

# 教育用手投げグライダーの紹介

野田 晋二

第一工科大学 航空工学部 航空工学科 (〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央 1-10-2)

## Introduction of educational hand-thrown gliders

Shinji Noda

Department of Aeronautical Engineering, Daiichi Institute of Technology

Abstract: Japan's aircraft industry is said to be a field that will continue to develop in the future, but nurturing and securing human resources who can play an active role in the aircraft industry has become a major issue. In order to solve this problem, it is said that it is important to get children interested in airplanes from an early age. At our university, we hold events using hand-thrown gliders as an activity to increase the number of children interested in airplanes. This document introduces the hand-thrown glider used in the event and presents the results of performance evaluation using various design data.

### 1. はじめに

我が国の航空機産業は、今後ますます発展する分野とされているが航空機産業で活躍する人材の育成・確保が大きな課題となっている。この課題を解決するための方策の一つとして、子供のころから飛行機に興味を持たせることが非常に重要とされている。

本大学では、上記課題解決への貢献活動として、子供達にもっと飛行機に興味を持ってもらうために小学生から高校生に対して手投げグライダーを用いたイベント、出前授業を実施している。手投げグライダーは、航空力学の基礎が学べ、かつ飛行機の設計、製作、飛行試験を模擬体験させることもできる。

本論文では、今までにイベント等で使用してきた手投げグライダー機の紹介を行う。

### 2. 手投げグライダーの紹介

手投げグライダー3機を紹介する。

(1)グライダーA (耐空用)

(2)グライダーB (飛行距離用)

(3)グライダーC (飛行距離用)

これらのグライダーは、子供達を対象としたイ

ベント、出前授業で使用するため、材料費が安価であり、かつ小学生低学年でも2時間あれば製作し、飛ばすことができることを設計条件としている。各グライダーの形状を図1、仕様を表1に示す。

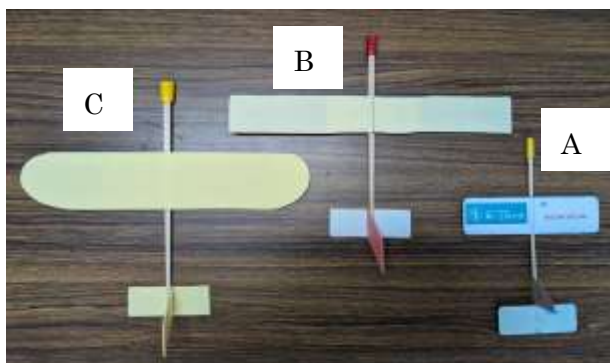


図1 手投げグライダー機体

表1 グライダー仕様

項目	単位	グライダー		
		A	B	C
全幅	mm	148	300	300
全長	mm	200	220	240
主翼形状	-	矩形翼(平板)	矩形翼(平板)	楕円翼(平板)
主翼面積	mm <sup>2</sup>	5920	12000	1799
主翼空力平均翼弦	mm	40	40	60
主翼アスペクト比	-	3.7	7.5	5
水平尾翼面積	mm <sup>2</sup>	2580	2580	2580
水平尾翼容積	-	0.95	0.70	0.32
垂直尾翼面積	mm <sup>2</sup>	700	1200	1200
垂直尾翼容積	-	0.04	0.05	0.03
重心位置	%	75	33	23
機体質量	g	4.2	5.1	6.9
翼面荷重	N/m <sup>2</sup>	7.9	4.2	3.8

## 2.1 グライダーA (はがきグライダー)

文献(1)に示されるグライダーであり、はがき、割りばしで製作する。イベント、出前授業で最初に使用していた機体である。非常によく設計された機体であり、かつ作りやすく、材料も安価である。このグライダーは、重心位置が75%位置で設計されており、滞空時間を長くすることを狙った機体である。

