

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 3日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23740331

研究課題名（和文） 活断層モニタリングの手法開発とその実践による断層パラメータの推定

研究課題名（英文） Development of a method to monitor an active fault and its application to estimate fault parameters

研究代表者

宮澤 理稔 (MIYAZAWA MASATOSHI)

京都大学・防災研究所・准教授

研究者番号：80402931

研究成果の概要（和文）：山崎断層のセグメントの一つである安富断層を横切る地下坑道に複数の地震計を設置し、その上を断層の走向に沿って通る中国自動車道からのトラフィックノイズを高サンプリングで連続的に観測した。この記録を地震波干渉法を用いて解析することで、断層帯において観測点間を伝わる表面波と実体波と考えられる波の抽出に成功した。この結果は、トラフィックノイズの連続観測によって、断層帯の地下構造が推定可能であることを示した。

研究成果の概要（英文）：Seismometers were deployed at a vault across the Yasutomi Fault that is one of the five fault segments of the Yamasaki Fault zone, above which the freeway goes along a strike of the fault, and the traffic noise was continuously recorded at a high sampling rate. Estimates of surface wave and body wave propagations between the stations were probably extracted from the records by use of seismic interferometry method. The result suggests the possibility that continuous observation of traffic noise may be able to estimate the subsurface structure of the fault zone.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：観測手法

1. 研究開始当初の背景

近畿地方西部に存在する山崎断層帯は、長さが約 80 km、走向が西北西-東南東であり、5つの左横ずれの断層セグメントからなる。この周辺では過去 90 年あまりの近代的な地震観測により、約 10 年に一度 M5 クラスの地震が発生していたことが分かっている。しかし最近 20 年間に限ればそのような M5 以上の発生しておらず、中規模地震発生の可能性が高いと考えられている。そのような場において、地下構造のモニタリングが可能となるのであれば、断層破壊前の中短期的な変動に寄与する物理量を抽出でき、地震の活動サイク

ルの一端を解明することに繋がると考えた。

一方で山崎断層帯の一部の直上には中国自動車道が通っており、通常地下構造探査のための観測方法ではトラフィックノイズが観測の妨げとなり、調査が困難である。しかし近年その有用性が注目されてきている地震波干渉法は、バックグラウンドノイズを利用することで観測点間を伝わる弾性波を抽出することができる。従って、この地震波干渉法を用いればノイズの存在を逆手に取り、通常観測では S/N が乏しく調査が困難であるという問題は解決されると考えた。

ただし研究期間中に観測領域で地震が発

生して構造の変化等が検出できるとは考えにくく、本研究はノイズの多い場所における活断層の構造調査の可能性を、テストフィールドとして行う研究と位置づけた。

2. 研究の目的

山崎断層帯を構成する断層セグメントの一つである安富断層の一部について、その直上を通る中国自動車道からのトラフィックノイズを、地震計を用いて高サンプリングで連続観測する。その記録を地震波干渉法により解析をすることで、観測点間を伝わる弾性波を抽出する。特に、断層の地下浅部構造の推定の可能性とそのモニタリング手法の有効性を確認する。

3. 研究の方法

(1) 兵庫県姫路市安富町の京都大学防災研究所山崎断層観測室付近の深さ約 6 m の場所に、総延長約 90 m の L 字型の観測坑道（横穴）が掘られており、その直上を中国自動車道が通っている。この坑道内や付近の自動車道の下をくぐるその他のトンネル内に、3成分 2 Hz 速度型地震計を設置し、自動車道からのトラフィックノイズを 1 kHz サンプリングで約 1 日間連続観測を行った（図 1、2）。時刻同期は GPS を用いて行い、観測坑道内については屋外にアンテナを延長することで、サンプリング間隔以下の精度を担保した。最初に行ったこの観測は、地震波干渉法を用いた解析研究において、最も簡便に検出される表面波の伝播の検出を目的とした観測である。

