
スワリカブランド創造事業担当

2020 年度活動サマリー・研究成果・業績リスト

スワリカブランド創造事業担当

(主担当)	⋮	(副担当)	⋮	(部門研究員)
松江英明 教授	⋮	小林誠司 特任教授	⋮	川口一雄 客員研究員

スワリカブランド創造事業担当 活動サマリー

1. 背景

茅野市からの委託を受け、公立大学法人公立諏訪東京理科大学にて実施した、産学公連携「スワリカブランド」創造事業（以降「スワリカブランド」と略す）の2020年度報告である。本事業は2018年に開始され、今年度は3年目となる。

1.1 目的

新しいIoT向けの無線通信技術、LPWA（Low Power Wide Area）を適用して、地域課題を解決する研究開発に取り組み、地域の活性化を図ることをスワリカブランドの目的としている。また技術開発状況を積極的に情報発信し、地域の魅力をアピールすること、人材育成も目的となっている。

2. 地域活性化を実現する方針

新しい事業やサービスを生み出す研究開発は、地域活性化の有力な手段である。しかし、どんなに素晴らしい研究成果が生まれても、地域がその成果を活用しなければ地域活性化には役立たない。そこでスワリカブランドのKPI（達成度評価指標）には、研究開発により「起業された件数」、あるいは「既存企業が新事業に乗りだす件数」が設定されている。このKPIを達成するために、スワリカブランドのアクティビティは技術開発に留まらず、特許取得、実証実験、そして新規市場調査など広範囲をカバーし、従来の研究開発とは別次元の取り組みとなっている。

2.1 知的財産権（特許）の方針

競合企業に対する優位性を確保しなければ、やはり誰も事業に乗り出さないであろう。そこでスワリカブランドでは、研究開発で得られたアイデア積極的に特許出願している。

2.2 機密情報の扱い

研究開発で得られたアイデアは、秘密情報として扱うのが普通である。しかし機密保持のため活発なディスカッションができなくなり、技術進歩のスピードも遅くなるという欠点もある。そこで、試作や実証実験で得られたアイデアを、素早く特許出願することに注力した。出願を終えたアイデアは公開できるので、より多くの企業間でのディスカッションを経て、さらに良いアイデアを創出することも期待できる。

2.3 積極的な情報発信

研究開発は地域のイメージアップにもなりうる。実証実験の結果などを地域の方に伝える

ため、地元新聞などに積極的に情報発信した。

3. 無線通信技術「LPWA」の概要

スワリカブランドが対象とする無線通信技術「LPWA」は、データ量を低く抑え、その代償として長い通信距離を実現する新しい技術である。データ量が少ないので、従来とは発想を変えた新領域に適用することになる。

例えば、「広い農場に網の目のようにセンサを設置し、無線伝送したセンサデータを分析して農業生産性を上げる」、といった用途に適している。通信距離が長いので、携帯電話が圏外となる山岳地でも使うことができる。

3.1 LPWA を使ったシステム構成

LPWA は様々な用途に応用できるが、システム構成は一般的に下図のような構成になる。①莫大な数のセンサを使って情報を収集し、②得られた情報を圧縮し、③ LPWA 無線でインターネット（クラウド）に伝送し、④人工知能で判断し、⑤判断結果をスマートフォンに表示する、という5段階のシステムである。スワリカブランドでの開発は、①センサ、②情報圧縮、④人工知能、の3つに集中して取り組んだ。



図1 LPWA を使った未来システムの構成図

3.2 戦国時代の LPWA 通信方式

LPWA 通信方式としては、ヨーロッパで開発された「Sigfox」, 「LoRa」方式が商用化され、その後国産技術の「ELTRES」が登場して、さながら戦国時代の様相を呈している。

歴史を振り返ってみると、複数の技術方式（例えば、VHS とベータマックス、ブルーレイと HD-DVD）が乱立して技術戦争になったことがある。過去の例でも、優れた技術が勝ち残るとは限らず、勝者を予測するのは難しい。無線通信に関しても同様に、10 年後に生き残る LPWA 方式を予想するのは難しい。そこで地域企業との連携で進める研究開発は、「LPWA をいかに使うか」という応用技術開発に集中した。生み出された技術、特許、ノウハウなどは、3つの LPWA 通信方式の何れにも適用することができる。

