

第3章 生産性と追従性の両立に果たした生産管理技術をレビュー

1 トヨタ生産方式は万能か



1.1 多くの企業がお手本としたトヨタ生産方式

生産現場が抱える様々な問題に対して、トヨタ生産方式は良きお手本であった。トヨタ生産方式を取り入れればトヨタのようなすばらしい会社になる、といった風潮も後押しし、工場のみならず、病院や郵便局、官公庁などまでもが競ってとりいれた。

トヨタ生産方式の導入により素晴らしい結果が出たという報告が繰り返される一方、次のような指摘もある。

ハーバード・ビジネススクールが行った4年間にわたる大がかりな調査研究の結果によれば、「トヨタは驚くほどオープンにそのノウハウを披露してきた。しかし不思議なことに、上手に再現できたメーカーは皆無である。数千という企業から数十万人ものマネジャーがトヨタの工場を訪問したが、トヨタに匹敵するような成果を上げることはできなかった」¹

日本でも同様な声が聞かれる。

「トヨタ生産方式を教えるコンサルティング会社もあまたある。その改善方法の多くはパッケージ化されている。しかし、いくら出来合いのトヨタ生産方式を導入しても、本当に成功する企業はほとんど出てこない。現状のひどい生産システムを改善することにより、一時的に大きな成果を出すことはそれほど難しくはないが、それ以上はよくなり、システムは古びていくばかりなのに、社員による自主的な改善活動は根づかず終わってしまうことのほうがはるかに多い」²

生産の教科書的なトヨタ生産方式も、他の多くの製造企業が直面する問題を解決しているようにはみえない。

1.2 トヨタがうまくいくわけ

トヨタを再現できた企業よりできない企業のほうが圧倒的に多い。では、なぜトヨタはうまくいくのか。トヨタは典型的な月次見込み生産を行っている。向こう3ヶ月の生産計画

¹ ダイヤモンド・ハーバード・ビジネス 2000年3月号 ケント・ボウエン、スティーブン・スピア共著、坂本義実訳

² トヨタ式最強の経営 2001年6月 柴田昌治、金田秀治共著 日本経済新聞社

第1部 生産管理の新機軸を求めて

を策定する。直近の月を確定し、翌月、翌々月は予定。それを毎月修正しながらローリングする。確定された月間生産計画の変更は原則的にはない。但し、顧客の注文を「座席予約方式」で引き当て、色やエンジン形式、各種装備など生産開始3~4日前までに修正する（修正範囲の制限はある）。先に挙げた対立がどのように解消（あるいは緩和）されているのであろうか。簡潔にまとめてみると、

- ・ 車種の月間生産計画の変更はない（生産計画は固定）。
- ・ 生産途中で注文と一致する車種に引き当てて、可能な仕様変更を行う（生産計画可変）。
- ・ 注文に引き当たらない車は初めに決めた仕様で完成し、完成車在庫となる。

この状態を図3-1に示す。対立は解消していることがわかる。もう少し詳しくみていこう。トヨタ生産方式を特徴づける平準化生産、タクトタイムでの同期生産、かんばん、あんどん、ニンベンのつく自動化、ジャストインタイム、多品種混合ライン、ムダの徹底的排除など、は「生産性」の向上を狙ったものだ。と同時に整流化が進み生産リードタイムは短くなる。生産リードタイムの短縮は「追従性」の向上に利するとともに、「生産性」の維持・向上にも寄与する。一方、制限はあるものの、顧客の仕様に合わせて組立を行うことができるので、完成後直ちに顧客への納入ができる。完成車両での在庫の必要がないため、在庫負担がなくなり、ディーラーも含めた企業グループの利益向上につながる。言い換えれば、生産性の向上に寄与する。また、月次でのローリングにはディーラー側と生産側の需給ギャップの調整の機能もある。図2-4の破線矢印（ネガティブの影響）は図3-1では実線矢印（ポジティブの影響）になっていることに留意いただきたい。

