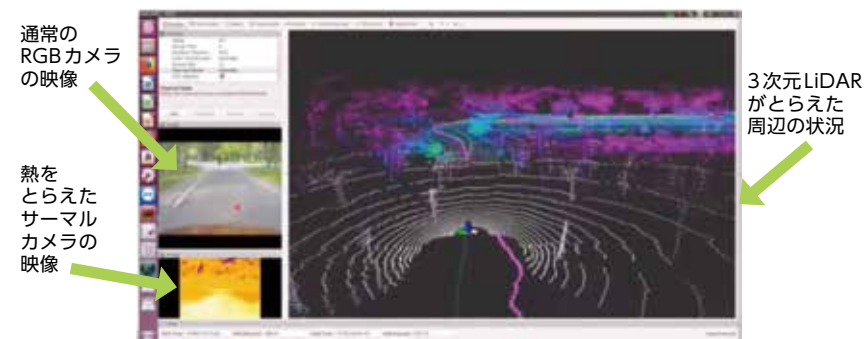
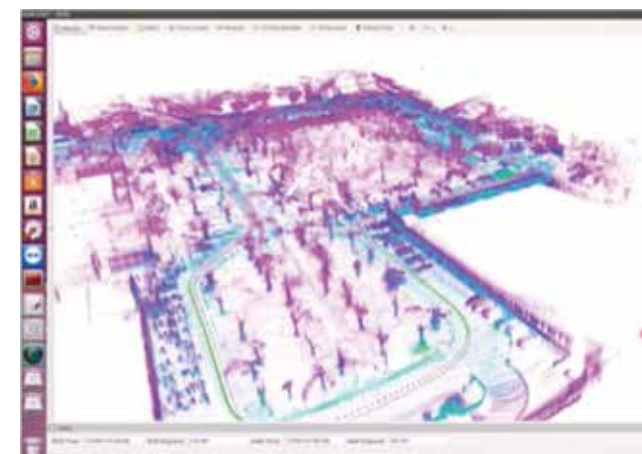


図1 自動運転技術とは？



LiDARやGPS等のセンサによって、対象となる環境の高精度3次元地図を作成
=地図作成
 事前に作成された高精度地図の「どこに自分がいるか」をあきらかにすることで、
 目的地まで到達=**自己位置同定**
地図作成+自己位置同定を同時に行う手法をSLAMといい、自動運転の重要キーワード

図2 高精度な3次元地図



LiDARによる情報とGNSS (GPS) などのセンサによる情報を融合させた高精度な3次元地図。自動運転では、このような「地図作成」と「自己位置同定」を同時に行うSLAMという手法が重要となる。

スマート農業では、ロボットトラクターをはじめとする完全自律型のロボット農機の開発が進められており、将来的には、AI (人工知能) 機能を持った、より小型化されたロボット農機の実現が目標とされています。ここでは、そうした小型スマートロボットの研究開発の現状や用いられる技術、そして農林業における貢献などについて、北海道大学工学研究院機械・宇宙工学部門の研究室で研究開発されている事例をベースに紹介します。

同研究室では、ロボット技術 (RT)、情報技術 (IT)、そして人工知能 (AI) を核として、「積雪環境における自動運転技術開発」「UAV (ドローン) の応用」「除草作業自動化技術の開発」の3つのテーマで研究を進めています。

自動運転技術とは？ —— 積雪環境下での自動運転技術の開発

自動運転に必要な技術

自律走行型の小型ロボットの自動運転技術とはどのようなものなのでしょうか。自動運転ではまず人が運転して、近赤外光や可視光、紫外線などを照射して距離を測定する「^{ライダー}LiDAR」などのセンサを用いて3次元地図が作られます。そしてGNSS (GPS) 等の情報と融合させることでさらに高精度な3次元地図が完成します。また、自分が今どこにいるのかを知る (これを自己位置同定と言います) ことも重要です (図1、図2)。

北大の研究室では、無人自動車を使った積雪地帯での実証実験を2017年から2020年にかけて行っています。実験では自動運転に成功しましたが、実験道路に特化したものであり、まだ実用化の段階ではありません。

雪道での自動運転技術と社会的な課題

高齢化・人手不足は現在の農林業の解決すべき課題ですが、これと同様に、北海道のような積雪地帯では「除雪に携わる作業員の高齢化・人手不足」が社会問題の1つになっています。特に小型の除雪機が歩道の除雪を行う場合は安全確認のために誘導員が必要になりますが、極寒の中、10～20kmという長距離を長い時間にわたって徒歩で移動しなければなら

ず、非常に過酷な作業となっています。

また、「積雪・降雪環境下における物流問題」という課題もあります。小型の配送ロボットなどで物資や郵便物が届けられていますが、積雪環境下での対応はまだ進んでいません。

いかにして人を検知するか？

こうした社会的な問題を踏まえた上での技術的な課題の1つとして、北大の研究室では「歩道除雪機の高機能化」をあげています。これは、誘導員の作業をセンサが代わりに行うシステムで、そのための「ロバスト^{*1}人検出システム」の開発が推進されています(図3、図4)。

自己位置同定を行い、人や障害物をどのような環境でも安定して検知して回避するこうした研究^{*2}は、農林業における小型ロボットの開発に大きく貢献します。研究では、実験のほかに仮想空間でのシミュレーションという手法も用いられています。

UAV(ドローン)の農林業への活用

ドローンによるインフラ点検

UAV(無人航空機)つまり「ドローン」は、農林業における小型スマートロボットの中核を担っているといえます。北大の研究室では、ドローンとリモートセンシング技術を使って港湾の防波堤などのインフラを点検する技術開発を進めています。

この研究では、防波堤のテトラポッド(消波ブロック)の欠損箇所を点検して定量的に評価する作業でのドローン利用を目指しています。ドローンに搭載したLiDARが防波堤を3次元の点群(点の集まり)として把握し、防波堤の設計図と比較することで、欠損の状況を数値で評価します。防波堤の点検を人が行くとすると、ボートで沖まで行って時間をかけて作業をしなければなりませんが、ドローンなら15分ほどで一気に行うことができるとされています。

※1: ロバストとは、「屈強な・堅牢な・頑強な」を意味する英語の「robust」で、ここでは、「どのような環境であっても、高い精度・安定性を維持して人検知ができる堅牢なシステム」というような意味合い。

※2: 基礎編「安全センサ」、応用編「遠隔監視ロボット農機」も参照。

図3 ロバスト人検出システムの開発

歩道除雪機の誘導員を代替する
アラートシステムの提案



暗闇や降雪、逆光などの悪環境において、AIと組み合わせたサーモカメラで人を検知、またLiDARで距離を測定してアラートを発出する。北大の研究室では小型除雪機の自動運転技術として開発されているが、将来の小型ロボット農機の安全性にとっても不可欠な技術といえる。

図4 アラートシステムの動作例



□: 15m~ □: 10~15m □: ~10m

DANGER! : 3フレーム以上連続して歩行者が10m以内にいる時に表示

吹雪の中で見えなくなるホワイトアウトの状態でも、サーモカメラで人を検知し、10m以内に近づくとアラートを発出する。

スペクトルカメラによるリモートセンシング

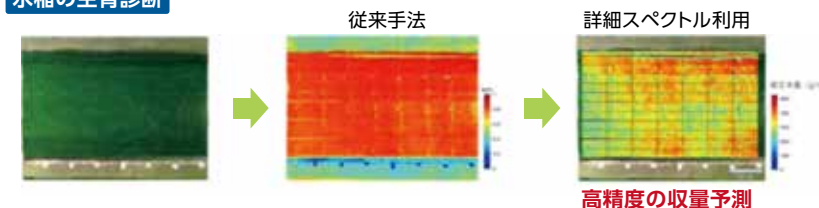
ドローンとリモートセンシング技術を用いると、広大なプランテーション農園で作物の生育や病害虫の発生状況などを短時間で調べることもできます。そうした農林業において用いられるのが「スペクトルカメラ」です。スペクトルカメラは光の波長の分解能が非常に高く、一般のカラー撮影では得られないスペクトルの微妙な形状から有用な詳細情報を得ることができます(図5)。

スペクトル情報と位置情報を紐づける

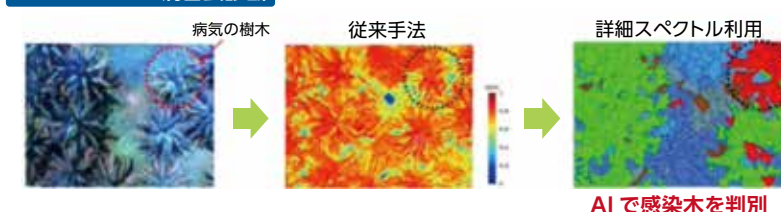
こうした「スペクトル情報」に「位置情報」を加えることで実用性がさらに高まります。例えばバナナ農園などで新パナマ病が発生した場合、スペクトルカメラを搭載したドローンを使って、感染したバナナの木やその位置が突き止められれば、伐採や薬剤散布などの対策を早急に立てることができます。つまり、スペクトル情報と位置情報を紐づけて活用することが重要なのです(図6)。

図5 従来の技術とスペクトルカメラとの違い

水稻の生育診断

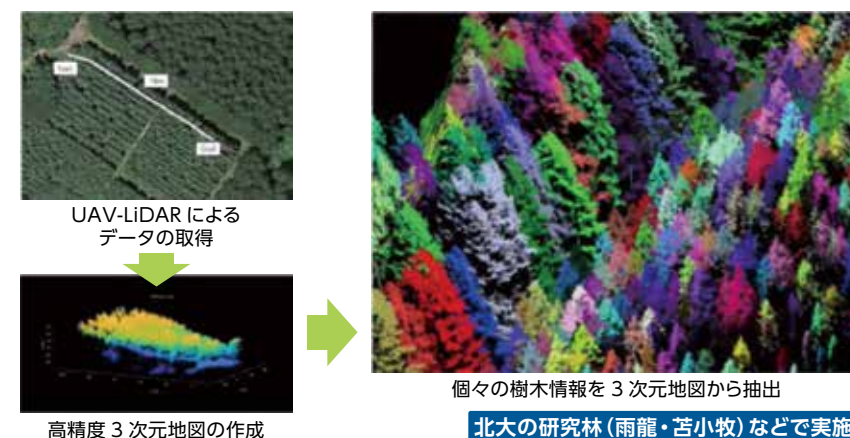


オイルパームの病害虫診断



スペクトルカメラを利用すると水稻の生育状態がわかり、収量予想も立てやすくなる。また病気になったパームツリーも、AIと組み合わせることで、感染した木を正確に識別できるようになる。

図6 森林資源管理を目的として、UAV (ドローン)+LiDARによる計測を実施



ドローンに搭載した3D-LiDAR (3次元ライダー)で対象となる森林を計測し、そのデータをもとに高精度3次元地図を作成。その3次元情報から個々の樹木の情報を取り出す。

除草作業の自動化

雑草と作物を見分ける

例えば漢方薬の薬草の栽培では除草剤の使用が制限されており、現場では人が手作業で雑草を除去しているのが現状です。また、近年SDGsがさげばれて「環境負荷の低減」が求められていることから、農業においては減農薬の動きが加速しています。

スマート農業では「ピンポイント防除技術」の導入が進められています。同時に、人に代わって自律走行する小型ロボットがマニピュレータなどで機械的に雑草を除去する技術の研究開発が進められています。

畝と畝の間の雑草を取り除くロボットはすでに開発されていますが、1つの畝にある作物同士の株間に生えている雑草を除去できる汎用性のある小型ロボット農機のニーズが世界的に高まっているのです。トラクターの

図7 雑草と作物を高精度で識別するロバスト深層学習



車両速度は時速1km(写真左)。この速度で移動しつつ、80%の精度でハトムギと雑草を識別した(写真右)。精度を90%にまで上げ、1秒間に10回識別できれば、十分に実用的になると考えられている。

ような大型ロボット農機よりも自律走行可能な小型ロボットの方が、畝の株間にある雑草を高精度に識別して細かく除去するのに最適と考えられています。

こうした除草用の小型ロボットの実用化には、作物と雑草を高精度で見わけるAIの開発が不可欠となります。北大の研究室では、1秒間に5～10回ほど作物と雑草を見分けられる、AIのための「ディープラーニング(深層学習)」の枠組みを開発して実証実験を行っています(図7)。

自律走行の速度と確実な除草機構

北大の研究では、小型ロボットがセンサで畝を認識しながら自律走行する場合の速度の目標を時速1～3kmとしています。また、雑草を識別するだけでなく、雑草を確実に根から除去できるマニピレータの開発も行っています(図8)。

シミュレータも利用することで効率よく開発

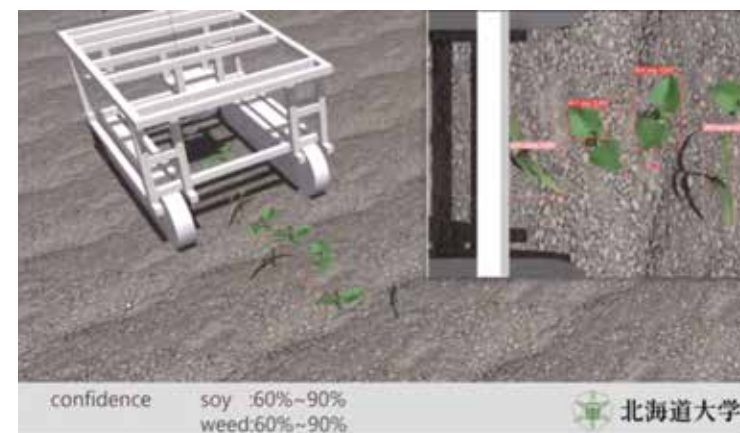
開発の現場では、実際に車両を走らせての実験だけでなく、仮想の3次元空間での車両の設計やマニピレータの取り付け、そして完成した車両の稼働に関するシミュレーションも行い(図9)、時間と労力を削減しながら除草用小型ロボットの開発を効率よく進めています。

図8 除草ロボットの最近の取り組み



搭載されているセンサカメラによって、畝沿いを時速1kmで走行するロボット(写真左)。マニピレータの実演では1回失敗したが、再度トライすることで雑草を除去した(写真右)。

図9 小型スマートロボットの実際の開発



仮想空間における除草作業のシミュレーション。使用されているハトムギや雑草、さらには土地のテクスチャー(表面の状態)は、実際の北大の圃場から得られたデータをもとに作成されている。このため、実際の実験を行ってもきちんと動き、短時間で効率的に実データを収集することが可能となる。