

養豚場における食肉検査結果の決定要因の 主成分分析による解析法

深江征雄¹⁾ 大西綾衣²⁾ 黒澤拓也³⁾ 藤代れい一²⁾ 横井 智²⁾
大野博士⁴⁾ 山形 章²⁾ 足立泰基^{2)†}

- 1) 北海道根室保健所 (〒087-0009 根室市弥栄町 2-1)
2) 北海道東藻琴食肉衛生検査所 (〒099-3231 網走郡大空町東藻琴千草 72-1)
3) 北海道帯広食肉衛生検査所 (〒080-2465 帯広市西 25 条北 2 丁目)
4) 北海道八雲食肉衛生検査所 (〒049-3123 二海郡八雲町立岩 356)

(2017 年 4 月 11 日受付・2017 年 7 月 24 日受理)

要 約

食肉検査結果を生産者に還元し、衛生的な食肉生産を促進する事業が複数の自治体で進められているが、食肉検査結果と家畜の飼養条件の関係に関する報告は少ない。両者は多次元のデータであるため関係の解析が困難であることが問題となるが、主成分分析を用いれば多次元データを低次元のデータに縮約でき、この問題を克服できる。そこで、食肉検査データを含む多次元データから主成分分析により、肥育豚の廃棄、産子数及び子豚死亡率に係る 3 つの指標を作成し、それぞれとアンケート調査によって得た家畜の飼養条件との関係を重回帰分析した。重回帰分析で有意差が認められた飼養条件につき、縮約前のデータと飼養条件の関係を一般化線形混合モデル (GLMM) で分析した結果、オールイン・オールアウト、出荷日齢、断尾など 6 種の決定要因が示唆された。

——キーワード：一般化線形混合モデル，食肉検査データ，重回帰分析，主成分分析。

-----日獣会誌 70, 745~752 (2017)

衛生的な食肉の生産のために、食肉検査結果を生産者に還元し、生産段階での対策を促進する事業が国内の複数の自治体で進められている。しかし、食肉検査結果を根拠とする生産段階における衛生対策に関する学術報告は少ない [1, 2]。その原因は、生産段階における対策の効果を廃棄臓器数の経時データの羅列のみから評価するのは容易でないことと、どのような飼養条件が食肉検査結果を改善するのか情報が乏しいことであると考えられる。

北海道東藻琴食肉衛生検査所では、前者の問題に対応するため、食肉検査データの時系列分析法に関する研究を進めており [3, 4]、この方法で処理した結果を希望する生産者に送付している。さらに、後者の問題へ対応するため、管内の養豚場を対象に飼養条件に関するアンケートを実施し、飼養条件と、食肉検査データとの関連を網羅的に調べたが、多次元の目的変数（臓器廃棄数

など）と、多次元の説明変数（各種の飼養条件）との関係は複雑であり、両変数の組み合わせを網羅的に回帰分析するだけでは、決定要因を見つけ出すことが困難であった。

主成分分析 [5] は、多次元データのもつ情報をできるだけ損なわずに低次元データに縮約する方法である。主成分分析によって縮約した成分を目的変数として重回帰分析を行うことができれば、当初の多次元データ同士の関係を網羅的に回帰分析するよりも決定要因の発見が容易となる可能性がある。そこでわれわれは、食肉検査データ等を主成分分析で縮約した指標と、農場アンケートによって得た飼養条件を数値化した変数との重回帰分析を行った。さらに縮約される以前の生データを目的変数とし、重回帰分析で有意だった説明変数との関係を一般化線形混合モデルによって分析し、決定要因の特定を試みた。

† 連絡責任者：足立泰基（北海道東藻琴食肉衛生検査所）

〒099-3231 網走郡大空町東藻琴千草 72-1

☎ 0152-66-2001 FAX 0152-66-3576

E-mail : adachi.yasumoto@pref.hokkaido.lg.jp

材料及び方法

アンケート調査：石川 [6] の著書を参考に作成された食肉検査における廃棄に影響すると考えられる飼養条件に関する質問と、母豚当たりの年間産子数や子豚・肥育豚死亡数に関する質問を加えて質問票を作成し、2015年に北海道東藻琴食肉衛生検査所管内と畜場に豚を搬入した37の生産者すべてに2016年7月に送付し、同年10月までに回答を回収した。各豚生産者の所在地は、道東を中心とする16の市町村である。

質問項目のうち、2値のみを取るカテゴリカルデータは、要因あり=1、要因なし=0のダミー変数に変換して集計し、3つ以上のカテゴリーを含むものについては、回帰分析時の傾きの比較をしやすくするために最大値1、最小値0の順序変数に変換し、以降の処理に用いた。

主成分分析：2015年11月～2016年10月の12カ月に2カ所のと畜場に搬入された豚のうち、アンケート回答を採用した27生産者156,193頭の豚搬入数、肺廃棄数、肝臓廃棄数、小腸廃棄数及び心臓廃棄数を生産者ごとに合計し、搬入数で除した値を各臓器の廃棄率として主成分分析に用いた。さらに、アンケート調査で得た母豚1頭当たりの年間産子数、子豚死亡率及び肥育豚死亡率の、合計7変数を主成分分析によって縮約した。

