

StatWorks による新しい管理図とパソコンソフトの活用

『インテリジェンス管理図のすすめ』では、製造現場の自動化・IT化の進展とともに科学的工程管理が希薄になっているが、“物造りの体質強化”のためには科学的な工程管理のツールである管理図を活用することが大切であると述べられています。また、“世界同一品質”の実現のためには、現場の品質管理情報“管理図”を国内外でネットワーク化し関連部門がトータルに高品質保証に取り組むことが重要となるとの指摘もあります。

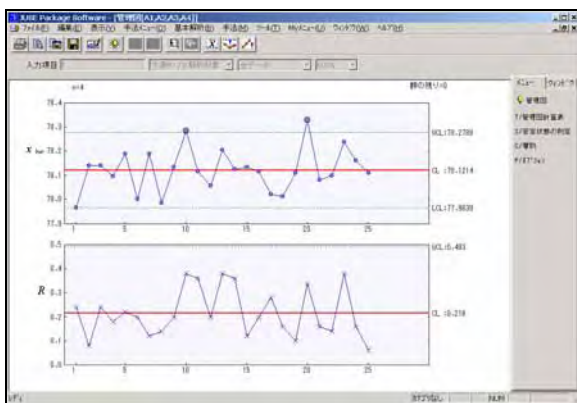
これらを踏まえ、本要旨では、JUSE-StatWorks/V3.5Plus に含まれる各種管理図の機能紹介と、それらの管理図を日々の管理で使用することを支援する機能の紹介をおこないます。

1. JUSE-StatWorks/V3.5Plus に含まれる管理図

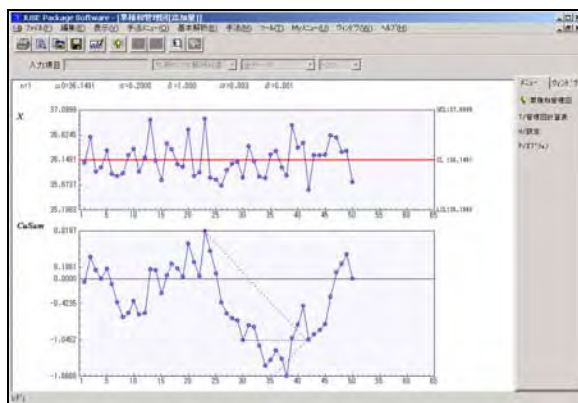
解析手法名	取り扱いデータ	特徴
管理図	<p>【特性の種類】 計量値，計数値</p> <p>【特性の数】 1 特性</p> <p>【群の大きさ】 xbar-R，xmed-R： 2～10 xbar-s：2～256</p>	<p>解析手法「管理図」では、以下のシューハート管理図を出力することができます。</p> <p>【計量値管理図】 xbar-R 管理図，xbar-s 管理図，xmed-R 管理図，x-Rs 管理図</p> <p>【計数値管理図】 pn 管理図，p 管理図，c 管理図，u 管理図</p> <p>なお、解析手法「管理図」では、日本で従来から使用されてきた工程異常の判定ルールに基づき安定状態の判定をおこないます。</p>
管理図（新 JIS）	<p>【特性の種類】 計量値，計数値</p> <p>【特性の数】 1 特性</p> <p>【群の大きさ】 Xbar-R，\bar{x} R-R： 2～10 Xbar-s：2～256</p>	<p>解析手法「管理図（新 JIS）」は『JIS Z 9021 シューハート管理図』に準拠しており、解析手法「管理図」と以下の点が異なります。</p> <p>管理図の名称 「Xbar-R 管理図」、「Xbar-s 管理図」、「\bar{x} R-R 管理図」、「X-R 管理図」、「np 管理図」、「p 管理図」、「c 管理図」、「u 管理図」を使用。</p> <p>標準値^{*1}の設定 平均，標準偏差などを標準値^{*1}として入力し、管理限界を設定することが可能。</p> <p>工程異常の判定ルール JIS Z 9021 に規定された工程異常の判定ルールに基づき安定状態を判定。</p>
累積和管理図	<p>【特性の種類】 計量値</p> <p>【特性の数】 1 特性</p> <p>【群の大きさ】 1～10</p>	<p>累積和管理図では、個々の観測値もしくは群の平均値と参照値^{*2}の偏差の累積和が管理特性となり、シューハート管理図よりも工程水準の小さな変化に敏感です。また、グラフの形状から工程水準の推移を一目で確認することができますので、オンラインデータによる工程のモニタリングなどに有用です。なお、工程水準が管理限界を超えたかどうかの判定は V マスク法などによりおこなわれます。</p> <p>解析手法「累積和管理図」では、V マスク法により工程水準が管理限界を超えたかどうかの判定をおこなうことができます。</p>
2 変数管理図	<p>【特性の種類】 計量値</p> <p>【特性の数】 2 特性</p> <p>【群の大きさ】 1</p>	<p>2 変数管理図では、各群の観測値が散布図上にプロットされ、管理限界が楕円で表されます。この管理限界（楕円）は 2 つの管理特性の相関を考慮して求められますので、2 つの管理特性を個別に管理した場合には検出できない工程の異常を検出することができます。</p> <p>このように、2 変数管理図は、2 つの管理特性を同時に管理する場合に有効です。</p> <p>さらに、解析手法「2 変数管理図」では、標準空間^{*3}を設定し、管理用として使用することが可能です。</p>

D ² 管理図	<p>【特性の種類】 計量値</p> <p>【特性の数】 2～256 特性</p> <p>【群の大きさ】 1</p>	<p>D² 管理図では、各群に対し観測値からマハラノビスの平方距離 D² が求められ、その値が管理特性となります。マハラノビスの平方距離 D² は管理特性間の相関を考慮した距離となりますので、複数（2～）の管理特性を個別に管理した場合には検出できない工程の異常を検出することができます。</p> <p>このように、D² 管理図は、複数（2～）の管理特性を同時に管理する場合に有効です。</p> <p>さらに、解析手法「D² 管理図」では、標準空間^{*3}を設定し、管理用として使用することが可能です。</p>
--------------------	------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

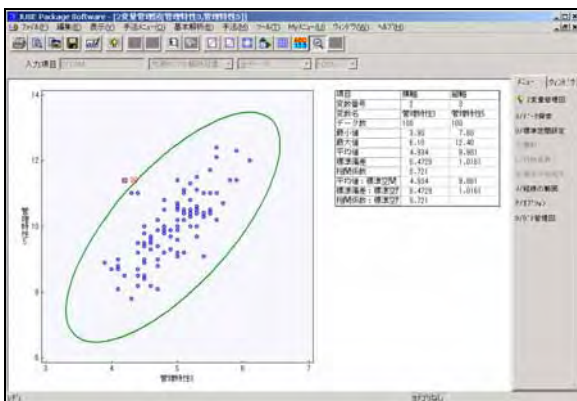
- *1 標準値： 標準値は、経済上の値や製品規格から設定される公称値を基に定められることもありますが、通常は将来の全てのデータと同一の母集団であることが仮定できる予備データ調査を通じて決定されます。
- *2 参照値： 参照値とは、個々の観測値もしくは群の平均から引く値のことを指します。管理を目的とした場合、参照値には主として目標値や将来の全てのデータと同一の母集団であることが仮定できる予備データ調査を通じて決定された値が設定されます。また、解析を目的とした場合、主として解析に使用するデータの平均値が設定されます。
- *3 標準空間： 標準値と同じものを意味しますが、多次元であることを示すために「標準空間」と呼びます。



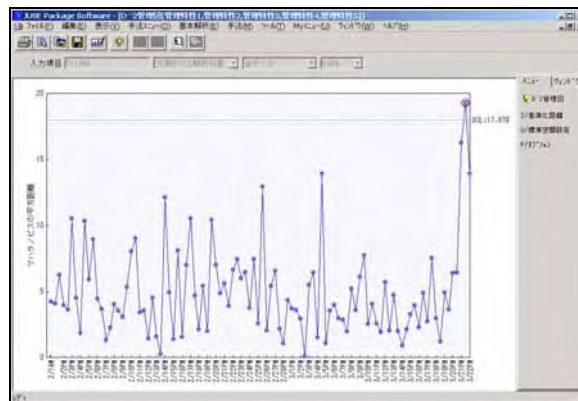
「管理図」、「管理図（新 JIS）」出力画面



「累積和管理図」出力画面



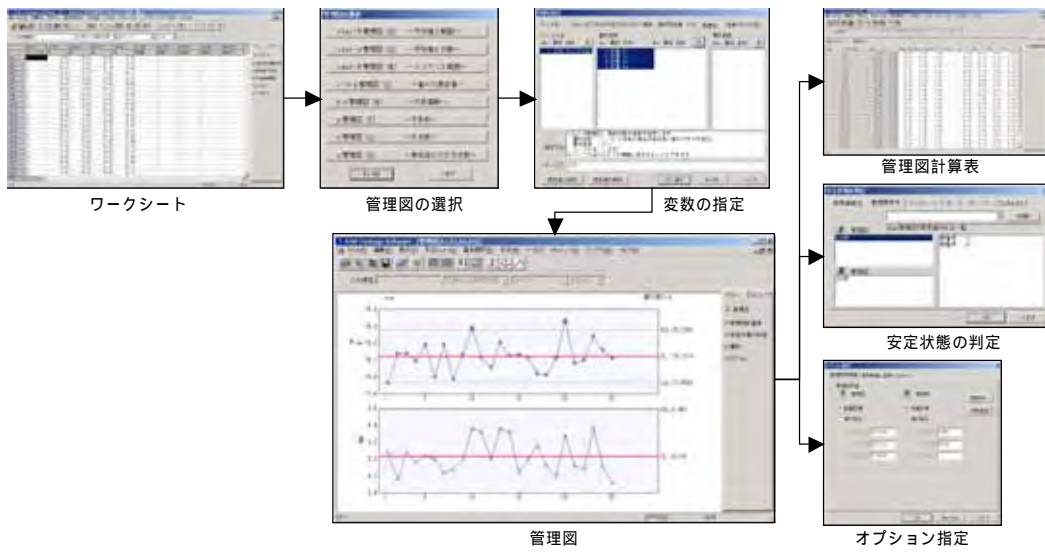
「2 変数管理図」出力画面



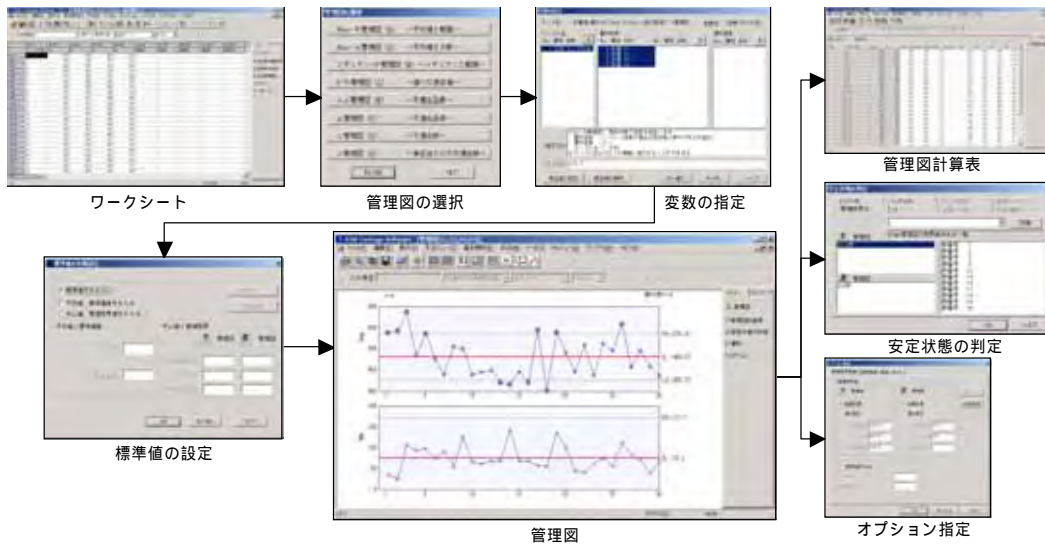
「D² 管理図」出力画面

2. 各管理図の機能構成

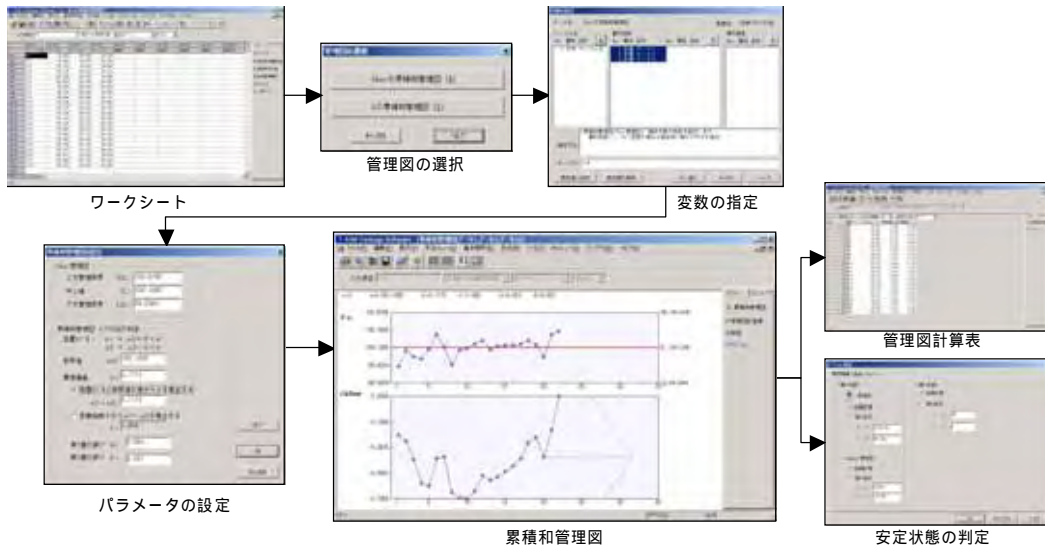
2-1. 管理図



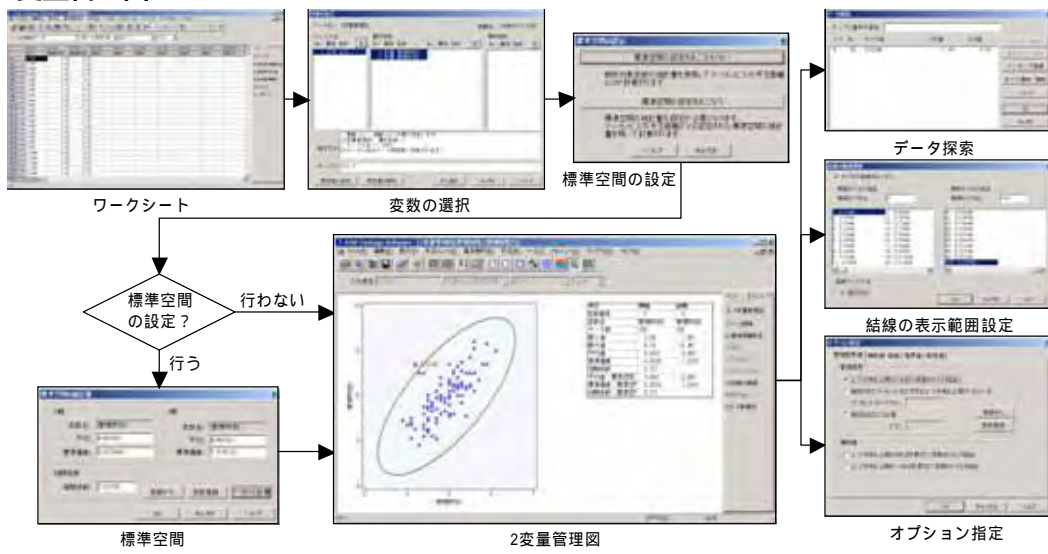
2-2. 管理図 (新JIS)



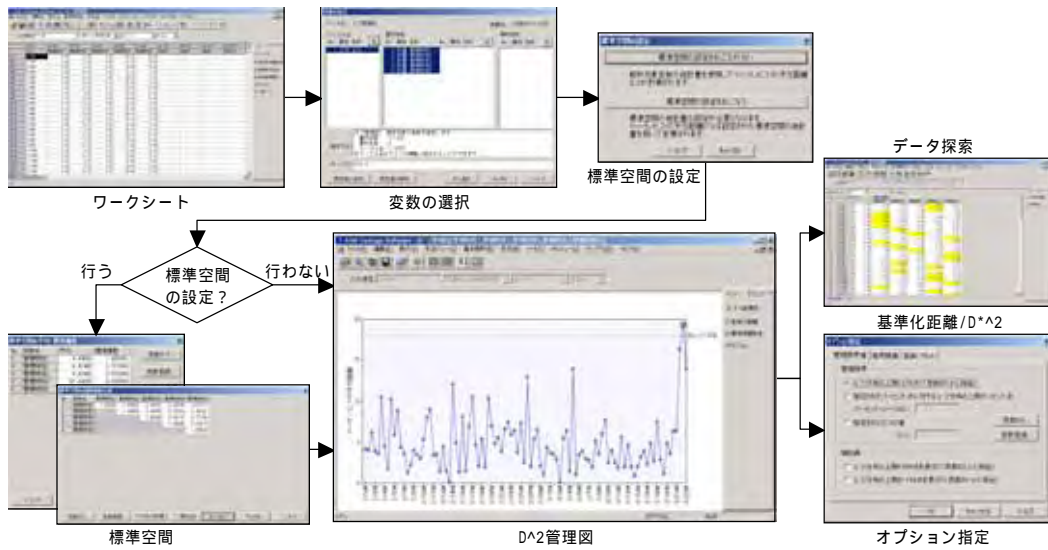
2-3. 累積和管理図



2-4.2 変数管理図



2-5. D²管理図



3. 管理図の概要

ここでは、JUSE-StatWorks/V3.5Plus に含まれる管理図について概要を説明します。

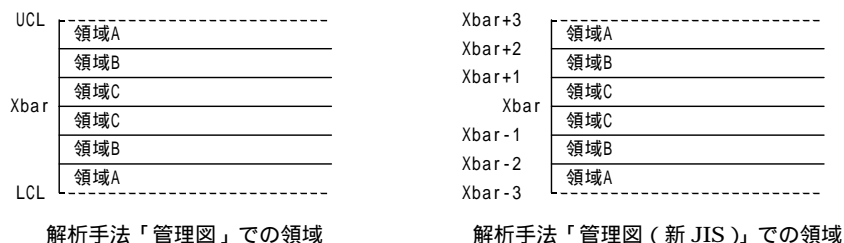
3-1. 管理図, 管理図 (新 JIS)

3-1-1. 安定状態の判定ルール

