

Semblance analysis of seismic array records using wasserstein metric

*Tatsuki Nara¹, Hiroyuki Goto²

1. Kyoto University Graduate School, 2. Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

地震波形の類似度評価は地震学および地震工学における重要な要素の一つである。例えば、センブランス解析、震源インバージョンなどでは、地震波形の類似度評価が必要となる。現在、地震波形の類似度評価の指標として波形やその包絡線の平均二乗誤差を使用することが一般的であるが、近年になって最適輸送理論の一つであるワッサーズタイン計量 W_2^2 を適用することが提唱されている。そこで、本研究では W_2^2 を用いてセンブランス解析を行い、従来手法との比較を行った。

センブランス解析とは、地震計アレイにおける観測波形の走時差と地震計間距離から波群の伝播速度と到来方向を推定する解析手法をいう。解析過程において、波形の類似度を評価する必要があるが、その指標として平均二乗誤差と等価なセンブランス係数 S_e を用いるのが一般的となっている。ここで、 W_2^2 と S_e の性質の違いを考察するため、同一波形の時間ずれ(図1)に対する W_2^2 , S_e の挙動をそれぞれ示す(図2, 図3)。ともに類似度の最大点は時間ずれ0[s]となっているが、 S_e は時間ずれに対して細かく振動し、局所解が複数出現している。一方、 W_2^2 は時間ずれに対して凸性を示し、類似度の最大点を大域的に判断できることが分かる。

本研究では、2018年6月18日7時58分に発生した大阪府北部の地震を対象とし、大阪市福島区にある地震計アレイで観測された速度波形のUD成分を用いて、実体波に対するセンブランス解析を行った。解析結果の見方を図4に示し、解析結果を図5に示す。P波・S波の到達時には W_2^2 , S_e ともに北東方向に解が出現しており、地震計アレイから見て震源である高槻市が北東方向であることを踏まえると、整合性の取れた結果といえる。また、 W_2^2 の方が局所解が少ない傾向にあり、解析解の特徴を大域的に捉えられるということが分かる。

<参考文献>

- ・ Bjorn Engquist and Brittany D Froese. Application of the wasserstein metric to seismic signals. arXiv preprint arXiv:1311.4581, 2013.
- ・ Bjorn Engquist and Yunan Yang. Optimal transport based seismic inversion: Beyond cycle skipping. arXiv preprint arXiv:2002.00031, 2020.
- ・ 水上昌信, 鍬田泰子, 後藤浩之, 福島康宏. 大阪平野における高密度地震観測システムの構築. 土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, 2018.

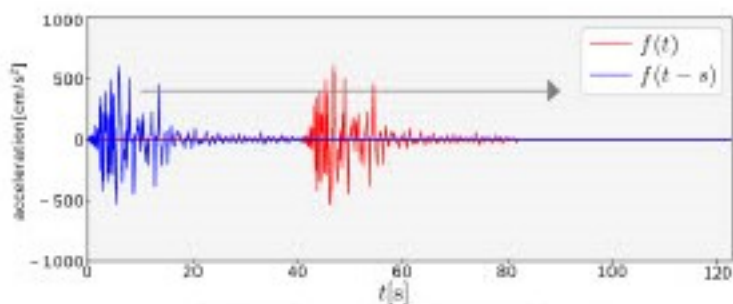


図 1. 同一の地震波形の時間シフト

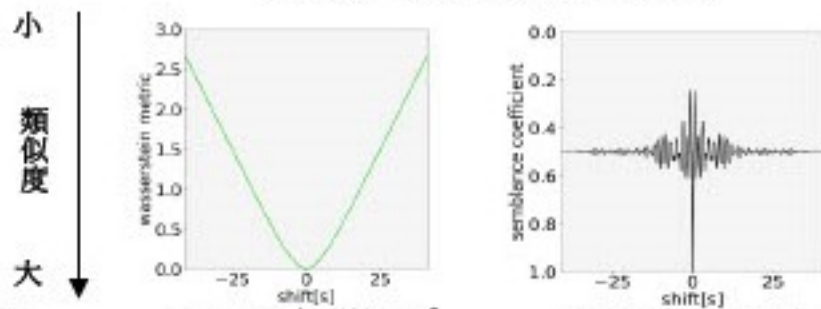


図 2. 二波形間の W_2^2

図 3. 二波形間の S_e

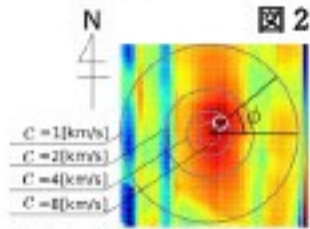


図 4. 解析結果の見方

赤色に近いほど波形の類似度が大きく、青色に近いほど波形の類似度が小さい。白丸は波形の類似度の最も大きい点を示しており、そのときの c, ϕ がそれぞれ実際の伝播速度と到来方向を示していると推定できる。

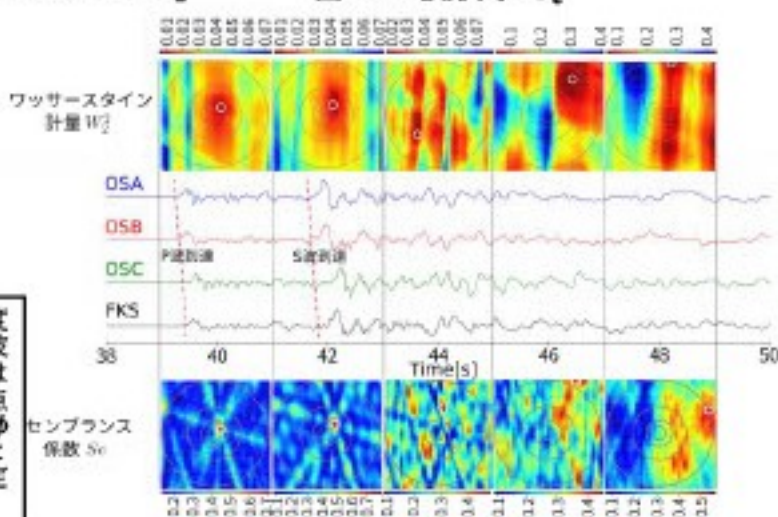


図 5. 実体波に対するセンプランス解析の結果