上記の7変数の相関係数行列を用いて主成分分析を行った。累積寄与率値70%をカットオフ値としたときの主成分の因子負荷量をグラフにプロットし、各主成分と強い相関のある変数を調べ、各主成分の解釈を行った。

以上の分析では統計計算ソフトウェアR [7] (Ver. 3.1.3) のprcomp関数を用いた(以後すべての統計計算をR Ver. 3.1.3で行った)。The Comprehensive R Archive Network (CRAN) からダウンロードすることによりRを入手した。CRANのURLは、<http://www.r-project.org/> である。

重回帰分析：各主成分を目的変数とし、変数変換された質問項目の値を説明変数とする重回帰分析をlm関数によって行った。lm関数によって生成したモデルの説明変数のうち、除去することによって赤池情報量規準(AIC)が増加する変数を1つずつ減らしていき、AICが最小となる説明変数の組み合わせを結果として採用した(変数減少法)。以上の処理をstep関数で行い、回帰係数が有意(有意水準10%)な変数を確認した。

一般化線形混合モデル：縮約する前の7つの変数に対応する生データ、すなわち豚ごとの各臓器の廃棄の有無、肥育豚の生死、各子豚につき第1子であるか否か、各子豚の生死を目的変数とし、重回帰分析で有意だった説明変数との関係を一般化線形混合(GLMM)モデルで解析した。さらに、GLMMの回帰係数が有意か(有

意水準10%)確認した。GLMMの条件として、確率分布を二項分布、リンク関数をlogit、ランダム効果を農場とした。モデル作成には、lme4ライブラリに含まれるglmer関数を用いた。

さらに、上のモデルと定数のみからなる対照モデルの観測値に対する当てはまりの良さ(goodness of fit)の比較をanova関数による分散分析で調べた。

なお、「各子豚につき第1子であるか否か」とは、出生豚の第1子の数は成功確率=親豚/子豚(すなわち産子数の逆数)の二項分布であることに基づいて母豚1頭当たりの産子数を解析することを目的としたものである。

成 績

アンケート調査：質問票の回答率は81.1%(30/37)であった。うち、1生産者は回収終了時の直近1年間(2015年11月～2016年10月)に搬入がなく、2生産者で一部項目について回答を得られなかった。よって、上記3生産者を除く27生産者の回答を以下の処理に用いた。アンケート調査の集計結果を表1に示す。

主成分分析：主成分分析によって得られた第1主成分(PC1)、第2主成分(PC2)及び第3主成分(PC3)の固有ベクトルと累積寄与率を表2に示す。PC3までの累積寄与率は77.3%であり、カットオフ値を超えているためPC1～PC3の3主成分を以後の分析で用いた。

各主成分の因子負荷量を図に示す。PC1への負荷量の絶対値の上位5変数は肥育豚の死亡もしくは臓器廃棄に関連するものであった。PC2への負荷量の絶対値が最大だったのは、母豚当たりの産子数であった。PC3への負荷量の絶対値が最大だったのは、子豚死亡率であった。

重回帰分析：最初にすべての説明変数を強制投入して分析したところ、多重共線性の問題により計算値が得られなかった。そこで、①PC1とワクチン接種以外の飼養条件、②PC1とワクチン接種、③PC2と母豚に関連する飼養条件、④PC3と母豚及び子豚に関連する飼養条件の4つのモデルに分けて変数を選択し、分析した。

変数減少法を利用した重回帰分析によって推定した説明変数の値を表3に示す。PC1に対して7種類の変数、PC2に対して5種類の変数、PC3に対して9種類の変数が有意であった。

一般化線形混合モデル：縮約する前の7つの変数を目的変数とし、重回帰分析で有意であった説明変数との関係のGLMMによる解析結果を表4に示す。

PC1への負荷量の多い5変数(肺廃棄率、肝臓廃棄率、小腸廃棄率、心臓廃棄率及び肥育豚死亡率)に対応する各臓器の廃棄の有無と肥育豚の生死を目的変数とする35のモデルで、重回帰分析における回帰係数と傾きの

表1 アンケート調査の集計結果

(n=27)

