

IoT向けマイクロプロセッサApP Lite TZ1001を搭載した環境センシングロガー

"Environment Sensing Logger" Equipped with ApP Lite Processor Providing IoT Solution

高山 和幸

今村 修史

■ TAKAYAMA Kazuyuki

■ IMAMURA Naofumi

物流ビジネス分野では、貨物輸送中の状況をモニタして輸送品質を向上させたいとか、ある特定の製品の保管環境をモニタして製品品質を向上させたいといったニーズがある。東芝は、これらのニーズに応えるため、B to B (Business to Business) 向けに環境情報をセンシングできる装置（以下、環境センシングロガーと呼ぶ）を開発した。

この環境センシングロガーは、オールインワンセンサであること、長時間動作が可能であること、及び防塵（ぼうじん）防水対応であることの三つの特長を備えている。すなわち、1台で温度、湿度、気圧、照度、及び衝撃の5種類の環境データをセンシングできるオールインワンパッケージである。また、当社のIoT (Internet of Things) 向けマイクロプロセッサApP Lite TZ1001を搭載し、フル充電状態から約2か月間の連続稼働を実現している。更に、防塵防水仕様としてIP67^(注1)、耐衝撃仕様としてMIL-STD^(注2)-810に対応させることで、様々な用途で使用できるようにしている。

In the logistics business field, demand has recently been increasing for improvement of transportation quality through the monitoring of freight transportation conditions, as well as for enhancement of product quality through the elucidation of product storage environments.

In response to these diverse requirements, Toshiba developed an "environment sensing logger" for business-to-business (B2B) services in June 2015. This environment sensing logger incorporates the following features: (1) an all-in-one sensor capable of sensing of five types of environmental data (temperature, humidity, pressure, illuminance, and shock); (2) the ApP Lite TZ1001 processor, which provides an Internet of Things (IoT) solution and realizes a long battery life allowing continuous operation for about two months on a full charge; and (3) a waterproof and dustproof construction compliant with the IP67 ratings for dust and water ingress stipulated by Japanese Industrial Standard (JIS) C 0920 and the U.S. military standard drop tolerance requirements (MIL-STD-810). These features make it possible to apply the environment sensing logger to a broad range of applications.

1 まえがき

全世界の市場規模が年間約150兆円の輸送・物流業界において、輸送途中での荷物の破損評価額は4兆円以上にも上ると言われており、輸送品質の改善が大きな課題となっている。この課題を解決する方法の一つとして、輸送中の状況をモニタできるように貨物にロガーを同梱（どうこん）して利用する方法があり、輸送品質の管理や向上につながることから、輸送・物流ビジネス分野で注目されている。

また、工場の生産稼働率を上げるために、工場稼働している機械の状態を把握し、適正に動作しているかをモニタしたいという要望に対応するために、ロガーを機械に取り付けてその稼働状態を監視し、故障する前に部品交換を行って生産性を向上させるビジネスも注目されている。

更に近年、建物内の環境データを記録して解析することで、居住者に快適な環境の提供や維持を提案するサービスなども始まっている。

(注1) JIS C 0920 (日本工業規格 C 0920) で規定される、電気機器器具の外郭による保護等級。

(注2) 米国防総省軍用規格。



図1. 環境センシングロガー — 5種類の環境データをセンシングでき、防塵防水性と耐衝撃性を備えた、オールインワンセンサである。

Environment sensing logger

ここでは、これらの市場要求に応えるために開発した環境センシングロガー（図1）の概要と機能について述べる。

2 ハードウェア構成と主要仕様

開発した環境センシングロガーは、温度、湿度、気圧、照度、及び衝撃の5種類のセンサを搭載したオールインワンセンサである。カバーケースを含めて、外形寸法は100（幅）×36（奥行き）×31（高さ）mm、質量は約110gであり、内蔵のリチ

