

金融市場における数理モデルの現状 —アルゴリズムトレードについて—

尹 熙元[†]

近年、金融の世界では、アルゴリズムトレードと呼ばれる技術が注目を集めている。この技術は、資金管理等を中心とした従来の金融のコンピュータ技術とは異なり、直接的に収益の獲得を目指す新しい金融計算技術である。本稿では、アルゴリズムトレードの発展の経緯と現状、そして、今後の展望について言及し、当該技術が金融市場の本質を解明する有力な方法論となりうることを提案する。

The Mathematical Modeling in Financial Market - Algorithmic trade -

HIWON YOON[†]

This paper suggest that an algorithmic trade could be methodology in order to un-veal financial market structures. is a guide to produce a draft to be submitted to IPSJ Journal and Transactions and the final camera-ready manuscript of a paper to appear in the Journal/Transactions, using MS-Word template file (.dot). Since the pamphlet itself is produced with the MS-Word template file, it will help you to refer it.

1. はじめに

金融におけるコンピュータの活用は、正確性を必須とする決済業務のシステム化に始まり、顧客とのインターフェイスを必要とする現金自動預け払い機(ATM)、サービス向上を狙った金融機関同士のネットワーク化、セキュリティ対策のためのICチップ内蔵生体認証型ATM等々、その時々最先端コンピュータ技術を活かしながら現在に至っている。こうした金融のシステム開発は、主にお金の受渡しを中心とする決済業務(勘定系システムと呼ぶ)を中心に発展してきた。この勘定系システムとは別の流れが、1980年代から始まった金融工学によるコンピュータの活用である。金融工学では、「資産に対するリスク評価」にグリッド技術等のハイパフォーマンスコンピューティング技術を使い、大規模なモンテカルロシミュレーション等を行っている。

近年、これまでの勘定系システムやリスク管理とは異なるコンピュータ技術の活用が着目され始めている。その技術の1つがアルゴリズムトレードと呼ばれる技術であり、資産(株式、債券、為替等)をコンピュータによって自動的に売買させる仕組みの総称として認識されている。アルゴリズムトレードは、これまでの勘定系システムのようなバックオフィス業務(お金の決済等の事務処理的な業務)や保有資産のリスク評価

を行う業務(ミドルオフィス業務と呼ぶ)ではなく、収益に直接的に関わるフロントオフィス業務(営業やトレーディング等の業務)に関わる技術である。この技術は収益に直結するが故に、バックオフィス業務の基本指針であった正確性や業務効率性を目的とするシステム設計とは思想が異なる。また、時間をかけて行う大規模なリスク計算(ミドルオフィス業務)とも異なり、絶えず変動する金融市場データを素早く処理する迅速性やリスクの本質を踏まえた分析を目指す新たな計算技術である。

本稿では、アルゴリズムトレードの現状を記し、現場での問題点およびその解決法について論じる。

2. アルゴリズムトレードの本質

アルゴリズムトレードは現在、確立された技術ではなく、定義についても様々である。そこで、整理のために著者の視点によるアルゴリズムトレードの定義を確認し、そのタイプについて記す。

2.1 アルゴリズムトレードの定義

アルゴリズムトレードを、「アルゴリズム(プログラム)によるトレード(注文を市場に出すこと)」と考えてしまうと、単なる時刻指定注文をコンピュータプログラムによって執行させたものはすべてアルゴリズムトレードになってしまう。また、「数理的な分析による自動執行の仕組み」としてアルゴリズムトレードを定義すると、「数理的な分析」のレベルが不明瞭となり、結局、抽象的な捉え方しかできないことになる。

1 (株)シーエムディーラボ
CMD Laboratory Inc.

