

課題名 (タイトル) :

野球変化球の解析

利用者氏名 : 内菌 謙介

理研での所属研究室名 : 本所 情報基盤センター

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

野球では、ピッチャーとバッターの駆け引きが見所のひとつである。このときピッチャーは、持つ変化球の種類が多いほど駆け引きを有利にできると言える。

野球変化球に関する研究は多く行われており、松坂大輔投手がボストンレッドソックスに移籍する際、ジャイロボールが話題になった。このジャイロボールには、「ドラッグクライシス現象」が報告されている。これは、レイノルズ (Re) 数の複雑な関数である抗力係数 (C_D) が急激に減少する現象であり、風洞実験や飛翔実験によりその発生が報告されている。

またストレートボールの場合には、揚力が通常とは逆向きに働く「負のマグナス効果」の発生も報告されている。これは、球下面の境界層が乱流遷移して剥離点が後方に移動し、後流が上向きに発生することで球には鉛直下向きの揚力が働く現象と考えられている。

本研究では、ジャイロボールの「ドラッグクライシス現象」とストレートボールの「負のマグナス効果」のメカニズムを直接数値計算により解明することを最終目標として、無回転状態の真球周りの空力特性を解析することから始める。

2. 具体的な利用内容、計算方法

支配方程式は、連続の式 (1) とナビエ・ストークス方程式 (2) である。

$$\operatorname{div} \mathbf{v} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \operatorname{grad}) \mathbf{v} = -\operatorname{grad} p + \frac{1}{Re} \Delta \mathbf{v} \quad (2)$$

この方程式を MAC 法により解析し、差分法により数値的に解いた。

格子は、2次元の0型格子をx軸に対して回転

させるようにして生成した3次元の格子を利用した。図1に格子とその中心部を示す。

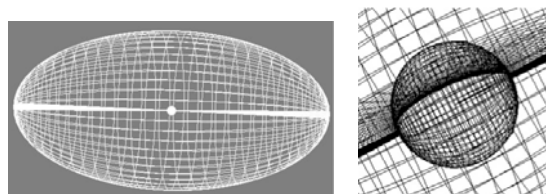
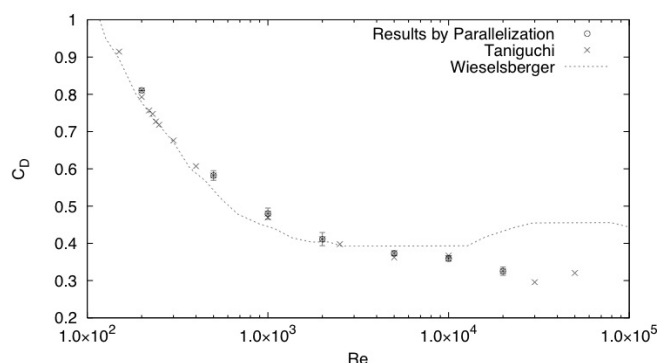


図1 : 格子 (左) とその中心部 (右)

3. 結果

C_D - Re 数関係図を図2に示す。

図2 : C_D - Re 数関係図 (○印 : 本研究結果)

図中×印は先行研究である谷口による数値計算結果である。谷口の計算結果では $Re > 1.0 \times 10^4$ において、 C_D は Wieselsberger が行った風洞実験結果よりも小さな値となっている。これは、計算時間不足によるものと考えた。そこで本研究では、並列計算により計算時間の確保に努めた。

図2より並列計算による本研究結果は、 Re 数の増加に伴い C_D は減少し、 $Re > 1.0 \times 10^3$ では緩やかな減少となった。

Wieselsberger が行った実験結果と比較すると、 $Re < 5.0 \times 10^3$ では同様の結果が得られた。しかし、 $Re > 1.0 \times 10^4$ においては、Wieselsberger が行った実験結果よりも小さな値となった。

谷口の結果と比較すると、今回測定した Re 数領域においては、ほぼ同様の計算結果を得た。

4. まとめ

無回転状態の真球周りの空力特性を数値計算により解析し、次の結果を得た。

- ・ C_D は Re 数の増加に伴い減少した。
- ・ $Re > 1.0 \times 10^3$ では緩やかな減少となった。

今回測定した Re 数領域においては、先行研究である谷口と同様の結果を得た。また、 $Re < 5.0 \times 10^3$ では Wieselsberger と同様の結果を得たが、 $Re > 1.0 \times 10^4$ において、Wieselsberger が行った実験結果よりも C_D が小さくなり、異なる結果となった。今後、解析手法の見直しが必要である。

一方、並列計算による今回の数値計算結果は、谷口とほぼ同様の数値計算結果となった為、並列計算により計算時間を確保することが可能となった。

5. 今後の計画・展望

無回転状態の真球では、 $Re \approx 3.0 \times 10^5$ において「ドラッグクライシス現象」が発生することが風洞実験により報告されている。そこで、無回転状態の真球の「ドラッグクライシス現象」のメカニズムを追及することを直近の目標とする。具体的には、プログラムの改良・解析手法の見直しを行い、高 Re 数領域において数値計算を行う。

また、真球にライフル回転やバックスピンを与えたときの「ドラッグクライシス現象」や「負のマグナス効果」のメカニズムを解明し、その後、ライフル回転、バックスピンする硬式野球ボールの「ドラッグクライシス現象」や「負のマグナス効果」のメカニズムを解明する。