

2005年1月11日

人間科学研究科委員長 殿

寺田 佳代氏 博士学位申請論文審査報告書

寺田 佳代氏の学位申請論文を下記の審査委員会は、人間科学研究科の委嘱を受けて審査をしてきましたが、2004年12月20日に審査を終了しましたので、ここにその結果をご報告します。

記

- 1、申請者氏名 寺田 佳代
- 2、論文題名 馬術競技におけるバイオメカニクス的研究

3、本論文の構成と内容

本論文は 章から 章までの本論と文献から構成されている。

章「序論」

本章では、馬術競技の概説、先行研究及び本論文の目的と構成について述べている。馬術では人が馬に乗っているいろいろな行動を行うことであるが、本論文では「騎手が馬に影響を与えることによって、騎手と馬との間に相互的な関係が成り立つ状況」と定義し、双方向のコミュニケーションの成立による両者間の緊密な関係が重要であるとしている。

しかし、この人間と動物によって成立するという他の競技にはない複雑さもあって、馬術に関する研究の歴史は比較的浅く、馬の調教法や騎手の騎乗法に関しては未だに経験に依存しているところが多い。馬術に効果的な「人馬一体の有機的關係」を創り出すためには、基本となる馬の動きとともに馬の動きに同調するための騎手動作の詳細を分析し明らかにする必要がある。

そこで、本論文では基本歩法中における騎手の同調技術と障害飛越時の馬の動作に注目していくつかの条件下で動作分析を行って比較検討し、騎手の騎乗技術とともに馬の障害飛越動作における問題点を明らかにすることを目的とした。また本研究によってより科学的で効果的な乗馬法開発への手がかりを得るための一助にしたいと考えた。

章「乗馬中における騎手の動作分析」

まず - 1「騎手頭部の動きと筋活動の關係」では、優秀な戦績を有する熟練騎手 3 名と馬術歴 1 年以内の未熟練騎手 3 名の被験者と 2 頭の被験馬を用い、騎手頭部のヘルメットに 2 つの加速度計を装着して上下と前後方向の頭部のばらつきを測定するとともに、3 部位に表面電極を装着して腹直筋・脊柱起立筋・大内転筋の筋電図を記録した。また同時に

馬と騎手の動きを VTR カメラで撮影した。測定は常歩（なみあし）・速歩（はやあし）・駈歩（かけあし）の 3 種類の各歩法によって馬場で約 80m の直線を歩行および走行中に行った。その結果、常歩時では上下方向、速歩時では前後方向において熟練騎手の加速度波形周波数分布のばらつき値が明らかに小さく、これらの歩法においては騎手の姿勢保持能力に熟練度による差が認められた。また速歩時においては大内転筋の活動では両者間に差が見られ、未熟練者は頭頂部前後方向の揺れの影響による姿勢のずれを大腿内側部の大内転筋の活動によって補正しようとしていることが示唆された。

- 2 「速歩時における騎手の筋活動」では、被験者および被験馬は熟練騎手 6 名と馬場馬術競技馬 1 頭であった。実験データはゴムで覆われた約 130m の走路を速歩で走行中の中間部分 30m を通過中に収集したが、5 試行行って EMG データは 1200Hz で 5 秒間記録した。すべての試行は 60Hz でビデオ撮影し、馬の接地タイミングはタイムコードを用いて EMG データと同期させた。筋電図は体幹と上肢の 2 回にわけ、表面電極の双極誘導法によって馬をコントロールするのに重要とされている体幹の腹直筋・僧帽筋上部・僧帽筋中部・僧帽筋下部・前鋸筋・大円筋の 6 部位と、上肢の橈側手根屈筋・尺側手根伸筋・上腕二頭筋短頭・上腕三頭筋長頭・三角筋中部・大胸筋胸部部の 6 部位から記録した。得られたデータは全ストライド中（1 完歩）に出現する 2 つの空輪期間を前期と後期、2 つの接地期間を前期・中間期・後期の合計 10phase にわけ相対値として比較した。その結果、空輪期間では筋活動の程度は低く特徴的な傾向は見られなかったのに対して、接地期間ではいくつかの筋活動に特徴が見られ、馬の接地時には騎手が僧帽筋上部と中部・三角筋中部・橈側手根屈筋などを用いて衝撃や手綱の張力に、中間期には腹直筋の活動によって体幹の安定保持に対応していることが示唆された。また上腕二頭筋と上腕三頭筋は初期から後期にかけての活動が著しく、これはハミに対して騎手が手首の位置を一定に保つために肘を屈伸していると考えられる。

