

1964 年アラスカ津波の検潮記録で観測された反射波とその波源

阿部 邦昭, 岡田 正実, 林 豊*

概要 :

1964 年アラスカ津波について, 仮定した反射源から伝播図を作成して走時を求め, 検潮所での津波観測波形と比較し, 走時に対応する時刻での波形変化から反射波を検出した。この津波では, 波源の対岸にあたるバンクーバー島の他, ハワイ諸島, アダック島, 本州東北部が反射体となって, 大振幅の津波を太平洋に伝えたと考え, 観測波形をうまく説明できる。中でも, 波源に近いバンクーバー島からの反射波と見られる津波後続相は多くの観測波形から検出できた。

序言 :

2011 年東北沖太平洋地震津波 (Mw9.0 ; 気象庁による) は太平洋を横断した後, チリ, ハワイなどで反射した波が DART 式海底水圧計 (Saito et al., 2013) および日本沿岸の検潮所 (岡田他, 2014, 阿部他, 2015.) で観測されたことが報告されている。本研究では, 過去の同様の規模の巨大地震による事例解析として, 1964 年 3 月 28 日 3 時 36 分 (GMT) にアラスカ湾奥 (北緯 61.04°, 西経 147.73°) で発生したマグニチュード Mw 9.2 のアラスカ地震津波の観測記録 (Spaeth and Berkman, 1967) に含まれる反射波の抽出を目的とした。

データと方法 :

(1) 津波観測記録

Spaeth and Berkman (1967) によってまとめられた, 太平洋沿岸の 8 検潮所 (図 1 ; タルカーノ, アリカ, アカブルコ, ヤクタット,

アッツ, 花咲, モクオロエ, ヒロ) における 1964 年アラスカ地震後の水位記録を用いた。津波の初動から 18 時間分を 1 分毎にデジタル化し, 前後各 100 分の計 201 値の移動平均との差を津波成分とみなした (潮汐成分の除去)。検潮所の応答特性の補正はしていない。

(2) 反射源候補

4 箇所 (図 1 ; バンクーバー島, アダック島, ハワイ諸島, 本州東北海岸) の反射源候補を設定した。反射源の形状は, 波源に面する海岸線を近似できる楕円で表現した。

(3) 津波走時の見積

津波の位相速度は線形長波の式 \sqrt{gh} (g は重力加速度, h は水深) とし, 地殻変動の隆起域 (Plafker, 1965) を近似した楕円状波源域から, 津波の直達波の走時を計算して, 伝播図 (図 2) を作図した。また, 各反射源候補を源とみなした計算走時に, 波源から各反射源候補までの走時を加えることによって, 反射波の走時も作図した (図 3)。波長が長い津波では津波の自重による固体地球の変形の効果によって, 線形長波に比べて位相速度が遅くなることが知られている。(たとえば Watada et al., 2014)。そこで Inazu and Saito (2013) による 2011 年東北沖太平洋地震津波のその効果 (1% 程度) の見積りをもとに, 上述の方法で計算した線形長波の位相速度に基づく走時にそれぞれ 1% を加える補正を施した。

(4) 反射波の検出方法

(3) の各反射源候補による反射波の到達が見込まれる時刻と, 検潮所における (1) の津波成分の波形の変化を比較し, 当該反射源からの反射波が観測されていると判定する (図 4)。

(5) 二回反射の反射波

波源からバンクーバー島に伝わって反射し,

*気象研究所

反射波がさらに (2) の別の反射源候補で二回目の反射をしたのち、検潮所にまで伝播する津波についても、同様の方法で走時を計算し、当該時刻における津波成分の波形と比較した (図 5)。

結果：

図 4, 図 5 から、検潮所における津波成分が高まる変化が生じる後続相が、反射波の推定走時に一致する場合がある。一致しているものは当該反射源候補から反射波が到達したとみなし、反射波が到達したとみなせる場合とその伝播経路を表 1 および図 6 にまとめた。

考察と議論：

初動直後の津波波形と後続部分との波形の相関を調べることによって、反射波の到達の推定が可能かについて、検討した。図 7 の太線は、ヤクタットで観測された津波について津波到達から最初の 2 波分 (中段の細線の期間) に注目し、津波波形の自己相関係数を求めその時間変化を示したものである。相関係数が極大となるのは、5.13hr 経過した時であり、その時刻の相関係数は 0.83 である。このずれ時間は、バンクーバー島からの反射波の予想到達時間 5.3hr にはほぼ一致する。初動直後の津波波形と後続部分との間での相関係数の増加は反射波の到達を推定する根拠となる。

