

FTA の検討状況と異常事象の発生シナリオについて

平成 15 年 11 月 18 日
独立行政法人
宇宙航空研究開発機構

1 . FTA の進捗状況

これまでのテレメトリデータ等をもとにした異常事象分析の結果、可能性のある故障部位及び発生事象として、以下のように絞り込んでいる。

(図 1 及び 2 参照)

- 太陽電池パドルの電力ラインの開放または短絡
- 太陽電池パドルハーネス (パドルとパドル駆動機構間の電力ライン) の開放または短絡
- パドル駆動機構接続ハーネス (パドル駆動機構とシャント間の電流ライン) の開放

それぞれの部位に関して、開放・短絡の可能性のある箇所を更に詳細化し、下記のとおり絞り込んでいる。(図 3 参照)

- 太陽電池パドルの電力ライン
 - アレイ回路と銅ハーネス間の短絡
 - 銅ハーネス接続部の短絡・開放
 - アレイ回路内モジュール間の短絡
- 太陽電池パドルハーネス
 - ハーネスの開放・短絡
 - ミニブランケットとの接続半田部の開放
- パドル駆動機構接続ハーネス
 - ハーネスの開放

2 . 異常事象の発生シナリオ

表 1 に、上記 ~ について絞り込んだ発生箇所及び発生シナリオについて整理する。

なお、上記シナリオを検討するためのデータ取得を目的として、次の試験を一部実施中、また計画中である。

() ブーム / ハーネス温度特性試験【実施中】

ブームの構造モデルに実機を模擬したハーネス、MLI 等を実装し、真空チャンバ中で熱試験を実施している。本試験で取得した各部位の温度、ハーネス及び MLI 等の熱パラメータの評価試験を実施し、得られた結果を熱解析モデルに入力し、軌道上温度を解析する。

() ハーネス等の原子状酸素による劣化特性の確認【計画中】

露出されているハーネス、MLI 等が原子状酸素によりどの程度劣化するかを測定する。

() 帯電 / 放電試験【実施中】

銅ハーネス接続部等について、実コンフィギュレーションを模擬した供試体を真空チャンバ内に設置し、電子線放射による帯電の電位、放電の発生箇所、頻度等を確認する。

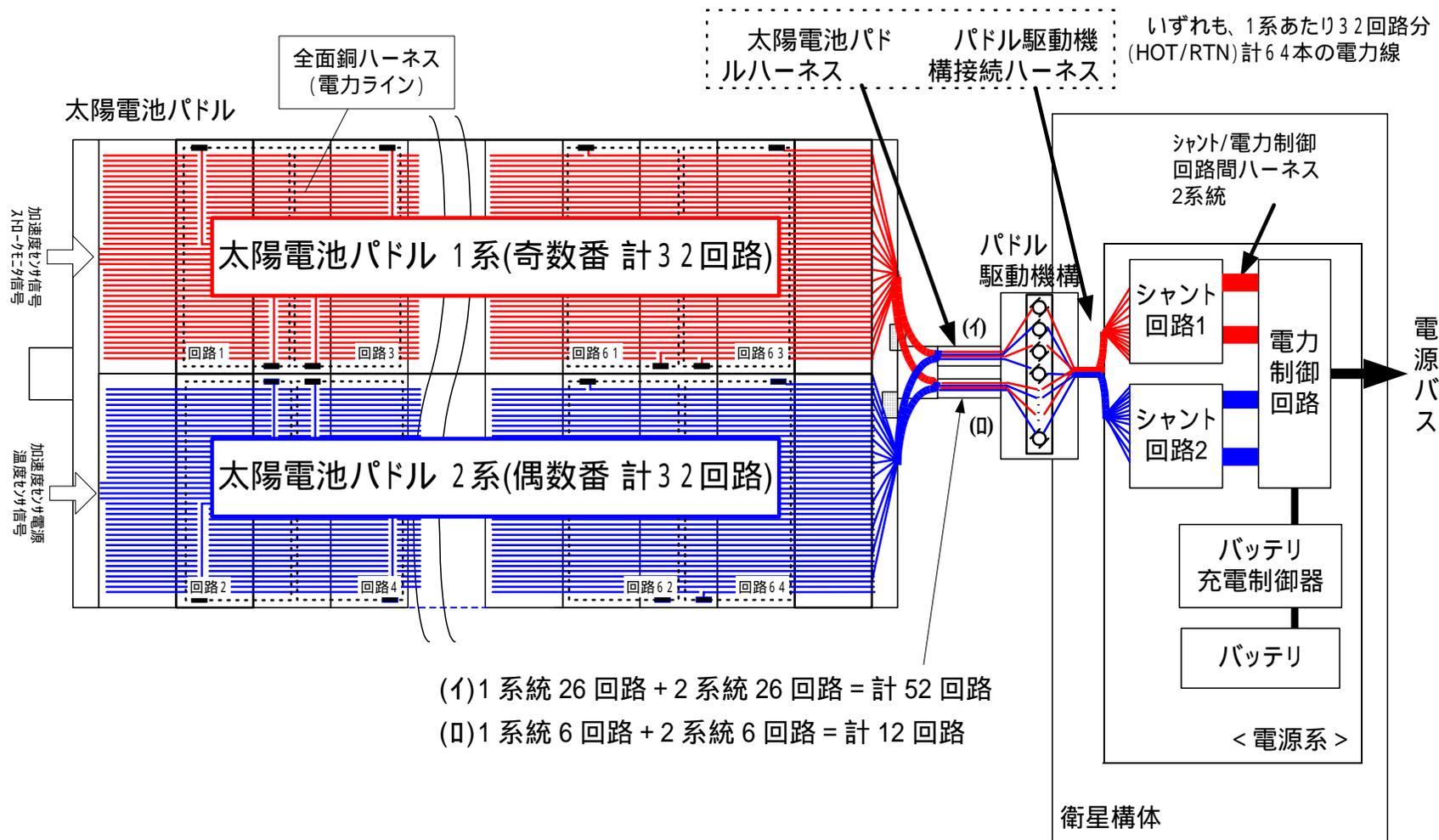


図1 「みどり2」の電源系統図と故障部位

HOT: 太陽電池 (+)側ライン
 RTN: 太陽電池 (-)側ライン
 シャント: 余剰電力調整装置

図2 異常事象 FTA (1/5)

