

---

# 生産システムの緩衝と柔軟性について

松 浦 春 樹

---

## 要 旨

製造企業の競争力の重要な要因を担う柔軟性と、環境からの衝撃を和らげるために置かれる在庫などの緩衝の関係について考察した。緩衝と柔軟性の機能を範囲・応答平面上で表現することによって、両者が異なる役割を果たすことを明確にした。併せ、緩衝は、柔軟性を補う役割があることを明瞭に示した。また、緩衝には現場レベルの柔軟性を工場レベルの柔軟性に配分する際の柔軟度を増す働きがあることを指摘した。以上に基づいて、緩衝と柔軟性を生産システムに組み込んでゆくための設計フレームワークを提示している。

キーワード：緩衝、柔軟性、不確かさへの対応、柔軟性の次元、緩衝の役割

## 1. はじめに

生産システムは、外部環境あるいは内部環境からの変動に常にさらされている。これらの変動は日常的であり、多種多様である。外部環境からの変動要因の例を挙げれば、原材料・部品の品質、価格、納期、製品の需要量および納期、価格などである。設計変更、作業者の欠勤、機械故障、計画外のオペレーションの追加、加工時間の見積もり誤差などが、内部環境からの変動の例である。生産システムのこのような変動への対処能力は、競争力の大きな要因の一つとなっている。

生産システムに変動への高い対処能力を持たせるために必要とされるものが緩衝と柔軟性である。生産システムに組み込む緩衝については、生産管理の古典的教科書的著作の多くが触れ（たとえば[26]）、個別事象についての研究論文が多数ある。一方の柔軟性については、古典的教科書的著作での取り上げがほとんどなかったのに対して、近年大きく取り上げられるようになり（たとえば[22]）、大量の研究論文が書か

れ始めている。

緩衝については、教科書では記述が断片的に散らばっていたり、研究論文では個別の緩衝の機能を定量的に分析するものが多かったり、緩衝を体系的に把握しようとする文献は意外に少ない。また、柔軟性についての活発な研究活動にもかかわらず、現時点で、その複雑さが整合性のあるものとして整理されたとは到底言えない現状にある。とりわけ、類似の役割を果たす緩衝と柔軟性の関係を論じた研究は、筆者の知る限り極めて少ない。

本論文の目的は、柔軟性と緩衝の関係を考察し、どのように生産システムに組み込んで行くべきかを明らかにし、生産システムの設計・運用に資することにある。具体的には、不明瞭さが残された柔軟性と緩衝の違いを整理することによって、生産システムに柔軟性と緩衝を組み込むための設計フレームワークを提供する。焦点は、あくまで柔軟性と緩衝の関係を論ずること、とくに緩衝と柔軟性を切り分けることにある。したがって、非常に広く複雑な概念である柔軟性については緩衝とのかかわりの側面から

だけ取り扱うことになる。

論文の構成であるが、概念定義を目的として、緩衝と柔軟性概念について語義から検討を加えることから始め、緩衝および柔軟性あるいは緩衝と柔軟性の関係についての従来の研究を簡単に紹介している。これを受けて、生産システムに加わる変動の次元ごとに、その性格から緩衝あるいは柔軟性が対処法として適当かを整理する。加えて、緩衝および柔軟性の関係と競争力の関係を考察する。次に、緩衝と柔軟性を範囲と応答の観点から切り分け、範囲の広さと応答の速さから範囲・応答平面上で緩衝と柔軟性の役割を検討する。以上の成果に基づいて、柔軟性・頑健性の設計フレームワークを提示している。

## 2. 柔軟性とは

柔軟性flexibilityとは、flex、「曲げる・曲がる」の形容詞であるflexible、「曲げやすい、柔軟な」の名詞形である。したがって、曲げやすさ、柔軟さを意味する。生産システムでは、外部環境および内部環境の変化に対応して、目的を達成するために生産システムがある状態からある状態へ移行するための対応能力のことを言う。

柔軟性は、緩衝と比較して新しい概念・用語であるために、古典的な生産管理の教科書（たとえば[8], [13], [14], [26]）に言及はない。

一方、Leschke[7]は、従来の経営科学的な定量分析に軸足を置くのではなくJITなどの成果を取り込んだマネジメントの視点から書かれた新しい型の生産管理教科書を4点([4], [6], [16], [17])紹介している。これらを古典的なものに対する現代的な生産管理の教科書として、これらの中での柔軟性の取り上げ方を紹介する。多少まとまった記述があるのは、Schmenner[16]であり、JITとの関連限定で述べられている。Finch and Luebke[4]では、柔軟性が、変化へ適応する経営手段との定義がなされ、能力と競争力の構成要因としての認知を受けて、本格的に取り上げられている。Hopp and Spearman[6]および

Schonberger and Knod[17]では記述が見当たらない。

マネジメントの視点からの教科書として定評のある藤本[23]においても緩衝についてまとめた取り扱いはなく、むしろ柔軟性に一つの章を割いている。

米国の生産管理の実務家団体であるAPICS（米国生産在庫管理協会）の1995年発行の辞典第8版[3]によれば

内部や外部の変化に対して、範囲と時間の点から、すばやく対応する製造システムの能力。フレキシビリティには6つのカテゴリが考えられる。製品混成フレキシビリティ、大規模設計変更フレキシビリティ、小規模設計変更フレキシビリティ、数量フレキシビリティ、加工経路／順序フレキシビリティ、材料フレキシビリティである。詳細は各フレキシビリティ項目を見よ。さらに、フレキシビリティは、新製品導入への対応力も含む。フレキシビリティは、各種の不確実性（混成、数量など）への対応に有効である。

