

複数人工蟻へのGPの適用

宗久研究室

T03KF001 青柳美帆

概要

- 1、研究の目的
- 2、GPの表現方法、基本要素
- 3、人工生命への応用
- 4、複数人工蟻の餌集め行動
 - 4.1 複数蟻を用いた実験に向けて
 - 4.2 複数蟻の餌集め行動への適用
- 5、世代交代方法の改良
- 6、より複雑な環境での餌集め行動
- 7、まとめ
- 8、参考文献

1、研究の目的

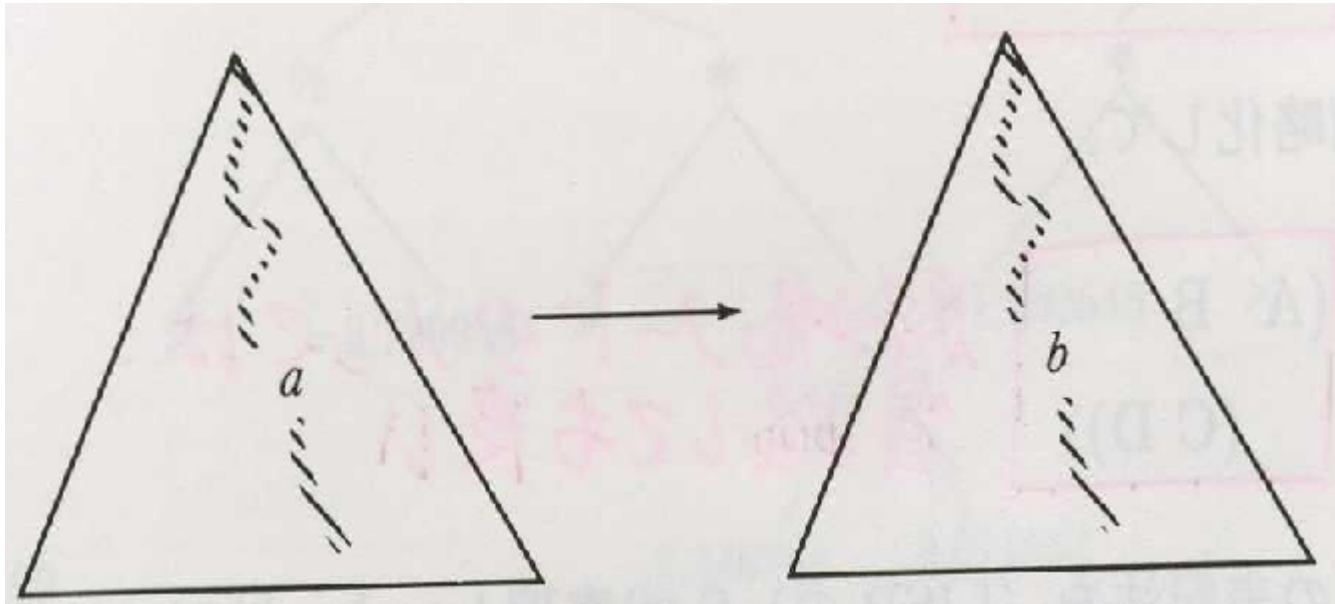
- ・生物の複雑な行動の多くは比較的単純なルールから生み出されている
- ・人工生命は、コンピュータなどの人工的な媒体で、このような生命現象をシミュレートしたもののことである
- ・本研究ではGP(遺伝的プログラミング)を用いて、身近に見られる蟻の餌集め行動を進化させることを試みる