解析手法「管理図」と「管理図 (新 JIS)」とで異なる主な点の一つが、安定状態の判定ルール (工程異常の判定ツール) です。解析手法「管理図」および「管理図 (新 JIS)」では、それぞれ以下の判定ルールで安定状態の判定をおこないます。ユーザは、手法メニュー「安定状態の判定」で、各判定項目に該当する群番号を確認することができます。

解析手法	判定項目	判定ルール (以下の条件を満たす点を検出)
管理図	管理限界線接近	3 点中 2 点以上が領域 A ^{*1} にある
	管理限界外	1 点が管理限界を超える
	中心線一方	11 点中 10 点以上が中心線に対して同じ側にある
	連	7 連以上
	上昇・下降	連続する 7 点以上が上昇又は下降している
管理図 (新 JIS)	管理限界外	1 点が管理限界を超える
	連	9 連以上
	上昇・下降	連続する 6 点以上が上昇又は下降している
	交互増減	14 点以上が交互に増減している
	2 シグマ外	3 点中 2 点以上が領域 A ^{*1} 又はそれを越えた領域にある
	1 シグマ外	5 点中 4 点以上が領域 B ^{*1} 又はそれを越えた領域にある
	中心化傾向	連続する 15 点以上が領域 C ^{*1} に存在する
連続 1 シグマ外	連続する 8 点以上が領域 C ^{*1} を越えた領域にある	

