

# 実数値 XCS の改良

渡邊 実知生

新潟大学大学院自然科学研究科

元木 達也

新潟大学工学部

## 1 はじめに

学習分類子システム [1] は環境との相互作用を通じて報酬や罰を受け取り、分類子 (classifier) と呼ばれる、条件-行動の対からなるルールを学習する。近年では XCS [2] という、より高性能な学習分類子システムが提案されており、主流となっている。XCS は通常ビット列を環境からの入力として扱うが、それを実数値に拡張する方法も提案されている [3][4]。

XCS への入力データを実数値に拡張すると、個体表現の変化により分類子の条件部の多様性が急激に増大する。そのため、探索時間の増大や、探索を成功させるために必要な集団サイズの増大などの問題が生じる。本稿では、XCS を実数値に拡張した際の、集団サイズの問題についての分析と、改善方法についての報告をする。

## 2. 実数値 XCS

XCS の処理の流れを図 1 に示す。特に実数値 XCS で  $n$  入力の場合、各々の分類子は次のように表される。

$$l_1 u_1 \dots l_i u_i \dots l_n u_n : action$$

ここで、 $l_i, u_i \in \mathbb{R}$ ,  $l_i \leq u_i$  であり、この分類子により、

$$\text{入力ベクトル} \in [l_1, u_1] \times \dots \times [l_n, u_n] \Rightarrow \text{action}$$

という動作規則を表す。

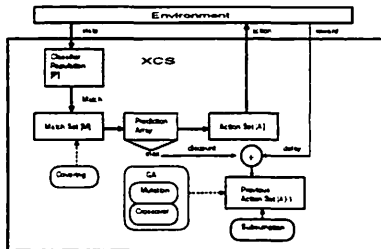


図 1 XCS の処理の流れ

## 3 実数値 XCS における個体の種類数

実数値 XCS のパラメータの一つに最大個体数がある。これを何種類か設定して各々に対して実数値 11 マルチプレクサ問題に対して学習実験を行った。この時の最大個体数と個体の種類数との比の時間変化のグラフを、図 2 に示す。この図で、最大個体数が 800 と小さ過ぎる場合は実際には学習には失敗している。一方、最大個体数がある程度以上まで増やすと学習は成功するものの、図 2 によれば最終的な個体の種類数は設定した最大個体数に比例して増大し、システムの実効速度が遅くなってしまふ。

よって、最大個体数を多めに設定しつつ、無駄な個体の発生を抑えて個体の種類数の増大を抑えることにより、実効速度と学習の成功しやすさを両立させた方が望ましい。

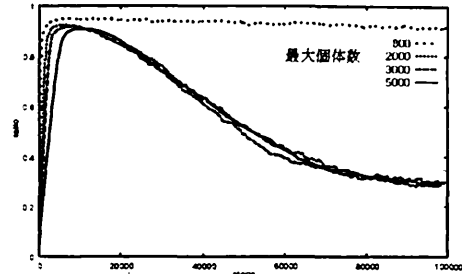


図 2 実数値 XCS の最大個体数と個体種類数の比

## 4 解決策

個体の種類数の増大を抑える方法の案として、次のものを考えている。

**実数値の一時的離散化** 実数値 XCS では、分類子の条件部の値がごく僅かでも違えば違う個体として集団に登録されるため、非常に似た個体が別の分類子として登録されてしまう可能性がある。これを避けるために、分類子の条件部がとりうる値を、探索序盤から中盤にかけて粗く離散化し徐々に細かくする。こうすることで、探索序盤から中盤にかけて個体の種類数を抑えることができると考えられる。

**包摂の拡張** 正確な分類子 A の条件部が、分類子 B の条件部をより一般化したものである時、分類子 B を削除し分類子 A の数を増やす操作を包摂手続きという。しかし、この包摂の条件では、ほんの僅かでも共通でない条件が存在する場合、決して包摂されない。そこで、ごく僅かだけ非共通部分が存在するような個体を包摂できるようにすることで、個体種類数の増大を抑えられると考えられる。

**最大個体数の時間変化** 一般に探索序盤は、包摂はあまり起こらない。正確で、しかも広い条件を指定する分類子がまだできていないためである。そのため、個体の種類数が非常に大きくなる傾向にある。一方、探索中盤から終盤にかけては、包摂が起こり、個体の種類数は減少する。つまり、前半より後半の方が探索を成功させるのに必要な個体数が少なくてすむはずである。よって最大個体数を中盤から終盤にかけて減少させれば、中盤以降の処理速度の改善が望める可能性がある。

### 参考文献

- [1] Holland, J.H.(1986), Escaping Brittleness: the Possibilities of General-purpose Learning Algorithms Applied to Parallel Rule-Based Systems, InMichalski, R.S., et al.(eds.), *Machine Learning, an artificial intelligence approach*, Volumell, Morgan Kaufmann, pp.593-623
- [2] Wilson, S.W.(1995), Classifier Fitness Based on Accuracy, *Evolutionary Computation* 3(2), pp.149-175
- [3] Wilson, S.W.(2000), Get Real! XCS with Continuous Valued Inputs, In Lanzi, O.L., et al.(eds.), *Learning classifier systems: From foundations to applications(LNAI1813)*, Springer verlag, pp.209-219
- [4] 和田 充史 (2005), 実数値学習分類子システムの分析, 人工知能学会論文誌 20 巻 1 号 F pp.57-66