

# CanSat (模擬人工衛星) 開発における パラシュート研究と本体開発

## 1. はじめに

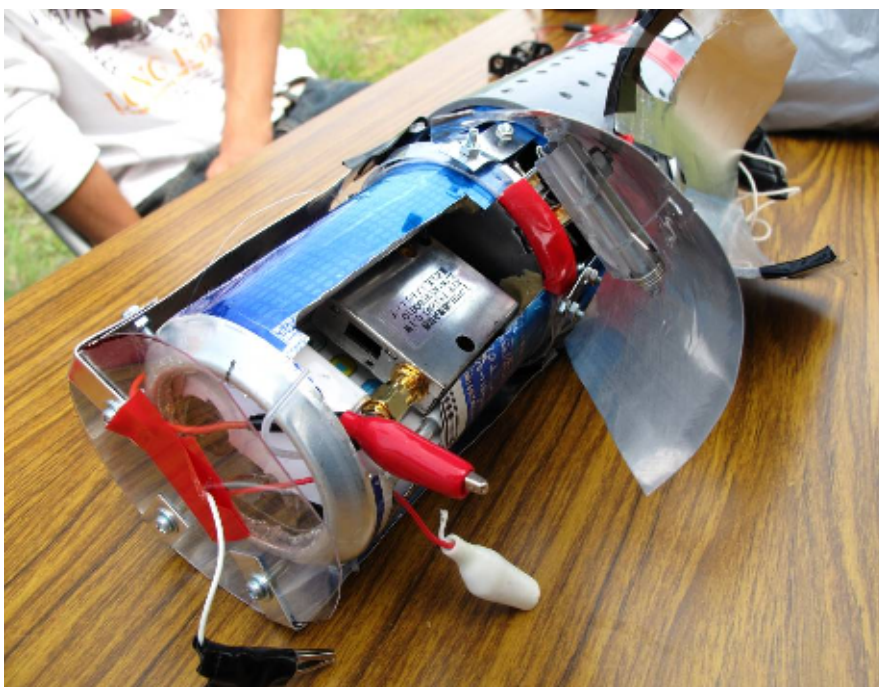
### 1. 要旨

私達は、CanSat と呼ばれる模擬人工衛星を用いた競技に出場するため CanSat I、運搬用ロケット、及び降下用パラシュートの研究開発を行い、2009 年「第 5 回能代宇宙イベント宇宙甲子園缶サット甲子園」に初参加した。

その結果を踏まえ 2010 年 8 月に開催された「第 6 回能代宇宙イベント宇宙甲子園缶サット甲子園」への参加を目指し、降下用パラシュート・CanSat II の研究開発を行った。

各実験の結果、CanSat II に用いるパラシュートは、無孔

で、正方形のスタビライザー（腕）付のものが最適とわかった。またこれらの研究を通して、私達は多角的な視点で研究を行う技量を養う事ができた。



第 5 回能代宇宙イベントで使用した CanSat I

### 2. CanSat の概要

CanSat とは、宇宙工学研究のために作られた模擬人工衛星のことで、本体はジュース缶でできており、内部にはカメラ、無線機、各種計測モジュールなどを搭載する。

国内にとどまらず国外でも CanSat 競技は行われている。

### 3. 能代宇宙イベントの概要

能代宇宙イベントとは、毎年 8 月に開催される大学生、高校生を対象とした CanSat 及びモデルロケットの全国大会である。

2009 年大会では全国から高等学校では 12 校が参加した。大会は秋田県能代市の鉾さい堆積場で開催される。

缶サット甲子園の競技方法は、キャリアに格納した CanSat を大型モデルロケットで打ち上げ、地上 300m で放出し、カメラで地上に設置された目標を動画で撮影し、指定範囲内に着陸するというものである。缶内部には、

- ・ 目標撮影用のデジタルカメラ
- ・ 動画送信用無線機
- ・ 計測モジュール SunSPOT

等を搭載し、CanSat 外部には、パラシュートまたはパラフォイルの取り付けが義務化されている。

判定方法は、以下の通りである。

- ・ (連続撮影した地上の目標数) × (目標を連続撮影した時間)
- ・ カメラ内の SD カードに保存し、データを地上の基地に無線で送信する両方に保存された場合点数は 2 倍加算される。



能代宇宙イベント試合会場

## 2009 年能代宇宙イベントに向けた CanSat 開発

### 1. 要旨

第 5 回能代宇宙イベント宇宙甲子園缶サット甲子園に参加するために、CanSat の研究開発を行った。目標を連続撮影できる方法を考案し、その方法を応用し CanSat I を製作し、それを用いて試合に出場した。

試合結果は 12 校中、6 位であったが、研究におけるアピールの重要性、プレゼンテーションの制作技術、楽しさ等を私は学んだ。また、他校との交流を通して多角的に研究にアプローチする重要性を学んだ。

### 2. 目的

試合では (連続撮影した目標数) × (目標を連続撮影した時間) の値によって判定されることから、CanSat はロケットから放出後、長時間滞空し地上の目標連続で撮影し続けるために長時間滞空できる性能及び、指定範囲内に着陸させるため横風にながされにくい性能を併せ持つ CanSat を製作することにした。



完成した CanSat I

### 3. 研究内容

以下の研究方針を策定し、研究を行った。

#### ・第5回能代宇宙イベントに向けた研究方針

1. CanSat に関する情報収集と能代宇宙イベントにおける競技内容の把握
2. 競技における戦術の選定と決定
3. 動画による目標の連続撮影を可能にする CanSat I の安定法の確立
4. CanSat I 本体の開発
5. パラシュートの開発
6. キャリアの開発
7. 第5回能代宇宙イベント本番
8. 競技後の技術交流会でのプレゼンテーション
9. 結果から考察・反省

#### 3.1. CanSat I 開発概要

CanSat I 開発を始める上で、まず基本的 CanSat I 製作方針と具体的ビジョンを考えた。

##### 3.1.1. 機体

CanSat I の外装はアルミ缶を使用し、内部には、搭載するカメラ、無線機、計測モジュールを搭載し、ロケット運搬時、放出時、CanSat 落下時の衝撃から内部機器を保護するため構造体を搭載する。

##### 3.1.2. 落下制御方法

CanSat がロケットから放出された後、CanSat をパラシュートによって降下させることにする。

##### 3.1.3. CanSat I 姿勢制御の確立

CanSat に翼を取り付けることで駒と同じ原理によって、CanSat を回転させ、垂直に落下できるようにする。

#### 3.2. CanSat I 本体開発

##### 3.2.1. 概要

製作方針が決定したところで、本体開発を行った。

##### 3.2.2. カメラ

市販の動画撮影機能付デジタルカメラを使用した。撮影した動画はデジタルカメラ本体の記録媒体 (SD カード) に保存可能である。また、外部出力端子から無線機を通じて地上の基地にリアルタイムで動画を送信することが可能である。

