

ノートPCにおける高加速寿命試験(HALT)の活用技術

Application of Highly Accelerated Life Test (HALT) to Toshiba's Notebook PC Development

梶 健二 染谷 喜一郎

■ KAJI Kenji

■ SOMEYA Kiichiro

東芝では、ノートパソコン(PC)の設計品質の向上と製品開発のスピードアップのためのツールとして、高加速寿命試験(HALT: Highly Accelerated Life Test)手法を導入している。

HALTは、急激な温度変化やランダムに発生する強力な振動を同時にPCに加える試験であり、製品の仕様環境よりも高レベルのストレスを掛けることで、製品に内在する品質改善点を短期間で抽出することができる。その品質改善点を製品開発段階で取り除くことで、高い品質を確保することが期待できる。

Toshiba has installed the HALT system in the PC development process, expecting improvement of quality and reliability of the product, as well as curtailment of the development period.

HALT exposes product samples to extremely harsh conditions—high/low-temperature and rapid heating/cooling in combination with vibrations—to disclose latent weaknesses of the product in a short time. HALT highlights necessary corrective actions in product design, and consequently, it helps to increase product reliability. Toshiba pursues excellent quality in notebook PCs with the HALT system.

1 まえがき

ノートPCは、ユーザーが手軽に持ち運ぶことができるため、高い堅ろう性が求められている。東芝では従来から各種の信頼性試験を実施してきたが、更なる信頼性の向上を図るためにHALT試験機を導入した。

ここでは、当社におけるノートPC開発へのHALTの適用について述べる。

2 HALT試験機について

HALTは、設計段階において試作サンプルに大きな負荷を与えることにより設計上の品質改善点を抽出するための“設計ツール”である。大きな負荷とは、製品サンプルを入れた装置内部の温度を高温又は低温に保ったり、急激な温度変化を与えつつ同時に試料台を振動させるもので、サンプルは非常に厳しい条件に置かれることになる。急激な温度変化は、ヒータ及び液体窒素による加熱や冷却によって行い、振動は6自由度のランダムな振動である。

従来の試験技術では、温度と振動は別々に与えられていたので、設計上の品質改善点が見つかるまでには長い期間を要していた。一方、HALTは温度と振動を同時に与えることができるため、製品に内在する欠陥や品質改善点が数日間という短期間で明らかになる。そして、この結果を基に設計改善を行うことで、品質や信頼性を高めることができるのである。HALTは、限られた開発スケジュールの中で十分な



図1. HALT試験機 — 東芝が導入したQualMark社製のHALT試験機である。

Highly Accelerated Life Test (HALT) system (product of QualMark Corporation)

信頼性を確保するために非常に有効な手段であると言える。

当社は、HALT試験機のリーディングカンパニーである米国QualMark社の装置を導入した(図1)。QualMark社は、欧米を中心に数々の装置納入実績を持っており、その製品は高い評価を得ている。

HALT試験機の普及は欧米で始まったが、近年ではアジ

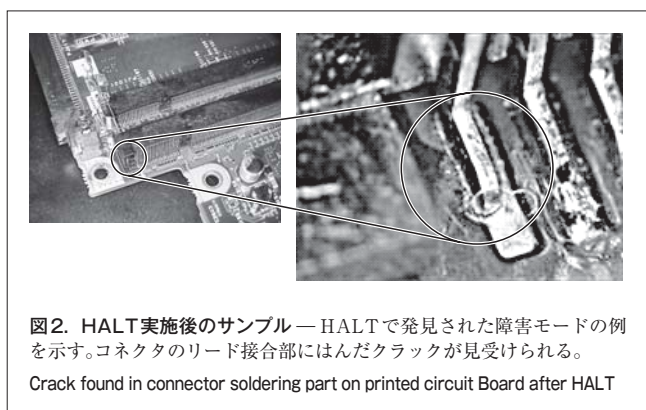
アにおいても導入する企業が急速に増加しつつある。現在は、主に電子機器関連業界で活用されており、汎用の電子機器に限らず、防衛用、航空用、自動車用、医療用など、極めて高い信頼性が要求される電子機器に数多くの適用事例がある。このことは、HALTが設計品質や信頼性の向上にいかにか重要な役割を果たしているかを端的に示している。

