

機械技術者が支える電子機器の製品安全の領域

渡部利範 (株式会社 テクノクオリティ)

1. はじめに

電子機器の製品安全の危険源には、電撃(感電)、火災(発火、発煙)、熱(やけど)、機械的危険源(怪我)等がある(表1)。対策の第一は、それらの危険源に対して、本質的な対策をしてリスクを低減することである。それが不可能な時に、電流ヒューズ、温度ヒューズ等の電気保護部品を使用して、リスクを低減する。

感電、やけど、怪我等の対策には、危険源となる高電圧部分、熱源、回転部を鉄板で覆う等の対策は、機械技術者の役割である。

本論文では、電気・電子部品の発火・発煙に対する機械技術者の役割について述べる。電子機器の発火・発煙を含む故障を防ぐため、機械技術者が果たす領域は大きい。製品安全の分野に関し、故障事例を通して機械技術者に対策を考えるきっかけと着眼点を伝えたい。

過電圧、高調波、電圧歪等の電源に関連する要因と温度、湿度、気圧等の自然環境による要因がある。第二に内的要因として、設計ミス、製造ミス、誤った使い方等があげられる。

機器用インレット、スイッチ、リレー、サーモスタット等は電気を流す機械部品と言える。これらの電気部品は、固定方法のメカニズム、接触抵抗値の増減、接点部の摩耗等が故障解析の決め手となる。例えば、サーモスタットの場合、温度定格はバイメタル、電気定格は接点のそれぞれの検証がポイントである。

電気・電子部品の故障の原因を推察する場合、メッキ、ネジ、応力、腐食、錆び、プラスチック、金型等の機械的な原理原則の知識が必須である。

電子機器の良き設計、あるいは故障解析には、機械技術者の協力のもと電気技術者が推敲するとよい成果に結び付く可能性が高い。

以上を考えると、電子機器の設計、故障対策に機械技術者が果たす役割は大きい。

表1 危険源対応→機械技術者の役割は大

ISO12100 対策	本質的安全設計によるリスクの低減	安全防護によるリスクの低減	使用上の情報によるリスクの低減
電撃 (感電の危険)	・高電圧部分を露出させない ・外装カバーの隙間をなくす ・金属カバーの接地	・漏電ブレーカ ・インターロックスイッチ	・高圧注意ラベル (>600V)
火災 (発火・発煙)	・発火しにくい電子部品 ・難燃材・空間距離 ・電子部品とギヤの隔離距離	・電流ヒューズ ・サーモスタット ・部品を鉄板で覆う	ラベルによる対応は不可
熱 (火傷)	・高温部を露出させない ・温度上昇させない電気回路	・インターロックスイッチ	・高温注意ラベル
機械的危険 (怪我)	・危険源を露出させない ・板金のバリを除去 ・角を丸める	・危険源をカバーで覆う	・ラベルによる危険源表示
化学的危険	・危険な物質を使用しない		

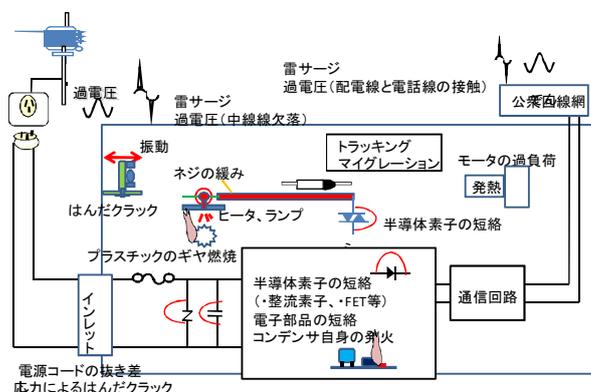


図1 電気・電子部品の故障体系

2. 電子機器の市場の故障原因

電気・電子部品の故障する場合をモデル化した(図1)。故障要因は、第一に外的要因があり、

3. 故障事例

(1) ネジの真下に燃えやすいプラスチックの存在
 ヒーター通電用の配線接続のネジが緩み接触圧が減少した。ネジ締結部で局所的なアーク放電が発生して亜酸化銅が生成され異常発熱が起こった。この現象によりリン青銅板に空隙が発生し、アーク放電が激化しネジが発熱した (図2)。

ネジの真下に溶けやすかつ燃えやすいプラスチックがあり、ネジの高熱で発火した。ネジ締結部の設計は、ネジ緩みへの対応が非常に重要である。

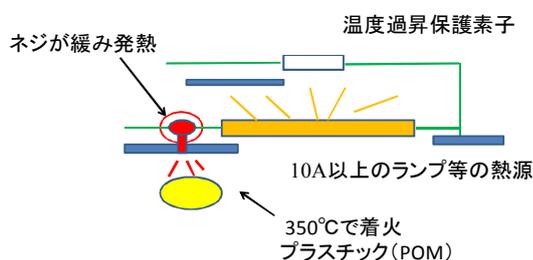


図2 ネジが緩んで接触抵抗増大し発熱

(2) 電子機器の匡体に電源プリント基板を固定
 電源基板に電子機器用のインレットが金属端子を介してはんだ付けされている。電気設計者は、電源基板の電子機器への固定方法を機械設計者に依頼する。

