

原 著

一回の採卵で回収できる移植可能な受精卵数に対する分布の当てはめ

浅田 洋平・寺脇 良悟*

酪農学園大学酪農学部, 江別市 069-8501

*酪農学園大学短期大学部, 江別市 069-8501

Adaptation of distribution on number of transferable embryos per treatment.

Youhei ASADA and Yoshinori TERAWAKI*

Faculty of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu-shi 069-8501

*Rakuno Gakuen University Dairy Science Institute, Ebetsu-shi 069-8501

キーワード: ホルスタイン, MOET, 胚移植, 乱数

Key words: Holstein, MOET, embryo transfer, random numbers

Abstract

Three different random numbers generating methods were compared concerning adaptability on field data about transferable embryo conducted in Hokkaido. Field data were from multiple ovulation and embryo transfers from 1995 to 1996 in Hokkaido. In MODEL 1 the number of transferable embryos was produced from a Poisson distribution whose parameter was distribution according to a gamma distribution, whose parameter was distribution according a normal distribution. In MODEL 2 the number of transferable embryos was produced from a Poisson distribution whose parameter was distribution according to a gamma distribution. In MODEL 3 the number of transferable embryos was generated from a Poisson distribution. The value for the normal distribution's parameters of transferable embryo production in MODEL 1 was $\mu=4.5$ and $\sigma^2=0.1$. The value for the gamma distribution's parameters of transferable embryo production in MODEL 2 was $\alpha=1.0$ and $\beta=4.4$. The value for the Poisson distribution's parameters of transferable embryo production in MODEL3 was $\lambda=5.7$. The smallest χ^2 was estimated by simulation using MODEL 2 with $\alpha=1.0$ and $\beta=4.4$.

要 約

北海道において調査した採卵当たり回収された正常卵数に対して, 3種の乱数発生方法を検討し, その適合性を比較した。調査記録は, 北海道内で1995年から1996年に実施された143回の採卵結果である。乱数発生方法は, 正規分布, ガンマ分布及びポアソン分布を組み合わせる方法(MODEL 1), ガンマ分布とポアソン分布を組み合わせる方法(MODEL 2), ポアソン分布を用いる方法(MODEL 3)である。MODEL 1では, χ^2 値が最も小さく推定されたのは, $\mu=4.5$, $\sigma^2=0.1$ のときであった。MODEL 2では, $\alpha=1.0$, $\beta=4.4$ の

とき χ^2 値が最も小さかった。MODEL 3では $\lambda=5.7$ のとき, χ^2 値が最も小さかった。検討した中で最も小さい χ^2 値が推定された方法は, MODEL 2における $\alpha=1.0$, $\beta=4.4$ であった。

緒 言

MOET 育種計画(多排卵処置の受精卵移植による育種法)は, 後代検定に比べ世代間隔の短縮による遺伝的改良速度の増加が可能であり(NICHOLAS and SMITH, 1983; RUANE, 1988; WOOLLIAMS, 1989; KELLER and TEEPKER, 1990; TEEPKER and SMITH, 1990; RUANE, 1991 A; RUANE, 1991 B; LOHUIS *et al.*, 1993; LEITCH *et al.*, 1995;), カナダ(Team 計画)(LOHUIS *et al.*, 1993)やオランダで用いられ成果を上げている。

北海道でも、MOET 育種計画を従来の後代検定に用いることにより、遺伝的改良量を大きくしようとする試みが行われている。MOET 育種計画において多排卵処置によって回収できる移植可能な受精卵数(正常卵数)は、集団の遺伝的改良量に多大な影響を及ぼす (NICHOLAS and SMITH, 1983; KELLER and TEEPKE, 1990; LEICH *et al.*, 1995)。このことは、シミュレーションによる改良量予測において正常卵数を発生するために用いる手法が、予測の良否を決定する重要な要因であることを示唆している。つまり、MOET 育種計画を実行するのに先立ち、対象集団での遺伝的改良量をシミュレーションによって予測する際、正常卵数を発生する手法は当該集団における技術の実情を適切に表現できなければならない。本研究では、北海道において調査した多排卵処置当たり回収された正常卵数に対して3種の方法で乱数を発生し、それぞれの方法の適合性を比較検討した。

材料と方法

本研究で用いた調査記録は、北海道各地の一般的な農家で当地の技術者によって行われた143回の通常の業務の多排卵処置の成績を集めたものである。多排卵処置に対する供卵牛の反応が季節や父親の産乳能力によって異なる場合、正常卵数の発生モデルにこれらの効果を含めて考慮しなければならない。そこで、発生モデルを構築する前に、供卵牛への人工授精季節の影響を調べるため、春を3~5月、夏を6~8月、秋を9~11月、冬を12~2月として正常卵数の度数分布についてカイ二乗検定を行った。父親の能力別の採卵状況については、供卵牛をアメリカホルスタイン登録協会の資料に基づき、その父親の遺伝的産乳能力ごとに分類し、高能力を+2000 kg 以上、中能力を+1000 kg 以上+2000 kg 未満、低能力を+1000 kg 未満とし、その影響を調べるためカイ二乗検定を行った。3種の乱数発生方法を図1に示した。乱数の発生モデルは WOOLLIAMS *et al.* (1995) ならびに VILLANUEVA *et al.* (1995) の報告に従った。最適なパラメータの決定

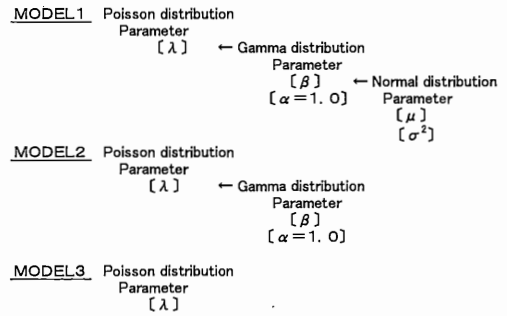


Figure 1 Methods for generating number of transferable embryos.

は、 χ^2 値を指標とした。MODEL1は正規分布、ガンマ分布及びポアソン分布を組み合わせた。正規分布のパラメータである平均(μ)については、1から7の範囲を1.5間隔で設定し、分散(σ^2)については、0.1から0.4の範囲を0.1間隔で設定した。発生した正規乱数を $\log(\beta)$ とし、ガンマ分布のパラメータ(β)を求めた。ガンマ分布のパラメータ(α)は1.0に固定した。このガンマ分布(α, β)に基づいて発生した乱数をポアソン分布のパラメータ(λ)として用いた。ポアソン分布に従って発生する乱数を正常卵数とした。MODEL2はガンマ分布とポアソン分布を組み合わせた。ガンマ分布のパラメータ(β)については、3から9の範囲を1間隔で設定した。ガンマ分布のパラメータ(α)は1.0に固定した。このガンマ分布(α, β)に基づいて発生した乱数をポアソン分布のパラメータ(λ)として用いた。ポアソン分布(λ)に従って発生する乱数を正常卵数とした。MODEL3はポアソン分布を用いた。ポアソン分布のパラメータ(λ)については、1から10の範囲を1間隔で設定した。ポアソン分布に従って発生する乱数を正常卵数とした。

結果と考察

表1に供卵牛の採卵状況を示した。総採卵回数は143回、総正常卵数は541個で、一採卵当たりの正常卵

Table 1 Treatment situation of donors.

	Number of treatment	Number of embryos	Number of transferable embryos	Number of unavailable embryos	Number of transferable embryos per treatment
Total	143	849	541	302	3.78
Season					
Spring	37	246	149	97	4.03
Summer	22	180	116	58	5.27
Autumn	32	157	115	42	3.59
Winter	52	266	161	105	3.10
Genetic performance of sire					
High performance	21	116	91	25	4.33
Middle performance	81	556	337	219	4.30
Low performance	34	143	93	44	4.06

数は3.78個であった。季節別の正常卵数では、春が149個、夏が116個、秋が115個、冬が161個採取された。一採卵当たりの正常卵数は、春が4.03個、夏が5.27個、秋が3.59個、冬が3.10個であった。健康牛と不妊牛について調査した報告(家畜改良増殖の新しい制度と技術, 1985)によると、季節別の正常卵数は、健康牛と不妊牛でそれぞれ、春が6.9個と2.3個、夏が6.3個と2.7個、秋が6.4個と2.2個、冬が6.0個と2.3個であった。今回のデータはほぼ中間の値を示しており、このことは今回用いられたすべての供卵牛が、健康牛とは限らない可能性を示している。父親の能力別の正常卵数では、高能力が91個、中能力が142個、低能力が195個採取された。一採卵当たり正常卵数は、高能力が4.33個、中能力が4.30個、低能力が4.06個であった。図2では、季節別の一採卵当たりの正常卵数の度数分布を示した。夏の分布は、採卵回数が少ないため明確な特徴を示していないが、春、秋および冬の分布については正常卵数が0個であった採卵回数が最も多く、そこから急激に減少し、その後緩やかな分布となった。カイ二乗検定により、人工授精処置季節と正常卵数の独立性について検定した結果、 $\chi^2=0.352$ ($p>0.05$) となり二つの関係は独立であった。図3には、父親の能力別の一採卵当たりの正常卵数の度数分布をグラフに示した。高能力の分布については、採卵回数が少ないため明確な特徴を示していないが、中能力と低能力の分布については図2と同様な傾向であった。カイ二乗検定により、父親の遺伝的能力と正常卵数の独立性について検定した結果、 $\chi^2=0.767$ ($p>0.05$) となり二つの関係は独立であった。図4には、MODEL 1を用いて発生した正常卵数の調査記録に対する χ^2 値を示した。 μ は1~7、 σ^2 は0.1~0.4まで動かして χ^2 値が最小となるパラメータの値を調べた。図4Aでは、 σ^2 の値に関わらず μ の範囲の中間付近で χ^2 値が小さくなっていることが分かる。図4Bでは、各 σ^2 ごとの χ^2 値の変化の軌跡は、双曲線様を示した。 σ^2 を小さく設定したとき、 χ^2 値の増減が小さくなった。また、 σ^2 が小さくなるほど、 χ^2

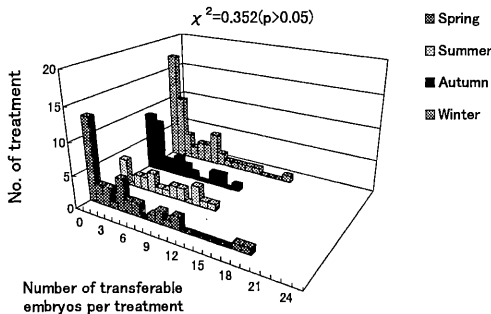


Figure 2 Frequency distribution of transferable embryos classified by season of artificial insemination.

値は全般的に小さい値を示した。 χ^2 値が最小となる μ は、 σ^2 値が0.1, 0.2, 0.3および0.4のときそれぞれ4.5, 3.0, 2.5および2.0であり、それぞれの χ^2 値は29.14, 29.70, 31.96, 32.34であった。この結果、MODEL 1の最適パラメータは、 μ が4.5、 σ^2 が0.1と考えられた。図5には、MODEL 2に関する χ^2 値の変化を示した。 α は1.0に固定し、 β は3~9の間で動かした。図5Aから、 χ^2 値は $\beta=4\sim6$ 付近で小さい値を示したため、この部分を詳しく検討した。 χ^2 値は、 $\beta>3.7$ と $\beta<4.7$ では大きな値となった(図5B)。 $\beta=3.7\sim4.7$ の間では、 χ^2 値はほぼ一定となり明確な特徴は見られなかったが、図5Cから χ^2 値が最小となるパラメータは、 $\alpha=1.0$ 、 $\beta=4.4$ であった。この時の χ^2 値は28.14となり、MODEL 1より小さい値となった。図6には、MODEL 3を用いて正常卵数を発生させたときの調査記録に対する χ^2 値を示した。 λ は、1~10の間で動かした。図6Aから、 $\lambda=1$ は非常に大きな χ^2 値を示した(図6A)。 λ が5~6間で χ^2 値は小さい値を示し(図6B)、 χ^2 値が最小となる λ 値は5.7で、この時の χ^2 値は5072.98(図6C)となり、

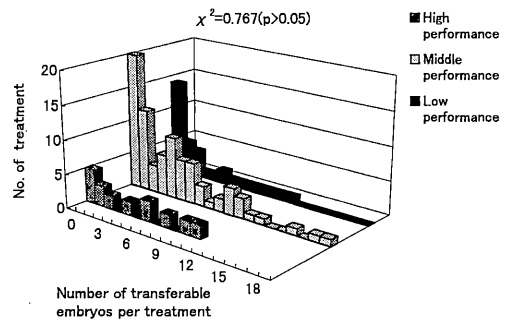


Figure 3 Frequency distribution of transferable embryos classified by genetic performance of sire.

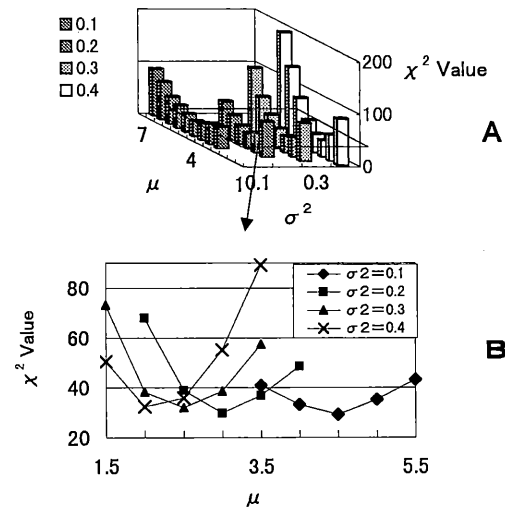


Figure 4 Adaptability χ^2 value of MODEL 1 on field data.

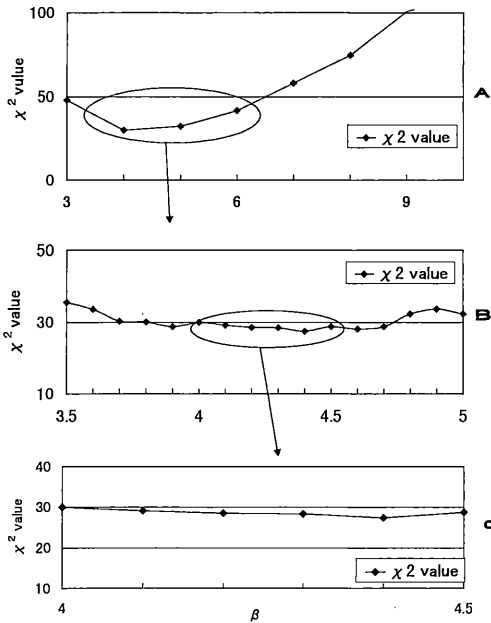


Figure 5 Adaptability χ^2 value of MODEL 2 on field data.

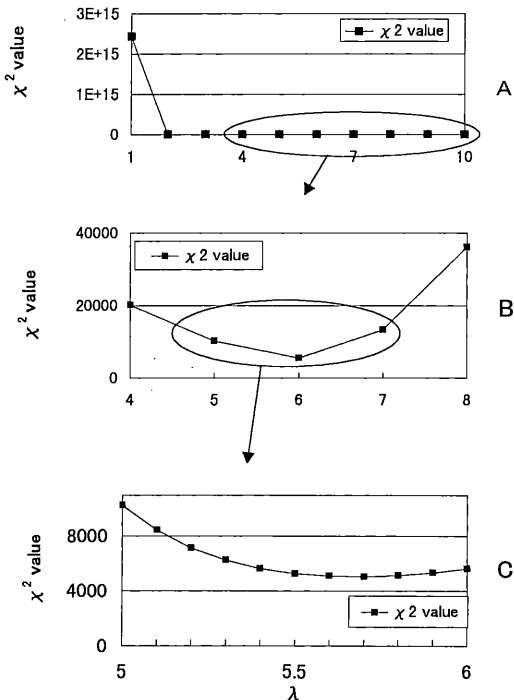


Figure 6 Adaptability χ^2 value of MODEL 1 on field data.

MODEL 1 と MODEL 2 に比べて非常に大きな値となった。図 7 には、調査記録と 3 つの MODEL の比較をおこなった。MODEL 1 と MODEL 2 は調査記録と同様な分布となったが、MODEL 3 は調査記録と全く異なる分布となった。MODEL 1 と MODEL 2 ではほとんど差はないが、 χ^2 値から MODEL 2 が 3 つの方法のうち最適な正常卵数の発生方法であった。VIL-

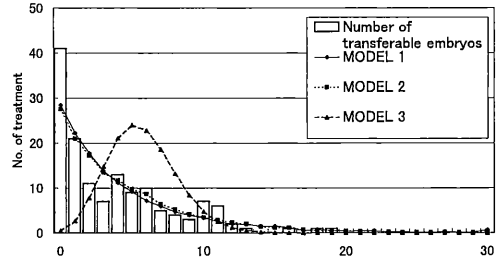


Figure 7 Comparison of the field data with the three models.

LANUEVA *et al.* (1995) によると各モデルのパラメータは、MODEL 1 では $\sigma^2=0.4$, $\mu=1.46$, MODEL 2 では $\alpha=1.0$, $\beta=1.61$, MODEL 3 では $\lambda=5$ となっており、いずれの MODEL についても本研究の最適パラメータの方が大きな値となった。これは調査記録が少ないため、正常卵数が 2 個と 3 個の部分が少なく、4 個、5 個、6 個、10 個及び 11 個の部分が多い (図 6) など、調査記録のグラフがスムーズに低下していないことが原因の一つとして考えられる。また、VIL-LANUEVA *et al.* (1995) が用いた記録と、本研究で用いた調査記録の分布に差があることも考えられる。いずれにせよ、実情にあったシミュレーションを可能にするためには、土台となる供卵牛に関するより多くの調査記録が求められる。

文 献

- 家畜改良研究会 (1985) 家畜改良増殖と新しい技術。1 版。190-191。地球社。東京。
- KELLER, D. S. and G. TEEPKER (1990) Effect of variability in response to superovulation on donor cow selection differentials in nucleus breeding schemes. *J. Dairy Sci*, **73**: 549-554
- LEITCH, H. W., C. SMITH, E. B. BERNSIDE and M. QUINTON (1995) Effects of female reproductive rate and mating design on genetic response and inbreeding in closed nucleus dairy herds. *Animal Sci*, **60**: 389-400
- LOHUIS, M. M., C. SMITH, and J. C. M. DEKKERS (1993) MOET results from a dispersed hybrid nucleus programme in dairy cattle. *Anim. Prod.*, **57**: 369-378
- NICHOLAS, F. W. and C. SMITH (1983) Increased rates of genetic change in dairy cattle by embryo transfer and splitting. *Anim. Prod.*, **36**: 341-353
- RUANE, J (1988) Review of the use of embryo transfer in the genetic improvement of dairy cattle. *Anim. Bre. Abst.*, **56**: 437-446
- RUANE, J (1991A) The important of family sizes in adult multiple ovulation and embryo transfer (MOET) nucleus breeding schemes in dairy cattle.

- Anim. Prod., **52**: 33-47
- RUANE, J (1991B) The effect of alternative mating designs and selection strategies on adult multiple ovulation and embryo transfer (MOET) nucleus breeding schemes in dairy cattle. Genet. Sel. Evol., **23**: 47-65
- TEEPKER, G. and C. SMITH (1990) Efficiency of MOET nucleus breeding schemes in selecting for traits with low heritability in dairy cattle. Anim. Prod., **50**: 213-219
- VILLANUEVA, B., J.A. WOOLLIAMS, and G. SIMM (1995) The effect of improved reproductive performance on genetic gain and inbreeding in MOET breeding schemes for beef cattle. Genet. SEL. Evol., **27**: 347-363
- WOOLLIAMS, J. A. (1989) Modifications to MOET nucleus breeding schemes to improve rates of genetic progress and decrease rates of inbreeding in dairy cattle. Anim. Prod., **49**: 1-14
- WOOLLIAMS, J. A., Z. W. LUO, B. VILLANUEVA, D. WADDINGTON, P. J. BROADBENT, W. A. C. MCKELVEY, and J. J. ROBINSON (1995) Analysis of factors affecting superovulatory responses in ruminants. J. of Agric. Sci., **124**: 61-70

