

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：10106

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560187

研究課題名(和文)津波をもたらした沿岸水域地すべりの搜索とその地すべり形態科学

研究課題名(英文)Study for coastal landslides and their morphology to analyze tsunami hazards

研究代表者

山崎 新太郎 (Yamasaki, Shintaro)

北見工業大学・工学部・助教

研究者番号：40584602

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では沿岸水域における地すべり地形の発見と、地形から考えられる地すべりと津波の関係を分析するために、過去の浅深測量成果から疑わしい地形を調査し、さらにその調査を効率的に進めるためのシステムの開発を行った。特に、低コストで運用可能な高解像度ソナーやサイドスキャンソナーを持ち、リアルタイム走査位置を遠隔で受信し、さらに遠隔操作によって水域を網羅的に調査する無人船システムの開発に成功した。これにより、水底地形と底質の効率的な調査が可能になった。筆者らは、その調査システムの全部または一部を利用して、国内5箇所の水域を調査し、沿岸水域で発生した地すべりの地形および地質構造を複数確認した。

研究成果の概要(英文)：The authors developed the new acoustic survey system to investigate shallow water areas, and then investigated landslides that occurs in coastal and shallow water areas to study the relationships between those landslides and tsunami hazards. The new survey system consists of unmanned watercraft and sonars, has the high resolution sonar imaging and the side-scan sonar imaging feature, in addition, is easy to introduce small and shallow water areas. The watercraft has remotely control system, and the operator can receive the real-time position of it. By using this system, the authors realized to make bathymetry and to analyze surficial geology with low-cost. The authors investigated five water areas and found a number of landslide topography and geologic structures.

研究分野：応用地質学

キーワード：水底地すべり 海底地すべり 沿岸域 音響調査 無人船

### 1. 研究開始当初の背景

海底で発生する地すべりと、陸域から水中に突入する地すべりは、津波災害をもたらすとされる。特に、外洋の海底では海洋調査船によって巨大な地すべりが続々と発見されてきており、巨大津波災害との関連が議論されている。一方で、陸域から水中に突入する地すべりや、沿岸浅海域で発生する地すべり（沿岸水域地すべり）は、通常の調査船では座礁の危険があるために、実は十分な調査がなされていない。しかし、沿岸水域地すべりは、外洋の海底地すべりに比べ小規模でも津波災害をもたらす可能性があり、M6 程度の地震でも地すべりは発生するために、看過できない危険な現象である。また、各地には、地形図、海図や湖沼図、潜水調査から、そのような沿岸水域地すべりと疑われる地形が多数確認されているが、それらが地すべりや沿岸の津波と関連しているかどうかは不明である。さらに、沿岸水域地すべりと津波との関係を考える場合、津波の造波という見地から、沿岸水域地すべりの形態（地形と地質構造）の理解が必要である。例えば、同規模の地すべりでも水中で塊状体のまま移動するか、それとも発生後すぐに水底に拡散するかで、発生する津波の規模は異なるはずである。数値計算が研究手段として重要な津波研究にとって、この事実を無視すれば誤った評価につながる。それにも関わらず、沿岸水域地すべりに関しては、その困難さから調査例が少なく、沿岸水域地すべりの形態、背景の地形と地質、そしてその運動を統一的に説明する理論立てはなされていない。

### 2. 研究の目的

本研究では、以上の背景に鑑み、第一に多数の事例を調査するために、沿岸浅水域で広範に精密な調査が可能な水底地形調査システムの高度化を行い、そして、既往の湖沼図、海底地形図、文献からの事前調査で判明した沿岸水域地すべりの可能性のある複数の地形を対象に、その地形と底質、地質構造を調査することとした。

### 3. 研究の方法

前章の目的で挙げたように、本研究は水底地形調査方法の高度化を第一段階として、それをういた複数の地形の調査を第二段階としている。

水底地形調査法の高度化に関しては、代表者および分担者がこれまでに研究を実施してきた、低価格高性能ソナーを複数の小型無人船艇に搭載し、それによる調査法を実現することである。第二はその開発後に行う、水底地形、地質調査である。この調査対象として、本研究では、滋賀県琵琶湖、神奈川県小田原市根府川沖、神奈川県芦ノ湖、福島県

猪苗代湖、北海道屈斜路湖を調査した。

### 4. 研究成果

本研究の研究成果として、十分な到達がなされたのは、低コストで行える水底地形調査法の高度化である。代表者の山崎はソナーシステムの選定と試験、分担者の田房は小型で安定した船体と遠隔操船システムの開発を行った。研究期間3年間のうち2年間の試行錯誤の後に、完成した遠隔操船システム双胴船形、エレキモーターと ZigBee 無線方式を採用した遠隔操船およびリアルタイム位置受信である（図1）。



図1 開発した遠隔調査船、左が安定性を重視した船艇、右が可搬性を重視した分解可能な船艇、長さはそれぞれ1.2mである。

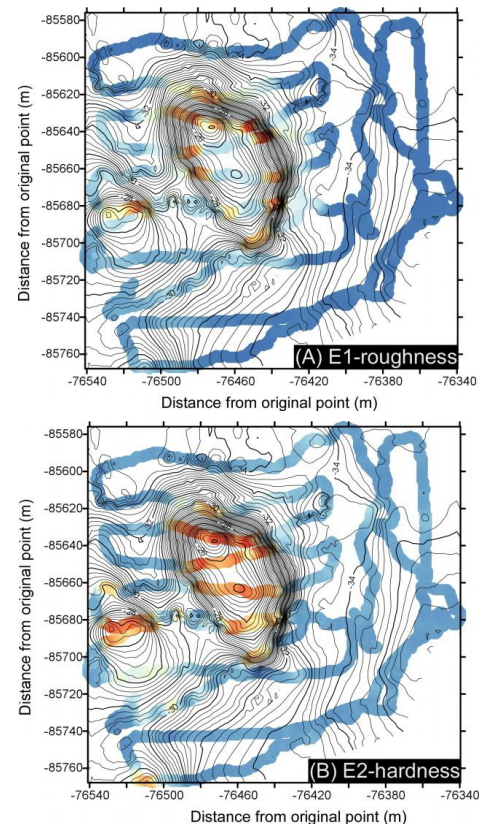


図2 遠隔調査システムで作成した、等深線図（20cm 間隔）および水底の粗度分布（上）、硬さ分布（下）。いずれの図も暖色にかけてその程度が大きい。

研究期間では開発した調査船による実際の調査は、神奈川県芦ノ湖における湖底地すべりの調査への適応に限られるが、これを用いた詳細地形図および底質分布図の作成法を確立することができた(図2)。これらの成果に関しては、山崎(2016, 引用文献)で紹介すると共に、現在投稿中である。

遠隔調査船での調査には至っていないが、装置の開発と並行して、滋賀県琵琶湖、神奈川県小田原市根府川沖、神奈川県芦ノ湖西岸、福島県猪苗代湖、北海道屈斜路湖において、未知の地すべり地形の形状の解明、および未知の湖底地すべりの発見を目的として調査を行った。神奈川県小田原市根府川沖では関東大震災において発生した根府川駅地すべりの海底部の音響調査を行い、その地すべりの到達範囲の確定や災害において海中に残された残存遺構の追跡に成功した(Yamasaki & Kamai, 2015, 引用文献)。

神奈川県芦ノ湖西岸では、過去に地すべりが発生していた可能性のある地形を調査し、その地形が地すべりによる地形であることを裏付けるデータを得た(図3)。これに関しては一部を Yamasaki(2015, 引用文献)にまとめた他、別雑誌に投稿中である。

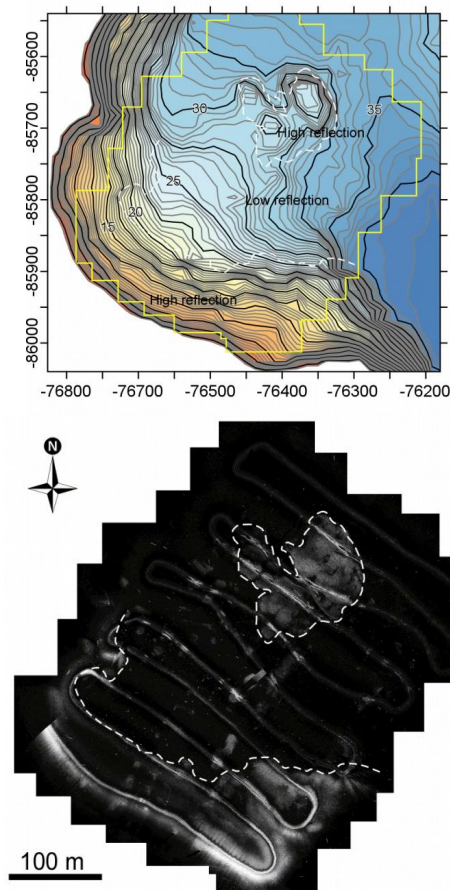


図3 神奈川県芦ノ湖北部における、地すべり地形の等深線図(上図 0.5m 間隔等深線および両軸の単位はmである)およびその範囲の音響反射強度分布図(下図)。

福島県猪苗代湖では、沿岸に多数の地すべり地形があることが知られていた。特に、地層探査装置を用いて、南岸の地すべりが疑われる地形を調査し、その10-13m程度下位の地層に長さ3kmに達する地すべりの地質構造が埋没していることが明らかになった。これに関しては現在論文を執筆中であるが、学会発表を行った。

