

2015－2 月評価に係る変更点

泌乳形質および泌乳持続性における多産次変量回帰検定日モデルへの変更

2015－2 月評価から泌乳形質および泌乳持続性の遺伝的能力評価（遺伝評価）モデルを多産次変量回帰検定日モデルに変更しました。

これまでの泌乳形質の遺伝評価モデルは、各産次の遺伝的能力（推定育種価や遺伝能力曲線^{*1}）が同じであると仮定した変量回帰検定日モデル（従来モデル）ですが、産次毎に遺伝的能力に違いがある種雄牛や雌牛の場合、遺伝的能力が過大もしくは過小評価される場合があります。そこで 2015-2 月評価から、新たに各産次（初産、2 産および 3 産）で遺伝的能力が異なると仮定した多産次変量回帰検定日モデル（新モデル）に変更しました。

新モデルでは、産次毎の遺伝能力曲線や遺伝的能力の違いを考慮して評価することが可能になり、より細密な遺伝評価が期待されます。また、産次別に遺伝的能力が分かることで任意の産次の遺伝的改良を行うことも可能になります。

^{*1} 変量回帰検定日モデルでは、搾乳日数で遺伝的能力が推移し、その推移を曲線で表したもの。

1) 遺伝評価に用いるデータの採用条件の変更

新モデルへの移行にあたって以下の 2 点において遺伝評価に用いるデータの採用条件を変更しています。なお、データの採用条件変更によりこれまで遺伝評価値が公表されてきた検定牛の一部で遺伝評価値が公表されなくなっているため注意が必要です。

①分娩月齢の条件の変更

これまで、種雄牛評価においてのみ「初産時の記録は、分娩月齢が 18～35 ヶ月齢であること」という条件がありました（*雌牛評価にはありません）。新モデルでは遺伝評価に採用する各産次の記録をより正確にし、遺伝評価の精度を向上させるために、産次毎に分娩月齢の条件を設けました（表 1 参照）。

表 1 分娩月齢の条件の比較

	変量回帰検定日モデル（従来モデル）	多産次変量回帰検定日モデル（新モデル）
種雄牛評価	初産時の分娩月齢が 18～35 ヶ月齢	初産時の分娩月齢が 18～35 ヶ月齢 2 産時の分娩月齢が 30～55 ヶ月齢 3 産時の分娩月齢が 42～75 ヶ月齢
雌牛評価	なし	初産時の分娩月齢が 17～47 ヶ月齢 2 産時の分娩月齢が 24～67 ヶ月齢 3 産時の分娩月齢が 36～87 ヶ月齢

②同一管理グループの条件の変更

これまで、「牛群・検定日・搾乳回数」を管理グループとし、この管理グループ内に初産から3産までのいずれかの産次の検定牛が2頭以上（同期牛が存在する）いれば遺伝評価に採用されましたが、新モデルでは新たに牛群・検定年・産次（初産または2-3産の2区分）が管理グループとして加えられました。すなわち、新モデルでは、「牛群・検定日・搾乳回数」と「牛群・検定年・産次」の2つの管理グループで同期牛の条件を満たされなければなりません。例えば、初産時の記録は、同一牛群・検定年内に初産の検定牛が2頭以上いる必要があり、2産時以降の記録の場合は、同一牛群・検定年に2産もしくは3産の検定牛が2頭以上いる必要があります。

2) 産次変量回帰検定日モデルについて

①産次毎の推定育種価と総合育種価

図1に従来モデルと新モデルの違いについて示しました。図1のように従来モデルでは1つの遺伝的能力が計算されましたが、新モデルでは初産から3産の遺伝的能力が計算され、各産次の遺伝的能力は必ずしも等しくありません。また、各産次の遺伝的能力を1つにまとめた全産次を通じた総合的な遺伝的能力を表した「総合育種価」が計算されます。総合育種価は、個体毎に各産次の検定日記録数を考慮した重み（初産：0.40～0.65、2産：0.22～0.34 および3産：0.13～0.26）を各産次の推定育種価にそれぞれ掛け合わせて求められます（図1参照）。通常、この総合育種価によって遺伝的能力の違いを比較したり、総合指数の計算に用います。各産次の推定育種価は、牛群において改良を望む産次がある場合に、総合育種価においてほぼ同等な能力を有する複数の種雄牛から目的の産次で高い遺伝的能力を有する種雄牛を選択するための情報として利用ができます。なお、乳用種雄牛評価成績（赤本）には、総合育種価のみを掲載し、各産次の推定育種価および総合育種価は、（独）家畜改良センターホームページ等に掲載されます。

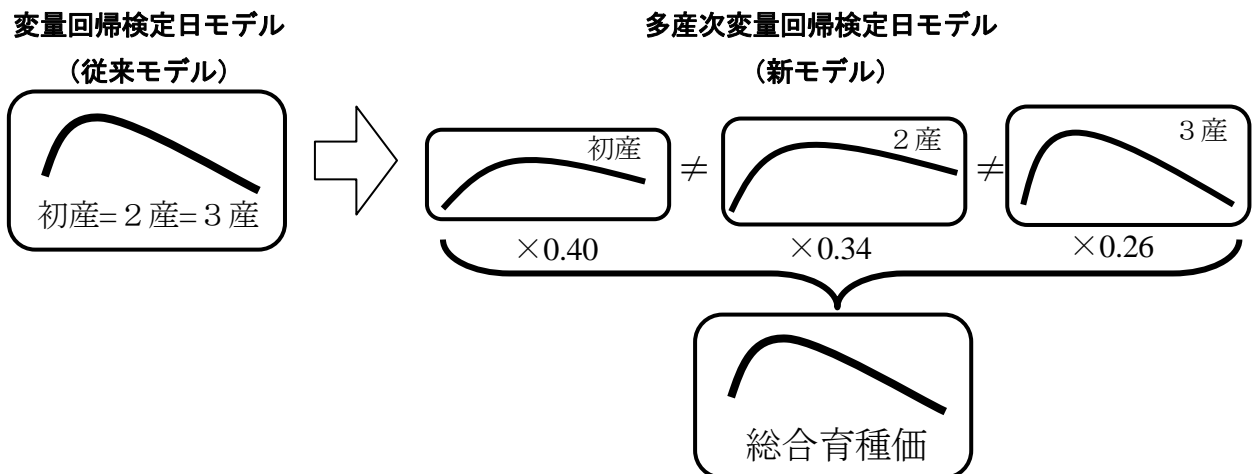


図1 変量回帰検定日モデル（従来モデル）と多産次変量回帰検定日モデル（新モデル）のイメージ図

②各形質の遺伝率および遺伝相関

遺伝相関とは2つの形質間の遺伝的な関連性がどの程度あるのかを表すもので、±1の範囲で表され、1に近いほど2つの形質は遺伝的な関連性が強く、遺伝的に似た形質であるともいえます。表2に新モデルにおける各産次および総合育種価の遺伝率（対角）ならびにそれらの間の遺伝相関（上三角）を示しました。

表1を見ると全形質とも産次間の遺伝相関は1より低く、産次毎に種雄牛や雌牛を序列した場合に、順位が各産次で同じ結果にならないことを示唆しています。また、初産と2、3産間の遺伝相関(0.677~0.843)は、2産と3産間の遺伝相関(0.958~0.974)よりも低く推定されています。これは、特に初産の遺伝的能力と2産以降の遺伝的能力に違いが出る傾向にあり、初産の遺伝的能力が高くても2産や3産の遺伝的能力が必ずしも高くはないことを示唆しています。ただし、正の相関なので、産次間で遺伝的能力に極端に差が生じるというわけではありません。

表2 新モデルにおける各形質の遺伝率(対角)および遺伝相関(上三角)

乳量	初産	2産	3産	総合	乳脂量	初産	2産	3産	総合
初産	0.433	0.813	0.732	0.911	初産	0.405	0.843	0.764	0.919
2産		0.382	0.971	0.978	2産		0.387	0.974	0.984
3産			0.362	0.943	3産			0.377	0.953
総合				0.500	総合				0.498

乳蛋白質量	初産	2産	3産	総合	無脂固形分量	初産	2産	3産	総合
初産	0.360	0.805	0.677	0.897	初産	0.386	0.793	0.682	0.868
2産		0.333	0.958	0.981	2産		0.342	0.963	0.977
3産			0.335	0.929	3産			0.330	0.962
総合				0.429	総合				0.448

泌乳持続性	初産	2産	3産	総合
初産	0.128	0.758	0.719	0.868
2産		0.189	0.966	0.977
3産			0.176	0.962
総合				0.322

③各産次の遺伝能力曲線の例

従来モデルでは、全産次同じ遺伝的能力として遺伝評価を行っていますが、実際には産次毎に遺伝的能力に差がある場合があります。図2に各産次の遺伝能力曲線(凡例における各産次の括弧内の数値は、乳量の産次別推定育種価)の例を示しました。総合育種価は各産次の重みを掛け合わせて求められ、 $A=0.40 \times 1,384\text{kg} + 0.34 \times 1,390\text{kg} + 0.26 \times 1,380\text{kg} = 1,385\text{kg}$ 、 $B=0.40 \times 1,774\text{kg} + 0.34 \times 1,760\text{kg} + 0.26 \times 1,713\text{kg} = 1,753\text{kg}$ 、 $C=0.40 \times 1,244\text{kg} + 0.34 \times 680\text{kg} + 0.26 \times 623\text{kg} = 883\text{kg}$ となり、通常はこの総合育種価を利用して交配する種雄牛や後継牛を残す雌牛の選定に利用すれば、各産次の遺伝的改良が平均的に行えます。しかしながら、個体毎に見てみると産次間で遺伝能力曲線や推定育種価に差がある場合があります。Aは、乳量において各産次間の遺伝能力曲線と推定育種価(1,380kg~1,390kg)に差がない個体です。Bは各産次の乳量の推定育種価(1,713kg~1,774kg)は同じですが、初産と2-3産で遺伝能力曲線に差があります。Cは初産と2-3産で乳量の推定育種価に差があり、遺伝能力曲線も初産と2-3産間で差があります。

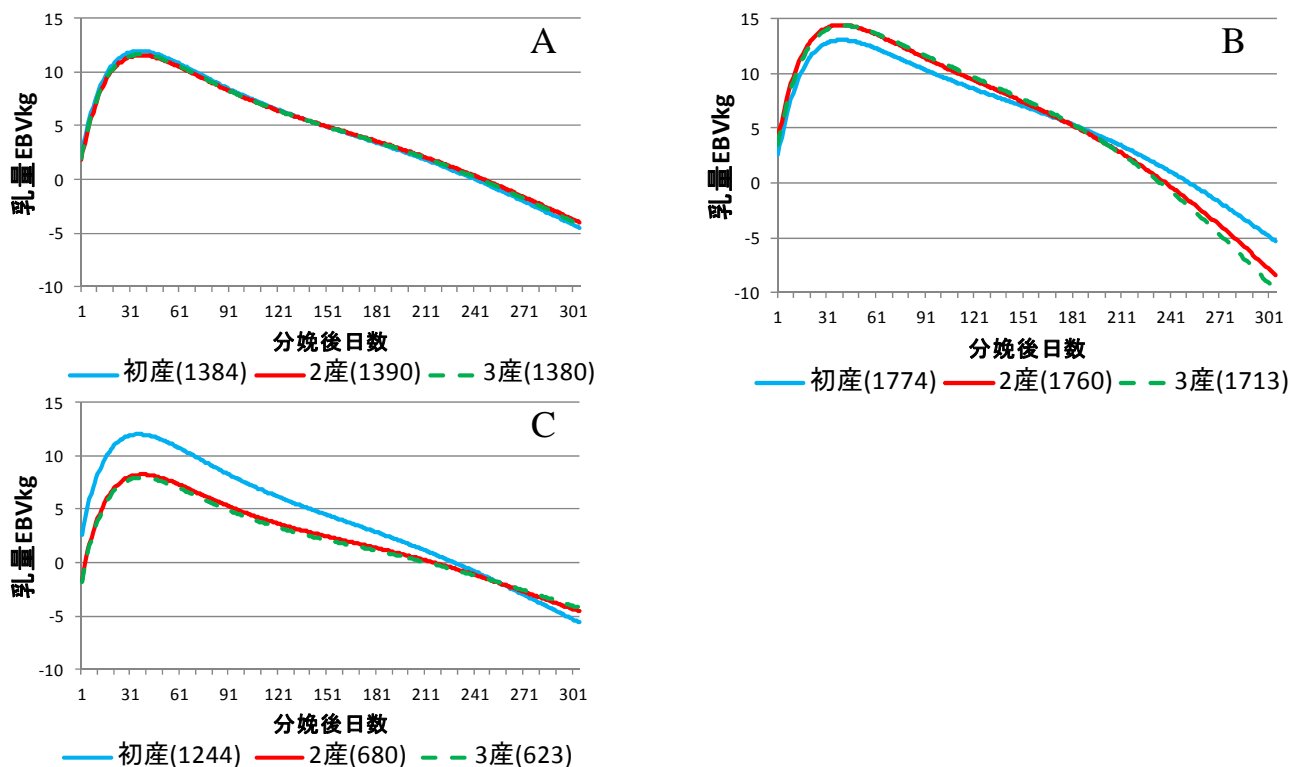


図2 各産次の遺伝能力曲線のイメージ図（各産次の括弧内の数値は305日乳量の推定育種価）

3) 従来モデルと新モデル間の遺伝評価値の比較

通常、遺伝評価値は何も変更が無い場合でも、新しい記録の追加により評価毎に遺伝評価値は少なからず変動しています。しかしながら、今回はモデル変更という遺伝評価において大きな変動要因が伴うために、新モデルの遺伝評価値は従来モデルと比較して大きく変動しています。そこで、具体的にどのように変化したかを説明します。

①推定育種価の大きさとバラツキの減少について

2014年8月評価時点での供給可能種雄牛72頭、2000年以降生まれで娘牛数が10牛群15頭以上いる種雄牛2,184頭および2005年以降生まれの検定牛について従来モデルと新モデルの各形質の平均値±標準偏差を表3に示しました。例えば、乳量を見てみると、新モデルにおける供給可能種雄牛の平均値が1,813kgから1,096kg（約40%の低下）に、種雄牛の平均値が860kgから462kg（約46%の低下）に、検定牛の平均値が448kgから243kg（約46%の低下）にそれぞれ低下しています。加えて、乳量の標準偏差も供給可能種雄牛で542kgから482kg、種雄牛で718kgから574kg、検定牛で653kgから541kgにそれぞれ低下しているので、従来モデルよりも上位の牛と下位の牛の推定育種価の差が小さくなります。なお、この傾向は各成分量と泌乳持続性でも同様ですが、各成分率は乳量と各成分量との割合で計算するために大きな変化はありません。

表3 供給可能種雄牛、種雄牛（2000年以降生まれ）および検定牛（2005年以降生まれ）における各形質の平均値±標準偏差

形質	供給可能種雄牛（72頭）		種雄牛（2,184頭）		検定牛（939,772頭）	
	従来モデル	新モデル	従来モデル	新モデル	従来モデル	新モデル
乳量 kg	1,813±542	1,096±482	860±718	462±574	448±653	243±541
乳脂量 kg	53±20	34±21	21±24	11±22	10±21	5±19
乳蛋白質量 kg	55±10	36±10	26±19	15±15	13±17	7±14
無脂固形分量 kg	152±40	95±34	73±56	41±44	38±51	21±41
乳脂率%	-0.16±0.25	-0.07±0.27	-0.12±0.24	-0.06±0.25	-0.07±0.20	-0.04±0.20
乳蛋白質率%	-0.03±0.12	0.01±0.13	-0.02±0.12	0.01±0.12	-0.01±0.10	0.00±0.10
無脂固形分率%	-0.06±0.14	-0.01±0.16	-0.02±0.15	0.01±0.15	-0.01±0.14	0.00±0.13
泌乳持続性 kg	0.89±1.34	0.99±1.29	0.70±1.39	0.53±1.30	0.34±1.62	0.29±1.14

②遺伝的能力の順位の変動について

表4に供給可能種雄牛、種雄牛（10牛群15頭以上）および検定牛の各形質の育種価における従来モデルと新モデル間の順位相関を示しました。順位相関とは個体の順位が従来モデルと新モデルでどの程度似ているかを表すもので、1に近いほど順位が同じであるといえます。種雄牛や検定牛を見るとどの形質も0.9以上あり高いように見えますが、どの形質も1ではないため、従来モデルと比較して順位が変動しています。また、供給可能種雄牛を見ると乳蛋白質量において0.800と特に低い順位相関となっており、他の場合よりも順位が大きく変動しています。これは、総合指数での乳蛋白質量に対する重み付けが高いことに由来します。このため、総合指数が上位である供給可能種雄牛は、乳蛋白質量の遺伝的能力が高い種雄牛が多く、少しの能力の動きで、順位が変動することから順位相関が低くなっています。図3に供給可能種雄牛、種雄牛、検定牛の乳量の従来モデルと新モデル間の散布図を示しました。順位相関では0.9以上ある種雄牛や検定牛において楕円形のような散布図を示しており、順位の変動が起こっていることが分かります。ただし、遺伝的能力の上位の個体が極端に順位が落ちるということではなく、順位の変動の多くは比較的順位に近い個体間でおこっています。

表4 供給可能種雄牛、種雄牛および検定牛の各形質の育種価における従来モデルと新モデル間の順位相関

形質	供給可能種雄牛 (72頭)	種雄牛 (6,486頭)	検定牛 (3,639,562頭)
乳量	0.919	0.972	0.966
乳脂量	0.961	0.971	0.976
乳蛋白質量	0.800	0.981	0.983
無脂固形分量	0.898	0.977	0.976
乳脂率	0.993	0.964	0.959
乳蛋白質率	0.982	0.962	0.939
無脂固形分率	0.984	0.947	0.908
泌乳持続性	0.899	0.942	0.909

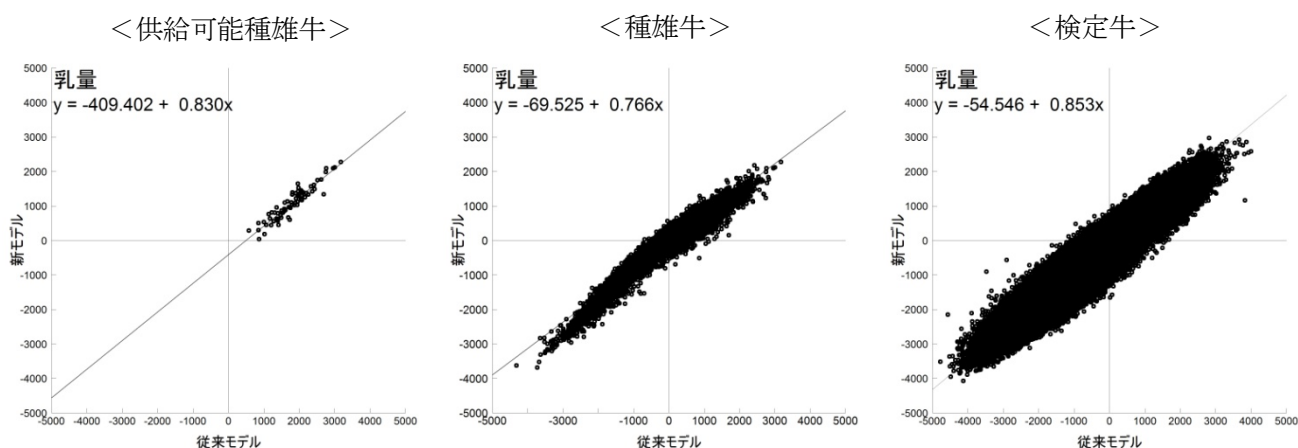


図3 供給可能種雄牛(左)、種雄牛(真ん中) および検定牛(右)における乳量における従来モデル(X軸)と新モデル(Y軸)間の散布図

③上位雌牛の変動について

モデル変更による牛群検定参加牛のうち総合指数上位1000位(2014年8月評価時点)の順位の変動について各順位に該当する頭数(累積パーセント)および各順位毎の平均信頼度を表5に示しました。41%の雌牛が上位1000位外になりますが、2000位までで79%、3000位までで87%、4000位までで89%、5000位内に92%の雌牛が入っており、雌牛においても順位の変動の多くが順位が近い雌牛で起こっていることが分かります。また、上位1000位外に動いた雌牛は、信頼度が若干ですが低い傾向にあり、評価値の動きやすい雌牛であるともいえます。

表5 現在の上位1000位の雌牛の順位の変動について(149,363頭中)

	頭数	(累%)	平均信頼度
上位1000位内	592頭	(59%)	61%
上位1000位外	411頭	(100%)	59%
1001～2000	196頭	(79%)	59%
2001～3000	80頭	(87%)	59%
3001～4000	28頭	(89%)	59%
4001～5000	29頭	(92%)	59%
5001～6000	22頭	(94%)	59%
6001～7000	9頭	(95%)	58%
7001～8000	13頭	(97%)	58%
8001～9000	8頭	(97%)	58%
9001～10000	7頭	(98%)	58%
10001～15000	14頭	(100%)	59%
15001～20000	3頭	(100%)	59%
20001～25000	2頭	(100%)	59%

