

内生生産システムにおける需要の不確実性への対応

上 野 信 行*

概 要

内生生産システムは、自動車産業において完成車メーカーが部品サプライヤーへ事前に「内示情報」を提示し、自社の生産開始直前に「確定注文情報」を伝達し、自社の生産に同期して、部品の納入を要請する仕組みである。生産内示により、完成車メーカーは、多様化する顧客のニーズに柔軟に応え、短い納期で多種の部品を安定かつ大量に確保でき、一方、部品サプライヤーは、内示情報を参考に原材料、部品の購買・生産準備に着手することができるために、膨大な製品在庫を保有することなく、安定的な供給を実現している。

しかし、内示情報は、あくまで完成車メーカーの調達部門が提示する「確定注文情報を予想可能な先行需要情報 (Advance demand information)」であるが、「確定注文情報と完全に一致する情報ではなく」、したがって、内示情報を基準に生産計画を作成すると、日々の生産量と確定の納入量に差異が生じる。この為に、内生生産システムには不確実性が内在しているといえ、このことが工程管理を複雑にしている。

本論文は、著者の先行研究を踏まえ、内生生産システムに含まれる内示情報と確定注文情報の間にブレが生じるメカニズムを概観する。内示数量と確定注文数量の間に表れる需要量の変動(ブレ)によって引き起こされるリスクを不確実性リスクと呼ぶ。不確実性リスクに対応する部品サプライヤーの生産対応形態を3種類のリードタイムを用いてⅠ型、Ⅱ型、Ⅲ型の3つに分類し、それぞれに存在するリスクを明らかにし、需要の変動を「需要量の期待値の変動」と「需要量のバラツキ」に分け、それぞれの要因から生み出されるリスクへの対応策を述べる。これらの対策により、不確実性リスクが低減できることを示す。この上で、地元の部品サプライヤーが行っている不確実性を低減する取り組みについてヒアリング調査結果を示す。リードタイムの短縮、部品共通化、フレキシブルラインなどの対策が効果的である。最後に、従来の先行研究では、製造工程のフレキシビリティの概念のもとに提案されている操作概念では、不確実性リスクに対する考慮が充分でないことを示し、今後の研究への期待を述べる。

キーワード：内生生産システム、不確実性、内示情報、確定注文情報、リスク、リードタイム、部品共通化、フレキシブルライン、フレキシビリティ概念

1. はじめに

内生生産システムは、自動車産業において完成車メーカーが部品サプライヤーへ事前に「内示情報」を提示し、自社の生産開始直前に「確定注文情報」を伝達し、自社の生産に同期して、部品の納入を要請する仕組みである [1-3]。生産内示により、完成車メーカーは、多様化する

顧客のニーズに柔軟に応え、短い納期で多種の部品を安定かつ大量に確保でき、一方、部品サプライヤーは、確定注文情報が伝達される以前から、内示情報を参考に原材料、部品の購買・生産準備に着手することができるために、膨大な製品在庫を保有することなく、また、網渡り的な納期厳守を行うことなく、安定的な供給を実現している。部品サプライヤーは、実質的に長くなる製品納入迄のリードタイムを利用して、製造ロットの集約、資材購買の選択幅の拡大等

* 広島経済大学大学院経済学研究科教授

を図ることができる。すなわち、内示生産システムは、完成車メーカーと1次サプライヤー間における協調的な関係のもとで、内示情報を仲介して「顧客の仕様の多様性」と「短納期」を両立する巧妙な仕組みであるといえる [1, 4, 5]。

しかし、内示情報は、あくまで完成車メーカーの調達部門が提示する「確定注文情報を予想可能な先行需要情報 (Advance demand information)」 [1] であるが、「確定注文情報と完全に一致する情報ではなく」、内示情報と確定注文情報の間に差異 (ブレという) が発生する。したがって、内示情報を基準に生産計画を作成すると、日々の生産量と確定の納入量にブレが生じる。この為に、内示生産システムには不確実性が内在しているといえ、このことが工程管理を複雑にしている。

本論文は、著者の先行研究を踏まえ、内示生産システムに含まれる内示情報と確定注文情報の間にブレが生じるメカニズムを概観する。内示数量と確定注文数量の間に表れる需要量の変動 (ブレ) によって引き起こされるリスクを「不確実性リスク」と呼ぶ。不確実性リスクに対応する部品サプライヤーの生産対応形態を3種類のリードタイムを用いてI型、II型、III型の3つに分類し、それぞれに存在するリスクを明らかにする。また、需要の変動を「需要量の期待値の変動」と「需要量のバラツキ」に分け、それぞれの要因から生み出されるリスクへの対応策を述べる。例えば、不確実な需要変動を想定した生産計画の作成法 [6-12]、部品在庫保有方法 [13] 等であり、リードタイムの短縮とそれを実現する諸方策が重要である。これらの対策により、不確実性リスクが低減できることを示す。この上で、地元の部品サプライヤーが行っている不確実性を低減する取り組みについてヒアリング調査結果を示す。リードタイムの短縮、部品共通化、フレキシブルラインなどの対策が効果的である。最後に、従来の先行研究

