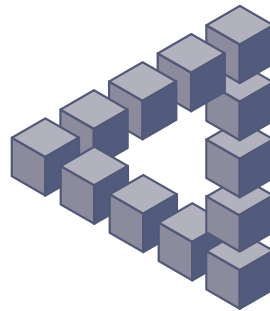




KURENAI NO SYSTEM
<http://kurenainosystem.jp/>

【DRAFT】



KURENAI FX

アルゴリズム取引
デジタル信号処理技術を分析に応用し
完全な自動売買システムを構築しま
す。

テクニカル分析と言えば聞こえがいいが、いずれも用いられ方が曖昧で作為的です。

相場の動きを類型化して規則性を見出すのではなく、デジタル信号処理技術そのものを分析に応用します。



目次

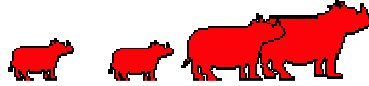
- 近代デジタル信号処理技術で相場を攻略する -----
- サイクル分析 -----
 - 重ね合せの原理 -----
 - ウェーブレット変換を用いた多重解像度解析によるサイクル分析-----
 - ヒルベルト変換による位相解析 -----
- トレンド分析 -----
 - 観測できない確率を計算する -----
 - 線形回帰 -----
 - 「トレンドが有意に継続する」と仮定する-----
 - ベイズ線形回帰分析 -----
 - Bayesian treed Gaussian process models-----
 - マルチフラクタル分析 -----
- 時系列解析 -----
 - 時系列モデルによる将来の予測 -----
 - 使用例① 変動の方向を予測する -----
 - 使用例② 変動の大きさを予測する-----
- 損益分岐点（勝率）・ポジションサイジング・破産確率-----
- 完全自動売買システム -----
 - トレーディングのルール -----
 - 全自動売買システムの構築 -----
- 最後に -----

近代デジタル信号処理技術で相場を攻略する

- ・トレンドを予測することはできないが、
形成されたトレンドが継続することは期待できる。
- ・現時の場のエネルギーは保存されており、
周期変動は短期的に持続する。

投資家は本質的な価値を判断しようと試みるが、個々の合理的な行動が全体として見たとき、市場に与える影響が正常かどうかは別問題である。とくにディーラーの行動は互いに他のディーラーを見ながら行動するので相関が強く、特定の方向にひっぱられる動きを示すことが多い。つまり極端な価格のつきやすい「不均衡状態」が起りやすいと考えます。

相場は直前の事象に影響を受けており、直後の変動はランダムではない。つまり相場を「予想する」のではなく、事前情報を分析し、投資行為を「計画する」ことが最も重要であると考えます。



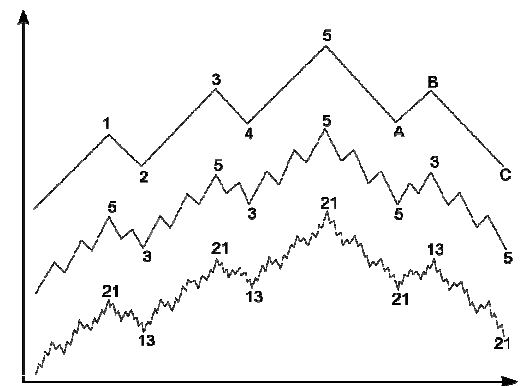
【サイクル分析】

波動分析のパイオニアであるチャールズ・ダウ（ダウ平均株価の考案者）は、ダウ理論で波動には3つのサイクルがあるとした。

さらに波動理論を進化させたのが、ラルフ・ネルソン・エリオットです。彼は、波動を構成する要素は

- ①波動の「パターン」、
- ②波動相互の「比率」、
- ③波動が要する「時間」の3つであると考え、比率から相場の反転時点や目標価格の推定を行いました。

エリオット波動をグラフにしたもの



波動分析は、相場の動きを波動として類型化し、規則性を見出そうとするところに発想の原点があります。

しかしながら、相場の動きかたには無限大のケースが考えられ、さらに用いられ方が曖昧で作為的です。

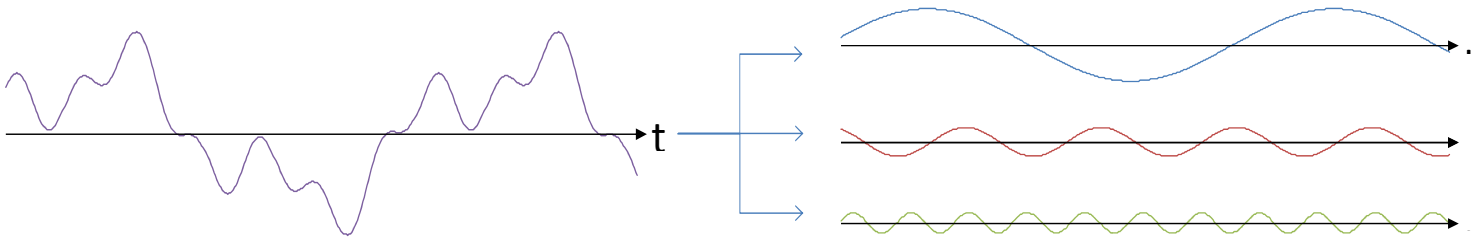
重要なことは、大きなサイクルの中には小さなサイクルがあり、その中にはさらに小さなサイクルがあるということです。

相場は山と谷の繰り返しである。それらの位置、比率、時間の関係が、相場が大勢的に上昇なのか下降なのかを判断する有力な材料の一つとなります。



●重ね合せの原理

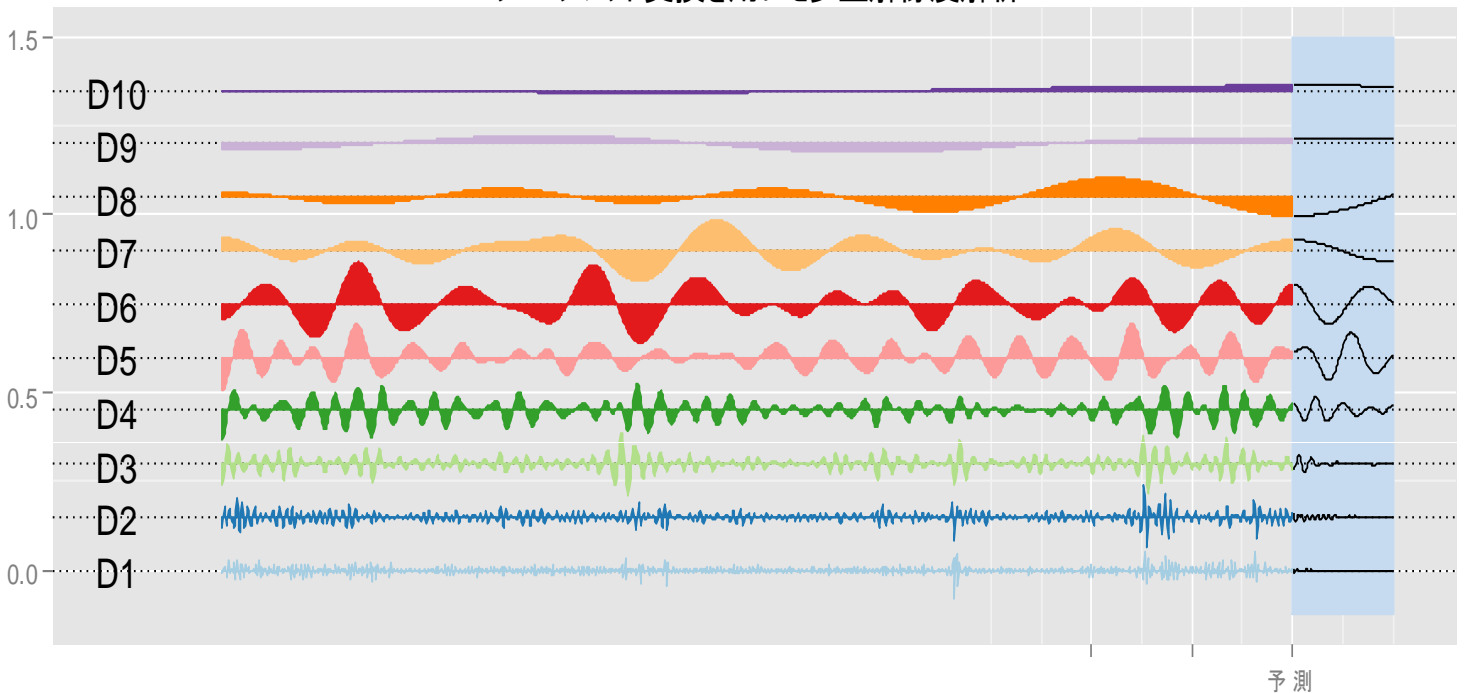
ほとんどすべての波動（周期関数）は、整数分の1の周期をもつ正弦波の重ね合せにより表現できる。



$$f(x) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos \frac{n\pi x}{L} + b_n \sin \frac{n\pi x}{L} \right)$$

$$a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt, a_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(x) \cos n\pi t dt, b_n = \frac{1}{T} \int_0^T f(x) \sin n\pi t dt$$

