

# 農業におけるオペレーションズマネジメントとシミュレーション

野 村 淳 一

This paper discussed the analysis using operations research method for the operations management in agriculture. OR in the agricultural sector had been widely applied to a variety of problems including operations management. OR was an effective method for promoting agricultural policies proposed by Japanese government.

Regarding simulation method, several simulators had been developed for agriculture, and had been successfully employed for farming plan such as year of profit and cost. However, in order to analyze more sophisticatedly operations management including dynamic and stochastic events such production and distribution, system simulation was required to utilize.

In addition, as an application example of OR method in poultry farming, the case with respect to optimal placement method of laying hens using integer programming was described. And it was pointed out that the approach applied in that example could be utilized as the poultry farming simulator.

**Keywords:** Operations Management, Operations Research, Simulation, Agriculture, Poultry Farming

## I. はじめに

本稿では、農業分野におけるオペレーションズマネジメントに関して、シミュレーション分析などの経営工学的な手法、特にオペレーションズリサーチ（以下、OR）の諸手法を用いた分析について考察する。

ORは、対象となるシステムをモデル化し、モデル上で実験を行うことにより、対象システムで生じる問題の解決策を見出すための一連の手法を指す。

その目的は、システムの管理者（経営者）が意思決定をする際に、その判断の拠り所となる情報を提供することにある。ORを用いた研究応用分野は表1に示すとおり非常に幅広いが、製品開発、調達、生産、輸配送、販売などの製造業に関わるオペレーションズマネジメントに関する研究事例が特に多い。

また、ORの諸手法について、森ほか（1991）は、①評価・決定分析の手法、②数理計画法、③確率的手法の3つの観点で整理している（表2）。評価・決定分析の手法は、意思決定を合理的に行うために考

表1 ORの応用分野

マーケティング・流通・需要予測	製品企画・研究開発	生産販売計画
調達・生産・在庫	物流・配送・輸送	検査・性能評価
設備計画・管理・保全	経営企画・経営戦略	財務・金融
組織・人事・教育	オフィス事務管理	情報通信ネットワーク
省資源・環境保全	政策・行政	医療・福祉
教育	交通	防災
資源・環境	土地利用・地域開発	工学解析・設計
建築・土木	農業・食料	社会
スポーツ	娯楽	その他

（出典：日本オペレーションズ・リサーチ学会 2007）

表 2 ORの手法

評価・決定分析の手法	数理計画法	確率的手法
集団発想法	線形計画法	統計・調査
要因の分析手法	非線形計画法	需要予測・時系列分析
問題の構造化手法	分数計画法	多変量データ解析
評価手法	組合せ最適化手法	マルコフモデル解析
発想的意思決定手法	整数計画法	待ち行列理論
決定分析・効用理論	ネットワーク手法	信頼性理論
ゲーム理論	グラフ理論・マトロイド理論	在庫理論
多目標計画	確率的計画法	経済性工学
	動的計画法・マルコフ決定理論	探索理論
	日程計画・スケジューリング	シミュレーション

(出典：森ほか (1991) を参考に、加筆・修正)

え方を整理し、意思決定のプロセスを明示化するものである。主な手法として、ブレンストーミングや特性要因図、KJ法、AHPなどが含まれる。数理計画法は、所与の制約条件の下、評価関数をできるだけよくする代替案を求めるものである。主な手法は、線形計画法や整数計画法、動的計画法、PERTなどが挙げられる。確率的手法は、不確定な要素を含む現象を解析し、計画や設計に役立てるものである。需要予測や時系列分析、待ち行列理論、在庫理論、モンテカルロ法、システムダイナミクス、システムシミュレーションなどが主な手法である。

近年は、サービス産業における生産性に関して、科学的・工学的なアプローチにより生産性向上の方策を見出すサービス工学が注目を集めており、ORの応用分野の広がりが見られる（たとえば、Miwa and Takakuwa (2008) など）。特に、医療分野のオペレーションズマネジメントについては、シミュレーションを適用する研究事例が豊富である（たとえば、Wijewickrama and Takakuwa (2008) など）。

## II. 農業分野におけるOR適用例

我が国における農業を取り巻く状況については、農業従事者の減少やTPP（環太平洋戦略的経済連携協定）参加交渉に伴う農作物の輸出入自由化の程度など、不透明さを増している。一方で、企業の農業参入が可能となる規制緩和がなされたり、生産性の向上などを目的とするIT化がなされたり、ある

