

博士（人間科学）学位論文 概要書

## 短下肢装具の設計手法

The Design Method of an Ankle-Foot Orthosis

2007年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科

嶺 也守寛

Mine, Yasuhiro

研究指導教員： 藤本 浩志 教授

脳卒中は、日本の3大成人病と言われており、現代の食生活の偏りやストレス社会を象徴する社会問題として挙げられている。近年の蘇生技術の向上により、死に至るケースは少なくなったものの、脳に障害が残る場合が多く、寝たきりや片麻痺などの障害を負う場合がある。脳卒中による身体的影響は様々なものがあるが、多くの場合片麻痺として歩行障害が現れる。病巣部の部位にもよるが、一般的に運動調節系の障害によって筋緊張異常、不随意運動が生じる。これら運動機能障害で尖足歩行や痙性歩行などの病的歩行となるが、足部の機能的保護を行うために短下肢装具が用いられる。短下肢装具は、現在までに様々な種類のものが開発されてきたが、大きく分類すると金属支柱型とプラスチック型に分けられる。1967年に Simonsらによって開発されたシューホン型短下肢装具（後方支柱型短下肢装具）は、40年以上が経過した現在でも処方されている。このシューホン型短下肢装具は、軽く一番シンプルな形状でありながら、装具機能としては筋緊張を矯正するモーメントを発生し、歩行の安定性を保つ機能が十分にある。

本研究の目的としては、従来の感覚的な痙性麻痺の評価法を計測用装具を用いて定量的に評価を行い、装具設計の設計要件を抽出すること。勘と経験で調整していた装具可撓性を3次元化することで装具設計を確立させること。これら2つを融合することで装具デザインシステムを構築することを目的としている。特に、従来は装具製作後に可撓性の調整がなされていたが、今回の研究では、装具が製作される前の設計段階での検討に着目している。

本論文の構成は、装具デザインシステムを構築するうえで全6章で構成される。

第2章では、脳卒中片麻痺の筋緊張異常による歩行困難な状況は、足関節における痙性が主な原因とされている。この痙性による影響を計測するために計測用装具（Spastic Measurement Orthosis: SMO）の開発し、歩行実験を行い装具設計要件を抽出した。SMOを開発において構想設計から詳細設計、3次元歩行分析装置との実験システムの構築、健常者における試歩行実験など各過程において検証確認を行った。4人の脳卒中片麻痺の被験者（Brunnstrom Stage, ）による歩行分析を行った。本実験では、各被験者の1歩行周期中の足関節モーメントを計測することができた。また、痙性レベルによって歩行の影響の違いを立脚初期の踵接地に着目し、散布図で表すことで歩行の不安定性を示し設計指針に加えた。これらの計測結果を基に第3章、第4章で行う装具設計の設計要件とした。

第3章と第4章においては、装具の設計手法について述べた。

第3章では、3次元CADを使用することにより、トリミングエッジを寸法位置決めする装具設計を行い、12種類の装具デザインを作成した。これらの装具の単体での変形特性の検証を非線形有限要素法にて構造解析を行った。また、実際のプラスチック装具の引張試験を行い、FEAの解析結果と比較することで妥当性を確認した。

第4章では、歩行中の装具の可撓性を有限要素法を利用して解析した。解析用モデルは、装具モデル、足部モデル、床面モデルを作成した。1歩行周期中の装具変形の影響が大きい、立脚初期、立脚中期、遊脚期の3条件に着目して、歩行分析で得られた設計要件を境界条件として適用した。解析結果は、装具変形量を座標系を中心とする可撓角で定義した。また、踵接地時の接地角を基準とし、可撓角との割合を可撓率とした。よって、仮選定した装具の可撓率を比較することで装具使用者に適した選定が可能となった。

第5章では、第4章で選定された装具を装具使用者のライフサイクルに適合するかを検証するために、疲労解析の手法を利用した。一般的な機械の疲労予測においても、状況によって疲労の進行が大きく変動するため完全な予測することは難しいが、歩行によって起こる応力は装具に対する典型的な繰り返し応力であり、装具使用者の生活状況から疲労を予測することは可能であるので、装具の設計要素として取り入れた。この様に設計の段階で疲労を予測し、定期的な検査によって破損による事故を防ぐことは可能であり本章で提案した。

第6章としては、各章の研究成果に対して総括を行い、今後の展望で装具製作に関することについて述べた。