- 3 「速歩時における騎手の動作分析」では、- 2 の実験と同じ被験者と被験馬による速歩で 30m の直線コースを走行中の人馬の動作を撮影した。マーカーは騎手の肘・膝・大腿部中央・踵に固定し、また 3 つが一体となったバンド式マーカーを前腕部と上腕部に装着した。馬には大結節部と結節寛骨下部にマーカーを装着した。映像は 6 台の Falcon カメラと GR-DVL9800 カメラを同期させて記録・撮影した。測定は各被験者において 3 回の試行データが得られるまで行った。その結果、馬体幹の最高地点到達は空輪初期であったのに対して、騎手の hip・肩・手首・踵の最高地点到達は後期であった。また最低地点到達のタイミングは両者ほぼ同時であったが、騎手の踵のみが遅れる傾向を示した。これらは馬と騎手の上昇タイミングの差は下降中に相殺されること、騎手は足首の屈曲で馬への同調を試みようとしていることを示唆している。馬のハミと騎手の姿勢の関連から、騎手は馬のストライドの影響で体幹が前後に揺れるのに対応して、肩関節や肘関節を調節して手首をハミに対し一定の位置に維持していることが明らかとなった。

章「障害飛越運動における馬の動作分析」

- 1 「騎手の有無による影響」では、騎手が馬の動作に与える影響を明らかにするために、熟練騎手 2 名と被験馬 2 頭を用いて騎乗飛越と騎手の乗らない自由飛越とを行い比較検討した。実験はトレーニング用馬場に高さ 100cm 幅 90cm の障害を設置して行い、15m 離れた位置に 4 台の 8mm ビデオカメラを設置し 4 方向から撮影した。実験にあたっては左後肢・右後肢・左前肢・右前肢の順に接地する駈歩で飛越するよう統一し、騎乗飛越、自由飛越ともに 3 試行のデータを収集した。馬には額中央部と手前前肢の橈骨外側下端部にマーカーを装着した。その結果、飛越直前の馬頭部の位置変化では前肢離地後も上方向へ移動しており、また上下方向の位置変化と速度変化のタイミングは両飛越間で大きな差は見られなかった。騎乗飛越時では、馬が事前に騎手の影響を予測して、より小さな離地角度から離地し、頭部の動きに大きな影響を与えることなく障害を完飛できるよう馬自身がコントロールしていることが推測された。

- 2 「馬の熟練度による影響」では、障害の高さを変化させて騎乗飛越と自由飛越を行い、馬の熟練度にどのような差が見られるかを分析し比較、検討した。実験には熟練騎手 1 名と、日頃から訓練されている馬 1 頭と訓練されていない馬 1 頭の合計 2 頭を用いた。障害の高さは 60cm・110cm・140cm の 3 段階のオクサー障害（幅のある障害で、手前と奥の横木の高さは異なり、手前は 20cm 低い）とした。飛越動作はすべて二方向から 2 台のビデオカメラで撮影し、得られた映像は DLT 法を用いて 3 次元解析した。その結果、反手前前肢と首の先行振り上げは、馬の前方向の推進力を上方向に方向変換する役割を果たしていた。すなわち反手前前肢がまず地面を蹴り、続けて前膝を振り上げることで首に方向性を与える役割を担っていると考えられる。また後肢接地中の首・頭部間の角度増加はこれらの先行振り上げと連動していた。障害の高さが高くなると、馬は踏み切り時の球節関節角度や飛節関節角度、後膝関節角度を小さくしてより大きな筋と腱の力を引き出ししていると考えられる。障害飛越に熟練していない馬では、障害の高さ変化に対応して特に首・頭部間角度の調節が上手くできてないことから、この角度調節には騎手の援助の可能性が示唆された。

