

平成 9 年 7 月 3 0 日
宇 宙 開 発 事 業 団
通 信 ・ 放 送 機 構

放送衛星 3 号 - b (B S - 3 b) の姿勢異常について

平成 9 年 6 月 3 0 日に発生した B S - 3 b の放送中断事象の原因究明を行ったのでその結果を報告する。

放送中断事象は、通信放送機構で取られたテレメトリデータを詳細に解析したところ、地球センサ 1 からの異常データに姿勢制御系が応答して衛星姿勢を制御した結果、衛星がピッチ軸回りに回転したことにより太陽電池パドルの発生電力が低下し、放送用中継器が断となったため発生した。

解析の結果、上記事象の発生原因は地球センサ 1 の異常データ出力にあり、他の搭載機器には異常のないことが判明した。解析検討の詳細を別添(資料 2)に示す。

通信放送機構は、地球センサの予備系が正常に動作していることから、予備系を使用することにより引き続き B S - 3 b を安定に運用できることを確認した。

今後の管制業務については、宇宙開発事業団から示された運用上の注意点に留意し、万全の体制で B S - 3 b の安定運用を図っていく。管制状況の経緯を別添(資料 1)に示す。

以上

平成9年7月30日
通信・放送機構

B S - 3 b 管制状況の経緯

6 月 3 0 日 (月)

- 14:29 3b 姿勢異常発生
モメンタムホール電流急増、TWT ドライバレベル低下
- 14:34 3bの放送波(WOWOW:5ch), (ハイビジョン:9ch)中断
- 14:36 3b コマンドアップリンク Ku $\Rightarrow$ Sバンド に切り替え
- 14:39 3N コマンドアップリンク ON(BS-3b $\Rightarrow$ BS-3N 切り替え準備)
- 14:46 3Nの放送中継器(WOWOW:5ch)ON $\Rightarrow$ 回復
- 14:54 3Nの放送中継器(ハイビジョン:9ch)ON $\Rightarrow$ 回復
- 15:55 3b ESA(地球センサ装置)No.1 $\Rightarrow$ ESA No.2 へ切り替え
ESA地球補足、姿勢回復傾向
- 16:28 3b POID ON(ニューテーション角 1.915deg)
- 17:47 3b POID OFF (ニューテーション角 0.035deg)
ニューテーション収束 姿勢回復
- 17:48 3b ESA No.1 モニターモード にて データ取得 (異常値指示)
- 18:12 3b ESA No.1 データ 正常値に復帰

7 月 0 1 日 (火)

- 02:30 3b 中継器機能確認試験実施 $\Rightarrow$ 異常無
{ ESA No.2 ポインティング 確認 $\Rightarrow$ 異常無
- 05:15

7 月 0 5 日 (土)

- 08:46 3bの放送中継器(ハイビジョン:9ch)ON $\Rightarrow$ 切り戻し、異常無

7 月 0 8 日 (火)

- 05:03 3bの放送中継器(WOWOW:5ch)ON $\Rightarrow$ 切り戻し、異常無

平成 9 年 7 月 3 0 日

宇 宙 開 発 事 業 団

放送衛星 3 号 - b (B S - 3 b) の姿勢異常について

1. 概要

平成 9 年 6 月 3 0 日 1 4 時 2 9 分頃が発生した、B S - 3 b の放送中断事象の原因究明を行った。

原因は、地球センサ 1 系 (E S A 1) の異常データにより、ピッチロックが喪失して衛星姿勢が崩れ、発生電力が低下し放送用中継器が断に至ったものと判明した。

E S A 1 の E S A 2 への切換えにより、その後 B S - 3 b は安定に運用されている。

2. 経緯

平成 9 年 6 月 3 0 日 1 4 時 2 9 分 2 4 秒に E S A テレメトリであるロール角及びピッチ角が異常データを示すと共に、モーメントムホイール回転数が急変し、ピッチロック喪失に到った。この時点までの衛星の状態としては、1 4 時 3 分 0 8 秒に南北軌道制御運用を終了し衛星状態は安定しており、特に衛星異常の兆候を示すデータは観測されていなかった。

