

トレンドを探る

JTAGテストによる検査の改革 次世代ハイブリッド検査装置の取り組み

アンドールシステムサポート(株) / 谷口 正純
サトーテクノロジー(株) / 松田 俊之

1. JTAGテストの「いま」と「未来」

エレクトロニクス実装学会の2017年春季講演会において、JTAGテスト(IEEE 1149.1規格のバウンダリスキャンテスト)に関する興味深い講演があった。将来の高密度実装基板、部品内蔵基板では、検査のためのプローブピンが立たなくなり、X線検査では故障箇所の特定がますます難しくなるという。わずか4本(オプションを含めると5本)の信号で基板全体を検査できるJTAGテスト手法は、さらなる高密度化が進む基板検査では必須のテストとなる(図1)。

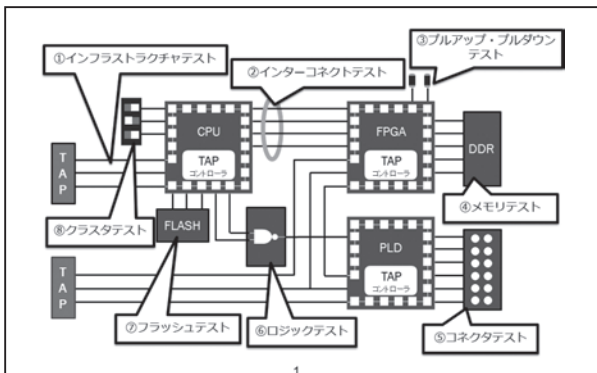


図1 基板全体を検査できるJTAGテスト



図2 JTAG ProVisionとJTAGコントローラ

JTAGテストソフトウェア『JTAG ProVision』は、19万種類を超える部品ライブラリからJTAGテストを行うためのテストアプリケーションが自動生成される進化したソフトウェアである(図2)。PCとUSBもしくはLANで接続したJTAGコントローラを被検査基板と接続して、基板上のマイコン、FPGA、DSPをコントロールして、自動生成されたテストアプリケーションを実行する。テストを実行した結果は、不良箇所が自動診断され「IC1の10番ピンがオープン」「ADDRESS 10とADDRESS 11がショート」などと表示される。

今回はサトーテクノロジー(株)の協力を得て、同社がJTAGテストを導入した経緯を紹介する。なぜ検査工程を見直すことになったのか、どのような製品品質を目指して「検査の改革」を進めたか、導入した結果どのような検査設備になり何が改善したか、具体的な検討結果と実績を紹介したい。

2. サトーテクノロジーの企業概要

サトーテクノロジー(株)は、サトーグループにおけるパー



図3 サトーホールディングス(株)本社(東京都目黒区)

コードプリンタ、ハンドラベラーなどのメカトロ製品の設計・開発から製造までを一貫して担う会社として、2013年4月に新設された。サトーグループの社は「あくなき創造」の精神の下、開発商品を通して「感動」と「驚き」を伝えるため、お客さまの期待を超える製品作りに努めている。

サトーホールディングス(株)は、本社が東京都目黒区にある(図3)。1940年の創業以来、お客さまの現場の「正確・省力・省資源」の実現を本業とし、高度成長期のハンドラベラーの発明、POSの普及に伴った世界初の熱転写方式バーコードプリンタの開発等、モノに情報を貼り付ける「情物一致」で、時代の流れとともに革新的な価値をもたらす製品を送り出してきた(図4)。

近年、IT革新によって全てのモノがネットワークにつながる社会(IoT/ユビキタスコンピューティング)が実現に向かい始めた。IoT/ユビキタスコンピューティングが実現すれば、いつでも、どこでも、ネットワークの恩恵を享受できる超情報

化社会だが、本当に機能するには、誰かが「実体のあるモノにID・情報を紐付け(タギング)し、正しくITシステムにつなぐ」という極めて物理的な作業を担わなければならない。サトーホールディングス(株)は、仮想(IT)と現実(モノ)をデータでつなぐ「最後の1cm」を担う、世界ナンバーワンの自動認識ソリューション企業を目指している。

3. ラベルプリンタの概要

サトーグループでは、製品管理ラベルや工程管理ラベル、イベント用チケットなどのラベルプリンタ「スキャントロニクス CL4NX-Jシリーズ」などを製造している(図5)。

製造向けソリューションのラベルプリンタは、製品基板の製造工程管理用の熱処理、薬品工程、長期間屋外保存でもIDが消えない極小ラベルを印刷できるものもある。また、オペレーションの標準化により、誤出荷を防ぎ、トレーサビリティ管理に必要な情報を収集できるため、誰もが間違えない仕組みを構築することができる。

「突然の故障で印字ができない」ということは、生産や流通における、大切な製品の流れを止めてしまう問題に直結するため、安定稼働を実現するために徹底した設計管理と品質管理を行っている。

お客様の現場で稼働する「TOUGH(堅牢)なプリンタ」であることへのこだわりを持ち、5年間の保証期間と充実した保守サービスネットワークを提供している。サトーグループの製品は、ベトナム工場やマレーシア工場で製造と検査を行なっているが、検査システムは日本で開発して高い検査品質を維持している(図6)。

