HOKUGA 北海学園学術情報リポジトリ
学校法人北海学園
北海学園大学
北海商科大学

タイトル	表計算モデルにより意思決定を行う教育方法に関する一考察 ： ゲーム教材の利用可能性について
著者	上田，雅幸；Ueda，Masayuki
引用	北海学園大学経営論集，13(2)：13-21
発行日	2015-09-25

Hokkai-Gakuen Organization of Knowledge Ubiquitous through Gaining Archives.

表計算モデルにより意思決定を行う教育方法に関する一考察

── ゲーム教材の利用可能性について ──

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など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）。Operations Research/Management Science 等の数理的手法をもっと意思決定者に活用してもらうにはどうすればよいのか。Beliën et al.（2013）は，数理的手法が活用されない原因が，その教育にあると考えている。本研究では，数理的手法を用いて意思決定を行うことの教育（以下，OR/MS 教育）に関する考察を行う。Snieedovich（2002）は，“OR/MS 教育において，ゲームが学生への学習の動機付けとして有益な教材である”と主張している。Chlond（2003）は，さまざまなパズルゲームに対して数理的手法が適用可能であることを示している。本研究では，OR/MS 教育におけるゲーム教材の利用可能性について考察する。

著者は，OR/MS 教育において，Excel ソルバーの利用が有効であると考える。今日，Excel などの表計算ソフトを活用することで，十分な数理的知識を持たない学生であっても数理的手法を学習できるように工夫された本も多数出版されている（例えば，［2］，［7］，［9］，［14］等を参照されたし）。本研究では，Excel ソルバーの利用を想定しながら，OR/MS 教育に関する考察を行う[1)]。具体的には，問題状況を学生が慣れ親しんだ表形式（以下，表計算モデル）で整理し，Excel ソルバーで最適化を図る状況を想定する。

本論文は以下のように構成される。第 2 章では，最も一般的である（と思われる）テキスト上の問題を用いた OR/MS 教育に関する考察を行う。第 3 章では，論理パズルとエネルギー供給ゲームを用いた OR/MS 教育に関する考察を行う。第 4 章では，問題解決プロセスの観点から，OR/MS 教育におけるゲーム教材（論理パズル，エネルギー供給ゲーム）の適用可能性に関する考察を行う。第 5 章は結論である。

2．表計算モデルによるテキスト問題の解決

OR/MS 教育においては，テキスト上の問題が教材として用いられることが多い（と思われる）。テキスト上で与えられる問題の多くは，以下の生産計画問題のように，問題状況が簡潔に整理されている。ここでいう“簡潔”とは，“数理的手法を適用しやすいように整理されている”という意味である。

生産計画問題（［10］から引用）：

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 個生産するのに原材料 P を 2 kg と 1 kg，Q を 1 kg と 1 kg，R を 1 kg と 3 kg 必要とする。原材料 P，Q，R の利用可能量はそれぞれ 1.6 トン，1 トン，2.4 トンとする。製品 A，B が 1 個当たり 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。

Excel ソルバーを用いてこの問題を解くためには，図 1 のように問題状況を表計算モデルとして整理する必要がある。セル B6：C6 は決定変数であり，この問題で決定しなければならない製品 A，B それぞれの生産数を表している。セル E6 には，目的関数の式が入力されている。ここでは，“=SUMPRODUCT (B5:C5,B6:C6)”と入力することにより，製品 A，B の生産数に応じた総利益が計算されている。セル D2：D4 には，製品 A，B の生産数に応じた原材料 P，Q，R の実際の利用量が計算されている。例えば，セル D2 には“=SUMPRODUCT(B2:C2,$B$6:$C$6)”と入力されており，原材料 P の利用量が計算されている。このセルを利用することにより，“原材料 P は 1600（kg）まで利用可能”という制約条件は，“D2≦E2”と記述することができる。他の原材料に関しても，同様に制約条件を記述することができる。図 1 は，上記の制約条件を設定後に Excel ソルバーを実行した結果である。

