

大気球移動観測車

西村 純・広沢 春任・太田 茂雄
秋山 弘光・藤井 正美・山上 隆正
粕 豊・並木 道義・岡部 選司
松坂 幸彦・高成 定好・福島 茂*
瓜本 信二*・岩永 末彦*・古田 啓博*

1. はじめに

気球観測データの受信，気球の追跡および気球のコントロールなどを，これまですべて三陸大気球観測所において行ってきたが，近年，気球を長時間浮遊させる実験が数多く計画されるようになり，三陸以外の場所に，更に受信点を設けて受信することの意義がきわめて大きくなってきた。たとえば，第二の受信点を日本海沿岸に設けることができれば，気球を浮遊させることのできる区域は日本海上空に大きく拡がり，観測の著しい長時間化を図ることができる。そこで，このような第二の受信点として機能させることを目的として，移動観測車を三陸大気球観測所に備えることを計画した。

計画にあたって，送受信システムは現在の三陸大気球観測所の送受信システムとほぼ同等の機能を持つように設計することとし，それらを積載する車輛については，移動先で，車輛自体がそのまま一つの完備した受信室となりうるものを考えることとした。移動観測車の製作は昭和52年度に始まり，昭和53年度において全体を完成させることができた。

完成した移動観測車の大きな使用目的として，当面次の二つがあげられる。

- (1) 日本海沿岸に置き，日本海上空を浮遊する気球について受信・コントロールを行う。いったん，日本海上空で十分西方まで流れ出させた上で，高度コントロールによって日本海沿岸に引き戻し，観測器の回収を図るという方法がとれる。
- (2) 太平洋岸で，三陸より北方の見通し範囲の広い場所に置く。三陸大気球観測所からの見通し範囲は北東から北の方向がかなり制限されているので，その部分を補う。秋季に長時間観測を行う上で有効である。

