

空気抵抗モデルを導入した VR 弓道システムの開発

佃 吉央[†]

桑原 綾汰[†]

小枝 正直[†]

Yoshio Tsukuda

Ryouta Kuwahara

Masanao Koeda

1. はじめに

弓道は天候の影響を受けやすく、屋根がない弓道場では雨天に矢を射る練習を行えない。実際に矢を射ても雨風の影響を受けた矢の軌道は晴天時とは異なり、感覚がずれる、また雨天で使用した矢は劣化が進むため、本来より矢の廃棄は早まる。したがって、雨期や梅雨の時期には矢を射る機会が減り、矢を射る感覚が薄れてしまう。そこで天候の影響を受けない仮想空間でのリアルな弓道の練習が望まれている。

星野ら [1] は、Microsoft Kinect v2 センサ (以下、Kinect) を用いて利用者と弓道経験者の射形の違いを視覚的にフィードバックするシステムを開発し、弓道指導者と本システムの指導がどの程度一致しているかを評価した。武田ら [2] は、Kinect を用いて利用者の三次元関節位置を計測し、独自に設定した射法八節の評価基準から誤差がある姿勢をフィードバックするシステムを開発した。これらの研究は、射法八節姿勢の補正などのフィードバックは行っているが、矢を射て的中する練習には利用することはできない。

我々はこれまでに弓道の射法八節に注目し、利用者の姿勢を Kinect で計測し、経験者の射法八節姿勢との差をコンピュータグラフィックスを用いてリアルに提示する VR 弓道システムを開発し、有効性を検証した [3]。本システムに仮想空間内で矢を射ることが可能な「射システム」を追加で実装し、現実環境により近い練習が可能な VR 弓道システムを開発した。本稿では、本システムに実装した矢の空気抵抗と、空気抵抗による矢の軌跡の検証について述べる。

2. VR 弓道システム構成

本システムは、Intel Core i7-7700HQ, 16GB メモリ, NVIDIA GeForce GTX 1070 を搭載した PC (Windows 10) 上で Unity 2018.2 を用いて開発をした。また利用者の姿勢推定に Kinect を用いた。Unity の仮想空間内で矢を射ることが可能な射システムの実行の様子を図 1 に示す。近的弓道に従って、的の直径を 36cm, 的から射場までの距離を 28m とした。また矢の質量は 26g とした。本システムでは Kinect から得られた利用者の姿勢を Unity 上の 3D 人型モデルと同期させる。3D 人形モデルとして Unity Technologies Japan が提供する Unity-Chan [4] を利用した。利用者は勝手 (右手) の人差し指に小型無

線マウス (サンワサプライ社製 400-MA077) を装着し、左クリックで矢を射る。

3. 矢にかかる空気抵抗

空気抵抗は物体が空気中で動くとき、または空気の流れの中で物体が静止している時に進行方向や空気の流れとは逆方向に生じる力である。空気抵抗の大きさは物体の形状や大きさ、速度によって複雑に変化し、様々な運動モデルが提案されている。ここでは単純に、速度の 2 乗に比例する $F = -k v^2$ の運動方程式で実装する。 F は空気抵抗、 k は空気抵抗係数、 v は矢の速度を表す。

空気抵抗係数は文献 [5] を参考に、仰角 $\theta = 0$ のときの値 $k = 1.51$ を用いた。また羽も考慮し和弓の矢の直径を 36mm としして設定し、断面積は $1.54 \times 10^{-3} \text{m}^2$ として実装した。

4. 実験

被験者を Kinect から約 2 メートル離れた位置に立たせ、矢を射る動作をさせる。本実験では矢の初速は 60m/s とし 2 本の矢を同時に射出し、一方は空気抵抗なし、他方は空気抵抗を付与した。射出した 2 本の矢の軌跡を図 2, 的の中心から見た矢の的中位置を図 3, 的の中心からみた矢の的中位置を表 1 に、また矢の的中位置をグラフ化したものを図 4 に示す。的座標系を図 5 に示す。これらの結果より、空気抵抗モデルを導入することで、現実の弓道により近い実装ができていることが分かる。

今回導入した空気抵抗モデルの効果を十分に検証するため、検証用の単純な仮想空間を作成し、空気抵抗係数 0, 1.51, 15.1, 151 の際の矢の軌跡を記録した。その結果を図 6 に示す。ここでの矢の初速は 60m/s, 矢の射出角度は 45 度とした。得られた結果より、実装した空気抵抗モデルにより矢が想定通りに運動していることが分かる。



