術専門職員と八木原寛准教授が担当し、必要に応じて仲谷幸浩特任助教が加わった。渡島には主として隣接有人島の小型兼用船を用船するため、気象・海象による影響を大きく受ける。各無人島においては、概ね年 2 回の渡島を計画しているが、平成 30 年度の渡島は、各島とも 1 回ずつに留まった。

一方、南西諸島北部だけでなく、鹿児島県本土においても、観測点の空間密度が低い領域が存在する。鹿児島湾周辺もその一つであり、平野舟一郎技術専門職員が 2011 年から知林ヶ島等でオフライン微小地震点を展開した。これらの観測点を中長期に維持する中で、2017 年 7 月 11 日に

は鹿児島湾の中央部付近でマグニチュード 5.3 の地震が発生し、鹿児島市で最大震度 5 強を観測した。これらのオフライン観測点は、平成 30 年度においても維持したが、このような顕著な地震の発生以前からの観測点の展開は、地震発生といった現象や発生の場についての理解を進展させるために極めて有効である。

4. 大学の附属練習船による南西諸島北部の海域観測

南西島弧地震火山観測所では、長崎大学水産学部附属練習船・長崎丸を共同利用して、海底地震観測および離島における地殻変動観測を実施している。平成 30 年度は、4 月と 8 月の 2 航海において、国の推進プロジェクトである「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」に基づき、トカラ列島東方海域における長期収録型海底地震計の設置・回収・位置測量や男女群島・女島での地殻変動観測の課題を推進した。

(1) 長崎丸第 002 次航海

期間：2018 年 4 月 16 日～2018 年 4 月 20 日

海域：甬島周辺海域、トカラ列島東方海域、男女群島・女島

担当：八木原寛准教授(代表)、仲谷幸浩特任助教(乗船)、平野舟一郎技術専門職員(乗船)

(2) 長崎丸第 011 次航海

期間：2018 年 7 月 31 日～2018 年 8 月 5 日

海域：甬島周辺海域、トカラ列島東方海域

担当：八木原寛准教授(代表)、仲谷幸浩特任助教(乗船)、平野舟一郎技術専門職員(乗船)

本観測で対象とする南西諸島北部域は、前章で述べた通り、フィリピン海プレートが大陸プレート下に沈み込むプレート境界に位置しており、地震・火山噴火活動が活発である。一方、歴史記録が少なく、巨大地震の履歴はよくわかっていない。加えて、定常地震観測点が島嶼部に限られているため、遠く離れた南西諸島海溝域の情報を得るには、海底地震観測が極めて有効であり、本観測によって、当該海溝域の地震活動を詳細に把握することが期待される。尚、本観測航海は、九州大学・京都大学防災研究所・東京海洋大学・東京大学地震研究所との共同研究・共同利用の一環である。

上記航海においては、甬島周辺海域にて短期収録型海底地震計を用いた海底地震観測も実施している。この観測に係る海底地震計の組立や取り扱い等を、理学部カリキュラム「地球物理学実習 II」の学生実習の一部としており、基礎的な地震学および観測の知見を伝える教育活動にも貢献している。



長崎大学水産学部附属練習船・長崎丸



本航海で設置した各種海底地震計

5. 北海道胆振東部地震 (M_{JMA}6.7) に伴う臨時地震観測

2018年9月6日03時07分頃、北海道胆振地方東部を震源とする比較的規模の大きな地震が発生した。気象庁によると震源は42° 41.4′ N、142° 00.4′ E、深さ37km、マグニチュード6.7であった。この地震により、北海道勇払郡厚真町で震度7、勇払郡安平町、勇払郡むかわ町で震度6強を観測したほか、北海道から中部地方の一部にかけて震度6弱～1を観測し、胆振地方東部では甚大な被害を伴った。本震の発震機構は東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型で、陸のプレート内で発生した地震である。

震央周辺では、気象庁・防災科学技術研究所Hi-net・北海道大学の定常観測点に加え、北海道大学が本震前から運用していた臨時観測点により地震観測網が展開されていた。しかし、その後の地震活動をより詳細に把握する必要性が生じた為、全国の大学が共同で、「平成30年北海道胆振東部地震合同地震観測グループ」を立ち上げた(参加大学:北海道大学、東京大学地震研究所、東北大学、九州大学、鹿児島大学、弘前大学、名古屋大学、京都大学防災研究所)。本グループは、臨時観測点の設置を9月7日より開始した。臨時観測点は既設の地震観測点を補完する配置で設置され、9月11日までに合計24点の設置を完了した。これにより地震観測網は本震発生以前に比べて密に展開された(観測点配置図)。このうち、当観測所が設置を担当した臨時観測点は4点であり、本震発生後の行程は次の通りである。

- ・9月 6日: 03時07分頃、本震発生。
- ・9月 6日～7日: 関係機関との連絡調整、観測機材準備等。
- ・9月 8日: 現地入り。

大学院理工学研究科 宮町 宏樹 教授
大学院理工学研究科技術部 平野舟一郎 技術専門職員(当観測所勤務)
臨時観測点設置の為に現地調査を実施。
北海道大学に於いて観測打ち合わせ。

- ・9月 9日: 現地調査及び臨時観測点設置(3点)。北海道大学に於いて観測打ち合わせ。
- ・9月 10日: 現地調査及び臨時観測点設置(1点)。北海道大学に於いて観測打ち合わせ。
- ・9月 11日: 帰鹿。

設置した臨時観測点は、センサー、データロガー、GPS アンテナ、電源により構成され、現地収録方式である。センサーは固有周期0.5秒の速度型三成分一体型地震計を使用し、波形信号は、分解能24bit、サンプリング周波数200Hz、増幅率0dBにてデータロガーに連続収録される。収録媒体はSDカード(32GB)、電源は単一アルカリ乾電池を8本直列×4並列にて使用した(その後、2018年10月に、北海道大学により8本直列×7並列に増設)。時刻管理はGPSにより1時間毎に較正される。較正後の時刻精度は5msec以内を確保している。以上のようなシステム構成で9ヶ月程度の連続収録が可能である。



臨時観測点



観測点配置図(赤丸が本観測所設置による)

6. デジタルサイネージを活用した情報発信の準備

南西島弧地震火山観測所はこれまで、定常観測点や臨時観測点の設置・保守作業等や理学部（一部、共通教育）・大学院教育に多くの時間を費やし、デジタルコンテンツを用いた視覚的な情報発信への取組は進んでいなかった。平成30年4月に、理工学研究科附属から地震火山地域防災センター附属に改組されたことを期に、定常観測や研究観測から得られた情報・科学的な知見を視覚化し、当センターで推進されてきたデジタルサイネージで情報発信することを目指す準備を開始した。主に仲谷幸浩特任助教と八木原寛准教授が担当している。平成31年1月末（本原稿の執筆時点）において、デジタルサイネージ用のデジタルコンテンツは作成済で、最終的な確認作業を経て、平成30年度中にデジタルサイネージで公開される計画である。

7. 外部からの問い合わせ等への対応

(1) 顕著な地震：2019年1月8日、奄美大島付近の有感地震の発生に伴う取材依頼

2019年1月8日10時01分、奄美大島付近でマグニチュード4.4の浅発地震が発生し、奄美市名瀬で最大震度4が観測された。鹿児島県内における震度4以上の観測が2017年7月11日の鹿児島湾の地震（マグニチュード5.3）以来であったため、鹿児島放送および南日本放送からの取材依頼があった。鹿児島大学が奄美大島島内の複数地点で中長期に維持しているリアルタイム地震観測点網のデータから、奄美市名瀬付近の島内直下の深さ15kmで発生したと推定されたことを示した。島内直下の比較的浅い地震であり、震央付近で局所的に最大震度4が観測されたと考えられることを紹介した。

(2) 顕著な地震：2019年1月8日、種子島近海の有感地震の発生に伴う取材依頼

上記の奄美大島付近の地震発生当日の夜間に、種子島近海の深さ30kmでマグニチュード6.4の地震が発生し、最大震度4が観測された。上記の奄美大島の地震と同一日に発生したため、鹿児島放送と鹿児島テレビから取材の依頼があった。当地震は、従来からの地震活動域、かつフィリピン海プレートとユーラシアプレートの境界部で発生したことを示した。また、奄美大島付近の地震の影響で当該地震が発生したのではないことを紹介した。

(3) 鹿児島郡十島村立諏訪之瀬島小・中学校および十島村教育委員会からの講師依頼

2019年1月26日（土）09時30分～14時30分に、諏訪之瀬島小・中学校の社会学級（児童生徒と教職員に加え、島民向けの学校行事）において、八木原寛准教授が講師を担当し、「火山の学習会」が開催された。

Ku バンド高速スキन्दップラーレーダによる降灰ナウキャスト

真木雅之¹・小堀壮彦²・平野洪賓³

¹ 鹿児島大学地震火山地域防災センター

² 鹿児島大学大学院理工学研究科

³ 防災科学技術研究所

1 はじめに

大規模火山噴火に伴って放出される大量の火山灰はその地域の住民の生命・財産に直接的な被害をもたらす。また、交通や通信などのインフラを麻痺させ地域社会の日常生活や経済を破壊する。更に、噴火と同時にあるいは前後して豪雨が発生すると、斜面に堆積した火山灰は土石流などを誘発する。これらの事態に対処するためには、様々なハード的な対策に加えてソフト的な対策が求められる。ソフト的な対策のひとつに、火山噴火に伴って放出される火山灰を定量的に把握しその分布を予測することがある。気象庁では Suzuki (1983)の噴煙柱モデルをベースに、領域移流拡散モデルから降灰の影響範囲を計算している(新堀ほか 2010; 新堀ほか 2014; 新堀 2015, 2016)。気象庁の予測モデルは桜島や霧島山等を対象に運用され、その結果は TV 等のマスメディア等に公開されている。このほか、数値気象モデルの風の予測情報を利用し、大気中に放出した粒子を追跡する Puff モデル(Tanaka 1994; Tanaka et al. 1993; Tanaka and Yamamoto 2002)による降灰予報も提案されており、米国気象サービスで運用されている。

上述した予報モデルは物理法則に基づくものである。これに対して、概念モデルに基づく予測手法も提案されている。例えば、井口ら(2012)は桜島の観測坑道内に設置された伸縮計の爆発前後の記録から収縮膨脹を推定する概念モデルにより放出火山灰量を予測する手法を提案している。

これらとは別に、気象レーダや衛星などから得られた観測データを外挿することにより 1 時間先程度の現象を予測する手法がある。この手法はナウキャストと呼ばれ、もともとは 1950 年代に降水予測のために開発された手法である(Ligda and Mayfew 1954)。降水ナウキャストはこれまで多くの研究がなされ、手法としてはほぼ確立していると言えるであろう。しかしながら、筆者が知る限り、ナウキャストが降灰予報に適用された例はない。理由は定かではないが、降水と異なり火山噴火現象は極めてまれな現象であること、ナウキャストに必要な高い時空間分解能のレーダ観測データや衛星データが得られなかったこと等が考えられる。ところが、これらの状況があてはまらない火山がある。近年、噴火が活発化している桜島である。鹿児島地方気象台によれば、2009 年から 2018 年の 10 年間の噴火回数は 7949 回を数えている。特に 2015 年には合計 1252 回の噴火があった。近い将来、1914 年の大正噴火級の噴火が桜島で起きる可能性も指摘されている。その際、約 60 万人の人口を有する鹿児島市を始め近隣の多くの市町村が降灰の影響を受けることが考えられる。このため、内閣府は桜島の大規模噴火を想定した降灰対策について検討を進めている。降灰ナウキャストはその対策の一つの有効な手段であろう。

桜島では、2013 年から降灰ナウキャストに必要なレーダ観測データが日常的に得られるようになった。このレーダは国交省が全国の主要な都市域に展開している現業レーダネットワーク(XRAIN)のレーダで、桜島昭和火口から約 11km の距離に設定されている。本来は、火山泥流を引き起こす豪雨の観測のために運用されているが、降灰の観測にも利用できることがわかっている。噴火があった場合、仰角が $0.7^{\circ} \sim 21^{\circ}$ の計 12 仰角の PPI スキャンにより噴煙の三次元データが 5 分毎に取得される。また、種子島にされた気象庁 C バンドドップラーレー

ダや国交省に設定された C バンドマルチパラメータレーダも大規模な噴火時には降灰のナウキャストに利用できるであろう。これらの現業用レーダに加えて、様々な研究機関が桜島を対象として研究用レーダによる降灰観測をおこなっている。例えば、鹿児島大学と防災科学技術研究所は 2014 年に国交省の X バンドレーダと Ka バンドドップラーレーダによる噴煙柱観測をおこなった (Maki et al., 2016)。神戸大学は 2015 年から小型 X バンドマルチパラメータレーダを設置して観測をおこなっている。気象研究所は 2016 年から X バンドマルチパラメータレーダと Ku バンドマルチパラメータレーダによる観測をおこなっている。2017 年には京大防災研が神戸大と同じタイプのレーダを桜島に設置して観測をおこなっている。同じ年に、鹿児島大学は機動観測が可能な Ku バンドドップラーレーダを桜島に設置し 1 年間の試験観測をおこなった (Maki et al., 2019)。このように、桜島は降灰ナウキャストの開発に十分な研究環境が整っていると見える。

本研究の目的は、これまで手がけられていなかった降灰ナウキャストのアルゴリズムを提案し、その有効性について KuRAD の観測データを用いて調査することである。

2. データ

2.1 レーダデータ

本研究で用いたレーダデータは鹿児島大学が所有する Ku バンド高速スキャンドップラーレーダ (Ku-band Rapid scanning Doppler Radar: KuRAD) により取得された降灰データである。KuRAD は、大阪大学と住友電工により雷雲観測用に開発された Ku バンドレーダ (今井ほか 2008, Yoshikawa et al. 2010; Yoshikawa 2011) を、鹿児島大学が火山噴火を機動的に観測できるように改良したレーダである (Maki et al., 2019)。KuRAD の特徴の一つに変化の激しい現象の三次元データを 1 分間隔で監視できることがあげられる。この機能により降灰の三次元観測データを利用したナウキャストが可能となっている。この点が本研究のナウキャストの特徴の一つである。

2.2 ノイズ除去

出来るだけ弱い降灰エコーを捉えられるように、KuRAD 観測では、受信電力にしきい値を設けたノイズデータ除去をおこなわなかった。従って、観測データを噴火の自動検出やその後の降灰ナウキャストの入力データとして利用するためには、観測データに含まれるノイズを除去する処理が必要である。図 2.1 に本研究で用いたノイズ処理フローチャートを示す。ノイズ除去の手順は、①ノイズフロアの検出、②ノイズフロアの処理、③2 次元フィルターによるノイズ除去の 3 つのプロセスからなる。

図 2.2 に高度 500m から 16000m で観測されたレーダ反射因子のレンジプロファイルを示す。横軸の方位角の値は、360°を1スキャンとし、20 スキャン分を加算している。レーダアンテナはスパイラル状に仰角を上げて観測するので、方位角が大きくなるほど仰角が大きくなっていることに注意して欲しい。四角の破線で囲ったところに見られる複数のピークは各仰角で観測された同じ降灰エコーに相当する信号である。

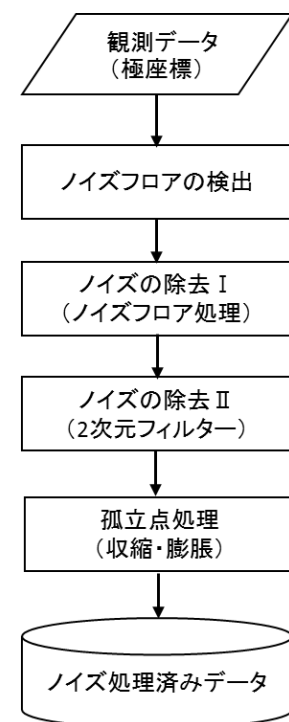


図 2.1 観測レーダデータのノイズ除去のフローチャート。

図 2.3 は降灰エコーの部分を除去したレンジプロファイルである。降灰エコーの除去は、レーダ反射因子の平均値からの差が標準偏差の 3 倍以上の信号を除去することでおこなった。

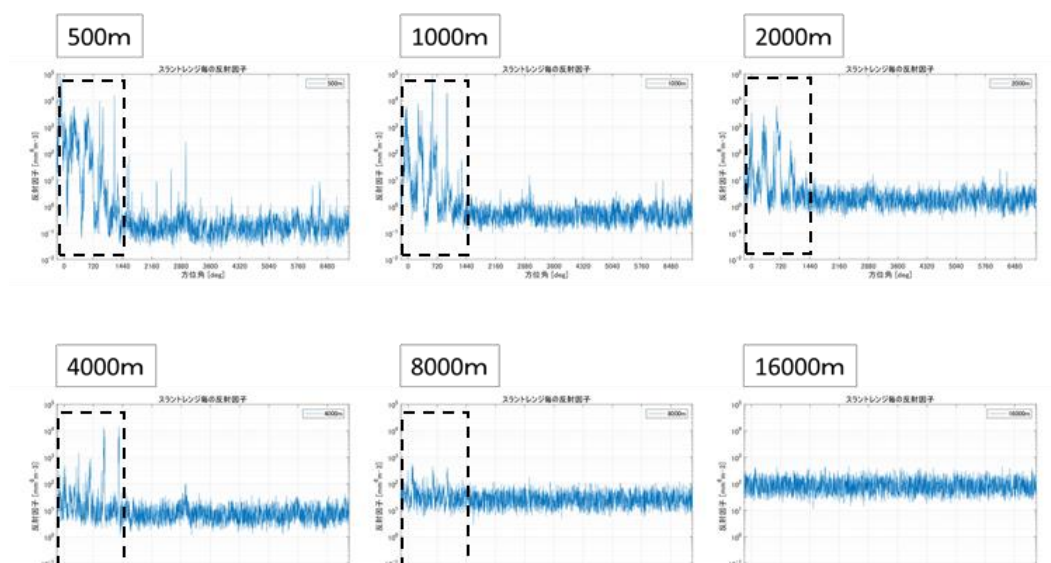


図 2.2 観測されたレーダ反射因子のスラントレンジ毎のレンジプロファイル。破線四角は降灰エコー。横軸の方位角は 360 度×20 仰角で表している。

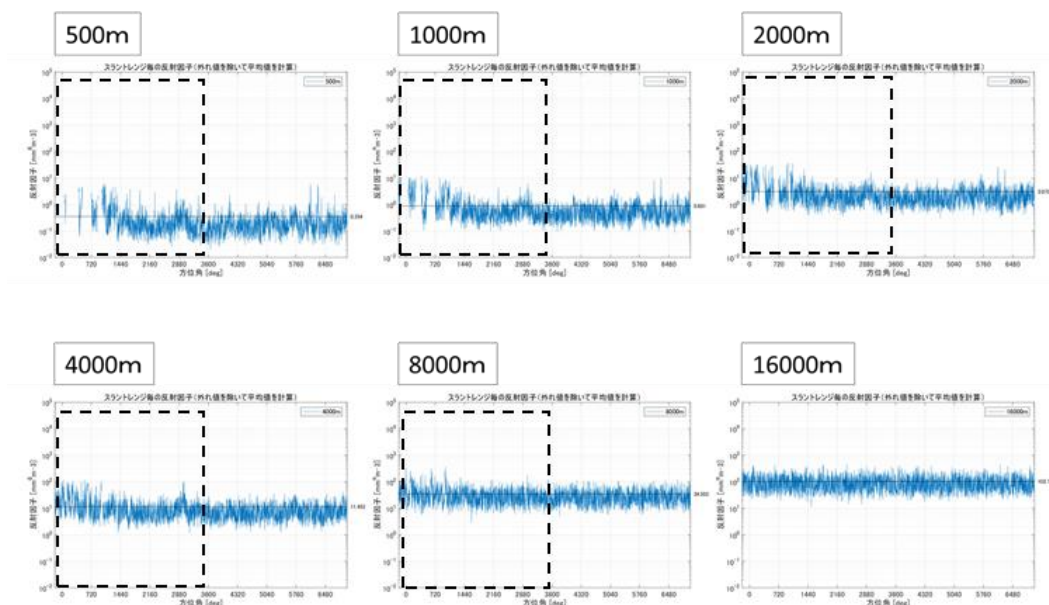


図 2.3 ノイズフロア処理したレーダ反射因子のスラントレンジ毎のレンジプロファイル。

図 2.3 によるとノイズフロアは方位角にはほとんど依存しないが、スラントレンジ(図中の四角枠中の数値)に依存することがわかる。すなわち、スラントレンジが長くなるほどノイズフロアが大きくなる。このスラントレンジとノイズフロア値との関係を図 2.4 に示す。両者の関係は次の 2 次多項式で表すことができる。

$$N_b = 0.4620r^2 - 1.814r + 10.17 \quad (2.1)$$

ここで、 N_b はノイズフロア値 (mm^6m^{-3}), r はスラントレンジ (km) である. 観測されたデータから(2.1)式を用いてノイズフロアよりも小さい信号を除去したデータを図 2.5 に示す. ノイズフロア処理後の図を見ると, ノイズフロア以下の小さな値の信号値が除去されているが, ノイズは完全には除去されていない. そこで, これらのノイズを除去するために, 2種類の 2次元フィルタを試験した. 一つは 2次元メジアンフィルタ, もう一つは 2次元 Wiener フィルタである. 2次元フィルタに加えて, 二値化された画像処理でよく利用される収縮・膨張処理も用いた. 収縮・膨張処理というのは孤立した点を取り除いたり, 連続体の中の欠損カ所を埋めるフィルタ処理の手法である. その結果を図 2.6 に示す.

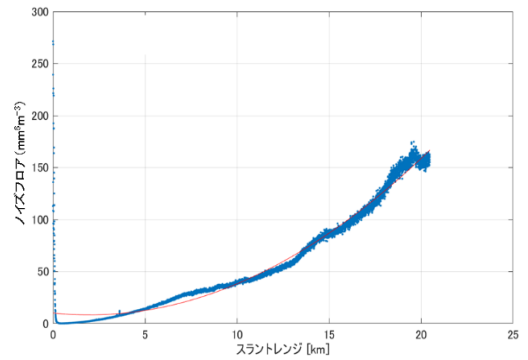


図 2.4 ノイズフロアのレンジプロファイル.

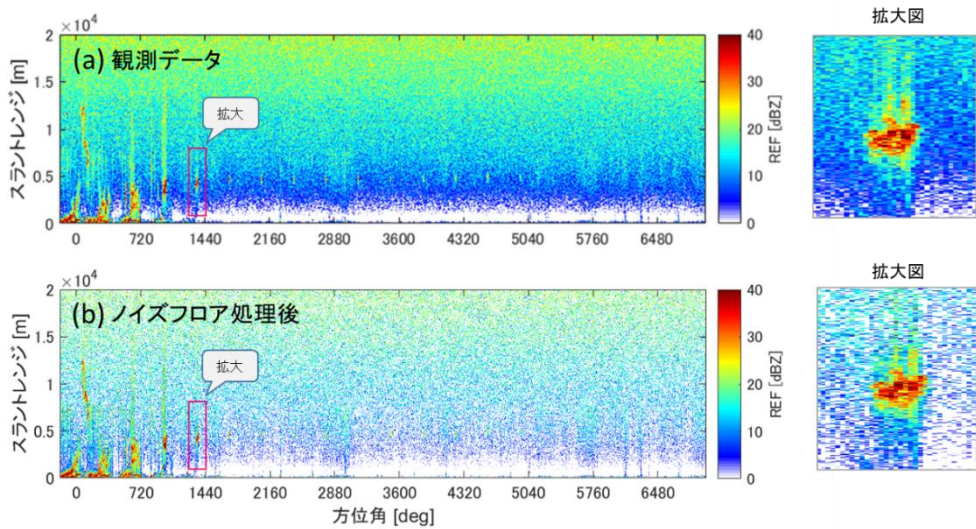


図 2.5 (a) 観測されたレーダ反射因子のBスコープ表示. (b) ノイズフロア処理後のレーダ反射因子のBスコープ表示. 横軸の方位角は 360 度 \times 20 仰角で表している.

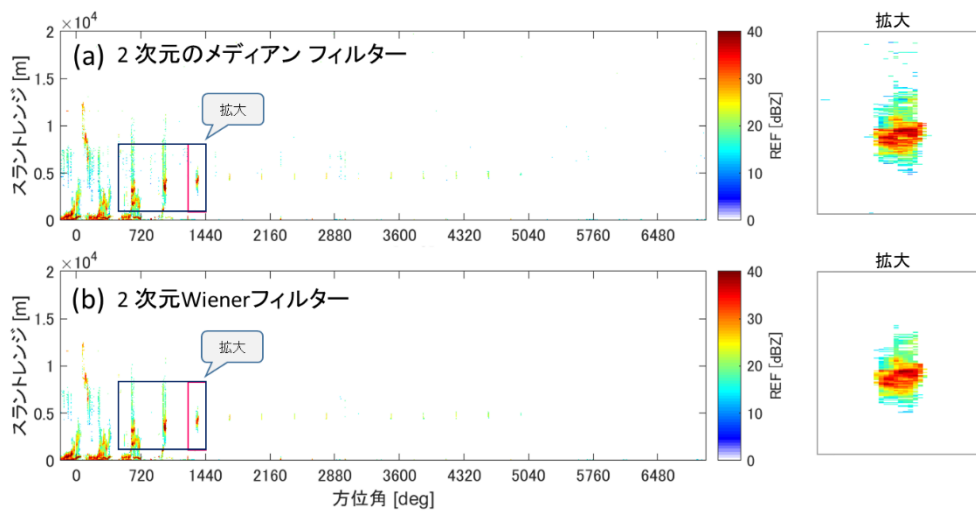


図 2.6 (a)2次元メジアンフィルタ処理後のレーダ反射因子のBスコープ表示. (b) 2次元 Wiener フィルタ処理のレーダ反射因子のBスコープ表示.

3. 噴火の自動検知

本研究では、昭和火口の噴火事例を使って検証するため、昭和火口を監視の対象とした。図 3.1 に示すように、昭和火口直上に設定した一定の領域 A の中で反射因子がしきい値を超えた面積を計測し、領域 A に占める割合が閾値を超えた場合に噴火と判定する。降水のエコーは広範囲に渡って均一に観測される。そこで、火口周辺に設定した一定の領域 B (領域 A よりも広い) の中で反射因子が閾値を超えた面積を計測し、範囲 B に占める割合が閾値を超えた場合は降水と判定する。監視する範囲は想定する噴火により調整する必要があるが、本研究では領域 A および領域 B の半径をそれぞれ 1km, 3km とする。判定の結果は下記の情報に整理して噴火情報ファイルに出力する。

- 1) 噴火の判定結果: ID (0: 降水, 1: 噴火, 9: 不明)
- 2) 出現時刻: YMDHMS (年月日時分秒の 12 桁整数値, 日本時間)
- 3) 面積: SA (km²), 但し, レーダ反射因子の閾値は 3dBZ とする。
- 4) 最大レーダ反射因子: Zmax (dBZ)
- 5) 最大ドップラー速度: V_Dmax (m s⁻¹)
- 6) 最小ドップラー速度: V_Dmin (m s⁻¹)

これらの情報をもとにナウキャストの計算が開始される。また、鹿児島大学が実証実験を進めているデジタルサイネージ(真木ほか 2019)に配信され、災害情報として公開される。

4. 三次元 CAPPI データの作成

4.1 移動ベクトルの計算

移動ベクトルは降灰ナウキャストの精度を決定する重要なパラメータである。また、三次元の定高度 PPI (Constant Plan Position Indicator: CAPPI) データを作成する際に必要となる情報である。本研究では下記の二通りの方法で移動ベクトルを求め、それぞれの手法の特性について調べる。

- 1) 相関法: 加藤ほか(2009)の方法を参考にする。時刻 $t - \Delta t$ 及び時刻 t における噴煙エコーの画像 $f_{t-\Delta t}$ 及び f_t を用いて、両画像ができるだけ一致するように (相互相関係数が最大となるように) 画像 $f_{t-\Delta t}$ を平行移動する量を探索する。得られた画像の移動量と Δt から、時刻 t における移流速度を求める。
- 2) 重心追跡法: 小堀ほか(2017)の方法を参考にする。時刻 $t - \Delta t$ 及び時刻 t における噴煙エコーの重心位置を求め、重心位置の移動量と Δt から、時刻 t における移流速度を求める。

相関法および重心追跡法のいずれの方法においても、計算に用いるレーダデータはスパイラルスキャンデータとする。この時、データを方位角 1 周毎に分割して 20 個の PPI として処理する方法が簡便である。しかし、高い仰角ではレーダ観測面上のエコーの動きが鉛直方向の移流に強く影響されるため、正確な水平移流速度が得られない問題がある。そこで、移流ベクトルの計算に先立ち、スパイラルスキャンデータから CAPPI を作成し、

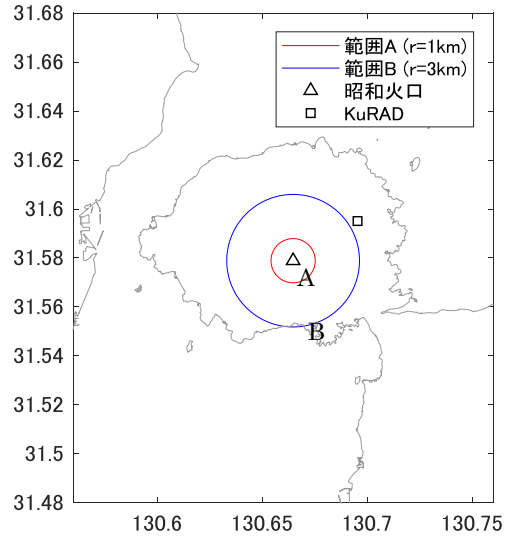


図 3.1 噴火検知領域(範囲 A)と降水検知領域 (範囲 B). 鹿児島県桜島.

得られた等高度面毎に移流ベクトルを計算する。なお、1 回のスパイラルスキャンに要する時間は 60 秒と高速であることから、スキャン毎の観測時刻のずれは無視して CAPPI 化を行う。推定した各高度の移動ベクトルの値から風の鉛直プロファイルが求められる。計算結果はファイルとして保存し、降灰ナウキャストに参照できるものとした。

4.2 CAPII データ

CAPPI 化の対象はレーダ反射因子とし、等緯度・経度での内挿、次に高度内挿の順で線形内挿を行う。線形内挿では反射強度の単位を dBZ から線形単位 mm^6m^{-3} に変換して処理する。桜島の噴煙解析でよく用いられる国土交通省垂水レーダの平面プロダクトが約 250m メッシュで提供されているのに対し、KuRAD は火口近くに設置されており、またレンジ方向に高い分解能(20m)を持つことから、高い水平分解能が得られる。そこで、作成する CAPPI の水平分解能は約 125m となるように設定した。垂直分解能については前述の垂水レーダと同じく 125m である。

5. ナウキャストモデル

5.1 PPI ナウキャスト

ある仰角の PPI(Plan Position Indicator) 画像の時系列から噴煙エコーの移動ベクトルを求め、外挿法により 30 分先までの降灰量分布を予測する方法を、便宜上、PPI ナウキャストと呼ぶことにする。アルゴリズムは、加藤ほか(2009)が提案した降水ナウキャスト手法を参考にする。加藤ほか(2009)の方法を要約すると以下の通りである。前述したように、相互相関法は二つの異なる時刻で観測された降水分布が最も類似する移動距離を探索する方法で、類似度の判定には相互相関係数が用いられる。探索の速度を速めるために相互相関係数計算に高速フーリエ変換が用いられている。加藤ら(2009)は降水分布を強度から 3 つの階級に分離しそれぞれの階級について相互相関法により移動ベクトルを求めているが、本研究では、降灰分布の階級分けをおこなわない。従って推定される移動ベクトルは噴煙エコーについて一つである。本手法の特徴として、予報期間内の降灰強度は一定と仮定するために予報値は過大評価される。

5.2 改良 PPI ナウキャスト

予報期間中の降灰強度の変化を考慮した PPI ナウキャストを、便宜上、改良 PPI ナウキャストと呼ぶ。火山灰雲内の火山灰粒子は地上に落下・堆積するために、降灰エコー強度は時間とともに弱まる。降灰ナウキャストの精度を向上するためにはこの弱まりの効果を考慮する必要がある。降灰エコー強度の弱まりは次節の移動ベクトルを推定する時に求められる。

5.3 VIA ナウキャスト

鉛直積算火山灰量(Vertically Integrated Volcanic Ash: VIA)を用いる降灰ナウキャストで、便宜上、VIA ナウキャストと呼ぶ。PPI ナウキャストが一つの仰角の PPI データを用いるのに対して、この方法は三次元 CAPPI データをもとにして降灰量分布の予測をする。この方法は噴煙柱からの降灰粒子の“抜け”、即ち、降灰粒子の地上への落下・堆積を計算する方法である。具体的には三次元 CAPPI データから計算される鉛直積算降灰量データの収支から地上の降灰量を求め、三次元 CAPPI データを作成する際に求めた移動ベクトルを用いて 30 分先までの降灰量分布を予測する。アルゴリズムは Hirano and Maki (2010, 2018)が雨のナウキャストに用いた手法を参考にする。その手法は次の通りである。VIA ナウキャストの基本的なパラメータである鉛直積算降灰量 VIA は次式で定義される。

$$VIA \equiv \int_0^h M_A(Z) dz \equiv \int_0^h aZ^b dz \quad 5.1$$

ここで、 M_A は単位堆積内の火山灰量、 Z は火山灰のレーダ反射因子、 h は噴煙エコー頂高さである。 a , b は火山灰粒子の粒径分布や形状によって決まる係数である。

先ず、鉛直積算降灰量 VIA と降灰強度 R_A の関係を以下の一次式で近似する。

$$VIA(t) = \tau(t) \cdot R_A(t) + \omega(t) \quad 5.2$$

ここで、係数 $\tau(t)$ と切片 $\omega(t)$ は観測値から最小二乗法を用いて求める。ただし、 $\tau(t) < 0.01$ の場合は異常値と判定して $\tau(t) = 1$, $\omega(t) = 0$ に置き換える。

続いて、 $VIA(t + dt)$ を以下の式で予測する。

$$VIA(t + dt) = VIA^*(t) \cdot e^{-\frac{dt}{\tau(t)}} + \tau(t) \left(S(t) - \frac{\omega(t)}{\tau(t)} \right) \left(1 - e^{-\frac{dt}{\tau(t)}} \right) \quad 5.3$$

ここで、 $S(t)$ は下式で与えられる。

$$S(t) = \frac{VIA(t) - VIA^*(t - \Delta t)}{\Delta t} + R_A(t) \quad 5.4$$

雨のノウキャストでは $S(t)$ が流入項の意味を持つが、噴煙の場合は火口以外に流入を考える必要がない。そこで、5.3 の $S(t)$ をゼロに置き換えて下式を得る。

$$VIA(t + dt) = VIA^*(t) \cdot e^{-\frac{dt}{\tau(t)}} - \omega(t) \left(1 - e^{-\frac{dt}{\tau(t)}} \right) \quad 5.5$$

最後に、5.2 の関係を用いて $VIA(t + dt)$ から $R_A(t + dt)$ を求める。

6. 結果

6.1 噴火の検出

収集した噴火事例のうち 2017 年 4 月 28 日の噴火事例を用いて噴火検知を行った。その結果を図 6.1 に示す。図中の赤線は噴煙のエコーが領域 A 内に占める割合を、青線は領域 B 内に占める割合を表している。星印と点線は火山観測報に基づく噴火時刻である。最上段のプロットは最も低い仰角のスキャン結果、中段、下段はそれぞれ 2 番目、3 番目に低い仰角のスキャン結果である。

低い仰角では地形や連続噴火の影響により常にエコーが観測されており、規模の小さい噴火は埋もれてしまう恐れがある。一方、高い仰角では噴火に伴うエコーのみを観測できるが、噴煙柱高度の低い小規模な噴火を見逃す恐れがある。また、仰角が高いほど噴火から検知までに時間を要する問題もある。そこで、ここでは 2 番目に低い仰角のスキャン(海拔高度 1323m で火口直上をスキャン)を用いて噴火検知を行うこととした。ここで、噴火検知の閾値は 10% とした。降雨の場合には広い範囲でエコーが観測されることが予想されるので、範囲 B に占めるエコーの割合が 50% を超えた場合に降雨と判定した。

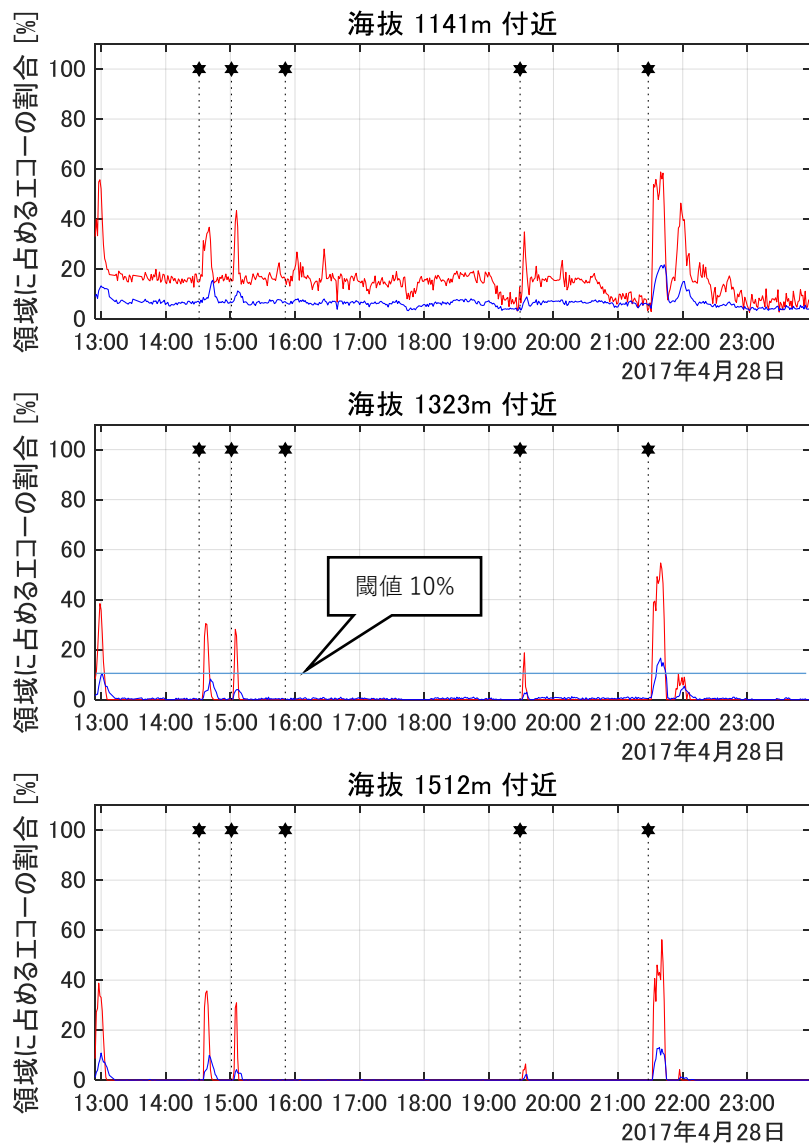


図 6.1 噴火の検知結果. ●は鹿児島気象台の発表による噴火の報告. 横軸はレーダの観測時刻. 観測時刻は実際の時刻(観測報の時刻)よりも 2 分程度進んでいることに注意

6.2 風向風速の鉛直プロファイル

2017 年 4 月 29 日 18 時 9 分の噴火事例について, 相関法を用いて移流速度を計算した. 図 6.22 は東西風, 南北風の時系列変化を, 図 6.3 は外れ値を除いて平均した移流ベクトルの東西成分と南北成分の高度プロファイルを示す. 同じ噴火事例について, 重心追跡法により求めた降灰エコーの重心の軌跡を図 6.4 に示す. 図 6.5 は降灰エコーの移動ベクトルの東西成分と南北成分の時系列である. 図 6.6 は降灰エコーの平均した移動ベクトルの東西成分と南北成分の高度プロファイルである.

図 6.2 と図 6.5 を比較すると, 相関法も重心追跡法も基本的な部分では両者に大きな違いは無い. ただし, 重心追跡法は個々のエコーの重心が求まる時間から移動ベクトルを求めることが出来るのに対して, 相関法は2つ

の連続したエコーがそろった時刻から移動ベクトルの計算が可能となる。このため、相関法の場合、移動ベクトルが求まる期間は重心追跡法から求まる時間よりも短くなる。しかしながら、相関法はエコー全体の位置の相関から移動ベクトルを求めるため時間変動が重心追跡法よりも小さいことがわかる。

図 6.3 と図 6.6 を比較すると、相関法と重心追跡法から求めた移動ベクトルの東西成分・南北成分はほぼ一致している。ただし、重心追跡法では外れ値を除いていることに注意。

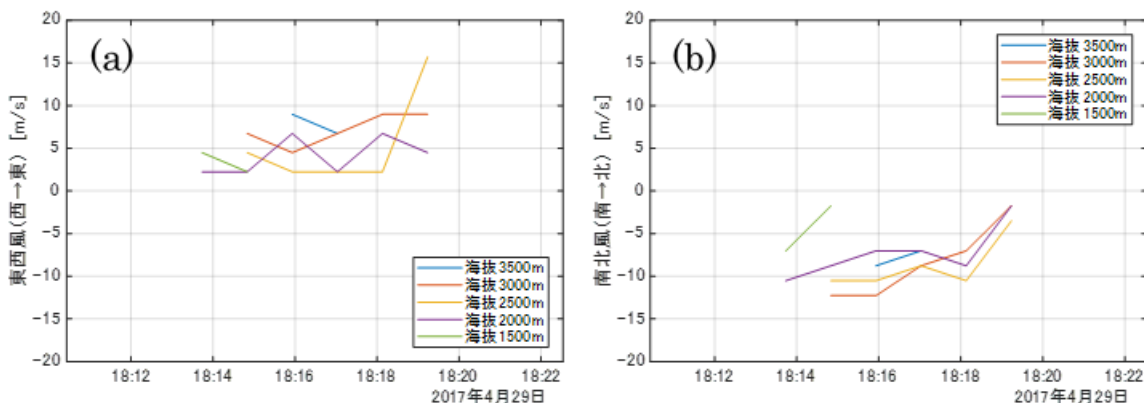


図 6.2 相関法を用いて求めた降灰エコーの移動ベクトルの東西成分(a)と南北成分(b)の時系列。

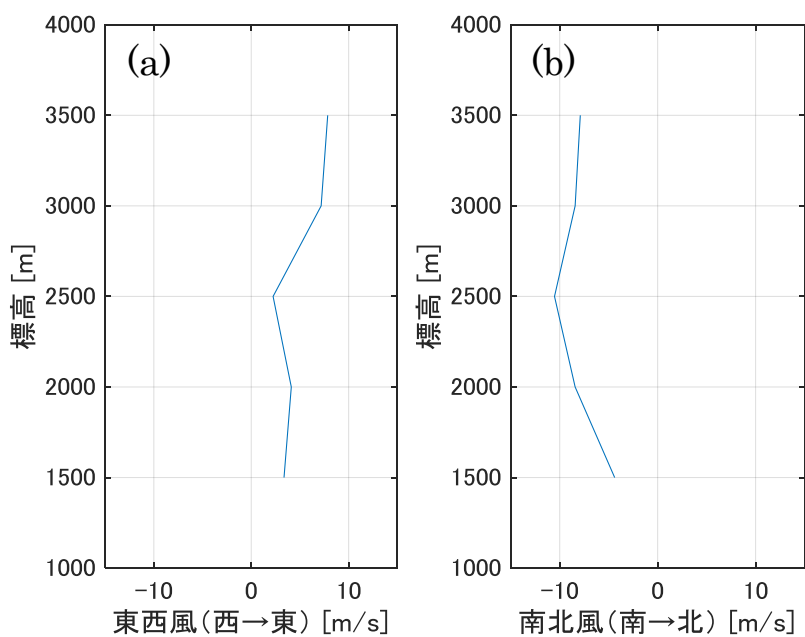


図 6.3 相関法を用いて求めた移流ベクトルの東西成分(a)と南北成分(b)の高度プロファイル。

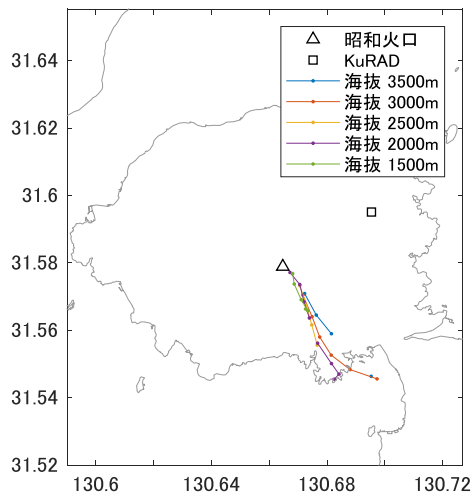


図 6.4 重心追跡法を用いて求めた各高度の降灰エコーの重心の軌跡.

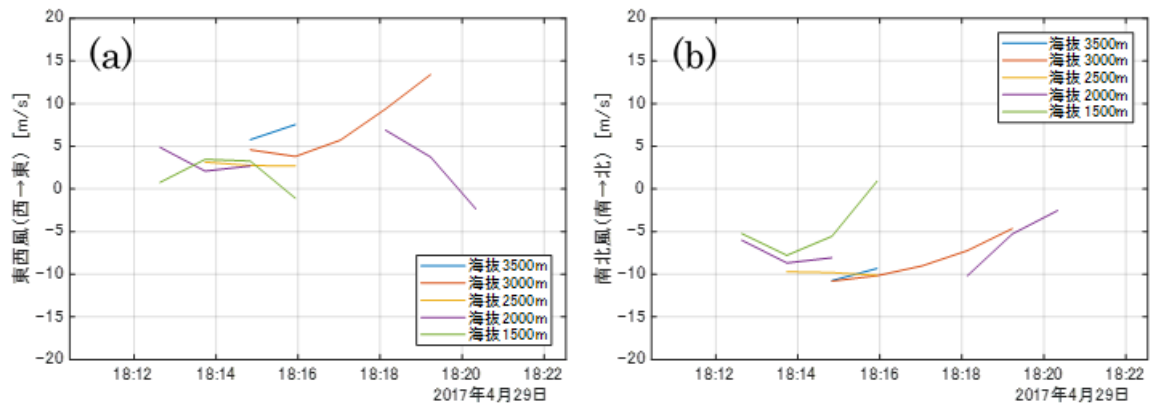


図 6.5 重心追跡法を用いて求めた降灰エコーの移動ベクトルの東西成分(a)と南北成分(b)の時系列.

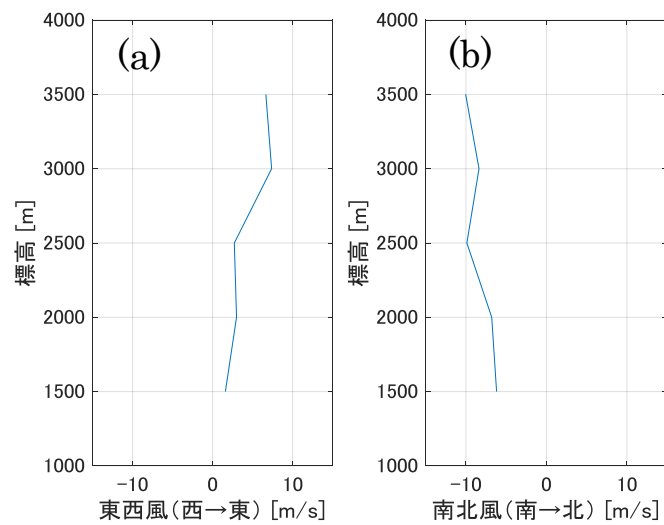


図 6.6 重心追跡法用いて求めた移流ベクトルの東西成分(a)と南北成分(b)の高度プロファイル.

6.3 PPI ナウキャスト

図 6.7 は 2017 年 4 月 29 日 18 時 10 分～18 時 20 分の間に観測された標高 2000m における積算降灰量の分布である。移動ベクトルは重心追跡法で求めた値を用いている。最大で 0.4kg m^{-2} 程度の降灰が桜島南斜面で観測されている。なお、降灰は 18 時 20 分には終了した。

同じ噴火事例について、10 分後と 30 分後の PPI 降灰ナウキャストの計算を図 6.8 に示す。10 分後の予測値は最大値が南にずれている。これは、降灰ナウキャストの開始時刻が噴火から 3 分後であるためである。また、30 分後の予測分布は垂水市まで達している。10 分後、30 分後ともにナウキャストの結果は観測された降灰分布と異なっている。

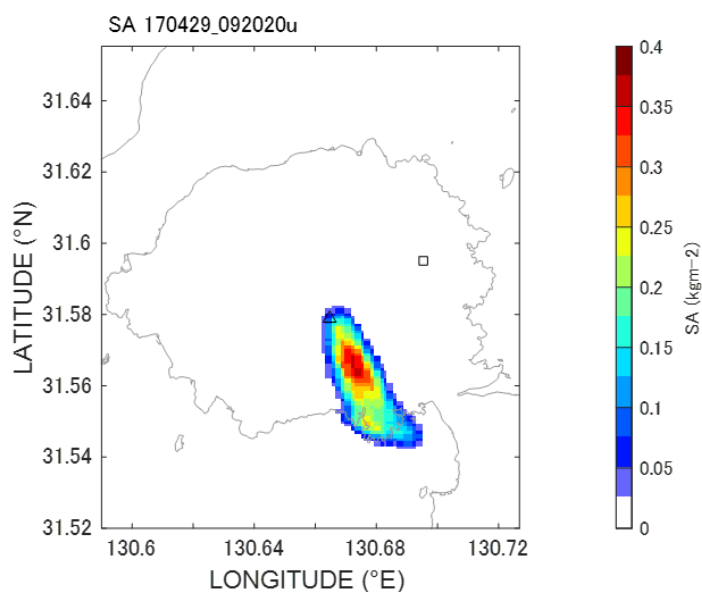


図 6.7 2017 年 4 月 29 日 18 時 10 分～18 時 20 分の間に観測された標高 2000m における積算降灰量分布

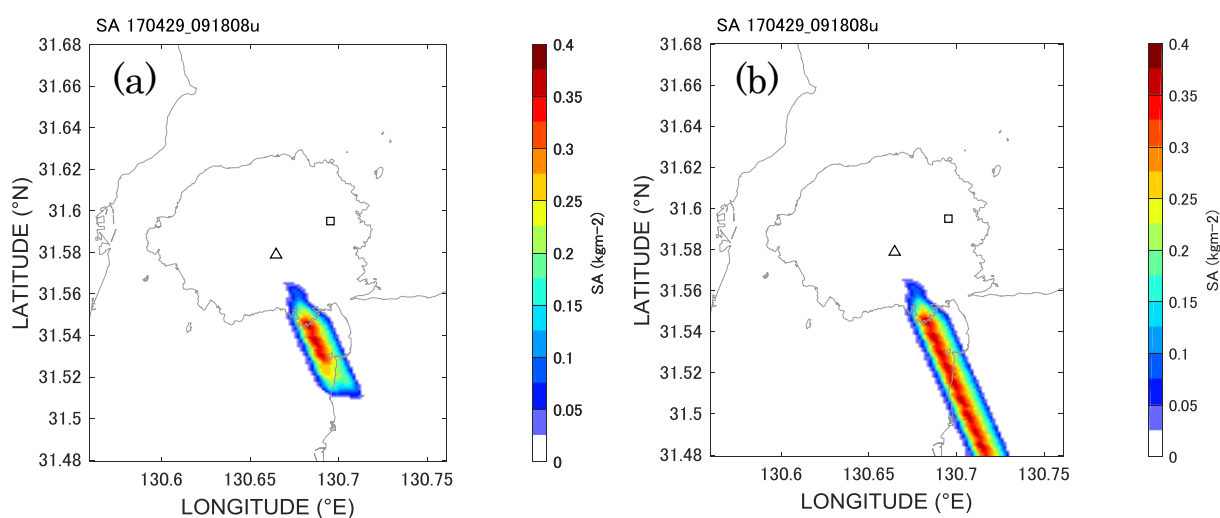


図 6.8 PPI ナウキャストの結果. (a)噴火から 10 分後の積算降灰量分布, (b)噴火から 30 分後の積算降灰量分布.

6.4 改良 PPI ナウキャスト

降灰エコー強度の減衰量を推定するため、4.1 節の移流ベクトル計算機能で求めた結果を用いて時刻 $t - \Delta t$ における降灰強度 $R_A(t - \Delta t)$ を時刻 t まで移流し(これを $R_A^*(t - \Delta t)$ とする), $R_A(t)$ との差を計算する.