[14, 15] では、製造工程のフレキシビリティの概念のもとに提案されている操作概念では、不確実性リスクに対する考慮が充分でないことを示し、今後の研究への期待を述べる。

2. 内示生産システムと不確実性

2.1 内示生産システムとは

内示生産システムとは、図1に示すように、サプライチェーンの下流 (最終顧客側) の企業が上流の企業に対して、自社の生産開始日の一定期間前に、内示情報を提示し、さらに、自社の生産開始直前に確定注文情報を伝達し、自社の生産に同期して、部品の調達を行う仕組みである。自動車産業においては、下流企業は完成車メーカーであり、上流企業は部品サプライヤーが当てはまる。

内示情報は、上流の企業が生産や材料・部品調達を開始するタイミング以前に受け取る仕様、納期、生産数量等の事前情報である。最終的には、仕様と数量が確定した確定注文情報が伝達されるので、内示情報は納入の予定情報である。

自動車産業のようにもともと内示生産システムを採用している業界のみならず、内示生産システムを採用していないが、これに相当する情報を利用している企業は多い。例えば、大手販売業者から製造業者に提示される「販売参考値」、社内の営業部門から生産部門に示される「販売目標値」等の情報である [1]。

2.2 内示情報の事例

完成車メーカーから部品サプライヤーが受けとる内示情報の調査事例を図2に示す [1, 4]。

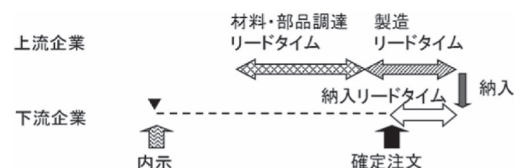


図1 内示生産システム

	1M				2M					
	3W	4W	1W	2W	3W	4W	1W	2W		
	M	T	W	Th	F	M	T	W	Th	F
3W	F				▲	●	●	○	○	○
4W	M				▲	●	●	○	○	○
	T				▲	●	●	○	○	○
	W				▲	●	●	○	○	○
	Th				▲	●	●	○	○	○
F				▲	●	●	○	○	○	

▲:現時点 ●:確定注文 ○:週次内示 □:月次内示

図2 内示情報の例

内示には複数種類ある。長期間にわたる内示としては月次内示、短期間にわたる内示としては週次内示がある。確定注文情報は、納入指示であり、通常、納入日の2-3日前に、時間別、納入場所別に提示される。

図中の最上段のMは月(Month)、Wは週(Week)を意味する。M、T、W、Th、Fは、それぞれ月、火、水、木、金を表す。1Mは、当該月である。現時点(▲印)から、直近の3日は、確定注文(●印)であり、不確実性はない。それ以降については、1週間先までの週次内示(○印)、それ以降は、月次内示(□印)である。先に行くほど、内示情報のメッシュ(提示内容の細かさ)は粗くなってくる。生産対象週・日に近づくにつれて、内示情報が確定注文情報に変化していくことがわかる。

部品サプライヤーの生産計画担当者は、社内の実情に合わせて、確定注文情報、内示情報を用いて、一定期間分の生産計画を立てる。生産計画数量が決まれば、その生産計画数量をベースに材料、資材あるいは、部品の発注を取引先に提示することになる。

このように内示情報は、完成車メーカーから「定期」「定例的」に提示される「納入の予定情報」であり、「部品サプライヤーの生産参考情報」である。

2.3 内示変動メカニズム

当初提示された内示がその後に変化し、確定注文となる仕組みを説明する。図3のように完

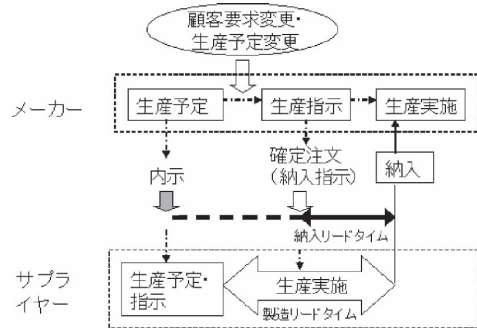


図3 内示変動メカニズム

成車メーカーは自社の生産予定が決まったタイミングで内示を出す。これは、部品サプライヤーの製造、材料部品調達に対して、一定期間先行して提示される情報であり、部品サプライヤーに生産準備、あるいは生産開始を行わせる。完成車メーカーはその後に起こる顧客からの要求仕様の変更や設備トラブルなどによる生産予定の変更を反映し、社内へは生産指示を、部品サプライヤーへは確定注文(納入指示)を提示し、一定の所要期間後に、自社の生産に同期して正確に納入させる。特に、完成車メーカーは生産の直前まで顧客が製品仕様の変更を可能とする「デイリー変更システム」を組み込んでいる。すなわち、顧客は生産の一定期間前(4日前程度)であれば、一定の範囲で仕様を変更することができるものである。

内示は、それが作成された時点における受注量を反映した生産計画数量である。内示から確定注文提示までに、顧客の要求仕様の変更や生産予定の変更がない限り、生産計画数量は変わらず、確定注文(納入指示)は、内示と同じはずである。しかし、内示から確定注文提示までに、前述の仕組みなどにより、要求仕様の変化が起こった場合には、仕様毎にみれば、受注数量の変動となる。また、設備トラブル、材料・部品の遅れなどにより生産予定が変更される。これらのことが内示と確定注文のブレを生じさせている。とりわけ、最近では、顧客ニーズの

