

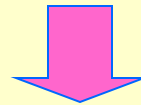
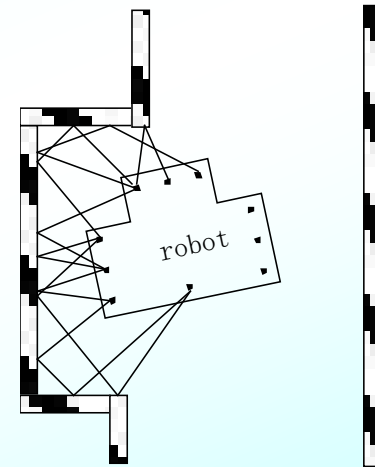
題目

**同時に動作する複数超音波距離センサのための
変調パルス・パターンの自動獲得**

1. はじめに

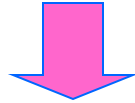
超音波センサ

- ロボットの環境認識
 - ・ 複数個の超音波センサが必要
- 複数の超音波センサを同時に動作
 - ・ 混信による誤動作が生じる
- パルス変調波を使用



効果的な信号の構成が必要

混信による誤動作を防ぐための信号の条件



全てのセンサのパルス間隔が異なる

問題点: 信号長(L)が長くなる

遺伝的アルゴリズム(GA)により最適な
パルス・パターンを獲得する

2. 同時に動作する複数個の超音波距離センサによる距離測定

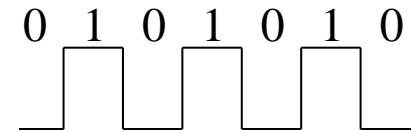
信号の条件

$$\sum_{i=0}^{L-1} T_s(i)T_s(i+j) \begin{cases} = P & (j=0), \\ \leq 1 & (0 \leq j \leq L-1) \end{cases} \quad (1)$$

$$\sum_{i=0}^{L-1} T_s(i)T_u(i+j) \leq 1 \quad (0 \leq j \leq L-1) \quad (2)$$

P : パルス数

T_s : s 番目のセンサからの送信信号



$$R_a(i) = \begin{cases} 1 & \left(\sum_{j=1}^S r_{ja}(i) \geq 1 \right), \\ 0 & \left(\sum_{j=1}^S r_{ja}(i) = 0 \right) \end{cases} \quad (3)$$

S ; センサの数

r_{ja} ; j 番目のセンサから送信され a 番目のセンサにおいて受信された信号

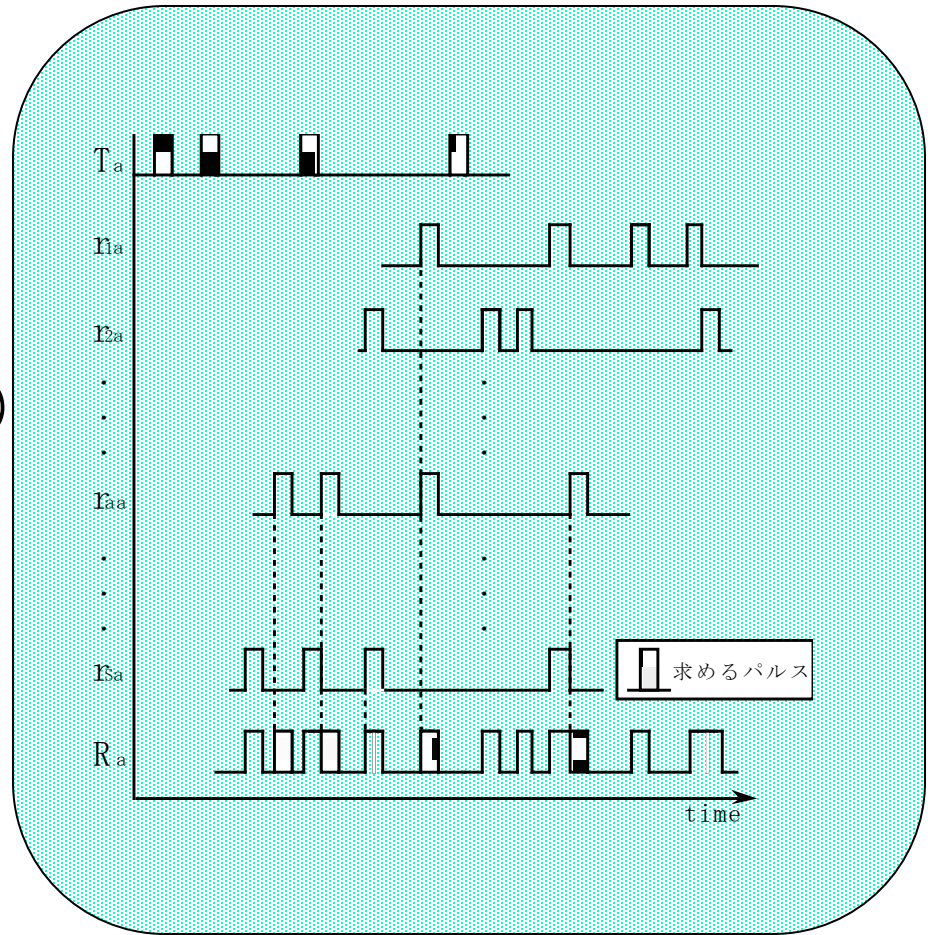


図1 受信信号の概要

移動ロボットと物体間の距離の算出

$$C(T_a, R_a, i) = \sum_{j=0}^{L-1} R_a(j) T_a(j+i) \quad (i = 0, 1, 2, \dots) \quad (4)$$