生産計画問題のように問題状況が整理されたテキスト上の問題は，数理的手法（表計算モデル）により解が求められることを確認することには適している。しかしながら，こうした問題を繰り返し解いても，数理的手法を用いた意思決定がどのようなものであるかをイメージすることは難しいと思われる。Beliën et al.（2013）は，“十分に整理された問題が課題として与えられる従来の OR/MS 教育では，実際問題の解決における数理的手法の利用促進にはつながらない”と指摘する。大堀他（2013）では，数理的手法を学習する動機付けの仕組みとして，その教材として用いる問題に関する考察が行われている。大堀他（2013）は，“具体的かつ学生にとって身近な問題にする”等，OR/MS 教育で扱う問題の重要性を指摘している。

次章以降では，こうしたテキスト上の問題を扱う以外の方法として，ゲーム教材（論理パズル，エネルギー供給ゲーム）の利用に関する考察を行う。

3．OR/MS 教育におけるゲーム教材の利用

3－1　論理パズル

今日，新聞や雑誌等で論理パズル①のような問題を目にすることが多くなった。論理パズルは，ルールが単純明快であるため，簡単な説明後にすぐに問題に取り組むことが出来る。論理パズルは，当然手作業で解くことができるが，数理的手法により解くこともできる。図 2 は，Excel ソルバーを用いて論理パズル①を解くために，問題状況を表計算モデルで整理した結果である。

	A	B	C	D	E
1		A	B	実際の利用量	利用可能量
2	P	2	1	1300	1600
3	Q	1	1	1000	1000
4	R	1	3	2400	2400
5	利益	3	4		
6	生産数	300	700	総利益	3700

図 1　生産計画問題に対する表計算モデル

論理パズル問題①（［５］から引用）：
問題：以下の事実が与えられたとき，“アリスの好きな歴史上の人物”を求めよ
事実：①松がある人は梅がある人の左隣，②ナタリーは大野東人が好き，③坂上田村麻呂好きは杉がある人の２つ右，④光明皇后好きはノエルの左隣，⑤マドレーヌはアリスより左，⑥桜がある人は桓武天皇好きの２つ右

セル B2:E5，B9:E12，B16:E19 は，決定変数である。「名前」（ナタリー，ノエル，マドレーヌ，アイス），「好きな歴史上の人物」（大野東人，坂上田村麻呂，光明皇后，桓武天皇），「庭にある木」（松，杉，梅，桜）に関して，当該位置（１，２，３，４）に割り当てられるときには“１”，そうでないときには“０”をとる，0-1 変数である。行和，列和をそれぞれ“＝1”に設定することにより，「名前」，「好きな歴史上の人物」，「庭にある木」それぞれにおいて重複しない位置を割り当てることができる。セル G2:G5，G9:G12，G16:G19 には，「名前」，「好きな歴史上の人物」，「庭にある木」に割り当てられる位置が表示されるようにしてある（例えば，セル G2 には，“=SUMPRODUCT($B$1:$E$1,B2:E2)”が入力されている）。

これらのセルを利用することにより，問題で与えられている事実を表現していくことができる。例えば，“②ナタリーは大野東人が好き”という事実は，“ナタリーが割り当てられている位置は，大野東人が割り当てられている位置と等しい”（G2=G9）と記述することができる。図２は，上記の制約条件を設定後に Excel ソルバーを実行した結果である。アリスに割り当てられている位置が３（セル G5），「好きな歴史上の人物」において位置３（セル G10）が割り当てられているのが坂上田村麻呂となっている。ことから，論理パズル問題①の答えは“坂上田村麻呂”ということが分かる（表１参照）。

新聞や雑誌でよく見かける論理パズルが数理的手法を用いて解けることを示すことは，学生の数理的手法に対する興味をわかせる手段として効果的だと思われる。但し，論理パズルは，論理パズル問題②のように，問題状況を表計算モデルとして整理する際に工夫が

