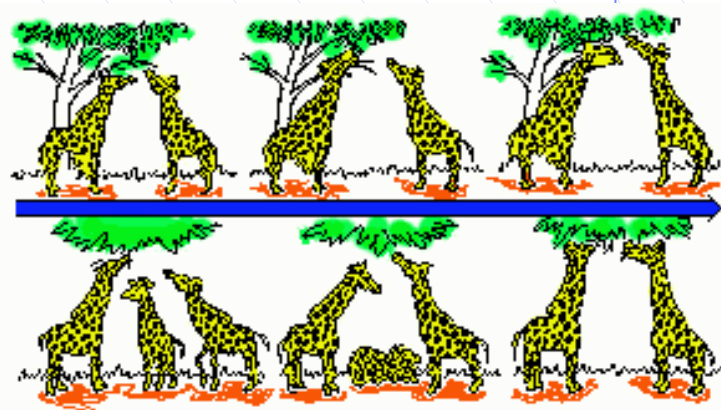


ミームと進化計算

東京大学大学院
情報理工学系研究科
電子情報学専攻
伊庭齐志



What kind of evolution?

◆ダーウィン進化

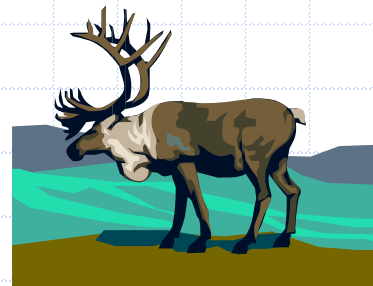
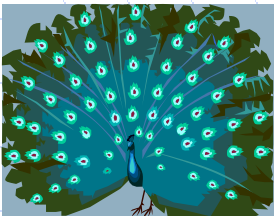
- 獲得形質(学習結果)は遺伝しない
- 生物学のセントラルドグマ

◆ラマルク進化 **生物学的に否定された**

- 獲得形質が遺伝する learned traits are inherited
- キリンの首がながくなったのは？

◆性選択 Sexual Evolution

- Peacock wings, elk horns、。。



獲得形質は遺伝するか？



◆ 進化 vs. 学習

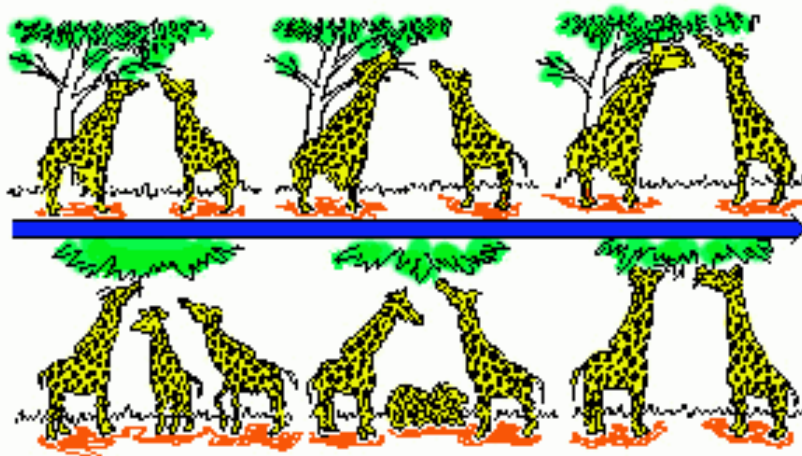
◆ ラマルク: 「用不用説」

- 生物は環境に応じて、よく使用する器官は代を重ねるにつれて発達し、反対に使用しなくなった器官は次第に縮小、退化する

◆ キリンの首

- Lamarkism

- Darwinism



獲得形質は遺伝するか？

◆ ボールドウィン効果

- 獲得形質自体は決して遺伝しないが、見方によっては表面上、獲得形質が遺伝しているように見える。
- そこには学習の要素が密接に絡んでいる。

◆ 学習の能力をつかさどる遺伝子

- ◆ 「学習」の可能性があった場合に、学習した内容が遺伝子レベルに組み込まれ、ラマルク効果が発生したように見えるという現象を「ボールドウィン効果」と呼ぶ。

- ◆ ボールドウィン進化
 - 学習は生き残りに役立ち、最も多く学習できる生物は最も多く子孫を残せる
 - ◆ 学習
 - 学習の要因となる遺伝子の頻度は増加する
 - ◆ ラマ
 - 環境が比較的固定していれば、学習すべき最良のものは不変である
 - 狼
 - よって、その形質が選択を通して遺伝的にコード化される

◆ ボールドウィン進化

- 学習する形質は遺伝するか？
- 第一染色体にあるCrebs と呼ばれる学習と記憶を働かせる遺伝子

Baldwin Effect

◆ 第一ステージ

- 適応的形質が学習可能なことからメリットを得た個体が集団中に広まる。
- E.g. 毒のある植物を学習できる動物は、学習できない動物よりも生き残りやすい。
- よって、たくさんの子供を産むだろう。

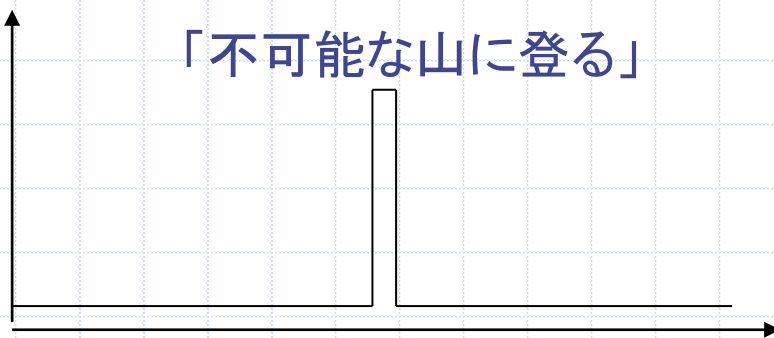
◆ 第二ステージ **遺伝的同化**

- 学習にかかるコストがより小さい個体が集団に広まる。つまり、より生得的に適応的形質を獲得する。
- E.g. もしこのような好ましい振る舞いが遺伝的にコードからされたら、学習しなくてはならない個体よりも有利だ
- なぜなら学習にはより時間がかかり、信頼性が低いから

ボールドウィン効果

適合度

「不可能な山に登る」



遺伝子の組み合わせ

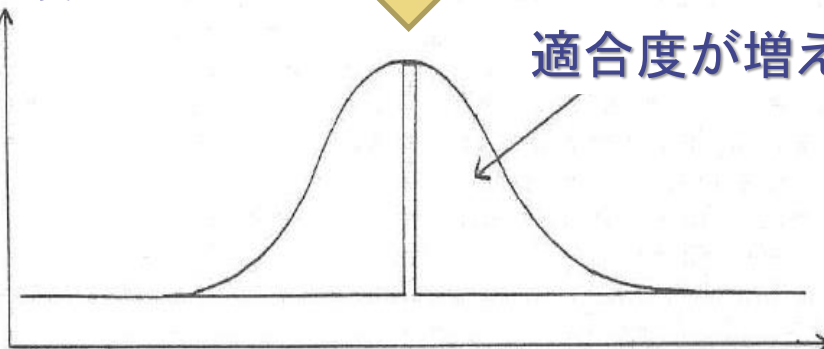
干草の中の針探し
(Needle in a haystack)



適合度

学習によるボールドウィン効果

適合度が増えた部分

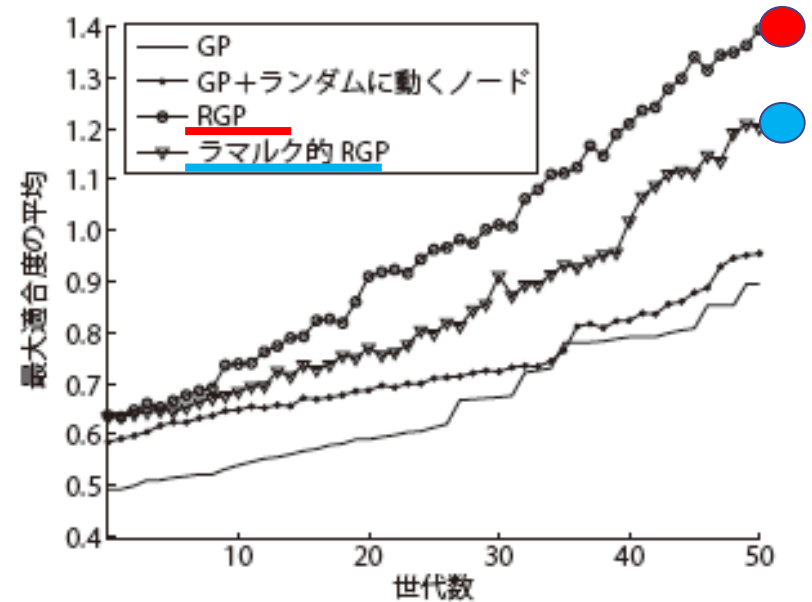
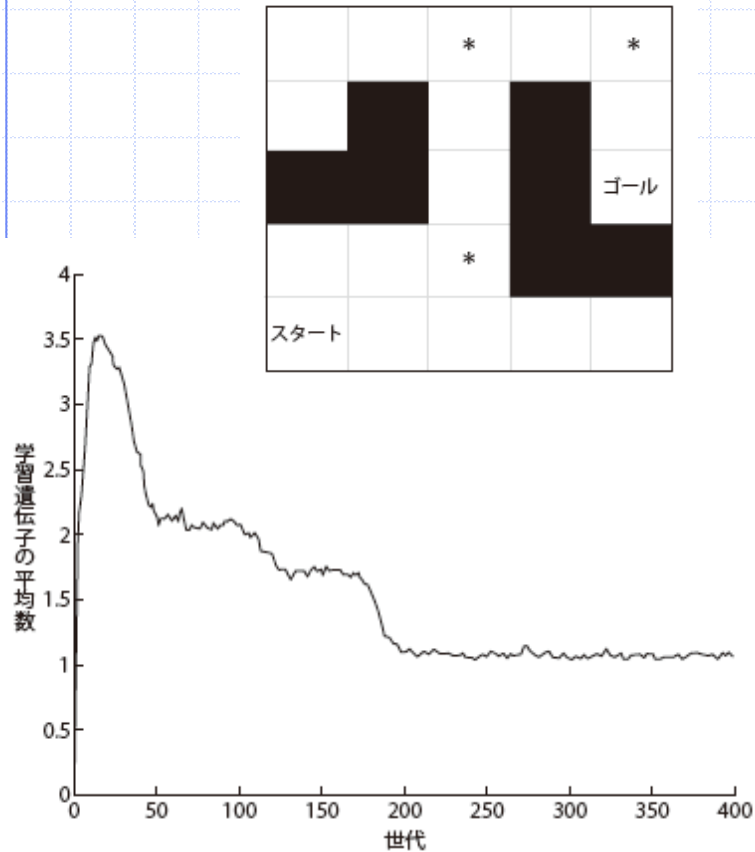