##### 3.2.3. 可動翼

可動翼は、CanSat I を安定させる点で最も重要な部分である。翼の取り付け方法は、CanSat I 本体の両側面に可動翼を取り付けた。これは、CanSat をキャリアに格納するため、翼は展開状態で格納できないためである。キャリアとは CanSat をロケットに搭載する時、CanSat の損傷を防ぐための格納機である。

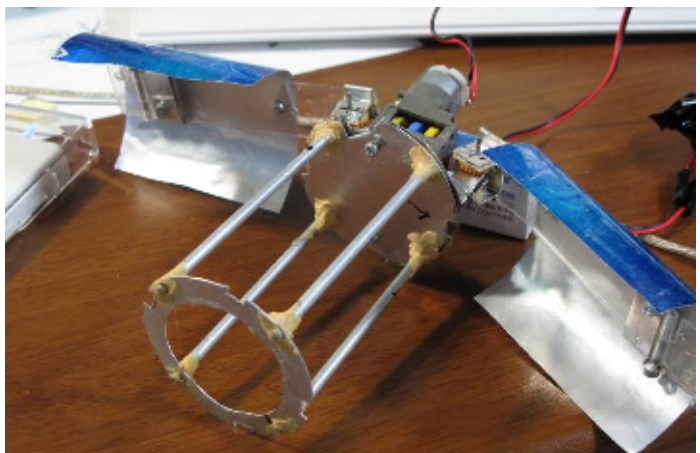


図 3.2.3. : 1 可動翼

可動翼の構造は右図（図 3.2.3. : 1）の通りである。

高度 300m で起動させるため、構造は簡素化した。翼展開には、上昇気流によって展開する案が考えられたが、モーターとギアを使用し確実に起動するようにした。

### 3.2.4. 構造体

CanSat I 本体内部には、ロケット運搬時、放出時の内部機器への衝撃軽減及び CanSat 落下時の形状維持のため、アルミニウム製の構造体を搭載した。

## 3.3. CanSat I 用パラシュート開発

### 3.3.1. 各実験前提条件

CanSat がロケットから放出された後、降下させるためのパラシュート及びキャリア落下用パラシュートの開発を行った。パラシュートを製作するにあたって必要となった条件を挙げる。

- CanSat・キャリアが放出される高度：300m
- CanSat の落下所要時間：60 秒
- 機体の安定

また、実験では下記の仕様のパラシュートを製作した。

使用したパラシュート素材：ポリエチレン

使用したパラシュート紐素材：水系（以下 紐）

### 3.3.2. パラシュート面積と落下時間についての実験

#### 実験方法

- 薄いポリエチレンから 50 cm×50 cm の正方形を切り出し、長さ約 55 cm の紐を 4 本取り付けた。
- パラシュートに取り付けられた 4 本の紐をパラシュートに取り付けた場所から 50 cm のところで結んだ。
- 完成したパラシュートに錘 50g を取り付け、2 m と 3m の高さから 6 回降下させた。この時の落下所要時間を計測した。

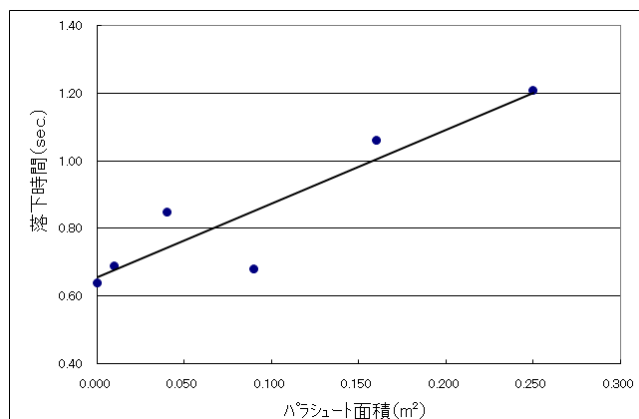


図 3.3.2. : 1 パラシュート面積と落下時間

#### 結果

以下の計算式がえられた。

#### 1) パラシュート面積と落下時間

(図 3.3.2. : 1)

$$t = 2.19S + 0.654$$

(t=落下所要時間 S=パラシュート面積)

