

風洞実験に基づいた最適設計

ヘリコプタの修理改造工事では風洞実験を行ってその安全性を保証！

Optimal Design Using the Data of Wind Tunnel Experiment

金平 徳之
Noriyuki KANEHIRA

川田工業(株)航空事業部開発室
技術開発課

川又 文雄
Fumio KAWAMATA

川田工業(株)航空事業部開発室
製品開発課

五十棲 隆勝
Takakatsu ISOZUMI

川田工業(株)航空事業部開発室
製品開発課係長

中村 優
Masaru NAKAMURA

川田工業(株)航空事業部開発室
製品開発課課長

右の写真を見てください。航空測量用カメラがヘリコプタに搭載された様子です。

白い部分がカメラを格納するマウントで、約130kgのカメラはこのマウントの内部に収納されています。

川田工業(株)ではこのマウントの設計、製作を含めたカメラ取り付け工事を平成9年から10年にかけて行いました。その際、カメラ搭載時のヘリコプタの運動性能の予測と、マウントと機体をつなぐジョイント部の強度の検討を目的として、スケールモデルを使った風洞試験を実施しました。ここではこの風洞試験の様子を紹介し、そこで得られたデータがどのように設計にフィードバックされたかを解説していきます。

実験方法

(1) 風洞施設

実験は自社所有の多目的風洞実験室にて実施されました。この風洞は航空用と橋梁用の2種類の測定部を有し



模型が風洞に設置された様子



航空測量用カメラを装着したヘリコプタのテスト飛行

ていますが、今回使われたのは航空側開放測定部です。

この風洞の計測システムについては本技報に「多目的風洞開放型測定部における計測の自動化」(p.108)と題した技術紹介がありますので参照してください。

(2) 実験に使われた模型

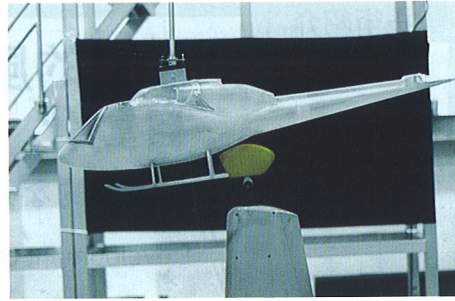
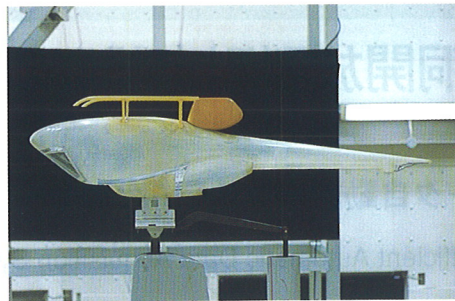
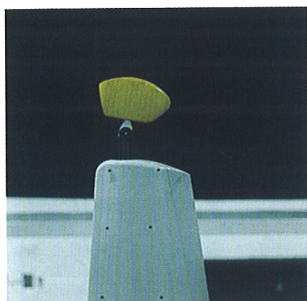
機体の模型にはラジコンヘリコプタのボディを流用しました。全長1557mm、縮尺は約1/7でFRP製です。カメラマウントの模型は機体の縮尺に合わせて木製で特別に製作しました。機体とマウントは脱着可能で、カメラマウント単体でも天秤に設置できるように取り付けジグを製作しました。

(3) 測定方法

設計で必要となるデータは、

- ・カメラが装着されたときの機体単体の空力係数
 - ・機体に装着された状態でのカメラ単体の空力係数
- の2つです。実験ではこれらのデータを求めるため、機体とカメラマウントの組み合わせを色々にかえて計測を行いました。

また物体周りの流れ場はレイノルズ数に依存します。ところが実際に機体が飛行するときのレイノルズ数に合わせて実験を行うことは、模型のサイズや風速の制約上



目的のデータを得るための模型の組み合わせの例

不可能です。そこでいくつかの風速について計測を行い、レイノルズ数による測定値の変化の傾向を把握しました。

実験結果

右図に得られた結果を示します。横軸には模型の迎え角を、縦軸には抗力係数をプロットしてあります。

まず機体全体としての抗力をみると、機体にカメラを搭載することで抗力が約0.06（30％）増加することがわかります。また機体の迎え角が大きいほど、この抗力が増えることが読み取れます。

