

SMILESサブミリ波局部発振器系の 不具合調査結果

平成23年1月19日

情報通信研究機構 理事 熊谷博

サブミリ波局部発振器系の不具合調査結果

[不具合経緯]

- 平成21年10月1日以降、サブミリ波局部発振器系は正常動作し、不具合兆候もなかった。
- 平成22年4月21日に、定常観測中のサブミリ波局部発振器系が突然待機モードになった。
- 4月22日と29日に、サブミリ波局部発振器系の電源を再投入し、テレメトリを確認したところ、サブミリ波局部発振器系のガン発振器に過大な電流が流れた。
- 現在、ガン発振器は動作を停止しており、サブミリ波受信系は機能せず観測を行えない状況である。なお、SMILESはサブミリ波局部発振器系の冗長系を持たない。

[原因調査活動]

- 回路シミュレーションによる故障箇所の推定（平成22年5月～8月）
- 回路実験による故障箇所の推定（平成22年8月～9月）
- 原因調査のための会議を定期的に行う（NICT信頼性対策チーム）
- 軌道上における再現試験（平成22年12月）

サブミリ波局部発振器系の不具合調査結果

[不具合箇所の推定]

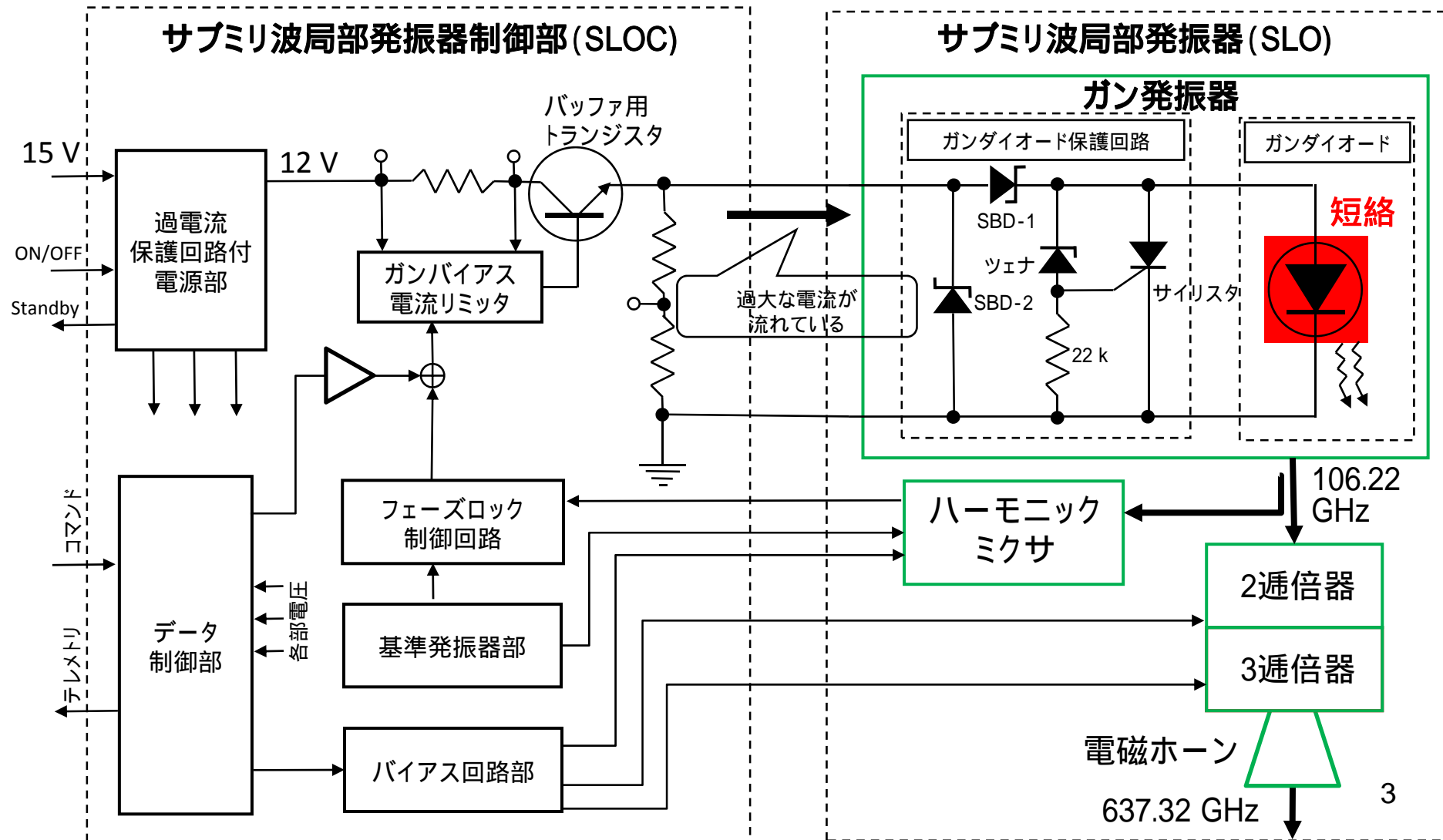
- 電流異常に関するFTA (付録1) と等価回路による回路シミュレーションを実施した。
- 不具合箇所はガン発振器内の、ガンダイオード(短絡)であると推定される。