機械設計者は、電源基板をまず電子機器の底板(ベース)にネジ止めし(②)、次に③のネジで固定する様な設計にする(図3)。

しかし、②と③のネジ止めする際、①のはんだ付け部分に力(不静定反力)がかかりクラックが発生する可能性があることを予想しただろうか。

はんだ付けは、機械的強度は弱いので応力が集中してクラックが発生しやすい。

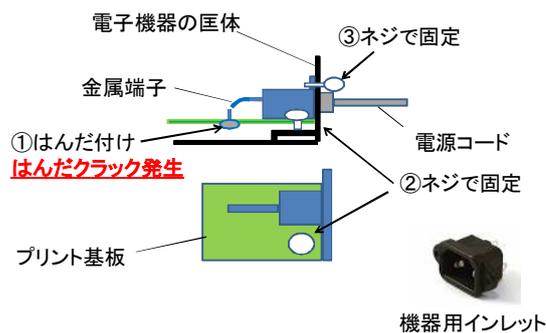


図3 不静定反力→はんだクラック

(3) 機械設計者が高電圧の接点部を設計した例
 DC4KV、数mAの電気を金属板の接点を介し、回転する金属製の軸面間でスパークする。アークで接点が発熱し、接点から3mm離れたコロ(ポリアセタール樹脂)が溶融し気化する。

ポリアセタール樹脂の気化したガスがアークの熱で発火し、その炎でコロ、ギヤが燃焼する。

接点部は、回転するのでスパークが発生するということは、機械技術者は理解していた。加えて危険な接点部なので電気技術者と共に丁寧な検証をすることが肝心である。

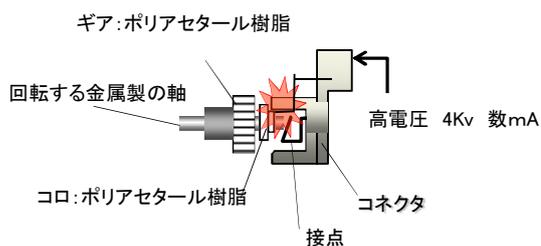


図4 高電圧接点部のアーク現象

Copyright by Techno Quality Corporation

(4) 電子機器が発火する場合

例えば、過電圧で電子部品が発火し、数mmから数cmの炎が数秒間継続する。次に近傍の燃えやすい樹脂に着火して大きな炎が出て、製品内部に

とどまらず、製品の外まで広がる発火事故になる(図5)。

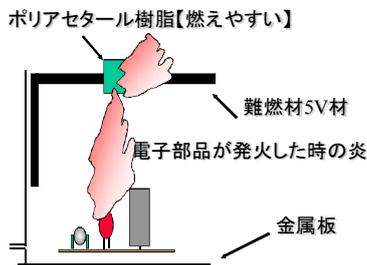


図5 電子部品が発火して樹脂が着火する



・炎の高さ最大80mm、継続時間9.5sec
・2cm上のポリアセタール樹脂に着火

図6 バリスタの発火時の炎

4. 境界領域での機械技術者と電気技術者の協働

電子機器の製品安全を考えた場合、機械技術者の役割として、3つに分類できる。機械技術者の境界領域とは、下記の第二と第三の役割を指す。

第一に、感電、やけど、怪我防止等の人的被害の防止には、機械技術者の知恵と工夫が欠かせない。これは機械技術者の本来の役割であり、危険源への本質的な安全設計である。

第二に、電気・電子部品の固定、接続、接点部に関する機械技術者の知恵、知識を電子機器の発火・発煙を防止する設計の領域である。ネジの緩み、腐食、メッキ、錆び等の基本的知識の活用である。

