

### 1.3 断層と地下水の関連性に関する研究

1.1.4 および 1.2.1 が関連している。

### 1.4 超磁歪起震装置の開発・改良による地下水流動研究

#### 1.4.1 超磁歪震源による地震波速度の観測究

平成 22 年度より本事業では、瑞浪観測壕内に超磁歪素子を用いた弾性波制御震源（以下、超磁歪震源装置）の開発と運用を行っている。本事業の主目的は、超磁歪震源の有用性を検証し、弾性波により地下の弾性波速度変化や岩盤や地下水の挙動を明らかにすることである。平成 27（2015）年度には、GPS に同期した任意波形を発生できるシングルフォース型の超磁歪震源（以下、新震源）を新たに開発し、平成 28 年 4 月に地下のモニタリングを開始した。その結果、熊本地震（2016/04/16 M=7.3）前後の直接 P 波の走時変化が土岐花崗岩中の間隙水圧(STG200N)の変化と良く一致していることが判明した。また、平成 28 年 8 月からは、瑞浪観測壕内に小規模な地震計アレイを設置して、瑞浪層群内の地下構造変化のモニタリングを開始した。平成 30 年度には、地震計アレイの観測により有感地震となった壕壁付近の岩盤破壊現象（2018 年 3 月 28 日）で震源近傍の散乱構造が変化していることが判明し、2018 年 7 月以降のデータに、降雨やその後の地下水流動に対応すると考えられる散乱構造の変化が見えていることが分かった。

令和 2（2020）年度も実験を継続し、主として瑞浪観測壕内の地震計アレイによる観測を進めている。新震源による連続稼働実績は約 5 年間になる。この 5 年間、超磁歪震源そのものは停電による停止以外は、ほぼ完全にメンテナンスフリーであったが、送信の周波数・時刻基準となる GPS 時計が老朽化のせいか Lock が時々外れるという問題が生じている。アンテナ等をいじったが改善しなかった。後続波の変化から散乱構造の変化を議論する上ではあまり影響がないが、より詳細な弾性波速度の時間変化を議論するには、超磁歪震源装置の電圧・電流・重錘の加速度などの観測データを用いて送信のクォリティーチェックや補正を行う必要がある（図 1.4.1a）。

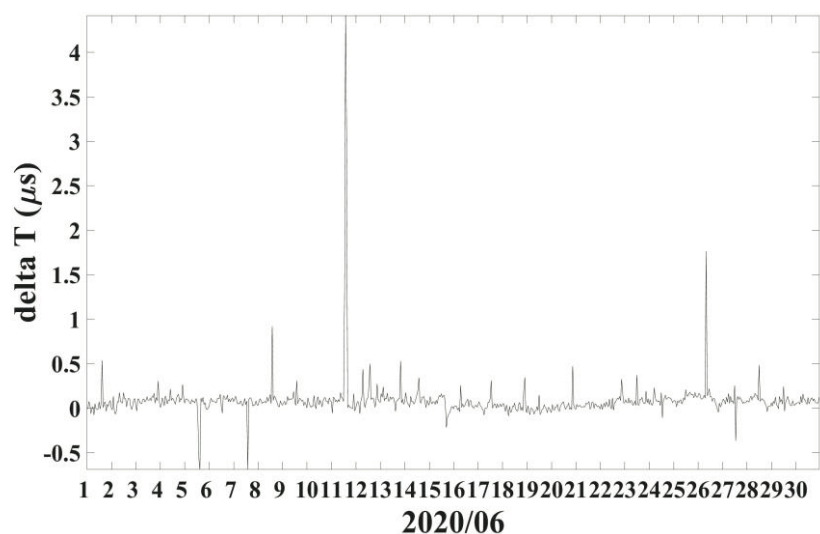


図 1.4.1a GPS 時計の Lock 状態調査の例

超磁歪震源の駆動電流の位相変化から送信タイミングの揺らぎを計測した（2020 年 6 月 1 日～6 月 30 日の 1 時間毎のデータ）。GPS 時計が衛星を Lock している場合は、 $\pm 0.1$  マイクロ秒程度の揺らぎ（GPS 時計の精度）に収まっているが、衛星電波の受信状態が悪く Lock が外れると、外れている時間に応じて刻時精度が悪化する。上記の例では最大で 4.5 マイクロ秒程度の誤差が生じている。

令和2年度にも、降雨による波形変化は観測されており、降雨が地下に浸透することによる瑞浪層群内の散乱構造の変化が原因とみられる。地震による明瞭な波形変化は、今年度は、静岡県西部の地震（2020年9月27日、M5.1、瑞浪での震度2）の際にのみ観測された。2019年1月1日～2020年12月31日の2年間で、瑞浪で震度1以上となった地震のリストを表1.4.1差分波形を図1.4.1bに示す。2年間で地震による明瞭な波形変化があったのは2例のみであった。

