

飛行機はどこまで小さくできるのか？

マイクロエアプレーンの実現を目指して ～レイノルズ数はどこまで使えるか～

研究内容

- (1) cm～mmオーダーの小型飛行機を作る
- (2) 小型飛行機の飛行速度を求める
- (3) 粘性の影響を表わすレイノルズ数を各大きさの紙飛行機で求める
- (4) 理論がどのくらい小さい領域まで適用するか調べる

実験手順

理論

レイノルズ数＝(代表長さL×代表速さv)／動粘性

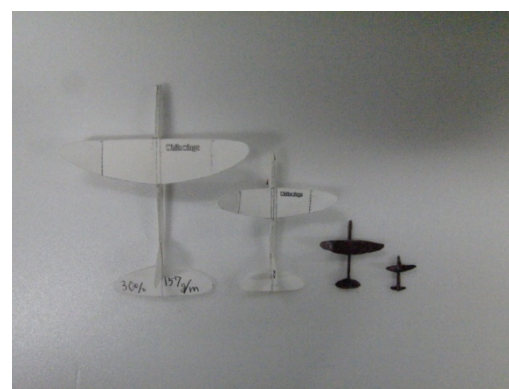
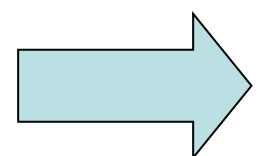
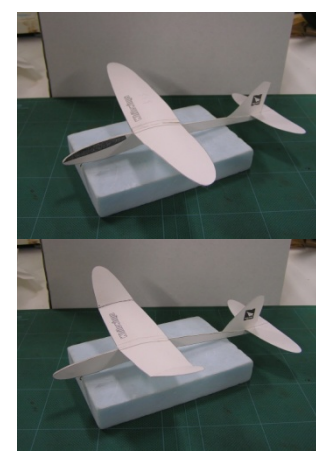
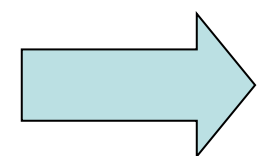
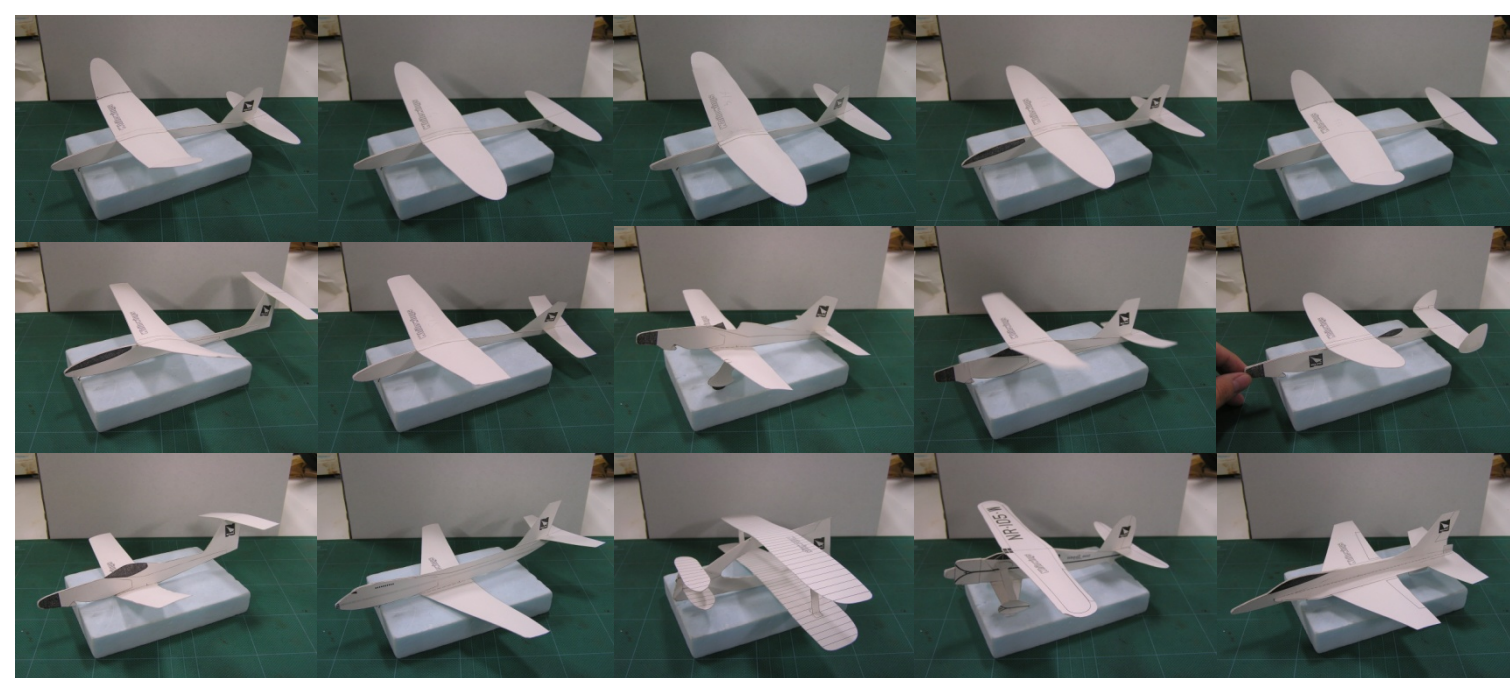
粘性力の影響は、流体の種類や流れの状況によって変ってくる。レイノルズ数はそれらの影響を表すものとしてさまざまなところで使われる。レイノルズの相似則を今回の紙飛行機に使っていく。同じ形状の飛行機の場合、各大きさの紙飛行機が飛ぶということは、それぞれの飛行機まわりの流れが同じ状態にあることを意味する。飛行機まわりの流れが同じ状態ということは、それぞれのレイノルズ数が同じである。例えば、大きさ1／10倍の紙飛行機で実験した場合、レイノルズ数を一致させるためには、速度が10倍になるはずである。