その他，将来三陸以外の場所での気球観測を計画する場合などに欠くことのできないものとなる。

以下に大気球移動観測車の概要を述べる。

2. 大気球移動観測車の構成

大気球移動観測車は，

* 明星電気株式会社

- (1) 車輻
- (2) 送受信設備
- (3) その他の各種設備

から成る。観測車の外観を図1に、全体の構造と機器の配置を図2に示す。

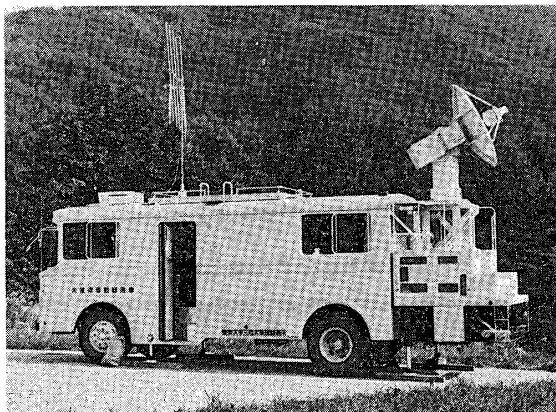


図1 大気球移動観測車

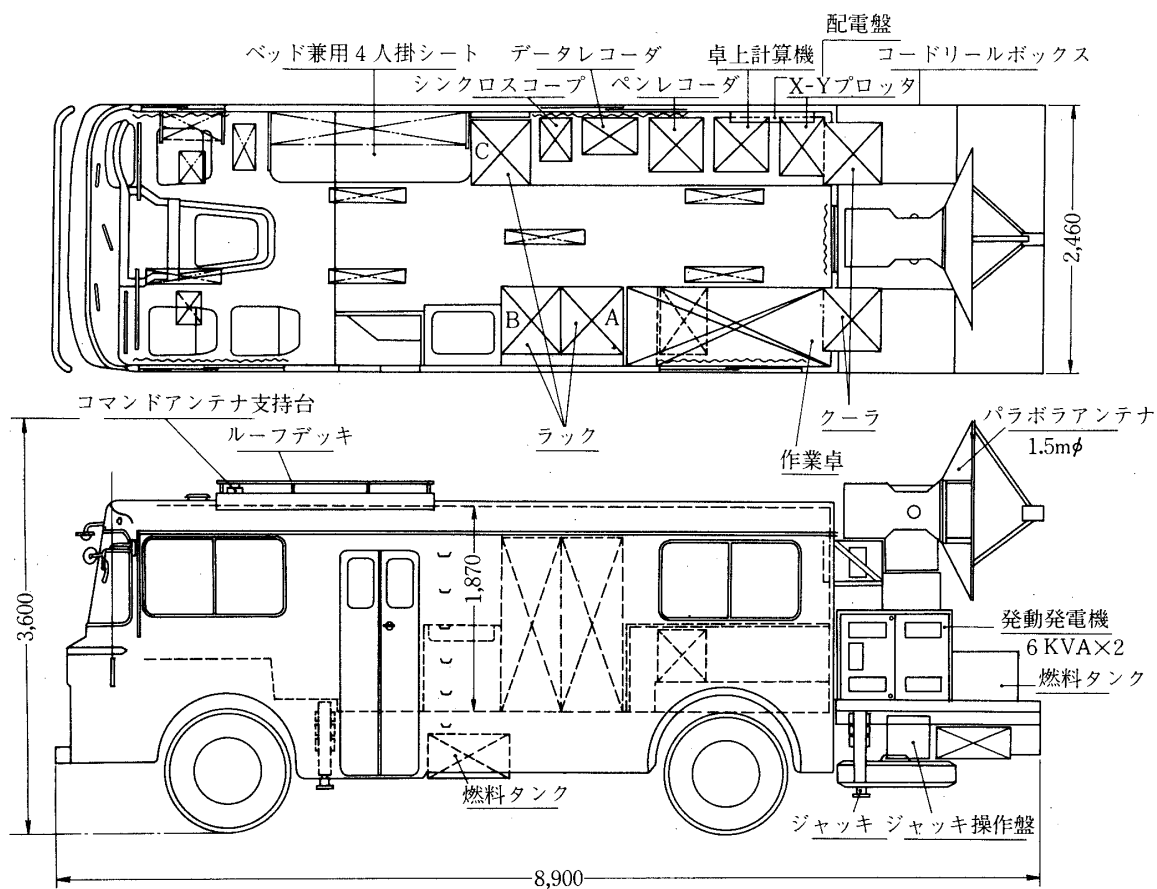


図2 大気球移動観測車の構造ならびに搭載装置の配置

送受信設備は、テレメータ受信、データ記録、コマンド送信、測距、気球位置の算出など、気球観測、気球のコントロールあるいは回収などのために必要な機能をすべて備えている。全設備は自家発電力および外部商用電力のいずれによっても作動可能である。受信用のアンテナは直径1.5 mのパラボラであり、車輛後部に置かれ、リフターによって昇降される。

3. 観測車車輛

車輛は、全長8.90 m、幅2.46 m、高さ3.60 m(アンテナを含む)の大きさで、いすゞ YLR-450 型の車体の上に特装されている。車室部分は前方から約7 mまでであり、後部の長さ約1.9 mの部分にパラボラアンテナ、リフター、発動発電機などが置かれている。

車輛内部で受信室として利用している空間の大きさはおよそ長さ4 m、幅2.3 mおよび高さ1.9 mである。

パラボラアンテナは、車輛走行時には、図2に示されている位置で固定される。その時のパラボラ上縁の地上高は3.60 mである。また、車室部の屋上には幅2.5 m、長さ3 mのルーフトラックが設けてあり、観測時にはそこにコマンド送信アンテナ(5素子八木アンテナ)を取りつける。

観測中、車体は4本のジャッキによって地面に固定される。

車輛総重量は11トンであり、また、最大乗者人員は7名である。

車体に関する諸元を表1に示す。

表1 車体に関する諸元

車名及び型式	いすゞ YLR-450, 前進5段ミッション
車輛重量	6,785 kg
車輪距離	前軸 2,000 mm, 後軸 1,820 mm
原動機の型式	DH-100
総排気量	10.179ℓ
エンジン最高出力	195/2,300 PS/rpm
エンジン最大トルク	69/1,200 kg·m/rpm
燃料の種類	軽油
最小回転半径	8.2 m
車輛重心高	1.19 m
最大安定傾斜角度	左右とも 39度
車輪配列	前2, 後複2駆動
許容限度車輛総重量	18トン

4. 送受信設備

4-1 構成

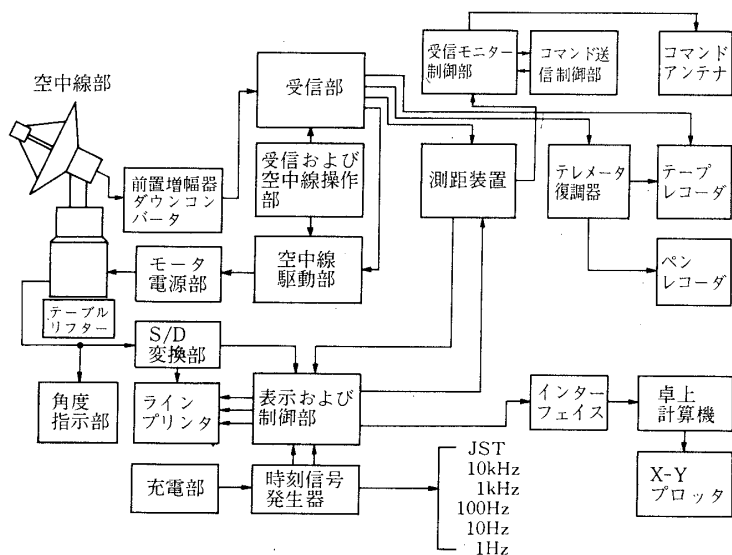


図3 送受信関係設備の構成

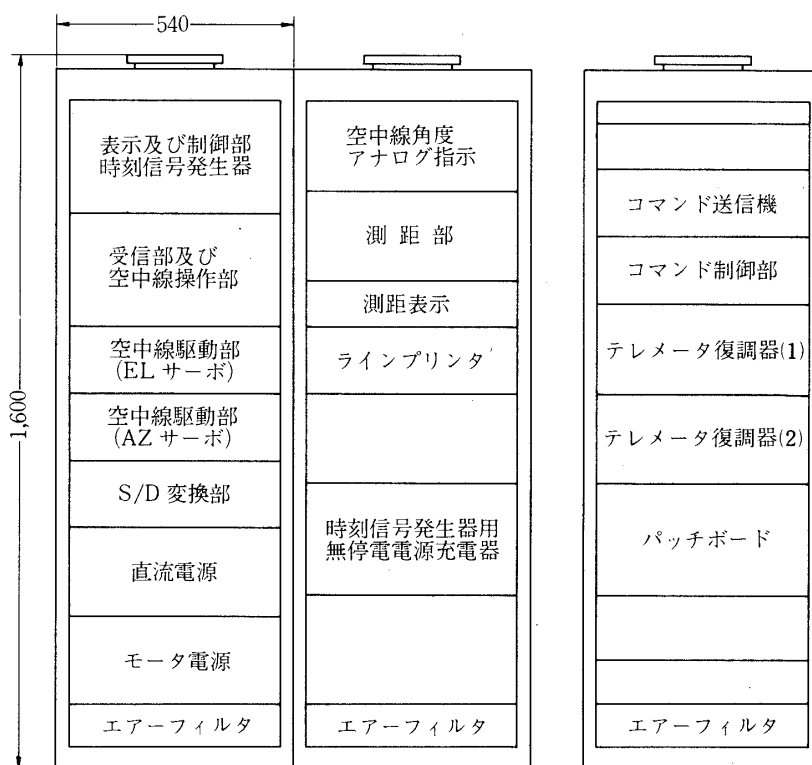


図4 送受信関係設備のラック内の配置

移動観測車の送受信関係の設備は次のものからなる。

- (1) 1680 MHz 帯受信機空中線装置
- (2) 同上空中線制御装置および受信機
- (3) テレメータ復調装置
- (4) コマンド装置
- (5) 測距装置
- (6) 気球位置データ表示記録装置
- (7) 標準時刻信号発生器
- (8) データレコーダおよびペンレコーダ
- (9) 気球位置算出用計算機およびX-Yプロッタ

