最適バッチサイズ問題と利益計画

― EXCEL による OR モデルの発展と利益計画 ―

小林　健吾

1　まえがき

筆者はこの紀要では２号以来一貫して、LEC 会計大学院で実践している講義内容の紹介も兼ねて、パソコンを利用した管理会計の新しい展開を取り上げきた。

この一連の論攷によって、目にとめて頂いた人たちからはすくなからずの賛同を得ている様であるが、今回も授業科目「意思決定会計」で実習的に授業しているところの、オペレーションズ・リサーチ(OR)(1)での最適購入量モデルと、その発展を利益計画に関連して分析に取り込む問題を、最近再登場したソルバーのマクロでの利用の演習をかねて取り上げることにしたい。

ここでの視点は単に OR 問題を解説することではなく、パソコンを利用することによって手計算していた時代には考えられもしなかったような展開が可能なことを提示するとともに、同時にその限界ないし危険にも言及しようというのである。

そこで今回のテーマとしては、OR で代表的な問題とされる最適購入量の決定モデルを、算式による解法だけでなく、さらに問題が複雑化して、算式的に解けなくなった場合に、パソコンの表計算をいかに利用するかを取り上げる。そこでは最適解を見出すことだけではなく、これを利益計画に如何に利用できるかを取り上げ、それと同時にパソコンを利用する場合の問題点を明らかにしようというのである。

管理会計の講義でこのテーマを取り上げる趣旨は、これまで問題にしてきたリニアー・プログラミング（LP)などと同じである。すなわち OR ではその数値的な部分については、目標や結果に影響する各種のパラメータの値が変わりうる場合に、これを数学モデル化して、目標の最適化が得られるパラメータの組み合わせ(解）を見出してゆく。こうした点に注目すると、OR では狭い意味で数学モデルを作成して問題を解くことに限定せずに、LP やシミュレーション技法を含むように広義に定義することが納得できるが、同時に容易に数式解をみいだせないような問題に対しても、試行錯誤計算的なシミュレーションを高速に実行するパソコンを駆使すれば、容易に必要な解を見出すことができ、その成果を迅速に利益計画に役立てうることを示唆する。この点を数字例の利用を通して演習的体験的にとりあげようとするのである。

まず学生に提示する問題例から上げると、以下のような内容である(2)。

｛設問｝

大和電機製造会社は、製品 A の甲工程ではバッチ生産している。

この製品はバッチサイズに応じて材料や部品の納入計画が立てられているので、これらの在庫費用はバッチサイズによって影響される。

バッチサイズに関連した費用は、バッチのセットアップ費と在庫関連の費用とからなり、その他の費用については問題の簡単化のためにバッチサイズの大きさには関係しないとする。

従来、バッチサイズについては、設備の作られたときの計画に基づいて 35,000 個とされ、生産量の変化に応じた最適セットアップ回数は分析されてこなかった。

こうした状況で、セットアップあたりの原価の削減を指示された現場は、セットアップ単位あたりの原価の削減とともに、バッチサイズの最適化が大きな影響を持つことに注目して、これらの合わせた調査・検討の必要を指摘した。

以下の資料によって必要な分析を行って、最適バッチサイズの決定とセットアップ費の管理を利益計画の視点から統合する方策を工夫しなさい。

資料

1　当該製品では、現在の生産設備では、1 バッチ 30,000 個から 90,000 個までのバッチサイズが可能である。

2　セットアップ費は 1 回あたり 250,000 円であり、現在予定されている製造量とバッチサイズの範囲では変化がないことが確認されている。

3　現在のバッチサイズに応じた在庫費用の発生は、生産のバッチサイズの大きさの 30%（在庫定数と呼んでおく）に相当する製造量に単位当たり 248 円を乗じた額で予定されており、この数値は従来の経験から妥当と考えられている。

在庫費用＝バッチサイズ×在庫定数 0.3×単位在庫費 248 円

4　予想される製造量は、500,000 個から 1,000,000 個の範囲である。

問題 1　以上の資料によって、500,000 個と 1,000,000 個の生産におけるセットアップ費と在庫費の合計（以下、総費用と呼ぶ）が最低になるバッチサイズが存在することを確かめ、その費用額を算定しなさい。

問題 2　問 1 で求められる最適バッチサイズが、予定される製造量 500,000 個から 1,000,000 個までの間にどのように変化するか分析しなさい。

また、総費用の算式から最適バッチサイズを求める算式を導き出し、これによって上の最適バッチサイズの計算を確かめるとともに、OR の最適購入量決定モデルと比較しなさい。

問題 3　製造量に応じたバッチサイズを容易に決定するために回帰式の利用を考えたが、これについて分析検討してレポートにまとめなさい。

問題 4　問 1 と問 2 で見出した関係式を実際に当てはめたところ、バッチサイズ 45,000 個以上では予測された費用と実際との差が無視できない大きさであることが知られた。しかもこの差では算式からの予測が常に小さいことに注目して調査した結果、バッチサイズを大きくし

て、45,000個を超えると現在の搬送システムでは完全に対応できなくなり、工場内に材料や部品をあらかじめ配送して置く必要が生じ、また半製品や製品の一部が滞留し、在庫費用が増加することが明らかになった。この増加に応じた、次の式が得られた。

1バッチあたりの換算在庫量の増加

＝（X－45,000）×（在庫定数0.3×増加在庫率0.2）

この搬送システムの改善は今後別に問題にするとして、差し当たってはこの事情を配慮したバッチサイズを考えることになった。

以上の状況に対してある管理者は、境界バッチで増加在庫率だけ増加するのならば、境界バッチサイズで総費用が最低になるはずであるから、それをバッチサイズに採用すれば良く、それ以上の分析は不要と主張した。以上の状況で、各生産量での最適バッチを求めなさい。

問題５　ABCあるいはABMの知識に基づいてセットアップ費のコストドライバーがセットアップ回数であることが指摘されている。そこでこの知識から、セットアップ費の削減が問題にされた。

この提案者は目標利益の達成には、セットアップ費からは現在の予定される製造量1,000,000個で従来の35,000個のバッチサイズで、セットアップ回数は切上げて29回、セットアップ費合計7,250,000円の15%の1,087,500円の削減が可能としたのである。

問１　あなたはこの提案に対して、必要な分析を考えて評価しなさい。

問２　現場の努力の結果、在庫定数を28%に下げる方式が見出されたのに加えて、一回当たりセットアップ費の8%の削減、単位在庫費の7%の削減までが可能である場合に、セットアップ費に応じた最適バッチサイズ(少なくとも近似値) を選択するとして、セットアップ費と在庫費の合計が8,200,000円目標とされたとき、どのようなセットアップ費、単位在庫費、バッチサイズを組み合わせたら良いか分析しなさい。

以上

参考：最適購入量モデル

ORの最適購入量決定問題では、次のような数式化と解が説明されている。

購入量をD、一回当たりの発注費用をO（オー）、一回の発注量をX、単位在庫費用をHとすると、平均在庫量はH/2 であるから、

総費用Y＝DO/X＋HX／２

Y’=－DO/X²＋H/2

O＝－DO/X²＋H/2　から

X² =２DO/H

X = (2DO/H)^(1/2)

２　問題１（バッチサイズと総費用）

①　各バッチサイズでの総費用

この工程の原価がバッチサイズに応じて変化するのはセットアップ費用と在庫費用だけであるとする（その他の原価を含めても問題の基本的変化はないので、簡単化のために上記のように仮定する）と、セットアップ費用と在庫費用の合計Y（総費用）は次の数式によって得られる。

製造量：D

セットアップ費：O

バッチサイズ：X

平均在庫率：a

単位在庫費用：H

Y = DO／X＋aXH……………(1)

すなわち、セットアップ費はセットアップ回数と一回当たりのセットアップ費との積として計算され、さらにセットアップ費は製造量をバッチサイズで割って得られるから上の算式の前半になり、在庫費用は製造量換算でバッチサイズの一定比率に単位在庫費用を乗じて算定されるのであるから、上式の後半部分となる。

次にまず最初に、問題とされているバッチサイズ範囲で総費用を最小にする最適バッチサイズが存在するかを確かめるために、問題に指定された範囲の製造量について総費用を算定する。問題によっては最適バッチサイズが可能な範囲の最大バッチあるいは最小バッチである場合も多いので、まずバッチサイズによって総費用がどのような経過をたどるかを確認するのが問題１であり、このために各バッチサイズと総費用の表とグラフを作成する。

次頁のEXCELのシート１の画面(以下シート１と呼ぶ）の内の第１表とそれによる第１図がこれである。

この第１表の作成では、絶対番地を利用して以下のように効率的に作成する。すなわち、まず可能なバッチサイズの端の30,000個での総費用のセルC11に、バッチサイズの総費用を絶対番地を利用して下のように入力する。

＝$G$9*$F$3/C10+C10*$F$5*$F$4

これをD11から011までにコピーする。（C11のセルの右下にマウスのカソールを持ってくると、黒い十字が現れるので、この状態で011までドラッグする。）以上で第１－１表は完成する。同様に問題範囲の下限の製造量500,000個について確認したのが第１－２表である。

