

# 宇宙航空研究開発機構研究開発資料

## JAXA Research and Development Memorandum

---

### 月面環境試験

星野 健，松本 甲太郎，四宮 康雄，片山 保宏，藤原 勉  
若林 幸子，岡田 達明，久保田 孝，大槻 真嗣，岩田 隆浩  
河野 宣之，花田 英夫，野田 寛大，鶴田 誠逸，浅利 一善  
近藤 哲朗，国森 裕生，國井 康晴，多田 興平，三澤 浩昭  
土屋 史紀，小野 高幸，森岡 昭，宮崎 智行，船崎 健一

2007年3月

宇宙航空研究開発機構  
Japan Aerospace Exploration Agency



宇宙航空研究開発機構研究開発資料  
JAXA Research and Development Memorandum

月面環境試験

Moon Surface Simulated Environmental Test

星野 健<sup>\*1</sup>, 松本 甲太郎<sup>\*1</sup>, 四宮 康雄<sup>\*1</sup>, 片山 保宏<sup>\*1</sup>, 藤原 勉<sup>\*1</sup>  
若林 幸子<sup>\*1</sup>, 岡田 達明<sup>\*1</sup>, 久保田 孝<sup>\*1</sup>, 大槻 真嗣<sup>\*1</sup>, 岩田 隆浩<sup>\*1</sup>  
河野 宣之<sup>\*2</sup>, 花田 英夫<sup>\*2</sup>, 野田 寛大<sup>\*2</sup>, 鶴田 誠逸<sup>\*2</sup>, 浅利 一善<sup>\*2</sup>  
近藤 哲朗<sup>\*3</sup>, 国森 裕生<sup>\*3</sup>, 國井 康晴<sup>\*4</sup>, 多田 興平<sup>\*4</sup>, 三澤 浩昭<sup>\*5</sup>  
土屋 史紀<sup>\*5</sup>, 小野 高幸<sup>\*5</sup>, 森岡 昭<sup>\*5</sup>, 宮崎 智行<sup>\*6</sup>, 船崎 健一<sup>\*7</sup>

\*1 宇宙航空研究開発機構

\*2 国立天文台

\*3 情報通信研究機構

\*4 中央大学

\*5 東北大学

\*6 鹿児島大学

\*7 岩手大学

2007年3月

March 2007

宇宙航空研究開発機構  
Japan Aerospace Exploration Agency





## 月面環境試験 目次

1	月面環境試験 序言 .....	5
2	月面環境試験用真空チャンバー .....	7
3	第1回月面環境試験 .....	11
3-1	供試体 .....	12
3-2	温度測定点 .....	12
3-3	試験経過 .....	16
4	第1回試験後の各供試体の評価 .....	33
4-1	月面環境下の機器試験結果 国立天文台 浅利一善、鶴田整逸、花田英夫 .....	35
4-2	月環境試験（極低温環境試験）報告書 久保田孝、國井康晴、多田興平 .....	43
4-3	AD変換器 月面環境試験後の動作確認結果 近藤哲朗 .....	49
4-4	月面環境試験 機器特性確認結果報告：増幅素子、三澤浩昭 .....	53
4-5	搭載用電子回路の月面環境試験 岡田達明 .....	59
4-6	CCTVレンズの真空低温試験の性能評価について 片山保宏 .....	105
4-7	第1回月面環境試験－真空用DCモータ 四宮康雄 .....	115
5	第2回月面環境試験 .....	121
5-1	供試体 .....	122
5-2	温度測定点 .....	122
5-3	試験経過 .....	125
6	第2回試験後の各供試体の評価 .....	141
6-1	月面環境下の機器試験結果 国立天文台 浅利一善、鶴田整逸、花田英夫 .....	143
6-2	超音波モータの月面環境試験（極低温環境試験）久保田孝、國井康晴、多田興平 .....	159
6-3	AD変換器 月面環境試験（第2回）後の動作確認結果 近藤哲朗、三澤浩昭 .....	169
6-4	月面環境試験（第2回） 機器特性確認結果報告：増幅素子、三澤浩昭 .....	173
6-5	第2回 搭載用電子回路の月面環境試験 岡田達明 .....	179
6-6	CCTVレンズの真空低温試験（第2回目）の性能評価について 片山保宏 .....	205
6-7	月面環境試験－2の後の真空用DCモータ特性測定 四宮康雄 .....	215
7	結言 .....	221



# 1 月面環境試験 序言

## Moon Surface Simulated Environmental Test

### Abstract

The surface environment of the moon is high vacuum and extreme temperature change. With a day of the earth as a unit, a day of the moon becomes 30 days, the daytime of 15 days and the night of 15 days. Temperature of regolith in the vicinity of equator rise up to 120°C in daytime, and descends down to -180°C at night.

The tolerance of a present equipment is uncertain though the

Keywords: ITBL, Rocket, Computational Fluid Dynamics, Flight Simulation, Multidisciplinary Simulation equipment set up in the surface of the moon should endure a severe above-mentioned environment.

Then, typical various test pieces were collected, and it went twice in the environmental test with a space environment test equipment.

It reports on the passage of the test and the evaluation of the result to here.

### 概 要

月の1日は地球の1日=24時間を単位とすると29.5日である。従って、月の昼は14.75日、夜は14.75日となり、月の赤道付近のレゴリスの温度は、昼は120°Cまで上昇し、夜は-180°C以下まで降下するとされている。

月面に軟着陸した探査機やローバが長期間その機能を維持するには、昼間の高温に耐えなければならないのは当然である。加えて、約15日間続く夜間を乗り越え、次の昼には活動を再開しなければならない。

さて、現在我々が利用出来る機器は上記の厳しい温度環境に対し、どの程度の耐性を持っているのだろうか。

高温側のデータは揃っていると言えるが、-180°Cという低温側のデータは殆ど無いというのが実情である。

そこで、温度制御の出来る宇宙環境模擬装置を用いて、高真空の月面まで含めた月面環境試験を実施する事にした。



## 2 月面環境試験用真空チャンバー



## 2 月面環境模擬装置

月面環境模擬装置の主要緒元を表2. 1に、外観を図2. 1に示す。装置は直径1mの真空チャンバであり、ターボ分子ポンプにより、 $10^{-5}$ Pa以下の高真空を達成可能である。内部に700×700mmのコールドプレートが設置され、その表面に50mmピッチでM5のねじ穴が切られており、供試体を固定するのに使用される。チャンバのシュラウドとコールドプレートはLN<sub>2</sub>（液体窒素）で冷却可能となっている。

次に、プレートはLHeでの冷却が可能である。冷却の系統図を図2. 2に示す。

一般的な150LのLN<sub>2</sub>容器（エルフと言う）を3本並列に接続出来、長時間の無人運転を可能にしている。又、プレート内に電気ヒータが設置されており、130℃程度の高温まで試験出来る。温度計測は、LHe温度でも正確な計測が可能なシリコンダイオードセンサをコールドプレートの中央部に埋め込み、リファレンスとしている。

表2. 1 宇宙環境模擬装置の主要緒元

寸法 直径×奥行 コールドプレート	$\phi$ 1000×1000mm □700×700mm
真空度	$1.0 \times 10^{-5}$ Pa 以下
冷却環境 シュラウド コールドプレート	LN <sub>2</sub> 冷却 (<100K) LN <sub>2</sub> 冷却時 80～400K LHe冷却時 40～400K
ソーラシミュレータ	5kWキセノンランプ
温度計測点	シリコンダイオード 1CH 熱電対 40CH

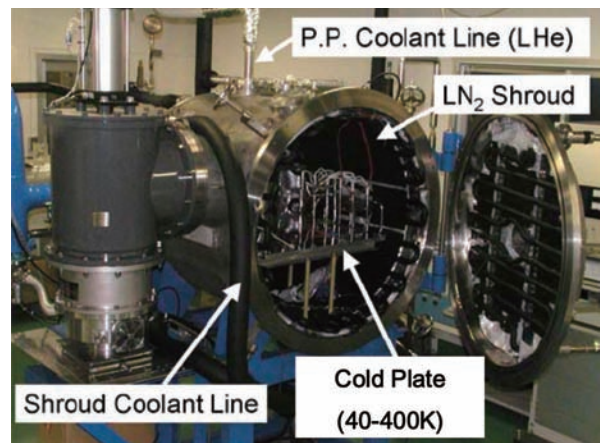


図2. 1 月面環境模擬装置の外観

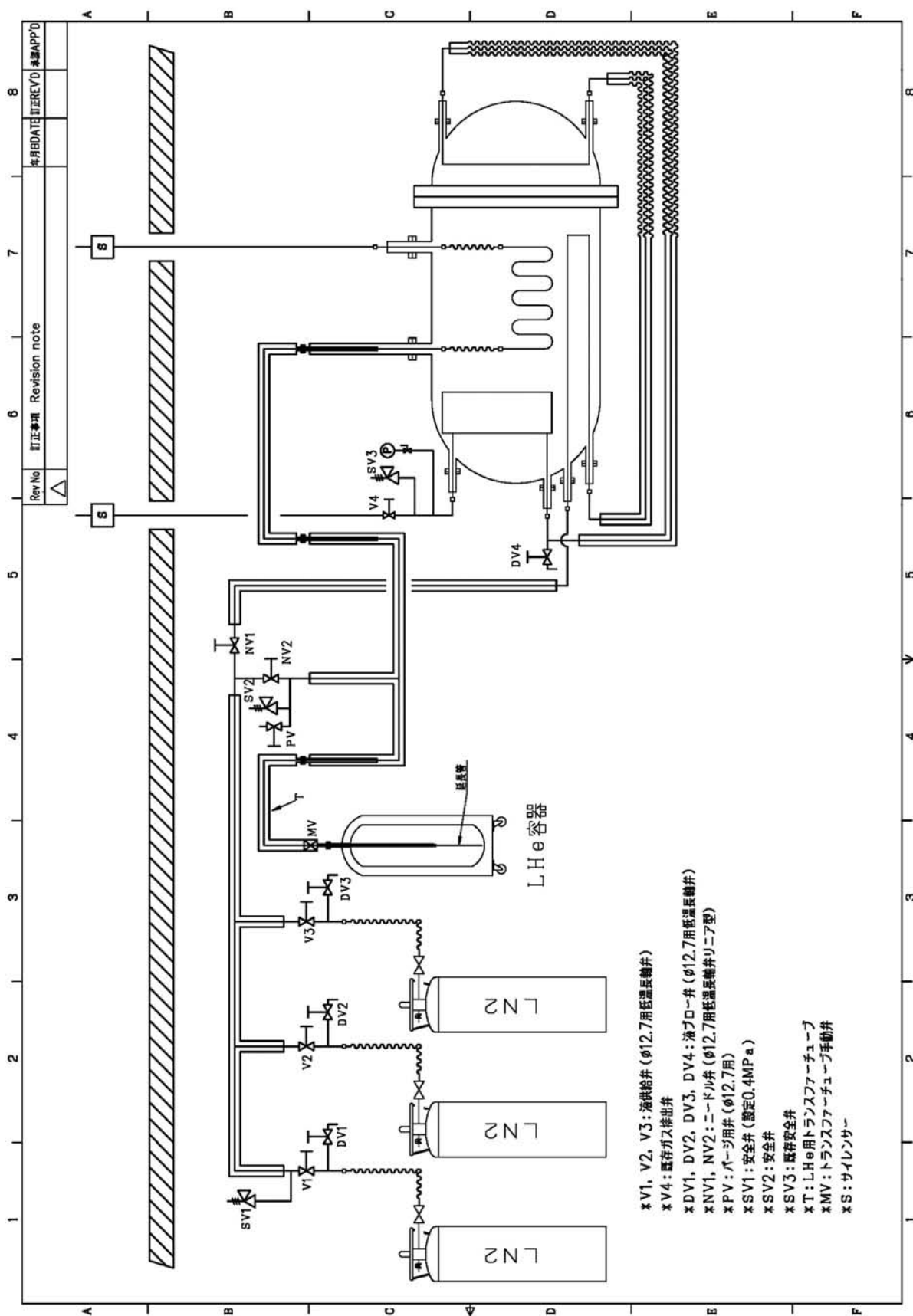


図2.2 冷却系統図



### 3 第1回月面環境試験

### 3 第1回月面環境試験

#### 3-1 供試体

第1回月面環境試験の供試体は関係者の協力で、多種類の機器を集める事が出来た。

表3. 1にそのリストを示す。又、温度測定点数も示した。

#### 3-2 温度測定点

今回、温度の測定には極低温まで測定出来る、銅-コンスタンタン熱電対(T型熱電対)を使用した。熱電対の接続系統を図3. 1に示す。チャンバ内の熱電対はT型電対用のコネクタを介して、多数電線シールに接続する。多数電線シールは20対の補償導線の中間部にSUSチューブとねじでシール機能を持たせた物で、これによりチャンバのフランジ部を貫通して、補償導線をチャンバの外に出している。その補償導線はT型電対用のコネクタを介して20対の補償導線ケーブルに接続され、ケーブルの先はデータロガーに接続されている。これにより、熱電対は途中で異種金属無くデータロガーに接続され、正しい温度が測定出来るよう構成されている。上記を2セット設け、計40点の温度が測定出来る様にした。

第1回月面環境試験のCC熱電対の接続表を表3. 2に示す。熱電対の1～9はプレートとチャンバーのフィンの温度測定用に使い、11番以降を供試体の温度測定に使っている。温度測定点は最左列に示した。上から順に表3. 1に示す順に対応している。

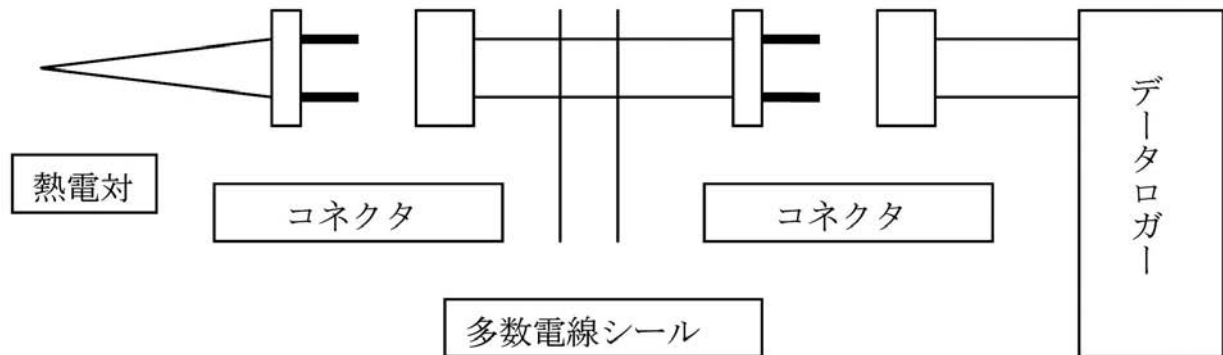
尚、プレートの温度はプレートに内蔵したシリコンダイオードでも基準値として測定している。又、データロガー近傍の気温を熱電対で測定しており、これを基準温度としてチャンバー内の温度を算定している。



表3. 1 第1回月環境試験供試体

1. 花田（国立天文台 水沢観測所）
  - 100x100アルミ板      止め穴：4個
  - 構成品
    - 1-1 CCDカメラ      温度測定点：2
    - 1-2 平面鏡      温度測定点：2
    - 1-3 素子3個      温度測定点：1
  
2. 久保田（JAXA/ISAS）、國井（中央大学）—ロボット部品
  - 160x84アルミ板      止め穴：中心線に4個
  - 構成品
    - 2-1 超音波モータx4
    - 2-2 超音波モータパーツ
    - 2-3 DCモータx2
  - 温度測定点：総計6
  
3. 近藤（情報通信研究機構 鹿島宇宙通信研究センター）
  - AD変換器：ADC08L060      2個      温度測定点：1
  
4. 三澤（東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター）
  - 信号増幅素子      温度測定点：1
    - AD8331      1ヶ
    - AD8004      1ヶ
    - AD603      1ヶ
  
5. 岡田（JAXA/ISAS）
  - 回路基板      温度測定点：5
  - フレキシブル基板
  
6. 片山（JAXA/IAT）
  - レンズ      温度測定点：1
  
7. 四宮（JAXA/IAT）
  - DCモータ      温度測定点：1

図3. 1 熱電対接続図



チャンバー内  
熱電対20対

T型：40

チャンバー外  
20対補償導線ケーブル

コネクタ：20個

20個

多数電線シールの取り付け：フランジに1／2NPTねじ込み

上記を2セット

温度測定点：40点（1～40のナンバリング）

表3. 2 熱電対接続表

温度測定点	熱電対 番号	コネクタ 番号	多数電線 シール	ケーブル番号	ケーブル	データログ 番号
プレート1	1	1	1	1	1	11
プレート2	2	2		2		12
プレート3	3	3		3		13
プレート4	4	4		4		14
プレート5	5	5		5		15
フィン1	6	6		6		16
フィン2	7	7		7		17
フィン3	8	8		8		18
フィン4	9	9		9		19
	10	10		10		20
CCD 上	11	11		11		21
CCD横	12	12		12		22
ミラー上	13	13		13		23
ミラー側面	14	14		14		24
底板	15	15		15		25
モータ治具上	16	16		16		26
ロータ上	17	17		17		27
ステータ治具上	18	18		18		28
ステータ上	19	19		19		29
DCモータ治具上	20	20		20		30
DCモータ	21	21	2	1	2	31
底板右	22	22		2		32
底板左	23	23		3		33
AD8004	24	24		4		34
AD603	25	25		5		35
ADC08	26	26		6		36
取付ボルト傍	27	27		7		37
側面	28	28		8		38
内部中央	29	29		9		39
コネクタ(下)	30	30		10		40
コネクタ(上)	31	31		11		41
レンズ	32	32		12		42
DCモータ	33	33		13		43
カプトンテープ	34	34		14		44
アルミテープ	35	35		15		45
	36	36		16		46
	37	37		17		47
	38	38		18		48
	39	39		19		49
	40	40		20		50

### 3-3 試験経過

全ての供試体をプレートに配置し、熱電対をカプトンテープで供試体の温度測定点に貼り付けた。この時の配置を図3. 2に示す。

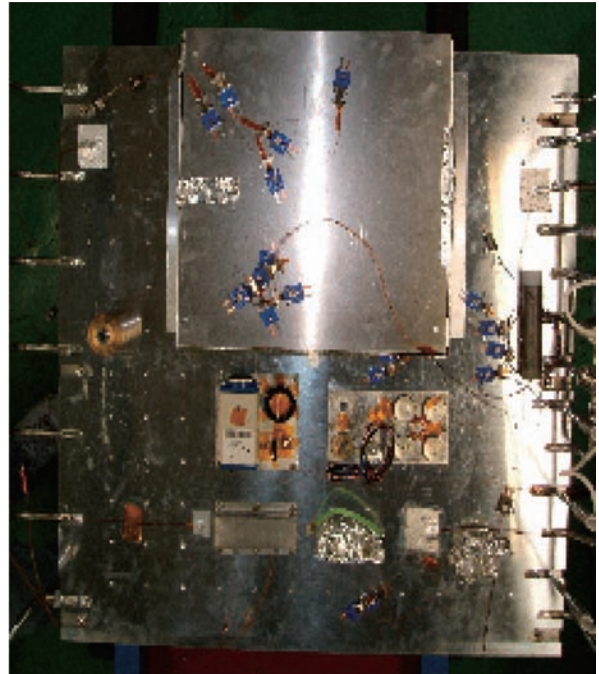
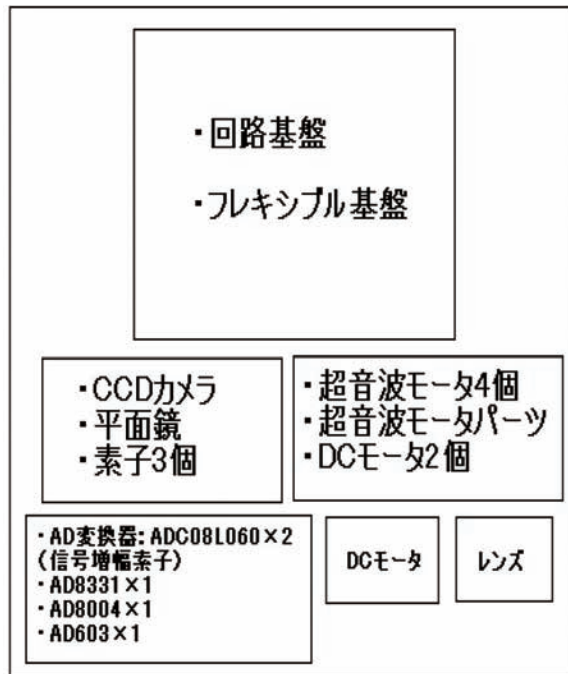


図3. 2 供試体配置

次に、予備実験としてチャンバを閉じて、真空引きを開始した。適当な真空度の所でヒータを入れ、熱電対の応答を見た所、一部の熱電対に不具合が見られた。そこで、真空引きは中止し、そのchの熱電対は交換した。再び、チャンバを閉じ、真空引きを行い、ヒータで加熱し、引き続きLN<sub>2</sub>で冷却し、センサの応答が正常である事を確かめ、予備実験は終了とした。尚、真空引きはそのまま継続し、本試験に備えた。

第1回月面環境試験は次の日程で実施した。

2005年9月12日（月）10:00～13日（火）22:00

まず、プレートをヒータで2時間かけて60℃まで暖め、そのまま4時間ホールドする。次にLN<sub>2</sub>を流して冷却し、24時間以上その状態をホールドする。結果的には30時間冷却を続けた。この間のプレートの温度プロファイルを図3. 3に示す。この図に示すように、プレートの6点の温度プロファイルは殆ど一致しており、代表としてPLATE0を用いて良い事が示されている。

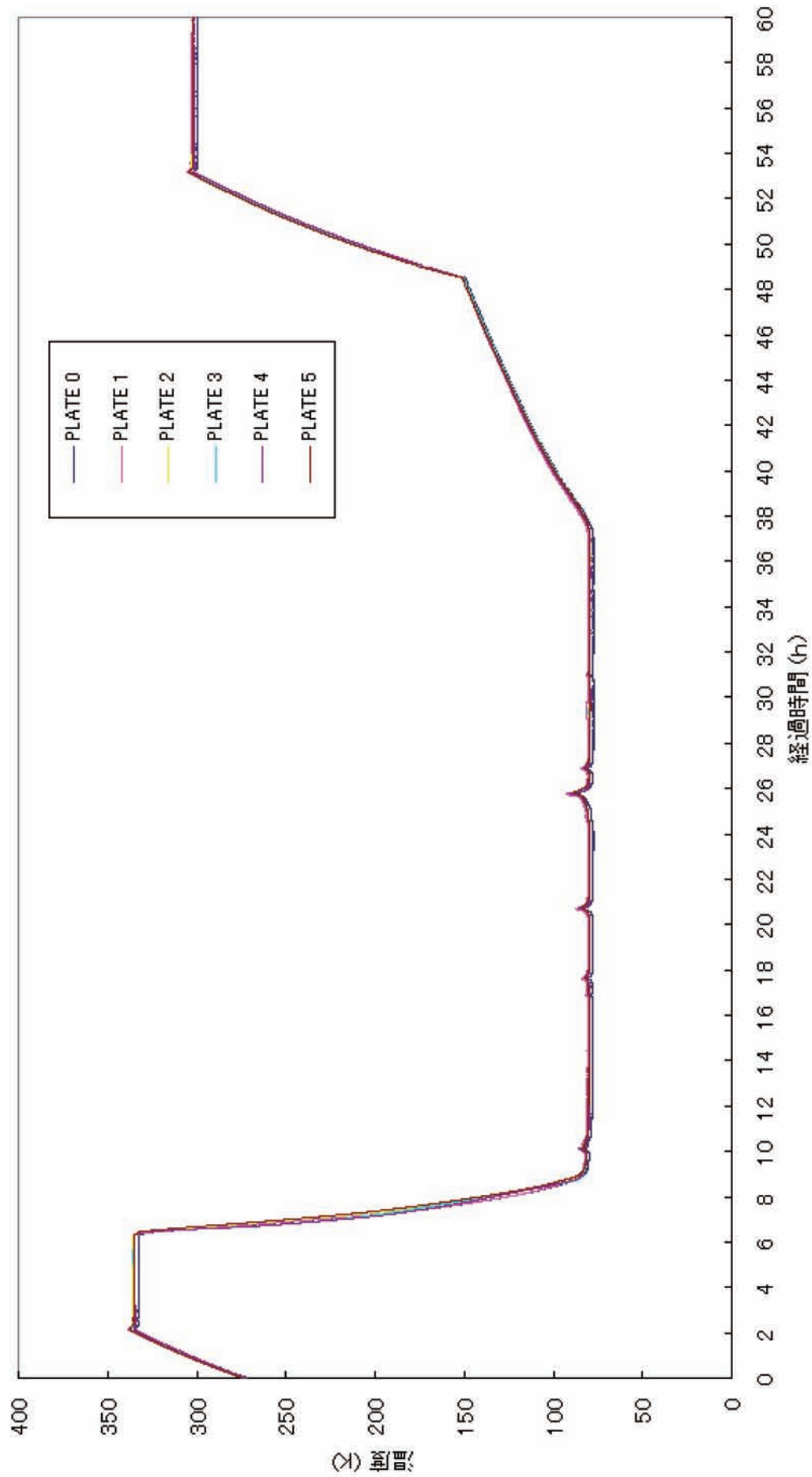


図3. 3



以下、供試体別にセンサ配置、温度プロフィールをまとめる。

### (1) 供試体1

供試体は、100×100mmアルミ板にCCDカメラ1台と平面鏡1つ、素子3つが取り付けられたものである。今回は温度測定点を5つ設けた。温度測定点の詳細な位置は、図3. 4から図3. 6に示す。また、各温度測定点の番号及び構成は以下のようにになっている。

(供試体)

CCDカメラ 幅：50.0mm 奥行：115mm 高さ：50.5mm 重量：320g

平面鏡 直径：30mm 厚さ：5mm

TC 11 CCDカメラ 上面  
 TC 12 CCDカメラ 側面  
 TC 13 平面鏡 上面  
 TC 14 平面鏡 側面  
 TC 15 アルミ板 板底

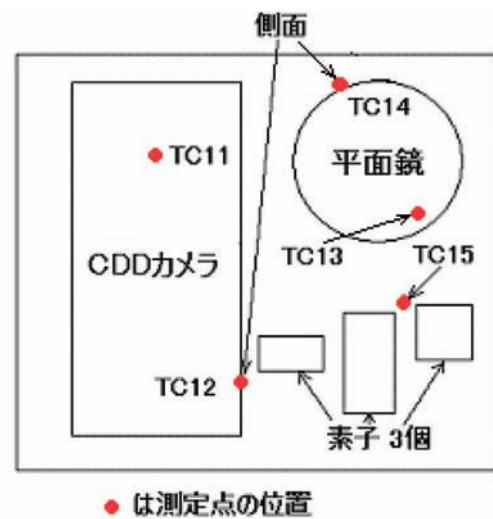


図3. 4

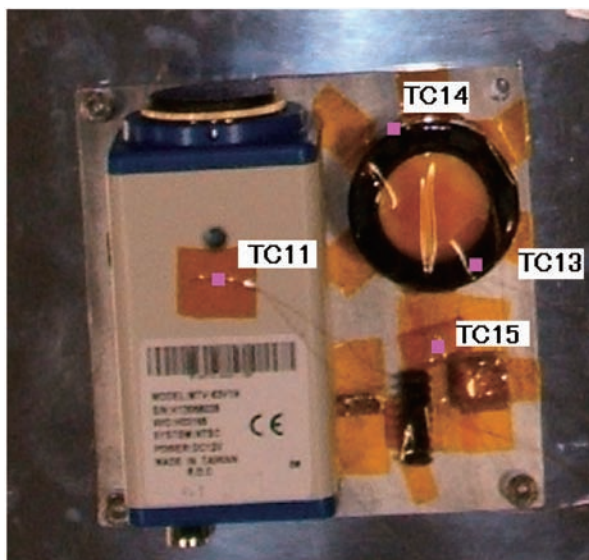


図3. 5

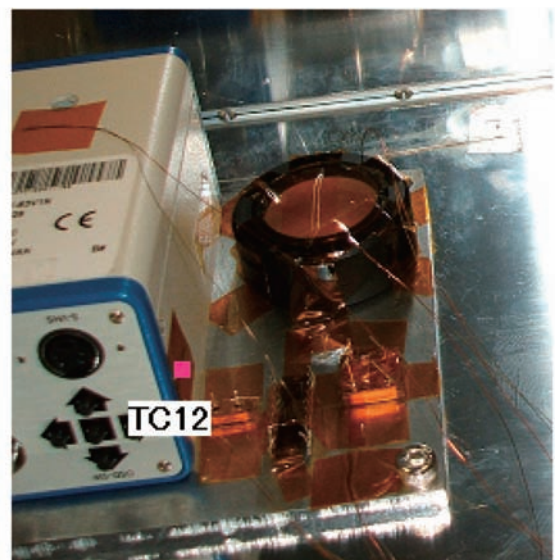


図3. 6

実験後の様子を図3. 7に示す。図から分かるように、実験中にカプトンテープが剥がれている。

(測定点) TC11 CCDカメラの上面 カプトンテープが浮き熱電対の先が供試体から外れていた。

(測定点) TC12 CCDカメラの側面 カプトンテープが完全に供試体から剥がれていた。

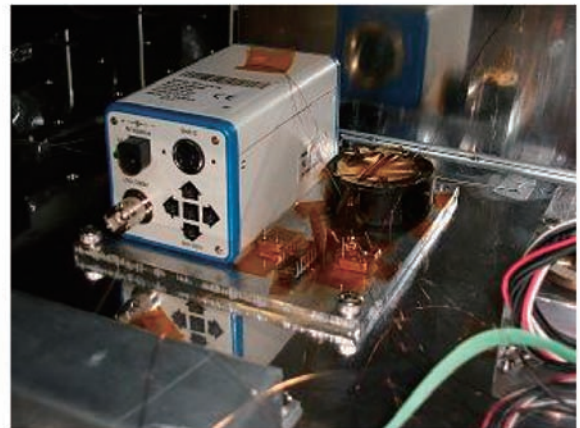
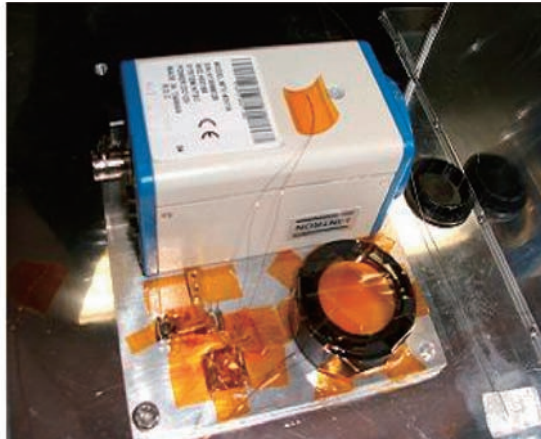


図3. 7 実験後

温度プロファイルを次ページの図3. 8に示す。この図からもTC11, 12の温度の低下は不十分で、実験の初期から上記に述べた剥がれが起きていたように思える。その他は、正常と考えられる。

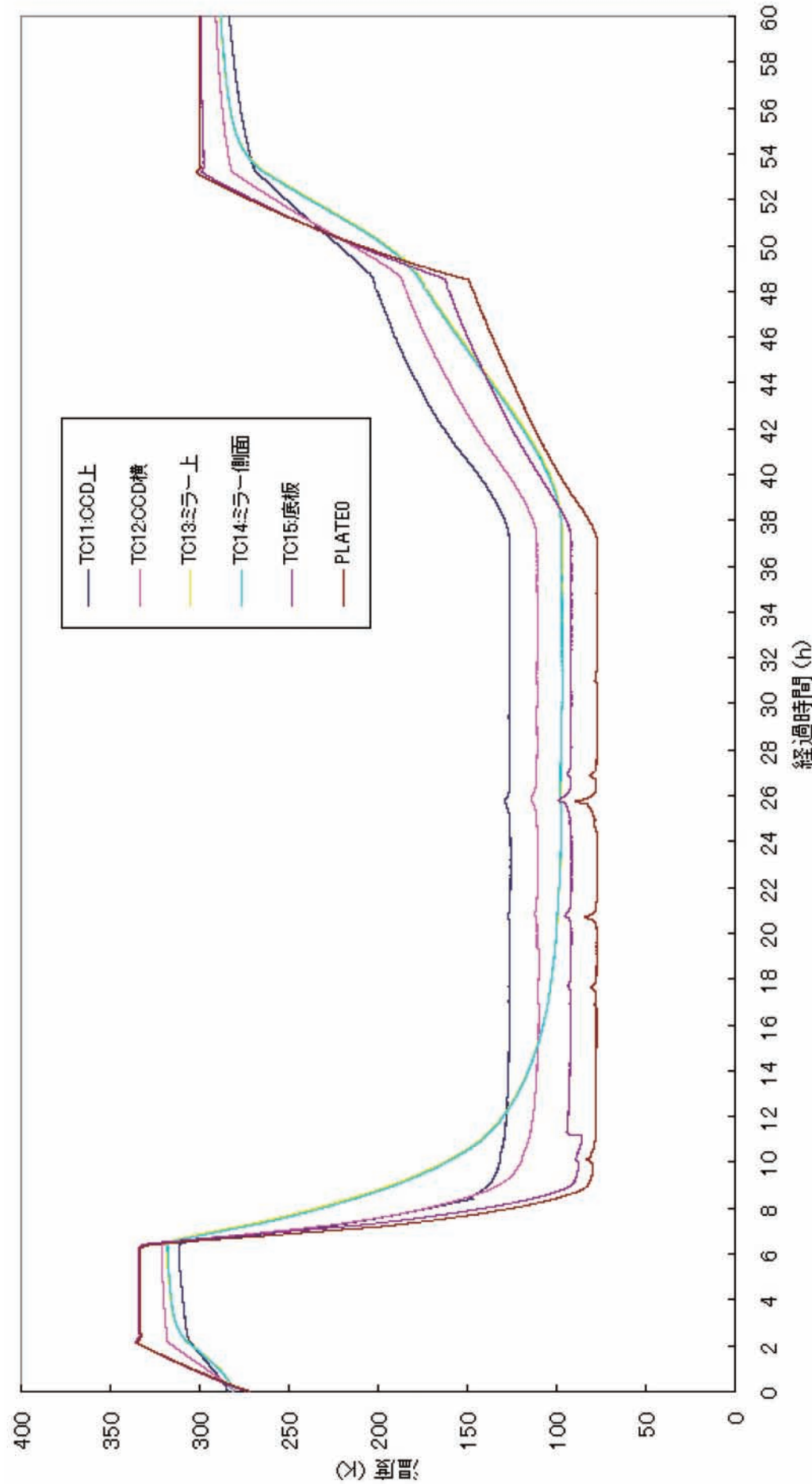


図3. 8

## (2) 供試体2

## ・供試体（ロボット部品）

超音波モータ ×4

超音波モータ部品

DCモータ ×2

## ・サイズ

85×160×80 [mm]

## ・重量

約1 [kg]

温度測定点を6箇所設けた。温度測定点の詳細位置は、図3. 9に示す。

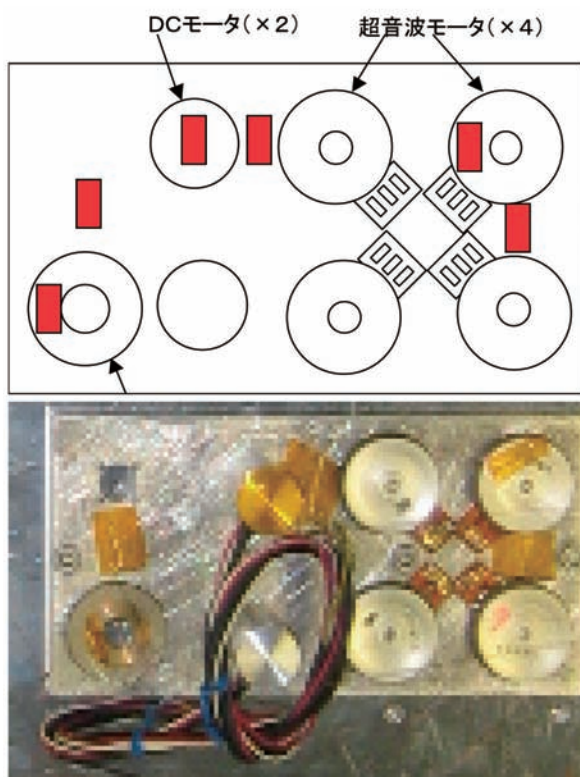


図3. 9 配置図

[温度測定点：1]

超音波モータ付近の固定冶具上

[温度測定点：2]

超音波モータのロータ上

[温度測定点：3]

超音波モータのステータ付近の冶具上

[温度測定点：4]

超音波モータのステータ上

[温度測定点：5]

DCモータ付近の冶具上

[温度測定点：6]

DCモータのケース上



試験後の状態を図3. 10～図3. 12に示す。

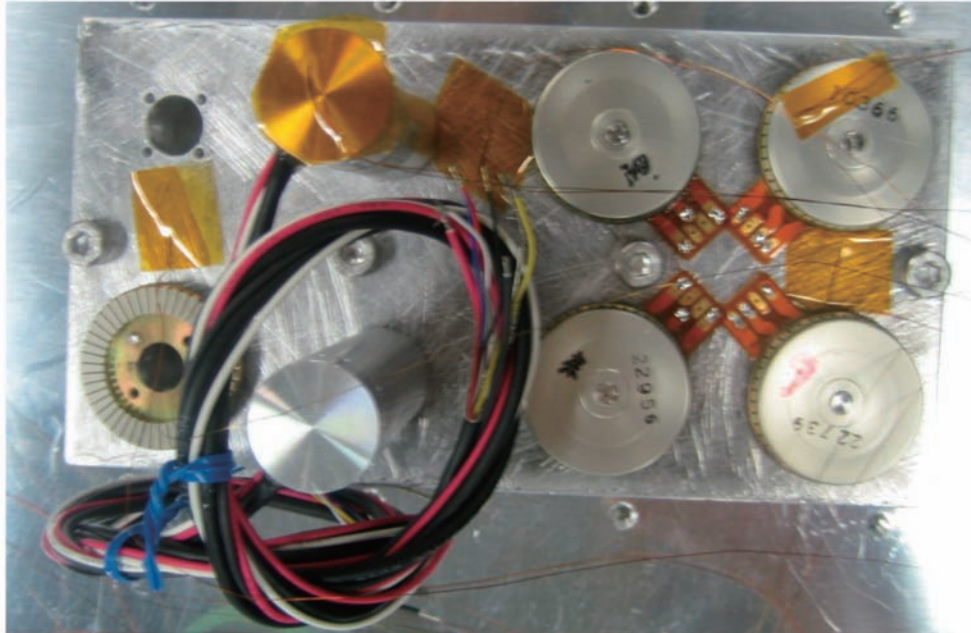


図3. 10 実験後全体図

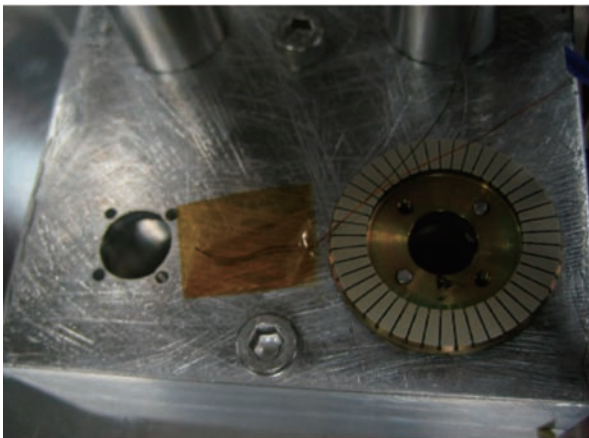


図3. 11 ステータ付近の拡大図

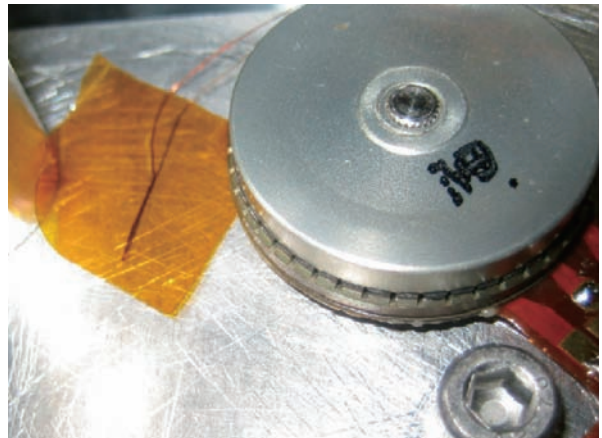


図3. 12 DCモータ付近の拡大図

・問題点

- (1) 超音波モータのステータ上の測定点のカプトンテープが完全に剥がれた。(TC19)
- (2) 超音波モータのステータ付近の治具上とDCモータの付近の治具上のカプトンテープ内に空気が入り熱電対が浮いた。(TC18, TC20)

温度プロファイルを次ページの図3. 13に示す。この図からも、TC18～TC20の温度の下がりが悪く、上記の影響かと思われる。



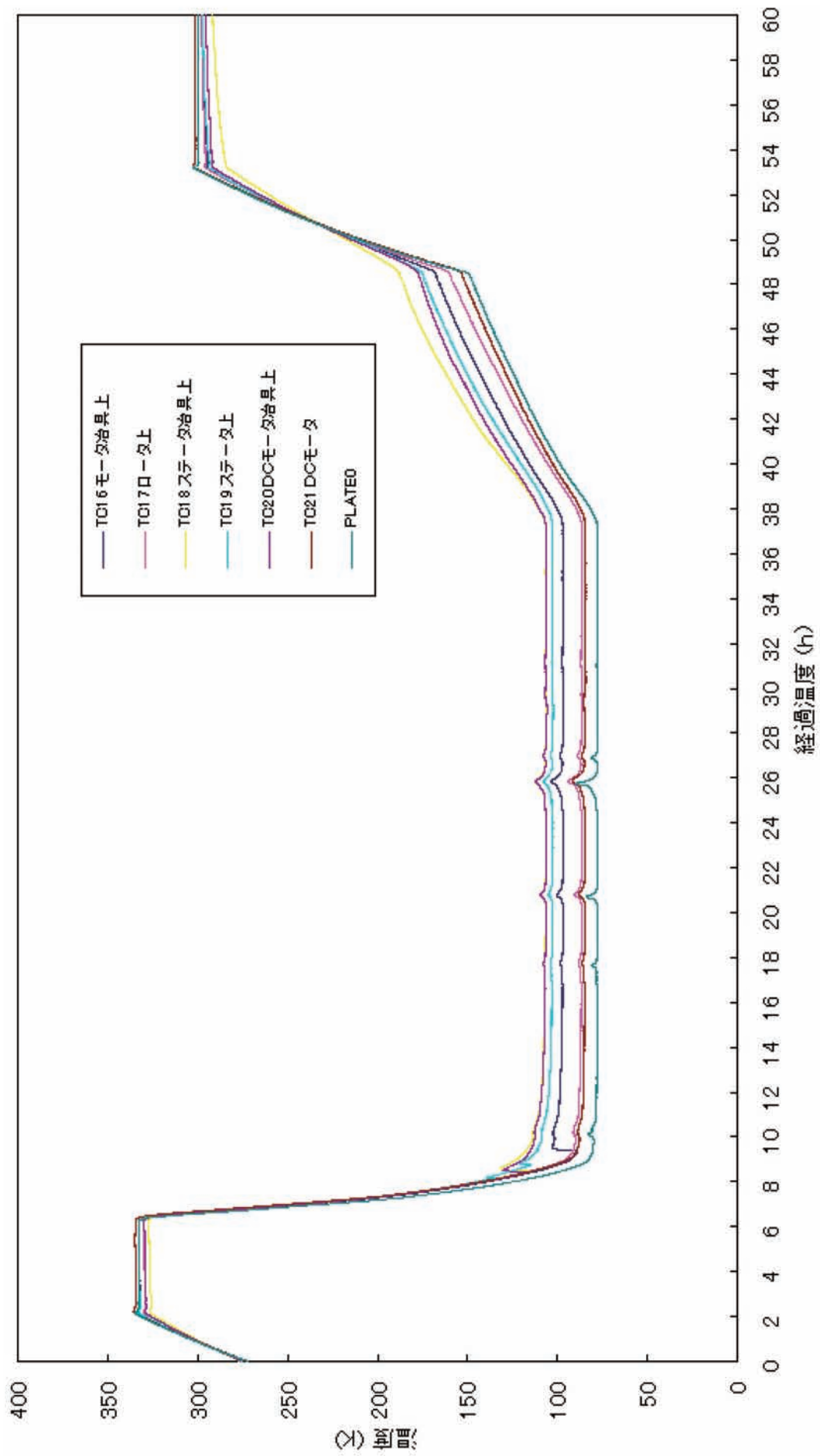


図3. 13

## (3) 供試体3

## ・ 供試体

AD変換器：ADC08L060

信号増幅素子：AD8331、AD8004、AD603

## ・ サイズ

ADC08L060 24リード プラスチックSOP

(外寸：L7.8mm×W4.4mm×H0.9mm+24ピン)

AD603 8リード セラミックDIP

(外寸：L10.3mm×W8.1mm×H3.6mm+8ピン)

AD8004 14リード セラミックDIP

(外寸：L19.9mm×W8.1mm×H3.6mm+14ピン)

AD8331 20リード プラスチックSOP

(外寸：L8.7mm×W3.9mm×H1.8mm+20ピン)

底板プレート (L60.0mm×W110.0mm)

## ・ 重量

ADC08L060 &lt; 1g

AD603 &lt; 5g

AD8004 &lt; 5g

AD8331 ~ 1g

温度測定点を5つ設けた。温度測定点の詳細な位置は、図3. 14に示す。

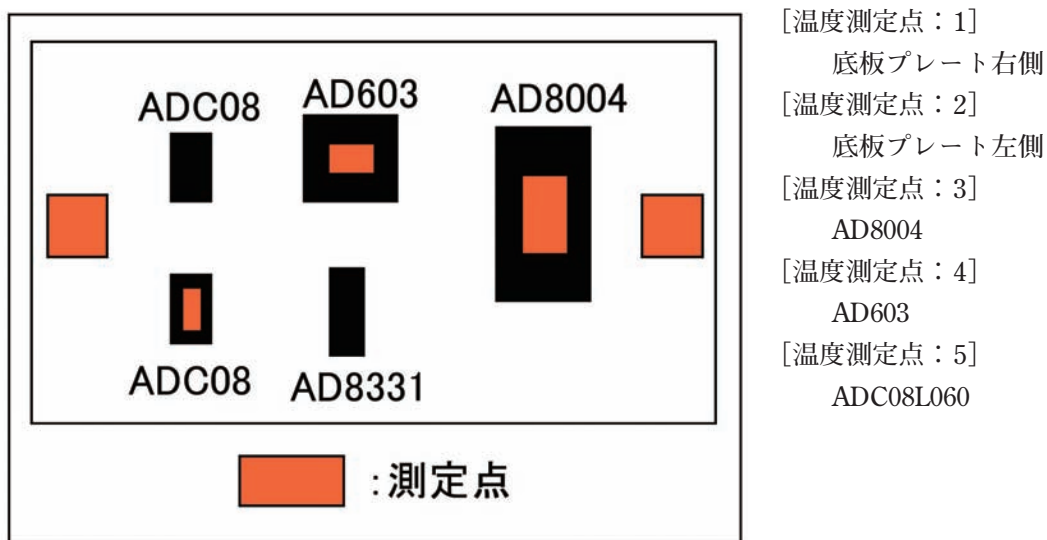


図3. 14 配置図

試験前の状態を図3. 15に、試験後の状態を図3. 16に示す。

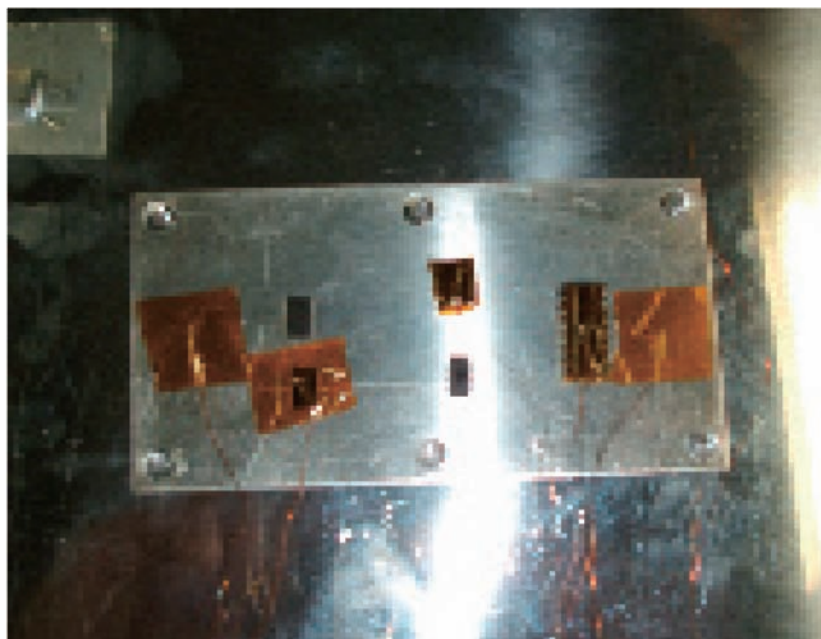


図3. 15 試験前

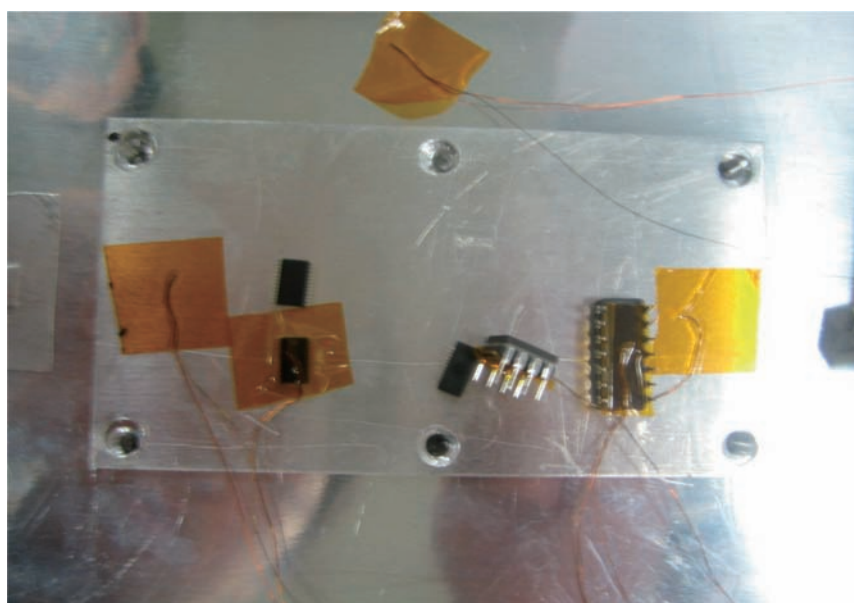


図3. 16 試験後

・問題点

供試体を底板プレートに固定するための接着剤に問題があったため、試験後供試体がプレートから外れてしまった。

温度プロファイルを次ページの図3. 17に示す。 AD8004 (TC24) ,AD603 (TC25) が外れており、温度の下がりが悪い事がそれを示している。

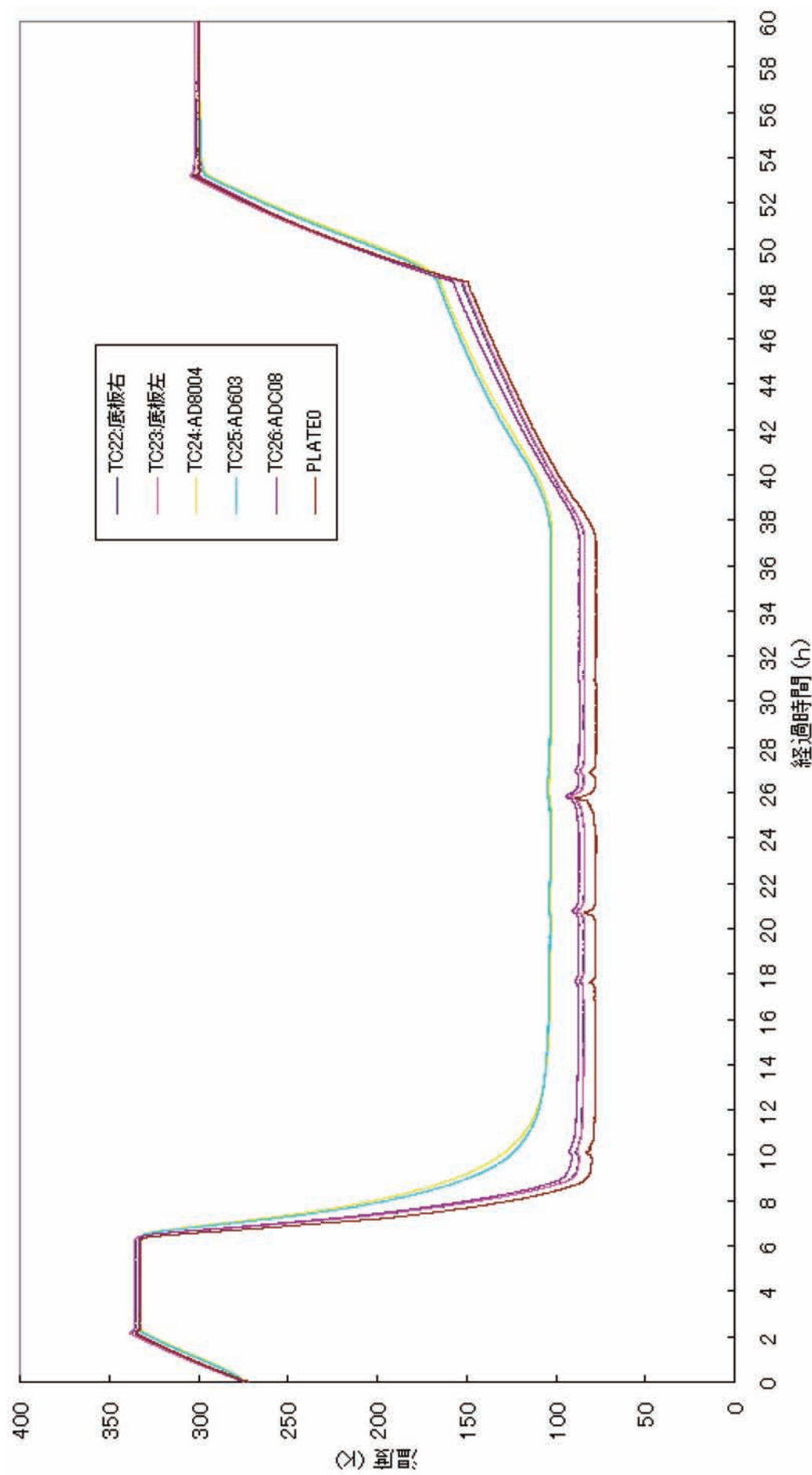


図3. 17

## (4) 供試体4

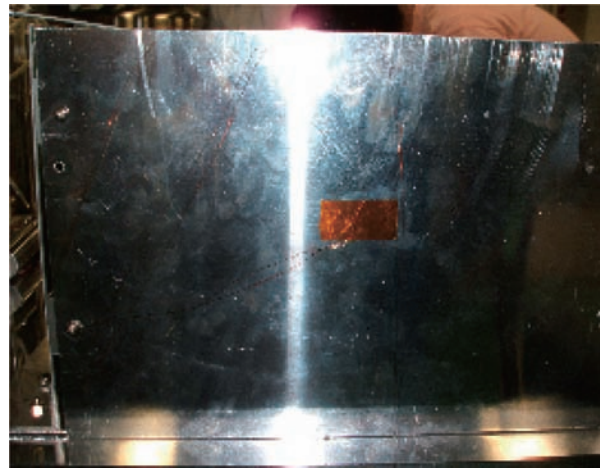
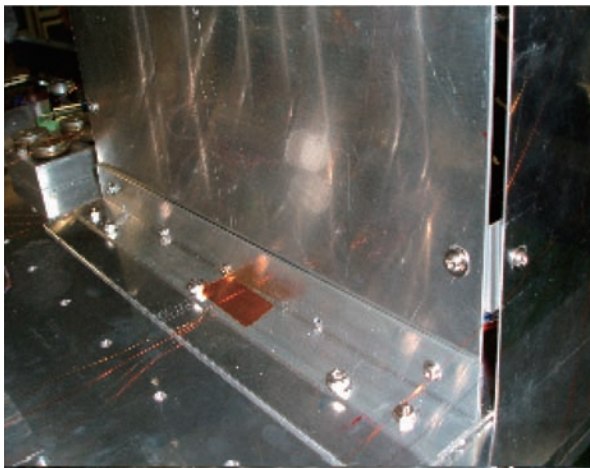
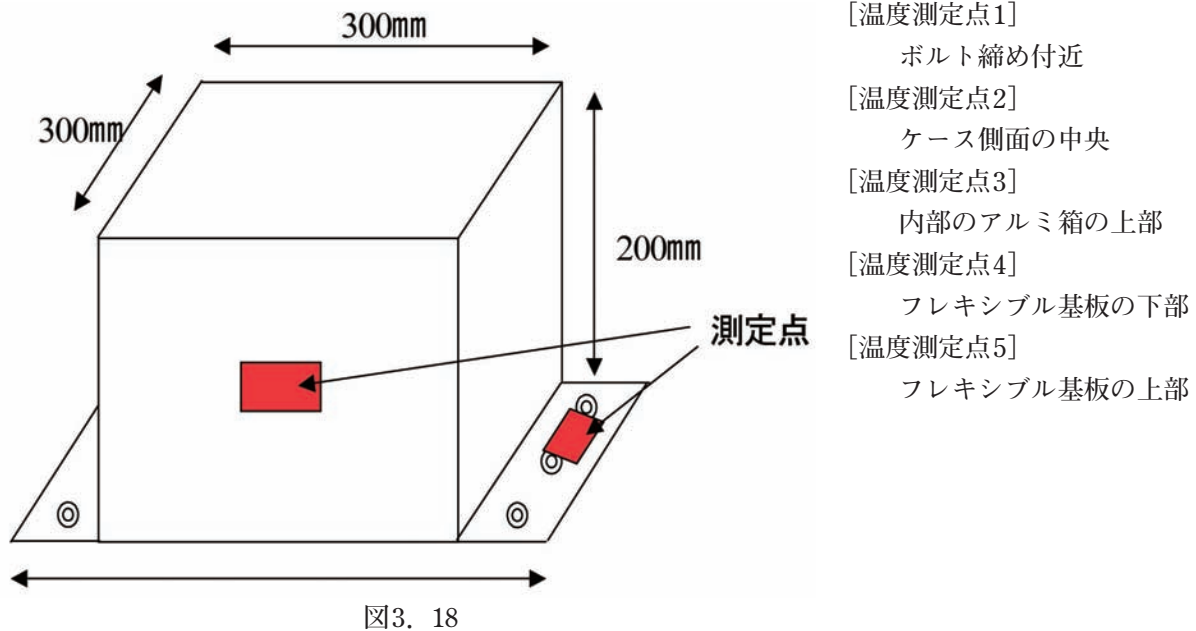
## ・ 供試体

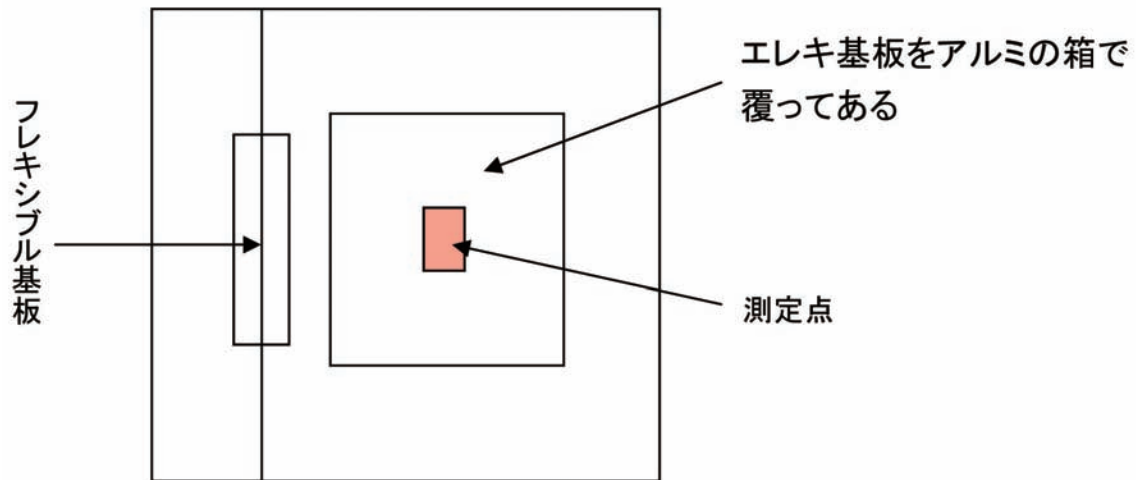
エレクトロニクス基板、フレキシブル基板をアルミの箱(400×300×200)で覆ったもの

## ・ 重量

約2kg (ケース重量込み)

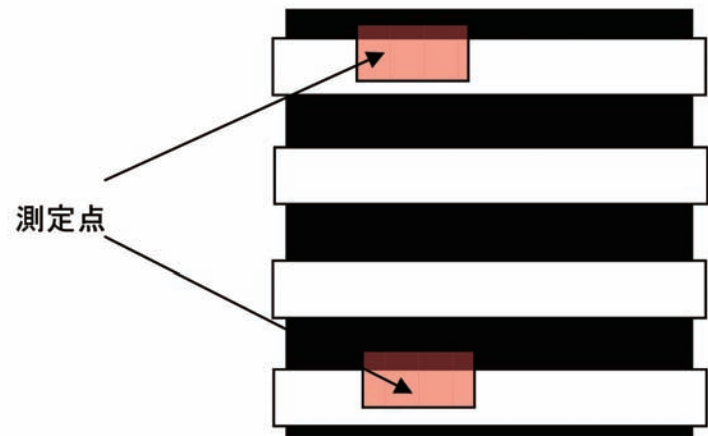
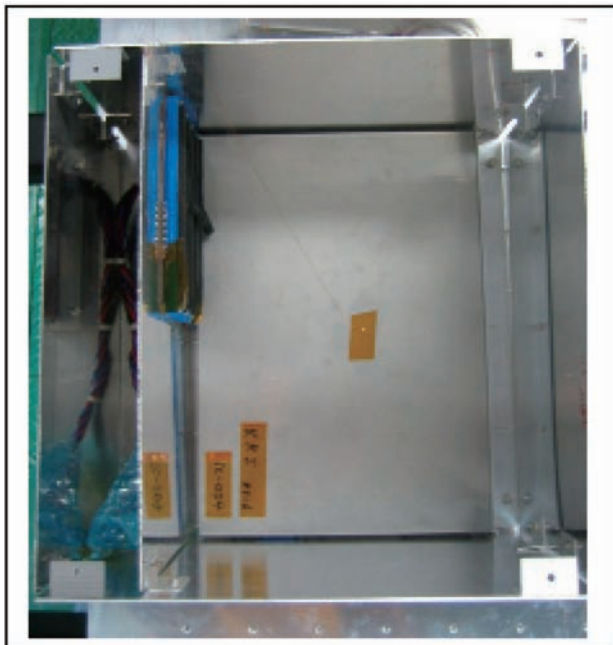
温度測定点は5つ設けた。温度測定点の詳細な位置は、図3. 18～図3. 23に示す





上から見た図

図3. 21

フレキシブル基板  
図3. 22

アルミ箱の内部

図3. 23



試験後

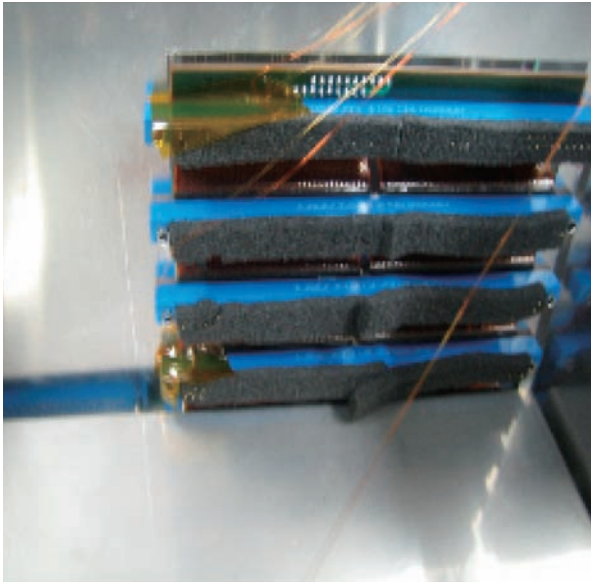


図3. 24 フレキシブル基板

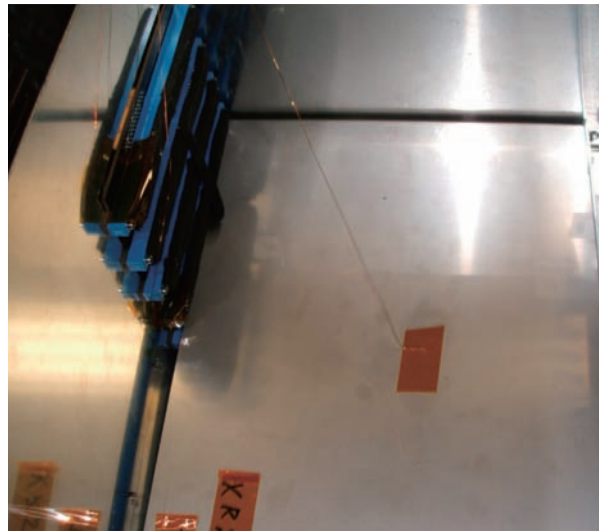


図3. 25 アルミ箱内部



図3. 26 ボルト締め付近

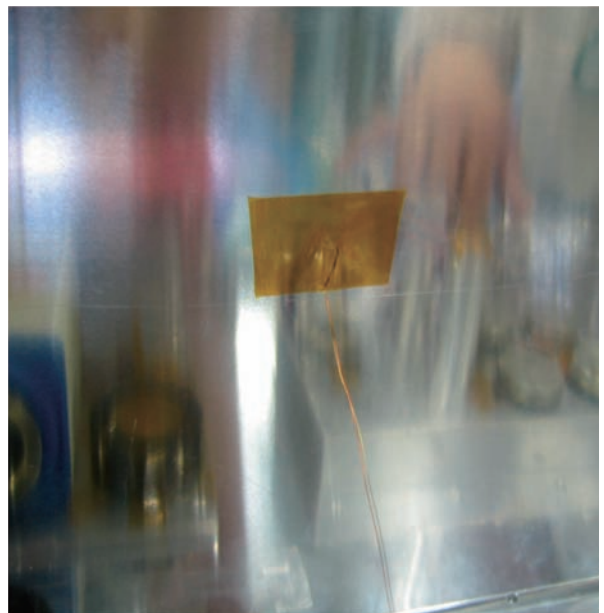


図3. 27 アルミ箱側面  
カプトンテープ内に  
空気が入った。

温度プロファイルを次ページの図3. 28に示す。TC28の応答は異常であり、熱電対の剥離が原因である。

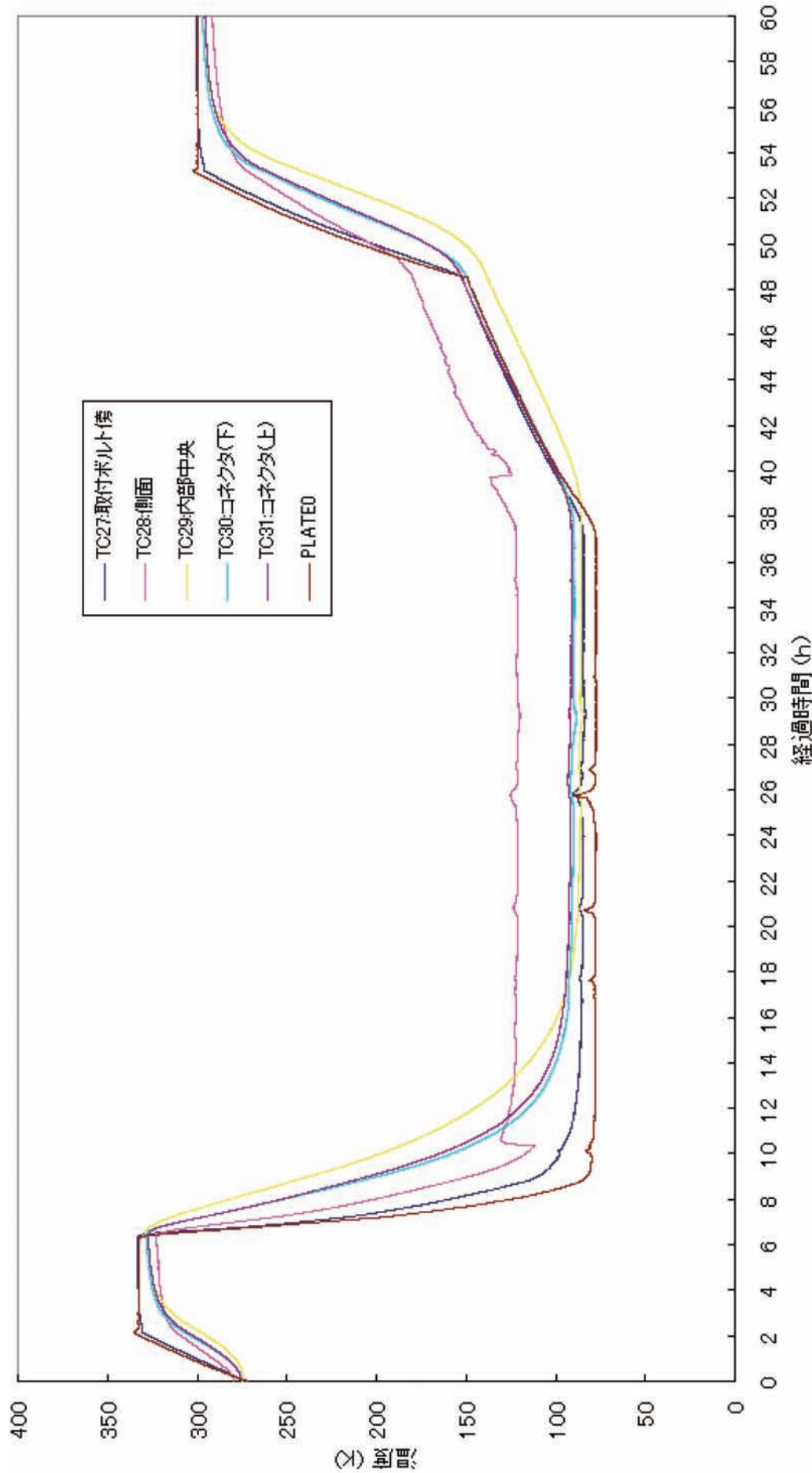


図3. 28



## (5) 供試体5、6

レンズ、DCモータは各々の側面に1点のみ、熱電対をカプトンテープで止めている。その状態を図3. 29に示す。オレンジ色の部分がカプトンテープである。

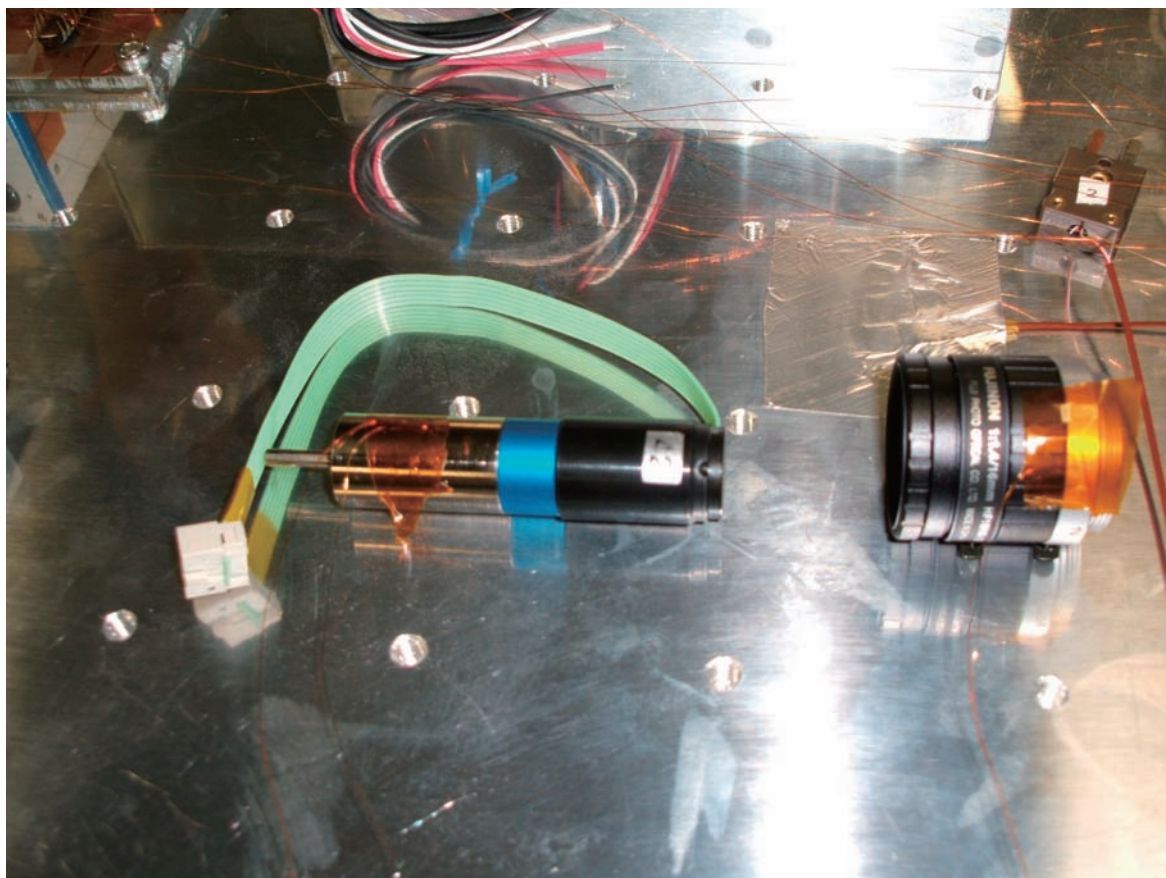


図3. 29 熱電対を貼り付けたレンズ(右)とモータ

レンズは民生品 FUJINON HF16HA-1Bである。DCモータは真空仕様で、FAULHABER社製 1724T012SRマイクロモータに2608：1の減速機を付けた物である。試験に際してはこれらを各々アルミホイールで包み、アルミホイールをプレートにねじ止めし、熱伝導を良くしている。

温度プロファイルを次ページの図3. 30に示す。尚、この図のTC34とTC35はカプトンテープで熱電対を止めた時とアルミテープで止めた時、差が有るかのチェック用であり、両者に差が無い事から、止め方に拠る差が無い事を確認したデータである。

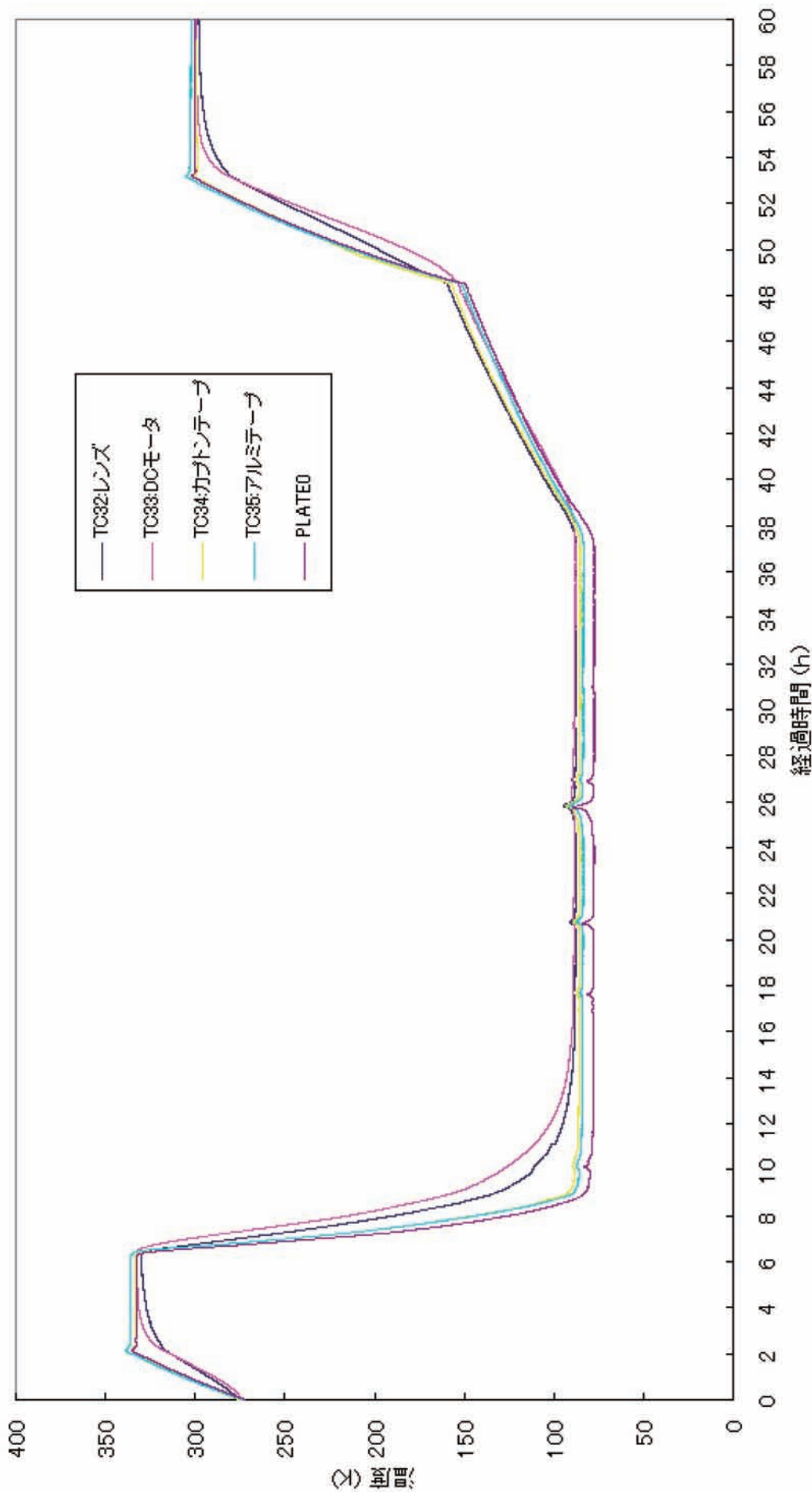


図3. 30

## 4 第1回試験後の各供試体の評価

以下に各供試体提供者の評価結果をまとめて載せる。

題名、著者は以下の通り。

4-1	月面環境下の機器試験結果	国立天文台	浅利一善、鶴田整逸、花田英夫	35
4-2	月環境試験（極低温環境試験）報告書		久保田孝、國井康晴、多田興平	43
4-3	AD変換器	月面環境試験後の動作確認結果	近藤哲朗	49
4-4	月面環境試験	機器特性確認結果報告：増幅素子、三澤浩昭		53
4-5	搭載用電子回路の月面環境試験		岡田達明、明星電気	59
4-6	CCTVレンズの真空低温試験の性能評価について		片山保宏	105
4-7	第1回月面環境試験－真空用DCモータ		四宮康雄	115

## 4-1 月面環境下の機器試験結果

国立天文台・RISE推進室（浅利、鶴田、花田）

## 月面環境下の機器試験結果

### 1. 供試体

平面鏡、CCDカメラ、水晶振動子、同駆動回路

### 2. 各部品の形状等

#### 2. 1. 平面鏡

サイズ：ミラー本体 直径 30mm 厚さ 5mm  
ホルダー 直径 45mm 厚さ 10mm  
重量：約50g



#### 2. 2 CCDカメラ

サイズ：W=50.0mm, D=115mm, H=50.5mm (ベースプレートを含まない)  
重量：320g

#### 2. 3 水晶振動子等のIC

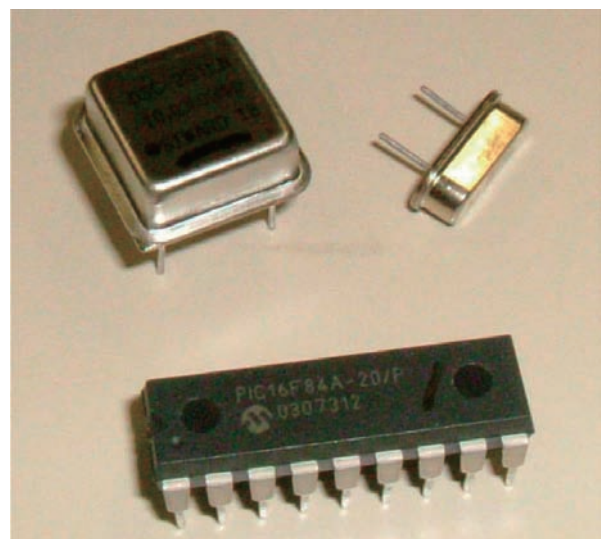
水晶発振器 (OSC-2STLN) 図の左上

水晶振動子 (HC-49/US+PIC1) 図の右上

マイコン (水晶振動子と組み合わせて発振器となる) (PIC16F84A) 図の下



CCDカメラ

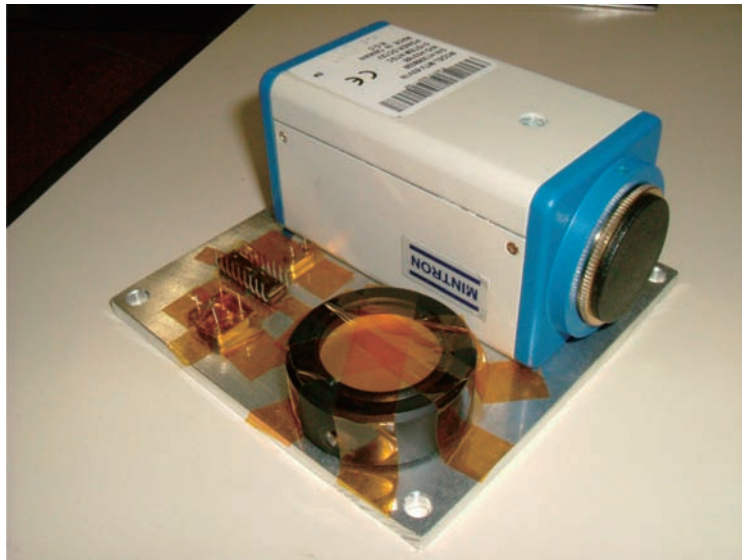


水晶振動子等



### 3. コンフィギュレーション

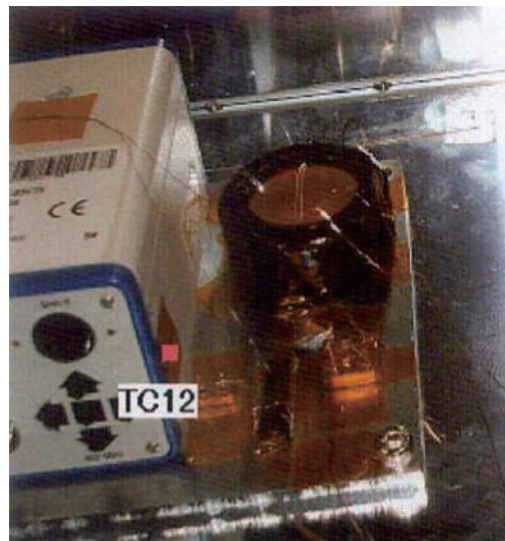
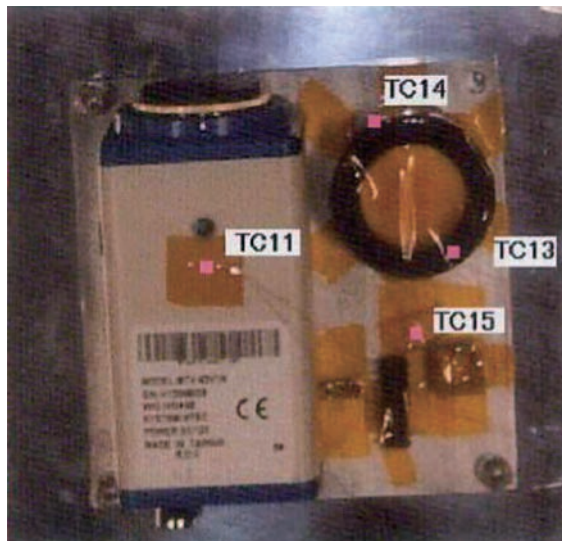
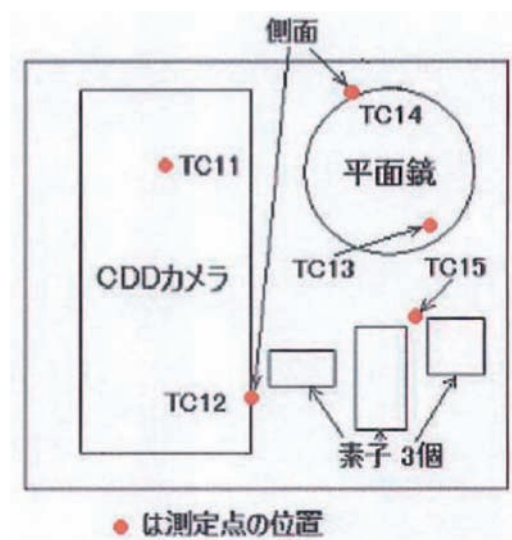
アルミ製ベースプレート（100mm×100mm）上に固定（下図参照）



水晶振動子等

### 4. 温度測定点

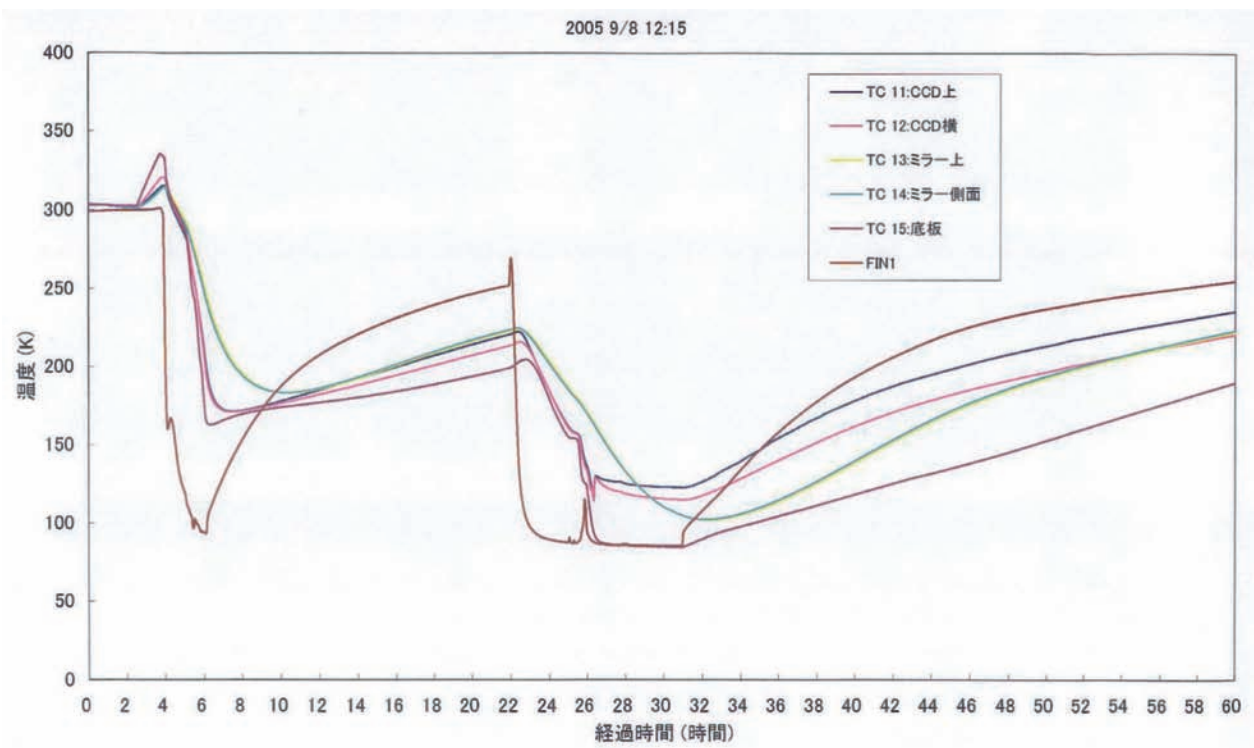
TC11：CCDカメラ 上面  
 TC12：CCDカメラ 側面  
 TC13：平面鏡 上面  
 TC14：平面鏡 側面  
 TC15：アルミ板 板底



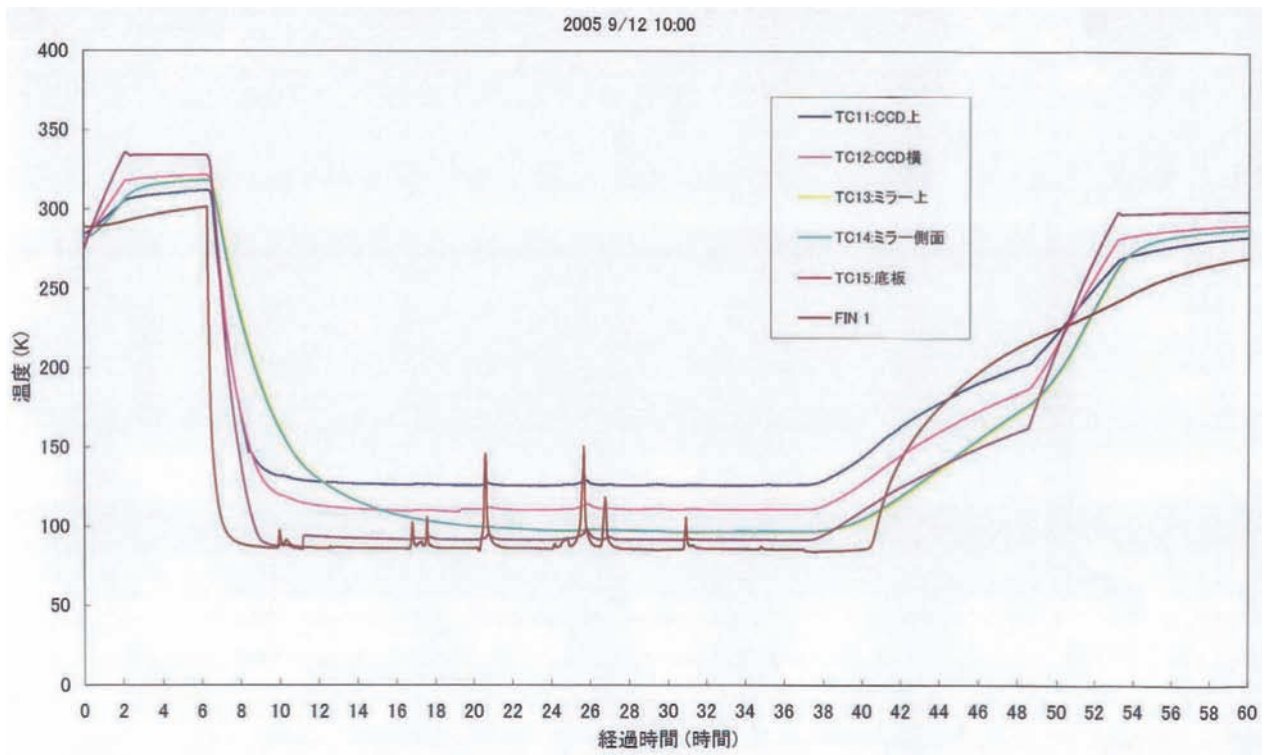
## 5. 試験後の状態



## 6. 温度履歴







## 7. 供試体の性能確認

### 7. 1 平面鏡

低温試験前の特性評価

#### 1) 反射率の測定 (2005年8月2日)

測定器：アンリツML94A

光源：He-Neレーザ

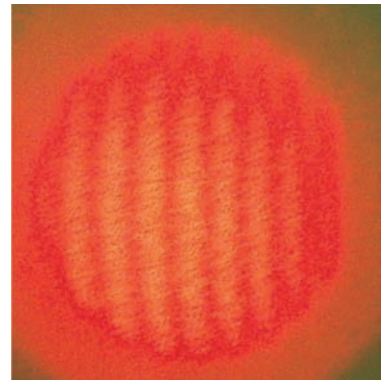
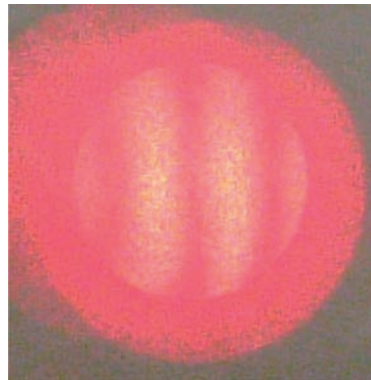
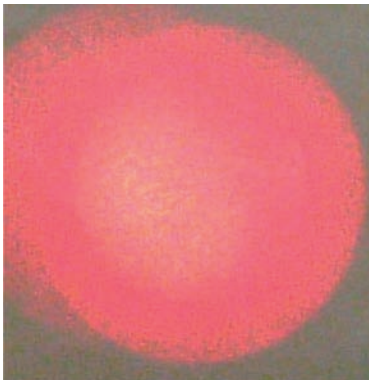
レーザ光パワー：2.05mW

ミラー反射後パワー：1.7mW

→ 反射率 83%

#### 2) 面精度の測定 (2005年8月3日)

トワイマングリーン干渉計で測定



### 低温試験後の特性評価

#### 1) 反射率の測定 (2005年10月6日)

測定器：アンリツML94A

光源：He-Neレーザ

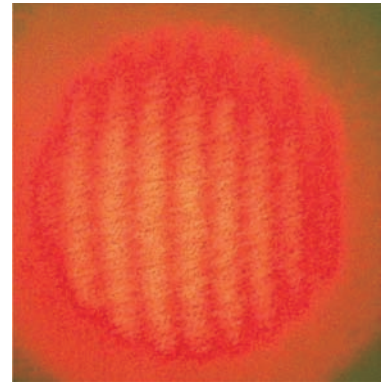
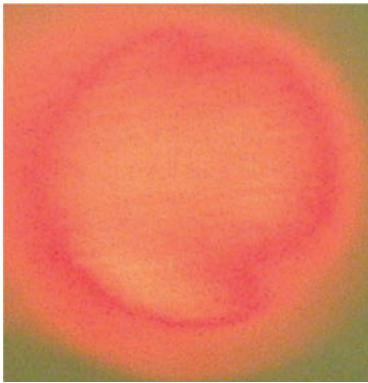
レーザ光パワー：2.12mW

ミラー反射後パワー：1.75mW

→ 反射率 82%

#### 2) 面精度

トワイマングリーン干渉計で測定 (2005年10月7日)



反射率、面精度ともに低温試験後の劣化は認められない。

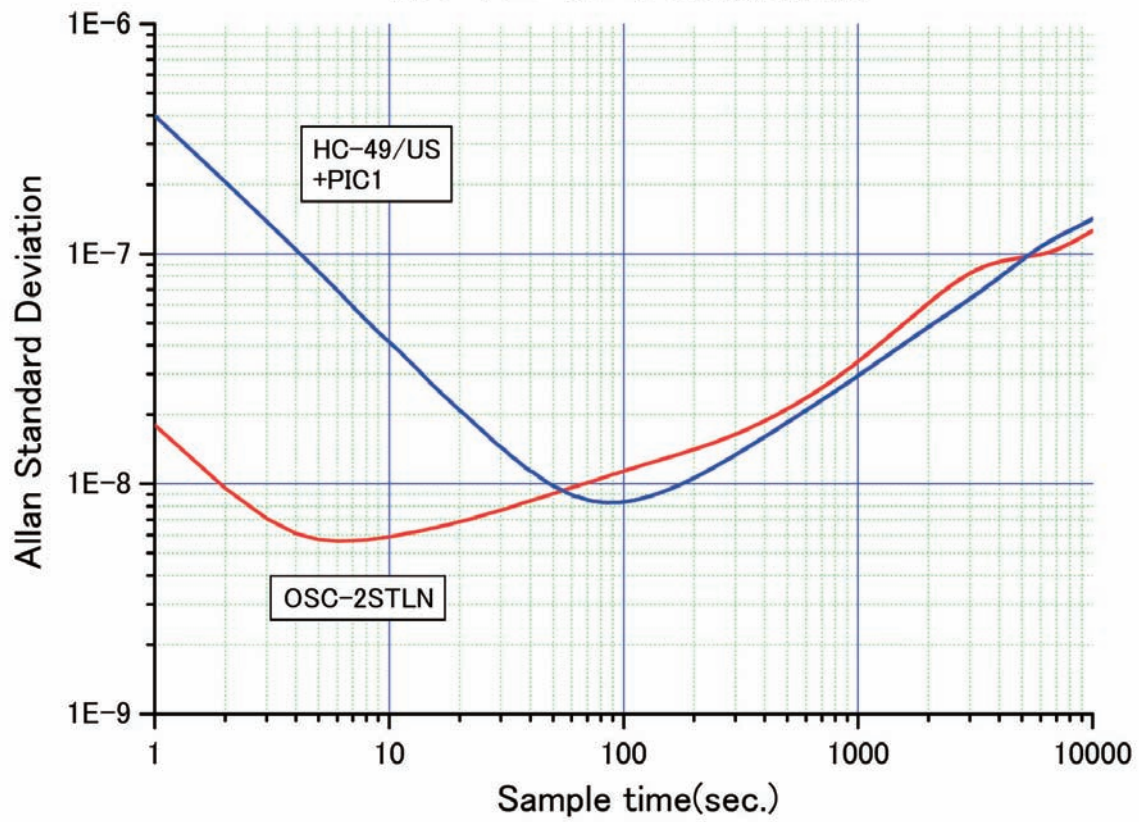
## 7. 2 CCDカメラ

低温試験後も正常に画像を記録し再生ができた (画像サンプル省略)。

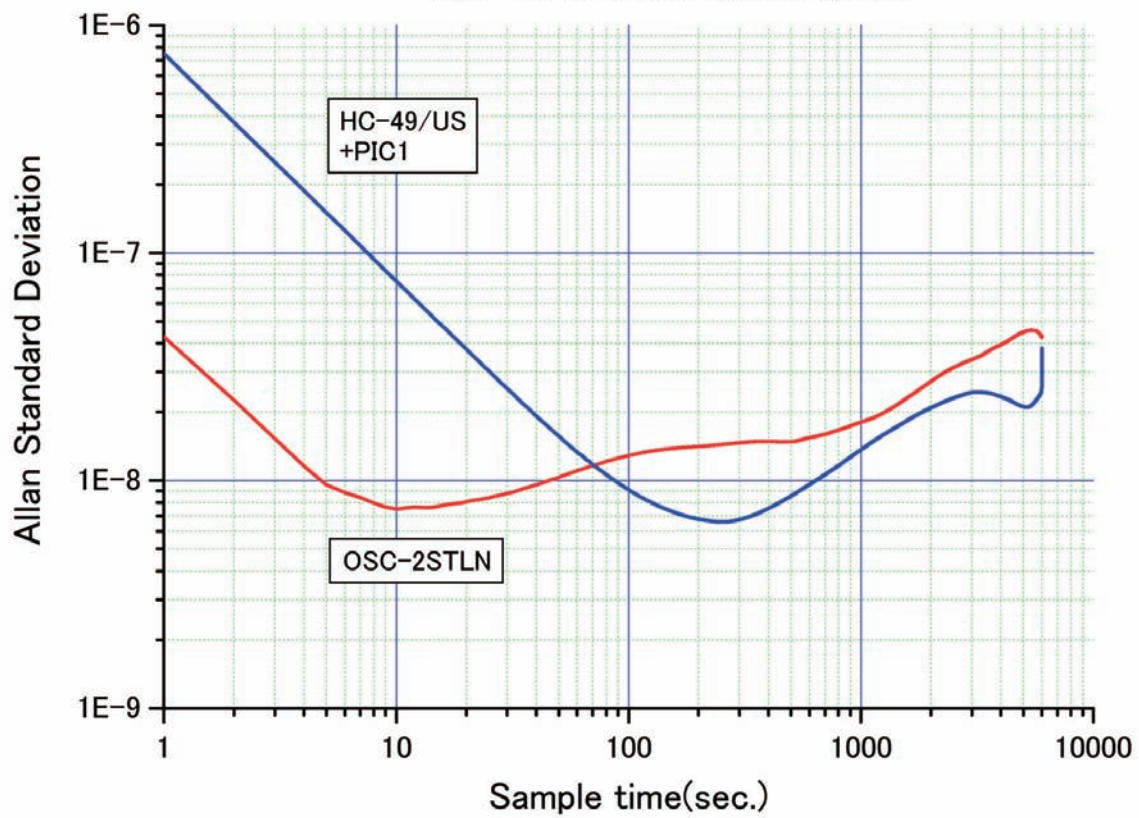
## 7. 3 水晶発振器

低温試験前 (2005年8月4～5日) と後 (同10月9～10日) に周波数の安定度を測定し、有意な変化は認められなかった。

熱サイクル前の周波数安定度



熱サイクル後の周波数安定度





## 4-2 月環境試験（極低温環境試験）報告書

宇宙科学研究本部 久保田 孝

中央大学 國井 康晴

中央大学 多田 興平



## 月環境試験（極低温環境試験）報告書

### 1. 超音波モータの特徴と熱計測箇所の検討

#### 1-1. 超音波モータとは

超音波モータ（Ultra Sonic Motor：USM……以下USM）は直流モータ（以下、DCモータ）や交流モータのような磁力を利用せず、圧電素子の振動を駆動力に変換して回転するモータである。このため、非磁性モータとして多分野で活用が見込まれ、一部医療機器のMRIなどでは実用されている。この特徴は磁力の影響が想定される宇宙環境で活動する探査機のアクチュエータとしても非常に魅力となる。また、回転部となるロータと振動伝達部となるステータは、効果的に振動を伝えるために大きな圧力が印加されており、非通電時においても高い静止トルクを有する。このことは長時間、姿勢を固定することが多い多リンク構造物のアクチュエータとして消費電力やCPUリソースの軽減に貢献することが見込まれる。

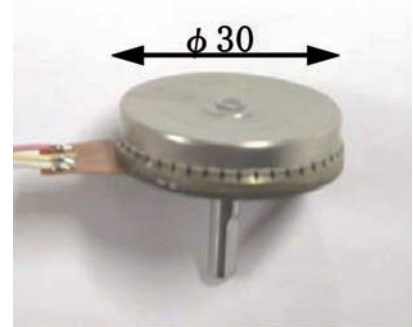


Fig. 1 USR-30

しかしながら、超音波モータは宇宙空間での利用を想定されて開発されておらず、宇宙空間での安定動作のためには、高温低温環境、大きな温度変化、真空環境、放射線環境などでの環境試験と検証が必要である。現在までにFig.1に示す組み込み用USM（USR-30）に対して耐環境試験を行った結果、標準構成のUSMであっても約200 [K] 程度の低温環境では高い耐性を示していた。今回は100 [K] 以下の極低温環境がUSMに与える特性変化について評価する。

#### 1-2. USMの構成

USMの基本的な構成をFig. 2に示す。構成を大別すると

1. 回転部であるロータ
2. ステータ（弾性体）
3. ステータ（圧電素子）
4. 導体
5. ベアリング

の5つに分類される。

また、USMを構成する素材の耐熱性はTable. 1のようになる。

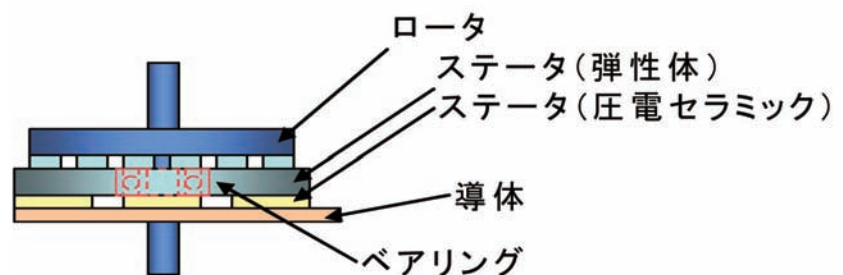


Fig. 2 USMの構成

Table. 1 USMを構成する素材の耐熱性

Name	Material	Operating Temperature Limits
ステータ(弾性体)	Phosphorus Bronze	~250℃
圧電セラミック	Piezo-electric element	Curie Point: 315℃
摩擦材	Aromatic polyester + Polytetrafluoroethylene	Limit: 68℃
FPC	Polyimide	-269℃~400℃
ロータ	Aluminum Alumite	-196℃~300℃ ~180℃
接着剤	Epoxy	-55℃~150℃
ベアリング		-40~130℃

Table. 1より、低温環境では弾性体と圧電セラミック、ステータと導体を接着している接着剤や軸に利用しているベアリング（ベアリングオイル）に変化や影響が現れることが予想される。最初の環境試験として、現状のUSMを用いて行う。なお、接着剤およびベアリングについては、真空環境対応・低高温環境対応に変更することを考えている。

今回の試験ではUSM単体だけではなく、ベアリングが装備され接着剤を利用しているステータ部のみにしても試験を行い、詳細な解析ができるようにした。試験において熱電対を装備した箇所をFig. 3に示す。また、このFig. 3に示すように、今回は比較対象として、試験を行うUSMと同程度サイズのDCモータ（BD-185401）についてもあわせて実験を行った。

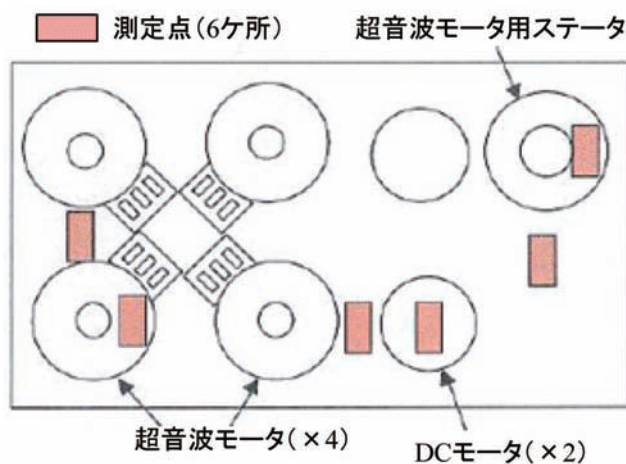


Fig. 3 供試体と熱電対の配置

- 温度測定点1：超音波モータ付近の治具上
- 温度測定点2：超音波モータのロータ上
- 温度測定点3：ステータ付近の治具上
- 温度測定点4：超音波モータのステータ上
- 温度測定点5：DCモータ付近の治具上
- 温度測定点6：DCモータのケース上

## 2. 極低温環境試験

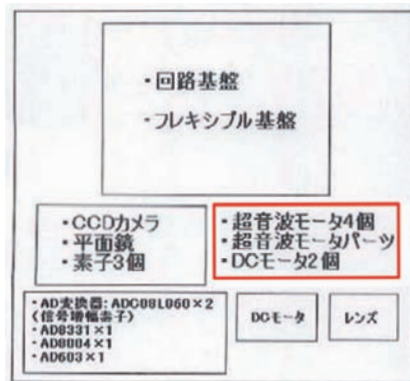
試験に利用する真空チャンバ（Fig. 4）内では、モータを動作させながら低温環境を構築することは困難であるため、試験の前後での特性変化を検討した。このため、USMについてはあらかじめ常温（300 [K]）でのトルク-回転数特性（T-N特性）とトルク-電流特性（T-I特性）を計測した。また、DCモータについては開発メーカーに、極低温環境試験前後の特性変化について計測を依頼した。

試験は他研究者の供試体と併せて行われ、我々の供試体はFig. 5 (a)、Fig. 5 (b) のように設置された。Fig. 6はFig. 5 (b) を拡大したものであり、供試体としてUSMとDCモータ、および熱電対が取り付けられた様子を示している。供試体と治具、治具とチャンバはネジで固定され、熱電対についてはカプトンテープで固定した。

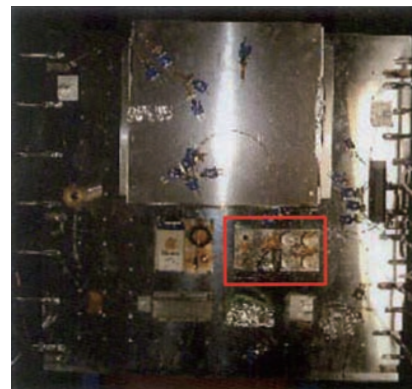
今回の試験ではFig. 4に示す真空チャンバ内の温度を徐々に低下させ、供試体付近の温度が約70 (K) となる環境が維持された。その後、また徐々に温度を上昇させて常温状態に戻された。この試験は2回行われ、高温環境にはなっていないが、常温と極低温を繰り返したこととなり、宇宙環境での探査機の非太陽面の温度変化と近い温度環境をUSMに与えることができた。



Fig. 4 試験に利用された真空チャンバ

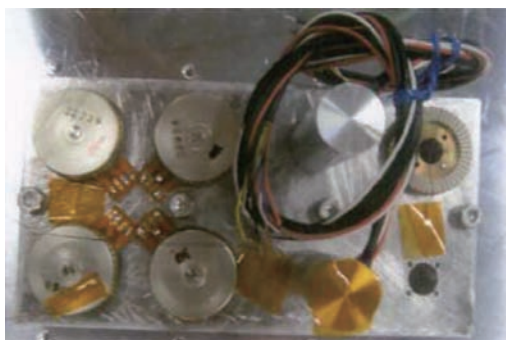


(a) 配置概略図



(b) 供試体の配置図

Fig. 5 供試体の真空チャンバ内の配置



(a) USMの配置全体像



(b) USMと熱伝対の固定状態

Fig. 6 供試体と熱伝対の配置



### 3. 極低温環境が与えるUSMへの影響

極低温環境の状態を経験したUSMの特性が試験前後で変化するかどうかを、トルク-回転数特性（T-N特性）、トルク-電流特性（T-I特性）を計測して比較した。その結果をFig. 7、Fig. 8に示す。試験前のデータをBase、試験後のデータをAfとし、計測時の温度は303 [K] (30 [°C])とした。

Fig. 7のT-N特性グラフでは、彩色された範囲がUSMの動作保証範囲である。このグラフより、モータそれぞれに元々特性のばらつきがあるものの、その特性は維持されている。また、Fig. 8のT-I特性より、消費電力についても大きな変動は見られない。これより、極低温環境によるUSMへの影響はみられなかった。

DCモータについてはメーカーにて行われた試験結果のデータをTable. 2に示す。このデータは回転数や消費電流が中心であるが、モータの特性には大きな変化はみられない。なお、ベアリングから異音が出るようになったとの報告があり、これは故障箇所として予想していた部位と一致する。

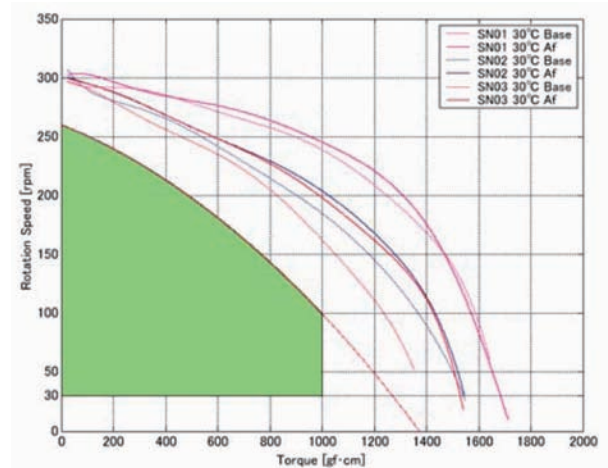


Fig. 7 T-N特性

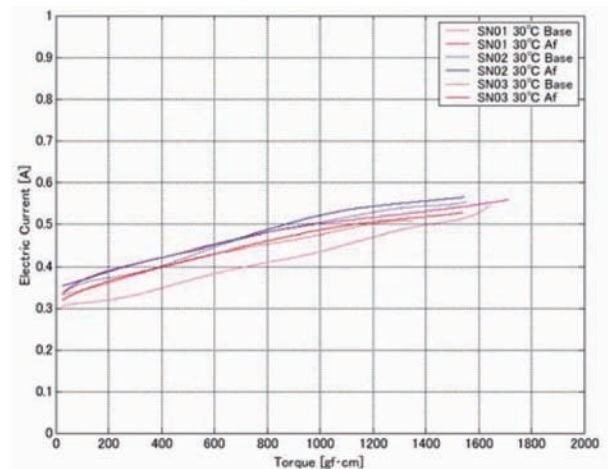


Fig. 8 T-I特性

Table. 2 DCモータの特性変化

型式	BD-185401
数量	2
電源電圧	DC24V
使用ドライバー	BSD-66-200

シリアルNo.	絶縁耐圧(AC250V) 漏れ電流1mA以下	絶縁抵抗(DC250V) 10MΩ以上	線間抵抗値Ω			モータ・無負荷回転数 rpm		無負荷電流 mA		回転方向	備考
			U-V	V-W	W-U	CW	CCW	CW	CCW		
2(試験前)	OK	OK	6.54	6.54	6.53	12960	12990	37	38	OK	
3(試験前)	OK	OK	6.54	6.53	6.53	12930	12966	42	41	OK	
2(試験後)	OK	OK	6.64	6.63	6.64	12860	12876	37	30	OK	ベアリング音大
3(試験後)	OK	OK	6.62	6.61	6.6	12792	12876	41	40	OK	ベアリング音大

ベアリング異音発生の原因として、駆動軸の摩擦係数の変化、あるいはトルクの変動が予想される。詳細については今後調査を行うが、極低温環境でのDCモータの利用の際にはベアリング（ベアリングオイル）の耐熱性について注意する必要がある。

#### 4. まとめ

今回の極低温環境試験では、USMを構成する素材の耐熱限界を超えた環境であったが、3章での結果が示すように、USMの大きな特性変化は生じなかった。非通電状態であるが、試験に利用したUSMの極低温環境に対し耐熱性が確認できた。一方、DCモータの場合にはベアリング音の異常が確認されていることから、ベアリング（ベアリングオイル）について注意が必要である。USMについても今回異常は検出されなかったが、宇宙環境での使用に際しては、耐真空環境や耐熱性の高いベアリングを採用する必要があると考えている。

現在までにUSMの宇宙仕様化のため、真空環境試験や高温環境試験、放射線試験などを行っている。今回の試験結果より、極低温環境に対して、ベアリングや接着剤の耐性を考慮すれば、宇宙仕様が可能であるという見通しを得た。もちろん、耐久試験などさらなる試験が必要となる。

この極低温環境対策と今までの試験結果を総合すると、USMは極低温～330 [K] の環境であれば真空環境でも安定して動作することが期待できる。これより、機体の熱制御が行われる環境であれば、宇宙探査機のアクチュエータとして、USMを駆動力・消費電力などの面で非常に有力なアクチュエータのひとつとして考慮することが可能であると考え。今後は、現在も対策を進めている高温時の耐熱性向上について、実験および検討を進めていく予定である。また、接着剤およびベアリングを耐熱性のあるものに交換したバージョンでの試験を行いたいと考えている。

## 4-3 AD変換器 月面環境試験後の動作確認結果

情報通信研究機構 近藤 哲郎

## AD変換器（サンプラー）

### NATIONAL SEMICONDUCTOR ADC08L060

#### 月面環境試験後の動作確認結果

正常動作を確認

#### 1. デバイス名

ナショナルセミコンダクター ADC08L060

24リード プラスチックSOP（外寸：L7.8×W4.4×H0.9mm＋24ピン）

電源電圧 最大3.8V

パッケージ消費電力 25℃で最大1358mW（通常動作時の代表値は49mW）

保存温度範囲 -65℃～+150℃

#### 2. 概観

概観をルーペで観察したが損傷は見られなかった（図1）。

#### 3. 電源のみ供給時の消費電流の比較

図2のように基板に半田付けし、電源のみ配線した状態（外部回路無しの状態）で月面環境試験経験デバイスとそうでないデバイスの消費電流の比較を行った。

電源回路（+3V）のみ配線した状態ではAD変換器としては安定動作状態ではないようで、月面環境試験経験デバイスも未経験デバイスも電流値は大きく変動したが、どちらのデバイスも最大定格値以下であり、特に、月面環境試験経験デバイスについて異常な電流の増加が見られるということにはなかった。

#### 4. AD変換機能の確認

消費電流の比較から大幅な損傷は無いと判断し、AD機能を確認するため、図3に示されるテスト回路（メーカー提供のデバイスシート中のテスト回路の一部配線を簡略化）を組みAD機能の確認を行った。CLKには10MHz（0-3Vレベル）を入力し、VinにFunction Generatorからの出力を入力し、AD変換後の各ビットをロジックアナライザーにてモニターした。図4にテスト回路組み上げ後の基板、図5には機能確認試験時の様子、図6に測定時のブロック図を示す。

Function Generator（関数発生器）の周波数および波形を変えて月面環境試験を経験したデバイスと未経験のデバイスをテストした結果（写真）を図7に示す。なお、Function Generatorの出力信号レベルは860mV P-Pとし、DCオフセット450mVを与えている。AD変換データは

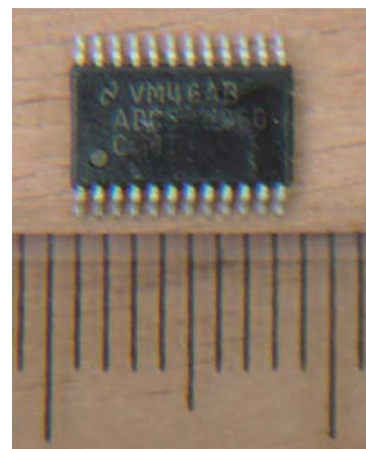


図1 月面環境試験後の素子概観

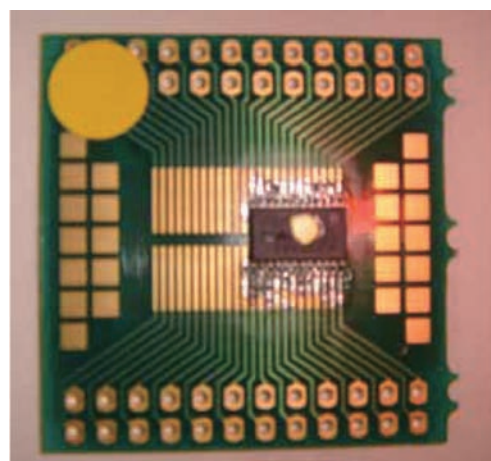


図2 電源のみ配線時のテスト基板

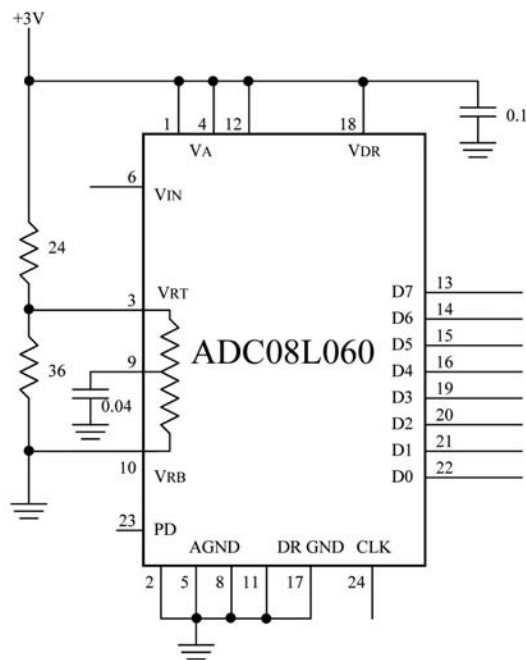


図3 テスト回路

ロジアナのD/A機能を使用して表示している。図7で見られるように月面環境試験を経験したデバイスと未経験のデバイスでは、ほぼ同じ結果が得られた。消費電流に関してもほぼ同じであった（20MHz信号をサンプリングした場合に月面環境試験経験デバイスの消費電流51.6mAに対して未経験デバイスの消費電流は51.5mAであった）。

## 5. まとめ

月面環境試験を経験した民生用のAD変換素子ADC08L060の動作チェックを行った結果、チェックを行ったサンプリング周波数（10MHz）では問題なく動作することが確認できた。

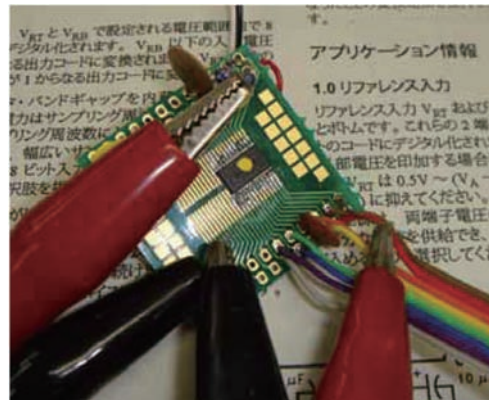


図4 テスト回路組み上げ後の基板

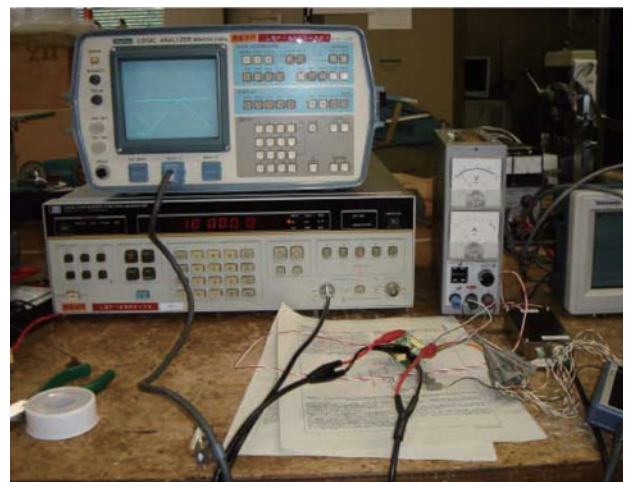


図5 テストの様子

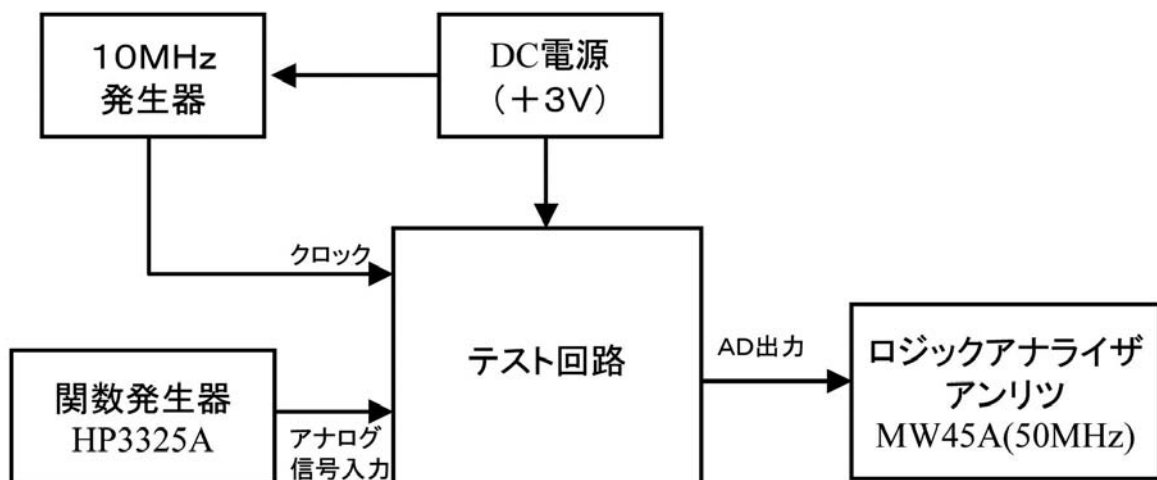


図6 測定時のブロック図







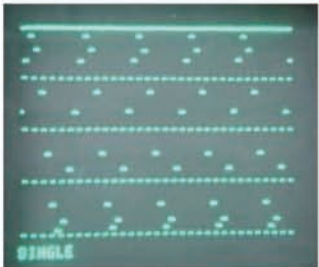
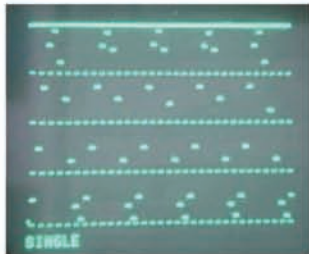




未経験品（新品）	月面環境試験経験品
 <p>入力： 10kHz 三角波</p>	 <p>入力： 10kHz 三角波</p>
 <p>入力： 20MHz サイン波</p>	 <p>入力： 20MHz サイン波</p>
 <p>入力： 1MHz サイン波</p>	 <p>入力： 1MHz サイン波</p>
 <p>入力： 500kHz サイン波</p>	 <p>入力： 500kHz サイン波</p>
 <p>入力： 100kHz サイン波</p>	 <p>入力： 100kHz サイン波</p>

図7 試験結果。ロジアナのD/A機能を使用して表示している

## 4-4 月面環境試験 機器特性確認結果報告

東北大 三澤 浩昭



## 月面熱環境試験(2005年9月実施) 機器特性確認結果報告：増幅素子

### 要旨

月面熱環境を模した、素子の保存温度外の温度を含む330K～80Kの範囲の温度条件下に非通電状態で晒された3種の増幅素子の特性確認試験を行った。特性確認試験の内容は、素子種毎に作製した試験回路を用いて、熱環境試験を経た素子(1ヶ)と熱環境試験を行っていない未使用素子(3ヶ)に対する比較を行う方式とした。結果として、増幅利得特性において最大15%の差異(低下)が確認されたが、線形増幅特性、雑音特性、消費電流には両者に大きな差異は見られなかった。増幅利得に認められた差異は、1)素子の個体差、2)実際の変化、の両方の可能性がある。今後、事前に特性を確認した素子に対する試験を実施し、機器の熱環境特性を明らかにする必要がある。

### 1. デバイス(3種)

- ① Analog Devices AD603AQ：低雑音( $1.3\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ) 利得可変増幅素子。Slew rate:275V/us。  
(8リード セラミック DIP, 外寸L10.3×W8.1×H3.6mm, 定格保存温度範囲：208K～423K)
- ② Analog Devices AD8004SQ：低雑音( $1.5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ) 電流帰還型低消費電力増幅素子(4回路型)。Slew rate:3000V/us@Gain=2。  
(14リード セラミック DIP, 外寸L20.0×W8.1×H3.6mm, 定格保存温度範囲：218K～398K)
- ③ Analog Devices AD8331ARQ：超低雑音( $0.74\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ) 利得可変増幅素子。Slew rate:1200V/us。  
(20リード プラスチック SOP, 外寸L8.7×W3.9×H1.8mm, 定格保存温度範囲：208K～423K)

### 2. 熱環境試験内容

- ・ 非通電状態試験
- ・ 真空下(冷却時)
- ・ 温度変化履歴(DUT付近)：昇温(2hで330K迄)→保持(4h)→冷却(液体窒素 3hで～80K 迄)→保持(28h)→昇温(15hで300K迄)

### 3. 特性確認試験結果

#### 1) 外見

- ・ 方法：視認。
- ・ 結果：①～③の何れもパッケージ&ピンに目立った損傷なし。

#### 2) 電気特性

- ・ 方法：熱環境試験に使用した素子と未使用素子の双方について、自作試験回路を用いて、増幅率、線形増幅特性、入力換算雑音レベル、消費電流を計測。  
計測に際しては、ネットワークアナライザ(HP 8712B)、シグナルジェネレータ(KENWOOD SG-7130)、スペクトルアナライザ(ADVANTEST R3131)を使用。特性試験の状況は補遺に付す。

#### ① AD603AQ

- ・ 試験回路(図1)

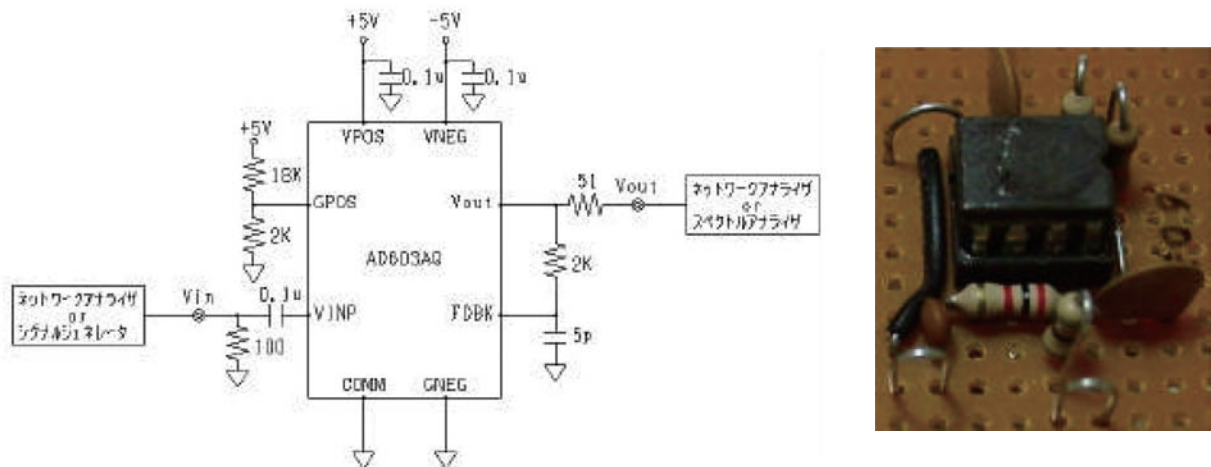


図1. AD603AQの電気特性測定回路。左：回路構成図。右：熱環境試験素子の実装状態。素子表面には熱環境試験時に使用された接着剤が残存している（他の素子も同様）。

・計測結果

a) 増幅率

増幅利得@24.4°C (dB) ※input ?50dBm				
周波数 (MHz)	試験使用素子	未使用素子①	未使用素子②	未使用素子③
25.0	31.8	32.5	32.3	32.5
27.5	30.4	31.0	30.8	31.0
30.0	29.1	29.6	29.4	29.6

b) 線形増幅特性 (f=27.5MHz, 1dB compression input level)

試験使用素子：-29dBm / 未使用素子①:-30dBm, ②:-30dBm, ③:-30dBm

c) 入力換算雑音レベル (f=27.5MHz, BW=30KHz)

試験使用素子：-118.5dBm / 未使用素子①:-118.7dBm, ②:-118.6dBm, ③:-118.6dBm

d) 消費電流 (Vs=±5V)

熱環境試験使用素子：15mA / 未使用素子①～③：15mA（定格：≤17mA）

・総括：増幅率以外は試験使用素子と未使用素子の差異は殆どないが、増幅利得差は8～15%あり、試験使用素子の増幅率が小さい。製品の個体差の可能性もあるが、試験使用素子と未使用素子①は同ロット品でもあり、実際の利得低下の可能性も否定出来ない。

②AD8004SQ

・試験回路（図2）

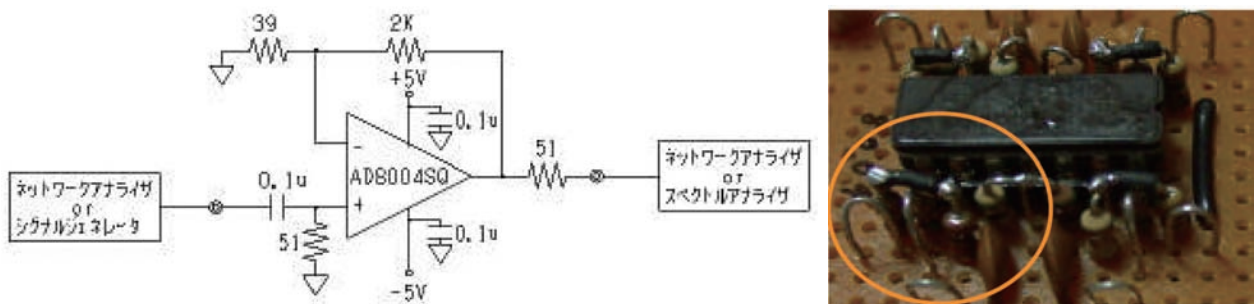


図2. AD8004SQの電気特性測定回路。左：回路構成図。右：熱環境試験素子の実装状態。特性試験ではAD8004SQの4回路のうち1回路を使用（橙色の丸印部分）。

## ・計測結果

## a) 増幅率

増幅利得@24.0°C (dB) ※input ?27dBm				
周波数 (MHz)	試験使用素子	未使用素子①	未使用素子②	未使用素子③
25.0	21.0	20.9	21.2	21.2
27.5	20.6	20.5	20.7	20.8
30.0	20.2	20.2	20.4	20.4

## b) 線形増幅特性 (f=27.5MHz, 1dB compression input level)

試験使用素子：-5dBm / 未使用素子①:-4dBm, ②:-6dBm, ③:-5dBm

## c) 入力換算雑音レベル (f=27.5MHz, BW=30KHz)

試験使用素子：-114.1dBm / 未使用素子①:-114.1dBm, ②:-114.2dBm, ③:-114.2dBm

## d) 消費電流 (Vs=±5V)

試験使用素子 14mA / 未使用素子①:14mA, ②:14mA, ③13mA (定格：≤17mA)

・総括：試験使用素子と未使用素子の差異は増幅利得で2～4%あるが、他特性含め、系統的な差異は認められない。

## ③AD8331ARQ

## ・試験回路 (図3)

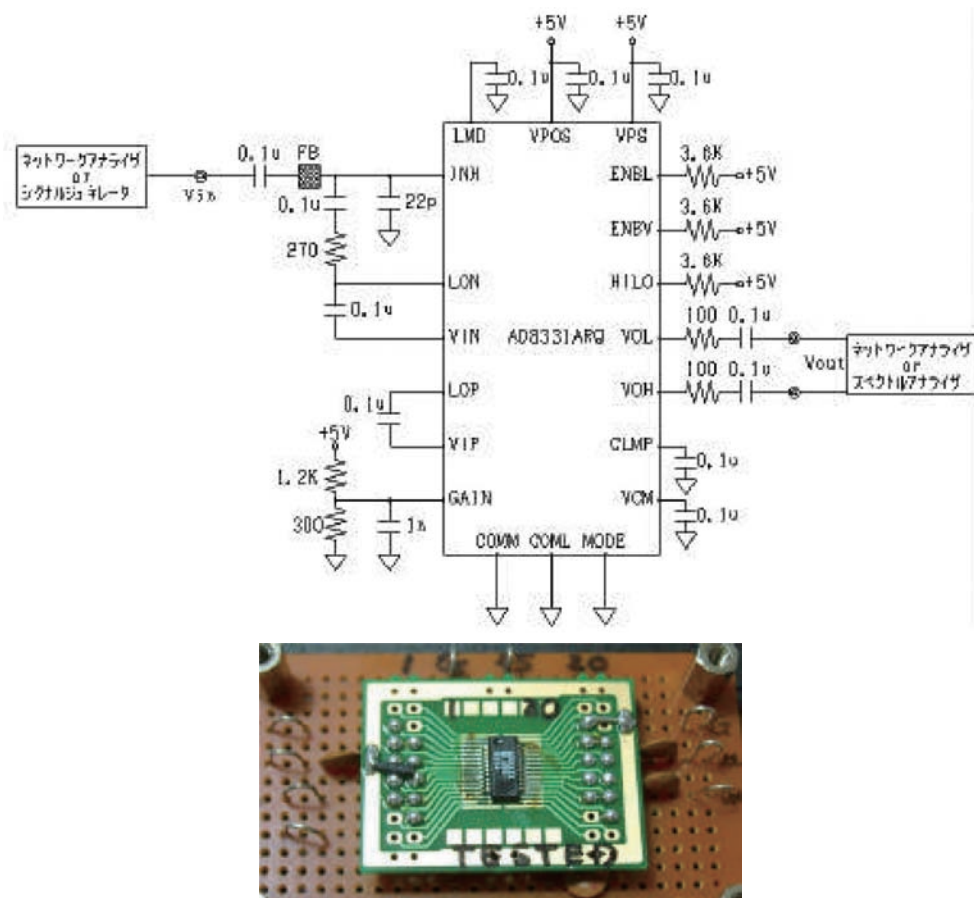


図3. AD8331ARQの電気特性測定回路。上：回路構成図。下：熱環境試験素子の実装状態。尚、環境試験時は素子単体で試験し、特性測定時に基板にハンダ付けした。

## ・計測結果

## a) 増幅率

増幅利得@25.3°C (dB) ※input -55dBm				
周波数 (MHz)	試験使用素子	未使用素子①	未使用素子②	未使用素子③
25.0	39.9	39.6	39.8	40.1
27.5	38.1	38.1	38.3	38.5
30.0	37.4	37.5	37.7	37.8

## b) 線形増幅特性 (f=27.5MHz, 1dB compression input level)

試験使用素子：-37dBm / 未使用素子①:-37dBm, ②:-38dBm, ③:-37dBm

## c) 入力換算雑音レベル (f=27.5MHz, BW=30KH)

試験使用素子：-117.9dBm / 未使用素子①:-117.6dBm, ②:-117.8dBm, ③:-118.2dBm

## d) 消費電流 (Vs=+5V)

試験使用素子 31mA / 未使用素子①～③:31mA

- ・総括：試験使用素子と未使用素子の差異は増幅利得で-1～8%となり、試験使用素子の利得がやや小さいが、試験使用素子と未使用素子①は同ロット品だが、互いに同ロット品である未使用素子②と③とは別ロットと考えられるので、試験使用素子と未使用素子②、③との差は製品の個体差である可能性がある。他の特性には系統的な差異はない。

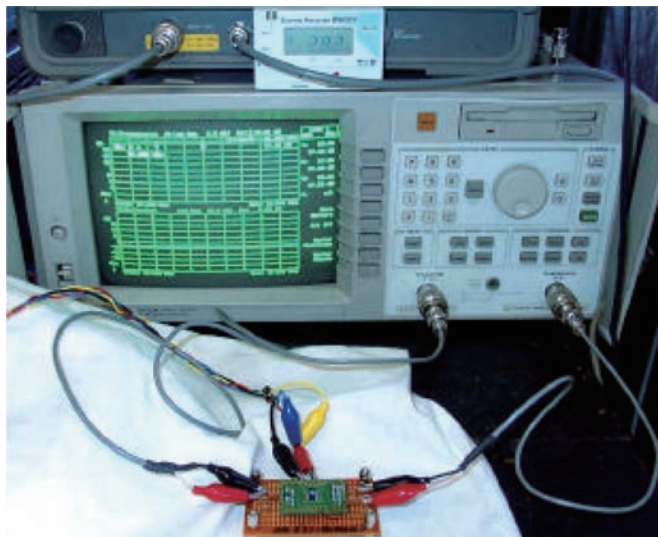
## 4. まとめ

非通電状態で月面熱環境試験（80～330K）を経た、3種の素子（AD603AQ, AD8004SQ, AD8331ARQ）の特性確認試験を行った。保存温度範囲は、AD603AQ とAD8331ARQが208K～423Kであるのに対し、AD8004SQは218K～398Kとやや狭いが、何れも高温側は熱環境試験温度範囲内であるのに対し、低温側は範囲外である。なお、AD603AQとAD8004SQはセラミック、AD8331ARQはプラスチック・パッケージである。試験使用素子と未使用素子各1サンプルの特性試験を行い、以下の結果を得た。

- ・外見：変化なし。
- ・増幅利得特性：差異あり。最大15% (AD603AQ)。
- ・線形増幅特性／入力換算雑音レベル／消費電流： 殆ど差異無し。

増幅利得に認められた差異は、製品の個体差による可能性があるが、同ロット品間に生じた差異であるため、実際の利得変化である可能性も否定出来ない。真の熱環境特性を明らかにするために、今後は、同一の素子の特性を試験前後に計測することが必須となる。

補遺：電気特性試験実施状況：  
AD8331ARQの増幅利得計測の様子。





## 4-5 搭載用電子回路の月面環境試験

宇宙航空研究開発機構      岡田 達明



## 平成17年度 宇宙航空研究開発機構殿委託業務

## 「搭載用電子回路の月面環境試験」成果報告書

## 1. 目的

将来の月惑星探査において必要となる低温耐性技術の要素試験として、電子回路基板と電子部品の低温耐性評価、および電子部品の基板への実装方法の評価を行うことを目的とする。

これは、2週間にわたる月面での夜間を越えて長期活動・滞在を行うための技術、および外惑星系への探査技術において重要な基礎情報となる。

## 2. 検査概要

## 2.1 供試体

月探査機SELENEに搭載品と同等品  
(部品の一部で同機能の代替品を使用)

1. XRS-E-C基板 (写真：付録1)
2. XRS-E-M基板 (写真：付録2)

## 2.2 検査日

試験前検査実施日 : 2005年 8月 8日

低温試験実施日(第1回) : 2005年 9月12日～16日

試験後検査実施日 : 2005年11月14日

## 2.3. 低温試験内容

低温放置試験の前後における  
別紙資料に示す。

## 3. 検査実施項目

- ・消費電流値、抵抗値、リレー動作
- ・CCD駆動信号波形と電圧値 (DAC機能)
- ・ADC機能、FPGAによるデジタル処理、他

以上の項目について、低温試験の前後で変化がないことを確認した。

(詳細は試験前後のチェックリスト、オシロ波形を添付)