送受信関係の設備全体の構成を図3に示す。上記(1)から(9)までの装置のうち(2)から(7)まではラックに収納されており、(8)、(9)は卓上に配置されている。ラックは3本からなり、各装置はラック内で図4に示す通りに配置されている。

各装置の概要を以下に述べる。また、主な諸元、性能などを表2に示す。

空中線装置は1680 MHz帯用で、テレメータ電波を受信すると同時に気球の方向探知を行う。パラボラ反射鏡の直径は1.5 m、アンテナ利得は25 dBである。アンテナは、受信時には、リフターによって1.2 m持ち上げられる。重量は架台共で270 kg である。

空中線装置部には前置増幅器とダウンコンバータが内蔵されている。前置増幅器の雑音指は4 dB である。受信信号はダウンコンバータにより周波数30 MHz の中間周波数に変換され、室内の受信部に導かれる。

受信部は、中間周波数それぞれ30 MHz および10.7 MHz の2段の中間周波増幅部をもつ。周波数帯域幅はそれぞれ1.05 MHz および200 kHz である。第2中間周波増幅部のFM検波出力はFM/FM復調器、測距装置などの入力信号となり、また、同時にテープレコーダに記録される。

空中線の追尾方式はコニカルスキャン方式である。空中線の制御のための角度誤差信号には、第1中間周波増幅部のAM検波出力または第2中間周波増幅部のAM検波出力を用いる。狭帯域の中間周波増幅部の出力を用いて空中線の制御を行うことは新たな試みであり、低受信レベルでの追尾精度の向上をねらうものである。

テレメータ復調装置、コマンド装置および測距装置は従来から三陸大気球観測所において使用しているものと同一規格のものである。テレメータ復調装置は、IRIG規格FM-FM方式、バンドナンバー7から14までのサブキャリア復調器を備えている。コマンド装置は6項目2系統のコマンドが送れる。送信周波数72.3 MHz、送信出力3 Wであり、送信には5素子八木アンテナを用いる。測距装置は500 Hz と5 kHzの二つの正弦波の混合波を測距信号として、この信号が気球との間を往復する時に生ずる位相差から直距離を導出するもので、測距精度は300 m以内である。位相比較部は位相同期ループを用いた追尾型デジタル位相計から成る。

空中線の高度角および方位角、直距離などの気球の位置データは、時刻とともに、ラインプリンタで記録される。高度角、方位角は、いずれも1 Xおよび36 Xの複速シンクロ発振

表2 送受信関係設備の主な諸元・性能

1. 1680 MHz 帯受信機空中線装置

空中線部

アンテナ	単一ダイポールアンテナ, 垂直偏波
反射鏡	パラボロイド, 有効直径 1500 mm
周波数	1600 ~ 1800 MHz
利得	25 dB
ビーム幅	8°
架台寸法	2300 ^H × 850 ^W × 600 ^D
重量	270 kg (ダウンコンバータ部を含む)

ダウンコンバータ部

高周波増幅器

中心周波数	1680 MHz
帯域幅	40 MHz
利得	16 dB
雑音指数	4 dB
第1中間周波数	30 MHz

2. 1680 MHz 帯空中線制御装置および受信機

受信部

受信型式	クリスタルミクサスーパーヘテロダイン
受信周波数範囲	1660 ~ 1700 MHz
同上帯域幅	1.05 MHz
第2中間周波数	10.7 MHz
同上帯域幅	200 kHz ± 20 kHz
周波数制御	第1, 第2 IFとも自動および手動
雑音指数	9.4 dB
総合雑音指数	4.2 dB

空中線駆動制御

追尾方式	コニカルスキャン方式
駆動	直流モータ
追尾精度	0.02°
最大追尾速度	6°/sec

3. テレメータ復調装置

チャンネル数	8
サブキャリア周波数	2.3, 3.0, 3.9, 5.4, 7.35, 10.5, 14.5, 22.0 kHz

4. コマンド装置

送信周波数	72.3 MHz
送信出力	3 W
送信アンテナ	5素子八木アンテナ

変調方式	位相変調
制御項目数	6項目(A, B 2系統あり)
制御信号	4周波のトーンより, 2周波のトーンの組合せ
トーン	A系統 367.5, 442.5, 592.5, 667.5 Hz B系統 397.5, 412.5, 567.5, 607.5 Hz