3 HALTの有効性の検証

当社ではHALTの有効性を検証するために、評価用の製品サンプルをモチーフにHALTを実施し、従来の試験方法との比較を行った。従来の試験方法は、熱衝撃試験(温度サイクル試験)、振動・衝撃試験、外圧試験などが該当する。

従来の試験方法では数週間から数か月間掛かっていた設計上の品質改善点が、HALTによってわずか2~5日で発見されるようになった。これらの品質改善点は、主としてプリント板に実装される電子部品(CPU、コネクタ、チップ部品、など)のはんだ接続に関するもので、プリント板の実装構造や固定方法に起因する。HALTで急激な温度変化(高温から低温、低温から高温への温度サイクル)を連続で与えることにより、電子部品のはんだ接合部への影響を早期に検証することができる。

実際に製品における温度変化は、ユーザーがノートPCの電源をON/OFFする際になどに発生するが、それによってのはんだ接合部に熱ストレスが加わるため、事前に十分な信頼性の検証が必要となる。ここで発見される障害モードの代表例であるはんだクラックの写真を図2に示す。



HALTによるランダム振動は、プリント板と筐体(きょうたい)との取付けや固定方法の影響を検証するのに特に有効な手段である。また、筐体だけではなく、HDD(ハードディスクドライブ)、ODD(光ディスクドライブ)などのユニット部品の実装的な品質改善点も発見できる。

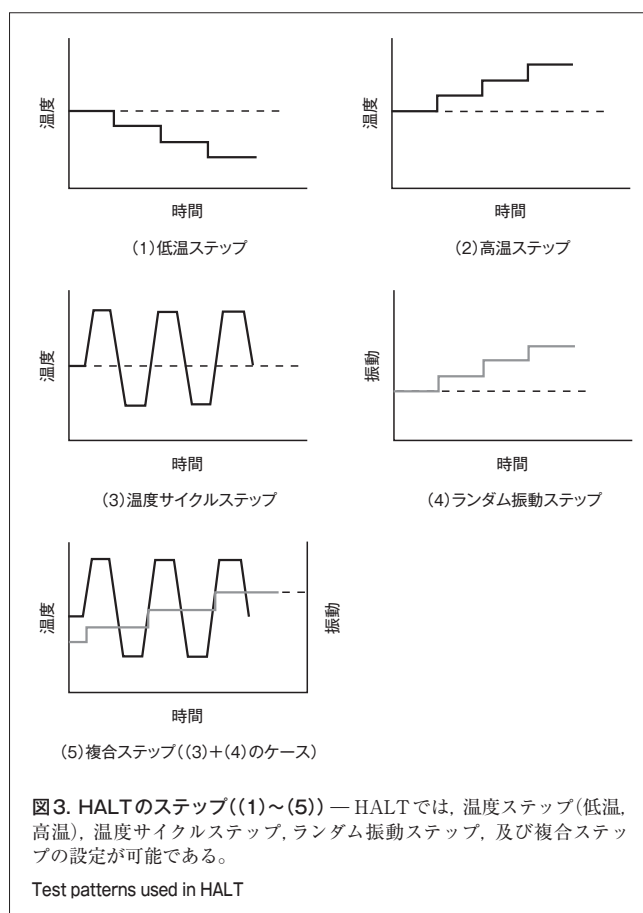
このように、HALTを実施することで、急激な温度とランダム振動、及びその複合条件で評価することにより、プリン

ト板、筐体、ユニットの実装に潜在する品質改善点を早期に発見し、設計改善を行うことができる。

4 HALTのステップ

HALT実施の試験パラメータとしては前述の温度変化やランダム振動があるが、以下に代表的なHALTのステップを示す(図3)。

- (1) 低温ステップ
- (2) 高温ステップ
- (3) 温度サイクル(急激な温度変化)ステップ
- (4) ランダム振動ステップ
- (5) 複合ステップ((1)+(4), (2)+(4), (3)+(4))

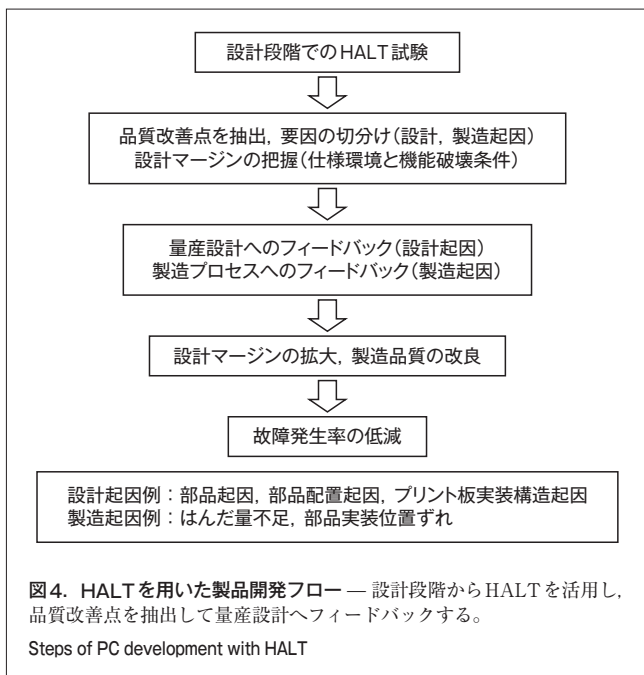


HALT試験機の仕様は、低温が-100℃、高温が200℃、温度変化が±60℃/minであり、ランダム振動は50 Grms(490 m/s²)、周波数帯域は10~5,000 Hzが可能である。ランダム振動はX,Y,Z軸方向の加振に加え、各軸の回転が負荷され6自由度の加振となる。

これらの範囲内で最適な試験条件を選定することで、仕様環境よりも高い負荷を対象製品に与え、システム全体の品質改善点を早期に発見できる。また、このような段階的な条件

による評価を実施することにより、品質改善点が温度変化、ランダム振動、又はそれらの複合要因によるものなのかを検証することもできる。HALTで品質改善点が発見された製品が、仕様環境と比較してどの程度のマージンを持つかを把握し、設計改良をすること、つまり設計マージンを拡大することがHALTの適用においてもっとも重要な点である。

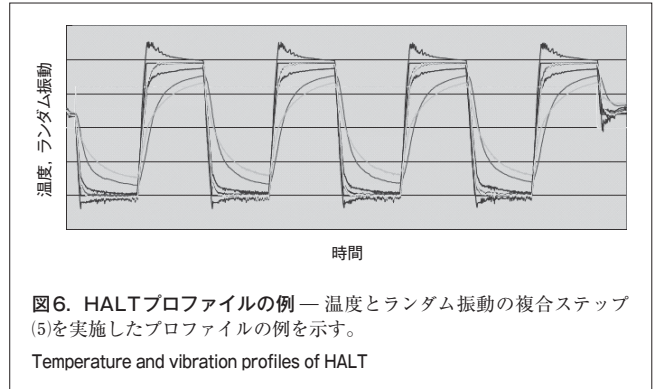
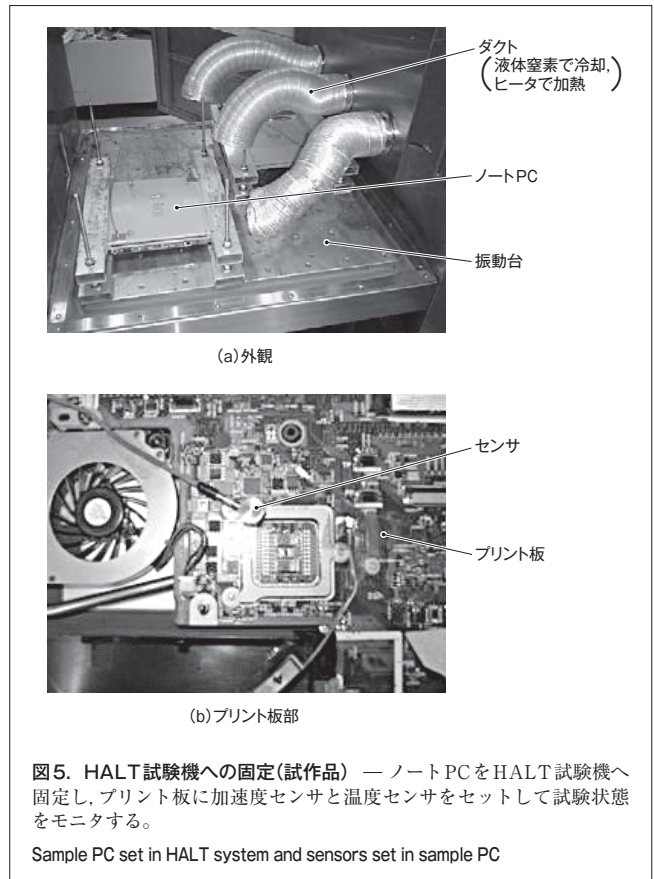
以上のように、HALTは設計起因の品質改善点を開発段階の早期に発見し、それらを改良する際に使用する試験手法であり、従来の耐久試験とは異なる。また、品質改善点を詳しく検証することにより、設計だけでなく製造に起因する不具合を予測することもできるため、製造プロセスへのフィードバックもできる。HALTを用いた製品開発フローを図4に示す。



