

社会システム分析のための統合化プログラム15

－ 品質管理・在庫管理シミュレータ －

福井正康, 付鴻鵬*, 魏巍*, 奥田由紀恵, 細川光浩

福山平成大学経営学部経営学科
*福山平成大学大学院経営学研究科

概要

我々は教育分野での利用を目的に社会システム分析に用いられる様々な手法を統合化したプログラム College Analysis を作成してきた。今回は経営科学で利用される品質管理と在庫管理のプログラムを追加した。品質管理は QC 七つ道具の考え方によって作成されており、在庫管理は、定量発注方式や定期発注方式による、発注点や最大在庫の計算とそれを用いたシミュレーションプログラムである。

キーワード

College Analysis, 社会システム分析, 統計, OR, 意思決定, 品質管理, QC 七つ道具, 在庫管理

URL: <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/>

1. はじめに

品質管理ではQC七つ道具及び新QC七つ道具と呼ばれる代表的な手法があるが¹⁾、特にグラフ・管理図、ヒストグラム、チェックシート、パレート図、特性要因図、散布図、層別からなるQC七つ道具は、古くから多くの企業で利用されており、特に生産部門においてこの手法の知識は必要不可欠なものである。今回我々はこれらのうちで、チェックシートを除く6つの手法について、コンピュータでサポートするプログラムを作成した。グラフ、ヒストグラム、散布図、層別はこれまでのプログラム²⁾を品質管理の目的に合うように作り変え、管理図、パレート図、特性要因図は新しく作成した。特に特性要因図はグラフィックエディタの特殊な形として、参考文献3)でも取り上げている。

在庫管理は経営における大きな課題の一つである。在庫には管理費を浪費し、社内のキャッシュフローを減少させる有害な側面と同時に、緊急の事態における緩衝材の役割を果たす有益な側面もあるため、単純に在庫を削減させるだけではなく、適切に在庫を管理する必要がある。現在はコンピュータとネットワークの発達により、様々な方法が実施されているが、その基礎となる考え方には、定量発注方式（発注点方式と呼ばれることもある）と定期発注方式がある⁴⁾。これらはその取り扱いの簡単さから、多くの企業で採用されており、経営科学の学習においてこれらの方法を学ぶことは重要なことである。

我々はこれらの方式の基本的な考え方を学習者に理解させるために、理論的な発注点や最大在庫の結果表示と、乱数によって作られた出庫データや実際に集められた出庫データから、在庫の状況をシミュレートするプログラムを作成した。学習者は、シミュレーションを実行することにより、理論的に予測された方法で在庫管理がどの程度うまく行くか直感的に知ることができる。

2. 品質管理

品質管理にはQC七つ道具と呼ばれる分析ツール（分析手法の集合）があり、ここではこれに従って新しいプログラムの作成や、既存のプログラムの活用を行っている。メニュー「分析-数学・OR-品質管理」を選択すると図2.1のようなメインメニューが表示される。

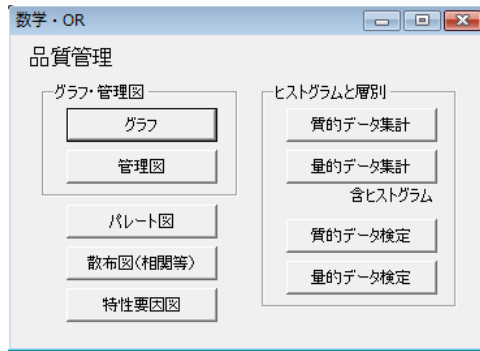


図 2.1 メインメニュー

メインメニューでは、QC 七つ道具に従い、「グラフ・管理図」、「パレート図」、「散布図」、「特性要因図」、「ヒストグラムと層別」のメニューが並んでいるが、ヒストグラムはこれまでの統計分析の分類から、「層別」と同じグループボックス内の「量的データの集計」の中にある。「層別」は個別な分析手法というよりも、全体を通した分析の考え方と手順であるので、「パレート図」や「散布図」の中にも存在する。七つ道具の1つ、「チェックシート」はプログラムで対応するものではないので、ここには含まれていない。以後順を追って個別の機能について紹介する。

2.1 グラフ・管理図

図 2.1 の「グラフ」ボタンをクリックすると、図 2.1.1 のようなグラフメニューが表示される。

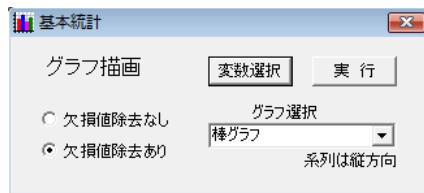


図 2.1.1 グラフ描画メニュー

これはメニュー「分析－基本統計－グラフ描画」で表示されるものと同じメニューである。変数を選択して、グラフを選び、「実行」ボタンをクリックすると指定されたグラフが表示される。グラフの種類には「棒グラフ」、「積み重ね棒グラフ」、「横棒グラフ」、「積み重ね横棒グラフ」、「帯グラフ」、「3D棒グラフ」、「折れ線グラフ」、「横折れ線グラフ」、「円グラフ」、「散布図」、「レーダーチャート」、「比較レーダーチャート」があるが、今回新しく最後の2つを作成した。ここでは2つのレーダーチャートについて説明する。

図 2.1.2 にレーダーチャート用のデータを示す。

	目標値	評価1
▶ 価格	10	9
性能	10	7
デザイン	10	8
燃費	10	8
安全性	20	9

図 2.1.2 レーダーチャート用データ

レーダーチャートは、各目標値にデータがどれだけ近付けたのかを表すグラフであるので、データには目標値が必要である。また、殆どの場合目標値の多角形と1つの評価値の多角形が表示されるが、評価値は複数ある場合もある。変数選択で目標値を最初を選び、「レーダーチャート」または「比較レーダーチャート」を選択して、「実行」ボタンをクリックすると図 2.1.3 または図 2.1.4 のようなグラフが表示される。

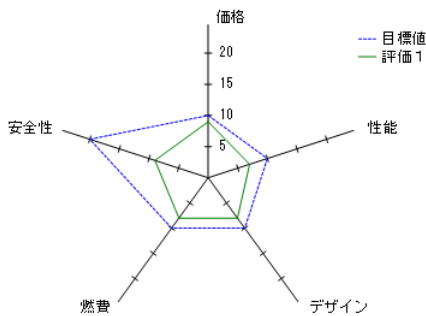


図 2.1.3 レーダーチャート

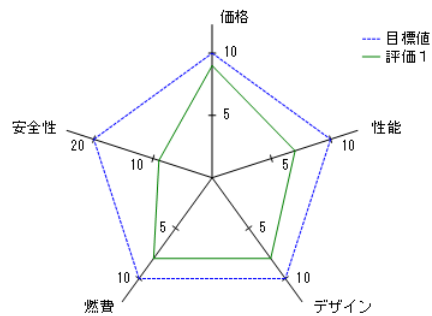


図 2.1.4 比較レーダーチャート

レーダーチャートは目盛の間隔が同じで、比較レーダーチャートは目標値を同じ半径に設定している。その他のグラフについては、他で説明済みのものが多いので、ここでは省略する。

