

# 実用基板のはんだ接合部における熱疲労き裂進展への 二次元シミュレーション技術の適用に関する研究

機械システム課 佐山利彦 コーセル(株) 岡本佳之 高柳 毅

## 1. はじめに

発熱量が多い電源機器においては、はんだ接合部の信頼性を確保する上で、熱疲労損傷が最も重要な問題の一つである。そこで、CAEによる構造解析技術を適用して、疲労き裂の発生から、き裂の進展、さらには破断に至るまでの寿命推定技術を開発している。本研究では、効率よく疲労寿命を評価するために、2次元FEMモデルに基づくき裂進展解析技術を開発した。さらに、解析精度向上のために、放射光X線マイクロCTによる疲労き裂進展過程の観察も平行して行った。

## 2. 2次元FEMモデルによる疲労き裂進展解析

電子基板に実装されたチップ抵抗のはんだ接合部における疲労損傷を対象とし、疲労き裂の発生から破断に至るまでの全過程を解析によって評価した。疲労き裂進展解析においては、はんだ接合部における疲労損傷度を、Coffin-Manson則および線形累積損傷則を用いて評価し、破壊寿命に至った要素を解析モデルから削除していくという手法によってき裂を逐次進展させて行った。

これまで疲労き裂進展解析は、3次元FEMモデルに基づいて実施してきた。しかし、要素寸法が10 $\mu\text{m}$ オーダーの詳細な3次元モデルの場合は、高速のWSを用いても何日も解析に時間がかかり、熱衝撃加速試験と比較した場合の優位性に劣っていた。

そこで、代表的な2次元断面をFEMモデル化して解析する2次元の疲労き裂進展解析を行い、効率化を図った。図1は、疲労き裂の進展過程の一例を示す。得られた結果を以下にまとめる。

(1) 解析対象の一断面について一般化平面ひずみ要素を用いて2次元FEMモデルを作成すること

で、3次元モデルと比較して大幅な解析時間の短縮が可能となった。例えば、要素寸法を10 $\mu\text{m}$ としてモデル化した場合、3次元モデルで70時間程度を必要としていた規模の解析を、2次元モデルでは約3時間で終了することができた。

(2) き裂進展解析の結果は、要素寸法に大きく影響されることが分っており、モデル全体の要素寸法を統一しておくことが、必要条件である。2次元FEMモデルの場合は、ほぼ一定寸法の要素で全体をモデル化することは比較的容易であり、モデル化の時間も短縮することが可能である。

## 3. 放射光X線マイクロCTを用いた疲労き裂の観察による解析の検証

解析と同じく、チップ抵抗を表面実装した基板を対象とした。放射光X線マイクロCTによって、疲労き裂の進展過程を直接観察し、解析結果を検証した。その結果、例えば、形状対称面を利用した対称モデルは成り立たないこと、またき裂の発生位置が解析とは異なることなどが明らかとなった。今後は、検証結果に基づいて、解析モデルを再構築する。

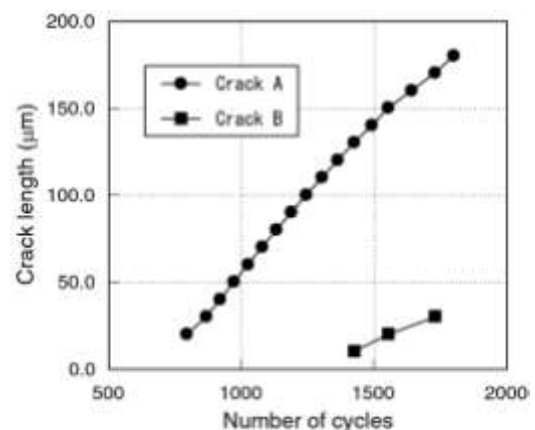


図1. き裂進展解析による疲労き裂長さの変化の例