

# 二段パラシュート方式によるゴンドラの急速降下

秋山 弘光・山上 隆正・岡部 選司・前田 太郎

## 1. はじめに

気球による科学観測終了後は、観測機器を指令電波により気球から切離し、パラシュートで地上に降下させる。パラシュートは切離し後数秒で開傘し、30 km の高度から地上に達するのに約 40 分程度の時間を要する。この間ゴンドラは強い上層風に流され、その結果切離し地点から数十 km はなれた場所に降下することになる。降下地点は上層風のデータを使って予想することが出来るが [1]、上層風のデータの不確かさもあって一般にその降下予測精度は数 km 程度のものになる。

観測器の回収を確実にする上からもまた安全性の点からも降下地点の予測精度をあげることが望ましい。

ドリフトの量は後に述べるように偏西風の強い高度 10 km 付近を通過する時一番大きいので、この付近の高度を急速に降下すれば、ドリフトの量は減り予測精度も向上する。しかし単に降下速度をあげるだけでは、着地の際の衝撃を増し、観測器の破損をまねくことになる。地上付近では通常のパラシュートと同程度の降下速度でなければならない。

具体的にこれを実現させるにはいろいろな方式が考えられるが、ここでは、まず大小 2 個のパラシュートの組合せによる方式について検討することにした。すなわち、切離し後ドリフトの大きい高度 10 km 程度に達するまでは小さいサブパラシュートで急速に降下させる。10 km 以下の適当な高度に達したとき、大きいメインパラシュートを開き、地上には通常の降下速度と同じ 6 m/sec で着地させる。

この方法をとるにあたって問題になるのは

- a) サブパラシュートによる降下速度の設定
- b) メインパラシュートの開傘高度の設定
- c) メインパラシュートの開傘時の衝撃

等であり、これらの点について理論的な検討を行なった上で実際の気球による実験を 3 回にわたって行った。

実験の結果、この二段パラシュート方式はほぼ予測通りに作動したが、実際にこの方式を使用する場合のパラシュート系ならびに他の点についてなお 2, 3 の問題があることが明らかとなった。

これらの問題点の検討を行ない急速降下の方式についての今後の方針について述べる。

## 2. 二段パラシュート方式とゴンドラのドリフト

パラシュートで降下するゴンドラのドリフトの一般的な様相は図-1 [1] に示した。図中の (a) はゴンドラの各高度で単位距離だけ降下するのに要する時間を示し、(b) は各高度に

於ける風速の代表的な大きさを示したものである。

(c)は風速と降下時間の積であり、各高度でゴンドラが単位距離だけ降下する間のドリフトを示している。

この図からわかることは、降下中のドリフトが最も大きいのは高度 10 km 付近であり、高度 5 km 程度以下になると風速がおちるので流され方は少なくなる。

従って、二段パラシュート方式を有効に働かせるためには、メインパラシュートの開傘高度は 10 km より低い必要があり、一応の目安は高度程 5 km 程度となる。

着地点までのドリフトは、このメインパラシュートの開傘高度と、サブパラシュートによる降下速度とによってきまる。例として、サブパラシュートで通常の5倍の速度で降下させた場合を考える。メインパラシュートを高度 5 km で開傘させ、地上に 6m/sec の速度で降下させた場合には、ドリフトならびに降下予測地点の誤差は従来の 1/4 程度になり、予測誤差範囲を 1~2 km 程度まで狭めることが出来る。

物糧投下用パラシュートに  $M$  kg の重量を吊りさげた時、地表での着地速度が 6 m/sec となるものを  $M$  kg 物糧傘と呼んでいる。ゴンドラの重量  $M$  kg、使用するパラシュートが  $m$  kg 物糧傘の時には降下速度が変わり、一定高度での降下速度は  $\sqrt{M/m}$  に比例する。従って、サブパラシュートによる降下速度を通常の  $n$  倍にとりたい時は、 $M/n^2$  kg 物糧傘を使用すれば良い。もちろん、メインパラシュートには  $M$  kg 物糧傘を使用する。例として、ゴンドラ重量が 50 kg、 $n=5$  の場合は、サブパラシュートは 2 kg 物糧傘を使用することになる。この速度比  $n$  は後に述べるように、開傘衝撃を規定するもので、二段パラシュート系を設計する上での基本的なパラメータとなっている。

### 3. メインパラシュートの開傘衝撃

ゴンドラはサブパラシュートにより急速に降下した後メインパラシュートが開傘するので、その開傘時にはゴンドラに著しい衝撃が加わることが予想される。従って、実際にこの方式を採用するにあたっては、その衝撃の大きさを調べ、これに耐えるように各部分の構造を考えておく必要がある。