実際のところ、アルゴリズムトレードの定義は「アルゴリズムとは何か」というコンピュータサイエンスの本質に関連する。アルゴリズムという言葉は、コンピュータが考案される遙か昔の9世紀に活躍した数学者アルクワズミ (Al-khwarizmi) に由来するが、今日のコンピュータプログラムに近い概念に結びつけたのは20世紀の数学者チューリングである。アルゴリズムトレードに含まれているアルゴリズムという概念は、今日のアルゴリズムの定義である「問題解決のための有限回の計算手順(チューリングによる定義)よりも、もっと広い本来の概念である「問題を解くための手続き(アルクワズミの概念)」として捉える必要がある。すなわち、チューリングは計算機で解くことができない問題(非可解な問題)をアルゴリズムが存在しない問題と声明したが、アルゴリズムトレードに含まれるアルゴリズムの概念は、むしろチューリングが指摘した非可解な問題に関連する。それは、アルゴリズムトレードが金融市場に対して行う決められた手続きではあるものの、その結果として得られる取引価格の善し悪しは必ずしも明確ではなく、取引結果の善し悪しは市場の状態(環境)に大きく左右される。従って、厳密に定義された有限回の計算手順(チューリングが言うところのアルゴリズム)を駆使しても、ユーザが望む結果に至るとは限らないのである。

2.2 アルゴリズムトレードの分類

現場には様々なタイプのアルゴリズムトレードが存在する。その分類を考えると、タイプ分けの尺度として「目的による分類」と「性質としての分類」の2つの分類が存在する。

目的による分類とは、アルゴリズムトレードを「執行業務の効率向上」のために活用するのか、「収益を狙う」ために活用するものか、という分類である。これは、誤差を意識する工学的見地に基づくものか、市場の本質的な歪みを発見する学理的見地に基づくものか、ということに対応する。

性質による分類とは、予め計画された通りに動作するものか、それとも直前の市場の動きを考慮して逐次、計算を行うものか、によって分類されるものである。これは力学的視点で考えれば、定常状態に対する分析から作られたものなのか、非定常状態を考慮した分析をベースとしたものか、ということに対応する。

これらの分類によって、アルゴリズムトレードの現状を整理したものが表1である。静的なアルゴリズムトレードによって収益を狙うことができるかどうかは、経済学で議論されている効率的市場仮説[1]と密接な関係がある。

表1 アルゴリズムトレードの分類

Table Classification of Algorithmic trades

	静的 (予め計画策定)	動的 (市場変化に対応)
執行 (業務効率)	実用稼働	試験中
投資 (収益獲得)	実現化は不明 (効率的市場仮説)	試験中

3. アルゴリズムトレードの現状

3.1 現場での問題点

金融市場に関する業務を主要な業務とする証券会社は、アルゴリズムトレードの実用に向けて積極的な取り組みを行っている。ところが、現状ではアルゴリズムトレードを評価する方法論が確立されていないため、アルゴリズムの内容を評価せず、単発的なシミュレーションの結果によってアルゴリズムトレードの善し悪しを判断している。市場環境が大きく影響するアルゴリズムトレードの性質を考えると、この状況はリスクを把握せずに売買していることを意味している。

アルゴリズムトレードを評価することが困難な理由は2点ある。1つは、市場での売買(トレード)を評価する基本的な技術が確立されていないためである。すなわち、結果論でしか市場売買を評価していないというのが現状である。2つ目の理由は、アルゴリズムを評価する技術が確立されていないためである。2.1節に記した通り、チューリングが言うところのアルゴリズムの定義よりも広い意味でのアルゴリズムを評価する技術が求められている。

3.2 アルゴリズムトレード評価手法の概要

アルゴリズムトレードを評価する際には、そのアルゴリズムの内容が既知であるか、否か、はそれほど重要ではない。それは、2.1節に記した通り、市場環境の影響によって、ユーザ自身が目的とする結果を得ることが不確実なためである。むしろ、本稿で示す評価法によって、アルゴリズムトレードの、アルゴリズムとして記述されない本質的な部分が明らかとなる。

アルゴリズムトレード評価手法の基本的な考え方は、過去データにおいてアルゴリズムトレードのロジックを使ったバックテストシミュレーションを行うことである。しかしながら、単発的なバックテストシミュレーションでは、金融市場のトレンド等の影響を受けてしまうため、アルゴリズムトレードロジック自身の効果と市場環境の影響を判別することができない。従って、市場環境の影響とアルゴリズムトレードロジック

の性能を切り離すために、ランダムなサンプル期間を多数選択して、多数回のシミュレーションを実行し、その統計結果を集計して知見を得る方法が有力である。この方法は、現在、金融機関の管理業務で行われているモンテカルロシミュレーションによるリスク評価法と類似するものである。