4. 取り組み内容

次に述べる6つの地域課題をテーマとして取り上げ、課題解決の研究開発に取り組んだ。

課題1：見守りシステム

山岳遭難、小学生、高齢者などの位置をスマホで見守るシステムの開発。

課題2：河川水位計測

軽く、小さく、山岳地にも設置可能な「山岳地水位計」の開発と運用。

課題3：土石流予知・検出技術

山岳地水位計と、気象庁の雨雲レーダを使った土石流監視システム。

課題4：鹿の罠の無線通報装置

罠の作動を LPWA 無線としてスマホに伝送し、猟師の負担を軽減するシステム。

課題5：農業用温度センサ

日照の影響を受けず、設置するだけで正しい温度を計測できる温度計。

課題6：崖崩れ検出

搬送波位相検出型の GPS 技術を LPWA に適用して、がけ崩れなどの前兆現象を捉える。

5. 成果のサマリー

本事業への参画する地元企業は 19 社となり、知的財産権の取り扱いを記載した秘密保持契約書を締結して、今年度は 5 回の研究会を開催した。これらの結果、参画企業のうち 3 社が LPWA を使った製品発売を決定したことから、KPI「事業を通じた起業又は既存企業の新分野進出件数」として、3 年間の累計で 3 件を達成した。これは目標を 1 件上回った達成となっている。

5.1 知的財産権（特許）

今年度は 7 件の特許出願が完了し、累計 16 件が出願完了となった。（スワリカブランド特許参照）。審査請求を行って特許権が成立したのは 3 件である。

5.2 情報発信

今年度は地元新聞を中心に 19 件の新聞記事が掲載された。1 月 3 日には実証実験の様子が SBC 信越放送のテレビ番組、「生き物の未来」で放映された。また長野県情報通信懇親会のホームページには、地域 IoT 実装事例としてスワリカブランドで開発中の水位計測システムが掲載されている。3 年間の新聞記事の累計は 56 件（2018 年度：18 件、2019 年度：19 件）となり、スワリカブランドを通じて公立諏訪東京理科大学の存在を地域内外に PR し、一定の認知を得ている。

研究開発成果

LPWA 見守りシステムの開発

1. 背景となっている地域課題

茅野市の東端にある八ヶ岳連峰には、毎年多くの登山客が訪れて山岳遭難も頻繁に発生し

ている。携帯電話が圏外になる登山道もあり、山岳地で使うことのできる無線通信 LPWA を使った山岳遭難見守りに使える装置が求められている。また山中を走行するマウンテンバイクや、長距離を通学している小学生の見守り装置に対しても期待の声がある。

1.1 市販の見守り装置とその問題点

携帯電話を使った見守り装置が数万円で販売され、保護者のスマートフォンで位置情報を取得することができる。小型軽量で防水機能もあり優れた装置であるにも関わらず、あまり普及していない。この普及しない原因として、「数日毎に充電しなければならない」という問題がある。小さい子供や高齢者を抱えた家族は忙しく、数日毎に充電することは現実的でない。このため、いざ子供や高齢者が行方不明になったときに、「電池が切れていて使えない」、ということが発生する。

2. スワリカブランドの見守り送信機

そこでスワリカブランドでは、「充電不要」もしくは、「電池が数か月持つ」ということを訴求ポイントにして、地元企業と見守り送信機を開発した。LPWA 無線の低消費電力特性を活かせば長期間動作させることができる。さらに今回の試作では高容量のカメラ用電池「CR123A」を電源に採用して動作時間を延ばした。この電池は 1300mAh の高容量でありながら、重さ 17 グラムと軽くてホームセンターなどでも購入できる。

また、思い切ってスイッチを廃し、内蔵された加速度センサを使って本体が揺れた場合（加速度が検知された場合）に自動的に電源が入るように構成した。例えば子供のランドセルに装着すれば、子供の歩行に伴う揺れを検知して電源が ON になる。歩行中は揺れが続くので、電源は入り続け、子供の移動履歴を取ることができる。