図 2.1 のメインメニューで「管理図」ボタンをクリックすると図 2.1.5 のような管理図メニューが表示される。



図 2.1.5 管理図メニュー

管理図には様々な形式があるが、よく使われる形式は $\bar{x}-R$ 管理図である。これには、解析用管理図

と管理用管理図の2種類あり、解析用管理図は中心線（CL）と管理限界線（LCL, UCL）をすべてデータから計算するものであり、管理用管理図はこれらを安全設計計画に基づいて利用者が与えるものである。

$\bar{x} - R$ 解析用管理図は、一般に n 個のデータ x_{ti} ($i = 1, \dots, n | t = 1, \dots, T$) の時系列的な集合によって求められる。ここでは $\bar{x} - R$ について、 \bar{x} 管理図と R 管理図に分けて見て行く。 \bar{x} 管理図について、 CL, LCL, UCL の値は以下で与えられる。

$$CL = \bar{\bar{x}}, LCL = CL - A_2\bar{R}, UCL = CL + A_2\bar{R}$$

ここに、 $\bar{\bar{x}} \equiv \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \bar{x}_t$, $\bar{x}_t \equiv \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ti}$, $\bar{R} \equiv \frac{1}{T} R_t$ であり、 R_t は t 時点のデータの最大値から最小値を引いた値（レンジ）である。また A_2 はJISで定められた n の値による表2.1の数値である。

表 2.1 \bar{x} 管理図用係数

群の大きさ	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A_2	1.880	1.023	0.729	0.577	0.483	0.419	0.373	0.337	0.308

$n > 10$ の場合、 CL, LCL, UCL の値は以下で与えられる。

$$CL = \bar{\bar{x}}, LCL = CL - 3s, UCL = CL + 3s$$

ここに、 $s = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (\bar{x}_t - \bar{\bar{x}})^2}$ である。

次に $\bar{x} - R$ 管理図における R 管理図について、 CL, LCL, UCL の値は以下のようになる。

$$CL = \bar{R}, LCL = CL - D_3\bar{R}, UCL = CL + D_4\bar{R}$$

D_3, D_4 の値についてはJISで定められた n の値による表2.2の数値である。

表 2.2 R 管理図用係数

群の大きさ	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D_3	0	0	0	0	0	0.076	0.136	0.184	0.223
D_4	3.267	2.574	2.282	2.114	2.004	1.924	1.864	1.816	1.777

具体的には、 $\bar{x} - R$ 管理図は図 2.1.6 のようなデータから描く。この場合 $n = 5$ である。

	data1	data2	data3	data4	data5
▶ 1	489	530	500	570	530
2	478	471	542	514	549
3	442	500	554	457	459
4	478	463	531	498	507
5	496	571	583	446	502
6	515	492	431	469	414
7	510	502	548	594	467
8	411	630	515	550	492
9	596	505	560	565	417

図 2.1.6 $\bar{x} - R$ 管理図用データ

図 2.1.5 のメニューで、「 \bar{x} 管理図」ボタンと「R/s 管理図」ボタンをクリックすると、図 2.1.7 と図 2.1.8 のような $\bar{x}-R$ 管理図が描かれる。

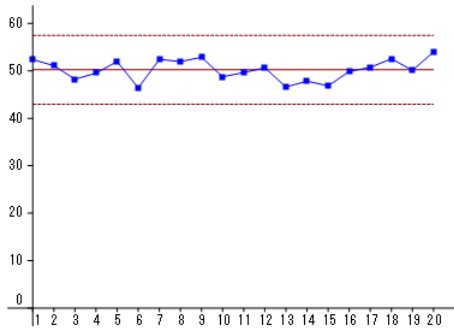


図 2.1.7 解析用 \bar{x} 管理図

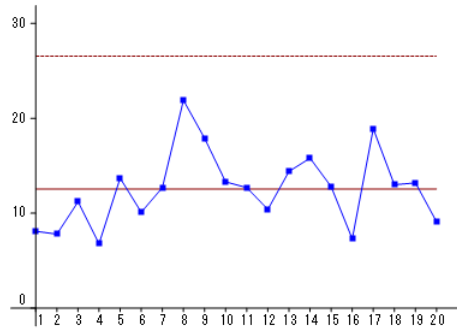


図 2.1.8 解析用 R 管理図

管理用 $\bar{x}-R$ 管理図の管理限界線は、解析用管理図から得られたデータを元に利用者が指定する。指定データをそれぞれ CL, LCL, UCL テキストボックスに記入し、「 \bar{x} 管理図」、「R 管理図」ボタンをクリックすると図 2.1.9、図 2.1.10 のように管理用管理図が描かれる。

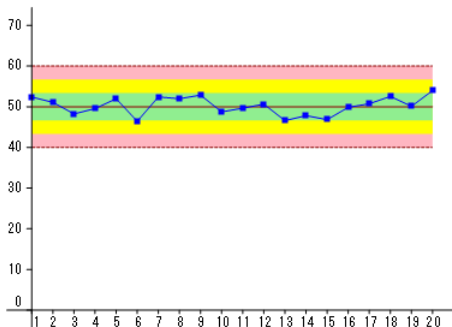


図 2.1.9 管理用 \bar{x} 管理図

($CL = 50, LCL = 40, UCL = 60$)

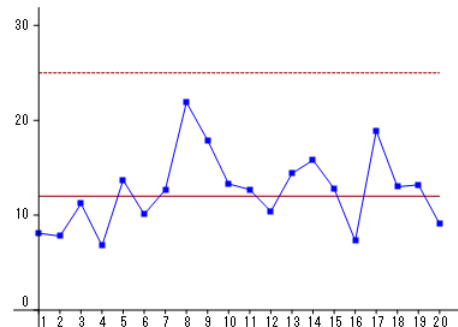


図 2.1.10 管理用 R 管理図

($CL = 12, LCL = 0, UCL = 25$)

ここで管理用 \bar{x} 管理図には、CL から LCL、CL から UCL を 3 等分して CL に近い方から、緑色、黄色、赤色と色分けしてある。これは、JIS の不安定状態の判定基準に用いられるものである。

次に np 管理図は、図 2.1.11 のような資料数と不良品数のデータから描かれる。その際、資料数は常に一定でなければならない。これを用いて図 2.1.1 のメニューで「np 管理図」ボタンをクリックすると、図 2.1.12 のような np 管理図が描かれる。

	試料数	データ1
▶ 1	100	8
2	100	6
3	100	8
4	100	9
5	100	10
6	100	10
7	100	4
8	100	15
9	100	12
10	100	5
11	100	9
12	100	9
13	100	14
14	100	12
15	100	10

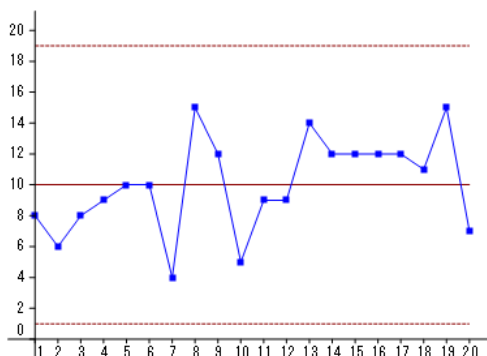


図 2.1.11 np 管理図用データ

図 2.1.12 np 管理図

np 管理図の CL , LCL , UCL の値は資料数を d として以下ようになる。

$$CL = \bar{x}, LCL = CL - \sqrt{dp(1-p)}, UCL = CL + \sqrt{dp(1-p)}$$

ここに、 $\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / d$, $p = \bar{x} / n$ である。

図 2.1.13 のように資料数に変化がある場合は、p 管理図を利用する。p 管理図の CL , LCL , UCL の値は λ 番目のデータの資料数を d_λ 、データ数を x_λ として以下ようになる。

$$CL = p = \sum_{\lambda=1}^n x_\lambda / \sum_{\lambda=1}^n d_\lambda, LCL = CL - \sqrt{p(1-p)/d_\lambda}, UCL = CL + \sqrt{p(1-p)/d_\lambda}$$

グラフは $p_\lambda = x_\lambda / d_\lambda$ の値で描画する。

具体的な p 管理図は図 2.1.13 のようなデータを利用して、図 2.1.14 のようになる。その際限界線は一般に資料数の変わる点で連続でなくなる。

	試料数	データ1
▶ 1	100	8
2	100	6
3	100	8
4	100	9
5	100	10
6	100	10
7	100	4
8	100	15
9	100	12
10	100	5
11	200	23
12	200	17
13	200	20
14	200	16
15	200	27

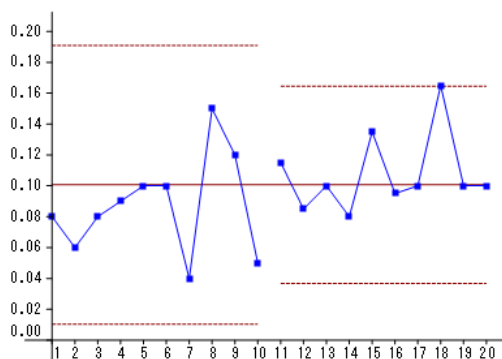


図 2.1.13 p 管理図用データ

図 2.1.14 p 管理図

2.2 パレート図

図 2.1 のメインメニューで「パレート図」ボタンをクリックすると、図 2.2.1 のパレート図メニュー

一が表示される。

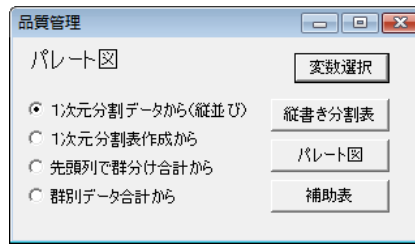


図 2.2.1 パレート図メニュー

パレート図はいくつかの形式のデータから表示することができる。標準的には図 2.2.2 のように与えられた縦書きの分割表から、図 2.2.3 のように表示される。

	不良数
外径不良	73
外觀不良	3
全長不良	2
穴位置不良	56
その他	10
▶ 真円度不良	34
打痕キズ	20

図 2.2.2 パレート図データ

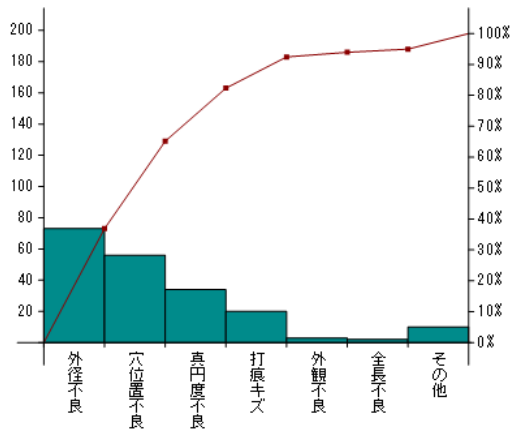


図 2.2.3 パレート図

ここで図 2.7 の x 軸の名称について、標準では横書きになっているが、図のメニューで縦書きにも書き換えられる。また、名称で「その他」、「他」、「else」とすると、大きさに関わらず最後に表示されるようになっている。また、図 2.2.1 のメニューでパレート図と同様にして、「補助表」のボタンをクリックすると、補助表として図 2.2.4 のようなパレート図を少し詳しくしたデータが表示される。

パレート図補助表					
	値	比率(%)	累積値	累積比率(%)	
▶ 外径不良	73	36.87	73	36.87	
穴位置不良	56	28.28	129	65.15	
真円度不良	34	17.17	163	82.32	
打痕キズ	20	10.1	183	92.42	
外觀不良	3	1.52	186	93.94	
全長不良	2	1.01	188	94.95	
その他	10	5.05	198	100	

図 2.2.4 パレート図補助表

その他に「1次元分割表作成から」ラジオボタンを選ぶと、元データから1次元分割表を作成して、それを元にパレート図を描く。また、日々の売上高のデータのような場合には、「先頭列で群分け合

計から」ラジオボックスを選択する。最初に選択した列でまとめた合計を用いてパレート図を作成する。最後に、売上高を列ごとに合計してデータとしたい場合は、「群別データ合計から」を選択すればよい。

2.3 ヒストグラムと箱ひげ図

データの分布を調べる場合はヒストグラムを利用するが、層別に分布を比べるときは、箱ひげ図が用いられることがある。ヒストグラムはすでに作成しているので、今回は新しく箱ひげ図を作成した。箱ひげ図はヒストグラムと同じように利用されるので、図 2.3.1 のように量的データの集計メニューの中にボタンを加えた。

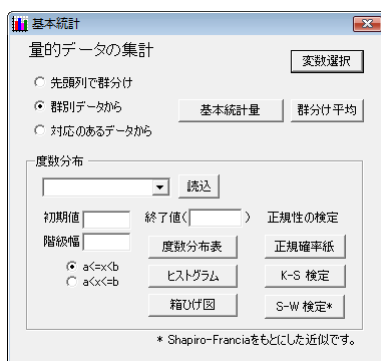


図 2.3.1 量的データの集計メニュー

箱ひげ図の表示法は、箱の中央を平均値、下端を 25%分位点、上端を 75%分位点、ひげの下端はデータの最小値または -3σ 点の大きい方、ひげの上端はデータの最大値または $+3\sigma$ 点の小さい方とする。ひげの範囲を超えるデータについては○印で、具体的にプロットする。図 2.3.1 の量的データの集計メニューで変数を 1 つずつ選んで、「箱ひげ図」ボタンをクリックすると図 2.3.2 のような結果が表示される。ここでは、外れ値の多い例と少ない例を示している。

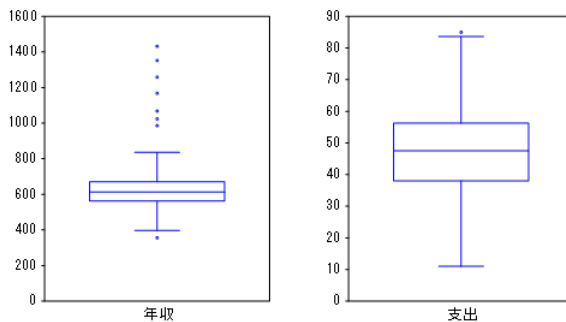


図 2.3.2 単独の箱ひげ図

これに対し、「先頭列で群分け」ラジオボタンをチェックして、2つの群で比較するように表示すると図 2.3.3 のような結果となる。

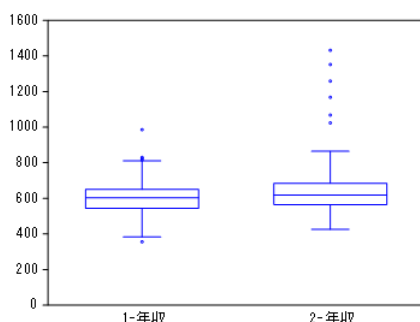


図 2.3.3 比較のための箱ひげ図

2.4 散布図

散布図は以前から作られていたが、品質管理用に層別の考え方を強化し、「相関係数」、「順位相関係数」、「散布図」、「回帰分析」、「予測値と残差」、「予測実測散布図」で、層別（先頭列で群分け）の機能が利用できるようにした。これまでは2つの変数を選んで、分析を実行していたが、層別では、「先頭列で群分け」ラジオボタンを選択し、最初に群分けする変数を選び、その後2つの変数を選択して利用する。メニューは図 2.4.1 のようにこれまでのものと殆ど変わらない。

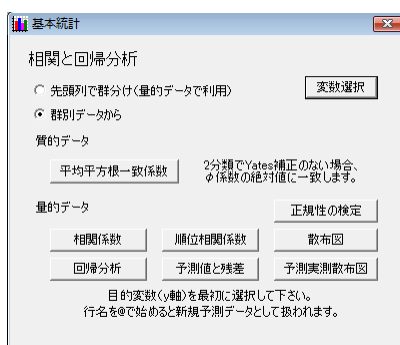


図 2.4.1 相関と回帰分析メニュー

先頭列で群分けで、「相関係数」ボタンをクリックすると、図 2.4.2 のように群分けされたデータから相関係数が計算される。順位相関係数も同様であるので、ここでは省略する。

同様に散布図では、図 2.4.3 のように群分けされたドットで散布図が表示され、それぞれの回帰直線が描かれる。回帰直線は、図の上下端以内なら、x 座標のデータの最小値から最大値まで引くようになっている。グラフのメニューによって回帰直線を非表示にすることもできる。

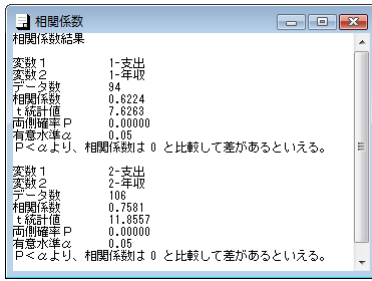


図 2.4.2 相関係数結果

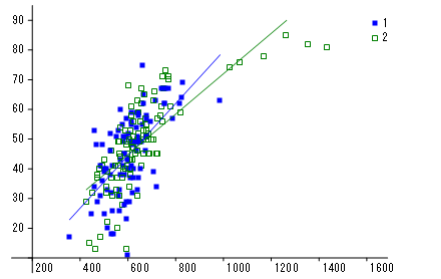


図 2.4.3 多重散布図

群分けの回帰分析も同様の設定で実行できる。図 2.4.1 のメニューで「回帰分析」ボタンをクリックすると図 2.4.4 のような結果が表示される。これは1つの群についてだけで、同じものが群の数だけ表示される。また「予測値と残差」ボタンをクリックすると、各群別の回帰式を使った予測値と残差が図 2.4.5 のように示される。

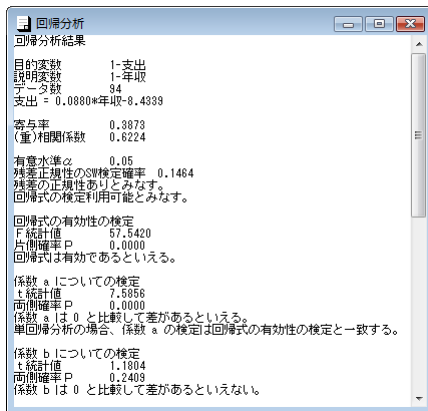


図 2.4.4 回帰分析結果

	地域	実測値	予測値	残差
1	1	49	42.892	6.108
2	1	33	41.308	-8.308
3	2	32	38.574	-6.574
4	2	31	42.449	-11.449
5	1	57	43.861	13.139
6	2	47	46.460	0.540
7	1	48	45.886	2.114
8	1	53	31.888	21.112
9	1	49	57.047	-8.047

図 2.4.5 予測値と残差結果

予測値と実測値の関係を散布図に表示するには、「予測実測散布図」ボタンをクリックする。図 2.4.5 で与えられた群別の予測値が図 2.4.6 のように横軸が予測値、縦軸が実測値で表示される。

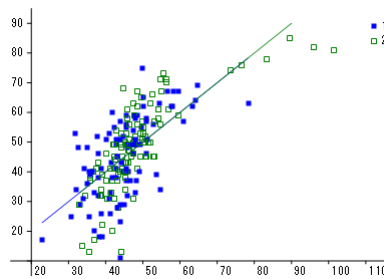


図 2.4.6 予測実測散布図結果

2.5 層別

層別の集計や層別の比較検定についてはこれまで基本統計の枠組みの中でプログラムを作成してきた。これまでの論文で分析メニューについても説明してきたので、ここでは分析用のガイドメニューだけを図 2.5.1 と図 2.5.2 に表示するに留める。

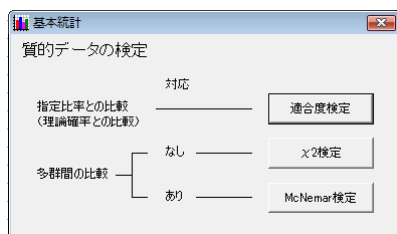


図 2.5.1 質的データの検定

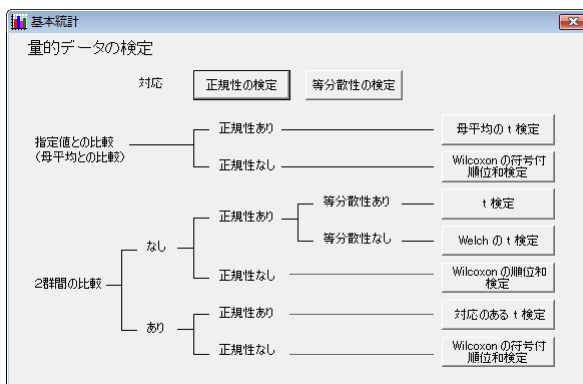


図 2.5.2 量的データの検定

2.6 特性要因図

問題の原因を探求するツールとして特性要因図（フィッシュボーン図）は重要である。まず図 2.1 のメインメニューで「特性要因図」ボタンをクリックしてグラフィックエディタを表示する³⁾。これは、特性要因図描画用に描画ボタンが特殊化されたものであり、まず「特性」ボタンをクリックしてピクチャーボックス上をクリックし、背骨の部分を描画する。その後、「要因」ボタンをクリックして要因を配置し、「矢印」ボタンで要因を結ぶようにして矢印を描いて行く。簡単な例を図 2.6.1 に示す。

