

分類システムに基づく

7D-4

ドリル異状診断ルール of 学習

大山 剛 山口高平
静岡大学

1. はじめに

プロダクションルールを文字列で表現し、その文字列に遺伝的アルゴリズム (GA) を適用して、ルールベース全体の最適化を試みるシステムが分類システムである。本稿では、ドリルの動力波形形状からドリルの異状 (破損や欠損) を検知する問題を題材として、分類システムにおけるパラメータ設定法を実験的に考察する。

2. 分類システムの構成法

図1に示した分類システムの構成法を、3節の実験に関連させて説明する。

2.1 検出器

検出器では、ドリルの切削1回毎の動力波形を受取り、その動力原波形から、①3点移動平均線、②20点移動平均線、③変化量 (絶対値) 波形という3種類の波形を生成し、それらの波形に対して表1に示す5種類の特徴量を抽出する。さらに、それまでの切削で得られた特徴量の平均値を算出し、合計30個の特徴量を求め、その動力波形が状態 (正常か異常) を合わせたものを、1つのメッセージとする。

表1 検出器で抽出する特徴量とその意義

①最大値	最大瞬時負荷
②最大値と最小値の差	最大負荷変動
③平均値	平均負荷
④極値数/単位時間	びびり (3点), うねり (20点)
⑤一定範囲内の極値の最大出現回数	びびり (3点), うねり (20点)

2.2 分類器

分類器は、図2に示すように、検出器から出されたメッセージに含まれる特徴量間の関係を条件部、正常/異常の判断結果を結論部、および、strengthという評価値を持つプロダクションルールである。但し、5つの関係は、実験的に求めたものであり、よりよい関係を設定できる可能性がある。また、<term>は $30 \times 29 \times 5 = 4350$ 個存在し、分類器の最大条件部長は10と設定しているため、分類器の総数は、約 4350^{10} (約 2.43×10^{36}) となる。

また、分類器の集合を母集団と呼ぶが、初期母集団の分類器の条件長を長くすれば、発火しにくくなり評価が進まないため、3節の実験では、初期母集団の分類器の条件長は2以下に設定している^[1]。

```

classifier ::= <condition> / <action> , <strength> .
<strength> ::= 0以上1以下の実数.
<action> ::= 0 | 1. (0→正常, 1→異常)
<condition> ::= <term>*. (可変長)
<term> ::= A, B, <relation>.
              (A, BはメッセージID)
<relation> ::= 0 | 1 | 2 | 3 | 4.
0 ::= A > B.
1 ::= A = B.
2 ::= A > B × 1.2.
3 ::= B × 0.8 ≤ A ≤ B × 1.2.
4 ::= |A - B| ≤ 2.

```

図2 分類器のデータ構造

A Diagnosis Rule Base Learnign Using
a Classifier System
Takeshi Ohyama and Takahira YAMAGUCHI
Shizuoka University

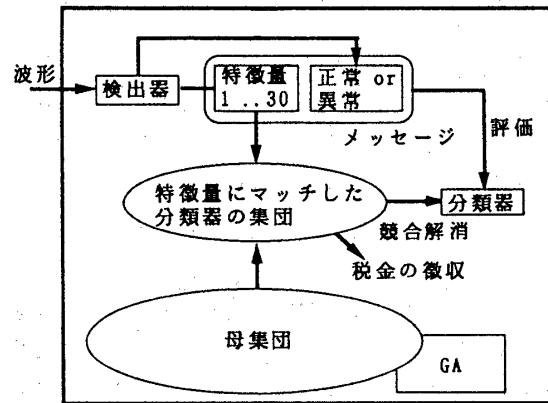


図1 分類システムの構成

2.3 競合解消

分類システムでは、通常、分類器を並列に実行することにより、競合解消の問題は考えないが、本問題の実際の運用を考えると、競合解消戦略が必要である。3節の実験では、複数の分類器が照合した場合は、strengthの値が大きいものを第一優先として、条件部長が長いものを第2優先として、分類器の競合を解消する。ただし、競合解消によって選択された分類器の結論部は、1であれば異常、0であれば正常であると判断するだけで、効果器として、外界に何か働きかけるわけではない。

2.4 分類器の評価

発火した分類器に対しては、その結論部とメッセージの結果を比較することにより、strengthを増減させるが、その増減方法は、母集団の進化プロセスに大きな影響を与える。一般に、評価方法を緩やかにす (誤認をある程度認め) れば、収束は速いけれども最終的に得られる性能は低く、逆に厳しくす (誤認をあまり認めなけ) れば、最終的に得られる性能は高いけれども収束が遅くなるのが予想される。

そこで、3節の実験では、分類器の判断が失敗した場合、strengthを下げるための減衰係数を徐々に小さくすることにより、評価を緩やかな方法から厳しい方法に徐々に変化させることにした。また、照合したが発火しなかった分類器の中で、発火したとすれば誤認となる分類器、並びに、メッセージの結果から照合されるべきであったが照合されなかった分類器に対しては、税金を徴収して、strengthの値を下げる。

2.5 GAオペレータの適用

GAは通常、適合関数の適用→再生→交叉→突然変異の順で適用されるが、分類システムでは、分類器の良さを一度に測定する適用関数を設定することができず、部分的なデータにより評価されたstrengthの値に基づいて、母集団を進化させねばならない。

そこで3節の実験では、通常の再生は行わずに、以下のプロセスにより、strength値が小さい分類器を、順次、strength値が大きい分類器から交叉、突然変異を適用して得られた新しい分類器に置換することにする。尚、交叉も突然変異も、2つの特徴量の関係を記述したterm単位で行う。

GAオペレータの適用プロセス

- ① nサイズの母集団から、3/10 nサイズの小母集団を作り、その小母集団において、strengthが最小の分類器をc1とする。
- ② nサイズの母集団から、1/2 nサイズの半母集団を作る。
- ③ 半母集団から、strength値が最大の分類器を選ぶ。
- ④ ②と③を再実行する。
- ⑤ 得られた2つの分類器に対して、交叉適用結果の条件部長が順次長くなるために、shuffle crossover^[2]を適用して、その得られた分類器をc2とする。但し、条件部長が10を越える場合は、最初の10個の条件節を条件部とする。
- ⑥ ある確率でc2に突然変異を適用してc3を得る。
- ⑦ c1とc3を置き換える。
- ⑧ ①～⑦を1/10 n回繰り返し次世代の母集団を作る。

3. ドリル異常診断ルールの学習実験

現在、1300個の正常動力波形、47個の異常動力波形を含む、合計1347個の動力波形を入力データとして、2節で述べたシステム構成法に基づき、表2に示す8種類のパラメータを種々変更して実験を行っている。現時点まででよい実験結果を図3（横軸が世代、縦軸が認識率＝異常状態の網羅率－正常状態を異常状態に誤認する率）、その時のパラメータ設定法を表2、および、最終世代の母集団の一部を表3に示す。

母集団の大きさについては、4000より小さくすると、ドリルの異常パターンの多様性に追従できないため、認識率が一時的にでも高くないことが判った。また、突然変異の確率は、20%と通常のGAと比較すればかなり高く設定されているが、これは、母集団の淘汰率が小さい、即ち、strengthの高い分類器は次世代に残る仕組みをシステムに持たせているため、突然変異の確率を高くしなければ、探索範囲が限定されてしまう危険性があるためである。図3において、千数百世代～2千世代辺りで認識率が90%となり、その後認識率が下がり、3千世代前半で、再び90%に回復していることが判る。これは、淘汰率を10%と小さく設定したにもかかわらず、よい分類器がGAオペレータにより破壊された可能性があり、淘汰率と突然変異発生率の関連を深く調べる必要がある。また、表3の結果については、現在、専門家に検討を依頼しており、よりよい特徴量や関係の設定に反映したいと考えている。

