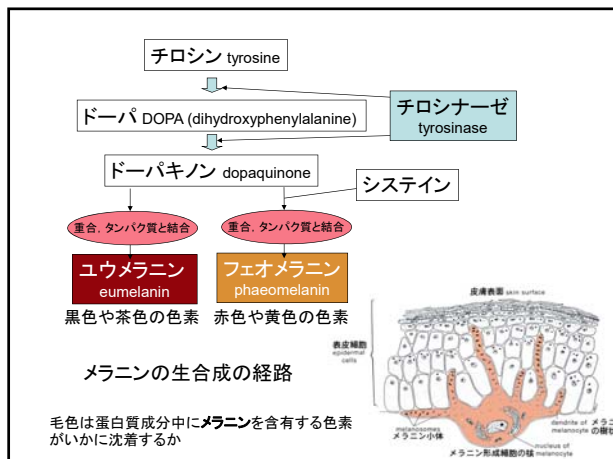
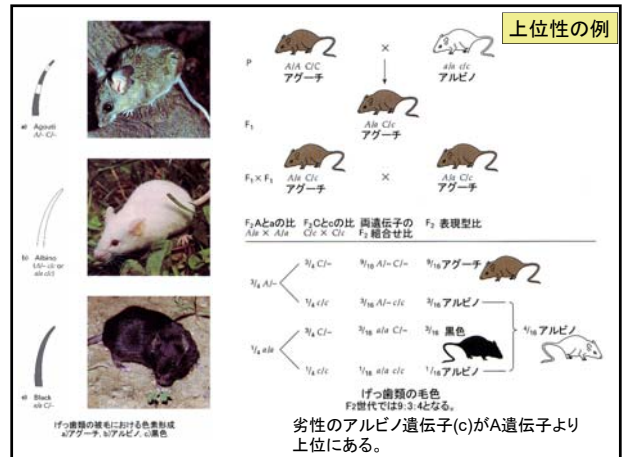
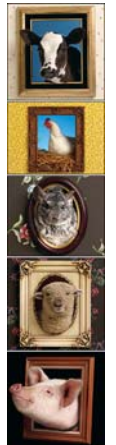


家畜の主な質的形質の遺伝

遺伝形質のとらえ方を、形態、代謝、分子多型の面から学ぶ



1. 毛色と羽色

少なくとも6つの複対立遺伝子座(シリーズ)が色素の生産と分布に関わる。

- ① アグーチ(A)シリーズ Agouti (A) series **野生色**
1本ずつの毛の中の色素の分布に関与
- ② Bシリーズ Brown (B) series **褐色**
ユウメラニンの産生に関与、優性遺伝子B-黒色素、劣性遺伝子b-褐色色素
- ③ Cシリーズ Chinchira/Albino (C) series **着色因子 Color Point**
チロシナーゼの産生に関与、メラニン色素の沈着に影響
- ④ Dシリーズ Dilution (D) series **淡化化因子 Dense**
色素顆粒が集団を形成するのを抑制することで、色素の沈着の程度に影響
- ⑤ Eシリーズ Extension (E) series **黒色拡張因子**
身体全体の被毛の黄色と黒色の色素の程度に影響
- ⑥ Pシリーズ Pink-eyed dilution series **紅眼淡化化因子**
チロシンの供給に関係、メラニン細胞の形が不規則で、結果として色が薄くなるその他
ぶち猫斑紋に影響する遺伝子座など

Dシリーズが見直されている

ウマの毛色とその遺伝子型

毛色	遺伝子型
鹿毛 (短毛が褐色、長毛が黒色)	A-B-ddE-
青毛 (全身黒色)	aaB-ddE-
栃栗毛 (暗黒の栗毛)	---bbddE-
栗毛 (全身黄～茶褐色)	---ddEE
河原毛 (短毛が黄白色、長毛が黒色)	A-B-D-E-
月毛 (全身黄白色)	---D-ee
佐目毛 (全身象牙色、目は青)	---DD---



鹿毛



ハロミノの馬、遺伝子型D/d



クレメロの馬、遺伝子型D/D



栗毛の馬、遺伝子型d/d

馬における不完全優性の例

希釈遺伝子の作用により、毛色の濃度が決まる。

Equine coat color genetics

From Wikipedia, the free encyclopedia

Alleles and effects (a/b)

