

ビニールハウス栽培品種組合せスケジューリング問題に関する研究

西田 望(沼田一道 助教授, 田中健一 助手)

1. はじめに

1.1. 園芸農場の現状と研究背景および目的

南九州にあるA農園では、ビニールハウスを利用した花卉苗栽培農業を営んでいる。しかし、農業を取巻く経営環境は厳しく、A農園でも利益向上の途を模索している。また過疎化の影響で、既設のビニールハウスを十分に利用するための労働力を確保し難いという問題も抱えている。これらの問題に対して、従来のような経験と勘に頼った栽培計画では、少ない労働力を分散させてビニールハウスを有効に利用し、利益率の高い品種を選んで利益向上を図ることは難しい。利益率の高い品種を選択し、ビニールハウスを有効に利用できる栽培計画を立案する方法が求められている。

農林水産統計データ[3]によると、平成16年度の施設(ビニールハウス等)を利用した園芸農家数は20万戸強に及ぶ。上記のような計画の立案方法を確立し、具体的なデータから植付け計画を導き出すシステムを構築することは、生産者の経験や勘に頼りがちな園芸農業において大きな意義を有するものと考えられる。

1.2. ビニールハウス栽培品種組合せスケジューリング問題

本研究では、労働力とビニールハウス面積が限られている状況で、総利益を最大化するような栽培品種と播種量と播種時期を効率よく組合せた栽培計画を作成するスケジューリング問題を考える。この問題を、ビニールハウス栽培品種組合せスケジューリング問題と呼び、以下 PGSP(Plastic Green-house Scheduling Problem)と略す。

本研究では、PGSPを線形計画モデルとして扱うことを提案する。具体的には以下の3点を行う。PGSPを提起した後、その制約を緩和し線形計画問題として定式化する。

栽培品種候補データ(播種可能期間, 利益率等)が与えられたとき、の定式化をソルバーLP_solveへの入力ファイルとして出力するシステムをExcelのVisual Basic for Applications(以下VBAと略す)で作成する。

提案した線形計画モデルを用いて栽培計画を作成し、その有用性を現行の計画と比較して確認する。

2. A農園における苗栽培の現状と問題点

2.1. 苗栽培の現状

A農園は従業員5人と臨時雇用者2人の計7人で、10棟のビニールハウス(総面積40a)を利用し、1年草花(1年以内に全生育期間を終える品種)を栽培している。(1a:100m²)総面積40aのうち通路を除いた床一面(30a)を使用する。苗の育成鉢は、一律に直径9cmなので、同時に置ける鉢数は最大30万鉢である。

苗栽培工程を以下に示す。(図1)

トレイに播種を行い一時保管所で発芽を待つ。
発芽したものを直径9cmのビニールポットへ1本ずつ植替え、ビニールハウスで苗を育成する。
苗が開花もしくはつぼみの状態で出荷販売を行う。

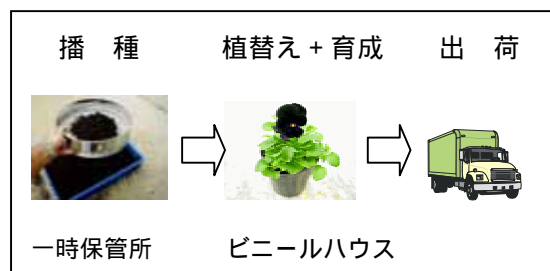


図1 栽培工程

2.2. ビニールハウスの使用状況

現行のビニールハウスの使用状況を図2に示す。

7月から12月にかけては秋苗を、12月から6月にかけては春苗を栽培している。秋苗の播種は7月から8月にかけて、春苗の播種は12月から3月中旬にかけて集中的に行われている。

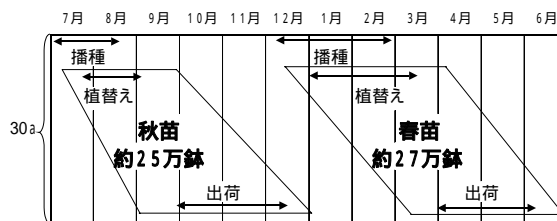


図2 ビニールハウスの使用状況

2.3. 苗栽培の問題点と改善策

現行の苗栽培の問題点は以下の2点である。

- (1) 播種時期が集中しているため、その後の工程も同時期に重なり、労働力が集中化している。
- (2) 播種を集中的に行っているため、播種初めの7月や秋苗から春苗に移行する12月、出荷の終わる6月などはビニールハウスのほとんどが使われていない。

各問題点に対する対策は以下の通りである。

- (1) 栽培する苗の播種可能期間には幅があるので、播種時期を調整して労働力を分散させる。
- (2) 栽培品種と播種量、播種時期を組合せて、より有効にビニールハウスを利用する。

3. 問題設定

PGSPを扱う上での前提条件は以下の通りである。

【前提条件1】利益は売値から費用を引いたものとする。ただし、費用は種代とし、水、ビニール、肥料、ポット、人件費などは固定費と考え費用には加えないものとする。

【前提条件2】1ヶ月を上旬・中旬・下旬の3つに分け、1年を36旬と考える。1旬 = 10日

【前提条件3】出荷期間は、栽培品種・量に関わらず30日(3旬)とする。

目的関数と制約条件は以下の通りである。

【目的関数】各栽培品種の利益と播種量を掛け合わせたものの総和。

【栽培条件1】1度に置ける鉢数は30万鉢以下。

【栽培条件2】1日の労働力は10人以下。ただし、播種、植替え、出荷にかかる労働力だけを考える。

【栽培条件3】1品種の播種量は、千鉢単位で3万鉢以下。

4. 定式化

PGSPで用いる記号を定義し、定式化する。

i : 栽培品種 ($i = 1, 2, \dots, I$)

E_i : 第 i 品種の最早播種日

L_i : 第 i 品種の最遅播種日

j : 播種日 ($E_i \leq j \leq L_i$)

a_i : 第 i 品種が要する発芽日数

b_i : 第 i 品種が要する育成日数

(決定変数)

x_{ij} : 第 i 品種を第 j 日に播種する数量 ($\times 1000$ 鉢)

(係数)

R_i : 第 i 品種, 1000 鉢あたりの利益

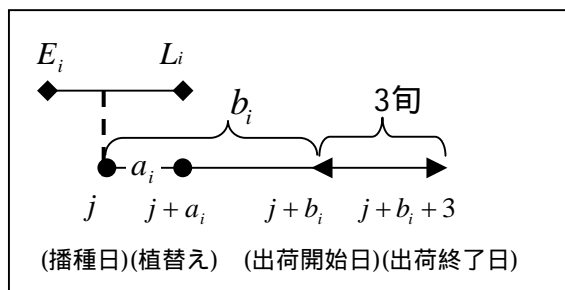


図3 記号の定義

f_{ijk} : 第 i 品種を第 j 日に播いた時, 第 k 日に
 占める 1000 鉢あたりの必要面積 (a)

$$f_{ijk} = \begin{cases} 0: j \leq k < j + a_i \\ 0.1: j + a_i \leq k < j + b_i \\ 0.06: j + b_i \leq k < j + b_i + 1 \\ 0.04: j + b_i + 1 \leq k < j + b_i + 2 \\ 0.02: j + b_i + 2 \leq k < j + b_i + 3 \\ (j \leq k \leq j + b_i + 3) \end{cases}$$

g_{ijk} : 第 i 品種を第 j 日に播いた時, 第 k 日に
 要求する 1000 鉢あたりの労働力 (人)

$$g_{ijk} = \begin{cases} 0.04: k = j \\ 0.08: k = j + a_i \\ 0.16: j + b_i \leq k < j + b_i + 1 \\ 0.08: j + b_i + 1 \leq k < j + b_i + 2 \\ 0.04: j + b_i + 2 \leq k < j + b_i + 3 \\ (j \leq k \leq j + b_i + 3) \end{cases}$$

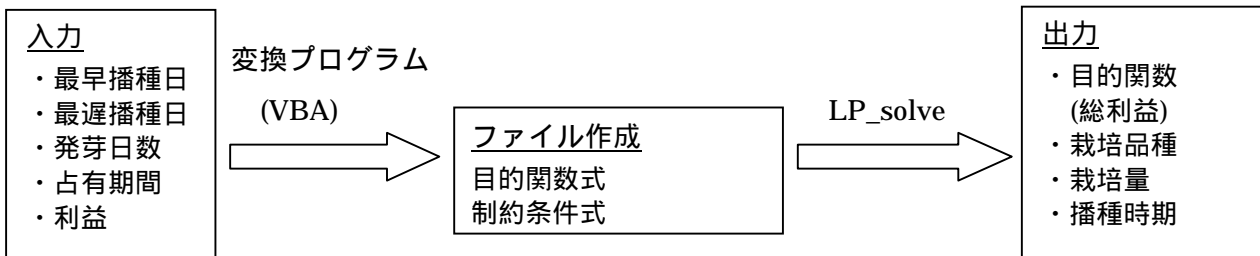
労働力・使用面積・各品種の播種量の制約の下で, 総利益を最大化する(各品種の)播種量と播種時期を決める PGSP は, 以下のような線形計画として定式化される.

$$\begin{cases} \text{(PGSP)} \left\{ \begin{array}{l} \max \quad \sum_{i=1}^I R_i \left(\sum_{j \in [E_i, L_i]} x_{ij} \right) \quad (4.1) \\ \text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^I \left(\sum_{j \in [E_i, L_i]} f_{ijk} \cdot x_{ij} \right) \leq 30 \quad (k = 1, 2, \dots, 36) \quad (4.2) \\ \sum_{i=1}^I \left(\sum_{j \in [E_i, L_i]} g_{ijk} \cdot x_{ij} \right) \leq 10 \quad (k = 1, 2, \dots, 36) \quad (4.3) \\ \sum_{j \in [E_i, L_i]} x_{ij} \leq 30 \quad (i = 1, 2, \dots, I) \quad (4.4) \\ x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, I) \quad j \in [E_i, L_i] \quad (4.5) \end{array} \right. \end{cases}$$

(4.1)式は生産する品種の総利益を最大化する目的関数である. 制約条件(4.2)式は一度に置ける鉢数は 30 万鉢(約 30 a)以下とすること, (4.3)式は 1 日の労働力は 10 人以下とすること, (4.4)式と(4.5)式は 1 品種, 千鉢単位で 3 万鉢以下とすることを表している.

5. 求解方法

求解には LP_solve を用いる. しかし, 制約式の数が多くかつ込み入っているため, 入力ファイルを手入力で作成するのは困難である. そこで, 各品種のデータを Excel に入力すると, LP_solve への入力形式で目的関数と制約条件をファイルへ書き出すシステムを VBA で作成する. 最後に LP_solve の出力を整数解に丸めて(切り捨て)栽培計画を得る.



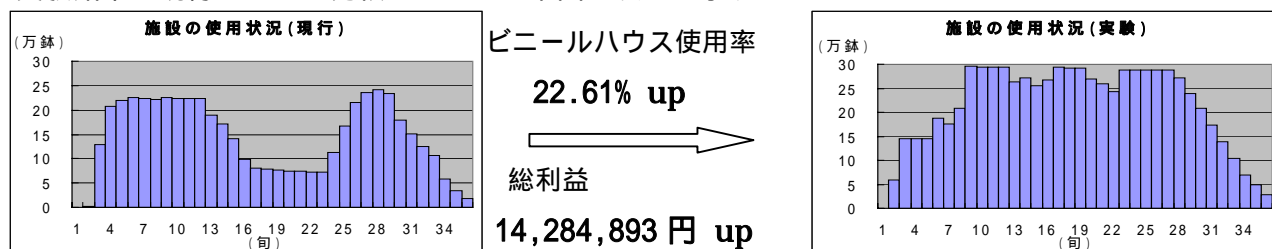
6. 数値実験

6.1. 実験概要

本研究で提案した線形計画モデルの有用性を確認するため数値実験を行う. 栽培候補品種を 50 品種用意する. 労働力・使用面積・各品種の播種量の制約の下で, 総利益を最大化する各品種の播種量と播種時期の組合せを求める. 数値実験の結果を, 現行の計画と利益およびビニールハウスの使用状況についてそれぞれ比較する.

6.2. 実験結果・考察

実験結果を現行のものと比較したものを下図と表1に示す。



この図から、以下の2点を読み取ることが出来る。

- (1)ビニールハウスの使用率が22%以上も改善された。
- (2)総生産量が約1.5倍に増加したことにより、目的関数である総利益も大幅に拡大した。

(1)(2)より、各品種の播種量と播種時期の組合せに

よって、労働力をうまく分散させ既設のビニールハウスを十分に利用することのできる栽培計画が作成されたといえる。しかし、総利益の増加は予想を超えて大きい。これは、同一品種で複数の播種日を許していることによるものと考えられる。

表1 実験結果

	現行	実験
総生産量(鉢)	514,000	668,000
総利益(円)	20,079,714	34,364,607
施設使用率(%)	49.23	71.84

7. 終わりに

7.1. 本研究の結論

本研究では、南九州に存在するA農園において労働力とビニールハウス面積が限られている状況で、総利益が最大となるような栽培計画を作成するPGSPを考え、線形計画モデルとして扱うことを提案した。定式化の後、ソルバーLP_solveへの入力ファイルを出力するシステムをVBAで作成し、LP_solveの出力を整数解に丸めて(切り捨て)栽培計画を得た。その計画を現行の栽培計画と比較し、本研究の有用性を確認した。実験の結果、目的関数である総利益は現行より1.7倍も増えるという優れた計画を得ることが出来た。本研究で提案した線形計画モデルによって、生産者の経験や勘にとらわれることなく、労働力や既設のビニールハウスを有効に利用できる栽培計画を立案する方法に、道筋をつけることが出来たのではないかと考える。

7.2. 今後の課題

今後の課題として以下の2点が挙げられる。

- (1) 本研究では、1品種の播種日が複数存在する結果となったが、より実用的なものの計画にするためには複数の播種日を許さない制約を加える必要がある。
- (2) 本研究では、1年を36分割して考えたが、より実用的なものとするには、暦通りの日数・曜日を考慮し1年を365日で考える必要がある。

【主要参考文献】

- [1] 今野：「線形計画法」, 日科技連, 1995
- [2] 丸山, 山口：“周年切り型の生産によるバラ切り花生産用温室の最適利用に関する研究”, 経営工学論文誌, Vol. 57, No. 2, pp153-161, 2006
- [3] 農林水産省：農林水産統計データ, <http://www.maff.go.jp>, アクセス日 2006/12/12