【事象】

発生電力が約3分間に約6kWから約1kWに低下

(1) 1系及び2系がほぼ同期して約100Wの倍数で低下

(2) シャント温度、パドル駆動機構温度が電力低下後に低下

電力供給回路の開放

電源系の故障

(×)

シャント回路の故障

×

シャント回路は1系と2系は別筐体となっており「太陽電池パドルの電力ラインの開放または短絡」の事象のように、それぞれに実装されている多数のブロッキングダイオードがほぼ同期して連続的に開放することは考えられない。

電力制御回路の故障

×

電力制御回路及びそれより負荷側の機器については、シャント回路の出力で電力回路が電氣的に2本に集約されているため、電力が約100Wの倍数で低下するようなことはあり得ない。

バッテリー制御回路の故障

×

電力制御回路及びそれより負荷側の機器については、シャント回路の出力で電力回路が電氣的に2本に集約されているため、電力が約100Wの倍数で低下するようなことはあり得ない。

バッテリーの故障

×

電力制御回路及びそれより負荷側の機器については、シャント回路の出力で電力回路が電氣的に2本に集約されているため、電力が約100Wの倍数で低下するようなことはあり得ない。

図2 異常事象 FTA (2/5)

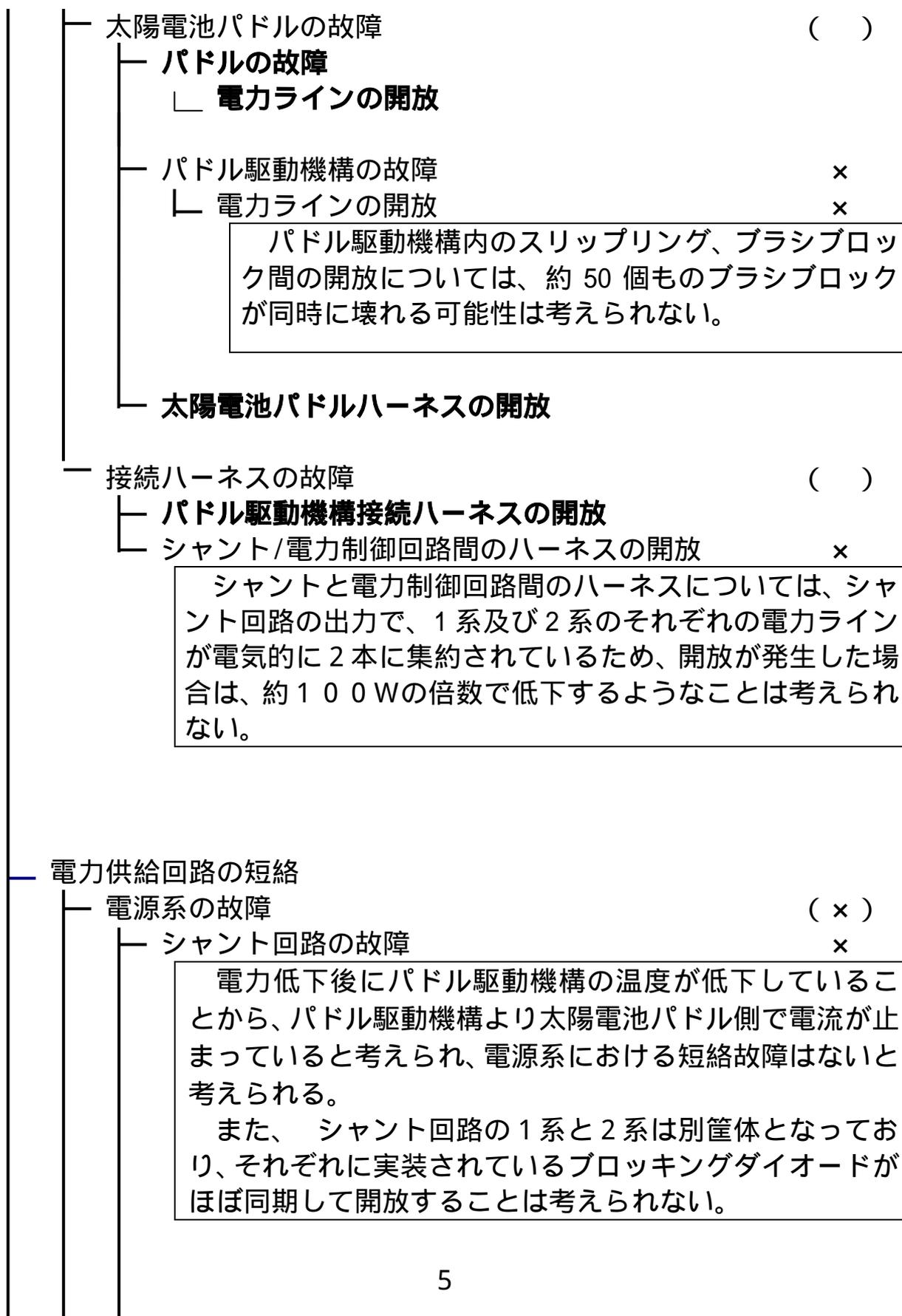


図2 異常事象 FTA (3/5)

電力制御回路の故障

×

電力低下後にパドル駆動機構の温度が低下していることから、パドル駆動機構より太陽電池パドル側で電流が止まっていると考えられ、電源系における短絡故障はないと考えられる。

また、電力制御回路及びそれより負荷側の機器については、シャント回路の出力で電力回路が電氣的に2本に集約されているため、電力が約100Wの倍数で低下するようなことはあり得ない。

バッテリー制御回路の故障

×

電力低下後にパドル駆動機構の温度が低下していることから、パドル駆動機構より太陽電池パドル側で電流が止まっていると考えられ、電源系における短絡故障はないと考えられる。

