

# IFTA サンフランシスコ大会 発表論文

## 「アルゴリズム・トレード世界における テクニカル分析の新しい方向性」

(株) シーエムディーラボ CEO  
尹 熙元

### 1. はじめに

アルゴリズム・トレードが最近の金融市場に多大な影響を及ぼしています。しかしながら、大きな影響を及ぼしていることは理解していても、「どのような影響を及ぼしているか」について、定量的な論説はあまりありません。この背景には、アルゴリズム・トレードについて分析や調査を行う場合には日中データ (Tick データや板データ等) の活用が必須であり、それらのデータがビックデータとなるが故に困難であるという事実があります。また、アルゴリズムという金融市場の分析においては聞き慣れない言葉の定義が曖昧であり、特に、HTF (High Frequency Trade) と呼ばれる高速売買とアルゴリズム・トレードの混同が、アルゴリズム・トレードに対する本質的な理解を阻害しています。

本論文では、日本の株式市場に焦点を当て、(1)「アルゴリズム・トレードとは？」という疑問に答えながら、アルゴリズム

ム・トレードと HFT の違いを明確に説明します。次に、(2) アルゴリズム・トレードを活かすための分析手法として、板 (注文表) 分析を紹介します。そして、(3) アルゴリズム・トレードの活用事例 (シミュレーションの一例) を示しながら、テクニカル分析の新しい方向性について論じます。

### 2. アルゴリズム・トレードとは？

#### 2-1. アルゴリズム・トレードを取り巻く市場環境

1985 年以降、株式市場には様々なイベントがありました (図 1)。その中でも 2010 年 1 月 4 日に東京証券取引所が導入した arrowhead というシステムは、それまでの秒単位の取引をおよそ 1000 倍に高速化してミリ秒 (1000 分の一秒) 単位の取引を実現し、日本での HFT 世界の本格的な幕開けをもたらしました。

この高速売買 (HFT 世界) の環境は、人間の目では値動き

や注文を正確に把握することを困難にします。それは、市場の情報が投資家のもとに届く時間内に、すでに次の取引や注文が入っている可能性があるためです (図 2)。すなわち、これまでの板を見ながらの売買は、正しい情報ではない「過去の板」に対して売買をする可能性があるのです。この困難な状況に対して必要となる技術がアルゴリズム・トレードです。

#### 2-2. アルゴリズム・トレードと HFT の関係

HFT 世界ではアルゴリズム・トレードを活用することが必須と考えられますが、その一方で、アルゴリズム・トレードが HFT のような高速売買を必ず実行する訳ではありません。アルゴリズムとは『計算の手順』を意味する言葉で、必ずしも高速な売買を意味する言葉ではないのです。

過去のイベントを事例として考えてみます。1987 年 10 月 19 日に発生したニューヨーク株式市場の大暴落 (ブラックマンデー) はポートフォリオ・イ



ンシュアランスというヘッジ手法が、下落を加速し大暴落を発生させた原因とされています。そのヘッジ手法自身は計算手順ですので、アルゴリズムということになります。しかしながら、1987年当時のコンピューター売買は最近のHFTというレベルのものではありません。ブラックマンデーは、確かにアルゴリズムが下げを加速した側面はありますが、HFT（高速売買）とは関係がありません。それは事前に分析してあったヘッジ手段が、ほとんどの投資家で同じであったこと、すなわち、同じアルゴリズムを使っていた

ことが暴落の原因となったのです（アルゴリズムが悪いではなく、他人と同じ行動をとった投資家が悪いのです）。

### 2-3. アルゴリズム・トレードとHFTに対する誤解

2013年5月23日、日経平均株価は前日比1143.28円下落し、過去10番目に大きな下落率を記録しました。翌日の新聞には、この下落がHFTによるものとの観測記事が掲載されました（図3）。本論文には記載しませんが、Tickデータ（個々の約定データや注文データ）を分析すると連続的な高速売り注文が下げを加速したとい

うよりも、むしろHFTが下げを緩和する注文を出している場面が観測されます。すなわち、この下落は、それまでのテクニカル指標にみられた過剰な過熱感を認識した投資家からの売り注文が殺到したものと思われます。大きな下落の原因を、よくわからないが故にアルゴリズム・トレードやHFTに押し付ける見方は正しい分析とは思えません。

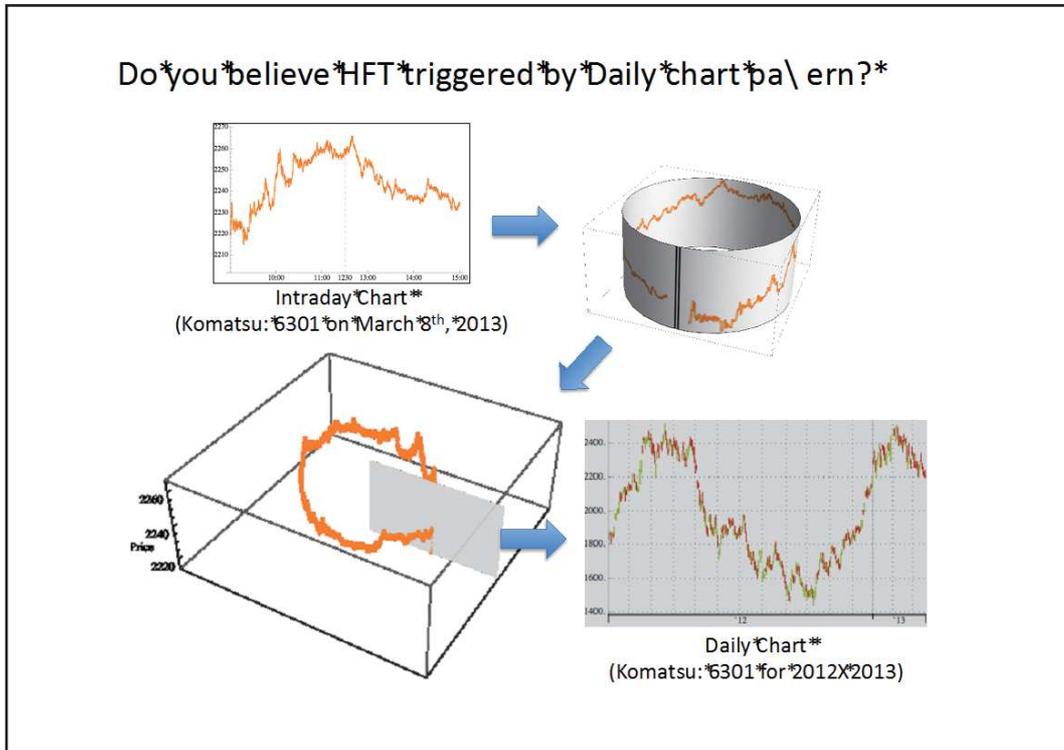
### 2-4. アルゴリズム・トレードのための日中分析

これまでのテクニカル分析では、日次、週次、月次、年次でのチャートが用いられています

図3 HFTが市場を急落させたのか？



図4 日次チャートと日中チャートの関係



が、日中変動のチャートはこれらのチャートとは見ている断面が異なるため、違った統計性を示します（具体的には、日中変動はランダム性が異なるのですが、本論文では言及しません）。図4に示す通り、日中の動きが1周して同じ断面に記録されるものが日次チャート、5周して同じ断面に記録されるものが週次チャート、そして1ヶ月の周回が月次チャート、1年の周回が年次チャートです。従来のチャートは同じ断面を周回数の違いで見ているものですが、日中チャートはこの断面ではない側面を見ていることとなります。1分足チャートや5分足チャートは日次や週次の

