

# 現場を「見える化」するデジタルセンシング

大島 俊 Oshima Takashi  
 藤森 司 Fujimori Tsukasa  
 松本 久功 Matsumoto Hisanori  
 栗山 哲 Kuriyama Akira  
 倉田 英明 Kurata Hideaki

日立は、社会のさまざまなニーズに応えるうえでセンシング技術の活用が効果的であり、特に、現場を「見える化」する「デジタルセンシング」のコンセプトが重要であると考えている。デジタルセンシングにより、センサーで取得した現場データを有価な現場情報まで変換し、IT空間で現場の課題の分析を行い、その結果に基づいて現場の制御

を行うことで、新たな価値を創出する。

本稿では、デジタルセンシングの具体例として、工場内の配管モニタリングについて述べる。さらに、デジタルセンシングを実現するセンサー端末技術として、メンテナンスフリーセンサー端末の実例を紹介する。

## 1. はじめに

安全・安心な社会の実現、少子高齢化への対応、インフラ老朽化の対策などの社会のニーズに応えるうえで、センシング技術の活用が効果的であると考えられる。日立は、さまざまな現場の状態をセンサーと信号処理によって把握し、それに基づく適切な制御を行うことで、現場の課題解決のアシストをめざしており、これにより、社会のニーズに応えたIoT (Internet of Things) サービス・ソリューション事業を創出し、展開する。

本稿では、日立が重要と考える「デジタルセンシング」のコンセプト、およびその実現例を示す。

## 2. 日立がめざす「デジタルセンシング」

従来、センサーで計測された実空間の物理量はIT空間で簡単に処理された後、現場設備の稼働モニタや予兆診断に利用される程度にとどまっていた。一方、IoT時代のセンシングは、実空間の物理量をIT空間の人工知能やアナリティクスで分析し、その結果に基づいてコントローラが実空間を制御する。特に、日立がめざすデジタルセンシングは、センサーが取得した実空間の物理量を、IT空間で容易に分析できるコンパクトな「有価情報」に変換する。有価情報は「見える化」された現場情報に相当する(図1参照)。

例えば、エレベーターが発する音波の波形という実空間

の計測データを「異常箇所」という有価情報に、車載カメラが取得した画像データを「歩行者の位置」に、メガソーラの電流波形データを「故障箇所」に変換する。複数のセンサーから得られた計測データの相関演算やフィルタリングといった有価情報の抽出技術を発展させることで、より機微な現場情報を得ることも可能である。

有価情報を取得するための信号処理は、現場固有であり、かつ、大量のデータをリアルタイム処理する必要があるため、現場に分散配置されたエッジコンピューティングで行われる。このエッジコンピューティングによる前処理とIT空間のアナリティクスツール群を最適に協調させる必要がある。

以上のように、現場データに基づき、IT空間で現場の課題の分析と現場の制御を行うIoT時代のセンシングにおいて、デジタルセンシングによる有価な現場情報の抽出は、中心的な役割を果たすと考えられる。

## 3. 工場におけるデジタルセンシング

社会のニーズに対応し、工場には生産性の向上、エネルギーコストの低減、安全性の改善が求められている。そのためには、既設の設備(機器や配管)、稼働を停止できない設備、高所などの近づきにくい場所にある設備の状態をどのようにして把握するかが課題である。例えば、CO<sub>2</sub>削減の機運とともに、工場設備の消費電力の見える化は普