2.1 確認実験 1：動作時間

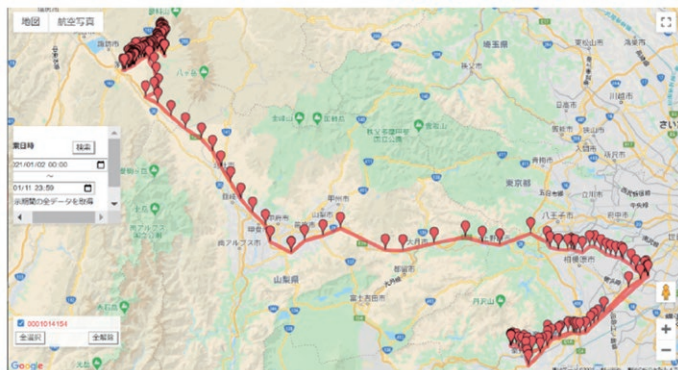
自家用車のダッシュボードに見守り送信機を置いて動作確認を行ったところ、片道 1 時間弱の通勤では、電池交換無しで 2 か月以上動作することが確認された。これは、充電不要で数か月間連続動作する見守り送信機の出現である。毎日のスマホの充電にストレスを感じる人でも受け入れてもらえるものと期待を込めて実証実験に臨んだ。



2020 年度試作の見守り送信機（サイズは 7cm x 7cm x 2cm）と、CR123A 電池

2.2 確認実験2：通信範囲

横浜を出発する自家用車のダッシュボードに見守り送信機を置いて通信状況確認を行った結果を下図に示す。横浜から八王子までは一般道を走り、八王子から長野県・諏訪南インターまでは中央自動車道を使った。



左図のように、神奈川、東京、山梨、長野と走った車の移動履歴を取ることができた。データが途切れているのは2か所のトンネル（小仏、笹子）だけである。本プロジェクトで試作した見守り送信機は、広範囲で使えることが解る。

3. 実証実験

今年度は新型コロナウイルス感染症を防ぐため山岳地での実験を中止し、代わりに密状態を避けることができる「サイクリング」や「小学生の通学見守り」の実証実験を行った。

小学生の通学見守りの実証実験では、60台のみまもり送信機を小学校に提供し、希望があった児童に持ってもらった。2021年1月18日～2月1日は茅野市北山小学校、2月8日～28日は諏訪市中州小学校にて実証実験を行った。



北山小学校での児童見守り実験（左：提供した見守り送信機、右：児童の移動履歴）

加速度センサによる自動ON/OFFが有効に働き、電池を入れ替えることなく、児童を見守ることができた。上図右に示した児童10人の移動履歴では、放課後に諏訪湖を超えて移動していた児童も見られた。

この実験で使ったみまもり送信機には、室内に置かれたときに位置誤差が大きくなるバグがあった。このバグに関わらず、保護者からの期待の声を頂くことができた。

4. 結論

市販の見守り装置に比較して3つのメリットが明らかになった。

(メリット1) 個人情報に関わらずに位置情報が取得できること。

(メリット2) 充電不要で数か月稼働し続けること。

(メリット3) 携帯電話が圏外となる山岳地域で使うことができること。

これら3つのメリットを訴求した新製品やサービスを、地域企業が既に考え始めている。
来年度以降、新たな製品として登場することが期待される。

研究開発成果

LPWA による水位計測システム

1. 背景となっている3つの地域課題

2019年10月の台風19号では、茅野市を流れる一級河川「上川」の水位が上昇して避難行動が取られた。上川の源流をたどると、八ヶ岳に流れる多くの溪流にたどり着く。山麓を流れる溪流の水位情報をネットに上げて、より正確な河川水位予測の実現が第一の地域課題である。

また台風19号のとき、市街地を流れる小規模河川「小江川」では消防ポンプ車が13台出動して排水作業を行っている。消防団は夜を徹して農業用水路などを見回っていた。これら小規模河川、農業用水に水位計を設置し、水位変化を把握することが第二の地域課題である。

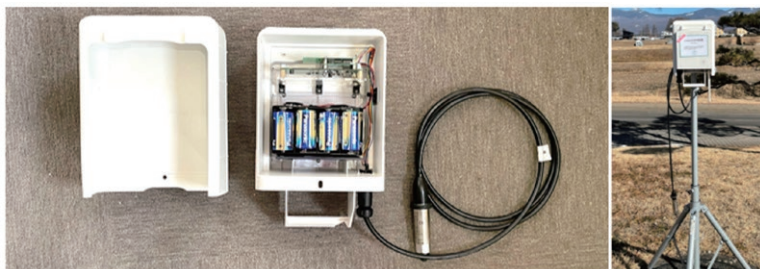
最後に、地域に多く存在する溜池の多くは江戸時代に作られ、地震や豪雨により堤防が決壊すると人的被害をもたらす恐れがある。これら溜池の水位を監視し、崩壊を事前に察知することが第三の地域課題である。

