# 小型犬を対象とした自転車漕ぎ運動動作のモデル化

真鍋 勝 Sho MANABE<sup>1)</sup>、中後 大輔 Daisuke CHUGO<sup>1)</sup>、村松 聡 Satoshi MURAMATSU<sup>2)</sup>、 横田 祥 Sho YOKOTA<sup>3)</sup>、神志那 弘明 Hiroaki KAMISHINA<sup>4)</sup>、平林 弘行 Hiroyuki HIRABAYASHI<sup>5)</sup>

本研究では、後肢麻痺の犬を対象とした、理学療法を対象としない後肢リハビリ装置の 開発のために、理学療法士によるリハビリ時の後肢動作を力学的に解析し、骨格モデルに 解析結果を適用させ、リハビリ時に後肢の各関節にかけられる負荷を導出した。さらに、 療法士の手の軌跡から自転車漕ぎ運動動作のモデル化を行った。

Key Words: Degenerative Myelopathy、自転車漕ぎ運動、関節負荷

#### はじめに

近年、特定の犬種において変性性脊髄症(Degenerative Myelopathy; 以下DM)が問題となっている。この疾患の根本的な治療法は存在せず、主な治療法は理学療法である⁴。理学療法士による適切な理学療法を継続的に受けることは、一般的な飼い主にとって負担が大きく、飼い主自身が効果的なリハビリを行うことが求められる。一方、多くの理学療法は獣医師の経験則から行われることが多く、定量的な評価に基づく方法論は確立されていない²)。

そこで本研究では、 犬のリハビリ効果を可視化することで、専門家ではない人が効果的なリハビリ動作を行うための支援システムの開発を目的とした。

本目的を達成するため、本研究では理学療法士が行うリハビリ動作を解析し、リハビリ動作において実現される犬の肢の動き、および理学療法士が犬の肢にかける負荷を動力学的に明らかにし、さらに支援システムが再現しなければならないリハビリ動作軌道のモデル化を行った。

#### 材料および方法

自転車漕ぎ運動人間への理学療法では、受け手からのフィードバックがより良い治療法を選択する際の手がかりとなる<sup>5)</sup>。しかし、犬を対象とする場合はそのフィードバックが得られない。

そこで、理学療法士による後肢リハビリを行う場合、犬の体にかかる負荷情報などから間接的にその効果を評価する必要がある。一般的に四足歩行動物では、生体の基本的な歩行運動は中枢神経におけるCPG (Central Pattern

Generator)により生成・制御されており $^{10}$ 、CPGは上位中枢から持続的な入力および断続的なリズムの生成を行っている $^{30}$ 。

そのため、人間を対象とした理学療法における動作支援と比較し、四足歩行動物のCPGの特性から周期運動が犬のリハビリ動作においてより重要であると考えられる。 そこで本研究では、特に周期的動作であると考えられる自転車漕ぎ運動に着目し、その解析およびモデル化を行った。

### 方 法

リハビリ時の後肢の動きを計測するためにモーションキャプチャを用いた実験を行った。後肢麻痺の犬3頭に対して理学療法士が実施した自転車漕ぎ運動を計測した(図1)。療法士の手の動き(代表点を図1に示す)を、Kinectを用いて取得し、3次元座標データとして出力した。

これらのデータから動力学シミュレーションソフト Working Model 2Dを用いて各関節にかけられている負荷 を導出した。

#### 成 績

関節負荷

実験で計測した理学療法士の動作をWorking Model 2D にて、犬の後肢に近似した剛体5リンクモデルに、理学療法士が加えた力、後肢の各関節角度を入力し関節にかかる負荷を導出した<sup>7)</sup>。図2に股関節・膝関節にかかる負荷を示す。動作軌跡のモデル化理学療法士の手の中指の付け根に取り付けたマーカの位置情報(図1の赤丸)から、図3(a)のような動作軌跡を導出した。このデータから、理学療法

<sup>1)</sup> 関西学院大学大学院理工学研究科:〒669-1337 兵庫県三田市学園2-1

<sup>2)</sup> 東海大学情報理工学部: 〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4-1-1

<sup>&</sup>lt;sup>3)</sup> 東洋大学理工学部: 〒 350-0815 埼玉県川越鯨井2100

<sup>4)</sup> 岐阜大学応用生物科学部:〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1

<sup>5)</sup> さくら動物病院:〒498-0031 愛知県弥富市平島町新田66-1

士は楕円に近い動作を行っていることがわかった。

そこで12周期分の座標データを用いて最小二乗法による 楕円近似を行い<sup>6)</sup>、動作軌跡のモデル化を行った。

### 考 察

理学療法士の手の動作軌跡(図3(b))から、自転車こぎ運動は周期的な動作であることがわかる。これは、各関節の負荷変動からも確認できる。図2より、関節に大きく負荷がかけられるタイミングは約5[sec]であり、さらに各関節に加えられている負荷変動のタイミングが図2の補助線を参考に、同じであることが分かる。

これらのことから理学療法士は周期的な負荷を各関節に 与えつつ、約5[sec]ごとに大きく負荷を各関節にほぼ同時 に加えるような動作誘導をしていると推測できた。

今後は、本実験から得られた関節負荷および動作軌道を もとにリハビリ効果の評価法について検討を行う。さらに、 その結果に基づき支援システムの開発を行う予定である。

## 参考文献

- 1) 甘利俊一ほか"脳科学大事典"朝倉書店, 2000
- 2) 枝村一弥 (2008) "小動物のリハビリテーションの現状 と将来-科学的根拠に基づいたリハビリの実際-"日本 獣医学会学術集会講演要旨集 145th 136項.
- 3) 伊藤宏司ほか"生体とロボットにおける運動制御"計 測自動制御学会, 1991/6.
- 4) 神志那弘明, 獣医麻酔外科誌, 41 (3&4): 63-69, 2011.
- 5) 金城利雄ほか"リハビリテーション看護における評価 (2)" 医歯薬出版株式会社、2002/4
- 6) Kobayashi T et al, Proc. of 6th IEEE Int. Conf. on Cognitive Infocommunications (CogInfoCom 2015), pp. 165-170, (2015, 10).
- 7) 真鍋勝ほか "小型犬を対象とした後肢リハビリ効果定量評価法", 第17回システムインテグレーション部門講演会, 999-1000, 2016



図1 実験の様子

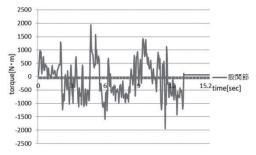


図 2 (a) 股関節トルク

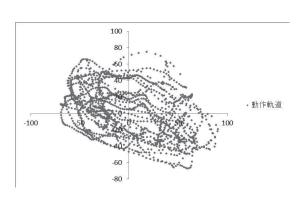


図3 (a) 動作軌跡

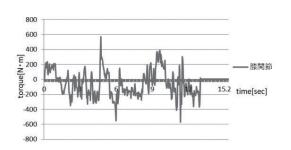


図 2 (b) 膝関節トルク

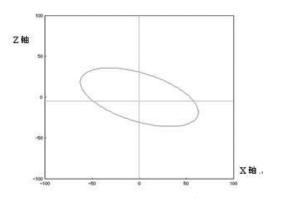


図3 (b) 動作軌跡モデル