いは栽培・加工・販売を一貫して行う 6 次産業化を目指す動きもあり、産業としての農業を増強するためのイノベーションが起こる可能性を秘めている。このような状況を鑑み、内閣は総理を本部長とする農林水産業・地域の活力創造本部を設置し、2013年に「農林水産業・地域の活力創造プラン」をまとめた（農林水産省 2014）。同プランでは、①需要フロンティアの拡大（国内外の需要拡大）、②需要と供給をつなぐバリューチェーンの構築（農林水産物の付加価値向上）、③生産現場の強化、④多面的機能の維持・発揮の 4 つを重点課題として挙げている。これらの内容について、3 つ目の課題はまさにオペレーションズマネジメントの領域である。さらに、2 つ目の課題についても、生産・流通システムの改革や消費者ニーズに基づいた生産・供給により付加価値向上を目指すことが含まれており、3 つ目の課題共々、OR手法を活用することにより、課題の解決に向けた分析を行うことができるだろう。

ここで、農業分野においてORを適用した主な先行研究について、問題の対象領域と活用されたOR手法を表 3 に示す。問題の解決に利用されたOR手法については、表2に挙げた評価・決定分析の手法、数理計画法、確率的手法のいずれも用いられているが、生産・作付や出荷・配送の計画、経営の効率化などのオペレーションズマネジメント領域については、線形計画法などの数理計画法やシミュレーションおよび待ち行列理論などの確率的手法が適用される場合が多い。また、問題の対象領域については、作物の成長といったミクロな現象から、農業部門へ

の補助金交付などの政策評価といったマクロな事象まで、オペレーションズマネジメント以外の領域についても幅広くOR手法が用いられていることがわかる。農業分野においては、OR手法を活用したさまざまな研究が蓄積されており、前述の「農林水産業・地域の活力創造プラン」の推進に対して有効な手段の1つであるといえる。

ただし、大部分は水稻、野菜、果樹、花きなどの農作物の生産・流通に関する問題であり、酪農や養豚、養鶏などの畜産を対象とした事例は少ない。この要因として、農業分野でOR手法を活用する調査研究の実施者が、主に公的機関（国や県の農業試験場や大学など）であり、分析結果も営農指導、地域農業計画の策定、政策立案の基礎資料として間接的に利用されることが多いことが指摘されている（南石 1991a）。また、農業生産の主体の多くが家族経営であり比較的小規模であるため、作業計画や経営計画の複雑さの程度がOR手法を適用するほど高くないことや、OR手法を活用した分析結果を解釈するために必要な学習コストが、生産性や利益率の向上による便益を上回ることが同時に指摘されている。つまり、OR手法による課題解決の恩恵を受けられるのは、比較的大規模な経営主体あるいは多数の経営主体に影響を与える公的機関であることが多く、中小規模の経営主体についてはOR手法のコストパフォーマンスが小さいといえるだろう。したがって、

農業生産においては、家族経営を核とする比較的小規模な経営主体が多いため、これらの主体が行うオペレーションズマネジメントについて、OR手法を用いて自ら分析し、問題を解決するための工夫が求められる。

OR手法について前提知識のない経営主体が、これらの手法を用いて生産や運営を分析・改善するための方策として、いくつかの農業用のシミュレータが提案されている。ここで、シミュレータとは、線形計画法や組合せ最適化手法、スケジューリング、待ち行列理論、システムシミュレーションなどの各種OR手法を計算エンジンとしてプログラミングされたソフトウェア（あるいはシステム）であり、ユーザは適切なデータを入力するだけで、さまざまなOR手法の計算結果を具体的な問題に活用することができるものである。主な農業用シミュレータには、水田作農業の農作業用の汎用的シミュレータ（石東 1991）や、農業経営支援シミュレータFAPS-DB（南石ほか 2007）、営農計画策定支援システムZ-BFM（大石ほか 2011）などがある。

石東（1991）の農業生産システムシミュレータは、一切のプログラミングを必要とせず、データ駆動型でシミュレーションモデルを構築することで、汎用化を実現したシミュレータである。シミュレータで検討可能な作物は、水稻、麦類、大豆、野菜に限られているが、所与の作物については必要な種類の農

