

第3章 収穫・選別のシステム化の現状

第1節 農業ロボット

1. 概念

農作業体系¹⁾は対象物によって異なるが、概ね図3-1に示すように分けることができる。例えば、圃場管理作業では耕うん、肥料および農薬の散布など、苗生産作業では播種、育苗、間引き、接ぎ木、挿し木、移植など、栽培管理作業では中耕、追肥、防除、除草などがある。収穫作業では穀物の他に果実類、野菜類の収穫など、調製・選別作業では外観の形状、重さおよび内部の糖度および酸度の判定など、品目によってはさまざまな残さ処理、貯蔵・鮮度保持、情報処理、食品加工などもある。

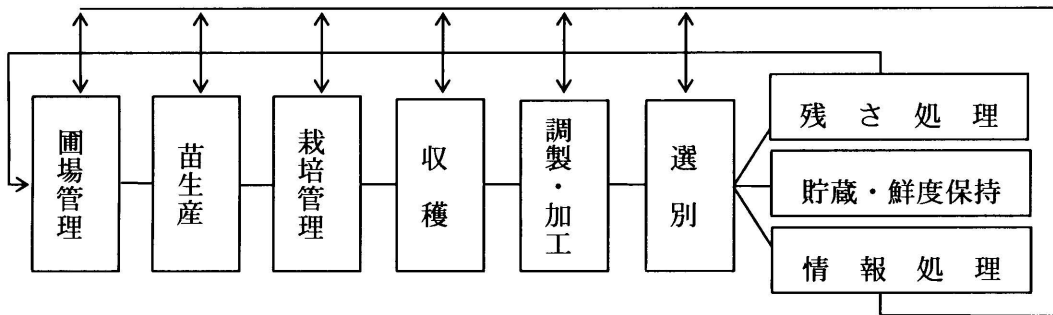


図3-1 農作業体系

Fig. 3-1 Production process for farming system

※「農業ロボット（Ⅱ）」より作成

上記の農作業体系において、稲作用、畑作用、畜産用の農業機械が数多く実用化されているが、今後はIT革命、パソコン、カメラ、センサ、画像処理、制御などの工学技術の発展を受けて、より複雑な作業を正確に行える知能機能を備えた農業用ロボットの発展が期待されつつある。

農業用ロボットの初期段階は工業用ロボットを応用することから始まった。ここで、『マニピュレーティングインダストリアルロボット (Manipulating Industrial Robot)』とは、ISO (国際標準化機構) /TC184 (産業オートメーションシステム) /SC2 (工業用ロボット) の技術報告 ISO/TR8373:1988 によれば、「自動制御された再プログラム可能な、多用途で、

いくつかの自由度を有するマニピュレーション機能を持つ機械 (*Automatically Controlled Reprogrammable, Multi-purpose, Manipulative Machine with Several Degrees of Free-dom*)」と定義されている。また、JIS (日本工業規格) では『自動制御によるマニピュレーション機能又は移動機能を持ち、各種の作業をプログラムによって実行でき、産業に使用できる機械』と定義されている。²⁾ ことを記述しておく。

以上から、農業ロボットは上述した作業状況を判断して適切な作業を行うために、人間の上肢に似た動作機能、情報処理機能および自立走行が可能な機能を備える必要がある。ただし、本論文ではロボットはシステムの一つとして扱った。

2. 発展経緯

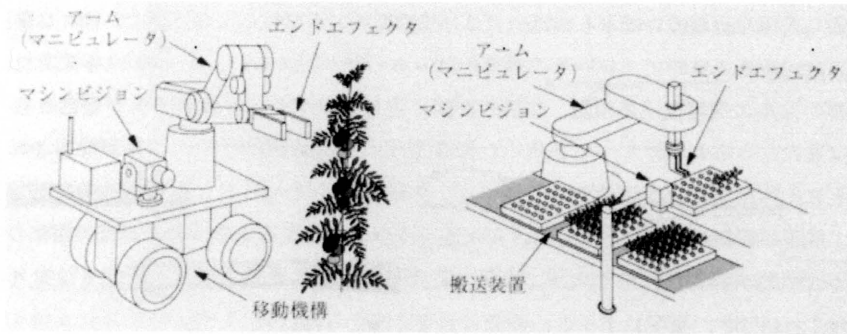
農業ロボットの研究は 1984 年に京都大学により初めて発表された。このときから現在に至るまで、農業におけるロボットの位置づけ、理念は、大きく三つの世代²⁾²⁾に分けることができる。第1世代の農業ロボットの研究は、1980年代に行われた植物の物理的特性に基づいて既製の産業ロボット (*Industrial Robot*) を応用し、実用性を探索したものである。対象物は果実類、葉菜類、花卉で、研究対象とした作業は、収穫作業、挿し木、移植、摘粒、散布、袋がけ作業などである。第2世代の研究は、1990年代に行われた園芸学的と工学的アプローチの融合、すなわち、栽培様式の検討と作業者との協調作業を行う人間-作物-ロボットの関係の基礎構築であった。対象物としては上記以外に果菜類などが一気に増え、研究の評価として、内容は作業速度や作業精度が考慮されるようになった。さらに、第3世代の研究では、21世紀に入ってから上述の研究対象に食の安全と消費者の安心が加わった他、大量の情報蓄積、利用する技術の確立である。対象物は上記以外に土壌、作業内容などが加わり、研究対象には作業のシステム化、作業情報の収集、消費者への情報提供などに拡大しつつある。

3. 基本構造

農業ロボットの構成は²⁾は図 3-2 に示すように、大きく移動式と定置式と分けられる。主に、マシンビジョン (*Machine Vision*)、エンドエフェクタ (*End-effector*)、アーム (*Arm*) (マニピュレータ)、移動機構 (又は搬送装置) および制御部で構成される²⁾²⁾。

マシンビジョンは人間の目と頭に相当するもので、対象物の大きさ、形状、色などを取得する外界センサとして最も大きな情報源である。画像の取得には CCD カメラ、照明 (照

射) 装置が必要であり、取得した画像から必要な情報を得るための解析アルゴリズムには2値画像への変換、ラベリング、拡張、縮小、フィルタを用いて対象物の面積、輪郭、重心などを求める方法が多く用いられる。表色系は原画像のRGB表色系が基本であり、必要によってL*a*b*表色系などに変換するものがある。



(a) 移動式

(b) 定置式

図 3-2 農業ロボットの基本構成

Fig. 3-2 Basic composition of agricultural robot

※「農業ロボット (I)」より引用

エンドエフェクタは対象物に直接働きかける機能を持つ部分であり、人間のような5本指(3, 4本指を含む)、スプレーノズル、吸着パッド、カッタ、ハサミ、2本指などがある。植物や対象物へダメージを与えないように対象物に接触して所定の動作を行う必要がある。

アームはエンドエフェクタを目的の位置まで移動させることが主な役割であり、リンク(Link)とそれらを結び付ける関節(Joint)から構成され、複数の自由度を持つ多関節型、直交座標軸型がある。自由度と型式の選定には、作業空間、作業効率、作業精度を考慮した上で、簡潔な機構が選ばれる。軸の回転をスライダの直進運動に変えるアクチュエータは精度が高いACモーター又は効率が良い圧縮空気を用いたものが多い。

移動機構はロボットに最も効率よく自由にな作業することを可能にするものであり、車輪、クローラ、レールなどがある。駆動にはモーター、エンジンなどを用いるが、作業内容によって連続移動または間欠移動がある。車輪はロボットを自由自在に移動させる場合に、クローラは土壌への圧力を小さくする場合に、レールは定められた軌道で移動する場合に使用される。最近ではセンサ、画像処理、GPSなどの情報を用いた走行、障害物の回避などの機能も求められている。

制御部は、マシンビジョン、エンドエフェクタ、アーム、移動機構を所定のフローに合わせて総合的に作動させるものであり、プログラムがインストールされたコンピュータ、コントロールボックス、I/O ボード、各種センサ、などから構成されている。機構への信号の入出力はコンピュータで、アナログ信号とデジタル信号の変換 (A/D) を行いながらコントロールボックスのインプット、アウトプット端子 (I/O) を通じてシリアル通信 (RS232C) などで行われる。

なお、本研究における農業ロボットは、複数の要素を統合して成り立つため、システムとして扱うことにした。

第2節 研究動向

本節では、穀物類、果実類、野菜類およびイチゴの生産における収穫・選別の機械化およびシステム化の研究事例を挙げながらそれぞれの特徴について述べる。収穫・選別におけるシステム化は、対象物の品種の物理的特徴およびニーズによって、西洋 (ヨーロッパ、アメリカ) では作業効率を、日本では個々の品質を重視している。このため、日本の農業システム化の研究では収穫システム化より選別システム化が進んでいる。なお、本論文では後述の研究対象物と整合させるために、果実は落葉果樹 (もも、なし、リンゴなど)、柑橘類 (オレンジ、みかんなど) と区分し、野菜はウリ科 (キュウリ、メロン、スイカなど)、ナス科 (ナス、トマトなど)、果菜類 (イチゴなど) と区分し、それぞれの研究動向について述べる³⁾。

1. 穀物類

穀物類のシステムは、図 3-3 に示すオペレータが操作する農業機械 (コンバインなど) から、図 3-4 に示す自動作業が可能なシステム (無人散布機など) に進化しつつある。コンバインの場合、日本では、脱穀する稲を長く刈り取る自脱型コンバインであるが、西洋では作物全体を刈り取って脱穀する汎用型コンバインが多い。両タイプはオペレータの操作により、走行しながら穀物 (米、麦など) の切断、脱穀、選別を短時間で効率よく行うことができる。オペレータの安全性を重視した無人散布システム⁴⁾、大規模農作業におけるコスト削減を重視した無人耕運システムは、GPS や画像処理などによる周辺の情報 (穀物情報、畑情報など) を用いて自律走行をしながら、農作業 (散布、耕運など) ができる。



(a) 自脱型コンバイン⁵⁾

(b) 汎用型コンバイン⁶⁾

図 3-3 穀物類の収穫機

Fig. 3-3 Harvest machines of grain

※「キセキ農機」のカタログ, 「Deere & Company」のホームページより引用



(a) 日本の無人薬剤散布機⁷⁾

(b) アメリカの総合制御システム⁸⁾

図 3-4 穀物類の農業ロボット

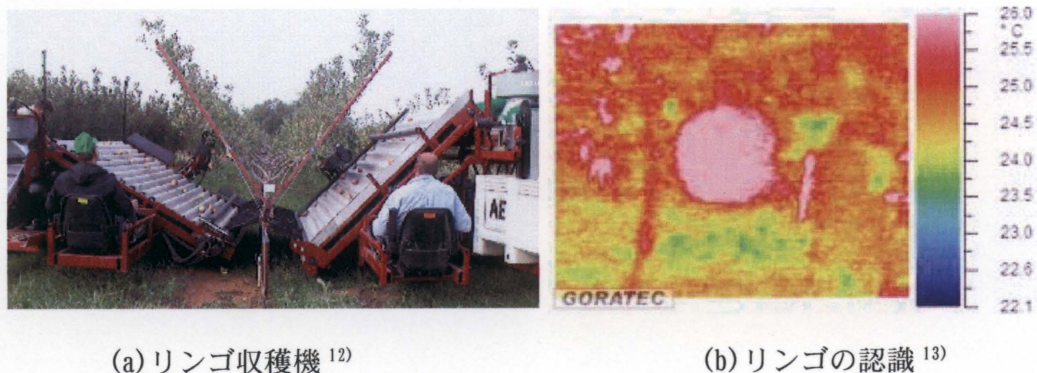
Fig. 3-4 Agricultural robots of grain

※「北海道大学農学部野口伸研究室」, 「Deere & Company」のホームページより引用

2. 果実類

果実類の収穫システムおよび収穫機には、オレンジ、リンゴなどを対象とした研究報告がある⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。アメリカのオレンジ収穫システムは色情報で黄色い果実を認識し、多関節型のマニピュレータと吸引式(回転リップ式)のエンドエフェクタでもぎ取るものである。北海道大学のリンゴ収穫システムは、カラーCCDカメラの画像から中央付近の着色したリンゴの囲む矩形を求めてリンゴを認識し、多関節型のマニピュレータと2本指式のエンドエフェクタで収穫するものである。図3-5(a)に示す収穫機は、オペレータの操作により樹木を振動させて、落としたリンゴをシートで集めて搬送する方式で果実同士の接触、衝撃によるダメージがあるが、品質より収穫効率を優先する加工用に利用される。

図3-5(b)の収穫システムは画像処理法又はセンサを用いて一個ずつ果実を認識して傷つけないように摘採する品質を重視した方式で生食用である。まだ基礎研究に留まっているのが現状である。マシンビジョンによる対象物の認識は、現在の栽培方式では葉、未熟果の影響を受け易いので、影響が少ない栽培様式、品種などの改良が必要であると考えられる。今後の実用化では、オペレータの操作を伴う半自動収穫機が実現しやすいと考えられる。



(a)リンゴ収穫機¹²⁾

(b)リンゴの認識¹³⁾

図3-5 リンゴの収穫

Fig. 3-5 Harvest of apple

※「オハイオ大学」,「弘前大学」のホームページより引用

果実類の選別システムは、対象物の外観(大きさ、傷など)、内部品質(糖度、酸度など)を非破壊方法で自動計測し、等級、階級を用いて選別・箱詰めするものであり、みかん、リンゴなどで実用化されている¹⁴⁾¹⁵⁾。モモ、ナシ、リンゴ等の選果システムは、コン

テナから自動的に果実を供給し、12個の果実を吸着パッドで吸引し、3自由度直角座標型マニピュレータが果実を持ち上げ、搬送する途中で底面1画像を撮像し、その後リスト関節を270度回転させる間に側面4画像を撮像するものもある。画像処理は、カラーTVカメラの画像から、色、形状に関わる特徴量および3段階に分類された傷、病虫害の面積から5等級に選果し、果実の上半球と下半球に対して異なる判定基準を設けるなどしている。