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	名前	1	2	3	4	行和	位置		事実①	松	=	梅-1
2	ナタリー	0	0	0	1	1	4			2		2
3	ノエル	0	1	0	0	1	2		事実②	ナタリー	=	大野
4	マドレーヌ	1	0	0	0	1	1			4		4
5	アリス	0	0	1	0	1	3		事実③	坂上	=	杉+2
6	列和	1	1	1	1					3		3
7									事実④	光明	=	ノエル-1
8	歴史	1	2	3	4	列和	位置			1		1
9	大野東人	0	0	0	1	1	4		事実⑤	マドレーヌ	<	アリス
10	坂上田村麻呂	0	0	1	0	1	3			1		3
11	光明皇后	1	0	0	0	1	1		事実⑥	桜	=	桓武+2
12	桓武天皇	0	1	0	0	1	2			4		4
13	行和	1	1	1	1							
14												
15	庭	1	2	3	4	列和	位置					
16	松	0	1	0	0	1	2					
17	杉	1	0	0	0	1	1					
18	梅	0	0	1	0	1	3					
19	桜	0	0	0	1	1	4					
20	行和	1	1	1	1							
21	※位置「1，2，3，4」は，「左，-，-，右」を表す											

図２　論理パズル問題①に対する表計算モデル

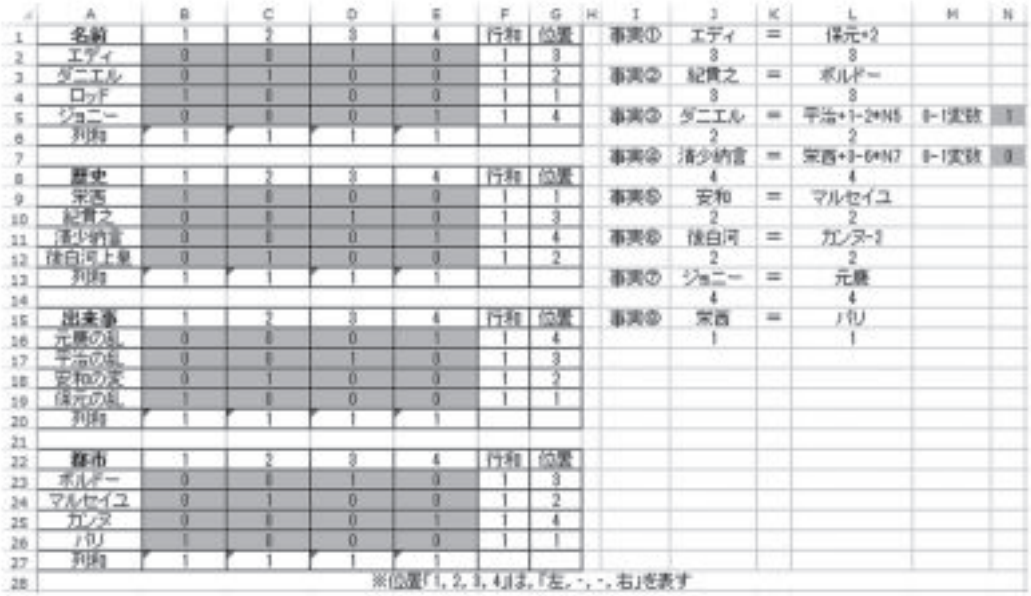
表１　表計算モデルによる論理パズル問題①の分析結果

	左	－	－	右
名前	マドレーヌ	ノエル	アリス	ナタリー
好きな歴史上の人物	光明皇后	桓武天皇	坂上田村麻呂	大野東人
庭にある木	杉	松	梅	桜

必要になる場合がある。

論理パズル問題②（［５］から引用）：
問題：以下の事実が与えられたとき，“ロッドの好きな歴史上の人物”を求めよ
事実：①エディは保元の乱が気になる人の２つ右，②紀貫之好きはボルドーに行きたい，③ダニエルは平治の乱が気になる人の隣，④清少納言好きは栄西好きの３つ隣，⑤安和の変が気になる人はマルセイユに行きたい，⑥後白河上皇好きはカンヌに行きたい，⑦ジョニーは元慶の乱が気になる，⑧栄西好きはパリに行きたい

