

IoTエッジプラットフォーム”トリリオンノード・エンジン”における ゴムコネクタ接続構造の研究

Connection Structure Using Rubber Connectors in the IoT Edge Platform, Trillion Node Engine

阿川 謙一¹, 森 時彦², 二宮 良次¹, 滝澤 稔¹, 桜井 貴康²

Kenichi AGAWA¹, Tokihiko MORI², Ryoji NINOMIYA¹, Minoru TAKIZAWA¹, Takayasu SAKURAI²

¹東芝デバイス&ストレージ株式会社, ²東京大学

¹Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation, ²The University of Tokyo

IoT sensor nodes require customizability as well as small size and low-power operation, because various functions are necessary for them according to their applications. We study on a platform realizing customizability easily, and investigate a system where desired IoT nodes are realized combining several single-function printed circuit boards (PCBs) such as a sensor, microprocessor, and power supply unit. The PCBs are called “leaf PCBs” and their dimensions are 2 cm x 2 cm. We employ small rubber connectors for connection of these PCBs so that soldering is unnecessary and removable and replaceable structure is realized. The dimensions of the connector are 13 mm (L) x 2 mm (W), and the leaf PCBs have 2-row-configuration 29 pins where a pad pitch is around 1 mm. Three types of connectors, which utilize different conductive materials, are investigated under several kinds of reliability tests.

1. はじめに

近年、IoT 端末の急速な広がりが期待されており、2030年代には1兆個の端末がインターネットに接続されると予想されている。この状況を実現するには、ハードウェアとソフトウェアの両方を含むIoT 端末向けのプラットフォームが必要になると考えられており、我々の研究しているプラットフォームでは、次の2点を重視している。(1) 個人やメーカーズ(もの作りをする個人事業主)と呼ばれる人々が自分たちのアイデアを容易にIoT 端末に活かすことができ、IoT 市場をより拡大・発展できるようにすること。(2) 企業の技術者がIoT 市場に容易にすばやく参入できるようにし、自分たちの先端技術の人々の暮らしに役立てるようにすること。

IoT 向けセンサノードなどの端末は、小型・低消費電力が求められるだけでなく、アプリケーション毎にさまざまな機能が求められるため、上記2点を実現するためには、カスタマイズ性が重要になる。本研究では、このカスタマイズ性を容易に確保するプラットフォームとして、センサ、マイコン、電源などの個別機能を実現する2cm×2cmを標準サイズとするリーフと呼ばれるモジュール基板を複数組み合わせ、所望のIoT 端末モジュールを実現するシステムを検討している。はんだを使わない着脱可能な構造を実現するために、リーフ基板の接続に小型ゴムコネクタの使用を考えている。コネクタの外形寸法は約13mm(L)×2mm(W)で、

リーフ基板のパッド構成は約1mmピッチの29ピン(2列構成)である。我々が研究しているこのプラットフォームを”トリリオンノード・エンジン”と呼んでいる。

本研究では、3種類の材質のゴムコネクタについて、接続抵抗の安定性を調査した。導体部分が導線のタイプを2種類、導電性ペーストのタイプを1種類、調査した。何種類かの信頼性試験を行い、ゴムの伸縮の影響が懸念される温度サイクル試験においても接続抵抗の上昇が抑えられるゴムコネクタの材質や実装の条件を導いたので報告する。

1種類のゴムコネクタについては、一部のサンプルにおいて、接続抵抗の上昇が見られたので、そのメカニズムの調査として、光学顕微鏡やSEM等によるゴムコネクタと基板の観察や、ゴムコネクタと基板への附着物の成分分析も行った。それらの結果も報告する。

2. トリリオンノード・エンジンのコンセプト

IoT 端末の急速な広がりが期待されており、将来Fig.1に示すような状況が予想される。ここでは、最外周のIoT 市場の拡大に、従来の製造メーカーである企業が供給するIoT 端末のみならず、メーカーズと呼ばれる個人事業主が提供するIoT 端末が一役買っている。このため、個人やメーカーズがIoT 端末のアイデアを具現化し、試作品を試してみるためのプラットフォーム技術が必要だと考えている。

また、IoT 端末の多様性も特筆すべき点である。1 種類の端末が普及する個数はせいぜい 100 万個程度だと仮定すると、1 兆個の IoT 端末が存在する場合、IoT 端末の種類が 100 万種類存在することになる (Fig. 2)。この多様性をサポートするものとして、IoT 端末モジュールのカスタマイズ性が重要になると考えている。



