

概要 Overview

都市部では埋設管の老朽化や破損に起因する道路陥没が毎年多く発生しているが、必ずしもそういう原因によらない地盤陥没も都市部に限らず時折発生する。その多くは地下に生成した水みちが地盤の内部を侵食して空洞を作り、その空洞が成長して地表面近くに達して発生する。通常、路面下空洞を見つける方法として用いられる地中レーダー探査は深さ1.5m程度以下の浅層部が適用範囲で、深層部の空洞を探知する方法ははまだ確立されていない。本研究では空洞生成の原因となりうる地下の水みちに着目して、地下流水音測定装置を用いて北海道安平町ゴルフ場にて地下流水音を測定し、陥没を引き起こす水みち探索の可能性を探った。地下流水音調査の結果、周波数や音の鳴り方の特徴を考慮することで、従来のD値(音の大きさ)を用いて地下流水音を抽出する方法に比べて、精度よく曝気音のみを抽出でき、地下の水みち把握の可能性が示唆された。

In urban area, many road cave-ins happen due to aging and defects of buried pipes. Ground cave-ins can also occur due to underground cavities formed with internal erosion caused by ground water flow. The ground penetrating radar technique is usually used to detect subsurface cavities, but it is only effective for cavities up to 1.5m deep. The way for detection of deep cavities has not yet been established. In this study, the ground water sound survey was conducted in Abira town to search for ground water paths. It was found that the certain range of frequencies in the collected sound seemed to indicate the ground water flow.

調査地概況と調査方法 Area outline and survey method

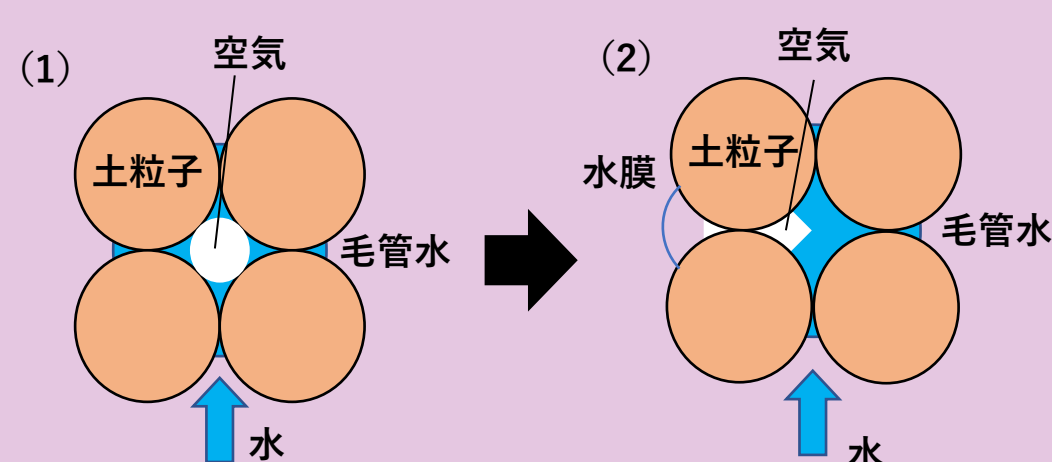
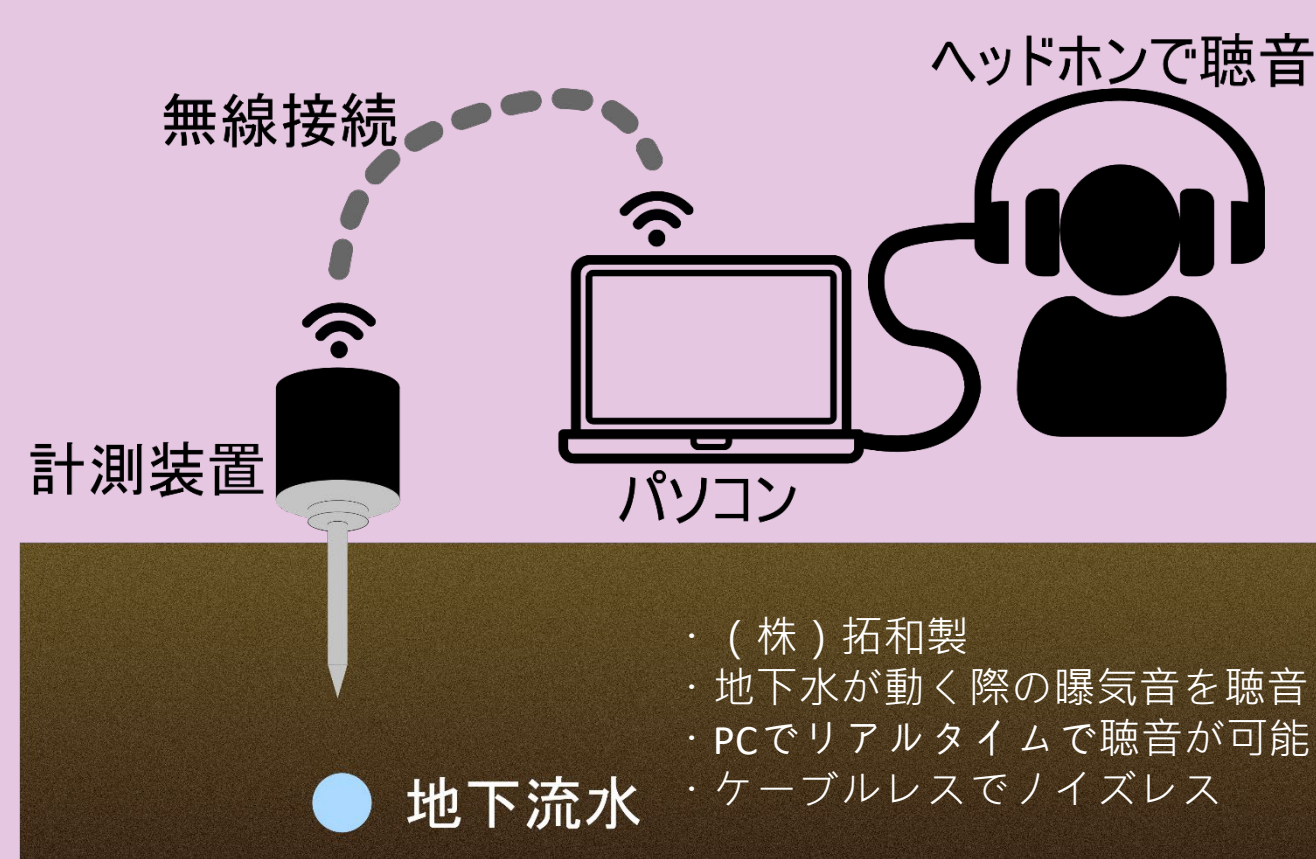
陥没の上空写真(当時) Aerial photo