$t - \Delta t = 2017-04-29 18:17:02\text{JST}$,

$t = 2017-04-29 18:18:08\text{JST}$ のとき $R_A(t) - R_A^*(t - \Delta t)$ を計算した結果を図 6.9 に示す. 図からわかるように、単純な差分では位置や形状のずれに起因する変化が含まれてしまう. また、値がゼロに変化する箇所では減衰率を過小評価する恐れがある(実際には観測時刻 t 以前にゼロになっている可能性があるため). そこで、 $R_A(t)$ と $R_A^*(t - \Delta t)$ の両方が 0 より大きい値を持つ部分のみ差分を計算するようにした.

時間変化の中には降灰量が増加する部分もあるが、ここでは減少量にのみ注目する. 上で抽出した差分から減少量の平均値を求め、これを

$\Delta T = 66$ で割ることによって減衰率を得る. この例の減衰率は $-0.01 (\text{kgm}^{-2}\text{s}^{-1})$ であった.

以上で求めた減衰率を降灰強度から減じながら PPI ナウキャストと同様に移流・積算処理を行い、降灰量を予測した. 10 分後、30 分後までの降灰ナウキャストの結果を図 6.10 に示す. 10 分後と 30 分後の結果が全く同じなのは、降灰が 10 分で終了していたことを意味する. 予報結果は観測値の半分程度であり、分布も桜島南斜面上の降灰分布が予測されていない.

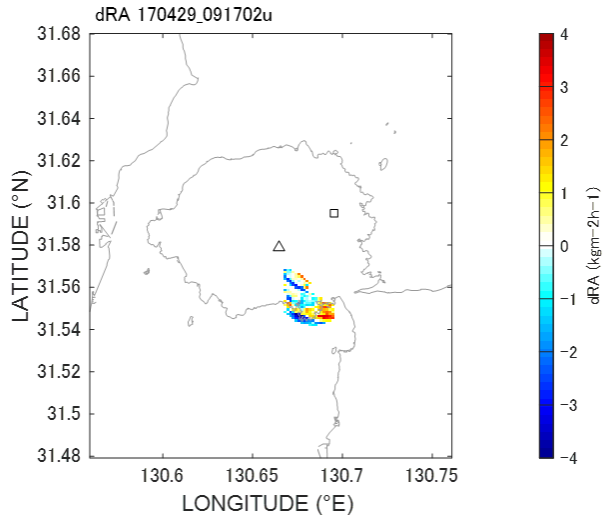


図 6.9 エコー内の降灰強度の時間変化.

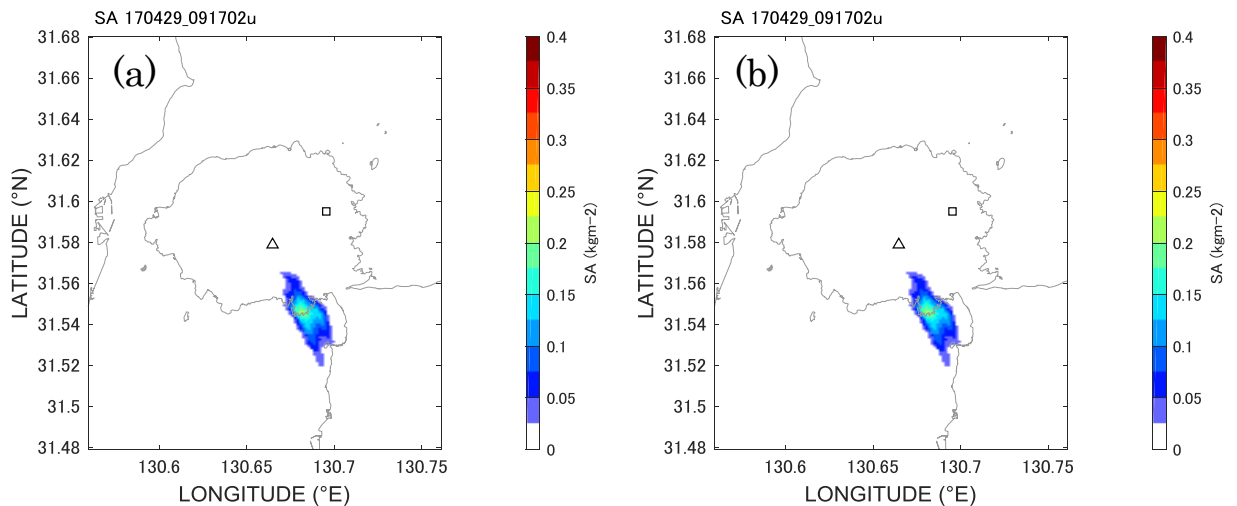


図 6.10 改良 PPI ナウキャストの結果. (a)噴火から 10 分後の積算降灰量分布, (b)噴火から 30 分後の積算降灰量分布.

6.5 VIA ナウキャスト

2017-04-29 18:18:08JST を初期値とした降灰ナウキャストの計算例を示す。10 分後、30 分後までの降灰ナウキャストの結果を図 6.11 に示す。結果を観測値と比較すると、積算降灰量は過小評価されている。また、桜島南斜面の降灰分布が予報されていない。降灰分布が垂水市まで達しており、PPI ナウキャストや改良 PPI ナウキャストと同様に予報結果は観測と合っていない。

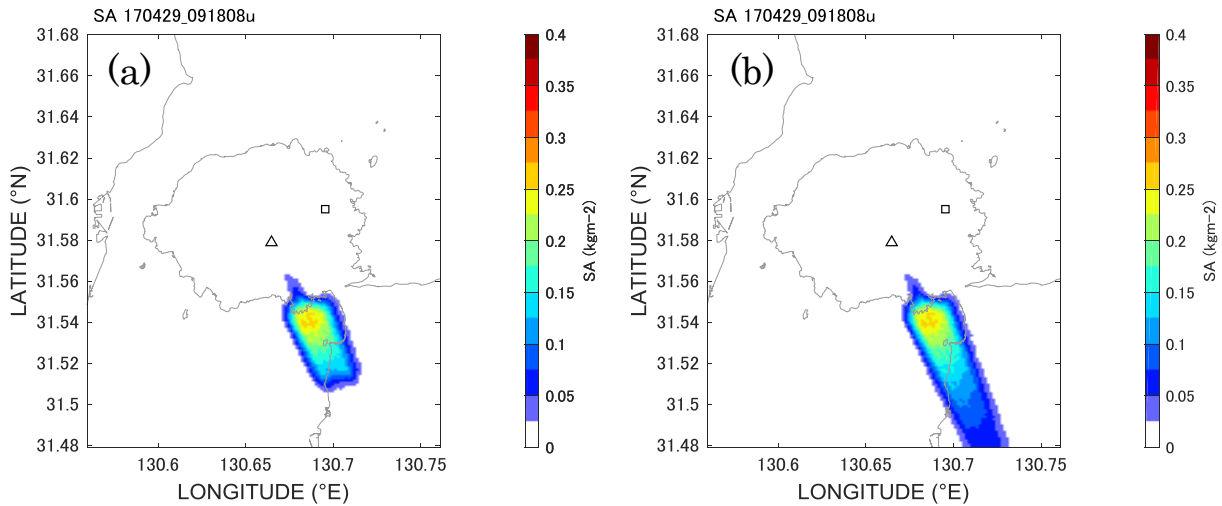


図 6.11 VIA ナウキャストの結果。(a)噴火から 10 分後の積算降灰量分布、(b)噴火から 30 分後の積算降灰量分布。

7. まとめ

今回の結果では、各手法のナウキャストによる予測降灰量分布は観測された降灰分布と合わなかった。PPI ナウキャストの場合、量は観測値と近かったが、分布は南にシフトした分布となった。これは、ナウキャストの積算降灰量は噴火の 3 分後からおこなわれるためである。改良ナウキャスト VIA ナウキャストはともに予測された降灰量が過小評価されていた。またその分布も、PPI ナウキャストほどではないが南へシフトした分布となっていた。これらのことから、移動ベクトルが過大評価されている可能性、降灰強度の減衰が過大評価されている可能性がある。今後、これらの点を調査し見直す必要がある。また、別の噴火事例について検証を行い、予報精度を確認する必要がある。

謝辞

KuRAD の製作に当たって、NPO 法人雷嵐、文部科学省、総務省の協力をいただいた。桜島でのレーダ観測にあたっては、国土交通省、環境省、鹿児島県、鹿児島市に感謝する。観測を実施するにあたって、鹿児島大学運営費交付金、科学研究費補助金(基礎研究 B「課題番号 16H03145」)の予算を使用した。

参考文献

Hirano, K. and M. Maki (2010): Method of VIL Calculation for X-band Polarimetric Radar and Potential of VIL for Nowcasting of Localized Severe Rainfall-Case Study of the Zoshigaya Downpour, 5 August 2008-, *SOLA*, **6**, 89-92.

- Hirano, K. and M. Maki (2018): Imminent Nowcasting for Severe Rainfall Using Vertically Integrated Liquid Water Content Derived from X-Band Polarimetric Radar. *J. Meteorol. Soc. Jpana*, **96A**, 201-220.
- 井口正人 (2012) : 桜島における火山灰放出量予測に関する研究. 京都大学防災研究所年報第 55 号 B, 169-175.
- 今井克之・浦康彦・中川貴央・牛尾知雄・河崎善一郎 (2008) : 高分解能気象レーダーの開発. SEI テクニカルレビュー, 第 173 号, 105-108,2008
- 加藤 敦, 真木 雅之, 岩波 越, 三隅 良平, 前坂 剛 (2009) : X バンドマルチパラメータレーダ情報と気象庁レーダ情報を用いた降水ノウキャスト. 水文・水資源学会誌, **22**, 372-385.
- 小堀壮彦・真木雅之・福島誠治 (2017) : 気象レーダを用いた降下火砕物の落下速度の推定. 日本火山学会秋季大会講演予稿集, B3-15.
- Ligda, M. G. H. and W. A. Mayhew (1954): On the relationship between the velocities of small precipitation areas and geostrophic winds. *J. Meteor.*, **11**, 421-423.
- Maki, M., M. Iguchi, T. Maesaka, T. Miwa, T. Tanada, T. Kozono, T. Momotani, A. Yamaji, and I. Kakimoto (2016): Preliminary Results of Weather Radar Observations of Sakurajima Volcanic Smoke. *J. Disaster Res.*, **11**,15-30.
- Maki, M., S. Takahashi, S. Okada, K. Imai, and H. Yamaguchi (2019): Ku-band Rapid Scanning Doppler Radar for Volcanic Eruption Monitoring, *J. Disaster Res.*, **14**, (accepted).
- 真木雅之・中垣壽・高橋忍 (2019) : デジタルサイネージを活用した大規模災害時の地域防災情報の発信 (平成 30 年度学長裁量経費). 鹿児島大学地震火山地域防災センター2018 年度報告書.
- 新堀敏基(2015) : 数値シミュレーションによる降灰予測. *Earosoru Kenkyu*, **30**, 168-176.
- 新堀敏基(2016) : 火山灰輸送 : モデルと予測 Tephra Transport: Modeling and Forecasting. 火山 第 61 巻第 2 号 399-427 頁.
- 新堀敏基・相川百合・福井敬一・橋本明弘・清野直子・山里 平 (2010) : 火山灰移流拡散モデルによる量的降灰予測— 2009 年浅間山噴火の事例—. 気象研究所研究報告 第 61 巻 13-29 頁.
- 新堀敏基・甲斐玲子・林洋介・林勇太・菅井明・長谷川嘉彦・橋本明弘・高木朗充・山本哲也・福井敬一(2014) : 領域移流拡散モデルによる降下火砕物予測— 2011 年霧島山 (新燃岳) 噴火の事例—. 気象研究所研究報告, **65**, 75-107.
- Suzuki, T. (1983) A theoretical model for dispersion of tephra. In *Arc Volcanism : Physics and Tectonics* (Shimozuru, D. and Yokoyama, I. eds), 95-113. TERRAPUB, Tokyo.
- Tanaka, H. L. (1994): Development of a prediction scheme for volcanic ash fall from Redoubt volcano, Alaska, *Proc. First International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety*, U.S. Geological Survey, *Bulletin* 2047, 283–291.
- Tanaka, H. L., K. G. Dean, and S. I. Akasofu (1993): Predicting the movement of volcanic ash clouds, *EOS*, **74**(20), 231–231.
- Tanaka, H.L., and K. Yamamoto (2002): Numerical simulation of volcanic plume dispersal from Usu volcano in Japan on 31 March 2000 using PUFF model. *Earth, Planets and Space*, **54**(7), 743-752.
- Yoshikawa, E. (2011): A Study of Meteorological Radar Network at Ku-band with High Resolution.

Doctoral Thesis, Osaka Univ., <http://ir.library.osaka-u.ac.jp/dspace/handle/11094/1398>.

Yoshikawa, E., S. Kida, S. Yoshida, T. Morimoto, T. Ushio, and Z. Kawasaki (2010): Vertical structure of raindrop size distribution in lower atmospheric boundary layer. *Geophys. Res. Lett.*, 37,L20802, doi:10.1029/2010GL045174.

デジタルサイネージを活用した大規模災害時の地域防災情報の発信 (平成 30 年度学長裁量経費)

真木雅之¹・中垣壽²・高橋忍¹

¹ 鹿児島大学地震火山地域防災センター

² 日本気象協会

1. はじめに

鹿児島大学地震火山地域防災センターでは地域社会への防災啓発を目的に、デジタルサイネージ(以降、サイネージと呼ぶ)を活用して、災害・防災に関するデータやリアルタイムの降灰観測情報を学内外に発信する研究に取り組んできた。今年度は、学長裁量経費「デジタルサイネージを活用した大規模災害時の地域防災情報の発信」により、複数の箇所にサイネージを新たに設置するとともに、既存サイネージの内容の一部修正や新規機能の追加を行った。本報告書ではこの事業内容と結果について報告する。

2. 実施内容とその結果

2.1 既存サイネージモニターの利用可能性の調査

学内既存のサイネージについて設置場所・運用管理状況を調査した。調査期間は 2018 年 7 月～2019 年 1 月で、調査場所は鹿児島大学郡元キャンパス(大学本部・法文学部・理学部・共通教育・工学部・農学部の関連施設全部)、鹿児島大学荒田キャンパス(水産学部の関連施設)である。調査項目は下記の通りで、現地での聞き取りによる調査をおこなった。

- ① 設置時の使用目的
- ② ネットワークの接続状況
- ③ ネットワークへの接続可否
- ④ 管理者
- ⑤ モニターサイズ
- ⑥ モニター設置場所周辺の写真
- ⑦ 現状の稼働状況
- ⑧ 今後の活用可否

調査結果をまとめると、設置されている既存のサイネージは各学部、学科の管理のもと設置されており、学部や学科の案内に利用されているものがほとんどである。その運用や管理は各学部事務部が行っており、事務部で作成したパワーポイント画像をデータとして流しているものがほとんどであった。ただ、一部については教員がその時期にあった内容に差し替えているものもあった。

大規模災害時に利用する場合の問題点の一つにネットワークの環境が整っていない点が上げられる。この環境を改善するには、学内のネットワークを使用する方法が最も有効である。それぞれのサイネージモニターはパソコン(PC)が接続されていることから、管理 PC に WiFi 受信機を付加することでネットワーク化し、災害時には管理 PC を通じて必要な情報をモニターへ表示させることが可能であろう。地震火山地域防災センターでは学内のネットワークに接続されたサイネージを管理するプログラムを整備している。このプログラムを用いると、表示したい

情報を指定したタイムテーブルに従って配信することができる。また、それぞれのモニターに個別に異なる情報を配信することも可能である。これらを可能にするための条件として、各管理 PC が固定 IP アドレスを持っていること、緊急時に各 PC への強制的なアクセス権を各管理者から得ていることがあげられる。前者は比較的容易に実現可能であるが、後者はトップダウンによる指示がないと困難であろう。一方、簡便な方法としてあらかじめ配信したい情報とタイムテーブルを USB へコピーし、各 PC へマニュアルで接続して情報を配信する方法である。この場合、必ずしもネットワークは必要ない。ネットワークが利用できる環境であれば、USB に設定した URL サイトの画面をモニター上に表示させることができる。リアルタイムでの管理はできないが、より柔軟な方法だと言える。

2.2 平時の防災啓発情報

平時の防災啓発情報として下記の情報を改良した。

1) 基本情報(サイネージ設置場所の 15 分先までの 1 分毎の雨の予報)

現状のサイネージ画面にはサイネージ設置場所以外に他のキャンパスの位置と名前が表示されているが、よりわかりやすくするために表示はサイネージ設置場所のみとした。また、降雨予報の表現を「晴れ・くもりが続きます」から「しばらく雨は降りません」と変更した。これは、ナウキャストはレーダ観測を元に“雨”の有無を判定しており、“晴れ・くもり”を予報している訳ではないためである。また、モニター下段に表示される注意報・警報テロップの文字色を現在の白色から注意報を黄色に警報を赤色に変更した。

2) 台風接近時、地震発生時など緊急時の気象庁発表情報(注意報・警報)

台風の接近時には台風の進路図をサイネージに自動的に表示する機能を新たに追加した(図1参照)。表示のタイミングは、台風情報の更新時とする。地震発生時にはサイネージ設置場所を含む広域の震度分布図をサイネージに自動的に表示する機能を新たに追加した。表示のタイミングは、震度情報の更新時とする。これらの情報はいずれも気象庁ホームページの転用である。気象庁から(一財)気象業務支援センターを通じて、民間気象事業者等に提供される電文プロダクトを監視し、新しい情報が出されたタイミングで自動表示できるようにしている。

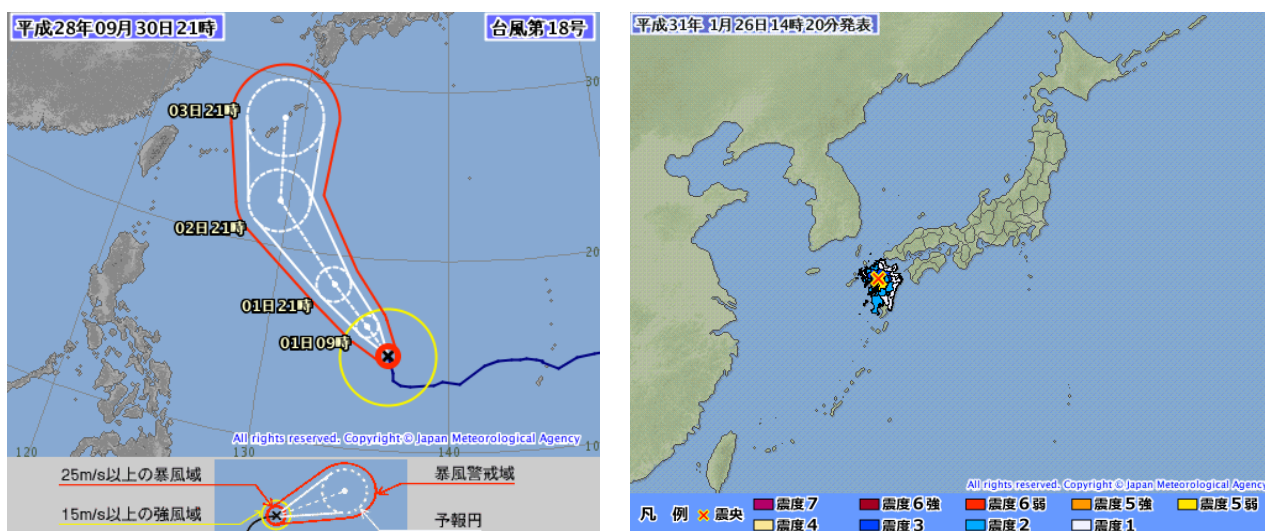


図1 新しく配信される防災情報の例。(左)台風の進路情報、(右)震度分布。いずれも気象庁ホームページ。

3) 大規模火山噴火時のリアルタイムの KuRAD レーダ観測情報(桜島及び新燃岳)

大規模火山噴火時には鹿児島大学が所有する Ku-バンド高速スキャンドップラーレーダ:KuRAD(Maki et al., 2019)の観測から得られる降灰情報をサイネージに自動的に表示する機能を追加した。このほか、

web カメラ画像をサイネージに表示する機能を追加した。

4) 一般向けの火山防災情報とジオパーク情報の作成

サイネージを利用した実証実験のために霧島および薩摩硫黄島を対象にコンテンツを作成した。これらのコンテンツは学内と宮崎県高原町役場および三島村薩摩硫黄島で試験的に配信される。

図2と図3にそれぞれ霧島と薩摩硫黄島を対象としたサイネージコンテンツの例を示す。図4は、火山防災の啓発用コンテンツの例で、火砕流や降灰がもたらす被害とその対策について説明していて、いずれも一般の人を対象として平易な文章で作成している。

5) サイネージ設置場所に適した防災啓発情報、施設関連情報

鹿児島大学が所有する地域防災情報を収集し、デジタル化して地震火山地域防災センターの総合防災データベース(真木・川原, 2017)へ登録した。この情報は今後の防災啓発用コンテンツの作成に役立てることができる。

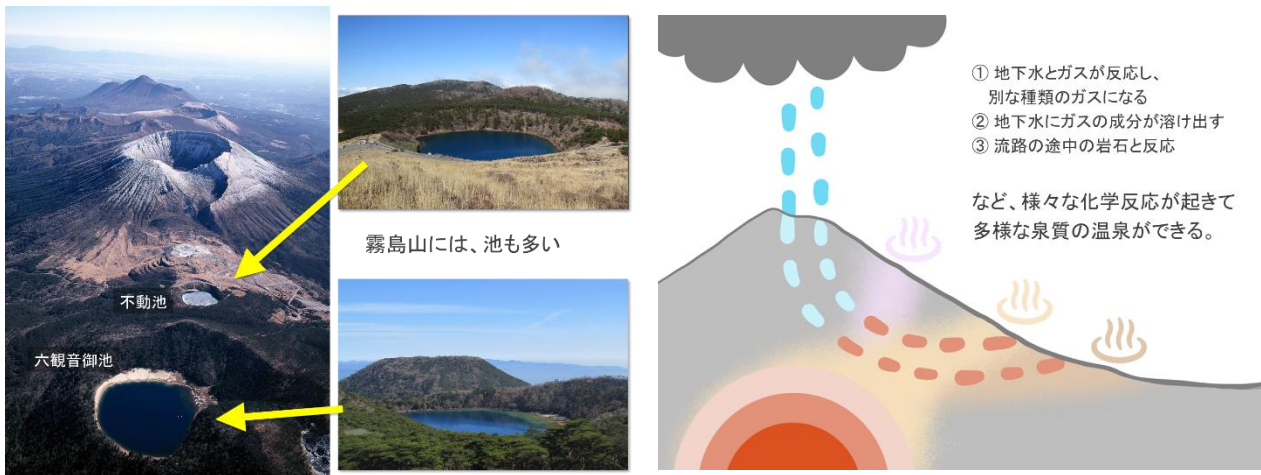


図2 霧島のコンテンツの例. (左)霧島山の説明, (右)温泉のできる仕組み. (桜島ミュージアム作成)



図3 薩摩硫黄島のコンテンツの例. (左)薩摩硫黄島の二つの火山. (右)スコリア丘の出来方. (桜島ミュージアム作成)

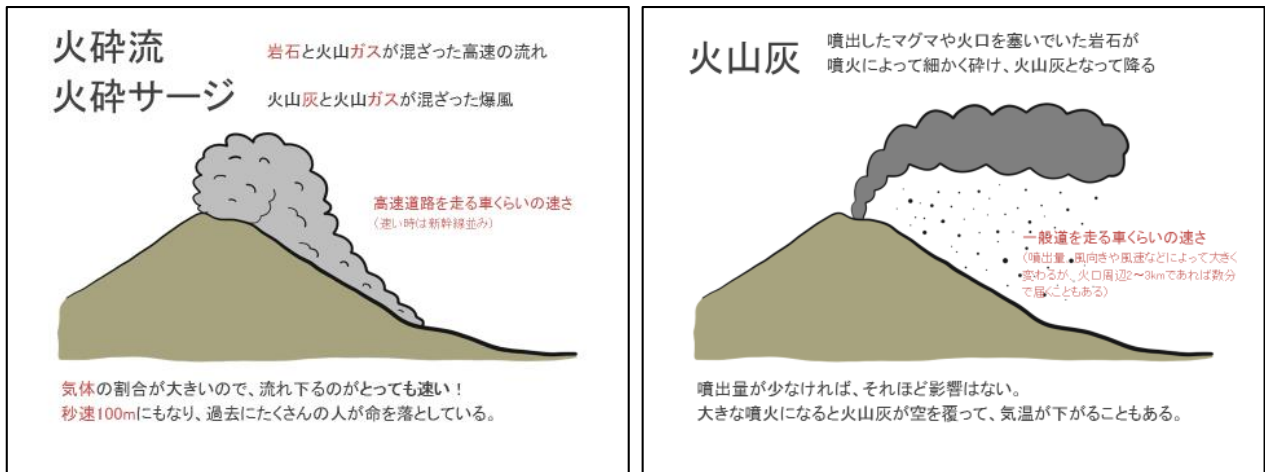


図4 火山災害と防災に関するコンテンツの例。(桜島ミュージアム作成)。

2.3 実証実験の場所

学内の実証実験の場所を図5, 図6に示す。具体的な設置場所は、郡元キャンパス本部(事務局)の1階玄関ロビー(写真1), 郡元キャンパス教育学部南食堂玄関フロア(写真1), 郡元キャンパス学習交流プラザ玄関, 桜ヶ丘キャンパス福利厚生施設玄関(写真2), 下荒田キャンパス1号館玄関フロア(写真2), 地震火山地域防災センター, 南西島弧地震火山観測所の計7カ所である。このうち, 学習交流プラザは2015年に, 地震火山地域防災センターは2017年に設置済みのものである。学外の実証実験場所は鹿児島県立博物館, 桜島ビジターセンター, 宮崎県高原町役場の3カ所である。なお, 実証実験で配信するコンテンツはサイネージモニター以外にも携帯端末やスマートフォンでも閲覧することができる。

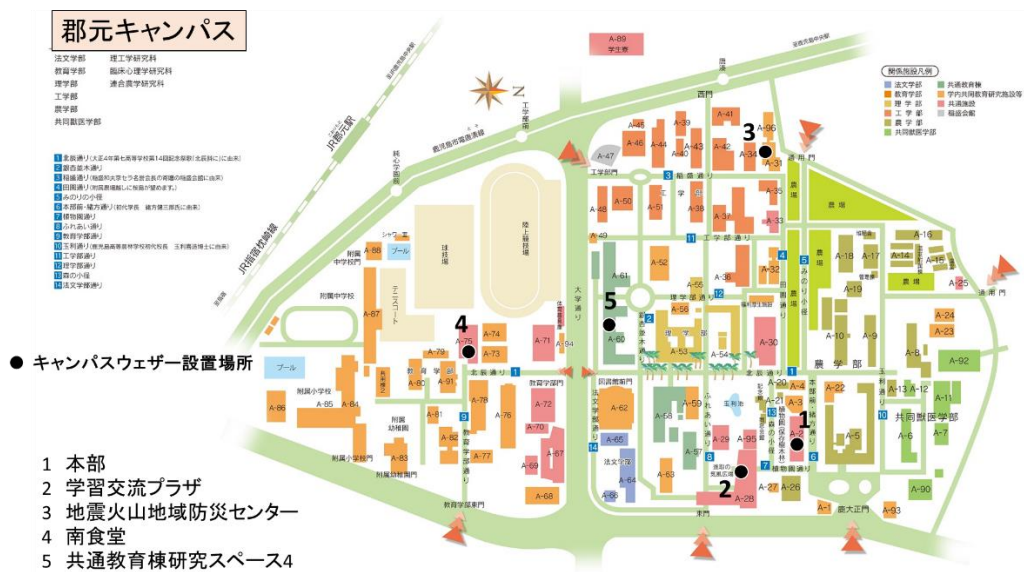


図5 サイネージモニター設置場所(郡元キャンパス)。



6 桜ヶ丘キャンパス桜ヶ丘会館



7 下荒田キャンパス 1号館

図6 サイネージモニター設置場所(桜ヶ丘キャンパス及び下荒田キャンパス).

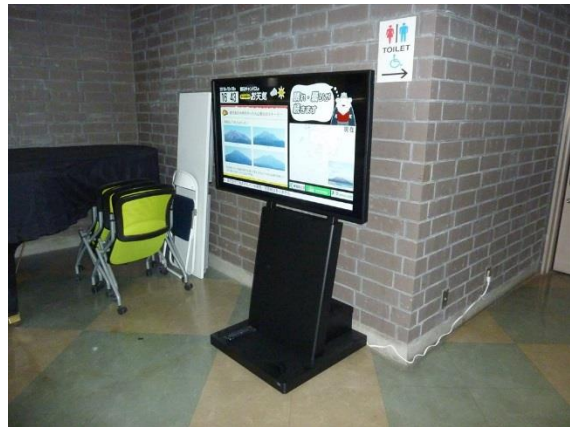


写真1

(左) 郡元キャンパス本部玄関ロビーに設置されたサイネージモニター。上段はキャンパスウェザー，下段はタッチパネル式のディスプレイモニター。(右) 郡元キャンパス南食堂(エデュカ)の玄関ロビーに設置されたキャンパスウェザーモニター。



写真2 (左) 桜ヶ丘キャンパス福利厚生施設の玄関ロビーに設置されたキャンパスウェザーモニター。(右) 下荒田キャンパス1号館の玄関ロビーに設置されたキャンパスウェザーモニター。

2.4 アンケート調査結果に基づく改良と実用化

サイネージのコンテンツの改良と実証実験につなげるために、アンケート調査を実施する。調査方法は本センターが担当している「大学と地域」や「いのちと地域を守る防災学」などの聴講生を対象として、質問形式で調査をおこなう。昨年度の調査によれば学習交流センターに設置していたサイネージの認知度は10%程度であった。本事業で新たに整備した5カ所のサイネージにより認知度は高まると期待したい。

3. まとめ

これまで、大規模災害の予測や災害時の情報発信は、定常的な観測網、組織、権限を有する国の機関でなければできなかった。しかしながら、近年の情報通信技術の進歩により、大学が発信源となり大学が所有する様々な情報を学内外に提供することが可能になってきた。本報告で述べたデジタルサイネージを活用した大規模災害時の地域防災情報の発信はその良い例である。この試みは、文科省からの委託研究(2013~2016年)に始まり、データベースに蓄積された様々な災害に関する資料を公開することを目的に日本気象協会と共同で開発した技術がベースになっている。本事業では、この技術を更に改良して、大規模災害時の防災情報配信システムとしても利用できるようなシステムを目指した。今年度は平時の防災情報の伝達を主として、コンテンツの整備と学内実証実験の準備を終えた。次年度は、大規模噴火時におけるハザードマップを作成し、学内外での実証実験を通じて実用化を目指す。その一環として、サイネージの活用に関するワーキンググループを発足させ、地域社会へ本学の研究成果を還元する取り組みを加速して行く。

謝辞

本事業は2018年度の学長裁量費により行われたものである。また、本事業を行うに当たって、サイネージの設置場所、ネットワーク、表示コンテンツに関して、本学の升屋教授(学術情報基盤センター)、松成教授(医学部)、西隆昭准教授(水産学部)に助言を戴いた。ここに記して感謝いたします。

参考文献

真木雅之・川原一枝(2017): 鹿児島大学総合防災データベースについて。鹿児島大学地域防災教育研究センター2016年度事業報告書。

Maki, M., S. Takahashi, S. Okada, K. Imai, and H. Yamaguchi (2019): Ku-band Rapid Scanning Doppler Radar for Volcanic Eruption Monitoring, *J. Disaster Res.*, **14**, (accepted).

平成 30 年 7 月豪雨による斜面災害の調査と斜面崩壊の数値解析

農学部 平 瑞樹・白川 翔・板井 雄太郎・上田 陽平・渡邊 剛

1. はじめに

近年、傾斜地では豪雨による比較的浅い表層崩壊が起こり、大規模崩壊や土石流につながっている場所がある。斜面崩壊の生じやすい現場の地形、地質、降雨条件などを予め調査し、斜面の外力による変形やひずみ性状を予測しておくことが重要である。より正確な崩壊箇所の危険度予測が、斜面災害から市民の命と財産を守るための対策を講じることにもつながる。

本報では、平成 30 年 7 月豪雨による九州北部の災害現場を調査し、現場の地形・地質や地盤の状態と原位置で強度を評価する実験を行い、原位置試験で得られた値を有限要素解析に導入して数値シミュレーションを実施した。さらに、現場を想定したモデル地盤を設定し、現地で得られた土質定数を導入した数値解析から斜面の崩壊メカニズムについて検討するために、地盤の変形解析を実施した。

2. 平成 30 年の豪雨災害の概要

平成 30 年 6 月 28 日～7 月 8 日までに台風 7 号や梅雨前線などの影響による集中豪雨が西日本を中心に全国的に広いエリアで被害を及ぼした。7 月 9 日に気象庁が「平成 30 年 7 月豪雨」と命名した。6 月 29 日から発生した台風 7 号は太平洋高気圧の外側を回り込むように東シナ海を北上して、対馬海峡付近で進路を変えて日本海上に抜けた。太平洋高気圧の影響で 7 月 2 日～5 日に北海道に停滞し、7 月の降水量の平均値を超える記録的な豪雨となった。その後、梅雨前線が南下して、九州地方では台風の影響による雨が 7 月 3 日頃から降り続き、7 月 5 日～8 日にかけて西日本付近に停滞、大量の湿った空気が流れ込んだため西日本から東海にかけて大雨が連続的に発生した。西日本から東日本にかけて広範囲での記録的な大雨となった。

7 月 6 日 17 時 10 分に福岡、長崎、佐賀の 3 県に大雨特別警報が発表され、その後も広島、岡山、鳥取、京都、兵庫と岐阜、8 日に高知、愛媛と運用を開始して最多となる 11 府県で大雨特別警報が発表された。西日本の多くの地域での河川の氾濫や浸水被害、土砂災害が発生して 200 人を超える死者が出るなど甚大な被害で、平成に入って最悪の大水害となった。

九州から東海地方にかけての線状降水帯が 15 箇所が発生したため、局地的な集中豪雨が発生したという気象庁の報道であった。北九州市門司区では崖崩れが発生し住宅が全壊、2 人が死亡した。筑紫野市の水路で避難中に土石流に巻き込まれた方が発見されている。6 日には、北九州市小倉北区の板櫃川などの複数の河川が氾濫し、久留米市では広範囲で浸水している。北九州市では 9 日までに土砂崩れなどにより約 680 棟が被害を受けた。佐賀県で 2 人、宮崎県 1 人、鹿児島県でも桜島の古里町で 2 棟が土砂に巻き込まれて 2 人が死亡している。写真-1 は盛土された道路斜面が豪雨により崩壊した地区で、写真-2 は小学校の裏山の斜面が崩壊して通路が押し出され、校舎近くまで斜面から土砂が押し出されている状況である。



写真-1 道路斜面の崩壊（北九州市）



写真-2 小学校裏の斜面の崩壊（北九州市）

(様式1)

3. 原位置試験による地盤調査

地盤の原位置試験で強度を調べるためのサウンディングとは、ロッドの先端に取り付けた抵抗体を地中に挿入し、貫入、回転、引き抜きの抵抗値から、原位置の土層の状態や土の強さなどの力学的性質を推定する。ボーリング調査時に標準貫入試験機を利用する N 値の測定法が一般的であるが、急斜面やあまり狭小な現場で簡易にできる原位置試験を実施した。

調査位置は、福岡県北九州市八幡東区田代町の道路斜面崩壊現場(図-1)で、露頭観察と以下に示すベーンコーンせん断試験と簡易動的コーン貫入試験、原位置透水試験を崩壊地の斜面上部と崩壊した斜面の下部を選定しながら実施した。



図-1 調査位置図(北九州市)

3-1. ベーンコーンせん断試験

簡易的な原位置での試験として、土層強度検査棒(土検棒)を実施した。斜面の崩壊範囲から上部の斜面と下部の斜面を選定して、地盤強度定数の内部摩擦角(ϕ)と粘着力(c)を算出する。図-2に示すように貫入コーンを目的の位置までロッドをつなぎながら押し込んでいき、バネ式荷重計で力を計測する。その後、先端アダプターをロッドに接続して、ダイヤル式トルクレンチでせん断抵抗値を測定する。利用した土層検査棒装置の一式を写真-3に示す。ベーンコーンせん断試験(写真-4)から土質定数としての粘着力と内部摩擦角を整理する方法として、経験式法と相関式法がある。横軸に鉛直応力、縦軸をせん断力とした図を作成して測定点毎に回帰式から粘着力 c_{dk} と内部摩擦角 ϕ_{dk} を求める。相関式法とは、横軸をベーンコーンにかかる鉛直荷重(W_{vc})と縦軸をトルク(T_{vc})として土質ごとにその回帰式の切片を粘着力、傾きを内部摩擦角として求め、室内強度試験(一面せん断試験や三軸圧縮試験)を実施した c と ϕ 両者の相関式から c_{dk} と ϕ_{dk} を求める方法である。ここでは、経験式法と相関式法による結果を表-1に示した。

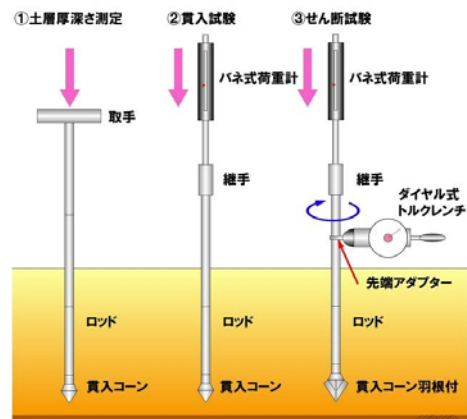


図-2 ベーンコーンせん断試験



写真-3 土層強度検査棒一式

3-2. 簡易動的コーン貫入試験

簡易な原位置試験として、簡易動的コーン貫入試験を斜面の崩壊範囲の上部と下部で実施した。簡易動的コーン貫入試験による N_d 値の算定式(1)を以下に示す。

$$N_d = \frac{10N}{\Delta h} \dots (1)$$

ここに、 N : 打撃回数(回), Δh : 貫入量(cm)である。

図-3に簡易動的コーン貫入試験装置の概略図と先端が 60° で直径 25mm の円錐型コーンの模式

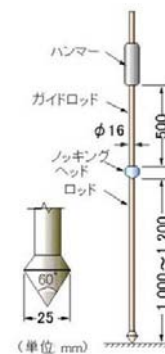


図-3 簡易動的コーン貫入試験装置

(様式1)

図を示す。高さ500mmからハンマーをノッキングヘッドまで自由落下させて、100mmごとの打撃回数を測定する。

図-4に簡易動的コーン貫入試験の実験結果を整理した一例を示した。貫入深さを縦軸に、横軸に計算による N_d 値をプロットしている。

道路付近の盛土上部は深さ約6mまで小さな値をとりながら地山に達している。斜面の下部は約1mで N_d 値が大きく変化しながら固い風化岩まで到達していることがわかる。値が大きく出

表-1 ベーンコーンせん断試験の結果(粘着力と内部摩擦角)

地点	深度 (m)	調査場所	地質	経験式法		相関式法	
				粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)	粘着力 c (kN/m^2)	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)
1	1.0	崩壊地左	崖錐堆積物	27.61	27.7	18.7	5.78
3	0.6	崩壊地右	崖錐堆積物	32.16	17.68	21.78	3.51
5	0.8	崩壊地内	盛土	39.99	28.97	27.08	6.12
まとめ		崩壊地外	崖錐堆積物	30.75	20.18	—	—
		—	全体	32.45	26.85	—	—

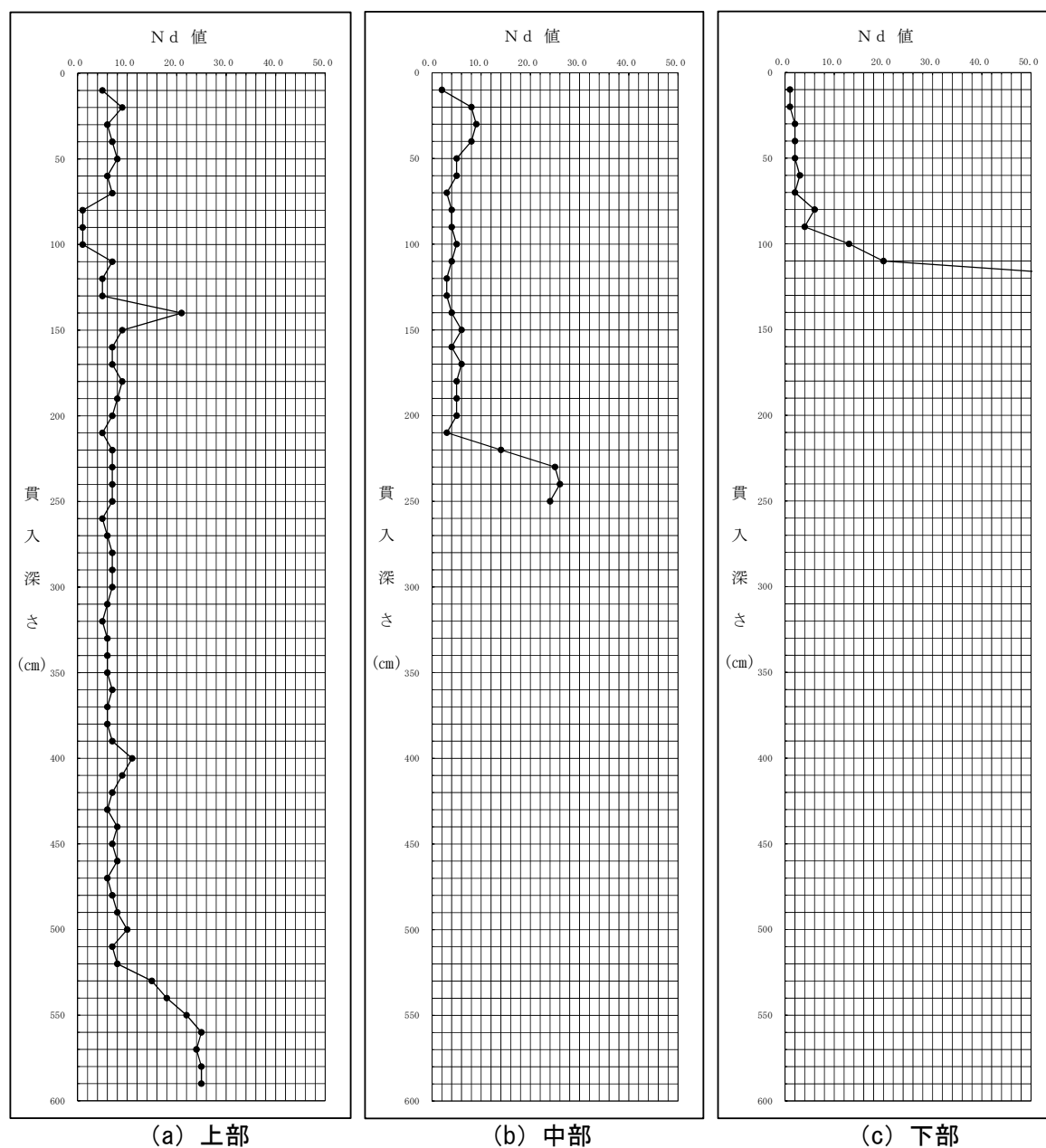


図-4 簡易動的コーン貫入試験結果(地盤への貫入深さと N_d 値の関係)

(様式 1)



写真-4 ペーンコーン貫入試験



写真-5 原位置透水試験装置

ているところで、基盤岩との区別を推定することができる。

3-3. 原位置透水試験

現地での透水試験用に北九州市消防局で開発された透水試験機で実施した。試験区内に注水を行う長さ 300mm のストレナを打ち込み、上部に注水時の水頭差を観察できるアクリル製の測定用パイプとその上部に注水タンクを装備したものである。現場用に改良された透水試験装置であり、比較的軽量に設計されてはいるが、急斜面に打ち込む際は場所の選定には注意を要する。図-5 に原位置透水試験装置の概略図と写真-5 に装置一式を示す。図-6 は斜面崩壊地の平面図と原位置試験の位置、表-2 に計算した透水係数を示す。

4. 小型 UAV による斜面崩壊地の空撮

斜面崩壊の規模を把握するために、小型 UAV (ドローン) による周囲の空撮を行った。現地での状況の詳細が明らかでない場合、地盤災害の調査に有効な手法である。画像-1 に空撮した画像を示す。また、画像-2 は 3 次元デジタルサーフェスマodel (DSM) で表示した画像で、豪雨による斜面崩壊位置周辺の状況が視覚的に判断できる。

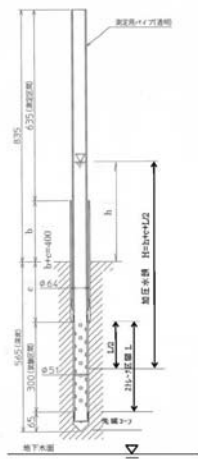


図-5 透水試験装置図

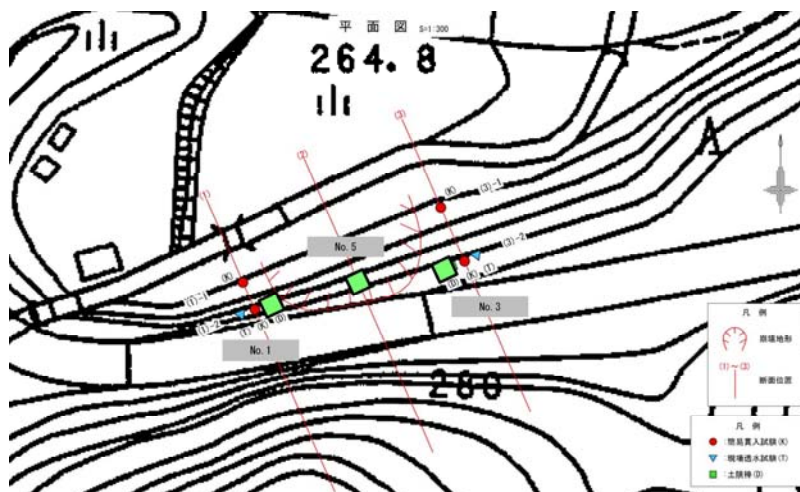


図-6 斜面崩壊地の平面図

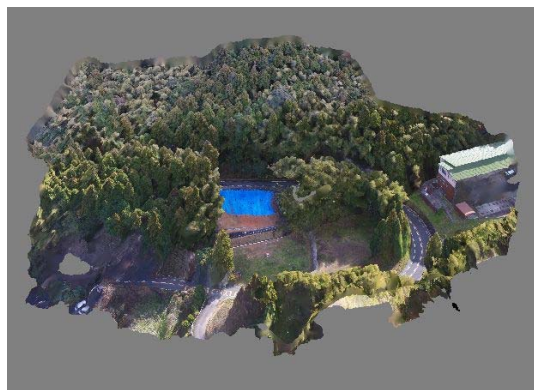
5. 現場斜面を想定した数値解析

外力による斜面の安定性を評価するために、局所的な変形挙動を 3 次元的に観察し、評価する数値解法の一つである有限要素法 (Finite Element Method) による数値解析を行った。今回は、PLAXIS 社が開発した PLAXIS 3D を使用し、実際の斜面崩壊地の現場を想定したシミュレーションを実施して、現場で得られた変形係数を導入した幾つかのケーススタディを行うことで斜面の変形性状を考察した。このソフトウェアは地盤解析専用が開発された 3 次元有限要素法解

(様式1)



画像-1 ドローンによる現場空撮



画像-2 空撮による3次元オルソ画像

析アプリケーションで、任意形状のモデル作成をし、複雑な地盤構造でも比較的簡単にモデル化することができ、施工プロセスを考慮した条件設定から変形状態を逐次計算できる機能が備わっている。

5-1. 数値解析の方法

最初に解析対象地の外形を入力して、斜面の形状を設計する。次に、斜面を形成している地盤の材料データを入力し、設計した地盤モデルに適用する。そうして、変位や荷重などの条件を入力しメッシュの自動生成を行う。最後に、弾・塑性解析や安全率解析等の解析方法を決定し、計算を実行し出力された変形・強度の結果を評価する。

5-2. 解析モデル

解析対象は福岡県北九州市八幡東区田代町の斜面崩壊現場をモデル地盤とした。ところが、本解析では植生の現況等を詳細に再現することは不可能であるため形状だけモデル化し、崩壊に至る外力による変位や各種条件を仮定した解析を行った。モデル斜面は、地山部分高さ 8.0m、斜面勾配 20°、幅 114m の斜面としモデル中心部に盛土深さ 5.0m とし斜面下部を基盤岩とした。図-7 にモデル斜面の要素分割図を示す。節点数は 25,220、要素数は 16,509 である。表-2 に解析パラメータを示す。透水係数は先に示した現場透水試験、粘着力と内部摩擦角はペーンコーンせん断試験の結果を経験式法により求めた値である。また、 N 値は簡易動的コーン貫入試験の結果を式(2)に代入することで決定し、その値を式(3)に代入することで弾性係数 E を求めた。

$$N = 0.75N_a \cdots (2)$$

C_1 , C_2 は係数であり種々の地盤により値が決められている。せん断

弾性係数は、式 (4) で求めた。ただし、ポアソン比 ν は 0.3 と仮定した。 C_1 , C_2 については、盛土がシルト質砂の 12, 5.8, 地山が 24, 5.3 を用いた。

$$E = C_1 + C_2 N \cdots (3), \quad G = \frac{E}{2(1+\nu)} \cdots (4)$$

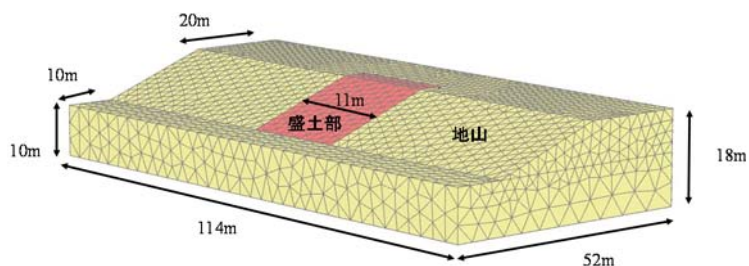


図-7 モデル斜面の要素分割図
(節点数 25,220, 要素数 16,509)

表-2 解析に使用した材料パラメータ

材料係数	地山	盛土
N_a 値	7	5
N 値	5	4
弾性係数 E (kN/m ²)	5,079	3,308
せん断弾性係数 G (kN/m ²)	1,953	1,272
ポアソン比 ν	0.3	0.3
透水係数 k (m/s)	2.41×10^{-6}	3.66×10^{-7}
粘着力 c (kN/m ²)	30.75	39.99
内部摩擦角(°)	20.18	28.97

(様式1)

破壊もしくは降伏基準については、Mohr-Coulomb の式を用いた。本解析では、斜面上部に道路地盤を設置し、盛土の頂部に変位 10cm を与えた。また、内部摩擦角や粘着力、必要な材料定数については、原位置試験から得られ結果を用いて算出した。

5-3. 数値解析の結果と考察

図-8 は盛土斜面上部に増分変位を与えた際の斜面の変形図である。図-8 より、盛土部分よりも地山部分が大きく変位している。土塊がまとまって地山斜面を押し出している現象が見られた。また、断面変位図から盛土部分の上方側で変位が起きていた。図-9 は、断面のひずみ分布図である。盛土の下部や僅かではあるが斜面の法先付近にひずみが集中していることがわかる。解析は十分ではないが、盛土部分が地山よりも変位する設定条件下での解析が最も盛土と地山の境界部での変位が大きかった。現場は豪雨による崩壊であったため降雨による斜面変形や地下水による間隙水圧の影響も考えられるが、本解析結果から地山と盛土の内部摩擦角による弾性係数の違いや透水係数に起因する斜面自体の外力が斜面の安定性に影響を及ぼしているのではないかと推測される。

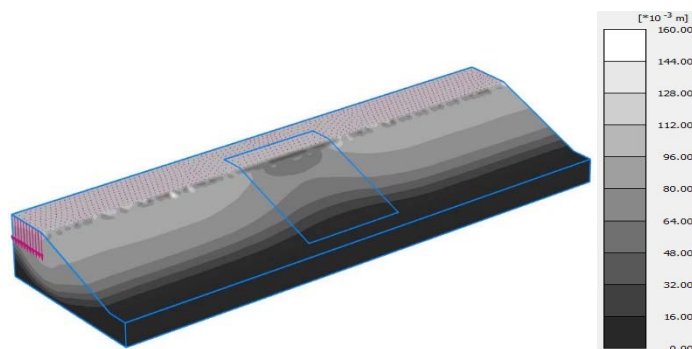


図-8 地盤の変位量を表す等値線図

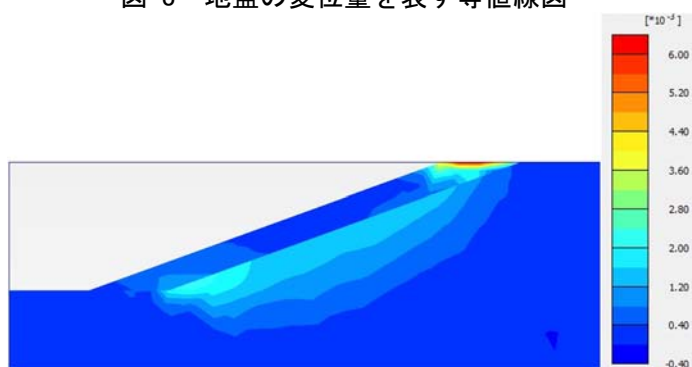


図-9 断面のひずみ分布図

6. おわりに

平成 30 年 7 月豪雨により斜面崩壊を起した現場を調査し、地形や地質との関係、地盤の状態と原位置での強度や透水性を調べる目的で、ベーンコーンせん断試験と簡易動的コーン貫入試験、原位置透水試験を行った。また、原位置試験から得られた推定 N 値から算定した粘着力や内部摩擦角などの材料パラメータを導入した有限要素解析を用いて、調査現場の斜面をモデル化した数値シミュレーションを試みた。

結果として、盛土上部に変位を与えた条件において、地山との境界部にせん断面が発生し、斜面法先部分にひずみが集中するような現象が起こることがわかった。このことは、解析に導入した盛土部と地山部の弾性係数や内部摩擦角の大きさの違いが計算結果に影響している。今後は、降雨による浸透が斜面の変形に及ぼす影響について解析することで、さらに現実に近いと思われる斜面崩壊の発生メカニズムを検討したい。

参考文献

(1) 気象庁 2018 年 7 月 13 日発表資料：災害をもたらした気象事例，平成 30 年 7 月豪雨（前線及び台風第 7 号による大雨等）平成 30 年(2018 年)6 月 28 日～7 月 8 日,(https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/jyun_sokuji20180628-0708.pdf)

obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/jyun_sokuji20180628-0708.pdf)

(2) 平 瑞樹・山本健太郎・永川勝久：地震による津波危険地域における避難経路の現地調査と斜面崩壊危険箇所の抽出，鹿児島大学地域防災教育研究センター平成 27 年度報告書，pp.161-166，2017。

(3) PLAXIS 社マニュアル：<https://www.plaxis.com/support/manuals/plaxis-3d-manuals/>

(4) 岡田勝也・杉山友康・野口達雄・村石尚：盛土表層部の土質強度に関する異種のサウンディング試験結果の相関性，土と基礎 40-4，pp.11-16，1992。

離島における介護職者の防災教育の現状と課題に関する研究 —奄美市と五島市の比較—

医学部保健学科 今村圭子、松成裕子

はじめに

我が国の国土は、6,852の島嶼により構成される。このうち本州、北海道、四国、九州と沖縄本島を除いた6,847が離島とされ、そのうちの314は有人離島である。離島は高波・高潮、地震、火山、土石流、津波などの複数のリスクにさらされおり、災害が離島で発生すると、救助・救援活動には多くの困難が立ちはだかり、孤立することもありうる。

鹿児島県の離島の1つである、奄美大島において平成22年10月、平成23年9月及び11月に発生した、集中豪雨災害は記憶に新しい。この災害後に、奄美市では、災害時の情報連絡体制、防災啓発、防災訓練等の地域づくりが推進された。また、東日本大震災以降、離島における防災・減災が重要であるという認識についても高まっている¹⁾。しかしながら、離島は、高齢化率、人口減少率いずれも高い傾向を示しており、このような状況下においては、災害時の基本となる「自助」力は低下していることが推測される。低下している「自助」力を補うためには、「共助」「公助」が効果的に発揮されることが求められる。

また、災害時、高齢者は災害の影響を受けやすく、そのような日常生活の支援を行う介護職者の役割は大きくなっている。それにより、介護福祉士養成校においては、平成21年4月からカリキュラム改正により、災害介護教育が行われるようになってきているが、現場の職員に対する災害介護教育等を含む防災教育は、各施設に委ねられているのが現状である。そこで、九州の南と北に位置し大きな災害の無い五島市と集中豪雨災害のあった奄美市を対象にし、それぞれ避難所に指定されている施設に勤務する介護職員に対して調査を行った。調査内容は、介護職者の日常における防災意識や避難所として開場時の心構え等であり、これらを比較することで、離島における防災教育の課題を明確にし、今後の防災教育の示唆を得ることを目的とした。今回は、防火・避難訓練、避難所開設時の心構えに焦点を当て報告する。

I. 研究目的

離島における介護職者への防災教育の課題を明確にし、今後の防災教育の示唆を得る。

II. 研究方法

本研究は、離島で勤務する介護職者の防災教育の現状と課題を明らかにする探索的記述型の質的記述的研究デザインである。

1. 研究協力者

研究協力者は、奄美市の特別養護老人ホーム2施設、五島市の特別養護老人ホーム3施設に勤務する介護職員、20歳代から60歳代の各7名の計14名であった。協力依頼の手続きは、五島市は市の長寿社会課へ文章と口頭で研究協力への同意を得た後、施設の選択を依頼し、調査の説明を依頼した。奄美市は龍郷町に勤務する保健師に、文章と口頭で研究協力への同意を得た後、施設の選択を依頼した。研究協力者の選定は、各施設長に依頼した。研究協力者の概要を表1に示す。

表1. 研究協力者の概要

奄美市					五島市				
	年齢	性別	介護職経験年数	災害経験		年齢	性別	介護職経験年数	災害経験
A	30歳代	男性	7年	有	A	30歳代	女性	3.5年	無
B	20歳代	男性	8ヶ月	有	B	50歳代	女性	25年	無
C	50歳代	女性	15年	無	C	20歳代	女性	2年	無
D	30歳代	女性	15年	無	D	40歳代	女性	15年	無
E	40歳代	女性	15年	無	E	50歳代	女性	14年	無
F	60歳代	女性	24年	有	F	30歳代	男性	15年	無
G	40歳代	女性	12年	有	G	40歳代	男性	22年	無

2. 調査期間

平成30年8月から平成30年9月であった。

3. 調査方法

データ収集は半構造的面接法を実施した。インタビューガイドを作成し個別面接とし、面接時間は約30分から60分間とした。面接場所は、各施設の個室で行い、面接内容は同意を得て、ICレコーダーにて録音した。語られた内容は逐語化し、データとした。

4. 分析方法

データ分析は、1) 調査協力者ごとに逐語録から避難所開設時の心構えについての記述を抽出し、意味が分かるセグメントで切り取り、2) そのデータを繰り返し読みながらコード化し、3) これらのコードとの共通性と相違性を検討しながら分類し、4) サブカテゴリー、カテゴリーを抽出した。

5. 信頼性と妥当性の確保

協力者から語られた内容を、逐語録とし、各調査協力者に郵送し、確認してもらうことで信頼性を高めた。また、抽出されたカテゴリー間の関係性については、1件ごとにデータに立ち返り、検討を重ね、さらに共同研究者の助言を受けることにより分析の妥当性を確保した。

6. 倫理的配慮

インタビューの調査協力者に対し、研究の趣旨、研究参加の自由意志と途中辞退の自由、プライバシーと個人情報の保護について文書と口頭で説明し、署名による同意を得た。本研究は、鹿児島大学倫理委員会の承認を得、実施した。

III. 結果

1. 防災教育に関して

調査対象とした5施設においては、防災教育が実施されていなかった。しかし、奄美市の2施設においては、防火訓練を年1回実施していた。五島市の2施設は、防火訓練と避難訓練を年2回実施しており、その内、1施設は夜間に地域の消防団や住民も参加した訓練が行われていた。また、1施設は、昼間に夜間を想定し、訓練当日の夜間勤務者が中心となった訓練を実施し、1施設は年1回の防火訓練の実施であった。

防火訓練に対して、奄美市の介護職員は、「訓練は出たことがある。防火訓練に。訓練でも最初はどうするんだろうとか、いざしたら、天ばっちゃって・・・それが本当だったら、出来るか分かんないと思った。(D)」「たいがいは、水が、土石流が入ってくるという想定はないですよ。普通の訓練は火災訓練。そういう訓練が主ですけど、被災した場所から一番離れた場所に避難誘導するということが基本的なことなので、その辺が活かされたのかな・・・。(F)」「その時の勤務者はいいんですけど、勤務に関わらない夜勤であったりとか、休みで参加していない人もいて、年に何回かあるにしても、その度にたまたまいない日であったりして、2、3年に1回しか参加しないスタッフもいる。私もそうですけど、意識が低い、あうゆう経験をしたにも関わらず、意識が低いんだなと感じたりもします。(G)」と語った。

五島市の介護職員は、「訓練を1回したことがある。利用者を車いすに乗せて、外に出す訓練をした。初めて訓練に参加したとき、イメージがわからなくて・・・。練習で出来ても本番で出来るのかなと不安に思った。(C)」「大体は『こうだよ』って感じで話をするんですけど、やっぱりテンパッてしまって・・・。訓練でも・・・。次はどうやったかって・・・。(E)」「命を優先することを考える。年に2回あるので、役に立つ。(F)」と語った。

2. 介護職員の避難所開設への心構え

避難所開設時の心構えとして、「避難者への対応」「自分自身へ言い聞かせ」「協力・連携」の3つに区分できた。「避難者への対応」は、奄美市の介護職員は、【不安の軽減】【居住スペースの確保】【必要物品の提供】【支援への不安】【自身ができること】【生命を守る】の6つのカテゴリーが抽出された。五島市の介護職員は、【居住スペースの確保】【心の支援】【日常生活の支援】の3つのカテゴリーが抽出された。「自分自身への言い聞かせ」は、両離島の施設共に【平常心を保つ】の1つのカテゴリーが抽出できた。「協力・連携」において、奄美市の介護職員は【みんなで協力する】、五島市では【自分ができることを行う】のそれぞれ1つのカテゴリーが抽出された(表2)。

以下、「避難者への対応」「自分自身へ言い聞かせ」「協力・連携」の3つの区分の主なカテゴリー

一の説明は、その代表的な語りを用いて記述する。なお、サブカテゴリーは『 』、コードは《 》、語りは「 」で示し、() 無いに補語を加えた。アルファベットは研究協力者を示す。

1) 避難者への対応

(1) 奄美市の介護職員の対応として、多く語られたことは、【不安の軽減】であり、『声かけを怠らない』『安心感を提供する』『避難者の側にいる』で構成された。

①『声かけを怠らない』

これは、避難者に対して《声かけが一番》《心配を緩和できる声掛けをする》と、これからどうなるのだろうと先行き不透明な状態の被災者の心情を重んじての行動である。「声掛けじゃないですか。ここまで（避難所）来るにも、めちゃくちゃ心配じゃないですか。そこを緩和できる声掛けができればいいかなと思う。(B)」「まず不安になる方が多くなると思うので、やさしい声掛けをして、落ち着いて過ごせるように声掛けをして、安心してもらえるような声掛けをして。(C)」と声かけを行うことが、不安の軽減に繋がるとの思いが込められていた。

②『安心感を提供する』

これは、《不安になっていると思うので、安心感をもってもらう》《此处（避難所）で安心して過ごせる》《安心感を与えることが、まず大事》と、避難所は安心できる場所であることを感じて欲しいとの思いであった。「『大丈夫ですからね』と声かけして、安全は確保されていますけど、さらに安全確保をして(E)」「自分たちが避難した経験があるので、避難してくる人たちが、『安心して過ごせるように』というのが、いつもあります。気持ちよく受け入れてという。(F)」と、被災し避難した経験が活かされていた。

③『避難者の側にいる』

これは、《避難者の側にいる》と、避難者と同じ時間を共有しているとの思いであり、一人ではないという安心を抱かせるものであった。「避難者の側に居られていいんですよね。自分も災害にあったら、家には帰れないと思う。(E)」と、介護職者である自分も被災者になりうることから、お互いに支え合うことが必要であるという思いであった。

(2) 五島市の介護職員の被災者への対応について、多く語られたことは、【心の支援】であり、『避難者へ心の支援を行う』『心の問題に気づく』から構成された。

①『避難者へ心の支援を行う』

これは、《心のケアを行う》《避難者すべての人の心のケアを行いたい》《メンタル面でのフォローを行う》《避難者の心を軽くしたい》《心の支えになりたい》と、被災したことで傷ついた心をいやしたいとの思いが込められていた。「ちょっとでも、高齢者だけでなく、心でも体でも緩和したい。(A)」「心のケア、居て話を聞くだけでも、聴いてもらえるだけでもというのはあるのかな、話を聞いて、何が困っていて、何をしてほしいかと、ケアじゃないけど、そういうことが大切な。(G)」と、話を聞くことが心の安寧を保つことに繋がるとの思いがあった。

②『心の問題に気づく』

これは、《気持ちの変化に気づく》《心の問題に早く気づきたい》と、被災した事による精神面への影響を考えての思いであった。「精神的なことに気づけたらいいかなと思う。(C)」災害が及ぼす精神状態を把握し、安心した状態で避難生活を送って欲しいとの願いがあった。

3. 自分自身へ言い聞かせ

奄美市、五島市の両離島共に、【平常心】であった。奄美市の介護職員は『パニックにならない』で《自分たちがパニックならない》《落ち着いて仕事をする》《慌てない》、五島市の介護職員は『普段通りの気持ちで接する』で《自分の感情を出さない》《普段通りに接する》《慌てない》で構成された。様々な避難者の対応をしなければならない介護職者自身に必要なとされることを、十分に認識できているということであった。

4. 協力・連携

奄美市の介護職員は【地域の連携・協力】で、『各ができることを行う』《みんなで活動し、共有する》《みんなで力を合わせる》《元気な人は動いてもらう》、五島市の介護職員は、【避難者を守るための連携・協力】で『安全確保のための協力体制』《移動手段の協定を結ぶ》《福祉用具のスムーズな借用ができるための仕組み作り》、『避難者を守るための連携』《避難者の情報を的確に知る》《他施設のスタッフとのコミュニケーションを図る》で構成された。

表 2. 避難所開所時の心構え

<奄美市>

1) 避難者への対応

カテゴリー	サブカテゴリー	コード
不安の軽減	声かけを怠らない	<ul style="list-style-type: none"> ・声掛けをする。 ・心配を緩和できる声掛けをする。 ・やさしい声掛けをする。 ・声掛けが一番。
	安心感を提供する	<ul style="list-style-type: none"> ・不安になっていると思うので、安心感をもってもらう。 ・此处（避難所）で安心して過ごせる。 ・安心感を与えることが、まず大事。
	避難者の側にいる	<ul style="list-style-type: none"> ・避難者の側に居る。
居住スペースの確保	スペース確保への誘導	<ul style="list-style-type: none"> ・部屋の割り振りをする。 ・とりあえず休める場所へ誘導する。 ・みんなが入れる場所、スペースを確保する。 ・心地よく過ごせる場所を作る。
必要物品の提供	必要物品の提供を行う	<ul style="list-style-type: none"> ・必要な物を提供する。 ・季節に応じて必要なものを提供する。 ・水分と食べを一番に提供する。
支援への不安	避難所での支援への戸惑い	<ul style="list-style-type: none"> ・受け入れた後、どうしていいか分からない。 ・受け入れができるようになれるか分からない。
できることを行う	日常の支援を継続する	<ul style="list-style-type: none"> ・自分たちのやれることをやるしかない。 ・日常生活の支援をする。
	リーダーの指示のもと行動する	<ul style="list-style-type: none"> ・リーダーの指示に従い行動する。
生命を守る	みんなを助きたい	<ul style="list-style-type: none"> ・介護職は、高齢者を助けることを優先する。 ・高齢者をどのようにしたら助けられるかを考える。 ・みんな助けられるようにしたい。 ・安全確保をする。

2) 自分自身への言い聞かせ

カテゴリー	サブカテゴリー	コード
平常心を保つ	パニックにならない	<ul style="list-style-type: none"> ・自分たちがパニックならない。 ・落ち着いて仕事をする。 ・慌てない。

3) 連携・協力体制

カテゴリー	サブカテゴリー	コード
地域の連携・協力	各ができることを行う	<ul style="list-style-type: none"> ・みんなで活動し、共有する ・みんなで力を合わせる。 ・元気な人は動いてもらう。

<五島市>

1) 避難者への対応

カテゴリー	サブカテゴリー	コード
居住スペースの確保	スペースを確保する	<ul style="list-style-type: none"> ・少しのスペースでも確保する。 ・スペースの確保を優先させる。

カテゴリー	サブカテゴリー	コード
心の支援	避難者へ心の支援を行う	<ul style="list-style-type: none"> ・心のケアを行う。 ・避難者すべての人の心のケアを行いたい。 ・メンタル面でのフォローを行う。 ・避難者の心を軽くしたい。 ・心の支えになりたい。
	心の問題に気づく	<ul style="list-style-type: none"> ・気持ちの変化に気づく。 ・心の問題に早く気づきたい。
日常生活の支援	介護職者としての支援を行う	<ul style="list-style-type: none"> ・出来ることがあればする。 ・高齢者の世話をする。 ・排泄、お風呂介助などの支援を行う。
	食事の支援が大事	<ul style="list-style-type: none"> ・食事の支援を優先する。

2) 自分自身への言い聞かせ

カテゴリー	サブカテゴリー	コード
平常心	普段通りの気持ちで接する	<ul style="list-style-type: none"> ・自分の感情を出さない。 ・普段通りに接する。 ・慌てない。

3) 連携・協力体制

カテゴリー	サブカテゴリー	コード
避難者を守るための連携・協力	安全確保のための協力体制	<ul style="list-style-type: none"> ・移動手段の協定を結ぶ。 ・福祉用具のスムーズな借用ができるための仕組み作り。
	避難者を守るための連携	<ul style="list-style-type: none"> ・避難者の情報を的確に知る。 ・他施設のスタッフとのコミュニケーションを図る。

IV. 考察

1. 防火・避難訓練

本調査の協力者が勤務する施設において、定期的・計画的に防火・避難訓練が実施されていた。そして、夜間や夜間を想定した訓練を実施している施設もあり、各施設には防火マニュアルも整備されていた。協力者からは「年に2回あるので、役に立つ。」「災害時に防火訓練をしていたことが役にたった。」という語りがある反面、「訓練でも・・・次はどうやったっけって・・・」「いざしたら、天ばっちゃって・・・それが本当だったら、出来るか分かんないと思った。」など、実際の火災現場で活かすことができるのだろうかという不安を抱いている状況があることが分かった。さらに、豪雨災害を経験した施設の職員においても、「意識の低さを感じる」という語りも聞かれた。このことは、火災時、発災時、必ずしも責任者が勤務しているとは限らない。このことから職員一人一人の手に利用者の命は委ねられているという自覚を持ち、更に非常時に適切な判断ができるような職員の教育が重要になると考えられる。そして、防火・避難訓練が年間行事の1つで終わる事が無いようにすることが必要である。その為には、火災の発生場所、被害状況、季節、発生時刻等を具体的に想定して様々なパターンを考え、職員一人一人が役割分担を明確にし、状況を判断しながら避難できる実践的な訓練を計画することが必要であり²⁾、その積み重ねが防災教育に繋がると考えられる。

地域の消防団や住民が参加をして夜間の防火訓練を実施している施設があった。共助の力を高めることに繋がる。しかし、災害非常時に、地域の消防団、住民の協力を得る事は困難となることが推測される。従って、各施設の自助を高めることが必要と考える。そのためにも、職員一人一人が災害時にも自信を持って行動できるような防災教育が必要であり、介護職者の防災士の資格取得も一つの方法として有効ではないかと考える。

2. 避難所開設時に心がけること

避難所開設時に心がけることとして、被災経験がある奄美市の介護職員においては、声かけをして不安の軽減を図るということであり、被災経験がない五島市の介護職員においては、心のケアであることが多く語られた。松橋ら(2011)³⁾の調査結果において、災害時における介護職者の役割認識として、不安の軽減、精神面のケアは上位を示していた。本調査においても、不安の軽減、精神的ケアという言葉が多く聞かれたことから、同様の結果を示したと言える。しかし、声かけをすることで不安の軽減を図ることと、心のケアは両方とも精神面への支援ではあるが、同等ではないと言える。

被災体験がある奄美市の介護職員は、「ここまで(避難所)来るにも、めちゃくちゃ心配じゃないですか。そこを緩和できる声掛けができればいいかなと思う。」というように、実際に避難者の様子を見た体験があることが、声かけ、不安の軽減ということの精神面への支援となっていると考えられる。一方、被災体験がない五島市の介護職員は心のケアという表現をしている。心のケアとは、危機的出来事などに遭遇した為に発生する心身の健康に関する多様な問題を予防すること、あるいはその回復を援助することである。そして、心のケアは、最後は自分で対応できるよう援助することであるため、時間をかけることを必要とする精神面への支援である。

東日本大震災後の関連死は3701名(平成30年9月30日現在)である。関連死とは、津波や家屋倒壊などの災害の直接的な被害ではなく、長期の避難所生活による過労やストレス、住環境やQOL(生活の質)の劣化などが誘因となり、発病や持病の悪化などによって死亡する非常事態のことをいうが、災害発災の急性期から慢性期・復旧復興期までの経過において、精神面への支援は重要である。災害時には経過別に応じた精神面への支援の必要性を理解することは、防災教育として必要であると考えられる。

VI. 本研究の限界と今後の課題

本研究は、九州の北と南に位置する2つの離島の避難所に指定されている施設に勤務する介護職員から得られたデータであるため、異なる地域の離島に勤務する介護士職者を対象として調査を重ねる必要がある。また、避難所、福祉避難所に指定されていない施設に勤務する介護職者の防災・減災に関する認識等の違いなど知ることが必要と考える。今後、介護職者への防災教育を進めていくためにも、様々な施設において調査を実施することが必要である。

VII. 結論

奄美市と五島市の避難所に指定されている施設に勤務する職員への調査の結果から、

1. 両市ともに防火・避難訓練は定期的実施されていたが、職員は訓練で実施したことが実践できるか不安を感じていた。
2. 両市ともに被災体験の有無に関係なく、職員には被災経験があっても訓練参加への意識の低下があった。
3. 避難所開設への心がけとして、精神面への支援が大切であることを両市の介護職員は思っていたが、被災体験がある介護職員は声かけによる不安の軽減が中心であり、被災体験のない離島の介護職員は心のケアであり、そこには時間による違いがあった。

謝辞

本研究にご協力いただきました各離島の市職員の皆様、各施設長、そしてお忙しい中、インタビュー調査を受けいただきました研究協力者の皆様に深く感謝いたします。

引用文献

- 1) 呉尚浩、伊藤真知子、澤邊みさ子他(2014):東日本大震災後の離島における防災・減災体制のあり方に関する研究-飛島における住民主体の防災計画づくりに向けて-、東北公益文科大学総合研究論集、26:73-82.
- 2) 竹之下信子、長島みどり(2018):東日本大震災後の千葉県香取・海匝地域の介護保険施設における災害対策の現状と課題、千葉科学大学紀要、11、179-200.
- 3) 松橋朋子、井上照子(2011):高齢者施設における災害対策の実態と災害介護教育に関する意識-A県内の特別養護老人ホーム介護職員への調査から(第2報)-、日本赤十字秋田看護大学紀要・日本赤十字秋田短期大学紀要、16、11-18.

ウェブベース火山ハザードマップを活用した 火山防災情報集約・発信技術の開発

地震火山地域防災センター 特任准教授・石峯 康浩

1. はじめに

数多くの活火山を有する鹿児島県では、火山災害のリスクが他県に比較して極めて高く、その備えならびに対応は鹿児島県の住民・行政にとって大きな関心事となっている。しかしながら、情報通信技術が発展し、災害情報の空間表現に関しても多様な技術が利用できるようになっているにも関わらず、火山噴火に関する情報は文字ベースの解説情報等に限られており、火山災害発生時に周辺の状況を空間的に把握するのが困難な状況が発生するものと懸念される。そこで、火山災害時に住民や災害対応業務関連の従事者らに役立つ情報をインターネット経由で提供し、火山災害の軽減に貢献するための技術的な基盤を整備することが本研究の目的である。

2. 噴火警戒地域や震度分布と病院情報を重ねたマップの作成ならびに訓練での試験利用

2017年度の鹿児島大学地域防災教育研究センター事業として開発したデジタル版の桜島火山のハザードマップに、気象庁が噴火警報の発表の際に明示する「警戒が必要な範囲」や、地震発生直後に防災科学技術研究所より公表される J-RISQ 地震速報の震度分布を迅速に組み込む機能を追加した。また、これらの情報が、どの程度、実際の災害時の支援活動に役立つかを検証するため、災害派遣精神医療チーム (DPAT) 事務局や鹿児島県障害福祉課にご協力いただき、2018年11月10日に鹿児島県内で実施された平成30年度九州・沖縄ブロック DMAT 実動訓練において試験利用を行った。具体的には、訓練の想定となった種子島東方沖における地震に関する鹿児島県の被害予測調査の結果として同県のホームページに掲載されている震度分布を画像ファイルとしてデジタル版ハザードマップとして取り込み、市町村境界ならびに2次医療圏境界、病院分布と重ねて表示できるようにした (図1)。また、このマップでは、石峯・他 (2017) において開発した技術を将来的に利用可能になることを想定して、各市町村における想定曝露人口や、大きな震度に見舞われたエリアにある病院をリストアップして表示する試みも行った。同様に、DMAT 実働訓練の後半の想定となった桜島の大規模噴火時の警戒地域については、桜島の山頂火口からの同心円状に距離を示して情報提供を行った (図2)。これらの図は、訓練中に DMAT や DPAT 等の参加者が閲覧して情報収集を行うことが想定されている広域災害救急 医療情報システム (EMIS) の掲示板に、災害対策本部にそれぞれの想定災害の情報がいった段階で投稿するという形で情報の共有を試みた (図3)。参加者からは「県外から集まっている訓練参加者でも被害の大きな市町村の位置関係が迅速に地図上で把握できるため、非常に助かる」との感想が得られた。

3. 噴火状況に関する情報発信に活用できるシミュレーション技術の開発

屋久島町の口永良部火山では2018年12月18日に約3年ぶりに火砕流が観測され、2019年になっても同規模の火砕流が繰り返されている (同年2月1日現在)。今後も火山活動が継続し、極めて危険な状況が発生しうることから、これらの火山活動の特徴をよりよく理解し、住民向けにも分かりやすい情報発信を行うことを目的に、数値シミュレーションによる現象再現を試みた。

具体的には、気象庁が口永良部島島内で撮影した火砕流の映像を含む口永良部火山で発生した一連の火砕流に関する基礎情報を産業技術総合研究所の地質調査総合センター活断層・火山研究部門より提供いただき、その情報を下に基本的な初期条件を設定し、数値計算を実施した。計算には理化学研究所のスーパーコンピュータシステムを利用した (代表者:石峯康浩; 課題番号:Q18431)。計算結果を分かりやすく表示するために、POV-Ray を用いてレイトレーシング技法での表現技法について検討をしたものが図4である。

4. 火山噴火の健康影響に関する情報発信

4.1. IVHHN の概要

国際火山災害健康リスク評価ネットワーク (International Volcanic Health Hazard Network=

IVHHN; 以下、IVHHN と略記する)は、火山活動による健康被害に関する研究や情報交換全般を担う組織として2003年2月に結成された国際火山学地球内部化学協会(IAVCEI)の小委員会である。会員の専門分野は、火山学だけでなく、物理化学や中毒学、疫学、公衆衛生学等、多岐にわたる。

報告者は、三宅島火山において、2000年の噴火以降、有毒な二酸化硫黄を含む大量の火山ガスの放出が続いていたことから、IVHHNの日本語版ホームページを2005年から担当している。2007年にはIVHHNが一般市民向けに作成した「火山灰の健康影響」ならびに「降灰への備え-事前の準備、事後の対応-」という2種類のパンフレットも日本語に翻訳し、印刷物を作成して、火山周辺地域等で一般市民や関連機関への配布を行ってきた。

4.2. IVHHN ホームページの改訂

2018年8月末にIVHHNのホームページが全面的に改訂されたため、本年度のプロジェクトの一環として日本語版ホームページの改訂作業を行った。英語版のホームページが改訂された大きな理由は、IVHHNの主要メンバーが参画して2015年から2018年にかけて実施されたプロジェクト「A New Evidence Base for Respiratory Health Interventions in Volcanic Eruption Crises (通称HIVEプロジェクト)」における成果がまとめられ、新しいガイドライン等が作成されたことである。それに加えて、最近のインターネット環境の進展に合わせ、ホームページのデザインをスマートフォン対応にすることが好ましい状況になっていることや、多言語での字幕表示が可能なYouTubeなどの動画配信サイトが国際的に広く利用されている状況に対応することも背景にあるようである。

4.3. 新しい日本語版サイトの立ち上げならびに関連資料の作成

英語版のホームページの改訂を受け、新しいサイトの翻訳作業を行った。

これまで日本語ホームページは報告者本人が個人で契約しているyahoo!ジオシティーズ上(<http://www.geocities.jp/ychojp/ivhhn/>)で公開していたが、新たに独自のドメイン(<http://www.ivhhn.jp/>)を取得し、そのサイトにて、2019年1月2日より公開を開始した(図5,6)。新しいホームページには、HIVEプロジェクトにて作成された3本の動画も掲載されている(図7)そのため、その動画の音声についても翻訳も試みた。3本のうち2本の音声は、英語での解説となっているため、その英語を聞き取り、文字に落とす作業を行った。残りの1本は音声インドネシア語での解説となっているため、YouTubeの字幕表示機能を利用して英語字幕を表示し、その英文を日本語に翻訳した。翻訳した文章は、合成音声作成ソフト(かんたん!AITalk3)を利用して音声に変換し、動画編集ソフトを用いてオリジナルの映像と合成した(ただし、利用しているソフトは個人利用限定であるため、現段階では合成音声作成ソフトの性能確認ならびに技術的可能性の検討として作業を進めている段階であり、作成した動画についてはホームページでの公開には至っていない)。

また、IVHHNが新しく作成した「火山灰から呼吸器を守るために」というパンフレットも日本語に翻訳し、製本した(図8)。第1版として2019年1月12日付で2000部を印刷し、同日、鹿児島市の主催で開催された平成30年度の桜島火山爆発総合防災訓練にて約1000部を配布した。

さらには、同ホームページで公開予定の「火山ガスの健康影響」に関する一般向けパンフレットの査読を担当するとともに、同パンフレットで利用する予定の写真のIVHHNへの提供も行った。

5. 結論

火山災害の軽減に資するインターネット技術の効果的な利用方法について検討を行った。その結果、ウェブマップやシミュレーション、各種動画配信サービスならびに合成音声作成ソフトを利用したナレーションの作成等、すでに広く普及している技術を活用するだけでも、現状よりも相当の改善が見込めるという見通しを持つことができた。

参考文献

石峯康浩・久保達彦・小見めぐみ・渡路子(2017) 災害派遣精神医療チーム(DPAT)向けの準リアルタイム震度情報提供システムの開発、日本災害情報学会第19回学会大会予稿集、124-125
鹿児島県庁ホームページ(参照年月日:2018.2.1)

<http://www.pref.kagoshima.jp/aj01/bosai/sonae/yosokutyousa/tyuukanhoukoku20130325.html>



図1. DMAT 実働訓練で利用したウェブマップ。種子島東方沖でM7.6の地震が発生した想定で訓練を実施したため、鹿児島県庁ホームページに掲載されていた同様の地震想定に関する震度分布の画像を、これまでに開発したウェブマップに組み込んだ。

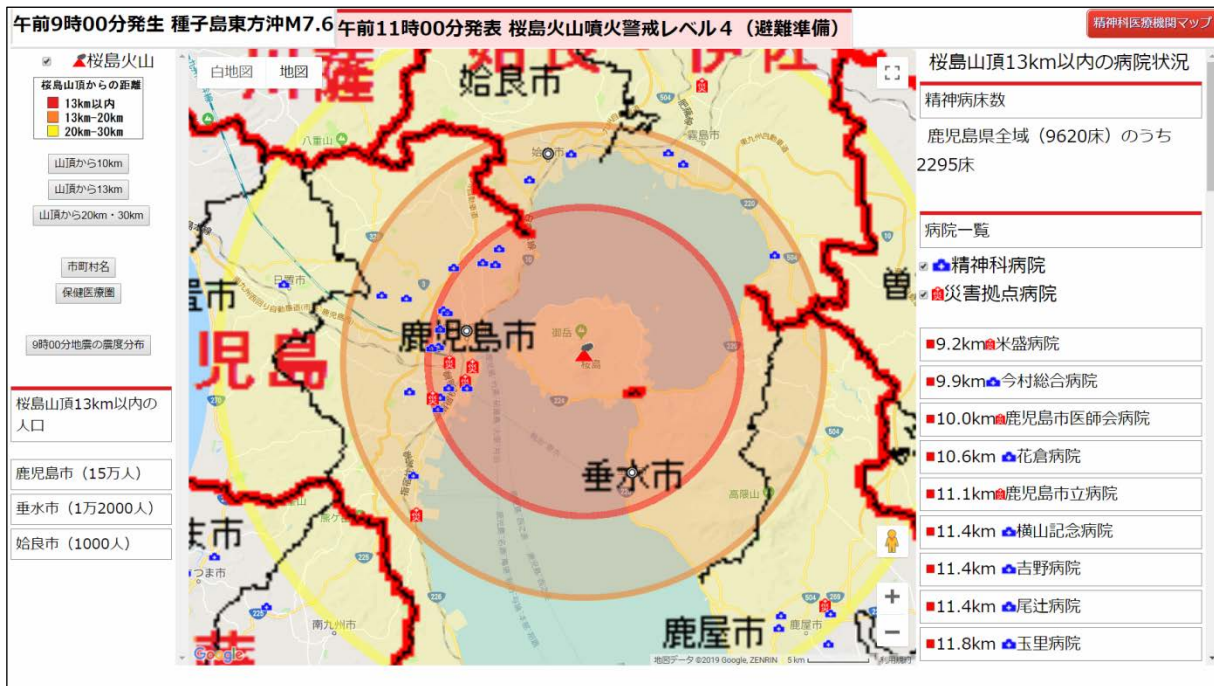


図2. DMAT 実働訓練で利用した桜島の大规模噴火時の警戒地域を示したウェブマップ。鹿児島市の大量軽石・火山灰対策に関する検討状況を参考に桜島の山頂火口から13km以内では避難が必要となる想定で訓練が行われたため、それに対応する同心円を示してある。



図 3. DMAT 実働訓練において図 2 のウェブマップを確認するように呼びかけた広域災害救急医療情報システム (EMIS) の掲示板の情報

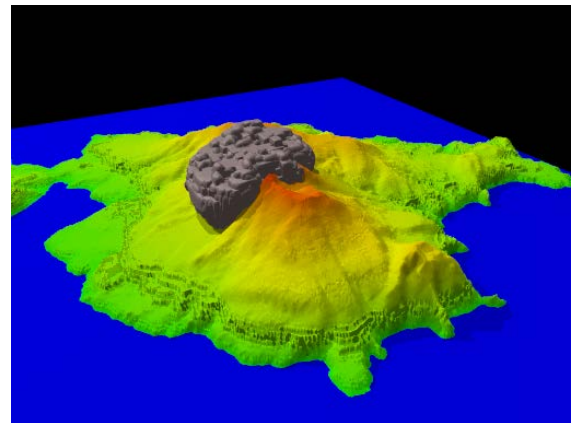


図 4. 2019 年 1 月 17 日に口永良部島火山で発生した火砕流の映像 (気象庁撮影) のスナップショット (左) と、当日の噴火条件を可能な限り取り入れて現象の再現を試みたシミュレーションの可視化例 (右)

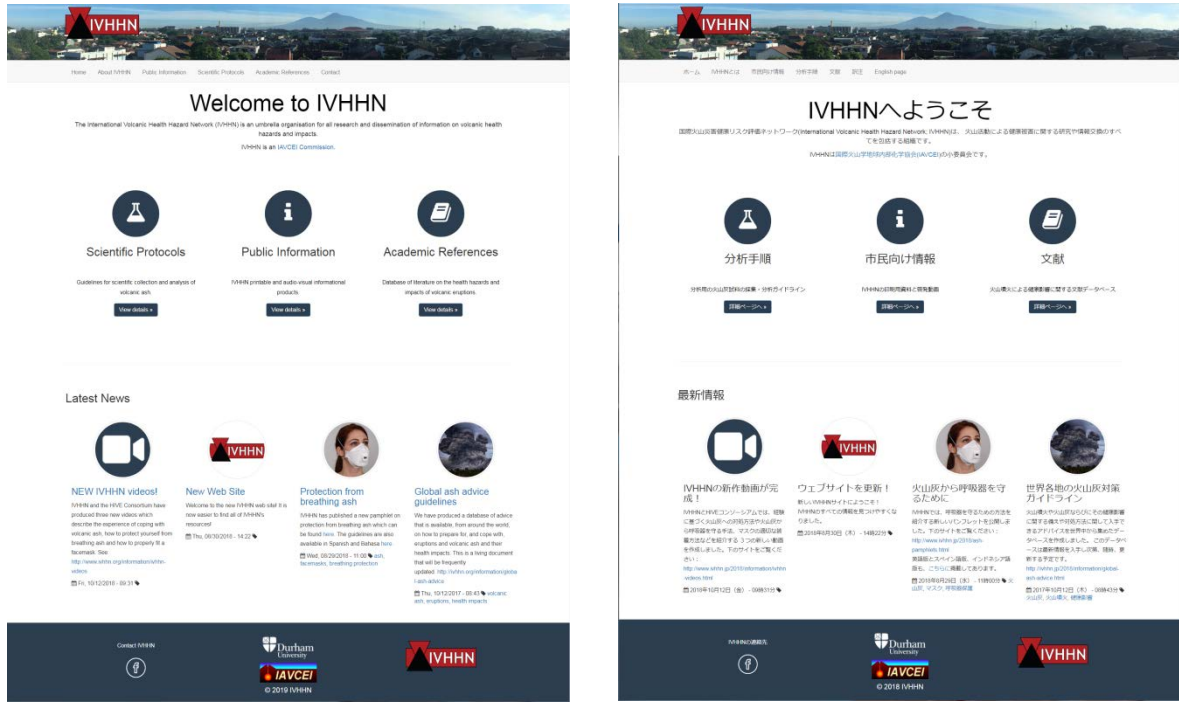


図5. 2018年8月にリプレースされた国際火山災害健康リスク評価ネットワーク (IVHHN) のホームページ (左) と、それを報告者が翻訳した日本語版のホームページ (右)。日本語版ホームページは、新しく取得したドメイン (<http://www.ivhhn.jp>)にて2019年1月より公開している。

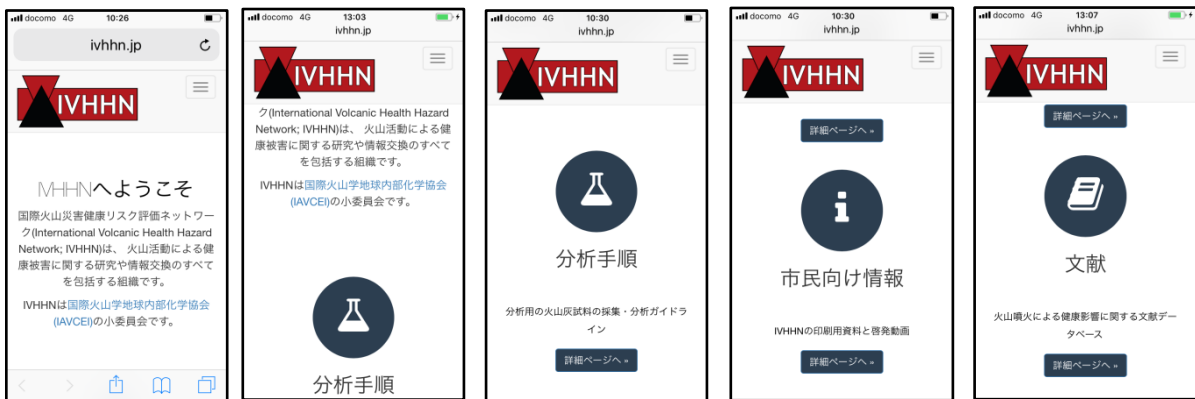


図6. IVHHNの日本語版ホームページ (図5右) をスマートフォンで閲覧した場合の表示画面。リキッドデザインを採用しているため、同じファイルを読み込むことで、パソコン、スマートフォンのどちらにも最適化された表示が可能となっている。図6左端がページのトップ画面を読み込んだ最初の状態であり、図5右の最上部の「IVHHNへようこそ」とそれに続く同ネットワークの概要説明が表示されている。そのページをスクロールすることで、図5右の概要説明の下に横に3つ並んでいる「分析手順」「市民向け情報」「文献」各ページへのリンクを示すアイコンが縦に並んだ形で表示される仕様となっている。



IVHHN動画

下の動画では、火山灰に対処した経験や火山灰から呼吸器を守る手法、マスクの適切な装着方法などを紹介しています。火山灰から身を守るための詳細情報については、www.ivhnn.org/ash-protection をご覧ください。

1. 火山灰の中での生活 – メラピ火山2010年噴火からの報告



この動画では、2010年の爆発的噴火で飛散した火山灰への対処法を含むインドネシアのメラピ火山の近くで暮らす人々の経験を紹介しています。人々が噴火について学び、降灰の経験がどのようなものかを理解する手助けになることを目的に作成されました。将来の火山噴火への備えをより適切に進めるのに役立てていただければ幸いです。

CCボタンを押せば英語字幕が表示されます。設定ボタンでスペイン語ならびにインドネシア語にも切り替えができます。他の言語も間もなく利用できるようになる予定です。YouTube ならびに Vimeo でも視聴できます。

この動画は、IVHHNとヴォル・フィルム (VolFilm) で利用するために、火山噴火時の健康管理コンソーシアム (Health Interventions in Volcanic Eruptions : HIVE コンソーシアム) によって作成されました。火山噴火時に人々が経験することになる状況や、火山災害とその影響に関するヴォル・フィルムの他の動画も Vimeo ならびに YouTube のサイトで視聴できます。

2. 火山灰から呼吸器を守るために



この動画では、火山灰から呼吸器を守るための対策を紹介しています。本動画の内容をまとめたパンフレットもダウンロードできます。CCボタンを押せば英語字幕が表示されず、設定ボタンでスペイン語にも切り替えができます。インドネシア語版も、別途、用意されています。YouTubeや Vimeo で視聴することもできます。

この動画も、IVHHNとヴォル・フィルム (VolFilm) で利用するために、火山噴火時の健康管理コンソーシアム (Health Interventions in Volcanic Eruptions : HIVE コンソーシアム) によって作成されました。この動画の内容は、世界保健機関 (WHO)、IVHHN、産業規制機関、マスク製造業者によるガイドラインならびにHIVEコンソーシアムによる調査に基づいたものです。この調査に関する学術論文が出版されており、下のアドレスより無料でダウンロードできます：

1. Mueller, W., Horwell, C.J., Apsley, A., Steinle, S., McPherson, S., Cherrie, J.W., Galea, K.S., 2018. The effectiveness of respiratory protection worn by communities to protect from volcanic ash inhalation; Part I: Filtration efficiency tests. International Journal of Hygiene and Environmental Health. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463917308003>
2. Steinle, S., Sleuweuhoek, A., Mueller, W., Horwell, C.J., Apsley, A., Davies, A., Cherrie, J.W., Galea, K.S., 2018. The effectiveness of respiratory protection worn by communities to protect from volcanic ash inhalation; Part II: Total inward leakage tests. International Journal of Hygiene and Environmental Health. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463917308027>

図7. IVHHN が作成した動画を紹介する日本語版ホームページ。合成音声作成ソフトを利用して、ナレーションの日本語吹き替えも作成した。

火山灰から呼吸器を 守るために



火山灰の健康影響や降灰への備えに関する関連情報にご興味のある方は、下のホームページのIVHHNのパンフレットをご覧ください：
<http://www.ivhhn.org/pamphlets.html>

この小冊子で紹介した情報は、世界保健機関（WHO）、IVHHN、産業規制機関、マスク製造業者ガイドラインならびに火山噴火時の健康管理コンソーシアム (<http://community.dur.ac.uk/hive.consortium/>)による調査に基づいたものです。本調査に関する学術論文が出版されており、下のアドレスより無料でダウンロードできます：

Mueller, W., Horwell, C.J., Apsley, A., Steinle, S., McPherson, S., Cherrie, J.W., Galea, K.S., 2018. The effectiveness of respiratory protection worn by communities to protect from volcanic ash inhalation; Part I: Filtration efficiency tests. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463917308003>

Steinle, S., Sleuwenhoek, A., Mueller, W., Horwell, C.J., Apsley, A., Davies, A., Cherrie, J.W., Galea, K.S., 2018. The effectiveness of respiratory protection worn by communities to protect from volcanic ash inhalation; Part II: Total inward leakage tests. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463917308027>

火山灰から呼吸器を守るために
2019年1月12日 第1刷発行

発行者 鹿児島大学地震火山地域防災センター
〒890-0065 鹿児島市都元 1-21-40
電話 099-285-7234/FAX 099-285-8495
URL: <http://bousai.kagoshima-u.ac.jp/>

印刷版をご希望の方は上の連絡先にお問い合わせください。



図8. IVHHN作成のパンフレット「火山灰から呼吸器を守るために」の表紙(左)と裏表紙(右)

シラスおよびシラスを含む土質材料の不飽和浸透特性に関する研究

工学部 酒匂 一成

1. はじめに

降雨時の自然斜面，道路のり面，鉄道盛土および河川堤防などの安定性を定量的に評価するためには，地盤の不飽和土の浸透特性や強度特性を把握することが重要である。そこで，本研究では，特に南九州地域に広く分布しているシラスおよびシラスを含んだ土質材料の不飽和土の保水・浸透特性（水分特性曲線や不飽和透水係数）に着目する。

不飽和土の保水・浸透特性に関する現状の問題点として，それらの土質試験は試験時間が長期にわたることや試験操作が複雑であることなどの問題が挙げられ，試験結果が十分に蓄積されていない。例えば，堤防の安全照査では，不飽和浸透解析および斜面安定解析が行われるが，土の不飽和浸透解析¹⁾では，土の保水性や浸透特性，すなわち，水分特性曲線や体積含水率-飽和・不飽和透水係数の関係が必要である。その際に，河川堤防の構造検討の手引き²⁾では，**図-1**や**図-2**に示す様なモデル関数を与えられ，不飽和浸透解析において，このモデルが利用されることが多い。しかしながら，与えられている曲線は，砂質土，粘性土，礫質土・砂質土といった簡単な分類による土に対するモデルであり，実際に利用する場合に，どれを用いるかを判断するには，かなりの経験を要する。また，鹿児島県はシラスなどの特殊土が分布しており，これらの水分特性曲線として，どの曲線を用いるべきかを判断するには，その試験データが少ないことが課題である。

本研究では，シラスおよびシラスを含んだ土質材料に対する室内土質試験（保水性試験，および不飽和透水試験）を実施し，試験データの蓄積を行う。また，著者らは，粒度試験結果と間隙比の値などから，不飽和土の浸透特性を推定する概念モデル³⁾を提案してきて

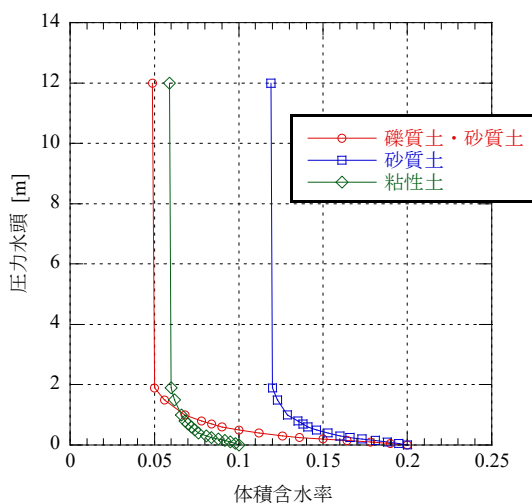


図-1 水分特性曲線のモデル曲線²⁾

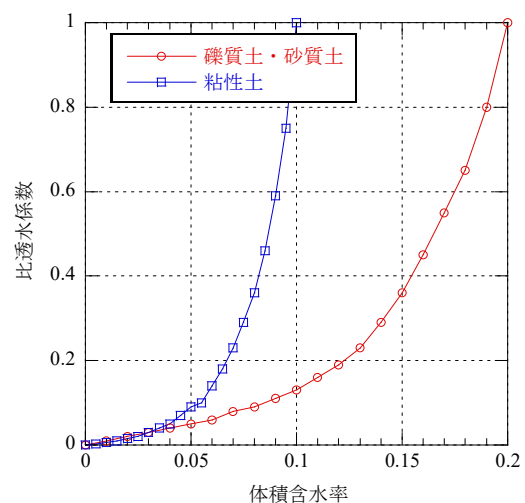


図-2 体積含水率-比透水係数の関係²⁾

おり、土質試験データを用いてモデルの妥当性の評価を行う。

2. 露点ミラー方式と簡易蒸発法による土の水分特性曲線の測定について

上述のように、従来の保水性試験では時間がかかるため、河川堤防の構造検討の手引き²⁾では3種類の土質に対応した水分特性曲線の参考値が与えられている(図-1, 図-2)。しかし、南九州地域の河川堤防には築堤材料にシラスが含まれている場合が多く、シラスにおいてそれらの参考値が適用可能であるのかは明らかではない。そこで本論文では露点ミラー方式と簡易蒸発法の2種類の保水性試験を組み合わせることにより、短時間で広範囲の水分特性曲線を得ることを目的とし、さらに水分特性曲線の参考値との比較を行った。

2.1 露点ミラー方式による水ポテンシャル測定の概要

露点ミラー方式により水ポテンシャルを測定できる装置(WP4C, decagon 社製)(写真-1)を用いて測定を行った。露点ミラー方式は、サンプルカップ(写真-2)内に設置した供試体の含水量によって、サンプルカップ内の空気中の水分量が変化し、最終的に平衡状態となる。その後、供試体の上部にあるミラーを冷却させ、ミラー周りの空気を冷やしていくことで、ある温度に達すると、内部のミラー表面に結露が生じる。露天温度が計測されることで、結露発生時の温度から飽和蒸気圧値が得られる。サンプルカップ内の供試体の水ポテンシャルと内部の空気の飽和蒸気圧が平衡していると考えられるため、サンプルカップ内の供試体の水ポテンシャルの測定が可能である。ここで、水ポテンシャルの絶対値がトータルサクションであり、トータルサクションは、浸透圧サクションとマトリックサクションの和である。マトリックサクションとは、水の表面張力により発揮されるサクションであり、浸透圧サクションとは、溶液の溶質濃度差による浸透圧がもたらすサクションである。そこで、浸透圧ポテンシャル φ_o は次式で表される⁴⁾。



写真-1 WP4C 本体



写真-2 サンプルカップ

$$\varphi_o = \varphi_{os} \frac{\theta_s}{\theta} \quad (1)$$

ここに、 φ_{os} :飽和時の水ポテンシャル、 θ_s :飽和時の体積含水率、 θ :測定時の体積含水率。

本試験では、WP4Cで飽和度100%の供試体の水ポテンシャルを測定し、それを φ_{os} とした。試験により得られた水ポテンシャルと浸透圧サクションを用いてマトリックサクションが得られる。

2.2 水分特性曲線・不飽和透水係数測定装置の概要

水分特定曲線・不飽和透水係数装置(以下HYPROP, UMS社)は、シンドラー法に基づき、簡易な計測方法で土の水分特性曲線と・不飽和透水係数を同時に測定できる装置である。図-3に示す2本の高さの異なるテンシオメータで土中の2点の負の間隙水圧を測定し、供試体の重量を電子天秤で計測することで、供試体の平均的な含水量を計測することができる。これらのデータから、土の水分特性曲線が得られる。また、供試体の上端から水が蒸発するため、土中で下端から上端へ向けた水の流れが生じる。2点で計測された負の間隙水圧をもとに動水勾配が求められ、電子天秤で蒸発量が測定されることから、蒸発量を流量とし、ダルシー則で不飽和透水係数が得

