サトウキビ畑のIoT

~ 機械と人間とをつなぐ「ハーベスタ情報システム」~

鹿児島県の南西諸島域において、約8割の農家が携わるサトウキビ生産および、サトウキビを原料とする製糖業は島の基幹産業になっている。本稿では、地域のニーズに応えて開発した、サトウキビ・ハーベスタ(収穫機)情報システムおよびその実証実験について紹介する。

国立大学法人鹿児島大学 大学院理工学研究科 機械工学専攻 准教授 熊澤 典良



徳之島を望む 沖永良部島北東部のシャーシビーチ



出典:上図(一般社団法人 おきのえらぶ島舗 光協会沖永良部島観光ガイド) 下図(JAPAN AIR COMMUTER)

はじめに

本稿の「ハーベスタ情報システム」は研究シーズと地域ニーズとのマッチング・自治体等との協働による地域課題の解決を支援する、鹿児島大学産学・地域共創センターの岩元特任専門員との出会いからはじまった。「沖永良部島ではこんなことで困ってます。先生、何とかなりませんか?」岩元氏の離島に対する熱い想いにとにかく圧倒された。「サトウキビを刈り取る収穫機械が何処にあるのか、それが動いているのかどうかを知りたい。そんな装置が欲しい。」と矢継ぎ早であった。その時、コンバインによる稲の収穫程度しか想像できなかった私にとっては「JAのような団体に聞いても分からないのかな?」とどうも腑に落ちなかった。とにかく、現地でのヒアリングの必要性は伝えた。

プロトタイプの作製

相談があったのは 2018 年 11 月、サトウキビの収穫時期は 12 月中旬から 4 月中旬までとのことで、タイトなスケジュールである。やるやらないにかかわらず準備だけはしておくことにし、図 1 に示すプロトタイプを作製した。試作機は Arduino UNO*1、Sigfox Shield*2 および GPS センサの組み合わせである。通信モジュールと

して Sigfox (LPWA) を選択したのは研究室の懐事情からであり、10 分毎に GPS センサから得られる緯度経度の情報をクラウドに送信するようにした。一旦、クラウドで受けた緯度経度の情報をそのまま研究室のサーバに転送するように設定し、その位置を Google Map 上に表示して可視化するプログラムを作成した。試作機およびプログラムの動作確認のために、図1の試作機を持ち歩く生活を続けた。動作確認とはいえ、家族の PC もしくはスマートフォンの Web ブラウザに私の居場所が表示されるという、プライバシーも何もない実験からのスタートだった。

実験を続けていると、「緯度経度の情報が取得できない、データが欠損する」等の不具合が確認できた。後になっては当たり前だが、それはトンネル等で

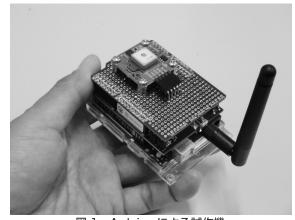


図 1 Arduino による試作機

^{*&}lt;sup>1</sup>電子工作初心者でも扱えるプロトタイピング用マイコンボード *²Arduino UNO で LPWA 通信を行うための拡張ボード(アドオンで 利用可)

GPS 信号が受信できない、もしくは、Sigfox 基地局と通信できない(提供エリア外含む)ときに発生していた。これらの問題の解消に頭を抱えていたところ、離島では LPWA のサービスが提供されてないことが分かり唖然とした。離島での新たな LPWA 環境の整備は非常に難しいし、その時間もないので、通信モジュールを LTE 通信が可能なピクセラ社の PIX-MT100 に変更し、マイコンボードも Raspberry Pi Zero*3 に一新した。

沖永良部島での実証実験

現地で実施したヒアリングで、サトウキビ生産を生業とする農業従事者にとっても、開発中のシステムを利用するメリットが確認できてホッとした。それは、ハーベスタのオペレータが何処にいてその現場で刈り取り作業をやっているのかを管理するためのツールが「ハーベスタ情報システム」と解釈されて、製糖工場と生産者の間に軋轢が生じることを心配したからである。