[不具合原因の推定]

- 部品の故障モードに関するFTA (付録2) を実施し、ガンダイオードの短絡原因を調査した。
- スクリーニングはされているが、部品が持つロット毎の信頼度にバラツキが大きい可能性は否定できない。
- 想定外のサージがガン発振器に加わり、ガンダイオードを破壊した可能性について否定できない。(テレメトリからは確認出来ていない)
- これらのことから、通常動作中の偶発的な電界破壊による短絡、または過電圧サージによる部品の破壊であった可能性は否定できない。
- なお、回路シミュレーションの結果から、故障は金属片など導電性異物による短絡ではなく、半導体内の短絡であると推定される。

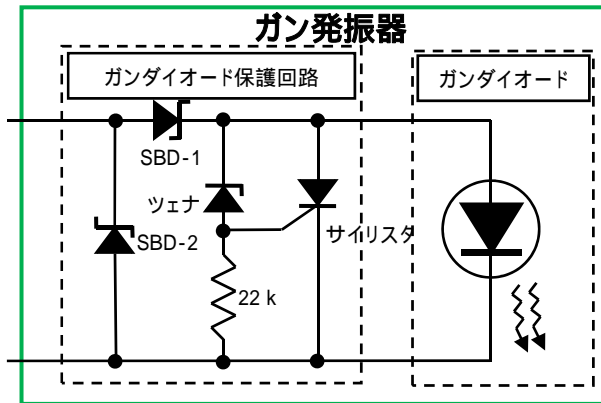
サブミリ波局部発振器系の不具合調査結果

参考：サブミリ波局部発振器系における短絡推定箇所 (短絡と示した部分)



