

大学業務と OR—プロジェクト N

鈴木 敦夫, 伏見 正則, 澤木 勝茂

1. はじめに

南山大学では、OR を活用して大学の業務改善を試みてきた。その成果について、2005 年に INFORMS (Institute of Operations Research and the Management Sciences) の Franz Edelman Finalist 賞を、2007 年に日本オペレーションズ・リサーチ学会の実施賞を受賞した。またこれらの成果について、INFORMS の事例論文集である Interfaces や、オペレーションズ・リサーチに論文が掲載され[4][6][9]、さらに、国内外の学会での研究発表[5][7][8]を行ったこと、OR 学会中部支部講演会で南山大学のプロジェクト N の事務職員のグループが講演を行ったことで、OR の専門家や実務家に徐々に知られるようになってきた。今回の連載の機会に、論文や学会での研究発表ではページ数や時間の制約で述べられなかったことも含めて南山大学での OR を用いた業務改善について紹介したい。

南山大学で OR を用いた業務改善の中心となっているのは、プロジェクト N と呼ばれている OR チームである。オペレーションズ・リサーチ 2009 年 5 月号の特集「大学と OR」の論文[4]では、プロジェクト N 以前に AHP を適用して大学の方針を決定した例も紹介されているので、ここでは、2004 年に発足したプロジェクト N で取り扱った事例を中心に紹介する。

プロジェクト N は、2003 年にスクールバスのコスト削減、授業開始時間の変更、入試監督自動割当システムの作成で成果[6]をあげたわれわれが、南山学園に恒常的に OR チームを組織して大学業務の改善に取り組んでどうかと進言したのがきっかけで生まれた。

われわれは、大学の中に、第二次世界大戦中、イギリス軍で活躍したブラケットのチームのようなものをつくることを想定していた。つまり、解決困難な問題を事務職員が持ち込めるような教員による問題解決チームをつくることを考えていた。ところが、プロジェクト N が発足してみると、なぜか、事務職員が研修として参加するという事になっていった。のちに当時の事務職員の責任者にこのことを聞いたところ、事務職員が自発的に問題を持ち込むことを待つよりは、業務として強制的に OR チームに参加させるほうが良いと判断したとのことであった。この責任者は、事務職員は自分たちのやり方で業務を行っており、なかなか自発的には OR のような新しいやり方を受け入れないのではないかと考えたという。プロジェクト N が今日まで継続しているのは、このような大学執行部の賢明な判断にもよっている。

ともあれ、プロジェクト N は 2004 年秋に発足し、以来、現在まで毎月 1 回のペースで会合を持っている。発足当初のメンバーは、筆者 3 人のほかに、プロジェクト責任者の長谷川利治教授（現在、京都情報大学院大学学長、当時、日本オペレーションズ・リサーチ学会会長）、田中豊教授の教員 5 名、事務職員 5 名の 10



図 1 2007 年実施賞を受賞（会場の鳥取大学で、左から伏見、青木前会長、長谷川教授、澤木、鈴木）

すずき あつお, ふしみ まさのり

南山大学 情報理工学部

〒 489-0863 瀬戸市せいらい町 27

さわき かつしげ

南山大学 大学院ビジネス研究科

〒 466-8673 名古屋市昭和区山里町 18

名である。田中豊教授は統計学の専門家で、特に計算機統計学の分野で活躍されている。ORの問題解決にはデータ解析の専門家がどうしても必要と考えて、無理をお願いして参加していただいた。

プロジェクトNの会合は講義の終了後、事務職員の通常業務の終了後、午後7時から始めて9時半頃まで、夕食をとりながら行っている。毎回の会合では、事務職員が、担当している業務の中で解決困難な問題をメンバーの前で説明し、それらをメンバー全員で検討する。問題にもよるが、大体1、2年をかけて何とか解決策を考え出し、事務職員が職場に持ち帰って、業務改善に反映させる。問題によっては、ORの教員が問題を定式化し、小規模な例題について、EXCEL上で解いたものを事務職員に示し、事務職員が実際の問題についてEXCEL上で解を求めたり、またより複雑な問題については、情報理工学部の大学院生や学部学生に計算を手伝ってもらって、その結果を事務職員にフィードバックしたりしている。

プロジェクトNで考え出した解決策は、そのまま業務改善として実施されるものが多いが、中には、実施に際して大きな障害があり、その障害を取り除くためにプロジェクトNの教員が協力することもある。あとで紹介する図書館雑誌の見直し問題は、そのような例である。その際には、プロジェクトNの教員もORの専門分野から少々離れて、委員会に出席して他の教員の説得にあたるなどの手間をかけなくてはならない。ORの実践に関して、ORの教員が自ら属する組織でこのような苦勞をすることは、おそらくまれなことであろう。筆者たちにとっては良い経験になっている。

このようにプロジェクトNの会合をすでに5年間にわたって続けている。その間、長谷川教授が退職され、事務職員も適宜入れ替わりしている。プロジェクトNの会合自体は、無理なく続けられるように、業務が忙しいときは自由に休め、また、準備ができなかった事務職員も、日頃の業務に関する意見を述べるだけでも歓迎されるような雰囲気作りをしている。発足当初の責任者であった長谷川先生がそのような雰囲気をおつくりになり、現在もわれわれはそれを引き継いでいる。事務職員にとっては、通常の業務に加えて、月に1回とはいえ夜遅くまで残業をさせられるのであるから、雰囲気がよくなければ、長くは続かないであろうと長谷川先生がお考えになったのだと思う。今では、事務職員の中にも、プロジェクトNに加わった

いと考えている人もいるそうである。

現在までプロジェクトNで取組んだ問題は、以下のように多様である。中には、業務改善に大きく貢献したものもあるが、一方、見るべき成果のあがらなかったものもある。多少成果があがらなくてもあまり気にせず、あきらめずに取組んできたことが、5年間もの間、プロジェクトNが続いてきた理由であろう。

1. 図書館雑誌の見直し問題[5]
2. 南山大学数理情報学部（現情報理工学部）の志願者予測
3. 大学広報活動の志願者増への貢献度の分析
4. 東海地震注意情報発令時の誘導員の配置問題
5. 入学試験監督自動割当システムの改良[9]
6. インターンシップ報告会のスケジュールリング問題[7][8]
7. 入学試験アルバイトのシフト作成[7][8]
8. 入学試験本部の要員シフト作成[7][8]
9. 南山小学校の時間割編成問題
10. 南山学園の通勤圏の再検討
11. スクールバスの最適割当問題
12. 図書館書庫の容量問題

これらの問題のうち、今回は、プロジェクトNが最初に取り組んだ図書館雑誌の見直し問題、東海地震注意情報発令時の誘導員の配置問題、インターンシップ報告会のスケジュールリング問題について紹介する。その他の問題については、次回以降紹介する。

2. 図書館雑誌の見直し問題

プロジェクトNが発足した2004年、南山大学図書館は欧米で発行されている学術雑誌の値上がりによって予算が圧迫されていた。南山大学の名古屋キャンパス図書館（以後、名古屋図書館と呼ぶ）、瀬戸キャンパス図書館（以後、瀬戸図書館と呼ぶ）でそれぞれ、8,000万円、2,000万円と総計1億円にまで学術雑誌購入予算が膨れ上がっていた。これまでは、学術雑誌は研究のための基本資料ということで、図書館の予算をやりくりして何とかすべての雑誌を購入していたが、それも限界に近づいていた。このような状況を何とか解決しようと、図書館では、それまでに何回か学術雑誌のユーザーである教員にアンケートを行い、不要な雑誌の購入停止をしようとしてきたが、効果をあげることができないでいた。その原因をあげると以下のようである。

- 1) 図書館がアンケートでリストアップする雑誌が

多数になるので、ほとんどの教員が全部の雑誌を見ず、アンケートの回収率が低かった。

- 2) その結果、アンケート上は不要な雑誌が数多く上がってくるが、最終的に購入停止候補のリストを確認のために教員に示すと、購入停止直前になって再度購入が求められる。
- 3) アンケートでは、高額な雑誌でも1人でも教員が必要という回答をすると、購入が継続されることになっている。

そのため、購入を停止する雑誌は毎回、ごくわずかになり、経費を削減することはできなかった。

プロジェクトNに参加した図書館の事務職員から以上のような説明を受け、プロジェクトNで何カ月か検討し、次のような方策を図書館に提案することになった。

- 1) 学術雑誌のうち、高額なものをピックアップし、これらを購入停止の候補雑誌とする。
- 2) 教員に雑誌選定のためのポイント制度を導入する。各教員は100ポイントずつを1)でピックアップされた雑誌の中で、自分が研究上必要な雑誌に自由に分割して付与することができる。
- 3) これらのポイントを集計後、必要な削減額を満たし、削減雑誌のポイント合計が最小になるように削減すべき雑誌を決定する。

1)は候補雑誌の数を少なくして、教員がリストを検討することが容易にするためと、高額でしかもさほど必要性が高くない雑誌を停止するのは、教員の合意が取りやすいと考えたからである。実際、瀬戸図書館では、全購入雑誌505誌のうち、60誌を候補雑誌としたが、アンケートの回収率は、従来のアンケートでは33%だったが、48%にまで上昇した。また、これらの雑誌の購入価格は、全体の予算の60%を占めていた。

2)は各教員の間での公平性を定量的に実現するためのものである。従来も、高額な雑誌をさほど必要性が高くないのに購入しているのではという意見があったが、この意見を3)とあわせて購読停止に結び付けようというものである。

3)は最適化計算が必要である。この問題は0-1整数計画問題として定式化できる。購入停止候補の雑誌の数を絞ったこともあって、0-1変数の数は、瀬戸図書館で60、名古屋図書館でも160変数である。問題を解くためにはEXCELのソルバーを用いた。EXCELのソルバーは、200変数までの最適化問題を解くことができる。南山大学の事務職員は業務でEXCELを

使い慣れており、プロジェクトNに参加している図書館の職員にソルバーの使い方を、例題を用いて説明したところ、すぐに実際の問題を解くことができるようになった。瀬戸図書館、名古屋図書館とも実際の計算は、この職員が行った。この職員はORの専門家ではなく、ソルバーを利用するのも初めてであったが、ごく短時間で問題を解けるようになったことは、われわれにとってもうれしい誤算であった。定式化などは、文献[4][5]を参照されたい。

2005年に、この方策を、まず数理情報学部(現情報理工学部)のある瀬戸図書館で実施した。瀬戸図書館は名古屋図書館よりも規模が小さく、また、われわれが学部内で説明できる機会があること、理工系学部の教員ならば、われわれの方策を理解してくれると考えたのがその理由である。実施にあたっては、各学部の代表が構成する図書館委員会で、その可否と実施に当たっての手続きが議論された。図書館委員会には、プロジェクトNのメンバーもオブザーバーとして何回か出席しこの方策の説明を行った。その後、各学部の教授会でこの手続きが承認され、アンケートを実施し、購入停止案が図書館委員会、各教授会で承認された。

この結果、2006年度から6誌の学術雑誌の購入の停止が決まり、学術雑誌購入予算の削減を行うことができた。この過程で、いくつかのコメントが教授会から寄せられた。そのひとつは、購入停止案を3)の計算によって提案するのではなく、もう1段階、購入停止候補雑誌を削減すべき予算の3倍程度提出してもらい、最終的には図書館委員会、教授会でその中から購入停止する雑誌を決定する手続きにすべきというものであった。このことは、名古屋図書館での実施にあたって取り入れた。それだけではなく、「最終案は、ORによって作成した原案を人間が修正して決定するほうが現場に受け入れられる」という教訓はその後のプロジェクトNの活動に生かされることになった。

名古屋図書館の購入停止雑誌の決定の手続きは、2006年度から始まった。前出の修正に加えて、法学部が必要とする判例集は購入停止の対象から除く、その後の予算の状況の好転から、削減額を減少させるなどの修正案が図書館委員会、各学部教授会で議論、承認された。その結果、購入停止雑誌が決定され、2007年度購入雑誌予算を10%削減することができた。

この問題は、プロジェクトNが最初に取り組んだ問題であった。問題の最終的な解決には2年に近い期間がかかったものの、首尾よく当初の目標を達成できた。

このこともあって、プロジェクトNの教員と事務職員が協力して問題に取り組んだ良い先例となった。教員もORとは少々離れて、委員会に出席して他の教員に説明するなどしたことが、プロジェクトNの事務職員の信頼を得ることにもつながったと思う。

3. 東海地震注意情報発令時の誘導員の配置問題

東海地震が今後30年以内に発生する確率は87%といわれている。また、観測体制が整っているため、地震の予兆とみられる現象に基づき、観測情報、注意情報、予知情報が発令されることになっている。このうち、注意情報は、観測された現象が東海地震の前兆である可能性が高まった場合に発令され、その後、さらに可能性が高まった場合には、2時間程度で交通規制などが本格的に行われる予知情報が発令される。

南山大学では、注意情報が発令された時点で、学生・教職員の帰宅を開始し、キャンパスを閉鎖する計画を事務組織の中の総務課が中心となって立案しようとしていた。その計画の中で、学生を帰宅させる際の誘導のためにキャンパス内の要所に事務職員を配置する問題が総務課で解決が困難な問題として取り上げられていた。特に、名古屋キャンパスは、学生数も多く、キャンパスへの出入り口も多数あるので、事務職員を配置する場所、どの部署の職員をどの配置場所に割当てればよいかを決定する問題は、ORを用いなくては解決困難な問題であった。

プロジェクトNでは、2006年からこの問題に取り組んだ。図2は名古屋キャンパスの配置図である。プロジェクトNでは、この問題の解決には、学部学生に手伝ってもらうことにし、鈴木研究室の4年生2名を選んだ。彼らには、図2の配置図から、キャンパスの出口、通路の交差点、建物の出口をノードとし、それらを結ぶ通路を枝とするネットワークの構成と、誘導員の配置場所の選定の計算をしてもらった。その後、彼らは、各部署の事務職員をこれらの配置場所に割当てる問題にも取り組み、これらをまとめて、卒業論文としている[3]。

配置場所の選定は、建物から出口に向かう学生が必ず1回は誘導員の配置されたノードを通過し、また、1人の誘導員が誘導できる時間当たりの人数には制限があるという条件で、誘導員の数を最小にするように求めた。この問題は0-1整数計画法問題として定式化し、EXCEL上の最適化ソフトウェアであるWhat's

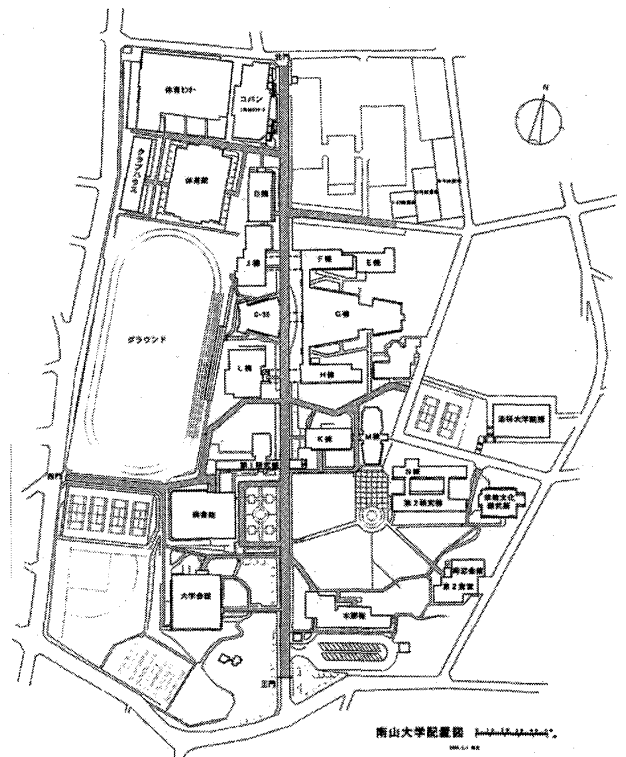


図2 名古屋キャンパスの配置図（灰色は学生が移動する通路をあらわす）

Best! を用いて解を求めた。

各部署の事務職員をこれらの配置場所に割当てる問題は、なるべく短時間で、各部署から配置場所に到着するという基準でミニマクス型の0-1整数計画問題として定式化した。この問題も同じくWhat's Best!を用いて解いた。さらに、このミニマクス型の問題の最適解を移動時間の上限として、各部署の事務職員の総移動時間が最小になるようなミニサム型の問題を解き、実際の割当てを決めた。これは、ミニマクス型の問題の解では、割当て可能な最も近い配置場所に誘導員が割当てられない場合があるためである。

実際に総務課が誘導員の配置問題を解決するにあたって、プロジェクトNでは、誘導員の配置場所は、この結果をそのまま用いることにした。キャンパスのネットワークを構成するとき用いた、建物の配置や通路は、そう頻繁に変わるものではないと考えたからである。また、誘導員の割当てについては、この結果を用いるものの、問題をより簡便な、輸送問題として定式化し、EXCELのソルバーを用いて解いた。それは、各部署からの誘導員の人数は人事異動によって変動するので、事務職員がそのたびに自分で問題を解いて、計画を変更する必要があるという理由からである。この問題を担当した総務課の職員も、ソルバーを使用