| 頭数 | | 飼育舎 | |
|------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 母豚飼育数(頭) | 403.7±487.1 | 肥育舎の床材 | 肥育舎のオールイン・オールアウト |
| 年間産子数(頭) | 11245.0±13705.0 | 発酵(もみがら, オガコ等) | 行わない 10 |
| 年間子豚(離乳まで)死亡数(頭) | 816.6±1033.2 | スノコ | 時々実施 3 |
| 年間肥育豚死亡淘汰数(頭) | 584.3±834.0 | コンクリートまたはプラスチック | 2回に1回 0 |
| 年間母豚更新数(頭) | 166.9±219.0 | ----- | 大抵行う 1 |
| 離乳時期(日齢) | 23.9±3.0 | 肥育舎の換気 | 必ず行う 13 |
| 肥育時の一群頭数(頭) | 33.0±21.2 | 自然換気 | 9 |
| mean±S.D. | | 強制換気(ウインドレス) | 18 |
| 飼養方法 | | 肥育舎のすきま風 | |
| 出荷日齢(各階級ごとの生産者数) | 新生豚の歯切り(先端から) | 入る | 8 |
| 160日前後 4 | しない 6 | 多少入る | 8 |
| 170日前後 6 | 1/3 2 | 入らない | 11 |
| 180日前後 6 | 2/3 10 | | |
| 190日前後 11 | 根本から 9 | | |
| 200日前後 3 | ----- | | |
| 200日前後 3 | 新生豚の断尾(先端から) | | |
| 母豚の導入 | しない 3 | | |
| 導入しない 9 | 1/3 6 | | |
| 時々導入 6 | 2/3 17 | | |
| 全頭導入 12 | 根本から 1 | | |
| 育成豚の導入 | 母豚放牧 | | |
| 導入しない 25 | しない 26 | | |
| 時々導入 2 | する 1 | | |
| 全頭導入 0 | ----- | | |
| 馴致管理方式(重複回答) | 肥育豚放牧 | | |
| ワクチン 10 | しない 26 | | |
| 糞便給餌 5 | する 1 | | |
| 内臓給餌 1 | 母豚への駆虫剤投与 | | |
| しない 15 | しない 21 | | |
| 初乳の分割給与 | する 6 | | |
| しない 24 | 肥育豚への駆虫剤投与 | | |
| する 3 | しない 20 | | |
| | する 7 | | |

| 項目 | 母豚 | | 子豚 | |
|--------------------|-------|------|-------|------|
| | 接種しない | 接種する | 接種しない | 接種する |
| オーエスキー病ワクチン | 27 | 0 | 27 | 0 |
| PRRS ワクチン | 21 | 6 | 26 | 1 |
| 日本脳炎ワクチン | 24 | 3 | 27 | 0 |
| バルボウイルスワクチン | 12 | 15 | 27 | 0 |
| TGE ワクチン | 18 | 9 | 27 | 0 |
| PED ワクチン | 18 | 9 | 27 | 0 |
| ゲタウイルスワクチン | 27 | 0 | 27 | 0 |
| 豚丹毒ワクチン | 12 | 15 | 21 | 6 |
| サーコウイルスワクチン | 18 | 9 | 5 | 22 |
| 萎縮性鼻炎ワクチン | 10 | 17 | 26 | 1 |
| 大腸菌性下痢症ワクチン | 16 | 11 | 26 | 1 |
| マイコプラズマ性肺炎ワクチン | 21 | 6 | 12 | 15 |
| 豚胸膜肺炎ワクチン | 23 | 4 | 22 | 5 |
| グレーサー病ワクチン | 26 | 1 | 27 | 0 |
| インフルエンザワクチン | 27 | 0 | 27 | 0 |
| ローソニアワクチン | 27 | 0 | 27 | 0 |
| ストレプトコッカス・スイス ワクチン | 27 | 0 | 27 | 0 |

37生産者に質問票を送付し、30生産者から回答を得た。回答した生産者のうち、2生産者は一部項目に回答がなく、1生産者は、回収終了時までの直近1年間(2015年11月~2016年10月)に搬入がなかったため、これら3生産者を除く27生産者の回答を集計した。

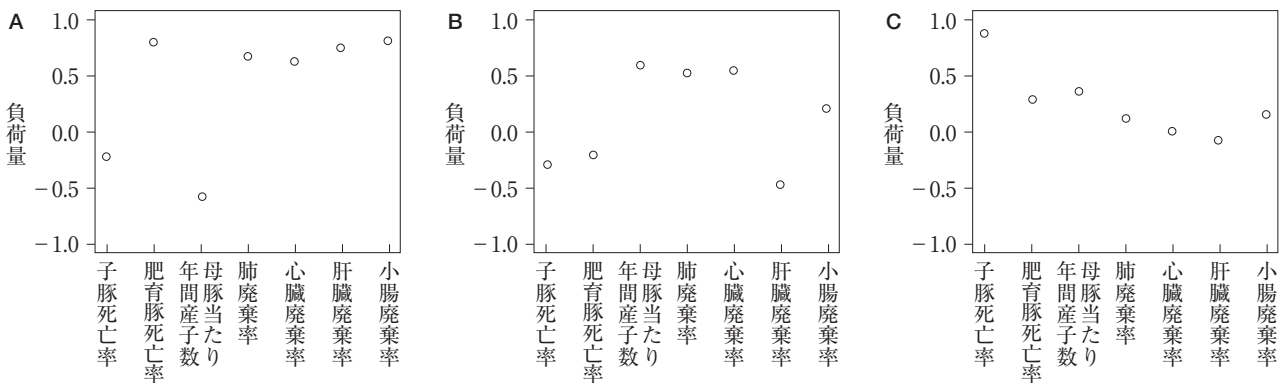


図 各主成分の因子負荷量
 A: PC1 (肥育豚廃棄因子), B: PC2 (産子数因子), C: PC3 (子豚死亡因子)

