

この原稿は、工業調査会より、2004年11月に刊行された「生産現場情報化ハンドブック」に記載されている小林英三の「生産現場とTOC」の転載です。（転載許可を受けています）

---

## 生産現場とTOC

そもそも、現実の生産現場それ自体の中だけに限らず、フロー的に生産現場を挟む顧客需要、および、仕入先からの納入にも、不確実性 (uncertainty) と統計的変動 (statistical fluctuations) が存在する中で、生産活動を行わなければならないという事実を認めた上で、計画を立て、スケジュールを作成する必要がある。結論的に言えば、「工場内を、きっちりと、詳細にスケジュールする」ということは、一般的に、実行不能なスケジュールを作成することを意味する。なぜなら、不確実性と統計的変動により、そのような、きっちりした、詳細なスケジュールは、短い命しか持たず、実行不能になってしまうからである。TOCは、あらゆるところに存在する不確実性と統計的変動の存在を前提に、「頑健 (robust)」なスケジュールを作成することを意図する。

なぜ、多くの有能な生産管理者が、うまく、現場の生産活動をコントロールできないかについて、ビル・デットマーとエリ・シュラーゲンハイムは、その著書、「制約が市場にあるとき」(小林英三訳、ラッセル社刊)の中で、**図1**。「製造業で一般に見られる現状問題構造ツリー」を示し、その理由を明確に記述している(ここで、矢印は「因果関係」を示し、また、楕円は「and 条件」を示している)。

この図を下から上に読んでゆくと、「複雑なシステム内に存在する因果関係を、十分には理解していない」ということから、「どの方針が上手く機能するかを、試行錯誤的に見つけようとする」ということが行われ、また、「生産業務は複雑なシステムである」ということと、「複雑なシステム内に存在する因果関係を、十分には理解していない」ということから (and 条件)、「先験的には、生産環境を完全には理解できない」、「なにが重要で、なにが重要でないかが判らない」、さらには、「直感的に、情報は多ければ多いほど役立つと考える」ということと重なり合い、「できるだけ多くの情報を集めようと試みる」ことになる。そして、「情報の波の中で、溺れる」ことになる。

他方、「市場は、いろいろな出来事の結果、ダイナミックに変動し、変化すること」、「供給面、生産現場には、不確実性が存在する」ことが重なり、「その結果、優先順位、負荷、その他のパラメータは、止むことなく変化する」ということになる。そして、「変化により、情報がさらに生成される」ので、「時間が経過するにつれ、いよいよ情報が生成されてゆく」ことになり、「できるだけ多くの情報を集めようと試みる」とことと重なり、「情報の波の中で、溺れる」ことになる。このようにして、究極的には、「生産システムを、ほんのすこしだけしか、コントロールできない」ことになり、競争相手次第によっては、「生き残れない」ということになる。

製造業で一般に見られる、もう一つの現状問題構造ツリーを図2.に示す。このツリーでは、「企業内の内部資源は、資源間にたくさんの依存関係を持ち、全体として一つのシステムを構成している」ということ、および、「各資源は、他の資源とは異なる、有限のキャパシティを持っている」ということから、「内部資源の多くは、自分のキャパシティよりも大きい、または、小さいキャパシティを持つ別の資源に依存している」という事実につながり、TOCの大きな主張である「従属する部分部分から構成されているシステム全体（会社）は、能力の一番低い資源が生産する以上には生産できない」という当たり前のことと共に、「極端な場合、依存連鎖の中の、ごく少数の（多分、たった一つの）資源のみがフル稼働で、他の資源は、すべて使いきれていない」というよく見られる事象が発生することになる。

他方、「（需要のような）外部変数は、極めて不確実なものである」ということ、および、「需要の短期的な変動により、会社の内部資源への負荷が変化する」ということから、「需要の変動により、内部資源の負荷は、気まぐれに変動する」ので、「長い期間で見ると、殆どの資源が、完全に生産的には使われていないように見える」ので、「マネジャーは、内部資源が効率的に使われるように管理することを求められている」（重要な根本原因）こと、そして、「未利用キャパシティを持つ資源への負荷を大きくすると、所属している従属連鎖内の他の資源を過負荷にしてしまう」にもかかわらず、これらより、「マネジャーは、通常、効率性を高めようとして、システムの負荷を高める」ので、「過負荷の状態にあるシステムには、仕事が停留する（待ち行列）」という当たり前の事象と共に、「生産に長い時間が掛かる（納期に遅れる）（UDE: undesired effect、望ましくない結果）」ことが発生し、「市場（顧客）は、長い納期に不満」なので、「もっと早く納品できる会社に顧客を取られる（もう一つのUDE）」ことを招来する。こうして、TOCの観点から見て、1)「システムには目標がある」、2)「部分最適の和は、全体最適をもたらさない」、3)「ごく少数の変数がシステムの業績を制限している」という、制約管理の三つの前提より、次の二つの結論を得る。

