

氏名(本籍)	湯	海	鵬	(中国)
学位の種類	教育学博士			
学位記番号	博甲第583号			
学位授与年月日	昭和63年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第5条第1項該当			
審査研究科	体育科学研究科			
学位論文題目	空中における身体の腕一捻りに関する生力学的研究			
主査	筑波大学教授		渋川	侃二
副査	筑波大学教授	医学博士	古藤	高良
副査	筑波大学教授	教育学博士	松浦	義行
副査	筑波大学教授		三沢	義一
副査	筑波大学教授		三輪	辰郎
副査	筑波大学助教授	学術博士	菊地	正

## 論文の要旨

### (1) 研究目的

たとえば、体操競技の跳馬において、左右対称の倒立姿勢で離馬した時、身体は宙返り回転をして空中を移動する。この時、片腕を体側に振り下ろして非対称姿勢を取ると、身体の長軸回りの回転、即ち、捻りが生ずる。

本研究では、この現象を「腕一捻り」と呼び、理論的解析、実験及びシミュレーションによって、腕一捻り発生の原理、腕一捻りに影響する要因、並びに、その要因に応じた合理的な動作を、生力学的観点から明らかにすることを研究目的としている。

### (2) 研究方法

#### [1] 理論的解析 二つの理論的解析を行った。

第一は、腕一捻り発生の原理を知るためのもので、ジョイントで結ばれた2本の細い棒が1直線状をなして、その重心を通る垂直軸回りに回転している時(左右対称姿勢の宙返りに相当)、棒と回転軸を含む面内で、2本の棒がジョイントで折れて「く」の字になると(非対称姿勢に相当)、宙返り回転の他に「捻り」が生ずるか否かを解析した。第二は、左右対称の直立姿勢の時、身体各部の重心及び各関節点が1平面(身体平面)上にあるような人体モデルを仮定し、両腕を上げた対称姿勢で宙返り回転をしている時、その身体平面内で片腕を体側に振り下ろす場合について解析

した。

## 〔2〕 実験的分析

大学男子大層競技選手（2名）を被験者として、跳馬における腕一捻りの試技を2台の16ミリ撮影機で撮り、3次元映画分析法によって、身体各部の基準点の空間座標を求めた。一方、各種力学量の算出に必要な、被験者の形態、各部分の質量・重心・慣性モーメントなど身体部分係数は、直立静止姿勢を35ミリスチールカメラで撮影し、横井の方法を使って算出した。

身体を、頭部・体幹部・四肢等の14個の剛体からなる剛体系として、以上の実験の測定値から、各関節点の位置と速度、身体各部の重心位置とその速度、空間固定座標系に関する全身の角運動量、身体平面及び主慣性モーメント・慣性主軸、身体平面内での腕の振り下ろし角度と慣性主軸の傾角、宙返り及び捻り角速度、などの力学量を算出した。

## 〔3〕 理論的解析と実験的分析との比較検討

理論と実験を比較し、理論で仮定した人体モデルの妥当性を確認し、さらに、宙返りや捻りの角速度の初期値、対称姿勢における左右の腕の開き、実験で対象とした被験者と異なる体型などについて、理論計算を行い、腕一捻りに影響する要因を求めた。

## 〔4〕 シミュレーション

実験及び文献から得られたデータを参考として、人体モデルのパラメータを変えたシミュレーションを行い、跳馬における倒立前転跳び伸身宙返りからの腕一捻りについて、より難度の高い演技可能性を検討した。

## （3） 結論

〔1〕 理論的解析の第一によって、2本の棒が一直線状の対称姿勢から「く」の字に折れた非対称姿勢になると、2本の棒が等長でない限り、慣性主軸が傾き、宙返り回転だけであった角運動量の初期値（空中においては保存されている）が、新しい二つの慣性主軸方向の成分に分解され、その一つが捻りとなることが分かった。

〔2〕 理論的解析の第二では、各関節点及び各部分の重心が常に一平面上（身体平面）にあるという人体モデルを仮定して、両腕を頭上に伸ばした対称姿勢における宙返り回転から、片腕を体側に振り下ろして非対称姿勢になると、第一の場合と同様に、捻りが発生することを示した。

〔3〕 実験結果では、まず、空間固定の直角座標系についての全身の角運動量は、空中にあっては保存されることを確認した。

〔4〕 身体平面の仮定は、概ね、妥当であった。

〔5〕 片腕の振り下ろしによる慣性主軸の傾き、宙返り及び捻りの角速度変化など、定量的にも、理論と実験のかなり良い一致が見られ、理論的解析に用いた人体モデルは、概ね、妥当であった。

〔6〕 腕一捻りに影響する要因としては、宙返り角速度の初期値が大きいほど捻りも速い、長軸まわりの慣性モーメントが小さいほど捻りには有利なので、小柄で痩せた体型と非対称姿勢では身体と左右の腕を上下に十分伸ばすこと、片腕の振り下ろしを素早く行うこと、などが上げられた。

〔7〕 シミュレーションの結果、跳馬における宙返りからの腕一捻りでは、1/2宙返り2回半

捻り及び1回半宙返り2回半捻りまでの演技は、可能性があると推測された。

## 審 査 の 要 旨

従来、身体運動に関する生力学的研究は、身体運動の測定値から算出される各種の力学量を検討して、運動を分析する方法が多かった。

空中にあって一定の重力だけを受ける質点系（剛体系を含む）の重心まわりの角運動量は保存される。内力によって、質点系の各質点の相対的位置は変化させることができる。本論文は、以上のような初等力学を基礎として、空中における身体の腕一捻りを理論的及び実験的に検討したものであるが、応用科学としての体育科学の分野、さらには、生力学の領域でも、一つの新しい研究方法として、評価できる。

理論的解析で、身体平面を仮定し、対称姿勢から非対称姿勢への変化も、この身体平面内で起こるとしたモデル化は、本論文の実験試技に関する限り、概ね、妥当であったと言えよう。

実験については、使用可能な機材の制約（16ミリカメラ・照明器具など）にも拘わらず、所期の目的は果たしている。

測定位の処理分析には、数理力学的な手法を駆使して、理論的解析結果との比較検討を十分にを行っている。

ここで取り上げた跳馬の腕一捻りでは、1/2宙返り1回半捻り及び1回半捻り1/2捻りまでが、現在、体操競技の最高水準であるが、シミュレーションによって、1/2回及び1回半宙返りで、2回半捻りまでが演技可能と推定したことは、競技者に対して努力目標を与えたものと言える。

以上により、本論文は、体育科学の分野において寄与する点が多く、教育学博士論文としての条件を十分に備えている。

よって、著者は教育学博士の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。