

令和 4 年 6 月 17 日現在

機関番号： 17301  
研究種目： 奨励研究  
研究期間： 2021 ~ 2021  
課題番号： 21H04089  
研究課題名 3次元任意曲面状き裂の超高精度解析

## 研究代表者

園部 陽平 (Sonobe, Yohei)

長崎大学・工学研究科・技術職員

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 470,000円

研究成果の概要：本研究では、3次元曲面状き裂問題のき裂前縁における応力拡大係数の高精度解析手法を提案した。具体的には、移動最小二乗法を体積力法の求めるべき未知関数の形状関数に導入することで、解析するき裂面の要素分割を不要にし、き裂面に配置した節点のみで、材料中の任意形状3次元曲面状き裂の解析が可能となった。さらに、部分球面状き裂および平面き裂問題の解析を実施し、厳密解や数値解と比較することで、本法の精度、収束性および有効性を明らかにした。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

機械や構造物を設計、開発および維持管理するためには、破壊の起点となるき裂の成長挙動を応力拡大係数などの破壊力学パラメータを用いて、把握することが重要となる。き裂の発生や成長の過程で、き裂面が曲面状に成長することが多いが、3次元曲面状き裂問題に関する厳密解や参照できる数値解は、非常に少ない。そのため、曲面状き裂の高精度解析手法の開発や高精度数値解が求められている。そこで、本研究では、3次元曲面状き裂問題に対する高精度解析手法を開発した。また、本法を用いて種々の曲面状き裂問題を解析することで、機器や構造物の安全性に広く貢献することができる。

研究分野： 破壊力学

キーワード： 応力拡大係数 曲面き裂 体積力法 メッシュフリー解析

1. 研究の目的

き裂の成長過程で、き裂面が曲面状に成長することも多いが、3次元曲面状き裂問題の応力拡大係数の厳密解や数値解が極めて少ない。そこで、本研究の目的は、3次元き裂問題に対する高精度解析手法を開発し、3次元曲面状き裂問題の高精度数値解を求めることである。

2. 研究成果

(1) 3次元曲面状き裂の高精度解析手法の開発

本研究では、均質等方性材料中の3次元任意曲面状き裂に対するメッシュフリー体積法を開発した。本法では、図1のように、任意形状曲面状き裂のき裂面を円形の正規化座標系に変換し、求めるべき未知関数の形状関数に移動最小二乗法を用いることで、変換面上に配置した節点のみで任意形状曲面状き裂の解析が可能であることを示した。また、移動最小二乗法を形状関数に導入したことで、未知関数を連続的に表現し、円板状き裂の厳密解に基づいた基本密度関数を導入することで、高精度な数値解析を可能にした。

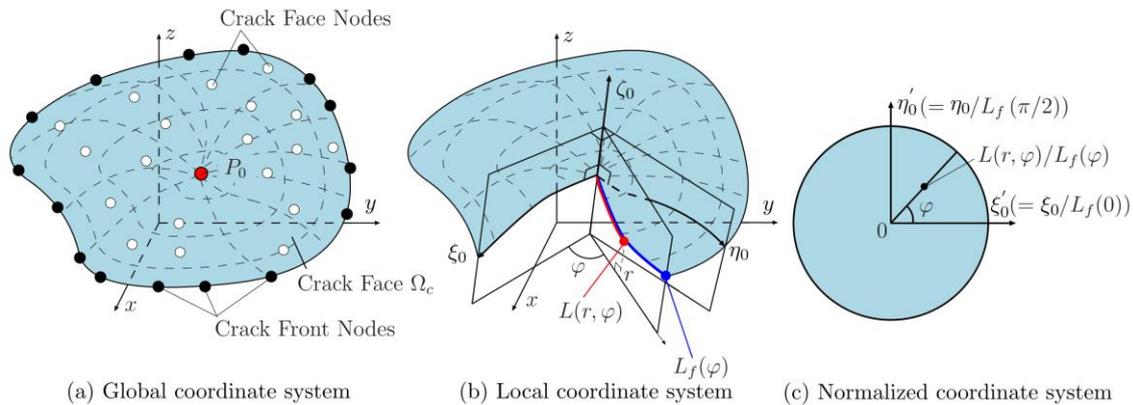


図1 任意曲面状き裂の曲面に沿った正規化座標系への変換

(2) 提案手法による解析結果の例 (三軸引張を受ける部分球面状き裂の応力拡大係数)

