

# 木曾馬の近交係数について

辻井 弘 忠・吉 田 元 一

信州大学農学部 家畜育種・繁殖学研究室

## 緒 論

木曾馬は戦後、軍馬としての需要がなくなり、さらに1955年頃よりの産業変革によって急激に衰退した。その結果、1957年時の2,500頭から1969年には90頭になり、一時は絶滅の危機に瀕した馬である<sup>1~4)</sup>。その後、保存会を中心とした人々の力で約60頭飼養されている。

筆者ら<sup>5)</sup>が、1983年木曾馬の体型調査を行なったところ、木曾馬は明治時代の体型よりひとまわり大きいものの、大正、昭和23年時より明治時代の体型に近づく傾向がみられた。これは、外国種の血の入った馬をより純粋種に近い状態に戻そうという努力と、繁殖集団が極めて小さいことから、近親交配がよぎなく行われてきた。その結果、近親交配による死産、奇形出産などが出始めている<sup>6)</sup>。そこで木曾馬保存の観点からより良い交配をみいだす一案として各馬の近交係数の算出を試みた。

## 方 法

木曾馬は、登録上木曾馬種と木曾馬系種に分けられている。木曾馬種とは、戦後純系種牡馬を父系として外貌体型上木曾馬の特質を備えている馬である。木曾馬系種とは、小型ノルマン系国有種牡馬朝日を父系とするもの<sup>6)</sup>で、以下木曾系種と略した。

本調査の原資料は、木曾馬の種付、繁殖を直接指導・管理している木曾馬保存会の帳簿および記録類から得た。その主なものは、繁殖登録申込書、産駒登記証明書、種馬登録証明書、本登録証明書、予備登録証明書、血統登録申込書、種付証明書である。なお、木曾馬の登録の記録は、1965年頃に一時中断している<sup>6)</sup>ため、1967年以降の記録で、各馬の3代前の先祖名が明らかなものと、一部先祖名が不明なものに分け、それぞれについて調べた。その内分は、先祖が明らかなものは木曾馬種牡2頭、牝13頭、木曾系種牡3頭、牝23頭、先祖が不明なもの木曾馬種牡2頭、牝16頭、木曾系種牡2頭、牝27頭、総計88頭であった。

近交係数は、Wright の式を用いて算出した<sup>7)</sup>。

$$F_x = \sum \left\{ \left( \frac{1}{2} \right)^{n+n'+1} (1 + F_\alpha) \right\}$$

$F_x$  : X という個体の近交係数

- A : 祖先中父系と母系に共通な個体
- $F_{\alpha}$  : Aの近交係数
- n : 共通祖先AよりXの父までの世代数
- n' : 共通祖先AよりXの母までの世代数
- $\Sigma$  : 全ての共通祖先について父母を連絡するあらゆる系図線について集計すべきことを示す。

なお、この式は径路係数の考えから導かれたもので、父母から共通祖先までの径路係数であって、接合子に入る1対の対立遺伝子が共通の先祖の対立遺伝子からくる確率を表わしたものである。

## 結 果

### 1. 種牡馬の系図

戦後から昭和59年の間に種付に供用された主な種牡馬の系図を、種牡馬の登録関係記録から調べ、図1に示した。この図は unnecessaryな個体は省略したが、この図から判ることは、1945年から1983年の間の全種牡馬は数世代の血縁の network の中に含まれてしまうということである。また、外来の種畜による移入も全くなく、完全に閉鎖された繁殖集団を形作っている。

