

委24-5

H-IIAロケット地上試験機／射場システム試験
前半シリーズの試験実施結果について

平成11年6月23日

宇宙開発事業団

1. 試験成果概要

(1) スケジュール

H-IIAロケット地上試験機／射場システム試験（以下「GTV-1」）前半シリーズのスケジュールの計画と実績を図1に示す。図に示されるとおり、当初計画していた作業をほぼスケジュール通りに全て終了した。なお、後半シリーズについては、H-II8号機の打上げ後に実施する計画である。

(2) データ取得状況

GTV-1における主要なデータ取得項目とその取得結果概要を表1に示す。25の主要確認項目のうちエンジンの燃焼秒時の影響を受けない23項目については、計画通りのデータを取得した。

エンジンの燃焼秒時の影響を受ける2つの主要項目（表1のNo. 17と20）についても、秒時は短いがデータは取得できている。本結果等をもとに評価し、最終的には後半シリーズにて確認する。

2. 試験結果の特記事項

2.1 燃焼試験の自動緊急停止

(1) 状況

平成11年6月1日に実施した燃焼試験において、エンジン始動後15.6秒の時点で、第1段LH2インターフェース圧力（図2）が3.6 [kg/cm²A]になり自動で停止した。

(2) 原因及び次回燃焼試験への反映

機体系については計画通り正常に作動していたが、燃焼試験専用の仮設治具として準備した自動緊急停止装置のパッチボードの中で、緊急停止項目の監視期間の設定に使用している「エンジン停止指令信号」と「ブリバーナ着火検知信号」に誤接続があった。（図3、図4、図5）

本装置が燃焼試験専用の仮設治具であること等から作業・確認の指示が不徹底であったため、今後は、試験専用の仮設治具であっても試験実施上重要なものについては、作業・確認指示文書等の充実を図る。

2.2 エンジンの揺れについて

(1) 状況

平成11年6月1日に実施した燃焼試験にて、LE-7Aエンジンが始動付近と停止付近で舵角の制限を越えて激しく揺れたことが、画像モニタで確認された。

また、試験後の点検で次のことが判明した。

- ①エンジン操舵用の#2アクチュエータの機体側取付金具が破損していた（図6、図7）
- #1アクチュエータ側は異常が無かった

- ②#2アクチュエータのサーボバルブに接続されているコネクタが脱落していた
- ③アクチュエータから作動油が漏洩していた

(2) 試験データの評価及び供試体の点検結果

① アクチュエータ制御状況

エンジンが始動付近で揺れた時に#2アクチュエータは伸びる方向に動いているが、アクチュエータの軸力は引っ張られる方向に作用している。アクチュエータの駆動力によってエンジンが揺れた場合、軸力は圧縮する方向に作用するため、アクチュエータがエンジンを揺らしたのではなく、別な力によってエンジンが揺れ、アクチュエータが強制的に伸ばされたものと考えられる。(図8)

② アクチュエータ取付金具の調査

取付金具の材質検査の結果、材料規格を満足しており、材料欠陥等も認められなかった。また、破断面検査の結果、ボルト穴面を起点域として外側の方向に向かって延性破壊を生じており、破断の原因は過大な引張荷重によるものと推定される。

(3) 不具合の推定原因

2項に示す調査結果等から、不具合の事象は次のように考えられる。(図9)

- ① 通常のエンジン始動時にはエンジンノズル内噴流が不均一な流れになり、過渡的にアクチュエータ部に力が作用する。アクチュエータには油圧リリーフ弁が装着されており、駆動力(約10 [tonf])以上の力が強制的に作用した場合は、油をブリードしアクチュエータを伸縮させるシステムになっているため、エンジンが揺れる。通常のエンジンの揺れは7 [Hz]程度の周期であり、アクチュエータが伸びきる前に反対方向に変位し、アクチュエータのストロークの範囲内で振動する。
- ② しかしながら、今回のエンジンの揺れは想定の範囲を超えた長周期であったため、アクチュエータが伸びきってしまった。この瞬間にエンジンが急制動することによって生じた衝撃荷重がアクチュエータ取付金具に作用し、破断した。
- ③ 金具が破断したためエンジンの支えが無くなり、舵角の制限を越えて大きく揺れた。なお、定常燃焼中は、エンジンは中立位置に戻り、正常に燃焼した。
- ④ エンジン停止時にも過渡的な力が作用するため、始動時と同様に大きく揺れた。

以上より、金具破断の原因是「アクチュエータが伸びきり、過大な衝撃荷重が金具に加わったこと」であり、その一次要因は「今回のエンジン始動時の外乱が想定以上に長周期であったこと」と推定される。

(4) 不具合対策

様々な対策候補について検討を行った結果、確実を期すために、以下の通り今後の開発を進める。また、これらの対策案に基づいて、GTV-1の後半シリーズを行う。

試験機1号機：エンジン始動時の過渡的な力の発生を抑えるために、ノズルスカート下部を取り外して運用する。

2号機以降：増強型機体から採用を計画していた電動アクチュエータの開発を加速し、前倒して適用する。

なお、これらのコンティンジェンシーとして、過渡的な力に対してエンジンを支える設備装置についても検討を進める。

(注)この案は、厚肉タンクステージ燃焼試験にて確認済みである。試験機1号機は、ペイロード重量に余裕があるため、ノズルスカート下部が未装着でも試験機としてロケットの機能及び主要性能を検証可能である。

