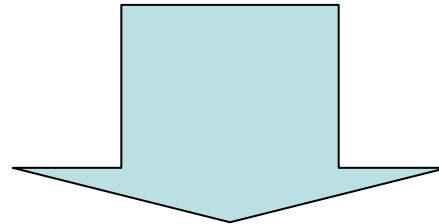


# 実数値パラメータ最適化のための 遺伝的アルゴリズムについて

# 背景

勾配法 = 勾配を下って極小値を探す方法

多峰性関数に勾配法は使えない！



【解決策】

探索性能の下限

- 1. ランダムに動く → **ランダムサーチ・SA**
- 2. 多点で探す → **滑降シンプレックス法**

パラメータ数が5~6個程度までならお奨め

両方の特徴を併せ持つ最適化手法: **遺伝的アルゴリズム**

# 【より洗練された遺伝的手法の枠組み1】

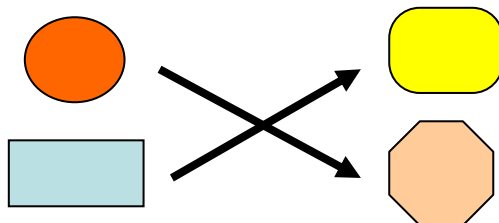
## (1) ビットストリングにこだわらない遺伝子表現

遺伝子は解のコード化「表現」であるので、  
解が完全に表現可能で、かつ  
操作・改変が容易な表現であることがのぞましい



## (2) 親の形質(特徴)を受け継ぐ交叉オペレーション

交叉は、親の優れた特徴を受け継ぐことが可能なオペレーション  
でなければならない  
ビットストリングGAのように親の特徴を破壊しては意味がない



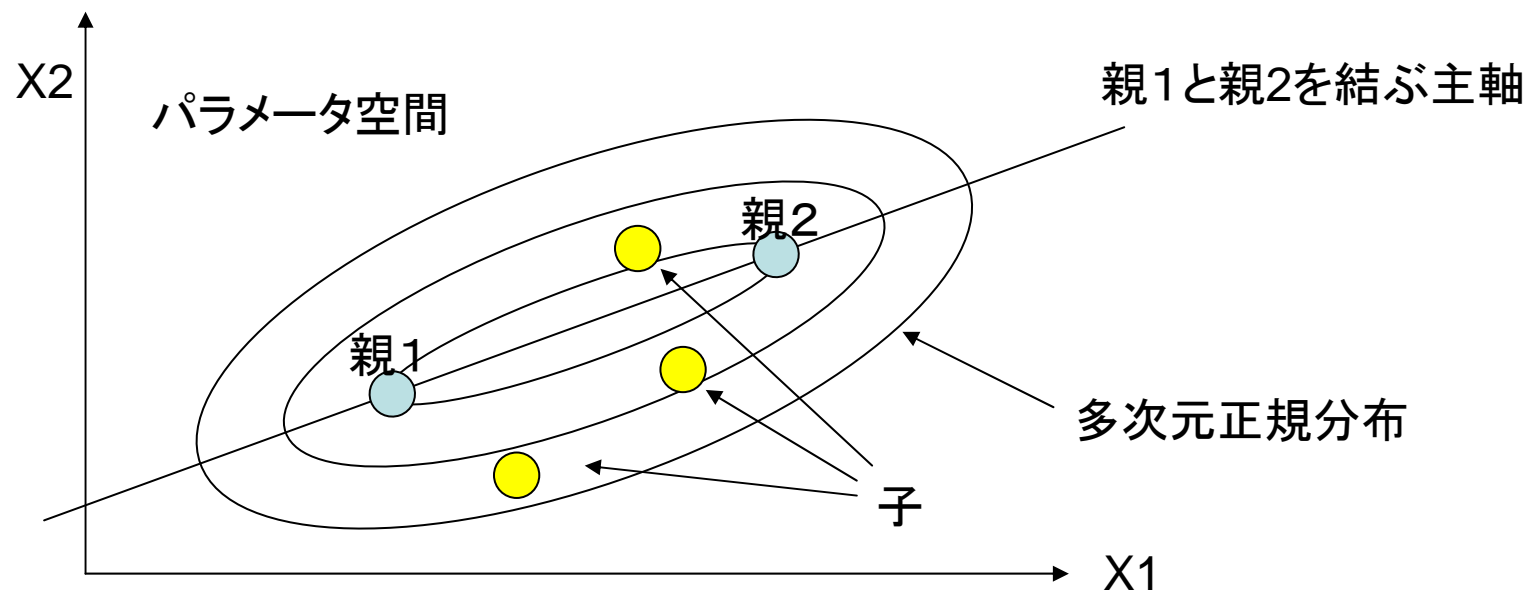
# 【遺伝的手法による最適化】

## 実数値 GA (RGA: Real-coded GA)

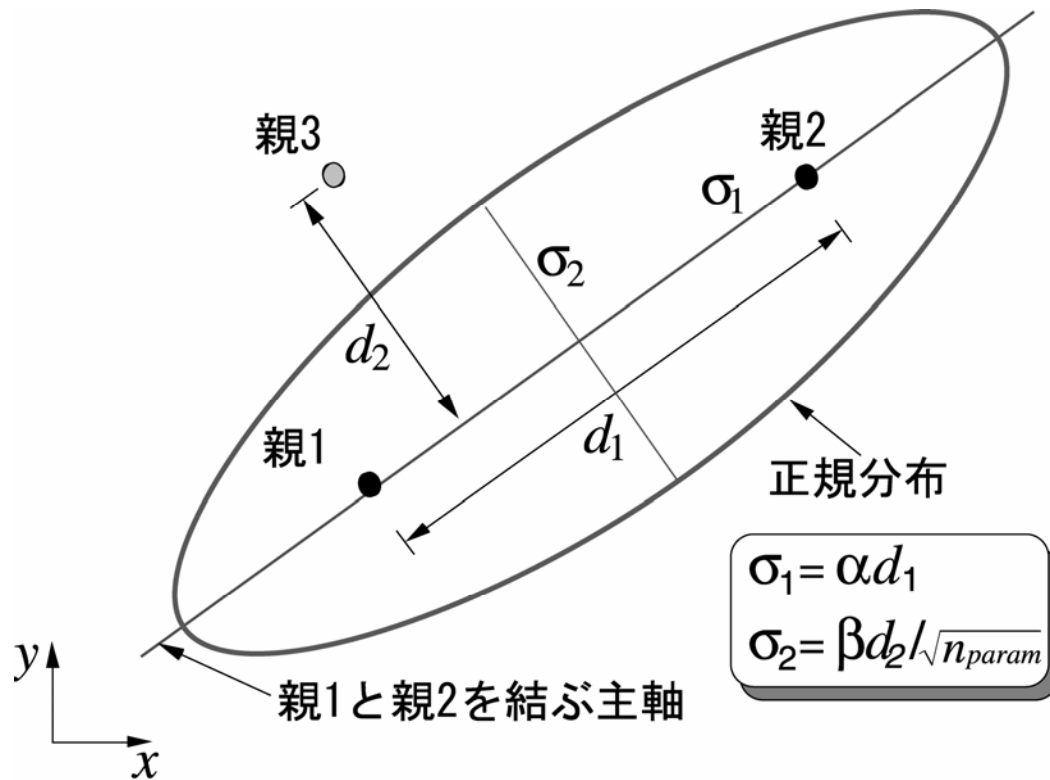
連続関数最適化問題における解候補の「形質」 = パラメータ空間中の座標  
解候補の類似性 = パラメータ空間でのユークリッド距離

