



進化計算の金融工学への応用

応
専

伊庭 斉志 東京大学 Claus Aranha 筑波大学

金融分野と進化計算

近年、GA (Genetic Algorithms) や GP (Genetic Programming) などの進化計算は金融工学に盛んに応用されている。主なものとして次のような例がある。

- 売買ルールや運用戦略の生成
- 金融データ (株価, FX (Foreign Exchange) 価格, オプション価格) の予測
- トレンド予測
- ポートフォリオ構築
- リスク診断

その中には実際のシステムとして運用されているものも多い^{2) ~ 5)}。

本稿では進化計算を用いたポートフォリオ最適化および投資判断プログラムの例を紹介し、進化計算の金融分野への応用可能性について解説する。

ポートフォリオ最適化問題

ポートフォリオは、安全性や収益性を考えた有利な分散投資の組合せのことを意味する。投資ポートフォリオは、長期的な投資管理 (貯蓄口座, 退職金など) の金融機関によって使用されている。一方, 個人投資家においても, 同時に複数の資産に投資することで, 全体的なリスクを低減するポートフォリオのアイデアが利用される。ポートフォリオ最適化問題の目標は, 期待リターンを最大化し, ポートフォリオ全体のリスクを最小限に抑えることである。これは, 数多くの金融資産からの投資すべき資産の選択と, ポートフォリオ内の資産の相対的な重みの

計算を含んでいる。言い換えれば, トレーダーは, 与えられた利益を維持しながら, 市場の変動から保護されるような資産の組合せを見つけようとする。

理想的な状況では, ポートフォリオ最適化問題は二次計画法などの最適化手法によって解決することができる。しかし, 実世界の制約が追加されたときには, あまりにも複雑になって解くことが困難になる。考慮すべき制約としては以下のものがある。

- 現実の市場での資産の種類の数: 数百, 数千の資産を扱うので計算コストは膨大である。
- ポートフォリオ内の資産数の制限
- トレーディングにおける制約: 取引コストとボリューム (取引量) に制限があり, 特にポートフォリオを組みかえるときに重要となる。

特に, ボリューム制限は, 市場の流動性や, 株式を大量に販売・購入することの影響から設けられている。このことから, 市場が変化したときに対応する動的なポートフォリオの組みかえ (リバランス) はきわめて難しくなる。ポートフォリオをリバランスするには, 取引コストをいかに減らすかが問題となる。

進化計算を用いたポートフォリオ最適化にはいくつかの例がある。最も単純なのは, GA を用いるものである。このときには, GA の各遺伝子個体はポートフォリオの構成を表す (以下では simple GA と呼ぶ)。

筆者らは, simple GA 法を

- 局所探索を考慮した突然変異
- 取引量を考慮した多目的最適化



において拡張した⁹⁾ (以下 Full portfolio と呼ぶ)。

ここでは Dow Jones 工業株価平均 (工業株 30 種平均) のデータ (2008 年 1 月から 2009 年 7 月; 18 シナリオ) を用いて, 2008 年の金融危機前後でのポートフォリオ最適化実験を試みよう。リバランスは各月の最後に行うと仮定する。

GA で用いたパラメータは以下のとおりである。世代数 200, 交叉率 0.2, 突然変異率 0.2, エリートサイズ 100。リスクなし資産の利率を 1.035% (日本国債 10 年利回り) とする。図-1 は収益率の比較である。この図から Simple GA も Full portfolio もインデックスよりいい成績であることが分かる。特に 2008 年のリーマンショック時において Full portfolio はほかの手法に優っている。図-2 はシャープレシオ (リスクに対してどれだけのリターンを得られるかを示す指標) の比較である。この場合も進化計算による手法はインデックスよりも優れ

ていることが分かる。最終的なポートフォリオにおいて選択された株は, Simple GA で 10 種, Full portfolio で 5 種であった。一方で Simple GA では 14 種類もの株が 0.1% 以下の構成比となり無関係であった。このような重要でない株の存在がリバランスの取引コストにおける非効率さの原因となったと思われる。以上の研究の詳細は文献 9) を参照されたい。