- ① 1 4 時 5 2 分 3 3 秒から 1 5 時 1 3 分 0 6 秒まで E S A 冗長系 (E S A 2) をオンすることによりモニタを実施し、E S A 1 データの異常を確認した。
- ② 次に、姿勢制御装置 (A P E) 及びモーメントムホイールの正常動作を確認した後、1 5 時 5 5 分 0 5 秒 E S A 2 による制御を開始し、衛星ピッチロック喪失を収束させた。
- ③ 1 6 時 2 8 分 3 3 秒からポイド運用により約 2 度の残留ニューテーションを減衰させ、1 7 時 4 7 分 4 3 秒に衛星は安定姿勢に復帰した。
- ④ 1 7 時 4 8 分 4 3 秒再度 E S A 1 をオンにし、E S A 両系によるモニタを実施した。立上げ当初には E S A 1 に異常データが観測されたが、約 2 4 分後にデータは正常な値を示し、その後異常データは観測されていない。
- ⑤ その後、E S A 1 の異常を確認するため、7 月 1 日に E S A 1 の O F F / O N 動作を実施したがデータに異常は観測されなかった。また、7 月 2 日に東西軌道制御時に再度確認をしたが、異常データは観測されなかった。

3. 推定原因

姿勢喪失現象の引き金となったE S A 1データの不安定な出力状態(図 1. 参照)に着目し、F T A (Failure Tree Analysis) を実施し、F T Aにより絞り込まれた不具合要因について、数値シミュレーションにより軌道上で観測されたE S A異常出力が再現することを確認した。

3.1 F T A

衛星異常発生時の“ピッチ／ロールデータ双方が不連続な値を示した”事象を起点として、F T Aを実施した。その結果を図 2. に示す。なお、F T Aの前提となるE S A機能ブロックを図 3. に示す。

カテゴリー A

赤外光学パッケージからピッチ／ロールカウンタに至るまでの不具合。ピッチ／ロールに同時に影響を与え得るが、現象はアナログ的あるいは連続的に発生するため棄却。

カテゴリー D

エンコーダからピッチ／ロールカウンタに至るまでの不具合。ピッチ／ロールに対し同時に影響を与え得るが、ピッチデータのみが負の最大値になることが説明できないため棄却。

カテゴリー I

ピッチ／ロールカウンタからA P Eで受信されるまでの不具合。姿勢データワードフォーマットのシリアル伝送ないしは受信不良(シフティング)の発生により現象の説明可能。

カテゴリー O

振動や光学干渉等の外来要因による出力不安定。ピッチ／ロールに対し同時に影響を与え得るが、現象はアナログ的に発生するため不連続性を説明できず棄却。

3.2 数値シミュレーションによる異常現象の再現

F T Aのカテゴリー Iの現象が発現するメカニズムを数値シミュレーションにより検証した。

衛星姿勢が正常な状態のシリアルデータフォーマットのビット列全体が右ないしは左方向に何らかの異常によりシフトした状況を想定すると、軌道上で観測されたと同様な特徴を持ったE S A異常データ出力が再現された。シミュレーションでは、シリアルデータのビット列を、ランダムに右ないし左側に最大3ビットまでシフトさせ、A P Eで認識されるピッチ／ロールデータを図 4. に示すような時系列で得た。数値

シミュレーションの結果は、図 1. の軌道上データの挙動と非常に酷似している。

シリアルデータの転送クロック同期が崩れた場合、ビット列がシフトする可能性があり、こうした現象が発生する故障モードとしては、読み出しクロックジェネレータあるいはバッファ回路のレベル／タイミングの不安定性やノイズの影響が想定される。

4. ESA1 故障の固有性

今回発生したESA1 異常データに起因した姿勢異常については、以下の理由からESA1 データ処理固有の箇所に起因する事象であり、今後の衛星運用への悪影響は無いと判断している。

