HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 体尺検測時における数理統計学的一考察 |
| Author(s) | 渡辺, 裕; 下飯坂, 隆; 佐藤, 邦忠 |
| Citation | 北海道大学農学部附属牧場研究報告, 3, 7-22 |
| Issue Date | 1967-01-30 |
| Doc URL | http://hdl.handle.net/2115/48869 |
| Type | bulletin (article) |
| File Information | 3_7-22.pdf |

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 体尺検測時における数理統計学的一考察

渡辺　裕・下飯坂　隆・佐藤邦忠

動物の形態学的，遺伝学的な研究に関し，動物の形態，能力の基準は科学的にはその実体が不明であり，それ故に基準の実体を仮定して，それを構成する様々の要素が夫々の何分の一ずつかを反映している結果像より質を量として認識し，その結果を動物の本来の目的とする能力との関係に於いて客観的，具象的現象として求める努力がなされてきた。

動物体測定が形態的な質の比較を行なう方法として，現時点に於ける，科学的知識の発展程度の限界の制約に於いては形態学的質の反映を知り得る適当の方法である。今回馬を用いてラテン方格及び直交表による因子割付けによる実験計画に従って測定を行ない，その際の変動要因に関して一考察を試みた。

## 実　験　方　法

i)　反復のラテン方格

a)　実験計画：　反復のラテン方格により各要因。水準を割付け，測定順位に関しては乱数表によった (表1, 2)。

**表1**　実　験　配　置　表

例　体　高

| | $B_1$ | | $B_2$ | | $B_3$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_1$ | $M_1$ | $M_3$ | $M_3$ | $M_2$ | $M_2$ | $M_1$ |
| $P_2$ | $M_2$ | $M_1$ | $M_1$ | $M_3$ | $M_3$ | $M_2$ |
| $P_3$ | $M_3$ | $M_2$ | $M_2$ | $M_1$ | $M_1$ | $M_3$ |

**表2**　測　定　順　位 (測定部位と馬体との関係)

| 順　位 | 7 | 1 | 8 | 2 | 4 | 6 | 5 | 3 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 馬　体 | 部位 | | | | | | | |
| | 体　高 | 胸　囲 | 管　囲 | 胸　幅 | 胸　深 | 尻　幅 | 尻　高 | 体　長 |
| $B_1$ | 1 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| $B_2$ | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| $B_3$ | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 |

b) 要因及び水準

馬　　体 ($B$)： 3 水 準

測 定 者 ($P$)： 3 水 準

測定順番 ($M$)： 3 水 準

反　　復 ($R$)： 2

(以下各要因は上記略記に従う)

c) 測定部位及び測定器

体高・体長・尻高： 改良型牛体測定器 (富士平製)

胸深・胸幅・尻幅： 岡部式骨盤計 (富士平製)

胸囲・管囲　　： 巻　　尺 (布製)

d) 測 定 法

測定器は全員同一物を使用し，1回目の測定が全員終了後2回目を行ない，記録は測定値を読み上げて行ない，馬体姿勢は出来るだけ全員共同じになるようにした。

ii) 直交表による因子割付け

a) 実験計画

$L_9(3^4)$ 表による因子割付を行ない，測定順位に関しては無作為化して行なった (表3)。

**表3** 実 験 配 置 表

例　体　高

| 1<br>$R$ | 2<br>$A$ | 3<br>$O$ | 4 | 測　定　値 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 1 | 150.0 |
| 1 | 2 | 2 | 2 | 178.5 |
| 1 | 3 | 3 | 3 | 221.3 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 205.0 |
| 2 | 2 | 3 | 1 | 220.0 |
| 2 | 3 | 1 | 2 | 248.0 |
| 3 | 1 | 3 | 2 | 142.5 |
| 3 | 2 | 1 | 3 | 242.0 |
| 3 | 3 | 2 | 1 | 382.0 |

b) 要因及び水準

品　　種 ($R$)： 3 水 準

年　　齢 ($A$)： 3 水 準

産　　地 ($O$)： 3 水 準

(以下各要因上記略記に従う)

c) 測定部位・測定器・測定法

ラテン方格と同様に行なった。

## 分　　析

分散分析・偏相関関係・重回帰方程式を求めた。

a) ラテン方格の一元結合型による分析

i) 8部位夫々に関して分析，方格因子相互の間の交互作用は取上げず，母数模型の反復因子 $R$ と各方格因子との交互作用だけを取り上げて $F$-検定を行なった。なお測定値は生のものと，Log 変換値に関し同様な方法で分析した。検定はすべて危険率 1% と 5% で行なった(表4-1～4-16)。