図2に主翼・尾翼を切り取るためのはがきデザインを示す。

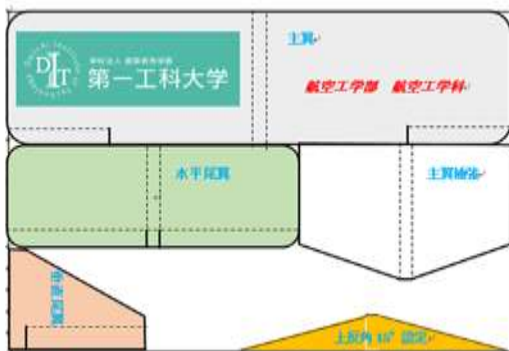


図2 はがきデザイン

このグライダーをイベント等で使用すると以下の問題があった。

### (1)主翼・尾翼が紙であるため変形しやすい

製作段階で、主翼・尾翼を変形させやすい。繰り返し飛行させると主翼の変形(ねじれ、たわみ等)が大きくなってしまい、左右の対称が崩れ、飛ばなくなってくる。

### (2)揚力が小さい

はがきを使用しているため、主翼面積、主翼幅が制限され、揚力が小さい。

### (3)天井高さが必要

イベント、出前授業は、体育館、教室内で実施するケースが多く、飛行させる場所の高さが制限される。耐空用グライダーは、最初上空高く飛ばし、その後長い時間滑空させるという機体である。しかし、十分な高さがなければグライダーA(耐空用)の性能を十分に発揮させることができない。

## 2.2 グライダーB (2022年設計)

グライダーBは、グライダーAの問題を改善した機体である。体育館、教室でも楽しめるように滞空時間ではなく飛行距離を競う機体に設計変

更している。主翼、尾翼の材料は、変形しにくくかつ安価であるDAISO カラーボード(材質:ポリスチレン)に変更している。胴体は、割りばしのままであるが割りばしの長さを変更している。

主翼翼弦長は、グライダーAと同じであるが、主翼幅を約2倍としている。主翼面積、アスペクト比を大きくしたことにより、揚力の増加、誘導抗力の低減を図っている。なお、飛行時の胴体自重により主翼がたわむため、主翼自体に上反角はつけていない。

垂直尾翼は、直進性高めるために垂直尾翼面積をグライダーAより大きくしている。

この機体は、小学1年生が体育館2Fから飛行させ約30mの飛行距離を記録している。

グライダーBをイベントで使用すると、以下の問題点が見えてきた。

### (1)主翼は胴体の取り付け部で割れやすい

主翼と胴体接合部の主翼は、2枚重ねとして強度を増しているが、それでもこの部分で割れる場合がある。

### (2)上反角効果が小さい

主翼面積が小さく上反角効果が小さい。

## 2.3 グライダーC (2024年設計)

グライダーBの問題を改善するために設計したのがグライダーCである。

各翼の材料は、グライダーBと同じであり、胴体の材料も同じである。

主翼翼弦長をグライダーBの1.5倍に拡大し、主翼が割れにくくしている。主翼幅は、グライダーBと同じである。グライダーBより主翼面積が大きくなったことにより、翼面荷重を更に小さくしている。また、主翼面積が大きくなったことにより上反角効果も大きくなり、水平飛行が安定するようにしている。主翼アスペクト比は、グライダーBより小さくなったため誘導抗力の増加が予測されたので、主翼形状を矩形翼から楕円翼に変更し、誘導抗力の低減を図っている。なお、楕円翼の形は、図3に示すPiper PA-12の翼形状を参考とした。この機体は、今年度のイベントで使用していく予定である。

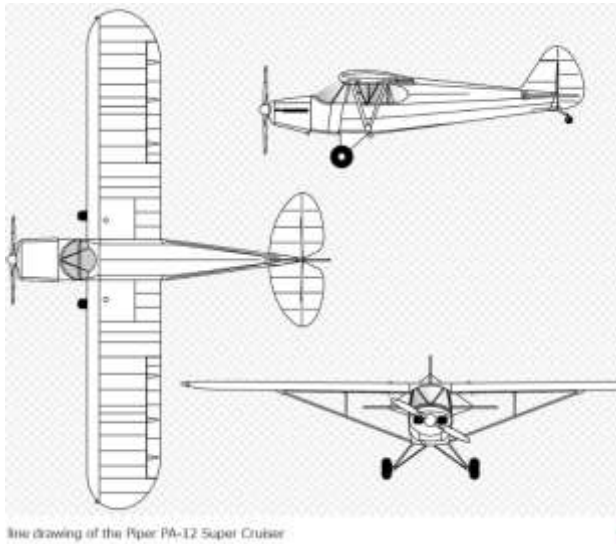


図3 Piper PA-12の楕円翼

3. 各手投げグライダーの設計及び評価

各種設計データを用いて、それぞれの機体の設計の考え方及び評価をおこなう。

3.1 レイノルズ数と機体質量

手投げグライダーの速度は約 5m/s<sup>(2)</sup> であり、レイノルズ数は 10<sup>4</sup> 程度となる。

図4にレイノルズ数と機体質量<sup>(3)</sup>を示す。グライダーA、B、Cのレイノルズ数は、飛行速度 5m/s、代表長さを空力平均翼弦長とした値である。グライダーA、B、Cの機体質量は、他機の傾向から見ても妥当な機体質量の範囲内にある。

