

報告書

極超音速風洞での折り紙ヒコーキ公開実験

臼井 実

日本折り紙ヒコーキ協会

科学技術推進室 室長

2008年1月24日

実施日 : 2008年1月17日(木)

実験場所 : 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学
基礎実験棟 (千葉県柏市 柏の森5-1-59)

メンバー :

東京大学大学院 航空宇宙工学

鈴木 真二 教授 工学博士

東京大学 工学系研究科航空宇宙工学

土屋 武司 准教授 工学博士

今野友和 大学院 博士課程1年

酒井 洋輔 修士課程2年

ニッジャポーク マノート 修士課程2年

アンドレエバ アドリアナ フリストバ 修士課程1年

東京大学大学院 新領域創成科学研究科

先端エネルギー工学専攻

鈴木 宏二郎 准教授 工学博士

今村 宰 特任助教 科学博士

松本達矢 新領域創成科学研究科 修士二年

株式会社 飾一

岩宮 陽子 会長

日本折り紙ヒコーキ協会

戸田 拓夫 会長

臼井 実 科学技術推進室 室長

岸浦 武繁 主任指導員

実験概要：

2007年12月26日に実施した予備実験結果を基に、超越紙を使用したスペースシャトル型折り紙ヒコーキを専用ホルダーに耐熱性接着剤で固定し、東京大学柏キャンパスにある極超音速風洞を使用し、マッハ7の極超音速気流中で紙ヒコーキが空力加熱、及び動圧に耐えうるかのデータ採取を目的に報道機関向け公開実験を行なった。

使用風洞：

東京大学柏キャンパス 極超音速高エンタルピー風洞

極極超音速風洞の概要：

今回使用の極超音速風洞は、圧縮した空気を瞬間的に真空タンクに流し高速流を作りますが、圧力差だけではマッハ7に到達しないので、上流側の高圧タンクからの空気を途中加熱し速度を上げている。

極超音速風洞装置に関しては、東京大学の下記HPを参照下さい。

http://daedalus.k.u-tokyo.ac.jp/wt/pamphlet_Jan2007.pdf



風洞装置の中央計測部



風洞下流側に接続される球形真空タンク、上流側には高圧タンクがある



コントロール室のモニターパネル

測定部寸法:

吹き出し口は 200mm , 気流領域 120mm 、



コントロール室のモニター画面, シュリーレン画像で観察可能

計測時間：

マッハ7で約30秒通風ですが、安定状態での計測範囲として今回は10秒で実験。

観察、計測手段：

モニターTVによる、変形、色の変色(超越紙の黄化)及びシュリーレン画像での衝撃波の発生状況、六分儀天秤による揚力、抗力等の各分力の計測。

使用折り紙：

折り紙ヒコーキ協会認定紙のバガス紙(サトウキビ繊維)を使用、これを5%ホウ酸水に浸し乾燥させ難燃性を与え、更にプロジェクトのパートナー(株)飾一 岩宮 陽子会長 発明の**超越液**(今回はW1900D)を機体完成後にスプレー処理し乾燥させ、紙の繊維をガラス化する超越紙加工を実施。(シロキサン結合と呼ばれる反応で紙の繊維の中までガラスコーティングされ、耐熱性、耐水性、耐油性、耐摩耗性等の性質を持った超越紙の状態となる)

超越紙：天然素材の紙に、無機質のガラスをコーティングし、紙の性質はそのままにガラスの持つ特性を付与したものが超越紙(R)です、この状態でスペースシャトルを折ることが出来ます。(超越紙(R)は、(株)飾一の登録商標です、HPは下記)

<http://www.kazariichi.com/>

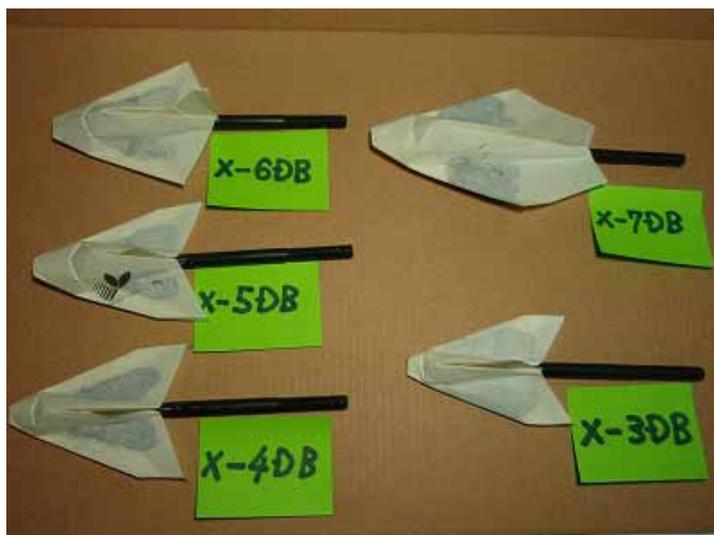


超越液 D & E Type と洗浄液
超越液は無色透明の液体状のガラスです

使用機体モデル：

今回、4モデルを使い計5回の実験を実施したが、準備した機体モデルは日本折り紙ヒコーキ協会 戸田 拓夫会長が開発した、スペースシャトル型モデルの5種類計10機。

サイズは全長約7センチ、翼幅5センチ（風洞の吹き出し開口部の関係で翼幅は最大5センチの制限がある）



実験用に準備した5種類のスペースシャトル型モデル、
翼端板の有無や、翼面積が少しずつ違う

各モデルの Wing Span は 50mm. モデルと Holder
との接着は米国製 Auto Weld 接着剤, 耐熱性 300 度 C、
接着力 300Kg/cm 平方を使用。

使用機体の一部紹介

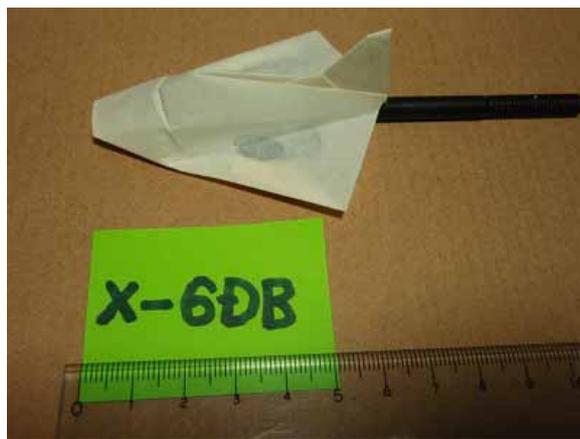


X-3DB カモハシ型シャトル（公開実験機）

全長 70 ミリ、翼幅 50 ミリ 胴体部含む翼面積 1773.5 平方 mm



X-5DB ステルス有尾翼型 (実験一回目)
胴体部含む翼面積 2133.25平方 mm



X -6DB 二段尾翼型
このモデルは2回の耐久試験に使用した
胴体部含む翼面積 2336.5平方 mm

モデルのネーミング 例: X-2DB

X: Experimental,

2: Model Sequence D:W1900D D タイプ超越液 B :Boric acid ホウ酸水処理

モデルの取り付け方法:

計測用六分儀天秤先端へのモデル支持方法は、M 6 mm ピッチ 1 mmネジによる固定。

ホルダーは(株)カスタム特製です。



計測支柱に折り紙ヒコーキを取り付ける
空気は左の円筒部から右に流れる。



取り付け完了状態、

報道関係者

報道関係者 55 名と実験メンバーで当日は風洞始まって以来の混雑となりましたが、関連部門からの共同記者会見を含め、十分に夢のプロジェクトの趣旨をお伝えすることが出来たと考えています。



カメラの位置取りも大変です。



コントロール室内、プロジェクターで映像を流しました。

実験結果：

4 モデル計 5 回の実験を実施した。モデルはマイナス 3 度にセットし、プラス 2 度まで 5 度の範囲で迎角を自動的に変化させ計測。

1) 1 回目 (X - 5 DB)、2 回目 (X - 4 DB) での実験

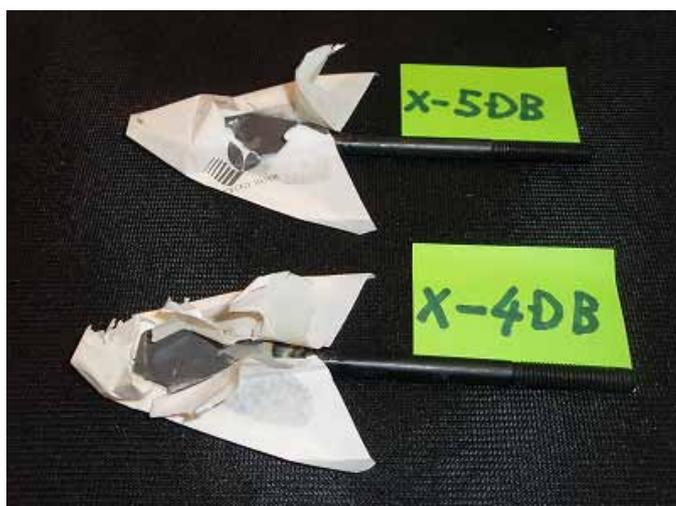
12 月 26 日の予備実験でマッハ 7 での動圧、空気過熱に耐えることを確認済みであったが、今回の 1 回目及び 2 回目の実験で 10 秒間の安定な計測後の気流

停止時に、後方よりの衝撃波の戻りによるモデルの瞬間的な破損が発生した。

この状況は実際の地球帰還時には発生しないので、モデルを 10 秒間の計測後、極超音速気流中から瞬時に下方に離脱させる事とし、3 回目以降は問題なく実験を続行した。