遺伝子の組み合わせ

Hinton, G.E. and Nowlan, S.J.,
"How learning can guide evolution,"
Complex Systems, vol.1, pp.495-502, 1987.

DOWNING Keith L, "Adaptive Genetic Programming via Reinforcement Learning," in Proc. GECCO, 2001.

ボールドウィン効果



迷路でRGPを実行したときの、個体あたりの学習を司る遺伝子数の平均

4種類の方法における平均適合度の比較

文化の遺伝子

◆ ミーム

◆ リチャード・ドーキンス

- 利己的遺伝子
- 拡張された表現型
- 虹の解体
- 神は妄想である
- 盲目の時計職人
- 進化の存在証明

Richard Dawkins (1941-)



ミーム

◆ 行動や知識の伝達様式



◆ 遺伝子と同じく交叉、突然変異

◆ 多くの現象が説明可能

- 災害時のデマ
- ファッション
- 流行語



◆ ミームは遺伝子中心主義(利己的遺伝子)から解放されるため、人間が唯一獲得した文化的手段

幸島

串間市石波海岸の沖300m、周囲3.5km



都井岬



幸島のサル



- ◆ サル学
- ◆ 京都大学の今西錦司ら
 - ウスバカゲロウ
 - 「棲み分け」

- ◆ 100匹ほどの野生のニホンサル
 - 戸籍が一匹ずつにある
- ◆ 京都大学の霊長類研究所



幸島のサルとミーム

- ◆ イモという名のメスサル
- ◆ サツマイモの砂をとるために海に浸ける
- ◆ この習慣はイモの親戚、友人に伝わる
- ◆ 年寄りのサルの中では。。。
 - ◆ 砂のついていない食べ物も海に浸けるサル
 - 塩味の好きなグルメサル
 - **突然変異**

日本のサル学

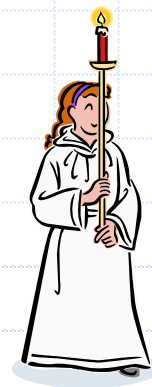
◆「サルにも文化があるか？」



◆日本の仏教観



◆欧米の宗教観(キリスト教)



最近の心理学からの批判

- ◆ 伝搬のスピードが遅すぎる
 - 全体に広がるのに何十年もかかる
- ◆ 年寄りには真似をしない
- ◆ 人間なら先に習得したから問題の本質を解説して指導を受けることもある
 - イモ洗いの習慣の広がりにはより単純なプロセスでは？

