

# 島モデルGAにおける移住モデルについて

## Migration Model for Island GA

濱崎雅弘 (知的システムデザイン研究室)

Masahiro HAMASAKI (Intelligent System Design Laboratory)

谷村勇輔 Yusuke TANIMURA

**Abstract** This document is report of Migration Model for Island GA. Migration Model is the algorithm to decide the destination at Migration in Island GA. Migration Model affect Island GA on PC-Cluster.

## 1 はじめに

遺伝的アルゴリズムは、探索領域が連続な問題や離散的問題にも対応できる優れた最適化アルゴリズムの1つである。しかし、計算負荷が高いという問題点がある。この問題点を解決する手段として並列計算システムの利用があげられる。本研究では近年、並列計算システムとして注目されているPC-Clusterを用いて、GAを高速に処理することで計算手法としての実用化を図る。

## 2 PC-ClusterにおけるGA

PC-Clusterでは、通信量について専用の並列計算機以上に十分な考慮が必要とされる。それはPC-Clusterは市販されているマシンを用いて作られた並列環境であり、プロセッサの性能に対してネットワークの性能が劣っているのが現状である。よって、PC-Cluster上でより効率的にGAを並列処理するためには、この通信のボトルネックを考慮した実装が必要となる。本研究では、通信負荷の低い島モデルGAを対象とし、特にその移住の改良に重点を置く。

### 2.1 島モデルGA

島モデル分散アプローチは、一般にPDGA (Parallel and Distributed Genetic Algorithms) に分類される並列GAのアプローチである。このアプローチではGAの母集団を複数の島に分割し、各島で独立にGAを行う。その場合には当然、各島でのGAは個体数が足りないために早い段階で初期収束し、良い最適解を求めることはできない。そこで島モデル分散アプローチでは、ある世代間隔において”移住”と呼ばれる操作を行うことにする。”移住”とは島間での個体の交換を行う操作であり、解の多様性を保持する。これにより場合によっては、単一母集団GAより良い解が得られることもある。

### 2.2 移住

島モデル分散アプローチにおける移住の操作は、単一母集団GAでは考える必要のなかった非常に難しい操作である。それは移住のモデルによって、求まる解の品質が大きく影響を受けるからである。例えば、移住先を決定するモデルはリング型が良いのか、それは移住の度に变化させるべきなのか、移住率・移住間隔のパラメータはどのように決定するのかは、対象問題に大きく依存するために難しいといえる。今回は、主に移住先決定アルゴリズムの違いがもたらす影響、および最適な移住先決定アルゴリズムの提案を行う。

## 3 移住モデルの性能比較

一般には、固定リング移住よりもランダム移住の方が優れた能力を示すと言われている。今回の研究では、以下の移住形式を用いて、移住がどのような振る舞いをし、移住形式の違いが島モデルGAにどのような影響を与えているかを調べた。

**固定リング** 移住先を最初に決定しておき、常に一定とする。もっとも単純な移住モデルであるが、島モデルGAでは、ランダム移住に比べて解精度が落ちるという報告がある。

表 1: 固定リング移住モデル

移住元	移住先				
1	2	2	2	2	2
2	3	3	3	3	3
3	4	4	4	4	4
:					:

ランダム 移住先を常にランダムで決める．プロセス 0 がランダムで全ての島の移住先を決め，その順番を各島へ送信したのち，移住が行われる．

移住先の計算 | 個体の送受信

表 2: ランダム移住モデル

移住元	移住先				
1	2	4	4	6	3
2	3	6	5	1	4
3	6	5	3	3	1
:					:

シフト 今回新たに提案する移住モデル．全ての島の移住先が毎回変わるように移住が行われる．各島で全ての移住先を確認することが出来る．

表 3: シフト移住モデル

移住元	移住先				
1	2	3	4	5	6
2	3	4	5	6	1
3	4	5	6	1	2
:					:

