

# 歩行リハビリテーション用能動膝関節アシスト装具の開発

寺田英嗣(山梨大学)

## 1. はじめに

1970年代から本格的な普及が始まった人工関節置換手術は、変形膝関節症等により関節部の損傷で低下した歩行機能を回復するために人工の関節で代替することで、痛みの除去や歩行をできるだけ正常な歩行に近づけることを目的としており、今日の日本においては一般的な手術となっています。

一般に人工関節置換手術後は、理学療法士の付き添いのもと歩行リハビリテーションを実施します。このとき最適な歩行リハビリテーション動作は患者ごとに異なりますので、それらを確実にに行わせることが非常に重要ですが、理学療法士が患者を支えながら行う従来のリハビリテーションでは、関節の曲げ角度や速度、踵部の高さ、歩容などを理想的に行わせることは非常に困難です。それと同時に今までの変形膝関節症等の影響により、歩行形態が正常とは異なる「癖」がついており、手術後もその歩行が矯正されずに残ってしまうことも多いため、装具を用いた歩行矯正も重要となってきます。また行政指導などにより長期の入院を制限され、人骨と人工関節の癒合が安定する4週間程度で退院となるケースがほとんどです。このため退院時の治癒レベルは高いとは言えず、退院後すぐに満足な日常生活を送ることは難しい場合があることが現実です。このため入院中から退院後の治癒レベルの向上および短期間化が求められています。これらの問題を解決するひとつの手法として能動膝関節アシスト装具の開発を行っています。

## 2. 膝の動きと動作の再現

図1に示すように人間の膝関節は関節屈曲範囲が15度から90度の場合、膝関節の回転中心が膝後方にすべりながら回転している現象が見られ、屈曲すると回転中心が後方へスライドする「ロールバック」と呼ばれる複雑な運動[1]をしています。歩行リハビリテーションの際には、この膝の動きを確実にサポートする必要があることから、図2に示すようなこのロールバック運動に追従できるように非円形歯車[2]と溝カムを組み合わせた能動膝駆動機構[3]を提案しました。

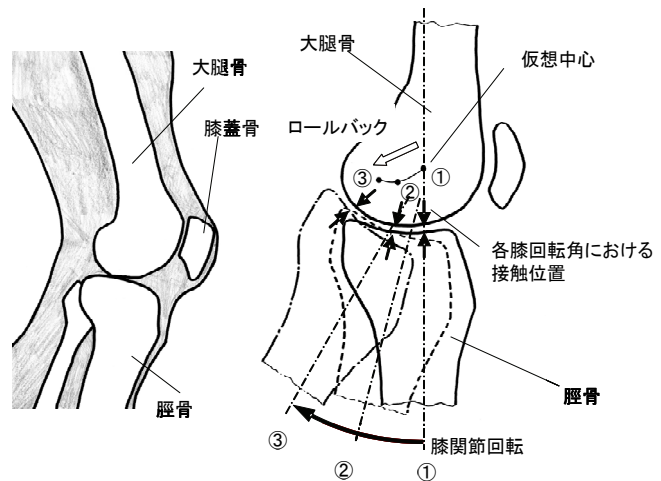


図1 膝関節の運動状態

## 3. 能動膝関節アシスト装具(KAI-R)の開発

従来、数多く開発されてきた装着型歩行アシストロボットでは、駆動の困難さから膝関節機構にロールバックを組み込むことは実現されてきませんでした。このため人間の膝の動きに正しく追従できず、階段昇降や起立・着席など大きく膝が屈伸する動作を伴う場合には、装着違和感や装着ずれの問題を引き起こしていました。これを解決する案としてリンク機構を用いるものも提案されてきましたが、リンクのはみ出しや手の挟み込みなどの問題がありました。そこで図3に示すように新たに能動膝関節アシスト装具(KAI-R)を開発しました。

この能動膝関節アシスト装具は、膝関節アシスト駆動機構、股関節サポート部、および足裏接地検出センサ、股関節膝関節角度検出センサ、制御

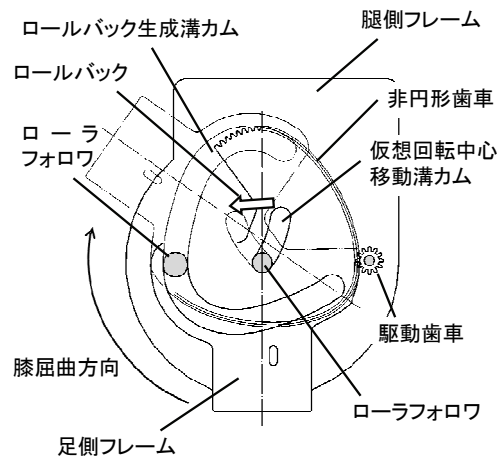


図2 能動膝関節駆動機構



図 3 能動膝関節アシスト装具 (KAI-R)