サブミリ波局部発振器系の不具合調査結果

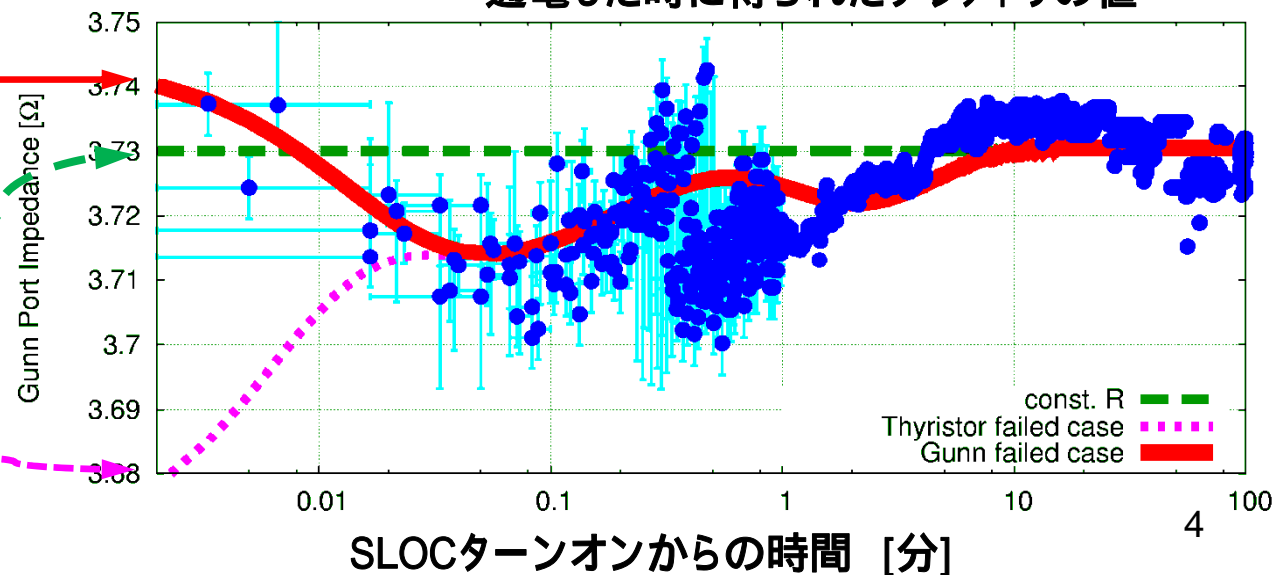
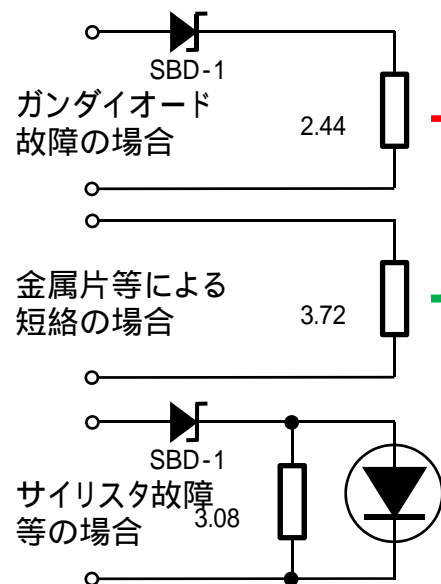
参考：回路シミュレーションによる故障箇所の推定方法の説明



ガン発振器(左図の回路)の不具合発生後の等価回路を下図のように仮定し、SLOCから見たガン発振器回路のインピーダンスを計算した。

テレメトリで得られた値と比較すると、故障したのはガンダイオードであると推定される。

図中の丸()は、故障後に調査のため通電した時に得られたテレメトリの値



サブミリ波局部発振器系の不具合調査結果

[ガンダイオードの信頼性について]

- 同じ型のガンダイオードは、スウェーデンなど4カ国が共同して開発したOdin衛星に搭載実績があり、5万時間以上動作している。
- SMILESのガン発振器に使用しているガンダイオードは、地上試験で1,000時間以上通電していることから、初期故障の可能性はない。
- ガンダイオードでは、劣化による故障などは初期故障期間で排除することができるといわれている (付録3)。

サブミリ波局部発振器系の不具合調査結果

[再発防止対策]

- COTS品を使用する際には製品固有の信頼度を適切に評価し、システムの信頼性確保に努めるべきである。
- 機器の1故障によってミッションに対して致命的影響を与えるような機器については、冗長設計を行うのが適当である。ただし、冗長系を持つことについては、ミッションの性格により判断されるべきである。

[今後の予定]

- NICTの信頼性対策チームにより、NICT内で開発している他の宇宙機搭載機器開発プロジェクトに、今回の結果を適切に展開する。

サブミリ波局部発振器系の不具合調査結果

[SMILES軌道上復旧ミッションについて]

- 軌道上復旧ミッションについて JAXAとNICTで軌道上修理の可能性を検討した (付録4)。
- 信頼度の高いサブミリ波局部発振器系を調達し、軌道上復旧ミッションを実施するまでには 1年以上必要である。

付録

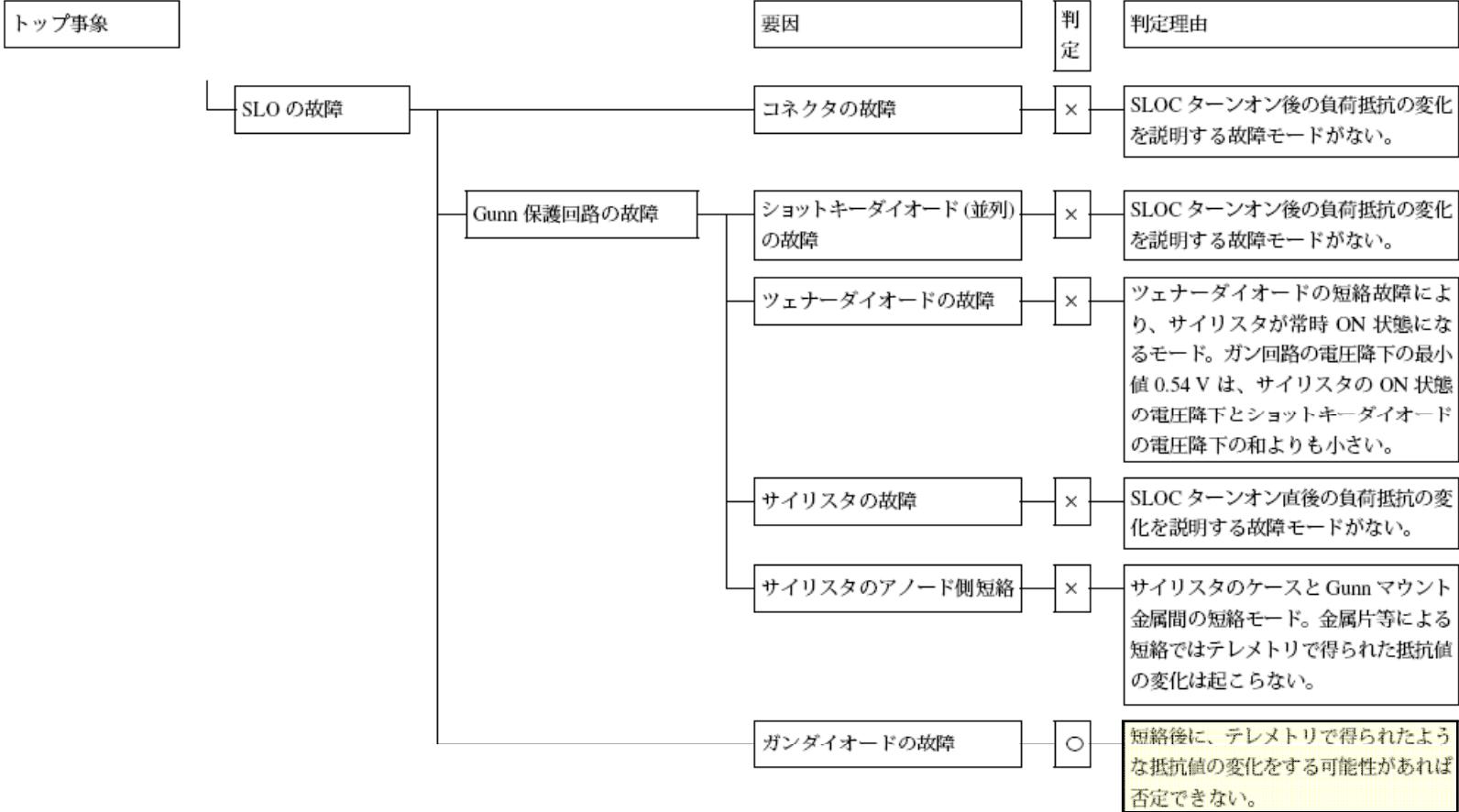
付録1(1/2)

