

K7-80

## 人力飛行機の機体設計におけるキングポスト有無の得失評価 Trade-off of Kingpost presence on the designing a human-powered aircraft

程野佑生<sup>1</sup>, 則武克弥<sup>1</sup>, 菊池崇将<sup>2</sup>Yuki Hodono<sup>1</sup>, Katsuya Noritake<sup>1</sup>, Takamasa Kikuchi<sup>2</sup>

It is considered that the King post and the ground wire absorbs the shock load at the time of landing and hangs the wing on taxiing, but they are just sources of harmful resistance during flight. To evaluate quantitatively the necessity of King post on designing of a human-powered aircraft, the trade-off between the drag reduction and the weight increase due to structural strengthening on designing without the King post. The experimental results of the ground wire drag performed in a wind tunnel and methods evaluating the necessity of King post are investigated.

### 1. 緒言

人力飛行機の構造部材のひとつであるキングポストとは機体中央、主翼上に立つ柱上の構造物であり、その頂点から主翼を吊り上げる張線（グラウンドワイヤ）を張るためのものである。キングポスト及びグラウンドワイヤは着陸時の主翼の衝撃軽減や駐機時、発進時に翼の垂れ下がりや初期上反角を確保するために有効な機構[1]ではあるが、飛行時には大きな有害抗力となることが指摘されている。一方で、グラウンドワイヤによる主翼吊上げを用いない設計では、主翼構造材の断面積による重量が増加し、大きな揚力が必要になる。このため、キングポストの有無による空力性能と構造重量は二律背反の関係にある。本研究では、機体設計に対するキングポストの有無の得失を評価し、要否の結論を出すことを目的とする。グラウンドワイヤのみの風洞試験（実験 1）とグラウンドワイヤを除く機体中央部の風洞試験（実験 2）から空力特性を求め、機体設計に及ぼす影響を調査する。



Figure 1. Kingpost

### 2. 実験

#### 2.1. 実験概要

実験 1 について述べる。日本大学理工学研究所空力学研究センターにある大型低速風洞を利用して行っ

た。Figure 2.に実験概要図に示す。2m 四方の大型低速風洞の測定部にワイヤを張る。ワイヤの上端は測定部外に固定し、下端は測定部外に設置した三分力天秤に取り付けた。実際の機体に用いられるワイヤと同じ撚線構造、3 種類の太さのワイヤを用いた。また、円柱としてピアノ線を用いた。詳細を Table 1.に示す。

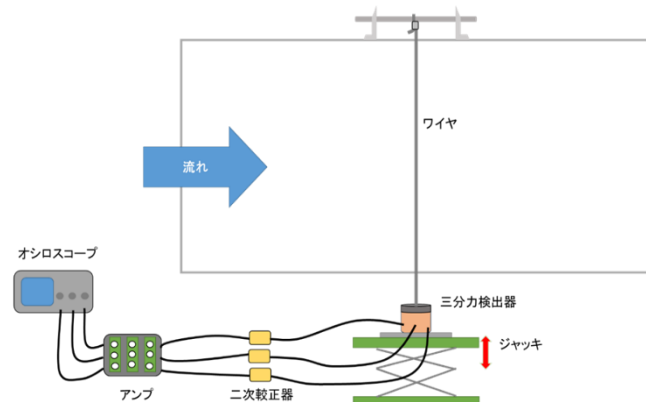


Figure 2. An overview of wind tunnel experiment

Table 1. Factors of wires and a cylinder

型番	ワイヤーロープ			ピアノ線
	FF-027	FF-072	FF-300	-
材質	SUS304	SUS304	SUS304	-
直径	0.27mm	0.72mm	3.00	0.7
構造	7×7 Z撚	7×7 Z撚	7×7 Z撚	単線

#### 2.2. 実験結果

得られた結果を Figure 3.に示す。ピアノ線と撚線であるワイヤは  $Re > 6.0 \times 10^2$  では近い値をとるがそれ未満の範囲では差が生じている。人力飛行機の飛行時のグラウンドワイヤのレイノルズ数は  $3.0 \times 10^2 \leq Re \leq 6.0 \times 10^2$  程度であるため機体設計時のワイヤの抗力係数を

