

■査読付研究ノート

予測市場とバイアスの所在

岡野匡志*

【要旨】 予測市場は、正確な予測を集団的に実現する予測生成システムの一つである。人々の間に潜在する洞察を集約することで、最も優れた個人の洞察を上回る精度の予測を生成できることが知られている。しかし、期待に対して普及は進んでいるとは言い難い。

予測市場上のバイアスの研究はすでに多い。しかし、これらのバイアスを整理した研究は少ない。また、バイアス制御のための市場機能の理解もまだ不十分である。

予測市場が正確な予測を生成するメカニズムには、二つの仮説の競合がある。1 つは「マージナルトレーダー」仮説であり、他方は「群衆の知恵」仮説である。これらはトレーダーのバイアスを制御するプロセスに異なる理解を示す。第三章ではこの論争を確認し、その妥当性を検討する。

4章では、トレーダーに働くバイアスのリストを作成し、先行研究からそれらが「集団的予測生成」プロセスでどのように働いているのかを整理する。最後にそれらバイアスを、発生様相の違いによって「予測生成段階」「予測共有段階」「予測集約段階」の三つの局面に分類した。特に予測共有段階はシステムのなフォローが無く、歪みを制御しにくい。最後にそれらの歪みを避けるための予測市場の運営のありかたについて考察を加えた。

キーワード: 予測市場、認知バイアス、群衆の叡智

はじめに

本稿は、予測市場の政策ツールとしての可能性と問題点を検討するため、予測市場の先行研究を調査し、予測市場に求められる機能、および予測市場が統御しうる・しえないバイアスを確認することを通じて、その精度と信頼性の根拠となる論理の理解の一助となることを目的とする。なお、予測市場とその原理に関しては、別稿¹⁾で詳説した。そこで、ここでは原理に関しては概略および先の論説では十分に触れなかった部分の説明のみを簡単に述べるに止める。

I. 予測市場とその仕組み

予測市場(prediction market)とは、予測対象の想定される結果を証券に見立て、実際にその予測どおりの事象が生じた場合に一定の配当がなされる仮想証券を、専用の市場を介して予測参加者(トレーダー²⁾)に取引させる集団的予測形成手法である。トレーダー達はそれぞれ、用意された予測証券に記されたイベント(例:大統領選挙市場なら「Bush が大統領に選出」など)がどれくらいの確率で発生するか考え、期待利益が現在の証券価格より高ければ証券を買い、安ければ売ることが繰り返す。こうして形成された証券価格は、集団に潜在する予測対象についての洞察を集約した

*立命館大学政策科学研究科・博士後期課程

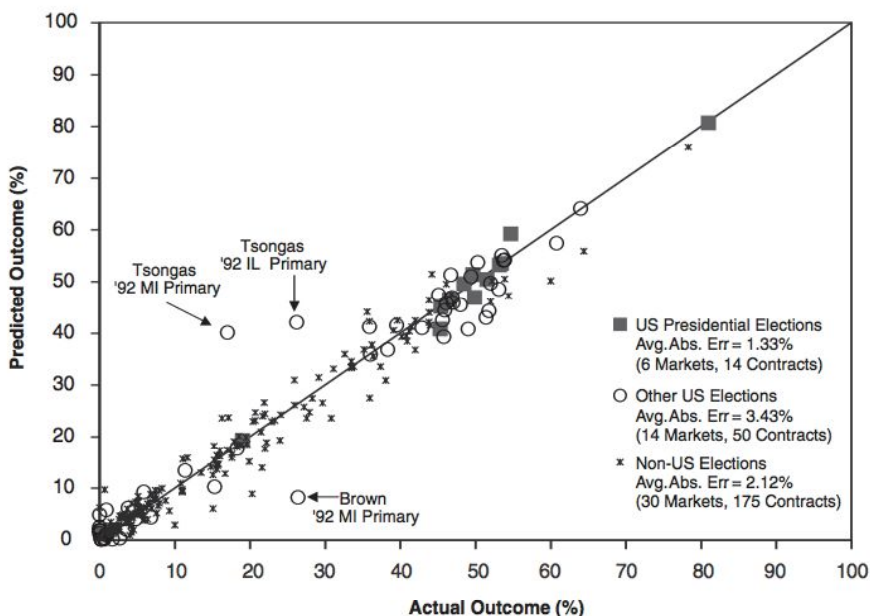
ものになる。なお、予測市場ではこれを適切に行うために取引は匿名で行い、空売り・空買いなどの価格操作に繋がりやすい投機的行為が禁止されている。

実際の予測プロセスを後述するアイオワ電子市場 (IEM) における大統領選挙市場の例を元に説明する。まず参加者は Bush や Dukakis ら候補者全員が記された予測証券のセットを数ドル (1988 の市場では 2.5 ドル) の実通貨で購入する。この証券は選挙後に各候補の得票率に比例して配当 (参加費と同額) を精算される。参加者はこの証券をお互いに売買する。売買方式は連続ダブルオークション方式が用いられた。これは任意の時点で、自分の保有する証券に任意の価格をつけて、もしくは希望する証券に希望購入価格を提示してボードに公示し、マッチングが出来次第売買を成立させる方式である。そして最後に、選挙が始まる前日 (市場を閉鎖した時点) での各証券価格と配当の比を得票率や議席配分に換算し最終的な予測とする。

予想市場は穀物や資源の先物取引で見られる将来予測 (価格に反映されている) が、かなりの正確さを示していることに注目したアイオワ大学の研究グループによって、1988 年にアメリカ大統領選挙を対象として初めて実施された (IEM)³⁾。この試みにおいて、学生を中心に大手メディアの世論調査を元にした得票率予測 (平均誤差 1.9%) よりも正確な予測 (誤差 0.1 %) を示し、予測市場は一躍注目されるようになった。

その後も既に多くの実験が行われており、政治的な予定、法律の可決やその時期、国際問題の結果、経済指標の変動、新作映画の興行収入、企業収益の予測、アカデミーなどの賞レース、スポーツイベントの勝敗など、さまざまな対象が予測されている⁴⁾。特に選挙を対象とした得票率市場では、毎回非常に正確な予測がなされている⁵⁾。図1は、1988～年までの IEM 選挙市場 (ダブルオークション方式) における、予測結果 (得票・議席比率) と実際のそれとを比較したものである。

図1 予測された比率 (確率) と実際の比率の比較 (1988～2004)



(出所: Berg & Rietz (2006)より引用)

アイオワ電子市場での大統領選挙, 国政選挙の予測と結果。

Y軸: 予測された比率, X軸: 実際の比率。斜線: 両者が一致する領域

2000 年までの4回の大統領選挙を対象にしたギャラップ社の予測の平均誤差は 2.1%であったのに対して、IEM の大統領選市場の平均誤差は 1.4–1.5%とギャラップ社を上回っている⁶⁾。予測精度の安定度についても、1992 年のイリノイ・ミズーリ両州選挙を例外として、ほぼ大きな逸脱は見られない。

なお、選挙予測市場は日本でも駒澤大学や静岡大学、および株式会社「はてな」等が主催となった事例があるが、2009 年の衆議院選挙において開催された予測市場(静岡大学 shuugi.in)では民主党 308 議席を的中し、自民党の議席予測も 12 議席差で誤差最小と、毎日新聞および週刊雑誌の予測と比較しても最も正確な予測を示した⁷⁾。

予測の集約方法にはここで挙げたダブルオークションの他にもパリティ方式がある⁸⁾。これは競馬で用いられている方式で、ある予測証券を購入(もしくは結果に投票)した参加者の間で配当を頭割りにする方法である。この方式では同じ予測に賭ける参加者が多ければ多いほど、個々の期待配当は下がる。参加者は自分の洞察した可能性と配当から期待利益を算出し、もし現在保有する証券の期待利益が最大でなくなったと感じたならば、その証券を胴元や他の参加者に売却し、新たな予測証券を購入する。パリティ方式では配当に対する証券価格ではなく、配当自体が変化することにより、得られた参加者の分布が各自の可能性判断を集約している。

II. 予測市場を巡る状況と課題

まず予測市場には「何が求められているのか」「どんな問題があるか」を簡単に概観しておきたい。

予測市場の研究はすでにそれなりの研究史と蓄積を持つに至っており、多くの論点が表示されている。特に、金融工学・社会心理学の実験プラットフォームとしての利用やその視点からの詳細な分析が進展している。それに対して、公共的・政策的な利用はアメリカでもあまり進んでいない。自治体レベルでは災害リスク管理などへの応用の試みはあるものの、多くは研究的なものに留まっている。予測市場への社会的な関心は、企業予測市場が広まった 2000 年代半ばからしばらくの間が最も高かった。しかし、その後 08~10 の間に3つの大手予測市場が閉鎖⁹⁾されており、この時期に予測市場への期待が失われていたことが見える。

企業においても、2014 年のマッキンゼー社の調査¹⁰⁾では、かなりの数の企業(調査対象企業の8%)が導入の試みを行ったことがあるにも関わらず、運用の困難さや予測効果が期待外れであったなどの理由で満足度指標が低く、2010 年以降は利用が低下している。これについて Wolfarm(2015)は、32 の企業へのインタビューを踏まえて企業が予測市場を活用できなかった理由を以下の様に纏めている。

- ・適切で知識豊富なトレーダーを確保できない: 予測市場は魔法ではなく、あくまで「バイアスを制御したまま多くの判断を集約する」方法の一つに過ぎない。参加者が対象についての十分な知識を持たない、もしくは状況を知るための機会に恵まれていない場合は適切な予測を生成できない。
- ・従業員に対する不信: 経営者は従業員(の集団予測)より、外部コンサルタントを信頼する強い傾向が見いだされたとする。
- ・経営陣の理解の低さ: アンケートとの違いも把握していないまま導入した経営者が多かった。

このうち、予測市場が「期待外れだった」という意見は選挙市場などで高く安定したパフォーマンスが示されていることと矛盾する。ただし、「少人数」で「複雑な問題状況」では構造化された討議(デルファイ法など)に予測パフォーマンスが劣るとする複数の知見¹¹⁾がある。

予測を意思決定に生かすには、組織として結果にどのような態度を示すのかを定めておくことが求められる。そのためには「予測市場（への問い）の適切な設計」「予測市場の適切な運営」への理解を深めておく必要がある。しかし、どのようなものが「適切な運用」かがまだ明らかでは無い。そこで以下では、予測市場に存在するバイアスとその影響を確認し整理する。

Ⅲ. 予測市場の価格形成の原理に関する仮説

Ⅲ.1 ハイエク仮説

先に見たような正確な「集団的確率判断」はどのようなしくみによって生成されているのだろうか。これについて未だ定まった結論は無いが、いくつかの仮説が存在する。

予測市場の「情報集約」機能の理解としては、ハイエクの「情報効率的なメカニズム」であるとする見方がある¹²⁾。ハイエク¹³⁾は、市場は個々の市場参加者が周囲の環境のごく限られた知識や情報¹⁴⁾しか持っていない場合でも、その情報を競争的な取引を通じて集約・合成することで、「最適な」資源配分を形成できるとした。

予測市場はこの市場取引の「情報の集約効果」を利用して、個々の参加者に分散して潜在する判断や情報、洞察を抽出、集約している。この時、各参加者は経済的インセンティブによってその時点での主観的判断を抽出・表明し（討議などで見られる社会的萎縮の回避）、主観的な「期待利得」を最大化するように行動することが想定される。

各トレーダーは自分の持つ観測情報と、知識から対象の真の状態の予測を形成する。そして、期待利益が最大になるように市場取引を行う（合理的期待モデル）ことで、個々の参加者の限定的な観察や知識に基づいた、不完全で異なった判断が市場価格に合成される（効率的市場仮説）。この2つの機序によって非公開情報が価格に反映されるとされた。

このコンピュータ・シミュレーションによる検討では、分散した情報の集約効果はアンケートより高く、また参加者間の情報格差が大きくなるほど精度が向上することが示されている¹⁵⁾。

Ⅲ.2 マージナルトレーダー仮説

Forsythe et al.(1992,1999)は IEM の選挙市場で多くのトレーダーに「希望的観測効果 (wishful thinking effect)」が生じていることを確認した。それによれば多くのトレーダーは自分の支持政党を過大評価するバイアスを持っていた¹⁶⁾。また、それとは別に自分の期待利得を最大化する判断を選びそこなう単純な錯誤も多く見られた。

効率性市場仮説と合理的選択モデルの理解では、個々人は自らの主観的確率に対して合理的な行動を行うことで適切な確率判断の集約がなされる、という前提が置かれていた。しかし、実際の市場では、ほとんどの参加者の判断はバイアスや錯誤にまみれている。たとえば、党派的バイアスが参加者に広く見られるのであれば、その主観的確率は特定方向に歪んでいるはずである。また、自らの主観的確率に合理的に振る舞えなければ、確率の抽出にもノイズが入る。

この時、効率性市場仮説ではバイアスも共に集約されてしまうと考えられる。また錯誤は集約効果を低下させる。なのに、なぜその歪みは価格形成に表面化せず、先のような正確な集団的予測がなされるのか。このような多様なバイアスや錯誤にまみれた予測者たちがなぜ正確な予測をなし得るのかという問題について、Forsythe¹⁷⁾は IEM の取引の分析から、「マージナルトレーダー仮説」を

提唱した。

マージナルトレーダー(以下 MT)とは、市場価格に近い価格での指値注文(即時取引ではなく、キューに入力された購入または売却するオファー)を活発に行う比較的少数のコア・トレーダーである。この仮説では、バイアスや錯誤の影響の大きな平均的なトレーダーではなく、バイアスや錯誤から比較的自由的なMTグループが実質的に価格形成していると考ええる。

こうした行動を取る小規模なトレーダー集団の存在は先の分析で報告されており、彼らは平均的なトレーダーより高いリターンを獲得している。平均的なトレーダーの中央値の戻り率は0%であったが、MTは1988年の米国大統領選挙のIEM予測市場で9.6%の戻り率を示した。

Forsytheらは、一般的なトレーダーの判断はバイアスや錯誤による逸脱を含んでいるが、彼らの状況の判断ミスや自分の期待利益に合わない注文は「逸脱の弱い」トレーダーの取引活動にインセンティブを与える。つまり逸脱した判断を持っているトレーダーは市場価格から「やや外れた」価格で取引を自発的に行うため、「MT」は利ざやを稼ぐことができる。このMTの取引活動が逸脱したトレーダーが価格形成の主導権を持つことを防いでいるために、集団的予測が逸脱しないとする¹⁸⁾。

Ⅲ.3 群衆の叡智(WoC)仮説

対して、ハイク仮説を肯定する立場からも、集合知研究の”Wisdom of Crowds”(群衆の叡智。以下 WoC)仮説によるハイク仮説の再解釈が行われた。WOCとは人々の「合意を経由しない多数の洞察(予測・推論)の集約」の効果についての理論である。Surowiecki(2004)は「適切な情報の元で」「各自が独立して(参照関係無く)」行った洞察をある一定の方法で集約すると、それらのほとんどが多くの錯誤を含んでおり不正確であるにも関わらず、回答のうち最も優秀なものを上回るきわめて正確な予測となりうることを主張した¹⁹⁾。

瓶の中のキャンディーの数を当てる追試²⁰⁾では、相互に参照関係の無い見積りの単純な平均によってほぼ誤差0が実現している。対して見積り生成に際してお互いに何らかの参照を可能にすると、逆に集約を進めるに従って誤差が拡大している。

専門家を含めた議論によって正確で高度な集合的推測が可能になるのではなく、素人集団と専門家集団の集合的推測の正確さには差はなく、それどころか素人集団の集合的推測の方が正確である場合も多々あるという主張は驚きをもたらしたが、多くの実験によって追認され認められつつある²¹⁾。

瓶の中のキャンディーの数の様な問題であれば、判断が「正解+ノイズ」からなり、かつノイズに方向性がないことが想定できるため、単純な平均で正確化が可能であることは考えやすい。しかし複雑で党派性が有りノイズの数に偏りがある問題では、単純な平均では正確化は生じない。それについてPage(2007)は、洞察の多様性(結果ではなく、導き出すモデルの多様性)と、それらに重み付けて集約することの重要性を指摘した²²⁾。

一般参加者による選挙の予測は統計データだけではなく、「討論会で『優勢』に見えた」「発言が話題になっている」といったシグナルを、自分の持つ判断モデルに代入して傾向を読み解き、主観的確率を形成する。それぞれのモデルはその人にとって「経験的に妥当なモデル」である。このモデルでは、市場とは予測の抽出と「取引」という形での重み付けを集団で行うシステムとして理解される。

Ⅲ.4 MTは予測市場の必要条件か？

MT仮説と効率性市場＋WoC仮説とは、参加者間の相互作用とバイアスの関係について対象的な理解を示す。MT仮説では、予測市場の示す均衡価格の正確性は市場の上での参加者間の戦略の相互作用によるものであって、合理的期待モデルの均衡に強く依存しているのでは無い。

予測市場の精度が市場の機能の効果か、それとも参加者の取引戦略の相互作用によるのかについては論争がある。MT仮説では、比較的バイアスから自由な参加者がMT戦略を行わなければ予測市場の「予測効果」は得られないことが予想される。参加者にMT戦略を正しく実行できるトレーダーがいなければ、予測市場は失敗してしまうことになる。

MT仮説で示された「活発なトレーダー」と、他のトレーダーのバイアスや錯誤の検出は Berg et.al (2001), Berg & Rietz (2006)などが検討している。1988年の大統領選挙市場での市場参加者の取引行動を分析では、平均的なトレーダーの投資額に対してMTはその倍以上を投資し、多くの非合理的なトレーダーの行動を吸収して実質的なプライステイカーとして機能しているとした²³⁾。また、損失を生むような誤った売買は特にセルサイドを中心に広く見られたが、これらは市場経験が増すにつれ低下することが指摘された²⁴⁾。

しかし、Brüggelambert (2004)は比例代表制のドイツの選挙市場ではMTが見られないとして、この仮説に疑問を投げかけた²⁵⁾。その後、この両仮説の検証がいくつもなされている。それらによれば、MTの精度への貢献は条件付きで確認されているものの、予測市場のバイアス制御や予測精度そのものがMTに依存したものだという主張は肯定されていない。

McManus (2010)によるMTの妥当性検証実験では、活発に活動する「インサイダー」を導入した小規模な実験市場ではMT仮説、合理的期待均衡のどちらも部分的にしか肯定しない結果となった。Othman (2008)はコンピュータ・シミュレーションを用い、きわめて低い精度の信念を持つ人工エージェント(Zero Intelligence Agent)で構成される市場の予測性能も非効率ながら人間のトレーダーと同程度に良好であるとし、これより正確な信念を持つはずの人間トレーダーもMTを必ずしも必要としないのではないかと主張した。また、このモデルでは集団的な「本命・穴馬バイアス」が観察されている。他にMTを排除した実験市場での結果と比較検討したBlackwell & Pickford (2011)は、両者の予測性能に差は無かったとし、実験室実験²⁶⁾やコンピュータ・シミュレーション実験²⁷⁾でも、高いパフォーマンスを示すトレーダーの小集団を導入した市場(MT仮説)は、市場人数が少なく判断の多様性が低い時には低判断力エージェントの集団を上回るが、それ以外では判断の安定性・精度ともに下回り、特定条件以外では支持されていない。

こうした先行研究の検討からは、MTは一定の役割を果たしていると見られるが、必要条件では無いと考えられる。また低度な判断力と情報しか持たないトレーダーからなる市場でも、適切に用いることで彼らの持つ無知や観察の偏向、認知バイアスを制御しうることが示唆された。

Ⅳ. バイアスの発生局面による分類

MT仮説ではバイアスを多く持つ参加者は、価格形成の主体であるMT達の「生け贄」でしかない。しかし、WoC仮説では、どんな貧しい情報や知識しか持たない参加者でも、それが「独自の・正しい情報や知識」であれば、価格形成を通じて関わりうる。しかし予測結果からバイアスを完全に排除できる訳でもない。群衆の叡智の前提である「多様な(部分的でも)正しい情報」が毀損されるような状

況に陥れば、こうした効果は失われる。また「予測市場」という仕組みそのものが産み出すバイアスと歪みも存在する。

そこで、以下では各バイアスの制御困難さと影響を確認する。予測市場で発生する「バイアス」は、近年研究が進展しつつある分野である。ただしバイアスは既に数多く見いだされているものの、それぞれの研究者によって概念の異同があり、整理も充分とは言えない。

本稿では、予測市場研究において予測精度に影響しうと思われる、もしくは見られているバイアスを、それが発生する局面別に①予測形成段階、②予測共有段階、③予測集約段階の3つに大別して整理した。

①予測形成段階は、個人の状況認識や判断形成に関わるバイアスで、予測を行う個々人の頭の中で予測が作られる過程で生じる、主に状況認知に関わるバイアス。

②予測共有段階は、他者の判断や予測への態度に関わる歪みで、作られた予測を人に表明し、他の参加者が表明した予測を認識する過程で他者からの認識や行動への影響として生じるもの。

③予測集約段階は表明された予測を集約して集団的な予測値に編集する過程（取引や投票など）において、集約システムの性質やそれとの相互作用で発生するバイアスとしている。

ただし、これらのバイアスはそれぞれ独立しているのではなく、一部は相互に関連している（「他者判断の参照」によって「確証バイアス」が高まる場合など）。

最後に、これらの内で予測市場の機能によって何が消え（中和され）、何が拡大されうるか、拡大が生じるのであれば、それをどのように扱うべきかを簡単に確認しておきたい。

V. 予測形成段階（個人の状況認識や判断形成に関わるもの）

個々人が自らの視点から対象を認識し、その状態を評価する際に生じる認知バイアスをここではこのように分類し、「パーティション依存」「希望的観測」「本命・穴馬」の各バイアスが予測市場に与える影響について纏める。

V.1 パーティション依存

予測は不確実性への対処である。分散した情報の集約は不確実性をより小さくする試みであるが、不確実な状況ではどのような枠組みによって問題を捉えるべきかが明らかではない。こうした時には、類似性の評価から経験モデルの適用や「ヒューリスティック」による判断がなされるとされる²⁸⁾。

主観的確率判断はこうした認識の「枠組み（フレーム）」が作り出す主観的モデルに依存している。特定の知識領域からの判断を過信するために依存が強まる専門家バイアス²⁹⁾もこれから派生する認知バイアスである。

予測の中でのフレームの挙動を可視化することは難しいが、一つの例として「パーティション依存（PD）」を取り上げる。予測市場では主観的確率分布を生成する必要があるが、主観的確率分布はあり得る状態の集合（状態空間）のパーティション（部分領域）に依存し変化するとされる³⁰⁾。

経験豊富な自動車整備工にある故障の原因の可能性を確率評価させた実験³¹⁾によれば、6項目＋その他に確率を割り振る設問では、全体を1としたとき「その他」の主観的確率は0.060であった。対して、うち3項目を「その他」に組み込んだ質問では先の実験における3項目＋その他の確率（0.441）よりも大幅に低下（0.215）したとされる。このように、用意された可能性空間の枠組みによっ

て主観的確率は大きく変動する。

こうしたPDが市場にどのような影響を与えるか。Sonneman et.al(2013)の連続ダブルオークションを用いた報告³²⁾によれば、各参加者にPDの影響は認められたが、取引後はそれが大幅に縮小したとしている。

V.2 希望的観測と党派性

3章で述べたように IEM の選挙市場で多くのトレーダーに「希望的観測効果(wishful thinking effect)」が生じていることが確認された。

Forsythe らは、こうした自分の期待する結果の発生確率を過大評価する「願望成就(WF)」バイアスは以下の2つの心理的影響からもたらされると述べている³³⁾。

- ・偽りの同意効果: 自分の判断が多数派であると信じる傾向。選好する政党と証券のポートフォリオの間に正の相関が観察。
- ・同化-対比効果³⁴⁾: 選好と合致する方向に情報を取捨選択する。候補者の選好とそのパフォーマンスの評価との間には正の相関が見られる。

1988 年の大統領選挙市場では、3回の候補者討論会でのブッシュとデュカキスの討論の評価において、共和党支持のトレーダーはブッシュが勝利がそれぞれ 47.6, 28.6, 78.2%, デュカキス勝利 19.0, 51.0, 3.6%であった。一方、民主党支持ではブッシュ 4.8, 0.0, 19.6%, デュカキス 69.0, 94.1, 41.3%と支持政党によって大きな状況判断の差が現れている³⁵⁾。彼らは勝ったと思う候補の証券を買い増し、また負けた側の証券を売却している。

同様に、企業の新製品を評価する市場(google 予測市場)の報告³⁶⁾でも初心者のトレーダーにこの傾向が顕著に見られ、一時期その結果証券価格はやや高値に振れた。しかし希望的観測による過信はトレーダーが市場に慣れると共に減少し、最終価格に大きな影響を及ぼすことはなかったとしている。

このバイアスは個人レベルではトレーダーの売買行動に大きな影響を与えているにも関わらず、全体としては IEM の予測精度(図1)や Google 市場(図2;後述)に見るように大きな影響を顕在化させていない(WoC 仮説参照)。この問題は第二章で既に触れているため細説しないが、表1では「統御されるバイアス」に分類している。

V.3 本命・穴馬バイアス(Favorite-Longshot bias)

スポーツ賭博や競馬などでよく知られたバイアスで、過小な確率を過大に評価してしまう傾向である。個人としても現れるが、予測市場では集団現象としても観察されている。特に、パリミュチュエル市場(競馬など)では人と違う判断にインセンティブが存在する事もあり現れやすい。

ダブルオークション方式の市場の Google³⁷⁾やインテル³⁸⁾の社内市場の調査においても、微細な確率が過大評価されている事が観測される。なお、1レースに参加する馬の数が増えるほどこのバイアスが増加することも指摘されている³⁹⁾。

VI. 予測共有段階と集約段階の諸バイアス

集団的な相互作用の中で生じるバイアスは、個々人の認知におけるバイアスと異なり、同定や検証が困難になる。このため、概念化も予測形成段階の諸バイアスに比べて進んでいるとはいえない。

本稿では表明段階および集約段階のバイアスの詳細な研究史整理や検討は行わず稿を改めることとし、現在までにその存在と影響が提唱・指摘されているバイアスを概観・列挙するに止める。しかし、これらは予測市場の「精度の原理」を分析する上でも、またその精度を実現する条件を毀損しない運用の方法を考察する上でも、重要な課題である。

VI.1 予測共有段階(他者の判断や予測への態度による認知の歪み)

VI.1.1 社会的迎合バイアス

予測者は予測の目的に都合の良い予測をしがちであるという傾向が Green et.al (2015)に指摘されている。この制御は地域開発計画での甘い予測を防止するためには重要である。

VI.1.2 公開情報バイアス

予測市場は、「分散した情報と、それに基づいた判断の集約」を目的とした仕組みである。Gruca & Berg (2012)は「取引」は参加者相互の判断の相違によって行われるため、一般に公開されているトレーダー全員が知りうる「公開情報」は、それだけでは「判断の相違」には影響しない。トレーダーが個々に異なった情報をさらに収集するとき取引がなされる。これにより中和されるとした。

VI.1.3 情報源の単純化と再帰的な情報効果(意見の相互参照)

しかし、トレーダー同士がお互いの判断に強く影響を与え合う場合には、その集約結果の精度が損なわれる。また、それぞれのトレーダーが無関係であったとしても、信用する情報源が同一であればエラーを引き起こす怖れがある。

予測の中間結果が予測生成に関与する人々に参照される場合には、これと同様の問題が生じうられると思われる。特に不特定多数が参加する予測市場ではなく、集団内で運用されるものである場合にはメンバー間の社会関係も予測に大きな影響を与える可能性がある。例として Google が実施した予測市場の報告⁴⁰⁾では、いくつかのトピックで参加者の物理的な距離によって取引に相関性が観測された。業務内容や地位ではなく、勤務するオフィスの場所ごとに一定の傾向が生じており、オフィスの中でもフロアが違えばこの相関性は減少している。Web 上の不特定多数が参加する市場でも、Duquette (2014)は 2012 年の大統領選挙において、予測市場の INTRADE とオンライン世論調査サイトの RealClearPolitics の間で相互に参照関係が存在したことが指摘している⁴¹⁾。

影響力の強い参加者を中心に社会関係が存在するとき、トレーダー間の情報交換は予測精度に害を与えうる⁴²⁾。原理的にはそうした「社会的な影響関係」内部の参加者とは異なる確信を持つ者が利得を上げるために大きく「逆張り介入」することで、バイアスが中和されると考えられる。しかし、これらの結果は実際にはそうした「逆張り介入」にも限界が存在する可能性を示唆する。集団的意

思決定に利用する予測市場などでは、参加者が「相互に影響関係を持ち」、類似した情報環境にある情報源や判断基準が近い人間ばかりが集まってしまうことの無いように特に気をつける必要があろう。

VI.1.4 情報取得コスト

ソーシャルネットワーク上で情報を集める場合、情報取得のコストが高い環境ではソーシャルネットワークへの市場の埋め込みは自分では予測しないフリーライダー傾向の増加をもたらす、精度に有害に働きうる⁴³⁾。

VI.1.5 他のトレーダーの行動の透明性

全く開示しないよりもある程度開示した方がトレーダーの活動を活発化させ予測精度は向上するが、全ての開示は逆に精度低下に繋がったことが報告されている⁴⁴⁾。

VI.1.6 配当額の影響

Kets et al (2014)によれば、最初の証券セットの価格(配当と同額)を安くしすぎると熟慮に欠けた判断が増える。しかし、高くすると予測のばらつきが少なくなる。特に専門家バイアスの掛かった予測が多くなりやすく、結果として精度が低下する。信念の不均一維持し不正確な予測を生き残らせるため、配当額は安めの方が長期的には精度が向上する。

VI.2. 予測集約段階

VI.2.1 証券価格の「バブル」と「逆バブル」

ダブルオークション方式の予測市場ではペイオフが事前に通告され変化しないため、証券の価格が一方的に高騰(バブル)することはない。しかし、価格の合計がペイオフ比で1を越える、もしくは下回る状況は一時的には生じうる。IEMの公開情報⁴⁵⁾を用いた筆者による調査では、2012年大統領選挙の得票率市場(各候補者の得票率に合わせて配当を清算)において、証券価格の合計はペイオフ比で最大1.024から最小0.95まで変動し、全期間平均では0.991の軽度の「逆バブル」であった。ただし、0.01を越える逸脱の持続は最大で15日で、大きな超過が長期に続くことはなかった。

VI.2.2 過剰な信念の影響

過剰な信念の持ち主は、得た情報に関わらず予測態度を変えようとせず、価格形成に一方向からしか関わらない。こうしたユーザーの存在の影響は実際の取引記録から見ると参加者のかなりの部分を占めることもある。しかし、それでも予測の精度が極端に低下してはいない⁴⁶⁾。逆に、このトレーダーがインサイダー情報の持ち主の場合もある⁴⁷⁾。予測精度が維持される原因についての詳細は未確認であり今後の課題としたいが、過剰な信念の持ち主自体の多様性が確保されているなら

ば、バイアスの表面化を回避できる可能性を考慮しておきたい。

VI.2.3 意図的な価格操作

一部の参加者が予測結果を作為的に歪める「戦略操作」への耐性は予測市場の重要な問題である。また予測市場では情報の偏りは少数派の予測を持つ参加者が活発に売買をすることで補正されうる。しかし、外部からの「予測を歪める」ためのインセンティブが十分に大きければ、つまり市場内での損を無視できるほどの理由があるならばこの限りでは無いという指摘がある⁴⁸⁾。

ダブルオークション方式では予測市場自体に(ある程度の)耐操作性があるとする報告もある⁴⁹⁾。つまり、理論上は十分な数と積極性を持つ非操作側参加者がいれば、操作のために可能性の低い取引を行っても「お買い得」の取引が増えるだけで価格はいずれ元に戻り、操作を試みた側に損害が生じるだけに終わる。

予測市場では一般に「参加者の手の届かない外部の事象」によって配当が定まる。このため一般的な株式市場での投機行動(値をつり上げての売り抜け・買い抜け)自体が比較的生じにくい。しかし市場価格の直接操作ではなく、情報バイアスを利用した操作が生じうることはいくつかの報告もある⁵⁰⁾。また、そうした事が起こればトレーダーの市場取引への信頼が毀損される。

予測市場を操作しようとする試みは先行研究では無意味とされてきた。しかし一定期間(操作の試みが検出共有されるまで)であれば大きく価格を操作可能であることも示されている⁵¹⁾。この場合であれば過大な取引が一度になされない規制をかける等の対応が必要になる。

VI.2.4 「市場」への参加障壁

取引への参加障壁の高さは「バイアス」としても働く。主観的な期待利益を最大化する取引を行えない「錯誤」が増加しノイズ率が高まる⁵²⁾。また、参加障壁が高いと潜在的な判断を充分引き出せない。

VI.3 予測市場とバイアス制御

表1は、以上を元に改めて整理したものである。項目名の記号のうち、○は実験的に制御が可能であったバイアス、●は有効な制御が見られなかったバイアスを示す。▲は有効な制御が見られるという知見はないものの、まだ十分な検討が不足しているための仮の分類となる。

こうしたバイアス群の影響の中で、特に価格を大きく歪めやすい(大きなエラーに繋がりやすい)のは「●情報源の単純化と再帰的な情報効果」である。

本命・穴馬バイアスは発生する予測領域が限定されるのに対し、これらはあらゆる状況で生じうる。個人の認知(予測生成)、取引と処理(予測集約)は発生場所の特定が比較的容易である。それに対して予測共有段階では発生場所が特定しにくく、特に市場のシステムでフォローされていない制御の難しいバイアスが生じやすい。このためトレーダーの情報環境も考慮しなければならない。

また、相互参照関係の強化などによる判断モデルの多様性の消失は、予測市場の原理として考えられている WoC の発生条件を毀損する。このこともまた、集合的な予測形成に MT に比べて WoC の影響が大きい可能性を示唆していると思われる。

表1. 予測市場で観察されるバイアスと発生局面

予測形成段階	
○パーティション依存	認識のフレーミング効果
○専門家バイアス	特定の知識ドメインからの判断に影響される
○希望的観測と党派性	自分にとって望ましい結果を過大評価する
●本命・穴馬バイアス	微細な確率の過大評価。集団的にも発生する。
予測共有段階	
○社会的迎合バイアス	予測目的に有利な予測を行ってしまう傾向
○公開情報バイアス	公開され、トレーダー全員が利用できる情報の影響は小さい
●情報源の単純化と再帰的な情報効果	トレーダー皆が同じ情報源に依存する影響と、他人の意見に影響され同調→それが発信元に影響の循環の発生。
▲配当額の影響	配当額が高いと取引に参加する判断の多様性が減少
▲情報取得コスト	予測に必要な情報の入手難易度が高いとフリーライダー増加
▲他者行動の透明性	他のトレーダーの行動は「ある程度」開示すると精度向上
予測集約段階	
○証券価格の「バブル」	証券価格の合計が配当から逸脱。短期で修復
○過剰な信念	どんな情報を得ても意見を変えないトレーダーの影響
○意図的な価格操作	一人または集団によって取引を通じて価格を歪める
●市場取引の障壁	「取引」に慣れていないユーザーが充分コミットしない

記号:○機能的に中和される ●中和されない ▲影響力が限定的もしくは検討が不充分

出所:上記諸文献に基づき筆者作成

おわりに. 予測市場の運用とバイアス

ここまで、予測市場に関わるバイアスを整理することを通じ、「予測市場から質の良い予測を引き出すには」「市場が出した予測の信頼性を見積もるには」という問題への示唆を探索してきた。予測市場はここまで挙げた条件を満たす環境下では、制限はあるものの良好な効果を示しうられる。しかし、多くの認知的・社会的・集約上のバイアスを制御もしくは中和しているが、制御できていないバイアスもいくつか確認された。

先にも見たとおり、企業の予測市場は利用者満足度が低い。その原因の一つが予測市場への無理解にあったとしても、こうしたバイアスの発生を検出し、予測結果の信頼性を見積もる手法の欠落にもあるのではないかと考察する。予測を運用する集団が予測結果の信頼性を評価でき、それに合わせた一定の役割を期待できるようにならなければ、実社会での利用の拡大は難しい。現時点では、バイアスによる予測の歪みの検出を行う事はできない。上記のバイアスリストを元にどこかで違反を起こしていないかをチェックすることが限界であろう。特に機能的にサポートのない、予測共有段階でのバイアスは運用で制御するしかない。しかしこれは多くの複雑な要因が絡んでいるため、運用の適切な方法論はまだ確立されていない。

今回は、各条件やバイアスの有無だけをまとめるに留まった。それぞれの詳細な性質の整理—影響の実際の大きさと制約しうる条件、バイアス同士が相互作用を起こす可能性など—を検討する

ことは今後の課題としたい。

[注]

- 1) 岡野 (2015)
- 2) 本稿では予測市場の参加者について、特に取引行動に焦点を当てる場合「トレーダー」と表記する。
- 3) <http://tippie.uiowa.edu/iem/markets>
- 4) テーマを限定しない公開型の市場としては先述の IEM の他, Intrade (<http://www.intrade.com/>), iPredict (<https://www.ipredict.co.nz/>), Predictus (<https://www.predictious.com/>), PredictIt (<https://www.predictit.com/>) など。特定テーマでは HollywoodStockEXchange (映画興収 <http://www.hsx.com/>), simExchange (ゲーム売上げ <http://www.simexchange.com/>) など。
- 5) Wolfers & Zitzewitz (2004) pp107-126, Berg & Rietz (2008) pp285-300 では 2004 年までの各選挙予測の精度検証を行い、世論調査を元にした予測よりも精度が高いことが示された。2008 年の米国大統領選挙については井澤 (2009) pp22-25 の調査では投票一ヶ月前、一週間前、前日の全ての時点で世論調査よりも予測市場が上回っていたとしている。
- 6) Wolfers & Zitzewitz (2004) p.112
- 7) 佐藤 (2012) および <http://shuugi.in/>。現在は閉鎖。
- 8) 予測市場でのパリティ方式の拡張は Pennock (2004) pp170-179。この方式の概説と評価は水山 (2014) pp36-37。
- 9) Intrade (1999 ~ 2013 取引停止) <http://www.intrade.com/>, simExchange (2006 ~ 2011) <http://www.simexchange.com/>, Trendio (2006 ~ 2010。2008 年に実質閉鎖) <http://trendio.us/>
- 10) McKinsey & Company (2013). Business and Web 2.0: An interactive feature, <https://www.mckinseyquarterly.com/Strategy/Innovation/Business_and_Web_20_An_interactive_feature_2431> [accessed 5 January 2016]
- 11) Healy et al. (2010), Greafe & Armstrong (2011) など。詳細については岡野 (2016) 参照。
- 12) Smith pp165-177 によって仮説整理。Forsythe (1992) により予測市場の情報集約の理解として示された。p1143, pp1160-61
- 13) ハイエク (1986) 第二章, 第三章
- 14) ここでは、「情報」を対象となる要素の状態についてのシグナルやデータ, 「知識」を情報と要素の関係, 情報の解釈のモデルを指すものとする。
- 15) 鳥海不二夫, & 石井健一郎. (2012).
- 16) Forsythe et al. (1999) pp.89-97
IEM のトレーダーの判断に
 - ・自分の判断は多数派の判断と同じであると信じる
 - ・自分の支持政党が有利だと信じる
 - ・どちらの党の支持者も討論会で支持政党の候補者が勝ったと信じる強い傾向が確認されている。
- 17) Forsythe et al. (1992)
- 18) Forsythe et al. (1992) pp.1157-1160

- 19) Surowiecki (2004), 小高訳(2006)pp.26-28
- 20) King et al. (2012)p.199
- 21) 米 ODNI(国家情報戦略オフィス)が管轄する知能高等研究計画活動(IARPA)においても集約条件の異なるグループ間での予測力を比較する予測トーナメントが 2011 年から実施され、予測市場のパフォーマンスが検討されている。詳細は岡野(2016)参照。
- 22) Page(2007) 水谷訳(2009) 第八章 pp253-296
- 23) Forsythe et al (1999) pp.99-100
- 24) Oliven & Rietz (2004) p.341
- 25) Brüggelambert (2004) pp.753-768
- 26) McManus & Blackwell (2010)
- 27) Manahov et al (2015)
- 28) Page (2007)水谷訳(2009) 第一章 pp.47-79,第二章 pp.81-107
- 29) Tetlock (2005)
- 30) Fox & Clemen(2005)等
- 31) Fischhoff, Slovic, and Lichtenstein (1978) pp341-343 実験 6
- 32) 経済指標やスポーツイベントの結果を、連続ダブルオークションによる予測市場を用いて予測・見積もりを行った。参加者は2つのグループに分け、それぞれ取引前予測値、取引された値、取引後の予測値が調べられた。取引される証券はそれぞれ3種類で、結果の範囲を4つの領域(Interval 1~4)に分け、片方のグループには I1 ∪ I2, I3, I4 の証券セットが、もう一方には I1, I2, I3 ∪ I4 が配布された。こうして、領域が合成されると確率予測は変化するか、取引後の確率評価はどう変わることが観察された。その結果、PDの影響は存在した(最初の予測値は異なる)が、取引後はそれが大幅に縮小していることが認められたとしている。
- 33) Forsythe et al.(1999) p.90
- 34) 社会心理学での同化-対比効果の定義とやや異なるが、ここでは報告の用語を用いる。
- 35) Forsythe et al.(1999) p.94
- 36) Cowgill et al. (2009) pp.11-12。この論文では Google 社内市場における各種バイアスの検出とその相関も調査している。
- 37) Cowgill & Zitzewitz (2013)
- 38) Gillen et al.(2013)
- 39) 1992~2001 のアメリカ国内の競馬 206808 レースのデータからの Sonneman et.al(2013)による再分析(Study4)。
- 40) Cowgill et al.(2009) pp.19-20
- 41) Duquette (2014) pp.357-364
- 42) Qui et al (2014b) pp.260-261
- 43) Qui et al (2014a) pp.258-261
- 44) Yang et al (2015) pp.75-77
- 45) http://tippie.uiowa.edu/iem/markets/data_pres12.html
- 46) Rothschild & Sethi (2014)
- 47) Deck & Porter (2013) pp.604-607
- 48) Chen et al (2014)

- 49) Hanson & Oprea (2006)
- 50) Gao & Chen (2013)
- 51) Rothschild & Sethi (2014)
- 52) Forsythe et al. (1999)

[参考文献]

- Berg, J., Forsythe, R., Nelson, F., and Rietz, T. "Accuracy and forecast standard error of prediction markets". *Technical report, University of Iowa, College of Business Administration*.2001
- Berg, J., and Rietz, T., "The Iowa electronic markets: Stylized facts and open issues." *Information Markets: A New Way of Making Decisions, edited by Robert W. Hahn and Paul C. Tetlock. AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies* .2006. pp142-169.
- Berg, J., Nelson, F., & Rietz, T., "Prediction market accuracy in the long run." *International Journal of Forecasting* 24(2), 2008. pp285-300.
- Blackwell, C., & Pickford, R. "The wisdom of the few or the wisdom of the many? An indirect test of the marginal trader hypothesis". *Journal of Economics and Finance*, 35(2), 2011. pp164-180.
- Brüggelambert, G. "Information and efficiency in political stock markets: using computerized markets to predict election results." *Applied Economics*, 36(7),2004, pp753-768.
- Chen, Y., Gao, X. A., Goldstein, R., & Kash, I. A. "Market manipulation with outside incentives". *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 29(2),2014, pp230-265.
- Cowgill, B., Wolfers, J., & Zitzewitz, E. "Using Prediction Markets to Track Information Flows: Evidence from Google". In *AMMA 2009*,pp. 3.
- Cowgill, B., & Zitzewitz, E. "Corporate prediction markets: evidence from Google, Ford, and Koch industries". In *Seminar October (Vol. 15)*.2013.
- Deck, C., & Porter, D. "Prediction markets in the laboratory". *Journal of Economic Surveys*, 27(3),2013, pp589-603.
- Duquette, C., Mixon Jr, F. G., Cebula, R. J., & Upadhyaya, K. P. "Prediction Markets and Election Polling: Granger Causality Tests Using InTrade and RealClearPolitics Data". *Atlantic Economic Journal*, 42(4), 2014. pp357-366.
- Fischhoff, B., Slovic, P., & Lichtenstein, S. "Fault trees: Sensitivity of estimated failure probabilities to problem representation". *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4(2), 1978. pp330-344.
- Forsythe, R., Nelson, F., Neumann, G. R., and Wright, J.. "Anatomy of an experimental political stock market". *The American Economic Review*, 82(5):1992. pp1142–1161.
- Forsythe, R., Rietz, T. A., & Ross, T. W., "Wishes, expectations and actions: a survey on price formation in election stock markets." *Journal of Economic Behavior & Organization* 39.1. 1999. 83-110.
- Fox, C. R., & Clemen, R. T. "Subjective probability assessment in decision analysis: Partition dependence and bias toward the ignorance prior". *Management Science*, 51(9), 2005. 1417-

1432.

- Gao, X. A., Zhang, J., & Chen, Y. "What you jointly know determines how you act: Strategic interactions in prediction markets". In *Proceedings of the fourteenth ACM conference on Electronic commerce* 2013. pp489-506. ACM.
- Gillen, B. J., Plott, C. R., & Shum, M. "Inside Intel: Sales Forecasting using an Information Aggregation Mechanism". Mimeo, Caltech.2013.
- Graefe, A., & Armstrong, J. S. "Comparing face-to-face meetings, nominal groups, Delphi and prediction markets on an estimation task". *International Journal of Forecasting*, 27(1), 2011. pp183-195.
- Gruca, T. S., & Berg, J. E. "Public information bias and prediction market accuracy". *The Journal of Prediction Markets*, 1(3), 2012. pp219-231.
- Hanson, R., Oprea, R., & Porter, D. Information aggregation and manipulation in an experimental market. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 60(4), 2006. pp449-459.
- Healy, P.J., Linardi, S., Lowery, J.R., Ledyard, J.O. "Prediction Markets: Alternative Mechanisms for Complex Environments with Few Traders". *Management Science*, 56(11), 2010. pp1977-1996.
- Kets, W., Pennock, D. M., Sethi, R., & Shah, N. "Betting strategies, market selection, and the wisdom of crowds". *Market Selection, and the Wisdom of Crowds*.2014. pp735-741
- King, A. J., Cheng, L., Starke, S. D., & Myatt, J. P. "Is the true 'wisdom of the crowd' to copy successful individuals?". *Biology letters*, 8(2), 2012. pp197-200.
- Manahov, V., Hudson, R., & Hoque, H. "Return predictability and the 'wisdom of crowds': Genetic Programming trading algorithms, the Marginal Trader Hypothesis and the Hayek Hypothesis". *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*.2015.
- McManus, T. C., & Blackwell, C. "An Exploration of Market Efficiency and the Marginal Trader Hypothesis". *Undergraduate Economic Review*, 7(1), 2010. pp9.
- Oliven, K. and Rietz, T. A. "Suckers are Born but Markets Are Made: Individual Rationality, Arbitrage, and Market Efficiency on an Electronic Futures Market". *Management Science*, 50(3):2004.pp336-351
- Othman, A. "Zero-intelligence agents in prediction markets". In *Proceedings of the 7th international joint conference on Autonomous agents and multiagent systems-Volume 2. International Foundation for Autonomous Agents and Multiagent Systems*. 2008.pp. 879-886.
- Page, S. E. "The difference: How the power of diversity creates better groups, firms, schools, and societies". *Princeton University Press*.2007 (=水谷淳訳.『「多様な意見」はなぜ正しいのか 衆愚が集合知に変わるとき』.日経 PB.2009 年)
- Pennock, DM. "A dynamic pari-mutuel market for hedging, wagering, and information aggregation." *Proceedings of the 5th ACM conference on Electronic commerce*. ACM, 2004.pp170-179
- Qiu, L., Rui, H., & Whinston, A. B. "Effects of Social Networks on Prediction Markets: Examination in a Controlled Experiment". *Journal of Management Information Systems*, 30(4), 2014a.pp235-268.
- Qiu, L., Rui, H., & Whinston, A. B. "The Impact of social network structures on prediction

- market accuracy in the presence of insider” information.*Journal of Management Information Systems*, 31(1), 2014b.pp145-172.
- Rothschild, D. M., & Sethi, R. “Trading strategies and market microstructure: Evidence from a prediction market”. *Available at SSRN 2322420*.2014.
- Smith, V. L. (1982). “Markets as economizers of information: experimental examination of the “Hayek hypothesis””. *Economic Inquiry*, 20(2),.1982.pp165-179.
- Snowberg, E., & Wolfers, J. “Explaining the favorite-longshot bias: Is it risk-love or misperceptions?” (No. w15923). *National Bureau of Economic Research*.2010.
- Sonnemann, U., Camerer, C. F., Fox, C. R., & Langer, T. “How psychological framing affects economic market prices in the lab and field”. *Proceedings of the National academy of Sciences*, 110(29) ,2013.pp.11779-11784.
- Surowiecki, J. (2004). *The Wisdom of Crowds*. Anchor Books.2004.(小高尚子訳.(2006).『「みんなの意見」は案外正しい』.角川書店.)
- Tetlock, P. *Expert political judgment: How good is it? How can we know?*. Princeton University Press.2005.
- Wolfers, J., & Zitzewitz, E. *Prediction markets*. National Bureau of Economic Research.2004.
- Wolfram, T. “Have Corporate Prediction Markets Had Their Heyday?”.*Foresight: The International Journal of Applied Forecasting*, (37), 2015.pp29-36.
- Yang, S., Li, T., & van Heck, E. “Information transparency in prediction markets”. *Decision Support Systems*.2015.pp.67-79
- F.A. ハイエク, 田中眞晴訳,『市場・知識・自由 - 自由主義の経済思想』. ミネルヴァ書房.1986年
- 井澤秀記.「予測市場は正しく予測できたか-2008 年米国大統領選のケース」『経済経営研究年報』58, 神戸大学経済経営研究所 2009 年. pp21-26
- 岡野匡志.「“Wisdom of Crowds”論について」『政策科学』23(1), 立命館大学政策科学会 2015 年.pp53-66.
- 岡野匡志, 宮脇昇, 玉井雅隆.「予測市場の公共利用の方法と限界」『政策科学』23(4), 立命館大学政策科学会 2016 年.刊行予定
- 佐藤哲也.「選挙分野におけるシミュレーション」『学術の動向』17(2), 日本学術会議 2012 年 pp30-34.
- 鳥海不二夫, & 石井健一郎.「人工市場を用いた予測市場の予測メカニズムの分析」『人工知能学会論文誌』 27(6), 人工知能学会 2012 年.pp346-354.

Organizing biases in prediction markets

Tadashi Okano

Abstract: In this paper, I examine the effects of biases that are included in the prediction market and consider a method for its control. Prediction markets are one of the mechanisms in making an accurate forecast. They can provide accuracy that exceeds the insights of the best individuals through aggregating many potential insights from people.

However, contrary to expectations, the prediction market is not spread yet. Many introducing organizations do not have sufficient understanding of it, and user satisfaction is also low.

For this reason, I thought they would not be able to control the causes of market failure. Thus, in this report, I studied its system by focusing on the control of user bias.

When these biases are left, the market cannot always make exact predictions. In addition, it is difficult to notice in advance when the prediction deviates from the accuracy. In the use of prediction markets, this has become an important obstacle. A number of previous studies on bias and its effects already exist. However, no studies have organized those biases. In addition, a study of the method of market operation for bias control is also insufficient.

Regarding the mechanism by which the prediction market produces accurate predictions, there are two conflicting hypotheses, the "Marginal Trader" hypothesis and the "Wisdom of Crowds" hypothesis. They show different understandings of how bias on traders is controlled in the process. In the 3rd chapter, I review this controversy and examine the hypotheses' validity.

I create a list of some biases and survey the nature of the biases in previous research. Then I classified them into the "insight formation stage," "expressing insight stage," or "aggregating insight stage" based on the differences in how they occur.

Keywords: prediction market, cognitive bias, wisdom of crowds