

タイトル	表定義を活用する解析的問題解決の教育方法の研究
著者	上田, 雅幸; Ueda, Masayuki
引用	北海学園大学経営論集, 15(1): 11-22
発行日	2017-06-25

# 表定義を活用する解析的問題解決の教育方法の研究

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)。Little (2004) は、Operations Research/Management Science 等の数理的手法が意思決定者に幅広く利用されない大きな原因の1つとして、“意思決定者が数理的手法を理解しておらず、理解していないものを利用したがる傾向があること”を挙げている。近年、数理的手法の潜在的利用者である学生の数学的能力の低下が指摘されている (戸瀬・西村, 2001)。このことは、問題解決における数理的手法の利用促進を図るうえで大きな障害となる。本研究では、文系学生のような十分な数理的知識を持たない学生を想定し、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方法について考察する。

本論文は以下のように構成される。第2章では、解析的問題解決に関わる先行研究について整理を行う。第3章では、解析的問題解決のテキストを分析することにより、従来の解析的問題解決の教育方法の問題点を明らかにする。第4章では、十分な数理的知識を持たない学生向けの解析的問題解決の教育方法を提案し、その有効性を著者のゼミにおける

学生が作成した問題への取組みから検証する。第5章は結論である。

## 2 先行研究

Olafsson (1998) は、解析的問題解決の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。本研究では、標準的な問題解決プロセスとして Ackoff and Sasieni (1970) のもの (図1) を想定する。「問題の設定」では、提起された段階においてはその目的や制約などが極めてあいまいな状態である課題を、解決すべき意思決定問題としてきちんと設定する。問題を設定した後は、当該問題に対する数理モデルを作成する。「解の導出」では、作成した数理モデルを解いて解を求める。「モデルのテストと解の評価」では、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。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、「問題の設定」からやり直す必要がある。



図1 標準的な問題解決プロセス<sup>1)</sup>

従来の解析的問題解決の教育は、数理モデルや解法アルゴリズムの解説に焦点が当てられてきた (Hillier and Hillier, 2007)。これに対して、Olafsson (1998) は、「解の導出」よりも「数理モデルの作成」に焦点を当てた解析的問題解決の教育が現れてきたことを指摘している。例えば、大村ほか (1997) は、“問題を見つけ出し、それをモデル化することの教育が重要である”と指摘している。Hillier and Hillier (2007) は、(主に文系学生向けの) 解析的問題解決の教育の新たな傾向として、表計算ソフトの利用を挙げている。Hillier and Hillier (2007) は、スプレッドシート上におけるモデル化と事例研究を重視すべき点として挙げている。

上記のように、これまでの解析的問題解決の教育においては、問題解決プロセスのなかで提起された問題を解決すべき問題として整理する作業 (すなわち「問題の設定」) には (あまり) 焦点が当てられていない。Olafsson (1998) は、“解析的問題解決の教育のなかで「問題の設定」が明示的に扱われることは少ない”と指摘している。次章では、問題解決プロセスの観点から従来の解析的問題解決の教育方法を分析することにより、その問題点を明らかにする。

### 3 従来の解析的問題解決の教育<sup>2)</sup>

#### 3.1 テキストを用いた従来の教育

解析的問題解決のテキストを見ると、その構成は、章ごとに代表的な数理的手法を取り上げて例題や練習問題を繰り返し解いていくかたちとなっている。テキストで扱われる問題の多くは、「混合問題」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、「数理モデルの作成」において必要な情報のみが記述されているという意味である。

#### 混合問題<sup>3)</sup>：

飼料製造企業は原材料 R1, R2 を混合して飼料を製造している。飼料には栄養素 M1, M2, M3 がそれぞれ 27 g, 15 g, 6 g 以上含まれている必要がある。栄養素 M1 は原材料 R1 1 kg 当たり 18 g, R2 1 kg 当たり 4 g 含まれている。栄養素 M2 は原材料 R1 1 kg 当たり 6 g, R2 1 kg 当たり 4 g 含まれている。栄養素 M3 は原材料 R1 1 kg 当たり 1 g, R2 1 kg 当たり 3 g 含まれている。飼料の需要は最大 4 kg 見込まれているが、企業の経営者は飼料が売れ残らないようにしたいと考えている。原材料 R1, R2 の購入価格はそれぞれ 1 kg 当たり 3000 円と 5000 円である。総購入費用を最小にする原材料の購入量を求めよ。