ウムイオン電池はUSB (Universal Serial Bus) 接続で充電できる。フル充電状態から約2か月間 (5分間隔のセンサ動作で55日間) の連続稼働を実現し、5種類の環境データのセンシングと長時間動作を両立している。また、センシングした環境データは、環境センシングロガーに内蔵された不揮発性メモリに記録される。記録された環境データは、USB経由で簡単にPC (パソコン) に取り込むことができる。PCに取り込んだ環境データを、CSV (Comma Separated Values) 形式などに交換することで、グラフ確認や、保存、印刷などが行える。

また、この環境センシングロガーは、通信機能としてBLE (Bluetooth[®] Low Energy) を内蔵している。この通信機能を利用して、搭載センサのオン/オフ設定やセンシング間隔の

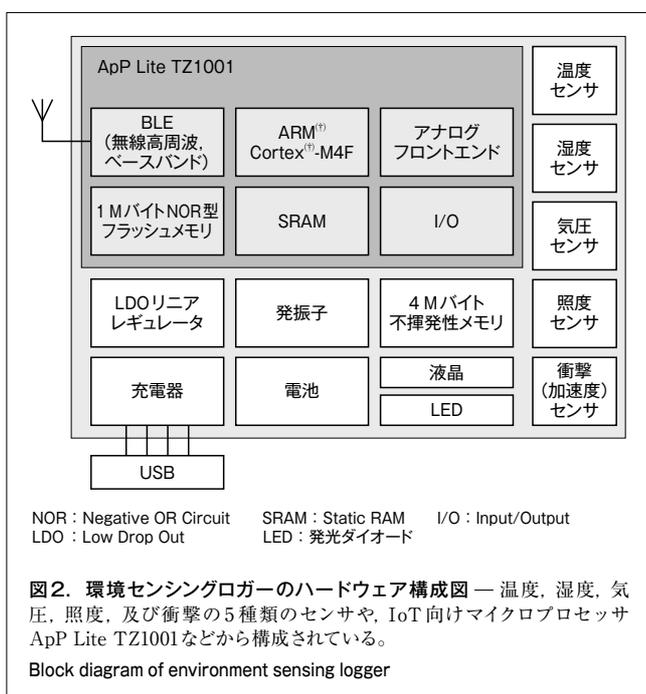


表1. 環境センシングロガーの主要仕様
Main specifications of environment sensing logger

項目	仕様		
寸法 (カバーケース付き)	100 (幅) × 36 (奥行き) × 31 (高さ) mm		
質量 (カバーケース付き)	約 110 g		
電源	リチウムイオン電池 840 mAh		
充電方法	USB 給電 4.75 ~ 5.25 V, 最大 500 mA		
動作温度	-20 ~ 70 °C		
機能	センサ	温度	測定範囲: -20 ~ 70 °C
		湿度	測定範囲: 0 ~ 100 %
		気圧	測定範囲: 300 ~ 1,100 hPa
		照度	測定範囲: 0 ~ 65,000 lx
		衝撃	有無の通知
	通信	USB, BLE	
連続稼働時間	55日間 (5分間隔でセンサを動作させた場合) *周辺温度 0 °Cにおいて		
環境条件	IP67 (防塵防水), MIL-STD-810 (耐衝撃)		

設定をスマートフォン経由で行うことができる。更に、これら設定を行うだけでなく、BLE経由でもセンシング結果を通知できるため、環境データをクラウドサーバなどにリアルタイムで送信し、ゲートウェイと組み合わせたシステムを構築することも可能である。これらの機能は、ApP Lite TZ1001に内蔵されているBLEの他、製品に搭載した各種センサ、4 Mバイトの不揮発性メモリを用いて実現している。開発した環境センシングロガーの構成を図2に示す。

ここで述べた機能を、様々な環境下で発揮できるように、本体はカバーケースなしの単体でIP67の防塵防水性を満たしている。更に、カバーケースに収納することで、落下や衝撃の規格MIL-STD-810を満たす。環境センシングロガーの主要仕様を表1に示す。

