

# 「平均回帰の誤謬：競馬市場からの実証分析」

小幡績<sup>a</sup> ・ 太宰北斗<sup>b</sup>

## 要約

平均回帰の誤謬は、行動経済学においてよく知られた現状である。本研究では、これについて競馬市場のデータを用いて実証分析した。分析の結果、直近のレースで的中確率の低い大穴馬券が当たった場合、これらの結果と独立である次のレースで、大穴馬券の人气が弱まることが示された。これは、馬券購入者が平均回帰の誤謬を犯していることを示唆するもので、経済主体が実際に自らの資金を使い起こした行動結果でもこの誤謬が観測されることが示されたといえる。

JEL 分類番号 : D03, G02

キーワード : 平均回帰の誤謬, 競馬, 微小確率, 過大評価バイアス

## 1. イントロダクション

2つの平均回帰の誤謬がある。

1つは、何か事件が起きたときに、それへの対応策を立て、その後、同じ事件が起きないのを見て、この対応策は有効であると信じるという誤謬である。つまり、事件は極めてまれな出来事であるため、連続して起こることは滅多にない。しかし、対策後、その事件が起きないのを対策による効果だと思い込んでしまう、ということである。例外事象を除けば、普通のこと起きるのであり、いわば平均に回帰するのである。つまり、この対策が「有効」だったのは、偶然であり、あるいは「必然」と言っても良いのである。

カーネマンの本においては、軍隊における訓練の例が挙げられており、大阪大学の太田文雄氏は、体罰が有効であるとスポーツ指導者の一部に誤解されていることを、これで説明している。

もうひとつの誤謬は、逆に平均回帰が起こると思い込むという誤謬である。

コイン投げで表が2回連続出ると、次は裏の可能性の方が高いと思う、という誤謬である。もちろん、それまでにどんな結果が出ていようと、次に裏が出る可能性は、いかさまがないかぎり2分の1であり、個々の現象は独立である。しかし、我々は、現象がコイン投げからほんのわずかだけ複雑になるだけで、このことを忘れてしまう。

---

<sup>a</sup> 慶應義塾大学大学院経営管理研究科 E-mail : seki@kbs.keio.ac.jp

<sup>b</sup> 一橋大学大学院商学研究科博士後期課程 E-mail : cd122005@g.hit-u.ac.jp

ある企業の株価が、ある日上昇した。すると、次の日は下落するのではないか、と思ひ込む。ある企業の決算発表の結果が良く、株価が上昇した後、その後、下がると予想した場合には、現実にもしつぺ返しに合う。過去のデータからは、多くの国の株式市場でモーメンタムが観測される。つまり、半年から1年にわたっては、一旦下落した銘柄は下落し続けることが多い。これは、悪いニュースを株価に十分に織り込まないからであり、その1つの理由は、平均回帰、つまり、今期たまたま悪かったのだから、次期は回復するだろうと思うのである。

しかし、株価においては、様々な要素が絡み合う。決算発表の数字は、季節要因や単発要因もあり、また、この企業が長期的に変化していることの兆候の現れの場合もある。したがって、それらのイベントを投資家がどう解釈するかは、誤謬とは限らず、論理的には正しいが、たまたま、その時に誤っているだけかもしれない。これでは、構造的な誤謬であるか結論づけられない。

本論文においては、この問題を解決し、純粋に平均回帰の誤謬を経済主体が実際に犯していることを実証することを試みる。

具体的には、JRA が所管する日本の中央競馬の各レースに関するオッズデータ、すなわち得票数のデータを用い、競馬における投票行動において、投票者が、どのようなバイアスを持って投票を行っているか推計する。ここでは、平均回帰の誤謬を投票者が犯していることを統計的に実証することを目指す。

日本の中央競馬においては、近年、三連単という1着、2着、3着の馬を順列で正確に的中させる馬券が発売されるようになったが、この馬券は、他の種類の馬券に比べて、常に高配当となる。他の馬券とは、単勝と呼ばれる1着を当てるもの、複勝という1着から3着に該当の馬が入れば当たりとなるもの、そして、日本では伝統的に人気のあった、1着と2着の組み合わせを当てる馬連、その順列も当てる馬単、1着から3着までの組み合わせを当てる三連複などである。従来は馬連（以前は枠連と呼ばれるもの）に人気があったが、三連単が導入されると8割以上の売り上げが三連単に集中するようになった。それは、高配当が期待できるからであり、少額で多額の配当を狙えるため、いわゆるギャンブル性が高いものであったからである。

本研究では、この三連単の馬券の購入行動において、平均回帰の誤謬という現象が観察されるのではないかと推測し、この実証を試みた。すなわち、あるレースが波乱の結果となり、大穴、高配当が出ると、次のレースでは、もう高配当は出ないだろう、次は本命に戻るだろう、という「平均回帰」の予想をすることによって、いわゆる大穴の馬券が売れなくなる、つまり、ますます高配当のオッズ（配当予想値）になる、という現象が起きているのではないかと予想し、実際に起きているかを検証した。

データは2009年1年間分のレースにおける投票行動を用い、単勝という1着を当てる馬券におけるオッズが客観確率を表していると仮定した。つまり、単勝はギャンブル性をもっとも低い馬券の1つであり、馬券の購入層も、相対的に競馬の知識が豊富で、ギャンブルよりも冷静に馬券を購入している投票者が多いと言われているため、彼らの投票行動は客観確率を近似していると想定した。このオッズから、三連単のそれぞれの組み合わせの理論上の確率を推計した。この推計理論確率と、実際の三連単の馬券の売り上げに基づく確率とを比較した。後者がプロスペクト理論における主観確率であり、確率が小さくなればなるほど、両者の差が大きくなれば、プロスペクト理論と整合的になる。実際に、小幡・太宰(2014)においては、この結果が示された。すなわち、確率が微小になればなるほど、主観確率はこれを過大評価していることが見出された。

一方、本論文においては、この過大評価の「過大」の程度がどのように変化するかを見た。つまり、通常において、大穴は過大評価され、割の合わないギャンブルになっているわけであるが、この大穴が実現した場合、その次のレースにおいて、投票者達は、どれほど「大穴」を過大評価するのか、ということ进行分析した。もし、平均回帰の誤謬を投票者達が犯しているとするならば、この「過大」評価は、大穴が出た次のレースでは縮小することになる。

分析結果は、この予想を裏付けるものであった。すなわち、大穴が出た次のレースにおいては、大穴は、普段の大穴ほど過大評価されず、人気が弱まる傾向にあった。売れないため、大穴はより大穴になったのである。

本研究の意義は、広く一般には知られている、ギャンブラーの平均回帰の誤謬が、実際のギャンブラー達によって犯されており、それをデータとして示したことにあると思われる。

## 2. データ

実証研究に競馬のオッズデータを用いる利点として、Thaler and Ziemba (1988)は競馬市場が豊富な情報にアクセスする多数の投資家や賭け手といった金融市場の一般的な特徴を持っている点や、価格が連続的である金融市場のデータに比べて競馬では最終価格がオッズとして決定されている点を指摘する。また、Metzger (1985)は仮想ゲームなどの研究室での分析と比較して、競馬が経済的な意味をもった実際の行動である点で優位性を持っているとする。こうした点に加え、株式市場を対象とした場合には、人々の投資行動が結果としての株価に影響してしまう一方で、競馬市場を対象とする場合には、投票行動の結果は各馬の勝利確率には影響を与えない点も利点となると考えられる。

本論文では、2009年にJRA(日本中央競馬会)が主催した全3,453レースを分析の対

象とする。また分析には、2009年に実際に購入された全ての組み合わせの三連単(9,483,765件)の得票数を用いた。

### 3. 分析

本研究における仮説は「微小確率の過大評価バイアスは、平均回帰の誤謬により、以前の賭けの結果の影響を受ける」というものである。つまり、前のレースで大穴が出るほど、今度のレースで大穴が出るとするギャンブラーの期待は小さくなるということである。

本節では、実際の得票率をプロスペクト理論における主観確率として客観確率と比較することで、投票行動の傾向を分析していく。分析に用いる主観確率は実際に馬券を購入した人々の得票数から計算された得票率であり、客観確率は、Harville (1973) で提案される単勝のオッズを用いた推計手法から求めた<sup>1</sup>。これは単勝のオッズが客観確率を表していると仮定していることになるが、単勝はギャンブル性が低い馬券であること、JRAによる控除率が他の馬券よりも低く設定されていることから、相対的に競馬の知識が豊富な投票者、より合理的な投票者が購入層であると考えられ、彼らの投票行動は客観確率を近似していると想定できる。

表1は、本論文で対象とした三連単馬券の得票率と推計した客観確率の比較をしたものである。客観確率別の10分位で、実際の得票率の平均値と推計された客観確率の平均値の傾向を示すとともに、過大評価の程度を表す平均得票率と平均客観確率の比率を示した。本命(1/10分位)に対しては比率が1以下となっている一方で、大穴(10/10分位)に近づくにつれて、一貫して比率が上昇している。ここから、本論文の対象データでも、微小な確率になるほど主観確率が客観確率を過大に評価する傾向にあることがうかがえる。

表2は、この過大評価傾向について、客観確率の水準と前のレースの結果との関係について回帰分析した結果である。具体的には被説明変数を人気度としている。この人気度とは、単勝から推計された三連単の得票率を分母に、分子には実際の得票率を取り、この二者の比率を表したものである。ここでは、単勝の得票率からの推計を客観確率とし、分子の得票率を主観確率としている。よって、人気度が1を超えていれば過大評価の傾向を、1を下回ってれば過小評価の傾向を示す。また説明変数には、客観確率の逆数として算

---

<sup>1</sup> 馬A, B, Cが順番に1着, 2着, 3着となる確率を $P_{ABC}$ とし、各馬の1着になる確率 $P_A, P_B, P_C$ から場合に次式で算出している。

$$P_{ABC} = \frac{P_A P_B P_C}{(1 - P_A)(1 - P_A - P_B)} \quad (1)$$

この推計は、馬Aが1着で馬Bが2着となる条件付き確率は、馬Aがいないレースの中での馬Bの勝利確率であるという考えに基づいている。推計結果については、この式が独立性を仮定していることなどの面からいくつかの指摘がされているが、競馬市場の効率性の実証分析において、Hausch et al. (1981)をはじめ多くの研究で代表的な客観性の指標として用いられている。

[表 1 得票率と客観確率 (客観確率別の 10 分位)]

分位	観測数	平均得票率	平均客観確率	平均得票率／ 平均客観確率
1	939,879	0.27006%	0.30023%	0.900
2	939,879	0.04612%	0.03817%	1.208
3	939,879	0.02125%	0.01499%	1.418
4	939,879	0.01177%	0.00707%	1.665
5	939,878	0.00706%	0.00357%	1.978
6	939,880	0.00448%	0.00183%	2.448
7	939,879	0.00290%	0.00092%	3.166
8	939,879	0.00189%	0.00042%	4.468
9	939,879	0.00120%	0.00016%	7.407
10	939,879	0.00066%	0.00004%	18.800
全体	9,398,790	0.03674%	0.03674%	1.000

[表 2 平均回帰の誤謬と過大評価傾向]

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Ln オッズ	3.788*** (0.013)	3.788*** (0.013)	3.787*** (0.013)	3.788*** (0.013)	3.788*** (0.013)
波乱ダミー(直前 1 レース・2000 倍)		-0.123*** (0.030)			
波乱ダミー(前 2 レース連続・2000 倍)			-0.870*** (0.032)		
波乱ダミー(直前 1 レース・5000 倍)				0.075 (0.054)	
波乱ダミー(前 2 レース連続・5000 倍)					-1.638*** (0.052)
切片	-33.743*** (0.132)	-33.718*** (0.132)	-33.701*** (0.132)	-33.750*** (0.133)	-33.728*** (0.132)
サンプルサイズ	9,272,473	9,272,473	9,272,473	9,272,473	9,272,473
自由度調整済決定係数	0.071	0.071	0.071	0.071	0.071

注) 括弧内は不均一分散に頑健な標準誤差を, \*, \*\*, \*\*\*はそれぞれ 1%, 5%, 10%水準で有意であることを示す。

出されるオッズの対数 (値が大きいくほど大穴馬券であることを示す), 前のレースの結果が波乱なものであったかどうかを表すダミー変数を用いている。このダミー変数には、直前のレースで大穴馬券が的中した場合を 1 とするもの、直前の 2 レース連続で大穴馬券が的中した場合を 1 とするものの 2 種類を設けている。また、それぞれ大穴馬券の定義としては、三連単のオッズが 2,000 倍を超えるもの、5,000 倍を超えるものという 2 つの水準を用いた<sup>2</sup>。したがって、客観確率の逆数として算出されるオッズの対数がプラスの係数を示

<sup>2</sup> 全 3,453 レース中、2,000 倍の水準で直前 1 レースが波乱であったとされるのは 591 レース、前 2 レー

すほど微小確率局面で過大評価傾向が働いていることを示し、また、各ダミー変数がマイナスの係数を示すほど波乱があった局面で過大評価傾向が弱まっていることを示す。なお、ここでは極端な人気度を示す可能性のある 0 票馬券と 1 票馬券とを除いて分析した。

表 2 の (1) では、Ln 推計オッズの係数が有意にプラスとなっており、実際に微小確率が過大評価されていることが示唆される。(2) から (5) は本研究の主眼である平均回帰の誤謬について波乱ダミーを用いて分析しており、(4) を除いてマイナスに有意な係数となっていることから、過大評価傾向が弱まっていることが示唆される。したがって、事前のレースで大穴が来た場合に、それらの結果とは独立である次レースについて、馬券購入者が大穴が来ないと期待する傾向を持っていること、つまり平均回帰の誤謬を犯していると考えられる。

#### 4. 結論

小幡・太宰 (2014) においては、確率が微小になればなるほど、主観確率はこれを過大評価していることが見出され、プロスペクト理論と整合的な結果を馬券データに基づいて示した。本論文においては、この過大評価がどのように変化するかを分析した。具体的には、ギャンブラーの典型的な誤謬の 1 つである、平均回帰への誤謬が、実際の競馬の馬券購入行動において観察されるかどうかを実証分析した。結果は、大穴が出たレースの次のレースにおいては、通常の場合よりも、大穴に対する過大評価が縮小していることが示された。すなわち、大穴が出ると、次のレースでは、もう大穴は出ない、普通の本命サイドに戻る、すなわち、平均回帰が起こる、という予想を馬券購入者が実際に保有していることが示された。

本論文で分析したデータは、株式市場の平均回帰予測を分析した場合に比べ、大穴が出た後に大穴が出るかどうかに関するノイズが少ない。すなわち、株価は連続して上がった、あるいは反転したりするが、そこには、ファンダメンタルズに関するデータにおいて、裏にある構造要因が複雑であり、毎日の株価が、あるいは毎日の情報が独立であるとは全く言えない。さらに、それに対する投資家の解釈は複雑であり、実際にどのような推測をしているかをデータで示すことはできない。一方、馬券データにおいては、構造が単純であり、個々のレースは独立であるから、コイン投げに近い現象であると言えるので、本論文の目的に沿った、ノイズの少ない理想的なデータと言える。

これが、本研究のメリットであり、貢献であるが、その一方で、バイアスがないわけではない。つまり、例えば、天候が雨だったり荒れていたりすれば、競争馬の実力が発揮で

---

ス連続では 105 レースであった。また 5,000 倍の水準で見るとそれぞれ 260 レース、21 レースであった。

きなくなる可能性が高まり、大穴は出やすくなると考えられる。また、一回大穴が出た、と言うことは、その日のレースにおいて何か波乱の要素が起きている可能性がある。有力な騎手が不調であったり、競馬のピークのシーズンではなかったり（その結果、馬を100%の状態に無理して仕上げることをせず、実力が発揮されないことが多くなる）、様々な要因で波乱が起きやすくなっている可能性はある。

しかし、これらのバイアスは、本論文の結論に対して、逆方向の影響をもたらしている。すなわち、平均回帰が起こらないバイアスが存在する可能性があることを示しているのであり、これらを投票者達は知っているにもかかわらず、平均回帰が起こる、という期待を持って馬券を購入していることが示されたからである。したがって、本論文の結論は、ロバストであると考えられる。

## 引用文献

- Harville, D. A., 1973. Assigning probabilities to the outcomes of multi-entry competitions. *Journal of the American Statistical Association* 68, 312-316.
- Hausch, D. B., W. T. Ziemba and M. R. Rubinstein, 1981. Efficiency of the market for racetrack betting. *Management Science* 27, 1435-1452.
- Metzger, M. A., 1985 Biases in betting: an application of laboratory findings. *Psychological Reports* 56, 883-888.
- 小幡績・太宰北斗, 2014. 競馬とプロスペクト理論：微小確率の過大評価の実証分析. *行動経済学* 第7巻, 1-18.
- Thaler, D. B. and W. T. Ziemba, 1988. Anomalies-parimutuel betting markets: racetracks and lotteries. *Journal of Economic Perspectives* 2, 161-174.