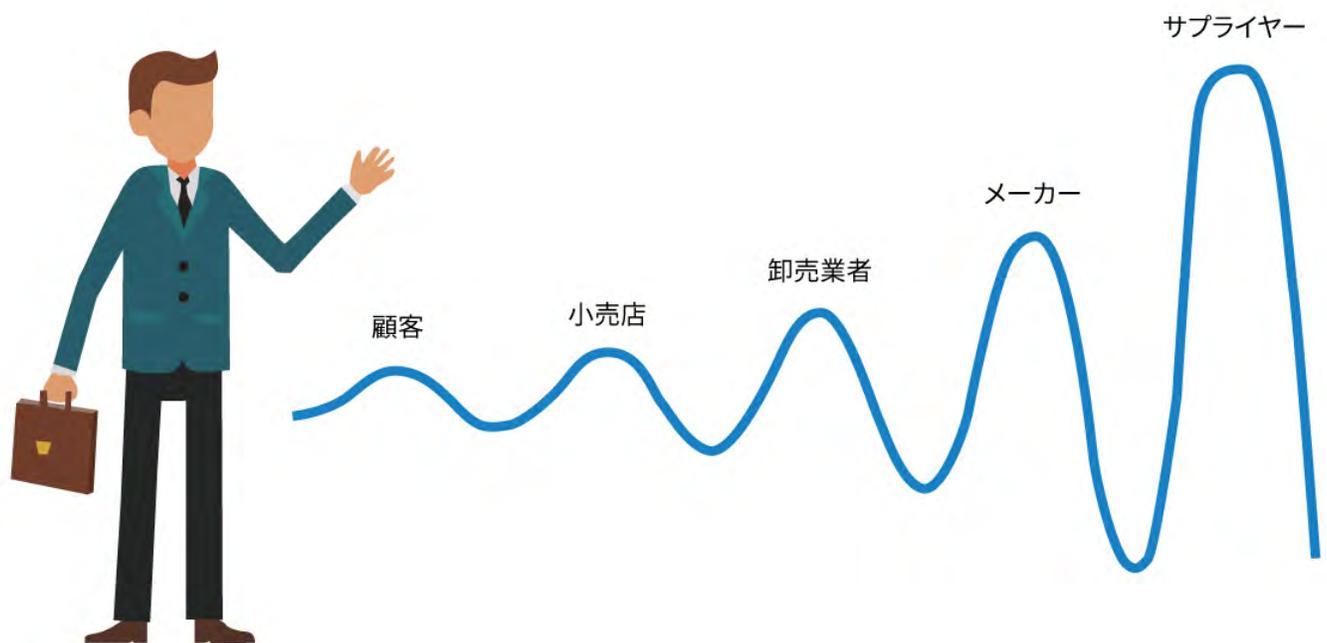


サプライチェーンにおける ブルウィップ効果への対応



昨今のビジネス環境が急速に変化する中、企業はサプライチェーンに影響を与える特定の製品において、需要が急増することにストレスを感じています。あるいは、需要の潜在的な減速は、サプライチェーンが予測不能になることを意味します。このようなサプライチェーンにおいて需要が歪んでしまう現象を、「ブルウィップ」効果と呼びます。

精通したサプライチェーン管理には、チャネル全体のインテグレーションを活用して顧客の需要に合わせる必要があります。たとえば、品質管理活動を調整することで、生産性と効率を向上させることができます。また、ダイバージェンスシステム（逆行現象システム）に基づく制御技術を実装すれば、ブルウィップ効果を低減し、特定の製品におけるサプライチェーンを効果的にコントロールできるかもしれません。それでは、どのようにしてブルウィップ効果を低減させることができるか、詳しく見てみましょう。

ステップ1 - [基本的な統計的工程管理から始める](#)

ステップ2 - [ブルウィップを避けるためにEWMAを活用する](#)

ステップ3 - [アクションを実行し、生産を強化する](#)