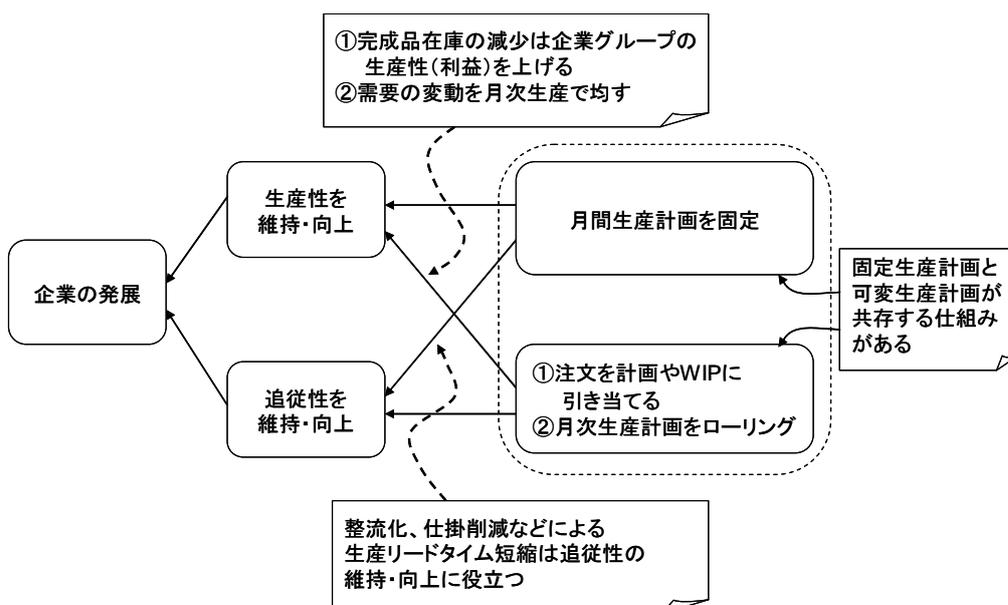


図3-1 トヨタの生産管理、対立解消の構図

トヨタの事業環境も考慮したい。最終消費者がクルマを購入すると行政機関に登録される。官庁が発表する統計データで、他社も含めて市場での販売情報を比較的正確につかむことができる。また、クルマは納車に2~3ヶ月かかっても客は買うし、売れ行きはあまり季節によって変わらない。モデルチェンジは4~5年に1回。その間はマイナーチェンジでつなぐ。大部分の部品のライフサイクルは年単位であり、モデルチェンジをまたいで使われる基幹部品の寿命はさらに長い。またサプライチェーンの中で、多くの商品は顧客か販売サイドに決定権がシフトしているが、自動車は依然として完成車メーカーに主導権がある。このようなことがトヨタ生産方式の成立に有利に働いているといえる。

1.3 トヨタ以外の自動車メーカーは

トヨタ以外の自動車メーカーはトヨタを再現できただろうか。答は「Yes and No」であろう。なぜNoか。下世話に言えば、ホンダや日産などのコンペティターが「トヨタ」の名をかぶせた生産方法など採用するはずはない。たとえそれがトヨタ生産方式に酷似していても、である。世の評価によれば、トヨタ生産方式は物理的・技術的な要素と企業風土の融合したものだという。各社で異なる企業風土を持つ自動車メーカーの生産方式は、仮に物理的・技術的要素がトヨタに似ていても、トヨタ生産方式とは言いがたいことになる。

Yesの理由は何か。トヨタも含めて自動車メーカーの事業環境はほぼ同じである。3ヶ月の生産計画をローリングしながら月間生産計画を固定して生産する。仕様を決めて完成車を見込み生産すると同時に、途中で注文仕様に応じる受注生産的な生産も行っている。

