

地球資源衛星 1 号 (JERS-1) の  
打上げ結果の評価について (報告)

平成 4 年 1 1 月

宇宙開発委員会技術評価部会

地球資源衛星1号（JERS-1）の打上げ結果の評価について

平成4年11月13日  
宇宙開発委員会技術評価部会

宇宙開発委員会技術評価部会は、平成4年2月11日に宇宙開発事業団が行ったH-1ロケット（2段式）による地球資源衛星1号（JERS-1）の打上げの結果を評価するために必要な技術的事項について、平成4年6月16日以来、調査審議を行ってきたが、このたびその結果をとりまとめたので報告する。

目次

H-I ロケット（2 段式）による地球資源衛星 1 号（JERS-1）の打上げ

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| I. 打上げの概要                                      | 1  |
| (1) 目的                                         |    |
| (2) H-I ロケット（2 段式）の概要                          |    |
| (3) 地球資源衛星 1 号（JERS-1）の概要                      |    |
| (4) 開発体制                                       |    |
| (5) 打上げの経過及び結果                                 |    |
| II. 打上げ結果の分析及び今後の対策                            | 3  |
| 1. 合成開口レーダ（SAR）アンテナ展開時の不具合                     |    |
| 2. SAR 送信電力変動                                  |    |
| 3. SAR 画像不良                                    |    |
| 4. 光学センサ（OPS）画像不良                              |    |
| 5. ミッション記録装置（MDR）再生動作不良                        |    |
| III. 総合意見                                      | 23 |
| 参考 1 地球資源衛星 1 号（JERS-1）の打上げ結果の評価に<br>関する審議について | 67 |
| 参考 2 宇宙開発委員会技術評価部会構成員                          | 68 |

## H-1ロケット（2段式）による地球資源衛星1号（JERS-1）の打上げ

### 1. 打上げの概要

#### (1) 目的

今回の打上げは、H-1ロケット（2段式）により地球資源衛星1号（JERS-1）を打ち上げ、高度約570kmの太陽同期軌道に投入することにより、能動型観測技術の確立を図ると共に、資源探査を主目的に、国土調査、農林漁業、環境保全、防災、沿岸域監視等の観測を行うことを目的としたものである。

#### (2) H-1ロケット（2段式）の概要

H-1ロケットは、重量約550kgの静止衛星を打ち上げる能力を有する3段式ロケットであるが、今回打ち上げられたH-1ロケット（2段式）は、H-1ロケット（3段式）から第3段を除いた2段式の構成となっている。

H-1ロケット（2段式）は、第1段及び第2段に液体燃料を、特に第2段には液体酸素及び液体水素を推進薬とするエンジンを使用すると共に、第1段補助ロケットに固体推進薬を使用し、また、誘導方式として慣性誘導方式を採用しており、重量約1.3トンの衛星を高度約570kmの太陽同期軌道に打ち上げる能力を有している。

なお、今回のH-1ロケット（2段式）は、放送衛星3号（BS-3）打上げ時と同様に、第1段機体外表面の白色塗装を削除すること等により、ロケットの打上げ能力を向上させている。

ロケットの形状及び主要諸元は、それぞれ図1及び表1に示すとおりである。

#### (3) 地球資源衛星1号（JERS-1）の概要

地球資源衛星1号（JERS-1）は、約3.1m×約0.9m×約1.8mの箱型の本体の両側に、幅約2.4m、長さ約11.9mの合成開口レーダ及び幅約3.4m、長さ約7.9mの太陽電池パドルを取付けた三軸姿勢制御方式の衛星であり、打上げ時の重量は約1,340kgである。

JERS-1の形状、主要諸元及びシステム構成は、それぞれ、図2、表2及び図3に示すとおりである。

#### (4) 開発体制

今回の開発は、宇宙開発事業団と通商産業省が共同で行ったものである。そのうち、打上げ及び衛星バス機器の開発は宇宙開発事業団が担当し、ミッション機器の開発については通商産業省が担当した。

(5) 打上げの経過及び結果

今回の打上げは、当初平成4年2月3日に予定されていたが、ターミナルカウントダウン中に誘導制御系に不具合を生じたため、2月11日に延期された。

発 射 時 刻 : 2月11日 10時50分 (日本標準時、以下同じ。)  
打 上 げ 場 所 : 宇宙開発事業団 種子島宇宙センター  
初期飛行方位角 : 122度  
発射時の天候 : 曇、北東の風7.3m/s、気温12.2度

第1段ロケット及び固体補助ロケットの燃焼は正常で、固体補助ロケットの切離し、第1段ロケットの切離しに引き続いて第2段ロケットの燃焼も正常に行われた。またこの間、誘導制御も正常に行われた。

その後ロケットは慣性飛行を続け、発射後50分53秒に第2段ロケットと衛星を分離、衛星は所期の軌道に投入され、「ふよう1号」と命名された。

JERS-1の軌道は、軌道計算により以下のとおりであることが確認された。

(衛星分離時)

| 項目         | 計画値    | 実測値    |
|------------|--------|--------|
| 近地点高度 (km) | 558.1  | 558.0  |
| 遠地点高度 (km) | 576.3  | 579.6  |
| 軌道傾斜角 (度)  | 97.719 | 97.687 |
| 周 期 (分)    | 96.0   | 96.0   |

実測値：衛星追跡による軌道決定値

計画値：打上げ計画に基づき飛翔した場合の値

II. 打上げ結果の分析及び今後の対策

前述のとおり、H-1ロケット(2段式)により、JERS-1は所定の軌道に投入された。なお2月3日のターミナルカウントダウン中に発生した誘導制御系の不具合は、機体搭載の慣性誘導計算機と地上の誘導制御系統点検装置との間を結ぶ信号伝送系統の一部である、電光変換器の動作不良に起因することが判明し、打上げを11日に延期すると共に、同部品を交換した後打ち上げられた。

しかしながら、軌道投入後、衛星搭載機器の以下のような不具合が明らかとなった。

1. 合成開口レーダ(SAR)アンテナ展開時の不具合
  - (7) 90度展開異常
  - (1) オフナディア傾斜異常
2. SAR送信電力変動
3. SAR画像不良
  - (7) 白い筋状のノイズ
  - (1) ゴースト状の影
4. 光学センサ(OPS)画像不良
  - (7) 可視近赤外放射計(VNIR)画像不良
  - (1) 短波長赤外放射計(SWIR)画像不良
5. ミッション記録装置(MDR)再生動作不良

これらの不具合に関する分析及び今後の対策は次のとおりである。

1. 合成開口レーダ(SAR)アンテナ展開時の不具合

SARアンテナは、8枚のパネルから構成される11.9m×2.4mの大型展開構造物で、地上からのコマンドにより軌道上で展開される。またアンテナ面は、衛星直下方向に対して35度の傾斜(オフナディア傾斜)が付けられており、地表面の特性や起伏、凹凸、傾斜等を陰影として映し出すことができる。

アンテナは打上げ時は折り畳まれており、図4に示すとおり3段階(90度展開、アンテナ両翼進展、オフナディア傾斜)の展開シーケンスにより軌道上で展開される。

- (7) 90度展開異常
- (1) 不具合の状況

平成4年2月11日夜にSARアンテナの展開を開始したが、アンテナ展開が完全であるとの確認が得られなかった。得られたヨー姿勢レート及びアンテナ部温度のテレメトリデータから、コマンド送信後しばらくして展開動作を開始したが、展開途中で動作が急激に停止したと推定された。

そこで衛星を回転させ、アンテナ展開ヒンジ部に太陽光を照射することで

アンテナの展開を試みたが、ただちに問題解決には至らなかった。

4月4日早朝、SARアンテナの90度展開が完了していることを示すテレメトリデータを得た。同日及び5日のテレメトリデータを再度解析し、SARアンテナが90度展開していることを確認した。なお太陽光の照射以外、前日までにアンテナ展開を直接促す特別なコマンドの送信や衛星運用は実施していない。

## (2) 不具合部位の推定

故障要因解析 (F T A) により不具合の起こった可能性のある部位について検討を行ったところ、以下のような結果となった。

### (i) センタヒンジの展開バネトルク不足または抵抗トルク増大による展開力不足

前者はバネの破断、バネ定数の変化、バネトルク設定不良等によるもの、また後者はベアリングの摩擦増大、摺動部の抵抗増大等が考えられるが、展開バネトルクは展開角0度で27～33 kgf・cm、展開角90度で20～25 kgf・cmであり、抵抗トルクは低温での増大を考慮しても6～7 kgf・cmであることから、3～4倍のトルク余裕がある。またこの場合は今回のような急激な停止ではなく、徐々に停止するはずであるので、原因ではないと推定された。

### (ii) センタヒンジ部における物理的拘束

ヒンジの可動部がケーブル、熱制御材などをかみこんだ状態が考えられるが、アンテナEM及び衛星模擬側壁を用いての試験の結果から否定された。

### (iii) 保持開放機構における物理的拘束

リリースケーブルまたは保持ピンの引っかかりによる拘束であるが、CADモデル及びアンテナEMでの検討の結果、可能性を否定できなかった。

### (iv) その他の部分での拘束

展開同期ケーブル、展開防止機構、ノンフライトアイテムによる拘束等が考えられるが、環境試験結果の検討、CADモデル/アンテナEMによる寸法的な確認、射場検査結果の再確認等により、これらによるものではないと推定された。

以上の分析結果から、展開異常は保持開放機構での物理的拘束による可能性が高いと推定された。

## (3) 調査分析及び不具合原因の推定

### (i) 調査分析

保持機構 (図5) は、開放前の保持状態ではハウジング内で保持ピン下部にくさびピンが嵌合した状態にある。また保持ピン上部には保持ピン引き抜き用のスプリングとダブルナットが組み込まれていて、パネルパッケージを衛星構体に固定している。

正常開放動作では、くさびピンが引き抜かれると、上部に組み込まれたスプリングにより保持ピンがハウジングから引き抜かれて、アンテナパネルパッケージは90度展開動作を開始する。

不具合部位の具体的位置については、太陽光による衛星本体の温度変化状況から、SARアンテナが約7度展開した状態で保持開放機構で物理的拘束が起こっていると推定されたことから、

①アンテナパネル保持ピンが抜けきらずハウジングの内壁に引っかかった。

②リリースケーブルが踊った結果アンテナを拘束した。

等が原因として考えられた。ただし②については、保持ピンレバーがバネに抗って元の位置に戻らなければ引っかかる長さが足りないこと、かつリリースケーブルの踊りの形状が極端な形状を必要とするなど、CADモデル上では可能であるが実際に起こる可能性は低く、従って原因となる可能性は①の方が高いと推定された。

地上試験は、展開機構単体や保持機構単体での熱真空試験を行い、アンテナ機構全体では大気中常温で展開/開放試験を行っており、いずれも良好な結果を得ていた。ただしアンテナ機構全体の熱真空試験については、熱真空試験設備の大きさに制約があるため行えなかったものである。

### (ii) 不具合原因の推定

今回の不具合は、くさびピンが引き抜かれた後、ヒンジ部近傍の1～2本の保持ピンが完全に引き抜かれる前にアンテナパネルパッケージが90度展開動作を開始し、保持ピンがハウジングの内壁に引っかかり (図6)、展開動作が途中停止したものと推定された。

保持ピンが完全に引き抜かれなかった原因として、ダブルナットと座金及びフランジの固着が考えられる。固着の原因としてトルクマーカによる接着、水分等による固着、同種金属の固着・食い込み等があるが、打上げ前の検査データよりトルクマーカによる接着は否定でき、また水分等による固着は進入経路を考慮すると考えにくい。同種金属の固着はダブルナットと座金、食い込みは座金とフランジの組合せに発生する可能性があり、いずれもばねの引き抜き力 (300gf) を上回る固着力となる可能性がある。以上のことより、固着により一時的に保持ピン引き抜き力が低下し、保持ピンが完全に引き抜かれなかったものと推定された。

この不具合が解消したのは、トラブルシュート過程で実施した各種マ



ヌーバ及びアンテナパネル部への太陽光の熱入力などにより、ハウジング内壁に干渉している保持ピンが徐々に回転して開放に至ったもの（図7）と推定された。

#### (4) 今後の対策

分離が必要となるような締結部分には、分離を促進あるいは容易にする方法、例えば皿ばねを組み込む、固着や食い込みが起きにくい材料の組合せにする、固着や食い込みが起きにくい表面処理を施す等について設計時に考慮して適切な対策を講じる必要がある。

#### (4) オフナディア傾斜異常

##### (1) 不具合の状況

平成4年4月9日、SARアンテナのオフナディア傾斜をつけるためのオフナディア展開コマンドを送信したが、オフナディア展開完了を示すテレメトリデータを得ることができなかった。

しかし、展開コマンド送信後の姿勢テレメトリデータから、送信直後に本体がアンテナ展開方向と逆方向の角速度を得ていることが検出され、そのデータの分析から、アンテナはほぼ正常に展開（傾斜）していると推定された。

##### (2) 不具合部位の推定

F T Aにより不具合の起こった可能性のある部位について検討を行ったところ、以下のような結果となった。

##### (i) ラッチピンがラッチ溝に落ちない、ラッチ機構の異常

ラッチピンが正常にラッチ溝に落ち込まず途中で何かに引っかかっていることが考えられたが、テレメトリデータ、シミュレーション解析及びSAR取得画像データから、ラッチピンは正常にラッチ溝に落ちていると推定された。

##### (ii) ラッチピンがマイクロスイッチを押し切っていない、ラッチ機構の異常

ラッチピンの回転トルク不足、ラッチ溝の寸法クリアランス変化、ラッチ溝の摩擦過大、スイッチの位置不良、スイッチレバーのバネ力過大、及び外力とタイミングによるラッチピンの食い込み不足のため、ラッチピンがマイクロスイッチを押し切っていない事象が考えられた。しかしながら、設計データ、試験データの再確認、再現試験の実施等による結果から、これらの事象は原因となくいと推定された。ただし、外力とタイミングによるものは可能性を否定できなかった。

##### (iii) マイクロスイッチ及びリモートインターフェースユニットの不具合による、テレメトリ系の異常

マイクロスイッチの不適切な使用方法及びリモートインターフェースユニットの不具合については、設計値及び試験結果の再確認の結果、原因とはなりにくいと推定された。ただし、マイクロスイッチ自体の故障については、可能性を否定できなかった。

以上の分析結果から、オフナディア傾斜異常はラッチピンがマイクロスイッチを押し切っていない、又はマイクロスイッチ自身の不具合のいずれかによるものと推定された。

#### (3) 調査分析及び不具合原因の推定

##### (i) 調査分析

SARアンテナは、2組の独立したラッチ機構（図8）からなるセンタヒンジにより支持されている。ラッチアップのメカニズムは、ラッチフォーク（固定部側）に設けられたラッチピンが展開運動にしたがって摺動部（可動部側）上をすべり、最終的には溝に落ちて固定されるものである。マイクロスイッチは片方のラッチ機構にのみ取り付けられており、ラッチピンがマイクロスイッチ用のレバーを押すことによってオンになる。

図9に示されているとおり、SARアンテナの衛星取り付け点は衛星重心と約1mずれているため、オフナディア傾斜に伴って、SARアンテナと衛星本体との間でピッチ軸回りの相対回転が生じる。テレメトリデータによればこの回転の角速度は0.06～0.07度/秒である。この結果アンテナ部は衛星本体に対しピッチ軸回りに最大0.2度の角度を持つため、一方のラッチピンが他方に比べわずかに先に進行し、先にラッチする。このため、もう一方のラッチピンへのラッチ溝上部からの摩擦力が増え（図10）、やや浅くラッチする。この先行するラッチフォーク側にはマイクロスイッチは付いておらず、もう一方にのみ付いていたため、ラッチピンがマイクロスイッチレバーを押し切るに至らなかった可能性があるとして推定された。

地上試験は、展開機構単体や保持機構単体では熱真空試験を、またアンテナ機構全体では大気中常温で展開／開放試験を行っており、いずれも良好な結果を得ていた。推定したようなメカニズムの可能性については、センタヒンジ部P F M予備品を用いた再現試験により起こり得ることが確認されたが、無重力環境を模擬しなければならず地上では非常に困難なため、事前にこのような試験は行われなかった。

一方、この不具合はマイクロスイッチ自体の不具合の可能性も否定できない。これについては設計時に部品供給業者からスクリーニングデータを取り寄せて異常のないことを確認しており、またSARアンテナ90度展開、SARアンテナ両翼伸展のテレメトリデータ取得用に使用さ



れている同じスイッチが正常に機能していることから、このスイッチも正常である可能性は高いが、オフナディア傾斜展開後相当時間を経た現在でもなおテレメトリ信号を得ていないことから、依然可能性を否定できないものである。

#### (ii) 不具合原因の推定

今回の不具合は、

- ・外力とタイミングによりマイクロスイッチのついていない側のラッチフォークが先にラッチしてつっぱり、もう一方のマイクロスイッチが付いている側のラッチフォークのピンがマイクロスイッチのわずか手前にとどまり、スイッチを押しきらなかった
- ・マイクロスイッチ自体の不具合

のいずれかの原因によるものであると推定されたが、特定できなかった。

なお、いずれの場合もラッチピンのラッチ溝への入り具合（深さ）が角度精度や剛性に与える影響は小さく、性能上問題とはならないと推定された。

#### (4) 今後の対策

SARアンテナのオフナディア傾斜については、完了を示すテレメトリデータを得ることはできなかったものの、他のテレメトリデータの解析及び地上実験から、ラッチ状態にあり、画像取得に支障はないものと判断される。

今後、SARアンテナのように長く柔軟な構造物を間隔の狭い2組のラッチフォークで支えなければならない構造物にあっては、事前に展開環境をシミュレートした動的なコンピュータ解析を実施すると共に、この結果を踏まえて機能部分の模擬試験を行うべきであり、またラッチ状態をより確実に検出するために、それぞれのラッチ溝にマイクロスイッチを装着する、マイクロスイッチの装着方向を変更する等について検討する必要がある。さらに部品の品質管理についても徹底を図るべきである。

### 2. SAR送信電力変動

SARの送信部には、図11に示すとおり2系統の高出力増幅器（HPA）があり、また予備に1系統のHPAを搭載している。これらは単独でも運用可能であるが、2系統を同時に運用することで、約1.3kWの最大送信出力を得ることができる。

#### (1) 不具合発生の状況

4月14日のSAR初期チェック試験において、A系、B系（主系）及びR系（冗長系）のHPAのA系及びB系を2チャンネル運用させたところ、約30秒間にわたって通常予測されるより大きな送信電力テレメトリ値の変動（図12）が見られた。その後分析の結果、これによる重大な損傷がないとの判断から、5回にわたり2チャンネル運用を行ったが、A系+B系の運

用においてはいずれも電力変動が見られ、A系+R系及びB系+R系の運用においては異常は見られなかった。

なおこの電力変動については、5月14日以後は見られなくなった。

#### (2) 不具合部位の推定

F T Aにより不具合の起こった可能性のある部位について検討を行ったところ、

- ・A系+B系の運用時のみ現象が現れること
- ・間欠的な現象であること

から、「SAR送信信号合成後の機器」または「アンテナ部」である可能性が高いと推定された。さらに不具合部位を特定するために以下のような検討を行った。

#### (i) SAR送信信号合成後の機器

損失の変動、電圧定在波比（VSWR）の変動、高周波放電が考えられるが、損失やVSWRについては急激に変動するようなものではないこと、A系+B系の運用時のみ現象が現れることから、原因とはなりにくいと推定された。

高周波放電については、全ての内導体と外導体のギャップ間隔が充分に大きく、また熱真空試験後の取扱いを調査したところ、一部のコネクタを除いて着脱をしていないことから、高周波放電が一時的に発生し、その後収束することは考えにくく、これも原因とはなりにくいと推定された。

#### (ii) SARアンテナ部

ゴミ・異物の混入、及び間欠的な短絡もしくは開放については、A系+B系の運用直後のみ現象が現れることから、原因とはなりにくいと推定された。

一方高周波放電については、図13～図15に示すRFケーブル又はT分岐のいずれかのコネクタのコネクタピンの半田付け部において、除去し切れなかった残留フラックス等による汚染により絶縁体表面に発生した放電の可能性は否定できなかった。

以上の分析結果から、不具合箇所はSARアンテナ部のRFケーブル又はT分岐である可能性が高いと推定された。

### (3) 調査分析及び不具合原因の推定

#### (i) 調査分析

沿面放電は、電極間の絶縁体表面に沿う放電路を通じて展開される放電現象であり、本質的には局所的なガス放電現象である。SARアンテナ部の外導体と内導体間にはテフロン等を用いて絶縁等を図っているこ



とから、表面の汚染によりこの沿面放電が起きていた可能性がある。またテフロンなどの沿面耐圧は、表面の汚染粒子によって低下するが、放電が起きるとコンディショニング効果により汚染粒子がはじき飛ばされ、耐圧が上昇する現象が知られている。

RFケーブルもしくはT分岐のコネクタピンと中心導体との半田付け時のフラックスがテフロン面に付着していた場合、約1.3kWの送信電力で誘起された高周波電圧（RFケーブルで245V、T分岐で231V）により沿面放電（最小沿面距離はRFケーブルで2.95mm、T分岐で2.4mm）が生じる可能性がある。

なお地上試験では、SARアンテナ構成品ごとに高真空環境で、RFケーブルには実際にかかる電力の1.7倍、T分岐には2.8倍程度の電力を加える耐電力試験を行っており、いずれも良好な結果を得ていた。

#### (ii) 不具合原因の推定

今回の不具合は、SARアンテナ部のRFケーブル又はT分岐のコネクタピン部の、フラックスによる汚染に起因する沿面放電が原因であると推定された。またこの不具合が解消したのは、コンディショニング効果により放電時に汚染物質がはじき飛ばされたためであると考えられる。

なお、A系+B系、A系+R系及びB系+R系の間には送信電力のピーク値に次表のような差があり、A系+B系の組合せ時が最も高くなっていること、及び汚染粒子が初期の放電により減少したことから、A系+R系及びB系+R系の組合せでは沿面放電を起こすための電圧にわずかに達しなかったものと推定された。

送信電力のピーク値（送信パルス波形のピーク値）

| HPAの組合せ | 送信パルスのピーク値 (W) |
|---------|----------------|
| A+B     | 1349           |
| A+R     | 1288           |
| B+R     | 1259           |

#### (4) 今後の対策

回路面の汚染については、過去放送衛星2号-bにおいても不具合原因であると推定されており、清浄度を保つ必要性が指摘されたところである。

今後は回路面の清浄度を保つことに細心の注意を払うと共に、導体間の沿面距離が短く、かつ大電力で使用する箇所にあっては、沿面の汚染を完全に除去すべく、超音波洗浄等の洗浄方法を用いた回路の清浄度の確保について検討する必要があると思われる。あわせて、過去の経験も含めて、このような経験を十分に今後の設計時に反映できるシステムの中で開発を進めることが重要である。

#### 3. SAR画像不良

SARはマイクロ波を使用するため、昼夜、天候に左右されずに観測できるほか、合成開口技術とパルス圧縮技術の利用により通常のレーダに比べて格段に高い地上分解能が得られる。

JERS-1に搭載されているSARは、観測周波数はLバンド、パルス出力は最大約1.3kWであり、地上分解能は18m×18m（3ルック）で、幅75kmの帯状の地域を連続的に観測することができる。

##### (7) 白い筋状のノイズ

###### (1) 画像不良の状況

JERS-1初期チェックアウトにおいて取得した、東京周辺、志摩半島等の一部地域の画像に、衛星進行方向と直角方向（レンジ方向）に白い筋状のノイズ（図16）が認められた。

###### (2) 調査分析

白い筋状のノイズは、取得画像のうち一部の地域にしか認められないことから、SARハードウェアの異常ではなく、外来電波による可能性が高いと推定した上で、受信された生データを分析したところ、図17に示すようなパルス状の規則性のある繰り返しパターンを持つ異常信号が認められた。

このパルス状輝線のパルス幅及びパルス繰り返し周波数を、パルス状輝線の長さ、SARの送信パルス繰り返し周波数（1555.2Hz）及び地上への送信のためのA/D変換のサンプリング周波数（17MHz）から求めたところ、パルス幅はおおよそ3μs、パルス繰り返し周波数は約322Hzに近い値かその整数倍であると推定された。

この現象の原因となる電波干渉源について調査したところ、周波数、送信電力の大きさ、得られたデータから算出したパルス幅、パルス繰り返し周波数等から、地上のレーダの可能性が高いと考えられる。

###### (3) 今後の対策

白い筋状のノイズが入る地域は特定の場所に限られ、大部分の画像についてはこのような問題は起こらない。ノイズの混入する地域の画像については、アダプティブフィルタを使用する等のマニュアル処理によりノイズを低減することが可能であり、今後は必要に応じてこれらのノイズ低減手法の試行等適切な対策をとることが望ましい。

