

2018年6月18日午前7時58分頃に発生した大阪府北部の地震について

中村 豊 (SDR)

表記地震について分析した結果を述べる。この地震では思わぬ被害が多発し犠牲者や負傷者がでている。犠牲者のご冥福を祈り、関係者の生活が早急に復旧することを願うばかりである。この地震は M6 程度とそれほど大きなものではないにもかかわらず、広い範囲で大きな地震動が観測され、被害も思いがけず大きかった。まさに耐震上の弱点箇所が炙り出された状況であるが、地震の対応としてはいくつかの問題があったように思う。

まず、緊急地震速報の後に大きな揺れが来るとの誤解が蔓延しているのではないかと危惧している。このため、今回の地震の震央付近にある防災科研の 11 カ所の強震観測記録を用いて、リアルタイム震度を算定した。その結果を図 1 に示す。リアルタイム震度の時間的変化状況に、気象庁の緊急地震速報発令時刻、オンサイト P 波警報システム FREQL の警報発信時などを書き込んでみた。これによると、震央にもっとも近い観測点「高槻」の強震記録を用いたシミュレーションでは、約 36.8 秒には P 波警報が発信されると期待され、その時の震度は 2 程度であるが、2 秒足らずで震度 4 を超え、2.5 秒後には震度 6 弱を超える。震度 6 弱以上となった時間は 1 秒程度で以後速やかに地震動は減少しているが、体感的な揺れは数十秒継続したと思われる。緊急地震速報は、41.9 秒に発令されているので、高槻では主要動到来後の収まりつつある状況であり、震央からやや離れた此花や西宮などを除き、概ね震度 5 程度の地震動とほぼ同時という状況である。

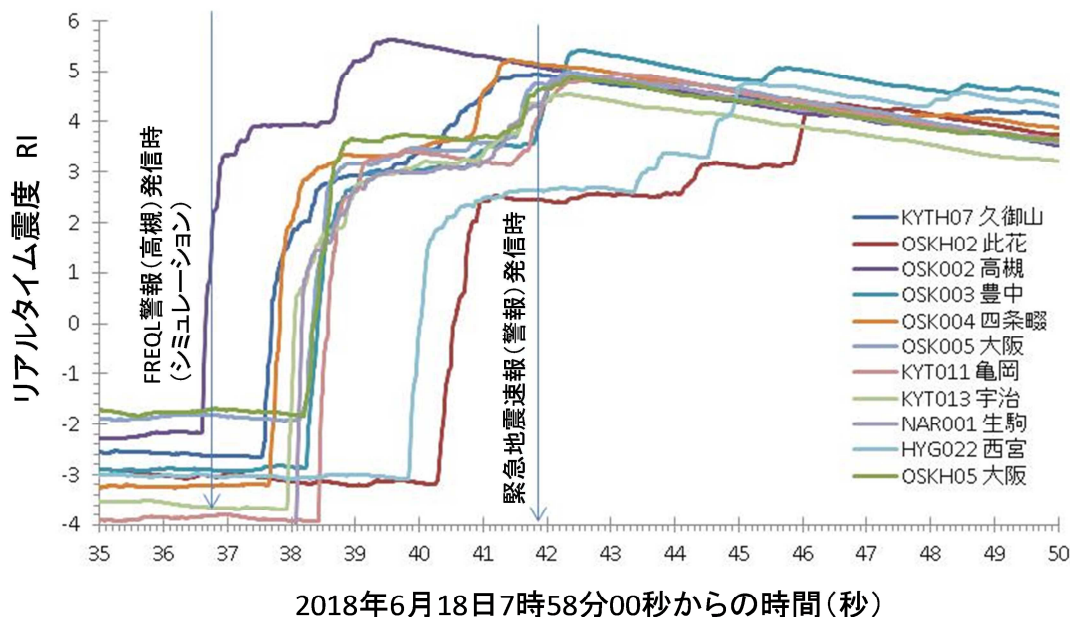


図 1 各地のリアルタイム震度の時系列変化状況と警報タイミング

このように、地震の被災地ではほぼ例外なく、いきなり大きな地震動に見舞われた後に、緊急地震速報を受け取ることになる。地震警報としては、少なくとも破壊的地震動の前でなければ意味はない。むしろ、被災した後では徒に不安を掻き立てることにもなりかねない。揺れの前の緊急地震速報は、安全であることのシグナルとも考えられる。エンタメ情報になりかねない情報ではあるが、防災には全く役立たない。今回の地震で、緊急地震速報が災害の防止または縮減に役立った事例は収集できたのだろうか。もちろん、緊急地震速報により災害がより大きくなったケースもあると思われるが、こうした事例も含めて収集し、改めて緊急地震速報について議論すべきだと思う。

