

人力飛行機用シャフトドライブ SDV の製作

—試作 SDV から本番機用 SDV まで—

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. SDV 搭載の理由

HUES の人力飛行機は、他のチームにない双発機なので、単発機に比べ駆動系の『メカニカルロス』が大きいのと単発機以上の『パワー』が必要になってくる、そこで人間パワーを高効率で引き出す『SDV』を搭載することと少しでも伝達効率を良くするため『オールシャフトドライブ化』にすることで効率を良くしパワーUPにつながるように『オールシャフトドライブ SDV』を搭載したいという学生の要望があり、まずは『駆動系重量』『剛性』『パワーUP分』のバランスを考えながら試作品を設計・製作することにした。

『駆動系内蔵オールシャフトドライブ』は、以前からの私の願望でもあった。

2. SDV を人力飛行機用にアレンジ設計

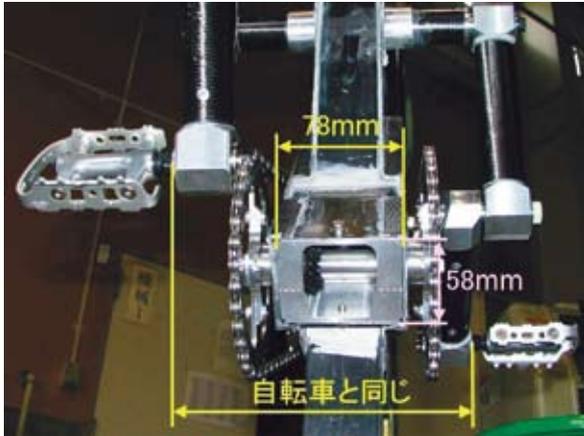
私は、実物の SDV を見たことがなかったので、メーカーのホームページのイラストなどを参考にして試作段階では、自転車と同じ感覚でペダリングが出来るようにと着水時の安全面を考えて、本番用では、更に軽量化を考えて SDV に必要な部品（第1図）を人力飛行機用にアレンジして設計・製作をしていく。



（第1図）SDV 部品各種

また、HUES 4.0は、シャフト&チェーンドライブを廃止しオールシャフトドライブにするため、SDV 用ギア BOX が必要となる、ギア BOX は、ペダル取付け幅が自転車と同じかそれ以下になるよう出来るだけ横幅寸法をコンパクトにし、本番用では、更に SDV 以外の駆動系をすべてカーボンフレームに内蔵するため SDV 用ギア BOX・SDV 用テンション BOX とドライブシャフト・センターギア BOX がパイプ内で組立て・取付けが

出来るように、市販品パーツ（スパイラルマイタギア・ベアリングなど）の規格表とにらめっこして強度・剛性・パーツ寸法・取付け位置・組立て方法・メンテナンスなどを考え設計する（第2図）。



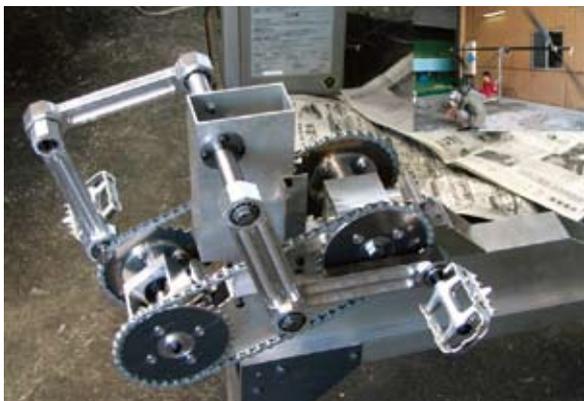
(第2図)SDV とギア BOX

3. SDV の試作

(1) SDV 試作 Ver,1

製作条件は、定常プロペラ回転数160rpm, ペダリング最大ストローク330mm, SDV 関係重量4kg 以内で、シャフトドライブSDVを試作し『不具合・改良点』など見るために『在り合わせの材料』で出来るだけ安価にコンパクトに製作する。

アームは製作途中で剛性の比較をやりたくなったので2種類製作したが、振れ合成の差はあまり出なかった。（第3図）。

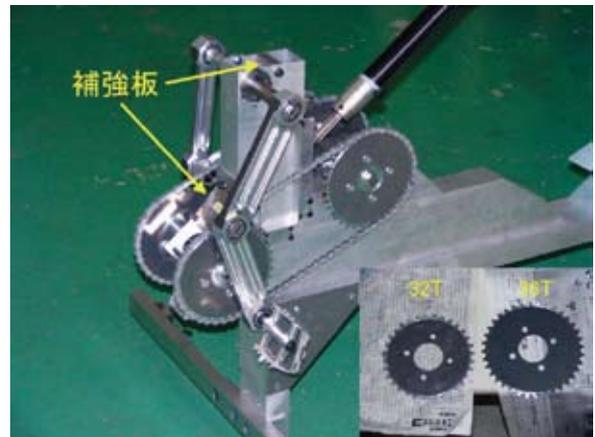


(第3図)SDV 試作 Ver,1

(2) SDV 試作 Ver,2

試作のフレームが剛性に欠けるため補強板を

2箇所追加し剛性 UP と高回転域でもスムーズにペダリングできるように回転半径の大きい『スプロケットの歯数36T』に変更した（第4図）。



(第4図)SDV 試作 Ver,2

(3) SDV 試作 Ver,3

ペダリングに若干癖が出てくるが、アームの剛性を完璧にするため従来の関節式アームから『スライド式アーム』に変更しテストした結果、アーム剛性は完璧・SDV 周りのカーボンコックピットフレームの強化は従来のSDVより容易にできることが解ったが、スライド式アームをSDV 試作 Ver,2に取付けるように設計したためアームがパイロットの脹ら脛を掠めることになり不採用になった（第5図）。



(第5図)SDV 試作 Ver,3

(4)SDV 試作 Ver,4

ペダリングのストロークがパイロットにマッチングしないので『チェーンを68リンク』に変更し試作の最小双胴ギアBOXと組み合わせて単発の練習台に、試作アーム Ver,3を Ver,2に戻し双発の練習台として酷使したためとクラッチ保持部品の強度不足でセンターギアBOXのワンウェイクラッチが破損したが、修理は後回しにして本番用駆動系の製作を急いだ結果、クラッチ修理を終え Ver,4が完成したのは、2005年の大会数日前である（第6図）。



(第6図)SDV 試作 Ver,4

4. ディスタンス用SDVの製作

5月に行ったテストフライトの結果、チェーン&ドライブシャフト駆動系の欠点が判明し試作SDV駆動系にもめどがついてきたのと駆動系内蔵用フレームに使用する市販のカーボン角パイプの寸法が決まったのでディスタンス用SDVと駆動系の製作を2005年5月下旬頃から開始した。

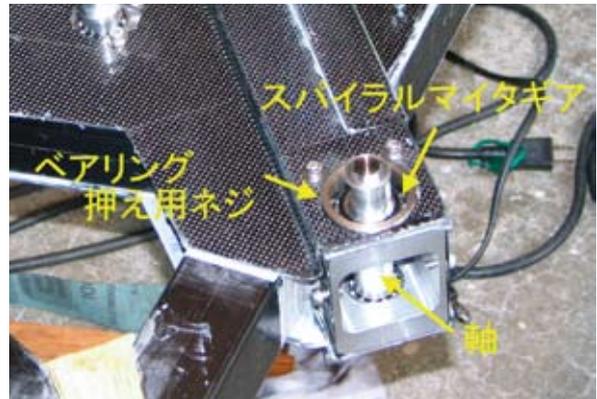
試作のSDV用ギアBOXでは、フレームパイプの3面に穴をあけてしまうのでフレームの強度が出せにくいと学生の要望が有り、スパイラルマイタギアの組立て方法とBOX構造の設計を変更し2面の穴あけ加工だけでいいようにした（第7図）。



(第7図) ギアBOX

更なる軽量化のため、軸はステンレス（304）からジュラルミン（7075）に、ベアリング押さえ

用ネジは鉄（S45C）からチタン（BT340）に変更し、市販のスパイラルマイタギア（M=2.0,Z=20）の材質は、鉄（S45C）で出来ているのでボス部分の肉を出来るだけ削り落としジュラルミン（7075）の段付き軸を圧入して軽量化した（第8図）。



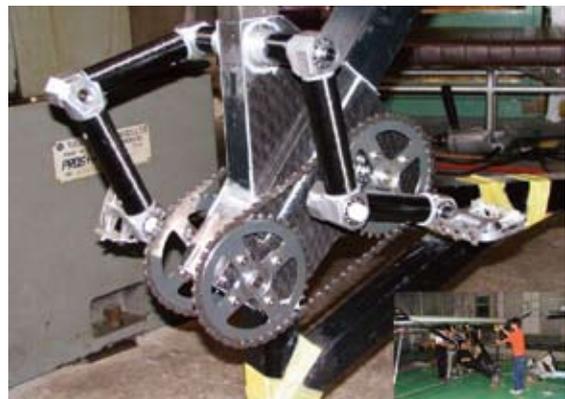
(第8図) ギアBOX 部品名称

また、SDVアームは剛性UPと人力飛行機らしさをアピールするために、カーボン丸パイプとアルミ（5056）を使用して製作した、剛性は完璧なものになった（第9図）。



(第9図)SDVアーム

SDVと駆動系の製作を急ピッチで行って完成したディスタンス用SDV（第10図）、駆動系がすべて組上がったのは2005年7月9日です。



(第10図) ディスタンス用SDV

5. SDV 搭載エルゴメータ

2006年3月に、『SDV とエルゴメータを連結してトレーニングが行いたい』と学生の要望があり、エルゴメータに試作 SDV が搭載できるように改造した。(第12図)



(第12図)SDV 搭載エルゴメータ

6. タイムトライアル用 SDV

30回大会は、ディスタンス部門とタイムトライアル部門のダブルエントリーでいこうと人力飛行機を2機分設計し製作を開始。大会に間に合わすように2006年2月中旬からタイムトライアル SDV と駆動系を製作したが4月下旬発表の書類審査の結果、タイムトライアル部門は不合格になったが、駆動系のみ製作を続行した。

駆動系の特徴は、ディスタンス機と同じく SDV 以外すべてフレーム内蔵オールシャフトドライブ構造で、フェアリング幅を更に狭く(空力を良く)するためとコックピットフレームの軽量化のためアームの取付け位置を上部から下部へ移動、単発機になったため、ワンウェイクラッチを SDV 用ギア BOX に内蔵、ギア比は2対1 ($M=1.5$ $Z=40$ $Z=20$)、80mm × 60mm 角パイプに内蔵。胴体桁用ギア BOX は試作の最小双胴ギア BOX にスペーサーを取付けて、入力側のスパイラルマイタギアには四角錐穴をあけて小径の作業穴だけでカーボンパイプ内でドライブシャフトが簡単に連結できるように改良して製作した。(第13図)



(第13図) タイムトライアル駆動系

7. 最後に

2005年から2006年と SDV 搭載の駆動系を製作してきて、タイムトライアル用の駆動系は、かなり完成度の高い駆動系に仕上がってきていると思います。そして更に大幅の軽量化をするには、予算の都合が有りますが、アルミ (5056) で製作した部品をマグネシウム合金で作り換えて、完璧な駆動系にしていきたいと思っています。

謝 辞

技術協力をして下さいました(有)オーテック様と製作協力してくれた広島大学技術センターの野口靖祐技術職員に感謝の意を表します。