

平成18年度学位論文（博士前期課程）要旨

機械工学専攻

氏名 05 GTM-01 上野 雄洋

研究題目名 カム／ポスト間の接触圧力評価に基づく次世代後方安定型人工膝関節の開発

指導教授 日垣 秀彦

日本人は活動動作として膝の深屈曲運動を頻繁に行っている。人工関節置換膝は深屈曲位でLift offおよび回旋を行うが、人工膝関節は大半が欧米製で日本人の体型や生活様式は考慮されていない。日本人の膝の動態に適した次世代後方安定型人工膝関節を開発する上で、カム／ポスト間の接触圧力等を比較・検討し、形状設計にフィードバックさせることが有効な手段であると考えられる。そこで、既存の機種を対象に深屈時におけるLift offおよび回旋状態の接触圧力の測定を行った。実験の結果、深屈曲位におけるLift offおよび回旋状態において接触面積の減少および接触圧力の増加が確認され、カム／ポスト形状の影響が示唆された。圧力の増加による摩擦摩耗の影響や耐用年数の減少が考えられる。さらに、本研究で得られたデータを基に深屈曲時におけるLift offおよび回旋状態にも適応した次世代後方安定型人工膝関節の設計を行った。

氏名 05 GTM-02 魚川 哲

研究題目名 プログラマブルCPMを用いた膝関節剛性と緩みの測定

指導教授 日垣 秀彦

国内では超高齢社会の到来などにより、膝関節障害に関する疾患の増加が懸念される。その患者に対し手術後は、CPMによるリハビリテーションが主に行われている。そこで、従来の膝屈曲伸展の1自由度のCPMに対し、機械的自由度を設け、アクチュエータとセンサを配置することで、インテリジェント化を試みた。これにより多自由度の運動制御や定量的な負荷と精密なトルク計測が可能となった。本研究では、医者による徒手的な診断検査を定量的に実施することや治療効果の獲得を目的とした。これに関し、膝関節障害の診断の評価項目である個々の正常膝の緩みと関節剛性を脛骨内外旋と前後動から計測し、開発したプログラマブルCPMの機能評価を行った。膝関節剛性と緩みの測定において、靭帯の走行方向や荷重方向を考慮することで、個別での靭帯の診断

の可能性を確認した。

氏名 05 GTM-03 緒方 毅

研究題目名 TKAナビゲーションシステムのための骨姿勢の同定

指導教授 日垣 秀彦

TKAにおいてインプラントのアライメントは術後的人工膝関節安定の向上や患者の早期回復早期退院など生活の質を向上させる上で重要であると考えられる。近年、正確なアライメントを行うために手術支援ロボットや手術ナビゲーションなどの手術支援機器の必要性が高まっている。手術支援ロボットや手術ナビゲーションを使用するためには、対象の骨の姿勢と術前計画でのデータとのレジストレーションが重要である。そこで本研究では、TKAナビゲーションシステムのためのレジストレーション手法についての検討を行った。

レジストレーション手法には最小二乗法を用いたアルゴリズムを作成して、検定用モデルを用いて精度検定を行った。その結果、並進運動させたとき理論値に対してRMSE、0.2 mm、任意の回転軸で回転運動させたときRMSE、0.4 degであり手術ナビゲーションにおいても有用であることが確認された。

氏名 05 GTM-04 佐田 隆

研究題目名 人工関節の摩耗試験用標準潤滑液に関する研究

指導教授 日垣 秀彦

人工関節の摩擦摩耗特性を評価するためには試験機が必要である。これにはピン・オン・ディスク装置のように関節材料レベルの評価をするものから、関節シミュレータ装置のように関節面形状の影響が評価できるものまで多種多様のものが存在する。シミュレータ装置に関する規格はISOにて確定しつつあるが、これに用いる潤滑液については牛血清またはその水溶液を用いることが推奨されているに過ぎない。しかし、このような牛血清では、ロット（個体差）の違いにより摩擦摩耗結果にはらつきが生じかねないことや、同じロットの牛血清でも試験中の経時変化により摩擦摩耗特性が大きく変化していくことが危惧されている。本研究では、実験室内で調整できる潤滑液（模擬関節液）を提案し、摩擦摩耗特性に及ぼす影響について調査を行った。実験の結果、模擬