2つの親個体から、「交叉」オペレーションにより  
形質を継承した子個体を生成する → パラメータ空間でユークリッド幾何学的に考える

例) 正規分布交叉: UNDX



# 単峰性正規分布交叉UNDX[Ono 97]

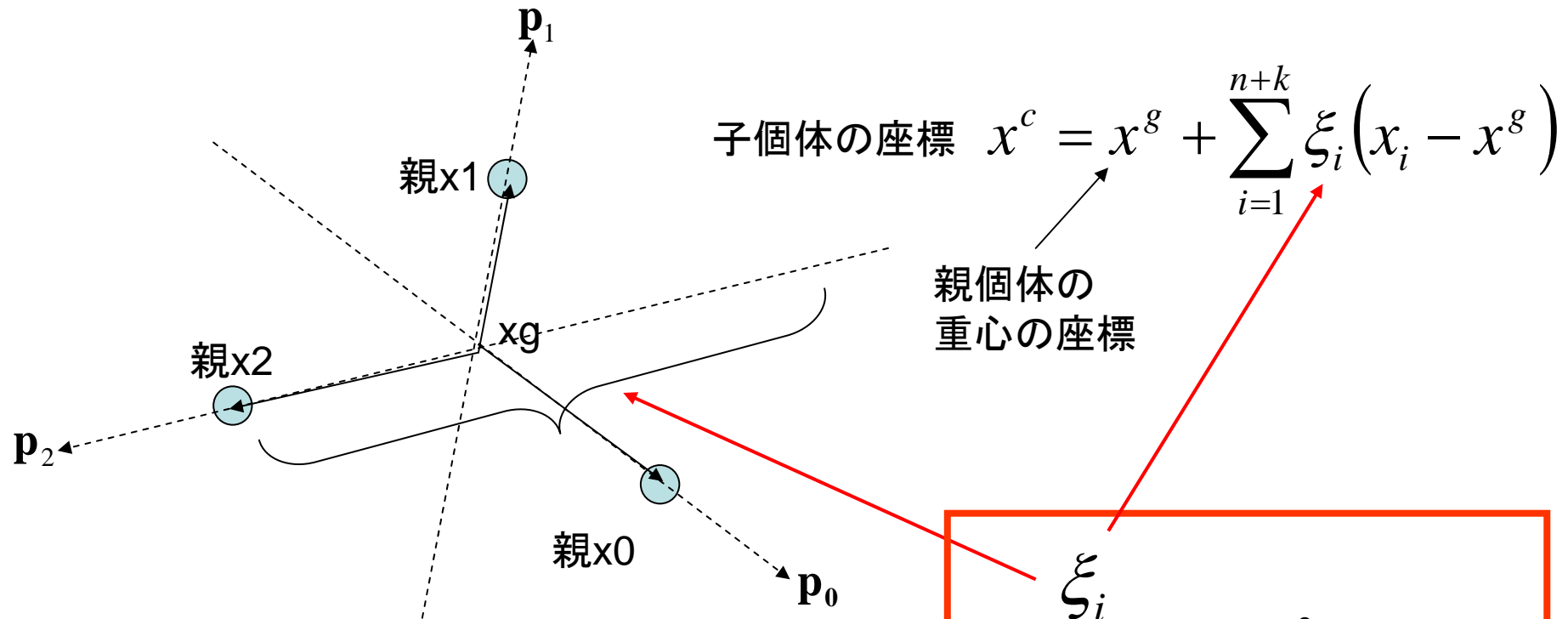


設計パラメータの  
連続値ベクトル  
= 遺伝子

設計パラメータベクトル  
空間中において、  
親とする個体同士の間  
の空間に子個体をラン  
ダムに生成

# 多親交叉REX [小林2007]

対象とするコスト関数の次元数  $n$   
交叉によって生成する子個体数  $n+k$



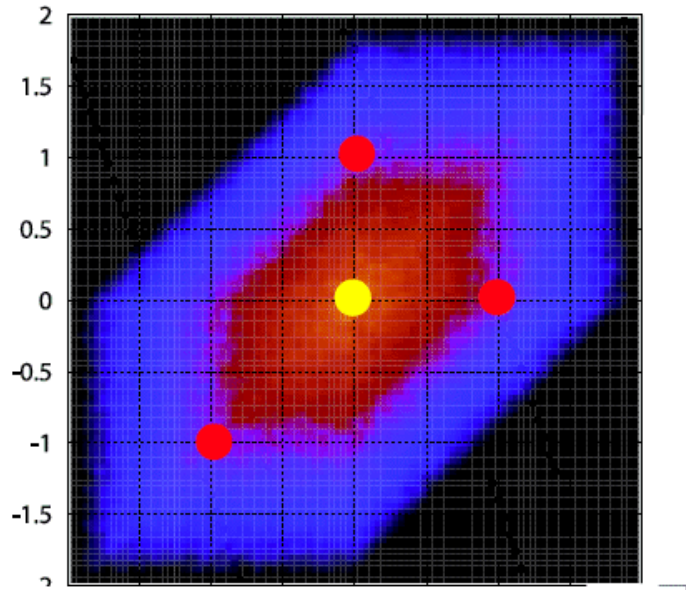
$\xi_i$

期待値0, 分散  $\sigma_\xi^2$  の任意の  
確率分布に従う確率変数  
ただし  $\sigma_\xi^2 = \frac{1}{n+k}$

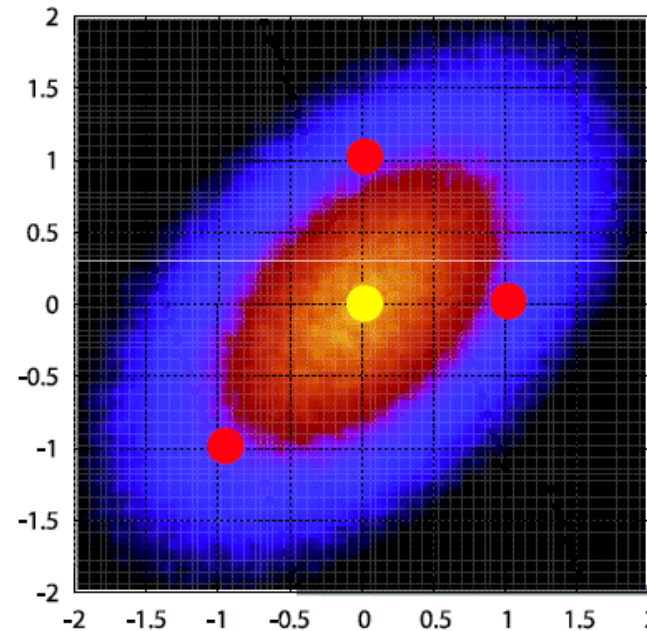
$k=0.5n \sim 2.0n$  を推奨

# 多親交叉REX [小林2007]

REX( $U, n+1$ )



REX( $N, n+1$ )