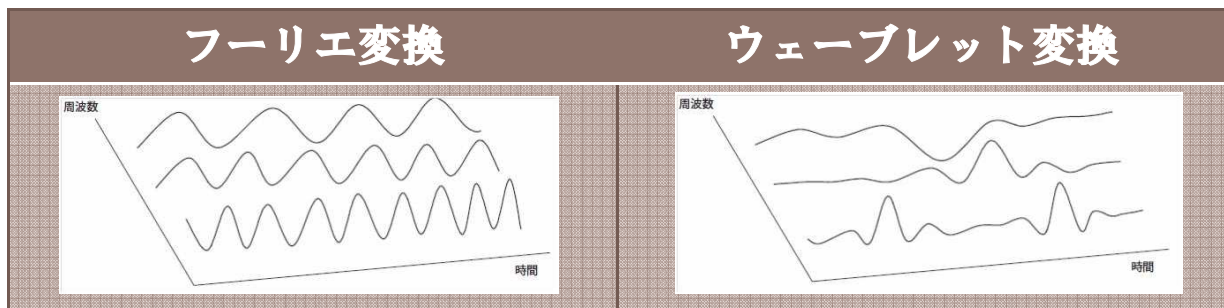
ウェーブレット変換を用いた多重解像度解析



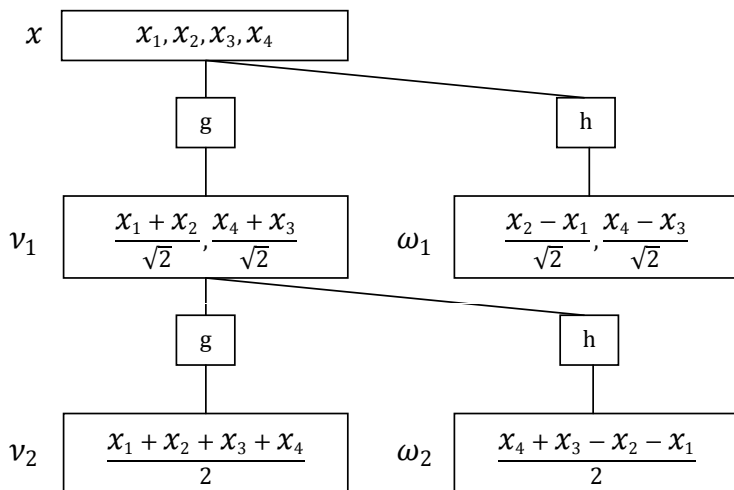
● ウェーブレット変換を用いた 多重解像度解析によるサイクル分析

フーリエ変換は周波数成分を解析するための手法であり、コンピュータ処理するためのFFT (Fast Fourier Transform) が有名ですが、フーリエ変換では信号のもつ性質をすべて周波数情報に置き換えてしまうため、時間に関連する情報が失われます。

ウェーブレット変換では、信号の時間と周波数の関係を同時に解析するため、時間と周波数の情報を同時に得ることができます。



ウェーブレット・フィルタにはさまざまな形がありますが、フィルタをいったん決めてしまうと、ウェーブレット変換は、統一的な方法で実行されます。「ピラミッド・アルゴリズム」は高速で、しかも、ウェーブレット変換を一種の線形フィルタリングとみなす立場からは、直感的に理解しやすいというメリットがあります。



ピラミッド・アルゴリズム

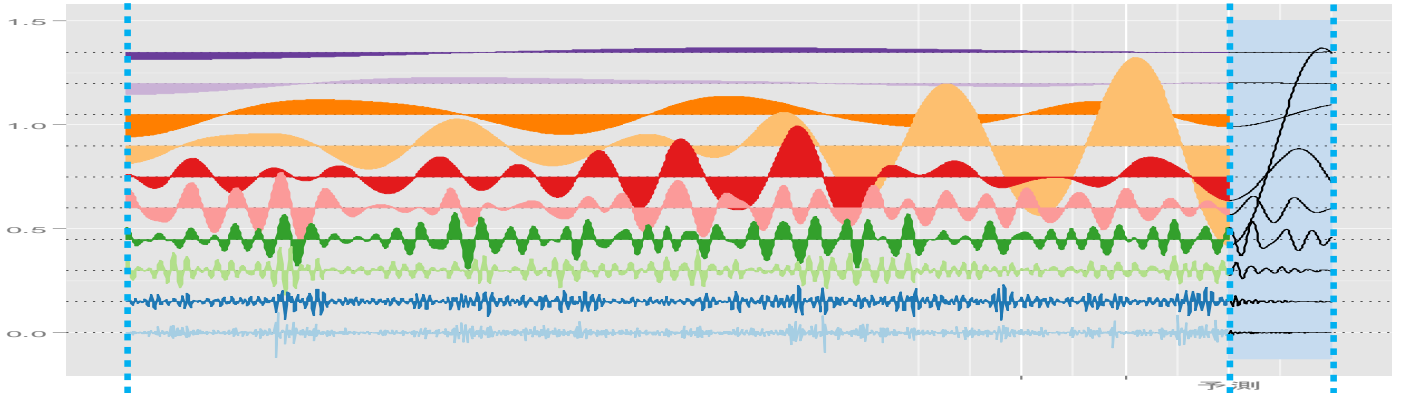
原系列を $x = (x_1, \dots, x_N)$ とし、ただし、 N は2のべき乗の倍数とします。ピラミッド・アルゴリズムの第1段階では、原系列をウェーブレット・フィルタ h に通して、レベル1のウェーブレット係数 w_1 を得ます。ここで、 N は原系列の長さ、 t は1から $N/2$ までの整数です。

左図は変換のプロセスをイメージ化したものです。

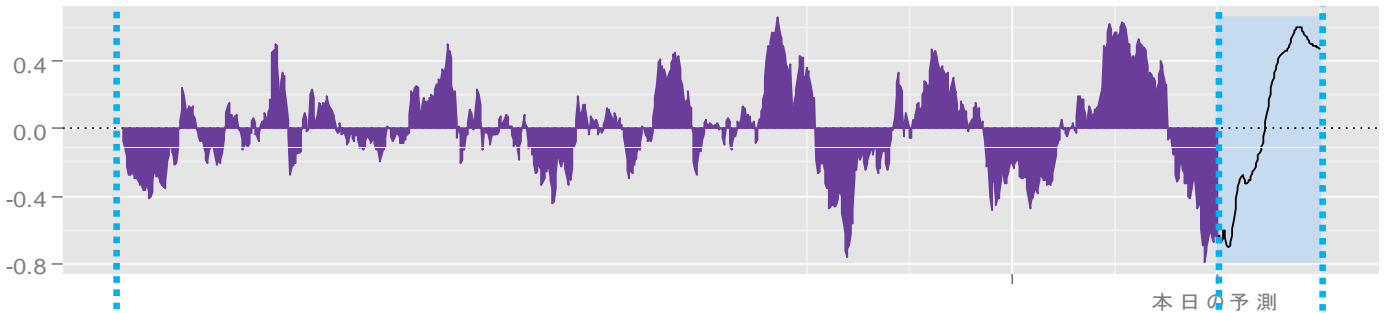
ハール・ウェーブレット、 $g = \frac{1}{\sqrt{2}}[1, 1], h = \frac{1}{\sqrt{2}}[1, -1]$



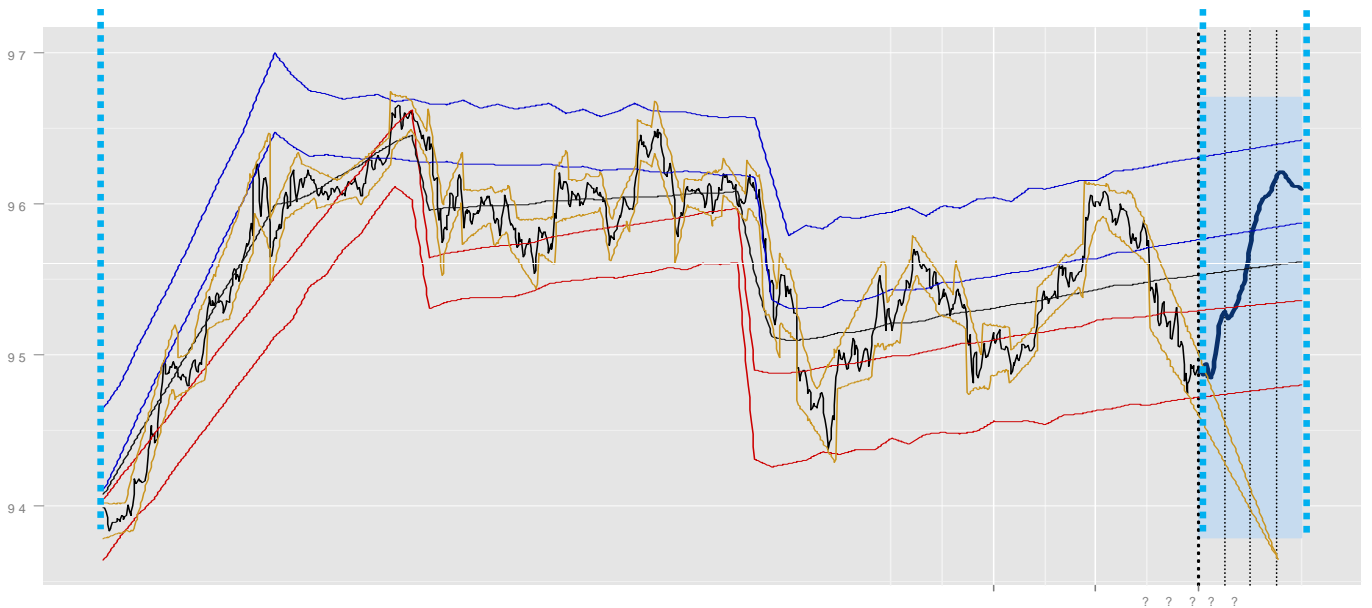
規則的な変動を繰り返すデータに対しては、詳細な周波数解析を行うフーリエ変換が効率的です。しかし、フーリエ変換は、不規則に発生するショックを扱うのが苦手な一方、ウェーブレット変換は、そうした不規則変動を示すデータに対して、威力を発揮します。