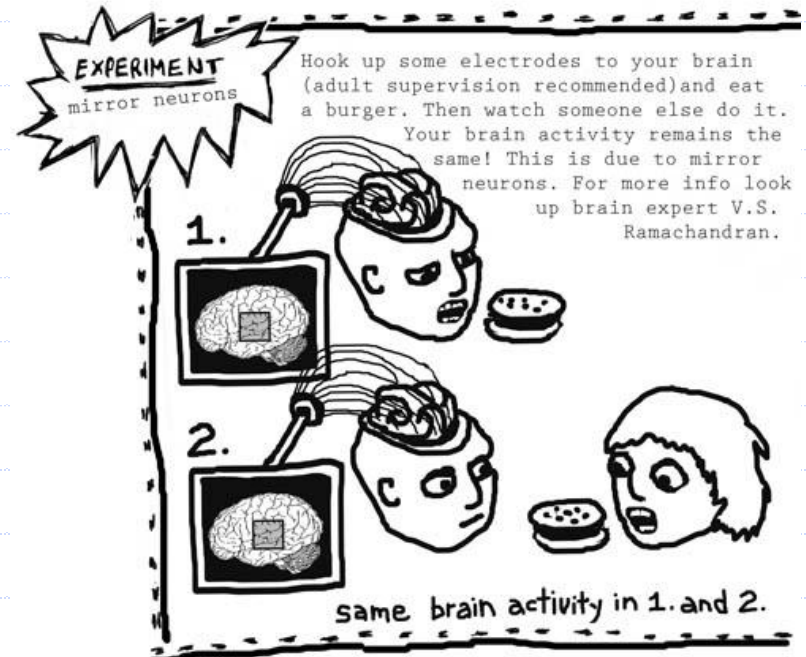
ミームの物理的背景: 仮説

◆ スーザン・ブラックモア

- 人間など霊長類の模倣能力がミームの原動力か？

◆ ミラーニューロン

- 動物が自ら行動するときと、それと同じ行動を他の個体が行っているのを観察しているときの両方で活動する神経細胞



金融世界のミームは生き残るか？

- ◆ 行動や政治や社会の動きや国際情勢の変化は金融市場に大きな影響を与える。
- ◆ 金融の市場参加者(トレーダやディーラー)には日々刻々変わる情報をもとに一步先を読む判断力が必要である。

金融市場の参加者の考え方 = ミーム

チャートからの売買タイミングの決定などが重要になる。

- ◆ こうした戦略や判断材料はトレーダ同士で情報交換されたり、ニュースや評論家による解説で伝達されてく。
- ◆ 経済アナリストといわれるような専門家ですら、仲間内で意見交換をしたり、経済レポートや金融雑誌を読み合う。



金融世界のミームは生き残るか？

◆ バンドワゴン効果(勝ち馬効果)



- ◆ ある戦略が流行しているという情報が流れることで、その戦略への支持が一層強くなる現象.
- ◆ 金融市場では、相場の流れに人々が便乗した結果、為替レートが異常なほど一方向に動くことを指す.

金融世界のミームは生き残るか？

- ◆ 金融市場の参加者の考え方 = ミーム
- ◆ ミームが遺伝子のごとく進化する [和泉]
- ◆ **自然淘汰**: より正確な予想方式が他の市場参加者に模倣されて、市場のコンセンサスとして流行していく。
- ◆ **交叉**: 複数の市場参加者が予想材料についての意見を交換しあい、その結果として予想方式が組み合わせさり新しい予想方式が生み出されていく。
- ◆ **突然変異**: 市場参加者が新しい予想方式を独自に考え出して試す。

金融世界のミームは生き残るか？

- ◆ 集団での意思決定過程における進化現象[佐山]
- ◆ 次のような対応関係を心理実験により検証
 - ◆ **複製**: 他人のアイディアへの同調・擁護
 - ◆ **選択**: 他人のアイディアへの批判
 - ◆ **交叉**: 2つのアイディアからの新しいアイディアの生成
 - ◆ **突然変異**: 現在のアイディアの改良, 局所探索による知的な変形
 - ◆ **ランダム生成**: ばかげたアイディア, 空気を読めない発言

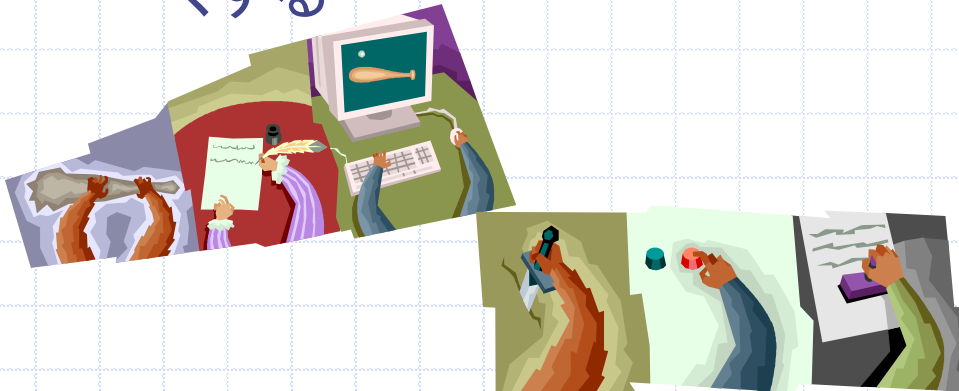
金融世界のミームは生き残るか？

- ◆ 金融市場のコンセンサス = ミームの進化
- ◆ **人工市場**という研究分野[和泉]
- ◆ **コントラリ・オピニオン現象** (ディーラーの意見が一致しているときほど予想の方向に相場が動かないこと)の解明などを行う