衝撃の大きさは速度比  $n$ 、開傘高度、ゴンドラ重量  $M$  によりきまるが、その詳細については付録に示した。

計算結果は図-2 a, b に示した。付録 1 では開傘時のパラシュート面積が時間とともに直線的に増大するとしたが、この仮定のもとで開傘時の最大衝撃をゴンドラにかかる加速度ではかると、

a) 速度比  $n$  の 2 乗、つまり  $n^2$  にほぼ比例する。これはパラシュートの空気抵抗が速度の 2 乗に比例するためである。

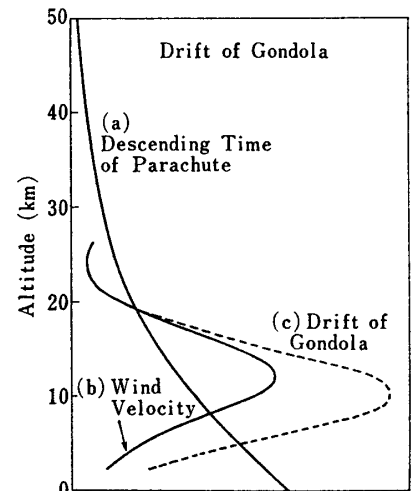


図-1 単位時間あたりのゴンドラのドリフト  
文献 [1] の図-4 を再録

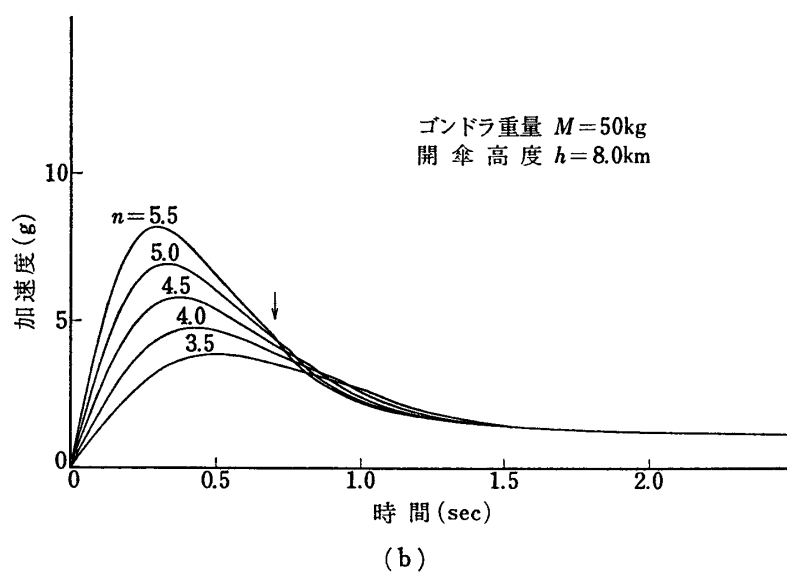
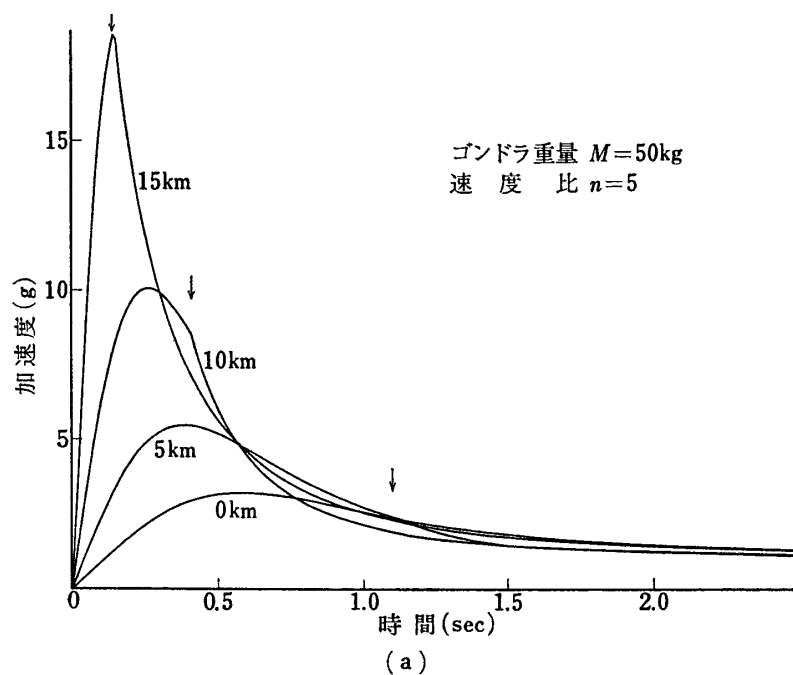


図-2 メインパラシュート開傘時の加速度変化

- b) 開傘高度での気圧を  $P$  とすれば,  $P$  にほぼ逆比例する. これは上空ではパラシュートの降下速度が大きく, このため必要な減速量も大きくなるためである.
- c) ゴンドラ重量  $M$  の  $1/4$  乗つまり  $M^{1/4}$  に逆比例する. これは  $M$  がふえるとパラシュートの直径がまし, その結果開傘時間が大きくなるためである. 詳しくは付録1の(8)式によるものである.

