

地すべりを検出する 1 m深地温計測法を利用した防災杭システムの検討

提案者	学校名	熊本高等専門学校
	代表者名	入江博樹 拠点化プロジェクト系グローバル人材育成グループ 教授
	連絡先	(0965)53-1282 irie@kumamoto-nct.ac.jp
	共同提案者名	福田幸太郎 田村蓮汰 赤城弘幸 橋本寧音 田端本気 白川大晃 豊永浩史 (建築社会デザイン工学科 4年生)
提案するアイデアの概要	アイデアタイトル	地すべりを検出する 1 m深地温計測法を利用した防災杭システムの検討
	対象地域	熊本県西原村および熊本県八代市
	対象とする地域の課題	西原村では地震後にできたと思われる地割れが、地すべりを引き起こすのではとの不安が残っているが、国や自治体の監視の手が回っていないところがある。傾斜地や法面の監視を市民の手で行える方法が求められている。
	チャレンジしたいアイデア	IoTを活用して、MEMSセンサーを利用して、斜面を監視し、地すべりを検知したり、斜面の状態を監視するための装置を開発する。 1) 地すべりの発生の検知には、MEMS加速度センサを利用して傾斜の変化を検知する防災杭センサーを利用する。(従来と同じ方法) 2) 地すべりの警戒度を知るために、1 m深地温計測と土壌水分センサの利用について検討する。 3) 地すべりのモニターした情報をWiFi等の無線を利用して、インターネットのサーバに送り、対象地域の市民がスマホやPCの画面で、センサーの状況を知ることができる。

0. このプロジェクトに取り組む背景

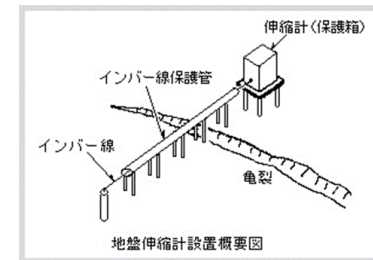
地すべりの発生

- ・素因は地すべりが発生する場所の地形や地質、地質構造、水門地質条件などが地すべりが発生しやすい状態にあること
- ・誘因は、降雨や積雪に伴う地下水圧の上昇等の自然的誘因。斜面の切土や盛土、トンネル掘削等の土工による人為的誘因がある

【従来からよく利用される観測方法】

・地盤伸縮計による観測

クラックをまたぐように固定杭と伸縮計を設置する。
インバー線をつなぎ、落葉等が計測結果に影響しないよう保護管(塩ビパイプ等)で保護する



・抜き板(丁張り)

のこぎり目を入れ、目の動きによって亀裂の広がりや地形の隆起・沈下がわかる。



地すべりの前兆現象

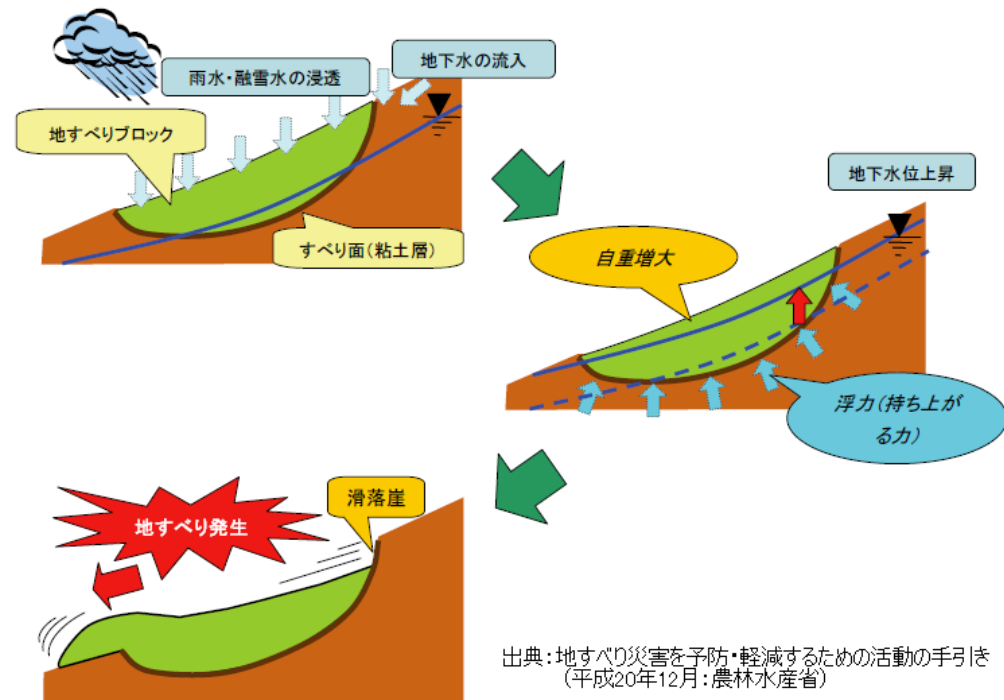
- ・ 亀裂
- ・ 段差・はらみ出し
- ・ 樹木の傾きや変化
- ・ 山鳴りなどの音

地下水との関係

地すべりの活動は、大雨の最中や降雨後などに活発化する場合が多い。

粘土などの水を通しにくい地層の上の層が、雨水や雪解け水によって地下水位が上昇することにより浮力が生じて、すべってしまうために引き起こされる。

このことから、地下水の分布状況と地すべりの活動度合いとの関係を詳細に把握するために、多くの地すべり地では継続的に地下水位の観測が実施されている。



出典: 地すべり災害を予防・軽減するための活動の手引き
(平成20年12月: 農林水産省)

参考: <https://www.pref.niigata.lg.jp/sec/nochikensetsu/1286053214808.html>

1 アイデアの概要(1)

- ・ (私たちの提案の主旨)
- ～ 一歩先の行動を行うための、防災情報の提供を目指す ～
地すべりの検知の「ゆるい」情報を収集・提供

(背景)

- ・ 精細な予知や予兆を検知するセンサーは、多くの企業や研究者らから提案されている。すでに製品化されて、自治体や企業で導入も進んでいる。
- ・ (課題1) 予知モデルには、地質などの専門知識が必要。
- ・ (課題2) いつ発生するかわからず、長期間の稼働が前提。
- ・ (課題3) IT、土木、防災の専門家に住民目線が必要だが…。
この4者はバラバラに動いている。

ー> 入江研究室も 企業との共同で防災杭センサー開発した。

<開発してわかったこと1>

街の価格で、コスパが良くても、中山間地域では高い。受益者負担では市民レベルでの導入が難しい。買う人がいない。

<開発してわかったこと2>

- ・ 地域の防災機器の開発をしても、地域にお金が落ちない。
- ・ 地すべりの発生の日時と場所がわかるだけでもいい (らしい)
- ・ 杉林の中では、電源の確保が難しい。電池交換はだれが？



1 アイデアの概要(2)

- ・街場のコストは**人件費が最も高い**
国の助成金を使っても、都会のコンサルタントに還流
- ・電池交換などのメンテナンスを**地元の人が自分達でできる**といい。
(地場の電気屋さん、工業高校の生徒達)
- ・もっと技術を単純に**知識と技術も中山間地域へ**。人件費は地域で負担。

地すべりの検知手法

- ・限界集落の道路周辺の危険箇所を無人で監視する。
- ・住民と自治体が同時に危険を認知。
避難する住民は別経路の探索が可能
自治体も通行止めなど措置を早期に対応可



提案する防災杭センサーの観測対象

(これまで) 傾斜センサー (加速度センサー)

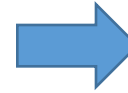
(今回の提案) **温度 (1 m深地温) + 土壌水分センサ (導電センサ)**

(今回の提案のメリット)

- ・地温を計測することで、**地下水の上昇の影響を推測**することができることを期待。
- ・(設置場所や時期の効果が不明なので試してみたい)。
- ・温度センサーは加速度センサよりも安価なので、**多点化への期待**ができる。

1 アイデアの概要（3）

アイデアの元ネタは、図書館の本から見つけた



<http://www.kokon.co.jp/book/b147714.html>



- ・ 提案する装置

- Wifi付きマイコン(ESP32) 1つ
- 温度センサー(LM61BiZ) 3つ
- 土壌水分センサー(導電率型) 3つ

(温度センサー) + (WiFi付きマイコン)



(WiFi/レータ)

