

タイトル	解析的問題解決における表モデル作成の教育に関する一考察
著者	上田, 雅幸; Ueda, Masayuki
引用	北海学園大学経営論集, 17(1): 81-90
発行日	2019-06-25

解析的問題解決における表モデル作成の教育に関する一考察

上 田 雅 幸

1. はじめに

数理モデルに基づく意思決定支援システムをマーケティングや医療等の分野に利用することの有効性を示す研究がいくつもあるにもかかわらず、そうしたシステムの導入率は低いままである (Lilien et al., 2004)。本研究では、Grossman et al. (2016) と同様、“代数的な数式表現に対して苦手意識があるが、表計算ソフト (の機能) には高い関心を持った学生”を想定し、そうした学生が問題解決において数理的手法を活用できるように方向付けることを目的とした解析的問題解決の教育について考察する。

今日、解析的問題解決の教育において Excel などの表計算ソフトの利用への関心が高まってきている。Excel のソルバー機能 (以下、Excel ソルバー) を用いて問題を解くためには、当該問題をワークシート上に整理する必要がある (以下、表モデルの作成)。さまざまな問題に主体的に取り組んでみるように学生を動機づけるためには、解析的問題解決の教育を通じて表モデルを作成する能力を高める必要がある。学生は、日常的に表計算ソフトに慣れ親しんでおり、問題状況を表形式に整理することを体験的に分かっている。しかしながら、English (1993) が指摘するように、表モデルを作成することは初学者にとって簡単なことではない。また、独自の自由な手法で表モデルの作成を行うと、記述内

容が分かりにくく、エラーが起りやすい等の問題が出てくる。表モデルに含まれるエラーを発見して修正する作業は、多くの時間と労力を要する。こうした作業にかかる負担が大きくなると、学生が解析的問題解決の学習へのモチベーションを維持させることが難しくなる。本研究では、表モデルの作成に焦点を当てながら、解析的問題解決の教育に関する考察を行う。

本研究は以下のように構成される。第2節では、Excel ソルバーの利用を想定した解析的問題解決のテキストを分析することにより、表モデル作成の教育状況を明らかにする。第3節では、解析的問題解決の教育のなかで表モデルの作成を支援する方策として、表モデル作成のガイドライン、テーブル機能を活用した表モデル、及び、あらかじめ整理された表モデルを教育用テンプレートとして利用する方法について考察する。第4節は結論である。

2. 解析的問題解決教育における表計算モデル作成の扱い

Excel ソルバーを用いて問題を解くためには、ワークシート上に表モデルを作成する必要がある。ワークシート上のセルを指定しながらパラメータを設定して Excel ソルバーを実行すると、当該問題に対する解を自動的に

求めることができる。図1、図2は、それぞれ「生産計画問題」、「輸送問題」に対して表モデルを作成し、Excel Solverを実行した結果である。図1は、荻田ほか（2009）を参考に表モデルを作成している。図2は、Conway et al. (1997)において標準形式とされているものを参考に表モデルを作成している。学生が慣れ親しんでいるExcelに標準で備わるSolver機能を利用することは、数値計算にかかる負担を軽減できるだけでなく、学生の解析的問題解決の学習への関心を高め、モチベーションを維持させる仕組みとして有効である。

今日、Excel Solverの利用を想定した解析的問題解決の教育向けのテキストが多数出版されている。Excel Solverの利用を想定したテキストでは、“Excel Solverで問題を解くためには、テキストのようにワークシートを作成する”、“各セルにはテキストのようにデータや数式を入力する”、“テキストのようにパラメータを設定した後に実行ボタンを押す”等、Excel Solverの操作が詳しく解説されている。学生は、テキストに従った作業を行うことにより、自動的に当該問題に対

する解を求めることができる。ここで問題となるのは、“Excel Solverの利用を想定したテキストは、紙数の制約もあり、完成された表モデルの解説を行うことはあるものの、どのようにその表モデルが作成されたのかを解説することが（ほとんど）ない”ということである。“個人的な趣味や慣れにもよるので、Solverをビジバシ使って、経験を積み、自分なりのワークシートの作成方法を身に付けられることをお勧めする”（村井，2011），“データの-inputの仕方は自由であるが、経験を重ねていくと、Solverの操作に都合の良い入力法（自分の流儀のようなもの）を確立していくことが可能である”（後藤，2012），“ワークシートの作成に関する特別なガイドラインがあるわけではない。個人の好みや技術・技能に応じて決めればよい”（Nagraj Balakrishnan et al., 2012）等、どのように表モデルを作成すべきかに関してはあまり検討されていない。

学生は、テキストに従った作業を繰り返すことにより、Excel Solverの使い方を学習することができる。しかしながら、完成された表モデルの解説だけでは、試行錯誤しながら

	原材料P	原材料Q	原材料R	利益
製品A	2	1	1	3
製品B	1	1	3	4
利用可能量	1600	1000	2400	
生産量と利益(最大化)				
	生産量	利益		
製品A	300	900		
製品B	700	2800		
合計		3700		
制約条件: 原材料の利用量				
	原材料P	原材料Q	原材料R	
製品A	600	300	300	
製品B	700	700	2100	
実際の利用量	1300	1000	2400	

図1 「生産計画問題」の表モデル①

問題データ					
	工場1	工場2	工場3	工場4	供給量
倉庫A	40	48	21	15	25
倉庫B	52	35	45	60	35
倉庫C	25	43	70	85	40
需要量	15	20	35	30	
決定変数					
	工場1	工場2	工場3	工場4	
倉庫A	0	0	0	25	
倉庫B	0	0	30	5	
倉庫C	15	20	5	0	
出力					
	出荷量			入荷量	
倉庫A	25		工場1	15	
倉庫B	35		工場2	20	
倉庫C	40		工場3	35	
			工場4	30	
総コスト	3610				

図2 「輸送問題」の表モデル①

ら問題状況を表形式に整理する練習にはならない。“表モデルに記述された内容を理解できること”と“問題状況を表モデルに整理できること”との間には、大きなギャップがある。解析的問題解決の教育のなかで表モデルを作成する能力を高めることができなければ、学生がさまざまな問題に主体的に取り組んでみることへの動機づけにはならない。

生産計画問題¹⁾：

原材料P, Q, Rを用いて2種類の製品A, Bを生産している企業を考える。製品A, Bを1単位生産するのに原材料Pを2kgと1kg, Qを1kgと1kg, Rを1kgと3kg必要とする。原材料P, Q, Rの利用可能量はそれぞれ1600kg, 1000kg, 2400kgとする。製品A, Bが1単位当たり3万円, 4万円の利益をあげるとき、総利益を最大にする製品A, Bの生産量を求めよ。

輸送問題²⁾：

ある部材について家電メーカー、ソナパニック社の3ヵ所の倉庫A, B, Cにある在庫と4ヵ所の組み立て工場の需要量、および倉庫から組み立て工場へ運ぶのにかかる輸送費用(1単位当たり)が表のように与えられているとする。このとき、組み立て工場の需要を満たし、かつ、輸送費が最も安くなるようにするには、どの倉庫からどの組み立て工場にどれくらいずつ輸送したらよいただろうか。

	工場1	工場2	工場3	工場4	在庫量
倉庫A	40	48	21	15	25
倉庫B	52	35	45	60	35
倉庫C	25	43	70	85	40
需要量	15	20	35	30	