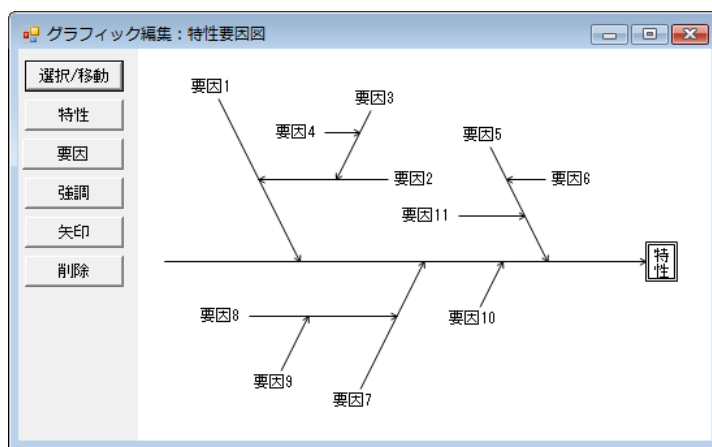


図 2.6.1 簡単な特性要因図

実際の特性要因図は多くの要因を含むため、画面が大きくなる。ここでは参考文献1) で与えられたサンプルについて作成した図を図 2.6.2 に表示する。

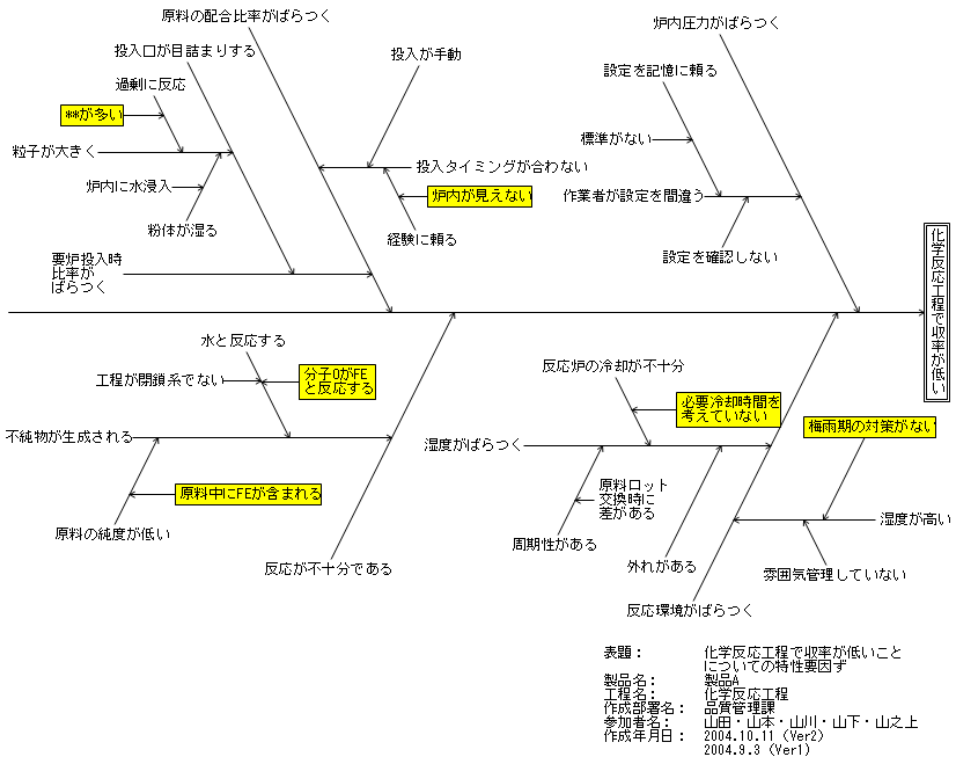


図 2.6.2 特性要因図サンプル

特性要因図もグラフィックエディタのメニューで、グリッドエディタのデータに変換して保存することができる。グラフィックエディタの使用法やデータ形式については参考文献3) に詳しい。

3. 在庫管理シミュレータ

3.1 在庫管理の考え方

定量発注方式と定期発注方式の在庫管理に必要なデータは、単位期間(以後1日を単位期間とする)の出庫の量の分布と発注から入庫までの期間を与えるリードタイムである。多くの場合、1日当たりの出庫量 X は正規分布 $N(\mu, \sigma^2)$ で近似し、リードタイムは固定の場合と変動する場合とを考える。リードタイムが変動する場合は、正規分布を仮定し、リードタイム L の上側確率が指定された遅れの確率になるようにする。

問題点が指摘され、あまり使われないことがないようであるが、1日1品目当たりの在庫費用を h 、発注1回当たりの発注費用を K として、定量発注方式の経済的発注量 $\sqrt{2K\mu/h}$ や定期発注方式の経

経済的発注間隔 $\sqrt{2K/\mu h}$ を考える場合もある。

定量発注方式

1回の発注量 Q の定量発注方式の場合、発注から入庫までの期間 L の出庫量が、 $N(L\mu, L\sigma^2)$ に従うことを用いて、安全在庫 $\lambda\sqrt{L}\sigma$ を考える。ここに λ は安全係数と呼ばれ、欠品確率を α とする場合に、標準正規分布の確率分布を用いて $P(X > \lambda) = \alpha$ で与えられる。サイクル在庫は発注量の半分で $Q/2$ となり、サイクル在庫と安全在庫を加えた理論在庫は $Q/2 + \lambda\sqrt{L}\sigma$ である。発注点は在庫量が $I = L\mu + \lambda\sqrt{L}\sigma$ になった時点である。図 3.1.1 は定量発注方式の在庫量の推移を表すイメージである。

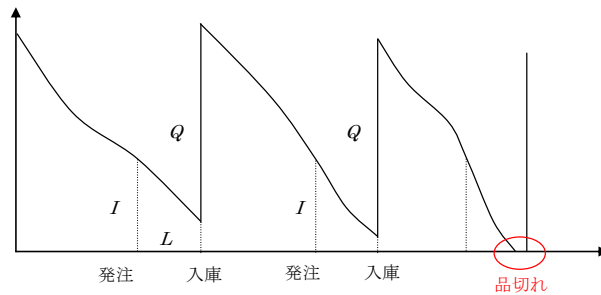


図 3.1.1 定量発注方式のイメージ

定期発注方式

発注間隔 R の定期発注方式の場合、一度発注すると次回発注分の入庫までの $L+R$ の間、入庫量を調節できないので、その間の出庫量の分布 $N((L+R)\mu, (L+R)\sigma^2)$ から、安全在庫 $\lambda\sqrt{L+R}\sigma$ が求められる。定量発注方式の場合と同様、 λ は安全係数である。この場合サイクル在庫は $(L+R)\mu/2$ であり、理論在庫は $(L+R)\mu/2 + \lambda\sqrt{L+R}\sigma$ である。発注量は、最大在庫を $(L+R)\mu + \lambda\sqrt{L+R}\sigma$ として、最大在庫-現在の在庫量-現在の発注残量(入庫待ち量)で与えられる。定期発注方式の在庫量の推移を表すイメージを図 3.1.2a と図 3.1.2b に示す。

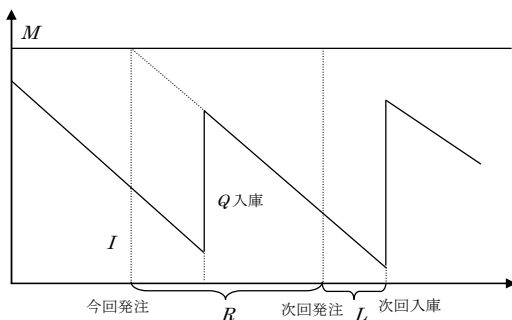


図 3.1.2a 定期発注方式イメージ ($L < R$)

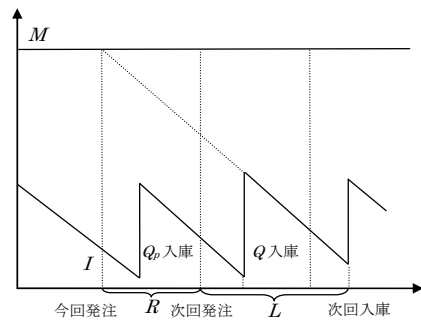


図 3.1.2b 定期発注方式イメージ ($L > R$)

3.2 在庫管理シミュレータの動作

メニュー [分析-数学・OR-在庫管理] を選択すると図 3.2.1 に示す在庫管理シミュレータのメニュー画面が表示される。

The screenshot shows a software window titled "数学・OR" (Mathematics・OR). The main area is titled "在庫管理" (Inventory Management). It contains several sections:

- 保管費用 []** and **発注費用 []**: Input fields for holding and ordering costs.
- 出庫平均*** (20), **出庫偏差*** (5), **発注量** (200), **発注間隔** (10): Input fields for average output, output deviation, order quantity, and order interval.
- 欠品危険率*** (5 %), **調達平均*** (7), **調達偏差** (0), **調達危険率** (5 %): Input fields for stockout risk, average lead time, lead time deviation, and lead time risk.
- 出庫記載単位*** (1 日合計) and **間欠出庫 出庫率** (0.1): Input fields for output recording unit and intermittent output rate.
- データ** section: Radio buttons for "メニューから" (selected), "ファイルから", and "出庫データ [?] 頁目".
- 発注方式** section: Radio buttons for "定量(発注点)" (selected), "定期", and "経済的極値を利用" (unchecked).
- シミュレーション** section: Input fields for "実行回数" (1), "実行期間" (30), "初期在庫" (300), "初期発注(定期)" (0), and "Seed" (1). There are also checkboxes for "自動" and "実行".

Buttons include "変数選択", "入力用画面作成", "在庫データ出力", and "実行". A note at the bottom states: "注)間欠需要の出庫平均と偏差(メニュー)は出庫なしの日を除きます。"

図 3.2.1 在庫管理シミュレータメニュー画面

まず、発注方式グループボックスから、「定量（発注点）」発注方式か、「定期」発注方式かを選択する。在庫管理のためのデータは、データグループボックスによって「メニューから」と「ファイルから」のどちらかを選択できる。メニューから入力する場合は、左側のテキストボックスにデータを記入する。*の付いているところは必須項目である。左上の [] の付いた保管費用と発注費用については、右上の「経済的極値を利用」チェックボックスにチェックがある場合のみ有効で、発注量や発注間隔の代わりに経済的発注量または経済的発注間隔を利用することができる。

リードタイムは「調達平均*」テキストボックスに記入する。リードタイムが確定的な場合は、「調達偏差」テキストボックスを 0 のままにしておく、変動する場合は、リードタイムの標準偏差の値を入れ、調達遅れの危険率を「調達危険率」テキストボックスで指定する。出庫量の平均と出庫量の標準偏差は、何日分かまとめた数値を入れることもあると考え、左下に「出庫記載単位」テキストボックスを設けている。これは 1 日当たりの標準偏差の値が単純にまとめた日数で割った値でなく、まとめた日数の平方根で割った値になることから、学生の間違いを減らすねらいもある。

左のテキストボックスにデータを入れ終わったら、「在庫データ出力」ボタンをクリックすると、図 3.2.2a と図 3.2.2b のような結果が出力される。

在庫基礎データの出力
定量発注(発注点)方式
集計単位 1

発注間隔は発注点以下になる日で決定
サイクル在庫 : 100
安全在庫 : 22
理論在庫 : 122
発注点 : 162

出庫平均/日 : 20.00
出庫標準偏差/日 : 5.00

発注量 : 200
欠品危険率(%) : 5.00
安全係数 : 1.64
調達日数平均 : 7
調達日数標準偏差 : 0
調達危険率(%) : 5.00

図 3.2.2a 定量発注方式の理論値

在庫基礎データの出力
定期発注方式
集計単位 1

発注量は「最大在庫-現在在庫-発注残」で決定
サイクル在庫 : 100
安全在庫 : 34
理論在庫 : 134
最大在庫 : 374

出庫平均/日 : 20.00
出庫標準偏差/日 : 5.00

発注間隔 : 10
欠品危険率(%) : 5.00
安全係数 : 1.64
調達日数平均 : 7
調達日数標準偏差 : 0
調達危険率(%) : 5.00

図 3.2.2b 定期発注方式の理論値

前者は定量発注方式の理論値の結果であり、後者は定期発注方式の理論値の結果である。

データをファイルから読み込む場合は、図 3.2.3a と図 3.2.3b のような形式のファイルを用いる。

データ編集 在庫管理1.txt

	A	B	C
▶ 発注量(定量)	200	300	100
発注間隔(定期)	3	3	3
欠品危険率(%)	2	2	2
調達日数平均	7	5	7
調達日数偏差	0	0	3
調達危険率(%)	5	5	5

1/2 (1.1) 分析: 備考:

図 3.2.3a 在庫基礎データ

データ編集 在庫管理1.txt

	A	B	C
▶ 1	18	34	10
2	17	25	13
3	14	30	14
4	17	24	12
5	19	41	16
6	21	28	4
7	21	30	13

2/2 (1.1) 分析: 備考:

図 3.2.3b 出庫データ

このファイルには3つの品目のデータが並んでいる。前者は計算用の基礎データで、後者は実際の出庫データである。このファイルを利用する場合、出庫の平均と標準偏差はこのデータから求められる。計算時には、前者を前面に出し、後者のページを「出庫データ」テキストボックスで指定しておく必要がある。「ファイルから」ラジオボタンを選択して、「変数選択」ボタンで品目を選んで実行する。実行結果は、複数の品目があることから、図 3.2.4a と図 3.2.4b のようにグリッド形式で表示される。

定量発注(発注点)方式

	A	B	C
▶ サイクル在庫	100	150	50
安全在庫	30	38	27
理論在庫	130	188	77
発注点	173	185	147
データ数	30	30	30
出庫最小/日	10	12	2
出庫最大/日	33	50	19
出庫平均/日	20.37	29.33	10.07
出庫標準偏差/日	5.57	8.36	3.74
発注量	200	300	100
欠品危険率(%)	2	2	2
安全係数	2.05	2.05	2.05
調達日数平均	7	5	7
調達日数標準偏差	0	0	3
調達危険率(%)	5	5	5

図 3.2.4a 定量発注方式の理論値(ファイルから)

定期発注方式

	A	B	C
▶ サイクル在庫	31	44	15
安全在庫	36	49	30
理論在庫	67	93	45
最大在庫	240	283	180
データ数	30	30	30
出庫最小/日	10	12	2
出庫最大/日	33	50	19
出庫平均/日	20.37	29.33	10.07
出庫標準偏差/日	5.57	8.36	3.74
発注間隔	3	3	3
欠品危険率(%)	2	2	2
安全係数	2.05	2.05	2.05
調達日数平均	7	5	7
調達日数標準偏差	0	0	3
調達危険率(%)	5	5	5

図 3.2.4b 定期発注方式の理論値(ファイルから)

データのファイル形式は、メニューの「入力用画面作成」ボタンをクリックして、グリッドエディタに枠組みを作成することもできる。

在庫シミュレーションは、出庫量に正規乱数を仮定して実行することができる。出庫量の平均値と標準偏差を指定し、シミュレーショングループボックスの「実行回数」、「実行期間」、「初期在庫」、定期発注方式の場合は「初期発注（定期）」テキストボックスを指定して、「実行」ボタンをクリックと、図 3.2.5a のようなシミュレーション結果の折れ線グラフと図 3.2.5b のようなテキストによる結果が表示される。

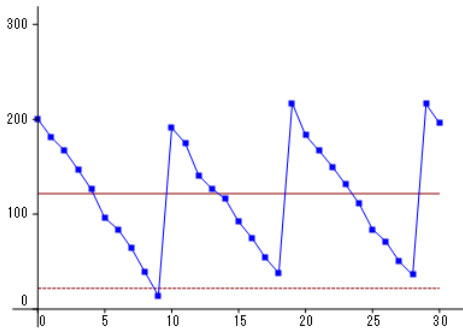


図 3.2.5a シミュレーション結果（乱数）

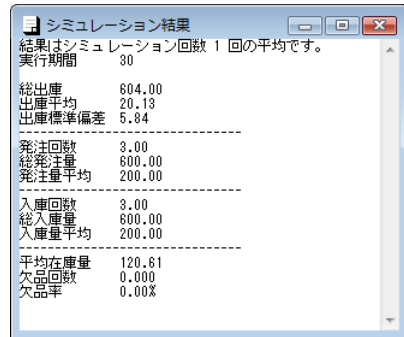


図 3.2.5b シミュレーション結果まとめ

ここに欠品率は「入庫前日の欠品回数÷入庫回数」で定義している。

これは定量発注方式の結果であるが、シミュレーションは 1 回だけの結果を表示することもできるし、多数回実行してその平均を表示することもできる。人に説明を行う場合は、1 回のシミュレーションを乱数を変えて何回か行い、これを繰り返した結果は、というように多数回繰り返した結果を表示するのが効果的であろう。定量発注方式の場合、多数回繰り返した場合の結果は図 3.2.6 のように時間の経過とともに振幅が小さくなっていく。これは平均を取るという性質上、当然の結果である。

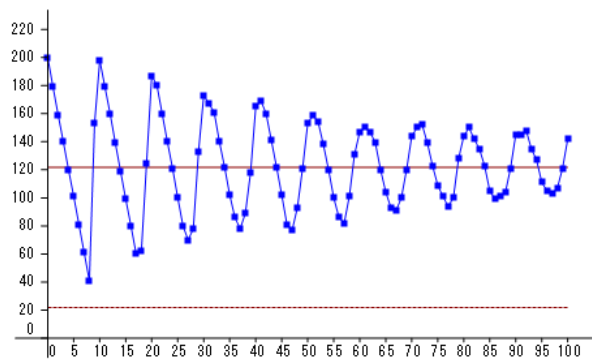


図 3.2.6 定量発注方式 100 回のシミュレーション結果（平均）

定期発注方式のシミュレーション結果については省略する。

シミュレーションは乱数を用いたもの以外にファイルに保存された実際のデータを用いて実行することもできる。その方法は理論的な在庫データ出力の場合と同様であるので、ここでは省略し、結果のみを図 3.2.7a と図 3.2.7b に示す。

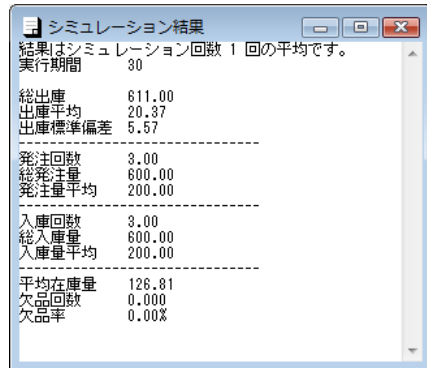
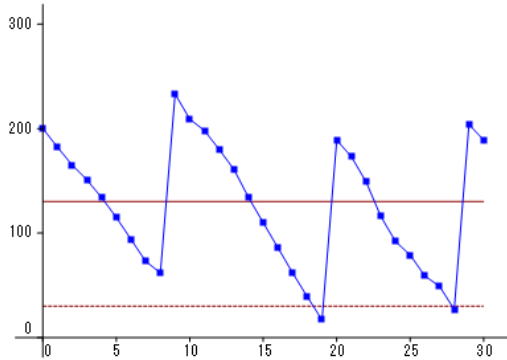


図 3.2.7a シミュレーション結果（ファイルから）

図 3.2.7b シミュレーション結果まとめ

3.3 間欠在庫に対する処理

これまで述べてきた方法は、在庫が毎日あり、正規分布に従う場合に適用できる。現実には多少正規分布からずれても、中心極限定理により、理論は有効である。しかし、在庫が時々しかないような場合にはこれまでの理論は利用できなくなる。このような在庫の形態は間欠在庫と呼ばれる（間欠需要ともいう）。我々はまずこの間欠在庫に対して、在庫の有無と在庫があった場合の分布は独立と考える。在庫の有無に対しては在庫率を p とする 2 項分布、在庫があった場合の分布は平均 μ 、分散 σ^2 の正規分布とする。但し、 $\mu \gg \sigma$ を仮定する。

この間欠在庫 1 回の密度関数は図 3.3.1 のように考えられる。

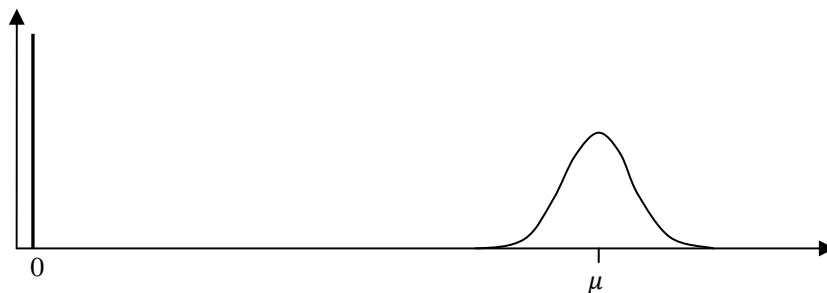


図 3.3.1 1 回の間欠在庫の密度関数

ここで横軸は在庫の量、0 の位置の棒はデルタ関数を表すものとする。棒または山の面積はそれぞれ

$1-p, p$ で与えられる。

対象となる期間を L 日として、この間に何回出庫があるか考える。出庫の発生回数は2項分布に従うと仮定しているので、 n 回の発生の確率 P_n は以下で与えられる。

$$P_n = {}_L C_n p^n (1-p)^{L-n}$$

今欠品危険率を α とした場合、

$$\sum_{i=n}^L P_i > \alpha$$

となる、最大の n を n_{max} とすると、以下の関係となる。

$$\sum_{i=n_{max}}^L P_i > \alpha > \sum_{i=n_{max}+1}^L P_i \equiv P'$$

この関係は図 3.3.2 の密度関数で考えると分かり易い。

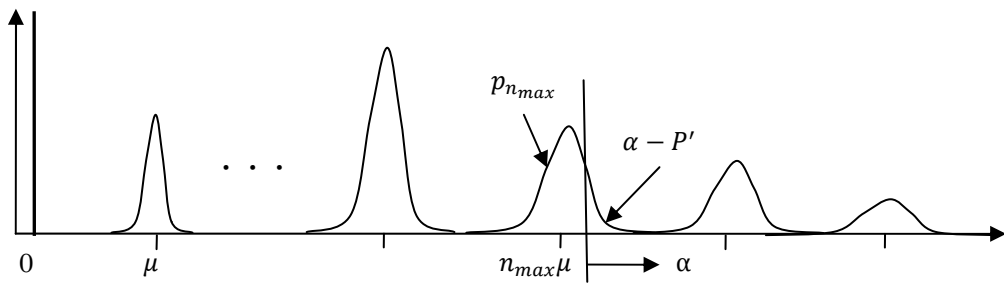


図 3.3.2 複数回の間欠出庫の密度関数

ここに横軸は出庫の大きさ、それぞれの山の面積は2項分布の確率 P_n で与えられる。

仮定 $\mu \gg \sigma$ から、期間開始時の在庫の量を $(n_{max} + 1)\mu$ とすると、出庫変動に関わらず欠品確率は α より小さくなり、 $(n_{max} - 1)\mu$ にすると、欠品確率は α より大きくなる。(これを仮定と考えてもよい)。これより、我々が出庫の確率分布を考えるのは、在庫の量が $n_{max}\mu$ で、出庫の発生が n_{max} 回あった場合である。

出庫の確率分布によって欠品確率を α にしようとするので、出庫が n_{max} 回発生した事後確率として求めればよい。まず、出庫が $(n_{max} + 1)$ 回以上起きる場合は考えないので(在庫の量が $n_{max}\mu$ の場合は必ず欠品)、その確率を P' として欠品確率から引いておく。それを出庫が n_{max} 回起きる確率 $P_{n_{max}}$ で割ると事後確率を求められるので、標準正規分布の分布関数を $F(x)$ として、以下のように安全係数 λ を与えることができる。

$$F(\lambda) = 1 - \frac{\alpha - P'}{P_{n_{max}}}, \quad P' = \sum_{i=n_{max}+1}^L P_i$$

これから期間開始時の在庫の量 I を以下のように定める。

$$I = n_{max}\mu + \lambda\sqrt{n_{max}}\sigma$$

現実の計算では、 $\lambda\sqrt{n_{max}}\sigma > \mu/2$ または、 $\lambda\sqrt{n_{max}}\sigma < -\mu/2$ の場合、それぞれを $\mu/2$ または $-\mu/2$ で置

き変えてもよいであろう。

定量発注方式

定量発注方式の場合、発注点を求める。在庫が発注点を下回ったときに発注して、欠品危険率が $P_{n_{max}}$ となる在庫量は、発注点を下回る量の平均が $\mu/2$ であることから、 $(n_{max} + 1/2)\mu$ とすればよい。これに出庫の確率変動部分を加えて、発注点は以下となる。

$$I = (n_{max} + 1/2)\mu + \lambda\sqrt{n_{max} + 1/4}\sigma$$

定期発注方式

定期発注方式では、発注間隔を R として、入庫の調節ができない期間が $L + R$ となる。それゆえ、 n 回の入庫の発生確率は以下となる。

$$P'_n = {}_{L+R}C_n p^n (1-p)^{L+R-n}$$

この P'_n を用いて新たに n'_{max} を計算し、信頼係数 λ' を求めて、最大在庫量 M を以下のように定める。

$$M = n'_{max}\mu + \lambda'\sqrt{n'_{max}}\sigma$$

この理論をシミュレーションに適用してみる。

図 3.3.2 間欠出庫のシミュレーション

図 3.3.2 の設定でシミュレーションを実行すると以下のような結果となった。

シミュレーション回数 1000 回
実行期間 300
平均在庫量 91.88
入庫回数 5.92
欠品回数 0.231
欠品率 3.90%

この他、仮定の範囲内では、欠品危険率を変動させても、出庫率を変動させても、欠品危険率で指定した値とあまり変わらない欠品率が得られた。

参考文献

- 1) フリーソフトウェア R による統計的品質管理入門, 荒木孝治, 日科技連出版社, 2005.
- 2) 社会システム分析のための統合化プログラム 4 –基本統計–, 福井正康, 福山平成大学経営情報研究, 5号, (2000) 89-100.
- 3) 社会システム分析のための統合化プログラム 13 –グラフィックエディタとその応用–, 福井正康, 石丸敬二, 尾崎誠, 宋東明, 福山平成大学経営研究, 7号, (2011) 掲載予定.
- 4) 適正在庫の考え方・求め方, 勝呂隆男, 日刊工業新聞社, 2003.

Multi-purpose Program for Social System Analysis 15

- Quality Control and Inventory Control -

Masayasu FUKUI, Hong Peng FU*, Wei WEI*, Yukie OKUDA
and Mitsuhiro HOSOKAWA

Department of Business Administration, Faculty of Business Administration,
Fukuyama Heisei University

* Graduate School of Business Administration,
Fukuyama Heisei University

Abstract

We have been constructing a unified program on the social system analysis for the purpose of education. This time we created new programs of quality control and inventory control. Program of quality control has been created along the concept of QC seven tools and program of inventory control carries out a theoretical ordering point and maximum stock, using the method of quantitative ordering system and regular ordering system.

Keywords

College Analysis, social system analysis, OR, statistics, quality control, inventory control

URL: <http://www.heisei-u.ac.jp/ba/fukui/>