#### 2) 質量比と落下時間比 (図 3.3.2. : 2)

$$t/t_0 = -0.755 \times \text{Log}_{10} m + 2.263$$

#### 3) 落下高度と落下時間比 (図 3.3.2. 3)

$$t/t_0 = 0.285H + 0.478$$

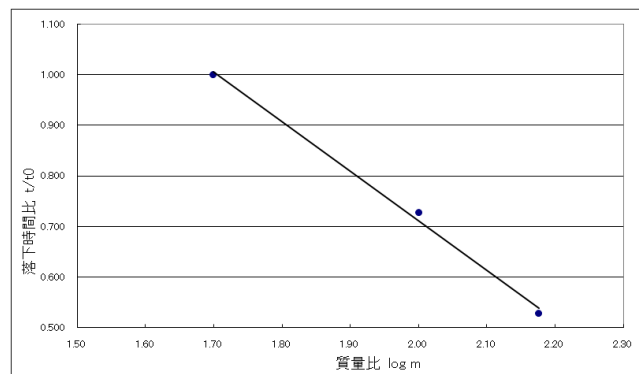


図 3.3.2. : 2 質量比と落下時間比

この結果より、前提条件より、必要とされるパラシュート面積は

$$S = 2.13m^2$$

と求められた。

前提条件

質量  $m = 700g$ 、

高度  $H = 300m$ 、

落下所要時間  $t = 15.0$  秒

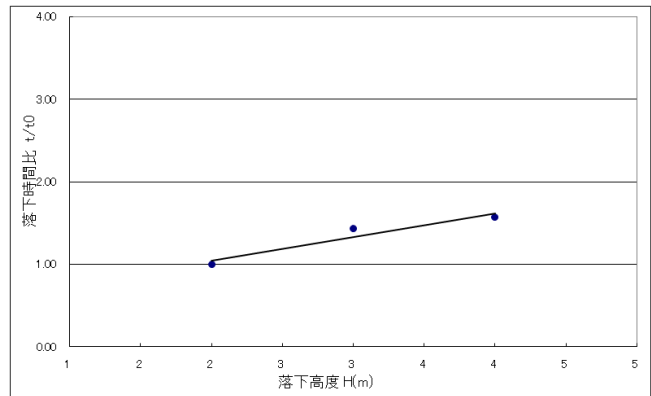


図 3.3.2. : 3 落下高度と落下時間比

### キャリア開発

キャリアとは Cansat をロケットに搭載する際、ロケットから受ける衝撃を緩和するための輸送船である。このキャリアの開発を行った。

#### 3.4.1. 素材

素材には軽量・加工容易・安価であるものを条件とした。そこで、直径 8.0cm の塩化ビニル管を使用した。

軽量化をはかるため多数肉抜きを行った。

#### 3.4.2. キャリア開放機構

キャリアはロケットから放出された後、降下しながら CanSat を放出する必要がある。この CanSat を放出する機構を製作した。

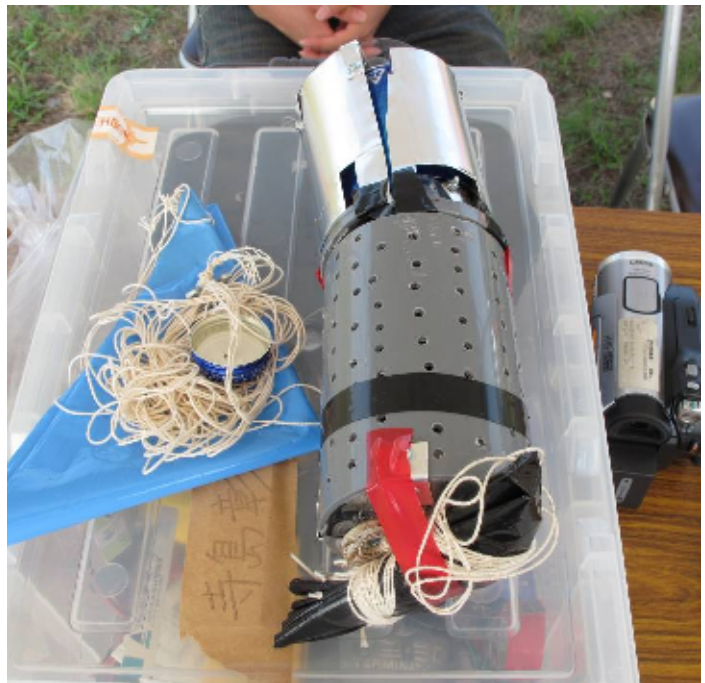


図 3.4 : 1 CanSat I のキャリア

CanSat を放出する方法として、CanSat 自体の重量によってキャリア下部のキャノピーを自動開放するシステムを採用した。また、CanSat の放出を加速させるためにキャリア内部の上底にスプリングを取り付けた。

## 4. 2009 年第 5 回能代宇宙イベント競技結果

### 4.1. 打ち上げと CanSat I 回収状況

競技当日は 2 番目の打ち上げであった。

打ち上げの結果、大型モデルロケットからの放出、続いてキャリアからの CanSat I 放出が成功した。放出された CanSat I は、パラシュートの開傘後、可動翼が開いて回転しながら落下した。回転したことによって風に流されることもな



ロケットへの CanSat I 搭載準備

く、ほぼ定点着地することができた。回収状況は、CanSat は損傷なしで回収された。各内部搭載器具にも異常は見られなかった。キャリアに関しては下部のキャノピーは一部紛失したが、大きな損傷は見られなかった。

#### 4.2. 試合結果・考察

競技の結果、12 校中 6 位であった。

CanSat I の運用状況について、撮影した動画、地上から撮影した動画を解析した。その結果を以下に示す。

##### ・能代宇宙イベントの結果

- (1) CanSat I が予想をはるかに上回る速度で落下した
- (2) パラシュート開口部の大きさが予想よりも小さくなった
- (3) 動画のブレが大きいため、連続撮影時間が短かった

(1)：落下時間は計算式で予想したよりも短かった。この原因について、パラシュートの紐が可動翼による回転作用により絡まり、その結果パラシュート開口部が小さくなってしまったと考察された。  
(2)：パラシュート開口部が予想よりも小さくなってしまった。この原因は (1) と同様にパラシュートの紐が絡まったために発生した、と考察された。  
(3)：撮影した映像を解析したところ、映像がぶれていたために目標物を連続撮影できなかった。この原因について、地上から撮影した動画を映像解析したところ、CanSat I は回転時に円錐状に回転してしまっただけで、地上の目標を連続して撮影することができなくなっただけであると考察された。これらの考察から、今回 CanSat I の姿勢制御方法として採用した「回転作用による姿勢制御」は定点落下を可能にしたが、目標の連続撮影に関しては不適である、とされた。

また、これらの考察から CanSat I の課題点を考察した。

##### ・CanSat I の課題点

- ・ 新たな姿勢制御方法の研究
- ・ パラシュートの紐の絡まり防止方法
- ・ 定点落下・長時間滞空を可能にするパラシュートの開発

## 2. 2010 年能代宇宙イベントに向けた CanSat II 開発

### 1. 要旨

第 5 回能代宇宙イベント宇宙甲子園缶サット甲子園の結果及び考察から第 6 回能代宇宙イベント宇宙甲子園缶サット甲子園に参加するために私達は引き続き降下用パラシュート・CanSat II 研究開発を行った。

各実験の結果、CanSat II に用いるパラシュートは、無孔で、正方形のスタビライザー（腕）付のものが最適とわかった。また研究を通して、私達は多角的な視点で総合的に研究を行う技量を養う事ができ



第 6 回能代宇宙イベントに向けて製作した CanSat II

た。

## 2. 目的

第5回能代宇宙イベントの結果・考察から、第6回能代宇宙イベントに向けて新たな CanSat II の研究開発を行うことにした。ロケットから放出後の定点落下可能で、長時間滞空可能な CanSat を製作するため、パラシュートを主要研究対象として選択した。

## 3. 研究内容

第5回能代宇宙イベントの結果・考察を受け、新たに研究方針を策定した。

### ・第6回能代宇宙イベントに向けた研究方針

1. 大会の反省から対策の検討
2. 競技における戦術の変更・改訂
3. 新たな動画による目標の連続撮影を可能にする CanSat II の安定法の確立
4. パラシュートの基礎研究
5. パラシュートを安定させるための方法の研究・確立
6. パラシュート試験機による性能試験
7. CanSat II 本体の開発
8. 研究方針の変更
9. SSH 東海地区フェスタにおけるポスターセッション
10. SSH 生徒研究発表会（全国）に向けたポスターセッションの検討
11. ポスターセッションの練習・ポスター製作
12. SSH 生徒研究発表会におけるポスターセッション
13. 結果の考察・反省

### 3.1. CanSat II 開発概要

新型 CanSat（以下 CanSat II）を製作するにあたって具体的ビジョンを策定した。

#### 3.1.1. 機体

外装にはアルミ缶を使用し、衝撃軽減・落下時の形状維持のため構造体を搭載する。

#### 3.1.2. CanSat II 姿勢制御

CanSat の定点落下・長時間滞空を可能にするため、パラシュートを用いて姿勢制御することにした。

### 3.2. パラシュート全般開発—基礎研究—

パラシュートの安定性について研究を行う前段階として、パラシュートの基礎条件について研究した。前回の実験では、基礎研究が不十分であった。そのため、安定性に特化した実験をするための基盤が不完全であった、