図2は、テキストを用いた解析的問題解決の従来の教育方法を通じて学生に認識される問題解決プロセスの段階を太線と点線で示したものである。「問題の設定」に関する解説は明示的には行われず、提起された段階において既に問題状況が整理された問題が扱われることから、当該問題を解決すべき問題として整理しなおすこと (「問題の設定」) は、学生には意識されにくい。図2では、こうした状況を「問題の設定」を点線で囲むことで表している。これに対して、例題や練習問題を繰り返し解いていくというテキストの構成から、「数理モデルの作成」と「解の導出」が強く意識される。図2では、こうした状況を「数理モデルの作成」と「解の導出」を太線で囲むことで表している。Stevens and Palocsay (2004) は、“解析的問題解決の教育は改善されてきてはいるものの、学生にとって数理モデルの作成は困難なままである”と指摘している。こうした状況を改善するためにも、「数理モデルの作成」に焦点を当てた教育は重要である。しかしながら、解析的問題解決の教育のなかで「問題の設定」を意識的に行わせる仕掛けがない場合、複雑な現実世界の

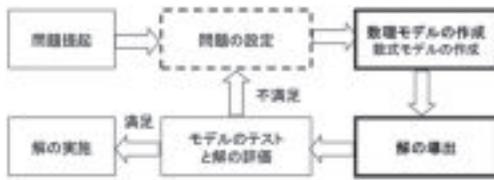


図2 テキストを用いた従来の教育

問題に直面したときに“問題の解決とは何を指すのか”，“問題を解決するうえで制約となるものには何かがあるのか”等を明らかにする作業に手間取り，問題解決プロセスを円滑に進められない恐れがある。

### 3.2 Excel ソルバーの利用を想定した教育

今日，Excel のソルバー機能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<sup>4)</sup>。Excel ソルバーを用いて問題を解くためには，当該問題に対して表計算モデルを作成する必要がある。表計算モデルに対してソルバーのパラメータを設定（以下，ソルバーモデルの作成という）して，Excel ソルバーを実行すると，その解を自動的に求めることができる。図3は，「混合問題」（3.1節）に対して表計算モデルを作成しExcel ソルバーを実行した結果である。

著者が調べた限りでは，大野ほか（2014），荻田ほか（2009），高井・真鍋（2000），村井（2011），Nagraj Balakrishnan et al.（2012）等の多くのテキストにおいて，“表計算モデルは，代数的な数式モデルを表形式に書き換えたもの”と捉えられている。すなわち，表計算モ

デルは，“数値モデルの作成”において試行錯誤を繰り返しながら数式モデルを作成した後に，Excel ソルバーを実行するために作成するものと認識されている。

図4は，Excel ソルバーの利用を想定した解析的問題解決の教育方法を通じて学生に認識される問題解決プロセスの段階を示したものである。

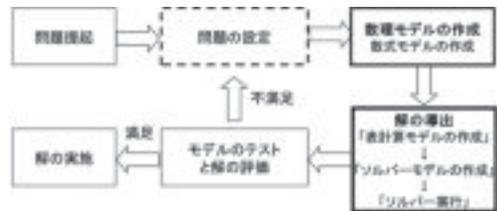


図4 Excel ソルバーの利用を想定した教育

Excel ソルバーの利用を想定したテキストは，扱われる問題やその構成に関して，従来のテキストと変わりはない。提起された段階において既に整理された問題が扱われることから，“問題の設定”は意識されにくい。また，例題や練習問題を繰り返し解いていくというテキストの構成から，“数値モデルの作成”と“解の導出”が強く意識される。そのなかでも，“数式モデルを表形式に書き換え，ソルバーモデルを作成し，Excel ソルバーを実行する”という Excel ソルバーの使い方が中心に解説されることにより，学生には“解の導出”がより強く意識されることになる。数値計算にかかる負担を軽減できることは，学生の解析

	原材料 R1	原材料 R2	実際の含有量	必要な含有量
栄養素 M1	18	4	33	27
栄養素 M2	6	4	15	15
栄養素 M3	1	3	6	6
利益	3	5		
製造量	1.5	1.5	総利益（千円）	12

図3 「混合問題」の表計算モデルに対して Excel ソルバーを実行した結果

の問題解決の学習へのモチベーションを維持させるのに有効である。しかしながら、テキストを用いた従来の教育と同様の理由から、「問題の設定」を意識し練習する”という目的には向かない。

