

カーリング石の運動解析

Movement analysis of curling stone

*対馬 勝年、森 克徳

*Katsutoshi Tusima, Katsunori Mori

YouTubeを通して数多くのカーリング世界選手権大会実況映像を見ることができる。この映像をムービーメーカーで開くとコマ送り画面化され、画面の記録時間 t が $0.03\sim 0.04$ 秒間隔で表示されるから石の運動解析に役立つ。リンクには両端のハウス間を結ぶ中心線が引かれているから石の滑走時間 t とカール距離 C (中心線からのずれ)、自転角の変化 n (ストーン上面のハンドルの向きや銘板が目印)、滑走距離 s (hogline間距離21.85m、ハウス内の円の大きさ半径 0.15m , 0.61m , 1.22m , 1.83m 、リンクの幅 4.8m そのほか氷の内部の埋め込まれた絵や文字、石の直径 0.3m などを手掛かりとした)を読み取った。ストーンは初めほぼ直線的に進み、終端の12秒ほど手前からカールし始め、その後経過時間に比例してカール距離が増大し、停止時の C は1m内外であった。 n は6~10秒に1回転で、終端に近づくほど1回転に要する時間が長かった。自転に対する摩擦係数は驚異的に小さく $0.0001\sim 0.00001$ のオーダーと見積もられた。ストーンを放出するhoglineから停止までの時間は23秒内外であった。hoglineとハウスの中心を通るTeeline間の距離は29mであるが、滑走距離 s と滑走停止時間 t から平均摩擦係数を $\mu = 2s/(gt^2)$ (ただし g は重力加速度)として見積もった。 μ は初め 0.009 程度と小さくほぼ一定値を維持したが、終端から12秒ほど手前から増大をはじめ終端近くで 0.02 程度まで増大した。滑走速度 v_0 を $v_0 = (2\mu gs)^{1/2}$ として定めた。速度 v は時間に対し大雑把には直線的に減少していた。これらの関係から $C-s$ 、 $\mu-s$ 、 $\mu-v$ 曲線を描くことができた。また $\mu-s$ 曲線の面積 $\int \mu s ds$ が摩擦エネルギーに相当することから $\int \mu s ds = g \int \mu s ds$ とにおいて真の摩擦係数 μ の図に補正することができた。これらの解析からカールの開始と摩擦係数の増大が対応していることが確認された。

カール開始からの時間を τ とすると、 $C=k\tau$ であったことから、 $vc=k$ 、 $dv/d\tau=0$ となり、FB説が主張する横力つまりカール方向の力は見いだされなかった。 $C-s$ 曲線はLR説から導かれるカール式 $C=(1/2r^2)y(y+r)\epsilon$ 、 $[r]$ はランニングバンドの半径、 ϵ は r だけ進んだときのカール]において $\epsilon=1\mu\text{m}$ としたときによく適合した。これは左右摩擦差が 0.002 程度になることを示唆する。

キーワード：カーリング、氷、カール

Keywords: curling, ice, curl