5 ノートPCへのHALT手法の導入

当社は、2006年5月に発売したdynabook Satellite Kシリーズの開発で本格的なHALT手法を導入した。製品の試作段階からHALTを実施し、量産品の設計へフィードバックした。HALTの実施方法について以下に述べる。

試験は、システム設計、メカ設計、及び実装設計の各担当者がチームを組んで実施し、各々の専門の観点から品質改善点について考察する。振動台に固定されたノートPCの筐体やプリント板に温度センサ及び加速度センサをセットし(図5)、設定した条件(温度、ランダム振動)が出力されているかをモニタしながら試験を行う(図6)。また、図3に示したステップを参考に、ノートPCの動作を確認しながら試験を進める。動作確認は当社の検査プログラムによって行い、



また、実装部品の外観確認及びはんだ接合の状態確認は顕微鏡を用いて行う。そのほか、ユニット部品(HDD, ODD, など)の動作、筐体(メカ)部品の外観観察も同時に実施する。

dynabook Satellite Kシリーズでは、図3(5)の複合ステップにおいて、マイナス数十度レベルの低温側から製品仕様温度の2~3倍程度の高温側まで、それぞれ製品仕様を大幅に超える温度負荷と、10~数十Grmsレベルのランダム振動負荷を与え、これらを1サイクルとしてサイクル試験を実施した。

このHALTの条件を決定する際には、図3(1)~(4)のステップの試験結果(温度(高温又は低温)、温度サイクル、ランダム振動)、及び既存機種においてHALTを実施した結果をフィードバックした。

具体的には、フィールドにおける故障データとHALT条件の相関関係の調査を実施し、その結果、例えばコネクタのはんだクラックに関して、クラックが発生する温度条件、ランダム振動条件、及びサイクル数を確認し、その条件を試作段階で実施し、HALTのしきい値の一部に適用することにした。

HALTを実施した製品は、過大な負荷により図7 (a), (b)のように筐体の一部に変形が見られたが、システムの動作に

は異常はなかった。このように当社では、HALTによって試作段階で明らかになった品質改善点については徹底的に解析し、量産品の実装設計と製造プロセスへフィードバックしている。

以下に、ノートPCにおいて発見される代表的な品質改善点を示す。これらは、いずれも温度や振動に起因して発生するものである。

- (1) はんだのクラック／クリープ(はんだの疲労破壊)
- (2) ハーネスの抜け
- (3) コネクタの嵌合(かんごう)外れ
- (4) ヒンジの破損
- (5) ねじの緩み

このように当社では、過去の製品の品質データを検討して新しい製品の開発・設計に生かすことで、継続的な品質向上を行っている。

6 あとがき

従来の信頼性試験に加えて、dynabook Satellite Kシリーズの開発プロセスから開始したHALTの活用技術について述べた。今後も、ユーザーの期待に応える“High Quality PC”を実現するための設計ツールとして、HALTを活用していく。



(a) 過大な負荷が加えられたPC



(b) 変形した筐体

図7. HALT実施後の製品サンプル(試作品) — 複合ステップ(5)を実施した試作品で、筐体の一部に変形が見られるが、プリント板の動作には異常はなかった。

Sample PCs after HALT



梶 健二 KAJI Kenji

PC & ネットワーク社 PC 開発センター 実装開発センター
主務。ノートPCのPCB実装設計・開発に従事。
PC Development Center



染谷 喜一郎 SOMEYA Kiichiro

PC & ネットワーク社 PC 開発センター PC 設計第一部主務。
ノートPCのハードウェア開発に従事。
PC Development Center