確率変数  $\xi_i$  が一様分布に従う場合  
ただし区間  $[-a, a]$  で一様で、

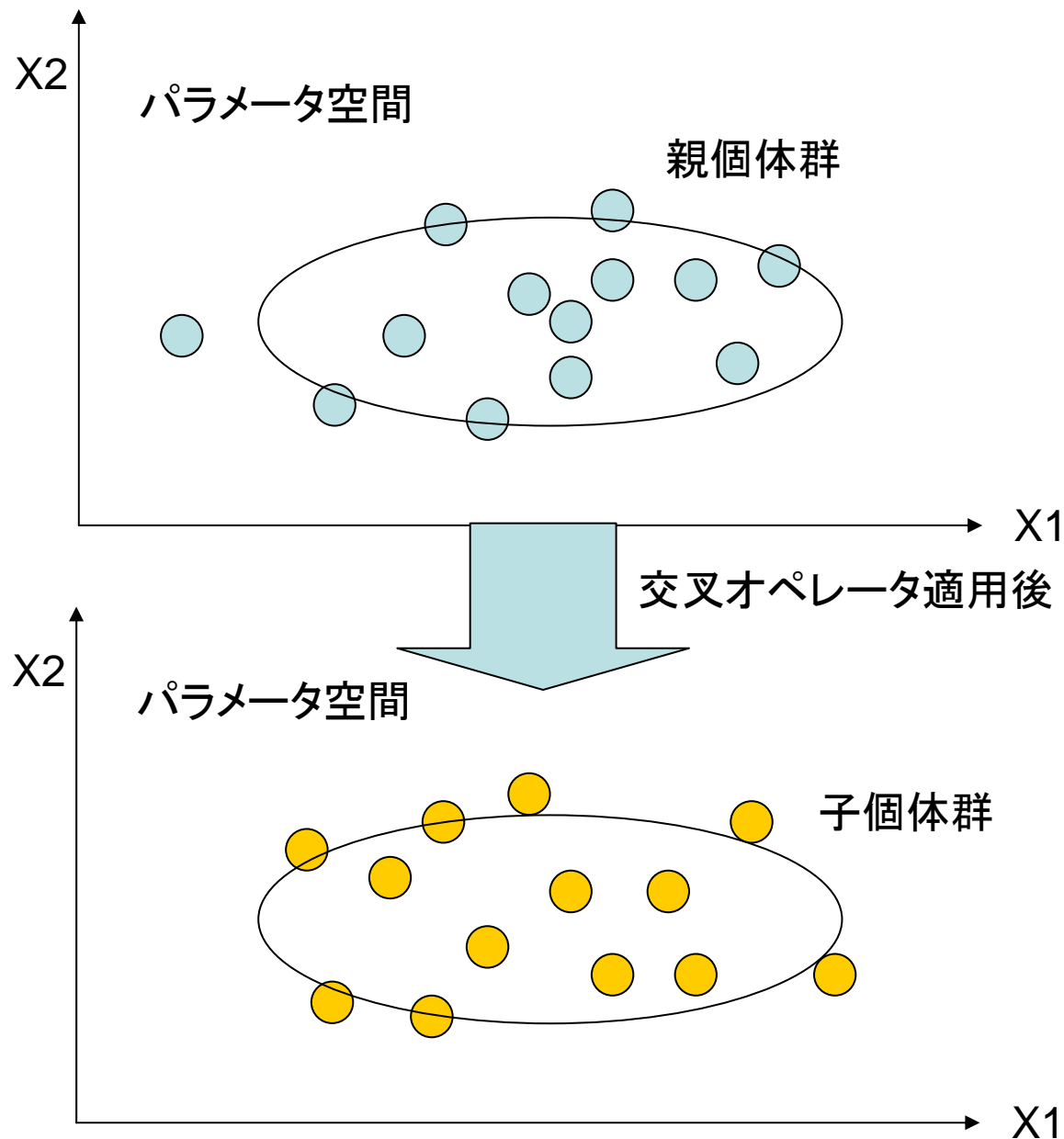
$$a = \sqrt{\frac{3}{n+k}} \text{ とする。}$$

(このとき分散  $\sigma_{\xi}^2 = \frac{1}{n+k}$  となる)

確率変数  $\xi_i$  が正規分布に従う場合  
ただし期待値0,

$$\text{分散 } \sigma_{\xi}^2 = \frac{1}{n+k}$$

# 実数値 GA の交叉オペレータにおいて求められる性質



分布の統計量が  
親個体群の分布と  
同じになることが望ましい

UNDXもSPXもREXも  
この条件を満たしている

機能分担仮説(山村98)