ステップ1 - 基本的な統計的工程管理から始める

サプライチェーンは、企業の健全性にとって極めて重要な役割を果たすため、予防措置と緊急対策の両方を実施して、サプライチェーンを維持しなければなりません。サプライチェーンは非常に多くの特徴を持っているため、サプライチェーンが効率的かつ生産的に推移していない時期を特定し、対策を打つ必要があります。幸いなことに、基本的な統計的品質管理を活用することで、サプライチェーンにリスクが存在する時期を特定することができます。これらのリスクを迅速に検出できるほど、コスト、ボトルネック、在庫不足を削減するために必要な処置を施すことができます。一般的によく使用され、実績のある統計的工程管理の1つは、管理図です。

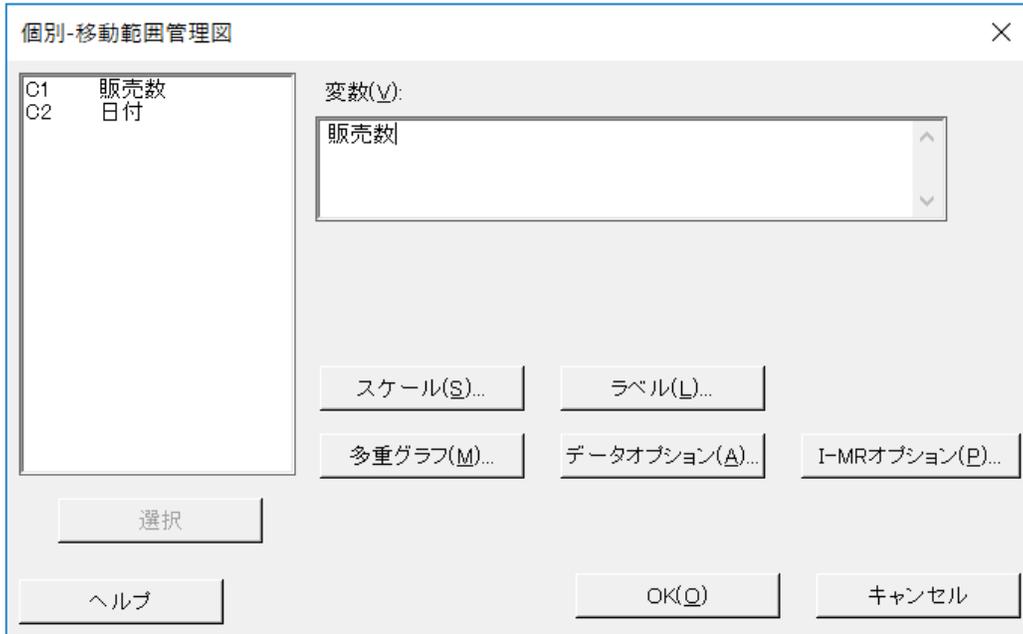
管理図は、プロセスの品質特性を監視するためのツールです。多様な管理図の中で、特に個別-移動範囲管理図 (I-MR) と平均-範囲管理図 (Xbar-R) は、よく使用されています。

