6-3 2009年8月11日駿河湾の地震(M6.5) について The earthquake of Suruga bay (M6.5) on August 11 2008

気象庁 地震予知情報課 Earthquake Prediction Information Division, JMA

1. 地震の概要

2009年8月11日05時07分に駿河湾の深さ23kmでM6.5の地震(最大震度6弱)が発生した(第1図). この地震により死者1名,負傷者319名などの被害が生じている(11月19日現在,総務省消防庁に よる).発震機構(CMT解)は圧力軸が北北東-南南西方向の横ずれ成分を持つ逆断層型で,フ ィリピン海プレート内で発生した地震である.

2. 余震活動および発震機構

今回の地震の余震活動についてDD法を用いて震源を再決定したところ,余震域北西側と南東側 とでそれぞれ異なる面に沿って震源が分布している傾向が確認できた(第2図).いずれの面も 発震機構解に調和的であるが,2面の交差する角度は60°程度である.また,余震活動は南東部 よりも北西部で活発である(第3図).

8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)の発震機構は、P波初動解・CMT解ともに、北北東-南南西方向に圧力軸を持ち、横ずれ成分を含む逆断層型であった.余震の初動解は、逆断層から 横ずれ断層型の間に分布しているが、P軸の向きは本震と同様の向きの解が卓越している(第4図).

3. 誘発された地震活動

今回の地震の発生後,藤枝市付近で小規模な地震活動が観測された(第5図).8月12日には, M2.5の地震が発生した.各観測点において観測されたP波初動極性は,西北西-東南東の圧力軸 を持つ低角逆断層である想定東海地震の発震機構解を満足するものであった.活動は,11日の本 震以降15日頃までの数日間で収まっている.地震の深さは約20kmであった.

また、今回の地震の余震域の西端の少し浅いところ(焼津沖)で地震活動があった.最大の地 震は M2.0 であるためメカニズム解を評価できないため、重ね合わせによるメカニズム解を求めた (第6図).東西方向に圧力軸を持つ解が求まっており、地殻内で発生する地震のメカニズムに 類似している.過去に焼津沖で発生した地震として、2008年10月31日に今回の地震の震源の近 くで発生しており、メカニズム解はこの地震と似ている.

4. 震源過程解析

2009 年 8 月 11 日 05 時 07 分に発生した駿河湾の地震(M6.5)について,近地強震波形を用い て,震源過程解析を行った(第 7 図).解析には気象庁の震度観測点および(独)防災科学技術 研究所が展開する強震観測網(K-NET),基盤強震観測網(KiK-net)の観測点の強震波形を用い た.観測点は、本震の震源との震央距離が近く、かつ震源域からの方位角ができるだけ広がるよ うに選別を行った.波形データは P 波到達から 20 秒の加速度波形記録を 1 回積分し速度波形に変 換した後、周期 5 秒から 20 秒のバンドパスフィルターをかけて使用した.

断層面は DD 法を用いて再決定した余震分布を参考に,2枚の面を仮定した(断層1(北西側):

走向 N76°E, 傾斜 41°, 断層 2(南東側): 走向 N34°W, 傾斜 34°). 初期破壊開始点は断層 1 上に設定した. 各小断層でのすべり量を, 吉田(2005)¹⁾と同様に multiple time window 法を用い て,時空間のすべり量が滑らかになるような制限を加えたインバージョンを行った²⁾.

求められたすべり量の最大は、断層1で1.0m、断層2で1.4mとなり、断層面全体からの地震モー メントは6.4×10¹⁸Nm (Mw6.5)であった.すべり量の大きい領域は断層1では初期破壊開始点の西北 西側の浅い場所で、断層2では初期破壊開始点の北西側の深い場所であり、これらのすべり量の 大きな周辺で余震が多く発生している.また、断層2では浅い部分はほとんどすべっておらず、 DD法による余震分布でも断層2では浅い方の地震は見られない.このことから、断層2の浅い領域 は本震時にすべっていないと推測される.

5. 過去地震との波形比較

今回の地震の周辺で発生した最大規模の地震である 1935 年 7 月 11 日の静岡地震(M6.4), 1965 年 4 月 20 日の静岡県中部の地震(M6.1) について旧三島測候所,御前崎における強震波形の比較 を行った(第 8 図). 2009 年の地震は 1935 年や 1965 年当時設置されていた地震計の周波数特性 を持つフィルターで処理した波形を用いた.

三島観測点の 1935 年の波形からは短周期成分が抜けており,設定等の影響も考えられるが,全体的に類似の相の出現や立ち上がりが見られる(福満・他,2009³⁾). 御前崎観測点の 1935 年の 波形には,長周期の波が見られるが,このような波が観測された地点は限定的(甲府,宮崎)である.