この第１表を折れ線グラフあるいは散布図でグラフに表示すれば、第１図のようになる。この結果、総費用が最低になるバッチサイズが存在することが確かめうる。

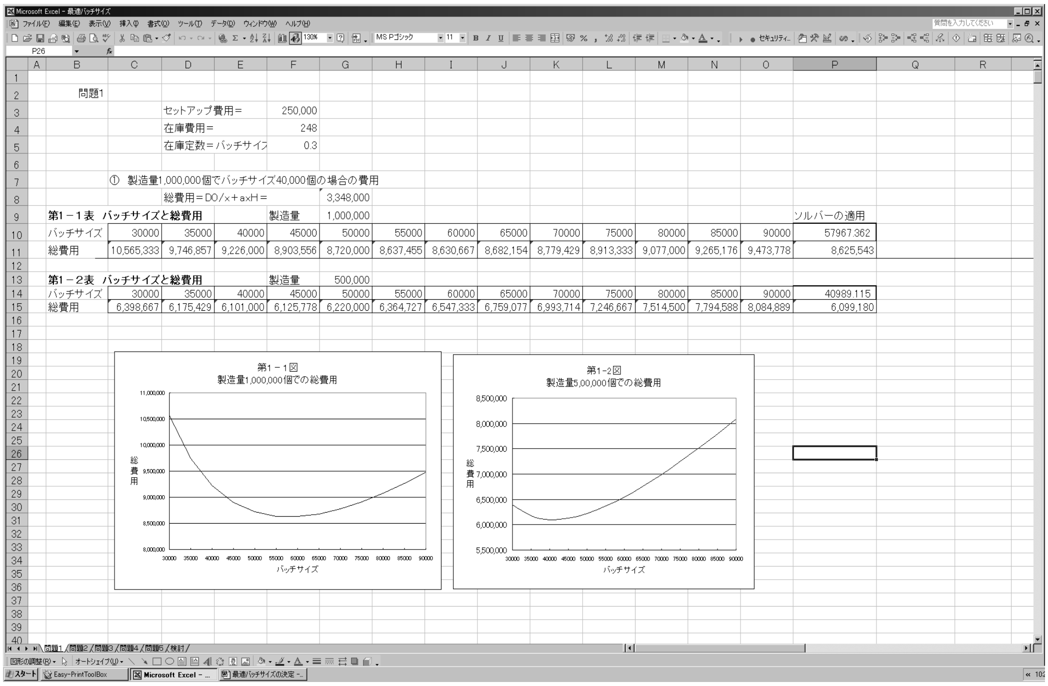
②　最適バッチサイズの算定

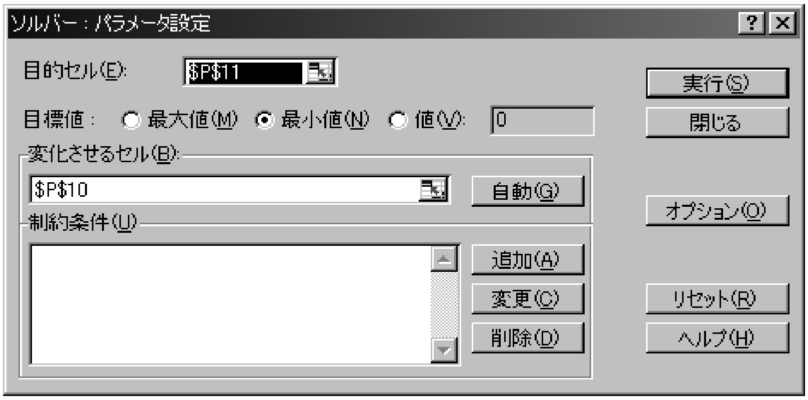
この最適バッチサイズは表と図の上から、製造量 1,000,000個ではバッチサイズ55,000個と60,000個の間に、また製造量500,000個では40,000個と45,000個の間にあることが読み取れるが、詳細な算定にはEXCELのソルバーを利用する。

これは次の手順で求めている。（この部分はソルバーを既知の読者はとばして読まれたい。）

先の第１表の作成では、問題１のシートの10行目に各バッチサイズを設定しておいて、C11に入力した総費用の算式をD11から011までコピーしたが、これを利用してP10に任意のバッチサイズを入力しておき､P11に011までのコピーを延長する。以上によって､P11にはP10のバッチサイズでの総費用が算定されるから､このP10とP11を利用してソルバーを適用するのである。

EXCELのメニューバーのツールからソルバーを開くと現れる「ソルバー：パラメータ設定」のダイアローグ画面（上の画面）で、「目的セ





ル」にP11を、目標値に「最小値」、変化させるセルにP10を指定してソルバーを実行すれば、P10に最適バッチサイズの57,967.362が、P11にそのバッチサイズでの総費用8,625,543円が表示される。

製造量500,000個の場合も同様にして最適バッチサイズ40,989個と、そのときの総費用6,099,180円が得られる。

3　問題２（各製造量での最適バッチサイズ）

①　各製造量での最適バッチサイズの算定

可能な製造量500,000個から1,000,000個の

間の各製造量での最適バッチサイズの変化を見るために問題２シートの第２表と第２図を作成する。

この第２表では 50,000 単位の間隔で製造量を D8 のセルから N8 のセルに設定して、これらに対する最適バッチサイズと総費用を９行目と 10 行目に算定している。

この算定では前項で説明したソルバーの適用を繰り返しても良いが、後にソルバーを繰り返して適用する問題が現れるので、ここでマクロによる算定を取り上げておこう。

これには次の手順を必要とする。これは一見手間のようにみえるけれども、一度設定すれば済む手順も多いので、このような場合には便利である。

（イ） ソルバーを実行可能にする。

会計でパソコンを利用している場合には、すでに利用されているであろうが、一応断っておくべきはソルバーは標準の EXCEL では組み込まれないことである。これをまず組み込む必要がある。これには EXCEL のメニューバーの「ツール」からアドインを選び、開いたダイアローグボックスから、「ソルバーアドイン」にチェックをいれて OK する。EXCEL の画面上でソルバーを利用するだけならば、以上で十分である。

（ロ）ソルバーをマクロで実行可能にする。

マクロでソルバーを利用するには、さらに多少の手順が必要になる。多少長くなるので、この小論の巻末の後注で上げているので参照されたい。(後注(1))

（ハ）代入領域を設ける。

以上で準備段階を終了したら、次に製造量とバッチサイズおよびそのときの総費用を計算するセルを含む代入領域を任意の場所に設定する。これはマクロでソルバーを繰り返すために必要な部分である。シートで H4 から I6 に設けているのがそれである。

この製造量のセル I4 にはマクロで次々と可能な範囲の製造量を代入するから、差し当たっては適当な数値を入力しておく。ここで入力の正確性を確かめるためには、問題１で総費用が算定された製造量、たとえば 1,000,000 を入力する。最適バッチサイズの I5 のセルにも適当なバッチサイズを、最後の I6 のセルには I4 と I5 を利用して総費用を計算する算式を入力する。これらも問題１の第１表で算定した中から、たとえばバッチサイズ 50,000 を入力する。そして問１の表１がこれまでの説明のように作られており、問題２シートのセットアップ費等のデータの箇所が問題１のシートと同じであれば、問題１の第１表の総費用の算式を問題２シートの I6 にコピーして、製造量のセル番地を変更すれば終わる。この結果、問題２のシートでは総費用の欄の数値が 8,720,000 円となり、問題１シートの G12 の結果が現れて、表の作成が適切であったことを確認できる。

ここでもこれまで繰り返してきた処の、ちょっとした工夫によって、面倒な算式の入力等も容易に新しい問題に少しの変更によって適用できる表計算の特徴が発揮されるのである。

（ニ） マクロを作成する。

以上の準備の後に、Visual Basic Editor を開いて、その標準モジュールに後注(2)に上げたコードを入力する。このプログラムによって、I4 に製造量を次々と代入して、その状況で目標セルを I6、目標値を最小値、変化させるセルに I5 を指定してソルバーを実行し、得られた最適バッチサイズとその総費用を、D9 から N10 までの表の位置にコピーし、次の製造量を代入して繰り返すと言った処理を行うのである。

（ホ）　マクロの実行

以上の準備が終わったら、EXCEL のメニューバーのツールのメニューからマクロ-マクロを選択し、現れたダイアローグボックスで、「問２の最適バッチの計算」を実行する。この結果、第２表の全体の計算が実行されて、瞬時に表が作成される。製造量をたとえば 10,000 個間隔で 50 設定しても、表の作成は一瞬で終わる。添付した EXCEL ファイルを利用する場合には、D9 から N10 までを一度消去して、実行してみるとその快適さが実感できるであろう。

なお、マクロの試行の度に計算を確かめ、製造量の計算の段階ごとに停止して確認すると言ったことも、多少の変更で可能であり、またソルバーの「解答レポート」、「感度レポート」および「条件レポート」といった各種のレポートも必要に応じて巻末のマクロに必要なパラメータを加えればよいだけである。学生達も活用することによってその便利さを実感するようである。

②　グラフ表示

以上の第２表の製造量と最適バッチサイズの表を折れ線グラフで描いたのが、第２図である。この作図については省略するが、折れ線グラフのものであることに注意されたい。

そして図の下方の X 軸の製造量のタイトルの右には、このグラフで２次の近似式を求めた結果の算式を表示している。これは問題３で使用する。

ともあれ、この第２図から製造量の対する最適バッチサイズの変化は一見線形に近く見える。そこでもし線形に近いならば、面倒な最適バッチの計算を繰り返さなくても、回帰式を利用して簡単に問題となる製造量での最適バッチサイズが利用できるのではないかと考えられる。ここでいわゆる回帰分析の適用によって問題の簡略化の例を取り上げるのである。

③　最適バッチサイズの算式

その前に、演習も兼ねているので、以上の最適バッチサイズを算式から算定する問題が、問２の最後の設問である。

これについては難しい問題ではないので結果だけを示しておく。

先の総費用の算式（１）から、これを微分して０（ゼロ）に置けば総費用が最小化する X の値(最適バッチサイズ)がえられるから、

$$Y' = -D0/X^2 + aH$$

したがって、X が最小になる値は、

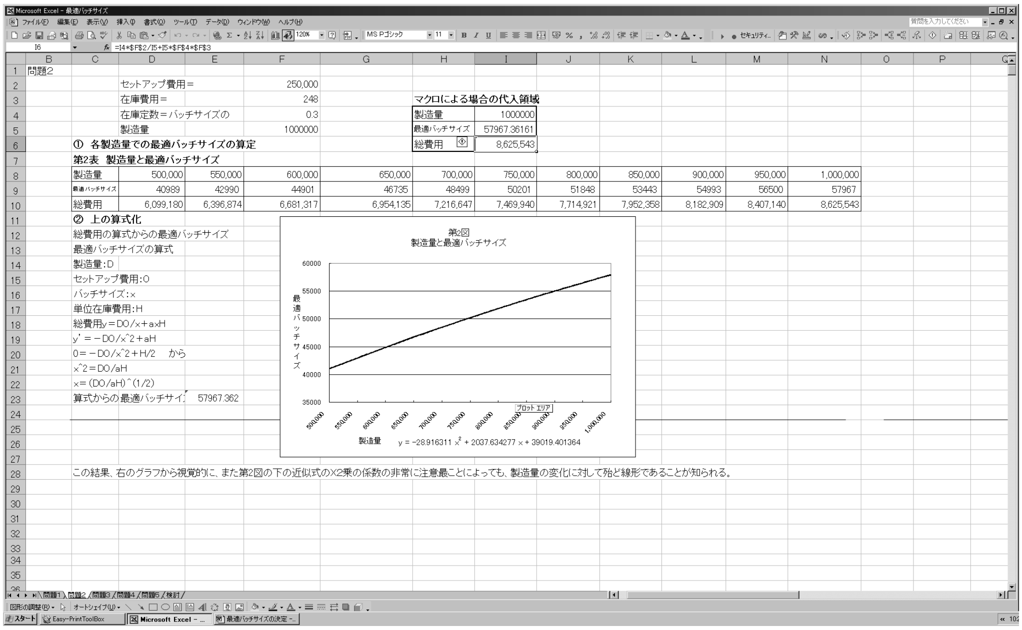
$$0 = -D0/X^2 + aH$$

であるから

$$X = (D0/aH)\ \hat{}\ (1/2) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

これを最適購入量モデルの算式と比較すると、最適購入量モデルでの 1/2 に代えて在庫定数 a が適用されているだけである。これは最適購入量モデルでは一定の速度で材料や商品が利用あるいは販売されてゆくことを予定して、平均在庫率は１／２と仮定されているが、最適バッチサイズの場合にはバッチサイズによって材料や製品・半製品あるいは補助部品等の必要在庫が異なるので、それらの在庫の費用を製造量換算で在庫定数としていたことに注目すればよい。

またこの算式を 1,000,000 個の製造量に当てはめて算定すると、問題２のシートのセル E23 にあるように 57,967.362 個となって、問題１のシートで算定した数値と同じになることが確認できる。



したがってまた、こうした算式化が可能な場合には、上の第２表の作成もこの式を利用して次の様に簡単に行いうることになる。

500,000 個の製造量の最適バッチサイズのセル D9 に次の算式を入力して、これを N9 までコピーする。

＝（D8*$F$2/($F$4＊＄F$2)）＾(1/2)

また総費用についても、同様に C9 に次の算式を入力してコピーする。

＝D8/D9*$F$2+D9*$F$4*$F$3

以上で第２表がえられる。

４　問題３　各製造量での最適バッチサイズと回帰式の利用

①　出題の趣旨

ここでは回帰式の利用についての曖昧な出題になっているが、これはそのときの状況に応じていろいろな具体的な問題の形を取る。

たとえば、詳細な数字例は省略せざるを得ないが、最適バッチサイズがここでの例のように 50,000 近くなる領域では、製造量やセットアップ費の変化に対して線形に近くなる。このことから回帰式の利用では一次回帰式を利用する可能性を考え、あるいは回帰式は一般に将来の発生の予測に利用されるのであるから、独立変数となる製造量等の予測の確かさが重要になることなど、多くの問題への展開の契機を与えようというのである。予測の確かさについては、それが今回のテーマでないから、これ以上は省略する(3)。

②　グラフと回帰式

上の数式(2)からも最適バッチサイズは製造量Ｄの関数であることが知られる。そこで先述のように利益計画の各状況の製造量で最適バッチサイズを迅速に求めるために回帰式を利用できないかを考えるのが差し当たっての問題である。

この最適バッチサイズの問題は、回帰式の利用の演習例としてもいるので、ここでも回帰式

に関して一般的に取り上げておこう。

ここではまず、回帰式を求める方法が問題になる。いまだに一部の管理会計論のテキストでは、一次回帰式をもとめるのにｘの係数と定数の算定で複雑な算式を説明し、これを利用するように説明しているものがある。新たな数学的問題を開発する立場にない我々にとっては、こうした説明は不要である。こうした説明に終わること自体が、現在のわれわれが置かれた状況と必要に則して学生に知識と技法の習得を考えようとしているのか疑問である。ここで必要なのは、問題に適合したグラフの作成とそれを利用して回帰式の効果的迅速的な利用を可能にすることである。

③　グラフの種類と回帰式

ここで重要なのはグラフの選択である。

（イ）　折れ線グラフの場合の近似式

たとえば第２表が得られた段階でこれからグラフを作成して、その近似式の追加から回帰式を求める方法を説明して、その適用を学生に要求すると折れ線グラフを選択することが多い。第２表から作成した先の第２図がこの例である。

この第２図の下段に現れている回帰式は、次の手順で求めている。

第２表からグラフを描く手順は省略するが、このグラフ上の任意の線上をマウスで右クリックすると、「近似式の書式設定」が現れるから、これをクリックして現れる「近似曲線の書式設定」ダイアローグから「種類」－「多項式近似」、次数に２次、さらに「オプション」から、「グラフに数式を表示する」にチェックを入れて0kすると、グラフ上に２次の近似式が表示された近似線が描かれる。この状況が先の問題２のシートの第２図である。

この第２図の回帰式（Ｙ＝－28.916Ｘ^2＋2037.6Ｘ＋39019.4）から、たとえば製造量500,000個での最適バッチサイズはどのように求められるであろうか。多少表計算になれている学生は、このＸに500,000を代入しようとする。しかしその結果は、とんでもない大きな数値になってしまって、途方に暮れることが多い。しかし折れ線グラフから得られる回帰式のＸは本来の製造量の単位ではないことを知っている学生(残念ながらこの例は少ない）は、散布図で描くグラフを選択して同様な手順で利用できる回帰式を得る。回帰式の利用に関連しても折れ線グラフと散布図では大きな違いがあることを明確にしておく必要があるのである。

折れ線グラフと散布図の特徴については、巻末の後注の(5)にまとめてあるが、そこで説明しているように折れ線グラフによる回帰式のＸは表のＸ軸の項目の番号を表している。

したがって、問題２の第２図で求めた回帰式から前述の500,000個の場合の最適バッチを求めるには、第２表の製造量500,000個は表の１番目のデータ項目であるから、Ｘ＝１を代入して、

製造量500,000個での最適バッチ
＝－28.916×１^2＋2037.6×１＋39019＝41,028
と算定されるのである。

同様にたとえば575,000個でのＸの値は、第２表でのデータ間隔は50,000であるから、
Ｘ＝（575,000-500,000）／50,000＋１＝2.5
これを第２図の回帰式にて適用して、
-28.916×2.5^2+2037.6×2.5+39019.4
≒43,933　と計算する。

（ロ）　散布図による近似式

今ひとつ回帰式の近似式を求めることができるグラフが散布図である。これによって第２表をグラフにしたのが、問題３のシートの第３－１図である。散布図では近似曲線を表示するのはデータ範囲についてだけである。それでも全

く問題ないが、X=0 の原点からの近似曲線を表示するには、近似式を描くときのオプションで「グラフに数式を表示する」にチェックを入れるとともに、「後方補外」を利用してX＝０までを描くようにする必要がある。この結果が第３－１図である。