(5) H-II 8号機への反映有無の確認

H-II AとH-IIのアクチュエータ系は異なり、H-IIについては開発試験実績と打上げ実績があること、及び8号機用LE-7エンジンの領収燃焼試験にてアクチュエータ部に作用する力がこれまでの実績と同等であったこと等から、H-II 8号機のアクチュエータ系には問題はない。なお、念のために、H-II 8号機の構造系について再点検を実施している。

3.まとめ

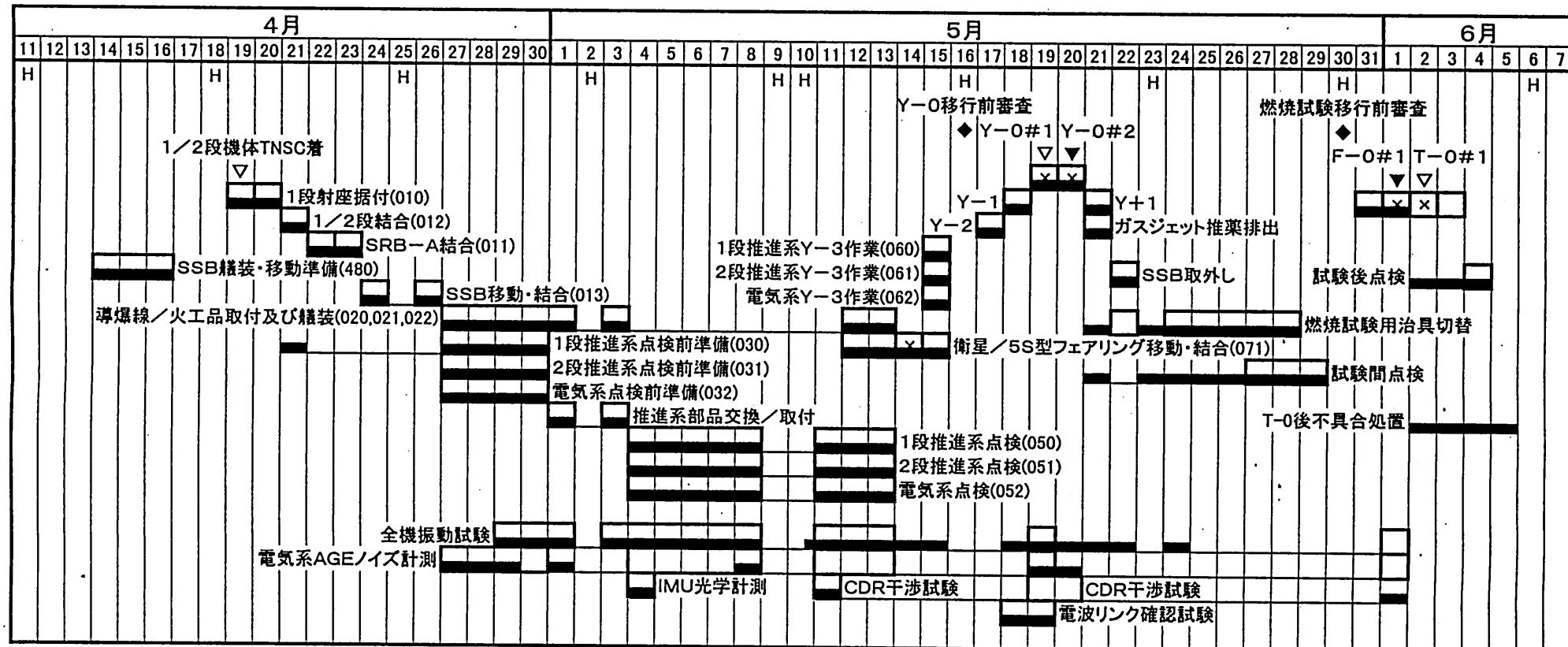
GTV-1の前半シリーズにおいて、燃焼秒時に左右される確認項目を除き、必要なデータを取得した。燃焼秒時に左右される項目及び燃焼試験時に発生した不具合の対策については、H-II 8号機打上げ後に実施する後半シリーズの燃焼試験にて確認する。これらの成果をもって、平成11年度冬期の試験機1号機の打上げに臨む。

表1 GTV-1前半シリーズにおける主要データ取得結果

No	項目	Y-O結果	F-O#1/T-O#1結果
1	機体移動に関する作業性確認	●	移動・配管接続に関する作業性・作業時間を確認した。
2	1/2段GOX/GH2置換(無置換も含む)	●	無置換で実施し、データを取得した。
3	1/2段LOX/LH2予冷	●	自動操作で実施し、データを取得した。
4	1/2段LOX/LH2充填	●	自動操作で実施し、データを取得した。
5	1/2段AHe気蓄器充填	●	自動操作で実施し、データを取得した。
6	2段CHe気蓄器充填	●	自動操作で実施し、データを取得した。
7	1/2段AHe気蓄器高圧漏洩点検	●	圧力降下(ディケイ)データを取得した。
8	2段CHe気蓄器高圧漏洩点検	●	圧力降下(ディケイ)データを取得した。
9	バルブ低温作動確認	●	Y-Oで作動データを取得した。
10	射場系との電波リンク確認	●	射場系との電波リンクを確認した。
11	衛星系総合点検	●	衛星フェアリング空調、衛星用電波設備等の機能試験を実施し、データを取得した。
12	プログラムレート再設定システム確認	●	名航～RCC～B/H間のシステムを確認した。
13	リフトオフ前パージ機能確認	●	機能を確認した。
14	24時間リサイクル(VABに戻さないケース)	—	当初計画通り、後半シリーズで実施予定(F-O#1/T-O#1は1日で実施した)
15	自動カウントダウンシーケンス(MEIG以前)	●	MEIG相当(X-6秒)までのシーケンスを確認した。
16	自動カウントダウンシーケンス(MEIG以降)	—	リフトオフ(X-0秒)までのシーケンス及びエンジン燃焼停止時のシーケンスを確認した。
17	1段LOXタンク加圧系性能確認	—	△ 当初計画(30秒)より短いがデータを取得できた。
18	火工品トーチ確認	●	良好に作動し、トーチとしての機能を確認した。
19	1/2段AHe・2段CHe気蓄器ブローダウン	●	データを取得した。
20	1段油圧系ブローダウン	—	△ 当初計画(30秒)より短いがデータを取得できた。
21	デタンキング(推進薬の排出)	●	作業手順・時間等を確認した。
22	機体各部温度・圧力・振動計測(ML移動時含む)	●	データを取得した。
23	GOX/GH2ガス濃度検知	●	ガス濃度データを取得し、問題ないことを確認した。
24	空調機能確認	●	機体用空調の機能を確認し、データを取得した。
25	打上げ作業管理システム機能確認	●	システム機能を確認した。

