



REPORT 9 水利施設点検用ロボットカメラの開発と検証

地域の資源と環境を守り隊

2年 千葉 泰生 (宮城県／仙台三桜高校出身)
齊藤 樹 (新潟県／巻高校出身)

指導教員 永吉 武志 准教授
(アグリビジネス学科)

Q1 取り組んだ学生自主研究について教えてください。

私たちは、地域の農業用水が流れる管水路の点検における省力化や安全性の向上を目指したロボット技術について研究しました。研究では、管水路検査用カメラを用いて、農業水利施設である管水路で点検・調査を行い、農業用管水路の目地における剥離、損傷、腐食、漏水の有無ならびに管内堆積物の状況について調査しました。得られたデータを活用し、管理の効率化や老朽化した施設の維持管理などの課題についても検討しました。



Q2 学生自主研究で得たことや良かったことを教えてください。

自主研究を通して、ロボット技術に関する知識だけでなく、水利施設が抱える課題やその解決に向けた方法・過程について実践的に学ぶことができました。また、地域企業や農林水産省の方々と連携して研究を進める貴重な経験を得ることができ、地域住民との交流を通じて、多くの人に実験内容を知ってもらうことの重要性や、研究成果を発信する必要性について理解を深めることができました。



高校生へのメッセージ

Message from seniors

学生自主研究は、専門的な知識を深められる貴重な機会だと考えています。また、4年生での研究の進め方を学び、自分の興味や将来取り組みたい分野を見つけるきっかけにもなります。さらに、企業の方々と連携して研究を行う経験は非常に貴重だと思います。大学生活の限られた期間だからこそ得られる機会であるため、ぜひ自ら積極的に挑戦してほしいと思います！



研究内容

ドローンと水の力で地域の未来を守る研究

私は、農業や地域を支えるため池、取水堰、水路などの農業水利施設を対象に、安全で持続可能な地域づくりに関する研究を行っています。近年はドローンを活用し、河川や農業水利施設の点検・調査の効率化や、防災・減災に役立つ新たな管理技術の開発に取り組んでいます。また、ため池や水路に生息する魚類などの水生生物の保全にも関心を持ち、農業生産と自然環境の調和を図るための研究も進めています。さらに、現地での調査や画像解析によって得られたデータを活用し、豪雨災害や地震などの自然災害への備え、老朽化するインフラの維持管理、地域の環境保全に貢献することを目指しているほか、農業水利施設が持つ防災機能や環境機能、地域資源としての価値を評価し、その効果を分かりやすく社会へ発信する研究にも取り組んでいます。農業、環境、防災など幅広い分野を横断しながら、地域が抱える課題の解決に挑戦できることが、この研究の大きな魅力です。

高校生へのメッセージ

大学では、正解を覚えるだけでなく、自ら課題を見つけ、解決策を考える力を身につけることができます。農業や環境、防災などに関心がある人は、ぜひ現場に足を運び、自分の目で見て考える力を身につけてください。現場での経験や人との出会いが、新しい発見や将来の夢につながるはずです。皆さんの挑戦を応援しています。

背景と目的

我が国の農業・農村において、水利施設はこれまで重要な役割を果たしてきた。これらの施設は、主目的である食料生産を支えるだけでなく、降雨時には水田の貯留機能を通じて、土砂災害や洪水、河川氾濫の抑制にも寄与している。このような「農業・農村の多面的機能」により、水資源の貯蔵力が乏しい我が国においても、安定した農業生産の維持や良好な農村景観の形成、さらには災害防止が図られてきた。

しかしながら、近年、水利施設の老朽化が深刻な課題となっている。特に、受益面積が100ha以上の基幹的な水利施設の多くは高度経済成長期に整備されており、標準耐用年数の到来時期が集中している。その結果、全体の約5割以上の施設が耐用年数を超過し、本来の機能を十分に発揮できていない状況にある。

この影響として、農業用排水施設の突発的な事故や、管水路の破損に伴う漏水事故が発生している。その背景には、水利施設の維持管理が地域の土地改良区や集落など、農業従事者主体の組織に依存してきたことが挙げられる。しかし、農家数の減少や高齢化の進行により、これらの管理組織は縮小し、管理体制の脆弱化が各地で顕在化している。さらに、施設の多くは地下や閉鎖空間に位置しており、目視による点検が困難であることも、適切な維持管理を一層難しくしている。

このような課題に対し、近年では農業のスマート化の一環として、ロボットカメラの導入が検討されている。ロボットカメラは、点検作業における安全性の向上や作業負担の軽減、省人化に寄与することが期待される。一方で、市販の既製品は高価であり、導入・普及の障壁となっている。

