

大規模ニューラルネットワーク向け  
ハードウェア方式

3U-2

山田 稔 柳生正義 益田 昇 正木 亮 \*平井有三

(株)日立製作所 中央研究所 \*筑波大学 電子・情報工学系

1. 緒言 大規模高速ニューラルネットワーク実現のためには、高集積化に適したネットワーク方式、ニューロン回路・結合方式にする必要がある(図1)。

2. ニューラルネットワーク方式

VLSI, 更には, WSI (Wafer Scale Integration) に通じたニューラルネットワーク方式を図2に示す. 本方式の第1の特徴は, 多重化等により学習回路(および入出力回路, 制御回路等)をフォールトトレラントにした点にある. ネットワーク中の欠陥ニューロンについては, 正常な学習回路によりその信号を受けるシナプスの重み値を0にすることで切り離せるので, WSI化した場合もニューラルネットワーク全体をフォールトトレラントにすることができる.

本方式の第2の特徴は各ニューロン間を時分割デジタルバスで接続していることである. これにより, 全体として必要なシナプスの数は, 各ニューロン間を全て接続する場合に比べ,  $1/N$  ( $N$ : ニューロン数) にできる.

バスによるデータ転送時間がネックとなるのを防ぐため, ニューロンは前の状態との差分を出力させるようにし, 出力が0のニューロンはデータ転送しない動作モードも用意した.

シナプスの重み値を記憶するためのメモリ容量は, 重み値を5ビットとすると  $10^4$  ニューロンの完全結合の例で 477Mビットと膨大なものとなる. このため

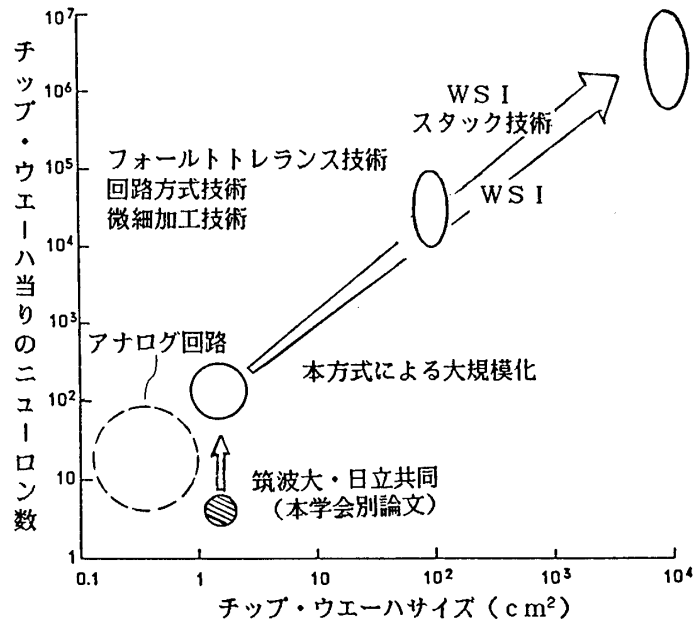


図1 高集積デジタルニューロチップ

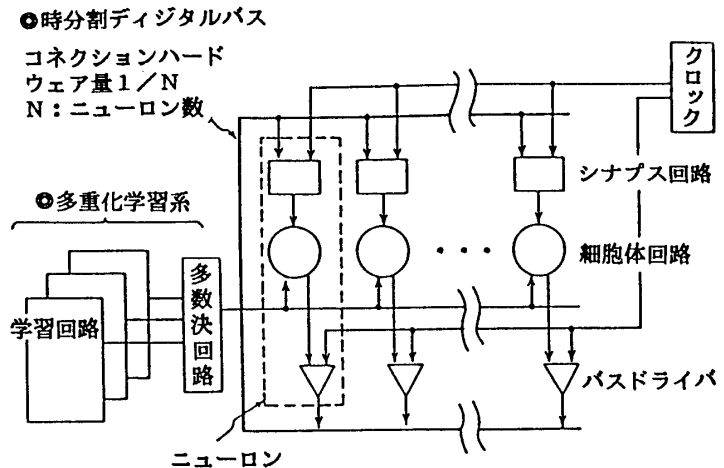


図2 WSIに適したニューラルネットワーク方式

Hardware Implementation of Large Scale Neural Networks

Minoru YAMADA Masayoshi YAGYU Noboru MASUDA Akira MASAKI \*Yuzo HIRAI  
HITACHI, Ltd. \*Univ. of TUKUBA

各ニューロンは重み値の絶対値の大きいもののみを、例えば256個、その結合相手ニューロンのアドレスと共に記憶させるようにした。任意のニューロンと結合できる。結合相手数が256を越えるニューロンについては複数のニューロンをツリー状につなぐ。メモリ容量はアドレス用の14ビットを合せて44Mビットと1/10にできる。

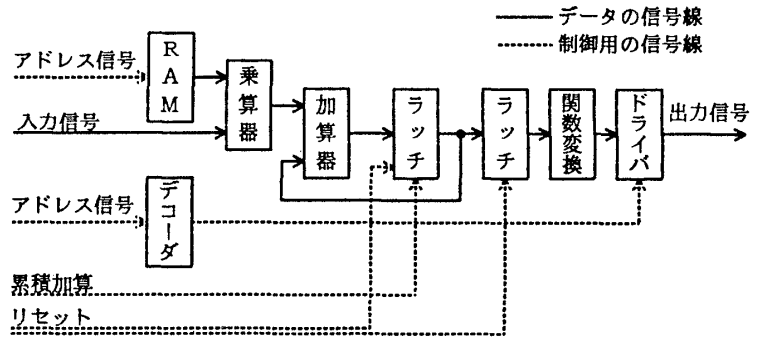


図3 デジタルニューロン回路

3. ニューロン回路方式 現在、世界的に主流のアナログ方式<sup>1)</sup>では、 $10^4$ ニューロン/ウェーハもの高集積化は本質的に困難と考える。そこで、デジタル回路のみで構成したニューロンの一例を図3に示す。シナプス回路は乗算器で構成する。細胞体回路は、加算器、Sigmoid関数回路等より成る。本例では約750ゲートで構成できる。

プリプロセッサ

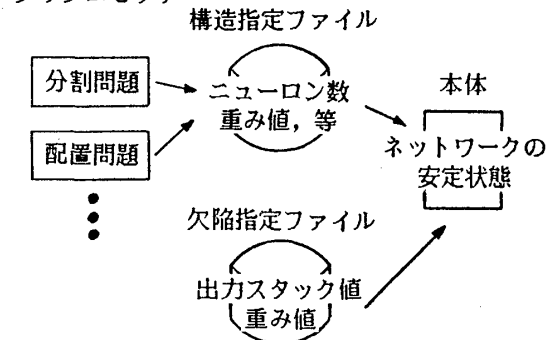
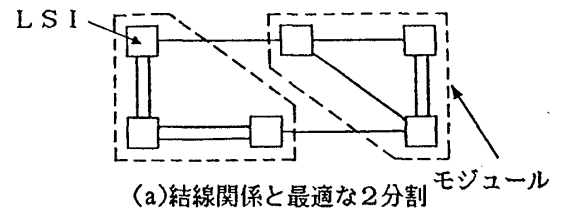


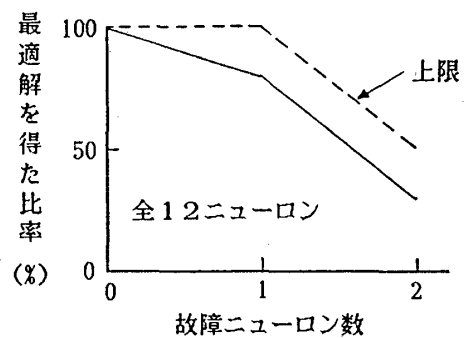
図4 シミュレータの構成

4. 耐欠陥性の評価 図4は素子の欠陥とニューラルネットワークの動作との関係性を評価するシミュレータの構成である。現在はHopfield型ネットワーク用のみが完成している。故障はニューロンの出力スタック値と重み値に対して指定できる。プリプロセッサは問題すなわち定式化毎に作成する。現時点で分割問題用と配置問題用の2種類が定式化済みである。



(a)結線関係と最適な2分割

図5に欠陥ニューロンを学習回路で切り離さない場合についてシミュレートした結果を示す。6LSIを2つのモジュールに分割する問題を例にして、出力スタック故障したニューロン数と正解率との関係をシミュレートした。定式化はHopfieldの方法に準じており、モジュール間の結線本数を評価関数にした。



(b)出力スタック故障ニューロン数と正解率

図5 6LSI2分割問題シミュレーション例

なお前述のバス結合を仮定し、内部状態の時間微分項を0として反復計算で安定状態を求めている。各故障状態に対し5種類の初期値セットで実験した。この問題では1ニューロン故障の場合、約80%の確率で最適解を得た。

5. 結 言 大規模ニューラルネットワーク向けハードウェア方式をもとに、ニューロWSIを目指す。

6. 謝 辞 有益な御討論を頂いた上智大学加藤誠巳教授、当所林剛久氏、浅井光男氏に深く感謝します。

7. 参考文献 1)Hopfield J.J., Biol. Cybern., Vol.52, pp.141-152(1985).