- 3 「前肢の動きによる影響」では、被験者には熟練騎手 2 名、被験馬には常に安定した飛越をする馬 1 頭としばしば障害に触れたり落下させたりする馬 1 頭、合計 2 頭を用い、障害飛越時の右前肢の動きに注目して動作分析を行った。障害は高さ 110cm 幅 100cm のオクサー障害で、各馬 2 回の試行を実施した。映像は 4 台のビデオカメラを同期させて撮影し、DLT 法を用いて 3 次元座標に変換し分析した。その結果、飛越時に障害を落下させる馬は右肘の角度変化において屈曲角が大きくて十分に屈曲しておらず、また屈曲完了時間も遅いことが明らかとなった。障害を落下させない馬には膝と肘の速度と角速度が同時に最大値を記録するという連動が見られたのに対して、障害を落下させる馬にはこのような連動は見られなかった。したがって、連動の欠如が障害の落下を引き起こす原因の一

つと考えられる。

章「総括」

本章では、本論文中の実験において先行研究と比較しながら議論された重要な問題点を再考し全体をまとめるとともに、今後の課題について述べている。特に、障害飛越運動に関しては以下のようにまとめることができる。

従来、障害飛越の指導者は経験的な観点から「障害前に体を起こす」という言葉をしばしば口にするところがある。これは騎手が体を起こすことによって、馬頭部の上方への動きを阻害しないよう注意を促していると考えられる。したがって、本研究結果はこの点では同様であり、障害を完飛するためには騎手は take off 期に体を起こして馬頭部の上方への動きをスムーズにすることによって人馬の重心を高くし、馬後肢の踏み込みをよくして飛越時の前肢の屈曲と連動を滞りなく行えるような状況をつくることが重要であると言える。

今後の課題に関しては、総合的な分析法を開発することによって馬と騎手の動作を同時に記録・分析し、両者の動きの関係を正確に把握することが必要となってくる。そのような方法によれば、本論文で得られた問題点も総合的・多角的な分析が可能となり、「人馬の調和」という観点からさらに問題点が明らかとなつて、科学的な乗馬法開発に更に一歩近づくことができると思われる。

4、本論文の評価

本論文の意義と評価を以下のようにまとめることができる。

第一に、種々の歩法における熟練騎手と未熟練騎手の動作分析から、常歩と速歩時の騎手の身体動揺度には熟練度による差が見られること、速歩時には身体動揺と筋活動様式に関連性があること、特に速歩時の馬と騎手の同調技術が馬術技術習得の重要なポイントの一つであることを明確に示した。また、速歩時における熟練騎手の筋活動様式を明らかにしたが、馬のハミと騎手の手の距離を一定に保つための相殺技術の重要性が明らかとなった。このように騎乗技術習得のために基礎となる問題点を明らかにすることができた。

第二に、障害飛越時の馬の動作分析においては、馬頭部の動きと肢の離地角度が重要なポイントになるばかりでなく、騎乗飛越時には馬自身が離地角度をコントロールしていることが考えられ、飛越トレーニングにおける一つの示唆が得られた。

第三に、飛越直前において馬は前肢および頭と首の先行振り上げを行うとともに、その後巧妙にその角度を調節していた。しかし、未熟練馬ではそのための騎手の馬に対する援助が有効であると考えられた。また、障害を落下させる馬では前肢の屈曲連動動作において問題のあることが明らかとなった。以上のような諸点は、馬自身の効果的なトレーニングに加えて、姿勢コントロールによる騎手の馬に対する適切な援助技術に示唆を与えるものである。

このように、本論文は馬と騎手という動物と人間の両者が関わりあうことによって成立する非常に特異な馬術というスポーツを研究対象としたものであり、その意味からも高く評価されるべきものであるが、特に歴史の浅いわが国の馬術研究分野においては今後の発展に寄与するところが大きく極めて高く評価することができる。また、本研究の成果は、馬術競技において重要な「人馬一体」を創り出すための科学的で効果的な乗馬法開発という実践分野にも大きな示唆を与えるものである。

5、結論

上記のような評価を得て、本審査委員会は、寺田 佳代氏の学位申請論文が博士（人間科学）に十分値する研究との結論に達した。

以 上

寺田 佳代氏 博士学位申請論文審査委員会

主任審査員	早稲田大学教授	医学博士（東京医科歯科大学）	加藤 清忠
審査員	早稲田大学教授	教育学博士（東京大学）	福永 哲夫
審査員	早稲田大学教授	博士（教育学）東京大学	川上 泰雄