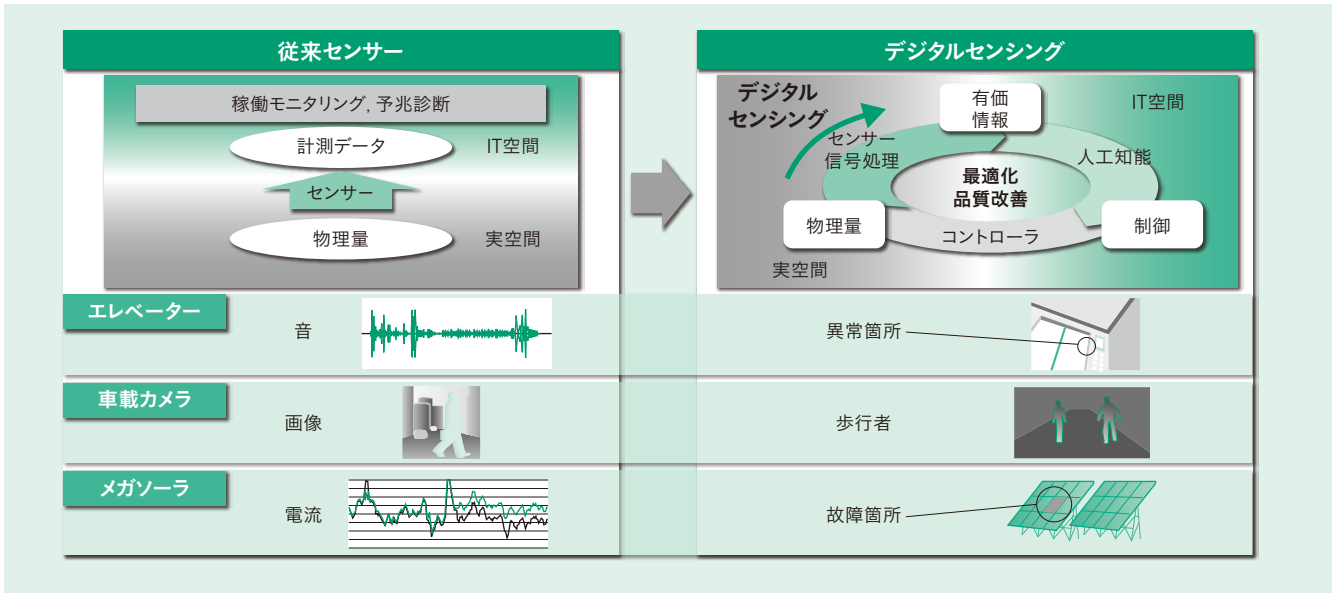


図1 | デジタルセンシングのコンセプト

デジタルセンシングにより、センサーで取得した現場データを有価な現場情報まで変換する。さらに、IT空間で課題の分析を行い、その結果に基づいて現場の制御を行うことで、社会のニーズに応える新たな価値を創出する。

及が進んでいる一方で、ボイラなどのガスを使用している工場設備の消費エネルギーは見える化が十分普及していない。これは、ガス流量計が高価であるうえ、流量計の設置には電気配線工事と配管系加工工事の両方が必要であり、したがって、多数点の監視には巨額の投資が要求されるからである。

そこで日立は、比較的低コストでガス配管の状態を把握する方法として、配管の振動に着目し、デジタルセンシングの適用を検討している。配管振動の計測データから有価な現場情報を抽出するために、他センサーの出力との相関解析やフィルタリングを活用できる(図2参照)。

同図(a)では、配管の振動を計測するセンサーに加えて、

装置の消費電流を計測する電流センサーも併用し、得られた振動強度と電流値の関係性に異常が見られた時間帯は、装置が異常動作したと認識することができる。このように、複数センサーの出力間の相関演算によって有価情報を抽出できる。また、同図(b)では、振動センサーを用いて配管の振動スペクトルを時系列で取得し、配管内のガス流量の指標となる特定の周波数成分をフィルタで抽出することで、ガス流量を時系列で算出する。さらに、その一日平均の推移からフィルタ目詰まりの程度と適切な交換時期を予測することができる。また、同図(c)では、配管の振動スペクトルから、特定の周波数成分をフィルタで抽出することで、配管のガス漏れの発生を認識することができ