- ① ESAデータの異常にモータ電流が追従している。(ESA1異常、APE/モータ正常)
- ② ロール角／ピッチ角の急峻な変化(数秒でピッチ角-10度)は、衛星の実際の挙動としては起こり得ない。(ESA1異常)
- ③ ESA2に切り換え後、ESA1のモータにより24分間姿勢異常発生時と同様の異常データが観測された。(ESA1異常)
- ④ 当該ESAはロケット社製として多数の万全実績を有し、設計は確立されていることから、ランダム故障の可能性が高い。(ESA1固有異常)
- ⑤ モータ駆動とモータスピードは同期しており、モータは正常に動作。(APE/モータ正常)
- ⑥ 姿勢異常／安定姿勢確立前後の衛星テレメトリデータの詳細調査の結果、ESA1データ以外に異常の兆候を示すデータは確認されなかった。(ESA1以外正常)
- ⑦ 平成9年7月1日以降、定常運用(姿勢・軌道制御中を含め)においてESA2による制御状態で、衛星状態は安定に推移している。(ESA2/APE/モータ正常)

5. 今後の運用について

ESA2によるロール／ヨー姿勢制御に切替えたことにより、故障原因は分離されたこと、今回の異常はランダム故障による可能性が高いことから、今後の運用において同様の姿勢喪失が起こる可能性は非常に小さい。

なお、ESA2の使用に当たっての注意すべき点を以下に示す。

- ① 制御に使用するセンサは、ESA2とし、今後ESA1を制御に使用しない。
- ② ESA2はヨー軸回りの取り付けアライメント誤差が大きい(約3°)ので、大きな変動が発生した場合アライメントによるカップリングのため他の軸にも小さな変動が見られる。ただし、特別な対処は必要ない。
- ③ ESA1による制御時と比較して磁気トルカの稼働率に多少の変化が見られる。
- ④ 月・太陽干渉の地上系データベースの変更。

