乱数によるＧＡのベンチマークテスト用目的関数

2Ｅ－5

高畠 一哉　宮内 秀和　岡田 三郎
工業技術院 中国工業技術研究所
takahata@cniri.go.jp

1．はじめに

GA(Genetic Algorithms)の性能は最大化(あるいは最小化)すべき目的関数の違いにより大きく左右される．だからといって性能は目的関数によりケース・バイ・ケースで分からないというのでは，色々な種類のGA，あるいはパラメータを変化させたGAを比較検討できない．何か標準的なベンチマークテストが欲しいところである．このようなベンチマークテスト用の目的関数は恣意的なものではなく，GAが扱うべき目的関数の標準的なものと考えられるものでなければならない．

本報告では白色ガウス雑音を用いて作った関数をOSD(Orthogonal Schema Decomposition)によりスキーマテンプレート毎の成分に分解し，スキーマ長により異なる減衰を与えたのち合成し，ベンチマークテスト用目的関数を構成する方法について報告する．

2．Orthogonal Schema Decomposition

OSD[4]はWST(Walsh Schema Transform)[2]を非2値ストリングに適応できるように拡張したもの[3]と考えられる．OSDは与えられた関数fをスキーマテンプレートに対応する関数に分解する．スキーマテンプレートというのは%と*の記号からなる記号列で，%が確定した遺伝子，*がドント・ケアの遺伝子を表す．スキーマテンプレートの集合をTとするとOSDは次式で表される

$$f=\sum_{t\in T} f_t \qquad (1)$$

例えばストリング長3の目的関数をOSDで分解すると

$$f(xyz)=f_{***}+f_{**\%}+f_{*\%*}+f_{*\%\%}+f_{\%**}+f_{\%*\%}+f_{\%\%*}+f_{\%\%\%} \qquad (2)$$

となる．右辺の関数はそれぞれ%を持つ遺伝子座の遺伝子にのみ関連して値が変化する関数である．OSDでは%の個数の少ないf_tから順次用いて，fを関数空間内のユークリッドノルム$\|f\|=(f\cdot f)^{1/2}$の意味において逐次近似していくことにより得られる．内積は

$$f\cdot g=\sum_{x\in\Omega} f(x)g(x) \quad (\Omega\text{は定義域}) \qquad (3)$$

で与える．f_tは

$$t\neq u \Rightarrow f_t\cdot f_u=0 \qquad (4)$$

という直交性を持つ．したがってfのパワはf_tのパワの総和であり，ちょうどフーリエ変換のときのパワスペクトル解析に相当することがOSDでも行える．スキーマ長の同じtについてf_tを集めてパワを評価すればfがどのようなスキーマ長にどれだけのパワを持つかが図示できる．

全スキーマの集合をSとするときOSDは分解，合成とも$\Theta(|S|)$の計算量で実行できる[4]．

3．Filtered White Gaussian Noise

表記を簡単にするため，ここでは遺伝子がM個の記号を取りうる場合を考える．

目的関数として白色ガウス雑音

$$\langle f(x)f(y)\rangle=\begin{cases}1 & x=y\\ 0 & x\neq y.\end{cases} \qquad (5)$$

を用いた場合f_tのパワの期待値$|\Omega|^{-1}\langle f_t\cdot f_t\rangle$は理論的に以下のように算出される．

$$|\Omega|^{-1}\langle f_t\cdot f_t\rangle=|\Omega|^{-1}(M-1)^{o(t)} \qquad (6)$$

$o(t)$はtの次数(tが持つ%の個数)である．スキーマ長lのスキーマテンプレートを数え上げることによりスキーマ長lのパワ期待値$\langle P(l)\rangle$が

$$\langle P(l)\rangle=\begin{cases}|\Omega|^{-1} & l=0\\ |\Omega|^{-1}(M-1)N & l=1\\ |\Omega|^{-1}(M-1)^2M^{l-2}(N-l+1) & l>1\end{cases} \qquad (7)$$

で与えられる．ここでNはストリング長である．こ

Objective Function Made from Random Numbers for Bench-Mark Test of GA
Kazuya Takabatake, Miyauchi Hidekazu and Saburo Okada
Chugoku National Industrial Research Institute
2-2-2 Hiro-Suehiro, Kure, 737-01 Japan