図 1: 射システム画面

[†] 大阪電気通信大学

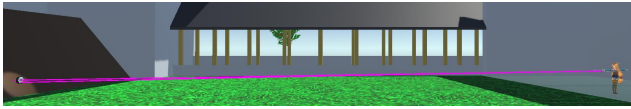


図 2: 矢の軌跡

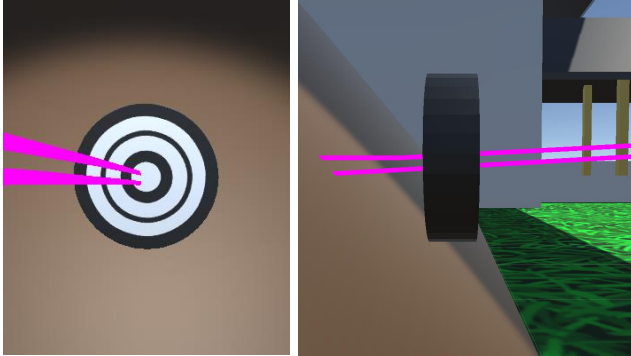


図 3: 矢の的中位置

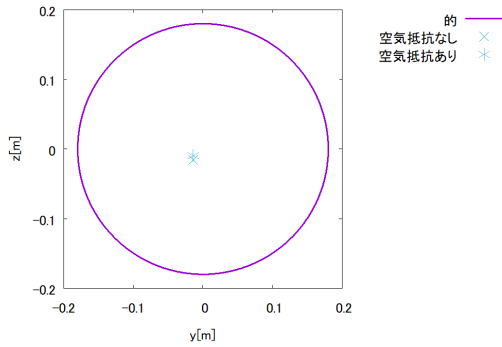


図 4: 矢の的中位置グラフ

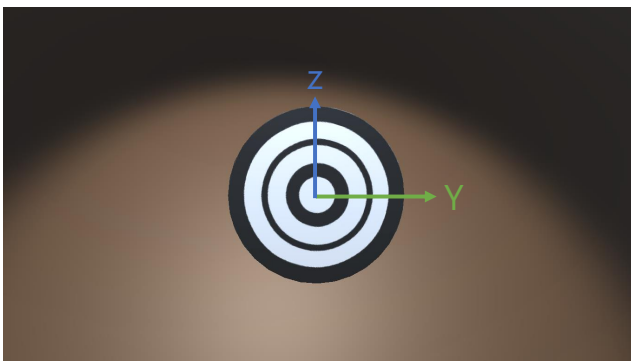


図 5: 的座標系

表 1: 矢の的中位置

空気抵抗	Y [mm]	Z [mm]
あり	-13	-8
なし	-13	-13

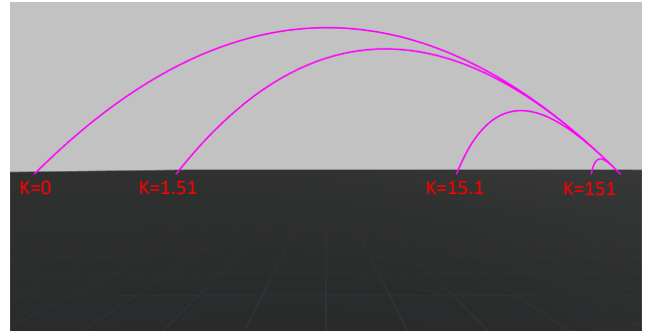


図 6: 空気抵抗係数による軌道の変化

5. 終わりに

本研究では、矢に掛かる空気抵抗を実装した VR 弓道システムを開発、検証した。前システムと比較して現実に近い矢の運動が実現できているが、単純な空気抵抗モデルを用いたため、まだ現実の矢の運動との差は大きい。

今後の予定として、矢の回転運動を考慮したより現実に近いモデルを導入する。また弓道経験者による実験を実施する。

参考文献

- [1] 星野直樹, 盛川浩志, 小宮山撰, ”射形のモーショングレードを用いた弓道訓練システムの実装と評価”, 情報処理学会第 79 回全国大会, pp.4.287-4.288, 2017.
- [2] 武田宗, 岩館健司, 鈴木育男, 渡辺 美知子, ”弓道における射法八節の学習支援に関する基礎研究”, 精密工学会学術講演会講演論文集 pp.25-26, 2017.
- [3] 佃吉央, 小枝正直, ”弓道における射法八節姿勢提示システムの提案と評価”, 2018 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, 2018.
- [4] Unity-Chan, http://unity-chan.com/contents/license_jp/ © UTJ/UCL.
- [5] 大川恭平, 田口智清, 宮寄武, 杉浦祐樹, ”矢の空力特性に対する細長比の影響”, ながれ (日本流体力学会誌) 第 32 号, pp.449-456, 2013.