**表4**　ラテン方格の一元結合型による馬体測定値の分散分析

**表4-1**　体　　高 (log)

| 要　因 | $DF$ | $MS$ | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $B$ | 2 | 12346805.5 | 512.86** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| $R$ | 1 | 278.8 | — | 86.32 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| $B\times R$ | 2 | 13433.5 | — | 1.79 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| $P$ | 2 | 942.2 | — | 25.56* | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| $P\times R$ | 2 | 3482.2 | — | 7.14 | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| $M$ | 2 | 13503.8 | — | 1.78 | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| $M\times R$ | 2 | 52918.5 | 2.20 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| $E$ | 4 | 24074.5 | | | $\sigma^2$ |
| $BPMR$ | 17 | | | | |

**表4-2**　体　　高 (実測)

| 要　因 | $DF$ | $MS$ | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $B$ | 2 | 118884.72 | 465.2* | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| $R$ | 1 | 29.38 | — | 8.69 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| $B\times R$ | 2 | 70.72 | — | 3.61 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| $P$ | 2 | 26.05 | — | 9.80 | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| $P\times R$ | 2 | 5.05 | — | 50.55* | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| $M$ | 2 | 77.72 | — | 3.29 | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| $M\times R$ | 2 | 739.38 | 2.89 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| $E$ | 4 | 255.5 | | | $\sigma^2$ |
| $BPMR$ | 17 | | | | |

**表 4-3** 胸　　囲 (log)

| 要　　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $B$ | 2 | 26635768.5 | 3048.46** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| $R$ | 1 | 642.2 | — | 13.61 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| $B\times R$ | 2 | 915.5 | — | 9.54 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| $P$ | 2 | 10103.8 | 1.16 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| $P\times R$ | 2 | 6926.1 | — | 1.26 | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| $M$ | 2 | 16827.2 | 1.93 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| $M\times R$ | 2 | 3610.5 | — | 2.42 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| $E$ | 4 | 8737.75 | | | $\sigma^2$ |
| $BPMR$ | 17 | | | | |

**表 4-4** 胸　　囲 (実測)

| 要　　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $B$ | 2 | 348024.38 | 2894.8** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| $R$ | 1 | 9.38 | — | 12.80 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| $B\times R$ | 2 | 16.05 | — | 7.48 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| $P$ | 2 | 102.72 | — | 1.17 | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| $P\times R$ | 2 | 94.38 | — | 1.27 | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| $M$ | 2 | 236.05 | 1.96 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| $M\times R$ | 2 | 42.72 | — | 2.81 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| $E$ | 4 | 120.2 | | | $\sigma^2$ |
| $BPMR$ | 17 | | | | |

**表 4-5** 体　　高 (log)

| 要　　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $B$ | 2 | 4494775.5 | 46.6** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| $R$ | 1 | 7220 | — | 13.34 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| $B\times R$ | 2 | 21606.6 | — | 4.46 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| $P$ | 2 | 19300.5 | — | 4.99 | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| $P\times R$ | 2 | 3965 | — | 24.29* | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| $M$ | 2 | 9183.5 | — | 10.45 | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| $M\times R$ | 2 | 361.6 | — | 266.45** | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| $E$ | 4 | 96320.25 | — | | $\sigma^2$ |
| $BPMR$ | 17 | | | | |

**表 4-6** 管　　囲（実測）

| 要　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 720.38 | 49.49** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 1.38 | — | 10.47 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 3.72 | — | 3.0 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 2.38 | — | 6.09 | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 0.72 | — | 20.15* | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 1.38 | — | 10.54 | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 0.05 | — | 262.0** | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 14.55 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表 4-7** 胸　　幅（log）

| 要　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 17801727 | 128.31** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 265267 | 1.91 | | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 778393.5 | 5.61 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 1514484.5 | 10.92* | | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 555020 | 4.00 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 273110 | 1.97 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 78903.5 | — | 1.75 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 138738 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表 4-8** 胸　　幅（実測）

| 要　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 11793.05 | 35.53** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 112.5 | — | | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 462.5 | 1.39 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 934.72 | 2.82 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 337.5 | 1.02 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 101.38 | — | 3.27 | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 54.16 | — | 6.12 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 331.94 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表 4-9** 胸　　深 (log)

| 要　　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 2691303.5 | 286.89** | | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 7646 | — | 1.23 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 66734 | 7.11* | | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 25362 | 2.70 | | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 14794 | 1.58 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 20428.5 | 2.18 | | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 4294.5 | — | 2.18 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 9381.25 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表 4-10** 胸　　深 (実測)

| 要　　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 53516.$\dot{6}$ | 256.89** | | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 112.5 | — | 1.85 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 1050 | 5.04 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 516.$\dot{6}$ | 2.48 | | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 216.$\dot{6}$ | 1.04 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 454.1$\dot{6}$ | 2.18 | | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 54.1$\dot{6}$ | — | 3.84 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 208.$\dot{3}$ | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表 4-11** 尻　　幅 (log)

| 要　　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 4363868.1$\dot{5}$ | 402.27** | | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 5973245 | 55.06** | | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 8969855 | 82.69** | | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 111785 | 1.03 | | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 62601.5 | — | 1.73 | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 93381.5 | — | 1.16 | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 3461.5 | — | 31.34* | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 108481.5 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表 4-12** 尻　幅（実測）

| 要　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 49918.05̇ | 936.36** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 168.05̇ | 3.15 | | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 34.72̇ | — | 1.54 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 151.38̇ | 2.84 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 89.72̇ | 1.68 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 126.38̇ | 3.28 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 50.8̇ | — | 1.05 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 53.3i̇ | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表 4-13** 尻　高（log）

| 要　因 | *DE* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 8185146.5 | 1514.33** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 18808.8̇ | 3.48 | | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 4295.5̇ | — | 1.26 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 1685 | — | 3.21 | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 5710.5̇ | 1.06 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 4515 | — | 1.20 | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 22523.5 | 4.17 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 5404.25 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表 4-14** 尻　高（実測）

| 要　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 857701.5̇ | 1413.99** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 180.5 | 2.99 | | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 34.6̇ | — | 1.75 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 16.72̇ | — | 3.62 | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 57.16̇ | — | 1.06 | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 52.05̇ | — | 1.16 | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 246.16̇ | 4.06 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 60.6i̇ | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表 4-15** 体　　長 (log)

| 要　　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 23179427 | 617.29** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 469201 | 12.50* | | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 487745.5 | 12.99* | | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 19738.5 | — | 1.90 | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 33272 | — | 1.13 | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 41040.5 | 1.09 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 8640.5 | — | 4.34 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 37550.5 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表 4-16** 体　　長 (実測)

| 要　　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 228384.7$\dot{2}$ | 597.77** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 0.$\dot{2}$ | — | 1723.74* | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 15.7$\dot{2}$ | — | 24.3* | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 168.3$\dot{8}$ | — | 2.27 | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 353.3$\dot{8}$ | — | 1.08 | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 343.3$\dot{8}$ | — | 1.11 | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 43.0$\dot{5}$ | — | 8.87 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 382.0$\dot{5}$ | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

ii) 管囲/胸囲，胸幅/胸深，体長/胸囲，体高/胸囲 の百分率値で各部位同様分散分析を行なった (表 5-1～5-4)。

b) 直交表による因子割付けび及分散分析

各部位に関し，3 因子を $L_9(3^4)$ 表で割付け分散分析を行なった。又各要因に関する寄与率を求めた (表 6-1～6-9)。

c) 偏相関及び重回帰方程式

18 回測定の体高，尻高，胸囲，管囲の夫々の実測値に関し，ガウスの乗法により回帰係数を求め，*t*-検定を行なった。又同様にして重回帰方程式を求めた (表 7)。