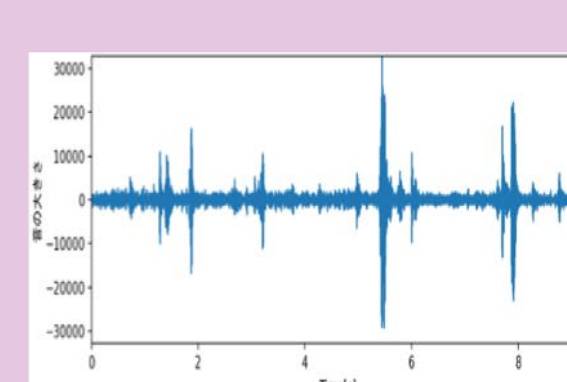
- ゴルフ場内で2009年に陥没が発生
A cave-in occurred on the golf course in 2009.
- 陥没発生場所から離れた場所で大量の土砂が流出
Large amount of sediment was found at a distance from where the collapse occurred.
- 事故発生時の調査で地下に水みちが確認された
Water paths were identified under the ground during the investigation at the time of the accident.

地下に水みち? Water paths in the ground?

地下流水音測定装置と周波数解析の方法 Ground water sound measurement and frequency analysis



地下流水音発生メカニズム
Mechanism of ground water sound (株) 拓和 技術資料より



- 既往の研究で分かった曝気音の特徴
- 突発的に発生すること
 - 大きな音がすること

包絡線処理

- 「波形」から「音量」へ変換
- データの簡素化

エッジ判定

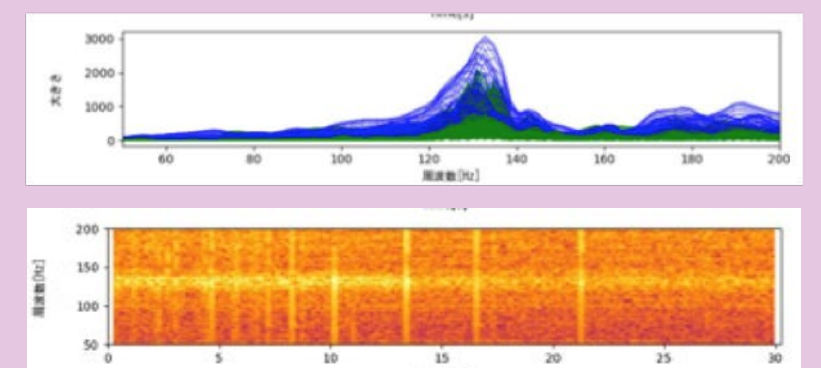
- 突発的という特徴から傾きの大きさ
- 大きな音という特徴から音量の大きさに着目

機械的に曝気音を判定

曝気音発生箇所と発生していない場所(ノイズ)が自動で検出された

フーリエ変換

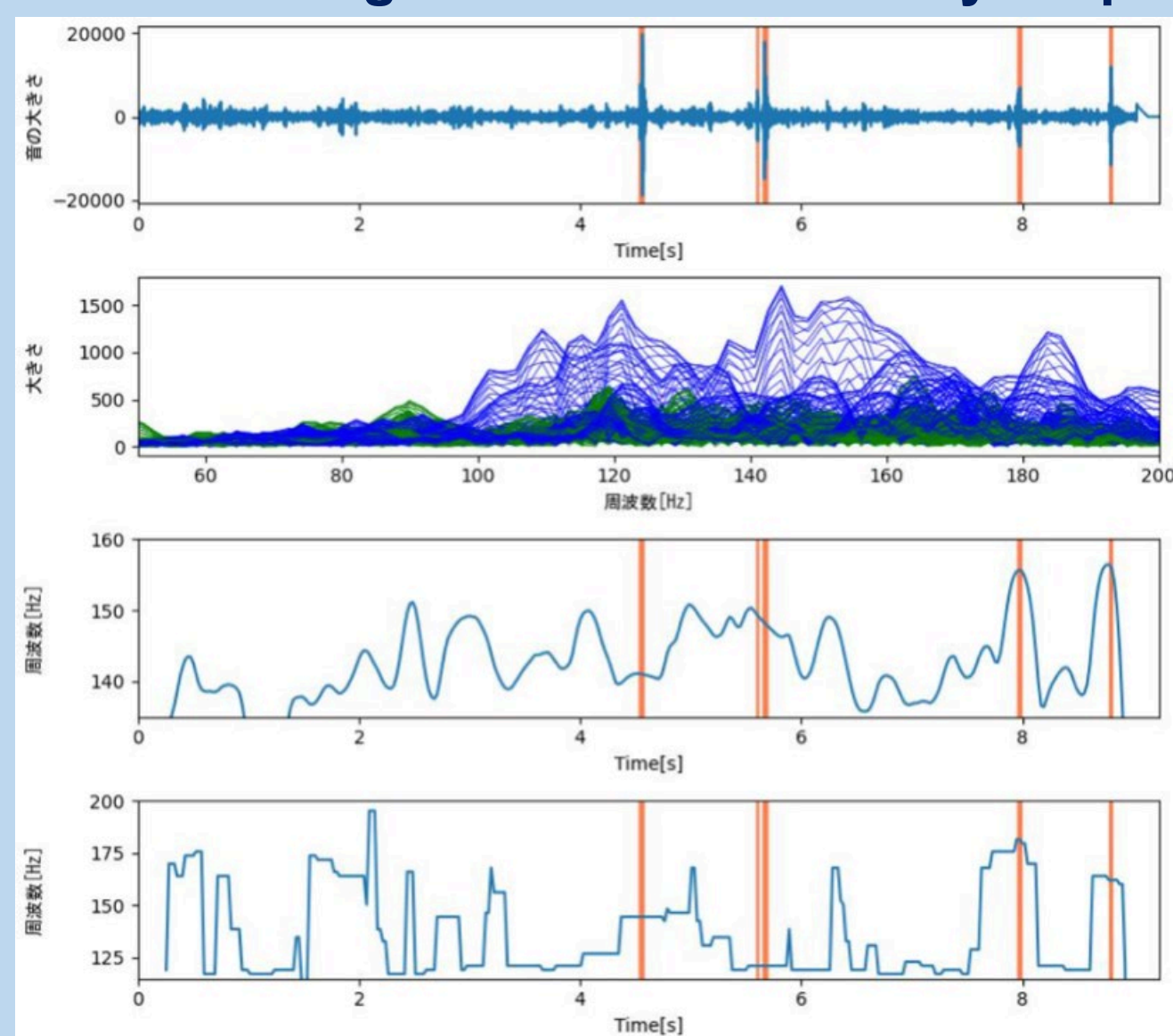
曝気音とノイズの周波数を関数の形状を比較する



調査結果 Field survey result

周波数解析による地下流水音の特徴

Features of ground water sound by frequency analysis



地下流水音の特徴:
100~200Hz付近、曝気音毎に周波数関数の形状が異なる

Features of ground water sound:
Around 100-200 Hz, the shape of the frequency function differs for each aeration sound

