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_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称　博士 (情報科学)　氏名　今村　由芽子

審査担当者　主　査　准教授　田中 孝之
副　査　教　授　金井 理
副　査　教　授　金子 俊一

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 ）

本論文では, 対象動作に最適な補助力を供給するパッシブ型軽労化装具スマートスーツ・ライトの開発と, 動作解析に基づく設計手法の提案, 及びその有効性の検証について述べられている.

第 1 章において, 本研究の背景, 目的および概要, 関連研究について述べている. アシスト技術の 1 つである軽労化技術の概念に基づいて, 筋力補助効果と体幹安定化効果とを併せ持つ, 主に腰部保護を目的とした軽労化装具スマートスーツ・ライトの開発, ならびに動作解析に基づく設計手法としてモーション・ベースト・アシスト技術の構築を目的としている.

第 2 章では, まずスマートスーツ・ライトの画期的なアシストメカニズム, デュアルバックサポート技術について述べている. スマートスーツ・ライトは弾性材を用いて作業負担軽減を行う補助装具であり, 装着者の姿勢変化に伴い発生する弾性力により筋力補助効果と体幹安定化効果を得た. 対象動作に適した効果を得られるようなスマートスーツ・ライト設計のためのモーション・ベースト・アシスト法を提案した. さらに, 動作中の補助力の解析を行うために, 人体の体表面形状とその伸びをモデル化したスキンセグメント・モデルを作成し, 筋骨格動力学モデルへの実装を行った. 実際に行われている介護作業の中から腰部への負担の大きい 3 種類の補助対象動作を選定し, 筋力補助効果に関して脊柱起立筋負担の 25% 軽減を目標としてスマートスーツ・ライトの弾性材の最適設計を行った.

第 3 章では, 製作したスマートスーツ・ライトの実験による効果検証結果について述べている. ヒューマノイドにスマートスーツ・ライトを着用させ屈曲動作を行わせた結果から, 姿勢と弾性材の張力, 張力と腰部の関節に働く補助トルクとに相関が見られることを確認した. また, 人がスマートスーツ・ライトを着用した際の表面筋電図の計測結果から, 筋負担の減少率に関しても目標とする効果が得られていることを確認し, 設計どおりの補助効果が得られていることを確認した.

第 4 章では, スマートスーツ・ライトの体幹安定化効果のモデル化手法を提案した. 体幹安定化効果は腰椎コルセットのように骨盤周りへ圧力を加える装具が腰部の支持性を向上させ姿勢を安定化する効果である. アシストにより動作が変化するという仮説のもと, 静的な姿勢維持時の動作計測実験を行った. 動作計測結果から腰部の関節剛性の推定を行い, 体幹筋群の推定筋発揮力, 腰部周りの締付圧との相関があることを確認した. また推定された腰部の関節剛性と動揺の大きさには負の相関を確認し, 関節剛性が体幹安定化効果を反映するパラメータとしての妥当性を示した. これらより, スマートスーツ・ライトの締付力と装着者の関節剛性との関係をモデル化する手法を提案し, 筋力補助効果に加えて, 体幹安定化効果を考慮した設計を可能とした.

第 5 章では, 実際の介護現場での補助効果と実用化の課題について述べている.9 割の被験者が腰の負担軽減効果を認めており, 特に元々の身体負担の大きい作業で補助効果を感じる被験者が多かった. このことからスマートスー ツ・ライトの補助が実際の介護作業においても有効であることが確認された. 実際に第一次モニター試験で挙げられた問題点をもとにスマートスーツ・ライトの改良を行った結果, 着用感と主観的な腰部負担軽減効果がともに改善されたことを確認するとともに, 実用化に向けての課題を整理している.

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弾性材を用いて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. そのため人そのものの特性の解析が重要となり, アシスト後の人体特性変化を解析し設計へフィードバックする点が本研究で構築する設計手法の特色である.

また, 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. パワーアシスト時の筋負担や安定性の変化はスマートスーツ・ライト以外のパワーアシスト装置にも必要な解析であり, 本研究で提案するモデル化手法が他のパワーアシスト装置にも応用可能であると考えられる. また本研究により筋力補助装具の最適設計手法を確立することで, 様々な作業に適した筋力補助装具の開発を低コストで行うことが可能となる. 農作業や工場, 建築現場での作業や, 雪かきなど日常生活における作業まで幅広く適用できるようになり, 今後の高齢社会においてその有用性は非常に高い.

以上を要するに, 著者は, 腰部を安全に保護する軽労化装具のための画期的なアシストメカニズムを開発するとともに, 人間の筋骨格動力学特性, 運動特性を考慮したパワーアシストスーツの設計手法を構築し, 実験室および実フィールドにおける試験によりその有効性を実証した. 本研究の成果は, 実用的なロボットシステムとして注目されているパワーアシストシステムなどの人間機械系分野の発展に寄与するところ大なるものがある. よって, 著者は北海道大学博士 (情報科学) の学位を授与される資格あるものと認める.