

紀伊山地における空中電磁探査結果を用いた基岩内地下水位の推定とその精度の向上に関する検討

京都大学大学院農学研究科 ○木村佑・小杉賢一朗・正岡直也
国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所 山本悟司・小杉恵・北本楽

1 背景と目的

基岩内地下水位の値は土砂災害発生の予測に非常に大きな役割を果たすと考えられている。しかしながら基岩内地下水位の測定には大きなコストを要する。このため空中電磁探査が簡便な調査法として注目されているが、地下水位の推定精度についてはまだわからないことが多い。空中電磁探査によって得られる比抵抗値のデータは基岩の岩質、含水率、風化度合いの影響を受けている。本研究では紀伊山地における空中電磁探査データを整理し、基岩内地下水位との関係性を解析した。

2 調査地と方法

平成23年9月の台風12号による紀伊半島大被害で甚大な被害を受けた紀伊山地の計10地区を対象とした。これらの地区では深層崩壊斜面とその周辺でボーリング孔が掘削され地下水位が計測されている。これらの地区を対象に2012年7月、10月、11月、2013年11月の4回に分けて空中電磁探査が行われた。調査は140kHz、31kHz、6900Hz、1500Hz、340Hzの5種類の周波数を用いて行われ、それぞれの周波数で異なる深さの地盤の比抵抗値が計測された。一般に、周波数が高くなるほど浅層の情報を反映しているといわれている。

本研究では、10地区の計142本のボーリング孔について、2012年8月から2020年3月までの1時間ごとに計測された地下水位と空中電磁探査により得られた比抵抗値の相関を解析した。解析においては、各地区における地質調査結果も考慮した。

3 使用した地下水位データについて

本研究で用いたボーリング孔内の地下水位は2012年8月から2020年3月までの1時間ごとに計測されたものであるが、ボーリング孔ごとに計測時期は異なる。また空中電磁探査が行われた2012年秋から2013年秋にかけてのデータが存在

しているボーリング孔は非常に少なかった。そこで本研究では、実効雨量を基にした地下水位解析を行った。はじめに以下の式を用いて実効雨量を計算した。

$$X(t) = X(t-1)e^{\alpha} + R(t)e^{\alpha/2}$$

$$\alpha = \ln(0.5)/M$$

ただし、時刻 t における実効雨量 $X(t)$ 、1時間前の実効雨量 $X(t-1)$ 、時刻 $t-1 \sim t$ の間の雨量 $R(t)$ 、減少係数 α 、半減期 M である。

さらに求めた実効雨量を基にして地下水位解析を行った。この解析には複数の関数モデルが存在しているが、今回は以下の式を用いた。

$$H(t) = b_0 + b_1 X(t)^{p_1}$$

ただし、時刻 t における地下水位 $H(t)$ 、各地点の最低地下水位に相当する地下水位 b_0 、実効雨量の地下水位変動に対する寄与の大きさにより決まる係数 b_1 である。

以上の方法で推定した地下水位を用いて、空中電磁探査を行った時期のデータの平均値を算定した。

4 結果と考察

4.1 地下水位と比抵抗値の相関性

図1に140kHzで行われた電磁探査について、10地区すべての地下水位と比抵抗値の相関を示した。相関は高くないものの、比抵抗値が大きくなるほど地下水位が深くなる傾向が見られた。

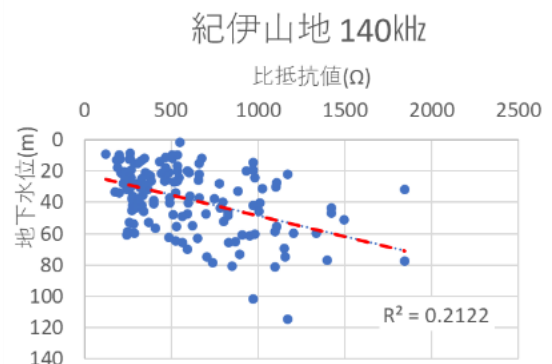


図1：紀伊山地全体の散布図

他の周波数についても同様に地下水位と比抵抗の相関を解析した。いずれの周波数でも 140 kHz と同様の傾向が見られた。R²は 140 kHz の場合に最も高くなった (図 2)。このため本研究では 140 kHz の調査結果を用いることで地下水位分布の概略を把握できると考えた。