Locus	Alleles	Effect of combined pairs of alleles
Extension (E)	E/e	EE or Ee horse forms black pigment in skin and hair. ee horse is chestnut, it has black pigment in skin, but red pigment in hair.
Agouti (A)	A/a	Agouti Restricts eumelanin, or black pigment, to "points," allowing red coat color to show on body. No visible effect on red horses, as there is no black pigment to restrict. AA or Aa horse is a Bay; black hair shows only in points pattern (usually mane, tail, legs, sometimes tips of ears). aa: No agouti gene. If horse has E allele, then horse will be uniformly black.
		Cream gene The cream gene is an incomplete dominant.
	CC	No dilution factor, horse is fully pigmented. (JC Davis abbreviates as N)
	Ccr	Single dilution factor (heterozygous dilute) results in Palomino, Buckskin or Smoky Black. Red pigment is diluted to gold with cream to white mane and tail; black pigment is not visibly altered on black points or black horses, though genetic testing can reveal "smoky black" coloration. (JC Davis abbreviates as N/Cr)
	Ccr/Ccr	Double dilution factor (homozygous dilute). Red pigment is diluted to a pale cream. Black pigment is diluted to a reddish shade. Skin and eye color are also diluted; skin is pink and blue eyes are common with double diluted creams. (JC Davis abbreviates as Cr/Cr)
	DD or Dd	Dun gene Another dilution gene. Horse shows a diluted body color to pinkish-red, yellow-red, yellow or mouse gray and has dark points including dorsal stripe, shoulder stripe and leg barring. dd Horse has undiluted coat color.
	Ch	Champagne A rare but dominant dilution gene that creates pumpkin-colored fleckles, skin, amber, greenish, or blue eyes, and gives a bronze cast to hair. The skin surrounding the eye must be pink with fleckles in adulthood. (Ch/Ch or Ch/ch Champagne dilution evident (See Genetic Formulas Chart below.) ch/ch No champagne dilution
	ZZ or Zz	Silver dapple - Dilutes eumelanin or black pigment. Converts black to brown with white mane and tail or results in silver coloring. zz No silver dapple.

https://en.wikipedia.org/wiki/Equine_coat_color_genetics

ウマの毛色とその遺伝子型

毛色	遺伝子型
鹿毛(短毛が褐色、長毛が黒色)	A-B-crerdE-
青毛(全身黒色)	aaB-crerdE-
柵栗毛(暗調の栗毛)	—bbcrerdE-
栗毛(全身黄～茶褐色)	—crerdE-
河原毛(短毛が黄白色、長毛が黒色)	A-B-CRcr—E-
月毛(全身黄白色)	—CRcrdee
佐目毛(全身象牙色、目は青)	—CRCRdee



CR/cr
ハロミノの馬, 遺伝子型D/d
月毛



CR/CR
クレメロの馬, 遺伝子型D/d
栗佐目毛



cr/cr
黒毛の馬, 遺伝子型d/d
栗毛

最新版

馬における不完全優性の例
希釈遺伝子の作用により、毛色の濃度が決まる。

毛色と羽色の例-1

ウシ: 黒色 > 褐色 > 赤色

- ・シャロレイ種における白色は黒色に対して優性
- ・ショートホーン種における褐色と白色遺伝子とは共優性
- ・ホルスタイン種
 - 黒白斑紋は黒色は赤白斑紋の赤色に対して優性

優性白斑

- ・ヘレフォード種の顔面白斑
- ・ホルスタイン種の鼠径部白斑
- ・白帯ギャロウェイの白色帯状斑
- ・ピンツガウ種の背線の白色線状斑



ピンツガウ種

毛色と羽色の例-2

フタ: 白色はすべて有色に対して優性
ランドレース種, 大ヨークシャー種

ニワトリ: 黒色Eが褐色eに対して優性
白色については 優性白(白色レグホーン種)と
劣性白(白色ロック種)とがある

優性白は抑制遺伝子によって有色遺伝子の発現が抑制されるので白色となる。
劣性白色遺伝子がホモになるとメラニン合成が阻害されるために白色となる。
しかし、羽毛以外ではメラニンが産生されるので、眼は黒くアルビノとは異なる。

斑紋: 横斑プリマスロックなどに見られる横斑が代表的で、これは伴性の優性遺伝子Bに支配されている。

2. 外部形態

角
ウシ, ヤギ **無角 > 有角**
ヒツジ **従性遺伝**(ヘテロでは♂有角, ♀無角)