*1: 領域 A, 領域 B, 領域 C は、それぞれ以下のような領域を指します;



3-1-2. 群の大きさが異なる場合の解析

解析手法「管理図」, 「管理図 (新 JIS)」ともに、xbar-R 管理図 (Xbar-R 管理図), xbar-s 管理図 (Xbar-R 管理図), xmed-R 管理図 (xmed-R 管理図) で群の大きさが異なる場合も解析が可能です。ただし、各群で群の大きさが異なる場合は、観測値を以下の形式で入力する必要があります。

【群の大きさが異なる場合の入力形式】

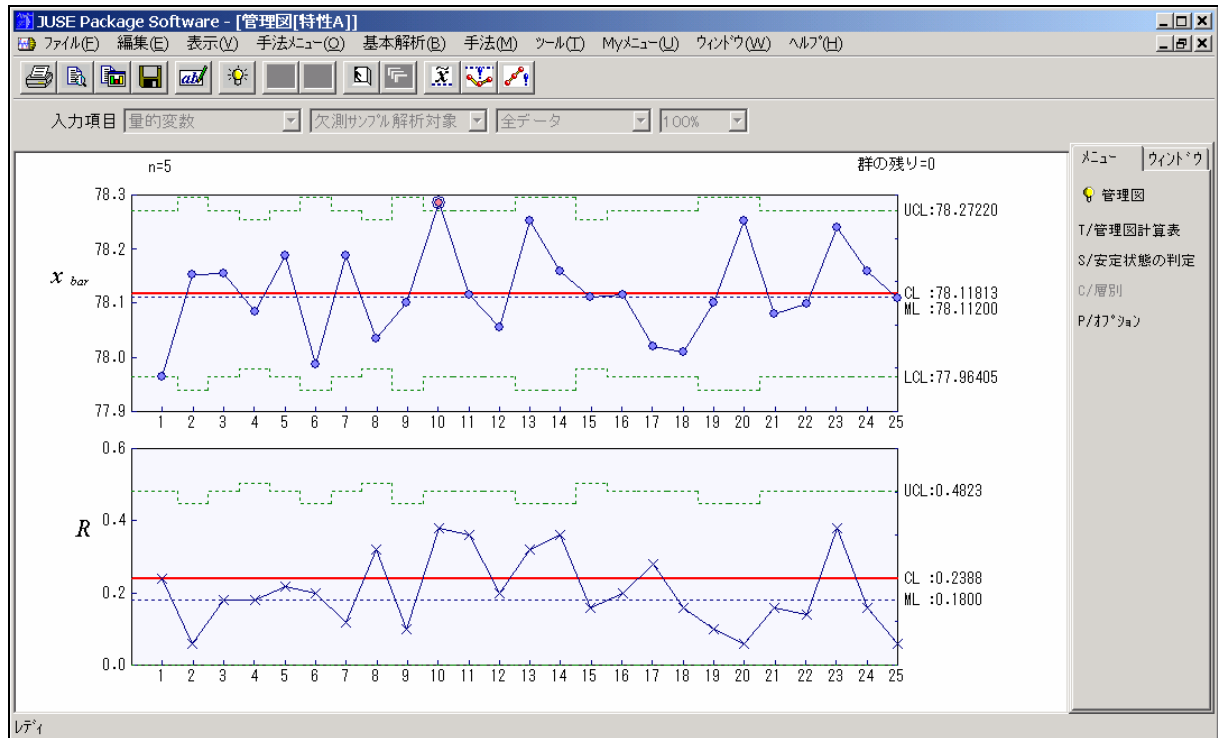
観測値を 1 つの量的変数 (列) に入力します。また、別の量的変数 (列) に群の識別番号を入力します。サンプル数 (行数) は各群の群の大きさの和となります。

	・ S1	・ N2	・ N3	
	群名称	観測値	群識別番号	
群の 数分	・ 1	群1	522	1
	・ 2	群1	524	1
	:	:	:	:
	・ k	群1	547	1
	・ k+1	群2	545	2
	:	:	:	:
	・ 2k	群2	531	2
	:	:	:	:
	・ nk	群n	557	k

- 注 1： 群識別番号には 1 以上の整数値を入力して下さい。また、同じ値が連続する場合に同じ群であると識別しますので、隣り合った群でなければ、同じ識別番号を使用しても構いません。
- 注 2： 群名称の入力は必須ではありません。また、解析時に群名称を指定した場合、各群の最初のサンプル（行）に入力された文字列がその群名称として使用されます。

本形式でデータを入力した場合、「変数の指定」ダイアログでは群名称、観測値を指定します。そして、群識別番号は、「変数の指定」ダイアログの後に表示される「個々のデータ」ダイアログで指定します。

なお、群の大きさが異なる場合、下図のように管理限界は各群の群の大きさに応じて変わります。



群の大きさが異なる場合の Xbar-R 管理図

3-2．累積和管理図

3-2-1．概要

累積和管理図は、工程水準の推移を把握したい場合や工程水準の変化をより早く検出したい場合などに用いられる管理図です。累積和管理図では、個々の観測値 x_i （群の大きさが 1 の場合）、もしくは、群の平均 \bar{x}_i （群の大きさが 2 以上の場合）から参照値 T を引いた値の累積和 S_k を打点します。すなわち、以下の値を打点することになります。

$$S_k = \sum_{i=1}^k (x_i - T), \text{ もしくは, } S_k = \sum_{i=1}^k (\bar{x}_i - T)$$

ここで、“参照値”とは、累積和をとる際に個々の観測値もしくは群の平均から引く値のことを指します。管理を目的とした場合、参照値として、主に目標値や将来の全てのデータと同一の母集団であることが仮定できる予備データ調査を通じて決定された値が設定されます。また、解析を目的とした場合、主として解析に使用するデータの平均値が設定されます。

例えば、以下のデータに対しては、参照値 $T = 100.100$ の場合、累積和は以下の値となります。

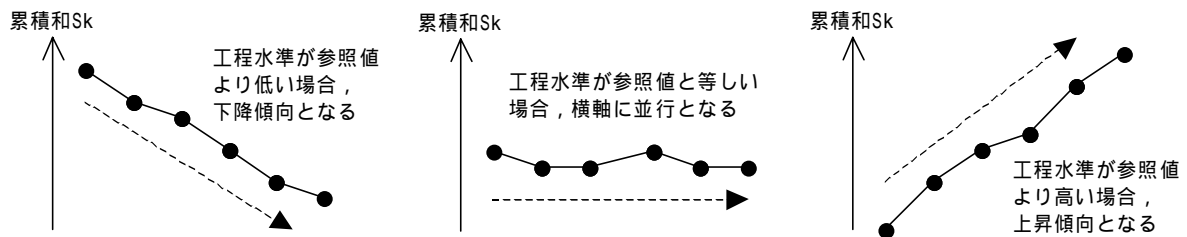
	観測値			統計量		
	x_1	x_2	x_3	群平均 \bar{x}_i	偏差 $\bar{x}_i - T$	累積和 S_k
群 1	99.08	99.90	100.44	99.807	-0.293	-0.293
群 2	99.90	99.97	100.32	100.063	-0.037	-0.330
群 3	100.12	99.89	99.88	99.963	-0.137	-0.467
群 4	99.67	99.61	100.51	99.930	-0.170	-0.637
群 5	100.34	99.93	99.98	100.083	-0.017	-0.653
群 6	100.06	100.26	100.65	100.323	0.223	-0.430