## 4 文系学生向け解析的問題解決教育

### 4.1 提案する解析的問題解決の教育方法

この節では、文系学生のような十分な数理的知識を持たない学生向けの解析的問題解決の教育方法を提案する。解析的問題解決の教育で利用される数理モデルには、数式モデルや表計算モデル等がある。数式モデルは、問題状況を代数的な数式に整理したものであり、現実世界の具体的な状況を数式で表現したという意味で、抽象化の程度が高いモデルの記述といえる<sup>3)</sup>。これに対して、表計算モデルは、多くの学生が表形式を利用して物事を整理することに慣れ親しんでいることもあり、抽象化の程度の低いモデルの記述といえる。特に文系学生のような十分な数理的知識を持たない学生にとって、数式モデルは分かりづらいものである。数式モデルを作成してからそれを表計算モデルに表現し直すというやり方では、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い。本研究では、そうした学生向けの教育方法を検討する。

提案する教育方法では、Excel ソルバーの利用を想定する。前述のように、Excel ソルバーを実行するためには、表計算モデルの作成が必要になる。この点に関して、Excel ソルバーの利用を想定したテキストは、完成された表計算モデルの解説を行うことはあるものの、どのようにその表計算モデルが作成されたのかを解説することは（ほとんど）ない。これは、表計算モデルの作成段階において、既に数式モデルが作成されていることを想定しているためである（図4参照）。この場合、Excel ソルバー実行の対象となる表計算モデル

が当該数式モデルと対応していることを確認できればよく、どのようにその表計算モデルが作成されたのかは（あまり）重要とならない。しかしながら、解析的問題解決の教育のなかで意思決定課題の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、提起された課題を解決すべき意思決定問題として整理する作業（「問題の設定」）のなかで、数式モデルを作ることなしに、問題状況を直接表形式に整理させる方法を採用する。本研究では、「問題の設定」のなかで解決すべき意思決定問題を表形式に整理したもの（すなわち、表計算モデル）を、表形式による問題の定義という意味で、“表定義”と呼ぶことにする。その理由は、ここで作成する表計算モデルは“数式モデルを表形式に書き換えた表計算モデル”とは異なるものだからである。この点が、Excel ソルバーの利用を想定した解析的問題解決の従来の教育方法とは大きく異なるところである（図5参照）。著者は、“「問題の設定」のなかで表定義の作成を教育すること”はそれほど難しいことではないと考える。今日、多くの高等教育機関では Excel 等の表計算ソフトウェアを操作できる環境を学生に与えている。そのため、学生は、日常的に表計算モデルに親しんでおり、問題状況を整理するうえでどのような情報を表に追加していく必要があるかを体験的に分かっている。

「数理モデルの作成」では、ソルバーモデルの作成に関する教育を中心に行う。「問題の設定」で作成した表定義を参照しながら、最大・最小化したいセルやセルの間の大小関係がどうなっていなければならないか等を指定する作業の考え方と方法を教育する。この場合、セルの間の数理的な関係を意識し理解する必要はあるものの、代数的な数式を（明示的に）記述する必要はない。このことは、十

分な数理的知識を持たない学生の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のに有効である。数学が苦手な学生にとって、代数式を書き下すという作業は極めて強い心理的抵抗感をともなうからである。「解の導出」では、Excel ソルバーにより表定義に対する解を求めるための作業（“ソルバーの実行”）に関する教育を行う。但し、Excel ソルバーによってどのような数値計算がなされているのかに関する解説は行わない<sup>6)</sup>。「モデルのテストと解の評価」では、表定義により問題状況がきちんと整理されているかを検定し、表の上で Excel ソルバーの実行結果を評価する作業を教える。