それでは、管理図の活用方法を見てみましょう。この例では、自社製品の販売数の管理を見ていきます。ここでデータセットは、過去 75 日間の販売数で構成されています。

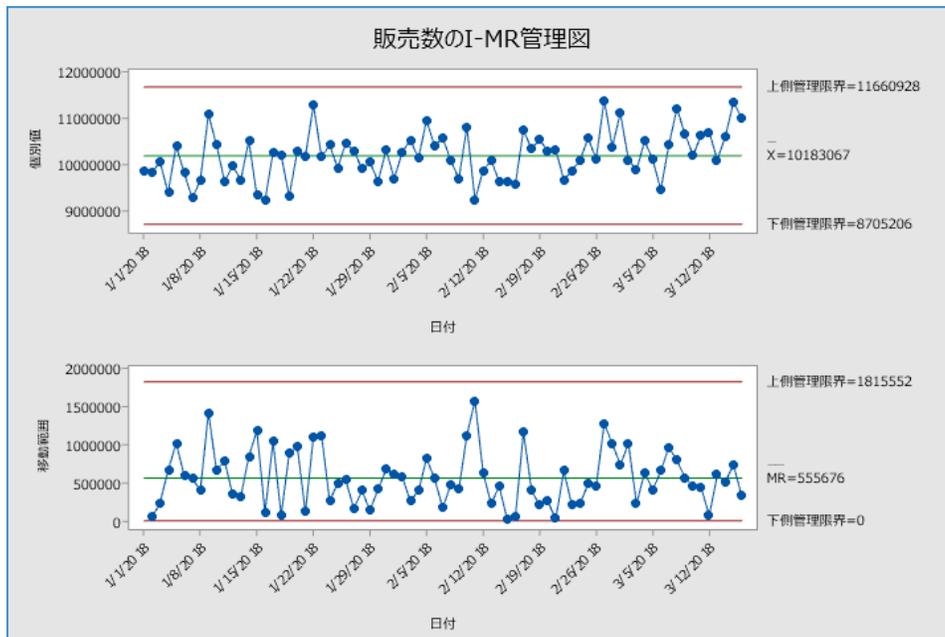
↓	C1	C2-D
	販売数	日付
1	9860000	1/1/2018
2	9820000	1/2/2018
3	10050000	1/3/2018
4	9390000	1/4/2018
5	10400000	1/5/2018
6	9810000	1/6/2018
7	9260000	1/7/2018
8	9660000	1/8/2018
9	11070000	1/9/2018
10	10410000	1/10/2018
11	9630000	1/11/2018
12	9970000	1/12/2018
13	9660000	1/13/2018
14	10500000	1/14/2018

上に示すように、Minitab統計解析ソフトウェアにデータセットの準備ができたなら、統計 > 管理図 > 計量管理図 - 個別 > I-MR にて、管理図を作成します。

ダイアログ ボックスには次のように入力し、[OK] をクリックします。



次のような管理図が出力されます。



出力したグラフは、統計的に管理状態にあるかどうかを確認する管理図です。しかし、今回の管理図では、プロセスの品質特性の異常を示す情報は確認できず、パターンも明確になっていません。また、管理図をよく見ると、後半のデータはプロセス平均がわずかに増加する可能性があることを示唆していますが、管理外れは起きていません。この管理図だけを使用してサプライチェーンを監視していた場合、平均は時間の経過とともに安定していると結論付けることになります。

通常の場合では、これで十分です。しかし、ビジネス環境が変化しているときは、データを注意深く調べ、今後の変化を予測できるかどうかを確認する必要があります。

ステップ2 – ブルウィップを避けるためにEWMAを活用する

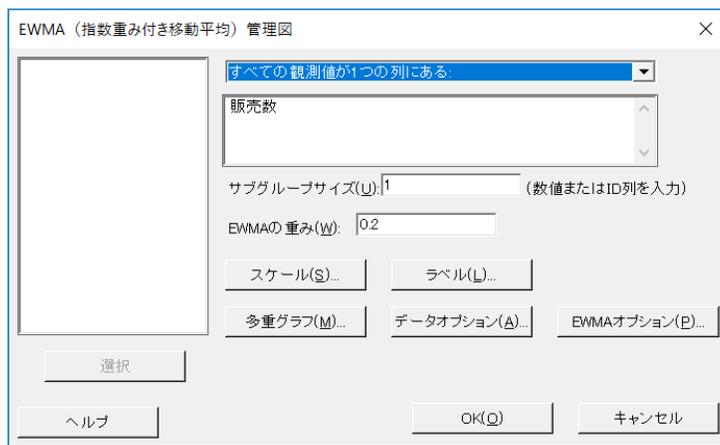
I-MRおよびXbar-R管理図は、プロセス平均が相対的に大きく変化しているかどうかを検出するのに有効であり、統計的工程管理において最も頻繁に使用されています。通常の下では、小さな変化はそれほど意味を持たないため、これらの管理図で十分です。しかし、ビジネス環境が変化している場合、プロセスの小さな変化を検出することは、サプライチェーンの最適化に重要な役割を果たします。