このように、累積和管理図は、個々の観測値もしくは群の平均と参照値との偏差の累積和を用いることから、以下の特徴を持ちます；

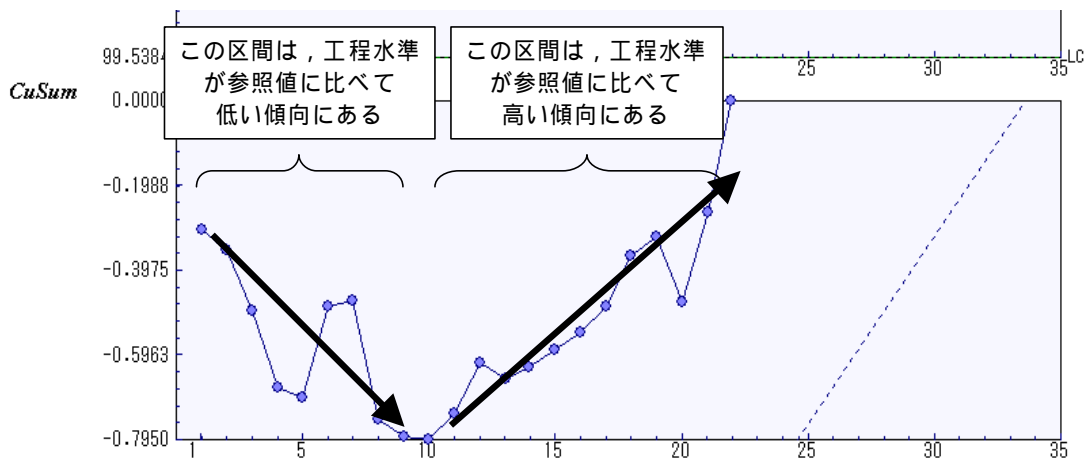
- ・ 参照値に対する個々の観測値もしくは群の平均の大小が把握しやすい
- ・ 観測値もしくは群の平均の推移が把握しやすい

3-2-2. グラフの見方

累積和 S_k の求め方から、参照値に対する工程水準の高低に応じて、プロットの推移は以下のようにになります。



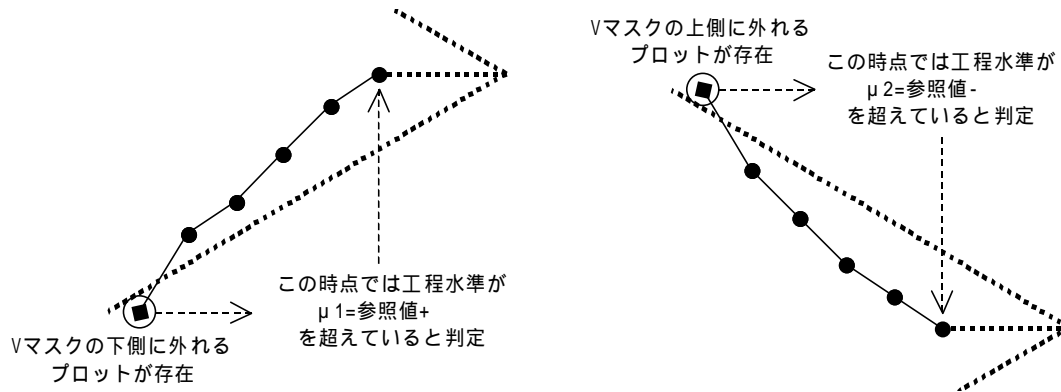
例えば、下図の累積和管理図においては、群 1 ~ 10 の区間は工程水準が参照値に比べて低い傾向にあり、群 11 ~ 23 の区間は工程水準が参照値に比べて高い傾向にあることが分ります。



3-2-3. 管理限界外の判定

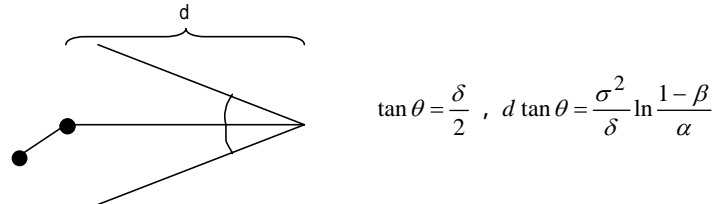
解析手法「累積和管理図」では、工程水準が処置レベル（管理限界）を超えたかどうかの判定は、V マスク法によりおこないます。

V マスク法とは、プロットに V マスク（V 字状の限界線）を当てはめ、そのプロットより過去にあるプロットが V マスク外となった場合は、V マスクを当てはめた時点で工程水準が処置レベル（管理限界）を超えたと判断する方法です。具体的には、上側の処置レベル（管理限界）を $\mu_1 = \text{参照値} + \delta\sigma$ 、下側の処置レベル（管理限界）を $\mu_2 = \text{参照値} - \delta\sigma$ とするとき、次頁の図のように判定します（通常 $\delta = 1$ です）。

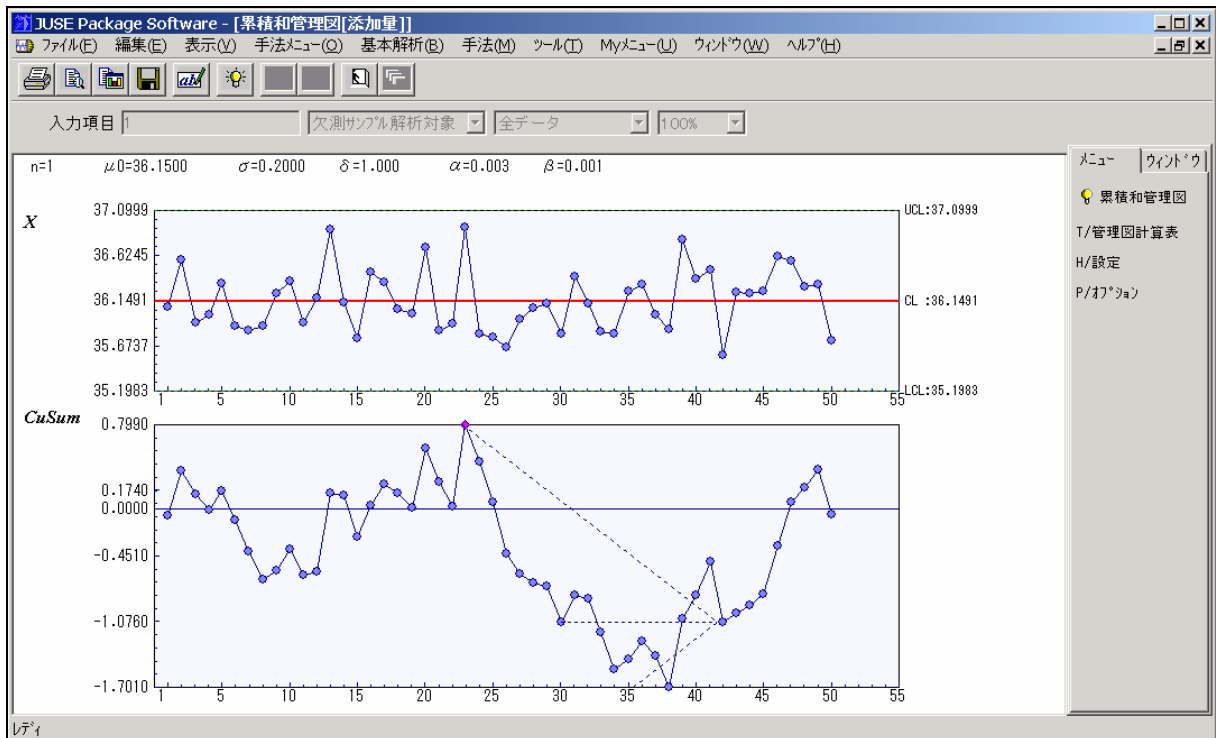


V マスクによる判定

なお、解析手法「累積和管理図」では、「累積和管理図の設定」ダイアログで設定された処置レベル $\mu_1 = \text{参照値} + \delta\sigma$ 、標準偏差 σ 、第一種の誤り、第二種の誤り から、V マスクを以下のように決定します。



例えば、下図の例では、第 30 群の時点では工程水準が下側の処置レベル (参照値 - $\sigma = 36.15 - 0.20 = 35.95$) を超えていると判定されます。



3-3. 多変量管理図 (2 変量管理図, D² 管理図)

3-3-1. 概要

2 変量管理図, D² 管理図は, 複数の管理特性を同時に管理することを目的とした管理図です. 2 変量管理図, D² 管理図では, マハラノビスの平方距離を使用することによりこの目的が達せられます.

2 変量管理図は, 2 つの管理特性の観測値の組を散布図上にプロットし, その散布図上にマハラノビスの平方距離に基づく管理限界を表示します. また, D² 管理図は, 各群に対し観測値からマハラノビスの平方距離を求め, それらを郡番号順に打点します. そして, 管理限界線を表示します.

3-3-2. マハラノビスの平方距離

管理特性の数を p とし, 各管理特性の平均, 標準偏差をそれぞれ $\mu_1, \dots, \mu_p, \sigma_1, \dots, \sigma_p$ とします. また, 各管理特性 x_1, \dots, x_p を基準化した値を u_1, \dots, u_p とします;

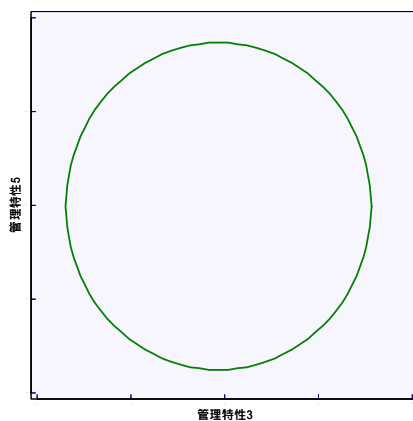
$$u_1 = \frac{x_1 - \mu_1}{\sigma_1}, \dots, u_p = \frac{x_p - \mu_p}{\sigma_p}$$

このとき, マハラノビスの平方距離 D^2 は, u_1, \dots, u_p と管理特性間の相関係数 $r_{12}, r_{13}, \dots, r_{p-1p}$ から以下のように定義されます.

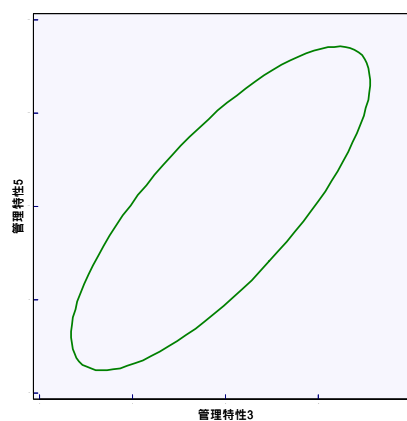
$$D^2 = (u_1 \quad \Lambda \quad u_p) \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \Lambda & r_{1p} \\ r_{12} & 1 & \Lambda & r_{2p} \\ M & M & O & M \\ r_{1p} & r_{2p} & \Lambda & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} u_1 \\ M \\ u_p \end{pmatrix}$$

このマハラノビスの平方距離 D^2 は, 管理特性間の相関を考慮した平均 (μ_1, Λ, μ_p) からの距離となります.

例えば, 管理特性の数が 2 の場合 ($p=2$ の場合), 相関を考慮しない平均 (μ_1, μ_2) からの距離 (ユークリッド平方距離) が等しい点の集合は円となります. 一方, 相関を考慮した平均 (μ_1, μ_2) からの距離 (マハラノビスの平方距離) が等しい点の集合は楕円となります.



管理特性間の相関を考慮しない場合



管理特性間の相関を考慮した場合

3-3-3. 管理限界の設定

2 変量管理図, D² 管理図では, 平均 μ_1, \dots, μ_p , 標準偏差 $\sigma_1, \dots, \sigma_p$, 相関係数 $r_{12}, r_{13}, \dots, r_{p-1p}$ が既知の場合, マハラノビスの平方距離

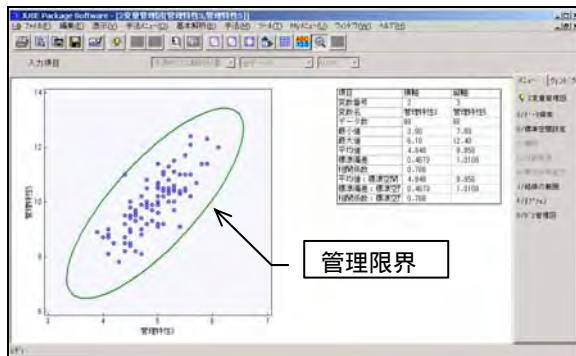
$$D^2 = (u_1 \quad \Lambda \quad u_p) \begin{pmatrix} 1 & r_{12} & \Lambda & r_{1p} \\ r_{12} & 1 & \Lambda & M \\ M & M & O & r_{p-1p} \\ r_{1p} & r_{2p} & \Lambda & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} u_1 \\ M \\ u_p \end{pmatrix}$$

が自由度 p のカイ二乗分布に従うことを利用して, 管理限界が設定されます (平均, 標準偏差, 相関係数がデータから計算された場合でも既知として扱います). すなわち, 自由度 p のカイ二乗分布の上側確率 α の分位点を

$\chi^2(p; \alpha)$ とすると、2 変量管理図、D² 管理図の管理限界は以下のように定められます。

管理図	管理限界
2 変量管理図	$(u_1 \ u_2) \begin{pmatrix} 1 & r_{12} \\ r_{12} & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} = \chi^2(2; \alpha)$ を満たす点の集合
D ² 管理図	$\chi^2(p; \alpha)$

通常、上側確率 $\alpha = 0.0027$ が用いられます（これは正規分布の 3 外の確率です）。



2 変量管理図の管理限界



D² 管理図の管理限界

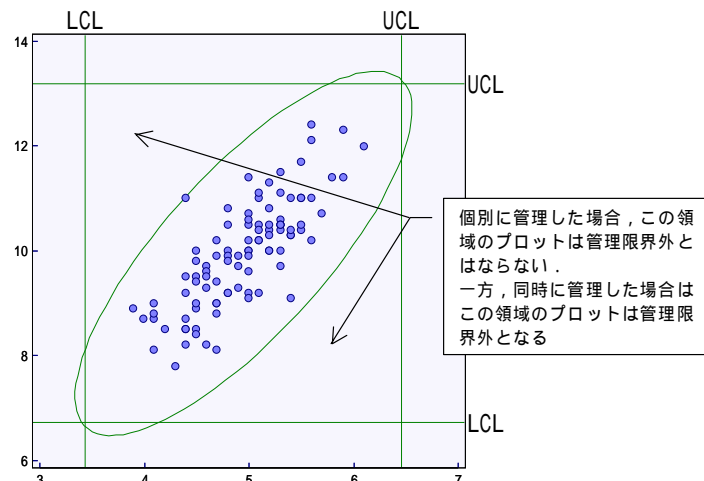
3-3-4 . 標準空間

管理特性の平均 μ_1, \dots, μ_p 、標準偏差 $\sigma_1, \dots, \sigma_p$ 、相関係数 $r_{12}, r_{13}, \dots, r_{p-1p}$ が、将来の全てのデータと同一の母集団であることが仮定できる予備データ調査などを通じて決定されている場合、マハラノビスの平方距離を求める際にそれらの値を使用することにより、検出力を高めることができます。

それら決定されている平均、標準偏差、相関係数を“標準空間”と呼びます（シューハート管理図における標準値と同じものを意味しますが、多次元であることを示すために“標準空間”と呼びます）。

3-3-5 . 個別に管理した場合と同時に管理した場合との比較

例えば、2 つの管理特性（群の大きさ 1）を x-Rs 管理図で個別に管理した場合の x 管理図の管理限界線と、マハラノビスの平方距離に基づいて設定された管理限界線を散布図上で比較すると下図のようになります。



上図において、左上領域、右下領域にあるプロットは、個別に管理した場合は管理限界外となりませんが、同時に管理した場合は管理限界外となります。このように、複数の管理特性を、相関を考慮して同時に管理することにより、工程の異常を早期に発見できる可能性があります。

3-3-6. 管理限界外となる群が存在する場合の対処

管理限界外となる群が存在する場合，どの管理特性の影響で管理限界外となったのかを知ることは，管理限界外となった原因を突き止めるために重要となります。

2変数管理図では，各群の観測値は散布図上にプロットされるため，どの方向に外れているのかを一目で確認することができます。しかし， D^2 管理図では，平均 $(\mu_{1,\Lambda}, \mu_p)$ からの距離の情報しかないため，どの方向に外れているのかを把握することができません。

解析手法「 D^2 管理図」では，どの管理特性の影響で管理限界外となったのかを把握するために，以下の統計量を出力します。

統計量	内容
基準化距離	各管理特性の値を，その平均，標準偏差で基準化した値です。該当する管理特性について，観測値の大きさと方向を把握することができます。
D^{*2}	特定の1つの管理特性を除外し，それ以外の管理特性でマハラノビスの平方距離を計算した値です。全管理特性を使用して求めたマハラノビスの平方距離と比較して D^{*2} の値が小さい場合は，除外した管理特性の影響で管理限界外となった可能性が高いことを意味します（このような変数が1つではなく，複数存在する場合があります）。

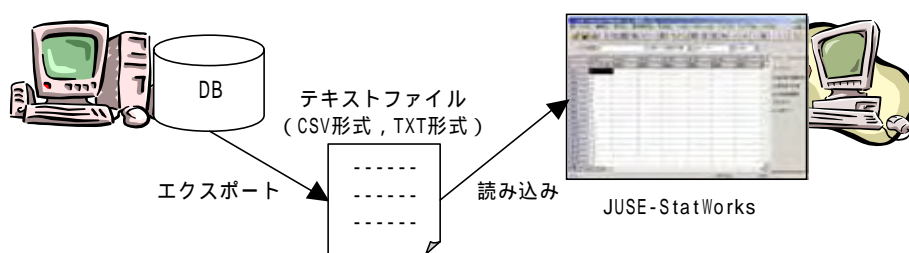
4. 日々の管理での使用を支援する機能

ここでは、JUSE-StatWorks/V3.5Plus に含まれる管理図を日々の管理で使用する場合に有用な機能などについて説明します。

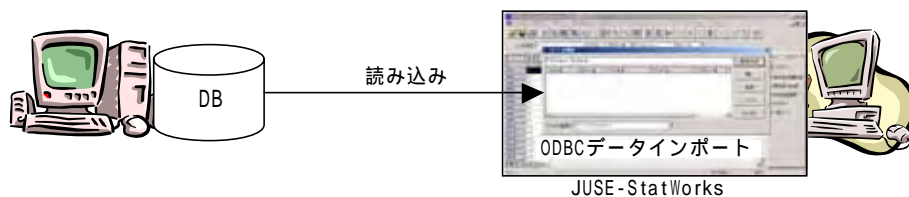
4-1. DB (データベース) への接続

DB (データベース) に格納されているデータを JUSE-StatWorks で読み込む方法として、以下の 2 つの方法が考えられます。

No	DB データの読み込み方法
1	DB のエクスポート機能や Excel の「外部データの読み込み」機能などにより、DB のデータをテキストファイル (CSV 形式, TXT 形式) に一旦保存し、それを JUSE-StatWorks で読み込む。
2	弊社のパッケージ製品「ODBC データインポート」(別売) を利用し、DB のデータを JUSE-StatWorks のワークシートに直接読み込む。