そこで、研究対象としてパラシュートの以下の要素についてそれぞれの関係性に着目した実験を行った。

#### 3.2.1. 各実験前提条件

使用したパラシュート素材：ポリエチレン)

使用したパラシュート紐素材：水系（以下紐)

### ・研究対象としたパラシュートの基本要素

- ・パラシュート表面積
- ・パラシュート重量
- ・落下高度
- ・紐の長さ

パラシュート面積と錘の重量変化の  
関係の実験

実験方法

- 正方形：10×10、20×20、30×30、40×40、50×50、60×60 (cm<sup>2</sup>) のパラシュートにそれぞれ 50cm の紐を取り付けた。
- パラシュートに 50g の錘を取り付け、2m の高さから落とし、落下所要時間を測定した。
- 錘の質量を 100g、150g、200g、250g に換えて、同様に実験を行った。

結果

下記の式①～③が得られた。そして関係をグラフにあらわした。(図 3.2.2. : 1)

同様に、パラシュートの質量  $m$  と、落下所要時間  $t$  の関係をグラフにあらわした。(図 3.2.2. : 2)

1) パラシュート面積と落下時間の関係式

$$\text{Log}_{10} t = 0.488S - 0.363 \quad \dots \text{①}$$

2) 質量と落下時間比の関係式

$$t/t_0 = -0.001m + 0.754 \quad \dots \text{②}$$

3) 高度と落下時間比の関係式(前回の実験の結果を応用した)

$$t/t_0 = 0.285H + 0.478 \quad \dots \text{③}$$

3.2.2. パラシュートの紐の長さ  
と落下位置の関係性についての実験

競技においてパラシュートの紐がからまり CanSat I の落下が不安定であったことの反省から、紐の長さ  
と落下安定性についての検証を行った。

実験方法

- 正方形：50×50 (cm<sup>2</sup>) のパラシュートに 30、40、50、60cm の紐を取り付けた。
- また落下位置のズレを調べるために的を製作した。
- 完成したパラシュートを、2m の高さから、この的の中心に向けて 3 回落とし、的からの落下地点のずれの距離を求めた。
- 実験後、指定範囲に落下した回数を測定した。

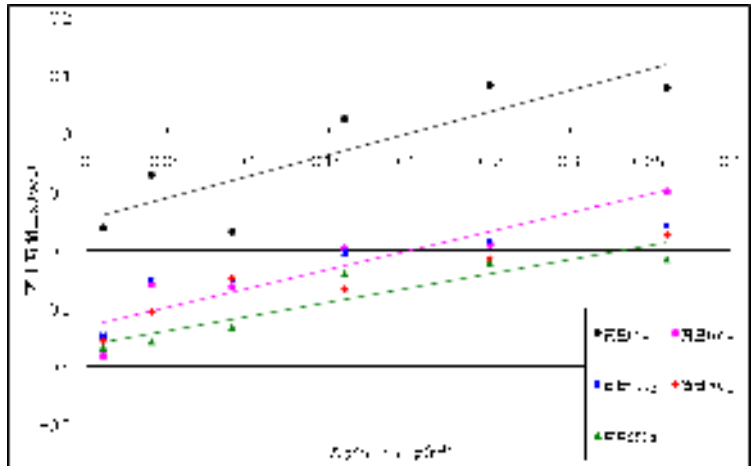


図 3.2.2. : 1 パラシュート面積と落下時間

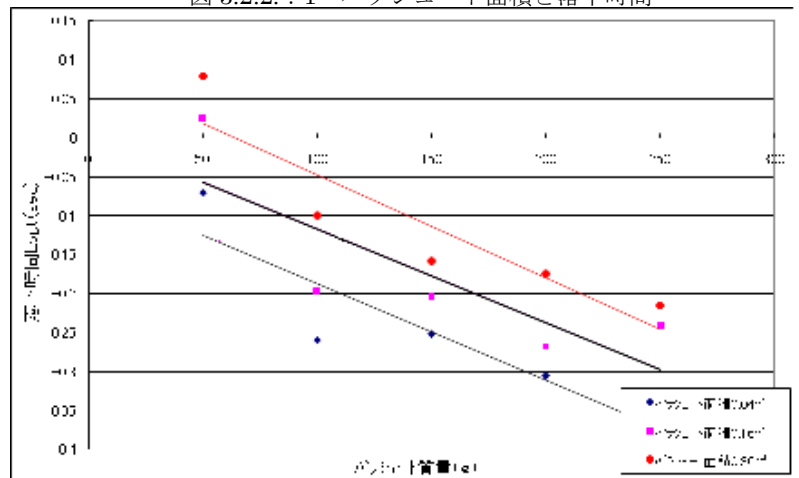


図 3.2.2. : 2 パラシュート質量と落下時間

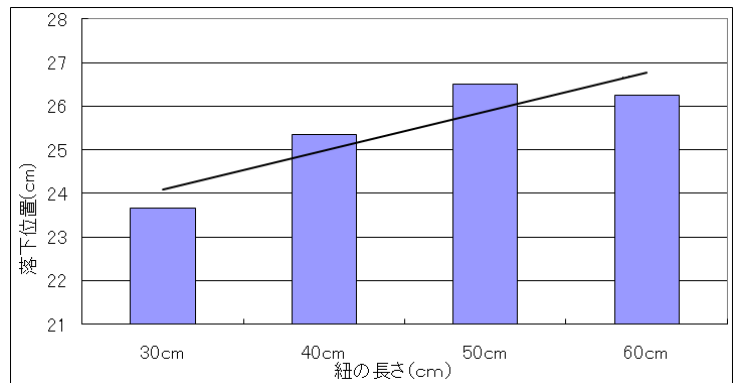


図 3.2.3. : 1 紐の長さ  
と落下位置



## 結果・考察

グラフ（図 3.2.3. : 1）より紐の長さが長くなるほど、落下位置が中心より離れている。したがって、紐の長さは短いほど、パラシュートは安定することがわかった。

### 3.2.3. 紐の長さ と パラシュート開口部の大きさ の関係の検証

パラシュートの紐の長さ と パラシュート開口部の広さの関係について調べた。

#### 検証方法

- 図 3.2.4. : 1 のように  $L$ 、 $r$ 、 $\theta$ 、 $m$ 、 $p$  をとり、 $L$  を一定の長さにしたうえで、 $m$  の長さを下表のように設定し、その時の  $p$ 、 $\theta$  の値を算出した。

