

テクニカル指標による金融取引の戦略木構築 Construction of Strategy Tree in Financial Transaction using Technical Indicators

加藤 旺樹[†]
Ohki Kato

穴田 一[†]
Hajime Anada

1. はじめに

近年、テクニカル分析を用いた株式売買に関する研究が精力的に行われている。テクニカル分析を用いた投資では、相場のトレンドや転換点を判断するテクニカル指標を用いることで、過去の値動きのパターンから将来の値動きを予測し、売買を行う。しかし、そのためには専門的な知識を必要とする上、利益を上げにくいという問題がある。

松村らは、テクニカル指標を用いた投資戦略を木構造で戦略木として表現した。そして、それぞれの個体が戦略木を持ち、その戦略木に従い株式売買を行うモデルを構築した[1][2][3]。戦略木を構成するノードを個体の遺伝子として遺伝的操作を用いることで、より利益が高くなるように個体を進化させ、各個体が持つ戦略木の特徴を分析した。ところが、その戦略木は上昇トレンドのみでしか稼ぐことが出来ないものとなっていた。

そこで本研究では、松村らの研究で用いられた戦略木を用いて、様々なトレンドで利益を生み出す、テクニカル指標を用いた投資戦略の構築を目的とする。

2. 提案手法

それぞれの個体が戦略木を持ち、その戦略木にしたがって取引を行う。その取引結果から個体を評価した値である適応度を求め、戦略木を構成するノードを個体の遺伝子として遺伝的操作を用いることでより適応度が高くなるように個体を進化させていく。本研究では、既存手法を改良するために、適応度の定義、突然変異の方法、次世代に残す個体の選択方法の変更とノードの追加、使用されないノードの削除を行った。

2.1 テクニカル指標

テクニカル指標は株式の売買タイミングを判断するために使われる指標で、トレンド系、オシレータ系、出来高系の3つがある。トレンド系は株価の推移からトレンドを判断する指標、オシレータ系は株価の推移からトレンドの転換点を判断する指標、出来高系は売買が成立した株数の推移からトレンドの転換点を判断する指標である。

2.2 戦略木

戦略木は、付録 A.1 に示す複数の非終端ノードと終端ノードからツリー状に構成される。図 1 に戦略木の例を示す。それぞれの数字がテクニカル指標や売買行動を表し、各ノードから 1 番上のノードまでのノード間を結ぶ枝の数を各ノードの深さとする。

各個体は戦略木を持ち、戦略木に従って当日の行動を決定する。一番上のノードからテクニカル指標に基づく判定処理により、左右どちらのノードを実行するのか決定して

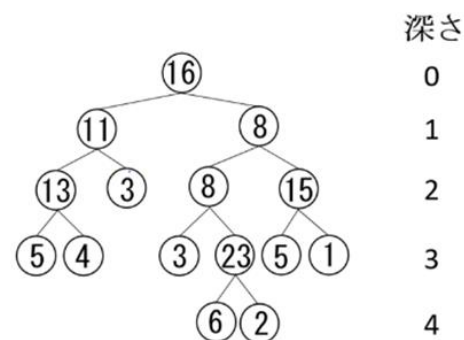


図 1 戦略木の例

いくことを繰り返し、到達した終端ノードの行動を実行する。判定に使用するデータは、各指標に必要な日数分の始値、高値、安値、終値、出来高の日足データである。

非終端ノードでは、テクニカル指標に基づく判定処理によって左右どちらかのノードを実行する。終端ノードでは、株式の売買行動を実行する。使用するノードは松村らの研究に用いられたノードに加え、ある程度まとめて株式を売買することが出来るようにするため、終端ノードに「初期資産の 10% を使い株式を購入」という 6 番のノードと「所有株式の 10% を売却」という 7 番のノードを追加する。付録 A.1 に終端ノードと非終端ノードを示す。

2.3 遺伝的操作

戦略木を構成するノードを個体の遺伝子として、交叉や突然変異、淘汰の操作でより高い利益を生み出す個体を作り出していく[4]。

2.3.1 初期個体生成

付録 A.1 のノードの中から無作為に 1 つノードを選択する。そのノードが終端ノードであれば、戦略木の生成を終了する。非終端ノードであれば、その非終端ノードの左右にノードを無作為に選択して付け加える。この作業を、全ての非終端ノードの左右に終端ノードが付け加えられるまで繰り返す。初期個体の生成は、初めからノード数の多い木になることを防ぐため、深さ 4 には終端ノードを付け加える。初期個体は N 個体生成する。

2.3.2 評価

各銘柄の複数の期間でそれぞれ取引を行った時の利益の幾何平均を適応度とする。どの銘柄のどの期間でも利益を上げている個体の適応度が高くなるようにするためである。この時、学習データの期間を銘柄ごとに短く分割することでトレンド等の時系列の特徴を出やすくした状態で学習を行う。期間をより細かく分割し、分割したそれぞれの期間で取引させた時の利益の幾何平均を適応度とすることで、多くの変動パターンを学習出来ると考えたからである。し

[†] 東京都市大学 Tokyo City University

かし、利益は負になることがあり、その場合適応度を求めることができない。そこで、利益が負の個体が存在した場合、取引の中で最も小さい利益の絶対値を全ての利益に足すことで補正する。

2.3.3 ノード削除

戦略木によって行動を決定する際に同じ数字のノードを 2 回目以降実行する場合、そのノードでは左右どちらのノードを実行するのか決まっているため、絶対に到達できないノードが生まれてしまう。例えば、図 1 では、深さ 1 と深さ 2 に 8 番のノードがある。深さ 1 にある 8 番で左のノードを実行する場合、深さ 2 の 8 番も左のノードを実行することになり、その逆側の深さ 3 の 23 番のノード以下には到達できない。これらのノードは売買行動に関係なく適応度に影響を与えないが、ノード数を制限していないためこのようなノードが際限なく増えていく。これでは交叉時、適応度に影響を与える部分が選ばれにくくなり、進捗が停滞しやすく、効率的な学習が妨げられる。そこで、101 世代以降では毎世代使われなかったノードの削除を行う。ノードの削除を 101 世代以降で行うのは、初期世代から行うと戦略木が大きくなってしまってしまうからである。

2.3.4 交叉

現世代の全個体から適応度を用いたルーレット選択により親となる 2 個体を選択する。それぞれの個体から無作為に 1 つずつノードを選び、そのノード以下の部分木を交換することで子を 2 個体作り出す。図 2 に交叉の例を示す。これらの操作を繰り返すことで N 個体を作り出す。

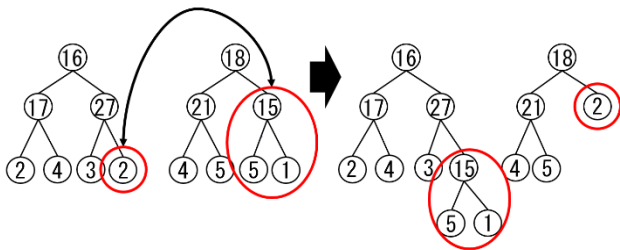


図 2 交叉の例

2.3.5 突然変異

現世代の N 個体と交叉によって出来た N 個体について適応度の順位に基づいて突然変異を施すか決定する。個体 i の突然変異が起きる確率 P_i は次式で定義される。

$$P_i = (\text{Rank}_i - 1) \times 0.1 \quad (\%) \quad (1)$$

ここで、 Rank_i は個体 i の適応度の順位である。これにより、順位の高い個体は突然変異する確率が低くなる。突然変異を施す場合、個体を構成する各ノードが突然変異率 p (%) で、終端ノードなら他の終端ノード、非終端ノードなら他の非終端ノードに無作為に変化させる。

2.3.6 次世代に残す個体の選択

次世代に残す個体を全 $2N$ 個体から適応度の順位を用いたルーレット選択によって N 個体選び出す。こうすることで、個体の多様性を保ちつつ優れた個体を次世代に残りやすくする。

2.4 提案手法の流れ

個体を N 個体用意する。個体はそれぞれ戦略木と現金残高、保有株式数の情報を持ち、1 日 1 回売買行動する。各個体は独立して、戦略木に従い定めた期間、複数銘柄でそれぞれ取引を行う。取引は過去のデータを用いて実市場と同じ値動きを再現した市場で行い、株式の注文は注文を出した日の終値で成立させる。提案手法は以下の流れで行う。

- I) 初期個体生成
- II) 初期個体の評価
- III) 交叉
- IV) 交叉によって出来た個体の評価
- V) 交叉によって出来た個体の使われないノード削除
- VI) 突然変異
- VII) 突然変異した個体の評価
- VIII) 突然変異した個体の使われないノード削除
- IX) 次世代に残す個体の選択

I), II) の後 III) ~ IX) を、決められた世代数繰り返す。

3. 結果

3.1 シミュレーション条件

本研究で扱う取引銘柄は、東京証券取引所 1 部に上場している 10 業種から、様々な変動を学習させるために、出来高が多く長い期間データを取ることが出来る銘柄を 1 つずつ選び出した、表 1 の 10 銘柄である。

表 1 取引銘柄

業種	銘柄
製造業	キャノン
水産・農林業	極洋
鉱業	日鉄鉱業
建設業	積水ハウス
金融保険業	野村ホールディングス
不動産業	三井不動産
運輸・情報通信業	KDDI
電気・ガス業	大阪ガス
サービス業	セコム
商業	イオン

個体数 $N = 100$ 、世代数 5000、試行回数 50 とし、突然変異率 p は最も良かった $p = 0.5$ (%) とした。学習期間は 2000 年から 2005 年とした。学習期間の分割の刻みは、2 年、1 年、6 ヶ月の 3 つである。分割した期間においてそれぞれ元金 10 万円とし、全銘柄で取引を行う。例えば、2 年刻みであれば、1 銘柄につき 6 年間の学習期間を 2000 年 1 月～2001 年 12 月、2002 年 1 月～2003 年 12 月、2004 年 1 月～2005 年 12 月の 3 期間に分け、10 銘柄分 30 パターンの株価変動で取引し適応度を計算する。テスト期間は 2006 年から 2016 年とし 1 年ごとにテストを行った。

3.2 学習期間

図3に学習期間（2000年～2005年）の結果を示す。図3は各世代で適応度が最も高い個体の1銘柄あたり1年間に換算した利益率の50試行平均を表している。学習期間には様々な変動が存在するが、上昇トレンドが多い期間となっている。この図の縦軸は1銘柄あたり1年間に換算した利益率、横軸は世代数を表し、黒線は既存手法、オレンジ線は2年刻みによる提案手法、青線は1年刻みによる提案手法、緑線は6ヶ月刻みによる提案手法の利益率を表す。

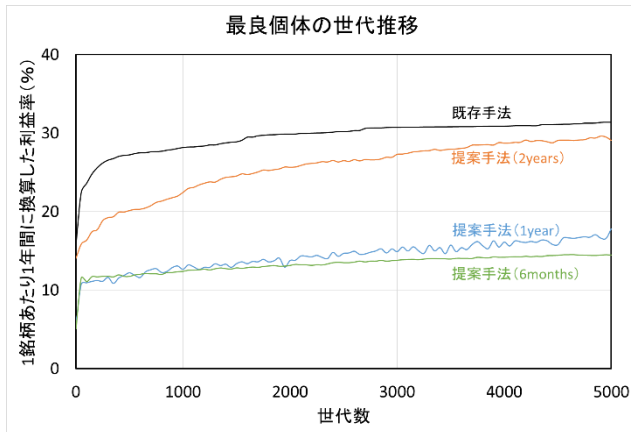


図3 最良個体の利益率の世代推移（学習期間）

既存手法、提案手法ともに世代が進むにつれて利益率が上がっており、学習が進んでいることがわかる。学習期間においては、既存手法が最も利益を上げることができている。提案手法も学習が進むごとに利益率が上がっているが、既存手法には劣るという結果となっている。また、提案手法は短く分割し学習を行ったものほど、稼ぐことが出来る利益が下がっている。

3.3 テスト期間

次に、学習させた戦略木を用いて、テストを行った結果を図4～図6に示す。それぞれの図は、各世代で適応度が最も高い個体の1銘柄あたり1年間に換算した利益率を50試行平均した世代推移を表している。縦軸は1銘柄あたり1年間に換算した利益率、横軸は世代数を表し、黒線は既存手法、オレンジ線は2年刻みによる提案手法、青線は1年刻みによる提案手法、緑線は6ヶ月刻みによる提案手法の利益率を表す。

図4は下降トレンド後、上昇トレンドまたは横ばいの銘柄が多い期間である2009年において、テストを行った結果である。

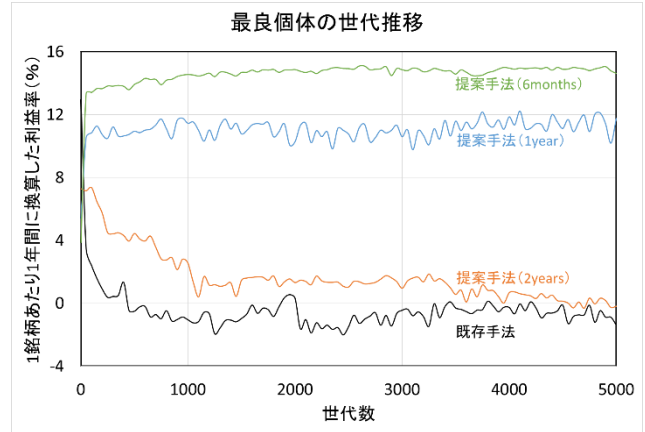


図4 最良個体の利益率の世代推移（2009年）

最終世代ではどの刻みによる提案手法も既存手法の利益を上回っており、短く分割し学習を行ったものほど利益を上げることが出来ている。既存手法は学習期間では最も利益を上げることが出来ていたが、このテスト期間では利益を上げることが出来ていない。1年刻みと6ヶ月刻みによる提案手法は、学習期間では既存手法より利益を上げることが出来ていなかったが、分割する刻みが小さいほどこのテスト期間では利益を上げることが出来ている。

図5は横ばいの変動の銘柄が多い期間である2014年において、テストを行った結果である。

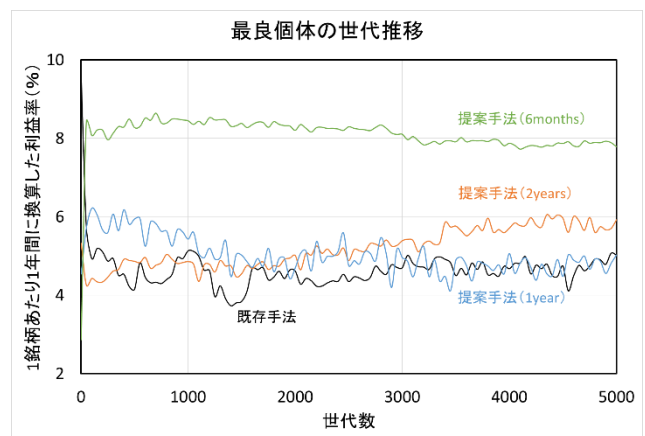


図5 最良個体の利益率の世代推移（2014年）

この期間は横ばいの変動であり、利益を上げることが難しい期間であるが、6ヶ月刻みによる提案手法が最も利益を上げることが出来ている。既存手法は、学習期間では最も利益を上げることが出来ていたが、この期間ではあまり利益を上げることが出来ていない。

図6は上昇トレンドの銘柄が多い期間である2013年において、テストを行った結果である。

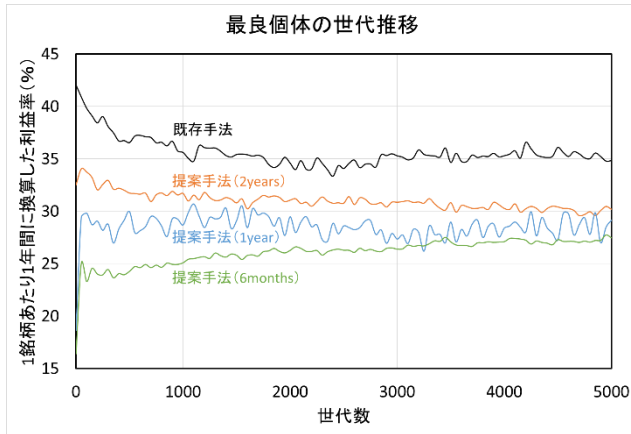


図 6 最良個体の利益率の世代推移（2013 年）

上昇トレンドであるこの期間では、既存手法が最も利益を上げることが出来ている。1 年刻みと 6 ヶ月刻みによる提案手法も学習が進むにつれて、稼ぐことが出来る利益が上がっているが、既存手法には劣るという結果となっている。

3.4 所有株式数と総資産の推移

図 7 に既存手法によって構築された戦略木を用いて、2009 年のセコムで取引を行った時の所有株式数と総資産の推移を示す。左縦軸が株価、右縦軸が所有株式数、横軸が日付を表し、青線がセコムの株価、緑線が初期資産を 10 万とした時の総資産、オレンジ線が所有株式数を表す。

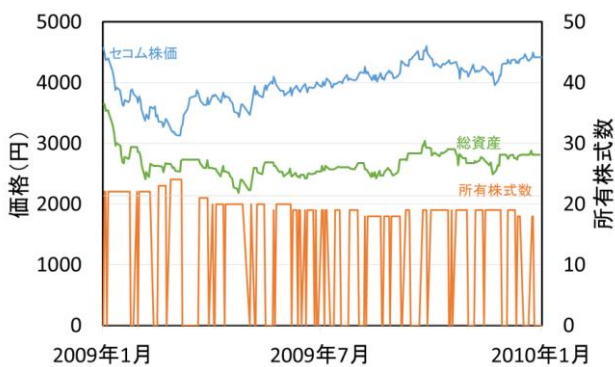


図 7 既存手法

所有株式数の推移から既存手法によって構築された戦略木で取引を行った場合、買えるだけ株式を買い、その後所有している株式を全て売るという行動を繰り返すような戦略となっていることがわかる。これでは、上昇トレンドの期間では利益を上げることが出来るが、下降トレンドの期間でもこのような行動を取っているため、取引が進むにつれ総資産が減っている。

図 8 に 6 か月刻みによる提案手法によって構築された戦略木を用いて、2009 年のセコムで取引を行った時の所有株式数と総資産の推移を示す。左縦軸が株価、右縦軸が所有株式数、横軸が日付を表し、青線がセコムの株価、緑線が

初期資産を 10 万とした時の総資産、オレンジ線が所有株式数を表す。

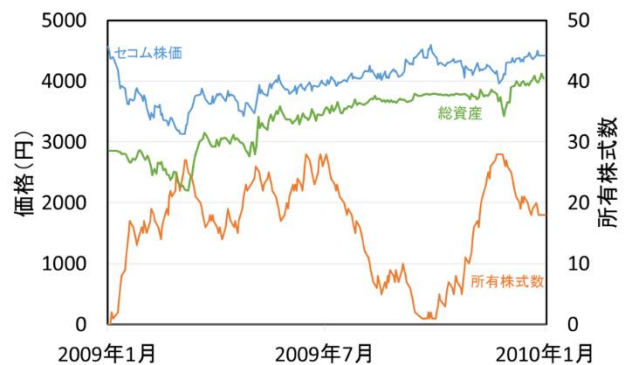


図 8 提案手法

所有株式数とセコム株価の推移から提案手法によって構築された戦略木で取引を行った場合、価格が下がっている時に株式を買い、価格が上がっている時に株式を売るという逆張りの戦略を取っていることがわかる。提案手法では価格が下がっている時に株式を買っているため安い時に買い、価格が上がっている時に株式を売っているため高い時に売ることが出来るため、取引が進むにつれ総資産が増えている。

3.5 戦略木の構造

提案手法によって構築された戦略木がどのような戦略になっているのか確かめるために、図 9 に最終世代において適応度が最も高い戦略木の構造の例を示す。終端ノードの下に書かれた数字は、そのノードが学習期間で実行された数とテスト期間で実行された数を示している。

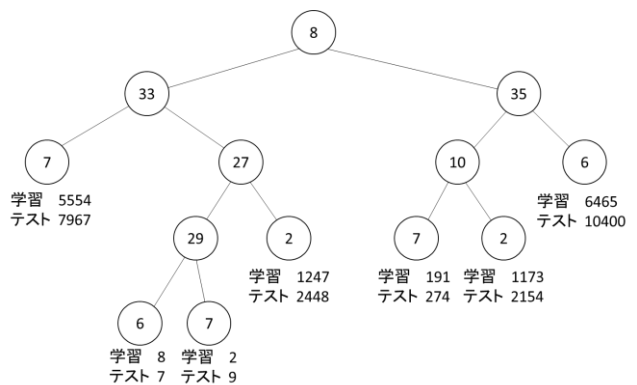


図 9 最良個体の戦略木例

基本的に深さ 2 にある 7 番の売りのノードと 6 番の買いのノードが多く使用されている。7 番の売りのノードが使用される場合は、深さ 0 の 8 番のノードで前日の価格と前々日の価格を比べ前日の価格が高く、さらに深さ 1 の 33 番のノードでボリュームレシオを計算した値から割高と判断された時である。

また、6 番の買いのノードが使用される場合は、深さ 0 の 8 番のノードで前日の価格と前々日の価格を比べ前日の価格が低く、さらに深さ 1 の 35 番のノードでボリュームレシオを計算した値から割安と判断された場合である。

価格と出来高から価格が上がっていると判断した時に株式を売り、価格が下がっている判断した時に株式を買うという逆張りの戦略となっている。

4. 考察

図 3 ～ 図 6 から提案手法は、上昇トレンドの期間では既存手法に劣るが、それ以外の変動の期間では既存手法を上回る利益を上げることが出来た。これは、図 7 からわかるように既存手法は、買えるだけ株式を買い、その後所有している株式を全て売るという行動を繰り返すような戦略となっており、上昇トレンドのみでしか稼ぐことが出来ないように進化したため、テスト期間の変動に対応できず、提案手法は、様々なパターンの変動で利益を上げようと進化しているため、テスト期間の変動にも対応することが出来たからである。

また、上昇トレンド以外の変動では、6 ヶ月刻みの提案手法が最も利益を上げることが出来ているが、これは最も多くの変動パターンの学習を行っているため様々な変動に対応することが出来たからだと考えられる。

図 8, 9 から提案手法は、価格が下がっている時に株式を買い、価格が上がっている時に株式を売るという逆張りの戦略となっており、価格が安い時に買い、高い時に売ることが出来ていることがわかる。

しかし、様々な変動に対応することが出来たといったが、上昇トレンドではあまり利益を上げることが出来ておらず、それぞれのトレンドに対応したとは言い難い。

5. まとめ

本研究では、テクニカル指標を用いたより利益を生み出す投資戦略の構築を目的とし、松村らの研究で用いられた戦略木を用いて、様々なパターンの変動に対応した戦略木の構築を試みた。

その結果、提案手法は上昇トレンドが大部分を占める変動では既存手法に劣ってしまうが、それ以外の変動では既存手法より利益を獲得することができた。

しかし、それぞれのトレンドに対応したとは言い難い。それは、現在使用しているテクニカル指標では、相場が上がっているか、下がっているかの判断しかできないからである。そのため、横ばいの変動であるボックス相場を判断することが出来る指標が必要なのではないかと考えている。

そして、より多くの変動パターンを学習させるため、さらに細かく区切ることも考えている。さらに、学習期間を区切る際に 1 月を初めとしているが、季節や年度によって区切ることも考えている。季節を考慮した区切り方であれば、春を 3 月～5 月、夏を 6 月～8 月、秋を 9 月～11 月、冬を 12 月～2 月として区切り学習を行う。年度を考慮した区切り方であれば、4 月を初めとして学習期間を区切り学習を行う。

本研究では、株式を扱ったが為替などの別の金融取引に対しての適用も考えている。

参考文献

- [1] 松村 幸輝, 国屋 美景, 木村 周平, “遺伝的プログラミング手法に基づくエージェントベーストレーダモデル”, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.9, pp.2869-2886, (2006).
- [2] 松村 幸輝, “進化計算手法にクラスタリングを応用した株式投資の戦略木最適化モデル”, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.1, pp.457-475, (2008).
- [3] 松村幸輝, “Walsh 変換を用いた遺伝的プログラミング手法に基づくファジィ交渉エージェント”, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No1, pp.267-278 (Sep.2005).
- [4] Koza, J.: Genetic Programming, MIT Press (1992).
- [5] 藤本 孝: 株価チャート分析大全, 自由国民社 (2004).
- [6] 吉見俊彦: 決定版チャート分析の真実, 日経ラジオ社 (2003).
- [7] 山中康司: 相場で勝つための基本と実践 テクニカル指標の読み方・使い方 (2015).

付録

付録 A.1 終端ノードと非終端ノード

	番号	内容
終端ノード	1	1株購入，資金がないときは待機
	2	1株売却，株式がないときは待機
	3	待機
	4	所有している株式をすべて売却
	5	資金が許す限り株式を購入
	6	初期資産の10%を使い株式を購入
	7	所有株式の10%を売却
非終端ノード	8	前日の終値が前々日の終値より高ければ左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	9	前日の出来高が前々日の出来高より高ければ左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	10	前々日 $STC-slow < STC-fast$ ，前日 $STC-slow > STC-fast$ ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	11	前々日 $STC-slow > STC-fast$ ，前日 $STC-slow < STC-fast$ ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	12	%R を用いて 0 が連続して 3 回出た後に前日の値が 20 以上ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	13	%R を用いて 100 が連続して 3 回出た後に前日の値が 80 以上ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	14	RSI > 70% ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	15	RSI < 30% ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	16	短期移動平均と前日の終値の間に+10%以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	17	短期移動平均と前日の終値の間に-10%以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	18	中期移動平均と前日の終値の間に+10%以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	19	中期移動平均と前日の終値の間に-10%以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	20	長期移動平均と前日の終値の間に+10%以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	21	長期移動平均と前日の終値の間に-10%以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	22	ゴールデンクロス（短期と中期）であれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	23	ゴールデンクロス（中期と長期）であれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	24	デッドクロス（短期と中期）であれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	25	デッドクロス（中期と長期）であれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	26	短期移動平均との間に+2 σ 以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	27	短期移動平均との間に-2 σ 以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	28	中期移動平均との間に+2 σ 以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	29	中期移動平均との間に-2 σ 以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	30	長期移動平均との間に+2 σ 以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	31	長期移動平均との間に-2 σ 以上の乖離があれば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	32	VR1 $\leq 70\%$ ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	33	VR1 $\geq 45\%$ ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	34	VR2 $\leq 30\%$ ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	35	VR2 $\geq 70\%$ ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	36	WVR $\leq -40\%$ ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行
	37	WVR $\geq 40\%$ ならば左のノードを実行，それ以外であれば右のノードを実行

本研究でノードに用いているテクニカル指標を以下に示す[5][6][7].

- STC-slow, STC-fast（ストキャスティクス値）
一定期間の株価の最高値と最安値から株価の転換点を判断するオシレータ系の指標
- RSI
一定期間の株価の値上がり幅と値下がり幅から株価の転換点を判断するオシレータ系の指標

- %R
一定期間の株価の最高値と最安値から株価の転換点を判断するオシレータ系の指標
- VR1, VR2, WVR（ボリュームレシオ）
出来高の推移から株価の転換点を判断する出来高系の指標