そこで本研究では、市販のホビー用無線操縦車両および防犯カメラを組み合わせた低コスト型ロボットカメラを製作し、その実用性を検証した。具体的には、連続使用可能時間、電波到達距離、登坂能力、ならびに映像の可読性・視認性・判読性について性能評価を行った。これにより、低コスト化を実現したロボットカメラの有効性を明らかにするとともに、実運用に向けた課題について検討した。

方法

1) 使用したロボットカメラ

本研究で使用したロボットカメラは、ホビー用無線操縦車両をベースとして製作したものである(図1)。機体上部には、約100万画素の解像度を有するカメラを搭載しており、水平方向に約48°の画角を有する。また、本カメラは水平方向に240°、上下方向に110°の可動範囲を有している。これにより、暗所環境においても目地のずれなどの詳細な状況を撮影することが可能である。撮影された映像はリアルタイムでモニターに出力され、操縦者はその映像を基に機体进行操作する。さらに、カメラにはマイクが内蔵されており、調査時のアナウンスや指示内容を同時に記録することが可能である。加えて、実際の調査においてロボットカメラの走行距離を把握するため、機体後方には距離計測機能を有するタナセンサー付き釣り用リールを取り付けた。

2) 管内調査について

(1) 調査の概要

本調査は、八郎湯農業水利事業F2幹線用水路建設工事の発注者である東北農政局からの依頼を受けて実施したものである(図2)。また、調査は東北建設コンサルタント株式会社との共同で実施した。調査内容は、管水路の工事直後における目地部の開きやずれ等の異常の有無を点検するものである。

(2) ロボットカメラの準備

ロボットカメラにバッテリーを装着する。まず、カメラとモバイルバッテリーを専用ケーブルで接続する。次に、バッテリーを機体の空きスペースに搭載し、カメラを機体に取り付けた後、ピンで固定する。その後、カメラおよび機体の電源スイッチを入れ、動作確認を行う。最後に、釣り糸を機体後方のフックに接続する。



図1 使用した機材

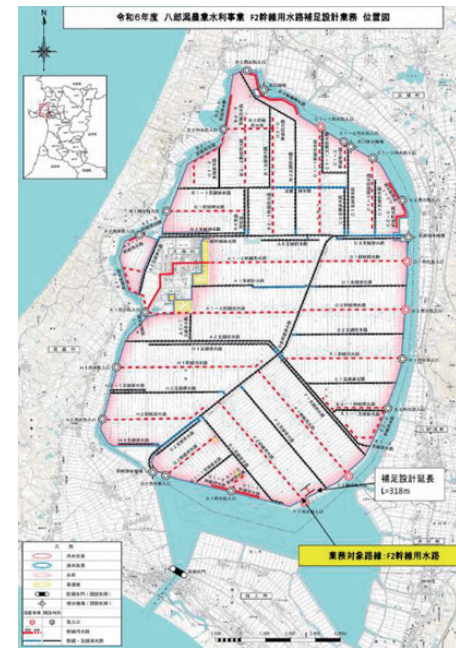


図2 F2幹線用水路

調査

1) 調査準備

管水路は地下に半埋設されており、通常は入口が閉鎖されている。そのため、調査に先立ち、土地改良区の担当者により入口を開放した上で、調査可能な水深であることを確認し、調査を開始した。機材ははしごを用いて管内に搬入し、所定の位置にロボットカメラを設置した後、調査を実施した。調査は、ロボットカメラの操縦を担当する者と、走行距離の測定およびその値をアナウンスする者の計2名で実施した(図3)。

