

**2019 年 7 月 5 日 20 時 19 分頃（現地時間）に
Ridgecrest 付近で発生した M7.1、深さ 8.0km の地震について**

中村 豊（SDR）

この地震の一日前に発生した M6.5 の地震について、地震早期警報 EEW が発令されなかったとの報道がなされていて、少し気になっていたところに、より大きな M7.1 の地震が発生した。この地震が本震で、M6.5 の地震は前震ということである。これらの地震の強震記録はすでに CESMD から公開されている。本震の震央距離が近い地点順に 3 地点を選択して加速度波形を入手して、弊社の特許技術であるリアルタイム震度や積分変位を計算してみた。さらに 6 地点のデータを入手して、破壊開始点（震央）や最大地震動放射源（Max 震源）などを推定してみた。

図 1 は USGS による震央や 3 地点の位置を Google Earth の地図上に示したものである。これには地震規模から想定される被害範囲や Ridgecrest や Pasadena の位置も示した。想定被害範囲は半径約 70km の円内であり、日本では通常これより外側には被害は考えられない。その中心は Max 震源とするのが合理的であるが、判明していないのでいわゆる破壊開始点である震央を中心にして表示している。

図 2 は 3 地点の加速度波形や積分変位波形を示したものである。積分変位波形をみると、60cm 以上の永久変位が認められ、2 秒～3 秒の周期での共振のような減衰振動も認められる。

図 3 には各地のリアルタイム震度の変化状況を示している。USGS による地震の発生時間やシミュレーションによる FREQL 警報発令時間などを示している。

表 1 には、波形を入手した 9 地点の震央距離やリアルタイム震度、5HzPGA、5HzPGV、積分変位から読み取った永久変位の概略値、シミュレーションによる地震検知時間や FREQL 警報時間などを示した。この地震検知時間や最大値発現時間を用いて、破壊開始点（いわゆる震央）や Max 震源を、最小自乗法により推定した。このとき波動伝播速度を、6 km/s（P 波）および 4 km/s（S 波）と仮定した。妥当な解に収束しなかった場合、速度を 0.1 km/s ずつ下げて再計算した。その結果を表 2 に示す。これには、5 地点のデータから始め、順次地点を増やしながら算定した結果を示している。最終結果は 9 地点のデータを用いたものとした。震央については、伝播速度の仮定を変更することがなかった。Max

震源については、8 地点めで深さがマイナスと異常になったが、3.9 km/s として妥当な値に収束し、9 地点めでは 3.7 km/s で収束している。

図 4 は推定された震央や Max 震源の位置を USGS による震央と併せて図示したものである。また、図 5 は算定された永久変位ベクトルや各地のリアルタイム震度、それを MMI に変換したものを推定された震央や Max 震源とともに図示したものである。

震央については、最初の 5 地点による推定結果はやや離れているものの、それ以降は USGS によるものと 1 km 程度の誤差で一致している。つまり、ほぼ正しい震央は、地震検知から 5 秒以内に判明すると期待される。Max 震源については、震央の北西方向に集まり、最終的に震央の北西約 20km の地点となっている。最終的な Max 震源は地震検知から 30 秒程度で判明すると期待される。震央と Max 震源が判明すると、大きな揺れの中心や断層破壊の方向なども判断することができ、被害の発生状況を把握する手助けになるものと期待される。今回の地震の場合、震央と Max 震源の深さはとも約 11km であり、地表に向かって破壊が進んだ様子はない。また、震央の北西側には大きな集落は無いようであり、特に大きな被害は無かったようである。

カリフォルニア州では地震早期警報システムが稼働していると聞くと、その稼働状況については良くわからない。FREQL 警報シミュレーションによると、警報発信から震度 4 までに、震央距離 15km 程度の地点で 3 秒程度、震央距離 30km 程度で 5 秒程度の時間を生み出すことができている。最大動までにはさらに 5 秒から 10 秒の時間的な余裕がある。しかし、既にかなり大きく揺れており、よく訓練されていない限り、こうした時間を有効に活用することは難しいものと推測される。

