

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-125215

(P2009-125215A)

(43) 公開日 平成21年6月11日(2009.6.11)

(51) Int.Cl.

A63B 69/40 (2006.01)

F1

A63B 69/40 501B

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2007-301892 (P2007-301892)  
 (22) 出願日 平成19年11月21日(2007.11.21)

(71) 出願人 504160781  
 国立大学法人金沢大学  
 石川県金沢市角間町ヌ7番地  
 (74) 代理人 100114074  
 弁理士 大谷 嘉一  
 (72) 発明者 尾田 十八  
 石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内  
 (72) 発明者 酒井 忍  
 石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内  
 (72) 発明者 北河 勇一郎  
 石川県金沢市角間町ヌ7番地 国立大学法人金沢大学内

(54) 【発明の名称】 ローラ式ピッチングマシン

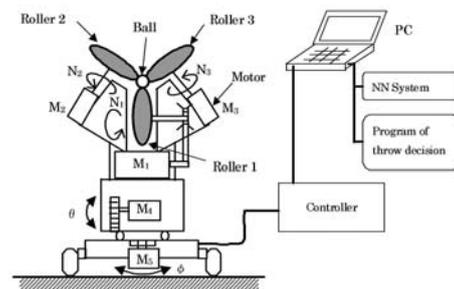
(57) 【要約】

【課題】 ローラ式ピッチングマシンにおいて、マシンに投入されるボールの縫い目姿勢の位置変化の影響を受けにくいロバストなピッチングマシンの提供を目的とする。

【解決手段】 ボールの発射方向周りに3つのローラを配置したピッチングマシンであって、3つのローラは、それぞれの回転を制御する回転駆動装置と、3つのローラで挟持及び発射するボール中心とローラ表面との距離を制御する挟持間隔制御装置を有し、ローラの表面は凸曲面形状に形成してあることを特徴とする。

ここで、ローラの表面の凸曲面形状の曲率半径は、 $R = 40 \sim 120 \text{ mm}$ の範囲であるとよく、ローラは、外周部をゴム弾性材で製作してあり、当該ゴム弾性材のヤング率が $E = 30 \sim 80 \text{ MPa}$ の範囲であるのが好ましい。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ボールの発射方向周りに3つのローラを配置したピッチングマシンであって、3つのローラは、それぞれの回転を制御する回転駆動装置と、3つのローラで挟持及び発射するボール中心とローラ表面との距離を制御する挟持間隔制御装置を有し、ローラの表面は凸曲面形状に形成してあることを特徴とするピッチングマシン。

## 【請求項 2】

ローラの表面の凸曲面形状の曲率半径は、 $R = 40 \sim 120$  mm の範囲であることを特徴とする請求項 1 記載のピッチングマシン。

## 【請求項 3】

ローラは、外周部をゴム弾性材で製作してあり、当該ゴム弾性材のヤング率が  $E = 30 \sim 80$  MPa の範囲であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のピッチングマシン。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明はボールを発射するローラ式ピッチングマシンに関し、特に投球精度の向上に効果的なローラ構造に係る。

## 【背景技術】

## 【0002】

現在、野球用ピッチングマシンとしてはアーム式とローラ式が市販されている。

アーム式は、速度を可変できるが、カーブなどの変化球を投げることは難しく、2つの回転ローラを持つ2ローラ式では、変化球も投球可能であるが、瞬時にそれを変更することは難しい。

また、いずれのタイプも任意のボールを希望するコースに投げ分けることは極めて困難である。

そこで、発明者らは3つのローラを用いた3ローラ式ピッチングマシンを提案し、各ローラの制御法にニューラルネットワーク (NN) を用いることで、任意の速度や変化球のボールを打者が希望するコースに投球可能なピッチングマシンを研究開発し、提案している。

しかしながら、開発したマシンを実用化するためにはコストを始めとした、いくつかの問題がある。

特に重要なこととして、打者にデットボール (死球) を絶対に投げない高い投球精度を有することである。

他方、プロ野球などで使用される硬式ボールには、特有の縫い目が付いている。

ボールとローラの摩擦力を用いて投球するローラ式ピッチングマシンでは、同じ投球条件下でもローラと接触する縫い目の位置や向きによってボールの回転や投射角度が微妙に変化し、その結果、投球精度が悪化することが一般に言われている。

本発明者の予備実験にても、硬式ボールの縫い目がローラと接触する仕方によって、ボールの回転や投射角が微妙に変化し、その結果、投球精度が低下することが実験的にわかってきた。

そこで、有限要素法 (FEM) を用いて3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を行い、投球時のボールの速度や自転回転数 (スピン) などのボールの動的挙動を明らかにし、マシンに投入されるボールの姿勢によって投球精度がどのように変化するのかを調べた。

また、それらの解析結果から最適なローラ形状および材質の検討を行った結果本発明に至った。

## 【0003】

【特許文献 1】特許第 3936539 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 61231 号公報

【発明の開示】

10

20

30

40

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

本発明は、ローラ式ピッチングマシンにおいて、マシンに投入されるボールの縫い目姿勢の位置変化の影響を受けにくいロバスタなピッチングマシンの提供を目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0005】

本発明に係るピッチングマシンは、ボールの発射方向周りに3つのローラを配置したピッチングマシンであって、3つのローラは、それぞれの回転を制御する回転駆動装置と、3つのローラで挟持及び発射するボール中心とローラ表面との距離を制御する挟持間隔制御装置を有し、ローラの表面は凸曲面形状に形成してあることを特徴とする。