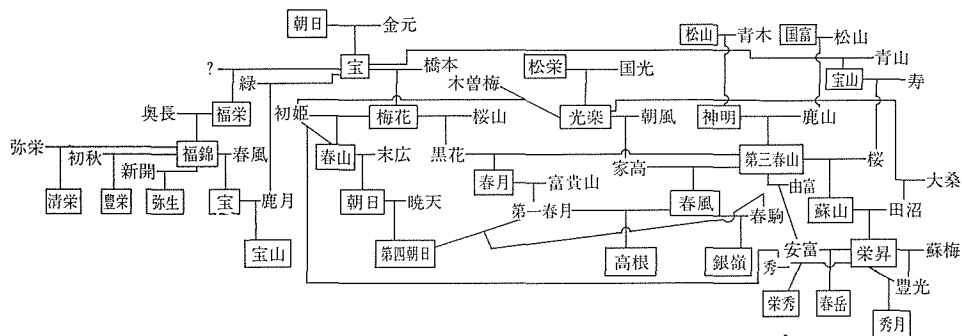


Fig. 1. Pedigree of stallions in Kiso Horses.  
 : Stallion

### 2. 近交係数

登録簿等から3代前の先祖名が明らかなものについての近交係数を表1に示した。牝馬における近交係数は、木曾馬種で0.105から0.281で平均0.156、木曾系種では0から0.313とかなり幅がみられ平均は0.070であった。種牡馬において、木曾馬種で0.070と0.285、木曾系種で0、0.047、0.141と牝馬と同様幅がみられた。これらから木曾馬種の近交係数は、牝馬とも木曾系種より高いことが判明した。

一部先祖が不明なものについての近交係数を表2に示した。牝馬における近交係数は木曾馬種で0.032、木曾系種で0.030とほぼ同じであった。種牡馬において、木曾馬種0、木曾

Table 1. The inbreeding coefficient of Kiso Horses, which have completely known ancestors to the third generation of their pedigrees.

Stallion				Mare							
				Kiso herd				Kiso family line			
Name	Birth	Inbreeding coefficient		Name	Birth	Inbreeding coefficient		Name	Birth	Inbreeding coefficient	
<u>Kiso herd</u>				藤 霜	'83.6	0.250		*駒 子	'83.5	0.141	
秀 月	'81.5	0.285		五 月	'82.5	0.105		*雪 山	'83.5	0	
*春 岳	'76.4	0.070		寿	'82.5	0.133		*姫 高	'83.7	0.070	
<u>Kiso family line</u>				早 苗	'82.5	0.156		寿 栄	'83.6	0	
銀 嶺	'82.4	0		春 栄	'81.5	0.105		弥 生	'82.4	0.313	
高 根	'80.4	0.141		松 緑	'81.5	0.133		寿 々	'82.6	0	
栄 秀	'78.4	0.047		幸 岳	'81.5	0.141		春 采	'82.4	0	
				五 宮	'80.5	0.141		豊 栄	'82.4	0.188	
				駒 草	'80.4	0.141		毘 里	'82.6	0.188	
				幸 藤	'78.6	0.156		春 香	'82.4	0	
				初 藤	'77.5	0.156		岳 子	'81.4	0	
				豊 光	'77.5	0.133		若 采	'81.4	0.141	
				春 富	'75.4	0.281		藤 錦	'80.5	0	
								野 麦	'80.5	0	
								幸 春	'80.4	0.047	
								朝 岳	'79.6	0	
								*寿 山	'78.5	0	
								春 駒	'76.4	0	
								*藤 山	'75.7	0	
								第五朝日	'72.1	0.141	
								第一春月	'72.3	0.141	
								秀 一	'69.5	0.250	
								吹 栄	'69.3	0	
n = 5 <sup>a</sup>	0.109			n = 13 <sup>b</sup>	0.156 ± 0.052			n = 23 <sup>c</sup>	0.070 ± 0.096		

\* : discarded horse

(M ± S. D.)

系種 0.250, 0.063 であった。これら先祖が不明なものの近交係数は、先祖が明らかなものの近交係数より低い値であった。

種牡馬の平均近交係数は 0.095, 牝馬の平均近交係数は 0.063 と牡馬の方がやや高かった。

現存する馬における近交係数は、先祖が明らかなものにおいて、牡馬 0.118, 牝馬 0.111 ± 0.093, 先祖が不明なものにおいて牡馬 0.078, 牝馬 0.040 ± 0.061 であった。現存する馬全体の平均近交係数は 0.081 ± 0.090 であった。

### 3. 産時年別にみた近交係数の遷移

表 1 および表 2 に示した木曾馬全体の産時年別にみた近交係数を図 2 に示した。図からあきらかのように、1964～67年の 0 から 1968～71年の 0.036, 1972～75年の 0.057, 1976～79年

Table 2. The inbreeding coefficient of Kiso Horses, which have partially unknown ancestors to the third generation of their pedigrees.

