JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	エージェント戦略の共進化に基づく予測市場シミュレーションの設計
Author(s)	池田，心
Citation	科学研究費補助金研究成果報告書: 1-4
Issue Date	2011-06-07
Type	Research Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/9796
Rights	
Description	若手研究（B），研究期間：2009～2010，課題番号：21700251，研究者番号：80362416，研究分野：社会情報学，科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成２３年　６月　７日現在

機関番号：１３３０２
研究種目：若手研究（Ｂ）
研究期間：2009 ～ 2010
課題番号：２１７００２５１
研究課題名（和文）　エージェント戦略の共進化に基づく予測市場シミュレーションの設計

研究課題名（英文）　Design of Prediction Market Simulation Using Co-Evolution of Agent Strategies

研究代表者
池田　心　　（IKEDA KOKOLO）
北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号：８０３６２４１６

研究成果の概要（和文）：現実の市場でありながら将来を予測するツールとしても用いることができる予測市場について，それをエージェントシミュレーションするためのエージェント戦略の構成法を研究した．問題設定と定式化，フレームワーク作りの後に，多様な戦略モデルを考案し，それを共進化させることで優れた戦略集団を残し精度の高い予測を行わせることができることを確認した．さらに，最適化・学習技術を発展させる過程でモンテカルロ木探索手法についての新たな知見を得た．

研究成果の概要（英文）：In this research, prediction markets were set as the target, which are real markets and also can be used as a tool to predict the future. The design of agent-based-simulation of prediction markets is necessary to study them deeply, and I tried the purpose by using co-evolution of strategies. After the formulation and framework development, various models of strategies were introduced and co-evolved, finally it was confirmed that the evolved ones were reasonable agents and the prediction was more accurate. In addition, some knowledge about Monte-Carlo Tree Search is attained.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
２００９年度	1,600,000	480,000	2,080,000
２０１０年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総　計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：社会情報学
科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング
キーワード：予測市場，エージェントベースドシミュレーション，共進化，強化学習，モンテカルロ木探索，遺伝的アルゴリズム，事例ベース推論

１．研究開始当初の背景

予測市場とは将来確定するある事象の結果に基づいて配当が行われる証券を取引する市場であり，それ自体が参加者の予測を統合する機能を持ち，精度の高さから注目を集めている．一方でなぜうまくいくのか，何が精度に影響を与えるのかなどについては未解明な部分が多い．
これに対し，社会学，経済学，心理学，情報学などの多くのアプローチがなされるとともに，実市場としての開催やそれに関する研究も多くなされている．しかし，一つの予測市場を実際に行うためには，その取引システムのみならず，多くの参加者と長い期間が必要になる．予測市場では将来の事象を対象と

する先物取引であるためその傾向はさらに強い．そこで，シミュレータ上での実験がさらなる分析のために必要とされているが，その際にどうやって合理的なコンピュータエージェントを構築するかが課題となっていた．

２．研究の目的

そこで本課題では，システム全体をエージェントベースドシミュレーション(ABS)として模擬したうえで，多様な戦略モデルを用意し，そのパラメータ調整に共進化手法を用いて優れた予測を行うエージェント群－成熟した市場－を構成する方法を確立することを目的とする．その結果として，予測市場の予測精度が高い理由の解明，望ましい制度設計に対する提案，進化・学習についての新しい知見の獲得などを狙ったものである．

３．研究の方法

【問題設定】
コンピュータシミュレーションが試みられて間もない予測市場では，先物取引の人工市場である Umart のような，多くの研究者に公開された環境が存在しない．従って，どんな要素を取り入れ，どこは無視するかということを最初に決める必要がある．
本研究では，研究目的に合わせ本質だけを抽出した設定を行うため，市場の成熟度に注目すべく，予測対象としては２人の候補者がいる選挙，予測に用いる情報としては知人の意見と市場の意見（価格）だけ，という単純なものを用いることにした．取引の形態等を含め定式化を行うことで，事例ベース推論，テクニカル分析，強化学習などの戦略を統一的に扱うことができる．

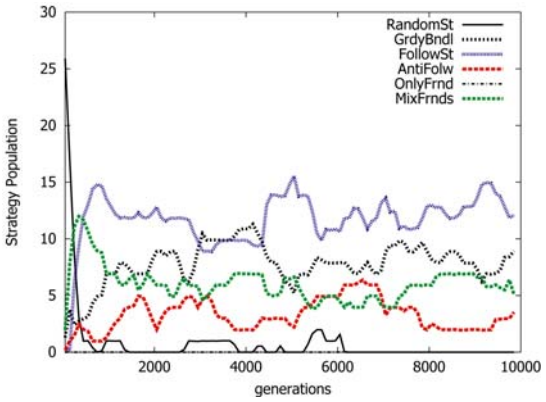
【フレームワーク作り】
本研究では将来的に，取引エージェントとして外部プログラムや人間を参加可能にすること，シミュレータを公開することを想定している．先物取引シミュレーションである U-mart等を参考に，これらのためのクラス設計を行い，他研究者が将来的に利用・参入しやすい環境を整えた．

【戦略のモデル化】
頑健で成熟した戦略群を構築するためには，多様な戦略モデルが必要であると判断した．そこで，テクニカル分析型，ファンダメンタル分析型，状態行動テーブル型のモデルを導入し，また事例ベース推論型や，モンテカルロ木探索型など，近年注目されている人工知能技術の導入も考慮することにした．

【パラメータの共進化による最適化】
本研究の独創的な点は，パラメータの最適化に静的（あるいはオフライン）最適化ではなく，動的（あるいはオンライン）最適化であるところの共進化を用いる点である．取引エージェントの利得は，自分の戦略だけではなく他人の戦略に依存して決まる性質が特に強いため，このような方法をとることにした．

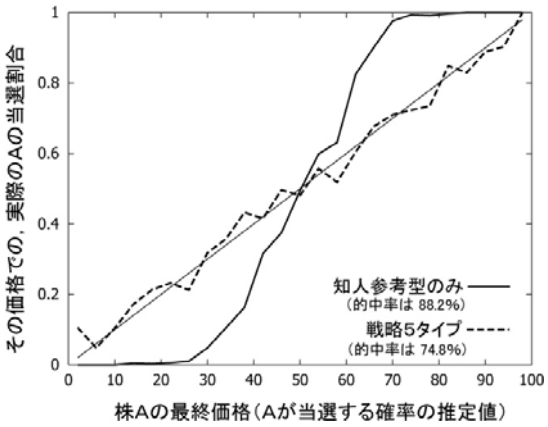
４．研究成果

【成果１：共進化による成熟した市場】
まず最初に，３つのパラメータのみからなる単純な戦略を６種類用意し，それら 30 エージェントからなる市場を構成した．各エージェントは稀に現在持つのとは異なるパラメータや戦略モデルを試み，利得が高くなればそちらに変更する局所探索アプローチをとる．全体としては悪い戦略は淘汰され，良い戦略が残ることが期待できる．



その進化の様子が上図である．世代０では全てランダム戦略(RandomSt) に初期化されているが，まずファンダメンタル型(緑，MixFrnds)が優勢となり，それを狙うテクニカル型（紺 FollowSt）や裁定型（点線 GrdyBndl）が伸びてくる，そのうえ最終的にも多様な戦略が共存しうる，という合理的解釈が可能な結果が得られた．

【成果２：予測精度の比較】
予測市場において，予測根拠をベースにしたファンダメンタル型戦略が占める割合が減ることは，一見予測精度を落とすと思われる．本研究では，ファンダメンタル型のみからなる（これも共進化させてパラメータを最適化した）市場と，上図のように４～６種類の戦略が混在する市場を，予測精度の面から比較した．

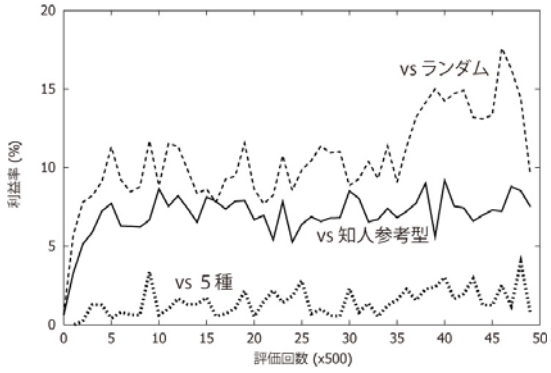


その結果，上図のように，候補者 A の当選確率と比例すべき株 A の最終価格について，ファンダメンタル型だけでは偏りが大きく，多様な戦略が混在しているほうが望ましい予測をしていることが判明した．このことから，本研究の主題である，**“多様な戦略を共進化させることで成熟した合理的な市場を作る”**ための方法論の確立は達成できたと考えている．

【成果３：強化学習による戦略構成】

成果１，２は，非常に少数なパラメータと，比較的単純な戦略モデルによって構成した市場についての研究結果であった．本研究全体では，このほかに，強化学習，事例ベース推論，モンテカルロ木探索等を戦略として用い，より成熟した市場シミュレーションを行うための取り組みも行った．

その一つが，状態価値関数（Qテーブル）を用いた強化学習エージェントの導入である．この際は，パラメータ数が大きく異なることから学習速度に違いがあると予想されたため，強化学習エージェントは静的な学習を行う予備実験とした．即ち，31 エージェントのうち１つが強化学習を行い，他の 30 エージェントは共進化で得られた３つのグループとした．



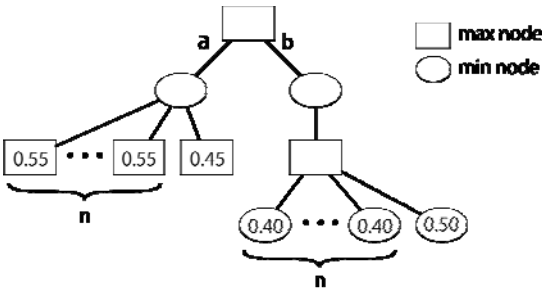
上図がその学習結果である．重要な点としては，全てのグループに対して正の利得を得ることに成功している点と，その中でも最も利得が低いのが，多様な戦略群を相手にしているときであるという点である．すなわち，強化学習は成功しており，戦略として市場に加えることが有望であるということであり，また，予測精度が高い戦略群は，強化学習がつけこむ隙も少ないということが新しい発見として得られた．

さらに強化学習を用いることで，その価値関数マップを分析して既存のエージェント群の特徴や弱点を発見することにも成功した．即ち本手法は，成熟した市場参加者を生成するための技術としてだけではなく，市場を分析するツールとしても利用できる技術であるということである．

【成果４：事例ベース推論，モンテカルロ木探索の分析】

事例ベース推論と遺伝アルゴリズムは，研究代表者が継続して取り組んでいる課題であり，多様な戦略を作る上で有力な候補の１つである．そこで，それを可能とするような統合的研究を行い，学術論文として採録された．

意思決定モデルとして近年着目され，囲碁などの分野で急激に進歩しているのがモンテカルロ木探索手法である．そこで，本手法を予測市場エージェントの構成に利用することを念頭に，その挙動を分析した．その結果，本手法の欠点を具体例とともに提示することができた．



上図がその例となる「だまし木」であり，□が自分の行動番，○が相手エージェントの行動番を意味する．数字はそれによって利得が得られる確立である．行動ａは平均的には多くの利得を得られるが相手エージェントが正しい行動をとれば好ましい行動ではない．行動ｂはその逆で，平均的には利得が小さいものの，自分が続けて正しい行動をとれば好ましい行動となる．このような構造を持つ探索木では，従来の標準的なモンテカルロ木探索は行動ａばかりを重点的に探索してしまうという問題点がある．

本件については，まだ問題点があることを指摘したのみであり，その解決方法や，実際に予測市場シミュレーションに組み込むことはできておらず，今後の課題である．

【成果５：コミュニティの形成】

予測市場・エージェントシミュレーション・モンテカルロ木探索などは比較的新しい技術であり，その交流の場が十分ではない．そこで，

１．　日本経営工学会「予測市場と集合知活用」研究部会への運営委員としての参加，研究発表
２．　計測自動制御学会「第 16 回創発システム・シンポジウム」への副実行委員長としての参加，さらに本年度は実行委員長として，予測市場の内容を講師として招く
３．　モンテカルロ木探索が用いられることの多いゲームの年次大会の設立

などを行うことで，研究コミュニティの形成に対する努力を行った．

５．主な発表論文等
（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計２件）

①池田心，予測市場シミュレーションのためのエージェント群構成法，経営システム（日本経営工学会誌），第 20 巻 5 号，249-254，2010，査読無

②池田心，小林重信，喜多一，多様な戦略選択を可能にする事例ベースの政策表現とその GA による最適化，人工知能学会論文誌 第 25 巻 2 号， 351-362，2010，査読有

〔学会発表〕（計３件）
①池田心，橋本隼一，土井佑紀，モンテカルロ＋ＵＣＴにおける探索木のだまし構造，第 24 回ゲーム情報学研究会，2010.6.25，奈良

②池田心，予測市場シミュレーションの共有に向けて，「予測市場と集合知活用」研究部会　第３回会合，2010.3.5，京都

③池田心，予測市場シミュレーションのための戦略の学習と進化，第 53 回システム制御情報学会研究発表講演会， 2009.5.22，兵庫（予稿掲載のみ．インフルエンザのため開催中止で発表なし）

〔その他〕

日本経営工学会「予測市場と集合知活用」研究部会の運営に携わる：
http://www.collective-knowledge.net/sigpmkt/committee.html
第16回創発システム・シンポジウム（予測市場の内容を含む）副実行委員長：
http://ess2010.ise.ibaraki.ac.jp/
JAIST Cup ゲームアルゴリズム大会（モンテカルロ木探索に関連）を設立，実行委員長：
http://www.jaist.ac.jp/jaistcup2011/

６．研究組織

(1)研究代表者
池田　心　（IKEDA KOKOLO）
北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号：８０３６２４１６

(2)研究分担者　　なし

(3)連携研究者　　なし