

小型超音速実験機（ロケット実験機） パラシュート放出基礎試験について

迫 和彦、塩沢 信秋、長尾 津嘉（富士重工業株式会社）

遠藤 裕久（富士テクノサービス株式会社）

堀之内 茂（航空宇宙技術研究所）

Parachute Release Test of Non-Powered Supersonic Experimental Airplane

Kazuhiko Sako, Nobuaki Shiozawa, Tsuyoshi Nagao (FHI)

Yasuhisa Endou (FTS)

Shigeru Horinouchi (NAL)

概要

平成11年にNAL大型低速風洞で実施した、小型超音速実験機（ロケット実験機）パラシュート放出基礎風洞試験に関する試験状況、試験結果概要について報告する。

1. はじめに

小型超音速実験機（ロケット実験機）の回収系に関して、パイロットシュート開傘シーケンスの妥当性及び、パラシュート特性取得を目的として、適正ライザー長の選定、パイロットシュート放出状況の確認、リーフィングによる振れ角への影響の確認を行う風洞試験を実施し、実験機の実機へ有益な結果を得たので、以下にその試験内容及び結果概要を報告する。

尚、本試験で得られるパイロットシュートの開傘シーケンスの妥当性、パラシュート特性を基に航空機からのパラシュート投下試験結果を勘案検討し、実機のパラシュートの挙動が推定される。

2. パラシュートの基本的な開傘シーケンスについて

パラシュートは、図1に示す様なシーケンスで開傘している。まずパイロットシュートコンテナが火薬により射出し、パイロットシュートが開傘する。次にパラシュートコンテナがパイロットシ

ューートの抗力と火薬の推進力により射出し、メインパラシュートが開傘する。

3. 風洞試験

3. 1 日程・場所

試験日時：平成11年8月25日～9月17日

試験風洞：NAL大型低速風洞（図2に示す）

3. 2 風洞試験模型

風洞試験模型取付図を図3に、模型概要図を図4、5に及び、パイロットシュート・メインパラシュート概要図を図6、7に示す。模型スケールは8.5%であり、胴体長931.52mm（パイロットシュートコンテナまで）、翼幅401mmである。

図8に計測システム概要図を示す。

3. 3 試験概要

(1) 適正ライザー長確認試験

●目的

パイロットシュート及びメインパラシュート

のライザー長について、傘体の空気抵抗が、設計荷重以上であり、更に各収納袋内への収納性のよい最短長さとなるライザー長を選定する。

試験概要図を図 9 に示す。

●試験ケース

- ・試験風速： $V = 25$ (m/s)
- ・模型迎角： $\alpha = 0, 3, 6$ (deg)
- ・模型横滑り角： $\beta = -6, -3, 0$ (deg)
- ・ライザー長： $L = 255, 340, 425$ (mm)

(2) パイロットシュート放出試験

●目的

パイロットシュートの開傘時に、パイロットシュートが機体後流に巻き込まれることなく確実に放出され、開傘することを確認する。

●試験ケース

- ・試験風速： $V = 60$ (m/s)
- ・模型迎角： $\alpha = 0, 6$ (deg)
- ・模型横滑り角： $\beta = -6, 0$ (deg)
- ・ライザー長： $L = 255$ (mm)

(3) リーフイング率変更確認試験

●目的

SST 実験機の運用上、メインパラシュートによる降下時の振れ角が、 20 deg 以下であることが必要だが、(1) のライザー長確認試験の結果から、約 35 deg (半頂角) であることが分かった。そこで、傘種を変えずメインパラシュートの振れ角を 20 deg 以下に抑えることが可能なリーフイング率を調べる。

●試験ケース

- ・試験風速： $V = 25$ (m/s)
- ・模型迎角： $\alpha = 0$ (deg)
- ・模型横滑り角： $\beta = -3, 0$ (deg)
- ・ライザー長： $L = 340$ (mm)

試験概要図を図 14、15 に示す。

4. 試験結果

(1) 適正ライザー長確認試験

<パイロットシュート>

●パイロットシュートの空気抵抗を計測した荷重データにおいて、設計荷重以上を発生し、パイロットシュート収納袋への収納性のよい最短長さのライザー長 $L = 255$ mm を選定した。

(図 10 は 5 回計測の平均値をプロット)

●パイロットシュートの振れ回り角度は、試験の映像から判断すると約 5 deg (半頂角) であった。

<メインパラシュート>

●メインパラシュートの空気抵抗を計測した荷重データの内、ライザー長 $L = 255$ mm のデータの一部で設計荷重を下回るものがあった。

従って、設計荷重以上を発生している他のライザー長のうち、メインパラシュート収納袋への納性のよい、最短長さのライザー長 $L = 340$ mm を選定した。

(図 11 は 5 回計測の平均値をプロット)

●メインパラシュートの振れ角は、模型迎角 α 、横滑り角 β 、ライザー長 L を変化させても変わらず、約 35 deg (半頂角) であった。しかし、文献等では、パラシュートのスケール大きくなるにつれて、振れ角は小さくなる傾向がある。これは別途実施した、飛行機からのパラシュート投下試験結果(動的相似則を合わせた複数のスケールのパラシュートを使用)からも、同様の傾向が現れている。

更に、風試では模型を支持系に固定しているため、実機の運動のように、パラシュートが振れた時に吊下物(SST 実験機)の方が移動し、パラシュート全体の振れ角が小さくなることが考慮されていない。

これら、本風試結果及び投下試験結果を基に考えると、メインパラシュートの振れ角は、SST 実験機の運用上制限される ± 20 deg

以内に収まるものと考えられる。

(2) パイロットシュート放出試験

選定したライザー長 ($L = 255 \text{ mm}$) において、模型迎角 α 、横滑り角 β に関係なく、放出されたパイロットシュートが、後流に巻き込まれることなく開傘することを確認した。

放出前概要図を図12、放出後概要図を図13に示す。

(3) リーフィング率変更試験

現在のパラシュート傘種のまま、リーフィング率を下げることににより振れ角を $\pm 20 \text{ deg}$ 以下に下げられないことが分かった。

リーフィング率を小さくすることにより、メインパラシュートの振れ角を抑えられる。しかし、リーフィング率を下げる（傘体面積を減少させる）ことは、メインパラシュートによる空気抵抗を減少させることになるため、リーフィング率の変更に当たっては、メインパラシュートの大きさ及び傘種などについて検討が必要になる。

試験結果のグラフを図16に示す。

5. 考察

- パイロットシュート適正ライザー長は、
 $L = 255 \text{ mm}$ （実機スケール：3 m）
メインパラシュート適正ライザー長は、
 $L = 340 \text{ mm}$ （実機スケール：4 m）
を選定した。
- パイロットシュートの振れ回り角度はライザー長及び模型姿勢角に関係なく約 5 deg （半頂角）であった。
メインパラシュートの振れ回り角度はライザー長及び模型姿勢角に関係なく約 35 deg （半頂角）であった。
- パイロットシュート放出試験では、本試験で選定したライザー長において、模型の姿勢角に関係なく、機体の後流に巻き込まれずに、

放出・開傘することを確認した。

- 本試験のスケールで、メインパラシュートの振れ角は、リーフィング率を60%まで下げると、振れ回り角は 20 deg まで下げることが可能である。しかし、同時にCDS（メインパラシュート有効抵抗面積）も、62%程度まで下がってしまうため、現状のメインパラシュートの傘種でリーフィング率をさげるだけで振れ角を 20 deg 以下に下げることとは出来ない。
- メインパラシュート振れ角は、スケールが大きくなると一般的に小さくなる。
本試験の結果からは、 20 deg 以下であることが分かっているが、その後のパラシュート投下試験の結果等により、実験機の実機での振れ回り角は、最大 12 deg と推定されている。

6. まとめ

今回の風洞試験結果により、パイロットシュート及びメインパラシュートの開傘システムの妥当性を確認し、さらにリーフィング率変更によるメインパラシュートの振れ角に与える影響具合を把握することができた。なお本風洞試験は、「小型超音速実験機（ロケット実験機）の詳細設計等（その2）パラシュート放出基礎試験」として実施されたものである。

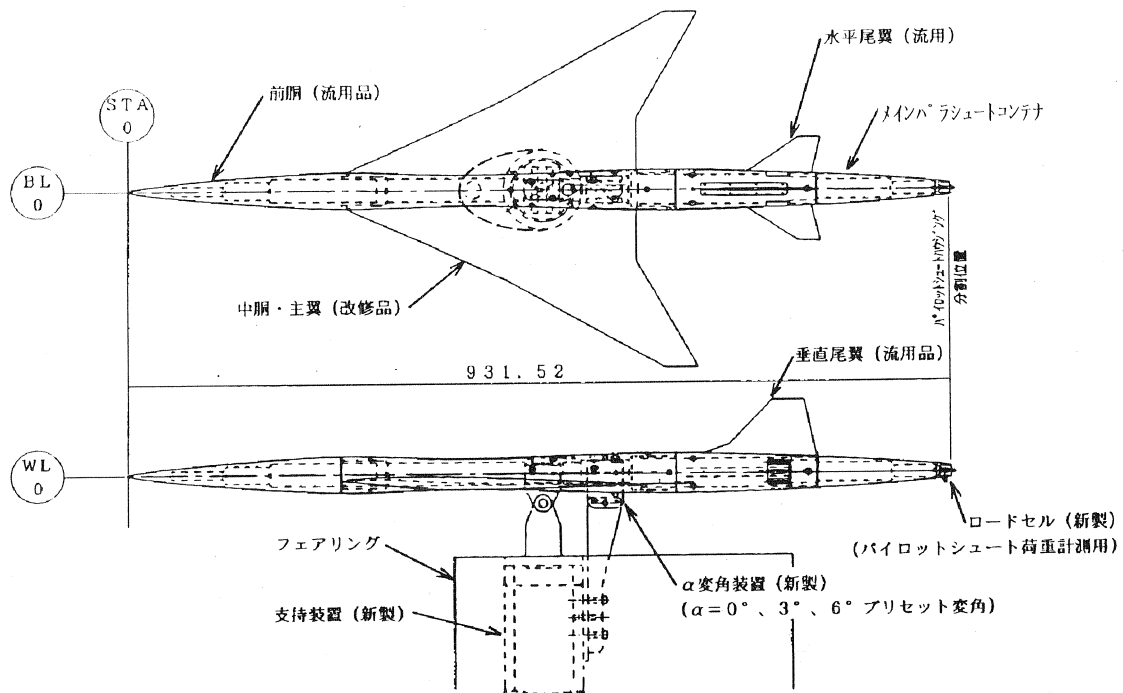


図4. 風洞試験模型概要図 (パイロットシュート試験形態)

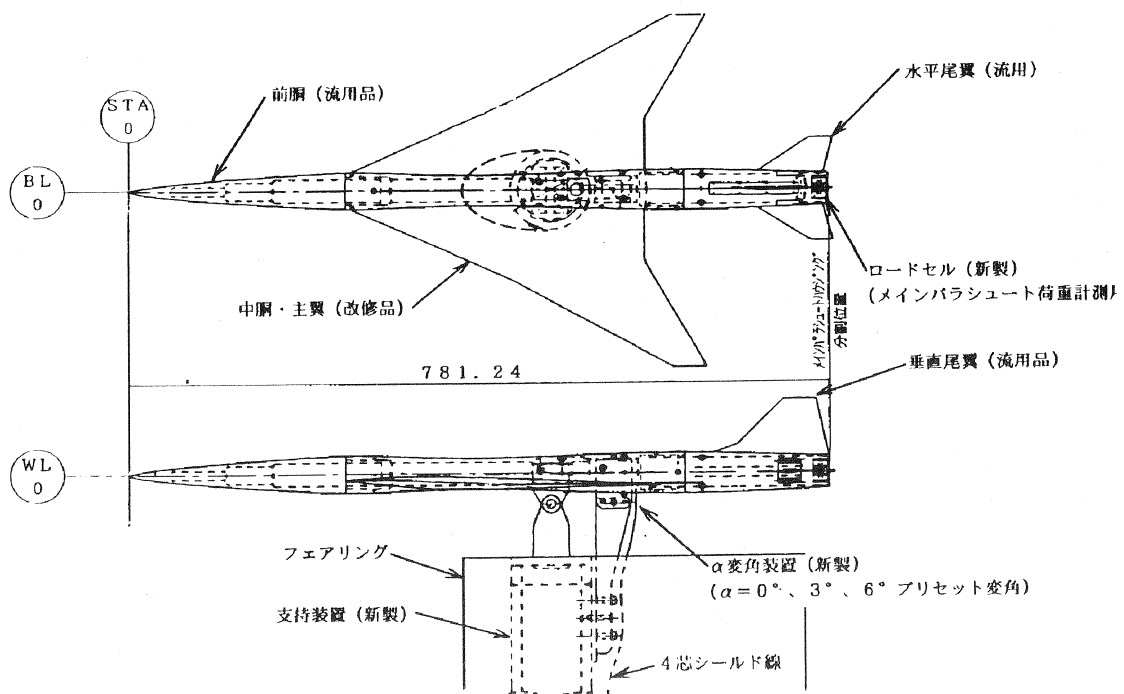


図5. 風洞試験模型概要図 (メインパラシュート試験形態)

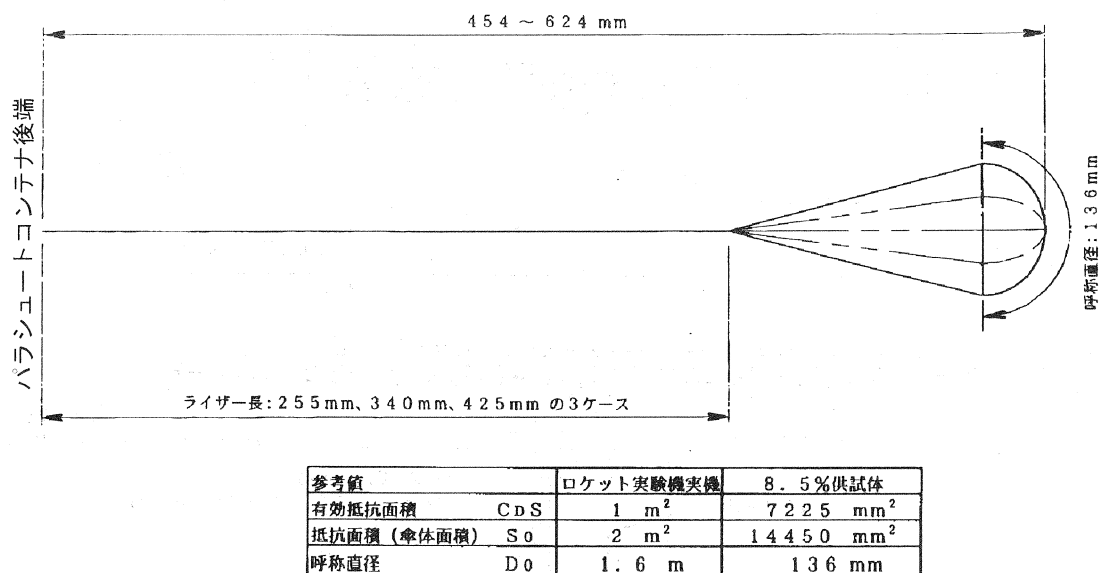


図 6. 1° ロケットシュート概要図

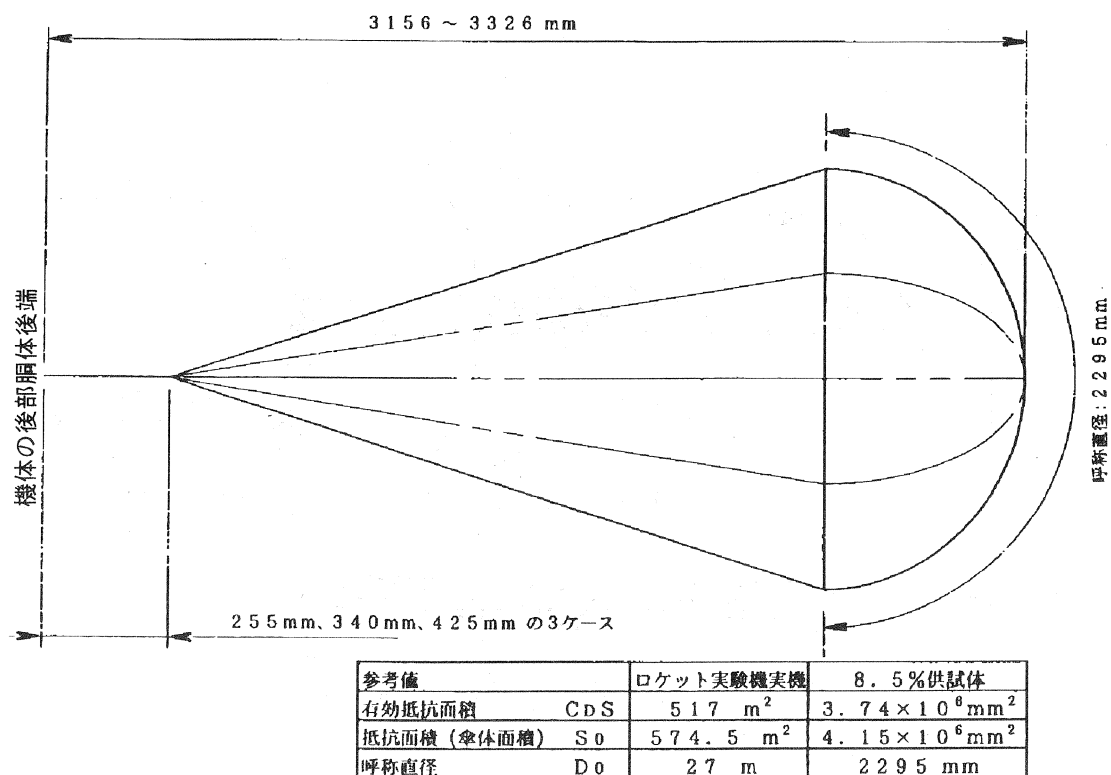


図 7. メインパラシュート概要図

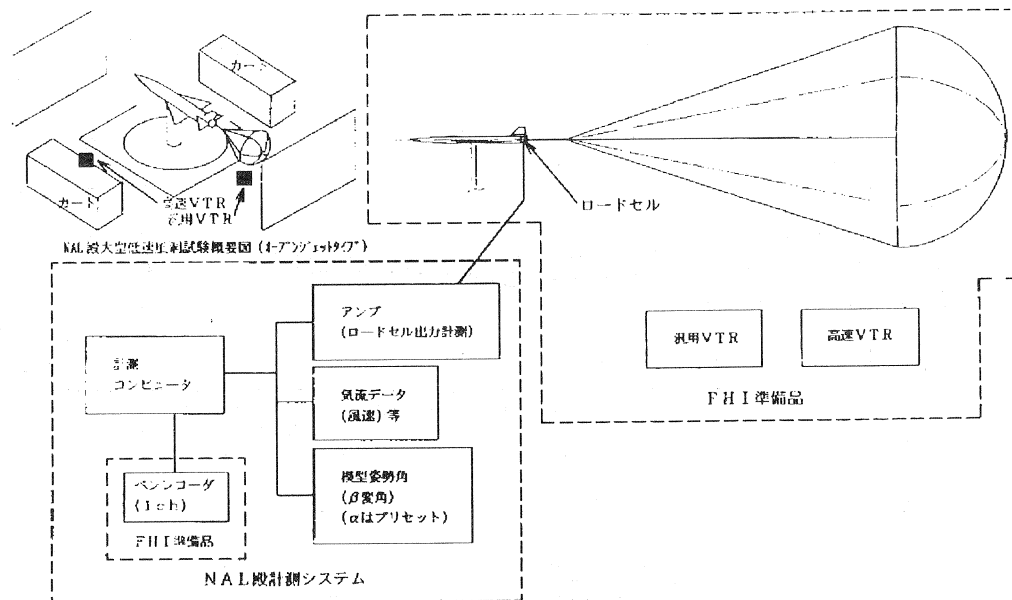


図 8. 計測システム概要図

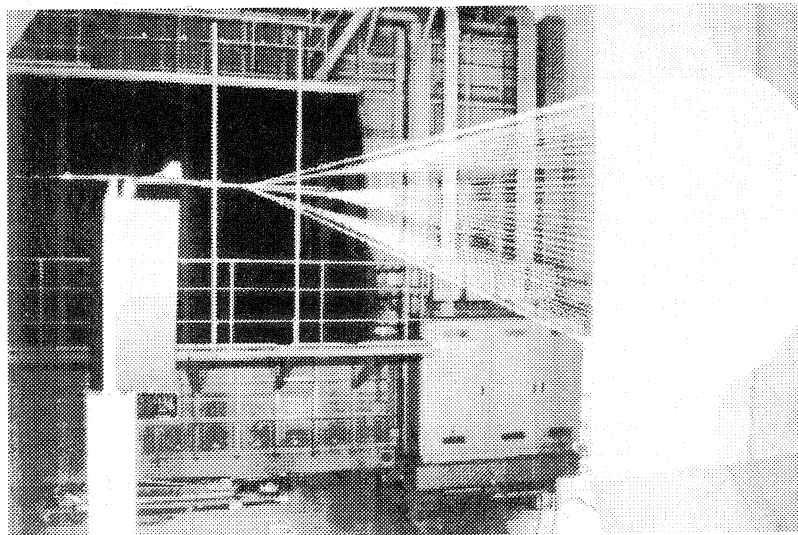


図 9. 適正ライザー長確認試験概要図
(メインパネラシュート試験形態)

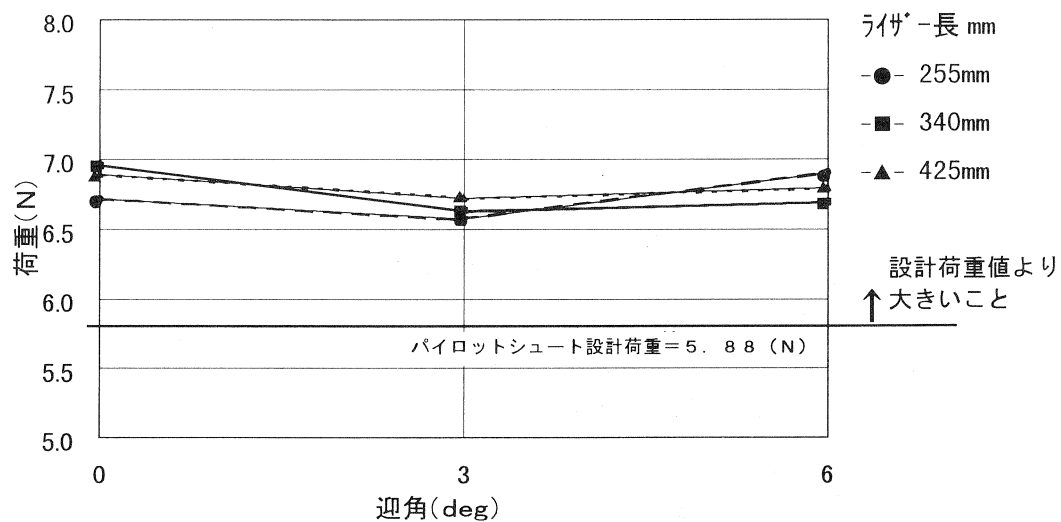


図10. 適正ライザー長確認試験結果
(パイロットシュート試験形態, 横滑り角 $\beta=0\text{deg}$)

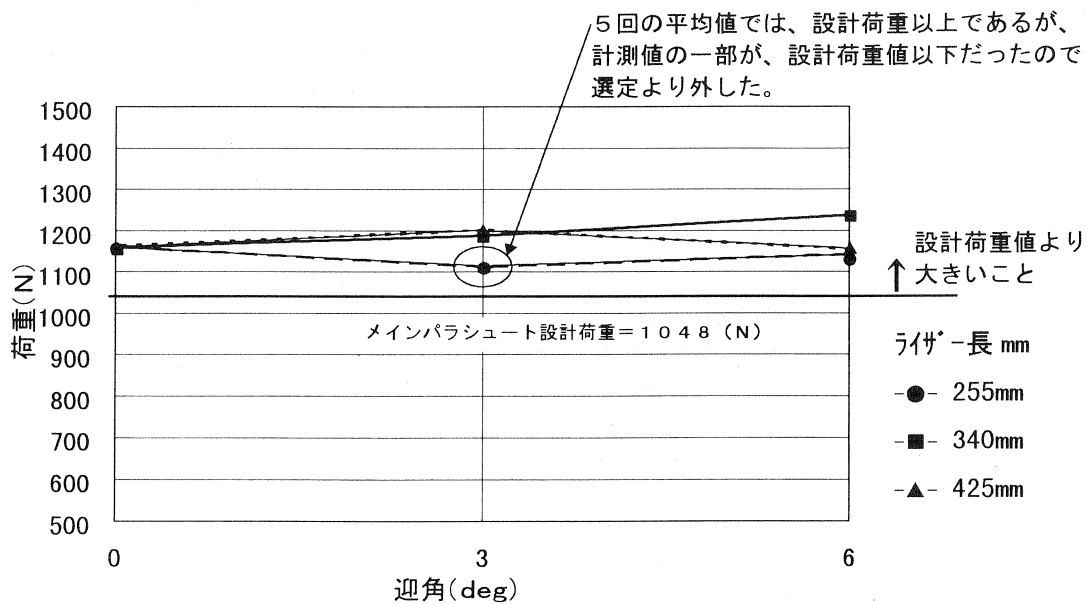


図11. 適正ライザー長確認試験結果
(メインパラシュート試験形態, 横滑り角 $\beta=0\text{deg}$)

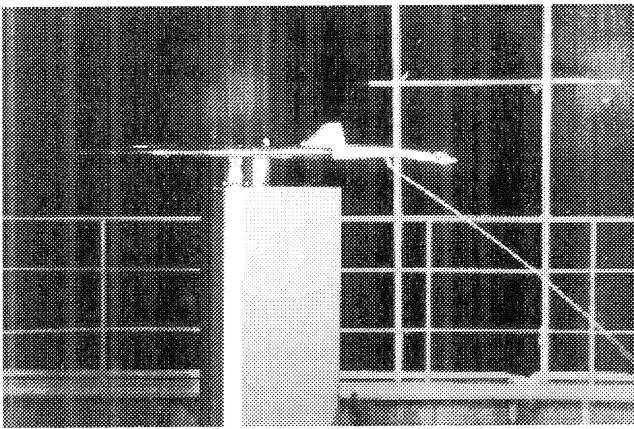


図 1 2. ハ゜ロットシュート放出試験（放出前）

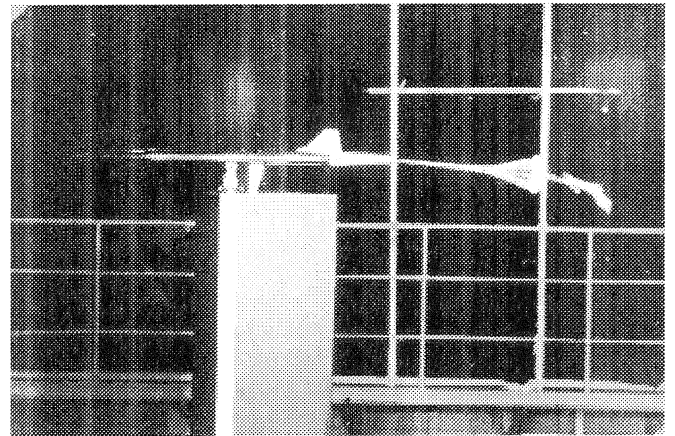


図 1 3. ハ゜ロットシュート放出試験（放出後）

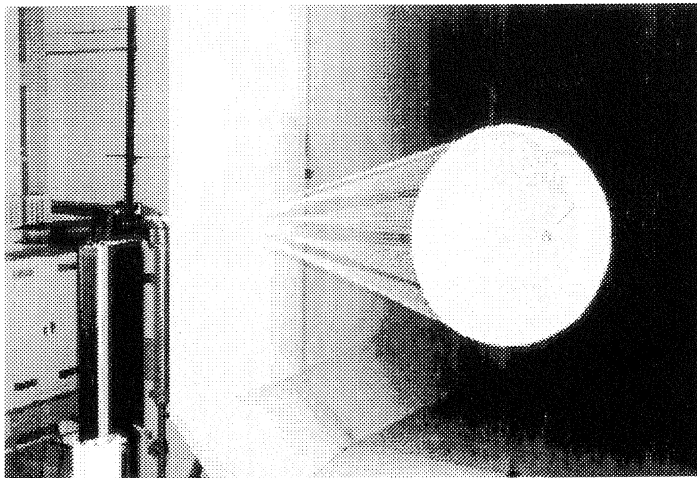


図 1 4. リーフィング率変更確認試験
（リーフィング率 90%）

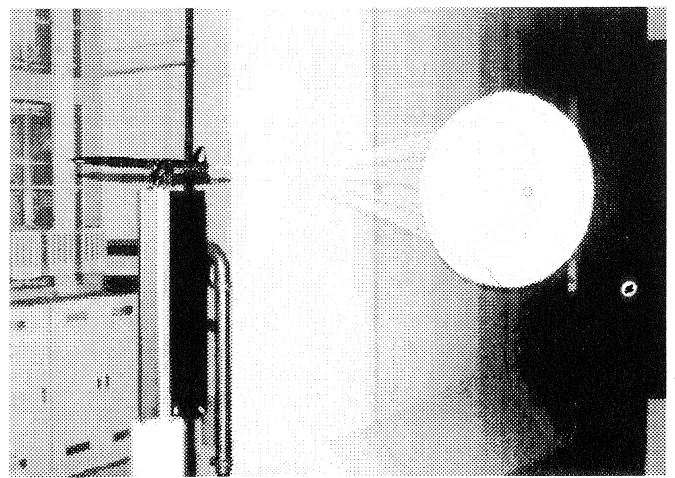


図 1 5. リーフィング率変更確認試験
（リーフィング率 50%）

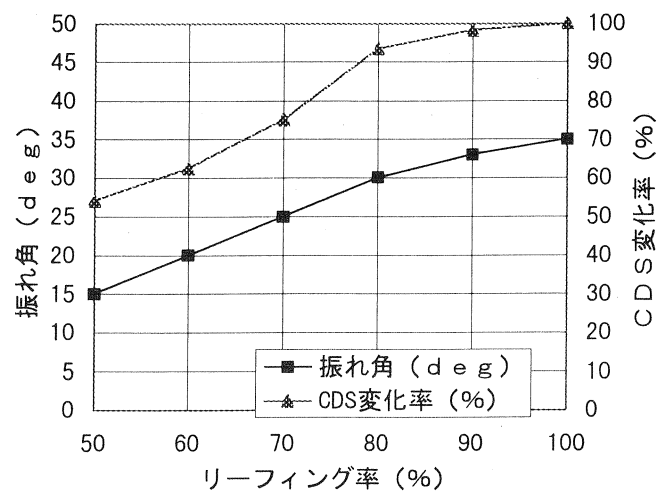


図 1 6. リーフィング率変更試験結果