

# 設計者向けCAEソフトFemtet<sup>®</sup>の 機能とユーザインタフェース

Femtet<sup>®</sup>は村田製作所が開発し、ムラタソフトウェアから販売している有限要素法を用いたCAEソフトで、応力や熱の機械的な解析、電場・磁場・電磁波の電氣的な解析、音波解析、圧電解析など広い分野のシミュレーションが可能です。1982年に開発を始め、以来28年間、ムラタ社内で使用されてきましたが、より多くの方に使っていただくために、2008年に販売を始めました。2010年度末現在で、150以上の企業・大学などで使用されています。このCAEソフトについて、最新機能と使いやすいユーザインタフェースを中心にご紹介します。

## 1. 特徴

Femtet<sup>®</sup>は、設計者一人ひとりに使っていただくために開発されたソフトであり、解析専任者を対象とした従来のソフトにはない特徴を持っています。

1番目の特徴が表1に示す豊富な解析機能です。機械系・電気系の7種類の分野の解析ができ、形状を入力するCAD機能やプリ・ポストプロセッサ、マクロ機能やパラメトリック解析機能などが標準装備されています。

2番目の特徴が電卓感覚で手軽に使えるということです。使いやすいユーザインタフェース、豊富なチュートリアルや例題集により、導入したその日から使用できます。つまずいた時は迅速かつ丁寧にサポートします。

そして3番目の特徴が、この強力なソフトをわずか20万円の年間使用料でお使いいただけるということです。多くのCAEソフトが数百万円であるのに比べて圧倒的な低価格を実現しています。

このように優れた特徴を持つFemtet<sup>®</sup>はムラタ社内でも広く使用され、高周波デバイス、圧電デバイス、通信モジュール、ノイズ対策部品、センサなどの設計のほかに、本誌で紹介しているヘルスケア商品の超音波霧化モジュールの設計にも活用されています。

表1 Femtet<sup>®</sup>の機能一覧

解析ソルバ	プリ・ポストプロセッサ
応力解析 変形や応力、歪分布の解析	ソリッドモデラ 形状のCAD入力
熱伝導解析 温度分布の解析	メッシュ モデルの自動要素分割
電場解析 導体や誘電体中の電界の解析	ポスト 解析結果の表示
磁場解析 コイルや磁石が作る磁界の解析	マクロ 解析の自動化
電磁波解析 電磁波の伝搬解析	CADインタフェース CADデータのインポート
圧電解析 圧電振動子やアクチュエータの解析	
音波解析 音波の伝搬解析	

## 2. 最新機能

### 2.1 熱解析

電子機器の高密度・高機能化に伴って、熱対策が重要になってきており、発生する熱をいかに効率よく大気に放熱できるかが熱設計のポイントになります。この大気への放熱を解析するには、膨大な計算を要する大気の熱流体解析が必要でした。これに対してFemtet<sup>®</sup>は、大気との接触面において熱流体の理論解を組み込むことによって熱流体解析を不要にし、計算時間を著しく短縮しています。このような理論解を組み込んだソフトはFemtet<sup>®</sup>のほかにはありません。

図1は、携帯電話の内部にあるICの発熱による温度分布を計算している例で、計算時間はわずか12秒です（CPU: Intel Xeon、メモリ: 4GB）。また、図2はラジエータを風で冷却した例で、24秒で計算できました。通常の流体解析ソフトでは数十分から数時間かかるのに対して桁違いに短くできます。

### 2.2 磁場解析

モータやトランスなどの電子機器の磁場解析にもFemtet<sup>®</sup>は威力を発揮します。コイルのほか、磁石を含むさまざまな磁性材料を扱うことができ、ヒステリシスをもつ非線形材料や異方性材料にも対応しています。また表皮効果や近接効果を引き起こす誘

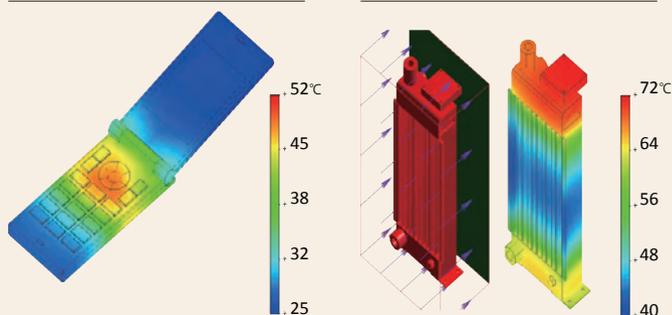


図1 自然対流時の携帯電話の温度分布

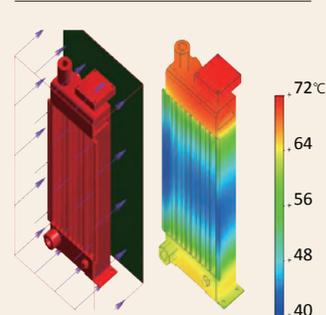


図2 強制風冷によるラジエータの温度分布

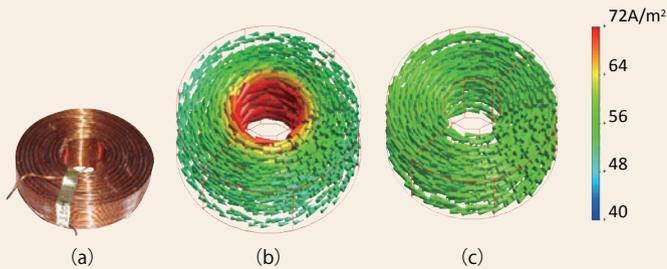


図3 バルクコイル(a)の一般的な解析ソフトによる電流分布(b)と Femtet®による電流分布(c)

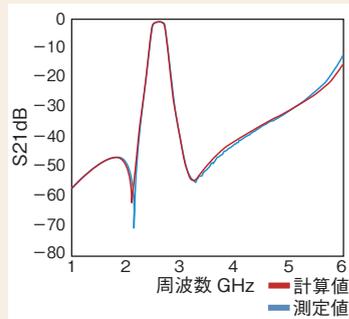


図4 誘電体フィルタのSパラメータ

導電率も解析でき、解析結果として磁場分布のほかにトルクなどの電磁力、インダクタンス、結合係数などが得られます。この磁場解析で厄介なのが図3(a)の巻き線コイルの取り扱いです。普通、多くの導線が巻かれ、しかも導線の直径が小さいため、1本1本を正確にモデリングすることはできないので、円筒の断面全体に電流が流れるものとして扱います。ところがこうすると、(b)のように中心部の電流密度が高く計算される問題があります。Femtet®は(c)のように均一な電流密度を生成することができ、巻き線コイルを忠実に再現できます。実は、この機能を実装している解析ソフトは少なく、多くの方が(b)のまま解析しているのが実情です。

### 2.3 電磁波解析

Femtet®は、アンテナ・EMC・導波管・フォトニック結晶・マイクロ波加熱などさまざまな分野の電磁波解析が可能です。等方性／異方性の誘電体および磁性体材料と導体材料が扱え、計算結果として電磁界分布のほかに、Sパラメータ・指向性・特性インピーダンスなどが得られます。

図4は誘電体フィルタのSパラメータですが、このSパラメータを得るためには、各周波数ポイントごとに計算する必要があるため、多大の計算時間を必要とします。この例では1GHzから6GHzの間で100ポイントの計算をしていますので、1ポイントの計算の100倍の時間がかかります。Femtet®は時間短縮のために、高速周波数スイープという技術を採用しています。最新のVer9.2を使用すると、このモデルに対しては2ポイントだけの計算でよく、その結果、1ポイントずつ計算すると2時間8分かっていたものが9分16秒になり、10分の1以下に短縮されました。

### 2.4 応力解析

単純な弾性体の応力解析だけでなく、接触・大変形・非線形材料・非定常解析などの機能を備えています。図5は塑性変形をするはんだの熱荷重解析の例で冷却後に残る塑性ひずみを表しています。

ひとつでメッシュが作成できます。これらの機能は、特に図6のように多くの部品から構成されるアセンブリモデルに大きな威力を発揮します。さらに、アダプティブメッシュ法により応力や電磁界が強い箇所を自動的に細かく分割することも可能です。