これらの結果をもとにして, 二段パラシュートの具体的な内容を考えてみると次のように

なる。

- a) ドリフトを減らすためには、 $n$ をできるだけ大きくとることが望ましいが、開傘時の最大衝撃は、すでに述べたようにほぼ $n$ の2乗に比例して増大するので、両者の折合う所をさがす必要がある。
- b) 開傘高度については、高度が低いほど衝撃は小さくなる。この特徴はドリフトを減らす方向とも一致している。
- c) 例として、 $M=50\text{ kg}$ 、 $n=5$ をとると、図-2より高度5 kmで開傘した場合には、0.35秒後に最大加速度5.5 gがかかり、1.1秒で開傘する。高度10 kmとした場合には、最大加速度は10 gとなり、0.4秒で開傘する。 $M$ による状況の変化は少ないので、 $M=50\text{ kg}$ を1つの代表的な重量と考えると二段パラシュート方式としては一般に $n=5$ 、開傘高度としては、およそ5 km以下にとるのが妥当であろうという結論が得られる。

#### 4. 急速降下実験

2段パラシュート方式による急速降下の実験を、パラシュート系の作動テストおよび衝撃の測定などに主眼をおいて3回にわたって行なった。

##### 4.1 装置の構成

パラシュート系の構成は図-3に示した通りで、主に次の装置から組立てられている。

- a) サブパラシュート；ゴンドラの重量と $n$ の設定値から大きさを決める。ナイロン製を使用した。
- b) メインパラシュート；ゴンドラの重量に対応した物量傘を使用する。収納袋に入れた。
- c) メインパラシュート開傘機構；指定の高度において地上からの電波コマンドまたは気圧スイッチによってカッターを働かせ、収納袋のバックを解く。メインパラシュートはゴンドラの重みによって収納袋から引き出され、開傘できる形をとる。
- d) ショックアブソーバ；メインパラシュート開傘時の衝撃を吸収するためのもので、B<sub>s</sub>-35における実験で使用した。

またこれらの実験にあたっては加速度計、張力計および気圧計などの計測器を搭載した。

##### 4.2 実験結果

実験結果は表-1に示した通りである。次に主

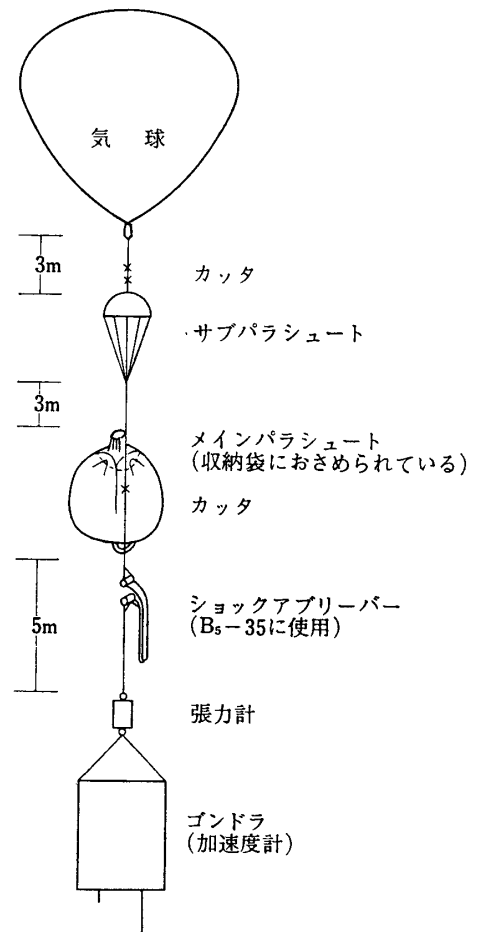


図-3 二段パラシュート方式の構成

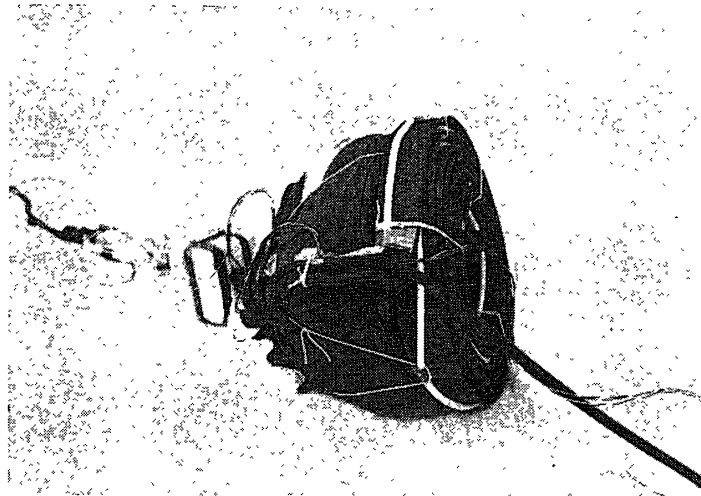


写真-1 収納されたメインパラシュートとショックアブリーバ

な結果と問題点について述べることにする。

1. 速度比について

速度比は前節に述べたような理由で B<sub>2</sub>-28, B<sub>5</sub>-35 では  $n=5$  を採用した。3回目の実験 B<sub>5</sub>-47 では開傘衝撃に対して出来るだけ余裕をとった方がよいという理由で  $n=3$  を採用した。