1 : 日大理工・学部・航宇 2 : 日大理工・教員・航宇

円柱と同一と考えることはできない。

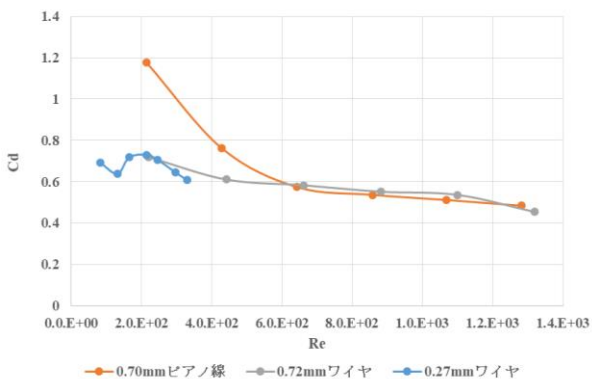


Figure 3. Cd-Re of wires and a cylinder

### 3. 得失評価

#### 3.1 評価関数

航空機の飛行性能を示す特性値の一つである揚抗比を評価関数に選択した。揚抗比が高い機体は、前進に必要な推力は小さくなり、空力的に優れた機体と考えることができる。1980年代後半にマサチューセッツ工科大学が製作したダイダロス 88 について、各構造における出力差が検討されており [2], 主翼の保持方法に対する検討結果を Figure4 に示す。1本のワイヤで保持した場合の必要出力が小さく、複数本のワイヤで保持した場合の必要出力が大きい。一方、ワイヤによる保持が無い場合、必要出力は複数本のワイヤでの保持に近いことがわかる。本研究ではワイヤによる保持の有無のみを検討対象にしており, Figure4 内で翼幅 33m に対して, 11W 程度の差が認められる。翼幅 30m 程度の人力飛行機の飛行に必要なワット数は, パイロットの体重の 4 倍程度と経験的に考えられており, 11W は 3kg のペイロードに相当する。全備重量 100kg 程度の超軽量飛行機である人力飛行機にとって 3kg は致命的である。

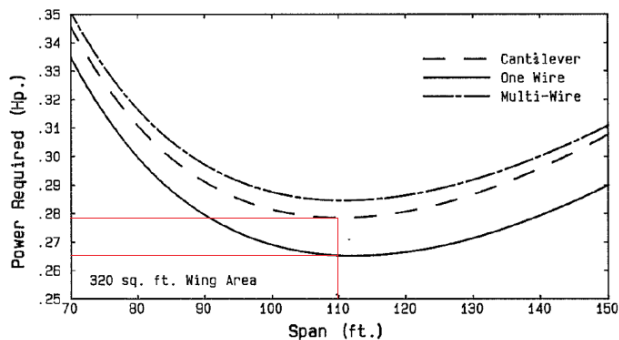


Figure4. Span versus required output in each structure [2]

#### 3.2 設計手法

得失評価では、機体設計をする必要がある。本校の航空研究会で過去に設計された機体データを基本データとして利用する。

Figure5 に流れ図を示す。空力設計は、主翼の翼型、コード、スパンなどのパラメータは固定させ機速のみを変化させる。多くのパラメータを変更すると別の機体になるため、得失評価できない。機速のみを変化させる理由は、軽いキングポスト有りの構造で揚力が過大になるのを防ぐためである。2種類の構造を考え、各々の構造とパイロットの重量が設計揚力よりも低くなっていることを確認する。過去の設計で使用された推定有害抗力からキングポスト無し的设计のみ実験で得られた抗力を引く。この条件で再度空力データを出す。得られた空力データより揚抗比を出し得失評価をする。

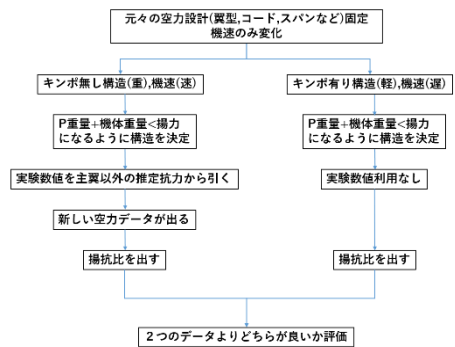


Figure5. Design flow chart

### 4. まとめ

- ・実機に用いられる撚線構造のワイヤと円柱構造のピアノ線は空力特性が一致せず、人力飛行機の飛行時の Re 数では抗力係数は撚線の方が低い
- ・得失評価は設計を進め、揚抗比での評価を目標とし、評価する。

### 5. 参考文献

[1] 木村秀政:「航空宇宙辞典」, 1995

[2]John S.Langford,Steven R,Bussolari,Juan R.Cruz,Deborah G.Douglas,Mark Drela,Stephen L.Finberg,Theodosios P.Korakianitis,Ethan R.Nadel,Robert W.Parks,R.Bryan Sullivan,Jonathan Wyss,Harold H.Youngren: “The Feasibility of A Human-powered Flight Between Crete and Mainland of Greece”,pp34,1986