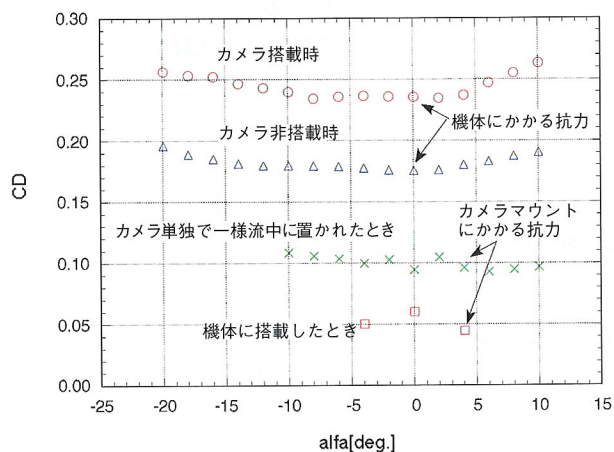
次にカメラマウント単体に働く抗力の測定結果を示します。このグラフから機体にカメラマウントを装着した場合、単独でカメラマウントが流れ場にあるときよりも抗力が減少することがわかります。

機体に搭載した時のカメラマウント単体の抗力係数をグラフから読み取ると、迎え角が0°のときで約0.06となっています。アエロスパシアルAS350の最大飛行速度は約147ノット（272km/h）ですので、この抗力係数から実機が最大速度で水平飛行する際には約85kgfの空気力が抗力としてカメラマウントに働くということになります。

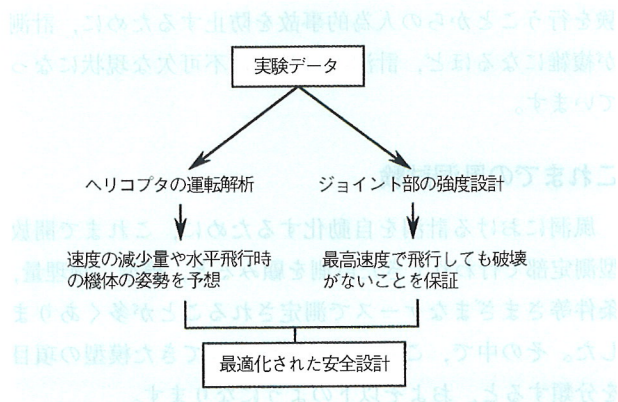
実験結果のフィードバック

以上、得られた2種類のデータは設計サイドへフィードバックされました。まずカメラを搭載した機体についての空力荷重は、航空事業部開発室で開発したヘリコプタ運動解析プログラム‘AnaHeliAero’への入力データとして用いられ、カメラを搭載することでヘリコプタの性能がどのように変わるかが計算されました。それによると最高速度に約10％の減少があり、ホバー時のスティック操作量も増えることが予測されました。このデータは運航サイドに渡され、試験飛行する際の参考となりました。

カメラマウントについての空力荷重は、マウントと機体をつなぐジョイント部の設計に使用されました。カメラマウントに働く力としてはこの空力荷重のほかに、カメラの自重と耐空性審査要領で定められた加速Gがありますのでこれらの力を各々計算して合成し、最大速度で



抗力係数（機体模型の全面投影面積にて無次元化）



実験結果の設計へのフィードバック

機体が飛行しても破壊しないようにジョイントの強度設計を行いました。

上の図はこれら一連の流れをまとめたものです。航空機の修理改造工事で重要なのは、いかに安全で無駄のない設計が行えるかということですが、航空事業部では実験と解析に裏づけされた設計手法を駆使することでこのニーズに応えるよう努力しています。

おわりに

平成10年の5月、この航空測量カメラを載せたアエロスパシアルAS350Bは無事テスト飛行を終えました。ほぼ設計値どおりの性能を得たことで、関係者一同はいつそう自信を深めているところです。