以上

BS-3b 姿勢異常時ESAデータ

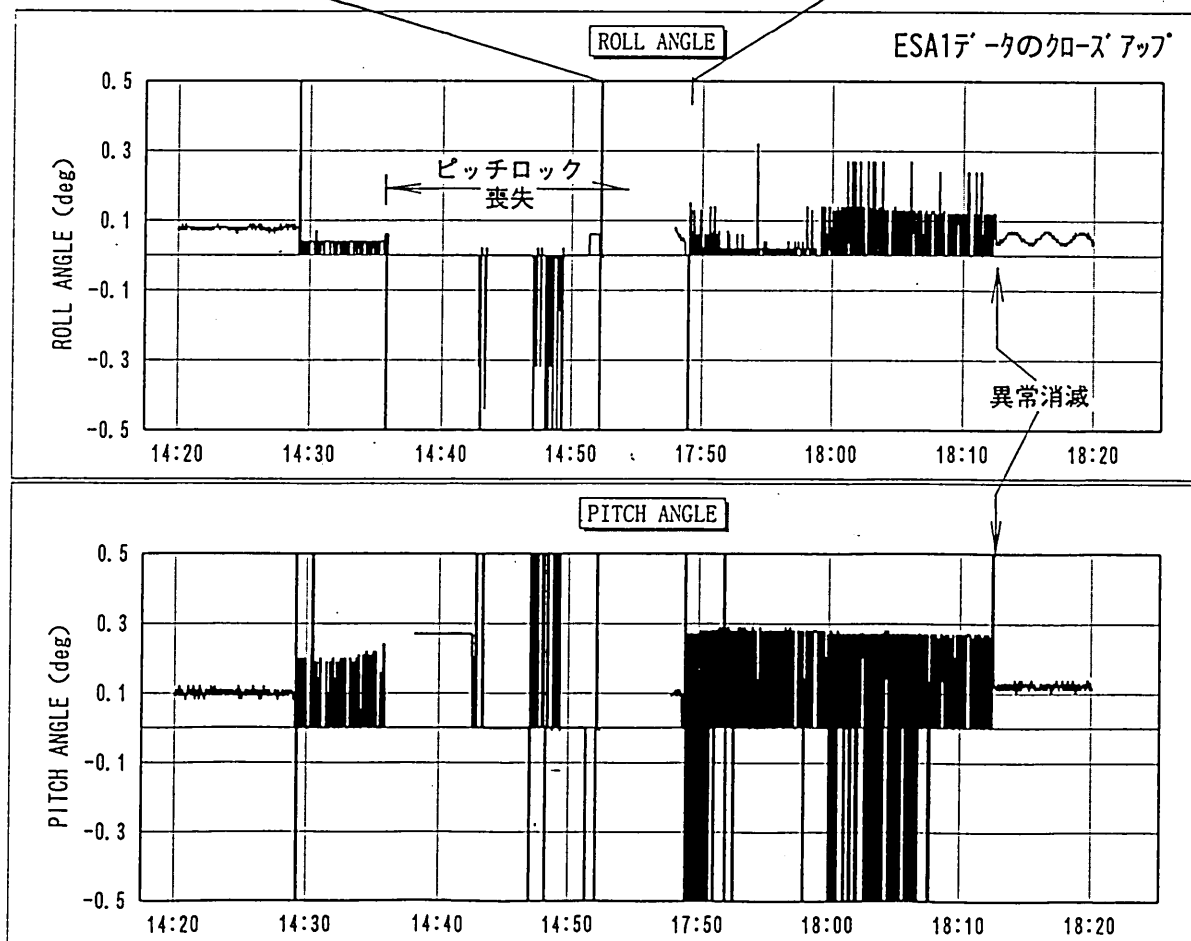
