

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 8 月 14 日現在

機関番号：24402

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560186

研究課題名(和文) ガウジ介在岩の変形と電磁気学的応答およびユニバーサルラインを用いた自然電位観測

研究課題名(英文) Electromagnetic response to deformation of gouge bearing rock and SP observation using universal line

研究代表者

中川 康一 (Nakagawa, Koichi)

大阪市立大学・都市研究プラザ・都市研究プラザ特別研究員

研究者番号：80047282

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)：これまでの研究から、粘土が変形するとき、電氣的に分極すること(SIP, Shear Induced Polarization)が明らかになっている。この物理現象が野外の変形場でも生じているかどうかを検証するため、愛媛県大洲市の地すべり地で自然電位の観測を実施した。地すべりのすべり方向に、カーボン電極を5m間隔で13本設置して電位の観測を行った。また、降雨、温度および土壌水分の計測も同時計測を行った。現在まで、約4ヶ月間の観測であるが、10mm/h以上の降雨が3回あり、いずれも降雨に引き続いて、地すべりに伴うと見られる地電位の変化が認められた。

研究成果の概要(英文)：From previous studies, SIP (Shear Induced Polarization) phenomenon associated with deformation of the gouge sample emerged. An observation of spontaneous potential was conducted at landslide area in Ozu City, Ehime Pref. in order to examine the phenomenon of SIP in the real field. Thirteen carbon rod electrodes were buried in the ground along to landslide slip axis, in space of 5 meters. Also, the quantities of precipitation, temperature and soil moisture content were measured simultaneously. During four months up to present, rapid changes of spontaneous potential induced with possible landslide were observed by three times of strong rain more than 10mm/hour.

研究分野：自然災害科学

キーワード：ガウジ 地すべり 岩盤破壊 自然電位 活断層 震源過程 地震予知

### 1. 研究開始当初の背景

室内の変形試験において、ガウジがせん断に伴って、電気分極をすることが明らかになった。粘土サンプルの平面載荷試験では、最大圧縮面に負の電荷が、膨張面には正の電荷が発現し、中間面では電位はほぼ0であった。この現象は粘土粒子表面と間隙水との電気化学的相互作用によっていることが明るみになった。この事実を野外に転換できる可能性が芽生えてきた。

### 2. 研究の目的

ガウジのせん断分極現象 SIP (Shear Induced Polarization) を追及することが本研究の課題となるが、とくに野外に適用できるのかどうかの情報が重要である。そのためには適用する地域の地下構造の把握も不可欠であり、これまで得られた事例との整合関係を詳しく検討することが本研究の目的である。

### 3. 研究の方法

(1) SIP 電位計測システムの開発・設計・製作  
室内試験においても野外の SIP 計測においても電位を精度よく記録するためには市販の計測器ではコストも高く、使い勝手が悪いので専用のものが必要となる。特に野外では落雷や商用電源によるノイズの混入を避けなければならない。そのために回路にサージ防護デバイスや次数の高いローカットフィルターの挿入が不可欠となる。

#### (2) 電気探査の実施

地すべりブロックの電氣的構造を把握するために電気探査を行った。測線は自然電位観測点の直下の構造を求めするために自然電位観測の測線と重なるように設定した。また地すべりブロック先端のすべり面付近の地下構造を見るための測線も設定した。

#### (3) 自然電位観測地の設定および電極の埋設

自然電位観測地として、愛媛県大洲市豊茂本村地区の地すべり地を選定した。地すべりのすべり軸に平行に測線を展開し、地すべりブロックの後端部付近に基準電極をそこから先端に向かって、5m ごとに合計 13 本の炭素棒電極を埋設した。

