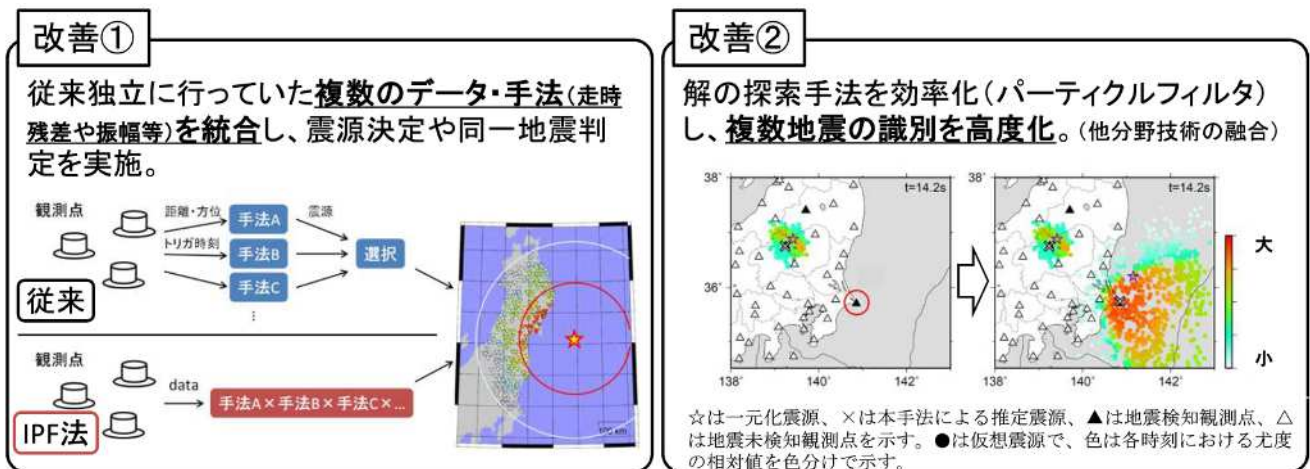


1. IPF法<sup>\*1</sup>の概略

## IPF法の概念図

\* 1 : Integrated Particle Filter 法。本手法は、内閣府の最先端・次世代研究開発支援プログラムに採択された「東南海・南海地震に対応した正確な地震情報を提供する実用的早期警報システムの構築」(代表：京都大学 防災研究所 山田真澄助教)の成果のひとつです。

IPF法とは、震源決定や同一地震判定において、従来別々に用いたデータや手法(走時残差や振幅等)を統合的に用いる手法であり、パーティクルフィルタを用いて震源要素を短時間で求めるなどの効率化を行っている。IPF法は、少ない観測点であっても多くの情報を同時に処理に用いるため、緊急地震速報で用いる震源要素の信頼性が向上する。確認された主な具体的な改善事例は以下のとおり。