2、GPの表現方法、基本要素

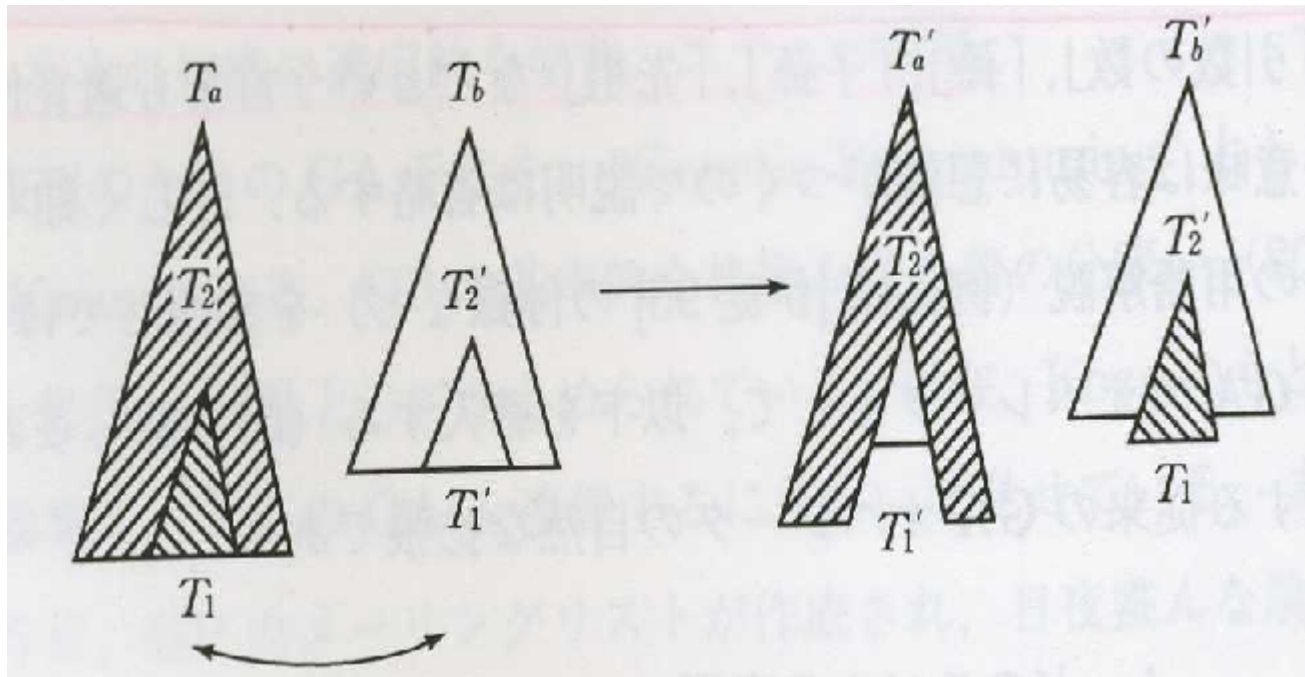
- ・ GPもGA(遺伝的アルゴリズム)と同様、遺伝のしくみを使って目的のプログラムを合成する手法で、その処理の大部分は適用問題とは独立の共通的な考え方となっている
- ・ GPではグラフ構造や木構造などの構造的表現を扱うことができる

■木に対するオペレータ

木に対するオペレータとして、以下を導入する
(a)突然変異(ノードのラベルの変更)



(b) 交叉 (部分木の取り換え)



⇒オペレータの適用の割合は確率的に制御される

■基本要素

- ・関数ノード
- ・終端ノード
- ・適合度
- ・パラメータ
- ・終了条件

これらを適切に設計することで、さまざまな問題への適用が可能になる。

3、人工生命への応用

■人工生命の特徴

- ・単純なプログラムの集団からなる
- ・全体の動作を規定するような単一の中心的プログラムは存在しない
- ・1つの個体に関してのプログラムは、ほかの個体との遭遇などの環境内の局所的な状況に反応する仕方を記述する
- ・各々のプログラムよりも高度なレベルで、結果として行動が発現する特性(Emergent Property、創発と訳される)を有する

4.1 複数蟻を用いた実験に向けて

■ 蟻の餌集め行動

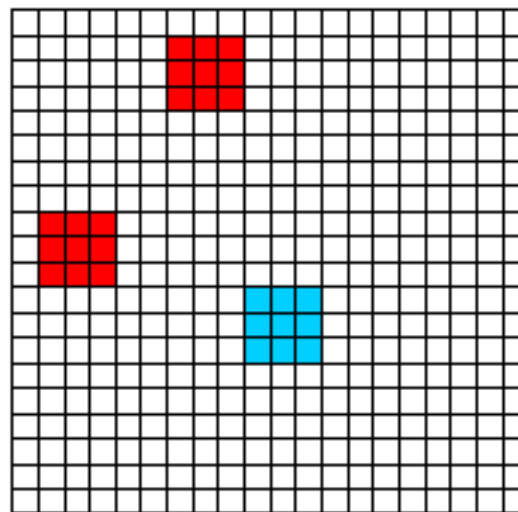
- ・ある1匹が餌を見つけると、その蟻は巣への帰り道にフェロモンを落としながら餌を持ち帰る
 - ・蟻はこのフェロモンに引き寄せられる性質を持つ
- ⇒ 蟻同士はフェロモンをとおしてコミュニケーションをとることができ、巣全体での捕食効率を高めている