サイクル成分をすべて単純にたし合わせると、トレンド成分を取り除いたサイクル成分となっています。



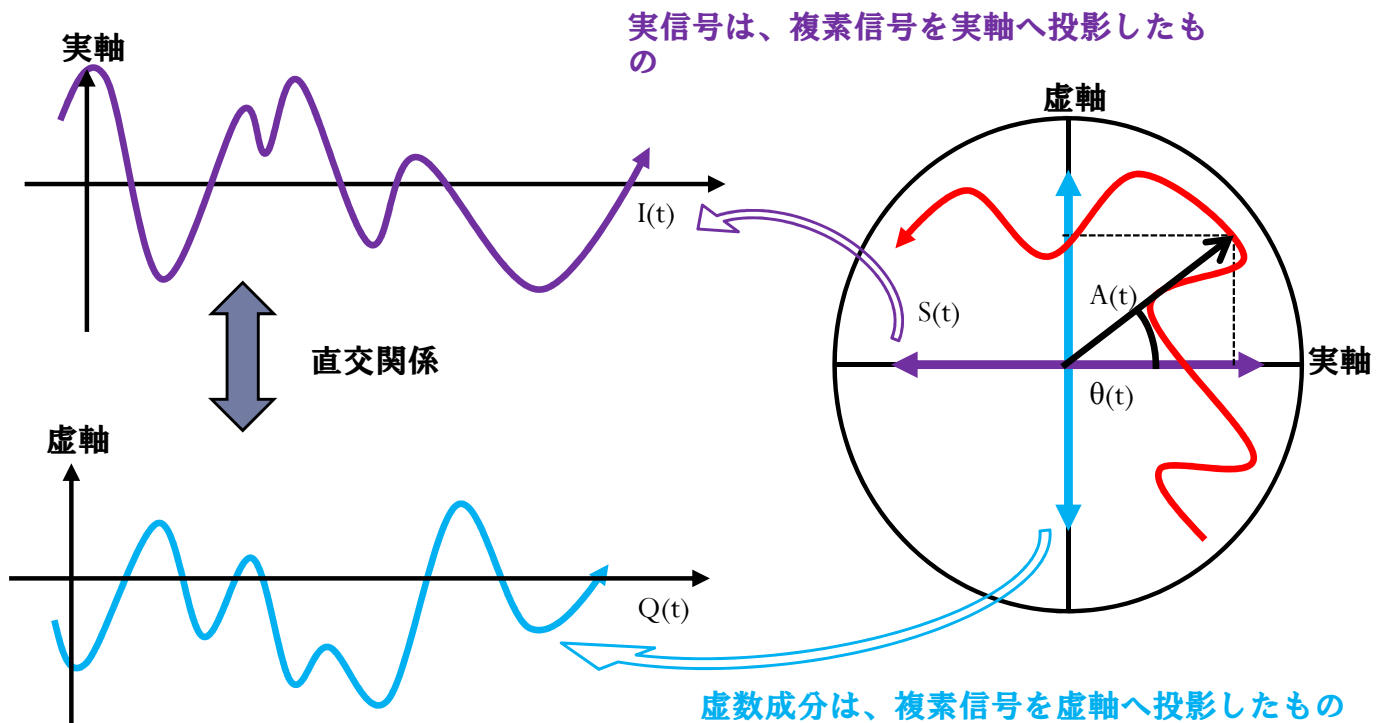
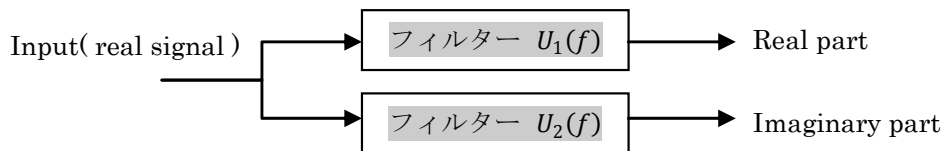
さらに、サイクルの成分とトレンド成分の合成はオリジナルの時系列になり、データが失われていないことがわかります



●ヒルベルト変換による位相解析

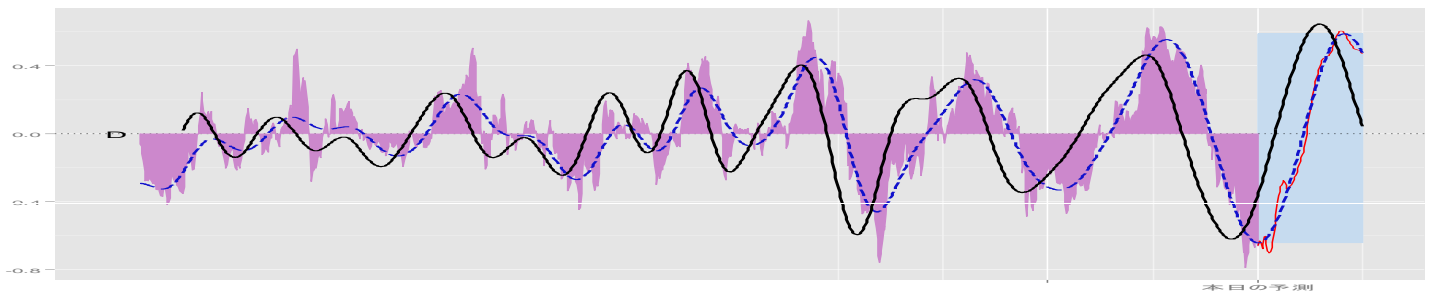
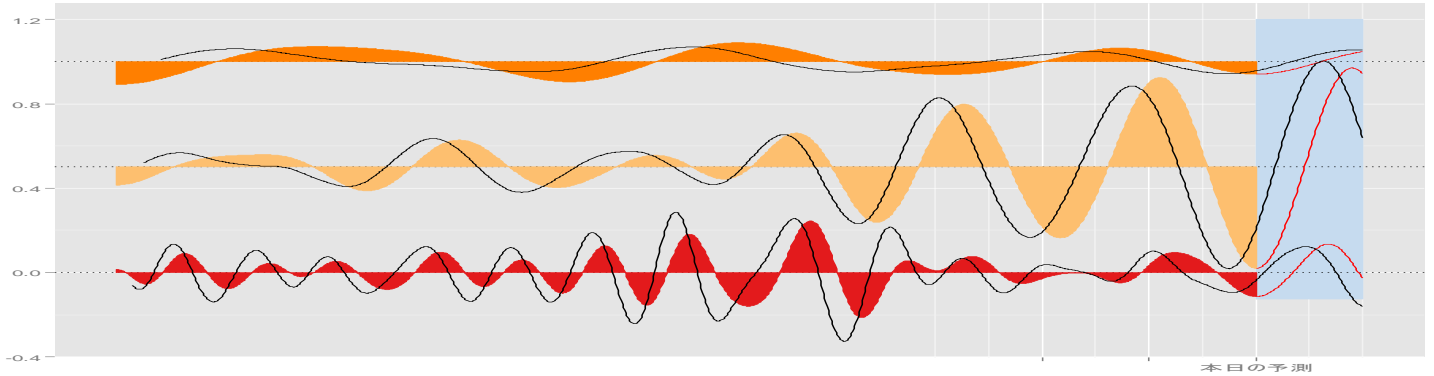
ヒルベルト変換とは、ある信号 $I(t)$ から、それと「直交する」信号 $Q(t)$ を導出すること。

Q (直交成分)は I (もとの信号)と直交しているということは、位相が 90° 進んでいます。その性質を利用し、もとの信号の位相を進めたものともとの信号を比較することにより、サイクル成分の「山の頂上」と「谷の底」を判断することができます。



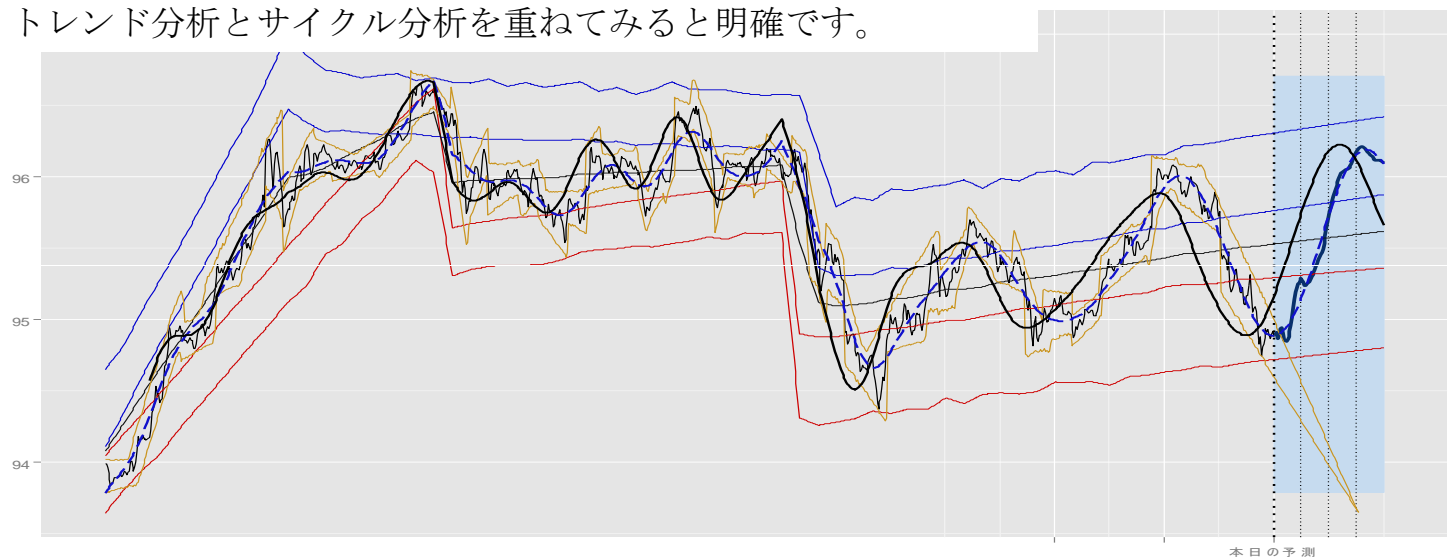


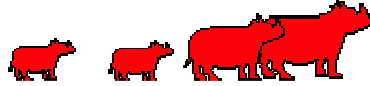
ヒルベルト変換により位相を進め、振幅補正を行ったものは基準線を先行します。



トレンドラインに対する短期的相場の反転タイミングを位相で判定

トレンド分析とサイクル分析を重ねてみると明確です。



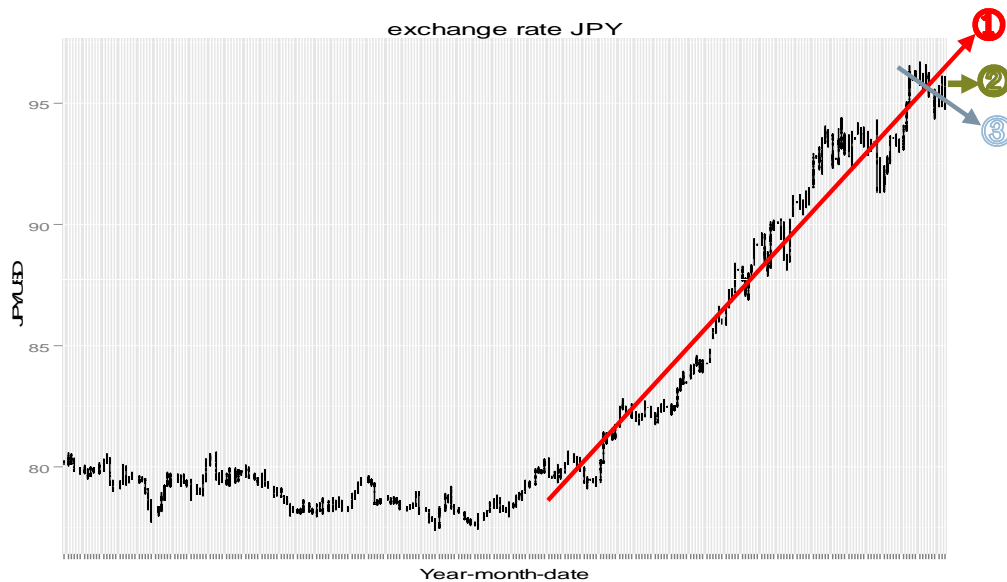


【トレンド分析】

- 問題です -

以下のチャートを見てドル円の為替は、どうなると思いますか？

- ①円安になる
- ②円安または円高になる確率は同じ (ランダム)
- ③円高になる



上の問題で②だと考えられた方は次の問題について考えてみてください。

問題：

どちらかの一方のトランプはジョーカーです。当てて下さい。
この場合、トランプの置き方に拘らず確率は常に2分の1と考えですか？





KURENAI NO SYSTEM
<http://kurenainosystem.jp/>

例題：3枚のトランプがあります。1枚だけジョーカーです。
3枚とも伏せました。もちろんディーラーはどのカードがジョーカーか知っています。当ててみてください。当たれば掛け金3倍になります。



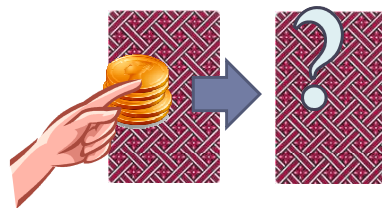
あなたは、左のカードを選びました。その後、ディーラーはどのカードがジョーカーか知っているのです。残っている2枚のカードのうちジョーカーでないカードをオープンさせるルールがあります。



伏せられているカードは2枚です。さらに以下のルールがあります。
最初に選んだカードのままであれば、当然掛け金は3倍ですが、ここで変更することもできます。変更する場合は、2枚のうちの1枚を選ぶこととなりますので当たれば掛け金は2倍になります。

あなたはどちらを選びますか？

- A:最初に選んだカードのまま、3倍を狙います。
- B:選んだカードを変更し、2倍を狙います。



解説は次ページ

この例題は、最後の2枚におけるそれぞれのカードがジョーカーである確率を考える問題です。最初の質問では、事前の情報がなく確率は2分の1で問題ないが、この例題のように、その過程（事前の情報）を知っている場合、直前の条件により確率が異なることを理解いただきたい。



前頁での例題では左のカードがジョーカーである確率は3分の1ですが、右のカードがジョーカーである確率は3分の2、約66.7%になります。

つまり、掛金が2倍であっても、常に変更したほうが有利ある。

一方で実際に行うと、適当に選んでも5回連続で当てる人はいる。しかしながら100回、1,000回と行う場合、明らかに期待値に収束していくことが分かるはずですが。

変更しない場合の期待値 : 3分の1 X 3倍 = 1

変更した場合の期待値 : 3分の2 X 2倍 = 1.333

しかしながら、「事前の情報」を知っていても、確率が適切に理解できていなければ意味がありませんが、100回程テストすれば、期待値に収束していくことは前述のとおりです。

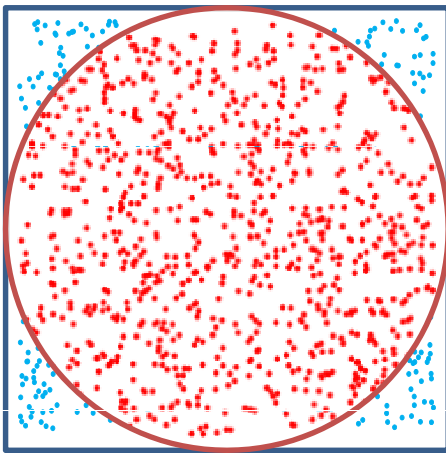
解析的に解けないのであれば、シミュレーションで事後分布を求めればよい。

マルコフ連鎖を利用したモンテカルロ法を使うと、データの分布の計算をせずとも直接事後分布を求めることができます。

- ・**マルコフ連鎖モンテカルロ法**とは、マルコフ連鎖の性質を利用して任意の確率分布から乱数を生成し、解析的に求めることの難しい確率分布を推定する方法。
- ・**モンテカルロ**とは、誤差は正規分布だけと考えず、実際の誤差に合うようにサイコロを振って予測する。
- ・**マルコフ過程**とは、一期前の事だけに次に起きて来ることが依存するという確率過程のこと。
- ・**マルコフスイッチ**は、相関が強いときと弱いときを切り替えて予測する。

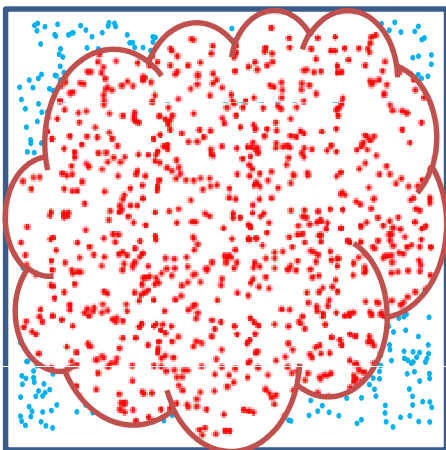
●観測できない確率を計算する

例えば、円の面積の公式は「半径×半径×3.14」ですが、公式を知らなくても「モンテカルロ法」では面積を求めることはできます。「モンテカルロ法」とは、「乱数」を用いてシミュレーションを何度も繰り返すことにより、「近似解」を求める手法です。



具体的には、乱数によって1辺の長さが1の正方形の中にランダムに点を打っていきます。円の面積は（円内の点の数） / （正方形内の点の数）を正方形の面積に掛ければ求めることができます。

乱数の発生は、サイコロを振るように予測のできない独立な数列をつくることであることから、国営賭博場のあるモナコ公国の都市名にちなんで「モンテカルロ法」と名付けられたといわれています。



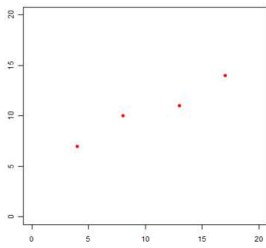
モンテカルロ法を用いれば、左のような図形の面積も容易に求めることができます。

精度を求めるならば膨大な計算量になります。しかしながら、今日我々が日常で利用しているコンピューターの性能は、三十年前のスーパーコンピューターの性能をはるかにしのぐものです。

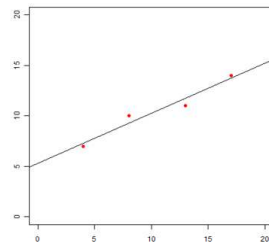
●線形回帰

「トレンドが継続する」と仮定し、分布により、事後の確立を推定する。

グラフ (1) のような点の配置に対し、グラフ (2) のような直線を引いてみたくになります。

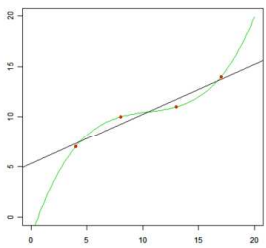


グラフ (1)



グラフ (2)

曲線を引いていいのであれば、グラフ (3) のようなグラフも描けるわけです。



グラフ (3)

