

適応的未然防止のすすめ

仁 科 健

1. はじめに

1.1 研究の背景

ばらつき低減は品質管理活動の基本であることは言うまでもない。品質のつくり込みはばらつきへの挑戦とも言える。ロバスト設計に代表される未然防止、原因追究による工程改善を指向した再発防止、後工程に不良を流さない流出防止は、ばらつき低減策としてその考え方や方法論について多くの議論がなされてきた(例えば、立林[1]、Steiner and MacKay[2])。これらのばらつき低減策をベースに、仁科[3]は、ばらつき低減のための対策を次の4つに体系化した。

対策A:結果の状況を見て、結果にアクション

対策B:原因にアクション

対策C:原因の状況を見て、結果にアクション

対策D:因果関係にアクション

結果である品質がばらつくのは、その原因がばらつくからであり、原因と結果の間には因果関係がある。したがって、結果のばらつきを抑えるためのアクションの対象を、結果か、原因か、因果関係に求めることができる。また、アクションのタイミングは、流出防止あるいは再発防止では結果が発生した後、未然防止では原因が発生する前である。対策Aは流出防止、対策Bは再発防止あるいは未然防止、対策Dは未然防止のアクションである。

もう一つ、対策Cの「原因の状況を見て、結果にアクション」は、原因の発生の後、結果が生じる前にアクションをとる。原因にアクションをとれない場合、あるいはとらない場合に、原因の状況に応じて、結果を調整するために加工条件を変えるアクションである。原因の状況に応じてアクションをとるので「適応的」であり、結果が生じる前にアクションをとるので「未然防止」である。対

策Cを「適応的未然防止」とよぶこととする。

適応的未然防止は、基本的にはフィードフォワード制御であり、新しい考え方ではない。典型的な例は、材料のある特性のばらつきが結果特性のばらつきの原因であるとき、原因である材料特性の状況に応じて、結果が目標値になるように加工条件を調整する対策である。

適応的未然防止が機能する要件は、原因の究明が行われており、その原因の状況をタクト時間内に観察できること、また、工程が管理状態であることによって、精度よく調整を行えることである。品質管理では、原因の追究や工程の管理はこれまでも重視されてきた。また、原因の状況の観察についての条件は、昨今のIoT環境下を考えるとそのハードルは高くないと考えられる。調整方法は、製造現場のノウハウとも言える技術が絡むことが少なくない。そのノウハウを形式知化し、AI技術によって標準化が可能である（例えば、三菱総研DCS [4]）。IoTやAI技術の進展を考えると、適応的未然防止は今後ますます重要になることが予想される。また、製造段階に限らず、適応的未然防止は、市場ニーズの多様性に応えたビジネスモデルとして「市場における満足感のばらつき」低減策としても活用されている。

このような背景から、適応的未然防止の構造や実装上の要点などを整理しておく必要があると考える。

1.2 本稿の目的

原因が発生する前の未然防止策として、「対策D：因果関係にアクション」がある。1.1の例の場合、材料のばらつきを外乱と考え、材料の特性と結果特性の因果関係にアクションをとり、外乱の影響を緩和するロバスト設計による対策である。流動期での工程のノイズへの前倒しの対策として、流動準備期におけるロバスト設計による工程パラメータ¹⁾の条件出しは重要である。と同時に、流動期での対策として、ロバスト設計と同様に、アクションの対象が原因ではない対策である適応的未然防止もばらつき削減への効果は大きい。

ロバスト設計による対策は加工条件を変更しないが、適応的未然防止では調整行為による加工条件の変更を必要とする。製造現場としてはできることなら

1) 工程の5M1Eの要因のうち、管理の対象とする要因を工程パラメータとよぶ。

ば加工条件を変更したくない。一般に加工条件の変更にはコストがかかる。また、加工条件を変えることは、調整精度の問題や時として発生する予期せぬばらつきへのリスクもある。ロバスト設計による未然防止策に比べ適応的未然防止による対策には、コスト面からも品質面からも「変える」ことによるリスクへの警戒感がある。しかし、効果を期待して「変える」ことによって、その期待される効果と実現値とのギャップを観察できる。このギャップは工程パラメータの変化に紐付けされた結果であり、統計的工程管理における貴重な情報となり得る。

本稿では2章から4章で、ロバスト設計との関係から適応的未然防止の構造と適用の場を述べ、適応的未然防止における「変える」ことによるリスク、および、統計的工程管理への活用について議論する。

