

課題名 (タイトル) :

## 並列計算技術の数値流体力学への応用

利用者氏名 : 高橋 直也\*, \*\*, 宮本 光\*, \*\*

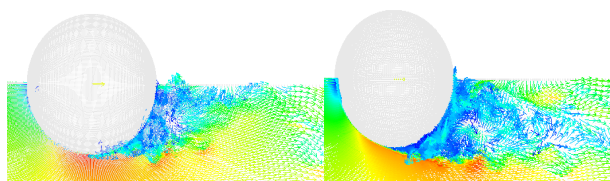
理研での所属研究室名 :

\* 本所 情報基盤センター

\*\* 東京電機大学 工学部 機械工学科

野球や卓球ではボールに対して様々な回転をかけることで、様々な球種を実現している。本研究では、飛翔中の回転する球を数値シミュレーションで再現し、各球種における流体力学的な特性を理解する。特に回転数(スピンパラメータ  $SP$ )と抗力係数  $C_D$  のレイノルズ数  $Re$  およびスピンパラメータ( $SP$ )依存性について解析を行う。

計算はモデルを入れない直接数値シミュレーションを行った。基礎方程式として連続の式およびナビエ・ストークスの方程式を用い、MAC 法(Harlow & Welch 1965)で差分法し、数值的に解くこととする。MPI を用いて並列化した。計算は昨年度と比較して半



(a) (b)

図 1:  $Re=50000$  のときの球周りの速度ベクトル。  
(a)  $SP=0$ , (b)  $SP=1.0$ .

径方向 37→125, 周方向 60→204, 主流方向 70→234 と増加させて行なった。

初めに回転なし( $SP=0$ )の場合についてレイノルズ数  $Re=70000$  まで計算を行なったところ、抵抗係数  $C_D$  は実験結果とよく一致した。図 1(a)に  $Re=50000$  のときの速度場の振舞いを示す。レイノルズ数の上昇に伴い観察された様子は、実験のものと定性的に一致した。剥離点が徐々に下流に移動し、後流の範囲が狭まり、乱れの長さスケールが小さくなっていった。

次に弱い回転( $SP=0.4$ )の場合についても同様に行なった。抵抗係数はわずかに上昇したものの、定性的な振舞いは無回転( $SP=0$ )の場合とあまり変化はなかった。

最後に強い回転( $SP=1$ )の場合について計算を行なっ

た。回転の影響で計算の収束が悪くなる影響が表われたため、レイノルズ数は 50000 までの実行に留まった。このときの様子を図 1(b)に示す。定性的な振舞いは  $SP=0, 0.4$  と同じである。しかし回転が強くなる( $SP$  が大きくなる)とともに、剥離点の後退は抑制され、後流の範囲は広がった。

図 2 は様々な  $SP$  についての抗力係数  $C_D$  の値と、実験結果との比較である。レイノルズ数  $Re$  が  $O(10^4)$  で実験値とよく一致すること、また回転が強くなる( $SP$

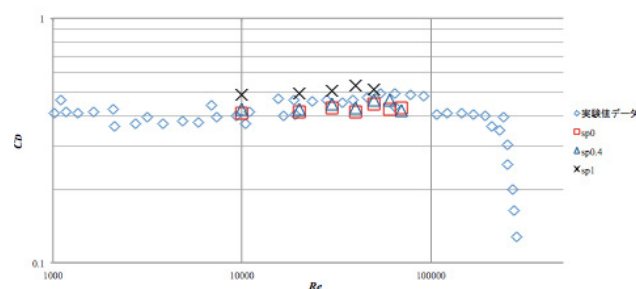


図 2 様々なスピンパラメータ  $SP$  における抗力係数  $C_D$  のレイノルズ数依存性。◇ : 実験データ(無回転), □ : シミュレーション( $SP=0$ ), △ :  $SP=0.4$ , × :  $SP=1$ .

が大きくなる)につれて  $C_D$  が大きくなることがわかった。

本年度の実行によって卓球の実験と比較しうるシミュレーションが可能になったので、今後はピンポン球の実験結果との比較、特に球表面の振舞いの解析をすすめていきたい。また引き続き解像度を増やしていき、抗力係数が急激に減少するドラッグクライシスの再現を目指すとともに、最近発表された磁力支持風洞の結果とも比較していきたい。