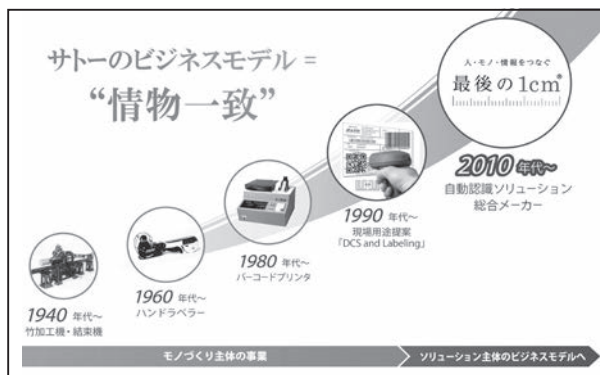


図4 サトーグループのビジネスモデル



図5 ラベルプリンタ「スキャントロニクス CL4NX-J」



図6 マレーシア工場の作業風景

4. 製品基板の動向

サトーテクノロジー(株)の製品は、製造現場、物流現場で使用される高機能な製品とハンディタイプの小型の製品がある。QFPパッケージのマイコンが主流の時代もあったが、お客様の多種多様なご要望に応え続けた結果、製品基板が複雑化した。その結果、BGAパッケージの部品を搭載した高密度基板が主流となり、チップ抵抗、コンデンサなどの受動部品のパッケージは「0603」が標準のサイズとなった(図7)。将来はさらなる高密度化が予想され、製品の品質を保证するためにはコストに見合った最適なテスト装置が求められる。

5. JTAGテスト導入前の検査工程と課題

JTAGテストを導入する前の生産プロセスについて説明する。検査工程は色が塗られている工程となり、最初にAOI、X線検査を行い、インサーキットテスト(ICT)、ファンクションテスト

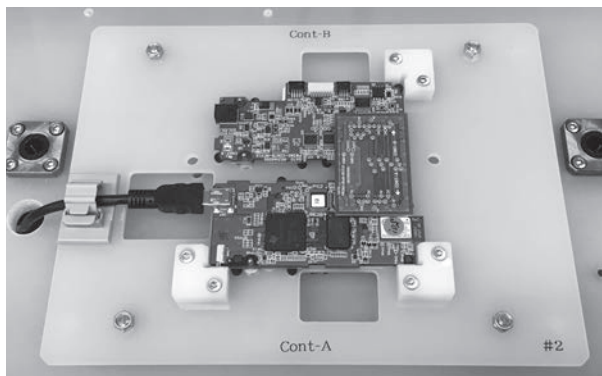


図7 治具にセットされた3枚構成の製品基板写真

ト(FCT)というフローで実装検査を行い、製品の品質保証を行なっている(図8)。

最初の検査工程は、部品実装直後の基板に対してAOI、目視検査を実施し、部品の実装漏れ、部品の実装方向を検査している。AOIや目視検査では確認できないBGAパッケージの部品は、X線検査を行ない、通電前に基板全体の検査を行なっている。但し、BGAパッケージに対するX線検査では、オープン不良を発見することができないという課題が残ってしまう。

次にICT検査工程だが、ここでポイントとなるのがプローブピンの存在である。多機能な製品基板や携帯型の製品基板では、BGAパッケージが増えるとプロービングができずにテストカバレッジが激減してしまう。高密度化が進むとプローブピンでテストするためのランドを設けるスペースを確保することも困難になり、この点が大きな課題となる。また、プローブ数の増加に合わせて、プローブピンの接触が不完全になることによる検査の信頼性も課題となってしまふ。

筐体に組み込む前の最終検査にはFCTを実施しているが、多機能な製品であるほど治具設計が複雑になりコストがかかってしまう。また、FCTは他の検査手法と比較すると検査時間が長いことが課題となる。検査の品質は、テスト用のファームウェア開発者のスキルに依存する検査であり、複雑な故障診断や不良解析は難しい(図9)。