ここで、ローラの表面の凸曲面形状の曲率半径は、40～120mmの範囲であるとよく、ローラは、外周部をゴム弾性材で製作しており、当該ゴム弾性材のヤング率が30～80MPaの範囲であるのが好ましい。

## 【発明の効果】

## 【0006】

本発明においては、3ローラ式ピッチングマシンのローラの表面を凸曲面形状にしたことによりボールの投入姿勢が2シーム、4シームにかかわらず投球精度が向上する。

特に、ローラ外周のゴム材のヤング率を30～80MPaにしてやや柔く設定し、ローラ表面の曲率半径を $R = 40 \sim 120$ mmの範囲にすると、投球の精度がさらに向上する。

これは、柔いローラ表面凸部がへこむようにボールを挟持しながら、その回転摩擦力で発射させるためであると推定される。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0007】

次に、本発明に至った解析経過を説明する。

発明者らは、これまで開発してきた3ローラ式ピッチングを用いてFEMシミュレーション解析を行った。

まず、図1に解析に用いたマシンの概要を説明する。

ボールは発射位置周りに120°間隔で設置されたゴム製ローラ(1, 2, 3)との摩擦力を利用して発射される。

各ローラにはそれぞれモータ(M1, M2, M3)を設置し、マシン下部にはマシン全体の仰角、偏角を可変する機構(M4, M5)を付加し、それらはすべてPCによって独立に制御可能である。

なお、各ローラの制御方法にはNN(ニューラルネットワーク)を用い、ローラの回転数などの各種パラメータを決定している。

ここで、NNの具体的な内容は特許文献1, 2の内容を取り込むことができる。

これより、本マシンは任意の球速、変化球(球種)のボールを広範囲のコースに精度良く投球できる。

また、室内で行った投球実験の結果から、一般に2シームと呼ばれる、ボールが1回転する間に縫い目が2回現れる状態で投球されたものが、4シーム(縫い目が4回現れる状態)とランダム(2シーム、4シーム以外の状態)に比べて目標点と到達点の距離のバラツキが小さく投球精度の高いこともわかっている。

## 【0008】

実験から得られた結果の確認および投球精度向上の検討を目的として、3ローラ式ピッチングマシンによって投球されたボールの動的挙動シミュレーションを、汎用動的有限要素解析ソフトANSYS/LS-DYNAを用いて行った。

3ローラ式ピッチングマシンのローラ部およびボールの有限要素モデルを図2に示す。

なお、本解析では、アルミフランジ部(外径280mm)は他の材料に比べて剛性が高く変形が微小であるため剛体とし、ボールはその動的特性を考慮し、粘弾性体とした。

解析条件は、ボールの姿勢を図3に示すように2シームおよび4シームとし、ボールと

10

20

30

40

50

ウレタン製のゴムローラ（外径 320 mm、厚み 20 mm、ローラ幅 55 mm）の接触摩擦係数  $\mu$  を 0.5、解析時間 0.1 秒で行い、ボールには初期並進速度  $V_0$  を 1 m/s、初期角速度  $\omega_0$  を 28.56 rad/s として与えた。

この初期速度は、実際にピッチングマシンに投入されるボールの状態を基にして算出した。

なお、比較のため縫い目のないボール（真球モデル）も同様に解析を行った。

そのときのボールの投射角の定義を図 4 に示し、ローラ 1 の回転数  $N_1$ 、ローラ 2 の回転数  $N_2$ 、ローラ 3 の回転数  $N_3$  の解析条件を図 5 に示す。

#### 【0009】

投球されたボールの挙動を把握するための指標として、解析値から、ボールの平均球速  $V$ 、自転数、発射仰角、発射偏角をそれぞれ算出した。

解析結果より、仰角と偏角においては 2 シームが 4 シームに比べて縫い目の影響が小さいことが確認できた。

次に、ボールの初期姿勢に関わらず投球精度を安定させるため、ローラの表面形状変更の検討を行った。

作成したローラのモデルは図 6 に示すように表面が盛り上がった形状の凸型ローラ（convex roller）と、逆に窪んだ形状の凹型ローラ（concave roller）の 2 パターンである。

曲率半径  $R$  はともに 100 mm とし、ボール中心からローラ表面幅中心までの距離は一定である。

また、これまで用いていたローラは平板ローラ（flat roller）と呼ぶこととした。

発射角の比較を行った結果、ボールの初期姿勢（縫い目の有無）の違いによる影響が大きいことがわかった。

仰角は図 7 に示すように平板ローラの 2 シームが真球モデル（seamless）との差が最も小さく、偏角は図 8 に示すように凸型ローラの 2 シームが真球モデルとの差が最も小さい。

真球モデルの値との差が小さいということは、縫い目の影響が小さく投球精度が良いと考えられる。

また図 9 に各球種による 2 シームと 4 シームの差（ $\Delta\theta$ 、 $\Delta\phi$ ）を示し、ストレート、カーブのいずれの場合においても凹型ローラ形状よりも凸型ローラ形状の方が仰角、偏角ともそれらの差（ $\Delta\theta$ 、 $\Delta\phi$ ）が小さい。

