

NVP 設計問題への異文化型島モデルによる GA の適用

荻野 仁志^{†1} 山内 仁^{†2} 金川 明弘^{†2}

NVP(N-Version Program)とは、非常に高い信頼度を必要とするようなソフトウェアシステムにおいて、N種類のソフトウェアバージョンを同時に実行し、その過半数を占めた結果を採用するという、多様性に基づく冗長化手法である。NVP設計問題はNVPに用意された複数のバージョンの一つ一つに使用コストと信頼度を設定することで、システムの総構築コストの上限の範囲内で、信頼度を最大化させるようなバージョンの組み合わせを求める問題である。本論文では、原らが提案した異文化型島モデルを、山地らが行った遺伝的アルゴリズムによるNVP設計問題の解法に適用する。また数値実験を行うことで、提案手法と既存手法を比較し、その有効性を検証する。

Application of GA to NVP design problem by type of making to Cross-Cultural Island Model

HITOSHI OGINO,^{†1} HITOSHI YAMAUCHI^{†2}
and AKIHIRO KANAGAWA^{†2}

In NVP (N-Version Program), it is the backup redundancy technique based on diversity of adopting the result of having performed the software version of N kinds simultaneously and having got the majority, in a software system which needs very high reliability. The NVP design problem is a problem which asks each of two or more versions prepared for NVP for the combination of a version which makes reliability maximize within the limits of the maximum of the total construction cost of a system by setting reliability to use cost. In this paper, Cross-Cultural Island Model is applied to the solution of the NVP design problem by the genetic algorithm which performed by Yamachi. Moreover, by doing a numerical simulation, the proposal technique is compared with the existing technique and the validity is verified.

1. はじめに

近年の情報社会におけるソフトウェアシステムでは、ネットワーク、金融、交通など非常に高い信頼度を要求するものが増加している。これらに対して、ソフトウェアシステムのフォールトトレラント設計技術の一つとしてNVP(N-Version Program)が提案されている。本論文では、これらのシステムの設計を行うNVP設計問題に対し、異文化型島モデルを採用した遺伝的アルゴリズムを適用する。また数値検証を通じて、その有効性を確認する。

2. NVP 設計問題

NVP(N-version program)は、ソフトウェアシステムのフォールトトレラント設計技術の一つであり、システム設計の多様性に基づく冗長化手法である。その動作は、同一の機能を持ち、全く独立に設計、作成されたN種類のソフトウェアバージョンの出力で、過半数を占めたもの結果を採用するというものである。

実際のシステムでは、一つのタスクにおける各サブタスクごとにこの設計思想を適用する。すなわち、各サブタスクごとに選択可能なバージョンを複数用意する。ここで各バージョンは自身のコストと信頼度を持っており、ここからシステムのコスト上限(予算)範囲内で信頼度を最大化させる、各サブタスクを処理するバージョンの組み合わせを求めるのがNVP設計問題である。図1に、NVPの基本構造の概略を示す。NVP設計問題は、Ashrafiら¹⁾によって、0-1非線形整数計画問題として定式化されており、動的計画法やGAを用いた解法の有効性に関する研究が行われてきた。

3. GA による解法

文献²⁾において山地らは、NVP設計問題へのGAの適用が有効であることを示しており、遺伝子表現として、バイナリ表現とランダムキー表現を用いた二つの解法を示している。バイナリ表現がNVPにおける各バージョンの選択-非選択を0-1のビットで表すだけの表現であることに対し、ランダムキー表現では、各バージョンに閉区間[0-1]における乱数を与え、これをコスト制限が満たされる限り昇順に選択してゆくというものである。これは、

^{†1} 岡山県立大学大学院 情報系工学研究科

Graduate School of System Engineering, Okayama Prefectural University

^{†2} 岡山県立大学 情報工学部

Faculty of Computer Science and System Engineering, Okayama Prefectural University

