荒尾競馬における、勝馬投票券市場の効率性の決定要因

芦谷，政浩

(Citation)
神戸大学経済学研究科 Discussion Paper,1618

(Issue Date)
2016

(Resource Type)
technical report

(Version)
Version of Record

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/81009514

荒尾競馬における、勝馬投票券市場の
効率性の決定要因

芦谷　政浩

July 2016

Discussion Paper No.1618

GRADUATE SCHOOL OF ECONOMICS

KOBE UNIVERSITY

ROKKO, KOBE, JAPAN

荒尾競馬における、勝馬投票券市場の効率性の決定要因

芦谷　政浩+

2016 年 7 月

本論文は、2011 年 9 月 30 日から 12 月 23 日に開催された荒尾競馬 160 レースのデータを用いて、勝馬投票券市場の効率性に影響を及ぼす要因を分析した。その結果、売得金額が大きいレース、出走頭数が少ないレース、メインレースでは、同じ払戻条件・払戻金額となる異なる種類の馬券の間での価格差が小さいことが分かった。その一方で、レースの競争順（出走時刻）、場外馬券売場の売上シェアは、価格差に影響を及ぼしていなかった。

+神戸大学経済学部（ashiya@econ.kobe-u.ac.jp）

１．問題意識

公営賭博における勝者投票券（馬券や車券など）は「条件付き債券」の一種であるため、通常の金融市場と同様の分析が可能である。株式市場においては、「日経平均指数」と「日経平均バスケット（日経平均構成銘柄を個別に購入したもの：購入比率を調整すれば日経平均指数を複製できる）」は連動して動く。なぜならば、両者が乖離すれば、すかさず裁定取引で利益を上げようとする市場参加者が現れるからである。これと同様に、競馬の勝馬投票券市場が効率的であるならば、「単勝１番」のオッズと「１番の総流し（1 番の馬を１着、他の馬を２着に指定した連勝単式馬券を、1-2、 1-3、 1-4、 ... と全ての組み合わせについて購入すること：第 2 節で示すように各馬券を「オッズの逆数」の比率で購入すれば単勝１番の馬券を複製できる）」のオッズは連動して動くはずである。なぜならば、例えば単勝１番のオッズが相対的に低いとき（＝単勝１番が「割高」なとき）は、「１番の馬が勝つ」と考える人は単勝１番を買わずに連勝単式の 1-2, 1-3, ... をオッズの逆比で買うことにより、単勝 1 番と同じ払戻条件・払戻金額の馬券を割安に購入できるからである。

これに対して、競馬の馬券市場が非効率的であるならば、「単勝１番」のオッズと「１番の総流し」のオッズには乖離が生じる。そして、市場の効率性が低下するほど、オッズの乖離幅は大きくなる。そこで本論文では、「同じ払戻条件・払戻金額となる異なる種類の馬券の間でのオッズ差」を「馬券市場の効率性を測る尺度」と定義して、馬券市場の効率性に影響を及ぼす要因が何であるかを分析する。

論文の第 2 節では、本論文における「馬券市場の効率性を測る尺度」を厳密に定義する。第 3 節では、使用するデータについて説明する。第 4 節では、本論文で検証する仮説を提示する。第 5 節では、回帰分析の結果を紹介する。第 6 節では、結論をまとめる。

２．効率性を測る尺度

n 頭が出走するレースにおいて、単勝 i 番のオッズが O_i であるとしよう。日本の地方競馬（NAR）の単勝オッズは、単勝の総発売票数を S、単勝 i 番の発売票数を S_i とすると、

$$O_i = \max\left\{0.1 \times \mathrm{INT}\left[1 + 7.38\frac{S}{S_i}\right], 1\right\}$$

という式で計算される（JRA とは係数が異なることに注意）。ここで、INT[x]は、x 以下の最大の整数を与える関数である。連勝単式 i-j 番のオッズ O_{ij} や、三連勝単式 i-j-k 番のオッズ O_{ijk} なども、同様の計算式で求めることができる。

