豚舎洗浄ロボットのための伸縮アームの一次試作

内田 拓志^a 井上 浩行^a 曾利 仁^a 岡本 修^b 安川 美紀^a

^a津山工業高等専門学校

^b茨城工業高等専門学校

1. はじめに

豚舎の洗浄・消毒作業は、豚房の床面や壁面を高圧水で洗いし、壁や床が乾燥した後に消毒を実施するのが一般的であり、農場での労働時間の約 3 割を占めている。特に、冬場における洗浄作業は、寒さが伴う過酷な作業となるため、若年者の離職が後を絶たず、労働力の確保において養豚経営の大きな課題となっている。

そのため、数年前より外国製の豚舎洗浄ロボットの導入が始まっている。現在、全国で約 20 台稼動しており、人による洗浄作業時間が大幅に削減され、洗浄作業に費やす負担は軽減された。しかし一方で、ロボットが日本の豚舎構造に適していない部分がある⁽¹⁾。

そこで本研究では、日本の豚舎構造に適した豚舎洗浄ロボットを実現させるため、その基礎研究として伸縮機構を有する多関節アームを設計試作した。本稿ではその概要を報告する。

2. 豚舎洗浄ロボットの概要

豚舎を水で洗浄するロボットとしては、すでに外国製の豚舎洗浄ロボットが市販されている。構造は、大別して車体、アーム、コントロールパネルなどから構成されており、アーム先端に配置されている洗浄ノズルから、接続される高圧洗浄機による高圧水を噴射することで洗浄を行う。洗浄作業は、ロボットが通路に静止または走行しながら洗浄ノズルを床面や壁面に対して動かすことで豚房内を洗浄する。そのため、ロボットには通常の豚房のように通路から遠く離れた場所の洗浄のみならず、分娩豚房などの複雑な設備の洗浄にも対応可能な能力が要求される。そのため、アームには伸縮機構と手先の複雑な動きを実現する機構が必要となる。また、日本の豚舎の特徴でもある狭い通路を安定して走行するためには、小型軽量化を図らなければならない。

3. アームの設計と試作

3.1 設計方針

アームは、通路から人間が洗浄するような洗浄ノズルの動きと通路の走行を可能にするため、伸縮機構を有す

First Prototype Model of Expandable Arm for pig house cleaning Robot

Takushi Uchida^a, Hiroyuki Inoue^a, Hitoshi Sori^a, Osamu Okamoto^b, Miki Yasukawa^a

^aNIT, Tsuyama College, ^bNIT, Ibaraki College

る多関節構造とする。さらに、作業環境とメンテナンス性を考慮してシンプルな構造とし、車体に搭載するために小型軽量化を図る。

本研究では、豚舎洗浄ロボットの実用化を図るための基礎研究として、車体に搭載する多関節アームを 1/2 モデルとして設計試作する。なお、今回は水の噴射を想定しないため、アーム先端には洗浄ノズルを取り付けない。

3.2 アームの設計

アームの設計仕様は、アーム先端を車体の中心から前方 2500 mm 以上の位置に到達させることと、アーム収納時には車体幅 650 mm 四方以内に収まることとする。

設計したアームの外観を Fig1. に示す。アームは、伸縮 1 自由度を有する 4 軸の多関節アームである。アームのピッチ方向の可動範囲は、水平方向に対して上方向に 90°、下方向に 20.5°である。駆動機構は、モータで台形ねじを回転させる送りねじ機構を用いる。アームの伸縮機構は、ラックとピニオンを用いた 3 段方式とする。伸縮機構の先端には、屈曲 2 自由度と回転 1 自由度を実現する機構を付加している。屈曲 2 自由度は、一方の関節に配置されたモータの回転をタイミングプーリ（以後プーリ）とタイミングベルト（以後ベルト）を介してもう一方の関節に伝えることで実現する。

3.3 アームの試作

試作した車体にアームを搭載したプロトタイプの豚舎洗浄ロボットを Fig2. に示す。非稼動時は Fig3. 左に示

Fig. 1. Image of expandable arm.

Fig. 2. Overview of designed expandable arm.

すように、アームを縮めた状態で鉛直方向に動かして収納し、洗浄時は Fig3. 右に示すように、アームを前方に倒して洗浄作業を行う。

アームの伸縮機構は、Fig2. に示すように入れ子型の3段方式で、中間アームにモータと二つのピニオンを配置し、外側と内側アームにラックを配置している。Fig4. に示すようにモータの回転が中間アームに配置された右側のピニオンに伝達されると、外側アームに対して中間アームが伸縮する。このピニオンが固定されている軸にはプーリが取り付けられており、ベルトを介して左側のプーリを回転させ、このプーリが固定されている軸にピニオンを取り付けることにより、中間アームに対して内側のアームを伸縮させることができる。

アームの角度は、アーム支持部と外側アームに連結されているリンクを Fig4. に示す台形ねじをモータで回転させ、リニアガイドに沿って可動させることでアームの角度を調節する。

Fig5. に、屈曲2自由度の動きを示す。洗浄ノズルを取り付けるアーム先端の可動範囲は 180° で、アーム先端には、Fig6. に示すように右側のモータに取り付けられている平歯車を介して関節軸に配置されているプーリに回転が伝達され、ベルトを介してアーム先端側の関節軸に伝達されることで屈曲動作が行われる。その結果、アーム先端の屈曲角度は二つの関節の回転角度の和となる。なお、今回は両プーリの歯数を等しくしている。左側のモータは、洗浄ノズルを取り付けるアームを回転させるのに用いられ、モータの回転はかさ歯車を用いてロール軸周り

Fig. 3. Attitude of expandable arm.

Fig. 4. Driving mechanism of expandable arm.

Fig. 5. Attitude of arm tip.

Fig. 6. Driving mechanism of arm tip.

の回転に変換している。

アームの操作は、ジョイスティックを用いて行う。モータは、PLCで制御され、ジョイスティックの傾きがある閾値に達するとモータのON/OFF制御を行う。

最後に、ジョイスティック操作による動作確認実験を行った。その結果、アーム先端を車体の中心から前方約2600 mmまで移動可能で、アーム収納時も車体幅650 mm四方以内に収まることがわかった。

4. おわりに

本研究では、日本の豚舎構造に適した豚舎洗浄ロボットを実現させるため、その基礎研究として伸縮機構を有する多関節アームを設計試作した。動作確認実験を行った結果、基本的な設計仕様を満足していることを確認した。今後の課題としては、1/2モデルのアームを搭載したロボットの総重量が180 kgとなったため、実用化には小型軽量化と防水対策が必要になることが挙げられる。

謝 辞

本研究は、農研機構生研支援センターの革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)で実施した。

文 献

- (1) 松野更和:「豚舎洗浄ロボットの研究開発について—小型で安価、作業履歴も生成—」, 機械化農業, Vol. 1, No. 1, pp. 28-31, 2017