

弓道における弓の変形特性*

長坂明彦*¹・池田隼人*²・小林裕介*³・渡辺誠一*⁴

Deformation Properties of Bow in Kyudo

NAGASAKA Akihiko, IKEDA Hayato, KOBAYASHI Yusuke and WATANABE Seiichi

Kyudo is martial arts to train the body and the spirit through a series of conduct of shooting an arrow with Japanese bow and hitting the target. The relation between the deformation properties of the bow and player's skill has been not researched enough. The purposes of this study were to measure the strain and the acceleration applied to the bow and try to improve the skill of Kyudo player. Moreover, the subject's foot pressure distribution was investigated for the overall progress of Kyudo player.

In the experiment, a strain gage and an acceleration sensor were stuck on the bow, then data was collected with a compact recorder.

The results were summarized as follows.

- The deformation became the maximum in the center part of the bow.
- The subject can verify the movement of drawing the bow by measuring the deformation and the acceleration of the bow, and can make good use of the result for improvement of skill.
- The subject can verify the variation in the center of gravity of the body by measuring the foot pressure distribution during the drawing the bow.

キーワード：弓，変形特性，動ひずみ，加速度，足圧分布

1. 緒言

弓道は和弓を用いて矢を射て、的中で一連の所作を通して心身の鍛錬をする武道である¹⁾。弓道は明治以降、修練による人間形成を理念とし、現在ではスポーツ、健康体育の面も持ち合わせ、近代競技として一般に普及している。これまでに弓道における弓引き動作中の筋活動に関する研究の報告²⁾はあるが、弓の変形特性と選手の技術との関係についての研究は十分に行われていない。

そこで本研究では、弓道選手の技術向上を目的として、弓道における弓引き動作中の弓の変形および加速度を時系列に測定し、そのデータと被験者の技術との関係を実験的に調査した。また、弓道の総合的な上達を考えて、弓引き動作中の被験者の足圧分布についても調査した。

* 2010年1月30日 日本体育学会甲信支部長野体育学会第45回大会にて一部発表

*1 機械工学科教授

*2 長岡技術科学大学 学生(平成21年度機械工学科卒業)

*3 機械工学科講師

*4 電気電子工学科准教授

原稿受付 2010年5月20日

2. 実験方法

使用した弓は、グラスファイバーと芯材の間にカーボンシートを入れたカーボングラス弓で、強さは14kgである。ここで強さとは、ばねばかりに弦を掛け、弓を900mm引いたときのばねばかりが示す値である。また、被験者は男性2名で被験者A(弓道参段、弓道歴4年)および被験者B(弓道初段、弓道歴1年)とした。

図1に「会」の動作を示す。ここで、①～⑥がひずみ、⑦が加速度の測定位置を示す。変形測定にはひずみゲージ(共和電業 KFG-1N120-C1-11L5M2R, 校正係数:0.96154)を、加速度測定には加速度センサー(共和電業 AS-100A, 校正係数:0.09114)をそれぞれ用いて、コンパクトレコーダ(共和電業 EDS-400A)によりデータ収集を行った。コンパクトレコーダのサンプリング周波数は100Hzとした。

図2に体圧分布測定システムを示す。足圧分布は体圧分布測定システム(ニッタ株式会社 BIG-MAT2000 P3BS)に片足を乗せ、弓引き動作中に測定した。

図3に弓引き動作を示す。測定は弓道の動作に従い行った。「打起し」(図3(a))を測定開始として、弓をわずかに引く「大三」(図3(b))、弓を全開まで引く「引

分け」, その状態を保つ「会」(図 3(c)), そして矢を放つ「離れ」で, 測定終了は「残身(残心)」(図 3(d))である。

3. 実験結果および考察

図 4 にひずみ ε と時間 t との関係を示す。また, 図 5 に離れにおけるひずみ ε と時間 t との関係を示す。被験者 A において, 図 4(a)は弓の③と⑥の位置のひずみ, 図 4(b)は①と②のひずみ, 図 4(c)は④と⑤のひずみの時系列のデータである。ここで, 図 4(a)の ①-⑤ は弓引き動作 (-①: 打起し, ①-③: 大三, ③-④: 引分け, ④-⑤: 会, ⑤: の離れ, ⑤-: 残身) を意味