●: データ取得済み、△:一部データ取得、×:データ取得不可、-:データ取得計画なし

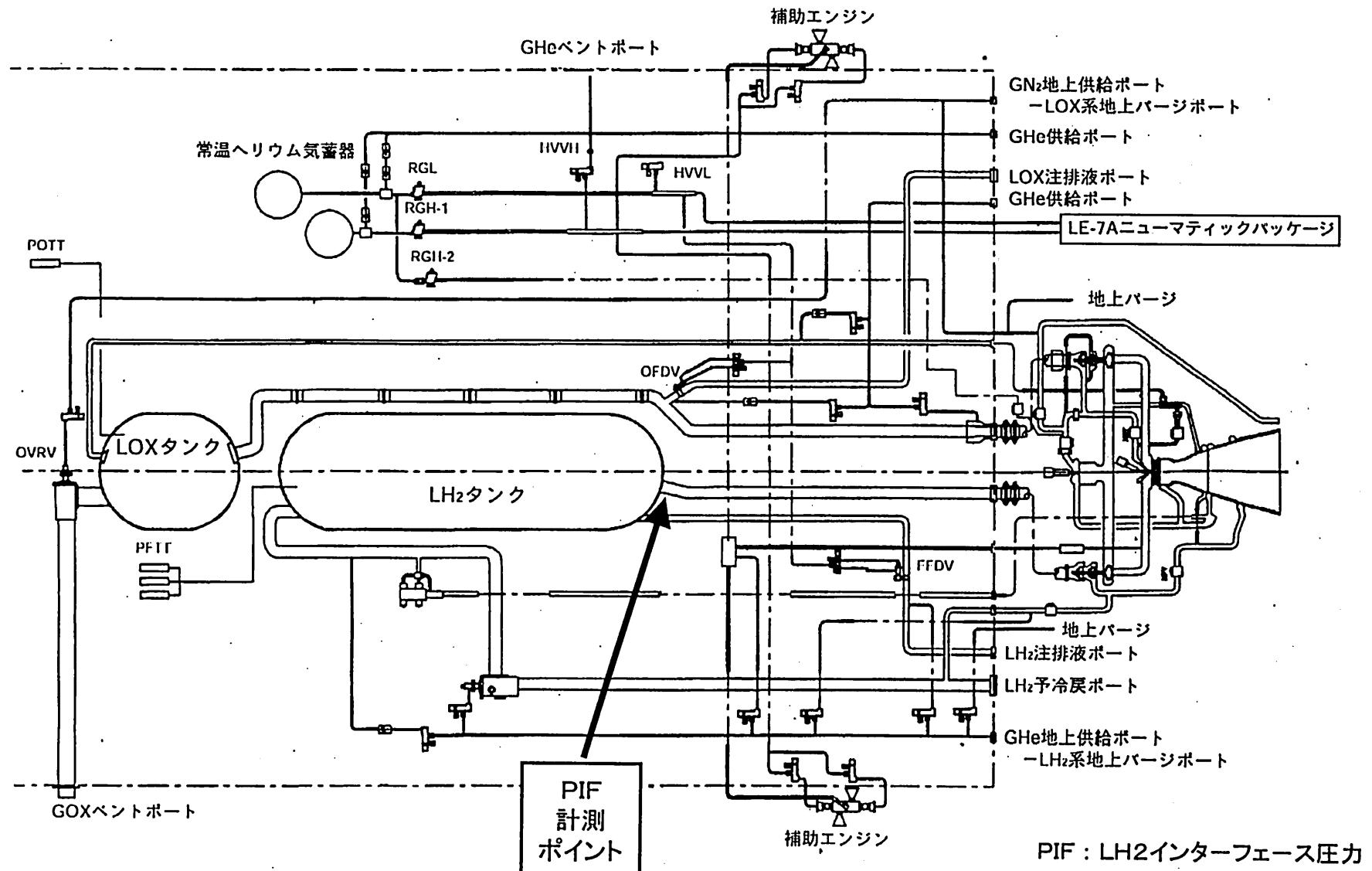
前半シリーズ



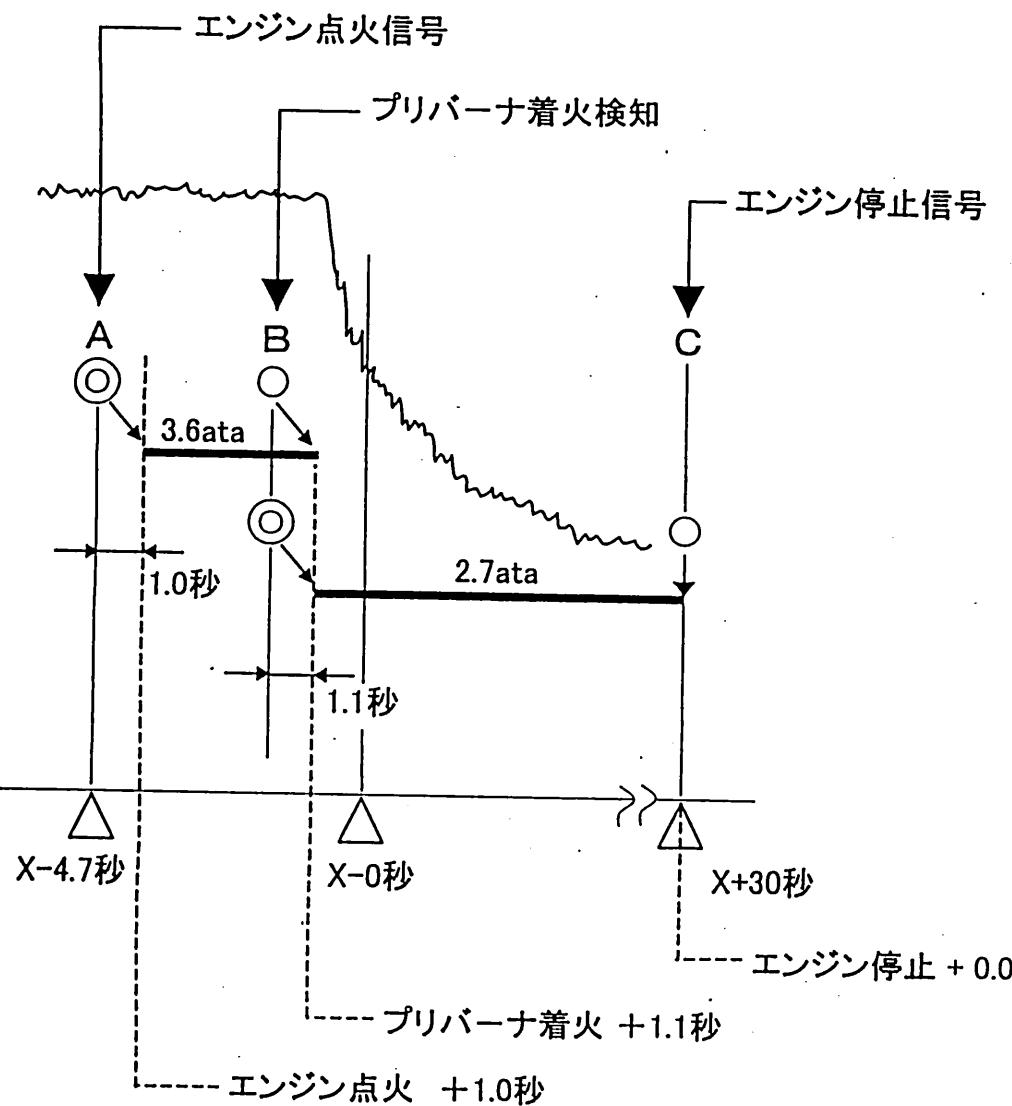