Stallion			Mare					
			Kiso herd			Kiso family line		
Name	Birth	Inbreeding coefficient	Name	Birth	Inbreeding coefficient	Name	Birth	Inbreeding coefficient
<u>Kiso herd</u>			五 月	'80.5	0.125	岳 見	'81.5	0.031
栄 昇	'73.4	0	笹 峰	'80.5	0.031	春 姫	'78.3	0.063
春 風	'72.4	0	五 月	'80.5	0.035	春 風	'78.4	0.031
			光 花	'78.11	0.141	白 梅	'78.4	0
			吉 富	'74.4	0	*豊 昇	'78.5	0.125
			山 藤	'74.5	0.141	宮 桜	'77.5	0.063
<u>Kiso family line</u>			*奥 山	'74.8	0	*五 月	'76.4	0
宝 山	'76.4	0.250	奥 松	'73.4	0	*月 光	'76.6	0.063
第四朝日	'71.12	0.063	不 二 富	'73.4	0	麦 草	'75.4	0.250
			*沢 山	'73.5	0	野 菊	'75.6	0
			蘇 桜	'72.4	0	若 里	'73.5	0.063
			福 光	'69.4	0	*春 兼	'72.4	0
			安 昭	'69.4	0	笹 栄	'72.5	0
			*栗 山	'69.5	0.031	*第一朝日	'71.4	0.063
			五 月	'66.5	0	第二朝日	'71.4	0.031
			*安 富	'58.3	0	進 山	'69.4	0
						富 貴 山	'69.4	0.031
						白 信	'69.5	0
						*笹 峰	'69.6	0
						*高 山	'68.4	0
						昭 寿	'65.5	0
						*黒 花	'64.3	0
						*風 越	'64.5	0
						*山 吹	'64.5	0
						*白 萩	'64.6	0
						*栃 山	'63.5	0
						*鹿 月	'62.5	0
n = 4 <sup>d</sup>	0.078		n = 16 <sup>e</sup>	0.032 ± 0.053		n = 27 <sup>f</sup>	0.030 ± 0.055	
n = 9 <sup>g</sup>	0.095 ± 0.108		n = 29 <sup>h</sup>	0.087 ± 0.082		n = 50 <sup>i</sup>	0.049 ± 0.078	
n = 88 <sup>j</sup>	0.066 ± 0.084		n = 79 <sup>k</sup>	0.063 ± 0.081		n = 65 <sup>l</sup>	0.081 ± 0.090	

\* : discarded horse

(M ± S. D.)

g=a+d, h=b+e, i=c+f, j=a+b+c+d+e+f, k=b+c+e+f, l=except for \*.

の0.076, 1980~83年の0.980まで, はば一直線に近交係数が高まっているのが観察された。また, 登録馬の頭数も年々増加の傾向がみられた。

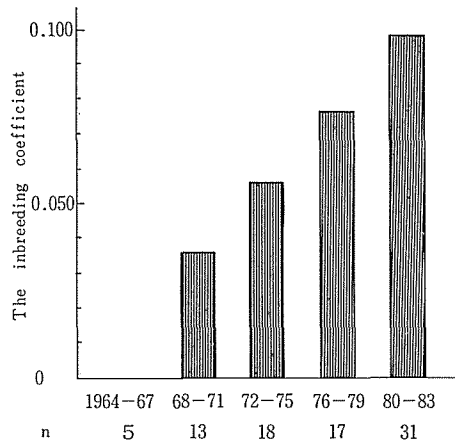


Fig. 2. Changes in the average coefficient of inbreeding from 1964 to 1983.

## 考 察

木曾馬は明治以降、軍事的要求によって馬体向上を強いられ、はなはだしい雑種化が進んだ。そのため現在でも、木曾系種の中には外来馬を思わせる馬も存在する。戦後、外部からの移入を完全に閉ざした木曾馬集団を形成している<sup>8)</sup>。このことが、木曾馬集団の均一化に貢献し、近交係数を高める結果となったと思われる。

野沢<sup>9)</sup>は、1950年以降人工授精技術の発展普及の結果、わが国の各府県内の乳牛集団が次第に近親交配の傾向を強めているという調査結果を出している。この時の全近交係数は、1950年  $0.0109 \pm 0.0021$ 、1960年  $0.0221 \pm 0.0022$  であったと報告しているが、本調査よりかなり低い値であった。