2009年の地震の深さは23km, 1965年の地震の深さは20kmである. 1935年の地震の深さは気象庁 カタログでは10kmであるが,現在使用している速度構造,S-P時間を用いて再計算を行うと深さ 25km程度としても0-Cを満たす結果となっている.

6. 歪変化

今回発生した地震の周辺には、多数の体積歪計や多成分歪計が設置されている.これらの歪計 で、M6.5の地震発生時にステップ状の変化が観測された(第9図).しかし、観測された歪ステッ プの極性はOkada (1992)⁴⁾で推定される理論的なものとは一致しない.その原因等については今 後の課題である.

また,M6.5の地震発生後,これらの歪計では,長いものでは数ヶ月に渡って緩和的な歪変化を 観測した(第10図).これらの歪変化は,想定東海地震震源域におけるフィリピン海プレートと陸 側のプレートとのすべりを満足しないものであることは確認されているが,詳細については今後 の課題である.

7. 津波

今回発生したM6.5の地震により,伊豆諸島と東海地方の沿岸で津波を観測した.津波は焼津(国 土地理院による観測点)に05時12分に到達し,引き波で62cmを観測した.観測した津波の最大の高 さは,御前崎(気象庁)での36cmであった.詳細は,気象庁(2009)⁵⁾を参照していただきたい.

参考文献

- 吉田康宏:平成16年(2004年)新潟県中越地震調査報告-震源過程-,気象庁技術報告,第127 号,7-11,2005.
- Ide, S., M. Takeo and Y. Yoshida, Source Process of the 1995 Kobe earthquake: Determination of Spatio-Temporal Slip Distribution by Bayesian Modeling, Bull. Seism. Soc. Am., 86, 547-566, 1996.
- 3) 福満修一郎,舟崎淳,武田清史,石垣祐三,平成21年8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5) -周辺で発生した過去地震との類似性-,日本地震学会講演予稿集2009年度秋季大会,P1-02, 2009.
- Okada. Y., Internal Deformation due to Shear and Tensile Faults in a Half-space, Bull. Seism. Soc. Am., 82, 1018-1040, 1992.
- 5) 気象庁,特集. 平成21年8月11日の駿河湾の地震,平成21年8月地震・火山月報(防災編),気象 庁,54-55,2009.



2009年8月11日05時07分に駿河湾の深さ 23kmでM6.5の地震(最大震度6弱)が発生 した.この地震により死者1名,負傷者319 名などの被害が生じている(11月19日現在, 総務省消防庁による).発震機構は圧力軸が 北北東-南南西方向の,横ずれ成分を持つ 逆断層型で,フィリピン海プレート内で発 生した地震である.余震は次第に減少して おり,おさまりつつある(2009年11月現在. これまでの最大は8月13日18時11分のM4.5 の地震(最大震度3)).

なお,1997年10月以降,今回の震源付近 (領域 b)の地震活動は時々M2~3の地震 が発生する程度で,周辺の地震活動に比べ て比較的低調であった.





1923 年 8 月以降, 今回の震央周辺(領域 c) では, 1935 年に M6.4 の地震(静岡地震), 1965 年に M6.1 の地震が発生している.



第1図 2009年8月11日駿河湾の地震(M6.5)

Fig.1 The earthquake of Suruga bay (M6.5) on August 11 2009.









第3図 DD法による本震および余震分布

Fig.3 Hypocenters of the main shock and the aftershocks relocated by the Double-Difference Method.

8月11日 駿河湾の地震の発震機構解



Fig.4 Focal mechanisms of the main shock and the aftershocks

静岡県・藤枝付近の地震活動



第5図 藤枝付近で観測された地震活動

Fig.5 Seismic activity in and around Fujieda city after the earthquake of Suruga bay (M6.5).

駿河湾の地震で誘発された焼津沖の地震群のメカニズム解

Ω

STR DIP SL NP1 166° 27° NP1 166° 27° NP2 58° 81° N:224 SCORE

21 117 89%

2009/08/12 17:24 M:2.0 駿河湾

P 127°31 T 355°48 N 234°25

N 深さ: 16km

駿河湾の地震(M6.5)によって誘発された焼津沖の地震群について, 最大Mは2.0であるためメカニズム解を評価できない. そこで, 重ね 合わせによるメカニズム解の評価を試みた.P波初動極性の読み取り は自動で行ったものである.

焼津沖の地震群を明瞭に分離するため、Nakamura et al. (2008) の3次元速度構造で震源要素を再計算した後地震群を抽出した.射出 角と方位角は、上記3次元速度構造を用いて評価した.