（注）黒須・金谷・松浦らの非公式訳による。

と説明されている。

柔軟性についての研究論文は近年、爆発的に増えている。坪根[23]はこれらを分析的研究、実証的研究、設計の方法論提供に分けている。分析的研究についてであるが、この範疇の論文の少なからぬ部分が、柔軟性概念の分類・整理を試みるものである。これらは、柔軟性を分類・整理することによって、柔軟性の高い生産システムの実現方策への指針を得ようとするものである。分析的研究のもう一つのアプローチは柔軟性の程度と評価尺度の関係を分析しようとする研究である。実証的研究は、柔軟性に関する仮説を、調査やアンケートで実証しようとする研究である。設計の方法論に関する研究とは、柔軟性を生産システムに組み込む手続きを何らかの枠組みの下で提供しようとする研究である。これらの原著論文は、たとえば、坪根・松浦[24]、

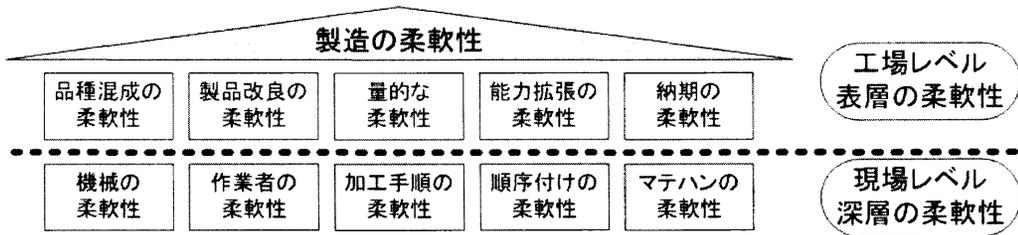


図1 柔軟性の分類・整理の枠組みの例（[23]を参考に著者作成）

あるいは坪根[23]によってサーベイされている。

本論文の展開に必要となるため、柔軟性の分類・整理の枠組みの例を坪根論文[23]から以下に引用・紹介する。図1に示すように、製造の柔軟性を構成するものとして、工場レベルで、品種混成の柔軟性、製品改良の柔軟性、量的な柔軟性、能力拡張の柔軟性、納期の柔軟性がある。品種混成の柔軟性とは需要の変動に呼応して、品種の構成比を柔軟に変更できる能力である。製品改良の柔軟性とは、必要に応じて迅速に設計を変更してゆく能力である。量的な柔軟性とは、コストの発生を抑えながら増減産を行う能力を言う。能力拡張の柔軟性とは、必要に応じて既存の能力に逐次的に能力を追加してゆく容易さのことである。納期の柔軟性とは、納期の変更に対する調整能力のことである。これらの柔軟性を具体化する現場レベルの柔軟性として、機械の柔軟性、作業者の柔軟性、加工手順の柔軟性、順序付けの柔軟性、マテリアル・ハンドリングの柔軟性がある。

### 3. 緩衝とは

緩衝を意味するbufferはbuffという、「衝撃を和らげる」との意味を持つ動詞に由来する。したがって、buffer、緩衝は「衝撃を和らげる人あるいは物」を意味する。計画遂行の妨げとなる外部および内部の環境からの変動を吸収し、変動がなかったかのように計画遂行を容易にさせる目的で準備される機能が、生産システムにおける緩衝である。

村松[26]は緩衝機能の実現手段を、物による

緩衝、時間による緩衝、能力による緩衝に分類し、それぞれについて例を挙げている。物による緩衝は、原材料、仕掛品、製品などの形をとる在庫である。この中には流れ生産の工程間在庫、フロートといった形をとる在庫も含まれる。工程の間に置かれ、前後の工程からの変動を波及させない働きがある。時間による緩衝は、仕事になされるべき期間幅を標準よりも大きくとることによって、計画外のできごとの影響を吸収しようとするものである。納期に与える余裕、リードタイム中に見込んだ安全分、単位計画期間の長さを大きめにすることなどが例である。このような計画に組み込む時間的ゆとりが大きければ、仕掛在庫量が増えるので、時間による緩衝と物による緩衝は裏表の性格を持っている。村松によれば、能力による緩衝の例として、余分の能力（外注を含む）や、余分のスペース、機械の代替性を挙げている。

緩衝について個々の状況での適切な設置量を明らかにしようとする研究は多いのであるが、先にも述べたように体系的に記述した文献は意外に少ない。古典的な生産管理の教科書においても、せいぜい緩衝としての安全在庫の記述にとどまっていることが多い([8], [13], [14]など)。

先に紹介した新しい型の生産管理の教科書4点での緩衝についての記述を以下に参照する。Hopp and Spearman[6]ではCapacity Bufferとの節が設けられ、MRPシステム[15]のWIP（仕掛品）バッファとの対比の視点から、JITにおける労働力使用の柔軟性（生産量に応じた配置換えや残業・シフトの増減）を能力による緩衝として紹介している。日本企業は在庫による緩衝