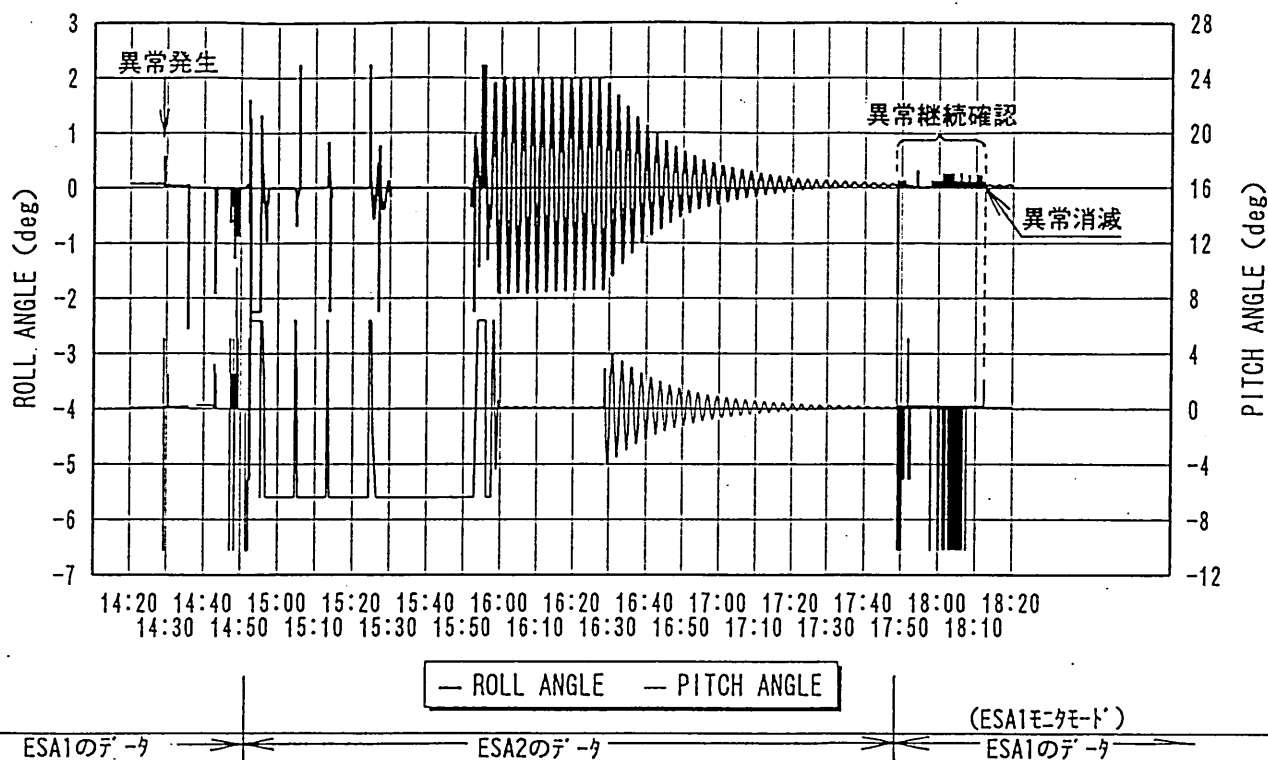