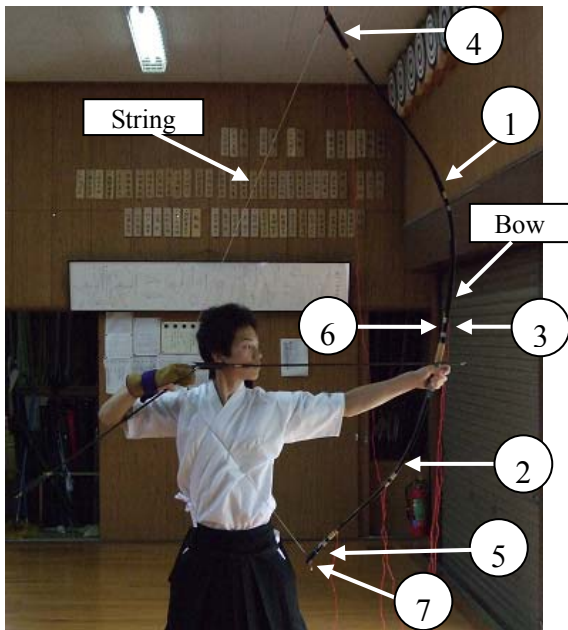
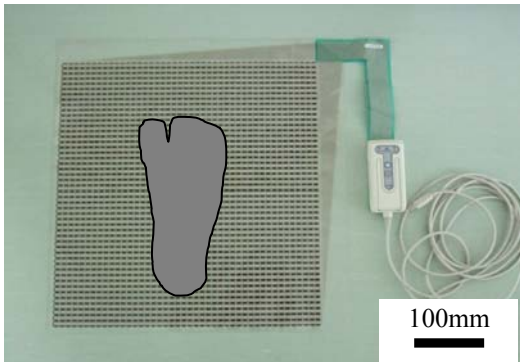


図 1 会



感圧エリア : 440 × 480 (mm)
 最大測定圧力 : ~200kPa
 厚さ : 0.4mm

図 2 体圧分布測定システム



(a) 打起し



(b) 大三



(c) 会



(d) 残身

図 3 弓引き動作

する. 各動作における変形は, 測定開始の打起しから, ①-③の大三で変形が増加し一定になり, ③-④の引分けで変形はさらに増加していき, ④-⑤の会でその変形が保たれ, ⑤の離れで変形は瞬間的に減少し, 残身で測定終了である. より, 変形量は③の位置ではほぼ最大となり, 弓引き動作(打起しから残身)が時系列で確認できる. また, ③と⑥の位置は弓の同一箇所を表裏であるが, 一方が引張り変形すると他方はそれと同等の圧縮変形することがわかる. 図4(b)より, ①と②の位置では, ③に比較して変形量が小さいが, 同程度であることがわかる. 図4(c)より, ④と⑤の位置では, 変形は他の位置と比べ相対的に小さい. ここで図5は図4(a)の離れの部分を拡大したものである. およそ0.03sでひずみは減少し, その後減衰を伴う振動が起こることがわかる. この0.03sは弦が戻る時間, すなわち弓の復元時間を意味するが, 弓が強いほどこの時間は短い傾向を示す. また, この時間は被験者の技術の直前に変形がわずかに増大していることがわか

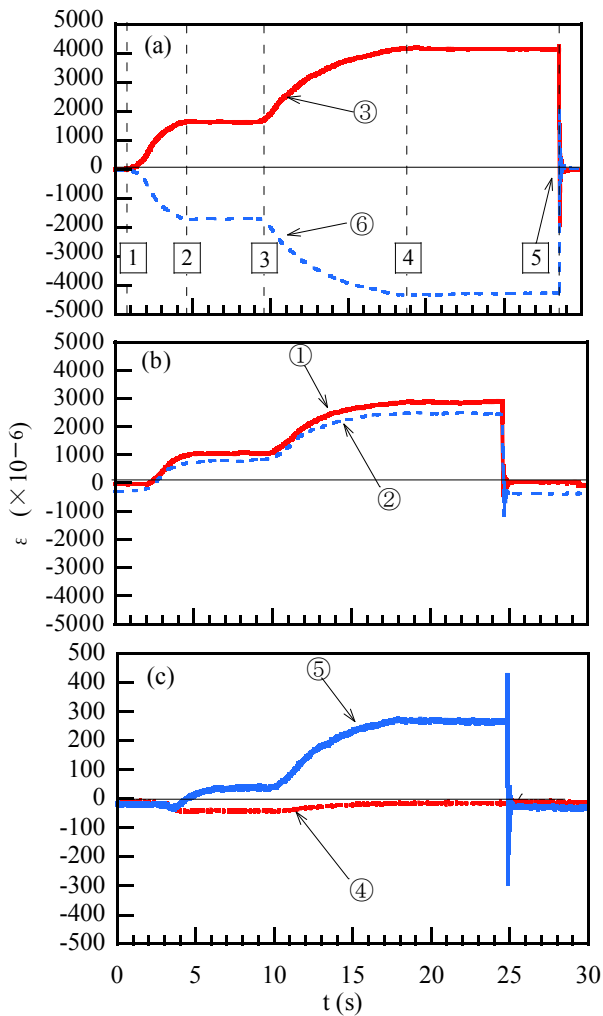


図4 弓のひずみ ϵ と時間 t との関係 (被験者 A)

も影響すると考えられる. さらに, ⑤に注目すると離る. これは力みにより, 右手から素直に弦が離れなかったためだと考えられる.