られる。この方法は、簡易蒸発法と呼ばれ、Wind⁵⁾によって、その原理が考えられた。また、HYPROPの計測方法は、Wind法の簡略法であり、Shindler⁶⁾によって確立された。粘土などの高いサクションを持つ材料にも適用するための方法がShindler et al.⁷⁾によって提案されている。テンシオメータのポーラスカップの空気流入量を考慮した手法もShindler et al.⁷⁾によって考えられている。簡易蒸発法の有効性については、Peters and Durner⁸⁾で検証されている。さらに、飽和に近い状態での流体的特性による乱れを取り除く手法が、Peters and Durner⁹⁾で提案されている。簡易蒸発法は、時間的に普遍的な流体特性に対するリチャードの式が適用できる状態にあり、van Genuchten Mualemモデル(van Genuchten¹⁰⁾)が適用できる状態にある土に対して良い結果を得ることができると言われている。

2.3 試験結果および考察

試験試料には、シラスを含む堤体土を用いた。WP4Cの供試体には2mmふるい通過試料を使用し、直径3.7mm、高さ4mm、 $e=1.05$ になるように締固めを行い、飽和度5%~100%の間で87回測定を行った。また、飽和度100%の水ポテンシャルをWP4Cにて10回測定し、その平均値を φ_{os} とした。これらを式(1)に代入し、得られた浸透圧サクションをトータルサクションから引きマトリックサクションを導出した。一方、HYPROPの供試体には直径7.98cm、高さ5cmのものを使用し、 $e=1.05$ になるように締固め、供試体を一度飽和させた後、測定を開始した。

WP4Cにより測定されたトータルサクション、並びに式(1)より導出された浸透圧サクション、マトリックサクションを図-4に示す。WP4Cの測定結果において、 $20\% < S_r < 40\%$ でマトリックサクションが負の値を示し、 $S_r > 40\%$ では測定値に大きなばらつきがみられた。

WP4Cは高サクション域の計測に適した機器であることを踏まえると、 $S_r > 20\%$ でマトリックサクションが不確かな値となったことから、WP4Cで測定可能な範囲が決まっており、今回の試料において、およそ $S_r < 20\%$ までの測定範囲であると推測できる。

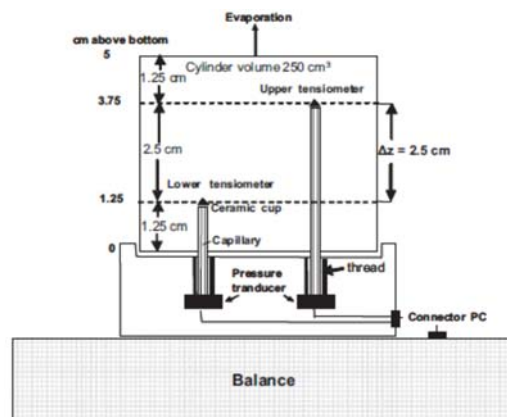


図-3 HYPROP 概要図⁷⁾



写真-3 HYPROP のペデスタル

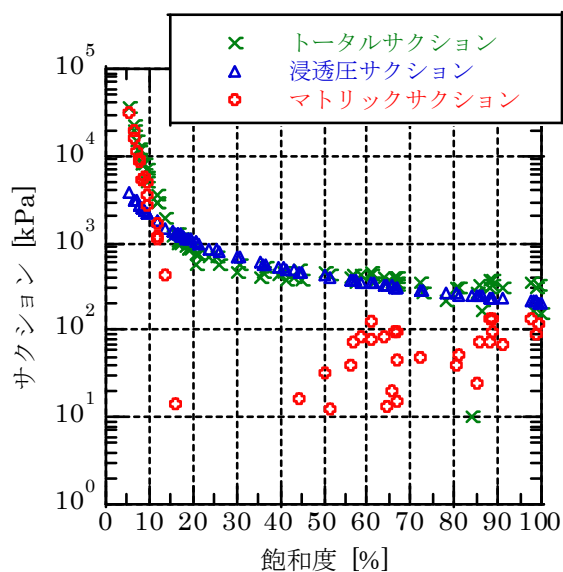


図-4 WP4Cで計測された水分特性曲線

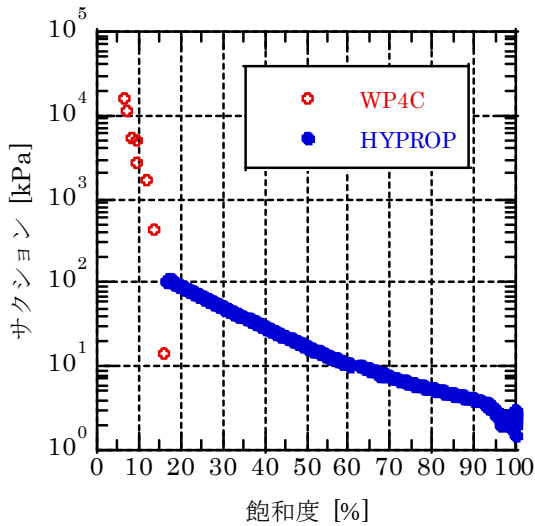


図-5 WP4C と HYPROP により得られた水分特性曲線

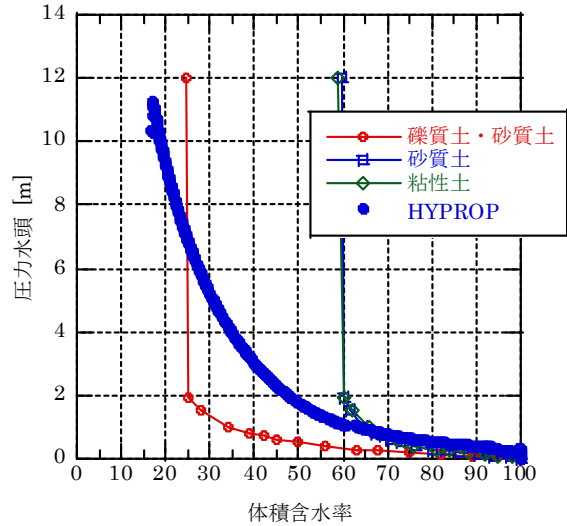


図-6 水分特性曲線の参考値と保水性試験による水分特性曲線の比較

図-5 に WP4C で得られた $S_r < 20\%$ までの範囲の水分特性曲線と HYPROP で得られた水分特性曲線の結果を示す。HYPROP では $16\% < S_r < 100\%$ の間で測定が可能であった。 $S_r < 20\%$ の WP4C の結果と、 $16\% < S_r < 100\%$ の HYPROP の結果を比較すると、WP4C の水分特性曲線が、HYPROP の水分特性曲線を補完するようなプロットになっていることが分かる。また WP4C の 1 回の測定時間はおよそ 15 分から 20 分で、HYPROP の測定期間はおよそ 17 日であった。供試体は、細粒分 (0.075mm 未満) が 15% 以上 50% 未満であることから細粒分まじり砂 SF であり、これらは水分特性曲線の参考値では砂質土に対応している。河川堤防の浸透流解析に用いられている 3 種類の土質に対しての水分特性曲線の参考値の横軸を飽和度に換算し、試験より得られた水分特性曲線と比較した結果を図-6 に示す。参考値と試験値を比較すると、 $60\% < S_r < 100\%$ の範囲において砂質土の参考値で表すことのできる可能性が示唆された。

また、HYPROP では、水分特性曲線と同時に不飽和透水係数が計測可能である。しかしながら、今回用いたシラスを含む堤体土では、十分な結果が得られなかった。そこで、装置の特性を把握するために豊浦標準砂を用いた試験を実施した。図-7 に試験結果を示す。豊浦砂の測定結果は、圧力水頭は体積含水率が増加するにつれて圧力水頭が減少するという一般的な傾向がみられ、圧力水頭も豊浦砂で計測される範囲の値を示していることがわかる。不飽和透水係数については、飽和透水係数で除した相対透水係数 (比透水係数) で表しており、体積含水率が低下するとともに相対透

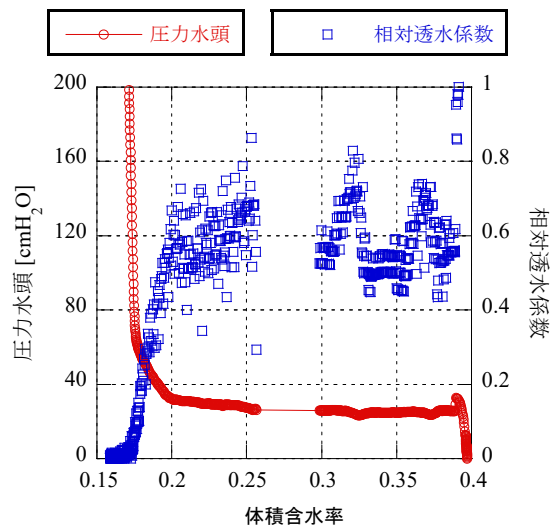


図-7 水分特性曲線と相対透水係数の試験結果

水係数が低下する傾向が得られている。しかし、**図-7**に示す結果では飽和透水係数が得られないため、相対透水係数（比透水係数）を得るためにどの透水係数で除すことの検討が必要である。また、不飽和透水係数そのものの値は、一般的な豊浦砂の値より $10^{-2} \sim 10^{-3}$ オーダで小さくなっており、その信頼性については今後検討が必要である。また、相対透水係数と体積含水率の曲線はその土の透水性の水分依存性を把握するために利用できる可能性がある。また、相対透水係数の関数形は、**図-2**に示すモデルとはかなり異なることがわかる。今後、データの蓄積を行い、どのような関数形になるか検討していく必要がある。

3. 水分特性曲線に関する概念モデルの検証

著者らが提案する概念モデル（以降、間隙モデルと称す）は、一般的な土質パラメータ（粒径加積曲線、間隙比、土粒子密度）から不飽和土の保水・浸透特性を表す水分特性曲線や不飽和・飽和透水係数を算出することができるモデルである³⁾。また、水分特性曲線や不飽和・飽和透水係数に関する試験結果が一点でもあれば、土の間隙径分布も算定することが出来る特徴を有している。本研究では、上述した土質試験結果を用いたモデルの妥当性の検証を行った。**図-8**に間隙モデルで用いる基本粒状態モデルを示す。このモデルを基本に、粒度分布および間隙比から、土中の間隙径分布を推測し、体積含水率（飽和度）および水分特性曲線を計算し

表-1 入力パラメータ

試料		鹿屋堤体土	
土粒子密度 (g/cm ³)		2.48	
水の表面張力 (N/m)		73.48*10 ⁻³	
水の粘性係数 (Pa・s)		1.138**10 ⁻³	
分割数		360	
円管の傾き θ の p.d.f の最低高さ ξ_0		0.159	
間隙比		1.05	
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	4.25	0.002
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	5.41	0.004
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	8.88	0.007
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	10.81	0.010
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	13.13	0.014
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	16.6	0.023
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	18.92	0.035
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	20.46	0.049
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	45.75	0.075
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	49.58	0.106
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	66.55	0.250
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	78.42	0.425
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	89.02	0.850
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	94.58	2.000
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	97.32	4.750
通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	98.98	9.500

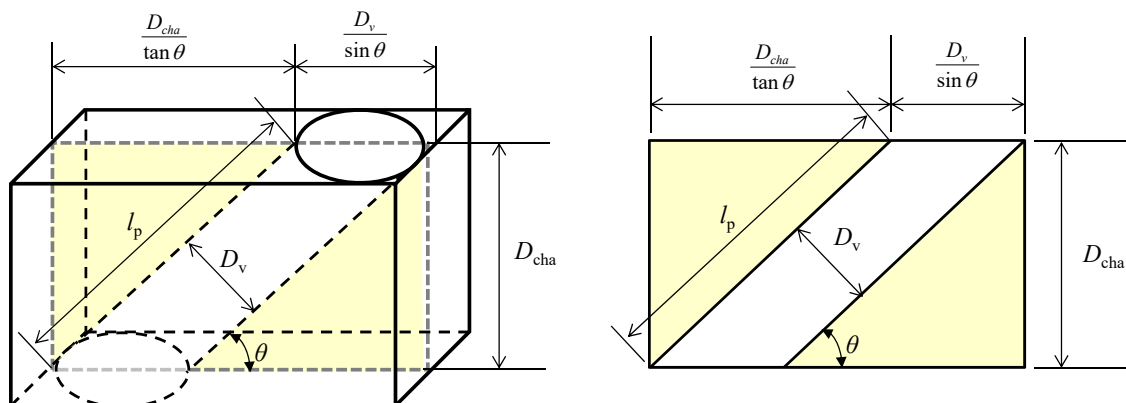


図-8 基本粒状態モデルの幾何学的関係

ている。図中の D_v は、間隙を表す円筒の直径、 θ は円筒の傾き、 l_p は円筒の長さ、 D_{cha} は基本粒状状態モデルの高さを表している。 D_{cha} として 10% 通過粒径 D_{10} を用いている。

表-1 に間隙モデルに用いる入力パラメータを示す。入力パラメータとして、土粒子密度、間隙比、粒径加積曲線の一般的な土質試験から得られるデータが必要となる。図-9 に間隙モデルで計算された結果と保水性試験結果を比較した結果を示す。図より、間隙モデルの計算結果は、HYPROP による試験結果よりも保水性が低い値を示している。間隙モデルには、水分特性曲線に寄与する間隙水を考慮して、間隙径分布を修正することで、試験結果に近い結果を得る機能があり、試験結果があれば、より試験結果に近い水分特性曲線を得ることができる。今後、より多くの試験結果との比較から、間隙モデルの妥当性検証を行いたい。このモデルの妥当性が検証されれば、一般的な土質パラメータが得られれば、土の保水性を予測することが可能となる。

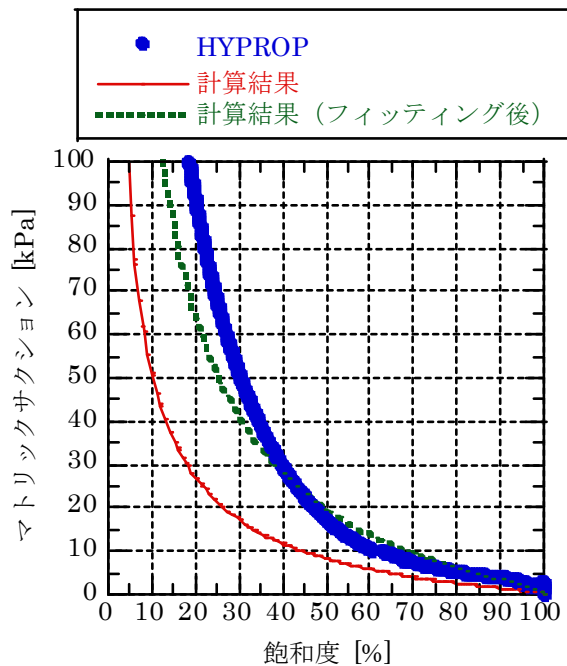


図-9 間隙モデルの結果と HYPROP の結果の比較

4. 鹿児島県内における土試料の収集

著者らは、鹿児島県版地盤情報データベースの構築に取り組んできており、12000 本を超えるボーリングデータの蓄積を行ってきた¹⁾。ボーリングデータについては、土質試験データも附属指定場合もあるが、ほとんどのケースで土質試験が含まれていない。また、山間部のボーリングデータが少ないこと、不飽和土に関する保水・浸透特性、強度特性に関する情報が含まれていないなどの課題がある。そこで、鹿児島県内において土試料を採取し、それらの土質試験データおよび不飽和土に関する土質パラメータの蓄積を行っていくことを計画している。そこで、今回収集した土試料の採取箇所について紹介する。



写真-4 崩壊直後の状況

まず、一箇所目は、平成 30 年 7 月 7 日に鹿児島市古里町の国道 224 号沿いの斜面で発生した斜面崩壊箇所であり、鹿児島県内の崩壊箇所の土質パラメータを蓄積していくことを目的に調査を行った。写真-4 は、調査箇所の崩壊直後の写真を示す。写真-4 からわかる様に、崩壊直後にも

かかわらず、道路上にはあまり土砂が堆積しておらず、道路下に流下していた。崩壊発生当時の雨量（図-10）は、鹿児島県河川砂防情報システム（第一古里川流域（国））によると、連続雨量が200mmに達した午後15時頃に国道が通行止めとなったあと、連続雨量約270mmに達した午後17時頃に被災が確認された。

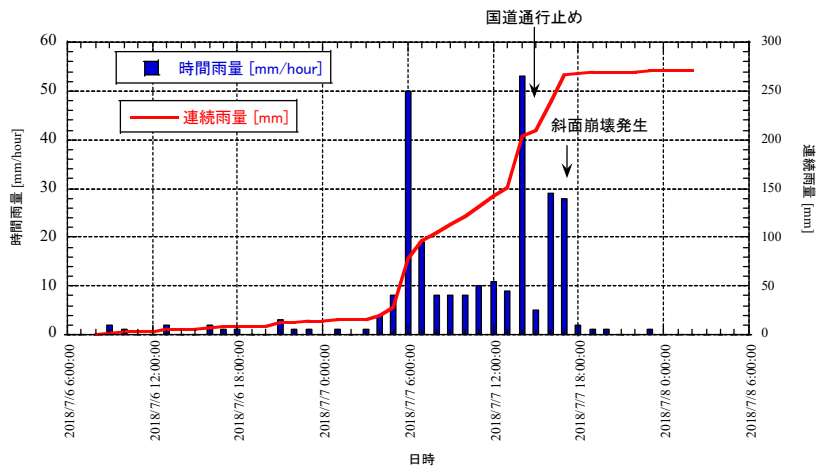


図-10 2018年7月6日午前6時～7月8日午前6時の雨量（鹿児島県河川砂防情報システム，第一古里川流域（国））

発生直後は、多くの水を含んだ表土とボラが国道へ流出しており、斜面の上部の土砂が多くの雨水とともに崩壊したものと推察される。写真-5に崩壊発生約1ヶ月後の晴天時に試料採取した際の斜面表層部の写真を示す。粗粒分の堆積層の上に細粒分が堆積していた。粗粒分の層は非常に崩れやすい状態であるが、表面を細粒分の薄い層が覆うことで約20cmの厚さ、約35度の角度で安定していた。粗粒分と細粒分の互層は幾重にも重なっていたことから、この斜面では過去に何度も斜面崩壊が繰り返されていることが予想される。



写真-5 崩壊箇所の表層土の状況

写真-6は、鹿児島市郡山にある土取り場の様子である。この場所では、試料の採取の土質試験に加え、簡易貫入試験、現場の簡易透水試験などを実施した。今後は、長期的に斜面の状態の変化を調査する予定である。現地で採取された土については、土質試験を実施後に、WP4CおよびHYPROPによる保水性および浸透特性に関する試験を実施し、データの蓄積を行う。



写真-6 鹿児島市内の土取り場

5. おわりに

本研究では、鹿児島県に分布する特殊土に関する土質試験や不飽和土の保水・浸透特性の試験

データの蓄積を目的に、露点ミラー方式と簡易蒸発法の2種類の保水性試験を行った。実験結果の組み合わせにより従来の試験法より、短時間で広範囲の水分特性曲線を得られるという可能性が示唆された。また砂質土の水分特性曲線の参考値との比較において、しらすを含む鹿屋堤体土では砂質土の参考値で評価できる可能性があるものの、今回の結果のみで判断するのは難しく、今後、データの蓄積を行い、他の保水性試験の結果と比較し、検討していく必要がある。また、得られた試験結果を用いて概念モデルの妥当性の検証を行った。今後は、土の種類のパラメータの影響などを考察し、一般的な土質試験データから、不飽和土の保水・透水特性を推測できるモデルの精度向上を目指す。

謝意：試料採取に関して、国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所、株式会社レモン通商の協力を得た。また、土質試験に関して、鹿児島大学工学部海洋土木工学科の地盤工学研究室の学生諸君に協力いただいた。ここに謝意を示す。

参考文献

- 1) 赤井浩一, 大西有三, 西垣誠: 有限要素法による飽和-不飽和浸透流解析, 土木学会論文集, No.264, pp.87-96, 1977。
- 2) 財団法人国土技術センター編: 河川堤防の構造検討の手引き (改訂版), JICE 資料, 第 111002 号, 2012。
- 3) K.Sako and R.Kitamura: A practical numerical model for seepage behavior of unsaturated soil, Soils and Foundations, Vol.46, No.5, pp.595-604, 2006.
- 4) Andraski, B. J. and Scanlon B. R. : Thermocouple Psychrometry, In Dane, J. H. and Topp, G. C.(ed.) Methods of soil analysis. Part 4 Physical Methods, SSSA Book Ser.5. ASA and SSSA, Madison, WI. pp.609-642, 2002.
- 5) Wind : Capillary conductivity data estimated by a simple method,1968.
- 6) Schindler: Ein Schnellverfahren zur Messung der Wasserleitfähigkeit im teilgesättigten Boden an Stechzylinderproben Arch. Acker- u. Pflanzenbau u. Bodenk. Berlin 24, pp.1-7, 1980.
- 7) Schindler: The evaporation method: Extending the measurement range of soil hydraulic properties using the air-entry pressure of the ceramic cup, 2010.
- 8) A.Peter, W.Durner: Simplified evaporation method for determining soil hydraulic properties, 2008.
- 9) Peter,A., Durner,W: Improved estimation of soil water retention characteristics from hydrostatic column experiments, 2006.
- 10) M. TH. VAN GENUCHTEN: A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, 1980.
- 11) 酒匂一成, 北村良介, 中田文雄, 田中義人: 地盤情報データベースの利用法, 平成 29 年度自然災害研究協議会西部地区部会報・研究論文集, 42 号, pp.25-28, 2018.

地理情報システムを用いた歴史文化情報の可視化と 災害対策への活用に向けた基盤構築

教育学部 佐藤 宏之

1. はじめに

21世紀に入り、日本列島で巨大地震・津波や集中豪雨、台風などの大規模自然災害が常態化し、多くの人命・生活環境が奪われたが、それと同時に大量の歴史資料(文化財等)も甚大な損失を蒙ることとなった。また、地方の中山間地域では、少子高齢化・過疎化によって、若い世代へ地域の歴史文化の継承が進まず、自然災害から守り伝えられてきた災害文化資料も含めて、歴史文化資料が流出・消失の危機的状況となっている[阿部ほか編 2013,奥村編 2014,白水 2015,神奈川地域資料保全ネットワーク編 2016 ほか]。このような状況下で、歴史文化資料を消滅の危機から救うことは、地域の豊かな歴史文化(記録や記憶)を守ることにつながる。災害文化(災害の記憶と復興、災害に強い地域づくり)の形成を含め、現在を生きるわたくしたちが歴史文化を、次の世代へつなげることは重要な責務である。

阪神淡路大震災(1995年)を契機に、この約20年間で歴史資料の所在調査と保全活動を行うネットワーク組織が全国に24団体発足し、大きな成果を上げている。

わたしは、2013年9月に「鹿児島歴史資料防災ネットワーク(準備会)」を設立して、鹿児島県本土を中心に歴史文化資料の保全活動と市民参加型のワークショップの開催など、実践的な研究を取り組んできた。その間、大規模自然災害が発生する前に資料保全活動を行うという意識はかなり浸透してきたといえる。しかし、歴史文化資料を保全することが防災や減災にどう役に立つのか、十分な説明ができていないと言いがたい。

また、未指定の個人所有の歴史資料が県内各地に散在し、各所在箇所での保存形態・保存量がそれぞれ異なっていることも分かった。

さらに、地域の歴史資料にはさまざまな価値が内包されており、一つの価値観によってその価値を見出すことはできない。地域の歴史を伝える歴史資料は時の経過とともにその数を減じ、残されたものはその史料的価値が高まり、量が限られていたためにすべてを保全対象とすることが可能であった。しかし、現代社会では大量の歴史資料が生み出され、さらに歴史的価値や地域資料の多様化、個人や地域の記憶にまで保全対象は拡大し、そのすべてを伝え続けることは従来の手法では不可能であり、組織的に取り組む体制づくりが不可欠である。

右の写真は、出水市の麓歴史館で行った麓地区在住のK家所蔵文書の調査の様子である。調査をしているわたしたち自身が歴史館の展示物(「鹿児島大学古文書調査中」として、調査の様子を来館者に伝える、あるいは史料の内容を伝える役割を担った。

・ 2018.8.29 出水麓歴史館にて古文書調査



2. 歴史文化資料の位置情報に着目する意義

そのようななか、歴史文化資料の地図化や、災害の地図化（過去の災害履歴の地図やハザード・マップなど）、歴史文化資料と災害の記録方法として、地図情報システム（GIS）が用いられていることを知った〔HGIS 研究協議会編 2012,立命館大学「テキスト文化遺産防災学」刊行委員会 2013 ほか〕。これらの研究は、古文書、古地図、遺物・遺構など多様な史資料を集約・可視化・時空間計量分析することで、過去に生きた人びとの日常生活（景観・環境・地域構造など）を復原することを主たる目的としている。しかし、GIS が扱う時間情報と位置情報を用いれば、歴史文化資料がどのような時間的關係・空間的關係のなかで、現在まで守り、伝えられてきたのか知ることができるのではないか。そこで、歴史文化資料が有する時間的關係（いつ、だれが作成したか、過去のどの時点の証言をしたかなどの位置情報）と、空間的關係（資料の保管場所、資料自体の動き、資料の運用範囲、資料のライフサイクル、組織や人的ネットワークなどの位置情報）を可視化し、その位置情報と歴史災害データの高度利用化を目指し、歴史文化情報の新たな活用を見据えた研究を構想するにいたった。

地域社会に伝来する歴史文化資料には、資料そのものがもつ歴史文化情報に加え、それらが作成・伝来する過程で付与された多様な位置情報を有している。資料が保有する位置情報に着目した場合、①時間的關係（いつ、だれが作成したか、過去のどの時点の証言をしたかなど）と、②空間的關係（保管場所、資料自体の動き、資料の運用範囲、資料のライフサイクル、組織や人的ネットワークなど）とに大別される。これらを複合的に把握し、可視化するために地理情報システム（GIS）を活用する。近年、GIS は歴史文化資料の地図化や、災害の地図化（過去の災害履歴の地図やハザード・マップなど）だけでなく、歴史文化資料と災害の記録方法として、さらに、災害マネジメントの観点からの歴史文化資料と災害の關係の把握方法として不可欠なツールとなってきた。そこで本研究では、これまで応募者らが保全・整理してきた歴史文化資料（地域の記憶・証言）が有する位置情報と歴史災害データの高度利用化を目指し、歴史文化情報の新たな活用に向けた基盤構築を推進することを目的とする。それによって、当該地域における歴史・文化の変遷を空間的に把握し、資料情報の高度な研究利用が可能となる。さらに、所在情報と歴史災害データを統合することで、歴史文化資料の災害対策や地域社会の防災計画に寄与することが可能となるにちがいない。

3. 歴史文化資料に位置情報に着目した研究方法

それでは、こうした歴史文化資料がもつ位置情報をどのように可視化していけばいいのか。

まず、①資料が有する時間的關係の可視化、すなわち、これまで収集・整理してきた歴史文化資料（地域の記憶・証言）自体がもつ時間的關係、いつ、だれが作成したか、過去のどの時点の証言をしたかなどの位置情報を可視化する。

ついで、②資料が有する空間的關係の可視化する。この歴史文化資料の空間的關係には、②-1 存在空間と②-2 認識空間があると考えられる。

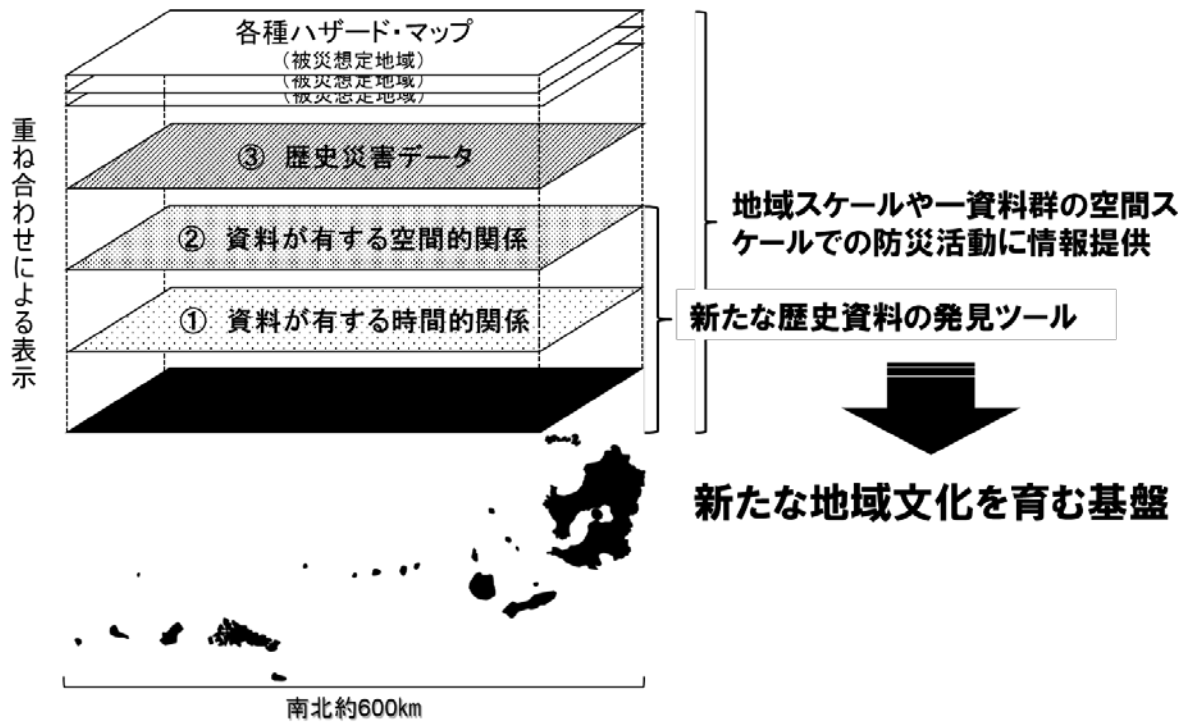
②-1 存在空間とは、資料が物理的にそこに存在すること、すなわち、資料の保管場所や文書の授受などによって立ち現れる空間（文書が機能している「場」）である。

そして、②-2 認識空間とは、文書が稟議に付されたり、関連文書が連鎖的に派生的に作成されたりするような、文書が情報としての価値を増殖させていく過程で立ち現れてくる空間のことをいう。すなわち、文書の授受に即した空間（資料自体の動き、資料の運用範囲、資料のライフサイクルなど）や、文書が授受を繰り返されるなかで立ち現れてくる一定の範囲の組織や人のネットワーク、多種多様な情報を極度に集約した文書が作成される場合に派生する文書群（下書や控、作成のための調査資料、提出後の派生文書など）が織りなす空間をいう。

研究方法の①、②によって、A. 地域においてその歴史文化資料が守り、伝えられてきたことの意義や同じ地域にある新たな歴史文化資料の発見につながるツールとして活用することが可能となるであろう。

こうして研究方法の①、②によって得られた位置情報に、歴史災害のデータ（鹿児島県危機管理局「江戸時代以前の災害史料」など）と、現在用いられている各種ハザード・マップを重ね合わせることで、地域防災のためのハザード・マップとしての役割が期待できる。

さらに、これまでに蓄積した情報を地域社会や住民にひろく還元することで、B. 資料を災害から守るためのシミュレーション、地域スケールや一資料群の空間スケールでの防災活動に情報提供することが可能となるにちがいない。



4. 大規模災害を想定した文化財防災ワークショップの開催

2019年1月26日(土)、出水麓歴史館において、「大規模災害を想定した文化財防災ワークショップ」を宮崎歴史資料ネットワークと鹿児島歴史資料防災ネットワークの共催で行った。

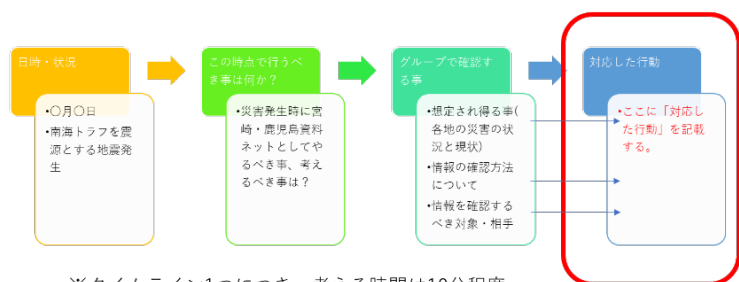
このワークショップは、大規模災害を想定した文化財などの保全活動をシミュレーションすることで、さまざまな問題点を確認することを目的とし、特に博物館や文化財に関わる専門家、歴史的建造物を扱うヘリテージマネージャー(地域歴史文化遺産保全活用推進員)、歴史教育や博物館学を学ぶ学生、文化財保全活動に関わるボランティア、大学関係者といった人材が連携して、災害時の資料保全活動を可能としていくことを目指したものである。今回は約20名の参加があった。

このワークショップでは、DIG (Disaster Imagination Game, 災害図上訓練) というシミュレーションを行った。この方法はもともと自衛隊が実施している訓練方法で、それを防災訓練に応用したものである。

災害発生からのタイムライン(時間軸に沿った経過)に沿って、「自分たちがなすべき、対応した行動」を記載していく作業を行うもので、これを通して、実際の資料保全活動の流れを理解するとともに、課題となるべき点(困難さ、足りないところ)を把握していく。

基本的な流れとしては

災害発生からのタイムライン(時間軸に沿った経過)に沿って、「自分たちがなすべき、対応した行動」を記載していく。



※タイムライン1つにつき、考える時間は10分程度。

特に今回は、2006年7月に実際に発生した鹿児島県北部豪雨災害を例にシミュレーションを行った。2006年、薩摩地方北部を中心に7月18日から23日にかけて梅雨前線の活動が活発化し、記録的な大雨となった。それにより、米ノ津川から水があふれ出し流域の約287haが浸水、約1,300棟の住宅や店舗が浸水被害をうけ、山間部でがけ崩れや道路の陥没、学校校舎への濁流流入など市内の至るところで災害が発生した。



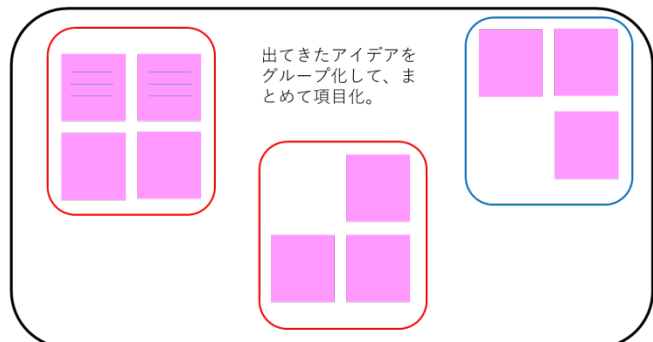
①7月18日～23日（想定）

- ・7月18日から続く雨により、22日に米ノ津川から水があふれ出し、一旦水が引いたが、23日再び水があふれ出す。
 - ・それにより流域の約287haが浸水し、約1,300棟の住宅や店舗が浸水被害を受け、また、山間部においてはがけ崩れや道路の陥没、学校校舎への濁流流入などが市内の至るところで発生しているとの情報を得た。
 - ・住民は米ノ津東小学校や公民館などへ避難した。
 - ・23日9時以降雨が止み、警戒水位を下回る。夕方より消毒が始まる。
- ⇒災害発生時に宮崎・鹿児島資料ネットがやるべきこと、考えるべきことは？（問い）
- ・想定され得ること（各地の災害の状況と現状）
 - ・情報の確認方法について
 - ・情報を確認するべき対象・相手
 - ・準備するべきモノ・コト・手段
 - ・注意するべきこと

グループ_ 7月18日～23日

災害発生時に宮崎・鹿児島資料ネットが、やるべきこと、考えるべきことは？

←以上の「問い」に対する答えをポストイットに記入し、専用シートに貼り付け、考えをまとめることとした（右図）。



②7月24日（想定）

- ・被災地の状況が市および県教育委員会によってあきらかになる。
 - ・災害粗大ごみの受付の開始とボランティアセンターの開設により、被災地で片付け作業が一斉に始まる。
 - ・市教育委員会文化財担当者は避難所運営が優先なので、文化財に関わる状況把握が困難。
- ⇒災害発生時に宮崎・鹿児島資料ネットがやるべきこと、考えるべきことは？（問い）
- ・想定され得ること（各地の災害の状況と現状）
 - ・情報の確認方法について
 - ・情報を確認するべき対象・相手
 - ・準備するべきモノ・コト・手段
 - ・注意するべきこと

③7月25日（想定）

- ・現地での資料レスキューのタイミングを見極めつつ、被害情報の把握を行う。
 - ・交通網が徐々に復旧しているとの情報が入ってくる。
 - ・文化財である重伝建地区（麓地区）には公的な文化財レスキューが入る可能性がこの時点で推測された。
 - ・市街地の民間所在資料や市役所の公文書は汚泥で濡れているものであり、そのレスキューについて、鹿児島・宮崎の歴史資料ネットワークが保全活動に入ることを鹿児島県教育委員会・出水市教育委員会と調整。
- ⇒状況確認・情報伝達において実施するべきことは？（問い）
- ・状況確認の手段・対象、教育委員会（県・市）とのやり取り。特に情報をどの範囲の人材にまで周知させるべきか？
 - ・この段階での情報集約はどうするか？（問い）
- ⇒この期間に準備すること、想定されることは？
- ・人員・資材の確保や分担（どんな人？なにが必要？）

④8月1日（想定）

- ・現地入り前日、宮崎歴史資料ネットワークのメンバーは九州道を通って鹿児島市に入る。
 - ・鹿児島歴史資料防災ネットワークメンバーと合流。
 - ・市街地の民間所在資料（民俗資料を含む）、市役所の公文書、西恩寺などお寺の資料（民俗資料を含む）が被災しているとの情報が入る。
- ⇒現地入り前に実施すべきこと、準備すべきことは？（問い）
- ・現地の安全性についてどのように確認するか？
 - ・移動ルートはどう確認するか？
 - ・人員への諸注意はどうするか？

⑤8月2日10:00（想定）

- ・8:00に鹿児島市内を出発し、南九州西回り自動車道・国道3号線を経由し、出水市教育委員会担当者・宮崎資料ネット・鹿児島資料ネットのメンバーが出水麓歴史館に集合。
 - ・そこから地域や役割分担を確認して現地へ移動。
- ⇒現地への移動、現地到着時に行うべきことは（問い）？

⑥8月2日10:30（想定）

保全活動開始。

- ・現地記録調書作成可能な場合は記録作成を実施し、その後、資料を搬出。記録作成困難な場合は状況写真のみ撮影し、資料を搬出。
- ⇒記録作成時に必要なことは？（問い）
- ・汚泥した資料や比較的度が軽い資料など状態はさまざま。カビが発生し、細菌による資料そのものの腐敗が進行したもの、悪臭を発するもの、泥が付着したまま乾燥がはじまっているものなど。

・現場からの移動・仮梱包作業に困難が認められ、作業者にも疲労が。搬出した資料を駐車場へ。
駐車場にて仮梱包等、自動車へ積載作業。
⇒資料搬出時に行うべきこと、問題点はないか？（問い）

⑦8月2日 16:00（想定）

・現地での作業終了。
⇒作業終了時に行うべきことは？（問い）

⑧8月2日 16:30（想定）

移動。
・比較的度が軽い資料を、出水市立高尾野図書館へ搬出。
・民俗資料は出水市ツル博物館クレインパークへ搬出。
・汚泥した資料を、冷凍施設へ搬出。
⇒資料搬出時に心掛け、行うべきことは？（問い）

⑧8月2日 17:00（想定）

・収蔵施設へ到着。
⇒荷下ろし、仮収蔵時に注意すべき点はなにか？（問い）

以上のような「想定」と「問い」に対し、テーブル上の地形図と洪水ハザードマップを参考にしながら、考えをまとめる活動を行ったのである。



5. おわりに

本研究は、歴史文化資料が有する①時間的關係と②空間的關係に関する位置情報と、③過去の歴史災害データを総合的に蓄積・可視化し、その歴史文化情報の高度利用化、現代の防災活動に活用することを目指した。

①、②の可視化によって、A. 地域においてその歴史文化資料が守り、伝えられてきたことの意義や同じ地域にある新たな歴史文化資料の発見につながるツールとして活用することが可能となる。また、それに③を重ねることで、地域防災のためのハザード・マップとしての役割が期待できる。さらに、本研究を通してこれまでに蓄積した情報を地域社会や住民にひろく還元することで、B. 資料を災害から守るためのシミュレーション、地域スケールや一資料群の空間スケールでの防災活動に情報提供することが可能となる。

こうした位置情報をふまえ、DIG（図上訓練）を行った。鹿児島県において、大規模自然災害の発生と、歴史資料の保全活動が一緒に動いたことはない。しかし、今回の訓練で、災害発生時になにをなすべきか、なにが不足しているのか、その困難さなど、具体的にイメージすることができた。今後もこの活動を広げていくことが重要であることを指摘し、むすびとしたい。

【参考文献】

- 阿部浩一ほか編『ふくしまの再生と歴史・文化遺産』（山川出版社、2013年）
奥村弘編『歴史文化を大災害から守る』（吉川弘文館、2014年）
HGIS 研究協議会編『歴史 GIS の地平』（勉誠出版、2012年）
神奈川地域資料保全ネットワーク編『地域のらびとをささえる資料』（勉誠出版、2016年）
白水智『古文書はいかに歴史を描くのか』（NHK 出版、2015年）
立命館大学「テキスト文化遺産防災学」刊行委員会『テキスト文化遺産防災学』（学芸出版、2013年）

ドローンによる空中写真を用いた火口周辺地形モデルの作成

共通教育センター 井村隆介

1. はじめに

火山の火口周辺など、その立ち入りが困難な場所や危険な場所については、これまで安全上の配慮から十分な調査ができなかった。近年、ドローン（無人航空機）技術の発展により、そのような場所でも写真を撮ることによって、その概要を把握できるようになった。本研究では、ドローンを用いて、桜島および霧島山新燃岳・えびの高原の立ち入り規制区域内の写真を多数撮影し、それをもとに 3D 地形モデルを作って火口周辺の環境解析の基礎に供しようとするものである。立ち入りの困難な火口周辺の環境を把握することは、その周辺に広がる人間の活動域のリスク評価、管理を行う上で極めて重要であり、このような研究事例は、活動的な火山の多い鹿児島県では、今後重要な役割を果たすものと言える。

2. 無人航空機（ドローン）

ドローンとは、遠隔操作や自動制御によって無人で飛行できる航空機の総称である。ここ数年、回転翼を 4 つもつ比較的安価で高性能な民生用ドローン（マルチコプター）が登場し、各方面で活躍している。とりわけ、中国のメーカー DJI のドローンは、価格と性能のバランスに優れ、地形や地質の調査、特に災害時の状況把握や緊急調査に広く用いられている（国土地理院ランドバード事務局, 2018）。本研究では、DJI の代表的機種である Mavic Pro を購入、使用した（図 1）。Mavic Pro は DJI の中でも小型（734g）のドローンであるが、27 分の飛行時間と 4km の伝送距離をもつ。搭載しているカメラは、12M ピクセルのスチル写真と 4K 動画を撮ることができる。飛行高度は離陸地点から 500m の制限がかかっている（航空法では対地高度 150m 以上の高度に飛ばすことが禁じられている）。ドローンの飛行に際しては、人口密集地、夜間飛行や目視外の飛行が航空法で禁止されているが、筆者は目視外飛行の許可を大阪航空局から得ており、遠方までの飛行が可能となっている。



図 1 DJI 製 Mavic Pro

3. 空中写真から 3D モデルを作る

空中写真から 3D モデルを作成するにあたっては、Agisoft 社製 Metashape（旧: PhotoScan）を用いた。Metashape には Standard 版と Professional 版がある。Professional 版は、3D モデルを作成するだけでなくコンター図を描いたりすることもできるが、多機能である分、やや高価である。本研究では、Standard 版を用いた。写真画像を扱うこともあり、使用するパーソナルコンピュータには、少し高いスペックが求められる。現時点のバージョンでは、CPU: Intel Core i7 以上、メモリ: 16GB 以上、GPU: Nvidia GeForce GTX 980 以上が推奨されている。研究室のパソコンは推奨よりも劣る仕様であったため、まれにハングアップすることもあったが、以下に示すように、容易に 3D モデルを作成することができた。

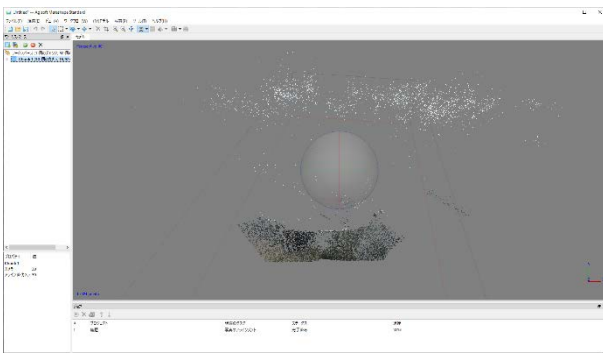
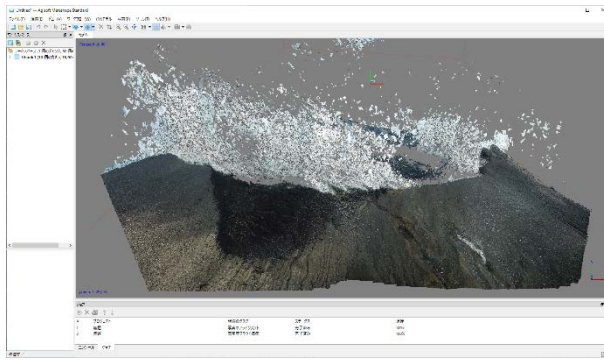


図 2 Metashape に写真を取り込んだところ

ソフトウェアの操作は、非常に簡単で、合成したい（3D化したい）写真をドラッグ・アンド・



ドロップで読み込ませたのち（図2）、写真の
アラインメントの処理、高密度クラウド構築、
メッシュ構築、テクスチャー構築と進めるだけ
で、図3のような3D画像を自動的に作成して
くれる。写真合成の精度を変化させたり、地形
モデルの精度を変えたりすることもできるが、初
期設定のまま作業をしても（写真のクオリティー
にもよるが）十分な精度が得られる。

図3 初期設定のまま合成した3D画像の例
2019年1月14日の新燃岳山頂火口

4. ドローンによる空中写真を用いた3Dモデルの例

以下に、ドローンによって撮影された写真を用いて作成した3Dモデル画像のいくつかを示す。

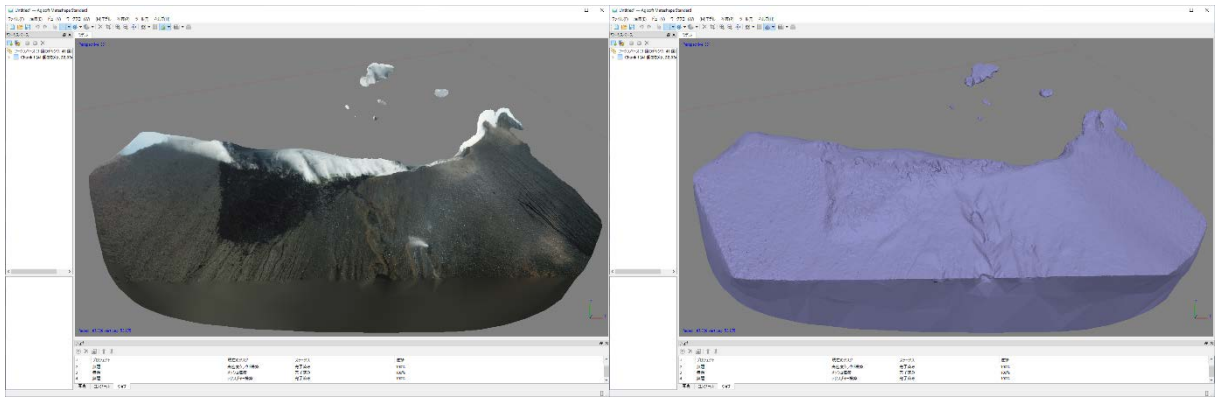


図4 2019年1月14日の新燃岳山頂火口と2018年溶岩流

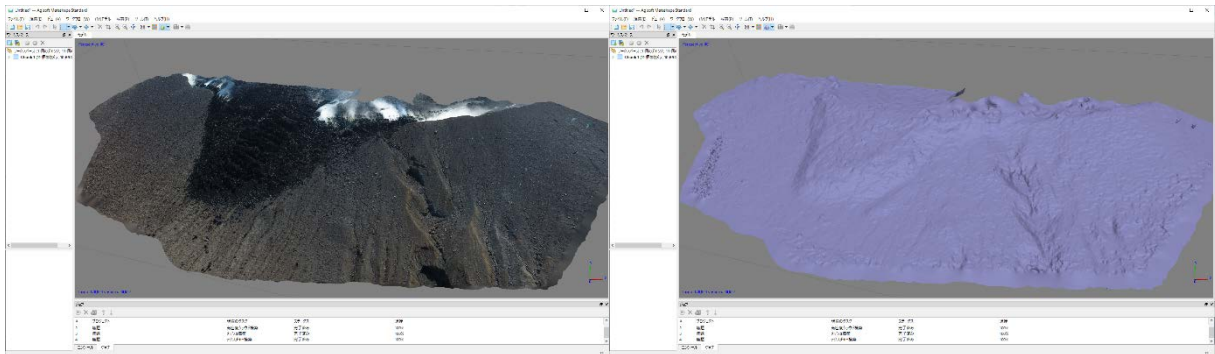


図5 2018年9月24日の新燃岳山頂火口と2018年溶岩流

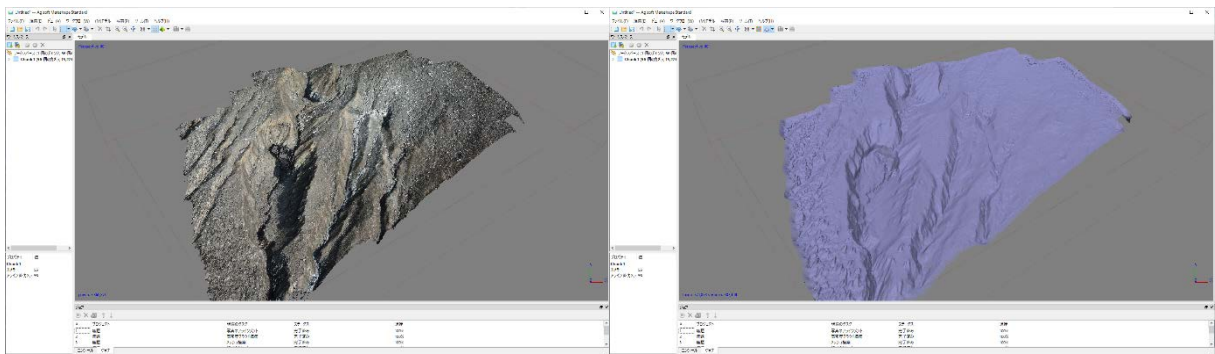


図6 2019年1月14日の新燃岳西側斜面割れ目火口列

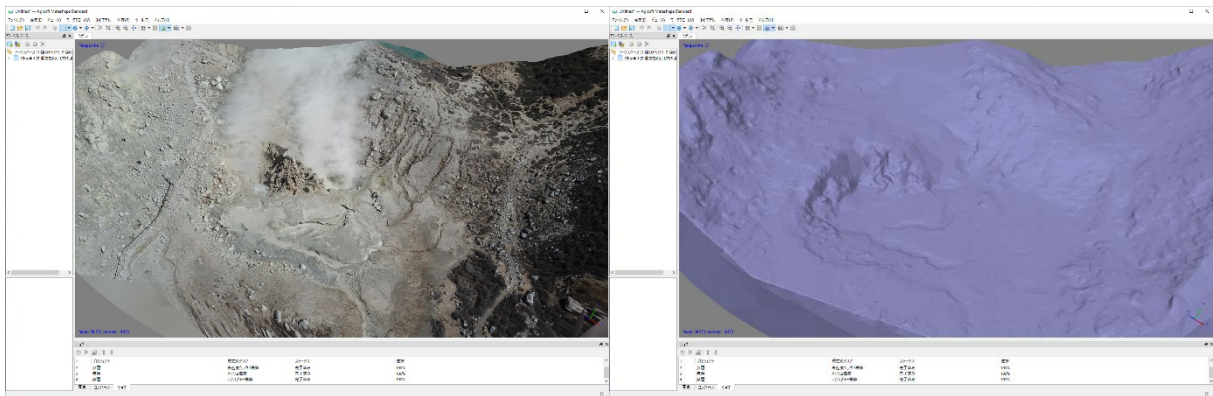


図 7 2018 年 9 月 16 日のえびの高原硫黄山南火口

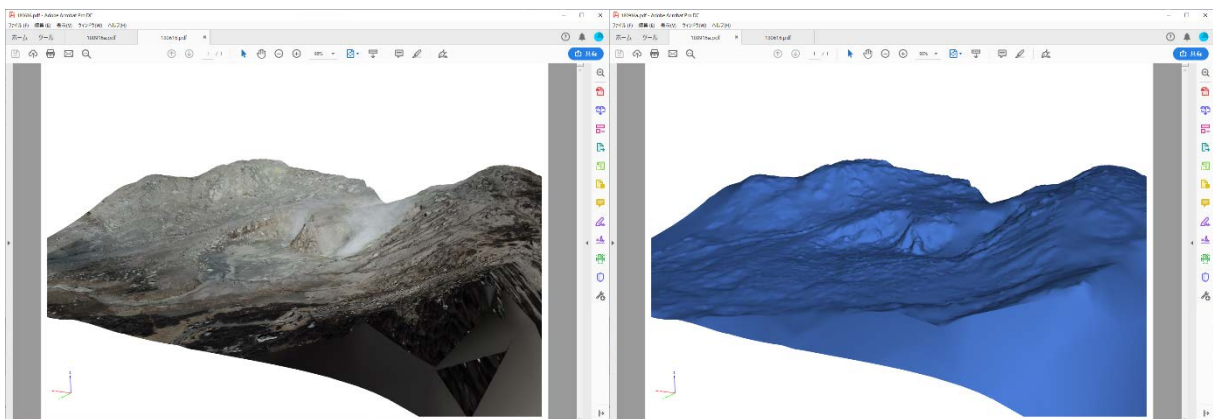


図 8 2018 年 9 月 16 日のえびの高原硫黄山南火口

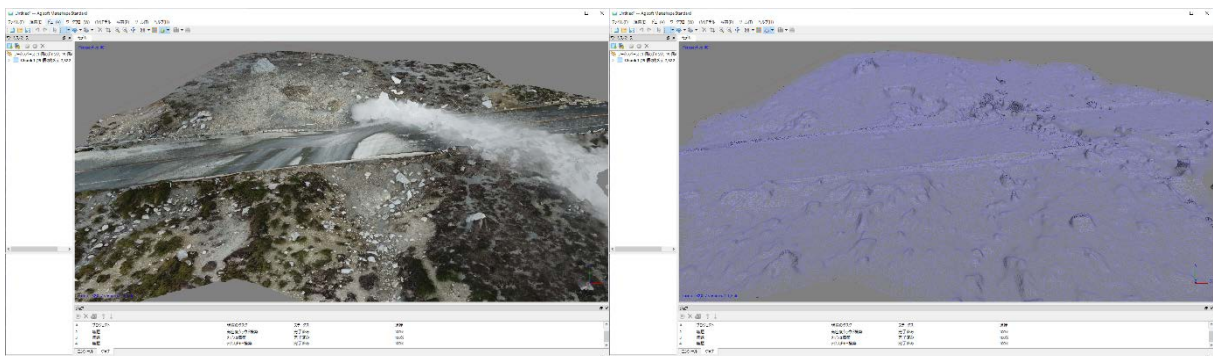


図 9 2018 年 9 月 24 日のえびの高原県道 1 号脇火口

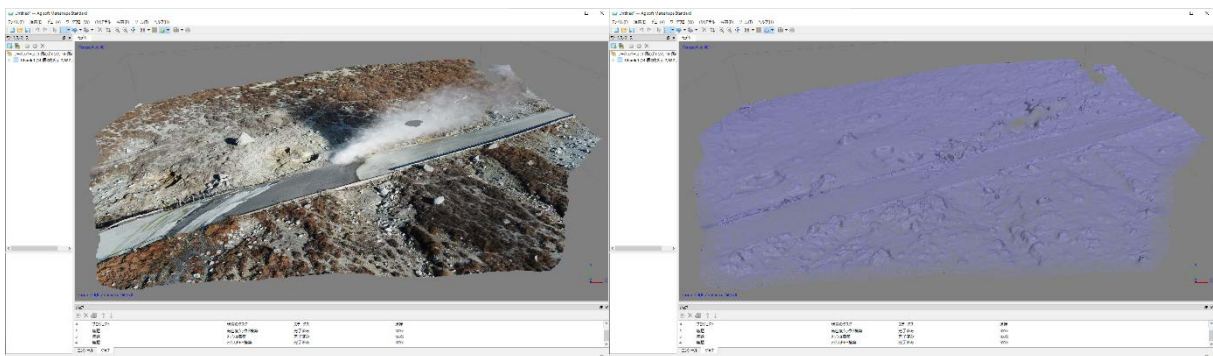


図 10 2018 年 11 月 6 日のえびの高原県道 1 号脇火口

5. ヘリコプターからの空撮写真を用いた 3D モデルの例

Metashape はドローンで撮影された写真以外でも、3D モデルを作成することができる。以下に、ヘリコプターから撮影された写真を用いて作成した 3D モデル画像のいくつかを示す。