## 4. 結論

- ・今回実施した低温環境下への約1日間の非動作状態での放置による供試体の外観上、および機能上の正常を確認した。
- ・電子回路 (積層基板、フレキシブル基板、電子部品) および実装状態について貴重な情報を得ることができた。
- ・今後は、より長期間の低温環境放置における耐性と、熱サイクルによる影響を調査することが重要である。

## 5. 添付書類

添付1：供試体写真

添付2：部品リスト

添付3：XRS低温試験供試体・検査実施要領書報検査成績書 (試験前)

- 添付4：ADC入力前アナログ特性（試験前）
- 添付5：ADC出力のSRAM ダンプ内容表示（試験前）
- 添付6：XRS低温試験供試体・検査実施要領書報検査成績書（試験後）
- 添付7：ADC入力前アナログ特性（試験後）
- 添付8：ADC出力のSRAM ダンプ内容表示（試験後）

・経供試体

エレキ基板、フレキシブル基板をアルミの箱（400×300×200）で覆ったもの

・重量

約2kg（ケース重量込み）

温度測定点は5つ設けた。温度測定点の詳細な位置は、Fig. 5に示す

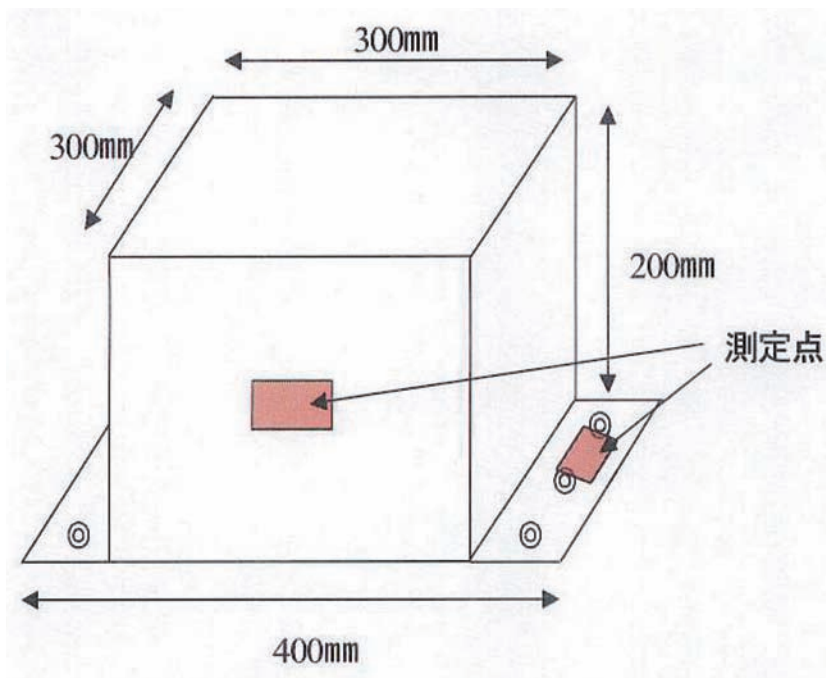
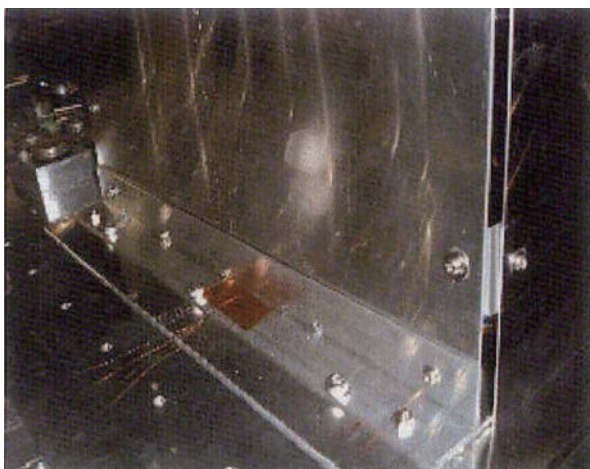


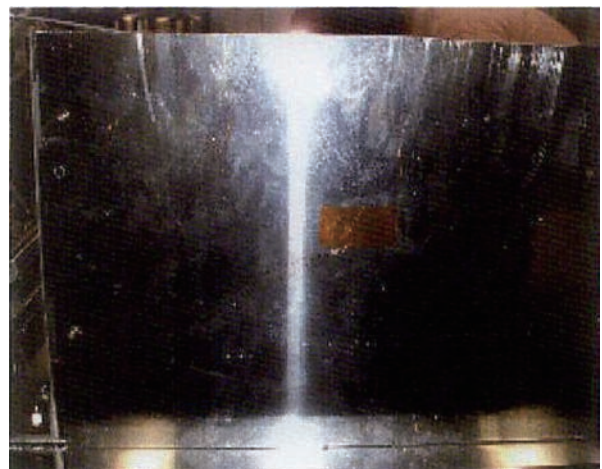
Fig. 5-1

- [温度測定点：1]  
ボトルの締め付近
- [温度測定点：2]  
ケース側面の中央
- [温度測定点：3]  
内部のアルミ箱の上部
- [温度測定点：4]  
フレキシブル基板の下部
- [温度測定点：5]  
フレキシブル基板の上部



ボトルの取付け付近

Fig. 5-2



側面

Fig. 5-3

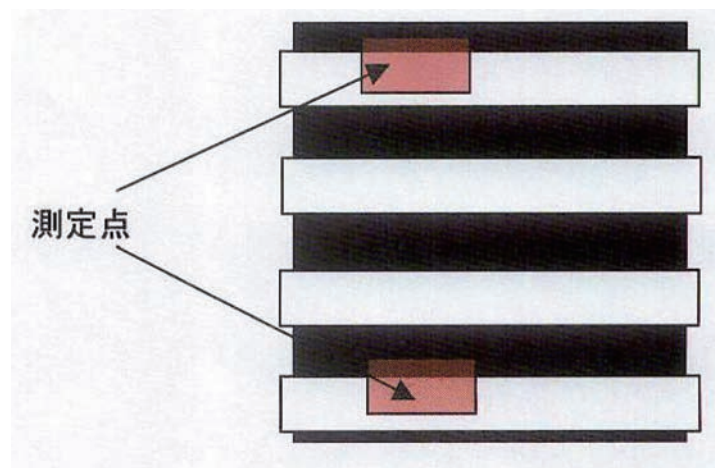
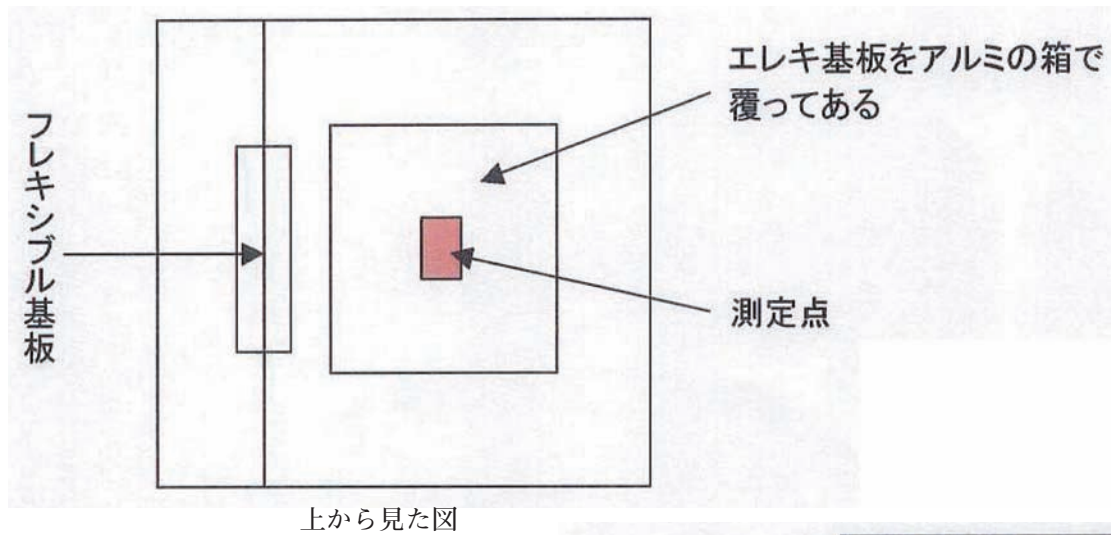
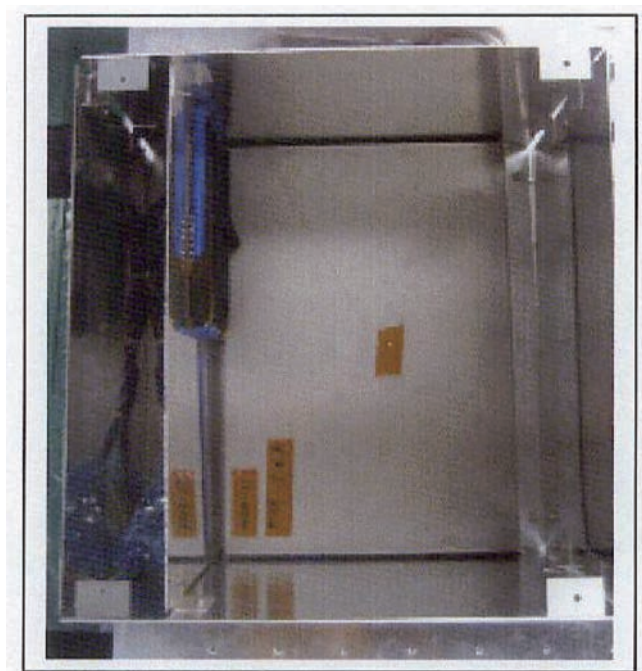


Fig. 5-4

フレキシブル基板

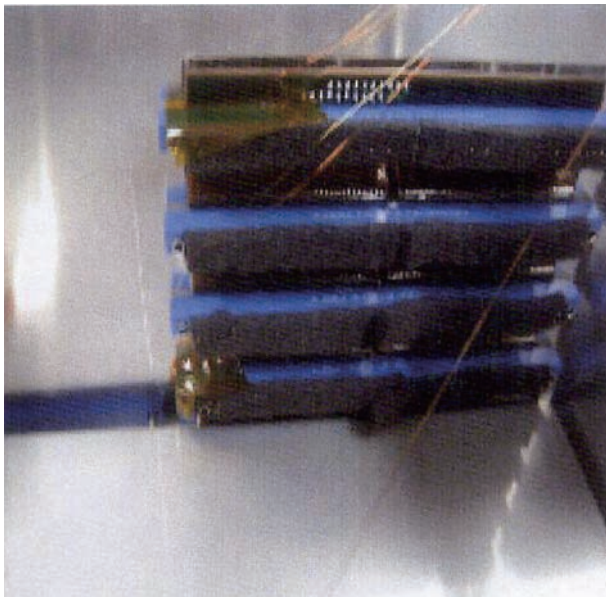


アルミ箱の内部

Fig. 5-5

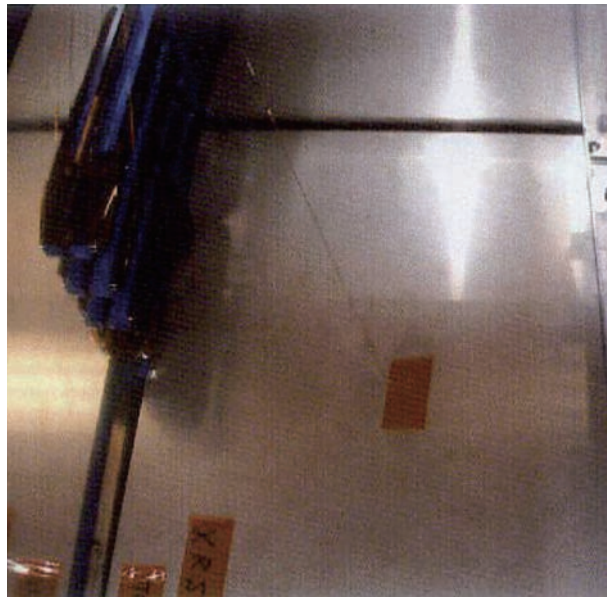


試験後



フレキシブル基板

Fig. 5-6



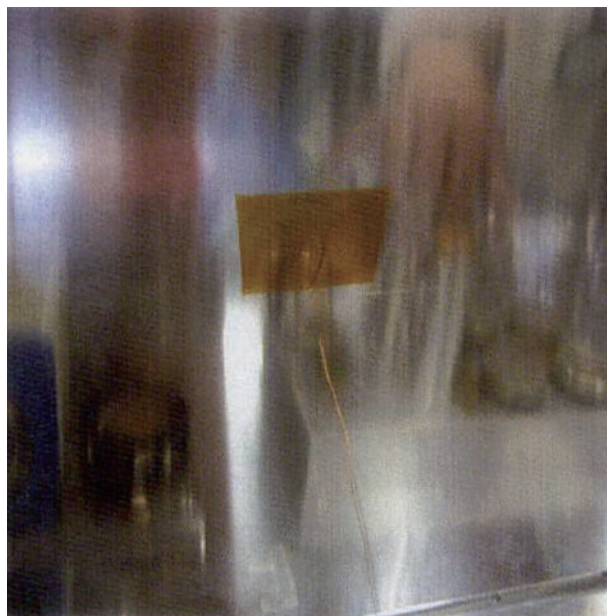
アルミ箱内部

Fig. 5-7



ボトル締め付近

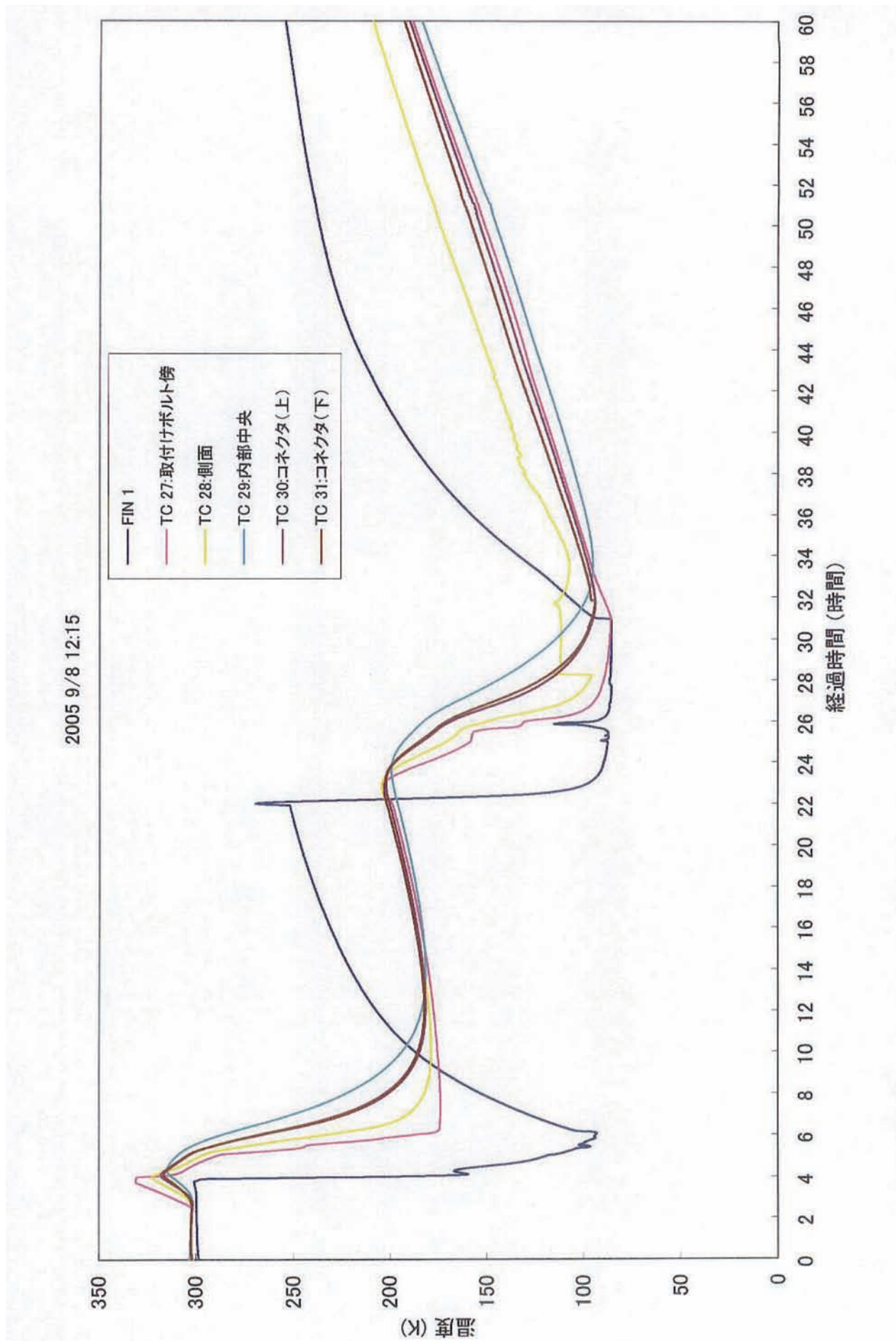
Fig. 5-8



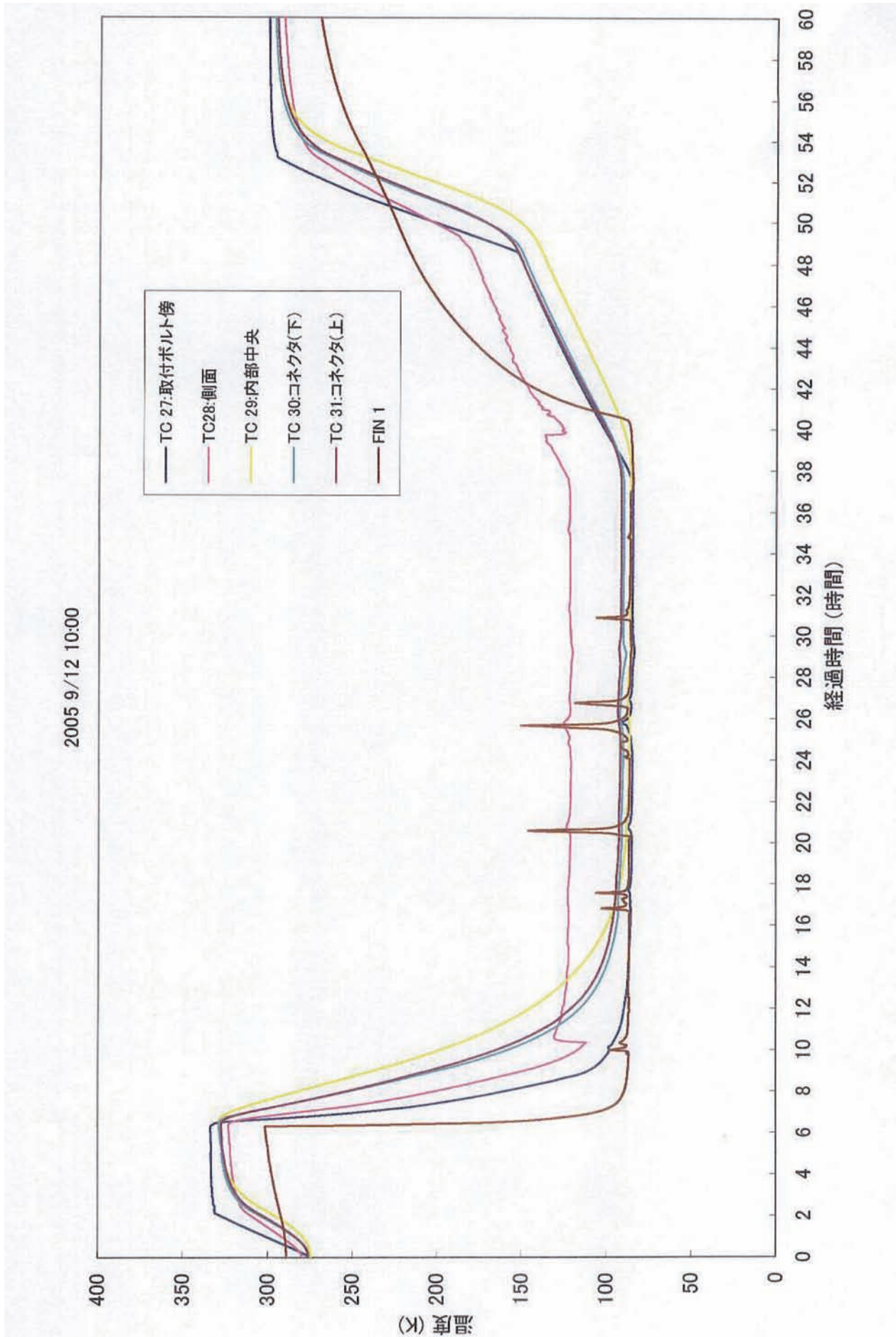
アルミ箱側面

Fig. 5-9

カプトンテープ内に空気が入り、熱電対が少し動いた



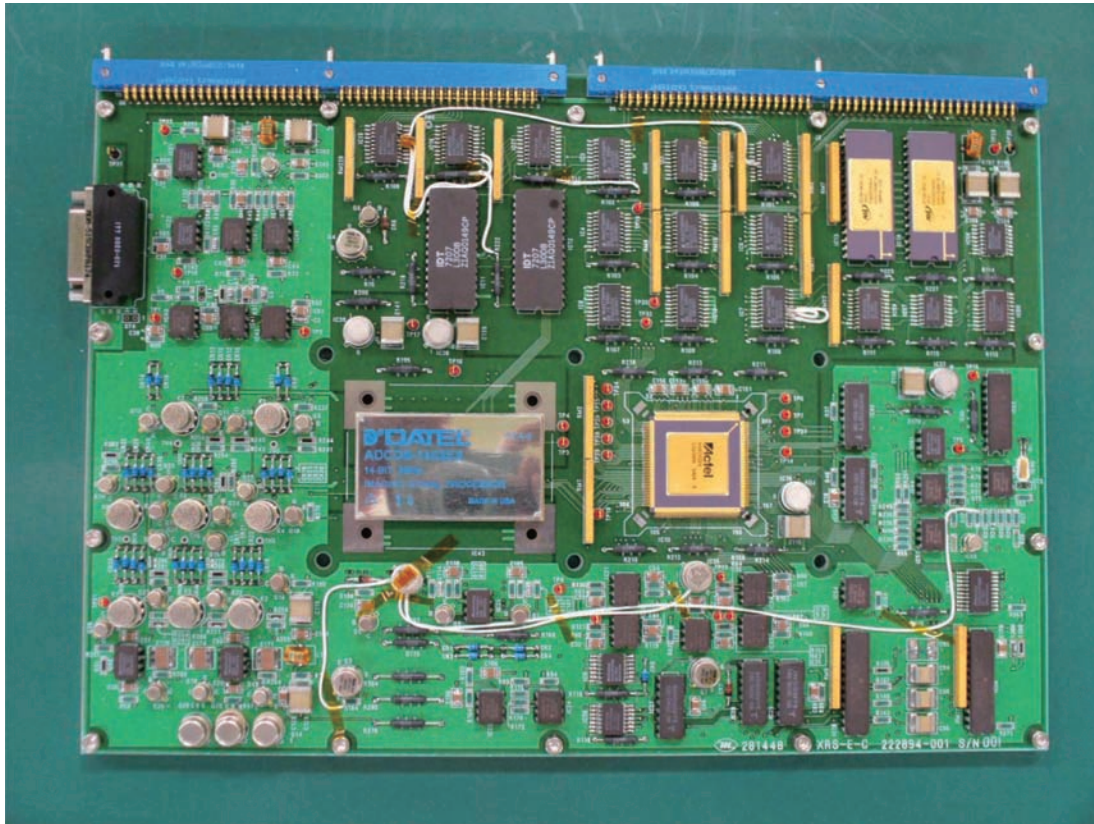




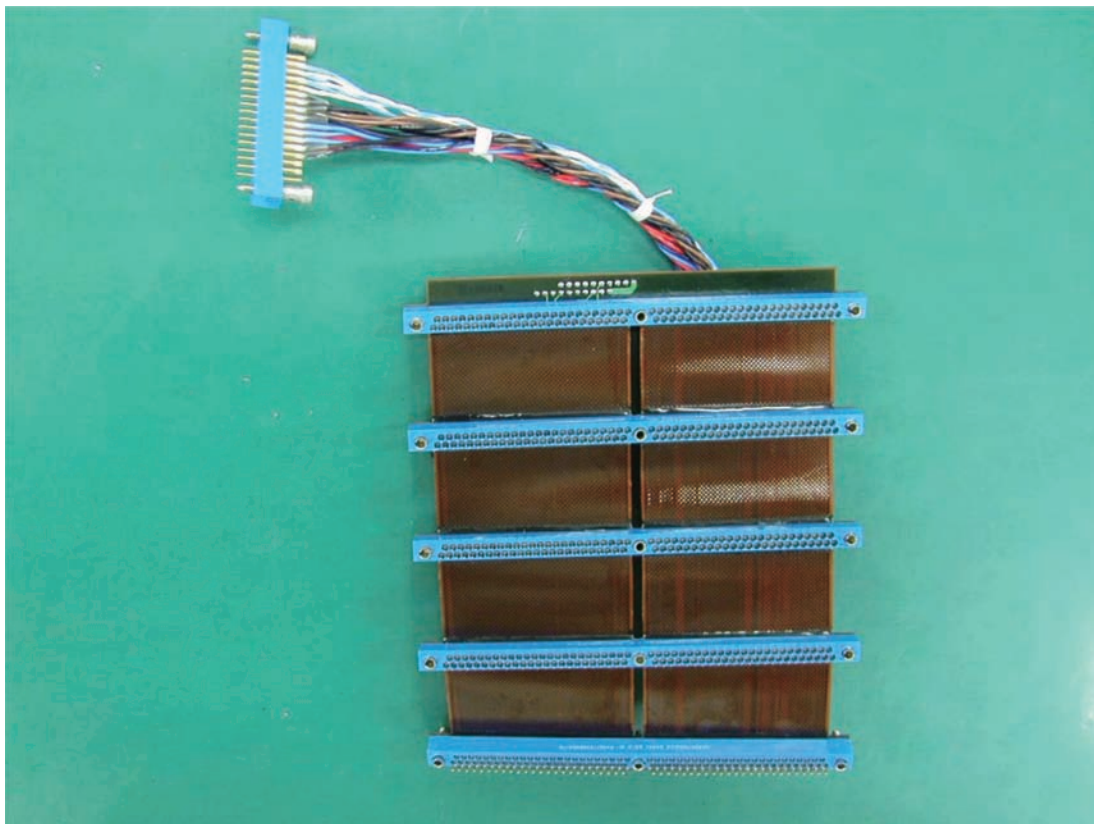


## (1) 供試体写真

## XRS-E-C 基板



## XRS-E-M 基板



## 添付2：部品リスト

&lt;&lt; XRS-E-C &gt;&gt;

#	型番	部品	個数
1	422K-12	リレー	8
2	CDR04BX104AKSS	チップセラコン	3
3	THP60E1H106M301A	セラコン	8
4	CDR33BX104AKWS	チップセラコン	127
5	CDR35BX474AKSR	チップセラコン	3
6	THP70E2A106M002	セラコン	19
7	CDR31BP101BKSS	チップセラコン	6
8	CDR31BP560BKSS	チップセラコン	1
9	CDR31BP100BKSS	チップセラコン	9
10	CDR31BP150BKSS	チップセラコン	1
11	CDR33BX104AKWS	チップセラコン	4
12	CWR09JC225MB	チップタンタルコン	3
13	LM120H-5.0/883	IC	1
14	LM140LAH-5.0/883	IC	2
15	LM117HVH/883	IC	1
16	AD590LF/883B	IC	1
17	AD847SQ/883B	IC	9
18	AD829SQ/883B	IC	1
19	LM6142AMJ/883	IC	6
20	AD844SQ/883B	IC	2
21	HI1-201HS/883	IC	3
22	HI1-0508/883	IC	2
23	AD589TH/883B	IC	1
24	AD708SQ/883B	IC	4
25	5962-8951801RA	IC	1
26	5962-8688201XA	IC	2
27	ADCDS-1403EX	IC	1
28	AD7228AUQ/883B	IC	2
29	54ACT245FMQB	IC	13
30	A54SX32A-CQ208M	IC	1
31	54AC14FMQB	IC	1
32	54AC240FMQB	IC	2
33	54AC04FMQB	IC	1
34	54ACT138FMQB	IC	2
35	AS5C4008CW-45E/883C	IC	2
36	IDT7207L30DB	FIFO	2
37	KA96/127BPFC10TAH	コネクタ	2
38	MDM-51SCBRPA174	コネクタ	1
39	LC-2-G(クロ)	タンシ	2
40	LC-2-G(アカ)	タンシ	30
41	SN3-200	チョークコイル	3
42	MS21208C0410	ヘリカルコイル	14
43	MS21208C0610	ヘリカルコイル	14
44	JANTXV 1N4454	ダイオード	3
45	JANTXV 1N6642	ダイオード	37
46	JANTXV 2N2222A	トランジスタ	23
47	JANTXV 2N6796	トランジスタ	1
48	JANTXV 2N6849	トランジスタ	2
49	JANTXV 2N2907A	トランジスタ	1
50	JANTXV 2N5339	トランジスタ	3
51	M8340109K1003GC	Nテコ	11
52	M8340109K1002GC	Nテコ	5
53	RWR80S1R00FS	テコ	3
54	RWR80S1000FS	テコ	6
55	RWR80S20R0FR	テコ	31
56	M55342K04B121ER	チップテコ	2
57	M55342K04B100DR	チップテコ	63
58	M55342K04B47D5R	チップテコ	6
59	M55342K04B1E00R	チップテコ	29
60	M55342K04B10E0R	チップテコ	37
61	M55342K04B100ER	チップテコ	20
62	M55342K04B15E0R	チップテコ	3
63	M55342K04B10D0R	チップテコ	10
64	M55342K04B8E25R	チップテコ	3
65	M55342K04B47E5R	チップテコ	4

## 添付2：部品リスト

## &lt;&lt; XRS-E-C &gt;&gt;

#	型番	部品	個数
66	M55342K04B33E2R	チップ・テイク	5
67	M55342K04B110DR	チップ・テイク	2
68	M55342K04B1E50R	チップ・テイク	10
69	M55342K04B3E00R	チップ・テイク	1
70	M55342K04B1E24R	チップ・テイク	2
71	M55342K04B33D2R	チップ・テイク	1
72	M55342K04B2E21R	チップ・テイク	4
73	M55342K04B3E16R	チップ・テイク	1
74	M55342K04B3E32R	チップ・テイク	1
75	M55342K04B3E92R	チップ・テイク	1
76	M55342K04B4E75R	チップ・テイク	46
77	M55342K04B6E19R	チップ・テイク	2
78	M55342K04B6E81R	チップ・テイク	3
79	M55342K04B12E1R	チップ・テイク	3
80	M55342K04B30E1R	チップ・テイク	2
81	M55342K04B475ER	チップ・テイク	1
82	NAS620C2	ワッシャ	2
83	NAS620C4L	ワッシャ	16
84	NAS1352N04-4	ロッカクアナツキホ	14
85	NAS1352N04-6	ロッカクアナツキホ	2
86	MS35649-244	ナット	2
87	MS35649-224	ナット	2
88	NAS1352N02-8	ロッカクアナツキホ	2
89	250401D	Pフ ラケット4	1
90	251927A001	カラー	3
91	281239C	PWBフ ランクス	1
92	281448A	フ リントハン	1

## 添付2：部品リスト

## &lt;&lt; XRS-E-M &gt;&gt;

#	型番	部品	個数
1	KA96/127BEMD21TH	コネクタ	5
2	KA33/127BEV32MSTH	コネクタ	1
3	M8340109K2002GC	Nテイク	4
4	M22759/11-22-0	ケーブル	2
5	M22759/11-22-1	ケーブル	1
6	M22759/11-22-2	ケーブル	1
7	M22759/11-22-6	ケーブル	1
8	M27500A26RC2U00	ケーブル	1
9	M281366A001	フ リントハン	1



## 添付3

		整理番号	2 2 2 5 8 4 A 6 0 1		
		作成／宇宙機器技術部			
	確 認	承 認	承 認	査 閲	作 成
					村 尾

(表題)

## XRS低温試験供試体

## 検査実施要領書／検査成績書

試験実施日：2005 年 8 月 8 日			
		温 度：	20 ℃
試験実施者：村尾		湿 度：	60 %
試 験 名：機能試験			
備 考：			






改版	年月日	改 訂 記 録	訂符	承認	作成
—	05.03.01		—	—	—

X R S 低温試験供試体 検査実施要領						( 1 / )										
番号	検査項目	試験項目・測定方法		規格値	適用	検査結果	備考									
1.	構成品リスト	下記の表により構成の員数を確認すること。 <table><tr><td>名称</td><td>X R S - E - C</td><td>X R S - E - M</td></tr><tr><td>部品番号</td><td>222894A001 (222584A001)</td><td>222895A001</td></tr><tr><td>員数</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>		名称	X R S - E - C	X R S - E - M	部品番号	222894A001 (222584A001)	222895A001	員数	1	1	左記に指定した通りであること。		<input checked="" type="radio"/> 合	
名称	X R S - E - C	X R S - E - M														
部品番号	222894A001 (222584A001)	222895A001														
員数	1	1														
2.	外観検査	目視により右の項目を確認する。		機性能に影響するヒビ、傷、割れ等の損傷がないこと。作業者に危害を与える恐れのあるシャープエッジ、バリ等が無く清浄であること。		<input checked="" type="radio"/> 合										

X R S 低温試験供試体 検査実施要領				
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用
3	消費電力	<p>XRS-E-C、XRS-E-M、TC-OBC (EM)、BOB、を接続する。 XRS-E-MのJ6に電流計を介して、+5V、±12Vを供給する。</p> <p>※電流計のフルレンジは300mA～1Aのものを使用のこと。</p>	<p>+5V:1300mA以下 +12V:100mA以下 -12V:100mA以下</p>	
			<p>測定値 電源電圧 5.07V +11.64V -11.56V 電流値 1.25A 0.07A -0.04A 合・否</p>	



X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 3 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
4.	CCDドライバ	以下 [] で囲まれた記述は、TC-0BCのモニターモードを使って、指定アドレスにアクセスする事を示す。 1) DMSシミュレータからSIGGLE-Cを送信。 2) DMSシミュレータからMON-MODEを送信。 3) ターミナルソフトウェアを立ち上げる。 [FFFFFF62にx267Cを書き込む]				
			+5V : 100mA±100mA +12V:100mA以下 -12V:100mA以下		測定値 0.99 0.07 0.04 合・否	
4.1.	XRS-E-C ON	[1A000000]にx0000を書き込む] 消費電流の増加を確認する。 [1A000100]のデータを読む] LSBが1 (binary)であることを確認する。	+5V : 990mA±50mA +12V:190mA±20mA -12V:140mA±20mA		測定値 0.99 0.190 0.140 合・否	
4.2.	XRS-E-C OFF	[1A000002]にx0000を書き込む] 消費電力を確認する。 [1A000100]のデータを読む] LSBが0 (binary)であることを確認する。	+5V : 100mA±100mA +12V:100mA以下 -12V:100mA以下		測定値 0.99 0.070 0.050 合・否	
4.3.	ドライバ電圧の確認					
4.3.1.	パラメータの設定	CCD-ONコマンド送信 [1A000000]にx0000を書き込む] 消費電流を確認する。 ドライバパラメータ設定 [1A000054]にx0002を書き込む] ドライバパラメータ設定 [1A000056]にx0001を書き込む] ドライバパラメータ設定 [1A000058]にx0001を書き込む] ドライバ周波数125kHz、ピニング1の設定である。 [1A000108]のデータを読む] 下位2bitが(binary)10であることを確認する。	消費電流 +5V : 990mA±50mA +12V:190mA±20mA -12V:140mA±20mA  x0002		消費電流 0.99 0.20 0.14  1A000108 x0002 合・否	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果 (4/)
4.3.2.	ドライブ電圧の設定				
		PVの電圧設定 [1A00005AにxD018を書き込む] RGの電圧設定 [1A00005CにxD018を書き込む] PHの電圧設定 [1A00005EにxD018を書き込む] OGの電圧設定 [1A000060にx6800を書き込む] ドライブの開始コマンド [1A000044にxFFFFを書き込む] オシロスコープで、以下のテスト端子を測定し、波形を記録する。			
		TP8 (P2H) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ DUTY比 50%		測定値 記録① 合・否
		TP9 (P1H) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ DUTY比 50%		測定値 ① 合・否
		TP10 (OG)	1. 09 $\pm$ 1Vの定電圧		測定値 1.03 V 合・否
		TP11 (RG) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ DUTY比 10%以下		測定値 記録② 合・否
		TP12 (P2V) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ H時間 $60 \pm 1 \mu\text{sec}$ L時間 $8320 \pm 1 \mu\text{sec}$		測定値 記録③ 合・否
		TP13 (P1V) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ H時間 $60 \pm 1 \mu\text{sec}$ L時間 $8320 \pm 1 \mu\text{sec}$		測定値 ③ 合・否

X R S 低温試験供試体 検査実施要領				( 5 / )																				
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考																		
4.4.	読み出し系統	<p>OFFSETの電圧設定 [1A000064に指定の値を書き込む]</p> <p>マルチメータで、以下の端子を測定し、電圧を記録する。</p> <p>測定端子：IC22-1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>指定値</th> <th>規格</th> <th>測定値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0000</td> <td>-5.00±0.1V</td> <td>-4.996</td> </tr> <tr> <td>0040</td> <td>-1.25±0.1V</td> <td>-1.287</td> </tr> <tr> <td>0080</td> <td>+2.50±0.1V</td> <td>+2.471</td> </tr> <tr> <td>00C0</td> <td>+6.25±0.1V</td> <td>+6.22</td> </tr> <tr> <td>00FF</td> <td>+10.0±0.1V</td> <td>+9.934</td> </tr> </tbody> </table>	指定値	規格	測定値	0000	-5.00±0.1V	-4.996	0040	-1.25±0.1V	-1.287	0080	+2.50±0.1V	+2.471	00C0	+6.25±0.1V	+6.22	00FF	+10.0±0.1V	+9.934			合・否	
指定値	規格	測定値																						
0000	-5.00±0.1V	-4.996																						
0040	-1.25±0.1V	-1.287																						
0080	+2.50±0.1V	+2.471																						
00C0	+6.25±0.1V	+6.22																						
00FF	+10.0±0.1V	+9.934																						
ADCサンプル信号の測定		<p>以下の信号の周期及びDUTY比を測定する。</p> <p>TP3 (START OF CONVERSION)</p> <p>TP4 (REFERENCE HOLD)</p>		<p>周期 8±0.1μsec</p> <p>H時間 (TP3) 1±0.1μsec</p> <p>L時間 (TP4) 1±0.1μsec</p>	測定値	合・否																		



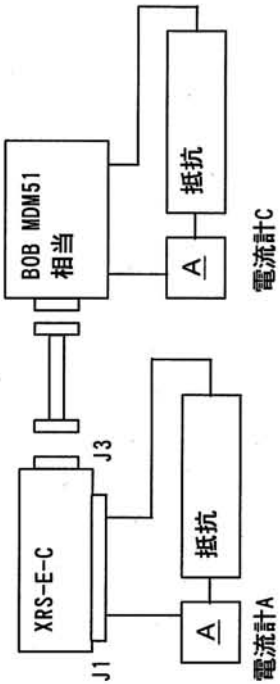


X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 7 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
5.2. XRF-A0コマンド		TC-0BCのモニターモードを使って、ベルチェ制御関係の確認をおこなう。				
5.2.1. TEC-CURRENT ENA/DIS		TEC許可コマンド送信 [1A000040にx0001を書き込む]				
5.2.2. XRF-A-0-TEC ON		TEC-ONコマンド送信 [1A000010にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit4が1になっていることを確認する。 以下のコマンドを送信し、電流計AIにより電流値を確認する。 x80以上のコマンドは放熱対策が出来ないので、送信しない事。 電流値設定コマンド送信 [1A00006Eにx0040を書き込む]	0.25±0.02A		合・否 x003A 0.24A *0.44A	0.27/0.11 0.49/1.11
5.2.3. 電流設定		電流値設定コマンド送信 [1A00006Eにx0080を書き込む]	0.50±0.02A		—A	+12V電源の増加がある。
		電流値設定コマンド送信 [1A00006Eにx00C0を書き込む]	0.75±0.02A		—A	
		電流値設定コマンド送信 [1A00006Eにx00FFを書き込む]	1.00±0.02A		—A	
		電流値設定コマンド送信 [1A00006Eにx0000を書き込む]	0.00±0.02A		0A	*電路リセット
5.2.4. XRF-A-0-TEC OFF		TEC-OFFコマンド送信 [1A000012にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit4が0になっていることを確認する。	リレー音有り		合・否 002A 合・否 002A	
5.2.5. XRF-A-0-TEC		TEC-COOLコマンド送信 [1A00001Eにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit5が1になっていることを確認する。	リレー音無し		合・否 002A	
5.2.6. XRF-A-0-ANL		TEC-ANNEALコマンド送信 [1A000020にx0000を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit5が0になっていることを確認する。	リレー音有り		合・否 002A	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 8 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
5.3. XRF-AI コマンド		TC-OBCのモニターモードを使って、ペルチェ制御関係の確認をおこなう。				
5.3.1. TEC-CURRENT ENA/DIS		TEC許可コマンド送信 [1A000040にx000Fを書き込む]			x000E	
5.3.2 XRF-A-1-TEC ON		TEC-ONコマンド送信 [1A000014にx000Fを書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit2が1になっていることを確認する。 以下のコマンドを送信し、電流計AIにより電流値を確認する。 x80以上のコマンドは放熱対策が出来ないので、送信しない事。 電流値設定コマンド送信 [1A000070にx0040を書き込む]	参考値 0.25±0.02A		0.27 A	0.42/1.56
5.3.3. 電流設定		電流値設定コマンド送信 [1A000070にx0080を書き込む]	0.50±0.02A		0.48 A	0.75/1.56
		電流値設定コマンド送信 [1A000070にx00C0を書き込む]	<del>0.75±0.02A</del>		<del>— A</del>	+12V電源の増加がある。
		電流値設定コマンド送信 [1A000070にx00FFを書き込む]	<del>1.00±0.02A</del>		<del>— A</del>	
5.3.4. XRF-A-1-TEC OFF		電流値設定コマンド送信 [1A000070にx0000を書き込む] TEC-OFFコマンド送信 [1A000018にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit2が0になっていることを確認する。	0.00±0.02A リレー音有り		0 A 0.00A	
5.3.5 XRF-A-1-TEC		TEC-COOLコマンド送信 [1A000022にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit3が1になっていることを確認する。	リレー音無し		0.00A	
5.3.6 XRF-A-1-ANL		TEC-ANNEALコマンド送信 [1A000024にx0000を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit3が0になっていることを確認する。	リレー音有り		0.002 0.002	



X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 9 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
5. 4. SOL-Cコマンド						
5. 4. 1. TEC-CURRENT ENA/DIS		TEC許可コマンド送信 [1A000040]にx0005を書き込む]			x002B	
5. 4. 2 SOL-C-TEC ON		TEC-ONコマンド送信 [1A00001A]にx000Fを書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit0が1になっていることを確認する。 以下のコマンドを送信し、電流計A1により電流値を確認する。 x80以上のコマンドは放熱対策が出来ないもので、送信しない事。 電流値設定コマンド送信 [1A000072]にx0040を書き込む]	参考値 0. 2 5 ± 0. 0 2 A		合・否	
5. 4. 3. 電流設定		電流値設定コマンド送信 [1A000072]にx0080を書き込む]	0. 5 0 ± 0. 0 2 A		0. 2 2 A	
		電流値設定コマンド送信 [1A000072]にx00C0を書き込む]	0. 7 5 ± 0. 0 2 A		0. 3 7 A	
		電流値設定コマンド送信 [1A000072]にx00FFを書き込む]	1. 0 0 ± 0. 0 2 A		A	+5V電源の増加がある。
		電流値設定コマンド送信 [1A000072]にx0000を書き込む]	0. 0 0 ± 0. 0 2 A		0. 0 A	
5. 4. 4. SOL-C-TEC OFF		TEC-OFFコマンド送信 [1A00001C]にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit0が0になっていることを確認する。	リレー音有り		合・否 x002A	
5. 4. 5. SOL-C-TEC		TEC-COOLコマンド送信 [1A000026]にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit1が1になっていることを確認する。	リレー音無し		合・否 x002A	
5. 4. 6. SOL-C-ANL		TEC-ANNEALコマンド送信 [1A000028]にx0000を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit1が0になっていることを確認する。	リレー音有り		合・否 x0028	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領				
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用
6.	ヒータ関係コマンド	XRS-E-CのJ3コネクタにBleak out Box (BOB)を接続する。		
6.1.	セットアップ	 <p>BOBの以下のラインにヒータの代品として抵抗器 (抵抗値230Ω程度) を接続する。抵抗値は参考データとして右欄に記録する。</p> <p>J3-49 SOL-BC-HTR-HOT J3-48 -12VDC</p> <p>J1の指定コンタクトにケーブル付き端子を接続し、ヒータの代品として抵抗器 (抵抗値230Ω程度) を接続する。抵抗値は参考データとして右欄に記録する。</p> <p>J1-55 XRF-A0-HOT J1-53 -12VDC</p>		
		参考データ		
		SOL-C-HTR		
		<u>220 Ω</u>		
		XRF-A0-HTR		
		<u>220 Ω</u>		

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 11 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
6. 2. ヒータ関係コマンド						
6. 2. 1. XRF-A HEATER-ENA		HTR許可コマンド送信 [1A000032にx0001を書き込む]				
6. 2. 2. XRF-A-HEATER-ON		HTR-ONマンド送信 [1A00002Aにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit2が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	5 2 ± 2 mA		<div> <div> <div>合</div> <div>・</div> <div>否</div> </div> <div> <div>x0001</div> <div>mA</div> </div> </div> 52.3	11.52 V
6. 2. 3. XRF-A-HEATER-OFF		HTR-OFFマンド送信 [1A00002Cにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit2が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	0 ± 2 mA		<div> <div>合</div> <div>・</div> <div>否</div> </div> <div> <div>x0001</div> <div>mA</div> </div>	-12V電源の増加がある。 (0.20A)
6. 2. 4. SOL-BC HEATER-ENA		HTR許可コマンド送信 [1A000032にx0003を書き込む]				
6. 2. 5. SOL-BC HEATER-ON		HTR-ONマンド送信 [1A00002Eにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit0が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	5 2 ± 2 mA		<div> <div>合</div> <div>・</div> <div>否</div> </div> <div> <div>x0001</div> <div>mA</div> </div>	11.48 V
6. 2. 6. SOL-BC HEATER-OFF		HTR-OFFマンド送信 [1A000030にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit0が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	0 ± 2 mA		<div> <div>合</div> <div>・</div> <div>否</div> </div> <div> <div>x0001</div> <div>mA</div> </div>	

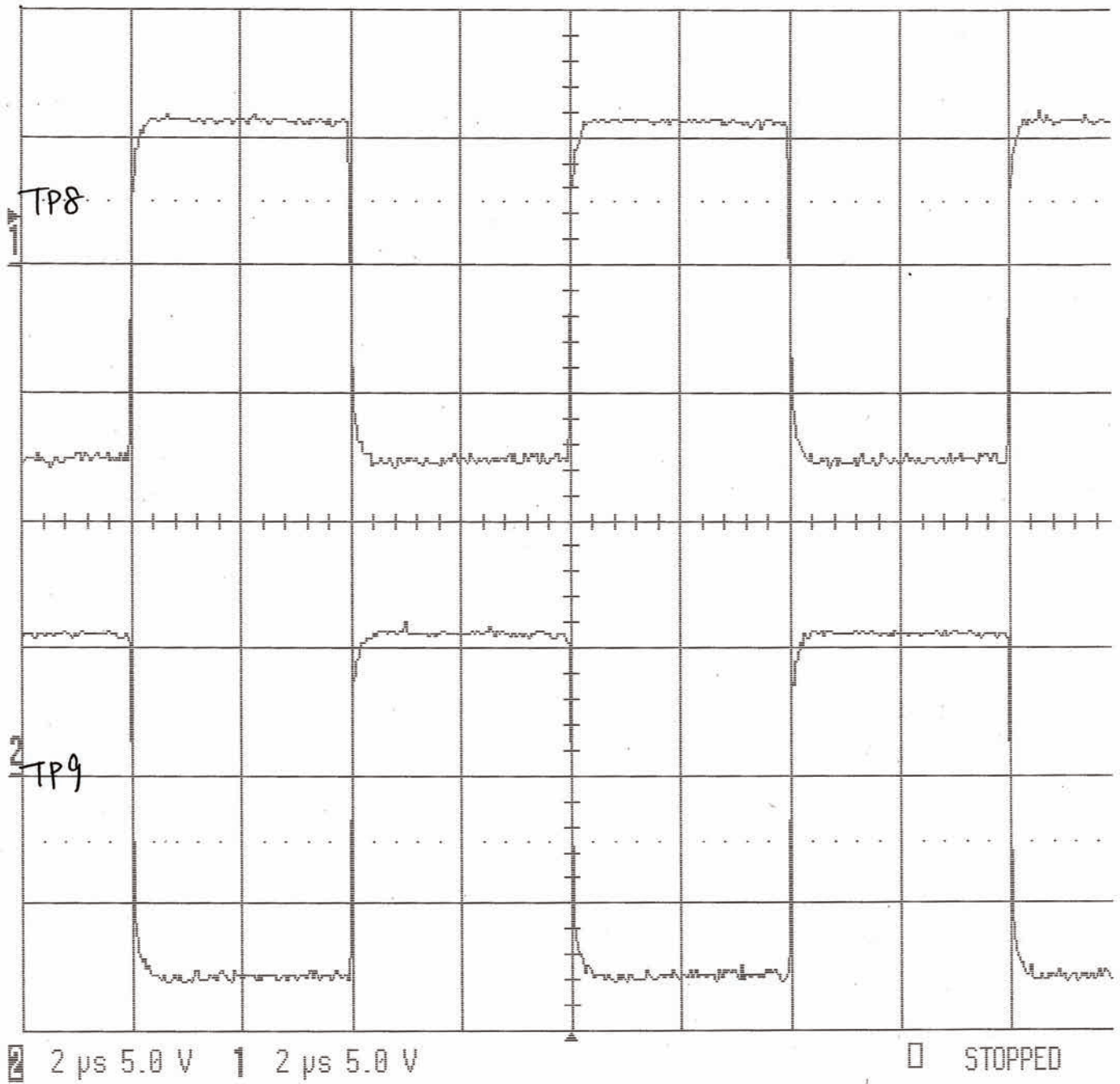
X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 12 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
7. ADCノイズレベル測定						
7.1. モニターモードデータ評価		モニターモードSOL-C選択コマンド送信 [1AFFFFFFにx0005を書き込む]			N/A	
7.2. SRAMデータ評価		メモリアイトモードにする [1A000050にx0000を書き込む] [1A000052にx0002を書き込む] [1A000054にx0003を書き込む] [1A000056にx0001を書き込む] [1A000058にx0001を書き込む] [1A000044にx0000を書き込む] [1A000064にx0000を書き込む] [1A200000～1A220800] をダンプし、CCDのデータを取得する。 [1A000064にx0060を書き込む] [1A200000～1A220800] をダンプし、CCDのデータを取得する。 [1A000064にx0090を書き込む] [1A200000～1A220800] をダンプし、CCDのデータを取得する。	x0150程度の値 x00A0程度の値 x0020程度の値		3175IN	
					合・否	

[illegible]

This document is provided by JAXA.

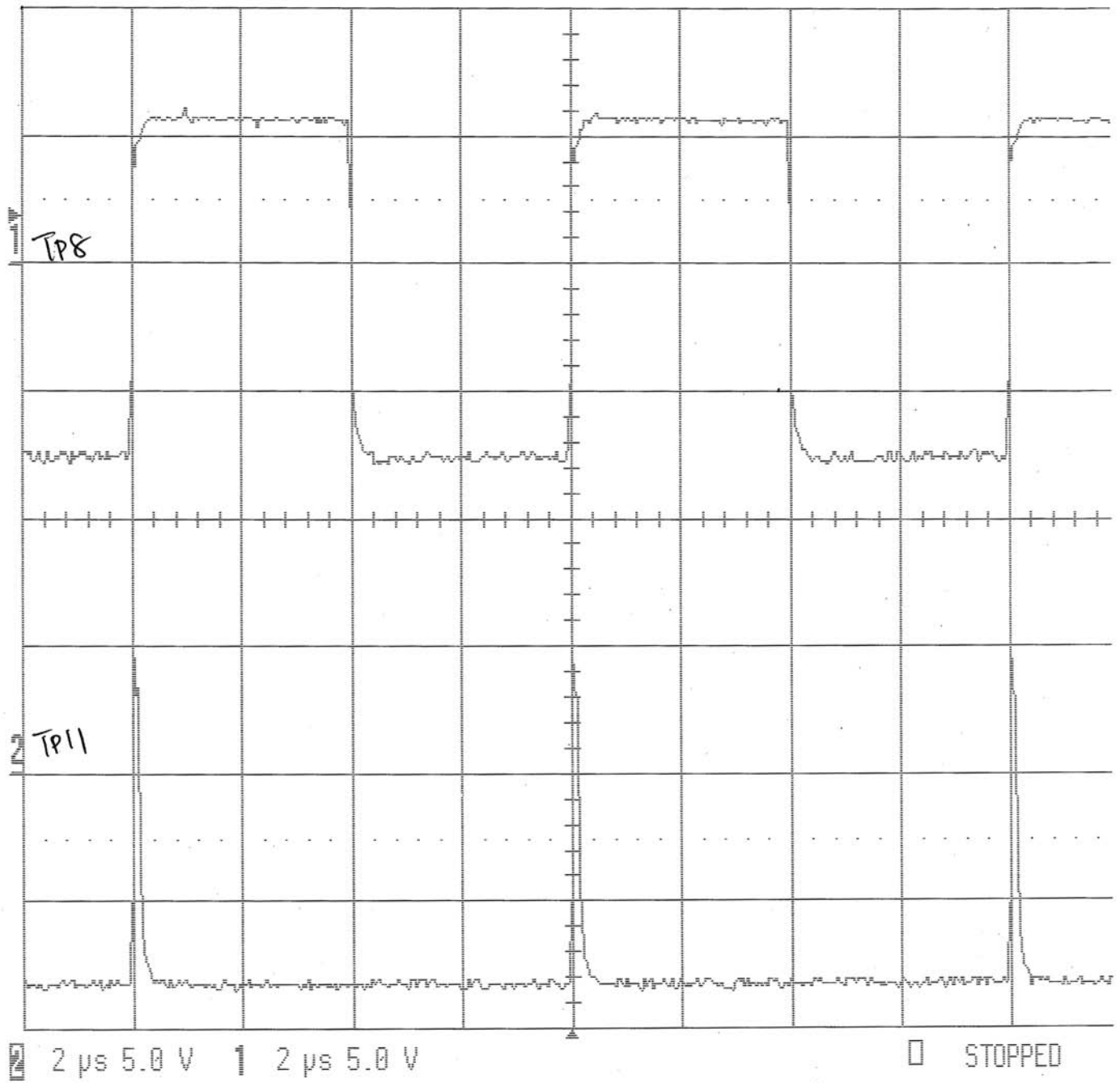


記録①

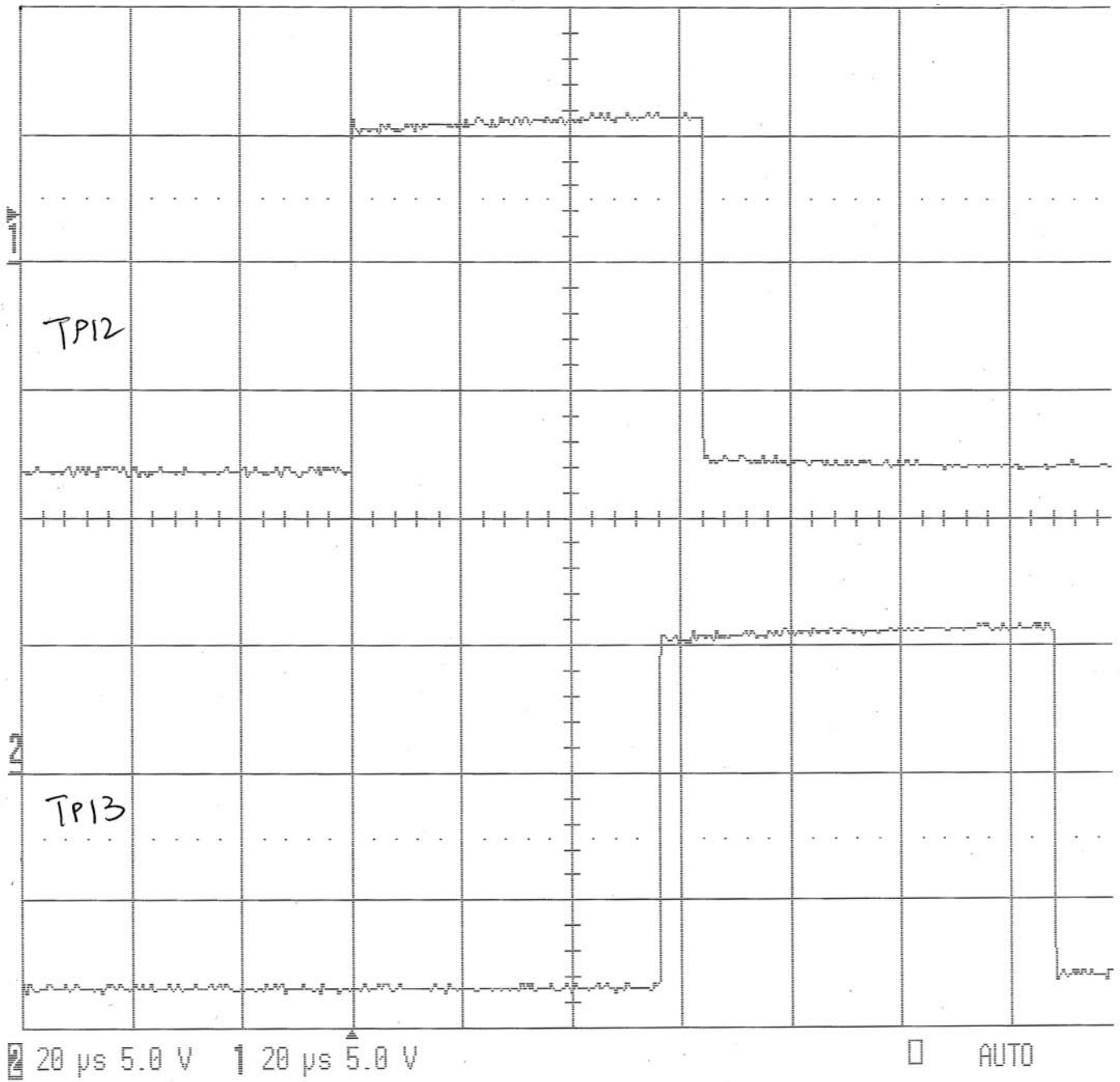




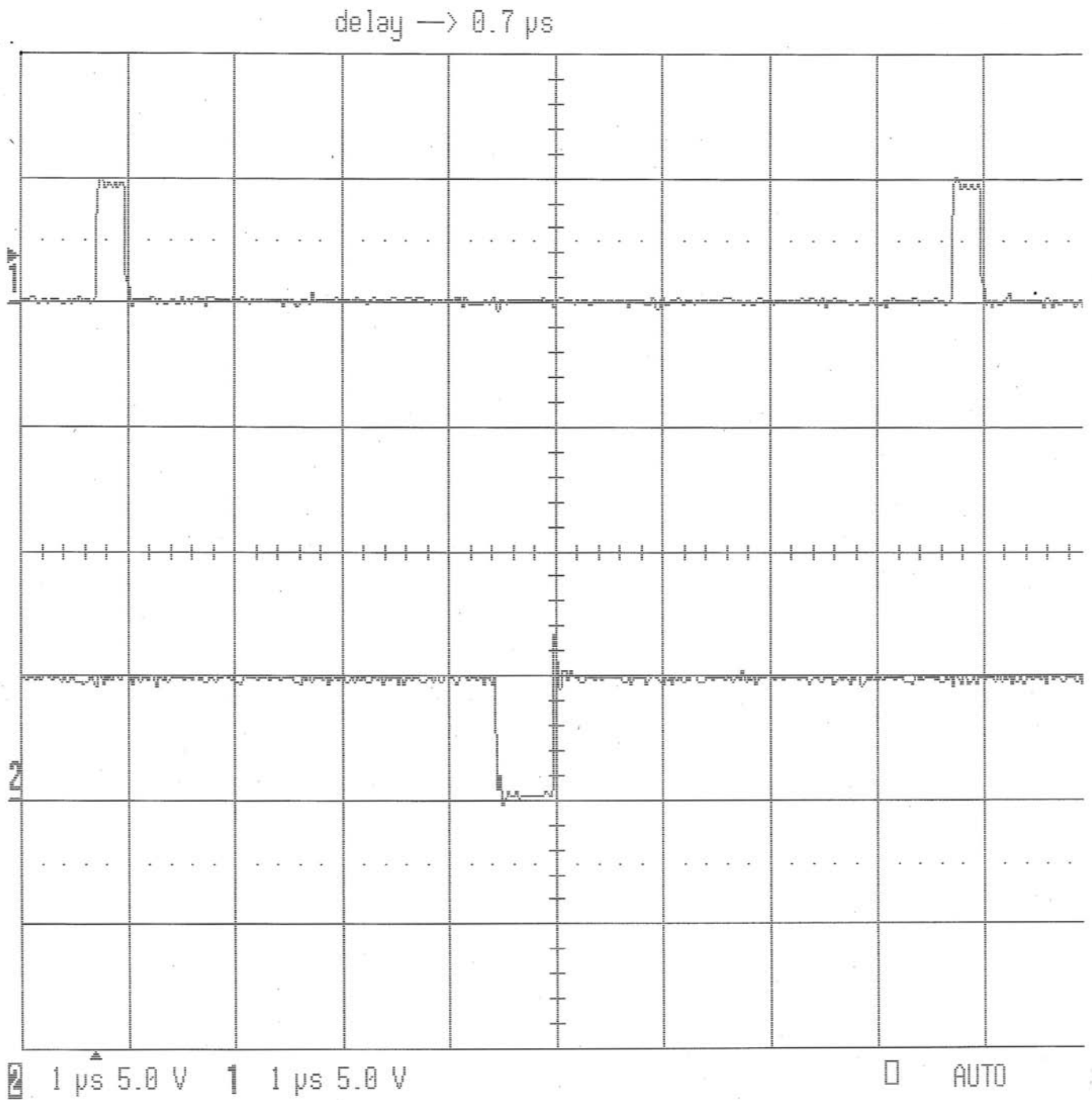
記録②



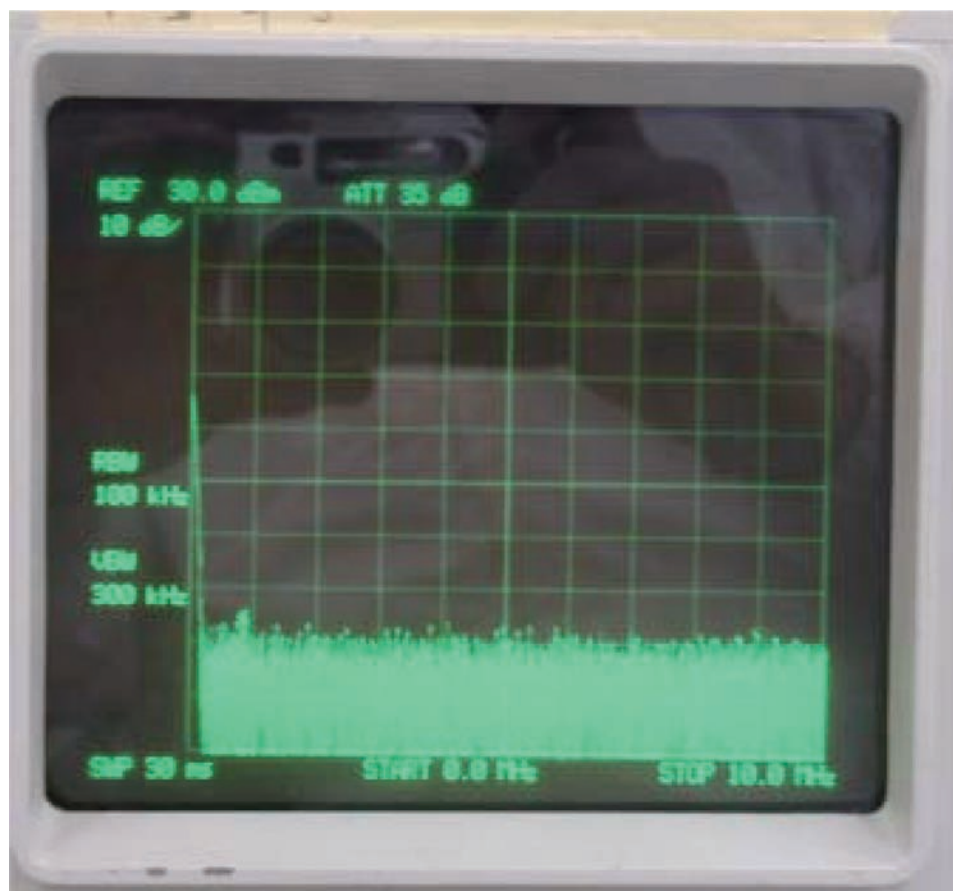
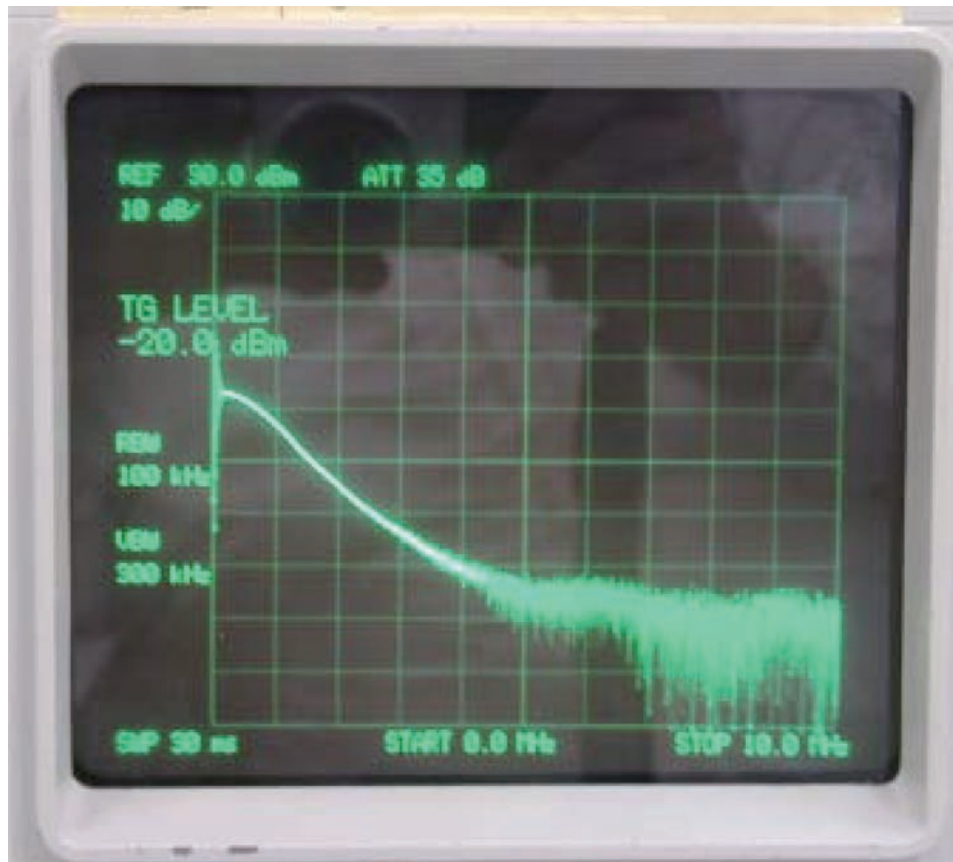
記録③



記録④



XRS低温試験供試体 試験前ADC前アナログ特性 2005.8.17測定



## 添付5：ADC出力のSRAMダンプ内容表示

オフセットを3通り変えて、出力値を評価し、アナログ性能およびFPGAによるデジタル処理の機能を確認した。

- (1) OFFSET = 00' H ===> 0150' H 程度
- (2) OFFSET = 60' H ===> 00A0' H 程度
- (3) OFFSET = 90' H ===> 0020' H 程度



## 添付6

		整理番号	222584A601		
		作成／宇宙機器技術部			
	確 認	承 認	承 認	査 閲	作 成
					村 尾

(表題)

## XRS低温試験供試体

## 検査実施要領書／検査成績書

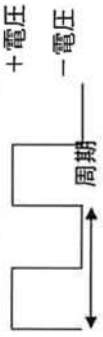
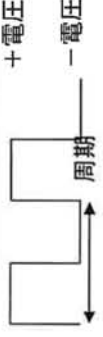




試験実施日：	2005 年 11 月 14 日	
		温 度： 23 °C
試験実施者：	村尾	湿 度： 50 %
試 験 名：	冷却試験後	
備 考：		

改版	年月日	改 訂 記 録	訂符	承認	作成
—	05.03.01		—	—	—

X R S 低温試験供試体 検査実施要領						( 1 / )									
番号	検査項目	試験項目・測定方法		規格値	検査結果	備考									
1.	構成品リスト	下記の表により構成の員数を確認すること。 <table><tr><td>名称</td><td>X R S - E - C</td><td>X R S - E - M</td></tr><tr><td>部品番号</td><td>222894A001 (222584A001)</td><td>222895A001</td></tr><tr><td>員数</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>		名称	X R S - E - C	X R S - E - M	部品番号	222894A001 (222584A001)	222895A001	員数	1	1	左記に指定した通りであること。	<div>合</div> ・否	
名称	X R S - E - C	X R S - E - M													
部品番号	222894A001 (222584A001)	222895A001													
員数	1	1													
2.	外観検査	目視により右の項目を確認する。		機能性能に影響するヒビ、傷、割れ等の損傷がないこと。作業者に危害を与える恐れのあるシャープエッジ、バリ等が無く清浄であること。	<div>合</div> ・否										

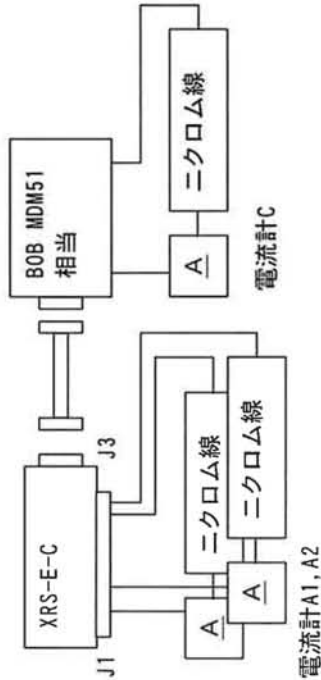


X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 3 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
4.	CCDドライバ	以下 [ ] で囲まれた記述は、TC-0BCのモニターモードを使って、指定アドレスにアクセスする事を示す。 1) DMSシミュレータからSIGGLE-Cを送信。 2) DMSシミュレータからMON-MODEを送信。 3) ターミナルソフトウェアを立ち上げる。 [FFFFFF62にx267Cを書き込む]				
4.1.	XRS-E-C ON	[1A000000]にx0000を書き込む] 消費電流の増加を確認する。 [1A000100]のデータを読む] LSBが1 (binary)であることを確認する。	+5V : 1000mA±100mA +12V : 100mA以下 -12V : 100mA以下		測定値 1010mA 60mA 50mA ④・否	
4.2.	XRS-E-C OFF	[1A000002]にx0000を書き込む] 消費電力を確認する。 [1A000100]のデータを読む] LSBが0 (binary)であることを確認する。	+5V : 990mA±50mA +12V : 190mA±20mA -12V : 140mA±20mA		測定値 990mA 190mA 140mA ④・否	
4.3.	ドライバ電圧の確認				測定値 990mA 60mA 50mA ④・否	
4.3.1.	パラメータの設定	CCD-ONコマンド送信 [1A000000]にx0000を書き込む] 消費電流を確認する。 ドライバパラメータ設定 [1A000054]にx0002を書き込む] ドライバパラメータ設定 [1A000056]にx0001を書き込む] ドライバパラメータ設定 [1A000058]にx0001を書き込む] ドライバ周波数125kHz、ピニング1の設定である。 [1A000108]のデータを読む] 下位2bitが(binary)10であることを確認する。	消費電流 +5V : 990mA±50mA +12V : 190mA±20mA -12V : 140mA±20mA  x0002		消費電流 990mA 190mA 140mA  1A000108 x0002 ④・否	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 4 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
4.3.2. ドライバ電圧の設定		PVの電圧設定 [IA00005AにxD018を書き込む] RGの電圧設定 [IA00005CにxD018を書き込む] PHの電圧設定 [IA00005EにxD018を書き込む] OGの電圧設定 [IA000060にx6800を書き込む] ドライバの開始コマンド [IA000044にxFFFFを書き込む] オシロスコープで、以下のテスト端子を測定し、波形を記録する。				
		TP8 (P2H) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ DUTY比 50% ①		測定値 合・否 ①	①
		TP9 (P1H) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ DUTY比 50%		測定値 合・否 ②	②
		TP10 (OG) 	1. $0.9 \pm 1\text{V}$ の定電圧		測定値 1.04V 合・否 ③	
		TP11 (RG) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ DUTY比 10%以下		測定値 合・否 ④	③
		TP12 (P2V) 	+電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ H時間 $60 \pm 1 \mu\text{sec}$ L時間 $8320 \pm 1 \mu\text{sec}$		測定値 合・否 ⑤	④
		TP13 (P1V) 	+電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ H時間 $60 \pm 1 \mu\text{sec}$ L時間 $8320 \pm 1 \mu\text{sec}$		測定値 合・否 ⑤	⑤



X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 5 / )																			
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考																		
4.4.	読み出し系統	OFFSETの電圧設定 [1A000064に指定の値を書き込む]  マルチメータで、以下の端子を測定し、電圧を記録する。  測定端子：IC22-1																						
		<table><thead><tr><th>指定値</th><th>規格</th><th>測定値</th></tr></thead><tbody><tr><td>0000</td><td>-5.00±0.1V</td><td>-4.997</td></tr><tr><td>0040</td><td>-1.25±0.1V</td><td>-1.280</td></tr><tr><td>0080</td><td>+2.50±0.1V</td><td>+2.478</td></tr><tr><td>00C0</td><td>+6.25±0.1V</td><td>+6.228</td></tr><tr><td>00FF</td><td>+10.0±0.1V</td><td>+9.994</td></tr></tbody></table>	指定値	規格	測定値	0000	-5.00±0.1V	-4.997	0040	-1.25±0.1V	-1.280	0080	+2.50±0.1V	+2.478	00C0	+6.25±0.1V	+6.228	00FF	+10.0±0.1V	+9.994			合・否	
指定値	規格	測定値																						
0000	-5.00±0.1V	-4.997																						
0040	-1.25±0.1V	-1.280																						
0080	+2.50±0.1V	+2.478																						
00C0	+6.25±0.1V	+6.228																						
00FF	+10.0±0.1V	+9.994																						
	ADCサンプリング信号の測定	周期 8±0.1μsec																						
	以下の信号の周期及びDUTY比を測定する。	H時間 (TP3) 1±0.1μsec																						
	TP3 (START OF CONVERSION)	L時間 (TP4) 1±0.1μsec																						
	TP4 (REFERENCE HOLD)																							

X R S 低 温 試 験 供 試 体 検 査 実 施 要 領					( 6 / )	
番号	検 査 項 目	試 験 項 目 ・ 測 定 方 法	規 格 値	適 用	検 査 結 果	備 考
5.	ペルチェ関係コマンド	TC-0BCのモニターモードを使って、ペルチェ制御関係の確認をおこなう。 XRS-E-CのJ3コネクタにBleak out Box (BOB)を接続する。				
5.1.	セットアップ	<div></div> <p>BOBの以下のラインにペルチェの代品としてニクロム線 (抵抗値 1 ~ 5 Ω 程度) 及び電流計 (測定レンジ 1 ~ 3 A) を接続する。抵抗値は参考データとして右欄に記録する。</p> <p>J3-16 SOL-C-TEC-HOT J3-17 SOL-C-TEC-RTN</p> <p>J11の指定コンタクトにケーブル付き端子を接続し、ペルチェの代品としてニクロム線 (抵抗値 1 ~ 5 Ω 程度) 及び電流計 (測定レンジ 1 ~ 3 A) を接続する。抵抗値は参考データとして右欄に記録する。</p> <p>J1-65 XRF-A0-HOT J1-69 XRF-A0-RTN J1-73 XRF-A1-HOT J1-77 XRF-A1-RTN</p>		参考データ  SOL-C-TEC <u>1.15 Ω</u>  XRF-A0-TEC <u>1.08 Ω</u>  XRF-A1-TEC <u>1.62 Ω</u>		

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 7 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
5.2.	XRF-A0 コマンド	TC-0BCのモニターモードを使って、ペルチェ制御関係の確認をおこなう。				
5.2.1.	TEC-CURRENT ENA/DIS	TEC許可コマンド送信 [1A000040にx0001を書き込む]				
5.2.2.	XRF-A-0-TEC ON	TEC-ONマンド送信 [1A000010にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit4が1になっていることを確認する。 以下のコマンドを送信し、電流計AIにより電流値を確認する。 x80以上のコマンドは放熱対策が出来ないので、送信しない事。 電流値設定コマンド送信 [1A00006Eにx0040を書き込む]	0. 2 5 ± 0. 0 2 A		④・否 003A	0.32A 0.60
5.2.3.	電流設定	電流値設定コマンド送信 [1A00006Eにx0080を書き込む]	0. 5 0 ± 0. 0 2 A		0.52 A	0.96 0.60A
		電流値設定コマンド送信 [1A00006Eにx00C0を書き込む]	0. 7 5 ± 0. 0 2 A		A	+12V電源の 増加がある。 (+0.42A)
		電流値設定コマンド送信 [1A00006Eにx00FFを書き込む]	1. 0 0 ± 0. 0 2 A		A	(+0.68A)
		電流値設定コマンド送信 [1A00006Eにx0000を書き込む]	0. 0 0 ± 0. 0 2 A		0.0 A	0.50Aを 数10秒以上 流すと12V電流 が1A以上流し る。
5.2.4.	XRF-A-0-TEC OFF	TEC-OFFコマンド送信 [1A000012にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit4が0になっていることを確認する。	リレー音有り		④・否 002A	
5.2.5.	XRF-A-0-TEC	TEC-COOLコマンド送信 [1A00001Eにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit5が1になっていることを確認する。	リレー音無し		④・否 002A	
5.2.6.	XRF-A-0-ANL	TEC-ANNEALコマンド送信 [1A000020にx0000を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit5が0になっていることを確認する。	リレー音有り		④・否 000A	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 8 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
5.3. XRF-A1 コマンド		TC-OBCのモニターモードを使って、ペルチェ制御関係の確認をおこなう。				
5.3.1. TEC-CURRENT ENA/DIS		TEC許可コマンド送信 [1A000040にx000Fを書き込む]				
5.3.2. XRF-A-1-TEC ON		TEC-ONコマンド送信 [1A000014にx000Fを書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit2が1になっていることを確認する。 以下のコマンドを送信し、電流計A1により電流値を確認する。 x80以上のコマンドは放熱対策が来ないので、送信しない事。 電流値設定コマンド送信 [1A000070にx0040を書き込む]	参考値 0.25 ± 0.02 A		002E 合・否 0.44V 0.79V 0.28 A	0.38A
5.3.3. 電流設定		電流値設定コマンド送信 [1A000070にx0080を書き込む] 電流値設定コマンド送信 [1A000070にx00C0を書き込む] 電流値設定コマンド送信 [1A000070にx00FFを書き込む] 電流値設定コマンド送信 [1A000070にx0000を書き込む]	0.50 ± 0.02 A 0.75 ± 0.02 A 1.00 ± 0.02 A 0.00 ± 0.02 A		0.49 A — A — A 0.00 A 合・否	0.63A +12V電源の増加がある。 0.50Aを 数10秒以上 流すと12V電源 が1A以上流す
5.3.4. XRF-A-1-TEC OFF		TEC-OFFコマンド送信 [1A000018にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit2が0になっていることを確認する。	リレー音有り		002A	
5.3.5. XRF-A-1-TEC		TEC-COOLコマンド送信 [1A000022にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit3が1になっていることを確認する。	リレー音無し		合・否 002A	
5.3.6. XRF-A-1-ANL		TEC-ANNEALコマンド送信 [1A000024にx0000を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit3が0になっていることを確認する。	リレー音有り		合・否 0022 合・否	



X R S 低温試験供試体 検査実施要領				( 9 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	検査結果	備考
5.4. SOL-Cコマンド					
5.4.1. TEC-CURRENT ENA/DIS		TEC許可コマンド送信 [1A000040にx0005を書き込む]			
5.4.2 SOL-C-TEC ON		TEC-ONコマンド送信 [1A00001Aにx000Fを書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit0が1になっていることを確認する。 以下のコマンドを送信し、電流計AIにより電流値を確認する。 x80以上のコマンドは放熱対策が出来ないので、送信しない事。 電流値設定コマンド送信 [1A000072にx0040を書き込む]	参考値 0.25±0.02 A 0.50±0.02 A 0.75±0.02 A 1.00±0.02 A 0.00±0.02 A	0023 (合) 否 023 A 042 A A A 合・否 A	0.27V (1.25A) 0.49V (1.44V) +5V電源の増加がある。 0V (0.99A)
5.4.4. SOL-C-TEC OFF		TEC-OFFコマンド送信 [1A00001Cにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit0が0になっていることを確認する。	リレー音有り	x 0022 (合) 否 x 0022	
5.4.5. SOL-C-TEC		TEC-COOLコマンド送信 [1A000026にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit1が1になっていることを確認する。	リレー音無し	(合) 否 x 0022	
5.4.6. SOL-C-ANL		TEC-ANNEALコマンド送信 [1A000028にx0000を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit1が0になっていることを確認する。	リレー音有り	(合) 否 x 0020 (合) 否	



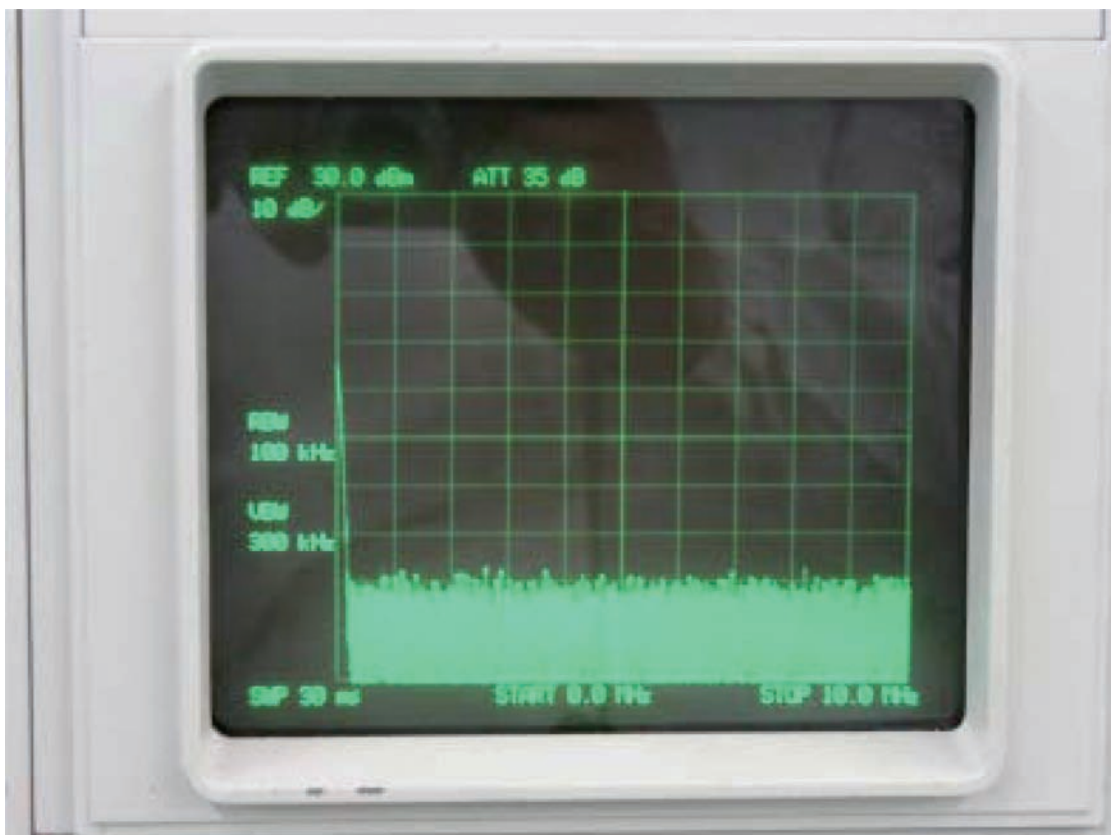
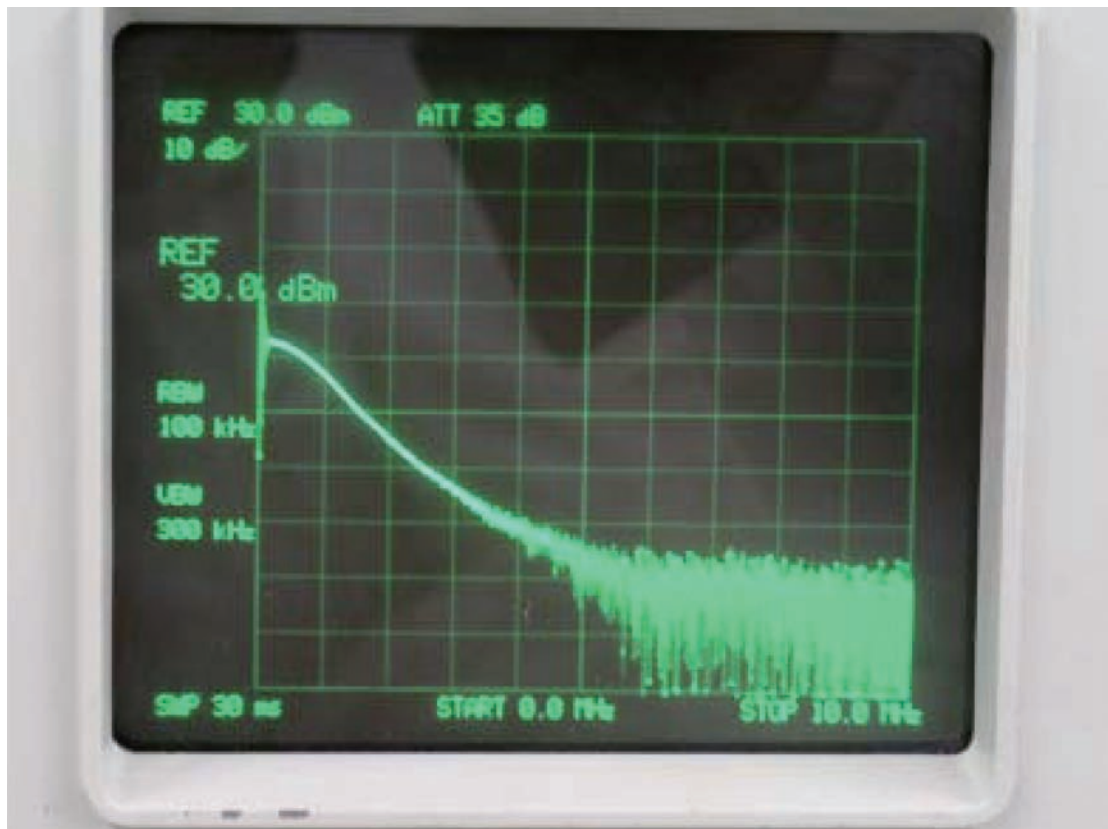
X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 10 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
6.	ヒータ関係コマンド	XRS-E-CのJ3コネクタにBleak out Box(BOB)を接続する。				
6.1.	セットアップ	<div><p>BOBの以下のラインにヒータの代品として抵抗器（抵抗値230Ω程度）を接続する。抵抗値は参考データとして右欄に記録する。</p><p>J3-49 SOL-BC-HTR-HOT J3-48 -12VDC</p><p>J1の指定コンタクトにケーブル付き端子を接続し、ヒータの代品として抵抗器（抵抗値230Ω程度）を接続する。抵抗値は参考データとして右欄に記録する。</p><p>J1-55 XRF-A0-HOT J1-53 -12VDC</p></div>			参考データ	
					SOL-C-HTR	
					<u>220 Ω</u>	
					XRF-A0-HTR	
					<u>220 Ω</u>	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 11 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
6. 2. ヒータ関係コマンド						
6. 2. 1. XRF-A HEATER-ENA		HTR許可コマンド送信 [1A000032にx0001を書き込む]				
6. 2. 2. XRF-A-HEATER-ON		HTR-ONマンド送信 [1A00002Aにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit2が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	52 ± 2 mA		000C 合・否 55.3 mA	(12.186V)
6. 2. 3. XRF-A-HEATER-OFF		HTR-OFFマンド送信 [1A00002Cにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit2が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	0 ± 2 mA		0008 (合)・否 0 mA	12.136V -12V電源の 増加がある。
6. 2. 4. SOL-BC HEATER-ENA		HTR許可コマンド送信 [1A000032にx0003を書き込む]				
6. 2. 5. SOL-BC HEATER-ON		HTR-ONマンド送信 [1A00002Eにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit0が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	52 ± 2 mA		合・否 x 600B 55.1 mA	電源電圧 が、試験前 より高めで あった。
6. 2. 6. SOL-BC HEATER-OFF		HTR-OFFマンド送信 [1A000030にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit0が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	0 ± 2 mA		(合)・否 x 600A 0 mA	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領				( 12 / )		
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
7. ADCノイズレベル測定						
7.1. モニターモードデータ評価		モニターモードSOL-C選択コマンド送信 [1AFFFFFFEにx0005を書き込む]				PC チャリ. のため未試験
7.2. SRAMデータ評価		メモリアイトモードにする [1A000050にx0000を書き込む] [1A000052にx0002を書き込む] [1A000054にx0003を書き込む] ドライブ周波数125kHz、ピニング16 [1A000056にx0001を書き込む] [1A000058にx0001を書き込む] [1A000044にxFFFFを書き込む] [1A000064にx0000を書き込む] [1A200000~1A220800] をダンプし、CCDのデータを取得する。 [1A000064にx0060を書き込む] [1A200000~1A220800] をダンプし、CCDのデータを取得する。 [1A000064にx0090を書き込む] [1A200000~1A220800] をダンプし、CCDのデータを取得する。	x0150程度の値 x00A0程度の値 x0020程度の値		別紙  合・否	



添付7：低温試験供試体 試験後のADC前アナログ特性  
⇒信号挿入時（上）とOFF時（下）





## 添付8：低温試験後のCCD出力のSRAMダンプ内容表示

オフセットを3通り変えて、出力値を評価し、アナログ性能およびFPGAによるデジタル処理の機能を確認した。低温試験前と比較し、変化が見られないことを確認した。

- (1) OFFSET = 00' H ===> 0150' H 程度
- (2) OFFSET = 60' H ===> 00A0' H 程度
- (3) OFFSET = 90' H ===> 0020' H 程度

## 4-6 CCTVレンズの真空低温試験の性能評価について

JAXA 片山 保宏

## CCTVレンズの真空低温試験の性能評価について

### 1. 概要

低温真空試験の実施前後でレンズの性能の変化についての評価を行った。

試験の実施前後でキャリブレーション用の画像を撮影して、レンズの幾何学的特性と光学的特性の比較を行った。これは、試験の影響により、レンズ形状の変化やレンズの表面コーティングや屈折率の変化が発生することが考えられるからである。

レンズ特性の評価を比較した結果、レンズ特性の大きな変化は見られなかった。今回の真空低温試験では、レンズ性能の劣化はないと思われる。

### 2. 実験環境について

真空低温試験の前後で、カメラや照明装置位置を変えないようにした撮影環境で、キャリブレーション画像の撮影条件が変わらないよう配慮している。評価を行ったレンズは、一般的な固定焦点CCTVレンズであり、手動でフォーカス（ピント）とアイリス（絞り）が調整できる。実験では、フォーカスおよびアイリスをねじ式ロック機構でしっかりと固定している。

また、以下の点を考慮した評価を行っている。レンズの取外しや取付けによるずれや、キャリブレーション器具の配置ずれを考慮し、位置ずれに関するカメラパラメータは評価していない。また、照明装置の位置ずれによる照明条件の変化を考慮し、画素の濃淡値の絶対的な評価を行っていない。

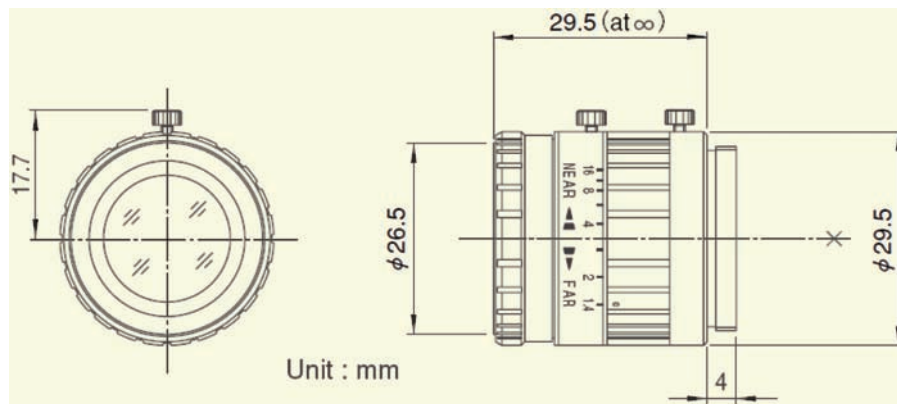
使用したレンズは、FUJINON HF16HA-1B（図1）であり、カメラはSONY DFW-SX900（図2）である。また、キャリブレーション器具を撮影した低温真空試験前後の画像を図3～6に示す。



外観

レンズの主な仕様

焦点距離	16 [mm]
画角 (H×V)	22° 37′ × 17° 04′
マウント	C
質量	45 [g]



外形寸法

図1：レンズ（FUJINON HF16HA-1B）の外観と主な仕様

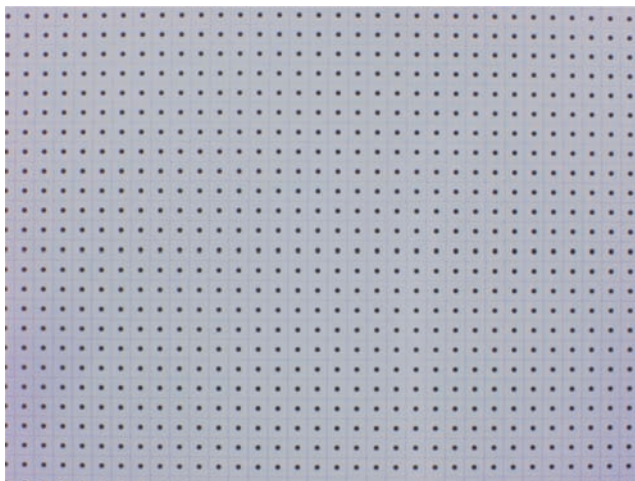


外観

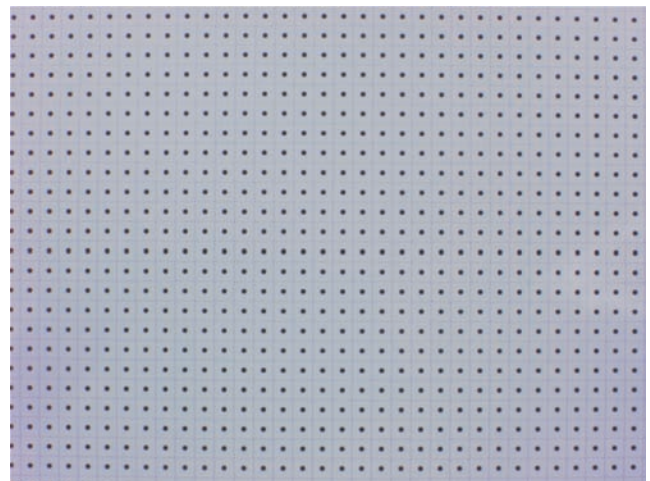
カメラ仕様

撮像素子	1/2型PS CCD
画像サイズ	1280 (H) × 960 (V)
フレームレート	3.75、7.5フレーム/秒
質量	45 [g]
外形寸法	55 (W) × 50 (H) × 110 (D) mm
質量	250 [g]

図2：カメラ（SONY DFW-SX900）の外観と主な仕様

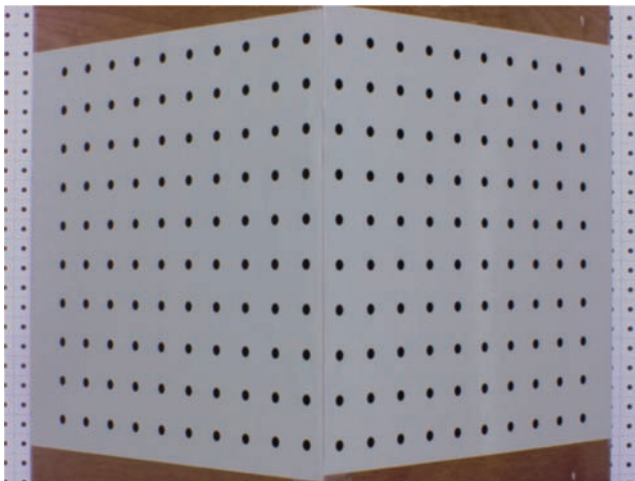


試験実施前

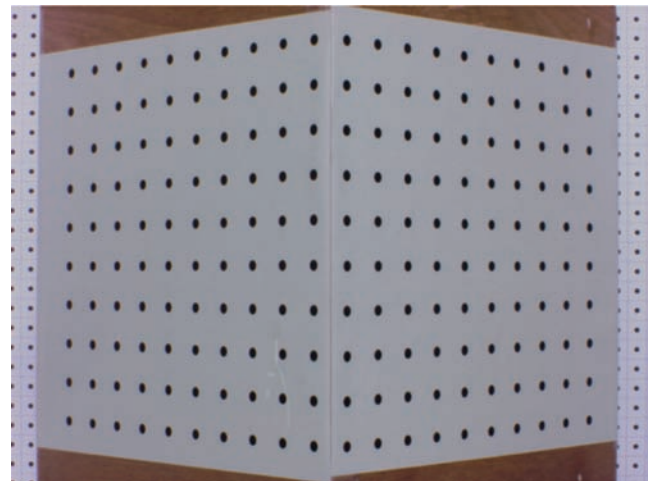


試験実施後

図3：平面ドットパターン（幾何学的キャリブレーション用）

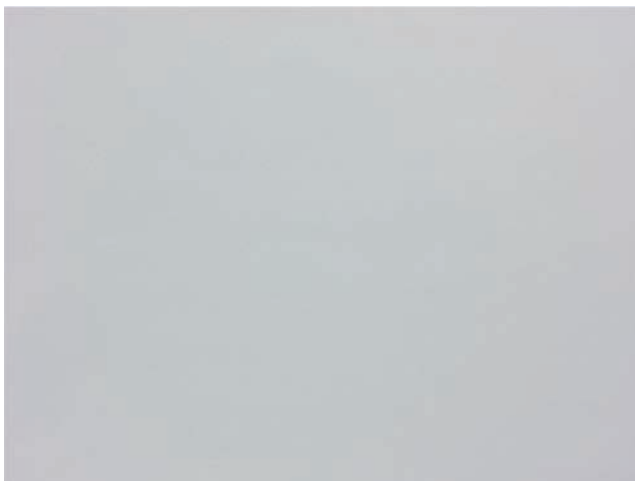


試験実施前

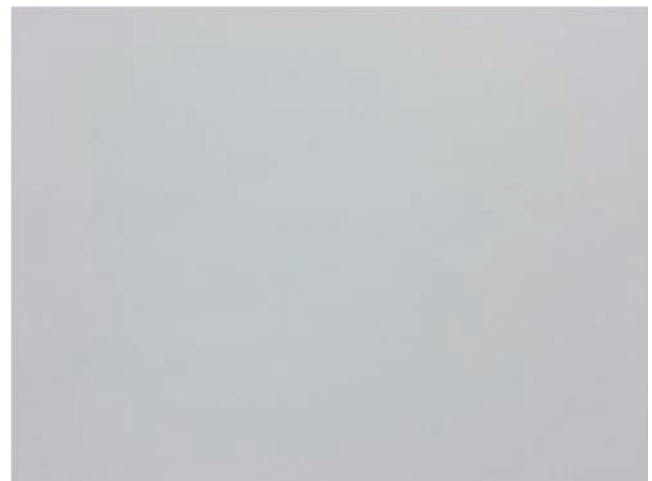


試験実施後

図4：空間ドットパターン（幾何学的キャリブレーション用）



試験実施前



試験実施後

図5：単色平面（光学的キャリブレーション用） 白紙を撮影



### 3. レンズの幾何学的特性の比較

低温真空試験の前後で、レンズの幾何学的特性の変化を比較する。幾何学的特性として、レンズ歪みと内部パラメータ（焦点距離など）の計測を行ったが、試験の前後の値の差は見られなかった。今回の試験では、レンズの幾何学的特性の変化はないと思われる。以下に実験の詳細を示す。

#### 3.1. レンズ歪みについて

平面ドットパターンの画像を利用してレンズ歪みの推定を行う。ドットの中心を画像処理により抽出し、空間中の直線は画像面でも直線となる性質に基づき、直線となるべき点群を指定する。そして、下の一般的な歪みモデルを利用して、直線性の評価による非線形最適化によってレンズ歪みパラメータを推定する。

・ Wengのレンズ歪みモデル

歪み中心  $(u_0, v_0)$  からの補正分  $\delta u$   $\delta v$  を次式で表す。

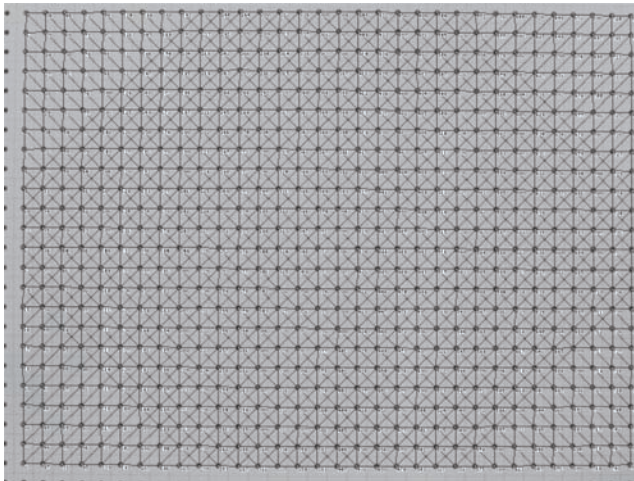
$$\begin{aligned}\delta_u &= \kappa_1 u(u^2 + v^2) + p_1(3u^2 + v^2) + 2p_2 uv + s_1(u^2 + v^2) \\ \delta_v &= \kappa_1 v(u^2 + v^2) + 2p_1 uv + p_2(u^2 + 3v^2) + s_2(u^2 + v^2)\end{aligned}$$

$\kappa_1$ 、 $p_1$ 、 $p_2$ 、 $s_1$ 、 $s_2$ 、 $(u_0, v_0)$  がレンズ歪みパラメータとなる。

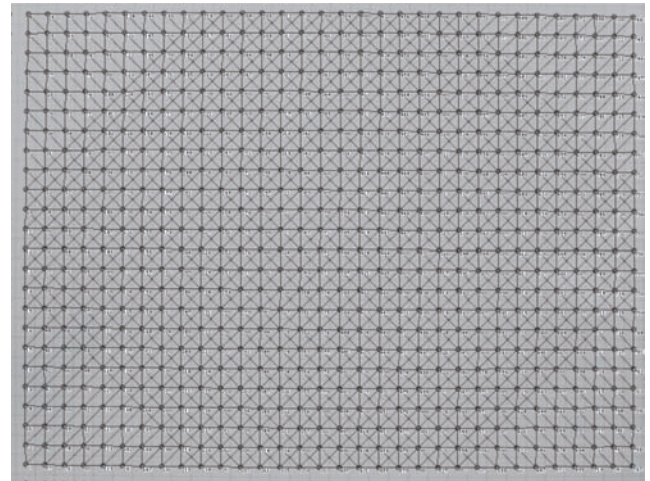
表1に得られたレンズ歪みパラメータを示す。また、図6にレンズ歪み推定の結果を示す。実験で用いたレンズは、レンズ歪みの小さい高性能のものであったが、画像の中央が盛上る“たる型”歪みが観測できた。パラメータに若干の違いはあるが、表1や図6 (c)、(c') から分かるように試験の前後のレンズ歪はほぼ同じである。

表1：得られたレンズ歪みパラメータ

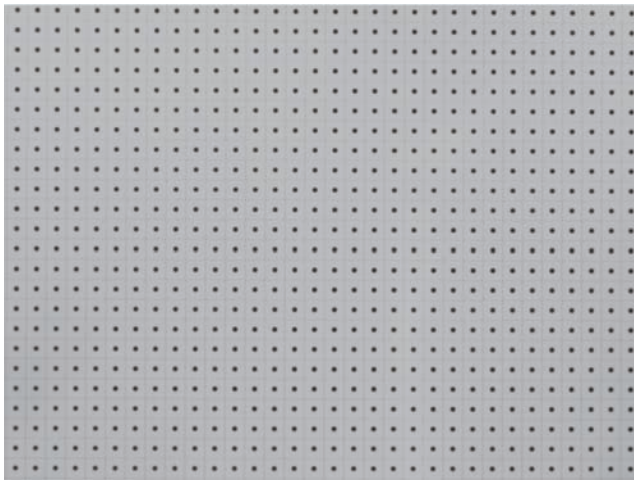
パラメータ	試験前	試験後	前後比
$\kappa_1$	2.751e-08	2.803e-08	0.981562
$p_1$	-9.888e-07	-7.466e-07	1.324398
$p_2$	-6.743e-07	-6.324e-07	1.066352
$s_1$	9.217e-08	8.471e-08	1.088052
$s_2$	9.891e-08	9.689e-08	1.020895
$u_0$	645.804	647.518	0.997353
$v_0$	483.707	486.496	0.994266



(a) レンズ歪み推定のための直線群



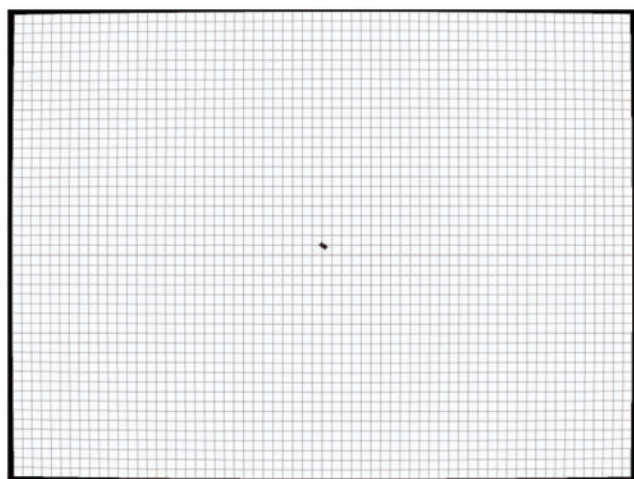
(a') レンズ歪み推定のための直線群



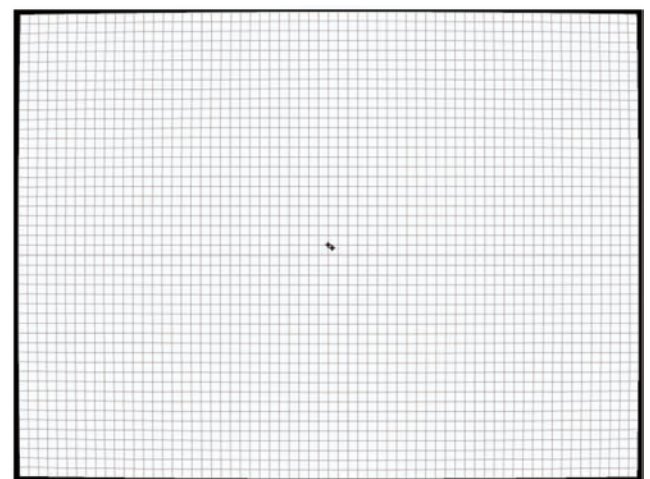
(b) レンズ歪み補正画像



(b') レンズ歪み補正画像



(c) 原画像上のレンズ歪み



(c') 原画像上のレンズ歪み

図6：レンズ歪みの推定（左列：試験前、右列：試験後）

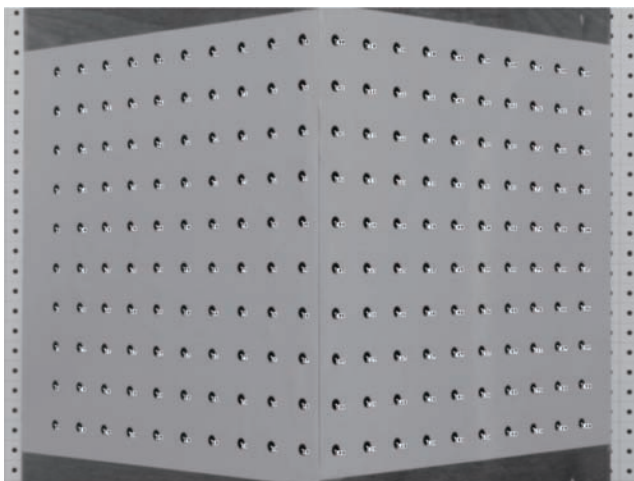
### 3.2. 内部パラメータについて

空間ドットパターンの画像を利用してレンズのカメラパラメータのキャリブレーションを行う。ドットの中心を画像処理により抽出し、ドットの空間位置からまず透視投影行列 (P) を推定し、外部パラメータ行列 ([R|t]) と内部パラメータ行列 (A) に分解する。外部パラメータは、カメラの位置姿勢に関する6個のパラメータであり、レンズの幾何学的特性とは直接の関係がない。一方、内部パラメータは、レンズの特性に関係の深い5個のパラメータである。5個のパラメータは、1) (焦点距離／水平撮像セルサイズ)、2) (焦点距離／垂直撮像セルサイズ)、3) 画像座標軸のなす角、4, 5) 光軸と画像面との交点位置 (画像中心) である。1と2は、画像の情報からだけでは分離できないが、撮像セルサイズの設計データを用いることで焦点距離を求めることができる。

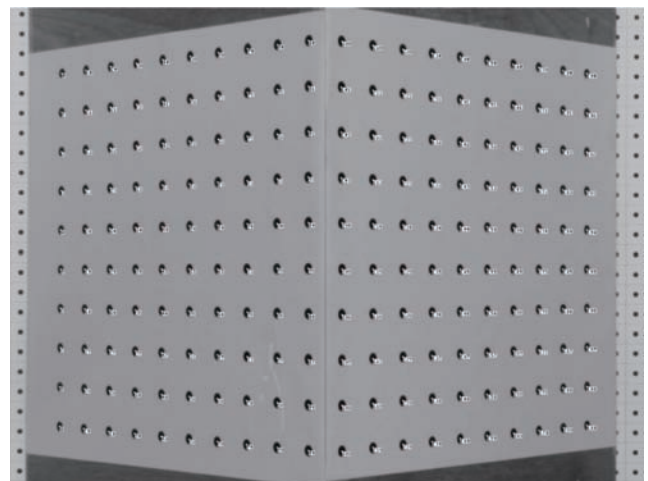
表2に得られた内部パラメータを示す。また、図7にキャリブレーションに用いた抽出した空間ドットに位置を示した画像を示す。表2のパラメータに若干の違いはあるが、試験の前後の内部パラメータはほぼ同じである。

表2：得られた内部パラメータ

パラメータ	試験前	試験後	前後比
焦点距離／水平撮像セルサイズ	3499.619	3503.354	0.998939
焦点距離／垂直撮像セルサイズ	3874.033	3877.560	0.99909
画像座標軸のなす角	89.941	89.932	1.000100
水平画像中心	696.710	690.081	1.009606
垂直画像中心	465.218	467.197	0.995764
焦点距離	17.144	17.161	0.999009



試験前



試験後

図7：キャリブレーションに用いた空間ドットの分布状況



#### 4. レンズの光学的特性の比較

低温真空試験の前後で、レンズの光学的特性の変化を比較する。光学的特性として画像のSN比と解像力の比較を行ったが、試験の前後の値の差は見られなかった。今回の試験では、レンズの光学的特性の変化はないと思われる。以下に実験の詳細を示す。

##### 4.1. SN比について

淡色平面の画像を利用して、画質を評価として信号対雑音比であるSN比を求めた。ここでは、SN比として（信号の濃淡レベルの分散） / （雑音の濃淡レベルの分散）を局所領域で求め、画像全域で平均した値を用いた。10フレーム画像について、RGBバンド毎に計算した各値を図8に示す。

図8からわかるように、若干の違いはあるが試験の前後のSN比はほぼ同じである。

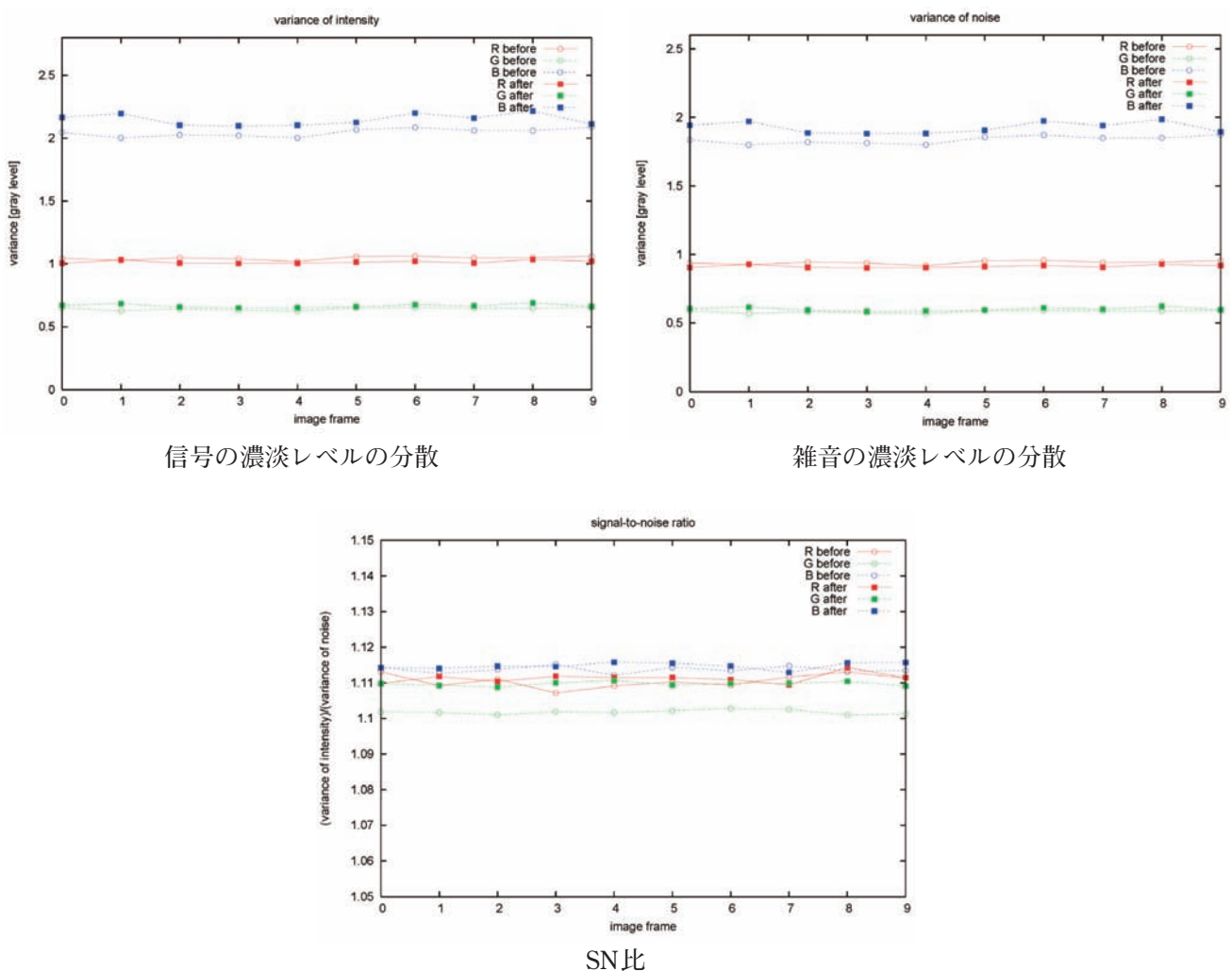


図8：試験前後での雑音の比較（試験前：○、試験後：■）

##### 4.2. 解像力について

平面ドットパターンの画像を利用して、解像力の比較を行った。画像の左上のドットと、中央のドットを切り出し、図9、10を用いて視認による評価を行った。なお、濃淡レベルは補正を行い、相対的な濃淡レベルの分布状況を比べている。

図9、10からわかるように、若干の違いはあるが試験の前後の解像力はほぼ同じである。

## 5. その他

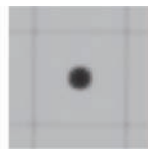
真空低温試験後でレンズの外観のS視覚確認を行ったが、試験前と変わったところは確認できなかった。

## 6. おわりに

上記の様に、幾何学的特性と光学的特性の比較を行った結果、今回の低温真空試験では、レンズ特性の大きな変化は見られなかった。

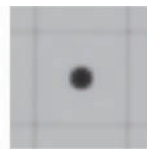


左上のドット



中央のドット

試験前



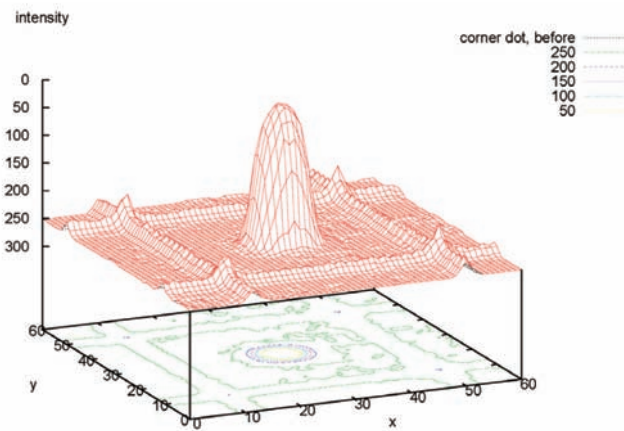
左上のドット



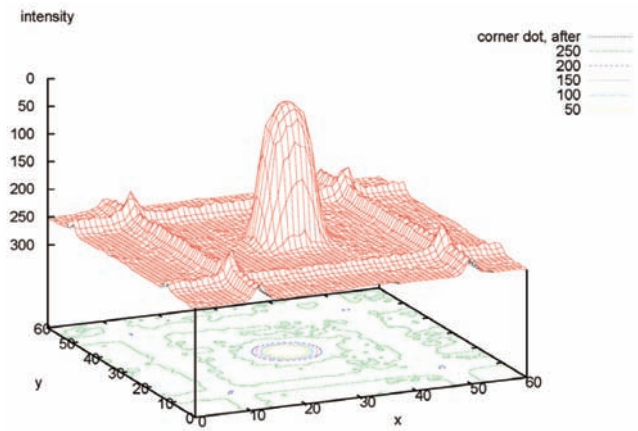
中央のドット

試験後

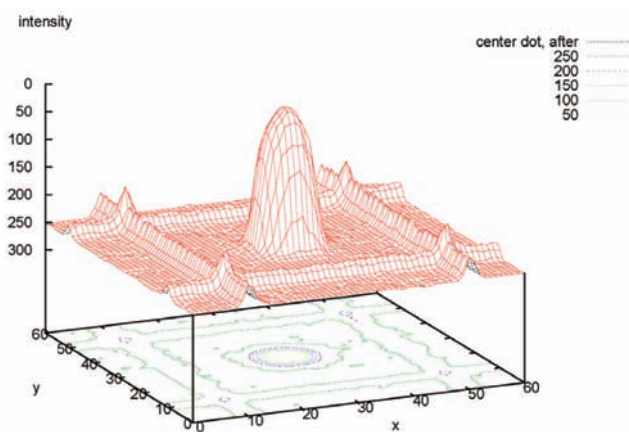
図9：解像力の評価を行った領域



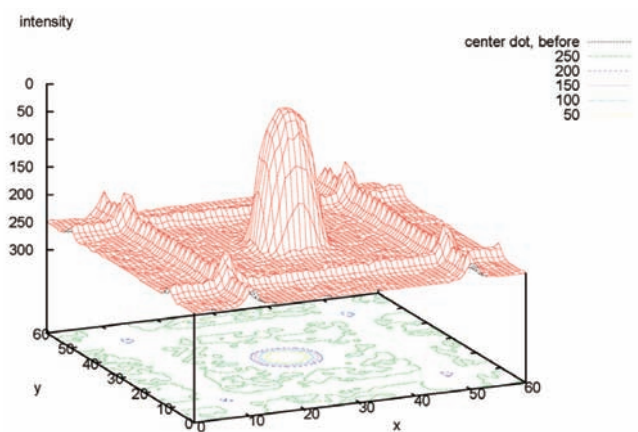
試験前の左上ドット



試験後の左上ドット



試験前の中央ドット



試験後の中央ドット

図10：濃淡レベルの3D表示



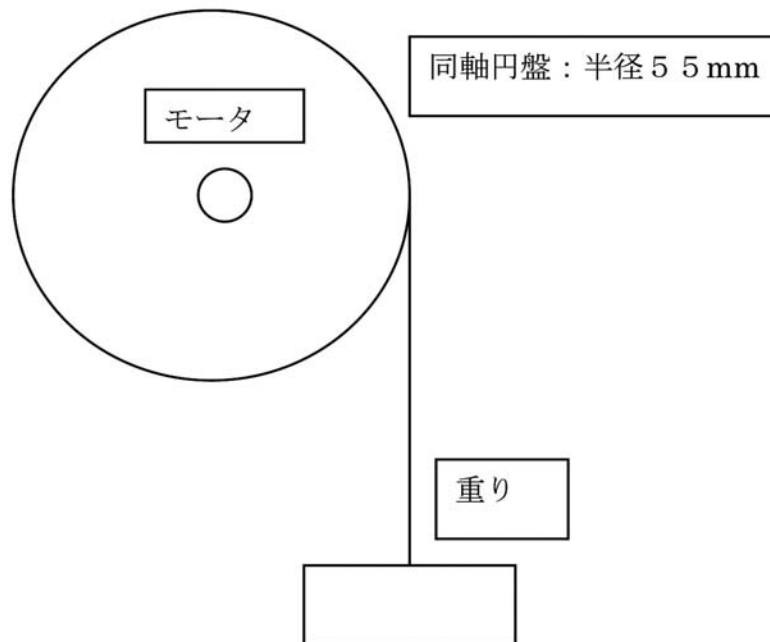


## 4-7 第1回月面環境試験－真空用D Cモータ

JAXA 四宮 康雄

### 第1回月面環境試験－真空用DCモータ

試験の前後に、下記の装置で錘負荷を変え、モータ電流と回転周期を測定した。



試験前の測定結果は下記の通りである。

モータ印加電圧：12.0 (V)

(1) 無負荷時

モータ電流：49 (mA)

回転周期：21.08 (sec)

3回の測定値の平均 (21.21 20.97 21.05)

(2) 0.5kg 負荷時

モータ電流：59 (mA)

回転周期：21.41 (sec)

3回の測定値の平均 (21.51 21.37 21.35)

(3) 1kg 負荷時

モータ電流：65 (mA)

回転周期：21.71 (sec)

3回の測定値の平均 (21.77 21.72 21.64)

尚、電流値は測定ミスを補正した。

試験後の測定結果は次の通りである。

モータ印加電圧：12.0 (V)

(1) 無負荷時

モータ電流：50 (mA)

回転周期：20.96 (sec)

3回の測定値の平均 (20.87 20.82 21.19)

(2) 0.5kg 負荷時

モータ電流：59 (mA)

回転周期：21.32 (sec)

3回の測定値の平均 (21.19 21.36 21.40)

(3) 1kg 負荷時

モータ電流：65 (mA)

回転周期：21.60 (sec)

3回の測定値の平均 (21.57 21.55 21.67)

今回の低温試験前後の特性データを以下の表に示す。

		低温試験前	低温試験後
モータ電流 (mA)	無負荷	49	50
	0.5kg 負荷	59	59
	1kg 負荷	65	65
回転周期 (sec)	無負荷	21.08	20.96
	0.5kg 負荷	21.41	21.32
	1kg 負荷	21.71	21.60

この表から、殆ど変化していないことがわかる。

1kg 負荷： $1\text{kg} \times 9.8 \times 55 / 1000 \text{ (Nm)} = 539 \text{ (mNm)}$

として、モータの電流特性を図1に、回転周期の特性を図2に示す。

この図から、電流特性は全く変化していないことが分かる。回転周期は試験後、短くなっているが、変化量は0.5%と小さいので、変わっていないと言える。

以上により、24時間以上 -89K (-184℃) の低温に曝してもモータの性能劣化は無かったと判定出来る。

参考として、低温試験の温度プロファイルを図3に載せる。

図1 モータ電流—トルク特性

図2 回転周期—トルク特性

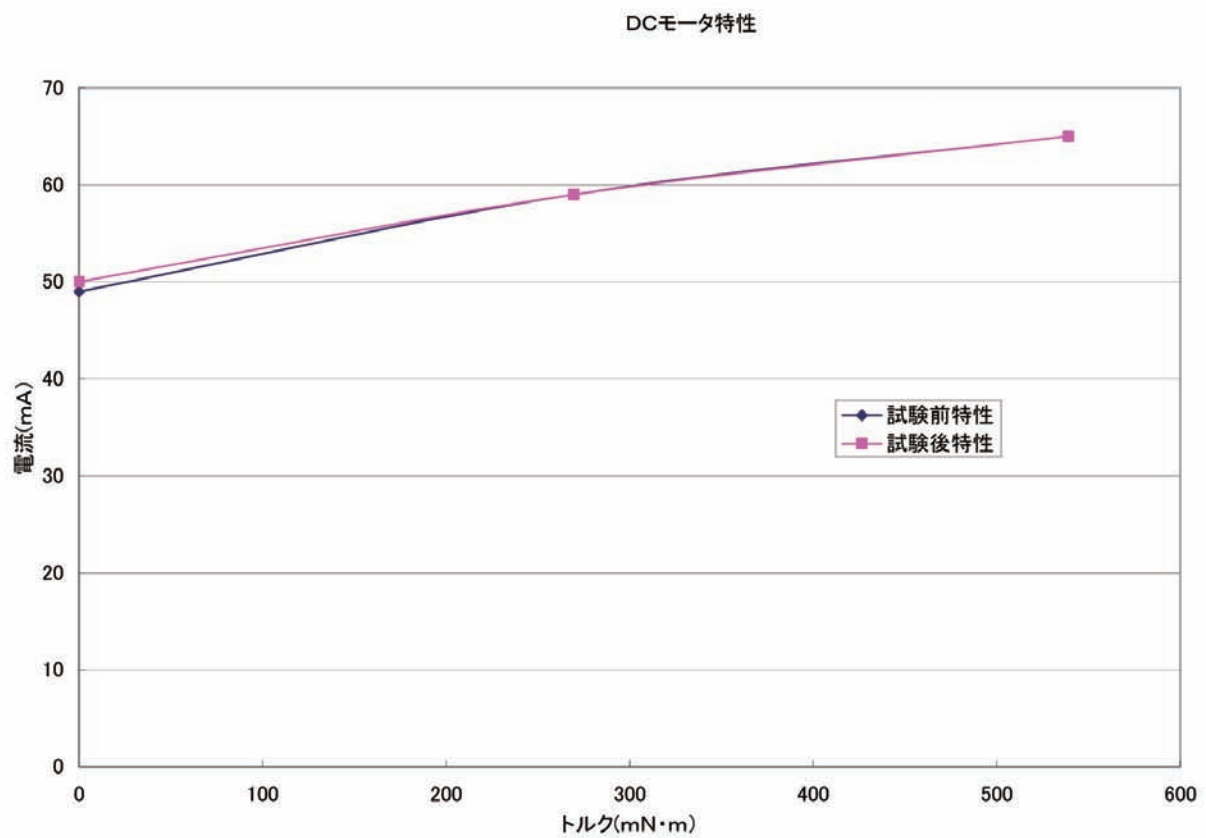


図1 モータ電流—トルク特性

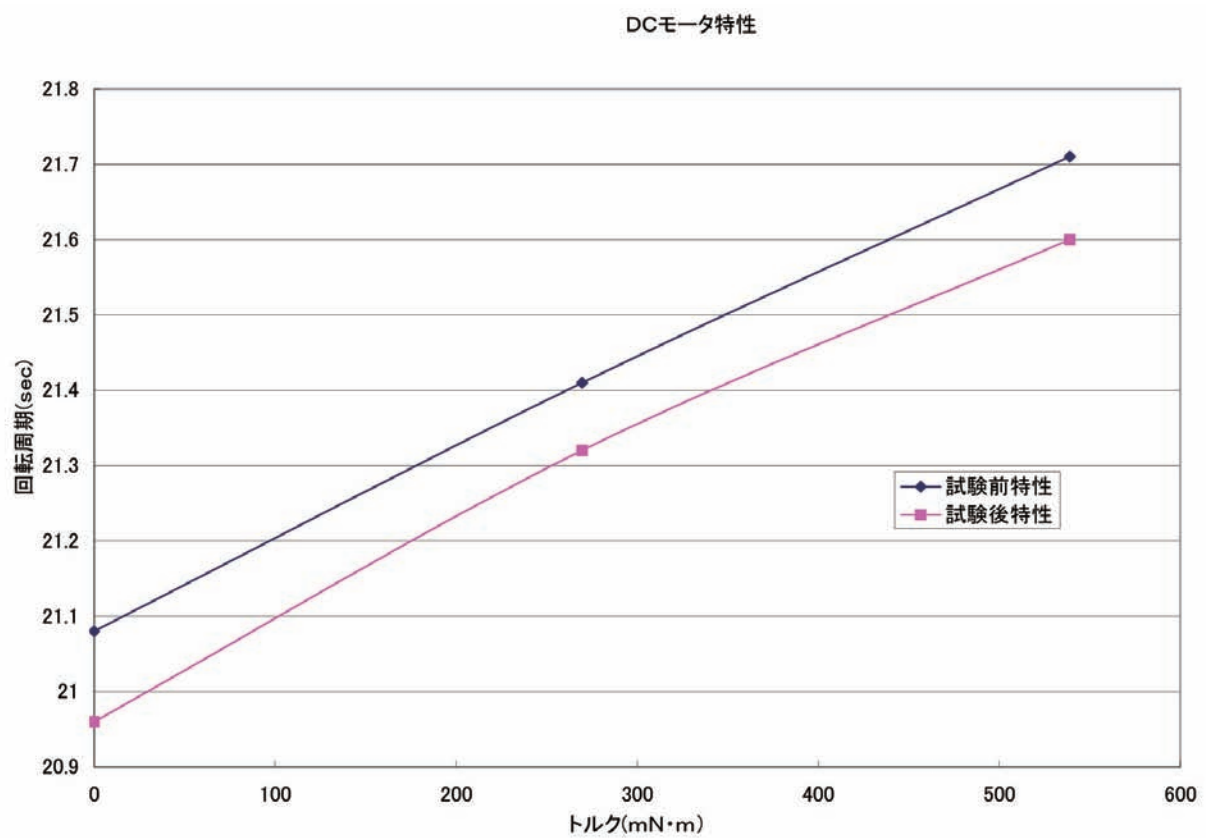
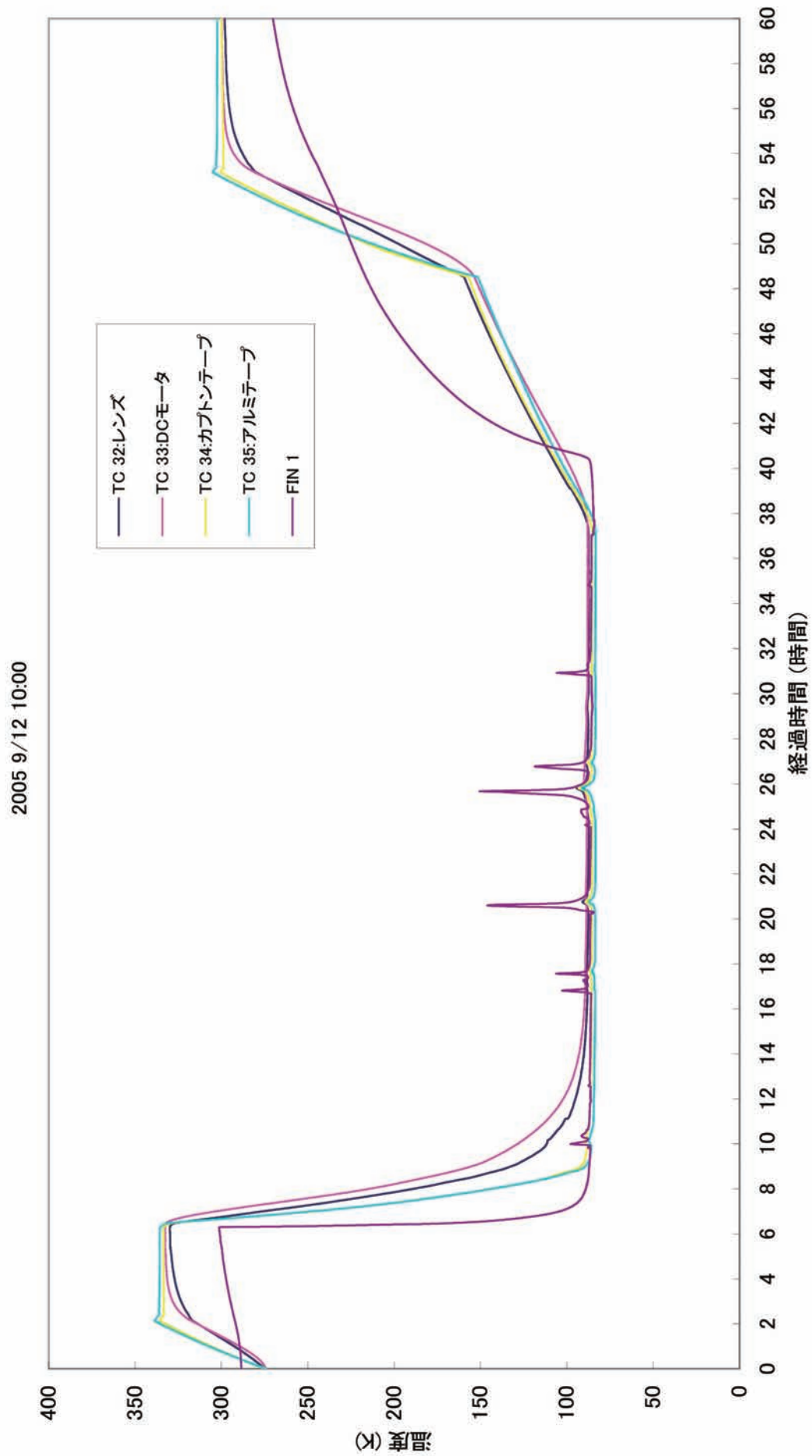


図2 回転周期—トルク特性







## 5 第2回月面環境試験

## 5. 第2回月面環境試験

### 5-1. 供試体

第2回月面環境試験の供試体を表5. 1に示す。供試体は第1回と殆ど同じであるが、表3.1供試体2のDCモータは今回は含まれず、いくつか素子の追加があった。

### 5-2. 温度測定点

第2回月面環境試験のCC熱電対の接続表を表5.2に示す。

素子（供試体3、4）は数が増えたので、個別の測定は止め、代表の1枚の基板のみに熱電対を貼り付け、次に全素子を包んだアルミ箔の温度とそれを入れた箱の温度の3点を測定した。又、カプトンテープとアルミテープの差を見る試験は前回で解決したので実施していない。前回不具合の多かった熱電対の止め方も変更し、カプトンテープで止め、その上を更にアルミテープで止める方式とした。実装図の例を図5.1に示す。岡田供試体の内部である。

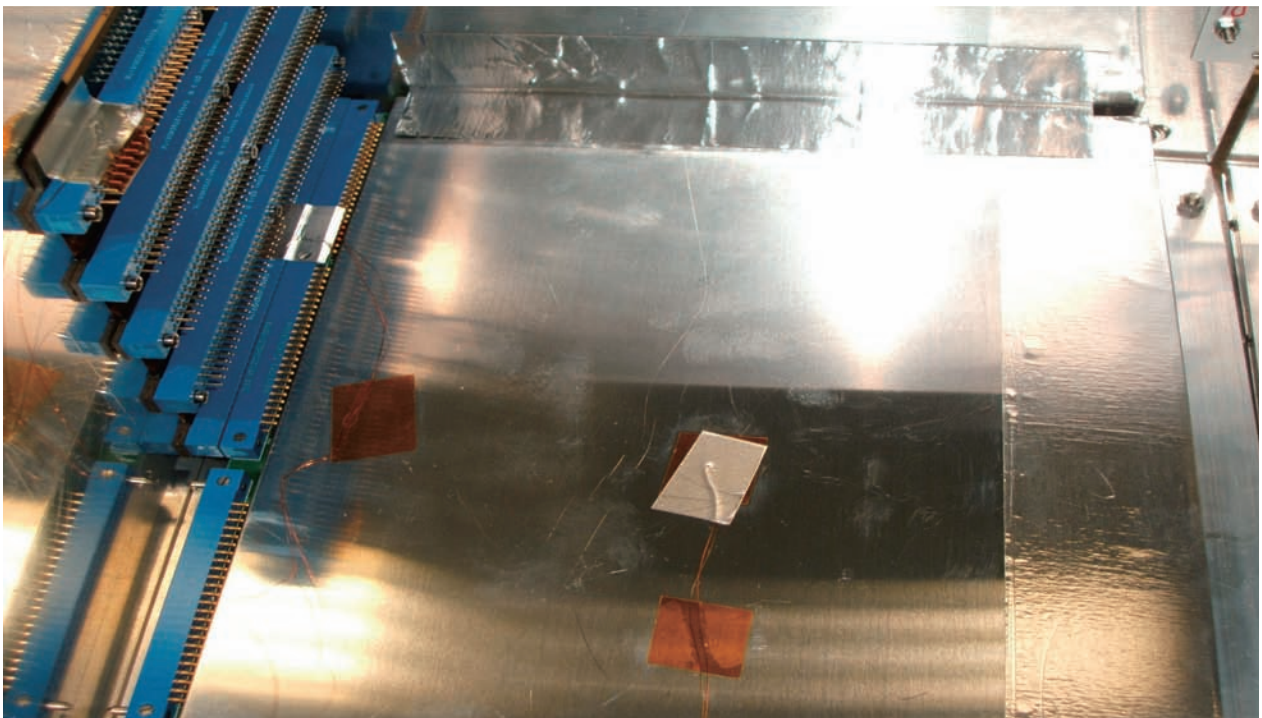


図5.1 熱電対の止め方

表5.1 第2回月面環境試験供試体

## 1. 花田（国立天文台 水沢観測所）

100×100アルミ板 止め穴： 4個

## 構成部品

1-1 CCDカメラ 温度測定点：2

1-2 平面鏡 温度測定点：2

1-3 素子3個 温度測定点：1

## 2. 久保田(ISAS),國井（中央大学）—ロボット部品

160×84アルミ板 止め穴：中心線に4個

## 構成部品

2-1 超音波モータ×4

2-2 超音波モータパーツ

温度測定点：総計5

## 3. 近藤（情報通信研究機構 鹿島宇宙通信研究センター）

AD変換器：ADC08L060 1個 温度測定点：1

## 4. 三澤（東北大学 惑星プラズマ・大気研究センター）

信号増幅素子 温度測定点：2

AD8004,AD603 各2ヶ

AD8331、LMH6624,LMH6714（基板にハンダ付） 各2ヶ

## 5. 岡田（JAXA/ISAS）

回路基板 温度測定点：5

フレキシブル基板

## 6. 片山（JAXA）

レンズ 温度測定点：1

## 7. 四宮（JAXA）

DCモータ 温度測定点：1



表5.2 熱電対接続表

温度測定点	熱電対 番号	コネクタ 番号	多数電線 シール	ケーブル番 号	ケーブル	データロガ 番号
プレート1	1	1	1	1	1	11
プレート2	2	2		2		12
プレート3	3	3		3		13
プレート4	4	4		4		14
プレート5	5	5		5		15
フィン1	6	6		6		16
フィン2	7	7		7		17
フィン3	8	8		8		18
フィン4	9	9		9		19
	10	10		10		20
CCD 上	11	11		11		21
CCD横	12	12		12		22
ミラー上	13	13		13		23
ミラー側面	14	14		14		24
底板	15	15		15		25
モータ冶具上	16	16		16		26
ロータ上	17	17		17		27
ロータ上2	18	18		18		28
冶具上2	19	19		19		29
ステータ上	20	20		20		30
	21	21	2	1	2	31
基板	22	22		2		32
アルミ箔カバー	23	23		3		33
箱上	24	24		4		34
	25	25		5		35
	26	26		6		36
取付ボルト傍	27	27		7		37
側面	28	28		8		38
内部中央	29	29		9		39
コネクタ(下)	30	30		10		40
コネクタ(上)	31	31		11		41
レンズ	32	32		12		42
DCモータ	33	33		13		43
	34	34		14		44
	35	35		15		45
	36	36		16		46
	37	37		17		47
	38	38		18		48
	39	39		19		49
	40	40		20		50