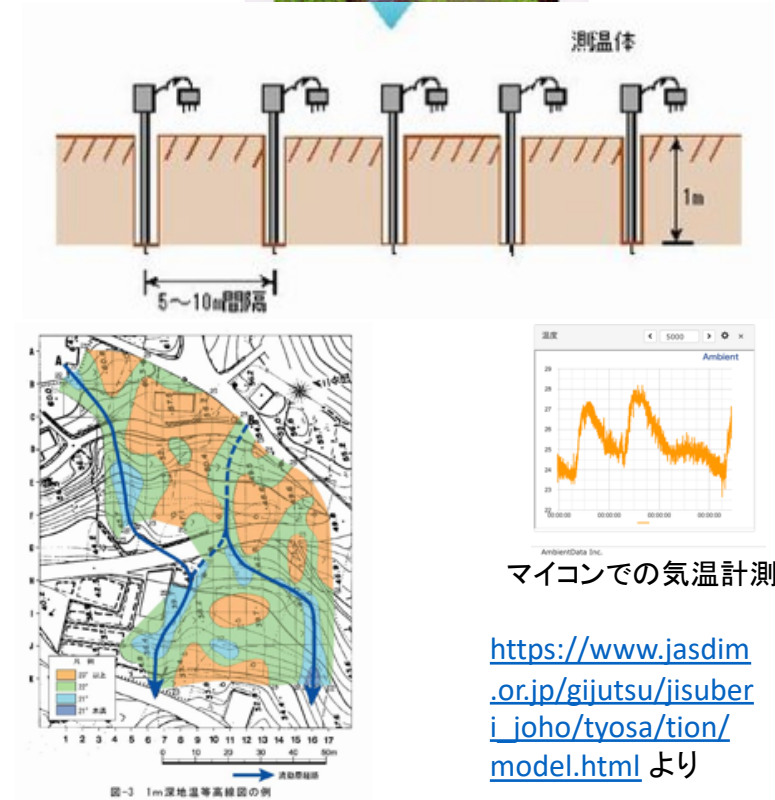


Webサーバ (Ambient Iot)



PCやWebでのグラフの閲覧 (1m地温の変化を確認)

地図上に温度変化がある場所を プロット
(これについては、今のところ人手で
将来はAIを活用したい)



マイコンでの気温計測の例

https://www.jasdim.or.jp/gijutsu/jisuber_i_joho/tyosa/tion/model.html より

この「1m深地温 等温線図」、
のようなものを描きたい

2 取り組む理由・期待される効果

そもそも、自分たちは避難するような場所には住んでいない。（と思っている）

- ・ **地産地防（ちさんちぼう）**；

地域で産み出した知恵で、地域の防災に取り組むこと

マイコンと温度センサーという初歩的な電子回路で、斜面監視のセンサーの有効性が確認できれば、地域の人々が、オーダメードなセンサーシステムを構築できる。コンサルタント料や人件費が、対象地域で回ることになる。

- ・ （地すべりの検知）

高精細な計測や予測は、企業や国が設置する高度なセンサー杭が担当する。

我々が提案する杭センサーは、**地温や気温を日常的に計測**することで、地域の微気象の計測に活用（今の所は、具体的に何の役に立つのかは、**地域の人たちと考えてゆく**）

温度は農業や林業への活用が期待する。サーバに自動保存したり日頃から温度変化を見る習慣で、**ちょっとした変化に気がつく**ことが増えることを期待。

危ない場所の地すべりを検出することで、自分たちの場所の避難を早めたり、避難経路を安全にすることに役立てることができる。

一> 地域住民が自分で考え行動するための、**一歩先の情報**を、無人で遠隔から得ることができる。

3 アピールポイント

- ・IoTを使った環境モニタリングの開発に利用者目線で取り組む点が、我々の取り組みの特徴である。安価で入手可能な技術を利用することで、中高生でも真似が簡単にできることを目指す。

- ・使用するIoT技術については、比較的安価に入手が可能な部品や装置を利用する。開発するソフトウェアに関しても、インターネットの情報を利用することで、小規模なプログラミング開発で済むように心がける。