「直線」と「曲線」のどちらが良いかは、問題を解きたい人はどちらが欲しいかなのです。

「回帰」とは、一言で言えば「データ点から関数を求める方法」です。

しかし、漠然と「関数を求める」と言われても何をしたらいいかわかりません。そこで「線形回帰」では、あらかじめベースとなる関数 $\phi_i(x)$ (基底関数) を用意して、その線形和の範囲から一番適した関数を探すというアプローチをとります。

$$f(x) = a_0 + \sum_{i=1}^M \omega_i \Phi_i(x)$$

「線形回帰」：「線形」とついていますが、これは関数のモデルが1次関数 (直線) というのではなく、モデルの式が線形結合の形をしているためです。

●ベイズ線形回帰分析

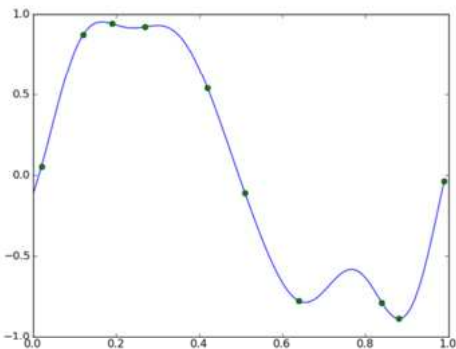
ベイズ統計は、既知の事象の知識を使って、観測できない確率を計算する手法です。計算のよりどころは、ベイズの定理です。

事後確率とは、ある根拠を条件として、その原因となった（時間的にも以前の）事象を推測した確率をいう。

$P(B)$ = 事象Aが起きる前の、事象Bの確率（事前確率）

$P(B|A)$ = 事象Aが起きた後での、事象Bの確率（事後確率，条件付き確率）

$$P(B|A) = \frac{P(A|B)P(B)}{P(A)}$$



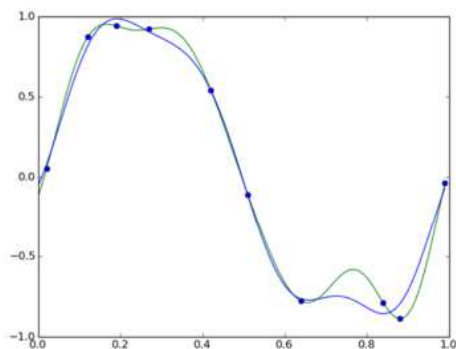
線形回帰の答えは「係数 w のある値」として得られます。その値だけを見ても、どれくらい信頼できる数字なのかは同様にわかりません。「一番いい」＝「二乗誤差（下式）を最小にするもの」という基準を使っています。こういったグラフを描くことができれば、「だいたいOK」「いまいち」のような判断をすることもできるかもしれません。

12次元のガウス基底は4次元の多項式基底よりずっと自由度と表現力が高いため、推定された関数はかなり「おかしい」状態になっているようです。いわゆる過学習という状態です。

$$E(\omega) = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N (f(x_n) - t_n)^2$$

ベイズ線形回帰では、事後分布 $N(w | \mu_N, \Sigma_N)$ の平均 μ_N と共分散行列 Σ_N を求める。事後確率が最大となる値を w の推定値としている。

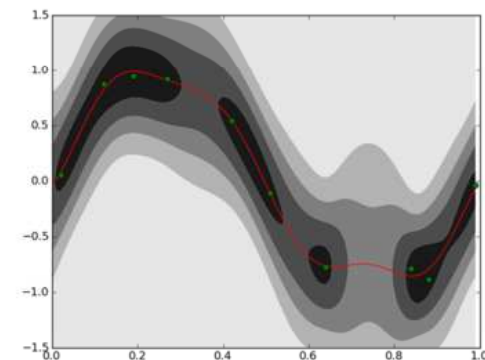
「一番いい」の基準が「確率の一番高い」になる。



$$\begin{aligned} p(\omega|t, x) &= N(\omega | \mu_N, \Sigma_N) \\ \mu_N &= \beta \omega \Sigma_N \phi^T t \\ \Sigma_N^{-1} &= \alpha I + \beta \phi^T \phi \end{aligned}$$

濃い部分は確率密度関数の値が高い、つまり推定される関数がそこを通る可能性が高い部分です。

こうして描いた予測分布を見ると、データの密度が高いところは推定に自信があり、薄いところはデータ点の間隔が広いため推定に自信がないといったことがわかります。



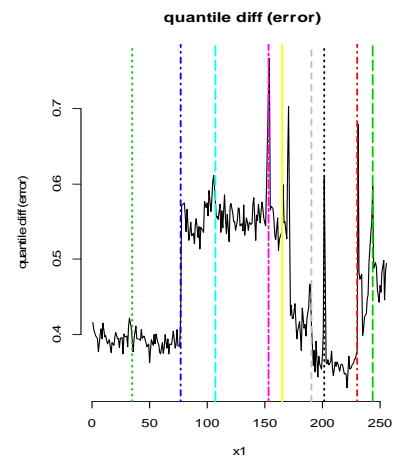
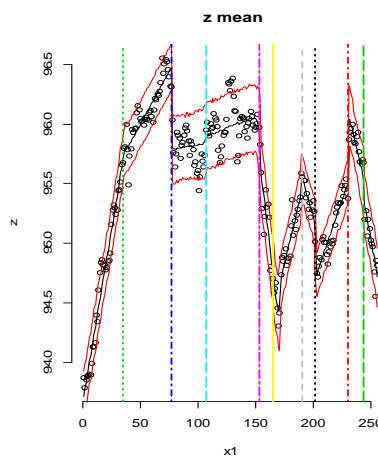
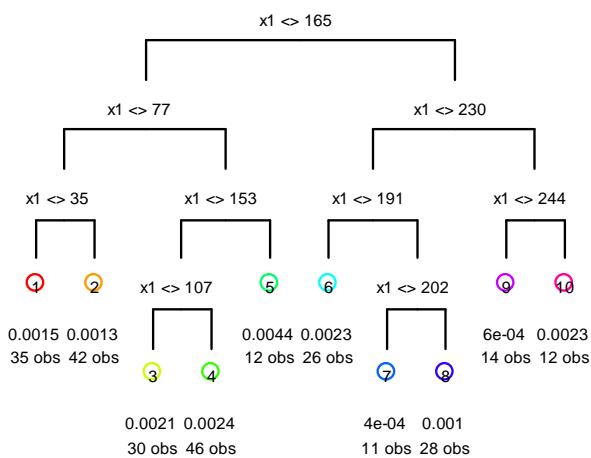


● Bayesian treed Gaussian process models

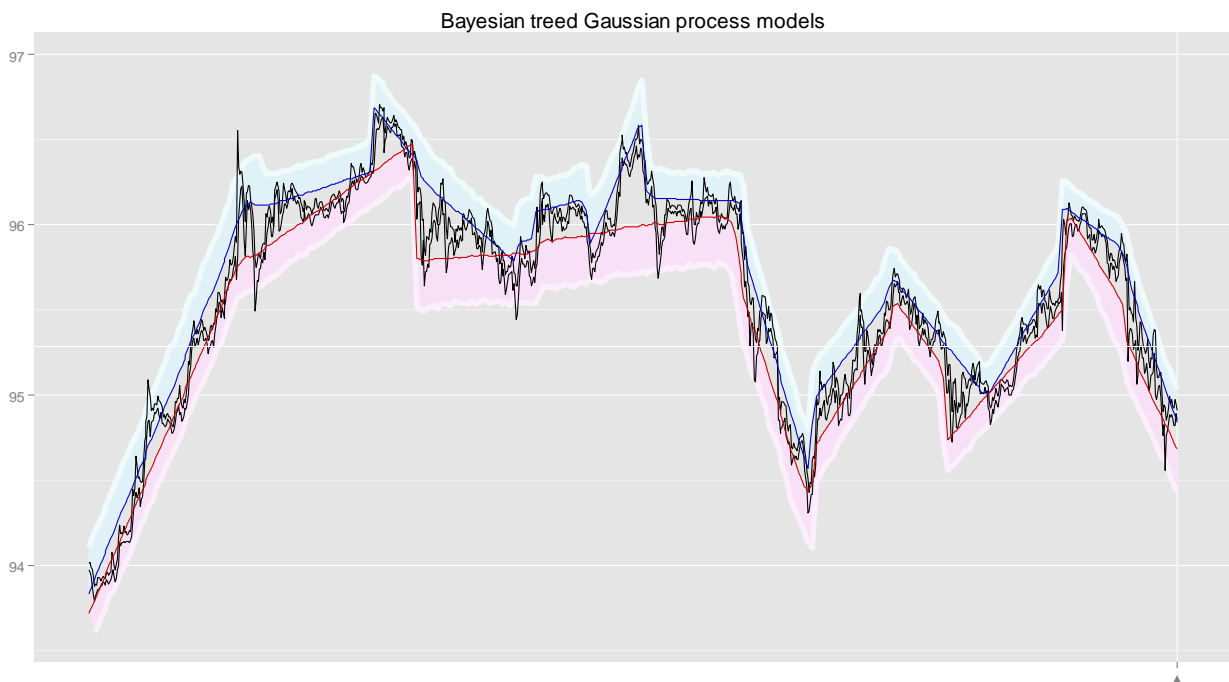
Bayesian treed Gaussian process modelsはマルコフ連鎖の性質を利用して任意の確率分布から乱数を生成し、確率分布を推定します。

この手法は意思決定ツリーとも呼ばれる手法で、ツリー構造と呼ばれる図を作り出し、アウトプットには分類を行なうためのルールを作成します。これを別な形で表現すると、IF THEN形式のルールになります。

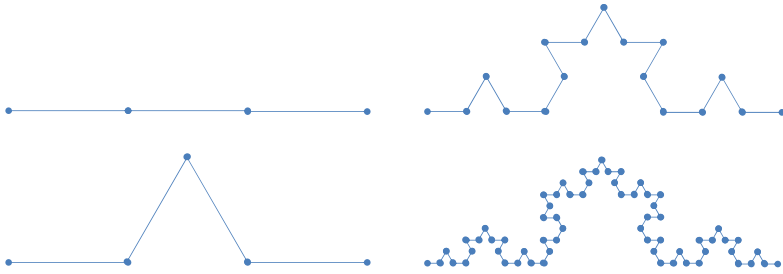
height=5, log(p)=443.254



下図の分布は、当該期間中で高値（安値）になる確率を示している。
この分布のラインはトレンドを明確に表している。

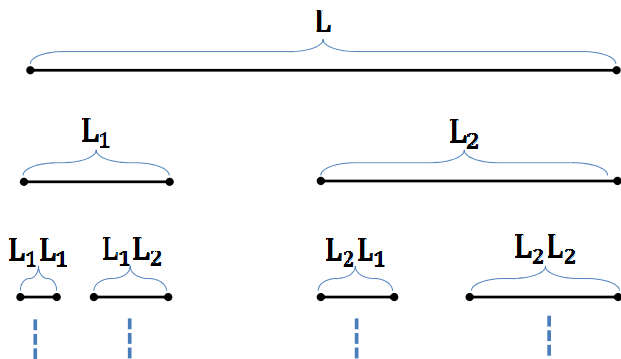


●マルチフラクタル分析



フラクタル

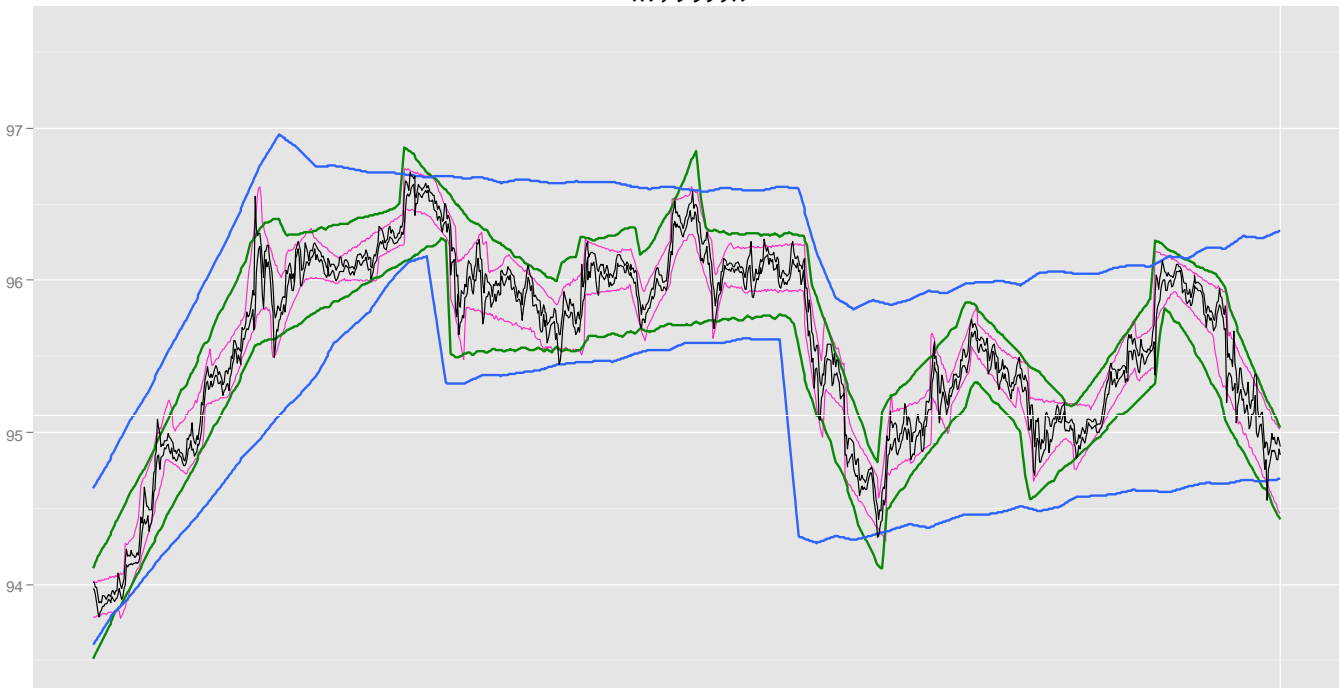
海岸線や野菜などに共通する「図形の部分を拡大すると、全体と相似する形を見つけられる」という構造をフラクタルと言います。フラクタルな図形では、細部に全体と同じ形が存在している。そしてそれが入れ子型になっていて内部にまで埋め込まれた構造をしている。相場のチャートもそれに近い構造です。

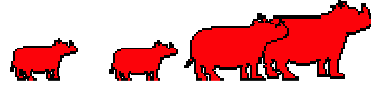


マルチフラクタル

図のようなカントル集合のようにマルチフラクタル構造をもつ集合(この集合は $1 + 12 < 1$ としたとき、1の長さの線分からそれに含まれる部分をくり抜いて、 1_1 と 1_2 の部分だけを残します。これをn回繰り返して得られる集合)を時系列データに当てはめて、その最適化した構造をとらえます。

マルチフラクタル



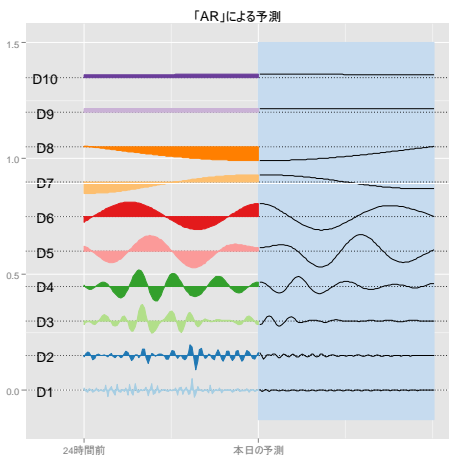


【時系列解析】

●時系列モデルによる将来の予測

時系列データは、変動を伴うものである。その振る舞いを統計的に分析し、データ変動の特徴を捉え、現象の解明と将来の変動を予測・制御しようとするのが時系列データ分析の主要な目的である。

AR、GARCHなどのモデルを当てはめ将来を予測しますが、データの平均値を予測することであり、100発100中で当たるといふモデルではないのです。



使用例① 変動の方向を予測する

ARモデル

自己回帰モデルと呼んでいます。因果律に従うモデルです。経済指標予測、気象予測、河川流量予測などの複雑な非物理系（システムの細部を厳密に記述できないシステム）のモデルとして、広く使われています。

$$X_t = c + \sum_{i=1}^p \phi_i X_{t-i} + \varepsilon_t$$

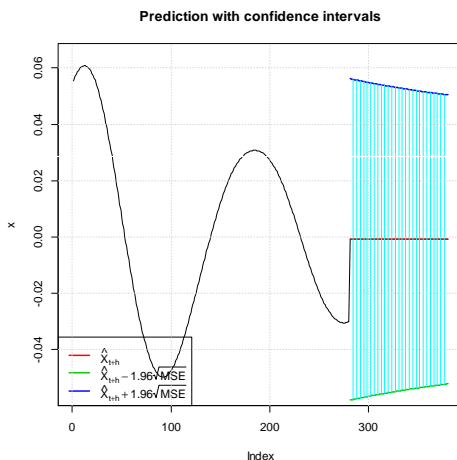
使用例② 変動の大きさを予測する

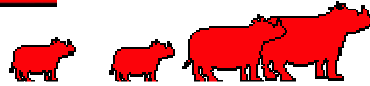
GARCHモデル

金融資産時系列データの残差の分散は特徴があり、この性質を「分散の不均一性」と呼んでいます。つまり、今の分散が過去の分散に依存することをモデルに組み込み分散不均一の自己回帰過程 (ARCH) の意味です。

$$y_t = b_0 + x_t^T b + \varepsilon_t, \varepsilon_t | \Psi_{t-1} = N(0, h_t)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j}$$





【損益分岐点（勝率）・ポジションサイジング・破産確率】

●損益分岐点（勝率）・ポジションサイジング・破産確率

ポジションサイジングとは、「毎回いくら投資をすれば最も多くなっているか」ということです。例えば「勝率が60%のゲームを100回する。手持ちの掛け金は1000ドルずつで、毎回好きなだけ賭けてよい。損益は同額」の場合、最適解は所持金の20%を賭け続けることです。

勝てば賭け金のR倍がもらえ、負ければ賭け金が全て没収というゲームで、勝率をPとします。

$$\text{ケリーの公式} \quad F = [(R + 1) \times P - 1] \div R$$

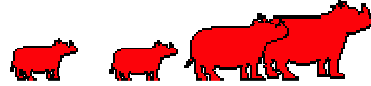
破産確率は上記のゲームを際限なく繰り返すとき、破産するつまり所持金が一定額以下になる確率は、いくらかということです。上記のケースでは、所持金が(10%以下になる)破産確率は7.4%となります。

		バルサラの破産確率表									
		勝率(%)									
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
損益率	0.2	100	100	100	100	100	100	98	72.2	5.8	0
	0.4	100	100	100	100	99.9	95	58.7	6.5	0	0
	0.6	100	100	100	99.9	96.1	64.1	12.4	0.1	0	0
	0.8	100	100	100	98.8	78.4	26.1	1.3	0	0	0
	1	100	100	99.9	92.6	50	7.4	0.1	0	0	0
	1.2	100	100	99.1	78.4	26	1.8	0	0	0	0
	1.4	100	100	96.4	59.5	11.9	0.4	0	0	0	0
	1.6	100	99.9	90.4	41.2	5.1	0.1	0	0	0	0
	1.8	100	99.7	81.1	26.8	2.2	0	0	0	0	0
	2	100	99.1	69.6	16.8	0.9	0	0	0	0	0
	2.2	100	97.7	57.6	10.3	0.4	0	0	0	0	0
	2.4	100	95.2	46.4	6.3	0.2	0	0	0	0	0
	2.6	100	91.5	36.6	3.9	0.1	0	0	0	0	0
	2.8	100	86.8	28.5	2.4	0	0	0	0	0	0
3	100	81.2	22	1.5	0	0	0	0	0	0	

勝率 = 勝ちトレード数 ÷ 総トレード数
損益率 = 平均利益 ÷ 平均損失



KURENAI NO SYSTEM
<http://kurenainosystem.jp/>



【完全自動売買システム】

利益が乗ってくると一刻も早く売りたいくなり、また逆に損がかさんでくると塩漬けにしてしまったりします。システムトレードというのは、ある一定のルールに基づいた取引を繰り返すトレードで、そこには人の感情を一切排除できるという利点があります。完全自動売買システムとは、合理的に判断する究極のシステムです。

しかしながら、相手はランダムウォークに限りなく近いものです。いくら凝った計算方法やアルゴリズムを使ったとしても答えを出せるような代物ではありません。また、あらゆる人が同じく満足するシステムは存在しません。許容できるリスク（損失）と満足できるリターン（利益）というのも人それぞれ違うはずです。

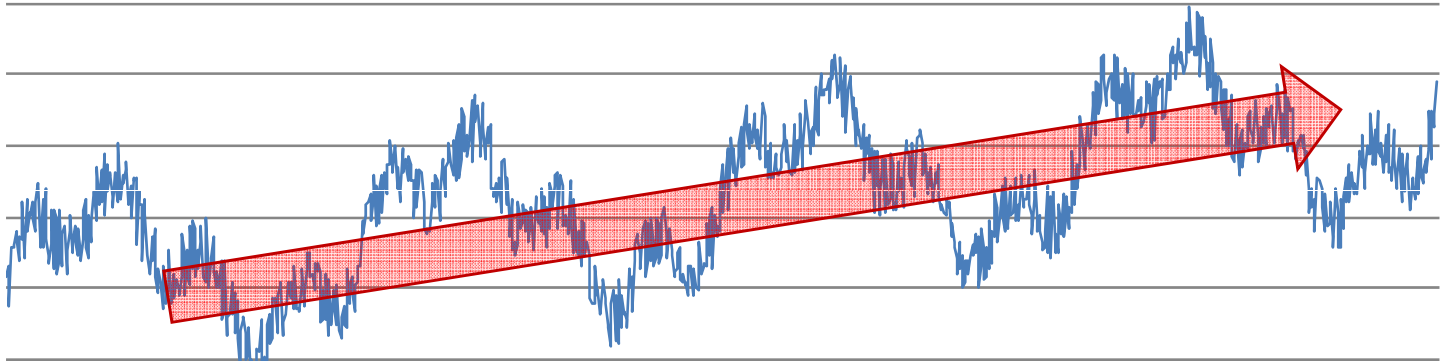
重要なのは、システムを使いこなすということです。システムトレードでリスクの許容範囲を広く取るということは、ギャンブル的な要素が強いのではと思われるかもしれませんが、しかし、実はその逆で、リスクの許容範囲を広くすれば、リスクが許容範囲内に収まる確率が高まります。

● トレーディングのルール

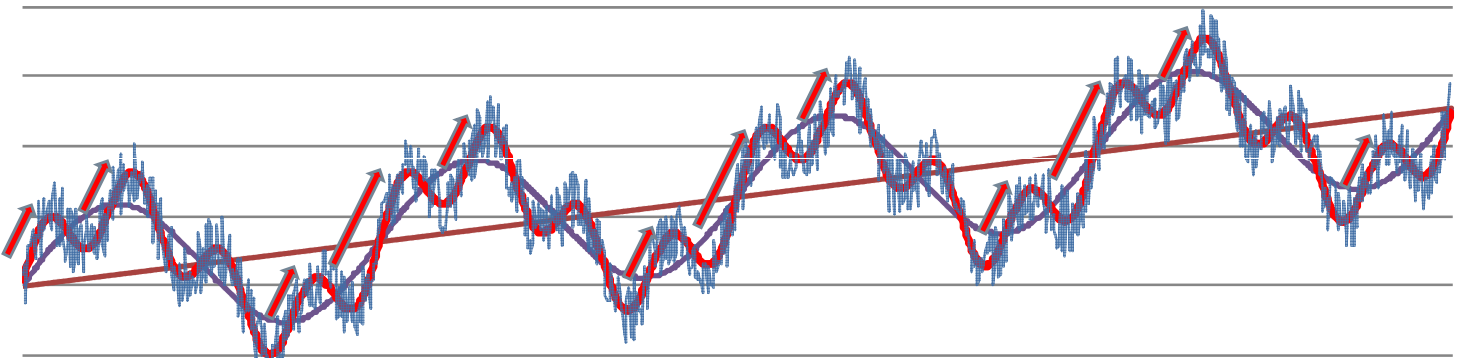
ルールはシンプルで、基本的な考えは以下の2点

- ① 上昇トレンドにおいては買い、
下降トレンドにおいては売りのトレードのみ許可する。
- ② 短期の周期的な変動のうち上昇時に買いシグナル、
下降時に売りシグナルを位相の反転時に出す。

つまり、チャート（1）のような上昇トレンド時に於いて、チャート（2）のように短期のサイクルの底から頂上へ買いの取引を行う。



チャート（1）



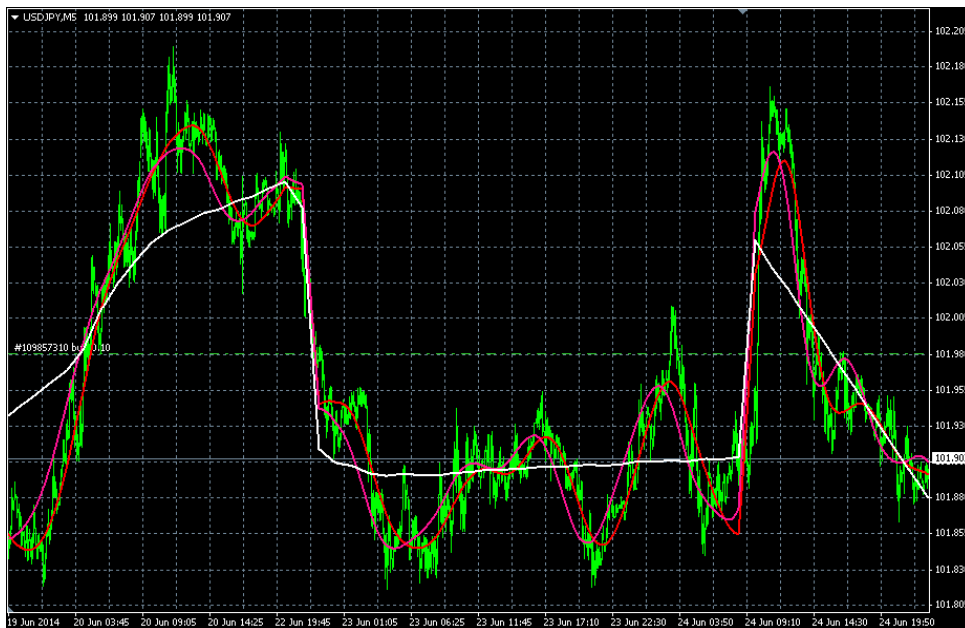
チャート（2）



●全自動売買システムの構築

全自動売買システムの構築には、MetaTrader4を使用する。

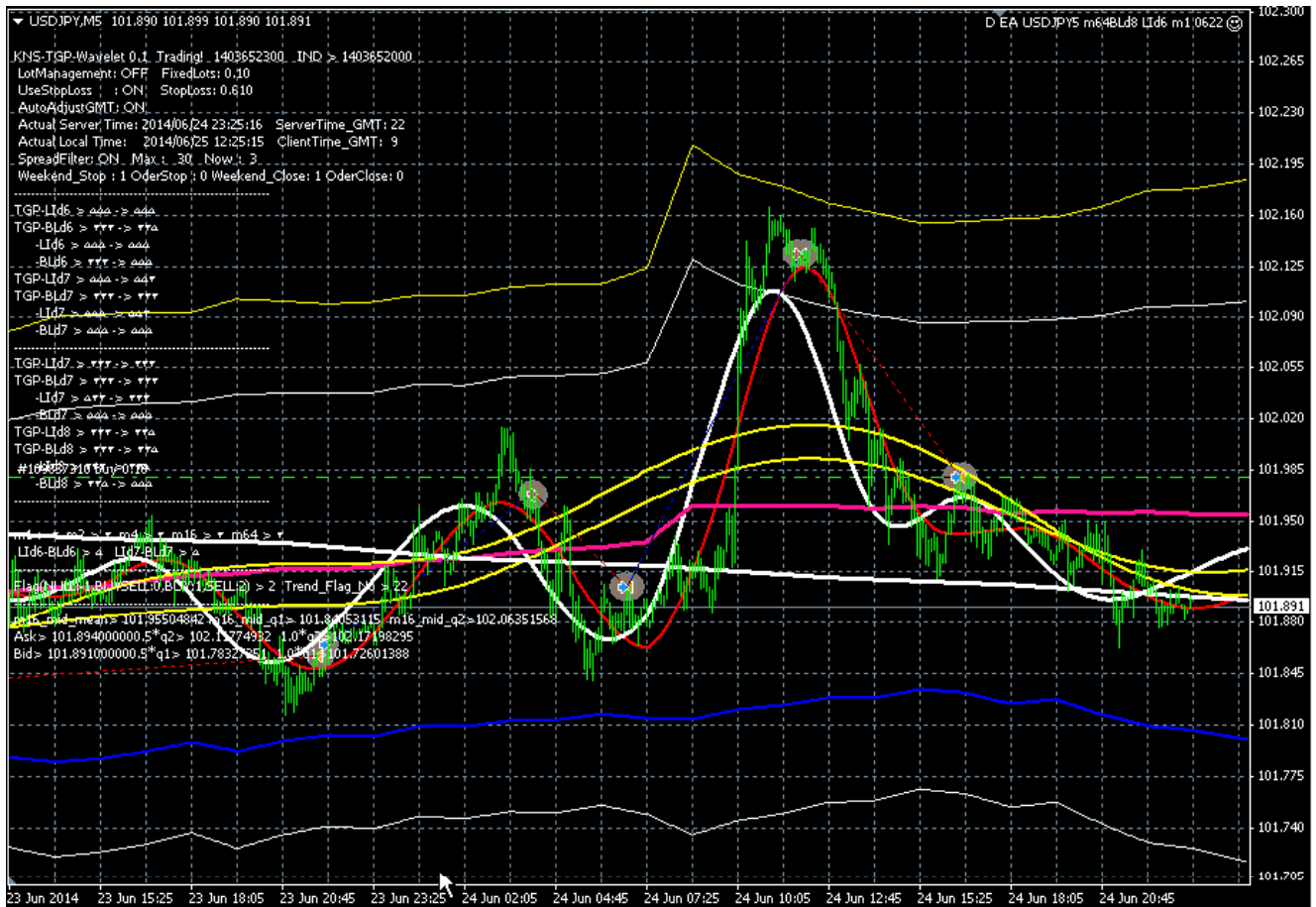
MetaTrader4はロシアのMetaQuotes社（メタクォーツ社）が開発している無料で利用できるフリーソフトですが、テクニカルインディケータが豊富で、バックテスト機能も充実しています。またシステムの構築時にはプログラミング言語がC言語に似たMQL言語というものを使いますが、かなり自由度が高いため、売買ルールの作成時において非常に細かな指示を与えることができます。思い通りのシステムを作るにうってつけのソフトだと考えています。ただし、投資対象はMetaTrader4で取り扱われるものに限定されます。





システムの動作状況について

以下にトレーディングのタイミングについて示す。



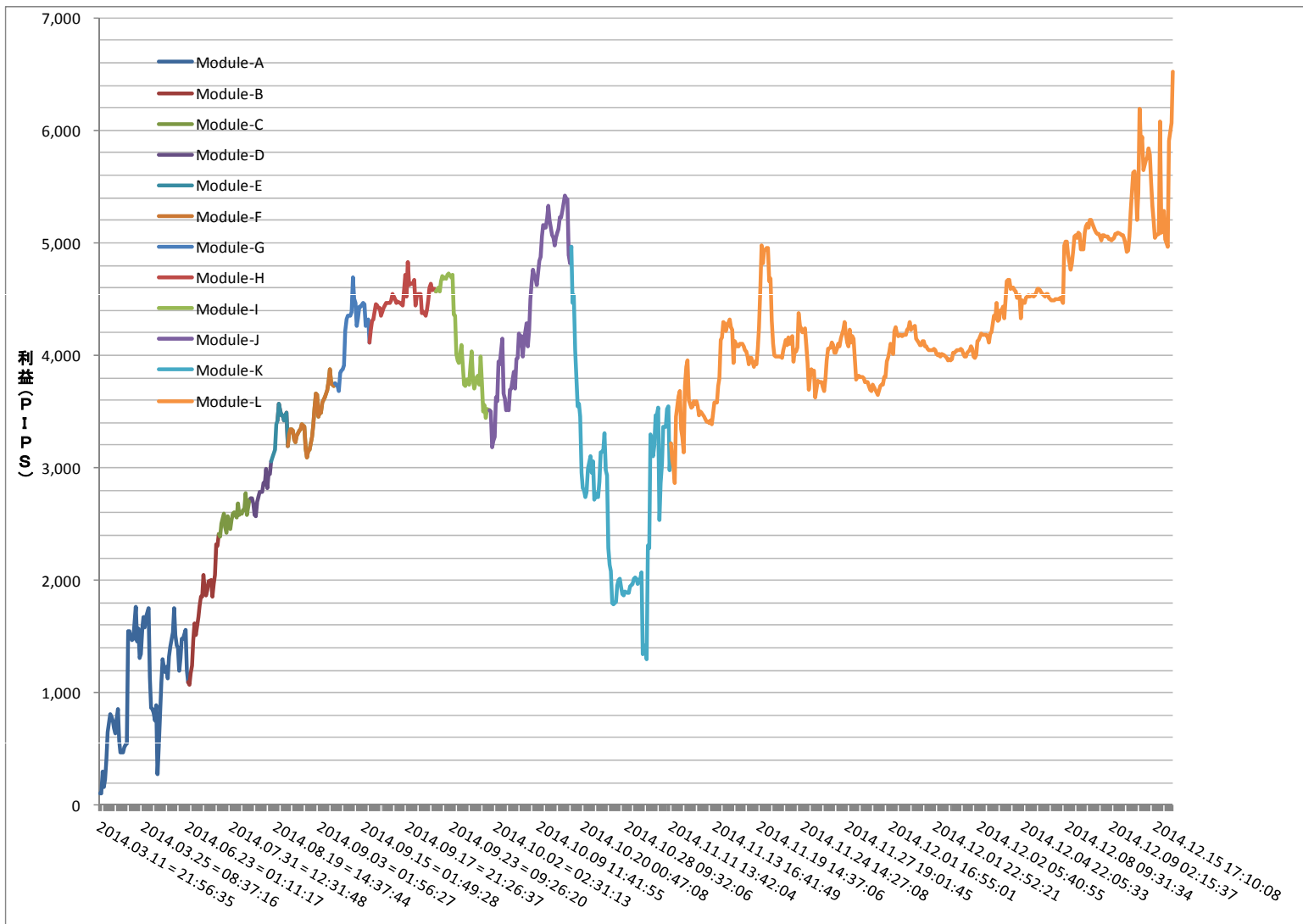
Ticket	Open Time	Type	Size	Item	Price	S / L	T / P	Close Time	Price	Commission	Taxes	Swap	Profit
109853430	2014.06.23 22:06:04	buy	0.10	usdjpy	101.865	101.255	102.865	2014.06.24 04:01:24	101.967	0	0	0	1 020
109854387	2014.06.24 04:11:07	sell	0.10	usdjpy	101.968	102.577	100.967	2014.06.24 06:51:53	101.905	0	0	0	630
109855562	2014.06.24 06:51:53	buy	0.10	usdjpy	101.905	101.297	102.907	2014.06.24 11:57:37	102.133	0	0	0	2 280
109856664	2014.06.24 11:57:38	sell	0.10	usdjpy	102.133	102.742	101.132	2014.06.24 16:35:59	101.980	0	0	0	1 530



チューニング中におけるパフォーマンスについて

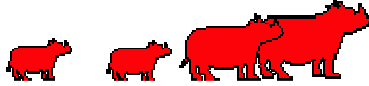
以下はチューニングを行いながらテスト運用を行った結果です。

一般的には利益を伸ばして、損失を限定させるといわれるが、1回あたりの損失額を減らす目的で損失を早期に確定させると、逆にトータルで損失を積み上げることになるため、逆に損失を確定させない工夫が求められている。





KURENAI NO SYSTEM
<http://kurenainosystem.jp/>



最後に

投資を計画する

人はいつも合理的に行動するとは限らない。

- ・ 損失拡大時に損切りできず大穴に賭けてしまう心理。
- ・ 良いことが続けて起こるとまた良いことが起きると期待する心理。

投資においては、事前情報を分析し、相場を「予想する」のではなく、投資行為を「計画する」ことが重要である。

市場価格は本質的な価値で決まるのではなく、売り手と買い手が決める。需給で決まるものである。また、投機的行為は、基本的には投資対象に対しリターン向上を直接働きかけることをしない。つまり参加者全体の勝ち額と負け額が等しくなる「ゼロサムゲーム」であることがほとんどです。

したがって利益を得る人がいれば、必ず損をする人がいる。損が嵩む人は心理的要因で自分が一番満足できる行動（合理的でない行動）をとる傾向がある。





KURENAI NO SYSTEM
<http://kurenainosystem.jp/>

KURENAI FX（以下、本ソフトウェア）に関し、「“聖杯”プロジェクト」で開発に当たっている**KURENAI NO SYSTEM**に全ての著作権等の知的財産権は帰属します。

使用者は、本契約書に定める条項に従い、本ソフトウェアを使用する非独占的かつ譲渡不能な権利を許諾されます。

本ソフトウェアに関していかなる保証もありません。上記プロジェクト終了後に関して、本ソフトウェアの保守、開発継続を保証するものではありません。

免責条項

本資料は、投資商品の売買に係る勧誘もしくは推奨、取引行為に影響を与える、若しくは金融商品取引法で規定する取引行為の締結の勧誘・推奨を意図したものではありません。

将来情報に関する記述を含む資料・文書が本資料に記載されている間においても、当該将来情報は上記のとおり当該資料・文書の日付（またはそこに別途明記された日付）時点のものであり、当社は、それらの情報を最新のものに随時更新するという義務も方針も有しておりません。