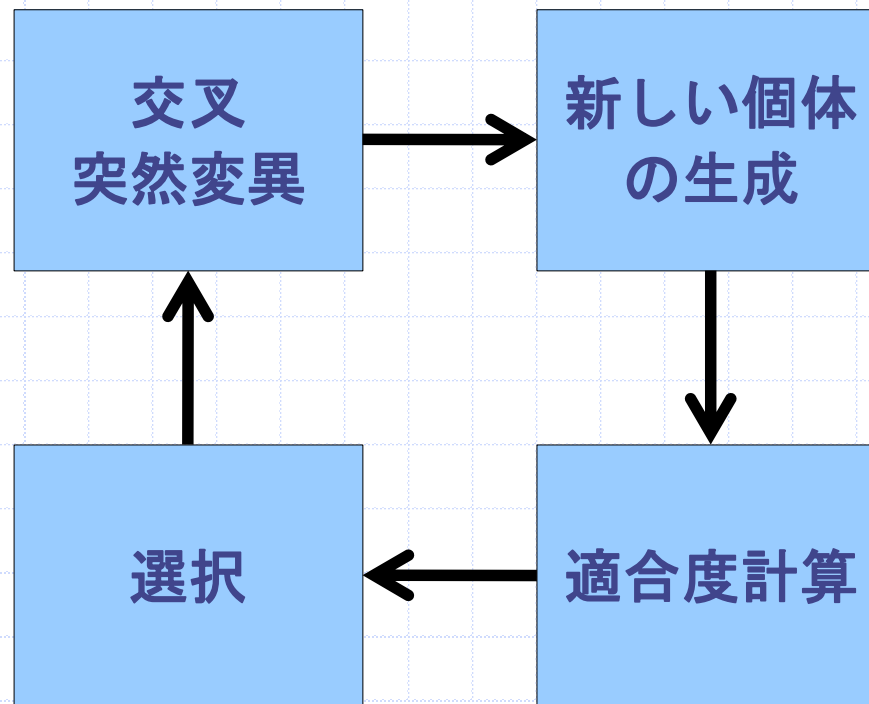
Memetic Algorithm

- ◆ 進化計算(EC)+ミーム = Memetic Algorithm (MA)
- ◆ EC (GA,GP)の改良手法
- ◆ ECを効果的に拡張して探索の効率を高める
- ◆ 進化的に得られた個体に対して、各世代で学習を行い賢くする



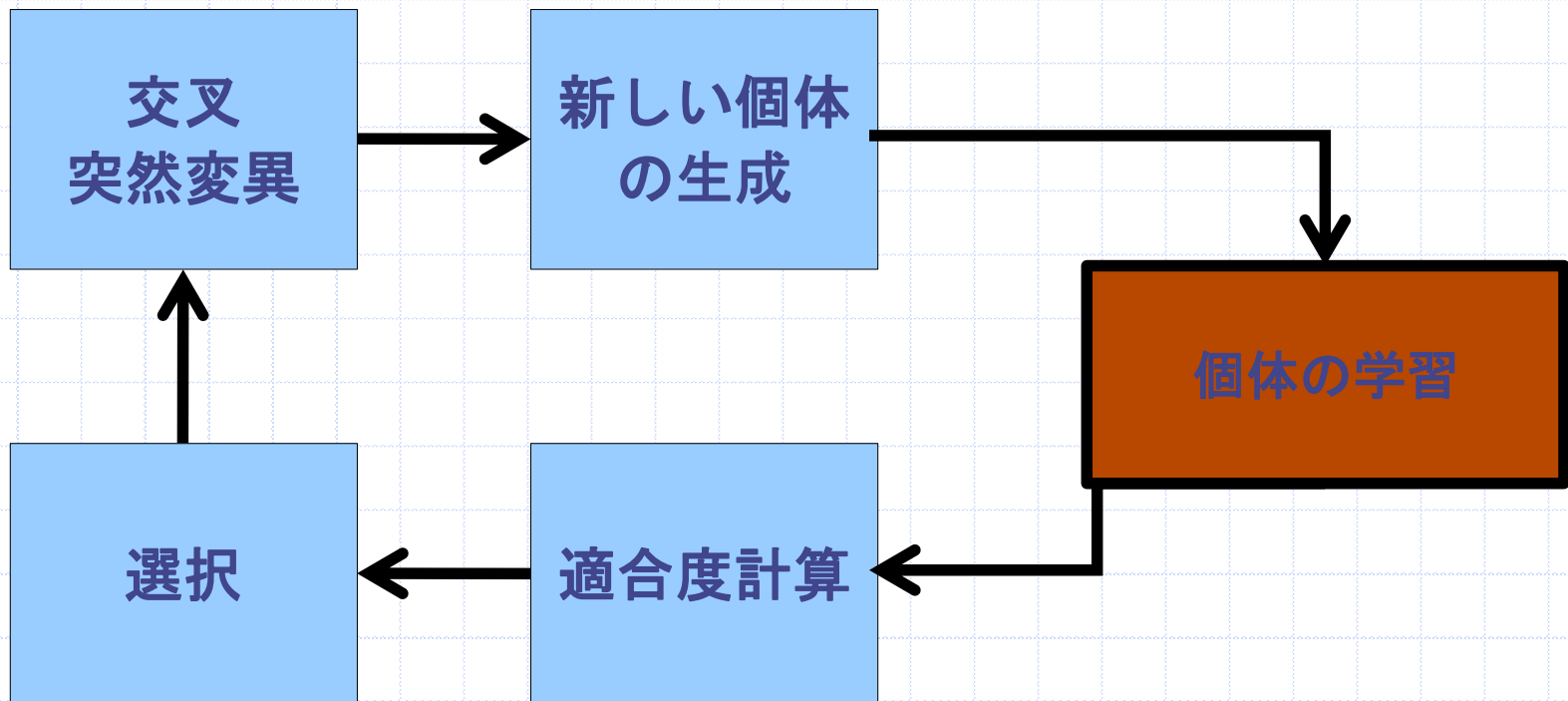
GAとMA

(a) 遺伝的アルゴリズム(GA)

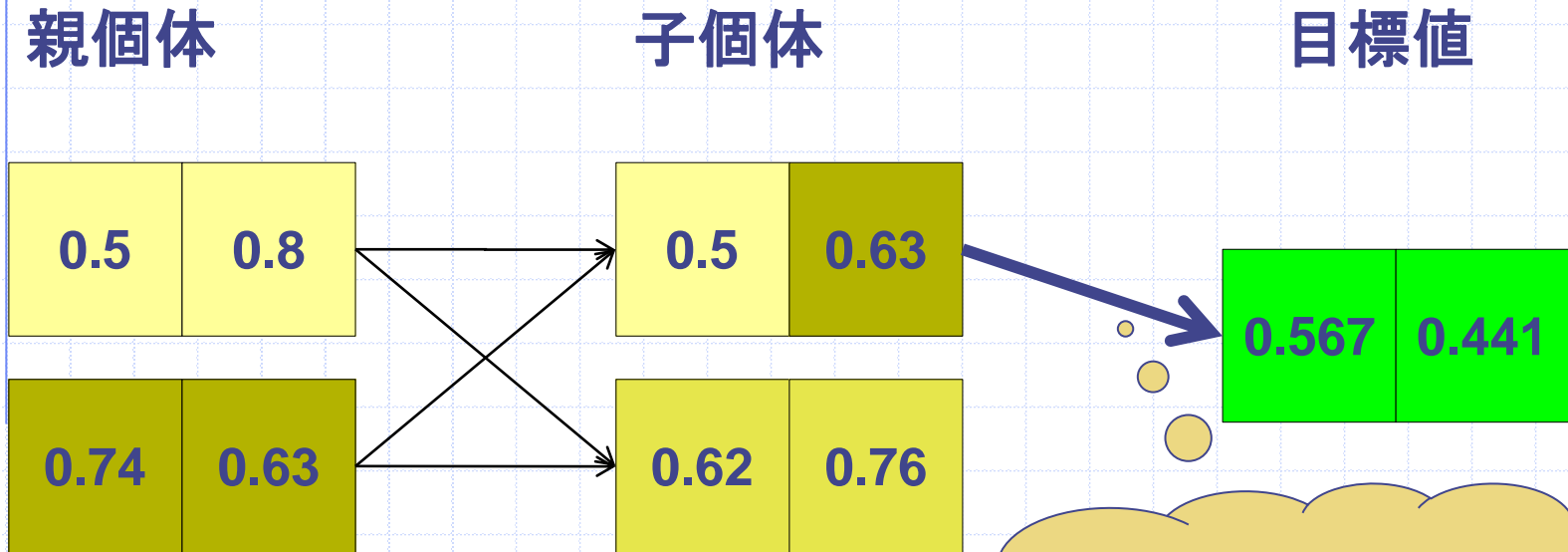


GAとMA

(b) ミメティック・アルゴリズム(MA)



