

人工青果物市場における取引形態の評価

辻岡 卓 山本 耕司

四国大学

〒771-1192 徳島市応神町字古川

E-mail: {tsujioka, yamamoto}@keiei.shikoku-u.ac.jp

あらまし

近年、インターネットを始めとする情報機器の普及、大型量販店の台頭により様々な業種において市場の取引形態が大きく変化している。本研究で取り上げる青果物市場でも従来原則とされてきたセリ・入札が、先取りをはじめとする直接取引に取って代われようとしている。取引形態の変化はそのまま価格形成システムの変化へとつながることから、市場の今後を予測するためにはセリ・入札と直接取引きのそれぞれの取引の特性、及びそれらが混在する市場の特性を明らかにすることが重要な課題であると考ええる。

そこで本研究では青果物市場を対象として人工市場を構築し、取引形態が価格形成過程に与える影響を調べた。

キーワード 人工市場, 進化的手法, 取引形態

Evaluation of the dealings form in an artificial vegetables and fruits market

Suguru TSUJIOKA Kohji YAMAMOTO

Shikoku University

Hurukawa, Uujin-chou, Tokushima 771-1192 Japan

E-mail: {tsujioka, yamamoto}@keiei.shikoku-u.ac.jp

Abstract

Nowadays, the spread of information machines and increase in large retail store make a lot change these dealing forms of many markets. For example, on the vegetables and fruits market taken up in this study, auction style in the conventional principle decreases, and one to one dealings style increases. Change of a dealing form provide the change of a price formation system, for predicting the market future, it is important to clarify the characteristics of both auction style and one to one dealing styles and intermingled dealings of those. Therefore, we built an artificial market for a vegetables and fruits market, and simulated the influence of a dealings form on a market prices formation process.

Keyword Artificial Market, Evolutional Technique, Dealings Form

1. はじめに

近年、インターネットを始めとする情報機器の普及、大量量販店の台頭により様々な業種の市場における取引形態が大きく変化している。本研究で取り上げる青果物市場でもそれは例外ではなく、従来原則とされてきたセリ・入札に代わり、先取りや相対といった直接取引が30~40%を占めるようになってきている¹⁾。

そこで本研究では青果物市場を対象として人工市場を構築し、取引形態が価格形成過程に与える影響を評価した。取引形態の変化は価格形成システムに多大な影響を及ぼし、更には市場価格への影響へとつながる。また、「市場価格決定の制度は個人の複雑さをどのように市場の複雑さに集積するかというメカニズムである」²⁾ことから市場の今後を予測するためにはセリ・入札と直接取引それぞれの特長、及びそれらが混在する市場の特性を明らかにすることが重要な課題である。本研究の人工市場モデルはそれらを理解するための有用なツールとして用いることが可能である。

2. 青果物市場

まず、本研究で対象とした青果物市場の近況、及びその特徴について述べる。

近年、青果物をはじめとする農業市場では生産者団体が利用できるリスクヘッジ手段として商品先物取引が盛んに研究されており³⁾⁴⁾、その実運用の第一歩として食用馬鈴しょ先物取引が2002年5月10日から横浜商品取引所で開始された。また、三菱商事を始めとする企業がエレクトロニック・マーケット・システム(EMS)による青果物取引への参入を表明するなど、流通形態にも変化の兆しが見える⁵⁾。

このような流通・取引形態の激変を前に、現存市場の価格形成メカニズムの解明と、近い将来におとずれるであろう市場原理の変化の予測が強く望まれている。しかし、現在の青果物市場では取引形態として、先取り、相対といった直接取引とセリ・入札による競売取引が行なわれており、更にそれらが日々異なる割合で混在しているため、価格形成メカニズムの解明は非常に難しいのが実状である。そのため市場動向のモデリングと予測といった観点から見た際に青果物市場や農畜産物市場は株式や為替に代表される金融市場に比べて注目されにくい。

また、上述した理由に加え ①生産量と出荷量の相関がつかみづらい、②不定期に取引が行なわれるため、市場価格を予想する際に一般の金融市場と同様の時系列分析を行なうことは難しい、といった特徴も注目されにくさを助長していると考えられる。

筆者らはこれまでに上記の原因①、②を解決する一

提案として、気温や降水量といったファンダメンタルズ要素により生産量を把握、これを市場価格の予想要因とするエージェントにより構成される人工市場に適用し、青果物、中でも果物を対象とした場合の市場動向の予測には一定の成果を挙げた。⁶⁾

3. 取引形態

青果物市場における主要な取引形態には以下の3形態がある。

セリ

仲卸業者、及びそれ以外の仕入れ業者ら多数を相手に、卸売業者のセリ人が公開の場(卸売場)で出荷者から委託された野菜や果物を販売する方法。仕入れ業者らは独特の手ぶりや直径10cmほどの丸い黒板にチョークで値段を提示、最高値を提示した業者がその商品を買取る仕組み。

通常は値段を上げていくセリ上げ方式(イングリッシュ・オークション、ファースト・ブライズ・オークション)が取られ、しかも卸売会社が最低価格を提示することは無いため、仕入れ業者は商品を自身の希望価格以下で買取る事となる。

相対

出荷者と仕入れ業者の間で個別に取引価格を決定する方式。従来、輸入果物など規格が均一で貯蔵性があるような商品のみに対し行なわれてきた取引方法。しかし、近年ではそれ以外の商品でも取引が行なわれている。

セリ前に行なわれるため、取引価格の設定が難しいが、唯一、出荷者が売却価格に影響を及ぼせる取引形態。また、十分に安い売却価格を希望している出荷者にとっては売却機会の多い取引形態である。

先取り

セリ時間前に取引を行ない、その販売価格を当日のセリの最高価格とする方式。近年、この先取りのシェアが増え、セリ・入札の形骸化が憂慮されている。従来は病院食、学校給食、船舶用食など特定の用途に限られていたが、今ではスーパー、外食などの確実な需要充足を望む業種にも関口が広がっている。

仕入れ業者にとっては確実に仕入れが可能な反面、購入価格が高くつく取引形態。

4. 本研究モデルの概要

本研究で構築した人工青果物市場は現実世界の出荷者(団体)に対応する seller エージェント100個と、仲卸業者及びそれ以外の売買参加者に対応する buyer

エージェント 100 個から構成されている。青果物市場の特性上、seller エージェントは売却のみ、buyer エージェントは購入のみを行なう。

それら合計 200 個のエージェントが現実世界の 1 日に対応する 1 処理期間毎に、取引戦略決定ステップ、先取り取引ステップ・相対取引ステップ、セリ取引ステップ、学習ステップをそれぞれに行なうループ構造を構成する(図 1)。以下、各ステップ毎の処理について述べる。

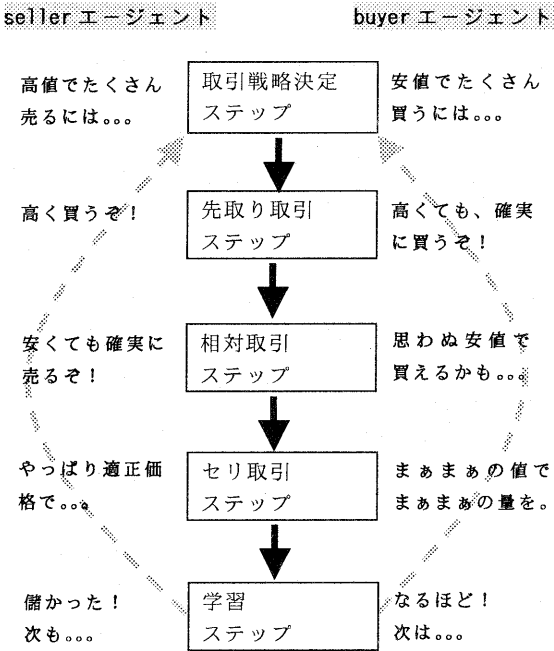


図 1 本研究モデルの流れ

5. 取引戦略決定ステップ

各エージェントは市場動向や自身の制約条件といった取引条件に対して各自異なる重要度の組み合わせを持っており、これを基に取引戦略を決定する。

まず、以下に取引条件について挙げる。

市場供給量

各期に販売される商品の総量は buyer エージェントには既知の情報であり、これを $M_s(t)$ と定義した。

価格変動率と供給変動率

市場における平均取引価格(中値)の動きを把握する為に、また市場への対象品目の供給量の動きを把握するために価格変動率と供給変動率を定義する。しか

し、青果物市場は商品の供給が不規則で、取引が行なわれない期間がしばしばある。また、平均価格の変動が激しく、その中長期的な動きはつかみづらい。そこで本モデルでは直近の過去 n 期間の平均取引価格の平均値を $Pa^n(t)$ 、直近の過去 n 期から $2n$ 期までの n 期間の平均取引価格の平均値を $Pa^{2n}(t)$ とすると、価格変動率 $Pm(t)$ は以下の式で算出される。

$$Pm(t) = \frac{Pa^n(t) - Pa^{2n}(t)}{Pa^n(t)} \quad (1)$$

同様に、直近の過去 n 期間の市場供給量の平均値を $Sa^n(t)$ 、直近の過去 n 期から $2n$ 期までの n 期間の平均取引価格の平均値を $Sa^{2n}(t)$ とすると、供給変動率 $Sm(t)$ は以下の式で算出される。

$$Sm(t) = \frac{Sa^n(t) - Sa^{2n}(t)}{Sa^n(t)} \quad (2)$$

ここで期間 n は各品目毎の取引間隔によって決定される定数である。

ただし、価格変動率を条件として用いるには通年で出荷・流通する品目である必要がある。

希望売却量と希望購入量

青果物市場では取引実体が青果物という生鮮食料品であることから、1. seller エージェントは生産・入荷した青果物を早期に売り払わなければならない、2. buyer エージェントはある程度の品目、数量を維持するために、絶えず購入しつづけなければならない、という特徴がある。そこで、本研究モデルにおいて、seller エージェントは前回の取引からの経過日数が長いほど希望売却量を増加させ、buyer エージェントは前回の取引からの経過日数が長いほど希望購入量を増加させることとした。(図 2)

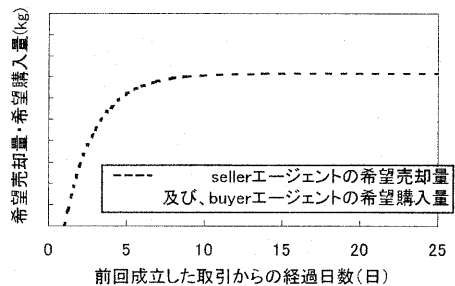


図 2 経過日数と希望売却量・希望購入量

エージェント A の t 期から前回成立した取引までの隔たり期間を $I_A(t)$ としたとき、seller エージェント A の希望売却量 $S_A(t)$ 、buyer エージェント A の希望購入量 $B_A(t)$ はそれぞれ、以下の式(3),(4)で表せる。ただし、ここで $S \max_A(t)$ は seller エージェント A の売却可能な最高売却量、 $B \max_A(t)$ は buyer エージェント A が購入可能な最高購入量、FR は個々の品目の鮮度保持期間を表す係数とする。ただし、 $I_A(t) \geq 1, FR \neq 0$

$$S_A(t) = S \max_A(t)(1 - e^{-FR(1-I_A(t))}) \quad (3)$$

$$B_A(t) = B \max_A(t)(1 - e^{-FR(1-I_A(t))}) \quad (4)$$

以上の条件を入力として受け取り、以下のように seller エージェント、buyer エージェントは売買戦略を決定する。売買戦略は各取引形態への参加割合と、各取引形態における希望売却価格・希望購入金額からなる。以下、そのそれぞれについて述べる。

5.1. 取引形態の割合

Seller エージェント A の t 期における先取り、相対、セリの各取引の希望売却割合をそれぞれ $Sp_A^1(t)$ 、 $Sp_A^2(t)$ 、 $Sp_A^3(t)$ 、どの取引にも参加しない割合を $Sp_A^4(t)$ とおく。

同様に buyer エージェント A の t 期における先取り、相対、セリの各取引の希望売却割合をそれぞれ $Bp_A^1(t)$ 、 $Bp_A^2(t)$ 、 $Bp_A^3(t)$ 、どの取引にも参加しない割合を $Bp_A^4(t)$ とおく。このとき、これらは以下の式で算出される。

$$Sp_A^n(t) = IPm_A^n \times Pm(t) + ISm_A^n \times Sm(t) + IS_A^n \times S_A(t) \quad (5)$$

$$Bp_A^n(t) = IPm_A^n \times Pm(t) + IMS_A^n \times Ms(t) + ISm_A^n \times Sm(t) + IB_A^n \times B_A(t) \quad (6)$$

($n = 1, 2, 3, 4$)

ここで、 IPm_A^n 、 ISm_A^n 、 IS_A^n 、 IB_A^n 、 IMS_A^n はそれぞれエージェント A の価格変動率、供給変動率、希望売却量、希望購入量、市場供給量の Sp_A^n 、 Bp_A^n に対する重要度を表す係数である。

Seller エージェント A の t 期における先取り、相対、セリの各取引の希望売却量をそれぞれ $Sv_A^1(t)$ 、 $Sv_A^2(t)$ 、 $Sv_A^3(t)$ 、buyer エージェント A の t 期における先取り、相対、セリの各取引の希望売却量をそれぞれ $Bv_A^1(t)$ 、 $Bv_A^2(t)$ 、 $Bv_A^3(t)$ とおくとこれらは以下の式で算出できる。

$$Sv_A^n(t) = \frac{Sp_A^n(t)}{\sum_{i=1}^4 Sp_A^i(t)} \times S_A(t) \quad (7)$$

$$Bv_A^n(t) = \frac{Bp_A^n(t)}{\sum_{i=1}^4 Bp_A^i(t)} \times B_A(t) \quad (8)$$

($n = 1, 2, 3$)

5.2. 取引希望価格

Seller エージェント A の t 期における先取り、相対、セリの各取引の希望売却価格をそれぞれ $Sy_A^1(t)$ 、 $Sy_A^2(t)$ 、 $Sy_A^3(t)$ 、buyer エージェント A の t 期における先取り、相対、セリの各取引の希望購入価格をそれぞれ $By_A^1(t)$ 、 $By_A^2(t)$ 、 $By_A^3(t)$ とおくと、これらは以下の式で表される。

$$Sy_A^n(t) = (I_y Pm_A^n \times Pm(t) + I_y Sm_A^n \times Sm(t) + I_y S_A^n \times S_A(t) + I_y Sv_A^n \times Sv_A^n(t) + 1) \times PB \quad (9)$$

$$By_A^n(t) = (I_y Pm_A^n \times Pm(t) + I_y Ms_A^n \times Ms(t) + I_y Sm_A^n \times Sm(t) + I_y S_A^n \times S_A(t) + I_y Sv_A^n \times Sv_A^n(t) + 1) \times PB \quad (10)$$

($n = 1, 2, 3, 4$)

ここで、 $I_y Pm_A^n$ 、 $I_y Sm_A^n$ 、 $I_y S_A^n$ 、 $I_y B_A^n$ 、 $I_y Ms_A^n$ はそれぞれエージェント A の価格変動率、供給変動率、希望売却量、希望購入量、市場供給量の Sy_A^n 、 By_A^n に対する重要度を表す係数、 PB は品目毎の基準価格を表す定数である。

6. 先取り取引ステップ

以下に処理手順を示す。なお、以下の取引ステップについて述べた章において希望売却量、希望購入量、希望売却価格、希望購入価格とは各取引形態における希望量、希望価格のみを指すこととする。

手順 1. 各 seller エージェントが希望売却量を提示、その後ランダムに buyer エージェントとマッチングし、取引を行なう。その取引量は希望売却量と希望購入量のどちらか少ない方。

手順 2. 手順 1 で希望売却量を満たしていない seller エージェント集団と、同様に希望購入量をまだ満たしていない buyer エージェント集団で、手順 1 を繰り返す。

手順3. 全エージェントが希望取引量を満たした時点で当該期の先取り取引ステップを終了する。

7. 相対取引ステップ

本研究モデルの相対取引は市場全体の需要と供給をいったん全て集めて需給が釣り合うところに市場価格が決定される「競売型」を用いている。以下にその処理手順を示す。

手順1. 全エージェントが、購入・売却希望価格を提示

手順2. 最も安い希望売却価格を提示した seller エージェントと、最も高い希望購入価格を提示した buyer エージェントが取引を行なう。取引の際の売買価格は seller エージェントの提示した価格。取引量は購入・売却希望量の内、どちらか少ない方。

手順3. 以降、まだ購入・売却希望量を満たしていないエージェント集団で、手順2を繰り返す。

手順4. seller エージェント中で提示された最も安い売却希望価格が、buyer エージェント中で提示された最も高い購入希望価格を上回った時点で当該期の取引ステップを終了する。

つまり、上記の手順を seller エージェントを例に説明すると、安い売却価格を提示すれば売却機会が高い確率で得られるが、利益に乏しく、高い売却価格を提示すれば売却機会を失う可能性があるが、もし売ることができたなら利益の最大化が可能であるといえる。

8. セリ取引ステップ

前述のとおり、青果物市場のセリはいわゆるイングリッシュ・オークション(ファースト・ブライズ・オークション)である。よって buyer エージェントは自分の購入希望価格が当該取引において最も高いときのみ取引を行なえる。以下に処理手順を示す。

手順1. seller エージェントが売却希望量を提示。

手順2. 売却候補額を0円から1円ずつカウントアップ

手順3. 希望購入量を満たしていない buyer エージェントの中で希望購入価格が売却候補額以上のエージェントが1個になるまで手順2を繰り返す。

手順4. 手順3で選ばれた buyer エージェントが売却候補額で取引を行なう。取引量は購入・売却希望量の内、どちらか少ない方。

手順5. 手順1~4を全 seller エージェントが当該期の希望売却量を満たすか、全 buyer エージェントが

希望購入量を満足するまで繰り返して行なう。

最終的に取引価格は「2番目に高い購入希望価格を持つ buyer エージェントの希望購入価格+1」円となる。

9. 学習ステップ

各エージェントは各期の最後に、当該期において発生した取引をもとに、自身の取引戦略(式(5),(6),(9),(10))の市場適性を向上させ、効用を増大させるために学習を行なう。学習にあたっては進化的手法を用いた。

各エージェントは、取引戦略の候補に対応する5つの子エージェントを有し、原則的にその中で選択・交叉・変異のオペレータを基に学習を行なう。以下に各オペレータについて述べる。なお、以下のオペレータの説明においては以上述べてきた市場関係者に対応する各エージェントを親エージェントと称することとする。

9.1. 選択

まず選択では、当該期の取引から希望売却量充足率、希望購入量充足率と損益率を求め、それらの指標を基にして適応度を算出する。 t 期におけるエージェントAの希望売却量充足率 $S_A^s(t)$ 、希望購入量充足率 $S_A^b(t)$ と損益率 $PL_A(t)$ は式(11),(12),(13)で表現した。

$$S_A^s(t) = -\frac{S_A(t) - Sr_A(t)}{S_A(t)} \quad (11)$$

$$S_A^b(t) = -\frac{B_A(t) - Br_A(t)}{B_A(t)} \quad (12)$$

$$PL_A(t) = \frac{P_{AVE}(t) - Pr_A(t)}{P_{AVE}(t)} \quad (13)$$

ただし、 $Sr_A(t)$ は全取引形態でエージェントAが売却取引できた量の合計、 $Br_A(t)$ は全取引形態で購入取引できた量の合計。また、 $P_{AVE}(t)$ は当該期の全エージェントの平均市場価格、 $Pr_A(t)$ は全取引形態を通してのエージェントAの平均取引価格である。

これらを基に適応度を算出する。 t 期におけるエージェントAの適応度 $gA(t)$ は以下の様に算出した。ただし、式(14)は seller エージェントの場合、式(15)は buyer エージェントの場合である。

$$gA(t) = S_A^s(t) + PL_A(t) \quad (14)$$

$$gA(t) = S_A^B(t) - PL_A(t) \quad (15)$$

当該取引における各親エージェントは、自身の全子エージェントの取引戦略の中から適応度の高いものを選択しようとする。具体的には適応度に比例した確率でその取引戦略を選択する。t期における子エージェントAの取引戦略が親エージェントに選択される仕組みは遺伝的アルゴリズムのトーナメント法で表現した。

適応度の高い取引戦略は各期において選択されやすく、適応度の低い取引戦略は淘汰される。したがって、各親エージェントはこの適応度を高めることを指針に各期において学習を行なう。子エージェントを採用したことで、各親エージェントが従来の自身の取引戦略を、表面上には出ないまでも思考の中では継承しつつ、改変していくことができる。

9.2. 交叉

交叉では、一定のごく低い確率で選ばれた子エージェントの取引戦略の重要度係数を、1箇所だけ(エージェント番号の)隣接する子エージェント同士でランダムに交換する。交叉は、隣接する子エージェント間であれば隣接する親エージェント間でも可能であることとした(図4)。この交叉によってローカルな情報交換を表現し、また初期設定にはない新しい重要度係数の組み合わせを発生させる。

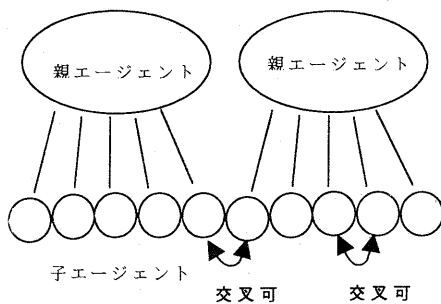


図4 親エージェント間の交叉

9.3. 変異

変異では、交叉よりもなお低い確率で選ばれた子エージェントの重要度係数を、新たに乱数で決定した値に変更する。これにより新しい重要度係数をもった取引戦略が発生することになる。

10. まとめ

本研究では青果物市場という「取引方法が複数存在す

る市場」を対象とした人工市場モデルの構築を行い、そのモデルを用いて取引形態の違いが及ぼす市場動向への影響を調べることに成功した。シミュレーション結果の詳細は講演の際に述べるが、現時点では取引条件の洗い出し、取引戦略式の改善などまだまだ改良の余地が存在する。しかし、本研究モデルをアーキタイプに様々な市場の取引形態について検証することが可能であるという成果が得られたことは評価に値すると確信する。

文 献

- 1) 三好明(徳島青果中卸協同組合理事長), “プライベートコミュニケーション,” 組合事務所, Nov.2002
- 2) 和泉潔, “人工市場における複雑さの発展の分析,” 第10回マルチエージェントと協調計算ワークショップ, pp.116 - 121, 2001
- 3) 松田友義, 栗原伸一, “商品先物取引に対する生産者の受容態度,” 先物取引研究, vol.4(1), No.7, pp.43-75, 1999
- 4) 栗原伸一, 松田友義, “商品先物取引の受容態度に関する研究-タマネギ生産者に対する意識調査を通して,” 農業経営研究, No.101, pp.1-10, 1999
- 5) 松田友義, 鄒 艶, Eric van Heck, “ECと見えざる参入障壁 - 青果物取引の場合,” 2000年度経営情報学会春期全国研究発表大会, 予稿集, pp.30-33, 2000
- 6) 辻岡卓, 山本耕司, “ファンダメンタリストエージェントによる人工青果物市場の構築と評価,” JASAG, 発表論文集, pp.32-37, Sep.2002
- 7) 和泉潔, 植田一博 “人工市場入門,” 人工知能学会誌, vol.15 - 6, pp.941 - 949, 2000
- 8) 出口弘, 和泉潔, 塩沢由典, 高安秀樹, 寺野隆雄, 佐藤浩, 喜多一 “人工市場を研究する社会的及び学問的意義,” 人工知能学会誌, vol.15 - 6, pp.982 - 989, 2000
- 9) 和泉潔, 大勝孝司 “人工市場アプローチによる為替レートの分析,” 人工知能, vol.102 - 2, pp.7 - 12, 1995
- 10) 田中一秀, 高階知己, 渡辺成良 “電力自由化市場エージェントモデルにおけるエージェントレベルでの学習能力評価,” シミュレーション, vol.20 - 1, pp.86 - 94, 2001