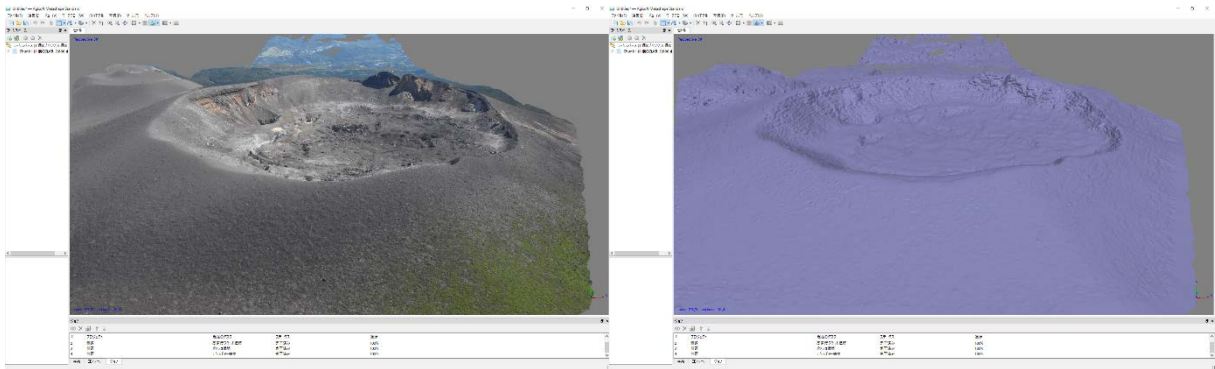


図 11 2017 年噴火前の新燃岳山頂火口の様子 2017 年 5 月 26 日撮影

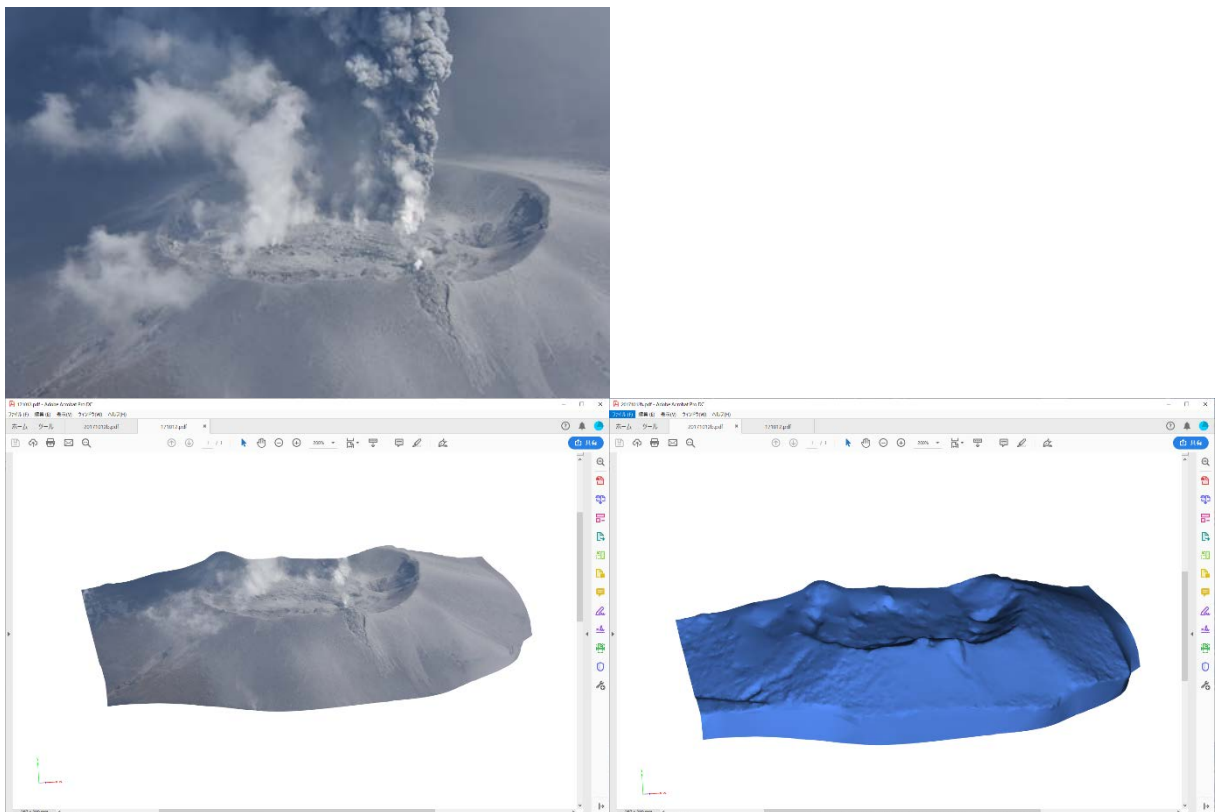


図 12 2017 年 10 月 12 日 噴火中の新燃岳

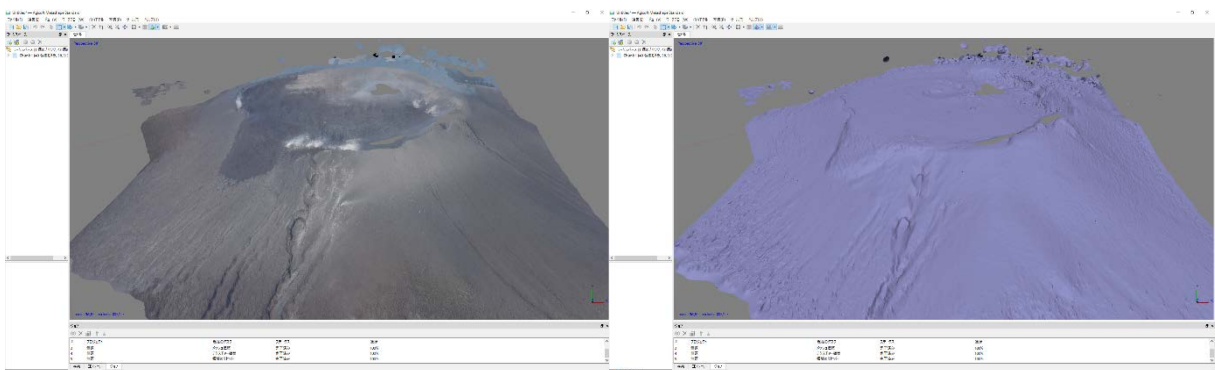


図 13 2018 年 5 月 16 日 新燃岳山頂火口と 2018 年溶岩流

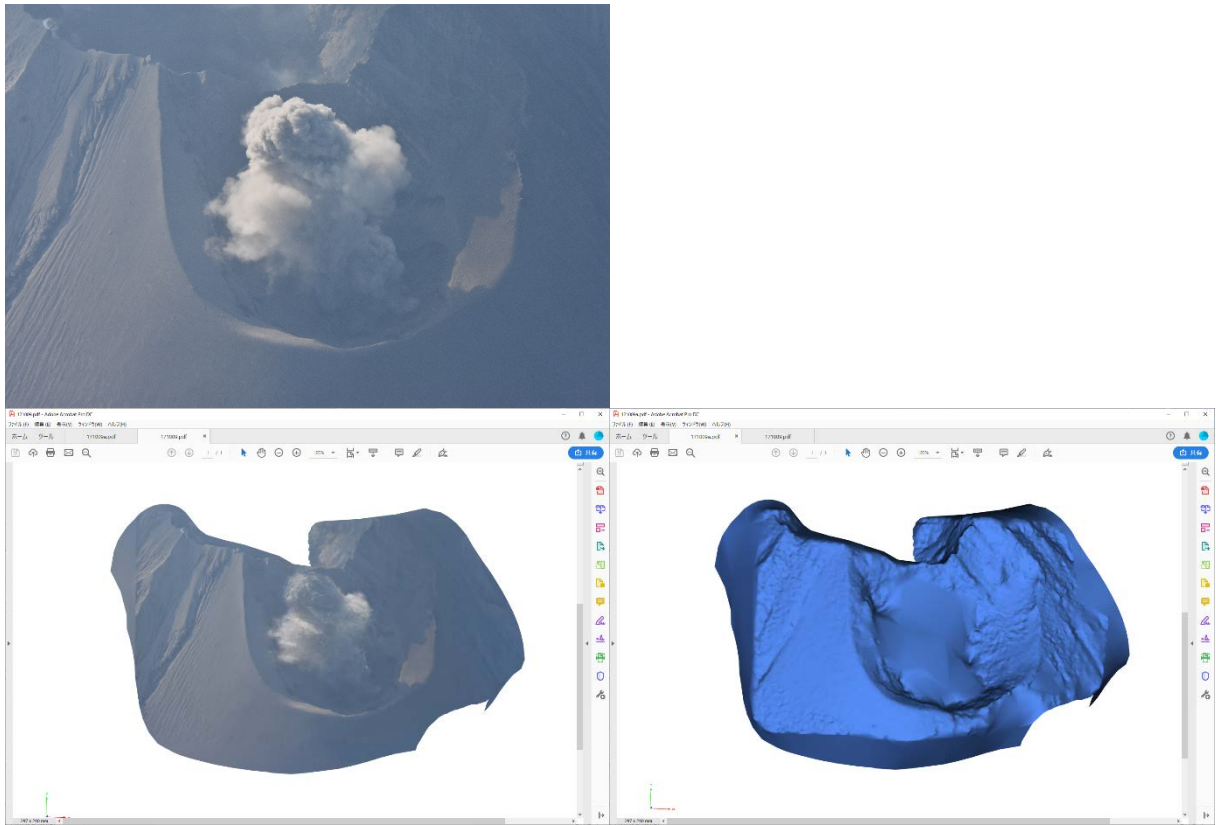


図 14 2017 年 10 月 9 日 噴火中の桜島昭和火口

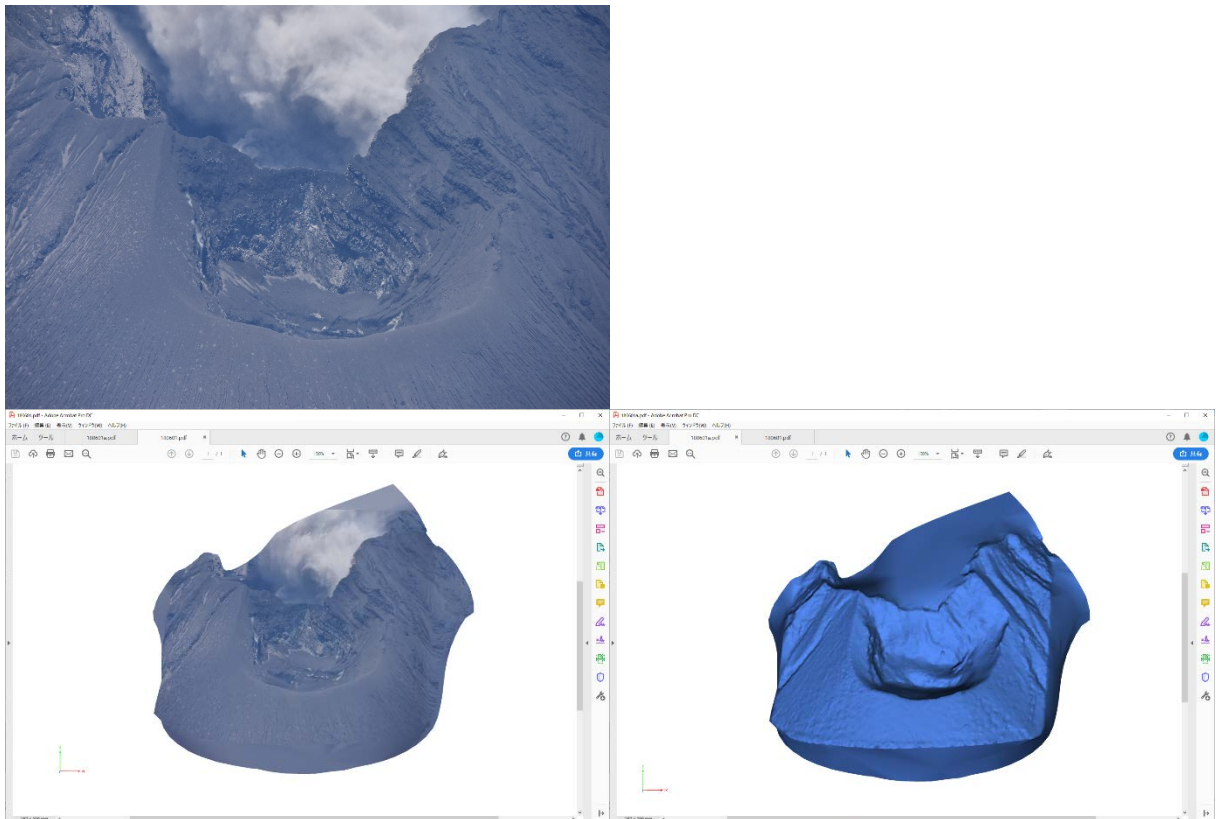


図 15 2018 年 6 月 1 日 噴火中の桜島昭和火口

5. まとめ

本研究の成果は、以下のようにまとめることができる。

- Agisoft 社製 Metashape は空中写真から非常に簡単に 3D モデルが作ることができる。
- ヘリコプターから撮影した写真よりもドローンの写真を用いた方が、細かな地形が再現できる (早川, 2018)。
- 火山の火口周辺の調査にきわめて有効である (橋本ほか, 2018) が、噴気や噴煙があるとうまく地形表現ができない場合がある。
- 各種ソフトを用いて写真撮影の時期・間隔などをそろえる (杉本, 2018) ことによって地形の変化を見たり、環境の変化等を定量的に評価できる。
- ドローンの映像は地形学習の上でも効果的であると考えられている (鈴木, 2018) が、3D モデル映像を作成するだけでなく、3D プリンタを併用すれば、より教育効果があるであろう。

6. 終わりに

本研究で用いたドローン (Mavic Pro) は、2019 年 1 月 19 日に霧島山えびの高原で機体を紛失した。離陸地点から、わずか 700m あまりの距離のところから機体を失った (図 16)。風が強かったため、飛行開始から 5 分で離陸地点に戻そうとしたが、電波を失った。最終的には風で流されて離陸地点から 2.5km くらい離れたところにバッテリー切れで不時着したらしい。

火山の調査では、噴煙や噴気を避けて風上側からドローンを飛ばすことが多い。このことはドローンが帰還時に向かい風を受けることを意味する。今後は十分に注意したい。



図 6 電波を失うまでのドローンの軌跡

文献

- 国土地理院ランドバード事務局 (2018) 地理, 63-2, 36-43.
- 橋本武志・寺田暁彦・森俊哉 (2018) ドローンによる火山観測. 地理, 63-2, 29-35.
- 早川由紀夫 (2018) ドローンによる低空撮影のすすめ. 地理, 63-2, 12-19.
- 杉本智彦 (2018) 「カシミール 3D」と「スーパー地形」を使ったドローン飛行計画. 地理, 63-2, 20-28.
- 鈴木雄介 (2018) マルチコプター空撮で地形を見る. 地理, 63-2, 44-51.

緊急水害調査における被災状況の実態把握のための基礎的検討

理工学域 工学系・安達 貴浩

1. はじめに

8・6水害、北薩豪雨、奄美豪雨など、鹿児島県ではこれまで度々深刻な洪水による被害が発生している。洪水の痕跡、高水敷への土砂の堆積状況、河道地形の変化は、洪水に関する最も信頼性の高い情報の一つであるため、水害の直後に緊急水害調査が実施される。ただし、水害の影響が残っているという事情もあり、重厚な測量が実施されることは少なく、軽装備で洪水の概要を把握するにとどまるのが一般である。

しかしながら、洪水の実態を反映する実測の測量データは貴重であることから、可能な限り定量的な情報を得ることが好ましい。このような事情を考慮して、本研究では、短時間で面的な地形情報が取得できる3Dスキャナーならびにポータブルサイズの機器(以下、「ポータブル計測器」と呼ぶ)を用いた水害緊急調査の可能性について検討する。具体的には、3Dスキャナーとポータブル計測器を対象に、精度や機能の点検を行い、軽装備なおかつ少人数で実施可能な測量手法の確立のための知見を得ることを目的とする。

2. 3Dスキャナーの適用可能性を検討したプレスタディの概要

(1)プレスタディの目的

河川において洪水が発生すると、地点によっては土砂の堆積によって河道形状がドラスティックに変化し、所定の流下能力が保持できなくなることも少なくない。このような土砂の堆積に対し、高水敷における植生帯での流速の低減が重要な役割を果たすため、河道管理においては河道の地盤高に加え植生高の正確な把握が不可欠と考えられている。しかしながら、河道地形の測量は、繁茂した植生を伐採した後に実施されるのが一般であり、労力とコストを要する点が問題である。また、植生高については、植生の影響を評価する最も重要な物理量であるにも関わらず、離散的な観測データから広範囲の植生高を推定するしか手段がなく、精度上の問題が指摘できる。以上のような背景を踏まえて、プレスタディでは、植生の伐採が必要なく、広範囲の地盤高と植生高を計測できる可能性のある3Dスキャナーに着目し、その適用可能性が検討されている。地盤高の計測に対して、3Dスキャナーが有効であることは既に明らかとされているため、プレスタディでは、特に3Dスキャナーによる植生高の計測について検討がなされている。

(2)計測機器の概要

プレスタディならびに本プロジェクトで検討対象とした3DレーザーสキャナーはFARO社製のFocus3DX330HDRである(写真-1)。本計測機は連続的にレーザーを放射し(垂直視野300°、水平視野360°、ステップサイズ(空間分解能)0.009°)、反射した赤外線波の位相のずれを測定することで、対象までの正確な距離を計測することができる(公称精度±2mm)。このため、機器の正確な位置情報が得られれば、機器周辺の測量データ(明瞭距離330m)を一度に入手することが可能となる。

(3)プレスタディから得られた知見

上記のように、3Dスキャナーは多数のレーザーを発することから、植生群を計測した場合には一部のデータは植生上端での反射を表し、一部のデータは地盤からの反射を表している可能性がある。このため、植生エリアの高低差の情報から、植生高を推定できる可能性が検討された。この結果、以下のような知見が得られている(図-1参照)。

- ・ 直径6mm、高さ59cmの円柱を等間隔に配置した植生模型を作成し、その粗密や計測器との距離を変化させる基礎的な実験が実施された。この結果、測定領域を適当なグリッドで分割し、各グリッド内で最大と最小の標高差を取ると、データ数の密度が1300/m²であれば、そ



写真-1 3D スキャナー

の差は、植生高とほぼ一致することが確認された。

- ・ データ数の密度が極端に低くなると (500 個/m² 以下)、上記の手法で、植生高を推定できないが、これは、植生モデルでは植生設置の間隔が均一であり、実際は空間があっても、角度によっては全く地盤が見えないという状況に起因することが確認されている。
- ・ 川内川・東郷橋周辺で、3D スキャナーによる植生高推定の現場実証試験が実施され、直接計測された数地点の植生高を 3D スキャナーは正確に推定できることが確認された。

3. 3D スキャナーによる地形変化計測

(1)目的

プレスタディによって、河川の地形測量に対して 3D スキャナーは有効なツールとなり得ることが示された。このため、次に、3D スキャナーによって洪水による河道地形の変化を計測可能かどうかを明らかにすること、また地形変化の計測に必要な一連のデータ処理手法を確立することを目的として実験を実施した。

(2)実験の概要

鹿児島大学郡元キャンパス構内で実験を行った (図-2 の領域 A がターゲットとする領域)。河川における実測では、3D スキャナーを橋や堤防上に設置することを想定しているが、そのような状況を模擬するために海洋土木工学科棟 2 階ベランダより、その南側の通路を撮影した。同通路には、仮置き資材、倉庫、自転車等があり、多様な固体表面の凹凸が存在する。このような場所を対象に、まず 3D スキャナーによる標高計測の再現性を検証した。次に、同じ場所に、プラスチック製の容器 (高さ 21cm) を設置し (図-3 の赤枠の中)、地形変化の計測の可能性を実際に調べてみた。

(3)座標の定義

3D スキャナーでは、内蔵されたジャイロによって鉛直軸と水平面が定められる。機器の設置方向によって水平座標 XY の向きが定められるが、デフォルトでは機器の設置位置が原点になる。なお、内蔵された電子コンパスを用いて、東西南北の方向に水平座標を定義することも可能である。

鉛直座標 (Z 座標) の原点は、機器の設置高度で定義される。ただし、高度計の精度はそれほ

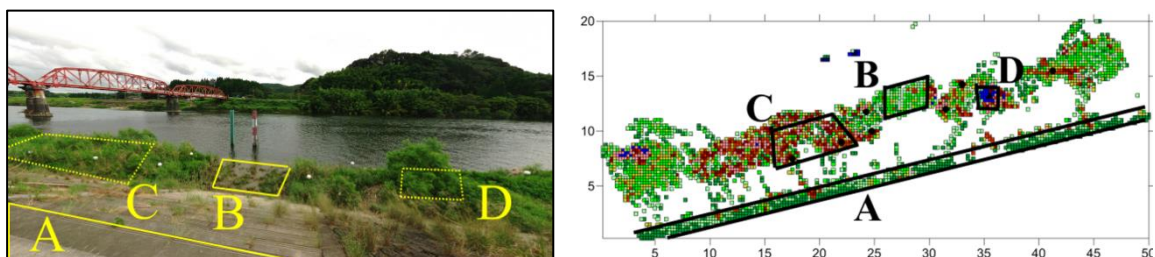


図-1 川内川での調査結果の概要 (上: 現場写真、下: 植生高の推定結果)

ど高くなく、データ解析の際にソフトウェア上で補正が必要になる。通常は、基準となる対象物の高さの計測値等を活用し座標変換が行われる。

上述したように、3D スキャナーは、連続的にレーザを放射し、反射した赤外線波の位相のずれを測定することで、対象までの正確な距離を計測することができるが、その距離が、ソフトウェア上で XYZ 座標に変換される。

(4)3D スキャナーによる地形変化計測の可能性

3D スキャナーの設置条件を変えずに、標高計測の再現性について検討を行った。また得られた結果をテキストファイルに出力し、FORTRAN で作成したデータ処理プログラムにより、標高の変化を算出した。

結果の一例を図-4 に示す。この結果を見ると、箱の設置の有無のない領域の標高差は、最大でも 2cm 以内であることが分かる。一方、箱の設置の有無のある領域では、側面以外で標高差は 20.7 ~ 21.5cm となっており（データで確認、結果省略）、箱の高さを比較的正確に計測できていることが分かる。

本実験では、2 階のベランダに三脚を立て、そこに 3D スキャナーを設置し、計測を実施したが、3D スキャナーの高度が比較的低く、しかも、箱設置地点がスキャナーから 40m 程度離れているため、横軸方向の標高の計測地点が疎に分布している。また、同じ場所に 3D スキャナーを設置しても、計測地点が完全に一致しないこと、さらに箱のサイズが小さく、標高を算定するグリッドの間隔を小さくせざるをえなかったことが原因となって、標高差を計算できるグリッドがさらに少なくなり、結果的に図-4 において標高差のプロットが大幅に減少している。

この結果から判断すると、実河川で地形変化を抽出する場合には、抽出したい空間スケールを定めた上で、3D スキャナーの設置位置や高さを決める必要があると言える。

(5)水害調査における適用可能性についての考察

以上の結果から、3D スキャナーを用いて、地形の変化を比較的精度良く抽出できることが明らかとなった。プレスタディの結果より、植生があっても標高や植生高を、ある程度正確に計測できることから、地形データが取得されていない中小河川の地形データも比較的簡易に取得できる可能性が考えられる。ただし、このような調査を有効にするためには、水害前の地形を事前に 3D スキャナーによって計測・データベース化しておく必要があることは言うまでもない。

4. ハンディ距離計の適用可能性の検討

(1)目的

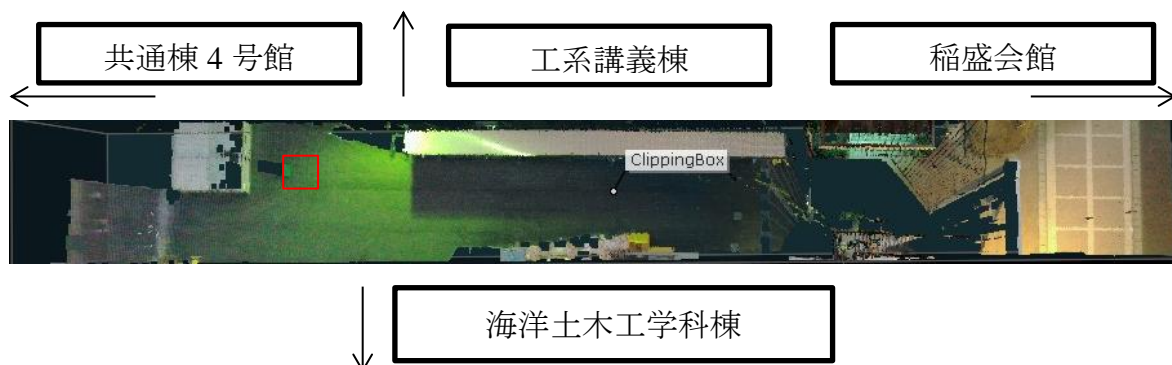


図-3 計測領域

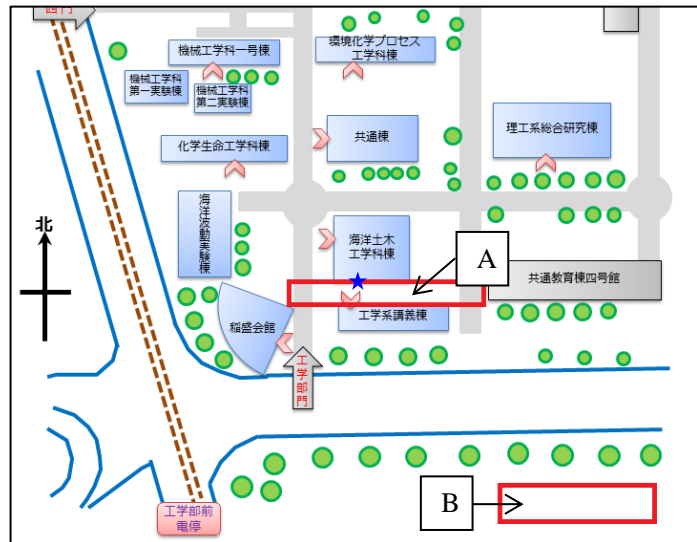


図-2 計測場所の概要

上記のように、3D スキャナーを用いて、水害後の地形変化を正確に計測できる可能性が示されたが、実際の水害においては、地形の変化だけでなく、洪水痕跡等、他の情報の取得も必要であり、計測対象を事前に選定できないのが一般である。さらに、どこで測量すべきかを事前に知ることはできず、現場における移動がそれなりに必要となることから、計測機器はできるだけ軽量で運びやすい物が好ましい。このような状況を踏まえ、本研究では、水害時の現場踏査における Leica 社製 DISTO™ D810 touch (以下、「ハンディ距離計」) の適用可能性を検討した(写真-2 参照)。

(2)使用した機器

鹿児島大学構内にある測量実習用の基準点を活用し、ハンディ距離計による座標推定の可能性を検証した。使用した機器は、Leica 社製 DISTO™ D810 touch である(寸法(縦×横×高さ)(mm): 164×61×31、重量(電池含む): 238g)。本機では、レーザを用いた距離計測、水平線からのチルトの計測、コンパス測量が可能である。また、本機には、測定対象が、ビュースクリーンに表示されるポイントファインダー機能が装備されており、ディスプレイ上に、測定対象を含む画像が、最大4倍の倍率で表示される。また、表示された画像(スクリーンショット)を保存することも可能である。

(3)レーザによる対象物の捕捉

上記のハンディ距離計を野外で使用する場合、光が強くなるほど、対象物へレーザが照射されたかどうかを確認しづらくなる。このような状況を考慮し、晴天時の野外において、対象物がどの程度離れると、レーザドットを判別できなくなるのか、また、レーザが対象部を正確に捉

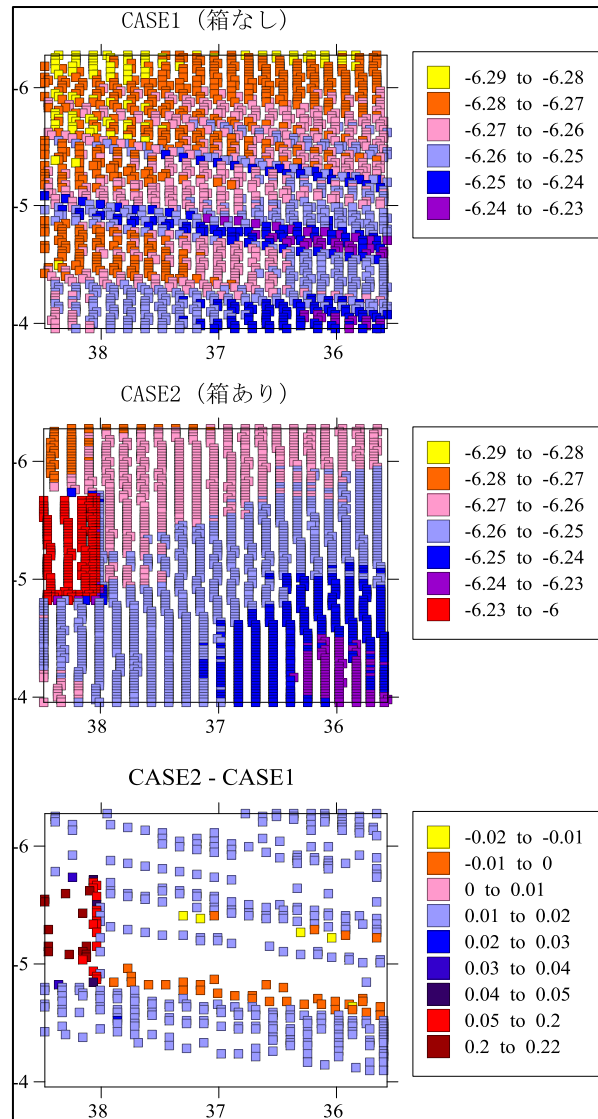


図-4 地形変化の計測結果(数値の単位:m)
 上: 箱がない場合の標高
 中: 箱がある場合の標高
 下: 箱の有無による標高差



写真-2 使用機器と三脚への取付け状況

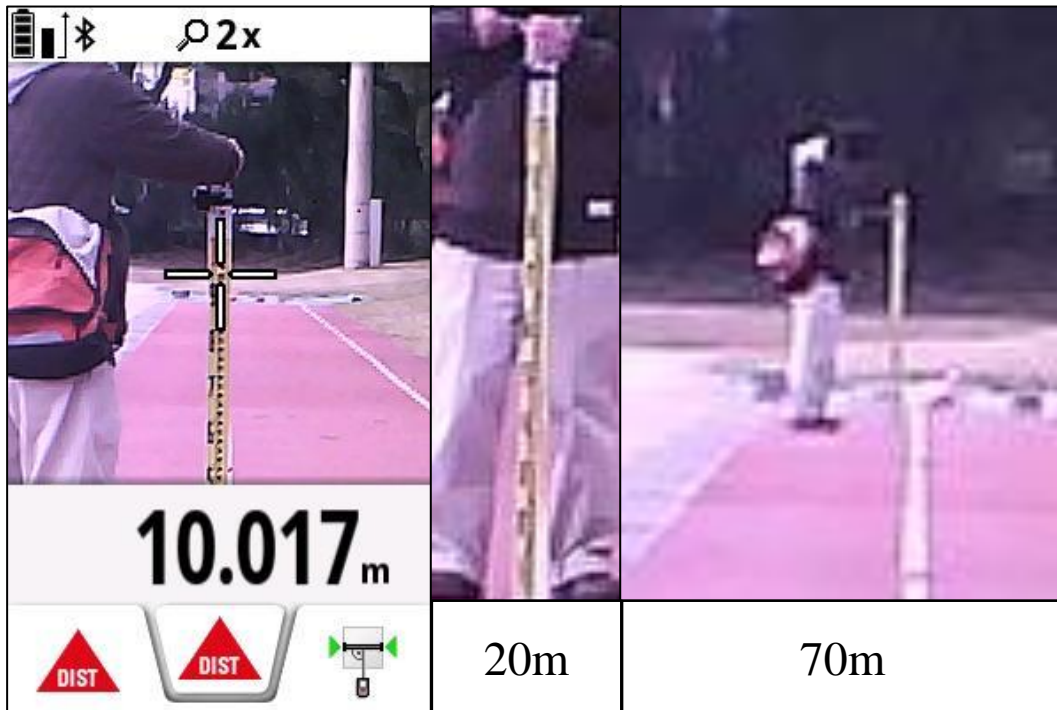


写真-3 距離に応じた取得画像の違い

えることができなくなるのかを確認した（図-2 の領域 B で実施）。対象物として、幅 5cm の標尺（箱尺）を用いた。この結果、以下のような知見が得られた。

- ・ ハンディ距離計の位置から、10m 程度離れていても、肉眼とディスプレイの両方で、標尺の 1cm サイズの目盛を認識することができる。一方、20m 以上離れると肉眼とディスプレイの両方で、目盛を全く認識できず（写真-3 参照）、取得した画像を PC 上で拡大しても目盛を全く認識できない。
- ・ ハンディ距離計の位置から、10m 程度離れても、標尺上で赤く光るレーザドットを認識することが可能であるが、20m 以上離れると認識しづらくなる。
- ・ ハンディ距離計から離れるほど、標尺上で赤く光るレーザドットのサイズは大きくなり、色も薄くなる。ドットの鉛直方向の厚さは、35m までは 5mm 程度、35-50m で 5-10mm、55-70m で 10mm 程度であった。
- ・ ハンディ距離計から 70m 離れた地点であっても、標尺の脇に立てばレーザがどこに照射されているのかを、レーザドットによって確認することが可能である。
- ・ 背景との色のコントラストが明確であれば、70m 離れても、標尺の 5cm 幅の認識は可能であり、ディスプレイ上の十字の印を頼りに、レーザを標尺内に照射することは可能である。

(4) 距離計としての精度

標尺に気泡管水準器を取り付け、標尺をおおよそ鉛直に立てた状態で、距離計の精度を確認した。70m 離れた地点の距離の実測値は 69.988m であり、標尺とハンディ距離計の組み合わせによって、距離の計測を比較的正確に行えることを確認した。

(5) コンパス機能

次に、Leica 社製 DISTO™ D810 touch の電子コンパスの適用可能性について調べた。電子コンパスを使用する際には、キャリブレーションが必要である。キャリブレーション後に、距離計を固定しても、時々刻々と表示値が変化しており、コンパス使用時には、このような変動の要因を除去するか、このような変動の影響を加味した上でのデータ取得が必要になると思われる。

(6) レベルの代用機器としての可能性

Leica 社製 DISTO™ D810 touch には、距離計測機能に加えて、チルト計測機能（最小表示 0.1°）が備わっている。このため、付属の気泡管水準によって三脚を水平に設置した後、チルトセンサ

一の表示が 0° となるように、さらなる調整を行った後、レベルの代用機器としての適用可能性を検討した。

具体的には、水平だと推定される海洋土木工学科棟の廊下において、気泡管水準器によっておおよそ鉛直に直立させた標尺を距離計から所定の距離離し、レーザドットの中心点の高さを読み取った。この結果を見ると、標尺の読み取り値は、ほぼ線形に減少しており、距離計から離れるにつれて床の高さがあたかも増加しているような実際とは矛盾した結果が得られた（結果省略）。

そこで、次に、測定値で得られる床の水平面との角度を求めてみたところ、 0.022° となることが分かった。この結果から判断すると、上記のような結果は、一般的なレベルと同様に、機器を完全に水平に設置できないことに起因していると考えられる。すなわち、チルトセンサーの計測値の表示が 0° となるように調整を行っても、センサー自体に $\pm 0.1^{\circ}$ 程度の誤差があり、センサーは完全に水平状態を保っておらず、この結果、上記のような結果が得られたものと推察される。本研究で使用したハンディ距離計は、軽量かつ種々の計測機能が装備されているが、上記のような誤差のオーダを加味した上での適用が不可欠だと言える。

5. おわりに

本プロジェクトでは、3D スキャナーとポータブル計測器を対象に、精度や機能の点検を行った。その結果、以下のような知見が得られた。

- 1) 3D スキャナーによって、植生高や植生が存在する領域の地盤高を計測できる可能性があり、使用方法を工夫することで、河道地形の計測に有効性を発揮する可能性がある。
- 2) 計測条件によって精度は変わってくると考えられるが、本プロジェクトでの実験によると、標高の再現性は2cm程度の範囲に収まり、それを超える20cm程度の地形の変化は容易に抽出可能である。
- 3) 実河川で地形変化を抽出する場合には、抽出したい空間スケールを定めた上で、3D スキャナーの設置位置や高さを決める必要がある。
- 4) Leica 社製 DISTOTM D810 touch の性能を明らかにした。得られた性能に関する知見や精度を踏まえた上で、実際の使用を考慮すべきである。

地すべり津波の数値実験

理工学域工学系 柿沼 太郎

1. 序 論

地すべりに伴う津波は、断層運動に起因する津波に比べて発生頻度が低いものの、歴史的に見て、その規模・被害ともに大きくなる可能性が示唆される。1792年には、島原半島にある眉山の山体崩壊に伴う津波が有明海を伝播し、対岸の肥後・天草に到達して、1万人を超える死者を出した（富樫ら、1992）。そして、その反射波は、島原半島にも来襲した。また、2010年には、アンデス山中の湖で巨大な氷河が崩落し、高さ23mもの津波が発生して3名が行方不明となり、水処理設備の破損による影響は、約6万人に及んだ。更に、2018年に、インドネシアのスラウェシ島を襲った津波は、地震に誘発された沿岸部の地すべりが原因で発生したと考えられている。こうした地すべりや氷河崩落に伴う津波は、崩落体を構成する剛体や、塑性体、そして、巻き込まれた空気が、水の運動と相互に干渉した結果として形成されるため、その生成過程は、複雑で不明な点が多い。そこで、本研究では、崩落体が、剛体や、剛体の粒子群である場合に生成される津波を対象として断面2次元数値解析を行ない、崩落体の初期状態と、生成される津波の関係に関して調べる。

2. 数値解析の手法及び条件

自由水面の大変形を伴う流れの解析に有効な、Moving Particle Semi-implicit (MPS) 法を適用した断面2次元数値解析を行なう。本研究では、入部・仲座(2011)により開発された、MPS法に基づく数値モデルを用いて、崩落体の突入に伴う津波の生成に関して検討する。MPS法における粒子間距離は、0.005mとする。また、流体の密度を $1,000\text{ kg/m}^3$ とし、簡単のために、流体の粘性及び表面張力を考慮しない。

図-1に示す、斜面勾配 45° 、斜面開始点から沖側壁面までの長さ3.00mの水槽内を計算対象領域とする。ここで、斜面沖側の一様静水深 h は、0.09m、または、0.245mとする。また、静水時の汀線位置を座標軸の原点とし、水平沖向きを x 軸の正の向き、鉛直上向きを z 軸の正の向きとする。

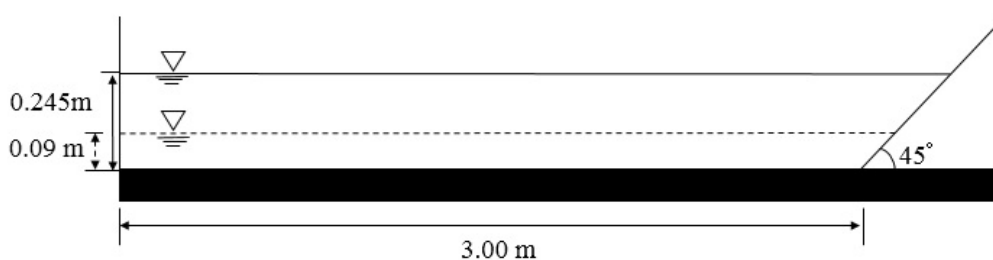


図-1 一様勾配斜面のある計算対象領域

図-1に示す斜面に積載した崩落体を落下させて、津波を生成させる。崩落体は、次のような剛体とし、弾性や塑性を考慮しない。剛体粒子の密度は、 $2,600\text{ kg/m}^3$ とする。

- (1) 大円：大円の直径は、2.0 cmである。大円1個は、21個の剛体粒子で構成する。
- (2) 小円：小円の直径は、0.5 cmである。小円1個は、4個の剛体粒子で構成する。
- (3) 直角三角形：直角三角形1個は、276個の剛体粒子で構成する。
- (4) 長方形：長方形1個は、276個の剛体粒子で構成する。

3. 大円の剛体群の崩落に伴う津波

図-2 に示すように、初期時刻 $t=0.0$ s において、大円 16 個を配置する。

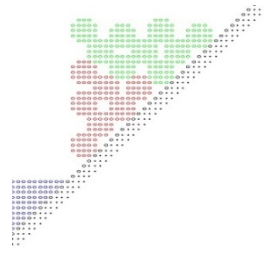


図-2 大円群の積載状況

斜面沖側の一様静水深 h が 0.09 m である場合の、数値シミュレーション結果を図-3 に示す。

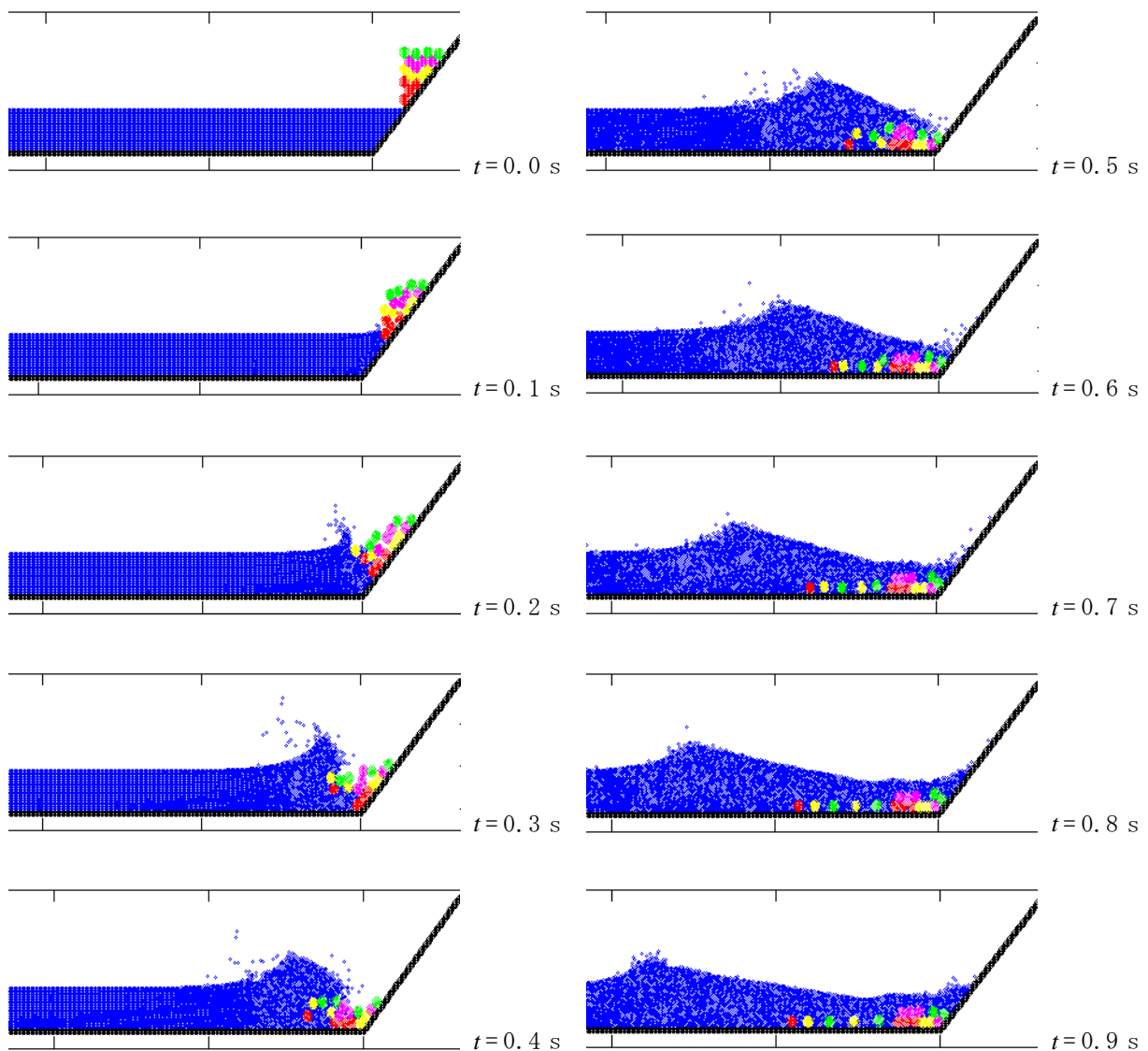


図-3 大円群の崩落に伴う津波の数値シミュレーション結果 ($h=0.09$ m)

静水時汀線からの距離が $x=0.6$ m 及び 2.15 m における水面変動を図-4 に示す。ここで、本報告において、水面変動の計算結果は、サンプリング間隔 0.01 s で移動平均した値を示す。また、津波高さは、各地点において水面変動が示す最大値として定義する。図-4 より、津波高さは、 $x=$

0.6 mにおいて、 $h=0.09$ mの場合、0.072 m、 $h=0.245$ mの場合、0.068 mであり、両者の差は、僅かである。すなわち、大円群が水面に突入した直後の津波高さは、静水深にあまり依存しない。一方、 $x=2.15$ mにおける津波高さは、 $h=0.09$ mの場合、0.066 m、 $h=0.245$ mの場合、0.032 mであり、 h の異なる両者で、津波高さの低減率に大きな違いが見られる。これは、これら2地点間の津波の伝播において、沖側静水深の浅い前者では、浅水変形の効果のために、津波高さの低減が抑制されたためである。

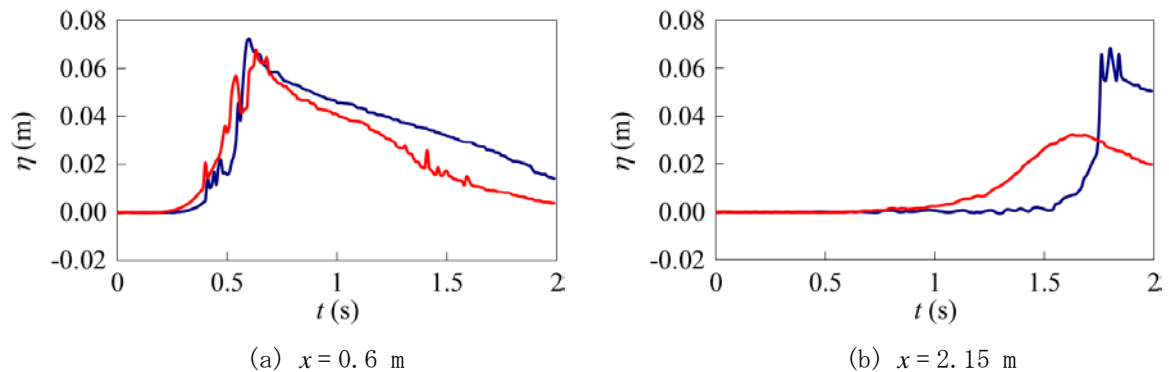


図-4 大円群が崩落する場合の水面変動（青色： $h=0.09$ m，赤色： $h=0.245$ m）

4. 小円の剛体群の崩落に伴う津波

図-5 に示すように、初期時刻において、小円 66 個を配置する。剛体の総質量と、静水面から剛体全体の重心位置までの高さは、図-2 に示す大円群の場合と等しい。

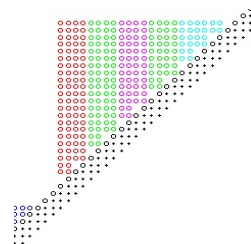


図-5 小円群の積載状況

この場合の、 $x=0.6$ m 及び 2.5 m における水面変動を図-6 に示す。津波高さは、 $x=0.6$ m において、 $h=0.09$ m の場合、0.061 m、 $h=0.245$ m の場合、0.046 m であり、剛体が水面に突入した直後の津波高さに差が見られ、沖側静水深の浅い方が、津波高さが大きい。また、剛体が水面に突入した直後の津波高さは、前述した、崩落体が大円群である場合の方が、小円群である場合よりも大きい。一方、 $x=2.5$ m における津波高さは、 $h=0.09$ m の場合、0.060 m、 $h=0.245$ m の場合、0.045 m であり、小円群の崩落の場合、津波高さの低減率が、大円群の場合よりも低い。