5. 測距装置

測距信号	500 Hz および 5 kHz の正弦波の混合
測定距離	300 km フルレンジ
測定精度	± 300 m以内
最小分解能	10 m
測定時間	4秒

6. 気球位置データ表示記録装置

S/D変換部入力	EL, AZとも1 Xおよび36 Xの角度信号
S/D変換部出力	AZ 5桁BCD, EL 5桁BCD
方位角零校正	5桁ディジススイッチより入力
プリンタ	21桁ラインプリンタ
プリンタ出力	標準時刻5桁, 方位角5桁, 高度角4桁, 直距離4桁
プリント間隔	10, 20, 30秒, 1, 5, 10分の切換および手動
測距コマンド	1, 5, 10分の切換, 連続, および手動
表示	標準時刻6桁, 方位角5桁, 高度角5桁, 直距離5桁

7. 標準時刻信号発生器

周波数安定度	2×10^{-9} /日
出力信号	標準時刻(JST), 1, 10, 100 Hz および 1, 10 kHz
停電補償時間	5日

8. データレコーダおよびペンレコーダ

データレコーダ	4トラック, DR録音及びFM録音
ペンレコーダ	8ペン, ガルバ式

9. 気球位置算出用計算機およびX-Yプロッタ

計算機	HP-9825 A
X-Yプロッタ	HP-9872 A

器で検出され, S/D変換部でデジタル化される. 角度表示の最小単位は0.01度である. なお, アンテナの方位角の基準は車体に固定されているので, 表示および記録される値が真の方位角となるように, 車体の方位角を回路的に加減算する. 車体の方位角は表示制御部パネルからマニュアルで入力する.

標準時刻信号発生器は周波数安定度 2×10^{-9} /日 であり, 停電補償用として容量5日間の

2次電池を備えている。

気球の位置は測距が行われるごとに自動的に計算され、X-Yプロッタに出力される。

4-2 受信性能

(1) 受信可能距離

現在気球用のテレメータには1673 MHzの電波が用いられており、送信電力は300 mWである。この電波を上述の1680 MHz帯受信機で受信する場合の入力受信電力対雑音比(CN比)と直距離との関係を図5に示す。計算にあたって、アンテナのビーム交叉損失を

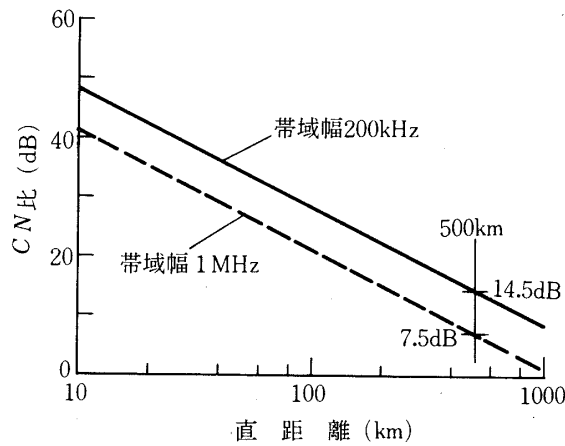


図5 1680 MHz帯受信機の入力受信電力対雑音比(CN比)と直距離との関係(気球上での送信電力300 mWの場合)