を削減する反面、能力による緩衝を用意していると指摘している。Schmenner[16]では、柔軟性についてまとまった記述があるのに対して、緩衝については在庫について触れるだけである。Finch and Luebbe[4]では、ゴールドラットのTOC[5]との関連で物と時間による緩衝の記述がある。能力による緩衝には言及がない。Schonberger and Knod[17]には、在庫による緩衝以上のまとまった記述は見られない。

以上のように、緩衝については、体系的に扱った文献が少ないことに加え、柔軟性との違いの明確化を含めた再整理の必要性がある。また、どのような環境にどのような種類の緩衝が適切であるかの研究も極めて少ない。例外は、著者の知る限り安全在庫と安全リードタイムの状況に応じた使い分けを論じたWhybarkら[19]ただ一つである。時間による緩衝はリードタイムと深い関係を持っている。リードタイムに関する研究も極めて少ない。Matsuuraら[9]、[10]、松浦[25]は例外の一つである。

1995年発行のAPICS用語辞書第8版[3]では、緩衝bufferを、

1) 先に行われる処理を待ち受けている資材の数量。原材料・半製品の在庫点、ワークセンタの後方に意図を持って保持されている仕掛在庫などが対象となる。同義語：バンク(bank)。

2) 緩衝には、物もあり得るし、時間もあり得る。かつ、緩衝は生産性を向上させ、納期遵守率を高めることもできる。

(注) 黒須・金谷・松浦らの非公式訳による。

としている。これは、能力による緩衝について述べられていない点を除き、これまで述べた内容に合致する定義である。APICSの主催する資格試験の指定教科書であるVollmannら[15]においても言及があるのは物による緩衝(安全在庫)と時間による緩衝(安全リードタイム)にとどまっている。一方、2005年発行のAPICS辞典第11版[1]では、前述の第8版記述は削除され、新たにTOCのタイムバッファのこととされている。

。どのような事情であるかの推測については、後述するが、この削除は、筆者には後退と思われる。

#### 4. 緩衝と柔軟性の関係

緩衝と柔軟性の関係について言及した文献は極めて少なく、著者の知る限り、坪根・松浦[24]、坪根[23]、Caputo[2]、Newmanらによる2編[9]、[10]の合計5編である。

坪根・松浦では、緩衝を柔軟性に含まれるものとした文献はないとの指摘なされている。坪根では、Caputo[2]とNewmanら[9]の論文の紹介と、柔軟性の種類と緩衝との均衡方程式を探索することが未着手の研究テーマであると述べられている。種類の異なる柔軟性の相互関係を分析する研究は散見されるが、緩衝と柔軟性の関係を定量的に分析した研究はいまだ見られない。さらに、物、時間、能力による緩衝の相互関係をあらわな形で体系的に論じた研究も見当たらない。

Caputoは、緩衝を柔軟性の補完的手段としてとらえ、手持ちの柔軟性だけでは変動に対する対応が不足する場合に緩衝を組み込む考え方を示している。Newmanら[9]は、不確かさに対処するための手段である柔軟性と緩衝を、シーソーモデルでとらえ、不確かさに対して相対的に柔軟性が小さければ大きな緩衝が必要であり、逆に大きければ小さな緩衝で済むと定性的に説明している。またNewmanら[10]は、[9]のシーソーモデルを3つのケースに当てはめ分析を加えている。CaputoもNewmanらも能力のゆとりを緩衝に含めている。

これらの論文に共通な点は、緩衝と柔軟性の違いを明示していないことである。とりわけ能力による緩衝と柔軟性に明確な区分がなされていない。能力による緩衝と、先に述べた量的な柔軟性はあいまいなままである。現実問題として緩衝と柔軟性を生産システムに組み込んでゆく設計フレームワークを構築するためには、緩衝と柔軟性、とくに能力の緩衝と柔軟性をはっ

きり切り分ける枠組みが必要とされる。そのためには、緩衝あるいは柔軟性の次元を再確認することが求められる。

## 5. 緩衝あるいは柔軟性の次元

### 5.1 範囲と応答

第一に、範囲 (Range) と応答 (Response) の次元があるとされる[18], [24]。しかしながら、この範囲と応答の定義にもあいまいな部分が残されている。本論文では、緩衝と柔軟性を切り分ける観点から、範囲と応答を以下のように定義する。また、緩衝との関連を論ずることから、計画よりも発動 (表 1、図 5) の視点から柔軟性を捉えている。

範囲には、さらに品種的側面と数量的側面がある。品種の側面は、製品混成比率の変動への対応範囲能力や新規に投入できる新製品の範囲などである。数量的側面は、需要数量の変動に対する対応能力である。

応答は、対応の速さである。応答の速さには、二つの側面がある。生産システムの状態を変更するのに要するリードタイムの側面と、同一状態での仕事処理の標準リードタイムの側面である。柔軟性といった場合、前者の意味でとらえるのが普通であろうが、後者が短ければ、市場への対応が早いわけで柔軟性が高く、前者だけの意味でとらえることには不十分さが残る。本論文の範囲と応答の定義に従えば、後者が短ければ、より大きな生産能力を持つことになるために、応答ではなく範囲の次元の数量的側面であると考えるのが妥当であるかもしれない。

範囲と応答は、互いに関連を持っている。範囲が大きければ応答は遅くなり、逆に小さければ応答は速くなるであろう。従来の研究では、範囲と応答を独立であるかのように考えていることが多い。範囲の大きい変動に対しては、緩衝は不向きで柔軟性に頼ることになるだろう。

また、範囲の変化が定常なのか非定常なのかによって対応は変わるであろう。従来の研究で

はこの点への言及が見られない。品質管理の教えるところに従えば、定常的な変化と判断されれば当座のアクションは無用である。非定常な変化あるいは定常的な変化を原因から減らす場合に対して初めてPDCAサイクルを回す必要が出てくる。定常的な変化には緩衝で対応し、非定常な変化と判断すれば、柔軟性を発揮させて対応するとの切り分けが妥当であるだろう。

### 5.2 階層性

#### (1) 計画の階層

アンソニー[20]は意思決定の階層を、戦略・戦術・運用の各レベルからな3階層に整理している。生産計画はこの枠組みに相当する3層に階層化される。様々な表現があるが、Vollmannら[15]の表現に従えば、基本生産計画、詳細資材計画、製造活動管理の3層である。

緩衝と柔軟性の切り分けを計画の階層で整理することによって多くを説明できる。そもそも階層化の必要性が、長期か短期か、情報の不確かさの程度が大きい小さいか、決定から実現までの先行期間が長い短いかなどが決定所要事項によって異なることからであった。階層の次元を持ち込むことによって、これらの次元を一元的に表現できる。

柔軟性は能力のゆとりであるがゆえに、戦術・戦略レベルの決定に基づくのに対して、緩衝は具体的な物あるいは時間であるがゆえに、運用レベルで使われると考えるのが自然である。ただし、能力による緩衝は異質であって、再整理を必要とする。

能力にゆとりがなければ、緩衝を持つこと自体が不能である点を指摘したい。物による緩衝を設置するにはスペースが必要であり、何らかの空間的ゆとりが前提となる。これは能力のゆとりであって、柔軟性を前提としているということである。時間による緩衝も、時間が長くなれば仕掛在庫が多くなるが、この場合も仕掛在庫用のスペースがあることが前提になる。能力による緩衝については、論をまたない。

## (2) 表層の競争力と深層の競争力の階層

藤本[22]は製造企業の競争力を表層と深層に切り分けて整理している。表層の競争力とはマーケティング論で言うところの4Pであって、容易に外部者が把握できるとしている。これに対して、深層の競争力とは、外部者から容易に見えないQCD+Fに関する能力としている。この切り分けを参考に、前述の柔軟性の分類例を表層と深層に層別したものが図1である。

### 5.3 能力による緩衝の特異性

これまで、折に触れて述べた、「能力による緩衝が物と時間による緩衝とどのように異質か？」を以下に要約している。

- 1) 物と時間による緩衝は運用レベルで用意できるのに対して、能力による緩衝は運用レベルで用意できず、もっと上位レベルの決定で用意される。
- 2) 物と時間による緩衝は相互対応付けが可能であり、比較できる（たとえば[19]）のに対して、能力による緩衝と、物と時間による緩衝間の対応付けは容易でない。
- 3) 能力と時間による緩衝を持てることの背後に、実は能力のゆとりが控えている（前述）。
- 4) 能力による緩衝の行使には、大なり小なり都度の「決定」を伴うことが多いのに対して、物と時間による緩衝は組み込まれれば実時間で自動的に消費される。
- 5) 能力による緩衝は繰り返し利用可能であるのに対して、物による緩衝は補充が必要である。時間による緩衝も物による緩衝と同じ意味で補充が必要（物と時間は換算可能なので）である。

### 5.4 緩衝と頑健性

これまで緩衝と柔軟性との語句を慣用にしたがって同列において考察してきた。ところが語句の性格は異なる。緩衝とは具体的なものをさすのに対して、柔軟性は性質を表すものである

からである。緩衝はどのような性質を具現するものだろうか？このような議論は全く行われていない。

筆者は、頑健性という語句に着目したい。

頑健性 robustnessとは、「強健な・丈夫な」を意味する形容詞 robust の名詞形である。したがって、外部環境の変化に対して、そのままの状態変わらず機能し続ける強健さ、丈夫さを意味する。定量分析で頑健性の意味するところは、最適解の評価尺度に対する感度であって、この意味の延長上にある。

緩衝の機能は、変動を吸収し、そのままの状態変わらず機能し続けることをサポートすることにあるので、緩衝が目的とする性質は、頑健性であると考えてよいであろう。

したがって、「緩衝と柔軟性」という表現よりも「頑健性と柔軟性」との表現が適切であると考えるが、本論文では、慣例に従うとの見地から「緩衝と柔軟性」の表現を使っている。

## 6. 現行の生産管理システムとの関連

### 6.1 トヨタ生産方式

本論文の脈絡で言えば、範囲次元の柔軟性と応答次元の柔軟性を強化し、緩衝を減らすというのがトヨタ生産方式[21], [27]あるいはJITである。作業者の多能工化、機械設備の汎用性重視、U字型機械レイアウト、段取り時間の削減、小ロット化、いずれも柔軟性を重視した方策である。在庫に代表される物による緩衝、時間的ゆとりである時間による緩衝は、問題点を隠す観点からも最小限に抑えられる。ただし、能力による緩衝については、JITにおいて機械設備の汎用性を重視するように、必ずしも忌避していないようにも考えられる。また、先にも述べたようにHopp and Spearman[6]では、JITにおいてWIPに替わるバッファが残業であると述べている。

