

JAXA 1m×1m 超音速風洞における AGARD-B 標準模型 6 分力試験

飯島秀俊、鈴木教雄、渡辺光則 (JAXA)、西島寛典(ISE)、板橋幸広(JAST)
Force Measurements on AGARD Calibration Model-B at Supersonic Speeds
in the JAXA Supersonic Wind Tunnel

Hidetoshi IJIMA, Norio SUZUKI, Mitsunori WATANABE (JAXA)
Hironori NISHIJIMA (ISE), Yukihiro ITABASHI (JAST)

概 要

風洞における誤差要因として、気流条件、計測システム、測定機器、模型によるもの等がある。これら誤差要因を含めた総合的な風洞の精度を確認するために、縦 3 分力、横 3 分力の、上下左右の気流の偏向、 $CL\alpha$ 、CDT、CDF、 X_{cp} について、蓄積された過去のデータや他の風洞との比較を行った。その結果、風洞改修以後も引き続き風洞の精度は維持されていることが確認できた。

1. はじめに

風洞を外部ユーザ及び内部ユーザに利用して頂くに際して、風洞の精度を維持し信頼性のあるデータを提供することが必要である。そのためには、定期的に標準模型等を用いて風洞の精度を確認し、問題点を抽出し改善していくことが重要である。本報告では、風洞改修以後も風洞の精度が維持されていることを様々な視点で確認することを目的とする。

2. 標準模型概要

Fig2-1 に AGARD-B 標準模型の概要図を示す。本模型は、胴体直径 75mm、スパン 300mm、全長 450mm の大きさで、材質はアルミニウム合金及びステンレスである。本模型は、JAXA1m×1m 超音速風洞において風洞改修前後で使用しており、標準模型として実績のある模型である。

3. 試験結果

3-1 縦 3 分力、横 3 分力の空力係数再現性 確認

3-1-1 今回の試験の再現性確認

今回の試験中(2003年5月)における再現性の確認として、縦 3 分力、横 3 分力の空力係数の結果を Fig3-1、Fig3-2 に示す。なお、今回の試験ではマッハ数 1.4 から 3.0 まで実施したが代表的なマッハ数 2.0 で比較を実施した。ロールは 180° である。縦 3 分力の空力係数、横 3 分力の空力係数共に、良く一致しており再現性は良好であるといえる。他のマッハ数についても、良く一致していることが確認できた。次に、天秤の公称精度($\pm 0.2\%FS$)、動圧の精度(P_0, P_s の公称精度 $\pm 0.08\%$ of read から換算)、ポッド角の精度($\pm 0.1^\circ$ [本風洞要求値])から誤差を算出し、 $\alpha=10^\circ$ 付近において縦 3 分力の空力係数が誤差範囲に収まっていることを確認した。その結果を、Fig3-3 に示す。CLF は ± 29 カウント以内、CDF は ± 3 カウント以内、 C_m は ± 10 カウント以内に収まることが確認でき再現性が良好であることが確認できた。

3-1-2 前回と今回の試験の再現性確認

前回と今回の試験の再現性の確認として

Fig3-4、Fig3-5に結果を示す。なお、前回の試験は2001年11月、今回の試験は、2003年5月に実施されている。マッハ数2.0、ロール角 0° で比較を行った。縦3分力の空力係数、横3分力の空力係数共に、良く一致しており再現性は良好であるといえる。他のマッハ数についても良く一致していることが確認できた。次に、3-1-1と同様に天秤、動圧、ポッド角精度から誤差を算出し、縦3分力の空力係数が誤差範囲に収まっていることを確認した。その結果をFig3-6に示す。CLFについては、誤差範囲 ± 34 カウントを僅かに上回ったが、CDFは ± 10 カウント以内、 C_m は ± 12 カウント以内に収まることが確認でき、概ね再現性は良好であることが確認できた。

3-2 上下、左右の気流の偏向の確認

Fig3-7は、上下、左右の気流の傾きを CL_α 及び、 α が 0° 付近のCLを用いて算出した結果である。M=1.4~3.0の範囲では、上下、左右共に本風洞の要求値である $\pm 0.1^\circ$ 以内を達成していることが確認できた。左右方向においては、全てマッハ数で約 0.07° の傾きを持っているが、これは、模型支持装置が測定部側壁に対し、約 0.07° の傾きを有していることに起因している。将来改善すべき点の1つである。

3-3 CL_α 、 X_{cp} 、CDT、CDFについて

Fig3-8は、マッハ数~ CL_α の結果である。他の風洞及び改修前後で比較を行った。 CL_α は、再現性は良好であるといえ、他の風洞とも良く一致することが確認できた。Fig3-9は、マッハ数~ X_{cp} の結果である。改修前後と今回の結果を比較した。再現性は良好であるといえる。 X_{cp} は縦方向の圧力中心位置であり、模型先端からの距離を胴体直径で無次元化している。Fig3-10は、マッハ数~CDT、CDFの結果である。CDTは、ベース圧補正無しの $\alpha=0^\circ$ の時のドラッグの係数、CDFは、ベース圧補正有りのものである。再現性は良好であるといえ、他の風洞とも良く一致することが確

認できた。

3-4 Drag Bucketsについて

Fig3-11は、Drag Bucketsの現れたものとそうでないものを示したグラフである。 $\alpha=0^\circ$ 付近のCDに関しては、模型先端や翼前縁に微小な傷がある場合とない場合でCDに差が生じてしまうことを示している。模型先端、翼前縁に微小な傷がある場合は、その部分が乱流となり抵抗が増加し、ない場合は層流状態で抵抗が減る傾向にあることが推測される。このように、模型先端、翼前縁の微小な影響がCDに大きく影響するので、注意することが必要である。

4. まとめ

1m×1m超音速風洞においてAGARD-B標準模型試験を行い、以下の結果を得た。

(1) 縦3分力、横3分力空力係数再現性確認

今回の試験については、縦3分力、横3分力共に再現性は良好であるといえる。縦3分力に関しては、天秤、動圧、ポッド角の誤差範囲にも収まっていることが確認された。今回と前回の試験については、縦3分力、横3分力共に再現性は概ね良好であるといえる。縦3分力に関しては、CLFについては、天秤、動圧、ポッド角の誤差範囲からやや外れてしまうが、その他の空力係数については誤差範囲内であることが確認できた。

(2) 上下、左右の気流の偏向の確認

改修後も引き続き、M=1.4~3.0の範囲では上下、左右共に本風洞の要求値である $\pm 0.1^\circ$ 以内を達成していることが確認できた。

(3) CL_α 、 X_{cp} 、CDT、CDFについて

本風洞において、改修後の再現性が保たれており、また他の風洞とも一致していることが確認できた。

(4) Drag Buckets について

模型先端の状態が、CD に与える影響が大きいことが確認できた。この影響を定量的に推算していくこと今後の課題である。

5. 謝辞

風洞試験を進めるに当っては、超音速風洞の方々には、多大なご協力をいただいた。関係各位に深甚なる感謝の意を表する。

6. 参考文献

- 1) 高木廣治、谷 喬、斉藤秀夫、新井 忠：
「1m×1m 吹出式超音速風洞における AGARD 標準模型 B の 3 分力試験」
- 2) 鈴木教雄、渡辺光則：
「NAL1m 超音速風洞気流特性試験結果(第 2 報)」
- 3) 浜本滋、渡辺光則、楯篤志、酒井謙二：
“Improvement of the nozzle of the Supersonic Wind Tunnel”、94th Supersonic Tunnel Association International(STAI)、2000 年 9 月

模型名称	AGARD-B標準模型
基準面積	0.03897m ² (胴体を含む翼面積)
基準長	173.2mm
モーメント基準点	191.8mm(模型後端から)、翼平面系の重心
胴体直径	75mm
重量	66.07(N)

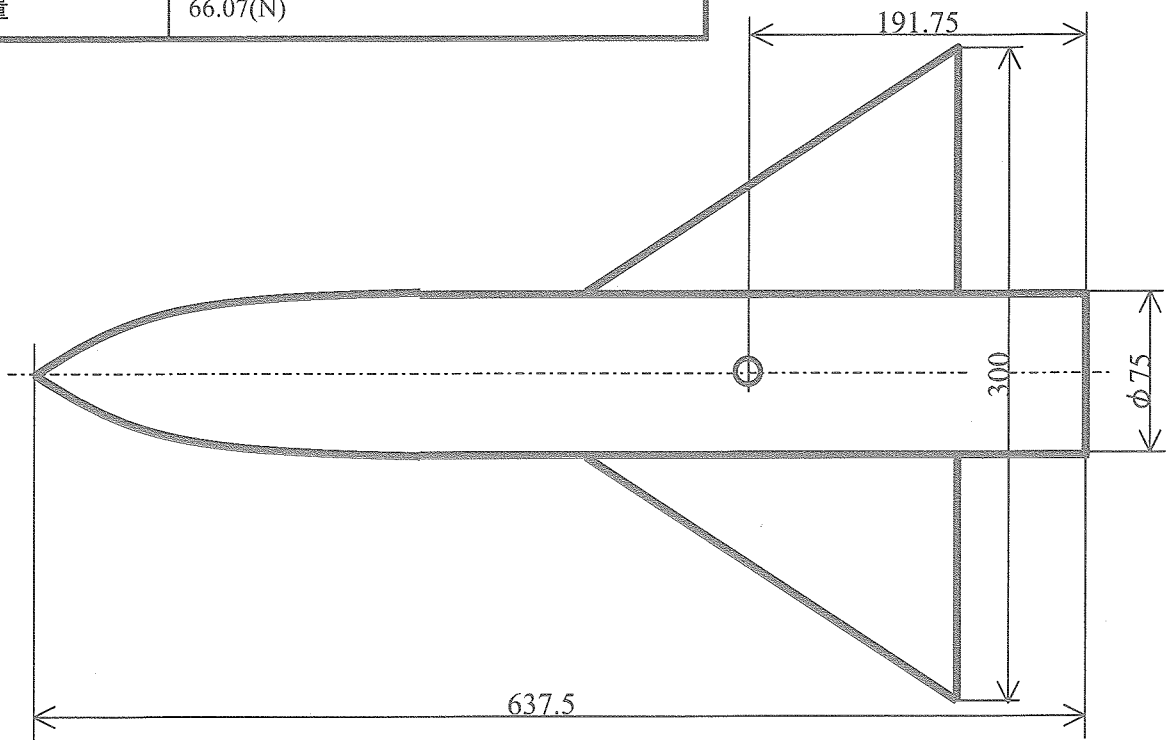


Fig2-1 AGARD-B 標準模型の概要図

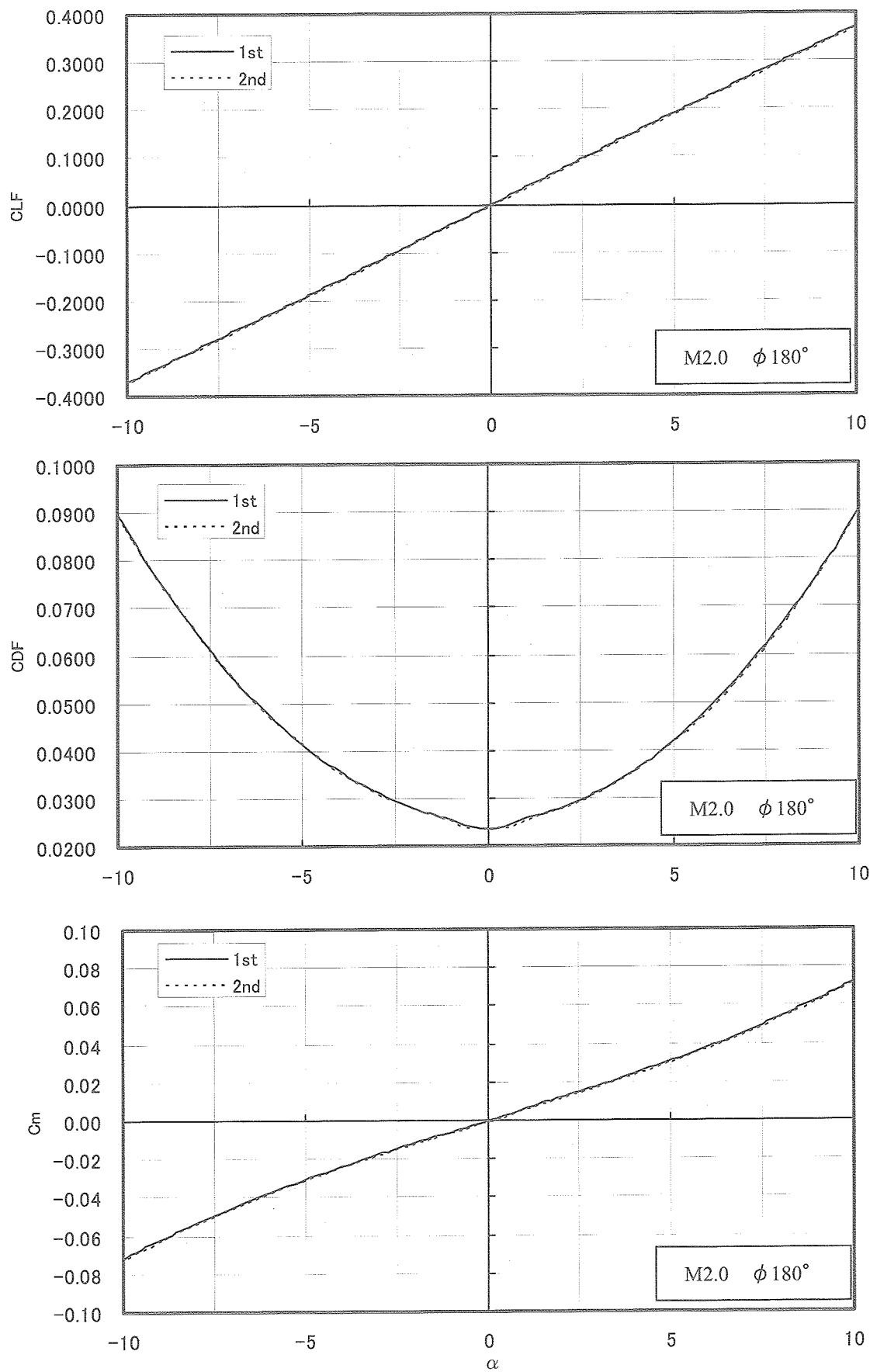


Fig3-1 縦3分力の空力係数の結果(2003年5月における再現性の確認)

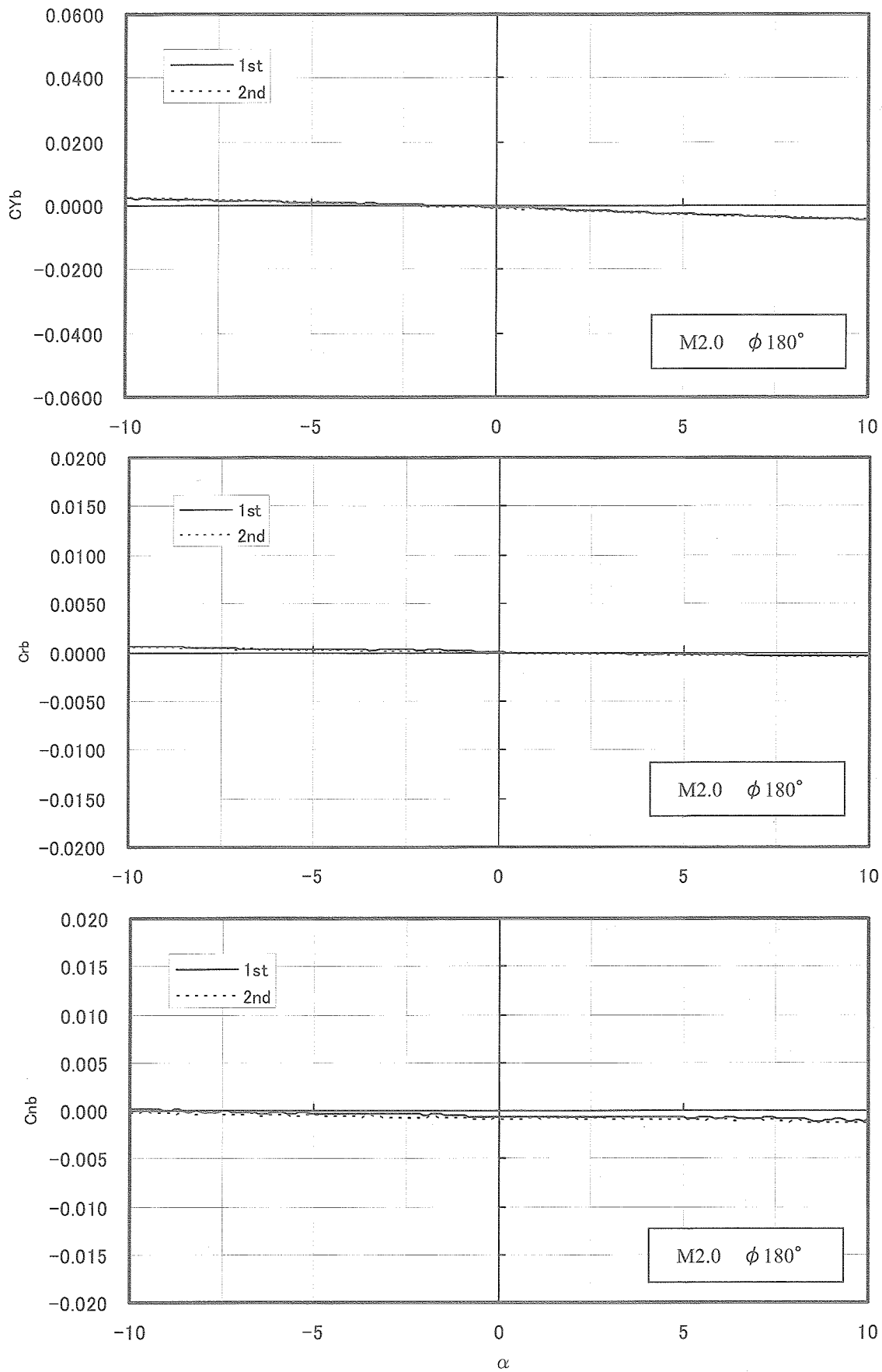


Fig3-2 横三分力の空力係数の結果(2003年5月における再現性の確認)

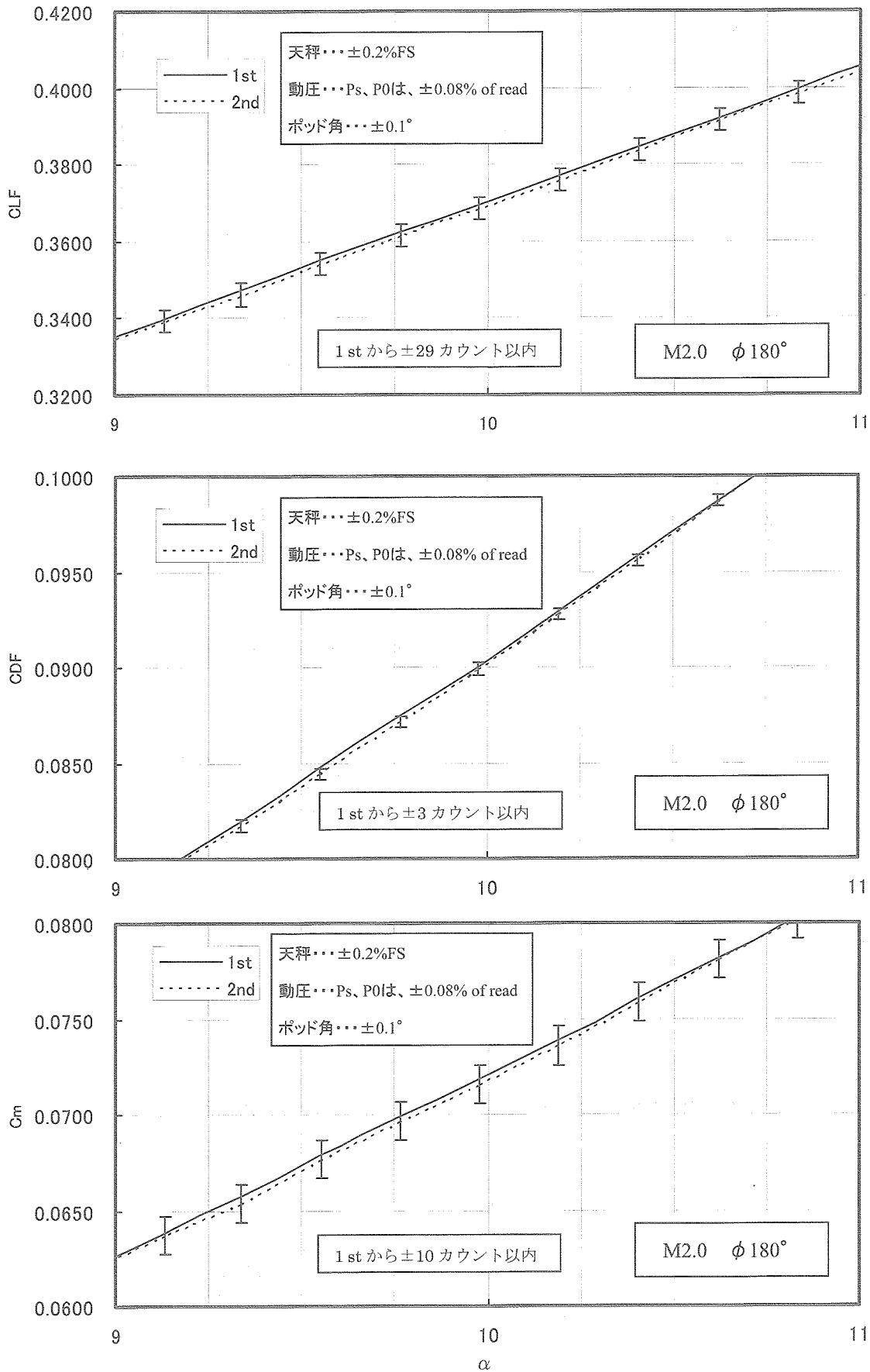


Fig3-3 $\alpha = 10^\circ$ 付近の縦三分力の空力係数の結果(2003年5月における再現性の確認)

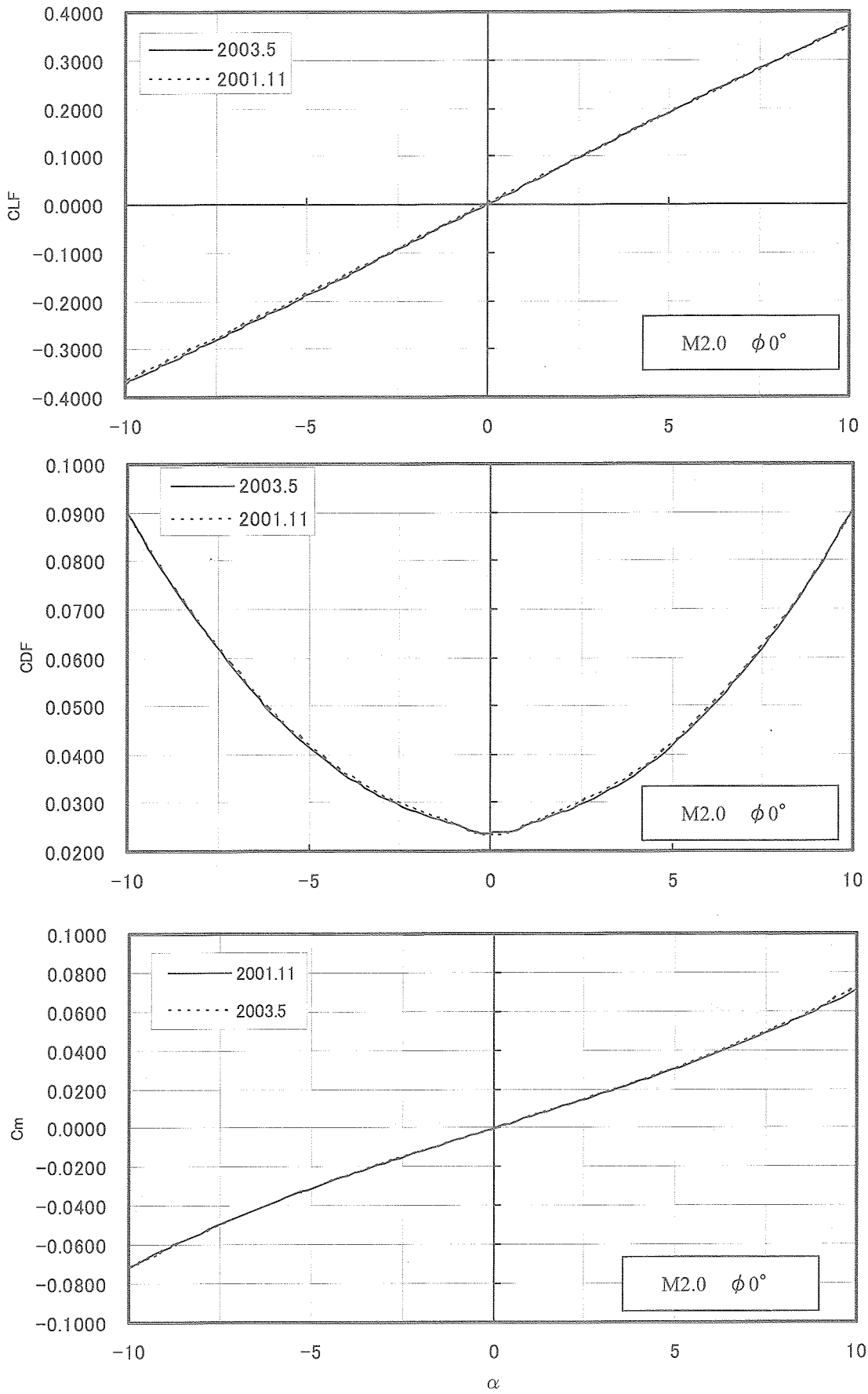


Fig3-4 縦三分力の空力係数の結果(2003年5月と2001年11月における再現性の確認)

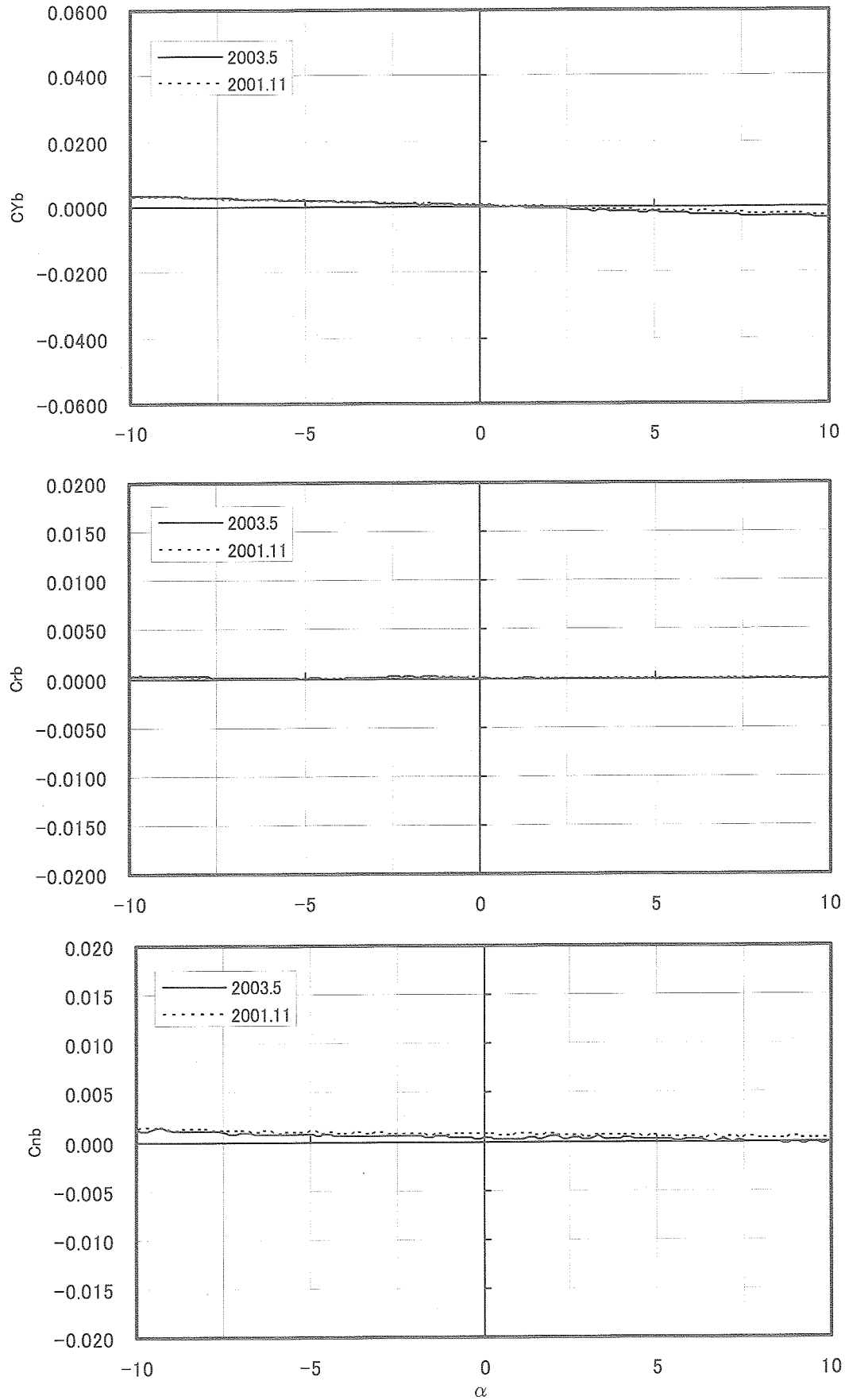


Fig3-5 横三分力の空力係数の結果(2003年5月と2001年11月における再現性の確認)

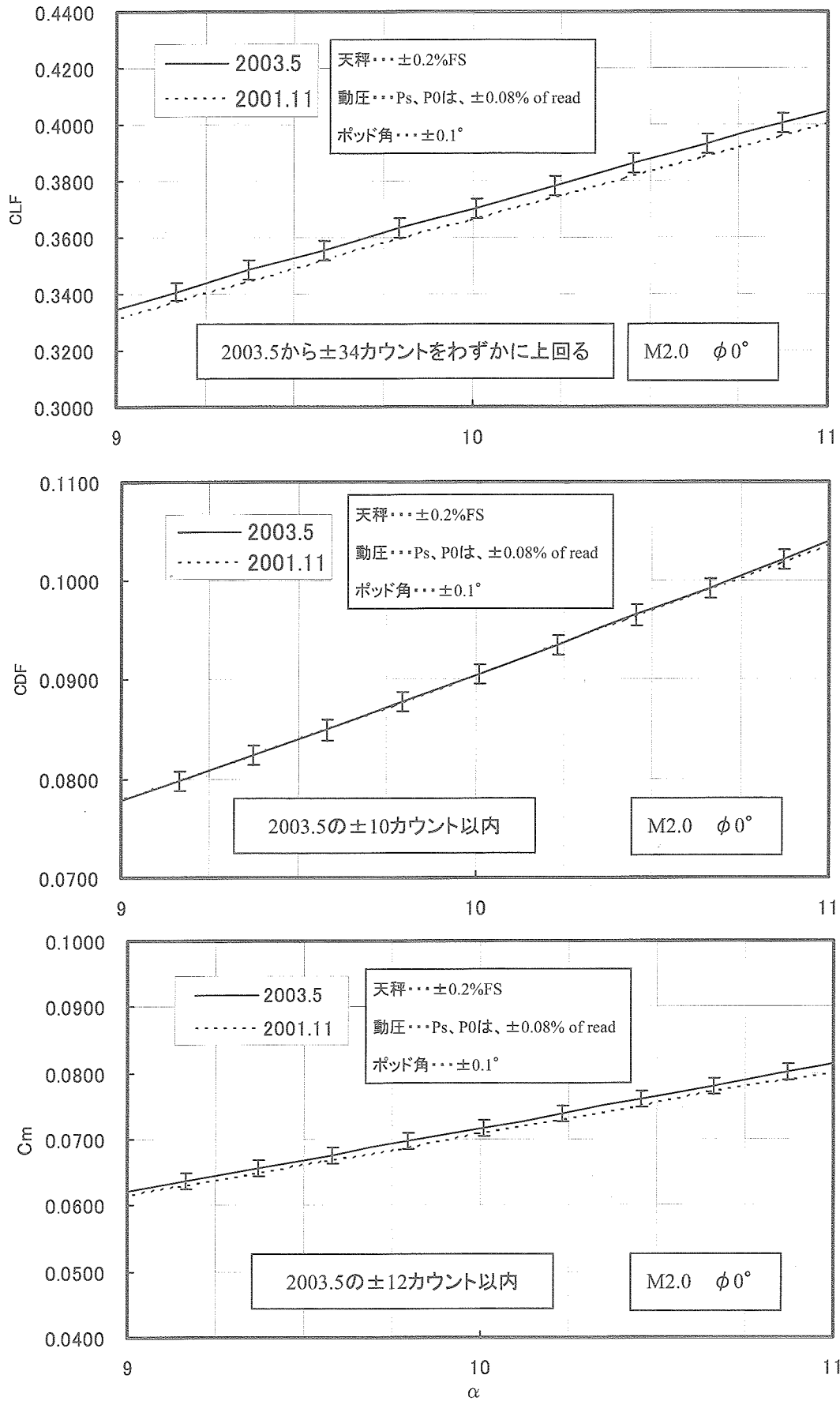


Fig3-6 $\alpha = 10^\circ$ 付近の縦 3 分力の空力係数の結果(2003 年 5 月と 2001 年 11 月おける再現性の確認)

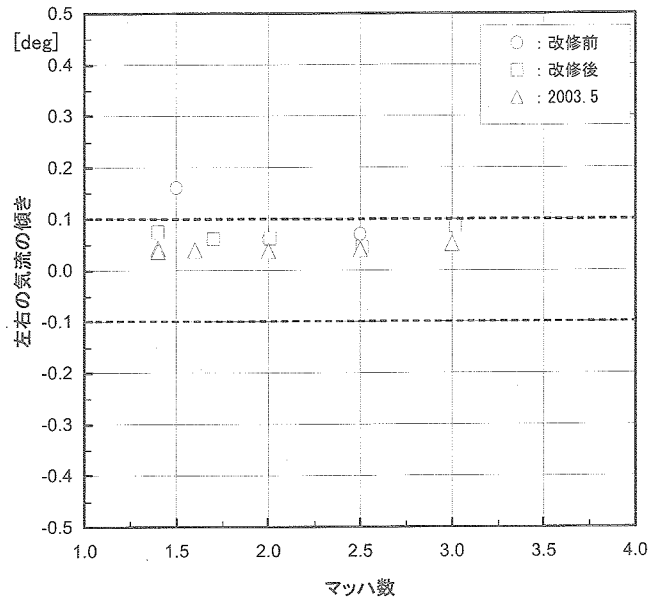
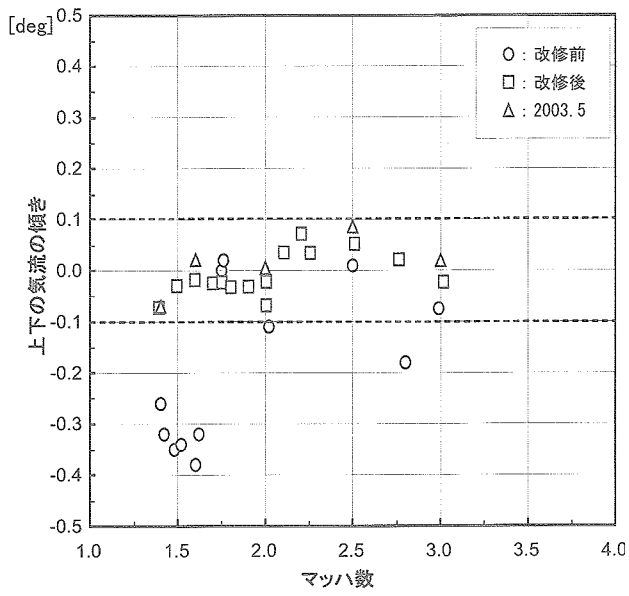


Fig3-7 上下左右の気流の偏向の確認

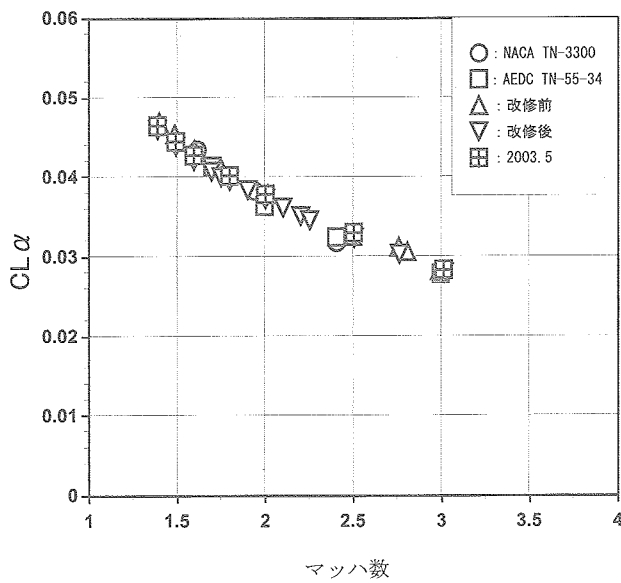


Fig3-8 マッハ数~CLαの確認

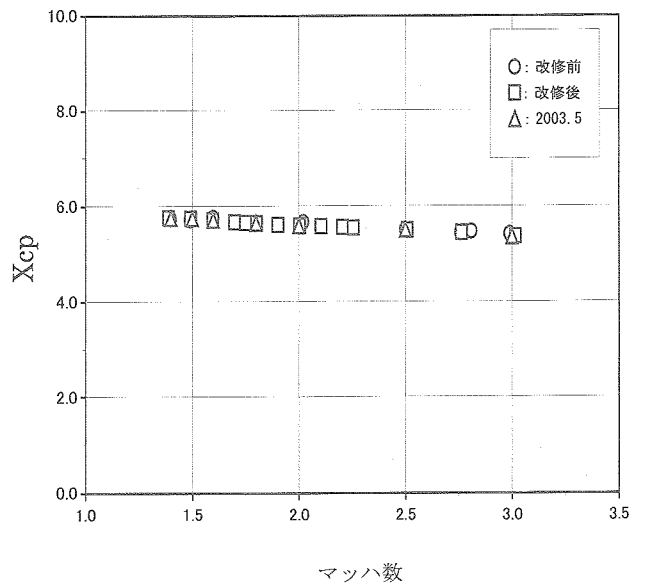


Fig3-9 マッハ数~Xcpの確認

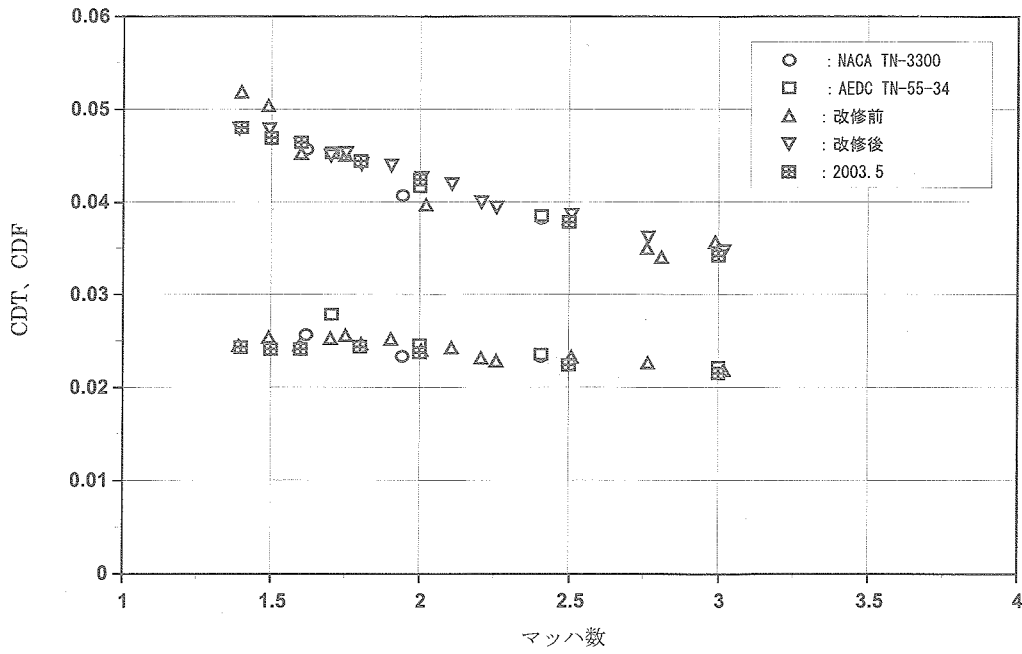


Fig3-10 マッハ数～CDT、CDF の確認

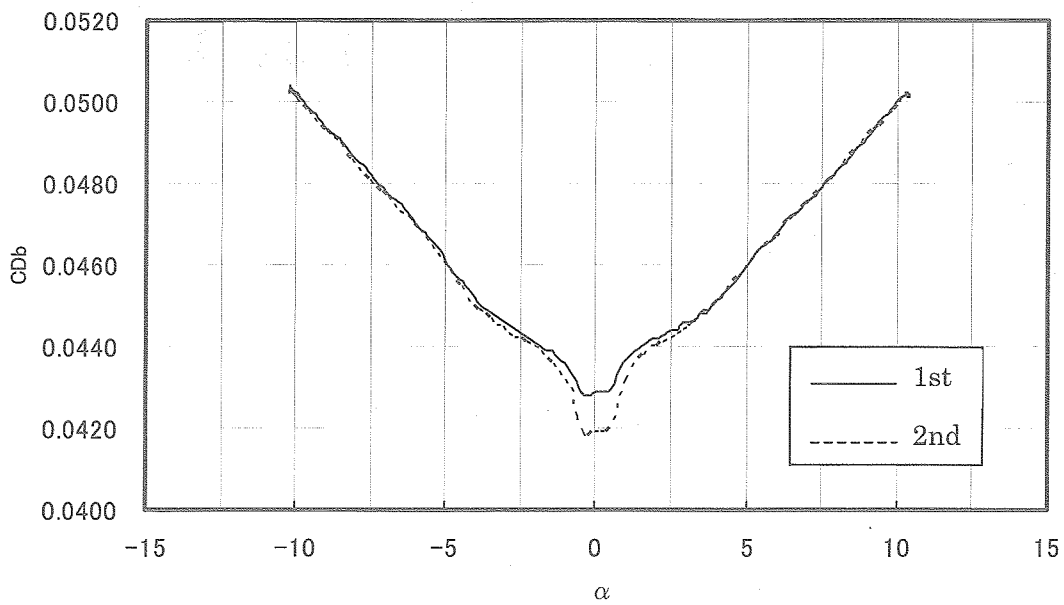


Fig3-11 Drag Buckets