誤動作を防ぐには, $P \geq S + 1$ (5)

短い信号長



遺伝的アルゴリズム (GA) により最適なパルス・パターンを
獲得する

選択リストの選択番号を遺伝子コードとして使用

		選択番号		
センサ番号	3	13	8	
	4	5	17	
	2	7	14	

図2 遺伝子コード

		パルス間隔列		
センサ番号	3	14	9	
	5	7	25	
	2	13	27	

図3 表現型

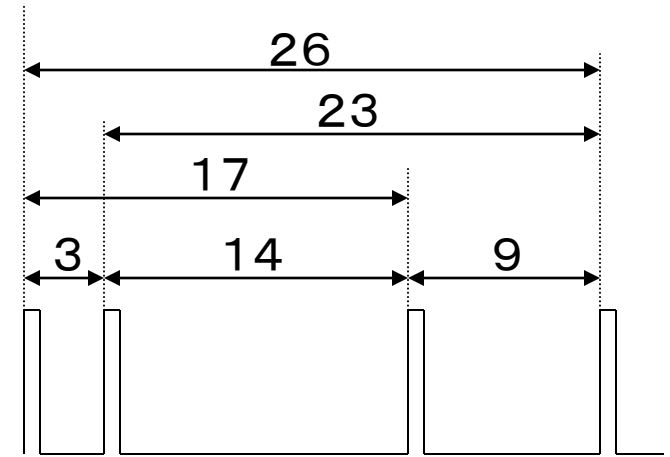


図4 信号の概要

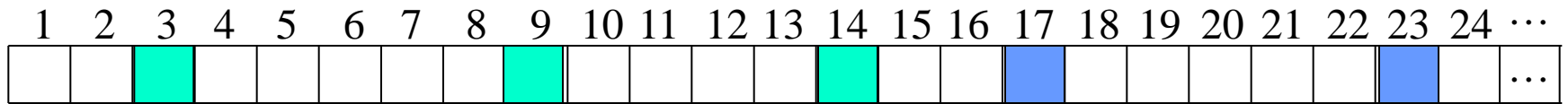
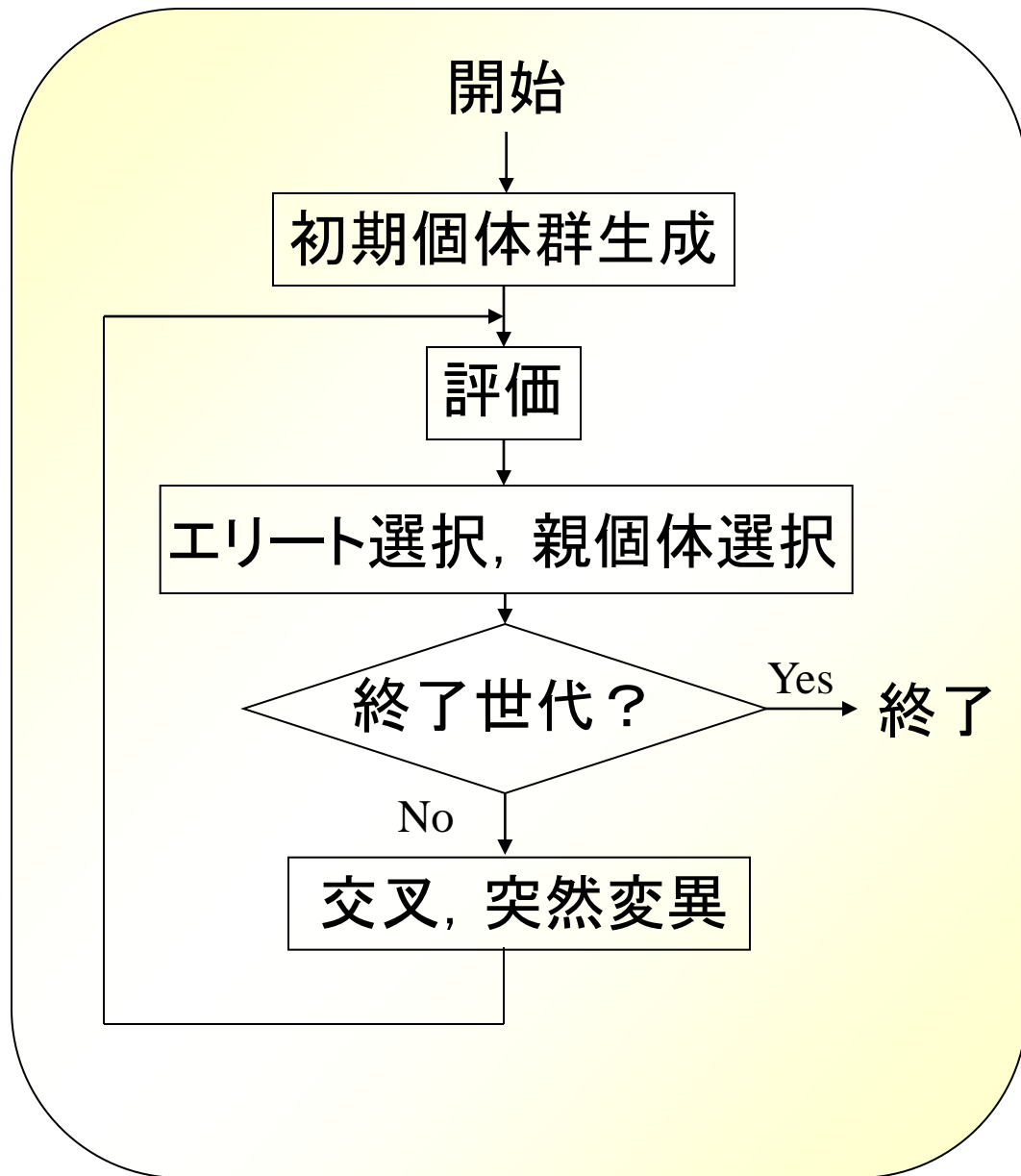


図5 チェック・リストによる遺伝子型から表現型への変換

GAの構成



評価: 信号の長さで行う

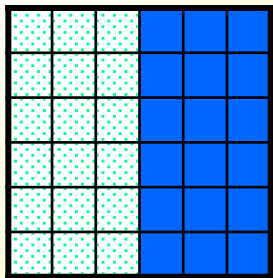
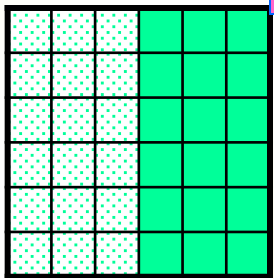
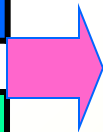
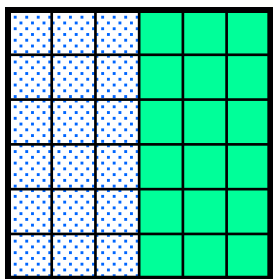
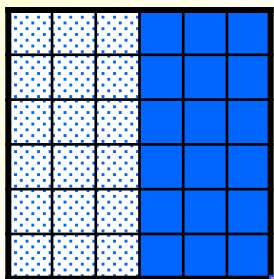
終了世代数; 1000世代

交叉1

パルス間隔の境界位置を選択

パルス間隔番号

センサ番号

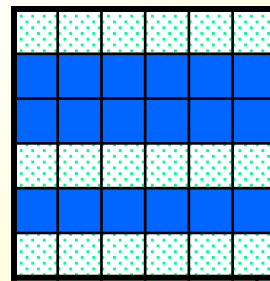
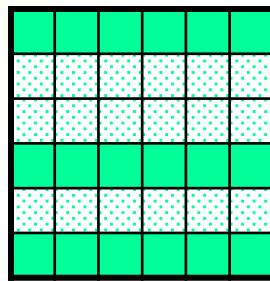
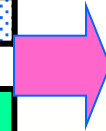
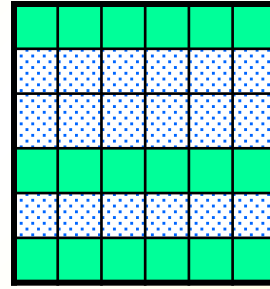
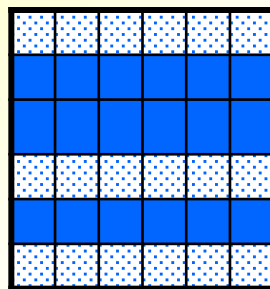


交叉2

センサごとに親個体を選択

パルス間隔番号

センサ番号

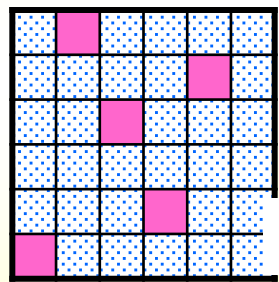


突然変異

適当な遺伝子座を変更する

パルス間隔番号

センサ番号



遺伝子コード

最適化の結果

表1 各センサ数S, 各パルス数Pに
対する信号長Lの最小値

S	P						
	4	5	6	7	8	9	10
4	26	48	82	129	200	295	384
5	32	62	107	166	259	354	507
6	39	78	132	205	321	448	597
7	46	93	161	255	381	534	707
8	55	108	182	280	430	616	825
9	62	116	207	332	502	697	959
10	70	132	235	372	556	793	1014

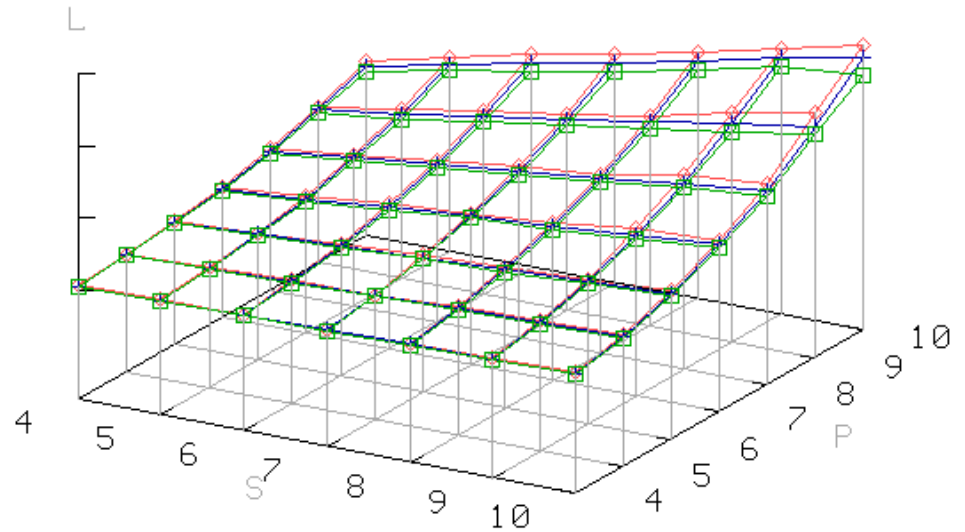


図6 各センサ数S, 各パルス数Pに対する
信号長Lの最大値, 平均値および最小値

4. 多目的最適化問題としてとらえたパルス・パターンの最適化

複数台のロボットが同一環境に存在

パルス・パターン

- ・ロボット単体: 誤動作を完全に防ぐ
- ・ロボット複数台: ある程度誤動作を防ぐ
- ・信号長(L)→短い
- ・誤動作確率(E)→小さい
- ・各センサの信号長のばらつき(D)→小さい

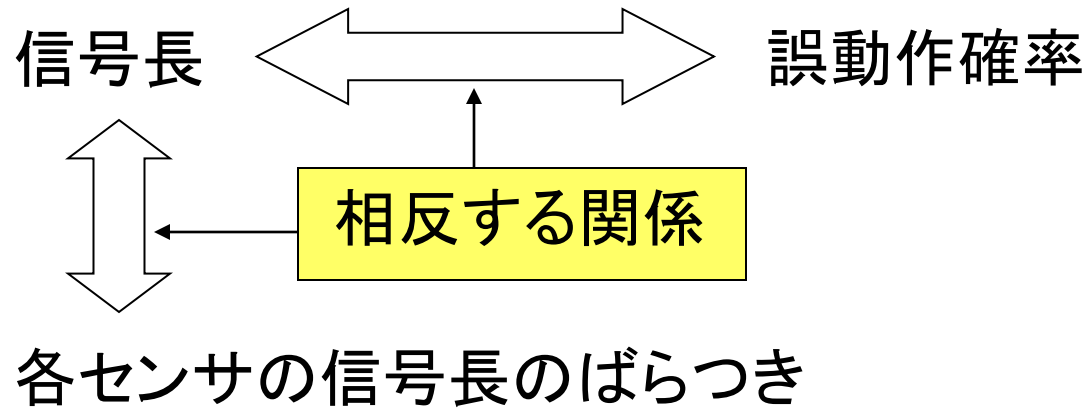
$$D = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^S (\bar{l} - l_i)^2}{S}}}{L} \quad (6)$$

l_i : i番目のセンサの信号長

$$\bar{l} = \frac{\sum_{i=1}^S l_i}{S} \quad (7)$$

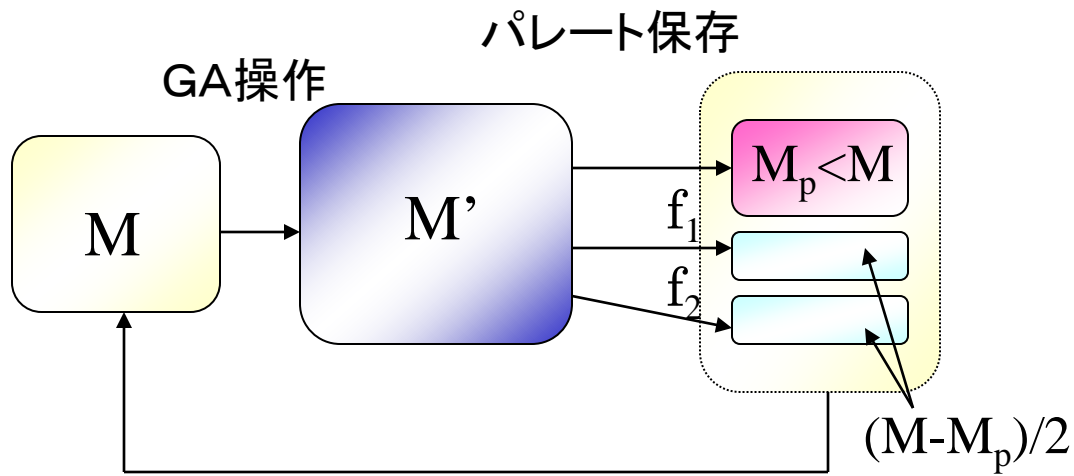
\bar{l} : 信号長の平均値

目的関数の関係



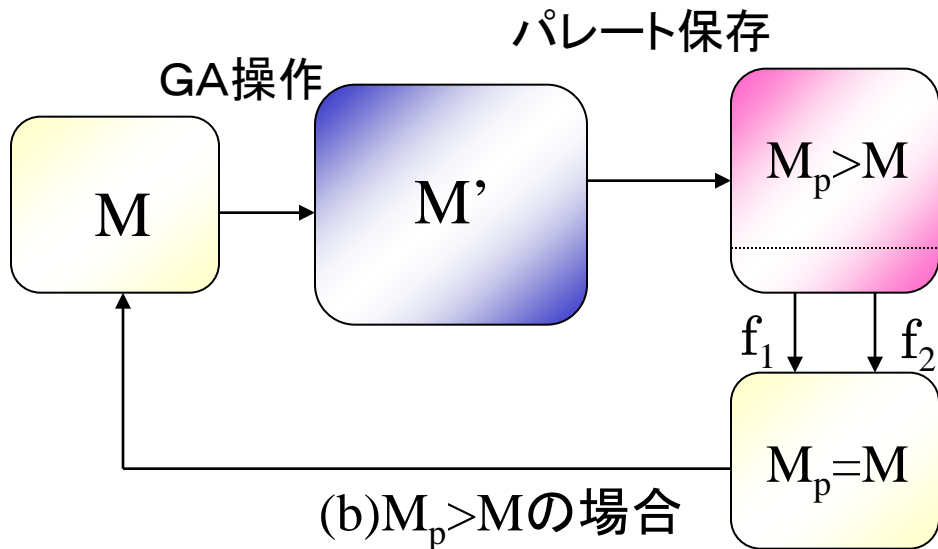
3目的組み合わせ最適化問題

並列選択とパレート保存戦略を組み合わせた
遺伝的アルゴリズム (GAPP) を適用



(a) $M_p < M$ の場合

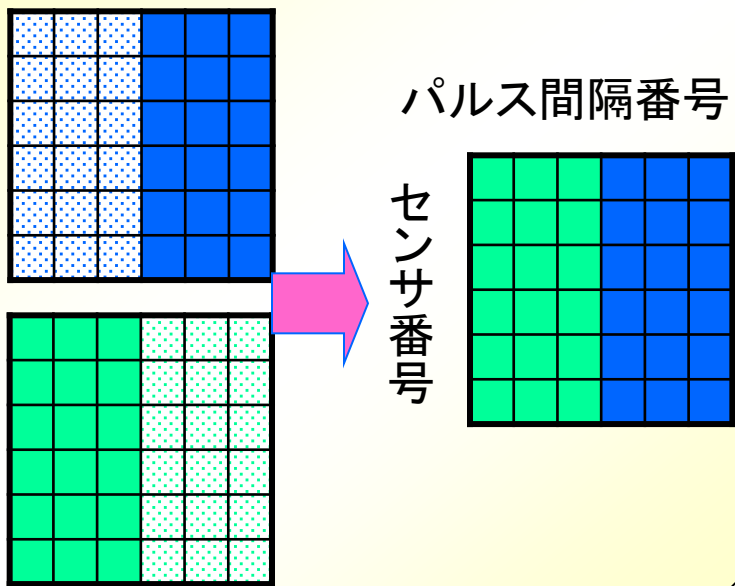
M : 親個体群 M' : 子個体群