破損前の X - 4 D B



計測終了後に、地球帰還時は発生しない風洞停止時の後方からの戻り衝撃波で破損したモデル、但しマッハ7での10秒間の計測は問題なく終了。

2) 3 回目、4 回目の実験 (X - 6 D B) 耐久試験

この実験では同じモデルを使用し機体の耐久性を検証した。

マッハ7での2回の試験で、計20秒の極超音速にも耐える事が確認できた。

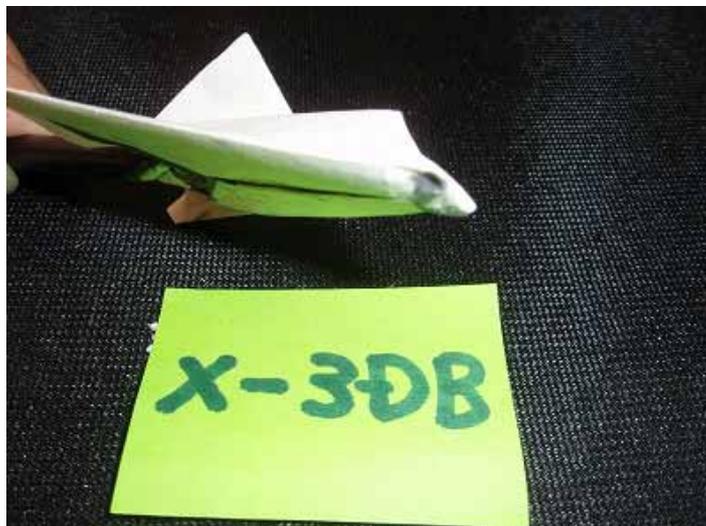
但し、このモデルの特徴である、上部胴体部分が大きい事による変形が多少認められた。



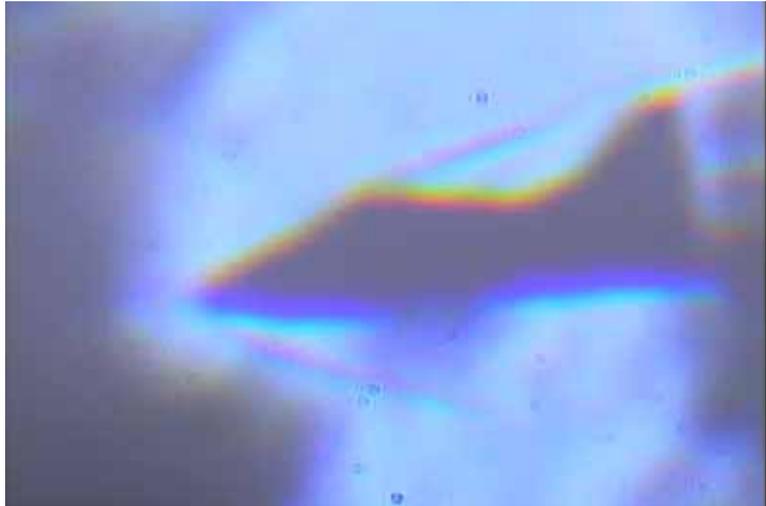
この機体の先端部は今回、戸田会長が新たに開発した折り方で製作

3) 5回目の実験 (X - 3DB) 一般公開用

柏の極超音速風洞稼働後 通算 421 回目にあたる実験となりましたが、この機体も翼のビビリ等の無い安定した状態で公開実験が終了した。今回の風洞設定状況 (実際の飛行より厳しい環境となっています) での動圧から空気加熱は約 200 度と推定。



マッハ7の飛行から帰還した機体、写真では良く見えませんが、機体前面には風洞内のごみが秒速約1.2キロメートルで当たった針で開けた様な鋭い穴が多数開き、マッハ7の凄さを実感させる。



衝撃写真！

折り紙ヒコーキからマッハ7での衝撃波が発生しているシュリーレン写真
機首先端から上下に筋が見えますがこれが衝撃波です。

この写真から垂直尾翼には衝撃波は当たらず、良い機体形状が確認できました

総括と今後の予定

予備実験と今回の公開実験結果から、折り紙ヒコーキが極超音速気流中でも破損せず耐久性、耐熱性の面で耐える事が確認できた。

今後は以下の実験を含め、夢の実現に向けメンバー一同頑張って参ります。

- * 機体先端部に温度センサーを取り付け、極超音速風洞での確認試験。
- * 超越紙単体での発火点の確認試験。
- * 今回の実験データーと最終モデルの翼面積を使用し、更に精度の高い地球帰還経路のシュミレーションを東大で実施し、地球帰還日数等を詰める。
- * 宇宙航空研究開発機構の「宇宙ラボ」へ本プロジェクトを申請中で今後正式にNASAとの調整を期待しています。



今回の実験メンバーですが、全員ではありません

前列左から、岩宮陽子会長、鈴木真二教授、戸田拓夫会長
後列右から、今村宰特任助教、鈴木宏二郎准教授、臼井実、
岸浦武繁 そして応援の学生さんです。

実験の影響度

今回の一連のTV、新聞等での報道後、海外メディアからの問い合わせも多く、反響の大きさに改めて驚いていますが、夢のプロジェクトに興味を持って頂く世界中の方々にこれが正夢になる様、関連機関に協力をお願いし、日本の夢を世界に届けたいと思います。

皆様のご支援の程、よろしくお願い申し上げます。

以上