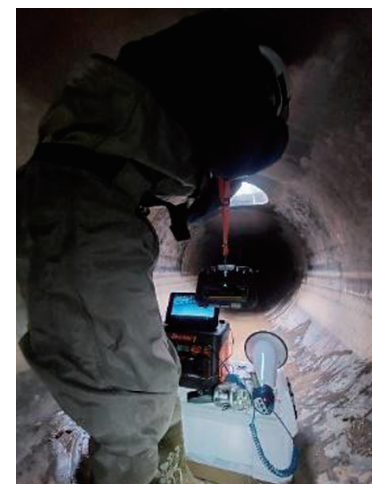


図3 調査準備の様子

2) 管水路内の様子

ロボットカメラを用いることで、管水路の第2号通気施設から第3号通気施設までの約300m区間について、詳細な調査を実施することができた(図4～9)。

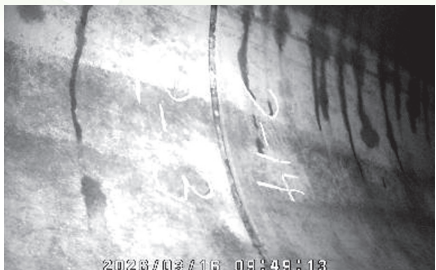


図4 左側



図5 天井



図6 右側



図7 手前側で撮影



図8 真下で撮影



図9 奥側で撮影

調査方法としては、各目地部においてカメラを左側壁、天井部、右側壁の順に移動させながら撮影を行った。撮影終了後は、次の目地まで機体を移動させ、停止した状態で同様の点検を繰り返した。なお、本稿に掲載する画像は、撮影した動画から抽出したものである。本研究で利用したカメラは暗視機能を有しており、暗所環境下においても管内の状況を明瞭に撮影することが可能であった。また、ロボットカメラの停止位置によって目地の視認性が変化することから、目地の手前約1m、目地直下、目地の奥約1mの3地点において撮影を行い、それぞれの視認性を比較した。その結果、手前側および奥側から撮影した画像では、目地の詳細が把握しにくいことが確認された。特に奥側からの撮影では、カメラの可動範囲の制約により後方の撮影が困難であり、適切な観察が行いにくいことが明らかとなった。以上の結果より、目地直下における撮影が最も視認性に優れ、かつ撮影操作の面でも効率的であることが示された。調査の結果、水路のほぼ全区画において顕著な異常は確認されなかった。しかし、2-49～2-50区間の目地においては、他区間と比較して開きが大きく、ずれが生じている異常が確認された。また、本水路は農業排水が流入する構造であるため、管内各所において泥の堆積が確認された。撮影映像からは、区間ごとの堆積量の違いも把握することが可能であった(図10～12)。

さらに、取得した動画データを用いて、各目地における泥の堆積量、水深に加え、ロボットカメラが目地間を移動するのに要する時間(移動時間)および目地の点検に要する時間(観測時間)を計測し、これらの結果を表に整理した(紙面の都合上、省略する)。

その結果、移動時間の平均値は33.5秒、観測時間の平均値は61.0秒であった。したがって、目地1箇所あたりの点検に要する時間は約1分30秒であることが明らかとなった。



図10 ズレが見える目地



図11 泥の量が多い

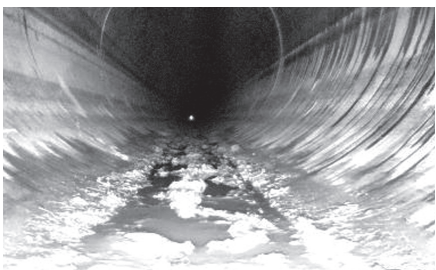


図12 泥の量が少ない

4 課題と考察

本調査を通じて、ロボットカメラに関する複数の改良点が明らかとなった。まず、操縦者はモニター映像を基に機体を操作していたが、カメラが機体に対して前方を向いているかどうかの判別が困難であった。このため、機体前方にトラクターのような視認性の高いガイドを設置し、進行方向の把握を容易にする必要があると考えられる。次に、防水加工が不十分であったため、水の侵入により走行不能となる事例が確認された。この点については、機体の隙間を適切に封止するなど、防水性能の向上が必要である。また、1回の点検で調査可能な距離を延長するためには、距離計測に用いる釣り糸の長さの見直しが必要であると考えられる。さらに、水路内の異常をより的確に把握するためには、管内の傾斜を計測できる機能の付加が有効である。傾斜情報を取得することで、異常発生箇所の特性把握が容易になると考えられるため、傾斜計の搭載を検討すべきである。加えて、管水路内には硫化水素の発生や低酸素状態といった人体に有害な環境が存在する可能性がある。そのため、安全管理の観点から、酸素濃度計などの環境センサーを搭載し、空気環境の異常を検知できる機能の導入が望ましい。

5 まとめ

本研究では、管水路検査用ロボットカメラを用いて、農業用管水路の目地における剥離、損傷、腐食、漏水の有無ならびに管内堆積物の状況について、調査の可否を検証した。さらに、実際の運用を通じて得られた課題について整理・検討を行った。

今後は、本研究で明らかとなった課題を踏まえ、ロボットカメラの性能および機能の向上を図る改良を進める必要がある。これにより、管水路内の多様な環境に適応し、各種異常を高精度に検出可能な検査システムの構築を目指したい。



メカニカル・パイソンス

Pythonを使って工作機械を動かせ！

本研究では、2D図面からGコードを自動生成するPythonプログラムを開発しました。シミュレーションと実加工を通じて、画像処理、座標変換、加工制御といった工作機械のPython制御に必要な技術を学ぶことができました。

APU Hygee

朝市及び空き家利活用が地域活性化に及ぼす影響に関する研究—秋田県五城目町「ごじょうめ朝市plus+」を対象に—

学生自主研究の魅力は、研究メンバーだけでなくフィールドワークを通じて多くの人と交流できることです。また、研究の中で自分の苦手な点や課題に早く気づけるため、その経験を今後の卒業研究や学びに活かせると感じました。

学パスロケーションシステム開発チーム

運転士による操作を必要としない 地方向けパスロケーションシステムの開発Ⅱ ～デジタルサイネージでの提供に向けて～

学生自主研究では、所属学科の枠にとらわれず、幅広いテーマで研究に取り組めます。他学科の先生から指導を受けることも可能です。自主研究を最大2年取り組めるので、納得のいくまで研究に没頭できます。

つめこめ!まんま秋田

秋田の特産品を活用した秋田独自の米粉レシピの開発

「つめこめ!まんま秋田」では、しょつつるやいぶりがっこなど地場食材の魅力を活かした米粉食品を開発しました。仲間と試行錯誤し形にした達成感は格別です。研究を通し、主体性や問題解決力が身につくのはもちろん、探究心も深まった有意義な経験となりました。

お米ラボ

高RS米新系統の米粉で血糖値が 上がりにくいグルテンフリー食品の作成

難消化性でんぷんを多く含む新系統米を用いたグルテンフリー食品の試作を通して、品種特性が食味に与える影響を学びました。試行錯誤の末に美味しさと機能性を両立でき、大学祭での高評価から研究の意義を実感しました。

がたらぼ

アペリンを投与するタイミングの違いが 体重や筋線維型に及ぼす影響について

私たちは牛の肉質向上に向けて、マウスへの内分泌ホルモンを使った投与試験を行いました。得られた結果から考えられる要因を考察する力が重要だと感じました。また、実験動物のおかげで私たちの生活が成り立っていると本実験を通して強く感じました。

オオカミについて知り隊

秋田市大森山動物園のホッキョクオオカミの 開園時間における日中の行動配分と施設利用

学生自主研究では、ホッキョクオオカミの行動観察を行いました。シンポジウムに参加し、ポスター発表や講演を通して多様な視点に触れたことで、動物や環境エンリッチメントへの理解を深めることができ、貴重な体験となりました。

学生自主研究 レポート

「研究」のスタート地点！

学生の好奇心に応える教育プログラム

学生自主研究の流れ

4月	申 請	5月	審査・許可	6月	研究開始	3月	実績報告	5月	事後評価
●指導教員のアドバイスのもと、研究テーマや経費を申請 ●高校時代から温めていたテーマはもちろん、「やってみたくて、テーマが分からない」という学生でも先生と相談し申請可能！		●目的に適合しているか、予算計画は適正か審査 ●学生の意欲を最大限に尊重するため基本的には採択		●研究資金の交付 ●指導教員・先輩のアドバイス ●研究設備の提供		●実績報告書の作成 ●成果報告書の作成 ●ポスター作成		●審査会で事後評価	

そして本格的な専門分野の研究へ！

あ。あさり

構造実験による古民家接合部補強手法の探求—鼻栓の材料に着目した接合部補強の検証—

自分の「やりたい」を大学の機械や古民家実験という大スケールで実現できる環境が魅力的です！仲間と研究をやり遂げたことで、建築への深い知見が身に付き、自分が将来どんな分野に進みたいのかを決める材料の一つになりました。

ズッ友

音楽を通じて人が集まるまちの空間設計

学生自主研究では、実際の音楽イベント会場で調査を行い、音と空間の関係について学びました。現地調査や分析を通して調査力や課題発見力が身につく、自分たちのアイデアを提案として形にできたことが大きな成果です。

しょうゆラボ

酒粕を用いた調味料の開発

酒粕から味噌を試作し、アミノ酸分析を行いました。自主研究をして良かったことは、実験器具や装置の基本的な操作が身についたことです。また、失敗してもそこから学べるものがあると実感しました。先生が丁寧に教えてくださるので、恐れずチャレンジしてください。

あじわっちゃおう

檜山茶のおいしさの可視化

自主研究で実験操作やデータ処理の基礎が身につく、1年後期の化学実験でも役に立ちました。味覚センサや官能評価など専門性の高いものも、石川匡子先生の丁寧なご指導と仲間との協力で理解が深まり、研究の楽しさを実感できました。

コケを集め隊！

特殊環境におけるコケとクマムシの生態

有害物質を含む環境でも生きられるコケやクマムシがいることがわかりました。また、生物の同定や実験操作方法など、研究の基本を学びました。秋田の特殊な環境を実際に見て、自然や文化について知ることができ、貴重な経験になりました。

負けるなヘリテージ

ラズベリー新規導入品種の栽培特性を把握し、 品種更新の可能性を探る

自主研究では、自分たちで課題を設定し、調査・分析を進める難しさと面白さを実感しました。まだ検討すべき項目はあるものの、既存品種に代わる品種の可能性を得たことが成果です。S評価をいただいたことは大きな自信となり、今後の学びへの意欲につながっています。

キリン家族

行動観察による秋田市大森山動物園の アミメキリンの異常行動についての検討

実際に動物園で飼育動物の行動観察を行うことにより、動物の行動観察の方法を身につけることができました。また、シンポジウムを通してポスター発表の方法や自身の研究で気づけなかった視点や考え方を知ることができました。