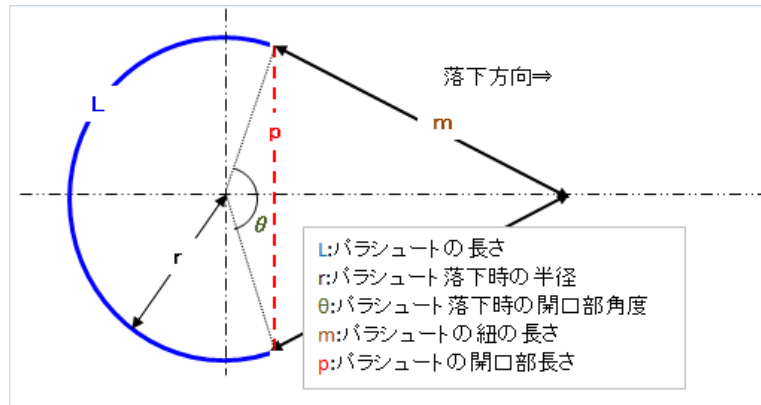


図 3.2.4. : 1 パラシュート模擬図

#### 結果

図 3.2.4. : 2 のグラフが得られた。

#### 考察

このグラフの関数より、開口幅が紐の長さに対して

急激に小さくなる前の最大開口幅  $p$  の 80% を最良な幅とし、その時の紐の長さ  $m$  をパラシュートの直径  $L$  の比で表したところ、以下の結果となった。

$$\frac{m}{L} = \frac{1.41}{1.00} = 1.41$$

そのため  $m/L = 1.41$  の比を、「パラシュートの安定性を維持し、かつパラシュートの開口面積を維持する最適値」とし、パラシュート製作のための必要条件とした。

### 3.3. CanSat II 用パラシュート開発 —パラシュートの安定に特化した実験—

#### 3.3.1. 各実験前提条件

使用したパラシュート素材：ポリプロピレン

使用したパラシュート紐素材：水系（以下紐）

#### 3.3.2. 翼による落下の安定

能代で CanSat I に翼をつけた事によって機体が安定したことから、翼をペイロードに付けた場合の落下位置の測定をした。

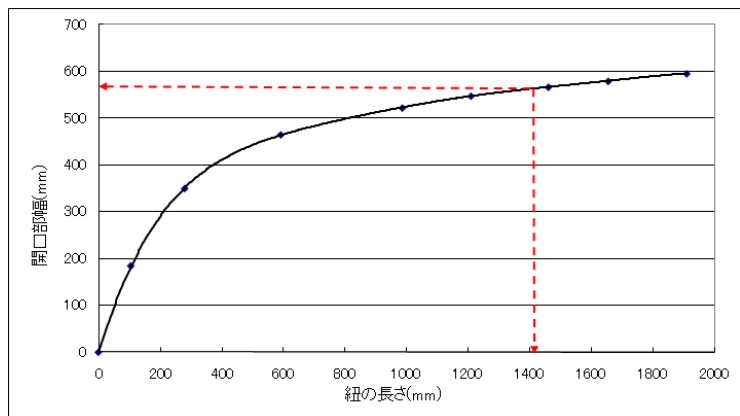


図 3.2.4. : 2 紐の長さ と 開口部幅

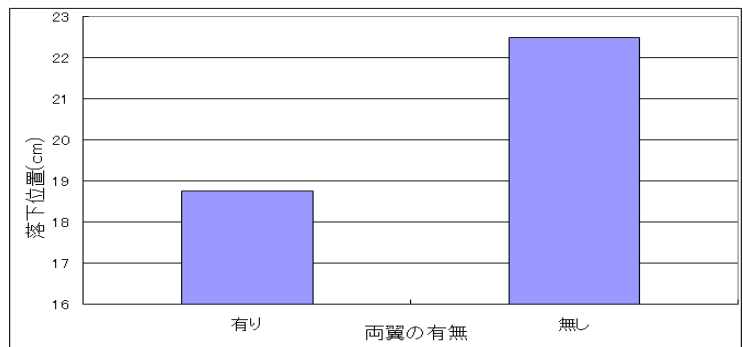


図 3.3.2. : 1 両翼の有無と落下位置

**実験方法**

- ・ 正方形：50×50(cm<sup>2</sup>)のパラシュートに 50cm の紐を取り付けたものを 2つ用意した。
- ・ そのパラシュートの一方向の紐に 10×5 (cm) のバルサ材でできた翼を取り付けた。

**結果**

その結果が図 3.3.2. : 1 である。以上の結果より、翼がある方が安定落下することが確認された。

**3.3.3. パラシュートにおける孔についての実験**

パラシュートの中には孔が空けられているものがある。そこで、パラシュートに与える孔の影響について実験を行った。

**実験方法**

- ・ 正方形：50×50(cm<sup>2</sup>)のパラシュートに 71cm の紐を取り付けた。
- ・ 以下の条件のパラシュート 5 つを製作した。

名称	孔の個数	パラシュート中心からの距離 (cm)
基本型	0 個	0cm
基本型 H4-L10	4 個	10cm
基本型 H4-L20	4 個	20cm
基本型 H5-L10	5 個	10cm
基本型 H5-L20	5 個	20cm

・それぞれ 2.0m の高さから落下実験を行い、落下速度、落下中心からのズレについて測定した。

**結果**

結果をグラフに表した。(図 3.3.3. : 1)

**考察**

各実験結果がグラフ上の線分付近に分布した。このことより、孔が落下速度及び落下位置に与える影響は、全体として孔の個数・分布間では大差はなかった。

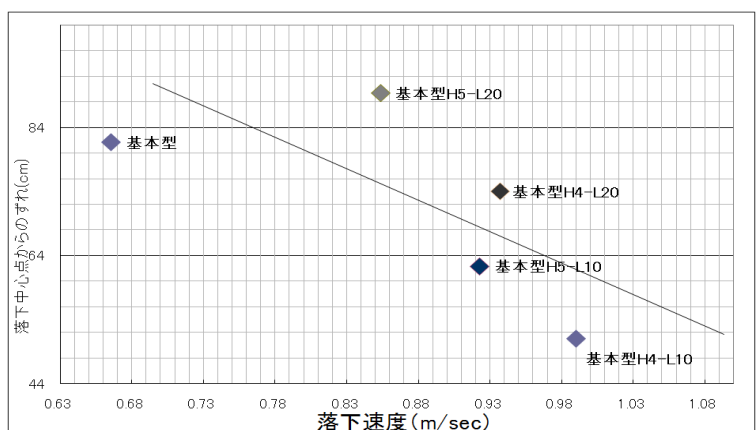


図 3.3.3. : 1 落下速度と落下中心からのずれ

**3.3.4. 腕付パラシュートの安定性についての実験 —スタビライザー開発—**

CanSat が降下中に目標の連続撮影を行うために、本体が揺れず安定している必要がある。一般的な構造のパラシュートは、CanSat が振り子運動のように揺れてしまう。また、紐が長いために紐がねじれやすい。