### 5-3. 試験経過

第2回月面環境試験は次の日程で実施した。

2006年3月27（月）～4月7日（金） 2週間

その間の温度プロファイルの計画図を図5.2に示す。昇温から80℃に維持する昇温サイクルを12時間、温度降下から－190℃に維持する冷却サイクルを24時間取り、これを1サイクルとして、1週間に3サイクル、土日は休み、次の週に3サイクル、計6サイクルの環境試験を計画した（黒字）。

しかし、後で述べるように第2サイクルの冷却時、一時、低温を維持出来ず、温度が上昇してしまった為、このサイクルの冷却を12時間伸ばし、36時間としてカバーする事にした（赤字）。

次に、実際の温度変化を示す。月面環境試験装置は真空チャンバー内のプレートに供試体を配置し、そのプレートをヒータで加熱したり、液体窒素で冷却して月面環境を模擬して試験している。従って、この装置の基本性能はプレートの温度で表され、5点で測定しているが、プレート中心に配したシリコン素子で測定しているPLATE0で代表させる。PLATE0の第1週の温度変化を図5.3に、第2週の温度変化を図5.4に示す。

図5.3の72hの辺のピークが前出の低温維持の失敗時の温度履歴である。夜間は無人運転である為、これに気が付いたのは4日目の朝の9時ごろで、ただちにLN2の供給を増やし、温度を下げ、更に12時間追加の冷却を行っている。この時、LN2ポンプ（エルフ）が空になった訳ではなく、流量設定が少なく、明け方にLN2の供給が少なくなってしまった為と思われる。図5.4を見ると、第2週は安定して温度サイクルが繰り返されている事が分かる。



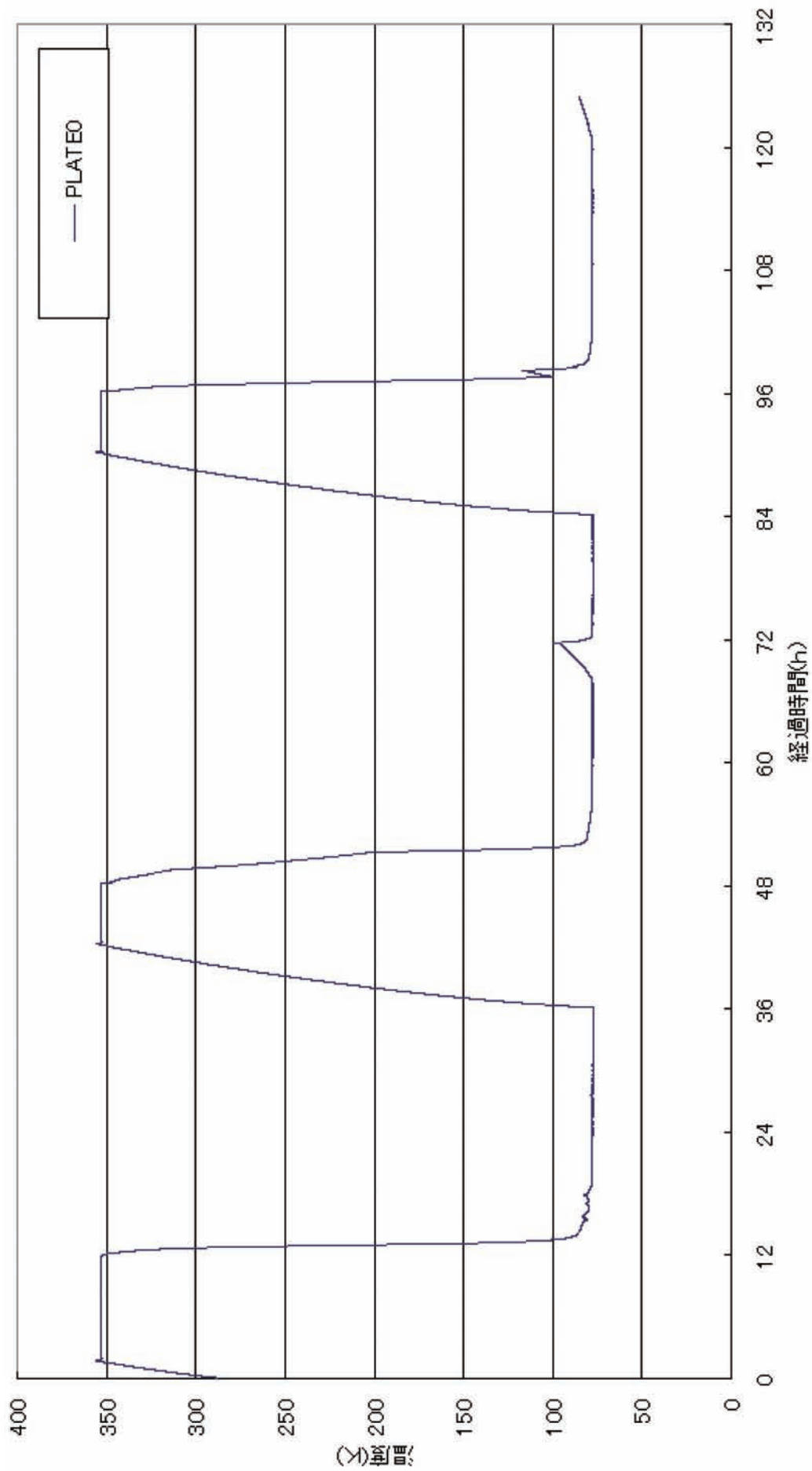


図5.3 月面環境試験－2（第1週）

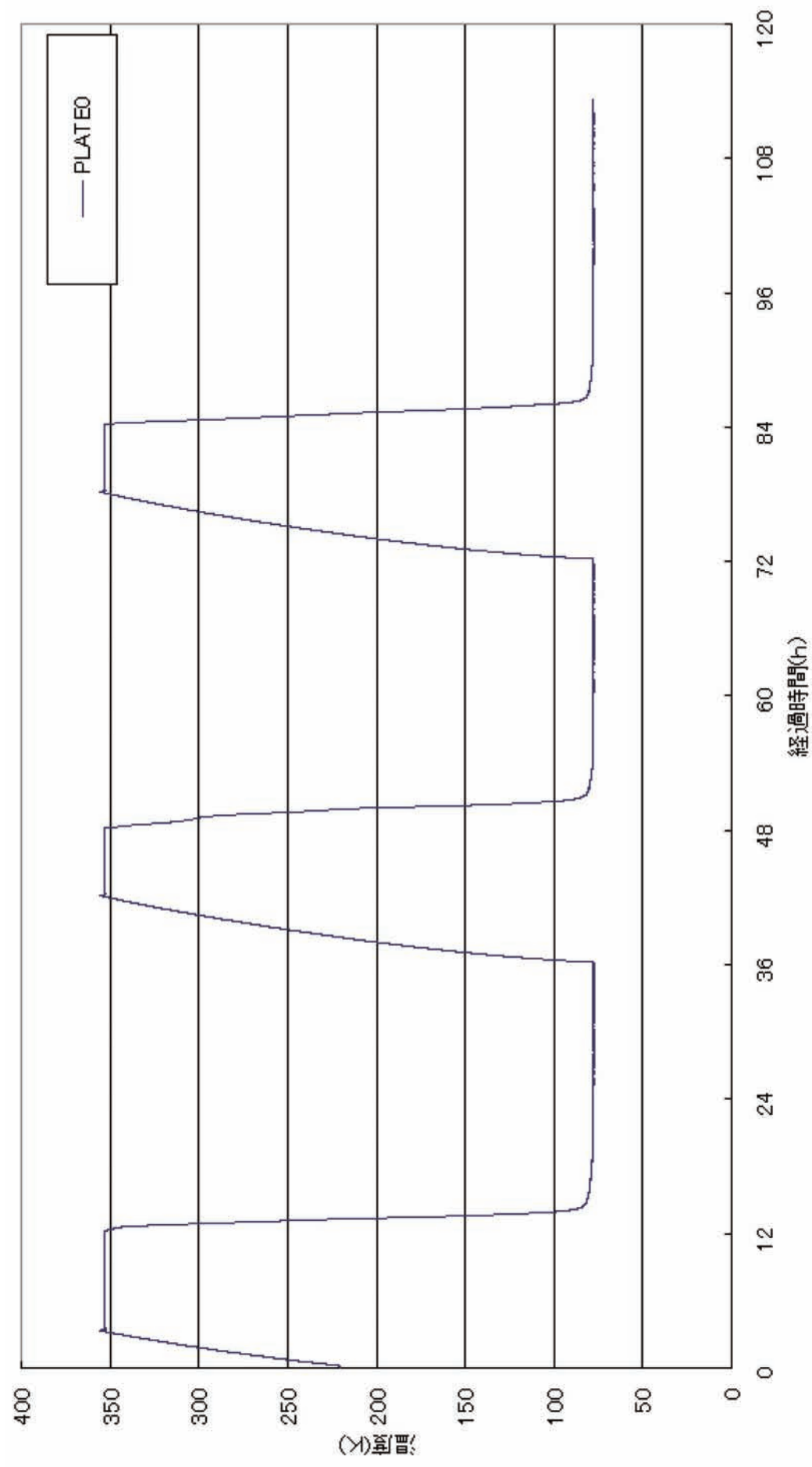


図5.4 月面環境試験-2 (第2週)



以下、供試体別に温度プロファイル等をまとめる。

(1) 供試体1

ここでは、第1回の試験で述べたように熱電対が外れるという不具合が起こった所である。その対策として、今回はカプトンテープで止めた上に、更にアルミテープで止める事にした。その写真を図5.5に示す。しかし、試験後、チャンバから取り出してみた所、今回もテープがはがれていた。その様子を図5.6に示す。テープが膨らんでいるのが分かる。

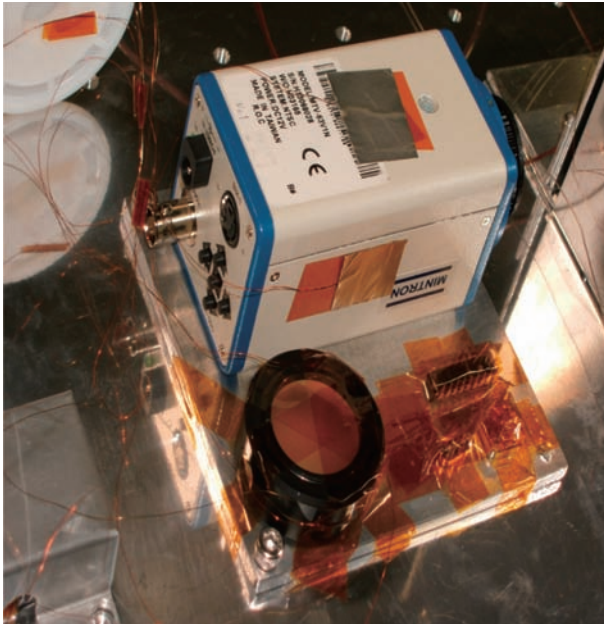


図5.5 試験前



図5.6 試験後

CCDの上の熱電対（TC11）は先端（熱電対部）がCCD本体に密着した状態であった。CCD横の熱電対（TC12）はテープ側にあり、CCD本体からは外れていたが、テープは本体に繋がっていた。本供試体は、熱膨張が大きく、テープ止めは適さないと考えられ、次回の実験では外れの防止策を再検討する。

温度プロファイルを次ページ以降の図5.7、図5.8に示す。この図から見ると、2サイクル目には上記のはがれが起こっているように思われる。

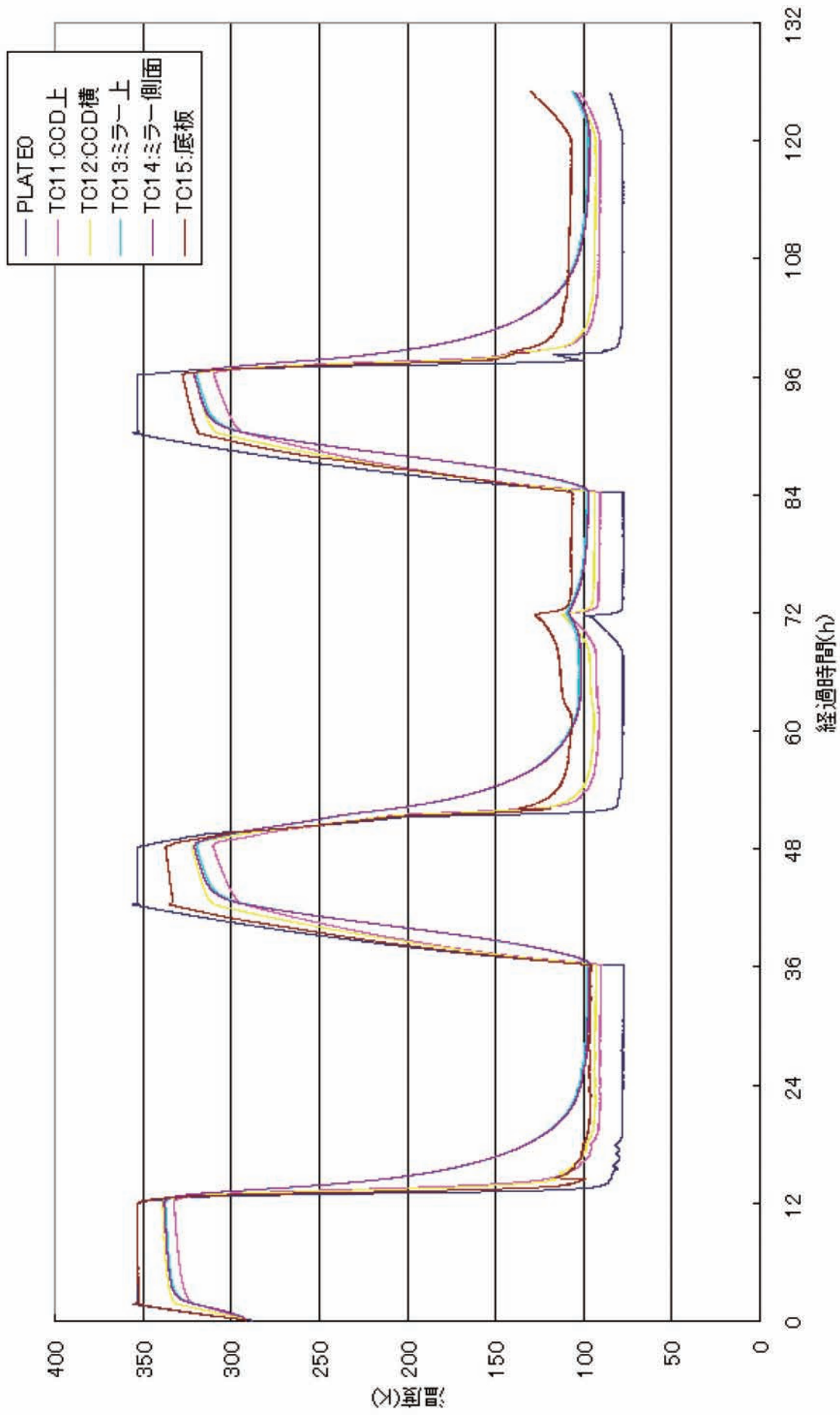


図5.7 月面環境試験-2 (第1週)

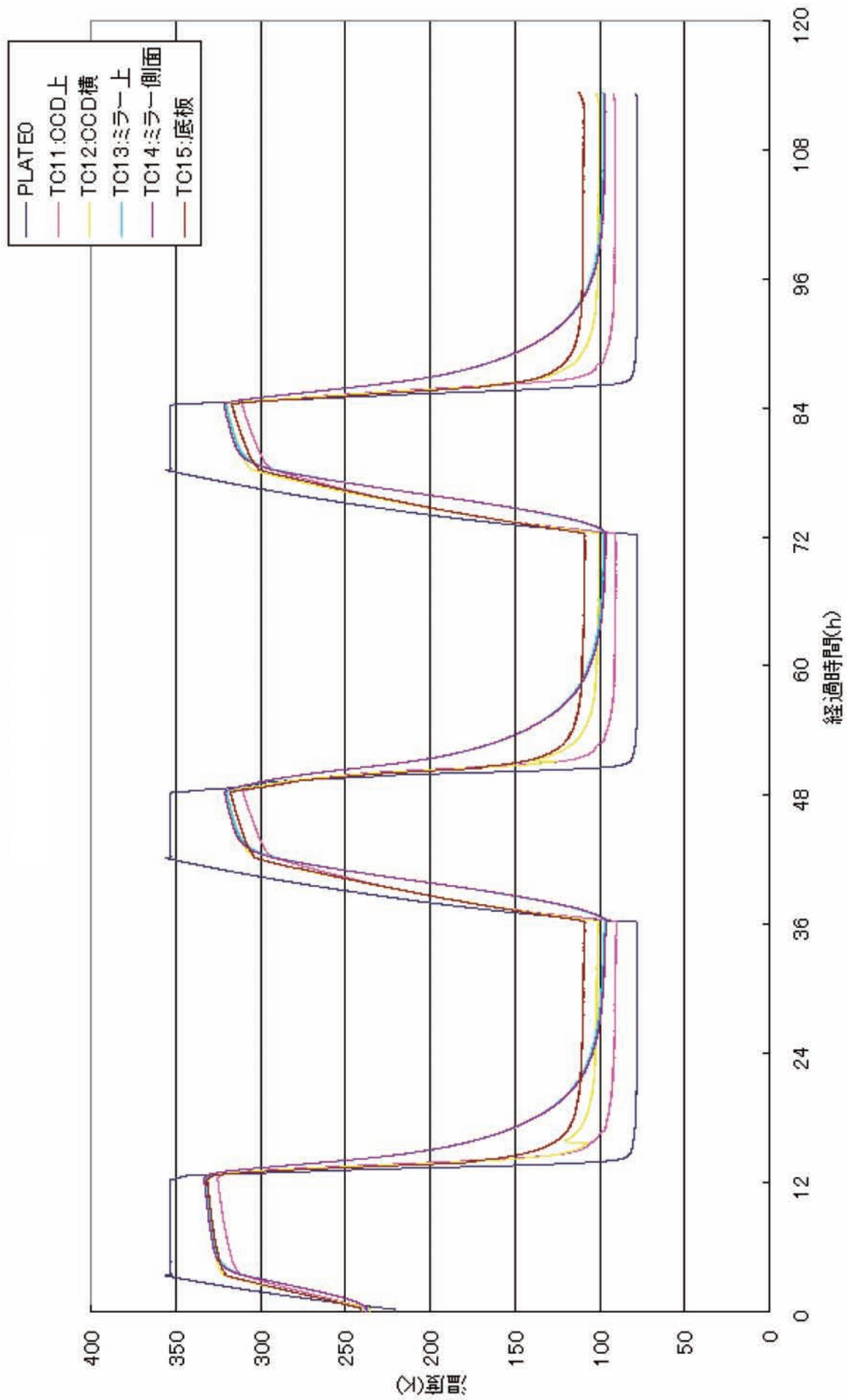


図5.8 月面環境試験一2 (第2週)

**(2) 供試体2**

温度プロファイルを図5.9、図5.10に示す。

この図から、TC18に不具合があった事が分かる。このシステムでは熱電対が接続されていないと0Kになる。従って、TC18では、時々断線状態になったと推定される。後に取り出し、確認した時、コネクタ内の取り付けねじに緩みがあった。

図5. 10から、TC19も第5サイクルから不具合が見られるが、原因は不明である。取り出して、熱電対を調べたが、異常は見られなかった。

**(3) 供試体3、4**

温度プロファイルを図5. 11、図5. 12に示す。

TC22が第2サイクル以降、第1サイクルに下がった温度まで下がらなくなっている。熱電対の貼り付け状態に異変が有った可能性が有るが、原因は不明である。

**(4) 供試体5**

温度プロファイルを図5.13、図5.14に示す。

この図から、温度は問題なく計測されている事が分かる。

**(5) 供試体6、7**

温度プロファイルを図5.15、図5.16に示す。

この図から温度は問題なく計測されている事が分かるが、レンズの応答が第1回月面環境試験に比べ悪くなっている。アルミホイールでの包み方の影響と思われる。

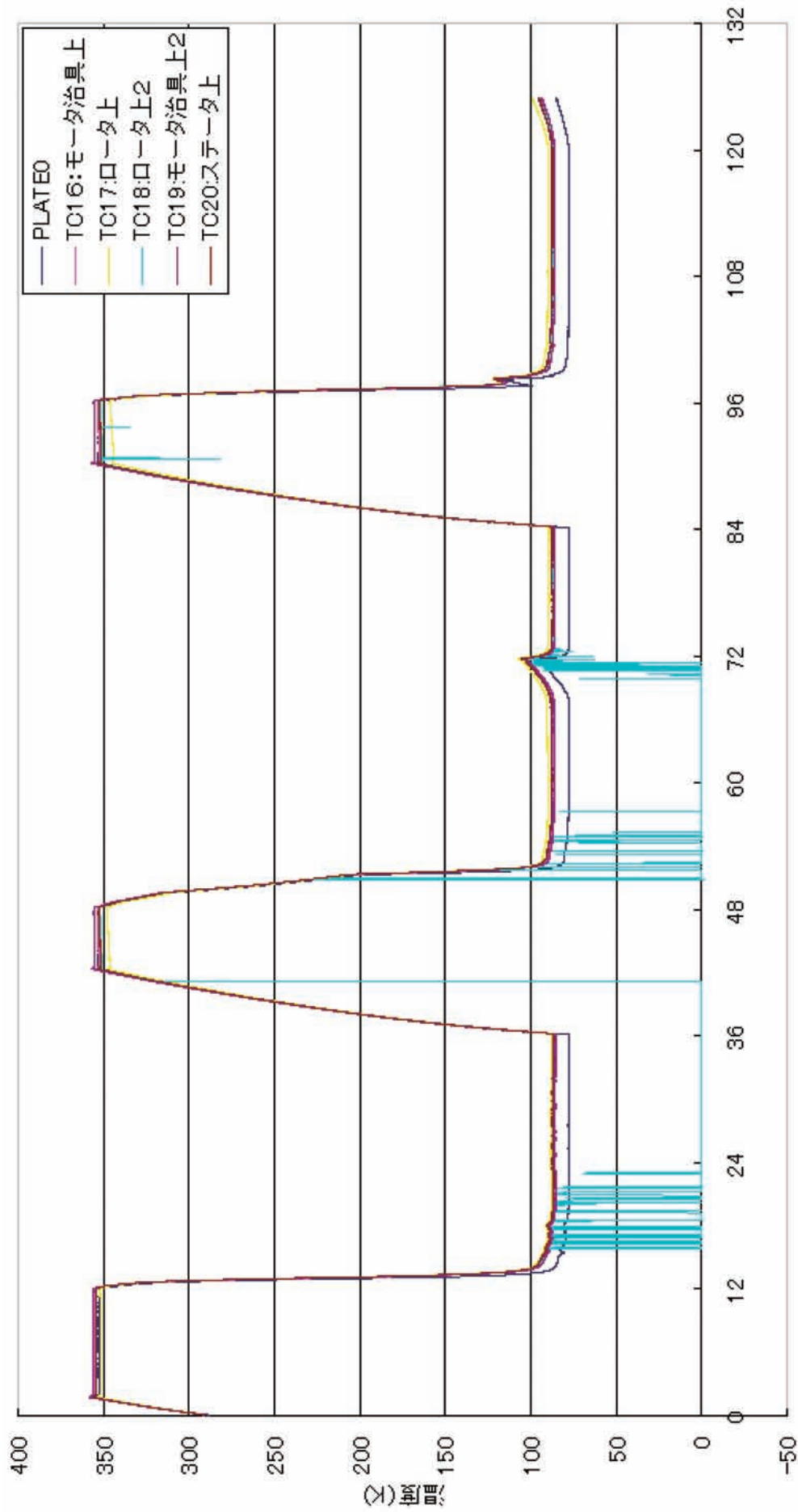


図5.9 月面環境試験－2 (第1週)



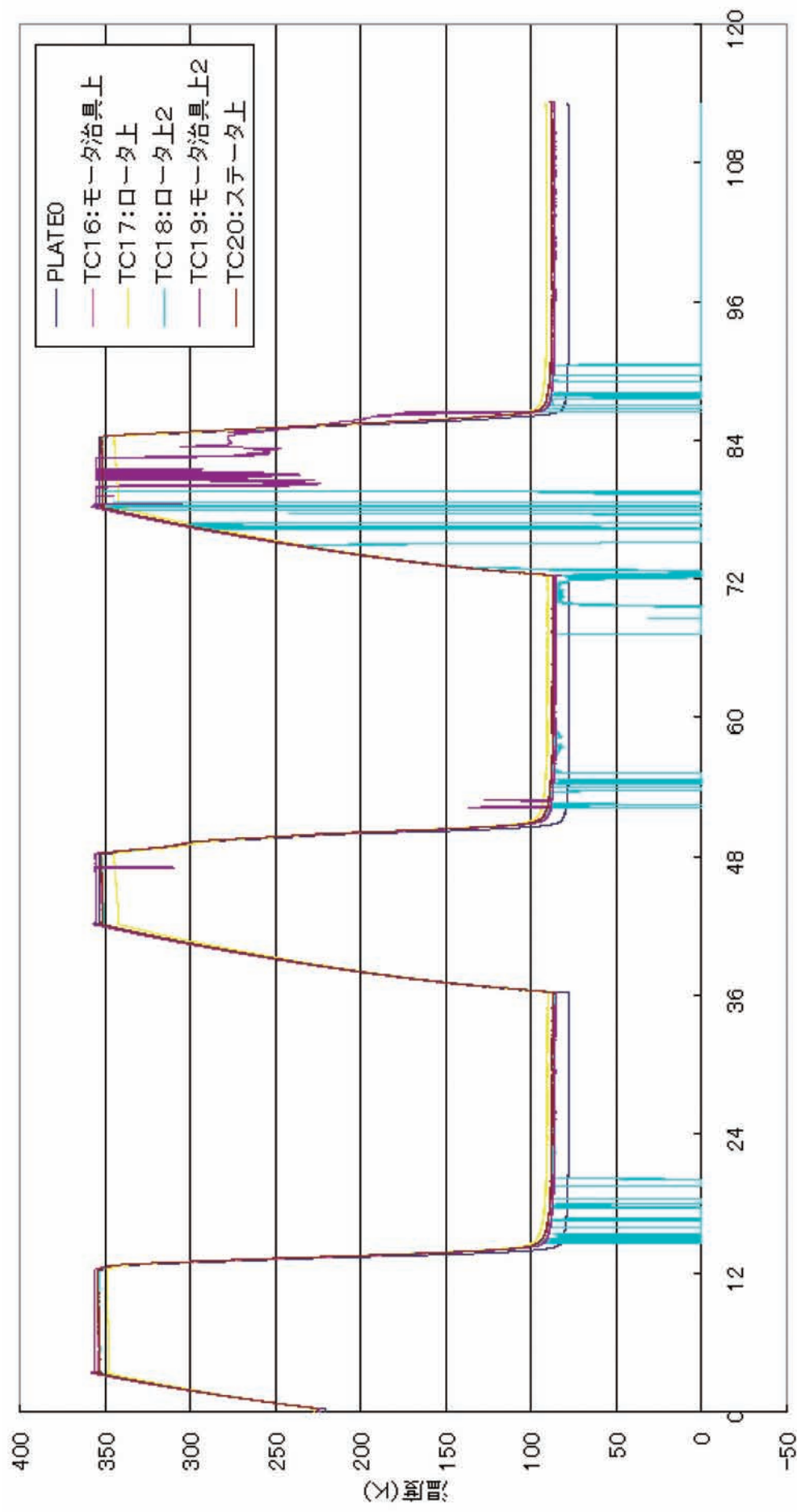


図5.10 月面環境試験-2 (第2週)

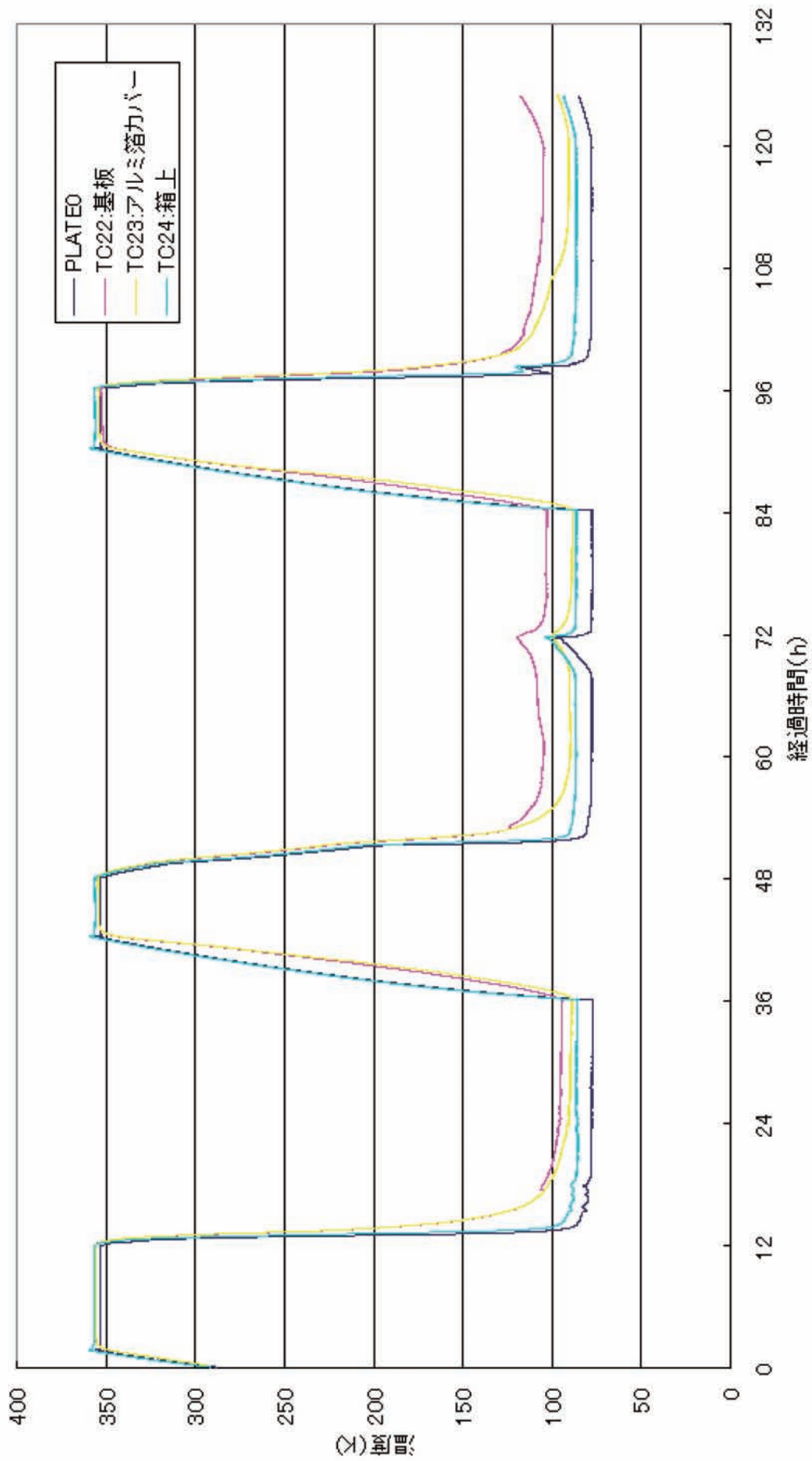


図5.11 月面環境試験－2（第1週）

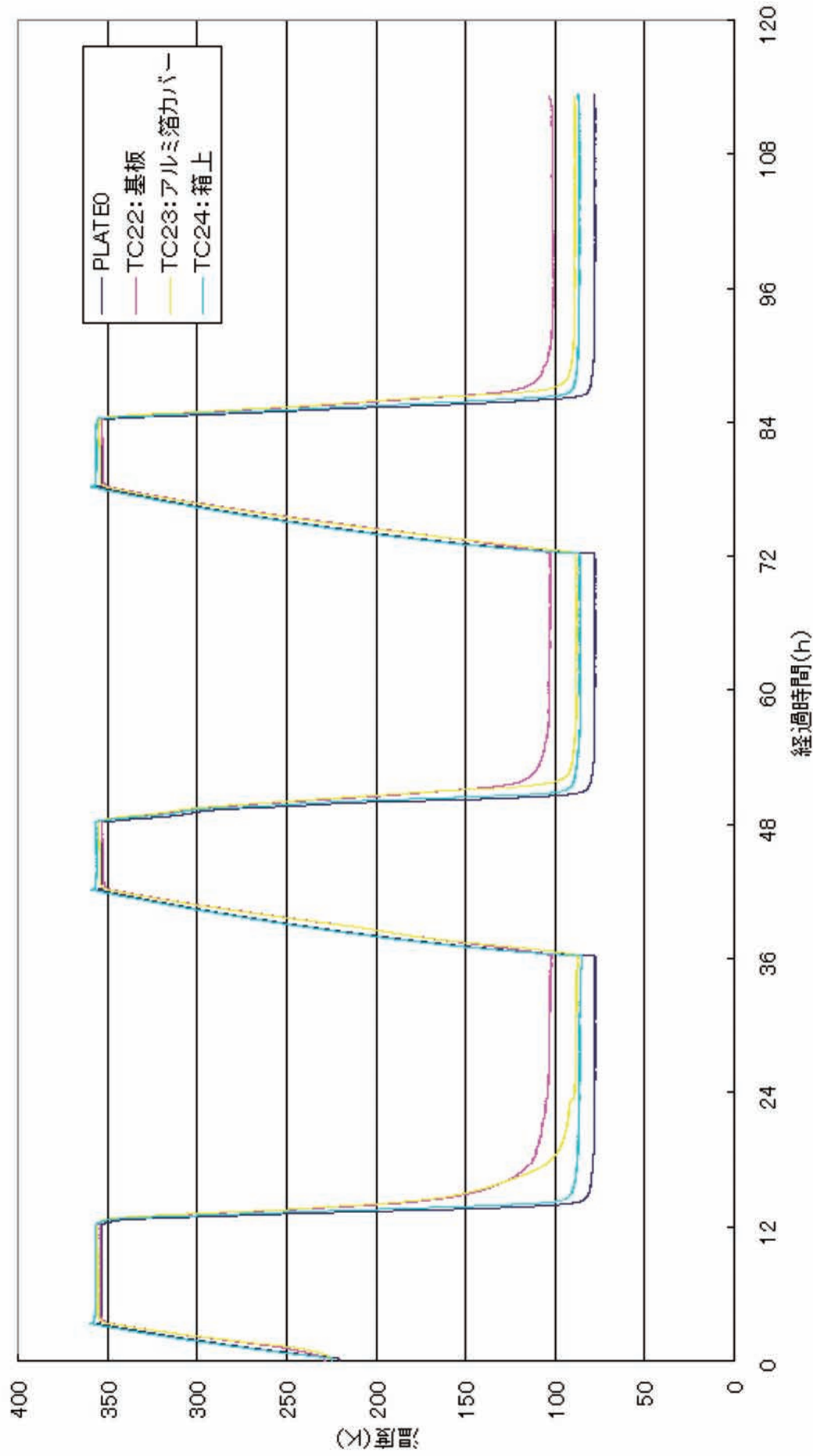


図5.12 月面環境試験－2（第2週）

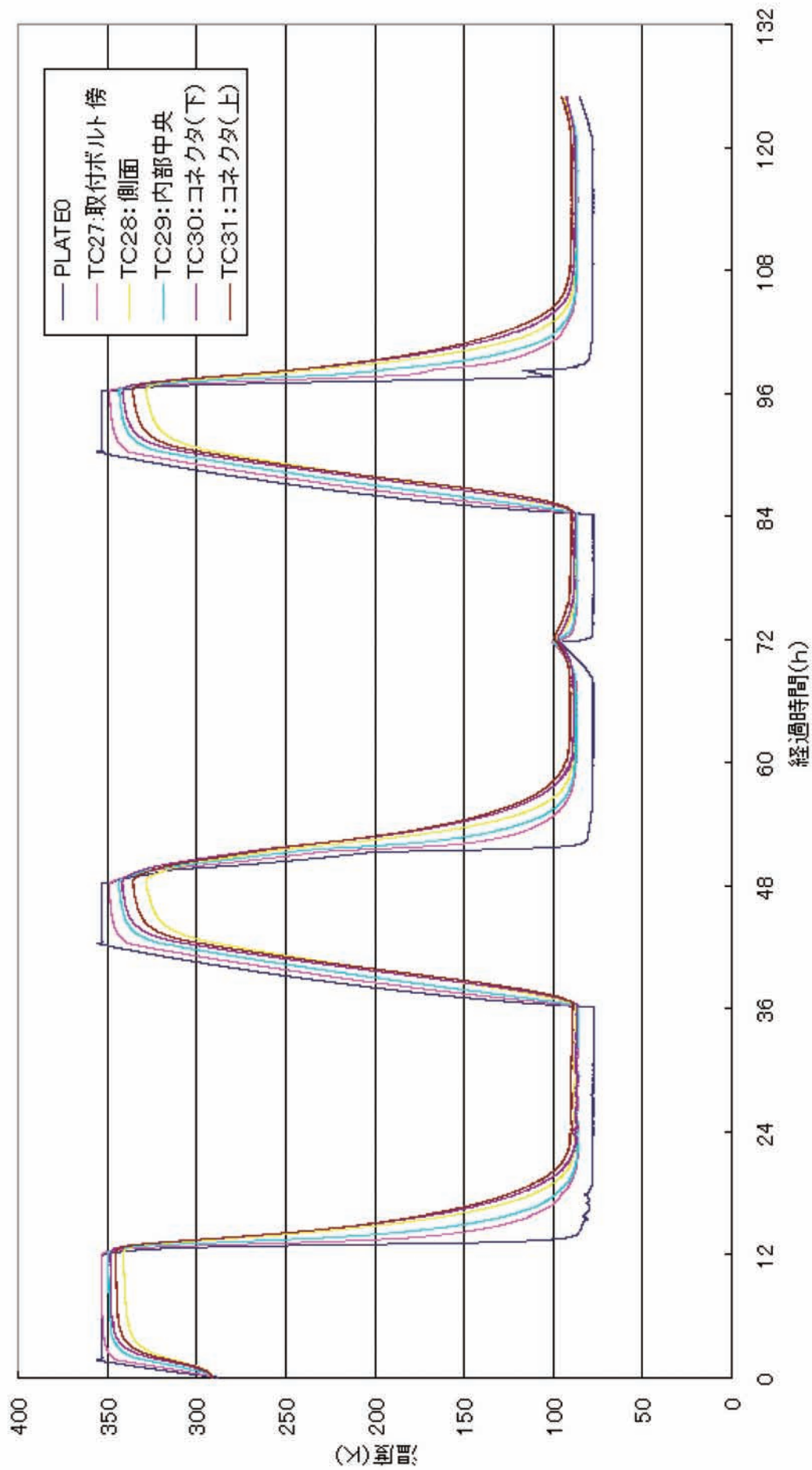


図5.13 月面環境試験－2（第1週）

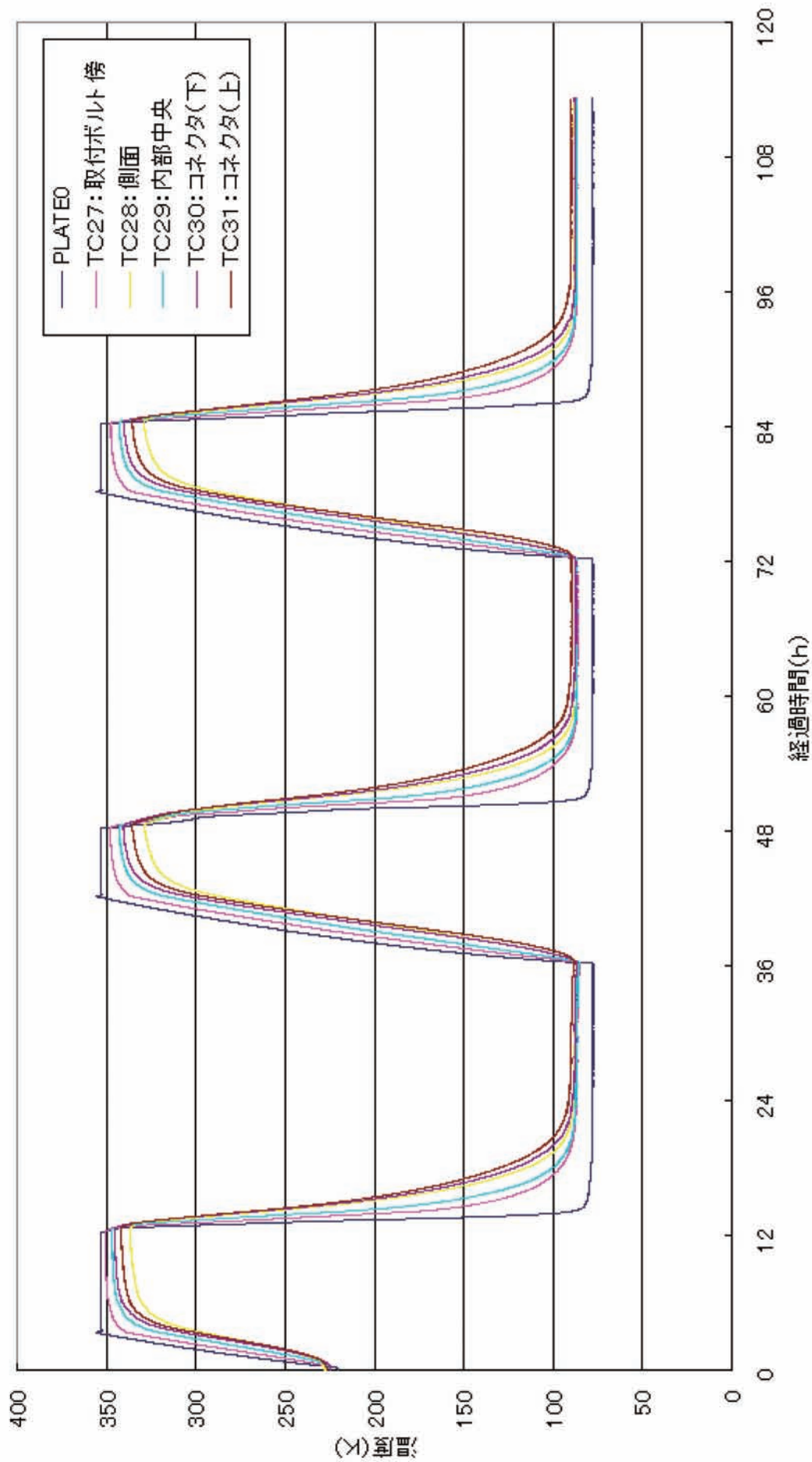


図5.14 月面環境試験－2（第2週）



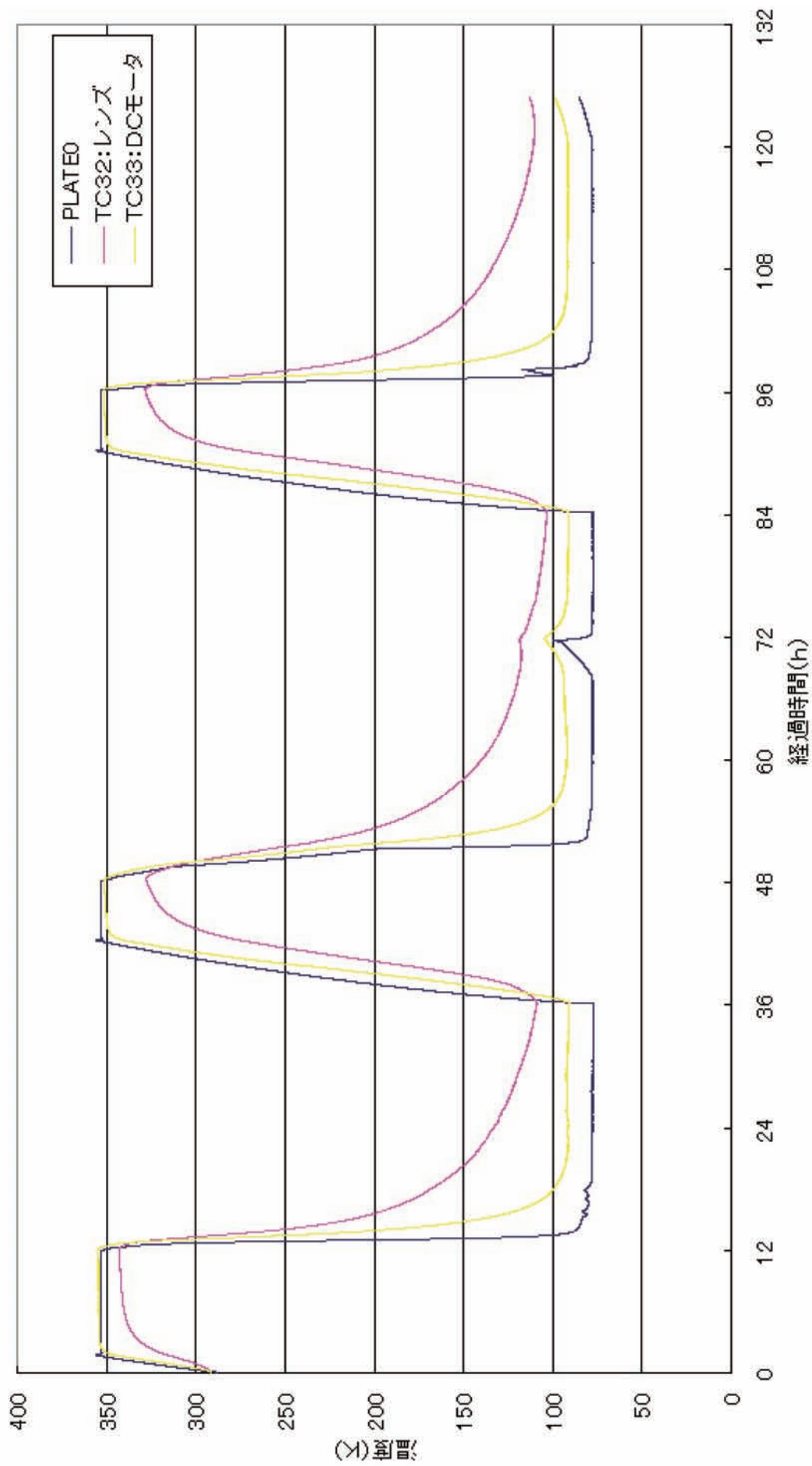


図5.15 月面環境試験－2（第1週）

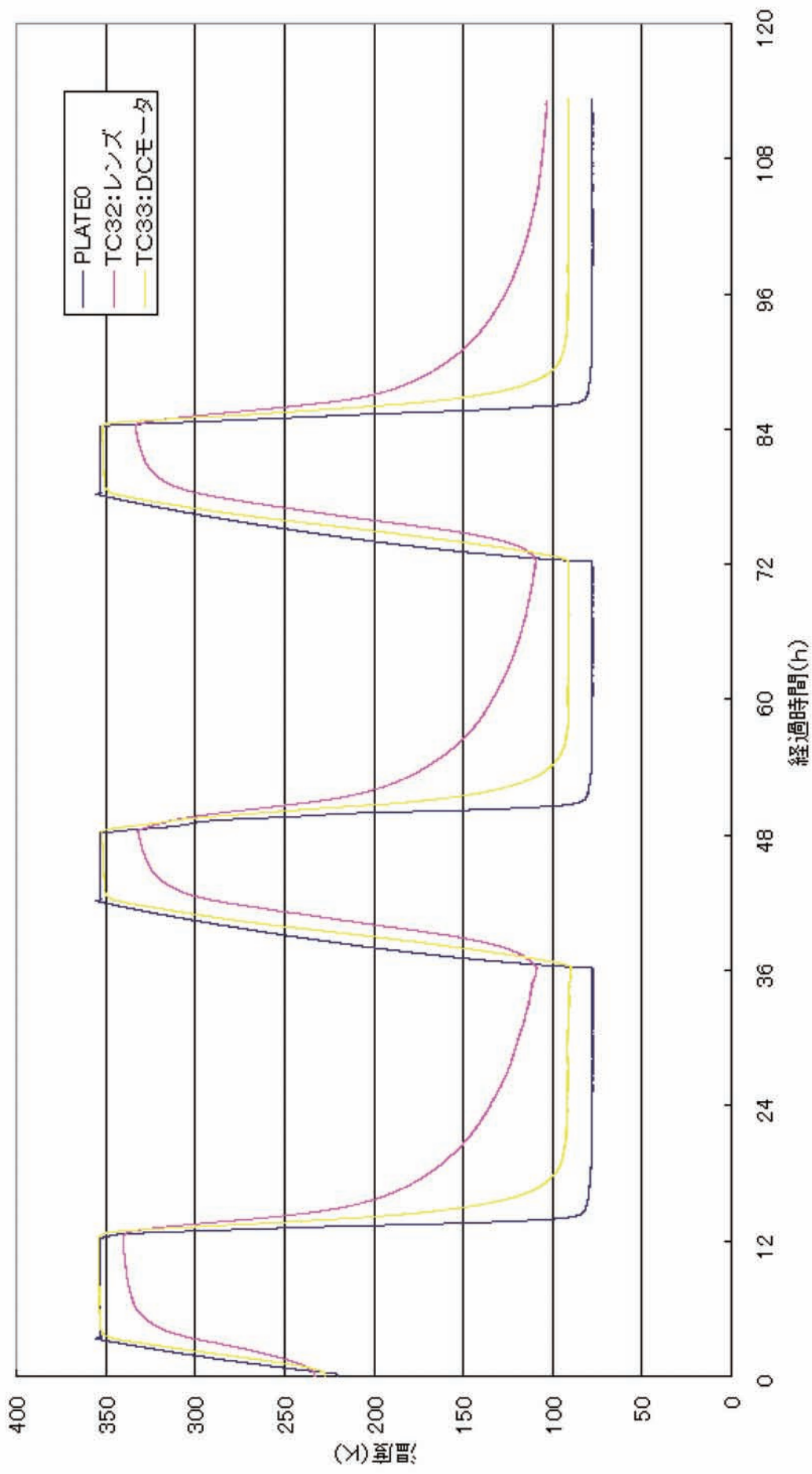


図5.16 月面環境試験-2 (第2週)

## 6. 第2回試験後の各供試体の評価

## 6. 第2回試験後の各供試体の評価

以下に各供試体提供者の評価結果をまとめて掲載する。

題名、著者は以下の通り。

6-1	月面環境下の機器試験結果	国立天文台 浅利一善、鶴田整逸、花田英夫	143
6-2	超音波モータの月面環境試験（極低温環境試験）	久保田孝、國井康晴、多田興平	159
6-3	AD変換器 月面環境試験（第2回）後の動作確認結果	近藤哲朗、三澤浩昭	169
6-4	月面環境試験（第2回） 機器特性確認結果報告：増幅素子	三澤浩昭	173
6-5	第2回 搭載用電子回路の月面環境試験	岡田達明、明星電気	179
6-6	CCTVレンズの真空低温試験（第2回目）の性能評価について	片山保宏	205
6-7	月面環境試験－2の後の真空用DCモータ特性測定	四宮康雄	215

## 6-1 月面環境下の機器試験結果

国立天文台	浅利	一善
	鶴田	整逸
	花田	英夫



## 月面環境下の機器試験結果

### 1. 供試体

平面鏡、CCDカメラ、水晶振動子、同駆動回路

### 2. 各部品の形状等

#### 2. 1. 平面鏡

型式：TFA-30C05-10（ミラー）、MHAN-30M（ホルダー）

大きさ：ミラー本体 直径 30mm 厚さ 5mm

ホルダー 直径 45mm 厚さ 10mm

材質：BK7（ミラー）、アルミ（ホルダー）

重量：約50g

ミラー基盤面精度： $\lambda/10$



図1 平面鏡

#### 2. 2. CCDカメラ（MINTRON MTV-63V1N）

サイズ：W=50.0mm, D=115mm, H=50.5mm （ベースプレートを含まない）

重量：320g

#### 2. 3. 水晶振動子等のIC

水晶発振器（OSC-2STLN）図の左上

水晶振動子（HC-49/US+PIC1）図の右上

マイコン（水晶振動子と組み合わせて発振器となる）（PIC16F84A）図の下



図2 CCDカメラ

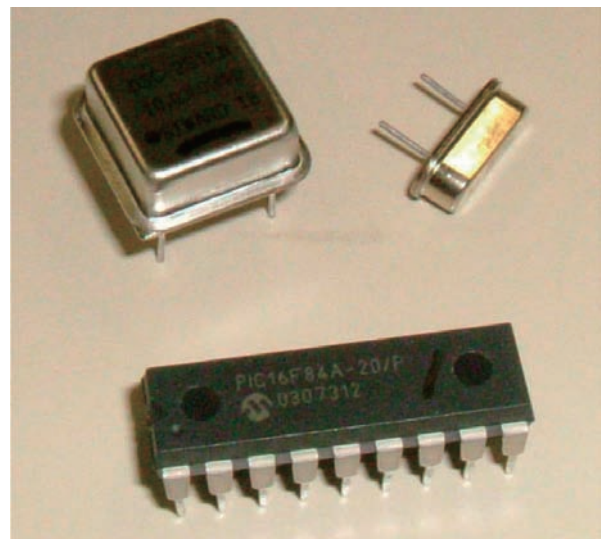


図3水晶振動子等

### 3. コンフィギュレーション

第1回の月面環境試験（2005年9月）前の状態を左図に、第2回の試験（2006年3～4月）前の状態を右図に示す。いずれもアルミ製ベースプレート（100mm×100mm）上に固定した。第1回と第2回ではミラーと水晶振動子の位置関係が逆である点異なる。



図4 第1回試験前の供試体

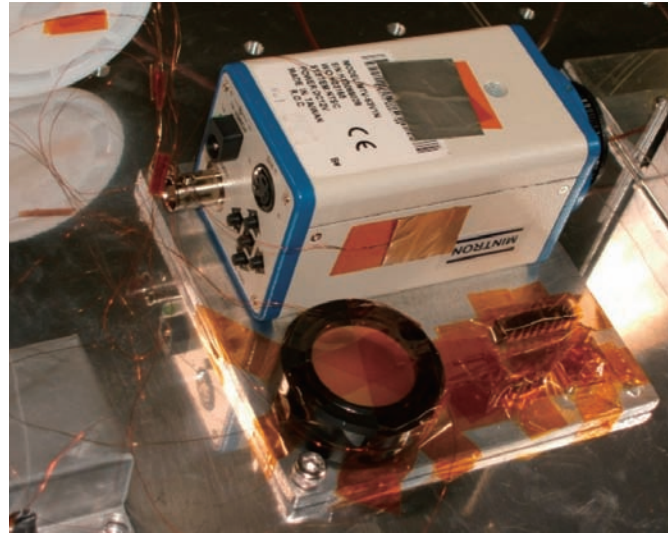


図5 第2回試験前の供試体

### 4. 温度測定点

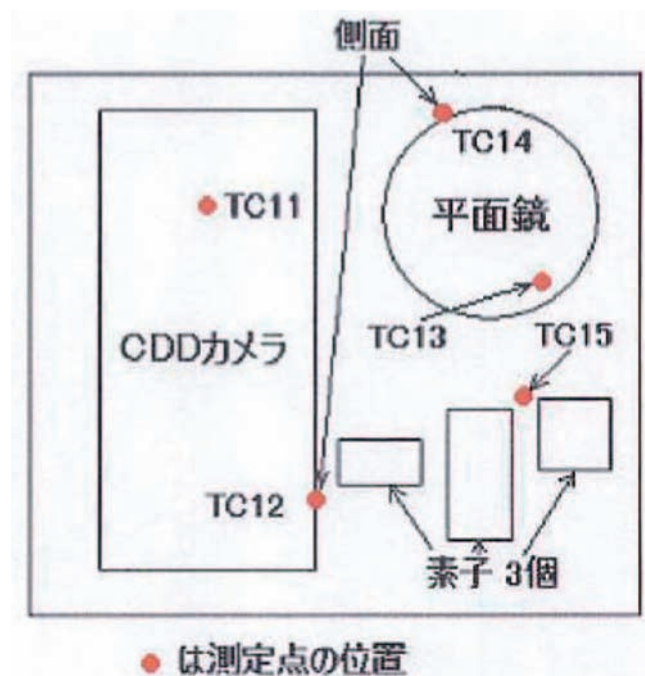


図6 温度測定点の分布（TC11：CCDカメラ上面、TC12：CCDカメラ側面、TC13：平面鏡上面、TC14：平面鏡側面、TC15：アルミ板板底）



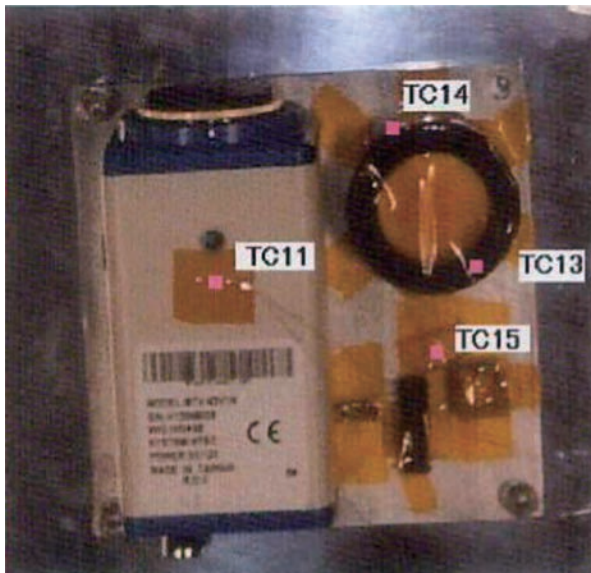


図7 温度測定用熱電対の貼り付け位置

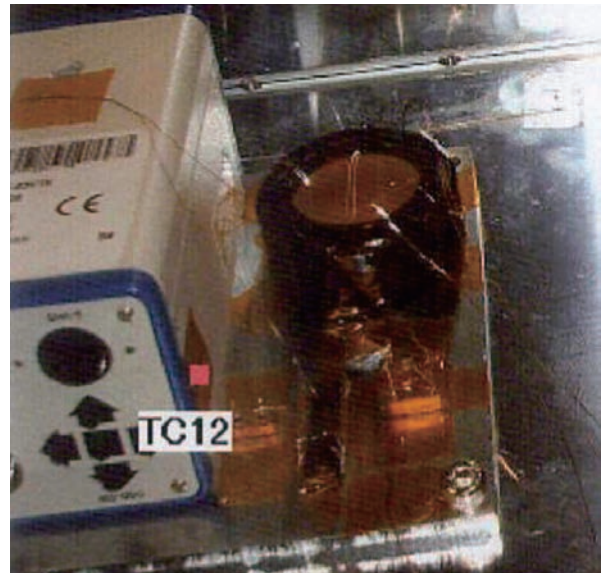


図8 温度測定用熱電対の貼り付け位置

## 5. 試験後の状態

第1回の月面環境試験後の状態を左図に、第2回目の試験後の状態を右図に示す。

第1回の試験後は、TC11（CCD上）はカプトンテープが浮いて、熱電対の先が供試体から外れていた。TC12（CCD横）はカプトンテープが供試体から完全に剥がれていた。

第2回の試験後は、CCDの上と横のアルミ箔がはがれたが、TC11（CCD上）はCCD本体に張り付いていた。また、TC12（CCD横）はカプトンとアルミ箔にくっついていた。



図9 第1回試験後の供試体

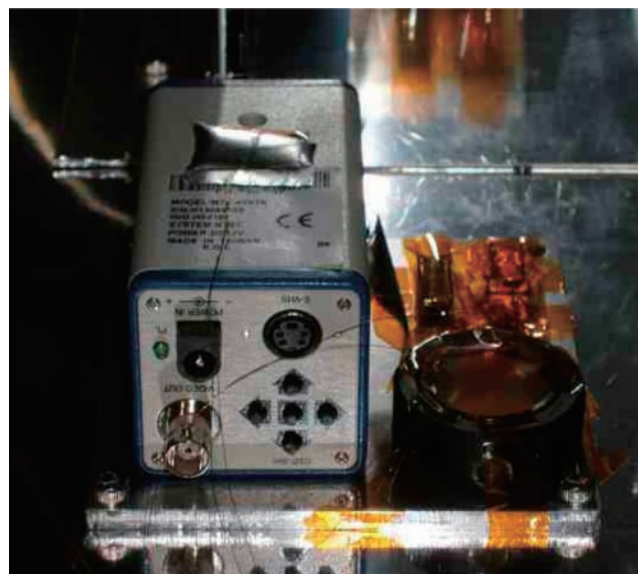


図10 第2回試験後の供試体

## 6. 温度履歴

## 6. 1 第1回試験の温度履歴

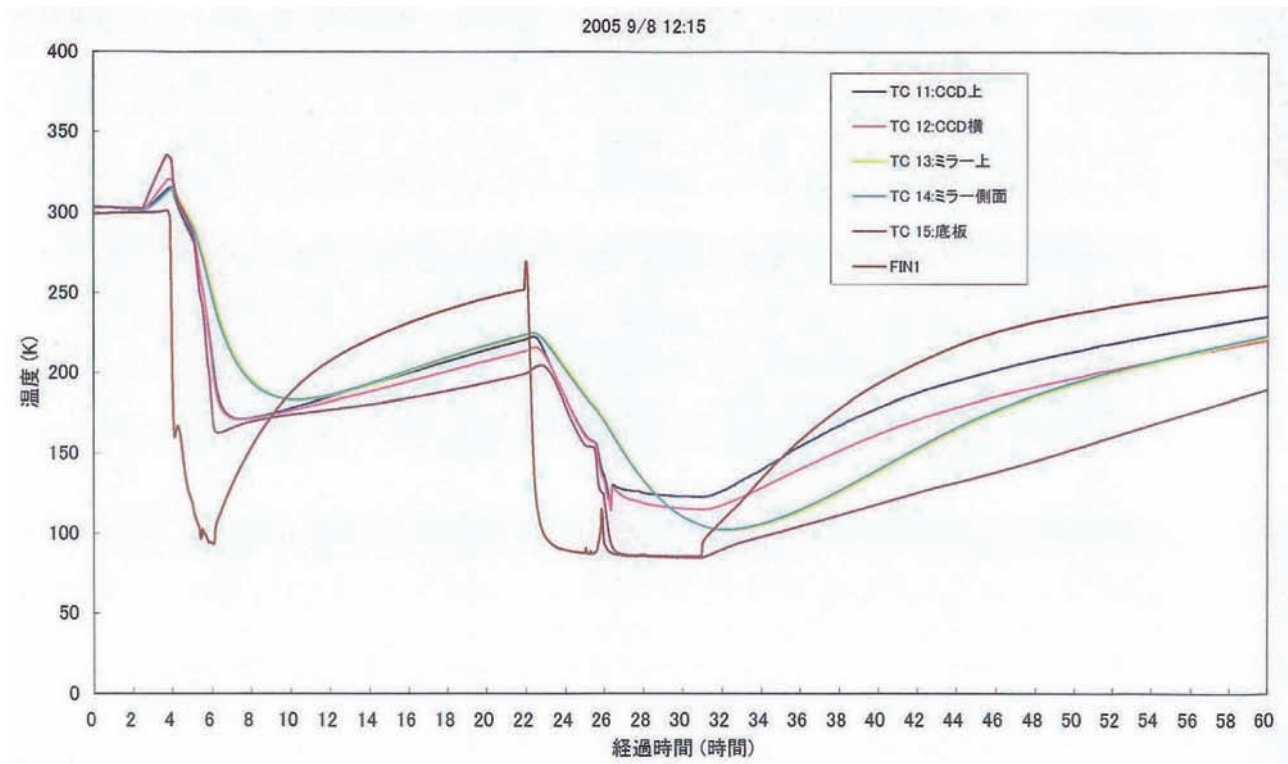


図11 第1回試験 (2005年9月8日)

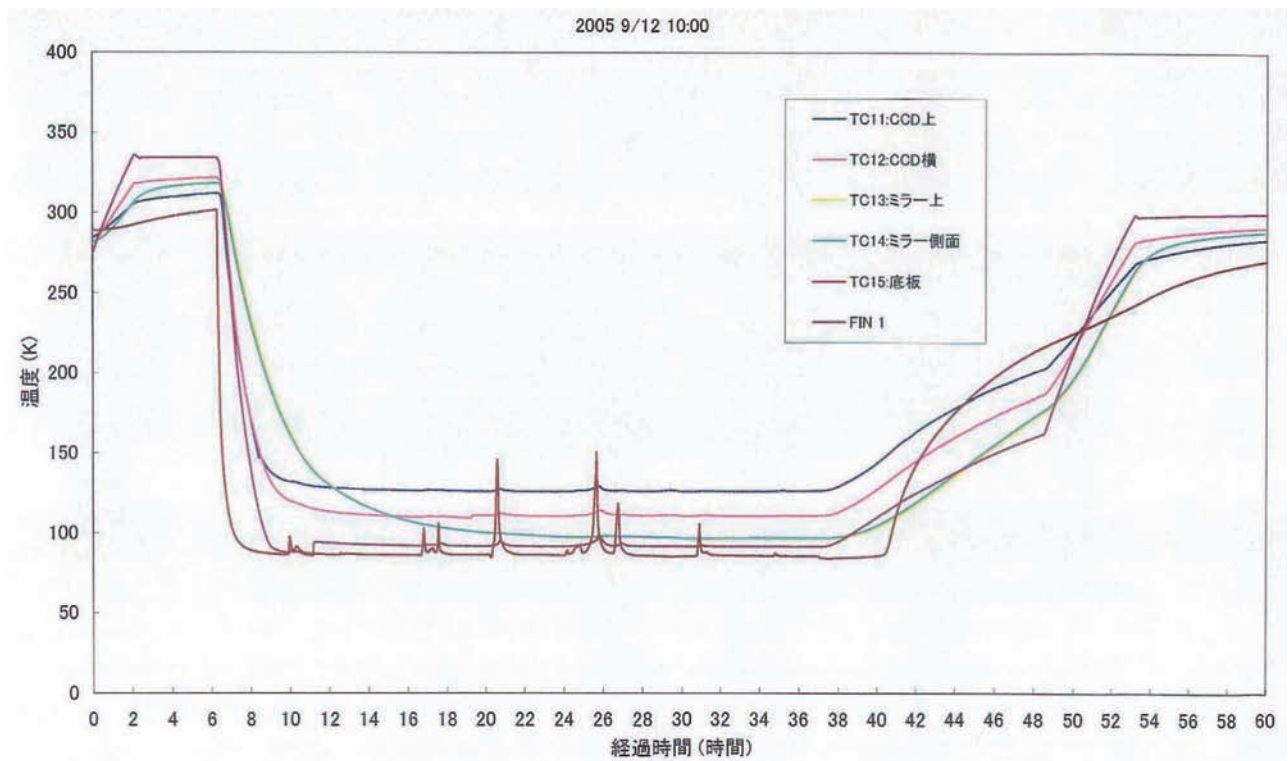


図12 第1回試験 (2005年9月12日)

## 6. 2 第2回試験の温度履歴

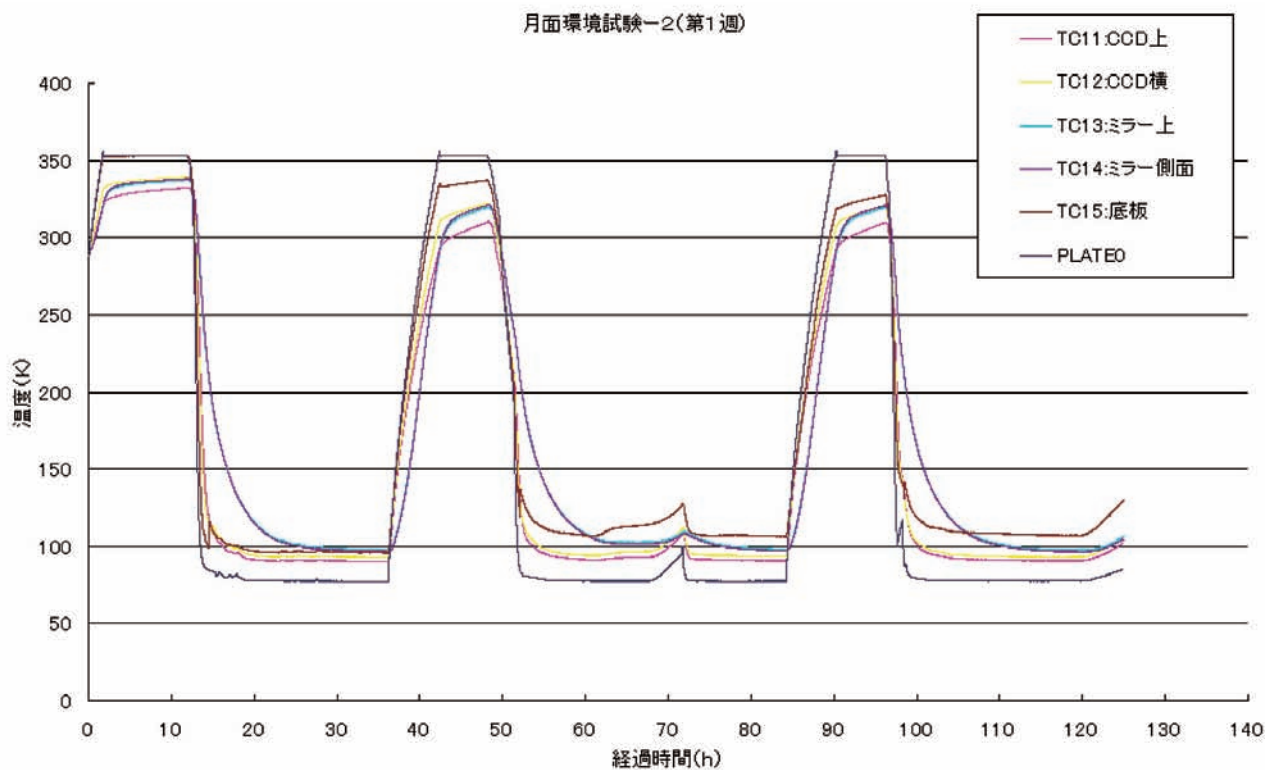


図13 第2回試験 (2006年3月27～31日)