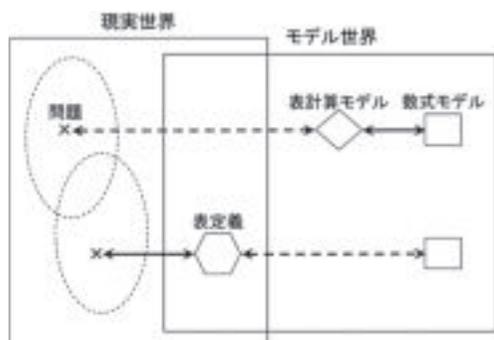


図5 表定義と表計算モデルの位置づけ<sup>7)</sup>

提案する解析的問題解決の教育方法を通じて学生に認識される問題解決プロセスは、図6のようになる。提案する教育方法では、表の上で試行錯誤を繰り返しながら意思決定課題を直接表定義として整理できるように教育を行っている。この教育方法では、結果として問題解決プロセスのなかで「数理モデルの作成」は学生には意識されにくい。「問題の設定」のなかで問題状況を表形式に整理すればよいこと，“代数的な数式を書かなくてもよいこと”を学生に意識づけることにより、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できる。このことは、学生がさまざまな問題に取り組んでみることへの

誘引ともなる。

提案する教育方法は、学生の数理的手法への関心を高めることを第一に考えており、少なくともその段階に至るまでは表定義のみで解析的問題解決の教育を行うことを想定している。但し、解決したい意思決定課題によっては表形式に整理することが困難な場合もあるため、数理的手法への関心が高まった学生に対しては、数式モデルにも焦点を当てた解析的問題解決の教育を提供していく必要がある。



図6 提案する解析的問題解決の教育

#### 4.2 ゼミにおける学生作成問題への取組み

この節では、前節で提案した解析的問題解決の教育方法の有効性を実証する。具体的には、経営学部2年次を対象とした著者のゼミにおいて、テキスト以外の問題として学生が作成した問題（身のまわりから見つけてきた意思決定課題を含む）に取り組んだ状況を紹介する。この取組みにおいて、すべての学生が独自の問題に対する表定義を作成することができているわけではない。「モデルのテストと解の評価」を行う段階になって、意思決定課題の解決に必要な情報が表定義にきちんと記述されていないことに気が付くこともある。こうしたことはあるものの、学生が作成した問題を扱うことは、学生の解析的問題解決の学習へのモチベーションを維持させ、提起された意思決定課題を解決すべき問題として整理すること（「問題の設定」）を意識させる仕掛けとして有効である。

[事例①] 袋詰め問題<sup>8)</sup>

図 7 は、某日にスーパー A で行われた商品の詰め放題イベントに用意された商品の一覧である。参加者は、1つの袋に詰め込んだ商品を持ち帰ることができる。ただし、どの商品も 1 点までしか詰めることができない。健康志向の B 君は、“栄養バランスの良い組合せで、合計金額がなるべく高くなるように商品を持ち帰りたい”と考えた。B 君はどの商品を袋に詰め込むといいだろうか。ここで、袋に入る最大量を 30 とする。

袋詰め問題への取組みは、問題解決プロセスに従って、問題状況を明らかにする作業から始まった。「問題の設定」において、学生は、過去に解いたテキストの問題等を参考にしながら、問題状況の整理に必要な情報を挙げていった。そのなかで、“栄養バランスの良い組合せ”をどのように解釈するかが問題となった。ゼミでは、“全ての「分類」(弁当、野菜、魚、デザート、飲み物、その他)から少なくとも商品を 1 点以上選ぶこと”とした。「問題の設定」の結果、袋詰め問題は、“3つの制約条件(①どの商品も 1 点までしか詰められない、②詰め込まれる商品の容量の総和は袋の容量を超えてはならない、③各「分類」から商品を 1 点以上選ぶ)を満たしながら、合計金額が最大になるように袋に詰め込む商品を決定する問題”と定義された。

図 8 は、上記の問題状況を表定義として整理した結果である。図 8 上段には、「分類」ごとに商品が並べられ、その容量及び価格が整理されている。網掛けがなされたセルは、この問題で決定しなければならない“当該商品を詰め込む商品として選択するかしないか”を表している(選択する: 1 / 選択しない: 0)。太線で囲まれたセルは、詰め込んだ商品に応じて決定する容量の総和及び合計金額を表している。図 8 下段には、「分類」ごとに選択された商品数をカウントするためのセル

分類	商品名	容量	価格
弁当	とんかつ弁当	7	450
	かつ丼	8	500
	のり弁	6	398
野菜	ポテトサラダ	1	100
	スティックサラダ	1.5	148
	中華サラダ	2.5	198
	キャベツ 1/2	5	148
魚	ししゃも焼き	2	198
	開きホッケ	4	358
	明太子	1	200
デザート	ヨーグルト	2	90
	プリン	2	128
	ショートケーキ	3.5	350
	シュークリーム	1.5	120
飲み物	エクレア	1.5	120
	飲むヨーグルト	1.5	100
	アップルティー	3	105
その他	おにぎり	2	160
	サンドイッチ	2.5	218
	ナポリタン	2	130
	チキンナゲット	2	198
	あんかけ焼きそば	7	398
	食パン	9	128
	鶏モモ肉カット	2.5	298
	割りそば	4.5	298
	赤大福	1	88
	グラタン	3.5	298

図 7 袋詰め問題

が用意されている(詳細については後述)。

「数理モデルの作成」において、学生は、「問題の設定」で作成した表定義のセルを参照しながら、ソルバーモデルの作成を行った。表定義の作成の段階で問題状況をより整理しやすくするためのさまざまな工夫がなされていたこともあり、決定変数、目的関数及び制

表定義を活用する解析的問題解決の教育方法の研究(上田)

分類	商品名	容量	価格	選択する／しない
弁当	とんかつ弁当	7	450	0
弁当	かつ丼	8	500	0
弁当	のり弁	6	398	0
野菜	ポテトサラダ	1	100	0
野菜	スティックサラダ	1.5	148	0
野菜	中華サラダ	2.5	198	0
野菜	キャベツ 1/2	5	148	0
魚	ししゃも焼き	2	198	0
魚	開きホッケ	4	358	0
魚	明太子	1	200	0
デザート	ヨーグルト	2	90	0
デザート	プリン	2	128	0
デザート	ショートケーキ	3.5	350	0
デザート	シュークリーム	1.5	120	0
デザート	エクレア	1.5	120	0
飲み物	飲むヨーグルト	1.5	100	0
飲み物	アップルティー	3	105	0
その他	おにぎり	2	160	0
その他	サンドイッチ	2.5	218	0
その他	ナポリタン	2	130	0
その他	チキンナゲット	2	198	0
その他	あんかけ焼きそば	7	398	0
その他	食パン	9	128	0
その他	鶏モモ肉カット	2.5	298	0
その他	割子そば	4.5	298	0
その他	赤大福	1	88	0
その他	グラタン	3.5	298	0
	容量 (使用分)	0	容量 (上限)	30
			合計金額	0

分類	カウント	下限
弁当	0	1
野菜	0	1
魚	0	1
デザート	0	1
飲み物	0	1
その他	0	1

図8 「袋詰め問題」の表定義

約条件を設定することは、学生にとって大きな負担とならなかった。「解の導出」において、学生は、Excel Solverを実行することにより、作成した表定義に対する解を求めた。

「モデルのテストと解の評価」において、学生は、Excel Solverを実行した結果を分析することにより、詰め込むべき商品の組合せが求められていることを確認した(図9参照)。

分類	商品名	容量	価格	選択する／しない
弁当	とんかつ弁当	7	450	0
弁当	かつ丼	8	500	0
弁当	のり弁	6	398	1
野菜	ポテトサラダ	1	100	1
野菜	スティックサラダ	1.5	148	1
野菜	中華サラダ	2.5	198	0
野菜	キャベツ 1/2	5	148	0
魚	ししゃも焼き	2	198	1
魚	開きホッケ	4	358	1
魚	明太子	1	200	1
デザート	ヨーグルト	2	90	0
デザート	プリン	2	128	0
デザート	ショートケーキ	3.5	350	1
デザート	シュークリーム	1.5	120	1
デザート	エクレア	1.5	120	0
飲み物	飲むヨーグルト	1.5	100	1
飲み物	アップルティー	3	105	0
その他	おにぎり	2	160	0
その他	サンドイッチ	2.5	218	1
その他	ナポリタン	2	130	0
その他	チキンナゲット	2	198	1
その他	あんかけ焼きそば	7	398	0
その他	食パン	9	128	0
その他	鶏モモ肉カット	2.5	298	1
その他	割子そば	4.5	298	0
その他	赤大福	1	88	1
その他	グラタン	3.5	298	0
	容量（使用分）	30	容量（上限）	30
			合計金額	2774