投資判断プログラム

投資判断プログラム GAGPTrader (図-3) は, GA と GP を応用した投資判断プログラムである。これは, 伊庭研究室, GA-GP Lab 有限責任事業組合および (有) スマート・ラムズの共同研究の成果による。GAGPTrader では計算サーバに日々売買ルールを作成する。体験版プログラムの詳細やダウンロード方法については文献 1) を参照されたい。

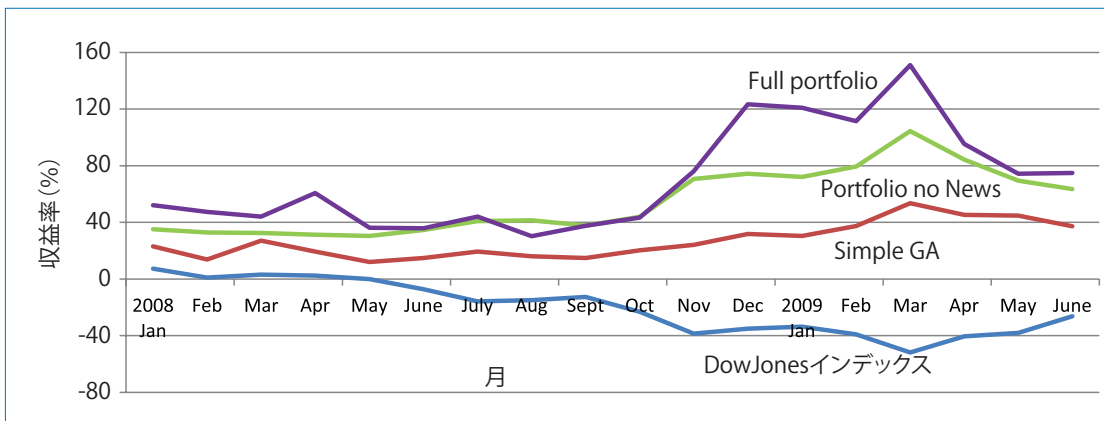


図-1 ポートフォリオの収益率

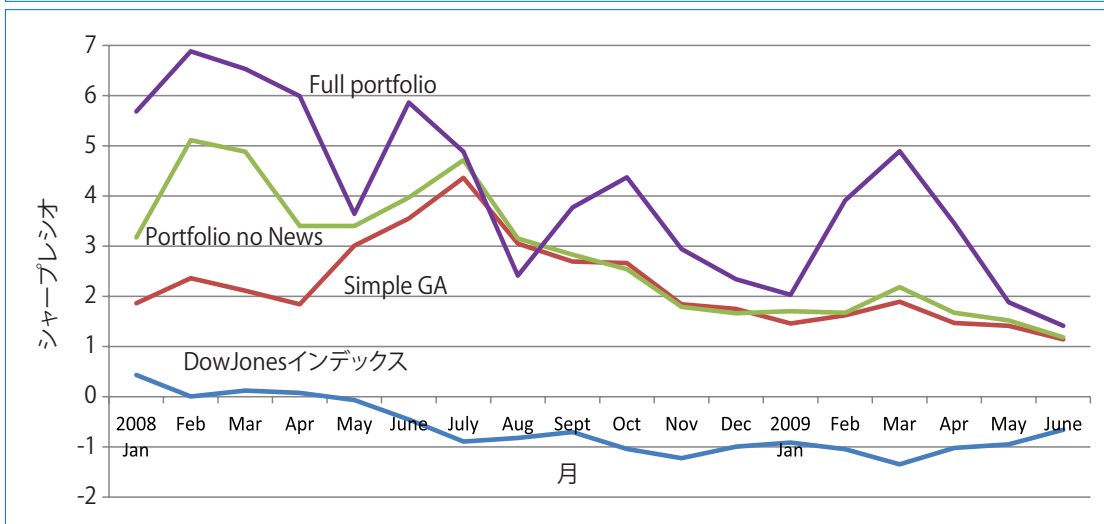


図-2 シャープレシオの比較

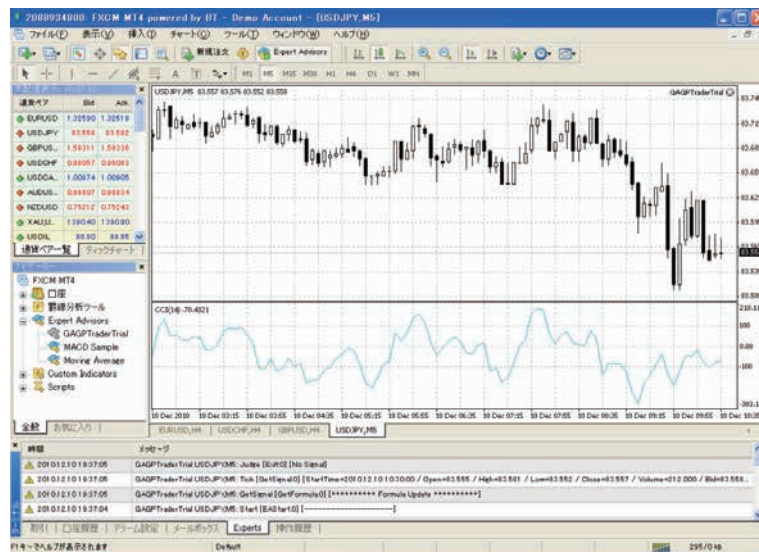


図-3 GAGTraderのパラメータ設定画面

チャート内の記号等の説明は以下のとおりである(図-4)。

- 右矢印：取引開始
- 左三角：取引終了
- 水平破線：現在保有するポジションの取引開始値
- 破線(青)：『買い』から入り、終了した取り引き [右肩上がりだと利益を示す]
- 破線(赤)：『売り』から入り、終了した取り引き [左肩下がりだと利益を示す]

GAGTraderでは進化計算を以下のように活用している(アルゴリズムの詳細は文献1)を参照)。

- STROGANOFFによるトレンドの予測
STROGANOFFはGPと統計的手法を統合したシステム同定システムである。より詳細には、多変量解析手法の1つであるGMDH(Group Method of Data Handling)における木構造をGPにより探索する。トレンドの予測においては、トレンドの時系列データ

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_t \quad (1)$$
 をもとに、現在のデータ x_t を過去のデータで予測する関数

$$x_t = f(x_{t-1}, x_{t-2}, x_{t-3}, x_{t-4}, \dots, x_{t-M}) \quad (2)$$
 を求める。
- MVGPCによるチャート分析の最適化
MVGPCはアンサンブル手法とGPを統合した

クラス分類システムである。多くの分類問題において、GP単独ではテストデータに対して高い精度が必ずしも得られないことが多い。そこでGPを用いた多数決による分類手法を用いて、トレンドデータやほかの金融データを特徴情報として売買シグナルの分類学習を行う。

進化計算の有用性

進化的探索法には、ほかのAI手法や古典的最適化(ORなど)とは異なる以下のような利点がある。

- (1) 集団性：多数の個体が集団で同時に探索する。これは高度の並列化応用に適しており、計算機パワーをフルに利用することができる。
 - (2) 探索可能性：探索空間に関する深い知識(微分可能性や勾配の計算など)を前提としない。
 - (3) 多様性：集団の中にはさまざまな個体がいるので、動的に変化する問題やノイズのある環境への適応に優れており、得られる解の頑強性が高い。
 - (4) そのほか、共進化や棲み分けなど新奇性があり有望な生物学的知見を導入することができる。
- 一般的な探索可能性が高いために、GAやGPを使うには、
- GTPYE(遺伝子型)からPTYPE(表現型)への変換
 - 適合度関数

