

# マルチエージェント人工市場への行動経済学的手法の導入による 建設資材の市場価格変動の再現に関する研究

○北垣 亮馬\*1 三好 徹志\*2

キーワード：人工市場 遺伝的プログラミング 建設資材 プロスペクト理論

## 1. 背景と目的

これまで建設資材の多くは大量消費されることを前提に安価で容易に入手可能なものが用いられてきた。このため資材の希少性が建設価格に影響をあたえることはあまり多くなかったものと考えられる。しかしながら、近年になって、コンクリートに用いられる良質な骨材資源の枯渇が指摘<sup>1)</sup>されはじめており、良質な骨材に対する市場獲得競争性は高まっている。例えば、ここで、技術の進化によって、スラグ骨材や再生骨材など廃棄物由来の骨材が、広くコンクリート構造物に利用され始める可能性を考えると、需給バランスが時代とともに変化し、近い将来、骨材市場に何らかの価格変動が生じることは十分考えられることである。このような需給バランスの変化を引き起こす要因は、原料そのものの枯渇、工法の変化、法律改正によるものなどが考えられるが、この際に生じる資材価格の変化とその積算である工事費用の変化がどの程度になるかを理解することは、将来的な環境影響や建築工事業者の経営リスクを考える上で重要なことである。特に、廃棄物由来の資材が市場に普及していく過程においては、ユーザーの主観やイメージが意思決定に強く影響し、価格にも影響するものと考えられる。しかし、建築分野においては、このような様々な社会的要因や心理的要因によって変化する資材価格を再現するような人工市場に関する研究はあまり行われていない。そこで本研究では、今後の建設資材価格の市場安定性や市場持続性の検証が実現可能な人工市場モデルを構築するための基礎的検討として、マルチエージェントシステム(MAS)を用いた社会シミュレーションシステムの各エージェントの意思決定に進化論的手法と行動経済学的手法の両者を導入した人工市場を構築し、その精度を検証するために、コンクリート用材料の過去の市況データを入力することによって、価格変動を再現した結果について考察する。

## 2. 市場価格予測のための価格モデルの構築

### 2.1 建設資材ごとの市場価格変動の分類

本研究では、MASを用いた人工市場において、各建設資材の取引業者がそれぞれのメカニズムに基づいて資材価格を決定しながら取引を繰り返すことを想定している

ため、表1に示す実際の建設資材の市場価格統計を用いて価格変動の特性を整理した。各建設資材の市場価格統計と経年の市場価格推移を図1に示す。

資材の市場価格変動は大きく2つに分類することができる。1つ目は石油製品やセメントに見られるような、価格の変動する時期と安定している時期がはっきりと分かれているような変動を持つものであり、2つ目は、碎石と生コンクリートに見られる小刻みな変動を持つものである。ここで石油製品やセメントの市場価格については製品の製造時に多量の燃料を消費することから、石油製品の市場価格変動が大きく影響していることが考えられる。また、石油製品については、自由な市場取引による価格変化よりも内戦や政治的な駆け引きといった社会情勢によって価格の変動が起こることが多いことから、セメントの市場価格変動は、石油価格の価格変動とセメントの需給バランスの両方の要因に基づくものであると考えられる。次に、碎石と生コンの市場価格に関しては、石油の市場価格変動と連動しない挙動を示している。また、どちらかというと株価に見られるような細かい上下動が見られる。ある時間におけるプレイヤーの売買量や他のプレイヤーとの駆け引きによって変動する株価に対し、一般の資材価格は、原材料価格、製品需要量、慣習的な取引による割引など、株価とは異なる価格決定要因が存在するため同一視はできないが、自らの利益を追求しながら多数の小規模な企業体が取引を実施した結果として市場価格が変動しているものと考えられることができる。

表1 市場価格統計の入手元

種類	文献名	出版元	時期
生コン	生コン年鑑	セメントジャーナル社	1970-2009
セメント	セメント年鑑	セメント新聞社	1970-2010
碎石	碎石統計年報	経済産業省	1980-2010
労務費	労働統計年報	厚生労働省	1970-2010
原油	財務省貿易統計	財務省	1999-2008

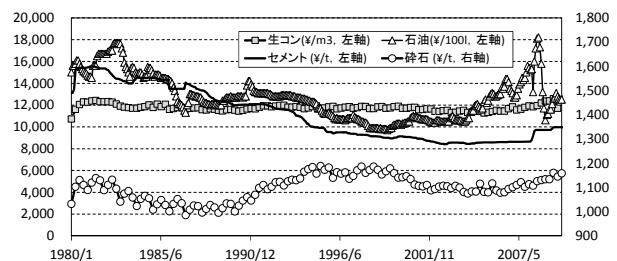


図1 各種市場価格の推移

## 2.2 市場価格モデル、言い値モデルの導出

### 2.2.1 概要

一般に、市場価格変動は、業界の平均的な相場価格とそれを意識しながら各業者が「言い値」を付けて取引した結果、その平均的な値としての市場価格に変動が生じている。ここで、言い値とは、市況を見極めながら各取扱業者の価値観によって定められる実際の取引価格のことである。そこで、各資材の相場価格と言い値の両方について定式化を行う。

### 2.2.2 セメントの相場価格モデルと言い値モデル

2.1 節にて述べたようにセメントの価格には原油価格変動とセメント需要の変動の両者の影響が考えられるため、(1)式のような形で相場価格モデル<sup>3)</sup>を定式化した。

$$P_{(t)} = P_{(t-1)} + \alpha(P_{(t)}^{Oil} - P_{(t-1)}^{Oil} - \beta) + \gamma(V_{(t)}^{Demand} - V_{(t-1)}^{Demand}) \quad (1)$$

$P_{(t)}$  : t期のセメント価格  $\alpha, \beta, \gamma$  : パラメータ

$P_{(t)}^{Oil}$  : t期の原油価格

$V_{(t)}^{Demand}$  : t期のセメント需要量(万トン)

$\alpha, \beta, \gamma$ は、過去のセメント市場価格データを用いてこの式を最小二乗法でフィッティングさせ、 $\alpha = 0.02776$ ,  $\beta = 448.4$ ,  $\gamma = 0.00001$ を得た。ただし、このモデルの場合、政情変動などによる急激な原油価格変動に伴うセメントの市場価格推移を説明できないため、前6期分の平均原油価格に対して、当期原油価格が+500(円/100l)を超えて急騰した場合、当期の原油価格上昇率の1/4を前期のセメント価格に乗じたものを当期のセメント価格とし、その後5カ月間は(1)式で得られるセメント価格が減少する場合の下げ幅を1/10とした。実際の市場価格との比較を図2に示す。次に、セメントの言い値 $P_{asked}$ に関しては、個別の小さい取引による変動がほぼないと仮定し、相場価格モデルに輸送費 $P^{Transport}$ を加え(2)式のように定式化した。

$$P_{asked} = P_{(t)} + P^{Transport} \quad (2)$$

$P_{(t)}$ :セメントの相場価格

### 2.2.3 砕石と生コンの相場価格モデルの導出

2.1 節で述べたように、砕石と生コンでは、業界の平均的な相場価格と各業者の言い値による取引の両方が影響し市場価格変動が生じている。陳ら<sup>3)</sup>の研究では、株式市場に対し株を売買するプレイヤーとしてマルチエージェント(MA)を導入し、そのプレイヤーの意思決定モデルとしてGP(Genetic programming)を採用することで株

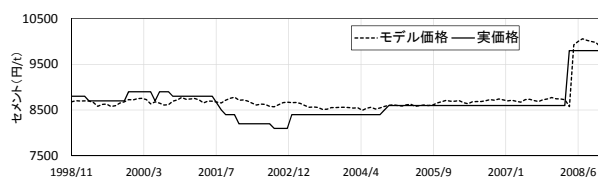


図2 原油急騰を考慮したセメント価格モデル

価の変動を再現したとする結果を報告している。この際、前期の需要量、供給量、相場価格の関係から今期の初期の相場価格を導き、それに基づいて、各業者が言い値を付けながら取引することで今期の市場価格変動が形成されている。そこで、本研究においても、砕石と生コンの相場価格に陳らのモデルを採用し(3)式のように定式化する。本研究では、コンクリート分野の先行研究である山岸<sup>6)</sup>に基づき $\alpha=0.1$ とした。市場での需要量が多いほど相場は上がり、供給量が多いほど相場は下がる。

$$P_{(t+1)} = P_{(t)}(1 + \alpha \cdot \tanh \frac{V_t^{demand} - V_t^{supply}}{V_t^{demand}}) \quad (3)$$

$P_{(t+1)}$ :来期の相場  $P_{(t)}$ :今期の相場

$\alpha$ :パラメータ(山岸<sup>6)</sup>に基づき $\alpha=0.1$ )

$P_{(t)}V_t^{demand}$ :その資材の需要総量

$V_t^{supply}$ :その資材の供給総量

### 2.2.4 砕石と生コンの言い値価格モデルのための価値関数の導出

業者が言い値を付ける場合、相場価格と自身の経営コストを加味した粗利益の両方を考慮し、自身の価値観に基づき、相場価格に対して個別の価格変動を実施した上で、輸送コストを加えたものを「言い値」とするものと考えられる。ここで、価格変動を実施する際の業者の価値観として、行動経済学に基づく価値関数を導入する。行動経済学<sup>4)</sup>とはKahneman, Tverskiらによって提唱された経済学分野であり、標準的なミクロ経済学の重要な仮定である人間の合理性が現実の経済活動では必ずしも成立しない点に着目しているところに特徴がある。Kahnemanらは人間の行動を実験によって観測し分析した結果として、プロスペクト理論を提唱した。プロスペクト理論を構成する重要な一つ概念として、価値関数がある。価値関数とは、参照点を原点として縦軸を精神的な価値、横軸を物質的な価値とした場合に、利得局面と損失局面では精神的な感じられ方が異なることを示したものである。これは、同じ量の利得と損失が発生した場合、利得による幸福よりも損失による不幸の方が大きく認識されることを意味する。このプロスペクト理論は並河ら<sup>5)</sup>の株式価格の変動を再現するシステムにおいて導入された事例があるが、導入の主たる目的は、市場における財の値付けにステークホルダーの行動経済学的な損益判断が関与しているという実態を反映させるためであり、その他の財においても適用可能性が考えられる。そこで生コン業者の価値関数を導出するために、生コンのスライド価格の基準配合を呼び強度18N/mm<sup>2</sup>、生コン1m<sup>3</sup>中にセメント300kg、砕石1675kgが含まれるとし、従業員10人当たり月1万立方メートルの生コンを製造するものとして生コン1立方メートルあたりの粗利益を算定した。次に、生コン業者のある時点の損益状況に応じた、価格変動に対する特性を抽出するために、粗利益の変化率に対する

価格変化率（株価分析などでいう反発率×-1）を分析した。ここで粗利益の変化率とは前期から今期にかけての粗利益の変化率であり、価格変化率とは今期から来期に向けての価格変化率を意味している。生コンの市場価格データより得られた粗利益の変化率と価格変化率の関係を線形近似とともに図3に示す。この近似直線の傾きは、生コン価格とそれを取り扱う企業の受け取る正味の価値が相互作用して変動するさまを表している。つまり、価格変化率とは、実際の取引業者が外部にも見られてしまう損益情報の外挿値であり、この一方で、粗利益の変化率とは、実際の取引業者自身のみが知る正味の価値の変化率を示していると考えられる。このように考えると、図3のプロットは、市況である価格変動が起こった場合に、各業者が自身の粗利益の変化率を受け止め、その感受性に応じた次の行動の目安となる関数を示しており、価値関数の考え方と一致すると考えられる。また、この関数では、損失領域における傾きが利得領域における傾きの約2.1倍となっており、Kahnemanらよって指摘された2~2.5倍という範囲内に収まるものであるため、一般的な価値関数とも整合性が取れている。以上より、ある資材の市場価格変化率が $x$ のときに、業者が粗利益の変化率 $f(x)$ をどのように変化させるかという統計的な傾向を示す図3の回帰直線を、各業者の価値関数とみなし、各業者の言い値モデルに反映させるものとする。以下、生コンおよび砕石の市場価格統計から、標準的な工場として、従業員10人あたり1万立米/月の生コン、あるいは20万トン/月の砕石を生産すると仮定して得られた粗利益より得られた生コン、砕石の価値関数をそれぞれ(4)および(5)式に示す。

$$f(x) = \begin{cases} 1.25414x, & x \geq 0 \\ 2.63357x, & x < 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$f(x) = \begin{cases} 0.67897x, & x \geq 0 \\ 1.05036x, & x < 0 \end{cases} \quad (5)$$

### 2.2.5 砕石と生コンの言い値モデルの導出

2.2.4で示した価値関数を用い、価格反映成分を定義した上で、さらに輸送コストを加えたものを「言い値」とし、(6)式のように定義する。この式では、解析中の市場価格変化率をあらわすものとして、各業者の平時生産時に0となる稼働状況パラメータ $y$ を設定し、これに価値関数の係数をかけることで業者の粗利益の変化率を導いて用いている。

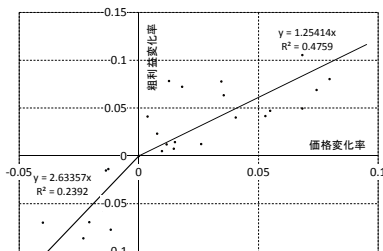


図3 生コン企業の粗利益変化率と価格変化率

$$p^{asked} = \begin{cases} (1 + \alpha^+ y) p^{market} + p^{transport}, & y \geq 0 \\ (1 + \alpha^- y) p^{market} + p^{transport}, & y < 0 \end{cases} \quad (6)$$

$$y = \frac{V^{Producing} - 0.8 \times V^{MaxProduction}}{0.8 \times V^{MaxProduction}}$$

$V^{Producing}$  : 生産量

$V^{MaxProduction}$  : 最大生産量

ここで、砕石の言い値の場合、 $\alpha^+ = 0.67897, \alpha^- = 1.05036$ 、生コンの言い値の場合、 $\alpha^+ = 1.25414, \alpha^- = 2.63357$ となる。

### 2.2.6 行動経済学を使用しない言い値の算定

前節に対し、比較のために行動経済学を使用しないモデルにおける言い値の算定方法は、発注量、過去の取引回数、そして当期の相場から、山岸<sup>6)</sup>に基づき、(7)式のように設定した。なお、 $V_0$ 、 $V_0^{ordered}$ 、 $n$ については、一年間の解析で得られた各工場の実績値をもとに設定した。

$$p^{asked} = p^{market} \left\{ 1 - \frac{V_0^{ordered} - V_0}{V_0} - k \left( \frac{N^{history}}{N} - n \right) \right\} + p^{transport} \quad (7)$$

$p^{asked}$  : 言い値  $V_0^{ordered}$  : 発注量の閾値

$p^{market}$  : 今期の相場  $V_0$  : 発注量を正規化する変数

$p^{transport}$  : 輸送費  $k$  : 割引率

$V_0^{ordered}$  : 発注量  $N^{history}$  : 過去の取引回数

$N$  : 現在の総ターン数

$n$  : 取引回数による割引率の閾値

## 3. シミュレーションモデルの説明

### 3.1 シミュレーションの概要

2章の設定に基づき各資材が取引される人工市場をシミュレーションする地域として、需要地は東京都の3次メッシュ、生コン工場は東京都内、セメント工場は関東地方全域、砕石工場は関東1都3県に実際に所在するものを調査データにより設定した。その結果、シミュレーション上で活動するエージェントとしては、139の生コン工場、7のセメント工場、75の砕石工場を配置した。シミュレーションの開始時点は1999年1月とした。GPを用いたシステムの計算の流れを図4に示す。各工場エージェントがGPによって、当時点の適合度からその月の生産、出荷、入荷予定量を決定する。GPにおいて工場は材料、製品の相場、在庫量、稼働率によって行動を変化させる。なお、各工場のGPにおけるノード記号は以下の表2のように設定し、計算手法は山岸<sup>6)</sup>の手法を用いた。例えばある生コン工場が、図5のような戦略を保持している場合、先月比で生コン相場が上がり (If\_Month\_Concrete\_Price が True)、かつ前年比でその生コン工場の稼働率が上がっている場合 (If\_Year\_Concrete Stock が True) には、ある需要地に発生する生コンの入札に対して、生コンの販売価格を提示し、出荷 (Ship\_Concrete) に結びつけようとする。また、先月比で生コンの相場が下がった場合には、先月までの活動で少なくなったセメントを発注して入荷するという行動を

表 2 各工場の GP におけるノード記号

生コン工場	
先月比で生コンの価格が上がった場合は p1、下がった場合は p2 を実行する	If_Month_Concrete_Price
前年同期比で生コンの価格が上がった場合は p1、下がった場合は p2 を実行する	If_Year_Concrete_Price
先月比で生コンの製造稼働率が上がっている場合は p1、下がっている場合は p2 を実行する	If_Month_Concrete_Stock
前年同期比で生コンの製造稼働率が上がっている場合は p1、下がっている場合は p2 を実行する	If_Year_Concrete_Stock
p1、p2 を順に実行する	PROG2
p1、p2、p3 を順に実行する	PROG3
生コンの生産準備として資材在庫を増やす	Produce_Concrete
生コンの出荷をこころみる	Ship_Concrete
セメントを単位量入荷する	Receive_Cement
砕石を単位量入荷する	Receive_Coarse_Aggregate
砂を単位量入荷する	Receive_Fine_Aggregate
砕石工場	
先月比で砕石の価格が上がった場合は p1、下がった場合は p2 を実行する	If_Month_Coarse_Aggregate_Price
前年同期比で砕石の価格が上がった場合は p1、下がった場合は p2 を実行する	If_Year_Coarse_Aggregate_Price
先月比で砕石の在庫が増えた場合は p1、減った場合は p2 を実行する	If_Month_Coarse_Aggregate_Stock
前年同期比で砕石の在庫が増えた場合は p1、減った場合は p2 を実行する	If_Year_Coarse_Aggregate_Stock
先月比で砂の価格が上がった場合は p1、下がった場合は p2 を実行する	If_Month_Fine_Aggregate_Price
前年同期比で砂の価格が上がった場合は p1、下がった場合は p2 を実行する	If_Year_Fine_Aggregate_Price
先月比で砂の在庫が増えた場合は p1、減った場合は p2 を実行する	If_Month_Fine_Aggregate_Stock
前年同期比で砂の在庫が増えた場合は p1、減った場合は p2 を実行する	If_Year_Fine_Aggregate_Stock
p1、p2 を順に実行する	PROG2
p1、p2、p3 を順に実行する	PROG3
砕石・砂を単位量生産する	Produce_Aggregate
砕石を単位量出荷する	Ship_Coarse_Aggregate
砕石を単位量出荷する	Ship_Fine_Aggregate
セメント工場	
先月比でセメントの価格が上がった場合は p1、下がった場合は p2 を実行する	If_Month_Cement_Price
前年同期比でセメントの価格が上がった場合は p1、下がった場合は p2 を実行する	If_Year_Cement_Price
先月比でセメントの在庫が増えた場合は p1、減った場合は p2 を実行する	If_Month_Cement_Stock
前年同期比でセメントの在庫が増えた場合は p1、減った場合は p2 を実行する	If_Year_Cement_Stock
p1、p2 を順に実行する	PROG2
p1、p2、p3 を順に実行する	PROG3
セメントを単位量生産する	Produce_Cement
セメントを単位量出荷する	Ship_Cement

\*p1,p2,p3:ノードに対する分岐

とることになる。次に全体取引フェーズに移る。ここではある製品、材料を入荷予定のエージェントがそれを出荷予定のエージェント全てに発注のための問合せをかける。これを受けたエージェントはその製品、材料の言い値を返し、発注側はその言い値に対する評価値を定め、最も評価値が高かった工場との間で取引が成立する。なお、言い値の算定過程については、2.2 節に従い、価値関数を用いて算定を行うモデル(行動経済学モデル)と、価値関数を用いないモデルの 2 通りを設定し、その再現性の比較を行った。また、その言い値に対する評価値として、3.2 節に示すとおり、過去の取引回数が多い得意先ほど選択されやすい商慣行を再現する式を設定し、その取引の結果、得られた利益、稼働率などに応じて定まるその月の戦略の適合度を 3.3 節に示すとおり計算するものとした。最後に、全体取引フェーズが終了すると、GP の操作と 2.2.3 節に示す相場の変動が起こり、次期の予想相場へ影響を与え、次期の開始点に戻るものとした。

### 3.2 評価値の算定

言い値に対する評価値は、山岸<sup>6)</sup>と同様に、価格面だけでなく、信用度としての取引実績数も考慮して、言い値、現在の総ターン数 N、過去の取引回数 N<sub>history</sub> を用い

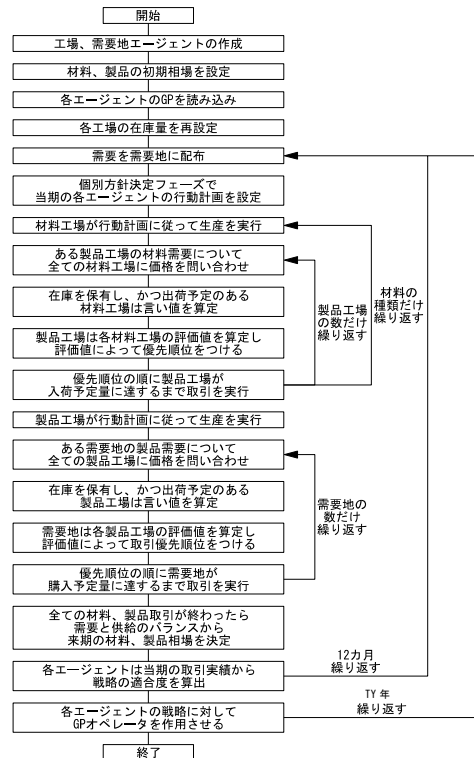


図 4 GP を用いた本シミュレーションの流れ<sup>6)</sup>

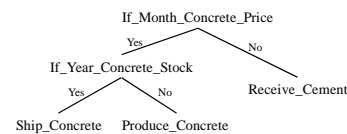


図 5 生コン工場の GP 戦略における木構造の例

て(8)式のように算出する。これによって懇意にしている資材取引業者の評価値が上がりやすくなり、図 4 に示す「評価値によって取引優先順位をつける」段階で、優先順位が高まり取引業者が固定される要因を導入する。

$$E = p_{\text{market}} - p_{\text{asked}} + l \times \frac{N^{\text{history}}}{N} \quad (8)$$

E: 評価値

l: 一年間の解析に基づく重み係数

### 3.3 適合度の算定

経済主体の戦略に進化論的手法を適用しようとする時、その適合度はその戦略によって得られた利潤と考える。本研究では(9)式のように業者にとって利潤にかかわる要素を正規化し線形スケールリングして足し合わせるものとする。この適合度をもとに次のステップで各業者が戦略を更新し価格を変化させることで、古典的ゲーム理論におけるナッシュ均衡と異なり、業者間の動的な市場競争モデルを再現する。

$$\text{適合度 } F = f_1(X_1) + f_2(X_2) + f_3(X_3) + f_4(X_4) + f_5(X_5) \quad (9)$$

X<sub>1</sub>: 売上高の正規化値 X<sub>4</sub>: 在庫管理費の正規化値

X<sub>2</sub>: 加工費の正規化値 X<sub>5</sub>: 在庫価値の増分の正規

X<sub>3</sub>: 原材料費の正規化値 f<sub>n</sub>: スケールリング関数

#### 4. シミュレーション結果・価格の推移について

図 6, 7 に行動経済学モデルを導入／未導入による各材料の再現価格の推移を示す。行動経済学モデルを導入しない場合、生コンの再現価格は大きな変動をもち、砂と碎石の再現価格は計算期間を通じ継続的に上昇／下降するなど、実価格と大きく異なる挙動を示した。この一方で、行動経済学モデルを導入した場合には、図 1 に示した実価格の価格帯および分散と比較して、より近い傾向を持つことが示された。次に、図 8～11 (左) に、生コン、碎石の実価格と計算期間中に得られた再現価格（行動経済学モデル導入／未導入）との相関性を、図 8～11 (右) に計算期間全体の実価格および再現価格の平均値と標準偏差の比較を示す。行動経済学モデルを導入した場合には、実価格と再現価格の間に正の相関を示す一方で、未導入の場合には負の相関となり価格変動の再現性が低下する。行動経済学モデルがない場合には、各業者の適合度が下がった場合に、価値関数にもとづいて言い値を切り下げて受注に結びつけることが起きないため、近距離にある決まった業者間の取引に固定化されやすく、長期的には、競争による価格低下が生じにくくなる。各材料の実価格はどちらかという横ばいか下降する経時的傾向があることから、行動経済学モデルのない再現価格は、実価格の変化量に対して逆相関の傾向を示すものと考えられる。また、本研究で提案した人工市場モデルには、協同組合による生産配分といった考え方が盛り込まれておらず、それによる影響については今後の検討が必要であると考えられる。

#### 5. 結論

本研究では、MAS+GP+行動経済学の価値関数を用いたコンクリート原料の人工市場を構築し、実際の市場価格変動との比較を試みた。その結果として、行動経済学の価値関数として、各資材の価格変動の経年統計から業界全体のコストに対する反発性を採用し、これを導入することによって再現性を向上させることが可能であることが確かめられた。このような方式を用いて、行動経済学の考え方を、人工市場の取引における意思決定に導入することによって、人間の行動原理を取り込み、より現

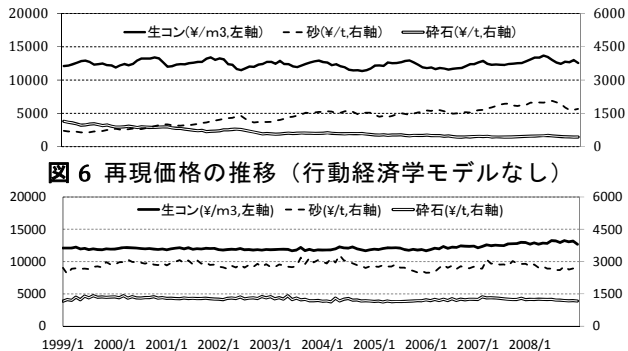


図 6 再現価格の推移 (行動経済学モデルなし)

図 7 再現価格の推移 (行動経済学モデルあり)

実に近い市場変化を再現することが可能であるならば、例えば、廃棄物由来の再生材料など、商品の印象が取引上の意思決定に強く影響する環境負荷低減技術を市場に普及させる際の普及速度や障壁を経済学的なアプローチをつかって検討し、解決方法や政策立案に役立てる展開があると考えられ、さらなる検討が期待される。

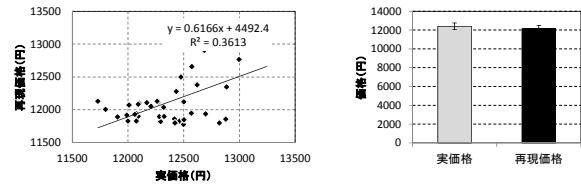


図 8 生コンの再現価格と実価格の対比 (行動経済学モデルあり)

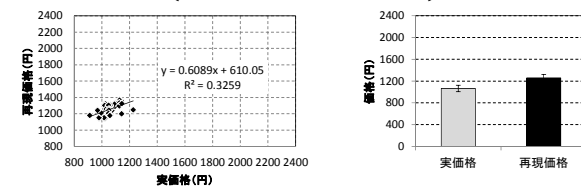


図 9 碎石の実価格と再現価格の対比 (行動経済学モデルあり)

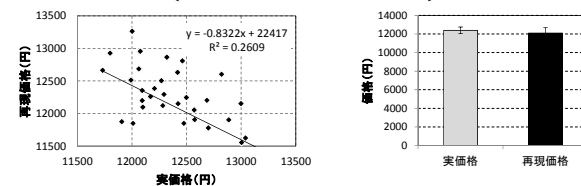


図 10 生コンの実価格と再現価格の対比 (行動経済学モデルなし)

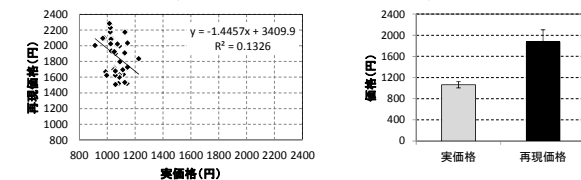


図 11 碎石の実価格と再現価格の対比 (行動経済学モデルなし)

#### [参考文献]

- 1) 國府 勝郎: コンクリート用骨材事情とその対応, コンクリート工学, 46(5), 123-126, 2008
- 2) 深山敬大ほか: 鉄屑リサイクル市場の価格形成の考察, 土木計画学研究, vol. 33, 2006
- 3) 陳曉榮ほか: 共進化 GP を用いたマルチエージェントシステムの構成とその人工市場分析への応用, 電気情報通信学会誌, A Vol. J86-A No. 10 pp. 1038-1048, 2001
- 4) 多田洋介: 『行動経済学入門』, 日本経済新聞社 (2013)
- 5) 並河勇介ら: プロスペクト投資家エージェントの市場への影響, 日本機械学会第 19 回計数力学講演会講演論文集, No. 06-9 pp. 463-464 (2006)
- 6) 山岸英輝: 進化論的手法を用いたマルチエージェントシステムの構築とそのコンクリート産業分野への適用, 東京大学修士論文, 2012. 03

\*1 東京大学大学院工学系研究科 講師 博士 (工学)

\*2 東京大学大学院工学系研究科 大学院生 修士 (工学)

# **Simulating market price fluctuations of construction materials using an artificial market based on multi-agent system and behavioral economics model**

○Ryoma KITAGAKI\*<sup>1</sup> Tetsushi MIYOSHI\*<sup>1</sup>

Keywords : artificial market, genetic programming, construction material, prospect theory

Prices of construction materials in Japan have been sustained affordable because of plenty of resources until the recent years. However, the resource for concrete aggregate start to deplete and it makes the transactions of the resource more competitive. The market price of concrete aggregate would fluctuate in the near future depending on the balance of demand vs. supply. The balance would change according to depletion of resources, changes of construction methods, and changes of regulations. It is very important to understand the mechanisms of price fluctuations because it leads to the management risk in construction industry. Artificial market based on multi agent system is useful to simulate and discuss the mechanisms of the price fluctuations related to social/environmental factors.

The purpose of this research is to establish an artificial market based on multi agent system with prospect theory and simulate the price fluctuations from 1999. As a result. the artificial market model with prospect theory can simulate the price fluctuation from 1999 to the present time, comparing with the artificial market model without prospect theory.

---

\*1 Assistant Professor, Department of Architecture, University of Tokyo, Dr.Eng.

\*2 Graduate student, Department of Architecture, University of Tokyo, Ms.Eng.