結論1： 各資源の効率性を高く維持し、かつ、市場の要求に応えることは可能ではない

結論2： 会社の内部資源のすべてを、効率性を考えて、高い負荷で稼働させようと試みることは望ましくない（してはいけない）

それでは、このようなUDEをもたらすようなことを、なぜ、有能な現場の管理者が行ってしまうのだろうか。それは、伝統的な価値観より、「マネジャーは、内部資源が効率的に使われるように管理することを求められている」からである。

図3. のツリーは、「制約管理ハンドブック」、ジェームス・F. 3 コックス 他著（小林英三訳、ラッセル社）の「製造業における伝統的業績評価システムの現状問題構造ツリー」であるが、この図により、その根本的な理由が、「一般に良く見られる伝統的業績評価システム」にあることが示されている。すなわち、一般に、「企業組織内では、日々の業務業績をモニターするために、部分業績評価尺度が必要である」ということ、「伝統的な業務業績測定システムでは、製品原価を引下げるのが最重要目標であると考えられている」こと、「今日、直接労務費は非常に高価なものである」と考えられていること、「今日、生産資源は非常に高価なものである」と考えられていることから、「資源稼働率は、原価に直結する部分業績評価尺度であると信じられている（資源稼働率が高ければ高いほど、製品原価は安くなる）」、「直接労務費の効率性は、原価に直結する部分業績評価尺度であると信じられている（直接労務費の効率性が高ければ高いほど、製品原価は安くなる）」という信念が生まれてくる。そうすると、「業務マネジャーは、継続的に資源稼働率を高めようと努力する」、「業務マネジャーは、継続的に直接労務費の効率性を高めようと努力する」、「業務マネジャーは、資源の稼働率と作業員の効率性を高めるため、段取時間を短縮し、バッチを組合せ、連続させる」ようになり、「資源稼働率を高める方法の1つは、部品の処理バッチを大きくすることである」こと、および、「部品1個当たりの直接労務費を小さくする方法の1つは、作業員に部品を作らせ続けることである」ということになり、そして、「現場の監督者は、資源の稼働率で評価される」、「現場の監督者は、直接労務費の効率性で評価される」という、一般によく見られる評価基準から、次のような事象が起きる。

1. 「時に、マネジャーは、資源を稼働し続けるためにバッチ・サイズを大きくする」
2. 「時に、顧客需要がないにも拘らず、マネジャーは、資源を稼働し続けるために、必要でない部品の大きいバッチを投入する」
3. 「時に、マネジャーは、作業員を稼働させるために、部品製造の投入を早くする」
4. 「しばしば、マネジャーは、段取時間短縮のため、バッチを組合せ、連続させる」

こうして、多くの生産現場でよく見られるように、

1. 「顧客オーダーが必要とする以上に、現場にはたくさんのバッチが存在する」
2. 「顧客オーダーよりも、プロセスバッチサイズは、はるかに大きい」
3. 「現場の監督者が、しばしば、バッチの仕上日、納期を無視する」

ということになり、その結果、「生産に長い時間が掛かる（納期に遅れる）」、「市場（顧客）は、長い納期に不満足」なので、「もっと早く納品できる会社に顧客を取られる」ことになる。

それでは、このような状況から、どのようにしたら脱却できるのだろうか。ゴールドラットはその著書、『ザ・ゴール』の中でボーイスカウトの行進の喩えを使い、隊列全体としては、足の一番遅い少年以上の速度では行進できないこと（ドラム）、したがって、先頭の少年を足の一番遅い少年にロープで結び、先に進み過ぎないようにさせて、足の一番遅い少年の速度に合わせさせること（ロープ）、足の一番遅い少年が、自分の都合でも、他の少年の都合でも、決して、立ち止まらないようにして行進させ続けること（バッファ）により、ドラムのペースで隊列を行進させ続けさせることの重要性を指摘した。すなわち、ドラム・バッファ・ロープ（DBR）システムである。