サトウキビの収穫機であるハーベスタを図2に示す。写真は小型のハーベスタであるが、それでも、そのサイズは全幅2.1m 全長5m 全高3.6mである。このハーベスタがサッカー場程の広大な圃場に入りキャタピラで移動しながら、4メートルの高さにも及ぶサトウキビを収穫するのである。圃場には地番等の標示はないので部外者には収穫作業をする圃場の特定は困難であり、圃場に至るまでの道路やあぜ道にも地名等の標示は少なく、カーナビゲーションの利用も難しい。圃場で収穫作業に従事するオペレータに連絡をしたくとも、ハーベスタの発する騒音とエンジンおよびキャタピラ移動の振動でスマートフォンの鳴動に気付くはずはない。

❖ 2018年度(2019年1月から4月)

沖永良部での2018年度の実証実験に使用した「ハーベスタ IoT 化モジュール(以下 IoT モジュールと呼ぶ)」の主要部を図3に示す。写真下部の基板はRaspberry Pi Zero であり、その上部に加速度センサおよび GPS センサを接続しただけの、極めてシンプルな作りである。この IoT モジュールを防水防塵ケースに収め、沖永良部島の東側の和泊町で収穫作業をする1台と西側の知名町の1台、合計2台のハーベスタに取り付けた。機器に異常が生じたとしても鹿児島市

***・シングルボードコンピュータに分類される。複数のプログラムを同時に実行できる利点がある。





図2 サトウキビ・ハーベスタ

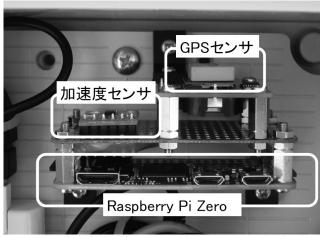


図3 実証実験に使用したモジュール (2018年度)

から約550km 南方に位置する沖永良部島での不具合の修正は容易ではないし、ハーベスタは収穫シーズンが終わるまで圃場を移動し続けるから、その車庫に戻るまでの3カ月間、継続して動作し続けてくれるかどうかが不安で仕方なかった。心配のあまり機器の動作状態の確認が日課になり、ハーベスタに移動も稼働もない日が続くと「オペレータのSさんは体調を崩してないだろうか?」と心配になって何度か連絡を入れた。この「ハーベスタ情報システム」が「見守りサービス」を提供した瞬間であった。

◆ 2019 年度 (2019 年 12 月から 2020 年 5 月)

2018年度の実証実験において、ハーベスタの振動



図4 「2018 年度の実証試験に使用した機器を改良した試作機 (右上は、ハーベスタに取り付けられた IoT モジュール)」



図5 運搬待ちの収納袋

と風雨にさらされながらも動作し続けた IoT モジュールに「収穫終了」機能および想定外の電源切断からマイコン等を保護する「保護回路」を追加して新たな試作機を作成した(図 4)。試作機の収穫終了ボタンは収穫済みの圃場の位置を運搬用トラックに指示するためのものであり、ハーベスタは収穫済みのサトウキビが1トン弱入った収納袋(図 5)を圃場に並べたまま次の圃場に移動する。

試作機を鹿児島県工業技術センターに持ち込んで耐振動性能を確認した後、県内メーカに IoT モジュールの作製を依頼した。2019 年度の実証実験には製品化された IoT モジュールの 10 台が追加され、防塵・防水・耐振動性能を有する IoT モジュールは、ハーベスタの収穫作業の邪魔にならない位置に取り付けられた(図 4)。合計 12 台を沖永良部島に導入できたことで、島内に分布するハーベスタの約 5 分の 1 の稼働状態がインターネットを用いて直感的に瞬時に把握できるようになった(図 6)。この情報から、朝の早い段階で島内に分布する 61 台のハーベスタの稼働状

