

## ばんえい競走馬における獲得賞金の遺伝率推定値に対する分散補正の影響

倉上愛梨<sup>1</sup>・中堀祐香<sup>1</sup>・高野直樹<sup>2</sup>・大江史晃<sup>3</sup>・萩谷功一<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 帯広畜産大学, 帯広市 080-8555

<sup>2</sup> 北海道大学, 札幌市 060-0808

<sup>3</sup> 北海道有線放送, 帯広市 080-0023

(2020. 3. 23 受付, 2020. 5. 18 受理)

**要 約** ばんえい競走馬の2歳年度獲得賞金記録に対し、未変換および分散補正したデータによる遺伝率推定値を比較し、分散補正の影響を調査した。データは、2005年から2014年の間に生まれ、競走馬登録された重種馬3,125頭のうち、2歳年度のレースに出走した2,302個体の性別、誕生年月、能力検査実施日、獲得賞金、および27,215個体を含む血縁個体である。獲得賞金の分散補正について、2歳年度における獲得賞金（未変換）、対数変換および階層別獲得賞金クラス（3、5または7区分）のデータセットを作成した。遺伝分析には、性別、誕生年、月齢を母数効果として含むアニマルモデルを使用した。月齢は、能力検定合格回次の検定実施月と誕生月の記録から推定した。獲得賞金の遺伝率推定値は、未変換（0.16）と比較し、分散補正後の対数変換（0.29）および獲得賞金クラス（0.32から0.36）で高い遺伝率が推定された。

日本畜産学会報 91 (3), 179-183, 2020

**キーワード**：遺伝率、獲得賞金、ばんえい競走馬

ばんえい競走馬は、日本純系種を主とする重種馬が騎手の乗る460から1000 kgの鉄ソリを引く日本固有の競走馬である。直線200 mのダート・セパレートコースの途中には、高さの異なる2つの障害が設置されており、ソリの後端がゴールラインを超えるまでのタイムを競う。2006年までは旭川市、北見市および岩見沢市でも開催されていたが、現在は帯広市のみで開催されている。2004年、北海道の馬文化として北海道遺産に登録された（北海道遺産協議会2004）。ばんえい競走馬としてレースに出走するための能力検査に合格した個体は、馬体検査で能力検査後馬体重を計測する。中堀ら（2018a）は、ばんえい競走馬の馬体重と獲得賞金の遺伝的関連について調査し、馬体重が遺伝的に高い個体の選抜が競走能力の高い個体の生産につながる可能性があることを指摘した。石埼ら（1954）は、農耕に用いられた日本在来馬におけるけん引力が体重にほぼ比例すると報告しており、体重や体の大きさは競走成績に関係し、体が大きくバランスのとれた個体は高い能力を示す傾向がある（Kashiwamuraら2001）とされる。ばんえい競走馬は馬齢および取得賞金により格付が決められ、2歳時に初出走を迎えた個体は2歳年度の取得賞金順に格付けされる（帯広市2019）。

サラブレッドによる競馬において、獲得賞金、競走タイムおよび着順は一般的な能力指標であり、個体の能力に関連

していると考えられる（da Gamaら2016）。スペインにおけるサラブレッド競走馬の競走能力に関する遺伝的分析を行ったChico（1994）は、獲得賞金が遺伝的改良プログラムにおいて適切な基準であると述べた。Thiruvankadanら（2009）は、サラブレッド競走馬の競走成績の指標として獲得賞金が選抜に利用可能であると報告した。Moritsuら（1991）は、日本国内のサラブレッド種における年間取得賞金額の遺伝率を推定した。中堀ら（2018a）は、ばんえい競走馬の体重および獲得賞金の遺伝率を報告した。

競走馬の獲得賞金はゼロに近似した個体が多いことから、分布が歪む傾向にある。そのため、より正規分布に近づけ、偏りを少なくするために対数変換などの分散補正が適応されることがある（Thiruvankadanら2009）。LangloisとBlouin（2007）は、フランスのサラブレッド競走馬およびフレンチ Trotter における年間獲得賞金、生涯獲得賞金ならびに出走回数の育種価を推定し、対数変換した獲得賞金を用いて競走能力を評価することの有用性を示した。しかしながら、サラブレッド等の軽種競走馬を対象とした研究と比較し、ばんえい競走馬の獲得賞金に関する遺伝分析例は少なく、獲得賞金の分布の偏りを考慮した遺伝分析に関する報告例はない。

本研究は、ばんえい競走馬の初出走から翌年3月（以下、

2歳年度)に出走した全レースの総獲得賞金額(以下、獲得賞金)について、未変換、対数変換後およびクラス分けによる分散補正後のデータを使用して遺伝率を推定し、推定遺伝率に対する分散補正の影響を調査することを目的とした。

### 材料および方法

データは北海道有線放送(帯広市)のばんえい十勝番組編成グループが集積した能力検査記録およびレース記録のうち、2005年から2014年の間に生まれ、競走馬登録された重種馬3,125頭における性別、誕生年月、能力検査実施日、獲得賞金の記録である。データ編集において、獲得賞金が不明な個体を除外した。編集後のデータは、能力検査に合格した2,302個体の記録である。誕生年月および能力検査の合格回次より能力検査時月齢(以下、月齢)を推定し、データに含めた(中堀ら2018b)。血縁は家畜改良データバンクに含まれる血縁記録(日本馬事協会2017)を検索し、可能な限り溯り、合計27,215個体を遺伝分析に使用した。

獲得賞金の分布を正規分布に近似させるため、対数変換およびクラス分けによる分散補正を行った。分析には、以下の5つのデータセットを使用した。

- 1) 獲得賞金
- 2) 対数変換後獲得賞金
- 3) 獲得賞金クラス3
- 4) 獲得賞金クラス5
- 5) 獲得賞金クラス7

ここで、データセット1は獲得賞金、データセット2は獲得賞金を対数変換した値、データセット3から5は獲得賞金に対し、階層別にそれぞれ3、5または7クラスを割り当てた値を含む。クラス分けについて、獲得賞金の分布に基づき、獲得賞金クラス3は、0円以上100千円未満、100千円以上300千円未満、および300千円以上の3区分、獲得賞金クラス5は、0円、1円以上100千円未満、100千円以上300千円未満、300千円以上500千円未満、および500千円以上の5区分、獲得賞金クラス7は、0円、1円以上25千円未満、25千円以上150千円未満、150千円以上300千円未満、300千円以上450千円未満、

450千円以上600千円未満、および600千円以上の7区分とした。各データセットに対し、RのShapiro.test関数(R Core Team 2016)を使用し、Shapiro-Wilk検定による正規性の検定を実施した。

獲得賞金の遺伝率の推定は、中堀ら(2018a, b)のモデルを参考にし、以下の多形質アニマルモデルを使用した。

$$y_{ijkl} = S_i + Y_j + A_k + u_l + e_{ijkl}$$

ここで、 $y_{ijkl}$  = 2歳年度獲得賞金に関する観測値、 $S_i$  = 性別*i*の母数効果(3区分)、 $Y_j$  = 誕生年*j*の母数効果(10区分)、 $A_k$  = 月齢*k*の母数効果(12区分)、 $u_l$  = 個体*l*の育種価に関する変量効果、 $e_{ijkl}$  = 残差効果である。分析にはAIREMLF90(Misztalら2002)を使用した。中堀ら(2018b)が1個体について複数の調教師が関与している例があることを指摘していることから、本研究においても調教師の効果を考慮しなかった。

### 結果および考察

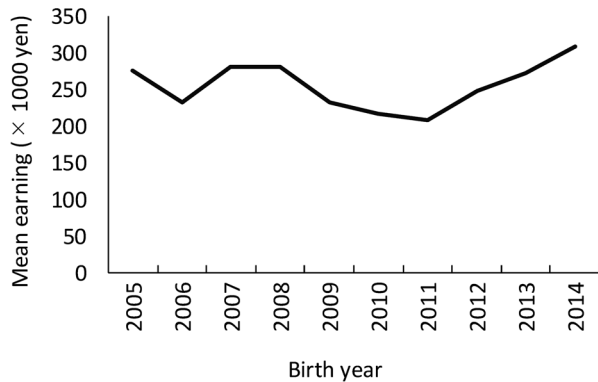
獲得賞金は、平均264千円、最大3,261千円であった(表1)。165個体が獲得賞金ゼロであった。平均獲得賞金は、2008年生まれから2011年生まれまで低下したが、2012年生まれ以降増加した(図1)。平均獲得賞金が年次によって変動したことは、インターネットおよび電話投票による馬券発売額の増加、年間入場者数の増加(帯広市2017)など、ばんえい競馬の運営に関する状況が関与した可能性がある。それらは環境の変化に起因した現象であることから、母数効果として考慮することが適切であると推察した。

本研究で使用した獲得賞金記録は、未変換において0円から3200千円の範囲であったが、最頻値0円、中央値100千円以上200千円未満の左に偏った分布を示した(図2)。未変換記録における分布の偏りは対数変換により緩和された(図3)が、いずれも正規性を満たさなかった( $P < 0.01$ )。各獲得賞金クラスはいずれも正規性を否定されなかった(図4から6)。本研究において獲得賞金は、3、5および7クラスを仮定したが、記録全体の7%程度に相当する個体の獲得賞金がゼロであったことから、7区分を超えた獲得賞金クラスは正規性を維持することが難しいと推察した。ばんえい競走馬の獲得賞金は、正規性を確

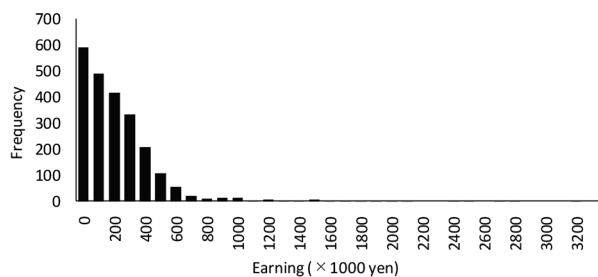
**Table 1** Mean, standard deviation, and minimum and maximum earnings of 2-year-old Banei racing horses

Sex	Number of horses	Mean (×1000yen)	SD	Minimum earnings	Maximum earnings
Colt	1245	295	329	0	3261
Filly	1022	229	220	0	1661
Gelding	35	207	197	0	678
Total	2302	264	285	0	3261

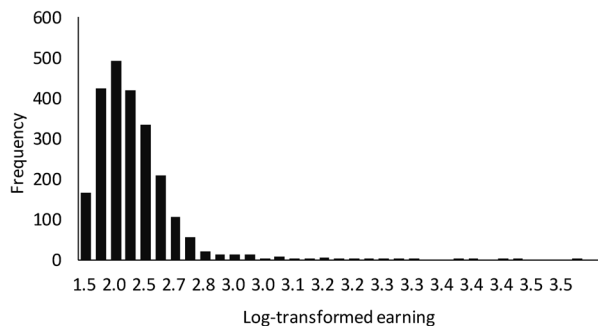
ばんえい競走馬獲得賞金の遺伝率



**Figure 1** Mean earnings of 2-year-old Banei racing horses by birth year.



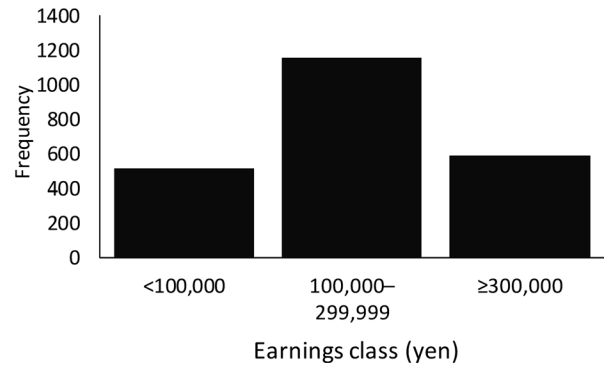
**Figure 2** Histogram showing the earnings of 2-year-old Banei racing horses (n = 2302).



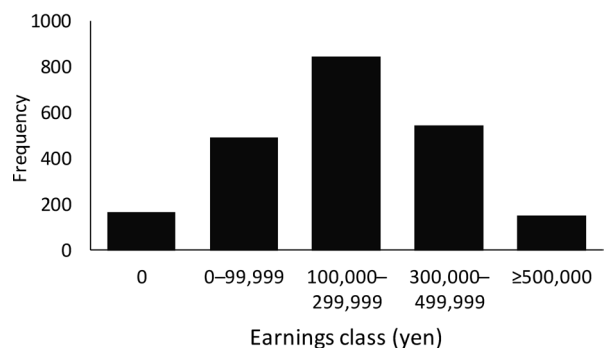
**Figure 3** Histogram showing log-transformed earnings of 2-year-old Banei racing horses.

保できる点において3から7区分のクラス分けによる分散補正が効果的であると推察した。

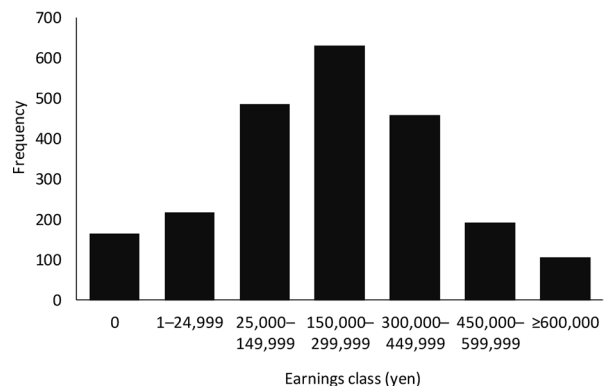
未変換記録（データセット1）から推定された獲得賞金の遺伝率は、0.16であった（表2）。未変換記録による推定値と比較し、対数変換後の記録（データセット2）から高い遺伝率（0.29）が推定された。中堀ら（2018a）は、ばんえい競走馬の獲得賞金の遺伝率が0.15であると報告した。本研究における推定値は、彼らの推定値に近似した。Velieら（2014）は、オーストラリアのサラブレッド競走馬における6ヵ月間の総獲得賞金の遺伝率が未変換記録で0.05、対数変換後に0.19であったことを報告した。



**Figure 4** Histogram showing earnings of 2-year-old Banei racing horses, with earnings stratified into three classes.



**Figure 5** Histogram showing earnings of 2-year-old Banei racing horses, with earnings stratified into five classes.



**Figure 6** Histogram showing earnings of 2-year-old Banei racing horses, with earnings stratified into seven classes.

本研究における遺伝率が未変換記録からの推定値と比較し、対数変換後に高い値であったことは、彼らの傾向と一致した。Svobodovaら（2005）は、チェコのサラブレッド競走馬について、対数変換した2歳年度総獲得賞金の遺伝率を0.147と推定した。本研究において推定された対数変換後の獲得賞金の遺伝率は、サラブレッド競走馬の

**Table 2** Estimated additive genetic variances ( $\sigma_a^2$ ), residual variances ( $\sigma_e^2$ ), and heritabilities ( $h^2$ ) of earnings of 2-year-old Banei racing horses

Data set	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$	$h^2$ (SE)
Earnings	12,288	67,629	0.16 (0.04)
Log-transformed earnings	0.17375	0.4199	0.29 (0.06)
Earnings stratified into 3 classes	0.25593	0.44846	0.36 (0.06)
Earnings stratified into 5 classes	0.45652	0.87476	0.34 (0.06)
Earnings stratified into 7 classes	0.75252	1.6057	0.32 (0.06)

それらより高かった。サラブレッドによる平地競走は、レース距離、枠順、馬場の種類（芝またはダート）、馬場状態（良、稍重、重または不良）、遠征時の移動距離など、多くの環境要因がレース結果に影響を与える。一方、ばんえい競馬は、各馬の走行コースが固定されていること、コースが直線であること、レース距離が一定であること、開催が帯広市に限られることから、レース結果に対する環境要因の関与が小さく、表現型分散に対する残差分散の割合が小さい可能性がある。このことより、ばんえい競走馬の競走能力に関する遺伝率推定値は、サラブレッドによる平地競走における推定値より高かったと推察した。

獲得賞金クラス 3, 5 および 7 における遺伝率は、それぞれ 0.36, 0.34 および 0.32 と推定され、いずれも対数変換により分散補正をしたデータセット 2 の推定値 0.29 より高い傾向が認められたが、対数変換と獲得賞金クラスによる推定値間に有意差は認められなかった。これらより、ばんえい競走馬の獲得賞金には分布の偏りが存在するため、分析において対数変換あるいはクラス分けによって分布の偏りを補正しない場合、遺伝率が過小推定されると推察した。なお、本研究において、獲得賞金に対する月齢の効果の説明するために能力検査時の月齢を使用したが、各レース出走時の月齢が明らかである場合、初出走時月齢の母数効果を含めることで残差分散が減少する可能性がある。

本研究において、ばんえい競走馬の獲得賞金について推定された遺伝率は中程度であった。また、獲得賞金に関する分散補正方法は、対数変換およびクラス分けのいずれも有効であるが、正規性を確保できる点においてクラス分けによる分散補正が効果的である。

## 文 献

- Chico MD. 1994. Genetic analysis of thoroughbred racing performance in Spain. *Annales de Zootechnie* **43**, 393-397.
- da Gama M, Aspilcueta Borquis R, de Araújo Neto F, de Oliveira H, Fernandes G, da Mota M. 2016. Genetic parameters for racing performance of Thoroughbred horses using Bayesian linear and Thurstonian models. *Journal of Equine Veterinary Science* **42**, 39-43.

- 北海道遺産協議会. 2004. 北海道の馬文化. NPO 法人北海道遺産協議会, 北海道; [cited 11 November 2019]. Available from URL [http://www.hokkaidoisan.org/hokkaido\\_umabunka.html](http://www.hokkaidoisan.org/hokkaido_umabunka.html).
- 石崎三郎, 本沢昌一, 篠原旭男, 小山錦也. 1954. 馬の体重と役力との関係一馬の大きさと役力との関係 IV. 日本畜産学会報 **25**, 168-173.
- Kashiwamura F, Avgaandorj A, Furumura K. 2001. Relationships among body size, conformation, and racing performance in Banei draft racehorses. *Journal of Equine Science* **12**, 1-7.
- Langlois B, Blouin C. 2007. Annual, career or single race records for breeding value estimation in race horses. *Livestock Science* **107**, 132-141.
- Misztal I, Tsuruta S, Strabel T, Auvray B, Druet T, Lee DH. 2002. BLUPF90 and related programs (BGF90). *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, Montpellier, France, CD-ROM Communication, **28**, 07.
- Moritsu Y, Kimura Y, Ichikawa S. 1991. Heritability of annual earnings in Thoroughbreds. *Journal of Equine Science* **2**, 11-16.
- 中堀祐香, 高野直樹, 大江史晃, 萩谷功一. 2018a. ばんえい競走馬の能力検定後馬体重と競走能力の遺伝的関連. 日本ウマ科学会 第 31 回学術集会講演要旨集. p.48.
- 中堀祐香, 高野直樹, 大江史晃, 齊藤朋子, 萩谷功一. 2018b. ばんえい競走馬の能力検定後馬体重に関する遺伝率の推定. 日本畜産学会報 **89**, 409-414.
- 日本馬事協会. 2017. 家畜改良データバンク 日本馬事協会. 日本馬事協会, 東京都; [cited 30 November 2017]. Available from URL <http://www.rg.liaj.jp/bj/b1.do>.
- 帯広市. 2017. THE BANBA. 帯広市, 北海道; [cited 3 March 2020]. Available from URL [https://banei-keiba.or.jp/sv\\_digital\\_gallery.php](https://banei-keiba.or.jp/sv_digital_gallery.php)
- 帯広市. 2019. 平成 31 年度帯広市ばんえい競馬番組編成要領. 帯広市, 北海道; [cited 12 November 2019]. Available from URL [https://banei-keiba.or.jp/data/fd/000000/00/0000000006/bangumi\\_yoko.pdf](https://banei-keiba.or.jp/data/fd/000000/00/0000000006/bangumi_yoko.pdf).
- R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. The R Project for Statistical Computing, Vienna, Austria; [cited 10 December 2019]. Available from URL <https://www.R-project.org/>.
- Svobodova S, Blouin C, Langlois B. 2005. Estimation of genetic parameters of Thoroughbred racing performance in the Czech Republic. *Animal Research* **54**, 499-509.

Thiruvenkadan AK, Kandasamy N, Panneerselvan S. 2009. Inheritance of racing performance of Thoroughbred horses. *Livestock Science* **121**, 308-326.

Velie BD, Hamilton NA, Wade CM. 2014. Heritability of racing performance in the Australian Thoroughbred racing population. *Animal Genetics* **46**, 23-29.

## Adjustments for variability and their impact on heritability estimates of the earnings of Banei racing horses

Airi KURAKAMI<sup>1</sup>, Yuka NAKAHORI<sup>1</sup>, Naoki TAKANO<sup>2</sup>, Fumiaki OHE<sup>3</sup> and Koichi HAGIYA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro 080-8555, Japan

<sup>2</sup> Hokkaido University, Sapporo 060-0808, Japan

<sup>3</sup> Hokkaido Yusen Hoso KK, Obihiro 080-0023, Japan

Corresponding : Koichi HAGIYA (e-mail : hagiya@obihiro.ac.jp)

Here, we examined the impact of adjustments of variability on heritability estimates of the earnings of 2-year-old Banei racing horses. Data of 2302 Banei racing horses born in the period 2005–2014, and the pedigree records of 27,215 animals were used in our statistical analyses. The records of Banei racing horses contained sex, year and month of birth, date of performance testing, and earnings at 2 year of age. The variability of earnings at 2 years of age was adjusted by log-transformation or stratification into 3, 5 or 7 classes. An animal model that included sex, birth year, and age at the time of performance testing as fixed effects, and additive genetic effects and residuals as random effects, was used to estimate genetic parameters. Age at the time of performance testing was estimated by using the date of the performance testing and the birth month. The heritability estimates of log-transformed earnings (0.29) was higher than that of untransformed earnings (0.16). The heritability estimates when earnings were stratified into 3, 5, or 7 classes were in the range 0.32–0.36. Thus, the present results suggest that higher heritability estimates are obtained when the variability of earnings is adjusted.

*Nihon Chikusan Gakkaiho* 91 (3), 179–183, 2020

**Key words** : Banei racing horse, earnings, heritability.