そこで、検査の信頼性低下と生産性の低下を改善するため「検査の改革」の取り組みをはじめることにした。

6. 基板検査の改革「ICT検査の分析」

サトーテクノロジー(株)には、さらなる検査の品質向上と生

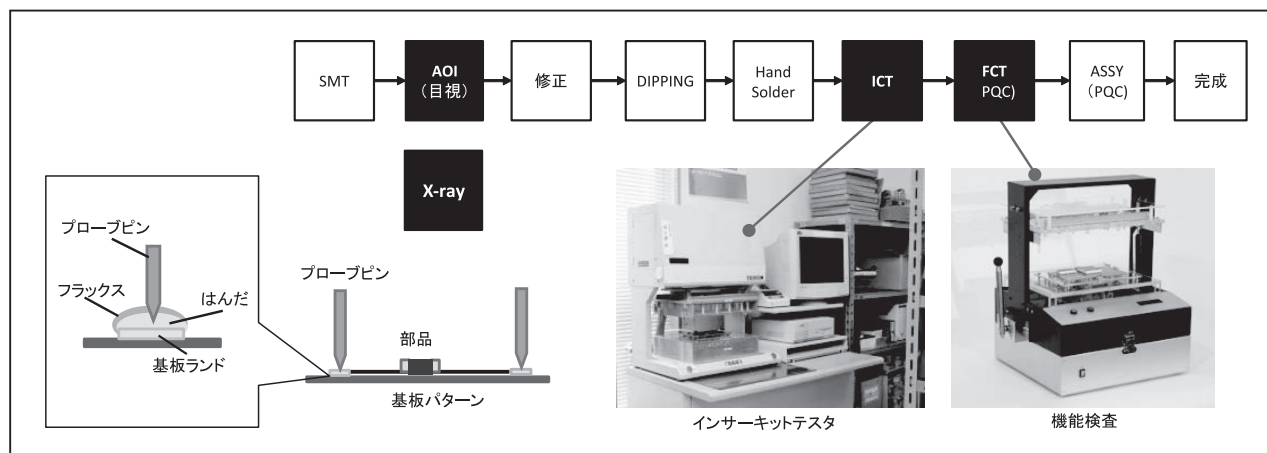


図8 JTAGテスト導入前の検査工程

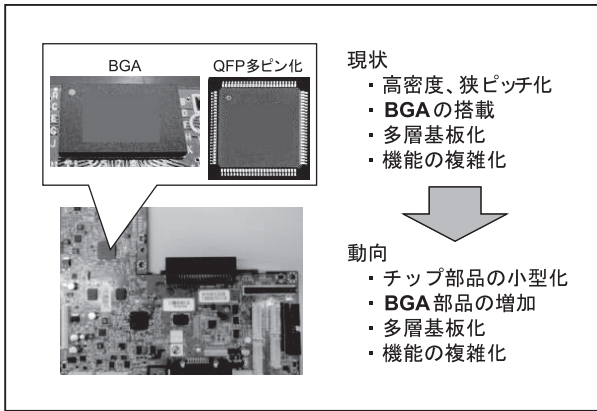


図9 製品基板の現状と動向

産性を改善するために、全社で取り組んでいる品質管理の取り組みがある。設計品質、製造品質、市場品質の観点から様々な改善策を検討しているが、今回は工場におけるICT検査の実施状況の分析を行った。ある製品基板におけるICTの検査結果で、不良品と判定された基板64枚を解析したところ、半数を超える48枚が誤診断であることが分かった。この誤検出を回避するために、再検査(リトライ)を実施しているが、高密度基板を検査する場合には、ICT検査の信頼性低下と再検査による生産性の低下が課題となっていることが分かった。

7. 基板検査の改革「FCT検査の分析」

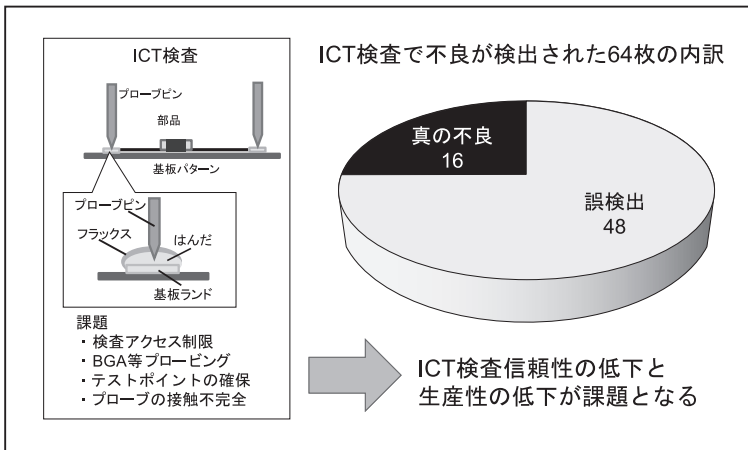


図10 ICT検査の課題

次にFCTの検査結果を分析すると、ある製品の検査において直行率が82.5%であることが分かった。そこで、FCT検査の再実行を繰り返したところ、4回目以降の検査で良品検出されるものが1.1%であることが分かった。この結果から、生産工程ではFCT検査は3回まで再実行することにした。合格率は93.9%と向上したが、時間がかかるFCT検査工程を再実行することは、検査時間に大きな影響を与える。FCT検査はICT検査と同様に、高い頻度で再検査を行う必要があり、ICT検査とFCT検査が抱える課題は、直行率の低下により生産性が悪化してしまうことである(図10、図11)。

