



# 農業特許・注目技術の目利き

監修・アグリ創研株式会社 代表取締役 浅野 卓

第20回



浅野 卓 知的財産アナリスト（特許／コンテンツ）  
一級知的財産管理技能士（ブランド／特許／コンテンツ）

専門は知財戦略、ブランド戦略、事業モデル構築。アグリ創研株式会社代表取締役、浅野国際特許事務所附属研究所副所長として、全国段階・地域のJAの顧問、農林水産省国立研究開発法人審議会専門委員、特許庁地域団体商標普及啓発事業外部委員・座長、東京都立大学大学院兼任講師、6次産業化プランナー（中央）、知財経営モデル支援専門家（関東経済産業局）を務める。主著に『実践知的財産法』。

## 法人紹介

慶應義塾大学 ハプティクス研究センター

### 代表者

センター長 大西 公平

### 事業内容

リアルハプティクス®に関連する研究・開発  
非定型作業に向けたロボティクス

### 所在地

神奈川県川崎市幸区新川崎 7-1 慶應義塾大学  
新川崎タウンキャンパス1棟URL <https://haptics-c.keio.ac.jp/>連絡先 [contact@haptics-c.keio.ac.jp](mailto:contact@haptics-c.keio.ac.jp)

### 設立・沿革

2002年 世界に先駆けて鮮明な力触覚の伝送に成功  
2011年 基本特許取得（特許第4696307号）  
2012年 産学官連携推進会議「日本学術会議会長賞」  
2014年 ハプティクス研究センター設立  
2016年 知的財産権の許諾会社（現・モーションリブ株式会社）設立  
大西センター長が紫綬褒章受章  
2018年 経済産業省 大学発ベンチャー表彰「アーリーエッジ賞」  
2019年 公益財団法人藤原科学財団「藤原賞」

## 第20回 ロボットが力加減を 覚えたら？ スマ ー ト農業のもっと先

### 1 発明・製品の紹介

#### (1) 力加減できるロボットが求められている

本連載でも取り上げてきたように、近時、官民を挙げて「スマート農業（アグリテック）」分野の研究開発が盛んです。スマート農業によれば、畑に出なくても自動で、農作物の生育や病害虫を診断・予測したり、水や肥料、温湿度、日射量などを

管理したり、農業機械を動かすことができます。それらのデータにより、熟練農業者の技術の継承もできます。さらに、より効率的な生産・流通・販売のフー  
ドチェーンの実現も視野に入っています。

とはいえ、それらは主にビッグデータやAIといった、人間の「頭脳」作業（解析や診断・予測など）の代替や補助です。頭脳作業は自動または遠隔で

できて、「繊細な」農作物の収穫や、手で触れることにより状態を確かめたり手をかけるといった日々の作業には、やはり「人の手」が必要です。特に果

樹など、高所での作業や上向きながらの作業は大変です。しかし、これまでは、このような作業をロボットにさせることはできませんでした。ロボットは「力加減」ができなかったからです。

#### (2) 硬い運動と軟らかい運動

ロボット等の機械系の制御は、「位置（速度）」と「力」を指定すること以外に方法はありません。しかも、位置と力は「双対（そうつい）関係」にあり、両者を同時に任意の値にはできず、基本的にはどちらかを指定することになります。

位置を指定した運動は「硬い運動」といい、動作途中で障害物があると、押し退けたり破壊してでも、位置移動を達成しようとしています。従来のロボットの動作がこれに当たります。

一方、力を指定した運動は「軟らかい運動」といい、対象からの反作用力が設定した力に達するまで動きます。人間の動作は、硬い運動と軟らかい運動が組み合わされています。

### (3) 力触覚とリアルハプティクス

人間の五感のうち、視覚・聴覚・嗅覚・味覚は、対象からの「単方向のみ」の感覚です。一方、触覚は、温度・湿度といった「単方向」の触覚だけでなく、対象に力を加え、対象の変形・振動等の反応を感じながら、動作を微調整する過程で感じる、硬さ・弾力・重さ・粘度・質感（ざらざら感など）・動きの有無といった「双方向」の触覚（＝力触覚）があります。

従来のロボットには、「力触覚」が実装されていなかったの  
で、位置を指定した「硬い運動」のみを行う結果、対象の変形・破壊等を引き起こしていました。これでは、繊細な農作物には使用できません。

利用者に力、振動、動きなどを与えることで皮膚感覚フィードバックを得る技術を「ハプティクス（Haptics）」といいます（国際ハプティクス学会による定義）。

このうち、特に感覚と動作の

「双方向性」に着目し、現実の物体や周辺環境との接触情報を双方向で伝送し、「力触覚」をロボットに実装する技術を「リアルハプティクス（Real Haptics 以下、「RH」という）」とよびます。RHは、日本発の独創性の高い技術であり、慶應義塾大学の大西公平教授が基本特許（特許第4696307号）を取得しています。