■ 実験の目的

- ・ 実験環境に人工蟻を複数匹配置して、決められた場所に餌を運ぶ行動を進化させる

■ 定義

- ・ 右図に示すように、フィールドに2箇所には積まれた餌と1つの巣がある
- ・ 人工蟻Antの住む世界は、 20×20 マスのトーラスになっている
- ・ 餌は山を形成していて、各マスには餌が8段積まれている



赤: 餌 青: 巣

- ・ Antの数は20匹とし、GPで進化した共通のプログラムを実行する
- ・ 各Antは最初ランダムな方向を向いている
- ・ 多数のAntが1つのマスを占めることも可能である
- ・ 適合度は運びきれなかった餌の数とする

■関数ノードと終端ノード

<関数ノードの一覧>

Id	表示	引数の数	意味
0	If—Food—Here	2	Antの現在位置に餌があれば第1引数、なければ第2引数を実行
1	If—CarryingFood	2	Antが餌を保持していれば第1引数、なければ第2引数を実行
2	MoveToFood	1	Antの周りに餌があればその餌の方向に進ませ、なければ引数を実行
3	MoveToPheromone	1	Antの周りにフェロモンがあればその方向に進ませ、なければ引数を実行
4	PROG2	2	第1引数～第2引数を順に実行
5	PROG3	3	第1引数～第3引数を順に実行

< 終端ノードの一覧 >

Id	表示	意味
0	MoveRandom	Antの向く方向をランダムに変え、その方向に2歩進ませる
1	MoveToNest	Antを巣の方向へ1歩進ませる
2	PickUp	現在位置に餌があり、かつAntが餌をもっていなければ拾わせる
3	DropPheromone	Antが餌を持っていればフェロモンを現在位置に落とさせる(フェロモンは3×3の範囲に広がったのち揮発性のため消失)
4	MoveForward	前進

