

採択番号 : 20006  
研究開発課題名 : データ連携・利活用による地域課題解決のための実証型研究開発  
副 題 : 中型無人航空機データ利活用によるインフラ・公共施設維持管理、森林管理、災害対応、人命救助、データ利活用人材育成分野の地域課題解決のための情報通信技術の研究開発

## (1) 研究開発の目的

### 【要旨】

インフラ・公共施設維持管理、森林管理、災害対応、人命救助等の作業効率化と生産性向上、IoT/ビッグデータ利活用可能な人材育成などの地域課題解決に寄与するため、①中型無人航空機により撮影した高精度の映像、画像データから異常等を検出する技術、②中型無人航空機により撮影、取得したデータの完全性、不変性を保持しつつ記録するブロックチェーン技術を活用したデータ記録システム、及び③小学生から高校生までを対象とするデータ利活用人材育成指導モデルを開発する。

これらの3つの課題は、塩尻において整備され、活用が期待されているCATV-SDNネットワークを活用する点でつながるものと考え。すなわち、①ドローンによる地域課題に関わるデータの収集、分析、対応、②そのデータを改ざんされないよう守りながら利活用するためのブロックチェーンを活用したデータ伝送の実現、③ドローンだけでなく様々なセンサーの活用やデータ分析などの人材育成、というつながりで、CATV-SDNの活用を想定している。

### 【目的・背景 他】

塩尻市ではここ数年、松くい虫被害域が南下する形で侵入してきている。こうした中、塩尻市では、松くい虫による被害拡大防止の取り組みとして、松くい虫の被害が想定される地域を中心に、①松くい虫被害侵入防止および②早期発見・早期駆除に取り組んでいる。

①松くい虫被害侵入防止では、予測した侵入経路から半径2.5km範囲かつ標高850m以下の松を無くすことで、被害の自然伝播を防いでいくことに取り組んでいる。具体的には、被害侵入防止緩衝帯整備事業として松林の伐採を行うとともに、広葉樹やひのきの苗木を植樹し樹種転換を図ることで、緩衝帯を整備するものである。

また、②松くい虫被害の早期発見・早期駆除においては、早期発見のため、市内6地区に配置したパトロール員による監視を月2回行っている。さらに、平成28年度からは、地区パトロール員とは別に、全市的なパトロール員を1名加えた体制で監視を行っている。ただ、監視域は広大であるとともに、林内に入ると松くい虫被害木の特定が難しいため、平成30年度からはドローンによる上空からの被害木調査も開始している。このようにして発見した被害木については、速やかに伐倒し、現地でビニールで密閉し、燻蒸処置を行なうといった一連の拡散防止策がとられている。

上記対応策における塩尻市の課題は、これまでの直接の目視はもちろん、ドローンによる空撮画像の目視であっても負担が大きく、広範囲の定期的なモニタリングが困難なことであった。ドローンによる空撮画像からAIを用いて松枯木を自動検出し、伐採作業者にとって必要な地図上へ松枯れ木の位置を表示させる仕組みが提供されれば、モニタリング範囲が大幅に拡大され、塩尻市をはじめとする松枯を課題とする地域に寄与するものと見込まれる。

そこで、短時間で広範囲を空撮できるドローンを用いて空撮データから松枯木をAIで自動検出し、対策を実施する行政や伐採作業者にとって必要な地図上の位置と確認用当該木確認画像を提供するという、一連の実用的な処理プロセスを構築する必要がある。

また、情報通信技術の進展に伴って、地域において主体的に高度な情報通信技術を活用できる人材の育成が求められている。

そこで本研究開発は、長野県塩尻市を実証フィールドとして、松くい虫被害防止、データ利活用型人材育成等の同市の地域課題解決に向けて、中型無人航空機データ利活用するための新しい情報通信技術を開発することを目的として実施する。

(2) 研究開発期間

平成30年度から令和2年度（3年間）

(3) 実施機関

一般財団法人長野経済研究所<代表研究者>  
研究分担者：国立大学法人信州大学

(4) 研究開発予算（契約額）

総額30百万円（令和2年度 10百万円）

(5) 研究開発項目と担当

**研究開発項目1 高精度映像、画像データ伝送技術の研究開発**

研究開発項目1-1…高精度の映像、画像データから異常等を検出する技術の開発  
（長野経済研究所）

研究開発項目1-2…CATV-SDN活用によるデータ伝送研究開発  
（長野経済研究所）

**研究開発項目2 ブロックチェーン技術を活用したデータ記録システムの研究開発**

研究開発項目2-1…CATV-SDNブロックチェーン基盤の研究開発  
（長野経済研究所）

研究開発項目2-2…ブロックチェーンアプリケーション基盤及びデータの完全性、不変性を保持したデータ記録システムの研究開発  
（長野経済研究所）

**研究開発項目3 データ利活用人材育成指導モデルの研究開発**

研究開発項目3-1…データ利活用人材育成に必要な教材及びツールの研究開発  
（信州大学、長野経済研究所）

研究開発項目3-2…データ解析ツール、可視化ツールを用いたデータ解析  
（信州大学、長野経済研究所）

(6) 特許出願、外部発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	1	1
	その他研究発表	3	2
	標準化提案	3	1
	プレスリリース・報道	5	5
	展示会	1	1
	受賞・表彰	0	0

## (7) 具体的な実施内容と成果

### 研究開発項目 1 高精度映像、画像データ伝送技術の研究開発

#### 研究開発項目 1-1…高精度の映像、画像データから異常等を検出する技術の開発

処理プロセスの最適条件を見出すため、対角線画角が約100度で、2k動画は対地高度30 m、50 m、および70 m、4k動画は同じく50 mと70 mでそれぞれ空撮した。高高度ほど刈幅が広く短時間で広範囲が空撮できるが、AIによる判定制度が低下してしまうため、上限となる高度を深層学習の試行により評価した結果、樹高差し引かない対地高度が、2K撮影の場合概ね50 m程度、4K撮影の場合は同じく70 mであるという知見を得た。個々の葉は識別できないが、小枝までは分離できる解像度であった。

こうした知見を踏まえ、2020年秋以降は実践段階としてレンズ周縁部の歪みの少ないカメラを搭載した小型のドローンを用いて空撮実験を実施した。なお、ドローンによるモニタリングで取得した静止画像の処理方法として次の2パターンを検討した（[パターン1] 取得した画像ごと樹冠程度の大きさへ分割し、AIによる松枯れ木か否かの判定を行う、[パターン2] オルソ画像に変換したのち、樹冠程度の大きさへ分割し、AIによる松枯れ木か否かの判定を行う）。

学習データセット作成のためのアノテーション作業では、黄色～赤色に変色した枯損木を対象に伐倒処理（燻蒸、破砕）による拡大防止策がとられていることを踏まえ、松の状態別に「枯れかかった松（黄色）」「枯れている松（赤色）」「白骨化した松」、および「それ以外（健全な松、松以外の樹種など）」の4段階へ分類を行い、データセットを作成した。作成したデータセットを、学習用とテスト用（6：4）に分け、ニューラルネットワークのモデリングとパラメータを調整しつつ深層学習を繰り返し、複数のコンボリューションニューラルネットワークを計算・評価した。開発段階であるが、深層学習で損失が適切に収束して検出用のニューラルネットワークが得られ、評価データでの精度は約90%であった。

また、効率的な伐倒作業のためには、AIにより抽出した松枯れ木を伐採作業者が探しやすい仕組みが必要であることから、松枯れ木の位置情報を現場に持ち込む方法として、一般的な地図アプリケーションを活用し、スマートフォンなどのモバイル端末上に松枯れ木の位置を表示させ、その位置と現在位置を確認しながら到達しやすい仕組みを検討した。AI判定結果をプロットしたオルソ画像を端末画面に表示させ、「松枯れ木」と「現在位置」が重なる位置に立ち、どの程度の誤差があるか検証したところ、誤差は3m程度と松枯れ木を探す上で問題ない精度であることが確認できた。

#### 研究開発項目 1-2…CATV-SDN 活用によるデータ伝送研究開発

塩尻市の東支所にて、SDNネットワーク上に複数のサービスを想定した上下双方向の通信を行い、各サービスの優先度の違いから、サービス毎の通信を可視化し、通信制御が可能であることを確認するための実験を行った。この結果、各サービスの通信状況が可視化可能であることを確認した。さらに、可視化された情報に基づき、優先度が低いが無制限に通信路と端末の上限まで通信帯域を使うサービスは、他の優先度の高い通信をひっ迫するリスクがある為、通信制御を掛けることが望ましいものと考察した。また、動画配信サービスを想定した通信（ユニキャスト通信）は、有事にはドローンによる災害発生現場の速報映像やその他避難情報等について複数ユーザの視聴を前提とする事から、視聴者の増加に通信量が比例するユニキャスト通信ではなく、マルチキャスト通信での一斉配信型通信が有効であるものと考察した。

さらに、CATV-SDNによる台風災害等の有事を想定した動的なネットワーク制御の実験として、塩尻市営駐車場に設置したカメラ映像の帯域をケーブルSDN制御装置にて、上下双方に通信制御をかけ、通信帯域の変化およびカメラ映像の変化を確認するための実験を行った。この結果、特定のカメラに対し特定の時間で通信帯域を落とし、それにより平常時の監視において問題無い程度の画質劣化で、帯域の利活用が制御できたことを確認した。このことから、平常時は力

メラ映像の品質を通常の監視等に問題ない程度に落としておき、全体通信量を押さえ、必要に応じて特定のカメラ、特定のタイミングで鮮明な映像を送るような運用も可能であるものと考察した。

## 研究開発項目2 ブロックチェーン技術を活用したデータ記録システムの研究開発

### 研究開発項目2-1…CATV-SDN ブロックチェーン基盤の研究開発

本委託研究に最適な基盤を検討し、塩尻情報プラザ内のブロックチェーンサーバにHyperledger Fabricを構築した。

### 研究開発項目2-2…ブロックチェーンアプリケーション基盤及びデータの完全性、不変性を保持したデータ記録システムの研究開発

ブロックチェーン基盤にデータ記録システムを構築するために必要となる、ハッシュ値を算出するシェルスクリプトや、スマートコントラクト等、最適なチェーン基盤を設計・構築し、塩尻情報プラザ内のブロックチェーンサーバに、ファイルの不変性を担保するデータ記録システムを開発した。

本ファイル保存認証システムは、例えば、防災・減災の観点から被災状況に関するドローン空撮動画ファイルを保存し、スマートフォンやPC等で視聴する場合が想定される。実運用にあたっては、コンテンツサーバに保存されたこれら動画ファイル等の視聴にあたり、ブロックチェーン基盤を経由し必要なファイルを検索するためのインターフェイスAPIの開発が必要と考える。また、本ファイル保存認証システムを用いることで、様々なログ情報等の記録が不変性を担保しながら蓄積することが可能となるため、例えば研究開発項目3のデータ利活用人材育成指導モデルで開発したオンライン上の教育カリキュラムの履修状況ログを蓄積し、各個人のスキル判定等に使うことも考えられる。

## 研究開発項目3 データ利活用人材育成指導モデルの研究開発

### 研究開発項目3-1…データ利活用人材育成に必要な教材及びツールの研究開発

令和2年度はこれまでに開発したカリキュラムと教材を用いて塩尻市で教室を開催しながら教材の評価を行う予定であったが、コロナ禍のため教室の開催は当初から不可能となった。このため、NICTの了解を得て急遽予定を変更し、令和元年までに開発したカリキュラムをオンラインで学ぶことが出来る小中学生向けe-Learning教材を開発した。その上で、塩尻市においてオンライン教室を実施した。また、このe-Learning教材を用いたオンライン教室の横展開を行い、塩尻市以外でも教室を実施した。さらに、センサーを用いた水位計測のe-Learning教材を新たに開発した。

#### • IchigoJam をセンサーネットワークの端末とした小中学生向け e-Learning 教材の開発

令和元年度の成果を基盤として、IchigoJamを用いたプログラミングの基礎と応用を学ぶe-Learning教材を開発した。教材は次の3つのステップから成る。

〔システムの確認〕：自宅でIchigoJamでプログラムを作れるよう準備を行う。機材が揃っているかの確認、機材の接続、そしてIchigoJamの電源を入れて動作を確認する。

〔プログラミングの基礎〕：プログラミングの基礎を、IchigoJamを用いて実際にプログラムの作成、実行、動作確認を行いながら学ぶ。具体的には、LEDの点滅、計算の実行、変数の使い方を紹介し、続いてタイマープログラムを作る。

〔プログラミングの応用〕：与えられた数の公倍数、公約数を求めるプログラムを作成し、続いて公倍数、公約数の求め方を通してプログラム構想を理解する。最後に、素数を求めるプログラム作成に挑戦する。

#### • e-Learning 教材を用いたオンライン教室の実施

上記で開発したe-Learning教材を用いて、塩尻市の小学生を対象としたオンライン教室を実施した。これは本プロジェクトで実施してきた塩尻市の塩尻市ICT人材育成事業の一環として、

例年の教室をオンラインで実施したものであり、最初に3密を防ぐ意味で4人づつが保護者とともに集まり、教材を渡してその場で保護者のスマートフォンを利用してe-Learning教材で最初の[システムの確認]を実施した。その後、教材を自宅に持ち帰り、各自でe-Learning教材を用いた自学自習により学習を続けた。質問は掲示板を用いて受け付けることとし、質問には翌日朝までに回答する体制を整えた。その後、作成したタイマープログラムを各自が工夫しながら改良し、完成したものの動作を保護者がスマートフォンで動画に撮り、メールに添付して提出、それにコメントをつけて塩尻市のHPで公開した。

#### e-Learning 教材を用いたオンライン教室の横展開

上記e-Learning教材により、教室の開催にともなう講師の負担が軽減されたことから、塩尻市で実施したオンライン教室を横展開し、各地で実施した。実施したのは長野市、松本市(2回)、坂城町である。また、来年度には駒ヶ根市、砺波市(富山県)、木曾岬町(三重県)でも実施予定。

#### e-Learning 教材を用いたオンライン教室の進化

各地でのオンライン教室の経験から、適切なサポート体制を整えればe-Learning教材を用いてセンサーを用いたシステムの作成も教材化できる事が明らかになり、センサーを用いた水位計測のe-Learning教材を開発した。この教材は今後各地で継続して実施する教室でも用いる予定。

#### 研究開発項目3-2…データ解析ツール、可視化ツールを用いたデータ解析

##### データ解析・可視化コンピュータシステムを利用した高校生向けカリキュラムの開発

令和元年度の成果を基盤として、サーバ側コンピュータとエッジ側の処理モジュールを利用した測定データを解析し可視化するシステムの高校生向けカリキュラムを開発した。当初予定した講座を、講師と生徒が同じ教室では開催出来なくなったので、さらにオンライン対応に改良したものを令和3年2月に塩尻市で高校生を対象に実施した。

##### WebxIoT メーカーズチャレンジにおけるハッカソンの実施

上記成果を基盤として、高校生、地域関係者、講師、TAらによるアイデアソンを令和2年11月から12月にかけて実施したWebxIoTメーカーズチャレンジの中で実施した。技術的な課題に関して、Slack(ビジネスチャットツール)を活用したオフラインでの技術情報共有により、効率的にハッカソンのアイデアをブラッシュアップした。

##### データ解析・可視化コンピュータシステムを利用した高校生向けカリキュラムの実施

上記高校生向けカリキュラムを実施した。新たに追加した機材も活用し、塩尻市での高校生対象のデータの可視化とデータを活用した教室を令和3年2月に実施した。なお、上記高校生向けカリキュラムの評価を行い、必要な改良を都度行った。

## (8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

### [ドローン空撮データを活用した松くい虫被害木検出システムの開発]

本委託研究では、ドローンで空撮した画像から、AIを用いて松枯れの疑い木を自動検出し、伐採者にとって必要な情報である地図上に位置を表示するシステムのプロトタイプを開発した。今後、塩尻市森林課、長野県林業総合センターでの活用を予定する。より実用性を高めるため、ニューラルネットワークのさらなる精度向上に向けた検討が課題である。

さらに、長野県内では近年、従来未被害地とされた地域においても、松くい虫による被害が散見され始めている。今後、こうした地域においても早期発見・早期駆除の対策を講じていくことが求められており、本委託研究成果をこうした他地域へ横展開を図っていくことが期待される。

### [IT 人材育成 小中学生向けカリキュラム]

開発したオンライン教材を、より高度なプログラミングを学べるように拡充し、これまでの実績がある各地で、オンライン教材＋集合研修を継続して実施する予定。

- ・塩尻市 塩尻市振興公社が実施する「ずく塾」で実施
- ・松本市 松本ものづくり産業支援センターが実施する「プログラミング教室」で実施
- ・坂城町 坂城町教育委員会が実施する教室を継続
- ・木曾岬町 木曾岬町IoT推進ラボ「きそラボ」で実施

この成果として、5年前に学んだ子ども達が高校生となり、高校生向けカリキュラムを受講するなかで、自分たちが収集したデータを活用して課題解決を行うことや、大学に進学した子ども達は本教室のTAとして教室運営に協力し、人材育成の正のスパイラルの実現を展望する。

### [IT 人材育成 高校生向けカリキュラム]

開発したオンライン教材を用いて、塩尻市内の無線インフラ活用実証実験を通して中高生・一般社会人のAIエッジ処理・データ活用研修を行い、社会的課題を解決する。

- ・塩尻市内インフラ用データ処理端末の活用
- ・LoRa(LPWA)通信装置とAIエッジ処理技術を用いた端末の活用
- ・データ処理・解析データベースの拡充（森林整備・鳥獣被害対策・自然災害対策等）

この成果として、自らの手で得たIoTデータの活用・解析プロセスの中で学習したエッジ処理・AI・通信・データ処理技術を身に着けた技術者によって、様々な社会課題解決が行われることや、新たな社会課題解決手段を創造出来る技術者となった高校生による、より高度な技術開発チャレンジに向けての学習意欲向上により様々な分野での社会貢献の実現を展望する。