表3 農業分野におけるOR適用例

著 者	対象領域	OR手法
石東（1991）	作付計画（水稻、野菜など）	シミュレーション
下村（1991）	農業施設の共同利用	待ち行列理論
南石（1991b）	生産出荷計画	確率的計画法
平野（1991）	作物の成長	最適化アルゴリズム
門間（1991）	農業・農村活性化	意思決定手法
吉井（1992）	業務の効率性分析	DEA
河野・辻（1997）	市場ニーズ把握（花き）	AHP
川浦・和多田（2001）	作付計画（野菜）	ファジイ平均分散分析
吉田（2005）	果樹生産	統計
伊藤（2006）	作付計画（野菜）	線形計画法、確率的計画法
林（2006）	環境への影響評価	意思決定分析
丸山（2007）	設備利用の最適化（花き）	線形計画法
鹿内ほか（2009）	生産・経営の効率化	シミュレーション
前田・西村（2009）	政策評価	数値計画法

作業があらかじめ与えられており、ユーザをプログラミング作業から解放している。シミュレータは、機械・資材の種類や価格、労働力、天候などの基本データを扱うプログラム、基本データから生産システムのモデルを構築するプログラム、生産システムのシミュレーションを行うプログラム、そしてシミュレーション結果をユーザに出力するプログラムから構成されている。

農業経営支援シミュレータFAPS-DBは、作物や品種、栽培様式、使用資材、機械、労働時間などが管理されている農業技術体系データベースを活用して、営農計画の作成を支援するシミュレータである。このシミュレータは、数理計画法を計算エンジンとしており、データベースの管理者は汎用的なスプレッドシートを利用することで、データの登録や更新を行うことができる。また、計画を策定するユーザに対しては、Web上にデータ入力フォームが用意されており、作物や地域をリストから選択し、作付面積を入力するだけで、収量や収益、年間労働時間などの試算が可能である。FAPS-DBでは、水稻、麦類、大豆、野菜や果樹、花き、酪農や肉用牛など、多様な作物・品種（125体系）に対して、年間の経営計画を立案することができる。

営農計画策定支援システムZ-BFMは、経営改善策の検討や新しい営農技術・作目の導入効果の評価など、さまざまな営農計画案の作成を支援するシミュレータである。このシミュレータは、線形計画法を計算エンジンとしており、表計算ソフトウェアのプログラミング機能を用いて実装されている。ユーザはスプレッドシート上に、耕地面積や労働力、作物や作付面積などの経営概況を入力することで、必要な労働日数や機械の減価償却費などの概算を得られる仕組みとなっている。検討可能な作物は、水稻、麦類、大豆、野菜や果樹である。

さて、これらのシミュレータに共通する特徴は、稲作・畑作が中心であり、FAPS-DBを除いて、畜産を扱うことができないことが挙げられる。また、後者2つのシミュレータでは、Webの入力フォームまたは表計算ソフトウェアといった、汎用性のあるツールを用いており、データや条件の入力に対してユーザフレンドリーなインタフェースを提供している。しかし、シミュレータから得られる結果は年間の経営指標が主であり、年度の途中での設備の切り替えであったり、気象条件の変動といった、動的かつ確率的な事象は考慮の対象から外れている。これはシ

ミュレータの計算エンジンが数理計画法であることに依拠しているが、農業のオペレーションズマネジメントに関してさらに精緻な分析を行うためには、動的かつ確率的なふるまいを扱えるシステムシミュレーションを適用することが必要となるだろう。

### III. 養鶏業におけるOR適用例

さて、前節では、農業分野におけるオペレーションズマネジメントについて、OR手法の適用が有効であること、またOR手法について前提知識のない経営主体に対する農業用シミュレータが提案されていることを概説した。ただし、農業用シミュレータについては稲作・畑作が中心であり、また動的で確率的な現象を扱うためにシステムシミュレーションが有効であることを述べた。本節では、先行研究であまり扱われていない養鶏業に対してOR手法を適用した事例を解説する。

#### 1. 養鶏業の現状

養鶏業においては、飼料価格の高騰や鳥インフルエンザへの対応、異常気象などのリスク要因を抱え、飼養戸数が年々減少している。このうち、鳥インフルエンザに代表される伝染性のウイルスについては、ワクチンの開発や抵抗力を向上させる飼料の開発、病原体の進入を防ぐ鶏舎の改良や衛生管理などの研究が進んでいる。養鶏業者にとって、これらの養鶏技術に関する研究は、重大な経営上のリスクを防ぐ意味で重要である。しかし、世界的な人口増やバイオエネルギー産業の進展により穀物などの需要が増加し、飼料価格は年々上昇しており、経営上の負担に耐えられず廃業する養鶏業者は年5%前後で推移している。地方の中小規模の養鶏業者の廃業が目立ち、養鶏業者の大規模化が進んでいる一方で、生産調整が卵価の卸売市場価格に与える効果が大きくなり、小売価格の上昇が見られるなど、一般消費者の家計にも影響を及ぼすようになっている。物価の優等生とも呼ばれる鶏卵の安定供給を今後も継続するために、地方の中小規模の養鶏業者の経営状態を改善することは、国民全体にとって重要な課題である。

#### 2. 卵価の季節変動

鶏卵の卸売価格について、JA全農たまごによる東京市場のM規格の基準価格は、2009年以降、2013年夏までは年間を通しておおむね140円から240円の

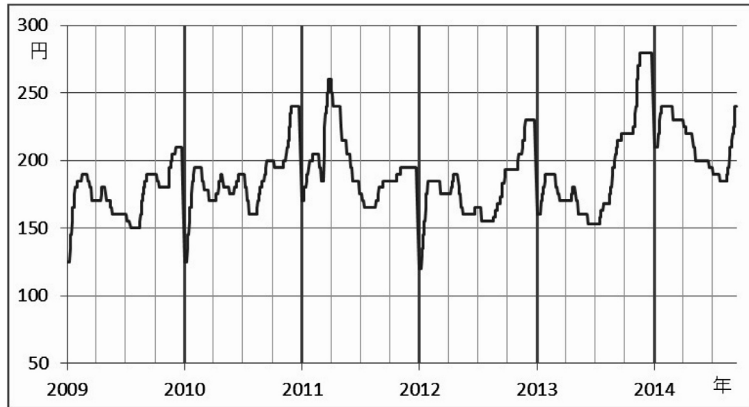


図1 JA全農たまご東京M基準価格

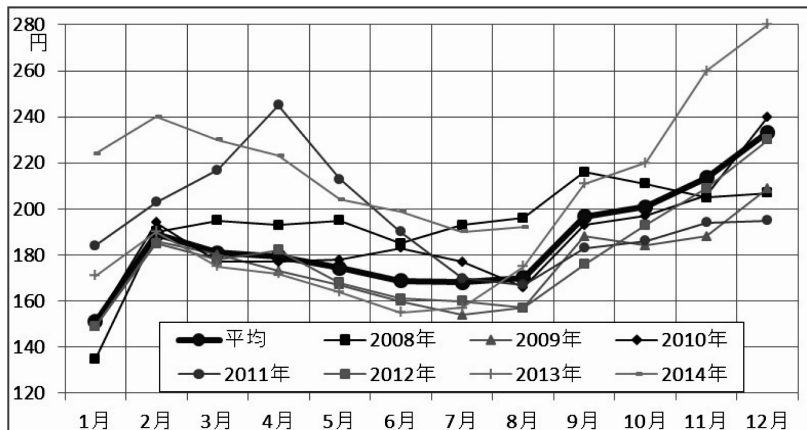


図2 鶏卵卸売価格の季節変動

範囲で変動していた（図1）。しかし、2013年春の生産調整に、同年夏の猛暑の影響が加わり、市場への供給量が大幅に不足したため、秋以降価格が上昇し11月下旬には8年8ヶ月ぶりに280円の高値をつけた。この価格高騰の影響は2014年になっても解消されていない。

鶏卵の卸売価格については、主に消費者の需要動向の影響により、季節による変動が見られることが知られている。図2に2008年から2014年の年ごとの鶏卵卸売価格（東京M基準価格）と平均価格（東日本大震災の影響で例年と需要状況が異なる2011年を除いた6年間の平均）を示す。

年初は低価格だが寒さによる産卵率の低下により2月には価格が高騰する。その後8月にかけて、生食を控えたり、学校給食がなくなる影響で、徐々に価格が低下する。9月には給食の再開や外食チェーンにおける期間限定メニューの販売により需給が引き

締まる。それから、年末に向けて鍋物の具やケーキの材料としての需要が高まり、12月に最高値をつける。以上のような需要や環境要因により、卵価の季節変動が生じている。

### 3. 鶏卵生産のオペレーション

鶏卵生産において、採卵鶏はひなを育成する専用の鶏舎で管理され、約150日齢で成鶏となる（図3）。ここで、成鶏とは一般に、鶏群全体の産卵率が50%を超えることをいう。その後、約210日齢付近で産卵率がピークとなり、560日齢あたりで淘汰される。産卵率が低下した鶏群に対して、人為的に休産誘導して換羽を促し、産卵率を回復する誘導換羽と呼ばれる飼養管理方法もある。誘導換羽を行うことで、約2ヶ月間の休産期間の後、産卵率や卵質が回復し、およそ650日齢付近まで採卵期間を延長できる。産卵鶏の産卵率が低くなり経済的に不利になると、そ

これらの鶏群を淘汰して、新たに成鶏を導入する鶏の更新が行われる。

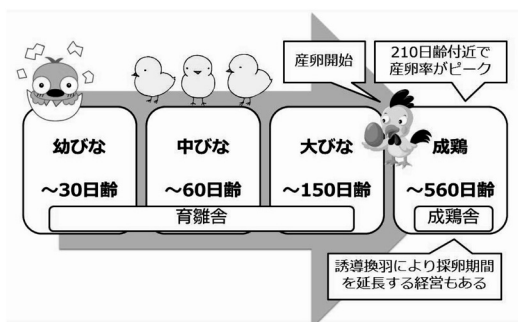


図3 採卵鶏のライフサイクル

#### 4. 産卵鶏群の最適配置に対するOR手法の適用

一般に、中小養鶏業者では、産卵可能な成鶏の日齢や成鶏舎への投入時期について、経験的に取り扱っている場合が多い。しかし、卸売市場価格には季節性が存在し、計画的な鶏の育成、産卵鶏舎への投入および淘汰を経済合理的に計画することで、養鶏業者は安定した経営を継続することができる。ここでは、市場卵価の季節変動に着目し、売上高が最大となる産卵鶏群の成鶏舎への最適配置問題として定式化する。この式に数理計画法を適用することで、経済的に最も有利な産卵鶏群の配置について理論的な解を求めることができる。

産卵鶏群の最適配置については、これまでに線形計画法（森田 1961）やシミュレーションを活用した予測方法が提案されている（Sugimoto, et al. 1986）。特に森田（1961）では、一般に異なる月に育雛された鶏群の組み合わせは、線形計画問題として定式化でき、利益最大化を目的として解くことができることが示された。本稿では、森田の方法を発展させ、現代的な大規模養鶏農場に適用可能な手法として、対象鶏舎を複数鶏舎に拡張し、計算期間を1年半へと延長する。また、組み合わせを求める期を月単位から、実際の養鶏業の作業実態に合わせて旬単位へと精緻化する。このような前提条件の下で、農場の全鶏舎に投入する複数の産卵鶏群による総生涯売上高の最大化を目標とする整数計画問題として定式化する。

ここで、鶏舎  $i$ 、投入期  $t$  における生涯売上高  $w_{t,i}$  は次式で表現できる：

$$\begin{aligned} \text{生涯売上高 } w_{t,i} &= \text{生涯生産量} \times \text{卵価} \\ &= \text{初期ロット羽数} \times \text{生存率} \times \text{産卵} \\ &\quad \text{率} \times \text{産卵比率} \times \text{規格重量} \times \text{卵価} \end{aligned}$$

各用語の意味は、以下のとおりである：

初期ロット羽数：  $t$  の開始時 ( $d = 1$ ) に鶏舎  $i$  に投入する初期ロット羽数。なお  $t$  は旬、 $d$  は日を表す。

生存率：産卵鶏群の期  $t$  における生存率。初期ロット羽数を 1 とする割合。

産卵率：産卵鶏群の期  $t$  における産卵率。生存する産卵鶏が全羽産卵する場合を 1 とする割合。

産卵比率：産卵された鶏卵の鶏卵規格の比率。規格は、3L, LL, L, M, MS, S, SS, キズ, ヨゴレの 9 分類である ( $j = 1, \dots, 9$ )。

