

# 探査用高性能小型無人グライダーの研究開発

[研究代表者] 北川一敬 (工学部機械学科)

[共同研究者] 石井 満 (やまめ工房・代表), 石黒満津夫 (工学部機械学科)

## 研究成果の概要

小型無人飛行体(の研究は、日欧米を始め昆虫や鳥の飛翔をモデルとして、羽ばたき翼、固定翼、回転翼などの方法で飛行を実現しているが、まだ研究開発の段階である。また、UAV は太陽光発電の利用で近い将来、飛行機の電動化も期待されている。

本研究は、手投げ式の探査用小型無人グライダーの研究開発を目的とする。本研究では災害時の被災者及び被災状況探査、火星探査、国境警備などで、重要視されている滑空に適した小型無人グライダーを開発し、特に数メートル毎秒の低速でも安定飛行可能な機体開発、機体の空気力学特性を調べ、実証実験を産学連携で行った。

**研究分野**：流体工学・航空宇宙工学

**キーワード**：小型無人飛行体，飛行力学，空力特性，航空工学

## 1. 研究開始当初の背景

小型無人飛行体(以下 UAV, Unmanned Aerial Vehicle)の研究は、日欧米を始め昆虫や鳥の飛翔をモデルとして、羽ばたき翼、固定翼、回転翼などの方法で飛行を実現しているが、まだ研究開発の段階である。また、UAV は太陽光発電の利用で近い将来、飛行機の電動化も期待されている。

## 2. 研究の目的

本研究は、手投げ式の探査用小型無人グライダーの研究開発を目的とする。本研究では災害時の被災者及び被災状況探査、火星探査、国境警備などで、重要視されている滑空に適した小型無人グライダーを開発し、特に数メートル毎秒の低速でも安定飛行可能な機体開発、機体の空気力学特性を調べ、実証実験を産学連携で行う。

## 3. 研究の方法

### (1) 飛行機

小型無人飛行機の空力性能を向上させるには低レイノルズ数での空力特性を向上させることが必要になる。そこで本研究はハンドランチグライダー(Hand Lanching Glider, 以下 HLG)に焦点を当てた。HLG の分野では競技や大会を通して性能が競われてきた結果、レイノルズ数  $2 \times 10^4$  程

度における高性能な翼型の開発がされている。以上のことから、小型無人飛行機の性能を向上させるためには、競技を通して評価された HLG を参考に、設計・製作を行った。

### (2) 飛行試験

HLG は飛行及び機体の改善を行い性能を評価しているため、機体の空力特性を実験により定量的に評価する手法が用いられていない。飛行試験を繰り返し、機体性能を改善していく手法では製作者の能力に左右される側面が大きい。このため、本研究では滑空試験を通して機体の空力特性を定量的に評価した。

## 4. 研究成果

### (1) 機体製作

Fig.1 は製作機体を示す。Fig.2 は石井氏機体を示す。製作機体の設計図面は付録 1 に示す。Fig.3 は石井翼の形状を示す。製作機体及び石井氏機体は翼型に石井翼を採用した。石井翼は翼下面が凹んだ形状であるキャンパー付きの翼型である。石井翼はレイノルズ数  $2 \times 10^4$  程度で高性能な翼であり、本実験で飛行させる HLG のレイノルズ数に合致している翼型であったため石井翼を製作機体の翼型として採用した。

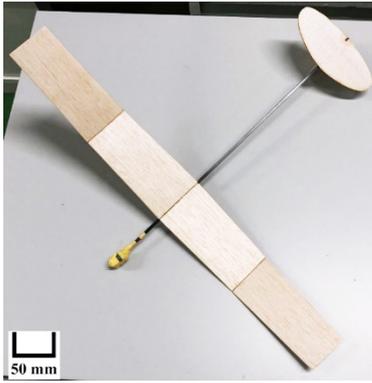
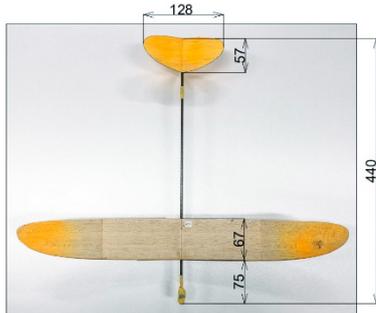
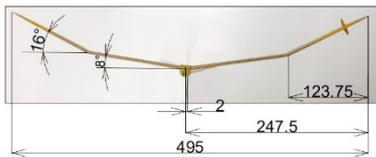


Fig.1 製作機体



(a) Top



(b) Front

Fig.2 石井氏機体



Fig.3 石井翼の形状

主翼の平面形は石井氏機体が楕円翼であることに対し、製作機体はテーパー翼とした。これは、製作難易度を低減させる目的で行った。

## (2) 飛行試験

Fig.4 は石井氏機体が定常状態で飛行している様子を、Fig.5 は石井氏機体が非定常状態で飛行している様子を示す。定常状態での飛行は非定常状態の飛行に比べ、より小さな経路角で飛行していることが分かる。非定常状態では初速が足りておらず、飛行に必要な揚力を得られなかったため、降下をしてしまい、結果として経路角が大きくなっている。その後、速度が大きくなったため、揚力が大きくなり、経路角が小さくなった。

Fig.6 は製作機体が定常状態で飛行している様子を示す。製作機体は定常状態で飛行しているが、石井氏機体よりも

大きな経路角で飛行していることがわかる。これは、製作機体の翼再現度が低く、効率的に揚力を得られなかった。

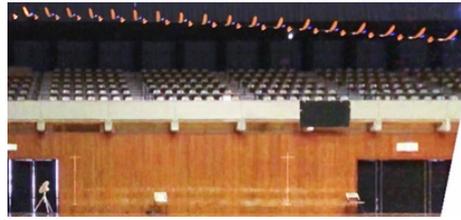


Fig.4 定常状態飛行(石井氏機体)



Fig.5 非定常状態飛行(石井氏機体)



Fig.6 定常状態飛行(製作機体)

滑空速度は製作機体 5.0m/s, 石井氏機体 5.2m/s, 製作機体は参考機体より滑空速度が 3.8[%]低い。これは、製作機体は石井氏機体よりも主翼の迎角が大きく、抗力係数が増加した結果滑空速度が遅くなった。製作機体の滑空速度を上昇させる場合は、主翼迎角の小さい飛行状態で機体を飛行できるように機体の重心位置及び主尾翼取り付け角差を調整する必要がある。沈下速度は石井氏機体 0.67[m/s]に対し、製作機体が 0.89[m/s]となった。製作機体の沈下速度は参考機体に対し 25[%]大きくなった。製作機体と石井氏機体のレイノルズ数は約  $2 \times 10^4$  であることが分かった。揚力係数は製作機体 0.67, 石井氏機体 0.77 であった。これは、製作機体の主翼迎角が失速に近い状態であり、揚力を効率的に得られなかった。抗力係数は、製作機体 0.15, 石井氏機体 0.089 となった。抗力係数が 41[%]増加している。これは、製作機体の主翼迎角が失速に近い状態、すなわち迎角が大きいことにより主翼の剥離領域が増加し、圧力抗力が増加と前面投影面積が増加することにより圧力抗力が増加したためである。上記の結果から揚抗比を求めると、製作機体 5.2, 石井氏機体 7.5 となった。製作機体の揚抗比を大きくするためには、主翼迎角を小さくすること及び主翼断面形状の製作精度の向上が必要である。