多様性から、仕様の種類は多くなり、仕様毎の受注数量もだんだん小さくなっている。そのため、少しの数量変動であっても、仕様毎の受注数量の変更の度合いは大きくなる。この様に、元々仕様毎の生産数量が少なくなっているのに加えて、顧客の要求仕様の選択の揺らぎ、生産変動の揺らぎなどの細かい揺らぎが反映されて、内示と確定注文の間に変化が起こり、ブレを大きくしている。その結果をうけて、内示の提示を受ける部品サプライヤーの工程管理は不確実性が高まり、複雑になっている [16]。

3. 不確実性への対応

3.1 部品サプライヤーの生産対応形態

このような状況下で、部品サプライヤーのとりうる生産対応形態を述べる。納入リードタイム、製造リードタイム、材料・部品調達リードタイムの3種のリードタイムを用いて、図4に示すようにI型、II型、III型の3つの生産対応形態のいずれかになる。ここで、納入リードタイムは、確定注文から納入までの所要日数であり、通常3日である。製造リードタイムは、部品サプライヤーが製造を開始してから納入までの所要日数、材料・部品調達リードタイムは、生産計画に基づいて材料・部品を発注してから搬入までのリードタイムであるとする。

I型は、顧客が要望する納入リードタイムより製造リードタイムが長い場合である。したがって、製造と材料・部品調達を合わせたリードタイムは、当然、納入リードタイムより長くなる場合である。

II型は、顧客が要望する納入リードタイムより製造リードタイムは短い、製造と材料・部品調達を合わせたリードタイムは、納入リードタイムより長い場合である。

III型は、顧客が要望する納入リードタイムより製造リードタイムは短い、かつ製造と材料・部品調達を合わせたリードタイムも、納入

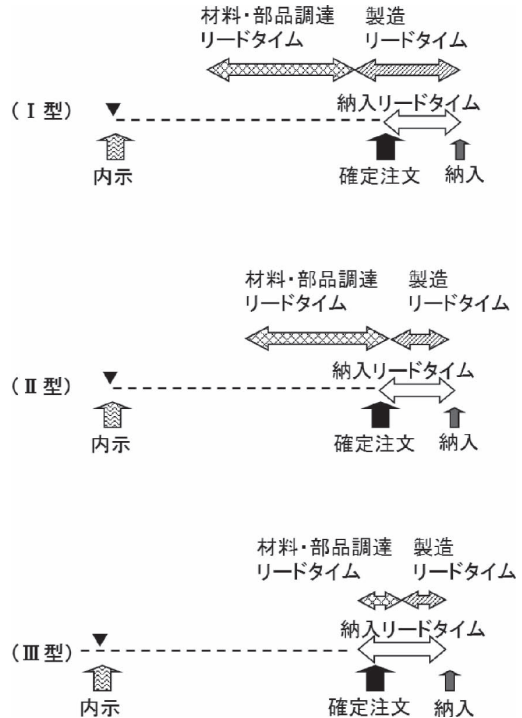


図4 3つの生産対応形態

リードタイムより短い場合である。

本論文では、内示数量と確定注文数量の間に表示される需要量の変動（ブレ）によって引き起こされるリスクを不確実性リスクと呼んでいる。サプライチェーンにおいては、自然災害、戦争などから設備トラブル、製品不良、在庫管理や部品調達などのオペレーションにおけるリスク [17] が考えられるが、ここでは、日々のオペレーショナルなリスクを取り上げ、需要量の変動による場合に、それぞれの型に内在する不確実性リスクを述べる。

I型では、材料・部品発注時点には、確定注文情報が提示されていないので、製造、材料・部品調達の両方とも見込みで行われる。製造においては「見込み生産」、材料・部品調達は「見込み発注」である。そのため、製造、材料・部品調達とも、内示情報に基づいて行われ、内示変動があると生産数量と納入数量が異なる。生産数量が内示数量より大きいときは、製品在庫

が多発に発生する。また、生産数量が内示数量より小さいときには、納入製品数が不足することになり、再生産には多大なコストがかかる。そのため、常時、一定数量の製品在庫を保有している場合が多い。生産面、材料・部品調達面の両方に不確実性リスクが大きい。

Ⅱ型では、製造は、確定注文情報に基づいて行われるために、「受注生産」であるが、一方、材料・部品調達は、確定注文情報が提示される前に「見込み発注」を行うことになる。したがって、内示変動があると生産数量と材料・部品数量（内示数量ベース）の差が大きく異なる。材料・部品数量が生産数量より大きいときは、使われない材料、部品の在庫が発生する。材料、部品数量が生産数量より小さいときには、材料・部品数量が不足することになり、納入製品数が不足する。材料、部品の緊急発注、緊急搬入による製品再生産に多大なコストがかかる。そのため、常時、一定数量の材料、部品在庫を保有している場合が多い。材料・部品調達面に不確実性リスクが残る。