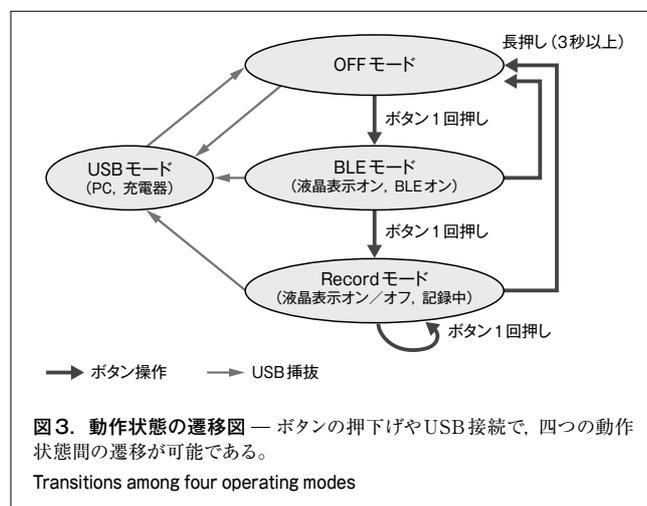
3 動作方法

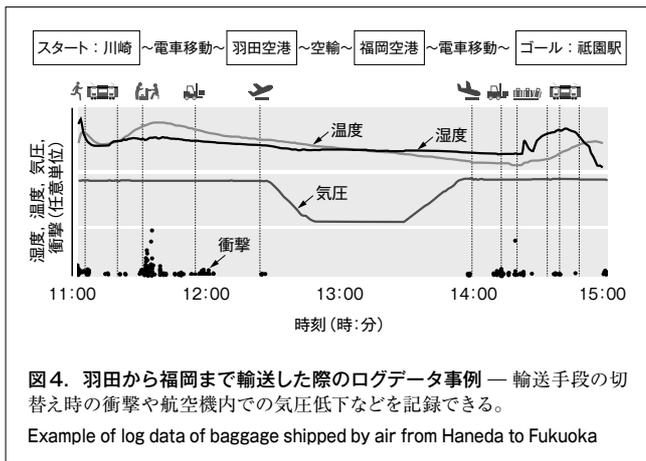
開発した環境センシングロガーには、OFFモード、BLEモード、Recordモード、及びUSBモードの四つの動作状態がある。これら動作状態は、環境センシングロガーに搭載されたボタンの操作、及びUSBポートへの接続/切断により遷移する。動作状態の遷移図を図3に示す。

OFFモードは、環境センシングが停止している状態である。ボタンの押下げ検出や、USBの接続検出を行っている。

BLEモードは、外部デバイスから環境センシングロガーの動作設定を受け付ける状態である。BLE通信を使ってスマートフォンなどの外部デバイスから、測定間隔の設定や測定に使用したいセンサの種類を選択できる。また環境センシングロガーが備えている、衝撃記録のオン/オフや、衝撃記録の条件となる加速度変化のしきい値を変更できる。衝撃記録機能は、指定されたしきい値以上の加速度変化を検出すると、衝撃情報を記録に残す。

Recordモードは、BLEモードで設定された動作設定に合わ





せた測定を行う動作状態である。測定された環境データは、環境センシングロガーに内蔵した不揮発性メモリに測定日時を示すタイムスタンプ情報とともに記録される。

USBモードは、記録された環境データをUSB経由でPCに取り込むための動作状態である。この状態ではセンシングは停止し、Recordモード中に記録された環境データをPC上でファイルとして参照できる。また、この動作状態では、USB経由で環境センシングロガーの充電も行われる。

環境センシングロガーの使用例を図4に示す。これは、航空機の貨物に開発した環境センシングロガーを同梱した際の環境データである。このデータから、航空機での貨物の管理状態や貨物に衝撃が与えられなかったかの把握が容易にできる。