3.3 アルゴリズムトレードの評価事例

本節では、3つのアルゴリズムトレードロジックを用いて、具体的な評価手法の手順を記す。ここで用いるアルゴリズムトレードは、表1における静的な収益獲得に属するものである。各アルゴリズムトレードロジックは、内容は開示されていないが、過去の市場データに照らし合せて、売買期間、対象とする売買資産（例えば、東京証券取引所1部に上場されている株式）、そして、アルゴリズムトレードロジック固有のパラメータ（損切り率等）の変更が自由にできる売買シミュレーション環境に適用できるものとする。シミュレーション手順は以下の通りである。

(1) シミュレーション条件の設定

本シミュレーションでは、シミュレーション対象期間を1997年1月6日から2006年12月29日（母集団期間）、アルゴリズムトレード売買検査期間を20日（標本期間）、売買対象資産を東証証券取引所1部上場の時価総額上位500銘柄とする。各アルゴリズムトレードロジックは、目標収益率、損切り率等の内部パラメータを持つが、シミュレーション時に外部からの設定は行わない。

(2) 2つのタイプのシミュレーション

比較のために、従来型シミュレーションと、本稿が提案するシミュレーションの2つのタイプを実行する。

従来型シミュレーションとは、シミュレーション対象期間のすべてに対して、過去のデータに照らし合せて仮想売買を実行するものである。この際に、売買検査期間は重複して行う。即ち、1997年1月6日からの20日間に対して1回のシミュレーションを実行し、1月7日から20日間に対しても同様のシミュレーションを実行する。これは、アルゴリズムトレードが1日で簡潔するのではなく、複数日にまたがって実行されるため、起点日が異なると異なるシミュレーションをもたらすため、すべての可能性についてのシミュレーションを実行するためである。

本稿が提案するシミュレーションは、シミュレーション抽出対象期間からランダムに100セットの標本期間を抽出し、この100セットの標本に対して過去のデータに照らし合せて仮想売買を実行する。そして、この100セットの標本抽出を、100回繰り返し実行する。

(3) シミュレーション結果（従来型評価）

母集団となる全期間に対して3つのアルゴリズムトレードによる平均収益率と収益率標準偏差を表2に、収益率分布を図1に示す。

図1が示す3つに色分けされた全期間収益率分布からは、各アルゴリズムトレードロジックの間で顕著な違いは見られない。この状況は、アルゴリズムの内容に関わらず、この3つは同様な結果をもたらすものと推定される。

当該アルゴリズムトレードを、表2に示した従来の金融工学的評価であるシャープレシオ[2]で診れば、図1の青ヒストグラムで示されるアルゴBが1番良く、次いで黄ヒストグラムで示されるアルゴC、そして、赤ヒストグラムのアルゴAの順となる。

表2 シミュレーション結果（全期間）

Table 2 Simulation Results for all sampling period

	平均 収益率	収益率 標準偏差	シャープ レシオ
アルゴA(赤)	2.17%	5.40%	0.401
アルゴB(青)	3.66%	7.24%	0.506
アルゴC(黄)	2.72%	5.61%	0.485

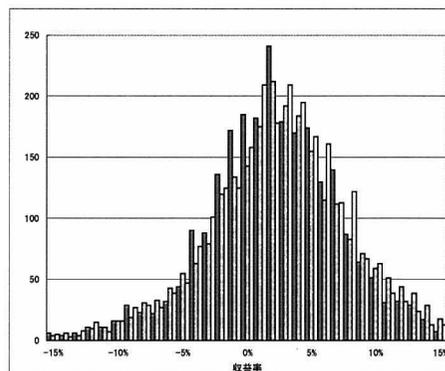


図1 シミュレーション結果（平均収益率分布）

Figure 1 Distribution of Average Return

(4) シミュレーション結果（標本抽出）

3つのアルゴリズムトレードロジックについて、シミュレーションの結果である標本平均分布を図2から図4に、標本分散の分布を図5から図7に示す。なお、図1と、図2から図7に示されるヒストグラムの色は同じアルゴリズムトレードに対応している。

図2から図4に示される標本平均分布を診ると、各アルゴリズムトレードの違いが顕著に現れる。各図の

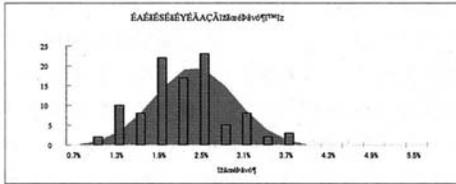


図2 アルゴ A の標本平均分布
Figure 2 Distribution of Average Return for Algo-A

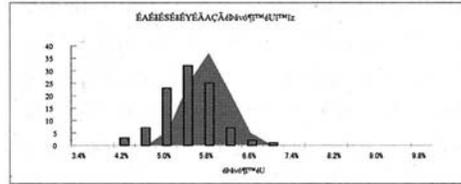


図5 アルゴ A の標本標準偏差分布
Figure 5 Distribution of STD for Algo-A

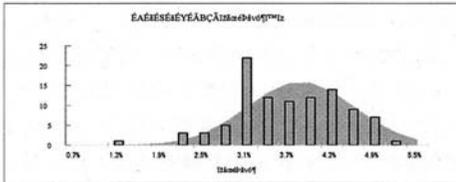


図3 アルゴ B の標本平均分布
Figure 3 Distribution of Average Return for Algo-B

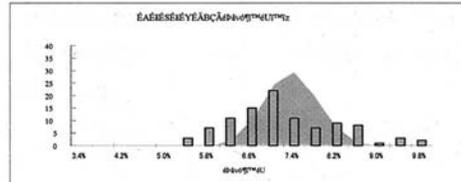


図6 アルゴ B の標本標準偏差分布
Figure 6 Distribution of STD for Algo-B

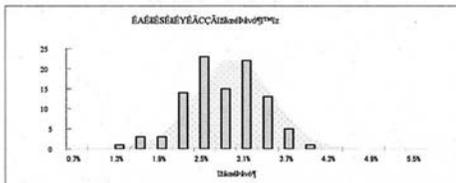


図4 アルゴ C の標本平均分布
Figure 4 Distribution of Average Return for Algo-C

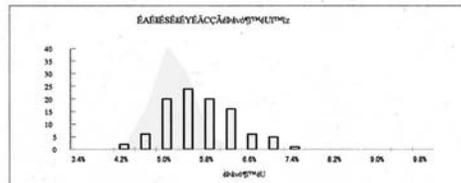


図7 アルゴ C の標本標準偏差分布
Figure 7 Distribution of STD for Algo-C

ヒストグラムの背景にある連続分布は、標本平均と標本標準偏差を元にしたガウス分布である。この3つの分布を比較すると、従来型評価で1番良好であったアルゴB（青ヒストグラム）のばらつきが顕著であり、アルゴリズムとして安定していないことを示している。

また、図5から図7の標本分散の分布からも、アルゴBの標本分散の広がり顕著であり、安定していないことを示している。図5から図7の背景にある連続分布は、各標本分散から算出したカイ自乗分布である。

(5) シミュレーション結果に対する評価

今回のシミュレーション結果は、前々項(3)に記した従来型の金融工学的評価と前項(4)に記した本稿が提案する評価法では、大きく異なる評価となった。これは、従来型の金融工学的評価が、アルゴリズムトレードが生み出す一面しか定量化できないことに起因する。また、従来型のシミュレーションでは、市場のトレンドの影響が直接的に及ぶが、本提案のシミュレーションでは、市場トレンドの影響がランダム抽出することによって緩和されることになる。

4. おわりに

アルゴリズムトレードは、金融市場という動的な系（ダイナミックシステム）において、これまで人間が行ってきた抽象的な情報処理を具現化するための方法論である。そして、さらには、市場のダイナミクスの本質を解明するための計量技術にもなりうる。その効用は、金融分野のみならず、広く、非定常、非線形、非平衡系の解析に知見を与える可能性がある。

謝辞 本稿作成にご協力頂いた株式会社トレードサイエンス社に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 西川俊作, 浅子和美, 池尾和人, 大村敬一, 須田美矢子, 経済学とファイナンス, 東洋経済新報社, pp.211, (1995).
- 2) 浅野幸弘, 宮脇卓, 資産運用の理論と実践, 中央経済社, pp.199, (1999).