結論：

1964 年アラスカ地震津波において、検潮記録でみられた津波波形と反射波の走時を比較して、反射波が顕著となる場合を抽出するとともに、反射源の推定をした。反射波の走時と津波波形を比較する方法、津波波形を時間方向にずらしたものと相関係数を求める方法が有効であることが分かった。1964 年アラスカ地震津波においては、バンクーバー島の他、ハワイ諸島、アダック島、本州東北

部が反射源になって振幅の大きい津波の後続相の原因となる場合があると推定できる。特に、波源から比較的近い反射源であるバンクーバー島およびアダック島からの反射波を多く検出できるという傾向はみられたが、どの検潮所においてどこを経由した反射波が顕著となるかについて、統一かつ単純な解釈を与えることは、難しい。

謝辞：

この研究は JSPS 科学研究費 24310132 の助成を受けたものである。

参考文献：

- 阿部邦昭, 岡田正実, 林 豊, 2015, 2011 年太平洋沖東北津波の検潮観測により明らかにされたチリ, ハワイ諸島からの反射波の最大水位分布, 地球惑星連合学会概要, HDS27-15.
- Inazu, D., and T. Saito, 2013, Simulation of distant tsunami propagation with a radial loading deformation effect, *Earth Planets Space*, 65, 835-842.
- 岡田正実, 阿部邦昭, 林 豊, 2014, チリで反射して日本で観測された津波 -2011 年東北地方太平洋沖地震津波, 地球惑星連合学会概要, HDS27-04.
- Plafker, G., 1965, Tectonic deformation associated with the 1964 Alaska Earthquake, *Science*, 148, 1675-1687.
- Saito, T., D. Inazu, S. Tanaka, and T. Miyoshi, 2013, Tsunami Coda across the Pacific Ocean Following the 2011 Tohoku-Oki Earthquake, *Bull. Seis. Soc. Am.*, 103, 1429-1443.
- Spaeth, M.G. and S.G. Berkman, 1967, The tsunami of March 28, 1964, as recorded at tide stations, U.S.G.S., Technical Report, 33, 1-86.
- Watada, S., S. Kusumoto, K. Satake, 2014, Traveltime delay and initial phase reversal of distant tsunamis coupled with the self-gravitating elastic Earth, *J. Geophys. Res.*, 119, 4287-4310.

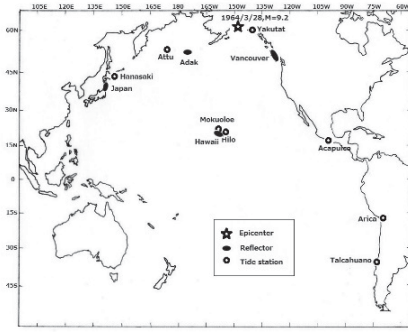


図1. 震央(☆)と反射波が観測される基になった反射源(●)および解析に使った検潮所(○)