この表の下段で見るように、近似式として、

$$Y = -0.0000000116X^2 + 0.05116X + 18338.469$$

といった回帰式が得られている。

なお、折れ線グラフの場合も散布図の場合も決定係数のＲ２乗値は１に近く差は小さい。

この近似式から、先に挙げた製造量 575,000 個での最適バッチサイズを計算すると、約 43,922 個と算定される。

（ハ）　回帰式の利用の可能性

これらの数値だけでは不十分であるから、各種の製造量について計算上の最適バッチサイズと回帰式を利用した最適バッチサイズを比較したのが第３－１表と、散布図による場合を図示したのが、第３－１図である。

問題２のシートの第２図でも見られるが、第３－１図でも製造量の 500,000 から 1,000,000 個の範囲では最適バッチサイズの経過はほぼ線形である。これは回帰式のＸ2 乗の係数が非常に小さいことにも現れている。

しかし、この回帰式を利用するに当たっては、受講生に次のことを指摘しておく必要がある。すなわちＸ2 乗の係数が非常に小さく、直線回帰式を近似的に適用できそうに思われる状況は、第３－１図では製造量が 500,000 個以上といった領域で観察しているからである。これは最適バッチサイズの算式で平方根が含まれるから、500,000 以下の製造量について最適バッチサイズを計算するとすれば、製造量０に近い近辺で急速に最適バッチサイズも０に落ち込む経過が予測されるのである。

これは第３－２表による第３－２図のように最適バッチサイズの算定を製造量０から行ってみれば知られる。ここでは回帰式は予定した製造量範囲に対して見出されるものであることに注意を喚起する。これを見失うと誤って適用される危険を持つのである。こうした点は、ここでの問題に限らず、損益分岐点分析その他多くに分野で関連範囲の概念によって表現されていることを徹底する必要がある。

（ニ）２次の回帰式か１次の回帰式か

この問題では具体的な回答を求めているわけではない。１次と２次の回帰式を比較しあるいは分析して、どのような相違が生じ、それが最終的な総費用の予測にどう影響するかを、数値を操作しながら経験することを期待しているのである。この状況が第３-１表の下の部分で試みている。そこで見るように、この例では回帰式の利用による誤差は最適バッチサイズレベルでは高い場合でも 0.6%程度であり、総費用では非常に小さく問題にするに当たらないほどであることが知られる。

こうした場合に製造量に対する２次式に代えて１次の回帰式を利用する可能性に付いての出題が問題３である。

この最適バッチサイズの利用の問題は、回帰分析の利用の演習の一貫として取り上げていることは前述したが、特にここではより高次の回帰式がいつも有効であることを意味しない点に注目させることが必要であろう。しばしば数式的に高次であるほど詳細で有効と言った先入観に行き当たることが多いが、こうした先入観に対してＸの２次の回帰式と１次の回帰式による各製造量の最適バッチサイズの算定値を比較したのが第３表の後半の部分である。これについてのこれ以上の補足は不要であろう。

Microsoft Excel - 最適バッチサイズ

セットアップ費用＝	250,000	
在庫費用＝	248	
在庫定数＝バッチサイズ	0.3	
製造量	1000000	
境界バッチサイズ	45000	

	散布図による2次の回帰式	散布図による1次の回帰式
X二乗の係数	-0.0000000116	
Xの係数	0.05116256	0.0338128
定数	18338.4717	24,555.4786
R2乗値	0.9999805	0.9977039

第2表の再掲（各製造量での最適バッチサイズ）

製造量	500,000	550,000	600,000	650,000	700,000	750,000	800,000	850,000	900,000	950,000	1,000,000
最適バッチサイズ	40,989	42,990	44,901	46,735	48,499	50,201	51,848	53,443	54,993	56,500	57,967
総費用	6,099,180	6,396,874	6,681,317	6,954,135	7,216,647	7,469,940	7,714,921	7,952,358	8,182,909	8,407,140	8,625,543

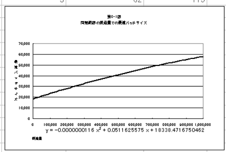
回帰式を利用しての検討について

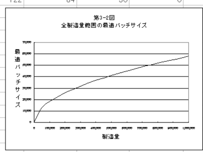
②の結果から、問題範囲内の各製造量における最適バッチを簡単に算定するための関連式に図の回帰式を利用する問題。決定係数が1に近く、利用できそうに思われる。

この二次の回帰式をそのまま利用するか、それともX二乗の係数が非常に小さいことに注目して、大約の算式を Y=0.06X＋21526 とする場合を誤差を算定して比較しておこう。

第3－1表 各製造量での最適バッチの比較

		500,000	550,000	600,000	650,000	700,000	750,000	800,000	850,000	900,000	950,000	1,000,000
	製造量	500,000	550,000	600,000	650,000	700,000	750,000	800,000	850,000	900,000	950,000	1,000,000
	計算値	40,989	42,990	44,901	46,735	48,499	50,201	51,848	53,443	54,993	56,500	57,967
二次の回帰式による予測		41,020	42,969	44,860	46,693	48,468	50,185	51,845	53,446	54,989	56,474	57,901
一次の回帰式による予測		41,462	43,153	44,843	46,534	48,224	49,915	51,606	53,296	54,987	56,678	58,368
回帰式の誤差	二次式	31	−21	−41	−42	−31	−16	−3	2	−4	−26	−66
	一次式	473	163	−58	−201	−275	−286	−242	−147	−6	178	401
誤差の比率	二次式	0.001	−0.000	−0.001	−0.001	−0.001	−0.000	−0.000	0.000	−0.000	−0.000	−0.001
	一次式	0.012	0.004	−0.001	−0.004	−0.006	−0.006	−0.005	−0.003	−0.000	0.003	0.007
両式の比率の差		−0.0107861	−0.0042713	0.0003756	0.0034098	0.0050279	0.0053850	0.0046063	0.0027939	0.0000328	−0.0036054	−0.0080600
総費用への影響												
	二次の予測による	6,099,182	6,396,875	6,681,320	6,954,138	7,216,649	7,469,940	7,714,921	7,952,358	8,182,909	8,407,141	8,625,549
	一時の予測による	6,099,581	6,396,920	6,681,323	6,954,200	7,216,764	7,470,062	7,715,005	7,952,388	8,182,909	8,407,181	8,625,748
	総費用の差	−399	−45	−3	−62	−115	−122	−84	−30	−0	−41	−199





マクロによる場合の代入領域

製造量	1000000
最適バッチサイズ	57967.361
総費用	8,625,543

第3－2表 全製造範囲の最適バッチサイズ

0	50,000	100,000	150,000	200,000	250,000	300,000	350,000	400,000	450,000	500,000	550,000	600,000	650,000	700,000	750,000	800,000	850,000
0	12,962	18,331	22,451	25,924	28,984	31,750	34,294	36,662	38,886	40,989	42,990	44,901	46,735	48,499	50,201	51,848	53,443
0	1,928,730	2,727,636	3,340,659	3,857,460	4,312,772	4,724,405	5,102,940	5,455,273	5,786,190	6,099,180	6,396,874	6,681,317	6,954,135	7,216,647	7,469,940	7,714,921	7,952,358

問題1／問題2／問題3／問題4／問題5／検討

5　問題４　算式的に最適バッチサイズを計算できない場合

問題４は一応の解決策を見出して、それを実際に適用した結果からさらに問題を発展させる経過の演習でもある。

ここでは最適バッチサイズを計算、あるいは回帰式を適用したところ、実際に得られた資料との乖離が無視できない大きさであり、しかもその差が一方に偏っていた。こうした場合には見出された解答や回帰式を再検討するために現場の現実を調査して問題点を発見することが必要になる。

この結果、この設問では搬送システムとの非調和が生じていることが明らかになり、これを抜本的に改善することは事後の問題として、差し当たって搬送システムの現実に配慮した最適バッチサイズの決定問題として処理しようとするのである。

①　この場合の総費用の算式

バッチサイズが 45,000 個以上になると在庫費用が増加するのであるから、このバッチサイズ（これを新しい費用の発生状態になる境界という意味で、境界バッチサイズと呼んでおく。）以上と以下では異なった総費用の算式が適用されるのであるから、まず最適バッチサイズが存在するかを確かめる必要がある。問題範囲の最低あるいは最高のバッチサイズが最低の総費用といった例も少なくないからである。

設問から得られる総費用の算式は以下のようになる。

境界バッチサイズ以下では従来と同じく。

総費用 Y = DO／X＋aXH

であるが、境界バッチサイズを越えると、境界バッチサイズを Z, これを越えた場合の在庫の増加率を b とおくと、

総費用 Y=D/X×O＋（aX＋ab（X－Z））H……(3)

と表しうる。

これらの総費用の算式を利用して製造量500,000 個と 1,000,000 個でのバッチサイズと総費用の関連を算定したのが、問題４のシートの第４－１表と第４－２表である。

これらの表では、第４－１表では問１の場合と同様に絶対番地を利用して以下の算式を問題４のシートの D13 のセルに入力して、これをコピーしている。

=IF(D12<$F$5,$F$4*$F$1/D12+$F$3*D12*$F$2,
$F$4*$F$1/D12+($F$3*D12+(D12-$F$5)
*$F$6*$F$3)*$F$2)

さらにユーザー定義関数の利用を習得した学生には巻末の後注(3)に上げたユーザー定義関数を作成して利用させる。製造量 500,000 個の総費用を計算した問題４シートの第４－２表ではこれを利用している。

この場合にはD16のセルに次の式を入力して、これを P16 までコピーすれば良い。

=batchcost($D$33,D15,$F$5,$F$1,$F$3,$F$6,
$F$2)

ここでも絶対番地の併用によって、入力を容易に行うのである。これらの表、あるいはそれによる第４－１図と第４－２図によって、それぞれ最適バッチサイズが存在することが確認できる。

② 最適バッチサイズの算定

一見すると、境界バッチの存在はそれ以降の在庫率が増加するのであるから、境界バッチが最適バッチになりそうにもみえ、設問の管理者の主張は正当のように思われるかも知れない。そこで検討に当たってはこうした判断が正確であるか確かめることも必要になる。

そこで新しい算式による最適バッチサイズを算定してみる。この場合には、上の算式(2)を加えた形の総費用の算式では、これを整理して問２で見たように算式的に最適バッチサイズを求めることはできない。こうした場合にも表計算によれば容易に必要な解を見出しうる。

数字例は省略するが、たとえば境界バッチサイズ以上の総費用の算式がさらに複雑化して、われわれがその解法を知らないところの X の 3 乗以上の式になる場合でも、表計算によれば容易に答をみつけることができるのである。

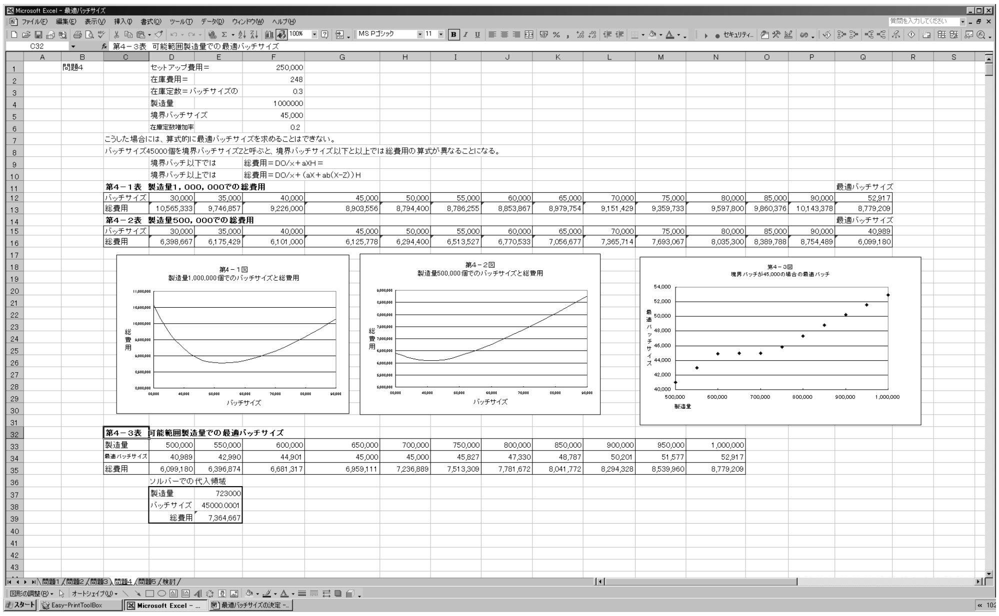
さて各製造量での最適バッチサイズを求めるには、問１で説明した方法を問題４のシートの Q12 から Q13 と Q16 から Q17 に適用してソルバーを利用するか、あるいは後注（１）にあげた「ソルバーの実行」マクロを利用して、目標セルと変化させるセルを入力すれば、最適バッチサイズは製造量 1,000,000 個で 52,917 個と製造量 500,000 個で 40,989 個、総費用は 8,779,209 円と 6,099,180 円が得られる。

この結果は設問の管理者の想定が正しくないことを表しているが、その理由は境界バッチ以降での在庫の増加による費用増加よりも、バッチサイズの増加によるセットアップ費の逓減が大きいことに見いだせる。これは境界バッチサイズからの在庫の増加率を予想の 0.2 から上げていって見ると理解できる。ここでは問題４のシートをこれまで説明してきたように作成しているならば、これを利用してセル F6 の値を 0.3, 0.4 と上げてゆけば、それに応じて 13 行および 16 行の総費用が変化するので、これらを観察することによって知ることができる。この紀要の前号(5 号)で取り上げたシミュレーション技法を利用するのである[4]。

③ 各製造量での最適バッチサイズの算定

設問に従って、次に各製造量での最適バッチサイズを求めなおしたのが問題４のシートの第４－３表である。

この計算でも、ソルバーを繰り返す代わりに, ソルバーでの代入領域を先と同様に作成して、



Microsoft Excel - 最適バッチサイズ

第4－3表　可能範囲製造量での最適バッチサイズ

問題4

セットアップ費用＝	250,000
在庫費用＝	248
在庫定数＝バッチサイズの	0.3
製造量	1000000
境界バッチサイズ	45,000
在庫定数増加率	0.2

こうした場合には、算式的に最適バッチサイズを求めることはできない。

バッチサイズ45000個を境界バッチサイズZと呼ぶと、境界バッチサイズ以下と以上では総費用の算式が異なることになる。

境界バッチ以下では　総費用＝DO/x＋aXH＝

境界バッチ以上では　総費用＝DO/x＋（aX＋ab(X-Z)）H

第4－1表　製造量1，000，000での総費用

バッチサイズ	30,000	35,000	40,000	45,000	50,000	55,000	60,000	65,000	70,000	75,000	80,000	85,000	90,000	最適バッチサイズ 52,917
総費用	10,565,333	9,746,857	9,226,000	8,903,556	8,794,400	8,786,255	8,853,867	8,979,754	9,151,429	9,359,733	9,597,800	9,860,376	10,143,378	8,779,209

第4－2表　製造量500，000での総費用

バッチサイズ	30,000	35,000	40,000	45,000	50,000	55,000	60,000	65,000	70,000	75,000	80,000	85,000	90,000	最適バッチサイズ 40,989
総費用	6,398,667	6,175,429	6,101,000	6,125,778	6,294,400	6,513,527	6,770,533	7,056,677	7,365,714	7,693,067	8,035,300	8,389,788	8,754,489	6,099,180

第4－3表　可能範囲製造量での最適バッチサイズ

製造量	500,000	550,000	600,000	650,000	700,000	750,000	800,000	850,000	900,000	950,000	1,000,000
最適バッチサイズ	40,989	42,990	44,901	45,000	45,000	45,827	47,330	48,787	50,201	51,577	52,917
総費用	6,099,180	6,396,874	6,681,317	6,959,111	7,236,889	7,513,309	7,781,672	8,041,772	8,294,328	8,539,960	8,779,209

ソルバーでの代入領域

製造量	723000
バッチサイズ	45000.0001
総費用	7,364,667

問題1／問題2／問題3／問題4／問題5／検討

問題２で作成したマクロのセル番地等を変更することで簡単に算定できる。巻末の後注(4)で上げているので、問題２のそれと比較して要領を会得されたい。

この結果は、問題２の場合と異なって、単純な経過でなくなることは、境界バッチサイズの存在からも予測できる。そこでは製造量650,000個と700,000個(正確にはおおよそ610,000個から723,000個の範囲）では境界バッチサイズが最適バッチサイズになるが、それ以外の領域では,管理者の予想のようにはならないのである。

この製造量が600,000個から700,000個の間では最適バッチサイズが境界バッチサイズになる点の説明はそれぞれに製造量でのバッチサイズの増加によるセットアップ費の逓減の状況と、在庫費用の増加との関連から生じるが、この問題の解析は問題とはしていないので、これ以上取り上げない。

６　問題５　セットアップ費の削減とバッチサイズ

①　問題の趣旨

ここで取り上げている最適バッチサイズの問題は、すでに上げた(1)や(2)の総費用の算式からも知られるように、製造量、セットアップ費額、在庫率、単位在庫費用額が、それぞれ影響するのであるから、セットアップ費の削減は最適バッチサイズに影響し、それによっても総費用が変化する点を見落としてはならない。

こうした点に十分な配慮を欠く場合には、ある原価の節約を単独に取り上げて、全体の原価額ではかえって不利になることを見落としかねないのである。問題５で触れている主張はこうした例であり、安易なABC(Activity Based Costing)あるいはABM(Activity Based Management)の論者に見られそうな主張である。すなわち製品量や工程生産量よりも詳細なコストドライバーに注目するのは良いが、それだけにその

コストドライバーが他の活動と密接に関連していることを見落として、各コストドライバーを独立したものと考えがちになる危険を指摘しているのである。

さらに問２では、これまでの回帰式の結果を利用しながら、その他の制約条件を含めて、複雑な条件下での最適案をソルバーによって見出して行く問題になっている。

② セットアップ費と最適バッチサイズ

これまでの分析から、総費用はバッチサイズによって影響し、最適バッチサイズの大きさは製造量、セットアップ費および在庫比率と在庫費用によって影響されるところを見てきた。したがって単純にセットアップ費を 15%削減することによって 1,275,000 円の削減が実現できるものでもないし、また有効な方法でもないことは予想できる。

そこでどのような方策をとるべきかを分析する。

まず、提案の内容を確認したのが、問題５のシートの問１の「予定された状況」の部分である。この場合単位在庫費の 248 円は変わらないものとすると、従来の 35,000 個のバッチサイズで予定される総費用は 9,746,857 円になるが、これを 1,087,500 円削減して　8,659,367 円にしようというのであることが確認できる。

しかし、この場合の原価削減には最適バッチサイズを利用するのが効果的であるから、これを含んだ改善策を考える。そこでまずセットアップ費の 15%の削減が利益にどのような影響を及ぼすかを分析してみる。最適バッチサイズはセットアップ費の大きさによって影響されるから、後の問２での利用に配慮して、各種の削減率での最適バッチサイズとそこでの総費用を算定したのが第５－１表である。

この表の作成でも、各セットアップ費の削減率に対する最適バッチサイズの計算ではソルバーを繰り返して適用する必要があるから、ここでも D19 から F21 に代入領域を設けて、後注(5)のマクロを実行している。

この結果 1,087,500 円の節約は、最適バッチサイズを利用すればセットアップ費の 15%もの削減は不要であり、わずかに２%余の削減で達成できることが知られる。

あるいはセットアップ費を従来通りで製造するとしても、この生産量での最適バッチサイズを採用することによって、総費用は(9,746,857 円－8,779,209 円＝967,648 円）と、必要な削減額の約 89%が達成しうるのである。

また角度を変えると、セットアップ費の 15%の削減が可能であるのならば、その場合の応じた最適バッチサイズを選ぶことによって、170 万円余の削減を利益計画に組み込むことが可能になるのである。

③ 問２の費用削減目標の達成

このセットアップ費とバッチサイズの問題は、さらにここでの総費用の決定要因となっているその他の数値の変化やあるいは目標利益を達成するための限度等のシミュレーションにも利用できる。この種の問題はさらに各種可能であるが、ここでは一例としてあげたのが問２である。

問２では、設問にあるような状況で、セットアップ費と単位当たり在庫費用とバッチサイズを変えて、目標の総費用 8,200,000 円を達成するにはどのような組み合わせをすればよいかといった問題である。

この場合には最適バッチサイズはセットアップ費と単位在庫費用に応じて変化するから、この両費用の変化に応じた最適バッチサイズを算定しながら、目標の費用の 8,200,000 円を達成する組み合わせを求めることが必要になる。

この問題に対して、詳細な計算を実施するた

めには、セットアップ費や単位在庫費に応じた最適セットアップサイズを求めながら総費用の最小を得るという二重のソルバーの計算が必要になる。こうしたプログラムも不可能ではないであろうが、そこまで会計大学院の学生に求めることは適切でないであろう。そこでここではせいぜい標準的に準備された表計算の各種のツールを利用して解答を求めることを要求しているのである。

さてこうした場合に、セットアップ費の削減や在庫費用の削減は無制限ではあり得ないであろうから、それぞれセットアップ費は8%の削減、在庫費用は７％の削減が限界とされている。

(1)　セットアップ費に対する最適バッチサイズだけを考慮する場合

ここではこの利用例としてセットアップ費に対する最適バッチサイズの回帰分析を利用してソルバーを適用する例を取り上げる。

これを次の手順で実行する。

まず、ソルバーの実行領域を設定して、ここに変化させるセルになるセットアップ費、単位在庫費用、在庫定数、最適バッチサイズ、および総費用のセルを設ける。シートのD29からF33の黒枠で囲んだ領域がこれである。

次に予定製造量1,000,000個におけるセットアップ費と最適バッチサイズの回帰式は、先の第５－１図を利用して、一次の近似式を求めると、第５－１図にあらわれているように（Y=0.11010X＋25416.83688）が得られる。このXの係数と定数をF25とF26に入力しておいて、先に設定したソルバーの実行領域のF32に次のように入力する。（＝F25*F29+F26 ）

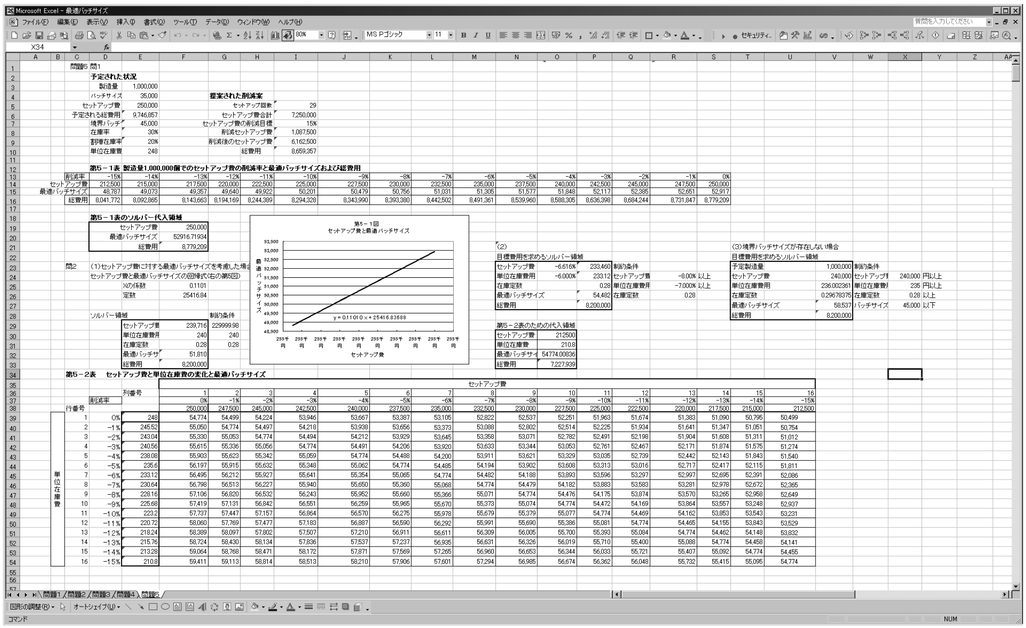
以上の準備の後に、目標セルにF33、目標値に8,200,000、変化させるセルにF99からF32を指定し、さらに制約条件に(F29＜＝G29)、(F30<=G30)および (F31=G31)を入力設定してソルバーを実行すると　8,200,000円を達成するセットアップ費と単位在庫費用が得られる。

この場合のソルバーの解は一つではなく、セットアップ費の上限230,000から下限247,525円と、単位在庫費用の252.4から230.64円までの間の各種の組み合せがあり得ることが知られるから[5]、実際には状況に応じて上の範囲内でセットアップ費あるいは単位在庫費用を制約条件にして実行すれば、目標を達成しうる組み合わせが得られる。上の第５問のシートのE29からF33のソルバーの実行領域では、単位在庫費の制約条件(F30を240円として実行した結果を示しており、この場合にはセットアップ費が239,716円、最適バッチサイズ51,810個で費用目標8,200,000円が達成できることを示している。

このようにソルバーでは変化させるセルと目標のセルとの間の計算では、回帰式だけではなく、さらに複雑な算式等を利用できるし、その計算の場所もこうした入力領域にとどまらないことに注目できる。必要なのは、変化させるセルが変わったら、目標セルの値もそれに応じて変化するようにすることだけであり、その計算がどのように行われるか、何処で行われるかは問わないのである。これまで見てきたところのＬＰへの利用でもこの一例に過ぎないことに気がつくであろう。こうした特徴を後半に利用することによって、ソルバーの利用の拡大が可能であることを例示しているのである。

(2)　セットアップ費と単位在庫費に応じた最適バッチサイズ

この(2)では、セットアップ費だけでなく単位在庫費も最適バッチサイズに影響するから、この両者の変化を含んだ組み合わせを求める例である。



これを比較的容易に実行するには多少の工夫が必要になる。ここではEXCELのINDEX関数を利用する方法を採り上げる。

このINDEX関数は所定のセル範囲から縦横座標で値を抽出する方法であるから、セットアップ費と単位在庫費を縦横軸とした最適バッチサイズの表を作成して、これを利用する。

この表の作成では各座標軸の単位と間隔を選択する問題が生じるが、ここでは行列の数が適当になるように元の値の削減％で表す例によっている。勿論これに代えて金額単位を取っても良い。

これを表示したのが問題５のシートの第５－２表である。この表は在庫定数28％によって算定しているが、この作成では、これまでと同様にN30からO33までに代入領域を設けて、これを利用して第５－２表の合計16×16＝256回のソルバーを実行している。このためのプログラムが巻末の後注(6)のマクロである。これを実行すれば、一瞬とは行かなくメモリーの状況等によっても異なるが、20秒程度で第５－１表が完成する。

この表の最適バッチサイズの数値を利用して、目標総費用の8,200,000円を達成するセットアップ費と単位在庫費用の組み合わせを求めるのが、N23からP27のソルバー領域の計算である。

この場合、P26の最適バッチサイズのセルには次のように入力する。

{=INDEX(F39:U54,ROUND(-O24*100,0)＋１
,ROUND(-O23*100,0)+1)}

これはINDEX関数では｛セル範囲、行番号、列番号｝で参照するセルを指定するから、変化させるセルにO23のセットアップ費の削減率とO24の単位在庫費の削減率が％で設定されているから、これらの数値をそれに近い整数値に変換するためにROUND関数で四捨五入し、さらに行番号と列番号に合わせるために行と列の両方に＋１を加えて、第５－２表で一番近い削減率の最適バッチサイズを見出しているのである。

（表のように0％が行番号１であることに注意）

その他は説明を省略するが、目標セルをP27、目標値を値にして 8,200,000、変化させるセルに O23 と O24 を選択し、これらにそれぞれ−8%以上、−7%以上という制約条件を加えて（P25 の在庫定数は加えなくても良いが変化させるセルになりうることで、制約条件に加えている）ソルバーを実行すると、単位在庫費用が最大の７％の場合にはセットアップ費は 6.616%、金額にして 233,460 円が達成できれば目標の 8,200,000 円が実現されることが知られる。

ここでも解は一つではなくて、単位在庫費用７％以下とセットアップ費 6.649%以下の各値についての組み合わせが生じるから、削減を優先する費用の目標を設定してその上でソルバーを実行すれば期待する組み合わせを得ることができるのである。シートの例では、単位在庫費の削減が 6%の場合には、セットアップ費が 6.616%の削減と最適バッチサイズ 54,482 個で、目標の費用額を達成できることを示している。こうした分析を利用すれば、利益計画で予想される製造量についてセットアップ費あるいは単位在庫費の可能な範囲が得られれば、それに応じた最適バッチサイズを選択しながら、どれほどの目標総費用が達成できるかをシミュレーションできるであろう。

また在庫定数の変化の最適バッチへサイズへの影響は、在庫定数が小さくなるほど、最適バッチサイズは大きくなるが、目標総費用の達成のためのセットアップ費と単位在庫費用の大きさへの影響は比較的小さくなることも、同様に在庫定数 30%その他の状況で第５−２表と同様な表の作成と計算を実行すれば確認できる。在庫定数を 30%で計算しても、上述の目標総費用を達成するセットアップ費と単位在庫費用の下限は 0.1%程度の影響しかないので、ここでは在庫定数の変化を取り上げることは割愛している。

(3)　境界バッチサイズが存在しない場合

以上は、セットアップ費と単位在庫費が変化する場合に、それに応じた最適バッチサイズを選択しながら、目標費用を達成する場合であるが、これまでのところで明らかなように最適バッチサイズには製品換算の平均在庫率で表された在庫定数も影響する。そこでこのパラメータを含めて最適バッチサイズを選択し、それによって目標費用を達成しうる組み合わせを求める問題が残されている。

しかし、この問題は前述のように、これらのパラメータの変化に応じた最適バッチサイズの算定と、それを利用して目標費用を達成する問題を同時に実行しなければならず、ソルバーではこうした二重的な利用か可能ではないので、新たにこれに対応したプログラムを作成することが必要になるようである。

しかし、問題３までのように、境界バッチサイズが存在しなく、算式的に最適バッチサイズが算定できる場合には、簡単にこれらのパラメータに応じた最適バッチを利用した目標費用の解が得られる。

これには前項では最適バッチサイズのセル P26 に第５−２表の数値を INDEX 関数を利用して参照したのに代えて、問題２で見出した最適バッチサイズを算定式する算式(2)を入力して、ソルバーを実行するようにすればよい。問題５のシートのセル T21 以下の部分がこの計算を行っている。

ここでは制約条件等は本来の数値を利用するなど多少の形を変更しているが、基本的にはこれまでと変わりはない。この V24 から V26 のセルにこれらのパラメータの値を仮入力し、それらによる最適バッチサイズの算式(2)を V27 に次のように入力する。

=(V23*V24/(V26*V25))^(1/2)

またV28には境界バッチが存在しないのであるから問題１で見出した総費用の算式(1)を次のように入力する。

=V23*V24/V27+V27*V26*V25

さらに制約条件にはセットアップ費、単位在庫費、在庫定数のそれぞれの値を入力すればよいが、ここでも目標費用を達成する解は一つではないから、可能な限界値ではなくて、それぞれのパラメータの優先順位に従った期待値を入力すればそれに応じた解が存在すれば、「解が得られました」として表示され、それらの条件では目標費用が達成できない場合には、「仮の解が見つかりません。」として、満たされない条件が明確にされる。

問題５のシートの例では、セットアップ費は240,000円、単位在庫費は235円、在庫定数は0.28で実行した結果を示している。この結果では「仮の解がみつかりません。」と表示された結果を示しているが、これによって、単位在庫費用が236円余、在庫定数が0.2967、最適バッチサイズが58,537になっているところによって、これらの制約条件では目標が達成できないことを読み取れるのである。各種のレポートを表示させて参考にすればさらに詳細な状況が読み取りうるが、問題５のシートだけでも、以上のような概要が知られるから、制約条件を見直して実行可能な解を見出してゆけばよい。

あとがき

以上、この号での論攷の趣旨は、一つにはこれまで管理会計では相互に関連した要因から成立している問題をあまりにも断片的に切り取りすぎて取り上げており、特に代替案とその評価を企業全体の利益計画に取り込むには、評価自体が企業全体の利益への影響で行われる必要があることを学生達に具体的に展開させ体験させるという意思家定会計の課題にそって、最適バッチサイズの問題を取り上げ、それに関連してパソコンの利用によるソルバーやゴールシークを駆使したシミュレーションが不可欠なことを実感させようと言うのである。これまでのいろいろな機会を通しての不確実性への注目の趣旨も、この一貫であるに過ぎないとも言える。

それとともに今回は、ソルバーが再びVBAのマクロで利用可能になったことの発見に応じて、この利用例としても問題を考えたのである。

こうした従来では取り上げることが不可能であった形の代替案の選択を利益計画に組み込むことによって、その現実的な適用が拡大しうるであろう。従来から、経済の変動の激しい困難な時期ほど、様々な形で利益計画への注目と発展が試みられてきたが、今日に可能性の大きく開けているのは、まさにパソコンの利用による実務の持つ複雑な関連での問題の処理であることは、他の分野のシミュレーションによってわれわれの周知の処になってきている。こうした時代の動向に則した管理会計の発展こそがわれわれの意図であり期待でもある。管理会計論が近年本来の領域の問題を見失って、周辺の問題に偏する傾向に多少でも裨益できたら幸いである。

＜注＞

（１）オペレーションズ・リサーチは広義にはＬＰやシミュレーションも含むように解される。しかし此処では数学モデルを定式化してその解を見出してゆく意味での狭い意味で使用する。

（２）予測の不確実性と評価の確かさの問題は、パソコンを利用しての管理会計では最も強力にその効果を発揮できる分野であるが、この号ではそれがテーマでないのでこれ以上は取り上げない。この紀要の第３号でその一部を「不確実性に対応した代替案の評価分析法－意思決定会計における不確実性の処理－」として取り上げた。(2007 年 10 月）

（３）もっとも、このように製造量＝０からの近似曲線を描くと、現在問題となっている製造量範囲の最低限度である 500,000 個以下の場合の最適バッチサイズを誤る危険に注意しておくことが必要である。すなわち実際の最適バッチサイズの経過は、言うまでもなく、製造量が０に近づくにつれて急速に小さくなり、製造量０では最適バッチサイズも０になる。こうした回帰分析での適用の危険を経験させるために、製造量 40,000 個の場合の最適バッチサイズを求めさせるのも回帰分析の適用の体験として有効である。

（４）小林健吾稿「シミュレーションによる利益計画－代替案の評価と長短期の両目標を同時に達成する計画案の作成－」、LEC 会計大学院紀要第５号,2009 年 10 月。

（５）この組み合わせの範囲を知るにはソルバーが試行錯誤計算を行う特色を利用する。そこでセットアップ費を元の 250,000 円に、単位変動費を制約条件一杯の 7%減の 230.64 円に設定して実行すると単位在庫費は制約条件一杯でセットアップ費が 247,525 円の組み合わせで目標が得られ、次にセットアップ費を制約条件一杯の８％減の 230,000 円に単位在庫費用を元の 248 円に設定して実行すると、摂津アップ費は制約条件一杯で単位在庫費が 252.4 円余の組み合わせで目標が達成されることが知られる。

＜後注＞

（１）マクロでのソルバーの利用

先の紀要２号の「管理会計でのリニアー・プログラミング　－アルゴリズムの世界から経営実践的へ－」（2007 年３月）では、ソルバーをマクロで利用することができなくなったことを触れたが、その後今年になって次のような手順で利用できるようになっていることを見出したので取り上げておこう。なお、問２、問４および問５の各製造量やセットアップ費での最適バッチの計算で利用しているので、参考までにこれらのプログラムも提示する。