### 6.2 MRPシステムとの関連

Hopp and Spearman が指摘するように、MRPシステムにおいては、端的に表現すれば、オーダーの取り消しや機械故障といった内外乱によって計画が達成できなければ、計画を修正することが対応の全てである。MRPシステムは、このような仕組み上、大量のWIPバッファを抱えている。したがって、実行可能な修正計画の生成が比較的容易である。緩衝が大量にあるためか、柔軟性が問題にされることはほとんどない。

APICS辞典第11版[1]で、緩衝項目が消滅したのはこのようなMRPシステムの「常識」に対する、MRPシステムの導入を唱導してきた業界専門団体としての過剰反応かもしれない。JITが脚光を浴びるに従って、MRPシステムのこのような点が実務家から批判され続けて来たからである。また、バッファと言えばTOCとの記述からうかがい知ることができるのは、わが国と対象的なTOCの考え方の普及である。先に紹介した新しい観点からの生産管理教科書においても記述の重点が、緩衝から柔軟性へと移っている。これも米国内の雰囲気を反映したものであるだろう。

## 7. 能力による緩衝と柔軟性の切り分け

これまで述べてきたように、物と時間による緩衝は柔軟性とは明瞭に異なったものである。しかしながら、能力による緩衝は柔軟性と重複する部分がある。これが、文献によって、能力による緩衝を緩衝の一種として取り扱うか扱わないかの差を生む理由と考えられる。本論文では、これまでの検討に基づき、能力による緩衝と柔軟性を以下のように区別して、生産システムの柔軟性・頑健性の設計フレームワークを提示したい。

物および時間による緩衝と、柔軟性との応答次元での相違は、物および時間による緩衝が何らかのPDCAサイクルのアクションなしに、ある意味で自動的にその場で発現できることにある。この意味で、緩衝は本来、定常変動に対処

するためのものであるとはすでに指摘した。これに対して、柔軟性が発動されるのはPDCAのチェックに続くアクションの結果としてである。非定常変動あるいは定常変動を原因から減らすことに対応するためのものであるともすでに指摘したとおりである。トヨタ生産方式で緩衝が忌避されるのも、PDCAサイクルを抜きに、問題を隠すことになるからと解釈できる。逆にPDCAサイクルを容易に回させるものが柔軟性と言えよう。

PDCAサイクルの意味でのアクションなしにその場で使うことが許された能力ゆとりを能力による緩衝と考える。アクション後に発動される能力ゆとりは柔軟性である。

しかしながら、行使時点は必要時即座であることが共通であっても、物と時間による緩衝と、能力による緩衝の準備時点は異なる性格を持つ。自動車は排気量の大きいものの方が加速能力にゆとりがあるので、高速道路で安全であると言う。余分の排気量は正に能力による緩衝である。アクセルを踏むとの行使は必要時即座であるが、この緩衝が準備されるのは車の購入時点である。このように能力による緩衝の可能となる大きさは、能力の調達計画時に決まってしまう。能力による緩衝の準備には柔軟性と同一先行期間が必要なものに対して、物および時間による緩衝は、計画ルールなどのソフトウェアによるものであるので、準備のための先行期間が必要ではあるが、より短いと考えられる。ただし、先に述べたようにスペースなど緩衝を設置するためのゆとりの存在（柔軟性）が前提である。