図３は，論理パズル問題②の問題状況を表計算モデルで整理した結果である。セル B2:E5，B9:E12，B16:E19，B23:E26 は，決定変数（0-1 変数）である。セル G2:G5，G9:G12，G16:G19，G23:G26 には，「名前」，「好きな歴史上の人物」，「気になる出来事」，「行きたい都市」に割り当てられる位置（１，２，３，４）が表示されるようにしてある。論理パズル問題①のときと同様，これらのセルを利用することにより，問題で与えられている多くの事実を表現していくことができる。例えば，“②紀貫之好きはボルドーに行きたい”という事実は，“紀貫之が割り当てられている位置は，ボルドーが割り当てられている位置と等しい”（G10=G23）と記述することができる。



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	名前	1	2	3	4	行和	位置		事実①	エディ	=	保元+2		
2	エディ	0	0	1	0	1	3			3		3		
3	ダニエル	0	1	0	0	1	2		事実②	紀貫之	=	ボルドー		
4	ロッド	1	0	0	0	1	1			3		3		
5	ジョニー	0	0	0	1	1	4		事実③	ダニエル	=	平治+1-2*N5	0-1変数	1
6	列和	1	1	1	1					2		2		
7									事実④	清少納言	=	栄西+3-6*N7	0-1変数	0
8	歴史	1	2	3	4	行和	位置			4		4		
9	栄西	1	0	0	0	1	1		事実⑤	安和	=	マルセイユ		
10	紀貫之	0	0	1	0	1	3			2		2		
11	清少納言	0	0	0	1	1	4		事実⑥	後白河	=	カンヌ-3		
12	後白河上皇	0	1	0	0	1	2			2		2		
13	列和	1	1	1	1				事実⑦	ジョニー	=	元慶		
14										4		4		
15	出来事	1	2	3	4	行和	位置		事実⑧	栄西	=	パリ		
16	元慶の乱	0	0	0	1	1	4			1		1		
17	平治の乱	0	0	1	0	1	3							
18	安和の変	0	1	0	0	1	2							
19	保元の乱	1	0	0	0	1	1							
20	列和	1	1	1	1									
21														
22	都市	1	2	3	4	行和	位置							
23	ボルドー	0	0	1	0	1	3							
24	マルセイユ	0	1	0	0	1	2							
25	カンヌ	0	0	0	1	1	4							
26	パリ	1	0	0	0	1	1							
27	列和	1	1	1	1									
28	※位置「1, 2, 3, 4」は,「左, -, -, 右」を表す													

図３　論理パズルゲーム②に対する表計算モデル

しかしながら，“③ダニエルは平治の乱が気になる人の隣”という事実に関しては，工夫が必要である。“右隣”であるのか“左隣”であるのかが分からないため，これまでの事実と同じように記述することができない。これに対して，図３では，ダニエルが平治の乱が気になる人の右隣のときには“０”，左隣のときには“１”となる 0–1 変数をセル N5 に用意している。このセルを利用することにより，事実③は，“ダニエルが割り当てられている位置＝平治の乱が割り当てられている位置+1–2*N5”（G3=G17+1–2*N5）と記述することができる。事実④に関しても，同様の作業が必要となる。図３は，上記の制約条件を設定後に Excel ソルバーを実行した結果である。ロッドに割り当てられている位置が１（セル G4），「好きな歴史上の人物」において位置１（セル G9）が割り当てられているのが栄西となっている。このことから，論理パズル問題②の答えは“栄西”ということが分かる（表２参照）。

