

# CHicK-2000 Project

## 人力飛行機 CHicK-2000 における応力外皮構造翼の開発

CHicK-2000 プロジェクトチーム  
“アクティブガールズ”

吉川俊明((株)浅沼組) 坂本慎介(三菱電機(株))  
堀琴乃(郵船トラベル(株))  
服部高資(名古屋大学) 佐多宏太(名古屋大学)



Figure - 1



“Active Gals”

# CHicK-2000 Project



2 tトラックと機体収納ボックス

機体の運搬状況



アスペクト比：43.7の細長い主翼



特徴的なテールブーム



*“Active Gals”*

# CHiCK-2000 Project

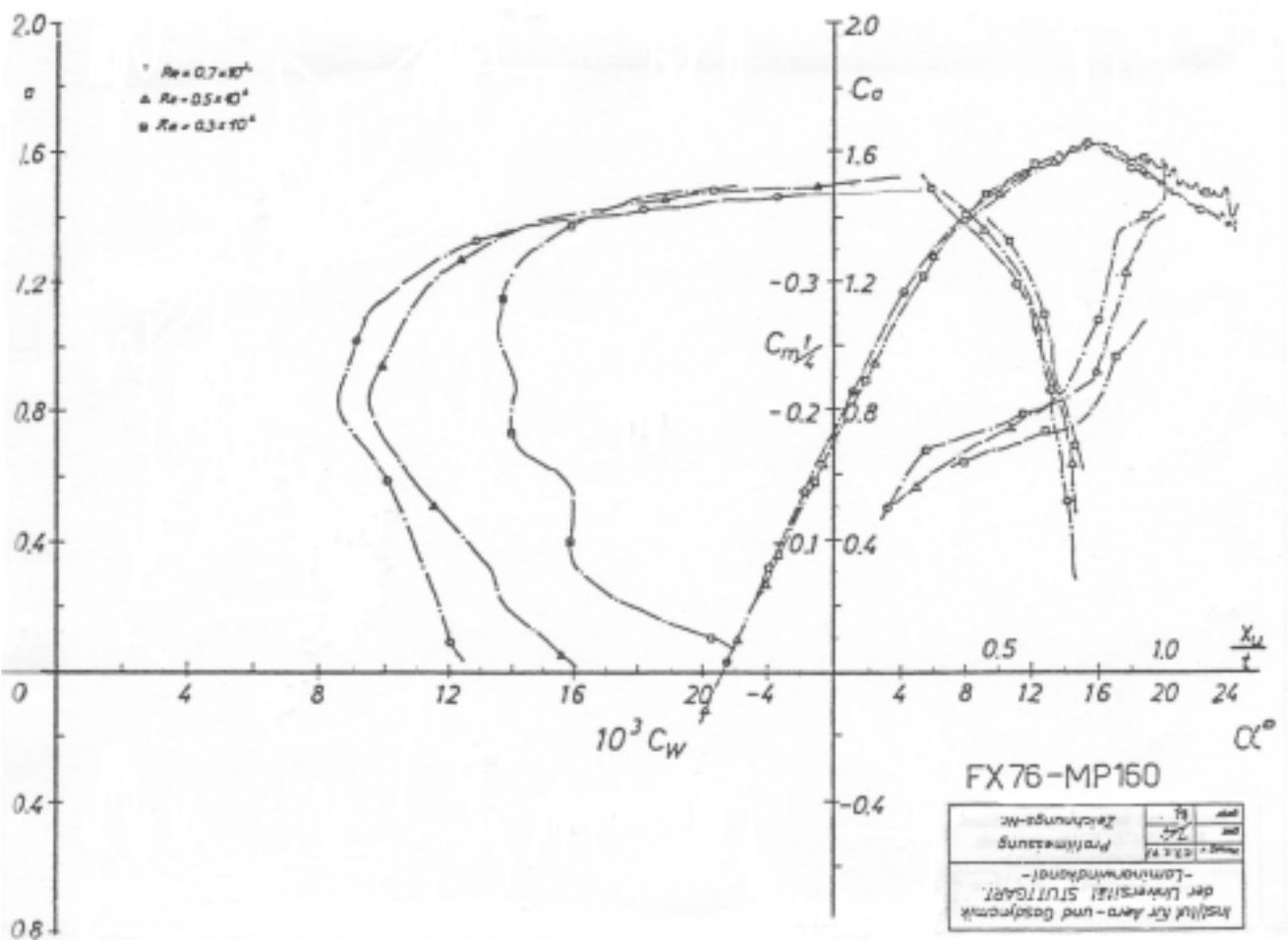
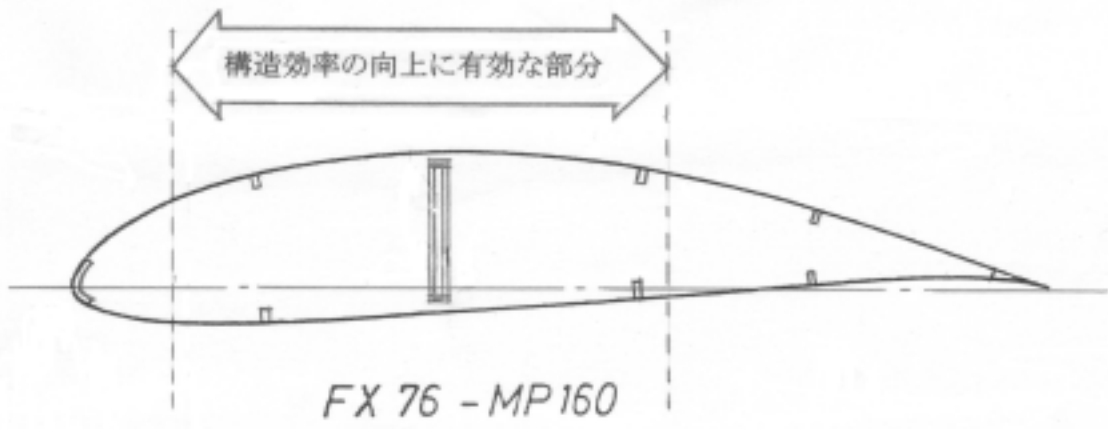


Figure - 2

*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project

## ストレススキン翼の採用理由

1本のカーボンパイプに全ての応力を負担させる単桁構造と比較

主翼の**アスペクト比が43.7**に達すると、

- (1) 構造重量の増加が著しく**構造効率が低下**する。
- (2) 曲げや捻り応力による**変形が過大**になる。
- (3) 主要構造材の過大な変形が、外皮にシワやタルミ等の変形を生じ、**主翼効率が低下**する。
- (4) 旋回飛行では、空力弾性を利用した釣り合い旋回を計画しているが、主翼を捻り制御する為に**所望の捻り剛性が必要**。

Figure - 3

## CHicK-2000 が採用したストレススキン翼の構造

今回開発したストレススキン翼は、

- (1) プロトタイプ
- (2) 製作・補間・運搬・取り扱い上の制限が多い
- (3) 型の製作に膨大な時間と費用を要し、高度な工作精度の確保が必要



型を用いない製作方法を考案



初歩的で製作しやすい構造



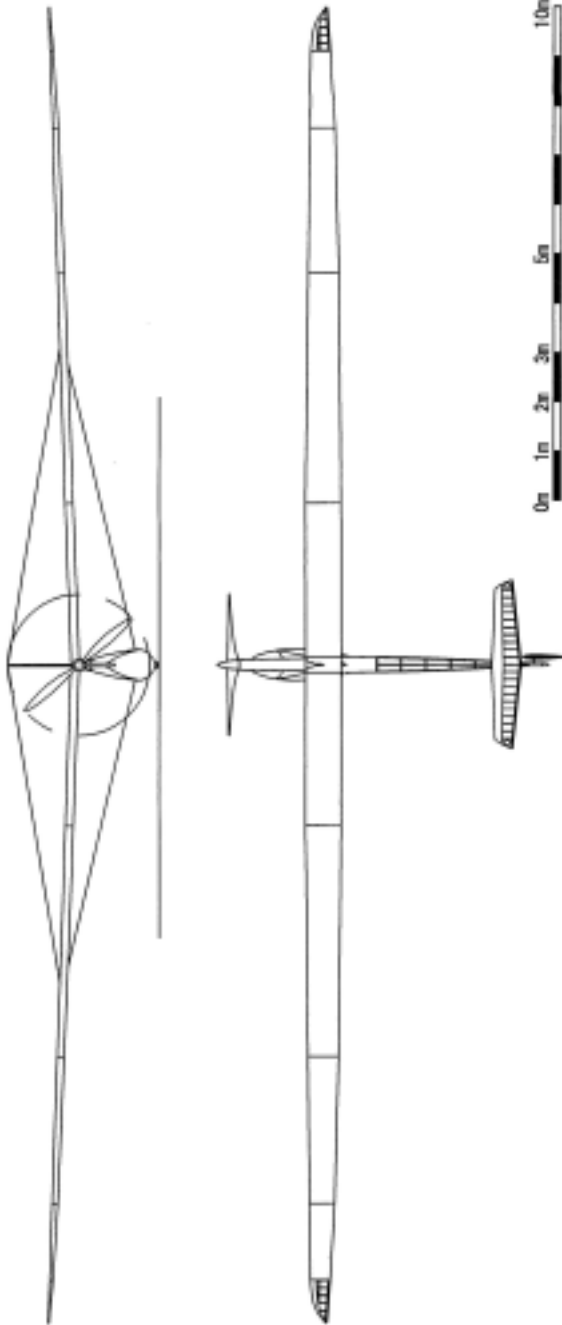
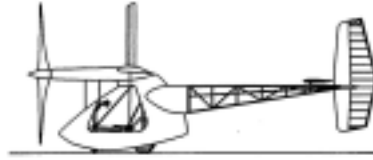
- (1) スパーとリブを配置
- (2) 外部をスチレンペーパーでブランク
- (3) 更にその外部をGFRP加工
- (4) フィルムを貼って仕上げる



Figure - 4

*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project



<i>CHicK-2000</i> TECHNICAL DATA.		Pilot : KoToNo HoRi	
Span	26.6 m	Length	7.12 m
Wing area	16.2 sq.m.	Aspect ratio	43.7
Empty weight	31.0 kg	Flying weight	75.0 kg
Min.flying speed	7.2 m/s	Min.power at speed	160W @ 8.0m/s
Airfoil	Wortman FX76 MP-160 ~ DAE-21 ~ DAE-31 ~ DAE-51		
		Height	3.04 m
		Propeller	2.85 m dia.
		Wing loading	46.3 N/sq.m.
		Max. glide ratio	1:48



Figure - 5

*“Active Gals”*



# CHicK-2000 Project



ジョイント部のステーパイプの固定方法



Figure - 6

*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project



Figure - 7



*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project



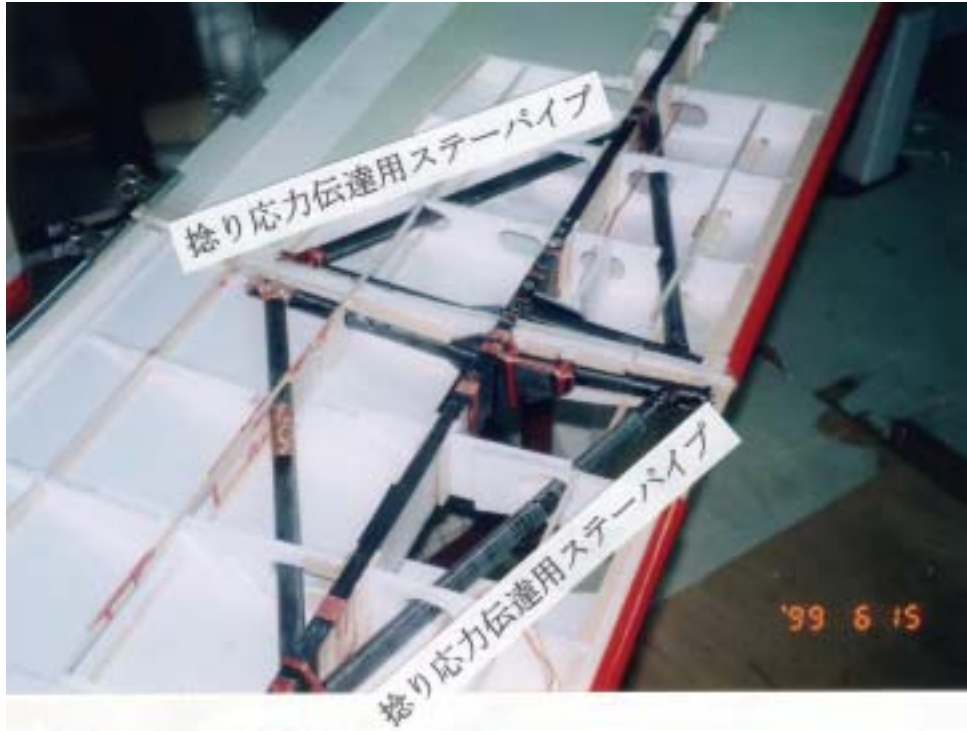
Figure - 8



*“Active Gals”*



# CHiCK-2000 Project



捻り応力伝達用ステーパイプの補強



Figure - 9



*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project



空中分解の瞬間.....



主翼裏面のブランクを捲って、内部構造の点検と捻り応力伝達部の補強

捻り応力伝達用ステーパイプの補強

Figure - 10



*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project

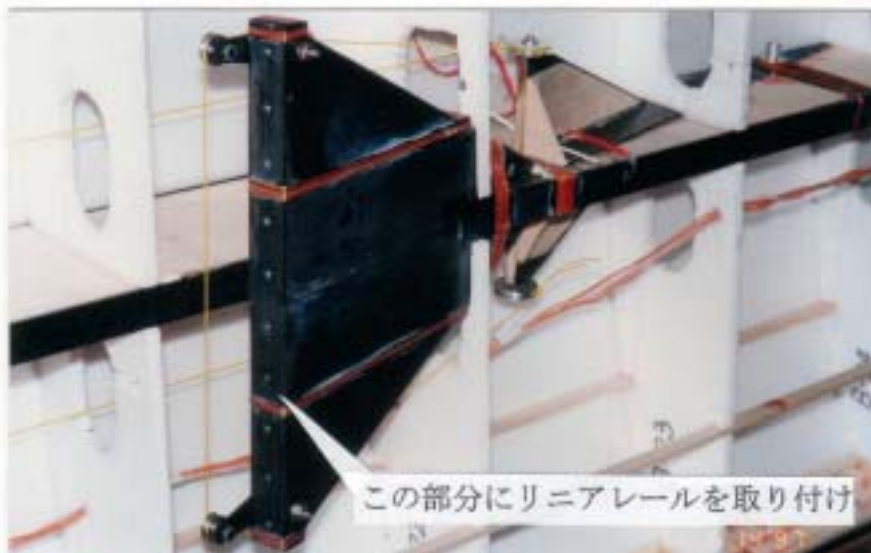


Figure - 11



*“Active Gals”*



# CHicK-2000 Project



Figure - 12

*“Active Gals”*



# CHicK-2000 Project

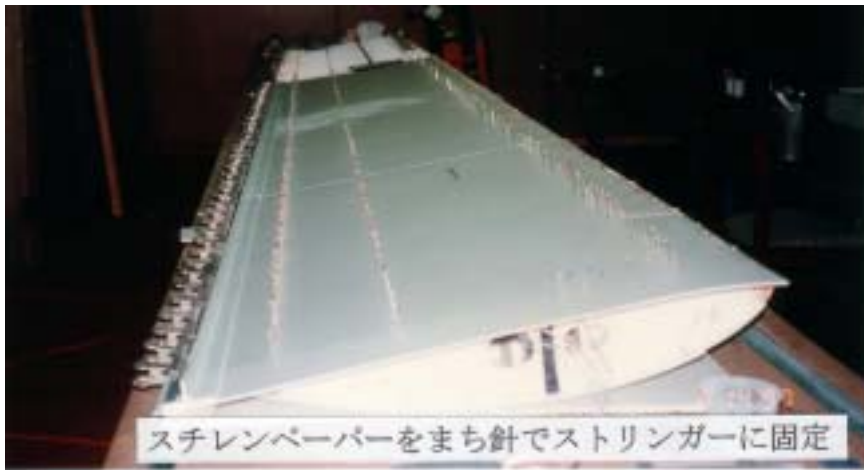


Figure - 13

*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project



Figure - 14



*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project



Blank completion surface sanding



Figure - 15



*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project



Figure - 16



*“Active Gals”*



# CHicK-2000 Project



Figure - 17



*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project



Figure - 18



*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project



Figure - 19



*“Active Gals”*



# CHicK-2000 Project



翼端 ; スパン 900mm で重量は 105gr



Figure - 20



*“Active Gals”*



## パイプ翼とストレススキン翼の比較

主翼の完成重量

主翼の完成重量 ; 15.44kg (リフトワイヤーを含まず)

