

## 大規模植物増殖施設における受注・生産管理支援システム

○林 泰正 (株式会社 イー・エス・ディ)、星 岳彦 (東海大学開発工学部)、  
古在豊樹 (千葉大学園芸学部)

はじめに 植物生産施設の大規模化・周年利用化が進むにつれて、生産物の品質管理と計画生産に関する高度化が求められている。他方、大規模周年利用施設における生産、特に種苗生産では、顧客の需要と天候に応じて、多品目について生産量を経時的に変化させ、しかも低コスト化することが重要になる。生産支援のために過去に開発された施設管理用コンピュータシステムでは、大規模施設における多品目の生産量変更に対応出来ない。そこで、本報告では、大規模・多品目・周年生産施設における上記の問題に関する大幅な解決を目指したソフトウェアシステムを提案し、またその実現のために開発した、受注支援システムおよび環境管理を含めた自律分散型の生産管理システムのプロトタイプについての検討結果を述べる。

材料および方法 3万枚のセルトレイ (幅 30 cm、長さ 60 cm) を収容可能な大規模苗増殖・生産工場を以下では想定した。植物 (種苗) は自動移動装置によってセルトレイ単位で移動し、また挿木・培養などの栄養増殖作業は人手により行うとした。苗貯蔵庫を装備しているとした。ソフトウェアシステムのプロトタイプ開発には Borland Delphi 3.1J を用いた。生産管理システムについては、Gensym G2 によるプロトタイプ開発も行った。受注支援システムでは、一つの受注を一つのロットとして管理するようにし、ロット毎に生産特性 (表 1) を設定できるようにした。また、内蔵する増殖モデルを用いて、増殖作業などの作業計画や必要な資源 (空間と労力を含める) を推論させ (図 1)、それを工場の制約条件と比較して、問題がある場合は、問題を自動的に回避させた。制約条件および、それによって発生する問題の回避方法としては、表 2 に示す内容などを想定した。このうち項目 A、C、D、E および F の制約条件と、そして項目 A および F の、問題の回避方法を、プロトタイプに組み込んで動作させた。生産管理システムには、セルトレイの移動作業とセルトレイ収容場所の環境設定値を管理させた。生産管理システムは、セルトレイの個々が自己の意思で管理を要求する自律分散制御機能を持たせた。生産管理システムの自律分散制御の構成要素には、表 3 の行動規範を持たせた。また、生産活動に関しては、表 4 に示す 3 つの生産指針を持つと考えて、構成要素はこの指針に従って動くようにした。プロトタイプには省資源重視と高品質重視の 2 つの指針を組み込み、表 5 の行動規範を加えて動作させた。2 つの指針のどちらに重点を置くかは、連続的に設定できるようにした。動作試験は、Pentium133MHz、メモリ 48MB の PC/AT 互換機で行った。

結果および考察 受注支援システムに受注を経時的に入力し、その受注に対して応需可能か否かの結果を即座に得ることができた。制約条件によって発生する問題に対して自動的に回避できることも確認できた。今回のプロトタイプは、育苗空間のセルトレイ収容量のみを考慮したが、今後は他の制約条件も入れて動作の検証をする必要がある。生産管理システムを動作させた所、同一の環境条件を求めるセルトレイが集まり群れを形成したのが確認できた。また、セルトレイの数やセルトレイの収容量を変えて動作させても、基本的なアルゴリズムを変更させることなく適切な動作が行われた。生産管理システムに生産指針を省資源重視として設定した時、セルトレイの行動が抑制されることも確認できた。以上から、自律分散制御方式により、生産状況の変化に柔軟に対応して、効率的な生産管理を実現できることが確認できた。生産管理システムの実行速度は、Delphi によるプロトタイプのほうが、G2 によるそれに比べて約 6 倍速かった。また、構成要素が増えるにつれて処理時間が増大した。今後は、アルゴリズムなどの改良を行い、処理時間の短縮を図る必要がある。

表1 受注支援システムにおいて各ロットに設定する生産特性

名称	意味
品種	品種、系統
分割数	生育した植物体を何分割して増殖させるか
成長日数(日)	増殖1周期の日数
歩留まり(%)	増殖周期ごとの歩留まり
最大初期投入苗数	生産ロットの初期に用意可能な苗(セルトレイ)最大数
作業日のズレ許容範囲(日)	作業を行う日が、理想的な期日の前後何日までズレてもよいか

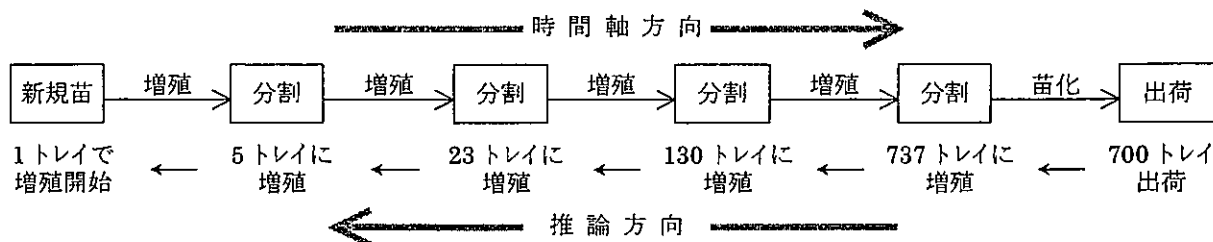


図1 受注支援システムの推論

700トレイの受注があった時の作業計画と、各作業の段階でのセルトレイ数を算出した例。セルトレイ数は歩留まりが95%で、分割によって6倍に増殖するとしたときの推論結果。

表2 受注支援システムで考慮すべき制約条件と、制約によって発生する問題の回避方法

項目	制約条件	発生する問題	受注支援システムが行える、問題の回避方法
A	育苗空間のセルトレイ収容量	育苗空間のトレイ溢れ	トレイ溢れが発生する期間、溢れた分は貯蔵庫に入れる
B	作業員の労力	労力不足	不足する作業分を前後の日にわりふる これが不可能な場合は労力が得られる日に作業の適期が来るよう、貯蔵庫で生育を調整する
C	貯蔵庫の利用期間	貯蔵庫利用期間超過	回避不能
D	貯蔵庫の利用回数	貯蔵庫利用回数が多すぎる	回避不能
E	貯蔵庫のセルトレイ収容量	貯蔵庫のトレイ溢れ	回避不能
F	新規投入植物体数の制限	新規投入植物体の不足	増殖周期をもう1世代分増やす

表3 生産管理システムの自律分散制御における構成要素の行動規範

※表中、育苗室と記述してあるのは、セルトレイ収容場所を示す。

構成要素	行動規範
セルトレイ(植物)	a)セルトレイの入っていない全ての育苗室に対して、自分の求めている環境との一致度(満足度)を調べ、今よりもより高い満足度が得られる育苗室がある時、そこへ移動する。 b)セルトレイは次の移動先を選定する際、移動先までの距離を考慮に入れる。
育苗室	a)セルトレイが、自分の部屋に入っている場合、他のセルトレイを受け入れない。 b)1部屋当たり1つのセルトレイしか受け入れない。 c)実現されている環境は、周りの育苗室の実現環境に影響される。 d)セルトレイが部屋に入っている時は、そのセルトレイが求めている環境を実現しようとする。 e)セルトレイが部屋に入っていない時は、周囲の育苗室の設定値に近いランダムな値を設定値とする。

表4 生産活動で考慮すべき生産指針

指針名	内容
省資源重視	より少ない資源で生産する
高品質重視	より高い品質の生産物を生産する
期限重視	定められた期限までに生産する

表5 生産指針に対する行動規範

指針名	行動規範
省資源重視	・セルトレイは、移動時の必要エネルギーが少なくなるように移動する。 ・セルトレイ収容場所の環境は、エネルギー消費が少なくなるように設定される。
高品質重視	・セルトレイは、移動距離に関係なく、トレイが求める環境を与える収容場所に移動する。 ・セルトレイ収容場所の環境設定は、トレイの求める環境条件に合った環境を実現しようとする。