Fig. 1 Future of IoT market

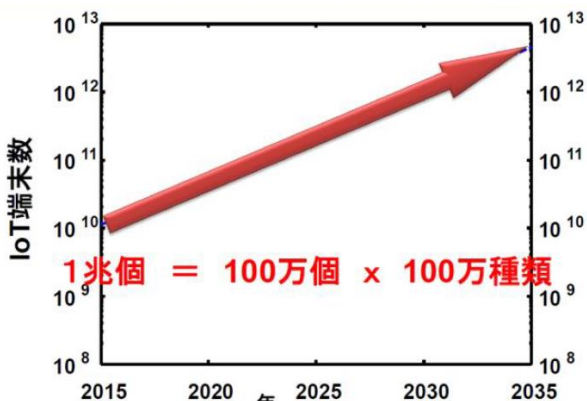


Fig. 2 IoT nodes require customizability

IoT 端末は、典型的には、デジタル回路部、アナログ回路部、電源回路部、無線通信やインタフェースの回路部から構成される。デジタル回路は汎用マイコン LSI が用いられる場合が多いが、その他の回路はかなり多様性が求められる。アナログ回路部には、様々なセンサーやスピーカ、ディスプレイ、モータが接続される可能性があるし、無線通信回路は、Bluetooth®, Wi-Fi、LoRa などの様々な無線規格が所望される可能性がある。このニーズに対して、ソフトウェアや LSI だけでは対処できず、個別の LSI が搭載された複数の基板を組み合わせるというスキームが重要になると考えている。

このようなリーフ基板の事例を Fig.3 に示す。また、組立後のモジュールの写真を Fig. 4 に示す。

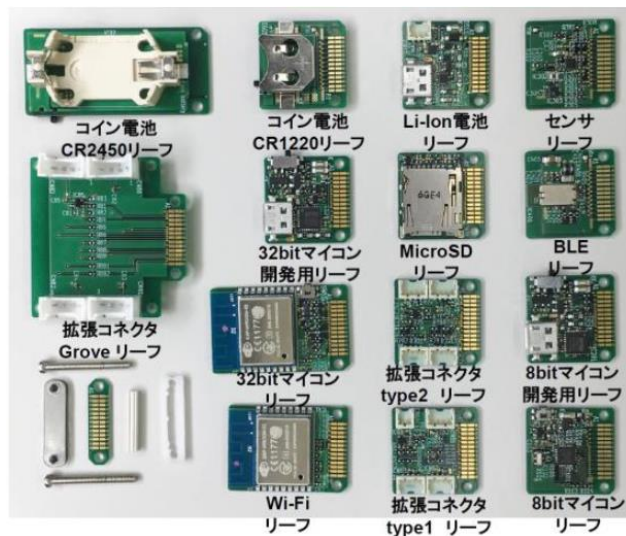


Fig. 3 Samples of proposed leaf PCBs

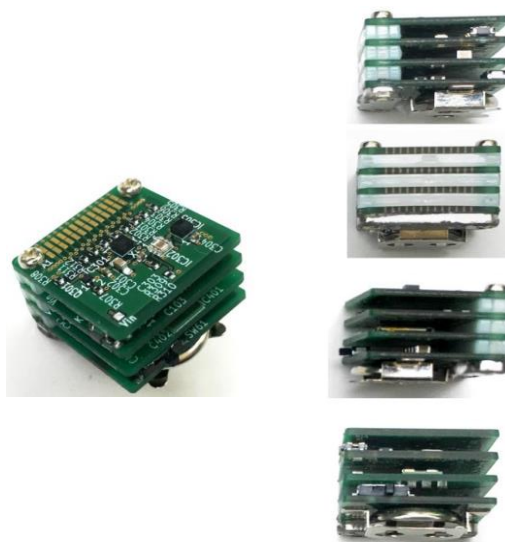


Fig. 4 Photographs of proposed modules

3. トリリオンノード・エンジンにおけるゴムコネクタによるリーフ基板接続

トリリオンノード・エンジンのモジュール組立の仕組みを Fig.5 に示す。図左側の枠線で囲まれたように、リーフ基板のパッドの形状を定義しておき、図右側のゴムコネクタで基板間を接続する。リーフ基板のパッドは表面と裏面で同じ形状であり、表裏の対応するものが貫通接続されている。

ゴムコネクタやそのホルダー、ナット、ネジを用いた組立の様子を Fig. 6 に示す。Fig. 7はゴムコネクタ(導線タイプ)の拡大図である。導体ワイヤが 2 列にて