また、電力制御回路及びそれより負荷側の機器については、シャント回路の出力で電力回路が電氣的に2本に集約されているため、電力が約100Wの倍数で低下するようなことはあり得ない。

バッテリーの故障

×

電力低下後にパドル駆動機構の温度が低下していることから、パドル駆動機構より太陽電池パドル側で電流が止まっていると考えられ、電源系における短絡故障はないと考えられる。

また、電力制御回路及びそれより負荷側の機器については、シャント回路の出力で電力回路が電氣的に2本に集約されているため、電力が約100Wの倍数で低下するようなことはあり得ない。

太陽電池パドルの故障

()

パドルの故障

└ 電力ラインの短絡

図2 異常事象 FTA (4/5)

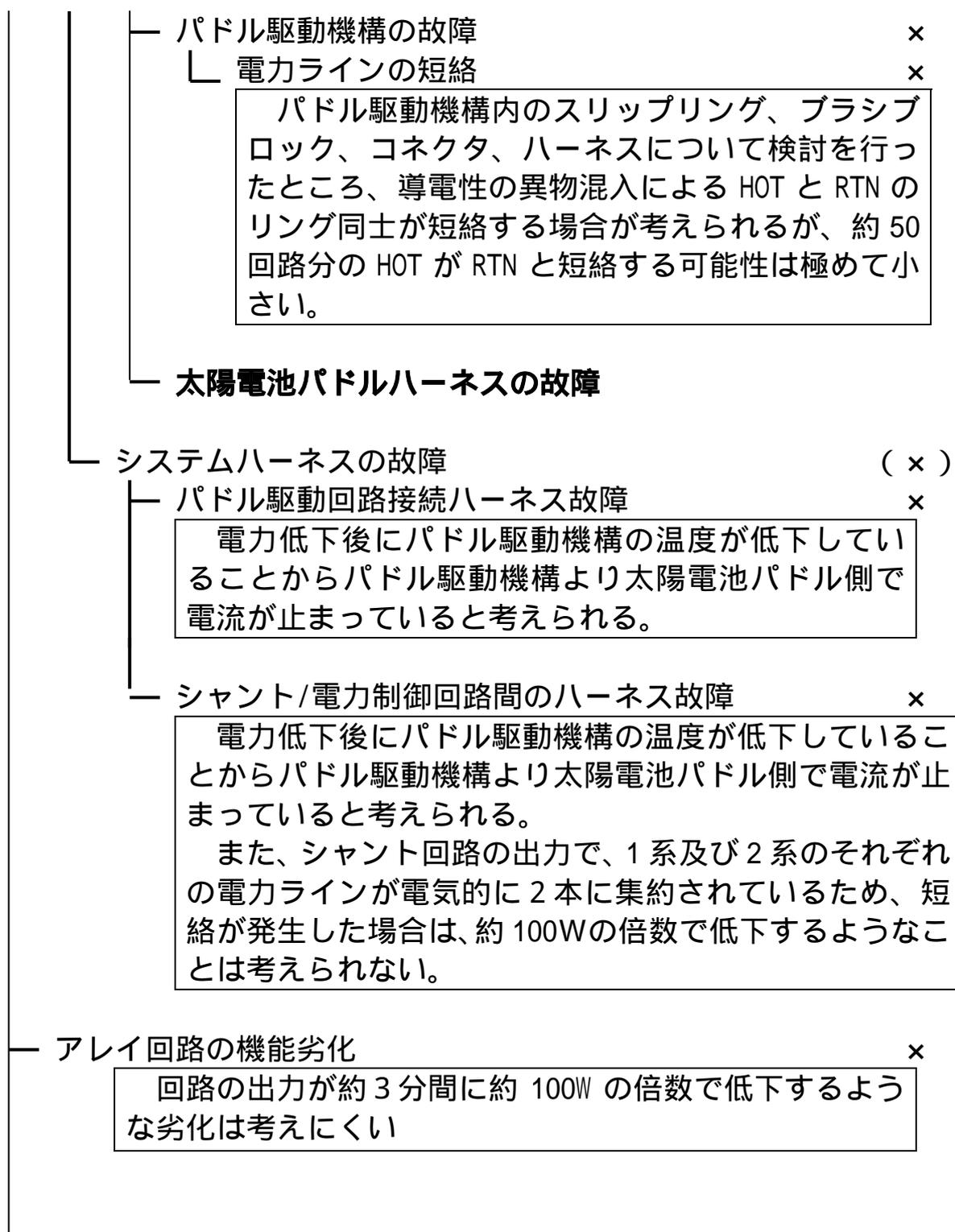


図2 異常事象 FTA (5/5)

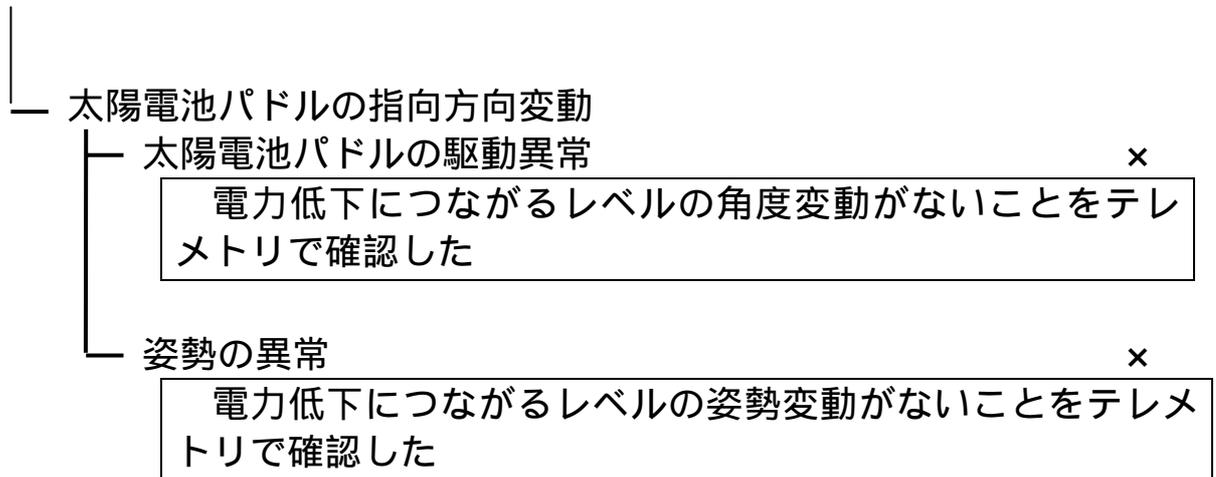


図3 異常事象の発生シナリオの絞込み (1/2)