4.2 複数蟻の餌集め行動への適用

■実験とその結果

①パラメータ

集団数:500 最大世代数:100

制限時間:400 ノード評価回数:1000

交叉確率:0.8 突然変異確率:0.09

フェロモン存在時間:10

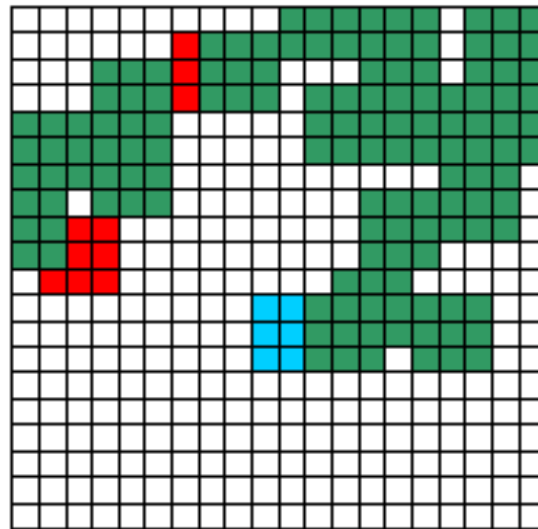
親の選択方法:ルーレット選択

実験回数:200

②実験結果・考察

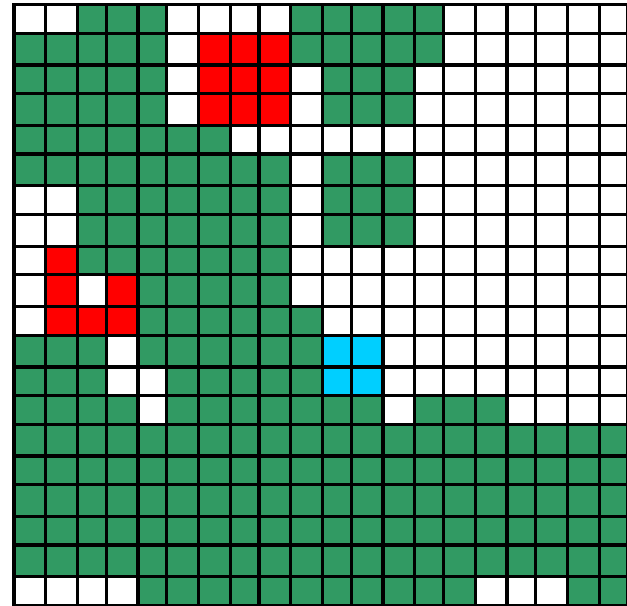
～世代ごとの最良プログラムの一例～

- ・初期世代の最良プログラムでは、フェロモンの分布より、Ant同士の間には協調行動が見られるものの、道を迂回しながら巣に戻っていることが分かる

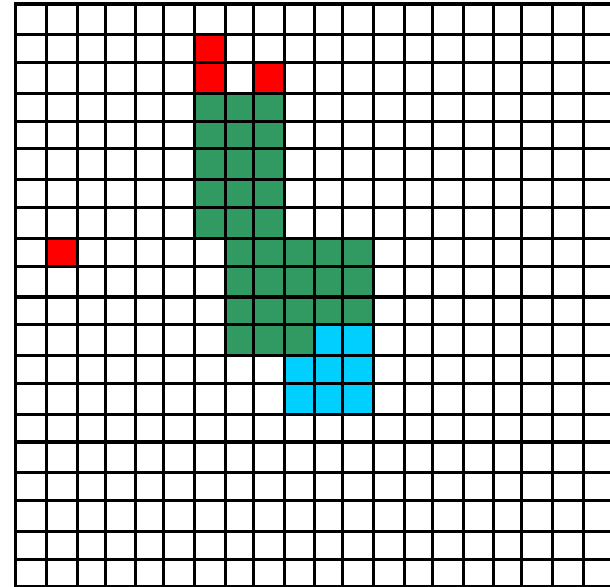


緑：フェロモンの分布

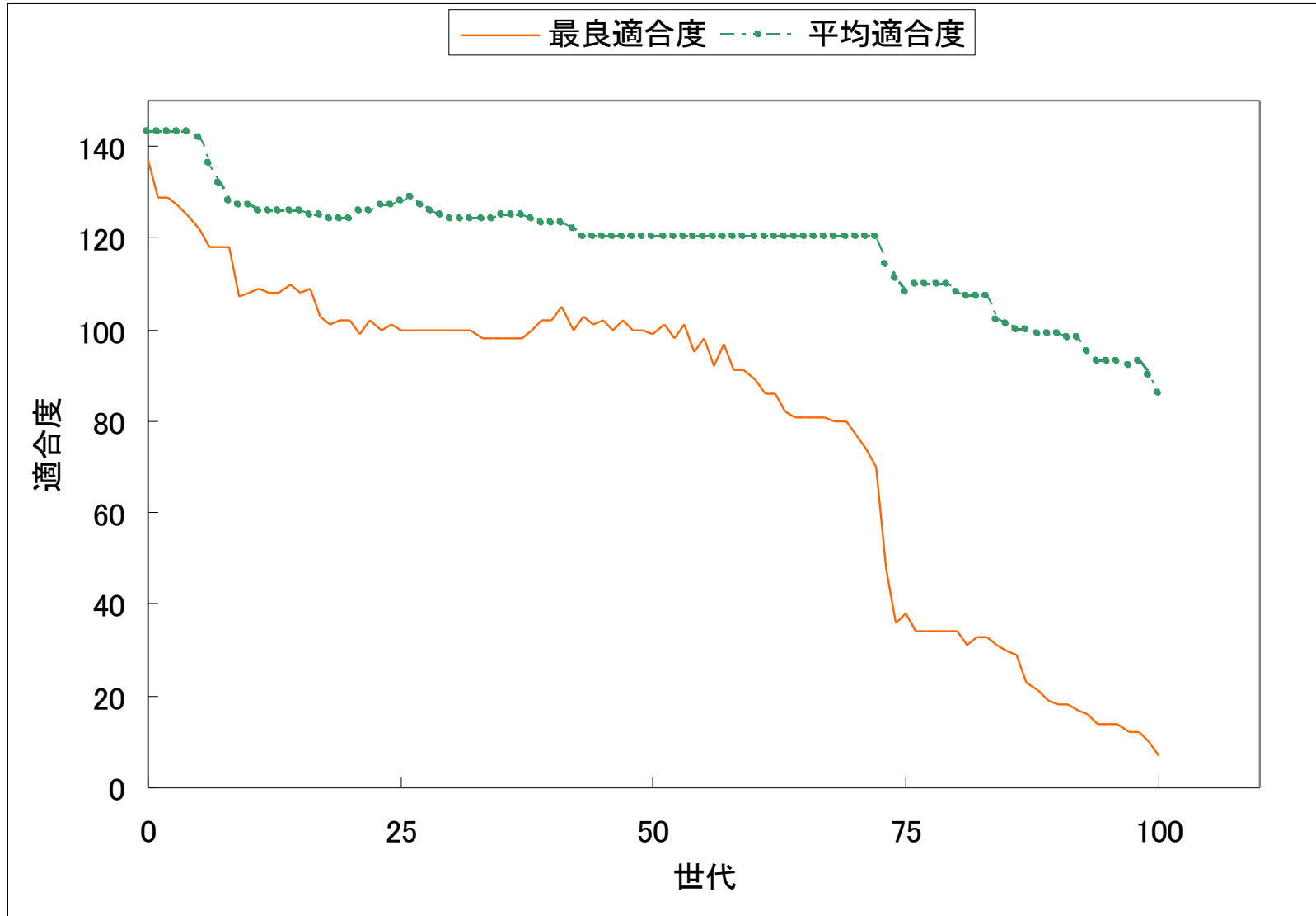
- ・50世代の最良プログラムでは、餌の山同士、そして餌の山と巣とを結ぶ最短経路に沿って、フェロモンの道が作られている
- ・餌の無い下側にも多く分布しているので、まだ冗長な動きが多いことが分かる