実際には表-1 に示したようにサブパラシュート, メインパラシュートの降下速度が予想値と幾分ずれ,  $n$  の値も予定値とやや違う値となっている。

2. サブパラシュートについて

2a) 開傘状況

切り離し後サブパラシュートの開傘するまでの時間はゴンドラが自由落下して開傘に必要な速度に達するまで, 実験の結果は表-1 に示した様に 2~4 sec であり問題はなさそうである。

2b) 降下速度

B<sub>2</sub>-28, B<sub>5</sub>-35 では地表換算で 30 m/sec の予定であったが, 実際には表-1 および図-4 に示したように, 夫々 23 m/sec, 25 m/sec であり, 幾分遅い値を示した。

これはゴンドラの断面積が約 1 m<sup>2</sup> あり, この空気抵抗分を考慮すればほぼ定

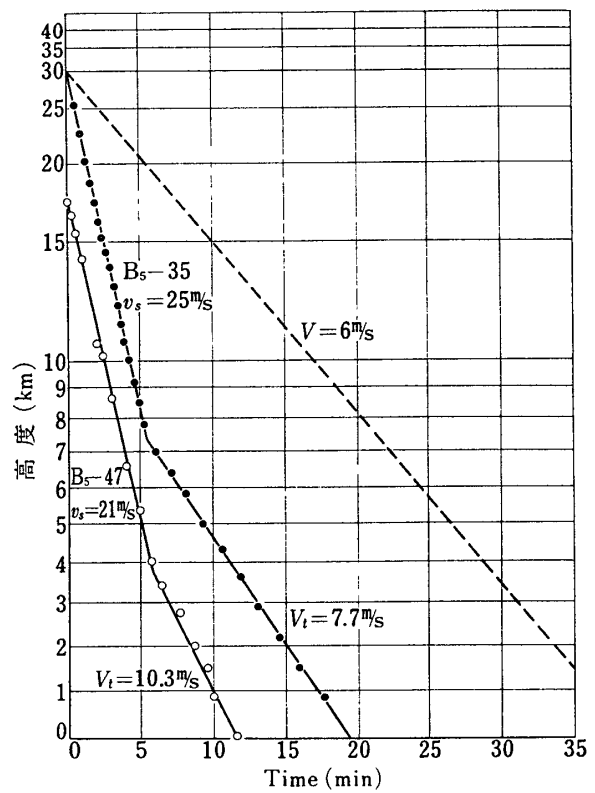


図-4 B<sub>5</sub>-35, B<sub>5</sub>-47 における急速降下実験 高度の時間変化 (速度は地表換算)

第 1 表 実験の概要と主な結果

実験年月日		47年2月13日	47年6月29日	47年9月6日	
気球名		B <sub>2</sub> -28	B <sub>5</sub> -35	B <sub>5</sub> -47	
ゴンドラ重量		50 kg	50 kg	85 kg	
サブパラシュート		2 kg 物糧傘	2 kg 物糧傘	10 kg 物糧傘	
メインパラシュート		50 kg 物糧傘	50 kg 物糧傘	75 kg 物糧傘	
n 設定値		5	5	2.7	
予定速度 (地表換算)					
サブパラシュート		30 m/sec	30 m/sec	17 m/sec	
メインパラシュート		6 m/sec	6 m/sec	6.4 m/sec	
ショックアブソーバ		無	有	無	
実 験 結 果	サブ パ ラ シ ュ ー ト	切り離し高度	23.5 km	27.0 km	17.0 km
		切り離し後サブパラシュート開傘迄の時間	2.6 sec	4.5 sec	3.0 sec
		平衡速度に達する迄の時間	20 sec	18 sec	16 sec
		降下速度 (地表換算)	23±1.5 m/sec	25±1.5 m/sec	21±2. m/sec
	メ イ ン パ ラ シ ュ ー ト	開傘指令	コマンド	気圧スイッチ	気圧スイッチ
		開傘高度	13 km	7.4 km	3.8 km
		収納袋カッタ作動後開傘を開始する迄の時間	0.4 sec	4.9 sec	0.3 sec
		開傘時にゴンドラに加った最大加速度 (実測値)	>9 g	5.8 g	—
		(予測値)	~10 g	4.0 g	—
		最大加速度が加わる迄の時間	0.3 sec	0.5 sec	—
		開傘に要した時間	>0.3 sec	約 0.8 sec	—
		降下速度 (地表換算)	—	7.7±0.2 m/sec	10.3±0.5 m/sec
	備 考		メインパラシュート開傘中にメインロープ切断 (受信限界に近づいたので予定より高い高度で開傘を行なった結果, 過大の衝撃が加わったためである)	ショックアブソーバは正常に作動	メインパラシュート開傘開始直後, 加速度計動作不調となる. 気球引裂弁付