トヨタが注目を浴びるようになったのは1973年のオイルショックのときだといわれている。同業他社が軒並み業績を悪化させる中で、トヨタの業績低下は軽微であった。

トヨタは1990年以降、海外での生産台数を右肩上がり増やしてきた。2000年以降は増産のペースをさらに上げている。トヨタ生産方式の評価を代表する在庫回転率をみてみよう。1993年23回/年だったものが2006年には10回/年に下がっている。その間、GMやホンダは在庫回転率を改善しているのである³。トヨタは海外での生産拠点を広げる過程で在庫回転率を低下させてしまった。生産拠点が分散すれば在庫が増えるのは当然ではあるが、この低下具合はトヨタ生産方式の限界を示しているようにも感じる。そして2008年のリーマンショック。同業他社と比べてトヨタのダメージは大きかった、と報じられている。

³ Best Practices in Lean Six Sigma Process Improvement, Richard J. Schonberger, John Wiley & Sons, Inc.

第1部 生産管理の新機軸を求めて

自動車各社は自社に合った方法で「生産性」と「追従性」の改善を続けた。基本的には見込み生産の固定部分と顧客の仕様に応えるための可変部分の組み合わせであるが、企業によって重きを置くところは異なる。中には現代自動車のように脱トヨタ生産を掲げる企業もある。トヨタには一日の長がある。これは認めなければならない。しかし、トヨタの海外生産規模拡大の中でみられた在庫回転率の低下やリーマンショックのダメージをみれば、トヨタ1社が抜きん出ているというよりは、トヨタと他の自動車メーカーとの差はあまりないようだ、とみえる。

感覚的ではあるが、トヨタ以外の自動車メーカーもトヨタを再現しているとみてよいのではないか。トヨタ以外の自動車メーカーの生産方式にトヨタの名をかぶせる違和感を考慮して、自動車メーカーの生産方式をクルマ生産方式と仮に呼んでおく。

1.4 多くの企業がトヨタを再現できない理由

問題は、それ以外の製造業だ。どこのメーカーからでも買える製品や寿命の短い製品をつくっている企業、決定権が市場にシフトしてしまった産業に属する企業、大企業の気まぐれな納入指示に逆らえない下請け中小企業などだ。これらの企業で固定生産計画を維持することはできるだろうか。努力して少しの変動を受け入れることができたとして、その範囲内に変動を収めることができるだろうか。多くの企業は、図2-4に示す妥協で管理を行わざるを得ないのではないか。その結果、先に挙げた生産現場の諸問題を抱えることになる。

そのような問題を抱えている企業がとった打開策のひとつがトヨタ生産方式の導入なのであろう。トヨタ生産方式を導入するとどうなるか。生産計画がころころ変わる中で「平準化」はできない。「かんばん」もまわらない。仕掛・在庫は初めは減るがすぐに頭打ちになる。仕掛・在庫は邪魔物だ。たらい回しが始まる。5Sだといって掃除に明け暮れる。やる気がないといって、大声を張り上げる「モラル訓練」。成果のでない、やらされる改善が続く。改善どころか改悪になる場合さえある。

トヨタを再現できない企業の多くは、もともとトヨタ生産方式が成立しない環境の中で事業を行っている。そこにトヨタという更なる混乱要因をぶち込むことになる。トヨタの再現とはなりえないのは明らかだ。

2 情報処理技術は生産計画サイクルを短くしたか

情報処理技術は生産管理にどのような影響を及ぼしたであろうか。

前章でも触れたが、フルライン戦略を進めた GM は市場の販売と生産を結びつける仕組みを構築した。当時（1930 代）GM では 10 日（旬）ごとに販売数、受注数、在庫数、販売予測などの情報を収集し、生産計画に反映していた。それは、現在、多くの企業で採用されている標準的な生産管理の仕組みの原型でもあった。

1920 年台から現在まで、需要は指数関数的に拡大し多様化してきた。もはや手作業で処理することは不可能だ。情報処理技術の発達は、一連の生産管理に関する作業効率の向上に多大な貢献したことは万人周知の事実である。