50 μ m ピッチで埋め込まれており、先端がゴムから少し出ているのが分かる。

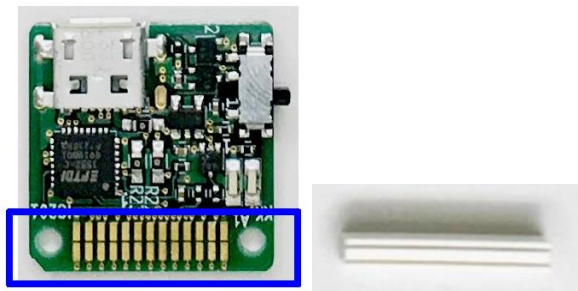


Fig. 5 Leaf PCB and rubber connector

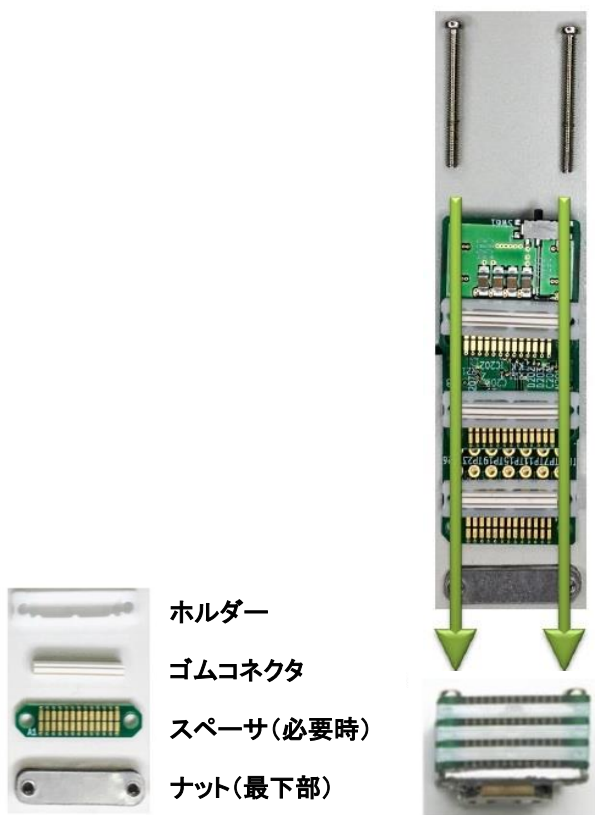


Fig. 6 Assembly of Leaf PCBs and rubber connectors

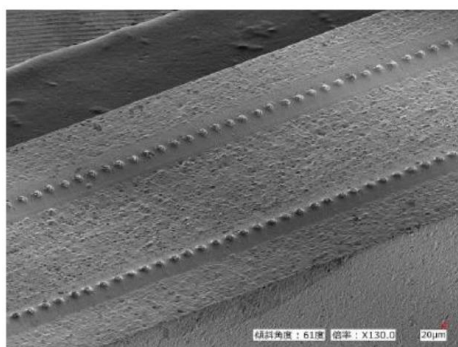


Fig. 7 Photograph of rubber connector

4. ゴムコネクタの接続抵抗の信頼性試験

4.1 試験結果

3種類の材質のゴムコネクタについて、接続抵抗の安定性を調査した。導体部分が導線のタイプを2種類、導電性ペーストのタイプを1種類、調査した。4種類の信頼性試験の結果を Table. 1 に示す。リーフ基板でデジリー・パターンを作製し、ゴムコネクタで2枚の基板を接続することにより、ゴムコネクタで接続した時の全パッドに関する直列接続の抵抗を測ることができ、その抵抗値の変化を評価に用いた。

高温高湿試験や低温試験のように温度が一定のものは、接続抵抗の変化は見られなかった。また、温度サイクル試験は、日常生活や自然界で現実的である温度がゆっくり変化する場合を想定したが、2種類のゴムコネクタ(A), (B)については接続抵抗の上昇は見られなかったが、1種類だけ導線タイプ(C)については、サンプルによって、抵抗の上昇するものが見られた。

Table. 1 Results of reliability tests

信頼性試験	ゴムコネクタ種類		
	導線 (A)	導電性ペースト (B)	導線 (C)
高温高湿試験 (85°C、85%)	○	○	○
低温試験 (-40°C)	○	○	○
温度サイクル試験 (-40°C~85°C) 2時間かけて変化	△	○	○

○ : 接続抵抗の大きな変化はなし
 △ : 接続抵抗の上昇したサンプルあり

4.2 試験結果に対する分析

温度サイクル試験で接続抵抗の上昇が見られた導線タイプのゴムコネクタ(C)のサンプルを、信頼性試験終了後に光学顕微鏡で観察したところ、リーフ基板のパッドの表面に黒い痕跡がついていることが分かった。その様子を Fig. 8 に示す。写真では、2個の横並びのパッドがデジリー・パターンのための横方向の細いパターンでつながっている状態が見えている。左側のパッドの下半分側に数本の黒い線がついているのが