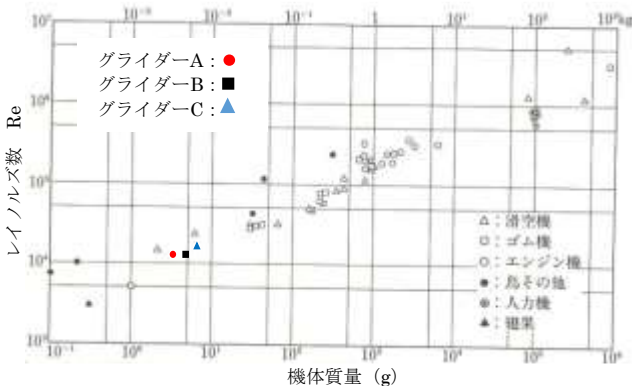


図4 機体質量とレイノルズ数<sup>(3)</sup>

3.2 翼面荷重と機体質量

図5に機体質量と翼面荷重<sup>(3)</sup>を示す。グライダーAは、翼面荷重が大きめであることがわかる。グライダーA→B→Cの順番で他機の傾向に近づいていることから、良い改善ができていけると言える。

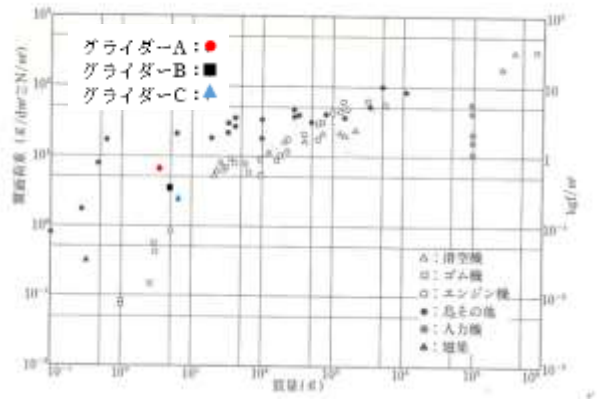


図5 機体質量と翼面荷重<sup>(3)</sup>

3.3 翼面荷重とアスペクト比

図6に翼面荷重とアスペクト比<sup>(3)</sup>を示す。図中の「競技用」とは滞空用グライダー競技機の他機例である。

グライダーAは、他の滞空用の機体と比較してもアスペクト比が小さい。グライダーB、Cは、飛行距離用の機体である。滞空用グライダー競技機他機と比較すると、翼面荷重が小さいにもかかわらず、アスペクト比は耐空用他機と同等又はそれ以上の値とし、低速度でも飛行距離が延びることを狙っている。

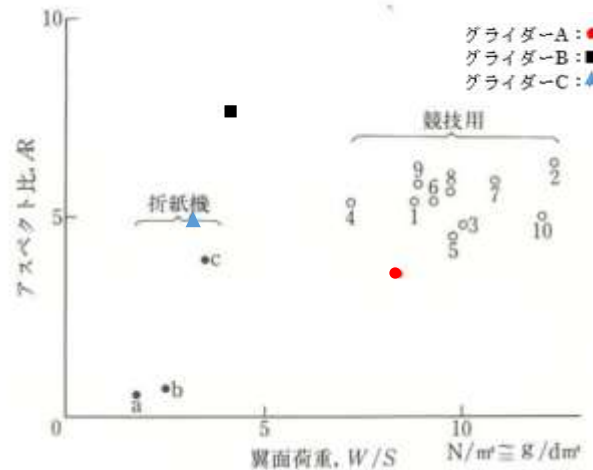


図6 翼面荷重とアスペクト比<sup>(3)</sup>

3.4 主翼

図7に低レイノルズ数における楕円翼と矩形翼の空力性能特性<sup>(4)</sup>を図8、図9に示す。

手投げグライダーの迎角は、0° ~ 6° 程度<sup>(2)</sup>である。この範囲で矩形翼と楕円翼の性能特性を比較すると大きな差はみられない。グライダーCは、誘導抗力の低減を期待し、矩形翼から楕円翼に変

更したが、その効果は小さいということになる。主翼の翼端は、丸めた楕円翼の方が破損しにくいというメリットも有るので、楕円翼の効果は、今後イベント等で使用しながら評価をしていく予定である。