**表5**　ラテン方格の一元結合型による馬体測定値百分率による分散分析

**表5-1**　管囲/胸囲

| 要　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 761.1772 | 182.20** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 0.605 | — | 6.90 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 1.7116 | — | 2.44 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 1.0538 | — | 3.96 | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 1.2215 | — | 3.42 | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 2.9672 | — | 1.41 | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 0.3616 | — | 11.55 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 4.17 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表5-2**　胸幅/胸深

| 要　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 3438.9316 | 9.87* | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 1828.108 | 5.25 | | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 2172.154 | 6.24 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 5322.6016 | 15.28* | | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 596.0405 | 1.71 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 1050.746 | 3.02 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 52.7494 | — | 6.60 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 348.3005 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

**表5-3**　体高/胸囲

| 要　因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 20837.753 | 230.14** | | $\sigma^2+rp\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 18.808 | — | 4.81 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 44.335 | — | 2.04 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 149.206 | 1.65 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 34.828 | — | 2.60 | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 175.875 | 1.94 | | $\sigma^2+rp\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 506.8572 | 5.60 | | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 90.5494 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

表 5-4 体長/胸囲

| 要 因 | *DF* | *MS* | $F_S$ | $1/F_S$ | $E(MS)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *B* | 2 | 7758.8538 | 64.29** | | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_B$ |
| *R* | 1 | 2.2755 | — | 53.08 | $\sigma^2+p^2\sigma^2_R$ |
| *B*×*R* | 2 | 7.3083 | — | 16.53 | $\sigma^2+p\sigma^2_{BR}$ |
| *P* | 2 | 77.3061 | — | 1.56 | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_P$ |
| *P*×*R* | 2 | 93.0016 | — | 1.30 | $\sigma^2+p\sigma^2_{PR}$ |
| *M* | 2 | 223.7838 | 1.85 | | $\sigma^2+r\rho\sigma^2_M$ |
| *M*×*R* | 2 | 92.7872 | — | 1.30 | $\sigma^2+p\sigma^2_{MR}$ |
| *E* | 4 | 120.80 | | | $\sigma^2$ |
| *BPMR* | 17 | | | | |

表 6 $L_9(3^4)$ 表による因子割り付けを行なった時の分散分析

表 6-1 体 重

| | *DF* | *SS* | *MS* | $F_S$ | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| *R* | 2 | 7875.486 | 3937.743 | 1.41 | 5.65 |
| *A* | 2 | 21117.786 | 10558.893 | 3.77 | 38.46 |
| *O* | 2 | 5769.286 | 2824.643 | 1.03 | 3.57 |
| *e* | 2 | 5595.02 | 2797.51 | | 52.32 |
| *T* | 8 | 40357.57 | | | |

表 6-2 胸 囲

* $\rho$: 寄与率

| | *DF* | *SS* | *MS* | $F_S$ | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| *R* | 2 | 153.5 | 76.7 | 1.45 | 3.69 |
| *A* | 2 | 869.5 | 434.7 | 8.24 | 58.79 |
| *O* | 2 | 170.8 | 85.4 | 1.62 | 5.03 |
| *e* | 2 | 105.5 | 52.7 | | 32.49 |
| *T* | 8 | 1299.55 | | | |

表 6-3 胸 幅

| | *DF* | *SS* | *MS* | $F_S$ | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| *R* | 2 | 57.5 | 28.77 | 7.00 | 47.33 |
| *A* | 2 | 27.5 | 13.77 | 3.35 | 18.55 |
| *O* | 2 | 10.8 | 5.44 | 1.32 | 2.24 |
| *e* | 2 | 8.2 | 8.2 | | 31.88 |
| *T* | 4 | 104.0 | | | |

表 6-4　体　　高

| | *DF* | *SS* | *MS* | $F_S$ | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| *R* | 2 | 350.408 | 175.204 | 5.08 | 39.87 |
| *A* | 2 | 188.968 | 94.984 | 2.76 | 17.00 |
| *O* | 2 | 97.942 | 48.971 | 1.42 | 4.39 |
| *e* | 2 | 68.942 | 34.471 | | 38.74 |
| *T* | 8 | 706.260 | | | |