近交係数が高い品種として有名なサラブレッド種の場合、根幹馬と品種の歴史からある程度高いことが予想されるが、それでも概算種全体で  $0.084$  であるといわれている<sup>10)</sup>。

橋口<sup>11)</sup>は、入り木牧場における日本在来馬の一種のトカラ馬について、各馬の3～4代前の先祖にさかのぼって近交係数を調査している。それによると、各年の平均近交係数は、1979年牡馬28、去勢馬4、牝馬30、計62頭で  $0.078$ 、1980年牡馬26、去勢馬4、牝馬32、計62頭で  $0.097$ 、1981年牡馬30、去勢馬4、牝馬34、計68頭で  $0.111$ 、1982年牡馬33、去勢馬4、牝馬32、計69頭で  $0.130$  の各平均近交係数を得たという。このトカラ馬の場合も木曾馬と同様年々近交係数が増加していることが伺える。またトカラ馬の全近交係数と木曾馬の全近交係数を比較すると、トカラ馬の方がやや高い値を示したが、本調査の3代前の先祖が明確な木曾馬種牝の近交係数はトカラ馬の近交係数より高い値であった。

木曾馬種牝の平均近交係数  $0.156$  (表1) は、非常に高い値で、半兄弟姉妹、祖父と孫牝駒、祖母と孫牝駒、オジとメイ、オバとオイの交配を群全体で行なった値に等しい<sup>7,9)</sup>。また、木

曾系種牝馬の平均近交係数0.070(表1)は、イトコ同士の交配を群全体で行なった値に等しい<sup>7,9)</sup>。本調査の近交係数は、3代前の先祖から算出しているが、それ以前に近親交配が行われた可能性も考えられることから、これらの値より幾分高い値であると考えられる。

野沢<sup>12)</sup>は、仔が産まれた時の親の平均年齢、種雄馬の入換率、種雄数などから1960年に木曾馬の繁殖集団の近交係数が平均して毎代0.33%ずつ上昇すると予測している。それから24年、単純計算すると4~5世代目にあたり、近交係数は、0.0132~0.0165上昇したことになる。この値は本調査の結果と大幅に異なった。この原因は、1960年以降の馬の減変によって大きくはずれたものと考えられた。

近交係数とは、両親が近縁関係にあることで、その仔の保有するホモ接合型の遺伝子の組み合わせ数を表している<sup>9)</sup>。つまり、近親交配の結果、仔のホモ接合型の遺伝子の組み合わせの増加をきたし、仔の両親の中に必ずしも発現していなかった好ましい形質と好ましくない形質の双方の発現の結びつきになる。その結果、生まれた馬の病気に対する抵抗力やその馬の全体的な運動能力がしばしば低下する。また、仔の成長率や成馬時の馬体が低下をきたしたりする。この他、近親交配は、繁殖率の低下および流産と死産の増加、身体的な奇形の増加と直接関係があるといわれている<sup>9)</sup>。事実、近年木曾馬において、流産、産駒の障害が増加している。また、初乳を吸飲しない仔馬とか、四肢関節の障害による起立不能、跛行等の症状が増加しつつあることが観察されている<sup>6)</sup>。

近親交配による活力と繁殖力の減少は、強い近縁関係にある馬同士の交配によって、同一の対立遺伝子の組み合わせが増える。つまりホモ接合型が増加することによって、ヘテロ接合型が減少する。その結果、雑種強勢が減退するために生じると考えられている<sup>9,10)</sup>。したがって、近交係数の高いもの同士の交配は、今後避けなければならない。

馬の全体的な活力と繁殖力に影響を与える好ましくない遺伝子の多くは劣性である。幸い、これらの遺伝子のヘテロ接合の状態では影響力を有さないが、近親交配によって、ホモ接合の劣性遺伝子の数も増加することになる。したがって、劣性遺伝子の効果が現われ始めたりする。近親交配に伴う流産と死産の増加がホモ接合型の状態にある特定の致死対立遺伝子の結果という場合もありうる<sup>9,10)</sup>。したがって、受胎率の低下、不妊牝馬および牡馬、虚弱性をもつ個体馬は、淘汰する必要がある。特に種牝馬の選択にあたっては、注意を払う必要がある。