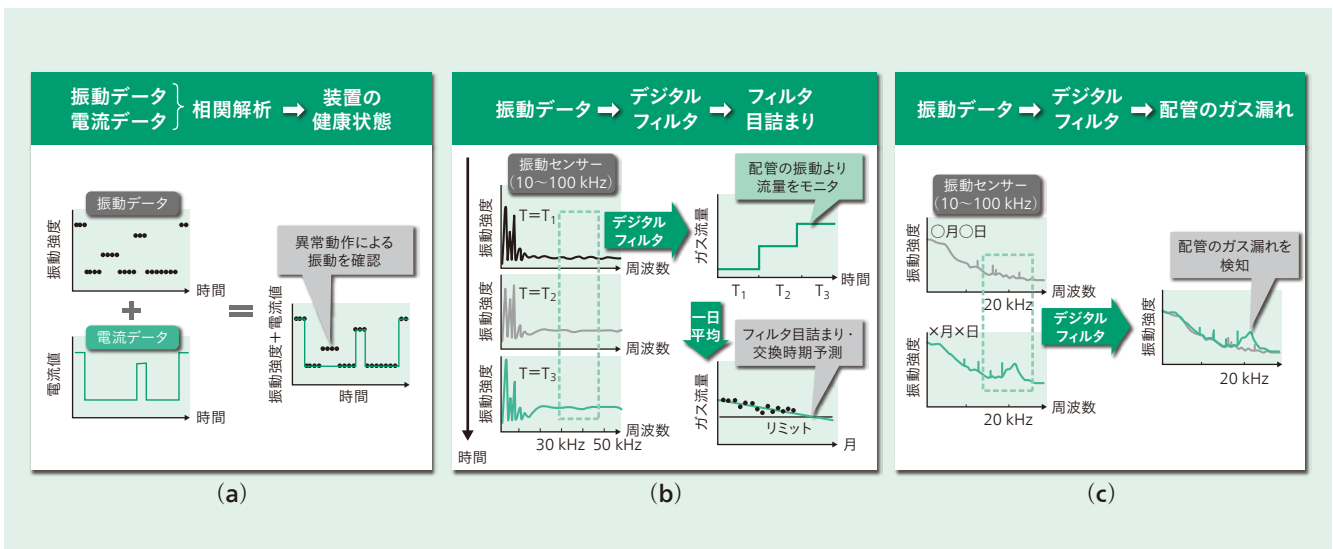


図2 | 有価情報を抽出するための信号処理

(a) 複数センサー出力間の相関を利用して「装置の異常動作」を抽出する。(b) フィルタリングを利用して「適切なフィルタ交換時期」を抽出する。(c) フィルタリングを利用して「配管のガス漏れ」を抽出する。

る。このように、ドメイン知識に基づく適切なフィルタリングは有価情報の取得に効果的である。

振動センサーによって配管の状態を把握できるという仮説を検証するため、実際の工場で実験を行った<sup>1)</sup>。ボイラ設備のガス配管に設置したセンサーで振動スペクトルを時系列に測定した結果を図3(a)に示す。40 kHz～50 kHzの振動成分の時間変化をプロットすると、ボイラの燃焼状態の変化に対応して振動強度が変化していることが分かる。これは、ガス流量に比例して配管内の乱流の速度が上がり、配管を振動させるためと推測される。

この実験は、工事不要な配管の振動の計測と適切なフィルタリングにより、配管のガス流量を推測でき、その結果、「設備の稼働状態」、「消費エネルギー」などの有価情報を取得できることを示す。

一方、図3(b)は、ある工場内で、配管のガス漏れがない場合とある場合の配管の振動スペクトルを計測した結果である。配管のガス漏れがある場合、20 kHz～40 kHzの周波数領域にブロードなピークが生じていることが分かる。この実験から、配管の振動の計測と適切なフィルタリングにより、「配管のガス漏れ」という有価情報を取得できることが示された。

#### 4. メンテナンスフリーセンサー端末

デジタルセンシングを実現するためには、多数のセンサーを現場に設置し、その計測データを収集する必要がある。その際に、センサー端末は、電池交換のメンテナンス

負担を避けるため、薄暗い工場内の光など微小な環境エネルギーでも動作でき、かつ、配線不要な無線でデータを送信できることが望ましい。

そこで、微小な環境エネルギーを効率的に収集・活用できるエネルギーマネジメント回路と、高精度・低電力のセンサー信号処理回路を搭載し、屋内照明光で動作可能な無線センサー端末を開発した(図4参照)<sup>2), 3)</sup>。センサー端末に搭載可能な数センチメートル程度の大きさの発電素子は、数マイクロワット～100 μWのエネルギーしか供給できないため、エネルギーマネジメント回路は、センサー端末内の各ブロックの蓄電素子(容量)の保持電圧を監視しており、所定値を下回った場合のみ、該当する蓄電素子へ給電させる。そのため、発電素子は無信号時など各ブロックがエネルギーを消費しない期間を利用して、大本の蓄電素子への蓄電を進めることができ、その結果、微小なエネルギー供給能力をカバーできる。また、センサー信号処理回路には、デジタル補正を適用した高分解能かつ低電力のアナログデジタル変換回路を搭載し、誤差0.01%の高精度と、上述のエネルギーマネジメントを可能にする低電力動作を実現した。

開発したセンサー端末は、従来品と比較して約 $\frac{1}{50}$ の時間で起動可能であり、約 $\frac{1}{10}$ の70 lux程度から動作可能である。これにより、電池交換も配線も不要、かつ、実用的な機能と精度を持つセンサー端末を実証できた。