いま仮に、任意の馬券を任意の数量だけ、オッズを変化させることなく購入できるとしよう。すると、馬券市場が効率的であれば、同じ払戻条件・払戻金額の馬券には同じ価格が付くはずである。具体的に、「i 番の馬が 1 着になったときに 1 円の払戻金を得る」という払戻条件・払戻金額の金融商品を考えよう。この金融商品を入手するためには、単勝 i 番を $1/O_i$ 円購入するか、あるいは連勝単式 i-j 番を全ての$j \neq i$について $1/O_{ij}$ 円ずつ購入すれば良い。よって、馬券市場が効率的であるならば、全ての i について

$$\frac{1}{O_i} = \sum_{j \neq i} \frac{1}{O_{ij}} \tag{1}$$

が成立するはずである。同様に、「i 番の馬が 1 着、j 番の馬が 2 着になったときに 1 円の払戻金を得る」という払戻条件・払戻金額の金融商品を考えよう。この金融商品を入手するためには、連勝単式 i-j 番を $1/O_{ij}$ 円購入するか、あるいは三連勝単式 i-j-k 番を全ての$k \neq i, j$について $1/O_{ijk}$ 円ずつ購入すれば良い。よって、馬券市場が効率的であるならば、全ての i, $j \neq i$ について

$$\frac{1}{O_{ij}} = \sum_{k \neq i,j} \frac{1}{O_{ijk}} \tag{2}$$

が成立するはずである。

これに対して、馬券市場が非効率的であるならば、同じ払戻条件・払戻金額の馬券に異なる価格が付くので、(1)式も(2)式も成立しない。このとき、「i 番の馬が 1 着になったときに 1 円の払戻金を得る」という金融商品を、最も安く入手する方法を考えよう。単勝馬券と連勝単式馬券のみを利用できるときは、必要な馬券購入額の最低値は

$$\min\left\{\frac{1}{O_i}, \sum_{j \neq i} \frac{1}{O_{ij}}\right\}$$

になる。三連勝単式馬券も利用できるときは、この値は

$$\min\left\{\frac{1}{O_i}, \sum_{j \neq i} \min\left\{\frac{1}{O_{ij}}, \sum_{k \neq i,j} \frac{1}{O_{ijk}}\right\}\right\}$$

になる。よって、「どの馬が 1 着になったとしても必ず 1 円の払戻金を得る」という金融商品を入手するために必要な馬券購入額の最低値は、

$$P \equiv \sum_{i=1}^{n} \min\left\{\frac{1}{O_i}, \sum_{j \neq i} \min\left\{\frac{1}{O_{ij}}, \sum_{k \neq i,j} \frac{1}{O_{ijk}}\right\}\right\} \tag{3}$$

になる（芦谷(2012, 2013, 2014)と Ashiya (2015)では、地方公営競馬のデータを用いて、$P < 1$となるレースに関する詳細な分析を行っている）。

(3)式を見ると、馬券市場が効率的であるならば、(1)式と(2)式が成立するので

$$P = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{O_i} \equiv \overline{P} \tag{4}$$

となることが分かる。これに対して、馬券市場が非効率的であるならば、(例えば$\frac{1}{O_i}$と $\sum_{j \neq i} \frac{1}{O_{ij}}$の値に食い違いが生じるので) P の値は必ず$\overline{P}$よりも小さくなる。馬券市場の非効率性が増すほど、同じ払戻条件・払戻金額の馬券の間での価格差が大きくなるので、P の値は小さくなっていく。

なお、$\overline{P}$は「出走頭数」や「オッズ計算時の小数点以下第 2 位切り捨て」の影響を受けるので、レース毎に値が異なる。この論文で分析する荒尾競馬のレースでは、$\overline{P}$の最小値は 1.205、最大値は 1.351、平均値は 1.323、標準偏差は 0.0228 であった。このため、本論文では「馬券市場の効率性の尺度」 として、

$$P_{dif} \equiv P - \overline{P} \tag{5}$$

ならびに

$$\mathrm{P_{ratio}} \equiv \mathrm{P}/\overline{\mathrm{P}} \tag{6}$$

を用いて分析を行う。馬券市場が完全に効率的であるならば、(4)式より$\mathrm{P_{dif}} = 0$かつ$\mathrm{P_{ratio}} = 1$が成立する。しかし、現実の馬券市場には多少の非効率性が残存するので、P の値は必ず$\overline{\mathrm{P}}$よりも小さくなる。よって、現実のデータでは$\mathrm{P_{dif}} < 0$ と $0 < \mathrm{P_{ratio}} < 1$ が常に成立する。$\mathrm{P_{dif}}$と$\mathrm{P_{ratio}}$の値が小さいほど、馬券市場が非効率的であることを意味する。

３．データ

本論文では、2011 年 9 月 30 日から 12 月 23 日の間に開催された荒尾競馬 175 レースのうち、競争除外・出走取消で返還馬券の生じた 4 レースと場外馬券売場での発売をしなかった 12 月 16 日の 11 レースを除いた、160 レースのデータを用いる（Ashiya (2015)でも同じデータを用いた分析を行っている）。レースの競争順（例：第 1 競争）を *Race*（通常の開催日は 11 レース開催：9 レースの日と 12 レースの日が 1 回ずつあった）、出走頭数を *Number*（平均 8.369 頭）、馬券の売得金額を *Total*（平均 6.326 百万円）、売得金額に占める場外馬券売場の売得金額の比率を *Outratio*（平均 0.761）と呼ぶことにする。また、メインレース（最後から 2 番目のレース：11 レース開催される日であれば第 10 競争）のダミーを$\mathrm{dum_{main}}$とする。$\mathrm{P_{dif}}$の平均は-0.270、標準偏差は 0.092、最大値は-0.086、最小値は-0.633であった。$\mathrm{P_{ratio}}$の平均は 0.796、標準偏差は 0.069、最大値は 0.930、最小値は 0.527 であった。記述統計量は、表 1 にまとめられている。

４．仮説

馬券市場の効率性に影響を及ぼす要因としては、市場の厚み・裁定取引の容易さ・市場参加者の属性などが考えられる。本論文では、以下の仮説を検証する。

仮説１：馬券の売得金額 *Total* が大きいほど、$\mathrm{P_{dif}}$と$\mathrm{P_{ratio}}$が大きくなる

仮説１は、「市場の厚みと効率性」に関する仮説である。Roth (2008, p.286)によると、市場の成功には、市場の厚み・混雑の解消・安全性が欠かせない。馬券の売得金額 *Total* が大きいほど、馬券市場の厚みが増すので、市場の効率性が高まる（＝同じ払戻条件・払戻金額の馬券の間での価格差が縮小する）ことが予想される。

仮説２：出走頭数 *Number* が少ないほど、$\mathrm{P_{dif}}$と$\mathrm{P_{ratio}}$が大きくなる

仮説２は、「裁定取引の容易さと効率性」に関する仮説である。出走頭数が少ないと、同

じ払戻条件・払戻金額の馬券の間の価格差を容易に計算できる。例えば出走頭数が 3 頭のとき、「同じ払戻条件・払戻金額の馬券の間に価格差が存在しない」ことの必要十分条件は、

$$\frac{1}{O_1}=\frac{1}{O_{12}}+\frac{1}{O_{13}} \quad かつ \quad \frac{1}{O_2}=\frac{1}{O_{21}}+\frac{1}{O_{23}} \quad かつ \quad \frac{1}{O_3}=\frac{1}{O_{31}}+\frac{1}{O_{32}}$$

である（三連勝単式馬券は発売されないので、考慮する必要が無い）。これら 3 本の条件式が成り立っていないときは、左辺が小さいなら単勝馬券が割安であり、右辺が小さいなら連勝単式馬券が割安になっている。よって、「1 番が 1 着になる」と考えている人は、$\frac{1}{O_1}$が$\frac{1}{O_{12}}+\frac{1}{O_{13}}$より小さいときには素直に単勝の 1 番を買えば良い。また、$\frac{1}{O_1}$が$\frac{1}{O_{12}}+\frac{1}{O_{13}}$より大きいときには、連勝単式の 1-2 と 1-3 を「オッズの逆数」の比率で買うことで、単勝馬券を合成すれば良い。この結果、$\frac{1}{O_1}$が$\frac{1}{O_{12}}+\frac{1}{O_{13}}$より小さいときは、皆が（連勝単式ではなく）単勝 1 番を買うので、単勝 1 番のオッズ O_1 が低下する。また、$\frac{1}{O_1}$が$\frac{1}{O_{12}}+\frac{1}{O_{13}}$より大きいときは、皆が連勝単式馬券を買うので、$\frac{1}{O_{12}}+\frac{1}{O_{13}}$が上昇する。この調整過程によって$\frac{1}{O_1}$と$\frac{1}{O_{12}}+\frac{1}{O_{13}}$の差は必ず縮小するので、P と$\overline{P}$の差も縮小する。すなわち、$P_{dif}$と$P_{ratio}$は大きくなる。以上の議論から、出走頭数が少ないときは、人々が「どの種類の馬券が割安か」を容易に判別できるので、異なる種類の馬券間の価格調整が進み、結果としてP_{dif}とP_{ratio}が大きくなることが予想される。

仮説 3 ：売得金額に占める場外の比率 *Outratio* が大きいほど、P_{dif}とP_{ratio}が大きくなる

仮説 3 は、「市場参加者の属性と効率性」に関する仮説である。場外馬券売場で馬券を買う人は、レースを観戦することよりも、馬券で儲けることに関心があると考えられる。よって、売得金額に占める場外馬券売場の売得金額の比率 *Outratio* が大きいほど、利益獲得を目的とする馬券購入者の比率が高いことを意味するので、馬券市場における価格の歪みは小さくなることが予想される。

仮説 4 ：レースの競争順 *Race* が小さい（＝出走時刻が早い）ほど、P_{dif}とP_{ratio}が大きくなる
仮説 5 ：メインレースは、P_{dif}とP_{ratio}が大きくなる（つまりdum_{main}の係数はプラスになる）

仮説 4 と仮説 5 も、「市場参加者の属性と効率性」に関する仮説である。朝から馬券を購入する人は熱心な競馬ファンなので、馬券市場における価格の歪みを発見する能力が高いと考えられる。よって、出走時刻が早いレースほど（＝*Race* が小さいほど）、馬券市場における価格の歪みは小さくなることが予想される（仮説 4 ）。また、メインレースは多くの人々が

注目するので、馬券市場における価格の歪みは小さくなることが予想される（仮説５）。

なお、「メインレースは素人も買うので、馬券市場の効率性は却って低下するのでは？」という反論も考えられる（仮説５の逆）。この要因は、中央競馬（JRA）の G1 レースのように日本経済新聞等の全国紙やスポーツ新聞で大々的に取り上げげられるレースにおいては、非常に重要となる可能性がある。しかし、本論文で分析する荒尾競馬は地方競馬（NAR）であり、全国紙で報道されることは無く、スポーツ新聞でも大きな特集が組まれることは無い。このため、素人はそもそも荒尾競馬の存在すら知らないので、「素人が買うことによる効率性の低下」は生じない可能性が高いと予想される。

５．推計結果

まず最初に、考えられる全ての変数を説明変数に入れて、回帰式(7)と(8)を推計した。

$$\mathrm{P_{dif}} = \alpha + \beta_{\mathrm{T}} Total + \beta_{\mathrm{N}} Number + \beta_O Outratio + \beta_R Race + \beta_M dum_{main} + u \qquad (7)$$

$$\mathrm{P_{ratio}} = \alpha + \beta_{\mathrm{T}} Total + \beta_{\mathrm{N}} Number + \beta_O Outratio + \beta_R Race + \beta_M dum_{main} + u \qquad (8)$$

表２は、その推計結果を示す。()内は標準誤差であり、***は 1%有意、**は 5%有意、*は 10%有意を表す。まず、$\mathrm{P_{dif}}$を被説明変数とした(7)式の推計結果を見ると（表２(a)）、売得金額 *Total* の係数が 1%有意でプラス、出走頭数 *Number* の係数が 1%有意でマイナス、メインレースのダミー$\mathrm{dum_{main}}$の係数が 10%有意でプラスになった（p 値は 0.069）。すなわち、仮説１（出走頭数が同じなら、売得金額が大きいほど$\mathrm{P_{dif}}$が大きい）、仮説２（売得金額が同じなら、出走頭数が少ないほど$\mathrm{P_{dif}}$が大きい）、仮説５（売得金額と出走頭数が同じなら、$\mathrm{dum_{main}}$の係数はプラスになる）を支持する結果が得られた。その一方で、売得金額に占める場外馬券売場の売得金額の比率 *Outratio* の係数と、レースの競争順 *Race* の係数は、有意ではなかった。すなわち、仮説３と仮説４を支持する結果は得られなかった。また、仮説５が支持されたことから、仮説５の逆（メインレースは素人が買うので効率性が下がる）は支持されなかったことになる。

次に、$\mathrm{P_{ratio}}$を被説明変数とした(8)式の推計結果を見ると（表２(b)）、上述の(7)式と全く同じ推計結果が得られた。すなわち、*Total* の係数が 1%有意でプラス、*Number* の係数が 1%有意でマイナス、$\mathrm{dum_{main}}$の係数が 10%有意でプラスになった（p 値は 0.067）ものの、*Outratio* の係数と *Race* の係数は有意ではなかった。

そこで、有意ではない *Outratio* と *Race* を説明変数から外して、回帰式(9)と(10)を推計した。

$$\mathrm{P_{dif}} = \alpha + \beta_{\mathrm{T}} Total + \beta_{\mathrm{N}} Number + \beta_M dum_{main} + u \qquad (9)$$

$$\mathrm{P_{ratio}} = \alpha + \beta_{\mathrm{T}} Total + \beta_{\mathrm{N}} Number + +\beta_M dum_{main} + u \qquad (10)$$

まず、$\mathrm{P_{dif}}$を被説明変数とした(9)式の推計結果を見ると（表２(a)）、売得金額 *Total* の係数が 1%有意でプラス、出走頭数 *Number* の係数が 1%有意でマイナス、メインレースのダミー$\mathrm{dum_{main}}$の係数が 10%有意でプラスになった（p 値は 0.086）。つまり、仮説１、仮説２、

仮説５が、またしても支持された。P_{ratio}を被説明変数とした(10)式についても（表２(b)）、上述の(9)式と全く同じ推計結果が得られた。

さらに、説明変数を *Total*、*Number*、dum_{main}のいずれか 1 つだけにした単回帰分析も行った。ここでも、上述の推計結果と全く同じ結果が得られた（表３(a), (b)）。

６．結論

本論文では、2011 年 9 月 30 日から 12 月 23 日の間に開催された荒尾競馬 160 レースのデータを用いて、馬券市場の効率性に影響を及ぼす各種要因について分析した。馬券市場が効率的であれば、同じ払戻条件・払戻金額の馬券には同じ価格が付くはずである。そこで、「同じ払戻条件・払戻金額の馬券の間での価格差が小さいほど、馬券市場の効率性が高い」と定義して、様々な仮説を検証した。その結果、

・出走頭数が同じなら、売得金額が大きいレースほど、市場の効率性が高い（表２）
・売得金額が同じなら、出走頭数が少ないレースほど、市場の効率性が高い（表２）
・売得金額と出走頭数が同じなら、メインレースはそれ以外のレースと比べて市場の効率性が高い（表２）
・売得金額が大きいレースほど、市場の効率性が高い（表３）
・出走頭数が少ないレースほど、市場の効率性が高い（表３）
・メインレースはそれ以外のレースと比べて、市場の効率性が高い（表３）

ということが判明した。その一方で、

・出走時刻が早いレースほど、市場の効率性が高い
・場外馬券売場の売得金額が全体に占める比率が高いレースほど、市場の効率性が高い

という仮説は、支持されなかった。

本論文の分析では、荒尾競馬という単一の競馬場のデータのみを用いている。得られた結果が他の競馬場のデータについても当てはまるのかどうかを検証することが、今後の研究課題である。

参考文献

Ashiya, M. (2015) “Lock! Risk-Free Arbitrage in the Japanese Racetrack Betting Market.” Journal of Sports Economics, 16(3), April, pp.322-330.

Roth, Alvin E. (2008) “What have we learned from market design?” Economic Journal, 118 (527), March, pp.285-310.

芦谷政浩（2012）「日本の公営競馬における『競馬必勝法』の具体例」国民経済雑誌　第 205 巻第 6 号、6 月、pp.81-91.

芦谷政浩（2013）「佐賀競馬における裁定機会の出現頻度」国民経済雑誌　第 207 巻第 6

号、6 月、pp.53-59.
芦谷政浩（2014）「大井競馬・川崎競馬・船橋競馬・浦和競馬における裁定取引の実行可能性」国民経済雑誌　第 209 巻第 5 号、5 月、pp.59-63.

表１：記述統計量

	平均	標準偏差	最大値	最小値	
Race	10.93	0.616	12	9	
Number	8.369	1.469	12	5	
Total	6.326	4.253	35.078	1.942	（単位：百万円）
Outratio	0.761	0.070	0.943	0.530	
P_{dif}	-0.270	0.092	-0.086	-0.633	
P_{ratio}	0.796	0.069	0.930	0.527	

表２：推計結果

(a) 被説明変数：P_{dif}

	(7)		(9)	
Total	0.00617***	(0.00197)	0.00535***	(0.00181)
Number	-0.0235***	(0.0050)	-0.0256***	(0.0047)
Outratio	0.0299	(0.0991)		
Race	-0.00325	(0.00258)		
dum_{main}	0.0521*	(0.0285)	0.0482*	(0.0279)
$\overline{R}^2$	0.182		0.183	

(b) 被説明変数：P_{ratio}

	(8)		(10)	
Total	0.00472***	(0.00148)	0.00407***	(0.00136)
Number	-0.0180***	(0.0038)	-0.0195***	(0.0035)
Outratio	0.0159	(0.0745)		
Race	-0.00250	(0.00194)		
dum_{main}	0.0394*	(0.0214)	0.0362*	(0.0209)
$\overline{R}^2$	0.186		0.187	

()内は標準誤差

***：1%有意

**：5%有意

*：10%有意

表３：単回帰の推計結果

(a) 被説明変数：P_{dif}

Total	0.00445*** (0.00168)		
Number		-0.0191*** (0.0047)	
dum_{main}			0.0543** (0.0263)
$\overline{R}^2$	0.036	0.087	0.020

(b) 被説明変数：P_{ratio}

Total	0.00337*** (0.00127)		
Number		-0.0145*** (0.0036)	
dum_{main}			0.0408** (0.0198)
$\overline{R}^2$	0.037	0.089	0.020

()内は標準誤差

*** : 1%有意

** : 5%有意

* : 10%有意