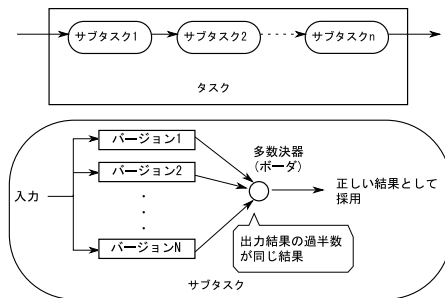


図 1 NVP の基本構造

NVP 設計問題ではコスト上限に近いバージョンの選択の組み合わせの信頼度が高くなる傾向を利用したものであり、実際一定世代経過後に得られる解の信頼度は、バイナリ表現よりもランダムキー表現のほうが高くなるということが報告されている。反面、ランダムキー表現はその性質から探索空間がコスト上限付近に限定されるため、仮にコストが低い組み合わせの空間に高信頼度の解があっても、探索されないという問題もある。この点でバイナリ表現は比較的広範囲を探索することができるが、こちらはサブタスク数やバージョン数が増えると、探索範囲が広すぎて、解が収束するまでに必要な世代数が増えてしまうという問題がある。

4. 島モデル

島モデルとは、GA の持つ並列性を利用し、集団を複数の部分集団に分割して島と呼び、島ごとに独立に進化を行わせる手法である。また一定世代ごとに移住と呼ばれる操作を行い、各島の個体の一部を交換する。これにより各島における多様性の維持や、集団全体における初期収束の抑制が期待できる。

このモデルは本来並列分散処理に関する手法とされているが、その解の精度は一般の単一母集団による GA よりも高いといわれている。

5. 提案手法

文献²⁾による研究では、バイナリ表現は探索効率の低さ、ランダムキー表現は探索空間の狭さなどの問題が見つかっている。これに対し本研究では、2006年に我々が提唱した島モデルの拡張である異文化型島モデル³⁾を適用する。異文化型島モデルでは、まず集団を二つに分割し、片方を「個性尊重の島」、もう片方を「成績重視の島」とし、各島に独自の

表 1 各手法による検証結果

	遺伝子表現	平均信頼度	コスト
既存手法	バイナリ表現	0.953	140
	ランダムキー表現	0.954	158
提案手法	バイナリ表現の島	0.987	155
	ランダムキー表現の島	0.992	157

役割を与えることで、集団全体における多様性の維持と解の精度の向上が期待できる。この構造が既存手法における二つの遺伝子表現の特徴と相性が良いと考え、バイナリ表現の島を「個性尊重の島」、ランダムキー表現の島を「成績重視の島」とし、互いの問題点を補いあった効率のよい探索を目指す。

6. 検証実験

既存手法と提案手法を NVP 設計問題に適用し、その結果を比較したところ、提案手法がより優れた探索を行うことがわかった。表 1 に、サブタスク数 5、最大利用可能バージョン数 8 の問題に対し、コスト上限 160、個体数 100、世代数 100 の各手法を各 20 回適用したときの平均信頼度と、このとき全体で最も信頼度の高かった個体のコストを示す。これより、提案手法がより高い信頼度の個体の探索に成功していることがわかる。

7. おわりに

本研究では、NVP 設計問題への GA の適用において、異文化型島モデルの採用を提案した。また数値実験を行い、その有効性を確認することができた。これは、NVP 設計問題におけるバイナリ表現とランダムキー表現による互いに相反する特徴をもった遺伝子による表現が島と見做すことができ、よって異文化型島モデルによる解法により良好な解が得られるものと考えられる。

参考文献

- 1) N.Ashrafi, O.Berman, M.Cutler, : “Optimal design of large software-systems using N-version programming”, IEEE Transaction on Reliability, Vol.43, No.2, pp.344-350, 1994.
- 2) 山地秀美, 山本久志, 辻村泰寛: “NVP システム設計に対する GA の適用の有効性の評価”, 日本経営工学会論文誌, Vol.7, No.2, pp.113-119, 2006.
- 3) 原 裕一, 金川明弘, 山内 仁, 高橋浩光, : “異文化型島モデルを用いた GP における効率改善”, 信学技報 NLP2006-67, Vol.106, No.344, pp.11-16, 2006.