

苗生産におけるロボット化の一例

ヤンマー農機株式会社
中央技術研究所
栽培システム開発部
山田 久也

1. はじめに

ヤンマー農機（株）では、平成4年より、『ナプラ』と称して、セル成型苗を核とした周辺の機械化を進めている。現在、葉菜類を中心に、播種から育苗・移植、そして収穫まで、機械化一貫作業体系を完成させたが、果菜類についても、同様のシステム開発に取り組んでいる。その一つとして、接ぎ木ロボット開発に平成5年から着手し、平成6年から接ぎ木生産現場への導入を始めた。また、野菜のみならず、花苗生産の機械化の一つとして、鉢上げロボットについても開発中である。今回は、機械化・自動化を進める上で重要な役割を果たしている『セル成型苗』と、『ヤンマー全自動接ぎ木ロボットAG1000』、『ヤンマー鉢上げロボットPT4000』を紹介させていただく。

2. セル成型苗

従来より、裸苗・ソイルブロック苗・ペーパーポット苗など幾つかの苗形態があったが、ここ数年来、急激な伸びを示している苗形態として、セル成型苗^{1) 2)}がある。

図1に示すように、セル成型苗は、300mm × 590mm の樹脂製のトレイ（育苗容器のこと）が、等間隔に数10～数100枚の独立した小部屋（セルと称する）を有し、各セルごとに種子を原則的に1粒ずつ播種する。現在、国内におけるセル成型苗の生産本数³⁾は、およそ5億4000万本(1992)と言われ急激に伸びている。栽培面積も、1996年には1992年の2.3倍1万9000haでセル成型苗が利用されると見込まれている。セル成型苗の特徴は、

- ① 1株ごとの土・光・水の量が同じで、均一な苗を、しかも多量に生産可能である。
- ② セル底には数mm径の穴が空いており、根が空気に触れるようになっている（エアールーニング）。そのため、伸長した根が養土に絡みつき、移植時に容易にトレイから抜き出せる（図1）。従って、植え痛みなく容易に移植でき活着が良い。

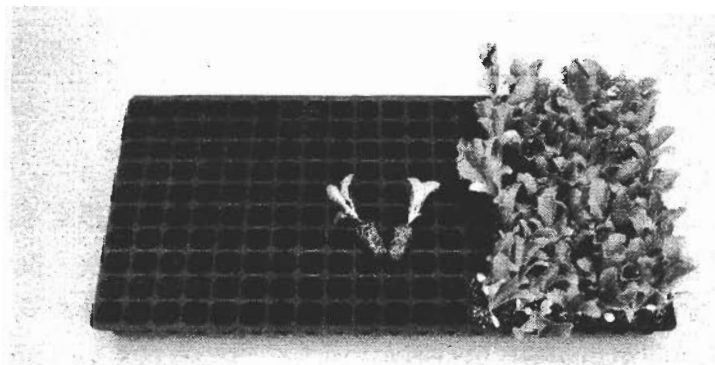


図1 セル成型苗の例

③軽くて輸送性等の取り扱いが容易。

④液肥灌水等により苗の生育の制御が容易。

以上より明らかなように、セル成型苗の出現で苗を大量にしかも均一に生産することが可能になり、苗に関する各種の機械化・自動化の実現が一気に加速された。移植機を例にとれば、従来から、手で苗を1本ずつ供給しながら植えていく半自動タイプは使用されていたが、苗形態・形状が品目ごと・地域ごとにまちまちであり、あくまでもその苗・地域に限定した専用機であった。また、苗生育のバラツキも大きく、連続的に自動で苗を供給しながら植えつけ作業を行える全自動タイプは実用化されていなかった。しかし、セル成型苗の出現により、全国レベルでのトレイの規格化が国の指導のもとに進んだのみならず均一な苗が生産されることにより、全自動タイプの移植機¹⁾が登場することとなった。

以下に述べる全自動接ぎ木ロボット・鉢上げロボットについても同様である。即ち、機械を苗に合わせるのみならず、機械に合わせた均一な苗とする事により、従来になかった新しい技術が展開されたと言える。