太陽電池パドルの電力ライン

- アレイ回路と銅ハーネスの短絡 [仮説 1 - 1]
- 銅ハーネス接続部の開放 [仮説 1 - 2]
- 銅ハーネス接続部の短絡 [仮説 1 - 3]
- アレイ回路内のモジュール間の短絡 [仮説 1 - 4]
- インタコネクタの開放 ×

インタコネクタは直列方向に 3 冗長かつ 5 並列構成となっており、1 回路が開放するためには 15 箇所が開放する必要がある。1 系及び 2 系がほぼ同期して約 50 回路が開放することは考えられない。

- バスバー開放 ×

バスバーはアルミメッシュで構成されており、1 系及び 2 系がほぼ同期して約 50 回路が開放することは考えられない。

図3 異常事象の発生シナリオの絞込み(2/2)

太陽電池パドルハーネス(パドルとパドル駆動機構間の電力ライン)

ハーネスの開放 [仮説 2 - 1] [仮説 2 - 3]

ハーネスの短絡 [仮説 2 - 2] [仮説 2 - 4]

ミニブランケット接続半田の外れ [仮説 2 - 5]

コネクタの開放 ×

コネクタは広く使用されている D-sub タイプであり、
約 50 回路が開放することは考えられない。

コネクタの短絡 ×

コネクタは広く使用されている D-sub タイプであり、
約 50 回路が短絡することは考えられない。

パドル駆動機構接続ハーネス(パドル駆動機構とシャント間の電力ライン)

ハーネスの開放 [仮説 3 - 1]

コネクタの開放 ×

コネクタは広く使用されている D-sub タイプであり、
約 50 回路が開放することは考えられない。

表1 発生箇所詳細と発生シナリオの推定 (1 / 3)

太陽電池パドルの電力ラインの開放または短絡

	発生箇所	発生シナリオ	結果事象	要確認・検討事項
仮説1 - 1	アレイ回路と銅ハーネスの間	何らかの要因によりポリイミドが損傷 (*1) アレイ回路のセル裏面と銅ハーネスの間でトリガ放電が発生 セルの発生電流により持続放電となり、回路が短絡する。 隣接回路に波及。 (*2) 【図4参照】	電力ラインの短絡	(*1) ポリイミドが損傷する原因 (*2) 約1kW分を残して約50回路分の電力ラインが短絡する可能性
仮説1 - 2	銅ハーネス接続部	銅ハーネス接続部 (挿み部) の半田付ケランド間でトリガ放電が発生。 (*1) セルの発生電流により持続放電となり、回路が開放する。 (*1) 隣接回路に波及。 (*2) 【図5参照】	電力ラインの開放	(*1) 放電発生の可能性【試験中】 (*2) 隣接回路への波及メカニズム
仮説1 - 3	銅ハーネス接続部	銅ハーネス接続部 (挿み部) の半田付ケランド間でトリガ放電が発生。 (*1) セルの発生電流により持続放電となり、回路が短絡する。 (*1) 隣接回路に波及。 (*2) 【図5参照】	電力ラインの短絡	(*1) 放電発生の可能性【試験中】 (*2) 隣接回路への波及メカニズム
仮説1 - 4	アレイ回路内のモジュール間	隣接するモジュールのセル端間でトリガ放電が発生。 セルの発生電流により持続放電となり、回路が短絡する。 隣接回路に波及。 (*1) 【図6参照】	電力ラインの短絡	(*1) 隣接回路への波及メカニズム

表1 発生箇所詳細と発生シナリオの推定(2/3)

太陽電池パドルハーネス(パドルとパドル駆動機構間の電力ライン)の開放または短絡

	発生箇所	発生シナリオ	結果事象	要確認・検討事項
仮説2-1	太陽電池パドルハーネス	放電が発生しやすい環境となる(環境プラズマ、ハーネス被覆やMLIからの脱ガス、それらの複合要因による) (*1) 何らかの理由に起因する放電によりハーネスが開放する。 (*2) 【図7参照】	ハーネスの開放	(*1)ハーネス、MLIの熱パラメータの温度特性【試験中】 (*2)約50回路分の電力ラインが開放する可能性
仮説2-2	太陽電池パドルハーネス	放電が発生しやすい環境となる(環境プラズマ、ハーネス被覆やMLIからの脱ガス、それらの複合要因による) (*1) 何らかの理由に起因する放電によりハーネス被覆が溶融し芯線が短絡する。 (*2) 【図7参照】	ハーネスの短絡	(*1)ハーネス、MLIの熱パラメータの温度特性【試験中】 (*2)約50回路分の電力ラインが短絡する可能性
仮説2-3	太陽電池パドルハーネス	何らかの理由によりハーネス被覆及び芯線が損傷し開放する。 (*1) 【図7参照】	ハーネスの開放	(*1)約50回路分の電力ラインが開放する可能性
仮説2-4	太陽電池パドルハーネス	何らかの理由によりハーネス被覆が損傷し芯線が短絡する。 (*1) 【図7参照】	ハーネスの短絡	(*1)約50回路分の電力ラインが短絡する可能性
仮説2-5	ミニブランケットとの接続半田部	放電が発生しやすい環境となる(環境プラズマ、ハーネス被覆やMLIからの脱ガス、それらの複合要因による) (*1) 何らかの理由に起因する放電によりハーネス温度が上昇し、半田接続が溶融、開放する。 (*2) 【図8参照】	ミニブランケットへの半田接続外れ	(*1)ハーネス、MLIの熱パラメータの温度特性【試験中】 (*2)接続半田部の軌道上温度解析