前回の体型調査<sup>5)</sup>からも木曾馬を古来の姿に戻す努力は、近親交配によって、ある程度純粋系統を作り出すのに役立った。今後、近親交配による弊害を乗り越えていく方向性としては、木曾馬種と木曾馬系種との交配を行うこと、また近交係数の高いもの同士の交配にならないように計画的に交配ならびに選抜を行ない母集団を大きくして、系統交配の方向にもっていく必要があると考えられた。

## 謝 辞

稿をまとめるにあたり、登録簿などの資料の提供を受けた木曾馬保存会会長伊藤正起氏、ならびに助言をいただいた東京大学農学部教授澤崎坦氏、同教授正田陽一氏、鹿児島大学農学部教授橋口勉氏、競走馬理化学研究所夏野義啓氏に衷心より感謝の意を表します。

## 要 約

木曾馬は、戦後外部からの移入を完全に閉じた閉鎖繁殖集団を形成し、体型を昔の形に戻そうとする努力と、母集団が小さいことも手伝って近親交配がかなり行われている。

本調査は、1969年から1984年までの登録簿から各馬の3代前の先祖が明らかな牡5頭、牝26頭と、一部先祖が不明な牡4頭牝43頭について Wright の式によって各近交係数を算出した。その結果、先祖が明らかなものにおける平均近交係数は木曾馬種牡で0.156、木曾系種牝で0.070と木曾馬種で特に近交係数が高まっていた。一部先祖が不明なものにおける平均近交係数は木曾馬種牝で0.030、木曾系種牝で0.032であった。登録馬全体の平均近交係数は0.066、現存する馬全体の平均近交係数は0.081、また、牡馬の平均近交係数0.095、牝馬の平均近交係数0.060といずれも近交係数が高まっているのが判明した。

産年次別に平均近交係数をみると、ほぼ一直線に増加していた。

今後、これらの結果を参考にして近交係数の高い馬同士の交配を避けなければならない。

## 文 献

- 1) 市川建夫，日本の馬と牛，53-73. 東京書籍（東京）1981.
- 2) 神翁頭彰会編，続日本馬政史. 1：2-452. 農山漁村文化協会 1962.
- 3) 澤崎 坦，日本在来馬の保存活用に関する調査成績—木曾馬編一，54-90，日本馬事協会 1977.
- 4) 岡部利雄，日本在来馬に関する研究—木曾馬について— 91-116. 日本学術振興会 1958.
- 5) 辻井弘忠・吉田元一，信大農学部紀要 21：37-48. 1984.
- 6) 伊藤正起，私信.
- 7) 内藤元男，家畜の育種 148-180. 養賢堂（東京）1964.
- 8) 野沢 謙，日畜会報 36：154-160. 1965.
- 9) 原田俊治訳，馬の遺伝学と選抜方法 D. M. Wagoner 編 207-242. 日本中央競馬会 1982.
- 10) J. W. Evans. et. al. The Horse 506-552. W. H. Freeman and Company (San Francisco) 1977.
- 11) 橋口 勉：私信
- 12) 野沢 謙ら，日畜会報 33：160-164. 1962.

## The Inbreeding Coefficient of Kiso Horses.

By Hirotsada Tsujii and Motokazu Yoshida

Laboratory of Animal Breeding and Reproduction, Fac. Agric., Shinshu Univ.

### Summary

In our previous paper (1984) we reported that population size of Kiso Horses had recently decreased. This indicated that intense inbreeding had taken place within the population. This report was carried out to calculate the coefficient of inbreeding in Kiso Horses.

Used horses, 9 males and 79 females, were registered from 1969 to 1983 and their ancestors could be followed to the third generation of their pedigrees. The coefficient of inbreeding was calculated with Wright's formula.

The average coefficients of inbreeding of males and females were 0.095 and 0.060 respectively, indicating high degree of inbreeding (Table 2). Changes in the average coefficient of inbreeding during the last ten years showed the average coefficient of inbreeding had increased with advancing years (Fig. 2).

These results show that Kiso Horse breeders are needed to avoid inbreeding as much as possible.