目標

- (1) マイクロフローの研究
- (2) 小型飛行機の開発

期待される小型飛行機の使用例

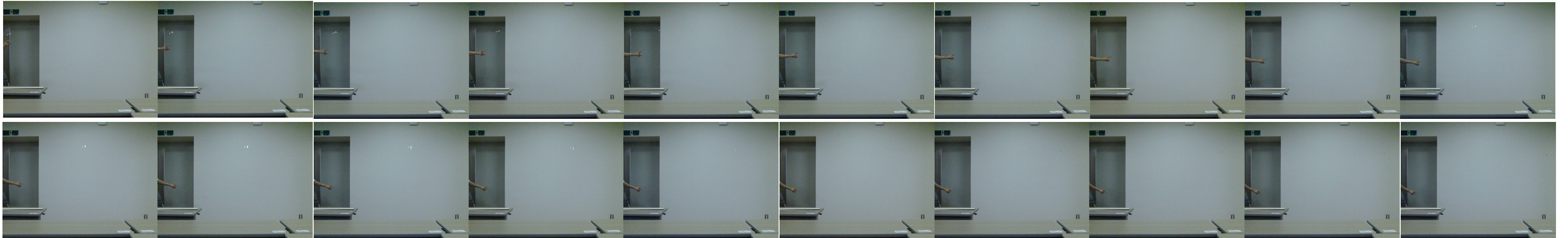
人が入れない災害現場の調査・偵察・環境観測など



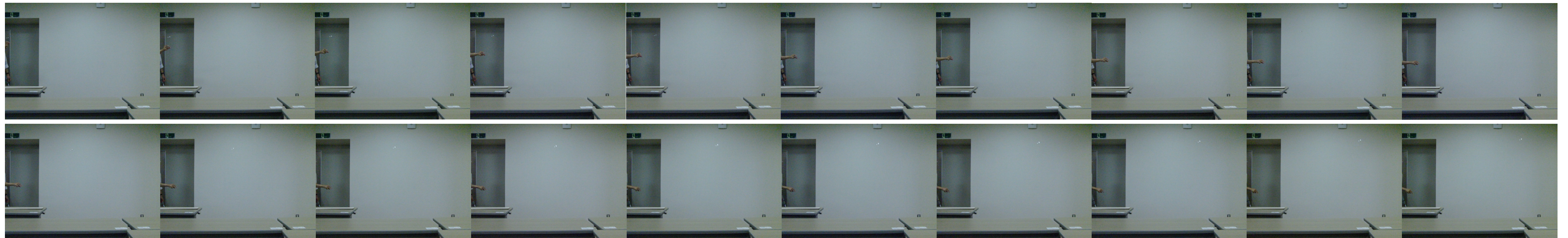
左から倍率30%(全長66.3mm), 20%(全長43.0mm), 10%(全長20.5mm), 5%(全長9.8mm)