特に、偏角の値はデッドボールに直接的要因につながることから投球精度の面では重要な因子となるため、凸型ローラは他のローラよりも良い傾向があるといえる。

#### 【0010】

シミュレーションによる結果から、凸型ローラに発射角を安定させる効果が期待できるので、凸型ローラの最適化を行うことにした。

設計条件は、図 6 に示すボール中心からローラ表面幅中心までの距離（中心間距離） $r$  とローラ表面の曲率半径  $R$  を可変寸法とし、ローラのゴム部分のヤング率  $E$  も変化させた。

なお、これまで用いていた寸法は、 $r = 25.1$  mm、 $R = 100$  mm、ヤング率は  $E = 100$  MPa である。

最適設計を行うために、設計変数に対するローラ最適性の評価として初期姿勢別発射角差を用いることにした。

まず、この推定式を応答曲面法によって導くことにする。

目的となる式は投球精度において最も重要であると考えられる偏角差に関する式（1）と、仰角差と偏角差の両者の影響を考慮した式（2）の 2 つの式を考案した。

これらの値が小さいほど初期姿勢間の発射角差が小さく、縫い目の影響が小さいことを示す。

10

20

30

40

$$f_{\phi} = (\phi_2 - \phi_4)^2 + \eta \quad (1)$$

$$f_{\phi, \theta} = \frac{1}{2} \cdot \{ (\phi_2 - \phi_4)^2 + \alpha \cdot (\theta_2 - \theta_4)^2 \} + \eta \quad (2)$$

ここで、 $\phi_2$  と  $\phi_4$  の添字の 2、4 はボールの初期姿勢（2 が 2 シームおよび 4 が 4 シームに対応）を表す。

$\eta$  は極端にボールの自転数（スピン）が少なく、期待された球種で投球されていないと考えられる場合を最適解からはずすための項であり次のように決めた。

$$\begin{aligned} \eta_2 &= 400 \text{ min}^{-1} \text{ かつ } \eta_4 = 400 \text{ min}^{-1} = 0, \\ \eta_2 &< 400 \text{ min}^{-1} \text{ または } \eta_4 < 400 \text{ min}^{-1} = 1 \end{aligned}$$

また、式（2）の  $\alpha$  は偏角差の項と仰角差の項の影響を均等にするための重み係数であり、選択した設計点の平均値の比で決定する。

球種はカーブ（ $N_1 = 1325 \text{ min}^{-1}$ ， $N_2 = 1750 \text{ min}^{-1}$ ， $N_3 = 1425 \text{ min}^{-1}$ ）とした。

今回は設計変数を図 10 のようにそれぞれ 3 水準に離散化し、その全ての場合を実行して応答曲面を求める全因子計画と呼ばれる実験計画法を用いた。

なお、応答曲面の構築には応答曲面作成ツール RSMaker for Excel を使い、3 次多項式による近似を行った。

図 11 にヤング率  $E = 50 \text{ MPa}$  のときの  $R - r$  曲面図を示す。

この結果から、ローラ表面の曲率半径は  $R = 60 \sim 120 \text{ mm}$  の間に、またヤング率は  $E = 50 \text{ MPa}$  付近に最適値があると推定された。

そこで、 $R = 100 \text{ mm}$  とし、 $r$  と  $E$  を図 12 に示す解析条件にて、さらに最適条件近傍の解析を実施した。

その結果を図 13 に示す。

また、図 14 はヤング率  $E = 50, 60, 100 \text{ MPa}$  におけるローラ中心間距離  $r$  と投球精度の関係を示す。

以上の結果より、ローラのヤング率を  $E = 40 \sim 60 \text{ MPa}$  に設定し、ローラ表面の曲率は  $R = 80 \sim 120 \text{ mm}$  のレベルに設定し、ボール中心とローラ中心間距離  $r$  を挟持間隔制御装置で適宜に調整すればボール姿勢が 2 シーム、4 シーム、あるいはランダムに変化しても投球精度が高くなることが明らかになった。

なお、今回のボール直径  $70 \text{ mm}$  の場合には、 $r = 25.4 \text{ mm}$  が最適点であった。

図 15 に、発射口から見た投球解析連続画像を示し、図 16 に、側面方向から見た投球解析連続画像を示す。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】本発明に係るピッチングマシンの構成の模式図を示す。

【図 2】解析モデルを示す。

【図 3】ボールの投入口に投入される姿勢において 2 シームと 4 シームの例を示す。

【図 4】本解析においてのボールの投射角の定義を示す。

【図 5】ボールの投球条件を示す。

【図 6】ローラの表面形状の解析モデルを示す。

【図 7】真球モデルとの仰角 比較を示す。

【図 8】真球モデルとの偏角 比較を示す。

【図 9】球種による差を示す。

【図 10】第 1 次解析条件を示す。

【図 11】 $R - r$  曲面図を示す。

【図 12】最適点近傍の解析条件を示す。

10

20

30

40

50

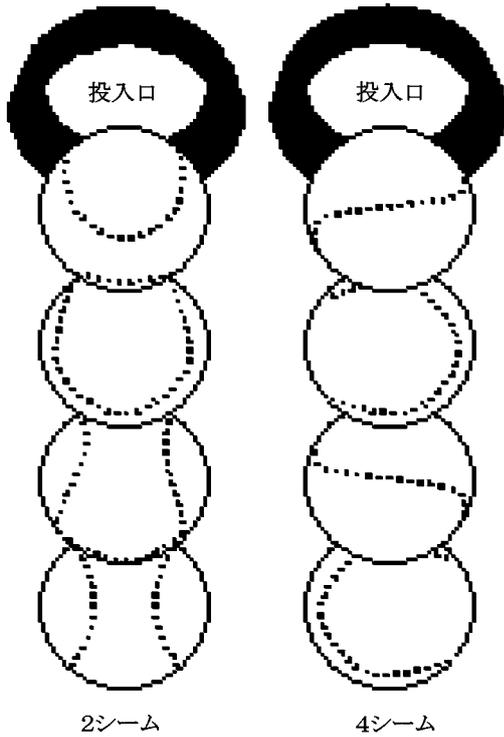
【図13】 E - r 曲面図を示す。

【図14】 ローラ中心間距離と投球精度の関係を示す。

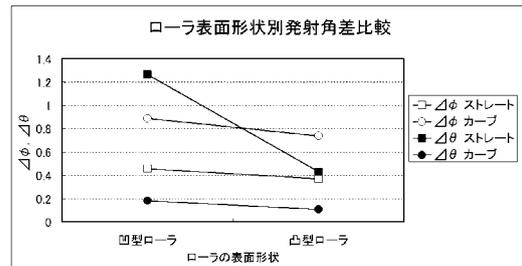
【図15】 発射口から見た解析連続画像を示す。

【図16】 側面からみた解析連続画像を示す。

【図3】



【図9】



	Δφ		Δθ	
	ストレート	カーブ	ストレート	カーブ
凹型ローラ	0.45627603	0.889307	1.265227	0.179992
凸型ローラ	0.36801	0.738091	0.4305	0.106528

【図10】

解析条件 (3×3×5=45点)

球種	曲率半径 R [mm]	中心間距離 r [mm]	ヤング率 E [MPa]	初期状態
カーブ	72	25.1	10	2 seam
			20	
			50	4 seam
100	30.1	100		
		500		

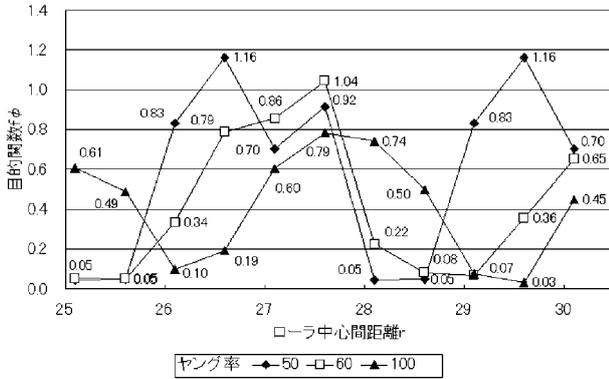
【 図 1 2 】

解析条件(最適点近傍, 50×6=30点)

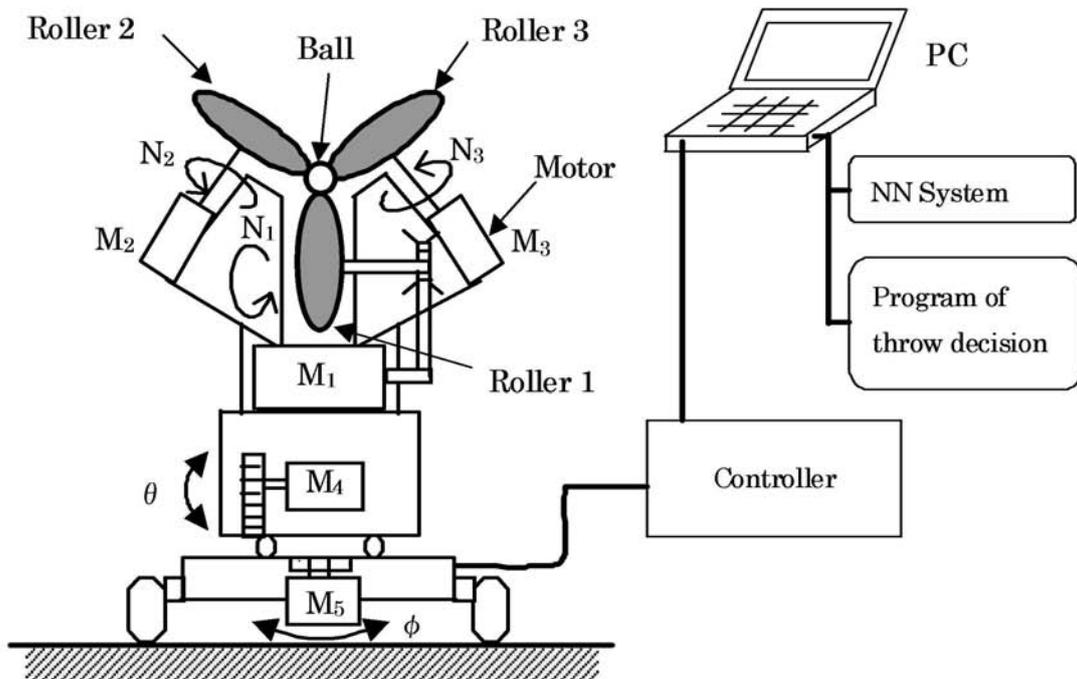
球種	曲率半径 R [mm]	中心間距離 r [mm]	ヤング率 E [MPa]	初期状態
カーブ	100	24.1	30	2 seam
		24.6	40	
		25.1	50	
		25.6	60	4 seam
		26.1	70	
		26.1	80	