未然防止策としてロバスト設計での対応が難しい場合がある。市場での満足感のばらつき問題である。市場での満足感のばらつきの原因は市場ニーズの多様性にある。市場ニーズの多様性に対して、ロバスト設計による原因の影響の緩和には限界がある。そこで、市場ニーズの多様性に対応した戦略として、マーケットセグメンテーションがある。市場調査によって(原因の状況を観察して)市場をセグメント化し、各セグメントのニーズに合致した商品を提供する対策は、まさに適応的未然防止である。また、セグメンテーションを超え、パーソナライズしたビジネスモデルとして、サブスクリプションビジネスを挙げることができる。本稿のもう一つの論点は、サブスクリプションビジネスの事例を適応的未然防止の構造によって説明することである(5章、6章)。取り上げた事例から、リスク回避を指向した適応的未然防止策の実装への工夫と、製造工程へ応用すべき点を議論する。

2. 適応的未然防止の構造

2.1 適応的未然防止の概念

図1に適応的未然防止による結果のばらつき低減の概念図を示す。横軸に示した観察対象である原因の特性のばらつきが、1次関数の因果関係によって縦軸に示した結果系の特性のばらつきに影響を与えるシンプルな構造を想定する。原因の状況を観察しておき、その状況に相応しい加工条件を設定し結果を

調整する。「相応しい加工条件」とは結果をできるだけ目標値に近くする調整を意味する。

図1の概念図では、原因のばらつきを予め3つのセグメントに分け、セグメントごとに加工条件を調整する²⁾。原因の状況が図1の①のセグメントであれば、結果の平均値が目標値になるように加工条件を①に調整する。原因の要素が②のセグメントであれば加工条件を②に、原因の要素が③のセグメントであれば加工条件を③に、それぞれ「相応しい加工条件」に調整する対策である。ただし、図1に示した原因と結果の関係を示す1次関数は、セグメントによって同じとは限らない。基本的には、原因の状況と調整をするための工程パラメータ(以後、調整変数とよぶこととする)の組み合わせを選択することになるので、調整変数と原因との間に交互作用があってもよい。その場合、1次関数は調節によって図1のように平行移動するわけではない。関数型が変わることもある。

調整が機能するためには、工程が管理状態にあることによって、観察対象の原因と調整対象の結果との因果関係が安定しているという前提が必要である。ただし、調整のための予測モデルが構築できれば、その因果関係自体は未知であって差し支えない。予測は因果関係が既知であることを前提とはしないからである。要は、因果関係が安定していることである。

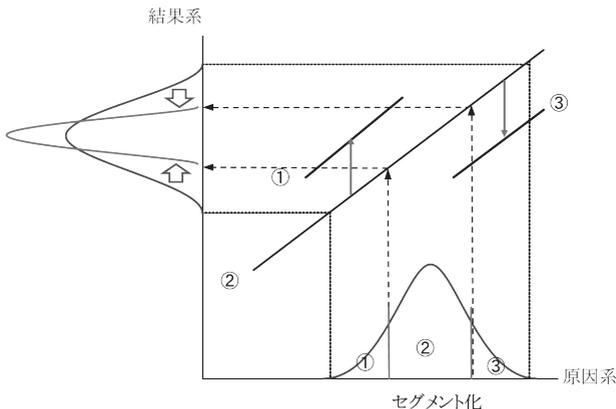


図1 適応的未然防止の概念図

2) 選択組立では層別法とよばれている(山田、藤野[5])。

調整変数の調整方法を検討するための実験例を示す。図2は、図1と同様に原因のばらつきを3つにセグメント化し、セグメントによって調整変数の水準を変更することを示している。すなわち、調整変数も高々3つの調整レベルを設定することになる。調整変数の候補を因子A、観察対象の原因を因子Bとする。結果系特性の目標値を100とする。調整方法を定めるための実験結果が図2のようになったとする。図2から、原因BがB₁のとき調整変数AのレベルをA₁に、原因BがB₂のときとB₃のとき調整変数AをA₂に設定する調整方式が、結果系特性の目標値100からのばらつきを小さくする。

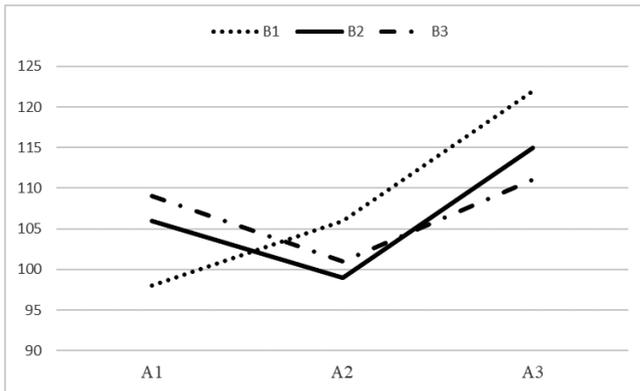


図2 調整変数Aの条件設定のための実験例(1)

