

2019年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所 属 機 関	九州大学大学院・システム情報科学研究所・ 情報知能工学部門
職 位 または 役 職	准教授
氏 名	安 琪

1. 研究題目

筋シナジーを利用した起立動作の支援機器の開発

2. 研究目的

超高齢社会の我が国において高齢者の身体機能を維持・改善することは急務である。本研究は日常生活の起点である起立動作を支援する椅子の開発を行う。申請者の先行研究から、ヒトが起立動作において、筋シナジーと呼ばれる筋群の協同発揮を制御し、上体の前屈や離床、全身の伸展、姿勢の安定化という動作を生成し、起立動作を達成することが分かっている。一方で、脳卒中などの脳損傷後に片麻痺などの運動機能障害が生じると、筋群は協同して活動できるものの、それらの活動タイミングが適切に調整出来ず、過度に上体が屈曲し、ゆっくりとした起立動作となる。しかし、それに対して、理学療法士が臀部を把持し、離床時に殿筋を刺激し、股関節の伸展を促すことで、離床に寄与する筋シナジーの活動が改善し、運動機能が向上する。このように、十分な筋力はあるのに、筋の活動タイミングを適切に調整できない人に対して、力を支援するのではなく、離床に合わせて最小限の動作のタイミングの教示や筋への機械的な刺激によって運動機能が改善することに着目し、その介入動作を実現する椅子を開発する。

従来の支援機器では、ゆっくりと座面を押し上げて、十分に座面が上がったところで使用者が離床しており、受動的な運動になるのに対して、本研究では使用者に対して最小限の支援を行うことで、ヒトが本来の起立動作で使う筋が活性化する能動的な運動を実現する。このような理学療法士の介入動作を起立動作の支援機器に応用するためには、1. 使用者の離床タイミングを推定し、2. 適切な力と速度で押し上げ、3. 使用者の殿筋を刺激することが重要である。

本研究では、1. 圧センサによって離床タイミングを精度良く推定するアルゴリズムの開発を行う。またハードウェアとして、2. 臀部を押し上げる力と速度を向上させ、被験者の動作に追従できるようにし、3. 支援面が殿筋に対してより適切に刺激を加えられる機構を設計する。

3. 研究内容及び成果

■ 理学療法士の技能の解析

本年はまず共同研究先の医師や理学療法士との議論を通じて支援機器の再設計を行った。特にリハビリテーションでは臀部だけでなく膝に介入することで膝の安定性を高め、膝と臀部の伸展を促すことが重要であることが指摘された。図 1 に理学療法士が片麻痺患者に介入する様子を示す。理学療法士は患者の麻痺側の臀部と膝を把持しており、患者が起立動作を開始し、上体を前屈するタイミングに合わせて膝を引き、椅子から離殿するタイミングで膝と臀部の伸展を補助する。特に伸展時に麻痺側の膝の安定性を高めるために、膝を把持することは重要であることが指摘された。

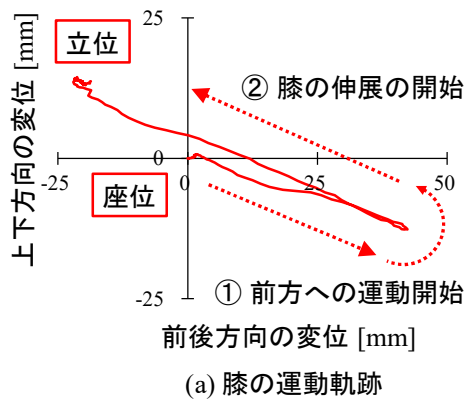


図 1 理学療法士の患者への介入

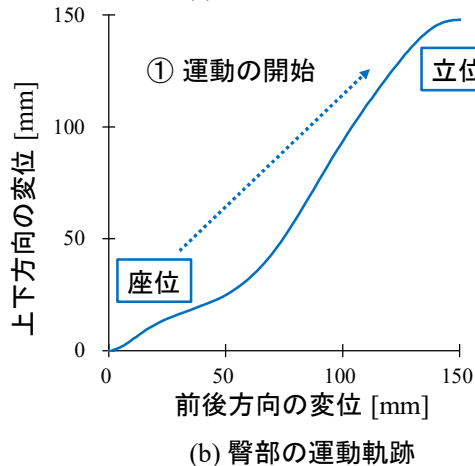
以上のことから本研究助成では、使用者の臀部に加えて、膝の支援を行う支援機器を新たに製作するために、今までに計測した 67 名の片麻痺患者の介入中の膝と臀部の運動軌跡を調べた。膝と臀部の運動軌跡の平均を図 2 に示す。これより膝は初期位置から下方向に 40 mm ほど前方向に移動し、最終的には 20 mm ほど上方向に移動する。また臀部は上・前方向に 150 mm 程度移動させていることが新たに分かった。

■ 臀部と膝部へ介入する支援機器の製作

上記の膝と臀部の変位および運動速度をもとに、膝と臀部の動きに追従できるように新たに支援機器の設計と製作を行った(図 3)。膝部へ介入するために膝を保持するパーツとまた前後と上下の 2 自由度で移動するアクチュエータ、リニアガイドで構成されており、理学療法士の介入動作と同じように膝の屈伸を補助し、また離臀タイミングに合わせて臀部を押し上げることが期待される。今後はこの装置を用い、膝と臀部の運動に追従し、起立動作の支援が行えるかどうか実際のヒトを対象に検証していく。

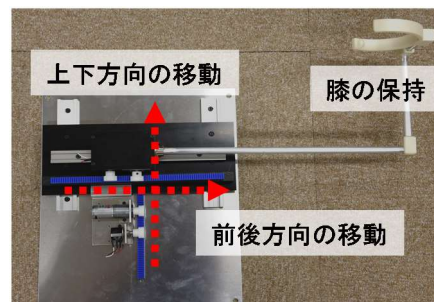


(a) 膝の運動軌跡



(b) 臀部の運動軌跡

図 2 膝と臀部の運動軌跡



(a) 膝への介入部



(b) 臀部への介入部

図 3 膝と臀部の支援機構

4. 今後の研究の見通し

今後の研究においては膝と臀部へ支援を行うことができる装置の研究開発を進めていく。その中でも異なる体格の使用者に合わせた支援機構の製作と支援タイミングの同定および制御則の確立を行い、実際のヒトを対象とした運動計測実験により効果を検証する。

1. 支援機構の製作

体格が異なる使用者に対しても臀部や膝部に支援が行えるような機構を開発する。具体的には臀部の大殿筋や膝の外側広筋を刺激することが重要であることから、使用者に合わせてこれらの筋を刺激するような刺激部の製作を行う。

2. 支援タイミングの同定と制御則の確立

従来までは座圧センサのみからタイミングの同定を行っていたのに加えて、臀部を刺激する機構に力センサを取り付け、臀部への押し当て力から運動のタイミングを推定している。このような力センサから得られた情報からヒトの臀部の動きを検知し、追従して支援する制御器の開発を行う。また同様に膝の動きに対しても力センサから動きの推定を行い、使用者に合わせた運動の追従と支援を行う。

3. 評価実験

開発した支援装置を使った効果検証実験を行う。本研究では片麻痺患者の起立動作のリハビリテーションを対象としたものであったが、現在はコロナ禍のため病院における実験の計画が立てられていない。それに対して、今後は健常な高齢者や運動を拘束した若年者などで実験を行うことも視野にいれて評価を行う。

5. 助成研究による主な発表論文、著書名

本研究成果については、ロボティクス・メカトロニクス講演会 2021 にて発表を行う予定である。