チャートと異なる特性を示すことがあります。それは見ている側面が違うことが主因です。

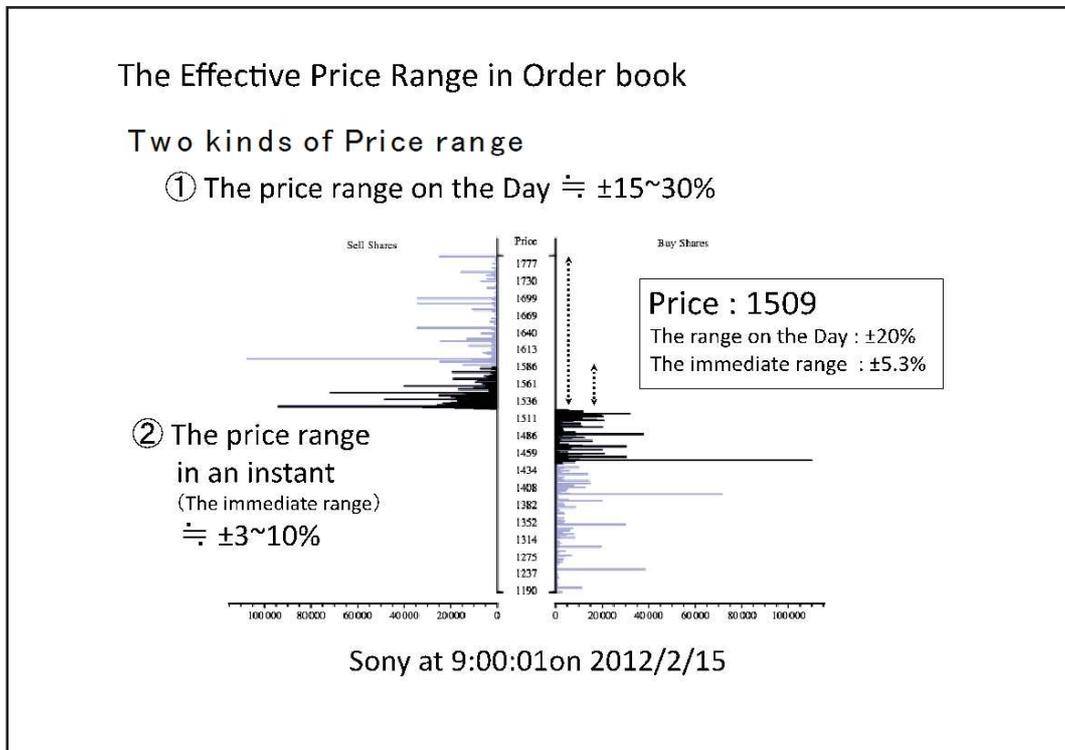
アルゴリズム・トレードは、市場への注文を執行する手段として活用ものであり（執行手段でないアルゴリズム・トレードは投資戦略と呼ばれることが多い）、日中変動に対する分析が必須となります。日中変動の分析には、値動きや出来高の分析に加えて、板の分析という新しい分野があります。次章では板分析を通してアルゴリズム・トレードの本質を論じます。

### 3. 板分析

#### 3-1. 板の説明と板分析に意味

日本の株式市場では、前日の価格に対して注文を出せる価格帯が決められています。例えば1500円の株価に対して出せる注文は1100円から1900円の範囲です。また、即座に取引が執行される範囲についても、直前の取引価格から決められた範囲内となり、1500円の株価に対しては1420円から1580円が即時約定可能レンジとなります。すなわち、1500円の株価は、1日に26.7%の範囲（に注文が出せる）を上下し、瞬時に5.3%のジャンプをすることがあり得ることになります。

図5 板の有効範囲



す。図5には事例として2012年2月15日午前9時0分1秒のソニーの板を示しました。右側に買い注文、左側に売り注文、色の濃い部分が即時約定可能レンジを示しています。

板分析において重要な事は、「板が『現在の需給関係を直接的に示している訳ではなく、これから発注される注文をどれくらい受け止められるか』という状態を示している」という事実を理解する事です。

### 3-2. 板の直観的に捉えるインパクト曲線

板が「どれくらいの注文を受け止められるか」は、これから入るであろう「注文数量に対して、どれくらい株価が変化する

か」を計る事で定量化できます。これをインパクトと呼びます。インパクトは、図5に示した売り注文を価格毎に累積したグラフ(図6の中央部上のグラフ)の縦軸と横軸を入れ替える事で示すことができます(図6右下グラフ)。このグラフは、横軸に株数、縦軸にその株数を成行きで執行するとどこまで価格が上がるかを示しています。すなわち、「買い注文株数によって株価がどこまで瞬時に変化するか」を示しているの、買いインパクト曲線ということになります。