3. ヤンマー全自動接ぎ木ロボットAG1000

< 3-1. 接ぎ木の目的と現状 >

接ぎ木は、野菜を中心に果樹・花木などでも広く行われており、その主たる目的⁵⁾は、

- ①連作障害の回避（土壌伝染性病害虫に対する抵抗性付与）
- ②収穫物の品質向上（糖度向上，ブルームレス）
- ③環境耐性の付与（耐寒性，耐乾性）
- ④その他（矮性化，樹勢コントロール）

等である。わが国での主な野菜接ぎ木品目は、ナス科のトマト・ナス，ウリ科のキュウリ・スイカ・メロンで、毎年5～6億本もの接ぎ木苗が生産されている（表1）。これに対

表1 わが国の野菜接ぎ木苗生産(参考文献6より作成)

	栽培面積 (ha)	露 地		施 設		栽植密度 (本/10a)	接木本数 (本)
		面積(ha)	接木率(%)	面積(ha)	接木率(%)		
トマト	14,200	7,320	20	6,880	60	2,500	139,800,000
ナ ス	17,200	14,140	40	3,060	100	1,200	104,592,000
メロン	18,080	16,700	30	1,380	40	800	44,496,000
キュウリ	20,200	11,660	50	8,540	100	1,000	143,700,000
スイカ	22,500	5,500	90	17,000	100	500	109,750,000
						総 計	542,338,000

し、接ぎ木苗を使用する現場では、高齢化等により『自分の接ぎ木苗を自分で接ぎ木する』ケースが急激に減少している。その代わり、JAや苗業者から接ぎ木苗を購入する動きが顕著となっている。その結果、各地で苗センター設立の動きが見られるが、手による接ぎ木生産は、①手間がかかる。②作業がつらい。③つきにくい（活着しにくい。活着とは穂木と台木が完全に接着し、接ぎ木が完成した状態）の3Tといわれ、人手が集まりにく

い傾向にある。しかし、苗センターでは、大量の苗を短期間に接ぎ木しなければならず、自ずと接ぎ木苗生産の機械化が望まれる状況となって来た。

< 3-2. ヤンマー全自動接ぎ木ロボットAG1000^{9)・10)} >

本機(図2、表2)は、ナス科のトマト・ナスを対象とし、クリップによる斜め合わせ接ぎ(穂木・台木の胚軸を斜めに切断し、その切断面を合わせて固定する)を行う全自動ロボットである。図2に示すように、穂木・台木・接ぎ木の3ラインからなり、中央ガントリー部(半透明カバー部)が接ぎ木作業部で、ハンド・切断刃等より構成されている。クリップはパーツフィーダで整列の上、1ケずつクリップハンドに供給される。また、接ぎ木方式はクリップによる斜め合わせ接ぎとしたが、これは、各種の方式のうち、機械化が最も容易で、使用実績の豊富なクリップ式が好ましいと考えたためである。主な特徴は

- ①セル成型苗システムにマッチした全自動方式であること。即ち、穂木と台木をトレイごとコンベアに載せるだけで、苗の把持～切断・クリップ接合まで、接ぎ木処理そのものは、全てロボットが処理する。
- ②全自動方式であるため、作業者は、トレイの供給・回収、クリップ補給等のみを行うだけで、ワンマンオペレーションも可能であること。
- ③ヤンマー72穴トレイ横1列6本を同時処理するため、1000本/h と高能率であること。
- ④機械的接合率は95%以上(当社試験結果)と高精度であること。
- ⑤接ぎ木システムとして各種の機器・資材を提供可能であること。

等である。本機の動作は(図3)、

- ①各コンベア上の穂木・台木トレイが所定位置まで搬送されると、穂木・台木各6本の胚軸をそれぞれのハンドが把持する。この時、1本の胚軸を上下2ケ所で把持する。

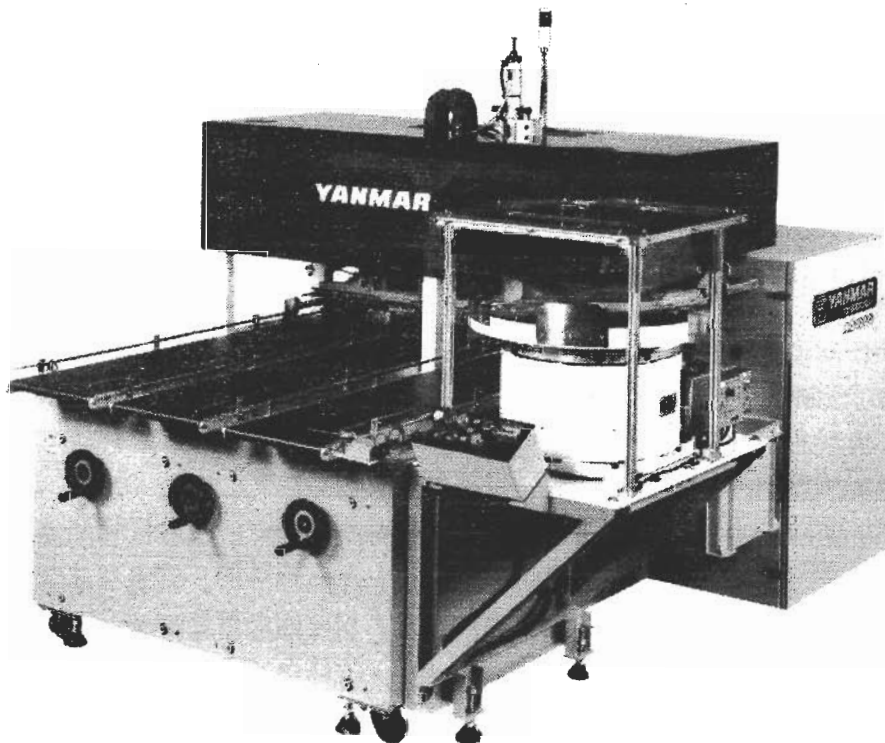


図2 ヤンマー全自動接ぎ木ロボットAG1000

表2 AG1000主要諸元

全 長	2 5 0 0 (mm)	能 率	1 0 0 0 (本/h)
全 幅	1 8 0 0 (mm)	精 度	機械的接合率95%以上
全 高	1 7 0 0 (mm)	対象作物	ナス科 (ナス, トマト)
重 量	8 1 0 (kg)	作業人員	1 ~ 2 名
接ぎ木方式	斜め合わせ接ぎ 複数同時接ぎ	制御方式	マイコン制御
接ぎ木資材	クリップ ヤンマー72穴トレイ	電 力	100V, 0.25kW (本体) 100V, 0.75kW (コンプレッサー)

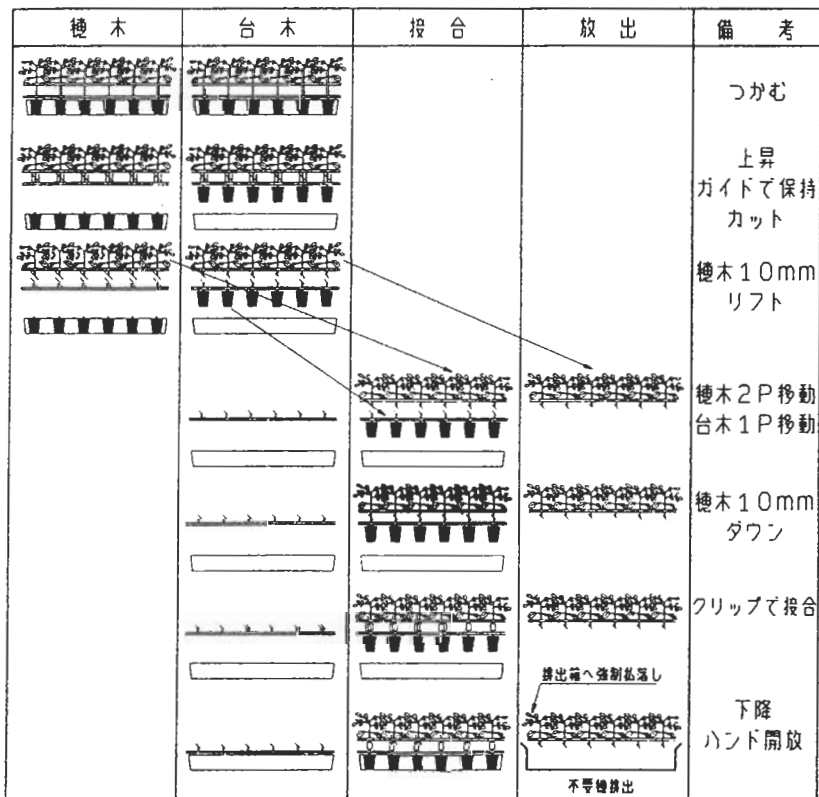


図3 苗の動き

- ②上・下ハンドが上昇し、トレイから苗を抜き取る。この時、穂木胚軸は下ハンドの下で水平切断されるので、穂木は根鉢をトレイに残す。
- ③穂木・台木各6本とも、上・下ハンドの中間を25°に斜めに切断する。
- ④上ハンド（生長点側）は2ライン、下ハンド（根鉢側）は1ライン横移動する。その結果、接ぎ木すべき穂木生長点側と台木根鉢側が接ぎ木コンベア上で相対する。
- ⑤穂木・台木切断面を合わせた後、クリップで接合する。これで接ぎ木は完了するが接ぎ木ライン上の空トレイに接ぎ木苗を収納し、1サイクル終了する。

本機の能力を発揮させるためのポイントは、穂木・台木の苗形状である。即ち、全自動ロボットだからと言って、どんな苗でも良いわけではなく、また、安定して高い機械的接

播種位置 胚軸の倒れ	セルの中央φ10	子葉の高さ	トレイ 上面から40mm以上
		葉 数	2～3 (枚)
全 高	70～150 (mm)	根鉢 (台木)	良好なこと
茎 径	1.8～3.0(mm)	欠 株	あらかじめ補植 (生育不良苗も同様)
茎径の差	0.5(mm) 以内		

図 4 ロボット処理のための苗条件

合率を得るためには、ロボットに適した苗を作る育苗が不可欠である。そのため、標準的な苗条件を図4に示す。ただし、これから外れた苗でも全く処理不能ではなく、条件から外れるに従い機械的接合率が『95%以上』から徐々に低下する事を意味している。

なお、これらの育苗技術は慣行技術の延長上にあり、特殊な装置を要することはない。弊社では、機械の開発・製造といったハード面のみでなく、当研究所付属施設のヤンマーグリーンファーム（滋賀県栗太郡、☎0775-58-2151）が窓口となり、接ぎ木ロボットに適した苗作りなどのソフト面の研究開発にも力を注ぎ、ユーザからの相談に応じている。

以上、機械（ロボット）から幾つかの条件を栽培（苗）に要求する事になるが、当然、機械からの歩み寄りも不可欠である。たとえば、セルのテーパを大きくし、根鉢がトレイから抜けやすくしたり、播種がセル中央でなくとも手で把持できるようなメカ的工夫をする等である。また、発芽率のように、種子メーカーまで巻き込んで解決しなければならない事もあり、接ぎ木ロボット開発は、業際的・学際的課題の連続であったと言える。

4. ヤンマー鉢上げロボットPT4000

< 4-1. 花苗生産の現状と仮植作業 >

わが国農業粗生産額が、ここ数年1兆円前後でおおよそ横ばいである中、花卉生産は年々着実な伸びを示し、平成5年には6,140億円に達している（表3）。これはこの10年間におおよそ2倍伸びたことになる。