### 3.2 変数機能とパラメトリック解析

シミュレーションの目的のひとつが最適設計ですが、それを簡単に実現するために変数機能とパラメトリック解析機能が標準機能として実装されています。変化させる寸法を変数で定義することで構造の変更が容易になり、さらにパラメトリック解析を使用すれば変数の変更が自動化できます。

図7は、穴のあいた板に対して、穴の半径と板の厚みを変更して解析する例です。変数のスタート値・ストップ値・ステップを入力すると、変数を自動的に変化させた解析を実行し、終了後に変数と特性をグラフで表示します。

以上のような、多機能で低価格な設計者向けCAEソフトFemtet®を、2ヵ月間無料で使える試用版が、ムラタソフトウェアのホームページからダウンロードできます。ぜひ一度、強力な機能と使いやすいユーザインタフェースをご体験ください。

<ムラタソフトウェア株式会社<http://www.muratasoftware.com/>>

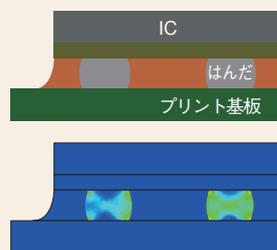


図5 はんだの弾塑性熱荷重解析

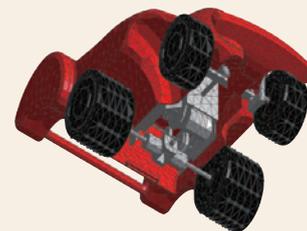


図6 模型自動車のメッシュ分割図

## 3. ユーザインタフェース

### 3.1 自動メッシュ分割

Femtet®は、対象を図6に示すように三角形や四面体などの要素に細かく分割して解析します。通常、この要素分割は手間のかかる作業ですが、①重複箇所を排除するための演算、②部品間の接続面における要素の連続性の確保、③誤差で生じた微小な形状の除去など、これらが完全に自動化されているため、クリック



図7 パラメトリック解析

# 部品が実現する機能の 「見える化」と「触れる化」

カタログや仕様書から「部品が具体的にどのように動作するのか?」「何に使いそうなのか?」などをイメージするのが難しいことがあります。この場合、その部品を使用して、ある機能を実現させたモノが実際に動作するところを見るのが一番です。また、さらに詳しく知るためには、そのモノを実際に触ってみることがよい方法です。村田製作所は、部品により実現できる機能を「見える化」「触れる化」するためのデモキットや評価キットを開発し、お客様に提供しています。

## 1. デモキットと評価キットの必要性

近年、他社とは違う魅力的な機能を実現し、それをいかに早く世に出すかが、お客様の商品企画や開発で一層重視されるようになってきました。そのため、商品企画担当のお客様の部品を見る目は、「これで何ができるのか?」「新機能が実現できるか?」「新製品が企画できるか?」などが中心です。そこで、実際に動作するデモキットを準備し、ムラタの製品が実現する機能を、お客様自身が手に取り、触って体感していただくことにしました。単にその機能を体感するだけではなく、そのときのインスピレーションをヒント(呼び水)にイマジネーションを膨らますことができ、お客様で新製品に搭載する新機能を企画するためのツールとなります。

「SysCube」と名付けてシリーズ化したデモキットの一例を図1に示します。

一方、開発や設計担当のお客様の関心事は、「動作しているところを見て、機能を実感してみたい」「すぐに評価できる環境が欲しい」などです。サンプルを入手しても、それを使うためには、そのサンプルに合わせた周辺回路を組む必要がありますが、これが結構面倒な作業です。そこで、ムラタの製品とその

周辺回路を実装した評価ボードとマニュアルなどを評価キットとして整備しました。評価キットとパソコンだけで基本的な特性評価をすることができるため、お客様は評価環境を準備する必要がありません。また、お客様とムラタが同一の評価キットを使って情報交換することができるため、技術サポート時の再現性なども確保され、評価・検討をスムーズに行うことができます。「SysBase」と名付けてシリーズ化した評価キットの評価ボードの一例を図2に示します。

このデモキットや評価キットは、外観イメージやシステム構成などを揃えてシリーズ化し、ムラタとしての統一感を出しています。この統一感がやがてお客様の安心感や信頼感につながっていくことを目指しています。

