

# 多様なアプリケーション要求に応える 集積システムの設計を目指して



研究室紹介

橋本昌宜\*

Designing Integrated Systems for Future Applications

Key Words : Integrated system, VLSI, Internet of Things (IoT),  
Biomedical system, Computer vision

## 1. はじめに

IoT (Internet of Things) というキーワードが学会、産業界だけでなく一般報道にもあふれています。これまでインターネットにつながっていなかった物がネットワークにつながり、膨大なセンサやユーザの情報をクラウドに送ることで、便利で快適な生活ができる社会の実現が近づいています。ユビキタスコンピューティングに代表される ICT だけでなく、インフラや物流から農業まで世界的に大きな期待が寄せられています。このような社会の実現には、センサ、無線と一体となったエッジコンピューティングデバイスが、生体や環境情報を賢く収集・選択してクラウドに送る必要があります。最近話題の自動運転やコネクテッドカーも IoT の枠組みで捉えられます。エッジにおいてはより低消費電力で高度な信号処理を小体積で行うことが求められており、アルゴリズム、通信、アーキテクチャ、回路などのレイヤーをまたいだ集積システム設計が求められています。クラウドではこれまでコンピュータが苦手としてきた認識を含む AI 機能の提供が求められています。高度な AI を提供するため、CPU や GPU だけでなく AI 専用 VLSI (例: Google の Tensor Processing Unit) や FPGA がクラウドに次々と導入され、さらに脳を模倣したニューロモフィックコンピューティングの研究も盛んに行われています。

集積システムで最も重要なコンポーネントは、マイクロプロセッサやアプリケーション専用アクセラレータを含む VLSI であり、それを用いた組み込みシステムです。VLSI はトランジスタの微細化による高速化、高機能化、低消費電力化を長年享受してきました。一方で、IoT や CPS (Cyber Physical System)、生体応用向けの VLSI に対する要求は、処理性能から極低エネルギー動作、高信頼動作、超小体積実装など多岐に変わってきています。また、集積システムは生体としての人間にもアプローチしています。カプセル内視鏡などの医療機器に加えて、日常的な健康管理向け生体情報取得などへの取り組みが活発化しています。高齢化社会を迎えるにあたって、医療費の削減にもつながる全世界的に重要な取り組みです。

本研究室では、武内良典准教授、劉載勲助教と共に、上記の要求を満足する VLSI を中心とした集積システム設計やその設計技術、次世代アーキテクチャに関する研究を進めています。特に次世代 FPGA アーキテクチャ、mm<sup>3</sup> 級エッジコンピューティングデバイス、生体情報センシングシステム、超高速画像認識システム、脳を模倣したコンピューティングシステム、高信頼超低電力 VLSI 設計技術などの開発に取り組んでいます。以降ではこれらの研究のいくつかを簡単に紹介します。



\* Masanori HASHIMOTO

1975年3月生  
京都大学 情報学研究科 通信情報システム工学専攻 (2001年)  
現在、大阪大学 情報科学研究科 情報システム工学専攻 集積システム設計学講座 教授 京都大学博士(情報学)  
集積システム設計  
TEL : 06-6879-4520  
FAX : 06-6879-4524  
E-mail : hasimoto@ist.osaka-u.ac.jp

## 2. 研究トピックス

### 2.1 新ナノデバイスを用いた次世代 FPGA アーキテクチャ

クラウドコンピューティングでは FPGA に対する期待が高まっています。大手のクラウドサービスベンダも CPU, GPU に加えて FPGA を用いたコンピューティングをユーザに提供しつつあります。一方

で、FPGAは専用VLSIに対して性能が低いという課題がありました。

我々はFPGAのプログラミング機能をトランジスタではなく新たな不揮発ナノスイッチ（ピアスイッチ）で実現することにより、格段の高密度化とエネルギー効率向上を達成できる新たなFPGAアーキテクチャを開発しています（図1）。ユーザが実行したいアルゴリズムをC言語から直接FPGAに専用処理機構としてマッピングします。この専用処理機構によるコンピューティングにより、エネルギー効率を格段に向上させ、プロセッサがもつフォンノイマンボトルネックを解消します。

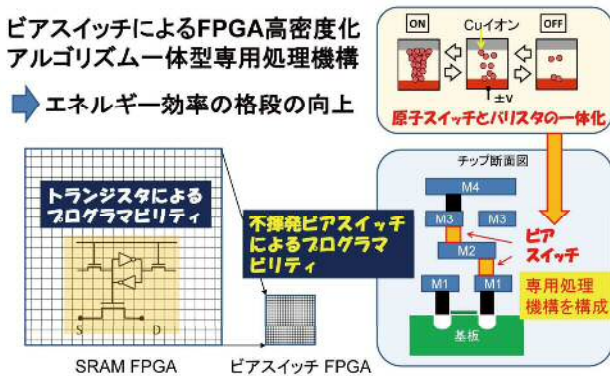


図1: 新ナノデバイス、ピアスイッチを用いたFPGA

**2.2 mm<sup>3</sup>級エッジコンピューティングデバイス**  
 環境モニタリングや、ヘルスケア、流通追跡、災害の障害報告などにむけたセンサネットワークが広く開発されています。本研究ではmm<sup>3</sup>クラスの超小型センサノードを開発し、これまでセンサネットワークが対象としていなかった領域への新規展開をはかっています。集積デバイスの設計としては、小体積に蓄えられる極微量エネルギーでの動作や、外部アンテナを用いない高効率無線通信、小体積センサなどの課題にチャレンジしています。図2は現在開発中の外部アンテナを用いない無線送信機です。



図2: 外部アンテナを用いない超小型無線送信機

超小型センサノードのアプリケーションの一つとしてリアルタイム形状認識システム iClay（図3）の研究を行っています。粘土に埋め込まれた大量のセンサノードからノード間距離の情報を収集し、コンピュータ上に物体形状を再現します。リアルタイムなコンピュータと人間とのインタラクションが可能となり、ゲーム等のエンターテインメントや幼児教育、脳障害の診断などへの応用を期待しています。

**2.3 生体情報センシング・生体刺激システム**

医学、工学、情報の連携研究の一環として生体情報の取得、生体への刺激システムに関する研究を進めています。脳波や心電波形といった身近な生体データを効率よく取得、伝送するための圧縮手法に関する研究を行なっています（図4）。また、視覚野刺激型の人工視覚システム（図5）の刺激データを効率よく伝送する方法について研究しています。生体情報センシング・生体刺激用デバイスで使われる様々な要素技術を検討し、処理の低消費電力化、高性能化、高信頼度化に関する研究を進めています。具体的には、生体情報取得・生体刺激データの不可逆圧縮によるデータの効率的な通信、効率的な誤り訂正法による低電力のデータ通信法などの提案を行っています。また、人間の体に異常が存在する場合、生体情報にはその異常を知らせる重要なサインが現れます。脳波ならばてんかん、心電波形ならば不整脈といった異常を、情報を解析することで検出するこ

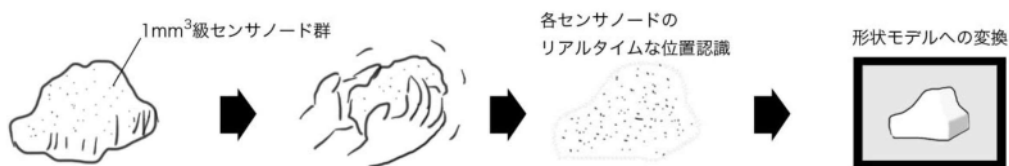


図3: iClayの概要

とができます。このような生体情報からの異常サインを機械学習を用いて抽出することを進めています。

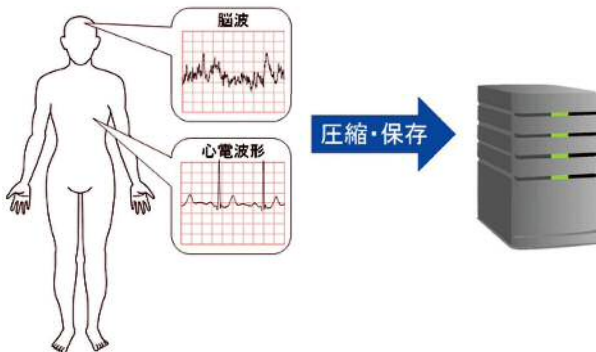


図4: 生体データの圧縮

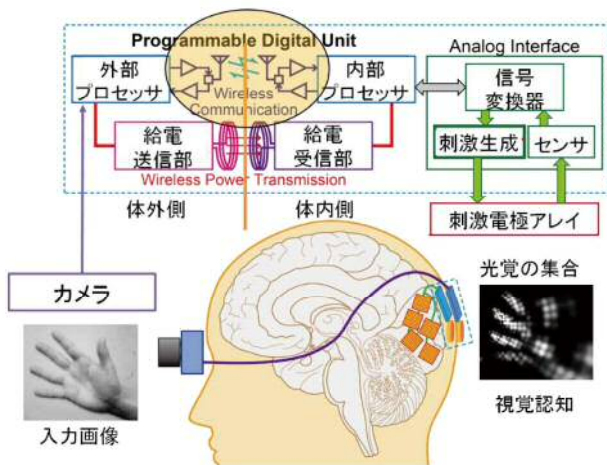


図5: 視野刺激型の人工視覚システム

## 2.4 超高速画像認識システム

運転支援システムや自律移動ロボットなどの組み込みシステムでは、カメラで撮影した動画像を解析するために、画像処理に基づく物体認識が使用されています。画像処理に基づく物体認識は、コンピュータビジョンの一分野で、コンピュータが動画像中の物体を理解することを目的としています。物体認識には、画像中の物体を発見する物体検出 (図6) や、動画の連続フレーム間で同一物体の対応付けを行う物体追跡 (図7) が含まれます。システムには高い認識精度が求められるだけでなく、組み込みシステムでは回路面積や消費電力に制約があることから、実装方式を考慮してアルゴリズムを設計する必要があります。本研究室では、物体認識分野における新たなアルゴリズムの考案、ソフトウェア実装による有

効性の検証、ハードウェア実装による高速化までの幅広い研究を行っており (図8)、アルゴリズム、ソフトウェア、ハードウェアの融合領域におけるバランスの取れた研究活動を目指しています。

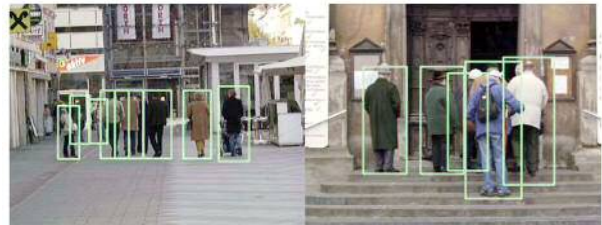


図6: 物体検出



図7: 物体追跡



図8: 物体検出システムのハードウェア実装

## 3. むすび

IoTは集積システムに新たな要求を突きつけると共に、ますますのアプリケーションの拡大をもたらしています。より快適で便利な社会はもちろん、エネルギーや災害等の社会課題の解決にも期待が高まるIoT時代の実現を目指して、集積システムの設計ならびにその設計技術の研究に引き続き取り組んで行く予定です。ますます多様化する集積システムに対する要求に応えるべく、今後も異分野融合、産学協働を推し進めて研究活動を行っていきます。