テキストファイルにエクスポート



「ODBC データインポート」により直接読み込み

4-2. 定型処理機能

4-2-1. 概要

JUSE-StatWorks/V3.5Plus で同じ解析手順を異なるデータに対して繰り返し実行する場合 (例えば、管理を目的に管理図を定期的に表示させる場合)、「定型処理」機能を使用すると操作の手間を省くことができます。

JUSE-StatWorks/V3.5Plus の「定型処理」機能では、処理手順を登録することができ、登録した処理手順を自動実行することができます (ただし、登録可能な処理に制限があります)。登録可能な主な内容は、以下のとおりです；

- ◇ 使用データ
(ワークシート上のデータを使用するか、決まったデータファイルを使用するか、外部データをインポートするか、を指定可能)
- ◇ 解析手法
- ◇ 解析に使用する変数
- ◇ 印刷、保存、クリップボードへの貼り付け

なお、登録した定型処理の情報はファイル (拡張子 JBD) に保存されます。

4-2-2. 外部アプリケーションからの定型処理の実行

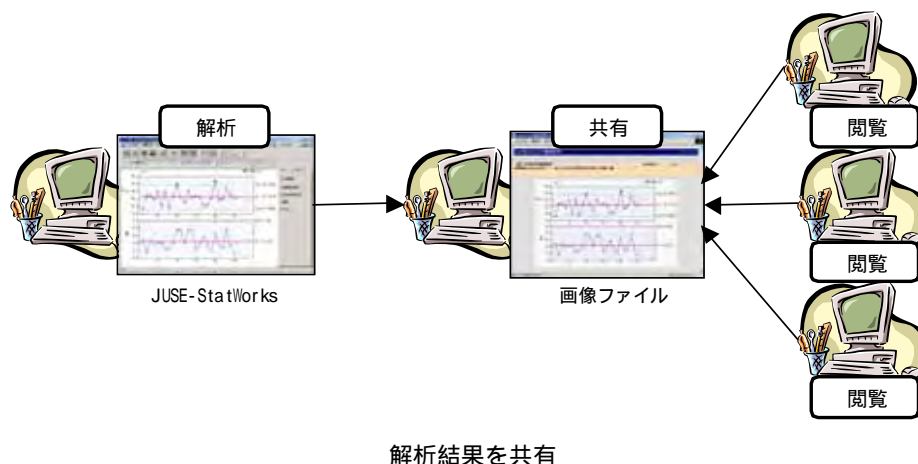
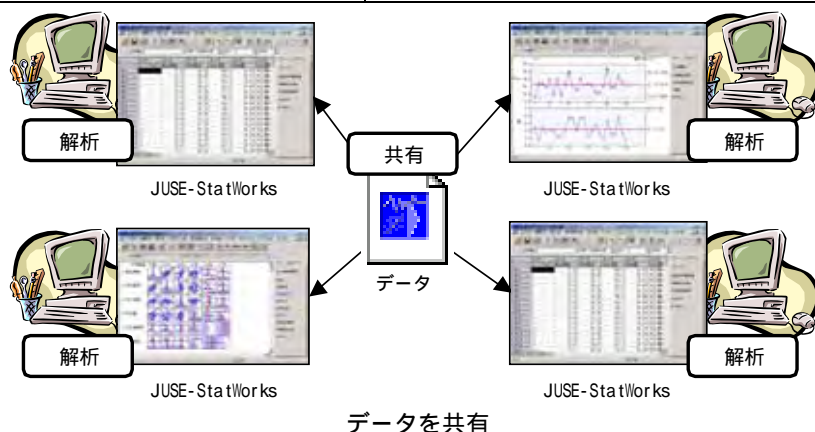
登録時に「決まったデータファイルを使う」、「外部データをインポートする（既存クエリファイルの指定）」を選択した定型処理に関しては、その定型処理ファイル（拡張子 JBD）を引数として JUSE-StatWorks/V3.5Plus の実行ファイル（JM32.EXE）を起動することにより、定型処理を外部アプリケーションから実行することができます。

<p>【書式】 インストールフォルダ¥JM32.EXE /DDE /JBD パス¥定型処理ファイル名.JBD</p> <p>【例】 C:¥Program Files¥Juse に JUSE-StatWorks/V3.5Plus がインストールされていて、C:¥Temp にある定型処理ファイル「batch.jbd」を実行する場合 "C:¥Program Files¥Juse¥ JM32.EXE " /DDE /JBD C:¥Temp¥batch.jbd</p>

4-3. 情報の共有

複数の部門、人で情報（データ、解析結果など）を共有する方法として、以下の2つの方法が考えられます；

No	方法	特徴
1	データを共有し、各 PC 上でそのデータを JUSE-StatWorks/V3.5Plus により解析	各部門、人がそれぞれの興味に応じた観点からデータを解析することができます。 各 PC に JUSE-StatWorks/V3.5Plus がインストールされている必要があります。
2	特定の PC 上で JUSE-StatWorks/V3.5Plus により解析された結果を画像ファイルで共有し、各 PC から閲覧	共有された画像ファイルは、ネットワークで接続されたどの PC からでも閲覧することができます（閲覧する PC に JUSE-StatWorks がインストールされている必要はありません）。



JUSE-StatWorks/V3.5Plus では、解析結果の共有を支援する機能として、解析結果を HTML ファイルに保存する機能を提供しています。

5. 参考文献

- 1) 天坂格郎 (2003): インテリジェンス管理図のすすめ - デジタルエンジニアリングによる高品質保証, 日本規格協会
- 2) 日本工業規格, JIS Z 9020 : 1999
- 3) 日本工業規格, JIS Z 9021 : 1998
- 4) 尾島善一, 仁科健, 椿広計, 加藤洋一 (1999): 統計的方法 JIS の大改正 (品質管理月間テキスト 291), 品質月間委員会
- 5) ISO/TR7871 Technical Report First edition (1997): Cumulative sum charts – Guidance on quality control and data analysis using CUSUM techniques, International Organization for Standardization
- 6) 仁科健 (1989): Wald の逐次検定に基づく累積和管理図の確率的性質, 品質, 29(1), 104-110
- 7) 奥野忠一, 久米均, 芳賀敏郎, 吉澤正 (1981): 多変量解析法 改訂版, 日科技連出版社
- 8) 葛谷和義 (2001): 活用多変量管理図 - 要求品質特性の工程管理 -, 日科技連第 24 回多変量解析シンポジウム発表要旨, 89 - 96

掲載されている著作物の著作権については，制作した当事者に帰属します．

著作者の許可なく営利・非営利・イントラネットを問わず，本著作物の複製・転用・販売等を禁止します．

所属および役職等は，公開当時のものです．

■公開資料ページ

弊社ウェブページで各種資料をご覧ください <http://www.i-juse.co.jp/statistics/jirei/>

■お問い合わせ先

(株)日科技研 数理事業部 パッケージサポート係 <http://www.i-juse.co.jp/statistics/support/contact.html>