関節液は牛血清や牛胎児血清とほぼ同じ摩擦摩耗特性を示すことが確認されたので報告する。

氏名 05 GTM-05 須崎 映太
 研究題目名 歩行運動時におけるモバイルベアリング式
 人工膝関節の機能評価
 指導教授 日垣 秀彦

全人工膝関節置換術において、複雑な膝の6自由度運動に起因するポリエチレンインサートの摩耗を解決するために、脛骨コンポーネント上でポリエチレンインサートの動態を許容したモバイルベアリング式人工膝関節が臨床応用されている。本研究では、膝の6自由度運動を完全に再現することができる人工膝関節用トライボシミュレータを用いて、歩行時における膝の運動を静的と動的に再現し、脛骨コンポーネント上におけるポリエチレンインサートの動態解析を行った。対象には、現在臨床で応用されているモバイルベアリング式人工膝関節のCR型2機種とPS型1機種を用いた。この結果、異なる種類のモバイルベアリング式人工膝関節を用いても、動的条件にすることでポリエチレンインサートの変位量や関節面に荷かる圧力分布は、静的条件とは異なる結果が確認された。以上のことから人工膝関節用トライボシミュレータを用いた機能評価が有効であると考えられる。

氏名 05 GTM-06 中橋 克彰
 研究題目名 SNCM 439 鋼の広寿命域における回転曲げ疲労特性
 指導教授 田中 哲志

高強度鋼では、S-N曲線に特徴的な二段折れ曲り現象が現れる。一般に云われる疲労限度以下の応力において、フィッショウアイを伴う内部き裂の発生、進展によって破壊を生じる。この内部破壊の機構については不明な点が多くある。内部き裂の発生時期や内部伝ばに対しては、直接観察することが不可能である。そこで、内部破壊を示す応力範囲で繰り返したものと、表面破壊を示す領域の応力に一気に上昇して繰り返したとき表面破壊しか見られないのが一般的である。

本研究では、小野式回転曲げ疲労試験機を使用して、階段応力、いわゆるコーティング実験を行い、一般に云う疲労限度より低い応力下でのフィッショウアイの発生時期（繰り返し数 N）を調べることを主たる目的とした。結果としては、フィッショウアイの発生のNは一回目の折れ点付近で発生することが明確となった。このことは、広寿命域の設計を考えるときに重要な点となる。

氏名 05 GTM-07 永田 洋一郎
 研究題目名 非線形切欠き力学の実用問題への適用
 指導教授 日垣 秀彦

機械や構造物を設計する際、それらの強度は試験片の強度に基づいて求められる。その際、試験片の強度から実物の強度を予測するための尺度が必要である。

塑性の切欠き問題におけるその尺度として、九州大学名誉教授の西谷弘信氏は非線形切欠き力学を提案し、その有効性を明らかにしている。しかしながら、これまでの非線形切欠き力学に関する研究は、長穴を有する帯板の引張り問題などの、基本的な問題に対してしか行われておらず、実用的な問題に関する検討は十分に行われていない。

そこで本研究では、非線形切欠き力学を二軸応力問題および線形切欠き力学の適用範囲を明らかにする問題に適用し、その有効性について検討した。

その結果、非線形切欠き力学は、上述した実用問題においても十分有効であることが分かった。

氏名 05 GTM-08 西島 祐次郎
 研究題目名 インボリュート曲線最適円弧補間の簡易方法に関する研究
 指導教授 丘 華

歯車をはじめ、機械要素の曲線輪郭の設計・加工・計測を簡便に行うために、従来インボリュート曲線を円弧で近似するまたは補間する方法が研究されている。しかし、現有の方法によれば、インボリュート曲線の最適補間円弧のパラメータを決める際に連立非線形方程式を解かなければならない。この実用上の不便さを解消するために、本研究では、平面曲線の最適円弧補間原理に基づいて、インボリュート曲線とその最適補間円弧との間の幾何学的関係を明らかにした上で、連立非線形方程式を解く必要がなく、便利なインボリュート曲線の最適円弧補間法を提案した。また、計算に必要な変数の初期条件も簡単な形で与えた。作成したプログラムを使用して行った補間計算の結果から、アルゴリズムの高い計算効率とともに、提案方法の有効性が確認された。さらに、補間精度が同じであれば、必要な補間円弧の数はインボリュート曲線の展開角領域の大きさに比例することも明らかにされた。