果実類の選別は、収穫した果実を箱から降ろし、ラインで一個ずつ運ばれ、画像処理によって外観、内部品質を計測し、出荷基準によってそれぞれ選別・箱詰めされる一連の作業が普及している。作業効率を向上させるために、図3-6に示すように複数のラインを同時に使用する場合が多い。評価内容は外観判定が主となっているが、近年では非破壊計測法による内部品質の判定も始まった。



(a) リンゴの選別¹⁶⁾

(b) みかんの選別¹⁷⁾

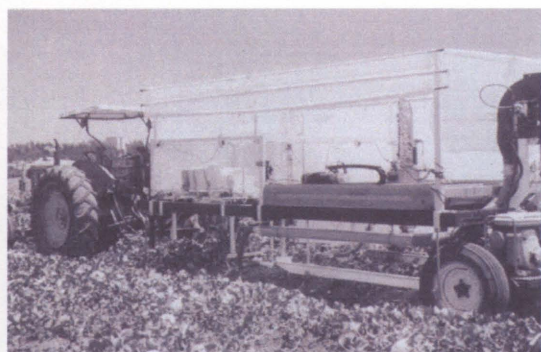
図3-6 果実類の選別システム

Fig. 3-6 Sorting systems of fruits

※「弘前JA」,「有田JA選果場」のホームページより引用

3. 野菜類

野菜類における収穫システムおよび収穫機は、キュウリ、トマト、ナス、長ネギ、メロンなどの報告がある¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾。キュウリ収穫システムは、反射分光特徴を利用したフィルタを通した画像の濃度差を用いてキュウリを認識し、多関節型マニピュレータおよび把持・切断する2本指式エンドエフェクタを有するものがある。トマト収穫システムは、カラー画像のR, G, B値を用いて赤く着色したトマトを認識し、多関節型のマニピュレータおよびトマトを吸引・把持式でもぎ取るエンドエフェクタを有するものがある。ナス収穫システムは、カラー画像のR, G, B値を用いて紫のナスを認識し、多関節型のマニピュレータおよび2本指式でつるを把持・切断するエンドエフェクタを有するものである。図3-7にメロンの収穫システム、長ネギの自動収穫機の一例を示す。メロン収穫システムはトラクタで牽引しながら、CCDカメラ画像の濃度差を用いてメロンを認識し、直交座標軸型のマニピュレータおよびメロンを掴んで引っ張り収穫するエンドエフェクタを有するものである。長ネギの自動収穫機は、掘取り刃でネギとその根部の土を一緒に掘り上げ、ネギを搬送コンベヤで挟持しながら根部の土を回転刃で落とし、ネギを結束して排出するものである。これらは畝に沿って走行しながら収穫する。メロンは収穫を繰り返すため、個体の認識が必要で、周辺の葉、株などの影響を考慮する必要ある。ネギは一斉に収穫することから、個体の認識が必要なく、収穫ロボットの実用化がしやすい。



(a) メロン収穫ロボット²²⁾



(b) 長ネギ自動収穫機²³⁾

図3-7 野菜類の収穫

Fig. 3-7 Harvest of vegetables

※(b)は「文献」,「生物系特定産業技術研究支援センター」のホームページより引用

図3-8に示すように野菜類の選別、調整機は、実用化されたものがある。長ネギ調製機は収穫した長ネギを一本ずつラインに乗せると、上方から長ネギのヘッド部を照明で横側の根元から光の量を検出しながら根元を一定の深さまでカットし、圧縮空気で長ネギの皮を剥き、一定の長さで葉の部分をカットする²⁴⁾。スイカの選別システムは、作業員が目視検査（ダメージが大きい果実が取り除かれてる）を行った後にラインで一個ずつ運ばれ、画像処理によって外観、内部品質を計測し、出荷基準によって選別・箱詰めされる。スイカの計測項目は熟度と空洞化の判定があり、振動による計測が取り入れられている^{28,26)}。