3. 解析的問題解決の教育における 表モデル作成の支援

①表モデル作成のためのガイドライン

Excel ソルバーを利用するためには、表モデルを作成する必要がある。問題状況をうまく表形式に整理することができなければ、Excel ソルバーを利用しにくくなるだけでなく、利用できることに気づかない恐れがある。Excel ソルバーの利用を想定した多くのテキストにおいて、“どのように表モデルを作成すべきか” に関してはあまり検討されていない。Excel ソルバーを利用するにあたって、表モデルの作成に関するルールはない。問題状況を自由に整理できることが、魅力の1つでもある。しかしながら、独自の自由な手法で表モデルを作成すると、記述内容が分かりにくくなったり、数式の入力やコピーの際にエラーが起りやすくなったりする。何らかのエラーにより Excel ソルバーを実行した結果が意図しないものであるときに、表モデルを見直し修正するには多くの時間と労力を要する。学生がモチベーションを維持しながら解析的問題解決に取り組み続けられるようにするためには、問題状況を表形式に整理する練習を繰り返しながら、“どのように表モデルを作成すべきか” を学生に意識させる教育が必要である。

これに対して、Conway et al. (1997) や Hiller, F. S. & Hiller, M. S. (2010) は、最適化問題に対する表モデルの作成に関するガイドラインを示している。Conway et al. (1997) は、“表モデルは、信頼性 (Reliability)、監査可能性 (Auditability)、変更容易性 (Modifiability) を考慮しながら作成されるべきである” と主張している。当該ガイドラインに従うと、「生産計画問題」を整理した図1は、原材料の「実際の利用量」と「利用可能量」が離れたセルに配置されていることから、“Excel ソルバーにより原材料に関する制約を満たした解

	生産量	利益	
製品A	300	3	
製品B	700	4	
	総利益	3700	
	原材料P	原材料Q	原材料R
製品A	2	1	1
製品B	1	1	3
実際の利用量	1300	1000	2400
利用可能量	1600	1000	2400

図3 「生産計画問題」の表モデル②

が得られているかが分かりにくい”、“ソルバー設定画面においてパラメータの設定ミスが起りやすい”等の問題を抱えていることがわかる（信頼性、及び、監査可能性への負の影響）。「輸送問題」を整理した図2においても、倉庫の「在庫量」と「出荷量」、工場の「需要量」と「入荷量」が離れたセルに配置されていることから、同様のことが言える。また、図2では、各工場への輸送量の合計である「入荷量」を整理する際に、各倉庫からの輸送量の合計である「出荷量」のように数式のコピーで対応することができない。このような表モデルは、数式を1つ1つ入力する必要があるため、エラーが起りやすい（信頼性への負の影響）。図3、図4は、それぞれ Conway et al. (1997) のガイドラインに従って「生産計画問題」、「輸送問題」を整理しなおした結果である。関連するセルが近くに配置されていることから、問題状況を確認しやすい。また、セルの配置変更により、数式のコピーで対応することができる項目が増えている（「輸送問題」の「入荷量」）。

②テーブル機能を活用した表モデル

表モデルは、一般的に拡大・縮小が困難であると認識されている。このことは、Conway et al. (1997) のガイドラインに従って作成した表モデルにも当てはまる。例えば、「輸送問題」において新たに倉庫Dと工場5を設け

輸送費用データ						
	工場1	工場2	工場3	工場4		
倉庫A	40	48	21	15		
倉庫B	52	35	45	60		
倉庫C	25	43	70	85		
輸送量						
	工場1	工場2	工場3	工場4	出荷量	供給
倉庫A	0	0	0	25	25	25
倉庫B	0	0	30	5	35	35
倉庫C	15	20	5	0	40	40
入荷量	15	20	35	30		
需要	15	20	35	30		
総コスト	3610					

図4 「輸送問題」の表モデル②

輸送費用データ							
	工場1	工場2	工場3	工場4	工場5		
倉庫A	40	48	21	15	20		
倉庫B	52	35	45	60	60		
倉庫C	25	43	70	85	85		
倉庫D	20	35	60	40	35		
輸送量							
	工場1	工場2	工場3	工場4	工場5	出荷量	在庫量
倉庫A	0	0	0	0	0	0	25
倉庫B	0	0	0	0	0	0	35
倉庫C	0	0	0	0	0	0	40
倉庫D	0	0	0	0	0	0	30
入荷量	0	0	0	0	0		
需要量	15	20	35	30	30		
総コスト	0						

