

# 豚枝肉の冷却工程における枝肉温度と影響因子の因果分析

## －グラフィカルモデリングによる多変量解析－

豊橋市食肉衛生検査所 ○葛岡功弥子 山内俊平 小野剛 河合浩二  
東三河食肉流通センター 河辺純平 鈴木正昭 長谷川義久 大塚史浩 杉江孝弘  
岐阜大学 食品環境衛生 岡田彩加 猪島康雄

### はじめに

微生物増殖を制御するために枝肉温度については各国で様々な規定がある(1, 2, 3)。枝肉温度の逸脱防止および迅速な対応には、枝肉温度に影響する因子とその相互影響を把握する必要があるが、これらを科学的に検証した報告は見当たらない。そこで、と畜場管理者の冷却工程の管理日報にて日々蓄積されているデータに着目し、最新の多変量解析法であるグラフィカルモデリング(不明な因果関係をデータから探索的にモデル化し、その妥当性を検証する方法)にて、枝肉温度に影響する因子とその相互影響を検討した。最終的に、現場に導入しやすい管理方法を確立することを試みた。

### 材料および方法

平成 28(2016)年 4 月から同 29(2017)年 3 月までの 1 年間の、当所所管と畜場の冷却工程の管理記録簿から連続変数で表される全項目を解析対象とした。統計ソフト JMP5.1(SAS)を用いて、偏相関係数(2つの変数間の相関が第3の影響を受ける場合、その影響を排除した相関係数)を以下の式から算出した。

$$r_{ij\cdot rest} = -\frac{r^{ij}}{\sqrt{r^{ii}r^{jj}}}$$

$r_{ij\cdot rest}$  項目 ij とそれ以外の偏相関係数  
 $r^{ij}, r^{ii}, r^{jj}$  項目 ij, ii, jj についての標本相関係数の逆行列

次に、解析対象とした項目を時系列順に背景因子(第1層:当日定まっているもの)、中間因子(第2層:作業の状況によって影響を受けるもの)および結果(第3層:最終的に得られるもの)の3層に分け(表)、統計ソフト JUSE StatWorks/V5(JUSE)に供した。

Dempsterの共分散選択(偏相関係数が0に近いものを0と近似して切断する方法)に基づき、NFI(適合度を示す指数、Normed Fit Index)0.9を下らないように、偏相関係数が低値である接続を順次切断した。得られたモデルの偏相関係数のパス図を出力した。

表 項目および階層設定

背景因子	屋外温度(℃)、屋外湿度(%)、1日の1冷却室の入庫枝肉数(対)
中間因子	午後の1冷却室の入庫枝肉数(対)、入庫完了時刻(hh+ mm/60) 冷却室の設定温度(℃)、と畜当日16:30の冷却室の庫内温度(℃)
結 果	翌日8:00の冷却室の庫内温度(℃)、枝肉の表面および深部温度(℃)

## 成績

モデルの偏相関係数でのパス図を図1に示す。1日入庫枝肉数と設定温度の間に強い負の相関、16:30時点の庫内温度と8:00時点の庫内温度の間に正の相関があった。

モデルの相関係数行列を表2に示す。切断されずに残った接続のうち、解析結果と現場の知見との間に乖離について検討した。

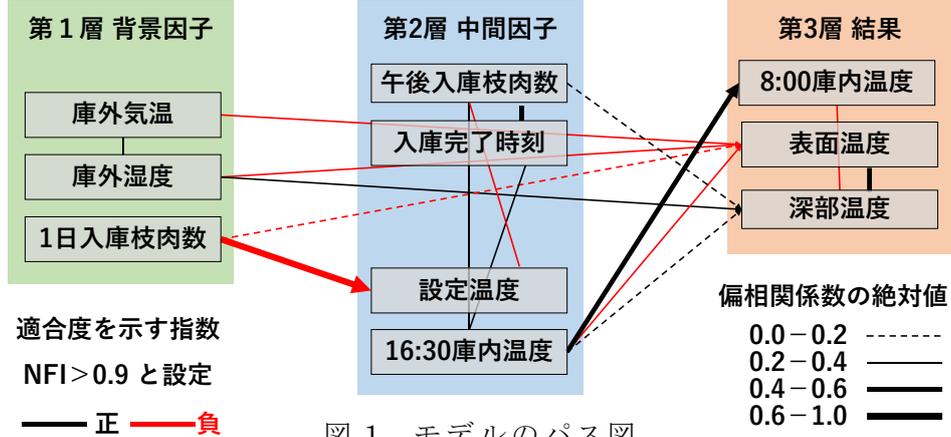


図1 モデルのパス図

表2 モデルの相関係数行列

	庫外気温	庫外湿度	1日入庫枝肉数	午後入庫枝肉数	入庫完了時刻	設定温度	16:30 庫内温度	8:00 庫内温度	表面温度	深部温度
庫外気温	1.0000									
庫外湿度	0.3892	1.0000								
1日入庫枝肉数	-0.0157	-0.0683	1.0000					関係あり	あり	
午後入庫枝肉数	0.0254	0.0491	0.5535	1.0000			赤字	乖離	あり	
入庫完了時刻	-0.0386	0.1453	0.4880	0.7496	1.0000					
設定温度	0.0719	0.1702	-0.8188	-0.6653	-0.5847	1.0000				
16:30 庫内温度	-0.0956	-0.0166	0.4692	0.6274	0.5963	-0.4351	1.0000			
8:00 庫内温度	0.0770	0.1133	-0.6525	-0.5665	-0.4966	0.7993	-0.3774	1.0000		
表面温度	-0.4842	-0.3783	-0.0844	-0.0419	-0.0623	-0.0361	-0.1259	-0.0828	1.0000	
深部温度	-0.1484	0.0685	0.3243	0.4847	0.4182	-0.4104	0.3588	-0.4646	0.3434	1.0000