規格重量：鶏卵規格ごとの重量 (kg)。

卵価：  $d$  における規格別の卵価 (円/kg)。

鶏卵は市場において kg 単位で取引されるため、鶏卵の売上高を計算するために個数単位から変換する必要がある。上式において、「初期ロット羽数  $\times$  生存率  $\times$  産卵率」で産卵された鶏卵の個数が計算され、そこに産卵比率と規格重量を乗算することにより、kg 単位に変換する。これらより、以下の整数計画問題として定式化できる：

$$\begin{aligned} \text{maximize} \quad & \sum_i^T \sum_t^I w_{t,i} x_{t,i} \\ \text{subject to} \quad & x_{t,i} \in \{0,1\}, t = 1, \dots, T; i = 1, \dots, I \\ & \sum_{i=1}^I x_{t,i} \leq 1, t = 1, \dots, T \\ & \sum_{t=1}^T x_{t,i} \leq 1, i = 1, \dots, I \end{aligned}$$

ここで、制約不等式の前者は各期に配置できる鶏舎を 1 つ以下とすることを意味し、後者は期間中に各鶏舎に配置される鶏群を 1 つ以下とする制約である。

この提案手法においては、まず鶏舎  $i$  および期  $t$  のすべての組み合わせについて、生涯売上高  $w_{t,i}$  を計算する。そして、全生涯売上高の中から、制約条件を満たし目的関数である総生涯売上高を最大化する  $x_{t,i}$  の組み合わせを発見する。

#### 5. 提案手法の適用例

ここで、ある養鶏場において調査した実データに対して、上記の提案手法を適用する。対象農場は鶏舎数が 13、総管理羽数が約 40 万羽の大規模な養鶏農

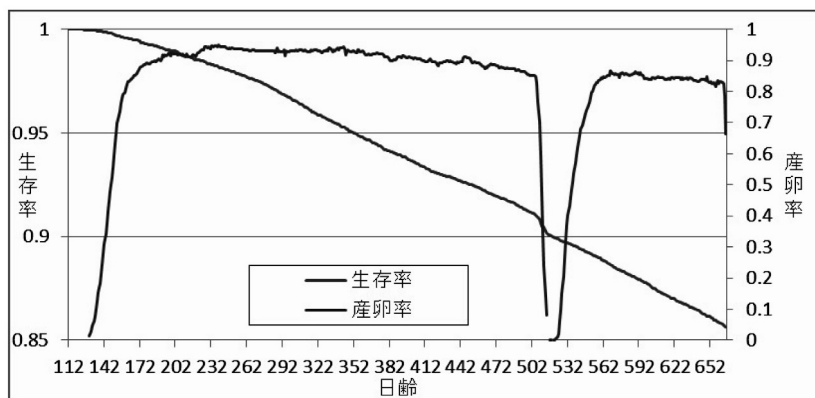


図4 生存率と産卵率

場である。農場では、産卵鶏群の更新の際、成鶏舎に112日齢の大びなを若鶏として投入する。その後150日齢から採卵を開始し、240日齢あたりで産卵率がピークとなる。また、480日齢になると誘導換羽を実施し、約60日間に渡り産卵率が大幅に低下する。その後、640日齢あたりまで採卵してから、鶏舎の全成鶏が更新される。農場で観測された成鶏の生存率（左軸、右下がりの曲線）および産卵率を図4に示す。これは2010年の実績値から、平均的な鶏舎のケースを用いた。

卵価については2012年のある卸売業者による実績値を利用するが、おおよそ名古屋卸売市場に連動した価格である。また、産卵比率については2012年の実績値の平均である。市場需要の高いL, M, MS規格のサイズで全体の8割程度を占める。

1年半を計算期間とするため $t=54$ であり、また鶏舎総数 $I=13$ であるため、変数 $x_{t,i}$ の総数は702となる。提案手法から、まず702セットの生涯売上高の計算が必要となる。生涯売上高の計算には一般的な表計算ソフトウェアを用いているため、養鶏業者の経営者が自ら計算を行うことも可能である。（図5）。

次に、全生涯売上高の中から、制約条件を満たし目的関数である総生涯売上高を最大化する $x_{t,i}$ の組み合わせを、整数計画法により探索する。整数計画法の計算には、非商用ソルバーSCIP (ver. 3.0.1)を用いた（SCIPについては、宮代（2012）を参照）。

探索の結果、図6のような最適配置が得られた（黒色セルが $x_{t,i}=1$ ）。図において、各列は $t$ を表し、各行は鶏舎 $i$ を表しており、 $t=1$ は4月上旬