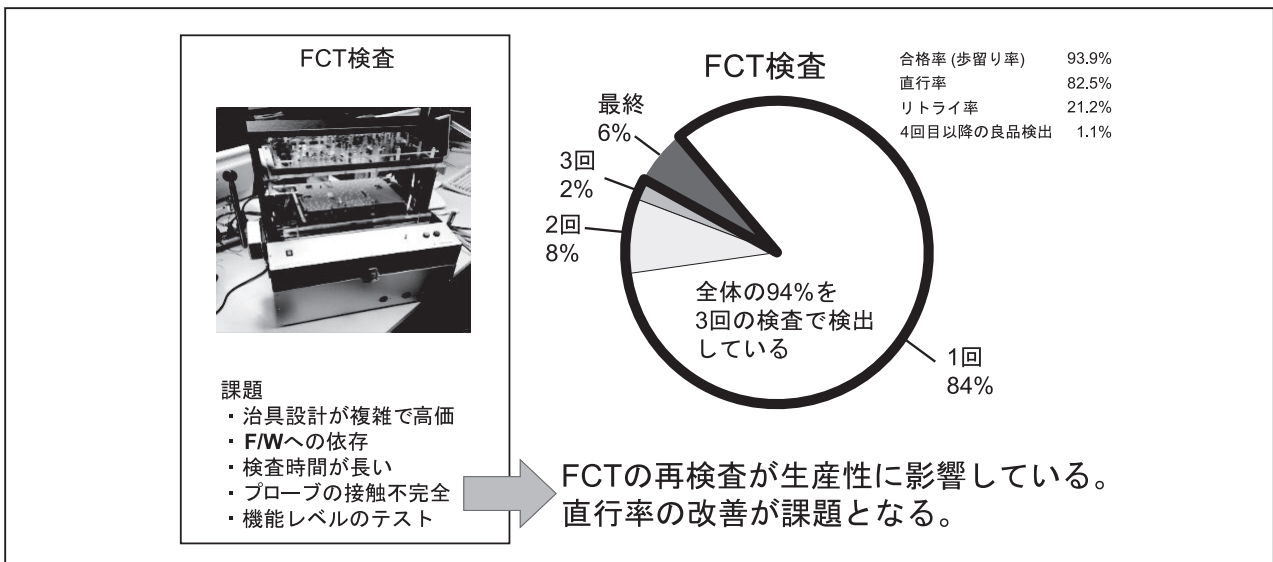


図11 FCT検査の課題

8. 基板検査の改革「JTAGテストの評価」

検査工程を入れ替える前に、どのようにJTAGテストシステムの導入検討を進めたかを紹介する。十分な事前検証と安心できる業者選定が必要である。

JTAGテストは4本の信号と数本のGND信号をJTAGコントローラと接続するだけで、すぐにテストを実行する環境が整う。これは、ICTやFCTとは違い、ケーブル接続で試作基板の段階から検査ができることを意味している。量産ラインを短時間で立ち上げなければならない生産技術者にとって、大きなメリットとなる。業者選定については、国内でJTAGテ

スト専門のエンジニアがいるか、テスト生成を自動化できるか、国内の導入実績が豊富であるかを判断基準として、アンドールシステムサポート(株)に決定した(図12)。

JTAGテストの仕組みは、基板上のBGA部品をPCからコントロールして、部品内部のJTAGバウンダリスキャンをプローブピンとして機能させるテスト手法である。

JTAGテストの将来性については、現在のBGA部品の検査に対応でき、将来の高密度実装基板や3次元実装にも対応できる有効なテスト手法であることがわかった(図13)。

9. 従来の検査手法との違いは

JTAGテストを導入する前の各検査工程の役割と課題を図にまとめた(図14)。

BGAパッケージの部品が増えている中、AOIではBGAの検査ができず、X線検査では不良解析が困難という大きな課題がある。ICTは高密度実装基板では、テストランドを設けることができないため、プローブピンが立たない。

また、接触信頼性が低いという課

題もある。テストカバレッジを確保するために、FCTに依存することになるが、製品が複雑であるほど製作工数が膨らんでしまう。また、機能レベルでのテストとなるため、ピンレベルでの不良解析が困難であり、製造工程へのフィードバックができないという課題もある。

10. テストの準備はどのように変わったか

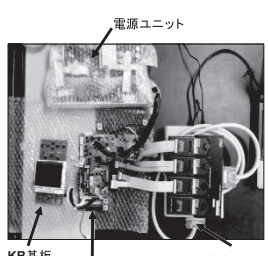
JTAGテストを導入後には、各検査工程の役割の多くはJTAGテストがカバーでき、図15のようにICTを実施しないこととした。

デモ機の詳細

- 業者名: アンドールシステムサポート株式会社
- ・機器: JTAGコントローラ JT3707/TSI
- ・ソフト: JTAG ProVision
プラットフォーム(テスト実行)
ジェネレータ(テストプログラム生成)
BSDソフト(故障診断)
- デモ実施モデル: CL4NX CONT+FPGA+KB PCB

選択理由

- ★JTAGの専門業者
- ★テストプログラム生成ソフトが豊富
(社内でプログラム生成が可能)
- ★他社への導入実績(リコー、OKIなど)



電源ユニット

KB基板

CONT+FPGA基板

JTAG検査用コントローラ JT3707/TSI (ポートソケット数: 4個)

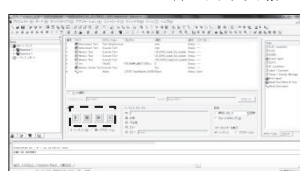
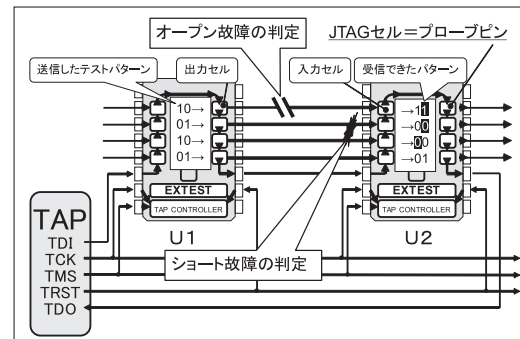


図12 JTAGテストの事前評価と選定理由

JTAG(バウンダリスキャン)テストとは

- ICTやFCTではテストプローブを多数使用した導通検査していた検査を、JTAGテストでは、4本(もしくは5本)の信号線でシンプルで効果的に基板全体を検査できる。



