

論文の要旨

題 目 Development of the Perceived Force Prediction Method and Application for Force-Feedback Technology based on Muscle Activity

(筋肉の活動度に基づく力感覚量推定法の提案とアシスト技術への応用)

氏 名 岸下 優介

人は視覚や触覚など様々な感覚を協調させることによって運動を実現している。しかし地球上には重力が存在するため、正確な動作を実現するためには力や物体の重さを知覚する能力が重要な要素の一つとなってくる。人間の知覚は外界を物理的に計測する装置ではなく、推測する装置として作られているため、人の知覚特性には非線形性が存在することが知られている。つまり実際の力の大きさと人が感じる大きさは異なるということである。従来より、人が知覚する力は物理的(持ち上げた物体の色や表面状態など)・心理的要因(筋肉が疲労しているなど)に依ることが報告されている。これらの要因に対して身体的な側面から見ると、物体の持ち上げ・接触した際の **Sense of effort** の大きさによって力の感覚が決まると考察されている。その **Sense of effort** は筋肉の活動度と相関があることが報告されており、筋肉の活動度の大きさを推定することによって人が感じている力の大きさを予測できる可能性がある。

本研究では、**Sense of effort** の大きさと見立てた筋肉の活動度の大きさから人の力感覚を予測する手法を提案する。また、力知覚において姿勢が変化することで筋肉の活動度が増減し、バイアスが発生することの調査を行う。以下、本論文の概要を示す。

第1章では、本研究の背景と目的について述べた後、従来研究と本研究の位置付けを明確にする。

第2章では、姿勢の変化が及ぼす知覚への影響を調査する。姿勢が変化することによって筋肉の活動度が増減し、その変化が力の知覚に影響を及ぼすのではないかと仮説を立てた。そこで知覚に及ぼす姿勢の影響の度合いを調査するために、階段法を用いた心理物理実験を行い、基準の姿勢(ステアリングを切っていない状態)に対する実験姿勢(ステアリングを切った状態)の知覚バイアス量を求める。また、知覚バイアス量と筋肉の活動度の関係も求める。更に心理物理実験のシミュレーションを行い、知覚バイアスの量を推定する。

第3章では、自動車のステアリング操作中における力の知覚量推定を行う。ステアリング操作中におけるステアリング反力の力知覚特性はウェーバー・フェヒナー則に従うことが報告されている。ウェーバー・フェヒナー則は受けた刺激に対する知覚強度が対数に比例するという法則である。ステアリング反力に対する筋肉の活動度を3次元筋骨格シミュレーションによって推定を行い、ウェーバー・フェヒナー則を元に人の筋肉の

活動度の度合いから力の知覚量を推定するモデルの定式化を行う。また、モデルを用いて実際に販売されている自動車のステアリング反力特性から人の力知覚量を推定し、モデルの精度を検証する。

第4章では、重さ感覚をアシストするハプティックスーツの開発について述べる。第2章、第3章において筋肉の活動度が人の重さ感覚に影響を与えているといった知見が得られた。本章ではこの知見を活かして、筋肉に力をアシストしたり、レジストしたりすることによって人の重さ感覚を変化させるハプティックスーツを開発する。力のアシスト・レジストにはマッキベン型ゴム人工筋肉を用いる。このスーツを着用することにより様々な重さ感覚を与えることが可能となる。実験では、心理物理実験を用いることによって重さの主観的な感覚を調査し、実際に感覚が変化するかどうかを検証する。また仮想現実空間と組み合わせることによってスーツの有効性を検証する。

第5章では、本論文の要約と今後の研究課題について述べる。