警報には、迅速な発令、的確な解除が欠かせない。

今回の地震で、鉄道網が広範囲に亘って長時間混乱したことは、今後改善しなければならない問題点である。破壊的な地震動よりも遅い警報発信も問題だが、警報の解除にも大きな問題があったことになる。警報の解除は、地震により被災していないことを確認して行うのが基本であるが、すべてを確認するのは人手と時間がかかりすぎるし、明らかに被害がないところを確認するのは無駄である。このためには、的確な被害予測が必要になる。大まかには、地震の位置と M の大きさと被害範囲がある程度特定できることは、統計的な事実である。鉄道施設の場合、被害範囲（震央を中心にした半径 Δ ）は次式で与えられる。

$$\log \Delta = 0.71M - 3.2$$

これに M6.1 を入れると、 $\Delta = 13.5\text{km}$ となる。つまり M6 程度の地震の被害域は統計的にはせいぜい半径 10 数 km である。これより外側では耐震的な施設の被害は考えられない。上の式で地震発生後直ちに被害地域を推定して警報を発する方法を M- Δ 法として提案したが、これは警報のみならず警報解除にも有効なのである。私の記憶では、東海道新幹線では、想定被害範囲内の問題箇所（段階的な弱点箇所）を調査し、運行再開の安全性を迅速に判断する方法が採用され、実行されているはずである。しかし、実際には東海道新幹線も例外ではなく、運行再開までかなりの時間を要してしまっている。新幹線直近の地震ということで慎重を期したものと思うが、震央付近で被害がなければ、徐々に運行しながら再開するのが妥当であろう。今後の改善が望まれる。いずれの機関も、役立たない緊急地震速報に頼ることなく、迅速な警報と解除を目指してほしい。

次に地震情報の問題について試みる。気象庁が発表する震源は相変わらず 0.1 度単位で、被害地域の特定には大まか過ぎる。最近では地震の規模も変更されることが珍しくない。防災情報として有効に活用したくてもできない状況が続いている。

表 1 は各地のリアルタイム震度の変化情報から、読み取った P 波検知時刻や最大値発現時

刻、警報発信時刻などを示したものである。示した地点は、防災科学技術研究所が運営する KiK-net や K-NET の観測点で震度 5 弱以上となった地点である。これらの地点の P 波検知時間や最大値発現時間から、いわゆる破壊開始点である震源の位置や最大震度の震源 (Max 震源) を最小自乗法により求めてみた。

表 1 各地の P 波検知時刻と最大震度発現時刻、シミュレーションによる FREQL 警報時刻

観測点	コード	緯度(°)	経度(°)	2018年6月18日7時58分		PI1.5
				P検知時刻 秒	Max時刻 秒	PI警報時刻 秒
高槻	OSK002	34.8573	135.5958	36.58	39.53	36.75
久御山	KYTH07	34.8983	135.7461	37.51	41.82	37.90
四条畷	OSK004	34.7405	135.6394	37.64	41.43	37.90
宇治	KYT013	34.8784	135.8047	37.91	42.32	38.40
生駒	NAR001	34.7154	135.7272	38.06	42.34	38.47
大阪	OSK005	34.7255	135.5099	38.13	42.33	38.49
大阪	OSKH05	34.7159	135.5199	38.19	42.38	38.50
豊中	OSK003	34.7668	135.4683	38.19	42.52	38.52
亀岡	KYT011	35.0170	135.5638	38.41	43.11	38.68
西宮	HYG022	34.7463	135.3499	39.81	45.09	40.14
此花	OSKH02	34.6628	135.3896	40.27	71.00	40.75

この時 P 波と S 波の速度として、それぞれ 6km/s と 4km/s を仮定した。破壊開始点については、5 点以上の観測点の情報が集まった時点で震源推定を行い、確定した段階で推定を終了した。この結果を、気象庁による 2 日後の暫定震源とともに表 2 に示す。これを図にしたものが、図 2 である。この図には、各測点の数を震源確定以後も増やして震源推定した結果も併せて示している。左図の中の四角の部分拡大したものが右図であり、×印と+印が気象庁の震源で、それぞれ当初と 2 日後のものを示している。黒丸で囲まれた青丸や赤丸が推定された震源と Max 震源の位置である。黒丸で囲まれていないものは確定後に観測点を増やしながらか推定した震源位置を示す。参考として、プールの目隠しブロック塀が倒壊した寿栄小学校の位置を小さな赤い四角で示した。

表 2 震源推定結果と気象庁による推定結果との比較

	緯度(°)	経度(°)	深さ(km)	震源時(秒)
最初の6地点のP検知時刻を使った震源推定結果(Vp=6km/s仮定)	34.856	135.624	13.2	34.4
最初の7地点のMax時刻を用いたMax震源推定結果(Vs=4km/s仮定)	34.843	135.619	6.3	37.9
JMA震源(二日後の暫定値)	2016年6月18日7時58分	34.84333	135.6217	13
			6.1	大阪府北部