交叉オペレータは  
親個体群が張る  
部分空間の補間的  
探索に徹して、  
探索領域の絞込みは  
世代交代モデルに  
委ねるのが望ましい



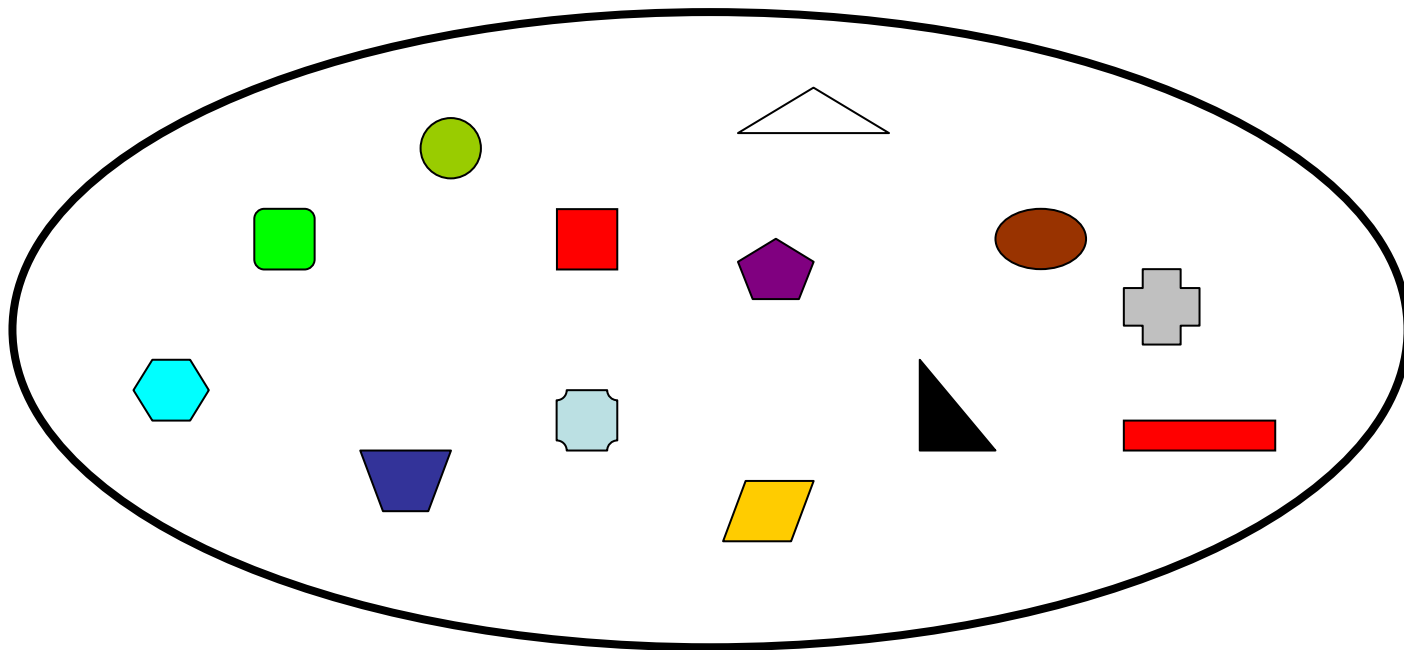
# 【より洗練された遺伝的手法の枠組み2】

## (3) 