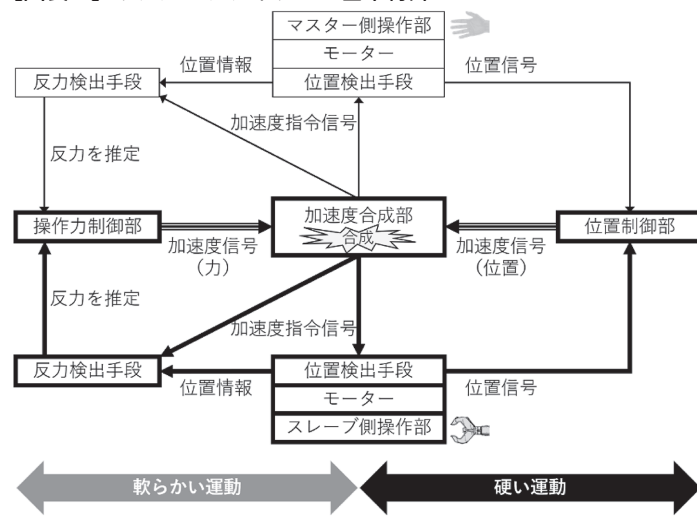
筆者が大西教授に出会ったのは、二〇一七年の夏でした。介護用RH機器の発明に関してお会いしたのですが、RHを転用すれば農業分野に革命が起きると直感しました。筆者は農林水産省の審議会委員として多くの最先端技術を見てきましたが、RHは、本連載で必ず紹介したいと思っていた技術の一つです。

#### (4) 基本特許

RHで、ロボットに「力触覚」を実装し「軟らかい運動」をさせるメカニズムは、**図表1**のとおりです。

位置制御部、操作力制御部、加速度合成部、反力検出手段に

【図表1】リアルハプティクスの基本特許



### 2 特許技術のポイント

矛盾のない位置と力に制御できるようにした発明です。

操作者がマスター側装置を動かすことで、スレーブ側装置に同一の動きをさせることができ、かつ、作業対象からスレーブ側装置が受ける「反作用力（反力、応力）」を操作者にフィード

バックし、遠隔地の作業対象をあたかも手で触っている感覚を得ることができる装置を「バイラテラル（＝双方）制御方式」といいます。

従来のバイラテラル制御方式の装置は、①「位置」と「力」を別々に制御していたので、互いに干渉し誤差が残り、両者に矛盾が生じること、②反力の検

症例の場合、経験として身につけることが困難です。

そこで、農作物や土壌の状態の力触覚をRHで再現できる手袋により、シーズン外においてトレーニングするという利用態様が考えられます。

(4) **離れた農地の一体運用**

RH利用の一般論として、永島教授によれば、力触覚を感じながら、遠隔地からの現場作業や、仮想空間での遠隔操作をしたり（遠隔化）、作業の巨大化・微小化や、手の三本指の動きを足の親指で感じて制御すること（作業感触の転移）も想定されています。

これを農業分野に当てはめてみると、圃場の様子を映し出すヘッドマウントディスプレイと、力触覚を再現できるRHデバイスにより、圃場のロボットを操作するという利用態様が考えられます。分散・錯圃の集積・集約化が課題となっていますが、RHによれば実際に自分が現場で作業しているのと同じ感覚でできるので、距離に関係な

出に力センサーを用いていたので、力センサーの信号ノイズ・固有周波数・慣性・低い剛性により、高い周波数帯域での応答性を向上させることができず、繊細な作業の実現が困難という課題がありました。

そこで、RHの基本特許（特許第4696307号）は、①「加速度」を制御すると「位置」および「力」の両者を制御できることに着目し、位置および力を合成した「加速度指令信号」により両者を制御し、かつ、②力センサーに代えて、位置情報と加速度指令信号から反力を推定する「反力検出手段」を設けている点がポイントです。

なお、二〇二一年九月一七日現在、「ハプティクス(Haptics)」に係る出願は九七九件ありましたが、このうち「農業」「農産物」「農作業」に関連するFI（フアイル・インデックス）を付された出願は0件でした。しかし、ひとたび農機メーカーに認知されれば、RHの社会実装は進むと考えます。

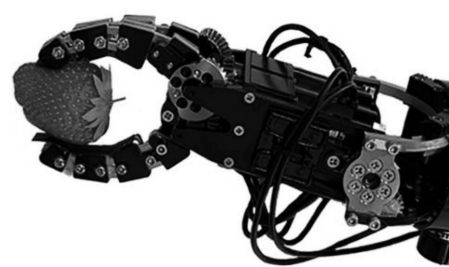
### 3 想定される実施態様・事業展開の可能性

#### (1) 食品把持装置

RHの農業分野への展開については、大西教授のチームが複数の会社と取り組んでいるようですが、守秘義務により具体的な内容を公開できないようです。

公開情報によれば、食品移動システムおよび食品把持装置の発明が出願されています（特開2019-58967）。当該発明は、画像解析による農産物・食品の品質情報や位置情報に基づいて、ロボットハンドで農産物・食品を把持し選り分けつつ、農