表2 主成分分析によって得られた第1主成分(PC1)、第2主成分(PC2)及び第3主成分(PC3)の各主成分の固有ベクトルと累積寄与率

| | PC1 | PC2 | PC3 |
|-----------|--------|--------|--------|
| 小腸廃棄率 | 0.461 | 0.156 | 0.156 |
| 肥育豚死亡率 | 0.457 | -0.204 | 0.287 |
| 肝臓廃棄率 | 0.424 | -0.438 | -0.072 |
| 心膜炎率 | 0.382 | 0.445 | 0.127 |
| 肺廃棄率 | 0.358 | 0.465 | 0.018 |
| 子豚死亡率 | -0.126 | -0.282 | 0.861 |
| 産子数 | -0.330 | 0.499 | 0.361 |
| 累積寄与率 (%) | 44.1 | 62.1 | 77.3 |

符号が一致したのは34モデル(34/35=97.1%)であった。また7個中6個のモデルについて分散分析の結果が有意なモデルが含まれていた(有意水準10%)。

PC2への負荷量の多い年間産子数の逆数を二項分布の成功確率とする5つのモデルのうち、重回帰分析における回帰分析と符号が一致したのは4モデル(4/5=80%)であった。また1モデルについて分散分析の結果が有意であった。

PC3への負荷量の多い子豚死亡率に対応する子豚の生死を目的変数とする9つのモデルのうち、重回帰分析における回帰分析と符号が一致したのは6モデル(6/9=66.7%)であった。また、1モデルについて分散分析の結果が有意であった。

考 察

本研究は、主成分分析を用いて食肉検査データ等の決定要因となる飼養条件を見いだす方法に関するものである。食肉検査データの主成分分析に関する先行研究はみられないが、主成分分析で縮約した変数で回帰分析を行った先行研究は複数存在する。たとえばKrefisら[8]は、世帯の経済状態と子どものマラリア感染との関係を調べるために、主成分分析を用いている。また、Abafitaら[9]は、食品安全保障に関する指標を主成分分析によって作成し、世帯調査によって得たデータを説明変数とした重回帰分析で食品安全の決定要因を調べている。本研究では、Abafitaらの方法と同様に、主成分分析によって縮約した指標を目的変数とした解析を行った。

われわれはこれまでに、食肉検査結果等と養豚場の飼養条件の関係を調べるために、比較的頻繁にみられる15の疾病の有無または臓器廃棄の有無を選び出して目的変数とし、アンケート集計結果である飼養条件を説明変数とした一般化線形モデルを網羅的に作成したが、有意な回帰係数をもつモデルの数(204個/255個)が多すぎたために決定要因を見いだすに至らなかった。目的変数が多すぎること、農場のランダム効果を考慮しな

表3 変数減少法を利用した重回帰分析によって推定した説明変数の値

| 目的変数 | 説明変数 | 傾き ¹⁾ | 標準誤差 | t値 | Pr(> t) ²⁾ | |
|------|-------------------|--------------------|-------|------|------------------------|------------|
| PC1 | ワクチン接種以外の飼養条件との関係 | | | | | |
| | | 肥育舎のオールイン・オールアウト | -2.52 | 0.85 | -2.96 | 0.009 ** |
| | | 新生豚の断尾 | -2.50 | 1.33 | -1.88 | 0.079 · |
| | | 肥育時の一群頭数 | -2.37 | 1.11 | -2.13 | 0.049 * |
| | | 新生豚の歯切り | -1.27 | 1.10 | -1.15 | 0.267 |
| | | 肥育舎の床材 | 1.06 | 0.87 | 1.21 | 0.243 |
| | | 肥育舎の換気 | 1.10 | 0.69 | 1.59 | 0.131 |
| | | 出荷日齢 | 1.77 | 0.90 | 1.96 | 0.068 · |
| | | 内臓給与による馴致 | 2.63 | 1.45 | 1.81 | 0.090 · |
| | | 飲用水の調達場所 | 2.76 | 0.94 | 2.94 | 0.010 ** |
| PC2 | | 母豚更新率 | 4.61 | 3.58 | 1.29 | 0.216 |
| | ワクチン接種との関係 | | | | | |
| | | 子豚への胸膜肺炎ワクチン投与 | 2.47 | 0.74 | 3.35 | 0.003 ** |
| | | 母豚への胸膜肺炎ワクチン投与 | 1.56 | 0.71 | 2.21 | 0.040 * |
| | | 母豚へのPRRSワクチンの投与 | 1.22 | 0.48 | 2.53 | 0.021 * |
| | | 母豚への駆虫剤投与 | 1.17 | 0.42 | 2.79 | 0.012 * |
| | | 飲用水の調達場所 | 1.03 | 0.63 | 1.62 | 0.122 |
| | | 豚舎洗浄後の乾燥手順 | -0.85 | 0.66 | -1.28 | 0.217 |
| | | 母豚への導入 | -0.85 | 0.48 | -1.77 | 0.093 · |
| | | 母豚へのPEDワクチンの投与 | -1.21 | 0.48 | -2.50 | 0.022 * |
| PC3 | | 母豚への日本脳炎ワクチンの投与 | -2.27 | 0.48 | -4.72 | <0.001 *** |
| | | 母豚へのTGEワクチンの投与 | -2.34 | 0.60 | -3.89 | 0.001 ** |
| | | 豚舎洗浄後の乾燥手順 | -2.00 | 0.59 | -3.37 | 0.004 ** |
| | | 飲用水の調達場所 | -1.62 | 0.52 | -3.15 | 0.007 ** |
| | | 母豚へのマイコプラズマワクチンの投与 | -1.53 | 0.39 | -3.90 | 0.001 ** |
| | | 母豚へのPRRSワクチンの投与 | -1.38 | 0.51 | -2.71 | 0.016 * |
| | | 母豚への豚丹毒ワクチンの投与 | 0.41 | 0.32 | 1.27 | 0.223 |
| | | 母豚への導入 | 0.41 | 0.32 | 1.30 | 0.224 |
| | | 母豚への萎縮性鼻炎ワクチンの投与 | 1.21 | 0.37 | 3.30 | 0.005 ** |
| | | 子豚へのサーコウイルスワクチンの投与 | 1.64 | 0.39 | 4.21 | <0.001 *** |
| | 母豚へのPEDワクチンの投与 | 3.91 | 0.69 | 5.64 | <0.001 *** | |