図6に各被験者における弓の③の位置のひずみ ϵ と時間 t との関係を示す. 図6(a)が被験者 A, 図6(b)が被験者 B である. 引分けにおける弓の変形に注目すると, 図6(a)より被験者 A は滑らかな曲線を描くように変形が増加していく. 被験者 B は変形が2段階である(図6(b)). また, 会に注目すると被験者 A は変形を一定に保持しているが, 被験者 B は変形が減少していることがわかる. このメカニズムは力のゆるみが一因と考えられる.

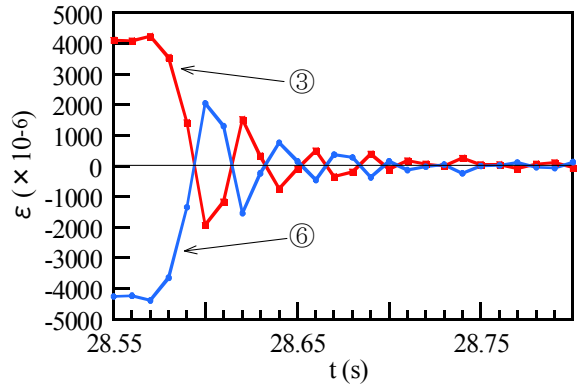


図5 離れにおける弓のひずみ ϵ と時間 t との関係 (被験者 A)

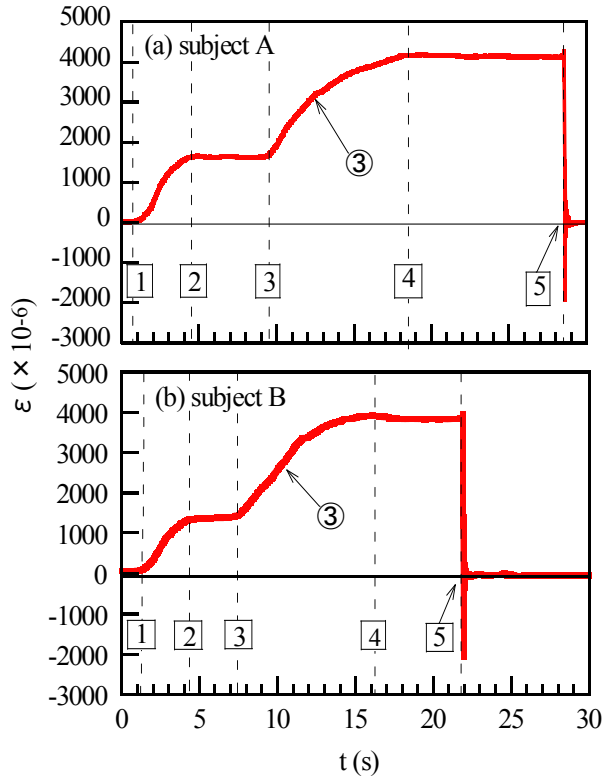


図6 弓のひずみ ϵ と時間 t との関係 (位置③: 被験者 A, B)

図7に弓引き時間 t の比較を示す。被験者 A, B において、会および弓引き動作時間が異なる。とくに、被験者 A の方が会の時間が長いことがわかる。弓道において会の長さは、長すぎるのも良くないが、重要な評価対象である。

図8に離れにおける弓の加速度 a と時間 t との関係を示す。図8より加速度 a は矢を放つ瞬間に約 50G が発現した。

図9に足圧分布を示す。図10に足圧 F と時間 t との関係を示す。ここで、足圧分布は弓引き動作開始時のものである(図9)。弓道において、身体の重心は拇指球近傍にあることが理想的である。図10より、重心が前後に変化する(親指と踵の足圧 F が逆転する)。これより、重心を一定に保持する必要がある。

図11に筋電位 E_I およびひずみ ϵ と時間 t との関係を示す。筋肉の動作による E_I の変化で、選手が会に与えた操作を確認できる。

4. 結言

弓の変形特性について得られた主な結果は以下の通りである。

- (1) 弓の中央部③で変形量(ひずみ)がほぼ最大となり、弓引き動作が時系列で確認できた。
- (2) 被験者が弓の変形および加速度の測定結果を技術的な向上に役立てることが可能となる。
- (3) 足圧分布を時系列で確認でき、弓引き動作中の体の重心について技術指導に役立つことが期待できる。

