

双胴ギア BOX の紹介

－ Ver.1～ Ver.10までの改良点・失敗談など－

技術センター工学部等部門 設計・工作系技術班
(工学部学校工場) 矢吹 祐司

1. 駆動系のチェーンドライブからシャフトドライブへ

2002年のオールチェーンドライブを見直し駆動系の軽量化と有害抵抗や駆動力による機体の振じれを減少するために、2003年からは、ペダルからセンターギア BOX までをチェーンドライブで、センターギア BOX から翼内にドライブシャフトを通し、CFRP パイプフレームに内蔵された双胴ギア BOX で回転軸を90° 変換しプロペラを回転する駆動系にしてみたいと相談があり、学生たちが考えて描いた駆動系のイラストを参考に私の駆動系の設計製作活動が始まった。(図1)



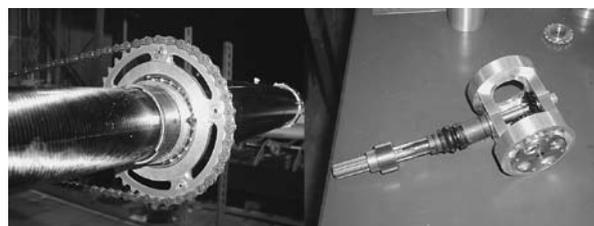
(図1) 2002年と2003年の駆動系

2. 双胴ギア BOX の設計製作

2003年4月初旬には、まだギア BOX を内蔵する胴体桁寸法が正確に決まっていなかったもので、2002年に使用し折れて残骸になっていた寸法的によさそうな内径がφ65のCFRPパイプがあったので、そのパイプを双胴の胴体桁として利用した。

最初に市販パーツのスパイラルマイタギアとベアリングの規格を決めて、2002年のチェーンギア一式より、できるだけ軽くメンテナンス性の良い双胴ギア BOX (図2) を考えて製作する。

Ver.1から Ver.10までの双胴ギア BOX で、試作から本番用が出来上がるまでの改良点、失敗談、単発機用に改造したことなどを紹介します。



(図2) チェーンギアに代わる双胴ギア BOX

2.1 Ver.1 φ65のCFRPパイプに内蔵でき、プロペラの回転軸がパイプの中心に来るようにスパイラルマイタギア M1.5 Z=20を選択し、ベアリングやギア BOX 部の各寸法を決めて製作する。

双胴ギア BOX だけでは耐久テストができないので、2002年に使用した自転車部品などを使って片翼分の試作駆動系を製作し、駆動系のテスト兼パイロットの練習台にした。

Ver.1はベアリングの強度不足で10分後に出力軸用のベアリングが破損。

駆動系全般では、スパイラルマイタギアの噛み合わせの関係で、ペダルを踏み込むとプロペラが下向きにおじぎをすることが分かった。(図3)



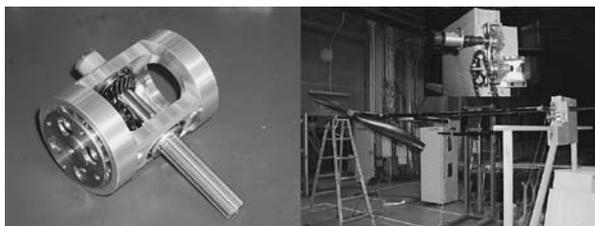
(図3) Ver.1と試作駆動系

2.2 Ver.2 Ver.1のベアリングの強度をUPとスパイラルマイタギアの噛み合わせを変えて、BOXを設計し直して製作する。(スプライン軸は、Ver.1の物を使ったので少し見映えが悪くなっています)

プロペラの下向きのおじぎを解消するためドライブシャフトを逆回転させるために、2002年に使用したチェーンドライブ用センターギアBOXを改造して使用。(図4)

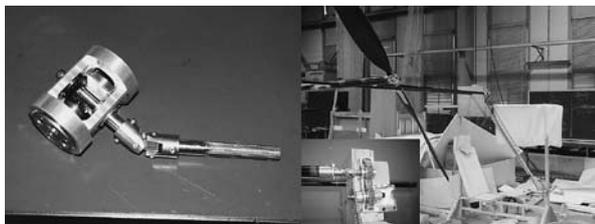
学生たちに、フルパワーで代わる代わる漕ぎ続けてもらい30分後に等速ジョイントが破損した。

軽量化のため等速ジョイントを1個しか付けなかったことと、スプライン効果が完璧でなかったことが原因と考えられる。



(図4) Ver.2とセンターギアBOX

2.3 Ver.3 等速ジョイントの納期が、2週間かかると業者から返答があったので、2週間のタイムロスは大いなので、ユニバーサルジョイントを急遽2個作り取り付けたらスプライン効果は完璧になった。それと同時に、自転車のチェーンに代わるRS25チェーンに変更し、チェーンギアもジュラルミンで作りチェーン駆動部重量がほぼ半分になった。(図5)。

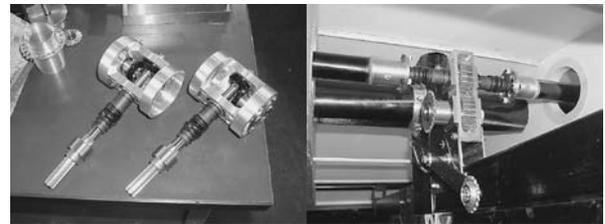


(図5) Ver.3と試作駆動系

2.4 Ver.4 2003年の本番機に搭載されたもので、主翼主桁のCFRPパイプとの関係でギア

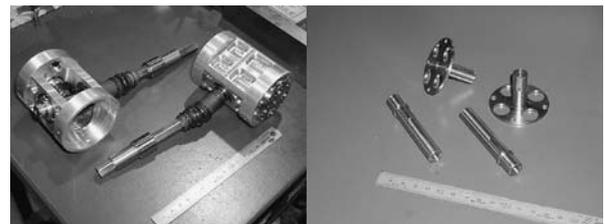
BOX径を $\phi 70$ に変更して、右翼用と左翼用の双胴ギアBOXを製作。(図6)

更に、センターギアBOXと操舵系部品の製作があるので大会を目指して完成を急ぐ。



(図6) Ver.4とセンターギアBOX

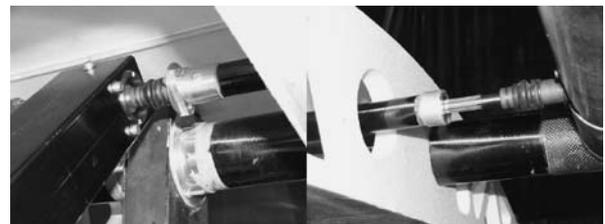
2.5 Ver.5 2004年に搭載されたもので、2003年の双胴ギアBOXの改良版で、Fe製の入力軸と出力軸をTi製に変更と、 $\phi 14$ のスプライン軸を $\phi 12$ の六角棒スライドユニットに変更して軽量化をした。(図7)。



(図7) Ver.5と入出力軸

2.6 Ver.6 2005年に搭載されたもので、2004年の双胴ギアBOXを更に改良し $\phi 12$ の六角棒スライドユニットを $\phi 12$ のインボリュートスプラインに変更して、軽量化とスライド効果のUP。(図8)

2005年の駆動系から、オールシャフトドライブになった。



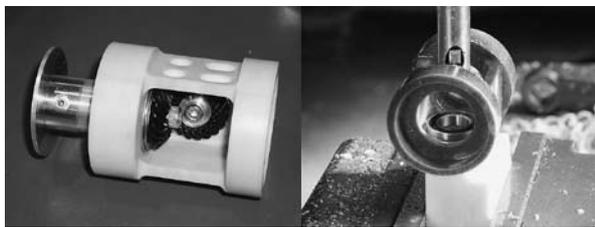
(図8) Ver.6とセンターギアBOX

2.7 Ver.7 このギアBOXは、試作として $\phi 60$ のCFRPパイプに内蔵出来るように学生が

設計した最小・最軽量バージョンで、BOXをAlからエンジニアリングプラスチックレニー1022 比重 約 1.7g/cm^3 ・入出力軸をジュラルミン7075・ボルトの一部を樹脂ボルトに変更して、製作したものです。

加工して解ったことは、BOX材料のエンジニアリングプラスチックを本来の使用用途から極端に違う使い方をしたので、かなり歪みが出てしまうこと。歪みをできるだけ少なくするために、いろいろとベアリング受けの加工方法を変えて、バイスに挟まずに削ってみたりして3通りの加工方法で作ってみた結果、3個目で何とか組上げることが出来たが、ギアの芯ぶれが妥協できる範囲に入らず、致命的になったのは $\phi 60$ に入るように $\phi 59.85$ で加工済みのところが 0.3mm ぐらい膨張してしまったこと。

ほかの駆動系部品の製作もあり、歪みを制御して寸法精度を出すには、かなり時間が掛かりそうなので形にただけで断念。(図9)



(図9) Ver.7

2.8 Ver.8 Ver.7のBOX材料を従来通りにAL(5056)で作直したら一発OK。(図10)

しばらくの間、ギアBOXの耐久テスト兼単発のSDV練習台として使用。



(図10) Ver.8と練習台

2.9 Ver.9 Ver.8をタイムトライアル機用に使うため改良したもの。

改良点は、入力軸と入力側マイタギアの結合方法で、CFRPパイプのTジョイント部分に $\phi 20$ の作業用穴のみで、ジョイント内部で連結できるようにした。

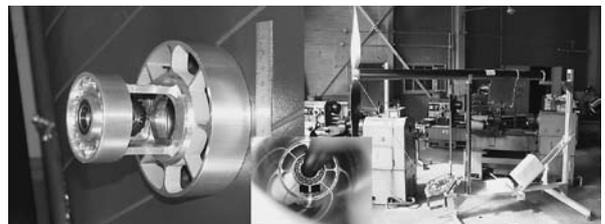
従来は、キー溝加工した穴と軸を 0.02mm の『すきまばめ』ではめ込んでいたが、手を入れて組立て作業ができないので、入力軸の端部を四角錐軸に、入力側のスパイラルマイタギアを四角錐の穴にして、ガイドジグを使ってドライブシャフト一式を引き上げTジョイント内部でボルト一本だけで結合する仕様にした。(図11)



(図11) Ver.9と試作駆動系

2.10 Ver.10 2007年タイムトライアル機搭載したもので改良点は、Ver.9の場合は出力軸とドライブシャフトとをフランジ部でボルト・ナット接合していたが、軽量化のためドライブシャフトにキー溝加工をした出力軸を取り付けて、出力側のスパイラルマイタギアにダイレクトに接合出来るようにしたのと、内径 $\phi 110$ のパイプに内蔵するため、肉抜きしたスペーサーにギアBOXを圧入して固定する。(図12)

タイムトライアル機に似せたテストフレームに駆動系を取り付け耐久テストも行った。



(図12) Ver.10とテストフレーム

3. 今後の人力飛行機制作活動の目標

とにかく軽く耐久性のある駆動系の製作(当

たり前の事です) と、夏休みや春休みを使って、つきっきりで教えながら、出来れば学生にギアBOXを1個でも良いので、『最初から最後まで全て自分達の手で作ってみたいか』とアプローチをしているのですが、なかなか学生との時間調整をするのが、難しいのが現状です。