では、生産計画のサイクルはどうだろうか。現在多くの自動車メーカーや他の製造会社では月次サイクルで行われている。一部では旬や週次生産計画もあり、また月次から週次への改善の報告も多数ある。

生産計画サイクルは情報処理能力だけで決まるわけではない。生産計画を練り上げる過程で起きる、様々な企業、組織、人との調整作業は時間がかかるものである。さらに膨張する事務作業量を考えれば、多くが月次サイクルである現状は、情報処理技術の発達によって支えられているとみていい。それがなければ生産計画サイクルはもっと長くなっていたであろう。

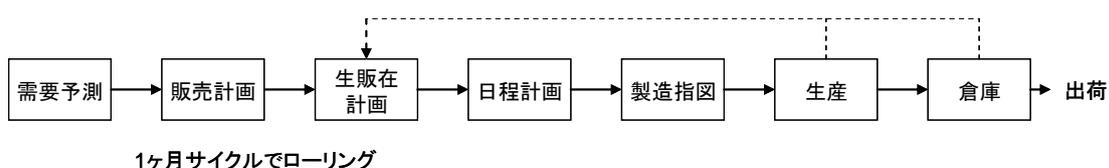


図 3-2 代表的な生産管理サイクル（図 1-1 を再掲）

3 スケジューリングと情報処理技術；歪んだ期待

生産計画から日程計画が作成され、それに従って生産が行われる。日程計画はできるだけ生産効率が高くなるようにスケジューリングされる。スケジューリングの要点は、オーダーごとに工程別の作業に展開し、実行順序と時間を決め、それにリソースを割り当てることである。

第1部 生産管理の新機軸を求めて

スケジューリングで最も重要なことは実行可能なことである。しかしながら、予め決めたスケジュール通りにことが運ぶことは、むしろ、まれである。スケジュールと実行結果の乖離は、その後の実行可能性を危うくする。となれば、スケジューリングは実際とのずれを短時間で修正する能力を持たなければならない。

そのために必要な条件を挙げてみると、

- ・ データの信頼性が高い
- ・ 実行データをリアルタイム（あるいは短時間）で入手し、再スケジューリングが柔軟にできる
- ・ 会社レベルで評価項目の合意がとれている

などである。さらに、スケジューリングで最適化はどの程度可能なのか、スケジュールの役割はなにか、などについても検討する。

3.1 容易ではないデータの信頼性維持

スケジューリングに必要なデータは、製品マスター、部品マスター、部品表、工程順マスター、設備マスター、段取り時間、歩留り・不良率、標準時間、バッチサイズなどなど。これらのデータが正確でなければ、いくら詳細なスケジューリングを作成しても狂いが生じる。信頼性の高いデータを維持できるかどうか、スケジューリングの質を決めるポイントとなる。

標準時間一つとっても実際と合わなかったりすることは日常茶飯である。改善や設計変更で作業時間は変わっているのに、そのままになっていたりする。これを避けるためにはデータ整備に多大な時間と労力をつき込まなければならない。これとて一度整備すれば事足りるものではない。いつまでも同じ製品をつくっているわけではないからだ。製品が同じでもつくり方は変わる。ましてや、受注生産環境では多品種・少量で変量、しかも製品寿命は短い。データは次から次と変化し続ける。これらのデータの正確性を高く維持することは並大抵のことではない。

3.2 再スケジューリングの柔軟性は実行データの即時性が必須

データの正確性が不完全であることに加え、さまざまな変動要因がある。仕様の追加・変更、納期の前倒し、注文のキャンセル、工場内では設備の故障、部品の不良、キーパーソンの病欠などなど、挙げたらきりが無い。当初立てたスケジュール通りに生産が進むことよりも、そうならないことの方が多い。スケジュールと現実の乖離をそのままにしていたのでは、その後の再スケジューリングはできなくなる。再スケジューリングを継続的に行