最後に、USGS によって地震学の観点から推測された断層とここで推定された Max 震源などを比較対照した参考図を示す。これらは USGS により公開された情報である。推測された Max 震源は、深さは異なっているが、すべりの大きな場所には対応している。

分析に用いた地震加速度波形は CESMD による公開波形であることを記し、謝意を表する。

以上

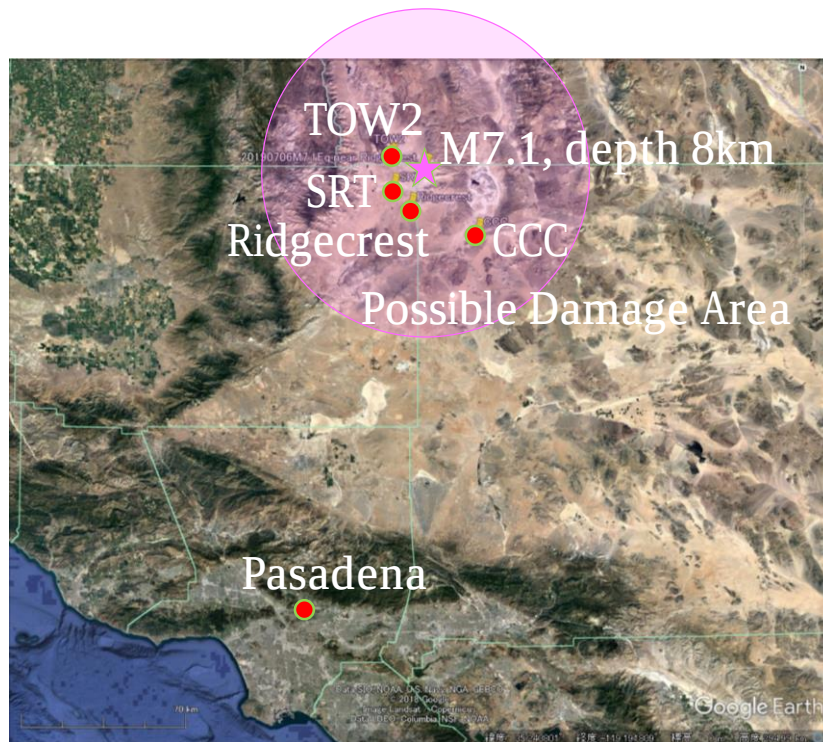