2.2 再発防止の代替策の例

適応的未然防止の例として選択嵌合がある。例えば、部品Aと部品Bの勘合後のクリアランスのばらつきを抑えるために、部品Aの外径が大きめ(小さめ)の場合、部品Bの内径も大きめ(小さめ)のものを選択嵌合する組み付け方法である。この場合、それぞれの部品寸法(この例では部品Aの外径と部品Bの内径)のばらつきを小さくする再発防止策「対策B:原因にアクション」も考えられる。しかし、再発防止策である両部品寸法の加工精度の向上策がコスト上は得策ではないとするならば、選択嵌合の対策をとる。つまり、適応的未然防止である選択嵌合は再発防止を補う対策となる。原因が分かっている原因には手を打たないケースである。ただし、選択嵌合の場合は、調整方法に工程パラメータが直接には関連しないシンプルな例である。

原因が分かっても原因には手を打てない場合がある。例えば、焼き入れ工程において、焼き入れ後の部品硬度のばらつきの原因が、材料メーカーから納入される材料のカーボン量のばらつきであることが分かったとする。しかし、材料のカーボン量がJISに規定された許容範囲内でのばらつきであることから、部品加工メーカーとしては、材料メーカーに対して改善要求ができないでしょう。このとき、加工メーカーは、材料のカーボン量に応じて焼き入れ温度を変えることによって硬度のばらつきを抑える適応的未然防止の対策をとる。この例のように、原因にアクションがとれないケースも少なくない。再発防止策の代替策として適応的未然防止が活用できるケースである。

品質管理は、原因を追究し、原因にアクションをとり、歯止めをすることによって再発防止を図ることが伝統的に重視されてきた。しかし、原因を突き止めたとしても原因にはアクションをとれない、あるいは、とらないケースも多い。その際、適応的未然防止が活用されている。

2.3 「変える」ことのリスク

調整は加工条件を「変える」行為である。しかし、前述したように、製造現場としては、できることならば加工条件を変更したくない。その背景には「変える」ことによる「調整コスト」と「調整誤差」というリスクへの警戒感がある。

調整コストを調整頻度と1回当たりの調整コスト（以後、調整コスト/回と表記する）に分解してみよう。調整頻度は原因の状況のセグメント数に依る。例えば、図2ではセグメント数が3である。セグメント数が増えると調整頻度が増えるのは自明である。調整コスト/回は調整方法、特に、調整変数の選択に依存する。調整コスト/回を抑えるには、できるだけ条件変更が容易な調整変数を選択することが必要となる。調整コスト/回が大きい場合は、セグメント数を少なくし、調整頻度を減らすことになる。

調整誤差は調整後の目標値からのずれを意味する。段階的に目標値からのずれを調整する方法もあるが、ここでは、1ステップでの調整を想定する。調整方法は、調整変数と原因の状況などを独立変数とした予測モデルとして形式知化され、予測モデルが構築される。調整誤差による変動は、調整結果の目標値からのばらつきとして以下のとおりに表現できる。

調整誤差による変動

$$= \text{調整誤差によるいつもの変動} + \text{異常変動} \quad (1)$$

調整誤差によるいつもの変動

$$= \text{予測モデルによる調整誤差} \\ + \text{セグメント内のばらつきによる予測誤差} \quad (2)$$

異常変動

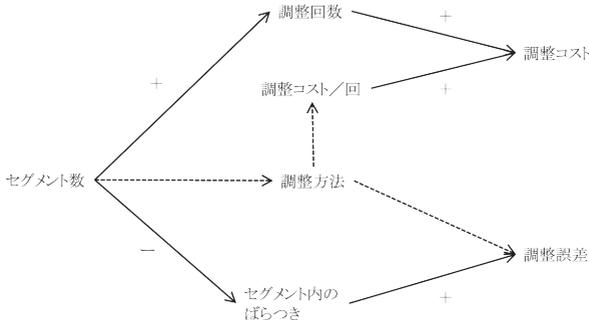
$$= \text{観察対象の原因の想定外のばらつきによる予測誤差} \\ + \text{原因、調整変数と結果の因果関係の変化による変動} \quad (3)$$

(1)式に示すように、調整誤差による変動は、調整方式がもつ調整誤差によるいつもの変動と想定できない異常変動からなる。工程が管理状態であるならば(1)式の右辺は第1項のみであり、観察対象である原因から結果への因果関係が安定していることを意味する。(2)式の右辺第1項の予測モデルによる調整誤差は、予測モデル自体の予測精度である。観察対象の原因のばらつきをセグメント化することによって、予測モデルの独立変数である原因特性の名義上の値と実際の原因特性値には差が生じる。(2)式右辺の第2項は、その差による予測誤差である。(3)式の第1項は、予測モデルが崩れるような領域にまで観察対象の原因がばらつくことによって、調整誤差の変動に異常が現れることであり、第2項は、原因、調整変数と結果の因果関係が崩れることによって、調整システムがねらい通り機能しなくなることによる変動を意味する。