うためには実行データをリアルタイム（あるいは短時間）で取り込む必要があるが、これも簡単ではない。

3.3 評価項目の合意がなければ

会社レベルで評価項目の合意がとれていることも重要である。製造や営業など、担当部署によって最適項目が異なる。製造は設備や人の生産性を高くしようとし、営業は短納期でつくるよう要求する。どちらを優先してスケジューリングをすればいいのか、スケジューリングの問題というよりは経営方針の問題である。

それだけではない。仮に、スケジューリングの目的は作業の効率化だとして。では作業の効率とは何ぞや。ある決められた作業時間にできるだけ多くのオーダーを処理することか、あるいは、ある決められたオーダー件数をできるだけ短い作業時間で処理することか、あるいは設備の効率を最大にすることか、コストを最少にすることか、関係者間で合意されていなければならない。でなければスケジュールを立てることはできない。

3.4 スケジューリングによる最適化の限界

最短作業時間を求めるスケジューリング理論にジョンソン法という手法がある。但し、以下の条件付である。

- ・ 2工程であること
- ・ タスクの時間が確定している（変動なし）
- ・ 納期は無視する
- ・ タスクはいつでも着手可能
- ・ タスクの飛び越しはなし

この条件下でしか最適解が得られないのであれば、実用上、スケジューリングによる最適化はできない、と考えてよい。

最適化はあきらめるとして、予めタスクをスケジューリングするメリットはないのか。一般的にいわれるスケジューリングのメリットは、

- ・ リソースの負荷の平準化
- ・ タスクの時間管理や進捗管理
- ・ 関係者間の予定情報の共有

などであろう。最適化にはならなくても、スケジューリングはリソースの効率や時間管理

には有効であることに異論はない。

では、このような場合はどうだろうか。今、P1～P10 の 10 工程から成る直列生産ラインがある。処理時間は各工程すべて 10 分である。工程間の移動時間は考えないことにする。これをスケジューリングすれば、最初の工程は 0 分から 10 分、2 番目の工程は 10 分から 20 分、、、10 番目の工程は 90 分から 100 分で、投入から完成まで 100 分で完成、となる。10 分間隔で投入すれば効率は 100%ということになる。

現実を考えれば注文はランダムに舞い込み、処理時間はばらつく。注文の到着間隔を平均 10 分の指数分布、処理時間を平均 10 分のアーラン分布 (k=2)⁴で変動させたとき、各工程の通過時間がどうなるかをシミュレーションしてみる。結果の 1 例を図 3-3 に示す。例えば P8 工程の終了時間をみてみると、100 分から 260 分のバラツキがある。あるいは、投入後 100 分の時点を見てみると、P2 工程で処理が始まるオーダーがあるかと思えば P7 工程で処理が終わっているオーダーもある。