分類	カウント	下限
弁当	1	1
野菜	2	1
魚	3	1
デザート	2	1
飲み物	1	1
その他	4	1

図9 「袋詰め問題」に対して Excel ソルバーを実行した結果

【事例②】RPG問題<sup>9)</sup>

勇者、戦士、魔法使いの3人で行動するゲームがある。このゲームでは、経験値を10得るとにレベルが1つ上がる。3人は、次

のボスを倒すために、オーク、魔女、鬼の3種類の敵を倒してレベルを上げたい。3人がそれぞれの敵と戦うことにより受けるダメージ、得られる経験値は決まっている（図10参

照)。勇者の HP (体力) は 280, 戦士の HP は 250, 魔法使いの HP は 170 で, 0 になると死んでしまう。それぞれの敵を 1 体倒すことにより手に入るゴールド (お金) も決まっており, オークから 18, 魔女から 30, 鬼から 3 ゴールドが手に入る。3 人のうち誰も死ぬことなく, 得られる経験値の合計をできるだけ多くするためには, どの敵を何体ずつ倒せばよいか。ただし, 勇者はレベル 15, 戦士はレベル 20, 魔法使いはレベル 25 まで上げる必要があるものとする。また, お金は 1000 ゴールド以上貯める必要がある。

袋詰め問題の場合と同様に「問題の設定」を進めた結果, RPG 問題は, “3 つの制約条件 (① 3 人が受けるダメージはそれぞれの HP を超えてはならない, ② 3 人が獲得する経験値はそれぞれが必要とされるレベルに到達できるものでなければならない, ③ 必要とされる以上のゴールドを手に入れなければならない) を満たしながら, 3 人の経験値の合計が最大になるように戦う敵の組合せを決定する問題” と定義された。問題状況を表定義として整理する作業を進めていくなかで, “3 人で行動する” の捉え方が学生により異なっていることに気付いた。多くの学生は, “3 人が戦闘においても共同で行動する (戦う)” と捉えていた。これに対して, 一部の学生は, “3 人が戦闘においては別々に行動する (戦う)” と捉えていた。この段階で再度問題状況の確認を行い, “3 人が共同で敵と戦うゲーム” と捉えることとした。

図 11 は, 上記の RPG 問題の問題状況を表定義として整理した結果である。3 人が 1 回の戦闘により受けるダメージ, 経験値などが整理されている。網掛けがなされたセルは, この問題で決定しなければならない “3 種類の敵それぞれとの戦闘回数” を表している。5 列目の太線で囲まれたセルは, 戦闘に応じて決定する, 3 人が受けるダメージ, 得られ

1 回の戦闘で受けるダメージ

	オーク	魔女	鬼
勇者	2	1	4
戦士	3	6	2
魔法使い	5	2	3

1 回の戦闘で得られる経験値

	オーク	魔女	鬼
勇者	3	1	4
戦士	5	2	4
魔法使い	2	6	4

図 10 RPG 問題

る経験値及びゴールドを表している。最下行の太線で囲まれたセルは, 戦闘に応じて決定する 3 人の経験値の総和を表している。

学生は, 「問題の設定」で作成した表定義のセルを参照しながら, ソルバーモデルの作成を行った。学生は, Excel ソルバーを実行した結果を分析することにより, “戦うべき敵の組合せ” が求められていることを確認した (図 12 参照)。

事例①, ②における表定義の作成に関して, 学生はすぐに問題状況を図 8 や図 11 のように整理することができたわけではない。例えば図 8 下段の表の追加は, “後続するソルバーモデルの作成において制約条件③を反映させるには, 「分類」ごとに選択された商品数をカウントしたセル (「カウント」) が用意されていた方がよい” と判断された結果である。図 8 下段の作成にあたっては, Excel 関数 (SUMIF 関数) を用いて当該作業を効率的に行えるように, 「分類」から空白セルをなくするという工夫がなされている。学生が作成する問題は, テキスト上の問題とは異なり, 問題状況が簡潔には整理されていないこともある。学生は, 解決すべき意思決定問題を明らかにしたうえで, 試行錯誤を繰り返しながら問題状況をより整理しやすいかたちとして表定義を完成させた。このように学生が表定義を作

	オーク	魔女	鬼	ダメージ (実際)	ダメージ (上限)
ダメージ (勇者)	2	1	4	0	279
ダメージ (戦士)	3	6	2	0	249
ダメージ (魔法使い)	5	2	3	0	169
				経験値 (実際)	経験値 (下限)
経験値 (勇者)	3	1	4	0	150
経験値 (戦士)	5	2	4	0	200
経験値 (魔法使い)	2	6	4	0	250
				ゴールド (実際)	ゴールド (下限)
ゴールド (1体当たり)	18	30	3	0	1000
戦闘回数	0	0	0	経験値合計	0