### 3-3. 東証マーケット・インパクト・ビュー (ベータ版)

東京証券取引所は、投資家

からの「高速な板変化によって、板を見る事ができない」という問合せに応える試みとして、2011年12月から2013年12月まで、「東証マーケット・インパクト・ビュー (以下、TMIV)」というテスト・サイトをインターネット上に公開しました(図7)。当該サイトは板のインパクト状態を、5秒毎に、売り方と買い方でのそれぞれについて示すリアルタイムサービスでした。この5秒更新は人間の目で確認するためには十分な時間間隔であり、この5秒毎のデータを使っても、収益機会が見出せることをレポート等で公開していました(現在、テスト・サイトは終了して

図6 板の可視化（インパクト曲線）

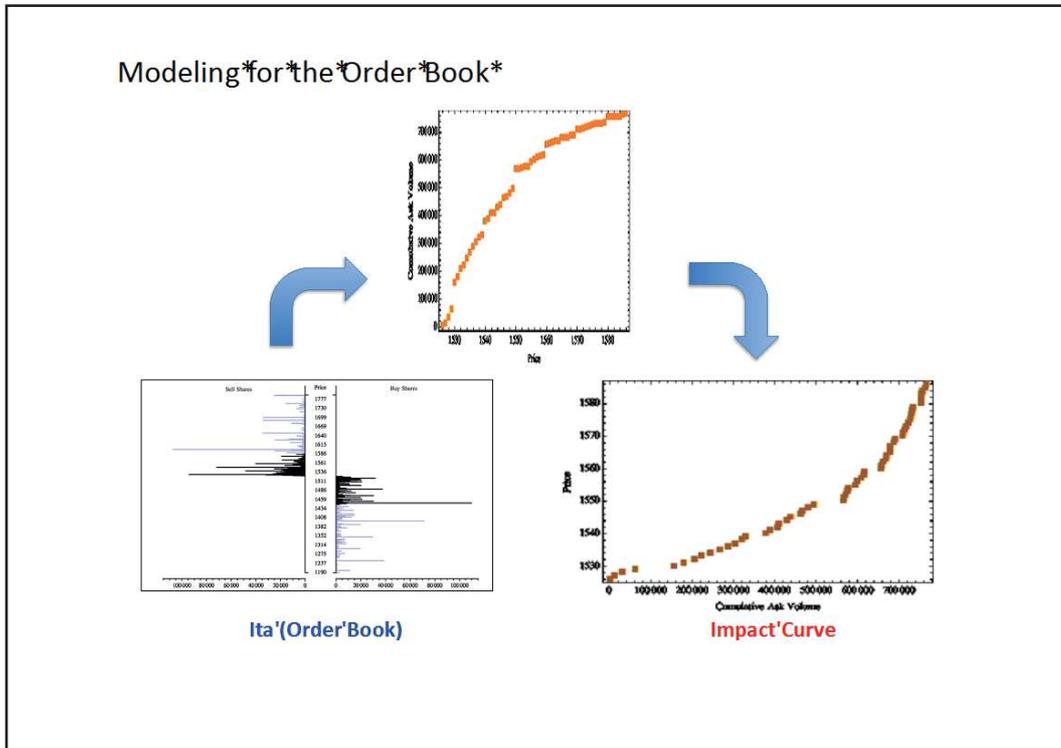
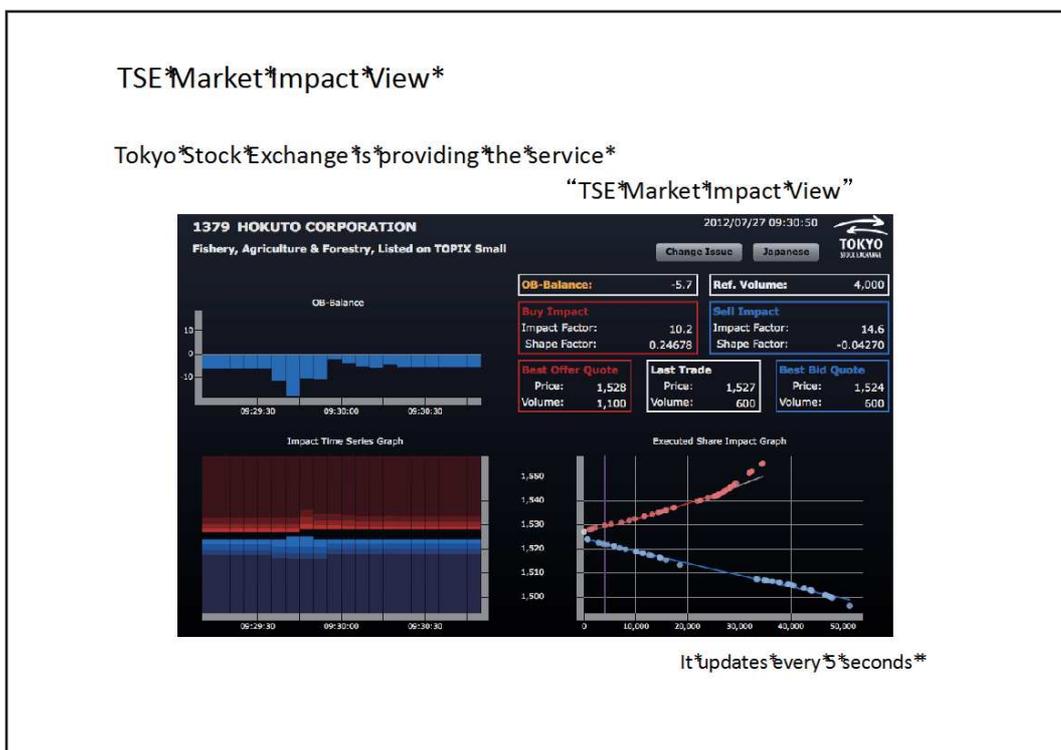


