

ロクーン (シグマ4型) 実験の概要

岡 本 智

緒 言

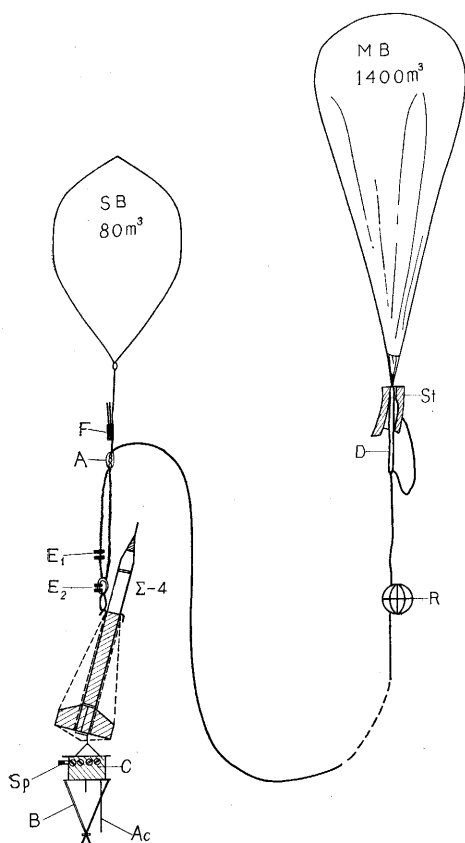
ロクーン開発は昭和34年10月シグマ3型2機による高空点火発射確認の実験を行なった。次に高度80～120 kmにおける観測を目標にした。しかしわれわれが当初は予期していなかった気球が高空で破裂するという問題があった。このため気球強度の向上、気球電位測定実験さらにロケットの発射角度を気球を射抜かないでできる限り垂直に近づける（観測上の要求とロケットの落下海域の縮小）ためロープを長くした時のランチングテスト、および無線による地上からのコマンドのテスト等一連の予備実験を行なった。これについての概略は生産

研究12巻12号に述べたので本稿は昭和36年6月青森県下尾駱において行なったシグマ4型2機による発射実験を主にした報告である。

昭和36年度ロクーン実験

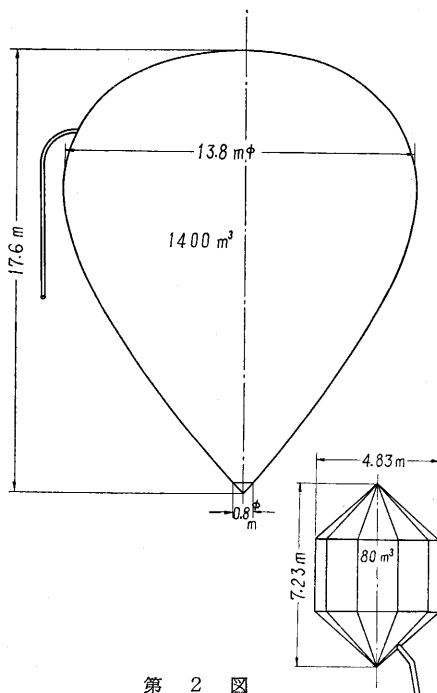
高度20 kmから発射して、観測を行なう目的で性能向上を行なったシグマ4型2機を使用した。このロケットについては別項に述べる。ロケット搭載の計器は宇宙線測定器、ピラニ・ホットワイヤ・ゲージ、軸方向加速度計および5chテレメータである。ロケット下端に吊り下げたコントロールボックスは、タイマー、コマンド受信装置およびアンサーバック用3chのテレメータとゾンデ計器部をおのおのアルミ製容器に收容し、これらを鉄製アングルの枠で一個の直方体にまとめてある。さらにロケットの発射方向をも制御するために鉄製の枠にスピンメータを取り付けた。

シグマ4型ロクーン系を第1図に示す。使用した気球は第2図に示す。大バルーンはポリエチレンシートの調達の便と強度の二つの理由で全体を無色のものに改めた。大気球の型はシグマ3型機の際使用したいわゆるサルジニア型（小気球の型と同じ）をアクア型に改めた。



- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| St: 警戒用ミラー製吹流し | E ₂ : 切落し用ロープカッター |
| D: ショックダンパービニール管 | S _p : スピンメータ |
| R: レーウィンゾンデと竹籠 | C: コントロールボックス |
| F: 小気球切離し装置 | B: 木製四叉 |
| A: 吊下げ金具 | A _c : コマンド受信アンテナ |
| E ₁ : スピン用ロープカッター | |

第 1 図



第 2 図

これは地上でのモデルテストおよび気球電位測定実験とダミーテストの際に使用した結果、サルジニア型に比べて少なくとも 30% は強度が増大していると考えられたからである。

従来は大気球の上半分または下半分を黄色にして航空機等に対する警戒色としたが、今回全体を無色にしたために大気球下端にルミラー製の吹流しをつけた。ルミラーは外面金色で内面はアルミ色そのままである。大きさは直径 1 m、長さ 4 m である。

メインロープは 6φ の芯無ナイロン編紐 100 m を 2 本どりにして使用した。ショック・ダンパーは放球後小気球を切り離す際の念のためのショック対策である。

ショック・ダンパー下端より約 10 m の所にレーウィンゾンドを保護の竹製丸籠に入れて取り付けである。これは気球で上昇するロクーン系を GMD-1A で追跡するためである。レーウィンゾンドの万一の故障に備えて、コントロール・ボックスのテレメータ容器中にゾンド計器部を搭載している。

小気球とその切離し装置は、従来とまったく同様の形式であるが、補助ロープは約 2 m に長くして後述する整備塔による作業を容易にした。

吊下げ金具以下、スチール・ワイヤ製の吊環までは第 1 図に示すように多少複雑になっている。これはロケットを発射する際ロクーン系が自然に不規則なスピンをすることをスピンメータで検出しながらこれを利用して希望方向に発射する計画であるが、ロクーン系の高度および位置が所要点に達した時、この不規則なスピンの折悪しく止まっていたり、あるいはスピンメータと太陽の方向が具合悪くて、ロケットの向いている方向が地上で判らない場合などにロクーン系にスピンを与える工夫を施したからである。この方法は簡単で 6φ 芯無ナイロン編紐約 2 m をそれぞれ 2 本ずつ一組にして互いに反対方向に 50 回ずつ振って下方の両端をまとめておきその一組 2 本を必要な時火薬式ロープ・カッターで切断すれば、切断しなかったロープの振りがメインロープ全体に波及し、上端の大気球と下端のロケットおよびコントロール・ボックスの慣性モーメントは前者が後者に比してはるかに大であるから、主として下端のロケット等がスピンしながら振りが戻る仕組みである。ロープ・カッターは正副 2 個ありコマンドによって地上から作動させることも、またスピンメータに連動してロケット発射する時、発射タイマーによっても作動する回路になっている(別項参照)。この装置は今回の実験では使用する必要がなかった。

上記スピン用ロープ・カッターのほかにも一組のロープ・カッターがその下についている。これはロクーン系が予期しない高層の風向変化等によって万一思わぬ方向に流れ、危険のためにロケット発射を中止してロケッ

トを海中に廃棄する場合に使用するものでタイマーによって作動する切落し用のものである。その他なんらかの事故でロケット発射が不能になった場合にも切落しできるようにでき得る限り独立した 2 個のタイマーを入れた回路にしてある。

ロケットは前回同様にそのフックでワイヤー・ロープの環に引掛けてある。コントロール・ボックスの構造の概略は前述したが、これをロケット下端に吊り下げるには、シグマ 3 型の場合と形式を変え、口絵に示すように、ナイロンロープ 2 本で吊り下げ、これをロケットのノズル中央で互いに交差させてロケット発射の際その排気噴流で切断して切り落とすようにした。またコントロール・ボックスの下に木製の四叉を逆さにして取り付けであるのは万一自由浮力をほとんど 0 にしてある小気球の浮力不足、あるいは放球時に突風で吹き下げられたりする場合等の対策である。

以上で今回のシグマ 4 型ロクーン系の説明を終わり次にこれの放球について述べる。

まず実験場下北半島の尾駁海岸は南西方向 60 km に八甲田の山塊があり北々西 10 km の距離に吹越烏帽子がそびえており、ちょうど下北半島の鞍部の太平洋海岸にある。付近は見渡す限りの平坦な砂浜である。この地方の有名なやませ(偏東風)はもちろんのこといずれの方向の風に対しても吹き通しで高さ 1 m ~ 3 m 程度の松の防砂林があるばかりである。このような場所ではなんらの遮風設備もなしに気球を使用する実験を行なうことははなはだ無謀に近いことであると云わねばなるまい。このような場所をロクーン系の仮基地として選ぶに至った経過については折があれば報告されることと思うのでここでは割愛する。

なにはともあれこの条件でできる限り確実にロクーン実験を行なうには季節を選ぶ必要がある。過去 2 年間に 3 回の実験を当地で行なった経験と気象資料およびロクーン開発のスケジュールを勘案して実験期日を 6 月中旬と決定した。

最も地上風に対して弱い大小の気球もポリエチレン気球についての大体の定見が固まったので予備気球を用意



写真 1 水素加温器

×分	本 部	通信記録	気象・航跡	コントロールボックス	ロケット搭載計器	ロケット	ロケットランチャー整備塔	ロープ	大バルーン	小バルーン	H ₂
-120	全電源負荷テスト1分	同左	同 左	同左本番電池テスト5分	同左本番電池テスト5分						
-110							ブッシャ取付				
-100				総組立始め		イグナイタ導通テスト			敷物展張		
-90	予想航跡										
-80	予想航跡決定		航跡予想の作業						ロンチャークランプの完了		
-70	スピンメータ取付の角度決定			スピンメータ取付の角度決定, スピンメータ取付	頭胴部組立完了, テスト, テレメータ室より出発, 火薬テントへ	(頭胴部到着)			リークテスト開始		
-60	タイマー諸元決定			発信テスト, タイマーセット	エンジン組付け開始	頭胴部を組付け開始					
-55									リークテスト完了		
-50			吊下げゾンデ準備		組立完了						
-45				切落し, スピンのケーブルをロープへ渡す, 組立完了ランチャータ点へ出発		火薬テント出発, 整備塔へ取付け	ロケット到着, 整備塔に吊下げ	切落し, スピンのケーブル「コントロールボックス」より受取り			
-40				ロケットに吊下げ			(コントロールボックス吊下げ)	同左取付け切落し, スピンの導通テスト			H ₂ 注入
-35				外部電池コネクタ接続アンテナ取付け	同 左						
-30			注水, 注液					展張結合	左のロープ, 吹流し結合		
-25	スピンメータ諸元再放送タイマー諸元再放送			本部放送: 諸元によりスピンメータ取付角度チェックタイマーセットチェック			吊下げ金具ランチャにクランプ切り離しブッシャー結線			浮力確認	
-20	実験要員以外の退避指示		アスман準備				小バルーン取付け, ランチャ立て, ワイヤ掛け替え小バルーン班も加わる			ランチャータ点へ移動	
-15			吊下げゾンデ原点	ゾンデスイッチオン (これは20分までの作業完了を確認の上で指示)					風見気球に充填		要すればポンベ車移動
-10	風見放球指示			各スイッチON	各スイッチON				風見放球, 要すれば移動リードのばしブッシャの導通テスト	同 左	
-9	気球配置のチェック指示										
-8	気球配置位地決定要すれば退避方向指示										
-7	ガンマ線テスト指示		吊下げゾンデ電池結線		ガンマ線テスト (本部の指示により近づけたり遠ざけたりする)						
-6			吊下げゾンデ受信確認				ランチャークランプ確認放球スイッチに電池接続ランチャ, ロンチャークのブッシャの導通テスト, 電圧確認結線				
-5	特定者以外退避, X再放送		吊下げゾンデ取付け	受信確認, タイマーセット再確認	受信確認		整備塔後退	吊下げゾンデ取付け			
-4	風見放球指示			切落し, スピン導通テスト, 電圧確認, 結線			移動の要否検討		風見気球放球移動の要否検討		
-3											
-2	風見気球指示			イグナイタ導通テスト, 電圧確認, 結線		イグナイタ導通テスト, 電圧確認, 結線			風見気球放球		
-1							クランプ取外し		クランプ取外し, アンカロープ切断		
-0.5	秒よみ始め30, 20, 10, 9, 8, ...										
×											
+5		巡視船連絡	5分ごとの位置追跡	受 信	受 信				放 球	放 球	
+											
+30				スピン報告		T ₁ , T ₁ ' ON					
+											
+60	コマンド予備決定発射										
+65											
+70	Z 指 示										
+75											
+80											