第三に、電気・電子部品が発火した場合、その炎によりプラスチックに着火させない構造設計にする役割である。例えば、電気・電子部品は意外

な原因で燃えだし、プラスチックは容易に着火することを知って欲しい。

電気・電子部品の信頼性、安全性は電気技術者が扱う分野と思いがちである。確かに電気・電子部品を選びそして使いこなすのは、電気技術者である。

しかし、電子機器の発火防止の対策を考えた場合、製品全体から見れば機械技術者と電気技術者の協働は欠かせない。両者の意思疎通こそ発火事故や故障を防ぐ秘訣である。

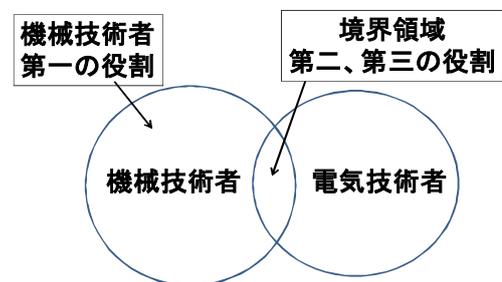


図6 境界領域がポイント

5. 通電部のネジの緩みの危険性

ネジは、機械的固定方法として構造体の固定方法として確立している。一方、通電部の固定方法としては、電子機器の安全規格(IEC 60950)では、樹脂を間に挟んで通電部を構成しないことは基準化されている。しかし、通電部としてのネジ締結部の設計は、電子機器の技術者の間ではあまり重要視されていない。

ネジは、ヒータ、ランプ等の5A以上の通電部の固定方法として極めて重要である。ネジの緩みで接触抵抗が増大しネジが加熱する怖さをもっと認識すべきである。

ネジが緩むと接触抵抗が増加し、ジュール熱で締結部が発熱し、雄ネジと雌ネジの接触部が酸化し、さらに接触抵抗が増加して過熱の暴走状態になる。

ネジ締結部の不具合事例の一例を示す(図7)。

ネジの不具合の大半は、ネジの緩みである。

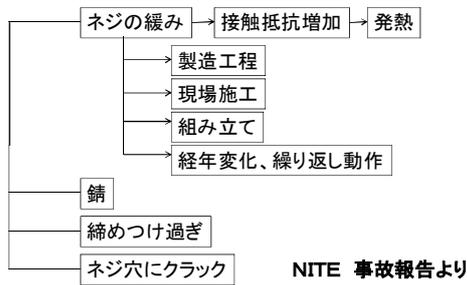


図7 ねじ締結部の不具合

6. 炎によりプラスチックに着火させない構造設計→発火対策の本質的な考え方

電気・電子部品が発火した場合、他のプラスチックや部品への着火の有無を軸に考える。発火対策は、電気的方法と機械的方法の組み合わせである。

発火事故を防ぐ対策は、第一に電気的対策を考え、次に機械的な対策を組み合わせ、着火、延焼の炎の連鎖を断ち切ることである。

(1) 電気・電子部品そのものへ対策する。

電気・電子部品の特徴を捉えた電気的対策をする。例えば、実用化された発火しない電解コンデンサを使用する。

(2) 電気保護素子で対応する。

サーモスタット、温度ヒューズ等が通常使用時に作動せず、異常時に作動するように部品の選択をする。

表2 発火源の特徴を捉えた電気的対策

発火源	対策の例
光源、熱源	二重保護回路
バリスタ	難燃バリスタ(発火時の炎が1cm以下)
Xコンデンサ	DC3kvの絶縁耐圧に耐えるコンデンサ
アルミ電解コンデンサ	発火しないコンデンサ
トランジスタ、FET	電流ヒューズ、ヒューズ抵抗等
DC-DCコンバータ	電源回路のフの字特性

(3) 機械的対策をする

機械的対策とは、電子・電気部品と近傍のプラスチックの間の距離をとる、あるいは、電気部品を金属カバーで覆うなどの方法を言う。発火しても、プラスチックに炎を暴露させない方法である。対策の有効性を確認するには、検証方法に工夫が必要であるので、以下に注意点を示す。

- ・電気・電子部品からの炎とプラスチックを隔離する。炎の継続時間と高さ・広がりの数値を量的に把握する。
- ・電気・電子部品とプラスチックの間に難燃材あるいは金属を設置する。思わぬ隙間を作らないようにする。
- ・電気・電子部品を難燃材あるいは金属で覆う。内部温度上昇による電子・電気部品の寿命への影響を考慮する。

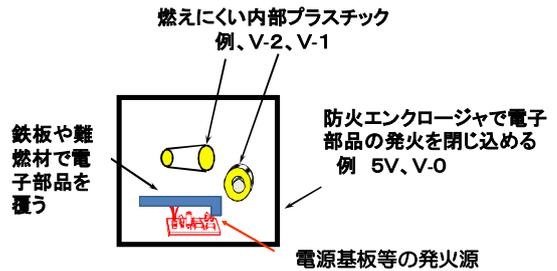


図9 機械的手法で炎を遮断する。

7. むすび

本論文では、電子機器の電気・電子部品の発火・発煙を含む故障への対策には、機械技術者の役割が大きいことを述べた。

ネジ締結部、メッキ、腐食等の基本的知識はもとより、電気的方法と機械的方法を組み合わせ、電子機器の発火を防止する設計思想が重要である。境界領域における電気設計者と機械設計者の協働が欠かせない。