##### (4) ゴースト状の影

###### (1) 画像不良の状況

取得画像のうち、海面のように暗く写る地域と陸地のように明るく写る地域が含まれるものにおいて、衛星進行方向（アジマス方向）の海域に陸地のゴースト状の影が認められる。（図18参照）

## (2) 原因の推定

本画像不良については、実像とゴースト状の影の位置関係から、アジマス方向のアンテナのメインビーム端部あるいはサイドローブにより受信された非観測域からの不要信号の漏れ込みの可能性が高いと推定し、それより以下の原因による可能性について検討を行った。

### (i) SARが原理的に持つ、明部の暗部への写り込み

SARには、後述するとおり非観測域の不要信号の観測域への漏れ込みが原理的に存在し、それにより明部のゴースト状の影が暗部に写る場合がある。これについてはアンテナパターンの成形により低減化が可能であるが、他の性能を維持した状態でその効果を得るにはアンテナを大型化しなければならず、搭載可能な寸法・重量での実現が難しいこと、成形ビームアンテナを使用した場合は解像度が落ちること等のため、影が現れるのは暗部（海）であり明部（陸地）には出ないこと、及び観測の対象が陸地に限られることを考慮し、現在の装置の仕様が決められた。したがって、ある程度の影が現れるのは当初から予想されていたものであり、少なくとも高出力増幅器（HPA）1系統での運用ではこのレベルは設計の範囲内であり、問題はないものと判断された。

### (ii) SARアンテナの不具合

高出力増幅器（HPA）2系統（高出力モード）での運用については、取得画像の分析によりS/Aレベル（後述）が設定値を満足していないことが判明した。これの原因として「地上の画像処理上の問題」、「明地点の飽和による見かけ上のS/Aの劣化」及び「アジマスアンテナパターンの異常」について検討したところ、以下のような結果となった。

#### ① 地上の画像処理上の問題

検討の結果信号処理帯域幅も妥当で原因とはならないと推定された。

#### ② 明地点の飽和による見かけ上のS/Aの劣化

図18について分析したところ、明地点の多少の飽和は見られるが、設定値を割り込むほど大きなS/Aの劣化の主要因とはならないと推定された。

#### ③ アジマスアンテナパターンの異常

アンテナパターンが設計値を逸脱した場合、S/Aの設定値を割り込む可能性がある。そこでHPA1系統及び2系統運用における地上受信レベル/アンテナパターンの相対比較による確認試験を行ったところ、2系統運用時にアンテナパターンが設計値を満たしていないという結果を得ており、これが原因の一つであると推定された。

アジマスアンテナパターンの異常について不具合箇所をFTA（図19）により分析したところ、

- ・放射パターンが設計値と異なる
- ・2系統運用時のみ現象が出ている
- ・現象が初期チェック段階から継続している
- ・送信部の出力が定格（約1.3kW）にもかかわらず、地上での観測では400W程度しか輻射されていない模様である

ことから、同軸管同軸ケーブル変換部あるいは同軸ケーブルコネクタ部（図20及び図21のB1～B4）において高周波放電が発生していると推定された。

さらに観測により得られた放射パターンを近似するアンテナパネル上の電力分布を推定した結果、アンテナパネル7及び8の輻射電力が特に低くなっていると推定された（図22参照）。

以上のことから、アンテナパネル7又は8の同軸ケーブルコネクタ部（図21のB3又はB4）で高周波放電が発生していると推定された。

以上のことから、SAR画像のゴースト状の影は、明部の暗部への写り込みによるもの、及びアンテナパネル7又は8の同軸ケーブルコネクタ部での放電によるアジマスアンテナパターンの不具合によるものであるものと推定された。

## (3) 調査分析及び不具合原因の推定

### (i) 調査分析

SARにおける非観測域の不要信号の観測域への漏れ込みについて、SARのアジマス方向では、図23に示す対象物（T）の信号はアンテナビーム幅内に入ってから出るまでの間の信号を合成することによって、等価的にアンテナ長L（十数km相当）の効果をjている。この信号の合成には、衛星の進行に伴い対象物からの受信信号がドップラ変調を受けることを利用している。一方ドップラ信号は、SARのパルス繰り返し周波数（PRF）でサンプリングしていることになるので、 $\pm nPRF$ のドップラ周波数（図23の縞部分）は同一と見なされ、相当する非観測域の信号は観測域へ漏れ込んでくることとなる（例えば、図23のTの観測時には、T'の信号が漏れ込んでくる）。そこで図23のTを暗部（海）とし、T'を明部（陸地）として理論的に求めたTT'間の距離と、図18の画像を用いて求めた距離を比較したところ、よく一致した。従って、ゴースト状の影は非観測域の不要信号の、観測域への漏れ込みによって生じたものと推定される。

ゴースト状の影は、SARに原理的に発生する可能性があるものであるため、設計仕様では観測域からの信号（S）及び非観測域から漏れ込んでくる不要信号（A：Ambiguity）の比（S/A）をアジマス方向に1

8 dB、レンジ方向に16.2 dBとし、総合的に14 dBを配分することで、この影響を極力回避することとしていた。

しかしながら、本SARは断層、褶曲等の陸地の特性を観測するため、CバンドやXバンド等の高い周波数ではなくLバンドを使用している。そのため、搭載可能な寸法・重量でのアンテナパターンの成形には限界があり、その制約からS/Aをこれ以上にするには現在の技術では難しく、画像によっては暗部にゴーストが出る可能性も残されていた。

一方、取得画像からアジマス方向のS/Aを測定したところ、HPA1システム運用時には22 dBと仕様値を満足しているが、2システム運用時には13.8 dBと、仕様値を満足していないことが判明した。これは2システム運用時においてアジマス方向のアンテナパターンが仕様を割っていることに起因するもので、地上で直接観測されたデータ(図24)により、半値幅(アジマス方向)は仕様値1.05度以下に対して観測値は約2.0度、サイドローブレベル(アジマス方向)は仕様値-11.5 dB以下に対し、観測値は約-6.2 dBとなっている。このためHPA2システム運用時には、非観測域の不要信号の観測域への漏れ込みが想定した以上のものとなったため、ゴースト状の影が発生したものと推定される。

#### (ii) 原因の推定

今回の原因の1つは、アンテナパネル7又は8の同軸ケーブルコネクタ部での放電によるアジマスアンテナパターンの不具合であると推定された。

これは、同軸ケーブルコネクタ部(図25及び図26)のコネクタピンとケーブル中心導体との間に不純物が付着したことによる沿面放電の可能性が高いと推定された。すなわち、同軸ケーブルコネクタ部のコネクタピンとケーブル中心導体との接着時の溶剤がテフロン面に付着していたため、2システム運用時の送信電力で誘起された高周波電圧(同軸ケーブルコネクタ部で80 V)による沿面放電によりガス放出が起こり、放電が生じたものと推定された。またこのコネクタ部の気密性はかなり良かったためガスが停滞し、持続的に放電が起きていると考えられる。これらの放電は電圧が印加されている時のみに起こるため、パルス送信後速やかに放電は停止し、受信は正常に行われていると推定できる。

#### (4) 今後の対策

画像取得の際にゴースト状の影が見えるのは、原理的に発生し得るものと、放射アンテナパターンの不具合によりそれがさらに強調されたものが原因と推定された。

アンテナパターンの不具合については、気密にする必要の無い部分には積極的に排気孔を設けること、また今回使用したアルミスプラインケーブルの代わりに、低損失型ソリッドステートテフロンケーブルなど、内部に空隙を

持たない構造の同軸ケーブルを使用すること等について検討する必要がある。

また放電が原因と推定されたことについては、2.「SAR送信電力変動」の項でも指摘したとおり、過去の経験を十分に活かすことのできるシステムの中で開発を進めることが重要である。今後は回路の清浄度を保つことに細心の注意を払うと共に、作業手順の見直し等について検討すべきである。

#### 4. 光学センサ(OPS)画像不良

光学センサ(OPS)は、地上からの太陽反射光を可視域から短波長赤外域まで7つの異なる波長で観測するセンサで、可視近赤外放射計(VNIR)と短波長赤外放射計(SWIR)から構成される。

VNIRは可視域及び近赤外域での観測のため、4つのバンド(バンド1からバンド4)で3つの波長域の観測を行う。またバンド4はバンド3と同じ波長域ながら、直下から15度前方を観測しており、バンド3と組み合わせることにより立体的に地表面を観測できる。

SWIRは短波長赤外域用に新たに開発された電荷結合素子(CCD)を使用し、4つのバンド(バンド5からバンド8)で4つの波長域の観測を行う。またSWIRは赤外線を観測するため、熱雑音を抑えるため冷却器でCCDを冷却している。

OPSの地上分解能は18.3 m(レンジ方向)×24.2 m(アジマス方向)、画素数は4096画素/バンドで、観測幅は75 kmである。

#### (7) 可視近赤外放射計(VNIR)画像不良

##### (1) 画像不良の状況

VNIRの画像では、レンジ方向(CCDスキャン方向)に図27及び図28の様な周期的な横縞が現れる場合がある。この横縞の発生は、観測時間中に常に発生するものではなく、発生時間も一定ではない。またVNIRに搭載する4つのバンド全ての画像に同時に発生する。さらに取得画像の解析結果から、横縞は出力レベルで数レベル(フルスケール63レベル中)の信号が重畳しているものと推定された。

そこである1画素に注目し、画像取得に伴う出力の変化を周波数解析したところ、図29に示すとおり横縞のある部分では100 Hz付近にピークを持つことが判明した。

##### (2) 不具合部位の推定

FTAにより原因を解析したところ、

- ・4バンド同時に横縞が発生していることから、各バンド共通部分が原因である
- ・信号処理部(アナログ/デジタル)は冗長系を組んでいるが、いずれにせよ現象が変わらないので、信号処理部は原因ではない
- ・増幅部で増幅される前の横縞のCCD出力は、各バンド間で差はない

ことから、CCDバイアス電圧が約100Hzで変動し、それが画像出力に影響を及ぼしているものと推定された。なおこの検討に使用したFTAを図30に示す。

### (3) 調査分析及び画像不良原因の推定

#### (i) 調査分析

不具合部位の具体的位置についてハードウェア上から可能性を検討したところ、以下のような結果となった。

#### ① VNIR電源部12.5V出力系の部品異常

CCD駆動パルスの電源は図31の回路から供給されており、この電圧が変動するとCCDバイアス電圧が変動する。そこでこの回路の制御ループ（フィードバックラインフィルタ、パルス幅制御回路、ドライバ回路、主スイッチ及びトランス）において異常発振した可能性が高いと推定された。

このうちドライバ部、主スイッチ及びトランスはスイッチング周波数（100kHz）でスイッチングしている回路であり、異常発振する要因はない。

一方フィードバックラインフィルタ及びパルス幅制御回路では、抵抗（R）またはコンデンサ（C2）の特性が変化するとフィードバックループの位相特性が変化し、低周波の異常発振を起こす可能性がある。

#### ② VNIR検出器駆動部内シリーズレギュレータの異常

CCDに供給するDCバイアスの安定化のために検出器駆動部にあるシリーズレギュレータの出力が変動すると、CCDのバイアスが変動する。これは図32のような回路からなり、電源電圧（+15V）又は負荷が変動してもCCDバイアス電圧（+12V）を一定に保つ機能を持つ。

この回路において、オペアンプICに外付けされたコンデンサが開放故障を起こせば、オペアンプによるフィルタの位相特性が変化し、異常発振を起こす可能性がある。ただし電源部と比較して本回路のフィードバック回路は短く、発振を起こす可能性は低いと推定された。

これらは何れも部品の故障によるものであるが、回路上過電流、過電圧等による破壊は考えにくい。

#### (ii) 画像不良原因の推定

調査分析の通り、画像不良原因は

・VNIR電源部内

・VNIR検出器駆動部内シリーズレギュレータ内

のいずれかの部位での部品故障により、異常発振が起こっているものと

推定された。これらのいずれによるかは特定できなかったが、回路の構成上、VNIR電源部での異常発振の可能性が高いと推定された。

特にVNIR電源部のRまたはC2が開放故障を起こした場合、その発振周波数は約400Hzとなると推定された。またOPS内で使用している周波数について調査したところ、CCDの1ライン当りの駆動周波数が300Hzとなることが判明した。したがって、駆動周波数と先の発振周波数の差100HzがうなりとしてCCDバイアス電圧に印加され、画像信号に影響を与えていると推定された。

なお、部品の故障については、特に原因となり得る現象は見いだすことができなかった。

#### (4) 今後の対策

本画像不良は、画像データに約100Hzの信号が重畳しているものであり、画像情報は残存していること及び重畳している信号が単純なことから、フィルタによりこの信号を除去すれば、正常な画像が得られる。またOPSの機械的環境条件は安定した状態にあり、今後症状が進展することは考えにくい。従って、当面はこのまま運用していくこととし、その中で発生頻度、他機器運用との相関関係等を継続して監視していくべきである。

本画像不良は部品に起因していることから、部品の品質管理の徹底を行うと共に、試験においては十分に長時間の試験を行い、初期故障を除くことについて検討すべきである。

#### (1) 短波長赤外放射計（SWIR）画像不良

##### (1) 画像不良の状況

SWIRの画像では、図33及び図34に見られるように、アジマス方向（CCD画素配列と直角方向）に画素が尾を引く現象（応答遅れ）が発生する。この現象は全てのバンド・全ての画素に現れているが、低光量レベルでは発生せず、ある程度の光量以上で観測される。なお高光量レベルについては、応答遅れの消滅する限界があるように見えるが、高輝度データが限られているため、確認されていない。また、本画像不良は初期ミッションチェック以来継続して発生しており、その状態の変化は見られない。

##### (2) 不具合部位の推定

FTAにより原因を解析したところ、

・SWIRのみで発生し、かつOPSのゲインを変えると現象の発生するレベルが変わることから、OPS以外の要因ではない

・増幅部、信号処理部（アナログ／デジタル）はリアルタイム動作をしており、次ラインに影響を与えないと考えられない

・全バンド、全画素で同様に発生している

ことから、各バンド共通の要素として、CCDの検出器を駆動しているトランスファゲート駆動パルス波形異常が挙げられ、これにつながる要因として



システム電源部から供給される電源の異常、又は検出器ドライバに異常があるものと推定された。なお検討に使用したF T Aを図3 5に示す。

### (3) 調査分析及び画像不良原因の推定

#### (i) 調査分析

画素の応答遅れのメカニズムについて、トランスファゲート駆動パルス波形が変化しポテンシャルが下がった時の電荷移動の様子を図3 6に示す。正常な場合は(a)のように全ての電荷が転送部に移るだけのポテンシャルがあるが、駆動パルス波形が変化した場合、ポテンシャルが下がるため、(b)のように転送時に転送部の電荷があふれ、受光部の全ての電荷が転送部に転送されず、一部が受光部に残る。そこでたとえ次の撮像で何も入力がなかったとしても、この電荷が次の転送時に転送され、応答遅れとして出力されるものと推定された。

不具合箇所の具体的位置についてハードウェア上から可能性を検討したところ、以下のように推定された。

#### ① S W I R電源部から供給される電源の異常

S W I R電源部から検出器ドライバ回路(図3 7)に供給されている電圧が低下した場合、トランスファゲート駆動パルスの振幅が小さくなり、これが画像に影響を与える可能性がある。

しかしながら、電源電圧低下にはトランスの2次巻線の短絡しか考えられないこと、同じ電源を使用している他の機器が正常に動作していることから、可能性は低いと推定した。

#### ② 検出器ドライバの異常

検出器ドライバは図3 7に示すとおり、ドライバ内電源回路とトランスファゲート駆動回路からなる。ドライバ内電源回路はトランスファゲート駆動パルスの振幅を1 0 Vにするため、システム電源から1 0. 5 Vを作る回路であるが、三端子レギュレータまたはフィードバック抵抗R 1に異常があれば、正常な電圧が出力されない。

つまり、三端子レギュレータが導通モードで制御不能となった場合、トランスファゲート駆動パルスの振幅値は約1 4 Vとなり、C C D駆動許容振幅レベル $10 \pm 0.7$  Vから外れ、C C Dの正常な電荷転送動作が得られない。また抵抗R 1が開放故障した場合にも三端子レギュレータが導通モードで制御不能となる。ただし抵抗に開放故障が生じることはまれで、この可能性は少ない。

これらは何れも部品の故障によるものである。トランス巻線、抵抗の断線については原因となる可能性は低いが、三端子レギュレータについては我が国では現在までそれほど多くの使用実績はないため、他に比べて可能性が高いと推定された。

#### (ii) 画像不良原因の推定

調査分析の通り、画像不良原因は

- ・ S W I R電源部内のトランス二次側巻線の断線
- ・ 検出器ドライバ内のドライバ内電源回路の三端子レギュレータの故障又は抵抗R 1の開放故障

のいずれかにより、トランスファゲート駆動パルスが正常な振幅でないため、電荷の移動が正常に行われないものと推定されたが、いずれかに特定することはできなかった。しかし、故障率を考えると、三端子レギュレータが導通モードで制御不能になっている可能性が高いと推定された。なお予備部品等を用いた確認試験では今回の不具合につながるような現象は確認できなかった。

#### (4) 今後の対策

本画像不良は初期チェックアウト時よりずっと同じ状態で推移しており、今後進行はしないものと推定される。この現象により画像情報は一部失われており、抜本的な画像補正は不可能である。原因推定の結果からハードウェアの機能回復は困難であることから、当面は本現象の推移を監視していく他はない。

本画像不良は部品に起因していることから、(7)「可視近赤外放射計(V N I R)画像不良」の場合同様、部品の品質管理の徹底を行うと共に、試験においては十分に長時間の試験を行い、初期故障を除くことについて検討すべきである。

### 5. ミッション記録装置(M D R)再生動作不良

M D Rは、データ受信局のない地域においてS A R及びO P Sの観測データを記録し、衛星がデータ受信局上に来たときにそのデータを再生するためのものである。記録には磁気テープを使用し、記録時間は約2 0分間である。

#### (1) 不具合の状況

M D Rが再生開始した1秒後、自動的にスタンバイモードへの移行動作に入り、その5秒後にスタンバイモードになり再生が中止される。この現象は再生開始時に必ずしも生じる訳ではなく、衛星各部のテレメトリデータからはこの現象発生中および前後で特に変化はない。またこの現象は記録時には発生しない。

#### (2) 不具合部位の推定

F T Aにより不具合部位の場所の可能性の検討を行ったところ、以下のよう結果となった。

(i) 磁気テープの不具合

これについては、テープの位置によらず不特定の場所で起きたことから、この可能性は否定された。

(ii) 磁気テープ終端検出部の不具合

MDRが再生を終了するのは、

①一次端部検出器（プライマリシステム）が終端を検出する

②二次端部検出器（セカンダリシステム）が終端を検出する

のいずれかであるが、セカンダリシステムの誤動作を示すテレメトリデータを得たことがあること、またセカンダリシステムを切った状態での運用では問題なく動作していることから、セカンダリシステムの誤動作が原因である可能性が高い。

(iii) 再生停止コマンドの誤受信

MDRが再生停止コマンドを誤受信した場合は、正常な動作として再生動作を停止するが、セカンダリシステムを切った状態で正常に再生することから、可能性は低い。

以上の検討結果から、MDR再生動作不良は、テープ終端を検出するセカンダリシステムの誤動作に起因するものと推定された。

(3) 調査分析及び不具合原因の推定

(i) 調査分析

磁気テープは、図38のように一次始端／終端マーク（プライマリBOT／EOTマーク）及び二次始端／終端マーク（セカンダリBOT／EOTマーク）の間が使用され、プライマリBOTとプライマリEOTの間で記録／再生が行われる。セカンダリシステムは冗長系であり、プライマリシステムが機能しなかった場合に冗長機能として動作する。またプライマリシステムはテープカウンタによりテープ残量を管理することで記録／再生領域の終端を検出し、セカンダリシステムはテープ残量を光学的に計測することでテープの物理的終端を検出する。

図38からもわかるように、記録時はプライマリシステムもセカンダリシステムもBOTから始まりEOT検出で終わり、一方再生時はEOTではじまりBOT検出で終わる。テレメトリデータの分析から、今回の誤動作は再生開始時にセカンダリシステムがBOTを誤検出した結果、再生が停止したものと推定された。

セカンダリシステムの誤動作の原因の可能性について検討した結果は以下のとおりとなった。

① MDR内部

MDR内部については、再生時のみ発生すること、現象が発生する再

生開始1秒後はMDRは電氣的に安定していること、また再生時に常時発生するものではなく、また打ち上げ後それほど時間も経っていないことから、電氣的な過渡現象の影響や部品の故障及び劣化の可能性は低いと推定された。しかし、セカンダリシステムはシグナルグランドとテープ駆動制御部筐体の間の相対電位変動には敏感なため、この電位変動による誤動作の可能性は否定できなかった。

② MDR外部

MDR外部については、図39のとおり、テレメトリデータや他機器の運用データに特に異常は見られないことから、衛星バス電源のスパイクノイズ、他機器の異常動作によるノイズの影響については可能性は低いと推定され、また他機器からのノイズ放射または伝導干渉の影響については地上試験時のレベルから変化していないと推定される。一方テープ駆動制御部筐体のグランド電位の安定性低下については、テープ駆動制御部筐体と衛星パネル間のグランドストラップ接続点（図40）のいずれかが熱サイクル等の影響によりその特性が変化し、電位安定性が低下する可能性がある。

以上の分析から、セカンダリシステムの誤動作の要因として同システムがグランドレベルの変動に敏感なこと、テープ駆動制御部のグランド電位が不安定になる可能性があることが挙げられる。

なお地上試験では、MDR単体及び衛星システムに組み込んだ状態で環境試験等を行っており、良好な結果を得ていた。また類似のMDRがSPOT衛星シリーズ（仏の地球観測衛星）に計4台搭載されているが、今回のような不具合は発生していない。

(ii) 不具合原因の推定

本不具合原因は、調査分析の結果から、テープ駆動制御部筐体と衛星パネルとの間のグランドストラップ接続点が熱ストレス等を受けて接地抵抗が増加し、筐体の電位が不安定になったことから、これがノイズ源となってグランドラインにノイズが混入し、外部環境の変動に対して敏感な設定がしてあるセカンダリシステムが誤動作を起こしたものと推定された。

また再生開始時のみ誤動作するのはノイズマージンの個体差に起因するもので、セカンダリシステムの再生時BOT検出回路のノイズマージンが若干小さかったため、再生開始1秒後にMDR消費電力がピークになるにつれてノイズがピークになった際に、誤動作を起こしたものと推定された。

(4) 今後の対策

MDRの再生開始時に発生した再生中断は、電源部へのノイズ混入による



セカンダリシステムの誤動作によるものと推定された。

当面はセカンダリシステムを切り離して運用を行うと共に、磁気テープ上の記録／再生範囲を短めにとり、端部に余裕を残した運用を行うことが適当である。

さらに今後は、熱変化、機械的な変化等に強い接続方法を採用すると共に、フィルタの挿入や同相雑音除去比の高い増幅回路の採用等による電磁干渉対策を行い、十分な確認試験を行うことが重要である。

### III. 総合意見

H-1 ロケット（2 段式）による地球資源衛星 1 号（JERS-1）の打上げについては、所定の衛星軌道への投入に成功した。また衛星は、SAR アンテナ展開時の不具合、観測機器による一部画像不良及び散発的なMDRの再生動作不良を除き正常に動作している。なお今回発生した不具合に鑑み、今後は以下の点を特に留意しつつ開発を進める必要がある。

SAR アンテナ部に見られるような大型構造物の可動部分の機能確認においては、試験設備上の制約から、システム全体を用いた試験を行うことが困難であること、また無重量状態を作り出して試験を行うことが困難であることから、真空、無重量、温度等の展開環境をシミュレートした動的なコンピュータ解析を実施するとともに、この結果を踏まえ、可能な限り機能部分の模擬試験を実施すべきである。

また一部の画像不良については、SAR の高出力モードにおける、回路表面の汚染に起因する不具合のように、わが国の過去の経験を生かし、その中から得た教訓を活かしていれば回避できたと思われるものもあるため、今後はこれらの教訓が生かされるシステムの中で開発を進めることが重要である。さらに部品単体の品質管理の徹底はもとより、コンポーネント、サブシステム、システムレベルの各試験段階において、初期故障を除くために必要な十分に長時間（バーン・イン・タイム）の試験を行うべきである。

さらにMDR 電源系については、熱的、機械的な変化に強い接続方法の採用、フィルタの挿入や低雑音の増幅回路の採用等による電磁干渉対策を行うと共に、十分な確認試験を行うことが重要である。

各不具合に対しては指摘した対策を講じるとともに、今後は開発、製造、試験段階における品質確保、性能確認についてさらなる配慮がなされることが重要である。

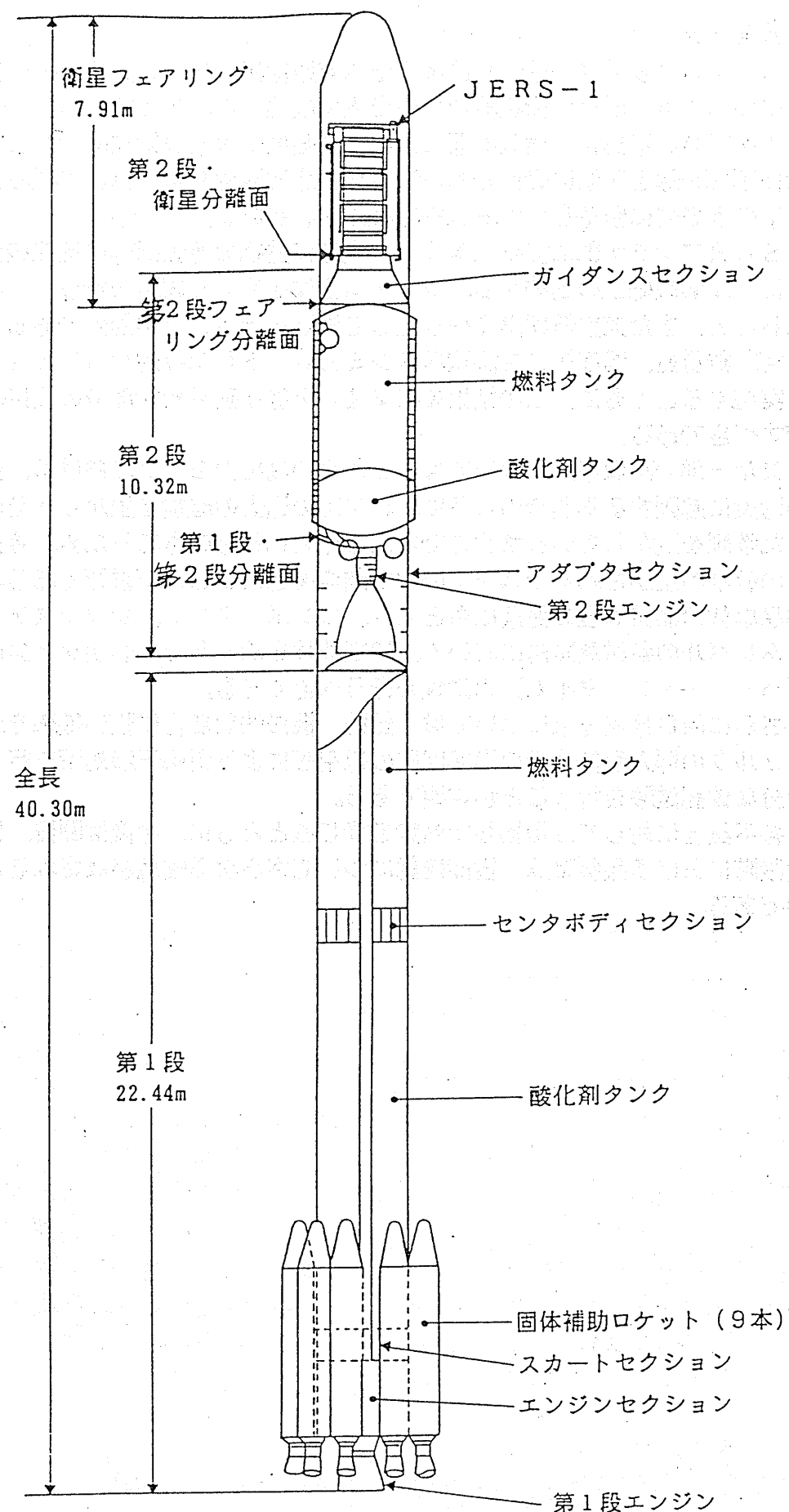


図1 H-Iロケット9号機Fの概観

表1 H-Iロケット9号機Fの主要諸元

(飛行計画に基づくノミナル値)

| 全 段         |                     |
|-------------|---------------------|
| 名 称         | H-Iロケット9号機F (H24F)  |
| 全 長 (m)     | 40.30               |
| 外 径 (m)     | 2.49                |
| 全 備 重 量 (t) | 137.3 (人工衛星の重量は含まず) |
| 誘 導 方 式     | 慣性誘導方式              |

| 各                     |            | 段                                                                |                                |                                                                         |               |
|-----------------------|------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|---------------|
|                       |            | 第 1 段                                                            | 固体補助ロケット                       | 第 2 段                                                                   | 衛 星<br>フェアリング |
| 全 長 (m)               |            | 22.44                                                            | 7.25                           | 10.32                                                                   | 7.91          |
| 外 径 (m)               |            | 2.44                                                             | 0.79                           | 2.49                                                                    | 2.44          |
| 各 段 重 量 (t)           |            | 85.8 <sup>*1</sup>                                               | 40.3 (9本分)                     | 10.6 <sup>*6</sup>                                                      | 0.6           |
| 推進薬重量 (t)             |            | 81.5                                                             | 33.7 (9本分)                     | 8.8                                                                     | —             |
| 平均推力 (t)              |            | メインエンジン<br>76.4 <sup>*2</sup><br>バーニアエンジン<br>0.9 <sup>*2.5</sup> | 135.0 (6本分)<br><sup>*2.4</sup> | 10.8 <sup>*3</sup>                                                      |               |
| 飛行計画上の<br>燃焼時間<br>(s) |            | メインエンジン<br>271<br>バーニアエンジン<br>277                                | 40                             | 357                                                                     |               |
| 推 進 薬 種 類             |            | 液化酸素/RJ-1                                                        | ポリブタジェン系<br>コンボジット<br>固体推進薬    | 液化酸素/液化水素                                                               |               |
| 推進薬供給方式               |            | ターボポンプ                                                           | —                              | ターボポンプ                                                                  |               |
| 比 推 力 (s)             |            | メインエンジン<br>252 <sup>*2</sup><br>バーニアエンジン<br>209 <sup>*2</sup>    | 234 <sup>*2</sup>              | 450 <sup>*3</sup>                                                       |               |
| 姿 勢<br>制 御            | ピッチ・<br>ヨー | ジンバル                                                             | —                              | (推力飛行中)<br>ジンバル<br>(慣性飛行中)<br>ガスジェット                                    |               |
|                       | ロール        | バーニアエンジン                                                         |                                | ガスジェット                                                                  |               |
| 搭 載 電 子 装 置           |            | 1) テレメータ送<br>信器<br>PCM-PM<br>2) 指令破壊受信<br>器<br>トーン変調             | —                              | 1) レーダトランスボ<br>ンダ 2台<br>2) テレメータ送信器<br>PCM-PM<br>3) 指令破壊受信器<br>2台 トーン変調 |               |

- \*1: アダプタセクションを含む。  
 \*2: 海面上  
 \*3: 真空中  
 \*4: リフトオフ時は6本のみ点火し、6本の燃焼終了後残り3本に点火する。  
 \*5: 2基分。  
 \*6: 衛星段間部を含む。

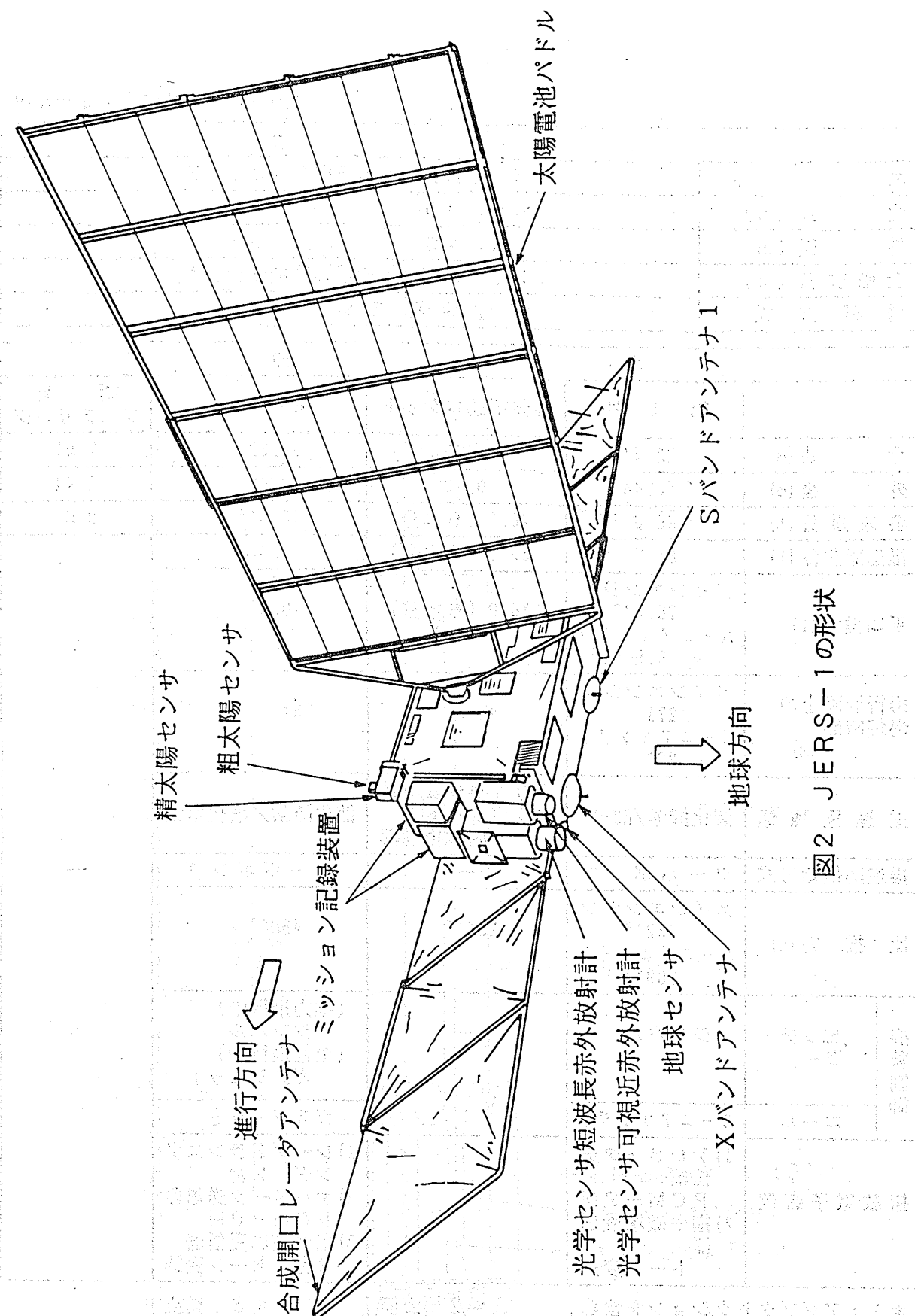


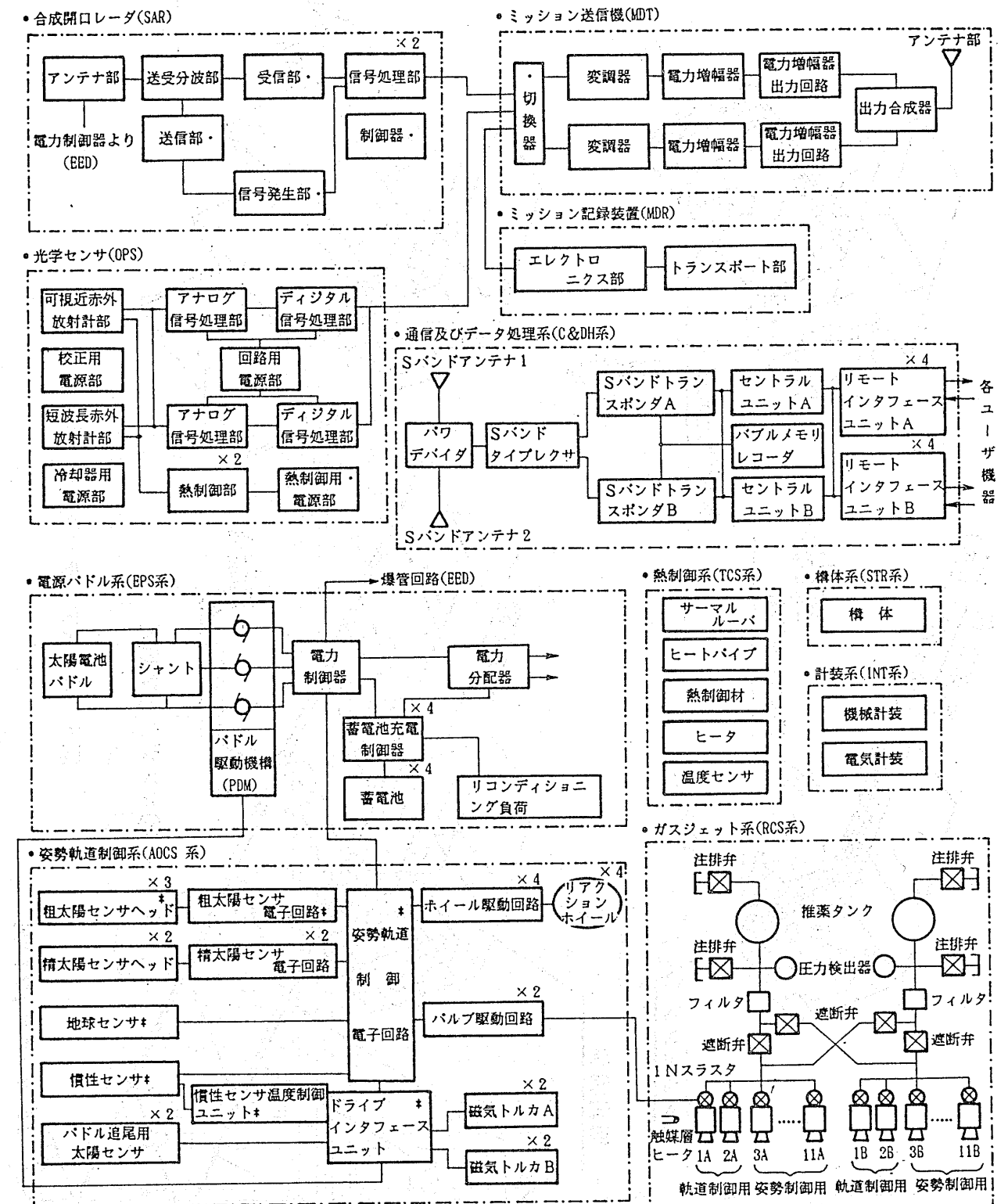
図2 JERS-1の形状

表2 JERS-1の主要諸元 (1/2)

| 名称      | 地球資源衛星1号 (JERS-1)                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                             |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 軌道      | 太陽同期準回帰軌道<br>(1) 軌道高度 約 568km<br>(2) 軌道傾斜角 約98°<br>(3) 回帰周期 44日 (西方移動)<br>(4) 降交点通過地方平均太陽時 <sup>5)</sup> 午前10時30分～午前11時 |                                                                                                                                                                                                             |
| 形状      | 一翼式太陽電池パドルと合成開口レーダアンテナを有する箱型<br>本体 3.1m × 0.9m × 1.8m<br>太陽電池パドル 8.0m × 3.4m<br>合成開口レーダアンテナ 11.9m × 2.4m                |                                                                                                                                                                                                             |
| 重量      | 約 1,340kg (打上げ時)                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                             |
| 姿勢制御方式  | 三軸姿勢制御方式 (ゼロモーメントム方式)                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                             |
| 設計寿命    | 2年 (2年後の残存確率 0.7以上)                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                             |
| ミッション機器 | 合成開口レーダ (SAR)                                                                                                           | 観測目的: 地表面からのマイクロ波反射、地形<br>観測波長: Lバンド (1.275GHz)<br>送信電力: 約 1.3kW<br>オフナディア角: 35°<br>観測幅: 約75km<br>地上分解能: 18m <sup>6)</sup><br>データレート: 60Mbps <sup>7)</sup>                                                  |
|         | 光学センサー (OPS)                                                                                                            | 観測目的: 地表面からの反射光、岩石、鉱物<br>観測波長:<br>0.52～0.60μm<br>0.63～0.69μm<br>0.76～0.86μm<br>0.76～0.86μm (前方視)<br>1.60～1.71μm<br>2.01～2.12μm<br>2.13～2.25μm<br>2.27～2.40μm<br>観測幅: 約75km<br>地上分解能: 約18m<br>データレート: 60Mbps |
|         | ミッション送信機 (MDT)                                                                                                          | 周波数: 8.15GHz / 8.35GHz<br>変調方式: QPSK<br>送信出力: 20W × 2周波<br>データレート: 60Mbps                                                                                                                                   |
|         | ミッション記録装置 (MDR)                                                                                                         | 記録容量: 20分<br>運用寿命: 2,000時間<br>データレート: 60Mbps                                                                                                                                                                |

表2 JERS-1の主要諸元 (2/2)

|                  |                    |                                                                                                            |
|------------------|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| バ<br>ス<br>機<br>器 | 通信データ処理系<br>(C&DH) | 上り回線周波数: 2.044GHz<br>下り回線周波数: 2.220GHz<br>コマンドビットレート: 500bps<br>テレメトリビットレート: 2.048bps<br>データ処理系: 衛星データバス方式 |
|                  | 姿勢軌道制御系<br>(AOCS)  | 制御方式:<br>デジタル三軸ストラップダウン・ゼロモーメント方式<br>姿勢誤差: 各軸±0.3°以下<br>姿勢安定度: 各軸±0.003°/秒以下                               |
|                  | ガスジェット系<br>(RCS)   | ヒドラジンモノプロペラント方式 <sup>*)</sup><br>1(N)スラスタ×22個<br>推進タンク×2個                                                  |
|                  | 太陽電池パドル系<br>(PDL)  | パドル形状: 6パネル×片翼<br>太陽電池セル: Siセル(2cm×4cm)<br>約22,000枚                                                        |
|                  | 電源系<br>(EPS)       | 電力供給(寿命末期):<br>2.087W(日照時)<br>1.320W(日陰時)                                                                  |
|                  | 熱制御系<br>(TCS)      | 受動式と能動式(サーマルループ、ヒートパイプ)併用                                                                                  |
|                  | 構体系<br>(STR)       | アルミハニカムパネルとCFRPトラスによる<br>ハイブリッド構造                                                                          |



(注) \*内部冗長

図3 JERS-1システム系統図

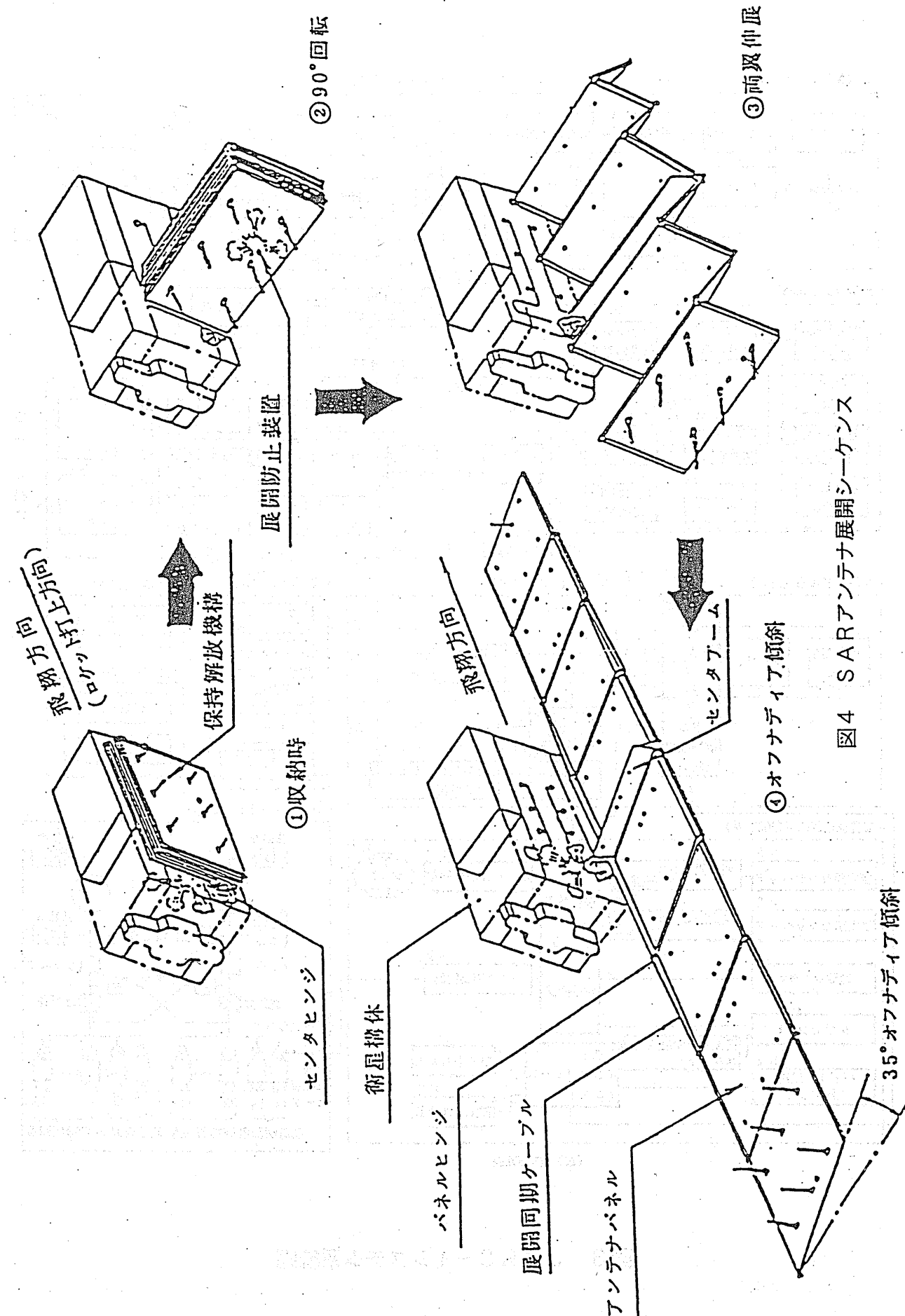


図4 SARアンテナ展開シーケンス

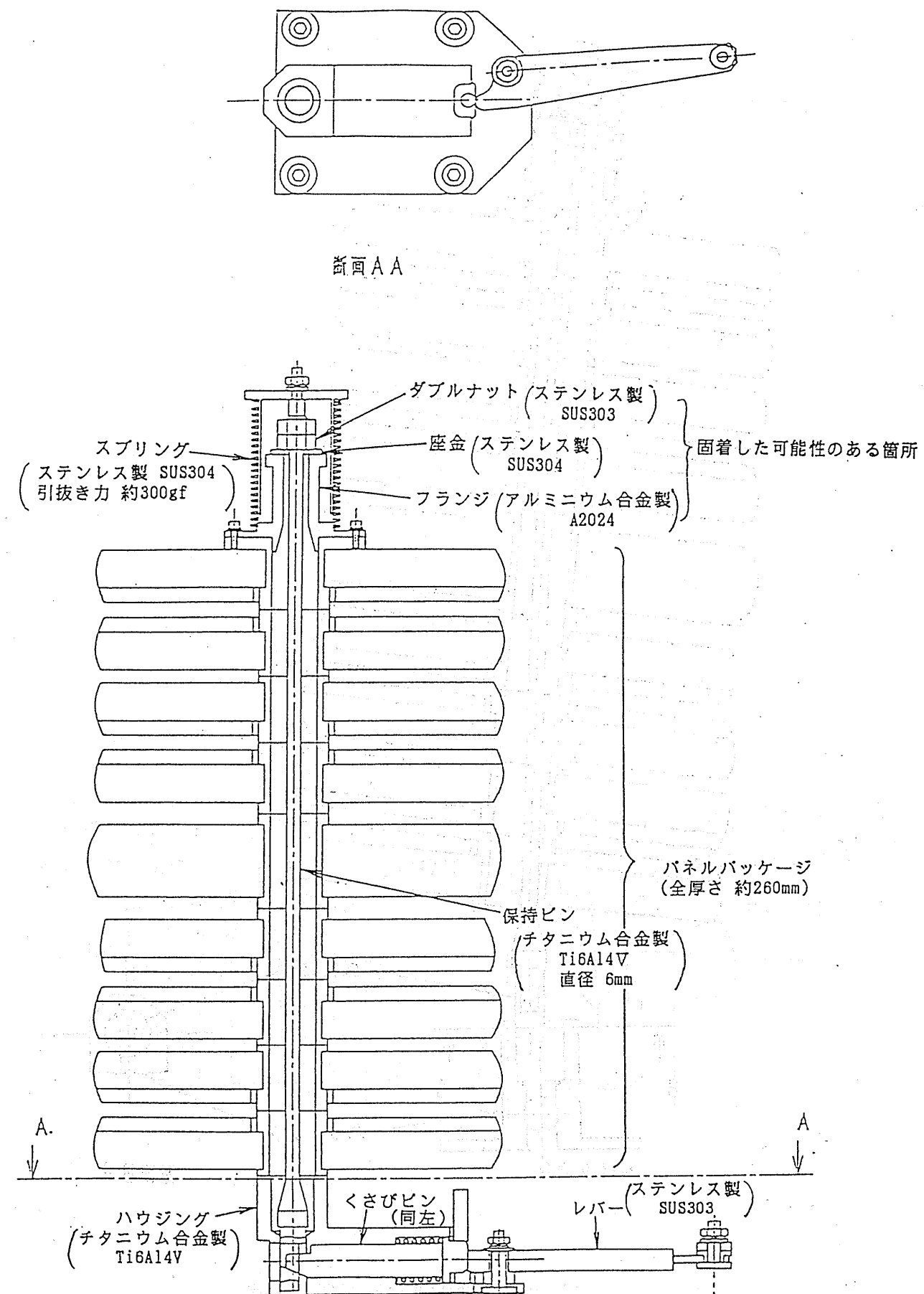


図5 アンテナ保持機構の構造 (開放前保持状態)