集団の「多様性」を維持する世代交代方法

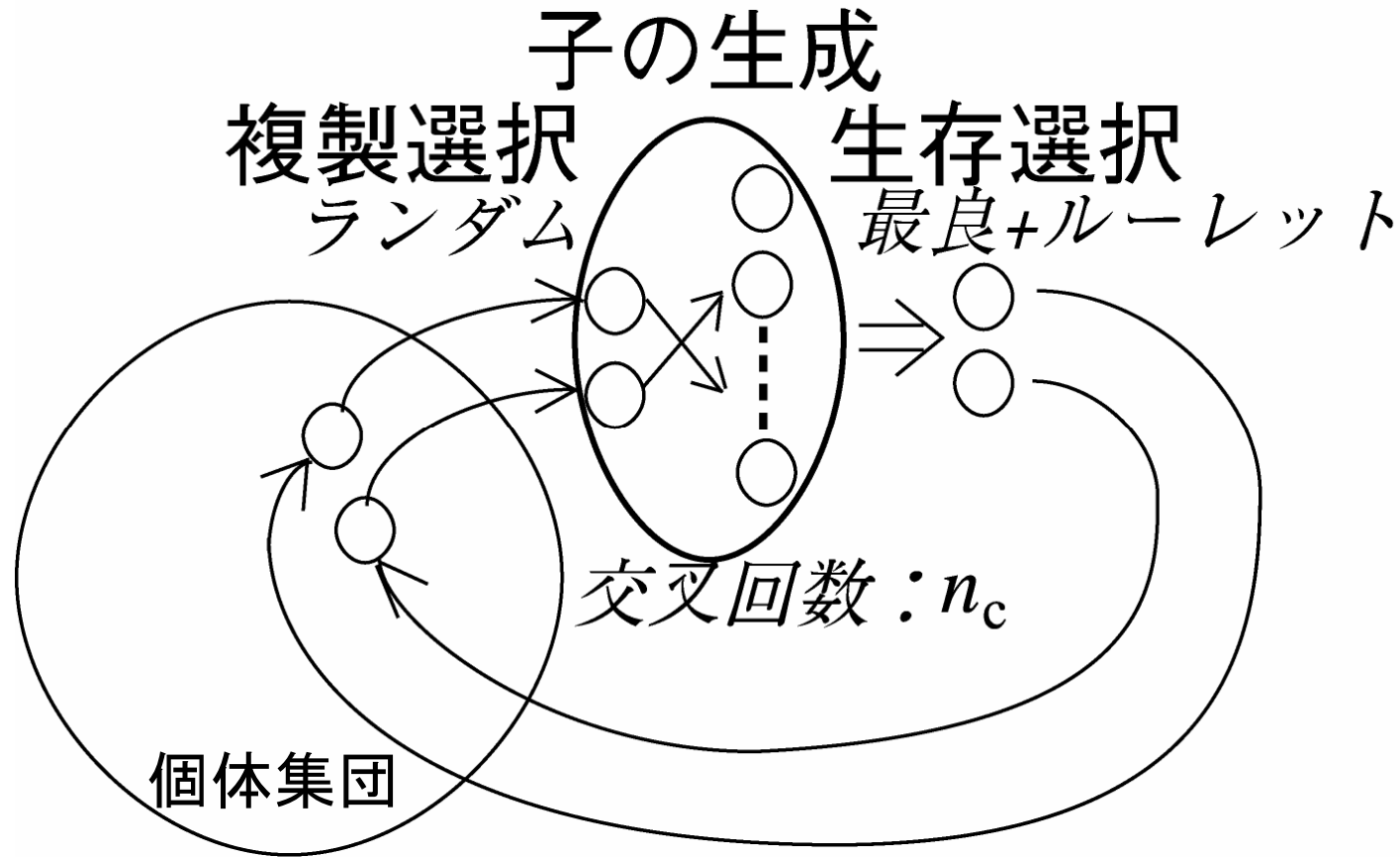
集団の一部しか生き残れないような世代交代では  
多様性は維持できない

ビットSTRING GAで行う「淘汰」のような操作は不適當

(英語では「選択」も「淘汰」も「selection」と訳される)

