

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560815

研究課題名（和文） 飛行実験に基づくパラフォイルの飛行特性解明と誘導・制御

研究課題名（英文） Flight Mechanics Characterization, Guidance and Control of a Parafoil Vehicle on the Basis of Flight Experiments

研究代表者

溝端 一秀 (MIZOBATA KAZUHIDE)

室蘭工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：00271875

研究成果の概要（和文）： 空間に対する飛行体の運動状態を検出する慣性センサー、大気に対する飛行体の相対的な運動状態を検出するエアデータセンサー、および無線操縦信号記録器を搭載する小型パラフォイル飛行実験機を構築した。屋内において風の影響を排除した小規模な飛行実験を実施し、パラフォイル飛行体の飛行特性を明らかにした。

研究成果の概要（英文）： A small-scale parafoil flight experiment vehicle was constructed with an inertial and an air data sensors and a control signal recorder installed onboard. Small-scale flight experiments were carried out without influence of wind. Its flight mechanics were characterized on the basis of the onboard measured data.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野： 工学

科研費の分科・細目： 総合工学・航空宇宙工学

キーワード： 飛行力学

1. 研究開始当初の背景

パラフォイルは、円形パラシュートに左右対称な翼形状を与えて進行方向制御を可能としたものである。各種の飛行体を回収するための手段としてパラシュートに代わるものとして極めて有用であり、パラフォイルによる自律的滑空・回収システムの構築が期待されている。その自律的誘導則・制御側を構築するには、パラフォイルの飛行特性を解明する必要がある、それには、風洞試験や曳航実験によるよりも、飛行実験を系統的に多数

実施することが肝要である。

2. 研究の目的

そこで、本研究課題は以下のことを目的とする。

- 1) 飛行実験を系統的に多数実施することを通して、パラフォイルの飛行特性を解明する。
- 2) これをもとにして自律的誘導則・制御側を予備的に構築し、その妥当性を飛行実験によって検証する。

3. 研究の方法

取り扱いの容易な翼幅 1 m 級のサブスケール・パラfoil飛行実験機を試作した。さらに、機上で飛行状態を計測・記録する航法計測機器として、半導体加速度計・角速度計による慣性センサー、および五孔ピトー管と微差圧センサーからなるエアデータセンサーを構築し、パラfoil機体に搭載した。また、動画解析の目印として機首とキャノピー両翼端の三箇所を高輝度LEDを装備した。

風等の外乱を受けない屋内において無線操縦によって飛行実験を実施した。飛行を2台のビデオカメラで撮影し、その動画においてLEDの動きを解析することによって飛行経路を同定した。

また、機上エアデータセンサーの計測データから動圧 \bar{q} 、対気速度 U_∞ 、迎角 α 、および横滑角 β を推定するとともに、機上慣性センサーによる機体固定座標での加速度 a_x, a_y, a_z および角速度 p, q, r から次式に従って空力係数を推定した。

$$C_X \equiv -C_A = \frac{ma_x}{\bar{q}S} \quad C_Y = \frac{ma_y}{\bar{q}S}$$

$$C_Z = -C_N = \frac{ma_z}{\bar{q}S}$$

$$C_L = -C_Z \cos \alpha + C_X \sin \alpha$$

$$C_D = -C_X \cos \alpha - C_Z \sin \alpha$$

$$C_l = \frac{1}{\bar{q}Sb} [I_x \dot{p} - I_{xz} (pq + \dot{r}) + (I_z - I_y) qr]$$

$$C_m = \frac{1}{\bar{q}S\bar{c}} [I_y \dot{q} + (I_x - I_z) pr + I_{xz} (p^2 - r^2)]$$

$$C_n = \frac{1}{\bar{q}Sb} [I_z \dot{r} - I_{xz} (\dot{p} - qr) + (I_y - I_x) pq]$$

なお、機体の慣性モーメント I_x, I_y, I_z は、機体固定座標軸周りの捻り振り子運動の周期を計測することによって推定し、機体の慣性乗積 I_{xz} およびキャノピーの慣性モーメント・慣性乗積は、各パーツの質量と座標の積算によって推算した。