- BGA部品の検査が可能
- ネットレベル(回路図)の故障解析が可能
- 故障箇所の部品名及びピン番号の特定可能
- オンボードプログラミングを実現

↓

**将来的にも有効な
基板検査手法である**

図13 JTAGテストの概要と将来性

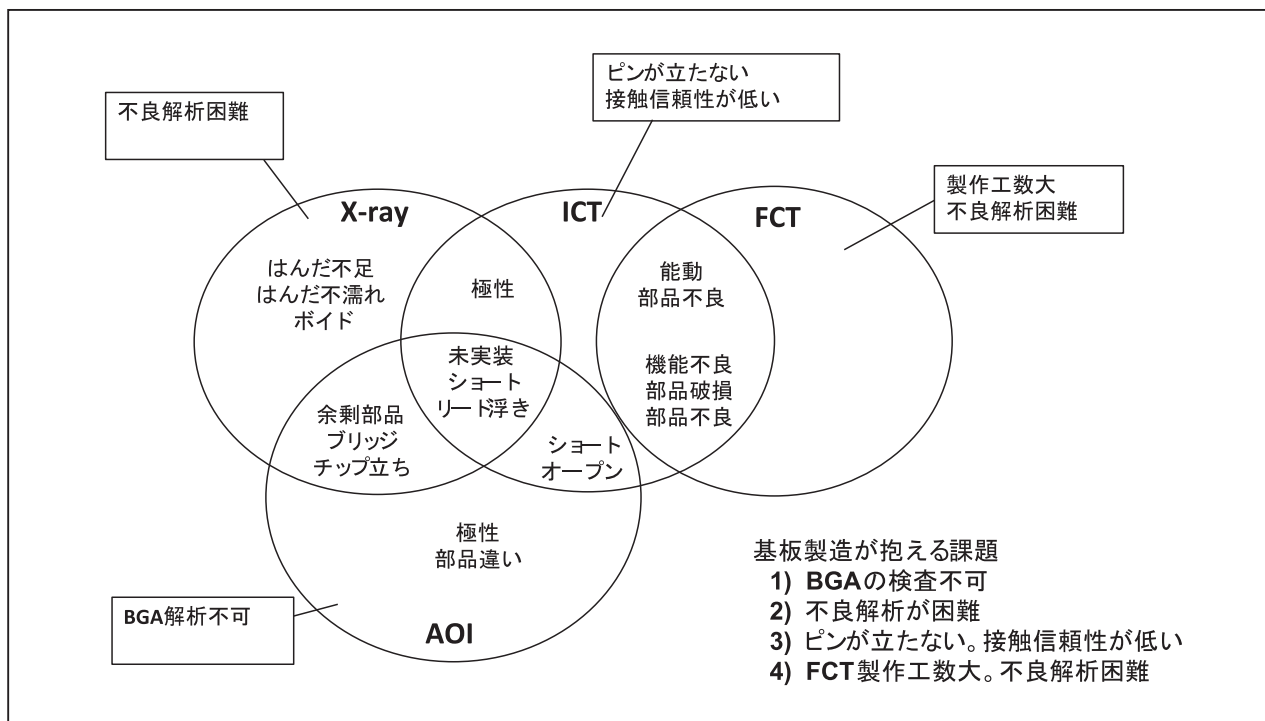


図14 基板検査工程の役割

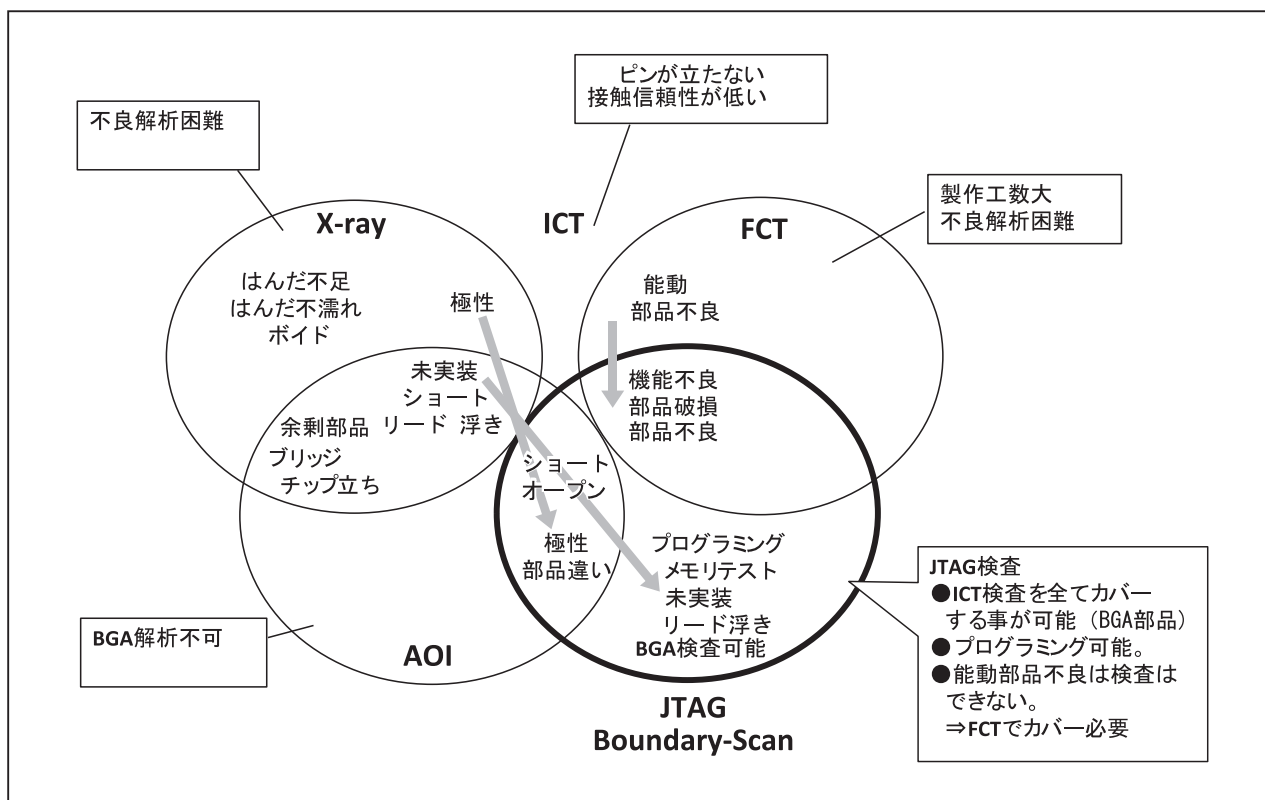


図15 基板検査工程の役割の変化

JTAGテスト規格ではカバーできない回路は、FCTでカバーすることにしたが、JTAGテストがカバーする検査項目が増えることにより、FCTでカバーする範囲を縮小することができた。その結果、FCT製作の負荷を大幅に減らすことができ、設備コストの削減を実現できる。