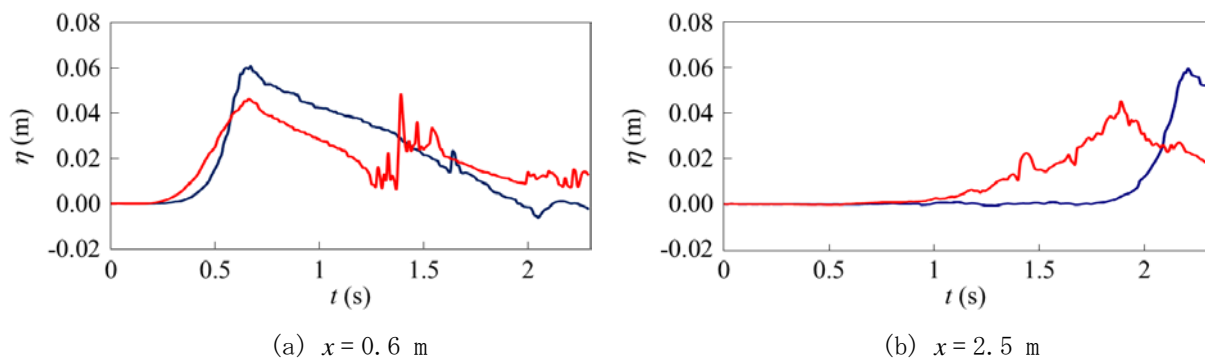


図-6 小円群が崩落する場合の水面変動（青色： $h=0.09$ m，赤色： $h=0.245$ m）

5. 直角三角形や長方形の剛体の崩落に伴う津波

崩落体が、**図-7**に示すような、等辺長が 0.11 m の直角二等辺三角形と、これと同面積の、直角三角形及び長方形の、それぞれ一つの剛体塊であるとする。初期時刻において、これらの重心位置を等しくする。

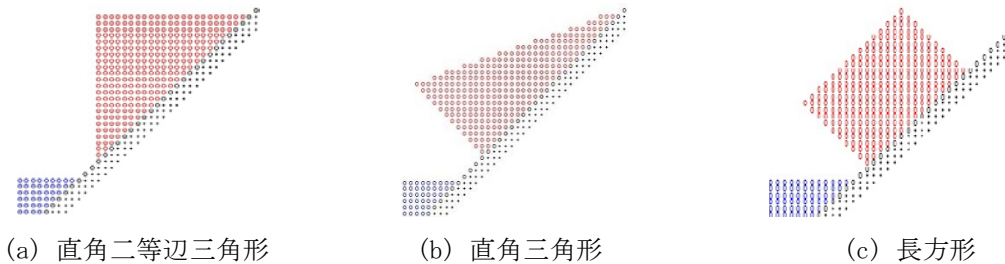


図-7 剛体塊の積載状況

沖側静水深が $h = 0.245$ m の場合の、 $x = 0.6$ m 及び 2.5 m における水面変動を**図-8**に示す。剛体が水面に突入した直後の第 1 波の津波高さは、剛体形状によらず同程度の大きさである。しかしながら、第 2 波の津波高さは、直角二等辺三角形と直角三角形の場合には、第 1 波を超える津波高さとなっているが、他方、長方形の場合には、第 1 波よりも低くなっている。いずれにせよ、これらの場合、比較的大きな波高の第 2 波が現れているが、着底後に剛体塊が占める領域に水が流入できないことが、この一因である。また、 $x = 2.5$ m における第 1 波の津波高さは、いずれの場合にも大きく低減しており、剛体塊が崩落する場合における津波高さの低減率は、円群が崩落する場合よりも大きい。

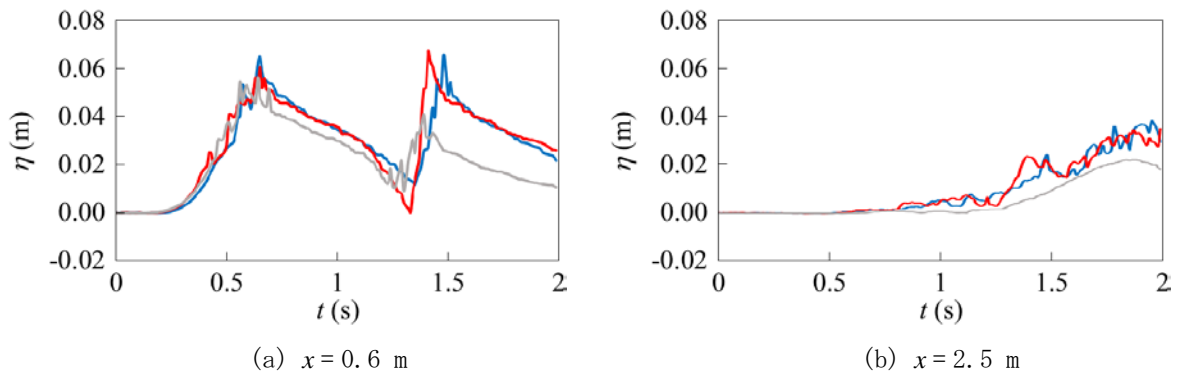


図-8 剛体塊が崩落する場合の水面変動（青色：直角二等辺三角形，赤色：直角三角形，灰色：長方形； $h = 0.245$ m）

6. 大円と小円の両者を含む剛体群の崩落に伴う津波

図-9に示すように、初期時刻において、大円群と小円群の両者が積載された場合を考える。

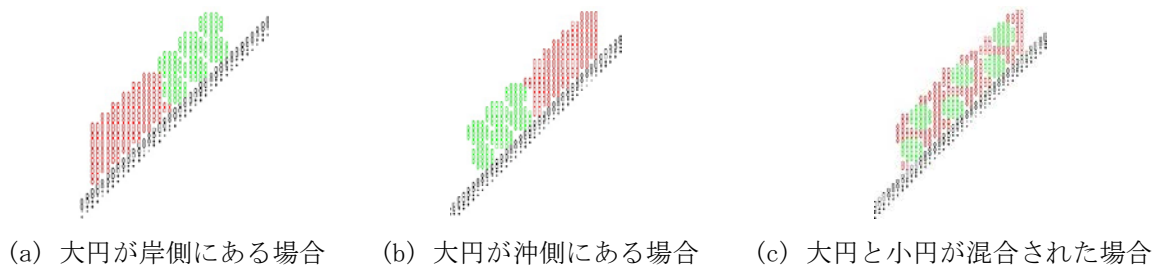


図-9 大円と小円の両者を含む剛体群の積載状況

沖側静水深が $h = 0.09$ m の場合の、 $x = 0.6$ m における水面変動を**図-10**に示す。これらの崩落体が水面に突入した直後には、津波高さに大きな違いが見られない。しかしながら、特に、大円と小円が混合された場合に、この地点における水位の低減速度が大きい。

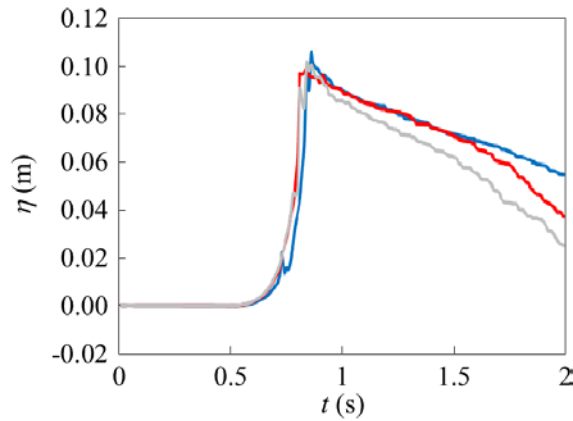


図-10 大円と小円の両者を含む剛体群が崩落する場合の $x = 0.6 \text{ m}$ における水面変動（青色：大円が岸側にある場合，赤色：大円が沖側にある場合，灰色：大円と小円が混合された場合； $h = 0.09 \text{ m}$ ）

7. 地すべりが発生した斜面を遡上する津波

一般に，水中で地すべりが生じる場合には，崩落体の周囲が水であるため，陸上で地すべりが生じる場合よりも密度比の効果が低く，崩落体の落下速度が遅くなり，津波が大きくなりにくい (Kakinuma, 2016). しかしながら，2018 年にインドネシアのスラウェシ島を襲った津波は，地震によって誘発された沿岸部の地すべりが原因で発生したと考えられているが，航空撮影された津波のビデオ映像より，海中で地すべりが発生した箇所が散在したと見られる．従って，地すべりに起因する津波の，岸向きに進行して陸上を遡上する成分に関しても，検討しておく必要がある．ここでは，図-7 に示した初期状態の各場合を対象とする．沖側静水深が $h = 0.245 \text{ m}$ の場合の，崩落体が落下した斜面上で，遡上端の高さが大きくなる時刻，すなわち， $t = 0.8 \text{ s}$ における数値シミュレーション結果を図-11 に示す．剛体塊が直角二等辺三角形，直角三角形及び長方形である場合に，遡上高 z_{up} が，それぞれ， 0.030 m ， 0.026 m 及び 0.015 m となっている．従って，長さの縮尺を 0.009 とし，沖側静水深が $h = 10.0 \text{ m}$ ならば，遡上高 z_{up} は，それぞれ， 3.3 m ， 2.9 m 及び 1.7 m となり，これらは，沿岸の低平地に建つ木造家屋に対して，被害を及ぼし得る値である．

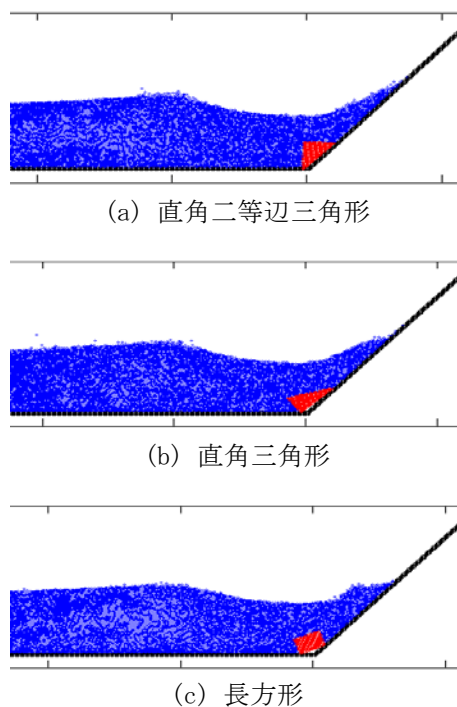


図-11 図-7 に示す剛体塊が崩落する場合の時刻 $t = 0.8 \text{ s}$ における数値シミュレーション結果 ($h = 0.245 \text{ m}$)

8. 結 論

崩落体が、剛体の粒子群や、剛体塊である場合に生成される津波を対象として、MPS 法を適用した断面 2 次元数値解析を行ない、崩落体の初期状態と、生成される津波の関係に関して調べた。

崩落体が大円の剛体群である場合、崩落体が水面に突入した直後の津波高さは、静水深にあまり依存しなかったが、沖側静水深が浅い場合には、津波高さの低減が抑制された。一方、崩落体が、小円の剛体群である場合、崩落体が水面に突入した直後の津波高さは、沖側静水深の浅い方が、津波高さが大きくなった。また、崩落体が水面に突入した直後の津波高さと、津波高さの低減率は、崩落体が大円の剛体群である場合の方が、小円の剛体群である場合よりも大きくなった。更に、崩落体が、大円と小円が混合された剛体群である場合、波源近くにおける水位の低減速度が大きくなった。

崩落体が剛体塊である場合、崩落体が水面に突入した直後の第 1 波の津波高さは、剛体形状によらず同程度の大きさとなった。しかしながら、第 2 波の津波高さは、直角二等辺三角形と直角三角形の場合には、第 1 波を超える津波高さとなったが、長方形の場合には、第 1 波より低くなった。また、崩落体が剛体塊である場合における津波高さの低減率は、崩落体が円群である場合より大きくなった。更に、崩落体が剛体塊である場合において、岸向きに進行して斜面を遡上する津波の成分が確認された。

謝辞: 本研究は、琉球大学の入部綱清氏との共同研究によって得られた成果の一部である。また、数値解析において、研究室の学生であった澤田 亮氏、東 真奈美氏、並びに、小山 彩氏の協力を得た。ここに、感謝の意を表す。

参考文献

- 入部綱清・仲座栄三：新たな勾配計算手法による MPS 法の精度向上に関する研究，土木学会論文集 B2 (海岸工学)，Vol. 67, No. 1, pp. 36-48, 2011.
- 富樫宏由・平山康志・谷口祐治・松本慎市：1792 年有明海津波の再現性水理実験，海岸工学論文集，第 39 巻，pp. 221-225, 1992.
- Kakinuma, T.: Tsunami generation due to a landslide or a submarine eruption, In: Tsunami (ed. Mokhtari, M.), InTech, pp. 35-58, 2016.

火山性物質溶出解明のための多孔質中における高・低温流体移流拡散モデルの開発

海洋土木工学専攻 長山昭夫

1. はじめに

2018年4月初旬の霧島連山の硫黄山噴火に伴った川内川水系長江川の白濁により水稲中止・川魚大量死と環境基準を超えたヒ素が検出された報道¹⁾された(図-1)。その後、長江川の橋梁付近地点で環境調査が現在もお継続²⁾されている。前回の硫黄山噴火は250年前といわれており、過去に長江川が白濁した現象は確認できていない²⁾ために硫黄山噴火と河川の白濁現象の因果関係の検討に多くの時間を費やした。しかしながら火山噴火に起因する火山災害の発生頻度自体は低い、もし1度発生すると地域社会に長期間に渡り甚大な影響を与える。一方、長江川の白濁現象は、硫黄山噴火後の降雨後に長江川の堰や橋梁付近で確認され、同時に堰のように一旦、水を滞留させる位置で川魚の死骸が多く発見された²⁾。また噴火により地表面付近に上昇した火山性物質が降雨による地下水(または伏流水)と地下土壤中や地表面で高温のまま攪拌混合された可能性が指摘³⁾されている(図-2)。

地下土壤中における地下水や熱水の数値シミュレーションはこれまでに多くの文献が存在する。例えば地盤中の温度場の解析については、貯留相シミュレータを使用した広域地下水流動場の検討⁴⁾がなされており、地下熱水の解析については2次元熱水卓越単層解析を用いた地熱域熱水滞留の検討⁵⁾がなされている。しかしながら、今回の白濁現象に関連するような降雨による地下水または伏流水が土壤中の熱流体を流下させるといった現象について検討を行った文献は確認できなかった。



図-1 KHK NEWS WEB サイト¹⁾より引用



図-2 UMK テレビ宮崎 FOCUSweb サイト³⁾より引用

2. 目的

そこで本申請は地下土壤中における火山性物質を高温流体と想定し、この高温流体が降雨によって多量に河川に集積した地下水(低温流体と仮定)への溶出現象の解明を試みた。この目的を達成するために申請者がこれまでに構築した熱流体多相流モデルに、新たに地下土壤を再現可能な多孔質モデル(ポーラスモデル)を追加し、地下土壤中の高温流体の移流拡散現象を検討した。

3. 数値モデルの構築

多相流解析にはオープンソースの3次元数値流体ライブラリ群の OpenFOAM(Open Source Field Operation and Manipulation)⁶⁾を利用した。混相流ソルバの基礎式は、連続の式(1)と非圧縮性流体の Navier-Stokes 方程式(2)であり有限体積法で離散化する。

$$\nabla \cdot U = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho U}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho U U) = -\nabla p^* + \nabla \tau + \rho g + f_s + S_i \quad (2)$$

ここで ∇ :3次元ベクトル微分演算子、 U :流速ベクトル、 ρ :密度、 p^* :擬似動圧、 τ :粘性応力テンソル、 g :重力加速度ベクトル、 f_s :表面張力に相当する体積力である。また S_i :多孔質体による圧力損失であり、これはDarcy-Forchheimer則⁷⁾で以下に定義される。

$$S_i = -(\mu D_{ij} + \frac{1}{2} \rho |U| F) U_i \quad (3)$$

ここで μ :粘性係数、 D :粘性抵抗、 F :慣性抵抗を示す。また気液界面の追跡についてはVOF法 (Volume Of Fluid) を使用し、界面の数値拡散を抑制する人工圧縮項を導入した移流方程式(4)を採用している。

$$\frac{\partial a}{\partial t} + \nabla \cdot U a + \nabla \cdot U_c a (1 - a) = 0 \quad (4)$$

ここに a :液相の体積占有率、 U_c :液相流速と気相流速差となる。またこの式に気液界面の再現性向上のためにYoungの式をベースとした動的接触角を追加した⁸⁾。この気液界面の再現性については3次元のベンチマークモデルを使用し検討済である。

今回の白濁現象は、噴火後の降雨の後に各箇所を確認されているために、多量の降雨が河川に集中したことで火山性物質を流下させた可能性がある。このため今回は河川流下水表面を脈動させるために、流入境界において波を入射させることとした。また造波することで反射波を考慮しなければならないが、この反射波についてはActive boundaryと称するデジタルフィルターを使用し、入射した波の流速と逆向きの流速(5)を与えることで反射波の発生を抑制するolaFoam⁹⁾ソルバを使用した。

$$U_{ca} = -\sqrt{\frac{g}{h}} \eta_R \quad (5)$$

ここで U_{ca} :補正流速、 η_R :反射波高、 h :水深である。また熱流体の移流拡散過程を検討するため以下のエネルギー輸送方程式を追加¹⁰⁾した。

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (UT) = (dT) \nabla^2 T \quad (6)$$

ここで、 T :温度、 dT :熱拡散率である。この式の左辺第2項が熱の移流を再現し、右辺第1項が熱の拡散を再現している。まず、この方程式を追加した後に熱の移流と拡散が表現できるかについて確認を行った。その結果、移流と拡散ともに計算可能できることを確認した。

次に本報で使用したモデルは多孔質による圧力損失を粘性抵抗と慣性抵抗の和である(3)式で疑似的に表現するため、多孔質の物性値(例えば透水係数、平均粒径など)をそのまま導入することはできない。そのため粘性抵抗 D が水面変動に与える影響について検討を行った。粘性抵抗 D は以下の式である。

$$D = \frac{k}{k_o} \quad (7)$$

ここで、 k :透水係数、 k_o :透過率である。粘性抵抗 D の値については次元解析を行い、使用するベンチマークモデルの物性値を再現できる値を選定した。次に選定した値を含む9ケースの計算を実行し、各計算値と実験値の水面変動の比較を行った。図-3に初期条件を示す。これは多孔質を有するダムブレイクのベンチマークのひとつでLiuら¹¹⁾による実験によるものである。この図

に示すように、中央部に多孔質ダムが位置し、その左側と底面付近に水塊が設置されている。この条件で実際に実験を行うと左側の水が多孔質ダムに侵入しながら水表面が右側に広がる。図-4に水面の初期設定位置を示す。この図には透過率 k_0 を3通り変化させたものを示しており、例えば $k_0 = 1 \times 10^{-4} [\text{cm}^2]$ の場合、粘性抵抗 D は 1×10^8 となる。また図中の緑色直線部で囲まれた部分が多孔質部になる。図-5には実験結果と k_0 を変化させた3通りの計算結果を示す。これらの図から、構築した数値モデルは多孔質ダムブレイクの実験結果の水面変動を精度良く再現できていることがわかる。また計算による水面位置は、実験による水面位置よりも総じて低い値をとることがわかる。これは Liu らの実験において多孔質ダムと左側の水塊の間の空白部には鉄板が挿入されており、この鉄板を引き抜くことで左側水塊が多孔質ダムへ侵入し始めるが、計算ではこの鉄板を再現していないためであると推測される。しかしながら、ダム左端部の水面の小さな凸部と右端部の凹部を共に再現できており、全体としての再現性は高いことがわかる。また今回粘性抵抗 D を変化させて(透過率 k_0 を変化させて)計算を行ったが、指定した範囲内においてはベンチマークモデルの再現精度は高いと判断した。

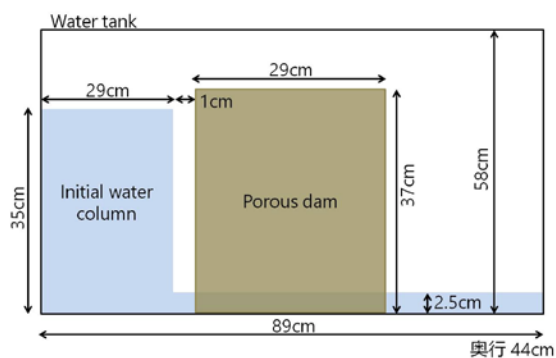


図-3 計算領域

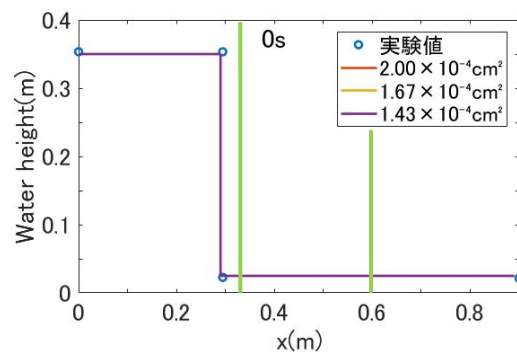


図-4 水面の初期設定位置

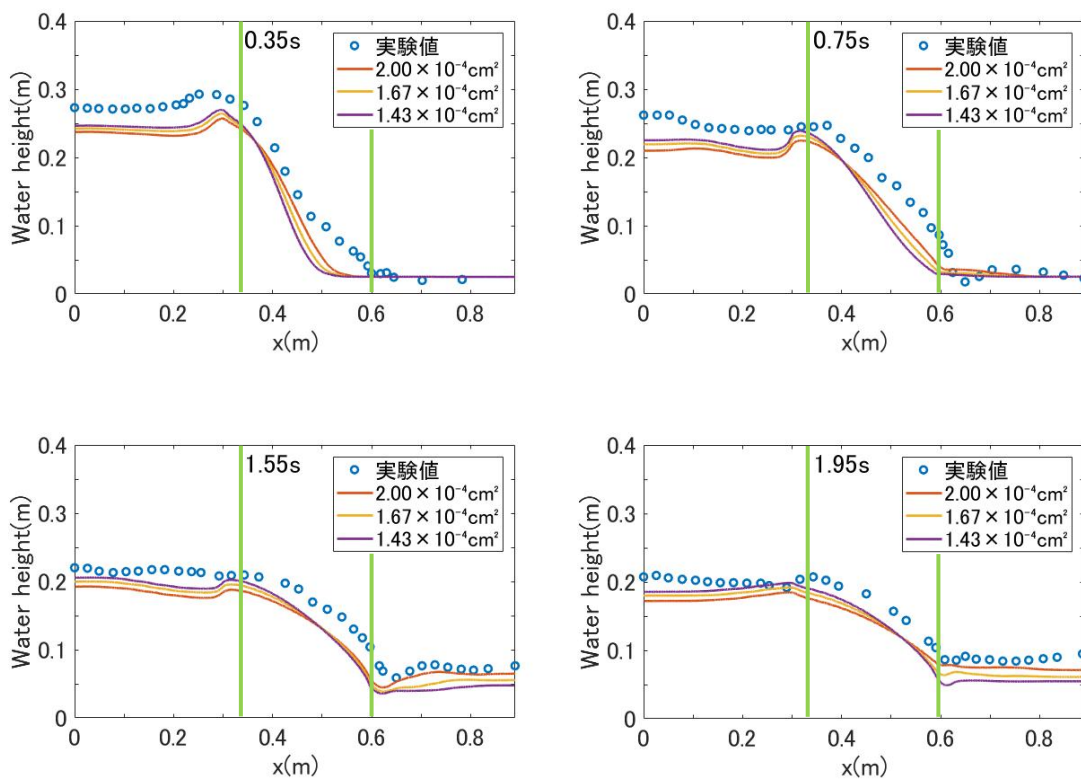


図-5 各時刻における水面変動結果

次に熱流体の多孔質中における自然対流の検討を行った。ベンチマークには鳥生ら¹²⁾による実験結果を使用した。図-6に計算条件を示す。図(a)は計算領域を示し $S_1=S_2=0.066$ [m]、 $S_3=0.33$ [m]である。図(b)は多孔質の配置図であり、粒径 $d=0.011$ [m]の球体が敷き詰められている。また球体の空隙部は全て水で満たされている。図(c)には温度場の初期条件であり、全体としては300[K]に設定され、左側側面が325[K]、右側側面が300[K]で固定されている。図-7は実験における温度場の分布の一例を示しており右端部の図が定常状態のものを示す。側面が加熱と冷却されることで高温部分が上面、低温部分が下面になることと、中央付近は高温と低温の中間温度が広く分布する結果となっている。

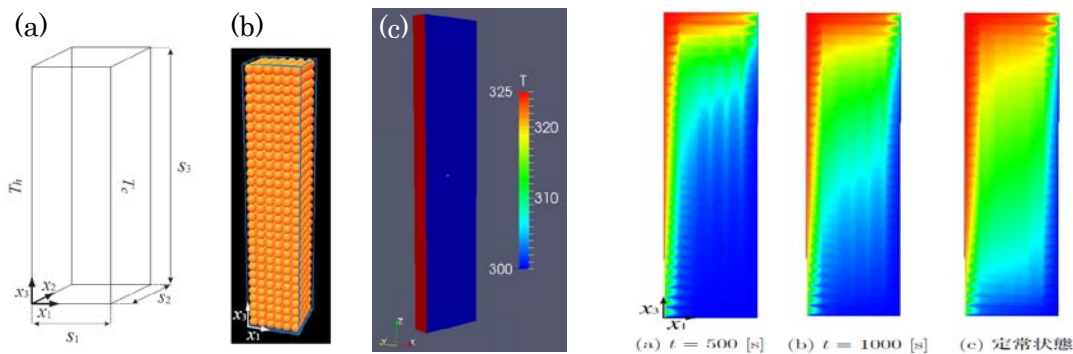


図-6 計算条件(a)計算領域(b)多孔質配置(c)温度場 図-7 温度場の実験結果の一例¹¹⁾から引用

図-8に透過率 k_o を変化させた場合の温度場の分布を示す。図の(a)(a')(a'')は $t=500$ [s]時、図の(b)(b')(b'')は $t=1000$ [s]時、図の(c)(c')(c'')は定常状態を示している。定常状態について着目すると今回の k_o の設定値の範囲においては実験結果の再現性が高いことがわかる。また(b)(b')(b'')に注目すると、 k_o が大きいほど熱の広がり方が早いことがわかる。つまり粘性抵抗 D が小さいほど熱の拡散速度が大きいことを示している。このように透過率の値により拡散速度に変化がみられた。

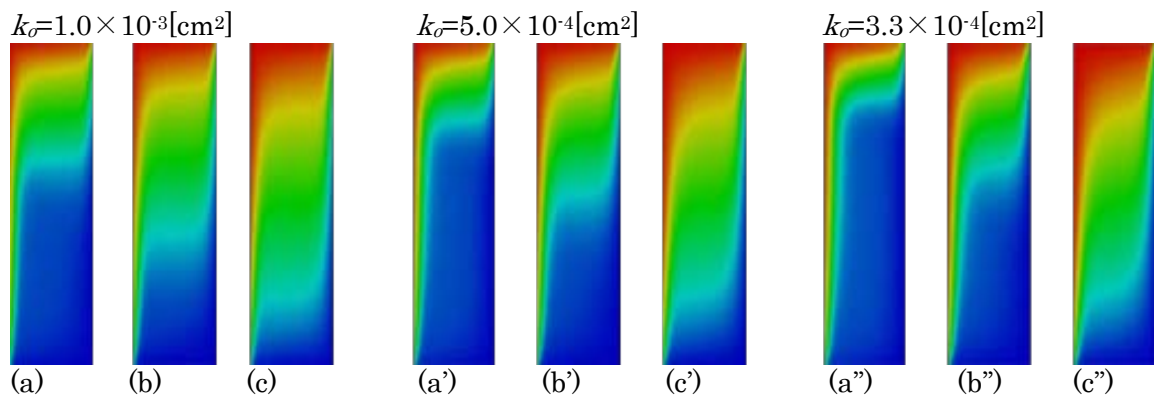
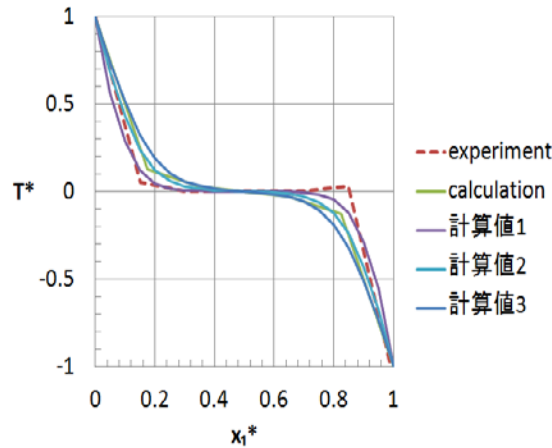
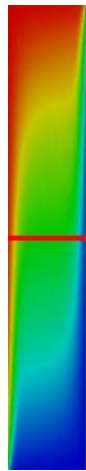


図-8 透過率 k_o を変動させた場合の温度場の変動

次に実験装置中央部の温度分布について検討を行った。図-9に温度分布測定位置を赤色直線で示しおり、図-10は距離と温度を右図に示す方法で無次元化した無次元温度分布を示す。また図中のexperimentとcalculationは鳥生らの実験結果であり、計算1から3までが透過率を変化させて計算した結果となる。この図より、今回のモデルにおける無次元温度分布の計算結果は実験結果の再現性は高いことがわかる。一方で温度勾配が急激な部分においては、この勾配がなまるといった結果となった。これは離散化手法を検討することで改善可能であるため今後の課題としたい。



$$x_i^* = \frac{x_i}{S_i}$$

$$T^* = \frac{T - T_1}{T_h - T_1} \frac{2^{S_3}}{2^{S_3}}$$

透過率 k_0

計算値1: $1.0 \times 10^{-3} \text{cm}^2$
 計算値2: $5.0 \times 10^{-4} \text{cm}^2$
 計算値3: $3.3 \times 10^{-4} \text{cm}^2$

図-9 温度分布測定位置 図-10 無次元化温度分布

4. 白濁現象再現計算

次に、白濁現象を検討するため、土壤地下中の熱流体が河川流下水により溶出する現象の再現を試みた。今回の噴火では高温の火山性物質が地表面または河床表面まで溶出したことが想定されるため、河床近くに火山性物質を想定した熱流体を設置した。さらに大量の降雨により火山性物質が流下したことが想定されるため河川水面の脈動を造波で再現する条件とした。図-11 に計算領域の寸法と初期の温度場を示す。計算領域は長さ 150.0[m]、高さ 14.0[m]とし土壤地盤を想定した多孔質が高さ 4.0[m]の位置までとした。河床水面は高さ 9.0[m]としこの高さまでは水で満たされている条件とした。一方、空気層は上面の 5.0[m]とした。また温度場は、高熱流体を 370[K]とし、その他は全て 300[K]に設定した。造波については、左側端部を入射波境界とし、右側端部を動的反射波抑制境界とした。また多量の降雨による河川水の脈動と溶出現象を再現するために波高は 2.0[m]、周期 10[s]と比較的大きな値を設定した。また多孔質領域における粘性抵抗 D は 1×10^3 とし碎石岩石の中でも粘性抵抗が小さい値を採用し、脈動による流速が土壤内部でも減衰しにくい条件とした。

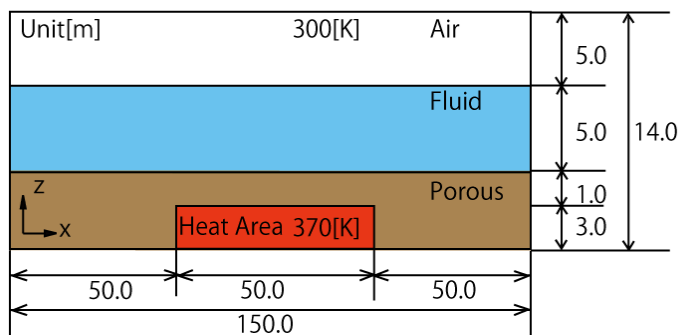


図-11 計算領域寸法と初期温度場

気液界面・土壤中流れ場・温度場の計算結果を図-12 にまとめた。図中左上に計算時間 T を示す。(a) $T=0[s]$ の初期条件での各場を示す。気液界面においては、青色が空気を示し、赤色が水を示している。(b) $T=14[s]$ においては、左境界から波は入射することがわかり、それに連動する形で、土壤中の流速も増加し、熱流体が拡散と移流し始めることがわかる。この時、土壤中流速は最大で $0.2[m/s]$ と多孔質中においては大きな値となる。これは造波自体が大きく、粘性抵抗 D を小さく設定したためである。今回は熱流体の拡散移流過程の再現を試みているため多孔質中の流速が大きくなる条件としたが、現実でも同様な現象が作用した可能性がある。(c) $T=300[s]$ においては、波の作用により継続的に土壤中に大きな流速が発生することで熱流体が広範囲に広がり土壤から河川水内に溶出していることがわかる。図中の黒色点線部が多孔質領域である。

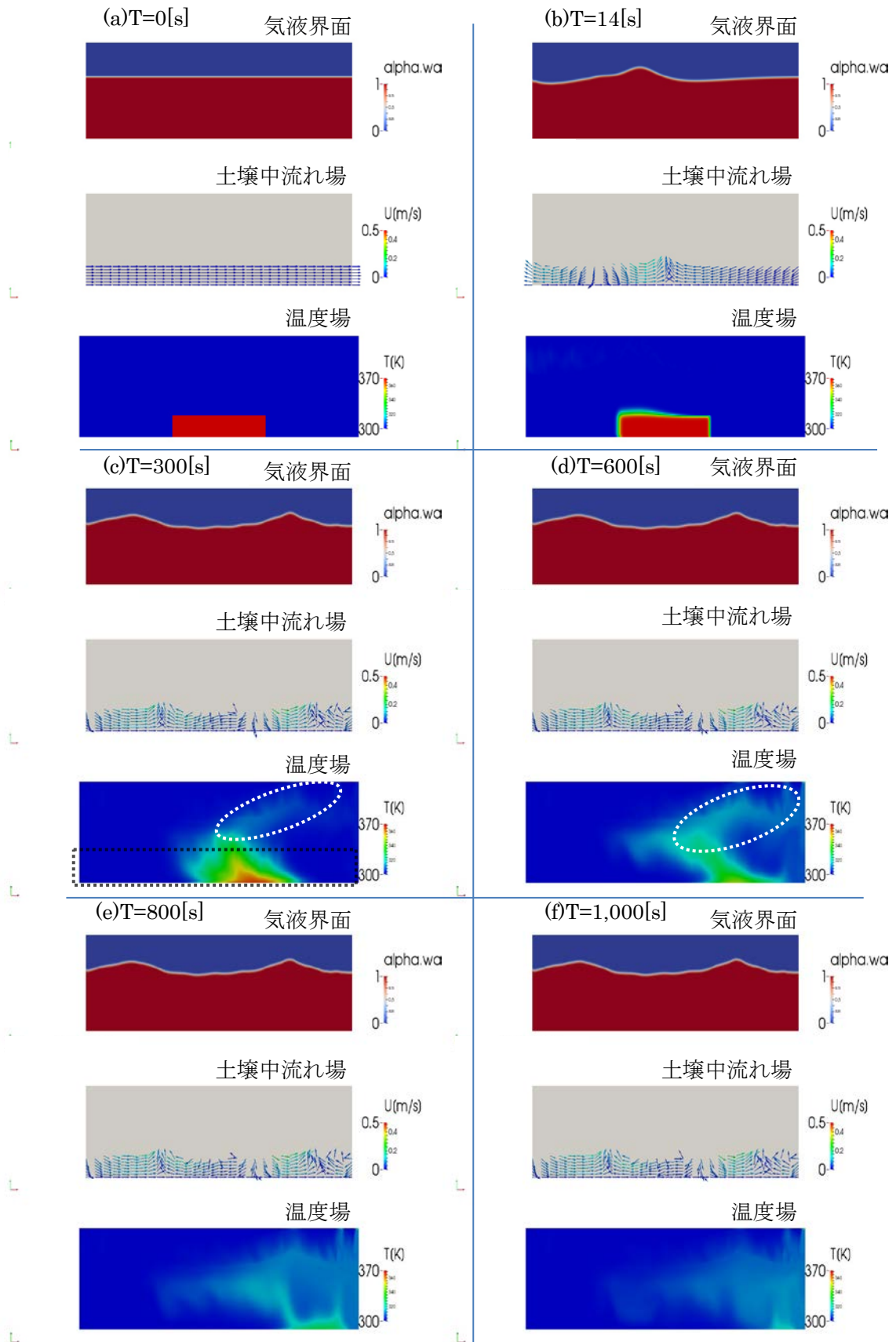


図-12 気液界面・土壌中流れ場・温度場の計算結果

またさらに河川水内に溶出することで界面付近に熱が移流することが確認できる。この部分を白色点線で示す。これは界面付近の流速が他の箇所と比べて相対的に速いためであると考えられる。そしてこの特徴は(d) $T=600$ [s]でも継続することがわかる。つまり波により土壤中の熱流体が河川水内に溶出するとその溶出部(熱部)は水表面まで移動しその他の部分よりも速く流下すると一連の挙動が推測される。(e) (f)においては、継続して波の影響を受けると、土壤中の熱源は拡散移流し高温を保てないことがわかる。さらに土壤中に留まっていた熱源も徐々に流下しながら低温になることがわかった。

5. まとめ

本報では河床付近まで上昇してきた火山性物質が降雨集積により発生した河川水面脈動から受ける影響とその河川流下水による拡散移流現象の再現を試み、その結果以下のことがわかった。

- 1) これまでに構築した多相流解析モデルに温度場の支配方程式と多孔質モデルを追加し、その再現性について検討した結果、構築したモデルが妥当性を有していることを確認した。
- 2) 火山性物質を想定した熱流体が河床付近まで上昇し、その後多量の降雨による河川水の脈動により土壤中に大きな流速が発生する。この継続的な流速が発生することで土壤中の火山性物質は、河床まで上昇し河川水と混合され流下する。
- 3) 河川水と混合した火山性物質は、河川水表面まで上昇し、水表面で一気に流下するといった現象が確認できた。また同時に土壤中の火山性物質は、徐々に流下し、最終的には高温を維持できないことがわかった。

6. 今後の検討

今後は開発した数値モデルを3次元に拡張しその再現性の検討を行いたい。また現地観測を継続し硫黄山噴火に伴う長江川白濁現象の詳細な検討を行いたい。

7. 謝辞

長江川白濁現象について鹿児島県湧水町役場栗野庁舎の方々には情報提供をいただいた。ここに謝意を記す。

参考文献

- 1) NHK NEWS WEB, <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20180428/k10011422071000.html>
- 2) 広報ゆうすい, <https://www.town.yusui.kagoshima.jp/uploaded/attachment/688.pdf>
- 3) UMK テレビ宮崎 FOCUSweb サイト, <https://www.umk.co.jp/udoki/focus/>
- 4) 中尾・信典, 菊地恒夫・玉生志郎, 熱・熱水の影響を考慮した広域地下水流動の数値シミュレーション地質調査研究報告, 59巻1-2号 pp. 53-64, 2008年
- 5) 前野詩朗・小川誠・道奥康治, 鉛直2次元モデルによる多孔質堰を通過する多孔質流れの解析, 土木学会論文集 B, Vol. 63, No. 1, pp16-28, 2007年
- 6) The open source CFD toolbox, <https://www.openfoam.com/>
- 7) Porous Media in OpenFOAM, http://www.tfd.chalmers.se/~hani/kurser/OS_CFD_2008/HaukurElvarHafsteinsson/haukurReport.pdf
- 8) Akio NAGAYAMA, Tomotaka TANAKA, Toshiyuki ASANO, Effects of Front Slope of a Breakwater on Tsunami Jet Flow Characteristics, The 28th International Ocean and Polar Engineering Conference, 2018
- 9) OpenFOAMWiki, <https://openfoamwiki.net/index.php/Contrib/olaFlow>
- 10) OpenFOAMWiki, How to add temperature to icoFoam, http://openfoamwiki.net/index.php/How_to_add_temperature_to_icoFoam
- 11) Philip L.-F. Liu; Pengzhi Lin; Kuang-An Chang; and Tsutomu Sakakiyama, Numerical Modeling of Wave Interaction with Porous Structures, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, Volume 125 Issue 6 - November 1999
- 12) 鳥生大祐, 牛島省, 熱伝導性を有する多孔質体中の自然対流現象に対する多相場モデルの適用性, 土木学会論文集 A2, Vol. 69, No. 2, I_71-I_78, 2013年

距離減衰式から推定される面的震度分布と 1914 年桜島地震への応用

理工学研究科 小林励司

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震を契機に、地震調査研究推進本部はハザードマップ「全国地震動予測地図」(2008 年までは「全国を概観した地震動予測地図」)を作成し、公表している。これには、2 つの問題点がある。1 つは、確率が住民に理解されにくいことである。比較的低い確率の数値が示されると危機感が薄くなる。実際に 2016 年熊本地震の前は、熊本県では危機感が薄かった。もう 1 つは、予測に用いるデータが少ないため不確定さが大きく、また予測手法の検証も不十分で信頼性が落ちるといえる点である。

そこで我々は、より住民に理解されやすく、またより不確定さが小さく、手法も確立されていると思われる方法で、過去最大震度の面的分布図作成を提案する。これはそれぞれの土地で過去最大で震度いくつの揺れを経験したかが分かる地図である。

同様の分布図はすでに Miyazawa and Mori (2005, 2009)によって作成されている。彼らの方法は、震度が得られている地震に関して、観測点間の震度を線形補間によって求めている。そのため、震度が複数の場所で推定されていることが必要である。

そこで、本研究では、距離減衰式を用いた面的震度分布の推定を行う。これによって、震度が複数点で得られていない場合でも、震源が分かっていたら面的な震度分布を推定することができる。

この報告書では、まず距離減衰式から面的震度分布を求める方法を示す。これを 1914 年桜島地震に適用した。ここでいう桜島地震は 1914 年 1 月 12 日の桜島の噴火に伴って起こった被害地震をさす。

これまで筆者らはこの地震について被害から鹿児島市街地での震度分布を推定してきた。その結果、推定時の仮定によるが、最大震度が 5 強または 6 弱となった。しかし、震源は鹿児島市街地に近く、またマグニチュードが 7 と推定されている地震にしては震度が小さすぎるように思われた。これを確実に示すことを目的に、本研究の手法で面的な震度分布を推定し比較した。

2. 手法

震度に関する距離減衰式については、森川・他 (2010)を用いた。これは、地震のマグニチュード、断層最短距離、地盤増幅特性のための補正項、異常震域に対応するための補正項、に依存する式である。

断層最短距離に関しては、標高も影響してくる。本研究では、国土交通省国土政策局がウェブ上で公開している国土数値情報標高・傾斜度 5 次メッシュデータを用いた。250 m メッシュであり、広域を面的に表すには十分な細かさである。

地盤増幅特性のための補正項は、表層 30 m までの平均 S 波速度 (V_{s30}) を用いて求めている。本研究では、防災科学技術研究所のウェブサイト、地震ハザードステーション (J-SHIS) で公開されている表層地盤のデータに含まれる V_{s30} のデータを用いた。

異常震域に対応するための補正項については、火山フロントからの距離を用いている。火山フロントの位置は地震調査研究推進本部 (2014)によった。

3. 1914 年桜島地震での例

1914 年桜島の地震に関して、これまで建物被害から震度分布を評価してきた (例えば、小林・他, 2017)。評価方法は武村・虎谷 (2015)を適用した。建物被害のデータは今村 (1920)から得た。評価するにあたって、1 戸あたりの住家数が不明であることから、2 つのケースを仮定して評価を行った。その結果、一方のケースでは最大震度が 6 弱、もう一方のケースでは最大震度が 5 強となった (図 1)。

桜島地震の震央とマグニチュードについては、いくつかの研究があるが、理科年表では宇津 (1979) の結果が採用されている。震央は (31.6° N, 130.6° E)、マグニチュードは 7.1 である。一方、阿部 (1981) は震央を (31.5° N, 130.6° E)、マグニチュードを 7.0 と推定している (図 2)。いずれにしても鹿児島市街地から近い。この距離とマグニチュードの割には、最大震度が小さい。

それを定量的に示すために、本研究の手法で距離減衰式から面的な震度分布を計算する。小林・他 (2017) でも、距離減衰式から震度を計算したが、このときは市街地の各町の中心の震度を計算していた。したがって断層最短距離の値や V_s30 の値を各町の中心のみを考えていた。この場合、中心の 1 点はその町を代表してしまう。震源が近いと、同じ町でも断層最短距離の影響は大きく変わる。また同じ町でも地盤は変化している。そのため、面的な推定をすることが妥当である。

手法に示したように国土交通省国土政策局のウェブサイトで公開している標高と、防災科学技術研究所の地震ハザードステーションで公開されている V_s30 のデータを用いた (図 3)。なお桜島地震に関しては、浅い地震であるため異常震域の影響は考えなくて良い。

桜島地震に関しては、断層モデルがない。そのため、震源が断層の端で、鹿児島市街地から最も近い点と仮定し、震源距離を断層最短距離とした。

図 4 に距離減衰式で計算した面的な震度分布を示す。震央とマグニチュードは宇津 (1979) のものを用いた。また震源の深さについては、宇津 (1979) ではごく浅いとされているため、1 km とした。鹿児島市街地では、震度 6 弱~6 強となった。 V_s30 の分布図 (図 3) と比較すると、地盤の影響を大きく受けているのが分かる。建物被害から評価した震度分布 (図 1) と比較すると、全体的にかなり大きい。

そこで、震央を鹿児島市街地から少し離れた阿部 (1981) のものを用い、さらに M を 7.0、震源の深さを 10 km とした。その結果を図 5 に示す。鹿児島市街地では、震度 5 強~6 弱となり、全体的に小さくなった。しかし、まだ図 1 よりもまだ明らかに大きい。

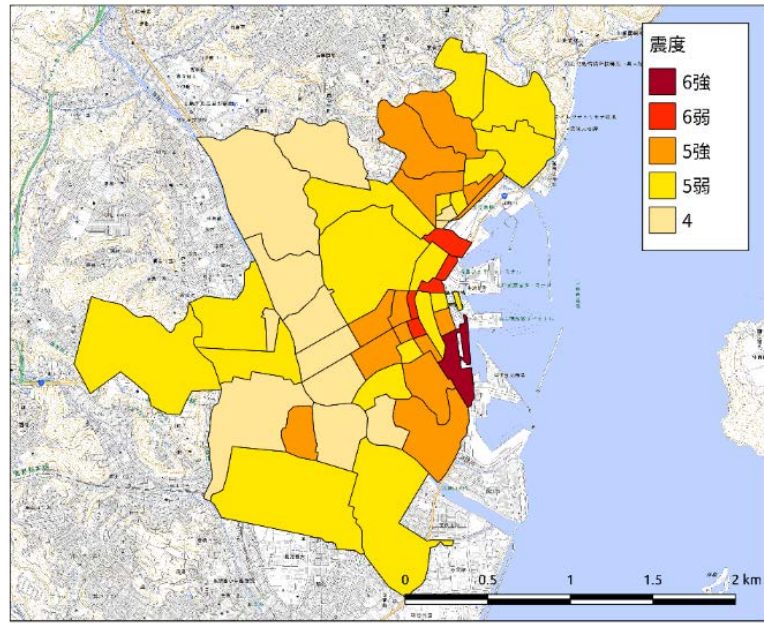
以上のことから、建物被害から評価された震度分布は、震源とマグニチュードから予測される震度よりも明らかに小さいことが示された。この原因としては、(1) 震源がより遠い、(2) マグニチュードがより小さい、(3) その他の震源の特性、が考えられる。(1) の震源の位置に関しては、複数の研究でこの付近に決まっていることから、これ以上は動かしがたい。(2) のマグニチュードについても同様である。(3) のその他の震源の特性については、震度に大きく影響する比較的短周期の地震波が弱く、マグニチュードに大きく影響する比較的長周期の地震波が強かった可能性が考えられる。これについては火山性地震であることから、流体の影響などが考えられるかもしれない。また、地震波が強く放射された領域が震源から離れていた可能性も考えられる。しかし、この場合は広域の震度分布との比較が必要になる。これについては今後の課題である。

今回示した手法によって、震源が明らかな場合に面的な震度分布を推定することができた。1914 年桜島地震では震源断層が不明だったので震源を用いたが、森川・他 (2010) は断層最短距離を使っていることから震源断層が明らかな場合はそれを使った方が良い。すでに試験的に熊本県と鹿児島県においては、明治以降の地震において予備的な結果を得ている。今後はまずは九州全域での最大震度分布作成を目指す。ただし、1914 年桜島地震のように、実際の震度から外れる地震も含まれる可能性には注意する必要がある。

謝辞

標高データは国土交通省国土政策局のウェブサイトから、 V_s30 のデータは防災科学技術研究所地震ハザードステーション (J-SHIS) から入手した。 V_s30 の分布図も J-SHIS による。他の作図には Generic Mapping Tools (Wessel and Smith, 1998) および QGIS を用いた。鹿児島市街地の町界は鹿児島市統計書から得た。鹿児島市統計書は国立国会図書館デジタルコレクションから入手した。

(a)



(b)

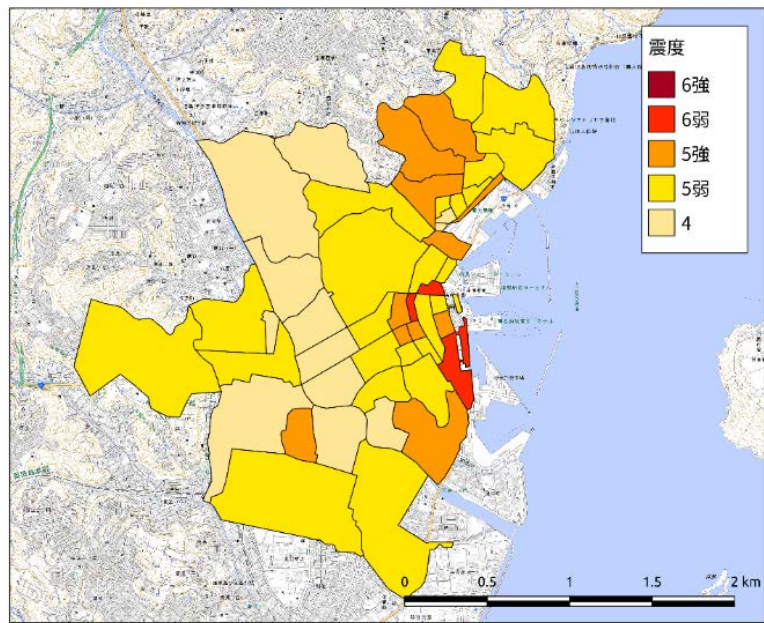


図1. 1914年桜島地震について建物被害から評価した震度。背景の地図は地理院地図の淡色地図。
(a)は1戸あたりの住家数を1棟と仮定したもの。(b)は1戸あたりの住家数を1.69としたもの。
これは汐見町で住家の被害数を全戸数で割ったものである (小林・他, 2017)。

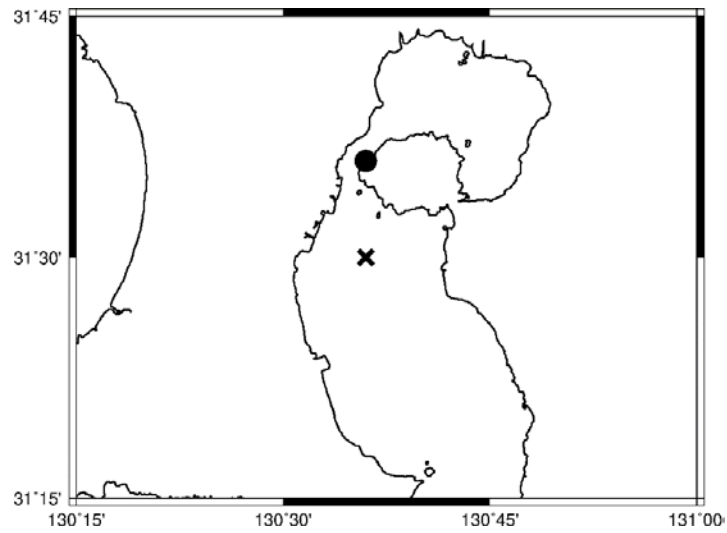


図 2. 1914 年桜島地震について推定されている震央。●は宇津（1979）、×は阿部（1981）による。

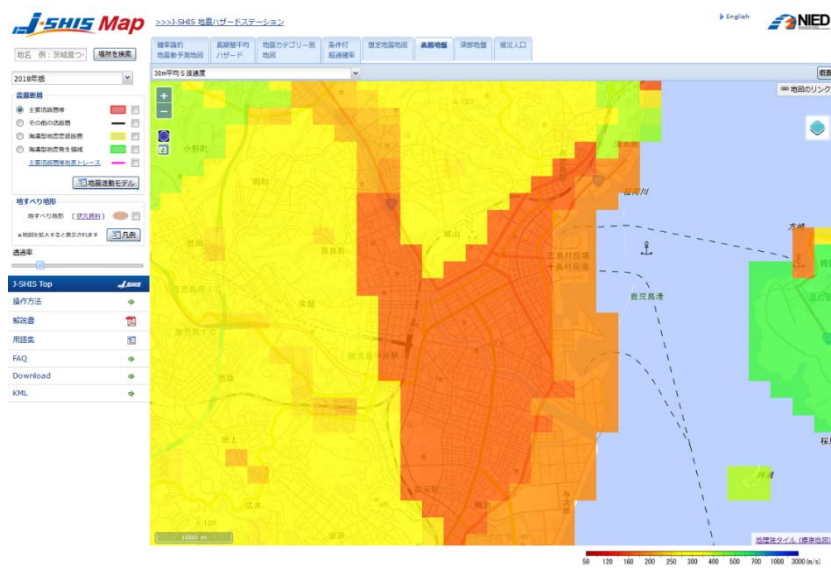
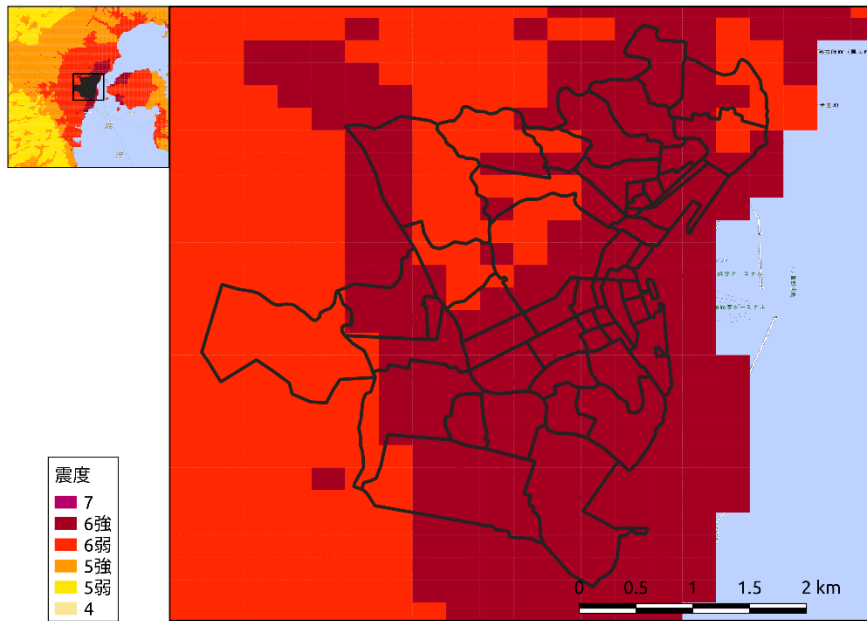


図 3. 表層 30 m までの平均 S 波速度 (V_{s30}) の分布。防災科学技術研究所の地震ハザードステーションによる。

(a)



(b)

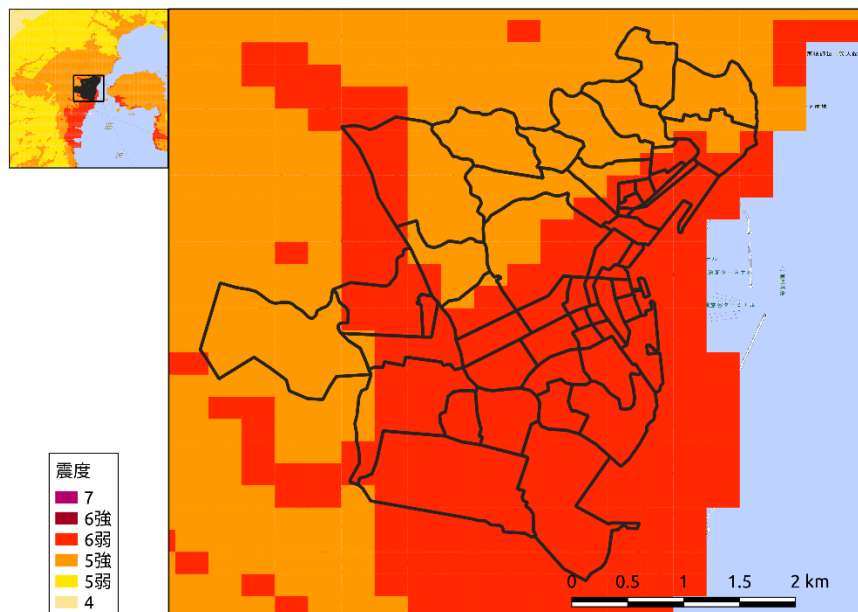


図4. 距離減衰式から求めた震度分布。(a) 宇津 (1979)の震央を採用し、震源の深さを1 km、マグニチュードを7.1とした場合。(b) 阿部 (1981)の震央を採用し、震源の深さを10 km、マグニチュードを7.0とした場合。それぞれの左上の図は広域図。

参考文献

- 阿部勝征, 桜島地震の震源とマグニチュード, 北海道大学地球物理学報告, 39, 57-62, 1981.
- 今村明恒, 九州地震帯, 震災予防調査会報告, 92, 1-94, 1920.
- 地震調査研究推進本部, 全国地震動予測地図 2014 年版～全国の地震動ハザードを概観して～
付録-1, < https://www.jishin.go.jp/evaluation/seismic_hazard_map/shm_report/shm_report_2014/>, 2014. (参照 2019-01-31)
- 小林励司・古屋幸菜・桑原大樹, 1914 年桜島の地震の震度分布および震源断層の位置とマグニチュードの検証, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, SSS15-P11, 2017.
- Miyazawa, M. and J. Mori, Historical maximum seismic intensity maps in Japan from 1586 to 2004: Construction of database and application, Annuals of Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, 48C, 2005.
- Miyazawa, M. and J. Mori, Test of seismic hazard map from 500 years of recorded intensity data in Japan, Bull. Seism. Soc. Am., 99, 3140-3149, 2009.
- 森川信之・神野達夫・成田章・藤原広行・福島美光, 近年の強震動記録に基づく計測震度の距離減衰式, 北海道大学地球物理学研究報告, 73, 149-158, 2010.
- 武村雅之・虎谷健司, 1944 年東南海地震の広域震度分布の再評価と被害の特徴, 日本地震工学会論文集, 15, 2-21, 2015.
- Wessel, P., and W. H. F. Smith, New, improved version of Generic Mapping Tools released, EOS Trans. Amer. Geophys. U., 79 (47), pp. 579, 1998.
- 宇津徳治, 1885 年～1925 年の日本の地震活動—M6 以上の地震および被害地震の再調査—, 地震研究所彙報, 54, 253-308, 1979.