肉髯・毛髯(ヤギ) 肉髯 無 > 有
毛髯 **従性遺伝**(♂有 > 無, ♀無 > 有)

鶏冠 単冠pprr, マメ冠P-rr, パラ冠ppR-, **クルミ冠P-R-**

矮性 ニワトリとウシ 劣性遺伝子

3. 血液型ならびに多型

血液型の遺伝

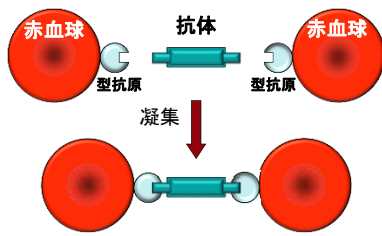
1901年にKarl LandsteinerがABO血液型を発見したことに始まる

血液型

- 狭義の型... 赤血球の型
- 広義の型
 - ・赤血球, 白血球, 血小板の型
 - ・血清の型
 - ・臓器の型
 - ・分泌液の型

多型 = 同一種の生物集団になんらかの形質について異なった2種類以上の個体が共存すること

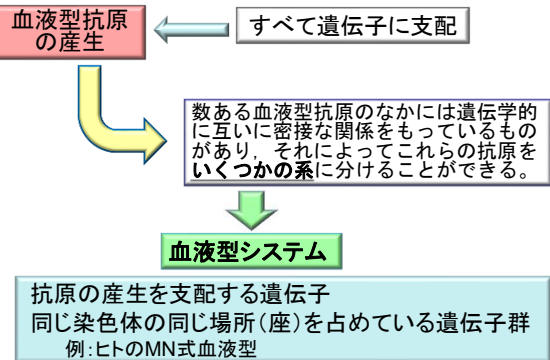
赤血球抗原



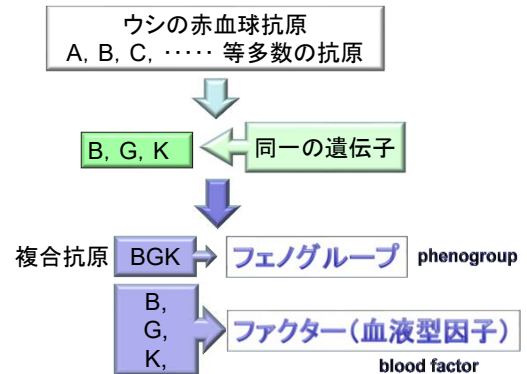
抗原抗体反応の模式図

A型と判定されたヒトの赤血球表面にはA型抗原

血液型システム＝システム



家畜の血液型はさらに複雑



各種動物における血液型因子数と対立遺伝子数

システム	ウシ 血液型 因子数	遺伝子数	システム	ウマ 血液型 因子数	遺伝子数
A	6	10	A	7	11
B	32	>500	C	1	2
C	10	70	D	17	26
F	5	5	K	1	2
J	1	4	P	4	8
L	1	2	Q	3	5
M	3	3	U	1	2
N	1	2			
S	7	8			
Z	2	3			
R'	3	3			
T'	1	2			

各種動物における血液型因子数と対立遺伝子数

システム	ブタ 血液型 因子数	遺伝子数	システム	ニワトリ 遺伝子数
A	3	2	A	>10
B	2	2	B	>20
C	1	2	C	>7
D	2	2	D	>5
E	16	15	E	>10
F	4	4	H	3
G	2	2	I	5
H	5	5	J	2
I	2	2	K	3
J	2	2	L	2
K	5	5	P	>7
L	12	12	R	2
M	8	8	Hi	2
N	3	3	Th	2
O	2	2		

家畜の赤血球抗原型システム

動物種	システム数	赤血球抗原型システム
ウシ	11	A, B, C, P, J, L, M, S, Z, R', T'
ウマ	7	A, C, D, K, P, Q, R
ブタ	15	A, B, C, D, E, P, G, H, I, J, K, L, M, N, O
ヒツジ	7	A, B, C, D, M, R, X
ヤギ	6	A, B, C, R, E, F
ニワトリ	12	A, B, C, D, E, H, I, J, K, L, P, R

