
技 術 論 文

養豚における成長率の計測技術の開発

Development of Measurement Technology for Growth Rate in Pig Farming



技術開発センター
第四開発室 リーダー
博士(工学) 山本 清司
Kiyoshi Yamamoto

技術開発センター
第三開発室
原田 知典
Tomonori Harada

技術開発センター
第一開発室 主任技師
博士(工学) 牟 用煥
Yong-Hwan Mo

要 旨

弊社では養豚分野における環境改善技術を長年研究開発しており、近年はハイクリーン・ウィンドレス豚舎という子豚の育成率向上を目指した豚舎開発を実施している。現在、宮崎県内の民間養豚場内で試験豚舎を用いた実証評価試験を行いながら、製品開発を進めている。特にハイクリーン・ウィンドレス豚舎の機能の一つとして、AI技術を活用した豚の成長率を計測する技術の開発を株式会社システムフォレストと共同で進めている。実証試験において蓄積された豚舎内の画像データをもとに面積率を算出し、この数値から豚の体重の推移を計測する技術を開発した。本稿ではこの技術に関して高精度の検証結果が示されていることから、その成果について報告する。

Abstract:

Our company has been researching and developing environmental improvement technology in the pig farming field for many years, and in recent years we have been developing a piggery called High Clean Windowless Piggery with the aim of improving the breeding rate of piglets. Currently, we are proceeding with product development while conducting demonstration evaluation tests using test piggeries at private pig farms in Miyazaki Prefecture. In particular, as one of the functions of the high-clean windowless piggery, we are jointly developing technology to measure the growth rate of pigs using AI technology with SystemForest inc. We calculated the area ratio based on the image data in the pigsty accumulated in the demonstration test, and developed a technology to measure the transition of the weight of the pigs from this value. In this report, we will report the results of the high-precision verification results for this technology.

1. 緒言

養豚業における豚舎や排せつ物からの悪臭は豚舎規模の大型化に伴い、その影響も大きく悪臭対策が喫緊

の課題となっている。2019年、畜産経営に起因する苦情の発生戸数が1,491戸であり、この内の約5割、908戸は悪臭関連によるものであった¹⁾。また、豚舎外へ

排出されるのは悪臭だけでなく、有害微生物も排出されている可能性があり、さらには豚舎内において、高密度飼育形態によって、悪臭ガスや有害微生物の滞留で、従業員や豚の健康被害や感染症の急速水平伝播が危惧されている。

弊社では、2013年から2015年までの2年間、(国)宮崎大学と共同で豚舎由来の悪臭および微生物の低減化を目的として小型豚舎内において弊社が独自に開発した高殺菌素材(MaSSC)と脱臭装置(SR)を利用した予備試験を行った。その結果、SRによる豚舎内の消臭効果および微生物数の低減化が確認された。^{2),3),4),5)}

また近年、家畜の快適性に配慮した飼養管理を行うことにより、ストレスや疾病を減らし、畜産物の生産性や安全の向上にも繋げるアニマルウェルフェアという考えの下、家畜の飼養環境が大きく見直されている。例えば、豚舎内を清潔にすることで豚の成長が促進されるという研究結果が国内外で報告されている。しかし現状では、菌が増殖し臭気等を発生させる排泄物を洗浄し一時的に豚舎内を清潔しているが、除菌・消臭した快適な飼養環境を長期間維持できる豚舎は無い。養豚における生産性向上の鍵の一つは、豚にとって、最適な環境を提供することである。

これらを踏まえて、弊社では近年ハイクリーン・ウィンドレス豚舎(Fig.1)の開発を進めている。ハイクリーン・ウィンドレス豚舎の特徴は以下の6点が挙げられる。

- ① 空調機を用いて年間を通じて、一定温度に管理可能
- ② 垂直気流制御により、底面からの汚染物の巻き上げを抑制
- ③ 臭気成分を空気浄化装置で処理し、換気量を抑制し、周辺への臭気拡散が低減可能
- ④ 清潔な環境下での飼育により、子豚の成長促進効果を期待
- ⑤ センサー等を用いて、IoT管理を行うことで豚舎内環境を最適管理
- ⑥ 成長の悪いひね豚を通常飼育に戻す保育豚舎



Fig. 1 Appearance of high clean windowless piggyery.