図 1 今回の地震の震央と推定被害範囲など。

加速度計の記録

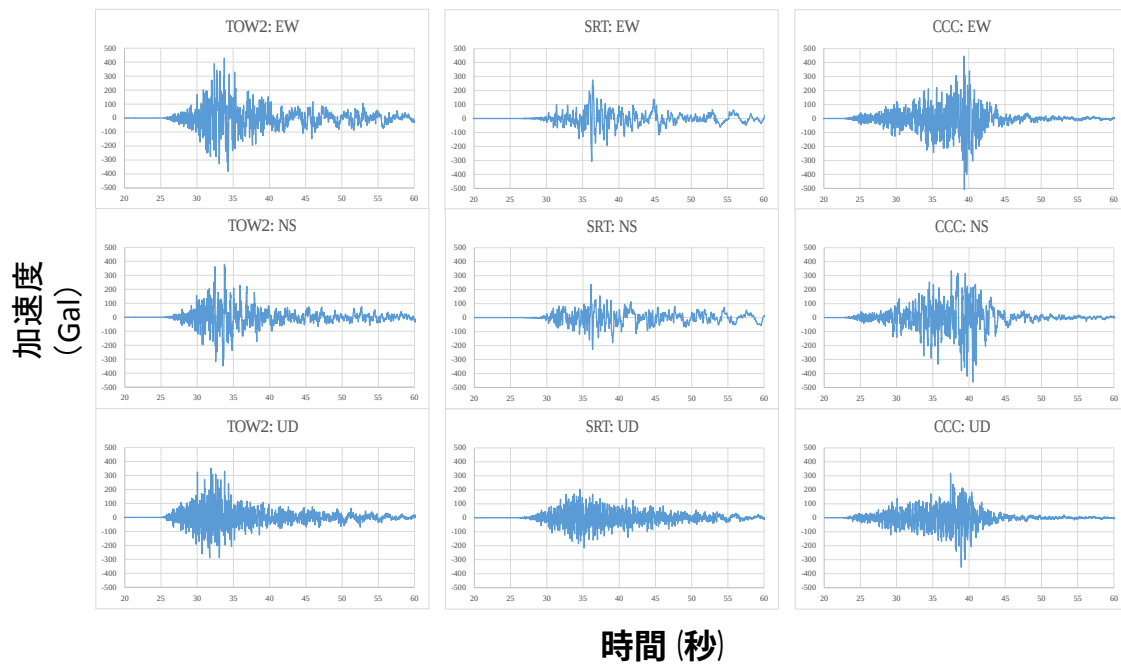


図 2 (1) 大きな地動を観測した 3 地点の加速度波形

加速度計に捉えられた断層運動

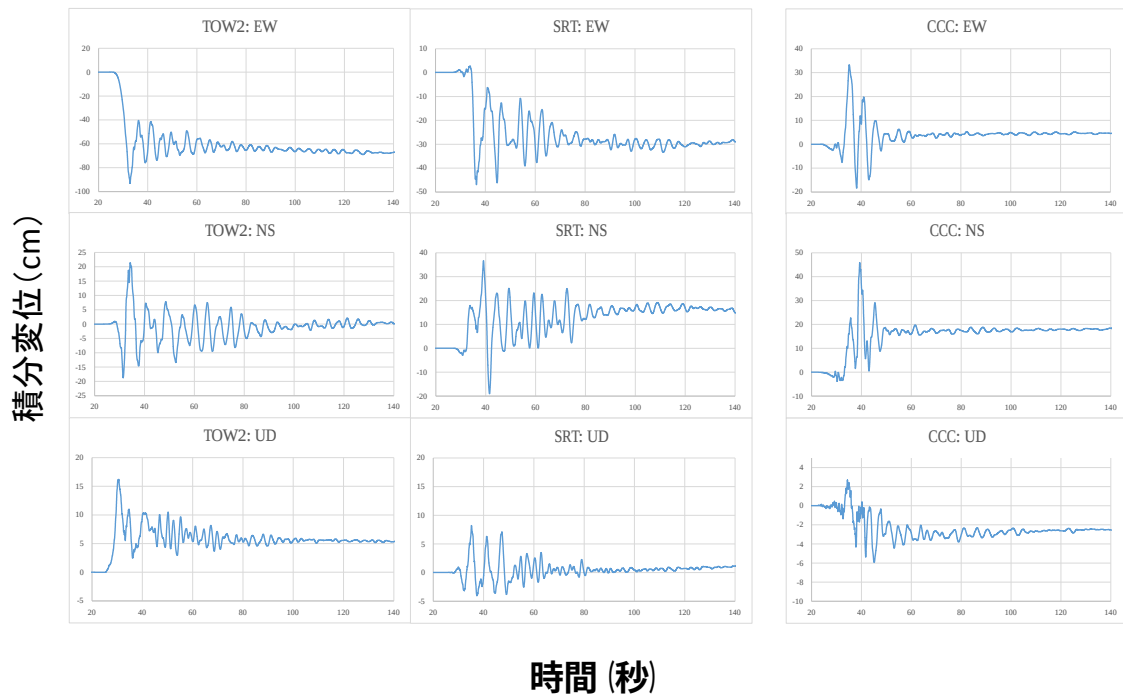


図 2 (2) 大きな地動を観測した 3 地点の積分変位波形 (永久変位が算定されている)

