

Landsat 衛星画像を用いた津波観測の可能性に関する検討

秋田大学 学生員 ○小沼知弘
秋田大学 正会員 高橋智幸

1. はじめに

現在の津波伝搬を予測するシステムは、地震が発生してから観測される地震波によって、地震モデルおよび海面変動を推定し、それらから来襲する津波を予測している。しかし、この予測方法では地震を過小評価してしまう恐れがある。よって、津波波源を直接観測し、より正確な津波伝播予測が必要となる。そこで著者らはリモートセンシングによって津波の直接観測を行う事が出来ないかと考えた。その一つの方法として、本研究では人工衛星の利用に着目し、衛星リモートセンシングが津波の初期条件を与える手段として有効であるかどうかの検討を目的とした。ただし、照合方法等は鈴木ら(2005)が日本近海に適用した方法に準じ、本研究ではより広範囲に全世界を対象とした。

2. 人工衛星画像の照合

2.1 地震データおよび人工衛星画像データの収集

人工衛星画像の検索にあたり、過去に発生した地震と人工衛星画像のデータを収集した。地震データをUSGS(米国地質調査所)より、人工衛星画像データをEROS Data Centerより検索した。また、地震データはマグニチュード 4.0 以上のものを対象とし、人工衛星画像データは1999年にアメリカが打ち上げたLandsat7の画像を対象とすることとした。これらから、80,166件の地震データと、639,121件の人工衛星データを得た。

2.2 データの照合

これらのデータをもとに、地震発生日時と人工衛星の観測日時が一致する画像があるかどうかを照合させた。照合条件は以下の通りである。

- ① 画像の観測日時は地震発生時刻から 24 時間後までとする。
- ② 画像観測範囲はそれぞれ東西南北に各 1 度ずつ広げるとした。

2.3 照合結果とグループ分け

1999 年 6 月から 2006 年 7 月までに発生した地震について上記のデータベースをもとに照合をかけたところ、条件と一致したものが 7,680 件あった。

次に照合結果を更に詳しく調べるため、鈴木ら(2005)と同様のグループ分けを行った。これは、時間を対象に 7 つのグループ(A-G)、震源位置と画像の撮影範囲を対象に 3 つのグループ(1-3)に分類する方法である。時間のグループは、地震発生時刻と画像撮影時刻の差を表しており、A から順に時間差が少ない照合結果としてグループ分けをした。画像の撮影範囲のグループは画像撮影範囲に震源位置が含まれるかどうかと、含まなかった場合はどの程度外側にあるかでグループ分けを行った。その結果、173 枚の衛星画像がグループ A-C に分類された。しかし、ここまでの照合では、海域で発生した地震であるか陸域で発生した地震であるかは区別されていない。そこで目視により確認を行ったところ 52 枚が海域を撮影していた。以下、この 52 枚の中で津波と思われる波形が最も明瞭に撮影されている画像と、最もマグニチュードの大きな地震を撮影している画像の解析を行う。