1) PC1, PC3ではマイナスが改善効果
PC2では、傾きプラスが改善効果
2) ***: P<0.001, **: P<0.01, *: P<0.05, ·: P<0.1

表4 一般化線形混合モデル (GLMM) による解析結果

| 目的変数 | 説明変数 | GLMMによる 回帰係数 | P値 ¹⁾ |
|---------------------|-------------------------|-----------------|------------------|
| 肺臓廃棄の有無 | 肥育豚のオールイン・ オールアウト | -0.52 | 0.094 · |
| | | -0.36 | 0.126 |
| | | -0.02 | 0.922 |
| | | -0.38 | 0.134 |
| | | -0.20 | 0.477 |
| 肺臓廃棄の有無 | 新生豚の断尾 | -0.02 | 0.976 |
| | | -3.22 | <0.001 *** |
| | | -0.83 | 0.044 * |
| | | -0.25 | 0.613 |
| | | -0.91 | 0.089 · |
| 肺臓廃棄の有無 | 肥育時の1群頭数 | -0.92 | 0.364 |
| | | -1.08 | 0.003 ** |
| | | -0.90 | 0.006 ** |
| | | -0.16 | 0.703 |
| | | -0.86 | 0.057 · |
| 肺臓廃棄の有無 | 飲用水の調達場所 | 1.32 | 0.009 ** |
| | | 0.37 | 0.368 |
| | | -0.09 | 0.817 |
| | | 1.09 | 0.004 ** |
| | | 0.59 | 0.204 |
| 肺臓廃棄の有無 | 内臓給与による馴致 | 0.16 | 0.842 |
| | | -0.19 | 0.752 |
| | | 0.05 | 0.935 |
| | | 0.26 | 0.682 |
| | | 0.21 | 0.760 |
| 肺臓廃棄の有無 | 出荷日齢 | 1.29 | 0.005 ** |
| | | 1.07 | 0.002 ** |
| | | 0.69 | 0.049 * |
| | | 0.65 | 0.110 |
| | | 1.23 | 0.002 ** |
| 肺臓廃棄の有無 | 子豚への胸膜肺炎 ワクチン投与 | 1.11 | 0.015 * |
| | | 0.83 | 0.096 · |
| | | 0.85 | 0.001 ** |
| | | 0.55 | 0.083 · |
| | | 0.32 | 0.344 |
| 年間産子数 ²⁾ | 母豚への胸膜肺炎 ワクチン投与 | 0.00 | 0.990 |
| | 母豚へのPRRS ワクチンの投与 | -0.04 | 0.505 |
| | 母豚への駆虫剤投与 | -0.25 | <0.001 *** |
| | 母豚の導入 | 0.01 | 0.873 |
| | 母豚へのPED ワクチンの投与 | 0.06 | 0.334 |
| | 母豚への日本脳炎 ワクチンの投与 | -0.91 | 0.042 * |
| | 母豚へのTGE ワクチンの投与 | 0.05 | 0.887 |
| | 豚舎洗浄後の乾燥手順 | -0.61 | 0.289 |
| | 飲用水の調達場所 | 0.32 | 0.551 |
| | 母豚へのマイコプラズ マワクチンの投与 | -0.54 | 0.133 |
| 子豚の生死 | 母豚へのPRRS ワクチンの投与 | -0.36 | 0.398 |
| | 母豚への萎縮性鼻炎 ワクチンの投与 | -0.37 | 0.236 |
| | 子豚へのサーコウイルス スワクチンの投与 | 0.02 | 0.955 |
| | 母豚へのPED ワクチンの投与 | 0.29 | 0.360 |