するのは初めてであったが、ごく短時間のうちに使いこなせるようになり、実際の計算も行った。

2007年には、総務課はこの誘導員の配置計画を含んだ対策案を策定した。この対策案は大学の対策として承認され、現在に至っている。この問題は、図書館雑誌の停止問題とは違って、プロジェクトNの教員が委員会に出席するなどの必要はなかった。ORを用いることで、今まで解決困難だった問題が解けるようになった例である。プロジェクトNで取り組む問題はこのような問題が多くなっていった。

4. インターンシップ報告会のスケジューリング

南山大学では、企業と協力して独自のインターンシップを行っており、その一環として、企業の人事担当者も参加する報告会を行っている。インターンシップの参加者は毎年増加傾向にあり、ここ2、3年は100名を超える人数になっている。これらの学生がインターンシップの体験談を10分程度で報告するのが報告会である。企業の人事担当者が参加するので、同じ企業でインターンシップを行った学生は、同一の発表会場、もしくは異なる発表会場でも連続した時間帯で発表する；インターンシップ終了から報告会の準備のための期間をとらなくてはならない；などの条件を満たすようにシフトを作成する。

プロジェクトNのメンバーの事務職員が2007年にシフト作成の担当になり、入試監督の自動割当てシステムのようにこの問題も自動化できるのではないかと考えたのが、プロジェクトNでこの問題に取り組むきっかけになった。プロジェクトNでは、この問題の解決に、学部学生の力を借りることにした。そこで、数理情報学部鈴木研究室の4年生3人に、システムの作成を手伝ってくれるように依頼した。

インターンシップ報告会のスケジューリングは毎年8月に行われるので、かれらは、夏休み中にシステムを試作した。2007年度は担当者がこの試作システムを用いてスケジューリングを行った。従来は1日ばかりでシフトを作成していたのが、このシステムによると30分程度で作成できるようになった。かれらは、試作システムを2008年度以降も利用できるように改良を進め、それを卒業論文にまとめた[1]。

この問題は、0-1整数計画法問題として定式化し、EXCEL上の最適化ソフトウェアWhat's Best!を用いて解を求めた。2007年度の問題は、2,400変数、

1,700制約式の規模の問題となり、標準的なPCを用いて約2秒で解を求めることができた。

最後に、問題の定式化を紹介しよう。定式化で用いた記号は以下の通りである。

I : 学生の集合 $i \in I$

J : 報告日程の集合 $j \in J$

K : 報告会のコマの集合 $k \in K$

L : 報告会の教室の集合 $l \in L$

c_{ij} : 学生 i がインターンシップ終了日から日程 j で報告するまでの経過日数 $i \in I; j \in J$

D : インターンシップ終了日から報告会までの最低経過日数

a_{ij} : $c_{ij} \leq D$ のとき 0, そうでないとき 1 の定数

G_m : 同一報告日程, 時間, 教室で報告しなければならない学生のグループ $m \in M$

H_n : 同一報告日程, 時間で報告しなければならない学生のグループ $n \in N$

$$x_{ijkl} = \begin{cases} 1 & \text{学生 } i \text{ が日程 } j, \text{ 時間 } k, \text{ 教室 } l \text{ で報告する} \\ 0 & \text{学生 } i \text{ が日程 } j, \text{ 時間 } k, \text{ 教室 } l \text{ で報告しない} \end{cases}$$

以上の記号を用いて、問題は以下のように定式化できる。

$$[P] \max \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (c_{ij} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} x_{ijkl}) \quad (1)$$

$$\text{s. t. } \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} x_{ijkl} \leq a_{ij} \quad i \in I; j \in J \quad (2)$$

$$x_{ijhl} = x_{ijkl} \quad (3)$$

$$i, i' \in G_m; m \in M; j \in J; k \in K; l \in L$$

$$\left. \begin{aligned} \sum_{l \in L} x_{ijkl} &= \sum_{l \in L} x_{i'jkl} \\ x_{ijkl} + x_{i'jkl} &\leq 1 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$i, i' \in H_n; n \in N; j \in J; k \in K$$

$$x_{ijkl} \in \{0, 1\}, i \in I; j \in J; k \in K; l \in L \quad (5)$$

制約式の意味は次のようである。

(2) 学生はインターンシップ終了後定められた期間後に発表する

(3) 同一クラスで発表する制約

(4) 同一時間帯で発表する制約

実際には、2008年度には、大学のPCにインストールされているEXCEL 2003がEXCEL 2007へバージョンアップされ、また2009年度には、インターンシップ報告会の日数が変更になるなどしたため、その都度、プロジェクトNのメンバーである教員がシステムを少しずつ改修して現在に至っている。