量的に説明することができる。

B<sub>5</sub>-47 ではこれに反して予想値よりやや大きい値を示している。メインパラシュートによる降下速度もこの気球では期待値より大きい。この原因について次に触れることにする。

### 3. メインパラシュートについて

#### 3 a) 開傘状況

メインパラシュートの収納袋がひらかれると、パラシュートが引き出されついで開傘する。パラシュートの長さは約 10 m 程度で引出して開傘をはじめするのに必要な時間はサブパラシュートによる降下速度が数十 m/sec であるので、0.2~0.5 秒程度であると考えられる。

開傘をはじめまでの時間は B<sub>2</sub>-28, B<sub>5</sub>-47 は正常で, B<sub>5</sub>-35 は異常に長く 4.9 秒かかっている。実際 B<sub>5</sub>-35 の加速度計および張力計のデータを見ると, 引出しがスムーズに行なわれなかったように見える。パラシュートのセパレータが収納袋から出にくかったか, またはサブパラシュートで降下中ねじれを生じ, これがメインパラシュートをねじって開傘をおくられたのかもしれない。

### 3b) 開傘時間

開傘時間の計算値は表-1 に示した通り B<sub>5</sub>-35 は予想値とほぼ一致している。B<sub>2</sub>-28 はやや長い開傘時間を要しているが, 図-5 の張力計のデータによると開傘が始まって約 0.3 秒間 100~150 kg 程度の一様な張力がかかっている。この異常な部分をのぞけば, 開傘時間は 0.4 秒程度であり, 予想値とよく一致する。開傘後しばらく一様な力がかかったのは, パラシュートが正常に開傘せず, 部分的に開傘したことを示している。その原因として, まず考えられるのは前に述べたパラシュートのねじれで, 二段パラシュート方式の場合はサブパラシュートで急速に降下した後に開傘するため, ねじれが起こりやすいと考えられる。この方式の安定性について幾分問題のあることを示している。

### 3c) 開傘衝撃

開傘衝撃は  $n$  が大きい程, また開傘高度が高い程大きい。B<sub>2</sub>-28 では開傘高度が低いと受信出来ない位置に気球があったため, 予定より高い高度で開傘を行った。このため吊紐の切断を生じたが, 衝撃の値は式 (7) で期待される値に近い。

B<sub>5</sub>-35 はショックアブソーバをつけたため, 最大衝撃値は測定出来なかったが, 衝撃値の時間分布から推測すると表-1 に示した通り推定値よりやや高いことを示している。衝撃値の時間分布は B<sub>2</sub>-28, B<sub>5</sub>-35 について図-5, 6 に示した。これからわかることは, いずれも最初の立上り方がゆるやかで, 付録-1 に述べた開傘時のパラシュートの断面積の増加が時間に比例するという仮定が, 実状に沿っていないことを示している。むしろはじめゆるやかに開傘しはじめ, ついで急速に完全開傘する傾向を示しており, この傾向があると, 最大衝撃は大きくなり上に述べた実験事実ともよく一致している。