表1 発生箇所詳細と発生シナリオの推定 (3 / 3)

パドル駆動機構接続ハーネス (パドル駆動機構とシャント間の電力ライン) の開放

	発生箇所	発生シナリオ	結果事象	要確認・検討事項
仮説3 - 1	パドル駆動機構接続ハーネス	放電が発生しやすい環境となる (ハーネス被覆やMLIからの脱ガス、それらの複合要因による) (*1) 何らかの理由に起因する放電によりハーネスが開放する。 (*2) 【図9参照】	ハーネスの開放	(*1) ハーネス、MLIの熱パラメータの温度特性 (*2) 約1kW分を残して約50回路分の電力ラインが開放する可能性

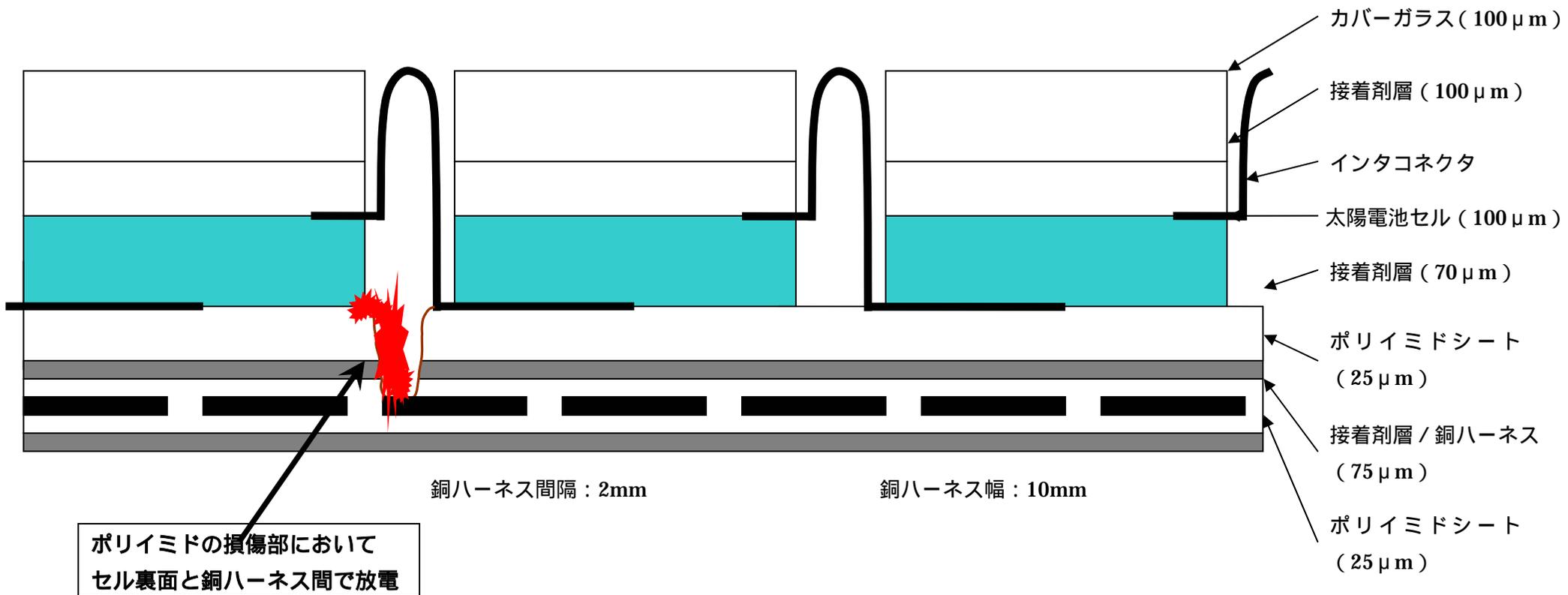