 M_p : パレート個体群



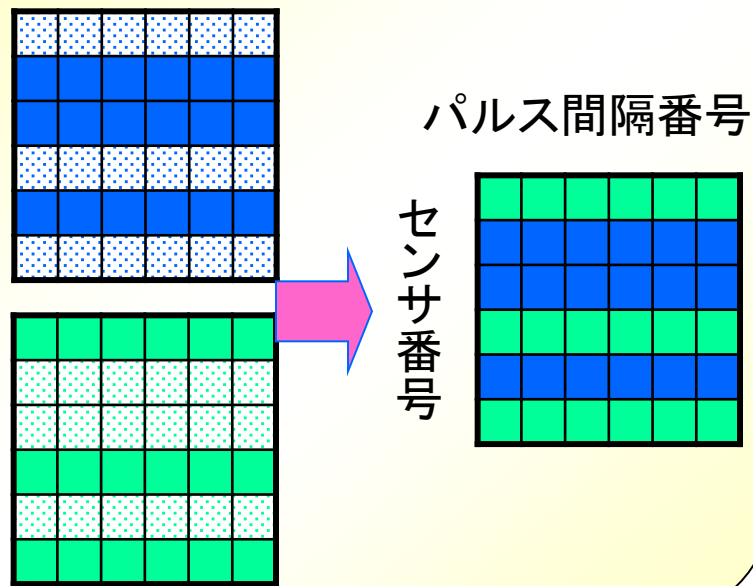
(b) $M_p > M$ の場合

図7 GAPPの概要

交叉1 パルス間隔の境界位置を選択

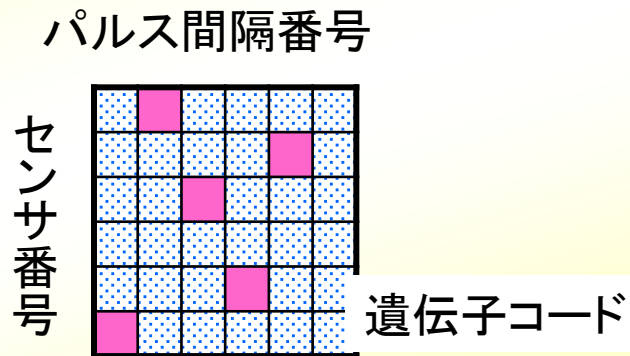


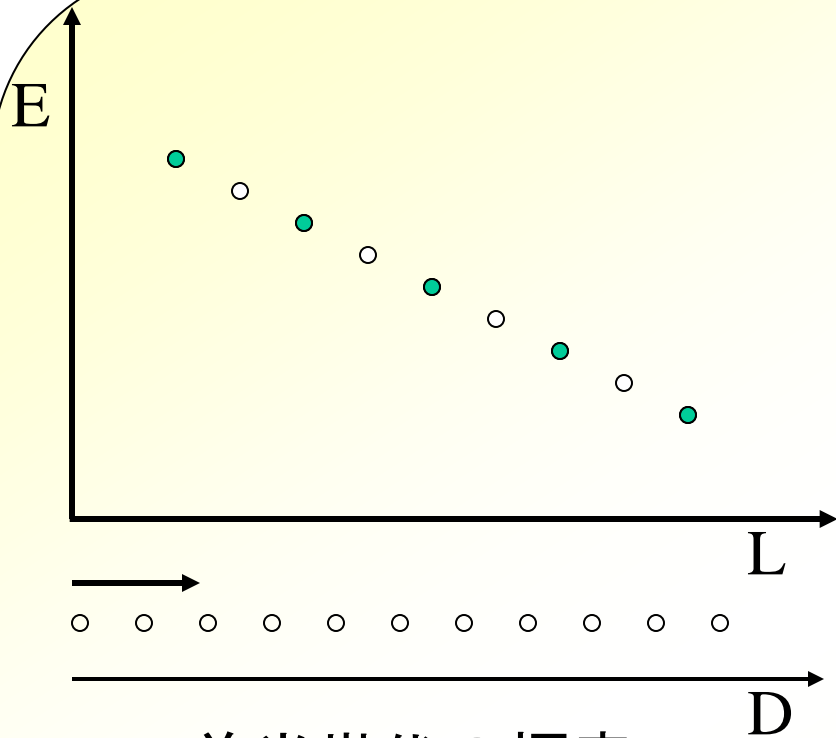
交叉2 センサごとに親個体を選択



突然変異1

適当な遺伝子座を変更する

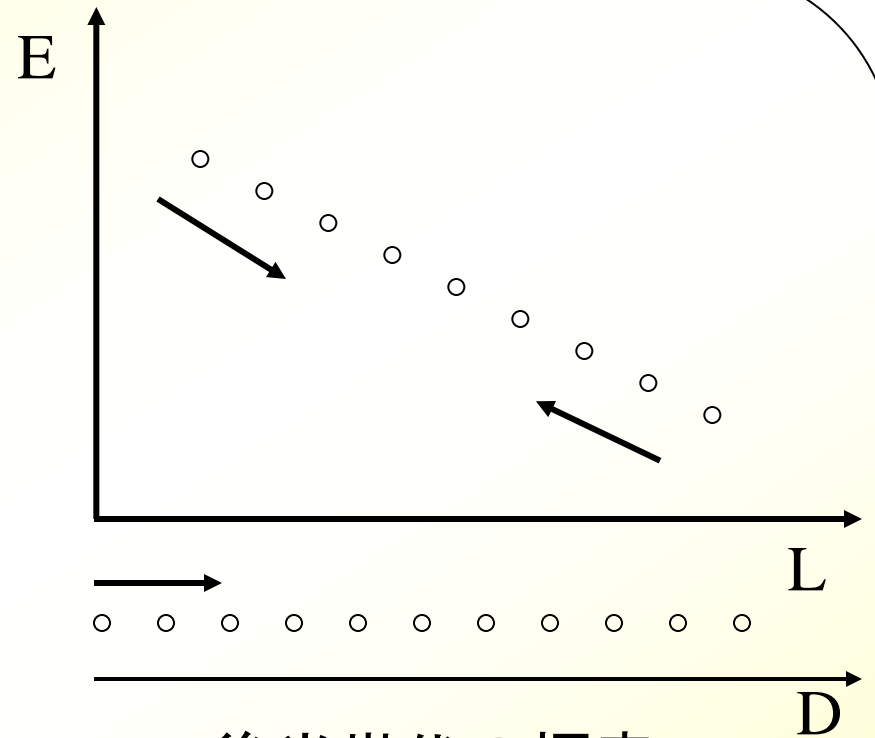




前半世代の探索

親個体群(M) : 100

センサ数 : 18