#### (4) 自然電位観測データの収録と解析

観測データはパソコンにデジタルデータとして格納し、ケータイの電話回線を介して、クラウドサーバにアップロードし、研究室にてダウンロードして解析図化した。

### 4. 研究成果

#### (1) 調査地域の概要

調査地付近は数年前から地すべりが観測され、愛媛県がその調査と対策に乗り出したところである。図 1 に調査位置の概略を示す。

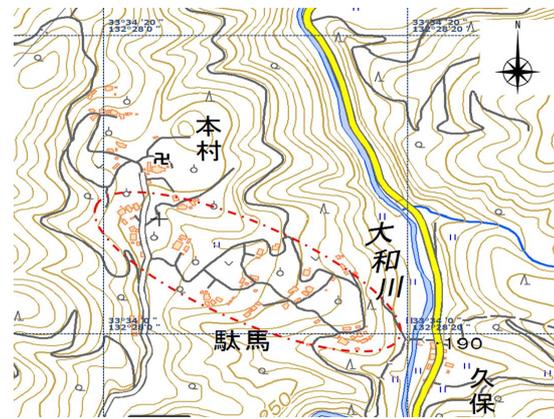


図 1. 調査地点位置図 赤の破線領域が地すべりブロック

#### (2) 電気探査による地下構造の解析

地すべりブロックの電氣的性質を調べるために 2 箇所において電気探査を行った。1 つはブロックの最後尾であり、地形的にはグラベンを呈している。その測線を図 2 に示す。

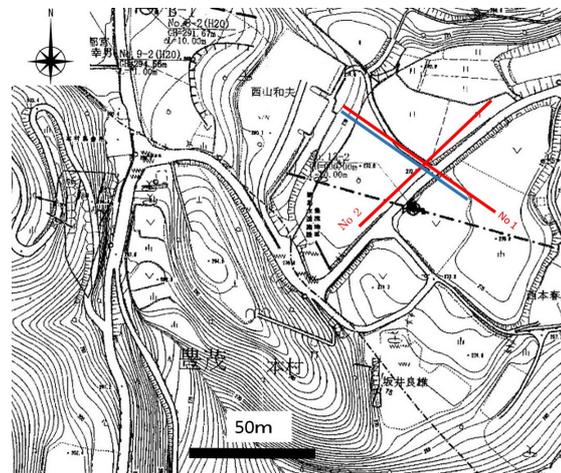


図 2 地すべりブロック後端付近の電気探査測線位置図 (赤)。青の線分は自然電位測線

電気探査はウエナー法を用い、3m 間隔の電極配置で測線長は 72m である。解析は有限要素法による逆解析手法を用いた。図 3 と図 4 にそれぞれの測線から得られた比抵抗断面を示す。図 3 は自然電位観測測線直下の構造を示しており、左のグラベンのところでは比抵抗が小さくなっている。これは地すべりで落ち込んだ上部層であると推測できる。図 4 の断面の測線は図 3 の方向にほぼ直交したもので谷の軸方向である。谷地形を埋めた堆積物の含水比が高いことを思わせる。

次に地すべりブロックの先端部の電気探査の結果を示す。図 5 には測線の位置を、図 6 と図 7 にはそれぞれの測線に沿う比抵抗断面を示す。両断面に特徴的なのは下部に比抵抗の小さな部分が見られることで、これは深部に高含水比を想定させる層の存在から地すべり面付近の可能性がある。