(注1)黒い太線は作業実績を示す。

(注2)後半シリーズは、H-IIロケット8号機の打上げ後に実施する。

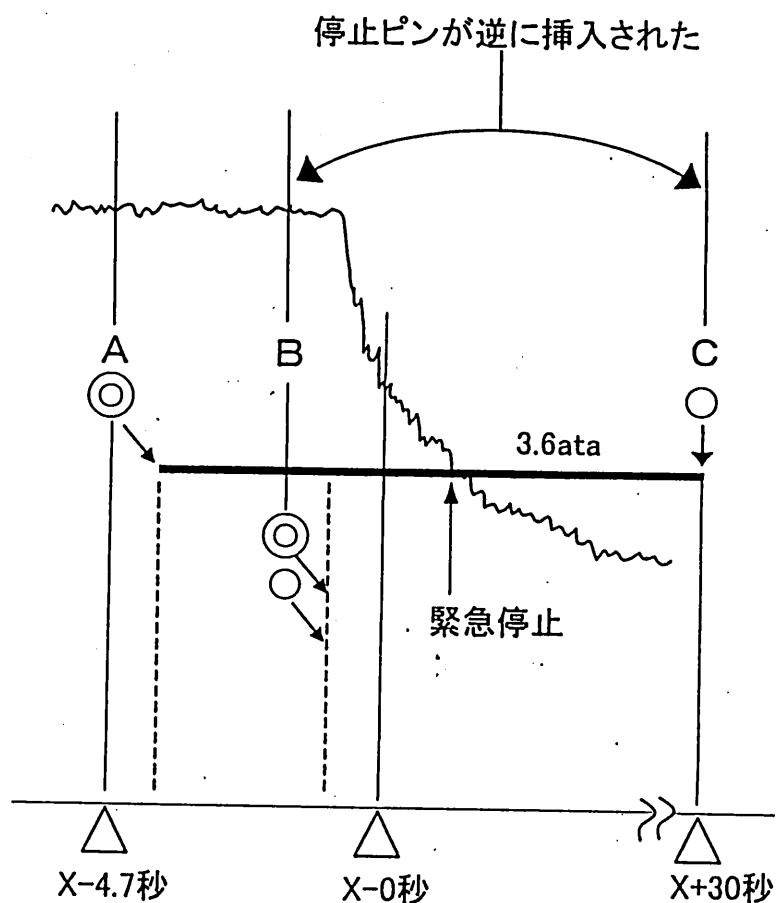
図1 GTV-1スケジュールと実績



(正)



