審 査 の 結 果 の 要 旨

氏　　名　　ﾏﾍﾝﾄﾞﾗ ｸﾏｰﾙ ﾊﾟｰﾙ

クラック進展解析は工学的に重要な解析のひとつであり, 様々な方法がすでに提案されている．しかし，クラック進展の取り扱いの複雑さに伴う数値解析コスト及び数学的な厳密性において課題がまだある．Hori *et al.*で提案された PDS-FEM（Particle Discretization Scheme – Finite Element Method）は，粒子法のようにクラック進展を効率的に取り扱うことが出来，かつ，有限要素法と同じく数学的な厳密性を担保することが出来る．しかしながら，PDS-FEM の検証及び実問題への適用は一次のオーダーの精度に留まっていた．ﾊﾟﾙ・ﾏﾍﾝﾄﾞﾗ　ｸﾏｰﾙ氏の研究では，脆性体内でのクラック進展解析を目的として，これを高次のオーダーへ拡張した．

一次のオーダーの PDS-FEM では，ボロノイ領域とデローネ領域で定義された特性関数$\{\phi^{\alpha}(\boldsymbol{x})\}$ と $\{\psi^{\beta}(\boldsymbol{x})\}$を用いて，対象の関数とその微分量を各々近似していた．これに対して，高次に拡張された PDS-FEM では，各領域内での局所多項式展開を用いる．すなわち，対象となる関数 $f(x)$ とその微分量 $\mathrm{g}(x)$ を $f^d(x) \approx \sum_{\alpha,n} f^{\alpha_n} P^{\alpha_n}$ 及び $g^d(x) \approx \sum_{\beta,m} g^{\beta_m} P^{\beta_m}$ を組み合わせて近似する．ここで，$\{P^{\alpha_n}\} = \{1, x - x^{\alpha}, \dots\}\varphi^{\alpha}(x)$ and $\{P^{\beta_m}\} = \{1, x - x^{\beta}, \dots\}\psi^{\beta}(x)$ であり，ボロノイ領域とデローネ領域の各領域で定義された特性関数上の局所多項式展開である．高次の PDS-FEM では，高次精度を実現するとともに, $f^d(x)$ の不連続性を用いることで効率的なクラックの取り扱いを可能にしている．また，構築された理論をもとに，2 次元と 3 次元の脆性体中のクラックを数値解析するためのコードが開発された．その際，高次の PDS-FEM では境界条件の取り扱いがやや複雑となるため, その効率的取り扱いについても議論及び検証を行った. その結果, クラック先端の応力場及びクラック表面のトラクションフリーのモデル化において，従前の PDS-FEM に比べ，本研究による高次オーダーの PDS-FEM の方が良い精度で解析できることが示された.

上記に関して質疑が行われた．主な論点は，境界条件の取り扱い，提案手法の計算負荷と精度であった．PDS-FEM では境界条件の取り扱いを先述の様に工夫をすることでややアドホックながらも解決した旨の説明があり, その過程で数学的に厳密な取り扱いについても議論が進んでいる旨の説明もなされた．また，提案手法の計算負荷は他の手法に比べ低いものの, 精度は必ずしも他の手法に比べて良いとは言えない場合があることが説明されたが, 同時にその精度の改良方法についてすでに検討されており解決の方策が説明された.

本論文は，クラックという工学的に重要な課題に対し，実用性が高く合理的な解析手

法を提案している点が特徴である．理論構築だけでなくコード開発することにより様々な数値解析結果を提示しており，これら用いた検証・議論の結果も貴重である．以上の理由をもって，本論文を合格と判定した．また，学位申請者が学位に値する専門的な学識を有していることも了解された．この結果，学位にふさわしい論文であると判断された．

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる．