



## フィジカル e-Sports の実現に向けたインターフェースと身体性の関係の解析と検討

神奈川工科大学 情報学部 情報メディア学科  
准教授 安本 匡佑

### 1. 目的

本研究の目的は身体性を重視し、身体を鍛えることで上達し、身体を全力で動かし、現実と同様の能力を使ってプレイできる新たなスポーツを実現することであり、そこに様々なxR技術を組み込むことで新たな面白さを生み出す。これまでに実績のある弓をモチーフとして、すでに国内外での発表や展示の実績のあるVAIR Fieldで用いているVAIR Bowをベースに、現実に近い体験を実現するために、インターフェースと身体の関係の解析し、改良した新たな弓形のデバイスあるいはシステムを制作することである。このため弓の正確なセンシング手法の確立と弓の挙動を明らかにし、生体計測により弓デバイスと実際のアーチェリーの違いを明らかにし、弓デバイスの制作の方向性を明らかにする。

### 2. ひずみと弦の正確な関係

これまでの弓デバイスでは歪ゲージにより弦の引き量を推定していたが、その値は正確ではなかった。弓（リカーブボウ）のシミュレータとしてトレーニングにも使用可能なものとするため、より正確な推定手法を確立する必要がある。まずは歪ゲージと弦の引き量、力の関係を明らかにするため、Fig.1の専用の計測装置をアルミフレームで制作し、そこに弓を固定し、フォースゲージによって弦の引く力と引き量、弓のグリップに装着した歪ゲージの値を同時に計測できるようにした。また弦の引く位置を変えて計測も行った。

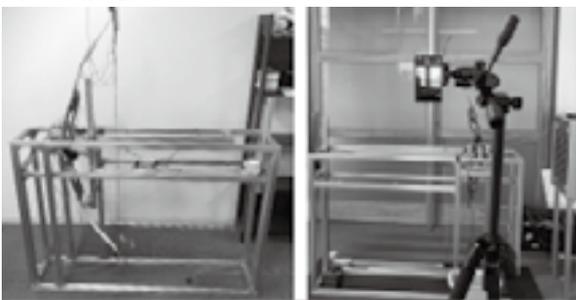


Fig.1 弓固定台 (左) と射撃計測装置 (右)

実験に先立ち歪ゲージの位置の検討を行い、グリップ上部のリムの固定部分の複数箇所歪ゲージを張り付けて位置の調整も行った。これらの実験から、弦の引く量と引く力、弦を引く位置に影響されることなく正比例していること、歪ゲージの位置によ

り値は変わるが引き量と歪ゲージの値は比例していることが分かった。

次に歪ゲージをグリップの上下に張り付け、それを同時に計測した。これにより弦を引く位置により上下の値が変化することが分かり、2カ所の値の比率から弦のどの位置を引いているのかが推定できるようになった。

### 3. センサにかかる衝撃の軽減

弓の位置計測にはVive Trackerを使用しているが、射撃時の衝撃でセンシングが狂うことが分かっており、これを解決するためにショックアブソーバ、リニアブッシュ、構造や形状を変えることで安定したVive Trackerの弓への固定方法を模索した。

### 4. 矢の有無による差異

矢の有無により射撃時に弓にどのような差異があるのかを明らかにした。これまで頻りに弓の空射ちが危険という指摘がされていたが、洋弓ベースの参式電子弓やVAIR Bowではこれまでに一度も弓の破損が確認されておらず、その安全性を客観的に示すことが必要であると考えたからである。

測定は専用の射撃台を制作し、そこにM5Stickを装着した弓を固定した。計測はM5内蔵の加速度センサ、グリップのリム取り付け部直下と上下2カ所の歪ゲージと2つのHX711、さらに外部から960fpsでの高速度撮影によって実施した。高速度撮影した映像はAfter Effectsで1フレーム毎にトラッキングを行い、リム先端部と弦の矢をつがえる箇所を2カ所について分析を行い、結果はFig.2のようになった。

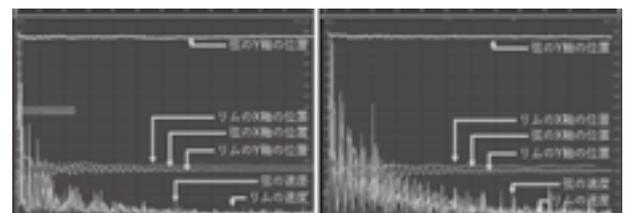


Fig.2 トラッキングの分析結果 (左が矢未使用、右が矢を使用) 弦はトリガー型のリリーサーで引き、リリーサーにはスイッチを固定しており、トリガーを引くことで自動的に電氣的に有線でマイコンに信号が送られ一定時間記録が行われる。フレームレートはおおよそ85.5fpsで記録され、記録が終了したらデータは自動で

PCに送信される。弦の引き量、射撃台に固定した定規で毎回正確に50cmを引いて射撃を行い、矢使用時直前に矢止めを設置した。矢使用時と未使用時でそれぞれ10射の試行を行い、結果の分析を行った。

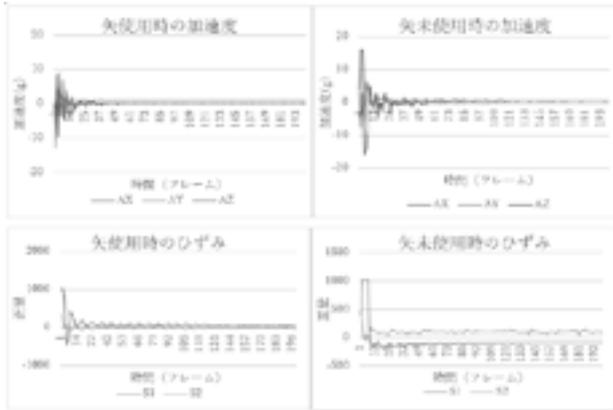


Fig. 3 矢使用時と未使用時の加速度とひずみの関係

高速度撮影から、矢を使用しない場合は弦のX軸方向(矢の進行方向)の振動が不規則になること、リムのX軸方向の振動が増加すること、リムの速度が低下し、早く収束することが半明した。Fig. 3のように加速度ではグリップにかかるZ軸方向(矢の進行方向)の変化が最も大きく、矢を使用しない場合に加速度が計測上限の±16gを超えて矢を使用した場合よりも衝撃が大きく収束時間も時間がわかることが分かった。歪の計測からは矢を使用しない場合は歪も異常値を示し、不安定であることが分かった。これらのことから矢の有無によりグリップに伝わる衝撃そのものが違うため、矢を使用するか矢の発射を防止することが有効である可能性が示唆され、防止装置を制作したが1回の射撃で破損したため、今後の課題とした。また合わせて空射ちを数百射行い、弓の破損や弦が外れることがないことを確認した。これらのことから12ポンドのリムで矢を使用しない場合でも十分に安全であることが確認されたが、弓の威力が十分にあることも確認されたので、フィジカルeスポーツとして人に向けて使用する場合は空射ちやより小型の弓にしたほうが良いだろう。

### 5. 身体性の検測と生体計測



Fig. 4 計測の様子 (左上:パターン1, 右上:2, 下:3)

本物のアーチェリーと矢を使用しない弓デバイスとどのような違いがあるのかを明らかにするため、複数の生体計測を実施した。被験者は男子学生のアーチェリーアスリートである。実験方法としては室内練習用の矢止めの的に向かって次の3パターンで射撃を行った。

1. 40ポンドの競技用リカーブボウ、矢ありで的を射る
2. 12ポンドの競技用リカーブボウ、矢なしで的を射る
3. 12ポンドのVAIR Bow、矢なしでMRの的を射る

Fig. 4のように計測は全身の動きを慣性式モーションキャプチャXsense MVNで、視線計測をメガネ型のPupil Coreで、表面筋電をBioSignals Pluxで同期して実施した。

動きの分析から弓に矢をつがえる射撃動作の時間に大きな違いがみられたが、矢の有無やリムの強度による有意差は認められなかった。

視線の分析からは矢を使用する際は矢がつがえるため、手元を中心点に来ること、物理的な的がある場合は構え始めると同時に的からは視線が動かないが、パターン3の場合は実物のMRマーカーとなるVive Trackerを見た後にVAIR Bowに取り付けたスマートフォン上の的で視線が移動する。

表面筋電は左僧帽筋、左菱形筋、左大胸筋、左上腕三頭筋、左前腕筋、右僧帽筋、右大胸筋、右前腕筋の8カ所を被験者からのヒアリングをもとに使用していると思しき箇所の測定をおこなったが、有意な結果は得られなかった。

現在本システムを改良し、全身の動き、表面筋電、弓の加速度、ひずみ、位置を同期してリアルタイムで取得できるシステムを開発しており、実験が可能となったなら人を使った計測を行いたい。

### 6. コンテンツへの応用

本研究の成果をもとに、VAIR Fieldを拡張する形で現在コンテンツの制作を行っており、Photonを使用したネットワークでの対戦や、より高精度な弓のシミュレーションが実現可能となるだろう。

### 7. 展示・発表

本研究の成果は国内外で以下の発表展示を行った。SIGGRAPH ASIA 2019, Emerging Technologiesでの展示及び発表“Physical e-Sports in VAIR Field system”、HCI International 2020での発表“Possibility of Using High-quality Bow Interface in VAIR Field”、DCEXPO2019での展示。また本研究の成果のうち弓の弦の引く位置の推定に関して特許申請を行った。

### 8. 謝辞

本研究に際して多大な助成を頂いたことに対して感謝の意を表します。