し、これに使用する水素も同様に予備量を見込んで準備した。

次に放球から発射までの操作手順を説明するためにタイムスケジュールを第 1 表に示す。各班の作業の時間的相互関係はこの表で分かるから各班について二三特記すれば、大バルーン班ではまず使用した気球ランチャーは従来通り気象研究所石井部長の設計になるものを借用したが、シグマ 3 型実験の際には使用しなかった水素加温器も今回は併せて借用した。加温器には約 50°C の温水を使用し、通過した水素ガス温度は水素注入速度の小さいとき約 30°C で速い時は 20°C 前後に下がった。水素加温器を通して水素ガスを注入したのは大気球のみである。充填し終わって大気球内の水素ガス温度は測定しなかったが大気温度と大差ないものと考えられる。水素を充填し終わった時の浮力測定値と約 25 分経過した後の測定値は変化なかった。

小気球の水素ガスは加温器を通さずに充填し、浮力測定は写真 2 に示すロープ繰出し装置のついた石油罐に砂を入れたもので平衡させて秤定した。取り扱う班員は大気球の水素充填を終わった人員の一部分（大気球のランチャー警備とメインロープの係を除いた）が当たった。

メインロープは従来は現場で結び合わせていたが、結

合部の強度向上と現場作業の簡易化の目的でできる限り、工場作業によりミシン加工で完了して置き、また 2 本取りであるため、あらかじめ約 10kg の引張りを与えて長さを揃えて荷重の均等化をはかり約 10m 間隔で互いにかみ合わないようにはテープで巻いた。現場では前にスピニング装置にロープ・カッターを取りつけ互いに逆方向に振りその自由端の環 2 個とロケットのフックを引掛けるスチール・ワイヤーの環とを切落し用ロープ・カッターを通したナイロンロープで結び合わせる作業を完了して置いた。

ロケットの計器類の調整組立ては前回とほとんど同じである。コントロール・ボックスには鉄製の外枠にスピニングメータを取り付けるためこの位置(方向)はロケットとコントロール・ボックスを吊り下げる相対位置と発射時刻と位置を推定してその時の太陽位置とから決定した。

ロケットをロケット・ランチャーに吊り下げさらにその下にコントロール・ボックスを吊り下げる作業は前々から関係する人員が調集し、作業が困難かつ危険と考えていたので今回は高さ 4.5m の整備塔(第 3 図)を使用することにした。この整備塔は当研究所試作工場によって作られた。前もって 5 月に生研グラウンドにおいてダミー・ロケットを使ってテストした後若干の改装を加えて使用した。結果は計画通り確実に目的を達した。もっとも実験日は 2 日ともたいへん静穏であったから作業も比較的容易であった点は幸いしていると考えられる。