- ・高度な電気電子の専門知識を習得していない一般の市民が、組み立てて、運用やメンテナンスができるような装置の開発を目指す。

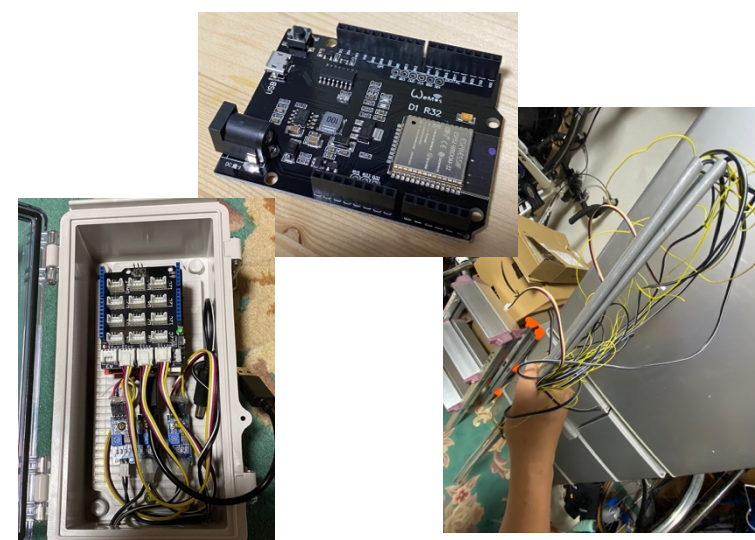
- ・オーダメイド化が可能な技術で、地産地防（ちさんちぼう；地域で産み出した知恵で、地域の防災に取り組むこと）を目指す。

- ・地すべりの発生の有無の検出、法面の健全性の検査確認といった、日常平常の生活を過ごせることを担保するための情報取得を目指す。

（予知・予報、法面の異常検知など、より高度な情報取得は、高度な技術を持つ専門家に任せる）従来の提案とは競合しない

4 結果

- WiFiを搭載したマイコンESP32をArduino IDEでプログラミング
- 温度センサ(LM61)を内蔵したφ5のアルミパイプ(1.5m長)を製作した。
- アンビエントデータ株式会社 (<https://ambidata.io/>)が提供するライブラリを使うことで、とてもシンプルなコードで地温をグラフ表示できた。
- 一→完成が遅れたので、十分なデータが取れなかった。
 - A/D変換の値が安定しない
 - センサの電気配線が長いようだ
 - 1月2月は学年末の授業課題が予想外に多く作業が進まず、
 - 2月の学年末試験後は、コロナウィルスで休校になった。



マイコンボードと1m深地温センサ

```
void loop() {  
    int e = analogRead(LM61);  
    float Vout = e / 4095.0 * 3.3; // 電圧に変換  
    float temp_ = (Vout - 0.6) / 0.01; // 温度に変換 LM61  
  
    Serial.println(temp_);  
  
    ambient.set(1, temp_);  
    ambient.send();  
  
    delay(120*1000);  
}
```

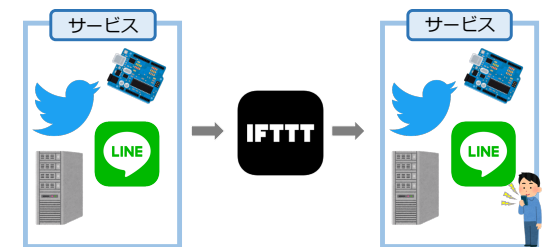
最低限の動作のためのコード例



AmbientData.io でのグラフ表示例

5. 今後の課題

- 1mの深さにアルミパイプを埋める工夫が必要
 - アルミパイプを加工して、電動ドリルに取り付ける長さ1.5mのアースドリルを自作した。安価に製作可
 - 砂利が多い地面では、さらなる工夫が必要。
- A/D変換のノイズ対策が必要
 - 温度センサの電圧信号をきれいに伝える回路に工夫
- 省電力化
 - プログラムを工夫して、スリープなどで省電力化
- インターネットへ接続する無線方式
 - 現在は、スマホのテザリングを利用した(省エネ、防水面で不利)
 - Raspberry Piなどを利用した省エネWifiルータを検討
- 地温の変化を多くの地点で計測
 - 地下水の影響を可視化したい
 - 季節ごとの地温の変化の特徴を調べたい
- ユーザにわかりやすい伝え方の工夫
 - IFTTT(IFT)を利用して,LINE等との連携を検討



- 引き続き、5年生の卒業研究のテーマとして取り組みたい