

6-6

## 自律分散制御を用いた大規模苗工場生産支援システムの開発

○林 泰正<sup>1</sup>、星 岳彦<sup>2</sup>、久保田智恵利<sup>3</sup>、全 和厚<sup>3</sup>、古在豊樹<sup>3</sup>(1)(株)イー・エス・ディ、<sup>2</sup>東海大開発工、<sup>3</sup>千葉大園芸)

はじめに 多品種にわたる植物の効率的な大規模生産を目的として、植物個体群(苗トレイ)を管理単位とし、自律分散制御方式を用いた生産管理手法が提案され(Hoshi ら 1999、2000)、プロトタイプが開発された(林ら 1999、2000)。この生産管理手法を、古在ら(1999、2000)が提案し千葉大学に建設された閉鎖型苗生産工場(以下、苗工場)に適用し、実装した。ここでは、開発したシステムのソフトウェアの特徴について主に報告する。

**材料および方法** 開発したソフトウェアシステム(以下、システム)は、30cm×60cm の大きさのセルトレイ(以下、トレイ)を管理単位とした。システムは、計画支援システム、生産予想システム、生産実現システムなどから構成され、生産予想システム、生産実現システムには自律分散制御機能を持たせた。自律分散制御の構成要素は、トレイ(植物体)、苗工場、基本モジュール、育苗室、搬送車、作業員、貯蔵庫および貯蔵モジュールとした。この苗工場の管理重要点は、①どの場所にトレイを置か、②作業はいつ行か、③環境条件を何にするのか、の 3 点と考えた。生産活動で行われる作業および環境提供は全てサービスと考え、サービスを行える構成要素(以下、供給者)と、サービスを必要とする構成要素(以下、需要者)との間に経済的取引関係を持たせた。需要者は新たなサービスを必要とする時にサービス要求を出し、供給者はサービス内容と費用を提示する。サービス内容および費用の折合いが付けば(成立可能取引検索)、実際にそのサービスが提供される。構成要素数が多くなると、成立可能取引検索処理が過大になる。そこで、仲介者という架空の構成要素を設けるとともに、

図1に示した自律分散制御の場に階層構造を持たせて成立可能取引検索を必要範囲内だけ行い、成立可能取引検索の処理時間の短縮と、システム開発の容易化を図った。場の役割を持つ構成要素は、仲介者の役割も担った。①の例では、育苗室内のトレイが場所移動を希望すると、育苗室が仲介者になって次の置き場所を決めた。また、育苗室外のトレイが場所移動を希望すると、苗工場が仲介者になって入室する育苗室を決め、続いて各育苗室が置き場所を仲介した。②については、まずトレイに生産計画情報を持たせ、作業が必要になった時にトレイに作業希望を出させる。そして作業サービスを提供(作業要求)する作業員がいれば、仲介者としての苗工場は、作業要求を受けた時点で作業を希望しているトレイの希望作業を、その作業員に仲介した。作業員は人間なので、その意思を尊重し、任意のタイミングで作業要求の提示と、また提示作業の拒否とを可能にした。作業員が提示作業を拒否した時は、取引失敗として処理した。③については、環境設定は基本モジュール単位で行うため、その基本モジュールに収容されているトレイの希望環境値を平均した値とした。トレイが求める環境条件(希望環境条件)は、基本モジュールの空間的環境分布もうまく利用して実現するようにした。希望環境条件は、各トレイの環境設定値と任意期間の過去の環境履歴値との差から補正值を求め、この補正值を環境設定値に加算した値とした。補正值の算出過程では、過去の環境測定値ほど補正值への寄与度が小さくなる忘却係数の設定も可能にした。トレイは生育モデルも持ち、生育状態や生育達成予想日時などを推論させ、育苗植物の生育情報を提示した。プログラム言語は、Borland Delphi 5 を使用した。

**結果および考察** 苗工場に開発したシステムを設置し、動作させた。システムの利用により、出荷目標入力、環境設定値セット、生産開始処理、の3つの管理作業だけで苗工場の運用が可能となった。生産が開始された後の管理作業は本システムが自動で行った。製作過程および設置後のプログラムミスは、従来方法に比べて少ないと思われた。さらに、未完成の状態でも、目的とする制御がある程度行われた。システムの製作労力は、関係者との打合せや現場調整などを含めて延べ約 650 日・人だった。プログラムソースコードは、約 68,000 行となった。自律分散制御方式は、プログラム構造が簡単で高信頼性を持ち、対象の変化に柔軟に対応し、プログラムの表記内容より多様かつ高度な動きを示す。今後は、実用試験をさらにを行い、自律分散制御の植物生産に対する有効性を多面的に知る必要がある。本システムは、今回制御対象とした施設以外にも適用可能であり、また植物生産の効率を高める上で、効果があると考えられる。さらに、自律分散制御方法は、制御対象の特性が明確でなくても、最適化した制御がある程度実現できるので、複雑系の要素を持つ生物生産に、様々な面で応用できると期待できる。今回は、制御範囲を苗工場内のみとしたが、さらに広域な「市場」や「地球」といったような概念の、構成要素および場の階層を加えていけば、地球規模での制御に対応できるシステムでさえも、構築可能と考える。

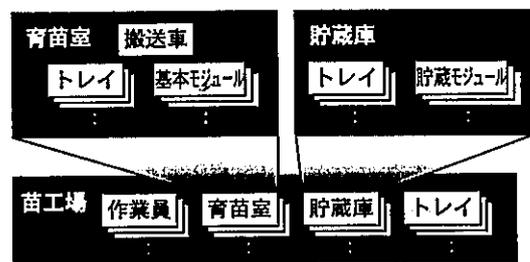


図1 自律分散制御の場における階層構造

四角は構成要素を表す。黒い四角は場の役割を持つ構成要素。白い四角は場の中で活動する構成要素。