

慣性式モーションキャプチャを用いた騎乗者の運動分析における装着センサ数軽減の検討

丸山 悟¹ 勝間 亮¹

概要：慣性式モーションキャプチャを用いた騎乗者の運動の分析方法に関して、センサの数をできるだけ少なくして簡素化させるための検討を行った。今回は馬の動きの一つである速歩に限定したうえで頭、首、腰の3か所のセンサデータについて、相関係数を3軸のオイラー角から求めることで比較を行った。その結果、首と頭の z 軸を中心とした回転角度において非常に強い相関があることが分かり、騎乗者の左右の傾きに関するセンシングにおいては頭もしくは首の一方のセンサのみ装着してもセンシングの精度はあまり落ちない可能性が高まった。

1. はじめに

現在、大学馬術部の多くは入部して初めて馬に乗る人間が多いが、経験が深い人間の卒部や新入部員の加入により、初めて騎乗をしてから1年ほどで、指導する立場へとならなければならない。しかし、騎乗技術を習得するにあたっては、感覚的に習得していく部分も多く、経験から自然と身についてくることも多々有るため、経験の少ない人間がより効率的な指導を行うことが難しい。そのため、騎乗者の動きを数値化することで可視化できれば、より精度の高い練習のための支援が可能になると考えられる。

近年、センシング技術の発達により様々な手法での行動分析が可能となっている。特に、光学式モーションキャプチャを用いた行動分析 [1] が多い。光学式モーションキャプチャとは、動作を取得したい部位にマーカーを装着する。マーカーを装着した対象者を複数のカメラで映し出すことで、3次元での動きの軌跡を取得することが可能となる。この手法の問題点として、カメラを複数用意し設置を行うため、移動範囲が大きく限定されてしまう点がある。馬術の練習では多くの範囲を移動することが多く、実際の練習で使うことを考えると光学式のモーションキャプチャでは動きが大きく制限されてしまう。そこで今回は、慣性センサ式モーションキャプチャである Perception Neuron を用いて騎乗時の運動について分析を行う。慣性センサ式モーションキャプチャは体に磁気センサ、ジャイロセンサ、加速度センサを備えた装置を、体の計測したい部分に取り付けて行うものである [2]。それぞれの部位で取得したデータ

は hub に集計され、wifi を通してパソコンへとデータを送ることで、リアルタイムでのデータ取得が可能となっている。そのため、無線の状態での測定が行うことができるため電波の範囲内であれば、カメラの撮影範囲などを気にすることなく自由に測定を行うことが可能である。欠点として全身に取り付けるセンサがそれぞれ独立しているのではなく、配線でつながっているため毎回の着脱が少し面倒だったり、夏の屋外での使用の場合暑苦しさを感ずることがある。そのため、より少ないセンサ数で馬術において有用な情報を取得することで、利用者の負担を軽減する必要がある。複数の位置に取り付けたセンサがそれぞれ似たような値を取得していた場合、適切な位置に取り付けた1つのセンサでデータを取得した場合と同程度の解析ができることが見込まれ、装着するセンサ数を減らすことができる。そこで本稿では、センサの取付位置と取得データの相関性を調査した。

2. 実験

2.1 実験設定

本実験では図1のように体の軸となる頭、首、腰の3か所にモーションキャプチャのセンサを取り付け、身体の軸に関するデータを取得する際に3部位すべてが必要なかどうかを調査した。実際に馬に乗るときは頭にヘルメットを装着しているため、頭に直接取り付けるのではなくヘルメットの上から同様に装着して測定を行った。

被験者は大阪府立大学馬術部の部員一人に協力してもらい、一頭の馬を使用して測定を行った。被験者はモーションキャプチャを着用した状態でデータの基準値となるキャリブレーションを地上で行った後、騎乗してもらい正反動

¹ 大阪府立大学
Osaka Prefecture University

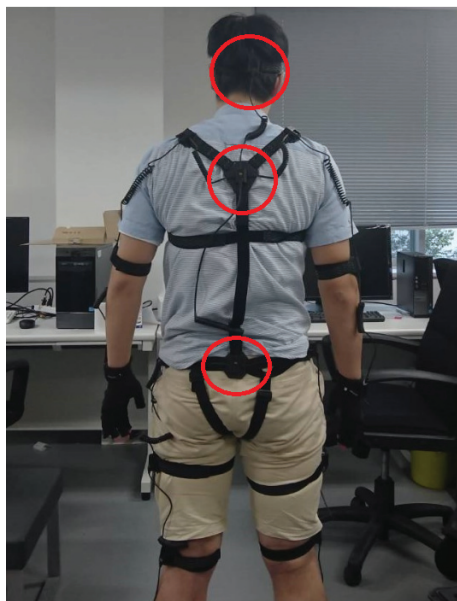


図 1 モーションキャプチャのセンサ設置状況

ボーン名	フレーム	回転X	回転Y	回転Z
頭	0	-11.7489	-36.779	-2.41382
頭	1	-11.941	-36.8725	-2.02366
頭	2	-12.1461	-36.9646	-1.64197
頭	3	-12.3349	-37.0485	-1.28876
頭	4	-12.5503	-37.1263	-0.94322
頭	5	-12.8111	-37.1973	-0.60041
頭	6	-13.1748	-37.2597	-0.25948
頭	7	-13.6339	-37.3187	0.078064
頭	8	-14.1239	-37.3523	0.275674
頭	9	-14.5992	-37.3533	0.31254
頭	10	-14.9409	-37.3205	0.219015