ガン電流異常に関するFTA (1/2)



付録1(2/2)

ガン電流異常に関するFTA (2/2)



付録2(1/2)

ガンダイオードの故障モードに関するFTA (1/2)

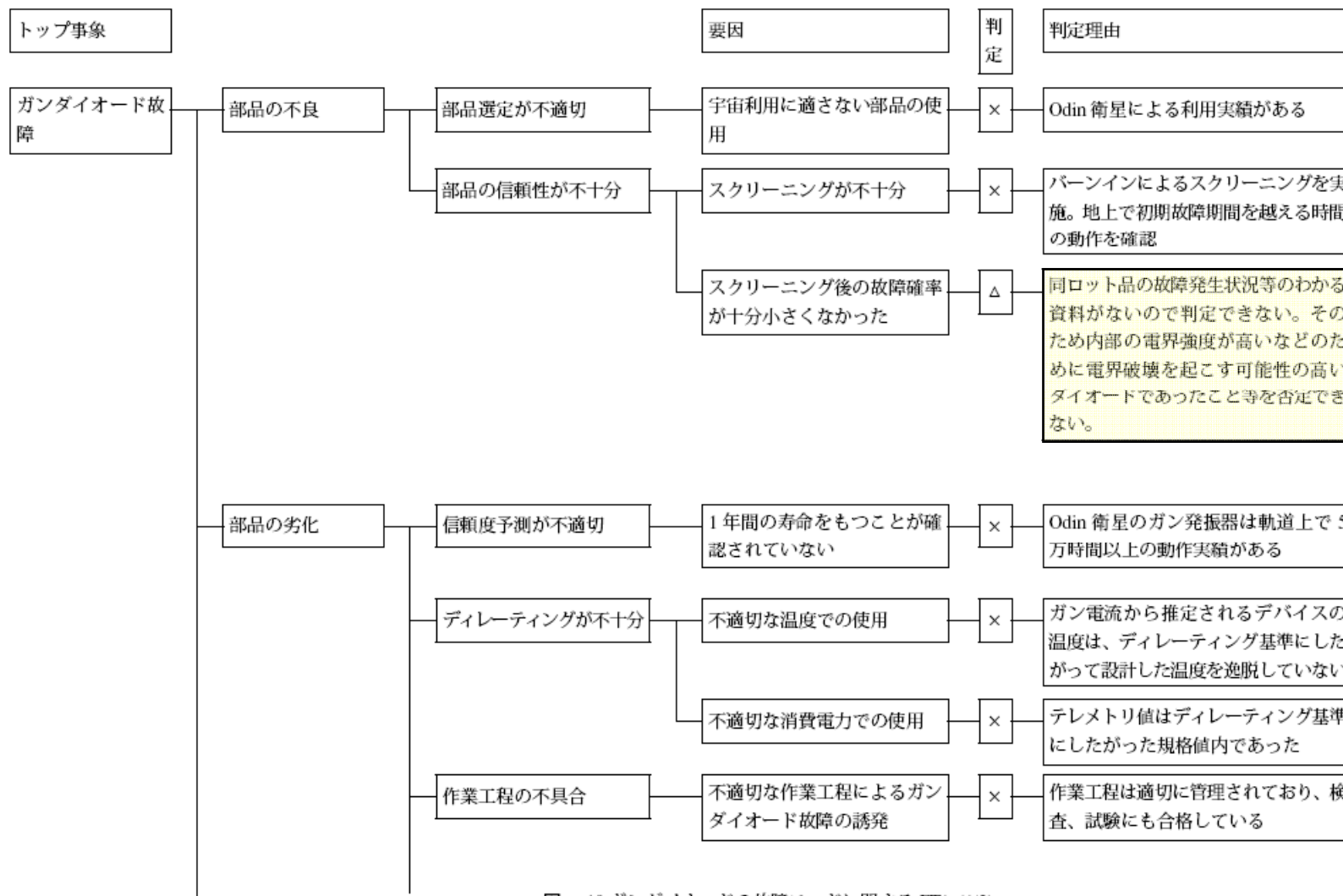
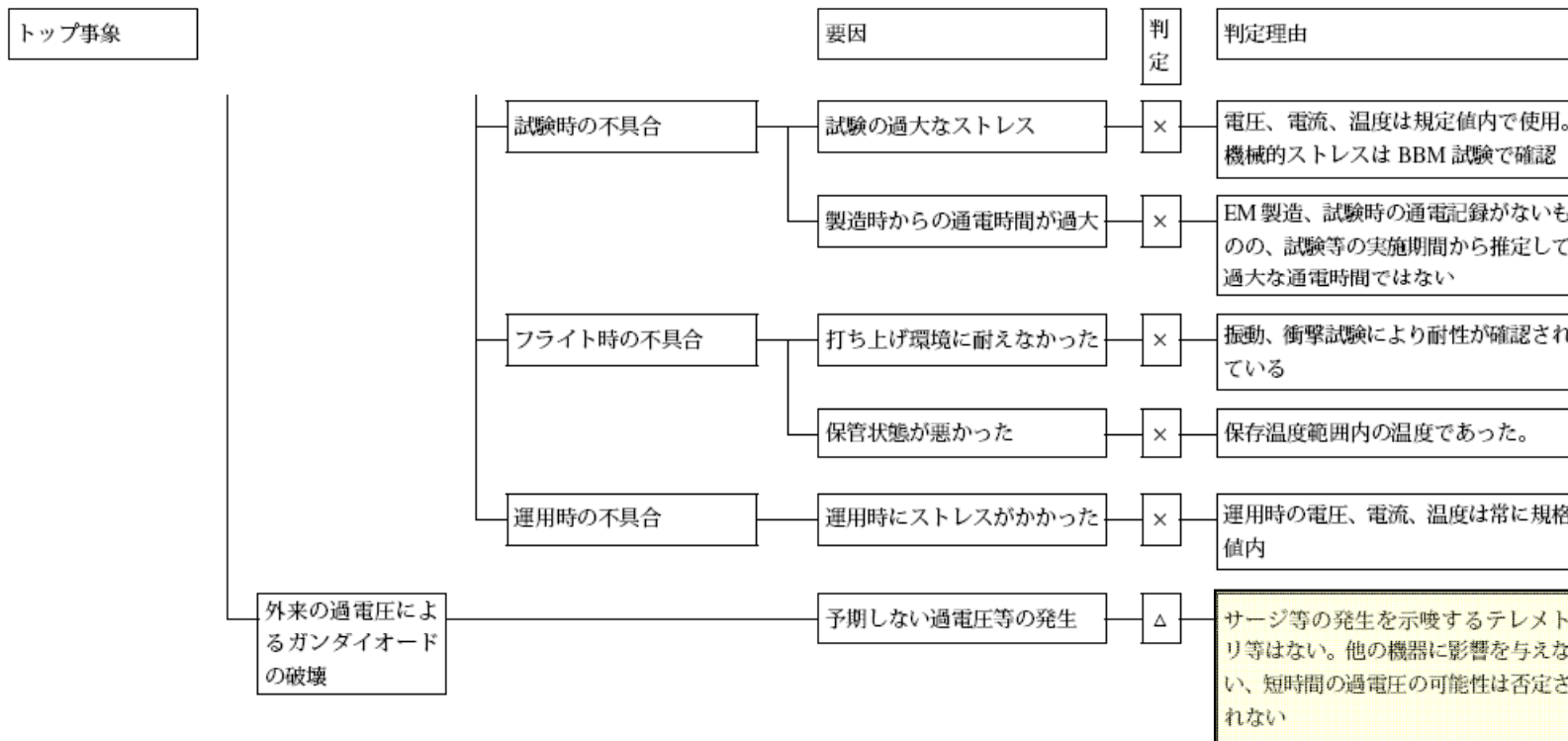


