

VOL. 11 2011

横断的共同研究報告

Reports of Division Crossing Cooperative Research

平成 22 年度

栃木県試験研究機関連絡協議会

はじめに

地域における産業の振興や、環境、医療・福祉などの様々な分野の課題を解決するために、科学技術の果たす役割は大きなものがあります。また、その振興による県民生活の向上が期待されています。

そこで、県では「地域産業の高度化と新規産業の創出」、「豊かで快適な県民生活の実現」、「創造性豊かな人材の育成・確保」を基本目標とする「栃木県科学技術振興指針」を策定し、創造の気風あふれる”とちぎづくり”を目指して、総合的・計画的な科学技術振興の取り組みを推進しているところです。

栃木県試験研究機関連絡協議会は、こうした科学技術振興指針を踏まえ、県試験研究機関相互の技術交流・情報交換及び横断的共同研究の円滑な推進を図ることを目的として、平成11年度に設置されました。生活・保健環境系、工業系、農業系及び林業系の9の県試験研究機関から構成されております。

この報告書は、当連絡協議会に参加する試験研究機関によって平成22年度に取り組みされた横断的共同研究の研究成果です。

この研究成果が広範に活用されますとともに、本県科学技術振興の一助となれば幸甚に存じます。

平成23年8月

栃木県試験研究機関連絡協議会

目 次

〔横断的共同研究報告〕

牛における体温の非接触的測定技術
に関する研究（第1報） 1

〔栃木県試験研究機関連絡協議会設置要領〕 5
（平成21年6月5日改正版）

牛における体温の非接触的測定技術に関する研究（第1報）

野 沢 久 夫^{*} 上 野 貴 明^{**} 枝 野 龍 之^{**}

Studies on Wireless Measurement Technology of Cattle Temperature (1st Report)

Hisao NOZAWA, Takaaki UENO, Tatsuyuki EDANO

家畜の体温をモニターすることは、疾病管理を行うために有効な手段である。しかし、牛については、保定設備を使用しなければ少人数での捕捉が困難である。特に、生産者が高齢化している現状では、疾病に対する対応が遅れ、事故の増加による経営悪化が懸念される。本研究はH22～H23年度の2年間、畜産試験場と産業技術センターが共同で、疾病の早期発見による事故率低減を目的とし、個体を捕捉することなく体温を計測できる技術開発を行う。本年度は、温度センサとマイコン、無線化を検討し、牛の体温測定を無線通信にて行うセンサモジュールの開発を行うとともに、温度センサの最適な装着部位について検討したので報告する。

Key Words : 牛体温, 非接触, 温度センサ, 装着部位

1 はじめに

家畜の体温測定は、健康管理を行う有効な手法の1つとして農家で行われている。しかし、体温測定では、個体を捕捉し、一定時間静止させなければならない。牛など大きな個体になると、保定設備を使用しなければ少人数での捕捉は困難である。一方、生産者が高齢化している現状では、牛体の捕捉が重労働となり体温測定が疎かになる。これに伴い、疾病への対応が遅れ、事故の増加に繋がり、農家の経営悪化も懸念される。そこで疾病の早期発見による事故率の低下を目的とし、H22～H23年度の2年間、畜産試験場と産業技術センターとで共同研究を行う。

体温測定に伴う牛体捕捉の労力を軽減するため、非接触での体温測定を検討する。現在の技術では赤外線を利用したサーモグラフィによる非接触的体温測定も考えられるが、非常に高価な機械であり、生産現場での利用は困難である。よって、非接触的体温測定による安価な牛体温測定システムの技術開発を目標とした。

本年度は、温度センサ、マイコン、無線化技術を検討し、牛の体温測定を無線通信にて行うセンサモジュールの開発に取り組んだ。また、温度センサの最適な装着部位について検討した。

2 研究の方法

2-1 センサモジュールの開発

牛体温測定システムのセンサモジュールを開発するため、温度センサ、マイコン、無線モジュールを選定する。センサ

モジュールは、体温を測定する送信機と体温を表示する受信機の2つで構成する。

無線通信は微弱無線のモジュールを使用し、通信距離の性能試験を行う。

牛の体温は直腸内で測定することが一般的であり、平均体温は39.0 前後である。体温は小数点第一位まで測定するため、センサモジュールの測定データでは誤差を±1.0 以内とする。また、マイコンの温度分解能は8ビットで256、または10ビットで1024分解能から検討する。