の白色ガウス雑音のOSDにより分解しf_tを得，それに重み$\alpha^{L(t)}$（L(t)はtのスキーマ長）を掛けて総和をとったものを$FWGN_\alpha$とする．

$$FWGN_\alpha = \sum_{t \in T} \alpha^{L(t)} f_t \qquad (8)$$

M=3, N=12の場合の$FWGN_\alpha$のパワスペクトルをFig. 1に示す．$FWGN_\alpha$はαが小さいほど短いスキーマ長にパワが集中し，GAにとって探索が容易な目的関数となることが予想される．実際にSimple GA[1]でFWGNの最大値探索を行わせた結果をFig. 2, 3に示す．用いたFWGNはストリング長12で各遺伝子は3種の記号を取りうる．Simple GAでは個体数100，突然変異率0.001，ルーレット選択の際のストリングxの適応度fit(x)は

$$fit(x) = \begin{cases} FWGN_\alpha(x) & FWGN_\alpha(x) > 0 \\ 0 & FWGN_\alpha(x) \leq 0 \end{cases} \qquad (9)$$

とした．

4. まとめ

$FWGN_\alpha$はαの値を変えることによりGAに対して探索の困難さが異なる目的関数を与えられる．また白色ガウス雑音を基礎として作られる関数であり恣意的なところがなく，ベンチマークテスト用目的関数として適当であると思われる．

参考文献

1)D. E. Goldberg: Genetic Algorithms in Search, Optimization & Machine Learning; Addison-Wesley (1989)

2)D. E. Goldberg: Genetic Algorithms and Walsh Functions: Part Ⅰ, A Gentle Introduction; Complex Systems, vol. 3, pp. 129～152 (1989)

3)A. Mason: Partition coefficients, static deception and deceptive problems for non-binary alphabets; Proceedings of the Fourth International Conference on Genetic Algorithms, Morgan Kaufmann, pp. 210-214 (1991)

4)高畠一哉，宮内秀和，岡田三郎：非2値遺伝子のためのスキーマ分解；システム制御情報学会論文誌，vol. 8, no. 10 (1995)

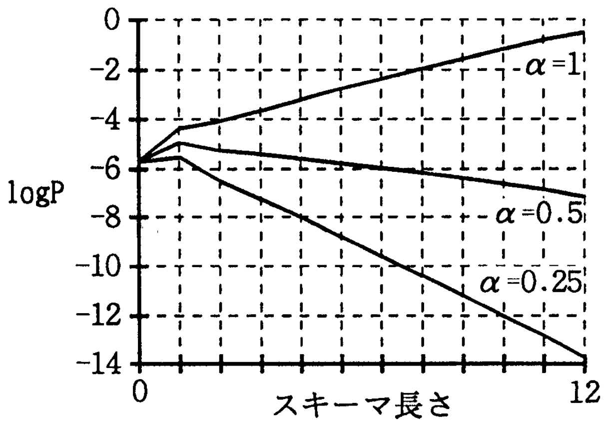

Fig. 1 $FWGN_\alpha$のパワスペクトル(理論値)

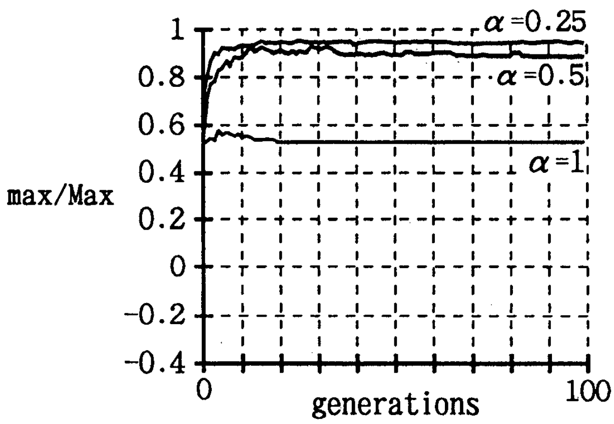

Fig. 2 エリートの関数値/関数の最大値

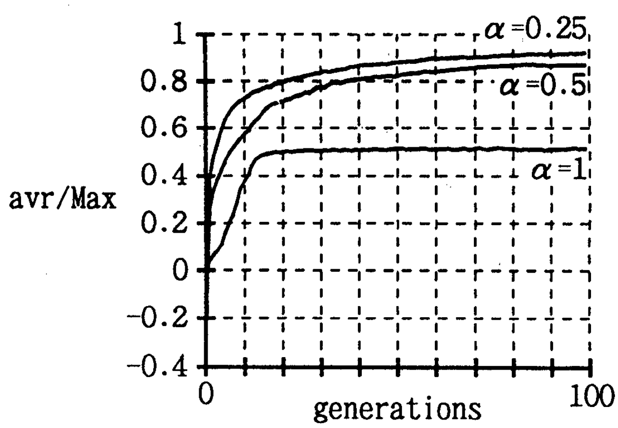

Fig. 3 集団の平均関数値/関数の最大値