投入月旬		投入鶏舎	投入ロット	生産売上高	生涯売上高	
			1	30000		
			3	12		
			12	12		
T	t	日齢	生存率	ロット羽数	産卵率	産卵個数
1	1	112	1	30000	0	0
1	2	113	1	30000	0	0
1	3	114	1	30000	0	0
1	4	115	1	30000	0	0
1	5	116	1	30000	0	0
1	6	117	1	30000	0	0
1	7	118	1	30000	0	0
1	8	119	1	30000	0	0
1	9	120	1	30000	0	0
1	10	121	0.999867532	29996	0.014262054	427
2	11	122	0.999867532	29996	0.021750011	652
2	12	123	0.999867532	29996	0.021750011	652
2	13	124	0.999834415	29995	0.031430312	942
2	14	125	0.999768181	29993	0.045582753	1366
2	15	126	0.999768181	29993	0.061322127	1838
2	16	127	0.999735084	29992	0.078756205	2361
2	17	128	0.999735084	29992	0.100484018	3012
2	18	129	0.999735084	29992	0.125192148	3760
2	19	130	0.999536362	29986	0.154074738	4618
2	20	131	0.999536362	29986	0.181725595	5447
2	21	132	0.999536362	29986	0.21041007	6306
2	22	133	0.999470128	29984	0.153	153
2	23	134	0.999470128	29984	0.153	153
2	24	135	0.999470128	29984	0.153	153
2	25	136	0.999172076	29975	0.153	153
2	26	137	0.999172076	29975	0.153	153
2	27	138	0.999172076	29975	0.153	153
2	28	139	0.999072725	29972	0.153	153

図5 生涯売上高の計算

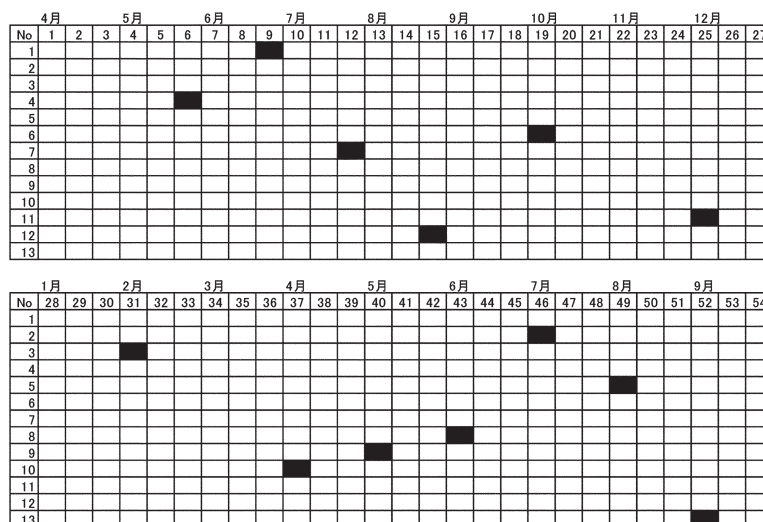


図 6 適用例における産卵鶏群の最適配置

である。

4 月および 11 月、翌年の 1 月および 3 月には成鶏を投入せず、それ以外の月にはいずれかの旬に鶏を更新することにより、最大の売上高がもたらされることがわかる。

この提案手法は、整数計画法を計算エンジンとする養鶏業のシミュレータとして活用することができる。現時点では、各期・各鶏舎の生涯売上高を求める際に、一般的な表計算ソフトウェアを入力インタフェースとしているため、生涯売上高に利用される用語が理解できる人物、つまり養鶏業の経営者自身が計算を行うことができる。しかし、その後の最適化計算におけるソルバーとの連携は未実装であるため、II で挙げた農業用シミュレータの水準には至っていない。また、購入飼料や光熱費、人件費等の費用面を考慮していないため、それらの要因を最適化計算に取り込み、総利益最大化が行えるようなシステムを構築することが今後の課題となろう。

#### IV. おわりに

本稿では、農業分野におけるオペレーションズマネジメントについて、OR 手法を用いた分析について考察した。農業分野における問題解決手法としての OR は、オペレーションズマネジメントだけでなく、政策評価などさまざまな問題に対して幅広く用いられており、政府が提言する「農林水産業・地域の活力創造プラン」の推進に対して有効な手段であ

