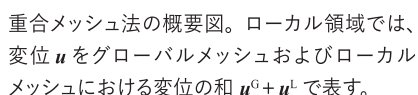


森田直樹、三目直登、松田哲也、田中克治、橋本拓弥、馬込望、姜博、細川恭太、伊藤博哉、中井悠太、奈良学、集路幸正、常見隆幸、村井拓海、高橋幸大（筑波大学）、柴沼一樹、吉川暢宏、奥田洋司（東京大学）

シミュレーション領域全体の挙動を表現する粗いグローバルメッシュと、注目領域の詳細挙動を表現するローカルメッシュを重ね合わせ、**有限要素法の枠組みで局所的な高精度化を実現する「重合メッシュ法」**は、微小な領域で生じる作用が領域全体へ支配的な影響を与える現象のシミュレーションに利用される。ローカルメッシュによる**局所的な高精度化により計算自由度を削減できる点に加え、**両者のメッシュを独立に生成可能なことから**メッシュ生成・メッシュ制御が容易な点が利点**である。



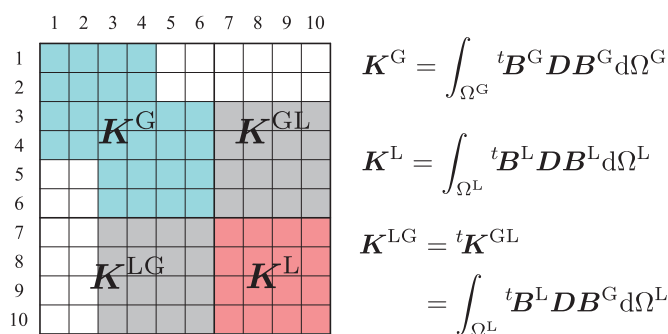
アクリル試験体を用いた高速亀裂伝播の重合メッシュシミュレーション。亀裂周辺を詳細に解像するローカルメッシュが、亀裂進展に合わせて移動する。

複合圧力容器のミクロスケール強度評価のための重合メッシュモデル。ローカルメッシュ・グローバルメッシュを独立に生成可能でメッシュ生成が容易である。

関心領域を詳細に解像する場合、重合メッシュ法を利用してもなお計算コストが大きくなる。標準的な有限要素法では、メッシュ構造を利用した領域分割法により良好な並列化効率を得ているが、1 節点あたりの計算時間が同一という仮定がある。

重合メッシュ法の場合、ローカル・グローバルメッシュ間の相互作用に関する計算コストが高いため、(a) 従来の領域分割法では計算コストが均一にならず、高い並列計算性能を実現できないことが問題となる。また亀裂伝播シミュレーションの例では、亀裂の進展に伴ってローカルメッシュが移動するため、時間方向へ計算が進むごとにローカルメッシュとグローバルメッシュの内包関係が変化することで、(b) 分割領域ごとの計算コストが刻々と不均一に変化し、計算性能が著しく低下する。

2021 年度の検討により、重合領域での両メッシュの補間関数の不連続性が原因となり、解析精度が低下する問題が明らかになった。この問題に対し、エンリッチ関数を節点に付与して局所的に高精度化を図る拡張型有限要素法(XFEM)により重合メッシュ法の高精度化を進めている。XFEM で拡張された重合メッシュ法はエンリッチ関数の付与により節点あたりの自由度が異なる。そこで 2022 年度は、静的負荷分散フレームワークの高度化により、**従来の重合メッシュ法で生じる計算負荷の不均一性に加え、XFEM の影響を考慮した負荷分散を実施し、構築したフレームワークの有効性を検討する。**



標準的な有限要素法における領域分割法の概要図。分割メッシュの節点数が等しく、エッジカットが最小となるようにデータ分割を行う。

ローカルメッシュを構成する節点の隣接関係を表したグラフ構造の例。このグラフ構造によりメッシュ分割を行う。

係数行列の非零構造の例。グローバルメッシュとローカルメッシュの隣接関係を表したグラフ構造は、係数行列の非零構造がもつグラフ構造に一致する。行列ベクトル積を考えたとき、重合メッシュ法特有の非零構造から 1 節点あたりの計算時間は同一とはみせない。そこで重みつきグラフ構造によるメッシュ分割により負荷分散を目指す。