実際の製品基板上でJTAGテストのカバレッジを示したものが

図16である。アナログ回路を除く大部分がJTAGテストでカバーできることが分かる。

11. 検査設備はどのように変わったか

サトーテクノロジー(株)では、将来のさらなる高密度化、高

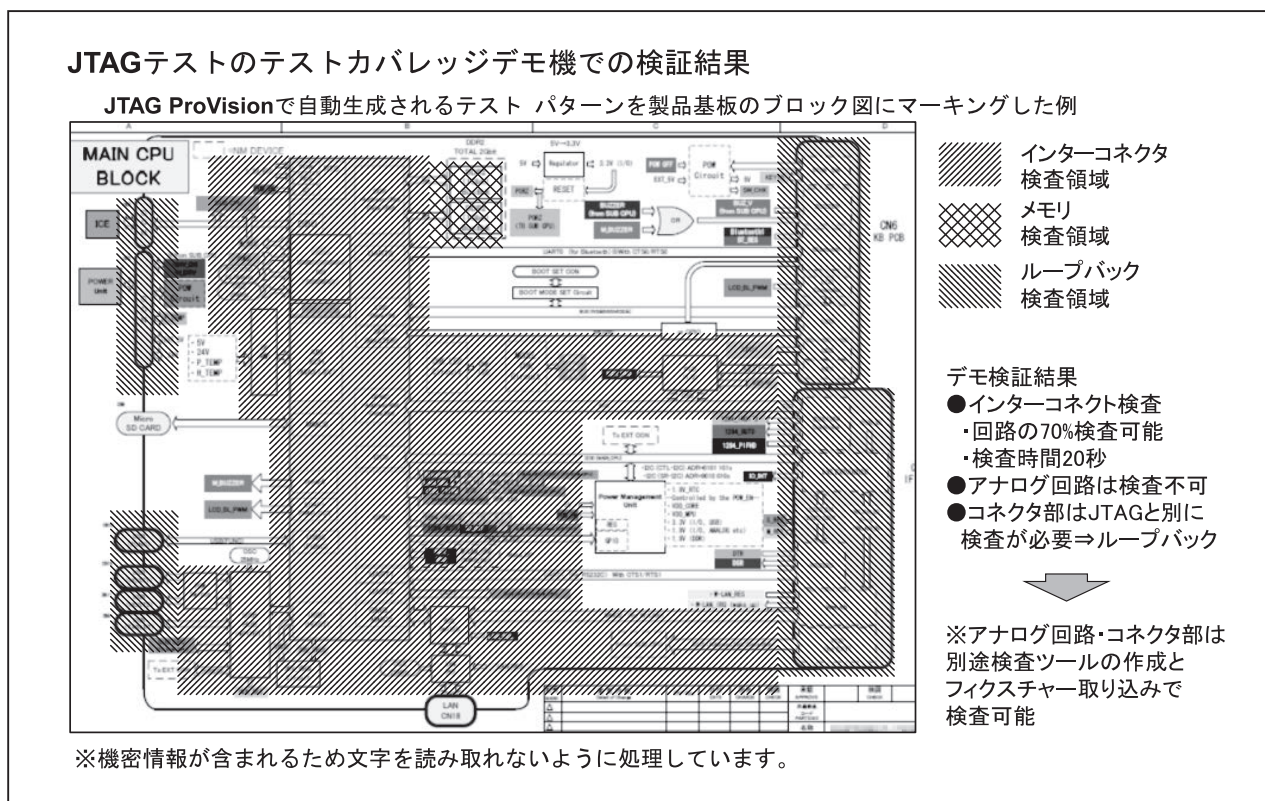


図16 JTAGテストのテストカバレッジ

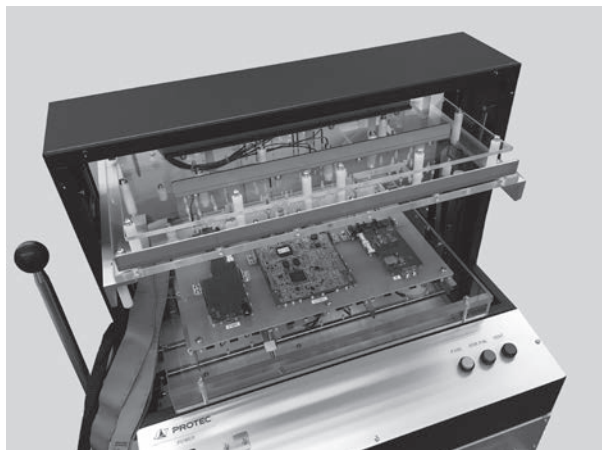


図17 (株)プロテック製 ハイブリッド検査装置

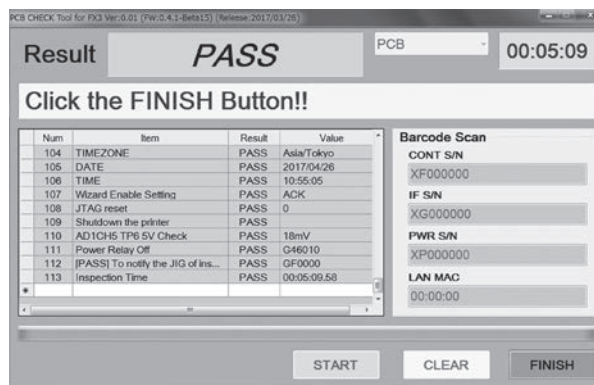


図18 JTAGテストをFCTに組み込んだGUI画面

機能化に備えて「次世代ハイブリッド検査装置」として、(株)プロテックとJTAGテストとFCTを組み合わせた検査装置を開発した(図17)。

JTAGテストは専用の検査治具を検査工程に追加する方法もあるが、JTAGテストと同様に通電試験であるFCT用の検査治具にJTAGコントローラを組み込み、FCT用のユーザーインターフェースからJTAGテスト用のコマンドを実行することでFCTにJTAGテストの機能を付加することができる(図18)。