④遺传的趨勢と遺传的改良量の減少について

乳量における従来モデルと新モデルでの公表牛（後代検定種雄牛において公表基準を満たした種雄牛）と検定牛の遺传的趨勢を図4に示し、表6にそれらの従来モデルと新モデルでの遺传的改良量を示しました。新モデルの遺传的趨勢は、従来モデルと比較して若い世代で低く、古い世代で高くなっています。また、従来モデルにおいて乳量の遺传的改良量は公表牛で135.0kg、検定牛で135.6kgですが、新モデルでは公表牛で60.0kg、検定牛で73.8kgとなり、従来モデルと比較して約半分の遺传的改良量となります。これは上述のようにモデル変更に伴い遺伝評価値の大きさが減少し、遺传的能力の上位の牛と下位の牛の差が従来モデルよりも小さくなったためです。ただし、遺传的改良量が減少していますが、従来モデルと異なる方向に遺传的改良が進んでいるのではなく、新モデルでも従来モデルと同じ方向に遺传的改良が進んでいます。

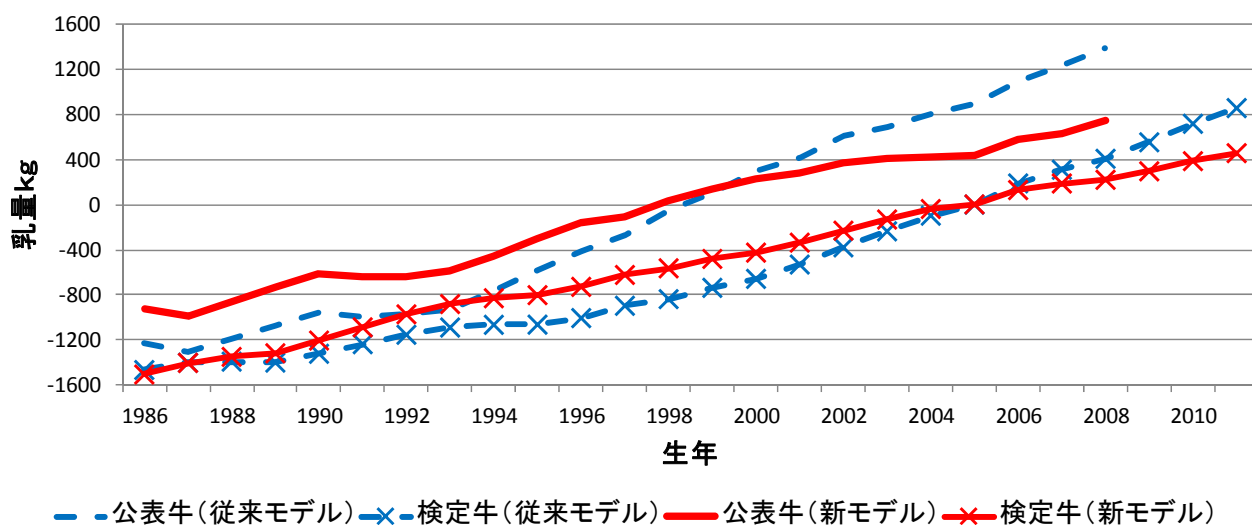


図4 乳量における従来モデルと新モデルでの公表牛と検定牛の遺传的趨勢

表6 従来モデルと新モデルにおける公表牛および検定牛の各形質の遺传的改良量

形質	従来モデル		新モデル	
	公表牛	検定牛	公表牛	検定牛
乳量 kg	135.0	135.6	60.0	73.8
乳脂量 kg	3.6	3.3	1.8	1.9
乳蛋白質量 kg	3.4	3.8	1.6	2.1
無脂固形分量 kg	10.7	11.2	5.0	6.3
乳脂率%	-0.016	-0.021	-0.005	-0.011
乳蛋白質率%	-0.010	-0.006	-0.004	-0.003
無脂固形分率%	-0.011	-0.007	-0.003	-0.003

公表牛は1999～2008年、検定牛は2002～2011年で計算