図 2 取得したデータ例

と軽速歩の2種類の動きを行った。正反動と軽速歩の違いは騎乗者の動作にある。馬が速歩を行っている状態で、座ったままの状態を続けることを正反動と呼び、騎乗者が馬の動きに合わせて立つ、座るの動作を繰り返すことを軽速歩と呼ぶ。この実験では、確実に無線電波の到達範囲に入ったままの状態を保てるように、直径20mの円周上を反時計回りに周回する動きに限定した。取得したデータはbvh形式で保存をして使用しており、移動表現としてオイラー角で関節の動きを表現している。そこから、csv形式へと変換を行って次の図2のような状態でデータを取得している。ここで得られる回転角度は、単位は度数表示で-180度から180度の範囲で表示される。取得したデータから馬が2歩進むごとにデータを分けて、その間の各部位の角度の変化を利用している。今回使用したモーションキャプチャの最大出力レートが120fpsとなっていて、分けたデータの平均フレーム数は軽速歩では88個、正反動では90個となった。どこのセンサの情報が必要かについては、3か所それぞれで得られた3軸を中心とした回転角の情報を利用して、それぞれ頭と首、首と腰、腰と頭の組み合わせでデータの相関係数を算出した。頭、首、腰の3軸は全てz軸を進行方向、x軸が左方向、y軸が上方向が正となって

いて、回転角度は右ねじが回る方向にどれだけ回ったかを表している。相関係数が高い組み合わせがあった場合、似通ったデータとなっているため片方のデータがなかったとしても、解析への影響が少ないことが考えられる。

2.2 実験結果・考察

まず、軽速歩を行った場合のそれぞれの箇所の組み合わせごとの相関係数について3軸x, y, zそれぞれについて次の表1のようになった。続けて正反動の場合も同じように表2のようになった。

表 1 軽速歩中での各部位ごとの相関係数

部位	x	y	z
頭・首	0.402524484	-0.857805761	0.950649744
首・腰	0.057688715	-0.537848582	0.419322353
腰・頭	0.114365823	0.449162069	0.442477273

表 2 反動中での各部位ごとの相関係数

部位	x	y	z
頭・首	0.31285416	0.782183853	0.965911443
首・腰	-0.301686749	-0.414283655	-0.168179995
腰・頭	-0.376240587	-0.58063012	-0.127638371

表1, 2より、正反動軽速歩ともに頭と首のz軸に対する回転角の変化において非常に強い相関があることが分かった。このz軸を中心とした回転角の動きは人間の左右の傾きについて表しているため、左右の傾きに関しては首または頭のどちらかのセンサのみで動きを判別することができる可能性が高いことが分かった。軽速歩と正反動の値をそれぞれ比較してみると、首と頭の組み合わせでのy軸での相関に大きな違いが表れていた。軽速歩では首と頭が真逆の向きに傾く相関が出ているが、正反動では同じ向きに傾くことが分かる。このことについては、今回の実験では騎乗者に対してどの方向を見て乗るのか指定せずに行ったため、騎乗者が見る角度を変えたことで変化した可能性があるため、さらなる検証が必要となる。また、腰のセンサデータが含まれているものに関しては軽速歩、正反動どちらの場合でも強い相関がみられる部分がない。これは人間が馬から受ける衝撃を逃がすために馬の動きに同調する随伴の動きが関係していると考えられ、随伴の動きでは上半身と腰で独立した動きをしていることが表れている。

3. まとめ

今回は一人の騎乗者に対して検証を行い、首と頭のz軸を中心とした回転角で相関があることが分かった。このことから、体を左右に傾けるように動かすことに関しては首または頭のどちらかのデータで判断出来る可能性が高い。今後は騎乗技術が異なる人が乗った場合に同じ結果が出るのかどうかや、円状での測定だけではなく、直線での運動

に変えたときにどのように違いが出てくるのか検証が必要となる。

参考文献

- [1] 新井涼, 村上和人: “モーションキャプチャを用いたやわらかい動作と硬い動作の判別手法,” 映像情報メディア学会技術報告, Vol.40, No.31, pp. 7–11, (2016)
- [2] 安保雅博, 鈴木智之, 河治寿都, 木村郁夫, 四方紘太郎, 霜鳥大希, 埴真太郎: “光学式モーションキャプチャシステムと加速度センサおよびジャイロセンサを用いたウェアラブル端末型モーションキャプチャシステムによる動作解析比較,” 東京慈恵会医科大学雑誌, Vol. 133, No. 6, pp. 95–105, (2018).