そこで、

のよ

紐と

の d

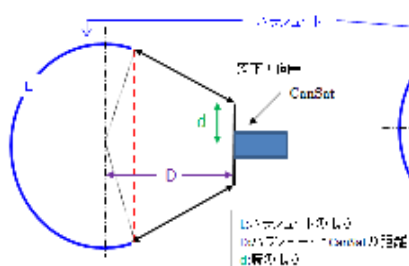


図 3.3.4.1 腕付パラシュート

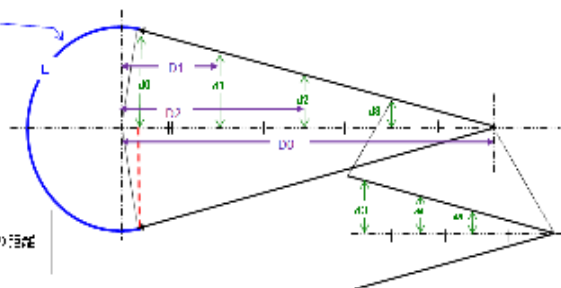


図 3.3.4.2 腕付パラシュートの安定性

図

3.3.4. : 1

うに、

CanSat と

を「腕 (図

3.3.4. : 1

の事をい

う)」によって連結することにより振り子運動及びねじれを防ぐ方法を考案し、その効果についての実験を行った。

### 3.3.4.1. 腕の長さに着目した実験

#### 実験方法

- ・ 正方形：50×50(cm<sup>2</sup>)のパラシュートに71cmの紐を取り付けた。
- ・ パラシュート模式図(図3.3.4.:2)を作成し、腕の長さd1、d2、d3、d4、d5を設定した。
- ・ d1～d5について、2.0mの高さから落下実験を行い、落下速度、落下中心からのズレについて測定した。

#### 結果

結果をグラフに表した。(図3.3.4.1.:1)

#### 考察

図3.3.3.:1に得られた実験値を追加した。(図3.3.4.1.:2)

その結果、得られた座標全てが、孔空きパラシュートのものよりも、落下速度が遅く、落下中心からのズレが小さいものとなった。また、腕付パラシュートに孔を実験

3.1.2の手順で施した物も同様に

落下速度が遅く、落下中心からのズレが小さいものとなった。これらは、パラシュートと錘を繋ぐ紐の長さが、基本型のパラシュートのものよりも短くなっているために、パラシュート全体の重心が上部に移動し、結果として、振り子運動が小さくなったために、安定したと考えられた。

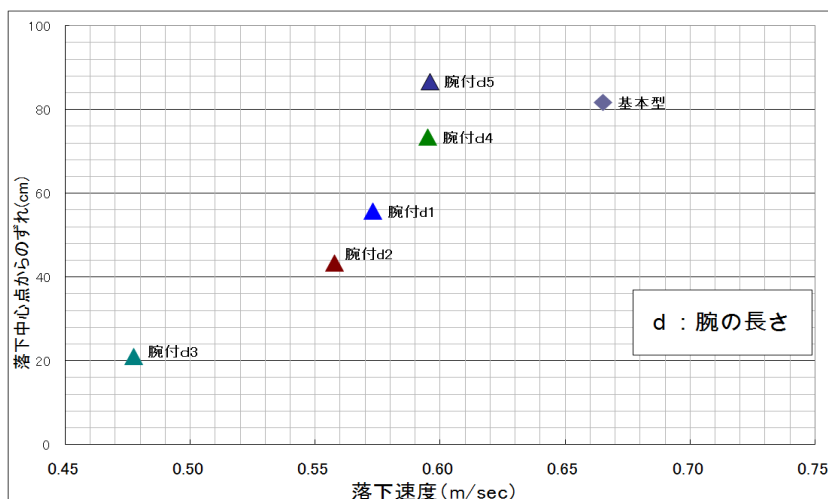


図 3.3.4.1.:1 落下速度と落下中心からのずれ

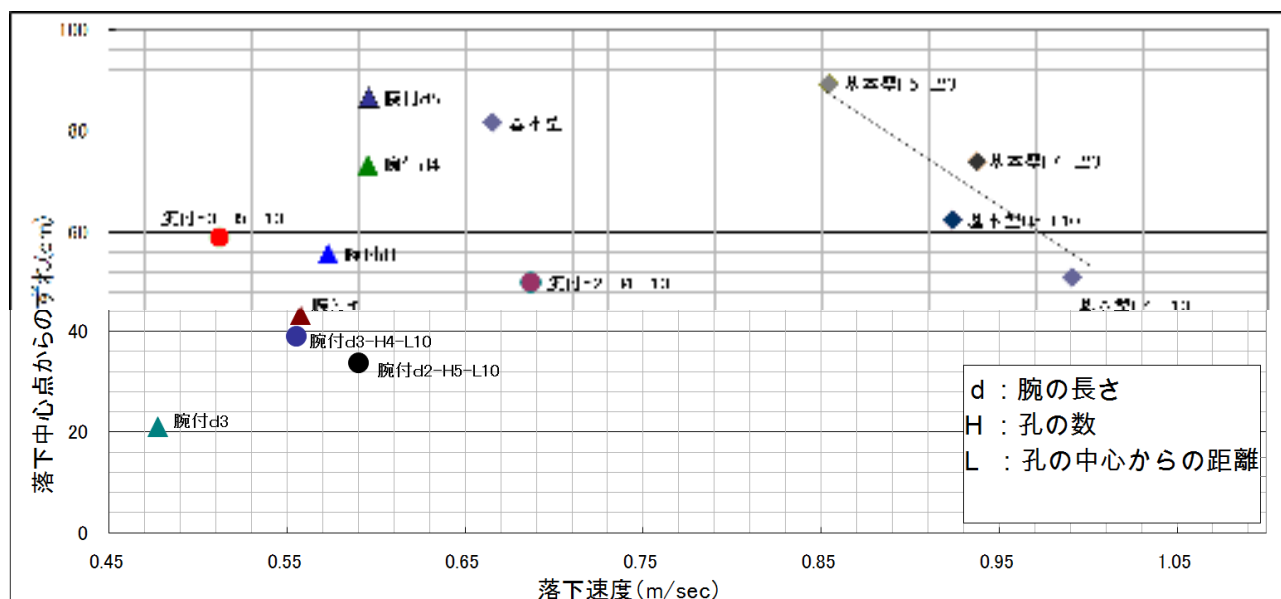


図 3.3.4.1.:2 落下速度と落下中心からのずれ (3.3.3.の内容込み)

### 3.3.4.2. 腕付パラシュートの揺れに関する実験

実験3.3.4.1.の考察を検証するためパラシュート及びの CanSat の重心だけに注目した実験を行った。

#### 結果

結果をグラフに表した。

(図 : 3.3.4.2 : 1)

