

## 別紙 1 (博士論文の審査結果の要旨)

専攻名 システム創成科学専攻

氏名 Md. Mehedi Hassan

膝関節は、身体の下肢における主要な解剖学的構造であり、高齢者の生活の質や日常生活に大きな影響を与える。関節軟骨の損傷によって引き起こされる疾患として変形性膝関節症 (OA) が知られており、OA の患者数の増加は、特に高齢化社会において世界的に深刻な公衆衛生上の問題となっている。膝関節の軟骨損傷を適切に検出することは、OA 問題の影響を軽減するための重要な要素と言える。外部から高エネルギーを体内に放射して膝 OA を検出する一般的な検査手法である、X 線、MRI、CT などでは、膝関節の状態に関する動的なデータは得ることができない。新規研究では、外部からエネルギーを放射することなく、変形性膝関節の損傷箇所を特定するために、AE (Acoustic Emission) 技術を用いて動的なデータの解析を行った。AE とは、応力や表面相互作用を受けている材料内で、エネルギーが急速に放出されることによって生じる過渡的な弾性波の発生のことである。AE 技術は、破壊の初期段階から完全な破壊に至るまでの微細なレベルの破壊現象を、その発生源の位置を含めて計測できる高い検出能力を持つ計測技術である。その技術による膝 OA の損傷個所の測定は特定の課題なので、AE 技術を用いた膝 OA の損傷個所の状態解析は、意欲的な研究分野となっている。

第 1 章では、膝 OA の研究背景と疫学的研究を紹介する。膝 OA の診断のための現在の技術とその欠点、AE モニタリングを用いた膝 OA の診断の利点について説明がある。また、本研究の動機と目的についても述べている。

第 2 章では、AE 技術、AE 信号の特徴、および源位置に関する基本的な情報を提供している。多次元アコースティック・エミッションの源位置に関する

理論についても詳細な説明が示されている。

第 3 章では、提案した膝関節の AE 診断についての仮説の実験的検証について述べている。健康な膝と OA の膝の AE 発生率を解析、比較することで検証結果を示されている。また、OA の膝の損傷部位に対する AE ヒットの角度分布も本章で述べている。

第 4 章では、複雑な信号伝搬経路の観点から、AE 源位置探査技術の膝の損傷検知への適用性を実験的に検証している。信号の到達時間は FTC 法で決定し、AIC 法を適用して改良している。この到達時間の計測方法を源位置探査に適用し、その結果を DOAT 法で検証、比較結果を述べている。2 つの異なる構造物における 3 次元 AE 源位置測定法の実験的検証についても説明がある。

第 5 章では、OA 膝の損傷検出のための AE 技術の先進的な応用について、AEwin の 3 次元源位置測定ソフトの適用基準及び AE 信号取得システム、センサーの取り付け、実験方法などの詳細な説明がある。その後、実験結果と整形外科医の診断を含む臨床的検証を示し、結果の明確化と検証を行っている。

最後に、第 6 章で本研究の総括を述べている。

本研究で得られた成果は、独創的な新しい結果を含んでおり、医療機器開発に広く応用できるものである。

令和 3 年 7 月 21 日に実施した博士論文公聴会では、これらの内容が分かりやすく丁寧に説明され、質問に対しても適切な回答がなされた。

なお、本研究の内容は 2 件の査読付き Journal 論文に掲載されるとともに、1 件の国際会議で発表されている。

以上のことより、本論文は博士 (工学) の学位を授与するに値すると判断され、審査員全員の一致で合格と判定された。