虫媒に代わるいちごの自動受粉ロボットシステムの開発
― ロボットイチゴができるまで ―

1.　背景

従来、いちごの栽培における授粉作業はミツバチによる虫媒で行われてきた。一般的に虫媒に使用されるミツバチはオーストラリアなどから輸入したセイヨウミツバチであるため、イチゴ農家ではセイヨウミツバチを今後も同じ価格で輸入し続けることができるか、外来種であることから輸入規制がされることがないか、などの不安を抱えている。そして、ミツバチの巣箱の管理は農家にとって小さくない負担となっている。大局的には、地球温暖化や農薬散布によるミツバチの減少と、それに伴う多くの作物への影響が問題視されている。また、最近では工場型の施設で葉物野菜が栽培されているが、果実を栽培している工場をほとんど存在しない。その理由として工場内でミツバチを飛ばすことができないことが挙げられる。

2.　目的

本プロジェクトではミツバチに代わって授粉作業を行うロボットシステムを開発することを目的とした。本システムはカメラから取得した RGB・深度情報を用いて適切な受粉時期を判断し、ロボットアームに取り付けられた専用アタッチメントによる授粉作業を行う。搭載するセンサーを限りなく少なくすることで、小規模農園でも導入できる低コスト化を実現し、いちご農家の負担とリスクの軽減、植物工場における果実の安定生産を可能にすることを目指した。

3.　開発の内容

画像処理による花の検出アルゴリズム、接触媒体を交換可能な専用の授粉アタッチメント、アタッチメント交換が可能なロボットアームの開発を行なった（図 1）。図 2 にシステム構成図を示す。

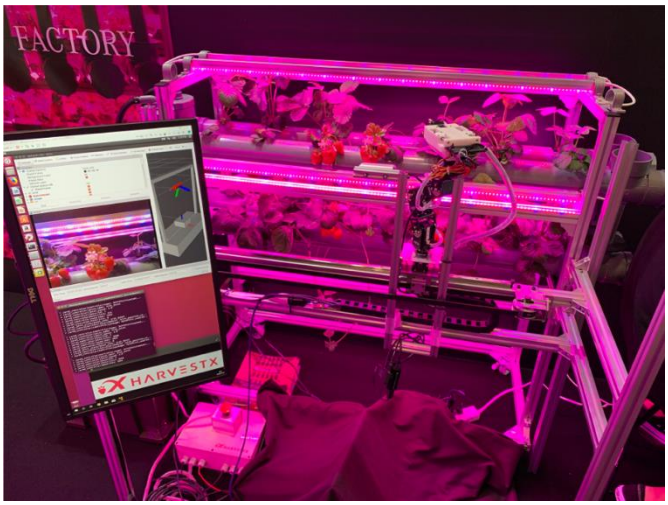

図 1. 開発した自動授粉ロボットシステム

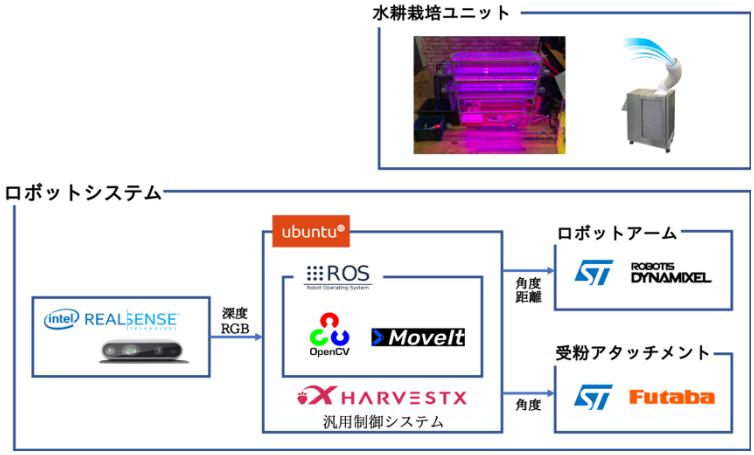

図 2. システム構成図

① 画像処理による花の検出アルゴリズム

Intel 社製深度カメラ（RealSense D435）から取得した RGB 情報を用いて花の検出、位置の演算を行う。深度情報をマージすることで 3 次元座標を求める。検出した結果を図 3 に示す。

図 3. 検出結果

② 接触媒体を交換可能な専用の授粉アタッチメント

花の花粉に接触し、授粉作業を行うための専用アタッチメントを作成した（図 4）。直動・回転といった 3 軸で構成している。先端の媒体には着色用の筆を用いた。また、先端の媒体は変更が可能である。