図5 「輸送問題」の表モデル②における倉庫Dと工場5の追加³⁾

ることになった場合、既存の表モデル(図4)に対して倉庫Dと工場5のために新たな行・列を挿入し、「在庫量」、「需要量」、及び、「単位当たりの輸送費用」を入力する必要がある(図5参照)。また、「出荷量」、「入荷量」、及び、「総コスト」を表すセル式を設定しなおす必要がある。行・列の追加によりセルの位置がずれた場合には、Excel Solver実行の際にSolver設定画面において決定変数、目的関数、制約条件で指定するセル範囲の修正が

必要になる場合もある。同様のことが、「生産計画問題」についても言える(図6参照)。

LeBlanc & Grossman (2015) は、“こうした作業は、退屈でエラーを起こしやすく、表計算ソフトの魅力を損なうものになる”と主張している。これに対して、LeBlanc & Grossman (2015) は、Excelのテーブル機能を活用することにより、モデルの拡大・縮小に柔軟に対応できる表モデルの作成方法(接続されたテーブル)を提案している。

	生産量	利益		
製品A	0	3		
製品B	0	4		
製品C	0	5		
	総利益	0		
	原材料P	原材料Q	原材料R	原材料S
製品A	2	1	1	0
製品B	1	1	3	0
製品C	3	1	1	2
実際の利用量	0	0	0	0
利用可能量	1600	1000	2400	1000

図6 「生産計画問題」の表モデル②において製品Cと原材料Sを追加した場合⁶⁾

図7は、LeBlanc & Grossman (2015) の提案する方法により「輸送問題」に対して表モデルを作成し、Excel ソルバーを実行した結果である。「輸送問題」は、3つのテーブル（“倉庫に着目したテーブル”，“工場に着目したテーブル”，“倉庫と工場の関係に着目したテーブル”）と目的関数を表すセルにより整理されている。表モデルに新しいデータを追加した場合、Excel のテーブル機能により、テーブル内に設定していた数式は自動的に新しい行にコピーされ、テーブル内のセル範囲を参照していた関数も自動的にその参照先が拡張される。例えば、「輸送問題」において倉庫Dと工場5を追加する場合、倉庫Dの「在庫量」、工場5の「需要量」、及び、「単位当たりの輸送費用」を当該テーブルの新しい行に入力すると、「出荷量」と「入荷量」を表す数式が新しい行に自動的にコピーされ、総コストを表す関数の参照範囲も自動的に拡張される（図8参照）。Excel ソルバーもテーブル機能に対応しているため、ソルバー設定画面において、決定変数、目的関数、制約条件に設定していたセル範囲は自動的に更新される。LeBlanc & Grossman (2015) の提案する表モデルは、モデルの拡大・縮小に対して必要最低限の作業で対応できるため、エラーが起りにくい⁶⁾。

LeBlanc & Grossman (2015) の提案する表

モデルは、Conway et al. (1997) の変更容易性の改善を図ったものと捉えることができる。しかしながら、LeBlanc & Grossman (2015) の提案する表モデルにも問題がある。「輸送問題」の表モデル③（図7）において、倉庫テーブルの「出荷量」や工場テーブルの「入荷量」は、倉庫と工場の関係テーブルの「輸送量」から計算されるものである⁷⁾。Conway et al. (1997) のガイドラインに従うと、こうしたセルが離れて配置されている表モデルは、監査可能性に問題があることになる。著者の経験では変更容易性の観点から提案された表モデル（図6）よりも監査可能性の高い表モデル（図4）のほうが初学者にとっては理解しやすいと考えられるが、表モデルの作成に正解はなく、Conway et al. (1997) と LeBlanc & Grossman (2015) のどちらが望ましい表モデルの作成方法であるかは判断できない。重要なことは、解析的問題解決の教育を通じて、問題状況を同様の表モデルとして整理する能力を高めることである。

③教育用テンプレートの利用

Conway et al. (1997) のガイドラインを活用した場合であっても、“表モデルの作成において正しく数式を入力することができていない”，“正しく数式をコピーすることができていない”等、学生は表モデルの作成において