参考文献

- 1) 弓道教本 第一巻, 財団法人全日本弓道連盟.
- 2) 秀熊佑哉他: 京弓での弓引き動作時の筋活動, Dynamics & Design Conference 2007, 144-1, (2007).
- 3) 秀熊佑哉他: 京弓を用いた弓引き動作中の筋活動と弓の変形特性(移動・弓), ジョイント・シンポジウム講演論文集: スポーツ工学シンポジウム: シンポジウム: ヒューマン・ダイナミクス, p. 403, (2007).
- 4) 小野忠彦, 木村雄治, 福原郁郎: 弓道選手の重心移動について, Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine, 19(4), p. 144, (1970).
- 5) 谷口あき, 藤原素子: 弓道における引分けのスキルに関する筋電図学的分析, 日本体育学会大会号, (50), p. 735, (1999).
- 6) 細谷聡, 森俊男: 弓道の引分け動作に関する一考察-筋電図と画像による分析-, 日本武道学会 武道学研究 論文データベース, 第29巻, p. 2117, (1996).
- 7) 池田隼人, 小林祐介, 長坂明彦: 弓の変形特性,

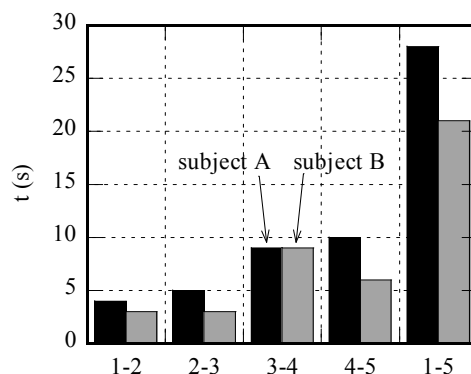


図7 弓引き時間 t の比較 (被験者 A, B)

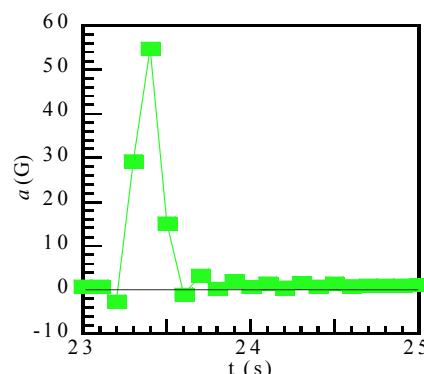


図8 弓の加速度 a と時間 t との関係 (被験者 A)

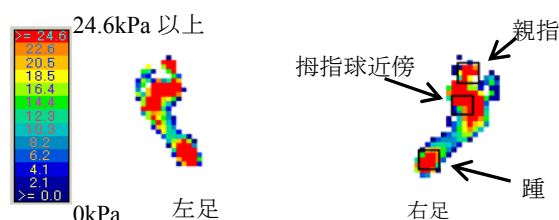


図9 足圧分布

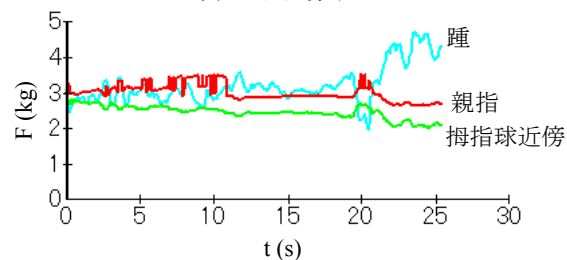


図10 足圧 F と時間 t との関係 (被験者 A)

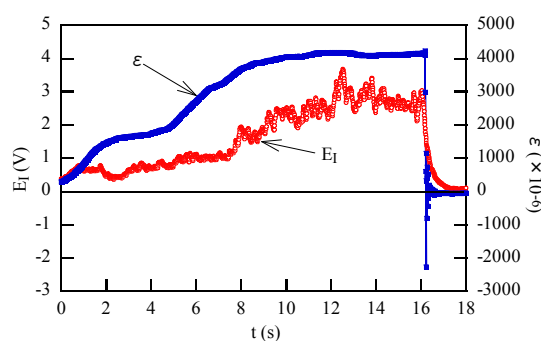


図11 筋電位 E_I およびひずみ ϵ と時間 t との関係

- 平成 21 年度 高専一長岡技科大（機械系）教員交流研究集会【研究情報交換会】，K-6，(2009).
- 8) 大槻敦巳，山中俊二：和弓における大変形特性の理論解析(GS04 大変形・非線形解析)，計算力学講演会講演論文集，2001(14)，pp. 39-40，(2001).
- 9) 大槻敦巳，大島成通，山中俊二，竹内弘樹：和弓の大変形解析，計算力学講演会講演論文集，
- 10) 大槻敦巳，大島成通，山中俊二，竹内弘樹：和弓 2000(13)，pp. 61-62，(2000).
- 11) 石岡久夫，川村自行，松永郁男：弓道における離れの分析：押手の回転力操作について：6.キネシオロジーに関する研究，日本体育学会大会号(26)，p. 353，(1975).