さらに、パラfoil飛行の数値シミュレーションコードと予備的な誘導則を試作した。



(a) 機器搭載の様子



(b) 風防を被せた外観

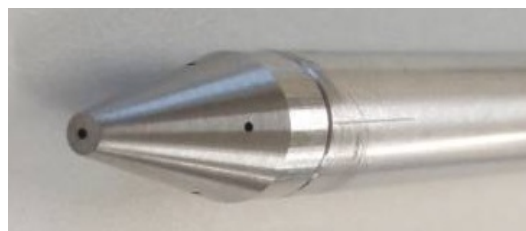
図1. パラfoil飛行実験機



図2. パラfoil実験機とキャノピー



(a) 全体の外観

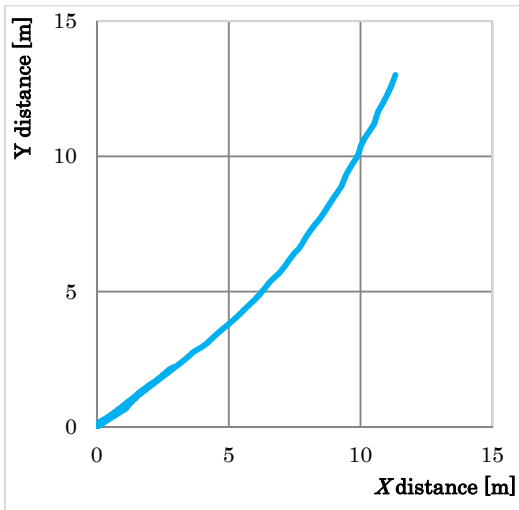


(b) 先端の形状

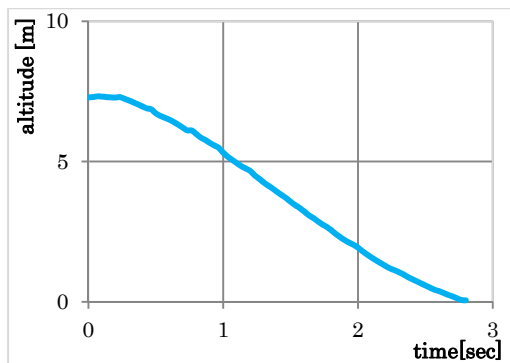
図3. 五孔ピトー管



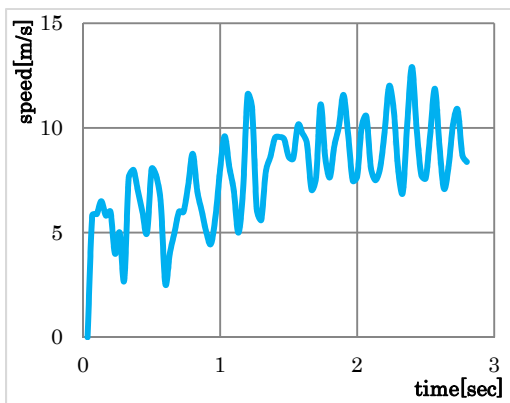
図4. 屋内飛行実験の動画の一コマ



(a) 飛行経路の平面図



(b) 高度の履歴



(c) 速度の履歴

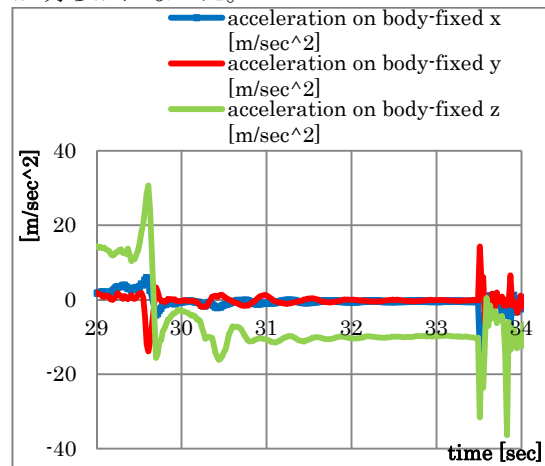
図5. 動画解析の結果の例



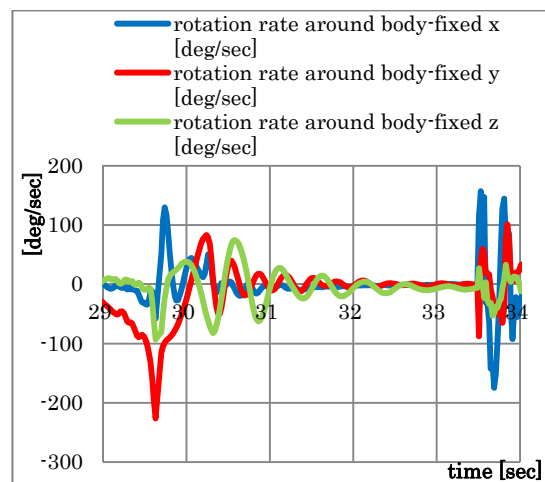
図6. 捻り振り子運動の周期の計測

4. 研究成果

離陸（発射）、滑空、および着地からなる一連の飛行において、加速度、角速度、対気速度、迎角、等が計測・推定された。これらの計測・推定データから、飛行中の空力特性が明らかになった。