図7 インパクト・リアルタイム情報（東証インパクト・ビュー）



います)。

### 3-4. TMIV が提供していた基礎株数

TMIV では、いくつかの有効なデータがダウンロードできる形態で提供されていました。その中の1つのデータが基礎株数と呼ばれるものです。基礎株数は、即時約定可能レンジ(先の事例である1500円の株価の場合は上下5.3%)に存在している注文株数の10%を、一日を通して平均したものです。すなわち、本当に売買したい注文株数の大きさを示す数値です。

この基礎株数を、日次ベースで分析すると自己相関が見られ

ます。自己相関が見られるということは、前日に大きな注文が板に出されていると、当日も大きな注文が出される可能性が高いということを意味します。図8には、出来高の自己相関(図8左グラフ)と注文株数の自己相関(図8右グラフ)が示されています。この2つのグラフを比較すると、出来高では自己相関があまり見られない一方で、注文株数には強い自己相関が見られる事がわかります。すなわち、前日に大商いになっても当日に大商いになるかはわからないが、前日に注文が多ければ当日も多い可能性が高

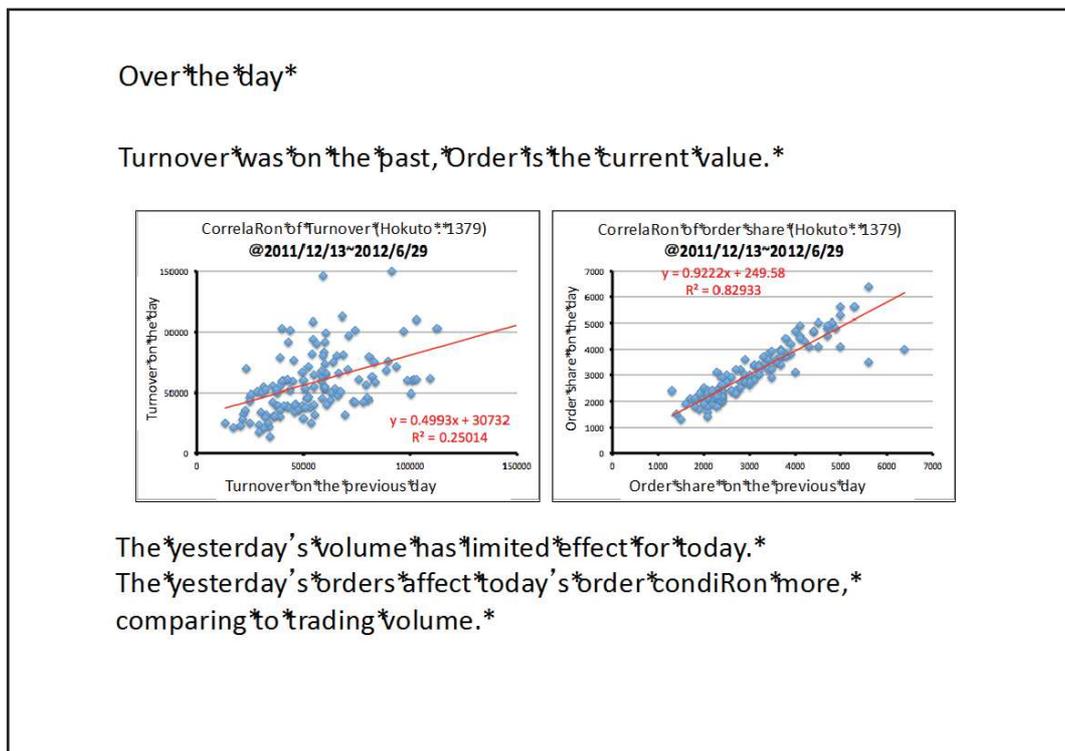
いということを示唆しています。注文株数を分析することは価格や出来高の分析以上に、将来に対する影響を見出せる可能性が高いということです。