利用の手順

メニューバーの「ツール」からアドインによってソルバーを利用できるようにするだけでは、マクロで利用することはできない。以下の手順がさらに必要になる。

①　まず、MS 社の Office をアップデートする。特に最近アップデートしていない場合には、以下の③の参照設定で現れなかったり、あるいは現れても実際にマクロが働かない。

②　EXCEL を開いて、そのメニューバーの「Visual Basic　Editor]のアイコンをクリックするか、

キーボードのAltとF11をおしてVisual Basic Editor　のウインドウを開く。

③　Visual Basic Editorが開いた状態で、このウインドウの[ツール］メニュー（EXCELのウインドウの「ツール」メニューではない。）の［参照設定］をクリックし、[参照可能なライブラリ ファイル］の［SOLVER］チェック ボックスをオンにする。

このチェック ボックスが［参照可能なライブラリ ファイル］に表示されない場合は、[参照］をクリックしてから、Office をセットアップしたフォルダの ¥Office10¥Library¥Solver¥ にある **Solver.xla** を開く。

先の①のアップデートが適切に行われていない場合に、この論攷に添付したEXCELファイルを立ち上げてそれからソルバーのマクロを働かせようとすると、「参照可能なライブラリ」のソルバーの処に「参照不可SOKVER」と出たり、あるいは「SOLVER]が現れてチェックされていても、実行しようとすると「サポートされていません」と言ったメッセージが現れて実際に働かないことになる。

④　以上が順当に行われると、Visual Basic Editorのプロジェクト・エクスプローラーに「参照設定」が表示されるとともに、一連のソルバー関連の関数が、EXCELのウインドウの数式バーの左にある「関数の挿入」の *fx* から利用できるようになる。そこには、SolverAddからSolverSolveまで十数個ソルバー関数が表示されるので、これらを利用してマクロを作成する。これによっていちいちソルバーのダイアローグボックスを開いてデータを入力して実行する必要がなくなる。これは最適値の変化を見るとき等で便利に利用できる。

（なお、関数の挿入のダイアローグボックスでの「関数の分類」には「ユーザー定義」の内に含められる。）

以上のマクロによるソルバーの利用を、問題１の各製造量での最適バッチサイズに利用する場合には次のようなマクロを作成しておくと、ソルバーのウインドウをいちいち開く必要が無くなる。

```
Sub ソルバーの実行()
  Dim a$, b$
  SolverReset
  a = InputBox("目標セルのセル番地", "セル番地")
  b = InputBox("変化させるセルのセル番地","セル番地")
  SolverOk Setcell:=Range(a), MaxMinVal:=2,ValueOf:=0, Bychange:=Range(b)
  SolverSolve UserFinish:=True
End Sub
```

以上のマクロを実行すると、目標セルの番地と変化させるセルの番地の入力を要求するダイアローグが現れるので、P11とP10を順次入力すると、問題１のシートの製造量1,000,000個の場合の最適バッチサイズと総費用が、P10とP11に表示される。

（２）

問１での各製造量での最適バッチを求めるマクロは、次のように設定する。尚この例では制約条件が必要ないので、それを設定するSolverAdd関数は利用していないが、利用例は紀要２号の論文の

注に触れている。

```
Sub　問１の最適バッチサイズの計算（ ）
  Dim a%
  For a = 0 To 10
  ActiveSheet.Range("I4").Select
  ActiveCell.Value = Cells(8, 4 + a).Value
  SolverReset
   SolverOk Setcell:=Rrange(“I6”),MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,Bychange:=Range(“I5”)
  SolverSolve  Userfinish:=True
  Range(I5:I6”).Select
  Selection.Copy
  Cells(9, 4 + a).Select
  ActiveCell.PasteSpecial xlPasteValues
  Next
End Sub
```

（３）

ユーザー定義関数の利用

この工程のセットアップ費と在庫費の合計（総費用）は、問題４の境界バッチサイズが生じる場合には本文中に述べたように、IF 構文の形を取り、込み入ったものになる。そこでこうした場合には、ユーザー定義関数の利用が有効になる。

これは Visual Basic Editor の標準モジュール上で次のような Function　Procedure　を入力することで

EXCEL の表関数と同様に利用できる。

```
Function batchcost(a, b, c, d, e, f, g)
  Dim a!, b!, c%, d!, e!, f!, g!, h%, i!, J!
   If (b -  c) > 0 Then
   batchcost = a / b * d + (b * e + (b - c) * e * f) * g
   Else
   batchcost = a /  b  * d + b * e * g
   End If
End Function
```

なお、　’総費用を batchcost、製造量を a,バッチザイズを b,境界バッチサイズ c,セットアップ費を d、在庫定数を e、在庫定数増加率 f、単位在庫費用を g とする。

（４）

問題４の表６の作成のためのマクロ

```
Sub　問４の最適バッチサイズの計算( )
  Dim a%
  For a = 0 To 10
  ActiveSheet.Range("E39").Select
  ActiveCell.Value = Cells(35, 4 + a).Value
  SolverReset
   SolverOk Setcell:=Range(“E41”),MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,Bychange:=Range(“E40”)
  SolverSolve Userfinish:=True
  Range(“E40:E41”).Select
  Selection.Copy
  Cells(36, 4 + a).Select
  ActiveCell.PasteSpecial xlPasteValues
  Next
End Sub
```

（５）

問５の各セットアップ費での最適バッチサイズの計算も同様にして次のマクロで実施している。

```
Sub 問5の最適バッチサイズの計算( )
  Dim a%
  For a = 0 To 15
  ActiveSheet.Range("E23").Select
  ActiveCell.Value = Cells(18, 3 + a).Value
  SolverReset
  SolverOk Setcell:=Range(“E25”),MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,Bychange:=Range(“E24”)
  SolverSolve
  Range(” E24:E25”).Select
  Selection.Copy
  Cells(19, 3 + a).Select
  ActiveCell.PasteSpecial xlPasteValues
  Next
End Sub
```

（６）　問題５の問２の第５－２表の作成のマクロ

```
Sub 問題5の問2の表の各最適バッチサイズ( )
```

```
    Dim a%, b%
    Application.ScreenUpdating = False
    For a = 0 To 15
     For b = 0 To 15
     ActiveSheet.Range("O30").Select
     ActiveCell.Value = Cells(38, 6 + a).Value
     ActiveSheet.Range("O31").Select
     ActiveCell.Value = Cells(39 + b, 5).Value
     SolverReset
     SolverOk Setcell:=Range("O33"),MaxMinVal:=2, ValueOf:=0,Bychange:=Range("O32")
     SolverSolve UserFinish:=True
     Range("O32").Select
     Selection.Copy
     Cells(39 + b, 6 + a).Select
     ActiveCell.PasteSpecial xlPasteValues
     Next
    Next
    Application.ScreenUpdating = True
  End Sub
```

（７）　問題５の問２の（２）のソルバーのマクロ。

```
  Sub 問題 5 の問 2 の 2 の目標の達成組み合わせ( )
    SolverReset
    SolverOk Setcell:=Range("E33"),MaxMinVal:=3, ValueOf:=8200000,Bychange:=Range("E29:E3
1")
    SolverAdd CellRef:=Range("E29"), Relation:=3,FormulaText:=Range("F29")
    SolverAdd CellRef:=Range("E30"),Relation:=3,FormulaText:=Range("F30")
    SolverAdd CellRef:=Range("E31"),Relation:=2,FormulaText:=Range("F30")
    SolverSolve UserFinish:=False
    Application.ScreenUpdating = True
  End Sub
```

（８）　折れ線グラフと散布図によるグラフの特徴では、特に回帰式に関連しては次のような違いに注意することが重要である。

　第２表の資料からグラフを作成して回帰式を得るには、散布図を利用する方法と、折れ線グラフを利用する方法とがある。両者の違いのいくつかを上げておく。

(1)　グラフの範囲と表示間隔等

１．折れ線グラフでは、範囲と間隔は表を作成する段階で決定しておく必要がある。これを等間隔で設定しないとグラフが正常に表示されないほか、特に近似式を求める場合には、近似式そのものが意味をなさなくなる。

２．散布図では、後で任意の範囲と間隔を変更できる。

(2)　グラフの線の色や太さ、説明文等

いずれの方法でも事後的に自由に変更できる。

(3)　グラフからの回帰式はいずれも近似式の追加で得られるが、この回帰式に大きな相違がある。

１．折れ線グラフでは得られた近似式のＸは、横軸の項目の番号であり、従ってあるＸの数値に対するＹの値を近似式から求めるには、次の算式によって実際にｘの値を近似式のＸに換算する必要がある。

Ｘ＝（ｘ－表の最初の値）／表のｘ値の間隔＋１

２．散布図の場合にはｘの値をそのまま利用して得られた近似式からｙの値を予測することができる。

では回帰式の利用では散布図の利用が何時でも便利かというと、そうとも限らないので、両者を適時使い分けることが有効になる。

＜注＞

この論文のEXCELシートは、これまでの号と同様に、LEC会計大学院ホームページで公開しているので利用されたい。閲覧するためには、下記のユーザー名とパスワードが必要になる。

ユーザー名：kiyou6　　　　パスワード：091225