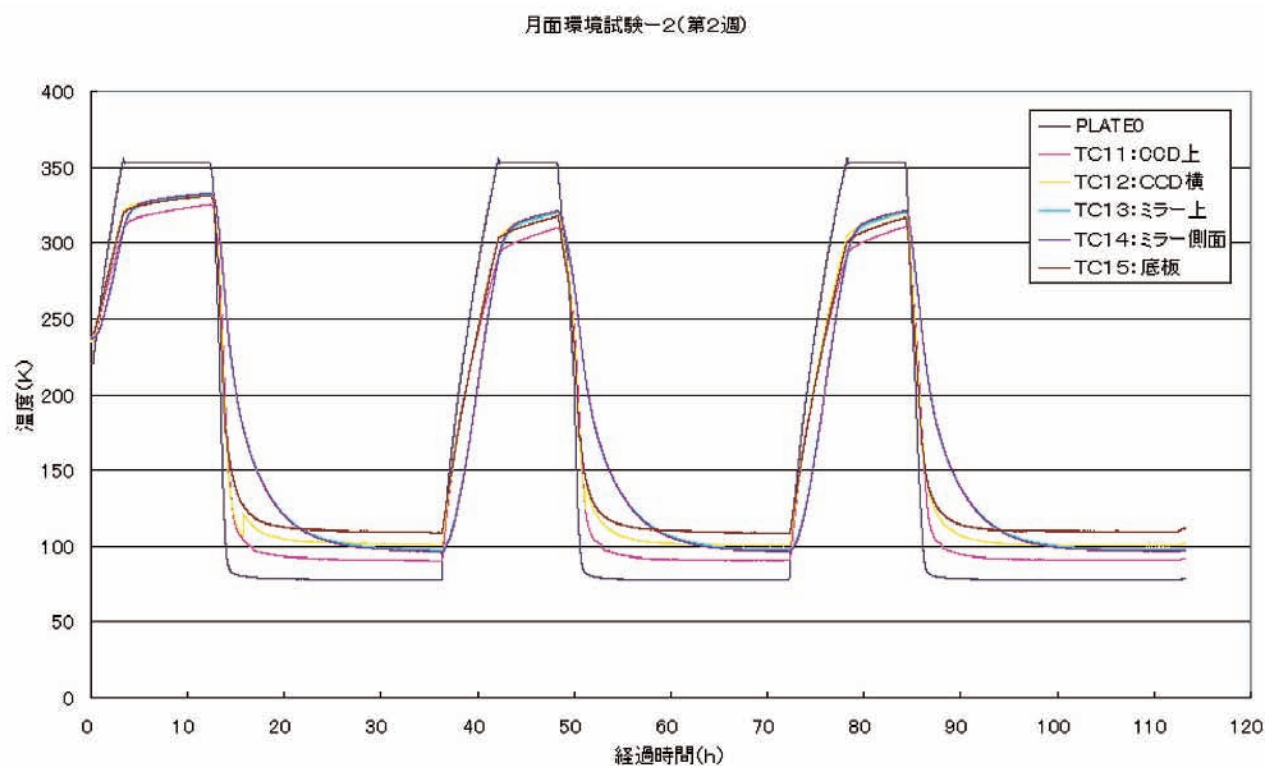


図14 第2回試験 (2006年4月3～7日)



## 7. 供試体の性能確認

### 7. 1. 平面鏡

#### 7. 1. 1 低温試験前の特性評価

##### 1) 反射率の測定 (2005年8月2日)

測定器：アンリツML94A

光源：He-Neレーザ

レーザ光パワー：2.05mW

ミラー反射光パワー：1.7mW

→ 反射率 83%

##### 2) 面精度の測定 (2005年8月3日)

トワイマングリーン干渉計で測定



図15 第1回試験前の平面鏡の干渉縞

#### 7. 1. 2 低温試験（第1回）後の特性評価

##### 1) 反射率の測定 (2005年10月6日)

測定器：アンリツML94A

光源：He-Neレーザ

レーザ光パワー：2.12mW

ミラー反射光パワー：1.75mW

→ 反射率 82%

##### 2) 面精度

トワイマングリーン干渉計で測定 (2005年10月7日)

反射率、面精度ともに低温試験前後で大きな差は認められないが、1%以下の反射率の低下とわずかの反射面の湾曲が認められる。





図16 第1回試験後の平面鏡の干渉縞

### 7. 1. 3 第2回の低温試験後の特性評価

#### 1) 反射率の測定 (2006年4月21日)

測定器：アンリツML94A

光源：He-Neレーザ

レーザ光パワー：2.18mW

ミラー反射光パワー：1.76mW

→ 反射率 81%

#### 2) 面精度

トワイマングリーン干渉計で測定 (2006年4月21日)

一回目の低温試験後と同程度の反射率の低下が認められる。反射面の湾曲は1回目よりもさらに大きくなった。湾曲の原因として、ミラーホルダー（アルミ）と平面鏡（BK7）の膨張率の違いによるホルダーの締め付けがあった可能性が考えられる。

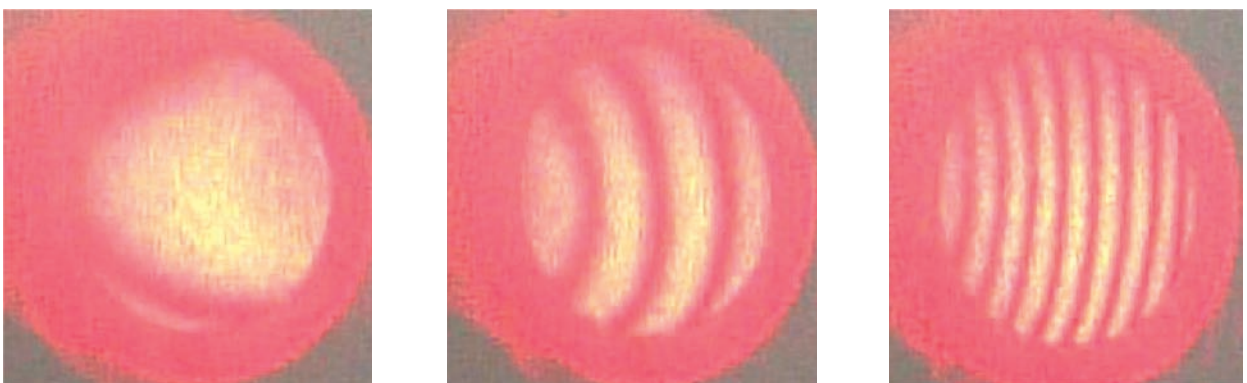


図17 第2回試験後の平面鏡の干渉縞

## 7. 2 CCDカメラ

第1回試験ではとくに異常は見られなかった（画像サンプル省略）。

第2回試験では、試験後に通常の設定ではピントが合わなくなる不具合が発生した（図18）。この症状はレンズのマウント位置を前方（ネジのゆるむ方向）に移動することで解消できた（図19）。レンズの根本の銀色に見えところがネジを緩めた場所である（図21）。

不具合の原因を調べるためにCCDカメラを分解したところ（図22）、CCDの受光面に貼り付けられていたフィルター（？）が剥がれていた（図23右）。図23の左のCCDは熱サイクルをあたえていないものである。フィルターは、水色の板ガラスを2枚の透明な板ガラスで挟んだ三層構造になっており、剥離はCCDの面に貼り付けられている透明なガラスと水色のガラスの間で発生した。また、剥離した部分をきちんと密着させて撮影しても、ピントは合わないままであった。



図18 ピンぼけの画像



図19 正常の画像

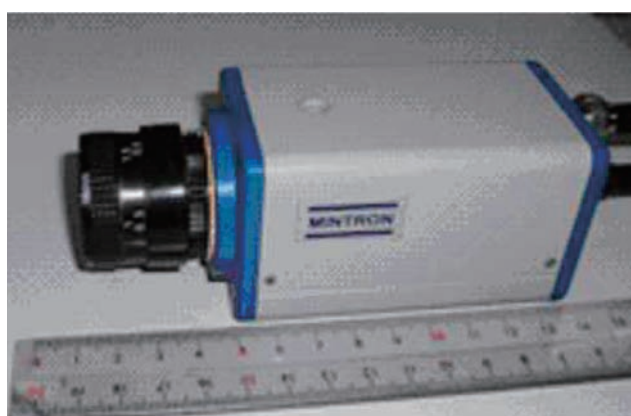


図20 ピンぼけ状態のCCDカメラ



図21 レンズの位置を補正した状態

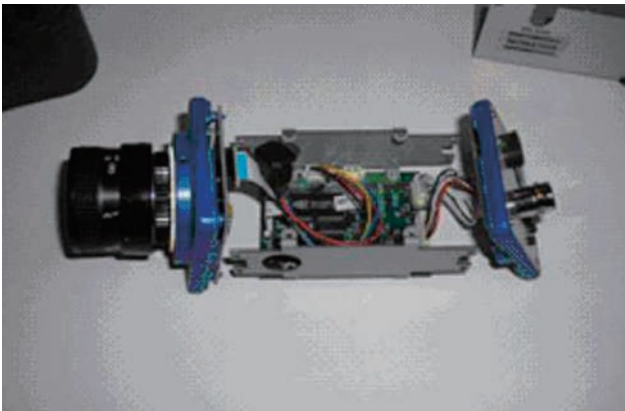


図22 CCDカメラの内部

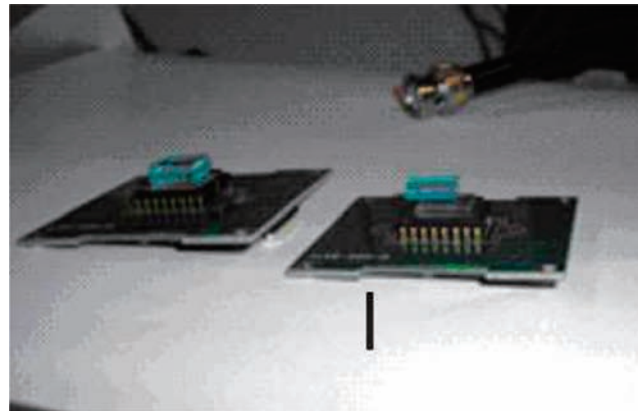
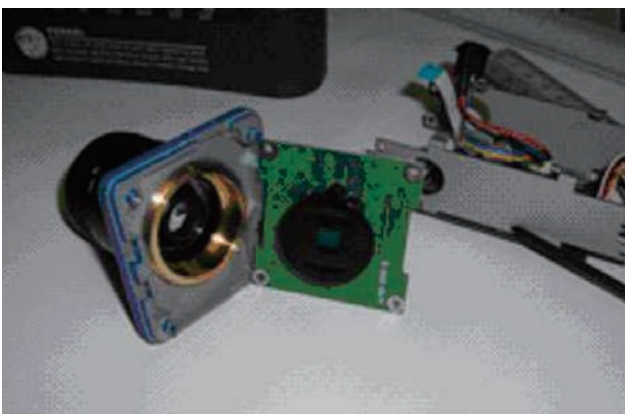
図23 剥離したフィルター（右）と  
正常なフィルター（左）

図24 レンズマウント部

### 7. 3 水晶発振器

試験前、第1回試験後、第2回試験後に周波数の安定度を測定した結果を図25～27に示す。10秒以上の時間について、とくにOSC-25TLNでは周波数安定度が試験毎に異なっているように見える。図28～33に示すように、周波数変化と温度変化の間に相関があるので、長周期の周波数変動の大部分は温度によるものと思われる。第2回試験後のOSC-25TLNの変動には、温度変化と対応できない変動が見られるが、温度測定点と水晶振動子の設置された場所が離れていることもあり、低温試験によるものとは必ずしも断定はできない。



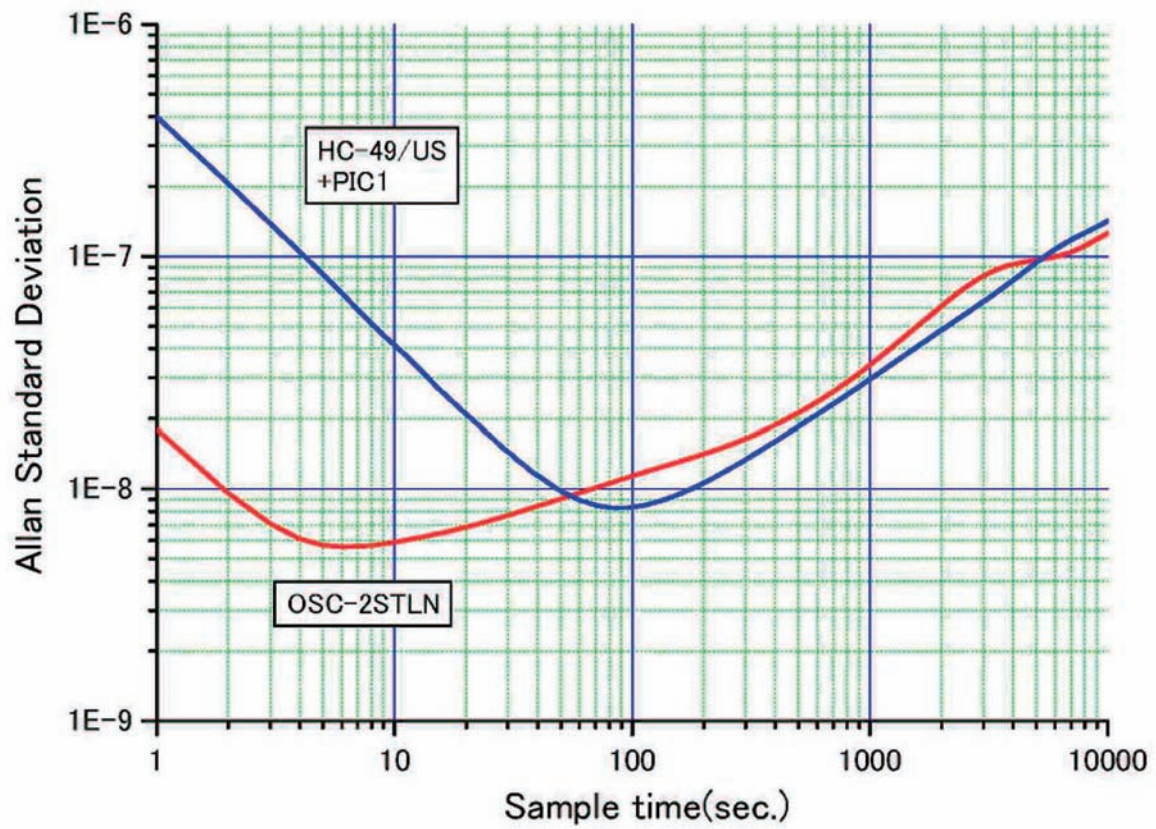


図25 第1回試験前の周波数安定度

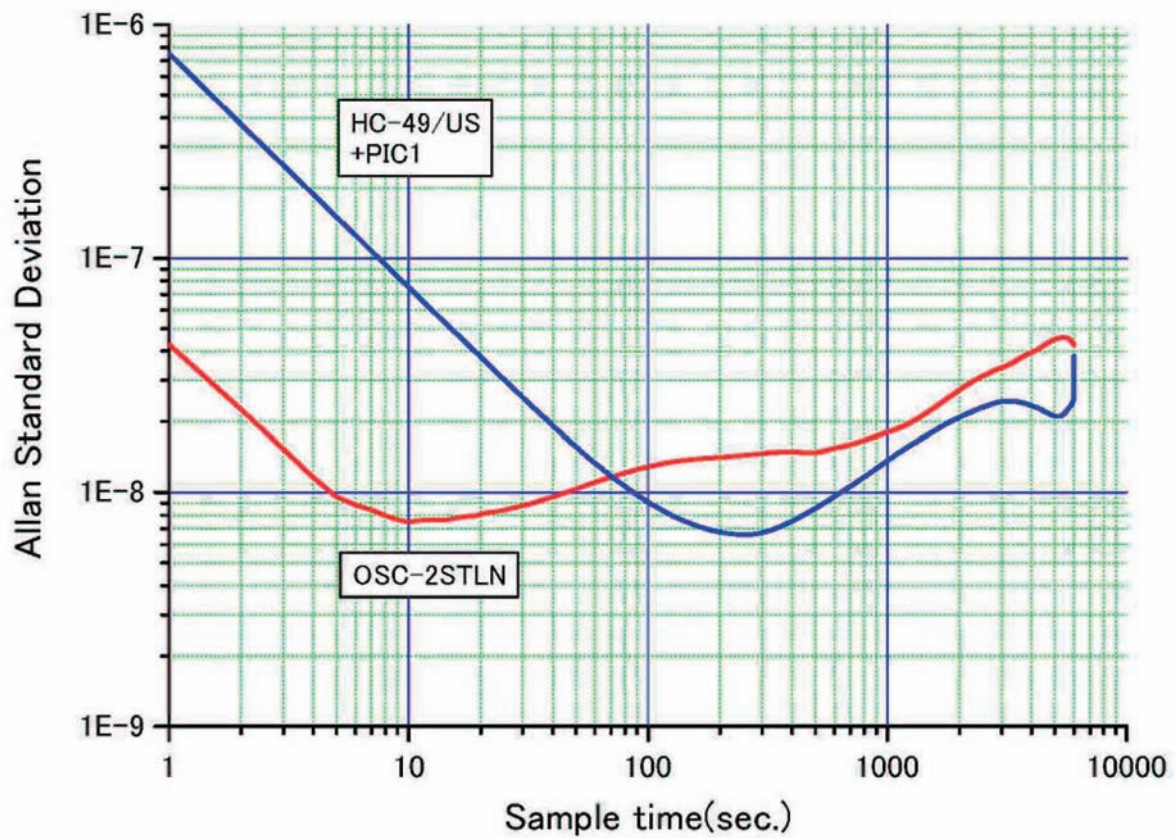


図26 第1回試験後の周波数安定度

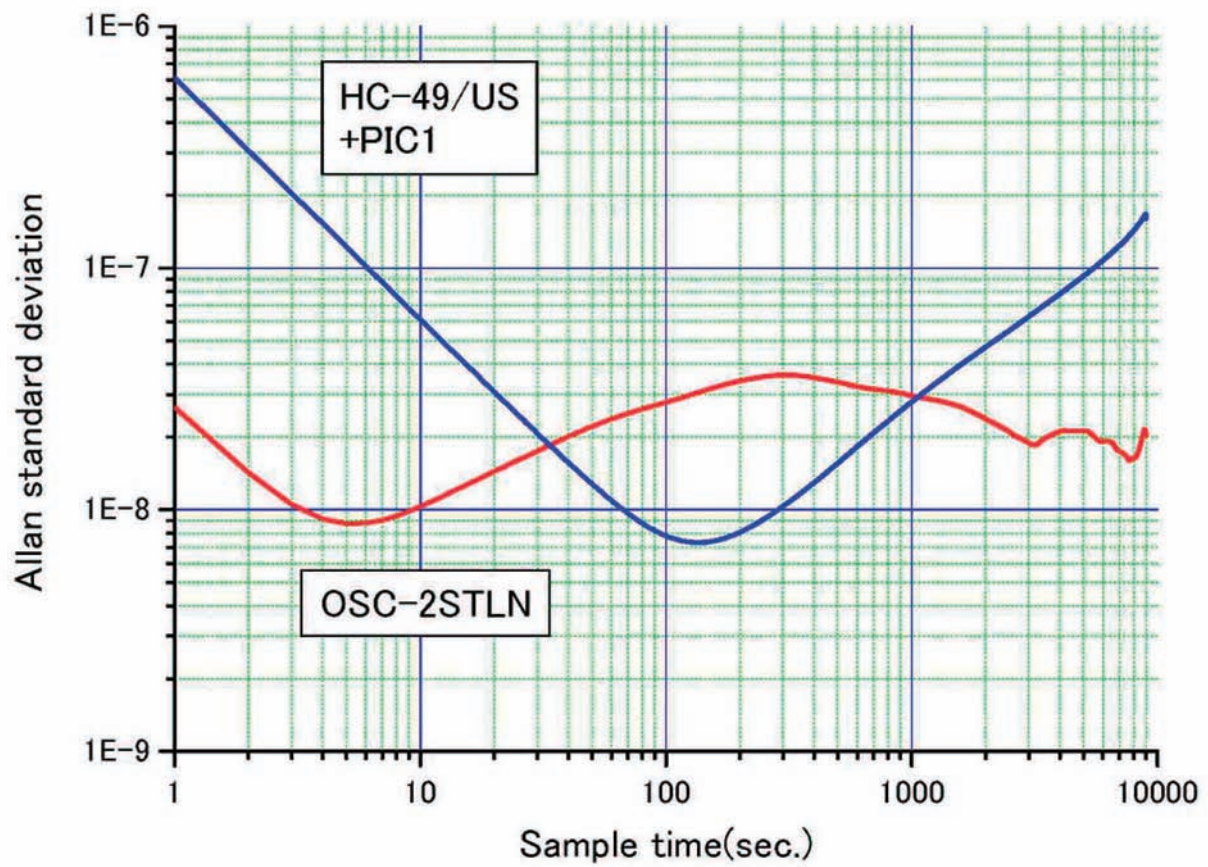


図27 第2回試験後の周波数安定度



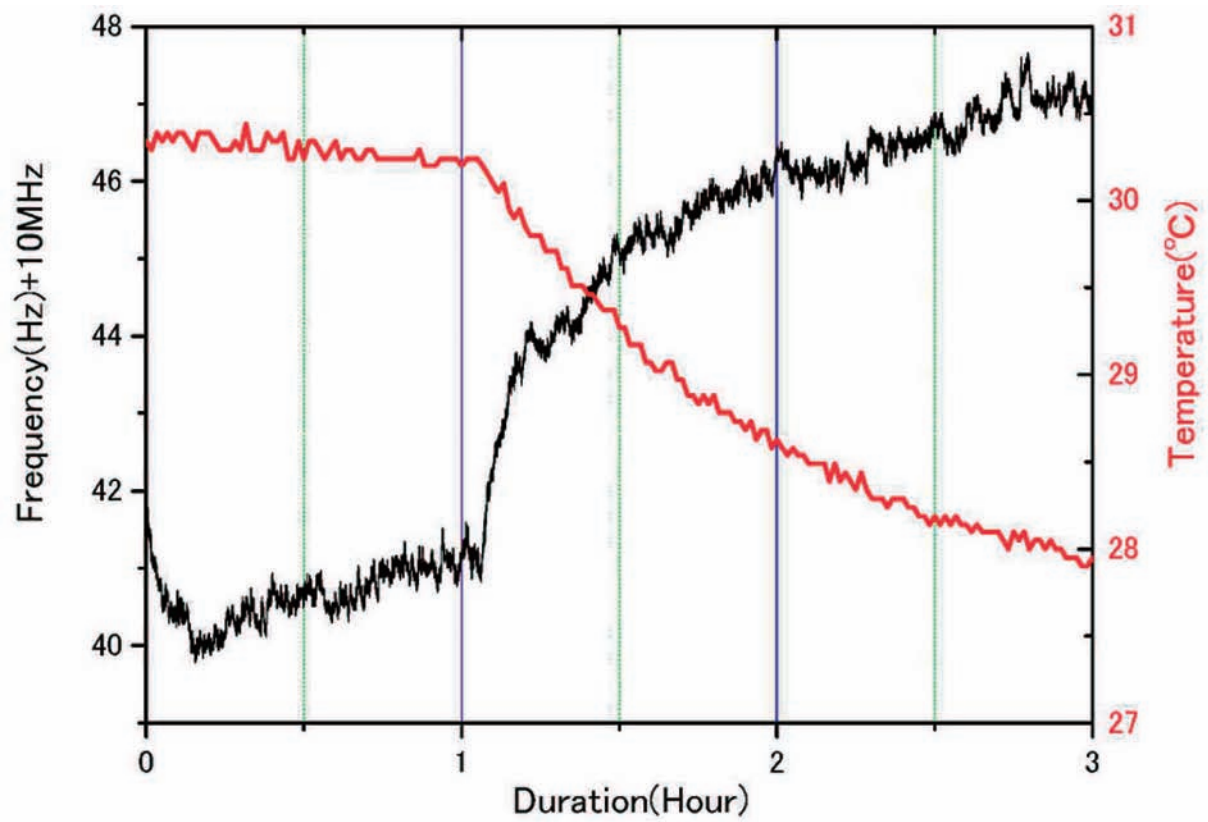


図28 第1回試験前の周波数と温度の関係 (OSC-2STLN)

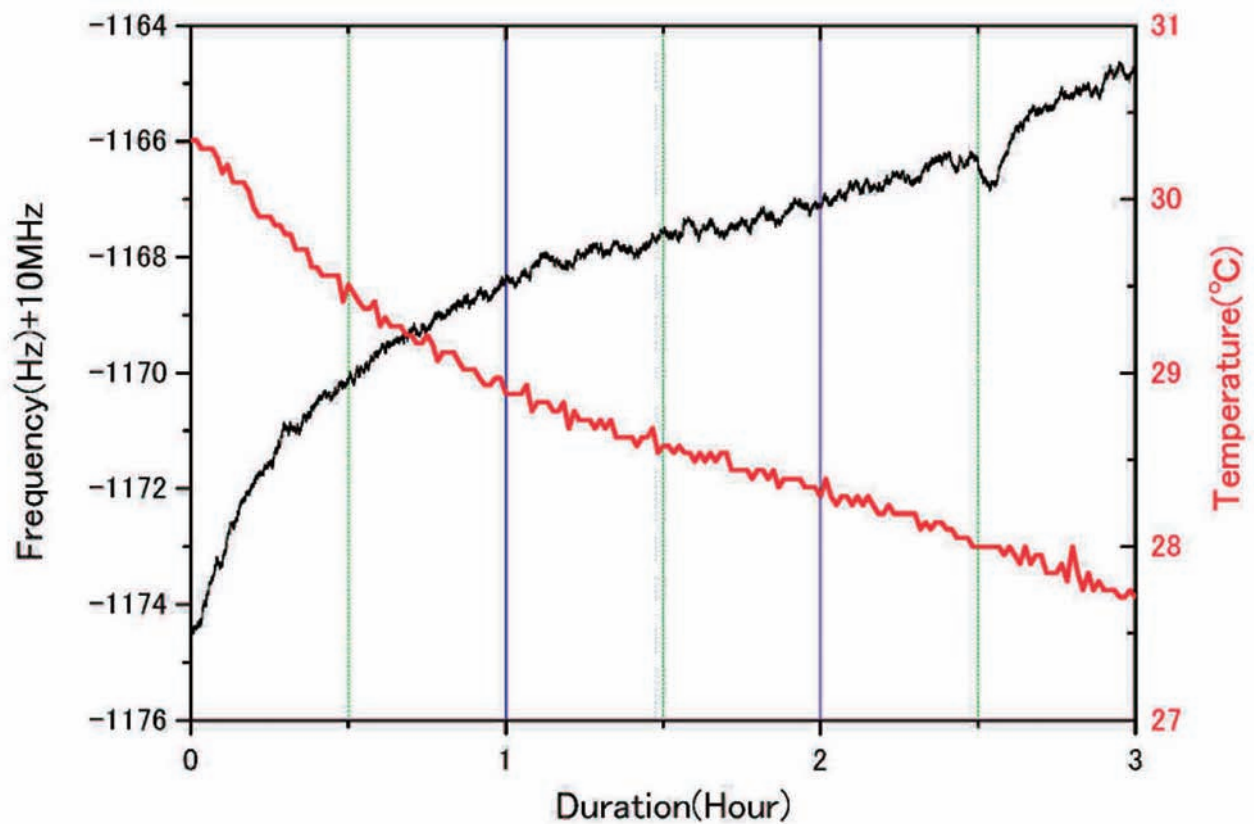


図29 第1回試験前の周波数と温度の関係 (HC-49/US)

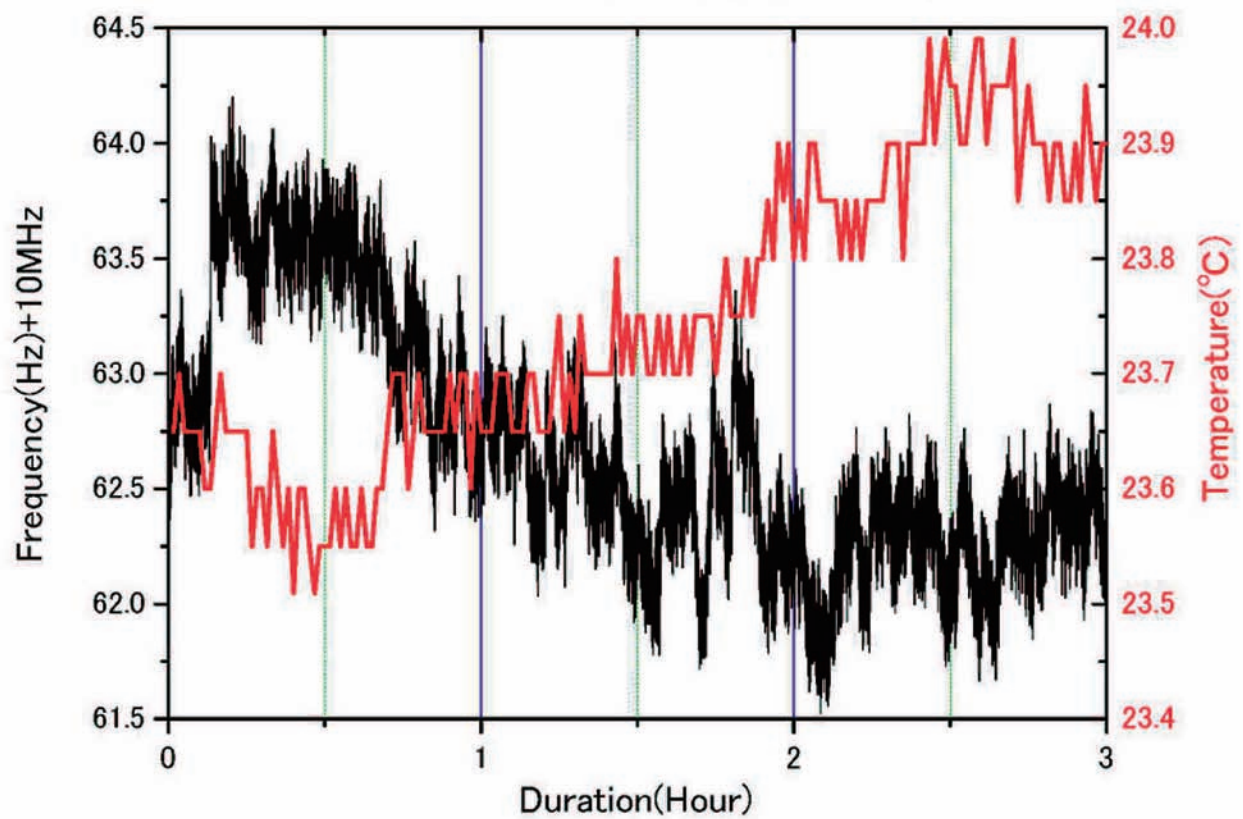


図30 第1回試験後の周波数と温度の関係 (OSC-2STLN)

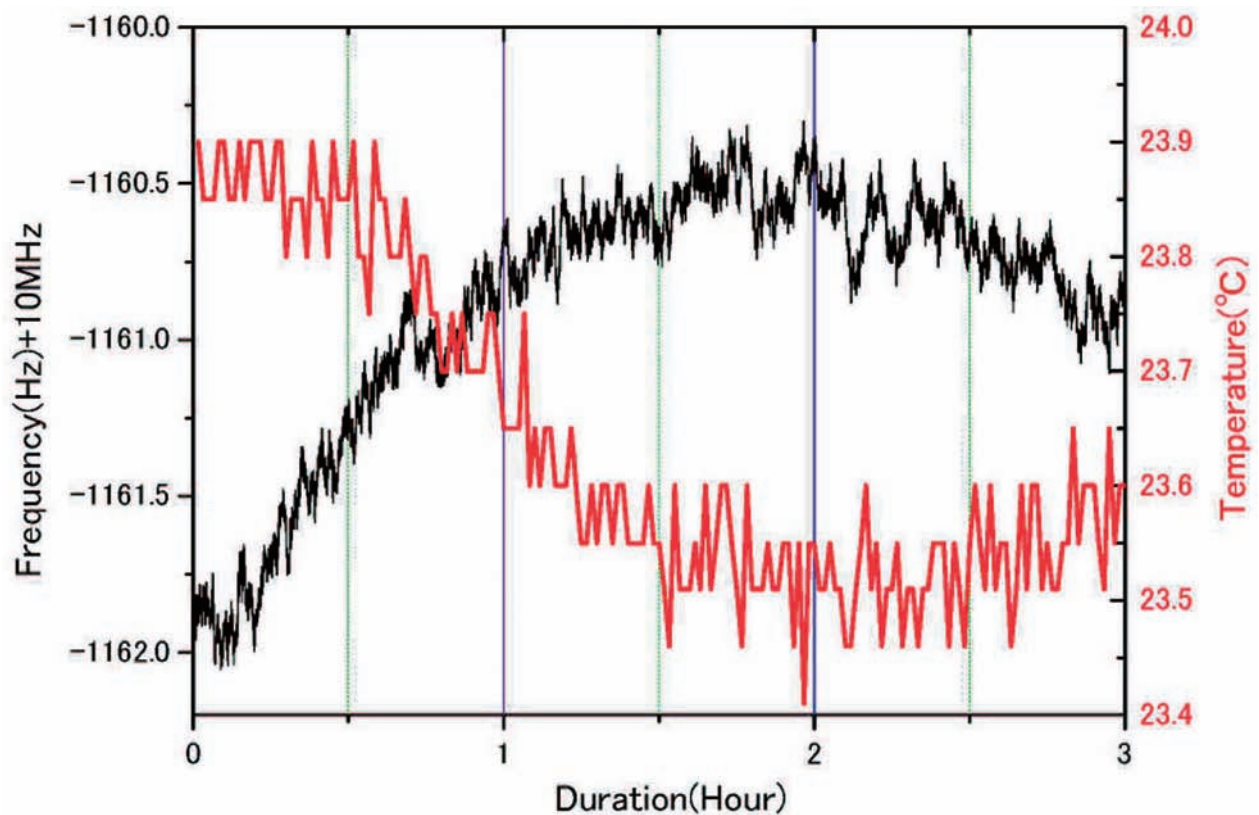


図31 第1回試験後の周波数と温度の関係 (HC-49/US)

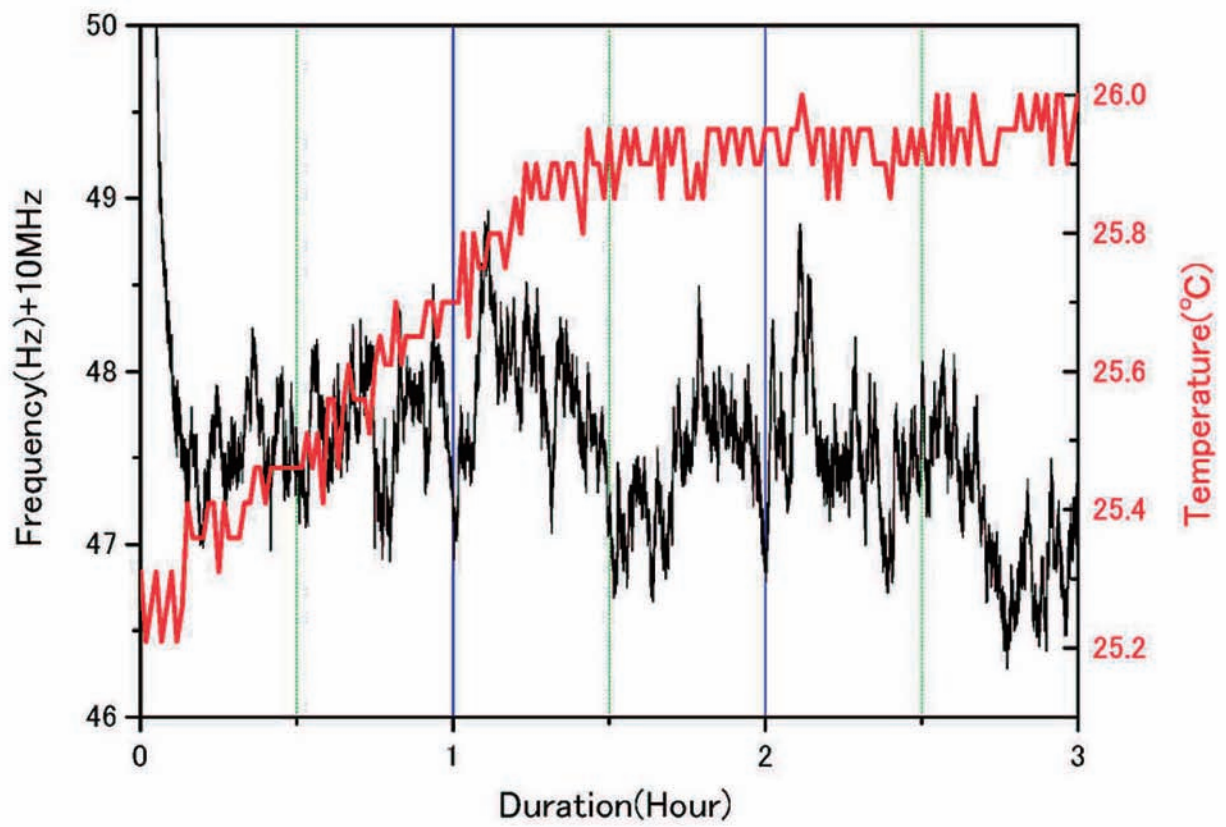


図32 第2回試験後の周波数と温度の関係 (OSC-2STLN)

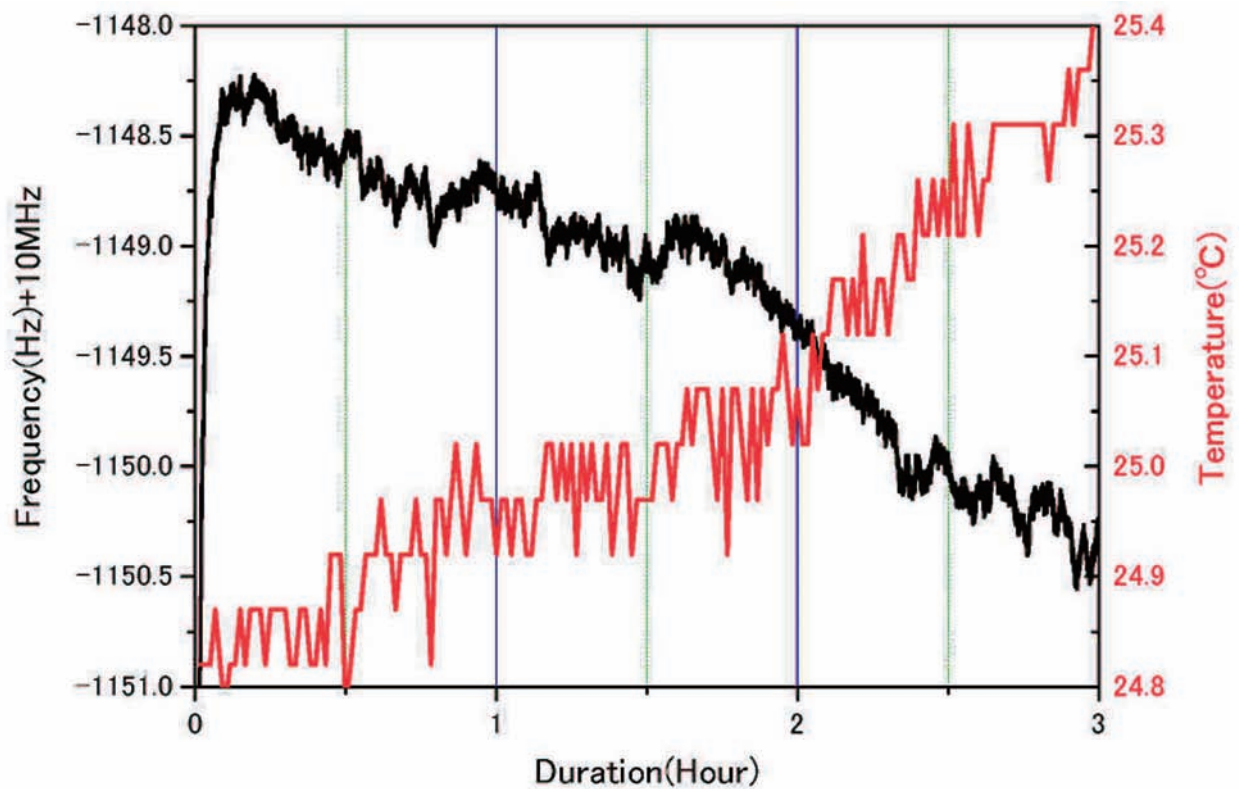


図33 第2回試験後の周波数と温度の関係 (HC-49/US)



## 6-2 超音波モータの月面環境試験（極低温環境試験）

JAXA	久保田 孝
中央大学	國井 康晴
中央大学	多田 興平



## 超音波モータの月面環境試験（極低温環境試験）報告書

### 1. 超音波モータの特徴と熱計測箇所の検討

#### 1-1. 超音波モータとは

超音波モータ（Ultra Sonic Motor：USM）は直流モータ（DCモータ）や交流モータのような磁力を利用せず、圧電素子の振動を駆動力に変換して回転するモータである。このため、非磁性モータとして多分野での活用が見込まれ、一部医療機器のMRIなどで実用化されている。この特長は磁力の影響が想定される宇宙環境で活動する探査機のアクチュエータとしても非常に魅力となる。また、回転部となるロータと振動伝達部となるステータは、効果的に振動を伝えるために大きな圧力が印加されており、非通電時においても高い静止トルクを有する。このことは長時間、姿勢を固定することが多い多リンク構造物のアクチュエータとして消費電力やCPUリソースの軽減に貢献することが期待される。

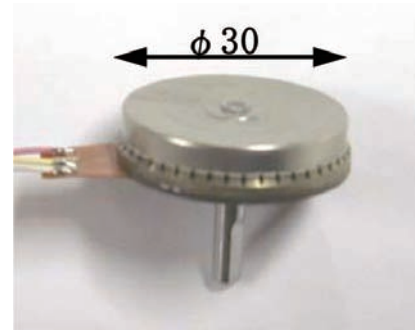


Fig. 1 USR-30

超音波モータは宇宙空間での利用を想定されて開発をされていない。そのため、宇宙空間において安定して動作するかどうかを確認する必要がある。宇宙環境として、高温低温環境、大きな温度変化、真空環境、放射線環境などでの環境において、十分に信頼性高く動作するモータに仕上げるのが重要である。現在までにFig. 1に示す組み込み用USM（USR-30）に対して耐環境試験を行った結果、標準構成のUSMであっても約200 [K] 程度の低温環境において高い耐性を示すことがわかっている。今回は100 [K] 以下の極低温環境がUSMに与える特性変化について評価する。

#### 1-2. USMの構成

USMの基本的な構成をFig. 2に示す。構成を大別すると

1. 回転部であるロータ
2. ステータ（弾性体）
3. ステータ（圧電素子）
4. 導体
5. ベアリング

の5つに分類される。

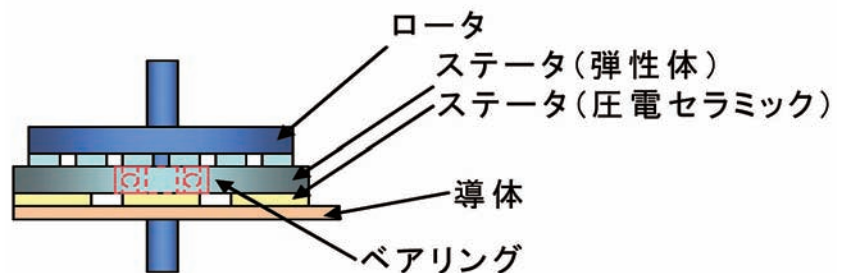


Fig. 2 USMの構成

USMを構成する素材の耐熱性はTable.1のようになる。

Table. 1 USMを構成する素材の耐熱性

Name	Material	Operating Temperature Limits
ステータ(弾性体)	Phosphorus Bronze	~250℃
圧電セラミック	Piezo-electric element	Curie Point: 315℃
摩擦材	Aromatic polyester + Polytetrafluoroethylene	Limit: 68℃
FPC	Polyimide	-269℃~400℃
ロータ	Aluminum Alumite	-196℃~300℃ ~180℃
接着剤	Epoxy	-55℃~150℃
ベアリング		-40~130℃

Table. 1より、低温環境では弾性体と圧電セラミック、ステータと導体を接着している接着剤や軸に利用しているベアリング（ベアリングオイル）に変化や影響が現れることが予想される。最初の環境試験として、現状のUSMを用いて行う。なお、接着剤およびベアリングについては、真空環境対応・低高温環境対応に変更することを考えている。

今回の試験ではUSM単体だけではなく、ベアリングが装備され接着剤を利用しているステータ部のみにしても試験を行い、詳細な解析ができるようにした。試験において熱電対を装備した箇所をFig. 3に示す。また、Fig. 3に示すように、今回は比較対象として、試験を行うUSMと同程度サイズのDCモータ（BD-185401）についてもあわせて実験を行った。

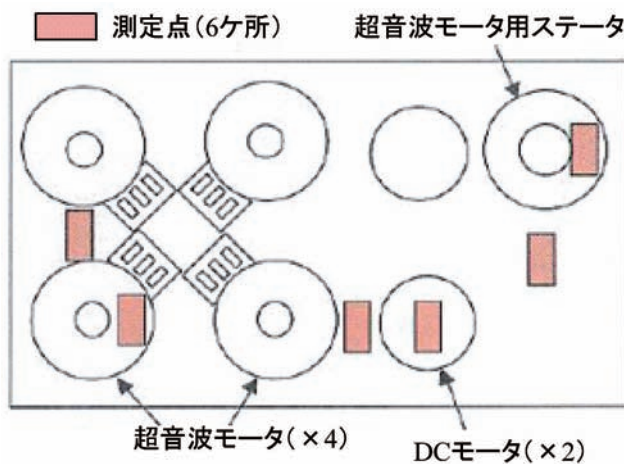


Fig. 3 供試体と熱電対の配置

- 温度測定点1：超音波モータ付近の治具上
- 温度測定点2：超音波モータのロータ上
- 温度測定点3：ステータ付近の治具上
- 温度測定点4：超音波モータのステータ上
- 温度測定点5：DCモータ付近の治具上
- 温度測定点6：DCモータのケース上

## 2. 極低温環境試験の概要

試験に利用する真空チャンバ (Fig. 4) 内では、モータを動作させながら低温環境を構築することは困難であるため、試験の前後での特性変化を観察した。USMについてはあらかじめ常温 (300 [K]) でのトルク-回転数特性 (T-N特性) とトルク-電流特性 (T-I特性) を計測した。DCモータについては開発メーカーに極低温環境試験前後の特性データを取得してもらった。

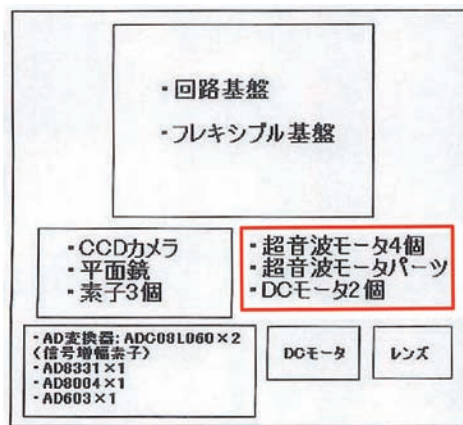
試験は他研究者の供試体と併せて行われ、我々の供試体はFig. 5 (a)、Fig. 5 (b) のように設置された。Fig. 6はFig. 5 (b) を拡大したものであり、供試体としてUSMとDCモータ、および熱電対が取り付けられた様子を示している。供試体と治具、治具とチャンバはネジで固定され、熱電対についてはカプトンテープで固定した。

極低温試験は、2回にわたって行われた。1回目は、2005年9月8日と9月12日に行われ、Fig. 4に示す真空チャンバ内の温度を徐々に低下させ、供試体付近の温度が約70 (K) となる温度環境を維持し、その後、また徐々に温度を上昇させて常温状態に戻した。この試験を繰り返し行い、高温環境にはなっていないが、常温と極低温を繰り返したこととなり、宇宙環境での探査機の非太陽面の温度変化と近い温度環境をUSMに与えることができた。

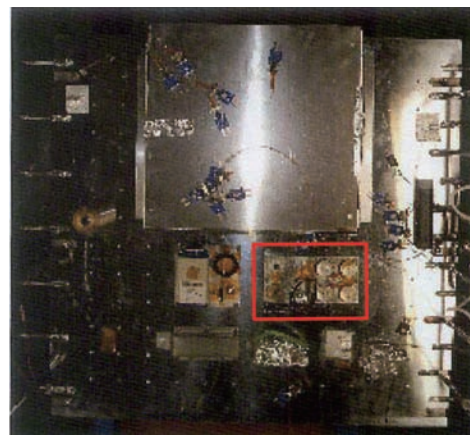
2回目は、2006年3月27日～4月7日に行われ、常温から昇温し353 [K] に維持する高温状態を12時間、その後温度を下げ、83 [K] に維持する冷却状態を24時間行うサイクルを、1週間に3サイクル行い、トータル2週間で6サイクルを行った。



Fig. 4 試験に利用された真空チャンバ



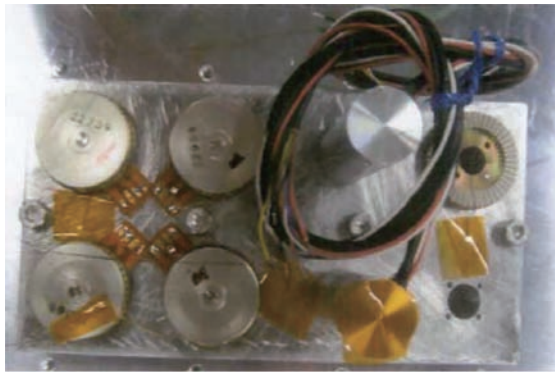
(a) 配置概略図



(b) 供試体の配置図

Fig. 5 供試体の真空チャンバ内の配置





(a) USMの配置全体像



(b) USMと熱電対の固定状態

Fig. 6 供試体と熱電対の配置

### 3. 第1回極低温環境試験結果

#### 3-1. 極低温試験における温度の推移

真空チャンバ自体の温度を計測するための熱電対の位置はFig. 7中の [1] ～ [5] であり、今回、試験に用いた供試体は中央部にある [1] の熱電対の近くに設置された。このため、基準温度として [1] の温度をFIN1としてグラフに加えた。

Fig. 8は第1回目の試験#1における温度推移、Fig. 9は第2回目の試験における温度推移のグラフである。それぞれ縦軸は温度 [K]、横軸は時間を示している。第1回目試験#1と第1回目試験#2では温度を低下させる方法、極低温時間の維持時間に違いがある。特に第2回目の試験は急激な温度変動、36時間近く極低温状態維持といった過酷な試験を行い、USMやDCモータへの影響を観察した。

Fig. 8からは、Fig. 9に比べると基準温度であるFIN1と他の熱電対の温度に違いが見られる。これは供試体が固定のためにアルミ素材の治具に取り付けられているため、チャンバにじかにつけられたFIN1とは熱の伝導率に違いがあると考えられる。しかし、Fig. 9において、49時間付近で供試体につけられた熱電対の温度がFIN1の熱電対の温度よりも急上昇したことが確認できる。このことは試験後の報告として受けた、以下の2点の影響があったと考えられている。

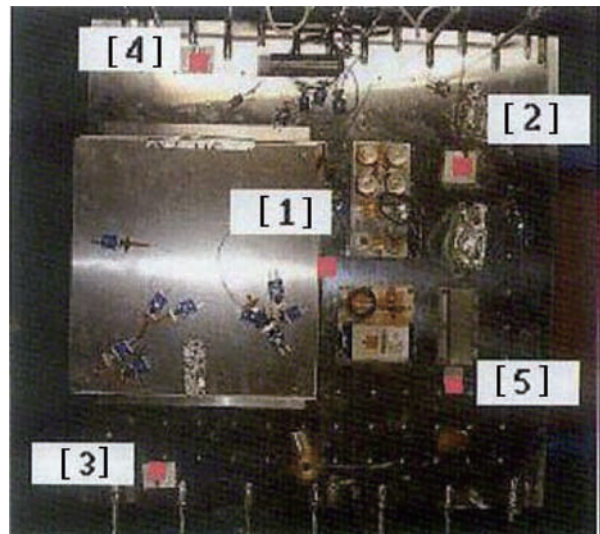


Fig. 7 真空チャンバ内の熱電対の配置

1. 超音波モータステータ上のカプトンテープがはがれた。
2. 超音波モータステータ付近とDCモータ付近において、熱伝対が浮いた状態となった。

なお、Fig. 9のグラフからは各熱電対は同様の温度変化をしており、極低温状態は維持されていることから、極低温環境の試験として問題はないと考えられる。

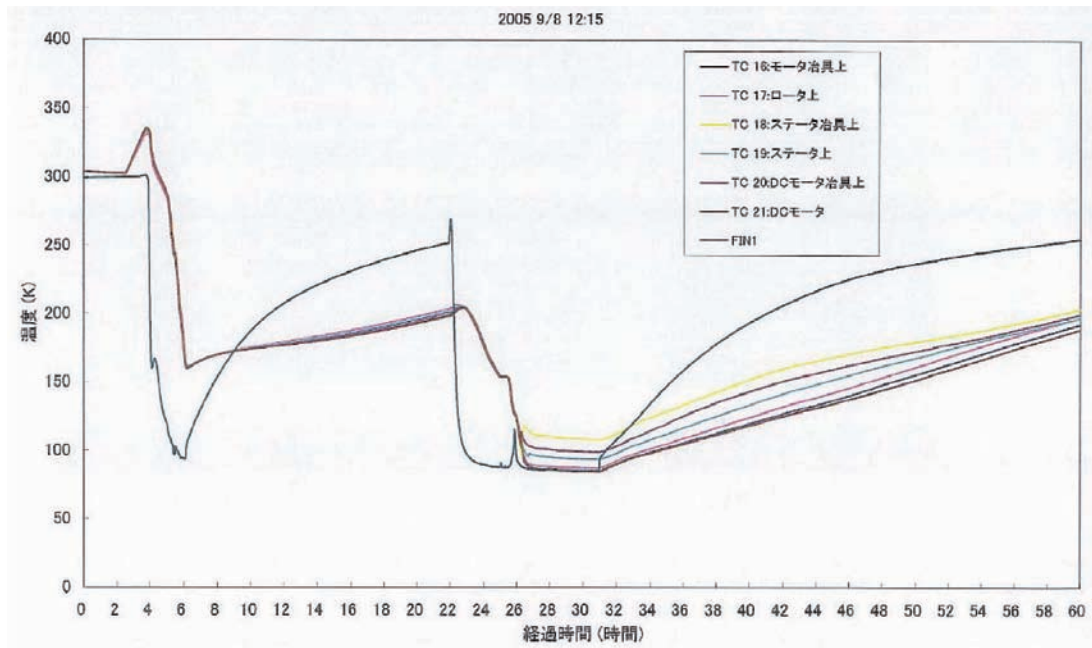


Fig. 8 1回目試験#1の温度推移

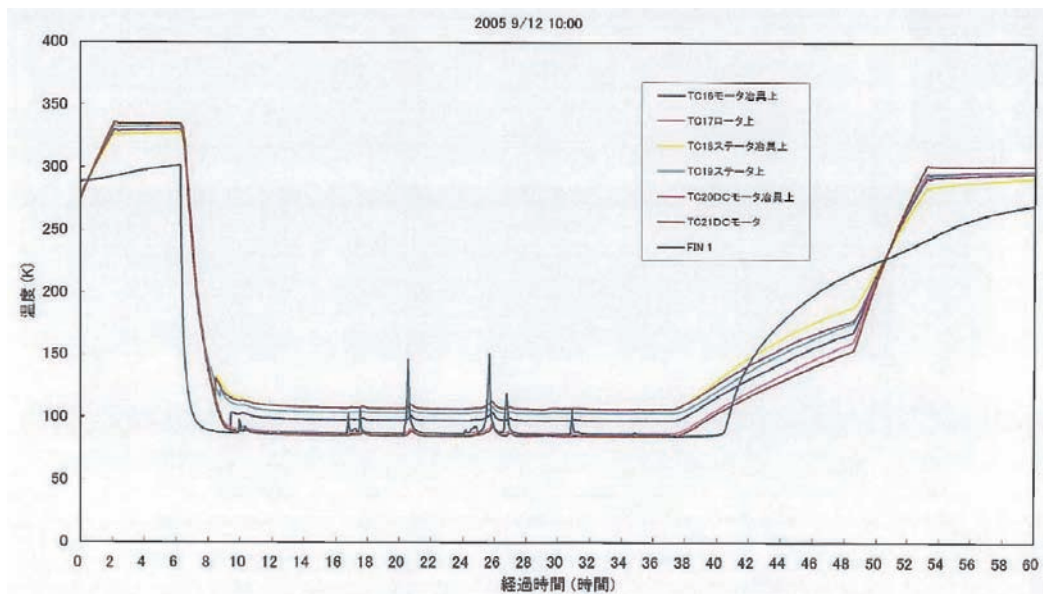


Fig. 9 1回目試験#2の温度推移

### 3-2. 極低温試験結果

極低温環境の状態を経験したUSMの特性が試験前後で変化するかどうかを、トルク-回転数特性 (T-N特性)、トルク-電流特性 (T-I特性) を計測して比較した。その結果をFig. 10、Fig. 11に示す。試験前のデータをBase、試験後のデータをAfとし、計測時の温度は303 [K] (30 [°C]) とした。

Fig. 10のT-N特性グラフでは、彩色された範囲がUSMの動作保証範囲である。このグラフより、モータそれぞれに元々特性のばらつきがあるものの、その特性は維持されている。



また、Fig. 11のT-I特性より、消費電力についても大きな変動は見られない。これより、極低温環境によるUSMへの影響はほとんどみられなかった。

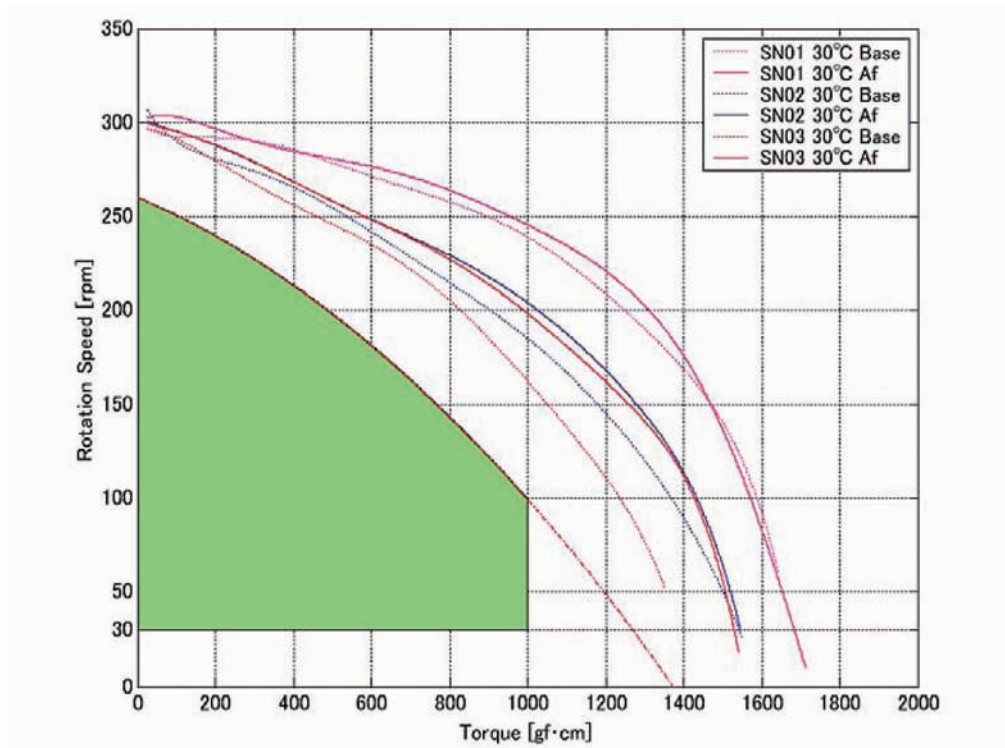


Fig. 10 T-N特性

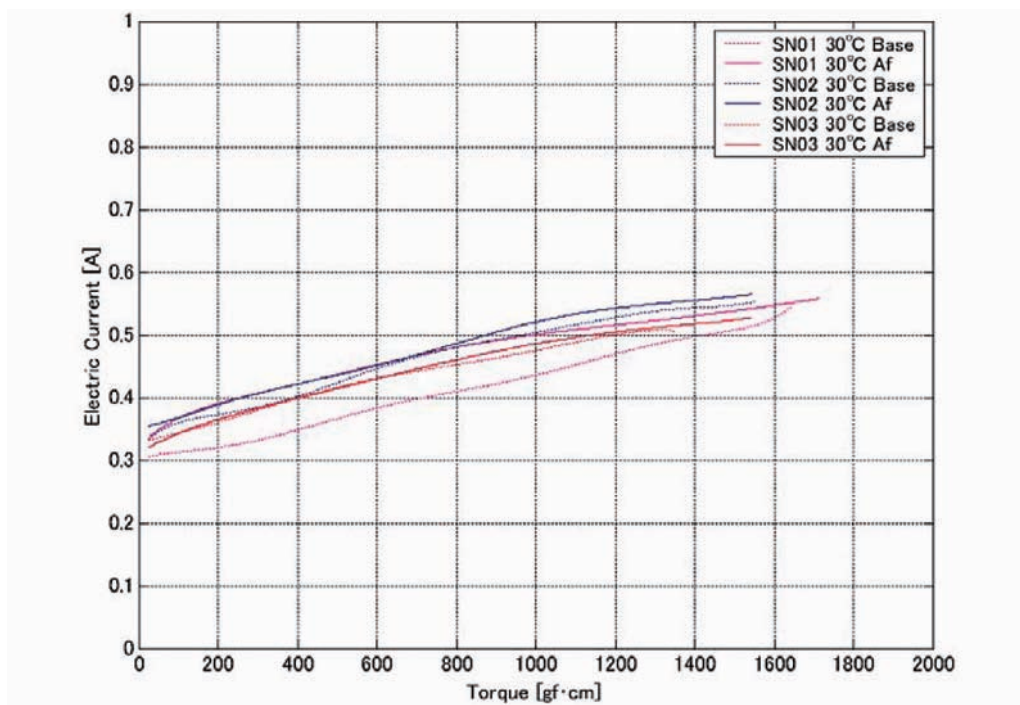


Fig. 11 T-I特性

DCモータについてはメーカーにて行われた試験結果のデータをTable. 2に示す。このデータは回転数や消費電流が中心であるが、モータの特性には大きな変化はみられない。なお、ベアリングから異音が出るようになったとの報告があった。ベアリング異音発生の原因として、駆動軸の摩擦係数の変化、あるいはト

ルクの変動が予想される。詳細については今後調査を行うが、極低温環境でのDCモータの利用の際にはベアリング（ベアリングオイル）の耐熱性について注意する必要がある。

Table. 2 DCモータの特性変化

型式	BD-185401
数量	2
電源電圧	DC24V
使用ドライバー	BSD-66-200

	検査項目										
シリアルNo.	絶縁耐圧(AC250V) 漏れ電流1mA以下	絶縁抵抗(DC250V) 10MΩ以上	線間抵抗値Ω			モータ・無負荷回転数 rpm		無負荷電流 mA		回転方向	備考
			U-V	V-W	W-U	CW	CCW	CW	CCW		
2(試験前)	OK	OK	6.54	6.54	6.53	12960	12990	37	38	OK	
3(試験前)	OK	OK	6.54	6.53	6.53	12930	12966	42	41	OK	
2(試験後)	OK	OK	6.64	6.63	6.64	12860	12876	37	30	OK	ベアリング音大
3(試験後)	OK	OK	6.62	6.61	6.6	12792	12876	41	40	OK	ベアリング音大

## 4. 第2回極低温環境試験結果

### 4-1. 極低温試験における温度の推移

第2回極低温試験における温度の推移をFig. 12とFig. 13にそれぞれ示す。TC18とTC19の温度が他と違う挙動を示しているが、試験後チェックしたところ、ネジが緩んでおり、また熱電対の線はコーティングで絶縁されているが、一部が劣化したのではないかと推定している。したがって、試験自体は問題なく、極低温環境を実現できている。

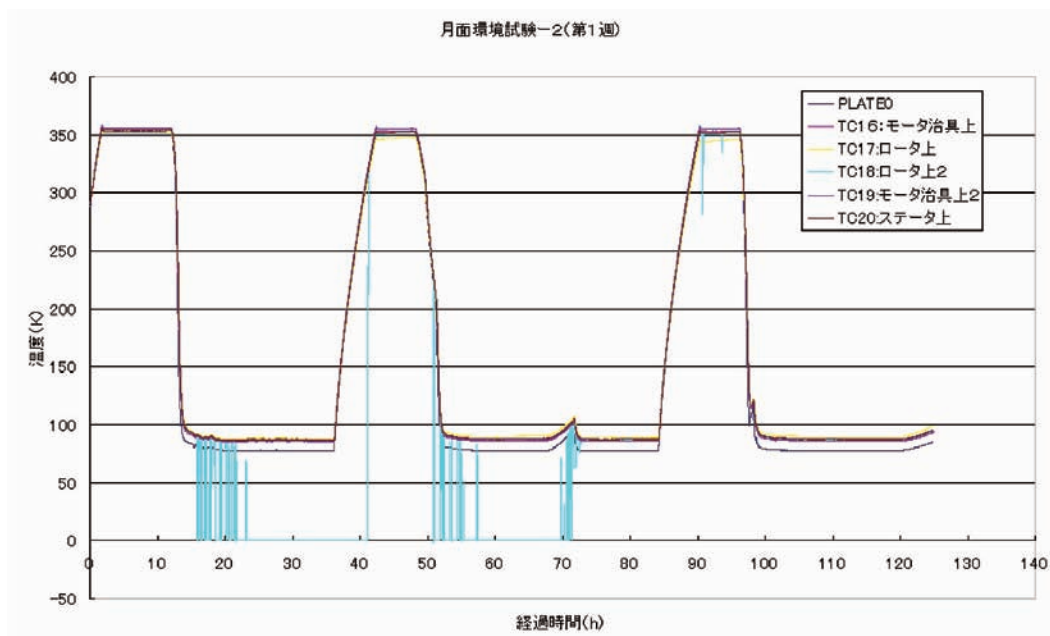


Fig. 12 2回目試験#1の温度推移

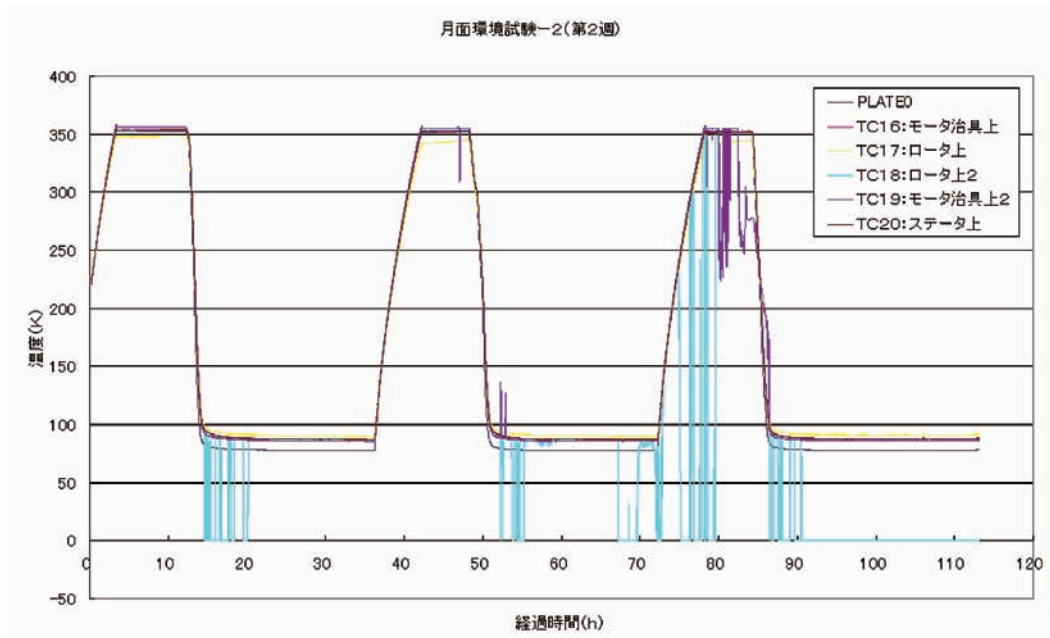


Fig. 13 2回目試験#2の温度推移

#### 4-2. 極低温試験結果

極低温環境の状態を経験したUSMの特性が試験前後で変化するかどうかを、トルク-回転数特性（T-N特性）、トルク-電流特性（T-I特性）を計測して比較した。その結果をFig. 14、Fig. 15に示す。試験前のデータをBase、試験後のデータをAfとし、計測時の温度は303 [K] (30 [°C])とした。

Fig. 14のT-N特性グラフでは、彩色された範囲がUSMの動作保証範囲である。このグラフより、モータそれぞれに元々特性のばらつきがあるものの、その特性は維持されている。

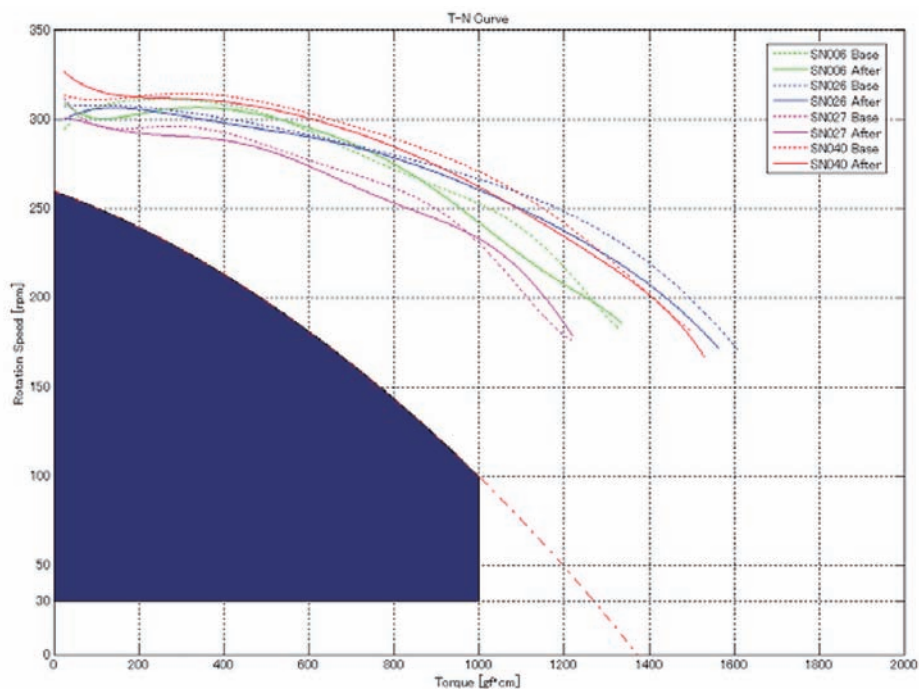


Fig. 14 T-N特性

また、Fig. 15のT-I特性より、消費電力についても大きな変動は見られない。これより、極低温環境によるUSMへの影響はみられなかった。

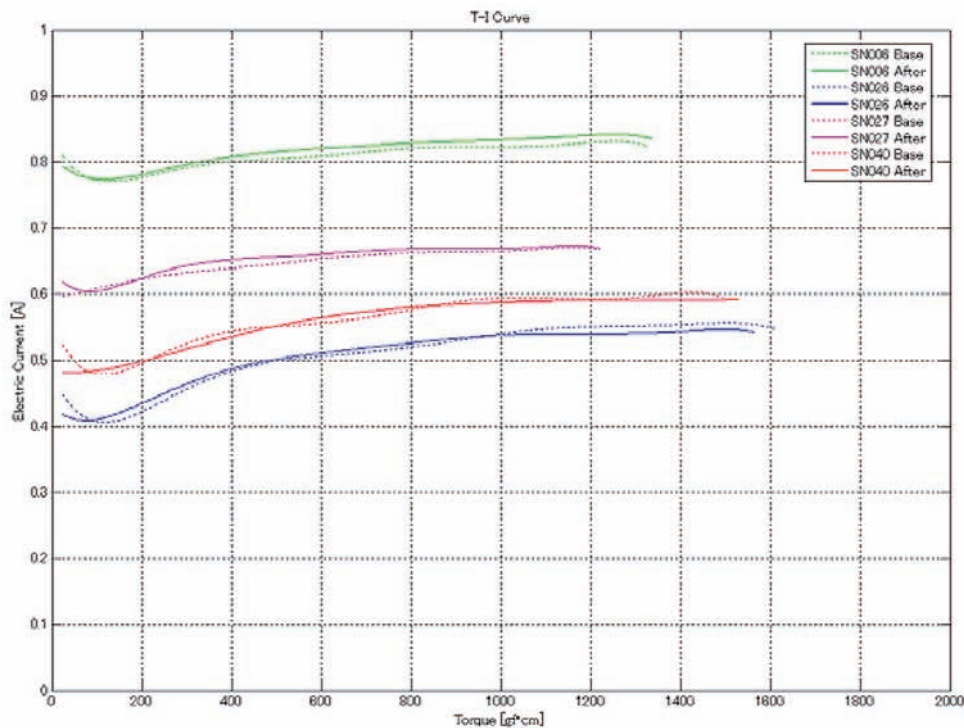


Fig. 15 T-I特性

## 5. まとめ

今回の極低温環境試験では、USMを構成する素材の耐熱限界を超えた環境であったが、3章および4章での結果が示すように、USMの大きな特性変化は生じなかった。非通電状態であるが、試験に利用したUSMの極低温環境に対し耐熱性が確認できた。一方、DCモータの場合にはベアリング音の異常が確認されていることから、ベアリング（ベアリングオイル）について注意が必要である。USMについて今回異常は検出されなかったが、宇宙環境での使用に際しては、耐真空環境や耐熱性の高いベアリングを採用する必要があると考えている。

現在までにUSMの宇宙仕様化のため、真空環境試験や高温環境試験、放射線試験などを行っている。今回の試験結果より、極低温環境に対して、ベアリングや接着剤の耐性を考慮すれば、宇宙仕様が可能であるという見通しを得た。もちろん、耐久試験などさらなる試験が必要となる。

この極低温環境対策と今までの試験結果を総合すると、USMは極低温～330[K]の環境であれば真空環境でも安定して動作することが期待できる。これより、機体の熱制御が行われる環境であれば、宇宙探査機のアクチュエータとして、USMを駆動力・消費電力などの面で非常に有力なアクチュエータのひとつとして考慮することが可能であるとする。今後は、現在も対策を進めている高温時の耐熱性向上について、実験および検討を進めていく予定である。また、接着剤およびベアリングを耐熱性のあるものに交換したバージョンでの環境試験を引き続き行いたいと考えている。

## 6-3 AD変換器 月面環境試験（第2回）後の動作確認結果

東北大 三澤 浩昭  
情報通信研究機構 近藤 哲郎



## AD変換器（サンプラー）

### NATIONAL SEMICONDUCTOR ADC08L060

#### 月面環境試験（第2回）後の動作確認結果

正常動作を確認

#### 1. デバイス名

・ナショナルセミコンダクター ADC08L060

24リード プラスチックSOP（外寸：L7.8×W4.4×H0.9mm＋24ピン）

電源電圧 最大3.8V

パッケージ消費電力 25℃で最大1358mW（通常動作時の代表値は49mW）

保存温度範囲 -65℃～+150℃

# 今回の環境試験では、2005年9月の環境試験時に用いた素子を基板に半田付けした状態のままで試験を行った。

#### 2. 概観

概観には、試験に起因すると考えられる、目立った変化は見られなかった（図1）。

#### 3. 消費電流の比較・確認

配線した状態（外部回路有りの状態：テスト基板の外観図と配線図を図2、3に示す）で、月面環境試験第1回および第2回に使用したデバイス（被試験デバイス）と使用していないデバイス（未試験デバイス）の消費電流の比較を行った。

結果として、被試験デバイスと未試験デバイスの消費電力は、同電源電圧（+3V）のもとではともに51mA程度であり、有意な差は見られなかった。尚、第1回試験後に計測された被試験デバイスの消費電流は51.6mAであり、計測器の違いによる測定誤差（～1mA）を考慮すると試験前後で有意な違いは生じなかったものと考えられる。

#### 4. AD変換機能の確認

AD変換機能を確認するため、図3に配線図を示すテスト回路（メーカー提供のデバイスシート中のテスト回路の一部配線を簡略化）を用いてAD機能の確認を行った。試験方法は第1回試験時と同様に、CLKにはFunction Generator HP33120Aの10MHz信号(0-3Vレベル)、VinにFunction Generator HP33120Aの関数信号出力を入力し、AD変換後の各ビットをロジックアナライザー アンリツ MW45Aでモニターした。図4に機能確認試験時の様子、図5に測定時のブロック図を示す。

Function Generatorの周波数および波形を変えて被試験デ



図1 月面環境試験後の素子概観。素子は2005年9月の試験にも使用。

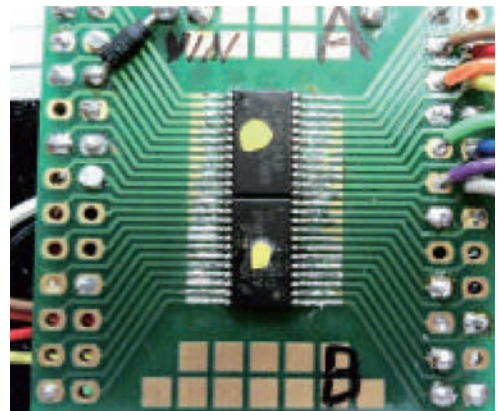


図2 特性計測を実施したテスト基板。2つある素子のうち上側の素子が被試験素子。この基板状態で環境試験を実施した。未試験素子のテスト基板もほぼ同様。

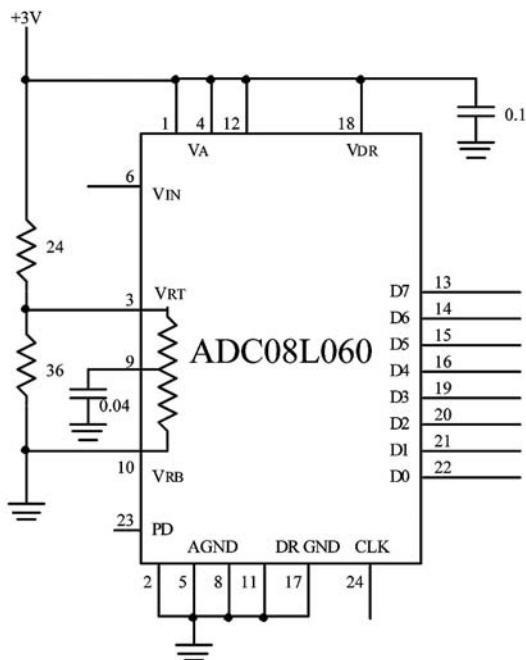


図3 テスト回路配線図



図4 AD変換動作確認試験の様子

バイスと未試験デバイスをテストした結果（写真）を図6に示す。なお、第1回試験時の動作確認試験同様に、Function Generatorの出力信号レベルは860mV p-pとし、DCオフセット450mVを与えている。AD変換データはロジアナのD/A機能を使用して表示している。図6で見られるように被試験デバイスと未試験デバイスで、ほぼ同じ結果が得られた。

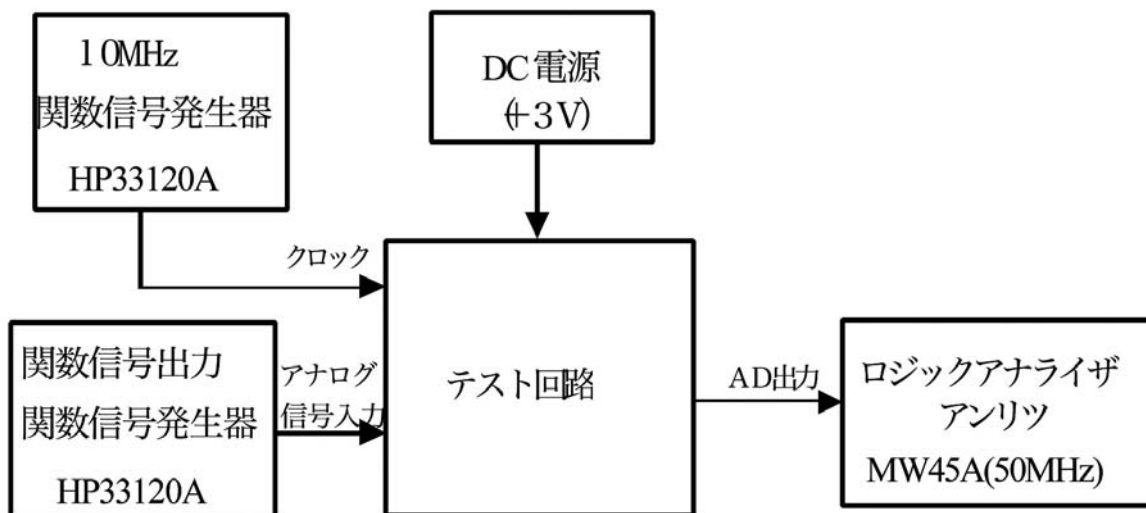


図5 測定時のブロック図

## 5. まとめ

2回の試験で計7サイクル実施された月面環境試験を経た民生用のAD変換素子ADC08L060の動作チェックを行った結果、チェックを行ったサンプリング周波数（10MHz）では問題なく動作することが確認できた。


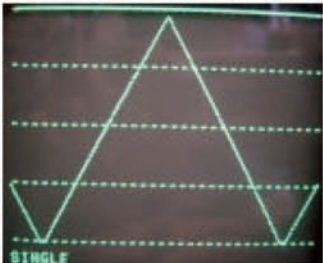
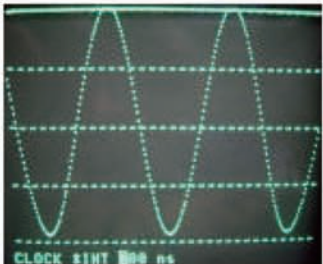





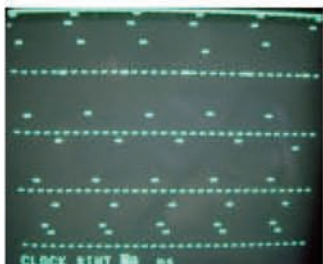

未試験デバイス	被試験デバイス
 <p>入力： 10kHz 三角波</p>	 <p>入力： 10kHz 三角波</p>
 <p>入力： 50kHz サイン波</p>	 <p>入力： 50kHz サイン波</p>
 <p>入力： 100kHz サイン波</p>	 <p>入力： 100kHz サイン波</p>
 <p>入力： 500kHz サイン波</p>	 <p>入力： 500kHz サイン波</p>
 <p>入力： 1MHz サイン波</p>	 <p>入力： 1MHz サイン波</p>

図6 試験結果。ロジアナのD/A機能を使用して表示。

## 6-4 月面環境試験（第2回）機器特性確認結果報告

東北大 三澤 浩昭



## 月面熱環境試験（第2回）機器特性確認結果報告：増幅素子

### 要旨

月面熱環境を模した、素子の保存温度外の温度を含む85K～355Kの範囲の温度条件下に非通電状態で晒された5種の増幅素子各2個の熱環境特性確認試験を行った。試験の内容は、素子種毎に作製した試験回路を用いて、熱環境試験前後の電気特性を比較する方式とした。試験を行った5種の素子のうち、Analog Devices製の素子3種は第1回の試験でも使用した素子の一つを含み、もう一つの素子とNational Semiconductor製の素子2種は今回の試験で初めて使用した。結果として、試験の前後で、増幅利得特性、線形増幅特性、雑音特性、消費電流には測定誤差を有意に超える差異は認められなかった。このことから、月面熱環境変化6サイクル（Analog Devices製の3種の素子のうち各一つは7サイクル）までは、試験に用いた素子の電気特性に異常が生じないことが確認された。

### 1. デバイス（5種、各2個ずつ）

- ・ ①～③の素子の各1つは第1回試験でも使用。④、⑤は今回初めて試験。
  - ①Analog Devices AD603AQ：低雑音（ $1.3\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ）利得可変増幅素子。Slew rate:275V/us。（8リードセラミックDIP, 外寸L10.3×W8.1×H3.6mm, 定格保存温度範囲：208K～423K）
  - ②Analog Devices AD8004SQ：低雑音（ $1.5\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ）電流帰還型低消費電力増幅素子（4回路型）。Slew rate:3000V/us@Gain=2。（14リードセラミックDIP, 外寸L20.0×W8.1×H3.6mm, 定格保存温度範囲：218K～398K）
  - ③Analog Devices AD8331ARQ：超低雑音（ $0.74\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ）利得可変増幅素子。Slew rate:1200V/us。（20リードプラスチックSOP, 外寸L8.7×W3.9×H1.8mm, 定格保存温度範囲：208K～423K）
  - ④National Semiconductor LMH6624：超低雑音（ $0.92\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ）広帯域増幅素子。Slew rate:350V/us。（5リードプラスチックSOP, 外寸L2.9×W0.6×H0.4mm, 定格保存温度範囲：208K～423K）
  - ⑤National Semiconductor LMH6714：広帯域増幅素子（ $3.4\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ）。Slew rate:1800V/us。（5リードプラスチックSOP, 外寸L2.9×W0.6×H0.4mm, 定格保存温度範囲：208K～423K）

### 2. 熱環境試験内容

- ・ 非通電状態試験
- ・ 真空下（冷却時）
- ・ 温度変化履歴（DUT付近）：昇温（85Kから約7hで355K）→保持（約4h）→冷却（約7hで355Kから85K）→保持（～16h）→昇温の繰り返し。計6サイクル。

### 3. 特性確認試験結果

#### 1) 外見

- ・ 方法：視認。
- ・ 結果：①～⑤の何れもパッケージ&ピンに目立った損傷なし。

#### 2) 電気特性

- ・ 方法：自作試験回路を用いて、増幅率、線形増幅特性、入力換算雑音レベル、消費電流を試験前後に計測。計測法は、第1回試験時と全く同様で、ネットワークアナライザ（HP 8712B）、シグナルジェネレータ（KENWOOD SG-7130）、スペクトルアナライザ（ADVANTEST R3131）を使用。

#### ①AD603AQ

- ・ 試験回路（第1回試験時と同様。第1回試験報告書参照。）



## ・計測結果

## a) 増幅率

	利得 (dB) ※input -50dBm (試験前), -45dBm (試験後) / 温度補正済			
周波数 (MHz)	試験前：素子①	試験後：素子①	試験前：素子②	試験後：素子②
25.0	31.8	31.9	32.2	32.2
27.5	30.4	30.4	30.8	30.8
30.0	29.1	29.1	29.4	29.4

## b) 線形増幅特性 (f=27.5MHz, 1dB compression input level)

試験前 素子①：-29dBm, 素子②：-30dBm / 試験後 素子①:-29dBm, 素子②:-30dBm

## c) 入力換算雑音レベル (f=27.5MHz, BW=30KHz)

試験前 素子①：-118.5Bm, 素子②：-118.6dBm /

試験後 素子①:-118.6dBm, 素子②:-118.6dBm

## d) 消費電流 (Vs=±5V)

試験前 素子①：15mA, 素子②：15mA /

試験後 素子①：15mA, 素子②：15mA (定格：≤17mA)

・総括：試験前後での各特性の差異は測定誤差範囲内であり、試験前後で変化は生じなかったと思われる。

## ②AD8004SQ

・試験回路 (第1回試験時と同様。第1回試験報告書参照。)

## ・計測結果

## a) 増幅率

	利得 (dB) ※input -27dBm (試験前・後) / 温度補正済			
周波数 (MHz)	試験前：素子①	試験後：素子①	試験前：素子②	試験後：素子②
25.0	21.0	21.0	21.1	21.2
27.5	20.6	20.6	20.7	20.7
30.0	20.2	20.3	20.4	20.4

## b) 線形増幅特性 (f=27.5MHz, 1dB compression input level)

試験前 素子①：-5dBm, 素子②：-6dBm / 試験後 素子①:-5dBm, 素子②:-6dBm

## c) 入力換算雑音レベル (f=27.5MHz, BW=30KHz)

試験前 素子①：-114.1dBm, 素子②：-114.2dBm / 試験後 素子①:-115.6dBm, 素子②:-115.6dBm

## d) 消費電流 (Vs=±5V)

試験前 素子①：14mA, 素子②：14mA / 試験後 素子①：14mA, 素子②：14mA (定格：≤17mA)

・総括：試験前後で増幅率、線形増幅特性、消費電流の差異は測定誤差範囲である。一方、入力換算雑音レベルは試験後の方が1.5dB程良い値を示している。当試験では、試験に用いなかった素子も計測系環境変化の参照用に試験前後に測定しているが、入力換算雑音レベルには被試験素子同様の大きさの変化が確認されたので、1.5dB程の差異は、試験前後の計測系に生じていた電磁環境変化\*に起因していると考えられる。以上より、試験前後で変化は生じなかったと思われる。

\*：特性試験時、基板に接続した入出力用ケーブルの取回し等で入力換算雑音レベルが変化した。この原因として外来性の微雑音がケーブルや基板上の回路にのってしまったことが考えられる。不定性を持つこの雑音の影響により、入力換算雑音レベルが試験前後で異なって計測された可能性がある。

## ③AD8331ARQ

・試験回路（第1回試験時と同様。第1回試験報告書参照。）

・計測結果

a) 増幅率

	利得 (dB) ※input -55dBm (試験前), -50dBm (試験後) / 温度補正済			
周波数 (MHz)	試験前：素子①	試験後：素子①	試験前：素子②	試験後：素子②
25.0	39.9	39.7	39.8	39.7
27.5	38.1	38.2	38.3	38.3
30.0	37.5	37.5	37.7	37.7

b) 線形増幅特性 (f=27.5MHz, 1dB compression input level)

試験前 素子①：-37dBm, 素子②：-38dBm / 試験後 素子①:-37dBm, 素子②:-38dBm

c) 入力換算雑音レベル (f=27.5MHz, BW=30KHz)

試験前 素子①：-117.6dBm, 素子②：-118.0dBm /

試験後 素子①:-118.0dBm, 素子②:-118.3dBm

d) 消費電流 (Vs=+5V)

試験前 素子①：33mA, 素子②：33mA / 試験後 素子①：33mA, 素子②：33mA

・総括：試験前後で増幅率、線形増幅特性、消費電流の差異はほぼ測定誤差範囲である。入力換算雑音レベルは試験後の方が0.3dB程良い値を示しているが、AD8004同様に、測系環境変化参照用の素子にも、試験前後で入力換算雑音レベルに被試験素子同様の大きさの変化が確認されているので、0.3dB程の差異は、試験前後の計測系に生じていた電磁環境変化に起因していると考えられる。

## ④LMH6624

・試験回路（図1）

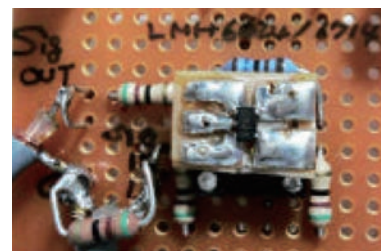
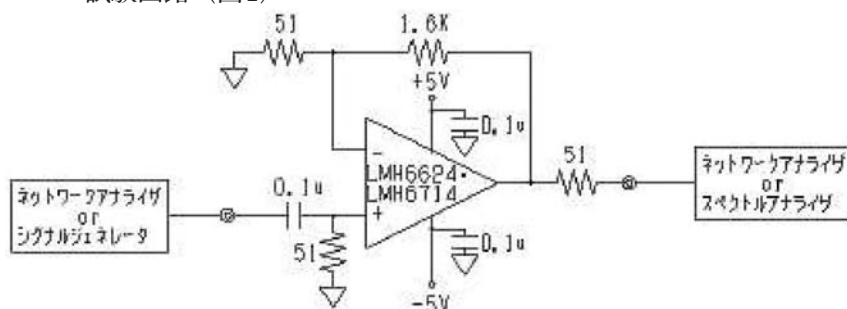


図1. LMH6624とLMH6714の電気特性測定回路。左：回路構成図。右：熱環境試験素子の実装状態。

・計測結果

a) 増幅率

	利得 (dB) ※input -40dBm (試験後) / 温度補正済			
周波数 (MHz)	試験前：素子①	試験後：素子①	試験前：素子②	試験後：素子②
25.0	22.0	22.0	22.0	22.0
27.5	22.1	22.1	22.1	22.1
30.0	22.3	22.3	22.3	22.3

b) 線形増幅特性 (f=27.5MHz, 1dB compression input level)

試験前 素子①：-11dBm, 素子②：-11dBm / 試験後 素子①:-11dBm, 素子②:-11dBm

c) 入力換算雑音レベル (f=27.5MHz, BW=30KHz)

試験前 素子①：-115.9dBm, 素子②：-115.9dBm / 試験後 素子①:-114.7dBm, 素子②:-114.7dBm  
 d) 消費電流 ( $V_s = \pm 5V$ )

試験前 素子①：11mA, 素子②：11mA / 試験後 素子①：11mA, 素子②：11mA

- ・総括：試験前後で増幅率、線形増幅特性、消費電流の差異は測定誤差範囲である。一方、入力換算雑音レベルは試験後の方が1.2dB程悪化しているが、他のIC同様に、測系環境変化参照用の素子にも、試験前後で入力換算雑音レベルに被試験素子同様の大きさの変化が確認されているので、1.2dB程の差異は、試験前後の計測系に生じていた電磁環境変化に起因していると考えられる。以上より、試験前後で変化は生じなかったと思われる。

#### ⑤LMH6714

・試験回路 (図1)

・計測結果

a) 増幅率

	利得 (dB) ※input -30dBm (試験後) / 温度補正済			
周波数 (MHz)	試験前：素子①	試験後：素子①	試験前：素子②	試験後：素子②
25.0	18.1	18.1	18.1	18.2
27.5	17.6	17.5	17.6	17.6
30.0	17.2	17.1	17.3	17.2

b) 線形増幅特性 ( $f=27.5\text{MHz}$ , 1dB compression input level)

試験前 素子①：+1dBm, 素子②：+1dBm / 試験後 素子①:+1dBm, 素子②:+1dBm

c) 入力換算雑音レベル ( $f=27.5\text{MHz}$ ,  $BW=30\text{KHz}$ )

試験前 素子①：-110.1dBm, 素子②：-110.1dBm / 試験後 素子①:-107.5dBm, 素子②:-117.6dBm

d) 消費電流 ( $V_s = \pm 5V$ )

試験前 素子①：6mA, 素子②：6mA / 試験後 素子①：6mA, 素子②：6mA

- ・総括：試験前後で増幅率、線形増幅特性、消費電流の差異は測定誤差範囲である。一方、入力換算雑音レベルは試験後の方が2.5dB程悪化しているが、他のIC同様に、測系環境変化参照用の素子にも、試験前後で入力換算雑音レベルに被試験素子同様の大きさの変化が確認されているので、2.5dB程の差異は、試験前後の計測系に生じていた電磁環境変化に起因していると考えられる。以上より、試験前後で変化は生じなかったと思われる。

## 4. まとめ

非通電状態で月面熱環境試験 (85～355K) を経た、5種の素子 (AD603AQ, AD8004SQ, AD8331ARQ, LMH6624, LMH6714) の特性確認試験を行った。素子の保存温度範囲は、AD8004SQが218K～398K、その他は208K～423Kであり、何れも高温側は熱環境試験温度範囲内、低温側は範囲外である。なお、AD603AQとAD8004SQはセラミック、他はプラスチック・パッケージである。試験使用素子と未使用素子各1個の特性試験を行い、以下の結果を得た。

- ・外見：変化なし。
- ・増幅利得特性／線形増幅特性／消費電流：測定誤差範囲内で差異無し。
- ・入力換算雑音レベル：差異が生じたものもあるが、これは計測時の電磁環境変化の結果と判断され、月面環境試験の前後で有意な差異は生じていなかったものと思われる。

以上より、今回試験に用いた5種の素子は何れも月面熱環境6サイクル (AD603AQ, AD8004SQ, AD8331ARQの素子の一つは7サイクル) までは、電気特性に異常が生じないことが確認された。



## 6-5 第2回 搭載用電子回路の月面環境試験

宇宙航空研究開発機構      岡田 達明



## 第2回「搭載用電子回路の月面環境試験」成果報告書

### 1. 目的

将来の月惑星探査において必要となる低温耐性技術の要素試験として、電子回路基板と電子部品の低温耐性評価、および電子部品の基板への実装方法の評価を行うことを目的とする。

これは、2週間にわたる月面での夜間を越えて長期活動・滞在を行うための技術、および外惑星系への探査技術において重要な基礎情報となる。

### 2. 検査概要

#### 2.1. 供試体

月探査機SELENEに搭載品と同等品

(部品の一部で同機能の代替品を使用。第1回：2005年9月12～16日と同一)

1. XRS-E-C基板 (写真：付録1)
2. XRS-E-M基板 (写真：付録2)

#### 2.2. 検査日

試験前検査実施日	： 2005年8月8日
低温試験実施日 (第1回)	： 2005年9月12日～16日
試験後検査実施日	： 2005年11月14日
低温試験実施日 (第2回)	： 2006年4月 (今回実施分)

#### 2.3. 低温試験内容

非動作状態で低温熱サイクル (6回) を実施した前後における機器状態の変化の有無を確認する。  
別紙資料に示す。

### 3. 検査実施項目

- ・消費電流値、抵抗値、リレー動作
- ・CCD駆動信号波形と電圧値 (DAC機能)
- ・ADC機能、FPGAによるデジタル処理、他

以上の項目について、低温試験の前後で変化がないことを確認した。

(詳細は試験前後のチェックリスト、オシロ波形を添付)

### 4. 結論

- ・第1回目の試験で実施した低温環境下への約1日間の非動作状態での放置、および今回実施した低温状態への6回の熱サイクル負荷による、供試体の外観上、および機能上の正常を確認した。
- ・電子回路 (積層基板、フレキシブル基板、電子部品) および実装状態について貴重な情報を得ることができた。

### 5. 添付書類

添付1：供試体写真

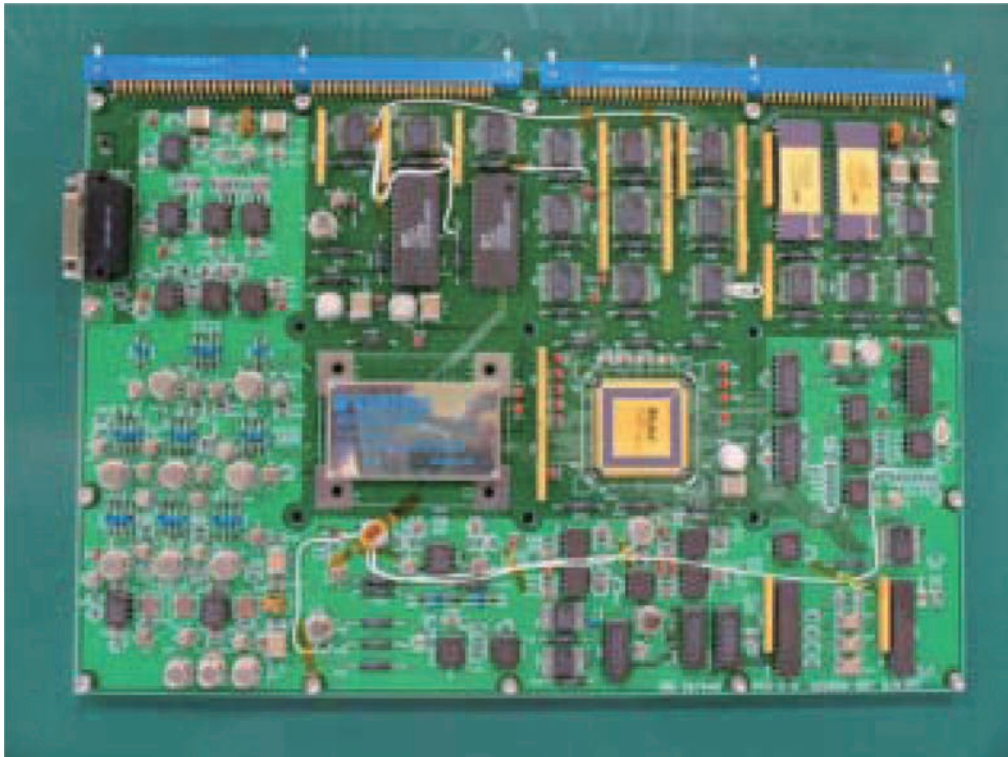
添付2：部品リスト

添付3：XRS低温試験供試体・検査実施要領書報検査成績書 (試験後)

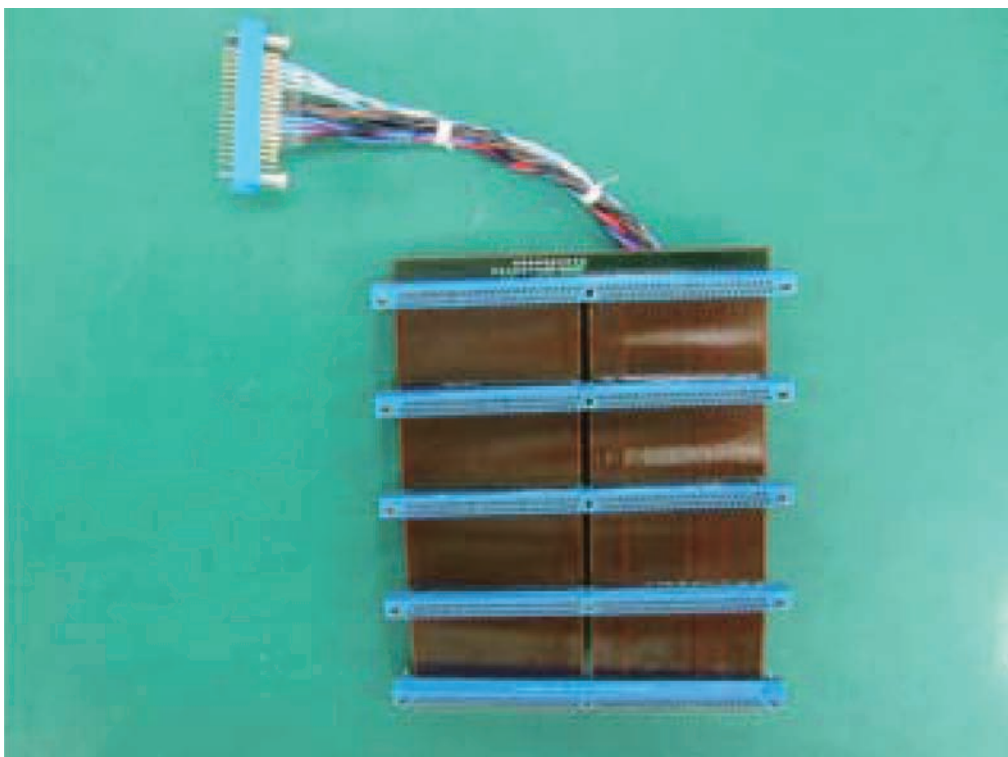
添付4：ADC入力前アナログ特性 (試験後)

添付5：ADC出力のSRAMダンプ内容表示 (試験後)

添付1：供試



XRS-E-C 基板



XRS-E-M 基板

## 添付2：部品リスト

<< XRS-E-C >>			
#	型番	部品	個数
1	422K-12	リレー	8
2	CDR04BX104AKSS	チップセラコン	3
3	THP60E1H106M301A	セラコン	8
4	CDR33BX104AKWS	チップセラコン	127
5	CDR35BX474AKSR	チップセラコン	3
6	THP70E2A106M002	セラコン	19
7	CDR31BP101BKSS	チップセラコン	6
8	CDR31BP560BKSS	チップセラコン	1
9	CDR31BP100BKSS	チップセラコン	9
10	CDR31BP150BKSS	チップセラコン	1
11	CDR33BX104AKWS	チップセラコン	4
12	CWR09JC225MB	チップタンタルコン	3
13	LM120H-5.0/883	IC	1
14	LM140LAH-5.0/883	IC	2
15	LM117HVH/883	IC	1
16	AD590LF/883B	IC	1
17	AD847SQ/883B	IC	9
18	AD829SQ/883B	IC	1
19	LM6142AMJ/883	IC	6
20	AD844SQ/883B	IC	2
21	HI1-201HS/883	IC	3
22	HI1-0508/883	IC	2
23	AD589TH/883B	IC	1
24	AD708SQ/883B	IC	4
25	5962-8951801RA	IC	1
26	5962-8688201XA	IC	2
27	ADCDS-1403EX	IC	1
28	AD7228AUQ/883B	IC	2
29	54ACT245FMQB	IC	13
30	A54SX32A-CQ208M	IC	1
31	54AC14FMQB	IC	1
32	54AC240FMQB	IC	2
33	54AC04FMQB	IC	1
34	54ACT138FMQB	IC	2
35	AS5C4008CW-45E/883C	IC	2
36	IDT7207L30DB	FIFO	2
37	KA96/127BPG10TAH	コネクタ	2
38	MDM-51SCBRPA174	コネクタ	1
39	LC-2-G(7D)	タンシ	2
40	LC-2-G(7カ)	タンシ	30
41	SN3-200	チョークコイル	3
42	MS21208C0410	バリカルコイル	14
43	MS21208C0610	バリカルコイル	14
44	JANTXV 1N4454	ダイオード	3
45	JANTXV 1N6642	ダイオード	37
46	JANTXV 2N2222A	トランジスタ	23
47	JANTXV 2N6796	トランジスタ	1
48	JANTXV 2N6849	トランジスタ	2
49	JANTXV 2N2907A	トランジスタ	1
50	JANTXV 2N5339	トランジスタ	3
51	M8340109K1003GC	Nテコ	11
52	M8340109K1002GC	Nテコ	5
53	RWR80S1R00FS	テコ	3
54	RWR80S1000FS	テコ	6
55	RWR80S20R0FR	テコ	31
56	M55342K04B121ER	チップテコ	2
57	M55342K04B100DR	チップテコ	63
58	M55342K04B47D5R	チップテコ	6
59	M55342K04B1E00R	チップテコ	29
60	M55342K04B10E0R	チップテコ	37
61	M55342K04B100ER	チップテコ	20
62	M55342K04B15E0R	チップテコ	3
63	M55342K04B10D0R	チップテコ	10
64	M55342K04B8E25R	チップテコ	3
65	M55342K04B47E5R	チップテコ	4
66	M55342K04B33E2R	チップテコ	5
67	M55342K04B110DR	チップテコ	2
68	M55342K04B1E50R	チップテコ	10
69	M55342K04B3E00R	チップテコ	1
70	M55342K04B1E24R	チップテコ	2
71	M55342K04B33D2R	チップテコ	1
72	M55342K04B2E21R	チップテコ	4
73	M55342K04B3E16R	チップテコ	1
74	M55342K04B3E32R	チップテコ	1
75	M55342K04B3E92R	チップテコ	1
76	M55342K04B4E75R	チップテコ	46
77	M55342K04B6E19R	チップテコ	2
78	M55342K04B6E81R	チップテコ	3
79	M55342K04B12E1R	チップテコ	3
80	M55342K04B30E1R	チップテコ	2
81	M55342K04B475ER	チップテコ	1
82	NAS620C2	ワッシャ	2
83	NAS620C4L	ワッシャ	16
84	NAS1352N04-4	ロカクアナツキホ	14
85	NAS1352N04-6	ロカクアナツキホ	2
86	MS35649-244	ナット	2
87	MS35649-224	ナット	2
88	NAS1352N02-8	ロカクアナツキホ	2
89	250401D	Pフ ラケット4	1
90	251927A001	カラ	3
91	281239C	PWBフ ランクス	1
92	281448A	プリントハン	1

## 添付2：部品リスト

<< XRS-E-C >>			
#	型番	部品	個数
1	422K-12	リレー	
2	CDR04BX104AKSS	チップセラコン	
3	THP60E1H106M301A	セラコン	
4	CDR33BX104AKWS	チップセラコン	
5	CDR35BX474AKSR	チップセラコン	
6	THP70E2A106M002	セラコン	

		整理番号	2 2 2 5 8 4 A 6 0 1		
			作成／宇宙機器技術部		
	確 認	承 認	承 認	査 閲	作 成
					村 尾

(表題)

## XRS低温試験供試体

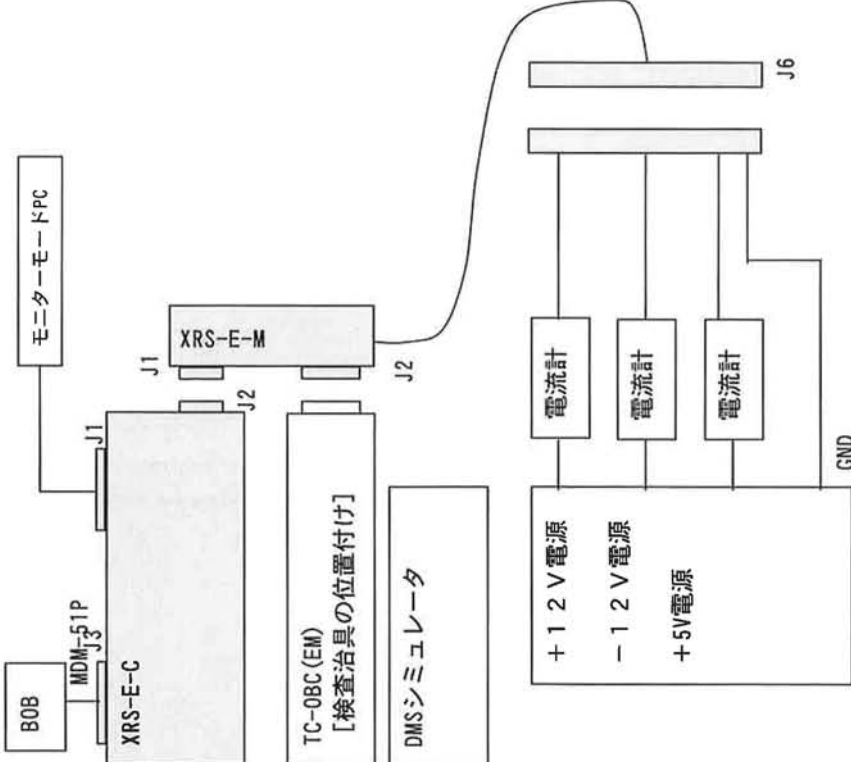
## 検査実施要領書／検査成績書

試験実施日：	2006 年 9 月 8 日	
		温 度：℃
試験実施者：	村尾	湿 度：%
試 験 名：		
備 考：		





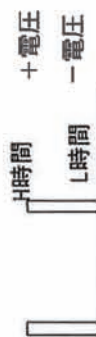
改版	年月日	改 訂 記 録	訂符	承認	作成
—	05.03.01		—	—	—

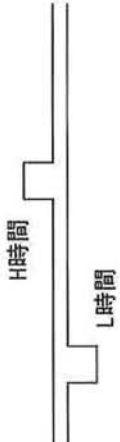
X R S 低温試験供試体 検査実施要領						( 1 / )										
番号	検査項目	試験項目・測定方法		規格値	適用	検査結果	備考									
1.	構成品リスト	下記の表により構成の員数を確認すること。 <table><tr><td>名称</td><td>X R S - E - C</td><td>X R S - E - M</td></tr><tr><td>部品番号</td><td>222894A001 (222584A001)</td><td>222895A001</td></tr><tr><td>員数</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>		名称	X R S - E - C	X R S - E - M	部品番号	222894A001 (222584A001)	222895A001	員数	1	1	左記に指定した通りであること。		<div>合・否</div>	
名称	X R S - E - C	X R S - E - M														
部品番号	222894A001 (222584A001)	222895A001														
員数	1	1														
2.	外観検査	目視により右の項目を確認する。		機能性能に影響するヒビ、傷、割れ等の損傷がないこと。作業者に危害を与える恐れのあるシャープエッジ、バリ等が無く清浄であること。		<div>合・否</div>										



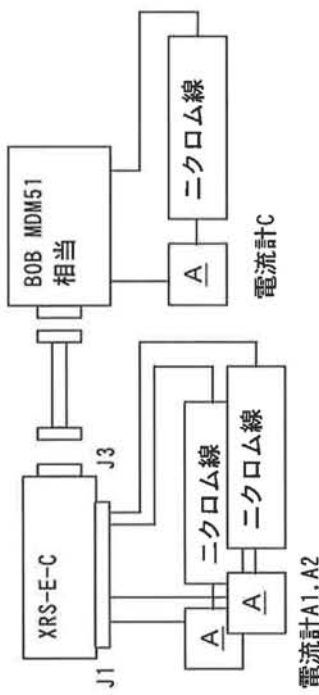
X R S 低温試験供試体 検査実施要領				
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	検査結果
3	消費電力	<p>XRS-E-C、XRS-E-M、TC-OBC (EM)、BOB、を接続する。 XRS-E-MのJ6に電流計を介して、+5V、±12Vを供給する。</p>  <p>※電流計のフルレンジは300mA～1Aのものを使用のこと。</p>	<p>+5V:1300mA以下 +12V:100mA以下 -12V:100mA以下</p>	<p>測定値 電源電圧 5.02V 12.1V -12.0V 電流値 1.05A +0.06A -0.04A (合)・否</p>

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 3 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
4.	CCDドライバ	以下 [] で囲まれた記述は、TC-08Cのモニターモードを使って、指定アドレスにアクセスする事を示す。 1) DMSシミュレータからSIGGLE-Cを送信。 2) DMSシミュレータからMON-MODEを送信。 3) ターミナルソフトウェアを立ち上げる。 [FFFFFF62にx267Cを書き込む]				
4.1.	XRS-E-C ON	[1A000000]にx0000を書き込む] 消費電流の増加を確認する。 [1A000100]のデータを読む] LSBが1 (binary)であることを確認する。	+5V : 1000mA ± 100mA +12V : 100mA 以下 -12V : 100mA 以下		測定値 1050 640mA 40mA 合・否	
4.2.	XRS-E-C OFF	[1A000002]にx0000を書き込む] 消費電力を確認する。 [1A000100]のデータを読む] LSBが0 (binary)であることを確認する。	+5V : 990mA ± 50mA +12V : 190mA ± 20mA -12V : 140mA ± 20mA		測定値 1050mA 190mA 140mA x0001 合・否	
4.3.	ドライバ電圧の確認				測定値 <del>1050mA</del> 60mA 40mA 合・否	970mA
4.3.1.	パラメータの設定	CCD-ON コマンド送信 [1A000000]にx0000を書き込む] 消費電流を確認する。 ドライバパラメータ設定 [1A000054]にx0002を書き込む] ドライバパラメータ設定 [1A000056]にx0001を書き込む] ドライバパラメータ設定 [1A000058]にx0001を書き込む] ドライバ周波数125kHz、ピニング1の設定である。 [1A000108]のデータを読む] 下位2bitが(binary)10であることを確認する。	消費電流 +5V : 990mA ± 50mA +12V : 190mA ± 20mA -12V : 140mA ± 20mA  x0002		消費電流 980mA 190mA 140mA  1A000108  x0002 合・否	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 4 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
4.3.2. ドライブ電圧の設定		PVの電圧設定 [1A00005AにxD018を書き込む] RGの電圧設定 [1A00005CにxD018を書き込む] PHの電圧設定 [1A00005EにxD018を書き込む] OGの電圧設定 [1A000060にx6800を書き込む] ドライブの開始コマンド [1A000044にxFFFFを書き込む] オシロスコープで、以下のテスト端子を測定し、波形を記録する。				
		TP8 (P2H) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ DUTY比 50%		測定値 $8.0\mu\text{s}$ $+6.0\text{V}$ $-8.0\text{V}$ 合・否 (合)	
		TP9 (PIH) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ DUTY比 50%		測定値 $8.0\mu\text{s}$ $+6.0\text{V}$ $-8.0\text{V}$ 合・否 (合)	
		TP10 (OG)	1.09 $\pm$ 1Vの定電圧		測定値 $1.089\text{V}$ 合・否 (合)	
		TP11 (RG) 	周期 $8 \pm 0.1 \mu\text{sec}$ +電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ DUTY比 10%以下		測定値 $8.0\mu\text{s}$ $+6.0\text{V}$ $-8.0\text{V}$ 合・否 (合)	
		TP12 (P2V) 	+電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ H時間 $60 \pm 1 \mu\text{sec}$ L時間 $8320 \pm 1 \mu\text{sec}$		測定値 $6\mu\text{s}$ $-8\text{V}$ 合・否 (合)	
		TP13 (PIV) 	+電圧 $6 \pm 1\text{V}$ -電圧 $-8\text{V} \pm 1\text{V}$ H時間 $60 \pm 1 \mu\text{sec}$ L時間 $8320 \pm 1 \mu\text{sec}$		測定値 $6\mu\text{s}$ $-8\text{V}$ 合・否 (合)	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領						( 5 / )																		
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考																		
4. 4.	読み出し系統	OFFSETの電圧設定 [1A000064に指定の値を書き込む]  マルチメータで、以下の端子を測定し、電圧を記録する。  測定端子：IC22-1																						
		<table><thead><tr><th>指定値</th><th>規格</th><th>測定値</th></tr></thead><tbody><tr><td>0000</td><td>-5.00±0.1V</td><td>-5.04V</td></tr><tr><td>0040</td><td>-1.25±0.1V</td><td>-1.264V</td></tr><tr><td>0080</td><td>+2.50±0.1V</td><td>+2.51V</td></tr><tr><td>00C0</td><td>+6.25±0.1V</td><td>+6.30V</td></tr><tr><td>00FF</td><td>+10.0±0.1V</td><td>+10.04V</td></tr></tbody></table>	指定値	規格	測定値	0000	-5.00±0.1V	-5.04V	0040	-1.25±0.1V	-1.264V	0080	+2.50±0.1V	+2.51V	00C0	+6.25±0.1V	+6.30V	00FF	+10.0±0.1V	+10.04V			合 否	
指定値	規格	測定値																						
0000	-5.00±0.1V	-5.04V																						
0040	-1.25±0.1V	-1.264V																						
0080	+2.50±0.1V	+2.51V																						
00C0	+6.25±0.1V	+6.30V																						
00FF	+10.0±0.1V	+10.04V																						
	ADCサンプル信号の測定	以下の信号の周期及びDUTY比を測定する。  TP3 (START OF CONVERSION)  TP4 (REFERENCE HOLD)				周期 8±0.1μsec H時間 (TP3) 1±0.1μsec L時間 (TP4) 1±0.1μsec																		
						測定値 1μ 1μ 合 否																		



X R S 低温試験供試体 検査実施要領			( 6 / )			
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
5.	ペルチェ関係コマンド	TC-0BCのモニターモードを使って、ペルチェ制御関係の確認をおこなう。 XRS-E-CのJ3コネクタにBleak out Box (BOB) を接続する。				
5.1.	セットアップ	<div><p>電流計A1, A2</p><p>電流計C</p></div> <p>BOBの以下のラインにペルチェの代品としてニクロム線（抵抗値 1 ～ 5 Ω 程度）及び電流計（測定レンジ 1 ～ 3 A）を接続する。抵抗値は参考データとして右欄に記録する。</p> <p>J3-16 SOL-C-TEC-HOT J3-17 SOL-C-TEC-RTN</p> <p>J1の指定コンタクトにケーブル付き端子を接続し、ペルチェの代品としてニクロム線（抵抗値 1 ～ 5 Ω 程度）及び電流計（測定レンジ 1 ～ 3 A）を接続する。抵抗値は参考データとして右欄に記録する。</p> <p>J1-65 XRF-A0-HOT J1-69 XRF-A0-RTN J1-73 XRF-A1-HOT J1-77 XRF-A1-RTN</p>		参考データ SOL-C-TEC <u>1.8 Ω</u>  XRF-A0-TEC <u>6.3 Ω</u>  XRF-A1-TEC <u>5.8 Ω</u>		

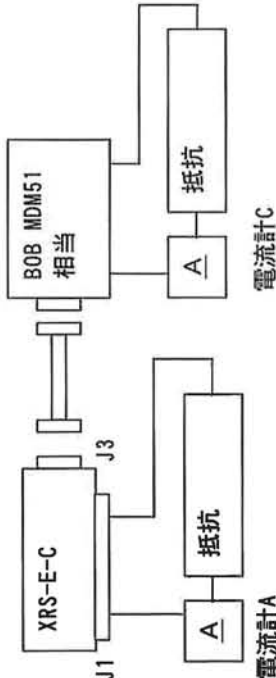


X R S 低溫試験供試体 検査実施要領					( 7 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
5.2. XRF-A0コマンド		TC-OBCのモニターモードを使って、ペルチェ制御関係の確認をおこなう。				
5.2.1. TEC-CURRENT ENA/DIS		TEC許可コマンド送信 [1A000040]にx0001を書き込む]			2A リレー音 合・否 3A	0.38A 2.44V 0.60A 3.32V
5.2.2. XRF-A-0-TEC ON		TEC-ONマンド送信 [1A000010]にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit4が1になっていることを確認する。 以下のコマンドを送信し、電流計AIにより電流値を確認する。 x80以上のコマンドは放熱対策が出来ないので、送信しない事。 電流値設定コマンド送信 [1A00006E]にx0040を書き込む]	0.25±0.02A		0.38A 0.52A	
5.2.3. 電流設定		電流値設定コマンド送信 [1A00006E]にx0080を書き込む] <del>電流値設定コマンド送信 [1A00006E]にx00C0を書き込む]</del> <del>電流値設定コマンド送信 [1A00006E]にx00FFを書き込む]</del> 電流値設定コマンド送信 [1A00006E]にx0000を書き込む]	0.50±0.02A <del>0.75±0.02A</del> <del>1.00±0.02A</del>		A A A	+12V電源の 増加がある。 0.06A 0V
5.2.4. XRF-A-0-TEC OFF		TEC-OFFコマンド送信 [1A000012]にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit4が0になっていることを確認する。	リレー音有り		合・否 音, 2A 合・否	
5.2.5. XRF-A-0-TEC		TEC-COOLコマンド送信 [1A00001E]にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit5が1になっていることを確認する。	リレー音無し		2A 合・否 0A	
5.2.6. XRF-A-0-ANL		TEC-ANNEALコマンド送信 [1A000020]にx0000を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit5が0になっていることを確認する。	リレー音有り		合・否	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 8 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
5.3. XRF-A1 コマンド		TC-OBCのモニターモードを使って、ペルチェ制御関係の確認をおこなう。				
5.3.1. TEC-CURRENT ENA/DIS		TEC許可コマンド送信 [1A000040にx000Fを書き込む]				
5.3.2. XRF-A-1-TEC ON		TEC-ONコマンド送信 [1A000014にx000Fを書き込む] リレー音を確認する。				
5.3.3. 電流設定		[1A000102の値を読む] bit2が1になっていることを確認する。 以下のコマンドを送信し、電流計AIにより電流値を確認する。 x80以上のコマンドは放熱対策が出来ないので、送信しない事。 電流値設定コマンド送信 [1A000070にx0040を書き込む]	参考値 0.25±0.02A 0.50±0.02A 0.75±0.02A 1.00±0.02A		音 0E (合)・否 0.32 A 0.35 0.54A 0.55A 0.0A A	0.37A 2.04V 0.58A 3.18V 0.06A +12V電源の増加がある。
5.3.4. XRF-A-1-TEC OFF		電流値設定コマンド送信 [1A000070にx0080を書き込む] 電流値設定コマンド送信 [1A000070にx00C0を書き込む] 電流値設定コマンド送信 [1A000070にx00FFを書き込む] 電流値設定コマンド送信 [1A000070にx0000を書き込む] TEC-OFFコマンド送信 [1A000018にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit2が0になっていることを確認する。	0.00±0.02A リレー音有り		0.0 A (合)・否 音 000A	
5.3.5. XRF-A-1-TEC		TEC-COOLコマンド送信 [1A000022にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit3が1になっていることを確認する。	リレー音無し		(合)・否 000A (合)・否 音 0002	
5.3.6. XRF-A-1-ANL		TEC-ANNEALコマンド送信 [1A000024にx0000を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit3が0になっていることを確認する。	リレー音有り		(合)・否	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 9 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
5. 4. SOL-Cコマンド						
5. 4. 1. TEC-CURRENT ENA/DIS		TEC許可コマンド送信 [1A000040にx0005を書き込む]				
5. 4. 2. SOL-C-TEC ON		TEC-ONコマンド送信 [1A00001Aにx000Fを書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit0が1になっていることを確認する。 以下のコマンドを送信し、電流計A1により電流値を確認する。 x80以上のコマンドは放熱対策が出来ないので、送信しない事。 電流値設定コマンド送信 [1A000072にx0040を書き込む]	参考値 0. 2 5 ± 0. 0 2 A		音, 0003 合・否 1.30A 0.52V	
5. 4. 3. 電流設定		電流値設定コマンド送信 [1A000072にx0080を書き込む]	0. 5 0 ± 0. 0 2 A		0.29 A 0.47 A	1.51A 0.86V
		電流値設定コマンド送信 [1A000072にx00C0を書き込む]	0. 7 5 ± 0. 0 2 A		A	+5V電源の増加がある。
		電流値設定コマンド送信 [1A000072にx00FFを書き込む]	1. 0 0 ± 0. 0 2 A		A	
5. 4. 4. SOL-C-TEC OFF		電流値設定コマンド送信 [1A000072にx0000を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit0が0になっていることを確認する。	0. 0 0 ± 0. 0 2 A		0 A 合・否 音 0002	
5. 4. 5. SOL-C-TEC		TEC-COOLコマンド送信 [1A000026にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit1が1になっていることを確認する。	リレー音有り		合・否 音 0002	
5. 4. 6. SOL-C-ANL		TEC-ANNEALコマンド送信 [1A000028にx0000を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000102の値を読む] bit1が0になっていることを確認する。	リレー音有り		合・否 音 0000 合・否	

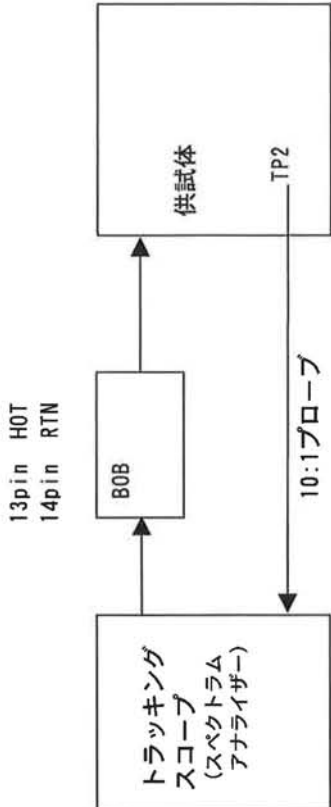


X R S 低 温 試 験 供 試 体 検 査 実 施 要 領					( 1 0 / )	
番号	検 査 項 目	試 験 項 目 ・ 測 定 方 法	規 格 値	適 用	検 査 結 果	備 考
6 .	ヒータ関係コマンド	XRS-E-CのJ3コネクタにBleak out Box (BOB)を接続する。				
6.1.	セットアップ	<div></div>			参考データ	
		BOBの以下のラインにヒータの代品として抵抗器 (抵抗値230Ω程度) を接続する。抵抗値は参考データとして右欄に記録する。			SOL-C-HTR	
		J3-49 SOL-BC-HTR-HOT J3-48 -12VDC			<u>220Ω</u>	
		J1の指定コンタクトにケーブル付き端子を接続し、ヒータの代品として抵抗器 (抵抗値230Ω程度) を接続する。抵抗値は参考データとして右欄に記録する。			XRF-A0-HTR	
		J1-55 XRF-A0-HOT J1-53 -12VDC			<u>220Ω</u>	

X R S 低温試験供試体 検査実施要領					( 11 / )	
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	検査結果	備考
6. 2. ヒータ関係コマンド						
6. 2. 1. XRF-A HEATER-ENA		HTR許可コマンド送信 [1A000032にx0001を書き込む]			高, 000G 合・否 55 mA	規格外れ は220mA 抵抗を 使用した -1.0A 12.11V
6. 2. 2. XRF-A-HEATER-ON		HTR-ONマンド送信 [1A00002Aにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit2が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	52 ± 2 mA		高, 000B 合・否 54.9 mA	-12V電源の 増加がある。
6. 2. 3. XRF-A-HEATER-OFF		HTR-OFFマンド送信 [1A00002Cにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit2が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	0 ± 2 mA		高, 0008 合・否 0 mA	
6. 2. 4. SOL-BC HEATER-ENA		HTR許可コマンド送信 [1A000032にx0003を書き込む]				
6. 2. 5. SOL-BC HEATER-ON		HTR-ONマンド送信 [1A00002Eにx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit0が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	52 ± 2 mA		高, 000A 合・否 0 mA	12.09V
6. 2. 6. SOL-BC HEATER-OFF		HTR-OFFマンド送信 [1A000030にx0001を書き込む] リレー音を確認する。 [1A000104の値を読む] bit0が1になっていることを確認する。 電流計の電流値が規格値通りであることを確認する。	0 ± 2 mA			

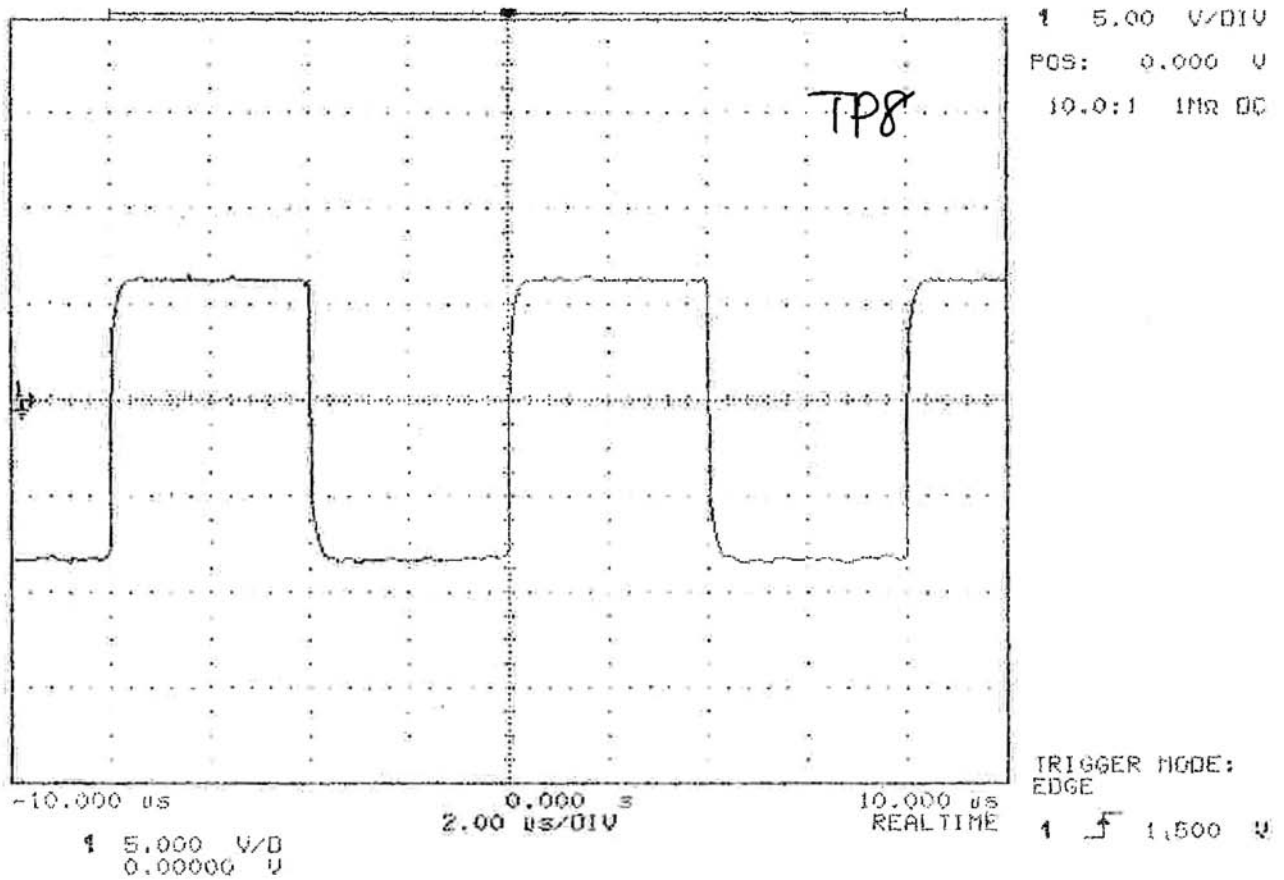


X R S 低温試験供試体 検査実施要領				
番号	検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用
( 12 / )				
			検査結果	備考
7. ADCノイズレベル測定				
7.1. モニターモードデータ評価		モニターモードSOL-C選択コマンド送信 [1AFFFFFFにx0005を書き込む]		
7.2. SRAMデータ評価		メモリアイトモードにする [1A000050にx0000を書き込む] [1A000052にx0002を書き込む] [1A000054にx0003を書き込む] ドライブ周波数125kHz、ピニング16 [1A000056にx0001を書き込む] [1A000058にx0001を書き込む] [1A000044にx0000を書き込む] [1A000064にx0000を書き込む] [1A200000～1A220800] をダンプし、CCDのデータを取得する。 [1A000064にx0060を書き込む] [1A200000～1A220800] をダンプし、CCDのデータを取得する。 [1A000064にx0090を書き込む] [1A200000～1A220800] をダンプし、CCDのデータを取得する。	x0150程度の値 x00A0程度の値 x0020程度の値	x0150 x00A0 x0020 合・否

X R S 低温試験供試体 検査実施要領				
番号 検査項目	試験項目・測定方法	規格値	適用	( 1 3 / ) 検査結果 備考
8. ADC入力段特性測定	<p>下記の設定により、供試体のADCの入力部の周波数特性を測定する。 計測範囲は、0～10MHzとする。</p>  <p>以下の2通りについて、データを写真等で記録する。  (1) トラッキングスコープ出力をONしたとき  (2) トラッキングスコープ出力をOFFしたとき</p>			

Printed: 08 SEP 2006 at 13:55:04

hp RUNNING



Channel	Sensitivity	Position	Probe	Coupling	Impedance
1	5.00 V/div	0.00000	V 10:1	dc	1M ohm

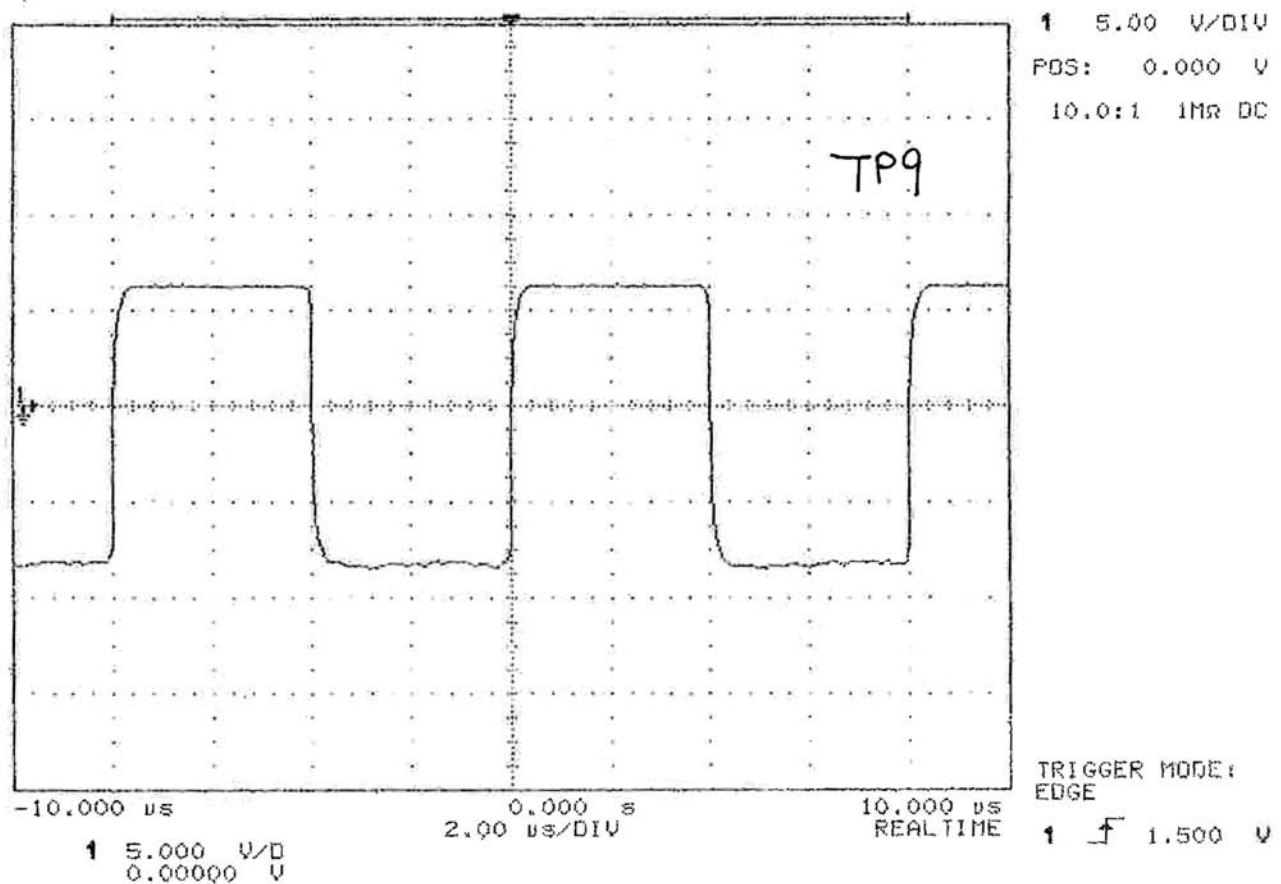
```

Trigger Mode: Edge
On the Positive Edge of Channel1
Trigger Level(s)
Channel1 = 1.50000 V (noise reject OFF, coupling DC)
Holdoff = 40.000 ns

```

Printed: 08 SEP 2006 at 13:56:09

hp RUNNING



	Sensitivity	Position	Probe	Coupling	Impedance
Channel 1	5.00 V/div	0.00000 V	10:1	dc	1M ohm

Trigger Mode: Edge

On the Positive Edge of Channel1

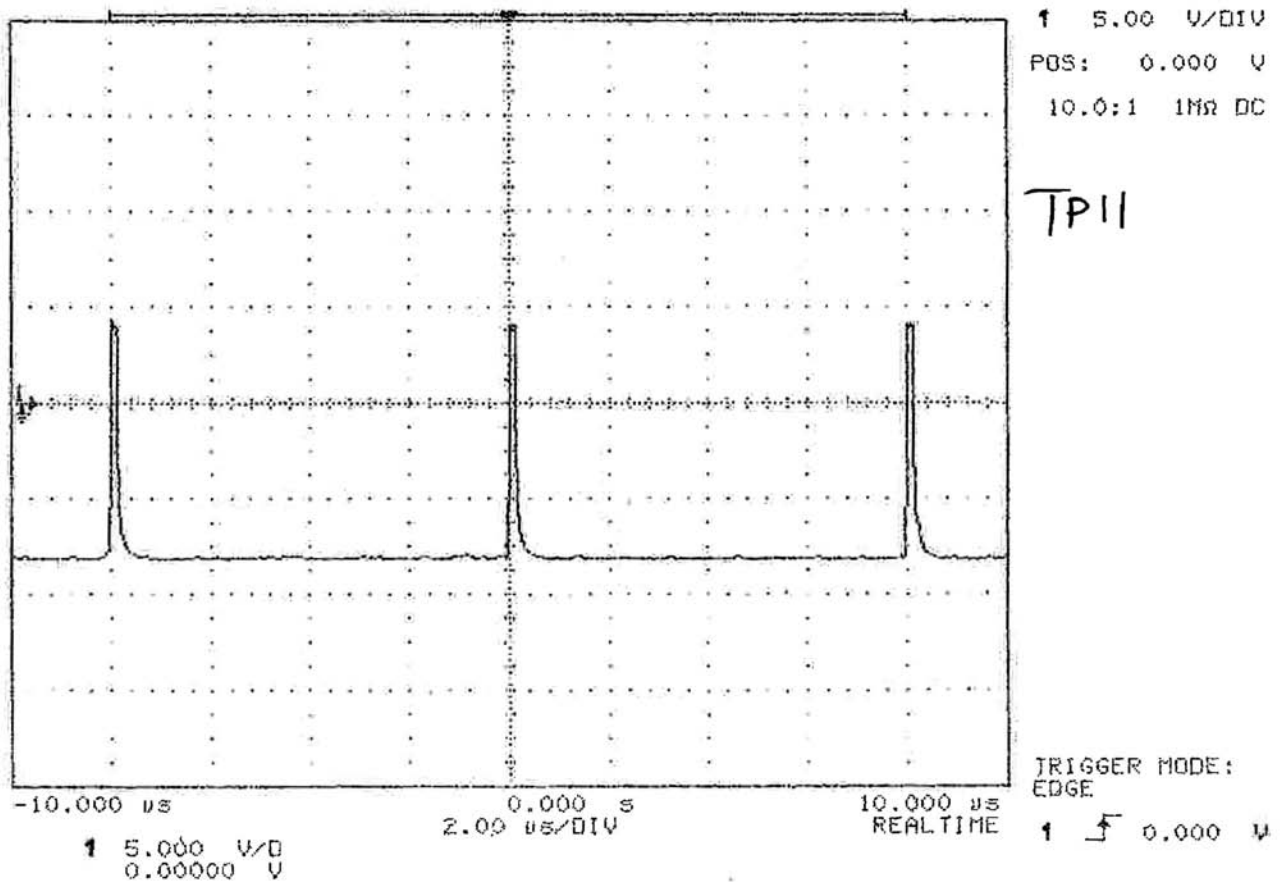
Trigger Level(s)

