

アシストロボットを用いたリハビリテーション技能学習のための片麻痺患者歩行解析

○石川雄己(東京大学) 安琪(東京大学) 温文(東京大学)

石黒周(株)グランドデザインワークス) 大畑光司(京都大学) 山川博司(東京大学)

田村雄介(東京大学) 山下淳(東京大学) 浅間一(東京大学)

1. 序論

昨今、脳卒中または脳損傷後の片麻痺を始めとする歩行機能の再獲得を目指す患者のリハビリテーションを効率化するため、歩行アシストロボットの導入が先進的な試みをする現場で始まっている。さらに、従来では困難であった方法を用いることで、より効果的に歩行機能の再獲得が行えることも期待されている。例えば、歩行訓練を行う際に、適切なタイミングで関節にトルクを加え、一部の機能だけを集中的に改善させることなどが検討されている。これらは人の手のみでは難しかったことである。

しかし、現場での適用経験に基づいた事例などが現状では少なく、各患者に適した新たなリハビリテーションプログラムとして確立していない。そのため、すでに導入された臨床現場の一部においては歩行アシストロボットを購入しても使い方が分からず、活用できないといった問題点が指摘されている。

そこで歩行アシストロボットを有効活用するリハビリテーションの方法を新たなリハビリテーション技能として捉えることとする。現在はこの技能を保有する熟練者に直接指導を受けながら学習以外に方法がないこの技能を、直接指導を伴わなくても学習できるシステムの作成が待たれている。歩行アシストロボットを活用したリハビリテーション技能の適用では、理学療法士などの技能者が施す技能と歩行アシストロボットが提供する技能を組み合わせることで患者の歩行機能再獲得がより効果的になると考えられる。本研究では歩行アシストロボットが提供する技能は所与のものとして、それを活用する技能者の技能のみを対象とする。

本研究の流れを図1に示す。技能教育に至る過程は中川らの研究を参考にする[1]。本研究の流れは図中にある通り、3つのプロセスに分かれており、技能抽出、技能検証と技能教育となっている。技能抽出で熟練者の技能が何であるかを明らかにし、技能検証では技能教示システムを用いて熟練者の技能を再現する。技能が十分に再現できるようなシステムを作成するために、ここで改善を行い、臨床現場へ投入し、技能教育を行う。本研究では、すでに歩行アシストロボットを活用しており、臨床現場でも使いこなしている熟練者の技能を抽出し、それを再現することを目的とする。本稿では、熟練者へのインタビューを元に技能抽出を行い、片麻痺患者歩行患者のパターン分類とその診断手法を抽出することを目的とする。

2. 技能抽出

技能抽出とは、熟練者が有している技能の内容を理解し、それを他者に伝えられる形にすることと本研究では定義する。歩行アシストロボットを臨床現場ですでに用いている熟練者が有している技能を、歩行アシストロボットを用いたリハビリテーション技能とする。先行研究の技能抽出手法を参考にし、対象となる技能を抽出した[2][3]。技能抽出は熟練者への直接のインタビューを行い、実際の状況を細かく記述する形とした。片麻痺患者へリハビリテーションを施す手順を熟練者に直接聞き取り、以下2点のことが分かった。①歩き方と筋電図を元に、患者を数パターンに分類し、リハビリ手法を選択している。②歩行アシストロボットが適している患者とそうでない患者が存在する。

歩き方に関しては、4つの歩行フェーズに分けて考えている。具体的には、各タイミングで膝が伸展しているのか屈曲しているのか、体幹（腰）が前に出ているか後ろに残っているかなどどこに課題があるか判断材料として分類している。

筋電図に関しては、歩行のタイミングと筋発火のタイミングを参考に考える。具体的には大腿直筋と大腿二頭筋のタイミングは適切か、前脛骨筋は働いているか、腓腹筋はいつ働いているか、股関節の屈曲筋（腸骨筋）は働いているかなどを判断材料としている。

患者のパターンによっては歩行アシストロボットが適している患者とそうでない患者がいるため、患者のパターン分類を再現することが必要である。

技能再現のために患者のパターン分類を再現する必要があるが、上記の歩き方と筋電図を計測する装置は一般に広く用いられるものではない。そこで次節以降では、熟練者が歩き方のどのポイントに着目しているか詳細に調べることとする。