システム system とは、同一の遺伝子座に属する対立遺伝子によって決定される血液型

フェノグループ phenogroup とは、1つの遺伝子によって決定される複合抗原

ウシの赤血球抗原型システム

システム	赤血球抗原
A*	A1, A2, D, H, Z'
B*	B1, B2, G1, G2, G3, I1, I2, K, O1, O2, O3, P1, P2, Q1, Q2, T1, T2, Y1, Y2, A'1, A'2, B'1, B'2, E'1, E'3, E'4, F'1, F'2, G'1, I'1, I'2, J'1, J'2, K'1, O'1, P'1, P'2, Q'1, Y'1, A'', B'', D'', F'', G''1, G''2, I'', J'', K''
C*	C1, C2, E, R1, R2, W1, W2, X0, X1, X2, C', L', X', C''1, C''2
F*	F1, F2, V1, V2, N', V'
J	J
M	M1, M2, M'
S*	S1, S2, U1, U2, H', U'1, U'2, H'', S'', U''
Z	Z
R'	R', S'
T'	T'

* フェノグループを形成している。

たとえば、BGOYE' という血液型を持つ雄ウシの子を多数調べると、BOをもつグループとGYE'をもつグループに分かれた。これらBOやGYE'の抗原のグループをフェノグループという。B^{BO}/B^{GYE'}と表記する。

ウシにおける親子鑑別の例										
調査 個体	血液型システム									
A	B	C	F	J	L	S	Z	R'	Tf	
雄1	A/-	B ^{GKEZ} /B ^{GYZE'}	CW1/-	F/V	J ^{CS} -	L/-	S ^H -	-/-	R'/R'	T ^F /T ^F
雄2	-/-	B ^{TI2} /B ^{G'D'OZ}	-/-	F/F	-/-	L/-	S ^H -	-/-	R'/R'	T ^F /T ^F
母	A/-	B ^{K'OZ} /B ^{D'G}	CC/-	F/F	J ^{CS} -	L/-	S ^H -	Z/-	R'/R'	T ^F /T ^F
子	-/-	B ^{GKEZ} /B ^{K'OZ}	-/-	F/V	-/-	L/-	-/-	Z/-	R'/R'	T ^F /T ^F

雄2は父親とはなりえない

100%あり得ない(父権否定)

- 白血球の抗原型は、近年**MHC (major histocompatibility Complex)**としての研究が進み、**主要組織適合性複合体**多くの動物種で
 - ・BoLA(ウシ)
 - ・SLA(ブタ)
 - ・H-2(マウス)
 - ・ELA(ウマ)
 - ・B(ニワトリ)などMHC抗原の分類が行われている。
- その検出手法も、抗原抗体反応に基づくものだけでなく、**MHC 抗原遺伝子のDNA解析**も活発に行われている。
- MHC遺伝子は**多型性に富み、遺伝標識としても有用**である。
- また、MHCが生体の免疫系に深く関与していることから、**疾病との関連性**についての研究が進んでいる。

タンパク質多型

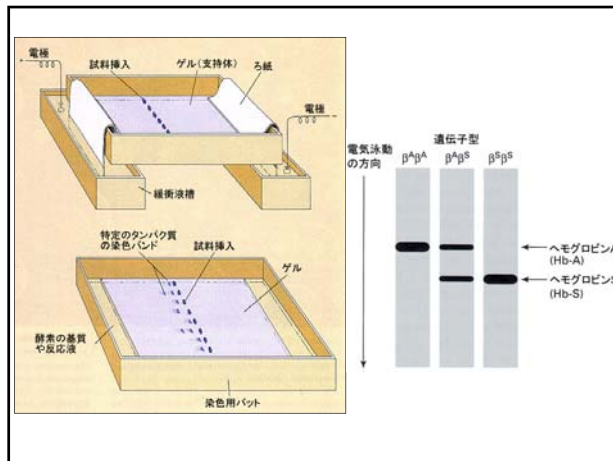
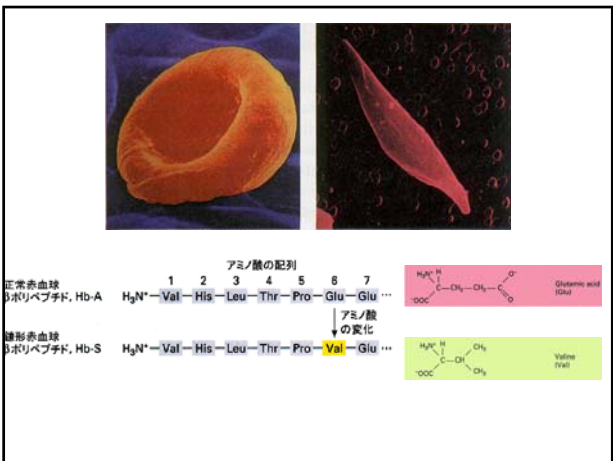
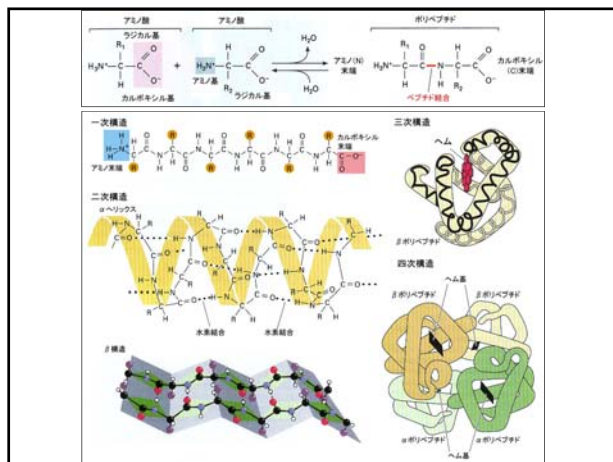
R ラジカル基 (含アミノ/酸で異なる)
 α -炭素原子
 H 水素
 H_2N^+ アミノ基
 COO^- カルボキシル基