表 6-5　管　　囲

| | *DF* | *SS* | *MS* | $F_S$ | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| *R* | 2 | 10.8 | 5.4 | 10.32 | 50.12 |
| *A* | 2 | 5.05 | 2.53 | 4.79 | 20.36 |
| *O* | 2 | 2.72 | 1.36 | 2.58 | 8.49 |
| *e* | 2 | 1.05 | 0.53 | | 21.03 |
| *T* | 8 | 19.62 | | | |

表 6-6　胸　　深

| | *DF* | *SS* | *MS* | $F_S$ | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| *R* | 2 | 19.88 | 9.937 | 0.68 | — |
| *A* | 2 | 151.08 | 75.538 | 5.15 | 50.02 |
| *O* | 2 | 33.74 | 16.871 | 1.15 | 49.98 |
| *e* | 2 | 29.34 | 14.671 | | |
| *T* | 8 | 234.04 | | | |

表 6-7　尻　　幅

| | *DF* | *SS* | *MS* | $F_S$ | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| *R* | 2 | 23.16 | 11.58 | 0.64 | — |
| *A* | 2 | 71.16 | 35.58 | 1.97 | 21.34 |
| *O* | 2 | 33.5 | 16.75 | 0.93 | — |
| *e* | 2 | 36.16 | 18.08 | | 78.66 |
| *T* | 8 | 164.03 | | | |

表 6-8 体 長

| | $DF$ | $SS$ | $MS$ | $F_S$ | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| $R$ | 2 | 166.64 | 83.32 | 1.56 | 6.50 |
| $A$ | 2 | 459.98 | 229.99 | 4.31 | 38.38 |
| $O$ | 2 | 186.54 | 93.27 | 1.75 | 8.67 |
| $e$ | 2 | 106.82 | 53.41 | | 46.45 |
| $T$ | 8 | 919.98 | | | |

表 6-9 尻 高

| | $DF$ | $SS$ | $MS$ | $F_S$ | $\rho$ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| $R$ | 2 | 326.46 | 163.23 | 6.98 | 41.03 |
| $A$ | 2 | 225.45 | 112.72 | 4.82 | 26.21 |
| $O$ | 2 | 82.94 | 41.47 | 1.77 | 5.31 |
| $e$ | 2 | 46.78 | 23.39 | | 27.45 |
| $T$ | 4 | 681.63 | | | |

表 7 偏 相 関 関 係 解

$$S_{x_1x_1}\,C_{11}+S_{x_1x_2}\,C_{12}+S_{x_1x_3}\,C_{13}=1 \quad 0 \quad 0$$
$$S_{x_2x_1}\,C_{21}+S_{x_2x_2}\,C_{22}+S_{x_2x_3}\,C_{23}=0 \quad 1 \quad 0$$
$$S_{x_3x_1}\,C_{31}+S_{x_3x_2}\,C_{32}+S_{x_3x_3}\,C_{33}=0 \quad 0 \quad 1$$

$\sum y^2=2406.584$
$\sum \hat{y}^2=2384.478115$
$S_y \quad =21.706329$
$S^2_{y\cdot 123}=S_y/_{14}=1.550452$
$S^2_{\hat{y}\cdot 123}=1.245212$
$R^2 \quad =0.990814$

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0.014855 | −0.011931 | 0.121399 | $\sqrt{C_{11}}=0.121881$ |
| 0.011931 | 0.010352 | −0.112391 | $\sqrt{C_{22}}=0.101744$ |
| 0.121408 | −0.112391 | 1.345950 | $\sqrt{C_{33}}=1.160150$ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $S_{xy}$ | 2025.6348 | 3855.8705 | 140.4405 |
| $b=\sum(C,\ S_{xy})$ | 1.137005 | −0.036120 | 1.570745 |
| $S=S_{y\cdot 123}\sqrt{C}$ | 0.151768 | 0.136693 | 1.444633 |
| $t=$ | 7.491731** | 0.285099 | 1.087297 |