特にハイクリーン・ウィンドレス豚舎の開発において、アニマルウェルフェアで提唱されている適切な飼

育状況で管理することが、生産性向上に結びつきやすくなる。仮に密飼い等の不適切な環境で飼育を行った場合、成長が悪くなる等の弊害が発生する恐れがあるため、適切に管理できるツールの開発は必要不可欠である。そのためには、上記の⑤のIoT管理を活用して、豚の成長率を管理することは非常に有効な手段であると考えられる。

また通常、離乳期の子豚は100頭ほどの群で飼育され、決められた日数を経過すると、肥育豚舎へと移動される。その際の目安は、飼育員の目視による観察または週単位で管理されることが通常である。しかしながら、ハイクリーン・ウィンドレス豚舎においてはひね豚を対象としている点から、通常の豚と違う飼育日数で管理する必要があるが、都度子豚の体重を測定することは非常に手間となる。

そのため、本報の主題となる画像を用いた豚の体重および成長率を測定する技術が実現出来れば、密飼いになる前に子豚を移動させることが可能となり、加えて、IoTシステムを駆使して、人手を割いた豚の飼育が可能となる。

本研究は、宮崎県内の農場で実施しているハイクリーン・ウィンドレス豚舎の実証評価試験を通して、子豚の成長率を計測するAIシステムの構築のために、実証試験を通してビッグデータの蓄積に重点を置いている。また、質の高いデータサンプリング方法の検討と学習モデルの構築を実施しており、この点において技術支援を受けており、本開発は㈱システムフォレストと共同で開発した技術である。

本稿では主に豚の増体重に着眼した成長率の測定ツールの開発内容について解説し、実証試験を通して得られた開発成果について報告する。

2. 実験方法

2.1 実証評価試験

宮崎県内の農場内に設置したハイクリーン・ウィンドレス豚舎内に対象となる子豚約80頭を飼育して試験を実施した。豚舎内部は柵で4つの部屋に区切られており、20頭ずつ分けした。(Fig.2)



Fig.2 Inside of high clean windowless piggyery.

成長率の検証は、2020年11月10日から12月28日の47日間で実施した。この試験では、子豚の半数(40頭)を1週間ずらして搬入しており、第1群は11月10日搬入、12月22日搬出、第2群は11月17日搬入、12月28日搬出という方法で行なった。

この試験の対象となる豚は、通常の豚に比べて小さいサイズのひね豚と呼ばれる豚であり、同時期の通常豚は10.8 kgであるのに対し、搬入時の体重は第1群で平均8.3 kg、第2群で平均10.0 kgであった。

2.2 実証評価時の記録画像

豚舎内部の子豚の状況を確認するツールとして、静止画像用カメラ(Fig. 3)が備え付けられている。カメラの設置位置は天井部であり、実証試験時点では豚舎内の4部屋の内、2部屋の観察が可能な仕様となっている。静止画像用カメラはFig. 4のように豚舎内の1部屋全体を写すことができ、この画像は10分おきに自動で撮影され、クラウド上に保存される。豚が豚舎内で飼育されている全期間で画像は記録されている。



Fig. 3 The camera inside the piggery.



Fig. 4 The Image taken by the camera on the ceiling.

3. 成長率の解析

3.1 画像を用いた解析

前章に示した豚舎内部の静止画像を活用して、豚の成長率を測定する方法として、通常の静止画像を白黒の2値化画像(Fig. 5)に変換することで豚の占める面積の割合から体重を推算する手法を検討した。

通常、豚は群で管理されることから1頭ずつの計測ではなく、20頭程度の平均値での管理でも十分に管理指標として活用できると考えた。

3.2 2値化画像への変換

2値化画像に変換するための方法として、1日につき144枚の画像を処理する必要があることから、AI解析の活用を試みた。本工程では、元の画像から豚の部分のみを白く判定させるAI解析を実行するアノテーション(教師データ)を実施する必要がある。

アノテーションについては、子豚の成長過程を検出する必要があることから、11月10日から12月8日までの任意の日時の画像を複数枚用いて実施した。

アノテーションで処理する画像数を2枚、4枚、6枚、8枚、10枚と変化させたモデルの2値化画像の変換結果をFig. 6に示す。教師データが多いほど精度は向上する結果が示されるが、10枚追加時点で精度に大きな変化は見られないことが分かった。



Fig. 5 Binarized image of Fig. 4.

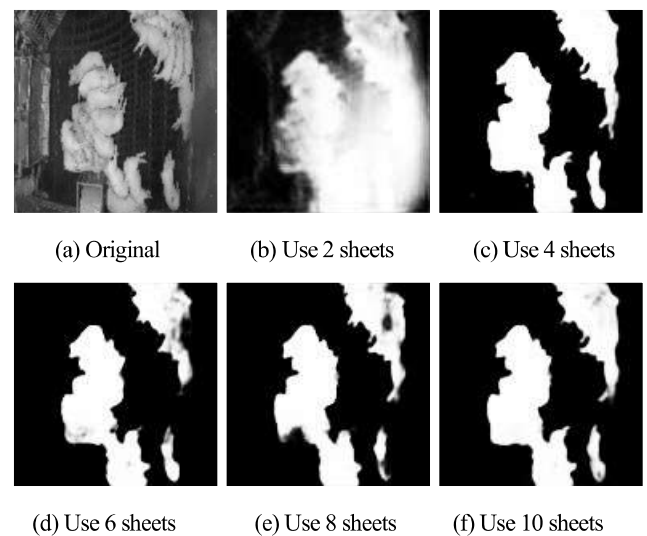


Fig. 6 The AI analysis binarized image for each model.

3.3 面積率の解析

前項で変換した2値化画像の白部分の面積率をAIで算出し、飼育頭数(1群; 20頭、2群18頭)で割った

面積率の推移を Fig. 7 に示す。飼育日数が経過するほど、豚の占める白部分の面積が増加していく結果が示された。また、搬入時の体重(1 群 : 8.3 kg、2 群 : 10.0 kg)、と搬出時の体重(1 群 : 34.6 kg、2 群 : 37.4 kg)と解析結果の面積率の数値との比較を実施した。

面積率は 2 次元であり、重量は 3 次元であることから、面積率を 1.5 乗した数値に置き換え、この数値から算出した体重と実体重の比較を Table 1 にまとめた。

搬入、搬出時の実際の平均体重と比較して、面積率から算出された体重は高い相関がある結果が示された。

これにより、面積率を解析することにより、搬出する日時が予測することが可能になると考えられる。

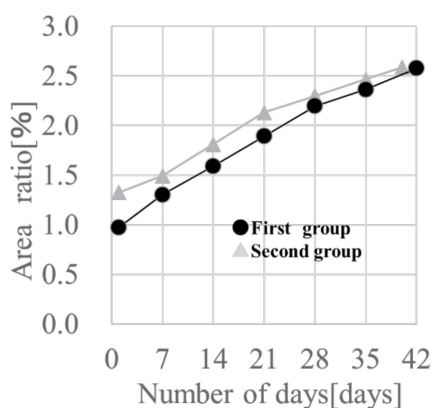


Fig. 7 Transition of area ratio by number of breeding days.

Table 1 Comparison between actual and calculated weight

		Actual weight [kg]	Calculated weight [kg]	Area ratio [%]
First group	Carry-in	8.3	8.6	0.97
	Carry-out	34.6	35.8	2.57
Second group	Carry-in	10.0	13.2	1.32
	Carry-out	37.4	36.0	2.59

4. 改良ポイント

前章で 2 値化画像から算出された面積率を用いることで、子豚の体重予測(成長率の計測)が可能であることが示されたが、実仕様を想定した場合に以下の 3 点の課題があることも判明した。

本章では、3 点の課題について改良を行った結果について考察する。

4.1 飼育頭数の検出

現状、豚舎内部は柵で区切られているため、各部屋間での豚の移動はない状況であるため、1 頭当たりの豚の面積率の算出は、全面積率から搬入時の頭数を割ることで容易に算出することが可能である。しかしながら、各部屋を自由に豚が移動できるような飼養環境

や事故等で飼育頭数が途中で変化してしまった場合、面積率の数値が大幅に変動してしまう恐れがある。

これらを想定した場合、画像内に写っている豚の頭数を自動で算出する AI の開発も必要となった。

解析に使用する画像は、2 値化画像の解析した画像と同様の静止画像を活用した。頭数を検出する手法としては、画像内の豚 1 頭ずつの位置を矩形の範囲で探し出し、ラベリングを行なう方法で検討した。この解析のアノテーションについては成長過程を検出することを考慮し、日付けを分散し、活動時間で豚の体勢も変化することから時間帯も不定期に採用した。合計 125 枚の画像を教師データに使用することで、Fig. 8 に示すように画像内の豚を検出することが可能となった。画像内の数値は不確かさを示す数値であり、0.3 以上のものを豚の頭数として検出する仕様とした。

これにより、各画像内に写る豚の頭数を高精度で検出することが可能となり、1 頭当たりの面積率を算出する際の精度を向上させることが可能となった。

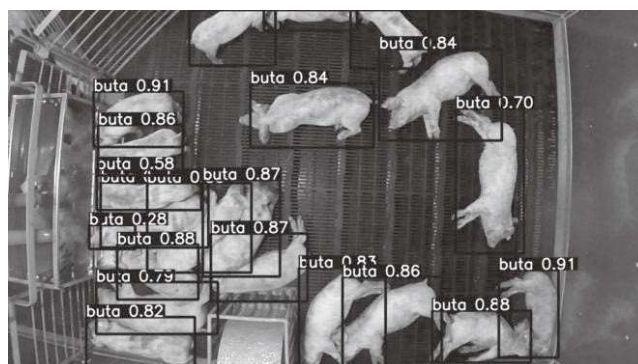


Fig. 8 The count calculation image by AI analysis.

4.2 カメラの増設

現状、豚舎内部の 4 部屋の内、2 部屋のみカメラが設置されている状況である。飼育状況により、柵を開放して全ての部屋を豚が自由に移動できる場合、一つの部屋に子豚が集中することがある。(Fig.9)

多くの豚が写っている場合は問題ないが、数頭しか写っていない状況が続くと、面積率の解析精度が著しく低下してしまう。これを補う上で、可能な限り全ての豚を撮影可能な状況を創出するためにカメラを増設することで、面積率の解析精度の低下を抑制することを可能とした。

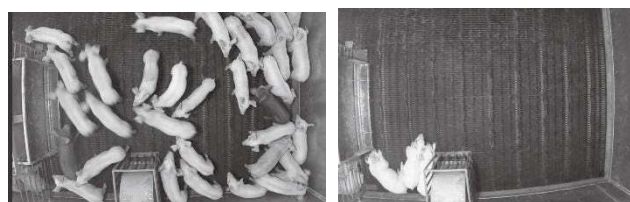


Fig. 9 Image of the inside of a pigsty with pigs biased.

4.3 特殊豚のアノテーション

今回開発した AI の課題として、特殊な豚については、豚と認識しない事例が確認されている。具体的には、Fig. 10 に示すような茶色の豚や Fig. 11 に示すような汚れが付着した豚である。これらの豚については、豚の頭数としては、検出されているものの、体の部分が黒に反転しているため、本来の面積率の数値より低く算出される問題が発生している。

この要因は、2 次化画像のアノテーション時に使用した画像内に汚れの付着した豚や茶色の豚が含まれていなかったことから、AI が間違っただ判断をしてしまっているためである。

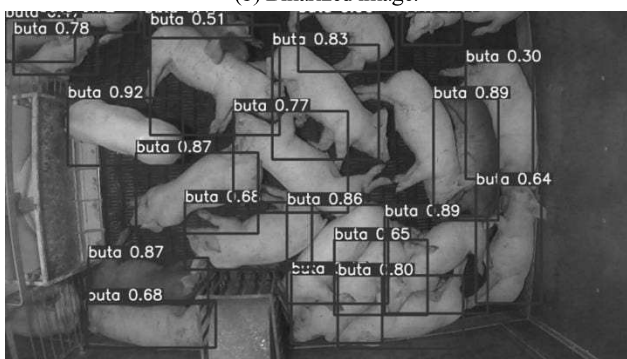
そのため、これらを解決するために上記の豚を含む画像を教師データとして、追加学習を実施する必要がある。



(a) Original data.



(b) Binarized image.



(c) Count calculation image.

Fig. 10 AI analysis results including brown pigs.



(a) Original data.



(b) Binarized image.

Fig. 11 AI analysis results including dirty pigs.



(a) Original data.



(b) Binarized image.

Fig. 12 AI analysis results by new model.

追加学習に使用する教師データとして、茶色の豚を含む画像 50 枚、汚れた豚を含む画像 50 枚を選定し、再度アノテーションを実施した。

追加学習したモデルを用いた解析結果を Fig. 12 に示す。この結果が示すように、茶色の豚及び汚れた豚についても AI が正しく判定できるようになり、高精度で豚の成長率を予測できるようになった。

5. 結論

本開発で得られた結果を要約すると、次の通りである。

- 1) 豚舎内部の画像を用いて豚の成長率(増体重)の予測可能な AI 技術の開発を実施した。
- 2) 2 値化画像に変換することで、豚の面積率を算出し、面積率から高精度な体重の推移が計測できることを確認した。
- 3) 画像内の頭数を検出する仕様を組み込むことで、事故等で頭数が変化した場合も高精度で解析を行うことが可能となった。
- 4) 豚舎内部のカメラを増やすことで少数の豚しか写らない状況を回避し、解析精度の低下を抑制することが可能となった。
- 5) 追加学習を実施することで、茶色の豚や汚れた豚が含まれる場合でも高精度で面積率を算出することが可能となった。

参考文献

- 1) 農林水産省生産局畜産部畜産振興課「畜産経営に起因する苦情発生状況(令和2年)」
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/kujyou_R1.pdf
- 2) Sato S. et al. : The proceeding of 23rd International Pig Veterinary Society Congress., (2014) P.218, (p.212).
- 3) 佐藤俊介ら. : 平成26年度日本産業動物獣医学会(九州)要旨集 (2014) p.70
- 4) 佐藤俊介ら. : 第101回日本養豚学会大会講演要旨集 (2014) p36
- 5) 末吉益雄ら. : 獣医畜産新報 68(6) (2015) p425 - 431