

衛星海面高度計Jason-2を用いた

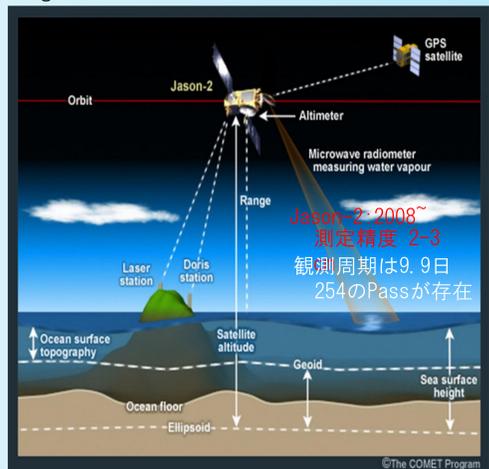
東北沖地震に伴うジオイド変化検出の試み

北海道大学 理学部 地球科学科 宇宙測地学研究室 4年 北崎 大夢

1. Introduction

2011年3月11日 東北沖で国内観測史上最大となるMw9.0の地震が発生した。InSARやGPSを用いたこの地震の解析は、すでに多くの研究者らによって行われ、これに基づいた震源断層モデルも提案されている。

衛星海面高度計を用いた地震時のジオイド変化の検出は理論上可能であると考えられており、2007 Hayashi et.alでは2004 Sumatra-Andaman地震についての検出が試みられた。しかし、海水面変動が大きかったことや衛星の軌道がジオイド変化のピークから

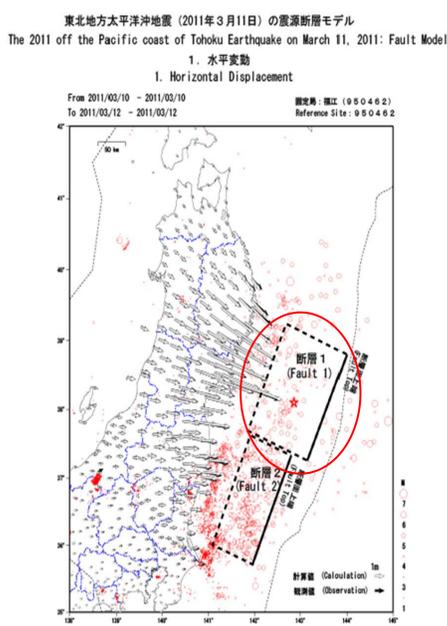


ずれていたことなどが原因で確定的な検出には至らなかった。国土地理院発表の震源断層モデルに基づいた計算によれば、東北沖地震でもSumatra-Andaman地震と同程度のジオイド変化が期待されるようだ。今研究では衛星海面高度計としてJason-2に搭載されたものを用い、JAMSTECが行っているJCOPE-2 (Japan Coastal Ocean Predictability Experiment; 「海の天気予報」)のデータを使用して海水面変動を除去することに努め、東北沖地震におけるジオイド変化の検出を試みた。

<http://www.eumetsat.int/jason/print.htm> から引用

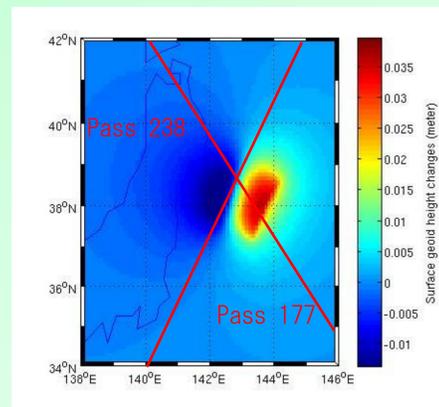
2. モデル計算によるジオイド変化

Fig. 2 国土地理院発表震源断層モデル



Lat:38.80[degree] Lon:144.00[degree]
Depth(Fault Top):5.1[km]
Length:186[km] Width:129[km]
Strike:203 Dip:16
Rake:101
Slip:24.7[m] Mw:8.8