### 3.1 移住の振る舞い

移住モデルの違いはどのように現れるのか．また，その違いが GA にどのような影響を与えているかを検証する．

#### 3.1.1 移住の処理

移住が行われる際に，それぞれのモデルではどのような処理が行われているかを示す．太字で書かれている処理が PC-Cluster において重要な通信部分である．

固定リング 最初に移住先が決定するので，移住に関する処理は，一回の移住につき個体の送信と受信のみになる．

個体の送受信

ランダム 特定の島で移住先リストを作成し，それを全島に送信した後，各島で対一通信が行われる．

移住先リストの作成 | 移住先リストの送信 | 個体の送受信

シフト 移住先は何回目の移住かによって，各島で独立に求めることができる．移住先を求めてから各島で対一の通信が行われる．

移住先が計算によって求められる固定リング移住およびシフト移住に対して，ランダム移住は全ての移住先をどこかで一括して決定しなければならないために，2 度通信を行わなければならないという欠点がある．これは PC-Cluster 上の GA においては大きな問題点である．

#### 3.1.2 移住効果

移住によって多様性維持のための島間における個体の移動はどのように行われていくのかを調べた．最初に，全ての個体に各島特有のラベリングをしてから移住を行う．GA サイクルの過程でラベリングした個体は交叉・移住によってその場所，特徴を変化させていく．世代ごとの各島のラベリングされた個体情報から，移住によってどれほど個体が移動しているのかを求めた．

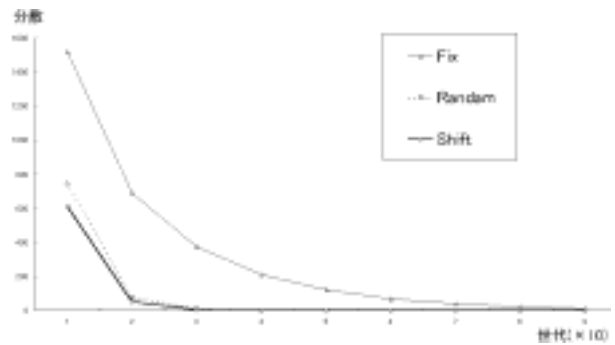


図 1: 個体の移住効果

移住が効率よく行われているかは，島同士の個体集団の平均化で判断する．グラフでは，分散の値が小さいほど各島で均等に個体が混ざっていると示している．

固定リング移住に対してランダム移住およびシフト移住は分散の減少が急速である．これは固定リングが，自分の島の個体のある特定の島にしか送らないためである．<sup>1</sup>

#### 3.1.3 解探索能力への影響

移住モデルの違いによって，GA 自体の解探索に変化が現れるのかを調べた．分散効果は一島での GA(SGA) と比較してどれだけ少ない個体数で最適解を求められるか，と言う点を島モデルの性能評価としたものである．

分散効果は 100 を基準点 (分散効果 100 で SGA と同等の能力) としているため，100 以下の結果を出すものは，島モデルの効果が全く出せておらず，移住モデルとして全く適していないと言える．固定リング移住は島数が大きくなるにつれ 100 を下回っている．これは，固定リング移住が島数の増加に比例して個体の伝達能力が落ちるからであると考えられる．ランダム移住とシフト移