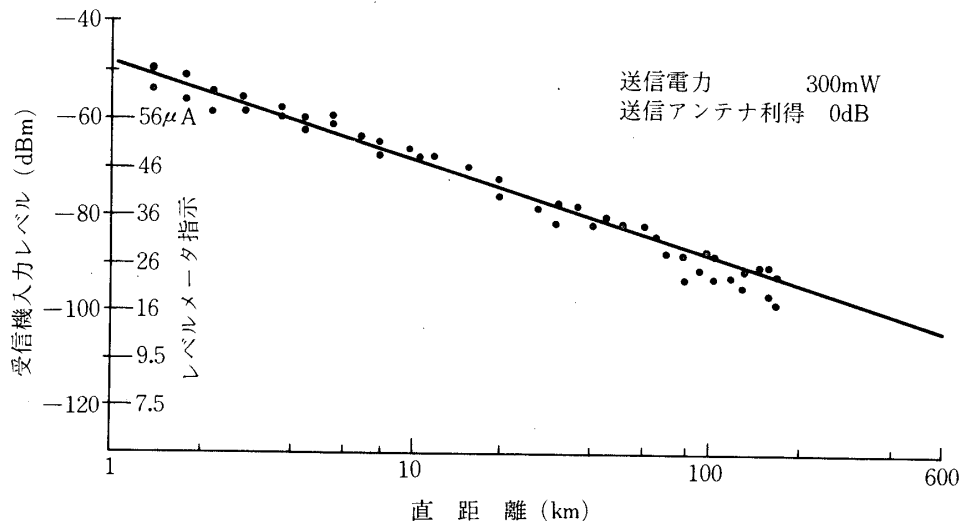


図6 入力受信レベルの実測結果 (B₅-91気球, 昭和53年10月4日放球, 実線は理論値)

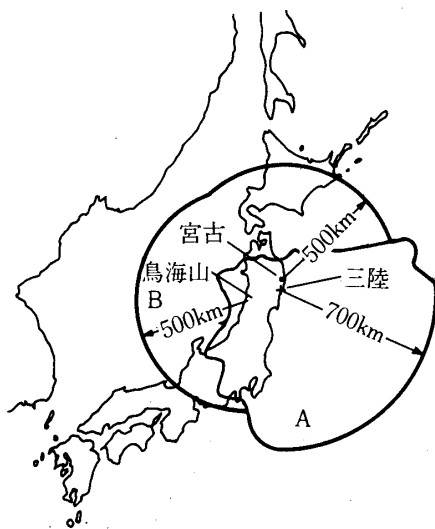


図7 移動観測車を用いた場合の受信可能範囲(Aは三陸大気球観測所
 のみの場合で、鳥海山あるいは宮古に置くことによってBの範囲
 を受信できる。気球の高度は30 kmとしている)

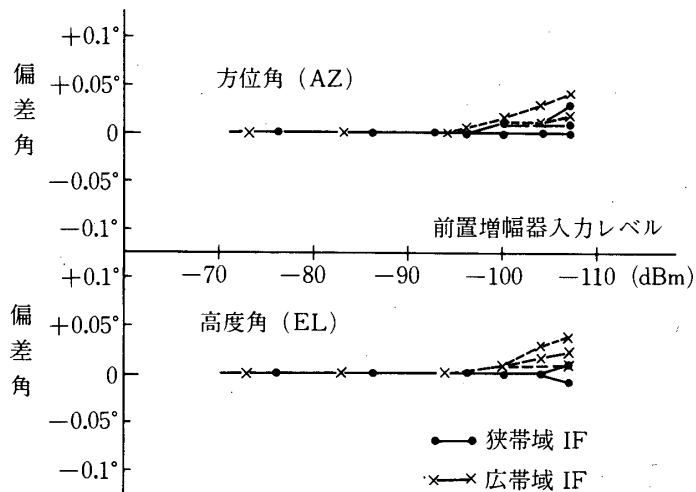


図8 空中線の追尾特性
 (静止目標に対する実測結果)

0.7 dB, ケーブル損失を0.5 dBとしている. 図において, 実線は中間周波数帯域幅 200 kHz に対するものであり, 破線は帯域幅 1 MHz に対するものである. 直距離 500 km にお

ける値を見ると、狭帯域中間周波出力の場合に、C/N比は14.5 dBとなっている。最小受信S/N比を9 dBとすると約5 dBのマージンがあることになり、距離500 kmまでは受信可能と考えてもよいものとおもわれる。図6は受信結果の一例で、受信機入力レベル（前置増幅器の入力換算）の実測値を示す。実線は理論値であり、一致は良い。なお、図の縦軸には入力レベルとレベルメータの指示との対応を目盛り付けしてある。

受信可能距離を500 kmとした場合の三陸から飛揚した気球に対する追跡・受信可能範囲はおよそ図7のようになる。ただし、図では移動観測点は岩手県宮古市付近、または山形県鳥海山としている。