アミノ/酸の基本構造

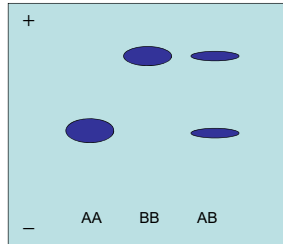
電荷

NH_3^+ (陽性 pH)
 NH_2 (中性 pH)
 COO^- (陰性 pH)

Neutral, monopeptide	Neutral, polypeptide
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$ Glycine (Gly)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}')-\text{COOH}$ Glycylglycine (Gly-Gly)
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$ Alanine (Ala)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}'')-\text{COOH}$ Alanine-glycine (Ala-Gly)
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$ Valine (Val)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}'')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}''')-\text{COOH}$ Valine-alanine-glycine (Val-Ala-Gly)
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$ Isoleucine (Ile)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}'')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}''')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}''''')-\text{COOH}$ Isoleucine-valine-alanine-glycine (Ile-Val-Ala-Gly)
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$ Leucine (Leu)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}'')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}''')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}''''')-\text{COOH}$ Leucine-valine-alanine-glycine (Leu-Val-Ala-Gly)
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$ Methionine (Met)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}'')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}''')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}''''')-\text{COOH}$ Methionine-valine-alanine-glycine (Met-Val-Ala-Gly)
$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{COOH}$ Proline (Pro)	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{R})-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}'')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}''')-\text{CO}-\text{NH}-\text{CH}(\text{R}''''')-\text{COOH}$ Proline-valine-alanine-glycine (Pro-Val-Ala-Gly)



ウシのヘモグロビン型



ウシの交配試験の結果

両親のヘモグロビン型		子牛のヘモグロビン型		
		AA	AB	BB
AA	AA	1		
AA	AB	15	13	
AA	BB		38	
AB	AB	3	22	5
AB	BB		23	23
BB	BB			7

ウシのヘモグロビン型の電気泳動パターン

同じ基質特異性を示す酵素であるが、異なった分子構造を持つ酵素タンパク群を**アイソザイム** isozyme という。

enzyme=酵素 iso=同じ、等しい
Isozyme=アイソザイム、イソ酵素

主な電気泳動的タンパク質多型と対立遺伝子数

システム	記号	対立遺伝子数				
		ウシ	ウマ	ブタ	ニワトリ	イヌ
〔赤血球〕						
ヘモグロビン	Hb	10	>4		2	2
カーボニックアンヒドラーゼ	Ca	5	6	2	3	
〔血 清〕						
トランスフェリン	Tf	12	12	7	4	5
アルブミン	Alb	7	3	3	5	2
ポストアルブミン	Pa	2		2	2	3
アルカリ性ホスファターゼ	Alp	2		5	2	3
〔その他〕						
エステラーゼ	Es	2	8	I 2 II 3	5 2	2 2
アミラーゼ	Amy	I 3 II 2		I 4 II 2	I 4 II 2	
セルロブラスミン	Cp	3	2	3		