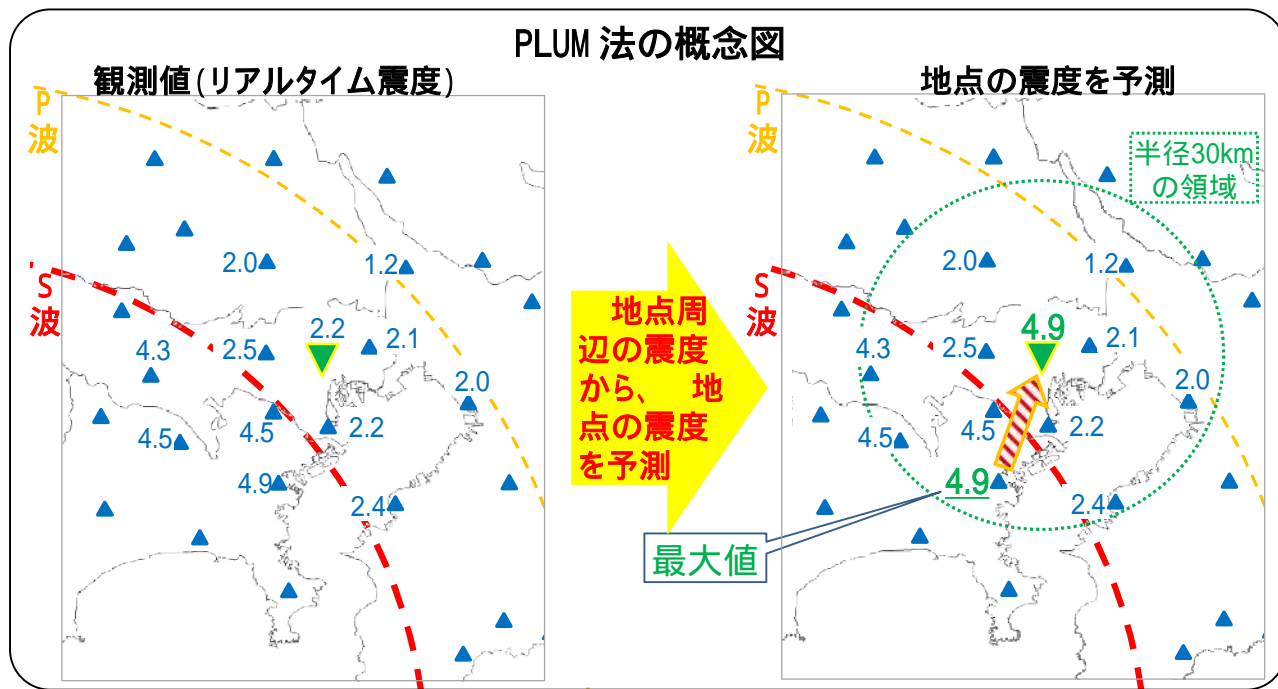
- ・東北地方太平洋沖地震直後の広域で地震活動が極めて活発であった2011年4月の全データに適用したところ、全地震を対象に震度4以上を観測した地域、または震度4以上を予想した地域について、予想誤差が $\pm 1$ 以下におさまる地域の割合は、52%から79%に改善した。
- ・2011年3月から4月に発表した、71警報事例中21事例が誤報(警報を発表したすべての地域で震度2以下)であった。これらは全て、ほぼ同時に発生した複数の地震を分離できなかったこと(ひとつの地震と判断してしまったこと)によるものであるが、IPF法を適用することで地震を適切に分離することができ、全ての事例で誤報を回避できる。2011年5月以降の誤報発表11事例に対する動作確認については、今後実施予定である。
- ・2013年8月8日16時56分頃の和歌山県北部を震源とする地震(M2.3)についても、地震と東南海沖海底地震計に混入したノイズを別事象と判断できるため、誤報を回避できる。

一方、改善が見られない主な事例としては以下がある。

- ・太平洋沖地震直後6時間、震度5弱以上を観測した地震で、警報・予報とも発表しなかった事例が10事例あったが、IPF法を用いても改善しない。これは、太平洋沖地震により地動レベルが上がったため、地震検知・P波到達時間の特定が困難な状態となったためであり、IPF法による技術的改善は困難である。

- ・2012年8月14日12時01分頃のオホーツク海南部の深さ654kmを震源とする地震。現行の処理では、震源に最も近い3観測点により、宗谷地方北部深さ10km(M5.7)の地震として警報を発表した。IPF法を用いても同様の処理結果となる。深発地震に対する改善は中長期的な課題である。

## 2. PLUM法\*2の概略



### PLUM法の震度予想(概要)

予想対象点( )から半径30km以内の各観測点( )での観測値(青字:リアルタイム震度)を基に、その揺れが減衰せずに予想対象点まで届くと仮定して、その中の最大値(上の図では4.9)を、予想対象点( )の予想震度とする。これを全観測点について繰り返す。

: 実際には、各地点の地盤の揺れやすさ = 増幅度 = も加味して( )に対する予想値を算出する。

\*2: Propagation of Local Undamped Motion 法。気象研究所重点研究「緊急地震速報高度化のための震度等の予測の信頼性向上技術の開発」研究代表者: 干場充之(地震火山研究部第四研究室長)による方法の簡易版(組織改変後、現在は地震津波研究部第三研究室長)。

PLUM法は、震源要素を用いなくて、観測されたリアルタイム震度を基に震度予想を行う手法である。気象庁で用いている計測震度は、1分間の加速度波形を用いて算出されるが、(独)防災科学技術研究所によって開発されたリアルタイム震度は、加速度波形データに漸化式フィルタ処理を施すことで、逐次・リアルタイムに算出することができる計測震度に相当する量である。PLUM法を利用することによって、巨大地震発生時などにリアルタイムで強震動域を適切に把握し、震度予想を行うことができる。さらに、予想すべき震度に相当する量をリアルタイムで観測できるため、十分に観測点密度が高い場合は見逃しが無い。気象庁多機能型地震計(約60km間隔)のみで検証を行ったところ、確認された主な事項は以下のとおり。

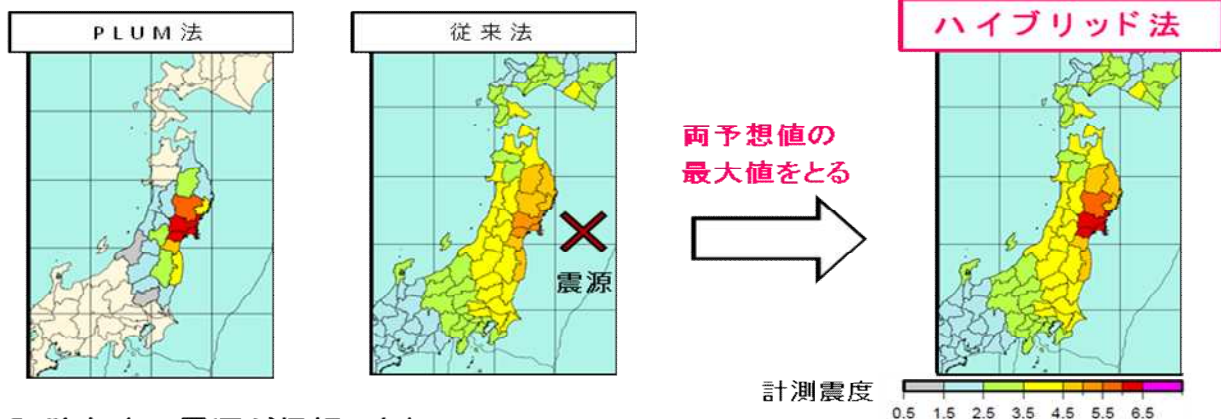
- ・平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震および 2011 年 4 月から 12 月に発生した震度 5 弱以上を観測した全 39 地震について予報区域別に見た場合、予想した震度が  $\pm 1$  階級に収まる割合は 89% となり適切に予想できることを確認した。
- ・平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震による強震動域を適切に予想できることを確認した。具体的には、震度 5 弱以上を観測した全 41 予報区について、予想した震度が  $\pm 1$  階級に収まらないのは 3 予報区のみであった。収まらなかった原因は、その予報区における最大震度観測点の周辺に気象庁多機能型地震計がなかったためであり、緊急地震速報で用いる観測点密度の向上により改善できる見込みである。

また、新たな課題が抽出された主な事例は以下のとおりである。

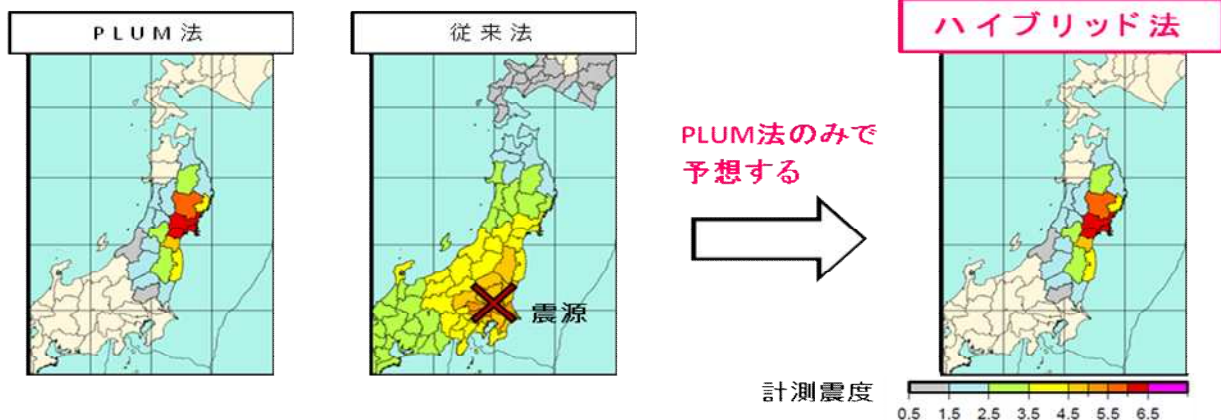
- ・2011 年 6 月 2 日 11 時 33 分頃の新潟県中越地方を震源とする最大震度 5 強の地震。気象庁多機能型地震計で観測した最大震度は 3 に満たなかったため見逃しとなった。観測点密度の向上により改善の見込みである。
- ・2011 年 9 月 29 日 19 時 05 分頃の福島県浜通りを震源とする地震。震度 5 強を観測したのは 1 観測点だけであったが広域に震度 5 強の地域を予想した。震源直上から急激に距離減衰する事例は過大評価の傾向となり、改善は中長期的な課題である。

### 3. ハイブリッド法の概略

○ 従来法の震源が信頼できる



○ 従来法の震源が信頼できない



ハイブリッド法の概念図

IPF 法を含め、震源要素を推定し、それを元に震度を予想する従来手法(従来法) による震度予想は、地震発生直後に精度良く震源要素を推定できた場合、迅速に全国の予想震度が得られ、多くの区域で猶予時間を稼げるという長所を持つ。しかし、推定した震源要素が不適切な場合、予想震度を極端に過小予想したり過大予想したりする可能性がある。さらに、東北地方太平洋沖地震のような巨大地震の場合には、震源域の広がり等を反映できないことから、震度の過小予想や過大予想となる。

一方、PLUM 法は、先に述べた長所以外に、従来法で推定された震源要素の信頼性が低いと判断できる場合は、震源要素を棄却し PLUM 法のみで震度予想を行うことができるという長所がある。しかし、距離 R 以内にある情報しか用いないため、迅速性の面では従来法に比べて劣る。

このため、気象庁では両者の長所を生かすため、双方を組み合わせて利用(ハイブリッド法)する予定である。

ハイブリッド法では以下の処理で予想震度を計算する。

PLUM 法により各震度観測点における予想震度を求める。

従来法で予想震源を求め、その最近接観測点マグニチュード残差等から予想震源の信頼性の評価を行う。信頼できる震源要素が推定できた場合にのみ、従来法による震度予想を各震度観測点に対して行う。

各震度観測点において、 と で得られた予想震度の大きい方を採る。

気象庁多機能型地震計のみで検証を行ったところ、確認された主な具体的な改善事例は以下のとおり。

- ・平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震以後 12 月までに発生した、警報を発表した全 94 地震について、予報区域別に見た場合、予想した震度が ± 1 階級に収まる割合が 76% から 88% に改善されることを確認した。

#### 4 . 予定