(誤)



○ : 開始pin

○ : 停止pin

図3 自働緊急停止装置の設定状況

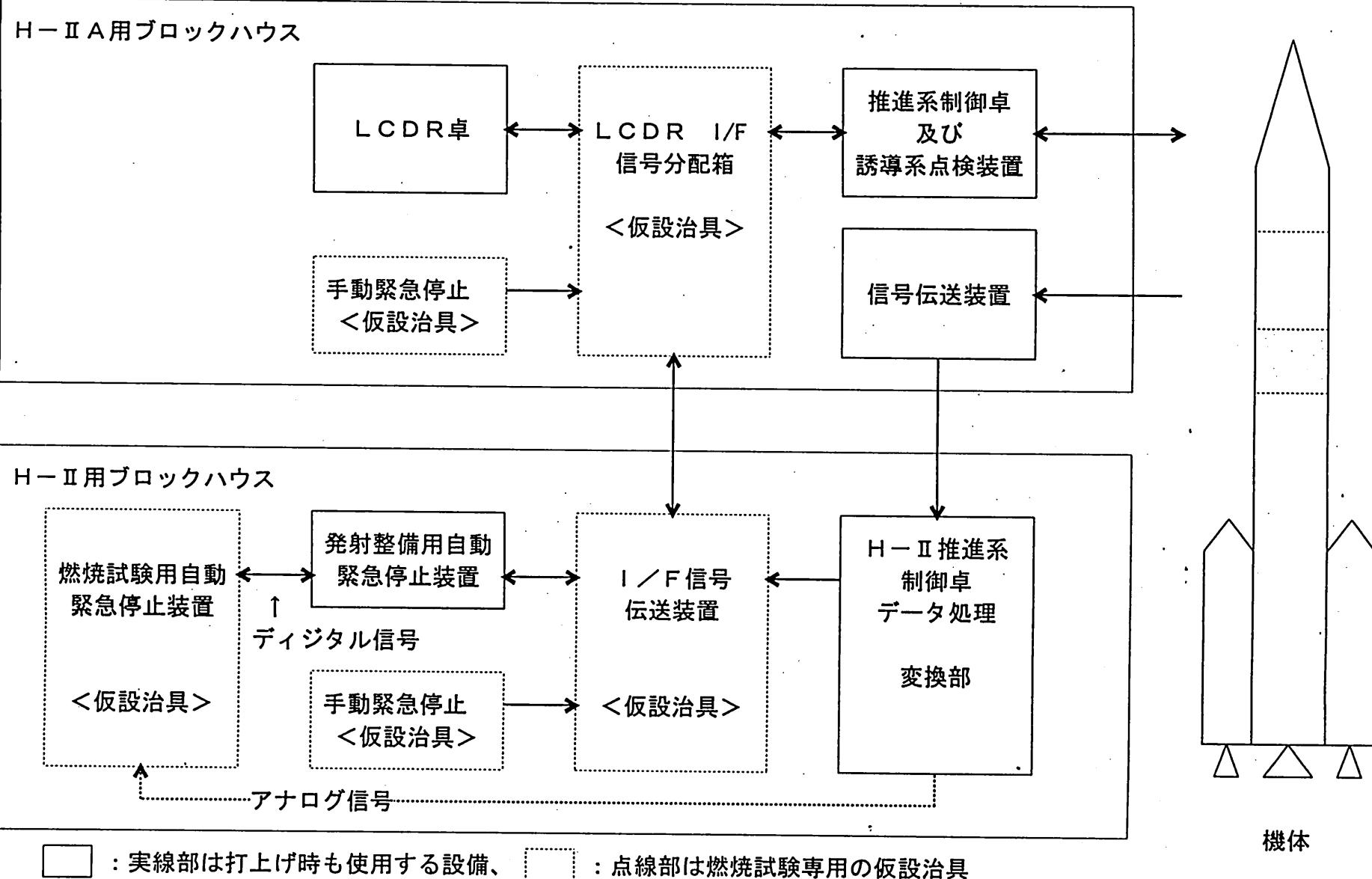
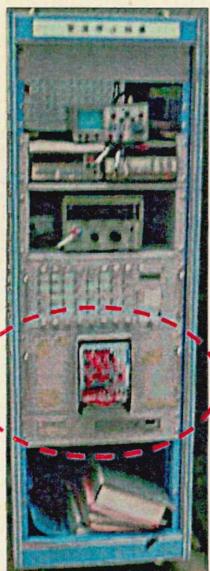
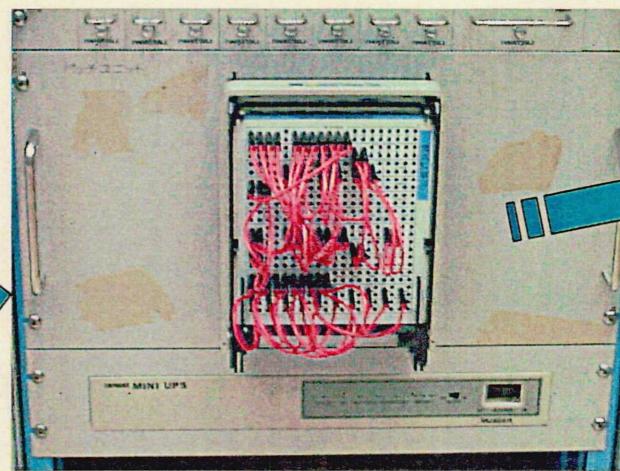