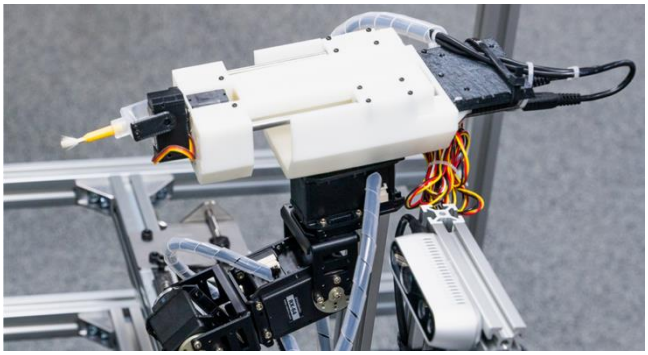

図 4. 授粉アタッチメント

③ アタッチメント交換が可能なロボットアーム

授粉アタッチメントを接続し、対象である花までアタッチメントを運ぶロボットアームを作成した（図 5）。デジタルサーボモータを用いた 4 軸構成である。先端のアタッチメントは交換が可能である。

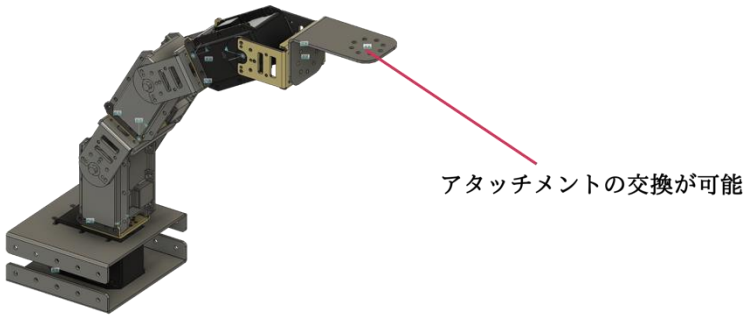

図 5. ロボットアーム

開発したロボットシステムを用いて自動で授粉作業を行い、世界で初めてロボットでイチゴの果実を実らせることに成功した（図 6）。また、センシングデバイスとして深度カメラ 1 台のみ、ロボットアームにおいては、市販されている既存のモーターを利用することで比較的低コストで実装することができた。

図 6. ロボットイチゴ

4. 従来の技術（または機能）との相違

本システムはミツバチを使用しないため衛生的であり、授粉対象の花の選択などが可能である。超音波などを用いた非接触型と比べて、自家受粉だけでなく、他家受粉が可能なことも本プロジェクトで開発したロボットの優位性であると考えている。また、接触型授粉ロボットでイチゴの果実を実らせたのは世界初の事例である。

5. 期待される効果

課題の解決に加えて下記のようなことが可能になると考えている。

① 収穫ロボットに優しい果実の配置

収穫ロボットにおいて、集合した果実の存在は、果実検出時の誤検知と収穫の難易度を増大させてしまう。しかし、本システムで授粉を行う花の間隔を調整することで、収穫の成功率を上げることが可能となる。また、一定間隔で果実を実らせることで養分が枝分かれして味のばらつきが起きることを防ぐことができる。

② 収穫量・出荷量の制御

ミツバチはランダムに授粉を行うため収穫量がどのくらい見込めるか予測することは難しい。しかし、本システムで授粉を行う時期を調整することで収穫量・出荷量の制御を行うことが可能となる。これによって、今まで不可能であった需要に応じた生産管理ができるようになる。

③ 夜間作業や 24 時間運用

ミツバチや人間は基本的に日中しか活動できないが、ロボットは昼夜問わず活動することができる。そのため、花が開花した瞬間の授粉や作業の効率化が可能となる。

④ 無菌栽培

ミツバチが必要なくなり動物が干渉することもなくなるため、植物工場において無菌状態での栽培が可能となる。それによって、カビや病害のリスクを軽減することができる。

6. 普及（または活用）の見通し

開発を行う過程で企業にヒアリングを行なった。まず、植物工場会社では、工場内で授粉が行えないことから果実に参入できていなかったこと、イチゴの安定生産は特にコンビニ業界からの要望が多く、授粉ロボットで花の受粉が可能であるなら果実の栽培に意欲的であるという。次に、大手ケーキチェーンでは、近年ケーキ用途に向いたイチゴを作る農家が減っていることや、旬が過ぎた夏であっても可能な限り国産のイチゴを使用したいという声があった。このようなヒアリング結果から主に植物工場において活用されることが期待される。

7. クリエータ名（所属）

市川友貴（千葉工業大学 情報工学科）

（参考）関連 URL

HarvestX：https://harvestx.jp/