論理パズルは，数理的手法に興味を持たせるうえで面白い教材だと思われる。但し，こうした論理パズルが課題として課されたときに，数理的手法が適用可能だと気付く学生は多くない（と思われる）。その場合，論理パズルを解くうえで“決めなければならないことは何か”，“決めるうえでの制約は何か”といったことを整理していくことにより，論理パズルに対しても数理的手法が適用可能であることを気付かせることができる。

３－２　エネルギー供給ゲーム

Beliën et al.（2013）は，ゲームの要素とエネルギー供給という時事問題の要素を併せ持ったエネルギー供給ゲームを用いた OR/MS 教育を提案している。エネルギー供給ゲームのなかで，プレイヤー（学生）は，“総コストに関心のある首相”，“生成されるエネルギー総量に関心のあるエネルギーの専門家”，“環境汚染に関心のある環境問題の専門家”との会話から，５つの発電方法（原子力，石炭，火力，風力，太陽光）の組合せを決定しなければならない。エネルギー供給ゲームの特徴的なところは，“問題解決に関わる全てのデータが，ゲームの中に隠れていること”である。

エネルギー供給ゲームは，試行錯誤的に解くことができるが，Excel ソルバーを用いて解くこともできる[2)]。図４は，エネルギー供給ゲームの問題状況に対して表計算モデルを作成した結果である。セル B2:E6，B8:E8 は，ゲームの中に隠れていたデータである。セル F2:F6 は決定変数であり，各発電所（原子力，石炭，火力，風力，太陽光）を何基設けるかを表している。セル B7:E7 には発電所の組合せにより決定されるエネルギー量，コスト等が計算される仕組みになっている（例えば，セル B7 には，“=SUMPRODUCT(B2: B6, $F$2:$F$6)”が入力されている）。セル B8:E8 には各制約に関わる上限・下限が入力されている。図４は，生成されるエネルギー総量の最大化を目的関数に設定して，Excel ソルバーを実行した結果である。

表２　表計算モデルによる論理パズル問題②の分析結果

	左	–	–	右
名前	ロッド	ダニエル	エディ	ジョニー
好きな歴史上の人物	栄西	後白河上皇	紀貫之	清少納言
気になる出来事	保元の乱	安和の変	平治の乱	元慶の乱
行きたい都市	パリ	マルセイユ	ボルドー	カンヌ

エネルギー供給ゲームにおいて，プレイヤー（学生）は，目的関数や制約条件も見つけ出さなければならない。図 4 では生成されるエネルギー総量の最大化を目的関数としたが，ゲームのなかで“CO_2 汚染が重要である”と考えた場合は，その最小化を目的関数として問題解決を図ることになる。図 5 は，CO_2 汚染の最小化を目的関数に設定して，Excel ソルバーを実行した結果である。

エネルギー供給ゲームは，ゲーム的な要素があるため，学生の興味を引くことができる。また，エネルギー供給ゲームは，目的関数や制約条件が明示的に与えられるテキスト上の問題と比べて，“解決すべき問題は何か”を意識しながら問題解決に取り組む必要がある。この点から，エネルギー供給ゲームは，実際問題の解決により近いかたちで OR/MS 教育を行うことができる教材といえる。

4．問題解決プロセスの観点からの分析

論理パズルとエネルギー供給ゲームは，特にテキスト上の問題を通じて数理的手法を学習してきた学生に対して，数理的手法への関心を高めることが期待できる。これに対して，Beliën et al.（2013）は，“ゲームを OR/MS 教育の教材として利用した場合，自身のキャリアとは関係ないと判断され，結果として数理的手法の利用促進にはつながらない可能性がある”と指摘している。このことは，“エネルギー供給ゲームに比べてゲーム性の要素が強い論理パズルは，OR/MS 教材としては有効ではない”と指摘しているとみなせる。著者は，“論理パズルとエネルギー供給ゲームは，OR/MS 教育において果たすべき役割が異なる”と考える。Olafsson（1998）は，OR/MS 教育の主要な目的の 1 つとして，“学生に問題解決プロセスを十分に理解させること”を挙げている。以下では，問題解決プロセスの観点から論理パズルとエネルギー供給ゲームを分析することにより，それぞれが OR/MS 教育において果たすべき役割を明らかにする。