このようにオーダーごとに処理時間がばらつき、工程への到着時刻が変動するとき、どのようなスケジューリングすればいいのだろうか。

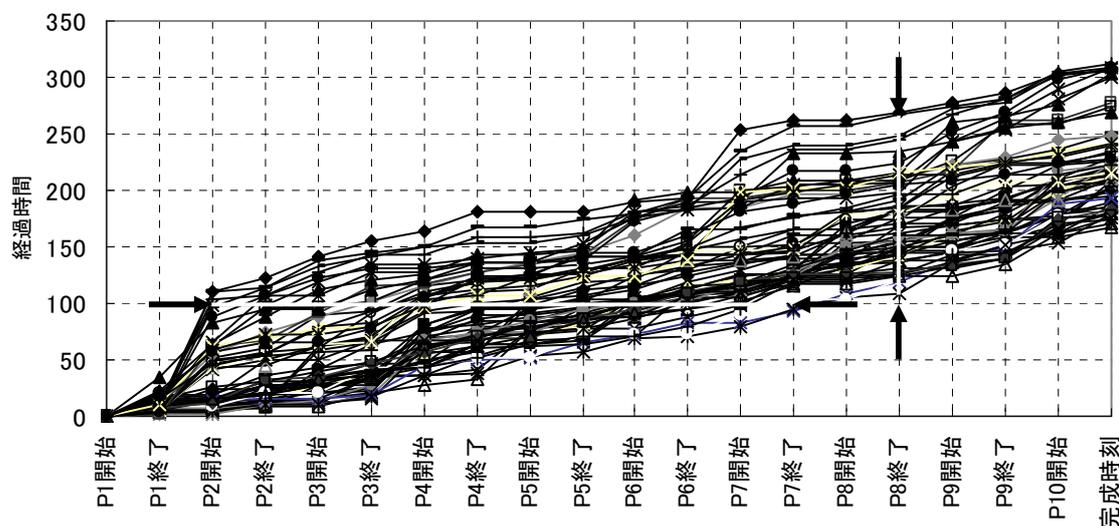


図 3-3 工程ごとの経過時間の一例

タスクに余裕を含めた処理時間にしてはどうか。つまり各工程の処理時間を 10 分ではなく、例えば 15 分とかにする。工程の前に仕掛があっても決められた時間が来なければ作業を開始しないというルールにする (スケジュール通り作業をする)。これをスケジューリングす

⁴ 指数分布、アーラン分布については第 6 章の図 6-1 を参照

れば、最初の工程は0分から15分、2番目の工程は15分から30分、、、10番目の工程は135分から150分で、投入から完成まで150分で完成、となる。つまり、150分未満で完成するオーダーはなくなる。それでは、150分以上かかるオーダーはなくなるのか、ということそうではない。

15分を20分にしても待ち時間が長くなり、投入から完成までのリードタイムが長くなるだけである。

コンピュータはデータの処理や取り込み、プログラムの切り替えなどのスピードの速さから、金属でできた機械に比べはるかに柔軟だ、というイメージがある。コンピュータの利用でスケジューリングはもっと柔軟になるといった期待はあったが、どうもそうではなさそうだ。

スケジュールは、いかようにもつくることはできるが、実行可能性を条件とすれば、とたんに融通がきかなくなる。それどころか、コンピュータによってより複雑なスケジューリングが可能となったがゆえに、スケジュールで固定され、変えようにも変えられないタスクで埋め尽くされ、がんじがらめになるのである。

ばら色の世界が到来するかのようなAPSの宣伝文句とは裏腹に、APSをうまく使いこなせない事例が圧倒的に多いといわれている。むべなるかな。

スケジューリングは、もともと、がんじがらめで融通がきかないものである。高度な情報処理技術を組み合わせたとしても、スケジューリングの本質が変わるわけではない。日程計画の柔軟性に大いに貢献するかにみえるスケジューリングではあるが、実際は、計画の複雑化と硬直化を助長しているのではないか。

4 TOCの貢献と限界

トヨタ生産方式とは対極的な立場で生産のあり方を提案したのがTOCである。「生産ラインの能力はボトルネック工程のそれ以上にはならない」という極めて単純な現象から生産管理の方法論を導き出したものである。

4.1 ドラム・バッファ・ロープ (DBR) が機能しない理由

ボトルネック工程は生産のペースを決めるドラム。投入からボトルネックまでの到達時間(時間バッファ)を十分にとって、ボトルネック工程のスケジュールをロープで投入口

第1部 生産管理の新機軸を求めて

と結ぶ。この方法をドラム・バッファ・ロープ（DBR）と呼ぶ。

ボトルネック工程は負荷が低いときはボトルネックにはならないので、ボトルネックの代わりにCCR（Capacity Constrained Resource）と呼ぶことが多い。

