



平成 28年 2月 10日

工学研究科長 藤本 孝 殿

審査委員会

主査 日垣 秀彦

博士學位論文等審査報告書(甲)

論文提出者 池部 伶

論文題目 3次元動態解析による膝関節手術に関する支援技術の開発

審査委員会 主査 九州産業大学 教授 日垣 秀彦  
副査 九州産業大学 教授 濱田 英隆  
副査 熊本大学 教授 中西 義孝

論文審査結果の要旨

本論文では、人工膝関節全置換術(TKA)や靭帯再建術などの膝関節手術における術前計画、術式および術後評価に対し、生体関節と人工関節を対象とした3次元動態解析技術を用いて、支援技術となる評価ソフトの開発を行うことを目的としている。論文内容は、膝蓋骨コンポーネントを含めた人工関節全置換膝の動態評価、TKA前後における動態評価、後十字靭帯(PCL)付着部位に対する評価に大きく分けられ、膝屈曲動作を対象に動態解析・評価を行うことにより評価手法の有用性の検討を行っている。

第一の膝蓋骨コンポーネントを含めた人工関節全置換膝の動態評価について、X線撮影時に輪郭像を得ることができないため、詳細な動態解析が不可能だった膝蓋骨コンポーネントに対して、膝蓋骨コンポーネント置換後の残存骨部である膝蓋骨前面に着目し、生体関節を対象とした動態解析技術を適用することにより、膝蓋骨コンポーネントの動態解析を行っている。動態解析結果からは、人工関節の形状に促された大腿骨コンポーネントの動態、および大腿骨コンポーネントの動態に拘束された膝蓋骨コンポーネントの動態を計測できていると示唆される。さらに、コンポーネント間の接触解析を行うことで、人工膝関節のデザインの違いによる膝蓋大腿関節面の接触位置の違いや、ポリエチレンインサートおよび膝蓋骨コンポーネントの摩耗、破損の危険性について示すことができた。

第二のTKA前後における動態評価について、人工膝関節置換後の生体残存骨部に対してイメージマッチングを行い、骨に対するコンポーネントの置換位置を推定することで、TKA前後で同様の相対座標系を用いて動態評価を行っている。動態解析結果より、TKA前の膝関節での内反およびTKA後のアライメントの再建を捉えることができおり、骨の相対座標系を用いて動態評価を行うこと

でTKA後においても下肢相対アライメントが示す動態を計測できていると示唆される。さらに、PCL 付着部位の変位量解析を行うことで、コンポーネントの置換位置がTKA後におけるPCLの緊張度 与える影響について示すことができた。膝蓋骨を含めた膝関節の動態評価ではTKA前後の膝蓋大 腿関節面の接触状況の違いが膝蓋骨の動態に与える影響について評価できた。

第三のPCL付着部位に対する評価について、大腿骨顆間内側面と脛骨関節面の計測グリッドを設 け、解剖学的にPCL付着部位があると考えられる範囲に計測点を設定し、Length patternの計測を 行っている。全ての計測点間距離の結果では様々な変位傾向を示すLength patternが確認できてい るが、屈曲位で緊張するLength patternの抽出を行い、計測点を大腿骨、脛骨にプロットすること により、条件を満たすPCL付着部位について評価できていると示唆される。さらに、Length pattern の絶対変位量を基にプロット位置の変位を評価することで、働きが異なった2束の機能束の存在を 捉えることができおり、PCL再建術における最適な骨孔位置や2束再建術の重要性を示すことが できた。

以上のことより、本論文で提案している評価手法を用いることで、これまで定量的評価が困難で あった膝蓋骨コンポーネントの動態やPCL付着部位について定量化することができていると確認で きる。さらに、TKA前後での膝蓋骨を含めた膝関節の動態も計測できていることが確認でき、これ らの評価手法は膝関節手術に関する術前計画や術式、術後評価、および人工膝関節の形状設計に対 する支援技術として有用性があると考えられる。よって、本論文は博士(工学)の学位論文に値す るものと認める。

#### 最終試験結果の要旨

本論文に対して審査員から、動態評価における相対座標系の定義と結果の解釈やPCL付着部位推 定におけるプロット位置の解釈について質問がなされたが、いずれも論文提出者から明確な回答が 得られた。さらに、公聴会においては、大学の教職員・研究者や大学院生等の多数の出席があり、 多様な分野から活発な質問がなされたが、いずれも論文提出者の明確な説明・解答により理解が得 られた。

以上の結果から、論文提出者は最終試験に合格したものと認める。