標準的な問題解決プロセスを図 6 に示す（エイコフ他，1970）。一般に，問題が提起された段階において，その目的，制約などは極めてあいまいな状態である。そのため，提起された問題を解決すべき問題としてきちんと

	A	B	C	D	E	F	G
1		エネルギー	越境汚染	CO_2汚染	コスト	設置基数	≦基
2	原子力	7750	5.81	0	248	6	6
3	石炭	3250	30.06	2.6	206.38	0	20
4	火力	2250	9.56	0.79	102.94	18	20
5	風力	1050	0.53	0	62.21	0	30
6	太陽	90	0.05	0	18.05	3	100
7	実現値	87270	207.14	14.18	3395.01		
8	上限・下限	75000	250	20	3400		

図４　エネルギー供給ゲームに対する表計算モデル（生成されるエネルギーの最大化）

	A	B	C	D	E	F	G
1		エネルギー	越境汚染	CO_2汚染	コスト	設置基数	≦基
2	原子力	7750	5.81	0	248	6	6
3	石炭	3250	30.06	2.60	206.38	0	20
4	火力	2250	9.56	0.79	102.94	0	20
5	風力	1050	0.53	0	62.21	28	30
6	太陽	90	0.05	0	18.05	0	100
7	実現値	75900	49.58	0.00	3229.95		
8	上限・下限	75000	250	20	3400		

図５　エネルギー供給ゲームに対する表計算モデル（CO_2 汚染の最小化）

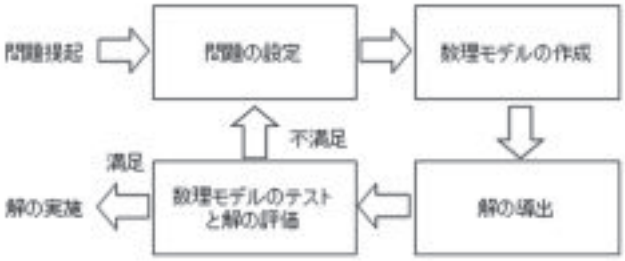


図６　標準的な問題解決プロセス

設定する必要がある（ステップ１）。問題を設定した後は，問題の構成要素，及び，その相互関係を明らかにするために，問題に対する数理モデルを作成する（ステップ２）。ステップ３では，ステップ２で作成した数理モデルの解を求める。Excel ソルバーの利用により，このステップに関する学生の負担は軽減されることになる。ステップ３で求められる解は，数理モデルに対する解であり，提起された問題そのものの解ではない。したがって，数理モデルが現実的であるかをテストし，求められた解を現実世界の中で評価する必要がある（ステップ４）。評価した結果，満足いくものであれば，それが実施される。満足いかない場合には，ステップ１に戻り，問題を設定する部分からやり直す必要がある。本研究では，問題解決は上記のプロセスにより進められるものとする[3)]。

論理パズル：

前述したとおり，論理パズルを OR/MS 教育の教材とする場合，問題が提起された段階において数理的手法が適用可能だとすぐに気付く学生は多くないと思われる。“論理パズルにおいて決定すべきことは何か”といった質問を投げかけることにより，はじめて問題解決プロセスを意識させることができる。問題状況を明らかにする作業（「問題の設定」）においては，論理パズルのルールが単純明快で，「事実」が列挙されているだけの問題であるため，与えられた問題を解決すべき問題へと整理する作業の重要性を認識させる仕組みとしては不十分であると思われる。この点から，論理パズルを繰返し解いたとしても，「問題の設定」の練習になるとは考えにくい。すなわち，論理パズルは，問題の設定に関しては有効な教材とは考えにくい。この点に関しては，Beliën et al.（2013）の指摘は当てはまるかもしれない。