図 11 「RPG 問題」の表定義

	オーク	魔女	鬼	ダメージ (実際)	ダメージ (上限)
ダメージ (勇者)	2	1	4	165	279
ダメージ (戦士)	3	6	2	246	249
ダメージ (魔法使い)	5	2	3	167	169
				経験値 (実際)	経験値 (下限)
経験値 (勇者)	3	1	4	167	150
経験値 (戦士)	5	2	4	200	200
経験値 (魔法使い)	2	6	4	310	250
				ゴールド (実際)	ゴールド (下限)
ゴールド (1体当たり)	18	30	3	1005	1000
戦闘回数	2	29	33	経験値合計	677

図 12 「RPG 問題」に対して Excel ソルバーを実行した結果

成ることができた理由としては、問題を表形式で整理することが学生にとって親近感のある方法であることもあるが、さまざまな問題を通じて問題状況を表形式に整理することを講義の中で意識させ練習させたことの成果といえる。提案する教育方法による講義を受けていなければ、この問題に対して、このような取り組みができたとは考えられない。

学生が作成した問題への取り組みにおいて、学生は、表定義を作成することにより、意思決定課題に対する解決案を導きだした。学生は、「問題の設定」における表定義の作成に集

中し、「数理モデルの作成」においては表定義を参照しながらセルの間の数理的な関係を意識した程度である。学生が作成した問題への取り組みを紹介する以上の説明のなかで、「問題の設定」の説明が中心となり「数理モデルの作成」に関する説明が少なかったのは、そのためである。

提案する教育方法により、学生はテキストの問題だけでなく自身が作成した独自の問題の解決にも取り組むことができるようになった<sup>10)</sup>。提案する教育方法は、問題解決において数理的手法を活用できるように学生を方向

付けるのに有効であることがわかる。解析的問題解決の教育においては、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。学生は、過去に解いた問題を参考にすることにより、数理的手法を適用できそうだと気付いたり表定義の作成を工夫したりすることができた。この点から、テキストでどのような問題を扱ったらよいかを検討することも重要であることがわかる。この点に関しては、大堀ほか(2013)が興味深い。

## 5 まとめ

本研究では、“数理的手法を用いて意思決定を行うこと(解析的問題解決)の教育が、その潜在的利用者である学生に対してどのように提供されているか”に関する考察を行った。本研究ではまず、解析的問題解決のテキストの分析を行った。テキストで扱われる問題の多くは、提起された段階において既に問題状況が整理されている。そのため、問題解決プロセスを進めるなかで当該問題を解決すべき意思決定課題として整理しなおすこと(「問題の設定」)は、学生には意識されにくい。解析的問題解決の教育のなかで「問題の設定」を意識的に行わせる仕掛けがない場合、複雑な現実世界の問題に直面したときに“問題の解決とは何を指すのか”、“問題を解決するうえで制約となるものには何があるのか”等を明らかにする作業に手間取り、問題解決プロセスを円滑に進められない恐れがある。

本研究では、文系学生のような十分な数理的知識を持たない学生を想定し、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方法を提案した。提案する教育方法は、提起された課題を解決すべき意思決定問題として整理する作業(「問題の設定」)のなかで、数式モデルを作ることなしに、問題状況を直接表形式に整理させる方法を採

用する。ここで作成する表定義は、“数式モデルを表形式に書き換えた表計算モデル”とは異なる。この点が、Excel ソルバーの利用を想定した解析的問題解決の従来の教育方法とは大きく異なるところである。提案する教育方法は、表の上で試行錯誤を繰り返しながら意思決定課題を直接表定義として整理できるように教育する。“「問題の設定」のなかで問題状況を表形式に整理すればよいこと”、“代数的な数式を書かなくてもよいこと”を学生に意識づけることにより、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できる。このことは、学生がさまざまな問題に取り組んでみることへの誘引ともなる。

本研究では、著者のゼミにおける学生が作成した問題への取り組みを例に、提案する教育方法の有効性を検証した。提案する教育方法により、学生はテキストの問題だけでなく、身のまわりの問題を含むさまざまな問題の解決にも取り組むことができるようになった。提案する教育方法は、問題解決において数理的手法を活用できるように学生を方向付けるのに有効であることがわかる。