GAではだめなのか？



+0.067程度の微調整

(c) 局所探索での学習

Memetic Algorithmの実現

◆ どのような学習を用いるか？

- 基本的にはどのような局所探索でもOK
- シンプレクス法, 山登り法, 勾配法, 最小2乗法など

◆ 学習にどのくらい時間をかけるか？

- 遺伝的な進化以上に学習時間をかけない方が望ましい

◆ どのくらいの頻度で学習するか？

- 各世代で全個体が学習するのは, 非常に計算コストがかかる

◆ 獲得形質を遺伝させるか？

MAの学習について

◆「ラマルク主義的」MA

- ボールドウィン各個体で学習したあとで、遺伝子型を学習結果の表現に置き換える場合

◆「ダーウィン主義的」MA

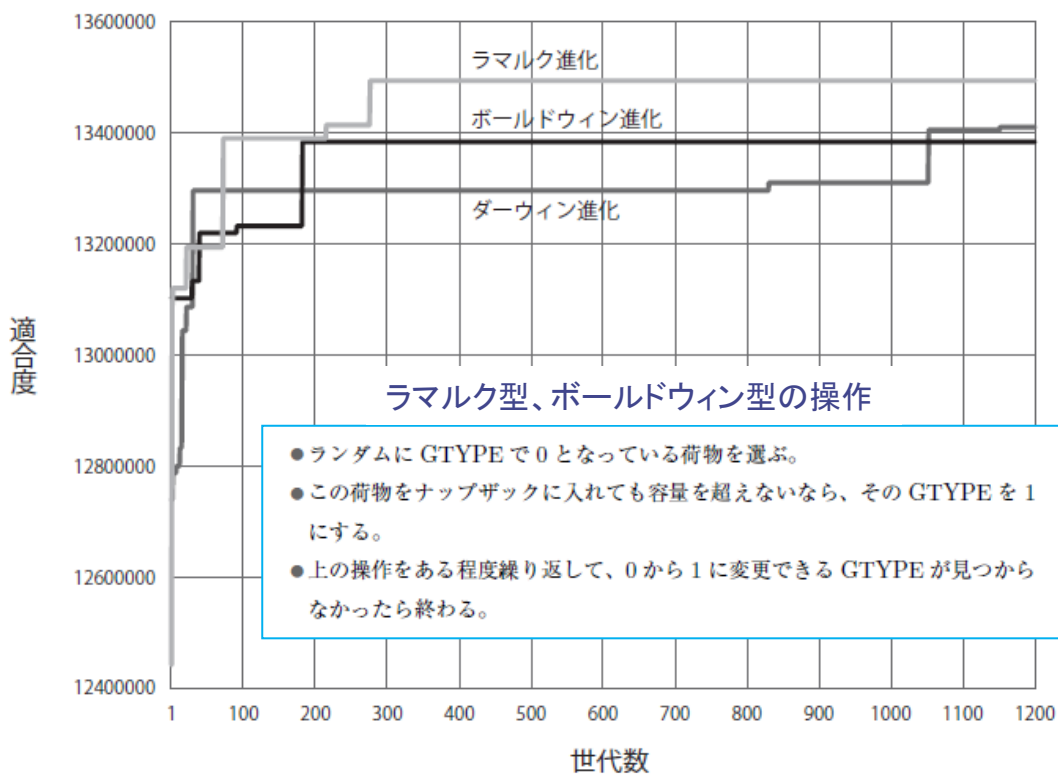
- 学習はするが遺伝子型は変えない
- ただし適合度は学習結果の改善されたものを利用する
- 「ボールドウィン効果」がおこることを期待する

◆ どちらがいいかは一概には言えず、応用例にも依存する。

ナップザック問題の例

■表 1.3：異なる進化の比較

	理論値とのずれ 50 個体、50 世代	理論値とのずれ 500 個体、50 世代	正解世代数の平均
ダーウィン型	22.77 (1.26 秒)	37.33 (14.03 秒)	2187.84 (1.88 秒)
ボールドウィン型	11.99 (11.43 秒)	9.24 (121.08 秒)	2217.71 (3.42 秒)
ラマルク型	13.71 (11.52 秒)	17.18 (115.29 秒)	681.76 (0.95 秒)