地震発生日	地震発生時刻	震央地名	緯度	経度	深さ	M	最大震度	検索対象最大震度	超磁歪波形変化
2020/10/19	3:27:59	岐阜県美濃中西部	35° 12.7' N	136° 37.8' E	42 km	4.1	震度3	震度1	
2020/9/27	13:13:41	静岡県西部	35° 04.8' N	137° 47.1' E	45 km	5.1	震度4	震度2	○
2020/9/4	9:10:53	福井県嶺北	36° 06.9' N	136° 11.3' E	7 km	5	震度5弱	震度1	
2020/9/2	2:49:58	石川県加賀地方	36° 27.0' N	136° 47.2' E	9 km	4.6	震度3	震度1	
2020/8/27	8:55:09	岐阜県美濃中西部	35° 37.2' N	137° 02.4' E	9 km	4	震度3	震度1	
2020/5/29	19:05:15	長野県中部	36° 15.7' N	137° 38.4' E	4 km	5.3	震度4	震度1	
2020/4/26	2:22:49	長野県中部	36° 15.1' N	137° 38.2' E	6 km	5	震度3	震度1	
2020/4/23	20:47:06	岐阜県美濃東部	35° 22.6' N	137° 05.6' E	47 km	3.6	震度1	震度1	
2020/4/23	13:44:22	長野県中部	36° 13.5' N	137° 39.7' E	3 km	5.5	震度4	震度1	
2020/3/21	13:58:33	長野県南部	35° 40.2' N	137° 44.3' E	11 km	4.1	震度3	震度1	
2020/3/13	2:18:47	石川県能登地方	37° 16.7' N	136° 49.4' E	12 km	5.5	震度5強	震度1	
2019/10/20	7:11:41	愛知県西部	35° 15.4' N	137° 09.0' E	14 km	3	震度1	震度1	
2019/8/31	18:03:17	長野県南部	35° 52.7' N	138° 07.7' E	11 km	4.1	震度3	震度1	
2019/7/10	20:33:03	岐阜県美濃中西部	35° 28.1' N	136° 44.0' E	9 km	3.6	震度2	震度1	
2019/3/13	13:48:49	紀伊水道	33° 48.0' N	134° 54.8' E	43 km	5.3	震度4	震度1	
2019/3/9	1:08:04	岐阜県美濃中西部	35° 22.3' N	136° 41.0' E	42 km	4.4	震度4	震度3	○

表 1.4.1 2019年1月1日～2020年12月31日の間に瑞浪で震度1以上となった地震のリスト

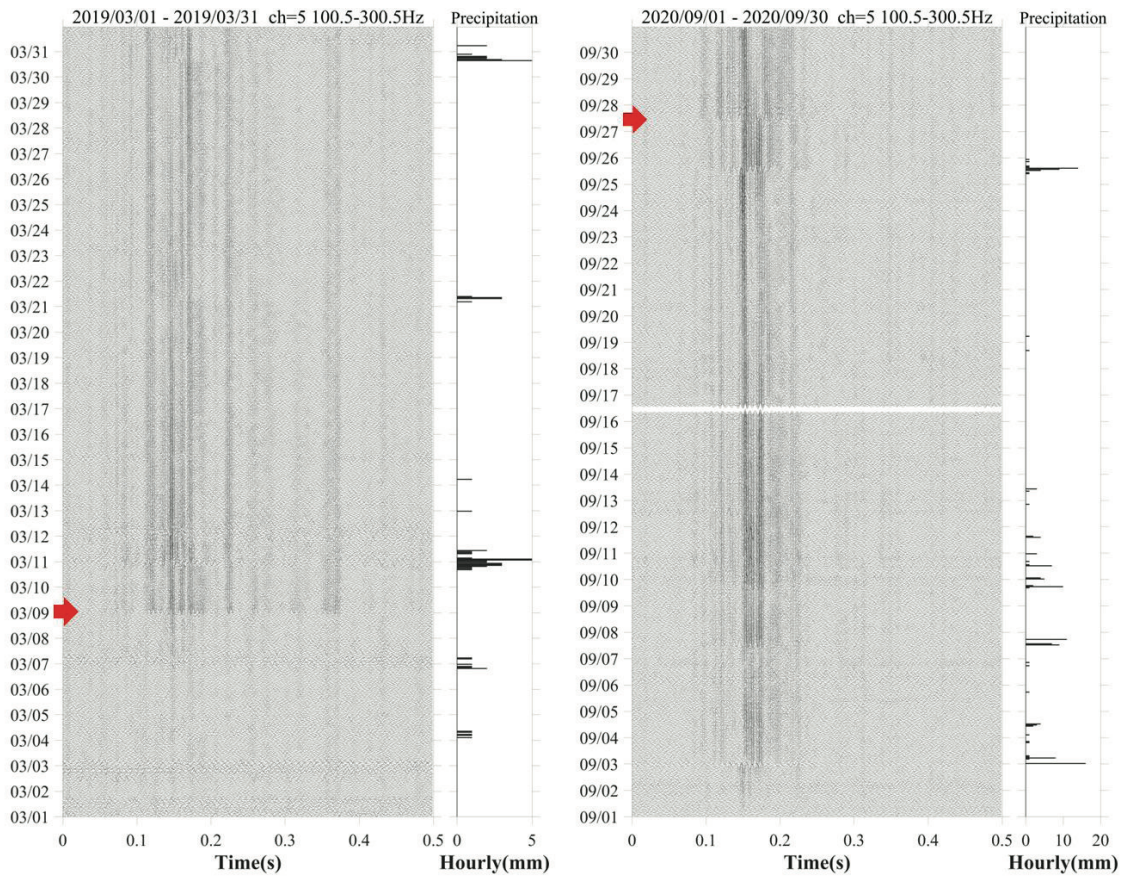


図 1. 4. 1b 地震による波形変化の例

左図：2019年3月の差分波形（3月1日0時台のグリーン関数との差）。赤矢印は、岐阜県美濃中西部の地震（3月9日1時8分。M4.4）。右図：2020年9月の差分波形。赤矢印は、静岡県西部の地震（9月27日13時13分。M5.1）。白く抜けている時間は停電による送信停止。右側の棒グラフは時間雨量（国土交通省瑞浪観測所）