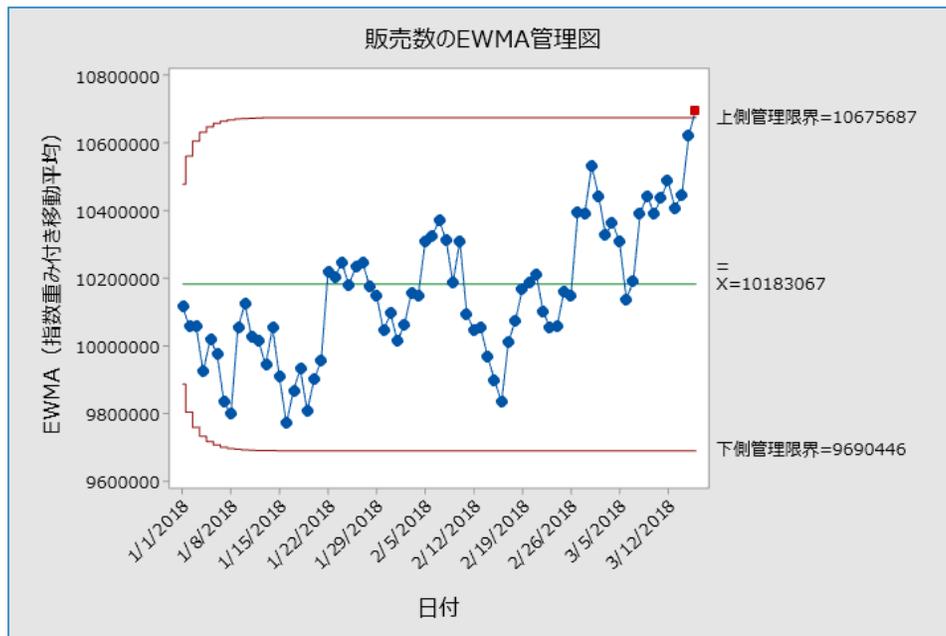
そこで用いられるのが、指数重み付き移動平均 (EWMA) です。EWMA管理図は、他の管理図とは異なり、各点の前の期に重み付けをして足し合わせます。その結果、この管理図は、小さな変化が積み重なった時にその変化を検出することができるのです。次のような管理図が出力されます。

プロセスの品質特性の小さな変化を迅速に検出し、かつその計算方法が容易であることは、サプライチェーンを監視するためにEWMA管理図が効果的であることを意味します。ブルウィップ効果を最小限に抑えるためには、必要に応じて、迅速かつ可能な限りの対策を打つことが非常に重要です。

前と同じ例を見ていきましょう。今回はEWMA管理図を使用して、プロセスにおいて小さな変化が検出できるかどうかを確認します。これは、ブルウィップが先行していることを予測し、サプライチェーンにおける事前対策に役立つかもしれません。

MinitabでEWMA管理図を作成するには、統計 > 管理図 > 時間重み付き管理図 > EWMA (指数重み付き移動平均) を選択します。ダイアログボックスには、次のように入力し、[OK] をクリックします。





ご覧のとおり、この管理図では、3月5日以降は明らかな上昇傾向にあり、最後の点は管理外れとなっています(赤色でマークされています)。この時点で平均のシフトは、販売台数の平均が増加していることを意味しており、顧客の需要を満たすために何らかの対策を打つ必要があり、そのための調査も必要です。

これにより、需要が増加しているという洞察を得て、同社は生産強化の準備を迅速に行うことができます。

ステップ3 - アクションを実行し、生産を強化する

EWMA 管理図では、需要の増加傾向が明らかであり、企業は増加する需要に対応するために生産ラインの追加を決定する可能性があります。当然、生産ラインの追加にあたって最初に着目すべきは、その製品を生産している同じ工場内になるでしょう。