Channel1 = 1.50000 V (noise reject OFF, coupling DC)

Holdoff = 40.000 ns

Printed: 08 SEP 2006 at 14:00:54

Ap RUNNING



	Sensitivity	Position	Probe	Coupling	Impedance
Channel 1	5.00 V/div	0.00000 V	10:1	dc	1M ohm

Trigger Mode: Edge

On the Positive Edge of Channel1

Trigger Level(s)

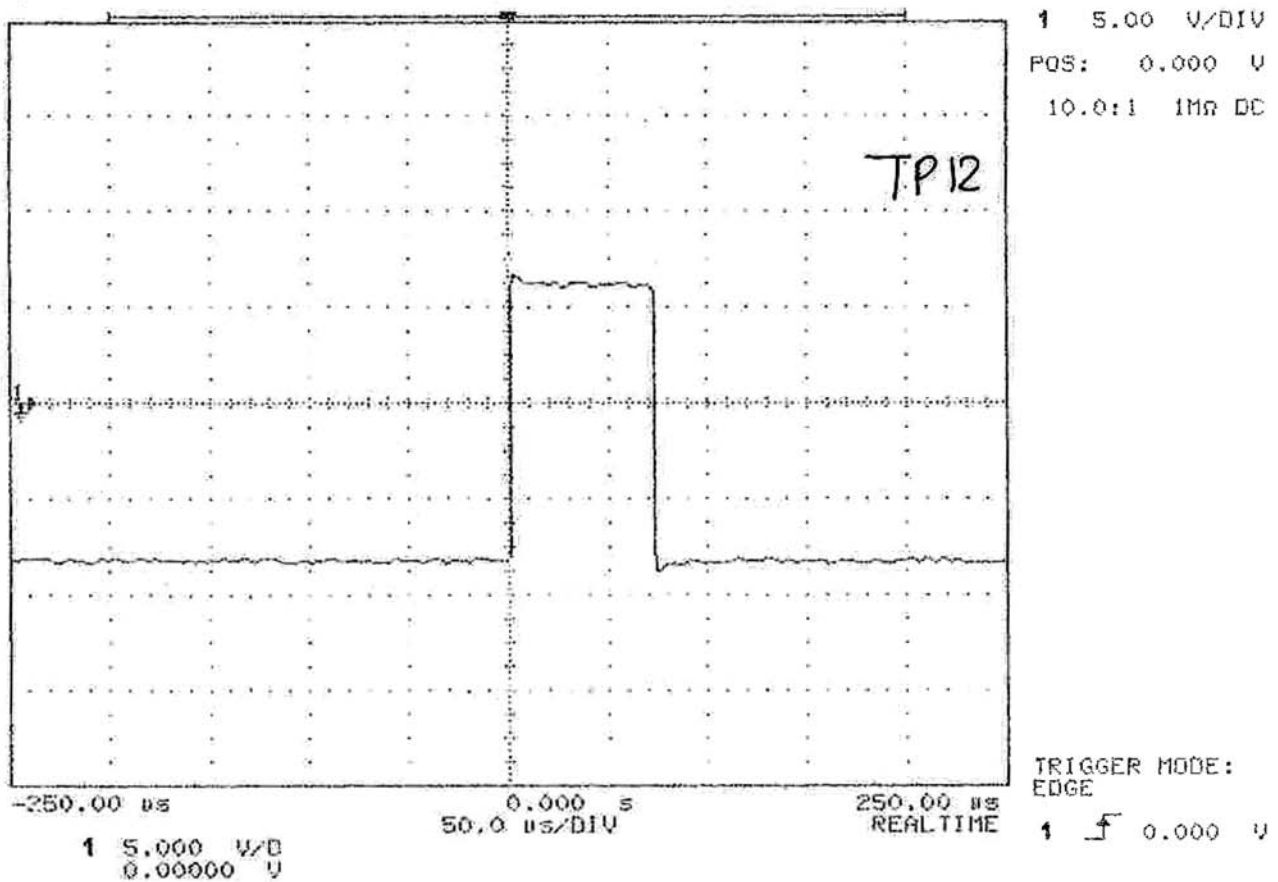
Channel1 = 0.00000 V (noise reject OFF, coupling DC)

Holdoff = 40.000 ns



Printed: 09 SEP 2006 at 14:04:27

hp RUNNING

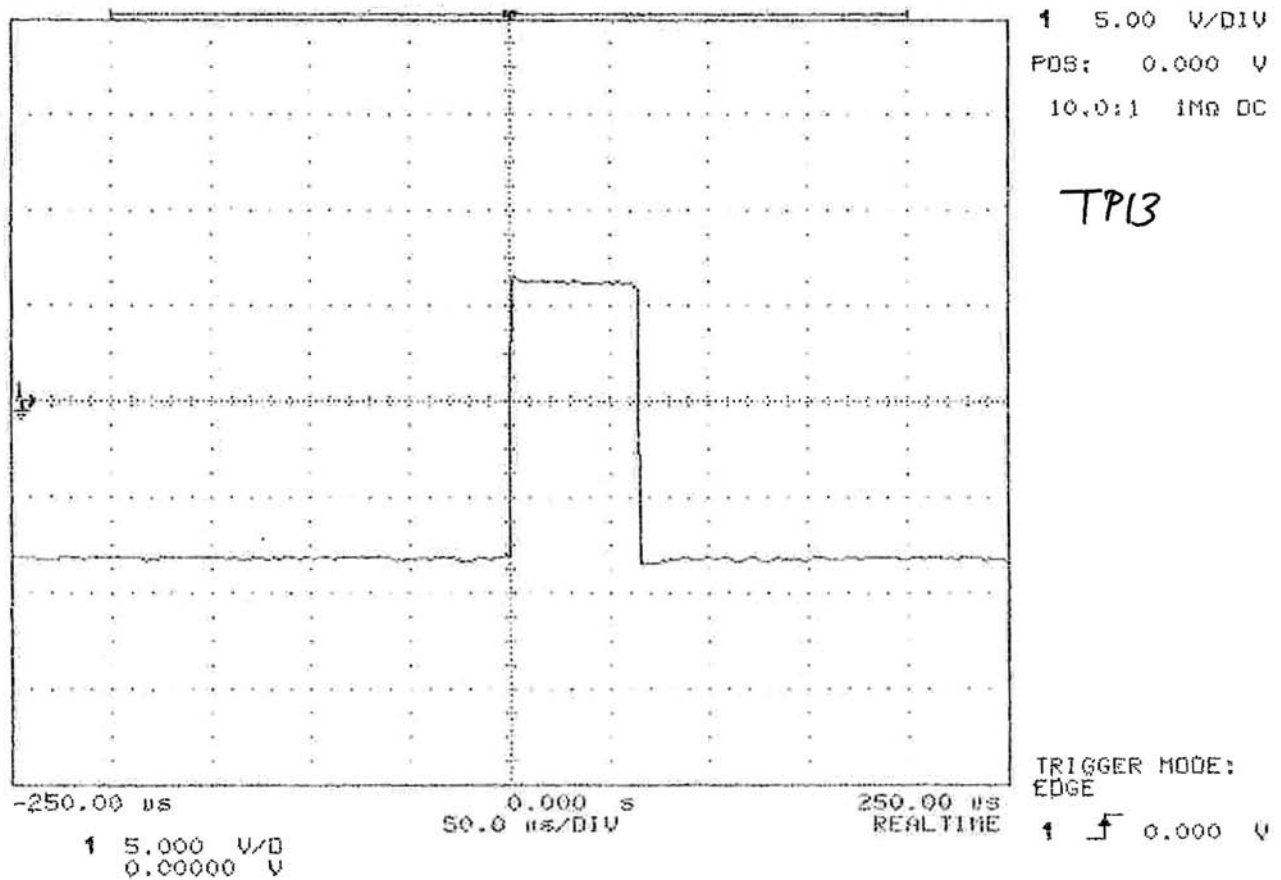


	Sensitivity	Position	Probe	Coupling	Impedance
Channel 1	5.00 V/div	0.00000 V	10:1	dc	1M ohm

Trigger Mode: Edge  
On the Positive Edge of Channel1  
Trigger Level(s)  
Channel1 = 0.00000 V (noise reject OFF, coupling DC)  
Holdoff = 40.000 ns

Printed: 08 SEP 2006 at 14:05:49

hp RUNNING

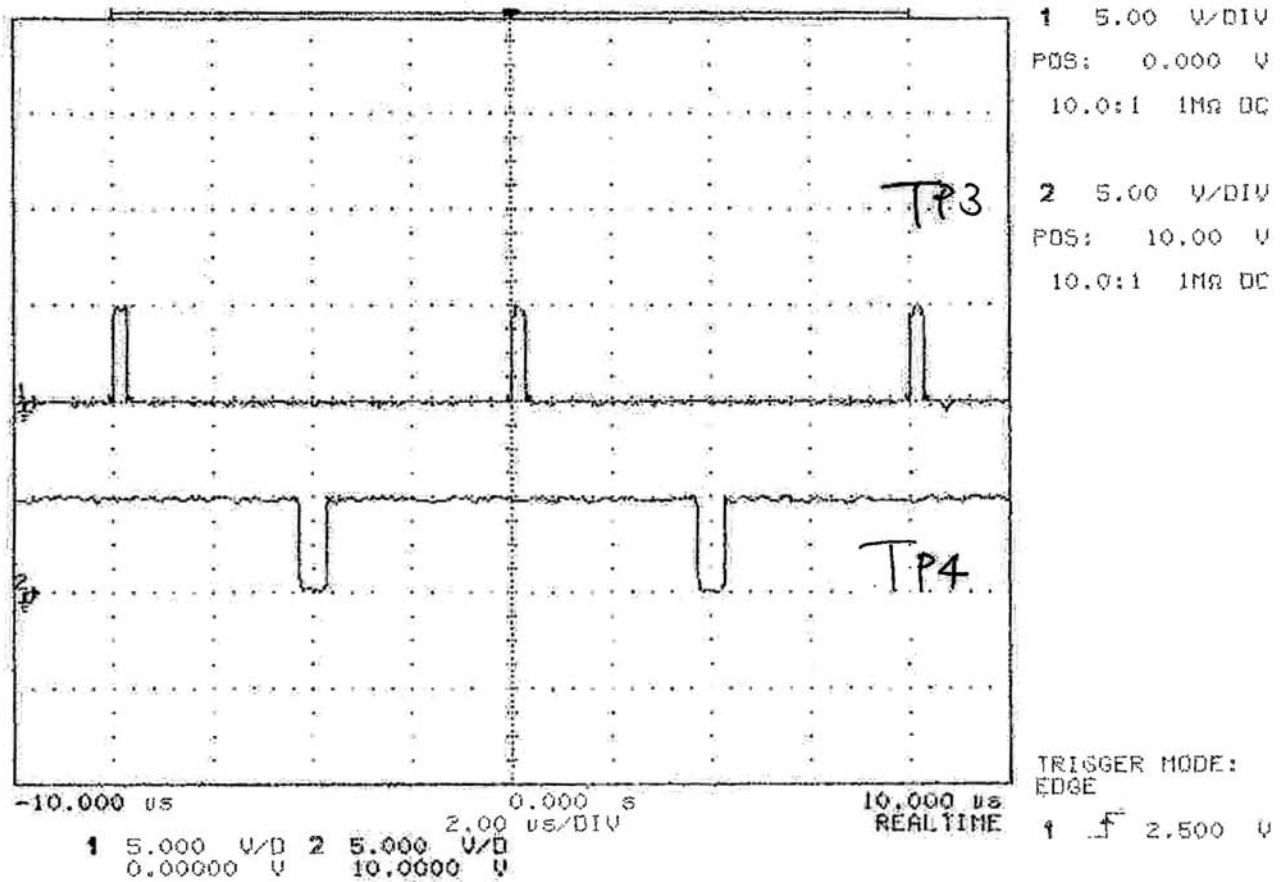


Channel	Sensitivity	Position	Probe	Coupling	Impedance
Channel 1	5.00 V/div	0.00000 V	10:1	dc	1M ohm

Trigger Mode: Edge  
On the Positive Edge of Channel1  
Trigger Level(s)  
Channel1 = 0.00000 V (noise reject OFF, coupling DC)  
Heldoff = 40.000 ns

Printed: 08 SEP 2006 at 14:22:54

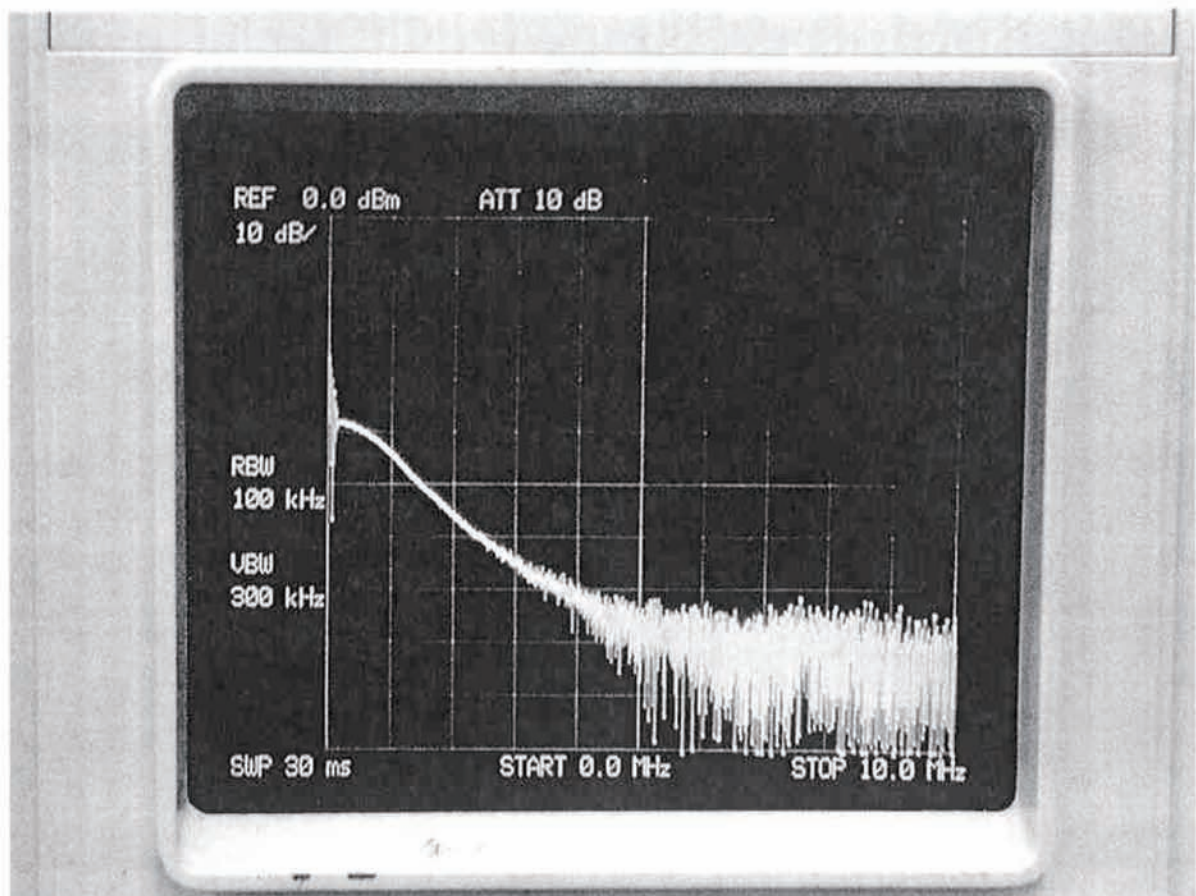
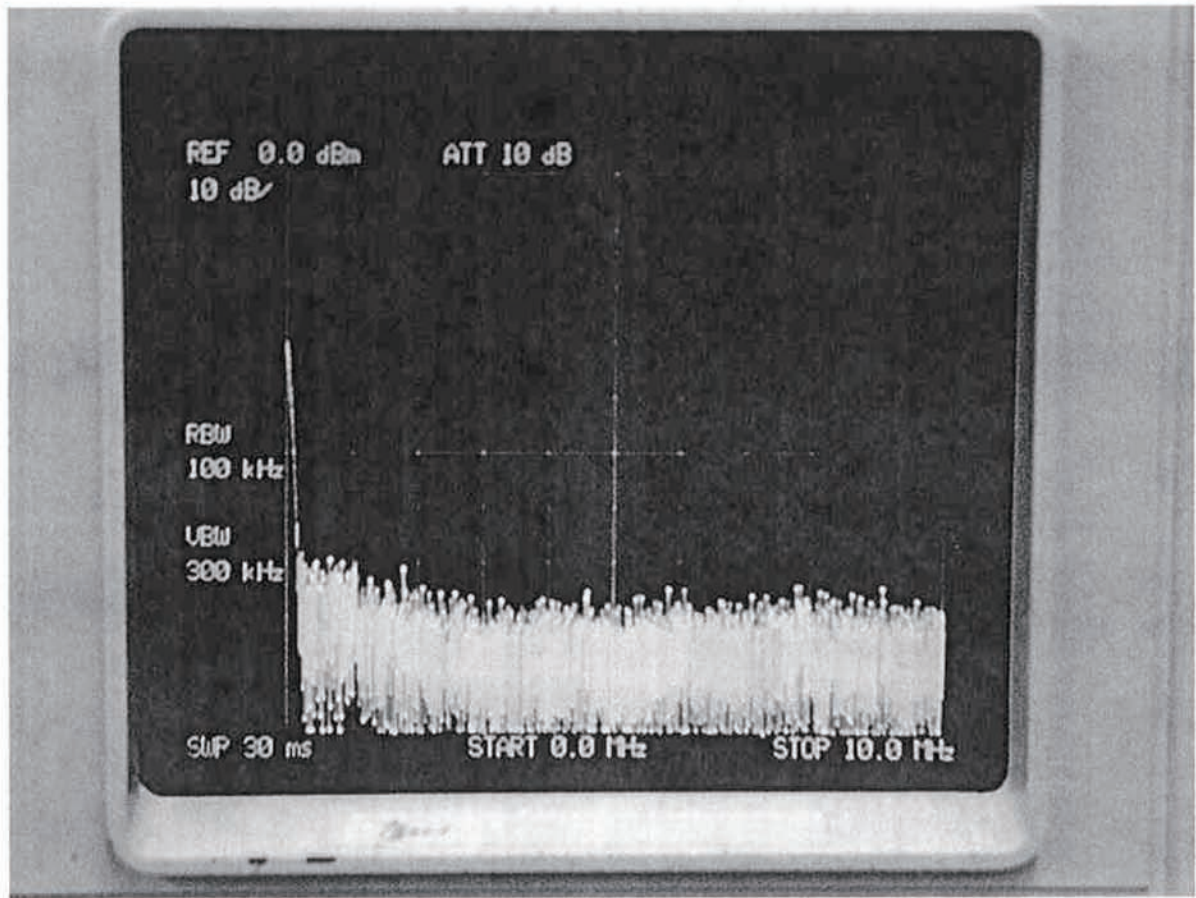
RUNNING



	Sensitivity	Position	Probe	Coupling	Impedance
Channel 1	5.00 V/div	0.00000 V	10:1	dc	1M ohm
Channel 2	5.00 V/div	10.0000 V	10:1	dc	1M ohm

Trigger Mode: Edge  
 On the Positive Edge of Channel 1  
 Trigger Level(s)  
 Channel 1 = 2.50000 V (noise reject OFF, coupling DC)  
 Holdoff = 40.000 ns









## 6-6 CCTVレンズの真空低温試験の性能評価について

JAXA 片山 保宏

## CCTVレンズの真空低温試験（第2回目）の性能評価について

### 1. 概要

第2回目の低温真空試験の実施前後でレンズの性能の変化についての評価を行った。第1回試験で用いたレンズを引き続き用いており、第1回試験時と同じ評価を行う。

試験の実施前後でキャリブレーション用の画像を撮影して、レンズの幾何学的特性と光学的特性の比較を行った。これは、試験の影響により、レンズ形状の変化やレンズの表面コーティングや屈折率の変化が発生することが考えられるからである。

レンズ特性の評価を比較した結果、レンズ特性の大きな変化は見られなかった。今回の真空低温試験では、レンズ性能の劣化はないと思われる。

### 2. 実験環境について

真空低温試験の前後で、カメラや照明装置位置を変えないようにした撮影環境で、キャリブレーション画像の撮影条件が変わらないよう配慮している。評価を行ったレンズは、一般的な固定焦点CCTVレンズであり、手動でフォーカス（ピント）とアイリス（絞り）が調整できる。実験では、フォーカスおよびアイリスをねじ式ロック機構でしっかりと固定している。

また、以下の点を考慮した評価を行っている。レンズの取外しや取付けによるずれや、キャリブレーション器具の配置ずれを考慮し、位置ずれに関するカメラパラメータは評価していない。また、照明装置の位置ずれによる照明条件の変化を考慮し、画素の濃淡値の絶対的な評価を行っていない。

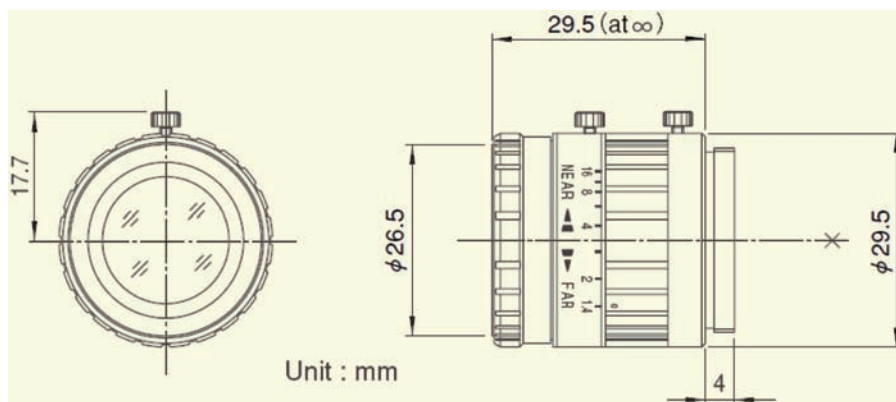
使用したレンズは、FUJINON HF16HA-1B（図1）であり、カメラはSONY DFW-SX900（図2）である。また、キャリブレーション器具を撮影した低温真空試験前後の画像を図3～6に示す。



外観

レンズの主な仕様

焦点距離	16 [mm]
画角 (H×V)	22° 37' × 17° 04'
マウント	C
質量	45 [g]



外形寸法

図1：レンズ（FUJINON HF16HA-1B）の外観と主な仕様

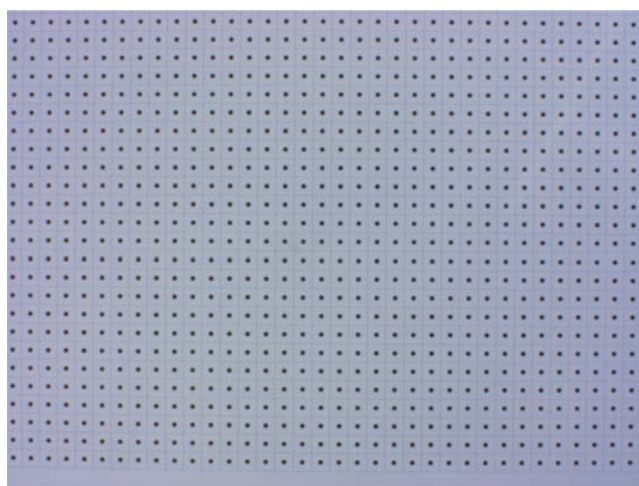


外観

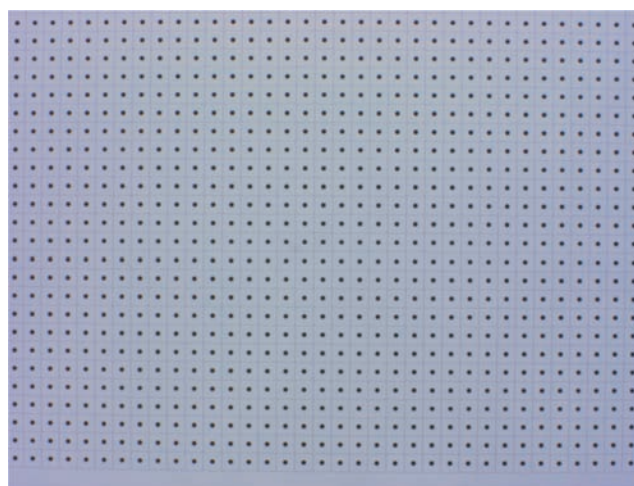
カメラ仕様

撮像素子	1/2型PS CCD
画像サイズ	1280 (H) × 960 (V)
フレームレート	3.75、7.5フレーム/秒
質量	45 [g]
外形寸法	55 (W) × 50 (H) × 110 (D) mm
質量	250 [g]

図2：カメラ（SONY DFW-SX900）の外観と主な仕様

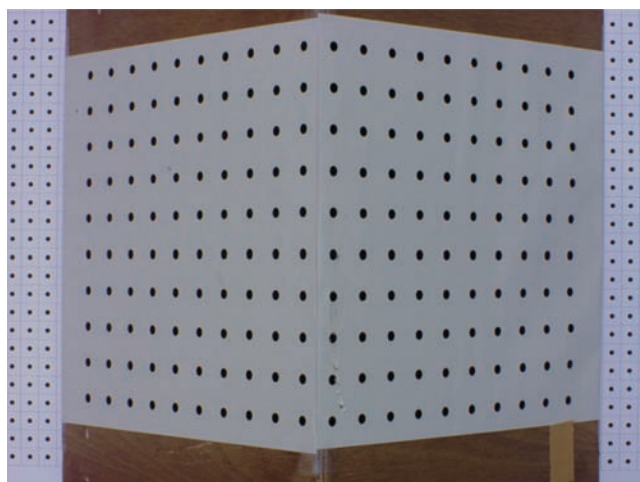


試験実施前

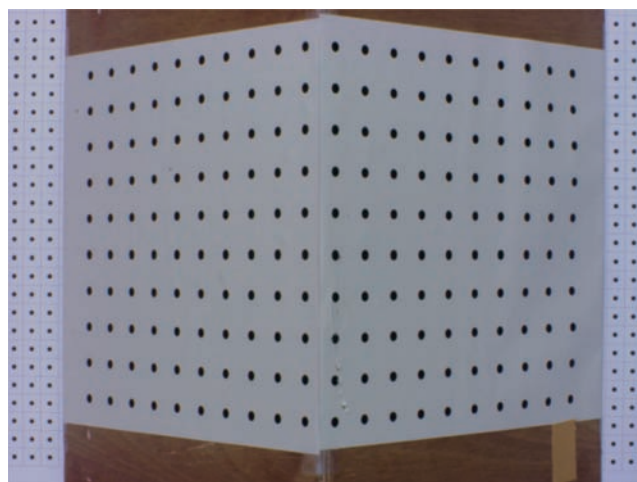


試験実施後

図3：平面ドットパターン（幾何学的キャリブレーション用）

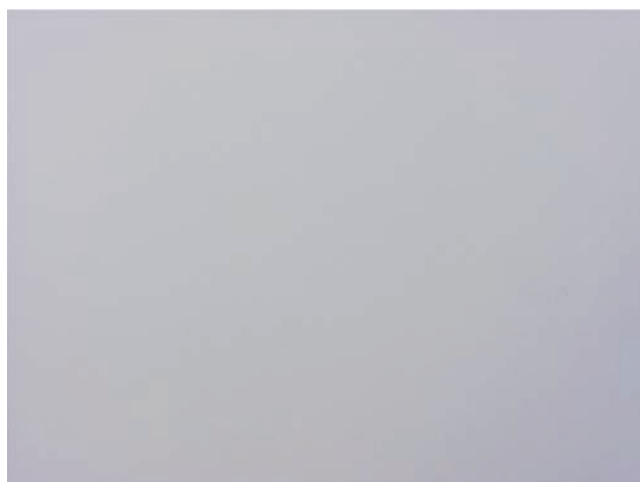


試験実施前

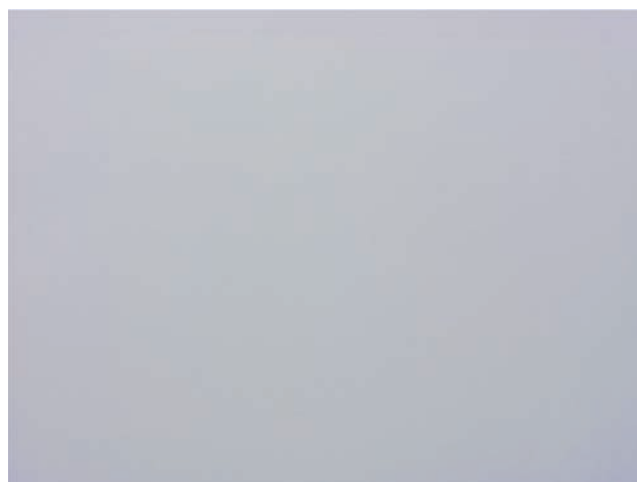


試験実施後

図4：空間ドットパターン（幾何学的キャリブレーション用）



試験実施前



試験実施後

図5：単色平面（光学的キャリブレーション用）白紙を撮影

### 3. レンズの幾何学的特性の比較

低温真空試験の前後で、レンズの幾何学的特性の変化を比較する。幾何学的特性として、レンズ歪みと内部パラメータ（焦点距離など）の計測を行ったが、試験の前後の値の差は見られなかった。今回の試験では、レンズの幾何学的特性の変化はないと思われる。以下に実験の詳細を示す。

#### 3.1. レンズ歪みについて

平面ドットパターンの画像を利用してレンズ歪みの推定を行う。ドットの中心を画像処理により抽出し、空間中の直線は画像面でも直線となる性質に基づき、直線となるべき点群を指定する。そして、下の一般的な歪みモデルを利用して、直線性の評価による非線形最適化によってレンズ歪みパラメータを推定する。

・ Wengのレンズ歪みモデル

歪み中心 ( $u_0, v_0$ ) からの補正分  $\delta u$   $\delta v$  を次式で表す。

$$\begin{aligned}\delta_u &= \kappa_1 u(u^2 + v^2) + p_1(3u^2 + v^2) + 2p_2 uv + s_1(u^2 + v^2) \\ \delta_v &= \kappa_1 v(u^2 + v^2) + 2p_1 uv + p_2(u^2 + 3v^2) + s_2(u^2 + v^2)\end{aligned}$$

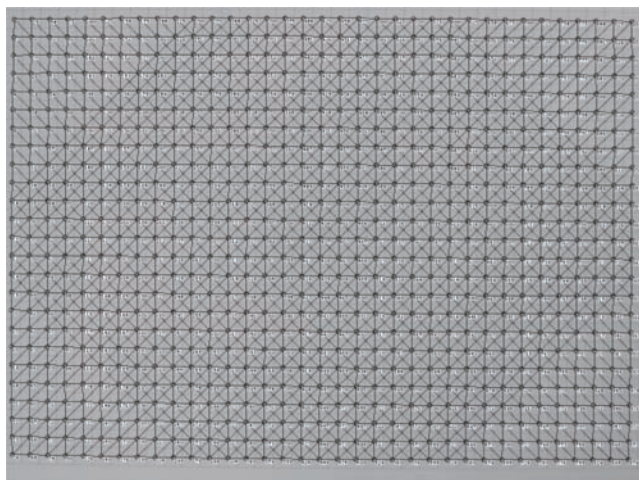
$\kappa_1$ 、 $p_1$ 、 $p_2$ 、 $s_1$ 、 $s_2$ 、( $u_0, v_0$ ) がレンズ歪みパラメータとなる。

表1に得られたレンズ歪みパラメータを示す。また、図6にレンズ歪み推定の結果を示す。実験で用いたレンズは、レンズ歪みの小さい高性能のものであったが、画像の中央が盛上る"たる型"歪みが観測できた。パラメータに若干の違いはあるが、表1や図6 (c)、(c') から分かるように試験の前後のレンズ歪はほぼ同じである。

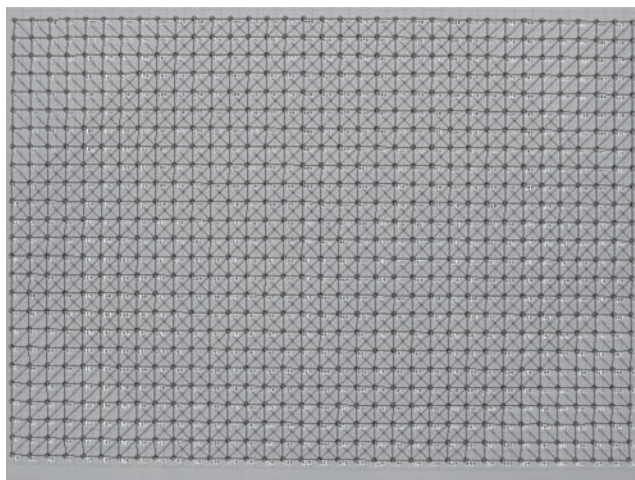
表1：得られたレンズ歪みパラメータ

パラメータ	試験前	試験後	前後比前後比（前／後）
$\kappa_1$	2.726E-08	2.740E-08	0.994834
$p_1$	-1.074E-06	-1.246E-06	0.861632
$p_2$	-2.170E-07	-3.152E-07	0.688390
$s_1$	8.947E-08	9.114E-08	0.981658
$s_2$	9.736E-08	1.022E-07	0.952815
$u_0$	646.829	648.219	0.997855
$v_0$	481.082	480.351	1.001522

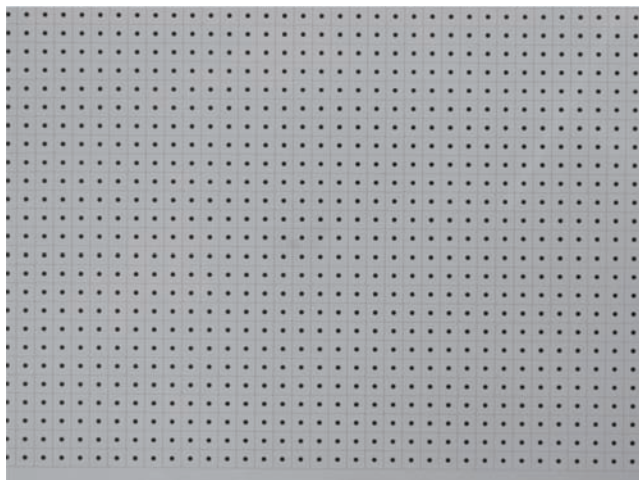




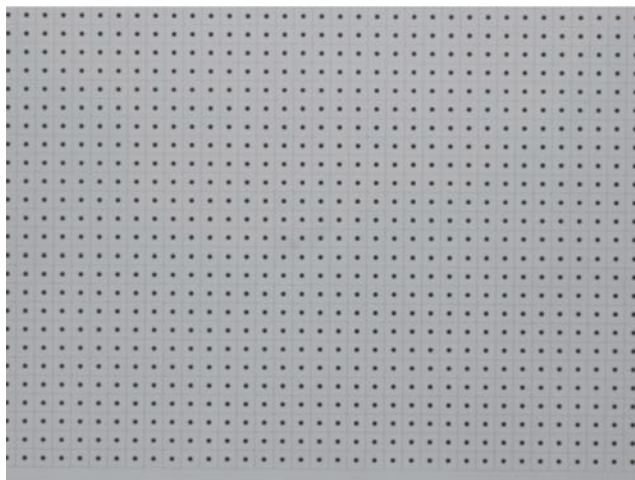
(a) レンズ歪み推定のための直線群



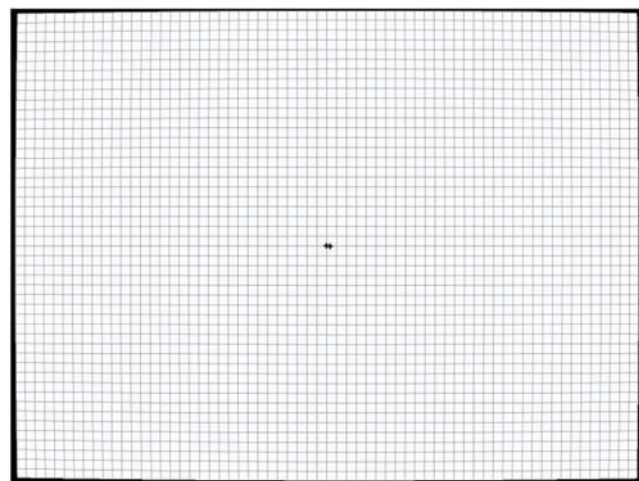
(a') レンズ歪み推定のための直線群



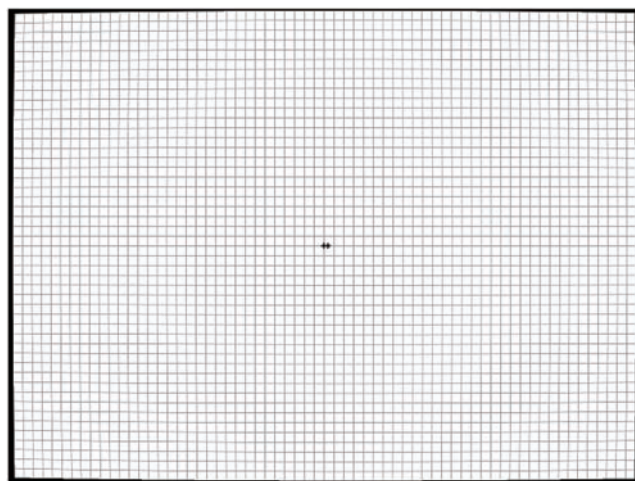
(b) レンズ歪み補正画像



(b') レンズ歪み補正画像



(c) 原画像上のレンズ歪み



(c') 原画像上のレンズ歪み

図6：レンズ歪みの推定（左列：試験前、右列：試験後）

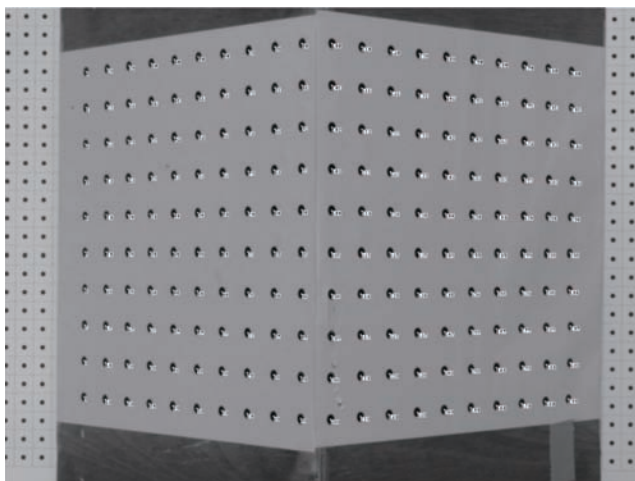
### 3.2. 内部パラメータについて

空間ドットパターンの画像を利用してレンズのカメラパラメータのキャリブレーションを行う。ドットの中心を画像処理により抽出し、ドットの空間位置からまず透視投影行列 (P) を推定し、外部パラメータ行列 ([Rlt]) と内部パラメータ行列 (A) に分解する。外部パラメータは、カメラの位置姿勢に関する6個のパラメータであり、レンズの幾何学的特性とは直接の関係がない。一方、内部パラメータは、レンズの特性に関係の深い5個のパラメータである。5個のパラメータは、1) (焦点距離／水平撮像セルサイズ)、2) (焦点距離／垂直撮像セルサイズ)、3) 画像座標軸のなす角、4, 5) 光軸と画像面との交点位置 (画像中心) である。1と2は、画像の情報からだけでは分離できないが、撮像セルサイズの設計データを用いることで焦点距離を求めることができる。

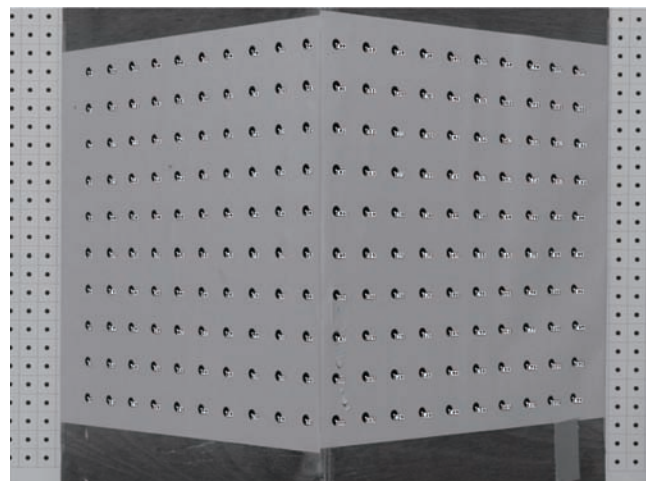
表2に得られた内部パラメータを示す。また、図7にキャリブレーションに用いた抽出した空間ドットに位置を示した画像を示す。表2のパラメータに若干の違いはあるが、試験の前後の内部パラメータはほぼ同じである。

表2：得られた内部パラメータ

パラメータ	試験前	試験後	前後の比 (前／後)
焦点距離／水平撮像セルサイズ	3521.383	3517.297	1.001162
焦点距離／垂直撮像セルサイズ	3911.162	3904.265	1.001767
画像座標軸のなす角	89.7671008	89.78758304	0.999772
水平画像中心	678.147	686.018	0.988527
垂直画像中心	537.763	552.831	0.972744
焦点距離	17.281	17.255	1.001507



試験前



試験後

図7：キャリブレーションに用いた空間ドットの分布状況



#### 4. レンズの光学的特性の比較

低温真空試験の前後で、レンズの光学的特性の変化を比較する。光学的特性として画像のSN比と解像力の比較を行ったが、試験の前後の値の差は見られなかった。今回の試験では、レンズの光学的特性の変化はないと思われる。以下に実験の詳細を示す。

##### 4.1. SN比について

淡色平面の画像を利用して、画質を評価として信号対雑音比であるSN比を求めた。ここでは、SN比として（信号の濃淡レベルの分散） / （雑音の濃淡レベルの分散）を局所領域で求め、画像全域で平均した値を用いた。10フレーム画像について、RGBバンド毎に計算した各値を図8に示す。

図8からわかるように、若干の違いはあるが試験の前後のSN比はほぼ同じである。

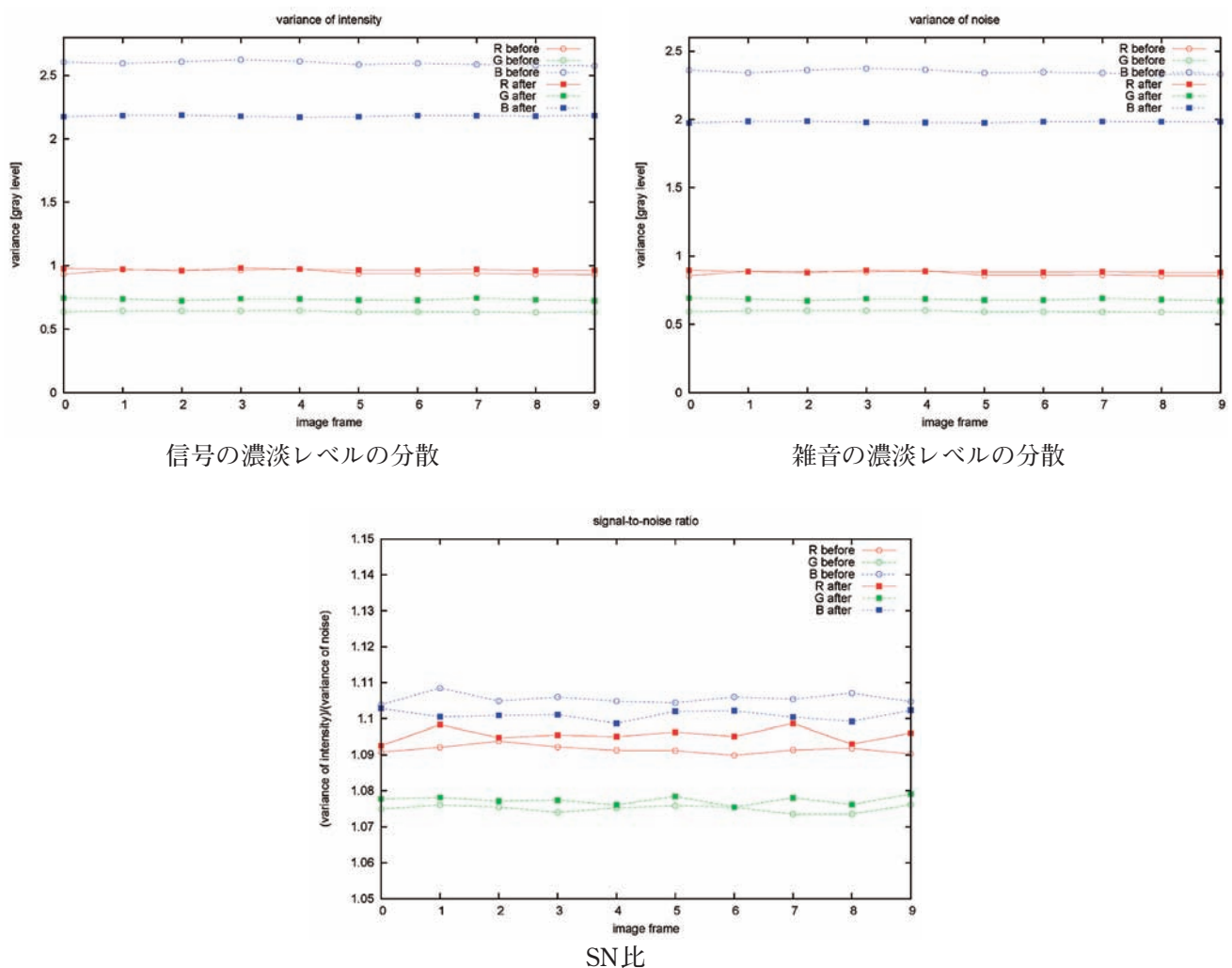


図8：試験前後での雑音の比較（試験前：○、試験後：■）

##### 4.2. 解像力について

平面ドットパターンの画像を利用して、解像力の比較を行った。画像の左上のドットと、中央のドットを切り出し、図9、10を用いて視認による評価を行った。なお、濃淡レベルは補正を行い、相対的な濃淡レベルの分布状況を比べている。

図9、10からわかるように、若干の違いはあるが試験の前後の解像力はほぼ同じである。

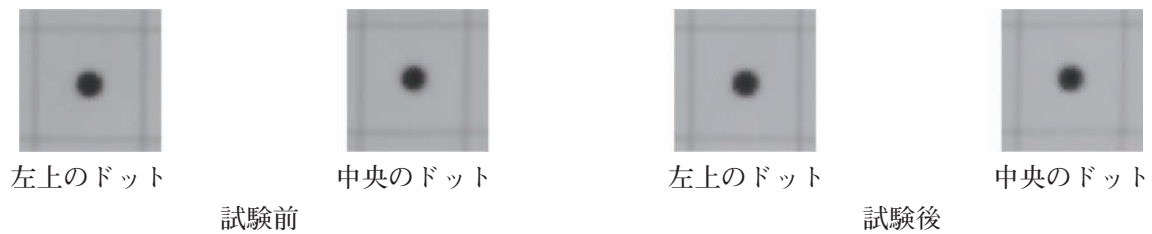


図9：解像力の評価を行った領域

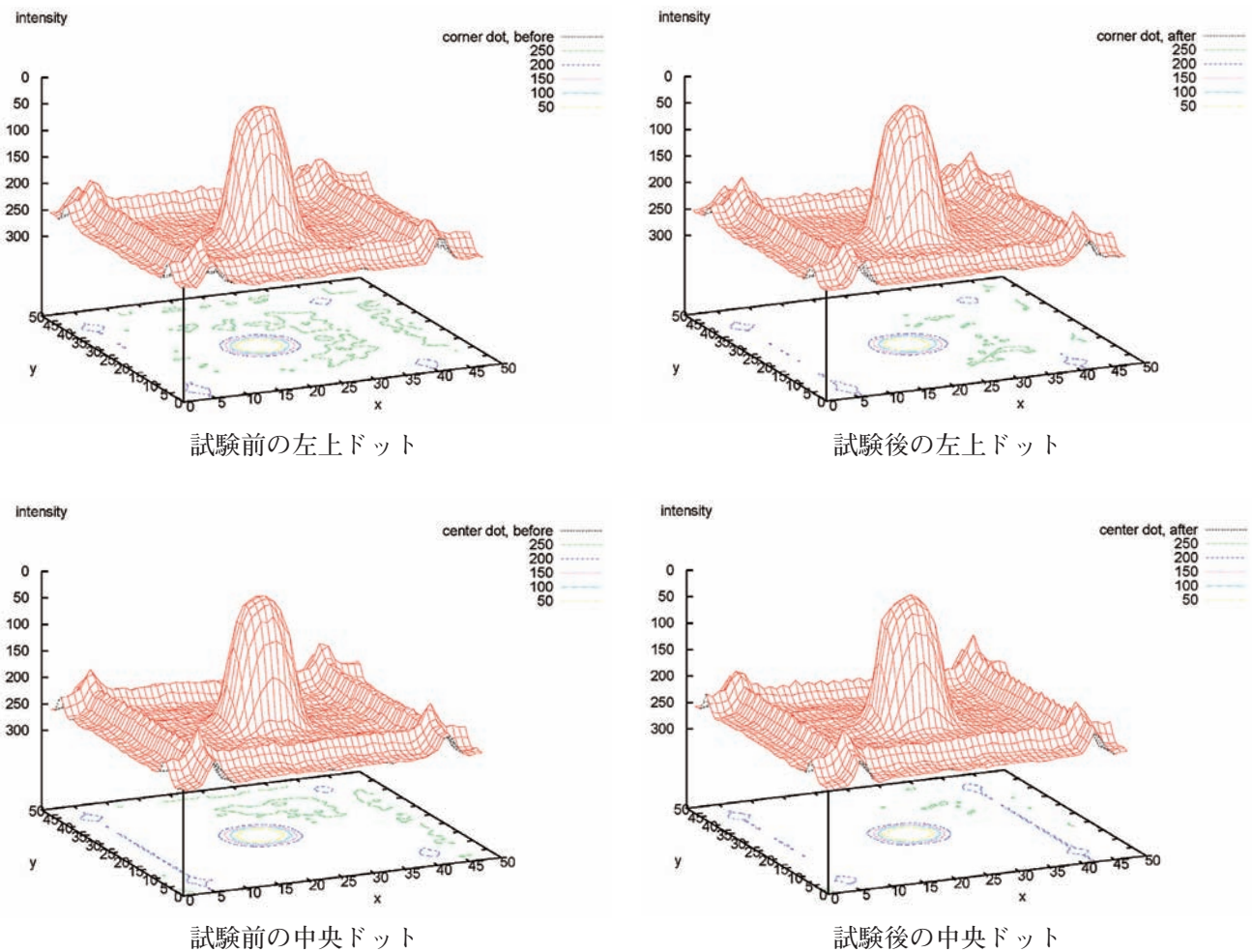


図10：濃淡レベルの3D表示

## 5. その他

真空低温試験後でレンズの外観の視覚確認を行ったが、試験前と変わったところは確認できなかった。

## 6. おわりに

上記の様に、幾何学的特性と光学的特性の比較を行った結果、今回の低温真空試験では、レンズ特性の大きな変化は見られなかった。ただし、第1回目の真空低温試験結果と比べると、第2回目の真空低温試験では、試験前後で値のばらつきが大きくなったことが確認できる。しかし、その量は小さいので、レンズ特性の大きな変化はないと考える。

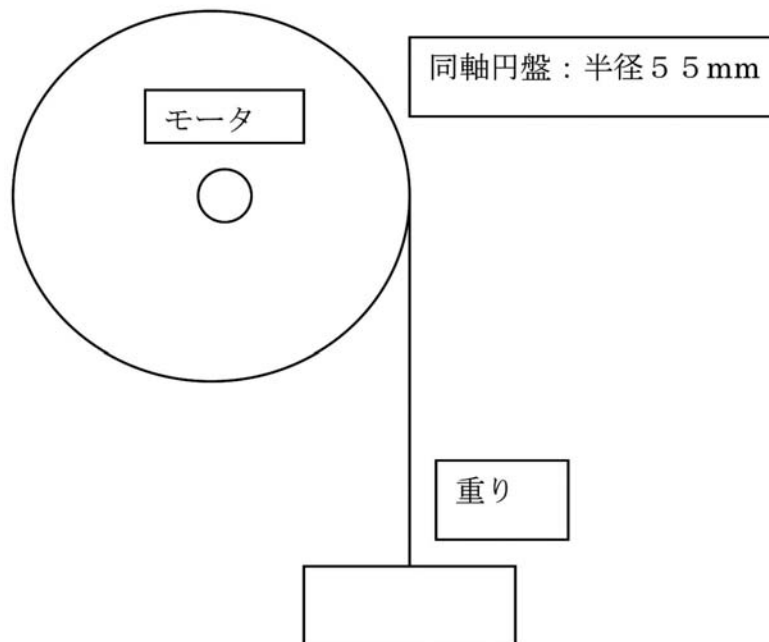




## 6-7 月面環境試験－2の後の真空用DCモータ 特性測定

JAXA 四宮 康雄

## 月面環境試験－2の後の真空用DCモータ特性測定



モータ印加電圧：12.0 (V)

(1) 無負荷時

モータ電流：63 (mA)

回転周期：21.20 (sec)

3回の測定値の平均 (21.10 21.25 21.24)

(2) 0.5kg負荷時

モータ電流：67 (mA)

回転周期：21.59 (sec)

3回の測定値の平均 (21.56 21.64 21.56)

(3) 1kg負荷時

モータ電流：75 (mA)

回転周期：21.90 (sec)

3回の測定値の平均 (21.90 21.90 21.89)

前回の低温試験後の特性データは試験前と変化していなかったなので、それを基準値とし、月面環境試験後のデータを以下の表に示す。

		基準値	低温試験後
モータ電流 (mA)	無負荷	50	63
	0.5kg 負荷	59	67
	1kg 負荷	65	75
回転周期 (sec)	無負荷	20.96	21.20
	0.5kg 負荷	21.32	21.59
	1kg 負荷	21.60	21.90

かなり変化している様なので、グラフにしてみる。その際、負荷をモータのトルクに換算した。

モータの電流特性を図1に、回転周期を図2に示す。

この図からモータ電流は2割程度増加しており、周期も1%程度増えている。これらは、明らかにモータの劣化を示しているが、劣化の程度を数値化するのは難しい。

尚、以上の測定中にモータは異音や異常動作を示す事は無く、正常に作動していた。

月面環境試験－2により、DCモータはモータ電流を2割増加させるような劣化を生じた。

月面環境試験－2における、DCモータの温度履歴を図3，4に示す。

80℃までの高温を12時間、－190℃までの低温を24時間、これを1サイクルとして、1週3サイクル、土日は自然放置し、計2週間の6サイクルの温度試験を実施した。

DCモータは高温、低温の苛酷な環境に晒されていた事がこの図から読み取れるであろう。

以上

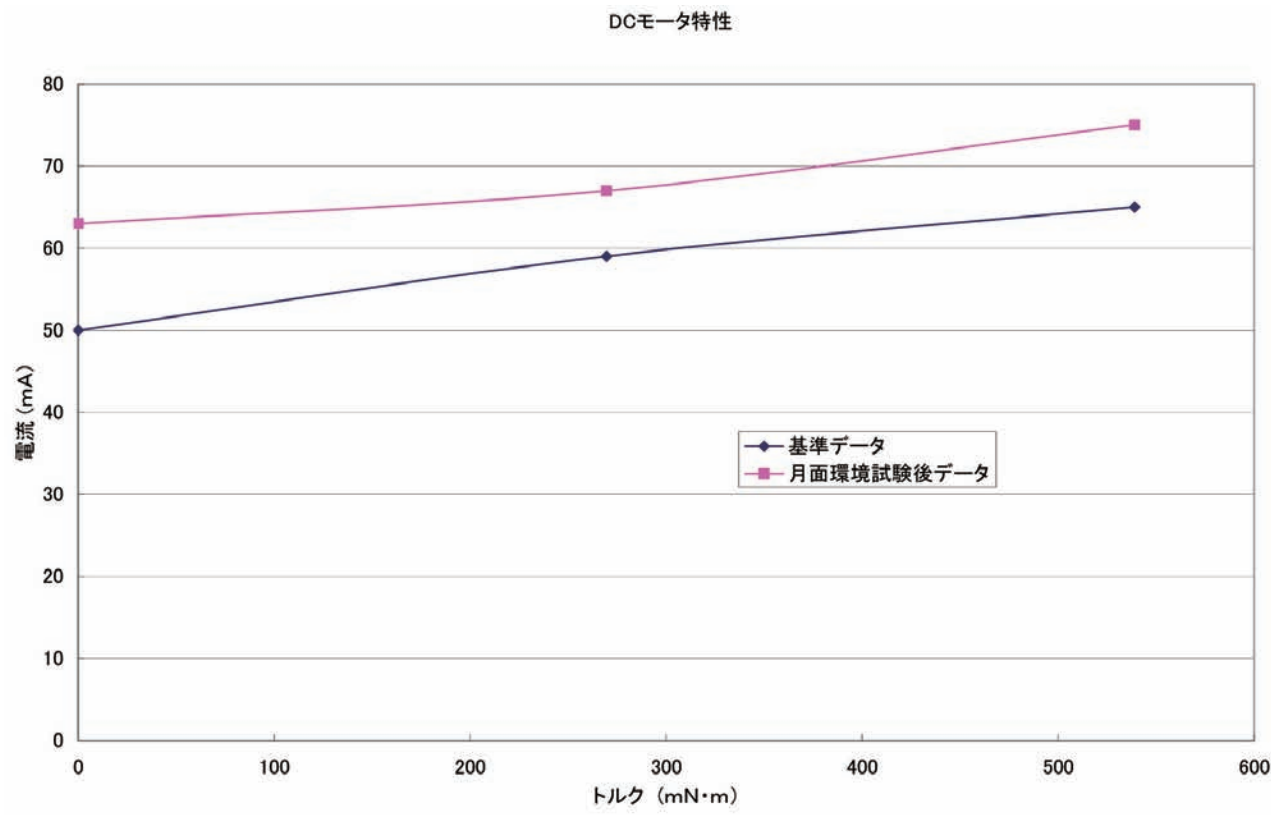


図1 モータ電流—トルク特性

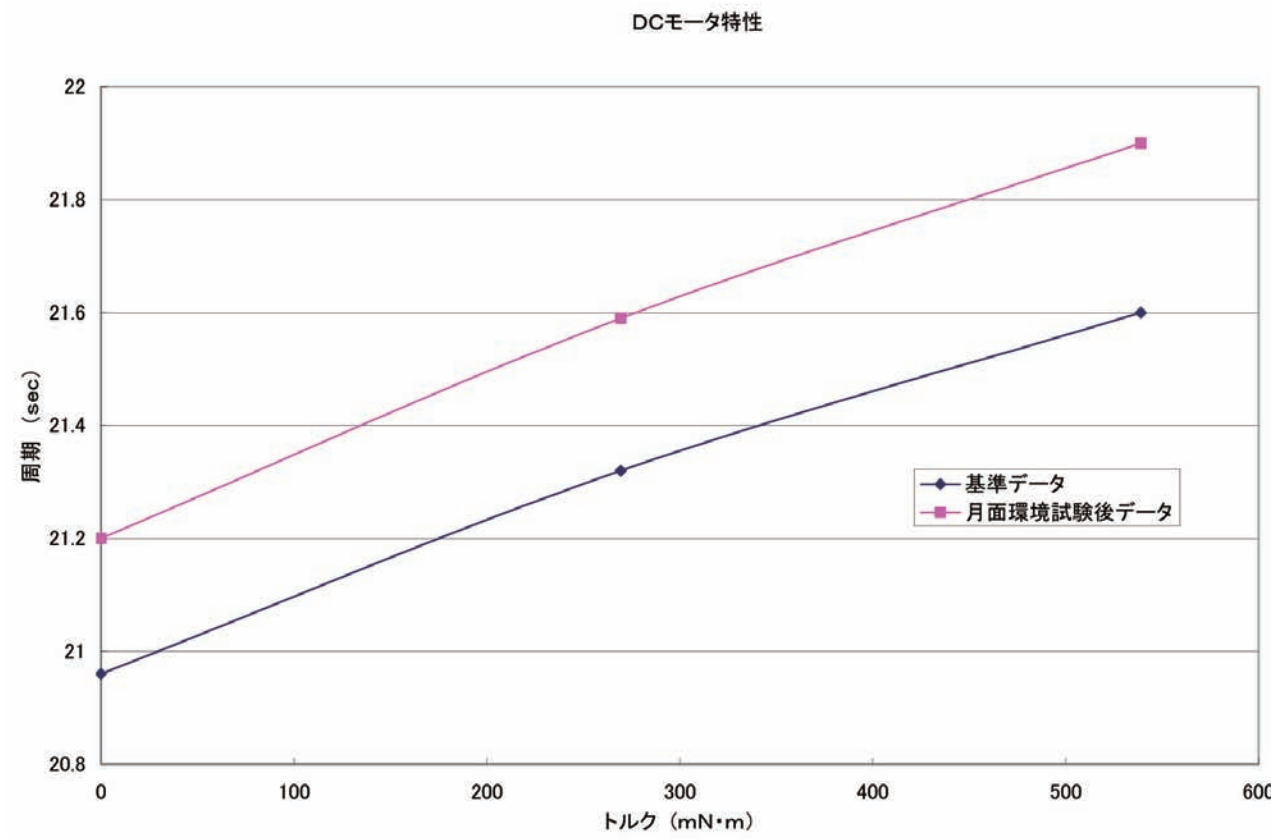


図2 周期—トルク特性

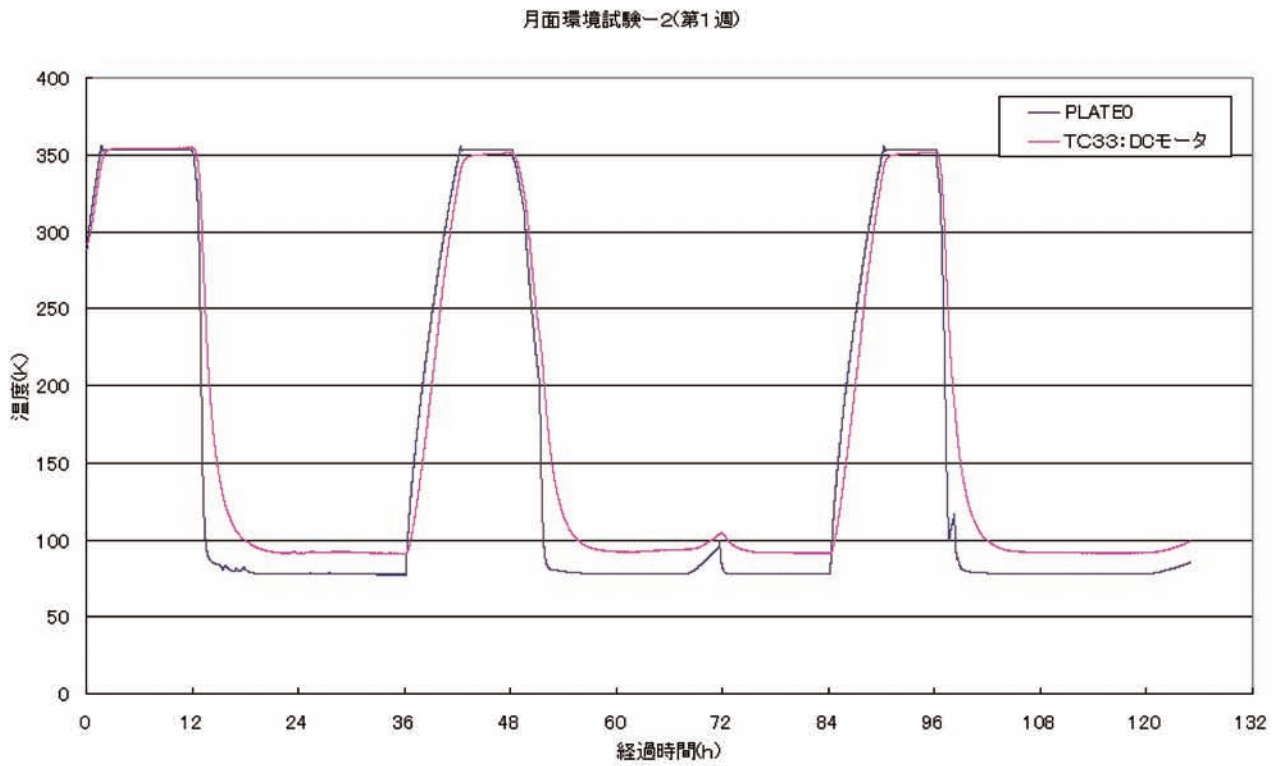


図1 モータ電流—トルク特性

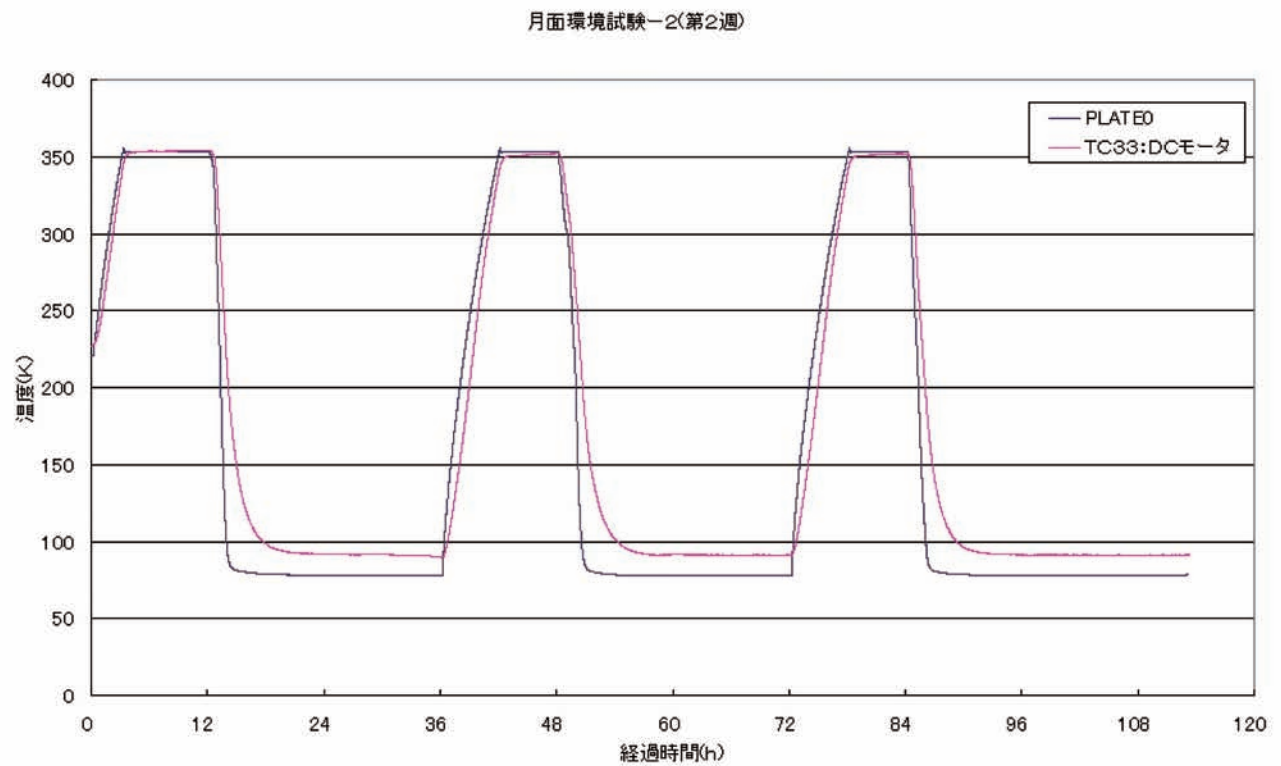


図2 周期—トルク特性





## 7 結言

## 7. 結言

月面環境試験として、2回の実験を行った。第1回目は高温6時間、低温24時間の1サイクルの試験であったが、この試験で異常を示した供試体は皆無であった。

第2回目は高温12時間、低温24時間のサイクルを6サイクル行った苛酷な試験であったが、異常を示したのは、DCモータとCCDカメラとミラーの3体であった。

月面環境試験に供した供試体が80℃の高温に耐えるのは予想されていたが、-180℃の低温で不具合が出ないのは予想外であり驚きでもあった。しかし、これで安心することはできない。未だ、試験した機器の例は少なく、これからも種々の機器を系統立てて試験して行く必要があるし、月面の15日間の夜に匹敵する長時間の試験も行っていかなければならない。

現在は月面環境試験の端緒に着いたばかりであり、月面での越夜に耐える機器を開発する為に、様々な機器の試験が必要である。

宇宙航空研究開発機構研究開発資料 JAXA-RM-06-008

---

発 行 平成19年3月30日

編集・発行 宇宙航空研究開発機構

〒182-8522 東京都調布市深大寺東町7-44-1

URL: <http://www.jaxa.jp/>

印刷・製本 株式会社 実業公報社

---

本書及び内容についてのお問い合わせは、下記にお願いいたします。

宇宙航空研究開発機構 情報システム部 研究開発情報センター

〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1

TEL：029-868-2079 FAX：029-868-2956

---

©2007 宇宙航空研究開発機構

※本書の一部または全部を無断複写・転載・電子媒体等加工することを禁じます。