本研究が提案する教育方法により十分な数理的知識を持たない学生向けの解析的問題解決の教育の問題がすべて解決されるわけではないが、「IT を利活用して問題を解決できる」という経験を得ることができる。このことは、学生が更なる IT を利活用した問題解決の経験をしていくことの誘引となるはずである。

## 注

- 1) Ackoff and Sasieni (1970) より著者が作成。
- 2) 従来の解析的問題解決の詳細については、上田(2016b)を参照されたし。
- 3) 奥田(2001) p.46 から引用。
- 4) Excel は Microsoft 社の登録商標である。
- 5) AMPL や GAMS 等のモデリング言語により記述されるモデルは、数式表現に近いため、抽象化の程度が高いモデルの記述といえる。

- 6) 提案する教育方法では、Excel ソルバーの働きを説明することを目的として、例題を用いた数理モデルの作成とグラフによる解法の解説を行っている。
- 7) 表計算モデルは、数式モデルを表形式に書き換えたものであり、どのような現実世界の問題がモデル化されたかを明らかにするものではない。これに対して、表定義は、ソルバーモデルの作成段階においてはモデル世界の記述とも捉えられるが、元は解決すべき意思決定問題を明らかにした現実世界の記述である。
- 8) 説明の都合上、学生が作成した問題の状況を少し変更している。
- 9) 著者のゼミでは、学生の解析的問題解決への関心を持たせる工夫の1つとして、論理パズルなどのゲーム教材を利用している（上田，2015a）。
- 10) 事例①，②以外の取組みとしては、サークルの練習スケジュール作成問題への取組みなどがある（上田，2014）。

## 謝 辞

本研究は、平成 27-28 年度北海学園学術研究助成（総合研究）によるものである。

## 参考文献

- [1] Ackoff, R. L., Sasieni, M. W. (1968) "Fundamentals of Operations Research," New York: John Wiley & Sons (松田武彦・西田俊夫訳 (1970) 『現代 OR の方法』日本経営出版)
- [2] Hillier, F. S., Hillier, M. S. (2007) "Trends in operations research and management science education at the introductory level," *Tutorials in Operations Research*, INFORMS
- [3] 荻田正雄・上田太一郎・中西元子 (2009) 『Excel でできる最適化の実践らくらく読本』同友館
- [4] 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
- [5] Little, J. D. C. (2004) "Model and Managers: The Concept of a Decision Calculus," *Management Science*, Vol.50, No.12, pp.1841-1853
- [6] 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
- [7] Nagraj Balakrishnan, Barry Render, Ralph M. Stair (2012) "Managerial Decision Modeling with Spreadsheets," Prentice Hall
- [8] 大村雄史・森村英典・反町洋一 (1997) 「文科系学生に対する OR 教育の実践：文科系学生に対する OR 教育」『オペレーションズ・リサーチ：経営の科学』Vol.42, No.6, pp.413-415
- [9] 大野勝久・逆瀬川浩孝・中出康一 (2014) 『Excel ソルバーで学ぶオペレーションズリサーチ』近代科学社
- [10] 奥田和重 (2001) 『経営科学入門』ムイスリ出版
- [11] Olafsson, S. (1998) "Teaching Mathematical Modeling to Business Student," *Annals of Operations Research*, Vol.82, pp.49-57
- [12] 大堀隆文・木下正博・加地太一・西川孝二 (2013) 「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』pp.266-267
- [13] Stevens, S. P., Palocsay, S. W. (2004) "A translation approach to teaching linear program formulation," *INFORMS Transactions on Education*, Vol.4, No.3, pp.38-54
- [14] 高井英造・真鍋龍太郎 (2000) 『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
- [15] 戸瀬信之・西村和雄 (2001) 『大学生の学力を診断する』岩波書店
- [16] 上田雅幸 (2014) 「学生による Excel 機能を活用したサークル練習スケジュール作成」『北海学園大学経営学部経営論集』Vol.12, No.1, pp.51-60
- [17] 上田雅幸 (2015a) 「表計算モデルによる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—」『北海学園大学経営学部経営論集』Vol.13, No.2, pp.13-21
- [18] 上田雅幸 (2015b) 「OR/MS 教育の現状に関する一考察」『北海学園大学経営学部経営論集』Vol.13, No.3, pp.215-225