#### 考察

グラフから、図 3.3.4. : 2 のパラシュートと CanSat の距離Dが短いものほど振幅が小さくまた一周期が短く、また振幅の減衰にかかる時間が短いことが分かった。

このことから、パラシュートの振幅は重心の位置によって変化する事が証明された。

そのため、支柱を取り付けることで、競技において、Cansat からの映像撮影の際、基本型のパラシュートを取り付けたものよりぶれ幅を最小限に収める事、また、ぶれる時間を早く収めることができるようになった。

また、腕をとりつけたものが、落下位置のずれが小さくなった別の原因として、落下中にパラシュートの形状が変化しないことが考えられる。

パラシュートは、多くの場合、落下中に横風、上昇気流、本体の回転作用などの環境要因によって形状の変形を起こしたり、紐が絡まったりする。そのため、設計段階での予想値と実際の結果との間に誤差が生じたり、正常に機能しなかったりする。

しかし、パラシュートの紐の途中に腕を取り付けた(図 3.3.4.2 : 2)ことで、設計段階でのパラシュート形状が保たれ、安定して落下することができるようになったと考えられる。また、支柱があるために落下中の紐の絡まりの心配はなくなった。

CanSat から撮影する動画のぶれとパラシュートの紐が絡まる現象は、CanSat 競技において大きな障害となる。従って、この実験結果から安定した CanSat の降下を実現するパラシュートの開発において、極めて貴重な手掛かりを得ることが出来た。

### 3.3.5. パラシュートの形状についての実験

今回の研究では主に正方形のパラシュートを使用してきたが、他の形状については性能上どのような違いがあるのか調べるため、幾つかの形状のパラシュートを製作して実験を行った。

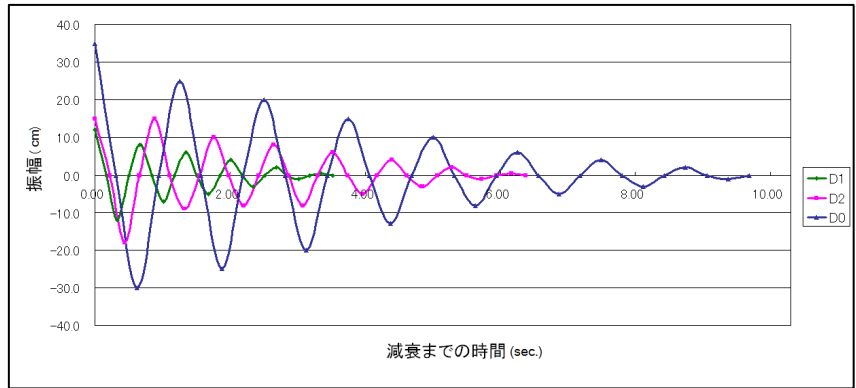


図 3.3.4.2. : 1 減衰までの時間と振幅

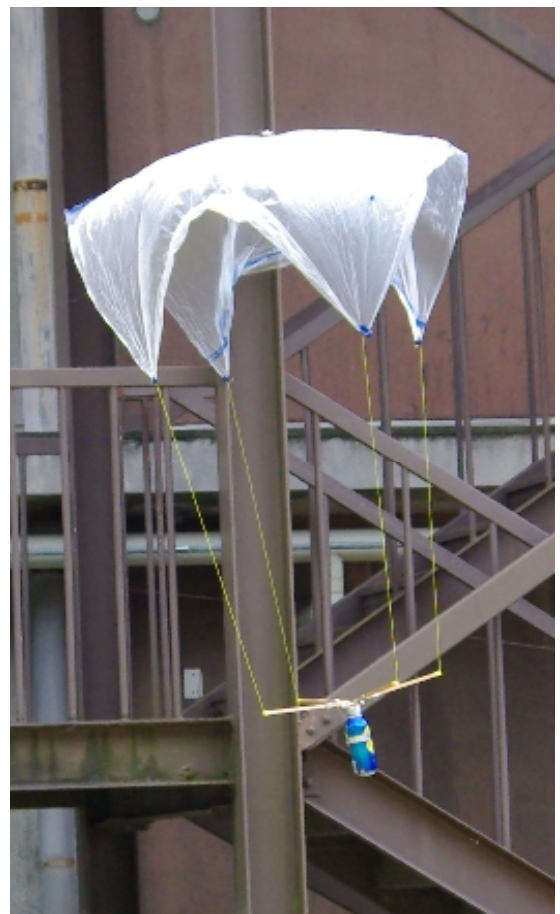
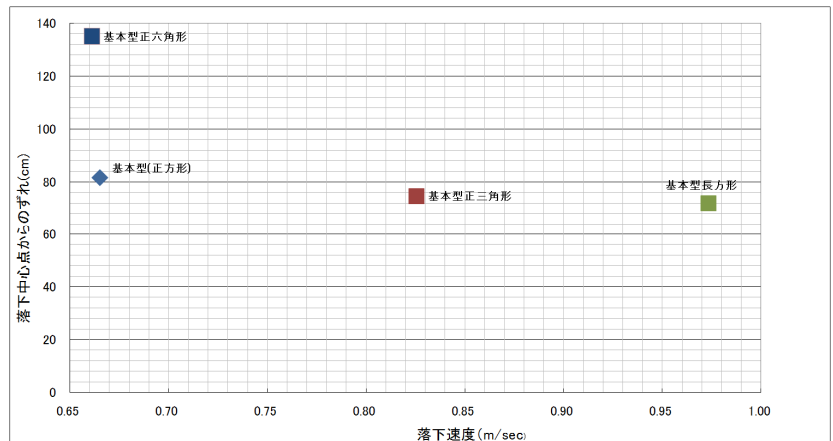


図 3.3.4.2. : 2 腕をパラシュートの途中に取り付けた状態

## 実験方法

- 面積を 2500cm<sup>2</sup> 多角形型（正三角形、長方形、正方形 正六角形）のパラシュートを製作した。
- パラシュートそれぞれの角の数だけ、70.5cm の紐を取り付けた。
- 落下速度、落下中心からのズレについて測定した。



## 結果

この結果をグラフにまとめた。

(図 3.3.5. : 1)

図 3.3.5. : 1 落下速度と落下中心からのずれ

## 考察

形状別に見てみると、正三角形については、落下中心からのずれが小さく抑えられているのに対し、落下速度がどの形状よりも速い。これは気流を通す隙間が大きいためであると考えられる。

次に正方形・長方形については、比較的安定していた。五角形・六角形については、多角形になるに従って落下速度が小さくなり、且つ落下中心からのずれが大きくなっていくことがわかる。これは、多角形になるほど気流を通す孔が小さくなり、飛行時間が延びたためだと考えられる。