北海道屈斜路湖では1938年にM6.1の地震に伴う約1mの津波が発生しており、断層地形も未発見であった。筆者らは地震時に濁り水があったと記録されている水域を調査し、地すべり地形を発見した(図4)。この地形をほぼ縦断する断面で次元シミュレーションを実施したところ、地すべりの速度を秒速4mとした時に高さ約1mの津波が発生することがわかった。

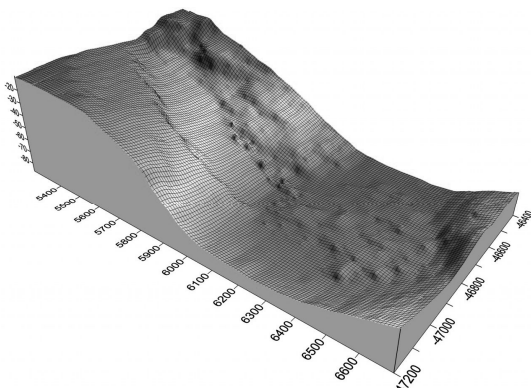


図4 北海道屈斜路湖における湖底地すべりの地形(両軸の単位はm)。

この成果については学会発表を行うとともに現在、追加調査を実施中である。

本研究期間において、遠隔調査システムでの実際の調査の適応はわずかであったが、今後継続して多数例の調査を行うことで、本研究の目的である沿岸水域地すべりの形態の一般的な知見の構築、さらに津波との関係との考察が深まると考えられる。さらに、本研究で開発した技術は低コストであり、今後普及する見込みがある。実際にすでに北極圏での氷河調査において、使用される予定があり、水底地形および水底地すべりの調査以外にも用いられる基礎技術となると思われる。

#### <引用文献>

Yamasaki, S. and Kamai T., A novel method of surveying submerged landslide ruins: Case study of the Nebukawa landslide in Japan. Engineering Geology, 査読有, 2015, 186, 28-33.

Yamasaki, S., An Investigation of a Submerged Landslide by Using an Innovative Leisure-use Sonar, Proceedings of 10th Asian Regional



Conference of IAEG, 査読有, 2015, Tp1-P26.

山崎新太郎, GNSS 搭載魚群探知機を利用した水底地形調査, 地すべりキーワード 101 (ワン・オー・ワン) - 16 - . 日本地すべり学会誌, 2016, 査読有, 53, 22-23.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

山崎新太郎, GNSS 搭載魚群探知機を利用した水底地形調査, 地すべりキーワード 101 (ワン・オー・ワン) - 16 - . 日本地すべり学会誌, 2016, 査読有, 53, 22-23.

Yamasaki, S., An Investigation of a Submerged Landslide by Using an Innovative Leisure-use Sonar, Proceedings of 10th Asian Regional Conference of IAEG, 査読有, 2015, Tp1-P26.

Yamasaki, S. and Kamai T., A novel method of surveying submerged landslide ruins: Case study of the Nebukawa landslide in Japan. Engineering Geology, 査読有, 2015, 186, 28-33.

[学会発表](計 6 件)

山崎新太郎, 片岡香子, 長橋良隆, 福島県・猪苗代湖における湖底堆積物の音響地質構造と巨大湖底地すべりの発見, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 2017 年 5 月 24 日, 幕張メッセ (千葉県・千葉市)

S. Yamasaki, T. Tabusa, S. Iwasaki, M. Hiramatsu, Bathymetry and bottom classification mapping by a remotely controlled watercraft and a high performance fish finder, 日本地球惑星科学連合 2017 年大会, 2017 年 5 月 23 日, 幕張メッセ (千葉県・千葉市)

S. Yamasaki, Examining landslide-induced tsunamis by using a low-cost high definition sonar and a simple one-dimensional simulation: A case study in Lake Kussharo, Hokkaido Japan, EGU General Assembly 2016, 2016 年 4 月 16 日, ウィーン (オーストリア)

山崎新太郎, 原口強, 伊藤陽司, 吉川泰弘, 1938 年屈斜路地震津波を発生させたと推定される屈斜路湖湖底の地すべり, 平成 27 年度日本応用地質学会研究発表会, 2015 年

9 月 24 日, 京都大学・宇治おうばくプラザ (京都府・宇治市)

山崎新太郎, 魚群探知機を利用した低コスト海底探査と地理学的諸課題への応用, 2015 年度東北地理学会春季学術大会, 2015 年 5 月 16 日, 仙台市戦災復興記念館 (宮城県・仙台市)

山崎新太郎, 調査困難箇所のための水底調査法の開発と海底・湖底地すべりの調査, 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, 2014 年 4 月 30 日, パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.yamasaki-geoscience.com/>

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎 新太郎 (YAMASAKI, Shintaro)

北見工業大学・工学部・助教

研究者番号: 40584602

(2) 研究分担者

田房 友典 (TABUSA, Tomonori)

弓削商船高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号: 20321507