表 1 9 地点の各種情報

No.	Station	N.Lat	W.Long	Distance	RI	5HzPGA	5HzPGV	Permanent Displacement			timing	Warning		
				Epic km		Gal	kine	estimated double integration (cm)						
								EW	NS	UD	detect	FREQ	RI4	Max
1	TOW2	35.809	- 117.765	15.2	5.7	366	35.2	- 61	0	6	- 3.88	- 3.28	0.88	5.5
2	SRT	35.692	- 117.751	15.6	5.4	278	27.3	- 28	16	0	- 3.72	- 2.16	1.38	6.85
3	LRL	35.48	- 117.682	32.6	4.6	150	8.7	2	13	0	- 1.41	0.16	5.66	20.16
4	MPM	36.058	- 117.489	34	4.2	76	6.7	- 4	- 14	0	- 1.32	0.9	9.26	9.45
5	CCC	35.525	- 117.365	34.5	5.9	428	47.3	3	18	- 3	- 0.57	0.56	6.5	16.81
6	WMF	36.118	- 117.855	45	4.1	65	5.2	0	- 3	0	0.84	3.07	8.83	9.14
7	WBS	35.537	- 118.14	54.8	4.2	117	5.6				2.5	5.59	15.1	17.75
8	DAW	36.271	- 117.592	56	3.1	26	1.5				2.2	5.73		16.38
9	WOR	35.696	- 118.242	58.3	3.7	51	4.0				2.8	6.56		15.99

表 2 震央と Max 震源の計算結果

		N	W	depth(km)	occurence(s)		assumed
Hypo		35.7665	-117.605	8	-8	by USGS	velocity
Hypo	5	35.784	-117.671	26.4	-8.6	Hypo by SDR	6km/s
	6	35.773	-117.607	10.8	-6.9		6km/s
	7	35.774	-117.604	9.4	-6.9		6km/s
	8	35.776	-117.603	10.4	-7		6km/s
	9	35.776	-117.605	11.2	-7	final	6km/s
Max	5	35.877	-117.695	8.6	1.9	Max by SDR	4km/s
	6	35.855	-117.706	6.3	2.5		4km/s
	7	35.878	-117.74	3.6	3.2		4km/s
	8	35.885	-117.727	-7.4	3.8	fail!!	4km/s
	8	35.884	-117.728	4.5	3.5		3.9km/s
	9	35.909	-117.755	11.1	4.3	final	3.7km/s

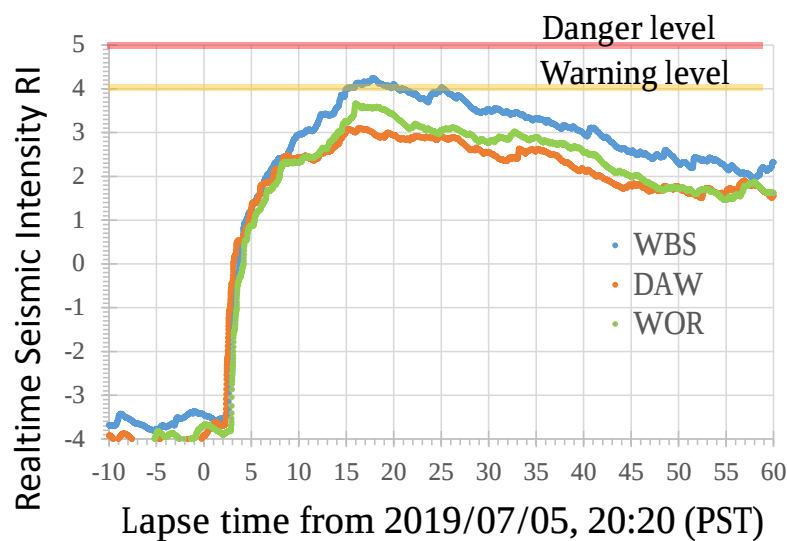
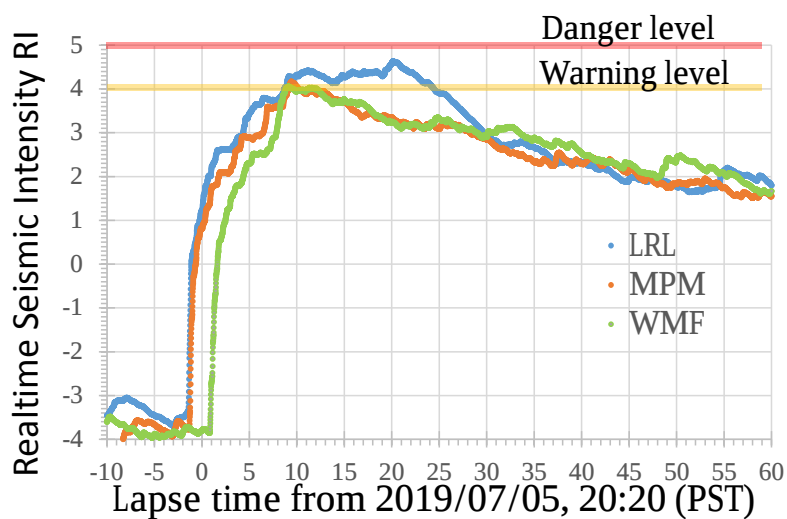
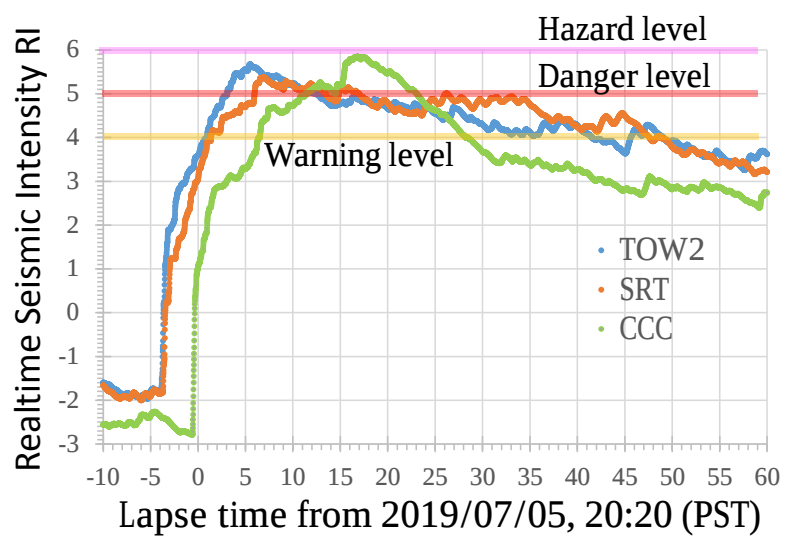


