

写像変換を用いたエレメントフリー解析と3次元弾性問題への適用

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。

本研究では、写像変換を用いることによって基本境界条件を直接処理でき、曲線境界を有する形状の問題に対しても適用できるエレメントフリー法を提案するもので、3次元弾性問題への適用を検討したものである。また、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だけで評価する節点積分法 (NBNM) を3次元問題に適用している。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の矩形格子状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。

数値解析例として3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、1) 節点積分法において安定化を導入することによって1点積分による積分精度の低下を防ぐことができ精度の向上が図れること、2) 影響領域の大きさを境界近傍と領域内部に分けて設定することで精度を改善することができること、3) 通常の EFGM 解析と比較して大幅に計算時間を短縮することができること等が確認でき、本手法が3次元解析に有効な1手法となり得ることが検証された。

影響領域の大きさの設定が結果に大きく影響する。そのため、影響領域の大きさと解析結果との関連性が分かれば精度の安定化、解析時間の短縮が期待できる。影響領域の大きさの設定についての定量的評価については今後さらに検討する必要がある。