

## 低電力と高速反応が求められるIoT機器向けの 新型アナログニューロンチップを開発

ニューラルネットワークでは、低消費電力で高速動作可能なハードウェア技術が求められています。当社は、(株)東芝と共同でニューラルネットワーク向けのアナログ回路を搭載したICを開発しました。本ICの特長は、人間の知的活動に近い高速な情報処理を実現していることで、機器の異常検知や故障予測のほか、さまざまなセンサーへの適用が期待されています。

### アナログICで高速性と 低消費電力の両立を

あらゆるものがインターネットにつながる時代が到来しています。総務省の情報通信白書(令和元年版)では、2021年に全世界で450億個近いIoT機器が稼動するとしており、とりわけ、現在著しい伸びを見せている産業用途でのさらなる伸長が予想されています。

IoT社会で急増している情報を活用する上で近年注目を集めているのが、ニューラルネットワークによるAI(人工知能)技術です。ただしAI処理は、非常に多くの演算を行います。IoT機器から送られてくる情報をすべてクラウド側でAI処理するには、処理能力の問題はもちろん、クラウドのデータ容量やネットワークのトラフィック問題も懸念されます。

これに関してはIoT機器にAIを搭載して処理することが解決策に思えますが、IoT機器にもさまざまなセンサーがつながるため膨大なデータをリアルタイムに処理する必要があり、こちらも処理能力が問題になります。加えてバッテリー駆動も想定されるIoT機器では、消費電力の問題も無視するわけにはいきません。そのため、センサーからの入力に対し高速に応答可能な、超低消費電力のニューロン回路をICで実現することが待ち望まれていました。

AIの急速な発展を支えるディープラーニングのベースとなるニューラルネットワークは、人間の脳の神経回路をコンピュータ上でシンプルに模した分析モデルです。人間の脳は無数のニューロン(神経細胞)で構成されています。このニューロンが、他のニューロンと電気信号をやり取りするシナプス結合によってつながり、ネットワークを形成しています。

しかし、マイコンやAIの専用チップに実装される汎用的なデジタル演算器では、超低消費電力で高速にニューラルネットワークを動作させることは困難とされています。ニューラルネットワークに使われるマイコンでは、AI処理のため内部にデジタ

ル演算器を大量に並べて並列処理をするという方法が採用されています。この処理方法は高性能ではあるものの、どうしても大量の電力を消費してしまいます。

一方、ニューラルネットワークのモデルである脳は、数十ワット程度で非常に効率的にアナログ動作していると言われていいます。そこで、脳のようにアナログ動作するニューラルネットワーク向けハードウェアが期待されていましたが、半導体のアナログ回路は超低消費電力の環境においては安定動作させることが極めて難しいという技術的な課題がありました。

### analogramのノウハウをきっかけに

当社には、2016年から多くのお客様に利用いただいている自社製品のプログラマブル・アナログデバイス「analogram(アナログラム)」があります。さまざまなアナログ回路を何度でも書き込むことができるanalogramのノウハウを、ニューラルネットワークに生かせるのではないかと発想が起点となり、ニューロン数をさらに増やした新型アナログニューロンチップ(以下、本IC)の研究開発がスタートしました。

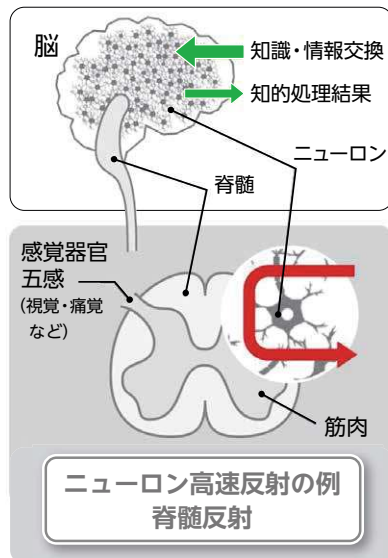
これまで、デジタル系のニューロンチップは数社からリリースされていましたが、これらは消費電力が多いという問題がありました。また、高速性を追求してアナログ回路を採用したニューロンチップも存在していましたが、低消費電力で安定動作できるものではありませんでした。

当社と共同研究を行っている東芝は、超低消費電力の環境においてもニューロン回路を安定的に動作させるため、抵抗器でアナログ電流を制

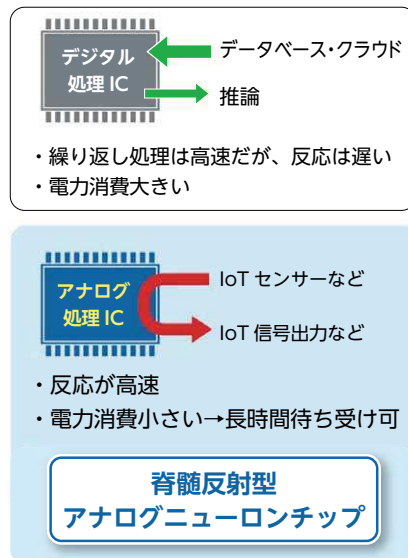


図-1 開発したアナログニューロンチップ

## 脳内ニューラルネット



## CPUなどのマイコン



化の基本原則を発展させることにより、将来監視データやセンサーデータ等が爆発的に増加しても、本ICを活用することによって、個別の組み込み機器やIoT機器などで学習や推論が行えるため、クラウドを圧迫しなくて済むようになることが期待できます。

本ICは、一般的なLow Power-CPUに比べて10倍、Middle Power-CPUより100倍以上高い演算電力効率を誇ります(図-3)。当社は、1~10mW程度に抑えている本ICの消費電力をさらに低減し、高速応答ができる新しいICの開発を目指しています。

図-2 脊髄反射型アナログニューロンチップのイメージ

御して比較出力し、入力信号によりアナログ電流をクロス状に切り替える独自の動作原理を考案しています。

当社は、この技術を活用した本ICのシステム設計とデバイス開発を担当しました。開発に当たっては、analogramの技術を応用することで早期のIC化を実現し、共同開発スタートから1年後の2019年5月「ISCAS 2019<sup>注1)</sup>」において参考展示を行いました。本ICは評価において、ニューロン回路として基本的な演算動作および、シミュレーション通りの処理性能を実証でき、参考展示では多くのお客様から注目されました(図-1)。

今回開発した本ICの特長は次のとおりです。

- (1) ニューラルネットワーク向けのアナログ回路を搭載
- (2) 超低消費電力で長期安定動作
- (3) 事象発生時に高速に反応する「脊髄反射神経的」な知的処理(人間の知的活動に近い情報処理)が可能

ニューラルネットワークとしての反応速度は、応答速度1μ秒以下と、同程度の消費電力で動作するマイコンよりはるかに高速で、生体内の脊髄反射のような処理を可能としました(図-2)。

## 高速応答が求められるIoT機器に最適

本ICをさまざまなIoT機器に活用することで、センサー情報による機器の異常検知、故障予兆検知などの高速化が超低消費電力で実現できます。また、高速応答や素早いフィードバックが必要とされるロボットの先端部分のセンサー、超低消費電力で動作する特長を活かし常時稼働し続ける工場のラインや製造機械の監視、音、匂いなど特定用途のセンサーへの適用も考えられます。

さらに、実際の研究開発を通して確認できた超低消費電力

販売時期や方法については、ICとしての供給、IP販売など、お客様の用途に合わせた提供方法を検討していく考えです。

今後は本ICの能力を最大限に引き出せるようなセンサーと組み合わせ、PoC(Proof of Concept)を準備の上、お客様へのアピールを加速させていきます。実際に、人間の五感に関わる特定センサーとの組み合わせに関する問い合わせもいただいております。今後はこうしたお客様に速やかに本ICを評価いただき、高速・低消費電力の特性とメリットを訴求していけるよう努めていきます。

(LSIソリューション事業部 高橋 功次)

注1) ISCAS 2019: ISCAS (The IEEE International Symposium on Circuits and Systems) は、米国の技術標準化機関であるIEEEが主催する電子回路とシステムに関する国際シンポジウム(2019年は日本の札幌で開催)。

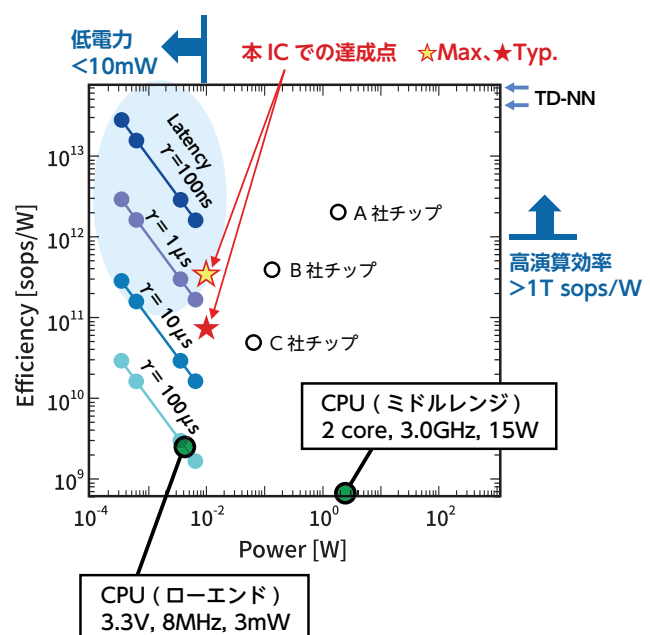


図-3 ニューロンチップの性能評価