Ⅲ型では、製造、材料・部品調達の両方とも、確定注文情報を用いて行うことになり、内示変動を受けない。生産面、材料・部品調達面の両方に不確実性リスクは起こらない。

したがって、需要の不確実性を完全になくすには、Ⅲ型の生産対応形態に移行することが重要になるが、Ⅲ型への移行には、設備、技術、

製品設計などあらゆる分野における改善（改革）が必要になる。多くの製造業では、Ⅰ型であり、Ⅲ型は、受注後設計し、材料調達を行う個別受注生産を採用している企業以外は、極めて少ないと思われる。

3.2 不確実性リスクの低減対応策と効果

リスクの表現は、そのリスク量の期待値と期待値周りのバラツキで表わされることが多い [18, 19]。したがって、不確実性リスクとその対策についても、需要量のトレンドなどに代表される「需要量の期待値の変動」によるものと内示と確定注文などのブレに代表される「需要量のバラツキ」によるものとに分けて考えることが妥当である。主に「需要量の期待値の変動」対策としては、工程省略、モジュール化、フレキシブルライン、サイクルタイム短縮、段取り替え時間の短縮がある。また、主に「需要量のバラツキの変動」対策としては、部品共通化、材料統合、工程統合、遅延差別化、作業標準化がある [20-23]。「需要量の期待値の変動」「需要量のバラツキの変動」の両方への対策としては、不確実性前提の生産計画、在庫積み増し、先行生産等がある（図5参照）。

主に「需要量の期待値の変動」対策について述べる。

工程省略は、設備、技術改良により、製造工程のうちいくつかを省略するものであり、製造

- 主に「需要量の期待値の変動」対策
 工程省略 モジュール化 フレキシブルライン サイクルタイム減
 段取り替え時間の短縮
- 主に「需要量のバラツキの変動」対策
 部品共通化 材料統合 工程統合 作業標準化 遅延差別化
- 「需要量の期待値の変動」「需要量のバラツキの変動」の両方への対策
 不確実性前提の生産計画 在庫積み増し 先行生産

図5 不確実性リスクの低減対応策

リードタイムの短縮に直接つながり、リードタイムの間に起こる不確実性リスクが減少する。モジュール化は、製造工程のうちいくつかをモジュール化工程に移行し、主ラインと並行して製造するものであり、モジュール化対象工程分の製造リードタイムが減る。フレキシブルラインは、複数の品種の生産が可能な設備であり、ある品種の生産量が多くなった時には、切り替えてその品種を複数ラインで製造が可能になる。製造設備能力不足による遅れがなくなることから、フレキシブルラインがないときに比べて、製造リードタイムを増やすことなく生産可能となる。これらは、生産能力の増加に直接つながるものである。

主に「需要量のバラツキの変動」対策について述べる。部品共通化、材料統合、工程統合、作業標準化は、それぞれ異なる最終製品の部品、材料、作業工程、作業手順を共通化することであり、リスクプーリング効果 [18] が起こり、工程間に必要な在庫は減少し、その結果リードタイムも減少する。付録参照。

遅延差別化 [24] とは、顧客への最終仕様を付与したもの（すなわち、製品）を実現する（差別化する）工程を遅らせることをいう。そのため、製品設計、工程順序の再編などが行われる。例えば、図6左では、最終製品A、B、C、Dに分かれるのは、第2工程から始まっているのに比べて、図6右では第3工程から始まっており、差別化が第2→第3工程に遅延したと考えられる。

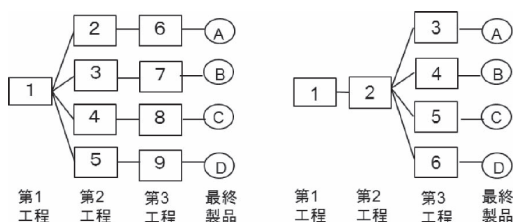


図6 遅延差別化

この結果、図6右における第2工程では、リスクプーリング効果がおこり、第2工程における在庫量は減少し、その結果、製造リードタイムは短縮する。いわば、遅延差別化により、途中までの工程では極力共通化を進めることにより、リスクプーリング効果が起こる。

これらの対策は、需要のバラツキの変動に対する対策であるが、共通化、統合化により管理する中間製品の種類数が減り、在庫管理作業の軽減が図られる。また作業単位の量が増加し、段取替え回数が減少することから、製造リードタイム短縮、生産能力の増加も図られるものである。

「需要量の期待値の変動」「需要量のバラツキの変動」の両方への対策としては、不確実性前提の生産計画、在庫積み増し、先行生産等がある。不確実性前提の生産計画については、需要量の不確実性を需要量の期待値の変動と需要量のバラツキの変動にわけて、決められた在庫不充当度合の範囲で、最小限必要な在庫を持つ方法などがある [10-12]。在庫積み増し、先行生産等は、事前の生産により在庫を保有しておくことであり、需要量の増加や生産数量のブレにより製品数が不足することの対策になる。ただし、在庫管理目標値の設定が甘くなると在庫を多めに保有することになる。不確実性への効果的な対応策ではあるが、コスト増になりかつ製造リードタイムの短縮効果はない。

部品サプライヤーは、不確実性リスクに対して、上で述べた種々の対策を組み合わせを行っている。最近では、1次サプライヤーの中には、製造工程の製造リードタイムを3日以内になるように工程改善を行い、確定注文情報（納入指示）に基づき、「受注生産」を行っているところがある。基本的に、生産効率化が図られるとともに、製品在庫なしの工程管理が可能になる。さらに、工夫により、完成車メーカーへの納入順に生産し納入する「納入順序生産」を行って

おり、不確実性への対応に加えて、変種変量生産への対応をも図っている。

今般、不断の努力により、Ⅰ型からⅡ型に変身した企業について、その変化と対応策について調査ヒアリングを行った。

4. 部品サプライヤーによる不確実性低減活動

4.1 主要工程と主要材料・部品

地元完成車メーカーに、メータセットを供給しているN社[25, 26]における改善活動とそこに見られる不確実性低減を図る活動を示す。図7に示すように、4つの主要工程からなる。シート材を基に、多色刷りにより文字板を製造する印刷工程、アクリルペットなどの樹脂材を基にプラスチックケース、フロントアクリルなどを製造する成形工程、生基板に電子部品を実装する基板実装工程、これらの中間部品を組み立てる組立工程からなる。完成した製品（顧客から見れば部品）は、ミルクラン（周回集荷）、直納（直接搬入）、デポ経由搬入等により顧客に納入される。

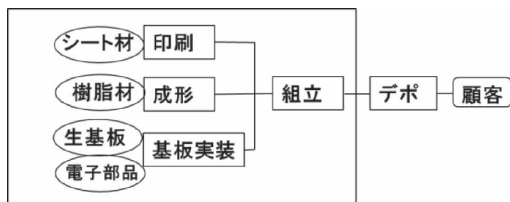


図7 主要工程と主要材料・部品

4.2 リードタイムの変化と主要な改善項目

ここ10年間の改善活動を3段階に分け、それぞれの段階におけるリードタイムと主要な改善項目を述べる。なお、広島地区向けを対象とし、リードタイムは、日単位で記載した。

4.2.1 【STEP1】

まず、起点になる時点のリードタイムを図8に示す。完成車メーカーへの納入日を当日として、何日前から製造着手しなければならないかを表している。印刷工程では、2週間前にシート材を確保し、5日前から製造着手すれば標準的なリードタイムの範囲で納入可能であることを示している。基板実装工程では1週間前に生基板を確保し、5日前から製造着手すればよいことを示している。その後、印刷、基板実装品は、サブアッセイにまとめられる。成形工程では、1週間前に材料を確保し、4日前から製造着手している。これらの部品は、組立工程において、納入日の2日前にロット単位で組み立てられ、デポ経由で納入される。ここで、組立D操業、その他工程D/N操業は、組立工程は昼勤務体制、その他の工程は、昼・夜勤務体制であることを示す。デポでは、製品の積み卸し、保管、仕分けし、翌日に多回納入する。

4.2.2 【STEP2】

多品種化が進展していることから、製造リードタイムは増加傾向にあるが、諸改善を重ね、リードタイムの増加抑制・短縮を図っている。STEP1からの改善は、以下のとおりである。

(1) メータセットの製品設計思想・仕様の変化

-15	...	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	当日
← シート材						印刷	CMメータ サブアッセイ	組立 (ロット)	デポ	納入
							SPメータ サブアッセイ			
			← アクリルペット			成形(ケース)				
		← 生基板		← 基板実装						

図8 2001.8頃時点（組立D操業 その他工程D/N操業）

により、CMメータ・SPメータの機能が素子の組み合わせや部品の実装により実現した。そのために、CMメータ・SPメータのサブアッセイがなくなった。

それに伴って、基板上に機能集約したため、基板実装工程において、素子・マイコンなどの部品の実装が増えた。一方、表面実装の種類により機械設備を使い分けていたが不要になった。

- (2) 印刷工程においては、
 - ・文字板の一体印刷・型打ちが実現できた。
 - ・発色を多色印刷ではなく光源の色変化にて実現できた。
 - ・インクを熱硬化からUV硬化タイプに変更し、印刷作業工数が改善した。
- (3) 成形工程においては、
 - ・加飾仕様が増え、メッキ、蒸着タイプの成形品が増えてきたために、リードタイムは増加傾向になった。
 - ・金型交換作業を1マンから2マンに変更し、外段替化（型替待ちの金型の予備温調）等により成形作業工数が改善した。
 - ・コスト優先の考えより一定の製造ロット

（経済ロット）単位の製造をしている。

これらにより、印刷、基板実装、成形工程以降の製造リードタイムは増加することなく、1日短縮した（図9参照）。

4.2.3 【STEP3】

STEP2からの改善点は、以下のとおりである（図10参照）。

- (1) ミルクランの実施によりデポ経路による多回納入がなくなった。ミルクラン便は、1日昼2回、夜2回、この他にロックダウン部品の納入が2回あり、出荷時刻も多岐にわたる。広島向けミルクランの納入時刻は、①8：30-11：30 ②13：30-17：30 ③20：30-23：30 ④1：30-4：30であり、これに対応して積み込み時刻を決めている。組立工程に順序生産（後述）をとり入れ、出荷場での製品を仕分けする必要をなくし、スムーズに積み込めるようにしたために製造リードタイムの増加が抑制できた。
- (2) アクリルペット、生基板などの材料や部品のリードタイムが大幅に削減された。すなわち、
 - ①品質改善により不良率が低減した