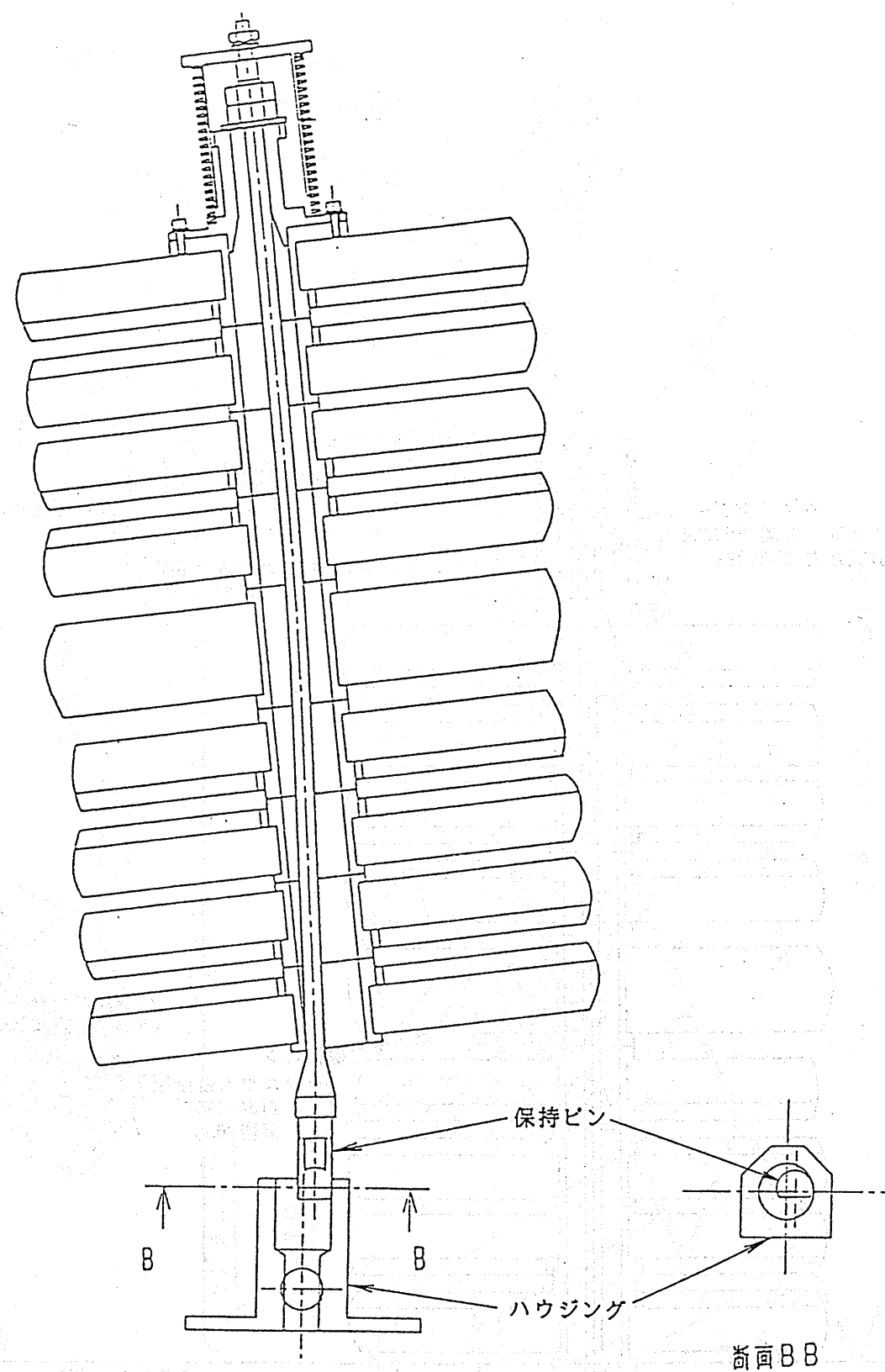


図6 保持ピンとハウジングの引っかかりモード

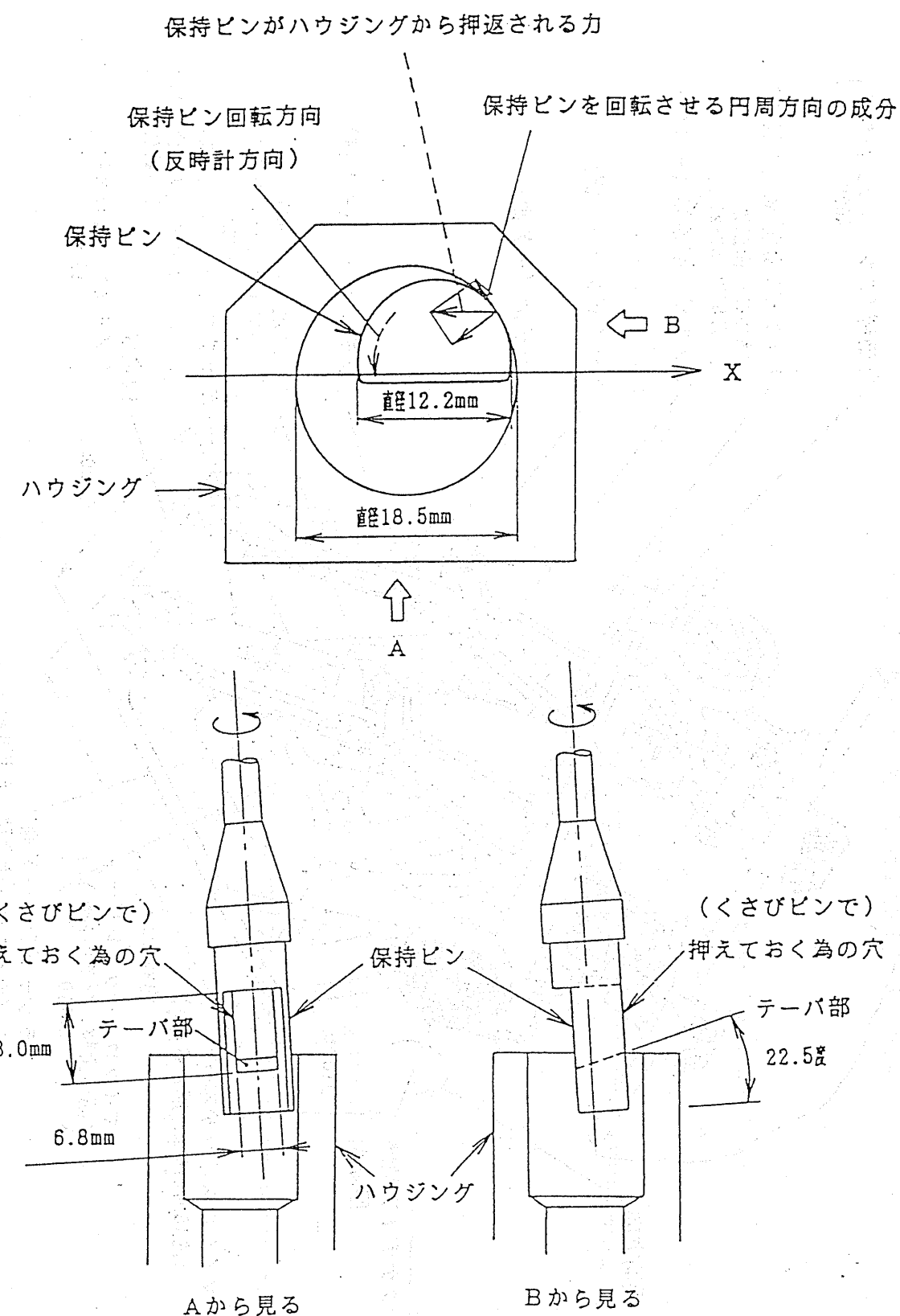


図7 保持ピン開放のメカニズム

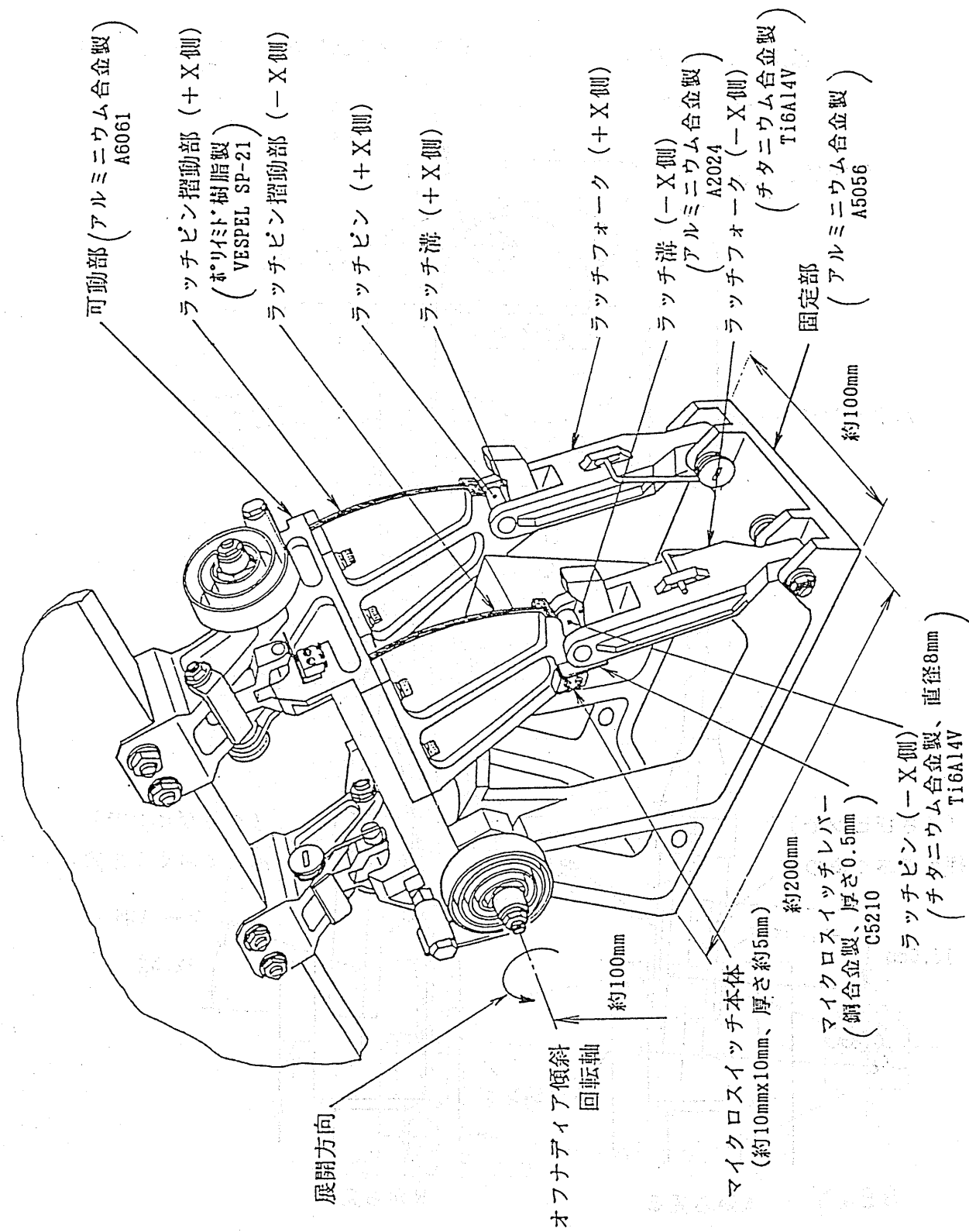


図8 センタヒンジのオフナディア展開部

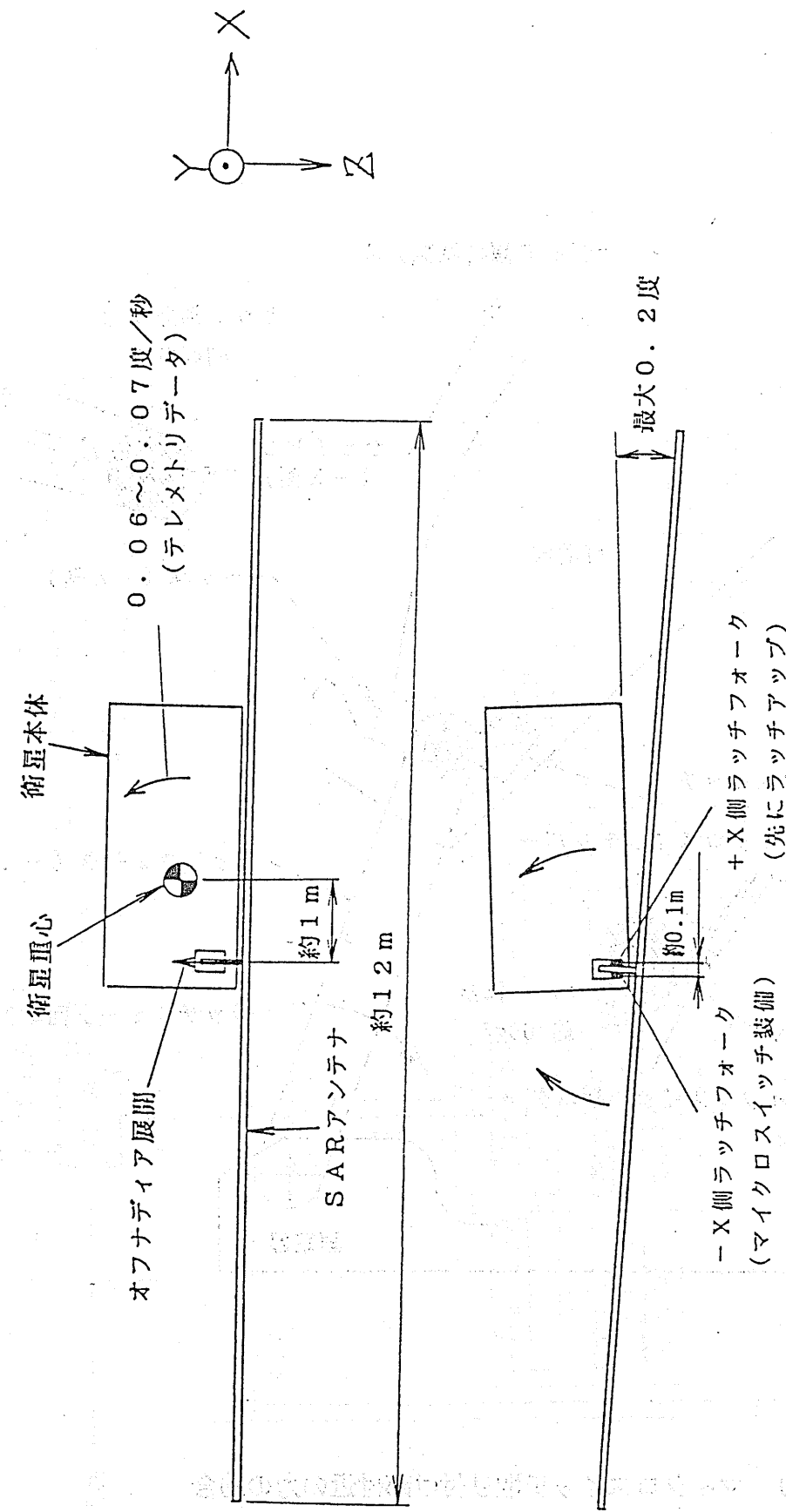


図9 ピッチ軸回りの相対回転発生メカニズム

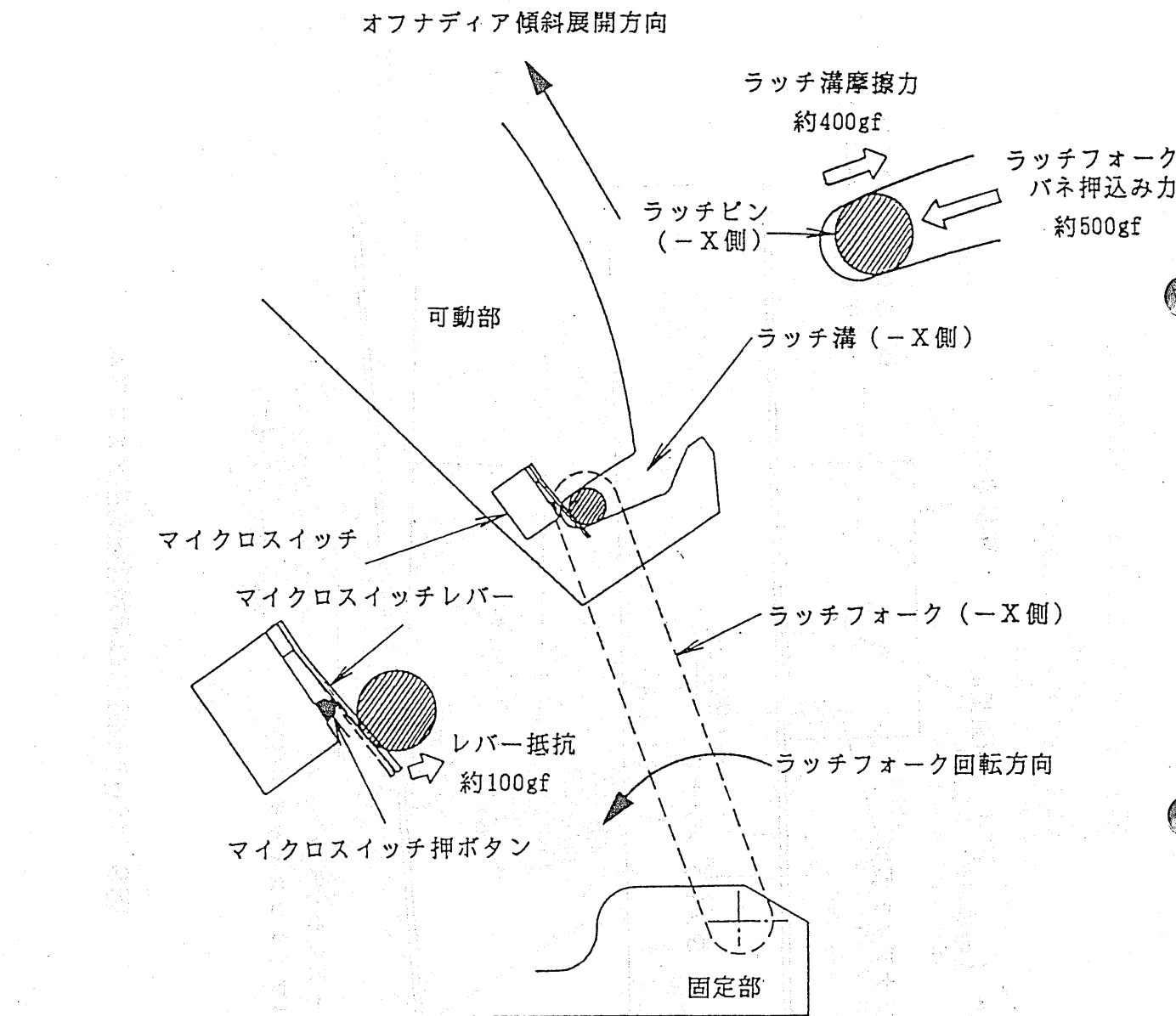


図10 マイクロスイッチ取り付け部付近の力の釣合

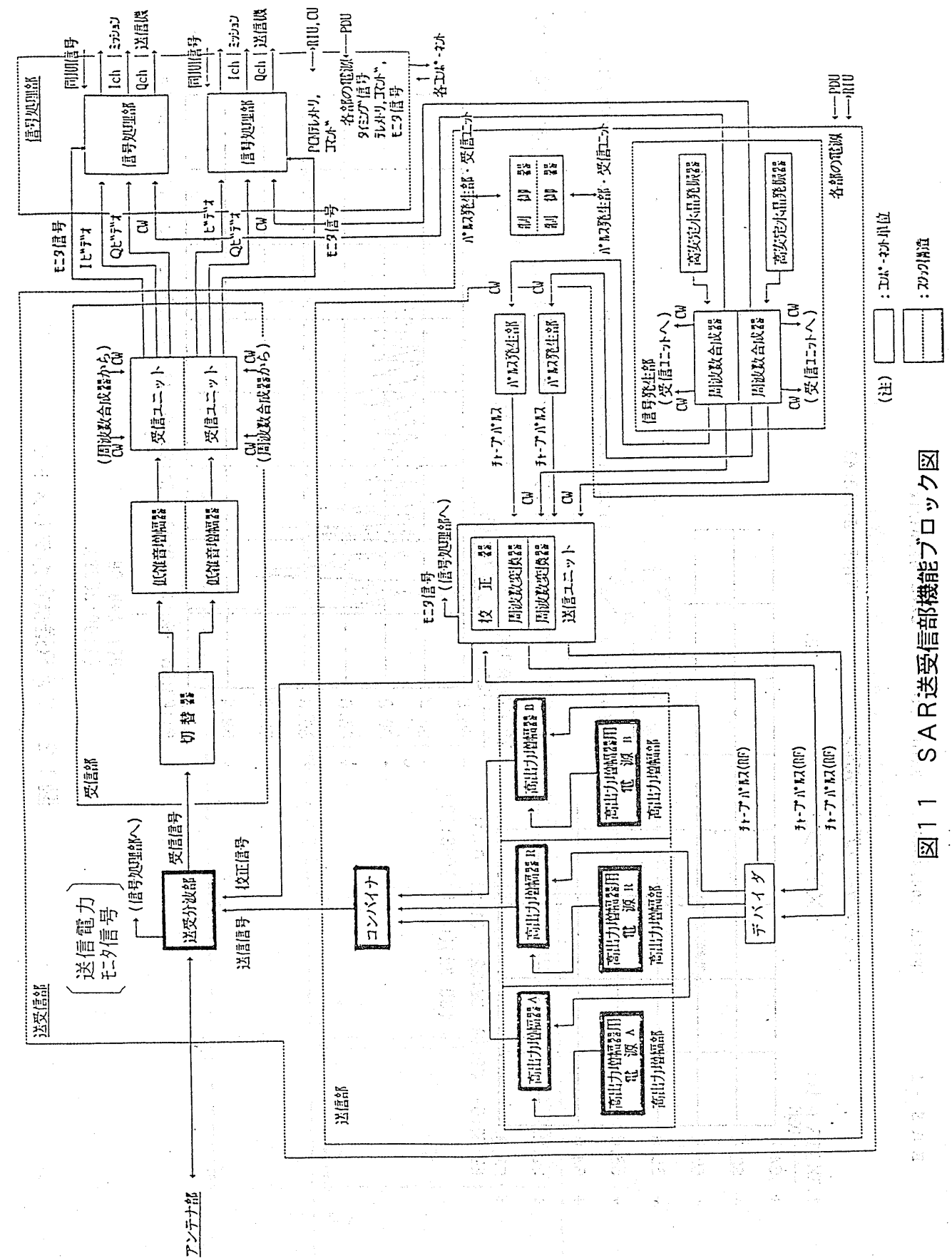


図11 SAR送受信機能ブロック図

<オフラインデータ処理>

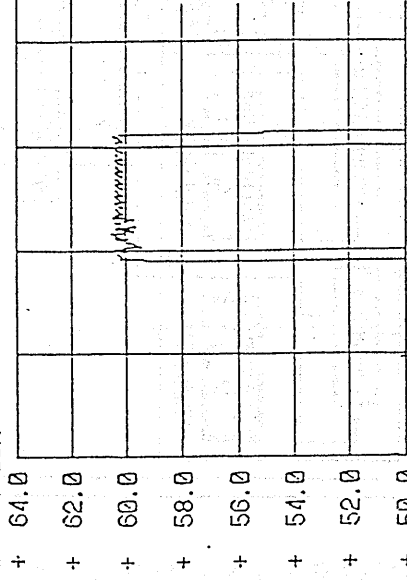
TIME 01:30:43

XYグラフ

2.