これに対して，論理パズルは，「表計算モデルの作成」に関しては有効な教材である。論理パズルは，論理パズル問題②のような問題状況を表計算モデルとして整理する際に，（一見すると簡単に見える）制約条件であってもそれを表計算モデルとして整理するには工夫が必要となる場合がある。この点からすると，論理パズルを繰返し解くことにより，「数理モデルの作成」の能力が高まることが期待できる。

エネルギー供給ゲーム：

エネルギー供給ゲームを OR/MS 教育の教材とする場合，（テキスト上の問題を通じて同様の問題を解決したことのある学生であれば特に，）問題が提起された段階において数理的手法が適用可能だと気付くことができると思われる[4)]。また，問題解決に必要なデータがゲームの中に隠れていること，ゲームの登場人物との会話を通じて目的関数，制約条件を自分で設定していかなければならないことが，問題状況を整理し解決すべき問題として明らかにする作業（「問題の設定」）を認識

させる仕組みとして有効であると思われる[5]。エネルギー供給ゲームのような問題を繰返し解くことが「問題の設定」の練習となり，その能力を向上させることが期待できる。

これに対して，エネルギー供給ゲームは，「数理モデルの作成」に関しては有効な教材とはなりにくいと思われる。エネルギー供給ゲームで想定されている数理モデルは簡単なものである。「数理モデルの作成」段階において，コスト，エネルギー，環境汚染に関する目的関数や制約条件を設定することは，難しい作業ではない。エネルギー供給ゲーム（のような問題）を繰り返し解いても，「数理モデルの作成」の練習とはならない恐れがある。

5．ま　と　め

本研究では，OR/MS 教育におけるゲーム教材の利用可能性について考察した。論理パズルやエネルギー供給ゲームは，テキスト上の問題と比べて，学生に数理的手法に対する興味を持たせる仕組みとして有効であると考えられる。但し，何の指導もなしに課題を課すと試行錯誤的に問題解決が図られてしまう恐れがあるため，OR/MS 教育をスタートするための教材としての利用は考えにくい。ゲーム教材は，ある程度 OR/MS 教育を受けた学生向けの教材として活用するものとみなすべきである。今後，OR/MS 教育をスタートするための教材として活用できるものを検討していかなければならないことがわかる。この点に関しては，大堀他（2013）においてテキスト上で扱うべき問題が検討されていることは興味深い。

本研究では，問題解決プロセスの観点から論理パズルとエネルギー供給ゲームの分析を行うことにより，それぞれが問題解決プロセスの異なるステップに適した教材となりうることを示した。論理パズルは「数理モデルの作成」，エネルギー供給ゲームは「問題の設定」に対して有効な教材となりうる。このことは，言い換えると，問題解決プロセス全体を通じて教育するための教材がそろっていないことを意味する。Olafsson（1998）は，“OR/MS 教育においては，問題解決プロセスを理解させることが重要である”と指摘している。数理的手法への関心を高めるように工夫されたテキスト上の問題と（論理パズルやエネルギー供給ゲームといった）ゲーム教材を組合せた OR/MS 教育を学生に提供していくことにより，問題解決プロセスを意識させた教育を行えるようになる。上記のような OR/MS 教育を数理的手法の潜在的利用者である学生に対して提供していくことにより，意思決定における数理的手法の利用促進につながっていくことが期待される。

注

1）Excel ソルバーの詳細に関しては，［6］を参照されたし。

2）エネルギー供給ゲーム自体は，首相，エネルギー専門家，環境問題専門家の要求を満たした解（実行可能解）が得られた時点でクリアとなる。但し，エネルギー供給ゲームは，課題を課す際に制約条件を追加することにより，試行錯誤的に解くことを難しくすることもできる（例えば，生成されるエネルギー総量のうち 15％は，再生可能エネルギーである風力と太陽光から生成される必要がある等）。図 7 は，上記の条件を追加したエネルギー供給ゲームに対して Excel ソルバーを実行した結果である。