2-2 センサモジュールの性能評価

作製したセンサモジュールの性能評価を行う。温度センサの誤差を評価するために、校正されているデジタル温度計と作製したセンサモジュールの比較測定を行う。沸騰したお湯を紙コップに注ぎ、その中に両センサを束ねて挿入し、水温が低下する状況を1 刻みに測定する。基準はデジタル温度計とし、センサモジュールの温度指示値を測定する。

無線通信における通信距離の性能評価を電波暗室内にて行う。テーブル上に送信機を設置し、受信機の距離を50cm 刻みに離しながら測定する。10秒以上の通信エラーが発生した場合は通信不可能と判断し、前時点での測定値を通信距離とする。

2-3-1 牛体温測定試験

作製したセンサモジュールを使用し、被試験体となる牛の体温を実際に測定し、温度センサ性能を評価する。測定箇所は、耳内、尻尾の付け根（尾根部）、直腸内の3箇所

* 栃木県畜産試験場 畜産技術部

** 栃木県産業技術センター 機械電子技術部

とする。(図1)

牛体温は一般的に直腸内で測定される。よって直腸内の温度を基準体温とし、耳内、尾根部の体温を比較測定する。



図1 牛体温の測定箇所

2-3-2 温度センサの最適な装着部位の検討

温度センサの最適な装着部位について検討する。畜産試験場繋養の黒毛和種去勢肥育牛2頭を供試し、試験部位として耳内、耳裏、脇、尾根部及び直腸内の5か所に、産業技術センターが試作した仮の温度センサを3分間密着または挿入して温度を測定し、これを16反復ずつ計32反復行う。同時に、慣行法である水銀体温計による直腸体温を測定し、測定部位との関連性を分析する。また、疑似センサとしてヒートマーカー用の布を使用し、試験部位に接着剤を用いて装着し、1週間後の装着耐久性を確認する。これを4反復行う。

3 結果および考察

牛体温測定システムのセンサモジュール(図2)を開発した。IC温度センサはLM35DZ(National Semiconductor社製)、マイコンはPIC16F877A、微弱無線は通信周波数315MHz帯、ASK変調方式のものを採用した。

IC温度センサLM35DZの測定温度範囲は仕様上0~100である。分解能を1024とした場合、0.0~100.0と小数点第一位までを測定範囲として設定することが可能である。しかし、牛の基礎体温は39前後であり、体温計としての機能を考えた場合に大きな測定範囲は必要とされない。よって、分解能を256とし、19.0~44.5までの測定範囲を設定した。

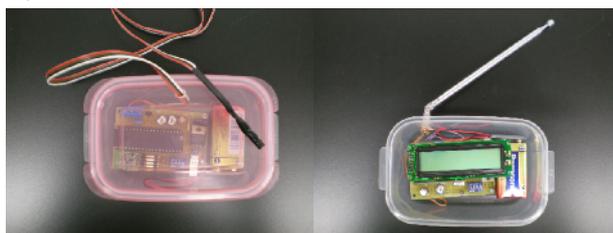


図2 開発したセンサモジュール

(左:送信機,右:受信機)

3-1 IC温度センサの性能試験

校正されたデジタル温度計を基準温度とし、センサモジュールのIC温度センサを比較測定した。測定対象は紙コップに注いだお湯とする(図3)。比較測定の結果を図4に示す。

IC温度センサLM35DZの精度は仕様上 ± 1.0 である。比較測定では、降下するお湯の温度を44.0~19.0まで、1.0刻みに測定した。測定値はセンサモジュールの表示値の平均値である。測定結果は誤差 ± 0.1 以内であり、体温測定に十分な性能を有しているといえる。



図3 IC温度センサの性能試験

(左:受信機,中央上:紙コップ,中央下:送信機,右:デジタル温度計)

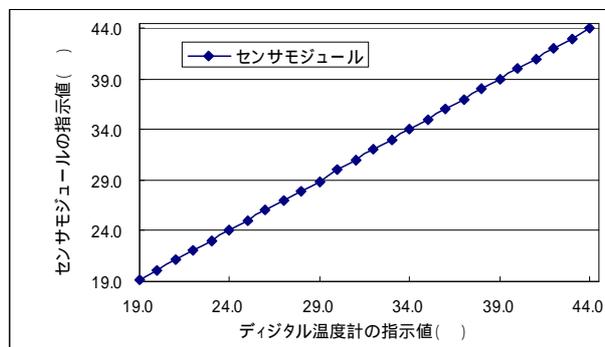


図4 センサモジュールの比較測定結果

(温度測定誤差 ± 0.1 以内)

3-2 無線通信の性能試験

微弱無線の通信距離を電波暗室内で測定した。テーブル上に送信機を設置し、受信機の距離を50cm刻みで離しながら測定する。(図5)

結果、9mまでは表示機に異常は見られなかったが、9mを越えた時点で、10秒以上の通信エラーが発生した。障害物のない理想状態で通信距離9mとなると、現場での通信距離はさらに短くなる可能性が示唆される。

センサモジュールのアンテナは、送信機がワイヤーアンテナ、受信機がロッドアンテナである。今後の改良で利得を上げるか、無線通信をZigbeeやBluetoothに変更することで、通信距離の拡大と安定した通信を確保していく必要が

ある。



図5 センサモジュールの通信距離測定

3-3-1 牛体温測定試験

県畜産試験場で牛体を用いて実際に体温測定を行った。測定箇所は、耳内、尾根部、直腸内の3箇所である。測定結果を表1に示す。

表1 牛体温測定結果

耳内	
37.4	
尾根部	
37.7	
肛門内	
38.9	

牛体における一般的な体温測定箇所が直腸内であり、基礎体温は39.0 前後である。センサモジュールを用いた場合でも、直腸内の温度は基礎体温と同様の結果を得た。対して、耳内、尾根部はそれぞれ約1.0 ~2.0 低い値となる。

3-3-2 温度センサの最適な装着部位の検討

温度測定結果を表1に示す。供試牛間の個体差が認められたため、供試牛毎に測定結果を分析した。センサによる測定温度については、直腸内、尾根部、脇、耳裏及び耳内

の順に測定温度が高くなり、測定部位間に有意差が認められた。また、各測定部位とも体温計温度との間に差が認められる結果となった。測定部位のうち直腸については、センサによる温度は36.8 であったのに対して体温計による体温は38.5 となり、同じ測定位置にも関わらず有意差が認められた。これは、この調査においては仮のセンサを用いたことから、センサの精度による誤差が要因として考えられる。そのため、今後は産業技術センターが正規に開発した機器を用いて、反復試験を実施する予定である。

表2 温度測定結果

単位:

測定器具	部位	1号牛	2号牛
	耳内	31.8 a	31.5 A
		2.2	2.6
	耳裏	33.2 ab	33.8 B
		2.0	2.0
センサ	脇	33.6 b	34.3 B
		2.1	2.1
	尾根	35.4 c	36.0 C
		1.4	1.2
	直腸	36.8 d	37.3 D
		0.7	0.7
体温計		38.5 e	38.8 E
		0.2	0.2

n=16

上段:平均,下段:標準偏差

異符号間に有意差あり(p<0.05)

表3にセンサ測定部位間の相関係数を示す。センサ温度については、耳裏と耳内、尾根と耳裏・脇、直腸と脇・尾根において高い正の相関が認められた。しかし、体温計体温との関係については、いずれの測定部位も高い相関は認められなかった。一般の飼養管理では、直腸温度を水銀体温計で測定することから、直腸温度との相関が高かった脇及び尾根の2か所がセンサ装着部位として有効であると考えられる。

表3 測定部位の相関係数

	センサ					体温計
	耳内	耳裏	脇	尾根	直腸	
耳内	1					
耳裏	0.86	1				
脇	0.55	0.68	1			
尾根	0.61	0.75	0.76	1		
直腸	0.50	0.67	0.79	0.85	1	
体温計	0.36	0.51	0.45	0.60	0.62	1

n=32

そこで、脇と直腸及び尾根と直腸の関係について回帰分析を行った。図6に脇と直腸、図7に尾根と直腸の相関を示す。脇の実測温度からの推定直腸温度については、 $y=0.274x+27.726$ 、尾根の実測温度からの推定直腸温度については、 $y=0.4717x+20.193$ とどちらも有意な回帰式が得られたが、特に尾根部温度が直腸温度に極めて近似であることが明らかとなった。

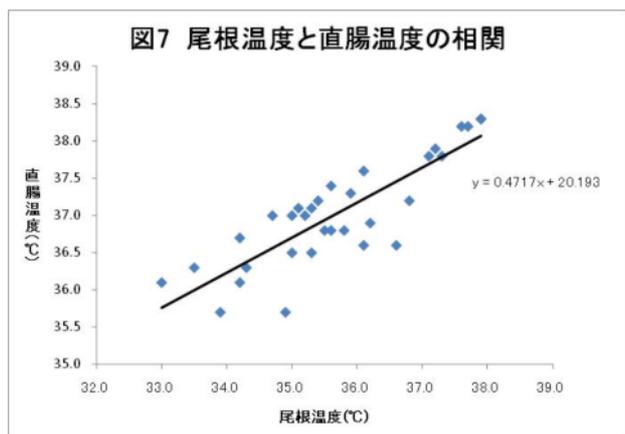
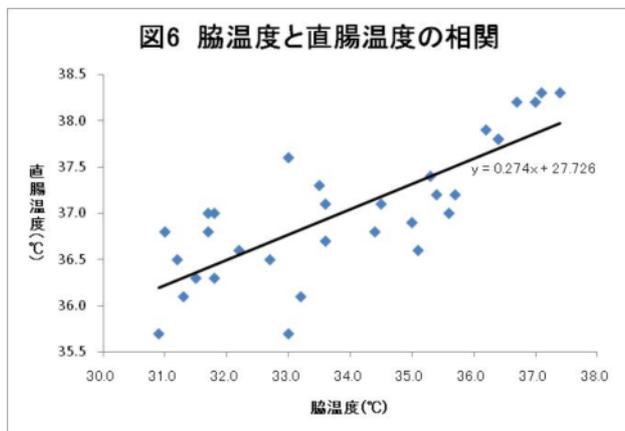


表4にセンサの装着性を耐久率で示す。耐久率とは、疑似センサとしての布が、装着1週間後において、装着時の状態を完全に保持していたか否かを表したものである。耳内が25%、耳裏が62.5%と低率であったのに対し、脇及び尾根部は、100%の耐久率であった。これらの結果から、装着部位としては、脇または尾根部が最も適切であると考えられる。

表4 装着耐久率 単位:%

	耳内	耳裏	脇	尾根
耐久率	25.0	62.5	100	100

n=4

しかし、センサの装着については、送信機の装着も想定して部位決定を行う必要がある。脇にセンサ、き甲部(肩の上の部分)に送信機を装着した場合、送信機と温度セン

サをつなぐケーブルが長くなってしまふほか、肩口の送信機が非常に目立ってしまう。牛は好奇心旺盛であり、また、通常は複数の頭数をひとつの枠内で飼養管理するため、他の牛が、ケーブル及び送信機を悪戯し、機器を破壊してしまう可能性が高い。

尾根部に温度センサ、尾根上部(尾の付け根の上部)に送信機を装着した場合、ケーブルが短くて良く、送信機も目立たなくなり、牛の悪戯が回避できると考えられることから、温度センサの装着については、尾根部が最適な装着部位であると考えられる。

来年度の研究課題では、体表温度は気温等の環境に影響を受けることが想定されることから、1年を通した測定を行い、尾根部温度の季節差を検討する。また、センサモジュールを常時牛体に取り付ける場合を考慮し、センサモジュールの小型化を検討する。

4 おわりに

牛体温を測定するための体温計として、センサモジュールの開発と性能試験並びにセンサの装着部位の検討を行った。

IC温度センサによる牛体温測定の結果、誤差 ± 0.1 と十分な精度を得ることができた。また牛体温測定における分解能も、19.0 ~ 44.5と体温測定に適した温度範囲を設けることができた。

無線通信においては9mの通信距離を確保できたが、牛舎での運用を考えた場合に、通信の安定化とともに通信距離の拡大が課題として挙げられる。

センサの装着部位については、体温との高い相関が認められた尾根部が、最適な装着部位であることが判明した。

謝 辞

本研究の実施において御指導・御助言を頂きました宇都宮大学大学院准教授 尾崎功一先生に深謝致します。

参考文献

- 1) 内村 誠, 松岡 恭二, 武石 秀一 他: "大分県家畜保健衛生並びに畜産関係業績発表会集録 大分県農林水産部, Vol.58, P102-104, (2009)
- 2) 社計量管理協会 編者: "温度の計測 (株)コロナ社, (1988)
- 3) 後閑哲也: "PICで楽しむネットワーク接続機器の自作 (株)技術評論社, (2008)

栃木県試験研究機関連絡協議会設置要領

(目的)

第1条 この協議会は、栃木県科学技術振興指針を踏まえ、県試験研究機関相互の技術交流・情報交換及び横断的共同研究の円滑な推進を図り、もって科学技術の振興に資することを目的とする。

(名称)

第2条 この協議会は、栃木県試験研究機関連絡協議会（以下「連絡協議会」という。）と称する。

(組織)

第3条 連絡協議会は、別表1に掲げる機関の長をもって構成する。

2 議長は、産業技術センター所長の職にある者をもって充てる。

3 議長は、連絡協議会を代表し、会務を総理する。

(会議)

第4条 連絡協議会は、次の事項について協議、調整を行う。

1 県試験研究機関相互の技術交流・技術情報に関すること。

2 県試験研究機関の横断的共同研究に関すること。

3 その他特に目的を達成するために必要な事項。

2 連絡協議会は、必要に応じて議長が招集し、これを主宰する。

3 議長は、必要に応じて連絡協議会に別表1に掲げる機関の長以外の者の出席を求めることができる。

4 議長に事故ある時は、議長があらかじめ指名する者がその職務を代理する。

(技術交流委員会)

第5条 連絡協議会には、県試験研究機関相互の技術交流・情報交換を推進するため、技術交流委員会（以下「交流委員会」）を置く。

2 交流委員会は、別表2に掲げる機関の長が指名した者をもって構成する。

3 交流委員会は、必要に応じて産業技術センター副所長が招集し、これを主宰する。

4 交流委員会は、必要に応じて委員会に委員以外の者の出席を求めることができる。

(共同研究推進委員会)

第6条 連絡協議会には、県試験研究機関の横断的共同研究を推進するため、共同研究推進委員会（以下「推進委員会」）を置く。

2 推進委員会は、別表1に掲げる機関の長が指名した者をもって構成する。

3 推進委員会は、必要に応じて産業技術センター副所長が招集し、これを主宰する。

4 推進委員会は、必要に応じて委員会に委員以外の者の出席を求めることができる。

(事務局)

第7条 連絡協議会の事務局は、産業技術センターに置く。ただし、連絡協議会の円滑な運営に必要な部局間調整、予算管理事務については、工業振興課において処理する。

(その他)

第8条 この要領に定めるもののほか、会議の運営に関し必要な事項は、別に定める。

附 則

この要領は、平成11年4月30日から適用する。

附 則

この改正後の要領は、平成12年4月1日から適用する。

附 則

この改正後の要領は、平成15年4月1日から適用する。

附 則

この改正後の要領は、平成16年4月1日から適用する。

附 則

この改正後の要領は、平成21年6月5日から適用する。

別表 1 (第 3 条 ・ 第 6 条 関 係)

栃 木 県 試 験 研 究 機 関 連 絡 協 議 会 構 成 機 関

保 健 環 境 セ ン タ ー
産 業 技 術 セ ン タ ー
農 業 試 験 場
水 産 試 験 場
畜 産 試 験 場
酪 農 試 験 場
県 央 家 畜 保 健 衛 生 所
林 業 セ ン タ ー
県 民 の 森 管 理 事 務 所

別表 2 (第 5 条関係)

技術交流委員会構成機関

保 健 環 境 セ ン タ ー
産 業 技 術 セ ン タ ー
農 業 試 験 場
畜 産 試 験 場
林 業 セ ン タ ー

平成 22 年度

横断的共同研究報告

Reports of Division Crossing Cooperative Research

平成 23 年 8 月発行

発行 栃木県試験研究機関連絡協議会

編集 栃木県産業技術センター技術交流部

〒321-3224 宇都宮市刈沼町 3 6 7 - 1

TEL 028-670-3391 FAX 028-667-9430