Fig. 3 地震時のジオイド変化



国土交通省国土地理院のHPから引用

3. Jason-2 VS JCOPE-2

～衛星海面高度計のデータと高分解能海洋循環モデルとの比較～

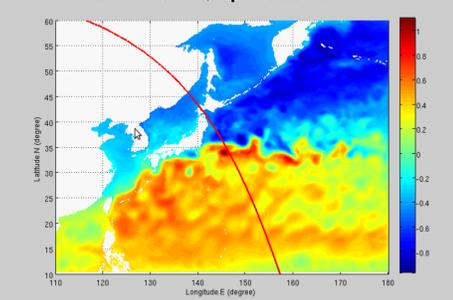
3-1. 使用したデータ

Table. 1 Jason-2/OSTM Level-2 Products

	OGDR Family	IGDR Family	GDR Family
Reduced 1Hz	OGDR-SSHA	IGDR-SSHA	GDR-SSHA
1Hz + 20Hz	OGDR-OGDR-BUFR*	IGDR	GDR
1Hz + 20Hz + Waveforms		S-IGDR	S-GDR
Latency:	3-5 Hours	1-2 Days	~60 Days

* All files in NetCDF format except OGDR-BUFR, which contains no 20-Hz data

Fig.4 JCOPE SSHデータとPass238



OSTM/Jason-2 Products Handbookから引用

3-2. Jason-2 VS JCOPE2

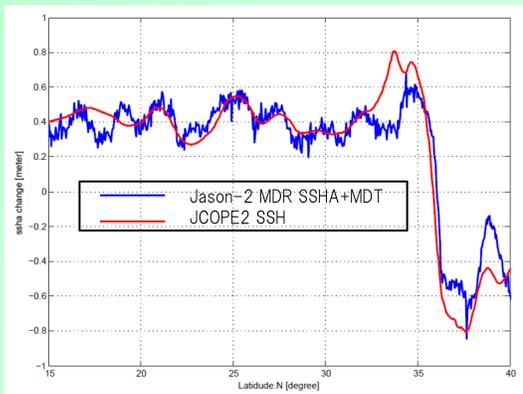


Fig.5 Jason-2 MDR SSHA+MDT VS JCOPE2 SSH

両者の差の中に地震時のジオイド変化が内包されているはず！
日々の変化はジオイド変化の10倍以上のスケールを持つため、stackしてから比較検討していく必要がある。