柔軟性と物、時間、能力による緩衝の、性格の相違点のいくつかを表1に示す。

## 8. 緩衝と柔軟性の役割

### 8.1 応答・範囲の次元からの検討

#### (1) 応答・範囲平面による表現

緩衝と柔軟性の持つ二つの次元である、応答および範囲をそれぞれ横軸、縦軸にとった応答・

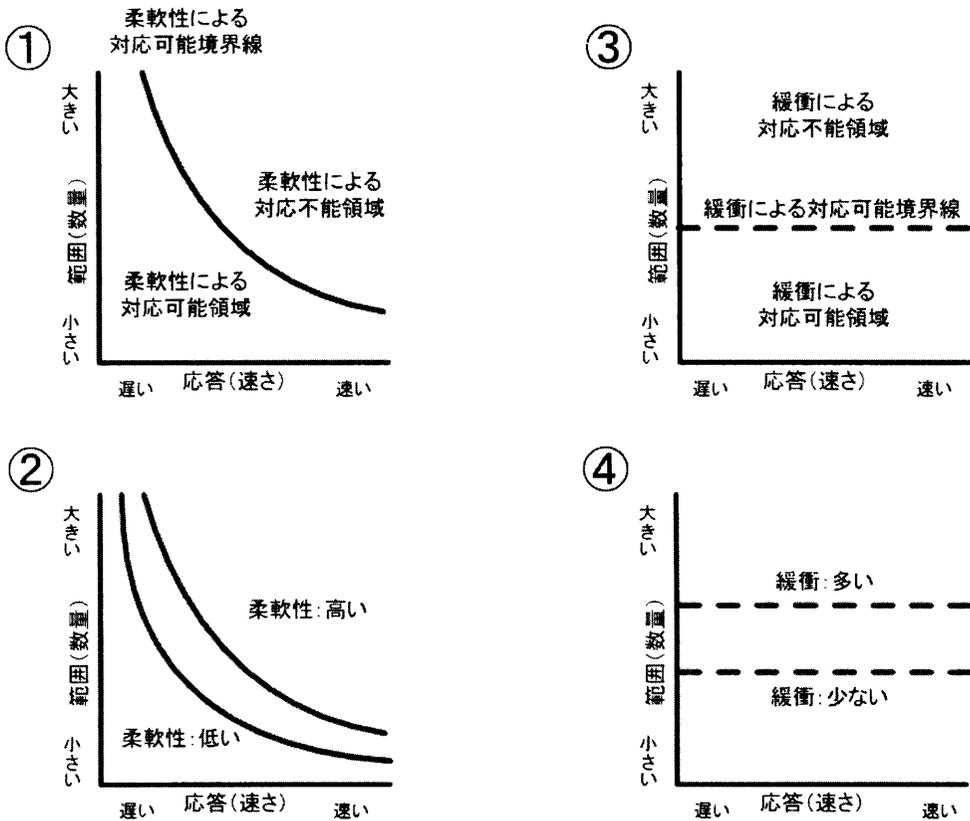


図2 緩衝と柔軟性の応答・範囲平面による表現

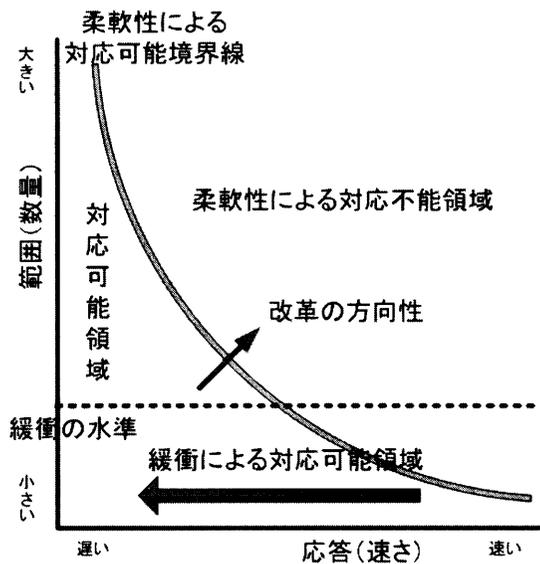


図3 緩衝と柔軟性の役割分担

表1 物、時間、能力による緩衝と柔軟性の性格の相違点

	柔軟性	物による緩衝	時間による緩衝	能力による緩衝
PDCAサイクルとの連動 (問題を隠さない)	○	×	×	×
準備先行期間短い	×	○	○	×
発動に決定が必要	○	×	×	×
効果のリアルタイム性	△	○	○	○
発動後の補充必要	×	○	○	×

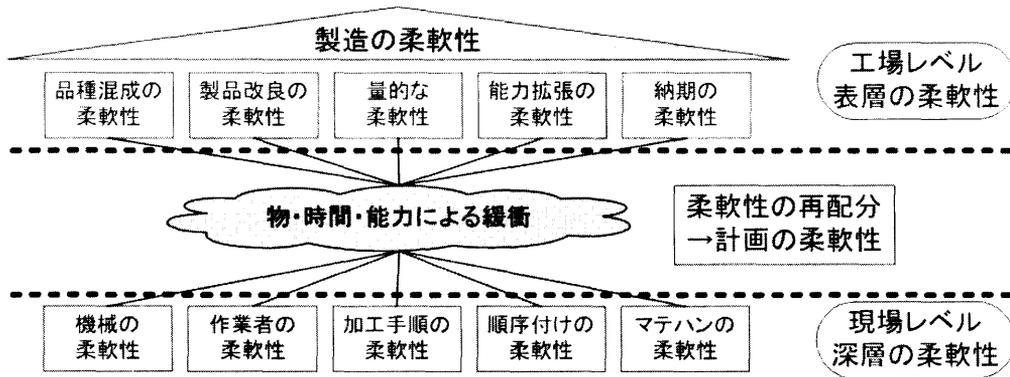


図4 柔軟性配分の潤滑剤としての緩衝の役割

範囲平面によって、緩衝と柔軟性の機能の表現を試みる。

柔軟性の発動時とくに、変化の範囲が広がれば、応答は遅くなり、逆に変化の範囲が狭ければ応答は速くできるであろう。したがって、応答・範囲平面上で、一定の柔軟性の状態下、対応可能と不可能な領域の境界線は、個々の状況によって異なるであろうが、典型的には、図①のように双曲線状になる。この境界の下側が、柔軟性による対応可能領域であって、上側が同じく対応不能領域である (図2①)

柔軟性が高ければ、より大きな範囲の変化に対して、より速い対応が可能である。対応可能の境界線が横軸・縦軸・原点に遠いほど柔軟性は高い。したがって改革は、原点の反対方向へ境界線を押し広げてゆくこととして表現できる (図2②、図3)