<畜産における血液型の応用>

① 親子鑑別【個体レベル】

人工授精の結果、真の父親が不明な場合がしばしば生ずる。親子鑑別には血液型のほかに、血清タンパク質の多型も併用されるのが普通である。

② フリーマーチンの判定【個体レベル】

胎生期の双子の血管吻合によって相互に赤血球の原基細胞が交換されると、血液型は同じとなる(赤血球キメラ)。異性双子分娩時には血液型を検査し、同型だとフリーマーチンと判定する。

注)フリーマーチン-ウシの異性双子のメスのおよそ90%はフリーマーチンとして繁殖不能となる。

③ 疾病(血液型不適合)の回避【個体レベル】

母と子の血液型の不適合によって生じるヒトの場合のRh血液型と同じようなものとして、豚ならびに馬の初生子黄疸症がある。

④ 品種構造の分析【集団レベル】

これは多型遺伝子を利用して、品種の遺伝的特徴を分析し、それにより他品種との類縁関係またはその品種の成立過程などを調べる方法である。

⑤ 量的形質(経済形質)との関連性【集団レベル】

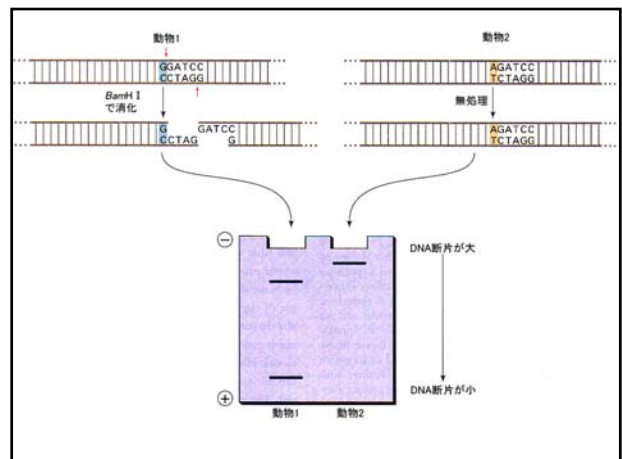
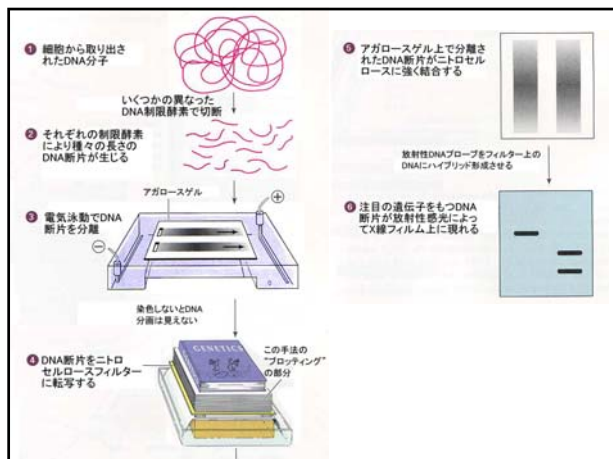
血液型または蛋白質多型と量的形質との関連性について検討され、例えば牛の血清トランスフェリン(Tf)のD型がA型に比べ乳量が高いことが知られている。