12. 基板検査の改革 生産プロセスの変更

検査工程の最終工程に目を向けると、JTAGテストを導入する前には、ICTプロセスが約1分、FCTが約7分かかっていた。

JTAGテストを導入すると、ICTプロセスを廃止することができ、FCTの検査項目をJTAGテストに置き換えることができる。

JTAGテストは1項目あたり3秒から5秒ほどで検査が終わるため、JTAGテストとFCTのハイブリッド検査に置き換えることで約2分間にまで短縮することができた。さらに、検査プロセスを削減できるため、作業者を1名削減でき生産効率を向上できる(図19)。

13. 品質・コスト・生産面でのメリットとデメリット

様々な視点からJTAGテスト導入のメリットとデメリットを分析した。品質面のメリットは、BGAの電気検査ができ、プローブピン削減による接触不完全の排除と基板ストレスの低減が挙げられ、デメリットとなる側面は無かった。

コスト面では、治具製作費用の低減と検査時間の短縮によるコスト低減の半面、一時的に設備費用が増えるというデメリットがある。

JTAGテスト『JTAG ProVision』はテストパターンを生成するための開発パッケージと、生産ラインで使用するテスト実行パッケージがあり、最初の設備には開発パッケージが必要になる。

しかし、X線検査装置やICTと比べると初期投資額は少なく、検査ラインごとに実行パッケージを1つ準備する必要があるが、複数製品の検査で活用できるためコスト面のデメリットのインパクトは小さい。

次に生産性と生産効率のメリットだが、JTAGテストではテストパターンが自動生成されるため、ファンクションテストのようなテスト用のソフトウェア開発が不要になり、準備期間の短縮と手離れの改善ができる。

JTAGテストパターンはサトーテクノロジー(株)で社内

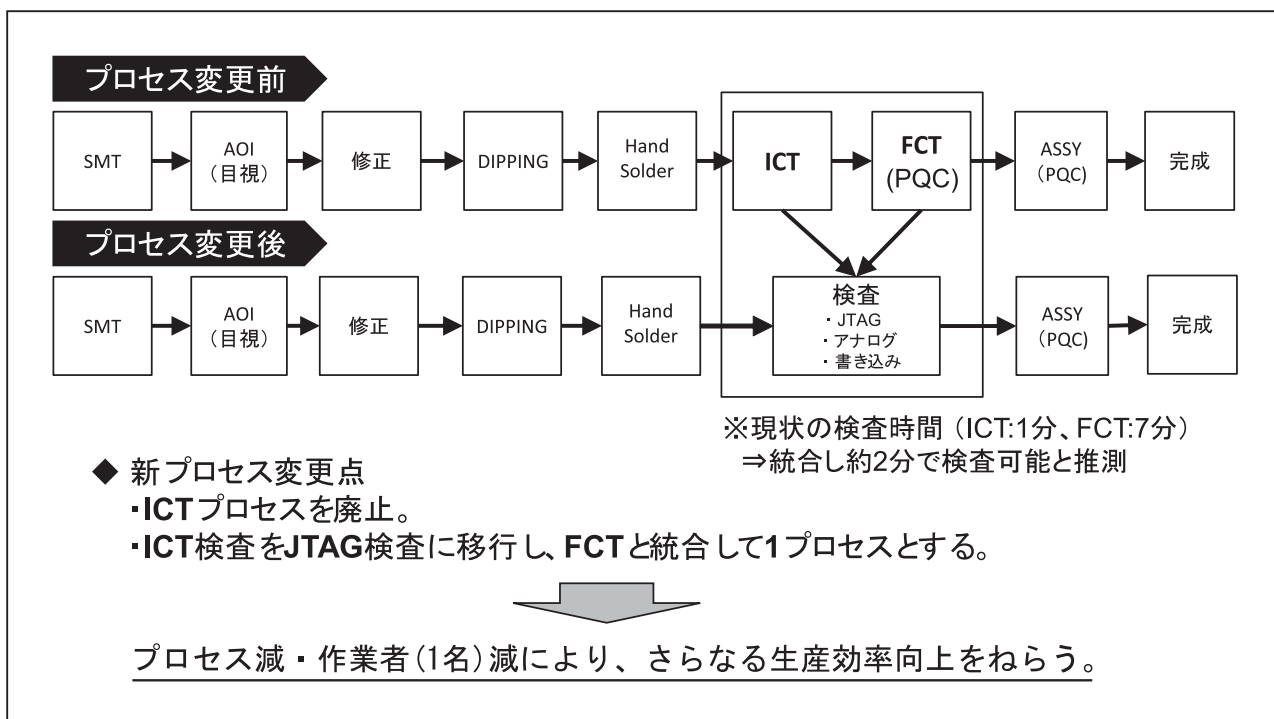


図19 生産プロセスの見直し

製作が可能であり、検査治具を製作せずにケーブル接続でテストが可能となるため、試作基板の検査や量産試作の段階から活用できることになる。

半面、デメリットだが、設備費用を抑えるためにはJTAGテストシステムを複数の製品検査で使用する必要がある。そのため、多モデルの並行生産はできなくなるが、低コストのJTAGテスト実行パッケージを検査ラインごとに追加することにより、複数モデルのテスト実施は解決できる。