(2) 追尾精度

空中線制御の角度誤差信号に狭帯域中間周波出力を用いると、低入力レベルでの角度偏差特性がかなり改善される。図8にその試験結果を示す。

5. その他の設備

(1) 空中線装置昇降用リフター

空中線装置はリフターによって上下される。リフターのストロークは1.2 mである。受信時には、パラボラ面はほぼ完全に車の屋根よりは高い位置に達し、車体前方を水平に向けた時にだけ下縁部が僅かに屋根で切られる。

リフターは油圧ポンプ式で、最大荷重500 kgである。諸元を表3に示す。なお、リフターにアンテナの荷重が加わるのは上昇・下降の間だけであり、受信中あるいは格納時にはアンテナ架台は別の支持わくで支えられる。リフターの操作は車輛外部で行う。

表3 リフターの諸元

最大荷重	500 kg
最低高さ	400 mm
リフト	1200 mm
テーブル	1000 mm×800 mm
方式	油圧ポンプ式
上昇時間	35 秒
下降時間	30 秒
自重	650 kg

(2) 水平設定用ジャッキ

アンテナの水平の設定のために、車体に油圧ジャッキを取り付けてある。ジャッキおよび操作盤の取り付け位置は既出図2に示してある。ジャッキは電動油圧式、ポンプ吐出量 18 ℓ / 1000 rpm, 最高圧力 100 kg / cm² のもので、1 シリンダーの最大許容荷重は5 トンである。

水平をとるにあたっては、傾斜角検出器をアンテナ架台に取り付ける。4本のジャッキを操作することにより、水平からの傾きを0.02度以内に抑えることができる。

(3) 電 源

移動観測車は商用電力および自家発電力のいずれによっても働かせることができる。

自家発電設備としては、出力容量6 KVAの自家発動発電機(オーナン製6.0 JB-599 RV型)を2台備えている。出力は単相100 V, 周波数50 Hzである。駆動のための発電機は4サイクル2気筒空冷のガソリンエンジンで、総排気量996 ccである。燃料消費量は、定格負荷(6 KVA)において1時間当たり4 ℓである。発動発電機用に容量80 ℓの燃料タンクが備えられている。発動発電機1台の重量は215 kgである。

商用電力の受電のためには、長さ30 m, 容量50 KVAの電力ケーブルが用意されている。

配電系統図を図9に示す。商用-自家発電力の切り換え、2台の発動発電機の選択・切り換え、起動停止などはすべて配電盤上で行われる。商用電力と自家発電力とを同時には併用しない。商用電力については積算電力計が備えてある。

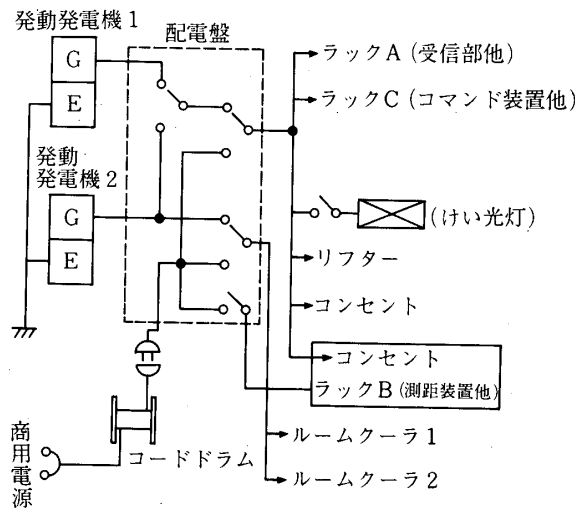


図9 配線系統図

6. む す び

以上昭和53年度において完成させることのできた大気球移動観測車について、構成と性能の概要を述べた。機能的に三陸大気球観測所受信点の送受信関係設備に匹敵するものとなっており、今後かなり広い範囲に利用し得るものと考えている。移動観測車で受信を行うのに適切な場所については以前から調査を行ってきたが、現在、日本海側について有力な候補地と考えているのは鳥海山の中腹、標高約1000 mの地点である。昭和54年度の大気球観測実験では、鳥海山での受信を計画する予定である。

終りにあたり、車輛の架装を担当された株式会社ヤナセの関係各位に厚くお礼申し上げる。

1979年5月9日 新設部(工学)