1. TX PWR A LUL

DBM



拡大

ERS-1

FILE 20414048

PATH 048

DATE 92/04/14

<オフラインデータ処理>

TIME 10:38:09

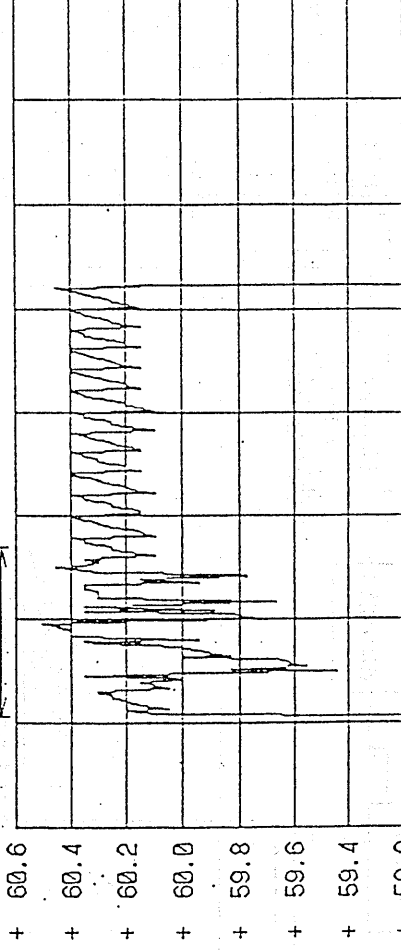
XYグラフ

2.

1. TX PWR A LUL

DBM

(00:32)(01:51)(03:10)



HPA A+B ON  
(1:00:25UT)

図12 SAR送信電力テレメトリ

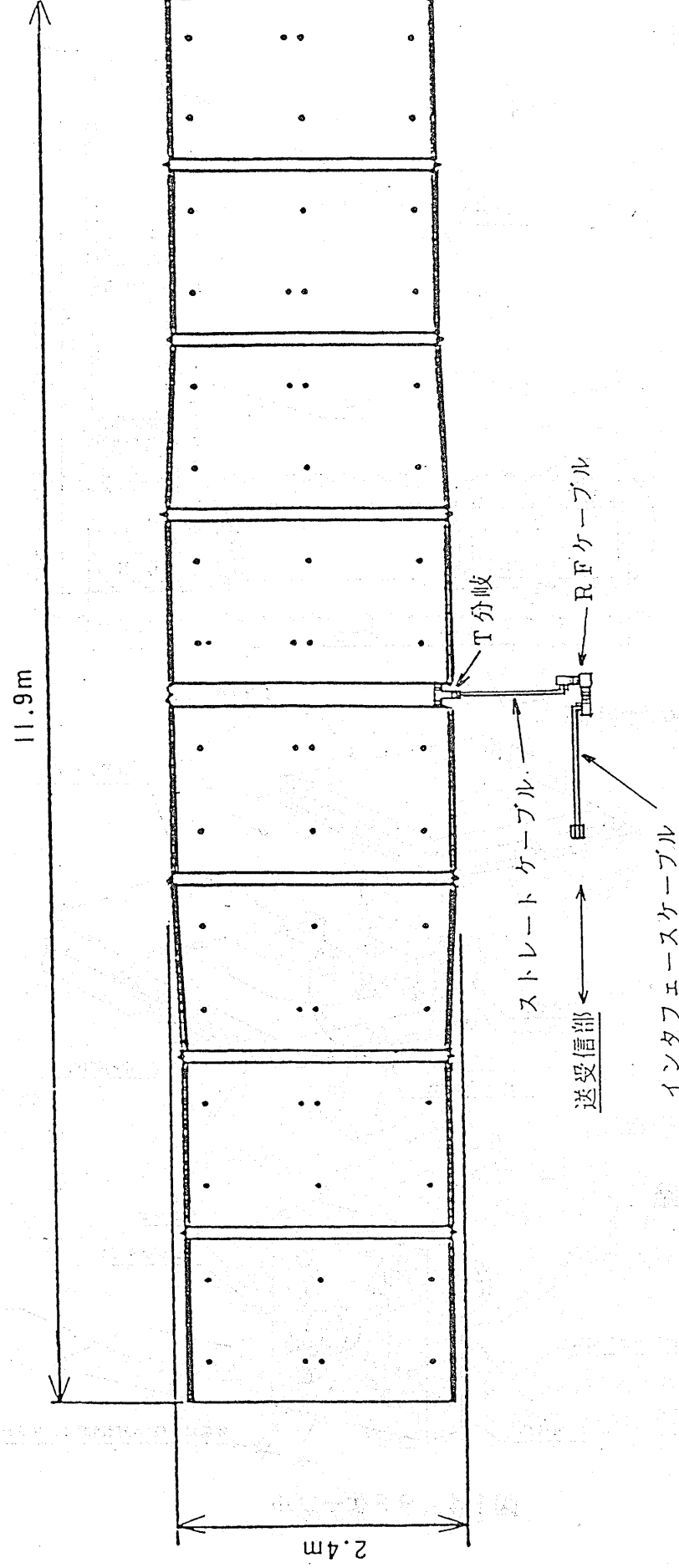
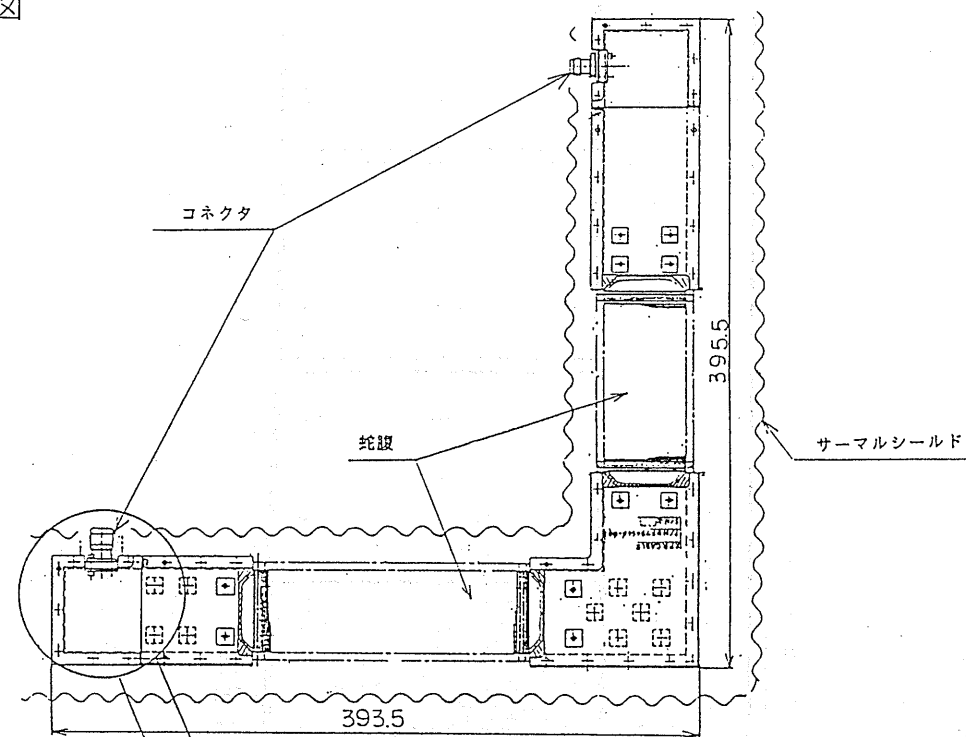
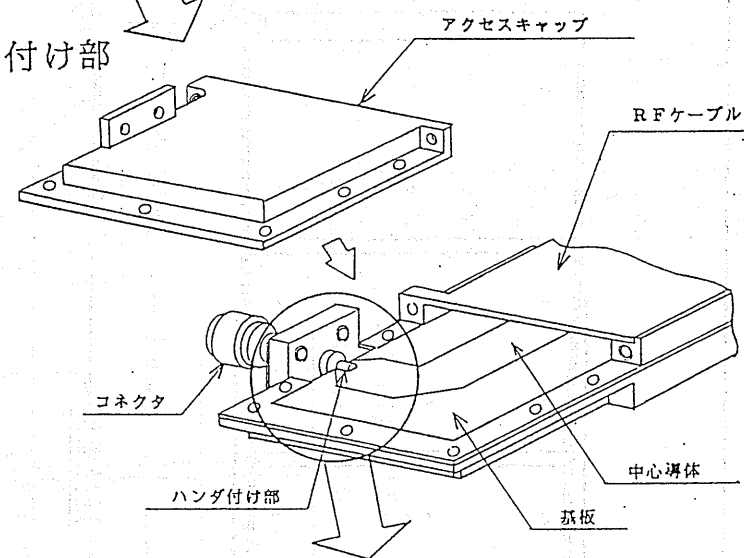


図13 SARアンテナ部機能ブロック図

(a) 外観図



(b) ハンダ付け部



(c) 放電路

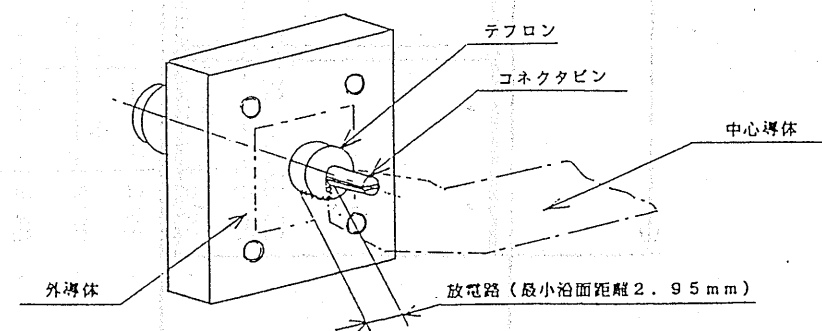
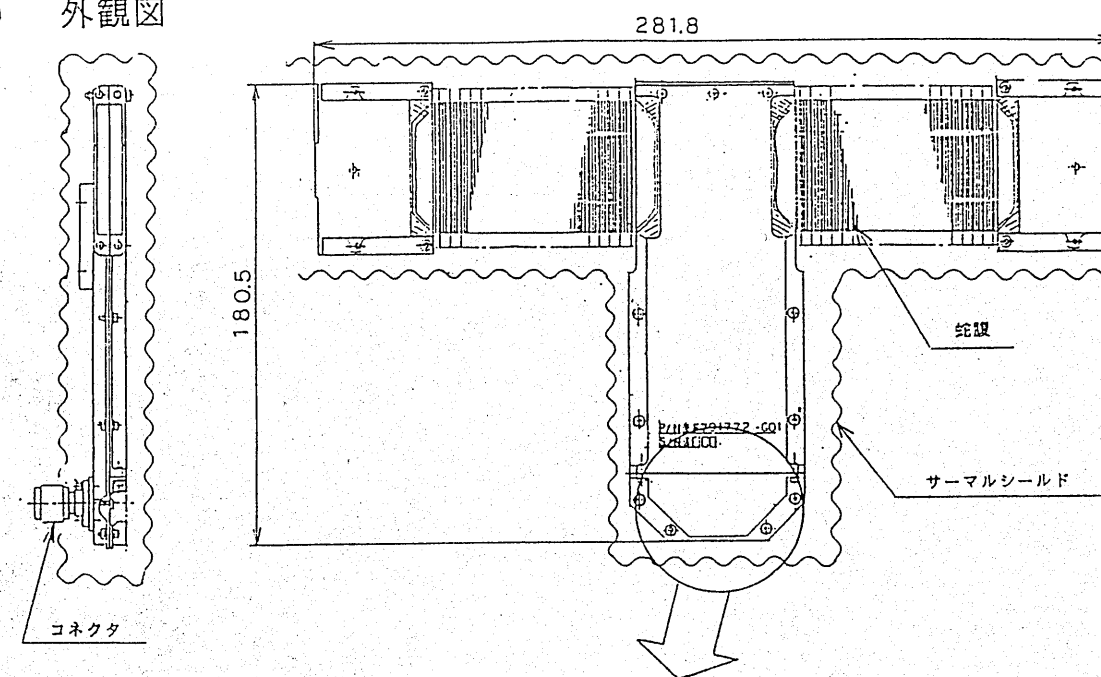
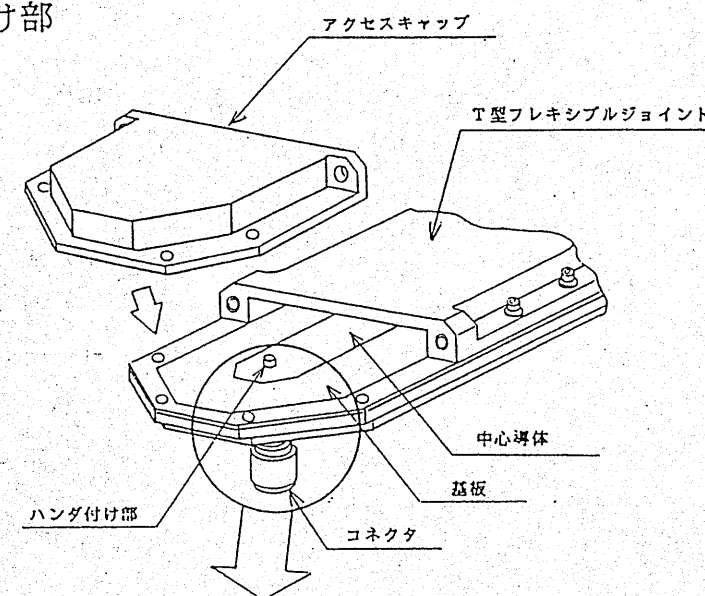


図14 RFケーブル

(a) 外観図



(b) ハンダ付け部



(c) 放電路

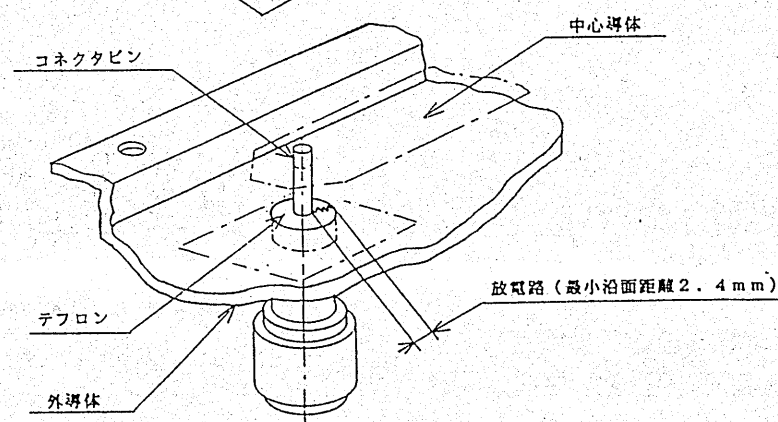
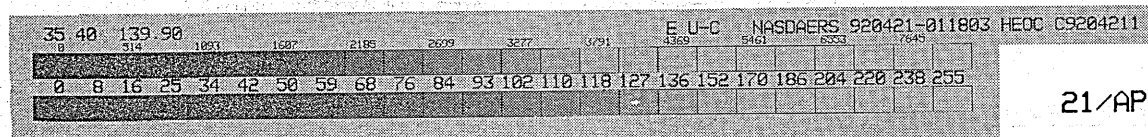


図15 T分岐

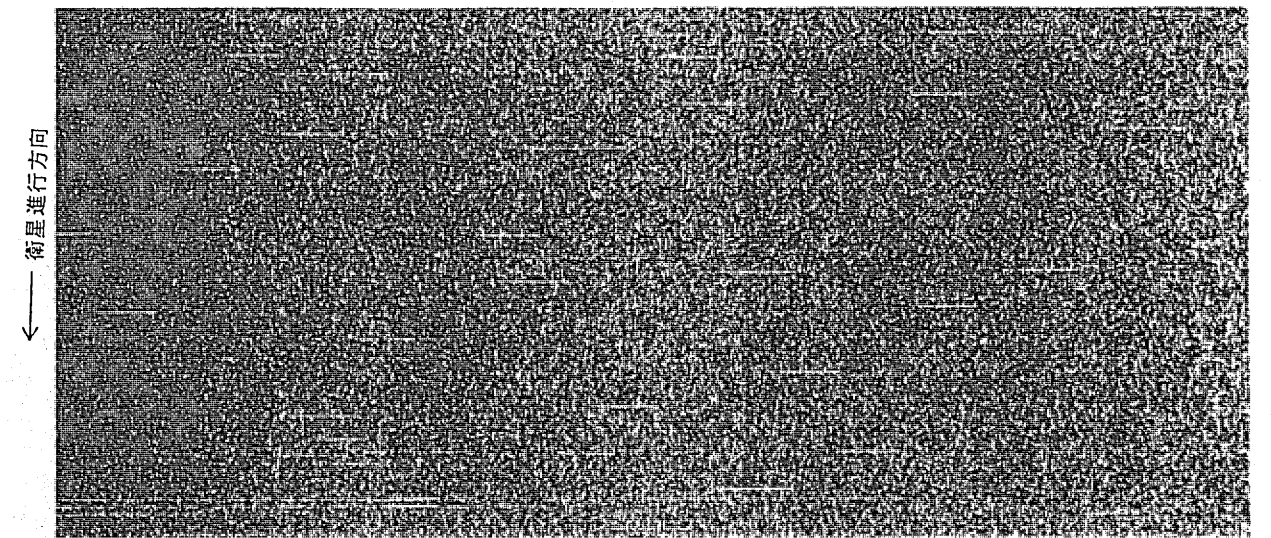


JERS-1 SAR 21/APR/92 D063-241 12.5 2.1



21/APR/92 TS01 R

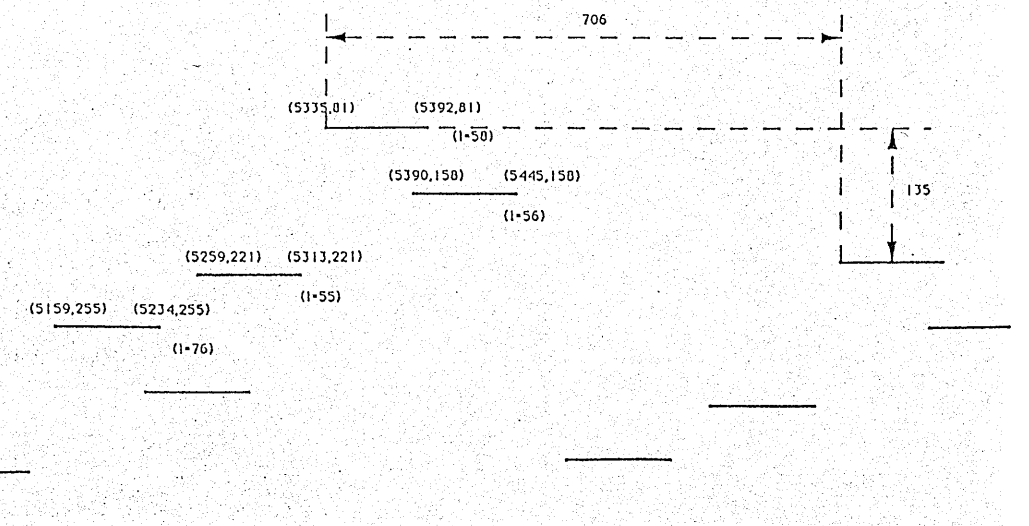
図16 東京地区における白い筋状のノイズ



衛星進行方向  
↓

(a) パルス状信号

衛星進行方向  
↓



(b) パルス状信号の部分拡大図

図17 生データの画像表示により認められたパルス状信号



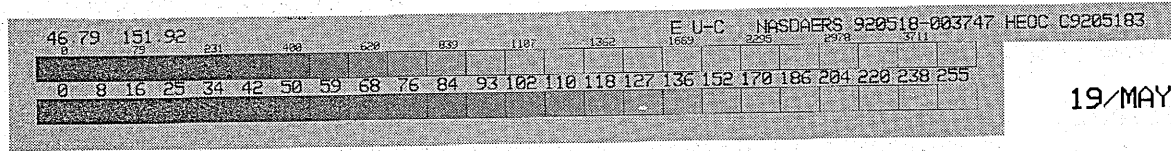


図18 千島列島のゴースト状の影

状況；8/31～9/2，EOCにおいて下記の事項が確認された。

- ① SARの送信機系運用におけるアジマスアンテナパターンが悪い。
- ② 1系運用のアジマスアンテナパターンは工場内測定値に近い。

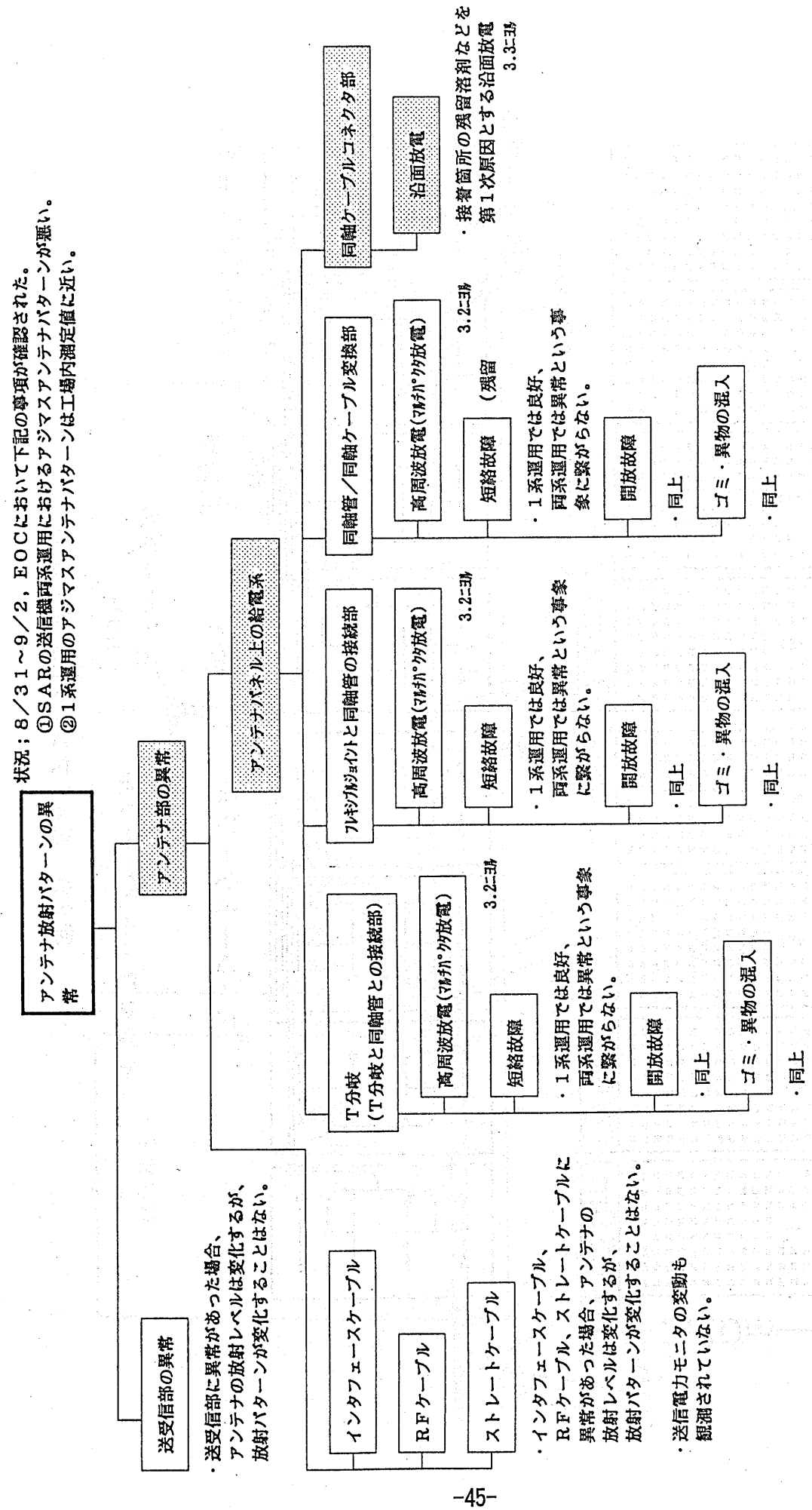


図19 アンテナ放射パターン異常のF T A

；該當箇所あるいは原因の可能性なし。

；該当箇所あるいは原因の可能性あり。

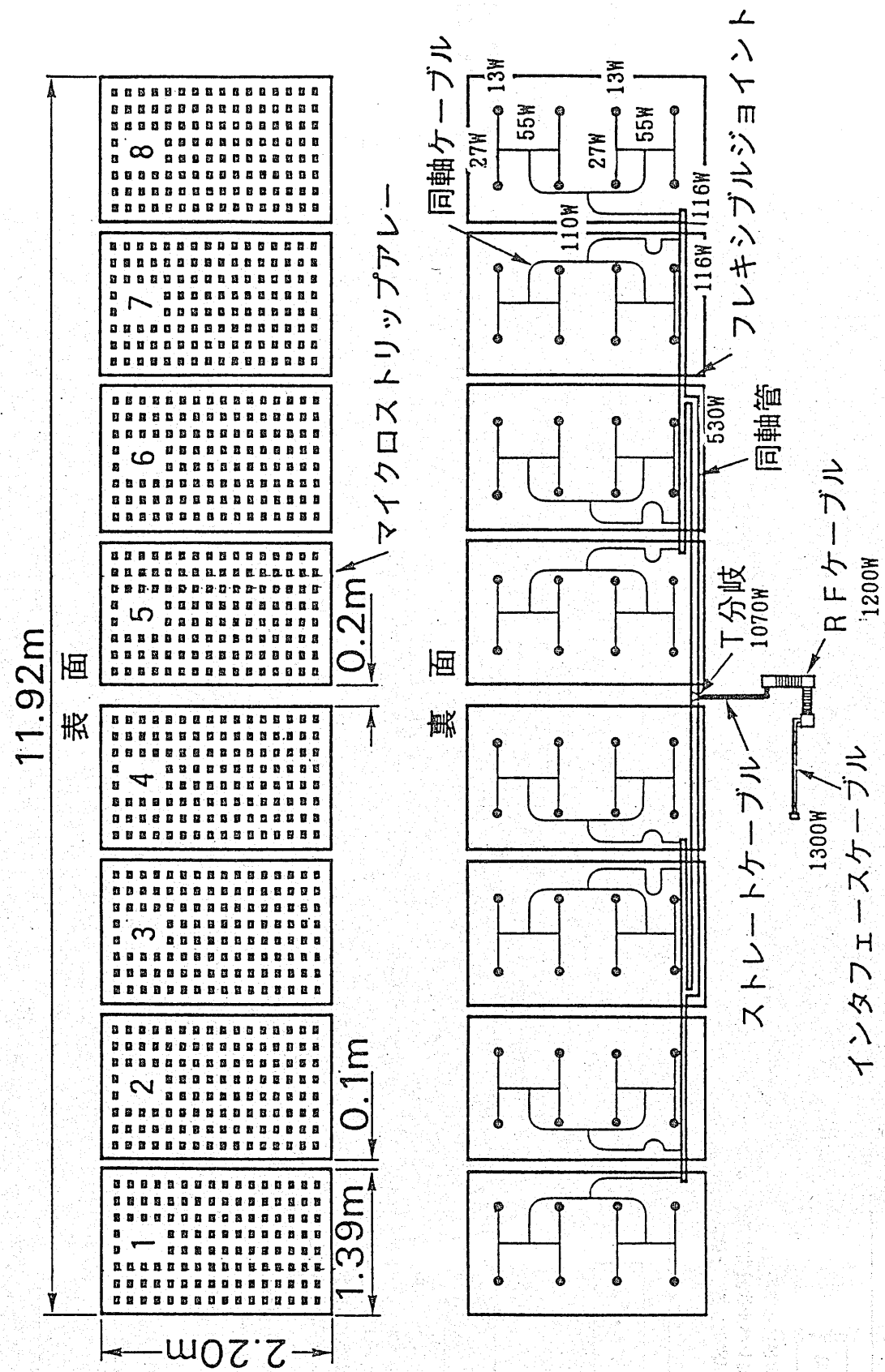


図20 SARアンテナ給電ダイヤグラム

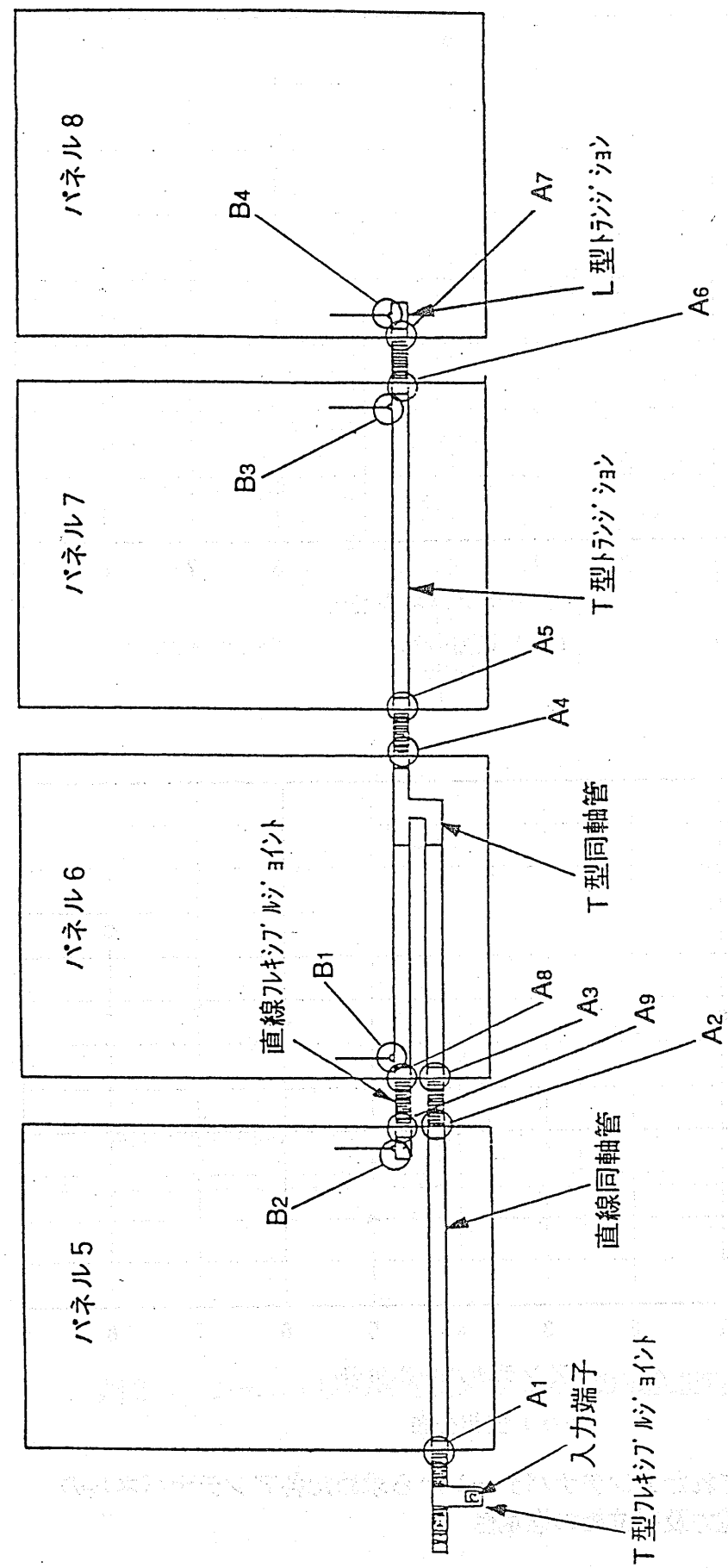


図21 SARアンテナ同軸管給電回路

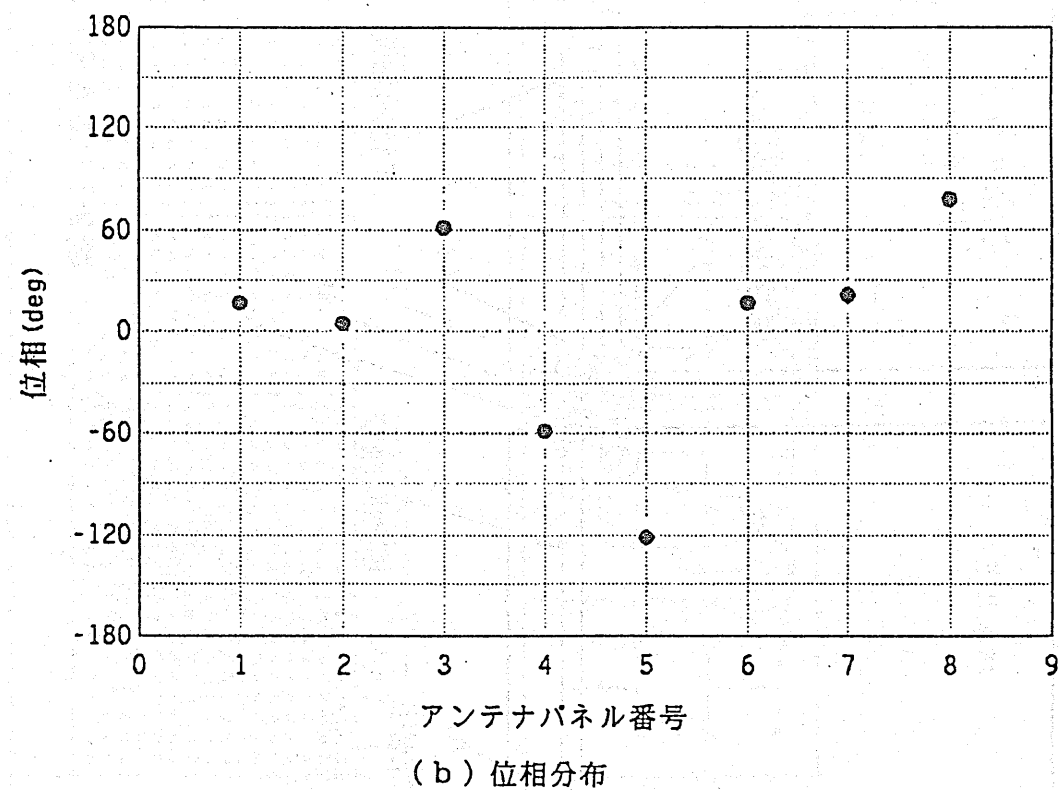
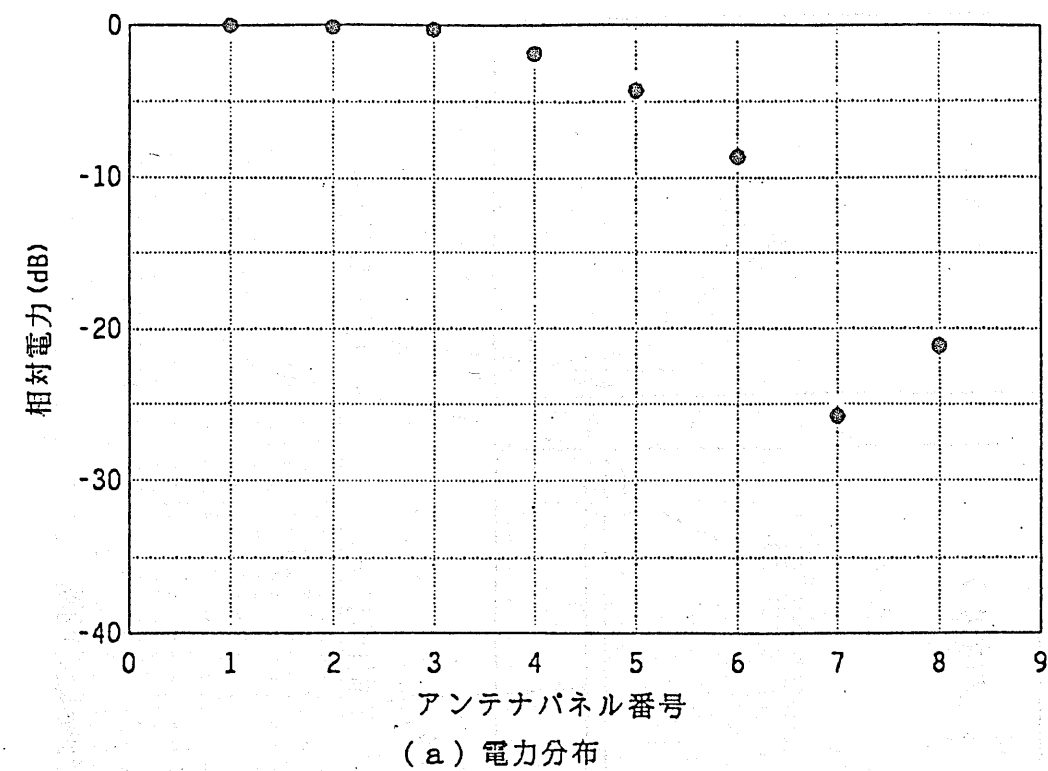


図22 観測されたアンテナパターンから求めた各アンテナパネルの放射電力及び位相の推定値

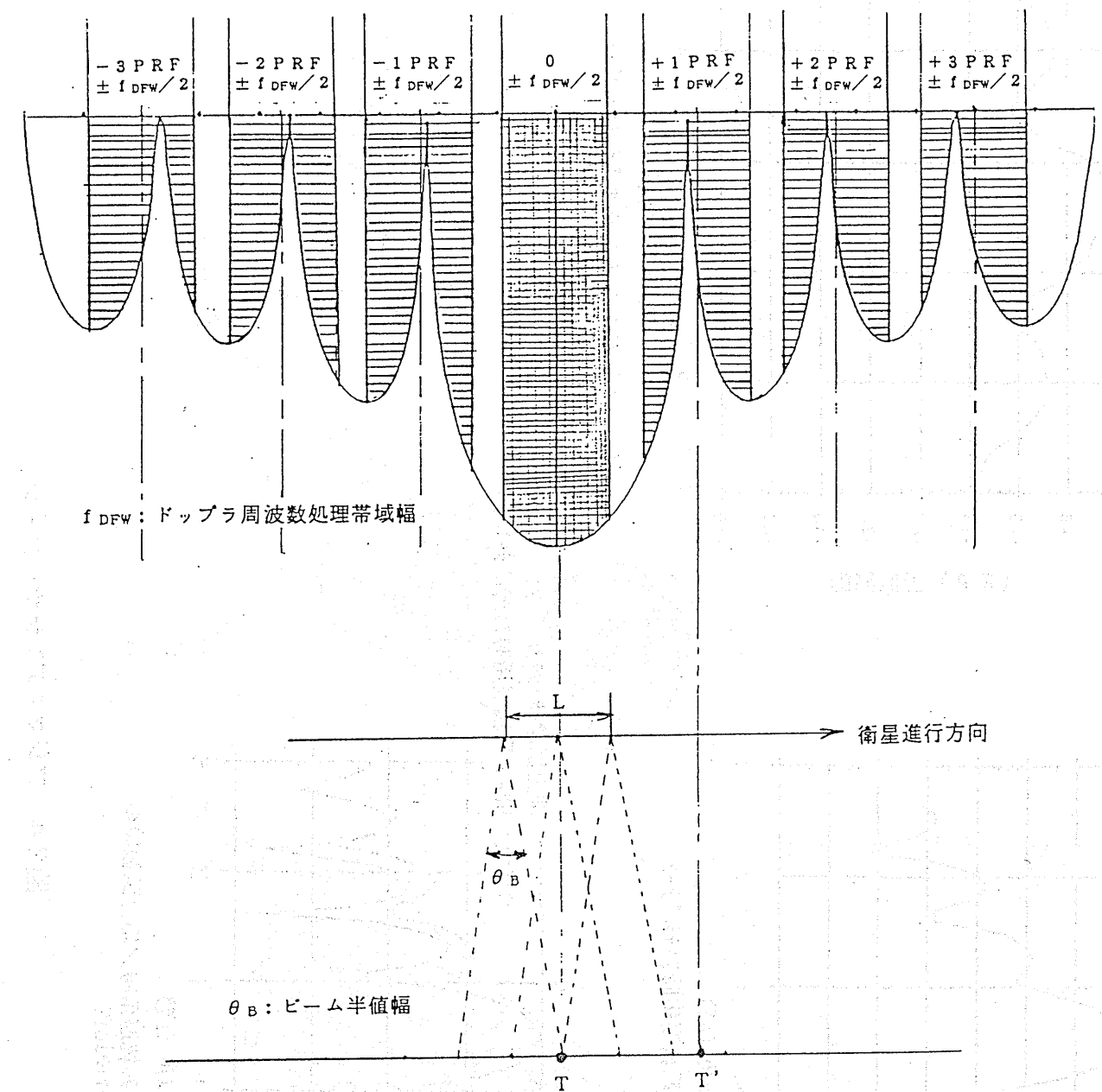


図23 ゴースト状の影発生メカニズムの概念説明図

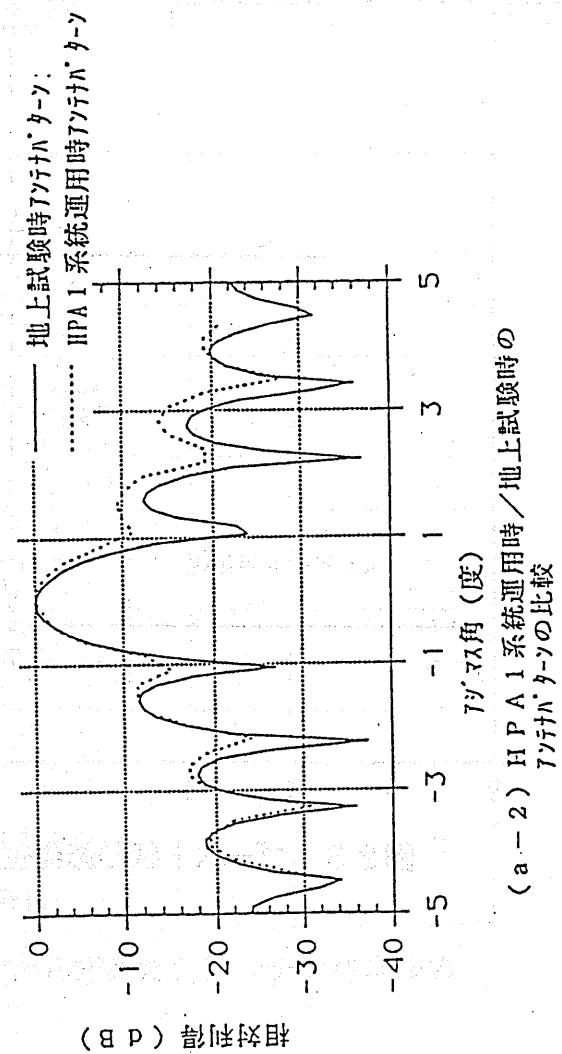
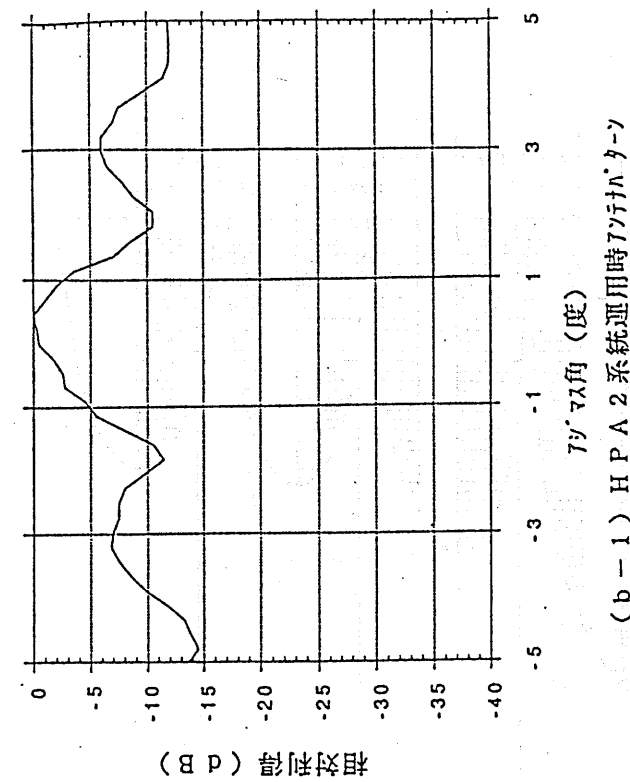


図24 アジマスアンテナパターン

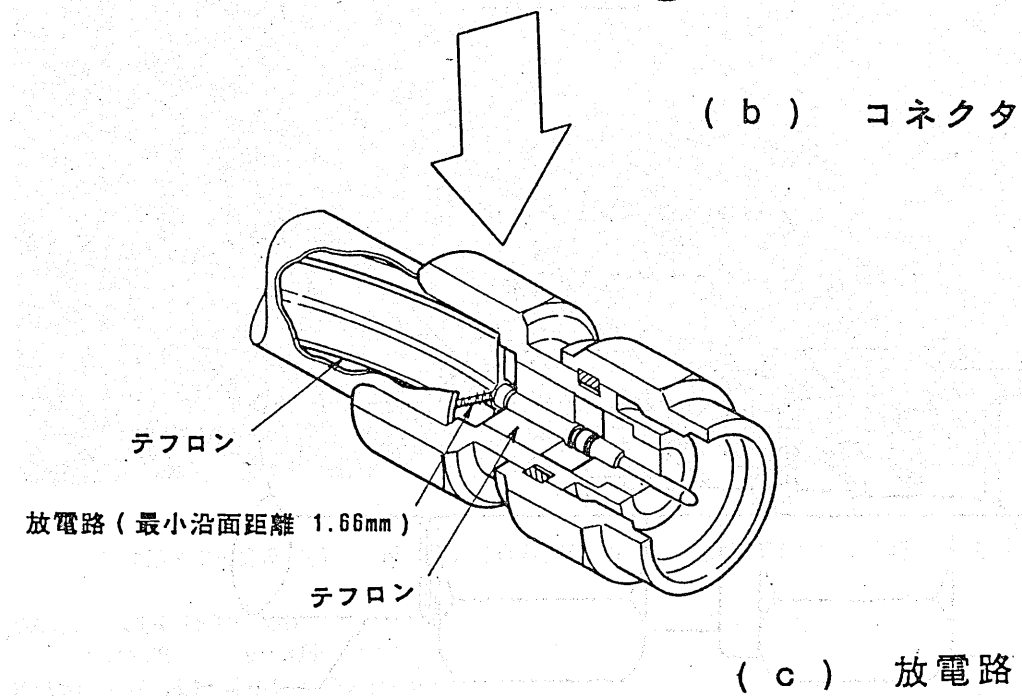
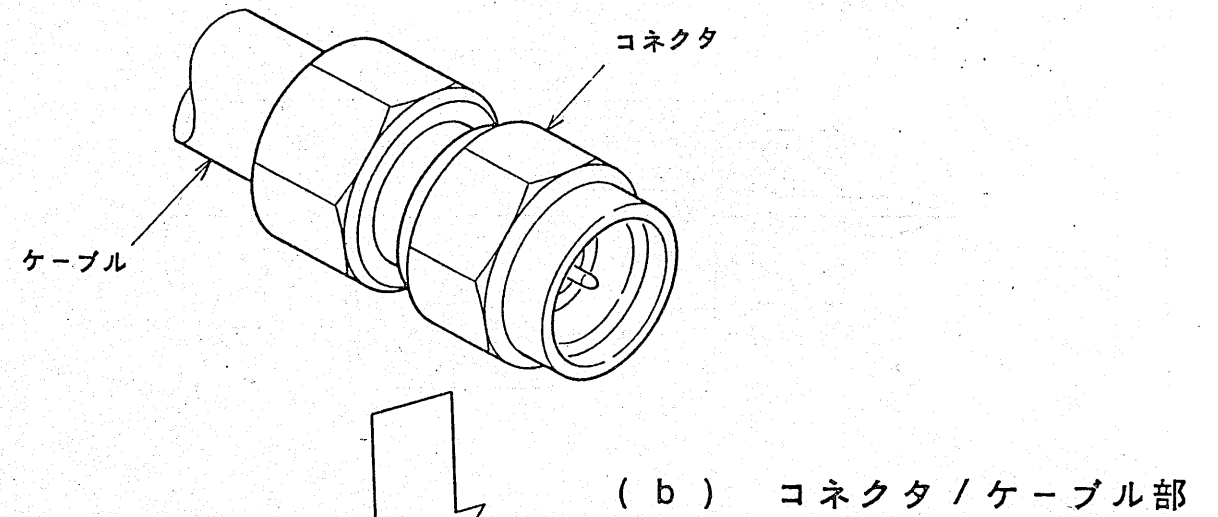
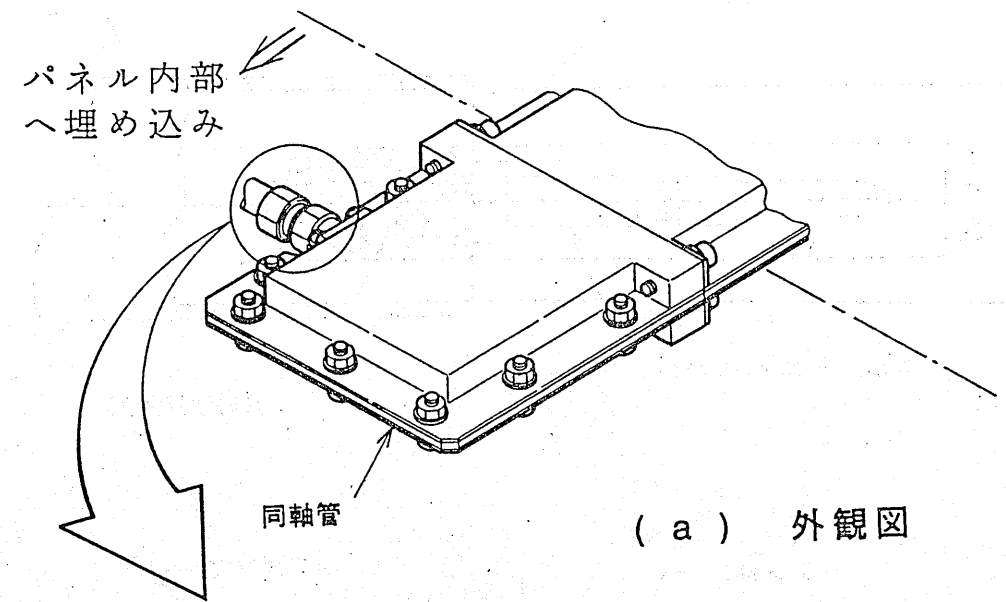
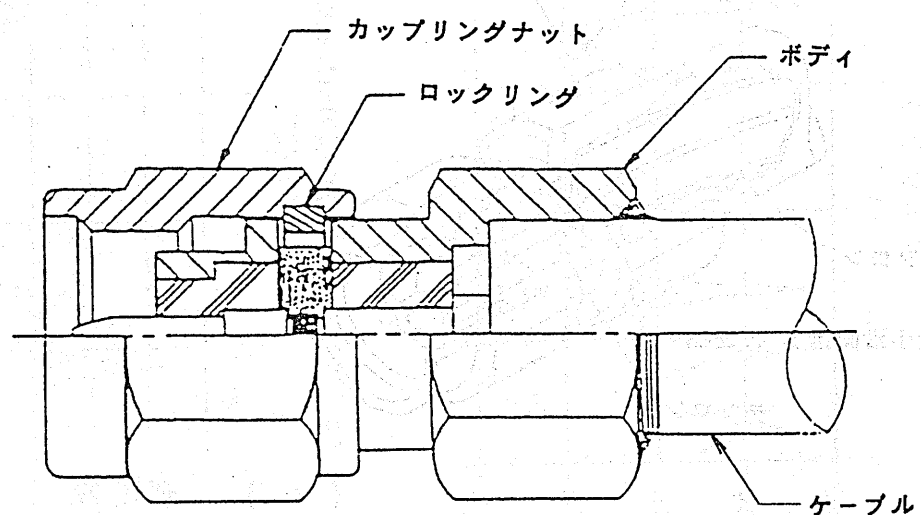
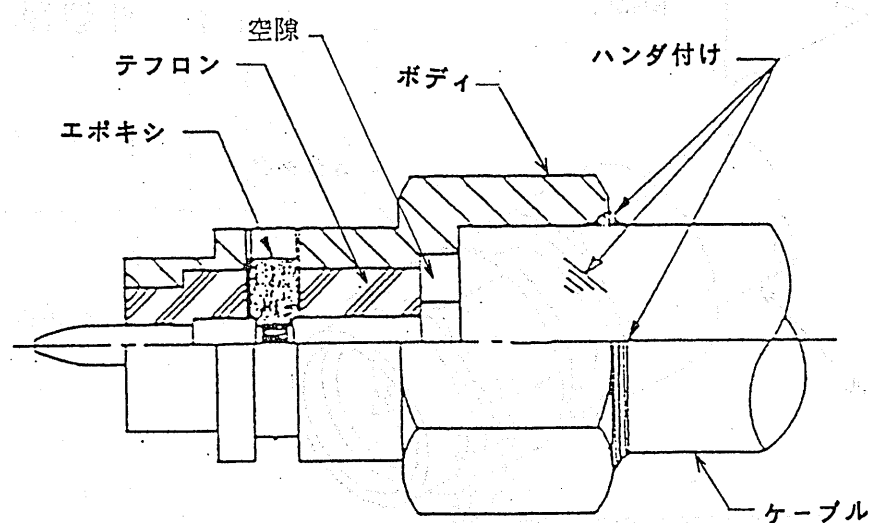
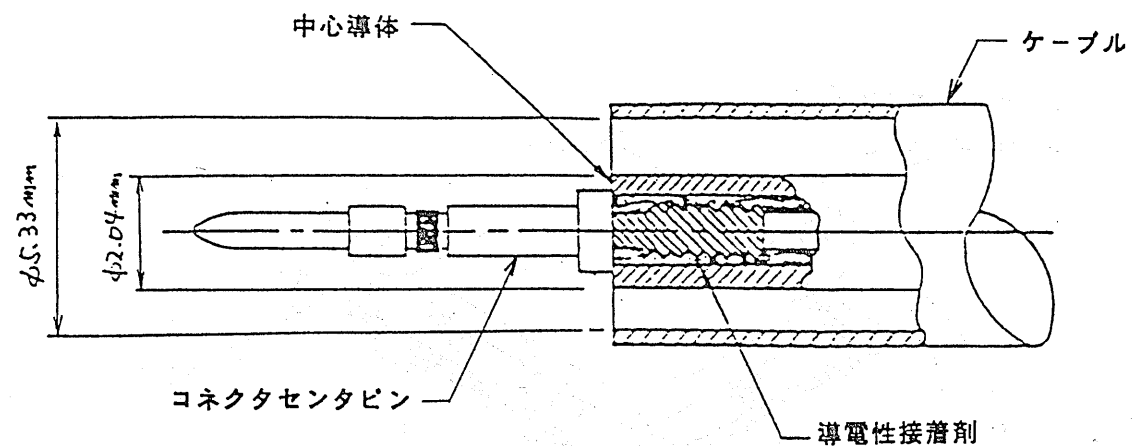


図25 ケーブル/コネクタ (1/2)





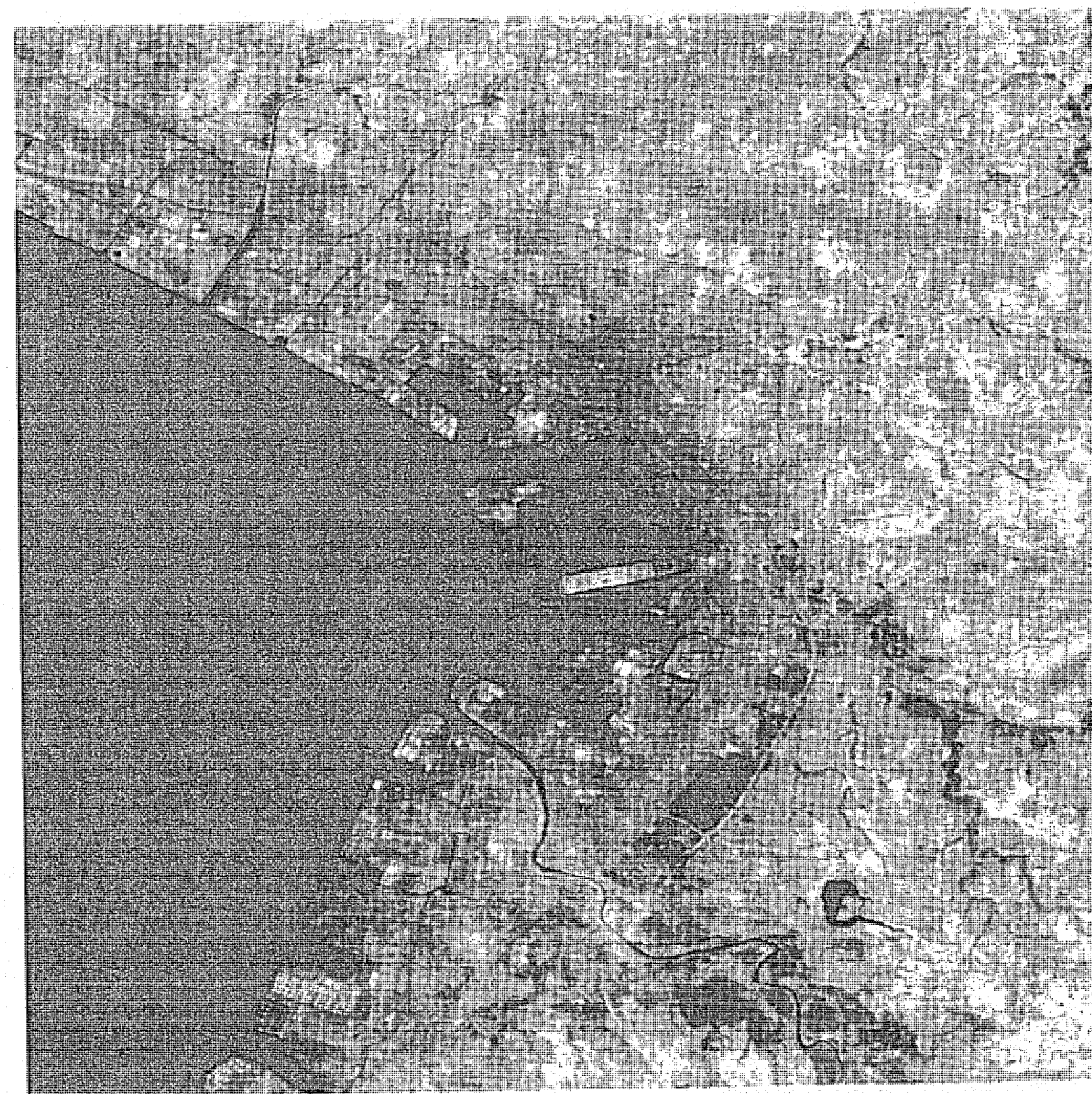
(d) 各部詳細図

図26 ケーブル/コネクタ (2/2)

JERS-1 OPS  
P063 R241

千葉港

VNIR Level 0  
BAND 3



衛星進行方向  
↓

C N35-30/E140-23 N N35-30/E140-16 SUN EL64 A143 E-10078-01345

DATA ACQUISITION

DATE : 29 APR 1992

FILM PROCESSING : NO.H0025

DATE : 11 JUN 1992

画面サイズ (タテ×ヨコ) : 25 Km×19 Km

図27 OPS VNIR画像

JERS-1 OPS  
P063 R241

千葉港

VNIR Level 0  
BAND 3



衛星進行方向  
↓

C N35-30/E140-23 N N35-30/E140-16 SUN EL64 A143 E-10078-01345

DATA ACQUISITION

DATE : 29 APR 1992

FILM PROCESSING : NO.H0026

DATE : 11 JUN 1992

画面サイズ (タテ×ヨコ) : 6.3 Km×4.8 Km

図28 OPS VNIR画像 (拡大)

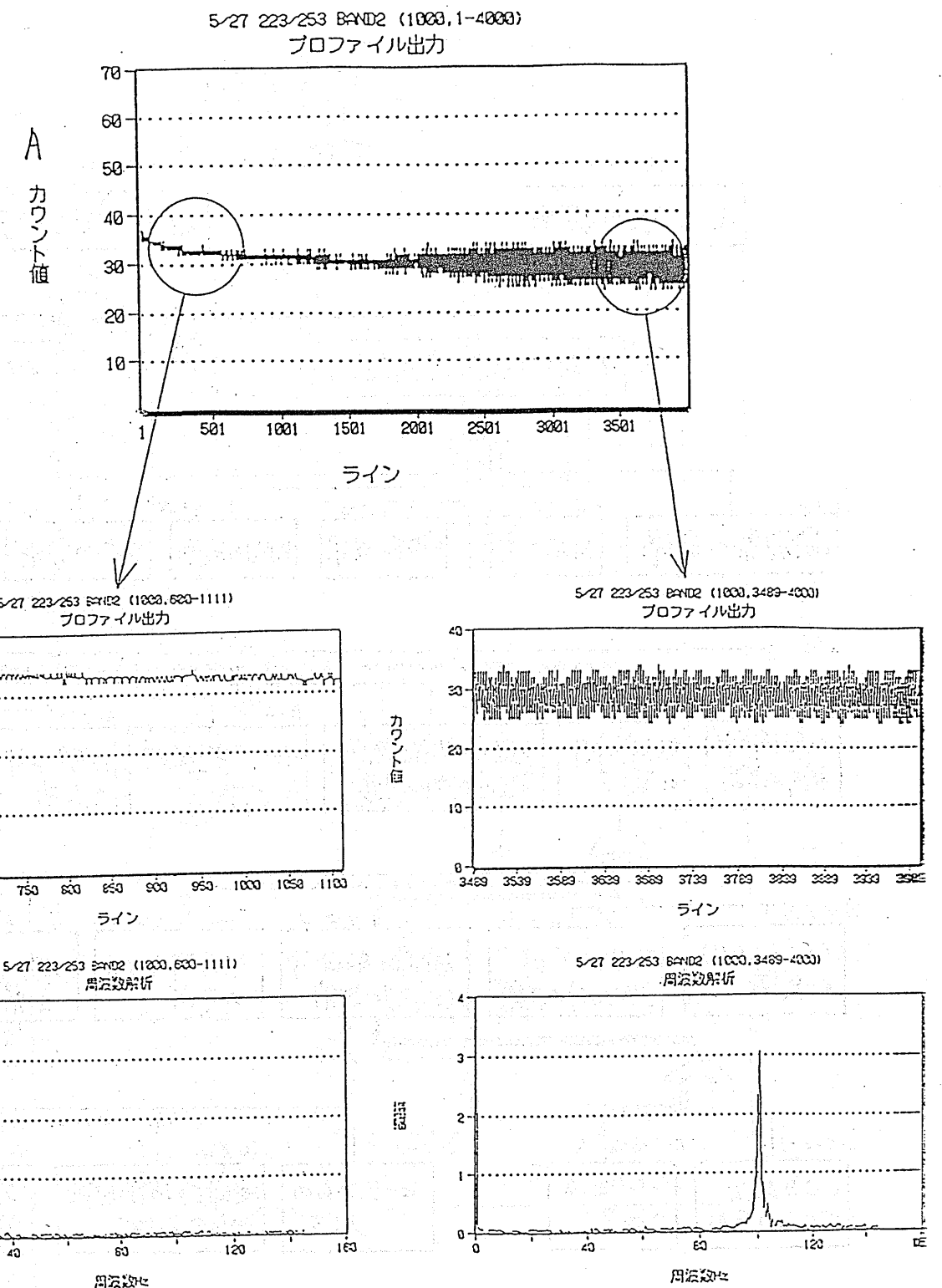


図29 ハイゲインモードで撮像した画像のプロファイル  
と周波数解析結果



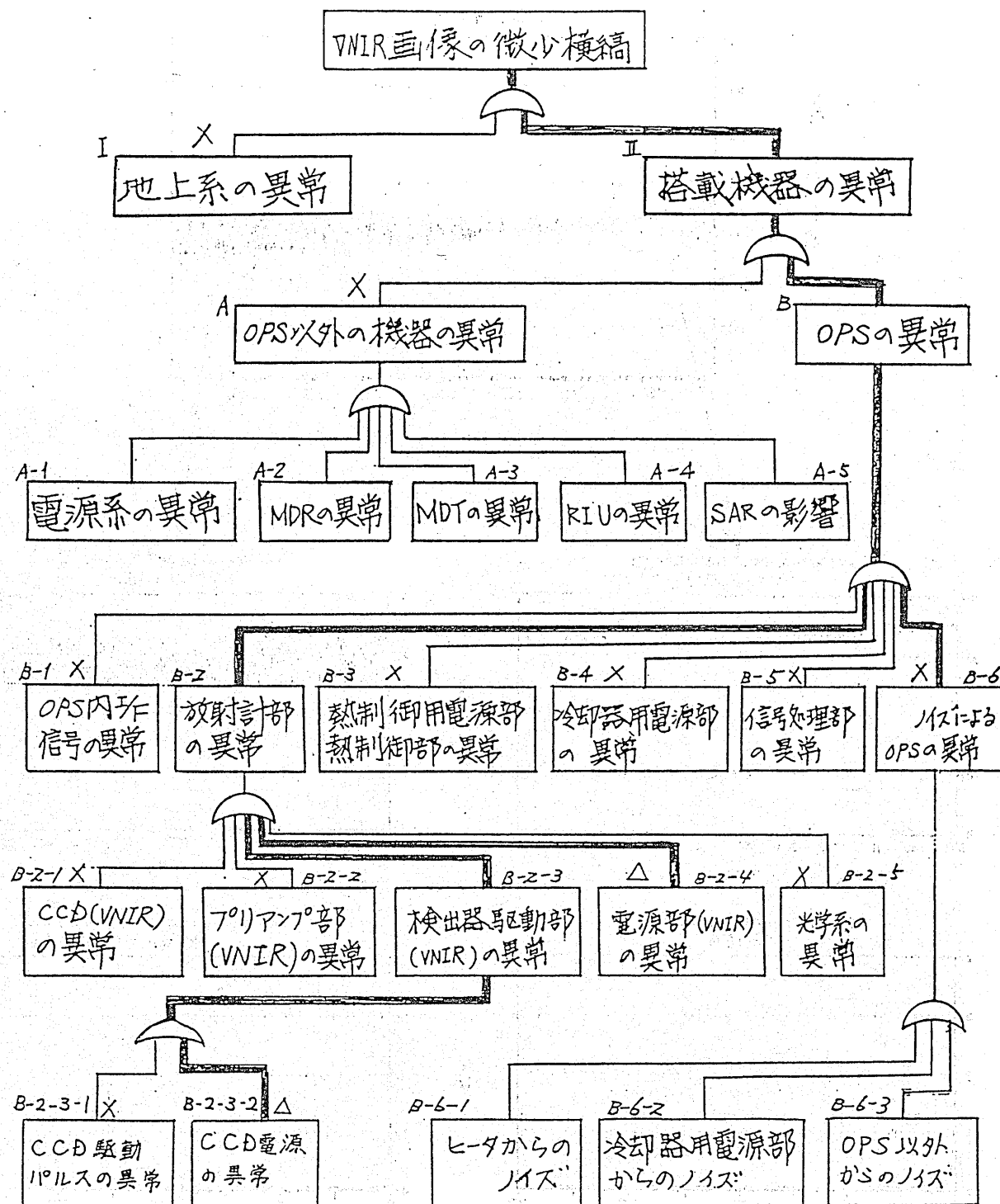


図30 VNIR画像についてのFTA検討結果

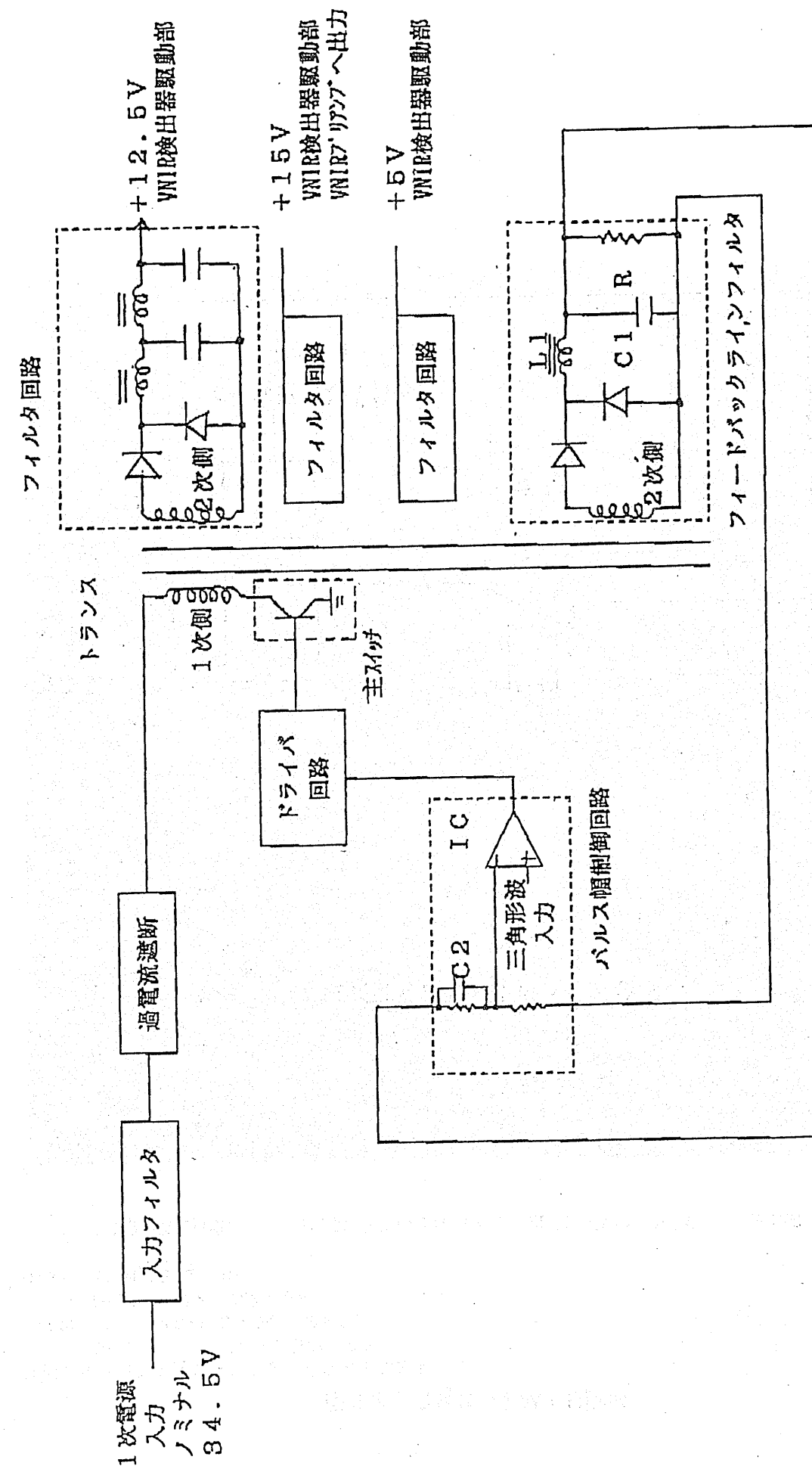


図31 VNIR電源部構成図

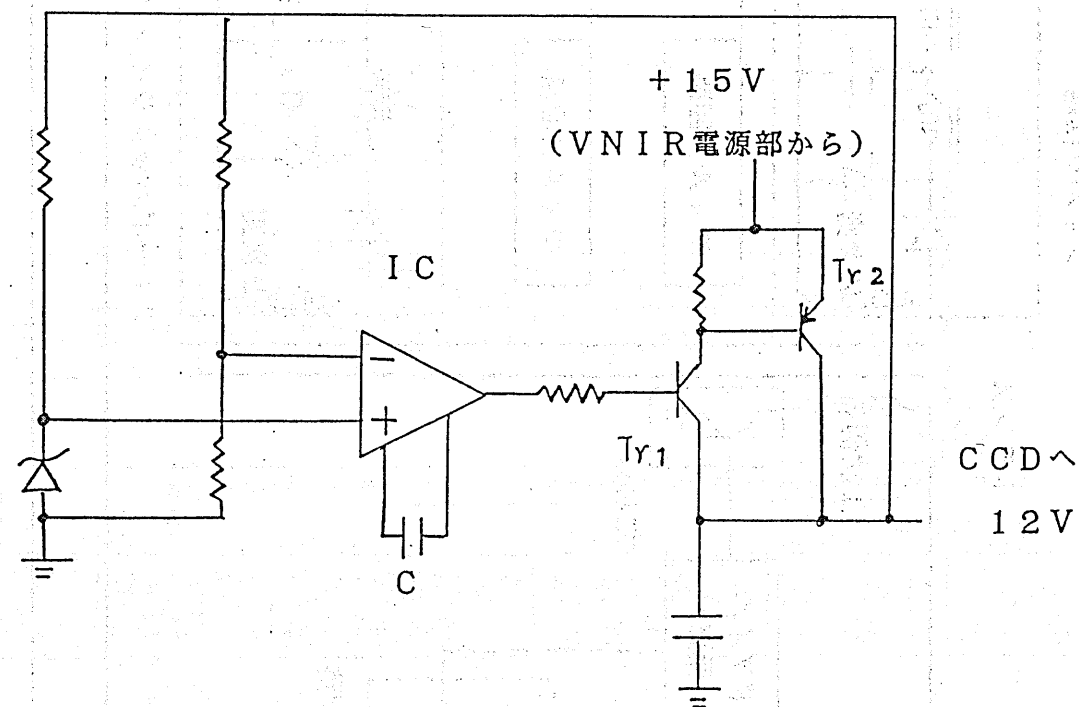


図32 VNIR検出器駆動部

JERS-1 OPS  
P063 R241

千葉港

SWIR Level 0  
BAND 6



衛星進行方向  
↓

C N35-30/E140-23 N N35-30/E140-16 SUN EL64 A143 E-10078-01345

DATA ACQUISITION

DATE : 29 APR 1992

FILM PROCESSING : NO.H0027

DATE : 11 JUN 1992

画面サイズ (タテ×ヨコ) : 25 Km×19 Km

図33 OPS SWIR画像



JERS-1 OPS  
P063 R241

千葉港

SWIR Level 0  
BAND 6



衛星進行方向  
↓

C N35-30/E140-23 N N35-30/E140-16 SUN EL64 A143 E-10078-01345

DATA ACQUISITION

DATE : 29 APR 1992

FILM PROCESSING : NO.H0028

DATE : 11 JUN 1992

画面サイズ (タテ×ヨコ) : 6.3 Km×4.8 Km

図34 OPS SWIR画像 (拡大)

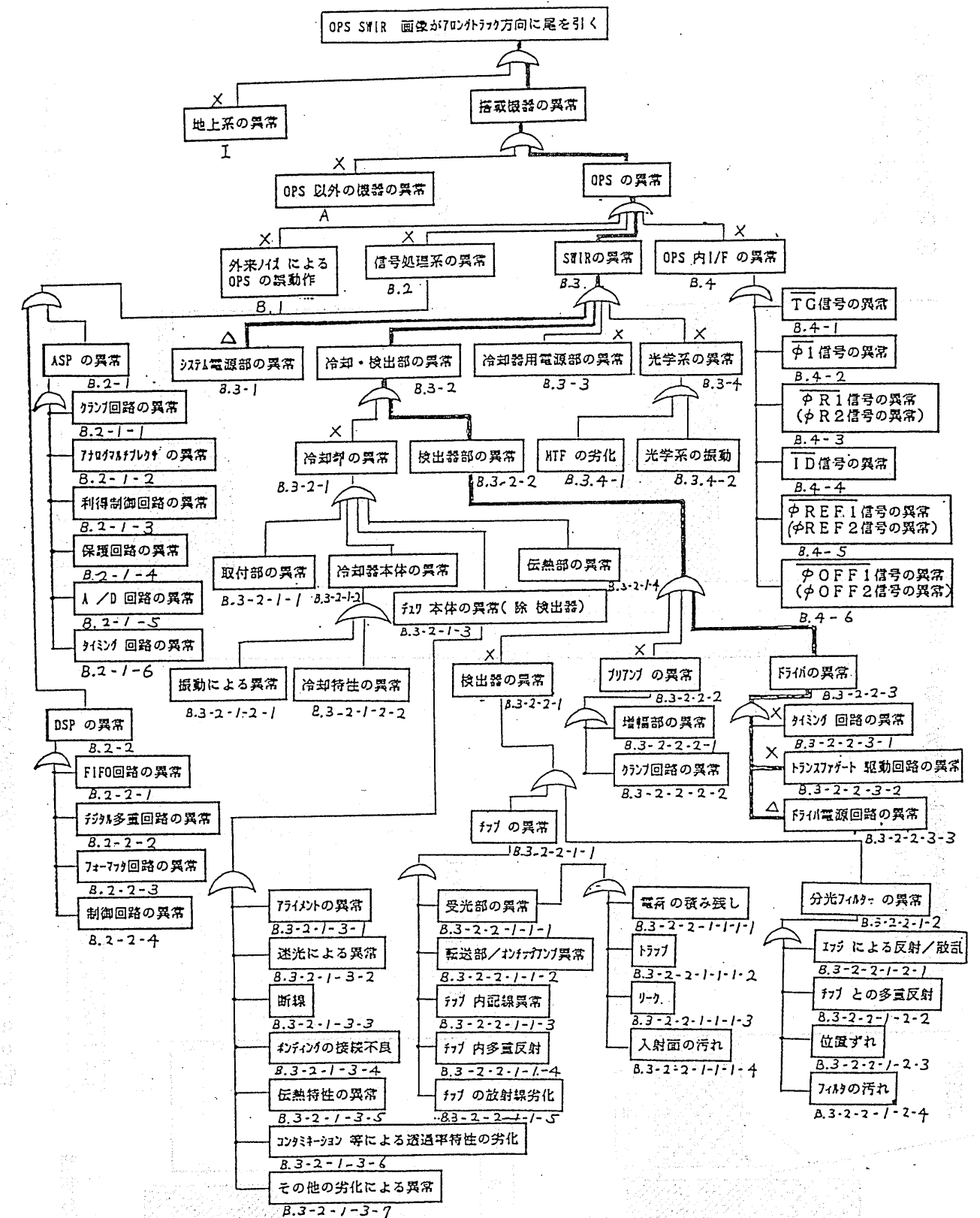
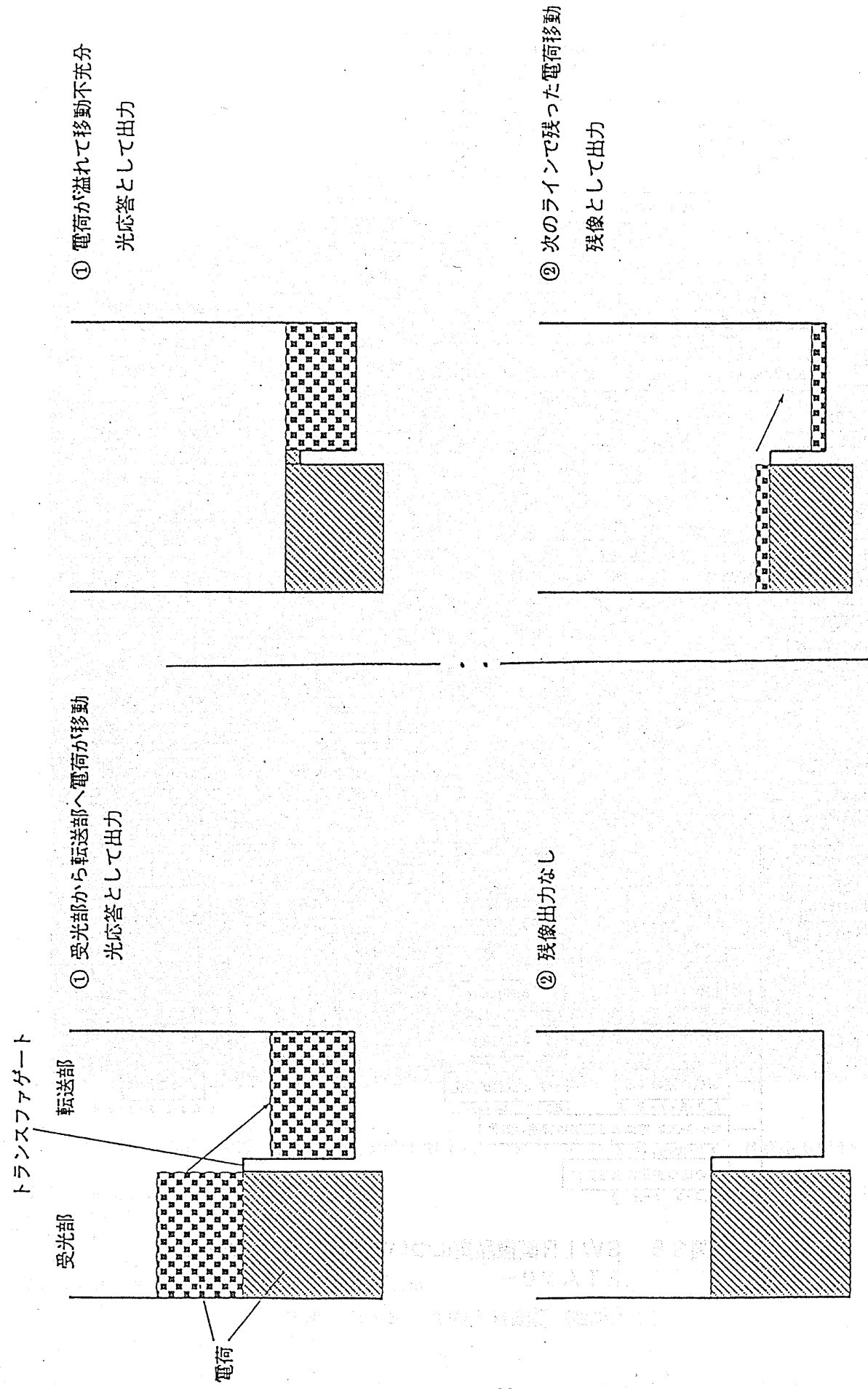


図35 SWIR画像品質について 原因究明のための FTAツリー





( a ) 正常な状態

( b ) トランスファゲート駆動波形レベルが異常のとき

図 36 CCD 受光部／転送部のポテンシャル図

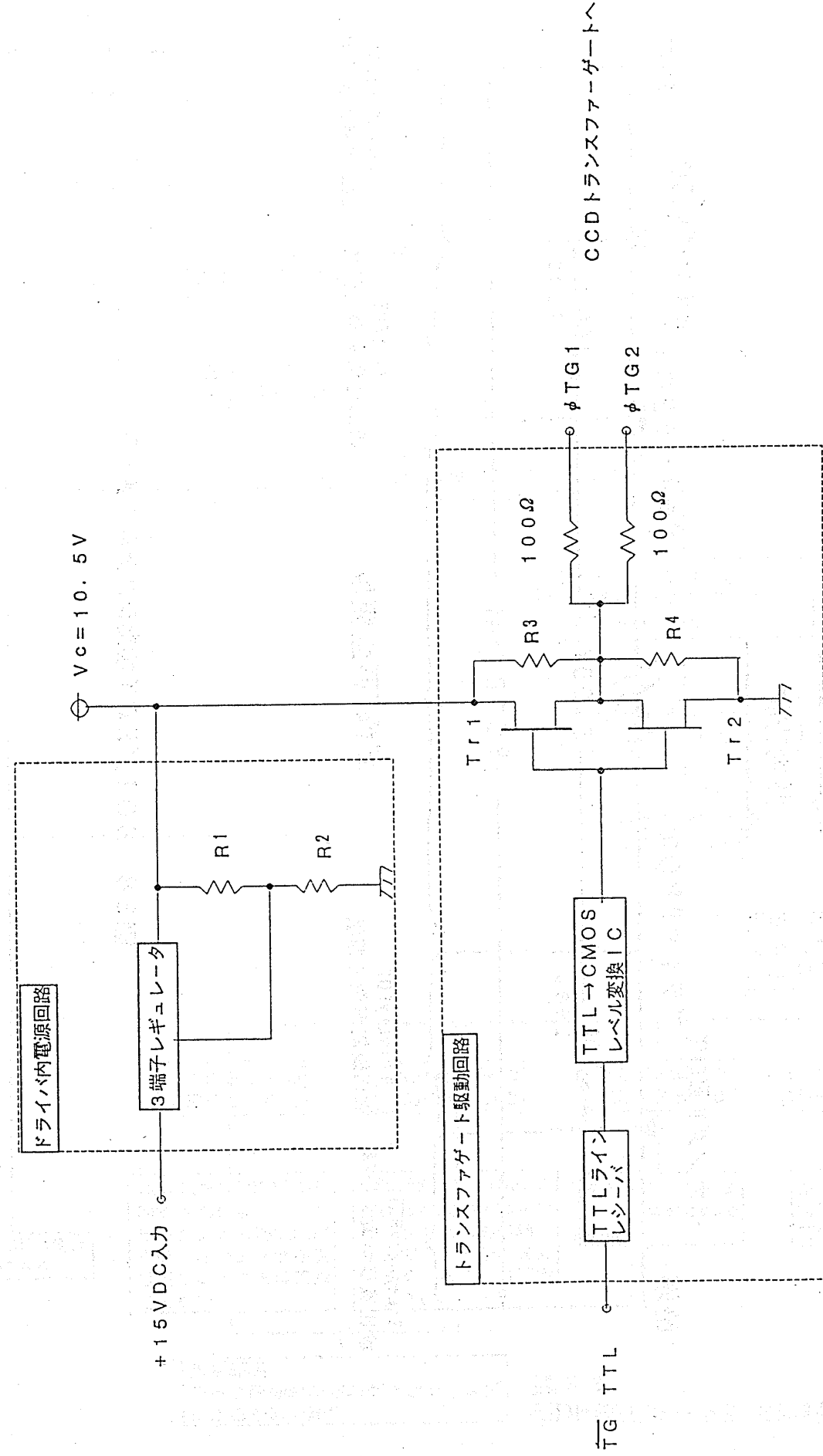


図 37 SWIR 検出器ドライバ

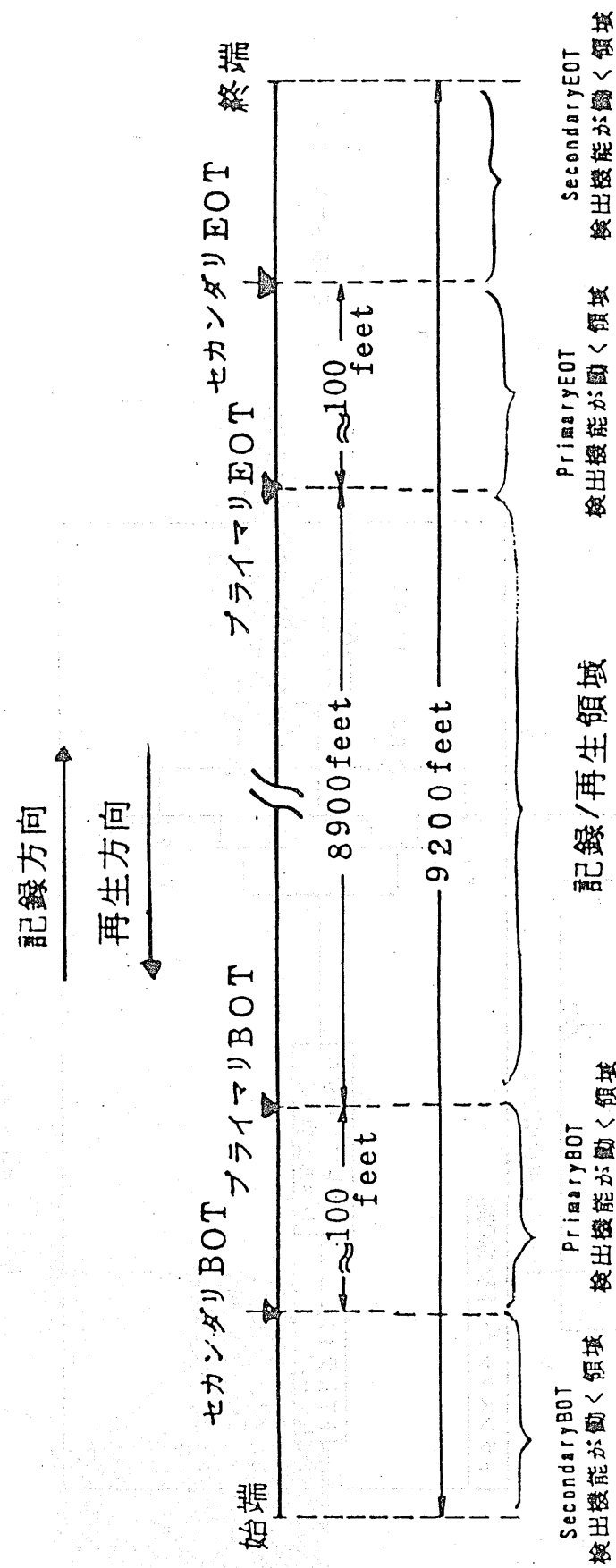


図38 BOT/EOT検出システムイメージ

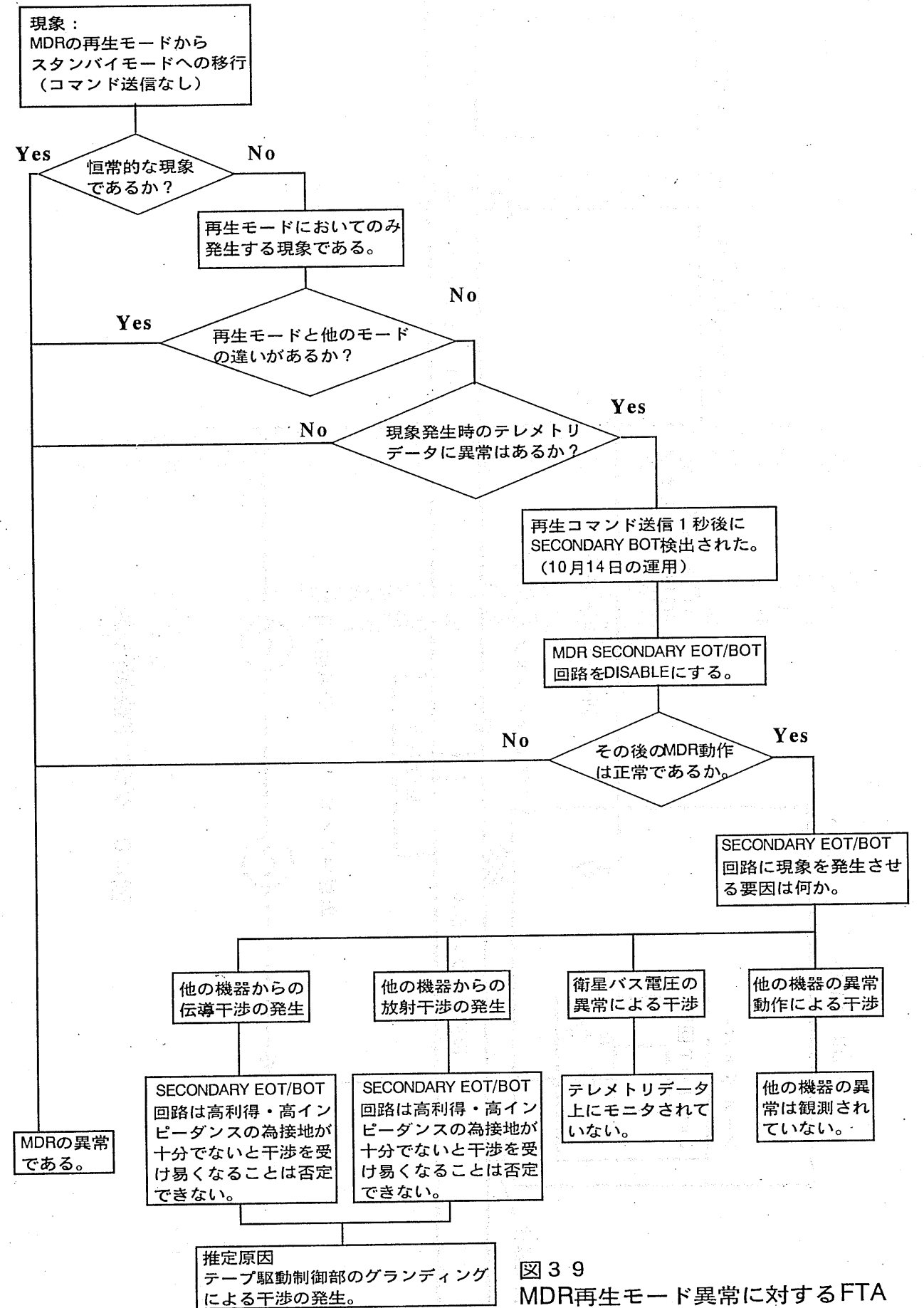


図39 MDR再生モード異常に対するFTA

# 地球資源衛星1号 (JERS-1) の打上げ結果の評価に関する審議について

平成4年6月3日  
宇宙開発委員会決定

1. 平成4年2月11日に宇宙開発事業団が行ったH-1ロケット(2段式)による地球資源衛星1号(JERS-1)の打上げの結果を評価するために調査審議を行うものとする。
2. このため、評価に必要な技術的事項について、技術評価部会において調査審議を行うものとする。この調査審議は、平成4年7月末までに終えることを目途とする。

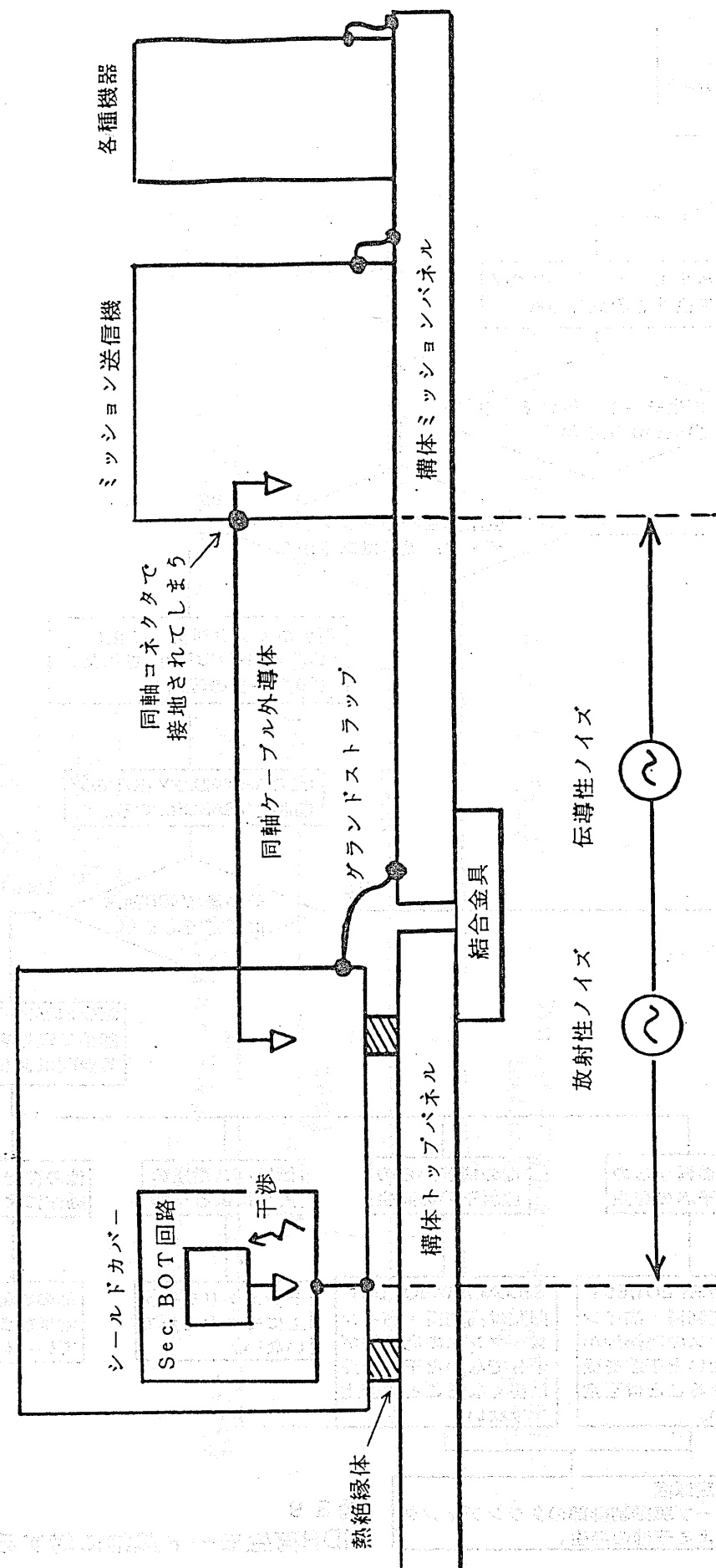


図40 グラウンド接点系統図

## 宇宙開発委員会技術評価部会構成員

(部会長)

前田 弘 関西大学工学部教授

(部会長代理)

鈴木 昭夫 前科学技術庁航空宇宙技術研究所角田支所長

|       |                                             |
|-------|---------------------------------------------|
| 石沢 禎弘 | 宇宙開発事業団理事                                   |
| 上杉 邦憲 | 文部省宇宙科学研究所教授                                |
| 久保田弘敏 | 東京大学工学部教授                                   |
| 五代 富文 | 宇宙開発事業団理事                                   |
| 小林 康德 | 筑波大学構造工学系教授                                 |
| 田辺 徹  | 東京大学工学部教授                                   |
| 垂井 康夫 | 東京農工大学工学部教授                                 |
| 手代木 扶 | 郵政省通信総合研究所通信技術部長                            |
| 中島 厚  | 科学技術庁航空宇宙技術研究所宇宙研究グループ<br>第12研究グループグループリーダー |
| 西島 敏  | 科学技術庁金属材料技術研究所損傷機構研究部長                      |
| 野中 保雄 | 東京理科大学工学部教授                                 |
| 原島 文雄 | 東京大学生産技術研究所長                                |
| 廣澤 春任 | 文部省宇宙科学研究所教授                                |
| 安永 啓一 | 日本放送協会技術局技術開発センターニューメディア部長                  |