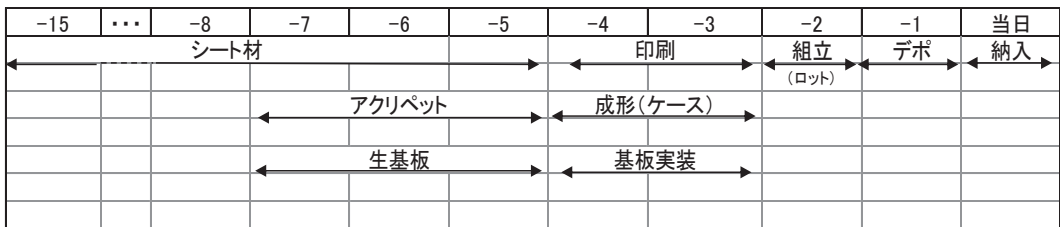


図9 2010.11頃時点（組立D操業 その他工程D/N操業）

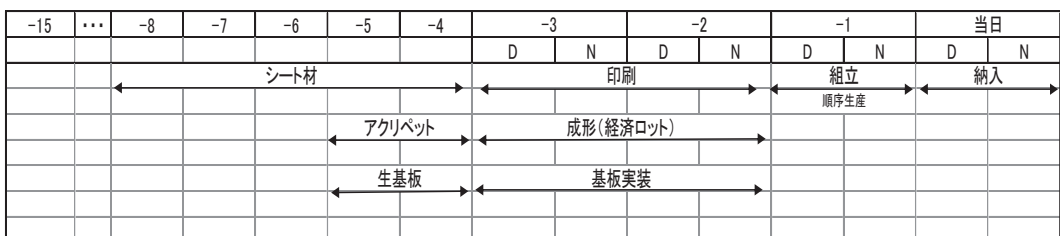


図10 2013.6頃時点（組立D/N操業 その他工程D/N操業）

- ②印刷・成形工程の生産システムの再構築により生産計画の精度が向上した
 - ③調達納期管理システムの再構築により納期遅れ撲滅に取り組んだ
- 等により、安全在庫が削減でき、調達ロットのミニマム化が実現できたことにより、調達リードタイムが短縮した。
- (3) 部品共通化・共有化を進めた。
- 顧客との協業により、おもてのみえるデザイン以外の部分については、仕様を同じにした。例えば、デミオ=CX-3=アクセラ向製品を共通化した。
- (4) 組立工程においては、
- ・製品ごとに生産するラインを分けることで効率的な作業が可能になった。
 - ・フレキシブルライン化を図った。生産数量が多いときには複数ラインで生産可能になった。例えば、CX-5 向製品等が多いときは、No. 2 ラインに加えて、No. 3, 4 ラインが使えるようになった (表1 参照)。製造設備能力不足による遅れがなくなることから、フレキシブルライン化がないときに比べて、製造リードタイムを増やすことなく生産可能となった。
 - ・順序生産のために部品仕分けを行う「部品供給場」を新設した。部品供給場には、ランプピッキングなどの工夫が施されている。ランプピッキングとは、当日の組立計画の情報を用いて、情報処理システムが指示するランプが点灯している保管場所から部品

を取った後、近接のボタンまたは棒を押すと次に必要な部品が保管されている場所のランプが点灯し、この順にピッキング作業をすれば、正確にかつ能率よく作業が可能になった。

- (5) 基板実装工程においては、
- ・3ラインに集約した。
 - ・一気通貫 (ラインオフなし) で作業することで作業時間が1.5日に短縮した。
- ただし、コスト優先の考えより、一定の製造ロット単位を遵守しており、標準的な製造リードタイムは2日と考えている。
- (6) 成形工程においては、サイクルタイムの短縮が図られた。例えば、主要成形品では1サイクルあたり約30%短縮した。
- (7) 印刷工程においては、ロットまとめを2週から1週間に短縮した。
- これらにより、印刷、基板実装、成形工程は、一定のロット単位の生産を維持しつつ、それら以降の製造リードタイムが3日になった。組立工程では、順序生産が可能になった。

4.3 考察

【STEP1】と【STEP3】時点と比較する。

- (1) 製造リードタイムについて
- 製品改善、技術改善、工程改善、物流改善を通じて、印刷、成形、基板実装工程の製造リードタイムが3日になり、3日前確定注文情報により製造着手が可能となった。顧客が要望する納入リードタイムより製造リードタイムは短くなり、内示情報を用いることができなくなった。内示情報の持つ不確実性を除去することができた。
- (2) 材料・部品調達リードタイムについて
- 材料や部品の搬入から組立、製品完成まで【STEP1】時点と比較して1週間以上削減された。従来に比べて、材料・部品調達による不確実性リスクは大きく低減した。しかし、

表1 製品別のライン

		搭載車種			
		CX-5	アクセラ (デミオ/ CX-3)	アテンザ	ロード スター
ライン 番号	2	○	-	-	-
	3	○	○	△	-
	4	○	△	○	○