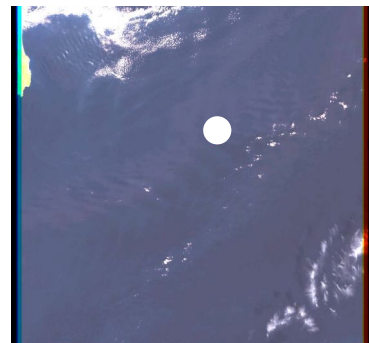


図-1 991030B-1

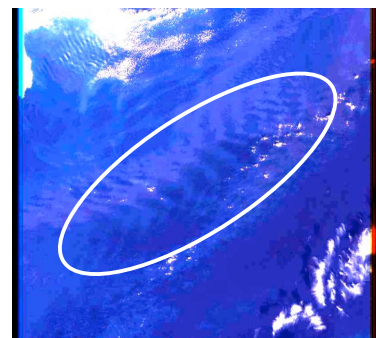


図-2 画像処理後の画像

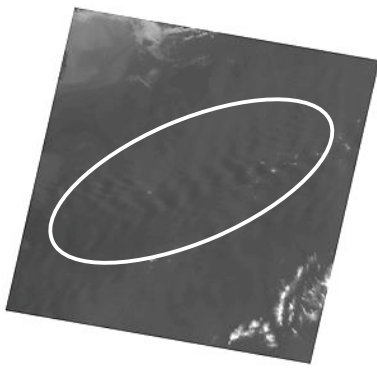


図-3 熱赤外面像

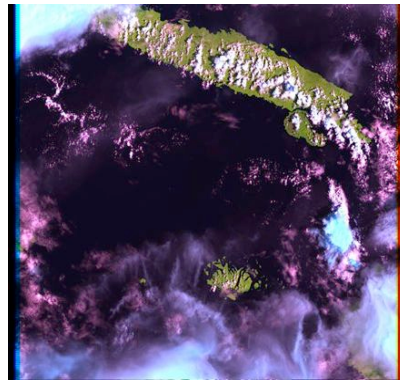


図-4 011223C-2



図-5

3. 人工衛星画像の解析

3.1 最も明瞭に津波と予想される波形を撮影した画像

2.3 で得られた 52 枚の画像について、津波を捉えているかどうか確認するために更に詳しく確認した結果、津波の写っている可能性の高い画像が 7 枚見つかった。その中で最も明瞭な画像が、グループ B-1(地震発生後 10～20 分以内に撮影され、震源が画像範囲内にあるもの)に分類されている図-1 である。白い丸印は震源位置を示している。

この画像は 1999 年 10 月 30 日に、M5.2 の地震発生約 14 分後に撮影されたものである。この画像中心部に波のような模様が見えるため、画像処理によりコントラストを上げ、模様をはっきり確認できるようにした(図-2)。ここで、この模様が波によるものであるか雲であるか、可視画像では明確に判別出来ないという問題点があった。そこで、これに対処するため、Landsat7 に搭載されている ETM+センサによる熱赤外面像(図-3)を用いて解析した。熱赤外センサは温度の低い対象ほど明るく写るセンサであるため、その特性を利用して雲と波の判別を行った。その結果、図-3 の画像にも図-2 同様に、丸く囲った部分に模様がある事が確認された。よって、図-2 の模様は雲であり、津波ではない事が判明した。

3.2 最もマグニチュードが大きい地震を撮影した画像

図-4 はグループ C-2(地震発生後 20～30 分以内に撮影され、震源が画像範囲外で 0.5° 以内に含まれるもの)に分類された M7.0, Mw6.8 の画像である。この画像に対してもコントラストを上げるなどの画像処理を行ったが目で津波を確認する事は出来なかった。

4. 津波が撮影されていなかった原因の検討

4.1 最も明瞭に津波と予測される波形を撮影した画像

USGS で発表されている断層パラメータ(Mw=5.2, Depth=48.4km, Strike= 209° , Dip angle= 82° , Slip angle= 145°)をもとに、以下の式を用いて断層の長さ、幅、ずれの大きさを決定した。

$$\log L = 0.5M - 1.88, \quad M_w = (\log M_0 - 16.1)/1.5$$

$$M_0 = \mu LWU$$

ここで L:断層の長さ, W:断層の幅, M:マグニチュード, U:断層の食い違い量, μ :媒質の剛性率, Mw:モーメントマグニチュード, Mo:地震モーメントである。

計算した結果, L=5.25(km), W=L/2=2.63(km), U=0.115(m)となった。これらの断層パラメータから、Mansinha and Smylie (1971)の理論を用いてシミュレーションを行った結果、海底変動は最大隆起=0.04mm, 最大沈降=0.07mm と非常に小さい事が判明した。このため、人工衛星で撮影出来るほどの海面変動が発生していなかったと考えられる。

4.2 最もマグニチュードが大きい地震を撮影した画像

図-4 の地震について、4.1 と同様に計算した結果、断層パラメータは L = 33.1km, W = 16.55km, U=0.73m, Depth=18km, Strike= 26° , Dip angle= 11° , Slip angle= 117° となった。この地震では、最大隆起=0.11m, 最大沈降=0.06m, 隆起部面積=269 km², 沈降部面積=243 km² となり、4.1 の地震と比較して極めて大きな海底変動が発生していた。しかし、周りの地形について調べた結果、撮影された画像範囲と震源(白丸)の間に島がある事が分かった(図-5)。この島が津波の伝搬を遮り、画像撮影範囲まで到達しなかったものと考えられる。

5. 考察

今回の検討では、残念ながら津波を捉えている人工衛星画像を見つける事は出来なかった。しかし、今後、人工衛星の数の増加や、搭載されるセンサの性能向上などにより津波を捉える事は可能になると期待される。

参考文献

- 1) Mansinha and Smylie(1971): The displacement fields of inclined faults, Bulletin of the Seismological of America. Vol.61, No.5, pp.1433-1440.
- 2) 鈴木由美・高橋智幸(2005): リモートセンシングを用いた津波発生検知に関する可能性, 平成 16 年度東北支部技術研究発表会概要集 pp.300-301.