本研究で得られた解析結果の例を示す。図2のような三軸引張を受ける部分球面状き裂の解析を実施した。き裂面に節点を40点配置し、半天頂角 $\theta_0$ とポアソン比 $\nu$ がモードI型の応力拡大係数 $K_I$ に及ぼす影響を調べた結果を図3に示す。極めて少ない節点のみで半天頂角 $\theta_0$ とポアソン比 $\nu$ に関係なく、厳密解と高精度に一致することが明らかになった。

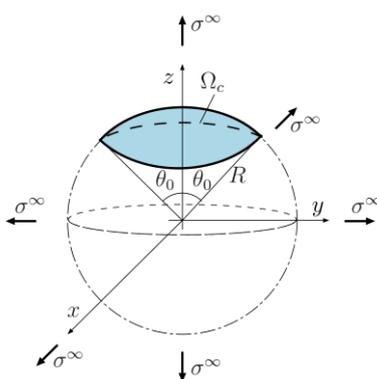


図2 三軸引張を受ける部分球面状き裂

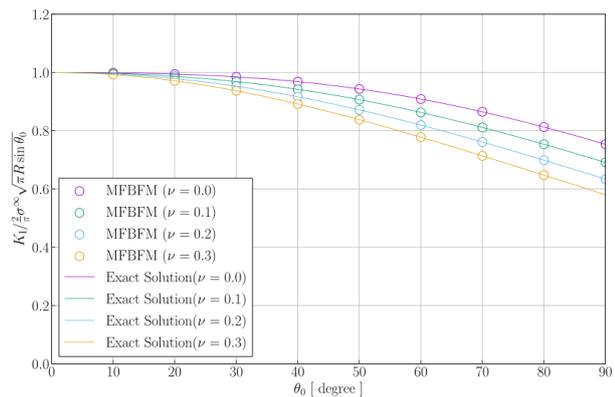


図3 モードI型の応力拡大係数 $K_I$

(3) まとめおよび今後の展望

本研究では、メッシュフリー体積法を3次元任意形状曲面状き裂問題に適用することで、高精度に応力拡大係数を解析する手法を提案し、本手法を用いた解析プログラムを開発した。また、部分球面状き裂や平面き裂問題を解析し、本法の解析精度、収束性および有効性を明らかにした。今後、本手法を用いて種々の曲面状き裂問題の高精度数値解を求めるとともに、き裂面に配置した節点のみで、曲面状き裂の解析が可能で本法の利点を活かして、き裂進展の解析も実施する。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Ryuichiro KATO, Yuta UCHIYAMA, Akihide SAIMOTO and Yohei SONOBE
2. 発表標題 Analysis of stress intensity factor of three dimensional planar crack by body force method
3. 学会等名 16th Joint Symposium between Sister Universities in Mechanical Engineering
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kenta Tagashira, Yohei Sonobe and Akihide Saimoto
2. 発表標題 Stress intensity factor of three dimensional surface crack by mesh-free body force method
3. 学会等名 16th Joint Symposium between Sister Universities in Mechanical Engineering
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田頭健太, 園部陽平, 才本明秀
2. 発表標題 自由表面に垂直な内部円板状き裂の応力拡大係数
3. 学会等名 第74期 日本機械学会九州支部 総会・講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤龍一郎, 園部陽平, 才本明秀
2. 発表標題 移動最小自乗近似に基づく平行等大二円板状き裂の干渉解析
3. 学会等名 第74期 日本機械学会九州支部 総会・講演会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
才本 明秀	(Saimoto Akihide)