流水音の頻度を色ごとに区別したマップ

Map of the ground water sound frequency

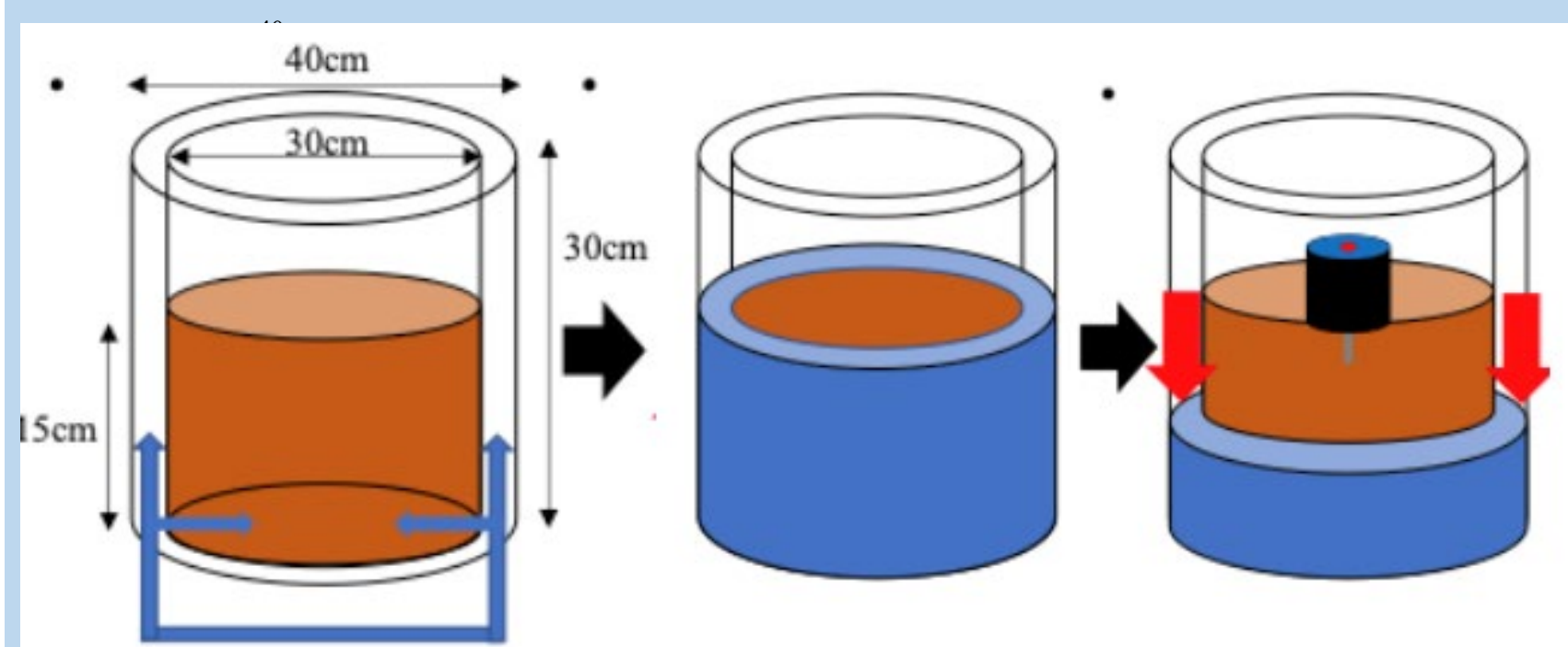


地下流水音は切り盛り境界において高い頻度で確認でき、一連の流れのように分布していた。これは標高の高い方から低い方へと切り盛り境界を通じて水が流れたためだと考えられる。
Ground water sound was frequent at the border of cut and filled ground.

室内模型実験による地下流水音測定 Laboratory model test

試験方法 Test method and procedure

土質や水位による地下流水音の変化
ground water sound in the different types of sand, ground water levels



- 2重槽の外槽に水を注入
Fill the outer tank of the double tank with water
- 内槽の穴から材料に注水
Water is poured into the material through holes in the inner tank
- 外槽の水位低下に伴い内槽の水位上昇
Water level in inner tank rises as water level in outer tank drops

材料の変化と流水音の関係 Occurrence frequency of ground water sound

地盤材料	珪砂7号	珪砂3号 (80%)	珪砂3号 (20%)	珪砂1号
地下流水音	無	無	有	有
周波数スペクトルの形状	-	-	特徴的な周波数がある箇所	特徴的な周波数がある箇所
周波数帯(Hz)	-	-	135,125,120	130,123,113

- 粒径が大きな(透水性の大きな)砂の方が地下流水音の頻度が高い。
The larger the grain size, the larger occurrence frequency of ground water sound
- ゆる詰め砂においてが流水音の頻度が高い。
The looser the density state is, the greater the frequency of ground water sound.