図 1. BS-3b 姿勢異常時ESAデータ

- 5 -

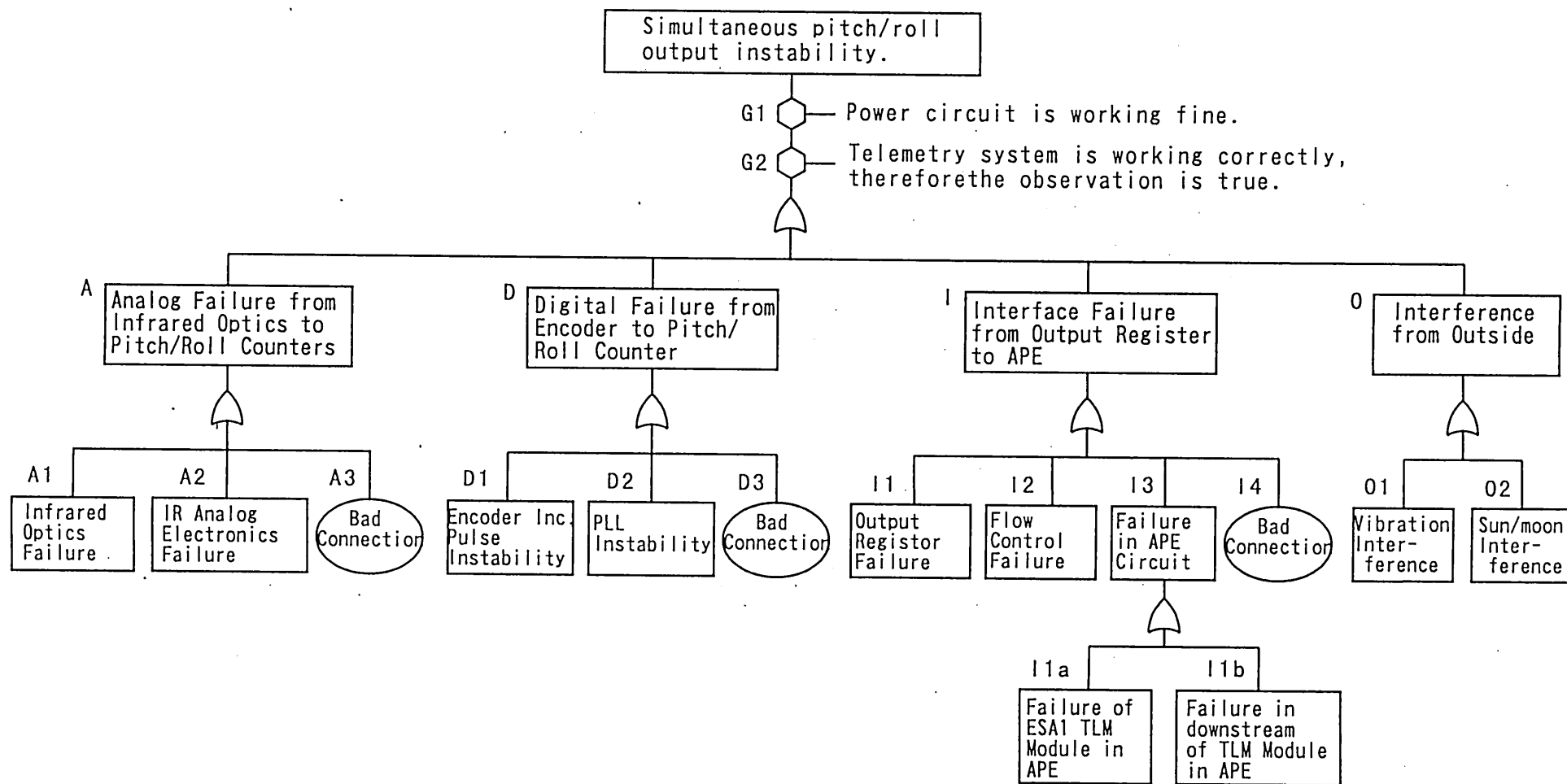