DBRでは、システム内のあらゆるところを厳密にスケジュールすることはせずに、このシステムの目的達成に戦略的に重要なポイントのみを管理する。それらは、制約資源、入口工程、組立作業、出荷作業、そして、もしあれば、分岐点、収束点である。その他の工程（制約でない資源）は、ディスパッチリストなどによる作業スケジュールを与えられることもなく、ただ、上流工程より流れてくるジョブを、FIFOベース（すなわち、優先順位を崩すことなく）で、着実にこなし、それを次工程に速やかに流すことだけを求められる。これは、地上を猛烈な勢いで走るか、または、びたりと止まってまったく動かないアニメキャラクター、「ロードランナー」に喩えられ、制約でない資源の作業員は、仕事があればそれを可及的速やかに処理して下流に流し、仕事が無ければ余計なことをしないで待つように求められる。これにより、設備資源、人的資源、仕掛品の盗用（stealing）が回避され、もともと、できるだけ「受注生産の原則」にしたがってラインに投入されるオーダーが速やかにラインを流れるようにする。

制約資源、組立作業、出荷作業の前には、タイムバッファを設置する。ここで、タイムバッファとは、制約資源、組立作業、出荷作業が予定通りに確実に行われるように、あらかじめ、これらでの作業が予定されている時刻よりも、一定時間だけ、早く到着するように、オーダーが入口工程に投入されることにより実現されるが、この一定時間がタイムバッファである。喩えて言えば、これは、ゴルフに車で行く朝、ゴルフ場までのルートを考え、混雑の程度を想定して、スタートよりも、例えば、1時間前に着くように、家をでることと同じである。そして、この1時間がタイムバッファである。この予定に従い、家を出ても、結果的に、ゴルフ場に到着するのは、スタートの2時間前かもしれないし、または、20分前かもしれないが、いずれにしる、スタートには間に合う。必要となるタイムバッファの大きさ（長さ）は、管理されるべきポイントに到着するまでの不確実性と統計的変動の関数である。多分、日本人の感覚では、その大きさを決めるため、まず、データを取り、その分布を考え、それから、タイムバッファの大きさを決定するという手順を取ると考えられるが、TOCでは、最初は、このタイムバッファを長めに取り、バッファへの到着状況を見て、すべてのオーダーが、十分過ぎる余裕をもって到着するなら、これを徐々に短縮してゆく。そうすると、バッファへの到着が遅れるオーダーが散見されるようになる。こうして、到着に遅れたオーダーを「バッファの穴」と呼ぶ。バッファのモニターは、毎日、頻繁に行う必要があるが、この穴の発生の原因を調査し、原因となった事柄を除去することで、「焦点を合わせた業務改善」が行うことができる。こうして、改善が進むと、バッファの大きさを小さくでき、全体としてのリードタイムがさらに短縮されて行き、仕掛品も少なくなる。こうして、「バッファ管理者」の役割は、きわめて重要な役割になる。

DBRでは、もう一つの重要な職務が生まれる。それは、いわゆる「スケジューラー」の役割である。DBRのインプリメンテーションに深い経験を持つ「制約理論（TOC）のインプリメンテーション」の著者マーク・ウオッペルは、このスケジューラーの組織上のレポート先を工場長ではなく、会社の収益性に責任を持つコントローラー（注：計数に基づく経営職能を担う責任者であり、日本では、経営管理部、経営企画室、社長室などがコントローラー職能を担っている[会計学大辞典]）のような役職にある人にレポートさせるべきであると言っている。なぜなら、このスケジューラーは、会社として生み出せる単位時間当りのスループット（原材料費 - 真の変動費）を決めてしまう威力を持っている「制約資源」を管理し、そして、単位時間当りのスループットの大きさは、生産活動のみならず、販売部門、購買部門などとの全社的な連携の取れた活動に依存するからである。つまり、TOC/DBRの成功には、「サイロの打破」が不可欠であるからである。こう考えると、スケジューラーになるべき人物は、現場を隅々まで知悉している工場内の生え抜きではなく、会社をシステムとしてみることのできる、かなり、シニアな人物であるべきということになる。

「TOCのインプリメンテーション」は、「コストワールド」から「スループットワールド」への移行、すなわち、原価を下げるのではなく、付加価値を最大にしようというパラダイム・シフトを意味する。したがって、最初にインプリメンテーションを行うときには、業績測定尺度の大幅な変更が不可欠になる。なぜなら、例えば、制約でない資源を担当する職長が、従来どおり、伝統的な作業能率、設備稼働率（部分最適業績尺度）の向上を企図すると、全体の流れを乱し、リードタイムを長くし、在庫増、スループットの減をもたらしてしまうからである。こうして、古い業績測定尺度を人々の頭の中から払拭し、それに代わって、TOC/DBRの意図していることに合致した業績測定尺度が必要になる。新旧の業績測定尺度の存在は、ダブルスタンダードになり、TOC/DBRの成功を妨げる。

