

ホームセンターのサービスイノベーション —最適店舗レイアウトとシフト作成—

鈴木 敦夫

南山大学情報理工学部鈴木研究室で過去5年間にわたって取り組んできた、ホームセンターのサービスイノベーションのためのオペレーションズ・リサーチを用いた業務改善の例の中から、店舗内の最適レイアウトとシフト自動作成について解説する。このホームセンターでは、競争に勝ち抜くために数理的な分析手法を経営戦略に積極的に取り入れており、ここで紹介する例も単なる例題ではなく、実際に店舗で利用されている。実際の問題をうまくモデル化し、オペレーションズ・リサーチの手法を適用することで大きな成果が得られることを紹介する。

キーワード：サービスサイエンス、最適レイアウト、シフトスケジューリング

1. はじめに

南山大学の筆者の研究室では、2005年度から現在に至るまで、中部地区のあるホームセンターから委託研究を受け入れている。きっかけは、鈴木研究室の学生がそのホームセンターに就職し、経営企画室というホームセンター全体の経営分析を行う部署に配置されたことである。ちょうどその時期、そのホームセンターでは、トヨタ生産方式を取り入れるなどして業務改善に取り組んでおり、南山大学数理情報学部数理科学科（現在は情報理工学部情報システム数理学科）の学生を採用したのは、業務改善に定量的な手法を取り入れようという意思のあらわれの一つだったようである。その学生を通じて当時の社長にお会いし、ホームセンターの経営に定量的な手法を取り入れて流通業に革命を起こしたいという考えに感銘してお手伝いをさせていただくことになった。

それ以降、社長には何度もお会いし話を伺ったが、お聞きした小売業のいろいろな問題はオペレーションズ・リサーチの手法を適用して解決できる可能性を感じさせるものだった。いくつか例を挙げると、商品はたとえ価格が同じでも置く場所によって売れ行きがまったく違う：品揃えを充実させてもある程度のところで売り上げが伸びなくなる：季節商品の売り上げは気温や湿度に大きな影響を受ける、などである。

ちょうど筆者も南山大学の業務改善[2]に取り組ん

でいた時期でもあり、あたらしいオペレーションズ・リサーチの適用分野として、流通業の業務改善は非常に魅力的だと直感した。その直感を実際に取り組んでみることで正しいことがわかった。毎年3、4の非常に興味深いテーマに取り組んで今年で6年目になるが、年度ごとに成果を挙げることができ、その成果のいくつかが実際に現場で活用されているということはオペレーションズ・リサーチに携わる者として本当に幸運だと考えている。本稿ではその一部を紹介することで、流通業へのオペレーションズ・リサーチの普及を促進できればと考えている。

この6年間に取り組んだ主なテーマを挙げる。

2005年度：季節品の年間需要予測，パターン分析による需要予測，季節品の最適輸送計画，店舗最適構成

2006年度：商品棚の最適構成，新規店舗の需要予測

2007年度：店舗の商品棚の最適構成，最適品揃え問題，商品の最適価格決定問題，商圈データの分析，店別の部門別売上データの分析，部門別および店別売上データの時系列分析，店舗のシフト自動作成

2008年度：折込広告の最適決定問題，店舗回遊路を考慮した最適レイアウト，買い上げ点数増加のための最適店舗レイアウト，クリップフック商品の最適配置，広告サイズの売上・客数の影響，レシートデータによる同時購入商品の選定

2009年度：同時購入を考慮した最適店舗レイアウト，小規模店舗のための商品棚の縮小，広告レイアウトと価格の売り上げへの影響，商品の自動発注ロジック

すずき あつお
南山大学 情報理工学部
〒489-0863 瀬戸市せいでい町27

クの性能比較

2010年度：最大在庫と発注点の最適決定，同時購入を考慮した最適価格決定問題，季節品の需要予測，自動発注ロジックの改善

これらのテーマを見ると，年度を追うごとにより具体的なものになっていることがわかる．ホームセンターの側でも，われわれがどのような問題ならば解決できそうかということを経々に理解し，委託研究のテーマを選別しているのであろう．