### 3d) 降下速度

B<sub>5</sub>-35, B<sub>5</sub>-47 とともに期待値より大きい。原因としてサブパラシュートとメインパラシュ

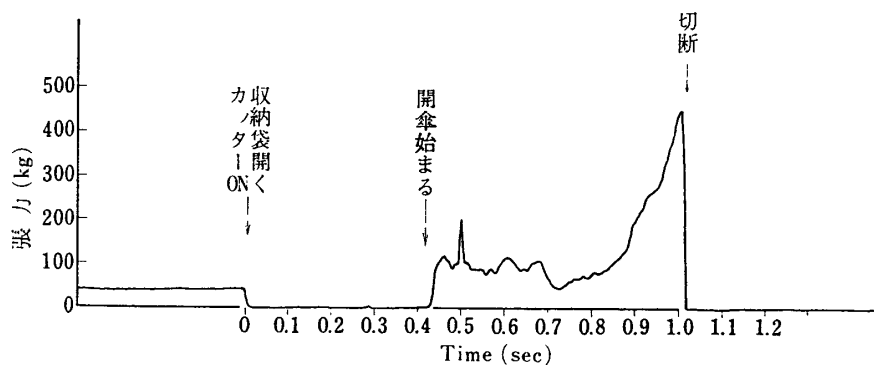


図-5 B<sub>2</sub>-28 における開傘時の張力

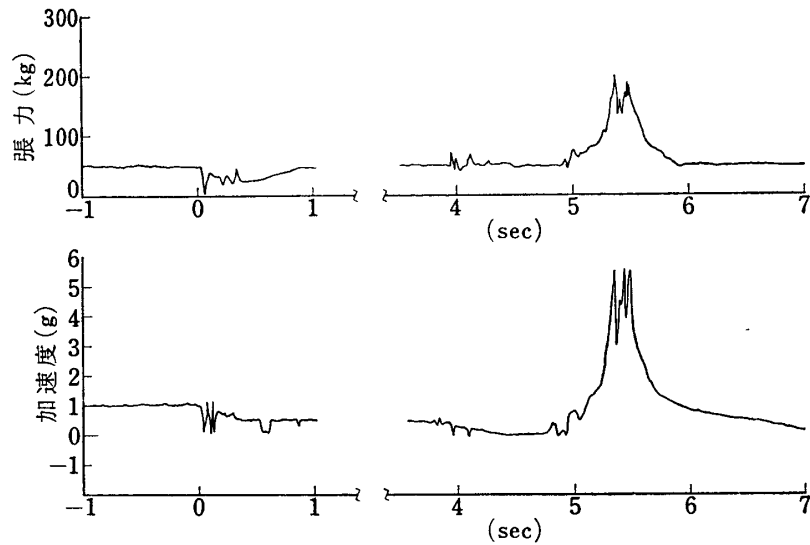


図-6 B<sub>5</sub>-35 における開傘時の加速時の加速度及び張力

ートの相互干渉が考えられる。B<sub>5</sub>-35はこの原因によるのではないかと考えられたのでB<sub>5</sub>-47ではメインとサブパラシュートの間を出来るだけはなすこととし、その間隔を10mとした。この様にして実験を行ったB<sub>5</sub>-47では、サブパラシュートの降下速度も期待値より、やや速かったので別に原因を求めなければならない。この気球では、気球引裂弁の試験も同時に行ったため引裂弁用の幅4mmの平打ナイロンコートが気球にとりつけられ、その末端がサブパラシュートの上端にとりつけられている。引裂き後の紐はサブパラシュートとともに降下し、軽い紐ではあるが、サブとメインパラシュートにからみついて開傘が不完全になった疑いがある。このため引裂き終了後はこの紐は気球側に残るような方策をとることが必要なことを示している。

## 5. ま と め

上層風の強い高空で急速にゴンドラを降下させ、風によるドリフトを少なくして、降下地点の予測精度をあげる二段パラシュート方式の検討を行った。

実験の結果、この方式は当初に検討した理論的予測とほぼ一致する結果を得たが、細部については次のような問題点があることが明らかになった。

- a) サブパラシュートによる降下速度はかなり速いため、ゴンドラの空気抵抗を考慮に入れる必要がある。
- b) 収納袋からメインパラシュートが引き出されて開傘をはじめるまでの間にスムーズさを欠くところがある。これはサブパラシュートで急速に降下した後メインパラシュートを開傘するため、パラシュートにねじれを生じ開傘しにくい状況を生じるためと考えられる。
- c) メインパラシュート開傘時の最大衝撃値は理論的予測値よりやや大きい傾向がある。衝撃に対しては充分余裕をみて $n$ としてやや低い値、すなわち3程度をとる方がよい。



また開傘高度は出来るだけ下げるのが望ましい。

d) 引裂弁の紐は軽いものであるが開傘に影響しないよう、切り離す必要がある。

以上問題点を列挙したがとくに b) の問題は信頼性に関するものであり、何等かの対策が必要なことを示している。この対策を含めて、別方式の検討も今後並行して行なうことにしたいと考えている。

最後にこの方式の検討について、当初より相談にのっていただいた西村教授、広沢助教授両研究室の方々、および藤倉航装の牛島、上田両氏に感謝の意を表します。

### 附録-1

一般に速度  $v_s$  で放出されたパラシュートが完全に開ききるまでの時間は次の実験式が成り立つとされている [2].

$$t_0 = \frac{9D}{v_s^{0.9}} \frac{\rho}{\rho_0} \quad (1)$$

ただしここで  $t_0$ : 開傘時間

$D$ : パラシュートの直径 (m)

$v_s$ : 降下速度 (m/sec)

$\rho$ : 開傘高度での空気密度 ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_0$ : 地上空気密度 ( $\text{kg/m}^3$ )

