

# 打撃用具の高機能化研究

製品科学課 浦上 晃, 溝口 正人  
金沢大学 一重洋太, 香川博之, 米山 猛

## 1. 背景

本研究では、県内のスポーツ用品製造業に関連する近年の用具ニーズに対応するための基礎研究を行い、打撃性能の改善やモデル化の妥当性を検討した。本報では、ホッケースティックの打撃性能向上を目指した仕様改善による効果と、有限要素法による打撃シミュレーション解析の検証結果について報告する。

ホッケースティックは、素材がFRPになった現在も木製時代の伝統的な形状が踏襲されているが、最大反発点がシャフト上に位置することから選手は屈んだ姿勢でボールを打撃しており、身体的負担が大きい。そこで、スティックのスイートスポットの評価指標である、撃心、固有振動の節、最大反発点の位置とスティックの重量バランスとの関係について調べ、実験的な手法により改善方法を検討した。また、将来的に有限要素解析による検討を進めるため、スティックとボールの解析モデルを構築した。

## 2. 質量バランスと打撃特性評価

### 2.1 実験方法

スティックに錘を付けて質量バランスを移動させると、固有振動の節や重心、撃心の位置および慣性モーメントの大きさが変化するため、同一のスティックを用いて各物性をある程度制御することができる。

鉛製の100gの錘を、CFRP製ホッケースティック(長さ925mm, 質量522g, グリップエンドから152.4mm点まわりの慣性モーメント $0.125\text{kg}\cdot\text{m}^2$ )に装着し、上記の物性値を測定するとともに、ボール衝突試験によりスティック各部における反発係数を測定して打撃特性の改善効果を調べた。錘の装着位置を3ヶ所設定して、装着なしを「Normal」、グリップエンド部に付けた場合を「+GRIP」、シャフト中央付近に付けた場合を「+12in」、ヘッド部に付けた場合を「+HEAD」として、4条件による特性を比較した。

### 2.2 実験結果

錘の装着条件によるスティックの物性を測定した結果を表1に示す。表1より、同一のスティックでも錘の位置により各物性が変化していることが確認できる。錘をヘッド部に付けた場合では、錘無しに比べて撃心

(COP)及び1次固有振動の節(1st Node)の位置がヘッド側に移ることから、打撃特性の改善が期待できる。

表1 スティック各物性値の比較

	MOI [ $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ ]	COP [mm]	1st Node [mm]	2nd Node [mm]	3rd Node [mm]
Normal	0.125	751	770	832	840
+GRIP	0.126	796	750	810	827
+12in	0.126	720	773	831	835
+HEAD	0.180	791	793	837	838

ボール衝突試験(ボール速度=18m/s)により得られた反発係数の分布を図1に示す。グラフの横軸はスティック上の衝突位置のグリップエンドからの距離を、縦軸は反発係数を示したものである。

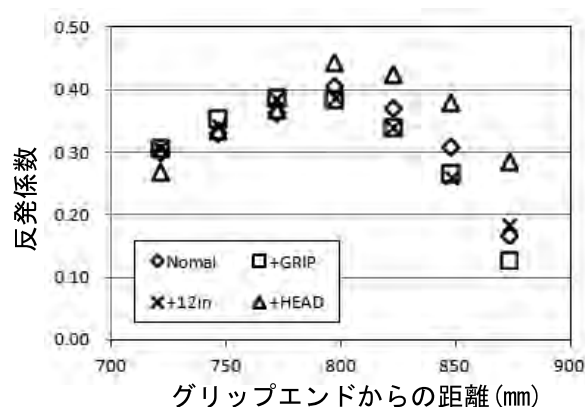


図1 反発性試験結果

「+GRIP」は「Normal」と比べて、撃心はヘッド側へ、固有振動の節は1~3次モード全てグリップ側に移動した。反発係数に関しては800mmよりヘッド側では減少、グリップ側では増加した。「+HEAD」は「Normal」と比較し、2,3次モードに関してはほとんど変化がなかったが、撃心と1次モードはヘッド側に移動し、反発係数に関しては特に800mmよりヘッド側で大きく増加した。固有振動の節近傍で打撃を行うとボールの運動エネルギーがスティックの振動運動に変換されないことを考慮すると、「Normal」の1次固有振動の節から移動した方向の反発係数が向上、つまり「+GRIP」ならグリップ側、「+HEAD」ならヘッド側の反発係数が向上していると考えられる。

「+12in」では「Normal」と比べて、撃心の位置がグリップ側に移動した。振動の節の位置はほぼ変化がないが、800mmよりヘッド側の反発係数が低下、グリップ側では増加した。撃心が移動した側の反発係数が向上する傾向は「+HEAD」でも同様に確認できるが、「+GRIP」ではその傾向を示さない。1次固有振動節の方が撃心よりも反発係数への影響に優位性を持つことが考えられるが、具体的な要因に関しては現在検討中である。

