

# 人に優しくスマートな放牧管理を実現する無線生体管理システムの研究開発 (112310005)

Development of Wireless Vital Management System for Grazing Cattle with ICT

## 研究代表者

後藤 貴文, 九州大学大学院農学研究院資源生物科学部門  
Takafumi GOTOH, Graduate School of Agriculture, Kyushu University

## 研究分担者

村西 明<sup>†</sup>, 澤根 慎児<sup>†</sup>, 鈴木 和浩<sup>††</sup>, 横尾 郁<sup>†</sup>, 西土井 健<sup>†</sup>  
Akira Muranishi<sup>†</sup>, Shinji Sawane<sup>†</sup>, Kazuhiro Suzuki<sup>††</sup>, Kaoru Yokoo<sup>†</sup>, Takeshi, Nishidoi<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>富士通株式会社ネットワークインテグレーション事業本部, <sup>††</sup>富士通株式会社共通開発本部  
<sup>†</sup>Network Innovation Center, Fujitsu Limited  
<sup>††</sup>Advanced Wireless Technologies Lab., Fujitsu Laboratories Ltd.

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

## 概要

放牧中の家畜の頭数管理、個体管理、生体管理などの情報を遠隔で収集する無線ネットワークおよび管理システムの研究・開発を行い実験牧場の実証実験を通して、効果の検証、普及に向けた論点を明らかにすることを目的とした。頭数管理、個体管理は、一般的な GPS 端末は低消費電力化が図りにくいなどの課題があるため、無線伝搬強度による測位技術を応用した放牧牛の個体位置を管理する方法を研究開発した。また、生体管理の情報収集には、家畜に装着したセンサと BAN (Body Area Network) 技術を活用してデータ収集することを研究開発した。

### 1. まえがき

我が国の畜産は輸入飼料に過度に依存した牛舎内生産が主流であり、厳しい労働条件、高コスト高窒素排泄物の処理及び、牛の疾病管理が問題となっている。解決策として、荒廃した農地などの国内植物資源を活用した、放牧による環境保全・自然循環型の家畜生産システムが必要である。本研究では ICT 技術を活用し、従来困難であった放牧時における遠隔地からの位置・生体情報を収集し、家畜管理へ利活用可能な無線生体管理システムの研究開発を行った。

### 2. 研究開発内容及び成果

本研究開発は、以下の 5 つのテーマで研究を進めた。

#### ① 放牧地におけるネットワーク構築評価の実施

【開発内容】伝搬環境測定結果に基づいて、無線局を設置し、放牧地をカバーする無線ネットワークを構築した。特に、特定省電力をベースとした無線機で放牧地内をカバーするネットワークを構築した。

【成果】放牧地のネットワーク構築を考慮する上で、放牧地の植生や地形の影響を考慮することが、良好な無線伝搬環境や電界強度 3 辺測位法による測位の精度向上に重要であることが判った。放牧地の植生については ITU-R で規定されている森伝播モデルの適用が有効であることが判った。また地形の影響については、電波のフレネルゾーンに及ぼす影響や地形の凹凸の回折時の損失モデルを考慮することが有効であることが判った。また、放牧時の多数の牛のセンシング情報を効果的に収集する上で、時分割多重によるスケジューリング方法が有効であることが示唆された。牛に取り付ける端末のモビリティ機能を実現する上で、マルチホッピング機能が効果的であることが示唆された。これらの機能を実現する上で、端末の消費電力と、限られた周波数リソースの有効活用が重要であることが示唆された。

#### ② 牛個体ネットワークの構築

【開発内容】牛の近傍の無線伝搬強度測定に基づいて、牛ととりつけ端末を最適な形で開発し、牛のバイタルデータを取得するセンサとのネットワークを構築することを目標

とした。牛ととりつけ端末開発で考慮すべき重要な問題点を明らかにして、BAN 技術を適用した無線機を研究開発した。

【成果】インプラントセンサから直接ではなく、一旦体表（例えば首輪）に設置した中継器を介して行うようなネットワークの形態でのバイタルデータセンシングを検討した。この場合、インプラントされた無線機は牛の近傍にある中継機まで送信すればよいことになるため、インプラント無線機の出力電力を下げる事が出来る。それによりバッテリーの小型化や稼働時間延伸によるメンテ工数の削減などが望まれた。このようなネットワークを構築する上で、BAN 技術の適用が有効であることが示唆された。