(a) 長ネギ調製機²³⁾



(b) スイカ選別ロボット²⁵⁾

図3-8 野菜類の選別、調整機

Fig. 3-8 Sorting and adjustment machine of vegetables

※「生物系特定産業技術研究支援センター」,「鳥取県大栄町」のホームページより引用

4. イチゴ

図 3-9 に示すように、イチゴの収穫機はアメリカ、愛媛大学、岡山大学、宇都宮大学、生物系特定産業技術研究支援センター（以下生研センターと称す）の研究報告がある^{27) 28) 29) 30) 31)}。図 3-10 (a) に示すアメリカのイチゴ収穫機は露地栽培用で、畝に沿って走行しながら機械の下に座している作業員が収穫し、収穫したイチゴをベルトコンベアで搬送して排出するものである。図 3-10 (b) に示す生食用の収穫は腰を曲げる姿勢を避けるために、屋根を張った収穫機の上に人がうつぶせになった姿勢で丁寧に収穫するものである。図 3-10 (c) に示す愛媛大学のイチゴ収穫システムは、内成り栽培用であり、カラー画像から R, G, B 値を用いて赤く着色したイチゴを認識し、直交座標軸型のマニピュレータおよびイチゴを吸引して果柄をカットするエンドエフェクタを有するものである。図 3-10 (d) に示す岡山大学のイチゴ収穫システムは、高設外成り栽培用であり、カラー画像から R, G, B 値を用いて赤く着色したイチゴを認識し、多間接型のマニピュレータおよびイチゴを吸引し果柄をカットするエンドエフェクタを有するものである。図 3-10 (e) に示す宇都宮大学のイチゴ収穫システムは、高設外成り栽培用であり、カラー画像から R, G, B 値を用いてイチゴの認識と熟度判定を行い、直交座標軸型のマニピュレータおよび 2 本指式で果実真上の果柄を把持・切断するエンドエフェクタを有するものである。図 3-10 (f) に示す生研センターのイチゴ収穫システムは、高設外成り栽培用であり、R, G, B 値を用いてイチゴの認識と熟度判定を行い、多関節型のマニピュレータおよび果実直上の果柄を把持・切断するエンドエフェクタを有するものである。



(a) 収穫機²⁷⁾



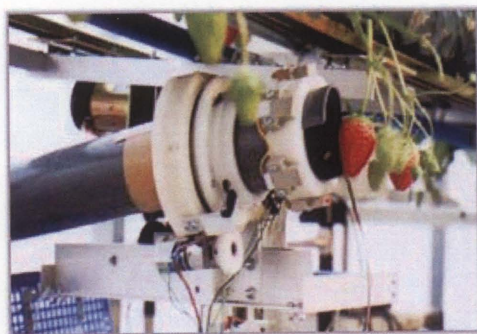
(b) 収穫機²⁷⁾



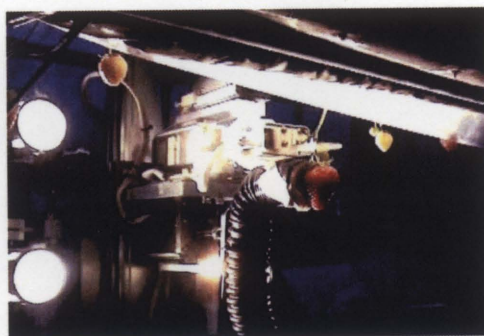
(c) 宇都宮大学³⁰⁾



(d) 愛媛大学³²⁾



(e) 岡山大学³³⁾



(f) 生研センター³⁴⁾

図3-9 イチゴ収穫機（システム）における研究事例

Fig. 3-9 Research case in strawberry harvest machine (system)

※上から 「オハイオ大学」（アメリカ）のホームページより引用

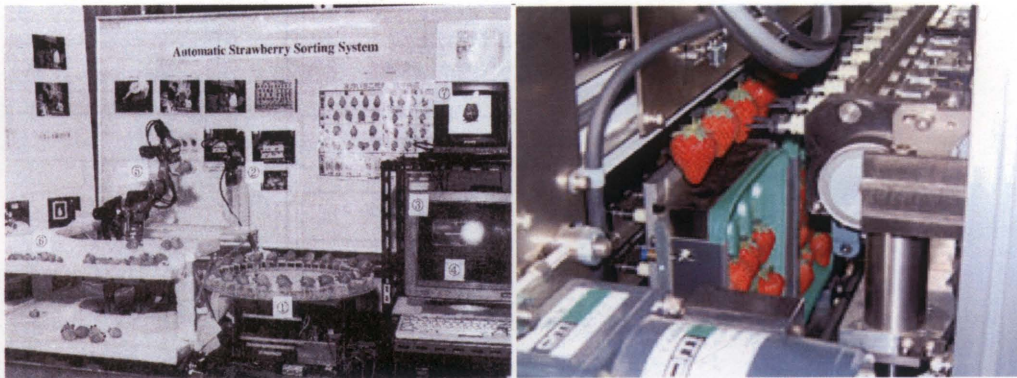
「宇都宮大学」, 「愛媛大学」のホームページより引用

「岡山大学」, 「愛媛大学」のホームページより引用

イチゴの選別システムには、図 3-10 に示すように、宮崎大学、栃木県農業試験場の研究報告がある³⁵⁾³⁶⁾。

宮崎大学のイチゴ選別システムは図 3-10(a)に示すように、カラーCCD カメラで取得した回転テーブル上のイチゴの画像から、等級と階級の選別を行うもので、多関節型のマニピュレータおよびイチゴを搬送するフォーク型のエンドエフェクタを有するものである。

図 3-10(b) に示す栃木県農業試験場のイチゴ選別システムは、作業員が並べておいたイチゴの果柄を把持して、ライン上の画像処理や非破壊測定によって外観、内部品質（糖度など）を計測し、出荷基準（等級、階級など）によって選別・箱詰めするものである。前者は果柄が付いていないので、果実に接触するが、後者は 20mm くらいの果柄を把持するので、果実に接触せず選別が行われるものである。



(a) 宮崎大学

(b) 栃木県農業試験場³⁷⁾

図 3-110 イチゴの選別システムにおける研究事例

Fig. 3-110 Research case in sorting system of strawberry

※(b)は「栃木県農業試験場ニュースレター」より引用

第3節 システム化のニーズ

1. 収穫，選別の作業時間

ほとんどが生食用として栽培される日本では、イチゴは表皮が柔らかく損傷しやすいことから、生産農家は熟した果実に傷をつけず、未熟果実、花の成長に影響を与えないようにして収穫・選別では特に注意を払う。そこで、手作業で一粒ずつ丁寧に収穫・選別するために、多くの時間を要し、体力的、精神的に大変過酷な作業である。10a 当たりの作業時間の割合³⁸⁾を見ると、図 3-11 に示すように、収穫、調整、出荷労働が 58.1% を占める。収穫期間は約 5~6 ヶ月間も続くことであり、収穫作業は長時間にわたって腰を折り曲げる姿勢である。

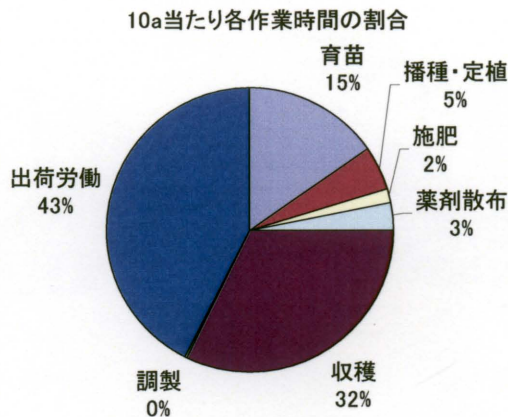


図 3-11 イチゴの生産における作業時間

Fig. 3-11 Working hours in production of strawberries

※「イチゴの収穫・選果ロボットに関する調査」より作成

2. 収穫におけるニーズ

生研センター野菜機械等開発チームが 2003 年日本国内で行ったアンケート「イチゴの収穫システム，選別システムの研究のための調査結果」から、日本におけるイチゴ生産のシステム化のニーズについて記述する。収穫システムに対する要望³⁸⁾を図 3-12 に示す。イチゴ収穫システムにおける必要性は「すぐ欲しい」が 6.5%，「あったほうが良い」または「将来的に欲しい」が約 70% を占めることから、必要性が高く、農家の期待も大きいと言える。また、必要な時期は「1~2 年後」と「3~5 年後」を合わせると約 75% を占めるこ

とから、早期に実現することへの期待が現れている。作業意識は「システムと作業員で収穫して良い」が約70%を占めており、収穫システムは価格的な要素も考慮し、安価であれば人間とシステムの共同作業も認められていることが確認できた。収穫速度については、手作業による収穫速度12~20果/分に近い、200~600果/時が期待されていた。これらの結果は、日本におけるイチゴ収穫作業のシステム化が望まれていることを裏づけている。

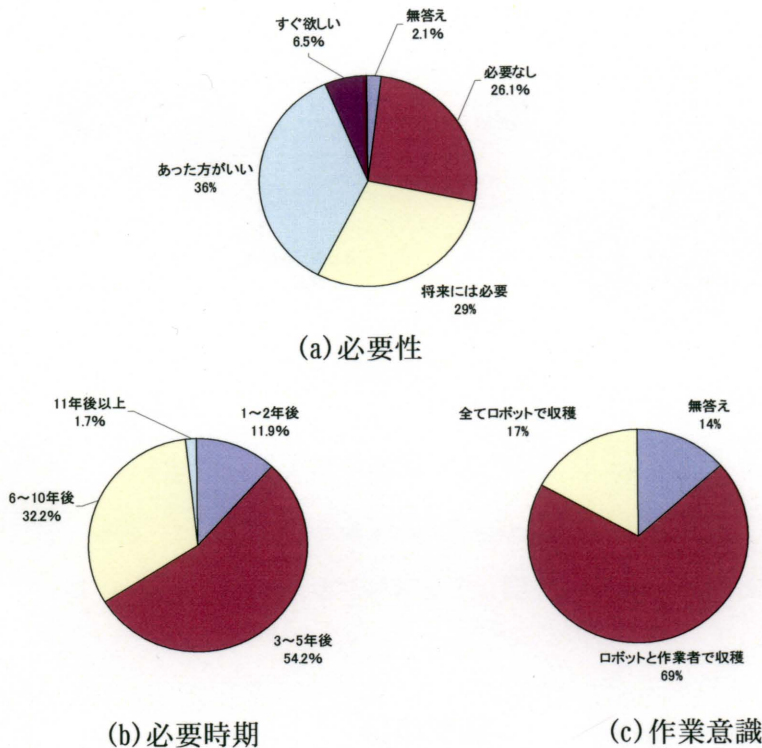


図3-12 イチゴの収穫システムに対する要望

Fig. 3-12 Demand for harvest system of strawberry

※「イチゴの収穫・選果ロボットに関する調査」より作成

3. 選別におけるニーズ

選別システムに対する要望³⁸⁾を図3-13に示す。選別システムの必要性は「すぐ欲しい」が13.7%、「あったほうが良い」と「将来的に欲しい」を合わせると65%を占めることから、必要性が高く、農家の期待も大きい。また、必要時期は「1~2年後」と「3~5年後」を合わせると約70%を占めることから、早期に実現することへの期待も高い。選別速度については、2万果/日で農家の期待を満足できることが明らかになった。これらは、日本におけるイチゴ選果作業のシステム化が切望されており、社会の需要であることを裏づける

結果になっている。

なお、果柄つきイチゴの出荷については、生産者は栽培様式の変更により受け入れ易いという反応を見せたが、今後は果柄つきイチゴの宣伝、普及、栽培様式の変更、品種改良、パック方法などを視野に入れて総合的に検討する必要があると言える。

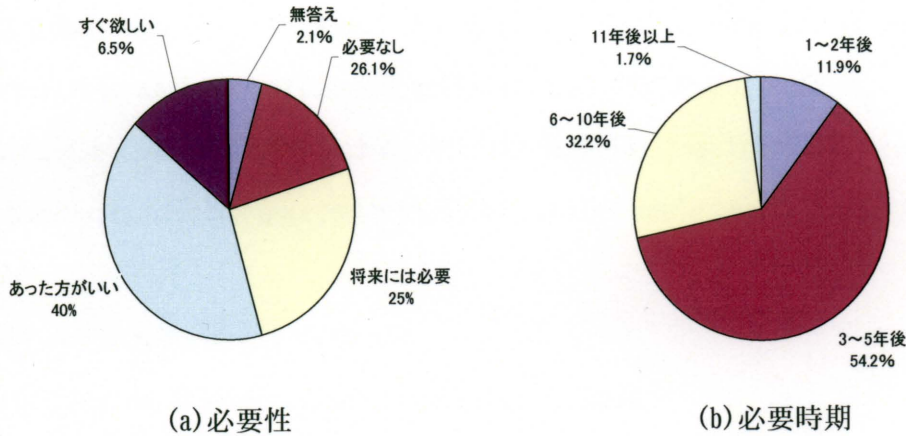


図 3-13 イチゴの選別システムに対する要望

Fig. 3-13 Demand for sorting system of strawberry

※「イチゴの収穫・選果ロボットに関する調査」より作成

引用文献

- 1) 近藤直, 門田充司, 野口伸: 農業ロボット (II), コロナ社, 東京, 2, 48~57, 2006
- 2) 近藤直, 門田充司, 野口伸: 農業ロボット (I), コロナ社, 東京, 1~10, 11, 81, 128, 2004
- 3) 山崎耕宇, 久保祐雄, 西尾敏彦, 石原邦: (新編) 農学大辞典, 養賢堂, (目次) 11~12, 2004
- 4) 石井一暢, 寺尾日出男, 野口伸: 学習機能を有した自律走行車両に関する研究 (第4報), 農業機械学会誌, 60(2) 53~58, 1998
- 5) ㊦セキ農機: ㊦セキ農機のカタログ, ㊦セキ農機, 愛媛, 2003
- 6) 「Deere & Company」のホームページ
http://www.deere.com/en_US/deerecom/usa_canada.html, 2006年10月

- 7) 「北海道大学農学部野口伸研究室」のホームページ
<http://avse.bpe.agr.hokudai.ac.jp/html/ground.html.var> , 2006年10月
- 8) 「Deere & Company」のホームページ
http://stellarsupport.deere.com/en_US/, 2006年10月
- 9) D.L.Peterson, S.D.Wolford: Fresh-market quality tree fruit harvest (part II :apples),
ASAE, 19(5)545~548, 2003
- 10) R.C.Harrell, D.C.Slaughter, P.D.Adsit : A fruit-tracking system for robotic
harvesting, machine vision and applications, (2)69~80, 1989
- 11) Duke M.Bulanon, Takashi Kataoka, Hiroshi Okamoto, Shun-Ichi Hata: Feedback control
of manipulator using machine vision for robotic apple harvesting, ASAE meeting,
2005
- 12) 「オハイオ大学」のホームページ
<http://www.ag.ohio-state.edu/news/files/>, 2006年
- 13) 「弘前大学」のホームページ
<http://nature.cc.hirosaki-u.ac.jp/kohou2/public/seisan/s.zhang/>, 2006年10月
- 14) 石井徹, 戸井田秀基, 近藤直, 田原直行: 落葉系果実選別ロボット (第1報), 農業機
械学会誌, 65(6)163~172, 2003
- 15) 石井徹, 戸井田秀基, 近藤直, 田原直行: 落葉系果実選別ロボット (第2報), 農業機
械学会誌, 65(6)173~183, 2003
- 16) 「弘前JA」のホームページ
<http://www.ja-tu-hirosaki.jp/ryutu01.htm>, 2006年10月
- 17) 「有田JA選果場」のホームページ
<http://www.ja-arida.or.jp/aq/shisetsu.htm>, 2006年10月
- 18) 有馬誠一, 近藤直, 芝野保徳, 山下淳, 藤浦建史, 秋好広明: キュウリ収穫ロボットの
研究 (第1報), 農業機械学会誌, 56(1)55~64, 1994
- 19) 林茂彦, 坂上修: ロボットによるトマト収穫システムの基本動作, 野菜・茶業試験場
研究報告, (12)133~142, 1997
- 20) 林茂彦, 雁野勝宣, 黒崎秀仁, 有馬誠一, 門田充司: V字型整枝されたナスを対象と
したロボット収穫システム (第1報), 植物工場学会誌, 15(4)205~210, 2003
- 21) 津賀幸之助, 大森定夫, 塚本茂善, 岡安泉, 諏澤健三, 小林工業(株), セイレイ工業

- (株)：クローラ型ねぎ収穫機，研究成果情報，埼玉，320～321，1998
- 22) Yaer Edan：Design of an autonomous agricultural robot, applied intelligence, (5)41～50, 1995
- 23) 「生物系特定産業技術研究支援センター」のホームページ
<http://www.shinnouki.co.jp/kinpuro/kinpuro06-2.html>, 2006年10月
- 24) 大森定夫，藤岡修，松本弘，世利英太郎：長ネギ調製装置（第2報），第61回農機学会年次大会講演要旨，403～404，2002
- 25) 「鳥取県大栄町スイカ統合選果場の紹介」のホームページ
<http://www.web-sanin.co.jp/p/kkimuchi/suikapage1.htm>, 2006年10月
- 26) 加藤宏郎：スイカの密度選果に関する研究，第58回農機学会年次大会講演要旨，327～328，1999
- 27) 「オハイオ大学」のホームページ
<http://www.ag.ohio-state.edu/>, 2006年
- 28) 近藤直，門田充司，久枝和昇：内成栽培用イチゴ収穫ロボット（第2報），植物工場学会誌，13(4) 231～236，2001
- 29) 有馬誠一，近藤直，八木洋介，門田充司，吉田裕一：高設栽培用イチゴ収穫ロボット（第1報），植物工場学会誌，13(3) 159～166，2001
- 30) 「宇都宮大学」のホームページ
http://www.utsunomiya-u.ac.jp/news/2006/n_060824/n_060824.html, 2006年
- 31) 林茂彦：イチゴ収穫ロボット，研究ジャーナル，農林水産技術情報協会，28(11) 21～25，2005
- 32) 「愛媛大学」のホームページ
<http://web.agr.ehime-u.ac.jp/%7Ebrs/>, 2006年
- 33) 「岡山大学」のホームページ
<http://mama.agr.okayama-u.ac.jp/paperlist.html>, 2006年
- 34) 「愛媛大学」のホームページ
<http://robins.me.ehime-u.ac.jp/subl.a6.html>, 2006年
- 35) 永田雅輝，曹其新，御手洗正文，藤木徳実，木下統：マシンビジョンによる野菜の等級判定に関する研究（第1報），植物工場学会誌，8(4) 219～227，1996
- 36) 宮田和男：つる付きイチゴ自動選果機の開発，農耕と園芸，57(8)，109～112，2002
-

- 37) 栃木県農業試験場：イチゴ自動選果機，栃木県農業試験場ニュースレター，(179) 7，
2002
- 38) 林茂彦，太田智彦，久保田興太郎，安食恵治：イチゴの収穫・選果ロボットに関する
調査，生物系特定産業技術研究支援センター，埼玉，9～13，2004