

## 不規則グリッドで表現された速度構造への Fast marching method を用いた地震波線追跡法の適用

### Application of seismic ray-tracing using the fast marching method for velocity structure expressed by irregular grid

# 干野 真 [1]

# Makoto Hoshino[1]

[1] 産総研

[1] AIST

波線追跡法は、地震波伝播現象を扱う解析手法の一つとして、波形の中の初動走時という限定された情報を扱う。しかし、波形のより多くの部分を扱う波動論的立場からの解析手法と比べて固有の困難性がある。これまで、速度構造の複雑さに応じて様々な計算方法が開発されてきた。速度構造が複雑な場合には、一般的に、その複雑さに応じた密度のグリッドを敷設し、差分法に類するアプローチによって走時場を計算する。さらに、求められた走時場に対し、オイラー法などの最急降下法を適用することで波線を得ることができる。fast marching method(FMM) は、そうした走時場計算法の中でも、近年注目されている手法である。この手法は、不規則グリッドを頂点とする三角分割（3次元では四面体分割）で表現された構造にも拡張して適用が可能である（干野 2005）。その際、単なる拡張では波の進行方向があいまいになる傾向がみられたので、これを抑えるためのさらなる拡張および工夫を考案した。

FMM は、波面位置のグリッドを優先順位付きのキューに蓄える過程を伴う（最小走時の値の確定待ち状態を設けることで近隣のグリッドからの伝播を捨てる）。規則グリッドではグリッド同士の位置関係が  $90^\circ$  の要素内の伝播が考慮されるが、不規則グリッドではこれが鈍角となる場合がある。これによる影響を、別のキューを用意することで軽減させる方法を開発した。

性能評価として、数値計算によって通常の直交グリッドで行った場合と計算効率および精度について比較を行った。その結果、表現された構造に忠実に走時を計算する性能は不規則グリッドの方が優れていることが分かった。直交グリッドでは、たとえ速度勾配が一定の領域でさえも、十分に高密度のグリッドを敷設しなければ精度が不十分となる。言い換えれば、不規則グリッドによる FMM は速度の変化による精度の低下を軽減できることが分かった。しかし、不規則グリッドは、計算コストもそれなりに高く付くことも分かった。

現段階では、限定されたいくつかの用途が考えられる。一つは、グリッドの数が制限される場合である。すなわち四面体を用いるトモグラフィに向いていると言える。もう一つは、不規則グリッドで表現したほうが、構造の特徴を端的に捉える上で合理的といえる場合である。具体的には、直交グリッドでは表現しづらい速度境界を不規則グリッドによって表現する場合である。これについては、現在数値実験の準備中である。