このような開傘時間で開く場合の衝撃を計算するにはパラシュートの断面積が時間とともにどのように増大するかを知る必要がある。

ここでは断面積 ( $S$ ) が時間 ( $t$ ) とともに直線的にふえると仮定することにした。式で書けば

$$\begin{aligned} S &= S_0 \left( \frac{t}{t_0} \right) & t < t_0 \\ &= S_0 & t > t_0 \end{aligned} \quad (2)$$

であり、ここでは  $S_0$  はパラシュートが完全に開いた時の断面積である。

降下速度を  $v$ 、ゴンドラ重量を  $M$  とすると、 $v$  の時間変化  $\dot{v}$  は次の式で与えられる。

$$\dot{v} = -\frac{M}{F} + g \quad (3)$$

ここで、 $F$  は降下中のパラシュートにかかる力であり、抵抗係数を  $C_D$  とすると

$$F = \frac{1}{2} C_D \rho S v^2 \quad (4)$$

で与えられる。完全に開傘してのちのパラシュートの終端速度を  $v_t$  とすると

$$\frac{1}{2} C_D \rho S v_t^2 = Mg \quad (5)$$

となる。大体の傾向を見るために、(3) 式でゴンドラに働く重力  $Mg$  が  $F$  に比べて充分小さいとして無視すると、(3) 式の運動方程式は、(2), (5) の関係から

$$\dot{v} = -g \left( \frac{t}{t_0} \right) \left( \frac{v}{v_t} \right)^2$$

となる.

$t=0$  の時,  $v=v_s$  として, 上式を解くと

$$\frac{v}{v_s} = \frac{1}{1 + \frac{gt_0 v_s}{2v_t^2} \left( \frac{t}{t_0} \right)^2} \quad (6)$$

が得られる. ここで  $v_s/v_t = n$ ,  $gt_0 n/v_t = 1/A$  とおくと式 (6) は

$$\frac{v}{v_s} = \frac{1}{1 + \frac{1}{2A} \left( \frac{t}{t_0} \right)^2}$$

と書ける. 以上より, 開傘する過程での力の時間変化は

$$F = -gn^2 \left( \frac{t}{t_0} \right) \left\{ \frac{1}{1 + \frac{1}{2A} \left( \frac{t}{t_0} \right)^2} \right\}^2 \quad (7)$$

となることがわかる.

これらの結果から開傘時のおおよその傾向として次のことがわかる.

a) 最大の衝撃は (7) 式を微分して

$$\frac{t}{t_0} = \sqrt{\frac{2}{3}} A = \sqrt{\frac{2}{3}} \frac{v_t}{gt_0 n}$$

の時におきる.  $t_0$  についての (2) 式の関係を使うと

$$\frac{t}{t_0} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{2}{3} \cdot \frac{v_t^{1.9}}{n^{0.1}} \cdot \frac{1}{gD} \cdot \frac{\rho_0}{\rho}}$$

となるので高度が低い時には完全に開傘する前に最大衝撃がおきる. 高高度では  $t/t_0 > 1$  となるが (7) 式が使えるのは開傘するまでであるので最大衝撃は開傘しきった  $t_0$  におきることになる.

b) 上の関係を (7) 式に入れると最大衝撃の量は

$$F_{\max} = -\frac{9}{16} gn^2 \left( \frac{2}{3} A \right)^{1/2} \quad (8)$$

となる.

従って, 最大衝撃は  $n^{1.95}$  に比例し, また  $(\rho_0/\rho)$  に比例する. すなわち, サブからメインパラシュートに移る速度変化が大きい程激しい衝撃がおこり, 高高度で衝撃が大きいのは, 上空ではパラシュートの降下速度が大きいので減速量を大きくせねばならないためであると解釈することが出来る.

ゴンドラ重量による依存性は (8) 式中の  $A$  が  $t_0$  を含むため,  $M^{-1/4}$  に比例して増加する. 従って, ゴンドラ重量による衝撃の大きさは加速度ではかればあまり変わらない.

以上のように (3) 式で重力による加速度の項を無視したため, 簡単に解析的な解が求ま

り、おおよその傾向をつかむことができたが、具体的に衝撃の時間的推移を知るためには、(3)式をそのまま計算機で数値積分した。

その結果は、ゴンドラ重量 50 kg, 速度比  $n=5$ , 開傘高度 0 km, 5 km, 10 km の場合について、また一定高度で速度比  $n$  が異なる場合について図-2(a), (b) に示した。

### 附録-2 ショックアブリーバについて

B<sub>2</sub>-28 気球の実験では開傘高度を予定より高くとったため、開傘衝撃が大きくなり、このため吊紐の切断をまねいた。このような、事態にそなえるため、B<sub>5</sub>-35 気球では開傘衝撃が一定値をこえた場合働くショックアブソーバをとりつけることとした。

ショックアブソーバとしては 50 mm 幅ナイロンバンドに木綿糸をぬいつけたもので、木綿糸の切断強度でショックアブソーバの働く力がきまる。実際に使用したものの性能については後に述べる。