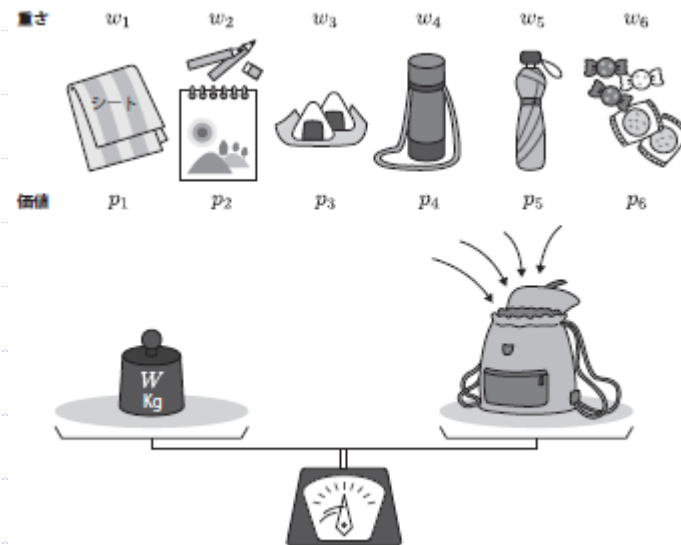


■ 図 1.13：ナップザック問題に対するさまざまな進化

$$T \subseteq \{1, 2, \dots, N\}$$

$$\sum_{i \in T} w_i \leq W$$

$\sum_{i \in T} p_i$ を最大にする T を求めよ

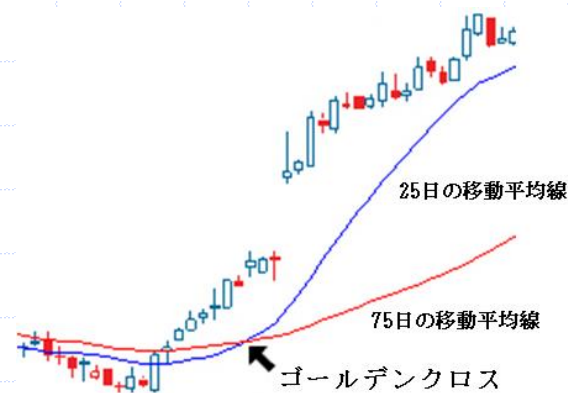
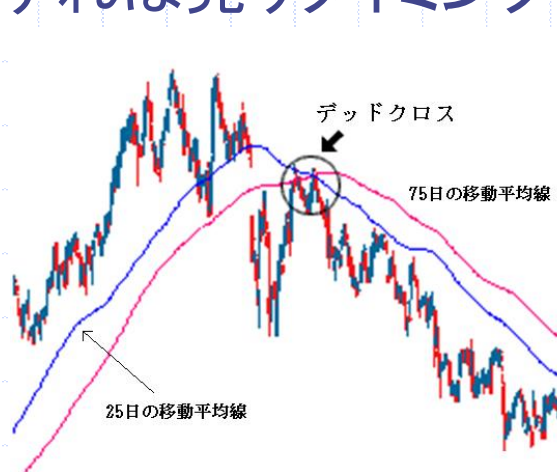


金融の世界のボールドウィン効果

- ◆ 金融市場の参加者の投資戦略は遺伝子のように進化する.
- ◆ 多くの戦略は遺伝的に伝搬するが,中にはトレーダが各自で学習して得られるものがある.
- ◆ トレーダの過去の体験や自分なりの経験則をもとにルールは修正される.
- ◆ そうして学習された**ルール(獲得形質)**は遺伝しない. 再び次世代で各自が学習し直す.
- ◆ しかし, 成功例がニュースや解説本などで宣伝されることによって遺伝子的に獲得されることもある.
- ◆ とくに, 成功した(と評される)ルールや戦略はときとして
- ◆ 伝説のように流布する(**ミーム!!**).

金融の世界のボードウィン効果

- ◆ 相場の経験則はミームのボードウィン効果か？
- ◆ 例えば「ゴールデンクロスすれば買いタイミング」、「デッドクロスすれば売りタイミング」など)



- ◆ 遺伝子として獲得されてしまうと、それを打ち消すのは容易ではない。
- ◆ 金融におけるミームでも、ひとたび遺伝子として獲得されてしまうとその呪縛から逃れられない。

ちなみに。。。



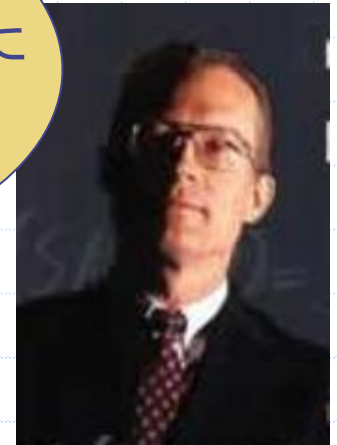
「チャールズ川から見る金融市場は、ハドソン川からみるよりもずっとずっと効率的である」



x16978932 fotosearch.com

リーマンブラック

しかしショールズは
1993年LCMの設立に
参加したが、
1998年倒産した。



- MIT → ゴールドマン・サックス
- 1995年 死去
- 1997年 ノーベル経済学賞 (ショールズ & マートン)