これらデモキットや評価キットを整備するためには、部品そのものに対する知識はもとより、アナログ回路技術、デジタル回路技術、マイコン活用技術、ファームウェア技術、アプリケーションソフトウェア技術などの多岐にわたる「組み込み技術」が必要となります。今後、ますます重要となる組み込み技術に関するお客様からの問い合わせやサポート依頼に応えられるよう、社内に組み込み技術を専門に担当する部門を設置しています。

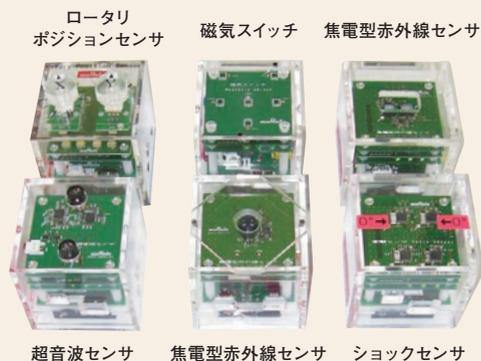


図1 SysCubeの一例

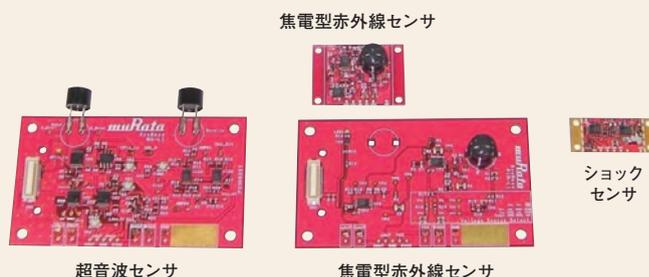


図2 SysBaseの一例

## 2. SysCube

デモキットの基幹部分は、一辺が約66mmの小さな立方体透明樹脂筐体に入れた電子回路で、System in a Cubeから「SysCube」と名付けました。例として、焦電型赤外線センサ SysCubeの内部構造を図3に示します。

デモ対象のムラタ製品(図の例では焦電型赤外線センサ)とその周辺回路を上面の「デバイスユニット」にまとめることにより、その機能を実現するために必要な回路規模がお客様に把握できるように工夫してあります。

SysCube単体でもデモは可能ですが、さらに機能をイメージしやすくするためにパソコンを使用したデモキット(図4参照)も開発しています。このデモキットはCEATEC JAPANなどの展示会やお客様との技術交流会などで大いに活用されています。

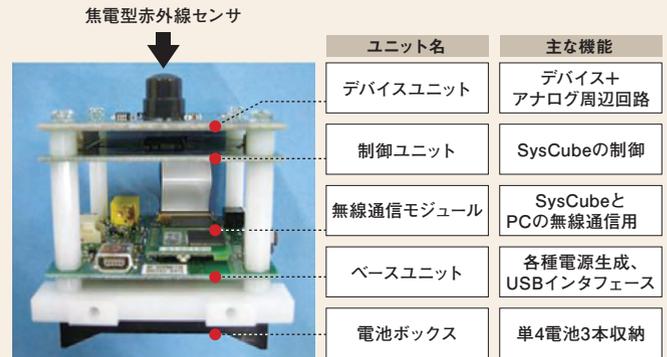


図3 SysCubeの内部構造(焦電型赤外線センサの例)

## 3. SysBase

評価キットは、システム設計のベースとなる部品の特性レベルから評価する(触る)モノということで「SysBase」と名付けました。SysBaseは、評価ボードとマニュアルとオプションツールなどで構成されています。評価ボードはセンサなど対象デバイスとその周辺回路が実装された基板です。一例として、焦電型赤外線センサのSysBase評価ボードの外観を図5に示します。

マニュアルの技術情報を参考にし、特性波形を見ながら回路定数を変更して決定します。特性波形をパソコンで簡易的に測定するためのオプションツールも準備しており、これを利用することにより、オシロスコープやデータロガーなしで評価することができます。そのイメージを図6に示します。