CCRの能力は生産ラインの生産性を決めている。だから1秒たりともムダにはできない。例えば、CCRを通過するワークが、別のルートでつくられている部品と組み立てられる場合、部品の到着が遅ればCCRの時間が無駄になる可能性がある。それを防ぐためには組立部品は前もって到着させなければならない。そのために組立バッファが必要になる。また、出荷納期を守ることは最も重要なことなので、それを出荷バッファで保護する。つまり、CCRバッファ、組立バッファ、出荷バッファの3種類の時間バッファを適切に設定し、CCRの能力を最大限に引き出すスケジュールを立てる。そのスケジュールを基準にバッファマネジメントと呼ばれる工程進捗管理を行う。

DBRによって図2-3に示した対立はどのようになるだろうか。DBRでスケジューリングすることで「生産性」⁵を最大にすることができる。しかし、現実の生産ラインではCCRバッファが複数あったり、動き回ったり、また組立バッファも複数あることが多い。このような生産ラインで実行可能なスケジューリングを組むことは容易なことではない。バッファ数の増加とともにスケジュールそのものが収束しない場合もでてくる。

また、バッファの消費状態を緑、黄、赤の3ランクで表示し、進捗の管理を行うのであるが、一つのワークがCCR、組立、出荷バッファで異なった優先度を示したり、あるいは、一つの工程で複数のワークがある場合、それぞれのバッファが異なった優先順を示すなど、管理の煩雑さが増すことになる。予め決めた計画から乖離すれば、再度スケジューリングをやり直さなければならない。簡単な生産ラインは別としても、再スケジューリングには多大な時間と労力が必要で、実行は困難である。つまり「生産性」の向上にはなるが、「追従性」の改善にはほとんどなっていないといえる。

4.2 改良版S-DBRへ；捨てきれない制約への執着

そのような欠点を改良したのがS-DBRである。S-DBRでは制約は常に市場にあるとし、CCRバッファと組立バッファを廃止し、出荷バッファだけにした。またCCRでの処理順序依存性はないとしてCCRでのスケジューリングを省略した。CCRの管理にはCCRバッファの代わりにCCRの計画負荷を使う。計画負荷は投入済みオーダー全部のCCRでの処理時間である。計画負荷によって投入や納期の調整を行う。優先度は出荷日を基準とする。

⁵ ここでの生産性は（売上－直接費）÷CCRの占有時間

例えば、出荷バッファが10日とする。計画負荷が5日とすれば、これから投入するオーダーはCCRを通過するのに最低5日はかかるとみる。その後はスイスイ流れて2~3日で完成するとすれば7~8日で完成し、納期は守れる。計画負荷が9日では納期遵守は危うくなる。このように計画負荷をみて投入や納期の調整を行う。

DBRは「生産性」の向上には寄与したが、「追従性」に対しての貢献はほとんどなかった。S-DBRは時間バッファを一つにしてCCRのスケジューリングを省略したことなどで、計画の柔軟性が大幅に向上し、「追従性」を向上させている。「生産性」を犠牲にすることなく「追従性」をこれまでにないレベルで改善したといえる。

しかし、工程の進捗管理に使う3等分したランクの幅が広いことと、実際の緊急度とランクにずれが感じられることなどで管理の精度が落ちるとともに、煩雑になる弱点も指摘されている。このことは「追従性」の向上の足かせとなる。

さらに重要なことは、制約は常に市場にあるとする前提にもかかわらず、生産ライン内に制約が出現することは避けられないという事実起因する。CCRが複数あったり、動き回ったりする場合は計画負荷の設定があいまいになる。解決策としては工程能力を追加して常時CCRが1箇所固定されるようにしなければならない。工程能力を追加することはいつも簡単にできることではない。時間もかかるし費用もかかる。適用範囲が狭くなる所以である。

DBRからS-DBRへの方向転換は、大胆で且つ的を射たものであったが、制約理論が故の制約への執着が、S-DBRの適用範囲を制約しているようにもみえるのである。