以上のセンサー端末技術を用いて産業機器の消費電流を測定するセンサー端末を試作し、工場環境で適用できるこ

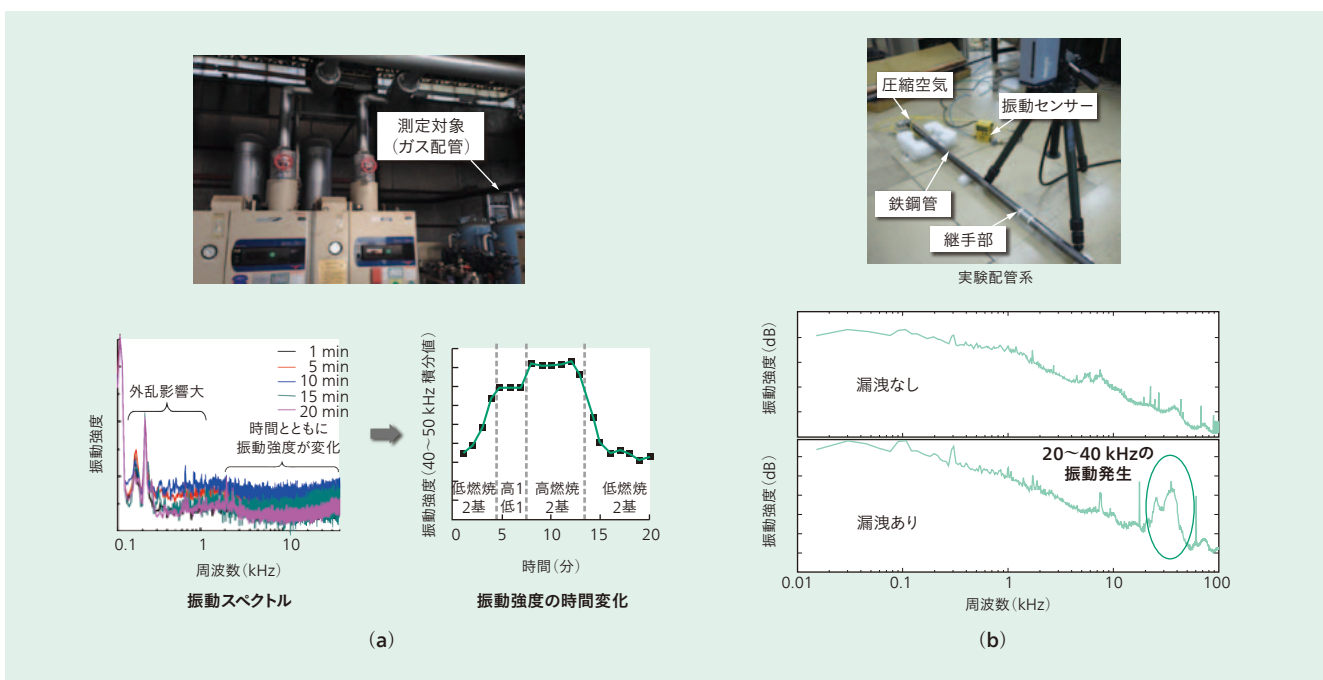


図3 | 工場におけるデジタルセンシングの事例

(a) 配管の振動の計測とフィルタリングにより、配管内のガス流量を推測でき、「設備の稼働状態」、「消費エネルギー」などの有価情報を抽出する。(b) 配管の振動の計測とフィルタリングにより、「配管のガス漏れ」という有価情報を抽出する。