発震機構解は 2008 年 10 月 31 日に近接した領域で発生した M2.6 の地震に類似するものである. 東海地域の地殻内で発生する地震は, 東西方向に圧力軸を持つ地震が卓越しており、このグループに属する 地震群であると解釈できる.



第6図 焼津沖で観測された地震活動

Fig.6 Seismic activity off Yaidu city after the earthquake of Suruga bay (M6.5).



(独)防災科学技術研究所の K-NET, KiK-net の強震波形を使用しました。記して感謝します。

第7図 近地地震波形を用いた震源過程解析

Fig.7 Slip distribution estimated by the near-field waveform inversion.

8月11日 駿河湾の地震(過去地震との波形比較)その1

今回の地震の周辺で発生した最大規模の地震である 1935 年 7 月 11 日の静岡地震(M6.4), 1965 年に静岡県中部の地震(M6.1) について旧三島測候所,御前崎における強震波形の比較を行った. 2009 年の地震は旧地震計の周波数特性フィルターで処理した波形を用いた.

三島観測点の1935年の波形からは短周期成分が抜けており,設定等の影響も考えられるが,全体的に類似の相の出現や立ち上がりが見られる.御前崎観 測点の1935年の波形には,長周期の波が見られるが,このような波が観測された地点は限定的(甲府,宮崎)である.

2009 年の地震の深さは 23km, 1965 年の地震の深さは 20km である. 1935 年の地震の深さは気象庁カタログでは 10km であるが,現在使用している速度構造, S-P 時間を用いて再計算を行うと深さ 25km 程度としても 0-C を満たす結果となっている.



第8図 過去地震との波形比較

Fig.8 Waveform comparisons with past large earthquakes.



第8図 過去地震との波形比較

Fig.8 Waveform comparisons with past large earthquakes.

8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)時と直後の体積歪計変化







8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)時と直後の多成分歪計変化

東洋 2009/	<mark>班地域 多成</mark> 08/11 00:00 2	<u>分歪(補正</u> 009/08/11 14:00	分值:地磁気	補正済)	EXP. ∖5.0E-08 20 mm/10 200 nT	strain) min
掛川歪2(087)				-	 	→→→ 掛川歪1(177)
掛川歪3(042) 掛川歪1(177)						掛川歪2(087)
春野歪1(002)	~ <u>~</u>					-~~~~ 掛川歪4(132)
掛川金4(132)						春野歪1(002)
春野歪2(092)		- <u> </u>		k		春野歪2(092)
春野歪3(047) -1.60000E-08/DAY			-^			
佐久間歪1(135)					 	
本川根歪1(001)					~~	佐久間歪1(135)
佐久間歪2(045)						佐久間歪2(045)
佐久間歪3(000)			~ ~~~~			佐久間歪3(000)
佐久間歪4(090)	L					佐久間歪4(090)
						本川根歪1(001)
木川根李乙(046)						本川根歪4(046)
○年初前設置 早(010) 近北李1 (004)						
浜北歪3(229)	·					浜北歪2(094)
浜北歪2(094)				· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		浜北歪3(229)
本川根金2(136)						浜北歪4(139)
新业本人(120)						林図玢担♡↓
春野歪4(137)		╾╸				
2.800000E-08/DAY 木川根李3(091)			~			
	00:00	03:00	06:00	09:00	12:00]



地殻体積歪変化 時間値(第1区)



※観測点名の右側のスケールは、平常時に1日間で変動し得る最大の変化の幅(ノイズレベル)を示す。

SSE1?: 短期的ゆっくり滑り? 2009.05.09-05.16
SSE2: 短期的ゆっくり滑り 2009.05.18-05.22
SSE4: 短期的ゆっくり滑り 2009.09.01-09.02
C: 地震に伴うコサイスミックなステップ状の変化
L: 局所的な変化
S: 例年見られる変化
M: 調整

8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)後の歪変化(2) 地殻体積歪変化 時間値(第2区)



※観測点名の右側のスケールは、平常時に1日間で変動し得る最大の変化の幅(ノイズレベル)を示す。

・特記事項なし。

- C : 地震に伴うコサイスミックなステップ状の変化
- L :局所的な変化
- S : 例年見られる変化
- M :調整

第10図 8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)後の歪計変化

Fig.10 Strain changes after the earthquake of Suruga bay (M6.5).

8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)後の歪変化(3) 地殻体積歪変化 時間値(第3区)



※観測点名の右側のスケールは、平常時に1日間で変動し得る最大の変化の幅(ノイズレベル)を示す。

・特記事項なし。

- C : 地震に伴うコサイスミックなステップ状の変化
- L :局所的な変化
- S : 例年見られる変化
- M :調整

春野歪変化 時間値



8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)後の歪変化(5)

本川根歪変化 時間値



浜北歪変化 時間値

