

研究室最前線

時間軸情報処理による脳型集積システム



九州工業大学
大学院生命体工学研究科

森江 隆 教授

脳型集積システム(森江)研究室では、脳の情報処理機能を工学に応用することを目標に、モデルからハードウェア(集積回路)・システム化までの研究を行っています。具体的には、脳の視覚機能に学んだ車載用およびロボット用の視覚集積システムの開発、人間のような記憶・判断機能を実現するスパイクベース神経模倣型集積回路の開発などを行っています。

集積回路設計での本研究室の特徴は、時間軸情報処理です。これは、2値信号の組み合わせで情報を表現するデジタル方式や、電圧あるいは電流方向に連続値を持たせるアナログ回路方式と異なり、パルス幅変調(PWM)信号やパルス位相(位置)変調(PPM)信号を利用して、時間軸方向に情報を表現する方式です。この方式はデジタル方式に比べて、計算ユニットの回路規模が小さく、実数値を1回のON/OFFの信号で表現するため、原理的に低消費電力であるという利点があり、超並列動作を基本とする脳型処理回路に適しています。さらに、デジタル方式が苦手とする非線形変換が容易に実現できるという利点があります。

この回路方式を駆使して、これまで様々な集積回路を設計してきました。開発したLSIは三つの範疇に分けられます。第一の範疇は視覚処理LSIであり、脳の初期視覚野のモデルである2次元ガボールウェーブレット変換、画像の大局的領域分割を行う抵抗ヒューズネットワーク、視覚系のマクロモデルである階層型畳み込みニューラルネットワーク、主観的輪郭生成のための異方性拡散などのモデルを実装してきました。第二の範疇は、非線形ダイナミカルシステムのためのLSIであり、任意カオス生成回路とその大規模結合システム、結合位相振動子系などを実現してきました。第三の範疇は、神経素子のスパイク発火の機能を真似たスパイクニューラルネットワーク回路であり、スパイクタイミング依存シナプス可塑性(STDP)という学習機能を備えたネットワークチップを開発し、連想メモリ機能を確認しました。図1は開発したスパイクニューラルネットワークLSIとSTDPの測定結果です。第一の範疇は一連の科研費や知的クラスター創成事業の成果であり、第二、第三の範疇

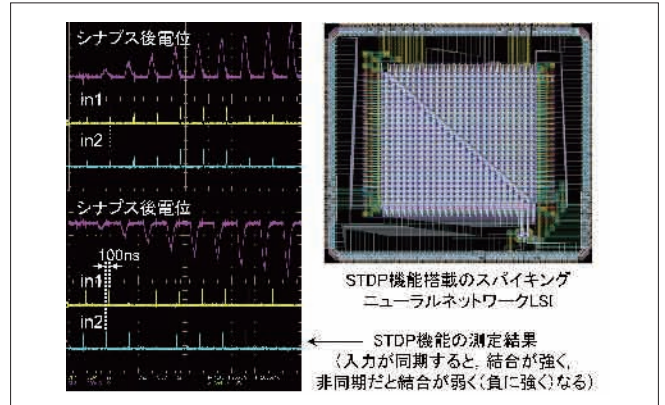


図1: スパイクニューラルネットワークLSI

は『複雑系で計算する』という発想の下、合原一幸東大教授を研究総括とするERATO事業での成果です。

開発した集積回路をベースにシステム化を行っています。その一つが、顔・腕身振り認識システムです。これは、入力画像中から顔領域を抽出し、ガボールフィルタLSIで特徴抽出して、エラスティック

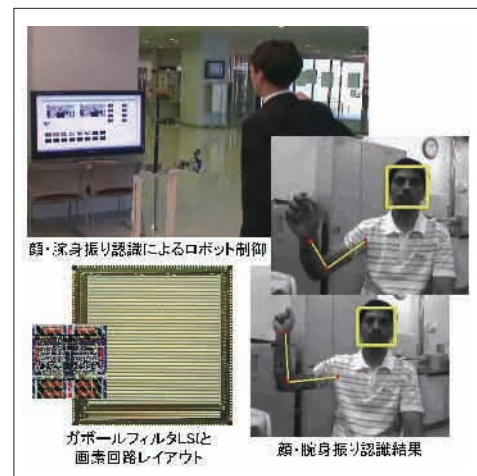


図2: 顔・腕身振り認識システムと、そこで使われるガボールフィルタLSI。易ロボットを操作するデモにも成功しています(図2)。これは本専攻で実施した21世紀COEの成果の一部ですが、現在、知的クラスター創成事業(II期)において、インテリジェントカーやロボットの視覚としての応用を研究中です。

デバイスレベルの研究としては、自己組織化ナノ構造と極微細CMOSとの組み合わせによる、ノイズを利用した確率的動作を用いるデバイス・回路の研究を行っています。プロセス研究者と協力して新しいナノ構造デバイスを設計・開発することで、10nm以降の集積回路の新しい方向を模索するものです。

以上の研究を通して、脳科学から工学応用という一方通行だけでなく、応用回路考案・システム化研究から、脳機能のモデル化・理解向上にも貢献できればと考えています。