【 図 1 4 】

ローラ中心間距離rと投球精度の関係[R=100mm(凸型), ヤング率別]

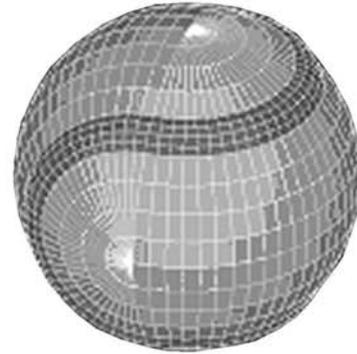
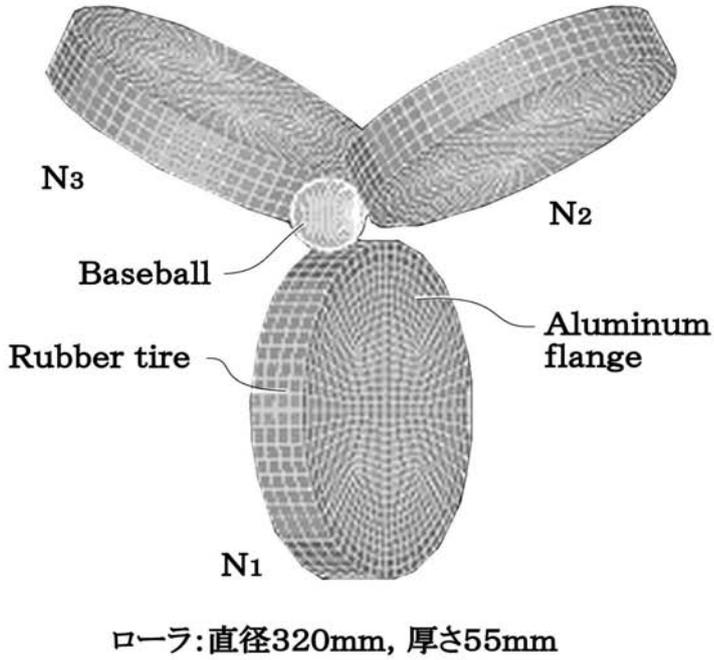


【 図 1 】



【図2】

### 解析モデル

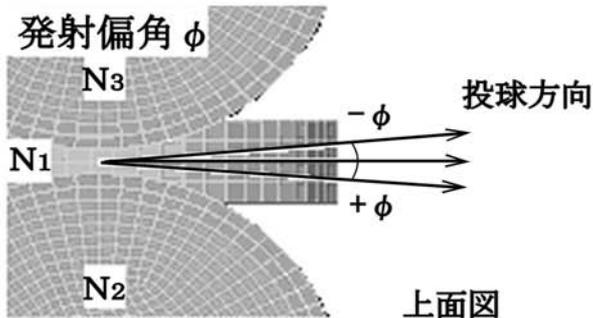
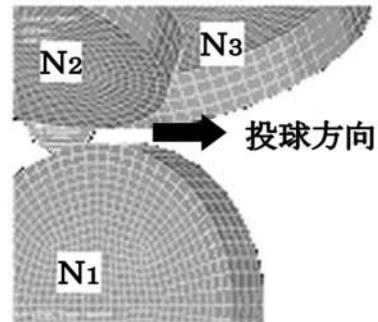
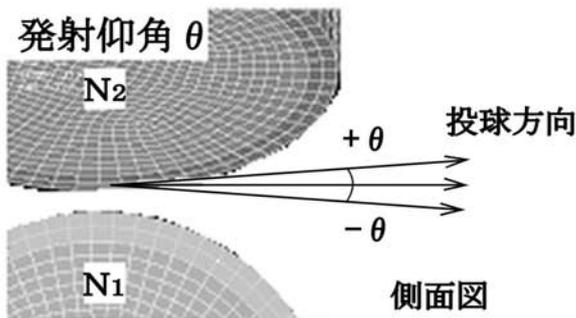


ボール:直径70mm  
縫い目:高さ1mm, 幅7mm

	材料モデル	要素数
アルミフランジ	剛体	3072×3
ゴムローラ	等方弾性体	512×3
硬式野球ボール (縫い目)	粘弾性体 (粘弾性体)	3840 (512)

【図4】

### ボールの投射角の定義

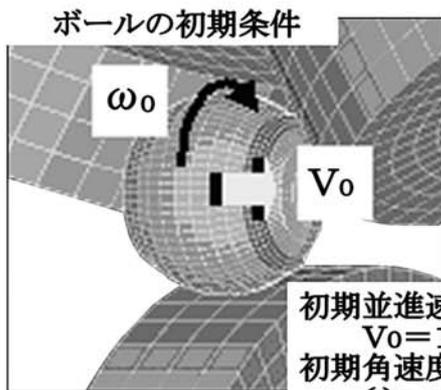


初期姿勢:2シーム	球種:ストレート
平均球速V	89.0[km/h]
自転数 $\omega$	564[ $\text{min}^{-1}$ ]
発射仰角 $\theta$	0.92[degree]
発射偏角 $\phi$	0.01[degree]
ミーゼス相当応力	4.62[MPa]