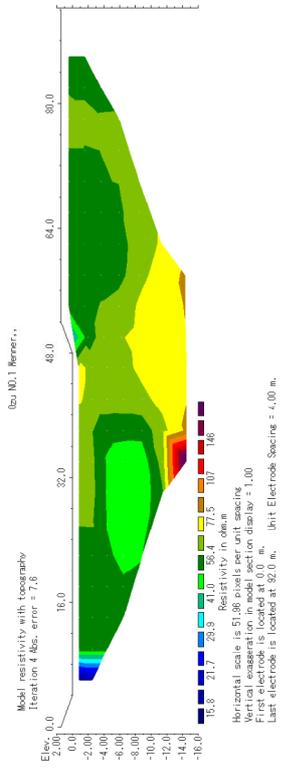


図 3 地すべりブロック最後尾付近の電気探査 NE-SW 断面。

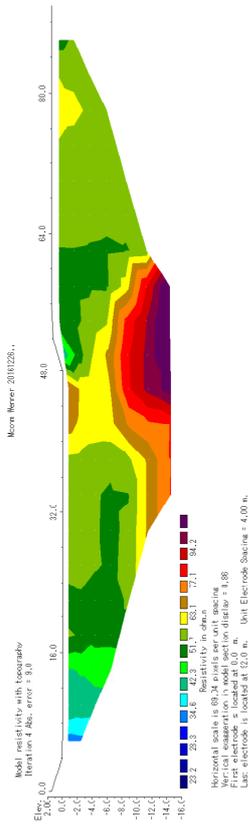


図 4 地すべりブロック最後尾付近の電気探査 NW-SW 断面。

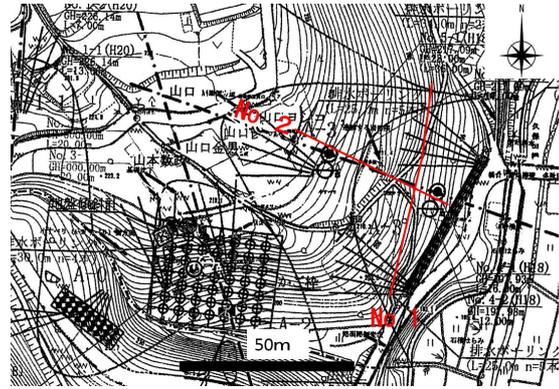


図 5 地すべりブロック先端部付近の電気探査測線位置図。

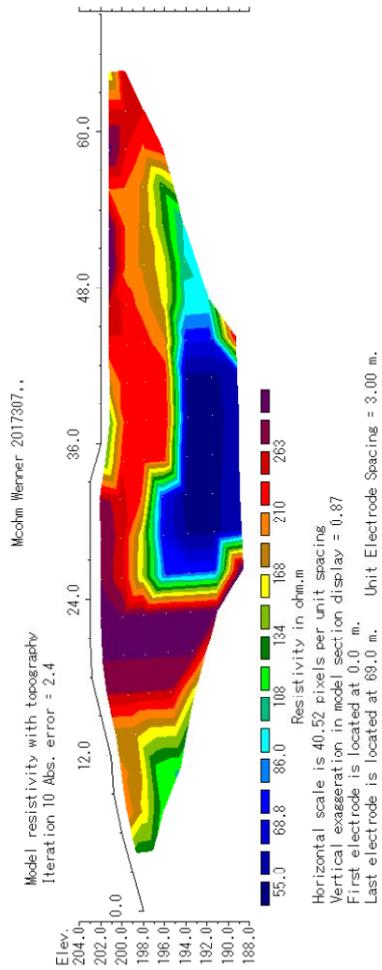


図 6 地すべりブロック先端部付近の電気探査 SN 線断面。

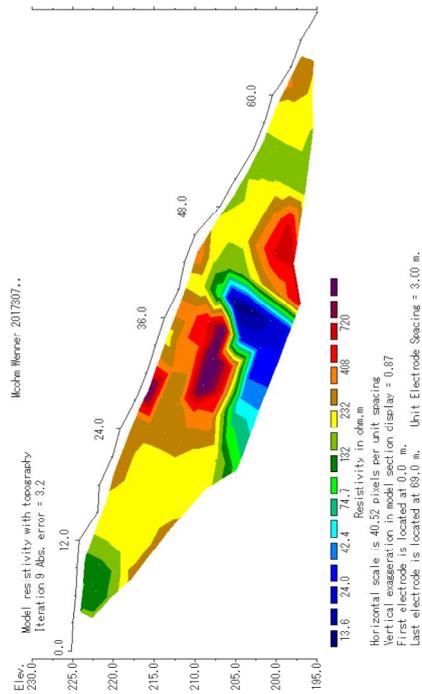


図 7 地すべりブロック先端部付近の電気探査 WE 断面。

### (3)自然電位観測結果

自然電位の観測では、地下に埋設した電極の、基準電位電極との相対電位を計測する。サンプリングは1秒毎で、16ビットADコンバータを通して、PCメモリーに格納される。自然電位のほかに、桁転倒方式による降雨計、計測器付近の気温および基準電極付近の土壌水分計のデータを同時収録できるようにした。