強震記録を用いた震源推定は最初の 6 地点で確定し、その結果は、気象庁の暫定震源とは 1km 程度のずれはあるものの、深さも 13.2km とほぼ同じ位置に推定されている。この推定計算は、最初に地震を検知してから 1.53 秒後には開始することが可能であり、P 波検知後 2 秒後の 39 秒には結果が得られるものと期待される。これに対して、Max 震源確定には

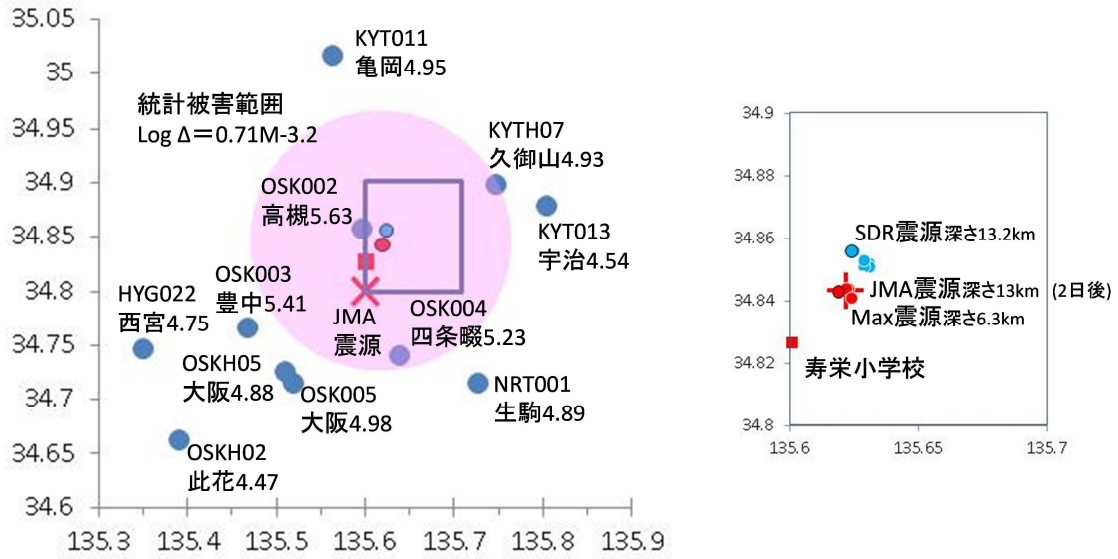


図2 各測点の分布状況と推定震源位置の比較

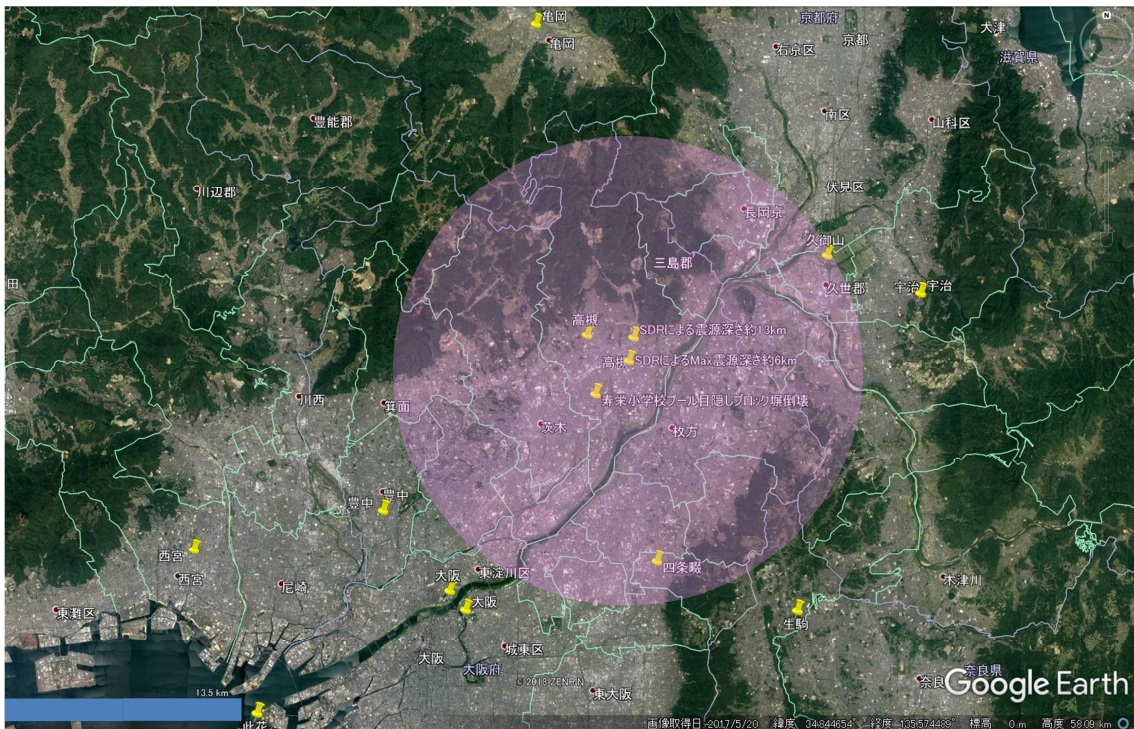


図3 推定被害エリア

7 地点の情報を要しているが、最大値確定のための時間を考えても、50 秒頃には確定するものと推定される。確定した Max 震源の水平位置は破壊開始点の 1km ほど南で、深さは 6.3km と浅くなっている。震源時の差は 3.5 秒で、この間に 7km ほど断層が破壊したと解釈できる。破壊速度は 2km/s で妥当な値だと思われる。断層の破壊が地表に向かって進ん

だと推定され、破壊開始点と Max 震源を結ぶ延長線が地表と交わる付近に寿栄小学校があるようにみえる。かなり大まかな解析であるが、破壊が地表に向かったのが事実であれば、地震規模の割に被害が多いように感じるのも納得できる。

なお、Google Earth の衛星写真に Max 震源を中心にした被害範囲などを示したものを図 3 に掲げる。実際の被害の分布はまだ不明だが、概ねこのピンク円内に入っているものと思われる。

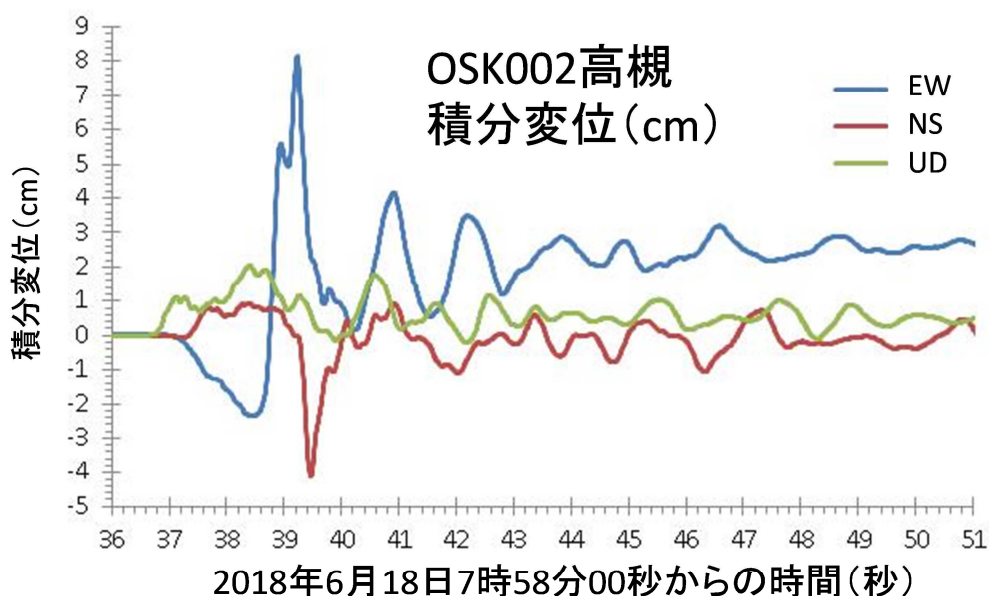


図 4 K-NET 高槻の積分変位波形

寿栄小学校のプールが目隠しブロック塀は東西に走っており、北側に倒壊している。この倒壊がいつ発生したか、ここから 3~4km 北に位置する高槻の記録から推定してみる。高槻の加速度記録を 2 回積分して得られた変位波形を図 4 に示す。これによると、高槻は周期 2 秒程度でパルス的に大きく東に約 10cm 揺れ動いた後、南に 1 秒くらいのパルスで約 4cm 揺れ動いている。おそらくこの変位で目隠しブロックが北側に倒壊したものと思われる。この変位は 39.5 秒にピークとなっている。高槻波形のシミュレーションによれば、P 波警報は 37 秒には出されると期待されるので、倒壊して地上に落下するまでには 3 秒近くの時間があったと思われる。この短い時間で何ができたかわからないが、大きく揺れた後の緊急地震速報では全く役に立たないことは明らかである。

以上

強震記録は防災科学技術研究所が運営している K-NET と KiK-net の公開データを使用させていただきました。関係する皆さまに感謝致します。