桜島から噴出する火山灰の構成鉱物に関する研究

—火山灰中の変質鉱物から火山活動を監視するための予備的調査—

教育学部 松井 智彰・七村 玲奈

1. はじめに

鹿児島県の地において、リアルタイムで活動する火山について日常生活で最も身近に意識されるのは火山灰であると言っても過言ではなく、日々噴出・降下する火山灰の特性を正確に理解することは地域特有の防災課題の中でも最上位に位置付けられるものである。大規模火山噴火に備え、災害に対してレジリエントな地域社会を実現するためにも、平時から地道に火山噴出物に関するデータを継続して蓄積していくことが防災の基礎であると考えられる。桜島は1955年の南岳山頂火口での爆発的噴火以来、長期にわたって活発な噴火活動を継続しており、平成30年は479回噴火し、そのうち爆発的噴火は246回であった。このような桜島の火山活動を物質科学的に長期モニタリングすることを目的として、鹿児島大学教育学部鉱物学研究室では、平成24年度から火山灰中で最も構成比が高い斜長石の構造状態に着目して調査を行っている（松井ほか, 2017; 松井・足立, 2018）。本年度は新たに水ひ処理を加え、火山灰に含まれる微細な鉱物の調査を行った。これまで火山灰を洗浄する際に捨てていた濁り水の中に、微細な鉱物として粘土鉱物（粒径2 μm ）などの変質鉱物が見つければ、噴火と噴火の間の静穏期の火山活動をより精密に記載できると考えたからである。同様の調査は産業技術総合研究所地質調査総合センターと鹿児島地方気象台のグループによって2008年に噴出した火山灰を中心に行われ、噴火の経緯・モデル・活動推移と関連付けて整理されている（宮城ほか, 2010）。本調査では、桜島の火山灰に含まれる微細鉱物の種類を同定し、斜長石の結晶構造と全岩化学組成と併せて火山活動と照らし合わせて検討した結果を報告する。

2. 実験方法

本年度も、桜島南岳山頂火口の東約4kmに位置する鹿児島市立黒神中学校に協力を依頼して採取した。雨水で微細な鉱物が「洗浄」されていない試料を確保するため、同校校内の屋根付き渡り廊下で行った。採取期間は、平成30年1月5日から10月24日までの約10ヶ月間で、合計22の火山灰試料を得た。質量測定した結果を表1に示す。

水ひ処理では、100 gの火山灰を使用し残りを保管用とするため、採取量が200 g以上の試料番号1, 2, 6, 12, 13, 17, 20を今回は調査対象とした。水に懸濁した微粒子の沈降時間を規定するストークスの法則（沈降時間を t (min)とすると、 $t = 0.3\eta h/g(\sigma - \rho)D^2$ により求められる。ここで、 η ：水の粘性率 ($\text{dyne}\cdot\text{sec}/\text{cm}^2$)、 h ：沈降距離 (cm)、 g ：重力加速度 ($980\text{cm}/\text{sec}^2$)、 σ ：粒子の比重、 ρ ：水の比重、 D ：粒子の直径 (cm) である。)を参考にして予備実験を行い、静置時間を4時間、水面から5 cmまでの上澄みを回収、遠心分離機による分離は4000回転を30分間とした。水ひした試料は、回収してスライドガラスに塗り、粉末X線回折実験用の定方位試料を作成した。

水ひ処理で懸濁液を捨てた後に残った火山灰試料は、500 μm 、250 μm 、120 μm 、62 μm の4つのフルイで5つの粒度に分別し、伊原ほか (2016)に従い、実体顕微鏡下で形状に重点を置いて鉱物結晶の同定が可能な250~500 μm の火山灰試料について砂粒組成分析を行った。

鉱物の同定は、リガク製X線回折装置Ultima IV Protectus (管電圧 40kV; 管電流 40mA; モノクロメータ (グラファイト) 使用; 発散スリット・散乱スリット 1°; 受光スリット 0.15mm) を用いてCuK α 線によって測定し、回折線データ (XRD図形) を得た。火山灰全岩試料では $3^\circ \leq 2\theta \leq 70^\circ$ の範囲を10°/min で測定し、統合粉末X線解析ソフトウェアPDXLを用いたICDD (International Center for Diffraction Data) とのコンピューター照合により火山灰に含まれる主な鉱物を同定した。水ひ処理で回収した定方位試料では $3^\circ \leq 2\theta \leq 30^\circ$ の範囲を1°/minで測定し、層状ケイ酸塩鉱物の同定に重要な低角での特徴ある角度でのピークの有無を調べた。火山灰から磁石で磁性鉱物を除去した後の試料については斜長石の構造状態を判定するため、 $21^\circ \leq 2\theta \leq 33^\circ$ の範囲を0.1°/minで精密に測定した。

火山灰の全岩組成分析は、全22試料と融剤 (Li₂B₄O₇) の希釈率を1:10 (重量比) のガラスビードにして、鹿児島大学研究支援センターのリガク製蛍光X線分析装置 ZSX-100eを用いて、主要10元素 (SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O, P₂O₅) について行った。今回は、産業技術総合研究所地質調査総合センター調整の地球化学的標準試料 (JA-1, JA-2, JA-3, JB-1a, JB-2, JB-3, JG-1a, JG-2, JG-3, JGb-1, JP-1, JR-1, JR-2) を検量線用の標準試料として使用した。

3. 結果

(1) フルイ分け・肉眼観察・砂粒組成分析

全体的には、120 μm ~250 μm の割合が高く、試料17については、肉眼的にも他の試料より粗粒で250 μm ~500 μm の割合が高く、500 μm 以上の粒子も目立った。砂粒組成分析の結果、クロ岩片とシロ岩片の割合が高く、次に斜長石の割合が高く6~14%であった (図1)。

(2) 粉末X線回折実験

測定した回折線データをPDXLを用いてICDDとのコンピューター照合をしたところ、火山灰は主として斜長石からなり、直方輝石が少量含まれることが判明した。水ひしたNo.12, 13, 17の試料では、低角の約11.6°付近に鋭いピーク、No.1, 2, 6の試料では18.0°付近に弱いピークがみられ、それぞれ石膏と明礬石に由来するピークであると思われる。火山灰の主要構成鉱物である斜長石や輝石が変質したカオリナイトや蛇紋石のような特徴的な層間距離を持つ層状ケイ酸塩鉱物は確認されなかった。

試料番号	回収日	採取量 (g)
1	1月5日	340
2	1月9日	360
3	1月15日	40
4	1月15日*	55
5	1月16日	25
6	1月18日**	590
7	3月26日***	28
8	3月26日	120
9	3月27日	70
10	3月28日	70
11	3月29日	180
12	4月5日	210
13	4月10日	265
14	4月13日	20
15	5月12日	140
16	5月25日	50
17	5月30日	570
18	6月1日	20
19	6月12日	50
20	8月31日	205
21	9月5日	100
22	10月24日	13

* : 午後
 ** : 1/17 11:00~1/18 11:00
 *** : 朝

表1 火山灰採取量

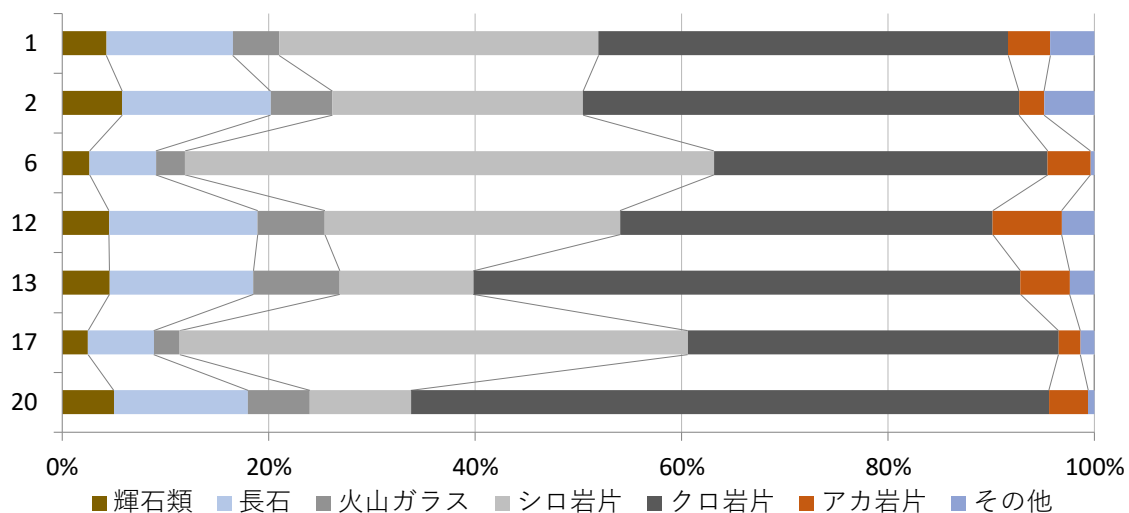


図1 砂粒組成分析の結果

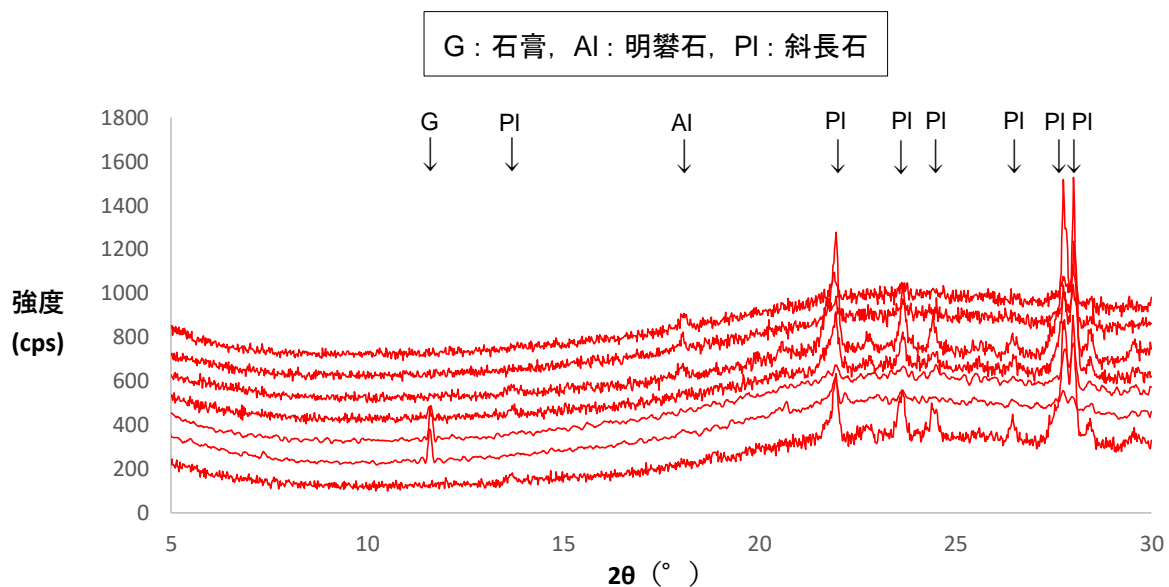


図2 水ひした試料の粉末X線回折図形（上から試料番号1, 2, 6, 12, 13, 17, 20の順）

一方、斜長石の構造状態については、Scheidegger (1973)に従って $21^\circ \leq 2\theta \leq 33^\circ$ の範囲で面指数(1-11), (-201), (131), (220), (1-31)に対応する回折線の角度から $B (= 2\theta_{(1-11)} - 2\theta_{(-201)})$ と $\Gamma (= 2\theta_{(131)} + 2\theta_{(220)} - 2\theta_{(1-31)})$ を求めた(図3)。今回の採取期間では、斜長石の構造状態については明瞭な傾向は認められなかったが、これまでと比べて灰長石成分に乏しい範囲に分布していた(図4)。

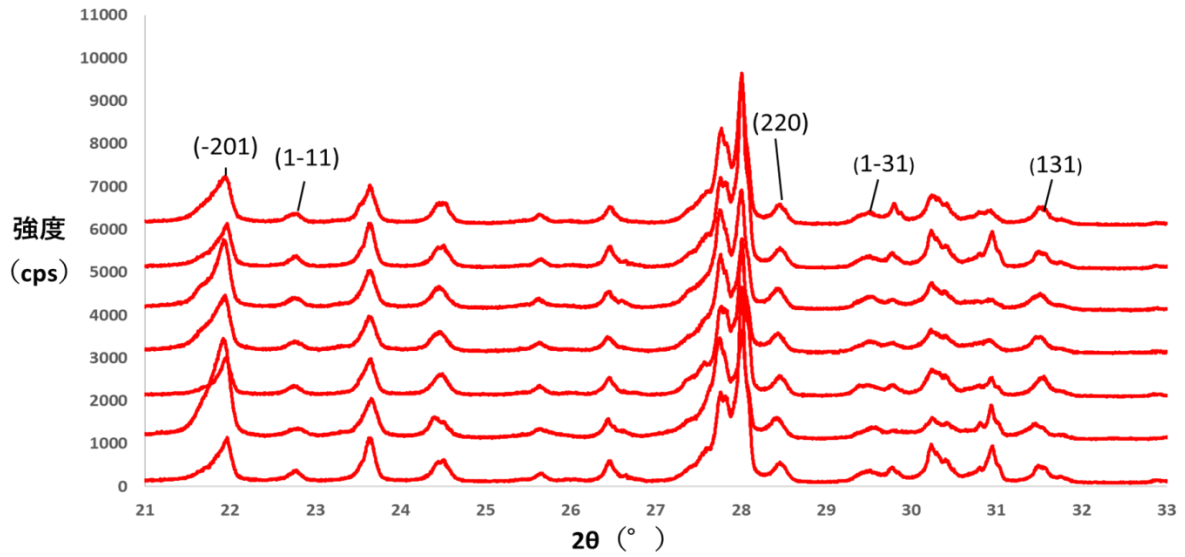


図3 粉末XRD図形($21^\circ \leq 2\theta \leq 33^\circ$, 上から試料番号1, 2, 6, 12, 13, 17, 20の順)

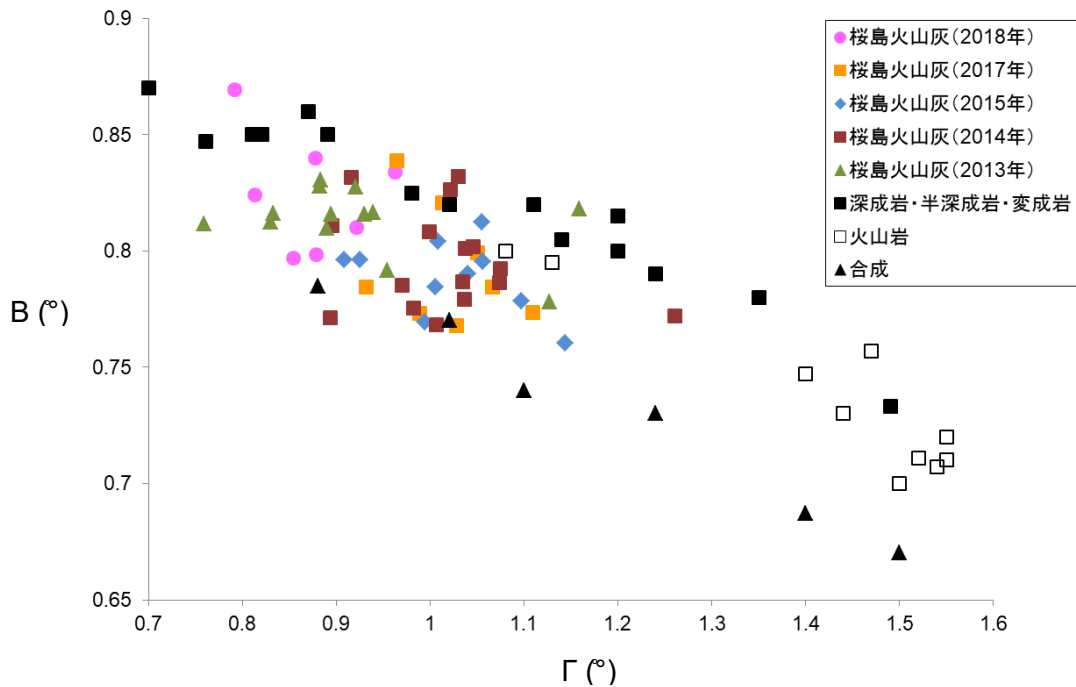


図4. 桜島火山灰を構成する斜長石のB/Γプロット. 深成岩・半深成岩・変成岩、火山岩中の斜長石および合成斜長石のデータは Smith & Gay (1957)による.

(3) 蛍光X線分析

表2に全22試料の分析結果を示す。各成分の質量%の合計が100%になるように規格化した。SiO₂成分の割合は60~63 (mass%)で全ての試料は安山岩質であり、採取期間を通して化学組成の経時変化は認められず、この期間は桜島火山のマグマ供給系に苦鉄質マグマの注入のような大きな変化がなかったと思われる。

表2 火山灰の全岩組成分析結果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	60.11	59.34	61.50	60.39	60.61	61.49	60.64	61.15	61.16	60.68	60.61
TiO ₂	0.83	0.83	0.86	0.86	0.86	0.83	0.86	0.88	0.86	0.87	0.86
Al ₂ O ₃	16.55	16.67	16.69	16.93	16.85	16.84	16.37	16.06	16.39	16.58	16.40
Fe ₂ O ₃	8.30	8.49	7.84	8.40	8.39	7.61	8.28	8.28	8.12	8.08	8.21
MnO	0.16	0.16	0.13	0.14	0.13	0.14	0.16	0.16	0.15	0.15	0.16
MgO	3.14	3.31	2.52	2.36	2.30	2.34	2.90	2.74	2.62	2.64	2.80
CaO	7.34	7.74	6.96	7.26	7.14	6.96	7.17	6.87	7.03	7.17	7.22
Na ₂ O	2.05	2.02	1.90	2.02	2.06	2.11	2.05	2.15	2.02	2.17	2.11
K ₂ O	1.46	1.38	1.52	1.57	1.57	1.61	1.53	1.66	1.59	1.60	1.57
P ₂ O ₅	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.06	0.05	0.07	0.07	0.06	0.06
Total (mass%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
SiO ₂	60.99	60.06	60.13	60.46	60.09	63.21	61.78	61.11	59.46	59.87	59.81
TiO ₂	0.87	0.84	0.85	0.86	0.88	0.89	0.86	0.86	0.86	0.87	0.83
Al ₂ O ₃	16.32	16.59	16.68	16.51	16.27	15.74	16.51	16.58	16.55	16.08	16.69
Fe ₂ O ₃	8.20	8.38	8.46	8.16	8.56	7.78	7.89	7.94	8.79	8.73	8.24
MnO	0.15	0.16	0.15	0.16	0.17	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.16
MgO	2.78	2.75	2.62	2.79	2.99	2.11	2.45	2.58	2.87	3.17	3.08
CaO	6.97	7.46	7.40	7.31	7.30	5.82	6.54	7.00	7.57	7.47	7.53
Na ₂ O	2.06	2.15	2.11	2.13	2.15	2.32	2.13	2.14	2.15	2.10	2.14
K ₂ O	1.59	1.55	1.55	1.56	1.53	1.91	1.63	1.58	1.53	1.48	1.45
P ₂ O ₅	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.08	0.06	0.06	0.07	0.06	0.05
Total (mass%)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

4. まとめ

今回の調査では、桜島の火山灰には微細な鉱物として石膏と明礬石の硫酸塩鉱物が伴われることが示された。マグマから分離した二酸化硫黄、硫化水素、水蒸気などの火山ガスにより火口周辺に硫酸酸性環境が維持され、岩石の変質作用が進行して石膏や明礬石が形成された部分が噴火に伴って放出されたと思われる。今後も調査が継続され、火山活動の物質科学的なモニタリングがより精密になされることが期待される。

謝辞

本調査を遂行するにあたり、鹿児島市立黒神中学校の皆様には火山灰試料の採取にご協力いただきました。また火山灰の蛍光 X 線分析では鹿児島大学研究推進機構研究支援センター機器分析施設の七村和彰氏に大変お世話になりました。記して御礼申し上げます。

引用文献

- 伊原美咲・久田健一郎・興野純 (2016) 火山灰学習“わんがけ法”から見えてくる鉱物の同定問題—赤城鹿沼テフラの場合—. 日本地学教育学会第 70 回全国大会徳島大会講演予稿集, 75-76.
- 松井智彰・丸本啓介・中村美勇・戸高京介 (2017) 桜島火山から噴出する火山灰を構成する斜長石の構造状態 —火山灰構成鉱物から火山活動を監視するための予備的研究—. 鹿児島大学教育学部研究紀要 (自然科学編), 68, 23-30.
- 松井智彰・足立稜太 (2018) 桜島から噴出する火山灰の構成鉱物に関する研究 (2017 年 3 月～10 月) —地域の自然環境を深く正確に理解した力量ある理科教員の養成—. 鹿児島大学地域防災教育研究センター平成 29 年度報告書, 鹿児島大学地域防災教育研究センター, 69-76.
- 宮城磯治・伊藤順一・篠原宏志・鹿児島地方気象台 (2010) 火山灰から見た 2008 年の桜島昭和火口の再活動過程. 火山, 55, 21-39.
- Scheidegger, K.F. (1973) Determination of structural state of calcic plagioclases by X-ray powder technique. *American Mineralogist*, 58, 134-136.
- Smith, J.V. and Gay, P. (1957) The powder patterns and lattice parameters of plagioclase feldspars. II. *Mineralogical Magazine*, 31, 744-762.

地域住民の防災意識向上を目指した 体験型実践教育システムの構築とその実行 (地震編)

工学部 審良 善和

1. はじめに

鹿児島は、地震はもちろん、特有のシラス地盤と毎年の台風襲来や亜熱帯気候に近い豪雨による土砂災害、火山活動に伴う地震や爆発的噴火等々、わが国でも極めて多くの自然災害の危険に晒されている地域であり、防災は地域最重要課題の一つであると考えられる。災害に強いレジリエントな地域社会の実現のためには、ハード面での機能強化はもちろんのこと、ソフト面の対策が機能しなければならず地域住民の防災意識向上が必要不可欠となる。

巨大地震の被害を最小限に抑えるためには、自助、共助、公助のそれぞれが役割を果たすことが大切であると考えられる。しかしながら、地震による犠牲者の多くは、地震発生直後の建物の倒壊や家具の転倒等によるものが大きいと言われている。現在は、巨大地震に対して危険を回避するべく、緊急地震速報により住民に周知されるが、速報後の自助、共助の素早い対応が重要であると言える。しかしながら、図1に示すあるアンケート結果¹⁾では、震度が4～6強の地震に対し、揺れの最中の行動について調べている。この結果、身をを守るための行動として、「倒れそうなものを押さえた」や「建物の外に出た」「机の下に隠れた」などの回答が多くを占める中、全体の20%の回答が「何もしなかった(何もできなかった)」となっている。これは、予期せぬ大きな揺れに直面し、冷静な行動ができなかった人が多かったものと推察される。

地震の揺れは不規則であり、また、非常に激しい。気象庁では、震度階級の人の体感・行動について図2のように取りまとめている。このように震度5以上の地震が発生すれば、大半の人が恐怖を覚え、行動が難しい状況となる。これは、未経験な激しい揺れに対する恐怖であると推察される。冷静な行動を要求するのであれば、やはり地震を知ることが大切である。

このような中、昨年度、海洋土木工学科では地域防災の教育研究拠点となるべく、新たに2次元水平振動台や大型2次元加振実験装置を新規導入した。そこで、本事業では、地域防災に関する地域住民への実践的教育の一環として、振動装置を利用した体験型の教育システムを構築することを目的とする。また、これを利用して、次世代を担う子供たち

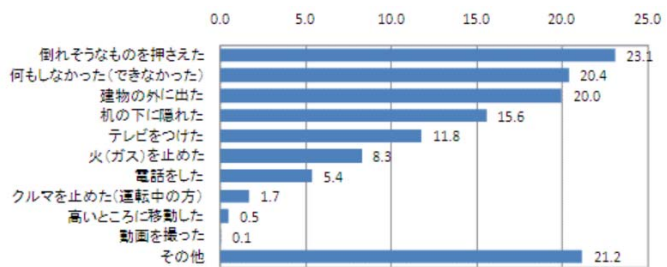


図1 巨大地震が起きた時(揺れの最中)の行動(震度4~6強)



図2 地震時の人の体感・行動

(特に中高生) や一般住民の参加を募り、体験型学習の実施を目指すものである。

2. 地震に関する体験型実践教育プログラム

本事業の全体計画としては、新規導入した水平振動台やその他機器を利用した様々な災害に対する体験型教育システムを構築することにある。今年度は地震による揺れや構造物の耐震技術に特化した教材の作製を目標とする。今回考えたプログラムは以下のとおりである。これらを実行することにより地域住民の防災意識向上を目指す。なお、いずれのプログラムも体験前にパワーポイントによる解説を行い、地震についての基礎知識について教育も行う。また、図3に表紙を示すが配布資料として、今回のプログラムについて分かり易い資料を作成し、理解向上に努めるとともに、帰宅後に家族や仲間と地震について考えてもらえる題材とする。

2.1 地震・免振に関する体験学習プログラム

地震への備えとして、実際の揺れを体感しておくことは地震時の初期行動を行う上で非常に重要である。また、家具等の転倒防止装置の設置など事前対策を行う必要性も再確認できる。そこで、本プログラムでは、実際に発生した地震動を水平振動台で再現し、その揺れを体験してもらうことを目的とする。今回採用した地震動は、阪神淡路大震災で観測された地震動を震度5レベルに小さくしたものとした。これは、安全性を考慮したためである。震度5レベルで歩くことが困難になる状態であり、また、不規則波の振動は恐怖を覚える。プログラムでは、これらを体験してもらうこととした。ここで、プログラム実施にあたり安全対策として、防護柵の設置、安全具の着用を行った。

また、耐震構造や制振構造、免振構造などの地震対策が行われているが、実際にどのような技術であるかは理解されていない。そこで、現在の最新技術として、免震構造に着目し、簡易な免振台を作製・設置し、受講者に耐震技術を体験してもらうこととする。免震構造は鹿児島市立病院などに導入されている技術である。これにより、工学への興味を持ってもらうことも狙いである。

2.2 レゴブロックを使った構造物の振動・破壊に関する学習プログラム

日本は地震大国といわれており、過去にも阪神淡路大震災や東日本大震災、熊本地震と大規模な地震災害が発生している。我が国に住んでいる以上、地震とうまく向き合いながら生活していかなければならない。そこで、地震教育の一環として、どのような構造が地震に対して壊れにくいのかを認知する必要があるため、地震に強い構造形式について学ぶきっかけを作る教育プログラムを作成する。

対象が一般の方々であることから専門用語を並べても、理解してもらうのは難しい。そこで、レゴブロックで実際に構造物模型を作ってもらい、どの程度の揺れに耐えることができるのか、実験的に体験してもらうプログラムである。また、短柱、長柱を用いた振動と揺れの関係、どの部分から破壊が生じるのかなどを考えてもらい、実際に実験する。

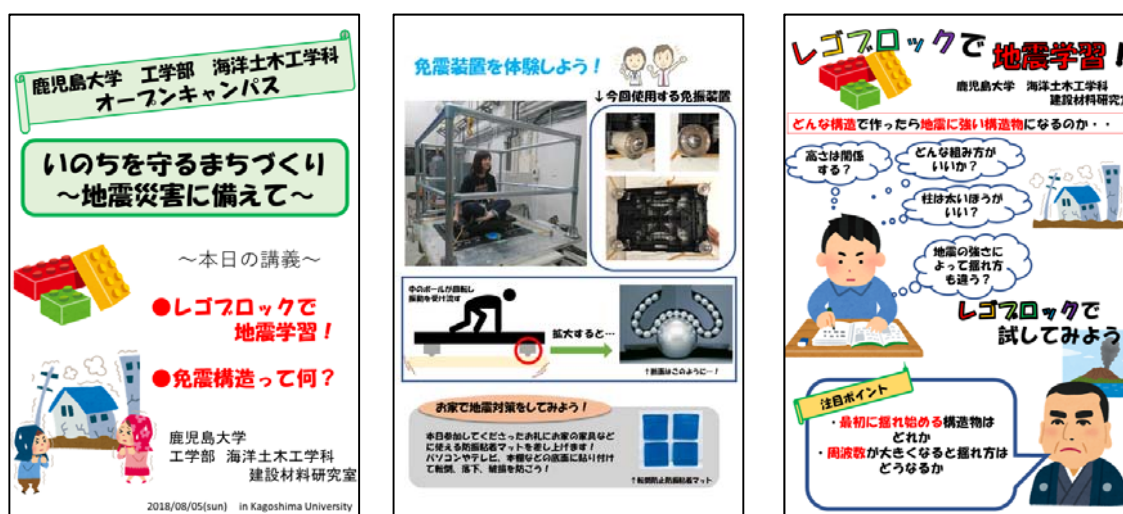


図3 配布資料の一例

熊本地震では木造建築やピロティー形式の建築物が、阪神大震災では高速道路の橋脚やビル等の1階または中間層での層破壊などが確認されている。これらとレゴブロックの実験とを併せて地震時の構造物の安全性について考えてもらうきっかけを作る。

3. 地震に関する体験型実践教育の実施

3.1 夏のオープンキャンパス（対象：高校生）

夏のオープンキャンパス（8月5日開催）において、体験講義「いのちを守るまちづくり～地震災害に備えて～」の中で、27人の高校生および保護者を対象に実践教育を実施した。写真1～4に体験講義の状況を示す。

講義終了後にアンケートを取った結果、「地震に強い建物を建設することは大事だと思ったか」の問いに対して、全受講生が「そう思った」との回答が得られ、免振技術およびレゴブロックでの実験に対して自由回答では表1に示す回答が得られた。受講者全員が興味をもっていたことがうかがえる。



写真1 講義の様子



写真2 地震体験

表1 体験学習後のアンケート結果（自由回答）

学年	免震構造について感じたこと	レゴブロックの実験に関して感じたこと
高1	免震が色んなところで利用されたらいいなと思いました。	レゴでもあのような実験ができるのがすごかった。
	すごい、その一言です。	新しいことを知れました。
	とても役に立つ情報だと思いました。	特になし。
	簡単な装置に見えたけどすごいと思った。	700分の1のスケールで地震の実験を見ることができてよく分かりました。
高2	揺れはだいが違った。	
	これからの日本の将来に絶対に必要な技術だと思った。	構造物によって揺れが違うことをはじめて知った。良かったです。
	全く揺れていなかった。	
	スケートボードと同じ原理かなと思った。	高さや太さを変えているいろいろ変えて実験してみたい。
	地震が起りやすい地域を中心に普及していけばいいなど。	
	すごいと思った。	小さい建物は揺れが大きいときに揺れて、大きい建物は揺れが小さいときに揺れが大きいのが分かった。
	大きな地震のシミュレートでもきちんと力がでていて良いと思いました。	建物の質量と揺れる力との関係性が知れてよかった。
高3	周りは揺れているのに自分は揺れていなかったため免震の技術は地震対策に大いに役立つと思った。	高い建物のほうが揺れやすいと思っていたが、そのような単純なことではなくもっと奥が深かったため興味深いや感じた
	ゆれを抑えるというより相殺するという考え方がおもしろかった。	すごく分かりやすくてタメになった。
	すごくすごいです。	
	ゆれてなくてすごかった。	高さで揺れが変わるのが不思議に感じた。
高3	すごいなと思った。	ものによって揺れる時間が違うことに驚いた。
	すごいと思いました。	高い建物は怖いと思いました。
	地震の多い所には必要なものだと思った。	
	中にいる人がぜんぜん揺れていなくてすごかった。	
	超伝導とかで浮かせられたらもっとすごそう。	建物が高ければ高いほど揺れが大きくなっていた。
	宙に浮いたらもっとすごいと思った。	
	高い分効果も大きいのかなと思った。	同じ細さで見たかった。



写真3 免振体験



写真4 レゴで振動学習

3.2 秋のオープンキャンパス（対象：高校生）

秋のオープンキャンパス（11月17日開催）において、工学部独自企画の一つとして約40名の高校生および保護者を対象に実施した。写真5～8に体験講義の状況を示す。工学部に興味を持った高校生であったため、振動問題に詳しい生徒もいたが、実際に実験することで、より興味を持ったようである。



写真5 講義の様子



写真6 レゴで振動学習



写真7 地震体験



写真8 免振体験

3.3 大学祭（対象：一般）

大学祭期間中に一般公開として、公開授業を11月18日に実施した。一般の来場者を対象に希望者がいれば随時実施した。写真9～15に体験講義の状況を示す。ここでは、レゴブロックによる振動学習において、実際に参加者にレゴブロックを用いた模型を作製していただき、加振試験を実施した。それぞれ異なる模型が様々な揺れをお越し、倒壊する様子を参加者全員が興味深く観察していた。また、地震体験では、幼児から大人まで実際の地震動に驚き、特に、小さな子供のいる保護者の皆様は地震に対する備えの重要性を再認識されていた。受講後は、大変感謝され、「とても為になった」「勉強になり、また、楽しかった」「高いほうが揺れることを知り、高層階

に自宅を構えているので、帰ってすぐに地震対策を行います」「より多くの人に伝えてほしい」「たまたま通り過ぎたから分かったものの、もっと多くの方に参加いただけるようにアナウンスしたほうがよい」など、多くの意見をいただいた。



写真9 講義の様子



写真10 レゴで振動学習



写真11 レゴで振動学習



写真12 地震体験

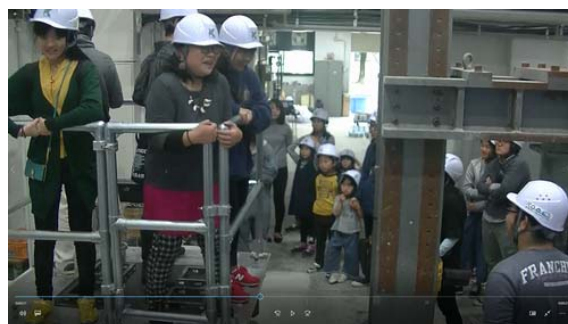


写真13 地震体験



写真14 地震体験



写真15 免振体験

3.4 新潟県立海洋高校（対象：高校生）

10月22日に施設見学で訪問された新潟県立海洋高校の高校生に対して体験授業を実施した。写真16～19に体験講義の状況を示す。



写真 16 レゴで振動学習

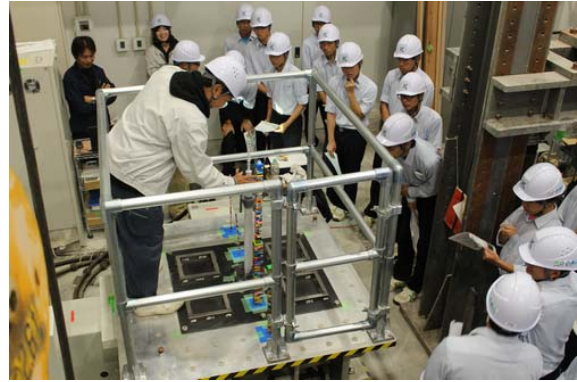


写真 17 レゴで振動学習



写真 18 地震体験



写真 19 体験後のディスカッション

3.5 韓国教育者研修会（対象：一般）

1月21日に施設見学で訪問された韓国の教育者研修の団体に対して体験授業を実施した。写真20～21に体験講義の状況を示す。



写真 20 地震体験



写真 21 受講後の集合写真

4. おわりに

平成30年度の地震火山地域防災センター調査研究プロジェクトに採択いただき、1年間にわたり実施することができた。本プログラムを今後も継続的に実施していきたいと考えている。これにより、地域住民に対する地震防災の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) アスマーク：地震・災害に関するアンケート調査，<https://www.asmarq.co.jp/examine/ex2303.html>
- 2) 気象庁：<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/now/shindo/kaisetsu.html>

歯科的身元確認業務に関する地元機関との連携構築と 支援・教育体制の強化

医歯学域歯学系 解剖法歯学分野・田松裕一

1. はじめに

平成 30 年の「今年の漢字」は「災」が第 1 位となった。6 月 18 日の大阪府北部の地震、9 月 6 日の北海道胆振東部地震、7 月上旬の西日本豪雨、9 月上旬の台風 21 号に伴う関西国際空港の高潮浸水や連絡橋の損壊など非常に自然災害の多い年であった。特に西日本豪雨では週末に九州北部から中国地方の交通が麻痺し、大学関係者にも学会への参加や業務上の移動に困難を来した教職員が多数いらしたと聞いた。地震や火山を始め最近の異常気象による水害なども含めた防災の重要性を改めて感じる。

平成 23 年 3 月の東日本大震災を受けて成立した死因究明二法[※]により、歯学部においても歯科法医学を担う歯科医師の資質・能力向上のため法医学に係る教育および研究の充実が求められるようになり歯科法医学の学術的、社会的意義はますます大きくなってきている。地震、津波、噴火などへの大規模災害対策の一環として歯科的身元確認業務に派遣できる要員の確保と技能の研鑽が求められており、歯学部では災害対策委員会の設置や災害医療・法歯学の授業の開設などの対応をとっているが、歯科的身元確認業務の支援体制と実地技能訓練はまだ十分とは言えない。

鹿児島大学では平成 30 年度より組織改編した地震火山地域防災センターが地域防災力の向上を目指して活動を開始した中で、本事業では有事に人材を派遣するための具体的な体制作りに向け、派遣される歯科医師の技能ならびに歯学部の教育体制と関係諸機関と連携を強化することを目的として、法歯科医学会、歯科的身元確認業務の実技研修会、災害歯科関連の研修会へ参加したので報告する。

※「警察等が取り扱う死体の死因又は身元の調査等に関する法律」（死因・身元調査法）
および「死因究明等の推進に関する法律」（推進法）

2. プロジェクトに関連して参加した学会・研修会

(1) 第 17 回警察歯科医会全国大会（8 月 25 日（土）、熊本市）

日本歯科医師会が主催、熊本県歯科医師会が主管し、「熊本地震から“繋ぐ”支援活動と警察歯科のあり方」というテーマのもと、全国から歯科医師、警察職員、海上保安庁職員、行政関係担当者等が参加し報告や講演に耳を傾けた。岩手医科大学法医学講座の出羽厚二教授による特別講演「大規模災害に対する実践的な準備とは一何を想定し、何を備蓄し、どう訓練し、どう行動するのか？」の中で、古いハザードマップや危険地域に設定された避難所などを例に「間違った訓練は行わない方が良い」という話があったのが印象的であった。他県の参加者と話をする中で、鹿児島は警察、海上保安本部をはじめ各関係機関の連携がたいへん良い県と言われていることを知り、鹿児島大学としてもしっかりと役割を担っていきたいと感じた。なお、次回の本学会・研修会は 2 年後に鹿児島歯科医師会の主管のもと鹿児島市で開催される予定である。

(2) 第 6 回死体検案・身元確認業務等研修会（9 月 29 日（土）、鹿児島県医師会館）

鹿児島県医師会、鹿児島県歯科医師会、鹿児島県警察本部、第十管区海上保安本部が主催、鹿児島県が後援して、医師、歯科医師、警察職員、海上保安庁職員、行政関係担当者等を対象に開催された。まず主催四者の代表がそれぞれ身元確認業務の事例報告を行ったのち、鹿児島県くらし保健福祉部保健医療福祉課の野口 隆 氏による「死因究明等に関する報告」、鹿児島大学医歯学総合研究科 法医学分野の小片 守 教授による「死者との対話～問い続ければ答えてくれる～」の講演が行われた。大規模災害時には多数の犠牲者が出ることが想定されるが、中には災害とは関係のない事故や犯罪による遺体が含まれる可能性もある。ご遺体一体一体の死因究明を慎重に行うことの大切さを感じた。

(3) 日本法歯科医学会 第12回学術大会 (10月20日(土)、千葉市)

本学会では「社会の安全・安心のために」というスローガンのもと、警察歯科活動(組織、マニュアル、制度、研修など)、歯科法医学/法歯学研究(歯科所見、血液型・DNA型など)、生命倫理、医療関連死などの医療全般の問題などが研究・議論されている。種々の研究成果の中で例えば、統一されたものがない歯科所見照合時の判断基準に条件を付す試み、照合作業を効率化するためのデンタルチャート(歯科所見)のデータベース化の試み、剖検体の口腔内所見と歯科疾患実態調査との差異、災害に関する訓練・研修会の効果を上げるための提言、法医学解剖における歯科検査時の感染の予防、世界と日本の死亡調査の比較、その他にも骨のCT画像を用いた年齢推定や生化学的手法を用いた唾液の洞底などが発表された。また、成田赤十字病院の国際診療科部長による国際医療支援活動に関する特別講演が行われた。現在は大規模災害に限らず、身元確認業務は警察歯科医に委ねられることが多いが、大学に所属する歯科医師は現地での業務に加えて、日ごろから正確で簡便な身元確認方法や歯科的災害対応の方法などを研究・教育していくことが重要であることを改めて実感した。

(4) 四者会 (11月19日(火)、鹿児島県歯科医師会館)

災害時はもちろん、平時の災害対策に対しても関係諸機関が連携して取り組むことが大切である。日頃から顔の見える関係をつくるため、鹿児島県歯科医師会、鹿児島県警察、第十管区海上保安本部、鹿児島大学歯学部の一者四者の代表者が集まり、今年度の災害対策や身元確認作業に関する事業報告や今後の予定を話し合った。大学に所属していると比較的長期にわたり役職を務めることが多いと思うが、行政関係の職員は異動の頻度が高く2年程度で次の担当者になることが多い。本会のような会合を定期的、継続的に開催し常にお互いの顔を認識できる関係を築くことが必要であると感じた。

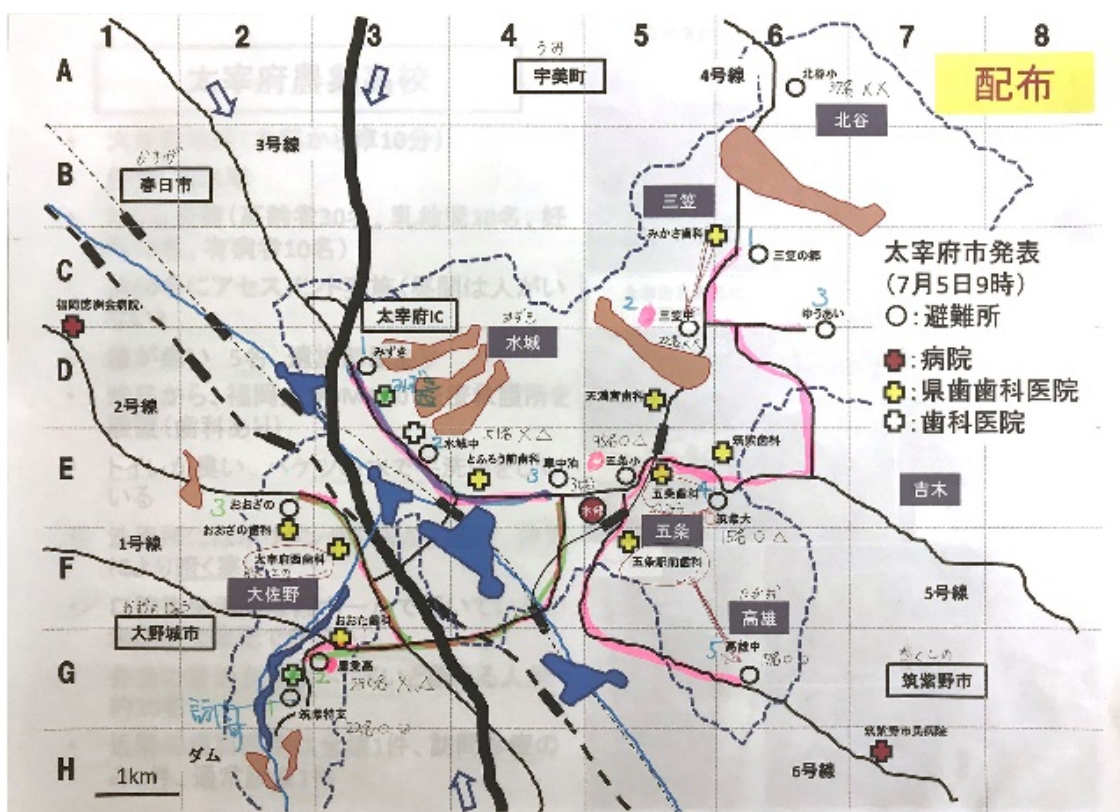


図1. 通行止道路や介護施設の重要度を勘案し支援チームの行動計画を立てる災害図上訓練。逐次送られてくる各地の被害状況や避難所の情報をもとに、限られたスタッフがどのように活動するかを立案する。