2. 既存水位計測システムの状況

一級河川には国土交通省主導の水位計測システムが設置されていて、インターネットで河川水位を閲覧できる。しかし、これらの水位計の計測値は携帯電話回線(LTE)を介して送られるので、携帯電話が圏外となる山岳地には設置できない。また既存の水位計は大きく、重く、値段が高く、設置する数も場所も限られている。

3. 本プロジェクトで開発した山岳地水位計

上に述べた三つの地域課題を解決すべく、LPWA無線を使った水位計の試作と改善を重ねてきた。これまで3年間のプロジェクトで4回の試作を繰り返し、軽く、小さく、高精度、



安価な試作品が出来上がっている。山中を流れる溪流にも容易に設置できることから、「山岳地水位計」と名付けている。

4. 開発した山岳地水位計の特徴

4.1 電源回路

市販単一電池 8 本を直列接続して定格 12V の電圧とし、高効率 DCDC コンバータで低電圧 (3.6V) に変換して内部回路に供給している。この結果、電池性能が低下する冬季でも 4 ヶ月以上の連続動作時間を確認した。さらに改良を加え、水位変化が無い状態ではモードを変えて電力を下げ、最終的に半年間以上の連続動作を見込んでいる。

4.2 AD 変換部

計測精度を上げるために、ローパスフィルタを内蔵したシグマデルタ方式の 20 ビット AD 変換器を採用した。この結果、水位変化を 1 mm 単位で捉える高分解能を実現している。

4.3 GPS 時刻同期

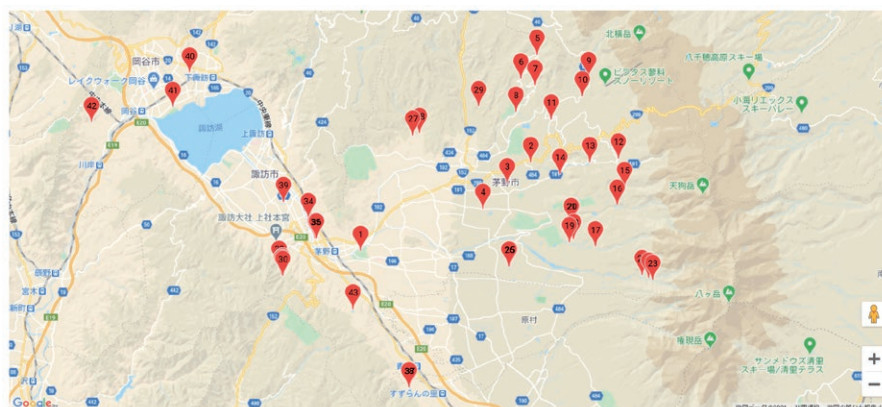
水位を計測する時間を、GPS 衛星から送られてくる超高精度の時刻に同期するように構成した。沢山の水位計の全てが、GPS 時刻の毎分 00 秒きっかりに水位計測を行うようになっている。時刻同期が取れていることで、異なるセンサで計測されたデータの相関を求めるような工夫が可能となった。

4.4 LPWA (ELTRES) 通信部

低消費電力化のために、3 回分の水位計測結果を集めてデータ圧縮し、GPS 座標 (緯度・経度)、電池残量を加えた 128 ビットのペイロードを作成して LPWA で伝送するように構成した。各センサの 1 分毎のデータは、クラウドが復元して Web に表示する。

5. 設置運用結果

「山岳地型水位計」を茅野、諏訪、岡谷市内の 43 ヶ所に設置し運用している。(下図) 携帯電話が圏外となる山岳地に設置された水位計も、LPWA 無線により安定に受信している。



5.1 計測データの公開

各水位計から送信されるペイロードは、茅野市役所屋上などに設置された LPWA 受信設

備で受信され、MQTT プロトコルでスワリカブランドのサーバに送り込まれる。このペイロードから水位情報を復元し、公開サーバ「river.suwarika.com」にてリアルタイム公開している。またグラフの拡大・縮小機能、過去に戻れる機能など実装した。

2020 年 10 月 12 日、台風が日本に接近したときの公開状況を次図に示す。山岳地の溪流に置いた水位計（図上段）と、市街地に設置した水位計（下段）では、水位変化が大きく異なっている。



6. ため池監視

2020 年 10 月 6 日～12 日（台風 14 号接近時）の古田溜池で計測された水位変化を下図（上段）に示す。オーバーフロー構造（所定水位を超えた水が排水される）なので、平常時の水位は一定に保たれている。それでもデータを拡大すると、下図上段のように細かな水位変化が見えてきた。同時に計測された古田ため池の排水路水位（下段）を見ると、ため池水位と相関を持って変化していることが確認できる。

地震や豪雨により「ため池」の堤体に「水みち」が形成されると、流水によって土粒子が流れて「浸透破壊」に至る危険性がある。1 mm の水位変化を捉える「山岳地水位計」であれば、浸透破壊に至る前段階で



水位低下を捉え、下流住民を素早く非難させることができる。また、ため池水位と、排水路水位の相関関係をモニタしておけば、相関値の変化からも「ため池」に生じた異常事態を捉える可能性もある。

7. 水温計測機能

地域の方々から、水位だけでなく水温も計測したい、というリクエストを頂いた。

茅野は標高が高く、寒冷な農業用水を使うと生育状況に影響があるので水温管理が重要で

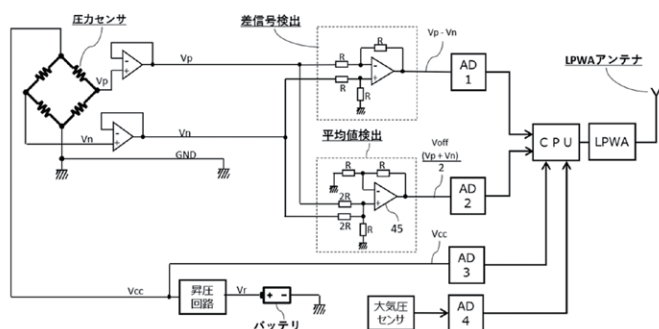
ある。水位と水温を同時に計測できるセンサも市販されているが、値段が高い。

そこで水位センサのオフセット電圧変動から水温を測ることを考案し、原理確認を行った。

7.1 水温計測原理

「山岳地水位計」では、水位センサ（ホイートストンブリッジ）から得られる2信号に差動演算 ($V_p - V_n$) を施して、水温によるオフセット電圧キャンセルしている。ということは即ち、2信号の和成分 ($V_p + V_n$) には水温が反映されている筈である。

そこで2信号の平均値 $(V_p + V_n) \div 2$ をLPWAで伝送し、水温を求めることにした。こ



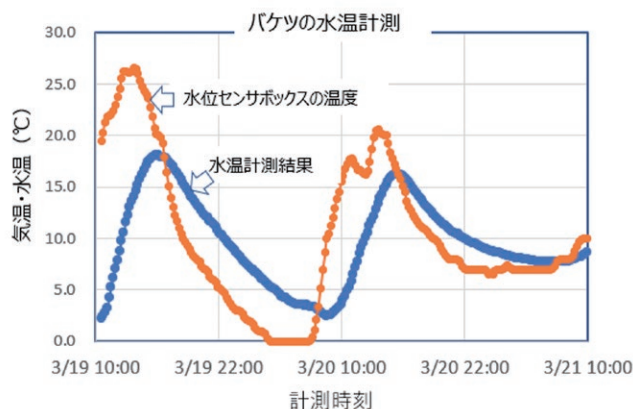
こで平均値 $(V_p + V_n) \div 2$ は、水温だけでなくセンサへの印加電圧 (V_{cc}) に応じて大きく変動する。

そこでセンサへの印加電圧 (V_{cc}) もLPWAで伝送し、クラウドで印加電圧の影響を除去することで水温計測を実現した。

7.2 水温計測・実験結果

バケツに20cmの水をためて屋外に放置し、回路を収納したセンサボックス内の気温変化をオレンジ色、本方式により計測した水温を水色で示している。

日照により、センサボックスの気温は1日周期で大きく変化している。これに対してバケツの水は日照の影響を受けづらく、比較的ゆっくりと変化していることが解る。



8. 結論

試作した山岳地水位計は、LPWA 無線通信を適用することで山岳地にも容易に設置可能である。これまでセンチメートル単位であった計測分解能を一桁向上させミリメートル単位にした結果、ため池監視などの用途が広がった。また水位センサの温度特性を逆手に取り、水温計測機能を追加し、農業用水の管理・監視に役に立つことが期待される。

茅野・諏訪地域において43本の水位・水温計が設置完了し、リアルタイムで計測結果を

Web 公開している。これで地域内を流れる多くの小規模河川や溪流の水位を常時計測する実証インフラが整ったことになる。この実証インフラを活用して、冒頭に述べた三つの地域課題（河川水位予測、小規模河川の水位把握、ため池監視）を具体的に解決していくのが来年度目標である。

研究開発成果

鹿の罠の無線通報システム

1. 背景となっている3つの地域課題

野山に生息する有害獣（鹿やイノシシなど）の数が増え、農業へ著しい被害を及ぼしている。茅野市では補助金を出して有害獣の駆除を進めている。駆除方法は山中に仕掛けた「括り罠」が多い。この「括り罠」で捕らえた有害獣を食肉とするには、罠に掛かってから短時間のうちに処分しなければならない。しかし猟師が現場を見回る頻度は限られ、捕らえられた有害獣の多くは食肉にならず廃棄されている。最近では、有害獣の廃棄が環境問題として捉えられるようになった。

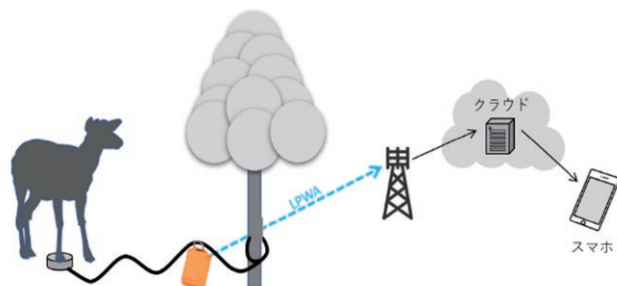
これらの地域課題への取り組みとして、「括り罠」が作動したことを猟師に無線通知するシステムが求められている。無線通知を受けた猟師は現場に急行し、有害獣を食肉として有効利用することができる。

2. 市販の「括り罠の無線通報システム」

「括り罠」にセンサを取り付け、罠が作動したことを無線通知するシステムは、既に発売されている製品もある。しかし装置一式の値段が数十万円と猛烈に高い。また無線中継局を山中に設置しなければならないこともあり、あまり普及していない。

3. スワリカブランドの取り組み

今年度は、これまで数回試作した知見を活かし、猟師の視点で考え直して使いやすいシステムとして構築した。今年度のシステムは、冒頭で述べた「みまもり送信機」を、罠から伸びるワイヤに接続する。獲物が罠に掛かるとワイヤが引かれ、みまもり送信機が揺れる。この揺れを加速度センサが検知して電源が入り、猟師のスマホに「罠に獲物が掛かった」という表示が現れるように構成した。



猟師は、通常数十台の罝を同時に仕掛ける。仕掛けた罝を認識できるよう、各送信機に番号を振り、防水加工を施して下図に示す「センサ発信機」が完成した。この「センサ送信機」を 30 台試作して猟師に提供し、実験を行った。

獲物が掛かった場合は、送信機番号と GPS 座標を入れたメールが猟師に送られるように Web サーバを構成した。



4. 新たな課題

センサ発信機は地面に置かれて設置され、動物が掛かってワイヤが引かれると地上数センチの高さから LPWA の電波が発信される。ここで無線通信では、送信機の地上高が低いと送信電波の殆どが宇宙空間に放射されてしまうという特性がある。この特性のため電波が弱くて無線基地局に到達せず、猟師に通報が届かない恐れがある。

4.1 定時送信モードの追加

そこでセンサ送信機は、内蔵タイマで 2 時間おきにトリガをかけ、罝に獲物が掛かっていても、いなくても、必ず定時送信を行うように構成した。この定時送信が受信できない場合、Web にはバツ印が現れる。(右図)

地上高が低くて電波が受信できていない場合、あるいは設置した罝が動物によって壊された場合、Web にバツ印が現われる。猟師はバツ印の設置場所を見回することで、対応できるように構成した。



5. 実証実験の結果

2020 年 11 月～12 月に、地元猟師の協力により約 30 台のセンサ送信機を使って実証実験を行った。下図左側では、括り罝のワイヤが立ち木に固定されている。また、右端に見える動物(狸)が罝に掛かり、ワイヤが引かれて中央にあるセンサ送信機が揺らされる状況が確認できる。

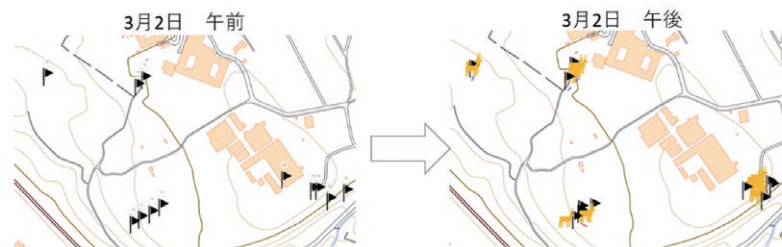
このように罝の動作による無線発報が確認され、10 頭以上の獲物の捕獲通知に成功した。



5.1 誤動作

3月2日の午後、8台のセンサ送信機が誤動作したので、その状況を例として説明する。この日の午前中は、下図（左）のように罠が仕掛けられた位置に「旗印」が表示されていた。「旗印」は2時間おきの定時送信でWeb表示されるマークである。センサ送信機が待機状態にあって、LPWA無線が正常であることを意味している。同日午後になって、スマホ画面には「獲物が掛かった」ことを意味する「シカのマーク」が次々と現れた。（下図右）後になって、午後に降りだした豪雨によりセンサが揺すれ、誤発報となったことが解った。

例えば大地震が発生したときにも同様に、多くのセンサが誤発報するだろう。加速度センサの感度を下げると同時に、同時多発的にセンサが作動した場合にはクラウド対応することが必要である。



6. 製品化への取り組み

実証実験の結果からシステムの基本動作は確認できた。猟師からのコメントでも、ほぼ満足するシステムが出来上がったと判断している。センサ送信機の本体価格、通信費（年間1000円程度）、メンテナンス費用などの全てを考えたビジネスモデルが成立するかどうか、引き続き検討を行っている。

スワリカブランド創造事業担当 研究業績リスト

講演

- ・長野県電子回路技術研究会 第260回講演会「LPWA 無線技術の勘所」2021/02/19 小林誠司

企業連携

- ・東京大学及びソニーセミコンダクタソリューションズ(株)、共同研究 2021/2～2022/3,

特許

年度	番号	発明の名称	発明者
2018年 (3件)	特願2019-51973	捕獲通知システム、捕獲通知方法及び括り罫の通報装置	公立諏訪東京理科大学 (2名)
	特願2019-51974	気象観測システム及びドローン用飛行管制システム	公立諏訪東京理科大学
	特許 6777949	土石流通知システム及び土石流センサ	公立諏訪東京理科大学 (2名)
2019年 (6件)	特願2019-189808	捕獲通知システム、捕獲通知方法及び括り罫の通報装置	公立諏訪東京理科大学 (3名)
			NISSHAサイミックス株式会社(2名)
			株式会社三社電機イースタン(3名)
	特願2019-189809	袋状無線デバイスを使った無線システム及び袋状無線デバイス	公立諏訪東京理科大学 (3名)
			株式会社エー・アイ・エヌ (3名)
	特許6865450	環境計測装置及び環境計測システム	公立諏訪東京理科大学 (3名)
			NISSHAサイミックス株式会社
			株式会社三社電機イースタン(3名)
			エイトノット
	特願2019-223313 (審査中)	水位計測装置および水位予測システム	公立諏訪東京理科大学 (3名)
			NISSHAサイミックス株式会社
			株式会社三社電機イースタン
2020年 (7件)	特願2020-077885	保管庫状態検出システム及び保管庫状態検出装置	公立諏訪東京理科大学 (2名)
	特願2020-077886	遠隔操作エンターテインメントシステム	公立諏訪東京理科大学 (2名)
	特許6821231	無線通信方法	公立諏訪東京理科大学
	特願2020-213923	屋外IoT機器用ケース	公立諏訪東京理科大学
			株式会社みやま (2名)
	特願2020-164121	土石流予知システム及び土石流予知方法	公立諏訪東京理科大学 (2名)
	特願2021-007560	環境温度計測装置	公立諏訪東京理科大学
			株式会社三社電機イースタン
	特願2021-007561	相対位置検出システム	公立諏訪東京理科大学
	特願2021-007562	捕獲通知システム、捕獲通知方法及び括り罫の通報装置	公立諏訪東京理科大学 (2名)
	特願2021-007563	水温計測機能付き水位計測装置	公立諏訪東京理科大学 (2名)