

「競馬とプロスペクト理論」

小幡績^a ・ 太宰北斗^b

1. イントロダクション

英国人が社長を務める東京都内のデータ分析会社が、競馬で得た配当金を申告せず、東京国税局から約 160 億円の所得隠しを指摘されていたことが分かった。

(2009 年 10 月 9 日 朝日新聞 39 面)

この衝撃の事実は、競馬ファンの間を駆け巡った。なぜなら、馬券で安定的に儲けることは出来ない、というのが競馬の常識であったからである。予想ランキングトップに立つ競馬予想家でも、年間の回収率が 100%を超えることはほぼなく、ほとんどがマイナスである。それは、JRA（日本中央競馬会）が開催する競馬においては 25%程度を控除した残りが払い戻されるためであり、平均的な期待回収率は 75%程度になるからである。しかし、この会社は、香港に親会社があり、そこでごく普通の投資ファンドとして投資家から資金を募りながらも、実態は競馬ファンドとして運営され、コンスタントに年間 10%程度のリターンを上げていたからである。

いったいどのような手法で、彼らは利益を上げていたのだろうか。

ユープロ社関係者らによると、同社は、天候や出走馬の血統、騎手など各データを入力、解析する競馬必勝プログラムを使い、高確率で配当金を得ていたという。だが、億単位の資金を使い、ほとんどの組み合わせの馬券を買うという、一般の競馬ファンにはまねできないやり方だった。

05 年設立の同社が目をつけたのは、「3 連単」という馬券。1 着から 3 着までを順番通り当てるもので、配当が大きい。プログラムで、レースで 3 着までに入らない可能性が高い「はずれ馬」を除外したうえ、残りの馬であらゆる組み合わせの馬券を購入。倍率（オッズ）が高い馬券には小額、倍率が低い馬券には高額をかけ、配当金が投資額を上回るよう計算されていたという。億単位の支出でも高確率で一つあたり、1 レースで数億円の利益が出ることもあった、としている。

(朝日新聞 同上)

この利益の源泉はアービトラージにある。この競馬ファンドの場合には、「本命－大穴バイアス」という歪みを利用し、裁定取引を行って利益を上げていた。本命－大穴バイアスとは、1 着になる確率は低いがおddsの高い大穴馬券は、客観的な勝利確率よりも過剰に人気があり、一方、1 着になる確率は高いがおddsの低い本命馬券は、実際の客観確率よりも人気が高い傾向を指す。したがって、割安な本命馬券を網羅的に買えば、安定的に儲かる可能性があるということである。

この大穴バイアスは、理論的には、プロスペクト理論で説明することができる。微小確率の過大評価と捉えられ、確率に関する評価関数が、微小確率、つまり大穴に対して高い方向にバイアスがかかっていると考えられる。本論文では、エピソード的に現れたプロスペクト理論の成立を示唆する、この大穴バイアスを網羅的なデータにより検証した。

具体的には、JRA が所管する 2009 年の日本の中央競馬の各レースに関するオッズデータ、す

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

^b 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

なわち得票数のデータを用い、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の購入行動において、プロスペクト理論において想定されている、微小確率の過大評価という現象が観察されるのではないかと推測し、本論文では検証を試みた。

結果は、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が示された。この現象は他の研究でも報告されている。しかし、本研究においては、的中した馬券だけでなく、馬券の全通りの組み合わせに関する実際の投票数を網羅したデータを用いており、これは前例のないものである。そのため、これまでの研究の中で最も直接的に大穴バイアスおよび主観確率、つまり、プロスペクト理論における評価関数を検証している。したがって、結果の信頼性はこれまでの研究よりも高いと思われる。

2. 先行研究

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。

競馬データを利用した研究の多くが焦点を当てている本命—大穴バイアスは、Griffith (1949) によって初期の報告がされている。Griffith (1949) は単勝のオッズデータを賭け手の主観確率であると考え、一方の客観確率には、各馬のオッズ水準毎に実際に1着になった頻度を調べている。分析結果は、最終オッズが平均的には勝率の適切な指標となっていることを示唆した一方で、主観確率と客観確率の関係から本命—大穴バイアスが存在することも示した。

ではなぜ負の期待収益である競馬に参加し、よりリスクの高い穴馬への選考を示されるのだろうか。一つの理論的な説明として、リスク愛好的な効用関数があげられる。たとえば、Ali (1977) は、客観的な勝利確率と賭けのリターンとの関係から、賭け手が凸型の効用関数を持つことを実証的に示している。一方で、Thaler and Ziemba (1988) は、終盤のレースで穴馬バイアスの傾向が強まることから損失回避の傾向があると解釈している。これらに対して、Jullien and Salanie (2000) や Snowberg and Wolfers (2010) は、リスク愛好型よりもプロスペクト理論による説明が適切であると実証的に指摘した。

本論文では、これに関連してプロスペクト理論から想定される微小確率の過大評価という現象が、現在の日本の競馬市場で主流である三連単においても観測されるか分析する。

3. データ

分析では、2009年にJRAが主催した全3,453レースを対象とする。具体的には、2009年に実際に購入された全ての組み合わせの三連単(9,398,790件)の得票数を用いた。このデータは、先行研究よりも詳細な分析を可能とする二つの特徴を備えている。

第一には、販売された三連単の全ての組み合わせについてのデータである点である。先行研究では単勝の分析が多くを占め、馬連や馬単を対象に加えた研究では、主には的中した馬券のオッズだけを分析してきた。この点が重要となるのは、過剰人気である大穴についての分析が、的中した大穴に限ったものである場合には、大きなサンプリングバイアスが生じると思われるからで

ある。的中したと言うことは何らかの要素が、その的中した組み合わせに関しては言えたはずである。たとえば、インサイダー情報により、特定の馬券だけ売れていた可能性もある。

第二には、JRA が公表する単純なオッズではなく、得票数である点である。先行研究では得票数のデータが入手困難なことからオッズデータが利用されてきた。このため、これまではレースや馬券毎の得票規模（売上高）を考慮した分析については間接的にしか行えなかった。この点で本論文では単にオッズの分析にとどまらず、得票数を考慮した追加的な分析が可能になっている。

4. 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存在し、バイアスの程度は確率が微小であるほど大きくなる」、というものである。プロスペクト理論においては、客観的な微小確率を主観的に過大評価するという現象が捉えられているが、本研究の仮説は、それを包含するものである。

ここでは、実際の得票数から計算された得票率を、馬券を実際に購入した人々の主観確率と捉えている。一方、客観確率は、単勝への実際の投票率から推計している¹。この客観確率の推計においては、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。三連単市場の馬券の実際の人気が主観確率であり、一方で、同じ馬券の実際の人気を単勝市場については客観確率としているのには、以下の理由がある。

第一に、単勝はオッズからいってもギャンブル性が低い馬券であり、大穴バイアスがかけにくい馬券であるためだ。第二には、単勝と三連単で馬券を買う購入層が異なるからだ。単勝は、相対的に競馬の知識が豊富な投票者が購入層の中心である。同時に、JRA では単勝は払い戻し率を基本的に 80% に設定しており、三連単の 75% よりも高く、合理的な馬券購入者が相対的に単勝市場に多いと思われる。主にこの二つの理由により、単勝購入者の投票行動は、少なくとも三連単の購入者の投票行動よりも相対的に客観確率を近似していると想定できる²。

さて、表 1 は、本論文で対象とした三連単馬券の人気度の傾向を示している。人気度とは、単勝から推計された三連単の得票率を客観確率とし、これを分母に取り、分子に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、客観確率から推計されるオッズで百分位をとっているが、本命から大穴まで、人気度は完全な単調増加となっている。このことから、大穴になるにしたがって過剰人気の度合いが大きく増していることがわかる。

次に、概観で示された大穴過剰人気バイアスについて、より包括的に分析する。表 2 では、各馬券の人気度を被説明変数として、客観確率から推計されるオッズの対数を説明変数として、

¹ Harville (1973) は、馬 A、馬 B、馬 C が順番に 1 着、2 着、3 着となる確率 P_{ABC} を、各馬が 1 着になる確率 P_A 、 P_B 、 P_C から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。

² 本研究では、単勝と三連単の実際の回収率の比較を通じて、平均的には単勝での大穴の過剰人気は弱いことを確認している。なお単勝に大穴バイアスがあると、大穴の客観確率は過大に算出されることになり、本論文の仮説を棄却する方向にバイアスが加かることになる。

[表1 平均人気度の傾向 (推計オッズ別の百分位)]

分位	平均人気度	分位	平均人気度	分位	平均人気度	分位	平均人気度	
1	0.822	26	1.441	51	2.230	76	4.596	
2	0.899	27	1.465	52	2.291	77	4.853	
3	0.942	28	1.485	53	2.330	78	5.070	
4	0.973	29	1.514	54	2.387	79	5.301	
5	1.002	30	1.538	55	2.430	80	5.577	
6	1.025	31	1.565	56	2.498	81	5.801	
7	1.054	32	1.584	57	2.560	82	6.128	
8	1.076	33	1.607	58	2.612	83	6.520	
9	1.098	34	1.636	59	2.686	84	6.901	
10	1.117	35	1.671	60	2.757	85	7.355	
11	1.137	36	1.694	61	2.827	86	7.774	
12	1.159	37	1.717	62	2.890	87	8.446	
13	1.177	38	1.751	63	2.974	88	9.083	
14	1.195	39	1.784	64	3.069	89	9.864	
15	1.219	40	1.818	65	3.160	90	10.625	
16	1.232	41	1.838	66	3.246	91	11.860	
17	1.255	42	1.867	67	3.361	92	13.100	
18	1.271	43	1.911	68	3.457	93	14.715	
19	1.294	44	1.942	69	3.563	94	16.624	
20	1.318	45	1.973	70	3.690	95	19.044	
21	1.335	46	2.017	71	3.819	96	23.125	
22	1.358	47	2.048	72	3.941	97	28.672	
23	1.375	48	2.097	73	4.103	98	38.127	
24	1.395	49	2.128	74	4.262	99	57.920	
25	1.418	50	2.180	75	4.457	100	157.057	
							全体	6.352

データ全体および、本命サイドから大穴サイドまで二十分位毎（本命サイドを 1，大穴サイドを 20）に単回帰（OLS）している。ここでは購入者の投票行動の詳細な分析にノイズとなりえる 0 票馬券と 1 票馬券とを除いて分析した。0 票，1 票を落とすことにより，大穴バイアスは過小評価されることになるバイアスが生じうるが，これは我々の仮説を棄却する方向に働くことになる。

まず，データ全体で行った回帰式では，説明変数としての推計オッズに関する係数が正で有意であり，オッズの大きな穴馬になるほど人気度が過剰になる傾向を示唆している。これは，本命サイドでは過小評価にあり大穴サイドでは過大評価にあるという本命－大穴バイアスの存在を統計的に有意に示している。次に，二十分位のそれぞれの回帰分析の結果は，すべて推計オッズの係数が正に有意であり，かつ本命サイドから一貫して係数の増加傾向が見られる。この増加傾向は，確率が微小になればなるほど主観確率がこれを過大評価するという本論文の仮説を支持するものであり，プロスペクト理論と整合的な傾向が三連単市場に存在していることを示唆している。

続いて，この結果の頑健性を評価した。具体的には，得票数の制限を変更した場合と，推計方法を変更した場合とを確認している。まず得票数の制限については，同様のノイズが働いている可能性のある，0 票馬券および 1 票馬券を含むレース全体のデータを除いた場合と，総得票数（売上高）上位 50% のレースの場合とを同様に分析した。また，推計方法の変更では，Harville (1973) の方法に依らず，三連単の得票率をその他の市場との関係から評価する。具体的には，馬単と三

[表2 0票馬券および1票馬券を除いた場合の過大評価傾向]

従属変数=人気度	全体				
切片	-33.743*** (0.132)				
Ln 推計オッズ	3.788*** (0.013)				
サンプル数	9,272,473				
R ²	0.071				
従属変数=人気度	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
切片	0.415*** (0.003)	0.137*** (0.019)	-0.124*** (0.038)	-0.519*** (0.058)	-0.720*** (0.079)
Ln 推計オッズ	0.091*** (0.001)	0.135*** (0.003)	0.170*** (0.005)	0.219*** (0.007)	0.243*** (0.009)
サンプル数	469,939	469,940	469,939	469,940	469,939
R ²	0.034	0.005	0.003	0.002	0.002
従属変数=人気度	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
切片	-1.366*** (0.102)	-1.877*** (0.129)	-2.685*** (0.159)	-3.305*** (0.185)	-4.318*** (0.222)
Ln 推計オッズ	0.316*** (0.011)	0.371*** (0.014)	0.455*** (0.016)	0.516*** (0.018)	0.615*** (0.021)
サンプル数	469,940	469,939	469,938	469,930	469,925
R ²	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
従属変数=人気度	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
切片	-5.636*** (0.263)	-7.821*** (0.298)	-10.704*** (0.355)	-13.760*** (0.422)	-20.414*** (0.505)
Ln 推計オッズ	0.741*** (0.024)	0.941*** (0.027)	1.196*** (0.031)	1.460*** (0.036)	2.013*** (0.041)
サンプル数	469,905	469,870	469,721	469,362	468,717
R ²	0.002	0.003	0.003	0.004	0.005
従属変数=人気度	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)
切片	-29.398*** (0.593)	-43.978*** (0.752)	-70.410*** (0.937)	-144.098*** (1.338)	-1,426.889*** (12.892)
Ln 推計オッズ	2.736*** (0.047)	3.863*** (0.058)	5.835*** (0.069)	11.076*** (0.093)	94.033*** (0.822)
サンプル数	467,264	464,362	457,673	442,739	393,491
R ²	0.007	0.010	0.016	0.030	0.239

注:括弧内は標準誤差を, *, **, ***はそれぞれ1%, 5%, 10%水準で有意であることを示す。

連複の得票率から推計される三連単の得票率を客観確率として用いた³。

分析の結果は、推計方法を変えた場合に本命サイドの1/20分位で僅かに推計オッズの係数が負となっていたが、その他の箇所では、三つのケースともに、すべての推計オッズの係数が正に有

³ 馬A, 馬B, 馬Cが順番に1着, 2着, 3着となる三連単の得票率 T_{ABC} を, この三頭の組合せの三連複の得票率 Q_{ABC} と, 馬Aと馬Bが1着, 2着となる馬単の得票率 E_{AB} から次式で算出する。

$$T_{ABC} = E_{AB} \cdot Q_{ABC} \quad (2)$$

意で、大穴サイドへの係数の増加傾向が見られた⁴。このことは、大穴における極端な過大評価のノイズに対して頑健な結果を示しており、また、馬単にも三連単同様に本命－大穴バイアスが影響していると考えられるため、三連単での過大評価傾向の存在の頑健性を示すものと考えられる。

5. 結論

本論文では、単勝の得票率からの推計理論確率と、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。後者は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であるといえる。

分析結果は、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が示された。また、さまざまな頑健性を確認する分析を通じて、データは一貫して本命－大穴バイアスを示唆しており、微小確率に対する過大評価傾向を示唆した。さらに、本研究では、はずれ馬券となったものもすべて含む三連単馬券全体に対する直接的な検証となっている。そのため、本研究において示唆されるバイアスの存在は、より頑健なものと考えられる。

加えて、本論文のように全投票データを用いてレース規模や得票規模を直接的に考慮した研究は、当たり馬券だけを考えることによるさまざまなサンプリングバイアスから逃れていると考えられるため、本研究の結果は、より強く大穴バイアスの存在を示したものであると思われる。

今後は、本論文での単勝と三連単による分析にとどまらず、馬連や馬単といった数種類の馬券との関係を詳細に分析していくことによって、投票者がどのような場合に微小確率をより過大評価するのかといった点についても考察を加えることにより、微小過大評価のメカニズムを探る研究が可能であると思われる、意義があると考えられる。

参考文献

- [1] Ali, M. M. (1977) "Probability and utility estimates for racetrack bettors," *Journal of Political Economy* 83, 803-815
- [2] Griffith, R. M. (1949) "Odds adjustments by American horse-race bettors," *American Journal of Psychology* 62, 290-294
- [3] Harville, D. A. (1973) "Assigning probabilities to the outcomes of multi-entry competitions," *Journal of the American Statistical Association* 68, 312-316
- [4] Hausch, D. B., W. T. Ziemba and M. R. Rubinstein (1981) "Efficiency of the market for racetrack betting," *Management Science* 27, 1435-1452
- [5] Jullien, B. and B. Salanie (2000) "Estimating preferences under risk: the case of racetrack bettors," *Journal of Political Economy* 108, 503-530
- [6] Kahneman, D. and A. Tversky (1979) "Prospect theory: an analysis of decision under risk," *Econometrica* 47, 263-292
- [7] Metzger, M. A. (1985) "Biases in betting: an application of laboratory findings," *Psychological Reports* 56, 883-888
- [8] Snowberg, E. and J. Wolfers (2010) "Explaining the favorite-long shot bias: is it risk-love or misperceptions?," *Journal of Political Economy* 118, 723-746
- [9] Thaler, D. B. and W. T. Ziemba (1988) "Anomalies-parimutuel betting markets: racetracks and lotteries," *Journal of Economic Perspectives* 2, 161-174

⁴ 頑健性を確認した分析結果の詳細については、紙面の制約上、割愛する。