1) *** : P<0.001, ** : P<0.01, * : P<0.05, · : P<0.1
 2) 理解しやすくするため「年間産子数」と記載したが、実際のGLMMにおける目的変数は、各子豚につき「第1子であるか否か」である。

かったために過分散となっていたことが原因と推定し、主成分分析による目的変数の縮約と、GLMMによってランダム効果を反映させることを目的として本研究を行った。その結果、決定要因となる因子を推定することができた。

本研究では、主成分分析に用いた7つの変数のうち臓器廃棄率値に用いた4種類の臓器の廃棄数は、内臓廃棄数の95.7% (平成27年度) を占めている。さらに肥育豚の死亡率を加えた5変数で肥育豚の健康状態をおおむね表すことができるであろうと推定した。さらに、母豚当たりの出生数と子豚の死亡率を加えることにより、出産から出荷に至るまでの健康状態をおおむね表すことができるであろうと推定し、これら7つの変数を主成分分析に用いた。

主成分分析を行ううえで、生データの情報をできるだけ損なわないことが重要であり、どのくらいの生データ情報が縮約されているかを示したのが累積寄与率である。先行研究では、Crescenziら [10] のように累積寄与率のカットオフを70%以上としている例がある一方、20%未満の例 [11] もみられ、必要な値に関する明確な基準は存在しない。本研究では、情報を損なわないように、累積寄与率のカットオフ値を70%としている。

本研究では、各主成分が、縮約される前のどの変数に相関しているか視覚的に調べるために、因子負荷量をプロットした (図A~C)。因子負荷量の傾向より、PC1は、肥育豚の廃棄 (死亡を含む) に係る指標、PC2は、産子数に係る指標、PC3は、子豚の死亡に係る指標と考えられる。主成分に対するこれらの意味付けに基づき、重回帰分析で変数を選択した。

本研究で行った重回帰分析では、最初に強制投入法を実施したが、多重共線性の発生により統計ソフトウェアが解を得られなかった。多重共線性の発生とは、複数の説明変数間に相関があり、独立ではないために解が得られないことを言う。本研究では、上述のとおり目的変数の意味付けに基づいて変数を選択することにより多重共線性の問題を解消し、AICが最小となるよう説明変数の数を減少させた。AICとは、対数尤度の符号を反転させた値にパラメータ数を加えて計算される指標である。対数尤度のみでモデルを選択すると不必要に複雑なモデルが選択されることがあるが、AICをもとにモデルを選択することにより、単純なモデルを選択することができるため、本研究ではAICを最小にするモデルを選択した。

GLMMで有意であった説明変数は8種類であるが、そのうち、オールイン・オールアウト、断尾、出荷日齢、駆虫剤の投与、日本脳炎ワクチンの接種及び胸膜肺炎ワクチンの接種の6種類に関して本結果の妥当性を示唆する先行研究が存在する。Scheidtら [12] は、オールイン・オールアウトで飼育すると、肺病変を有する豚の数

が有意に減少することを報告している。尾咬の発生と畜場における廃棄に関連があることは、複数の研究によって示されており [13, 14]、断尾は、尾咬を防止するほぼ唯一の方法であるとの報告がある [15]。Tanakaら [16] は、出荷日齢と増体量に負の相関があることを報告しており、出荷日齢が遅い豚群は疾病が多いために増体率が低い可能性がある。Theodoropoulosら [17] は、駆虫剤を投与すると、母豚当たりの離乳豚数の有意な増加がみられることを報告している。胸膜肺炎ワクチンの投与によって、肺の病変を減らすことはできず [18]、感染を防ぐこともできない [19] ことは、特に多発農場においてワクチン接種が行われると仮定すれば、ワクチン接種農場で廃棄が多いという本研究の結果を支持すると考えられる。日本脳炎ウイルスが感染した母豚は症状を示さないが、死産や哺乳子豚の死亡を引き起こす [20]。北海道内における日本脳炎に関する研究は少ないが、日本脳炎による豚の流死産 [21] や、抗体保有 [22] が道内でも確認されている。日本脳炎ウイルスの主要なベクターと考えられているコガタアカイエカの北海道内の生息数は少ない [23] が、コガタアカイエカ以外のベクターが存在する可能性 [23] やベクターを介さずに豚—豚間の日本脳炎が北海道内で持続感染している可能性 [24] が指摘されており、日本脳炎ワクチン接種農場において子豚死亡率が低い傾向を示すことは妥当と考えられる。なお、山口ら [22] の報告では、直近の調査 (2015 年) では道東の抗日本脳炎ウイルス抗体陽性豚 (6 カ月齢) は 10% (10 頭中 1 頭) であるが、同抗体の陽性率が豚の月齢に大きく依存し、高齢になるほど高くなるという報告 [25] もあることから、母豚における抗体陽性率は、山口らの報告よりも高い可能性がある。したがって、以上の 6 種類の変数は食肉検査結果及び子豚死亡の決定要因である可能性がある。本研究の結果を確認するために、一部の農場に複数の条件で豚を飼育してもらい、比較する介入研究を計画している。