見える。この線状の痕跡が多いサンプルで接続抵抗の上昇が発生する傾向があった。

推測される不具合モードとしては、信頼性試験による温度の上昇下降により、ゴムコネクタのゴム部が伸び縮みし、それに伴いゴム内の導線が大きく動くことが考えられ、その動きにより基板パッド界面に黒い痕跡が形成されている可能性がある。

そこで次に、黒い痕跡に関して、SEM EDX 解析を行った。その結果を Fig. 9 に示す。最上段の写真が通常の SEM 写真であり、黒い線の端部を拡大して観察している。30度の傾斜をつけて観察しており、端部は盛り上がっているように見える。

中段左側は、銅元素 Cu の検出をマッピングしたものである。ゴムコネクタ(C)の導線の成分が付着していると思われる。中段右側は同様に、シリコン元素 Si の検出を示しており、ゴムコネクタのシリコン材料から発生していると考えている。

下段右側は、炭素 C の検出を示しており、炭素やその他の有機物が付着している可能性がある。下段左側は、金元素 Au の検出を示しており、今回の基板のパッドは金フラッシュ加工しているため、初期状態では表面は一様に金が存在しているが、信頼性試験後では、黒い痕跡のある場所からは金は検出されていない。

炭素や有機物と思われる物質の組成を分析するため、現在 TOF-SIMS 解析を行っている。

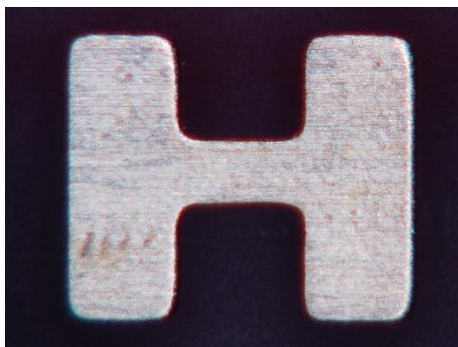


Fig. 8 Photograph of pads on leaf PCB after a reliability test

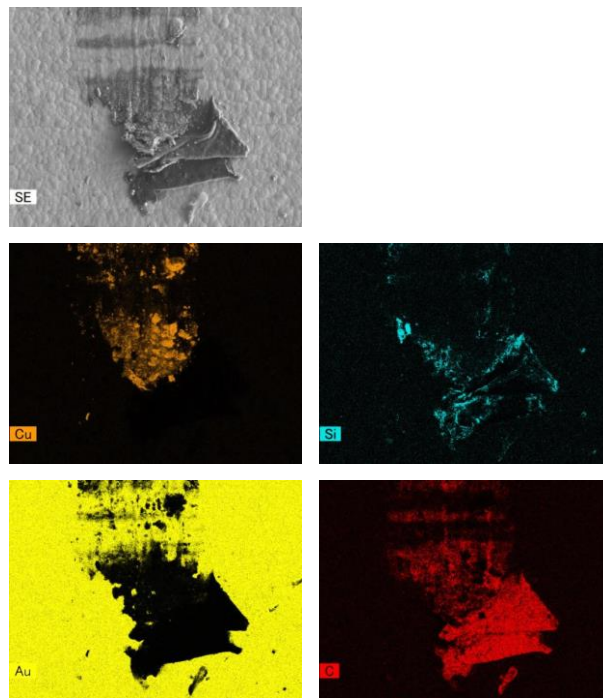


Fig. 9 Results of SEM EDX

5. まとめ

トリオンノード・エンジンの IoT エッジプラットフォームでは、リーフ基板を組み合わせる IoT モジュールを形成する際に、ゴムコネクタを使用した。これにより、はんだを使わない着脱可能な構造を実現した。エンドユーザによるモジュールのカスタマイズ化が容易に行える。

このプラットフォーム技術に必要な不可欠なゴムコネクタについて、信頼性試験下の接続抵抗の安定性の調査を行った。3種類のゴムコネクタを調査し、2種類のゴムコネクタにおいては接続抵抗の上昇は見られなかった。良好な結果が得られたと言える。

謝辞

本研究の成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託事業において得られたものである。

連絡先

連絡先氏名 阿川 謙一
 所属機関 東芝デバイス&ストレージ株式会社
 半導体研究開発センター
 所在地 〒212-8520 川崎市幸区堀川町 580-1
 E-mail kenichi.agawa@toshiba.co.jp