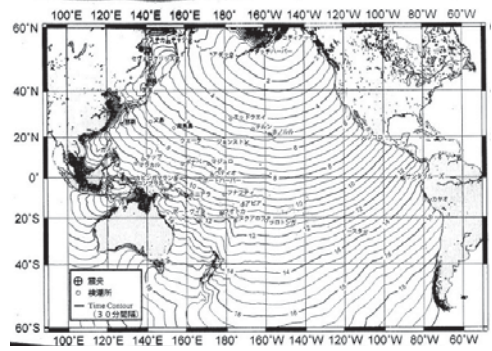


図2. 1964年アラスカ津波の伝播図

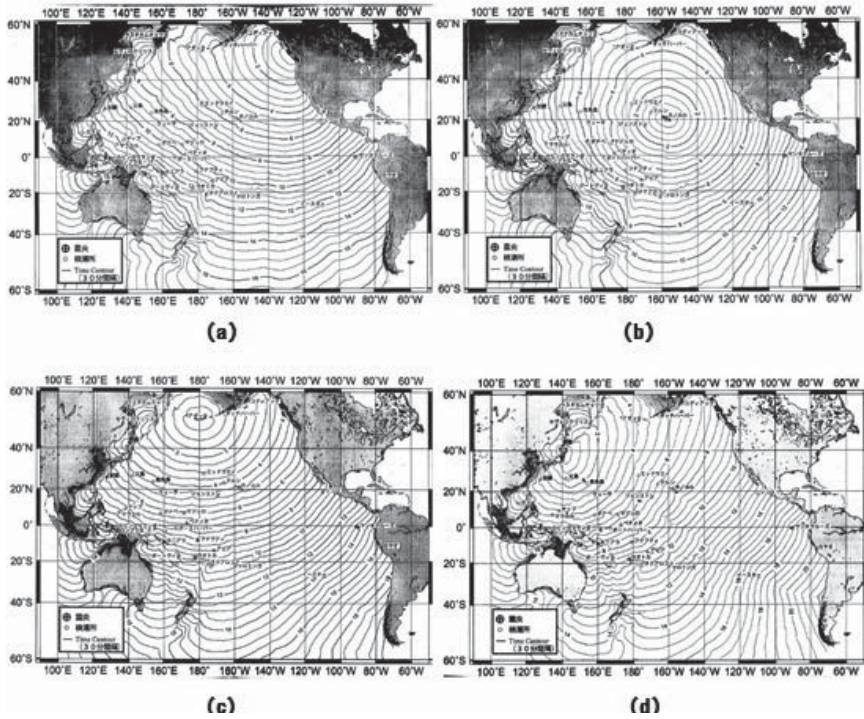


図3. 反射波の伝播図, 反射源が (a) バンクーバー島, (b) ハワイ諸島, (c) アダック島, (d) 本州島の場合を表す

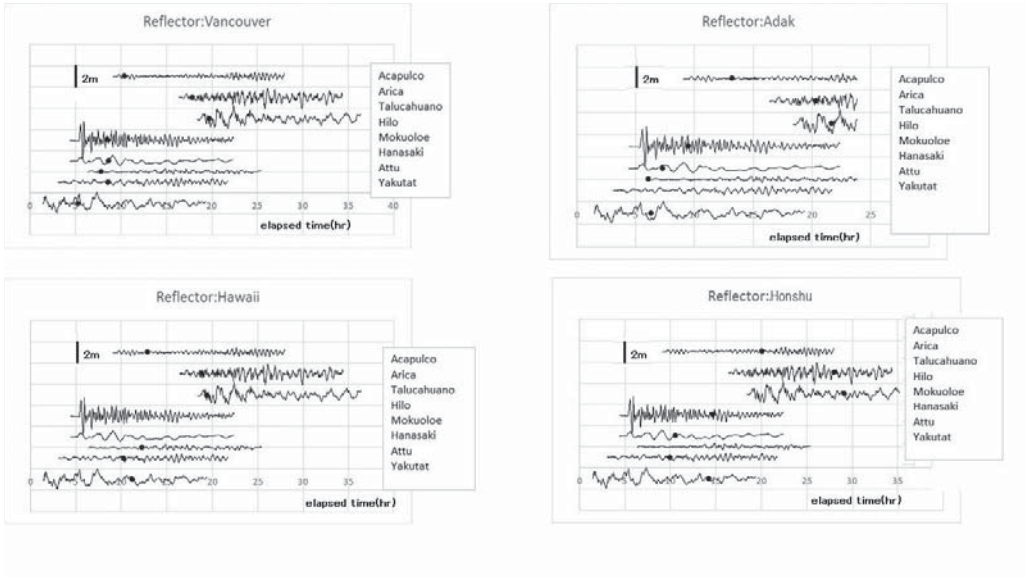


図 4. 1 回反射波の走時を黒丸，反射源名は図の上部，観測点名は図の右に示す

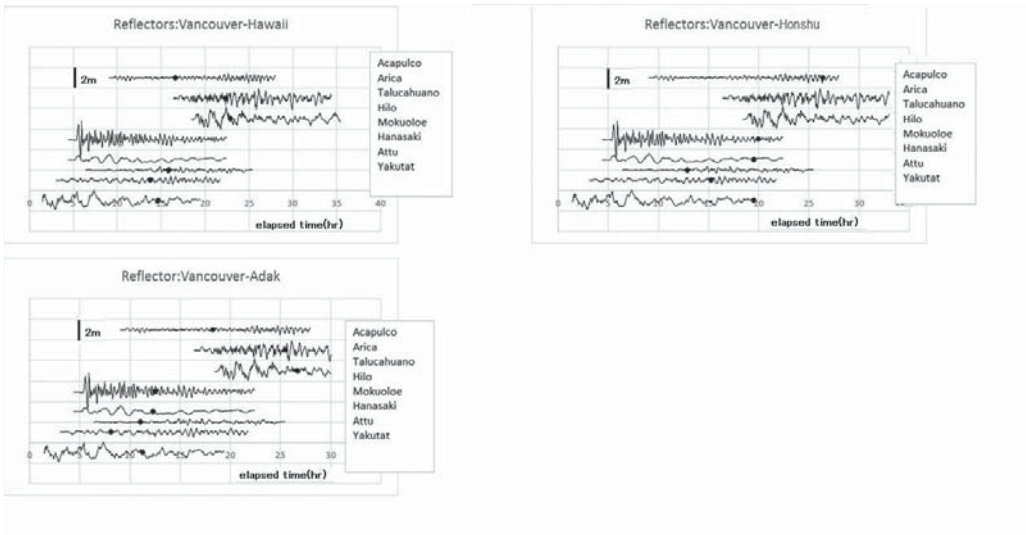


図 5. 2 回反射波の走時を黒丸，反射源名は図の上部，観測点名は図の右に示す

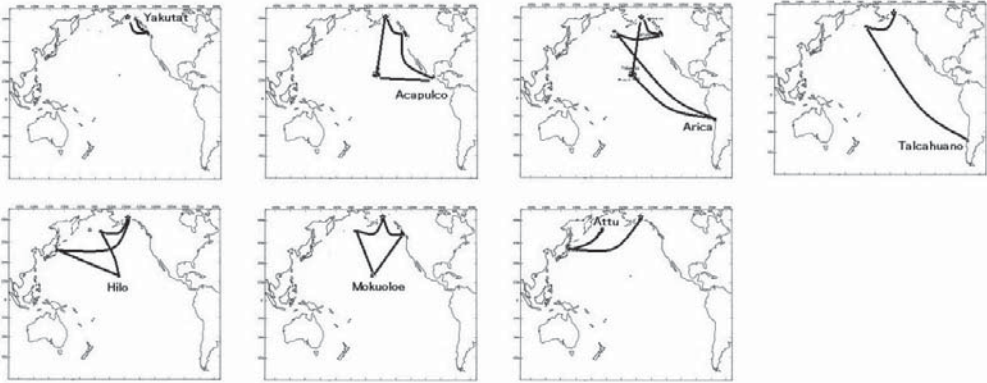