- (1) 15種類の紙飛行機を倍率100%(元の大きさ)で作り、飛行距離・滞空時間を計測。
- (2) 飛行時間・滞空時間の優れた2機を選び、倍率を50%, 40%, 30%, 20%, 10%, 5%と小さくしていく。
- (3) 1秒間に60コマの写真が撮れるカメラで飛行中の飛行機を撮影。飛行速度を求める。
- (4) 各紙飛行機の全長、飛行速度からレイノルズ数を求める。動粘性係数は $0.145\text{cm}^2/\text{sec}$ を使用。

倍率30%(全長6.63cm)



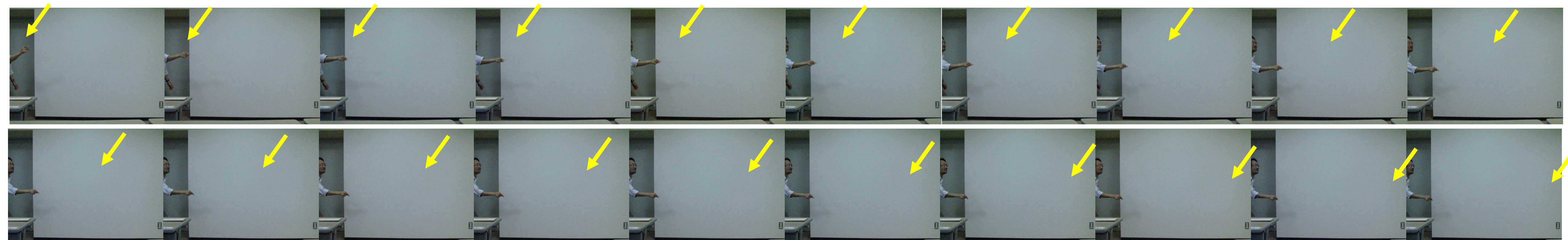
倍率20%(全長4.30cm)



倍率10%(全長2.05cm)



倍率5%(全長0.98cm)



実験結果

表1 速度を[m/s]でとった場合

大きさ	v [m/s]	v × L [m ² /s]	レイノルズ数
倍率30%	9.77058	0.6478	44369
倍率20%	8.49324	0.3652	25014
倍率10%	6.92484	0.1406	9630
倍率5%	8.13408	0.0797	5459

表2 速度を[L個分/s]でとった場合(泳動数に相当)

大きさ	v [L個分/s]	v × L [L個分・m/s]	レイノルズ数
倍率30%	122.69	8.13	556849
倍率20%	197.52	8.49	581507
倍率10%	337.80	6.92	473973
倍率5%	830.01	8.13	556849

(注)レイノルズ数は動粘性係数を室温下の $0.146\text{cm}^2/\text{sec}$ として求めた

研究結果

速度を[m/s]でとるか[L個分/s]でとるかによってレイノルズ数が大きく変わった。表1を見ると、メートルでとった場合のレイノルズ数は倍率を下げていくにつれて急激に小さくなっていく。倍率5%のレイノルズ数5459が倍率30%のレイノルズ数44369と比べて約1／8になっている。表2を見ると、何L個分進んだかで速度をとった場合のレイノルズ数は、各倍率でほぼ同じになっている。1番低い倍率10%のレイノルズ数473973が倍率30%のレイノルズ数556849と比べて約1／1.2と減少幅が小さい。

速度を[L個分/s]でとることが、理論を考える上で重要だということがわかった。レイノルズ数はミクロの世界には当てはまらないとされる。今回の研究で、少なくとも9.8mmの飛行機まではレイノルズ数の式が適用されることが確認できた。