## 考察

1日入庫枝肉数と設定温度の間の強い負の相関については、冷却工程の管理者が枝肉数に応じて設定温度を制御していることを反映している。しかし、この設定温度と、第3層の8:00時点の庫内温度並びに枝肉の表面および深部温度の間には相関がないため、第3層は冷却性能だけでは補完されず、入庫枝肉の持つ熱量が影響していることが伺える。

16:30時点と8:00時点の庫内温度の間の強い正の相関については、16:30時点の庫内温度の観測によって8:00時点の庫内温度を推定できることが示唆される。

一方で、解析結果と現場の知見との間に乖離がある相関も見られる。例えば、庫外気温と枝肉表面温度の間には弱いながらも負の相関があるが、これは庫外気温が高い程、枝肉の表面温度が低いということを示している。このような解析結果と現場の知見との間に乖離のある接続の間には、相関係数の符号を変えるような潜在因子（観測変数の背後にあり、影響を与える因子）が存在する。

原因となる潜在因子を検証したところ、産子数の季節変動(4)、冷却性能(5)、作業効率(6)が潜在因子として考えられた。これらの潜在因子および本考察の冒頭で示唆した入庫枝肉数への枝肉温度の影響を反映した相関図を図2に示す。従来から庫外温度の影響が経験的に示唆されてきたが、これは冷却性能によって補完されている。

つまり、管理のポイントは入庫枝肉数であり、最大入庫枝肉数の遵守が枝肉温度の逸脱の防止に繋がる。仮に逸脱が生じた場合、直ちに他の冷却室に枝肉数を分散させ、入庫枝肉数を減らすことが最も有効な対応である。

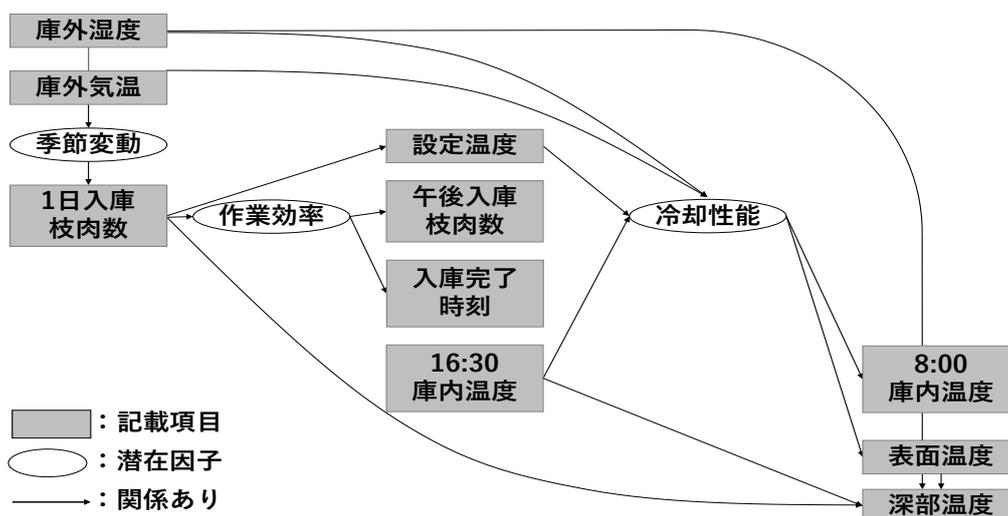


図2 潜在因子を反映した相関図

と畜場管理者が記録する管理記録は日報として蓄積されており、膨大なデータとして価値を有する。と畜検査員は HACCP に基づく衛生管理の観点から記録の有無を確認するが、そのデータが統計学的に解析されることは少ない。行政が行う指導・助言が現場の記録に由来し、科学的根拠に戻づくものであれば、現場に受け入れられやすいことが期待される。また、チャートによる相関図を用いて指導・助言を行えば、理解が深まる。

当所では得られた知見の情報発信にも努めている(7, 8)。今後も科学的根拠に基づく指導・助言によって関係団体の理解・協力を促進し、枝肉の衛生管理の向上を図っていく。

### 引用文献

- [1] Regulation (EC) No 0853/2004: Official J. EU, EN ed. 47, L139/55 (2004)
- [2] Food Standard Agency: Meat Industry Guide, Chap.10, 12-13 (2015)
- [3] James, J. S., & James, C. Meat refrigeration, Chap. 1, 13-14 (2002)
- [4] Tummaruk, P., et al., J. Agri. Sci. 148, 421-432(2010)
- [5] Parpas, D., et al., Int. J. Refrigeration 87, 47-64 (2018)
- [6] Manikas, I., Agricultural Economics Review 18, 60-76 (2017)
- [7] Kuzuoka, K., et al. Food Control 118, 107353 (2020)
- [8] Kuzuoka, K., et al. Data in Brief 106075 (2020)