解析的問題解決における表モデル作成の教育に関する一考察(上田)

倉庫	出荷量	在庫量	工場	入荷量	需要量	From	To	コスト	輸送量	総コスト	3610
倉庫A	25	25	工場1	15	15	倉庫A	工場1	40	0		
倉庫B	35	35	工場2	20	20	倉庫A	工場2	48	0		
倉庫C	40	40	工場3	35	35	倉庫A	工場3	21	0		
			工場4	30	30	倉庫A	工場4	15	25		
						倉庫B	工場1	52	0		
						倉庫B	工場2	35	0		
						倉庫B	工場3	45	30		
						倉庫B	工場4	60	5		
						倉庫C	工場1	25	15		
						倉庫C	工場2	43	20		
						倉庫C	工場3	70	5		
						倉庫C	工場4	85	0		

図7 「輸送問題」の表モデル③

倉庫	出荷量	在庫量	工場	入荷量	需要量	From	To	コスト	輸送量	総コスト	0
倉庫A	0	25	工場1	0	15	倉庫A	工場1	40	0		
倉庫B	0	35	工場2	0	20	倉庫A	工場2	48	0		
倉庫C	0	40	工場3	0	35	倉庫A	工場3	21	0		
倉庫D	0	30	工場4	0	30	倉庫A	工場4	15	0		
			工場5	0	30	倉庫B	工場1	52	0		
						倉庫B	工場2	35	0		
						倉庫B	工場3	45	0		
						倉庫B	工場4	60	0		
						倉庫C	工場1	25	0		
						倉庫C	工場2	43	0		
						倉庫C	工場3	70	0		
						倉庫C	工場4	85	0		
						倉庫D	工場1	20	0		
						倉庫D	工場2	35	0		
						倉庫D	工場3	60	0		
						倉庫D	工場4	40	0		
						倉庫A	工場5	20	0		
						倉庫B	工場5	60	0		
						倉庫C	工場5	85	0		
						倉庫D	工場5	35	0		

図8 「輸送問題」の表モデル③における倉庫Dと工場5の追加⁹⁾

さまざまなミスをする。Excel ソルバーの実行結果が意図しないものであるときに、このような表モデルに含まれるエラーを発見して修正する作業は、多くの時間と労力を要する。これに対して、King (1997) は、表モデルに含まれるエラーの修正に費やされる時間を最小化するために、解析的問題解決の教育にあらかじめ整理された表モデルを教育用テンプレートとして用意することを提案している。King (1997) は、Conway et al. (1997) のガイドラインを基に少しセルの配置を変更した表モデルを教育用テンプレートとして利用することを提案している (図9 参照)。教育用テンプレートの一部のセルには、あらかじめ目

的関数や制約条件に関わる重要な数式等が入力されている。当該セルには保護機能が設定されており、誤って学生により書き換えができないようにいる。学生は、こうしたセルを参考にしながら、表モデルを完成することになる。King (1997) は、ソルバー設定画面において目的関数や制約条件の一部を前もって設定しておくことも提案している。

「生産計画問題」の表モデル③ (図9) では、原材料の「実際の利用量」と「利用可能量」が少し離れたセルに配置されている。これは、Conway et al. (1997) の監査可能性をある程度犠牲にすることにより変更容易性を高めるためである。図10は、「生産計画問題」におい

		生産量	100	100
総利益		製品	製品A	製品B
700		利益	3	4
実際の利用量	原材料	利用可能量		
300	原材料P	1600	2	1
	原材料Q	1000		
	原材料R	2400		

図9 「生産計画問題」の表モデル③

		生産量	0	0	0
総利益		製品	製品A	製品B	製品C
0		利益	3	4	5
実際の利用量	原材料	利用可能量			
0	原材料P	1600	2	1	3
0	原材料Q	1000	1	1	1
0	原材料R	2400	1	3	1
0	原材料S	1000	0	0	2