### 3. 有限要素法によるシミュレーション

#### 3.1 実験方法

今後のホッケースティック開発や打撃性能評価を効率的に行うため、有限要素モデルを構築し、打撃実験結果と比較することで解析の妥当性について検討した。

本研究のボールモデルには、弾塑性体コアを弾性体スキン層で覆う2層構造モデルを採用した。また、スティックは、ヤング率12.6GPa、ポアソン比0.3、密度650kg/m<sup>3</sup>一定の弾性体とした。

#### 3.2 実験結果

ボールモデルを使用して、剛体壁に衝突させたときのボールの反発係数を求めた結果を図2に示す。図2より、本解析のモデルは実際のホッケーボールの実測値とほぼ一致した反発特性を持つことがわかる。

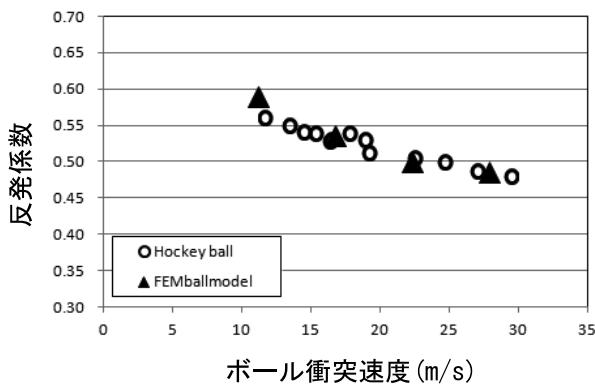


図2 ボール反発係数の比較

従来型および改良型の2種類のスティックによるFEM打撃シミュレーション結果を図3に示す。図3より、実験値とシミュレーション結果はよく似た傾向を示していることから、本モデルによる反発係数の解析手法はほぼ妥当であると考えている。今後もこのモデルを使用して精度を高める解析手順の検討を行うとともに、スティック形状の改良やボール速度の影響などさらに詳細な解析を進める必要がある。

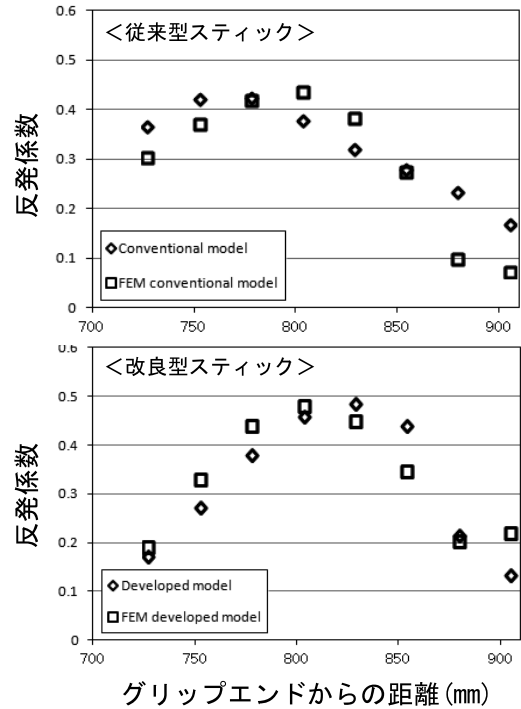


図3 FEM打撃シミュレーション結果

### 4. まとめ

本研究では、ホッケースティックに錘を装着し、撃心や固有振動の節を移動させることにより、同一のスティックでも高反発領域の位置制御が可能であることを確認した。また、有限要素法により打撃シミュレーションを行った結果、解析結果と実験値はよく似た傾向を示し、モデルの妥当性を確認できた。

キーワード：フィールドホッケースティック、反発係数、振動特性、有限要素法

### Development of the evaluation method of the field hockey stick

Product Development Section Akira URAKAMI, Masato MIZOGUCHI  
Kanazawa Univ. Youta ICHIYU, Hiroyuki KAGAWA and Takeshi YONEYAMA

The purpose of this study is to develop the newly field hockey stick with high performance. A stick for examinations was suggested which a weight was added in three positions on the stick to change the mass balance, and examined the physical properties such as center of percussion, moment of inertia and hitting performance of coefficient of restitution. As a result, in case of head position, the center of percussion moved to the stick-head side by 40mm, and an effective possibility was shown in the ball speed by the result of ball collision test. As a result of the analysis of ball collision simulation by a finite element method, the simulation result almost accorded with the experimental value and the validity of the FEM model was confirmed.