るといえる。また、OR 手法のうち、シミュレーションについては、農業用のシミュレータが開発されており、年間の利益や費用など営農計画に対して有効に用いられている。しかし、生産や流通といった動的でかつ確率的な事象を含むオペレーションズマネジメントをさらに精緻に分析するためには、システムシミュレーションを活用していく必要があるだろう。さらに、養鶏業における OR 手法の適用例として、整数計画法を用いた産卵鶏群の最適配置法に関して事例を紹介し、この手法が養鶏業のシミュレータとして活用できる可能性について指摘した。

#### 参考文献

- 石東宣明 (1991) 「農業生産システムシミュレータ」『オペレーションズ・リサーチ：経営の科学』36 巻 10 号、490-494 頁。
- 伊藤健 (2006) 「農業経営における数理計画問題」『オペレーションズ・リサーチ：経営の科学』51 巻 5 号、264-267 頁。
- 大石亘、松本浩一、梅本雅 (2011) 「営農計画策定支援システム Z-BFM の特徴と活用方法」『関東東海農業経営研究』101 号、63-68 頁。
- 川浦孝之、和多田淳三 (2001) 「ファジィ平均分散分析による農作物の作付決定問題への応用」『Journal of the Operations Research Society of Japan』44 巻 2 号、157-168 頁。
- 河野恵伸、辻悦郎 (1997) 「農協の花き部会における AHP 法の利用：切花(宿根かすみそう)の場合」『オペレーションズ・リサーチ：経営の科学』42 巻 5 号、269-272 頁。

- 鹿内健志, 名嘉村盛和, 官森林 (2009) 「サトウキビ生産農家の経営支援のOR」『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』54巻1号, 25-29頁。
- 下村義人 (1991) 「待ち行列分析による共同利用大型農業施設の設計」『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』36巻10号, 495-500頁。
- 南石晃明 (1991a) 「農業のOR: 特集にあたって」『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』36巻10号, 484頁。
- 南石晃明 (1991b) 「確率の計画法による生産出荷計画の支援」『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』36巻10号, 501-505頁。
- 南石晃明, 前山薫, 本田茂広 (2007) 「農業技術体系データベースと統合化された営農計画支援システムFAPS-DB」『農業情報研究』16巻2号, 66-80頁。
- 日本オペレーションズ・リサーチ学会編 (2007) 『ORWiki』<http://www.orsj.or.jp/~wiki/wiki/>。
- 農林水産省 (2014) 『平成25年度 食料・農業・農村白書』農林統計協会。
- 林清忠 (2006) 「農業生産システムの環境影響評価: ORとLCA」『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』51巻5号, 268-273頁。
- 平野雅之 (1991) 「生物システムの最適化アルゴリズム」『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』36巻10号, 485-489頁。
- 前田隆, 西村譲二 (2009) 「農業の多面的機能の維持と中山間地域等直接支払制度の役割について」『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』54巻1号, 30-34頁。
- 丸山義博 (2007) 「バラ切り花生産用温室の最適利用に関する研究: 暖房用A重油価格の値上がり前の農業所得の確保に関して」『日本経営工学会論文誌』58巻2号, 147-156頁。
- 宮代隆平 (2012) 「整数計画ソルバー入門」『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』57巻4号, 183-189頁。
- 森雅夫, 鈴木久敏, 森戸晋, 山本芳嗣 (1991) 『オペレーションズリサーチ I - 数理計画モデル』朝倉書店。
- 森田琢磨 (1961) 「育雛時期の異なる産卵鶏群の最も有利な組合せについて」『日本畜産学会報』31巻5号, 273-277頁。
- 門間敏幸 (1991) 「農業・農村活性化支援システムの設計と実証」『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』36巻10号, 506-512頁。
- 吉井邦恒 (1992) 「農業共済団体の業務の効率性に関する分析」『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』37巻1号, 18-24頁。
- 吉田肇 (2005) 「地域気象と果樹生産との関係分析」『日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集』172-173頁。
- Miwa, K. and S. Takakuwa (2008), "Simulation modeling and analysis for in-store merchandizing of retail stores with enhanced information technology," *2008 Winter Simulation Conference*, pp.2431-2438.
- Sugimoto, S., A. Nibe, and K. Kumagai (1986), "A method of prediction for egg production using computer simulation system," *The Japanese Journal of Zootechnical Science*, Vol.57, No.9, pp.737-746.
- Wijewickrama. A. and S. Takakuwa (2008), "Outpatient appointment scheduling in a multi-facility system," *2008 Winter Simulation Conference*, pp.1563-1571.

(星城大学経営学部)