5. おわりに

ここで紹介したプロジェクト N の 3 つの事例のいずれについても、その実現に当ってはその業務を担当する事務職員と何回も打ち合わせを行った。プロジェクト N は問題解決のためのチームであるから、提案する解決策や、作成するシステムが実際の業務改善に役立ってくれなくてはならない。また、それらは、その業務が変更になるまでは使い続けてもらわなくてはならない。これらの理由から、プロジェクト N では、なるべく担当者が解決策を自ら策定できるようにしてきた。また、それができないときは、解決策を作成するシステムをなるべく担当者に使いやすくするように配慮してきた。そのために、模擬データで実際にシフトを作成し、改善点を見つけ出してはシステムを改修することによりかなりの労力を費やしている。

具体的に考慮したのは、以下のような点である。これらは、担当者が最も重視していた。

- (1) 解決策作成に当って、担当者が容易に修正を加えられるか
- (2) 解決策作成の基礎データに誤りがあったとき、それが担当者にすぐにわかるか
- (3) 解決策作成が何らかの原因で、できなかったとき、その原因がすぐにわかるか

の 3 点であった。

プロジェクト N は 2008 年に学内で中間発表を行った。その際には多くの事務職員が参加し、活発な議論が行われた。また、その際には、このような問題で困っているが、という問題提起もあった。時間割編成の問題もその一つである。実際、OR を用いて改善できる大学の業務はまだ数多くあり、プロジェクト N で取り組む問題はつきない。

今回は、プロジェクト N で取り扱ったシフトスケジューリングの問題について紹介する。

参考文献

- [1] 藤下奈穂, 藤原加七絵, 山田香, インターンシップ就業体験報告会のスケジューリング問題について—スケジュール自動作成システムの試作, 南山大学数理情報学部数理科学科 2007 年度卒業論文.

(要旨: <http://www.seto.nanzan-u.ac.jp/msie/gr-thesis/ms/2007/04mm008.pdf>)

- [2] 長谷川利治, 鈴木敦夫, 伊倉義郎, オペレーションズ・リサーチの新たな展開—理論研究から応用重視への転換, 中部産業連盟機関紙「プロGRESS」, 第 659 号, pp. 2-10, 2006.
- [3] 井元太郎, 杉山美帆, 東海・東南海地震における注意情報発令時の OR を用いた南山大学名古屋キャンパスの対策について, 南山大学数理情報学部数理科学科 2006 年度卒業論文. (要旨: <http://www.seto.nanzan-u.ac.jp/msie/gr-thesis/ms/2006/suzuki/03mm024.pdf>)
- [4] 澤木勝茂, 鈴木敦夫, 大学業務改善に向けての OR の活用, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 54, No. 5, pp. 255-260, 2009.
- [5] A. Suzuki, M. Fushimi and M. Nishio, Selecting Journals of University Library to Stop Subscription by OR/MS Approach, Proceedings of the 7th International Symposium ISORA 2008, Operations Research and Its Applications, Lecture Notes in Operations Research, World Publishing, Vol. 8, pp. 231-236.
- [6] A. Suzuki, K. Sawaki and T. Hasegawa, "An OR/MS Approach to Managing Nanzan Gakuen (Nanzan Educational Complex): From the Strategic to the Daily Operational Level," *Interfaces*, Vol. 36, No. 1, 2006, pp. 43-54.
- [7] 鈴木敦夫, 山本佳奈, 伊東尚美, シフトスケジューリング—南山大学での事例紹介, スケジューリング・シンポジウム 2009 講演論文集, pp. 25-30.
- [8] A. Suzuki, K. Yamamoto, N. Ito and M. Fushimi, Shift Scheduling Problems in Nanzan University Entrance Examinations—Their Formulation and Implementation, Proceedings of the 8th International Symposium ISORA 2009, Operations Research and Its Applications, Lecture Notes in Operations Research, World Publishing, Vol. 10, pp. 461-468.
- [9] 山本佳奈, 鈴木敦夫, 南山大学における入試監督自動割当システムの作成, オペレーションズ・リサーチ, Vol. 54, No. 6, pp. 335-341, 2009.

EXCEL は Microsoft 社の登録商標です。
What's Best! は LINDO 社の登録商標です。