TOPICS

歩行パターンを改善する股義足開発プロジェクト
―順動力学的人体動作シミュレーションを応用したリハビリテーション機器の開発―

1. はじめに

義足は，失われた下肢の一部の機能を代替するリハビリテーション機器であり，その良し悪しが使用者のQOL（Quality of Life）に与える影響は非常に大きく，さらなる性能の向上が期待されている．義足の中でも，大腿部以下の部位での切断者を対象とした義足部品の研究開発はこれまでにも盛んに行われているが，股（こ）関節機能を含む，脚すべてを代替する股義足の研究開発は多くの課題が残されたテーマである．筆者らの研究グループは，国立身体障害者リハビリテーションセンター，名古屋大学，東京大学と共同で，「歩行パターンを改善する股義足開発プロジェクト」に取り組んでいる．本プロジェクトは，股義足の現状を知る調査研究，股義足使用者の歩行を予測するシミュレーション技術および計算機援用義足設計手法の開発，新しい股義足の開発の三つを柱としている．これらを同時に進行させ，それぞれの成果を相互に取り込むことで各研究を発展させ，総合的にベースアップを図ることが特色となっている．本稿では，各研究課題について簡単に内容を紹介する．

2. 股義足の現状を知る調査研究

本課題では，義足部品の機械的特性データベース作成，股義足歩行のデータベース作成，現状の股義足の問題点のアンケート調査を行っている．それぞれの項目における結果が，義足モデルのパラメータ同定，モデルの妥当性検証，義足の設計目標（目的関数）の決定のための重要な基礎データとなる．例えばアンケート調査からは，今回のプロジェクトで注目した歩行パターンの改善を望む使用者がいる一方で，痛みの軽減や転びにくさなどの基礎的な要素の改善を強く望んでいる使用者も存在していることが分かってきている．さらに幅広く調査を進めることで，将来の開発課題を決める判断材料としたい．

3. 股義足歩行のシミュレーションと股義足の計算機援用設計

股義足を着用した歩行のシミュレーションをするにあたり，神経・筋骨格人体モデル(1)を基にシミュレーションモデルを開発した（図1）．本モデルでは，身体に働く外力と各関節の駆動モーメントのパターンを用いて身体運動を求める順動力学計算を用いている．神経系の数理モデルからの指令が関節を駆動するモーメントとして身体モデルに入力されることで，三次元空間における多数歩の歩行動作をシミュレートすることができる．まず，このモデルで，現在一般的な股義足を着用した歩行シミュレーションを行った結果，実際の歩行の様子に定性的に類似した歩行動作を再現することに成功した(2)．その上で，これまでにない新しい股義足を数種類提案し，その設計案をモデルに導入し，シミュレーションによる評価と設計案の修正を繰り返すことで，より左右対称性が高い歩行が可能となる設計解，各部品の組合わせや調整方法に関する指針を得た(3)．一例として，股関節に相当する股継手の回転軸をソケットの側面に取り付けた股義足（現状の股義足では，回転軸はソケットの前下方に取り付けられている）による歩行と現状の股義足による歩行のそれぞれのスティックピクチャを図2に示す．新しい義足では，図の点線で示された義足側の膝（ひざ）の屈伸動作が顕著に改善されていることが分かる（図の丸印の部分）．

4. 試作と評価

シミュレーションにより得られた結果を参考に，空圧シリンダにより能動的に動作する股継手と回転軸をソケット側面に取り付けた股継手の2種類の股義足股継手（図3）の試作を行い，歩行による評価を行っている．得られた歩行パターンは，義足側の膝の屈伸動作に関して左右対称性が高くなるなど，数値シミュレーションで予測した歩行パターンと定性的に一致しており，股義足歩行シミュレーションの妥当性を裏付ける結果となった(3)(4)．これらの結果から，開発した股義足歩行シミュレーションがこれまでにない股義足の創発的な開発を支援するツールとして有用であることが実証された．

5. おわりに

以上，本プロジェクトの概要とこれまでに得られた成果について簡単に紹介した．

本プロジェクトは，現状調査から数値シミュレーション技術の開発，実際の設計，製作までを総合的に取り扱うものである．義足に限らずリハビリテーション機器の開発に，本プロジェクトで開発したような人－機械システムの挙動を推定する数値シミュレーション技術を応用するためには，このような総合的な取組みが必要であると我々は考えている．ここで得られた成果は，リハビリテーション機器の性能を劇的に向上させる創発的な開発手法，開発プロセスの効率化の方法論などの確立に寄与すると期待している．

（原稿受付　2006年1月24日）
〔内藤　尚　大阪大学〕

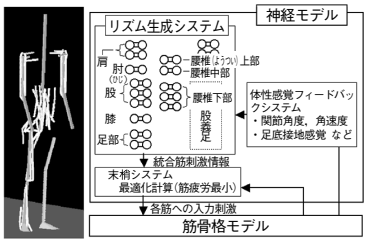
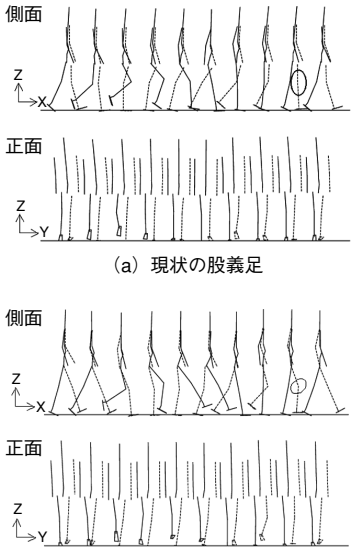


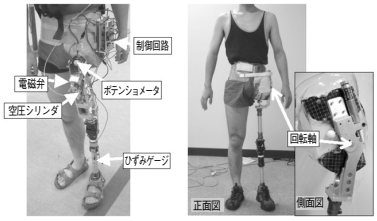
図1　神経・筋骨格系を有する股義足歩行シミュレーションモデル
左脚が股義足を表す．



（a）現状の股義足

（b）新たに提案した股義足

図2　シミュレーションによる歩行パターンの予測



（a）空圧シリンダによる能動股継手　（b）ソケット側面に回転軸を取り付けた股継手

図3　開発した股義足股継手

●文　献

(1) Hase, K., and Yamazaki, N., Computer Simulation Study of Human Locomotion with a Three-Dimensional Entire-Body Neuro-Musculo-Skeletal Model (I. Acquisition of Normal Walking), *JSME Int. J., Ser. C,* **45**-4 (2002), 1040-1050.

(2) 内藤　尚・長谷和徳・井上剛伸・相川孝訓・山﨑伸也・諏訪　基・大日方五郎，神経・筋骨格系を有する3次元股義足歩行シミュレーションモデルの開発，バイオメカニズム学会誌，**29**-3（2005），160-169.

(3) 内藤　尚・長谷和徳・井上剛伸・大道佳昇・相川孝訓・山﨑伸也・諏訪　基・大日方五郎，神経・筋骨格系を有する人体モデルを用いた股義足開発支援シミュレータの開発，バイオメカニズム **18**，印刷中.

(4) 内藤　尚・井上剛伸・相川孝訓・山﨑伸也・松本健志・田中正夫，股継手回転中心を解剖学的股関節中心に近付けた股義足の開発とその初期評価，日本機械学会 福祉工学シンポジウム 2005 講演論文集，No.05-44（2005-12），53-56.