4. おわりに

本実験結果より高い認識率や安定した収束性を得るためには、初期の世代交代では、広範囲の空間を探索し、その後有効と思われる空間の近傍を探索するといった探索制御法が必要になる。GAでは、既にそのような試みが成されているが^[3]、分類システムにおいては、その方法は確立されておらず、淘汰率と突然変異発生率の動的変化、Best Preserve的な方法の導入等を検討すると共に、遠方探索から近傍探索に切り替えるタイミングの規定についても考察していく予定である。

参考文献

- [1] 成松, 福島, 山口: 遺伝70%システムに基づく信号データ解釈システムの構成法, 第44回情全大, 2R-2 (1992)
- [2] R.A. Caruana et al.: Representation and Hidden Bias Proc. of IJACI'89, pp.750-755 (1989)
- [3] 和田, 和田: 山登り飛び虫の進化と免疫システム論について, 数理科学, No.353, pp.12-pp.24 (1992)

表2 分類システムのパラメータ

初期母集団	条件部長が1～2の分類器をランダムに生成
母集団の大きさ	4000
再生	分類器の評価値に比例して母集団の10%を淘汰
交叉	shuffle crossover
突然変異の確率	20%
税金	評価値の0.1%を徴収
競合解消	評価値が最大で条件部長が長く最上位のものを選択
評価関数	s: 現在の評価値 f(s): 新しい評価値
正の報酬 負の報酬	f(s)=s+(1-s)×0.2 f(s)=s×減衰係数 減衰係数=0.9992 ^t ×0.7+0.25 t=世代数

Y

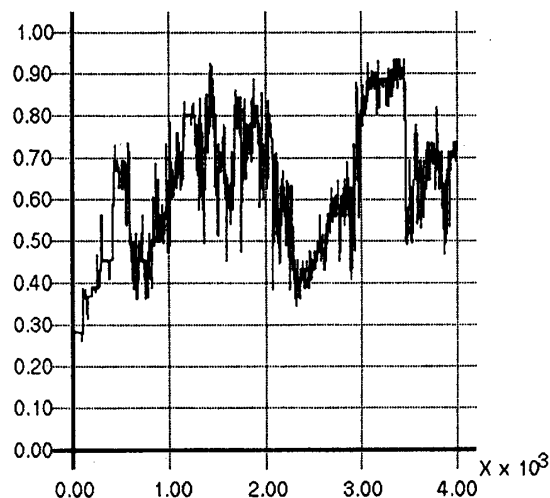


図3 ドリル異常診断ルールの実験結果

表3 4000世代目における分類器の一部

strength	act	cnm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																				
0.821632	1	7	14	9	3	14	22	0	13	23	2	14	23	0	16	20	0	2	9	2	2	22	2									
0.824927	1	6	10	18	3	14	22	0	14	23	0	2	9	2	2	22	22	17	1													
0.829956	0	8	1	19	2	1	10	4	2	17	2	26	24	3	7	8	4	28	17	1	13	12	3	19	17	4						
0.832085	1	8	14	22	0	15	2	3	14	23	0	2	9	2	2	22	2	13	21	2	21	19	1	0	23	2						
0.835727	1	10	14	9	3	13	23	2	14	23	0	18	24	0	14	22	0	2	9	2	2	22	22	17	1	15	29	0	1	0	23	2
0.844130	1	10	14	22	0	26	28	3	18	24	0	25	23	4	14	23	0	4	5	0	2	0	2	11	1	0	2	9	2	2	22	2
0.911758	1	8	26	28	3	18	24	0	14	22	0	2	0	2	14	15	4	29	6	2	1	25	2	4	2	1	0					
0.915415	1	1	17	7	0																											
0.937095	1	9	26	28	3	18	24	0	9	11	3	13	17	0	14	22	0	14	23	0	23	7	4	2	9	2	11	1	0			
0.962142	1	7	26	28	3	18	24	0	14	22	0	8	7	4	2	0	2	11	1	0	27	25	3									
0.977532	1	8	14	22	0	14	23	0	2	9	2	2	22	2	22	17	1	0	23	2	17	2	1	2	7	25	2					