

写像変換を用いたエレメントフリー解析

偏微分方程式の近似解法として有限要素法 (FEM) が広く用いられているが、近年、要素分割を必要としないエレメントフリーガラーキン法 (EFGM) に関する研究が工学のさまざまな分野で行われている。しかしながら、通常の EFGM では物理量の関数近似が必ずしも節点を通らないため、節点位置における近似関数の値が節点値に一致せず、そのために基本境界条件をいかに満足させるかが問題となっている。さらに曲線境界を有する複雑な形状の問題を扱う場合、解析結果の精度を向上させるためには、領域積分の評価に際して特別な工夫が必要となる。

そこで本研究では、EFGM の 1 手法として写像変換を用いたエレメントフリー法を提案する。本手法は実平面における形状を写像変換するとともに写像平面上において EFGM の剛性マトリクスの作成を行うもので、曲線境界を有する形状の問題に対しても写像平面上では解析対象の領域をバックグラウンドセルと一致させることができるので、領域積分に対する特別な工夫を必要としない。また、本手法では写像平面上において重み関数を必要としない近似関数 (内挿関数) を用いおり、近似関数が必ず節点を通るので、基本境界条件を FEM と同様に直接評価できるという利点がある。さらに本手法では、計算効率の向上を図るために領域積分を節点で評価する節点積分法 (NBNM) を適用している。NBNM は節点データだけを用いて内挿関数の作成および領域積分を評価するもので、節点と数値積分点を一致させることにより計算時間を短縮することができる。通常 NBNM では積分の重みを節点に配分する作業が繁雑となるが、本手法では解析領域を節点間隔が 1 の矩形格子上に写像変換しているため、各節点に配分する重みを節点位置に応じて自動的に設定することが可能となる。

数値計算例として 2 次元弾性問題に本手法を適用し、本手法による結果と厳密解、FEM 解析、EFGM 解析による結果との比較を行い、本手法の適用性について検討した。その結果、精度の良い結果が得られるとともに、節点積分を施すことによって計算時間を大幅に短縮することが確認できた。また、影響領域の大きさの設定が解析結果に大きく影響することが分かった。

写像平面上でエレメントフリー解析を行うという方法は、内外で数多く発表されている他の格子形成法と組み合わせて解析することが可能であり、3 次元問題への拡張も可能であると考えられる。