## 4. アルゴリズム・トレードの活用を考える

### 4-1. 投資に活かすためのデータ分析

注文株数の多少が次の日まで影響する可能性が高かったとしても、価格変化への影響がわからなければ投資にはあまり役に立ちません。そこで、板情報とその後の価格変動に関する様々

図8 板の性質 (記憶効果)



な分析を行った中で、相対的に有意な結果となった事例を1つ紹介します。

一般的に、板に示されている買い注文が多い時に株価が上昇する、もしくは、売り注文が多い時に株価が下落するということは、統計的な分析結果は見る限りあまり有意ではありません。分析をより詳細に行うと、「注文数量の変化の方が、その後の株価変動に影響を及ぼす」事例が、相対的に多く見られました。すなわち、板はその瞬間の数量（厚み）よりも変化の方がより重要であるということです。

#### 4-2. 板情報を使った売買シミュレーション手法

注文数量の変化を捉えるためには板全体（少なくとも即時約定可能レンジ）を定量化する必要があります。そこで、前章3.2に記したインパクト曲線と3.4に記した基礎株数のデータを活用して、売買サインの算出を考えます。以下に具体的な算出手順を記します。

基礎株数に対して、買いインパクトと売りインパクトの数値を算出する。

買いインパクト値と売りインパクト値の比率を板バランスと定義する。

閾値レンジを設定する（この値は銘柄毎に異なる値であ

り、7.0～9.0のように設定します）。

板バランスの変化が、2回連続で同じ符号（プラスが2回、もしくは、マイナスが2回）となり、かつ、2回目の変化量がある閾値レンジになった次のタイミングを売買サインとします（ここで次のタイミングとするのは、実際の売買を想定するため）。通常、プラスが2回続いた場合が買いサイン、マイナスが2回続いた場合が売りサインとなりますが、板の性質は銘柄毎に異なるため、注意が必要です。