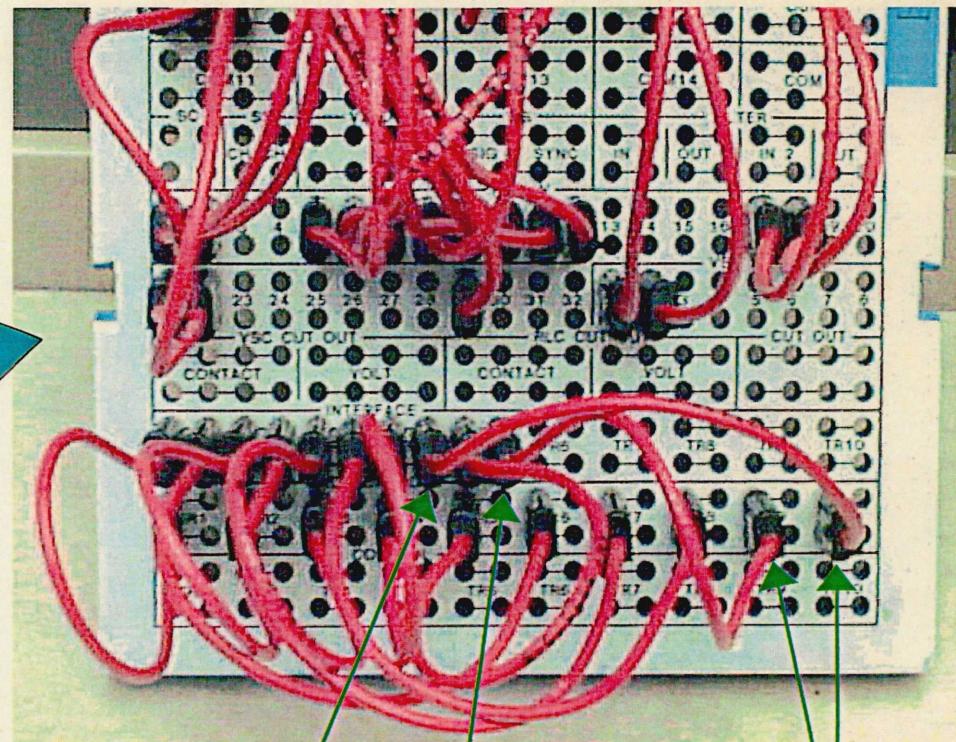
図4 自動緊急停止の系統



自動緊急
停止装置



パッチボード部
(燃焼試験用治具)

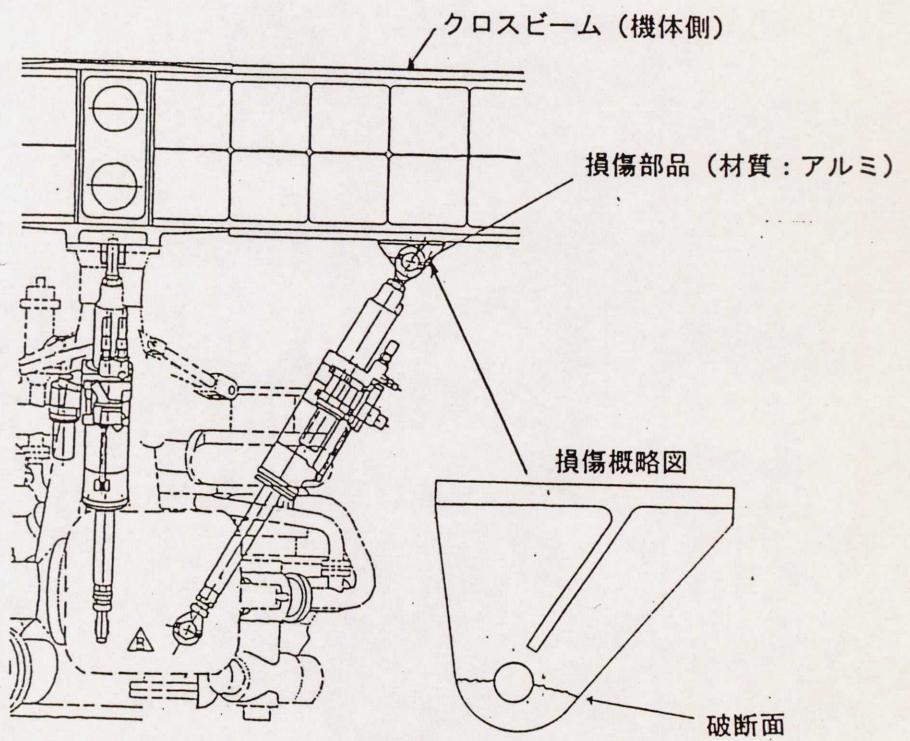
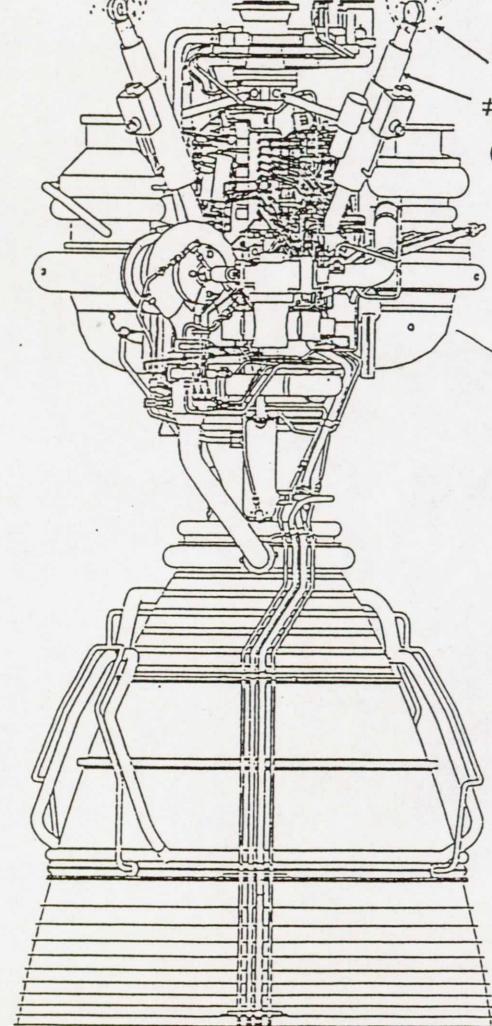