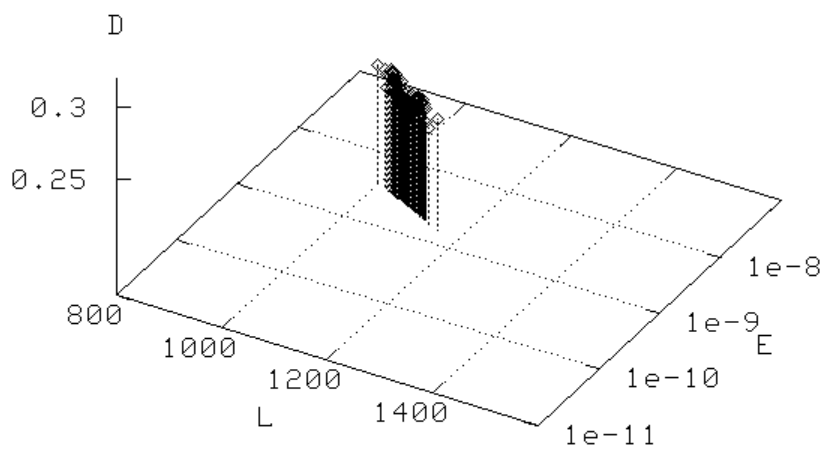


後半世代の探索

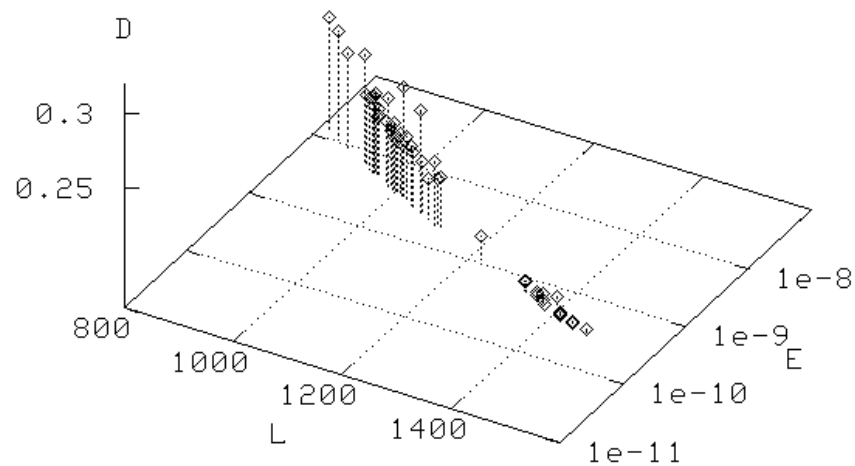
個体群(M') : 200

パルス数 : 7

最終世代 : 1000

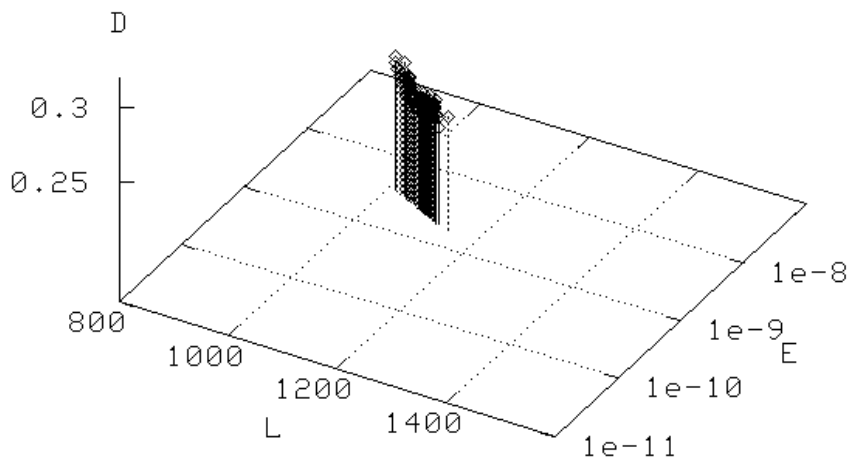


初期世代

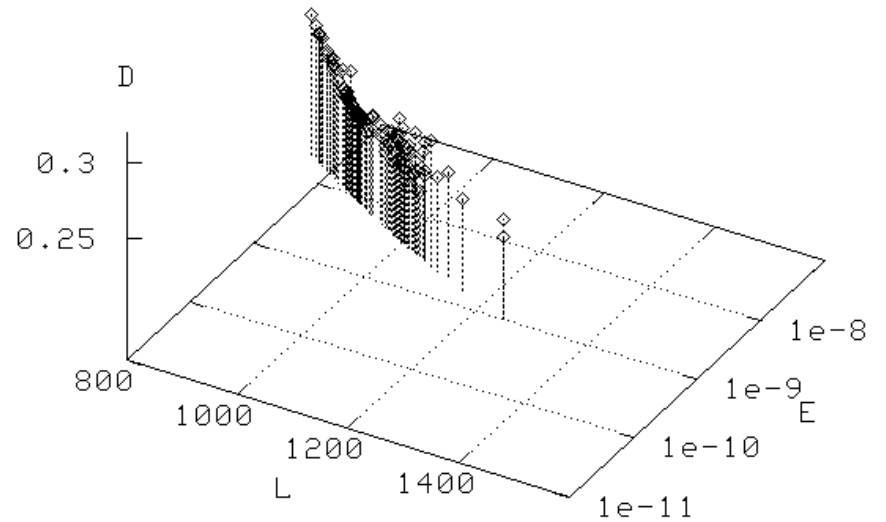


1000世代

図8 通常の並列選択を用いて得られた解の分布図(L,E,D)



初期世代



500世代

図9 探索を行う世代によって選択方式を変更して得られた初期世代での解の分布(L,E,D)

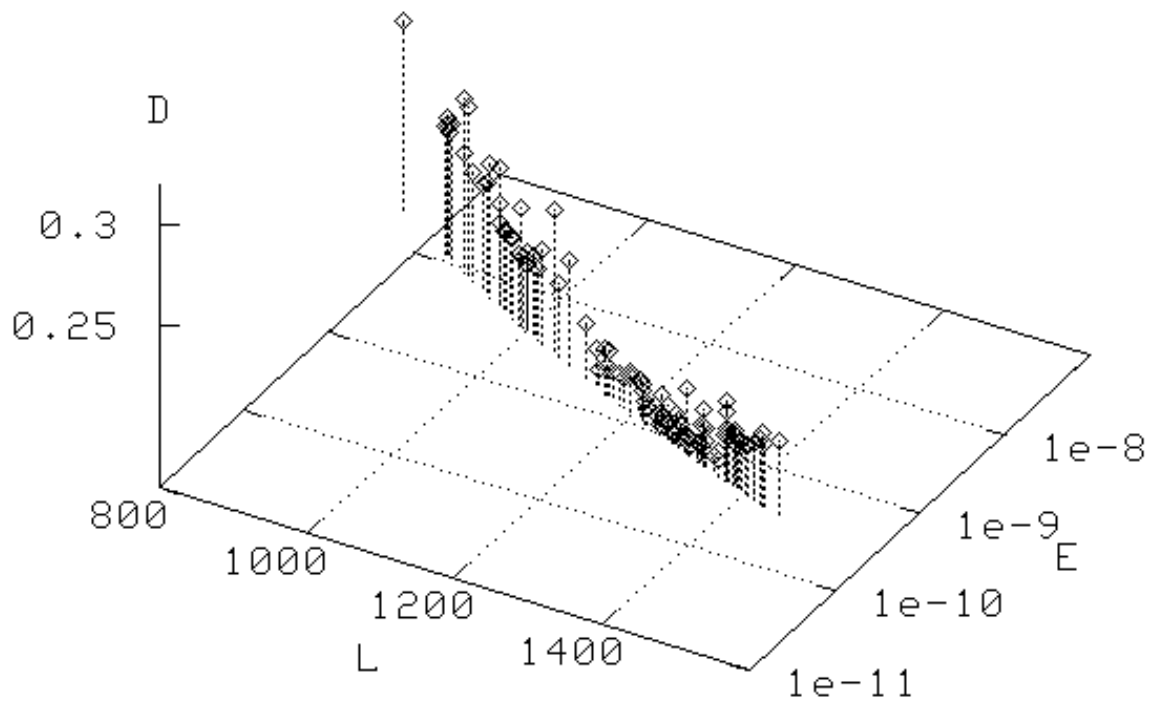
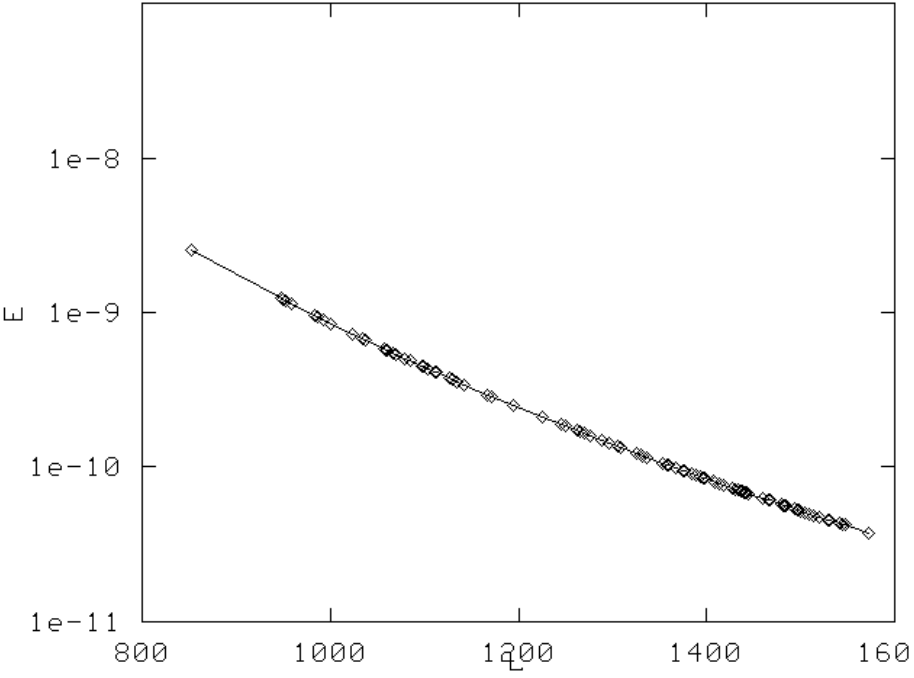
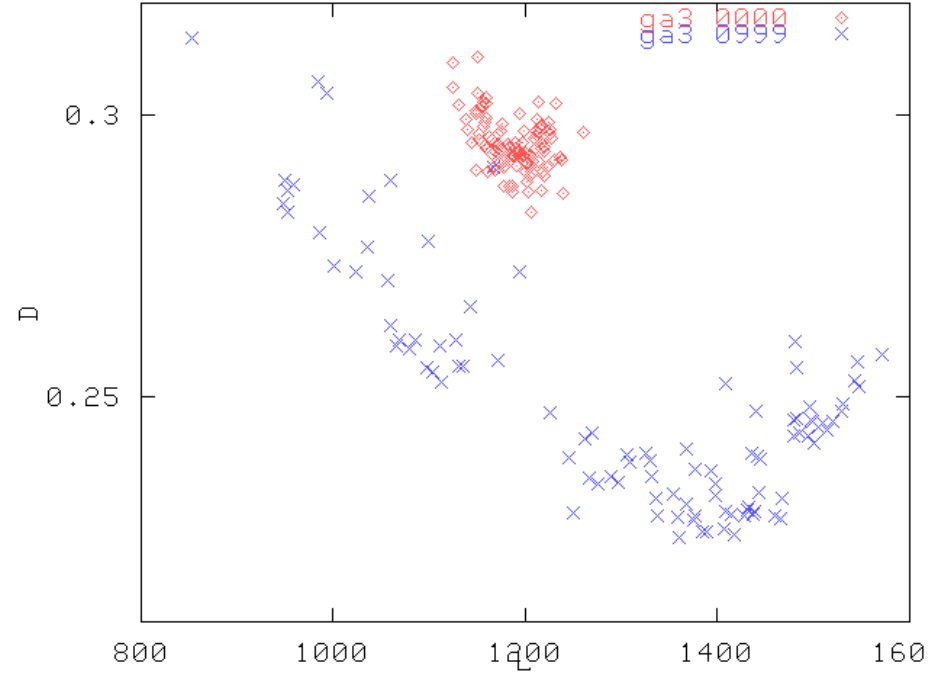


図10 探索を行う世代によって選択方法を変更して得られた1000世代での解の分布(L,E,D)



1000世代(L,E)



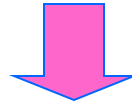
初期世代および1000世代(L,D)

図11 探索を行う世代によって選択方法を変更して得られた解の分布

5. おわりに

超音波距離センサのための変調パルス・
パターンの獲得

- ロボットの環境認識
- 複数の超音波センサを同時に動作

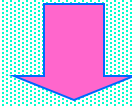


信号長, 誤動作確率および各センサの信号長の
ばらつきを同時に最小化

並列選択とパレート保存戦略を
用いたGAを適用

今後

・センサごとのパルスの配置なども考慮



真に多様なパルス・パターンを獲得する