調整コストと調整誤差を構成する要因である「セグメント数、調整コスト／回、調整頻度、セグメント内のばらつき、調整変数、調整モデル」の関係を連関図(図3)に示す。図3の実線の矢線は因果方向を表し、符号は因果の関係を示す。また、破線の矢線は関係があることを示す。

ここで、セグメント数が調整コストと調整誤差の間にトレードオフの関係を生む共通原因であることに注意すべきである。セグメント数の増加は調整頻度の増加をもたらす、調整コストを増加させる。セグメント数からのもう一方の有向パスは、負の因果効果をもつ「セグメント内のばらつき」である。観察対象の原因のばらつきが一定の下で、セグメント数の増加はセグメント内のばらつきを小さくする。セグメント内のばらつきが小さくなれば、(2)式右辺の第2項が小さくなり、予測精度は向上し、調整誤差は減少する。したがって、調

調整コストと調整誤差はセグメント数を共通原因とするトレードオフの関係をもつ。調整コスト／回が大きい場合は、セグメント数を減らすことによって調整頻度を減らす対応が必要となる。ただし、この対応によってセグメント内のばらつきは大きくなり、調整誤差は増加する。



(注)実線の矢線は因果方向を表し、符号は因果の関係を示す。また、破線の矢線は関係があることを示す。

図3 調整コストと調整誤差のトレードオフ

3. ロバスト設計との関係

3.1 ロバスト設計との構造上の比較

図4は、横軸を原因の因子Bにして図2を書き直したものである。2.2で求めた調整変数の水準の選択を○印で示す。この数値例は適応的未然防止策のための実験であるので、原因である因子Bを標示因子とする実験である。ここで、この数値例が対策Dを指向したロバスト設計のための実験であったとしよう。このときの実験は因子Bを誤差因子とした計画となり、因子Aの最適条件はA₂となる。一方、適応的未然防止であれば、原因の状況がB₂とB₃のとき、調整変数はA₂であるが、原因の状況がB₁のときは調整変数をA₁に「変える」。圓川、宮川[6]は、標示因子と誤差因子の違いを「相手によって手を変えることが許されるか、手を変えることが許されないか」という巧みな表現で説明している。まさに、これが、適応的未然防止とロバスト設計との違いである。原因(相手)の状況によって加工条件(手)を変えるのが適応的未然防止であり、加工条件(手)を変えないのがロバスト設計である。ロバスト設計は因果関係を変

えることによってばらつきの削減を実現し、一方、適応的未然防止は、工程が管理状態であることによって安定している因果関係を頼りに、調整によってばらつきの削減を実現する方法である。

図4から適応的未然防止とロバスト設計とを比較する。図2が示す適応的未然防止の調整変数の水準選択は、結果としてロバスト設計と同様に結果特性のばらつきを抑えている。

ただし、図1から分かるように、適応的未然防止は原因のばらつきのセグメント間によるばらつきを抑えてはいるものの、セグメント内のばらつきの影響を抑えることはできない。これは、図3で示したセグメント内のばらつきから調整誤差への因果である。例えば、材料ロットごとに調整をするならば、材料ロット間のばらつきに対応できても、ロット内のばらつきには対応できない。この問題への対応の一つは、ロットサイズを小さくしてロット内のばらつきを抑えることである。しかし、この対応は調整頻度を上げることになり、調整コストの増加を招く。このとき、調整コスト/回を抑え、ロットサイズを加工単位まで小さくし、セグメントを無くすことが考えられる。これが実現できるならば、適応的未然防止はロバスト設計と同様な構造をもつばらつき対策となる。

図5にその構造を示す。調整誤差によるばらつきをもつが、ロバスト設計と同様な構造になっていることが分かる。セグメントを無くすことによって、2.3に示した(2)式右辺の第2項が無視できる。加工単位ごとに条件変更を想定した適応的未然防止を「適応的連続未然防止」とよぶこととする³⁾。

3.2 流動期での未然防止策

1.2で述べたように、流動期での工程のノイズに対する前倒しの対策として、流動準備期におけるロバスト設計による工程パラメータの条件出しは重要である。初期流動期では、原因追究による対策Bを中心とした工程能力の向上が図られ、さらなるばらつき低減が進む。このとき、原因にアクションがとれない場合、あるいはコスト上の問題などからとらない場合、適応的未然防止が有用となる。すなわち、適応的未然防止は流動期における未然防止策として、ロバスト設計を補填する役割をもつ。

3) 例えば、高級車のインストルメント建付けでは「適応的連続未然防止」の事例(原田[7])がある。

図3に示した調整コストと調整精度のトレードオフを考えたとき、問題となるのは調整変数の選定である。まず、選定された変数での調整は調整コスト／回が低いことが条件となる。前述したように、観察対象である原因と交互作用があることは差し支えない。ただし、他の多くの工程パラメータ間との交互作用が無視できない工程パラメータ、また、ばらつきを制御できない要因(例えば、環境要因)との交互作用効果が大きい工程パラメータは調整変数として相応しくない。前者の場合は予測モデルの独立変数の数が増え、調整方式が複雑になる。後者の場合は環境要因のばらつきによって調整精度が低下するからである。これらの交互作用効果の大きさは、実験によって確認しておくべきである。