プリバーナ着火検知信号

エンジン停止指令信号

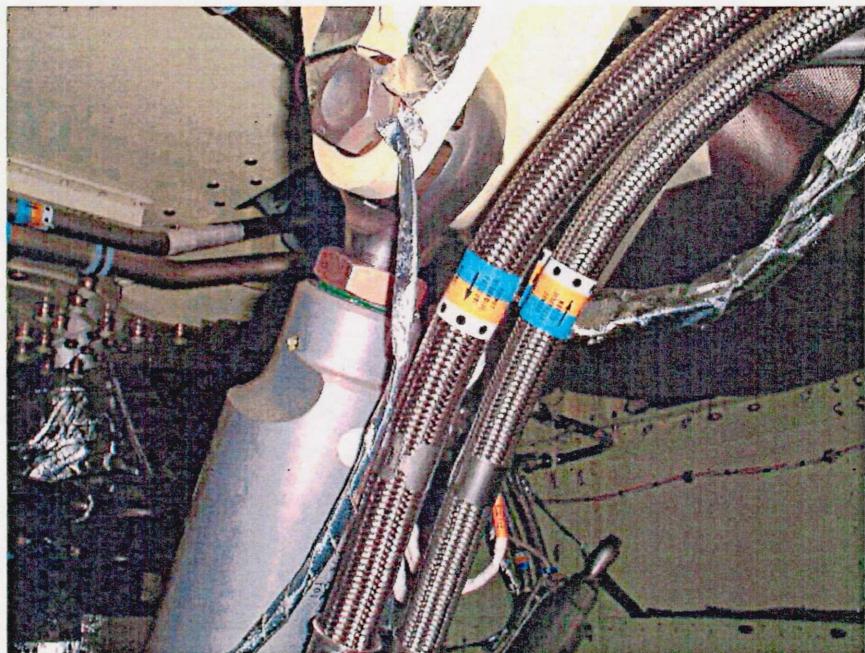
配線入れ換わり

図 5 自動緊急停止装置外観とパッチボード配線状況



拡大図

図 6 エンジン操舵用アクチュエータ取付金具の破損状況



アクチュエータの取付状況



取付金具の破断状況

