

2011年東北地方太平洋沖地震の地震動と各種警報の発令状況

中村 豊¹⁾

1) 正会員 (株)システムアンドデータリサーチ, 東京国立, yutaka@sdr.co.jp / 東工大大学院総理工, 横浜

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震(以下311地震という)は, さまざまな現象を現出させた. ここでは, 強震記録などに基づいて, 各地のリアルタイム震度の消長やさまざまな警報の発令状況を調査し, 警報の発令時間や妥当性などについて検討する.

2. リアルタイム震度(RI)

地震の早期警報に関連して, 地震動の大きさを, 様々な構造物の被災しやすさの観点から, 被災しやすさ指標DI値を提案した(Nakamura, 1998). その後, DI値と気象庁の計測震度と密接な関係にあることに鑑み, リアルタイム震度(RI)として再定義した(中村, 2003). リアルタイム震度は, 地震動の仕事率(パワー)に基づいて定義される物理量であり, 60秒間の地震動データを使用して人工的に算定される気象庁の計測震度とは異なり, 物理的な意味がある時々刻々の値を即座に把握できるという特徴を有している.

被災しやすさ指標(DI)およびリアルタイム震度(RI)は, 次のように定義される.

$$DI = \log_{10}(|\mathbf{a} \cdot \mathbf{v}|) \quad \dots (1)$$

$$RI = DI + 2.4 \quad \dots (2)$$

ここに, \mathbf{a} : 加速度ベクトル(Gal: cm/s²), \mathbf{v} : 速度ベクトル(kine: cm/s), 測定振動数帯域: 0.1Hz~5Hz.

逐次算定できるRIは, P波検知機能と相俟って, 大震度の到来をいち早く警報できるのみならず, 地震後には, 的確な震後対応に役立てることができる.

3. リアルタイム震度(RI)で見た地震動

図1は, 青森県, 岩手県, 宮城県, 福島県, 茨城県, および千葉県のK-NET観測点のゼロ以上のリアルタイム震度の時間変動を, 311地震の破壊開始点より北側と南側に位置する地点に分けて, 各地点の震央距離差(震央距離から最短震央距離を差し引いたもの)に対応させて示したものである. これを見ると, 時間差を置いて発生しているいくつかの震源から波動が伝播している様子がよく分かる. また, 南側のリアルタイム震度は徐々に大きくなり, かなり時間が経ってから震度5以上の最大震度に達しているのに対して, 北側の震度は比較的早く最大に達している.

地震動の大きさを即時的にリアルタイム震度で表現できるという特徴を活かして, 各瞬間の各地のリアルタイム震度の分布を連ねていけば, 波動の伝播をリアルタイム震度で表現できる. こうした動画をwebで公開している(www.sdr.co.jp). これを見ると, 仙台沖から三陸にかけての広い範囲に地震動が伝わり, 一

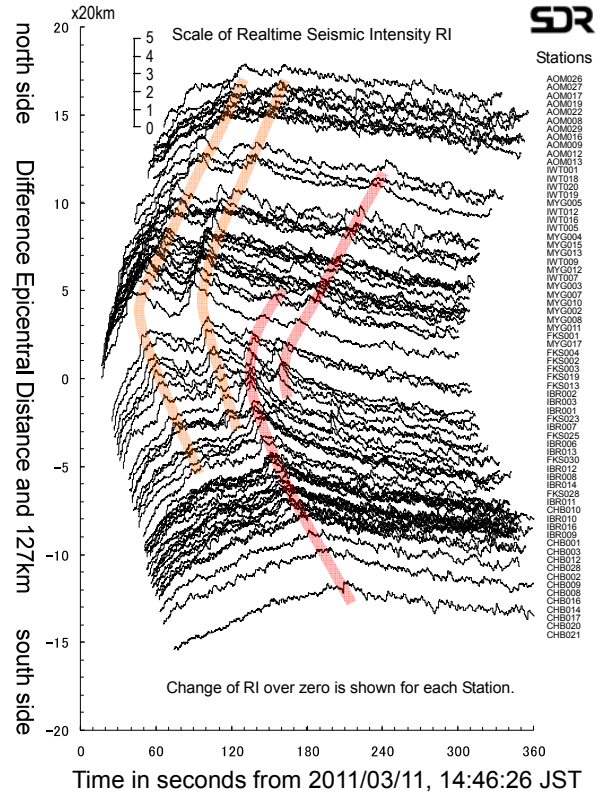


図1 各地のリアルタイム震度の時間変動

気に拡大していくとともに, 徐々に震度が大きくなっていく様子が見られる. 大きな震度の領域は徐々に南へ拡がり, 関東地方では震度がじわじわと時間をかけて大きくなり, 震源近くに比べ, かなり後になってから最大震度に達している.

4. 各種警報の動作状況

図2には, 各種の警報発令状況とともに, K-NETなどの強震動波形を用いて算定した各地のリアルタイム震度の変動を示した. 横軸は震央距離差(震央の南北に対応して+-を付した), 縦軸は2011年3月11日14時46分26秒(最初に地震を検知したK-NET牡鹿の記録開始時刻)からの経過秒数を示している. 色分けされた丸印は凡例に示すようにリアルタイム震度の大きさまたはピークや最大値の発現時を示す. また, 図中の丸で囲んだ数字は, 一般向けに緊急地震速報が発令された46分49秒(①)から, 約60秒後までに発令した緊急地震速報(高度利用者向け)のうち, 「震度3から4程度」以上が予測される地域での発令時間である. 時間的な変動を見ると, 東北北部では各震度の発現時間はだまかに震央距離差に比例して遅くなっており, 最大動発現時も遠くなるほど遅くなっている. これ

に対して、関東ではP波は早く到達しているものの、震度2を越える辺りから次第に発現時刻が遅くなり、最大震度に達するのはかなり後である。また、地震動と緊急地震速報の発令状況を見ると、一般向けは①で発信されたものの、地域は宮城県全域、岩手県全域、福島県浜通り・中通り、秋田県内陸南部および山形県最上・村上的みであり、その他の震度5弱以上が観測された被災地域には発令されておらず、警報の出し方は適切ではなかった。一方、震央に近い地域でも、震央距離が120km以上あり、初期微動の時間が15秒以上見込まれ、緊急地震速報がなくても、普通に人が地震に気づいてから大きな揺れに見舞われるまでにはかなりの先行時間があった。311地震は、震央が陸地から離れていたため、緊急地震速報が役立つ可能性が高かったが、実際に役立った具体的な事例の報告はないようである。

気象庁方式の早期警報装置に切り替えたJR新幹線ではP波警報に失敗した。金華山検知点などでバックアップとして残した開業時からの加速度警報機能がかろうじて働いたが、警報レベルは120Gal（開業当初は40Gal）で、警報発信は47分03秒と大幅に遅れた。

図中には、オンサイト警報として私鉄や各種工場等で利用されているフレックル（FREQL）が震央に近い場所にあった場合のシミュレーション結果も示している。K-NET北上では、46分40秒に地震を検知して46分46秒に警報発信すると見込まれる。なお、実際にこの地域近傍のFREQLは、46分54秒にP波警報を発信し、マグニチュードを除く震源諸元を的確に推定している。この記録波形を使って実測結果が正確にシミュレーションできることでその妥当性を検証している。

5. おわりに

ここでは、リアルタイム震度を用いて、東北地方太平洋沖地震時の震動分布や伝播の様子がわかりやすく表現できることを示した。また、緊急地震速報は、FREQLや一般的な地震計と同程度または、やや長い程度の先行時間しか稼げてはおらず、大きなメリットは

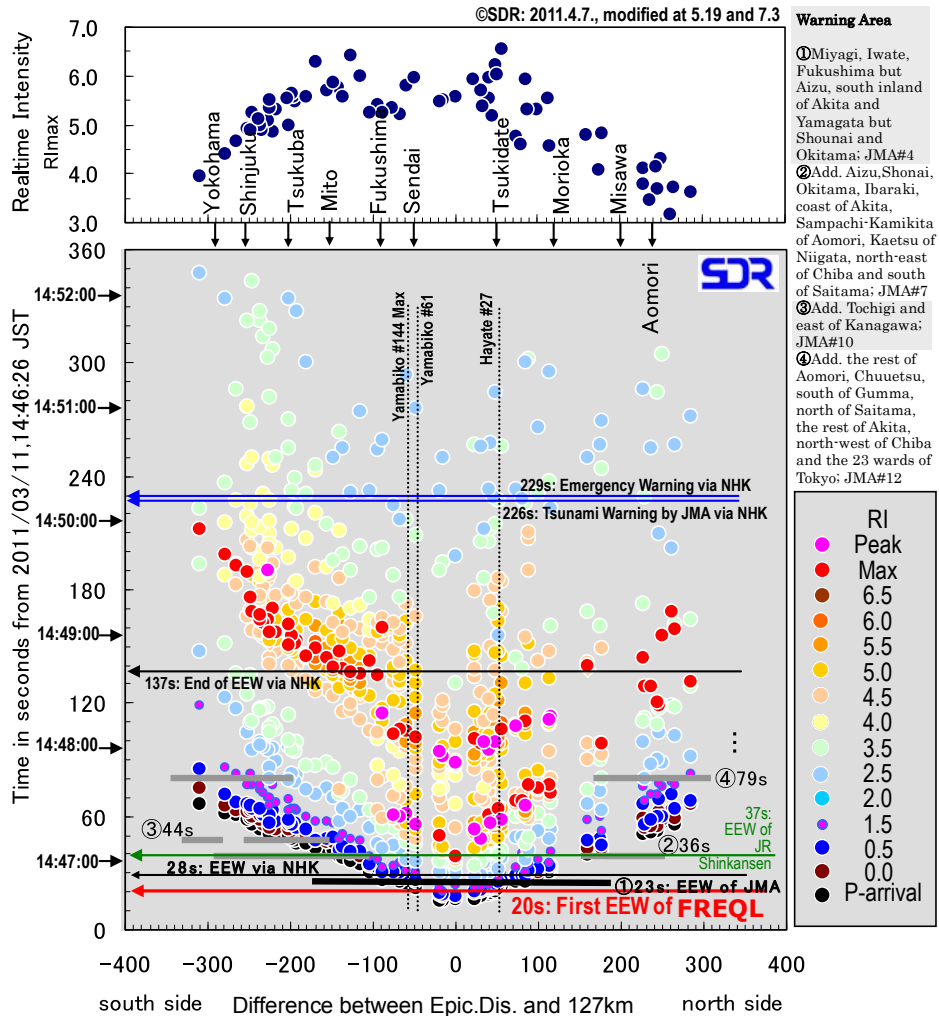


図2 各地でのP波、ピーク震度、諸警報ほかの発現時刻

認められなかった。緊急地震速報は、直下地震では全く役に立たないことが明らかになっている。過度の期待を抱かせる点で逆効果も心配される緊急地震速報は、法律に基づいて実施すべき性質のものではない。津波警報などにみられる不要な規制が311地震の災害を大きくした可能性があることを踏まえれば、緊急地震速報や津波警報に関連する不要な規制を撤廃するなど、気象業務法の改正が必要ではないか。直下地震や津波、広域地震などの災害は地域の特性が強く反映され、きめ細かな対応が求められる。現在の気象庁のような中央集権的なやり方を改め、地域のことは地域の実情に詳しい地域の諸機関が連携・協力して対処するのが望ましい。沖合津波計を始め、各種のデータなど必要な情報を地域に直結して有効利用できる体制を確立すべきである。気象庁にはその体制をバックアップとして支えることを期待したい。

謝辞：防災科研のK-NETとKik-netで記録された強震動波形を使わせていただきました。記して謝意を表します。

参考文献：1) 中村豊：合理的な地震動強度指標値の検討 -DI値を中心とした地震動指標値間の関係, 第27回地震工学研究発表会, 2003
2) Nakamura, Yutaka: A New Concept for the Earthquake Vulnerability Estimation and its Application to the Early Warning System, Early Warning Conference '98, Germany, 1998.