製造リードタイムと材料・部品調達を合わせたリードタイムは、納入リードタイムより長いので、内示情報をベースにした発注をせざるを得ないことから、リスクがまだ残る。

- (3) 以上より、N社は、I型からII型に移行したといえる。なお、材料・部品調達面における不確実性のリスクについては、さらに、リードタイムの削減、発注方式の改善を進めている。
- (4) 組立工程においては、確定注文情報が使えることや製品共通化、フレキシブルライン化等の成果を生かし、「ロット生産」から「順序生産」に切り替えている。順序生産を行うことで、結果的に出荷場での製品を仕分けする作業が不要になり、出荷時間が短縮した。組立工程もD/N操業になったことを生かし、ミルクランによる多様なタイミングでの納入が可能になった。

5. 従来のフレキシビリティの概念の課題

従来の先行研究 [14, 15] では、フレキシビリティを需要変動への対応ととらえ、その操作概念を提案している。すなわち、需要変動への対応として、生産計画の策定においては、①需要予測の精度を高めるため計画先行期間を短縮する。②製造リードタイムを短縮するため生産計画ロットを縮小する という2点を挙げている。また、製品多様化については、計画ロットの縮小と段取り替え時間の短縮が欠かせないとし、部品サプライヤーに対して発注に関する事前情報（内示情報）を流すことによって在庫リスクの軽減を目指す。そして、その為に事前情報の質の向上が求められるとしている。

しかし、

- ①内示情報が確定注文情報と異なることから、内示情報が在庫リスクを軽減するのではなく、少なからず、リスクを生み出す要因であること。

②需要変動には、トレンドとしての変動、需要のばらつき、大きな変動などが含まれ、想定する需要変動により、その対応が異なる。想定する需要変動を明確に規定しておく必要があること。

③操作概念として生産計画策定の範囲にとどまっている。前述の部品サプライヤーの事例のように、製品設計、生産技術、設備技術、工程管理技術などの視野からの操作概念の案出が重要であること。

これらにより、フレキシビリティ概念の再構築が必要であると思われる。まず、想定する需要変動を明確に規定し、次に内示数量と確定注文数量の間におこる需要量の変動（ブレ）を認識し、これによって引き起こされる不確実なリスクをも含む視点 [27-31] から、それらに対応した操作概念の確立にむけた研究が望まれる。

6. おわりに

- (1) 本論文では、著者の先行研究を踏まえ、内示情報には不確実性が含まれており、内示情報と確定注文情報の間にブレが生じるメカニズムを示した。
- (2) 内示生産システムにおける部品サプライヤーの生産対応形態を3種類のリードタイムを用いて、I型、II型、III型の3つに分類し、それぞれに内在するリスクを明らかにした。
- (3) 需要の変動を「需要量の期待値の変動」と「需要量のバラツキ」に分け、それぞれの要因から生み出されるリスクへの対応策と効果を述べた。
- (4) 地元部品サプライヤーの中で、製品設計、生産技術、設備技術を駆使し、I型からII型に変身した企業の調査結果を述べた。不確実性への対応のみならず、生産効率向上、変種変量対応などを含めた改善であることがわかる。他企業へのヒントになりうると思われる。今後は、1次の部品サプライヤーのみなら

ず、2, 3次サプライヤーを含めて、内示数量と確定注文数量の間に表れる需要量の変動(ブレ)によって引き起こされる不確実リスクを明らかにし、新しいフレキシビリティ概念の確立にむけた研究を進めていく。

謝辞：本研究に際して、ヒアリング調査を受け入れていただいたNS ウェスト株式会社倉本敏明氏、サプライヤーヒアリング調査の整理に携わった本学泉田和希君に感謝いたします。本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費基盤研究(C)-25350452および広島経済大学研究費助成制度による助成を受けています。

参 考 文 献

- [1] 上野信行：内示情報と生産計画—持続可能な社会における先行需要情報の活用—, 朝倉書店 (2011)
- [2] 門田安弘：トヨタプロダクションその理論と体系, ダイアモンド社 (2006)
- [3] 小谷重徳：現場から手法まできちんとわかるトヨタ生産方式, 日刊工業新聞社 (2009)
- [4] 上野信行：大規模生産における内示情報を活用した生産計画—不確実な需要環境に対する先行需要情報の活用—, 計測と制御, **50-7**, pp. 436-443 (2011)
- [5] 上野信行, 高橋周平, 奥原浩之：内示情報を用いた生産計画システムの分類と活用手順, 日本経営システム学会誌, **28-1**, pp. 27-36 (2011)
- [6] 上野信行, 古田恭三, 奥原浩之, 渋木宏明, 倉本敏明：マスカスタマイゼーション対応の生産管理システムの提案, システム制御情報学会論文誌, **17-6**, pp. 221-229 (2004)
- [7] 上野信行, 古田恭三, 奥原浩之, 渋木宏明, 倉本敏明：マスカスタマイゼーション対応生産計画システムの多品種モデルへの拡張, システム制御情報学会論文誌, **18-3**, pp. 89-99 (2005)
- [8] N. Ueno, K. Okuhara, H. Ishii, H. Shibuki and T. Kuramoto: Multi-item production planning and management system based on unfulfilled order rate in supply chain, Journal of the Operations Research Society of Japan, **50-3**, pp. 201-218 (2007)
- [9] N. Ueno, E. Domoto and K. Okuhara: Demand distribution-based mass customization production management by unfulfilled order rate, International Journal of the Japan Association for Management Systems, **1-1**, pp. 77-82 (2009)
- [10] 上野信行, 川崎雅也, 奥原浩之：内示情報を用いた未達率指標による生産計画システムの提案, システム制御情報学会誌, **23-7**, pp. 147-156 (2010)
- [11] 上野信行, 角本清孝, 奥原浩之：内示情報を用いた未達率指標による生産計画システムの提案 (II)—未達率指標の特性解析と基点在庫方策との比較—, システム制御情報学会誌, **24-3**, pp. 43-53 (2011)
- [12] N. Ueno, K. Kadomoto, T. Hasuike and K. Okuhara: A Two Stage Solution Procedure for Production Planning System with Advance Demand Information, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, **6-5**, pp. 633-646 (2012)
- [13] 上野信行, 李偉, 韓虎剛, 奥原浩之：内示情報を用いた在庫補充方策の特性解析, 日本経営システム学会誌, **31-1**, pp. 37-44 (2014)
- [14] 富野貴弘：フレキシブル生産における資材購買と納期管理, 同志社大学大学院商學論集/同志社大学大学院商學論集編集委員会, **32-1**, pp. 376-401 (1997)
- [15] 富野貴弘：生産システムの市場適応力, 同文館出版 (2014)
- [16] 島岡 浩：マツダの生販統合システム, CAD& CIM, No. 22, pp. 76-79 (1991)
- [17] S. Chopra and M. S. Sodhi: Managing Risk to Avoid Supply-chain Breakdown, Sloan Management Review, **46-1**, pp. 53-61 (2004)
- [18] 米山監訳岡田ら訳：保険とリスクマネジメント, 東洋経済新報社 (2010)
- [19] 岩沢宏和：リスク・セオリーの基礎, 培風館 (2010)
- [20] C. Chandra and A. Kamrani: Mass Customization A Supply Chain approach, Kluwer Academic/Plenum Publishers (2004)
- [21] Teck-Hua Ho and C. S. Tang (eds.): Product Variety Management, Kluwer Academic Publication (1998)
- [22] J. M. Swaminathan and S. R. Tayur: Stochastic programming models for managing product variety, In Sridhar Tayur, Ram Ganeshan, Michael Magazine (eds.): Quantitative Models for Supply Chain Management, Kluwer Academic Publication, pp. 585-622 (1998)
- [23] S. Chopra and P. Meindl: Supply Chain Management Strategy, Planning and Operation, Prentice-Hall (2000)
- [24] 曹徳弼, 中島健一, 竹田 賢, 田中正敏：サプライチェーンマネジメント入門, 朝倉書店 (2008)
- [25] URL: <http://www.nswest.co.jp>
- [26] NSW: NSW Company Profile-Passion create the future (2016)
- [27] E. Hollnagel, D. D. Woods and N. Leveson, 北村正晴 (監訳)：レジリエンスエンジニアリング概念と指針, 日科技連 (2012)
- [28] 上野信行, 栗栖 優, 韓虎剛, 奥原浩之：在庫管理におけるレジリエンス向上のためのリスク評価尺度の考案, 県立広島大学論集, **6-1**, pp. 43-56 (2014)
- [29] 田口雄基, 上野信行, 奥原浩之：AVaRに基づく多期間リスク評価尺度の提案—内示生産システムにおけるレジリエンス向上のための指標づく

- り一, 第53回日本経営システム学会全国発表大会予稿集, (2014.10)
- [30] 上野信行: 内示生産システムの体系化についての考察—システム特性・分類・レジリエンスと展開—, 第40回日本生産管理学会全国大会予稿集, pp. 73-76 (2014.9)
- [31] 上野信行, 田口雄基, 奥原浩之: AVaR に基づいた週間生産計画法の提案—ゲーム理論的アプローチ—, 日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌 TORSJ, 58, pp. 101-121 (2015)
- [32] 大野勝久: Excel による生産管理, 朝倉書店 (2011)

(付録) 安全在庫とリスクプーリング

需要の変動に対するバッファとなる在庫を安全在庫いう。需要の分布特性が正規分布で, 標準偏差が σ であらわされ, かつ調達のリードタイムが L の時には適正な安全在庫は, σ と

\sqrt{L} に比例する [32]。

不確実な需要量をもつ品種を別々の倉庫から供給する場合 (ケース A) の安全在庫の合計に比べて, 単一の倉庫から供給する場合 (ケース B) の安全在庫の合計は小さくなり, 後者の管理の仕方をリスクプーリング [17] という。需要の分布特性が正規分布で, 標準偏差が σ であらわされ, かつ調達のリードタイムが 1 の時には, ケース A の安全在庫の合計は, 2σ に比例し, ケース B の場合の安全在庫の合計は, $\sqrt{2}\sigma$ に比例する。

したがって, ケース B の場合の安全在庫量は, ケース A の $\sqrt{2}/2$ (約0.71倍) になり, 約30%減少する。