- ・100世代の最良プログラムでは、左の山の餌はほぼ運ばれ、巣とのフェロモンの道が消失していることが確認出来る
- ・Antは効率的に右の山の餌を運んでいる



世代ごとの適合度の推移



- ・ 100世代目の最良プログラムにおいても、Antは7個の餌を運び終えることが出来なかった
- ・ およそ30世代に渡って平均適合度の停滞が見られた

5、世代交代方法の改良

■ 適合度がすぐに0に収束しない原因

- ・ 交叉の多用
- ・ 関数ノードの画一化

交叉は探索の初期には優秀な個体を得るために大きな効果をもたらすが、適合度が一定値に達すると

、木の有益な構造を破壊する方向に働く傾向がある。

適合度0の個体を得るための改良:

平均適合度が10世代連続して変化が見られないようならば交叉確率を0.5に下げる

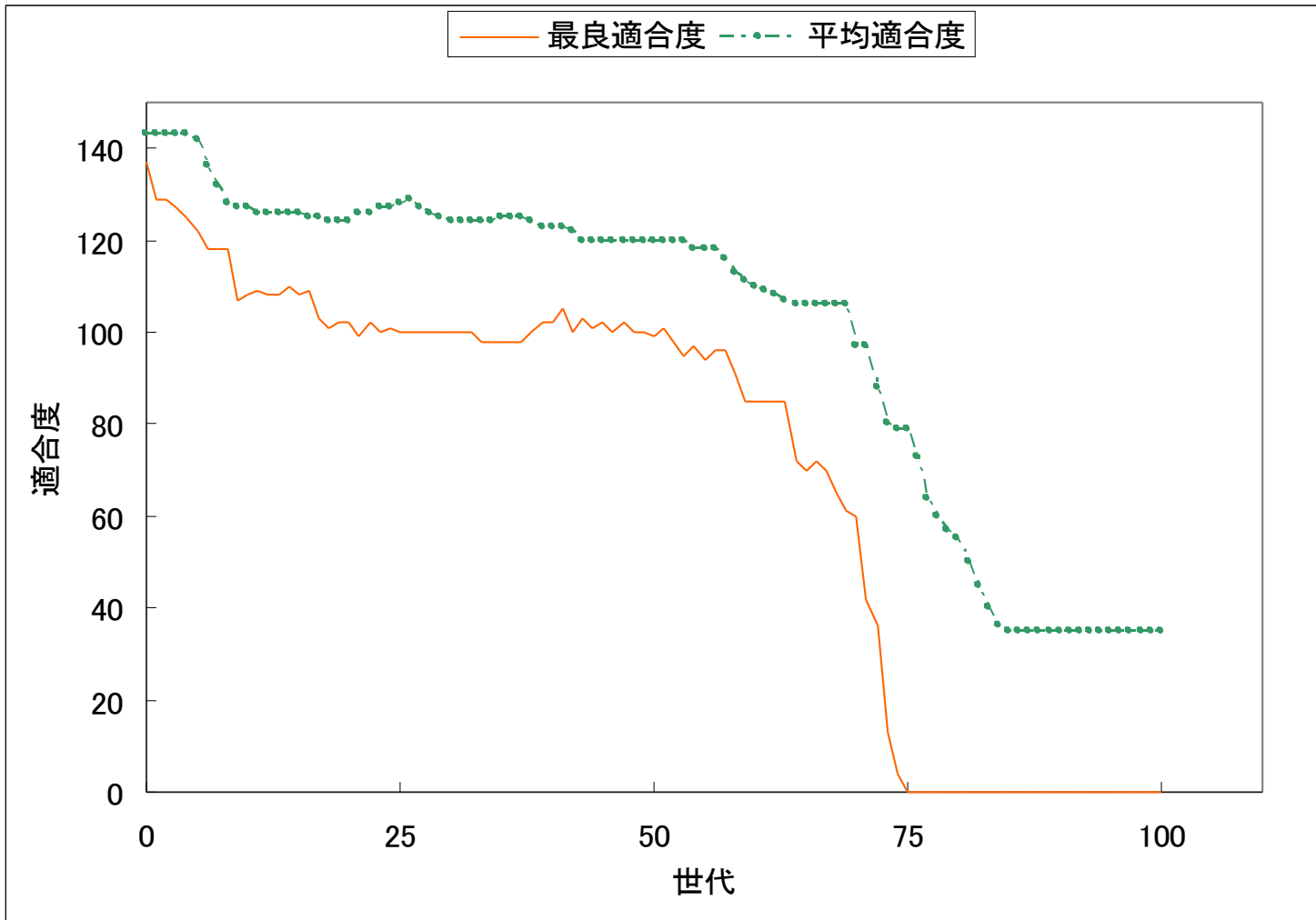
適合度の収束を早めるための改良:

最良適合度が72を下回ったならば突然変異の対象を関数ノードに限定する

<100世代に達したときの適合度の平均値>

	最良適合度	平均適合度
改良前	12.5	93
改良後	1.47	35

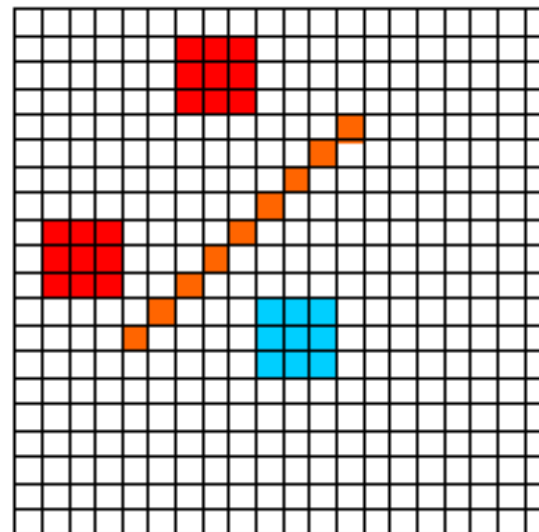
- ・200回の実験のうち適合度0のAntが158回生成され、その平均世代は79であった
- ・最も早い75世代目で生成された時の適合度の推移を下図に示す



6、より複雑な環境での餌集め行動

■実験の目的

- ・右図に示すような障害物を設けたより複雑な環境で実験を行い、上記の改良の汎用性を確かめる
- 実験を200回繰り返して適合度の収束を調べる



橙：障害物

<100世代に達したときの適合度の平均値>

	最良適合度	平均適合度
改良前	78.1	120
改良後	4.2	106

- ・改良を加えなかった場合、100世代の実行を終えても最良適合度は平均78で、0になるものは見付からなかった
 - ・探索の初期段階において、Antは障害物に阻まれて餌を1つも巣に運べないという結果になることがほとんどであった
 - ・改良した世代交代方法を用いて実験を行った場合、最も早く適合度0のAntが見付かったのは88世代目であった
- ⇒障害物の無い場合には劣るものの適合度の収束が早まった

7、まとめ

- ・Antはランダムな探索で餌を巣に運ぶことは稀であり、他個体からのフェロモン情報が探索効率の向上に有効である
- ・Antは共通のプログラムで行動するために、個体同士の間には探索能力の差が見られず、しばしば同じ場所に密集してしまうことがある
- ・世代交代方法の改良によってAntの行動に多様性が生まれ、この問題を軽減出来ただけでなく、適合度の停滞も防ぐことが出来た
- ・結果として複数蟻を配置した協調行動が見られる環境において、餌集め行動がGPで進化出来ることが確かめられた

8、 参考文献

- ・伊庭齊志 “遺傳的プログラミング” 1996
（東京電機大学出版局） P72-P74、
P156-P166
- ・平野廣美 “遺傳的アルゴリズムと遺傳的プログラミング” 2000（パーソナルメディア）
P330-P331