図 3 (1) 各地のリアルタイム震度の変化状況

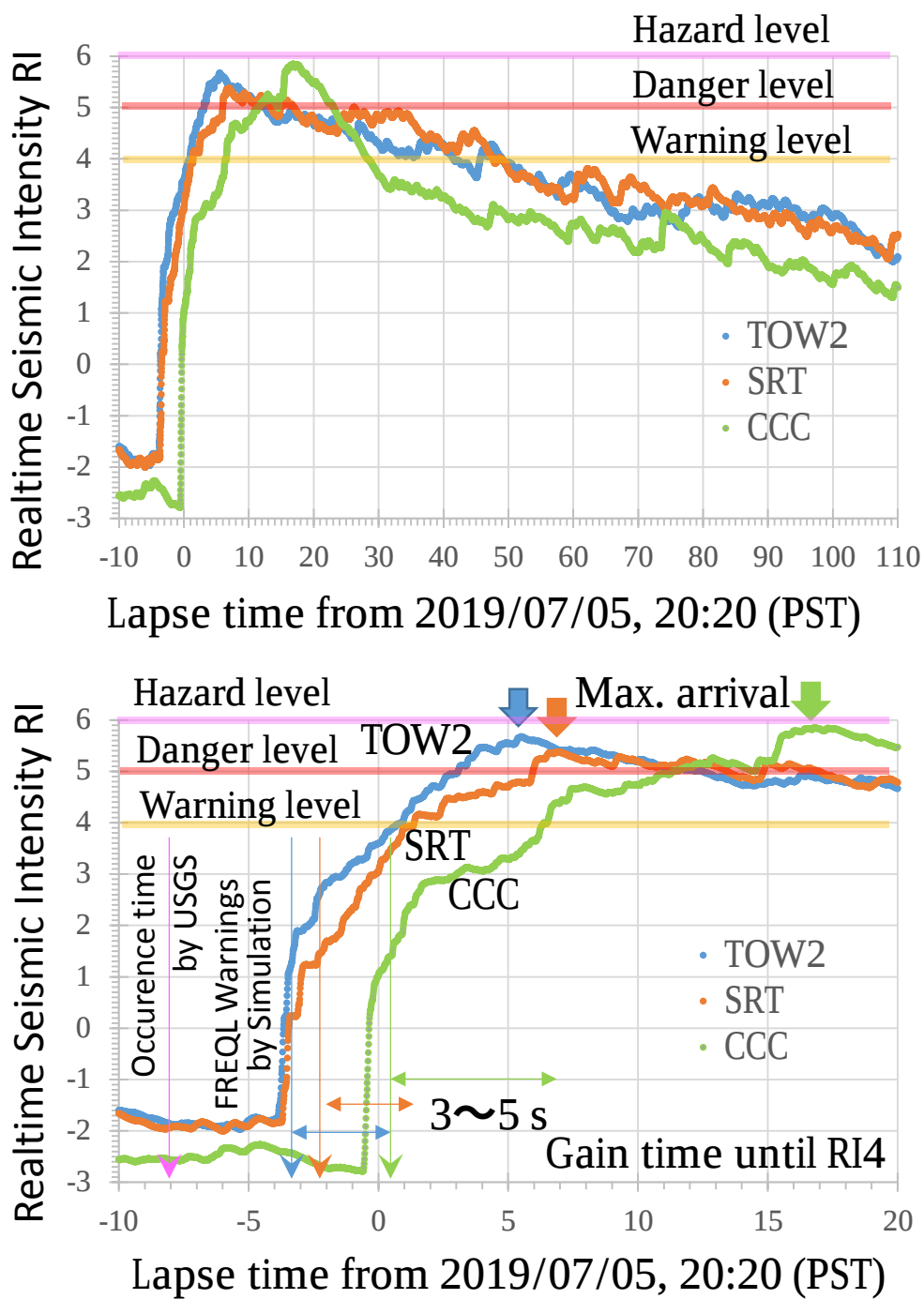


図 3 (2) 大きな地震動が観測された 3 地点のリアルタイム変動と警報などのタイミング