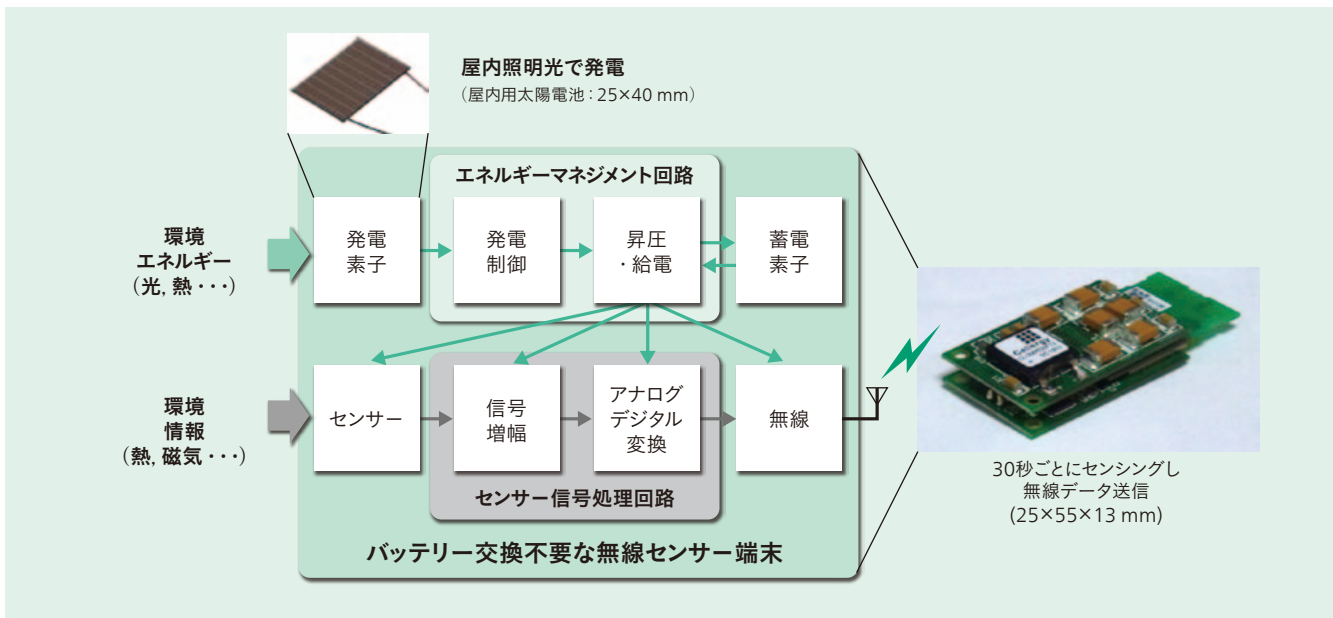


図4 | メンテナンスフリー無線センサー端末

微小なエネルギーをマネジメントする回路と、低消費電力のセンサー信号処理回路により、屋内照明光で持続的なセンシングを可能とした。

とを実証済みである。今後は、産業機器のさまざまなモニタリングや、ビーコンによる人流モニタリングへも展開する予定である。

## 5. おわりに

本稿ではデジタルセンシングのコンセプト、工場における事例、センサー端末技術をそれぞれ説明した。

今後、このデジタルセンシングを多くの現場に適用して、現場の課題解決をアシストしたい。

## 謝辞

本研究の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構との共同研究業務「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト」の一環として実施したものである。

## 参考文献

- 1) NEDO：平成25年度成果報告書 社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト（研究開発成果等の他分野での先導研究）社会課題対応常時・継続モニタリングシステムの開発（2014.3）
- 2) NEDO：平成23年度～平成26年度成果報告書 社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト（2015.7）
- 3) T. Fujimori et al.: Low-Power Analog-Front-End Circuits with Digital Calibration for Sensor Networks, IUMRS-International Conference on Electronic Materials 2012（2012.9）

## 執筆者紹介



**大島 俊**  
日立製作所 研究開発グループ エレクトロニクスイノベーションセンタ  
情報エレクトロニクス研究部 所属  
現在、アナログ回路の研究開発に従事  
博士（理学）  
IEEE会員，電子情報通信学会会員，電気学会会員，  
日本物理学会会員



**藤森 司**  
日立製作所 研究開発グループ エレクトロニクスイノベーションセンタ  
情報エレクトロニクス研究部 所属  
現在、センシングシステムの研究開発に従事  
技術経営修士（専門職）  
電気学会会員



**松本 久功**  
日立製作所 研究開発グループ エレクトロニクスイノベーションセンタ  
情報エレクトロニクス研究部 所属  
現在、センシングシステムの研究開発に従事  
IEEE会員，電子情報通信学会会員



**栗山 哲**  
日立製作所 研究開発グループ エレクトロニクスイノベーションセンタ  
情報エレクトロニクス研究部 所属  
現在、センシングシステムの研究開発に従事  
電子情報通信学会会員



**倉田 英明**  
日立製作所 研究開発グループ エレクトロニクスイノベーションセンタ  
情報エレクトロニクス研究部 所属  
現在、センシングシステムの研究開発に従事  
IEEE会員，電子情報通信学会会員