4 機能実装

開発した環境センシングロガーは、5種類のセンサをオールインワンパッケージし、防塵防水規格IP67、耐衝撃規格MIL-STD-810に対応したものである。ここでは、各部品の実装の際に注意した点に関して述べる。

4.1 温度センサ、湿度センサ、及び気圧センサ

温度センサ、湿度センサ、及び気圧センサの実装において、環境センシングロガーに必要な機能や性能は、温度、湿度、及び気圧の精度、追従性、及びIP67を満足することである。

温度、湿度、及び気圧の精度を高めるには、まず精度の高い部品選定が必要である。これらの部品特性を生かし、更に追従性を向上させるには、センサが外気に触れやすくなることや、外気が循環する流路を作ることや、電気回路基板上の部品の実装位置や筐体（きょうたい）の設計が重要である。また、筐体内の熱源の近傍に部品を配置すると、その熱が伝搬し、気温や湿度のセンシング結果に影響する場合もある。

一方で、IP67などの防塵防水性やMIL-STD-810などの耐

衝撃性を確保することも求められ、相反する性能を同時に満たす必要がある。この条件を満たすために、机上検討と試行錯誤を繰り返し、最終的に電気回路基板の構成や、筐体内の仕切り形状、材質などを決定し、仕様を達成した。

4.2 衝撃センサ

衝撃情報の取得は、加速度センサとソフトウェア処理で実現した。これには二つの理由がある。一つは、衝撃強度の精度は必要なく、一定値以上の衝撃の有無を判断することが重要であったこと、もう一つは、衝撃センサは他のセンサに比べて消費電流が大きかったことである。

環境センシングロガーは、船便での搬送など途中で充電ができない状況下で、連続稼働時間として約2か月間が要求されるため、消費電流が大きい衝撃センサの利用は難しい。そこで、加速度センサを用いることにし、評価実験を繰り返してサンプリング周波数の設定などの最適設定を導き出し、衝撃検出に必要な機能と要求された連続稼働時間を達成した。加速度センサを採用することで、結果的にコスト面でのメリットにもつながった。

4.3 照度センサ

環境センシングロガーでは、温度、湿度、及び気圧の他に、一定間隔で照度を記録する機能に加え、輸送中の貨物の開閉検出に用いることを想定したイベント通知機能を照度センサで実現している。このイベント通知機能とは、開閉判断しきい値（大、中、小の3段階から選択可能）を超える照度値が検出された場合に、不揮発性メモリにその検出時刻を記録する機能である。

しかし、開発した環境センシングロガーは、リチウムイオン電池を電源として約2か月間の連続稼働を達成する必要があり、照度センサの出力を常時読み出して確認する実装では、連続稼働時間の要求を満たすことが困難であった。

対策として、照度センサの割込み機能を利用することにしたが、照度値は光源が持つ波長の成分比に応じて算出式を変更する必要があるため、貨物が開閉されるまで光源を特定できないユースケースの輸送では、照度センサに設定するしきい値が一意に定まらないという問題があった。そこで照度センサに設定するしきい値を、状況に応じてソフトウェアで変化させることで必要な機能を実現した。

照度センサへの集光率を上げるために、照度センサの直上に集光レンズを実装するケースが多いが、環境センシングロガーでは、衝撃耐性の観点から実装を見送った。照度センサの集光カバー部は、衝撃耐性と光透過率のバランスを取った材質を選定している。

4.4 BLE

開発した環境センシングロガーに内蔵されているBLEの用途は、主に測定条件をスマートフォンから設定することである。一方で、環境センシングロガーは、航空機や船便で貨物といっしょ

