ラグビーボールフライトの多目的最適化

Multi-optimization of rugby ball flight

○ 正 瀬尾和哉 (山形大学地域教育文化学部) 正 小林修 (東海大学工学部)
村上正秀 (筑波大学大学院システム情報工学研究科)

Kazuya Seo, Faculty of Education, Art and Science, Yamagata Univ, 1-4-12 Kojirakawa, Yamagata, Japan
Osamu Kobayashi, Dept. of Aeronautics and Astronautics, Tokai Univ, 1117 Kita-Kaname, Hiratsuka
Masahide Murakami, Inst. of Eng. Mechanics and Systems, Univ. of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba

Key Words: Goal kick, Generic algorithm, Kick into touch, Multi-optimization, rugby

1. はじめに

ラグビーにおけるスクリュキックの最適蹴り出し条件、ゴールキックの最適蹴り出し条件について報告する。

2. 風洞試験

長軸及び短軸周りに回転するラグビーボールに働く空力6分力を計測した。実験条件は風速 $U < 30\text{m/s}$, 回転速度 $\omega < 10\text{rps}$ である。長軸周りに回転する場合は、ローリング&ヨーイングモーメントが無視できる程度であったため、実質的には4つの空気力: 風速 U 方向に働く抗力 D , 流れに垂直で上向きに働く揚力 L , 両者に垂直な横力 S , S 軸周りのピッチングモーメント M , を測定した。長軸周りに回転する場合は、ローリング&ピッチングモーメントがほぼ0であったため、次の4つの空気力: D , L , S & ヨーイングモーメント N を測定した。

3. スクリューキックの最適蹴り出し条件

スクリュキックの最適蹴り出し条件を Fig.1 に示した。飛翔軌跡は、実験による空気力に基づき13個の連立微分方程式を数値的に解くことによって得た⁽¹⁾。縦軸に飛距離、横軸に回転速度 $\omega_0(\text{rps})$ とピッチ角 $\theta_0(^{\circ})$ をとった。ピッチ角 θ_0 はボール長軸と水平面のなす角度である。蹴り出し時の速度は $U_0 = 25\text{m/s}$, 迎え角は $\alpha_0 = 0^{\circ}$ である。実験した範囲では $\omega_0 = 10\text{rps}$ 近傍, かつ $\theta_0 = 45^{\circ}$ 近傍で蹴り出すと飛距離 60m 以上になる。

Fig.1 Optimal initial window of the kick into touch at $U_0 = 25\text{m/s}$ & $\alpha_0 = 0^{\circ}$.

4. ゴールキックの多目的最適化

最も確実にゴール成功するための最適蹴り出し条件を遺伝的アルゴリズムにより求めた。最も確実に成功するゴールキックとは、両ポストの真中を通過し、かつクロスバーとボールの高度差が大きなキックである。ここでは、22m ライン上, 左斜め 45° からのゴールキックを最適化した。飛行軌

跡を計算する際の初期条件は Table 1 の7つとした。これらが最適化の制御変数である。全てキッカーが操作可能な初期条件である。

番号	制御変数	記号
①	速度ベクトルの大きさ	U_0
②	速度ベクトルと水平面のなす角	α_0
③	速度ベクトルと鉛直面のなす角	β_0
④	回転速度	ω_0
⑤	長軸と鉛直面のなす角	ψ_0
⑥	長軸と水平面のなす角	θ_0
⑦	回転軸と水平面のなす角	ϕ_0

Table 1 Control parameters.

Fig. 2 Pareto optimal solutions of a goal kick.

Fig. 3 Initial angles of the velocity vector.

Fig.2 は左斜め 45° からのゴールキックのパレート解である。横軸が両ボールの中心とボールとの横方向偏差, 縦軸がボールとクロスバーの高度差である。偏差が小さい(最適)ほど, 高度差は小さく(最適ではない), 偏差が大きい(最適ではない)ほど, 高度差は大きい(最適)。このように両目的関数を同時に満たすことは不可能である。Fig.3 はパレート解に対応する速度ベクトルの仰角 α_0 とヨー角 β_0 の関係である。仰角は $41 < \alpha_0 < 43^{\circ}$, ヨー角は $42 < \beta_0 < 45^{\circ}$ の範囲である。ヨー角 $\beta_0 = 45^{\circ}$ ならば, 速度ベクトルは両ボール中心を向く。 $\beta_0 < 45^{\circ}$ は両ボール中心よりも左側をボールが通過することを意味する。同様に, パレート解に対応する姿勢角を求めると, 回転軸と速度ベクトルのなす角度は 89° になる。

引用文献

- (1) 瀬尾和哉, 小林修, 村上正秀, 最も確実なラグビーゴールキック, 日本流体力学会年会 2005, CD-ROM 論文集, (2005).