

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：17102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26892021

研究課題名(和文) 子牛の気管支炎・肺炎の早期・自動検出システムの開発

研究課題名(英文) Wearable wireless sensor Nodes for a calf healths monitoring system

研究代表者

野上 大史 (Nogami, Hirofumi)

九州大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：50736147

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：前年度作製した子牛での実験を可能とする生体機能情報計測システムと、試作した圧電素子利用の呼吸数センサおよび心拍数計測センサを用いて、子牛での装着試験を行った。両者とも、呼吸数あるいは心拍数に応じた電圧変化を測定することができた。この結果をもとに、呼吸数計測センサおよび心拍数計測センサを組み込んだ無線センサ端末の、設計と試作を行った。超低消費電力カスタムICを使用し、イベントドリブン方式と組み合わせることで、低消費電力の呼吸数計測センサおよび心拍数計測センサの作製に成功した。今後、これらを用いて子牛での装着試験を行う予定である。

研究成果の概要(英文)：We succeeded to fabricate low power wireless sensor nodes to count breathing rate or heart rate of a calf. The first, we made the prototype sensors to measure piezoelectric voltages in response to the breathing or heart beating of a calf. Using both these sensors and bio-instrumentation system for a calf, we attached these sensors to calves. As a result, we got the voltage change corresponding to the breathing or heart beating. Based on the results, we fabricated low power wireless sensor nodes using the ultra-low power consumption custom IC, the event-driven system and piezoelectric sensors.

研究分野：MEMS, 機械工学, 計測工学

キーワード：MEMS Wearable sensor 低消費電力センサ アニマルヘルスマニタリングシステム

### 1. 研究開始当初の背景

我が国の畜産の総産出額は約2兆5千億円(平成21年)で、農業総産出額(約8兆円)の31%を占める重要な産業である(生産農業所得統計、農林水産省2011)。畜産の生産性向上を図るため近年の畜産現場では大規模化が進んでおり、その一方で管理面の対応が追いつかず、疾病や事故は増加傾向にある。呼吸器病の疾病や事故は抵抗力の弱い子牛の時期(哺乳・育成期)に多発し、ほぼ一年かけた子牛を失うことは経済的な損失は当然のことながら精神的にも大きな痛手となる。家畜共済統計表によると、我が国での呼吸器病による牛の死産頭数が年間数万頭、病傷事故件数は年間40万件以上(乳牛と肉用牛の死産頭数:19,666頭・乳牛と肉用牛の病傷事故件数:43,596件;家畜共済統計表、農林水産省2013)であり多大な経済的損失を与えている。

呼吸器病の主な疾病は気管支炎・肺炎であり冬場に多発している。しかしながら、季節に関係なく1年を通じて発生している農家も少なくない。これらは牛呼吸器病症候群(BRDC)(Cravens, アメリカにおける牛呼吸器病症候群の現状と対策, 臨床獣医, 2005)といわれ、複数の原因が複雑に絡みあって発生し、1群の頭数が大きくなるほど発症の危険性が高くなり、死亡の危険性が増加、また慢性化に伴う発育不良等、経済的損失が非常に大きくなる。わが国では近年、牛の集約的多頭飼育が普及し始めており(畜産統計表、農林水産省, 2011)それに伴って気管支炎・肺炎の件数は増加していることから、呼吸器病対策を実施することは早急の課題といえる。

数百頭規模で飼育されている牛群において、個々の牛の疾病発症を正確に予測するためには日々変化する牛の生体機能情報を、労力をかけずに正確に連続的にセンシング・解析できる技術の開発とその利用・評価技術の構築することが必要である。子牛の気管支炎・肺炎による初期症状は、発熱、呼吸数、心拍数の増加を伴う。このため子牛の気管支炎・肺炎の早期発見には日常的な体温計測や呼吸数、心拍数の計測が不可欠である。現状、農場における体温計測方法は動物用体温計を用いた直腸温度の計測が一般的であるが、保定による体温計測(1人が子牛を抑えもう1人が体温を計測する方法)は子牛への負担と労力が大きい点から頻繁には実施されていない。また30秒間臍部の動きを観察し1分間の呼吸数を計測する方法や、聴診器を利用して心拍数を計測する方法などは、研究や診療・診断では行われてはいても、保定による体温計測と同様に労力の点から日常的に実施することは不可能である。また体温計測の自動化に関する研究では、ペットにおいては体温計測機能を付加した皮下へ埋め込むタイプのICチップ(ライフチップ, 大日本住友製薬, 日本)が実用化されているが、牛

