

## 地震動強度指標の空間補間手法の実用性から見た一検討

防災科学技術研究所 正会員 ○末富 岩雄  
 // フェロワー 後藤 洋三  
 構造計画研究所 坪田 正紀, 栗山 利男

**1.はじめに** 現在, 著者らは次世代型の地震防災情報システム「震災総合シミュレーションシステムの開発」に取り組んでいる<sup>1)</sup>. これは, 災害時における救助や避難誘導など様々な対応行動における意志決定を支援するために, 被害を単なる統計量でなく個別に具体的に表現するものである. 現在では人工衛星等, 様々な被害モニタリングが可能となり通信も発達しているが, 地震発生から1時間以内で重要な決定を強いられるにもかかわらず, その時点での実情報は限られた偏ったものにならざるを得ない. したがって, 地震観測網を利用した即時被害推定システムは今なお重要であり, 被害推定精度向上には地震動分布推定精度の向上が不可欠である. それには, 地盤の増幅度評価と空間補間法が重要となる. 著者らは, これまで地盤の非線形増幅度について検討を行ってきた<sup>2)</sup>. 本論文では, 空間補間についての検討結果について報告する.

**2. 補間推定法の比較** 現在, 地震動強度指標を対象とした実際のシステムや研究で使われている空間補間方法は, 1)距離による重み, 2)形状補関数による補間, 3) Kriging (シンプル・クリッキング), である. 1)は, 対象点の近くのデータ値を距離の逆数に基づく重み係数で加重平均し, 対象点の値を推定するものである. 2)は, 離散的な形で与えられた関数の離散点間の値を補って連続関数として扱うための技法で, 有限要素法においては, 節点における関数値の間を補って要素内の連続関数を作る技法として用いられている. 1)2)が決定論的手法であるのに対し, 3)はサンプル・ポイントの空間的自己相関性を含む統計モデルに基づいている. Kriging 法にも条件に応じていくつかあるが, 山崎ら<sup>3)</sup>が用いているように, 平均値(トレンド成分)と共分散値を既知とする Simple Kriging 法が, 観測網を利用した地震動分布推定に最も適切である. この他に, スプライン補間も考えられるが, 計算時間が他の100倍以上となるにもかかわらず, 精度に優位性は見られず, 地震動補間の問題には適していなかった.

以上の方法について, 実際の観測記録を用いて検証を行う. 狭い範囲での観測データセット(ケース1)として, 1994年12月28日の三陸はるか沖地震(M=7.5, 震源深さ0km)における釧路市内の高密度観測網記録(観測点間が1km前後)を利用し, 広域での観測データセット(ケース2)として, 2003年7月26日の宮城県北部の地震(M=6.2, 震源深さ12km)におけるK-NET, KiK-netを利用して, 地震動の空間補間を実施する. いずれも, 今回は表層地盤の増幅特性の差異を考慮せずに, 全観測点のうち一部を観測情報として与えて他の点での値を補間推定し, 推定点について観測値と補間推定値の比較を行う.

例としてケース2における計測震度の推定値と観測値の比較を図1に示す. 手法による有意な差は見られない. 観測値が小さい(震源から遠い)場合に, 精度が良くない. ケース1における加速度応答スペクトルの補間例を図2に示す. このケースでは観測点間隔が1km程度と近いこともあり, 推定値と観測値は概ね調和的である. 表層地盤の増幅特性の差異を適切に考慮した場合には, より精度が高まると考えられるし, 観測点間隔が長くなれば不可欠である.

平面分布特性の比較例(ケース2)を計測震度について図3に示す. この事例の場合, 牡鹿半島端で大きな観測値が得られており, その影響度合いが両者で大きく異なる点である. Simple Kriging による補間では, トレンド成分である距離減衰式の影響で同心円状の分布が結果に強く反映される. 1点の観測値の影響範囲が狭いのと, ★で示した震源近傍で地震動が大きくなっている点がIDW法と異なっている.

**3. 考察** 計算時間はリアルタイム予測において重要な因子である. 形状補間, IDW法, Krigingの順に早い

キーワード: 地震動分布, 空間補間, 地震動強度指標, 地震防災

連絡先: 〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町1-2, TEL 044-329-1146, FAX 044-329-1135

が、大きな差異ではなかった。形状補間は、最も速いが、外挿ができない。IDW 法は簡易であるが、地震計設置点に偏りがあると、1 点の持つ重みが変わってくる。Kriging 法では距離減衰式を用いるので、外挿が必要な際に有利である。特に、図 3 のケースや、1997 年鹿児島県北西部での地震のように、観測点 TIN の重心付近に震源があるような場合、IDW 法や形状補間と異なり、震源近傍で大きくなる予測が可能である。一方、震源情報を要するので、自動的にそれを取り込む仕組みが必要であるのと、海洋での巨大地震の場合、断層の広がりや把握することは難しく、震源決定精度も内陸地震より落ちるので、IDW 法のように単純な補間の方が良い推定となる可能性も低くない。このような特徴を踏まえて、観測条件に応じて手法選択を行うことが重要である。例えば、横浜市や東京ガスのような超高密度観測網であれば（1~2km 間隔）、IDW 法のように簡易な方法が適しており、K-NET のように広域で観測点間隔が 20km 程度になる場合は、距離減衰特性を考慮できる Kriging 法が適しているであろう。

