815 FEM によるローラ式ピッチングマシンの投球シミュレーション解析

Throwing simulation analysis of the roller type pitching machine by FEM

正 尾田 十八 (金沢大)

正 酒井 忍 (金沢大)

○学 河田 憲吾 (金沢大院)

Juhachi ODA & Shinobu SAKAI, Kanazawa University, Kakuma-machi, Kanazawa

Kengo KAWATA Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University

Key Words : Pitching Machine, Base Ball, Neural Network, Intelligent Machine, FEM

1. 緒言

当研究室では以前より、3 ローラ式ピッチングマシンとその制御法に NN (ニューラルネットワーク) を用いることで、任意の変化球を希望するコース、速度に投げ分けられるピッチングシステムの研究開発を行ってきた。その過程において、硬球の縫い目がローラと接触することによって投球の軌道が想定外なものとなり、投球精度が著しく変化することが確認された。そこで、本研究ではローラとボールの接触状態や動的挙動、縫い目が投球に与える影響を明らかにすることなどを目的として、動的 FEM を用いた投球シミュレーション解析を行った。

2. 開発した新型ピッチングマシン^{(1)~(3)}

今回開発したピッチングマシンの外観写真を図 1 に、その構造および制御システムを図 2 に示す。3 つのローラは 120 度間隔に設置されており、各ローラの回転数は 0~2300rpm の範囲で可変である。さらに、マシン本体の上下角 θ が -4° ~ $+8^{\circ}$ 、左右角 ϕ が -5° ~ $+5^{\circ}$ まで変化可能で、より広範囲のコースに任意の球速、球種のボールを投球できるように改良を行った。

3. 解析モデルと投球解析条件

3.1 解析モデル

上述のピッチングマシンのローラ部とボールを模擬した 3 次元モデルをコンピュータ上に作成し、それらに回転数を与えた。解析モデルの寸法および要素数を表 1 に示す。なお、ボールには縫い目のない真球モデルと、幅 7mm、高さ 1mm の縫い目のあるものの 2 種類を用いた。また、解析ソルバには汎用動的有限要素解析ソフト ANSYS-LSDYNA を用いた。

3.2 投球解析条件

ローラ投入時のボール姿勢を 4 シームおよび 2 シームに設定し

たものと真球モデルを表 2 に示した投球条件で解析する。なお、A はナックル (無回転)、B はストレート、C はカーブの球種をそれぞれ表している。4 シームでは図 3 中の N2 ローラに縫い目が接触し、2 シームでは N2, N3 ローラに縫い目が接触する。ボールの投入速度 V_0 は 30mm/s、ボールとゴムローラの接触摩擦係数 μ は

Fig.1 Appearance of the pitching machine

Fig.2 Constitution of the pitching machine

Table.1 Parameters of FEM model

アルミフランジ	内半径	140mm
	肉厚	55mm
	要素数	3072×3 = 9216
ゴムローラ	内半径	140mm
	外半径	160mm
	肉厚	55mm
	要素数	512×3 = 1536
ボール (硬球)	外半径	35mm
	要素数	真球モデル 6912 縫い目付き 1536

Table.2 Analysis condition

	N1 回転数	N2 回転数	N3 回転数	合計
A	1500rpm	1500rpm	1500rpm	4500rpm
B	1700rpm	1400rpm	1400rpm	4500rpm
C	1325rpm	1750rpm	1425rpm	4500rpm

静・動摩擦係数ともに 0.5 とした。

4. 解析結果

解析結果を球速、縦投射角、横投射角、自転数に分類し、比較する。なお、真球モデル (seamless) の結果を基準指標と置く。

・球速 V (図 4 参照)

縫い目の有無、およびボールの姿勢によらず、球速はほぼ同様の値 (87~90km/h) を取ることが示された。なお、3つのローラの合計回転数が 4500rpm となると、球速は約 87km/h となることが既に過去に実験により求められている。

・縦投射角 Θ (図 5 参照)

縦投射角は投球点の高低に大きく影響する重要なファクターである。4シームは全体的に投射角が低くなり、2シームはほぼ真球モデルと一致するものの、その絶対値が大きくなった。なお、+符号が上向き、-符号が下向きを示している。

・横投射角 Φ (図 6 参照)

横投射角は投球点の左右に影響する。ストライクゾーンは一般的に縦より横の方が狭く、また同時に、デッドボールの危険性もあるため、最も安定性が必要となる要素である。AおよびBにおいて、4シームでは多少の横投射角が発生している。4シームではN3ローラにのみ縫い目が接触する状態もあり、そのとき、今回とは正負逆の投射角が発生する可能性がある。これは、ローラ式ピッチングマシンでは、ボールの縫い目によって投射角が大きく変化し、それが投球精度を悪化させる大きな要因であると考えられる。

・ボール自転数 (図 7 参照)

ボールの自転数は球速と同様に、縫い目の有無やボールの姿勢による大きな差異はあまりなかった。

5. 結言

今回行った FEM による投球解析から、ボールの縫い目が投球にどのような影響を及ぼすのかを分析できたと考えられる。また、以前は理論によってのみ与えられていた自転軸の傾きが、本解析手法を用いることでより正確な値が得られるとともに、従来の理論の検証が可能となった。今後はこの手法を用いて投球精度の向上を目的に、最適なローラの材料や形状を探っていく方針である。

参考文献

- (1) 尾田 十八, 酒井 忍, 羽場 吉博, ニューラルネットワークを用いた 新型知的ピッチングマシンの開発とその性能評価, 日本機械学会 北信越支部第 39 期総会・講演会講演論文集, No.271-1, pp.351-352, 2002.
- (2) 尾田 十八, 酒井 忍, 羽場 吉博, ニューラルネットワークを用いた知的ピッチングマシンの開発研究, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.69, No.678, pp.135-140, 2003.
- (3) 尾田 十八, 酒井 忍, 河田 憲吾, NN を用いた多機能ピッチングマシンの開発研究, 日本機械学会 スポーツ工学シンポジウム講演論文集, No.04-29, pp.113-116, 2004

Fig.3 FEM model

Fig.4 Ball speed

Fig.5 Vertical angle of projection

Fig.6 Horizontal angle of projection

Fig.7 Ball Revolution