次に放球操作も従来の経験から風向と実験全体の時間的判断について相当のデータを持つ人間が望ましいと考えていたので、気球ランチャーおよびロケットランチャーを実験主任一人で遠隔から操作できるようにした。借用した気球ランチャーにも金具を取り付けロケットランチャーの同一のプッシャーを取り付けたがこれは不十分で実際には人手で開放操作を行なったがその信号役を果たした。このようにしてランチャーから開放された大気球は 100m ものメインロープを引いて上昇し、このロープの状態を見ながらタイミング良くロケットランチャーを開放する。この操作は実験日 2 日ともほとんど無風、特に第 1 回の 13 日は放球直前に放した風見のゴム風船(今回から使用)も真上に上昇するような、気球を使用する実験には恵まれ過ぎた状況でかえって放球時の両ランチャーの配置に迷うほどであったが非常に上首尾に遂行できたのである。

放球後上昇するロクーン系は GMD-1A によって例のごとく追跡し、その高度および位置が予想域に達した後コマンドにより地上から所望の方角に発射させる。これには万一の故障を考慮して何段にもバックアップを組み合わせてある。コマンドとタイマーおよびスピニングメータのそれらの組合せは第 4 図 SEQUENCE DIAGRAM に示す。別項の回路図とともに参照されたい。

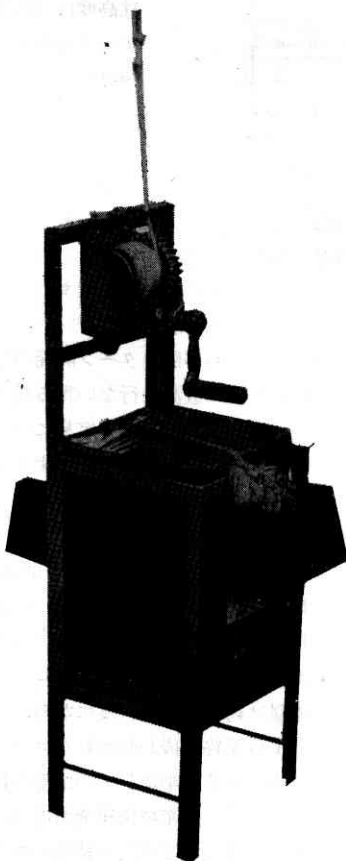
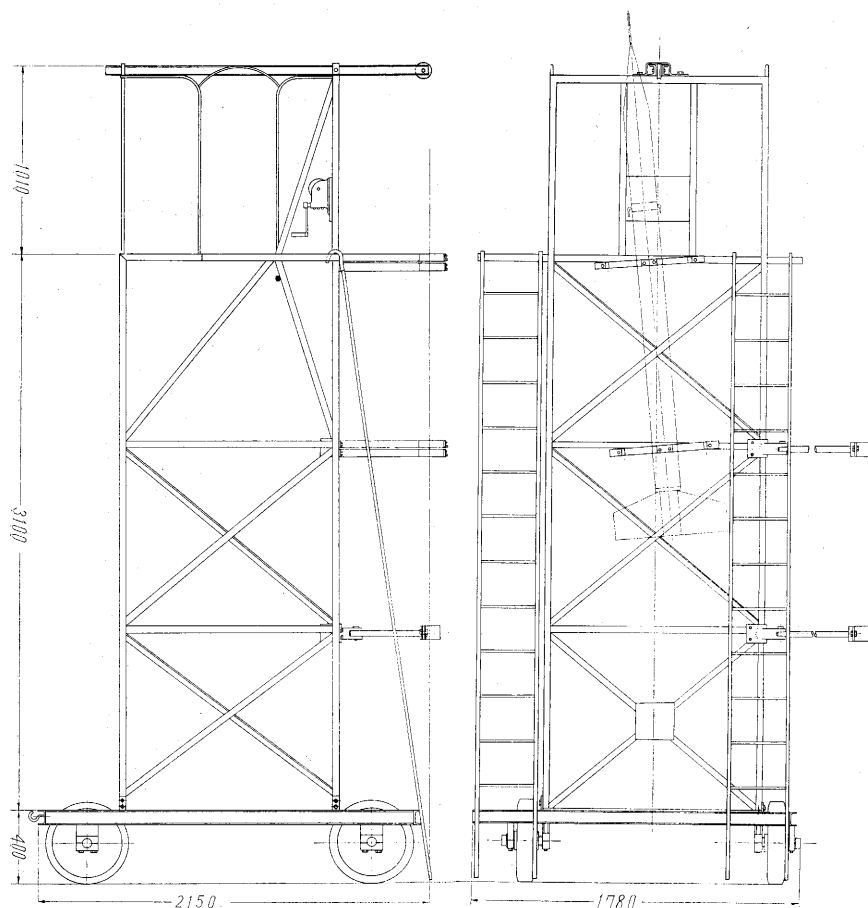


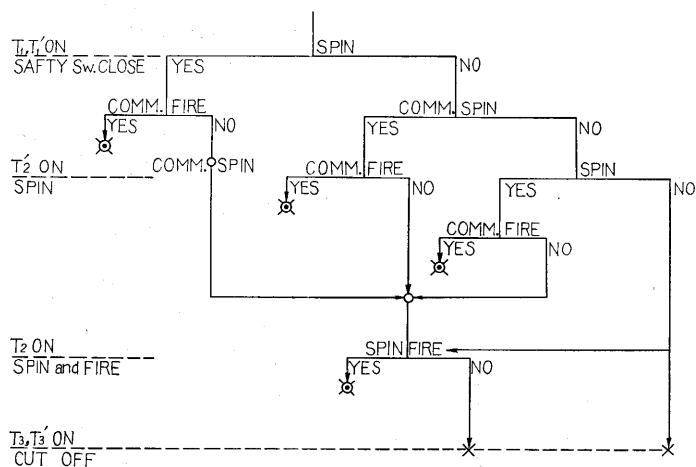
写真 2



第 3 図

昭和 36 年 6 月 13 日シグマ4-1 の実験

雲量はあったが地上は無風静穏で作業も予定通り進み午前6時0分放球した。6時39分16秒コマンドによらずスピンメータ連動によりロケットは発射してしまった。そのときの気球高度は10.8kmであった。搭載計



第 4 図

器のテレメータ受信記録は加速度計によりロケットエンジンの完全燃焼が判別できたに過ぎなかった。これは低高度で発射したためロケット尖端のテレメータ送信アンテナ等が破損したものと推定された。予期せずにロケットが発射した原因を検討したところ点火回路網に欠陥があった。発射位置は $142^{\circ}13'E, 41^{\circ}7'N$, 発射方向西, 到達高度の推定は約 50 km であった。

昭和 36 年 6 月 18 日

シグマ 4-2 の実験

12 時 10 分放球, 13 時 34 分 58 秒コマンド発射, 発射位置は $141^{\circ}44'30''E, 40^{\circ}41'30''N$, 気球高度は 20.1km でロケットは東方に発射, 到達高度は約 105 km であった。観測データも完全にとれロクーン実験としてはほとんど完全に計画

通りであった。なおこのロケット発射は実験場から肉眼で望見し得た。16mm 記録映画にもとられ、発射音が聞えたという人も少数であるがいたのである。

む す び

以上の実験によってわが国ロクーン開発の目標、100 Km 程度の観測を行ない得る見通しが立った。ロケット実験場も容易に得られない狭隘なわが国土において使用するための方向を限定したロケット発射も可能であることを実証し得たことは望外の収穫であろう。

今回使用した大気球は約 28 kg, 小気球約 4 kg, メインロープ関係 4 kg, ゾンデ 1.5 kg, ロケット 41 kg, コントロール・ボックス 27 kg, 飛び去るロクーン系の総重量は約 100 kg 程度になる。

I G Y 終了後われわれがロクーン開発を担当し約 2 年半にして一応その目的を達し得たのは、生産技術研究所内外の関係各位による多大なご協力の結果でありここに厚く御礼申し上げる。(1961 年 12 月 5 日受理)