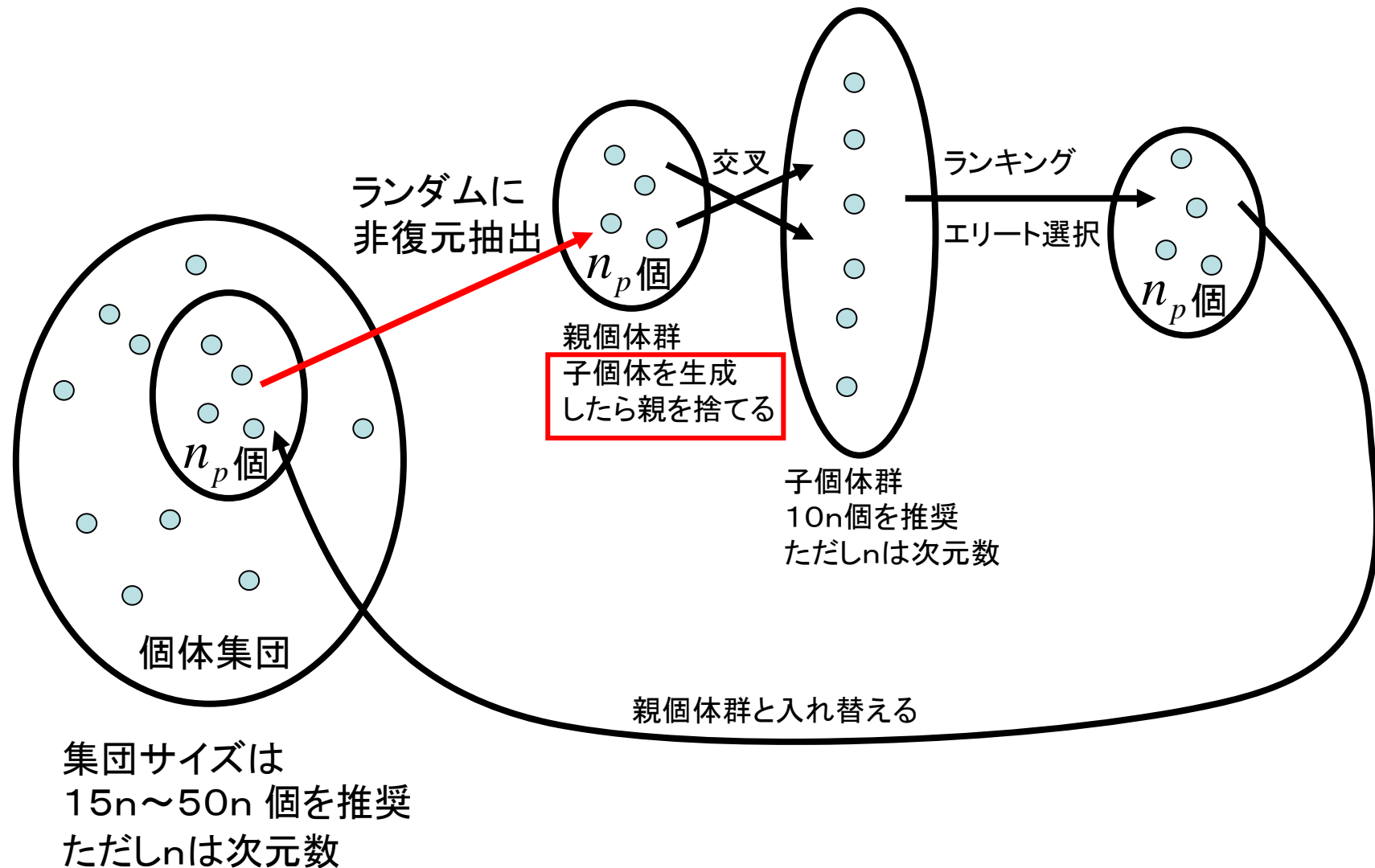


# (2親) 世代交代モデルMGG [佐藤1997]



集団からランダムに**2個体**を選択し、何らかの交叉オペレーションによって子個体を $n_c$ 個生成、**両親と生成された全ての子**を合わせた**個体集合**から、1つは最良個体、もう1つは評価値のランクに基づくルーレット選択により選び、両親個体と入れ替える

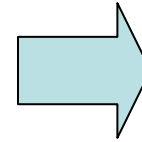
# 多親世代交代モデルJGG [小林2007]



MGGと比較すると 2.5~13倍の性能アップ

# 数値最適化を行う遺伝的アルゴリズム：まとめ

交叉方法： **正規分布交叉 (UNDX)**  
世代交代： **MGG**



レンズ系設計の最適化  
プロペラ形状の最適化  
船形最適化など多数の実績

しかし今後はアルゴリズムがずっと簡単かつ強力な

交叉方法： **多親交叉 REX (一様分布使用)**  
世代交代： **多親世代交代モデル JGG**

を使用すべし

# 参考文献

- 1) 長尾 智晴: 最適化アルゴリズム, 昭晃堂(2000).
- 2) W.H.Press, B.P.Flannery, S.A.Teukolsky and W.T.Vetterling:  
ニューメリカルレシピ・イン・シー C言語による数値計算のレシピ, 技術評論社(1993).
- 3) 小野 功, 佐藤 浩, 小林 重信:  
単峰性正規分布交叉UNDXを用いた実数値GAによる関数最適化,  
人工知能学会誌 Vol.14, No.6, pp.1146—1155 (1999).
- 4) 樋口隆英, 筒井茂義, 山村雅幸: 実数値GAにおけるシンプレックス交叉の提案,  
人工知能学会誌, Vol.16, No.1, pp146-155, 2001
- 5) 小林重信:  
実数値GAのフロンティア,  
人工知能学会誌Vol.24, No.1, pp.147--162 (2009)