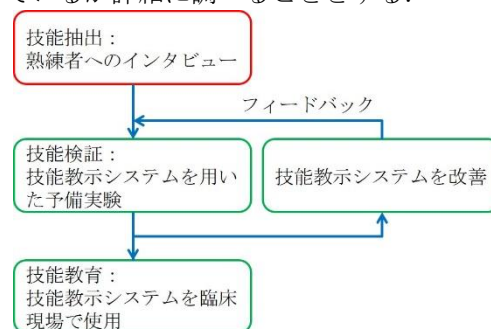


図1 本研究の流れ

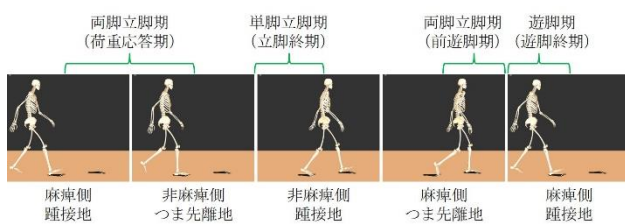


図2 歩行周期におけるフェーズ（麻痺側は右脚）

3. 診断プロセス

熟練者は4つの歩行フェーズのどこに課題を持っているかで患者を分類する。具体的には両脚立脚期（荷重応答）、単脚立脚期（立脚終期）、両脚立脚期（前遊脚期）、遊脚期（遊脚終期）に注目する（図2）。また、4つのフェーズはそれぞれ歩行周期のイベント（踵接地とつま先離地）に対応したタイミングで区切って観察する。さらに、それぞれのパターンでは最初に行うべき内容（前半）とその後行うべき内容（後半）の2段階になっている。それぞれの分類手法を見分けるために着目するポイントを整理する。また、歩行アシストロボットは股関節にトルクを発生させられるものを記述する。

3.1 両脚立脚期（荷重応答期）

前半：開始姿勢は麻痺側脚が前、終了姿勢は非麻痺側脚が前であり、麻痺側踵接地のタイミングから非麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。麻痺側踵接地から両脚立脚中に膝関節が過伸展、過屈曲しないように気を付ける。非麻痺側つま先離地後に体幹が前傾しないように気を付ける。上記内容ができない場合は当該姿勢でバランストレーニングを行う。非麻痺側ステップで股関節伸展をアシストする。後半：開始姿勢は非麻痺側脚が前、終了姿勢も非麻痺側脚が前であり、麻痺側つま先離地のタイミングから非麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。麻痺側踵接地の際に、接地位置が十分に前方になるように気を付ける。麻痺側踵接地後に体幹が前傾しないように気を付ける。麻痺側ステップで股関節屈曲をアシストする。

3.2 単脚立脚期（立脚終期）

前半：開始姿勢は麻痺側脚が前、終了姿勢は非麻痺側脚が前であり、麻痺側踵接地のタイミングから非麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。非麻痺側つま先離地後に、麻痺側の股関節伸展角度を大きくする。上記内容ができない場合は非麻痺側前の後方ステップで下腿三頭筋活動を促す。非麻痺側ステップで股関節伸展をアシストする。後半：開始姿勢は麻痺側脚が前、終了姿勢は非麻痺側脚が前であり、麻痺側踵接地のタイミングから非麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。体重を出来るだけ素早く反対側へ移動させる。非麻痺側ステップで股関節伸展をアシストする。

3.3 両脚立脚期（前遊脚期）

前半：開始姿勢は非麻痺側脚が前、終了姿勢は非

麻痺側脚が前であり、非麻痺側踵接地のタイミングから麻痺側つま先離地のタイミングまでに着目する。足を動かさずに膝の力抜く。体重を反対側に移す。上記内容ができない場合は他動的に動かして、前方に体重を移動させる。アシストは行わない。後半：開始姿勢は麻痺側脚が前、終了姿勢も麻痺側脚が前であり、麻痺側踵接地のタイミングから次の麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。非麻痺側着地直後に膝の力が抜けるように促す。体重を反対側に移した瞬間に膝を屈曲するように促す。麻痺側ステップで股関節屈曲をアシストする。

3.4 遊脚期（遊脚終期）

前半：開始姿勢は非麻痺側脚が前、終了姿勢は麻痺側脚が前であり、麻痺側つま先離地のタイミングから麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。麻痺側踵接地直前に股関節を伸展させるように促す。上記内容ができない場合は他動的に麻痺側の股関節を伸展させる。麻痺側ステップで股関節屈曲をアシストする。後半：開始姿勢は非麻痺側脚が前、終了姿勢も非麻痺側脚が前であり、非麻痺側踵接地のタイミングから次の非麻痺側踵接地のタイミングまでに着目する。継続的にこれまでの動作を繰り返す。麻痺側ステップで股関節屈曲をアシストする。

4. 結論と今後の展望

歩行アシストロボットを活用した新たなリハビリテーション技能を持つ熟練者に対するインタビューを元にその熟練者の技能抽出を行った。その結果、患者のパターン分類が重要であると分かった。パターン分類の診断プロセスを調べることで技能を詳細に記述した。その結果、熟練者が歩行のどのフェーズのどの点に着目しているかを明らかにした。

今後は技能に熟練していない現場の技能者でも同様の診断が行えるシステム（技能教示システム）を構築することを目指す。

謝辞

本研究の一部は、JST RISTEX 問題解決型サービス科学研究開発プログラム、JSPS 特別研究員奨励費 15J07655 の援助を受けた。

参考文献

- [1] 中川純希, An Qi, 石川雄己, 柳井香史朗, 保田淳子, 温文, 山川博司, 山下淳, 浅間一: “シートを使ったベッド上介助動作における技能教示サービスシステムの提案”, サービス学会第3回国内大会講演論文集, pp.323-324, 2015.
- [2] Hashimoto, H., Yoshida, I., Teramoto, Y., Tabata, H., and Han, C., “Extraction of Tacit Knowledge as Expert Engineer's Skill Based on Mixed Human Sensing”, Proceedings of the 20th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, pp.413-418, 2011.
- [3] 山上真弘, 景山美季, 野中哲士, 平上二九三, “熟練理学療法士の臨床現場における実践スキルの抽出”, 日本理学療法学会大会, GeOS3073, 2010.