【図5】

## 解析条件

投 球 条 件				【単位: $\text{min}^{-1}$ 】
$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_1 + N_2 + N_3$	球種
1500	1500	1500	4500	無回転
1700	1400	1400	4500	ストレート
1325	1750	1425	4500	カーブ

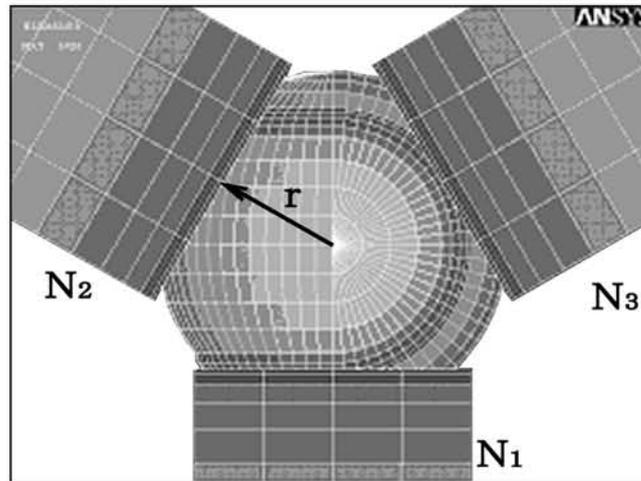


平均球速  $V$   
 自転数  $\omega$   
 発射仰角  $\theta$  (上下方向)  
 発射偏角  $\phi$  (左右方向)  
 ボール中心の最大ミーゼス相当応力

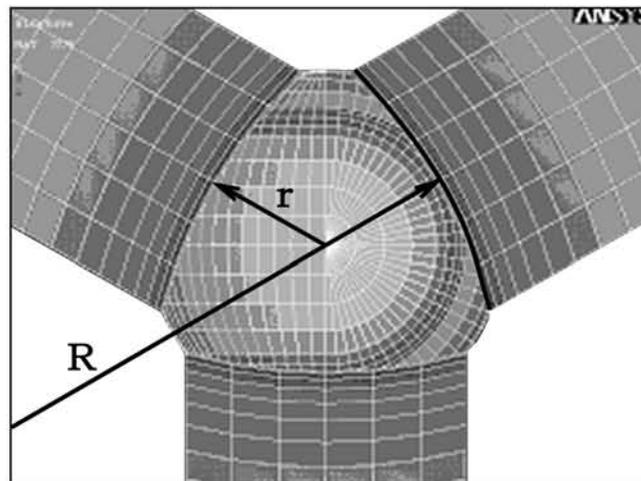
初期並進速度  
 $V_0 = 1000 \text{ mm/s}$   
 初期角速度  
 $\omega_0 = 28.56 \text{ rad/s}$

【 図 6 】

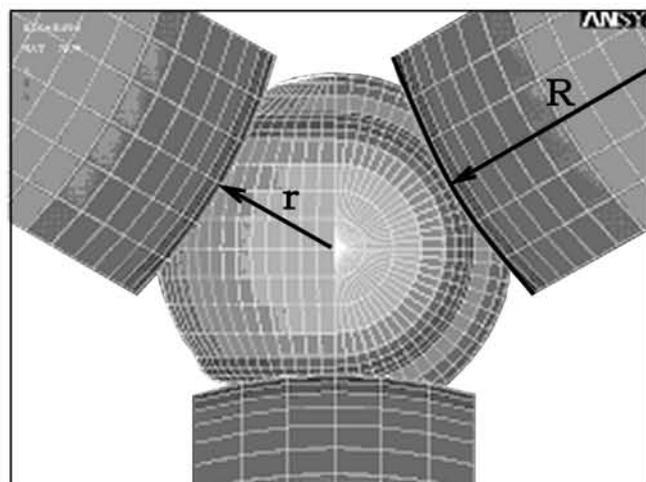
ローラの表面形状(モデル正面図)



平面ローラ

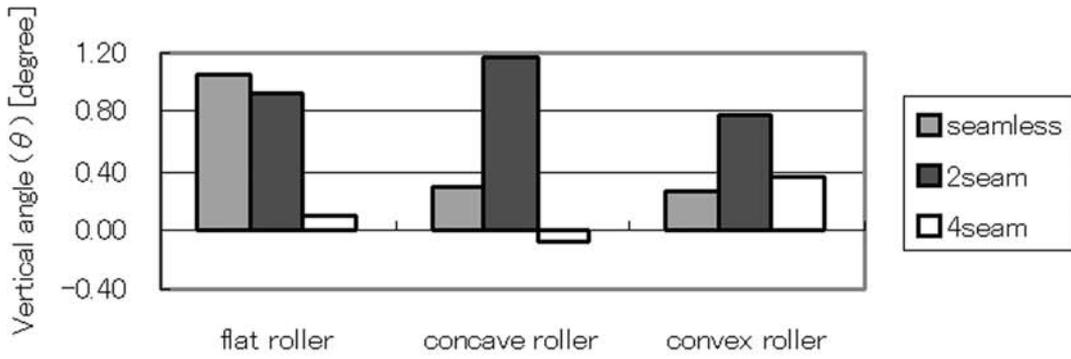


凹型ローラ



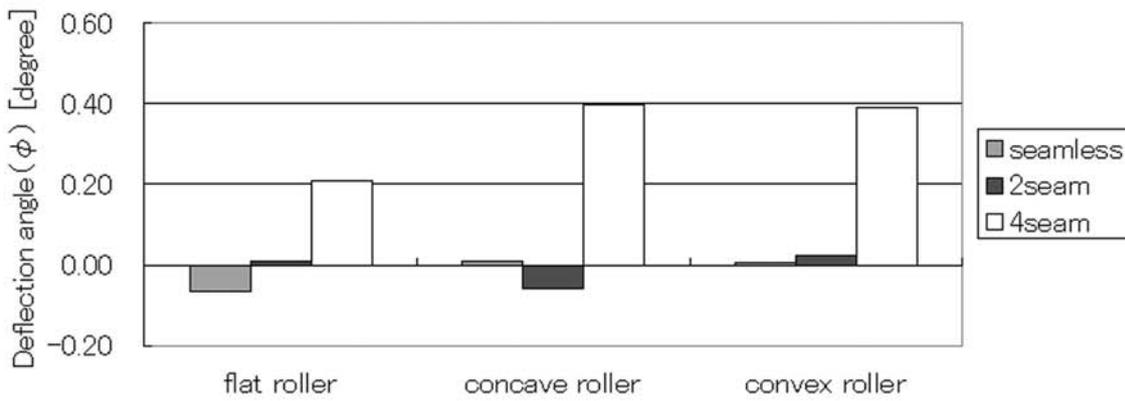
凸型ローラ

【 図 7 】



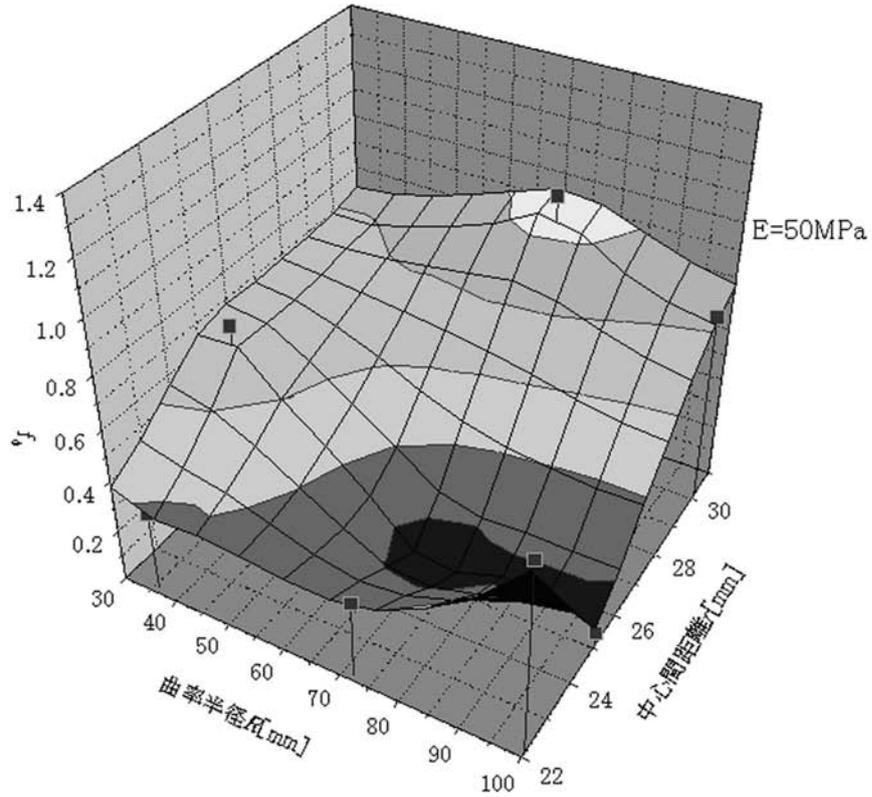
Comparison of vertical angle ( $\theta$ ) by the flat roller, concave roller and convex roller (fast ball)

【 図 8 】



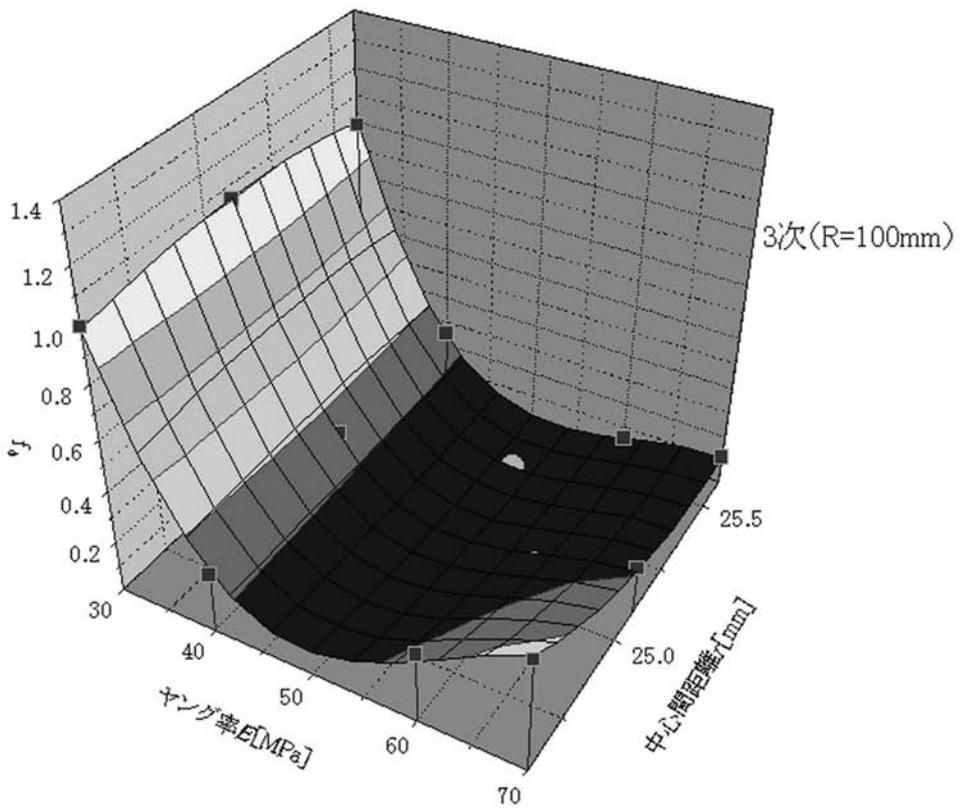
Comparison of deflection angle ( $\phi$ ) by the flat roller, concave roller and convex roller (fast ball)