従って、パラシュートの形状については、そのパラシュートを使用する状況によって形状を変更させる必要があると考えられる。

## 3.4. CanSat II 本体開発

### 3.4.1. 概要

研究結果を受け、CanSat II 本体の開発を開始した。CanSat II を設計していく上でまず、全体の構想を立てた。ここで、その概要を説明する。

(1) 機体を安定させる装置について説明する。安定化させる方法については、パラシュート実験 3.1.3 から、CanSat II のパラシュートに腕を取り付け安定をはかることにした。そのため、CanSat II 本体に「スタビライザー (腕)」を取り付けた。

(2) 内部構造は、前回と同様に構造体を設け、ロケットからの放出時の衝撃及び、落下時の衝撃からカメラ等内部構造を保護する事にした。

### 3.4.2. カメラ

カメラ部は、CanSat II 本体内部でも重要な部分である。競技において採点の要となるカメラ部に必要とされるのは、広い視野である。これは地上に設置されている目標を数多く捉えるために必要である。

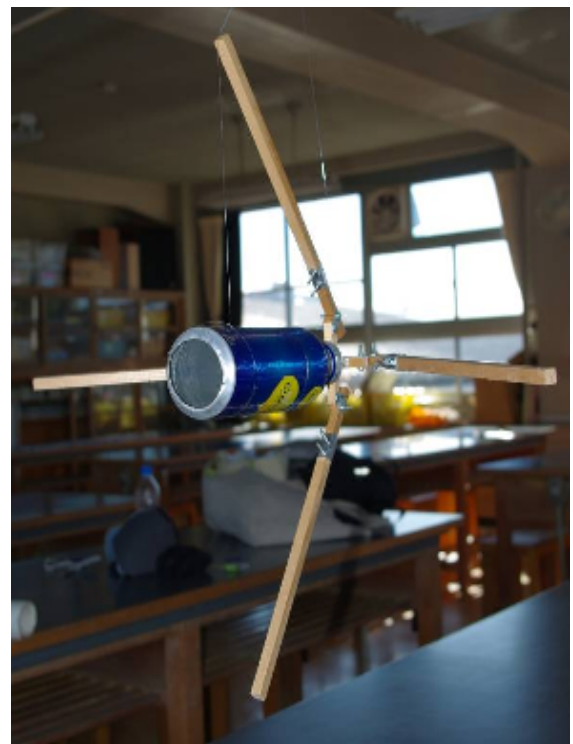


図 3.4.1. : 1 完成した CanSat II

前回からの大きな改良を主に二箇所で行った。

(1) 小型化：

前回カメラ部の体積が缶内部の大半を占めてしまい、その他の機能の格納場所を失ってしまったため、できるだけ小型化した。

(2) 水没対策：

競技場は海に隣接し且つ半沼地であることから、CanSat が水没しデータが消失する可能性がある。前回は、水没に対する対策を講じていなかった。しかし、今回は水没対策として、基盤の密封及びレンズのカバーを取り付けた。(図 3.4.2. : 1)



図 3.4.2. : 1 カメラ

### 3.4.3. スタビライザー

CanSat II の姿勢制御において最も重要とされる部分はパラシュートである。これに今回研究で開発した腕付パラシュートを採用した。

しかし、腕を開いたままでは、キャリアに CanSat を収納する事は不可能である。そこで、腕を可動式にすることで、収納ができるよう改良した。可動方法については、パラシュートが開く際の圧力で可動させる事にした。この装置をスタビライザーと名付けた。(図 3.4.3. : 1)

これらについても試作機を用いてテストを行った。(図 3.4.3. : 2) その結果、腕を格納した際にパラシュートの紐が本体に絡まるという問題が発生した。これについては紐にカバーを取り付ける事で解決した。



図 3.4.3. : 1 スタビライザー

また、腕の長さを調節できるようにした。研究で示されたように、腕の長さによって、パラシュートの性能に大きく変化が起こる。これに対処するためである。

また、スタビライザーについては、非常に精密であるため試験運用の際や大会当日の保守・点検が必要である。それに柔軟に対処できるようにするため、CanSat II 本体から取り外しができるよう製作した。

### 3.4.4. パラシュート

パラシュートについては多くの研究を行った結果、無孔正方形のパラシュートを採用した。また、スタビライザーと一体化させることにした。(図 3.4.3. : 2 次頁)

素材については、折り畳み収納する事を考慮し、厚さ 0.03mm の物を採用した。材質はポリプロピレンのものを使用した。主な理由は、製作が容易であるからである。

紐については、プラスチックの黄色い紐を使用した。水系よりも絡まりにくく且つ非常に頑丈であるからである。

#### 4. 結論

研究結果から最適な CanSat II の条件は

##### ・最適な CanSat II の条件

- ・ パラシュートの形状：正方形
- ・ 無孔パラシュート
- ・ スタビライザーによる安定化

であると考察された。

そこで条件を満たす CanSat II を製作し試験テストを行ったが、基本型のパラシュートを取り付けた CanSat よりも定点落下・長時間滞空することを達成できた。



図 3.4.3. : 2 スタビライザーを取り付けた CanSat II

#### 5. 考察

今後の研究課題として現時点で3つあげられる。

まず、スタビライザーについてだが、実際、CanSat にスタビライザーを搭載する場合、規定の大きさを守るため格納可能な機能を取りつける必要があるが、今回、その機能として腕を可動式にした。しかし、腕が可動式であるためパラシュートが展開しにくい、紐が展開時に腕に絡まるなどの問題が発生した。また、材質についても今回は木材を使用した結果として重量が大きくなってしまった。今後はモーター駆動を取り入れた可動式の腕の開発や、紐の絡まり防止手段の研究、またスタビライザー自体の材質についての研究などが課題としてあげられた。

パラシュートについてだが、今回パラシュートの3次元構造（半球形、円錐形など）及びスタビライザー以外のパラシュート安定法は今後の研究課題である。

また、CanSat を実際に試合で運用する際、十分に CanSat の降下予想をする必要がある。そのため、複数回試験テストを行い、その結果と気象、地形データから「CanSat の3次元降下予想シミュレーションシステム」を構築し運用していきたいと考えている。

#### 6. 参考文献

増補手作りロケット完全マニュアル 日本モデルロケット協会監修 久下洋一 著 誠文堂新光社  
手作りロケット入門 日本モデルロケット協会  
天文ガイド 誠文堂新光社

能代宇宙イベント <http://noshiro-space-event.org/>  
缶サット甲子園 <http://www.space-koshien.com/cansat/index.html>  
日本モデルロケット協会 <http://www.nct9.ne.jp/cockpit/rocket/rocket.engine.htm>  
UNISEC - ARLISS <http://www.unisec.jp/history/arliss.html>  
種子島ロケットコンテスト <http://tane-con.aero.kyushu-u.ac.jp/>