今、ショックアブソーバの働いたときの力を  $F$  kg, ゴンドラ重量を  $M$  kg とすれば、このアブソーバの働いている期間はゴンドラに  $fg=(F/M)g$  だけの加速度が加わることになる。まずこのようなショックアブソーバの必要な長さを計算することにする。

メインパラシュートでの地表付近での降下速度を 6 m/sec とすれば、高度 10 km では 12 m/sec の降下速度となる。

この時パラシュートの空気抵抗は  $M$  kg となっている。

この空気抵抗が  $F$  kg をこえるとショックアブソーバが働き出すので、ショックアブソーバの働いている間の降下速度は  $12(F/M)^{1/2}$  より大きい必要がある。降下速度が減少してこの値を下まわるとショックアブソーバは働かなくなる。

一方この高度でのサブパラシュートによる降下速度は速度比が  $n$  であるので  $12n$  m/sec となる。従って、ショックアブソーバで減速される量は

$$\Delta v = 12 \left( n - \left( \frac{F}{M} \right)^{1/2} \right)$$

となる。ゴンドラの系で考えると  $F$  という力が働いて、開傘時に  $\Delta v$  だけ速度を得たことになる。ショックアブソーバの働いていた時間を  $\Delta t$ , 伸びを  $l$  とすれば

$$Fg\Delta t = M\Delta v \quad \therefore \Delta t = \frac{M}{Fg}\Delta v$$

パラシュートとゴンドラの相対速度は

$$\frac{Fg}{M}t$$

であるので、 $\Delta t$  の間に伸びる量  $l$  として

$$l = \frac{1}{2} \frac{M}{Fg} \Delta v^2$$

を得る。速度比  $n$  として 5 をとった場合の伸びの値は表 A-1 に示した。ただしこの計算にはメインパラシュートが開いてショックアブソーバが働くまでの減速は考慮に入れていないので、ここに示した値は  $l$  の上限を与えている。

表 A-1 ショックアブソーバーの必要な長さ  
 $n=5$ , 高度 10 km の場合

ショックの大きさ $F/M$ (g)	アブソーバーの長さ $l$ (m)
5	11
6	8
7	5.6
8	4.3
9	3.2
10	2.5

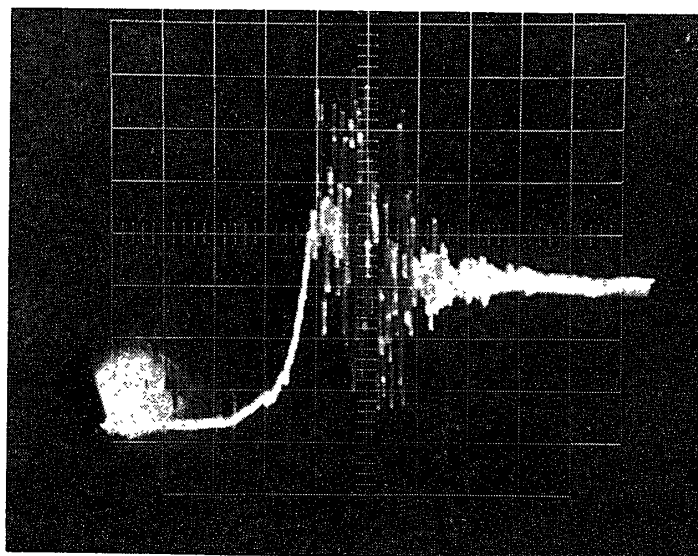


写真-2 ショックアブリーバテスト

X: 6 m/sec で start より 4~5 div が作動範囲

Y: 50 kg/div

実際に B<sub>5</sub>-35 に使用したショックアブソーバは前に触れたように 50 mm 幅のナイロンバンドを折返して木綿糸でぬいつけたものである。ショックアブソーバとしては 350 kg 程度で働らくものを想定し、4 m のナイロンバンドを折返して木綿糸を 5 列にぬい合せた。試験は河田研の御好意により引張試験器をおかりして 6 m/sec の速度で行った。結果は写真に示した通り、平均約 200 kg、最大 350 kg でアブソーバが働いていることがわかる。

1973 年 1 月 31 日 新設部 (工学)

#### 参 考 文 献

- [1] 藤井他: 東大宇宙航空研究所報告, 第 6 卷第 1 号 (C), p. 1970
- [2] WADC Technical Report 55~265 chap IV

## 追記

急速降下の方式としては、他にリーフィング方式と呼ばれている方法について検討を加えている。この方式は一つのパラシュートを用い、はじめパラシュートにリーフィングをほどくことによって急速降下させ、適当な高度でリーフィングを解くものである。

この方法については、昭和48年2月に実験を行ない予定した通りの動作をさせることができた。今後、二段パラシュート方式と併せて、この方式についてもさらに検討を加え、実用化する方式の開発を進めていきたいと考えている。