2007年からは当時南山大学におられた統計学の田中豊先生にも参加していただき，データ解析とオペレーションズ・リサーチの両方から業務改善のテーマに取り組むことになった．田中先生は2009年度でご退職なされ，2010年度からは，松田眞一先生に引き継いでいただいている．また，2007年度からは，ホームセンターで業務改善に取り組んでいる南山大学数理情報学部数理科学科（現在は情報理工学部情報システム数理学科）の出身者3名が研究員としてわれわれの研究室に所属し，委託研究の成果をホームセンターで実際に活用するための橋渡し役を担っている．

本稿では，これらのテーマの中から，同時購入を考慮した最適店舗レイアウト，店舗のシフト自動作成について紹介する．これらの結果は現在，実際にホームセンターの店舗で利用されており，売上増や業務改善に役立っている．

2. 同時購入を考慮した最適店舗レイアウト

図1はホームセンターの店舗内の棚のレイアウトの一例である．商品は部門と呼ばれるグループごとに陳列される．さらに，部門の内部ではパターンという小グループごとに陳列されている．部門は，日用品，文具など大まかな分類，パターンは，シャンプー・リン

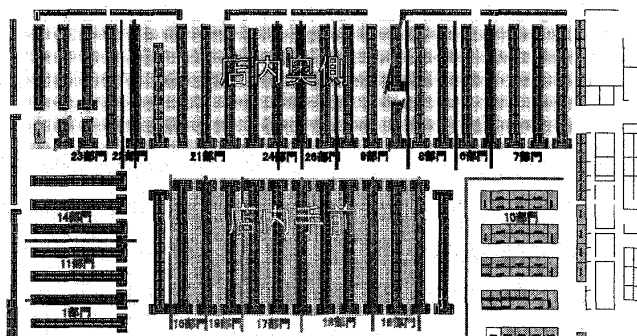


図1 ホームセンターの棚レイアウトの一例

ス，洗剤などより細かな分類である．レイアウトは毎年行われる店舗の改装時に変更されるが，従来は，担当者の経験によって決定されていた．

一方で，商品の間には，同時に購入される割合が高いものがあることは，担当者の間でも知られていた．それを簡単なデータ解析で2部門間の距離と同時購入の関係を田中先生が示してくれたのが図2である．このグラフの横軸は部門間の距離，縦軸はリフト値と呼ばれる2つの部門間の関係をあらわす指標である．リフト値は1の場合は，その2部門間の購入は独立であること，1より大きいほど，その2部門間の同時購入の割合が高いことをしめしている．グラフ中の右下がりの曲線は移動平均をあらわしている．直感的ではあるが，距離が近いほど同時購入の割合が高く，特にこの曲線の上側の部門間ではそれが顕著であることがわかる．このことから，同時購入の割合の高い部門，さらにパターンをなるべく近くに配置すれば，売上が増加することが期待できる．

研究員たちから，ホームセンターとしては，まず，小規模の店舗でこの棚配置を試験的に導入し，予想通りに売上が増加すれば，全店舗に展開することになると情報をもたらした．そこで，対象となる小規模の店舗で，同時購入される割合の高い商品のグループの商品棚をなるべく近くに配置する棚配置を求めることにした．

本来ならば，すべての商品について，1点1点同時購入の割合が大きいものはなるべく近くに置くようにすればよいのだが，ホームセンターの商品数は小規模

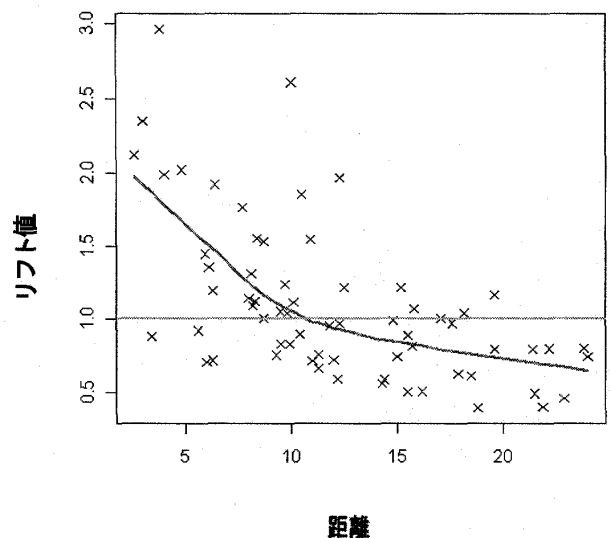


図2 部門間の距離とリフト値の関係

の店舗でも万の単位になり、実際に同時購入の割合を計算するのは不可能である。実際的な対応として、部門、パターンは所与として、これらのグループ単位でこの棚配置を求めることにした。これによって、問題が部門の最適配置、部門内のパターンの最適配置の2つの問題に分割でき、ごく短時間で最適な棚配置が得られるようになった。

部門のレイアウトは、店舗手前側と奥側について、それぞれ別々に求めることにした。同時購入の割合の計算には、ある店舗の1年間のレシートのデータ、約100万件を利用した。例えば、2つの部門の同時購入の割合は、すべてのレシートのなかで、この2つの部門に属する商品と一緒に購入されているレシートの割合とした。また、パターンの場合の同時購入の割合も同様に考えた。実際には、店舗ごとにこの割合は異なる可能性があり、また同日に購入したものでも、異なるレジ、例えば資材売り場のレジと、通常のレジで精算していれば、同時購入とまらないなど、まだ精査しなくてはならない点もあるが、まずは、近似的にこれを同時購入の割合とすることにした。

図3は部門間の最適配置の図である。隣り合う部門間の同時購入の割合の総和を最大にする。図4はパターンの最適配置の図である。部門の場合と同じように隣り合う同時購入の割合の総和を最大にする。

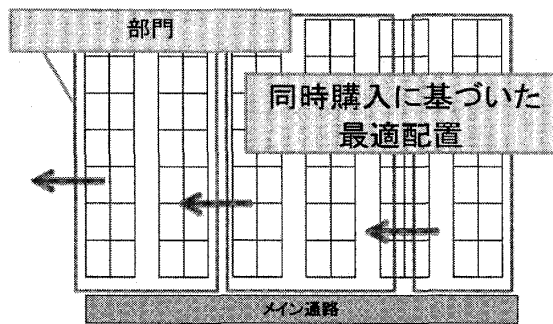


図3 部門間の同時購入に基づいた最適レイアウト

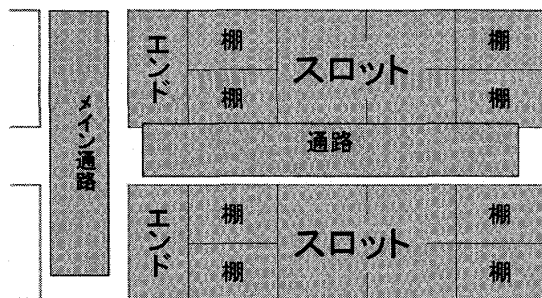


図4 エンドパターンの配置

さらに、パターンの最適レイアウトを求める際には、エンドパターンと呼ばれる、メインの通路に面した棚に配置するパターンの決定も行うことにした。このエンドパターンは、棚の配置の大きな要因になっている。エンドパターンは、顧客の目を引き付け、その通路(スロットと呼ばれている)に誘導して、商品の購入を促す重要な役割を担っている。図4はエンドパターンの配置図である。また、パターンの最適レイアウトを決める際には、隣り合うパターンだけではなく、通路をはさんで向かい合ったパターンも考慮することにした。

結局、最適レイアウトは以下のように求めることになった。まず、部門間の最適レイアウトを求める。次に部門内のパターンの中からエンドパターンを決定する。このエンドパターンを前提に、パターンの最適レイアウトを求める。最後に通路に向かい合ったパターンの並びの最適レイアウトを求める。

部門間の最適レイアウトは以下のように定式化できる。用いる記号は、

R_{mn} : 同時購入の割合

M : 最適レイアウトの対象とする部門の集合

m_0 : 仮に設定する端に固定する部門

x_{mn} : 部門が隣接しているとき1, 隣接しないとき0をとる変数, $m, n \in M$

u_m : 部門の並びが途中で途切れないようにするためのダミー変数, $m \in M$

問題の定式化は以下ようになる。

$$\max \sum_{m,n \in M} R_{mn} x_{mn} \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{m \in M} x_{mn} = 1, \quad n \in M, \quad (2)$$

$$\sum_{n \in M} x_{mn} = 1, \quad m \in M, \quad (3)$$

$$u_m - u_n + |M| x_{mn} \leq |M| - 1, \quad m, n \in M \setminus \{m_0\}, \quad (4)$$

$$x_{mn} \in \{0,1\}, \quad u_m \in R, \quad m, n \in M.$$

目的関数は、同時購入の割合の総和、制約式(2)、(3)はそれぞれの部門は必ずどこかの部門に隣接していることを、制約式(4)は隣接した部門が途中で途切れないようにする条件式である。この制約式は、巡回セールスマン問題の整数計画法としての定式化と同じである。対象とする部門の数は10程度である。この規模の問題であれば、通常のPC上で最適化ソフトウェアを用いてごく短時間の計算時間で解をもとめることができる。

