

1 はじめに

本研究では、馬術における障害飛越競技において、馬をどの程度の速さで走らせると最も効率的なのかということを、有理ベジェ曲線の曲率を使用することによって算出し、手軽なアプリケーションとしての実用化の可能性を提示した。

障害飛越競技を行うにあたり、あらかじめ馬の歩数やスピードを予測しておくことは大変重要なことであるが、その予測はすべて選手の経験のみに委ねられ、経験の浅い選手にとってはほぼ不可能なスキルである。しかし、不適切なスピードでの走行は競技で勝てないだけでなく、人や馬の怪我にもつながる。本研究の目的は、障害馬術に数学による客観的な予測を取り入れることにより、乗馬初級者～中級者への技術的、及び安全面でのサポートを行うことである。

2 研究内容

研究は2つの部分に分かれている。1つは計算式の構築で、もう1つは競技で使われる経路及び馬の動きの数値化である。

計算式については、幾何学の基本である曲線の曲率の公式を利用して、1つの有理ベジェ曲線につき9個のデータ(3点の xy 座標とそれぞれのおもみ)を入力することにより曲率 $\kappa(t)$ を出力する式を構築した。

経路の数値化は、与えられた経路表の曲線に類似したベジェ曲線を制御点とおもみを用いて描画することにより、計算式で用いる9個のデータを算出した。

馬の動きの数値化は、実験により、馬の走る速さ、歩幅、曲率の3要素を単純な方程式で関連付けた。

3 研究結果

馬が駈歩で走る際の、歩幅を x 、分速を y 、走行経路の曲率半径を z としたとき、 x, y, z の関係式を以下に示す。ただし、これについては馬によって個体差がある。本研究で使用したデータは、名古屋工業大学所有のミラージュ号についてのデータである。

$$y = 0.894x + 34.58 \quad (250 \leq x \leq 430)$$

$$y = 13.11z + 146.33$$

次に、曲率 $\kappa(t)$ を導出する計算式を示す。ただし、3つの制御点 P_0, P_1, P_2 の座標を $(a_0, b_0), (a_1, b_1), (a_2, b_2)$ とし、それぞれのおもみを $\omega_0, \omega_1, \omega_2$ とする。また、 t は、与えられた曲線について始点を0、終点を1としており、今回の実験では $t = \frac{1}{2}$ と定め曲線の中間点

の曲率を導出した。

$$\begin{aligned} \kappa(t) = & \frac{1}{2} \left\{ \omega_0 \omega_1 \omega_2 (a_2(b_0 - b_1) + a_0(b_1 - b_2) \right. \\ & \left. + a_1(b_2 - b_0)) \right. \\ & \left. \times \left((t-1)^2 \omega_0 + t(-2(t-1)\omega_1 + t\omega_2) \right)^6 \right\} \\ & \times \left\{ (t-1)^2 \omega_0 + t(-2(t-1)\omega_1 + t\omega_2) \right\}^{-3} \\ & \times \left\{ \left(a_2 t (\omega_0 - t\omega_0 + t\omega_1) \omega_2 \right. \right. \\ & \left. \left. - a_0 (t-1) \omega_0 ((t-1)\omega_1 - t\omega_2) \right. \right. \\ & \left. \left. + a_1 \omega_1 ((t-1)^2 \omega_0 - t^2 \omega_2) \right)^2 \right. \\ & \left. + \left(b_2 t (\omega_0 - t\omega_0 + t\omega_1) \omega_2 \right. \right. \\ & \left. \left. - b_0 (t-1) \omega_0 ((t-1)\omega_1 - t\omega_2) \right. \right. \\ & \left. \left. + b_1 \omega_1 ((t-1)^2 \omega_0 - t^2 \omega_2) \right)^2 \right\}^{-\frac{3}{2}} \end{aligned}$$

4 結論と今後の課題

以上の計算式を用いることにより、制御点の情報を入力することで任意の曲線の曲率を導出することができ、導出された曲率から馬の適正な速度を知ることができる。

ここで実用化に向けて課題となるのが、利用者がどのようにして制御点の情報を得るのかということである。今回の実験では、与えられた経路表を基にして仮の制御点を入力 → ベジェ曲線の出力 → 出力されたベジェ曲線と実際の曲線の類似性の判断 → 制御点の決定という手順になっており、実質二度手間になっている。そこで、制御点からベジェ曲線を作るのではなく、ベジェ曲線から制御点を逆算する手法を考える。

そこで私は、スマートフォンなどのアプリケーションとしての実用化を考え、次のような提案をする。

まず利用者は経路表の写真を撮るなどして、画像データをスマートフォン上に表示する。次に、表示された曲線を指でなぞることによって曲線のデータを入力し、それに応じた制御点が出力される。このような仕組みを作れば利用者は、経路表の写真を撮り、任意の曲線を指でなぞるだけで、馬をどのくらいの速さで走らせ、障害と障害の間を何歩で走れば良いのかということを知ることができる。つまり、これまで馬術の熟練者にしかできなかった障害間の走り方の予測が、誰でも手軽に行えるようになるのである。

参考文献

- [1] 魏 大名, “コンピュータグラフィックス”, オーム社, 2009.
- [2] 中内 伸光, “じっくり学ぶ曲線と局面-微分幾何学初歩-”, 共立出版, 2005