図6. 観測反射波（表1の○印）に対する伝播経路（太い実線）の概略図

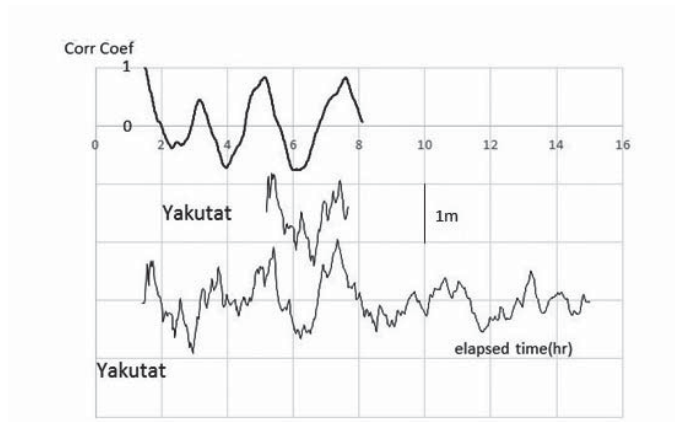


図7. ヤクタット初動2波（中段）と後続波（下段）との間の相関係数の時間変化（上段）

表1. 反射源と観測点の関係，○は反射波が観測されたもの

Tide St. \ Reflector	Vancouver	Vancouver Hawaii	Vancouver Adak	Vancouver Honshu	Hawaii	Adak	Honshu
Yakutat	○						
Acapulco	○	○					
Arica		○	○		○		
Talcahuano						○	○
Hilo						○	
Mokuoloe	○					○	
Hanasaki							
Attu				○			