【図表2】イチゴを把持するロボットハンド



ポテトチップも割らずにつまめる  
(出所) 大西教授提供

く分散農地における作業を効率化できます。

そうはいっても、RHでは、フィードバックおよび力の調整において、「演算遅れ」と「通信遅れ」が生じるのではないかとと思われる方もいるでしょう。演算遅れについては、〇・二ミリ秒以下で演算終了させるので問題はありません。

通信遅れについては、応用分野にもありますが、一〇ミリ秒程度の遅延なら実用上の問題はほとんどないと考えられています。一〇〇〇kmを超える通信路がある場合は、遅れ補償装置を付加してシステムが安定に動くようにできるものの、一〇〇ミリ秒を超える遅延だと操作感覚が多少犠牲になるようです。五〇〇〇kmを超える通信路がある場合の実験では、かなり速い動作以外は比較的スムーズに操作できたようです。東京から鹿児島が九六四km、東京から旭川（北海道）が九二九kmです。5Gが普及すれば、日本全国で通信遅れを意識せずに

産物・食品を搬送するコンベアです。当該発明中のロボットハンドにRHが実装されており、農産物・食品の特性に合わせて優しく把持できます（図表2）。また、農機ではありませんが、作業機械一般に係る発明も出願されています（特開2019-214085）。

#### (2) 適期収穫

RH利用の一般論として、大西教授の共同研究者である永島晃教授によれば、熟練者の業や力触覚を記録したり（行為の見える化）、対象の物理特性を定量化し（対象の見える化）、それらを次世代に伝授したり、ロボットに組み込んだり（自動化）、ビッグデータとしてAIに提供すること（AI連携）が想定されています。

これを農業分野に当てはめてみましょう。果実について熟度を吟味して収穫するために、果皮色のカラーチャートを用いている農家も多いと思います。AIによる収穫前の熟度判定も、現在のところ画像解析のみに基

すみそうです。

とすれば、全国各地に支店や従業員がいる農業法人でなくても、個人農家でも全国各地に圃場を持ち、自らだけで「セルフ・リレー出荷」することも想定できます。

また、よりリアルな「オンライン体験農業」も可能でしょう。

#### (5) 高所作業・農地の複層化

私が知る限りでも、干し柿の選果機やトマトの収穫機など、農産物を把持しなくても、その目的を達成する機械が多数開発されています。これらは、農産物への直接の接触をしない、または最小限にとどめることを設計思想としているため、「単一の作業のみ」に特化・最適化しています。

一方、RHの真価は、力加減が求められる「複雑な作業」に対応できる点にあると考えます。そこで、力触覚を再現できるRHデバイスにより、ドローンに取り付けたロボットアームを操作して、高所や不安定な足場での作業、果樹など上を向きな

づきます。

この点、農家の中には、視覚情報だけでなく、果実に触れて収穫適期を総合的に見極める方もいます。

そこで、例えば、基準となる熟度の力触覚をRHで再現できる手袋を左手にはめつつ、右手で樹上の果実に触れ、左右の手の感覚を比較することで、より確実に収穫適期を見極めるという利用態様が考えられます。携帯型の光センサー選果機もありますが、果皮が厚く光センサー選果機に不向きな果実や、糖度・酸度や内部障害以外の特性（食感など）が重要な農作物については、RHが有効ではないでしょうか。

#### (3) シーズン外の訓練

また、農作物や土壌に触れてその状態を確かめるという場合、それを経験できる機会は、年に一回収穫できる農作物については、年に一回のみ（シーズン中）に限られます。これでは、新規就農者が習得するのに年月がかかりますし、それが稀有な

がらの作業が必要な場面において、農産物への直接の接触を伴う「複雑な作業」をするという利用態様が考えられます。水耕栽培の発展に伴い広まっている「農地の複層化・空中化」（本誌六〇八号四二頁参照）において有効ではないでしょうか。

#### (6) 作業の巨大化・微小化

また、ロボットアームとRHを組み合わせると、次のようなこともできます。

RHにより（減衰された）力触覚を感じながら、人間の力や動きの大きさを増幅して大きな作業をするという利用態様が考えられます。例えば、発泡スチロールを持つ感覚で、重い野菜の収穫かごを持ち上げたり、パンを切る感覚で、果樹のせん定ができるわけです。

逆に、RHにより（増幅された）力触覚を感じながら、日常の力加減や大雑把な動きで微細な作業をするという利用態様も考えられます。「農福連携」の場面で有効ではないでしょうか。

（あさの たかし）