緩衝については、緩衝の大きさに応じてその場で変動を吸収できる範囲が決まる (図2④)。

緩衝は即座に働くので、応答軸についての制約はない。応答軸に平行な、緩衝量の高さの境界線より上側が、緩衝による対応不能領域である。逆に下側が、緩衝による対応可能領域となる (図2③)。

## (2) 次元から見た緩衝の役割

図3に示すように、柔軟性による対応不能領域を補完的に埋めうるのが緩衝である。緩衝が大きければ埋めうる領域は広がり、緩衝と柔軟性を併せた対応不能領域は減る。どのように高度な柔軟性を具現したシステムであっても対応不能領域が必ず残るので、柔軟性と独立した役割としての緩衝は必要であると考えられる。緩衝は、定常変動を吸収するために適当量必要である。さらに、非常変動に対して、アクションの結果として柔軟性が機能し始めるまでの時間稼ぎに緩衝が必要であるとの表現もできるだろう。

トヨタ生産方式は柔軟性を高めることによ

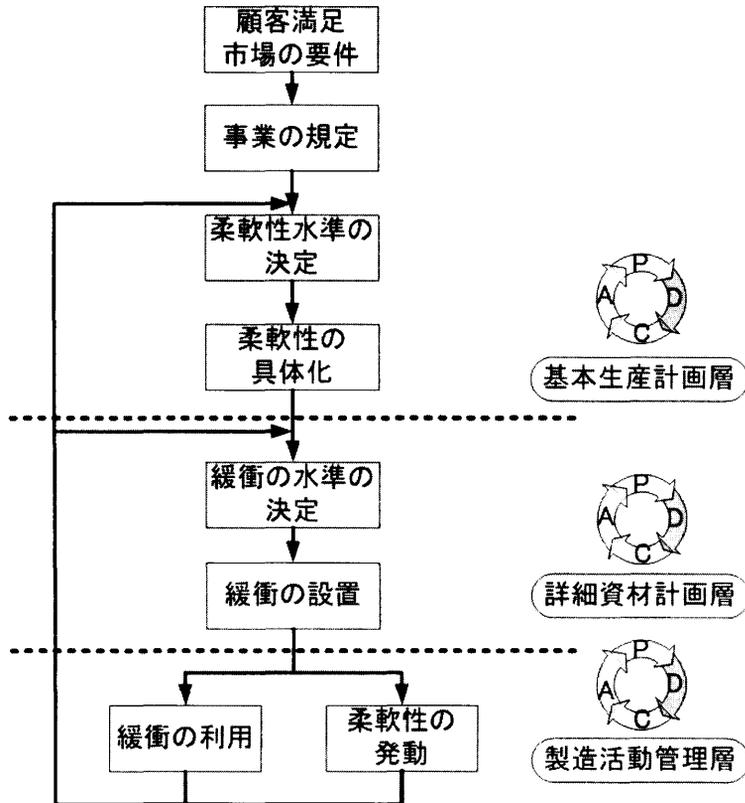


図5 緩衝と柔軟性の設計フレームワーク

て、範囲・応答平面上での対応不能領域を減らした上で、緩衝を極力減らす方策をとる生産システムである。これに対して、MRPシステムは、システム内部に相当規模の緩衝を持つ結果となり、柔軟性を高める必要性を感じさせない生産計画管理システムである。

## 8.2 競争力の観点からの検討

工場レベルの柔軟性は、現場レベルの柔軟性の集大成として実現する。現場レベルの柔軟性を、工場レベルの柔軟性にどのように配分し、工場全体の柔軟性を高めるかが重要な点になる。

この観点から、適切に配置された緩衝は、図4に示したように、現場レベルの柔軟性を工場レベルの柔軟性に配分する際の選択の幅を広げるであろう。緩衝は、工場レベルの柔軟性を計

画する際の柔軟性を高める役割を持つと考えられる。この点からも柔軟性と独立した役割としての緩衝は必要である。

## 9. 生産システムの緩衝と柔軟性の設計フレームワーク

以上の考察に基づいた、生産システムの緩衝と柔軟性の設計手順を図5に示す。

先に述べたとおりVollmannら[15]は、生産の計画と管理システムを基本生産計画、詳細資材計画、製造活動管理の3層に分けて、第1層では、受注生産、受注組立生産、見込生産の、第2層では、タイムフェイズド、レートベースドの、第3層では、MRP的、JIT的のそれぞれ選択肢があると述べている。図5はこの枠組みを基本構造としている。詳細計画層のタイムフェ

イズドは、MRPのように計画期間を区切って資材を計画するアプローチであるのに対して、レートベースドは、供給速度および消費速度によって資材を計画するアプローチ（見込生産向き）である。製造活動管理層のMRP的管理とはワークセンタごとにディスパッチングによって進行を管理する伝統的アプローチであって、JIT的とは、プルシステムを使ったトヨタ生産方式的アプローチである。

製造企業は自社の事業対象とする市場の性格を見定めて、顧客を満足させる展開を行う。基本生産計画層での重要な決定が、受注生産、受注組立生産、見込生産の選択である。この決定に基づいて、必要な柔軟性水準を策定し、具体化する。詳細資材計画層での、タイムフェイズド、レートベースドの選択に基づいて、必要な緩衝の水準の決定と設置が行われる。製造活動管理層のMRP的管理あるいはJIT的管理の選択に応じて、緩衝の利用や柔軟性の発動に関する態度、また緩衝の量や柔軟性の強化に関するフィードバックが変わってくる。

## 10. おわりに

製造企業の競争力の重要な要因である柔軟性と緩衝の関係について考察し、範囲・応答平面上で機能を表現することによって、柔軟性と緩衝が異なる役割を果たすことを明確にした。緩衝によって、柔軟性を補完できることを、役割の区分によって明瞭に示した。また、緩衝には現場レベルの柔軟性を工場レベルの柔軟性に配分する際の柔軟度を増す働きがあることを指摘した。以上に基づいて、緩衝と柔軟性を生産システムに組み込んでゆくためのフレームワークを提示した。

本論文のアプローチは定性的であって、本来的には定量的なアプローチが必要である。そのためには、物による緩衝、時間による緩衝、能力による緩衝の相互関係の体系的、定量的把握、緩衝量と柔軟性の間の関係の定量的把握などを、今後、進めてゆく必要がある。

## 参考文献

- [1] Blackstone J. H. Jr. and Cox J. F. III ed.: *APICS Dictionary*, 11<sup>th</sup> ed., American Production and Inventory Society (2005)
- [2] Caputo M.: "Uncertainty, Flexibility and Buffers in the Management of the Firm Operating System", *Production Planning & Control*, Vol.7, No.5, pp.518-528 (1996)
- [3] Cox J. F. III, Blackstone J. H. Jr. and Spencer M. S. ed.: *APICS Dictionary*, 8<sup>th</sup> ed., American Production and Inventory Society (1995)
- [4] Finch B. J. and Luebbe R. L.: *Operations Management: Competing in a Changing Environment*, 1<sup>st</sup> ed., Dryden (1995)
- [5] Goldratt E. M. and Fox R. E.: *The Race*, North River Press (1986)
- [6] Hopp W. J. and Spearman M. L.: *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management*, 1<sup>st</sup> ed, Irwin (1996)
- [7] Leschke J. P.: "A New Tradition in Introductory POM Textbooks?", *Decision Line*, December/January, pp.20-22 (1995)
- [8] Magee J. F. and Boodman D. M., *Production Planning and Inventory Control*, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill (1967)
- [9] Matsuura H. and Tsubone H.: "Setting Planned Lead Times in Capacity Requirements Planning", *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 44, No.8, pp.809-816 (1993)
- [10] Matsuura H., Tsubone H. and Kanazashi M.: "Setting Planned Lead Times for Multi-operation Jobs", *European Journal of Operational Research*, Vol.88, No.2, pp.287-303 (1996)
- [11] Newman W. R., Hanna M. D., and Maffei M.J., "Dealing with the Uncertainties of Manufacturing: Flexibility, Buffers and Integration", *International Journal of Operations and Production Management*, Vol.13, No.1, pp.19-34 (1993)
- [12] Pagell M. W., Newman R., Hanna M. D. and Krause D. R.: "Uncertainty, Flexibility, and Buffers:

- Three Case Studies”, *Production and Inventory Management Journal*, 1<sup>st</sup> Quarter, pp.35-43 (2000)
- [13] Peterson R. and Silver E. A.: *Decision Systems for Inventory Management And Production Planning*, Wiley (1979)
- [14] Plossl G. W. and Wight O. W.: *Production and Inventory Control - Principles and Techniques*, Prentice-Hall (1967)
- [15] Vollmann T. E., Berry W. L. and Whybark D. C.: *Manufacturing Planning and Control Systems*, 4<sup>th</sup> ed., Irwin (1997)
- [16] Schmenner R. W.: *Production/Operations Management*, Prentice-Hall (1993)
- [17] Schonberger R. J. and Knod E. M., Jr: *Operations Management: Improving Customer Services*, 4<sup>th</sup> ed., Irwin (1991)
- [18] Slack N.: “The Flexibility of Manufacturing Systems”, *International Journal of Operations and Production Management*, Vol.7, No.4, pp.35-45 (1987)
- [19] Whybark D. C. and Williams J. D.: “Material Requirements Planning under Uncertainty,” *Decision Sciences*, Vol.7 No.4, pp.595-606 (1976)
- [20] アンソニー (高橋吉之助訳) : 「経営管理システムの基礎」、ダイヤモンド社 (1974)
- [21] 大野耐一: 「トヨタ生産方式 脱規模の経営をめざして」、ダイヤモンド社 (1978)
- [22] 藤本隆宏: 「生産マネジメント I 生産システム編」日本経済新聞社 (2001)
- [23] 坪根斉: “製造戦略としての柔軟性設計のためのフレームワーク”, *日本経営工学会誌*, pp.504-517, Vol.51, No.5 (2000)
- [24] 坪根斉、松浦春樹: “生産システムの柔軟性について”, *日本経営工学会誌*, pp.1-12, Vol.46, No.1 (1995)
- [25] 松浦春樹: “リードタイムの類型化とその短縮方策”, *IEレビュー*, pp.6-11, Vol.44, No.1 (2003)
- [26] 村松林太郎: 「新版生産管理の基礎」国元書房 (1979)
- [27] 門田安弘: 「トヨタプロダクションシステム—その理論と体系」、ダイヤモンド社 (2006)