Kriging 法におけるトレンド成分の与え方には、観測値から距離減衰式を構築する方法と、既往の距離減衰式を用いる方法がある。震源域により観測値の距離減衰特性は異なることはよく知られている。観測値から距離減衰式を求める方が、地震の特性が反映されるので、より信頼性の高い結果が得られると期待される。今回の事例では傾きは既往の式と同程度に求まっており、適切な回帰が行われていた。これは、広範囲に多くの観測記録が得られる K-NET の記録を用いているからでもある。観測点が少ないと物理現象に合わない係数が求まる危険性があり、そのような条件では、既往の距離減衰式を用いる方法の方が適している。

4. おわりに 地震動の空間分布を推定するための補間方法について、特徴と適用条件について整理分析した。本報告では、表層の影響を考慮しない結果で比較したが、地盤増幅度と組み合わせた地震動分布シミュレータを開発している。今後、データ整備をし、表層とも組み合わせた上で、パラメータの最適化を図っていく予定である。なお本研究は、文部科学省による新世紀重点研究創生プラン RR2002 防災分野「大都市大災害軽減化特別プロジェクト」の一環として行われたものである。

参考文献 1)後藤洋三、角本繁、竹内郁雄：IT を活用した

次世代型地震防災情報システムの開発 その 1 基本構成、土木学会地震工学論文集、Vol.27, p-280, 2003.

2) 末富岩雄、石田栄介、磯山龍二、後藤洋三：地盤の平均 S 波速度による地震動強度指標の非線形増幅度評価法について、土木学会地震工学論文集、Vol.27, p\_122, 2003.

3) 山崎文雄ら：高速道路構造物に対する地震被害推定式の提案、第 10 回日本地震工学シンポジウム、pp.3491-3496, 1998.

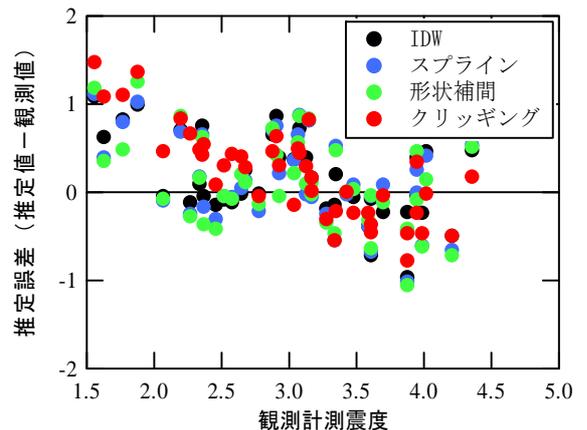


図 1 観測値と補間推定値の比較（計測震度）

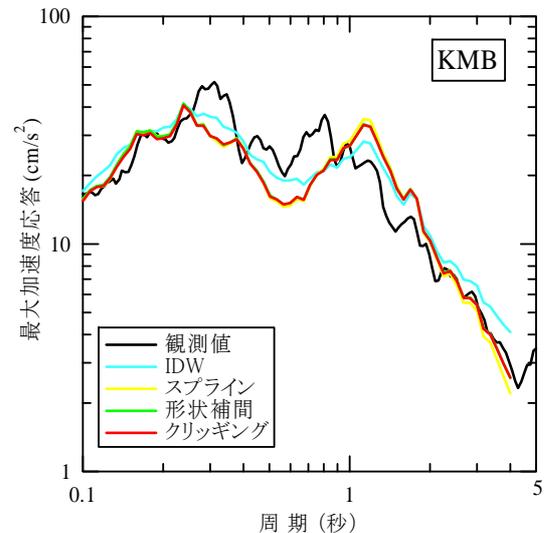
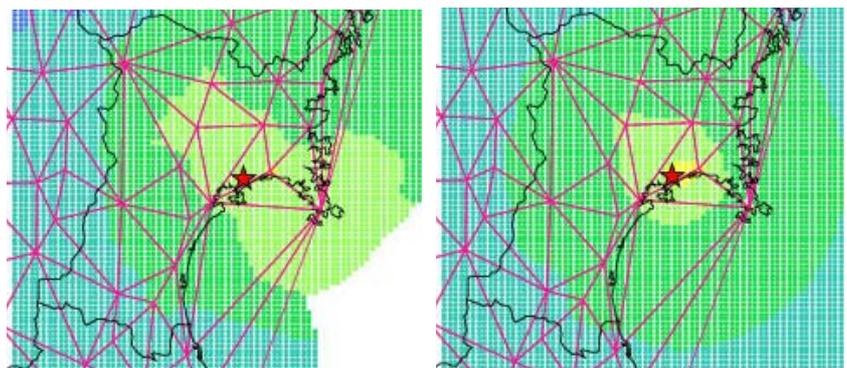


図 2 加速度応答スペクトルの比較



(a)IDW 法

(b)Kriging 法

図 3 計測震度の分布の比較（ケース 2）