(5) 災害歯科保健医療体制研修会（12月8日（土）～9日（日）、日本歯科医師会館）

厚生労働省の医療関係者研修費等補助金災害医療チーム等養成支援事業の「平成30年度災害歯科保健医療チーム養成事業」として、今後起こり得る大規模災害に備え円滑な災害歯科保健医療の展開に向けて、災害時に関係機関や関係団体との共通言語の下で適確かつ迅速に対応できる者を養成して各都道府県（歯科医師会）に配置することを目的に開催された。参加者は予め推薦された歯科医師、歯科衛生士、歯科技工士、行政職、企業等の関係職種など60名が参加した。2日間にわたりワークショップ形式で様々な立場の方の講演を聴き、実際に存在する町での自然災害を想定して実践しながらの机上訓練を行った。（図1～2）今回は摂食・嚥下機能のチェックやサポートなどによる誤嚥性肺炎の予防や口腔衛生管理を目的とする歯科的救済活動なので、災害直後に入ってから活動であったが、それでも限られた人数、時間、移動手段の中で迅速な判断が求められる状況が多々あり、実際の現場に出た時にどれだけの活動ができるか不安が残った。今後も継続的に研修会などに参加し、具体的な判断力や行動力を身に付けていかなければならないと思った。また、発災直後の災害急性期に活動する方々には今回と比較にならないほど迅速・的確な判断や行動が求められるのだと初めて実感した。

福岡県歯科医師会 情報0706				配布
歯科医院名	住所	電気・水	訪問	備考
みかさ歯科	三笠 6-C	×・×	○	外来診療不可、訪問診療可
天満宮歯科	五条 5-D	×・×	×	診療不可、訪問診療設備なし
五条歯科	五条 5-E	○・×	○	外来・訪問とも診療可能
筑紫歯科	五条 6-E	○・×	×	外来診療可、訪問診療設備なし
五条駅前歯科	五条 5-F	○・○	○	通常診療
とふろう前歯科	五条 4-E	×・×	×	崖崩れにより一部損壊 外来診療不可、訪問診療設備なし
おおざの歯科	大佐野 2-F	○・給水車	○	外来診療可 介護施設おおざのの嘱託歯科医
おおた歯科	大佐野 3-G	×・×	×	ダムからの土石流により流出 復旧目途なし
太宰府西歯科	大佐野 3-F	○・給水車	○	通常診療（外来、訪問とも）

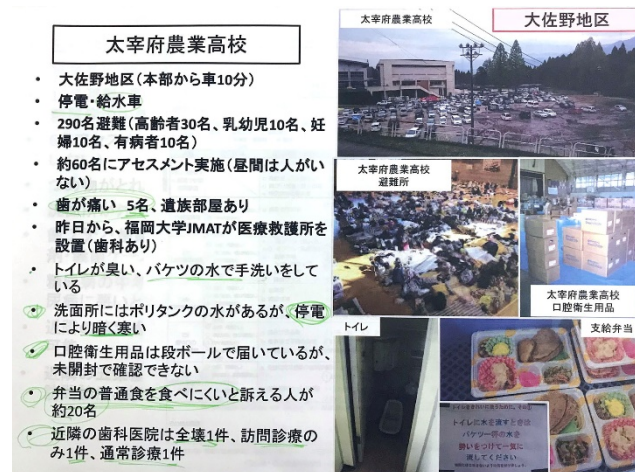


図2. 机上訓練中の情報の例。歯科医院の状況、避難所の状況などが次々と送られてくる中で迅速な判断と行動が求められる。

(6) 桜島火山爆発総合防災訓練

（1月12日（土）、長田中学校）

桜島の爆発・地震等による災害発生に際して、防災関係機関が相互に緊密な連携を保ちながら島民を迅速・適切に島外避難させることと、住民の防災意識の高揚と知識の向上を図る目的で170を超える機関・団体が参加する大規模な訓練であった。歯科医師として鹿児島市歯科医師会に同行して、避難所での口腔ケアおよび鹿児島県警察と共に歯科的身元確認作業に参加した。訓練としての遺体収容所は中学校の武道館に設営され、受け付け、医師による検案、歯科医師による口腔内所見の採取、遺族対応などの区画に分けられ、歯科医師は鹿児島県警の検視担当者と共に遺体懸案の終了した御遺体（若手警察官）に対して口腔内写真の撮影、エックス線写真撮影、歯科治療痕などの口腔内所見の採取を行った。（図3、4）

最近では虫歯や歯周病に対する予防意識の向上に伴い、以前に比べて治療された歯や入れ歯が少なくなっている。このこと自体は良い傾向であるが、歯科的身元確認業務の観点からは識別性が低下しているとも考えられる。東日本大震災の時は、紙の記録用紙に記入された膨大な枚数の生前情報と死後情報を限られた人数の歯科医師数で照合作業を行わなければならない、その労力は相当なものであったと聞いている。今では電子的な記録方法やデータベースの作成が開発・推進されているが、必ずしもフォーマットが統一されていないという課題を抱えている。現在、診療情報の記録方法などを統一する「標準化」が研究・開発されており、近い将来には身元確認支援機能の実装されたレセプトコンピュータ・電子カルテが使用され、災害・事故等を含む緊急時の情報提供の迅速化、平時の行方不明者に対する情報提供、互換性のある歯科情報検索ツールの開発が進み、歯科的個人識別の精度と速度が飛躍的に進むと思われる。（図5、6）



図 3. 遺体収容所の様子。奥では医師による死体検案、手前では歯科医師による口腔内所見の採取を行う。



図 4. 口腔内所見採取の様子。遺体役の若手警察官を相手に歯科医師 2 名が検視官と協力しながら所見採取と記録を交互に行い、ダブルチェックする。

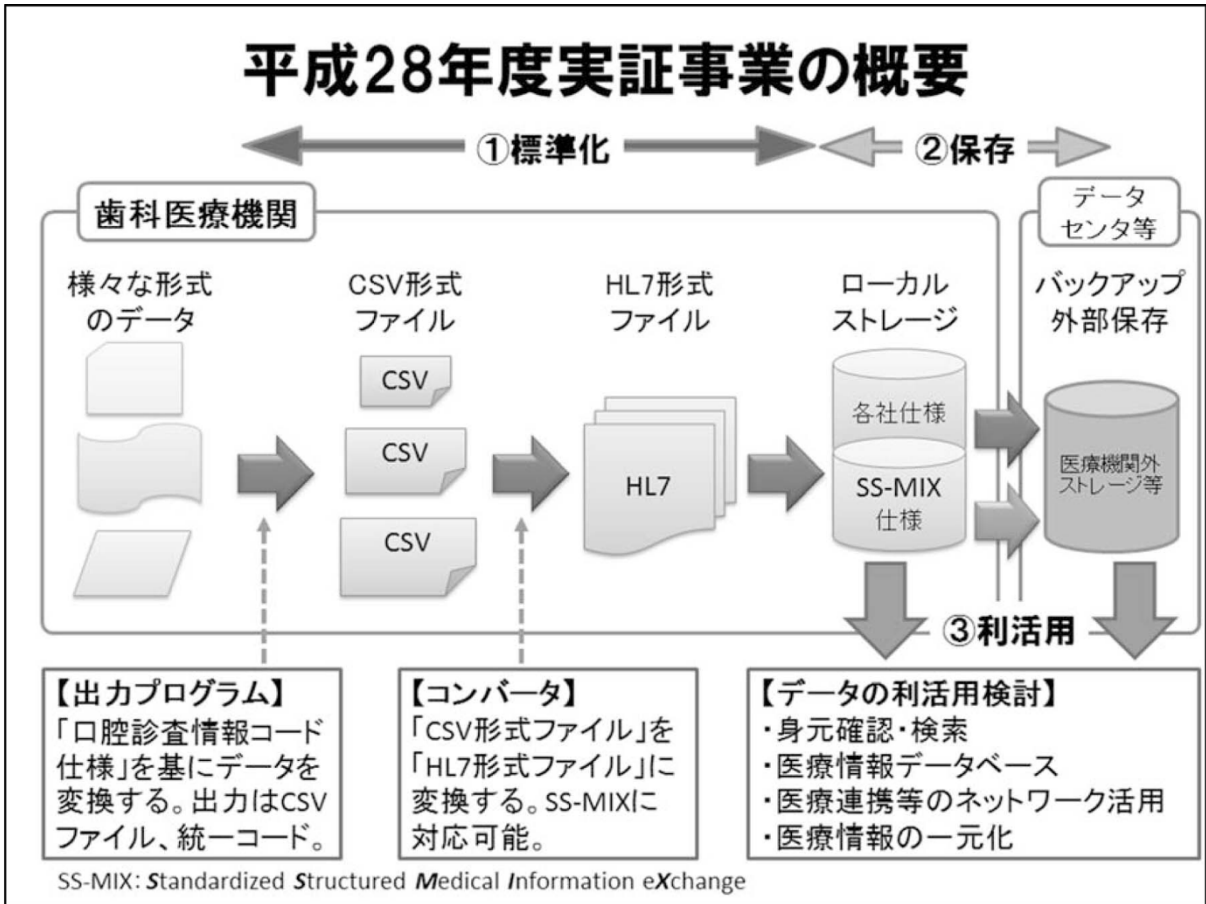


図5. 歯科診療情報標準化のイメージ。(厚生労働省の報告書より)

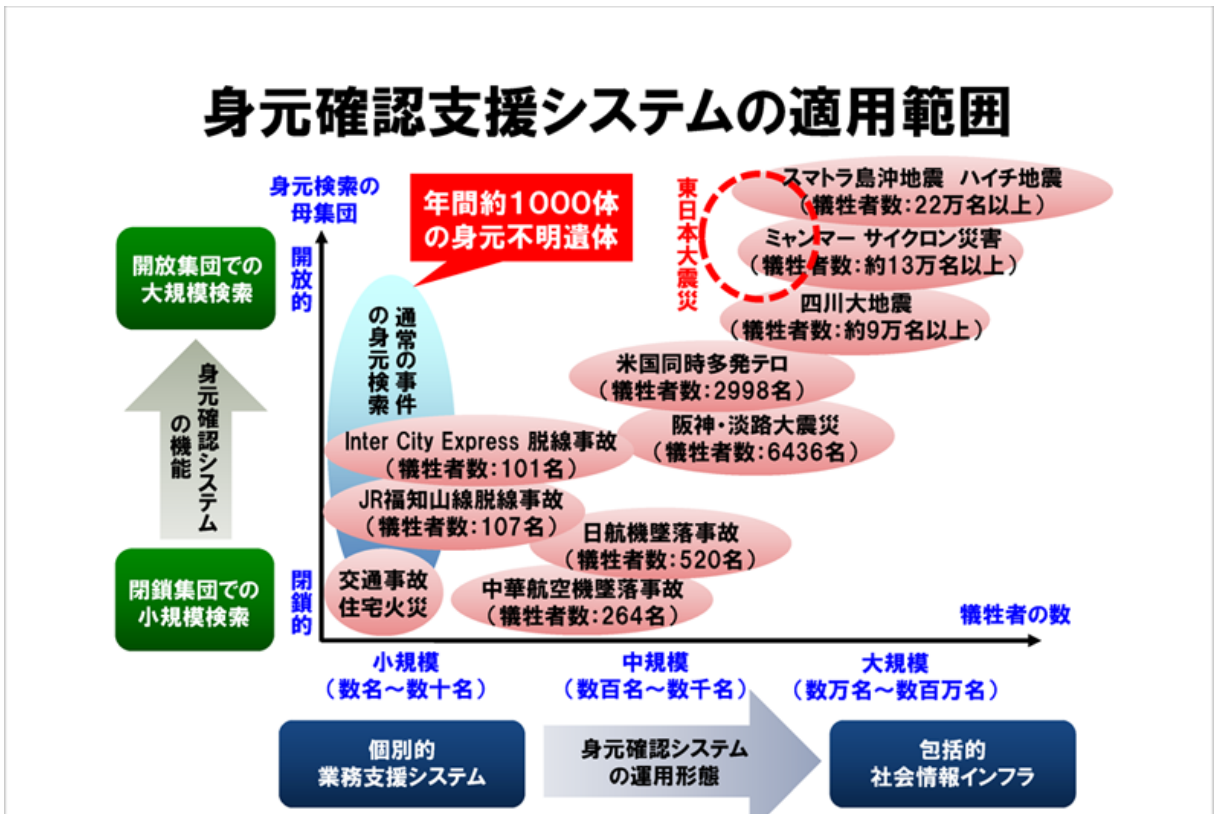


図6. 身元確認システムの適用範囲。(厚生労働省の報告書より)

4. まとめ

防災セミナーで学んだことによると、桜島は大正大噴火レベルの爆発がいつ起こってもおかしくない時期に来ているらしい。大爆発が起これば風向きによっては市街地にも数十センチの灰（礫）が積もる可能性があるという。ライフラインや交通が麻痺し、多くの住民が長期にわたり避難生活を強いられることになるであろう。爆発そのものを防ぐことはできないが、物と体制の準備は可能であり、防災担当者と住民全員がそのための心構えをしておく必要がある。

災害時の行動について「訓練でできないことは非常時にもできない」と言われることから、平時から関係諸機関と顔の見える関係を築き、研修や訓練を共にすることが重要であると考えられる。鹿児島大学歯学部では大規模災害に備えて、鹿児島県歯科医師会、鹿児島県警察、第10管区海上保安本部などの関係諸機関と連携して定期的に会議や研修会を開催し、鹿児島大学病院や歯学部の教職員が積極的に参加している。今年度もこれまでに述べた活動を通して、歯科医師会、警察、海上保安本部と協力しながら歯学部として身元確認業務と被災地での口腔ケアについて、より実践的な方略を立てて大規模災害への準備を整えることの重要性を認識した。今後はさらに具体的なアクションプランを作成することが求められる。また、歯学部の授業「災害医療・法歯学」において学生に地域防災の重要性と大規模災害時の歯科医師の役割を教育している。今後も地震火山地域防災センターと協力しながら歯学部としての防災対策を推進することによって、地域防災力の向上と活動成果を地域へ還元することに努めていきたい。

島嶼域におけるサトウキビ圃場の消費水量に関する研究

農学部 肥山 浩樹

1. はじめに

近年、気象変動による降雨パターンの変化は、都市生活に限らず農業生産活動にも多大な影響を与えている。島嶼域においては、ひとたび干ばつに見舞われると代替水源の確保が困難であることから、著しい農業被害を受ける。このため、作物の消費水量を適切に評価することは、地域水資源の有効活用の観点から重要である。

本研究では、南西諸島における基幹作物であるサトウキビの日消費水量を、土壌水分の現地観測に基づいて評価することを目的とする。特に、サトウキビの生育にとって最も重要である、夏期干ばつ期の日消費水量について検討する。本研究により、実情に応じた畑地灌漑計画の推進が図られ、島嶼域の農業農村整備事業実施計画の策定に貢献する。

2. 研究方法

2.1 試験圃場

試験圃場は、沖縄県糸満市照屋のサトウキビ圃場である。栽培品種は NiF8 (農林 8 号) であり、栽培型は株出しである。試験圃場の概要を図 1 に示す。圃場面積は約 31a であり、そのほぼ中央部 4.8×4.8m を対象区画とした。

試験圃場の土壌は琉球石灰岩風化土であり、深さ 70cm までほぼ均質であった。その土粒子の密度は 2.749g/cm^3 であり、粒度分布は図 2 に示す。日本統一分類法による粘土分含有量 ($< 5\mu\text{m}$) が 40% であり、重粘土の様相を呈していた。

対象区画では、深さ方向の密度変化を 100cm^3 の定容積円筒を用いて測定した。図 3 は密度測定時の状況である。また、土壌硬度分布をコーン貫入試験機 (図 4) で測定した。乾燥密度 ρ_d とコーン指数 q_c の鉛直分布を図 5 に示す。乾燥密度は、深さの増加とともに、 $0.8\sim 1.1\text{g/cm}^3$ の範囲で緩やかに増加した。この値は琉球石灰岩としては小さいものであり、深耕などの手入れが行き届いていることを伺わせる。コーン指数は、深さ 15cm まではほとんど現れず、25cm 付近でわずかに硬盤が認められ、これ以深では少しずつ増加する。サトウキビ圃場の造成で対象となる深さ 60cm までのコーン指数は概ね 1MPa 以下であり、サトウキビの根の伸長を阻害するものではない。

2.2 土壌水分計の検定方法

従来、土壌水分の測定には、土壌水分の負圧から水分量を算定するテンシオメータや

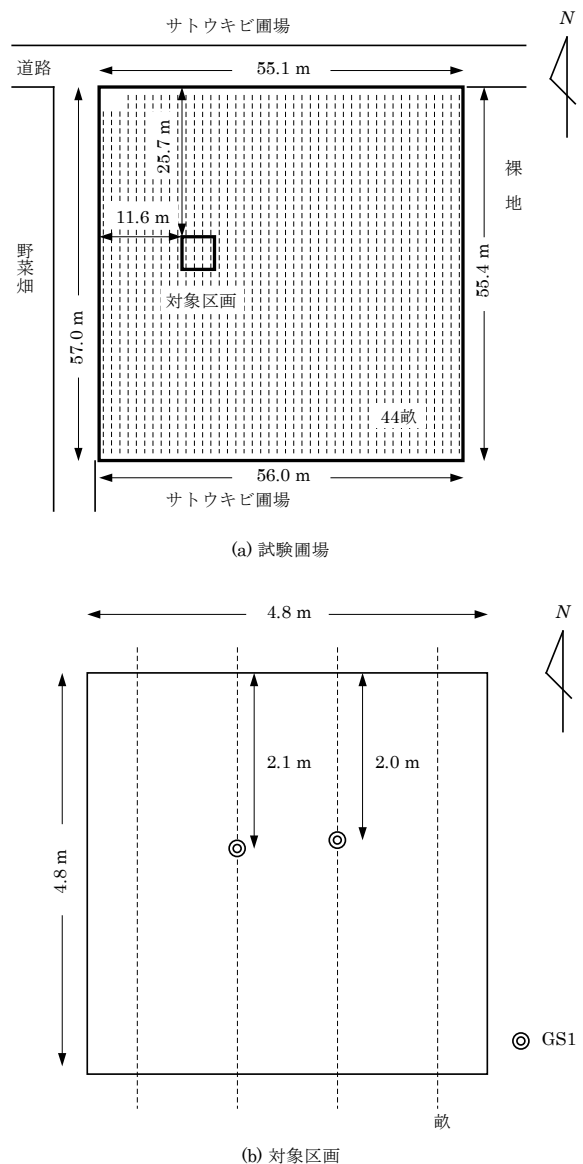


図 1 試験圃場と対象区画

水分変化の総量を直接測定するライシメータが用いられてきた。これらの方法は、日常のメンテナンスが煩雑であることや施設の設置が高価であるなどの欠点があり、土壌水分の測定は敬遠されがちであった。近年、センサーを用いて土壌の比誘電率 ϵ を測定することで水分量を換算する方法が主流となり^{1),2)}、安価なセンサーが入手できるようになった。

空気、土粒子および水の比誘電率はそれぞれ 1, 3~5 および 81 であり、比誘電率は土壌の水分変化に敏感に反応する。センサーから得られた比誘電率は、一般に Topp 式³⁾と呼ばれる式(1)で体積含水率に換算される。

$$\theta = -5.3 \times 10^{-2} + 2.92 \times 10^{-2} \epsilon - 5.5 \times 10^{-4} \epsilon^2 + 4.3 \times 10^{-6} \epsilon^3 \quad (1)$$

しかし、この式は砂地盤を対象とした実験式である上、土壌の電気伝導度、有機物含有量および温度の影響を受ける。また、製品に個体差があるため、精度が高い測定には現場条件に合わせた校正が不可欠である。

本研究には、図 6 に示す METER 社製の静電容量型土壌水分計である GS1 を用いた。この水分計は、土壌の静電容量を測定し、比誘電率に算出するものである。現地観測期間中、2~3 回、水分計埋設深度で 100cm³ の定容積土壌サンプリングを行い、室内にて体積含水率 θ を求め、水分計からの出力と比較することで校正した。その 1 例を図 7 に示す。GS1 による体積含水率の測定値 θ_s とサンプリング試料から得られた検定値 θ_m との間にはほぼ直線性が認められたため、両者の傾きを係数とし、現地で観測したデータを補正した。しかし、現地データだけでは校正点が少ないことと水分量の範囲が狭いことから、全ての水分計について、室内にて幅広い水分量で確認した。

室内における検定は、任意の水分量で現場と同じ乾燥密度を有する試料に GS1 を埋設し、その測定値と試料の実

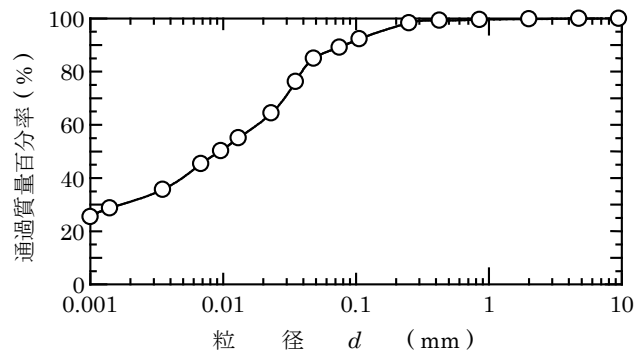


図 2 試料の粒度分布



図 3 定容積サンプリング



図 4 コーン貫入試験

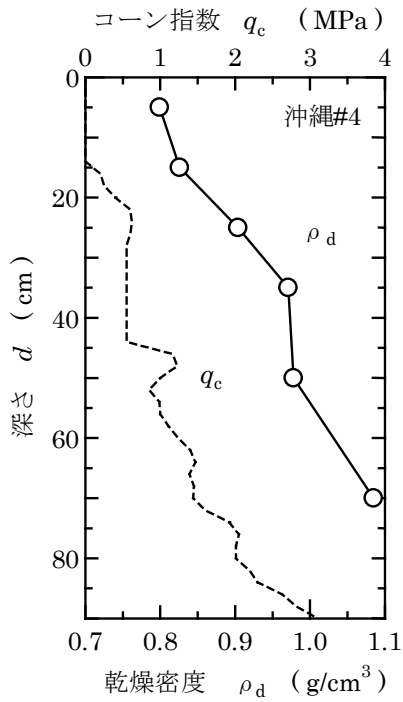


図5 ρ_d と q_c の鉛直分布

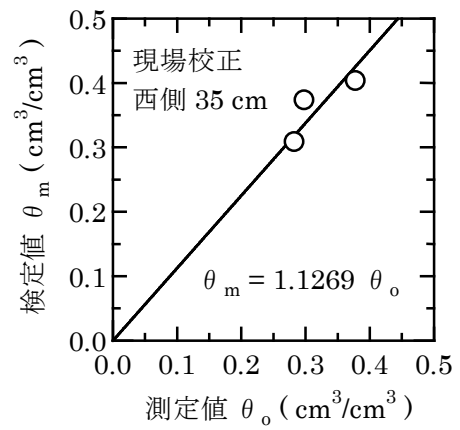


図7 現場測定値による校正

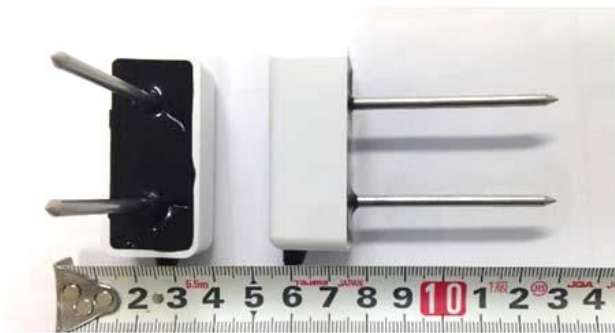


図6 GS1の外観

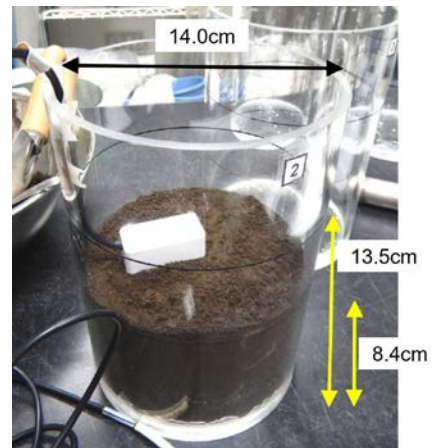


図9 室内検定の状況

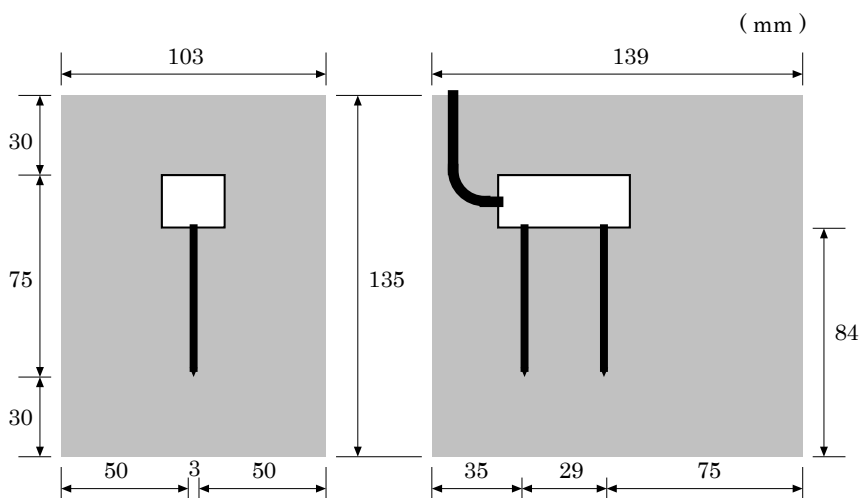


図8 GS1の測定影響範囲 (METER社ホームページ)

測値（検定値）を比較することで行った。GS1の測定影響範囲は図8に示すとおりであり、これを包含する直径14cm、高さ20cmのアクリル円筒を準備した。試料の水分量は3通りであり、風乾状態（乾燥状態：含水比で17%程度）、平均的な自然状態（中位の状態：同35%程度）および飽和状態（湿潤状態）である。湿潤状態は、中位の状態で測定後、円筒内に充分注水することで再現した。所定の水分量に調整した試料を高さ8.4cmまで突固め、GS1を設置した後、高さ13.5cmまで被覆した。検定中の状況を図9に示す。埋設後30分から3時間で測定値は安定した。室内検定で得られた測定値と検定値の関係の1例を図10に示す。両者にはほぼ直線関係が認められたので、上記の現場測定値による検定の精度が担保されたと判断した。

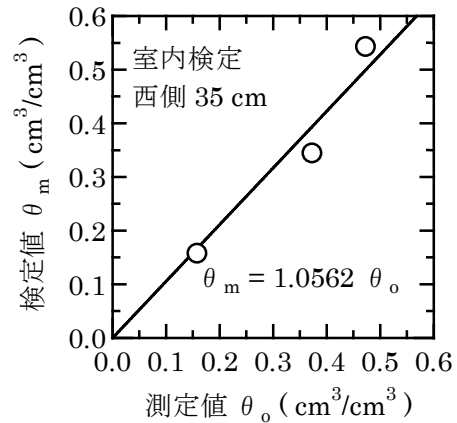


図10 室内における検定結果

2.3 土壌水分の測定方法

土壌水分計の埋設位置を図11に示す。サトウキビの畝間間隔は1.2mであり、水分計が挿入可能な幅で、できるだけ茎の直下を鉛直に掘削した。その際、周辺の土壌構造を壊さないように務めた。土壌水分計の設置位置は図1に示している通りであり、対象区画内のほぼ中央部に、隣り合う畝で向かい合うように東西2ヶ所とした。埋設深さは、畑地での土壌水分計測で標準とされる5、15、25、35、50および70cmの6点とした。埋設時の状況を図12に示す。埋設後は、計測ケーブルは水みちとならないように水平方向に伸ばすとともに、できるだけ元の密度が確保できるよう埋め戻した。観測期間は7月14日から9月14日までの2ヶ月間であり、1時間間隔で測定した。観測期間中の降水量は、試験圃場から最も近いアメダスである那覇市気象台のデータを用いた。

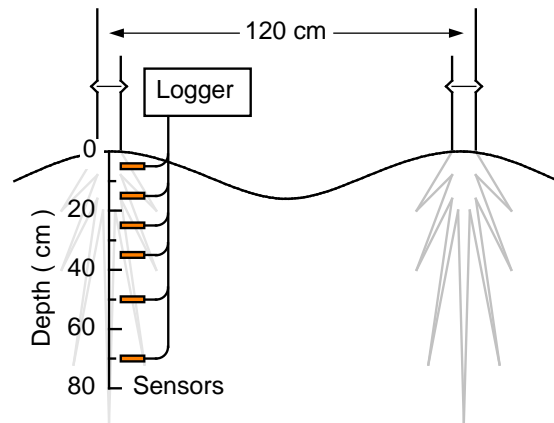


図11 土壌水分計の埋設位置

3. 結果と考察

土壌水分計GS1による土壌水分量の時間変化と降水量を図13に示す。東西2ヶ所で計測しているが、ここでは西側のデータのみを示す。東側のデータもほぼ同様の結果が得られている。降雨に対応して、深さ5cmと10cmの土壌水分は大きく変化している。深くなるとともに水分量の変化は鈍くなる。ただし、深さ70cmにおいても、降雨イベントからの時間遅れは伴うが反応している。別途行った透水試験から、この土壌の飽和透水係数は 10^{-3}cm/s 程度と、粘土質土壌としては大変高いことに起因



図12 土壌水分計の埋設状況

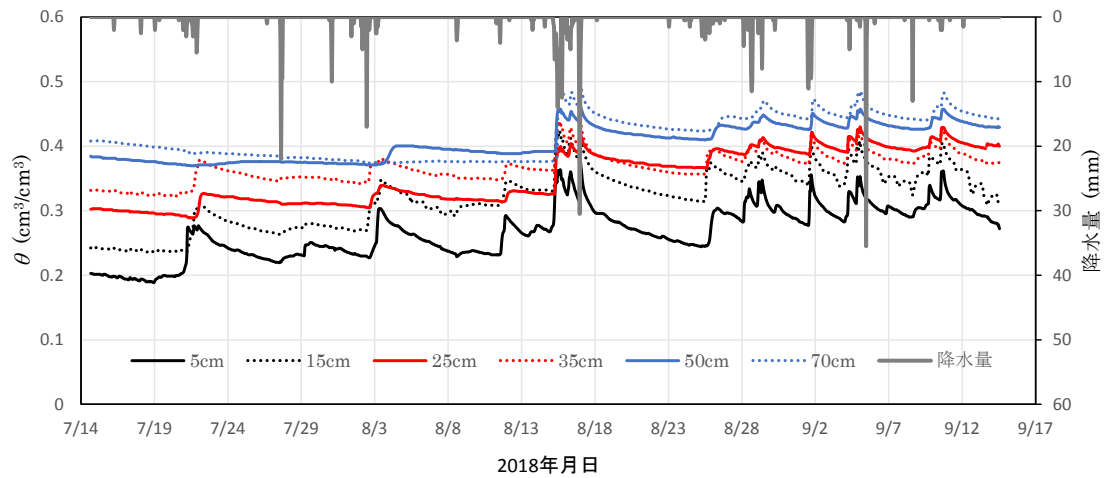


図 13 土壌水分の時間変化 (西側 GS1)

するものと考えられる。

作物の水ストレス条件は、土壌水分恒数である永久しおれ点 (pF4.2) と成長阻害水分点 (pF3) の土壌水分で把握できる。別途、室内で行った pF 試験の結果から、この土壌の pF4.2 と 3 に相当する体積含水率はそれぞれ 0.28 と $0.32\text{cm}^3/\text{cm}^3$ である。対象サトウキビのストレスポイントを pF3 とすると、観測期間中、8 月上旬までは深さ 25cm までが、これ以降は一番浅い 5cm の層だけが水ストレス条件にあると考えられる。しかしながら乾燥期の 8 月上旬まででも、深さ 35cm 以深では充分水分が供給されており、サトウキビの生長には影響しなかったと判断される。

観測期間中、降雨がほとんどなく、土壌水分が大きく減少した 8 月 18 日から 8 月 23 日までの 5 日間に注目する。図 14 はこの期間の土壌水分の時間変化である。前日に約 40mm の降雨があり、これ以降 5 日間の降雨は 0.5mm であるが、一番浅い 5cm の水分計が反応するほどのものではなかった。いずれの深さでも土壌水分は減少しており、これは主にサトウキビの蒸散によるものであると考えられる。

図 15 には、図 14 と同じく 8 月 18～23 日の土壌水分鉛直分布の時間変化を示している。深さ 15cm 付近が最も乾燥しやすいが、全層に渡って満遍なく水分が減少する様子が見て取れる。これは、栽培型が株出しであることでサトウキビ

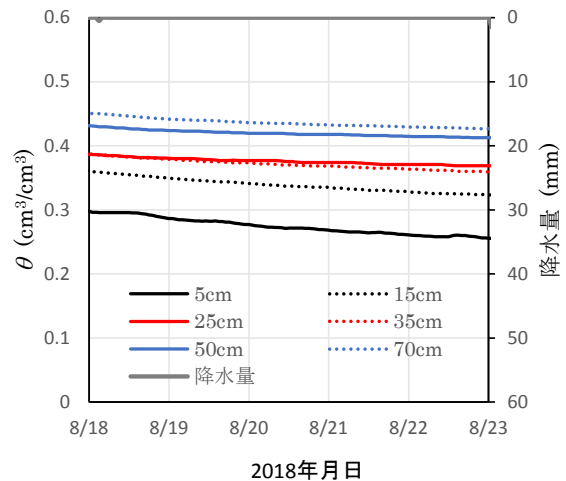


図 14 8/18-23 の土壌水分の変化

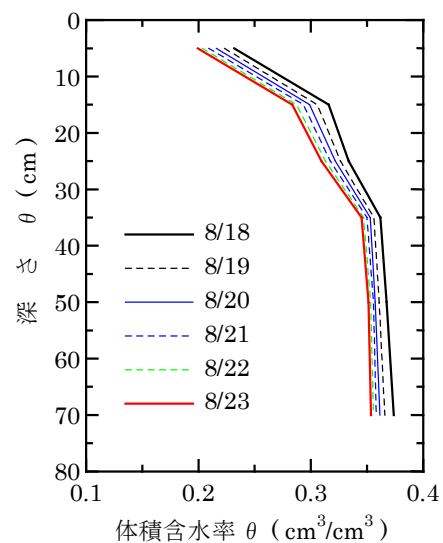


図 15 土壌水分鉛直分布 (8/18-8/23)

の根が充分深いところまで伸張していることと、高い透水性により水分移動があまり阻害されないことによるものと考えられる。

有効土層を 80cm とし、図 15 で得られた土壤水分鉛直分布から土壤水分減少量の日単位変化を算定した。結果を図 16 に示す。降雨直後の 8 月 18 日の消費水量は 6.1mm/d であり、その後 22 日には 2.1mm/d まで減少した。この 5 日間の消費水量は合計 17.8mm であり、平均日消費水量は 3.6mm/d である。別途、同じ圃場で行った蒸散量の測定では同期間に平均 4mm/d の値を得ており、土壤水分減少量がほぼ蒸散に使われたであろうことが確認できた。

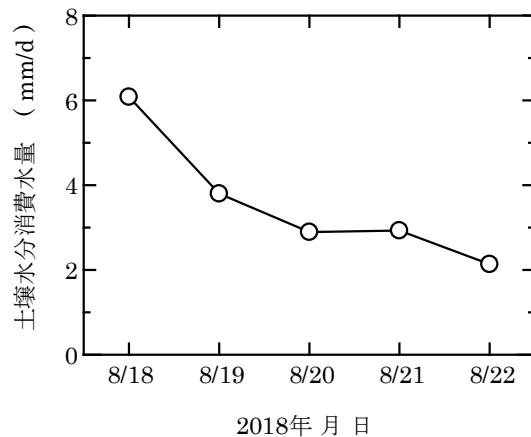


図 16 土壤水分減少量の日変化

4. おわりに

本研究では、沖縄県糸満市のサトウキビ圃場において、静電容量型土壤水分計を用いた土壤水分の現地観測を行い、夏期の干ばつ期におけるサトウキビの消費水量を評価した。土壤水分計の校正では、定容積サンプリングから得られた体積含水率に基づいて水分計測定値を補正するとともに、室内において任意の水分量に調整した試料を用いて測定値が線形補正可能であることを確認した。降雨イベントに対して浅い水分計ほど敏感大きくに反応するが、深い水分計でも時間遅れを伴うものの反応していることが確認できた。夏期干ばつ期に浅い層で水ストレスを受けている可能性があるものの、観測期間に渡って深い層からの水分供給が存在することが考えられた。

土壤水分の減少は全層に渡っており、有効土層を 80cm として土壤水分減少量を整理したところ、最大日消費水量は 6.1mm/d であり、無降雨期間の平均日消費水量は 3.6mm/d であった。灌漑計画の策定においては、灌水量を概ね 4mm/d 程度とする必要がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたって、糸満市土地改良区合同事務所 金城健正 事務局長および琉球大学農学部 中村真也 教授には圃場の選定や農家との交渉でご尽力頂いた。また、赤嶺氏には試験圃場を提供して頂いた。ここに記して謝意を表す。

引用文献

- 1) 井本 博美・西村 拓・宮崎 毅 (2010): EC-5 センサーのキャリブレーションとその適用, *土壤の物理性*, 114, 27-31.
- 2) 三石 正一・溝口 勝 (2014): 静電容量型 ECH2O 土壤水分センサーのキャリブレーション, *土壤の物理性*, 114, 27-31.
- 3) Topp, G. C., J. L. Davis and A. P. Annan (1980): Electromagnetic determination of soil water content; Measurement in coaxial transmission lines, *Water Resources Research*, 16 (3), 574-582.

イベントポスター関連

- 平成30年度 防災・日本再生シンポジウム
「南九州固有の地域防災と地域強靱化の最新動向」

日 時：平成30年11月10日（土） 13：10～17：00
主 催：鹿児島大学地震火山地域防災センター
共 催：一般社団法人国立大学協会、鹿児島大学工学部海洋土木工学科
後 援：国土交通省九州地方整備局、鹿児島県、鹿児島市、一般社団法人鹿児島県建設業協会、NHK 鹿児島放送局、MBC 南日本放送、KTS 鹿児島テレビ、KKB 鹿児島放送、KYT 鹿児島読売テレビ、南日本新聞社
会 場：鹿児島大学稲盛会館キミ&ケサメモリアルホール（鹿児島市）

- 放射線利用研究セミナー
福島第1原子力発電所事故後の JAEA の環境回復に向けた取組

日 時：平成30年6月13日（水） 10：30～12：00
主 催：鹿児島大学研究推進機構研究支援センター アイソトープ実験施設
共 催：鹿児島大学地震火山地域防災センター
会 場：鹿児島大学学習交流プラザ2F 学習交流ホール（鹿児島市）

- 島民講座 薩摩硫黄島セミナー

日 時：平成30年11月29日（木） 17：30～18：30
主 催：鹿児島大学地震火山地域防災センター
後 援：鹿児島県三島村
会 場：硫黄島三島開発総合センター1階 講堂（鹿児島県三島村）

➤ 放射線に関する研修会

日 時：平成31年 1月13日（日） 13：00～17：00
主 催：公益財団法人原子力安全技術センター 原子力安全部
共 催：環境省、鹿児島県診療放射線技師会、鹿児島大学地震火山地域防災センター
会 場：鹿児島大学桜ヶ丘キャンパス 共通教育棟 501 号室（鹿児島市）

➤ 保健師のための放射線研修会

日 時：平成31年 1月26日（土） 9：30～12：30
主 催：公益財団法人原子力安全技術センター 原子力安全部
共 催：環境省、鹿児島大学地震火山地域防災センター
会 場：鹿児島大学桜ヶ丘キャンパス 共通教育棟 402 号室（鹿児島市）

平成30年度 防災・日本再生シンポジウム

フェスタ
国立大学2018

南九州固有の地域防災と 地域強靱化の最新動向

日時 平成30年11月10日(土) 13:10～17:00 (12:30開場)

会場 鹿児島大学稲盛会館 キミ&ケサメモリアルホール

(鹿児島大学郡元キャンパス 鹿児島市郡元1-21-40)

参加費無料
当日参加自由

プログラム

○開会挨拶 高松 英夫 / 鹿児島大学理事

○講演 第Ⅰ部:地域防災における行政と民間の取り組み 13:15～

「地域防災における国土交通行政の取り組み」

藤巻 浩之 / 国土交通省九州地方整備局 企画部長

「地域強靱化計画における地方自治体の役割」

中 豊司 / 鹿児島市危機管理局 危機管理課長

「災害時における地域建設業の貢献」

萩 亮 / 一般社団法人鹿児島県建設業協会

質疑応答・総合討論

第Ⅱ部:地域防災研究の最前線 15:05～

「鹿児島県の防災対策において考慮すべき津波の数値シミュレーション」

柿沼 太郎 / 鹿児島大学理工学域工学系 准教授 (海岸災害分野)

「南九州西岸地域の副振動の発生予測に向けた海洋長波モニタリングシステムの構築」

山城 徹 / 鹿児島大学理工学域工学系 教授 (海洋災害分野)

「河川災害に対する地域防災力維持のための効果的なソフト対策の実現を目指して

～北薩豪雨災害を事例として～」

齋田 倫範 / 鹿児島大学理工学域工学系 准教授 (河川災害分野)

「鹿児島県における地盤災害予測システムの確立に向けた取り組み」

酒匂 一成 / 鹿児島大学理工学域工学系 准教授 (土砂災害分野)

「安心・安全なまちづくりのための地域アセットマネジメントの役割

～産学官連携研究を一例に～」

審良 善和 / 鹿児島大学理工学域工学系 准教授 (社会基盤分野)

○閉会挨拶 地頭 蘭 隆 / 鹿児島大学地震火山地域防災センター長

※本シンポジウムは、公益社団法人土木学会CPD認定プログラムです。(認定番号:JSCE18-0886)

※ご来場の際は、公共交通機関をご利用いただきますようお願いいたします。

お申込み・お問い合わせ

E-mailまたはFAXで、参加者氏名、所属、連絡先
(〒住所・E-mail・電話番号等)を下記までご連絡ください。

鹿児島大学 地震火山地域防災センター

URL: <http://bousai.kagoshima-u.ac.jp/>

TEL: 099-285-7234 / FAX: 099-285-8495

E-mail: bousai@kuas.kagoshima-u.ac.jp

主催 鹿児島大学地震火山地域防災センター
<http://bousai.kagoshima-u.ac.jp/>

共催 一般社団法人国立大学協会 (<http://www.janu.jp/univ/festa/>)
鹿児島大学工学部海洋土木工学科

後援 国土交通省九州地方整備局、鹿児島県、鹿児島市、
一般社団法人鹿児島県建設業協会、
NHK鹿児島放送局、MBC南日本放送、KTS鹿児島テレビ、
KKK鹿児島放送、KYT鹿児島読売テレビ、南日本新聞社

放射線利用研究セミナー

福島第1原子力発電所事故後の JAEA(日本原子力開発機構)

の環境回復に向けた取組

日時：平成**30**年**6**月**13**日(水)
10:30~12:00
(受付：10:00~)

※10:20頃までは会場内で利用者対象の講話が行われていきますので、入場は10:20頃になります

会場：鹿児島大学学習交流プラザ2F
学習交流ホール

(郡元キャンパス東門を入ってすぐ右側の建物)

参加：無料 (学外の方も受講できます)

お問い合わせ：

鹿児島大学アイソトープ実験施設

TEL：099-285-8740

Mail:isotope@kuas.kagoshima-u.ac.jp



講師 川瀬 啓一氏

- ◇ 日本原子力研究開発機構
- 福島研究開発部門
- 福島研究開発拠点
- 福島環境安全センター
- プロジェクト管理課

主催：鹿児島大学研究推進機構研究支援センターアイソトープ施設

共催：鹿児島大学地震火山地域防災センター

薩摩硫黄島セミナー

日時 11月29日(木) 17:30~18:30

会場 硫黄島三島開発総合センター 1階 講堂



薩摩硫黄島の噴火史と火山防災

講師: 小林 哲夫 氏

鹿児島大学名誉教授

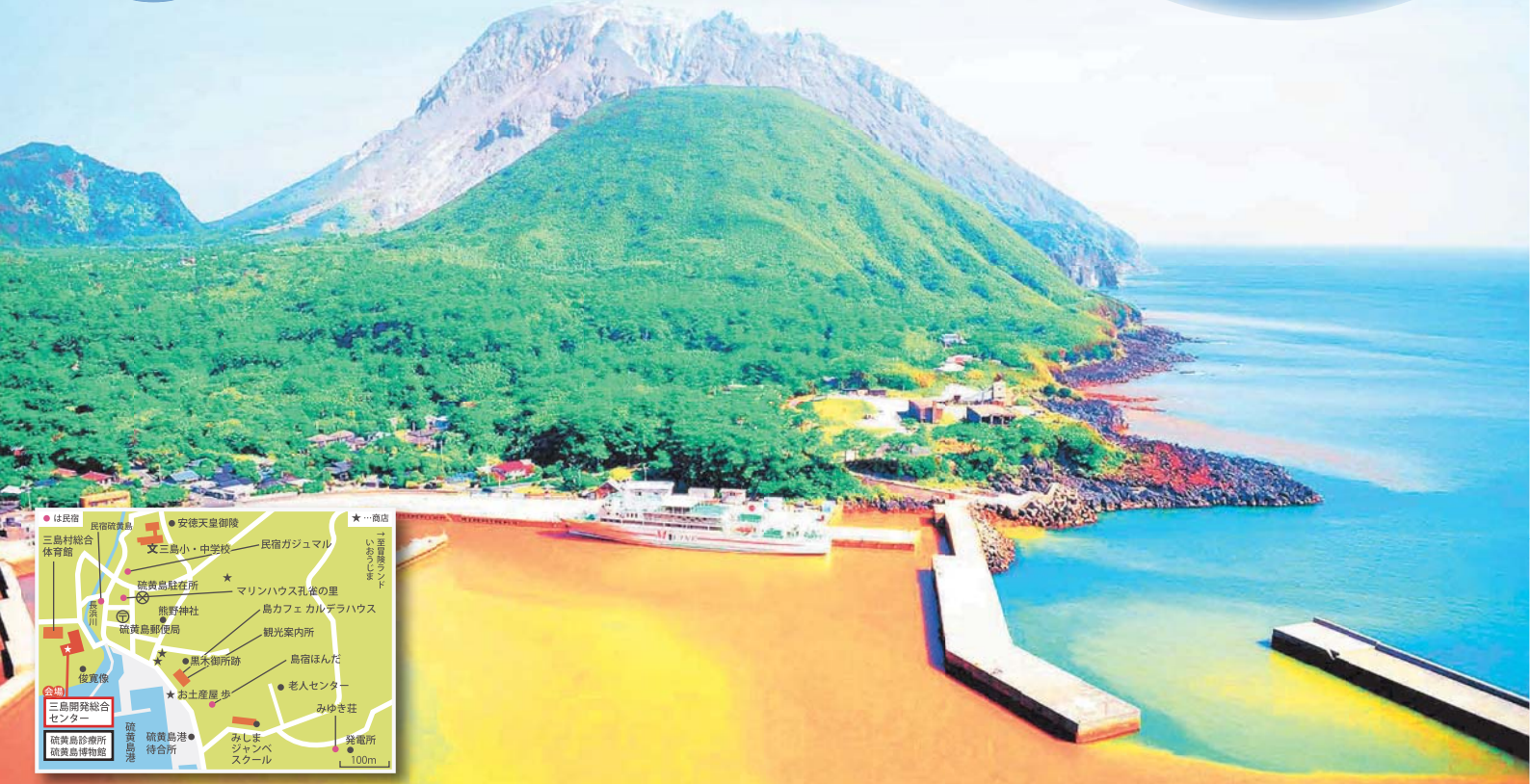
地震火山地域防災センター客員教授



日本で最も小さなジオパーク ー三島村のジオパーク活動ー

講師: 増野 雄基 氏

三島村役場 定住促進課ジオパーク推進員



放射線 に関する 研修会

日時

2019年1月13日（日）

午後13～17時

場所

鹿児島大学 桜ヶ丘キャンパス
共通教育棟501号室

内容：①講義：福島原発事故について
（原子力災害時に起こりえること）
②講義：原子力災害時の放射線による
健康影響について
③演習：住民、知人からの相談、質問
への応じ方

講師：奥野浩二氏 長崎大学病院 副診療放射線技師長
岩竹 聡氏 同 診療放射線技師
山田裕美子氏 長崎大学原爆後障害医療研究所助教

連絡先：環境省「平成30年度放射線健康管理・健康不安
対策事業（福島県外における放射線に係る健康影響等に
関するリスクコミュニケーション事業）」委託業務事務局

公益財団法人原子力安全技術センター 原子力安全部
担当：高橋、五十嵐
電話：03-3814-7405 FAX：03-3814-7479

診療放射線技師および医療
職等の皆様へ

原子力災害時に起こりえること、放射線に関する健康影響について学んでみませんか？当日は、講義の後、実際の場面を想定し、演習を実施します。

参加申し込み：
当日参加も可能ですが、資料準備のために連絡先へ氏名、所属、連絡先、職種記載の上、1月7日までに
お申し込みください。

なお、当日はゲートで駐車券を取り、会場へお持ちくださいますようお願い致します。

共催

- ・環境省
- ・鹿児島県診療放射線技師会
- ・鹿児島大学
地震火山地域
防災センター



環境省・鹿児島大学地震火山地域防災センター共催

[保健師のための放射線 研修会]のご案内

[2019年1月26日 土曜日 9:30~12:30]

- 場所:鹿児島大学桜ヶ丘キャンパス共通教育棟402号室
- 内容:「放射線の基礎知識と健康影響」
「被災者のメンタルヘルス・被災者が抱える問題」
- 講師:吉田浩二先生(長崎大学大学院医歯薬学総合研究科准教授)
山田裕美子先生(長崎大学原爆後障害医療研究所 助教)
- 参加申し込み:当日参加も可能ですが、資料準備のためにお申し込み(氏名、所属、電話、職種)を1月21日までにしてください。

連絡先:環境省「平成30年度放射線健康管理・健康不安対策事業(福島県外における放射線に係る健康影響等に関するリスクコミュニケーション事業)」委託業務事務局
公益財団法人原子力安全技術センター 原子力安全部
担当:高橋、五十嵐

電話:03-3814-7405 FAX:03-3814-7479

[住民の方への対応として、放射線に関する健康影響について学んでみませんか?当日は、講義の後、実際の場面と想定し、演習を実施します。また、その後に質問の場を設けています。]

防災関連の論文について

(論文名・著者名・掲載誌名・巻・頁)

■九州で発生した土砂災害を調査して

地頭菌 隆

砂防と治水

51(2), 2018, 4-5

■2018年4月11日大分県中津市耶馬溪町で発生した斜面崩壊

久保田 哲也・地頭菌 隆・長井 義樹・清水 収・水野 秀明・野村 康裕・鈴木 大和・山越 隆雄
厚井 高志・大石 博之・平川 泰之

砂防学会誌

71(2), 2018, 34-41

■平成30年7月豪雨により広島県で発生した土砂災害

海堀 正博・長谷川 祐治・山下 祐一・崎田 博史・中井 真司・桑田 志保・平松 晋也・地頭菌 隆
井良沢 道也・清水 収・今泉 文寿・中谷 加奈・柏原 佳明・加藤 誠章・鳥田 英司・平川 泰之
吉永 子規・田中 健路・林 拙郎

砂防学会誌

71(4), 2018, 49-60

■日本で発生した最近の地震に関するスライド教材の開発

小林 励司

鹿児島大学理学部紀要

51, 43-51, 2018

■崩落体に起因する津波の実験的検討

柿沼 太郎・中村 浩平・種田 哲也

津波工学研究報告, 第35号

pp. 325-328. (2018年7月)

■海底面の変動により生成される津波の特性

鶴留 悠暉・柿沼 太郎・種田 哲也

土木学会論文集 B2 (海岸工学)

Vol. 74, No. 2, pp. I_139-I_144. (2018年10月)

■河川を遡上する津波の基礎的特性に関する数値解析

楠原 嘉・柿沼 太郎・木村 晃彦

土木学会論文集 B2 (海岸工学)

Vol. 74, No. 2, pp. I_199-I_204. (2018年10月)

■九州における自然災害による石積ブロック擁壁の崩壊現地調査と復旧対策のための模型実験

平 瑞樹・山本 健太郎・永川 勝久

土木学会西部支部 第9回土砂災害に関するシンポジウム論文集

167-172, 2018. 9

■中山間地域における地盤災害の特徴と擁壁崩壊に伴う地盤の変形

平 瑞樹

自然災害研究協議会西部地区部会報・論文集

42, 13-16 (2018)

鹿児島大学地震火山地域防災センター
平成 30 年度報告書

発行日 2019 年 3 月

発行者 鹿児島大学地震火山地域防災センター

〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40

TEL : 099-285-7234 FAX : 099-285-8495

E-mail: bousai@kuas.kagoshima-u.ac.jp

URL: <http://bousai.kagoshima-u.ac.jp/>

※無断転載・複製を禁ず。