飲用水の調達場所もまた有意な変数であるが、沢水を 0、水道水を 1 とした順序変数であり、傾きが正であることから沢水よりも水道水によって飼養された農場における廃棄が多い傾向を示している。沢水が飲用適の水道水よりも衛生的であるとは考えられないため、営農用水のような水道法に規定された飲用適の水以外のものが含まれているか、交絡因子の存在が推定される。また、一群頭数と廃棄の関係に関する報告はみられず、同様に交絡因子の存在が推定される。

本研究では、統計処理に R 言語を使用している。R 言語を使用する大きなメリットの 1 つは無料で使用できることである。しかし、優れたユーザーインターフェースを備える SAS や SPSS と比較すると、R 言語による

コマンド入力が必要な点では使いにくいところもある。

本研究に関する課題と限界について述べる。表 1 に示された飼養条件は、生産者の主観が数値化されたものであり、各農場を観察する主体が異なっている。このような方法で得た観察データは、同一対象に対する観察の一致率を確認するなどの方法により観察者の信頼性を確認する必要があるが、本研究では、確認を行っていない。ワクチン接種の有無など、アンケート回答者に依存しない項目については問題ないが、歯切りや断尾の長さ等については観察者に依存する可能性がある。また、本研究で検討した飼養条件は、著者らが食肉検査における廃棄に影響すると考えるものを任意に列挙したものであり、影響の大きな因子が網羅されていない可能性がある。

以上のとおり、主成分分析を利用することにより、食肉検査結果の決定要因を解析できることを示した。本方法による多次元データの縮約は、農場での衛生対策を考察するうえでのブレイクスルーになると期待される。また、食肉検査データを縮約して家畜の衛生レベルを表す指標とし、行政の意思決定に利用することも考えられ得る。

引用文献

- [1] 森千恵子, 前田博之, 山田英清, 浦木増太郎, 湯浅 亮: と畜場で廃棄処分される肉用豚のいわゆる肝臓変性の調査とその発生防止対策, 日獣会誌, 40, 183-189 (1987)
- [2] 阿部隆司: と畜検査データの有効活用—食検と家保の連携で生産現場に活かす—, 獣医疫学雑誌, 17, 10-14 (2013)
- [3] 足立泰基, 蒔田浩平: 季節自己回帰和分移動平均モデルによると畜検査データの時系列分析法, 日獣会誌, 68, 189-197 (2015)
- [4] Adachi Y, Makita K: Real time detection of farm-level swine mycobacteriosis outbreak using time series modeling of the number of condemned intestines in abattoirs, J Vet Med Sci, 77, 1129-1136 (2015)
- [5] Pearson K: On lines and planes of closest fit to system of points in space, The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 2, 559-572 (1901)
- [6] 石川弘道: 生産性向上のための飼養管理の基本, すぐに役立つ現場の豚病対策, 17-57, ベネット, 東京 (2005)
- [7] Ihaka R, Gentleman R: R: A language for data analysis and graphics, J Comput Graph Stat, 5, 299-314 (1996)
- [8] Krefis AC, Schwarz NG, Nkrumah B, Acquah S, Loag W, Sarpong N, Adu-Sarkodie Y, Ranft U, May J: Principal component analysis of socioeconomic factors and their association with malaria in children from the Ashanti Region, Ghana, Malar J, 9, 201 (2010)
- [9] Abafita J, Kim KR: Determinants of household food security in rural Ethiopia: An empirical analysis, J Rural Develop, 37, 129-157 (2013)
- [10] Crescenzi M, Giuliani A: The main biological deter-