上記の手順はアルゴリズムであり、これを売買として実現することがアルゴリズム・トレー

図9 板バランスによる売買サイン事例

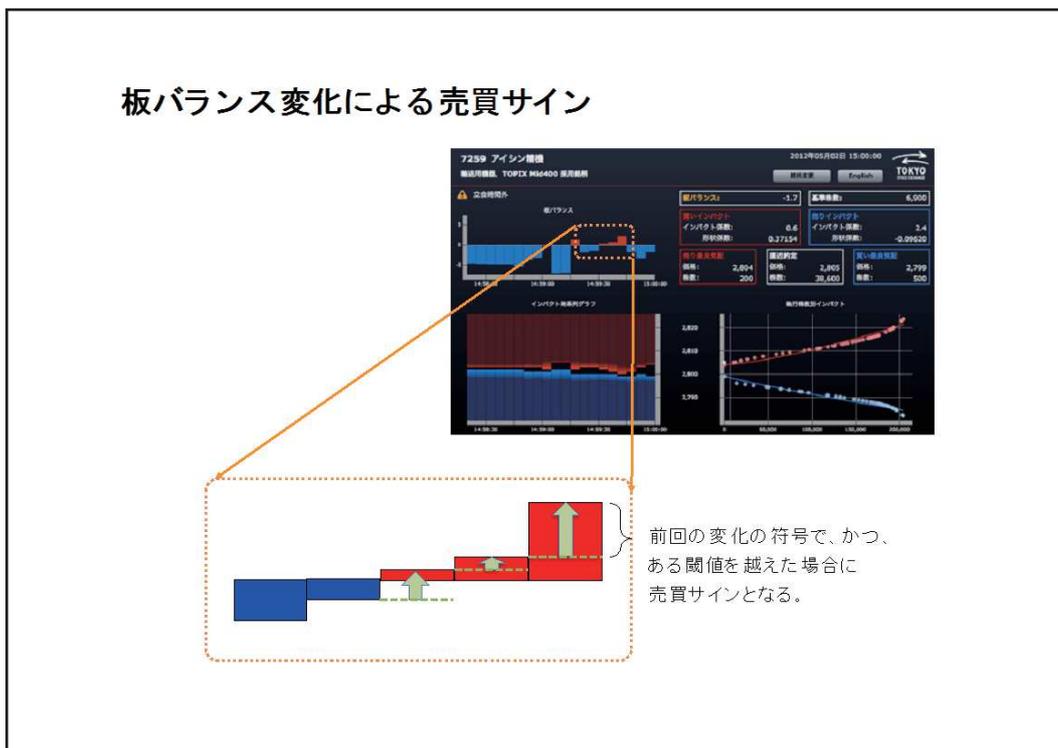
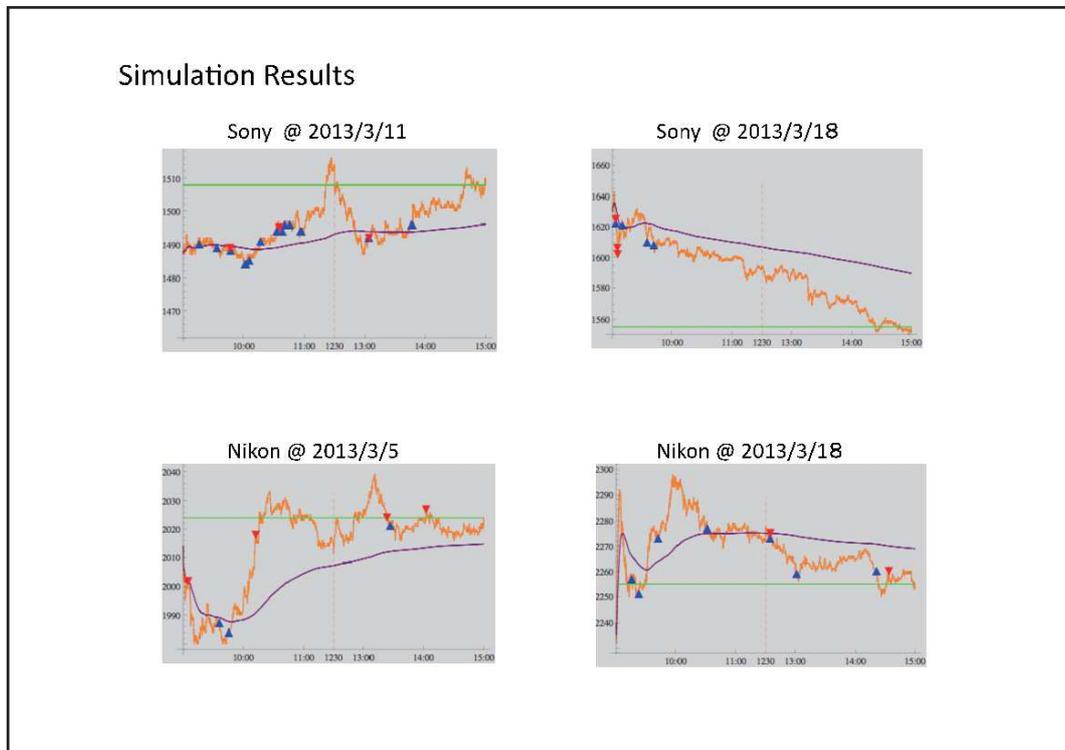


図 10 売買シミュレーション結果事例



ドを実装することに他なりません (図 9)。

この手順 (アルゴリズム・トレード) を、過去のデータを使って、日中のどのような局面で売買サインを発したかを示したものが図 10 になります。図 10 は 2013 年 3 月 11 日と 3 月 18 日のソニー、2013 年 3 月 5 日と 3 月 18 日のニコン、の日中変動と売買サインです。青い三角は板バランスが 2 回連続でプラスとなり、二回目に閾値レンジとなった次のタイミング (5 秒後)、赤い三角は板バランスが 2 回連続でマイナスとなり、二回目に閾値レンジとなった次のタイミング (5 秒後) の事例です。このときの閾値

レンジは、ソニーで 11 ~ 12、ニコンで 7~8 です (事前の最適化計算によってこれらの値を算出しました。最適値は相場環境によっても変化しますので、注意が必要です)。

すべての売買サインが有効という訳ではありませんが、日中のトレンドが出始めるきっかけやトレンドが止まる節目にサインが散見されます。これは、注文の入り方が値動きに影響を及ぼしている事象を示すものです。すなわち、図 10 は、注文の入り方を捉まえるアルゴリズム・トレードの事例を示すものなのです。

#### 4-3. 新しい方向性を示す板情報に対する分析

アルゴリズム・トレードにはいろいろなタイプが存在します。その中でも本論文に示したような「本質的な板情報を活用するもの」はあまり存在しません (最良気配情報を参考とするアルゴリズム・トレードは数多く存在しますが、それは板情報の上辺にしか過ぎません)。それは、データが膨大になり分析が困難であるという理由もありますが、これまでの分析スタイルとは全く異なる視点が板分析には要求されるためです。すなわち、これまでのテクニカル分析では、値動きと出来高を主な分析対象として、全体からの俯

瞰的な視点で相場を分析してきました。それに対して板情報の分析は、ミクロからの積上げの視点で相場を分析することになります。これは全く逆方向からの分析を意味します。しかしながら、この積上げの逆の視点による分析であっても、それらはファンダメンタルズ情報ではなく相場の数値情報であり、その点を考えると板分析はテクニカル分析が取り扱うべき範疇なのです。まさに、アルゴリズム・トレードを支える分析は、新しい方向性からのテクニカル分析に他ならないのです。

## 5. まとめ

これまでのテクニカル分析は、過去の値動きを分析することによって将来の値動きの可能性を分析する試みでした。それ

に対して、板情報は、その時点での現在情報であり、その現在情報が将来にどのような影響を及ぼすかを分析することが板分析です。現在までのところ、一部のヘッジファンドを除いて、ほとんどの投資家は板分析を取り入れていません。板分析を行っていない理由は様々ですが、まだ、研究の段階であるという見方が正しい解釈かもしれません。実は、この研究途上にある技術を、実務に役立てる技術がアルゴリズム・トレードということになります。そのためアルゴリズム・トレードは更なる研究を重ね発展していくこと

が見込まれます。

このようなアルゴリズムの発展を含めた近年のIT技術の発展は、金融の世界に、効率化を通り越した世界（人間の認識力を凌駕する世界）であるHFTという世界を創り出しました。まだ、誰も経験していない「情報を認識できない世界での売買執行を強いられる世界」において、新しい枠組みの分析手法を整備することが急務です。その一助を担うのは、数値情報に対する分析を長年培って来たテクニカル分析であり、今後のテクニカル分析の責務がそこにあると思われます。

### (プロフィール)

#### 尹 熙元 (ゆんひうおん) (株) シーエムディーラボ CEO

<経歴>

慶応義塾大学卒、1989年よりソロモンブラザーズ証券勤務。日本株式、アジア株式のトレーディング業務に従事。2002年高額博士号取得後、株式市場為替市場の研究と分析システムの開発。日本テクニカルアナリスト協会会員(CMTA®)。2007年(株)シーエムディーラボを設立、代表取締役就任、現在に至る。