次に、手指消毒剤の事例を考えてみます。ある会社で2つの生産ラインで手指消毒剤を製造しており、製造能力を拡大できる第3の生産ラインを持っています。

第3の生産ラインを活用する前に、エンジニアは次の2つの事項を確認します。

1. 手指消毒剤の製品が少なくとも60%のアルコール含有量を有するかどうか
2. 第3の生産ラインのアルコール含有量の平均が他の2ラインと等しいかどうか

最終的な目標は、3つの生産ラインすべてにおいて、平均して60%のアルコール含有量を有する高品質な製品を生産できるかどうかということです。これを達成するために、統計担当の1人は、製品のアルコール含有量に関して、一元配置分散分析 (ANOVA) を行うことを提案しています。

一元配置分散分析 (ANOVA) は、最も一般的な統計手法の1つです。この手法は、因子水準の平均が統計的に異なっているかどうかを判断するために使用されており、2サンプルt検定を一般化した手法でもあります。しかし、t検定とは異なり、ANOVA では全体の過誤率を保護しながら、2つ以上のサンプルを検定することができます。

事例に戻りましょう。まず、稼働している2つの生産ラインをLine1 と Line 2とします。同社は、第3の生産ラインであるLine3が、Line1 とLine 2で生産された製品のアルコール含有量の平均と比較して、同等の製品を生産しているかどうかを知りたいと考えています。検出力とサンプルサイズの分析の後、エンジニアは合計75個の手指消毒剤、つまり各生産ラインから25本の手指消毒剤のアルコール含有量を測定することにしました。データは Minitab ワークシートに保存されています。

この例における ANOVA は、次の帰無仮説H0を検定します。

H0: Line1の母集団の平均値 = Line2の母集団の平均値 = Line3の母集団の平均値

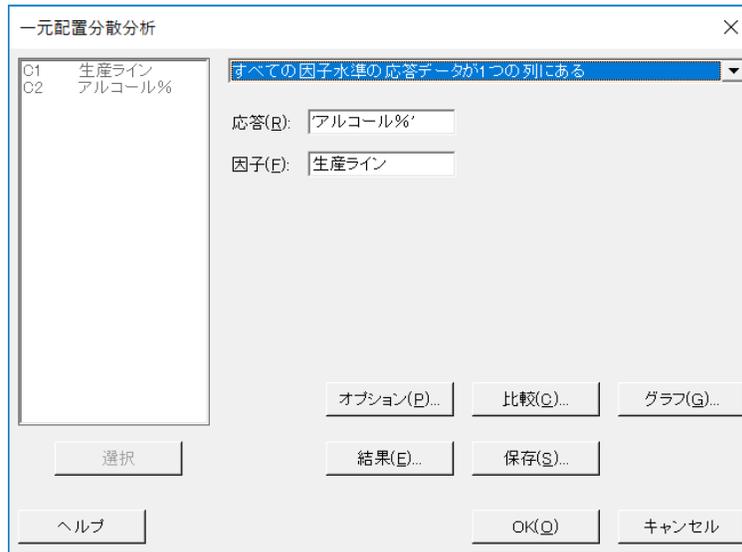
以下は、対立仮説H1を表します。

H1: Line1の母集団の平均値 \neq Line2の母集団の平均値 \neq Line3の母集団の平均値

検定では、帰無仮説を棄却するか否かを決定します。帰無仮説を棄却すると、少なくとも1つの生産ラインの平均値が異なると言えます (その後、どの生産ラインが異なっているかを調べるには多重比較を行う必要があります)。帰無仮説を棄却しない場合、各生産ラインのアルコール含有量の平均は等しいだろうと考えることができます。