図 m-19 ガンダイオードの故障モードに関する FTA (1/2)

付録2(2/2)

ガンダイオードの故障モードに関するFTA (2/2)



- ガンダイオード通電時故障の直接的原因は、熱的な故障ではなく電界破壊によるものである。
- 故障に至る過程で劣化を示すものは、通電初期にあらわれ、いずれも1,000時間までに取り除くことができる。
- 初期故障期を過ぎたものの故障モードは、劣化傾向のない突然のショートによるものであり、故障割合はロットによって異なる。
- 故障割合の高いロットには、ダイオード内部の不純物プロファイルが不適当などがあると推論される。

*鈴木他、電子情報通信学会論文誌 Vol.58-C, No.8, P487-442 (1975)

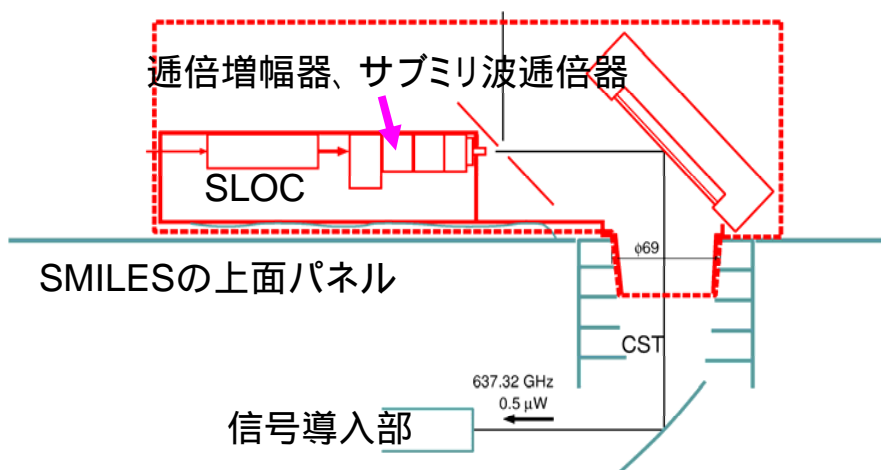
軌道上復旧ミッションの技術的可能性について

軌道上復旧ミッション

新規に信頼性の高いサブミリ波局部発振器系を用意し、SMILESの外部から信号を供給

	制御部 / 発振器	逓倍増幅器	サブミリ波逓倍器
調達方法	SMILES SLOCから設計変更し製作 (6カ月以上必要)	COTS品 (6カ月以上必要)	国外衛星計画で準備品の提供を受けることを検討 (6-14カ月必要)
信頼性確保	同ロット品の寿命試験による評価	同ロット品の寿命試験による評価	宇宙用品質の部品を使用
		複数のフライト品候補を調達しスクリーニングにより選定	

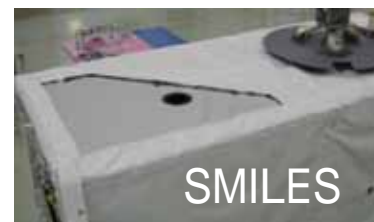
COTS品(制御部/発振器と逓倍増幅器)の信頼性確保が十分かについては検討課題



復旧用のサブミリ波局部発振器系の概念図



制御部/発振器、逓倍増幅器、サブミリ波逓倍器のイメージ



サブミリ波局部発振器系はSMILES上面への取り付けが必要