動作中のハーベスター貸止中のハーベスター

図 6 ハーベスタの分布・稼働状況の表示例

態を予測できるので、当日の原料の受け入れ量の概算 把握から製糖工場の効率的な稼働スケジュール管理に おける方針が立てやすくなった。さらにシステムの提 供する「グループ管理機能」により、指導員の担当す るオペレータの作業する圃場に直接訪問することが出 来る様になり、指導員とオペレータ間のコミュニケー ションが取りやすくなった。島内では、世代交代によ る輸送車および給油車の新人ドライバーが増えている が、不慣れが故に大変であった目的の圃場への到着が 本システムの利用によって容易になり、心的負担の軽 減はもちろんコスト削減にもつながっている。総じて、 開発したシステムによって、製糖工場・さとうきび生 産対策本部・指導員・オペレータ、全てが利益を享受 できた。

喜界島・徳之島への展開(2020、21年度)

沖永良部での2年間の実証実験を経て、IoTモジュールを喜界島および徳之島に展開した。喜界島では、ハーベスタの圃場間の移動コストを削減して効率的に収穫することを目指している。基本的にハーベスタは公道を走行することが出来ないので、トレーラーに積載して目的の圃場に運搬して使用する(図 2)。運搬には時間も運搬料金も必要であるため、収穫シーズン中のそれに係るコスト削減の効果は大きい。図7は「ハーベスタ情報システム」に表示されるハーベスタの移動軌跡の例である。ハーベスタの移動履歴の見える化による移動コストの削減効果については、2021年度の収穫終了後に検証予定である。

徳之島では「ハーベスタ情報システム」の更なる発展を目指し、株式会社アカサカテックとの共同研究により開発した、高精度の位置計測 IoT モジュールを



図7 ハーベスタの移動軌跡



図8 高精度位置計測 IoT モジュール

展開している(図 8)。本モジュールを使用することでサトウキビの収穫と同時に圃場面の情報が計測される。本システムによってセンチメートルの精度でその情報を得ることが出来るので、風の強い離島での3次元測位に有効な手法と考えている。図9はハーベスタ情報システムに表示される圃場情報の例であり、計測

高低差マップ

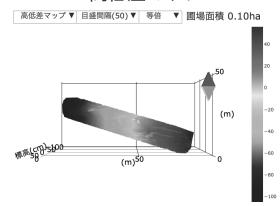


図9 圃場情報の表示例

された圃場面の起伏を高低差として3次元で表示する。表示される画像はPC・スマートフォン等のプラットフォームを選ばず、Webブラウザで表示可能かつ拡大縮小回転の操作が可能であるため、例えば、圃場の均平作業時に現地でも利用できる。

おわりに

ハーベスタの IoT 化についてのいくつかの実証実験を紹介した。ハーベスタの燃料は圃場でタンクローリーから直接給油されるが、オペレータから「毎日の給油が楽になった」「場所の説明に5~10分かかっていたのがゼロになった」との評価が特に印象的であった。IoT 化においては、電源、通信インフラ・通信コストをどうするかを検討することになるが、本稿の例では、1年間80GBのLTE SIMを2万円弱で購入することから開始して、現在はLTE回線を利用しつつ1ヵ月1GB(上りのみ)500円弱に落ち着いている。

K

大学院理工学研究科 機械工学専攻 熊澤研究室

鹿児島大学大学院理工学研究科・熊澤研究室では、計測・制御・信号処理・組み込みを中心とした研究に取り組んでいます。概ね10名の大学院生と学部生は「〇〇を実現するためには何をどうすれば良いのか?」という問いを解決するために、「何をどうやって測定し、測定したデータをどう料理するのか」と、問題点を切り分けながら検討を繰り返しています。アイデアを実現するために、私たちの研究室では機械・電気・物理・数学的知識をもとに、AI・IoT を活用したプログラム開発と実装を手掛けています。



学生とディスカッションをしている風景(執筆者: 最左)