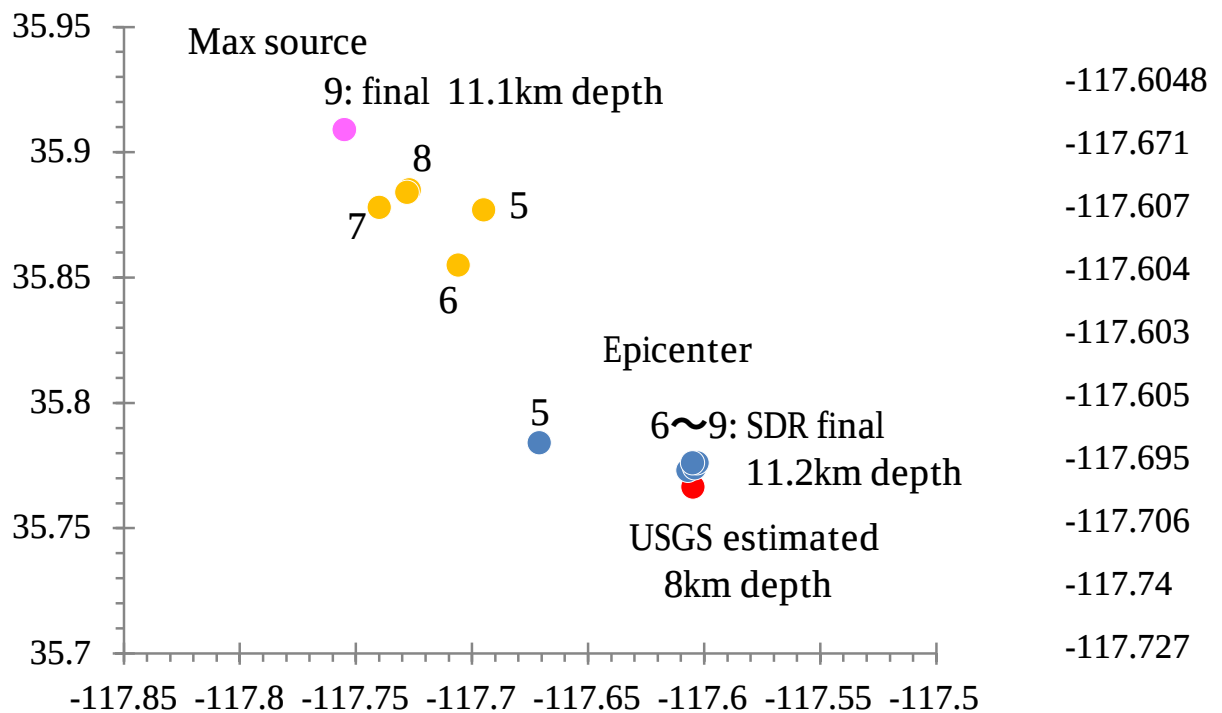


図4 推定された震央や Max 震源位置と USGS による震央との比較

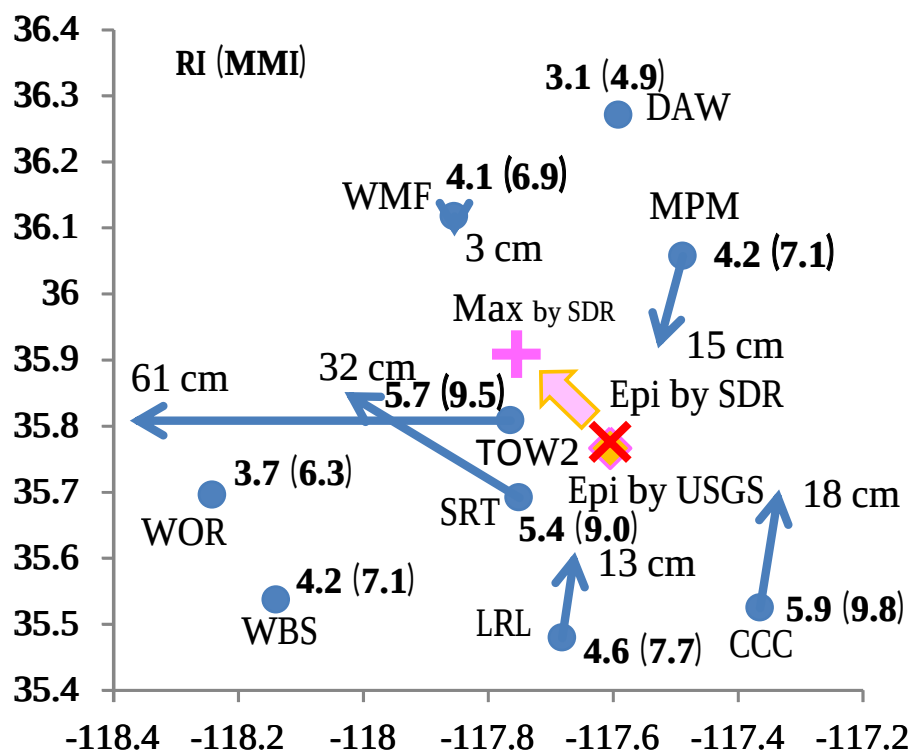
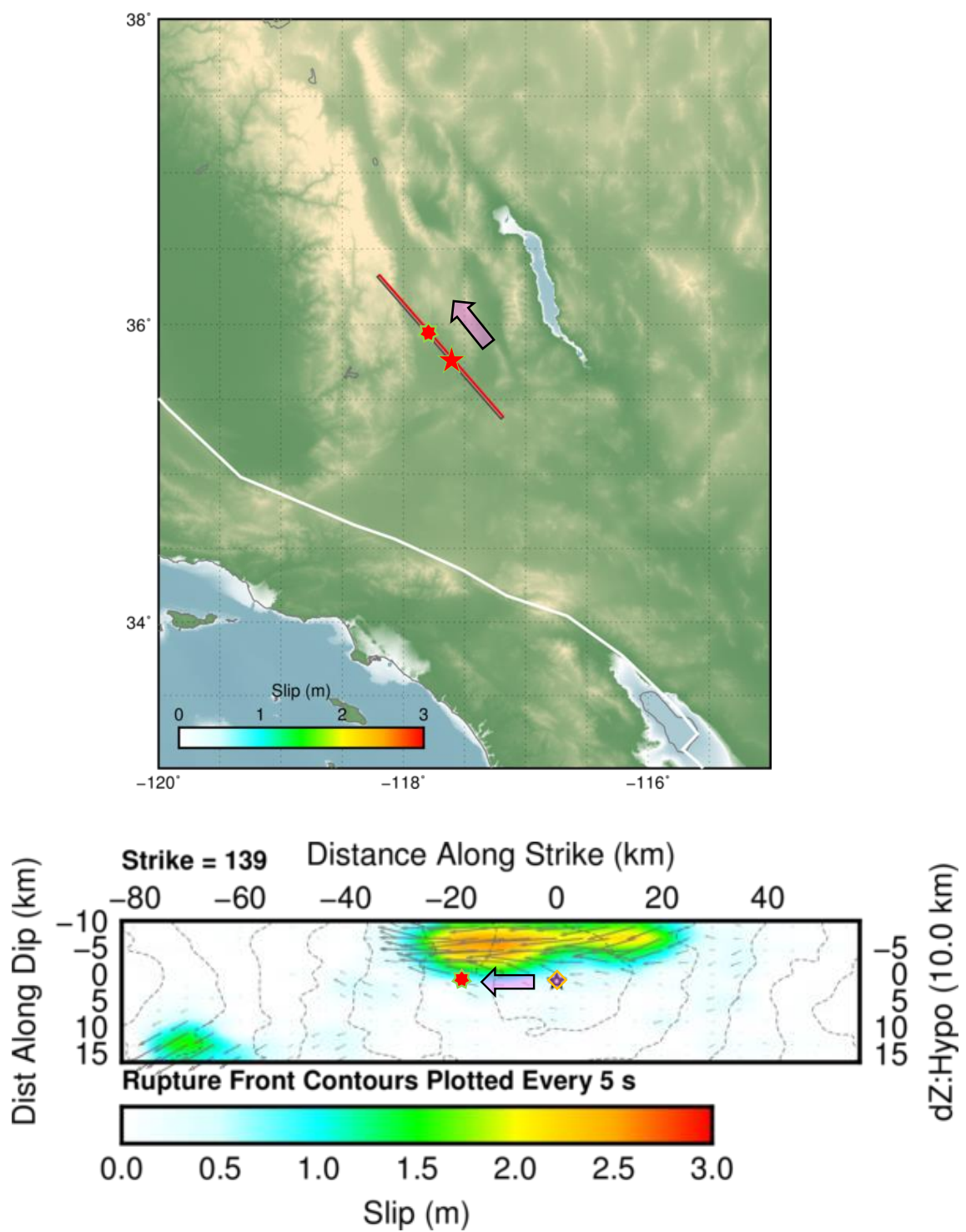


図5 積分変位による永久変位ベクトルや震央、Max 震源、各地の RI 震度など



参考図 USGS による断層解析結果に推定された震央や Max 震源の位置を重書きしたもの

以上