3）本研究では Excel ソルバーの利用を想定しているため，「数理モデルの作成」においては表計算モデルを作成するものとする。

4）このことは，制約条件を追加することにより問題を複雑化した場合に，特に当てはまると思われる。問題が簡単すぎる場合，試行錯誤的に問題解決が図られる恐れがある。

5）但し，エネルギー供給ゲームは，“生成されるエネルギー量”や“コスト”など，「問題の設定」にあたって考慮すべき点があらかじめ特定された

	A	B	C	D	E	F	G
1		エネルギー	越境汚染	CO_2汚染	コスト	設置基数	≦基
2	原子力	7750	5.81	0	248	6	6
3	石炭	3250	30.06	2.60	206.38	0	20
4	火力	2250	9.56	0.79	102.94	7	20
5	風力	1050	0.53	0	62.21	12	30
6	太陽	90	0.05	0	18.05	2	100
7	実現値	75030	108.20	5.51	2991.20		
8	上限・下限	75000	250	20	3400		
9	風力＋太陽	14	1	（基）			
10		17%	15%	（%）			

図７　エネルギー供給ゲームに対する表計算モデル（制約条件の追加）

状態となっている。すなわち，“エネルギー供給ゲームは，解決すべき問題がある程度整理された状態になっている”といえる。「問題の設定」がある程度なされた状態から行われるという点からすると，「問題の設定」を練習する仕組みとして十分とはいえない。

参 考 文 献

［１］エイコフ，サシーニ著，松田武彦，西田俊夫訳，「現代 OR の方法」，日本経営出版，1970

［２］青柳領，「体育科教員のための Excel による OR 事例集」，九州大学出版会，2009

［３］Beliën J, Colpaert J, De Boeck L, Eyckmans J, Leirens W, “Teaching integer programming starting from an energy supply game”, *INFORMS Trans. Ed.*, Vol.13, No.3, pp.129–137, 2013

［４］Chlond, M. J., Cath, M. T., “IP Modeling and the Logical Puzzles of Raymond Smullyan”, *INFORMS Trans. Ed.*, Vol.3, No.3, pp.1–12, 2003

［５］アインシュタイン研究会，「アインシュタイン式論理脳ドリル」，東邦出版，2013

［６］Fylstra, D., Ladson, L., Watson, J., Waren, A., “Design and use of the Microsoft Excel solver”, *Interfaces*, Vol.28, No.5, pp.29–55, 1998

［７］Hiller, F. S., Hiller, M. S., “Introduction to Management Science: A Modeling and Case Studies Approach with Spreadsheets”, McGraw-Hill Higher Education, 2010

［８］Lilien, G. L., Van Bruggen, G. H., Starke, K., “DSS Effectiveness in Marketing Resource Allocation Decision: Reality vs. Perception”, *Information System Research*, Vol.15, No.3, pp.216–235, 2004

［９］Nagraj Balakrishnan, Barry Render, Ralph M. Stair, “Managerial Decision Modeling with Spreadsheets”, Prentice Hall, 2012

［10］奥田和重，「経営科学入門」，ムイスリ出版，2001

［11］Olafsson, S.: “Teaching mathematical modeling to business student”, *Annals of Operations Research*, Vol.82, pp.49–57, 1998

［12］大堀隆文，木下正博，加地太一，西川孝二，「モチベーション教育における OR 例題の重要性」，日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集，日本オペレーションズ・リサーチ学会，pp.266–267，2013

［13］Snieedovich, M., OR/MS game 1: A neglected educational resource, *INFORMS Trans. Ed.*, Vol.2, No.3, pp.86–95, 2002

［14］高井英造，真鍋龍太郎，「問題解決のためのオペレーションズ・リサーチ入門 ── Excel の活用と実務的例題 ──」，日本評論社，2000