では食肉処理時において異物となるため、ICチップを確実に取り出さなければならないこと、読み取り装置を近づかせなければ体温を計測できないため、飼育環境内に新たに読み取り装置を設置する必要があることなどの課題がある。以上のように、子牛の疾病発症を正確に予測するためには、労力をかけずに正確に連続的に体温や呼吸数・心拍数を計測することが必須であるが、現状ではこのようなモニタリングシステムは存在しない。

### 2. 研究の目的

畜産において、牛の生産病による損失は深刻な課題である。しかしながら、大規模の牛群を少人数で監視することは難しいため、呼吸器病などの初期症状を見逃すことが多く、生産規模が大きいほどその被害は増大する。子牛の時期に日常的に生じる呼吸器病の発症を早期に発見するためには、日々変化する個々の子牛の生体機能情報を数百頭規模の牛群においても、労力をかけずに低コストでセンシングして疾病の初期症状を自動検知できるシステムの開発が求められる。ゆえに本研究では、子牛の生体機能情報に関わるセンシングデータのうち、心拍数および呼吸数を無線送信することができるアクティブ型のメンテナンスフリーの装着型センサ端末と、そのデータを解析して生体機能異常を自動検知するシステムを開発する。

### 3. 研究の方法

労力をかけずに正確に連続的に子牛の生体機能情報を計測するために、本研究では、メンテナンスフリーの無線センサ端末を開発する。1度取り付けた端末を電池交換のために何度も取り外すことは現実的ではなく、また気管支炎・肺炎にかかりやすい時期(哺乳期・育成期)が1年程度であることから、端末の稼働時間は1年以上であることが必要とされる。1年以上メンテナンスフリーで稼働可能な端末を開発するためには、自己発電型のセンサおよびそれを利用した計測システムを開発する必要がある。研究代表者の野上らは、鶏健康モニタリング用に低消費電力の活動量計測システムの開発に成功しており(例えば Jpn. J. Appl. Phys. 52, 09KD15, 2013)、この技術を応用することにより、子牛用の呼吸数計測システムあるいは心拍数計測システムを実現する。

野上らが開発した低消費電力の活動量計測システムは、鶏の動作により振動するように設計されたピエゾフィルム(圧電効果を有するプラスチック、力がかかると電気を発生する)と、アナログコンパレータ回路(2つの電圧を比較して出力が切り替わる回路、ここではピエゾフィルムから発生した電圧と回路で設定した電圧とを比較する)、デジタルコンパレータ回路から構成される。鶏が動作することによりピエゾフィルムが振動してそれにより発生した電圧が、アナログコン

パレータ回路で設定した電圧を超えたときにその回数をカウントする。そのカウントした回数が、デジタルコンパレータ回路で設定した回数を超えると、体温を測定してデータを送信する。データの送信頻度（受信頻度）から、活動量を推定することが可能である。このセンサシステムでは、鶏の動作を利用した自己発電センサを有効に活用することで、センサ端末の消費電力を大幅に削減することが可能である。

この技術とピエゾフィルムの焦電特性（温度変化により電気を発生する）を用いて、呼吸数計測システムでは子牛の呼吸による吸い込みと吐き出しで生じる温度差を利用した自己発電型センサを、心拍数計測システムでは血管の拍動により生じる振動を利用した自己発電型のセンサを開発して、低消費電力の呼吸数計測システムおよび心拍数計測システムを開発する。

このように、本研究では、大規模集約管理されている牛群において、個々の子牛の生体機能情報を無線で長期間（1年程度）連続センシングして気管支炎・肺炎を早期・自動発見を可能とするセンシング技術の開発を目指す。気管支炎・肺炎の発症は発熱・呼吸数の増加・心拍数の増加が初期症状として考えられることから、子牛を対象に温度、呼吸数、心拍数を測定可能な低消費電力の無線センシング技術（取り付け型）を開発する。

本研究機関では以下のことを明らかにすることを目標とした。

- ・ピエゾフィルムを利用した自己発電型の呼吸数計測センサの開発
- ・ピエゾフィルムを利用した自己発電型の心拍数計測センサの開発
- ・呼吸数計測センサを活用した低消費電力の呼吸数計測システムの開発
- ・心拍数計測センサを活用した低消費電力の心拍数計測システムの開発
- ・呼吸数・温度計測可能な無線センサ端末および心拍数・温度計測可能な取り付け型の無線センサ端末を用いた気管支炎・肺炎の早期・自動発見システムの開発

#### 4．研究成果

初年度において、子牛での実験を可能とする生体機能情報計測システムの構築を行った。子牛の呼吸による動的な温度変化、あるいは脈拍による皮下の振動によって発生するピエゾフィルムセンサの出力電圧を正確に計測するためのシステムを構築するため、ピエゾフィルムセンサ プリアンプ ケーブル 計測器（オシロスコープ）といった構成とした。実験において、この構成ではセンサからの信号をすぐに増幅させるため、牛の動作などによる影響を低減させることができた。一方で、呼吸数や心拍数よりも周波数の高い生体ノイズによる問題が明らかとなった。この対策のため、呼吸数や心拍数の低周

波のみを測定するローパスフィルタ機能を追加したアンプを、計測システムに追加した。これにより、センサの出力電圧を正確に計測するためのシステムの構築を完了した。

また、呼吸による温度差から呼吸数をするため、あるいは脈拍による皮下の振動から心拍数を計測するために、センサの設計および作製を行った。前者では、子牛の鼻輪に取り付け可能なように、センサのサイズは 2mm × 3mm としている。これは鼻輪の内部に設置可能な大きさである。後者では、子牛の尾根部の長軸方向に取り付け可能なように、センサのサイズは 5mm × 10mm とした。長軸方向に取り付けやすく、かつセンサ面積を大きくすることでより大きな圧電出力を得ることを目的とした。これらのセンサと構築した計測システムを利用して、呼吸および脈波によって発生する圧電出力の計測、評価を行う準備を終えた。

次年度では、子牛での実験を可能とする生体機能情報計測システムと試作した圧電素子利用の呼吸数計測センサおよび心拍数計測センサを用いて、子牛での装着試験を行った。前者は、子牛の鼻輪に取り付け可能なように、センサのサイズは 2mm × 3mm としている。これは鼻輪の内部に設置可能な大きさである。後者は、子牛の尾根部の長軸方向に取り付け可能なように、センサのサイズは 5mm × 10mm とした。長軸方向に取り付けやすく、かつセンサ面積を大きくすることでより大きな圧電出力を得ることを目的とした。実験の結果、両者とも、呼吸数あるいは心拍数に応じた電圧変化を測定することができた。この結果をもとに、呼吸数計測センサおよび心拍数計測センサを組み込んだ無線センサ端末の、設計と試作を行った。超低消費電力カスタム IC を使用し、イベントドリブン方式と組み合わせることで、低消費電力の呼吸数計測センサおよび心拍数計測センサの作製に成功した。今後、これらを用いて子牛での装着試験を行う予定である。

#### 5．主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 1 件)  
Iwasaki, W., Nogami, H., Takeuchi, S., Furue, M., Higurashi, E., & Sawada, R. (2015). Detection of Site-Specific Blood Flow Variation in Humans during Running by a Wearable Laser Doppler Flowmeter. Sensors, 15(10), 25507-25519.

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況 (計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

野上 大史( Nogami, Hirofumi )  
九州大学大学院工学研究院・助教  
研究者番号: 50736147

(2)研究分担者

( )

研究者番号:

(3)連携研究者

( )

研究者番号: