

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)

九州大学 (大学院農学研究院)

富士通株式会社 (ネットワークイノベーションセンター
テクノロジーフロンティア室)

平成25年7月10日

世界規模での
異常気象
温暖化
環境汚染



地球規模での
低炭素社会
自然共生
環境調和
物質循環

これまで

**均一規格、見た目の美しさ、
安定供給、大量生産**

もっとも環境に近い産業 **農業**

方向性を誤ると.....

一方....

農業の **ビジネス** としての側面

農産物や環境産業のグローバルイゼーション

現実には **環境** にもっとも **負荷** を与える

現実には **環境汚染の原因**

農産物の **質と生産力** の向上

新しい次世代型農業システムの創造と構築

農業の次の世代を担う“元気のある若手農業従事者”が誇りをもつことのできる、儲かる農業システムの構築が必要

これからの農業をどのように構築していくか？

スローフード型

- ✓ 安心・安全な食糧生産
- ✓ 環境にやさしい農業
- ✓ 農薬、化学肥料を使わない方向
- ✓ 昔ながらの農業
- ✓ 労力増大
- ✓ 低生産量

どちらがよいか？
TPP対応は？



プラント型

- ✓ 安心・安全な食糧生産
- ✓ 人工的に環境制御
 - ⇒ 要エネルギー
 - ⇒ コスト大
- ✓ 農薬、化学肥料を使わない方向 ⇒ 閉鎖的合理的システム
- ✓ 工場的生産システム
 - ⇒ 生物としての多面的機能？
- ✓ 低生産量

日本の先端技術を農業へ結集

第3型：日本アジア型農業の開発と構築

- ✓ 農業の仕組みの変革：地球規模での物質循環を基準とした生産システム構築へ
 - ✓ 農業における情報の高度センシング：
 - ✓ 効率化による生産性の増大、品質向上
 - ✓ 労力の低減、化学肥料や農薬使用の低減
 - ✓ 農業における多面的機能を維持
 - ⇒ 景観保全、生物の多様性の維持等
- 先端技術を活用して自然共生する

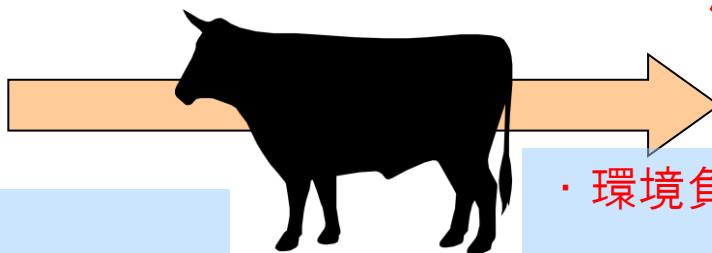
現在の和牛の生産

輸入穀物飼料
給与飼料90%以上

- ・ 飼料価格の高騰
- ・ 輸入飼料の安全性→食の安全性



脂肪交雑度の高い霜降り肉
⇒ 硬直したマーケット



脂肪生産

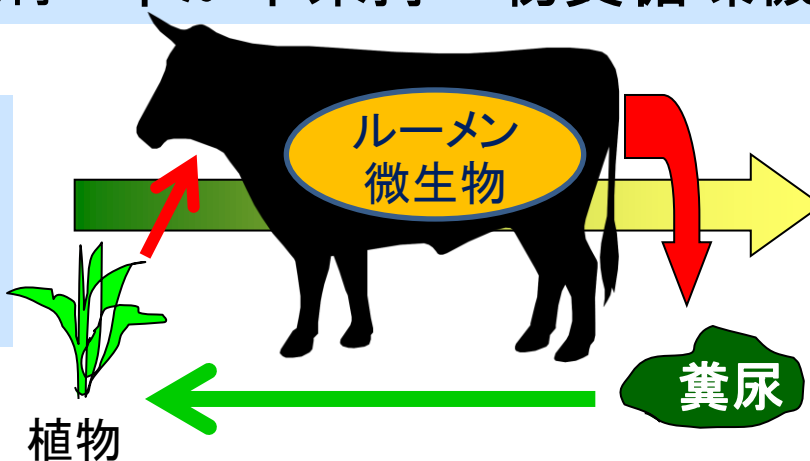
(霜降り牛肉、皮下脂肪等の廃棄される体脂肪)

- ・ 環境負荷：排泄物(4t/頭以上)
廃棄脂肪(約300kg/頭)
- 食の安全：BSE
- 伝染病：口蹄疫
- 動物福祉の問題

粗飼料を主体とした肥育：牛が本来持つ物質循環機能を有効活用

本来、

ヒトが活用できない
植物資源
(セルロース、
ヘミセルロース等)

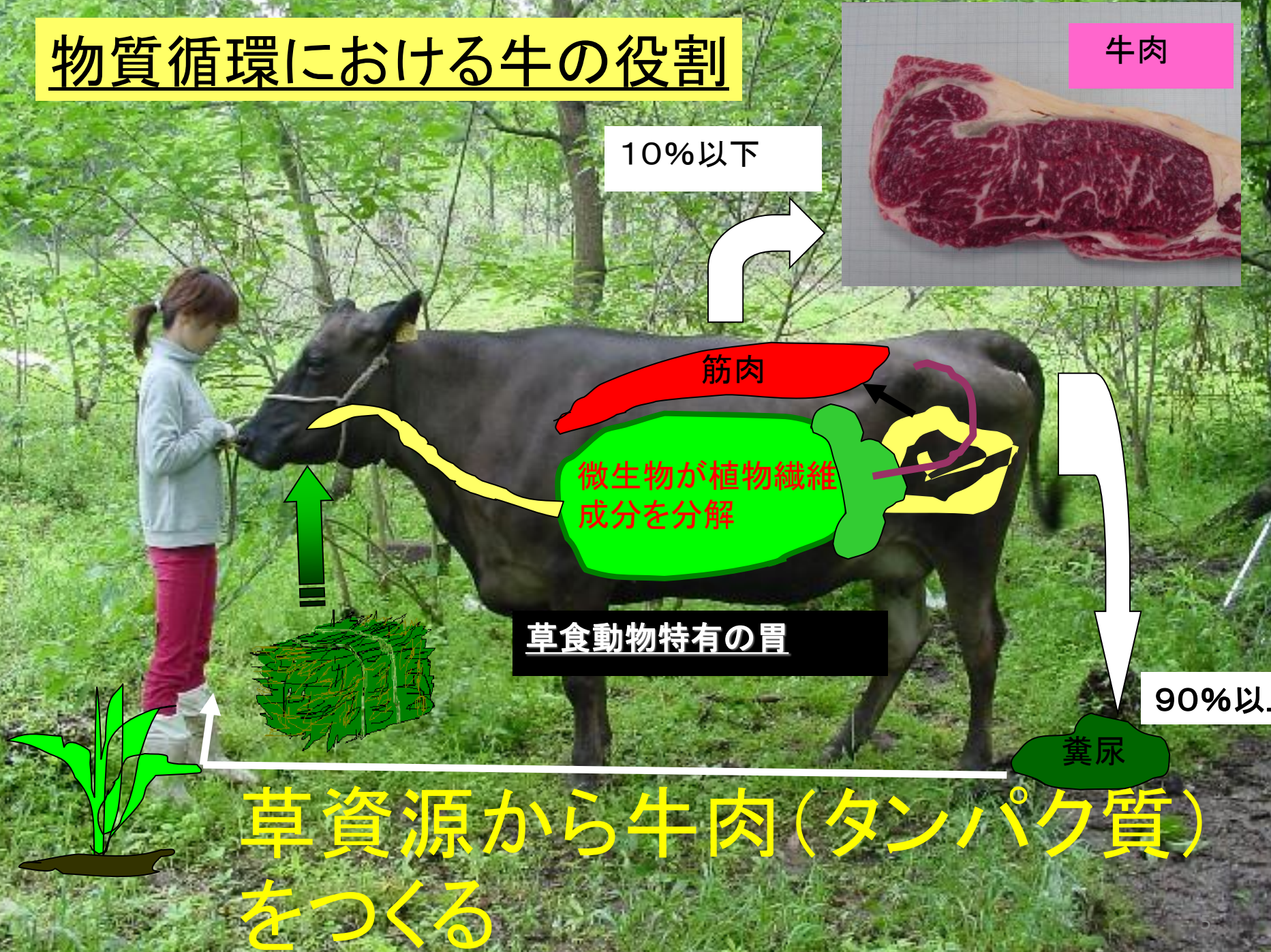


良質タンパク生産

資源循環
自然共生
環境調和機能

課題：粗飼料(植物資源)肥育の技術が確立されておらず、肉質や産肉性が低い

物質循環における牛の役割



草食動物の物質循環機能と先端技術を高度活用した
日本独自の環境保全的で持続的な生産システムの構築:

日本型フードチェーン・システムの構築

Biology

草での飼養に適した
牛をつくる

新しい飼養技術:ウシの体質制御、
代謝インプリンティング



国内の粗飼料と穀物飼料

New Market (Web business)



牛肉生産

QBeef

安全性と品質管理

新しい肉質評価とマーケットの創出

生物と環境

日本型フード・チェーン

Nature
excrement
(fertilization)

Return or Recycle

自然循環として
還元とリサイクル

(DMG株式会社、
(株)コーデ
(株)イワタニアイコレクト、
(株)まるひで、
(株)横内商店)

(富士通株式会社、
NTT西日本株式会社、
情報通信研究機構、
産業技術総合研究所、
農研機構、MSK株式会社)



放牧管理

国内草資源のフル活用:
草原の利用、
耕作放棄地の活用

(行政機関との連携)

New technology

IT技術を活用した
高度放牧管理システム

耕作放棄地放牧の普及のための先端IT技術を活用した
放牧管理システムの開発(九州大学社会連携事業)

【基本構成概要】

本事業ではウシの行動的耐性を基盤として先端IT技術を活用して、耕作放棄地の牛放牧における遠隔地管理システム、すなわち牧場内にWebカメラを設置し遠隔地からでも放牧牛を集め、監視・管理出来るシステムの実証研究を行い、新規システムを構築する。これにより耕作放棄地の効率的な管理と現場への普及の促進を強力に推進し、地域農業の活性化を目指す。

総括およびウシの放牧馴致とIT管理下トレーニング担当:九州大学



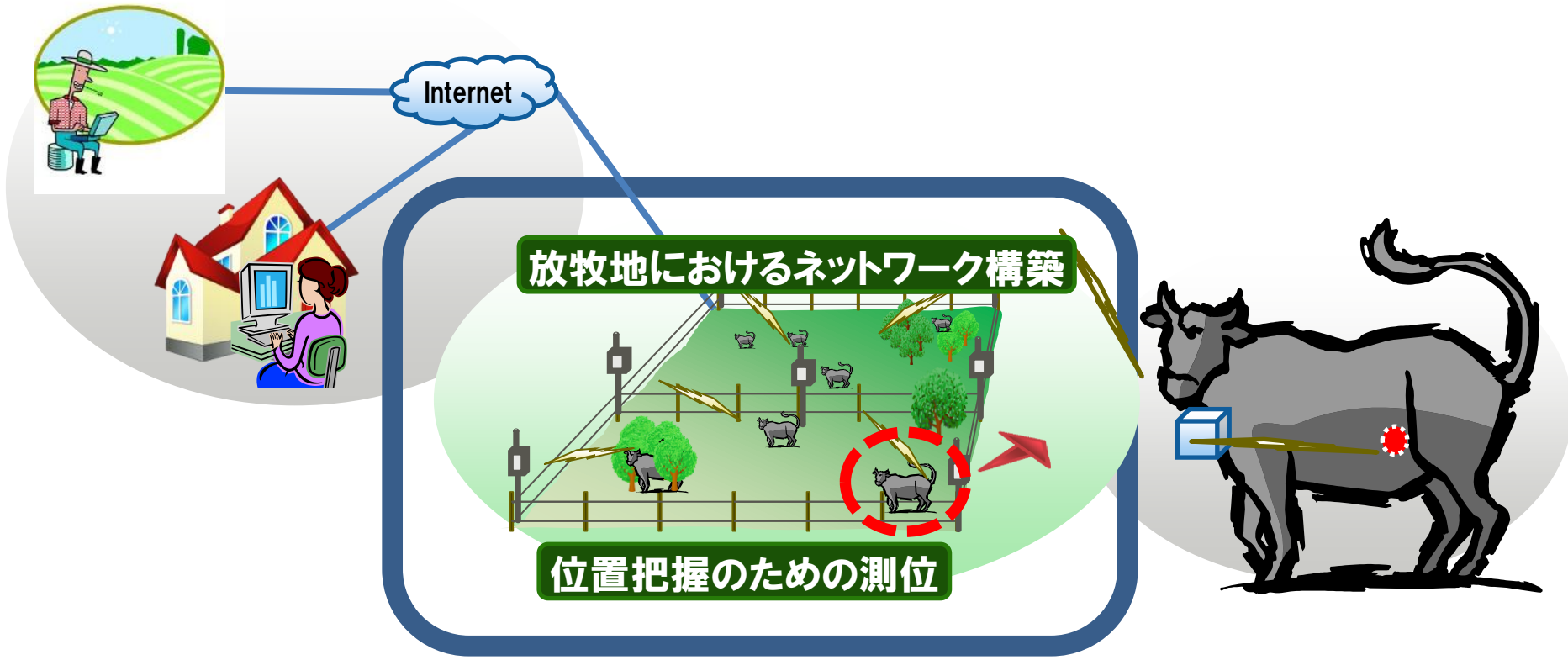


放牧地における家畜の遠隔監視

- 頭数管理、位置管理
- 体温などのバイタルデータ
- 分娩、発情などの検出

- 草資源を有効活用した放牧による肉資源の生産を実現
- 遠隔監視、データ利活用による新たな農業システムの構築

放牧地におけるネットワーク構築 / 測位



放牧管理ネットワーク構築の期待効果



放牧経営の問題点

- 放牧時の事故の発生
- 放牧経営の負荷大
- 子牛生産の効率化の実現
- 放牧地の確保

放牧地における遠隔管理

- 遠隔測位による放牧時の事故の未然防止
- 遠隔監視による牧場経営負荷の低減
- 生体情報管理による家畜の状態把握
- 耕作放棄地などの土地の有効活用

スマートな放牧管理システムによる効果

事故の予防

状態管理

頭数管理

位置管理

→遠隔放牧管理システムの実現可能

九州大学高原農業実験実習場(大分県竹田市)

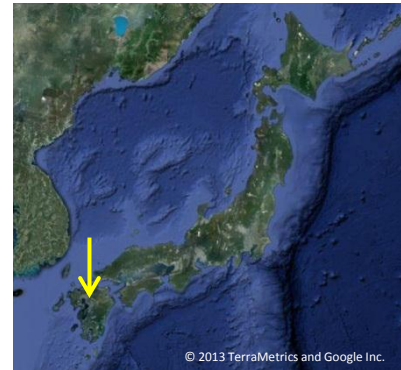
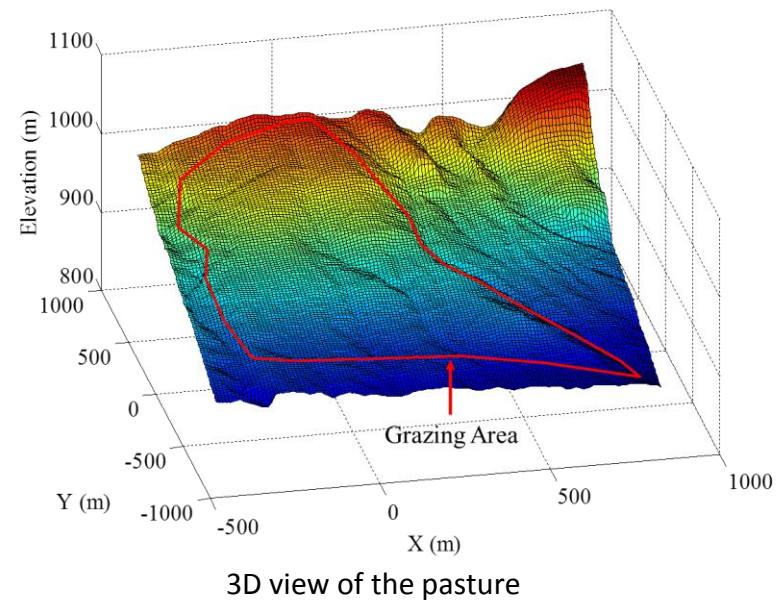
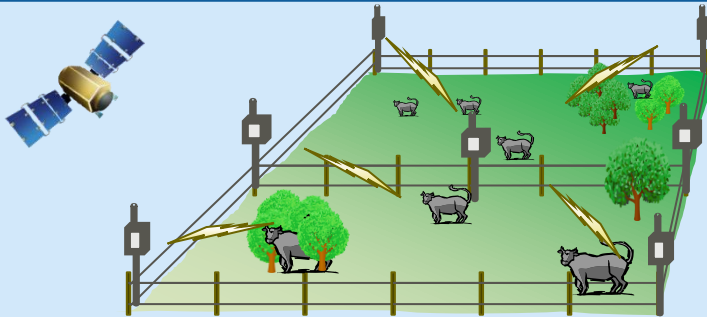


Photo of the pasture

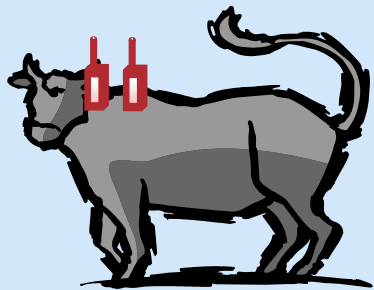


GPS測位



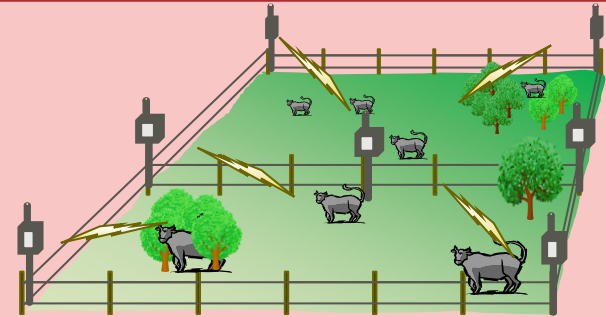
GPS電波を受信する必要あり
⇒GPS電波を受信できないところは測位が不可能

無線機とGPSモジュールを装着する必要あり



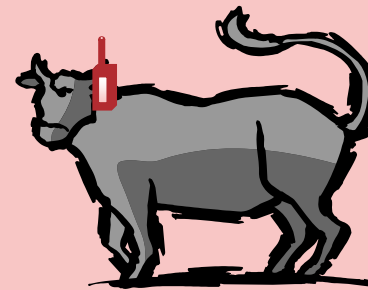
消費電力の増加
バッテリー重量の増加
⇒牛への負担増加
⇒メンテ負荷の増加

受信電波強度による測位



センサーネットワーク設備のみで測位可能
⇒電波状態悪いところは無線機を増設することで対応可能

データ疎通用無線機のみで測位が可能



低消費電力化の実現
⇒牛への負担軽減
⇒メンテ負荷の軽減

測位用の設備投資不要。データ通信の「ついで」に測位が可能。

設備投資の削減

低消費電力化の実現

放牧規模に合わせたシステム構築

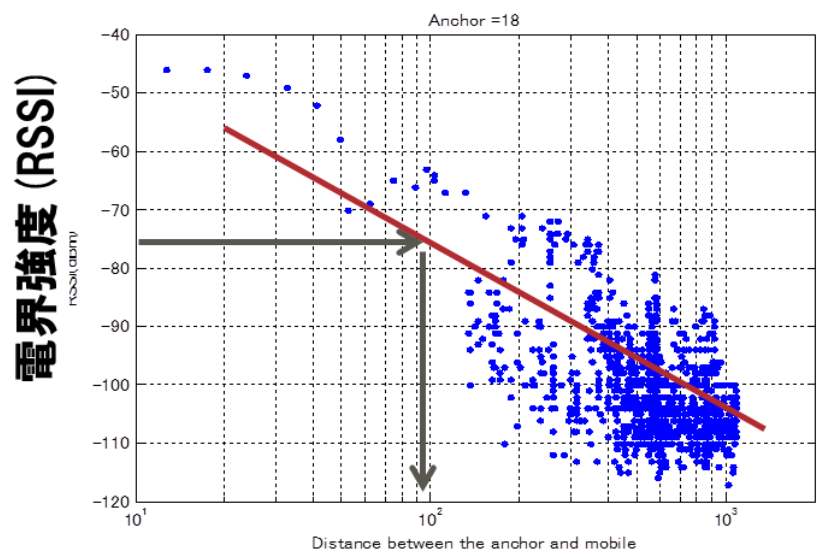
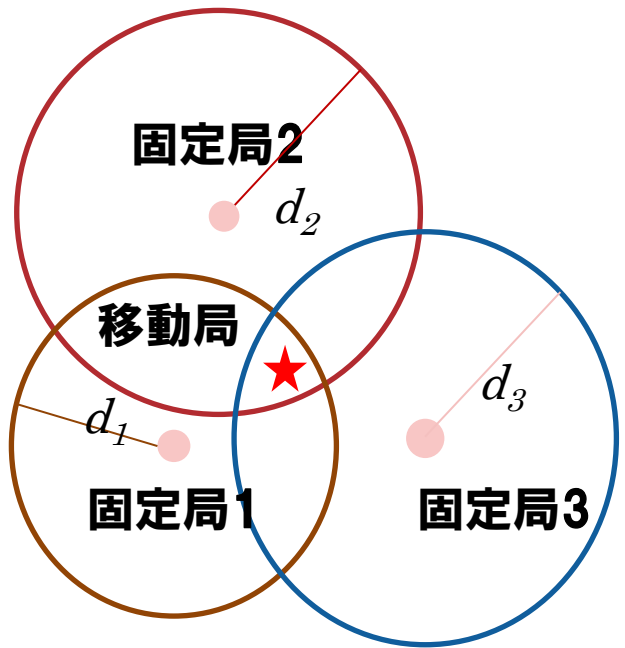
電界強度3辺測位法

■ RSSIが距離の α 乗に比例して減衰する電波の性質と、固定局の位置を用いて3辺測位を行う方法

$$P_{Rx}(d_i) = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_{path}(d_i) + X_S$$

$$L_{path}(d_i) = L_0 + 10\alpha \log\left(\frac{d_i}{d_0}\right)$$

(受信電力 P_{Rx} 、送信電力 P_{Tx} 、送信アンテナ利得 G_{Tx} 、受信アンテナ利得 G_{Rx} 、固定局 i への距離 d_i 、パスロス $L_{path}(d)$ 、シャドウイング X_S)



距離

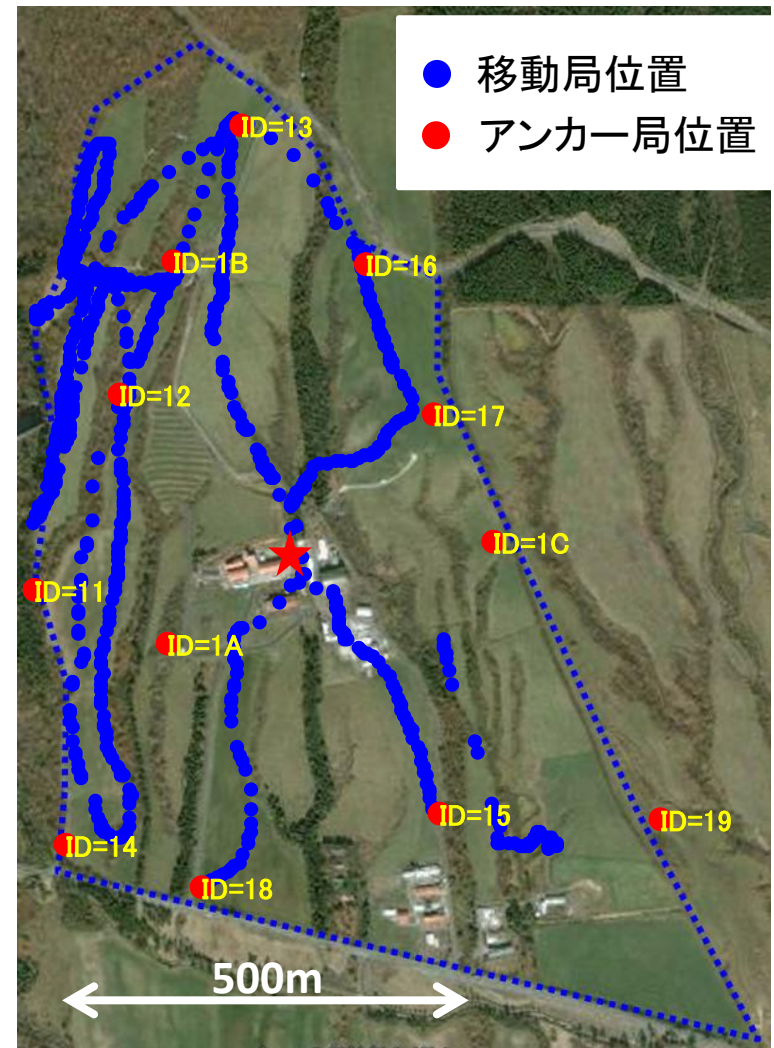
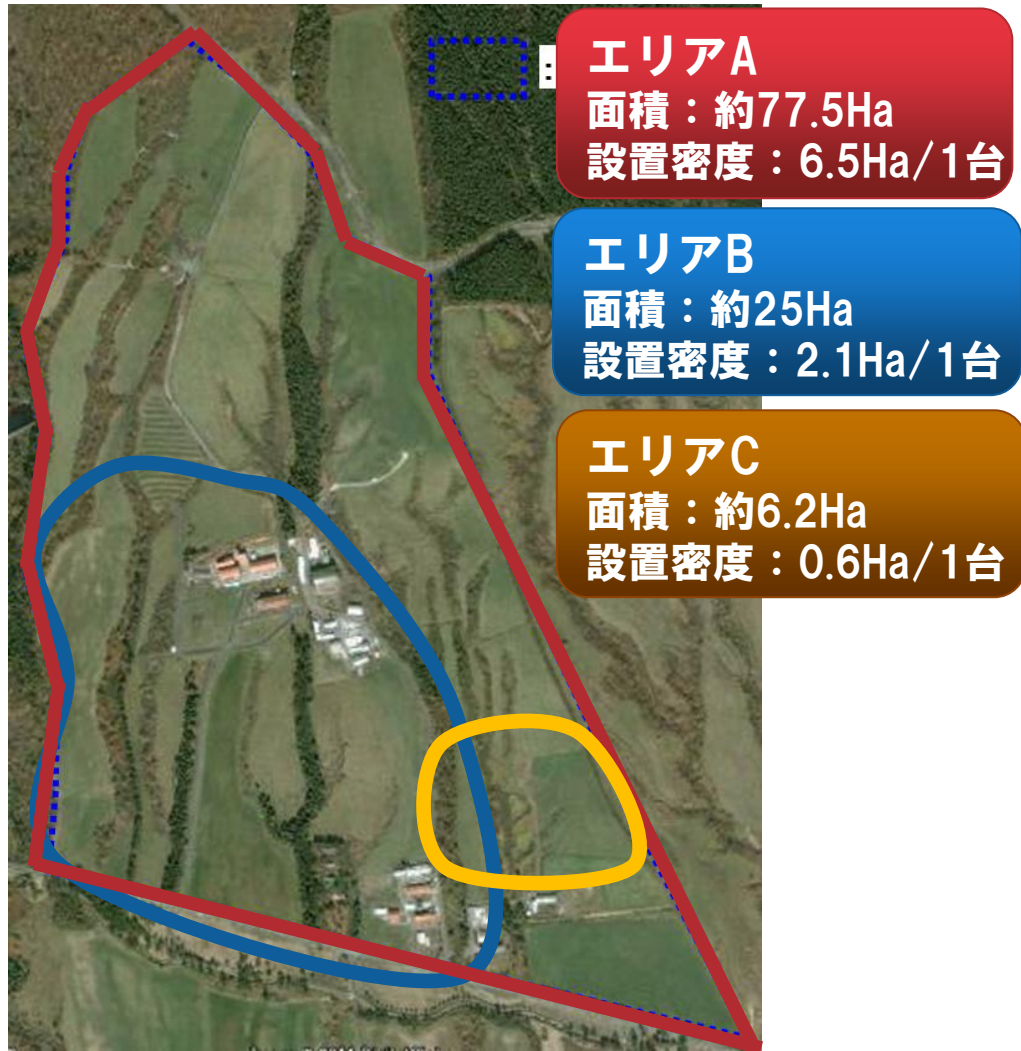


■無線インターフェース仕様

無線規格： ARIB STD-T67
空中線電力： 10mW
通信方式： 単信または単向
無線区間通信速度： 4.8kbps
数帯： 430MHz帯
最大中継数： 10ホップ

■環境条件

サイズ： 縦150mm×横10mm×奥行70mm
(アンテナ含まず)
使用温度： -20℃～+65℃
湿度： 10%～90%
その他： GPSモジュール搭載



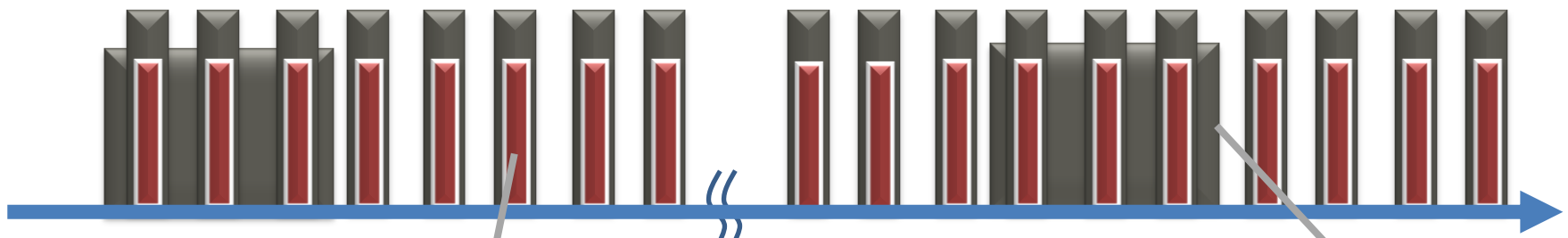
アンカー局設置密度を変化させて実験を実施した。

測位精度のアンカー設置密度依存性



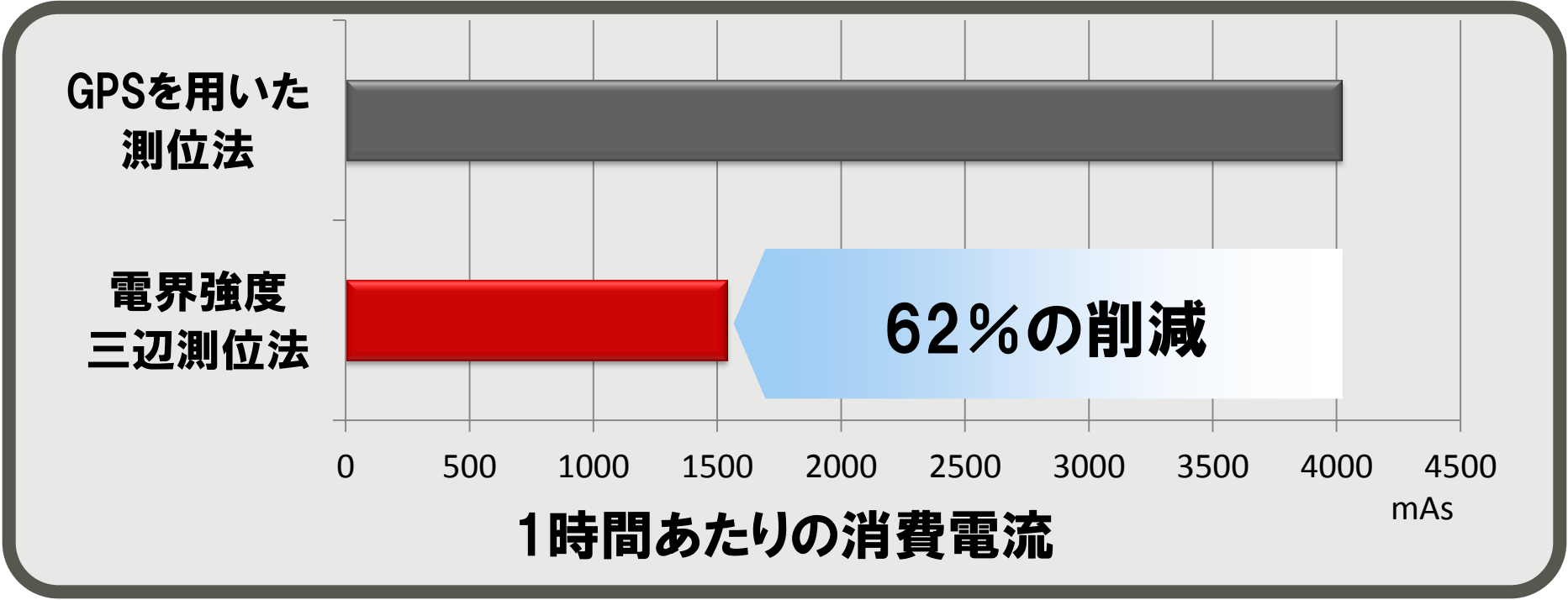
CDF=50%で30m以内の測定誤差を実現

結果：省電力の効果




無線部: 10分に1回送信 / GPS: 10分に1回測位

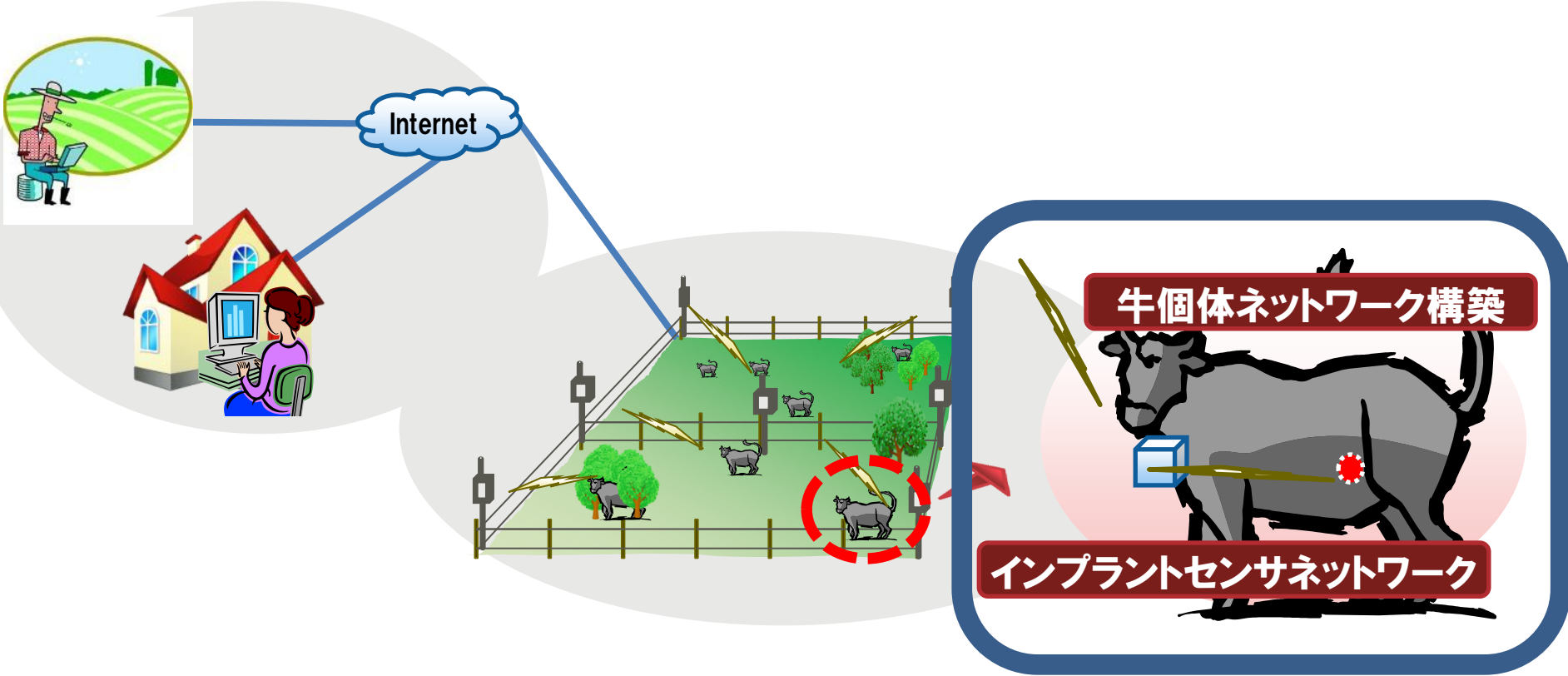
GPS: 1日に1回同期



60%以上の省電力化を実現

- 特定小電力無線技術を適用することで、地形や森の状況を考慮した無線ネットワークの構築が可能であることが示唆された。
 - 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。
 - GPSを用いない測位方式で60%以上の省電力効果を見積もることが出来た。
- 
- 以上のことから、このような無線ネットワークによる簡易測位システムを、放牧地に安価かつ簡易に適用することが期待される。

牛個体ネットワーク構築 / インプラントセンサNW



放牧経営の問題点

- 個体の疾病管理
- 個体の発情検知管理
- 個体の栄養状態管理

放牧時のバイタルデータセンシング

体温、体液、脈拍、行動などの
センシングが望まれる

スマートなバイタルデータセンシング

- 継続的かつ安定的なバイタルデータセンシング
- 牛の健康状態の把握精度の向上
- 放牧時の牛の行動に負荷を与えないセンシング方法
- 連続データの取得／新たな知見の発見

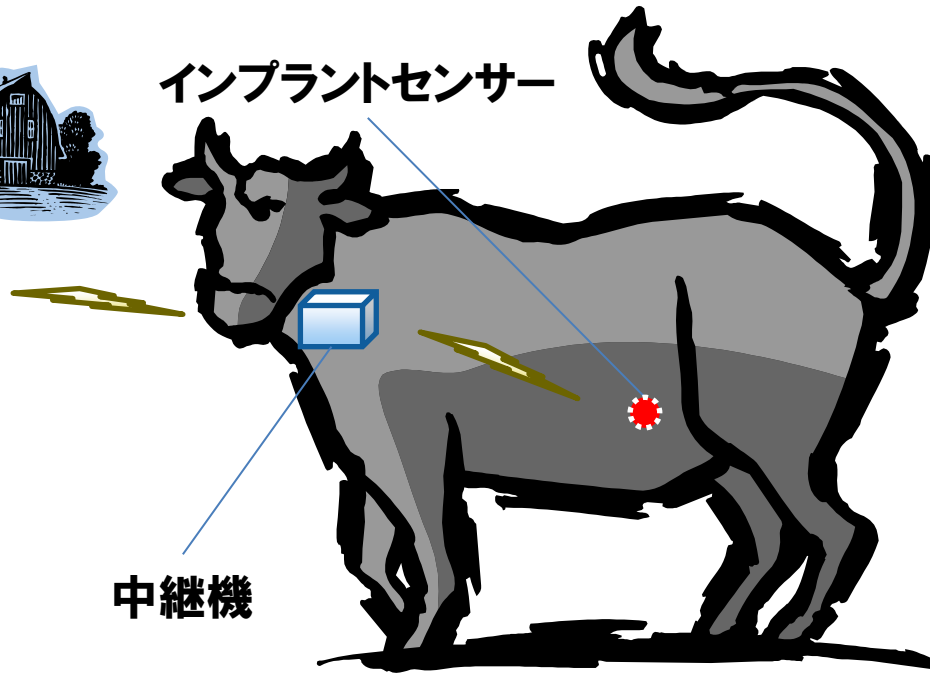
インプラントセンサーによるセンシングの実現

バイタルセンシングネットワークの将来モデル



インプラントセンサー

中継機



- ウシの体内にセンサ及び無線機を埋め込む。
- 埋め込まれたセンサーは中継器を介してデータを送信する。

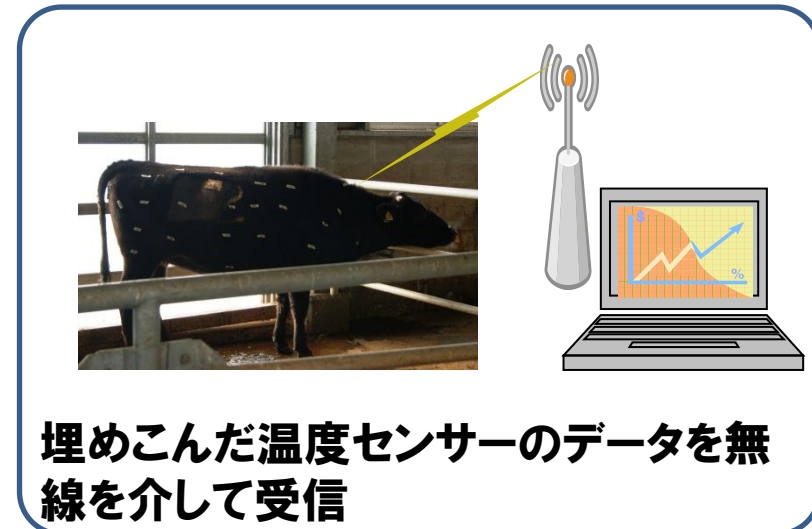
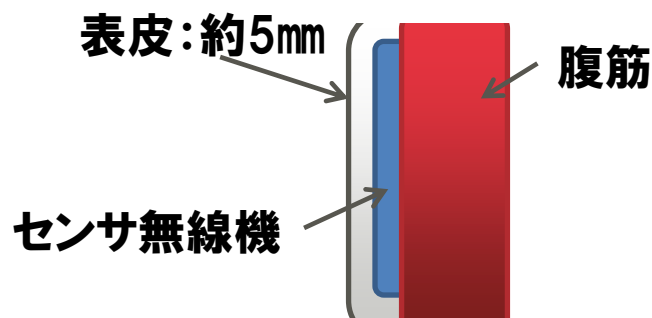
インプラントセンサの
小型化、省電力化実現

- 稼働時間の延伸
- 牛体への負荷低減

インプラントセンサーによるバイタルデータセンシングを実現するため、

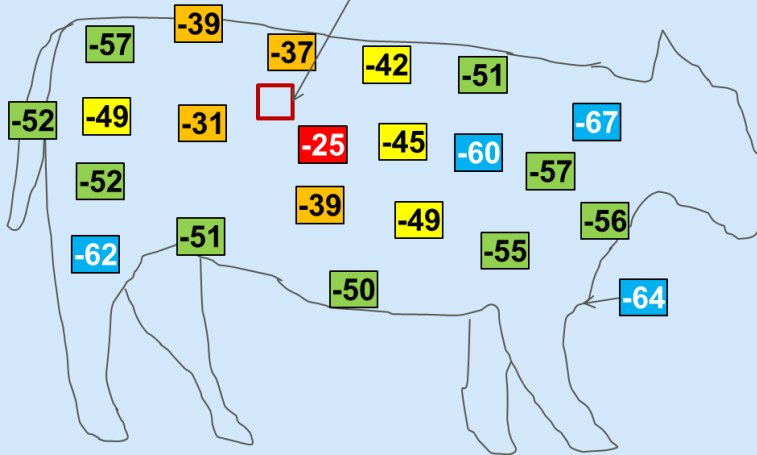
- **ウシ皮下～体表面の無線回線設計のための電力減衰測定**
- **ウシ皮下に埋め込んだセンサーデータの遠隔センシングの有効性を検討した。**

本実験は九州大学動物実験委員会の審査に基づいて実施しました

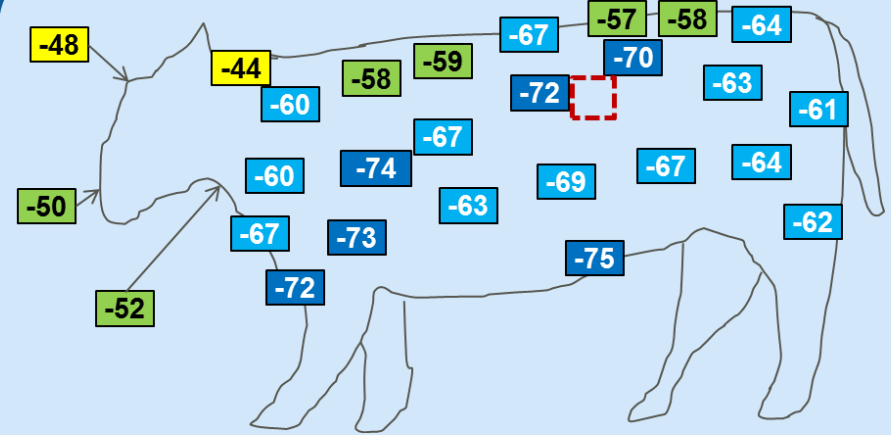


各部位における受信電力

インプラント無線機(送信電力+10dBm)

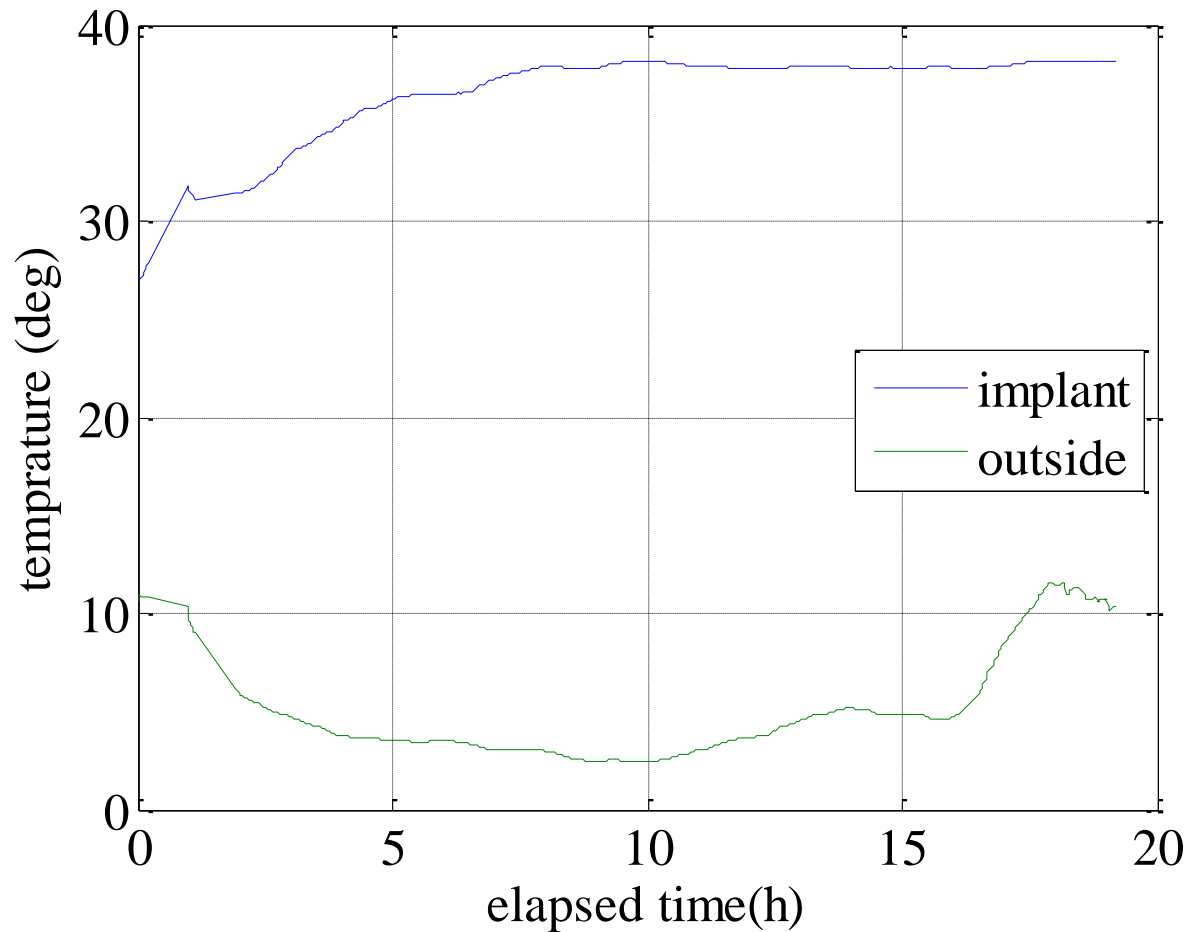


体表の距離に比例して減衰




- インプラント側と比較して、受信電力は10dBから20dB低い。
- 体内伝搬の場合の想定(-100dBm以下)と比較すると、受信電力は高い。

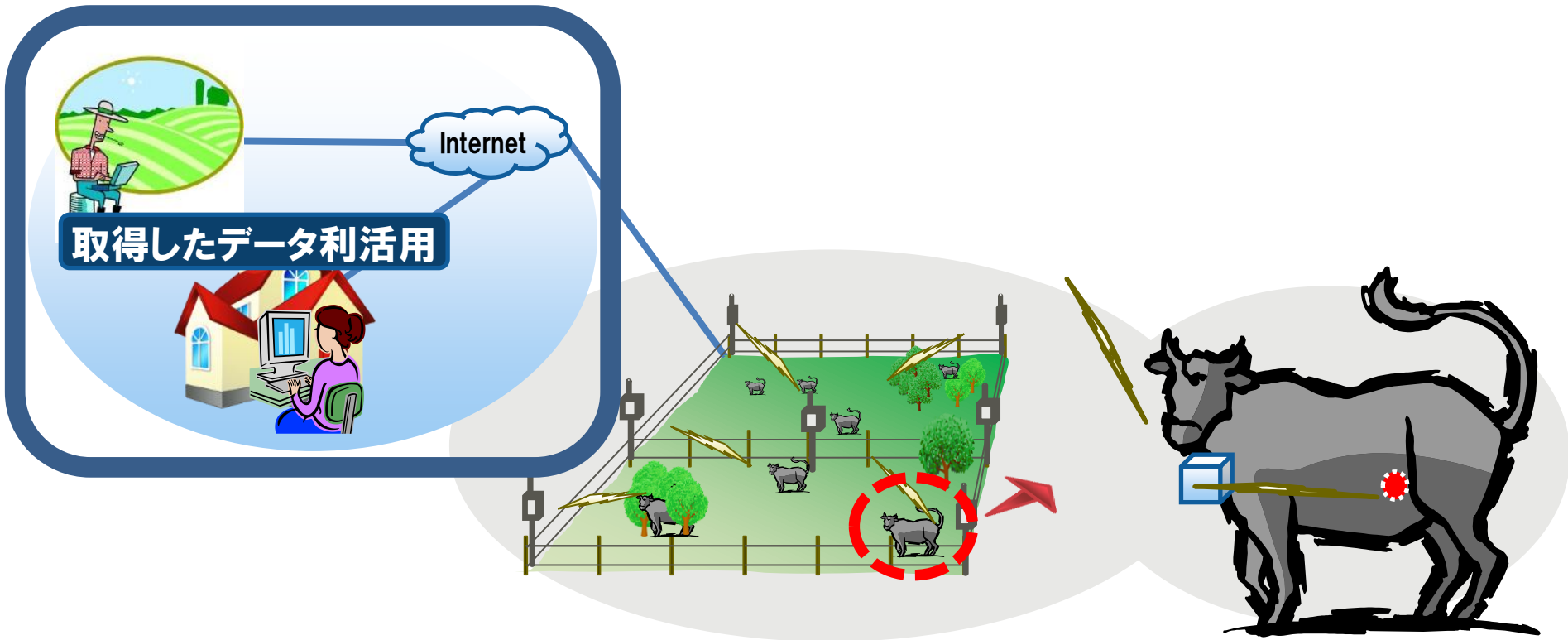
- 電波は体内ではなく、体表を主に伝播
- 中継局の位置を最適化することでインプラント無線機の省電力化および小型化が可能



- 皮下の温度は外気温の影響が見られない
- 体外の環境によらない定常的な温度測定が可能

- **インプラント無線機として特定小電力無線が使用可能**
 - 牛の皮下に埋め込んだ430MHz帯特定小電力無線機と体表上の各部位の伝搬特性を測定し、無線回線設計を行う上での基礎データを取得した
 - **インプラント型体温測定が有効**
 - 特定小電力無線方式による牛埋め込み無線機による温度センサによる温度測定を体外の環境に依らず定常的に測定することが出来た
- 
- **以上のことから、このような特定小電力無線方式によるインプラント無線機が、牛の安定的なバイタルデータセンシングに効果的に適用されることが期待される**

取得したデータの利活用



センシングデータで
現場の見える化が可能
であることの検証

マルチセンサによる
牛の動態検出実験

いつでもどこでも
遠隔で現場の情報を見
える化

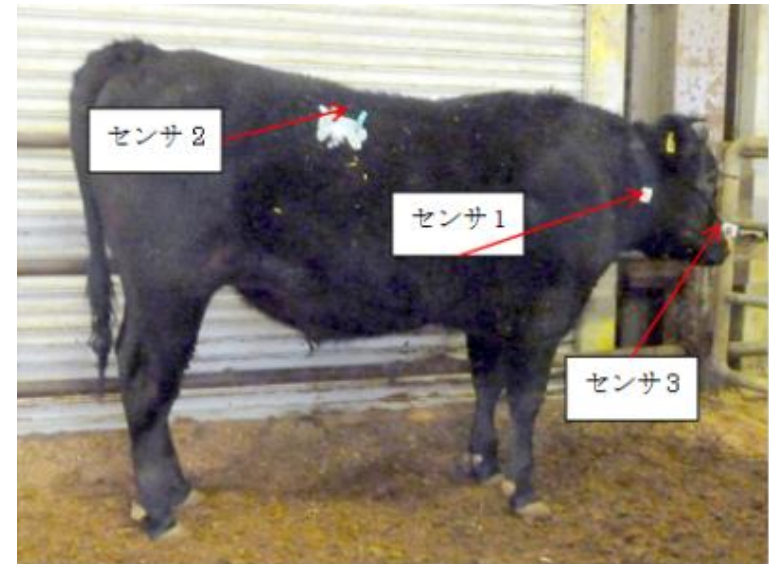
タブレットで現場の確認が
可能な放牧管理システムの開発

現場の方々や有識者
の方々との意見交換

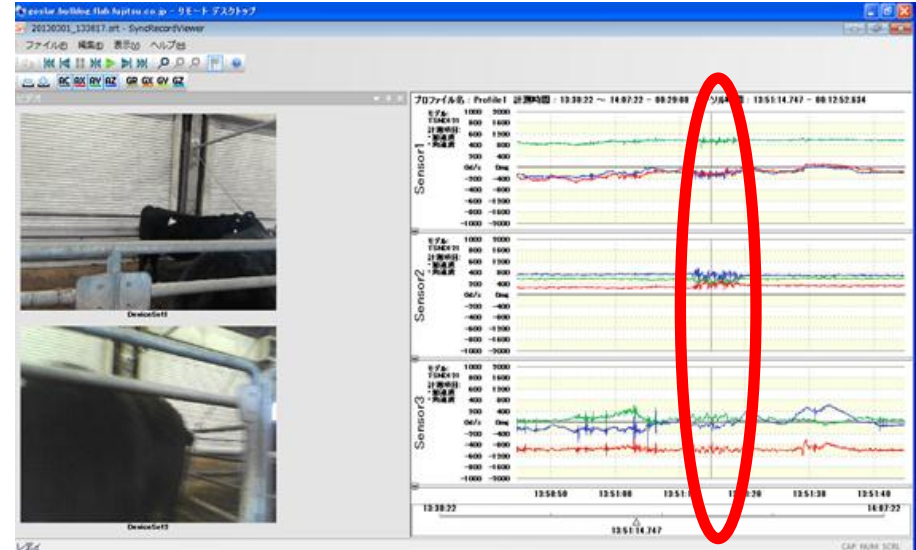
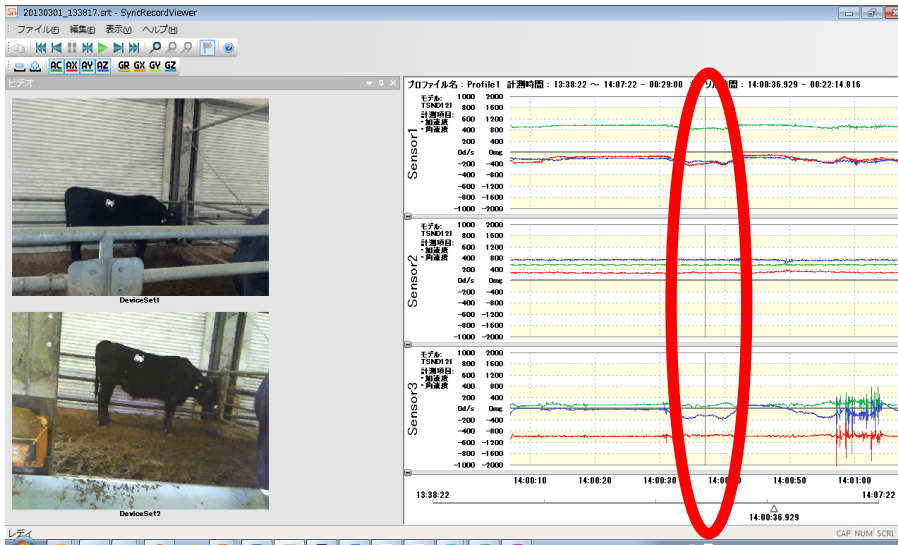
次世代ICT畜産システム推進化委員会



3軸加速度・3軸角速度・3軸方位の
情報を高速で取得することが可能



センシングデータを遠隔で取得すると
同時に牛の動態をカメラで撮影



首を動かす動作の波形 (首を下向きにした状態)

歩行時の波形

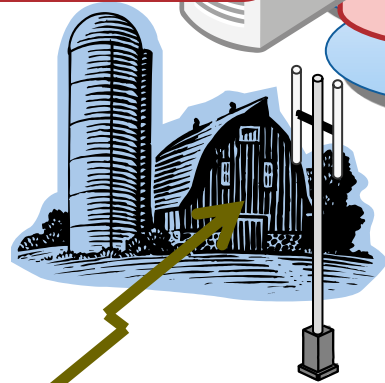
- センサを用いることで、牛の状態(静止、食餌、移動、横臥)推定できる可能性が示された。
- これにより、低速・低消費電力なセンサネットワークにおいても、生体情報のみならず、牛の管理上有用なデータを遠隔で取得することが出来ることが明らかとなった。

放牧管理システム

測位計算エンジン
電波強度から位置
を算出

位置情報DB
個体情報DB

- インターネット
- ローカルエリアネットワーク



データ集約

屋外での管理

自宅での管理

電波強度測定



タブレットなど、モバイル端末での表示

放牧管理タブレットの開発



牛の識別IDと位置表示

牛の生体情報表示

4回実施し、様々なご意見を頂きました。 ありがとうございました。

■ 第1回:平成24年6月 九州大学農学部附属農場 高原農業実験実習場

- 琉球大学
- 大分県農林水産部家畜衛生飼料室
- 大分県農林水産研究指導センター
- 農研機構・九州沖縄農業研究センター
- 産業技術総合研究所・生産計測技術研究センター
- 佐賀県鹿島市農林水産課
- 九州大学大学院システム生命科学府ナノマイクロ医工学
- 九州大学新キャンパス計画推進室
- 九州大学知的財産本部

■ 第2回:平成24年7月 九州大学農学部附属農場 高原農業実験実習場

- 東京大学先端科学技術研究センター

■ 第3回:平成24年12月 九州大学箱崎キャンパス

- NTT西日本
- 産業技術総合研究所・生産計測技術研究センター

■ 第4回:平成25年 3月 大分コンパルホール

- 産業技術総合研究所・生産計測技術研究センター
- 大分県農林水産部家畜衛生飼料室
- 大分県農林水産研究指導センター
- 九州農政局

- その後、シンポジウムを開催し、その中でも大分県の農家も参加していただき意見交換を実施

(順不同、敬称略)

- 放牧管理を実現する要素技術の開発及び、基礎実験を実施することが出来た。
- 開発した要素技術を組み合わせ、スマートな放牧管理を実現する無線生体管理システム試作を開発することが出来た。
- 本試作に基づいて現場の様々な具体的な意見を聞くことが出来た。
- 普及を目指した、システムのブラッシュアップにおける、技術的課題を明らかにすることが出来た。



九州大学 高原農業実験実習場の戦略



日本の畜産業振興

- 輸入飼料コストの削減
- 牛肉生産量の拡大
- 新規畜産就農者の増加
- 国際競争力のある日本の畜産業形成

日本の畜産営農システムの海外展開

社会問題の解決

- 耕作放棄地の放牧への有効利用
- 里山保全
- 食物自給率の向上
- バイタルセンシング等あらたなイノベーション分野の創造

牛から人へ・健康医療へ Quality of Lifeの向上

牛への効果的な取り付け方や無線機の更なる小型化、省電力化、コストの削減等、普及に向けた研究開発を実証を通じて継続していく予定

本研究は総務省 戦略的情報通信研究開発推進制度 (SCOPE)のご支援により平成23年度から平成24年度の2年間にわたって実施させて頂きました。

また、実験の実施にあたり、独立行政法人情報通信研究機構(NICT)、独立行政法人産業技術総合研究所(産総研:AIST)にご協力頂きました。

ここに深く感謝の意を表します。



国産の草で飼育する純国産和牛



QBeef



<http://www.qbeef.jp/>