HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	筋力補助効果と体幹安定化効果を持つ軽労化装具スマートスーツ・ライト［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	今村, 由芽子
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11309号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55637
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yumeko_Imamura_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学　位　論　文　内　容　の　要　旨

博士の専攻分野の名称　　博士（情報科学）　　氏名　今村　由芽子

学　位　論　文　題　名

筋力補助効果と体幹安定化効果を持つ軽労化装具スマートスーツ・ライト
（KEIROKA Device Smart Suit Lite with Trunk Stabilizing Effect and Muscle Assistive Effect ）

近年, 高齢化に伴い介護や農業, 工場など様々な現場で労働による身体負荷が問題となっており, 筋力補助や動作支援を目的とした装着型パワーアシスト装置が注目されている. その中でも我々が開発するパッシブ型パワーアシストスーツ“ スマートスーツ・ライト ”は負担や疲労の軽減に焦点を当てた“ 軽労化 ”を目的としている. スマートスーツ・ライトは補助力として弾性材の張力のみを利用するため小型・軽量で安全性が高く, 低コストであるという利点を持つ一方, センサや動力を持たないためリアルタイムな補助力制御が行えないという課題がある. そこで本研究では対象動作に適した補助力を供給するパッシブ型筋力補助装具の設計手法を構築する.
従来のパワーアシストスーツは増力効果に着目し設計・評価を行うものが主流であったが, 本研究で扱うスマートスーツ・ライトは人の負担軽減に着目し筋力補助と体幹安定性補助を同時に行うという独自性を持つ装具である. そのためアシストによる人の特性や負担の変化の解析が重要となる. パワーアシストスーツは国内外で様々なものが研究開発されているが, アシストが人へ与える影響の調査は未だ数が少ない. 本研究では装着者とその運動機能, パワーアシストスーツのモデルを実装したデジタルヒューマンを構築し, 補助対象動作のシミュレーションに基づく装具設計を行う.

まず筋力補助効果の解析のため, 装着者の表面形状とスマートスーツ・ライトの弾性材のモデル化を行った. 動力学シミュレータ SIMM の筋骨格モデルをベースとして, その上に人の皮膚表面を表すスキンセグメント・モデルを追加した. スキンセグメント・モデルは人の可動域に合わせて分割した剛体セグメントを動作に合わせて移動・回転させることにより, 動作中の皮膚の伸びのシミュレーションを可能とする. 実測値との比較により腰部の屈曲では 10.2 % の精度で皮膚の伸びを推定できることを確認した. そのスキンセグメント上に引張りばねであるスマートスーツ・ライトの弾性材のモデルを配置することにより, 任意の弾性材配置・特性によって発生する弾性力と装着者に伝わる補助力のシミュレーションを行うことができる.

スマートスーツ・ライトのもう一つの効果である体幹安定化効果とは補助装具によって骨盤周りを締め付けることにより起こる腰部の支持性増加や腰椎の負担軽減の効果を指す. この効果は一般的な軟性コルセットで起こることが確認されているが, スマートスーツ・ライトはコルセットとは異なり姿勢によって締付力が変化するという特徴を持つ. そのためまずスマートスーツ・ライトの締付力による体幹安定化効果の定量的な評価を行い, それを筋骨格モデルで表すためのパラメータとして関節粘弾性の推定を行った. 屈曲姿勢維持時の動作計測を基に締付力が加わった際の動作変化から腰部の関節剛性を推定し, 締付力・筋発揮力と関節剛性のモデル化を行った. また負荷を急激に変化させた際の動作から関節粘性の推定を行い締付力による粘性の増加を確認した. これらのモ

デルを筋骨格動力学モデルに適用することにより. 対象動作中の筋活動変化と動作変化の同時解析が可能となると考えられる.

さらに実際に 3 種類の介護動作を補助対象として腰背部の筋負担を 25 % 軽減することを目標としたスマートスーツ・ライトの設計開発を行った.3 次元計測により動作データを取得し逆動力学解析により筋発揮力を推定し, 効率良く目標の筋力補助効果を実現するような弾性材の配置・特性の設計を行った. 製作したスマートスーツ・ライトの補助力と関節トルクの軽減効果を産業技術総合研究所の開発した女性型ヒューマノイド HRP-4C により検証した.HRP-4C は日本人女性の体型を参考に形状や重量が設計されており, 装着型補助装置の再現性の高い効果検証が可能である.

人が実際に装着した際の補助対象筋の負担変化は, 補助対象部位に介護動作と同程度の負荷を与える基本動作を設定し表面筋電図の計測実験を行い, スマートスーツ・ライト着用時に脊柱起立筋の負担が平均 24.4 % 軽減していることを確認した.

また病院に勤務する介護士を対象としたモニター試験を 3 回実施し, 計 70 名分のデータを得た. 被験者はスマートスーツ・ライトを着用した状態で通常の勤務を行い, 着用・非着用それぞれの勤務日の身体の疲労感や着用時の装着感についてアンケートに回答した. その結果 9 割の被験者が腰部の軽労効果を感じており, 実際の介護現場での有効性を確認した.