#### ③ 測位システムの実現

【開発内容】22 年度での基礎実験結果に基づいて、測位アンカー局を設置し、測位システムを放牧地で稼働させた。放牧経営で求められる測位の精度をあきらかにし、実際の現場における実現化、普及にむけた問題点を明らかにした。

【成果】GPS を用いない、電界強度 3 辺測位法による測位によってアンカー局設置密度 0.6Ha/1 台において、測位誤差を約 30m まで縮めることが出来た。また必要な測位精度を、アンカー局設置数を増減させることでフレキシブルに対応できることが想定された。これにより、放牧地の牛の測位について、受信電波強度を用いた電界強度 3 辺測量方式による測位が適用可能であると示唆された。更に GPS を用いた測位に対して、約 60%以上の省電力化の効果を見込めることが判明した。これらの検討から、バッテリーの寿命を長くするためにはスリープ制御が効果的であることが判った。省電力化の効果は実際の放牧地の運用方法に大きく依存することが考えられるため、普及に向けてシステムの最適化を、実証を通じて実施する必要性があることが判った。

#### ④ インプラントセンサ ネットワーク の試作による実証実験

【開発内容】確実な分娩管理や健康管理を実現するために、インプラントセンサからの生体計測データの遠隔収集を実現する検討を実施した。効果的な生体計測データセンシ

ングのためのネットワーク検討やセンサの検討を実施した。体温センサ、加速度センサ、インプラントインフュージョンポンプの遠隔制御等を試みた。

【成果】本項では 430MHz 帯特定小電力方式の小型無線機を開発し、牛の最後肋骨後方に埋め込んで牛体表の無線伝播環境を測定した。その結果、無線器から各部位への電波の伝搬経路は、牛体内よりも体表が支配的と考えられ、皮下インプラントした無線器から体表面上の無線器との無線回線設計のためには、アンテナ埋め込みによって生じる挿入損失と、体表上の距離損及び回折損を考慮すれば良い事が分かった。本研究による基礎データは BAN 技術を用いたインプラントデータセンシングを実現する上で非常に有効であることが示唆された。更に、一昼夜にわたって、埋め込んだインプラント無線機に搭載した温度センサのデータを、無線ネットワークを介して受信し、取得したデータの有効性が示された。

#### ⑤ 収集したデータの利活用検討

【開発内容】収集した家畜の個体生体情報を利活用するシステムの開発を行った。また同時に放牧管理システムにおける本システムの有効性を検証した。

【成果】取得したデータの効果的な「見える化」を実現するため、データベースソフト、ウェブサーバ、電界強度 3 辺測位法のアルゴリズムエンジンを組み合わせた、放牧管理データベースを試作した。また近年普及が進んでいるスマートフォンやタブレット等の新しい端末は新たな利用体験を提供するものと考えられるため、データベース内のデータを視覚的に表示するタブレット端末を試作した。更に、マルチセンサーユニットを牛に取り付け、牛の状態をセンシングデータにより推測する方法を検証した。これにより、低速・低消費電力なセンサネットワークにおいても、生体情報のみならず、牛の管理上有用なデータを遠隔で取得することが出来ることが明らかとなった。

### 3. むすび

今後の課題としては、様々な状態、個体でのデータの取得、それを利用した電池寿命の延伸のため、センシングの頻度・サンプル数を低く抑えつつ状態推定を行うアルゴリズムの開発、そして、位置推定技術やインプラント技術と組み合わせて、実環境への適用し実証実験を行うことが挙げられる。このようなセンシングシステムおよびセンサネットワークによって、牛の行動管理、分娩位置管理、健康管理等がスマートに実現可能であることが示唆された。また、実際に現場で使用する場合には、現場での過酷な使用状況に耐えうるロバスト性が、直観で使用できるようなシンプルで機能的なユーザインターフェースが普及に向けて重要であることが分かった。

### 4. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

本システムは従来困難であった畜産におけるスマートな放牧営農を実現し、日本の牛肉市場を拡大させるほか、就農境や労働負荷にもつながり、新たなワークスタイルを実現するものと考えている。更にこのような従来にない日本の ICT を活用した放牧管理システムはアジアを中心に海外への適用も可能であると考えている。これにより国内外で 500 億円の新たな放牧 ICT システムの市場が形成できるものとする。また放牧の普及により、輸入飼料の削減が見込まれ、これにより 2700 億円のコスト削減が可能であるとする。加えて、今まで利活用されていなかった耕作放棄地約 20 万 Ha を利活用することで 400 億円規模の牛肉売上向上が望まれる。これらの経済的效果に加えて、集約畜産の大きなコストやリスクであった糞尿処理費用

の削減や日本の食物自給率の向上など国益に沿った豊かな日本の国土保全につながると考えている。更に近年注目されている家畜福祉の向上も望むことが出来る。

本研究開発により牛のバイタルセンシング実現に向けたセンシング方法やセンサデータの取得のための生体近傍のネットワークについて新たな知見を得ることが出来た。これらの研究は牛だけでなく、その他の家畜の健康管理や人間の健康管理への適用も考慮される。このようなヒトと動物の健康・医療分野への貢献は医療立国を目指す日本の政策にも一致するものと考えている。

#### 【誌上発表リスト】

- [1] K. Yokoo, T. Nishidoi, J. Sugiyama, M. Yoshida, T. Ninomiya, H. Urabe and T. Ikenouchi, "RSS-based Localization Considering Topographical Feature for Pasturing," S2-LS4, Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC) 2013, Dresden, Mar. 2013
- [2] (財)社会開発研究センター、“図解 よくわかる農業技術イノベーションー農業はここまで工業化・IT化できるー”(日刊工業新聞社)、第IV章 IT化で変わる農業生産と経営：p.102-p.109、第V章大転換する畜産技術：p.120-p.135(2011年10月27日)
- [3] 後藤貴文、“特集：自給飼料活用における耕作放棄地放牧の可能性をさぐる～肉用牛の放牧飼養と管理技術に関する取り組み～”、畜産の情報 2月号(2013年2月)

#### 【申請特許リスト】

- [1] 横尾郁、位置推定方法、(社内手続き中、2013年9月出願予定)

#### 【報道掲載リスト】

- [1] “ネット人類未来 賢い農業革命「狭い国土を言い訳にしない」”、日本経済新聞記事、2013年1月29日
- [2] ICTを用いた放牧管理の紹介、NHK「さきどり!」、2013年3月3日
- [3] 「ネット 人類 未来」にて取組事例、テレビ東京ワールドビジネスサテライト、2013年1月24日

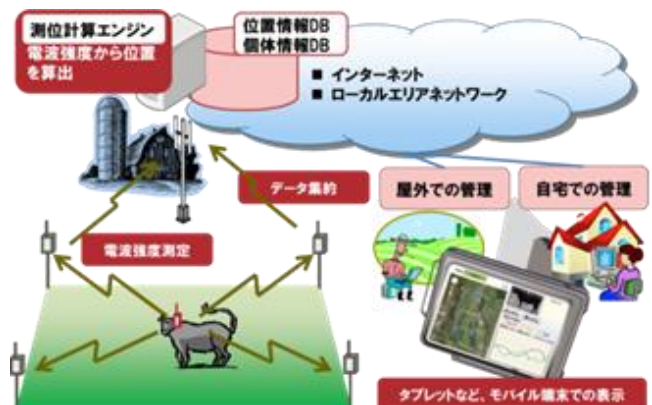


図. ICT放牧管理システム