また、JTAGテストの導入初期には、テストパターン生成に習熟時間が必要であるが、アンドールシステムサポート(株)では様々なトレーニングを提供しているため、生産ロスの問題は最小限に抑えることができる。

このように、JTAGテストは品質面、コスト面、生産効率の全ての面で効果があることが分かり、幾つかのデメリットもあるが、運用方法やサポートによって解決できた(図20)。

実際の設備費用と効果については、X線検査の作業工数や

JTAG検査導入に向けた具体的検討

| メリット | デメリット |
|---|--|
| ◆品質面 1) BGAの電気検査可能 2) テストポイントの不完全接触を排除 3) 基板ストレスの低減 ⇒ 検査品質の信頼性向上 | ◆品質面 _____ |
| ◆コスト面 治具製作費用の低減(工場側) 検査時間の短縮 ⇒ 治具コスト低減 | ◆コスト面 初期投資が増大(生産技術) ⇒ 一時的に治具費用が増える |
| ◆生産性・効率 治具立上げ時間の短縮(手離れ改善) 治具製作時間の短縮 検査プログラムの社内製作可能 (MP導入⇒TP,PPでの導入可能) ⇒ 生産性、業務効率向上 | ◆生産性・効率 多モデルの平行生産できない (※ライセンス数による) テストプログラム習熟時間が必要 ⇒ 生産ロスの問題あり |

図20 JTAGテストのメリットとデメリット

| No | 基板検査構成 | プロセス | ICT/FCTが抱える主な課題 | | | | | 採点 | 総合評価 | 詳細 |
|----|----------------|---------------------|-----------------|------|-----------|-------------|-------------|-----|------|---|
| | | | 費用 | 検査時間 | 操作性(リトライ) | 検査範囲(カバレッジ) | F/W依存度(手離れ) | | | |
| 1 | ICT+FCT(現状) | ICT | ◎ | ◎ | × | × | △ | 6点 | × | ・カバレッジが低い ・1次合格率が低い |
| | | FCT | × | × | × | △ | × | | | ・製作費用が高い ・1次合格率が低い ・F/W変更都度検査ツールの修正必要 |
| 2 | ICT+FCT | ICT | ◎ | ◎ | × | × | △ | 9点 | △ | ・カバレッジが低い ・1合格率が低い |
| | | FCT(検査用ソフト) | × | △ | × | △ | ◎ | | | ・製作費用が高い ・F/Wへの依存は低くなる ・別途検査用ソフトの作成が必要 |
| 3 | JTAG+FCT(簡易治具) | JTAG | × | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | 14点 | △ | ・カバレッジが高い ・1次合格率が高い ・製作費用が高い |
| | | FCT(実機治具) | ◎ | △ | × | △ | ◎ | | | ・製作費用一中 ・F/Wへの依存一中 |
| 4 | JTAG+FCT(一体化) | 基板検査(JTAG/アナログ/書込み) | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | 18点 | ◎ | ・カバレッジが高い ・検査直行率が高い ・検査時間が短い ・ソフトに依存しない為、手離れがよい ・アナログ部の検査ツールの作成必要 ・プロセスを統合のため、工程削除 |
| | | | × | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | | | |

図21 検査プロセスの比較と検討結果

ICTとFCTの再検査の工数を削減でき、治具の開発期間の短縮やFCTの手離れ改善、プロセスと人員の削減などをトータルするとJTAGテストの初期投資ができることが分かった。

これまでの検討結果からICTとFCTの検査プロセスとJTAGとFCTの検査プロセスを比較検討したので、まだJTAGテストを導入していない方は参考にしてほしい(図21)。

14. 将来の検査装置をどのようにしたいか

サトーグループではお客様からのご要望を受け、高機能かつ生産現場で使える高い品質を目指して、品質の向上に努めている。

その結果、高密度基板には部品番号のシルクを印刷するスペースもなくなっている状況であり、プロービングするためのテストランドを設けることも年々困難になっている状況である。

このように検査が困難な時代においても、製品の品質を向上しながら、製品の競争力を高めるためには生産効率を改善する必要がある。

生産性を向上して、コスト削減を実現し、お客様へのサービスをさらに向上していくことを目指している。

JTAGテストを導入して検査品質を改善することに成功したが、将来は生産効率をさらに向上するため、今回開発したハイブリッド検査装置を標準プラットフォーム化して、多くの製品基板で有効活用できるように「検査の改革」を進めていく。

15. まとめ

サトーテクノロジー(株)では、工場や検査における様々な課題を迅速に見つけだし、常に検査装置や検査の仕組みを改善する素晴らしい仕組みがあった。

今回の「検査の改革」では、JTAGテストを活用する製品の選定やどの検査プロセスと組み合わせると最も効果が得られるか、様々な角度から検討され効果を上げることに成功した。将来は部品の微細化、3次元パッケージ化などにより、プリント実装基板のさらなる高密度化が進むことが予想されるが、プローブピンの数を最小限にできるJTAGテストに対する期待が大きくなっていることを実感した。

検査の改善を検討されている方は、アンドールシステムサポート(株)のホームページに導入企業紹介やJTAG技術レポートを公開しているので参考にしていただきたい。