図4 (仮説1 - 1)アレイ回路と銅ハーネスの間

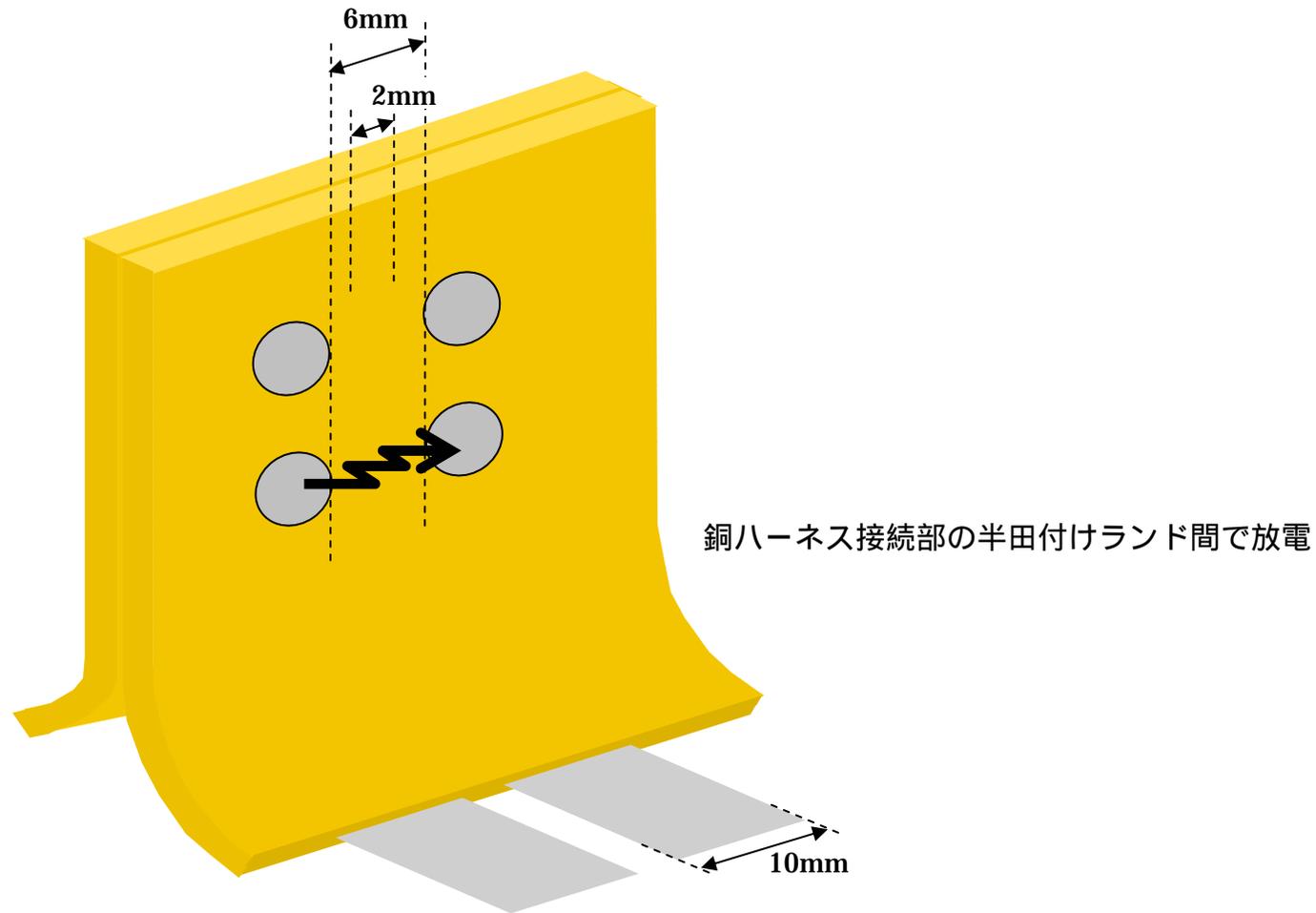


図5 (仮説1 - 2及び3) 銅ハーネス接続部

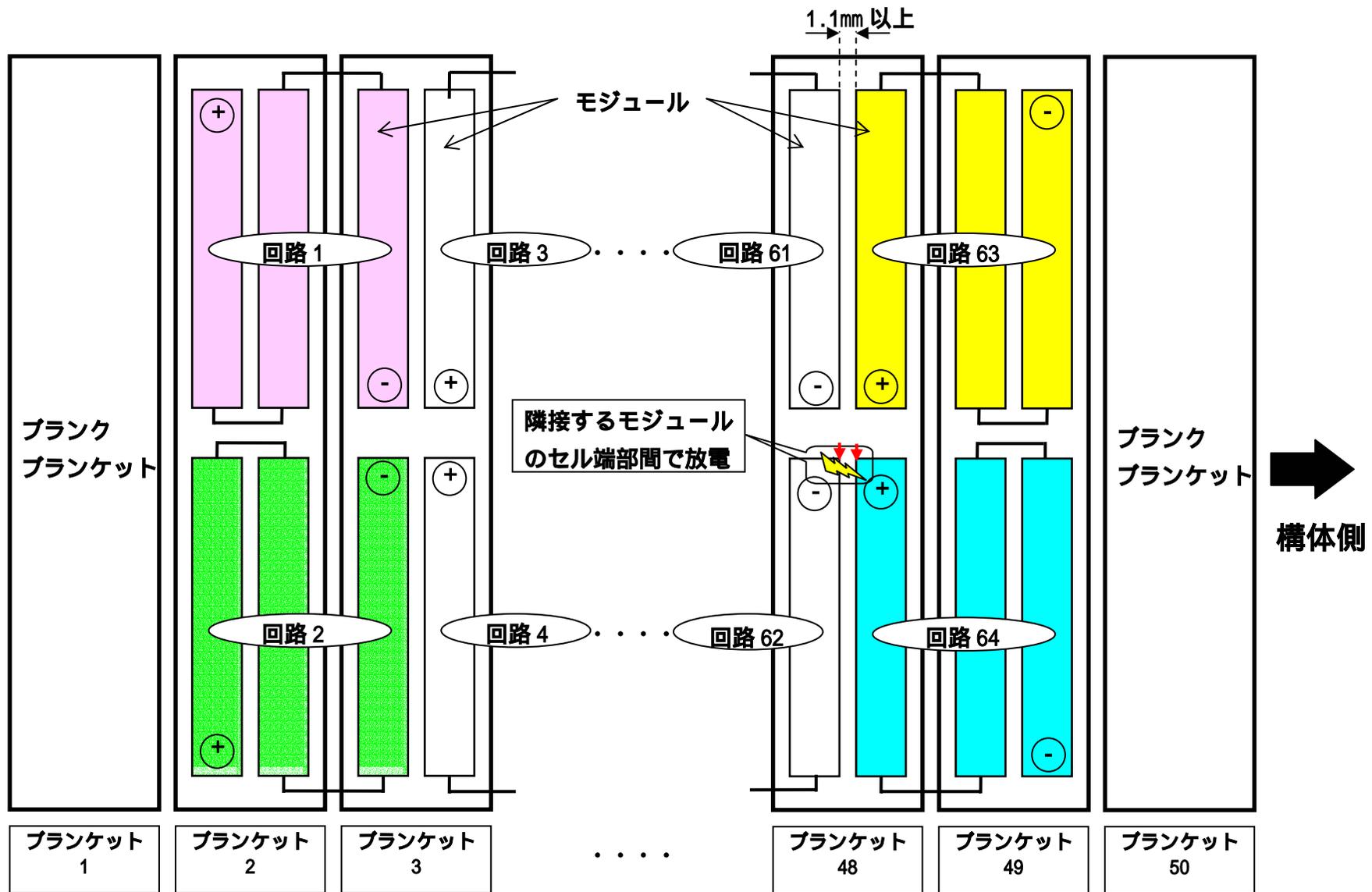
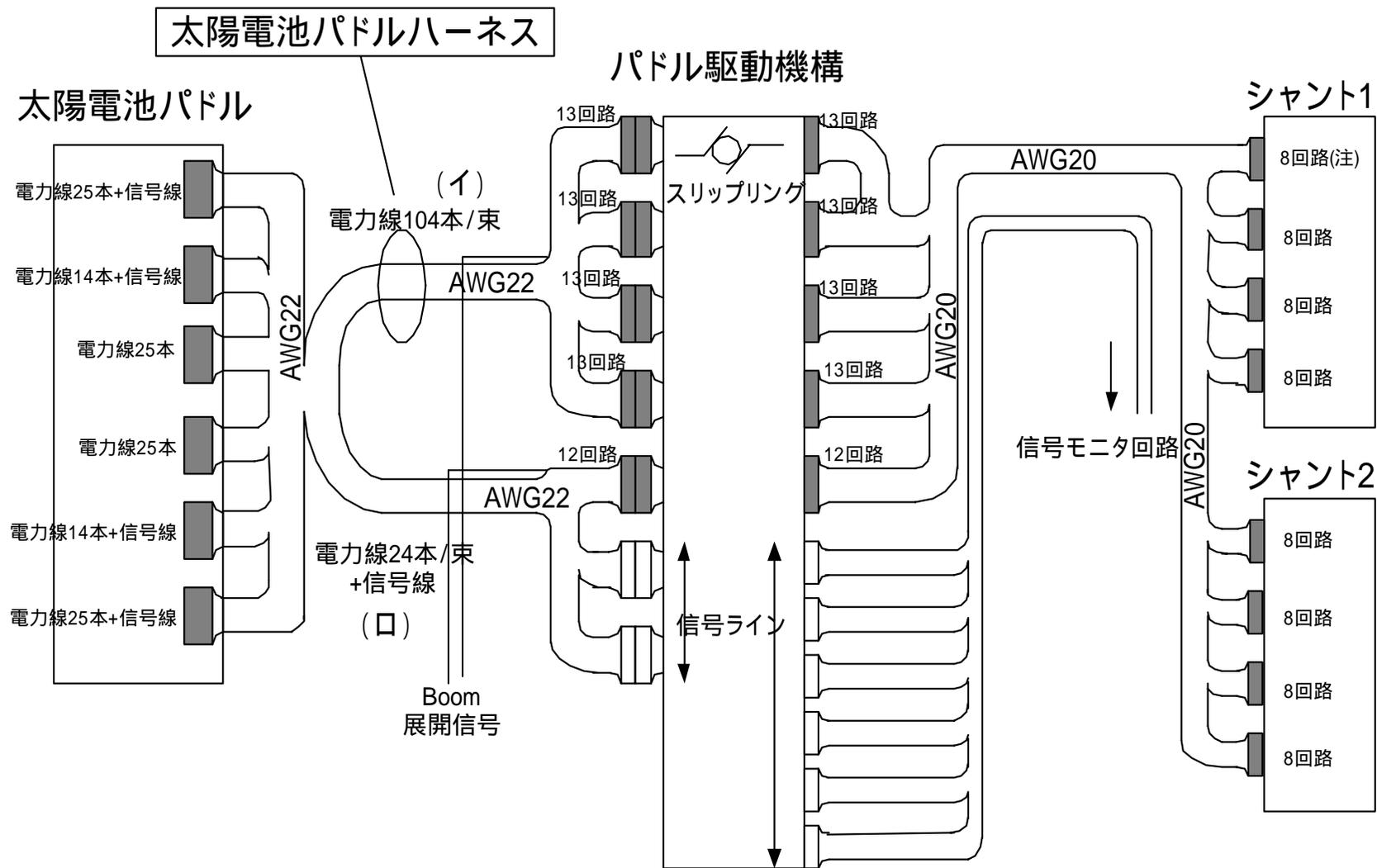


図6 (仮説1-4) アレイ回路のモジュール間



(イ)100W 単位の発生電力変動のため、今回の発生電力低下の直前では 51 回路が機能していたと推定される

(ロ)100W 単位の発生電力変動のため、今回の発生電力低下の直前では 11 回路が機能していたと推定される

注:1 回路 = HOT+RTN = 2 本

図7 太陽電池パドルハーネス

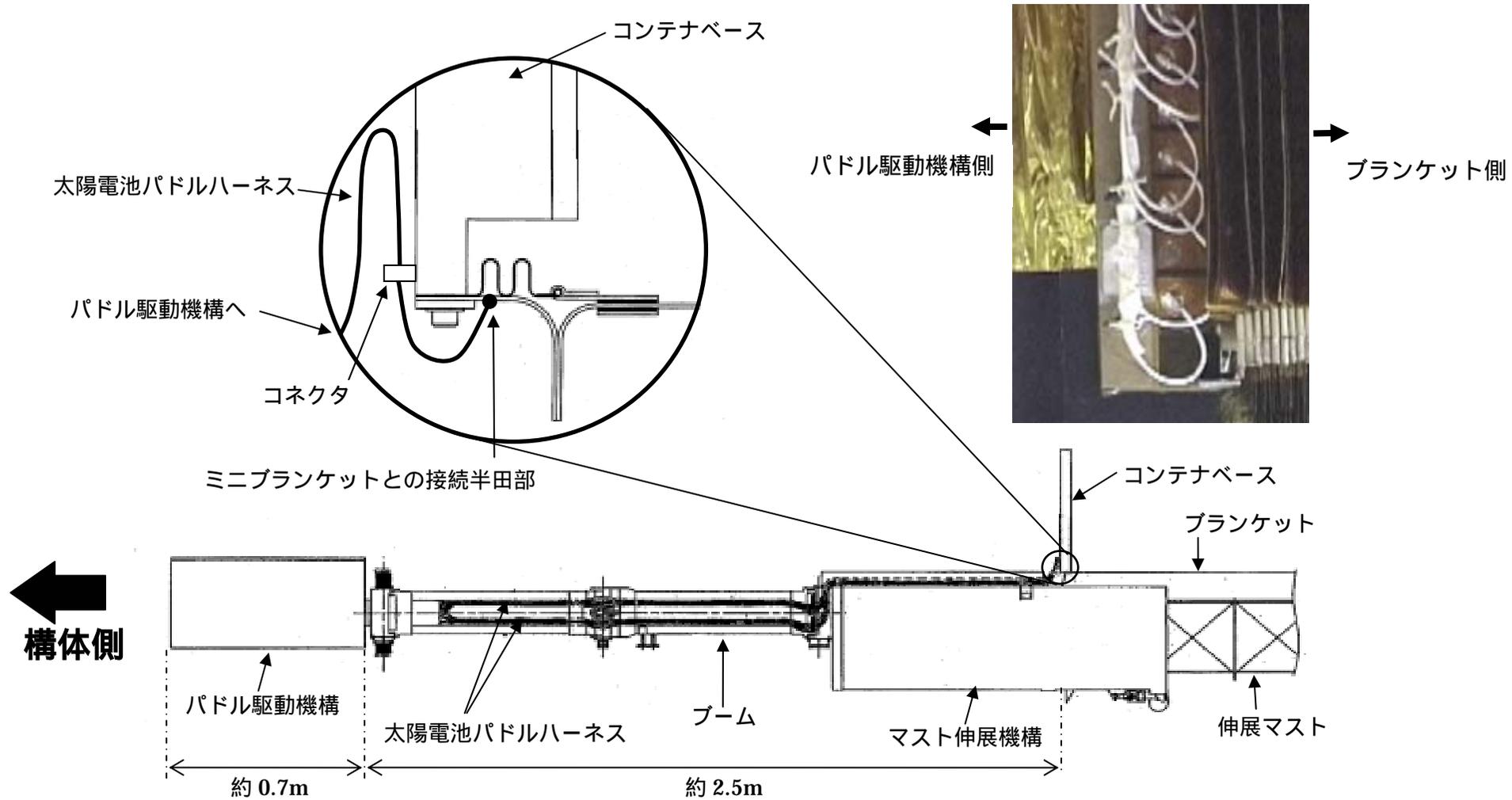


図 8 (仮説 2 - 5) ミニブランケットとの接続半田部

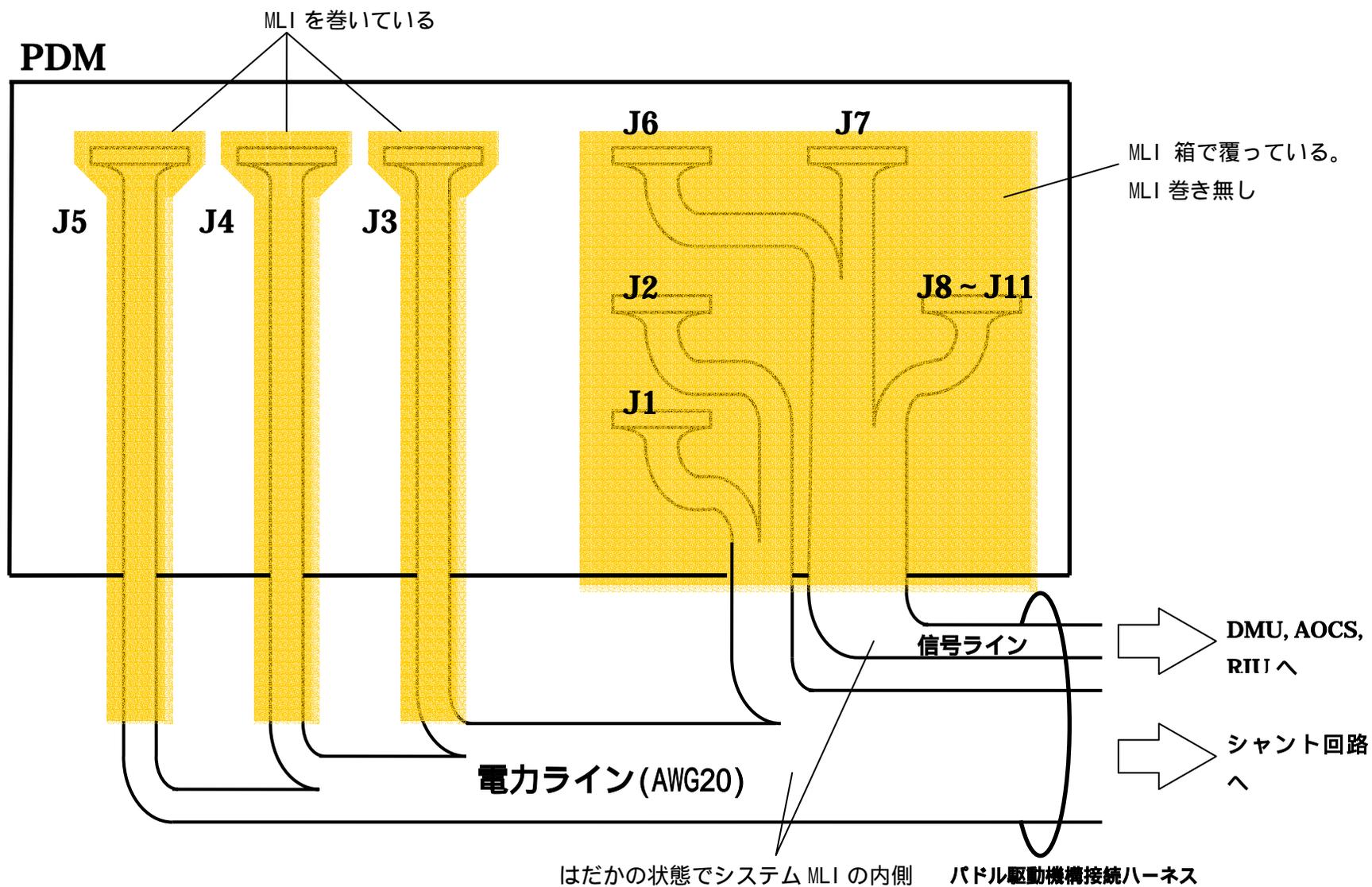


図9 (仮説 3-1) パドル駆動機構接続ハーネス