図10 「生産計画問題」の表モデル③において製品Cと原材料Sを追加した場合⁸⁾

て“新たに原材料Sを仕入れて製品Cを生産することになった状況”に対する表モデルである。(図6と比べてみると,)元の表モデルの形を大きく崩すことなく,原材料Sと製品C向けの行・列を挿入することができている。さまざまな表モデルが提案されることは望ましいことであるが,原材料の「実際の利用量」が左端に配置されていることは,“問題状況を表形式に整理した結果”としてみた場合には少し違和感がある。(テーブル機能を利用した表モデルの場合と同様,)著者の経験では,変更容易性の観点から提案された表モデルよりも監査可能性の高い表モデルのほうが初学者にとっては理解しやすいと考えられる。

解析的問題解決教育のなかで教育用テンプレートを活用することは,あらかじめ数式等が入力されたセルを参考にしながら表モデルを完成させることになるため,エラーが起こりにくい。“表モデルに含まれるエラーを修正する作業に多くの時間を費やした結果,解析的問題解決の教育が計画通りに進まなかったこと”を,著者も数多く経験している。教

育用テンプレートの活用によりこうした時間が最小化されることの効果は大きい。ただし,エラー防止を考えすぎると,必然的にほぼ完成された表モデルを教育用テンプレートとして用意しなければならなくなる。学生がさまざまな問題に主体的に取り組めるようにするためには,解析的問題解決の教育を通じて表モデルの作成能力を高める必要がある。“問題状況をどのように表形式に整理するか”をあまり意識せずに表モデルを完成できてしまうような教育用テンプレートでは,学生が試行錯誤を繰り返しながら表モデルの作成について学ぶ機会を減らす恐れがある。

4. 結 論

今日,解析的問題解決の教育においてExcelなどの表計算ソフトの利用への関心が高まってきている。学生が日常的に慣れ親しんだ表計算ソフトのソルバー機能を活用した解析的問題解決の教育は,学生に興味・関心を持たせる仕組みとして有効である。Excel

ソルバーを利用するためには、表モデルの作成が必要になる。解析的問題解決の教育のなかで解決すべき問題状況を表形式に整理する能力を高めることができなければ、学生がさまざまな問題に主体的に取り組んでみることへの動機づけにはならない。これに対して、本研究では、解析的問題解決における表モデル作成の教育方法について考察した。

Excel ソルバーの利用を想定したテキストは、完成された表モデルの解説を行うことはあるものの、どのようにその表モデルが作成されたのかを解説することが(ほとんど)ない。テキストを見る限り、“繰返し問題を解くことによって自分なりの表モデルの作成方法を確立することができる”と考えられている印象を受ける。“表モデルに記述された内容を理解できること”と“問題状況を表形式に整理できること”との間には、大きなギャップがある。テキストに従って問題を解くことにより Excel ソルバーの使い方を学ぶことはできるが、それだけで問題状況を表形式に整理する能力を高めることは難しい。

表モデルの作成に関するルールはない。しかしながら、独自の自由な手法で作成された表モデルは、記述内容が分かりにくく、エラーが起りやすい。表モデルに含まれるエラーを発見して修正する作業は、多くの時間と労力を要する。学生がモチベーションを維持しながら解析的問題解決に取り組み続けられるようにするためには、問題状況を表形式に整理する練習を繰り返しながら、“どのように表モデルを作成すべきか”を学生に意識させる教育が必要である。

解析的問題解決教育のなかで表モデルの作成を支援する方策として、本研究では、表モデル作成のガイドライン、テーブル機能を活用した表モデル、及び、あらかじめ整理された表モデルを教育用テンプレートとして利用する方法について考察した。表モデル作成のガイドラインを利用する場合、当該ガイドラ

インに従って作成された表モデルと自由に作成された表モデルとを見比べることにより、“どのように表モデルを作成すべきか”を学生に意識させるきっかけになることが期待できる。LeBlanc & Grossman (2015) や King (1997) が提案する表モデルは、変更容易性を重視したものと捉えることができる。著者の経験では、変更容易性の観点から提案された表モデルよりも、監査可能性の高い表モデルのほうが初学者にとっては理解しやすいと考えられる。テーブル機能を活用した表モデルと教育用テンプレートの利用は、“表モデルの作成や修正にかかる負担を軽減することにより、学生がモチベーションを維持しながら解析的問題解決に取り組み続けられるようにするための仕組み”として参考になる。ただし、このような研究成果を活用する際には、学生が試行錯誤しながら表モデルの作成について学ぶ機会が減らないように注意しなければならない。表モデルの作成に焦点を当てた解析的問題解決の教育を通じて、学生がさまざまな問題に主体的に取り組めるようになることが期待される。

注

- 1) 奥田 (2001) p.46 から引用。
- 2) 藤澤ほか (2011) p.14 から引用。
- 3) 図5の網掛けは、新たに挿入された行・列、及び、セル式が設定しなおされた部分を表している。
- 4) 図6の網掛けは、新たに挿入された行・列、及び、セル式が設定しなおされた部分を表している。
- 5) 図8の網掛けは、新たな行・列の追加に対して自動的に関数の参照範囲が拡張された部分を表している。
- 6) (後述する) King (1997) が提案する「生産計画問題」に対する表モデルも、セルの配置を工夫することにより、製品や原材料の追加に柔軟に対応できるようになっている(図9参照)。ただし、「輸送問題」に対する表モデルについては検討されていない。
- 7) LeBlanc & Grossman (2015) の提案する表モデルにおいて、「出荷量」(「入荷量」)は、倉庫と工

場の関係テーブルの「From」（「To」）より各倉庫からの「輸送量」の合計（各工場への「輸送量」の合計）をSUMIF関数により求める仕組みとなっている。

8) 図10の網掛けは、新たに追加された行・列、及び、セル式が設定しなおされた部分を表している。

参考文献

- [1] Balakrishnan, N., Render, B. and Stair, R. M. (2012) “Managerial Decision Modeling with Spreadsheets”, Prentice Hall
- [2] Conway, D. G., Ragsdale, C. T. (1997) “Modeling optimization problems in the unstructured world of spreadsheets”, *Omega*, Vol.25, No.3, pp.313-322
- [3] English, R. (1993) “Introducing spreadsheets in mathematics”, *Mathematics in School*, Vol.22, No.5, pp.38-40
- [4] 藤澤克樹, 後藤順哉, 安井雄一郎 (2011) 『Excelで学ぶOR』, オーム社
- [5] 後藤順哉 (2012) 「Excelで始める数理最適化」, 『オペレーションズ・リサーチ: 経営の科学』, Vol.57, No.4, pp.175-182
- [6] Grossman, T. A., Mehrotra, V. and Sidaoui, M. (2016) “A Student-Centered Approach to the Business School Management Science Course”, *INFORMS Transactions on Education*, Vol.16, No.2, pp.42-53
- [7] Hiller, F. S., Hiller, M. S. (2010) “Introduction to Management Science: A Modeling and Case Studies Approach with Spreadsheets”, McGraw-Hill Higher Education
- [8] 荻田正雄・上田太一郎・中西元子 (2009) 『Excelのできる最適化の実践らくらく読本』同友館
- [9] King, M. (1997) “Some comments on “modeling optimization problems in the unstructured world of spreadsheets””, *Omega*, Vol.25, No.5, pp.595-598.
- [10] LeBlanc, L. J., Grossman, T. (2015) “Ensuring Scalability and Re-Usability of Spreadsheet Analytical and Optimization Models”, *Vanderbilt Owen Graduate School of Management Research Paper*, No.2709788
- [11] Lilien, G. L., Van Bruggen, G. H., Starke, K. (2004) “DSS Effectiveness in Marketing Resource Allocation Decision: Reality vs. Perception”, *Information System Research*, Vol.15, No.3, pp.216-235
- [12] 村井直志 (2011) 『企画・戦略スタッフのための「入門」科学的意思決定』秀和システム
- [13] 奥田和重 (2001) 『経営科学入門』ムイスリ出版