

「揺れの数値予報」の高速化に向けた検討

小木曾 仁 (気象研究所)

Hoshiya and Aoki (2015)によって提唱された「揺れの数値予報」は、震源情報を必要としない地震動即時予測手法であり、震源情報の即時推定が困難な巨大地震、あるいは時空間的に近接して発生する地震に対しても有効に動作するが、一般的に計算負荷が高く、現時点では現業運用に至っていない。「揺れの数値予報」を簡略化した Propagation of Local Undamped Motion (PLUM) 法 (Kodera et al., 2018)は、予測対象地点の周囲の観測点における揺れの最大値をそのまま予測とする方法である。PLUM 法は「揺れの数値予報」の最大の利点である、観測値そのものから地震動を予測するという特徴と計算負荷の軽さを両立しており、気象庁の緊急地震速報の運用に活用されている。しかし、PLUM 法は必ず過大予測になる、あるいは猶予時間が長くとれないといった問題があり、これらを解決するには波動伝播の物理を導入(例えば Kodera, 2019)する必要がある、その結果、計算負荷が高くなってしまいます。すなわち、どちらの手法を導入するにあたっては計算負荷への対応、すなわち計算の高速化や並列化が必須である。本発表では、「揺れの数値予報」の高速化について取り組んでいる途中経過について発表する。なお、プログラム言語は Fortran90、並列化の手段としては OpenMPI を用いる。

Hoshiya and Aoki (2015)では、波動場の実況値を推定するために最適内挿法を使用し、その後、実況値を初期値として輻射伝達理論に基づいたモンテカルロ法で未来の波動場を推定する。この過程で計算負荷が高いと予想されるのは未来の波動場を計算する部分であり、この部分を並列化することを考える。並列化の方法としては、モンテカルロ法における各粒子の計算を並列化するほか、予測対象とする地域を分割して並列計算を行うことが考えられる。地域分割は並列数を増加させるにつれて問題の規模も大きくなる弱スケーリングとなり、並列化の効果を出すことは比較的容易と考えられるが、隣接領域間の整合性を取る部分に工夫が必要となる。粒子の計算を並列化する場合、プログラミングは容易であるが、強スケーリングの問題となり、並列度を上げると性能が頭打ちになる可能性が高い。ただ、本検討では実用上十分な速度に達すればよいので、粒子分割の方法を採用した。

MPI を用いて並列化したプログラムを試作しボトルネックとなる部分を調査したところ、モンテカルロ法による予測計算のほか、プロセス間通信や波動場を表現するための配列を初期化する部分にも多大な時間を要していることがわかった。プロセス間通信はなるべく省き、また、配列はより小さいサイズにしても定性的には問題がなさそうである。今後は、もっとも大きなボトルネックである予測計算の部分の計算時間を減らすための最適化や並列化に取り組む。

謝辞 本研究にあたり K-NET/KiK-net の観測波形、及び前田拓人氏作成のサブルーチンを使用しました。