(2) 安富断層帯中の観測坑道内に、6 m 間隔で直線状に設置した地震計からなる、36 m の短基線長アレイを設置した。このアレイにおいてトラフィックノイズを連続して観測した。上記の場合と同じ地震計を利用し、1 kHz で連続記録を収集した。本研究で用いた観測機器は 1 観測点あたり 24 GB まで記録の収集が



図 2. 安富断層観測坑道と観測機器

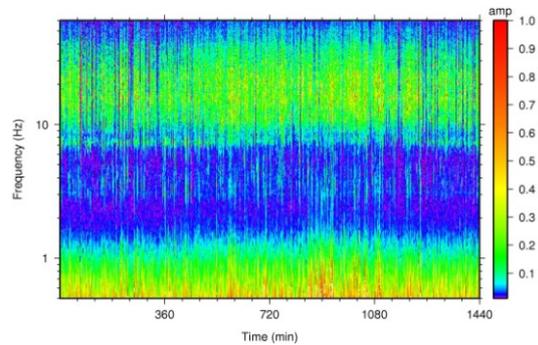


図 3. 観測坑道内観測点の一日間のランニングスペクトル図

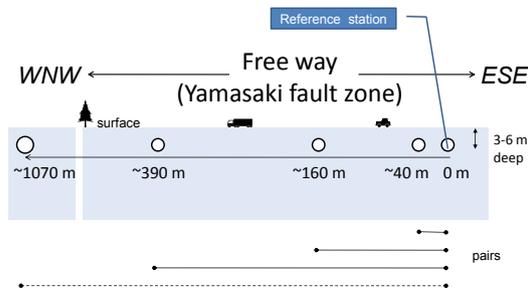


図 1. 観測点配置図

可能であり、本観測ではこの上限に達するまでの約 2 ヶ月間記録を行った。但し、上記のような表面波の伝播でなく、実体波の伝播の検出を目的とした観測である。

4. 研究成果

(1) 断層に沿いの測線でトラフィックノイズを観測した（図 1、2）。観測坑道内で観測されたノイズは、10 - 30 Hz にエネルギーが卓越しており、またこのシグナルを含めてノイズの振幅は、夜間交通量の減少に伴い弱くなるものの、一日を通じて安定して観測され

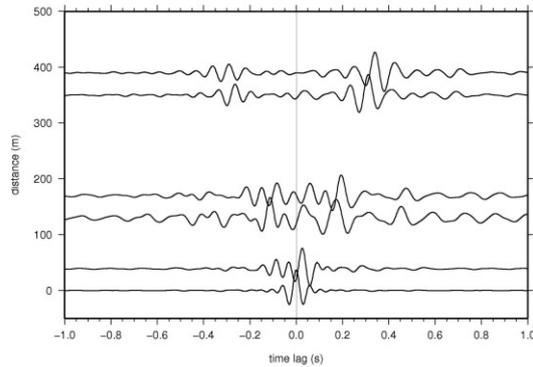


図 4. 表面波伝播の検出

た (図 3)。ここでは、16-55 Hz の周波数帯域での解析を行った。

地震波干渉法は、ある物理条件の下、2観測点で観測されたノイズ波形の cross-correlation を計算することで、その間を伝播する波の成分を抽出することができる。ここでは観測されたノイズ波形の vertical 成分のみを利用した cross-correlation の結果を図 4 に示す。基準とした観測点は、図 1 中の東南東端に示している観測坑道内の 2 点のいずれかである。観測坑道内のリファレンス観測点から最も離れた観測点の記録には問題があったため、解析には利用しなかった。距離 0 km の波形は auto-correlation に相当する。時間軸の両方向ともに、秒速約 1 km で伝播する明瞭なシグナルが確認された。正の時間軸方向に伝播する波は基準とした観測点からみて、それ以外の観測点の方向、即ち西北西方向に伝播する波を意味しており、また負の時間軸方向に伝播する波は、基準とした観測点に向かって東南東方向に伝播する波を意味している。

2 観測点でそれぞれ vertical 成分 (V) と radial 成分 (R) を利用した cross-correlation (V-R) の結果からは、図 4 と同様にそれぞれの観測点間を伝播する波が確認された。更に vertical 成分のみを用いて得た結果 (V-V) と V-R との間には $\pi/2$ の位相のずれが見られたことから、検出された波は Rayleigh 波の伝播を表していることが分かった。

(2) 観測坑道内に設置された直線状の短基線長アレイの記録を解析した。得られた記録のアレイと平行な方向の震動成分について、地震波干渉法に基づき解析を行った。任意の 2 観測点同士の cross-correlation と 1 観測点の auto-correlation を計算することで、ゼロオフセットを含む疑似ショットギャザーを作製した (図 5)。なお上記で見られた様な表面波の影響を取り除くために、75-115 Hz

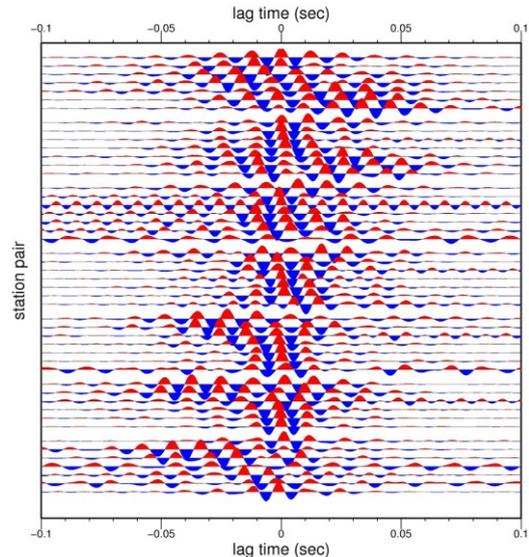


図 5. 坑道内における疑似ショットギャザー

のバンドパスフィルタを掛けた。

この結果、lag time が -0.01 から 0.01 秒の間に、表面波に比べてはるかに見かけ速度の速い波を抽出した。実際に 16-55 Hz 帯で見られる波形とは、伝播方向等の特徴が大きく異なり、これらは実体波である可能性が高いと判断される。

一方で、この波がどのような経路を辿っているかを本研究のみで明確にすることはできていない。観測坑道よりも深い地下を反射して伝わる波であるか、或いは観測坑道よりも上の地表で反射して伝わる波であると考えられるが、本研究ではこれらを区別することはできなかった。また、多くの後続波が見られるものの、得られた記録が不十分であるため、それらについて地下構造との対応付けはできなかった。

(3) 以上の様に、安富断層直上を通る中国自動車道のトラフィックノイズを用いて、断層帯を伝わる表面波、実体波の伝播を抽出できる可能性が高い事が確認された。ノイズを用いた地震波干渉法により表面波の伝播を抽出した例は数多くあるが、実体波の伝播の抽出は適切な観測アレイや条件が整わない限り極めて困難であり、明確な報告は数少ない。本研究では、検出に適した観測アレイとノイズ源との配置条件があれば、実体波等の表面波以外の波を検出できることを示すことができた。ノイズが多く通常地下構造探査が困難であるような都市部等においても、適切な観測と解析を行えば調査が可能になると考えられる。

本研究の今後の展望について述べる。長周期の表面波は比較的地下深部の構造を推定できる一方で、実体波からは地下浅部のより

詳細な構造を推定することができる。また、トラフィックノイズは常時観測されるために、長期観測により構造の時空間解析にも適している。従って、本研究の発展により、トラフィックノイズを用いて安富断層帯における地下構造をモニタリングできる可能性があることが期待される。本研究では、ショットギャザーから地下構造との対応ができなかったが、観測点を追加することや継続した観測により、今後可能になるものと推測される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

(1) 宮澤理稔, 山崎断層におけるトラフィックノイズを用いた地震波干渉法の適用, 京都大学防災研究所年報, 査読無, No. 55B, 2012, 141-144,
<http://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/handle/2433/161862>

〔学会発表〕(計1件)

(1) 宮澤理稔, 山崎断層におけるトラフィックノイズを用いた地震波干渉法の適用, A30, 平成23年度京都大学防災研究所研究発表講演会, 平成24年2月22日, 京都

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮澤 理稔 (MIYAZAWA MASATOSHI)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号: 80402931

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし