

サラブレッド種3歳馬における初出走時の日齢と馬体重に対する遺伝率および環境要因の推定

森津 康喜・出来 強・三輪 圭吾・市川 舜
酪農学園大学, 江別市 069

Estimates of heritability and environmental factors in age and body weight at first start among 3-year-old Thoroughbred horses

Yasuyoshi MORITSU, Tsuyoshi DEKI, Keigo MIWA and Shun ICHIKAWA

Rakuno Gakuen University, Ebetsu 069

キーワード: サラブレッド種3歳馬, 初出走時日齢, 馬体重, 遺伝率, 環境要因

Key words: 3-year-old Thoroughbred horse, age at first start, body weight, heritability, environmental factors

要 約

わが国のサラブレッド種3歳馬を対象に, 初出走時の生後日齢とその馬体重に対する遺伝率と環境要因の影響を推定した。供試記録は, サラブレッド血統センター発刊の競馬四季報と競馬年鑑を使用した。分析に用いたデータは, 1989年から1991年までの3年間に, 中央競馬に出走した全3歳馬の競走記録であり, この内から, 3歳産子に15頭以上の記録を持つ種雄馬79頭を選び出し, それらの後代2083頭の記録を抽出した。

初出走日齢と馬体重に対する変動要因としては, 種雄馬, 性別, 誕生月, トレーニングセンター, 開催競馬場および年度を取り上げた。また, 馬体重では, 初出走日齢への回帰効果も要因として含めた。初めに最小自乗分散分析を行い各要因の効果を推定し, 次に制限付き最尤法を用い, 種雄馬分散と残差分散成分を推定し, 遺伝率はこれら両分散成分値から, 半きょうだい相関法によって求めた。

初出走日齢では, 誕生月, 開催競馬場および年度の3要因のみが有意であった。要因の水準間では, 誕生月が早いほど初出走日齢は遅く, 開催競馬場の要因は, 3歳新馬レースが6月以降早い時期に開催される競馬場ほど初出走日齢も早かった。種雄馬の効果は有意ではなく, 従って遺伝率も0.00と極めて低く, 初出走日齢においては環境要因の影響が大きいことが示された。

これに対して, 馬体重では, 年度の要因を除き, 他の要因は全て有意であり, 初出走日齢への回帰効果も

高度に有意であった($P < 0.001$)。性別の差は雄馬が雌馬より18 kg重かった。誕生月の差は, 2・3月の早生まれは, 4月および5・6月の遅生まれよりも軽い傾向にあった。種雄馬の効果は高度に有意であり($P < 0.001$), 遺伝率も0.27と中位の値となった。

緒 言

サラブレッド種において, 初出走に至るまでの発育は, SAASTAMOINEN (1900) および SAASTAMOINEN and OJALA (1991 A, B) がフィンランドのトロッター種で報告したように, その後の競走成績に強く関与すると考えられる。わが国のサラブレッド種の発育に関する研究を見ると, 沖 (1986) が育成期の成長曲線の日安を報告し, また, 山本ら (1993) は, 子馬の発育に影響を及ぼす種々の要因を検討し, 性別, 誕生月, 母馬の産次, 母馬の体重, および牧場の要因が, 子馬の体重, 体高, 胸囲と管囲の発育に有意に関与している事を報告している。さらに, 沖 (1979, 1989) は, 4歳馬の体型24部位を測定し, 雌雄間の相違, 測定部位間の表型相関, 並びにそれらの遺伝率と遺伝相関を推定している。しかし, サラブレッド種の初出走に至るまでの発育と競走能力との関係を明らかにした報告は, これまで見あたらない。

一方, 沖ら (1979) は, サラブレッド種の約40年前と現在の体型各測定値を比較し, 現在のわが国サラブレッド種は大きくなっていると推察している。また, 常本ら (1992) も, 過去20年間にわが国サラブレッド種の体格には, 大型化の傾向が認められたとし, 加えて, 4歳馬を対象に分析し, 4月および5月生まれ馬は, 2月および3月生まれ馬より体重が重く, 競走能力の高い馬は体重が重い傾向にあることを報告し

Table 1 Number of sires and progeny horses in data used for statistical analysis

Item	At first start	
	Age (days)	Body weight (kg)
No. of sires	79	79
No. of female progeny	933	933
No. of male progeny	1150	1150
No. of total progeny*1	2083	2083

*1: Data was restricted to include only offspring of sires having at least 15 progeny.

ている。

著者らは, SAASTAMOINEN and OJALA (1991 A, B) が, フィンランドのトロッター種で, 初出走年齢および馬の誕生月がその後の競走能力に関与すると報告した点に注目し, 現在わが国サラブレッド種を対象に, 彼らと同様の分析を進めている。本報では, 初出走に至るまでの日齢とその後の競走能力との関係を分析するのに先立ち, まず初めに中央競馬において6月から12月にかけて, 各競馬場で初出走を迎える3歳馬を対象に, 初出走時の生後日齢とこれに伴う発育指標としての馬体重に対し, それらの遺伝率と環境要因について検討を試みた。

材料および方法

供試記録は, 中央競馬における各馬の全レース記録が掲載されている, サラブレッド血統センター発刊の競馬四季報 (1989~1991) と競馬年鑑 (1989~1991) を使用した。分析に用いたデータは, 1989年から1991年までの3年間に, 中央競馬に出走した全3歳馬の競走記録であり, この内から, 3歳産子に15頭以上の記録を持つ種雄馬79頭を選び出し, それらの後代2083頭の記録を抽出した。

これら用いたデータの雌雄別頭数は表1に示すとおりである。今回の統計分析においては, 初出走日齢と馬体重に対する変動要因として, 種雄馬, 性別, 誕生月, トレーニングセンター, 初出走時の開催競馬場, および年度の6項目を取り上げた。なお, 馬体重については, 初出走日齢への回帰効果も要因として加えた。最小自乗分散分析と遺伝率推定に用いた数学モデルは, 以下に示すとおりである。

初出走日齢:

$$Y_{ijklmno} = \mu + S_i + A_j + B_k + C_l + D_m + E_n + e_{ijklmno}$$

馬体重:

$$Y_{ijklmno} = \mu + S_i + A_j + B_k + C_l + D_m + E_n + b \times F_{ijklmno} + e_{ijklmno}$$

ここで,

$$Y_{ijklmno} : \text{初出走日齢値および馬体重値}$$

$$\mu : \text{全平均}$$

S_i : i 番目の種雄馬に共通な変量効果 ($i=1\sim 79$), $N(0, \sigma_s^2)$

A_j : j 番目の性別に共通な母数効果 ($j=1, 2$)

B_k : k 番目の誕生月に共通な母数効果 ($k=1\sim 5$)

C_l : l 番目のトレーニングセンターに共通な母数効果 ($l=1\sim 3$)

D_m : m 番目の開催競馬場に共通な母数効果 ($m=1\sim 10$)

E_n : n 番目の年度に共通な母数効果 ($n=1\sim 3$)

b : 初出走日齢への一次偏回帰係数

$F_{ijklmno}$: 初出走日齢の算術平均値からの偏差

$e_{ijklmno}$: 残差, $N(0, \sigma_e^2)$

である。

最小自乗分散分析の計算は, 統計分析用ソフトウェア SAS (1989) の GLM プロシジャを用いて行った。また, 遺伝率の推定は, 同じく SAS (1989) の MIXED プロシジャを用い, 種雄馬分散と残差分散成分は, 制限付き最尤法 (PATTERSON and THOMPSON, 1971) により推定した。遺伝率の値は, 得られた両分散成分値を用い, 半きょうだい相関法によって求め, その標準誤差は SWIGER *et al.* (1964) の方法で推定した。

結 果

分析に用いた3歳馬2083頭の初出走日齢と馬体重について, これら値の各ヒストグラムを示すと図1のとおりである。さらにそれぞれの分布特性を, 平均値, 標準偏差, 変動係数, 最小値, 最大値, および歪度, 尖度の数値で示したのが表2である。初出走日齢と馬体重の平均値と標準偏差は, それぞれ 897 ± 57 日齢と 455 ± 28 kg であり, それらの変動係数は, 6.4 と 6.2% となり, 比較的小きなバラツキを示した。初出走日齢と馬体重で, 最大値と最小値との差は, それぞれ 300 日齢と 180 kg であった。また, 分布の形状特性を表す歪度と尖度の値は, 正規分布であればこの場合共に 0 となるが, 初出走日齢では, 図1に見られるように -0.20 とやや左に裾を引き, -0.67 と裾が切れた分布であることを示した。これに対して馬体重では, 0.12 と

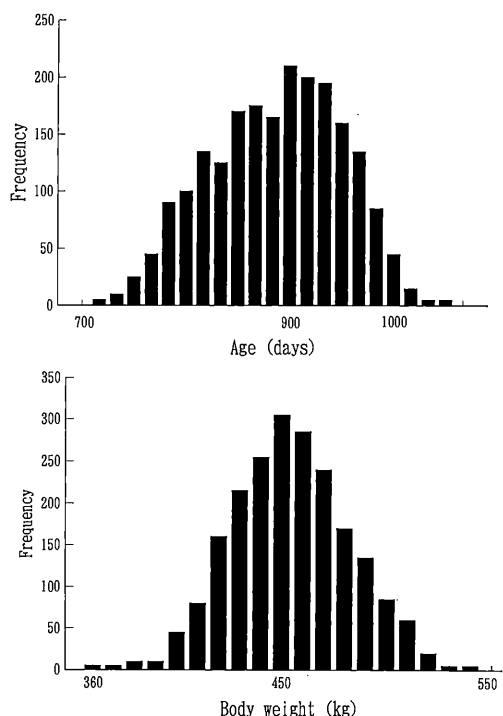


Figure 1 Histograms for the data of age and body weight at first start

やや右に裾を引き、 -0.16 とやや裾が切れた分布を示している。これら分布の正規性は、KOLMOGOROV-SMIRNOVの方法(SAS, 1989)で検定したが、何れも正規性の仮定は棄却された($P < 0.01$)。

表3には、初出走日齢と馬体重に対する最小自乗分散分析をおこなった際の有意性検定の結果を示した。初出走日齢では、誕生月、開催競馬場、および年度の効果に有意性が認められたが、他の種雄馬、性別、トレーニングセンターの効果には、有意性が認められなかった。一方、馬体重では、年度の効果を除き、他の全ての効果に有意性が認められ、とりわけ種雄馬、性別、開催競馬場、および馬体重の初出走日齢への回帰の効果は、高度に有意($P < 0.001$)な結果を示した。

表4には、初出走日齢と馬体重の最小自乗平均値を、母数効果とした変動要因の各水準ごとに示した。初出走日齢では、表3の結果からも明らかなように、性別間とトレーニングセンター間の差は、ほとんど認められなかった。一方、誕生月の影響は、2、3、4、5と6月生まれを取り上げたが、2月生まれが、940日と最も初出走日齢が遅く、順々にその値は早くなり、6月生まれは、834日と最も早かった。また、開催競馬場

Table 2 Distribution properties of age and body weight at first start for data used for statistical analysis

Item	At first start	
	Age (days)	Body weight (kg)
Mean	897	455
SD	57	28
CV (%)	6.4	6.2
Minimum	739	360
Maximum	1039	540
Skewness	-0.20	0.12
Kurtosis	-0.67	-0.16
Kolmogorov D statistic*1	0.04	0.03

*1: The values of the Kolmogorov D statistic are significant ($P < 0.01$) in this table.

Table 3 Statistical significance of factors on age and body weight at first start

Factors	Age	Body weight
Sire	NS	***
Sex	NS	***
Birth month	***	*
Training center	NS	**
Specific racetrack	***	***
Year	*	NS
Regression on age (linear)	—	***

*** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$, NS=not significant

Table 4 Least-squares means and standard errors (SE) of fixed effects for age and body weight at first start

Fixed effects with the levels	No. of horses	Age (days)		Body weight (kg)	
		L.S. Means	SE	L.S. Means	SE
Sex					
Female	933	886 ^a	1.4	446 ^b	1.3
Male	1150	888 ^a	1.4	464 ^a	1.2
Birth month					
February	64	940 ^a	3.6	452 ^{ab}	3.3
March	589	915 ^b	1.3	451 ^b	1.2
April	815	887 ^c	1.2	456 ^a	1.1
May	555	859 ^d	1.4	455 ^{ab}	1.4
June	60	834 ^e	3.8	462 ^a	3.5
Training center					
Miho-kita	458	887 ^a	2.0	459 ^a	1.8
Miho-minami	512	888 ^a	2.0	454 ^b	1.8
Ritto	1113	886 ^a	1.7	452 ^b	1.5
Specific recetrack					
Chukyo	168	919 ^{e1m}	2.9	454 ^{bd}	2.6
Fukushima	68	913 ^{fm}	3.6	451 ^b	3.2
Hakodate	198	850 ^g	2.3	462 ^a	2.2
Hanshin	153	940 ^a	3.0	459 ^{ad}	2.8
Kokura	182	834 ^{ln}	3.0	452 ^b	2.9
Kyoto	412	926 ^{ckl}	2.4	462 ^{ac}	2.2
Nakayama	335	928 ^{bk}	2.0	452 ^b	1.9
Niigata	139	837 ^{hn}	2.6	451 ^b	2.6
Sapporo	137	800 ^j	2.7	456 ^{bcd}	3.1
Tokyo	291	921 ^{d1m}	2.1	454 ^{bd}	1.9
Year					
1989	687	886 ^b	1.6	456 ^a	1.4
1990	734	889 ^a	1.5	455 ^a	1.3
1991	662	885 ^b	1.6	454 ^a	1.4

Least-squares means, within a fixed effect with no common superscripts, differ significantly ($P < 0.05$) when using PDIFF option in SAS.

の影響は、3歳新馬レースの開催が6月から9月の夏に多く開催される、札幌、小倉、新潟、函館や、福島、中京の地方開催グループでは初出走日齢が800~919日と早く、9月以降の開催が多い東京、中山、京都、阪神の中央開催グループでは、921~940日と遅い傾向を示している。年度の影響は、阪神競馬場で3歳馬レースの開催がなかった1990年度が、他年度よりも初出走日齢がわずかに遅い結果となった。

馬体重の最小自乗平均値は、分析統計モデルに初出走日齢への回帰効果を変動要因として取り入れたので、初出走日齢を同一のものとして他の要因の効果を比較している。性別では雄馬の方が雌馬よりも18 kg有意に重かった。誕生月の影響は、早生まれと呼ばれる2・3月生まれは、4月生まれや遅生まれと呼ばれる5・6月生まれよりも、馬体重が軽い傾向を示した。トレーニングセンター間では、美浦北の馬体重が、他よりもやや重かった。開催競馬場の影響は、各競馬場間でそれぞれ有意差の認められるものはあるが、先の初出走日齢で見られたように、地方開催と中央開催グ

Table 5 Estimates of heritability and standard errors (SE) in age and body weight at first start

Item	Heritability*	SE
Age at first start	0.00	0.00
Body weight	0.27	0.04

*: Estimates of heritability were calculated based on intraclass correlation of paternal half-sibs.

ループ間の差のように、ある一定の傾向は認められなかった。年度の影響は、それぞれ454 kg~456 kgの範囲にあり、その差は小さく有意差は認められていない。

表5には、初出走日齢と馬体重に対する各遺伝率とその標準誤差を示した。初出走日齢については、表3で示したとおり種雄馬の効果に有意性は認められておらず、従って、その遺伝率は0.00と極めて低いものであった。これに対して馬体重では、表3でも種雄馬の効果が高度な有意性を示し、その遺伝率は、0.27と中

位の値となった。

考 察

わが国でサラブレッド種を対象に、その初出走時の日齢と馬体重について統計分析を行った報告はこれまでなく、また、これらの値は多くの要因が関与するフィールドのデータである。従って、本研究では統計分析を行うのに先立ち、初出走日齢と馬体重の各分布が正規分布するかを、図1と表2によって検討を加えた。表2に示したKOLMOGOROV-SMIRNOV検定の結果のみを見ると、明らかにこれらの正規性は棄却されている。しかし、図1のヒストグラムの各形状およびKOLMOGOROVの検定統計量Dは何れも0に近いことから、本研究では取り上げた初出走日齢と馬体重の分布は、おおむね正規分布すると仮定して統計分析を進めることとした。

一般に、サラブレッド種は5歳の秋に最も充実すると言われ、3歳と4歳はまだ成長期にあるとされている。また、PLATT (1984) は、サラブレッド種の成熟体重は505 kgと示している。従って、本研究で取り上げた3歳馬は、まだ体も十分には仕上がってない成長期にあたる。しかし、沖 (1986) の報告を見ると、育成馬の例では体高、胸囲と管囲は、雌雄とも生後840日齢までに、4歳時の値と等しくなると報告している。また、体重は雌雄とも600日齢までは同じ差で成長曲線が得られ、その後雌の体重増加は少なく、雌は720日齢まで成長するとしている。表2で示した初出走の生後日齢897日と馬体重455 kgの全体平均値は、沖 (1986) の示した育成馬の体重の成長曲線と概ね一致していた。

初出走日齢は、3歳馬の発育の成熟度を示す指標と考えられるが、これに対する環境要因は、誕生月と開催競馬場の効果ととりわけ大きく、種雄馬の効果は小さかった。野平 (1985) および野村と野平 (1986) は、3歳馬レースでは、仕上がりが早くスピードのあるマイラー系種雄馬の産子が良いと述べているが、初出走日齢ではそうした種雄馬の影響は認められなかった。本研究の初出走日齢の遺伝率は0.00と極めて低い値であったが、SAASTAMOINEN and OJALA (1991 A) も、フィンランドのトロッター種で0.06~0.10と低い値を報告している。彼らは、初出走日齢に対しては、馬主や調教師の意向など環境要因が強く働くことを理由として挙げている。わが国でも、良血の馬や出来の良い馬は、慎重に育てられ、夏競馬には使われず、秋に入ってから徐々に出走する傾向がある (野村と野平; 1986) と言われるように、初出走日齢には、ヒトの判断が加わる点など環境要因の強いことが推察される。また、本研究では、3歳馬のみを対象に初出走日齢の遺伝率を推定したが、年が明け4歳になって初出走を迎える馬も多い。従って、こうした4歳馬も加えた初

出走日齢の遺伝率は、さらに今後の検討課題と考える。3歳馬では一般に雌馬の方が雄馬よりも仕上がりが早いと言われるが、初出走日齢で見ると、雌馬の方がわずかに2日ほど早い程度で、その差は有意でなかった。一方、SAASTAMOINEN and OJALA (1991 A) は、フィンランドのトロッター種で、初出走日齢の早い馬の方が、その後の競走成績は優れることを報告しているが、この点に関しては、今後本研究のデータを用いさらに分析を進めたい。

馬体重の結果を見ると、最小自乗分散分析で取り上げた環境要因は、年度の効果を除き全て有意となり、とりわけ、まだ成長期に当たる3歳馬では、馬体重の初出走日齢への回帰効果は、やはり高度に有意であった。サラブレッド種の成熟時では、一般に雄は雌より体重が上回るとは知られているが、本研究の3歳馬はまだ成長期にあり、予備分析の結果を見ると、本研究データの雌と雄の成長曲線の差は小さく、特に雌雄別々に回帰効果を取り扱わなかった。一方、山本ら (1993) は、体重の性による差は、子馬の時は小さく450日齢以降に生じると報告しているが、本研究の3歳初出走馬では、雄馬の方が雌馬よりも18 kg上回っている。誕生月が馬体重に及ぼす影響については、山本ら (1993) は、生後30日齢体重で、2・3月の早生まれは軽く、5・6・7月の遅生まれは重いとし、HINTZ *et al.* (1979) も、子馬時期および510日齢体重においても、1・2・3月の早生まれは軽く、5・6・7月の遅生まれは重いと報告している。さらに、常本ら (1992) も、4歳出走馬の体重で、2・3月の早生まれは、4・5月生まれよりも軽いことを示している。本研究の3歳出走馬においても、これらの報告と同様に、2・3月の早生まれの馬体重は軽く、4月や5・6月の遅生まれは重い傾向を示した。この原因について、山本ら (1993) は、誕生月別の子馬の発育曲線を検討し、子馬の発育は冬に遅く、春から夏にかけて速くなることを明らかにし、季節の影響が大きいと報告している。HINTZ *et al.* (1979) も、季節に伴う日長の変化が、子馬のホルモン応答に関与することを原因と推察している。開催競馬場が馬体重に及ぼす影響は、初出走日齢で見られたような一定の傾向は認められなかったが、この事は馬体重を初出走日齢で補正していることによっている。新馬レースの開催が早く、初出走日齢の早い札幌、小倉、新潟と函館の単純平均値は、437~458 kgの範囲であり、一方、初出走日齢の遅い東京、中山、京都と阪神の単純平均値は、457~462 kgの範囲であり、これらの結果は3歳馬の成長を示していた。

本研究で求めた3歳馬の馬体重の遺伝率は、0.27と推定された。サラブレッド種の馬体重に対する遺伝率の報告を見ると、DUSEK (1965) は、著者らと同様に0.27の値を報告している。これに対して、HINTZ *et al.*

(1978) は、同一牧場で育成された 1992 頭の子馬の体重を、誕生から 714 日齢まで測定し、これらを 9 つの日齢グループに分け、それぞれの日齢で馬体重の遺伝率を推定している。彼らの報告では、遺伝率は 0.13~0.90 の範囲にあり、日齢が増すほど遺伝率も高くなるとしている。一方、SAASTAMOINEN (1990) も、フィンランドのトロッター種で、子馬の馬体重を誕生から 48 ヶ月まで測定し、遺伝率は 0.22~0.88 の範囲にあり、月齢が増すほど遺伝率も高くなるとしている。また、沖 (1989) は、わが国サラブレッド種 4 歳馬の体型計測値の遺伝率を推定し、背高、胸深、前管長、後管長、胸幅と胸囲において、0.55~1.00 の高い値を報告している。これらの報告と比較すると、著者らや DUSEK (1965) の遺伝率はかなり低い値と言えるが、本研究で取り上げた 3 歳馬は、育成馬とは異なり実際の競走レースへの出走馬であり、取り上げた変動要因の他に、調教の加減、季節や輸送の影響等の環境要因が馬体重に大きく関与している結果と考えられる。馬体重については、沖 (1979) や常本ら (1992) が、今日大型化の傾向にあることを報告しているが、今後著者らは、本研究のデータを用い、その遺伝的要因についても検討を加えたい。

文 献

- DUSEK, J. (1965) The heritability of some characters in the horse. *Anim. Breed. Abstr.*, 33: 532.
- HINTZ, R. L., H. F. HINTZ and L. D. VAN VLECK (1978) Estimation of heritabilities for weight, height and front cannon bone circumference of Thoroughbreds. *J. Anim. Sci.*, 47: 1243-1245.
- HINTZ, H. F., R. L. HINTZ and L. D. VAN VLECK (1979) Growth rate of Thoroughbreds, effect of age of dam, year and month of birth, and sex of foal. *J. Anim. Sci.*, 48: 480-487.
- 野平祐二 (1985) 野平祐二の新しい競馬。第 3 版。66-67。中央競馬ピーアール・センター。東京。
- 野村晋一・野平祐二 (1986) 競馬の科学。第 7 版。33-50。二見書房。東京。
- 沖 博憲・吉田武徳・滝沢 勇・柴田 信 (1979) サラブレッド種の体型について—4 歳馬。馬の科学, 17: 375-380.
- 沖 博憲 (1986) サラブレッド種の成長曲線。馬の科学, 23: 447-449.
- 沖 博憲 (1989) サラブレッド種における体型計測値の遺伝・表型パラメータの推定。日畜会報, 60: 372-378.
- PATTERSON, H. D. and R. THOMPSON (1971) Recovery of interblock information when block sizes are unequal. *Biometrika*, 58: 545-554.
- PLATT, H. (1984) Growth of the equine foetus. *Equine Vet. J.*, 16: 247-252.
- SAASTAMOINEN, M. T. (1990) Heritabilities for body size and growth rate and phenotypic correlations among measurements in young horses. *Acta Agric. Scand.*, 40: 377-386.
- SAASTAMOINEN, M. T. and M. J. OJALA (1991A) Estimates of genetic and phenotypic parameters for racing performance in young trotters. *Acta Agric. Scand.*, 41: 427-436.
- SAASTAMOINEN, M. T. and M. J. OJALA (1991B) Influence of birth-month on age at first start and racing performance in young trotters. *Acta Agric. Scand.*, 41: 437-445.
- サラブレッド血統センター編 (1989~1991) 競馬四季報。1989, 1990, 1991 年版。サラブレッド血統センター。東京。
- サラブレッド血統センター編 (1989~1991) 競馬年鑑。1989, 1990, 1991 年版。サラブレッド血統センター。東京。
- SAS Institute Inc. (1989) SAS/STAT User's Guide. Release 6.08. SAS Institute Inc. Cary. NC.
- SWIGER, L. A., W. R. HARVEY, D. O. EVERSON and K. E. GREGORY (1964) The variance of intraclass correlation involving groups with one observation. *Biometrics*, 20: 818-826.
- 常本建輔・鈴木三義・三好俊三・光本孝次・小栗紀彦 (1992) 競争馬の体重と競争能力との関係。帯大研報, 18: 1-9.
- 山本 修・朝井 洋・楠瀬 良 (1993) サラブレッド種子馬の発育に対する性別、生まれ月、産次、母馬の体重および牧場の影響。日畜会報, 64: 491-498.