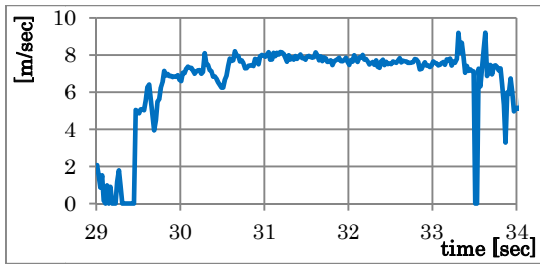


(a) 計測された加速度

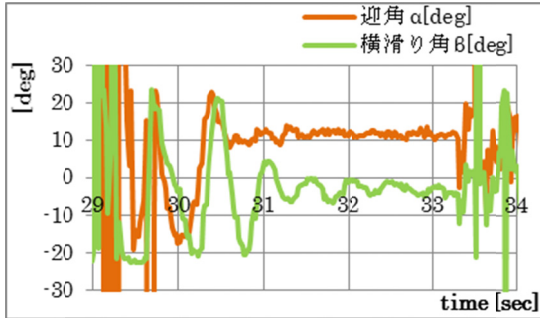


(b) 計測された角速度

図6. 機上慣性センサーの計測データの例

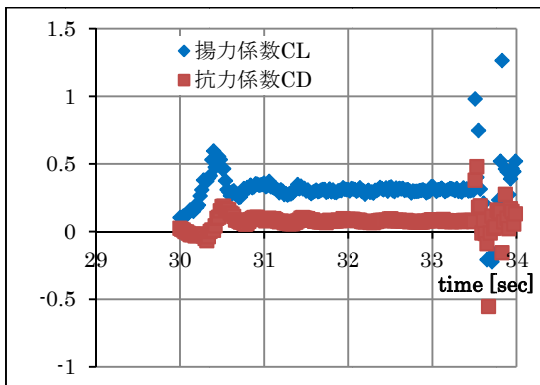


(a) 推定された対気速度の履歴

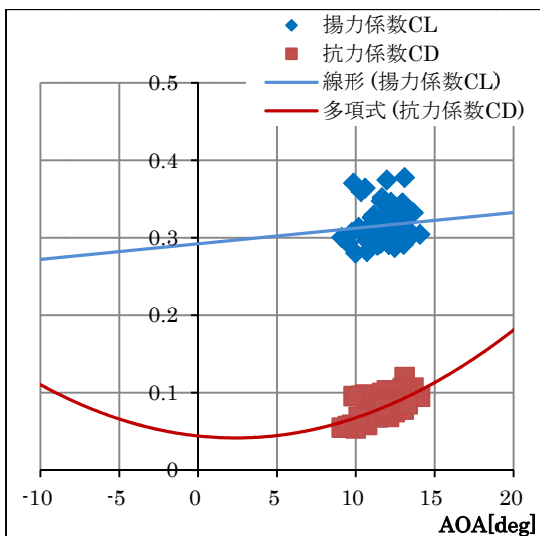


(b) 推定された迎角・横滑り角の履歴

図7. エアデータセンサーの計測データから推定された対気速度・迎角・横滑り角



(a) 揚力係数・抗力係数の履歴



(b) 迎角と揚力係数・抗力係数の関係

図8. 空力特性の推定値の例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計0件) (投稿準備中)

[学会発表] (計0件) (発表準備中)

[図書] (計2件)

① 溝端一秀、ほか、「小規模飛行試験にもとづくパラフォイルの飛行特性の研究」、室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書 2010、pp.34-38.

② 溝端一秀、ほか、「小規模飛行試験にもとづくパラフォイルの飛行特性解析」、室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センター年次報告書 2011、pp.40-43.

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ

<http://www.muroran-it.ac.jp/aprec/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

溝端 一秀 (MIZOBATA KAZUHIDE)

室蘭工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 00271875

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者 なし