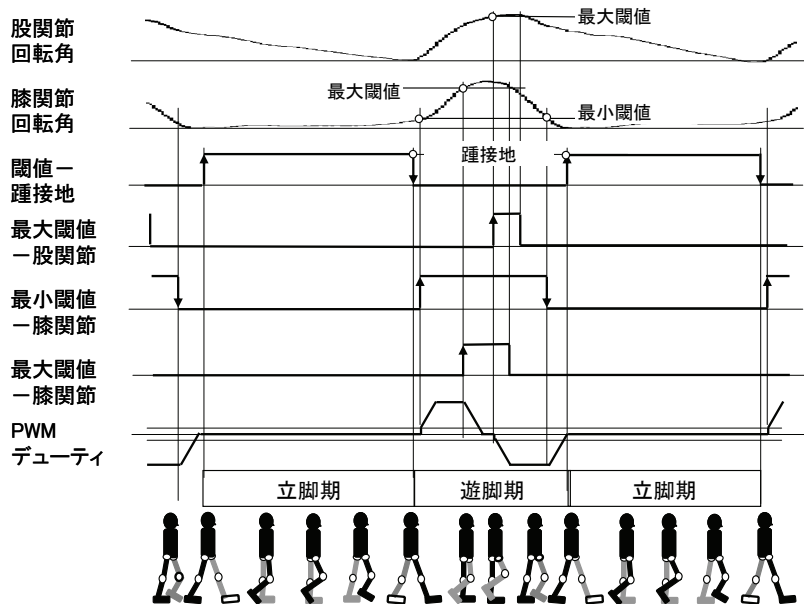


図 4 歩行サイクルとアシストタイミング例

システム、Li-ion 充電電池から構成されており、手術した膝関節の運動をアシストします。

提案する装着型膝関節アシスト装具の用途は、あくまでも歩行リハビリテーション時の支援であり、装着者の動きを単純にアシストすることが目的ではありません。一般に、手術後の歩行リハビリテーションにおいて求められることは、膝屈曲角度の増大だけではなく、むしろ歩行における①ストライド幅の増大、②歩行速度の増大、③踵部高さの増大といったことが挙げられることから、これらを誘導する歩行リハビリテーションを装着者にさせるための制御を行っています。

具体的には図 4 に示すように装着者が足を上げようとする時、踵部の接地圧が下がることから、それを起動タイミングとして、膝屈曲誤動作検知レベル以上に膝が屈曲したことを確認します。次に膝曲げをアシストする動作を装具が行います。更に股関節曲げ角が規定値まで到達することにより、伸展動作に移行するように装具が動き、装着者は膝曲げと股関節曲げを確実に歩行を継続できるようになります。これを歩行リハビリテーションの際に継続することにより、歩行形態を矯正するものです。

また歩行リハビリテーションの際には、術後日数に応じて屈曲・伸展アシストトルク率およびリハビリテーションに必要な股関節・膝関節の屈曲角度を変化させることを想定しています。

#### 4. 今後の展開

開発した能動膝関節アシスト装具を用いた人工膝関節置換手術後の歩行リハビリテーションの臨床研究の準備を進めています。更に本技術を応用した股関節アシスト装具の開発を進めるとともに、股関節・膝関節動作支援装具の開発も進めています。

#### 参 考 文 献

- [1] 義肢装具のチェックポイント, 日本整形外科学会編, 医学書院, pp.262, 1978.
- [2] 香取英男, 横川和彦, 林輝: 運動の仕様を重視した非円形歯車のピッチ曲線の設計方法, 日本機械学会論文集 C 編, vol.60, No.570, pp668-674, 1994.
- [3] Terada H. et al.: Developments of a knee motion assist mechanism for wearable robot with a non-circular gear and grooved cams, Mechanisms, Transmissions and Applications: Mechanism and Machine Science, 3, Springer, pp. 69-76, 2012. .