【 図 1 1 】



R-r曲面図(E=50MPa, 補間計算)

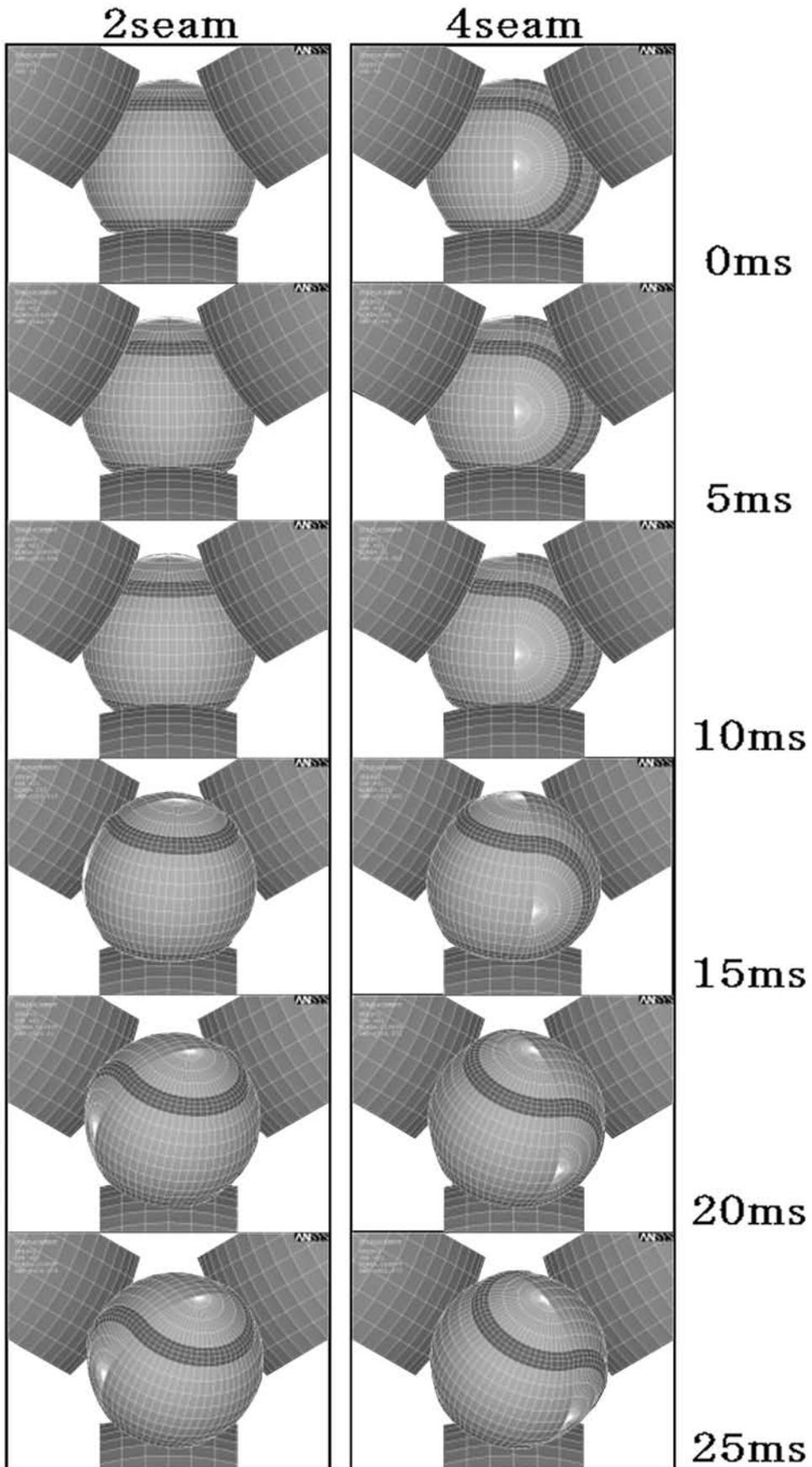
【 図 1 3 】



E-r曲面図(R=100mm, 3次近似曲面)

【 図 1 5 】

投球解析連続画像(カーブ, 発射口)



【図16】

投球解析連続画像(2seam, カーブ, 側面方向)