単位面積当たりの重量 ; 0.96kg/m<sup>2</sup>

単位長さ当たりの重量 ; 0.59kg/m

パイプ翼機と比較して、単位長さ当たりの重量は同程度

単位面積当たりの重量は、約 1.5 倍



主翼のアスペクト比が一般機の 1.5 倍に対し、面積が 2/3 しか無い事による。

我々の試算 ; パイプ翼機で同等の剛性を確保すると、主翼重量は約 160%に成る。

現状の設計 & 製作技術でストレススキンを採用し、

軽量化の効果 (高い構造効率が望める) を上げられるのは、

翼弦長が 1 m 以下の場合

Figure - 21



*“Active Gals”*

# CHicK-2000 Project



Figure - 22



*“Active Gals”*

## ストレススキン翼のデメリット

- (1) 弾性率が極端に異なる主要構造材を用いた複合構造は、**変形予測が難しい**
- (2) 接合部の**応力伝達方法が複雑**
- (3) 製作に**膨大な手間**を要する
- (4) スキンは、品質のばらつきが大きく、**重量管理や品質管理が難しい**
- (5) 完成後の**取り扱いが難しい**
- (6) この形式の複合構造の主翼は、荷重が解放された後に**残留歪みが生じ易い**
- (7) スチレンペーパーの吸水性が高く、**吸湿による強度低下**を招く
- (8) 同上、GFRP 加工に浮きやフィルムに気泡が生じ、**メンテナンスが厄介**

Figure - 23



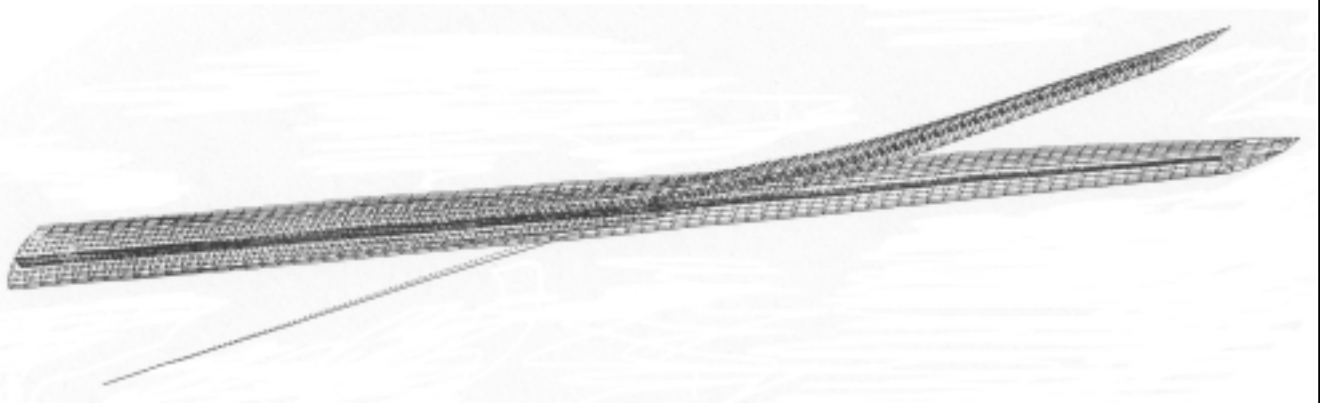
*“Active Gals”*



# CHicK-2000 Project

## 設計・製作上の問題点

- (1) **弾性軸の把握**が難しい。
- (2) 構造解析は有限要素法 (FEM) によったが、  
**計算値と実験値の整合性は、スキン (GFRP) の加工技術や精度、品質管理に大きく依存する。**  
GFRP スキンの弾性定数や境界条件の設定には疑問が多い。



- (3) 極端に弾性率の異なる複合構造は、**変形予測が難解**
- (4) 除荷後に翼端に 4%もの**残留歪み**が確認された
- (5) 必要パワーの低減化には、主翼表面 (外皮 ; スキン) の**剛性向上と仕上げ精度の向上**が必須
- (6) 旋回性能の確保には、**曲げ剛性と捻り剛性のバランス**が重要
- (7) ストレススキン構造を採用する主翼は、  
**左右各々 1 対の構造**とするべき  
**接合部**を設ける場合、その部分の**応力伝達方法**が設計・製作上の重要なポイントになる



Figure - 24

*“Active Gals”*

## 製作上の注意点

### (1) スキンの製作で **GFRP 加工技術**の問題点

試験体を作って加工・製作の練習が必要

吹き付け厚さと重量の管理手法が重要

### (2) 接合部の**捻り応力の伝達方法**

スパーから前・後縁にカーボンパイプのステーを取り付けて伝達

スキンからスパー、ステーに伝達し、接合部を経て、ステー、スパー

へと応力伝達が滑らかに行われる工夫が重要

### (3) **工作上的注意点**

スパーとスキンの固定

スパーとリブの固定

スキンとステーの固定

ステーとリブの固定

スパーとステーの固定

の5点がある。

Figure - 25



*“Active Gals”*