我々は仮植ロボット開発に着手するに際し、花苗生産者に対する市場調査を行った。それによると、生産工程上の問題点（複数回答）として生産者が上げたのは、第1に『灌水

表3 花卉農業の地位¹⁾

区 分	55年	60年	元年	2年	3年	4年	5年
農業粗生産額 (A)	102,293	115,543	109,583	112,786	111,865	111,377	104,069
花卉粗生産額 (B)	3,012	4,145	5,027	5,573	5,883	6,018	6,140
(B) A	2.9	3.6	4.6	4.9	5.3	5.4	5.9
総作付面積 (C)	5,706	5,656	5,427	5,349	5,262	5,190	5,134
花卉作付面積 (D)	32.7	36.2	43.7	45.7	46.0	46.1	47.6
(D) (C)	0.6	0.6	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9
総農家戸数 (E)	4,661	4,376	4,194	3,835	3,789	3,742	3,691
花卉農家戸数 (F)	139	142	148	148	148	150	150
(F) (E)	3.0	3.3	3.5	3.9	3.9	4.0	4.1

注1：単位 億円, 千ha, %

注2：資料は農水省統計情報部及び果樹花き課調べ

注3：平成5年の農業粗生産額は速報値

(約60%)』, 第2位以下は『養土作り』, 『養土充填』, 『仮植』, 『集荷・出荷』等の作業がほぼ同率で、およそ40%の生産者が問題点と考えている。養土作りや充填は既にある程度機械化されていること、また、『仮植』を問題と答えた生産者が、その理由として、単純作業であるが人手を要し時間のかかるとしている点等を考慮し、仮植ロボットの開発に取りかかったものである。

< 4-2. ヤンマー鉢上げロボットPT4000 >

本機(図5, 表3)は、花苗あるいは野菜苗生産過程において、セルトレイに播種・育苗したセル苗が一定のステージに達した段階で、ビニールポットあるいはカットパック(図6)に植え換える作業(これを仮植と称する)を行うロボットである。図5に示すように、セルトレイラインとビニポットやカットパック用ラインの2ラインからなり、中央の半透明カバー内に、セルトレイからの抜き取り爪、ビニポットへの植え付け爪、苗のセンシング装置(欠株センサー)、中継カップ(苗搬送コンベア)等が装備されている。なおビニポットはSSトレイと称する枠にはめ込んだ状態で使用する(図6)

一般に、花苗の場合、発芽率が必ずしも高くなく、品目によっては50%以下の発芽率も珍しくない。そのため、セルトレイには多くの欠株が存在するが、本機では、セルトレイから抜き取った苗を中継カップ(苗搬送コンベア)に移載し、センサーにて苗の有無や良否を判定後、仮植することを特徴としている。そのため、仮植後のビニポット等には欠株が存在せず、植え換え率100%となる。また、ビニポットのSSトレイ装填機や養土充填機(別売)と接続することにより、一連の仮植作業を全自動化することができる。

なお、海外においても鉢上げロボットは幾つか開発・商品化されているが、能率(1時間当たりの鉢上げ株数)を重視したものがほとんどで、植え付け姿勢や植え付け深さ・欠株の有無等の精度を重視するわが国への導入には困難な面が少なくないと考えられる。

また、接ぎ木ロボットと同様、本機で扱える苗条件を別途定めているものの、鉢上げする花と野菜の種類は極めて多く、苗の草姿は種々雑多である。従って、従来、手作業で行っていた鉢上げ作業をそのままロボットに置き換えるのではなく、ロボットが鉢上げしやすい育苗や、鉢上げしやすいステージでの作業など、ロボットの特性を含めて前後の作業を総合的に考え直すことが必要である。