DNA多型

生物において、さまざまなレベルで検出される遺伝的変異も、究極的にはDNA分子の塩基配列レベルでの変異として捉えることができる。

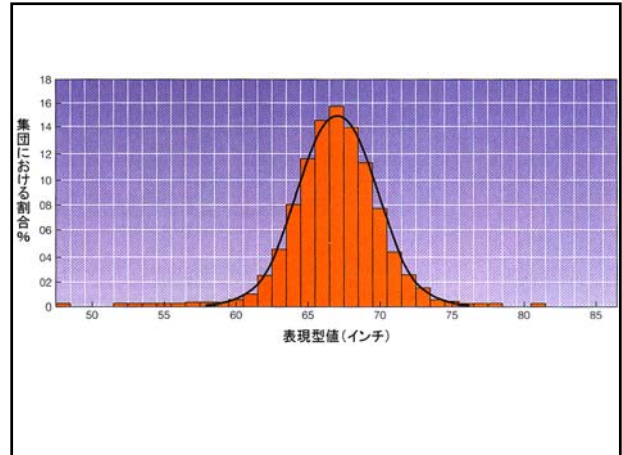
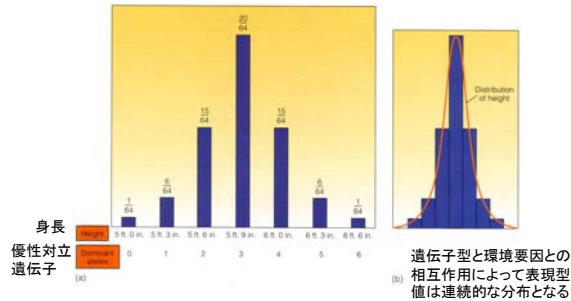
1. 制限酵素断片長多型 restriction fragment length polymorphism, RFLP
特定の制限酵素によるDNA断片長の差が移動度の違いとして検出される多型
2. 縦列型反復配列 variable number of tandem repeats, VNTRs
DNAの特定の部分におけるミニサテライトの反復配列数の多型
3. DNAフィンガープリント DNA fingerprint
ゲノム中のミニサテライトの反復数を検出
4. マイクロサテライト microsatellite
DNAの塩基配列の中にCA(GT)などの短い配列を検出

VNTRsやDNAフィンガープリントは、従来鼻紋、斑紋、血液型などにより行われてきた個体識別、親子鑑別、双子の卵性診断などに利用される。



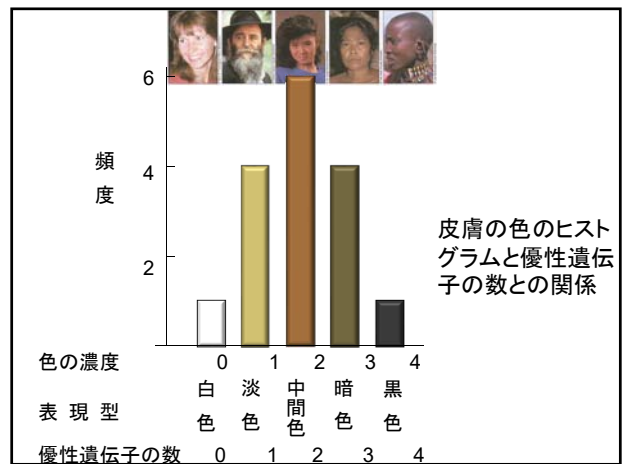
ヒトの身長に関するモデル

5フィートを基礎値として、優性遺伝子1個当たり3インチ大きく
なるとする。
aabbccで5フィート、AABBCCで6フィート6インチとなる。



小麦の穀粒色(量的形質)のF₂世代における 表現型分離比と遺伝子型

遺伝子型	赤色形成 遺伝子の数	表現型	F ₂ 世代の 分離比
RRCC	4	暗赤色	1/16
RRCc or RrCC	3	赤 色	4/16
RRcc or rRCC or RrCc	2	中間色	6/16
rrCc or Rrcc	1	薄赤色	4/16
rrcc	0	白 色	1/16



親(P) 黒人(AABB) × 白人(aabb)

子(F₁) AaBb

F₂世代 AaBb × AaBb

F₂の遺伝子型の理論的分布: (AB+Ab+aB+ab)²

AABB 黒色1, AAbb 中間色1, AaBb 中間色4, aaBB 中間色1, AABb 暗色2,
AaBB 暗色2, Aabb 淡色2, aaBb 淡色2, aabb 白色1, 合計16

つまり, F₂の表現型上の分離は

黒色:暗色:中間色:淡色:白色=1:4:6:4:1

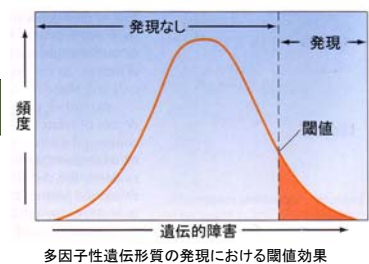
AまたはB優性遺伝子の数の合計によって色の発現が異なる

相加的遺伝子効果

悉無形質 all or none trait

➢ 疾病発症—“有”, “無”
➢ 生 死 率—“生”, “死”

遺伝支配にいくつかの
遺伝子が関与している



悉無的発現ではあるが、その本質は
量的形質にみられる連続的変異の特
性を持ち、閾値形質とも呼ばれる。