<sup>1</sup>シフト移住はこの効果が最適になるように考案したモデルである．

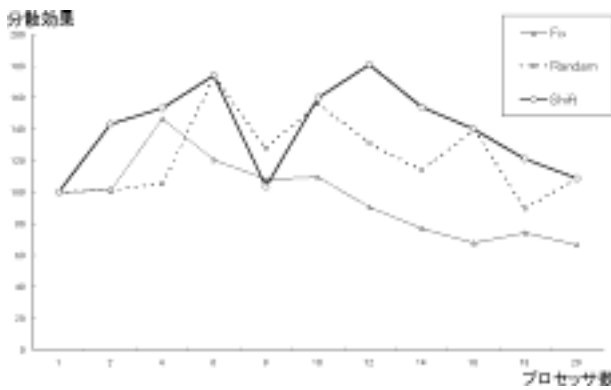


図 2: 分散効果

住はほぼ同じ様なもので、シフト移住は必ずしもランダム移住よりも最適な移住モデルであるという訳ではない事がわかる。

### 3.2 シフト移住

シフト移住は、島モデル GA における移住手法として必ずしもランダム移住より優れているという訳ではないことが、分散効率の比較によりわかった。しかし、通信時間が問題となる PC-Cluster 上での実装となると、移住時の処理からシフト移住が優れている事がわかった。ここで、もう一つシフト移住の有効な利用法を提案する。

#### 3.2.1 収束情報を用いた終了判定

移住における遅延の決定的な原因は、全体に対して同期を取るという過程であることがわかった。シフト移住における全体に対する同期は、終了条件を判定する場合である。終了を判定するためには全島における最適解を求めなければならない。なお、終了判定の方法としては以下の 2 種類が考えられる。

**時間的収束** 計算回数、世代数、および計算経過時間の上限を設定することによって終了を行うもの。各島で自立的に終了判定を行うことが出来、最終的な最適解を求めるための全体に対する同期が一度で済む。

**GA 的収束** 個体の収束をもって終了を行うもの。個体の多様性の消失、最適解の収束等が挙げられる。随時終了が行われるため、毎回、全体の最適解を把握する必要がある。

後者の終了判定を用いる場合は、最適解把握のために毎世代ごとの通信が必要となる。しかし、シフト移住を用いることによって、以下のような手法が実現でき、必要最低限の通信で同様の終了判定を行うことができる。

ある一定世代間、最適解に変化が無かった場合を収束と見なすとした場合、その判断に要する世代数を以下のように決める。

$$\text{収束判定世代数} > \text{伝達時間} \times \text{移住間隔}$$

なお、伝達時間とはある島から発信した情報が全ての島に伝わるのに必要な移住回数の事を指す。

表 4: シフト移住モデル

島数	2	4	8	16	32	64
Fix	1	3	7	15	31	63
Random	1	4	6	8	10	11
Shift	1	3	5	7	11	15
Chain	1	2	4	8	16	32

そして、移住の際に以下の収束情報も送信する。ある島が持つ収束情報の最適解は、その島が知りうる最も最適解と常に等しい。そして発見世代はその最適解が見つけれられた世代である。

収束 { 最適解, 発見世代 }

終了判定は、この収束情報に書かれている発見世代が収束判定世代以上経過している場合に行われる。この判断は、前述のルールにのっとり収束判定世代であるならば、全体の最適解を毎回求めて終了判定を行うものと全く同じ性能を示す。このようなアルゴリズムを用いることによって、移住という島モデル GA における必要最低限の通信だけで終了判定も行うことが出来る。

## 4 結論

今回提案したシフト移住は、必ずしも最適な移住モデルであるとは言えなかった。しかし、高い移住効果が期待できると同時に通信時間の効率の良い削減が行えることから、ネットワーク性能がボトルネックとなる PC-Cluster 環境においては、非常に有効な移住モデルであると言える。

## 5 今後の課題

今回の結果から、移住は基本的に島の個体を効率よく他の島に送るモデルが良いと考えられる。しかし、それは確実なものではないのはシフト移住が必ずしも最適な移住モデルでは無かったことからわかる。おそらく島という環境によって生み出される特徴だけでなく、個体自身も持つ特徴も重視したレベルでの移住が、より多様性の維持にとって最適な効果を生み出すものであると考えられる。よって、このような個体レベルでの特徴にも視点をあわせた GA オペレータの考案が必要であると考えられる。また同時に、用いる島数によって移住モデルがもたらす分散効果の差があった事も注意する点であると思われる。