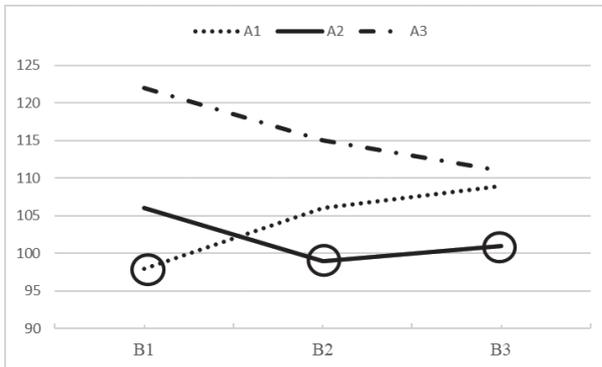


図4 調整変数Aの条件設定のための実験例(2)

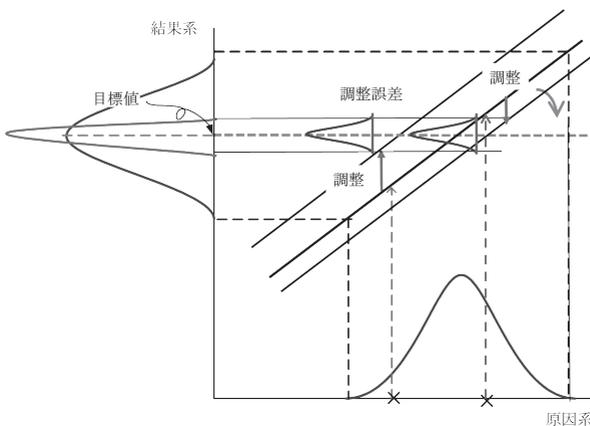


図5 適応的連続未然防止の概念図

4. 「変える」ことのリスクの活用

4.1 受動的管理から能動的管理へ

管理図に代表される統計的工程管理のためのモニタリングデータは、典型的な観察データである。すなわち、サンプリングは受動的である。工程の「いつもの状態」を把握した上で、工程がその「いつもの状態」に保たれていることを確認するための管理行為である。この管理行為を受動的管理とよぶこととする。

変化点管理のように工程パラメータの変化時には、結果系の挙動を確認する管理行為も行われている。工程を「変えた」あるいは工程が「変わった」ことによる結果への影響を確認する管理行為である。変化点管理は、工程パラメータの変化時に限った管理行為と解釈できる。

適応的未然防止における調整行為は、観察対象の原因のばらつきに対応した管理行為である。したがって、調整効果のモニタリングは、標準化した手順に従って工程パラメータである調整変数を変えることによる結果の観察であり、観察対象の原因と工程パラメータの変化に紐付けされたサンプリングとなる。単に結果のみの受動的なサンプリングに対して能動的なサンプリングとなる。

前述したように、適応的未然防止には「変える」ことのリスクがある。しかし、ばらつき低減のための調整と同時に、調整効果を工程への介入効果とみなし、工程のモニタリングへの活用を考えることができる。上記の能動的なサンプリングに基づく管理行為であることから、この管理行為を能動的管理とよぶこととする。

4.2 適応的未然防止を利用した能動的管理

能動的管理であっても、「いつもの変動」を把握しておき、そのばらつきを超える変動を「異常変動」と判断する統計的工程管理の基本は変わらない。能動的管理では、調整変数を「変える」という介入行為に対応する目標値と実現値の偏差をモニタリングすることによって、観察対象である原因と結果の因果関係が安定しているか否かを管理することが可能となる。観察対象である原因が、工程における入力系の要因であれば、因果関係の安定は工程が管理状態であることを意味する。すなわち、調整効果のモニタリングは、調整システム自体の管

理に活用できるだけでなく、管理対象を工程自体に広げることができる。

前述したように、適合的未然防止の「いつもの変動」の構造は2.3の(2)式である。結果特性の調整後の値と目標値との偏差を管理特性とし、例えば、 $X-Rs$ 管理図による管理が考えられる。管理手法は従来の方法でよい。モニタリングの方法と管理特性の選択が要点である。

このとき、調整システムがブラックボックスであると、能動的管理の意義が希薄となる。3.2で調整変数の選定のところでも述べたが、調整変数と交互作用をもつ要因を事前に把握しておくことが重要である。異常が示されたとき、調整変数と交互作用をもつ要因がいつもの状態ではない可能性がある。

5. 適応的未然防止による市場での満足感のばらつきの低減

5.1 ものづくりを俯瞰した3つのばらつき

ここまで、製造品質におけるばらつき低減策として適応的未然防止を議論してきた。品質の概念には、製造品質に加え、企画品質、設計品質など、源流管理を指向し、ものづくりのプロセスを俯瞰した品質に対する考え方がある。本稿では、ものづくりを俯瞰したばらつきの概念として「市場に出るまでのばらつき」「市場に出てからのばらつき」「市場での満足感のばらつき」を考える(例えば、仁科[8])。市場に出るまでのばらつきは、図面の目標値からのばらつきであり、ばらつきの原因は工程の5M1Eのノイズである。市場に出てからのばらつきは、ユーザーが使用する際の機能のばらつきであり、その原因は使用環境のノイズである。市場における満足感のばらつきは、製品に対するユーザーの主観的評価のばらつきであり、その原因は市場ニーズの多様性である。

仁科[8]は、これら3つのばらつきを低減するための4つの対策(対策A～対策D)の活用を二元表にまとめた。表1にそれを示す。表1は、3つのばらつきの原因は異なるものの、基本的には4つの対策の考え方が共通して活用されていることを意味する。その共通性を認識した上で、「市場における満足感のばらつき」に対する低減策に着目する。表1では「対策D：因果関係へのアクション」による市場における満足感のばらつきの低減策が説明できていない。

品質の3つのばらつき		対策A 結果にアクション	対策B 原因にアクション	対策C 原因の状況に応じて 結果にアクション	対策D 因果関係に アクション
市場における満足感のばらつき	企画	販売中止 ●	広告戦略 ／営業活動 ○	マーケット セグメンテーション ◎	？
	市場に出てからの ばらつき	設計 リコール ／設計変更 ●	公差設計○	寒冷地仕様 ○	ロバスト設計 ◎
市場に出るまでの ばらつき	製造	全数検査 ／フィードバック制御 ◎	再発防止の 改善活動 ◎	フィードフォワード 制御 ◎	未然防止の 工程設計 ◎

(注)◎、○はアクションの効率がよく(◎は最もよい)、●は望ましくないアクションを意味する。

表1 ものづくりを俯瞰したばらつき低減の体系化(仁科[8])

5.2 市場での満足感のばらつき低減

市場での満足感のばらつきの低減策として、「原因にアクション」をとる対策(対策B)の効果は限られたものとなる。例えば、広告戦略は、市場における製品の認知度を向上させるねらいであり、対策Bの原因に対するアクションと解釈できる。しかし、原因が市場ニーズの多様性であることから、根本的な対策とは言い難い。対策Aの「結果の状況を見て結果にアクション」は、市場の縮小や市場からの撤退を含めた商品企画に関する戦略の練り直しを意味する。

市場での満足感のばらつき低減のため、その原因である市場のニーズの多様性への対応としてマーケットセグメンテーションが考えられる。市場をセグメントして、各セグメントのニーズに合致した品揃え、あるいは、特定のセグメントに集中したニッチ戦略である。これは、まさに対策Cの適応的未然防止と解釈できる。すなわち、市場をセグメント化することは、図1に示したように原因の状況を観察することによって、原因のばらつきをセグメント化することに相当し、各セグメントへの品揃え、あるいはニッチ戦略は、原因の状況に応じたアクションに相当する。

しかし、マーケットセグメンテーションだけでは対応が難しい現状がある。市場ニーズの多様化や「所有から利用へ」の価値観の変化に伴い、顧客一人ひとりへの対応が要求される時代になってきた。その要求を具現したビジネスの一つが、サブスクリプションビジネスである。サブスクリプションのビジネスモデルはマーケットをセグメントする戦略ではない。図2に示すような市場ニ-

ズのばらつきをセグメント化した適応的未然防止ではなく、図5に示す適応的連続未然防止の構造をもつビジネスモデルと考えることができる。6章では、サブスクリプションビジネスとしてS社Mサービスの事例を紹介し、そのモデルが適応的連続未然防止の構造で説明できることを述べ、「変える」ことのリスクに対する回避と「変える」ことの活用について議論する。

6. サブスクリプションビジネスの事例

6.1 サブスクリプションモデル

サブスクリプションとは、料金が定額に設定された契約更新によって、顧客が継続的にサービスを利用できるシステムである。単に、定額で継続的にサービスを受けられるシステムであれば、スポーツジムのような会員制サービスが以前から存在する。昨年「サブスク」という略称で、ビジネスモデルとして脚光を浴びているサービスは、従来の会員制サービスに「所有から利用へ」の消費者の価値観の変化を背景としたデジタル化によるサービスが加わったものである。例えば、音楽や動画配信などのサブスクリプションは、定額で聴き放題／見放題のストリーミングサービスを受けることができる。顧客に「気軽さ」と「お得感」を感じさせ、ヒットの要因となった(川上[9])。