図7 エンジン操舵用アクチュエータ取付金具の破断状況（写真）

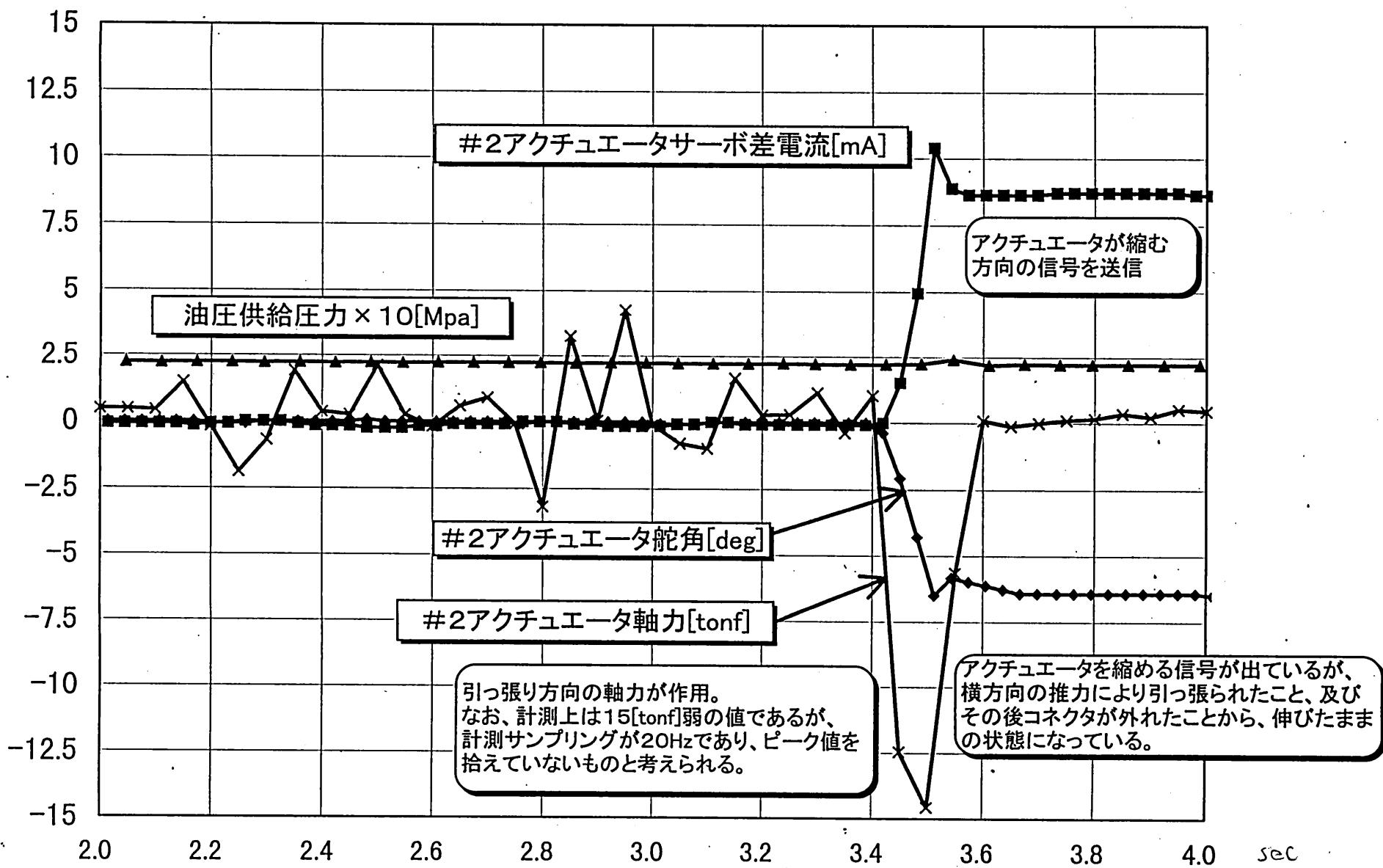


図8 アクチュエータ系のデータ

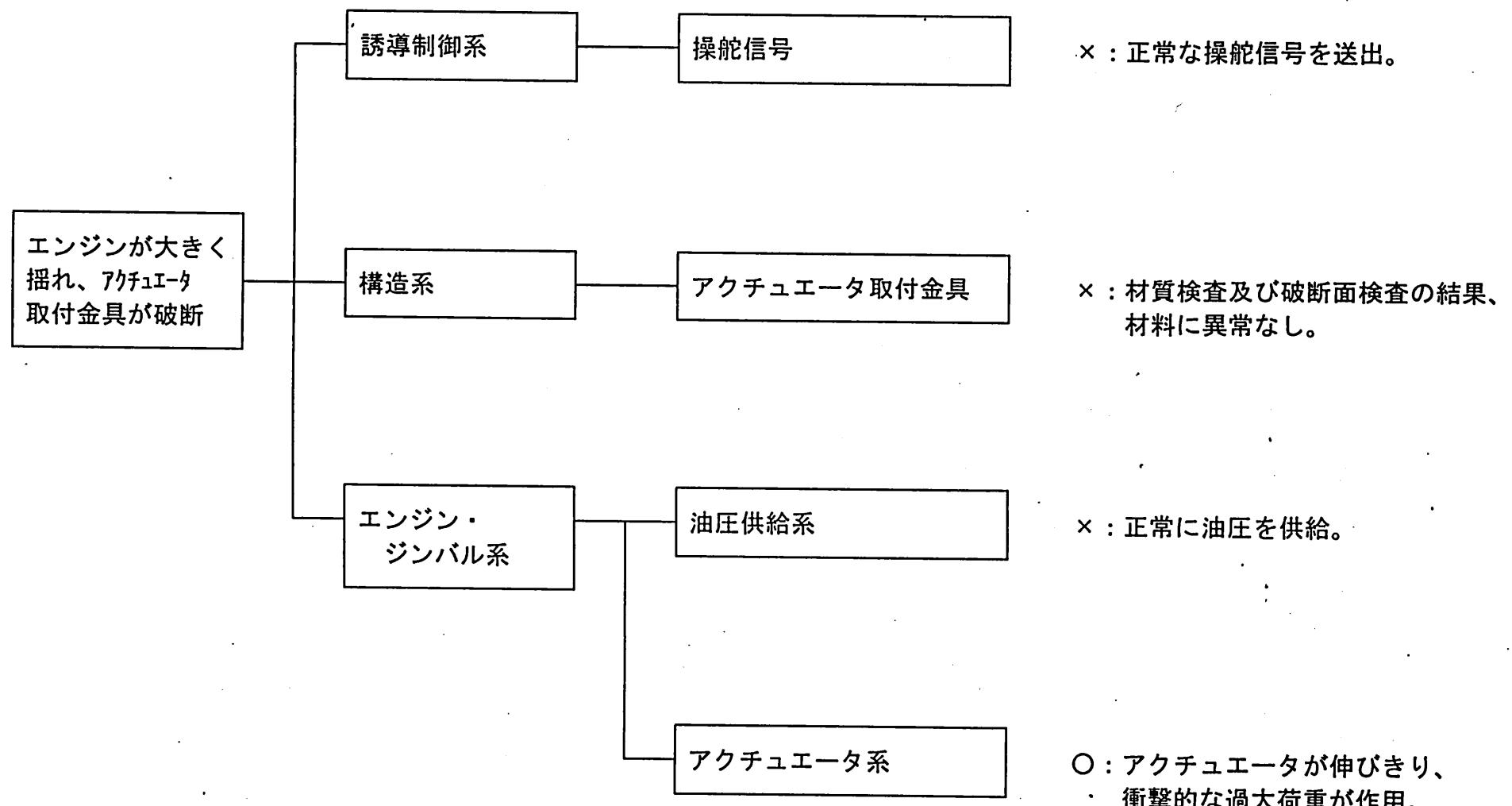


図9 エンジンが大きく揺れ、取付金具が破断したことに対するFTA