

農学生命科学研究科 応用動物科学専攻

平成9年度博士課程進学

カルタン クレール 和美

指導教官： 局 博一

## Biomechanical definition and function of collection-extension in horses

### 馬の走行姿勢の機能的意義に関する運動力学的研究

馬は最も有益を与える動物の一つとして、長い歳月人間と生活を共にしてきた。しかし、機械化が発達した現在、先進国では馬はもはや経済動物としてでなく、レジャーを目的として用いられるようになってきている。馬が生活に欠かすことができない存在ではなくなったため、格人が馬に接する時間が減少するようになり、そのため、従来の方法では総合的な学習を必要とする馬術を学び教えることが難しくなっている。そこで、科学的な視点から馬術を理解し応用することが、馬術をより核心的に学ぶ方法の一つとして有効であることを提唱する。一方で、人間や動物に関する力学的モデルは数多く科学雑誌に紹介されているが、それらが実際にスポーツ人口に広く知られていないことも多い。そこで、既に発表されている力学的モデルを用いて馬術に関する現象の分析・理解を試み、結果として馬術の普及と科学的知識の発展の双方に貢献することをこの研究の総合的な目的とする。

また、様々な馬術種目が全世界に存在するにもかかわらず、生涯一種目のみを通して馬とっている馬術人口が多いのが現状である。しかし、馬の世界の多様性は、各人がより自分に適した馬術種目を選ぶことを可能とする。現在までそれらの種目を総合的かつ客観的に調査し、その特徴を明らかにする試みはないので、5つの馬術種目を比較することにより、馬術の多様性と可能性を明らかにすることがこの研究のもう一つの目的である。

馬術に関してもっとも重要な現象の一つが「収縮」である。それは馬を扱いやすくすると言われているが、その定義、意義、方法などには不明な点が多く、多くの乗馬志望者がこの現象にぶつかって挫折を覚える。馬を収縮させようとする方法でも最も一般的なものが、馬の首を下げかつ曲げる「屈櫓」を馬に施すことである。しかし、屈櫓の効果が科学的に検証されたことはない。そこで実際にどの程度屈櫓が収縮に貢献するか実験したところ、収縮の定義といわれる重心の後肢方向への移動はほとんど見られなかった。しかし、馬の後肢がより後方に流れないなど、収縮している馬の特徴と言われる現象がいくつか見られた。

さまざまな速度下で移動する馬を調べることにより、収縮とは、いかに後肢が離地する時までに後方に流れることを阻み馬体の下に保つか、そして同時に着地時に後肢の踏み込みをいかに保つかが一つ目にポイントであることがわかった。速度を低く保つことによって離地時に後肢が流れないようにするが、速度が落ちるほど着地時に踏み込みが小さくなるので、二つの現象の適切なバランスによって収縮が可能になることがわかった。この収縮は、静力学的な法則に基づいているので、馬が加速、減速、方向転換する時など、速度を落として肢を地面につけて

いる時にのみ有効であり、「静的収縮」または、「姿勢的収縮」と呼ぶことができる。

Grey (1943)の力学的モデルより、静的収縮のみならず、動的収縮も存在することを仮説として立てた。動的収縮している馬では、肢を馬体に付着する筋肉がより活発に働いていると考えられる。このことを確認するため、馬が地面に対して水平方向と垂直方向に加える力をフォースプレートを用いて測定し、馬が歩行・走行する時にそれらの筋肉が果たす役割を調べた。実験の結果、それらの筋肉が走行する馬において常に働いていることがわかった。しかし、実際に高度に調教された馬をフォースプレートがある環境に連れて行くことは難しいので、収縮している馬では更にそれらの筋肉が活動していることを調べることはできなかった。このことの確認が今後の課題である。

続けて Grey (1943)のモデルを用いて、馬を実際に収縮させる方法を開発することを目的として馬の加速と減速について実験を行った。このモデルによると、動物は水平方向に力が働く時、それに対抗するように四肢を傾けて重心を移動させる、つまり自ら静的収縮の姿勢をとり、同時に動的収縮に必要な筋肉を鍛えるようになる。この姿勢の変化が実際に馬で見られることかどうかを確認したところ、減速においては緊密に一致し、加速においてはあまり一致しないことが明らかになった。なぜ加速においては一致しないか研究を続けたところ、加速するためには馬体の構造上、後肢を用いる必要があることが明らかになったので、講師を有効利用するために馬は水平方向にかかる力により後肢に余計にかかるようになった体重を前肢方向に戻さないことが考えられる。こうして加速と減速の双方において馬は体重をよりかけるようことが示されたので、加速と減速は馬を収縮させるために有効であると言える。

また、馬の走行を最も特徴づけ、かつ速度に依存しない現象の一つとして、滞空時間があげられる。特に、馬の品種・馬術種目ごとに滞空時間にはっきりとした特徴・傾向が見られた。そこで、馬がその滞空時間をどのように調節しているかを調べるために、McMahon (1990) のバネモデルを用いた。このモデルより馬の四肢のバネ定数を計算したところ、馬によってバネの力を用いて走行するものや、筋肉の力をもっぱら用いて走行するものなど様々であることがわかった。また、滞空時間の品種差は騎乗されていない馬でも見られ、後天的に変えることが難しいことを考察した。滞空時間は馬の乗り心地と密接に関係するため、乗馬目的や繁殖目的で馬を選ぶ時、選択肢として滞空時間が重要な意味を持つと示唆される。

以上のように、力学的モデルを用いて馬の走行を研究したところ、様々な現象の意義が明らかになった。また、扱いにくい、移動しにくいという欠点はあるものの、スポーツとレジャーの世界に研究結果がすぐに応用できること、また他の動物と異なり馬には既に高度なトレーニングがなされていることを考慮すると、馬が研究対象として非常に興味深い相手であることも示された。そこで、馬術の分野と運動力学の分野の融合が、双方に有益をもたらすことができることがこの研究で示されたため、そのますますの発展を提唱する。