

進化するハードウェアを用いた適応型システムの構築

7Q-6

平尾友二*, 岩田昌也**, 樋口哲也**

*徳島県立工業技術センター, **電子技術総合研究所

1. はじめに

進化するハードウェア^[1]（以下EHWと呼ぶ）とは、環境に応じてハードウェア自身が自らのハードウェア構成を変更し、目的を実現する回路を生成するものである。具体的には、書き換え可能な論理回路素子の回路機能を決定するアーキテクチャビット列を、遺伝的アルゴリズム（以下GAと呼ぶ）における染色体とみなして学習することにより実現できる。本稿では、まず、EHWを用いた適応型システムの構築について提案する。そして、その実証として製作中の「V溝トレーサ」と呼ぶ実験装置の概要について紹介する。また、この実験装置の適応性を評価するためのシミュレーション結果から、EHWが適応型システムの構築手段として有効であることを報告する。

2. EHWを用いた補償回路

EHWは、図1内に示す様にGA学習部、適応度評価部、回路生成フィールド部の3つから成り、対象回路の入出力パターンを繰り返し学習することにより、回路生成フィールド上に対象回路の入出力を満足する様な回路を生成する。

このような特徴をもつEHWを用いて、故障時の自己修復機能を実現する方法を図1に示す。まず、入出力が取り出せるようなシステム内の任意の回路ブロックを対象回路とする。次に、この回路に並列にEHWを配し、対象回路の入出力をEHWに供給する。これにより、回路が正常動作している間にEHWは繰り返し学習を行い、やがてEHWの回路生成フィールド上に対象回路の機能を満足する回路が

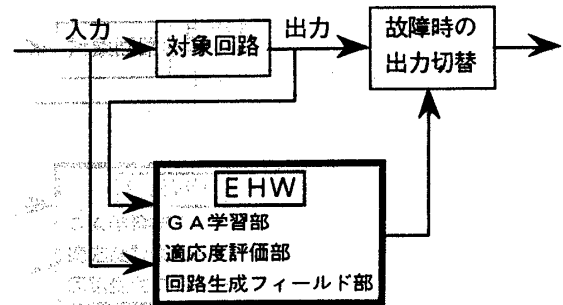


図1 補償回路

実現される。その後も、対象回路が故障すると、対象回路の出力をEHWの出力と取り替えることでシステムを正常な状態に維持することができる。これは、EHWを使いシステム自身が回路の故障という状況に対して適応的に働いた結果と言える。

3. V溝トレーサの製作

V溝トレーサとは、V字状の断面を持つある長さの対象物（以下ワークと呼ぶ）の底部を長さ方向にトレースするものである。図2に装置の構成を示す。この装置は上部にX-Yテーブルがあり、レーザ測距セ

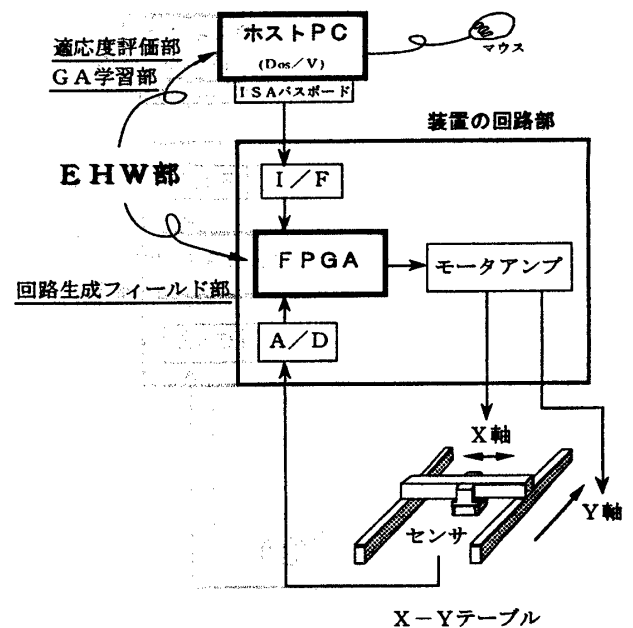


図2 装置の構成

Adaptive system with HardWare Evolution

Y.Hirao*, M.Iwata**, T.Higuchi**

*Tokushima Prefectural Industrial Technology Center

**Electrotechnical Laboratory (ETL)

ンサが一定の間隔離れて2個取り付けられている。そして、X-Yテーブルはワーク上を長さ方向（Y軸方向）に一定速度で動いている。この時、センサの距離情報を基に溝の底部を検出し、X軸を補正すると、溝の底部をトレースすることができる。これは、自動溶接ロボットの開先制御²⁾に使われている溶接線検出法の原理を簡略化したものである。この装置は、直線、曲線、円弧などの溝線上をトレースでき、誘導線を検出して走行する工場内の無人搬送車や、中央線と側線を検出して走行する次世代無人自動車への応用が可能である。

この装置の原理は、図3に示す様に、右測距センサの値をRd、左測距センサの値をLdとすると、溝が中央に位置している時はRd=Ldとなる。しかし、溝が右にずれているとLd<Rd、左にずれているとLd>Rdとなる。したがって常にLd=RdとなるようにX軸を補正すれば、溝のトレースが可能となる。この装置では、ずれの補正を離散的に行っており、1回の補正量は一定値に定めている。このため制御回路はLdとRdの大小比較を行うコンパレータで構成できる。

そこで、コンパレータ回路がEHWによって、どの程度で生成できるかのシミュレーションを行った。

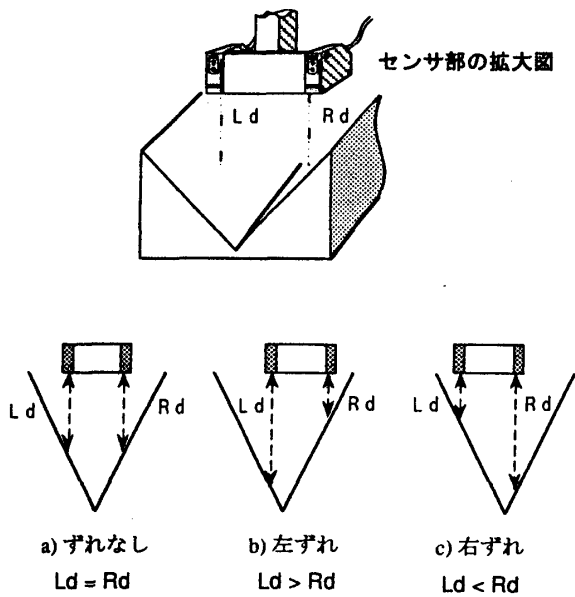


図3 装置の制御原理

4. シミュレーション結果

2ビット2チャンネルのコンパレータについてシミュレーション結果を示す。GA学習にはGAucsd1.4を使い、集団サイズ100、突然変異0.05%、交叉率50%の2点交叉で行った。回路生成フィールドのアーキテクチャにはGAL16V8を使った。この結果、図5の様に85世代で回路が得られた。また、得られた回路は、冗長なネットを含んでいた。このことは、適応的な回路を構築するうえで重要である。

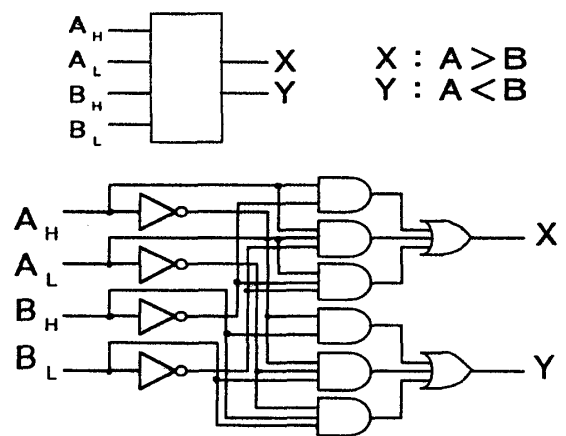


図5 シミュレーション結果

5. おわりに

EHWは、未知の対象回路の入出力パターンを学習することで、適応的に回路を生成できる。このことは故障回路のバックアップとして有効で有るばかりでなく、未知の入力に対して、あらかじめ与えられた行動を満足するための制御回路を適応的に生成することも可能である。4月頃に完成予定の「V溝トレーサ」はこれらを実証しようとするものがある。

今後、ロボットなどの制御において、適応的な機能を付加する手法として、EHWが有効であることを実証し、EHWによる適応型ロボットを実現したい。

参考文献

- [1] 樋口哲也, " 遺伝的学習によるハードウェア進化の基礎実験", 「遺伝的アルゴリズム」(北野宏明編), 産業図書, 1993, p263-285
- [2] (社)溶接学会溶接法研究委員会編, 「アーク溶接におけるセンシングと制御」, 黒木出版, 1990