4. データのstackと考察

4-1. データのstack

Table.2 Pass238(左3つ)とPass177(右3つ)のstackに用いたデータセット

Before the EQ	event	After the EQ	event	Before the EQ	event	After the EQ	event
Mar 16 2009	25	Mar 18 2010	62	Mar 20 2011	99	Mar 13 2009	25
Mar 26 2009	26	Mar 28 2010	63	Mar 29 2011	100	Mar 23 2009	26
Apr 5 2009	27	Apr 6 2010	64	Apr 8 2011	101	Mar 25 2010	62
Apr 15 2009	28	Apr 16 2010	65	Apr 18 2011	102	Mar 27 2011	100
Apr 24 2009	29	Apr 25 2010	66	Apr 28 2011	103	Apr 6 2011	101
May 4 2009	30	May 6 2010	67	May 8 2011	104	Apr 12 2009	28
May 14 2009	31	May 16 2010	68	May 18 2011	105	Apr 14 2010	64
May 24 2009	32	May 25 2010	69	May 28 2011	106	Apr 16 2011	102
Jun 3 2009	33	Jun 5 2010	70	Jun 7 2011	107	Apr 22 2009	29
Jun 13 2009	34	Jun 15 2010	71	Jun 17 2011	108	Apr 24 2010	66
Jun 23 2009	35	Jun 25 2010	72	Jun 27 2011	109	Apr 28 2011	103
Jul 3 2009	36	Jul 5 2010	73	Jul 7 2011	110	May 2 2009	30
Jul 13 2009	37	Jul 15 2010	74	Jul 17 2011	111	May 4 2010	67
Jul 23 2009	38	Jul 25 2010	75	Jul 26 2011	112	May 6 2011	104
Aug 2 2009	39	Aug 3 2010	76	Aug 5 2011	113	May 12 2009	31
Aug 12 2009	40	Aug 13 2010	77	Aug 15 2011	114	May 14 2010	68
Aug 21 2009	41	Aug 23 2010	78	Aug 25 2011	115	May 16 2011	105
Aug 31 2009	42	Sep 2 2010	79	Sep 4 2011	116	May 22 2009	32
Sep 10 2009	43	Sep 12 2010	80	Sep 14 2011	117	May 24 2010	69
Sep 20 2009	44	Sep 22 2010	81	Sep 24 2011	118	May 28 2011	106
Sep 30 2009	45	Oct 2 2010	82	Oct 4 2011	119	Jun 1 2009	33
Oct 10 2009	46	Oct 12 2010	83	Oct 14 2011	120	Jun 3 2010	70
						Jun 7 2011	107
						Jun 11 2009	34
						Jun 13 2010	71
						Jun 14 2011	108
						Jun 21 2009	35
						Jun 22 2010	72
						Jun 24 2011	109
						Jun 30 2009	36
						Jul 2 2010	73
						Jul 4 2011	110
						Jul 10 2009	37
						Jul 12 2010	74
						Jul 14 2011	111
						Jul 20 2009	38
						Jul 22 2010	75
						Jul 24 2011	112
						Jul 30 2009	39
						Aug 1 2010	76
						Aug 3 2011	113
						Aug 9 2009	40
						Aug 11 2010	77
						Aug 13 2011	114
						Aug 19 2009	41
						Aug 21 2010	78
						Aug 23 2011	115
						Aug 29 2009	42
						Aug 31 2010	79
						Sep 2 2011	116
						Sep 8 2009	43
						Sep 10 2010	80
						Sep 12 2011	117
						Sep 18 2009	44
						Sep 20 2010	81
						Sep 22 2011	118
						Sep 28 2009	45
						Sep 30 2010	82
						Oct 1 2011	119
						Oct 8 2009	46
						Oct 10 2010	83
						Oct 11 2011	120

Fig.6 Pass238におけるstack

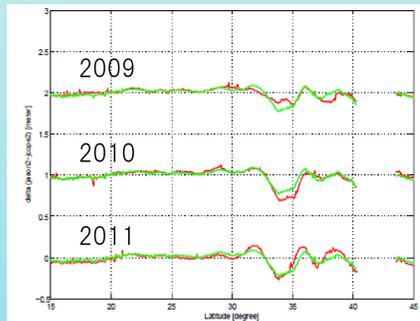
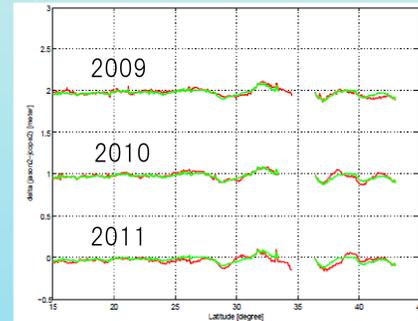


Fig.7 Pass177におけるstack



4-2. 地震前後の比較

Fig.8 Pass238での比較

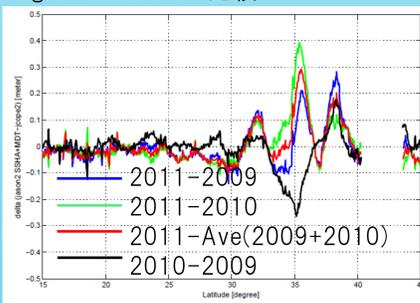
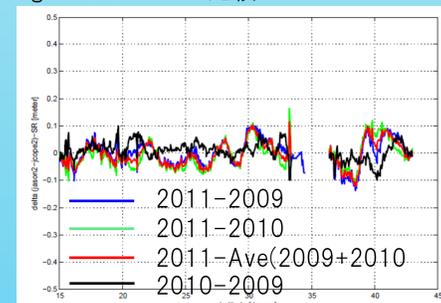


Fig.9 Pass177での比較



4-3. Fig.8へのHigh Pass Filterの適用

Fig.9 0.2度以上の周期除去

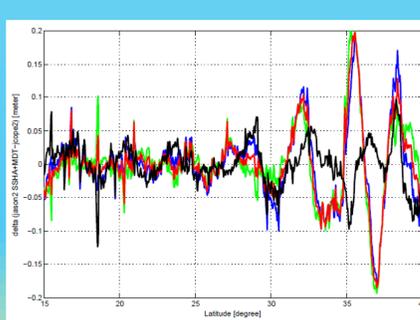
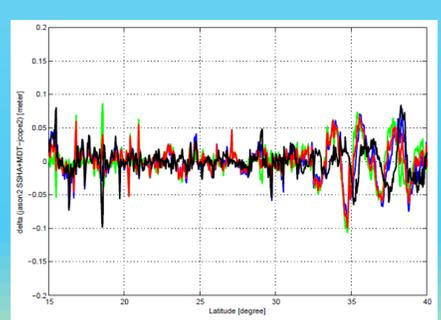


Fig.10 0.1度以上の周期除去



5. Conclusions and Future Works

- 国土地理院発表のモデルを使用したモデル解析から、東北沖地震の震央付近で3.5～4cm程度のジオイド変化が期待されることが判明した。Jason-2の分解能(2.0～3.0cm)を考えれば、これは十分に検出可能である。
- Jason-2とJCOPE-2のデータを比較することで両者の間に似たようなトレンドが存在することが判明した。この両者の間にジオイド変化が内包されている可能性がある。
- Stackしたデータの地震前後の比較からPass238で北緯38度付近に、2011年に20cm程度のシグナルが見られたが、これは理論値には程遠く、フィルタリングではあまり有益な結果は得られなかった。
- 今後はモデル計算の見直しから始め、海底地殻変動や、水の荷重によるジオイド変化への寄与も考慮しつつ、精度の向上を目指す。

Fig.11 モデル計算による海底地殻変動

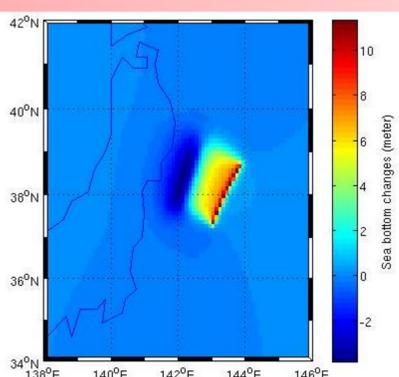
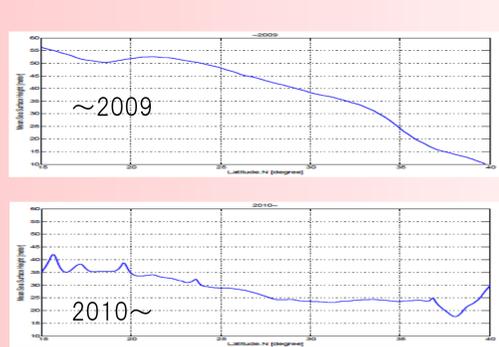


Fig.12 Jason-2 Pass238による平均海面の変動



References & Acknowledgement

Hayashi et al (2007) Feasibility study on the potential of satellite altimetry for detecting seismic geoid changes due to the 2004 Sumatra-Andaman earthquake
Okubo(1992) Gravity and Potential Changes due to Shear and Tensile Faults in a Half-Space
OSTM/Jason-2 Products Handbook
D.B.T. Broerse, L.L.A. Vermeersen, R.E.M. Riva, W. van der Wal (2011). Ocean contribution to co-seismic deformation and geoid anomalies: Application to the 2004 December 26 Sumatra-Andaman earthquake. EPLS 305 341-349
D. Melini, G. Spada and A. Piersanti (2009). A sea level equation for seismic perturbation. Geophys. J. Int. 180 88-100
宮澤泰正, 郭新宇, 清松啓司, 角田智彦, 瀬藤聡 (2009). JCOPE海洋変動予測システム-ダウンスケーリングによるスケール間相互作用の解明に向けて、「月刊海洋」特集「駿河湾・相模湾の生態系に対する黒潮変動の影響」413 162-170
今研究で補正に用いたJCOPE2 SSHデータは、独立行政法人海洋研究開発機構地球環境変動領域宮澤泰正博士、章若潮博士のご協力のもと、使用させていただきました。