故に重回帰方程式は

$$\hat{Y}=1.137\,x_1-0.036\,x_2+1.57\,x_3-45.087$$

## 考 察

ラテン方格による馬体測定の実測値の構造模型は

$$x_{ijkl}=m+I_{B_i}+I_{P_j}+I_{M_k}+I_{R_l}+I_{BR_{jl}}+I_{MR_{k^i}}+Z_{ijkl}$$

($x_{ijkl}$： 実 測 値)

$m$： 固定因子に原因する一般平均

$I_{B_i}$ ： 因子 $B$ に関係する部分
$I_{P_j}$ ： 因子 $P$ に関係する部分
$I_{M_k}$ ： 因子 $M$ に関係する部分
$I_{Rl}$ ： 因子 $R$ に関係する部分
$I_{BR_{il}}$ ： 因子 $B$ と因子 $R$ の間の交互作用効果
$I_{PR_{jl}}$ ： 因子 $P$ と因子 $R$ の間の交互作用効果
$I_{MR_{kl}}$ ： 因子 $M$ と因子 $R$ の間の交互作用効果
$Z_{ijkl}$ ： 誤　　差

各実測値の誤差は個々の計算での誤差の原因となり，次の演算データーの誤差となって伝播される。

誤差を考えると生物現象の観察の場合，観察時点での誤差と，演算時点で生ずる誤差とに分けられる。先ず演算時の誤差に関してみると，入力の誤差，丸めの誤差，桁落ち，近似の誤差（打ち切りの誤差）等があげられ，例えば丸めの誤差については $|\delta| \leqq 1/2 \times 10^{-k}$（小数第 $k$ 位4捨5入）で，即ち $\sum|\alpha_m| \leqq m/2 \times 10^{-k}$（$m$ 個の和算）となり，数理的に演算誤差を考える場合詳しく計算を行えば如何程でも

$$\lim_{|k|\to\infty} |\delta| = 0$$

と出来得るが，入力誤差により精度の高い計算を行なっても無駄であり，計算機の能力，計算所要時間，必要正確さ等でも限度はある。

次に測定時の誤差に関してみると測定値は連続量であり，読みの単位は小さく出来得ても馬体の統計的な管理状態保持の問題，測定器の機差及び測定者の技術の管理化，標準化により測定値の精度及び正確さは左右され制約を受ける。

本実験では測定値を $10^{-2}$ cm 位，4捨5入で求め，その範囲は表8に示す如くである。

表8　部位による変動範囲

| 部　位 | 反復の変動(同一人で) | | 人の変動(同一馬で) | |
|---|---|---|---|---|
| 体　高 | $B_2 \cdot P_3$ | 3.1 cm | $B_1 \cdot P_1\text{-}P_3 \cdot R_1$ | 4.7 cm |
| 管　囲 | $B_2 \cdot P_1$ | 0.5 | $B_3 \cdot P_1\text{-}P_3 \cdot R_1$ | 0.6 |
| 胸　深 | $B_3 \cdot P_1$ | 5.5 | $B_3 \cdot P_1\text{-}P_3 \cdot R_2$ | 3.5 |
| 胸　囲 | $B_2 \cdot P_3$ | 2.0 | $B_2 \cdot P_2\text{-}P_3 \cdot R_1$ | 3.0 |
| 胸　幅 | $B_1 \cdot P_2$, $B_1 \cdot P_3$ | 4.5 | $B_1 \cdot P_1\text{-}P_2$, $P_1\text{-}P_3$ $R_1$ | 5.0 |
| 尻　幅 | $B_1 \cdot P_1$, $B_3 \cdot P_3$ | 2.0 | $B_3 \cdot P_1\text{-}P_3 \cdot R_2$ | 3.0 |
| 尻　高 | $B_3 \cdot P_3$ | 2.6 | $B_2 \cdot P_2\text{-}P_3 \cdot R_1$ | 2.6 |
| 体　長 | $B_2 \cdot P_2$ | 4.0 | $B_2 \cdot P_1\text{-}P_2 \cdot R_2$ | 4.1 |

MAILAND によれば，生体測定に熟練した人類学者が一婦人の身体各部位を測定し，その範囲を示しているが，測定時条件の一定化は比較的行ない易いにもかかわらず変動の範囲が大きい（表9）。

表9　生体測定時の変動範囲（MAILAND による）

| 変位 | 変動範囲 (cm) | 測定者 (人) |
|---|---|---|
| 身長 | 1.8 | 21 |
| 手の長さ | 2.0 | 13 |
| 胸部横径 | 4.0 | 15 |
| 両腸骨櫛幅の恥骨の幅 | 5.0 | 18 |

この事は測定時の条件と同時に部位の設点に問題があるものと思われる。例えば体高に関してみると，理論的には第4，5胸椎棘突起より垂直に地面迄の高さと云うことになるが，皮膚よりこの点を確認する事及びこの点の運動性に関し，即ち四肢の状態には特別の規制がなく測定者の主観に委ねられており，この事は8部位に共通した点である。

因有誤差の一部に考えられる測定値の誤読，誤記，転記違い及び目盛りの読み癖等誤差の要因は未知因子群をも含めて多数存在するが，本実験に於いては生物の変動因解析として $P$, $B$, $M$, $R$, $R\times B$, $R\times P$ 及び $R\times M$ の7要因に関して $F$-検定を試みた処，因子 $B$ は各測定部位とも有意性が認められ，個体因子即ち個体の持って生れた形質，生れ育った経歴及び単にあるがままの様態等の定常的な個体差及びある種の負荷に対する反応性の個体差が考えられ統計的な管理状態即ち十分な層別が特に必要である。

不偏分散で異常に小さい因子が認められた体高，管囲及び尻幅に関し，特に体高及び管囲は形態及び能力の指針として一般的に考えられており，石崎は管囲について馬体の保持，運動時の負重は支持組織として全てこの一本の骨を通じて行なわれ，機能とその形態適応との関係につき研究するのに生物学上適当な材料であると述べている。即ち測定者の関心が強い部位であるので，測定技術及び目盛りの読み癖をも手伝って，主観的理想型に意識的に或いは無意識的に近づけた心理的影響は十分考えられ，又管囲に関して LODEMAN (1927)，石崎 (1955) は被毛が品種，季節で測定値変動範囲を異にする原因であるとしており，本実験の結果からのみ，信頼性が高く，精度と正確さが高い処であるとの結論は出せないまでも，可成り変動範囲を少なく出来得る箇所であると云い得よう。

尻幅に関しては $R$，$B\times R$ に有意性を $M\times R$ に異常に小なる変動を認めたことより馬体の姿勢が大きな変動原因であると思われる。

体長及び胸深に関しても同様，馬体の同一姿勢の持続時間が何の位であるかにより影響される。例えば尻幅の設点は両寛結節外角の水平距離であるが臀部への測定器接近又は接触により馬体に緊張を生じ，その結果四肢接地点での変化が生ぜずとも可動部である関節の空間的移

動により設点の変位が生じ，測定値変動の誘因となったとも云い得る。体長に関しても胸骨柄と坐骨結節間の水平距離であるが四肢の接地点状態及びその結果として生ずる背椎の形で測定値変動が生ずる。

今肩関節部が直接関係する体高の変動範囲をこの部位だけに限定して求めてみると，この関節は肩甲骨と上腕骨から成り，夫々の骨のなす角度が 100～120° で骨長が平均値として 48.4 cm と 30.3 cm であるとされており（増井），この部位の変動範囲は約 10 cm となり，本実験での範囲の約2倍となる。然しながら必ずしも肩関節部の変動が体高の変動を生ずるとの結論は出せず，生物体での変動範囲には限度があり，肘，手，指各関節が相互に変動を調節し，総合的には体高の変動を生ずるのであり，　この事は他の測定部位（但し管囲は例外）にも云える事で全体的な測定値とその構成部位の状態に客観的規制が必要と考える。

測定部位の一部で百分率による分散分析を行ない，体長/胸囲，体高/胸囲，管囲/胸囲で因子 $B$，胸幅/胸深で因子 $P$，$B$ に夫々有意性を認めたが，生物観察上因子 $B$ に関する限り，統計的管理を十分に行なうことに注意を払い，百分率での比較は質の想定の一資料として利用出来得ると思われる。

次に馬体の測定時点での管理化以外の因子を追求してみるべく直交表による実験を行なった。50% 以上の寄与率が誤差要因で認められた部位は体重，胸深，尻幅であり，品種による寄与率が高い部位は体高，管囲，尻高で，同様に年齢に関しては体重，胸囲，胸深，体長の各部位が高く逆に寄与率の低い因子は生産地であり，石崎の述べる体高，管囲，尻高が馬体を量として認識する部位としては適当ではないかと考える。又馬体の形態が，生産地因子で変動することが少なく，むしろ生長過程での環境因子が大きいと考えられるが，この点に関しては目下追求中である。又誤差の寄与率が高い点からも，馬体測定時の統計的管理化及び標本抽出の確率化が特に必要であると考える。

体高，尻高，胸囲，管囲に関しては偏相関係数を求めた処，尻高とは危険率 1% で有意であり，胸囲とは有意性は低いが負の相関関係を認めた。偏相関に関しては資料を増し，判別函数を追求中である。

石崎は部位の相関関係に関し，前管囲は特に胸囲，尻幅，胸幅，体長及び胸深と高い相関を認め肢骨の太さを求めて馬体の質を推察する根拠はあるとし，増井は体高と尻高，胸深及び胸囲との相関関係が高いとしている。本実験との胸囲での差を生じたことに関し，今回の資料が少数であることより，この結果を他成績と比較するには無理な処もある。

数量的な測定結果から質的な判別基準を作ることは測定結果の複雑なパターンを客観的に整理し，判別指標を作ることであり，非常に困難な問題を伴っている。即ち馬体の形質判定の問題を伴っている。即ち馬体の形質判定の問題として客観的に計測された諸要因と外的基準によって分類されたものが如何に関係づけられるか，又個々の諸要因の測定結果をどう結合した時，判別が有効に表現され，かつ要因にどんな性質をもつ物が判断に役立つかなど今後の問題

として計測量が馬体の質判断の数量化，客観化及び合理的総合判断の基準の上に設計され，生物現象が数学的模型として解析されること，即ち線型判別函数として認識されることが必要と考える。

御校閲をいただいた広瀬牧場長に深甚なる感謝の意を表します。

## 結　　論

1) 馬体測定値変動要因をラテン方格の一元及び $L_9(3^4)$ 表による因子割付けを行ない，有意因子を各部位毎に分散分析で求めた。

2) 因子 $B$ は各部位とも有意であった ($P<0.01$)。

3) 体高で因子 $P$，管囲で因子 $P\times R$，因子 $M\times R$，尻幅で因子 $M\times R$ で異常に小さい変動を認めた ($P<0.05$)。

4) 体長で因子 $R$，因子 $B\times R$，胸幅で $P$，胸深で因子 $B\times R$，尻幅で因子 $R$，因子 $B\times R$ に有意性を認めた ($P<0.005$)。

5) 測定時は四肢の接地点状態の管理が特に必要と思われた。

6) $L_9(3^4)$ 表の因子割付けによる実験より，各要因の寄与率を求めた結果，品種では体高，管囲，尻高，年齢では体重，胸囲，体長の各部位で高い値が認められた。

7) 体高に対する尻高，胸囲，管囲の偏相関係数は夫々 7.49，0.29，1.09 であった。

## 文　　献

LODEMANN, G. (1927): Z. Tierz. Züchtungsb., **9**, 349.
ZIMMER, A. (1927): Z. Tierz. Züchtungsb., **9**, 207.
増井　清：野村晋一から引用.
MAILAND, D. (1952): Elementary Medical Statistics, p. 13. W. B. Saunders Company, Philadelphia & London.
石崎三郎 (1955): 関東東山農業試験場研究報告, **7**, 155.
野村晋一 (1957): 馬体測定, 中央畜産会, 東京.
田口玄一 (1964): 実験計画法上下　東京丸善