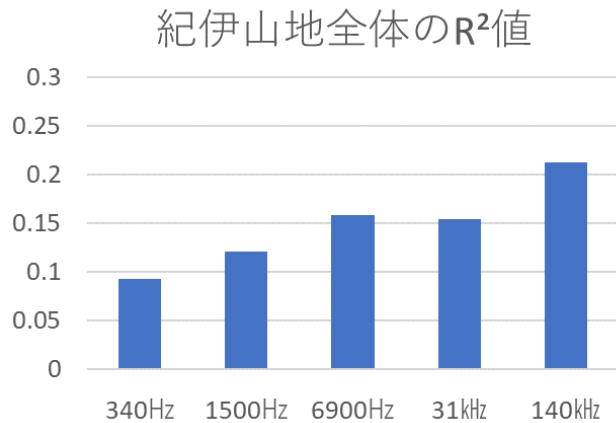


図 2：各地区における R²値の分布

4. 2 地下水が存在しない孔を取り除いた結果

各ボーリング孔の地下水位データについて、地下水位が存在しないと考えられる孔も存在し、それらを取り除くことで相関性が向上するのではないかと考えた。

各孔について、地下水位の数値から孔の長さを引き、値がほとんどの時間で 0 となっている孔については地下水位が存在しないものとして散布図から取り除いた。整理後の散布図ではこれまでの結果に比べて R²が大きくなった (図 4)。

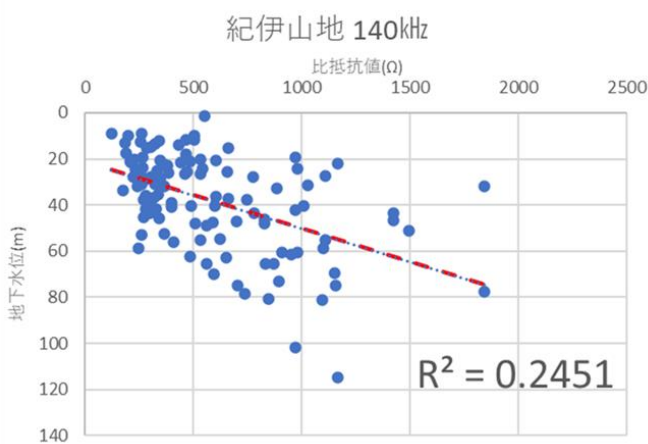


図 4：整理後の結果

4. 3 地下水位変動が少ない孔を取り除いた結果

各ボーリング孔の地下水位データについて、降雨があってもかかわらず地下水位の変動がほとんど無い孔を取り除くことで相関性が向上するのではないかと考えた。整理後の残布図ではこれまでの結果に比べて R²が大きくなった (図 3)。

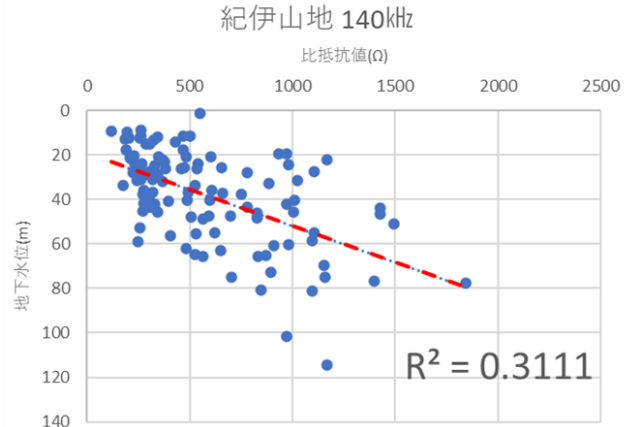


図 3：整理後の結果

5 まとめ

紀伊山地のボーリング孔について、比抵抗値が大きくなるほど地下水位が深くなるという傾向が見られた。また、この傾向は 140 kHz での調査結果で最も強く見られた。

この結果について、用いた地下水位データの妥当性について検討し、地下水位が存在しない孔、地下水位の変動が無い孔を取り除いた結果それぞれ相関性は向上した。

今後は地質によって比抵抗値が受けた影響等を考慮することで相関性がどのように変化するかを調べていく。

6 参考文献

- 小杉ら, 山体基岩内部の地下水位変動を解析するための実効雨量に基づく関数モデル, 砂防学会誌 vol 66No.4, p21-32, 2013.
- 防災地質チーム, 地質調査における電気探査の活用, 寒地土木研究所月報 No.651, p51-54, 2007.
- 大日本コンサルタント株式会社, 那智川流域他空中物理探査による広域斜面調査業務概要書, 2015.
- 大日本コンサルタント株式会社, 新宮川流域南部他空中物理探査解析業務成果概要版, 2013.