次に、検討・決定した回路定数の部品を実装した評価ボードをお客様の機器内にアドオンし、実機に近い状態で評価するステップへと進みます。



図4 パソコンを使用したデモのイメージ

## 4. SysCubeやSysBaseを活用した取り組み

SysCubeやSysBaseは、量産中の製品だけではなく、開発中の試作品も対象としており、当社開発部門での開発・評価用ツールとしてだけでなく、お客様のご意見を伺い開発にフィードバックするためのデモ用ツールとしても活用しています。

ムラタの多岐にわたる製品群を対象にSysCubeやSysBaseを活用した取り組みができることを目指しています。

お客様へのSysCubeおよびSysBaseのデモ実演や貸出しは随時実施しています。お気軽に当社セールスにお問い合わせください。また、SysCubeとSysBaseは生まれたばかりです。より「見える化」「触れる化」できる良いツールとしていくために、皆様からのご意見やご要望をお待ちしております。

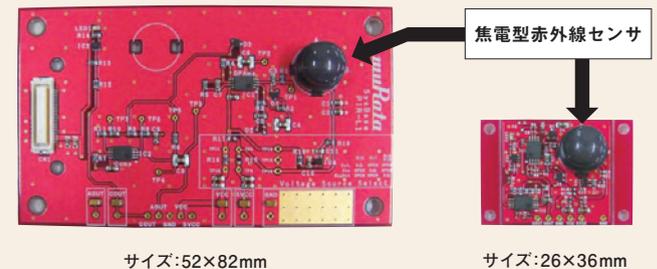


図5 SysBase評価ボード外観(焦電型赤外線センサの例)

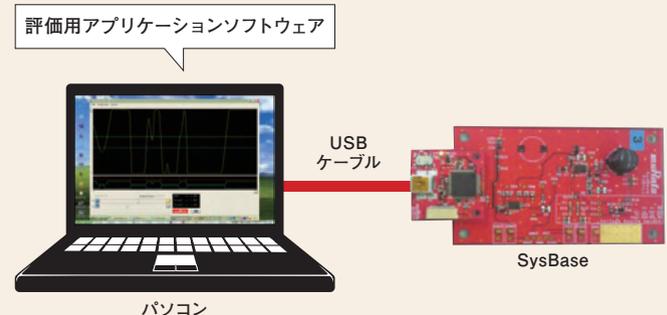


図6 パソコンと評価ボードを接続しての評価イメージ

# ネットワーク連携ヘルスケア機器向け 低消費電力無線通信モジュール

無線機能を搭載したネットワーク連携ヘルスケア機器が注目を集めています。村田製作所は、センサや無線通信モジュールが実現するネットワークと連携したヘルスケアを実感していただくために、ムラタセイサク君®と同様の位置付けで指輪型パルスメータを試作し、2010年のCEATEC JAPANでデモを行いました。本稿ではこの指輪型パルスメータに用いた無線通信モジュールとその無線方式について紹介します。

## 1. ネットワーク連携ヘルスケア機器

適切なトレーニングを行うには、体に適度な負荷をかけて運動を行うことが重要といわれています。そして、体にかかる運動負荷を客観的に把握する方法としてよく用いられるのが心拍数のモニタです。センサに無線機能を追加すれば、単に心拍数をモニタするだけではなく、その時の運動負荷のログをパソコンや携帯電話に記録し、日々の運動量の管理をするといった使い方が可能になります。図1にその使用イメージを示します。もちろん、トレーニング以外に、日常の健康管理や遠隔診断への応用も考えられます。指輪型パルスメータは、このような用途を実感していただくために試作したものです。

試作した指輪型パルスメータのブロック構成を図2に示します。大きく分けて光電脈波センサ、小型二次電池モジュール、無線通信モジュールの3つからなります。無線通信モジュール内のCPUで、無線通信処理だけでなく、光電脈波センサとの通信や全体のシステム制御まで行っています。無線通信方式は、携帯電話との容易な連携を想定し、携帯電話への普及が確実視されているBluetooth® low energy規格を採用しています。

## 2. 各種近距離無線方式

図1のような用途には、通信距離が20~30m程度の比較的近距离を結ぶ無線技術が必要になります。現在このような無線技術としては、無線LAN、Bluetooth®, Bluetooth® low energy、ZigBeeなどがあります。これらの中から、使用周波数帯、伝送レート、通信距離、消費電力(ピークおよび平均)、接続先、コスト、サイズなどを判断材料に最適なものを選びます。ここでは伝送レートと平均消費電力