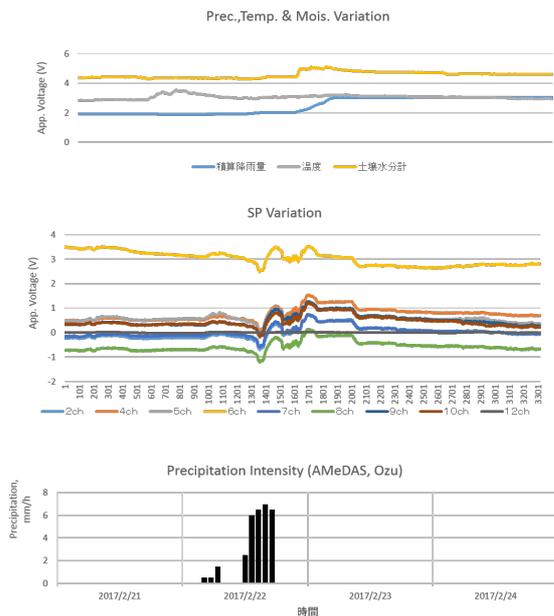


図 8 自然電位の時間変化 (2017, 2/21-4/4)

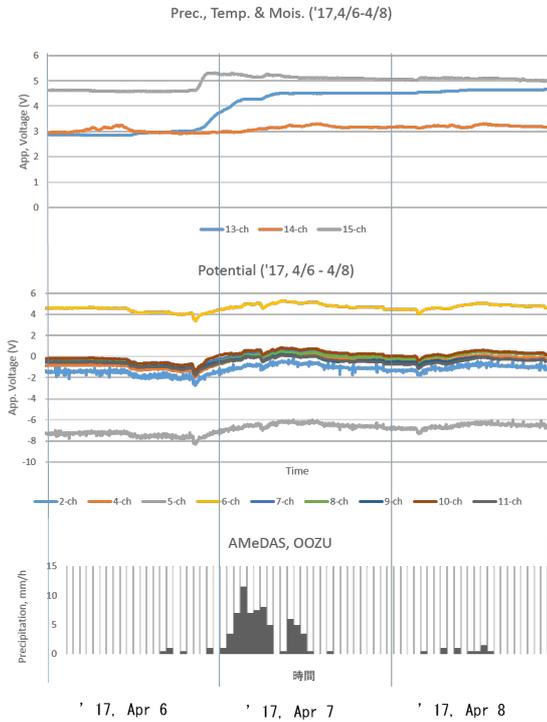


図 9 自然電位の時間変化 (2017, 4/6-4/8)

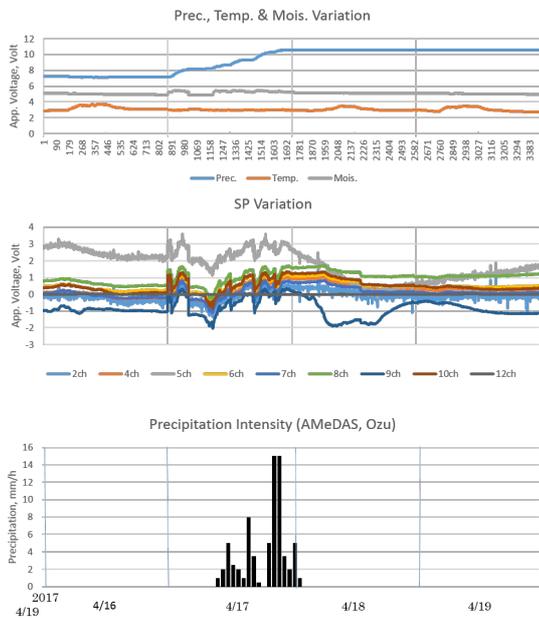


図 10 自然電位の時間変化 (2017, 4/16-4/19)