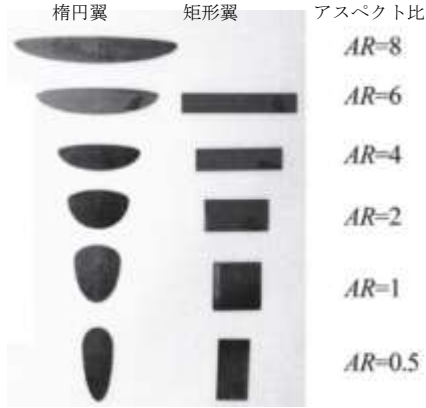


図7 翼模型<sup>(4)</sup>

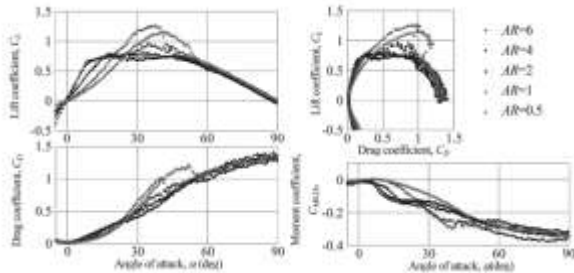


図8 矩形翼 ( $Re=1.2\sim 2.4 \times 10^4$ )<sup>(4)</sup>

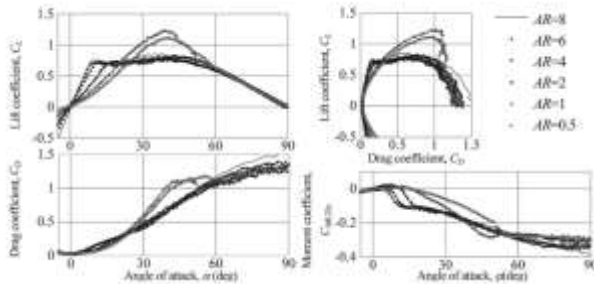


図9 楕円翼 ( $Re=1.2\sim 2.4 \times 10^4$ )<sup>(4)</sup>

### 3.5 水平尾翼

図9に重心位置と水平尾翼容積<sup>(5)</sup>の関係を示す。文献(5)によると、水平尾翼容積は、図の青色範囲から選択することを推奨している。グライダーA、Bの水平尾翼容積は、ライン上の位置である。グライダーA、Bは、重心位置調整がわずかにずれても図9の範囲から外れる可能性が高く、その場合、縦不安定となる可能性が高いと言える。グライダーCの水平尾翼容積は、上側ラインより下として、重心位置が多少ずれても縦不安定とな

りにくい様になっている。

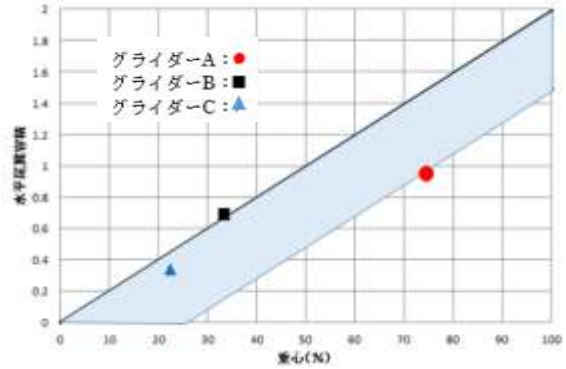


図9 重心位置と水平尾翼容積<sup>(5)</sup>

### 3.6 垂直尾翼

垂直尾翼容積は、通常0.03~0.1<sup>(5)</sup>とされている。表1に示すとおり、グライダー3機の水平尾翼容積はこの範囲内にある。なお、ゼロ戦の水平尾翼容積は0.03<sup>(5)</sup>である。グライダーCは、楕円翼であり、機体形状がゼロ戦に似ているので、水平尾翼容積は、ゼロ戦と同じ0.03としている。

### 4. まとめ

本論文では、イベント等で使用している手投げグライダーの形状、各種設計データを用いた各グライダーの設計紹介及び評価を行って見た。今後更に実験等を重ねグライダー機の改善・開発を行っていく予定である。今回示した設計データ及び考え方等が手投げグライダーを使った教育等実施される方々の参考となれば幸いである。

### 参考文献

- (1) NHK 趣味悠々 大空へ！模型飛行機を飛ばそう、日本放送出版協会,PP.38-40、(2003)
- (2) 二宮康明：日本で生まれた高性能紙飛行機 その設計・製作・飛行技術のすべて、誠文堂新光社, pp. 1-60, (2014)
- (3) 東昭、模型飛行機と風の科学、電波実験社、PP.47-66、(1995)
- (4) 岡田正人、上間義貴、低レイノルズ数における平面形空力特性の実験的研究、秋田高専研究紀第44号、PP.42-50、(2008)
- (5) 牧野光雄、航空力学の基礎(第3版)、産業図書、PP.206-207 (2017)