

# 人力飛行機用ギア BOX の設計・製作

—双発駆動系の紹介とセンターギア BOX 試作品の出来あがるまで—

技術センター 工学部等部門  
設計・工作系技術班 矢吹 祐司

## 1. 駆動系のテーマは

2005 年人力飛行機 (HUES4.0) の双発駆動系は、人間パワーを高効率で引き出す『SDV』の搭載と動力の伝達効率の高い『オールシャフトドライブ化』・外からは、ペダリング部しか見えない『カーボンパイプ内蔵駆動系』というコンセプトで設計・製作することになった。

人力飛行機製作活動で、製作した駆動系の紹介と試作駆動系のセンターギア BOX の設計・製作について報告する。

## 2. 双発駆動系の紹介

HUES4.0 に搭載される『SDV』『SDV 用・センター・双胴の各ギア BOX』『オールシャフトドライブ化』『カーボンパイプ内蔵駆動系』について、試作品と本番用を用いて特徴・役割などを紹介します。

### (1) 本番用 SDV 搭載双発駆動系

本番用駆動系 (図 1-1) は、カーボン角パイプとカーボン丸パイプを使用して学生たちが製作したコックピットフレーム内に SDV 用ギア BOX・センタードライブシャフト・センターギア BOX が内蔵され、外から見えるのは『SDV』の機構だけです。

センターギア BOX から左右の翼内ドライブシャフトが約 2 m 伸び、左右の双胴ギア BOX に入り、回転軸を 90 度変換してプロペラ用ドライブシャフトを経て、左右のプロペラが回転する。

ドライブシャフトの総延長は約 7 m にもなり単発機に比べ非常に長くなっています (2005.07.06 完成) (図 1-2)。



図 1-1 本番用 SDV 搭載双発駆動系



図 1-2 本番用 SDV 搭載双発駆動系

## (2) SDV

HUES4.0は双発機のため単発機と比較すると駆動効率と駆動系重量でデメリットばかりで、メリットは「カッコイイ」ぐらいです。人間パワーを普通自転車のペダリングで100%として、最大で180%引き出す『SDV』を採用。SDVは、自転車用に開発された機構なので人力飛行機用にアレンジして製作しています(図2)。

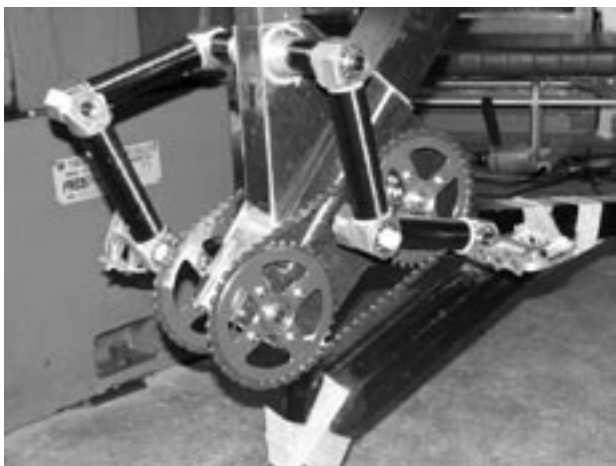


図2 SDV本番用

## (3) SDV用ギアBOX

SDVのペダリングを入力し回転軸を90度変換してセンタードライブシャフトに回転力として、出力し動力を伝える(図3)。

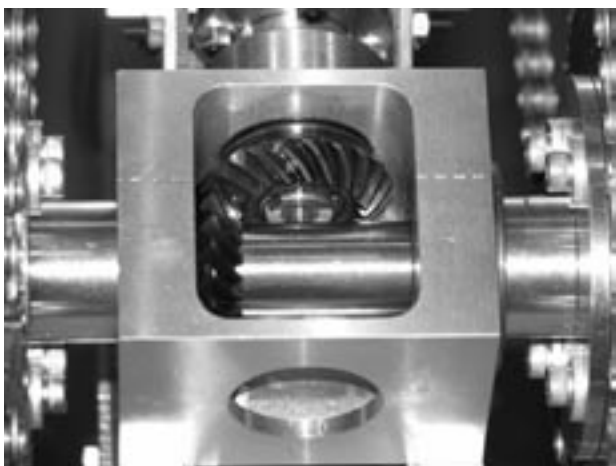


図3 SDV用ギアBOX試作品

## (4) センターギアBOX

SDVを搭載したため機体の前側が重くなるの

でバランスを考えて、ワンウェイクラッチをSDV用ギアBOXではなく、パイロットの頭上にあるセンターギアBOXに内蔵することにした。

内蔵されたワンウェイクラッチの役割は「テストフライトでは地面にプロペラが接触したとき」「大会では着水時の脱出など」パイロットの安全性を高めるのに必要な機構です。

センターギアBOXは、センタードライブシャフトの回転を左右の翼内ドライブシャフトに分配します(図4)。



図4 センターギアBOX試作品

## (5) 左右の双胴ギアBOX

カーボン丸パイプに内蔵され、翼内ドライブシャフトから入力した回転軸を90度変換しプロペラドライブシャフトを回転する(図5)。



図5 双胴ギアBOX本番用

## (6) ドライブシャフト

センター・左右の翼内ドライブシャフトは、カーボンパイプを使用し、片側はアルミフランジ、もう片側は、アルミパーツにインボリュートスプラインを圧入して接着してあります。

3本のドライブシャフトは、3年間製作活動してきた学生に圧入まですべて任せて製作したパーツです(図6)。



図6 ドライブシャフト

## (7) SDV 搭載試作双発駆動系

本番用駆動系で、特にSDV周りでトラブルが出ないように試作駆動系で耐久テストをするのと、「SDVのスプロケットの軸間距離」「スプロケットとチェーンの歯数比」「チェーン直線部の角度」「シートポジション」をパイロットの好みにするため、これはメーカーで試乗してみても解ったのですが、従来の普通自転車のペダリング運動(円運動)に比べSDVのペダリング運動(長円運動)には、高速域になるとSDV独特な感覚があるので、パイロットに慣れてもらうための練習台として製作した。

SDV 搭載試作駆動系は、出来るだけコストを安く製作したかったので、センタードライブシャフトは2003年度機に使用した翼内ドライブシャフトの1本を、主翼桁と左右の翼内ドライブシャフトは2004年度機に使用した物を、センターギアBOXのスパイラルマイタギアの一つは2002年に使用した物を利用し、フレームは在り合わせのアルミ材で製作した(2005.05.16に完成)(図7)。



図7 SDV 搭載双発試作駆動系

## 3. センターギアBOXの設計

機体の重量バランスとコンパクト化(軽量化)・メンテナンス性を考ながら最初に市販パーツ『スパイラルマイタギア・ワンウェイクラッチ・ベアリング・ニードルベアリング用内輪・等速ジョイント』を強度・寸法の兼ね合いなど規格表を見ながら選択し、センターギアBOXの構造・デザイン・寸法を考えていく。

簡単な物なら頭の中の図面で製作するのですが、センターギアBOXは『入力軸・クラッチ用内輪・ワンウェイクラッチ・2個のスパイラルマイタギア・4個のベアリング・出力軸』が複雑に絡み合ってくるので、方眼紙に簡単なスケッチを描く(図8)。

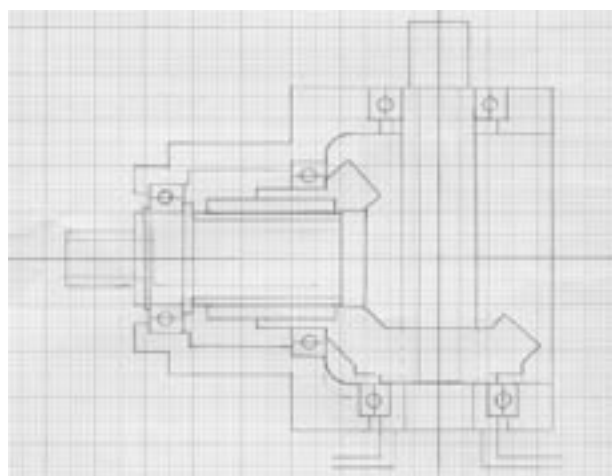


図8 ギアBOXスケッチ

#### 4. センターギア BOX の製作

##### (1) クラッチ内蔵スパイラルマイタギアの製作

スパイラルマイタギア (M=2.0 歯数 20 枚) 規格品の軸穴  $\phi 12.0$  を  $\phi 15.0$  リーマ穴に加工後キー溝加工, キーを取り付けてある歯車切削ジグにスパイラルマイタギアをセットしてボス径を仕上げ代を残して  $\phi 31.0$  に切削, 更にキー溝加工した  $\phi 15.0$  軸穴を  $\phi 25.98$  中グリ加工で拵げ『しまりばめ』で規格寸法  $\phi 26.00$  のワンウェイクラッチを圧入, ワンウェイクラッチのブレーキを利用しボス径を『すきまばめ』でベアリングが入るように  $\phi 29.98$  で外径加工. このように内径加工→外径加工→内径加工→外径加工と 4 回拵み変えて切削加工するので芯ブレが出来るだけ出ないように注意して加工する. このパーツは, ほとんど Fe なので出来るだけ軽量化をした (図 9).



図 9 クラッチ内蔵スパイラルマイタギア

##### (2) クラッチ用軸の製作

以前は, S45C・SUS・Ti から削り出していたがクラッチローラー接触部分の耐久性に欠けるため試作品には, 内径  $\phi 17.00$  外径  $\phi 20.00$  のニードルベアリング用内輪を外径  $\phi 17.02$  SUS 中空軸に『しまりばめ』で圧入し耐久性を完璧なものにした. 内輪は浸炭焼き入れ品のため, 圧入する時に割れない事と軸と内輪が使っているうちに滑らない事, 以上の注意が必要です (しまりばめの嵌合値は, 私の経験で決定しています) (図 10).



図 10 クラッチ用軸

##### (3) BOX 製作

$\phi 100$  アルミ丸棒より削り出すワンピース物です. 最初に, 旋盤で外径・端面と下穴加工し三段の円柱形にし, チャックに拵み変えクラッチ内蔵側 (入力軸側) のベアリング受けを中グリ加工. 寸法は,  $\phi 32.02$  深さ  $82.0 \pm 0.1$  と  $\phi 42.02$  深さ  $53.0 + 0.05 / -0$  でベアリング受けを加工します.

そして, フライス盤を使い BOX 角部分の外側を  $74.0 \times 52.0$  と内側を  $54.0 \times 46.0 \times$  深さ  $46.0$  コーナー R5.0 に加工. 更に, スパイラルマイタギアのバックラッシュが  $0.1\text{mm}$  以下になるように中心線をけがき, 出力軸側のベアリング受けをスパイラルマイタギアのスラストの向きを考慮して, BOX の上面 (右翼側) が  $\phi 28.02$  深さ  $7.0$ , 下面 (左翼側) は  $\phi 32.02$  深さ  $7.0$  でベアリング受けを加工する.

最後に, 肉抜きとタップ立てで作業は完了です. ベアリング受けは, ベアリング寸法より  $0.02\text{mm}$  径が大きい『すきまばめ』で製作, 少し嵌合が甘いですが, 鳥人間コンテストの会場での組み立て安さとメンテナンス性を考慮しています (図 11).

##### (4) 組み立て

入力軸のベアリングをかきめて固定し入力軸はスナップリングで固定し, ワンウェイクラッチ内蔵スパイラルマイタギアにベアリングをはめて, 入力軸に通しながら落とし込み, 出力軸のベアリングをはめ込みスパイラルマイタギアを啗

み合わせた状態にして出力軸にキーを取り付けてベアリングに通していき、キーの位置決めのためスナップリングで固定し、最後にベアリング押さえ兼用の等速ジョイントを取り付けて完了(図12).

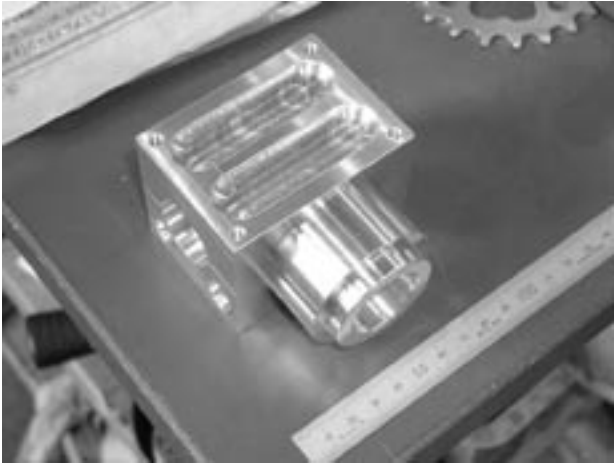


図11 ギアBOX

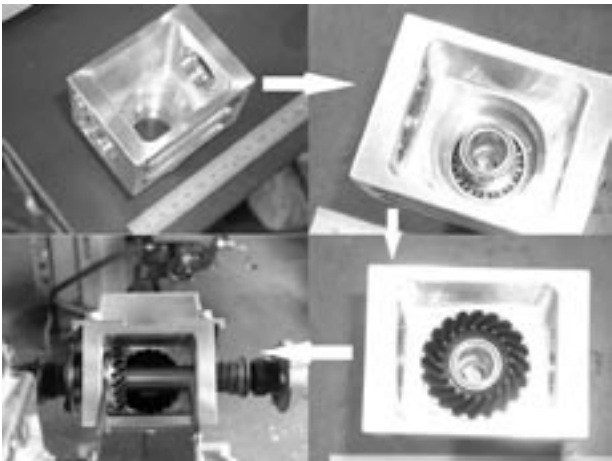


図12 組み立て手順

## 5. 耐久テストの結果

センターギアBOXは、耐久テスト中に約1ヶ月でワンウェイクラッチが破損(2005.06.中旬)、原因はスパイラルマイタギアからワンウェイクラッチが40%露出していることと、スパイラルマイタギア圧入部の肉厚不足が考えられ、これらを覆う圧入カバー(図13)を作製しテスト中である。クラッチが破損した時期には、本番駆動系の製作

に追われていたので、本番用は急遽クラッチを強化し、構造も変更して製作(図14)、本番用駆動系の完成を急いだ。

圧入カバーを付けて修理が完了したのは、大会出発3日前の2005.07.12である。

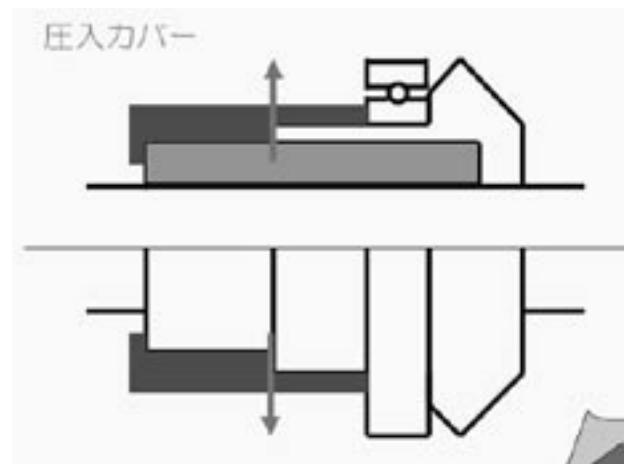


図13 圧入カバー



図14 センターギアBOX 本番用

## 6. 今後の課題

センターギアBOXに関しては、耐久テストを重ね試作用と本番用の良いところを取り入れた完成されたギアBOXの製作、また、駆動系全般では、1gでも軽くなるよう学生と共に人力飛行機製作活動がんばっていきたい。