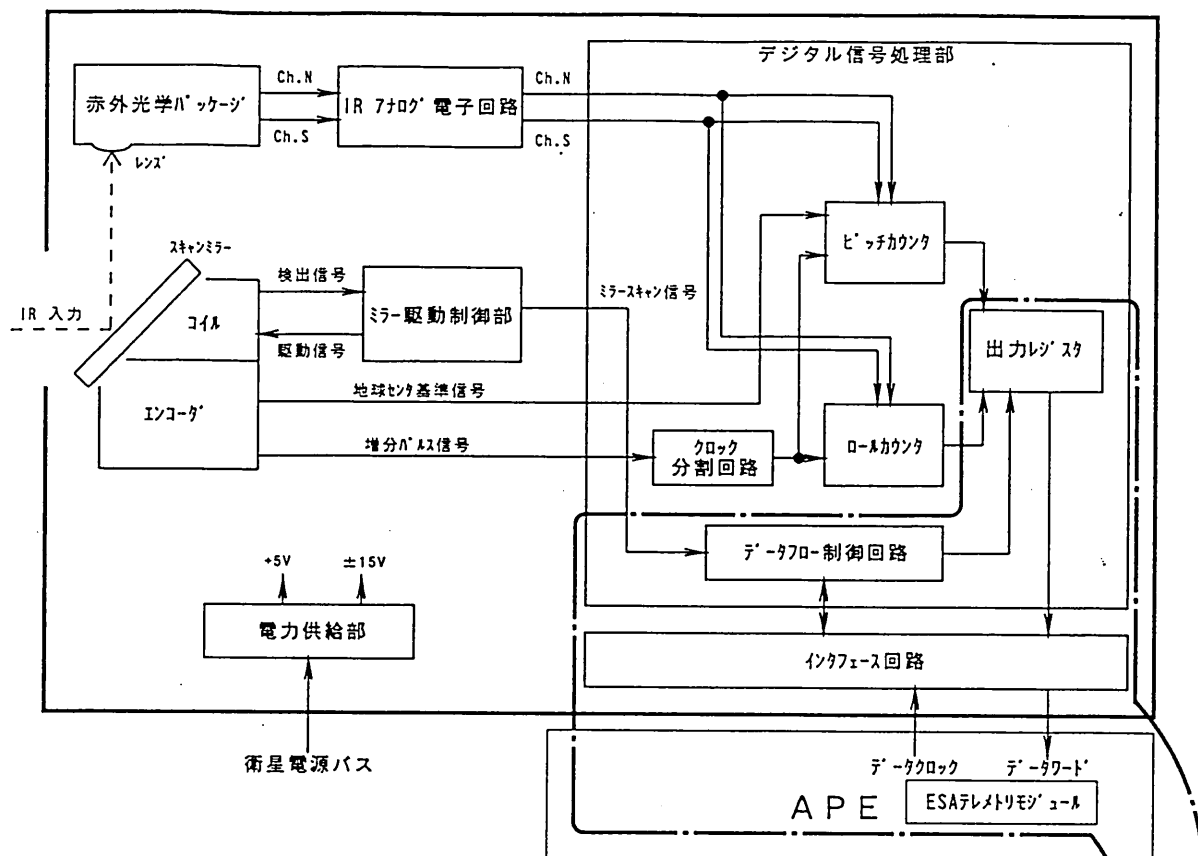
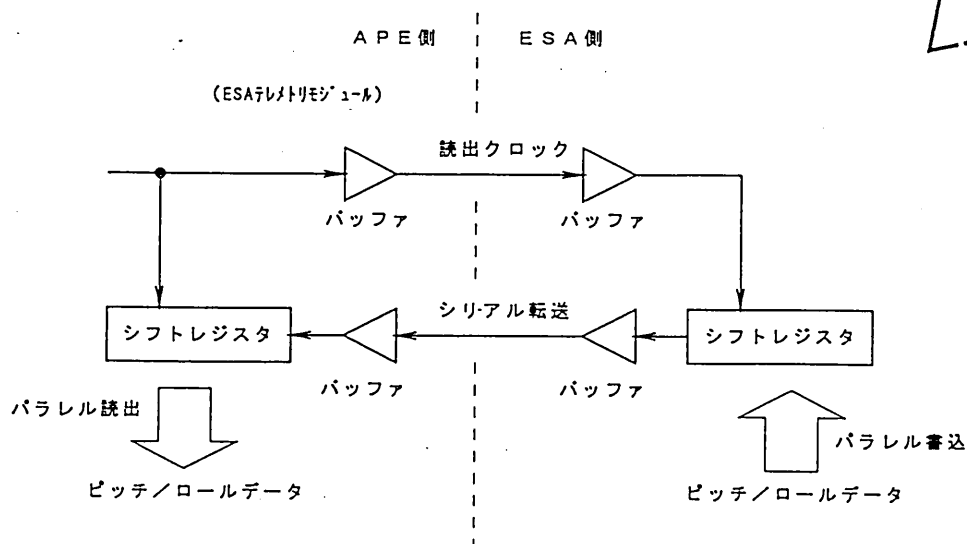