に送ることを想定しているため、航空機搭載可能基準 RTCA DO-160D の認定も取得している必要がある。

環境データのセンシングを行う Record モード中は、BLE 通信機能は停止状態にして運用をしているが、BLE モードから Record モードへの遷移は、ボタンの押下げによって行われる。そのため、例えば作業員のモード設定ミスにより、BLE 通信機能が動作状態にある BLE モードのまま航空機で使用されるケースが懸念された。この問題を防ぐため、BLE モードで、スマートフォンなどの機器との接続が30分以上確立されない場合は、自動的に BLE 通信機能を停止させる機能も追加している。ここで、BLE 通信機能を停止する期限の設定値は、利用者が変更可能としている。

更に、BLE の特徴の一つである Advertising Data を用いた輸送記録システムも実装している。Advertising Data の適用例としては、ビーコンとの組み合わせがわかりやすい。荷物の輸送経路上にビーコンを設置しておき、荷物がビーコンの受信圏内を通過した際に、ロガーが検出したビーコンの情報をログに記録できる。これにより、ログに記録されたビーコン情報や検出時刻に基づいて、輸送経路に関する追加情報を取得することが期待できる。

上記ではビーコンを例として挙げているが、実装した機能は、用途をビーコンに限定しない汎用機能であり、ADSD (Advertising Data Structure Detection) と命名した。

ビーコンとの関係以外の応用としては、センシング結果を BLE で伝送可能な外部のセンサデバイスと組み合わせることで、開発した環境センシングロガーに搭載しているセンサでは取得できない環境情報を追加する機能拡張なども考えられる。

4.5 各種法令への対応

法令関係では、EMC (電磁両立性) 対応として、CE (Conformite Europeenne : EU (欧州連合)) マークや、FCC (米国連邦通信委員会 : 米国, カナダ) マーク、VCCI (情報処理装置等電波障害自主規制協議会 : 日本) マーク、安全に関連した UL (米国保険業者安全試験所 : 米国, カナダ) マークなどを取得した。更に、BLE を使うために、わが国の工事設計認証や TELEC (一般財団法人 テレコムエンジニアリングセンター) 認証に対応しており、製品化に必須な点はクリアさせたが、当初認定を取得していなかった国でも使用したいとの要求を受け、追加で認定の取得を行った。取得した認定マークと法令マークの一部を図5に示す。

また、図1で示したカバーは緑色であるが、この色を選定したのにも理由がある。飛行機の貨物にこの環境センシングロガーを取り付けた際に、どこに取り付けたかをわかりやすくするため、明るい色にすることが必要と考えられる。当初は目だつ色として赤色や黄色を検討したが、赤色は“危険”，黄色は“注意”を表すなどと、意図とは異なる指摘を受ける可能性があったため、最終的には緑色を採用した。



5 あとがき

環境データを取得して対象物の管理を行いたいといったニーズに応えるため、当社は、IoT 向けマイクロプロセッサ ApP Lite TZ1001 を搭載した環境センシングロガーを開発した。現在のところ物流分野をメインに運用しているが、今後は新たな分野や、リアルタイム性が求められる分野などにも応用展開を図っていく。

- Bluetooth は、Bluetooth SIG, Inc. の登録商標。
- ARM 及び Cortex は、ARM Limited (又はその子会社) の EU 又はその他の国における登録商標。
- UL の名称、UL のロゴ、及び UL の認証マークは、UL LLC の商標。
- グリーンドットの認証マークは、Duales System Deutschland GmbH の商標。



高山 和幸 TAKAYAMA Kazuyuki

ストレージ&デバイスソリューション社 半導体研究開発センター ソフトウェアソリューション技術開発部主務。ApP Lite を搭載した電気回路基板の開発に従事。
Center for Semiconductor Research & Development



今村 修史 IMAMURA Naofumi

ストレージ&デバイスソリューション社 半導体研究開発センター ソフトウェアソリューション技術開発部主務。ApP Lite を用いたソフトウェア実装技術開発に従事。
Center for Semiconductor Research & Development