次に、部門ごとにエンドパターンを求める問題である。用いる記号は、

N : 最適レイアウトの対象とするパターンの集合

C_{ij} : パターン i の商品を購入した顧客がパターン j の商品を購入した割合 (信頼度と呼ばれる)

S_i : パターン i の買い上げ点数

p : エンドパターンの数

L : スロットに属するパターンの数の下限

U : スロットに属するパターンの数の上限

y_{ij} : パターン j がエンドパターン i のスロットに属するとき 1, そうでないとき 0 をとる変数

定式化は、

$$\max \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} C_{ij} S_i y_{ij} \quad (5)$$

s.t.

$$\sum_{i \in N} y_{ii} = p, \quad (6)$$

$$y_{ij} \leq y_{ii}, \quad i, j \in N, \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N} y_{ij} = 1, \quad j \in N, \quad (8)$$

$$L \leq \sum_{j \in N} y_{ij} \leq U, \quad i \in N, \quad (9)$$

$$y_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i, j \in N,$$

のようになる。目的関数は、買い上げ点数の総和、制約式(6), (7), (8)は施設配置問題の古典的な問題である p-メディアン問題と同じ形をしている。p-メディアン問題は 0-1 整数計画問題の中でも短時間で解が求められる問題である。対象となるパターンは、数十の規模なので、この問題も通常の PC 上の最適化ソフトウェアを用いることで、ごく短時間で解を求めることができる。

同時購入の割合を求めるためには、株式会社数理システムの Visual Mining Studio[®] を用いた。このデータマイニングソフトウェアは非常に強力で百万件を超えるレシートデータも苦も無く分析してくれる。このソフトウェアを購入してから分析の効率が格段に上がった。しかも大学で購入する際にはアカデミック価格で購入できるなど比較的安価である。今や筆者の研究室にはなくてはならないツールになっている。定式化した数理計画問題を解くには、LINDO 社の What's best![®] を用いた。このソフトウェアは、Excel[®] のアドインであり、Excel を使いなれている現場の方々にはすぐになじんでもらえるということ、また安価であるということ、非常によく利用している。日本では、LINDO Japan 社、有限会社マイス、株式会社構造計画研究所などが協力して販売を行っている。こちらも

筆者の研究室にはなくてはならないソフトウェアになっている。

これらのソフトウェアを用いて、小規模店舗の最適レイアウトを求めた。2010 年度からそれを参考にしている小規模の店舗の改装を行い効果の検証を始めている。大規模店舗の一部でも導入が始まっているとのものであり、今後の成果が期待される。効果の検証はホームセンターの分析部門で行われている。売上が増加しても、それがわれわれの成果かどうかは、経済情勢などの要因も考慮して分析する必要があるなど検証には十分な注意が必要である。われわれが過去に取り組んだ棚の最適構成や、最適レイアウトのテーマの成果の一部は、試験的な導入を経て検証された後、実際に現場で適用されている [1]。

成果の導入の際には、筆者の研究室に研究員として所属している卒業生たちが大きな役割を果たしている。彼女たちはオペレーションズ・リサーチとホームセンターの現場の両方を知っており、われわれの成果の現場への適用に尽力している。現場では、一般には仕事のやり方を変えることには抵抗があるのが普通である。現場に研究成果を持ち込むには現場の方に納得してもらい、協力してもらわなくてはならない。大変な苦勞をされていると思う。

3. 店舗のシフトの自動作成

店舗のシフト作成問題は 2007 年度から取り組んだテーマである。当初から実用化を目指して取り組んだが、予想外に時間がかかり、結局 2 年間をかけて、ようやく店舗で利用してもらえるようになった。その間、ホームセンターの研究員たちと一緒に何度もシステムの改修を繰り返し、現場の意見を取り入れて使いやすいシステムにした。筆者にとっては、定式化して問題を解くことと実用化することのギャップを実感するよい機会になった。

ホームセンターの各店舗では、店長もしくは副店長が毎日の作業の割り振りをほぼ手作業で行っていた。その作業時間は標準的な店舗で 1 時間ほどであった。標準的な店舗では、作業に従事する人数は 40 名程度、作業の種類は、レジ作業、サービスカウンター担当、倉庫担当、など 10 種類を超える。特にレジ作業は重要で、何番のレジにどの従業員を割り当てるかを作業効率も考慮して決めなくてはならない。レジは、顧客が商品を精算するために必ず利用するので、その効率を高めることは、顧客へのサービスのために非常に重

要だと、このホームセンターでは考えられている。

当初はすべての作業のシフトを同時に作成するシステムを作成することを考えていた。ところが、途中からレジ作業のシフトが最も重要であるということがわかり、レジ作業を中心にシフトを自動作成することになった。レジ作業も、常時開けておくメインのレジと、繁忙時に開けるサブのレジとがあり、また、屋外にあるレジ、資材売り場にあるレジと、何種類もレジがあることがわかり、結局レジの作業シフトも2段階に問題を分割して解くことになった。もちろん、メインのレジ作業が最も重要であり、ここにベテランの作業員を割り当てなくてはならない。

レジの作業のシフトは、このように種々の条件を考慮しながら、従業員のことをよくわかっている店長、副店長らのシフト作成担当者が作成している。シフト自動作成のシステムを考案しているうちに、これらの条件をすべて満たし、彼らが満足するシフトを自動生成することは、不可能だということがわかってきた。そこで、途中からは、シフト作成者が容易に修正できるシステムにすることに方針を変更した。結局、自動作成したレジ作業のシフトをシフト作成者が修正、さらにそれをもとに再度自動作成という手順を繰り返して、シフトを作成するというようにした。

この方針変更によって、シフト自動作成は、実際にはシフト作成作業者が短時間でシフトを作成することができるように支援するシステムという位置づけになった。他の作業についても同様の方針とした。この方針変更が、実際には現場で受け入れられる大きな要因になったのではないかと推測している。

シフト自動作成システムの開発を時間の経緯とともに述べると以下ようになる。

1. プロトタイプの作成：

この時点では、すべての作業の割当を同時に行うことを考えていた。シフト作成者が修正を加えることは考えていなかった。研究員の人たちが作成に加わり、プロトタイプを店長経験者に試しに使ってもらうことになった。

2. 実用化に向けての修正

店長経験者から、プロトタイプは実用にならないという評価を受ける。そこで先に述べた方針変更をし、シフト作成者が自動作成したシフトを修正できるようにした。店長経験者からのコメントをもとに研究員の人たちと分担してシステムを修正した。インターフェースの部分と、

さらに人事関係のファイルにリンクすることも必要とわかったので、そちらは研究員の人たちにお願ひした。

3. 店舗での試行

2の店長経験者から何とか合格の評価をもらい、いくつかの店舗で試行的にシステムを利用してもらうことになった。その結果、いくつかの点でシステムの使い勝手に問題があり、そのままでは実用にならないという評価を受けた。この時点で、実は筆者はシステムの実用化を一度はあきらめかけた。実際ほぼ半年ほど、システムの改修は行わなかった。ところが、ホームセンターのある人が、このシステムはぜひ実用化してほしいと言っていろいろと尽力してくれた。そこで、再度改修を行い、システムの実用化を目指すことになった。

4. 実用面での改修

3. でもらったコメントをもとに主に使いやすさの点で改修を行った。この時点から、筆者の研究員の卒業生で株式会社シグマフィールドの山本佳奈氏にも開発に加わってもらった。その結果、システムの使い勝手は大幅に向上し、再度店舗での試行を行ってもらうことになった。

5. 標準的な規模の店舗での導入

4. の結果、実用になるという評価を受け、標準的な店舗で導入してもらった。その際には、What's best!を対象の全店舗で購入し、各店舗で独立してシフト作成ができるようにした。

6. 大規模な店舗向けの改修

標準的な規模での導入後、大規模店舗にシステムを導入するための改修を行った。計算時間を短くするためにレジ作業の割当も3段階に分割し、短時間でレジ作業のシフトを作成できるようにした。