サブスクリプションの背景にある「所有から利用へ」の価値観の変化は、「商品を売る」から商品の提供から利用を通じて「サービスを売る」というビジネスモデルの変革が求められる。そのサービスに対する「気軽さ」と「お得感」が満足感につながり、顧客はリピータとなる。したがって、事業者は、満足感を訴求し続けることで顧客ロイヤリティを醸成することが重要となる(例えば、雨宮[10])。解約率はビジネスモデルの一つの評価指標となる。以上のことから、サブスクリプションモデルは、5章で述べた「市場での満足感のばらつき」の低減をねらったビジネスモデルと解釈できる。

サブスクリプションビジネスが対象とする商品は、オンラインで扱う非消耗品とオフラインで扱う消耗品がある(雨宮[10])。本稿では、ものづくりにおけるばらつき低減との関連を意識する意味で、オフラインで商品が利用される消耗品を対象としたMサービスのビジネス事例を取り上げる。

6.2 適応的未然防止からみたS社Mサービスのビジネスモデル

6.2.1 Mサービスのビジネスモデルの概要

洋服を扱ったサブスクリプションサービスであるMサービスに着目する。Mサービスは20代から40代の女性をメインターゲットとしたファッションレンタルであり、レディースブランドを手がけるS社が経営するサブスクリプションビジネスである。以下に、Mサービスサブスクリプションビジネスのしくみを説明する(ストライプインターナショナル[11])。ここで議論する内容は必ずしもMサービスに特化したものではないが、市場ニーズの多様性への対応として具体的で、かつ分かりやすいことからMサービスを取り上げる。

月単位で定額の契約をした顧客は、Web上で借りたい洋服(以下、アイテムと記す)を探し注文する。このとき、recommend機能を活用しアイテムを選択することができる。Mサービスは、クラウドサービスを提供するC社と提携することによって、顧客にrecommend機能として「よく見ているカテゴリからおすすめ」「おまかせコーディネート」「レンタル中のアイテムとの組み合わせ」「トレンドアイテム」からなる4つのメニューと、アプリ内の行動履歴を元に、パーソナライズされたコーディネートやアイテムを提案するシステム(チームラボ[12])を提供する。

月額5,800円のベーシックプランであれば、3着までレンタルできる。注文から3日前後で手元に届く。アイテムは全て人気ブランドアイテムの新品である。顧客は、クリーニング不要で、宅配便によって返却する。返却すれば、新たに新品をレンタルできる。

事業者であるMサービスは多様化した顧客のニーズに応えるために豊富な品揃えを必要とする。S社の自社ブランドの他に提携先の人気ブランドのアイテムを準備している。返却されたアイテムは中古市場へ流通させる。したがって、在庫を多く抱えることにはならない。

アイテムの送付および返送に関してはY運輸と提携を結んでいる(ヤマト運輸[13])。顧客は返却時に送り状の記入が不要であり、オープン型宅配便ロッカーも利用できる。

以上のMサービスのサブスクリプションモデルに対して、顧客はアイテムを「探す-借りる-使う-返す」の一連の行為によって得た満足度の程度によって、契約維持を判断することになる。

6.2.2 表1の空欄の対策

6.2.1に述べたMサービスのサブスクリプションモデルの説明から、顧客のパーソナライズされたニーズとWebサイトに提示されたアイテムとのマッチングは、まさに2.2で述べた選択嵌合と同様な構造をもっていると言える。顧客のニーズがA部品の外径(原因)、選択したアイテムがB部品の内径であり、ニーズとアイテムのマッチングが選択嵌合であり、顧客の満足感が嵌合後のクリアランス(結果)に相当する。「原因の状況をみて結果にアクション」すなわち、サブスクリプションモデルにおけるしくみは、適切的未然防止の構造と考えることができる。前述したように、原因に相当する顧客ニーズの多様性をセグメント化しているわけではなく、パーソナライズしている。すなわち、Mサービスのサブスクリプションモデルは、**図5**に示した適応的連続未然防止の構造によって説明できる⁴⁾。

適応的連続未然防止(パーソナライズされた対応)であることから、調整頻度は増加する。したがって、調整コストを下げるには、調整コスト/回を抑える必要がある。6.2.1で述べたように、MサービスはY運輸と提携を結んでいる。また、古着市場への販路をもっている。これは、顧客の調整コスト/回を減らし、かつ、Mサービスの輸送コストと在庫コストを減らす方策となっている。このように、Mサービスサブスクリプションモデルには調整コストを削減するしくみが備わっている。

以上のことから、**表1**の空白の欄における一つの対策は、「因果関係にアクション」と同様な構造をもつ「適応的連続未然防止」である。Mサービスのサブスクリプションモデルと同様に、共通のプラットフォームをデフォルトとして、パーソナライズされた仕様をアップデートするテスラ型のビジネスモデル(テスラジャパン[14])も然りである。