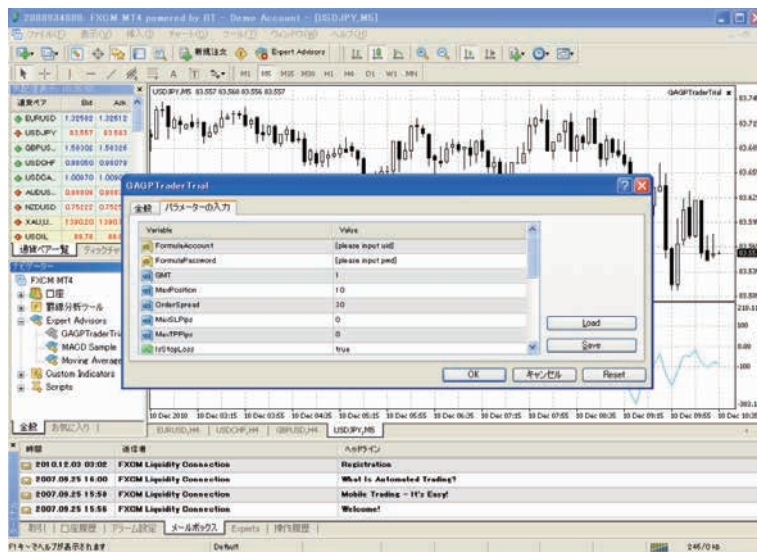


図-4 GAGPTraderの実行画面

・ 遺伝的オペレータ

を決めさえすれば十分である。とりあえず適用するにはそれほど労力を要さない。このため、売買スケジュールや複雑な金融データ構造を探索するのにGAやGPは優れている。そして、適用したあとで必要に応じて改良を行い、性能を向上させていくのが現実的である。また、山登り法やニューラルネットと異なり構造を組み合わせて探索するため、人間が想像できなかった解が得られることもある。これが進化計算を使う1つの醍醐味である。さらに、ニューラルネットや強化学習では逐次的な誤差伝搬や報酬を必要とする。短期的(局所的)結果のみで評価できないことが多い金融分野では、有効な教師信号を与えるのが容易ではない。進化計算では最終的な利益をとりあえず適合度とすれば進化は可能になる。このような利点から進化計算を金融分野のようなりアルタイム性を要求する実应用到に適用する意義は大きいと考えられる。

本稿で述べたような進化計算の金融分野への応用の詳細に関しては文献1), 6) ~ 8) を参照されたい。

参考文献

- 1) 伊庭齊志：金融工学のための遺伝的アルゴリズム，オーム社（2011）。
- 2) マネスクウェア・ジャパン：トラリピGAGPモデル，http://www.m2j.co.jp/sukusuku/torariپی_gagp/1106_02.php

- 3) みずほ証券：遺伝的アルゴリズム診断，http://www.mizuho-sc.com/service/online/genetic_algorithm.html
- 4) 外為どっとコム：外為天気予報，http://www.gaitame.com/gaitame/weather_details.html
- 5) GAGP lab，スマートラムズ：GAGPトレーダ，<http://www.gagplab.com>，<http://www.smartrams.co.jp>
- 6) Brabazon, A. and O'Neill, M. : Biologically Inspired Algorithms for Financial Modelling, *Natural Computing*, Springer-Verlag (2006).
- 7) CastilloTapia, M. G. and Coelho, C. A. C. : Applications of Multi-objective Evolutionary Algorithms in Economics and Finance : A Survey, in *Proc. of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2007)*, pp.532-539 (2007).
- 8) Iba, H. and Aranha, C. C., : Practical Applications of Evolutionary Computation to Financial Engineering : Robust Techniques for Forecasting, Trading and Hedging, ISBN-10 : 3642276474, Springer-Verlag NewYork Inc (2012).
- 9) Vishal, S. and Iba, H. : Multi-Objective Portfolio Optimization and Rebalancing Using Genetic Algorithms with Local Search, in *Proc. of IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2012)* (2012).

(2012年5月14日受付)

伊庭 齊志 (正会員) | iba@iba.t.u-tokyo.ac.jp

1962年生まれ。1985年東京大学理学部情報科学科卒業。1990年同大学院工学系研究科情報工学専攻博士課程修了。工学博士。同年電子技術総合研究所入所。1996年から1997年までスタンフォード大学客員研究員。1998年から東京大学大学院工学系研究科電子情報工学専攻助教授。2004年から同大学院新領域創成科学研究科基盤情報工学専攻教授。2011年から同大学院情報理工学系研究科電子情報工学専攻教授。進化システムおよび人工知能基礎の研究に従事。

Claus Aranha | caranha@cs.tsukuba.ac.jp

1980年生まれ。2002年Campinas州立大学コンピュータ学科(ブラジル)卒業。2010年東京大学大学院新領域創成科学研究科基盤情報工学専攻博士課程修了。科学博士。2010年からリオデジャネイロ国立大学, COPPE工学系(ブラジル)ポスドック研究員。2012年2月から筑波大学システム情報系助教。進化システム, 人工知能基礎およびその応用の研究に従事。