- minants of tumor line taxonomy elucidated by principal component analysis of microarray data, *FEBS Lett*, 507, 114-118 (2001)
- [11] Khudri MM, Chowdhury F : Evaluation of socio-economic status of households and identifying key determinants of poverty in Bangladesh, *European Journal of Social Sciences*, 37, 377-387 (2013)
- [12] Scheidt AB, Cline TR, Clark LK, Mayrose VB, Van Alstine WG, Diekman MA, Singleton WL : The effect of all-in-all-out growing-finishing on the health of pigs, *Swine Health Prod*, 3, 202-205 (1995)
- [13] Kritas SK, Morrison RB : Relationships between tail biting in pigs and disease lesions and condemnations at slaughter, *Vet Rec*, 160, 149-152 (2007)
- [14] Teixeira DL, Harley S, Hanlon A, O'Connell NE, More SJ, Manzanilla EG, Boyle LA : Study on the association between tail lesion score, cold carcass weight, and viscera condemnations in slaughter pigs, *Front Vet Sci*, 3, 24 (2016)
- [15] Nannoni E, Valsami T, Sardi L, Martelli G : Tail docking in pigs: A review on its short- and long-term consequences and effectiveness in preventing tail biting, *Ital J Anim Sci*, 13, 98-106 (2014)
- [16] Tanaka Y, Koketsu Y : A survey of reproductive performance and growth performance of pigs on commercial farrow-to-finish swine farms, *J Vet Epidemiol*, 11, 18-22 (2007)
- [17] Theodoropoulos G, Stevens KB, Hartsa A, Theodoropoulou H, Pfeiffer DU : Farm-level factors associated with above-average production of pig farms in Evia, Greece, *Prev Vet Med*, 89, 163-166 (2009)
- [18] Higgins R, Larivière S, Mittal KR, Martineau GP, Rousseau P, Cameron J : Evaluation of a killed vaccine against porcine pleuropneumonia due to *Haemophilus pleuropneumoniae*, *Can Vet J*, 26, 86-89 (1985)
- [19] Maas A, Jacobsen ID, Meens J, Gerlach GF : Use of An *Actinobacillus pleuropneumoniae multiple* mutant as a vaccine that allows differentiation of vaccinated and infected animals, *Infect Immun*, 74, 4124-4132 (2006)
- [20] Fernández PJ, White WR : Atlas of transboundary animal diseases, OIE, Paris, 277 (2010)
- [21] Takashima I, Watanabe T, Ouchi N, Hashimoto N : Ecological studies of Japanese encephalitis virus in Hokkaido: Interepidemic outbreaks of swine abortion and evidence for the virus to overwinter locally, *Am J trop Med Hyg* 38, 420-427 (1988)
- [22] 山口宏樹, 駒込理佳, 三好正浩, 石田勢津子 : 北海道におけるブタの日本脳炎抗体保有状況 (2006-2015年), *道衛研所報*, 66, 105-107 (2016)
- [23] Takashima I, Hashimoto N, Watanabe T, Rosen L : Mosquito collection in endemic areas of Japanese encephalitis in Hokkaido, Japan, *Jpn J Vet Sci*, 51, 947-953 (1989)
- [24] Ricklin ME, García-Nicolás O, Brechbühl D, Python S, Zumkehr B, Nougairede A, Charrel RN, Posthaus H, Oevermann A, Summerfield A : Vector-free transmission and persistence of Japanese encephalitis virus in pigs, *Nat Commun*, 7, 10832 (2016)
- [25] Kahn SU, Salje H, Hannan A, Islam MA, Bhuyan AA, Islam MA, Rahman MZ, Nahar N, Hossain JM, Luby SP, Gurley ES : Dynamics of Japanese Encephalitis Virus Transmission among Pigs in Northwest Bangladesh and Potential Impact of Pig Vaccination, *PLoS Negl Trop Dis*, 8, e3166 (2014)

Method for Identifying Key Determinants of Meat Inspection Results in Japanese Domestic Pig Farms by Principal Component Analysis

Masao FUKAE¹⁾, Ayae OONISHI²⁾, Takuya KUROSAWA³⁾, Reiichi FUJISHIRO²⁾,
Satoshi YOKOI²⁾, Hiroshi OONO⁴⁾, Akira YAMAGATA²⁾
and Yasumoto ADACHI^{2)†}

- 1) *Nemuro Health Center, 2-1 Yasakaecho, Nemuro-shi, 087-0009, Japan*
- 2) *Higashi-Mokoto Meat Inspection Center, 72-1 Chigusa, Higashi-Mokoto, Ozora Town, Abashiri-gun, 099-3231, Japan*
- 3) *Obihiro Meat Inspection Center, West 25 North 2, Obihiro-shi, 080-2465, Japan*
- 4) *Yakumo Meat Inspection Center, 356 Tateiwa, Yakumo-cho, Futami-gun, 049-3123, Japan*

SUMMARY

Although some municipalities provide meat inspection data to each producer to promote hygienic meat production, few studies relating to the relationship between meat inspection results and rearing environment have been reported. While analysis of the relationship is difficult because both sets of data are multidimensional, principal component analysis (PCA) can overcome the problem as it can reduce the number of dimensions in the data. Therefore, we performed PCA to create three indices related to the condemnation of fattening pigs' organs, number of offspring per sow and pre-weaning mortality rate from multidimensional data containing meat inspection data. Then we conducted multiple regression analysis to examine the relationship between these indices and rearing environments based on questionnaire results. As a result of creating a generalized linear mixed model for the relationship between rearing environments, it confirmed the significant effect on multiple regression analysis and data before PCA, six variables in all-in-all-out, days after the date of birth and tail docking were suggested to be key determinants. — Key words : generalized linear mixed model, meat inspection data, multiple regression analysis, principal component analysis.

† *Correspondence to : Yasumoto ADACHI (Higashi-Mokoto Meat Inspection Center)*

72-1 Chigusa, Higashi-Mokoto, Ozora Town, Abashiri-gun, 099-3231, Japan

TEL 0152-66-2001 FAX 0152-66-3576 E-mail : adachi.yasumoto@pref.hokkaido.lg.jp

J. Jpn. Vet. Med. Assoc., 70, 745 ~ 752 (2017)