最後にシフト作成の問題の定式化を紹介する。用いる記号は、

I : 対象となる従業員の数

J : 対象となるレジの台数

K_j : レジ j のシフトの数

A_{ik} : 従業員 i がレジ j のシフト k に勤務できるとき1、できないとき0をとる定数

$B_{ijk'}$: レジ j のシフト k とレジ j' のシフト k' に同一の従業員が勤務できるとき0、できないとき1をとる定数

c_{ijk} : 従業員 i がレジ j のシフト k に入っているときの重み (人件費, 優先順位などをあらわす)

z_{ijk} : 従業員 i がレジ j のシフト k に割り当てられるとき 1, そうでないとき 0 をとる変数

定式化は以下になる.

$$\max \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{K_j} c_{ijk} z_{ijk} \quad (10)$$

s.t.

$$z_{ijk} \leq A_{ijk}, \quad i=1, \dots, I, j=1, \dots, J, k=1, \dots, K_j, \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^I z_{ijk} = 1, \quad j=1, \dots, J, k=1, \dots, K_j, \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^{K_j} B_{jk,j'k'} z_{ijk} \leq 1 \quad (13)$$

$$j'=1, \dots, J; k'=1, \dots, K_j; i=1, \dots, I,$$

$$z_{ijk} \in \{0,1\}, i=1, \dots, I, j=1, \dots, J, k=1, \dots, K_j.$$

制約式(13)はレジ業務のシフトが連続しないようにするための制約である.

レジ業務のシフト作成はメインのレジ, サブのレジそれぞれについて, この定式化に基づいて行った. それ以外の作業のシフトは, 空いている従業員を順次作業に割り当てる貪欲算法で行った. 商品の陳列や, 清掃作業は, 勤務している従業員ならば, 誰でもできるようになっており, 特に最適化をする必要はないという判断である.

システムは Excel を用いて作成した. 最適化には, 前述の What's best! を用い, それ以外は VBA でプログラムを作成した. インターフェースは, ごく簡単なものであり, 実質的な使いやすさを優先させている. 通常の PC で標準的な規模の店舗のシフトを数分で作成することができ, 従来 1 時間かかっていたシフト作成の手間と時間を大幅に削減できた.

その後, 曜日ごとに勤務する従業員と作業は大体いつも同じであるので, 曜日ごとの勤務のひな型を作成しておき, そのひな型とこのシステムを組み合わせたということである. この段階では, システムはわれわれの手を離れていたもので, 詳細はわからないが, 実際的な工夫であると思う.

4. おわりに

南山大学情報理工学部の鈴木研究室とホームセンタ

ーとの共同研究の成果の一部を紹介した. このホームセンターでは, 業務の改善や売上の増加のために数理的な分析や, 最適化の手法を大胆に取り入れようとしている. その結果, 平成 22 年度決算では, 前年度より利潤が増加している. われわれの成果によって, その利潤増加のごく一部にでも貢献できていれば幸いだと考えている.

米国では流通業はもちろんのこと, 一般にサービス産業と呼ばれている, その他の業種でも, 非常に多くの企業がオペレーションズ・リサーチの手法を用いて業務改善や売り上げ増加を果たしている. INFORMS (Institute for Operations Research and the Management Sciences) の Practice Conference (今年から Analytic Conference と名前を変更) と Annual Meeting では, それらの成果が数多く発表されている. Annual Meeting では, 近年参加者が 5,000 名近くにあり, それも毎年増加し続けている. 筆者は, この両方の大会に可能な限り参加してきたが, 2005 年以降, INFORMS の隆盛には驚くばかりである.

日本でもオペレーションズ・リサーチを利用すれば, サービス産業の多くの企業で業務改善ができるはずである. 筆者の研究室にも, いくつかの企業から相談があり, また, 筆者が所属しているオペレーションズ・リサーチ学会中部支部でも, 中部地区の賛助会員であるトヨタ自動車株式会社との情報交換を始めている. 今後, オペレーションズ・リサーチの活躍の場は大いに広がるに違いないと考えている.

参考文献

- [1] A. Suzuki, OR Projects for Service Innovation of Home Center Chain Stores in Japan, Proceedings of IIE Asian Conference 2011, pp. 623-626, 2011.
- [2] 鈴木敦夫, 伏見正則, 澤木勝茂: 大学業務と OR-プロジェクト N, オペレーションズ・リサーチ, 54 号, 第 11 巻, pp. 684-689, 2009.

Visual Mining Studio は株式会社数理システムの登録商標です. What's best! は LINDO 社の登録商標です. Excel は Microsoft 社の登録商標です.