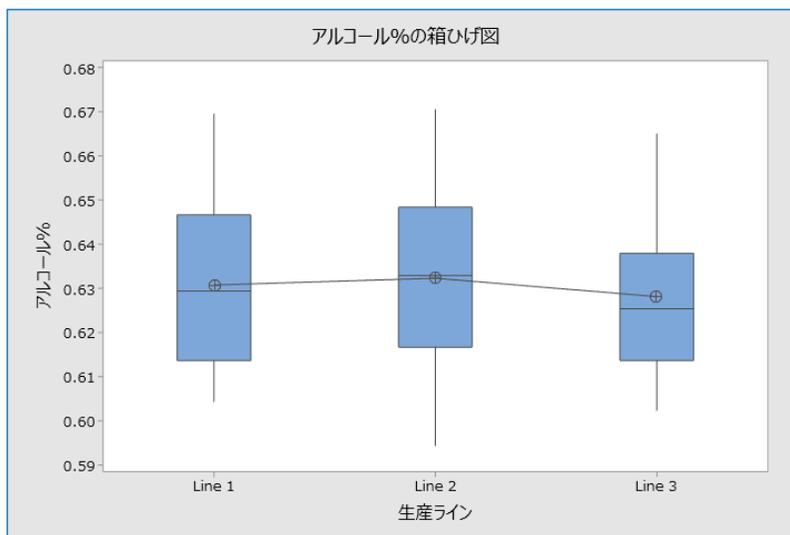
Minitabで一元配置分散分析 (ANOVA) を実行するには、統計 > 分散分析 > 一元配置を選択します。ダイアログボックスには、次のように入力します。また、[グラフ]をクリックし、箱ひげ図を選択します。最後に、[OK] を2回クリックします。

+	C1-T 生産ライン	C2 アルコール%
1	Line 2	0.6550
2	Line 2	0.6410
3	Line 2	0.6280
4	Line 2	0.6215
5	Line 2	0.6310
6	Line 2	0.6420
7	Line 2	0.6475
8	Line 2	0.6345
9	Line 2	0.6265
10	Line 2	0.6120
11	Line 2	0.6160
12	Line 2	0.6145
13	Line 2	0.6255
14	Line 2	0.6330
15	Line 2	0.6045
16	Line 2	0.5945
17	Line 2	0.6495
18	Line 2	0.6175



出力結果は、以下の通りです。箱ひげ図では、アルコール含有量の平均が生産ラインの間でそれほど異なっていないことを示しています。また、各生産ラインの平均は目標平均である0.6を上回っており、各ラインは少なくとも60%のアルコール含有量を有した手指消毒剤を生成することを示しています。

ANOVA 表の p 値は $p = 0.733$ です。有意水準 $\alpha = 0.05$ を使用して、95% の信頼区間で考えた場合、各生産ラインのアルコール含有量の平均は異なっているという十分な証拠はありません。言い換えれば、アルコール含有量の平均が異なると結論付ける証拠がないため、この会社では帰無仮説を棄却できず、生産ラインのアルコール含有量の平均は等しいだろうと考えることができます。結果として、同社は追加の手指消毒剤を生産するために、第3の生産ラインを活用することが可能になるのです。



分散分析

要因	自由度	調整平方和	調整平均平方	F値	p値
生産ライン	2	0.000221	0.000111	0.31	0.733
誤差	72	0.025538	0.000355		
合計	74	0.025759			

結論

データ分析および統計的工程管理の初期段階で作業を行う場合でも、より高度な方法を探している場合でも、Minitabはデータを迅速かつ効率的に分析できるため、データ駆動型のアクションを簡単かつ効果的に実行できます。

すでに管理図を使用している場合は、EWMA 管理図を使用して、小さな変化を素早く検出することができるかもしれません。その後、様々なデータ分析をさらに活用することで、需要の高い製品の生産を増強することができますでしょう。

Minitab

Minitabの無料の試用版を入手する

[統計の専門家、コンサルタント、技術サポートにお問い合わせください。](#)

無料の試用版をダウンロード