自然電位の記録には、小さな変化も残さず収録したいため必然的にダイナミックレンジが狭くなる。そのためゆっくりとした大きな変化はいわば増幅器のドリフトのような変化となり、スケールオーバーしがちである。如何に飽和しないようにゲインを設定する

のかが至難のわざとなる。ここではこれまでの経験から増幅器のゲインを 30 倍に設定している。

#### (4) 観測結果に関する考察

本調査地域である本村地すべりの規模は 200 × 500m 程度であり、主要なすべり面の深度は 10 ~ 30m である。電気探査の結果は地すべりブロックの後端部付近で、深度 6 ~ 8m に低比抵抗体が見られる。

自然電位の計測では現場計測する時、電極の接地条件によってその値が大きく異なり、時間と共に変動する。しかしある程度の時間が経過すると安定してくる。安定した後で、それぞれの電極の値を計ると、数 100mV の違いが認められ、大きいところでは 1V 近くに達する。したがって電位の変動を見るためにはその差の部分キャンセルして 0 点シフトをする必要があり、これを現場で調整することになる。得られた自然電位の観測結果を図 8 ~ 図 10 に示す。12 チャンネルの内 3 チャンネルはスケールオーバー、コネクタの接点不良などで使えないため、それらのデータは割愛した。

3 つの図に見られるように、降雨によって自然電位が大きく変動していることがわかる。そしてその変動にはいずれもスパイク状の波形を呈している。時間降雨量は気象庁の AMeDAS 大洲局のデータを引用しているが、現場での雨量計とは必ずしも一致していない。これは現場が AMeDAS 局と 10km 弱離れているためであろう。いずれのイベントにおいても降雨と同時に自然電位が変化しているのが分かるが、後に続くスパイク状の変化は、地盤内のどこかのひずみ変化を反映している可能性がある。岩石の破壊過程に見られるスティックスリップに対応しているかも知れない。

#### 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 0 件)

〔学会発表〕(計 6 件)

中川康一、バイヨン寺院(アンコールトム)直下の比抵抗断面と地下構造、日本応用地質学会関西支部、2015、5/26、大阪市立大学文化交流センター、大阪府大阪市梅田

中川康一、ガウジを介在するすべり破壊に伴う電位分布特性、日本応用地質学会、2015、9/24、京都大学防災研究所、京都府宇治市五ヶ庄

三村衛、河川堤防の電気探査と地盤特性(2) 物理探査学会、2015、9/24-26、石川県文教会館、石川県金沢市尾山町

K.Nakagawa, Resistivity profiles and foundation structure of Central Tower in Bayon Temple, Angkor Thom, Intl. Association of Eng. Geol., 2015, 9/26-27, Kyoto Univ. DPRI, 京都府宇治市五ヶ庄

M. Mimura, A case study of soil type identification for levee structure by electric survey with unified cone field test, 12<sup>th</sup> Intl. Symp. SEGJ, Intl. Res. Center (ITO Hall), 東京都文京区

中川康一、バイヨン寺院(アンコールトム)直下の比抵抗断面と地下構造 2, 日本応用地質学会関西支部、2017, 5/19、大阪市立大学文化交流センター、大阪府大阪市梅田

〔図書〕(計 0 件)

#### 6 . 研究組織

##### (1) 研究代表者

中川康一 (Nakagawa Koichi)  
大阪市立大学都市研究プラザ  
都市研究プラザ特別研究員

研究者番号：  
80047282