6.3 Mサービスサブスクリプションモデルに学ぶ

Mサービスサブスクリプションモデルにおけるポイントの一つは、顧客ニーズとアイテムのマッチング、すなわち調整方法である。顧客満足感の低下は契約解消につながりかねない。製造工程において、観察対象である原因が鋼材メーカーから納入された材料であるならば、管理状態に近い状態の工程からのアウトプットであり、そのばらつきの予測がつく。しかし、Mサービスサブ

⁴⁾ただし、顧客の満足感は望大特性である。この点は望目特性として表現した**図5**とは異なる。

スクリプションビジネスでは、原因である顧客ニーズが管理状態であるとは考えにくい。すなわち、顧客ニーズのばらつきの予測が難しい。この対策として、6.2.1で述べたように、Mサービスサブスクリプションモデルではクラウドサービス企業C社と提携し、会員のアプリ内での検索履歴をベースとしたrecommend機能を有している。この機能にはファッショントレンドの情報も含まれる。recommend機能は顧客にとって選択時のサポート情報となるが、Mサービスにとって、顧客ニーズの一步先を予測する情報源にもなる。すなわち、recommend機能によって、将来の原因のばらつきが予測できる状態をつくり込んでいると考えることができる。これは言わば、原因のばらつきに対して予測可能という意味で広義の管理状態をつくり込んでいると解釈できる。

広義の管理状態のつくり込みのしくみは、製造工程にも必要である。観察対象の原因が環境要因である場合、顧客ニーズと同様に管理状態ではない。しかし、環境要因は時系列な予測が可能なケースが多く、上記の広義の管理状態になりうる。原因の状況を原因の発生前に予測することによって、アクション(調整)を早めることができる。原因発生前のアクションにより段階的な調整が可能となり、調整誤差による変動の削減につながる。

7. おわりに

本稿では、ばらつき低減策として「原因の状況を見て、結果にアクション」を適応的未然防止とよび、ロバスト設計との関係から、ばらつき低減の構造、統計的工程管理への活用、および、サブスクリプションビジネスの事例について議論した。適応的未然防止の考え方は既に数多く利用されているばらつき減らしの対策であり、昨今のIoT環境やAI技術の進展を考えたならば、さらに重要視されることが予想できる。適応的未然防止は、これまでの品質管理活動の成果をベースに実施されるものであり、未然防止、再発防止、流出防止と併記されても違和感はないと考える。ただし、原田[7]のように選択組み付けの実施例は報告されているが、工程パラメータが関連する適応的未然防止の事例は、製造現場のノウハウに留まっているケースが多い。今後、三菱総研DCS[4]による報告のように、製造現場のノウハウを形式知化し、AI技術を駆使した適応的未然防止のシステム実装のための研究が望まれる。本稿がそのきっかけになれば幸いである。

謝辞

本稿をまとめるにあたり、JSQC中部支部若手研究会と産学連携研究会から貴重な助言を頂いたことに感謝いたします。

《参考文献》

- [1] 立林和夫(2004) : 入門タグチメソッド、日科技連。
- [2] Steiner S. H., MacKay R. J. (2005) Statistical Engineering: An Algorithm for Reducing Variation in Manufacturing Processes. ASQ Printing.
- [3] 仁科健(2009) : 統計的工程管理、朝倉書店。
- [4] 三菱総研DCS(株)(2023.03.03閲覧) : <https://www.dcs.co.jp/technology/report/manufacture/index.html>.
- [5] 山田泰弘、藤野和建(1992) : 最大マッチングアルゴリズムの選択組立への適用、品質、Vol.23, No.4, 3-10.
- [6] 圓川隆夫、宮川雅巳(1992) : SQC理論と実際、朝倉書店。
- [7] 原田淳一(2007) : レクサス品質への想い、TOYOTA Technical Review, Vol.55, No.2, 6-9.
- [8] 仁科健(2020) : ものづくりのプロセスを俯瞰したばらつき低減の体系、品質、Vol.50, No.2, 4-10.
- [9] 川上昌直(2020) : 広がるサブスクリプション(上)、日本経済新聞、2020年2月24日朝刊。
- [10] 雨宮寛二(2019) : サブスクリプション ~製品から顧客中心のビジネスモデルへ~、角川書店。
- [11] (株)ストライプインターナショナル(2023.03.03閲覧) : <https://mechakari.com/>.
- [12] (株)ストライプインターナショナル(2023.03.03閲覧) : <https://www.team-lab.com/mechakari-personalstylist/>.
- [13] ヤマト運輸(株)(2023.03.03閲覧) : https://www.yamato-hd.co.jp/news/2019/news_190621.html.
- [14] テスラジャパン(2023.03.03閲覧) : https://www.tesla.com/ja_jp/support/software-updates.