不連続格子による３次元差分法を用いた波形合成（その６）------ クラスターによる並列計算 ------

3D Finite Difference Method Using Discontinuous Grids (6)----- Parallel computing using PC cluster -----

青井　真[1]，藤原　広行[1]
Shin Aoi[1], Hiroyuki Fujiwara[1]

[1] 防災科研
[1] NIED

http://www.j-map.bosai.go.jp/j-map/sub3/aoi.htm

近年、地震動予測で多く使われているハイブリッド法は、地震動の長周期成分を有限差分法(ＦＤＭ)などの理論的手法で、短周期成分を統計的グリーン関数法で計算し、マッチングフィルターを施して両者を足し合わせることにより広帯域地震動を評価する手法である。高周波成分の計算に乱数により位相を生成する統計的グリーン関数法を用いるのは、地殻構造による散乱や断層破壊の微細な不均質などの微細な現象に対しては、本質的に決定論的手法の適用が困難であると考えられるからである。したがって、マッチング周波数は、その限界周波数により決定されることが望ましく、これまでに行われてきたシミュレーションの結果などから、適切なマッチング周波数は1Hz ないし数 Hz であると考えられている。しかしながら、現状では、自然現象とは無関係な計算機能力の都合でマッチング周波数が制限されてしまう場合がある。特に、海溝型地震を対象とする場合、震源域も大きく、対象領域も非常に広いため、周期数秒までの計算に限られてしまうことが多い。

その解決法の一つとして、クラスターの利用が考えられる。比較的安価に大規模な計算を行う方法として、汎用的なパーソナルコンピュータ（ＰＣ）や、ワークステーション（ＷＳ）を複数台ネットワークにより接続したＰＣクラスター、ＷＳクラスターによる並列計算が行われるようになってきた（例えば、林・他 2002; Furumura&Koketsu, 2000)。並列計算は従来、超並列コンピュータをはじめとするスパコン上で行われることが多かったが、ＰＣクラスターの登場で、特段に恵まれた計算環境でなくとも、並列計算の恩恵を受けられるようになったといえる。

本研究では、分散型メモリの並列計算を行う際に標準的に用いられている MPI (Message Passing Interface)による並列化を行う。有限差分法で用いられる差分作用素（オペレータ）は、空間的に局所的な作用素であるため、CPU 間のデータ転送量を比較的少なく押さえることが出来き、並列計算向きの手法である。本研究では、Aoi&Fujiwara(1999)により提案された不連続格子を用いた３次元差分法を用いた並列計算を行う。本手法は、盆地構造など表層付近において地下構造が低速度な領域に対してのみ細かい格子を用いることで効率的に計算を行うことの出来る手法である。細かい格子を用いた領域と粗い格子の領域の境界において波動場を連続に保つために内挿が必要となる。内挿には線形補間を用いているが、線形補間を行うためには２次精度の差分作用素と同様、隣接する格子点の値のみが必要であり、内挿も局所的な作用素であることから、不連続格子を用いた有限差分法は並列計算との相性はよいことが想像される。

36.5e6 格子、10000 タイムステップのテストモデルで並列化効率を検証した。１台の PC、16 台の PC からなる PC クラスターで計算した場合の総計時間はそれぞれ 52.8 時間、4.3 時間であり、計算時間は 1/12.3 に短縮されたことになり、理論値である 1/16 に対し 77%の性能が出ていることになる。不連続格子という実戦向きの手法と、有限断層モデルを含む現実的な構造モデルのテストケースとしては十分な並列化性能であるといえ、また、海溝型地震などの対象を想定したさらに大規模なシミュレーションにおいては、より並列化効率が高くなると考えられる。