図1 ネットワーク連携ヘルスケア機器の使用イメージ

電力に注目して、無線方式の選択の目安を述べます。

図3は伝送レートと平均消費電力の関係をだまかに比較したものです。試作した指輪型パルスメータは、脈拍数および血中酸素状態を表す数バイト程度の測定結果データを200msに1回送信します。実効の伝送レートは数百bps程度になります。このくらいの伝送レートで最も低消費電力となるのはBluetooth® low energyです。最終的には伝送レートや消費電力だけでなく、携帯電話と連携した使い方の提案などを考慮してBluetooth® low energyを選択しました。

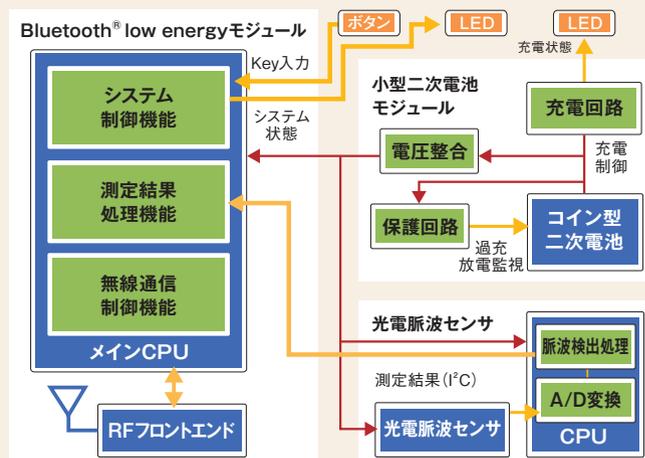


図2 試作した指輪型パルスメータのブロック構成

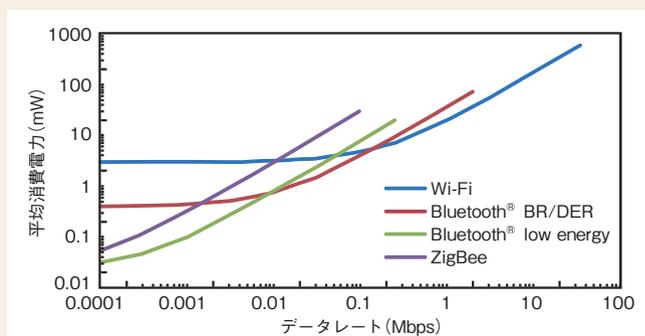
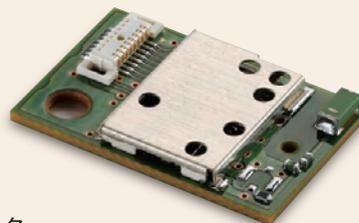


図3 各種近距離無線方式の伝送レートと平均消費電力



チップセット：TI社 CC2540  
 動作電圧：2.2 - 3.6V  
 出力電力：+4dBm max.  
 サイズ：20.0×13.0×2.4mm  
 インターフェイス：UART  
 内蔵スタック：BB, LL, L2CAP, GAP,  
 SMP, ATT, GATT  
 ヘルスケア関連プロファイル  
 ロール：Peripheral, Central

### 3. Bluetooth® low energy規格の特長

Bluetooth® low energyはセンサのデータ送信やアクチュエータの制御など、比較的伝送レートが小さい用途に特化して低消費電力を追求した新しい通信規格です。従来のBluetooth®と同様、Bluetooth SIGに参画している企業によって仕様策定が進められています。コアとなる仕様は2010年6月に正式発行され、現在はアプリケーションごとのプロファイルの策定が進められています。

Bluetooth® low energyが低消費電力を実現できる理由は大きく分けて3つあります。

1つ目は無線回路自体の消費電力が低いことです。従来のBluetooth®と同様、1次変調にGFSK、2次変調に周波数ホッピング(多数のチャンネルを高速に切り替えて通信)を用いていますが、変調指数の緩和やチャンネル幅の拡大、ホッピングパターンの簡素化などにより、低消費電力化に適した仕様となっています。