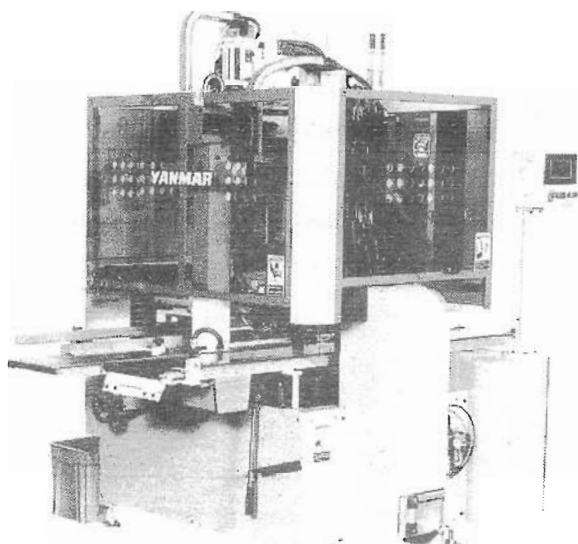


図5 鉢上げロボットPT4000



図6 SSトレイ・ビニポット（左）とカットパック（右）

表3 PT4000主要諸元

全長	1800 (mm)	抜き取り方式	2本爪開閉式 (最大7軸)
全幅	1760 (mm)	植え付け方式	4本爪開閉式 (最大5軸)
全高	1950 (mm)	作業人員	1～2名
重量	850 (kg)	制御方式	マイコン制御
適用トレイ	ヤンマー 288穴 ランドマーク 288, 406穴 ブラックE7 288, 406穴	電力	AC100V, 1.0kW (除 ユツリヤ)
適用ビニポット	Φ75, Φ90, Φ105 他にカットパックも可	適用作物	パンジー、ペゴニア、プリムラ、ベチュニア インパチェンス、ユーストマ、リンドウ、ストック スターチス、セキチク、ビンカ、バーベナ ハボタン、キンギョソウ、ナデシコ、ヒオラ トマト、ナス、ピーマン、レタス、パセリ etc

5. おわりに

セル苗を取り巻くロボット化の例として、『ヤンマー全自動接ぎ木ロボットA G1000』と『ヤンマー鉢上げロボットP T4000』を紹介した。なお今回は、「従来、手作業でしか成し得なかった複雑で細かい作業を機械が行う」ということで、広義の意味で『ロボット』と呼んでいる。また、ロボットの対象となるワークは共に生物であり、個体差が歴然と存在する。大きい・小さい・曲がり・葉の形等全ての点で同一というものはない。そこで高度な検知・判断能力をもったロボットが理想ではあるが、コストその他の面で現状では現実的と言いがたい。ローコストで使い良く、耐久性のあるロボットが現場では要求されている。また、セルトレイを使った均一な育苗技術がこれからのロボットの実現性を高めたとも言える。苗作り（ソフト）、メカ（ハード）の両面からアプローチすることで、さらに研究・改善に努めたいと考えている。

参考文献

- 1) 山田久也 他：グリーンハウス・オートメーション, p.79-81, p.90-93, 養賢堂, 1992
- 2) プラグ苗生産の現状と展望, 苗生産システム国際シンポジウム第3回講演会資料, 1991
- 3) 小田雅行：野菜の苗生産の課題と展望, 農耕と園芸, p.88-91, Vol.4, 1995
- 4) ヤンマー農機株式会社：新育苗読本, p.6, 1992
- 5) 小田雅行：接ぎ木植物トマピーナ, 日本たばこ産業株式会社, 1990
- 6) 野菜茶業試験場：野菜の接ぎ木栽培の現状, ISSN 0914-2061, 1993
- 7) 板木利隆 他：果菜類の幼苗接ぎ木苗生産システムに関する研究, 園学雑59別1, p.294-295, 1990
- 8) 板木利隆：プラグトレイ上での幼苗接ぎ木, 接ぎ木苗生産の効率化研究の現状と展望, 野菜茶業試験場課題別研究会資料, p.13-22, 1992
- 9) 山田久也：ヤンマー全自動接ぎ木ロボット, 第16回施設園芸推進中央集会資料, p.19-22, 1995
- 10) HISAYA YAMADA et al.:DEVELOPMENT OF A GRAFTING ROBOT, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN BIOPRODUCTION AND PROCESSING, 1995
- 11) '95 フラワーデータブック：財団法人 日本花普及センター, p.2, 1995