図 2. ESA ピッチ/ロールデータ異常に関する FTA



(a) E S A機能ブロック図全体(定常モード)



(b) シリアル転送回路ブロック図

図 3. E S A機能ブロック図

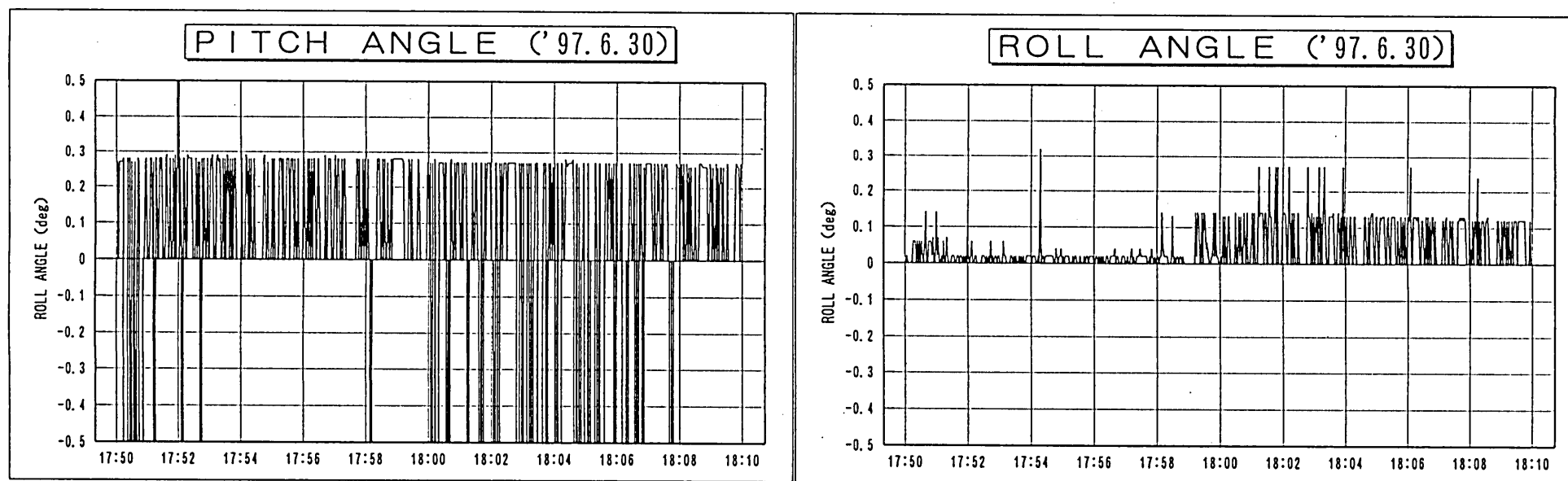
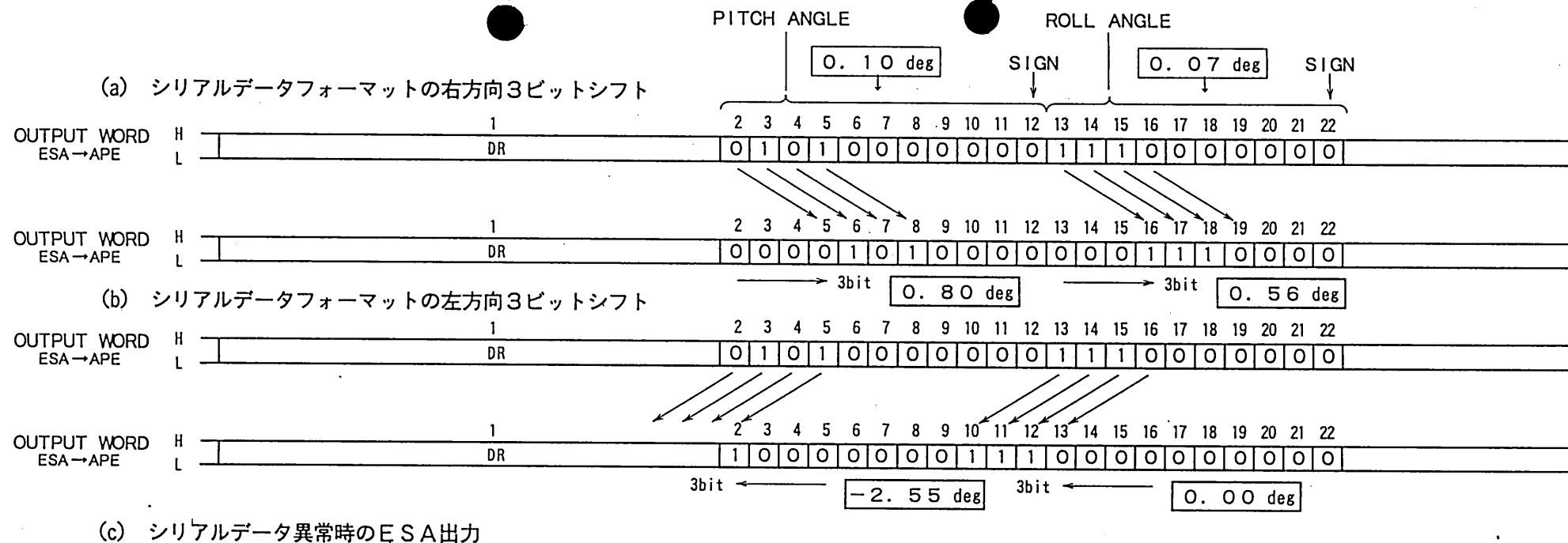


図 4. シミュレーションによるESA異常データ