2つ目は間欠通信だということです。通信中でも大部分の時間は無線回路の電源を切ってスリープ状態で電力を節約しています。これによって通信時の平均消費電力を大幅に低減しています。

3つ目は接続/切断の処理が速いということです。これは使われているプロトコルが非常に簡素であることと、専用のサーチチャンネルを用意していることによります。従来のBluetooth®では接続完了までに数百msかかることが一般的でしたが、Bluetooth® low energyでは最短で3msで接続/データ転送/切断の一連の処理を行うことができます。温度や湿度などのセンサ値を転送するような用途では、無線を接続してデータを転送したらすぐに切断するという使い方が一般的ですので、接続/切断が速いというのは大きなアドバンテージとなります。

Bluetooth® low energyはこれら3つを組み合わせることにより、従来のBluetooth®に比べて10ないし20分の1程度に低消費電力化できるといわれています。

### 4. ムラタのBluetooth® low energyモジュールの特長

図4は、指輪型パルスメータに搭載したムラタのBluetooth® low energyモジュールです。無線通信に必要なプロトコルスタックと呼ばれるソフトウェアが内蔵されているため、通信規格に対する特別な知識がなくとも、容易にBluetooth® low energy対応機器を設計することができます。また、チップアンテナを内蔵しているため、機器側での無線の設計は不要となります。

指輪型パルスメータのBluetooth® low energyモジュール部の消費電流を図5、6に示します。30mA程度の高いピークは無

図4 ムラタのBluetooth® low energyモジュール

線通信を行っている部分です。200msに1回の周期で、3バイトのデータ(ヘッダを含めたパケットの全長は20バイト)を送信しています。7mA程度の低いピークは光電脈波センサと通信を行っている部分です。接続を維持した状態でも大部分の期間はスリープ状態となっており、平均消費電流は低く抑えられています。試作機の場合、Bluetooth® low energyモジュール部の平均消費電流は実測で350μA前後となりました。小型二次電池モジュールの電池容量は70mAhであるため、無線部分だけなら1週間程度の連続動作が可能となります。

TVや携帯電話をゲートウェイとしてさまざまなヘルスケア機器がネットワークにつながると、測定データの一元化、健康管理コンサルティングサービスを利用した慢性疾患の予防、遠隔医療への応用等々、利用シーンが多様になります。その結果、私たちのクオリティオブライフ(QOL)が高まると期待されます。

このように、煩わしい配線なしでパソコンや携帯電話などに計測データを転送することができるワイヤレスヘルスケア機器の市場は有望ですが、特にゲートウェイに携帯電話を使うケースで、Bluetooth® low energyが活躍します。村田製作所は、体重計、血圧計、心拍計などヘルスケア機器を私たちの身近なものにすべく、ネットワークと連携するためのツールとしてBluetooth® low energyモジュールの商品化を進めていきます。

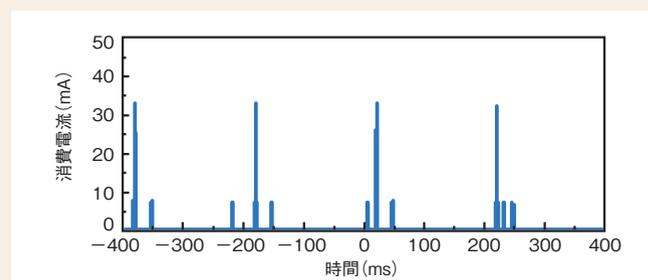


図5 消費電流波形

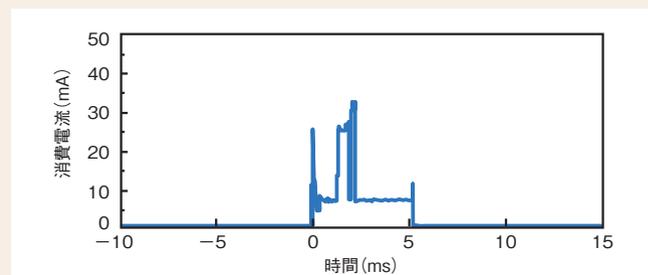


図6 消費電流波形(無線通信部拡大)