TOCでの業績改善には、スループットを増大させる、仕掛品を減少させる、業務費用を減少させる、という三つの方策があるが、まず、スループットを増大させることを最重要視する。そうすると、付随的に、仕掛品が減少してくる。ただし、業務費用は、これを積極的に減少させようとは、一切、考えず、増えないように管理するという立場を取る。

TOCには、「スループット・ダラー・デイズ(Throughput-dollar-days)」、「在庫ダラー・デイズ(Inventory-dollar-days)」という尺度がある。スループット・ダラー・デイズは特定の日までに特定のオーダーを出荷することに失敗した実績を測定する尺度であり、換言すれば、納期遵守の度合いの尺度である。この尺度の定義は、納期に遅れたオーダーに、そのオーダーのスループットの大きさを対応づけ、それにオーダーの遅れた日数をかけて得られた数値である。例えば、100万円のスループットを持つオーダーが、10日遅れれば、1000万円という値が得られる。理想的には、これらの値を合計したものはゼロであるべき性格の指標であり、この指標を持つことは、仕損じ品の手直しを減少させ、品質を向上させるための動機づけにも有効といわれている。

在庫ダラー・デイズは過剰在庫の尺度で、例えば、満足できる納期遵守度を実現するのに1週間分の最終製品在庫があればよいと考えられているときに、10日分の在庫があると、3日分が余分であり、1日の出荷量を10単位とすると、3日分なので、過剰は30単位となり、この3日分の過剰在庫が発生しているとする、過剰在庫を解消するには当然3日かかる。この場合、価格を100万円とすれば、在庫ダラー・デイズは、 $100万円 \times \{10単位 \times (1日 + 2日 + 3日)\} = 6000万円$ と計算される。こうして、この業績尺度の値も、理想的にはゼロであるべきであると考えられる。これらの業績測定尺度は、ドラムに正しく従った原材料の投入を受け、全体として、作業を時間どおりに完成させ、仕掛品在庫を減少させるようにしむける尺度である。

最後に、DBRをインプリメンテーションする際のコンピュータ・ソリューションについて触れておく。

多くのベンダーが、自社のソフトウェアがTOCをサポートしていると言っている。マーク・ウオッペルによると、これらのTOC関連ソフトウェアは三つに分類される。すなわち、TOC confirmed（確かに、TOCに準拠している）、TOC claims（TOCをサポートしているとベンダーが言っている）、Haystack products（Haystack Compatibleである）の3種類である。そして、ウオッペルは、第一のグループに属すものとして、OPTとST-Pointを挙げ、また、第二のグループに属すものとして、Lilly Software、Adexa、Made 2 Manage、Factory Planner (i2)、Western Data Systems、SAP、Baanを挙げ、そして、第三のグループに属すものとして、Goal System、Thru-Put、ManuSyncを挙げている。すなわち、等しく、「うちのソリューションはTOCをサポートしている」といっても、それは、必ずしも、DBRをサポートしているわけではない。例えば、OPTは、DBRという概念が生まれる前に開発されたのだから、DBRをサポートしていなくても当然である。

DBRのインプリメンテーションの際、データ量が多いと、「ソロバン」となるHaystack Compatible DBRソリューションが必要となる。ここで、Haystack Compatible DBRソリューションとは、ゴールドラットが、その著書Haystack Syndromeで明らかにしたDBRアルゴリズムに忠実なDBRソリューションを指す。現在、日本で入手可能なこの種類のソリューションは二つある。すなわち、旧名をThru-PutというMAPICS SCM、および、ManuSyncである。前者は、DBRアルゴリズムに基づき開発されたものと言われ、後者は、いわゆるスケジューラー・ソフトウェアにDBR機能を追加したものである。いずれも、スケジュール作成者が、これらのソフトウェアをインタラクティブに使う、最終的に「これで行こう」というスケジュールを作成するものであるが、後者は、さまざまなwhat-ifも行える。これらのソリューションを購入する場合には、上の三つのグループの存在を認識し、実現したいことを明確に定義して、それから、その目的を実現できることを確認して意思決定を行うべきことは当然である。

図1. 製造業で一般に見られる現状問題構造ツリー その1

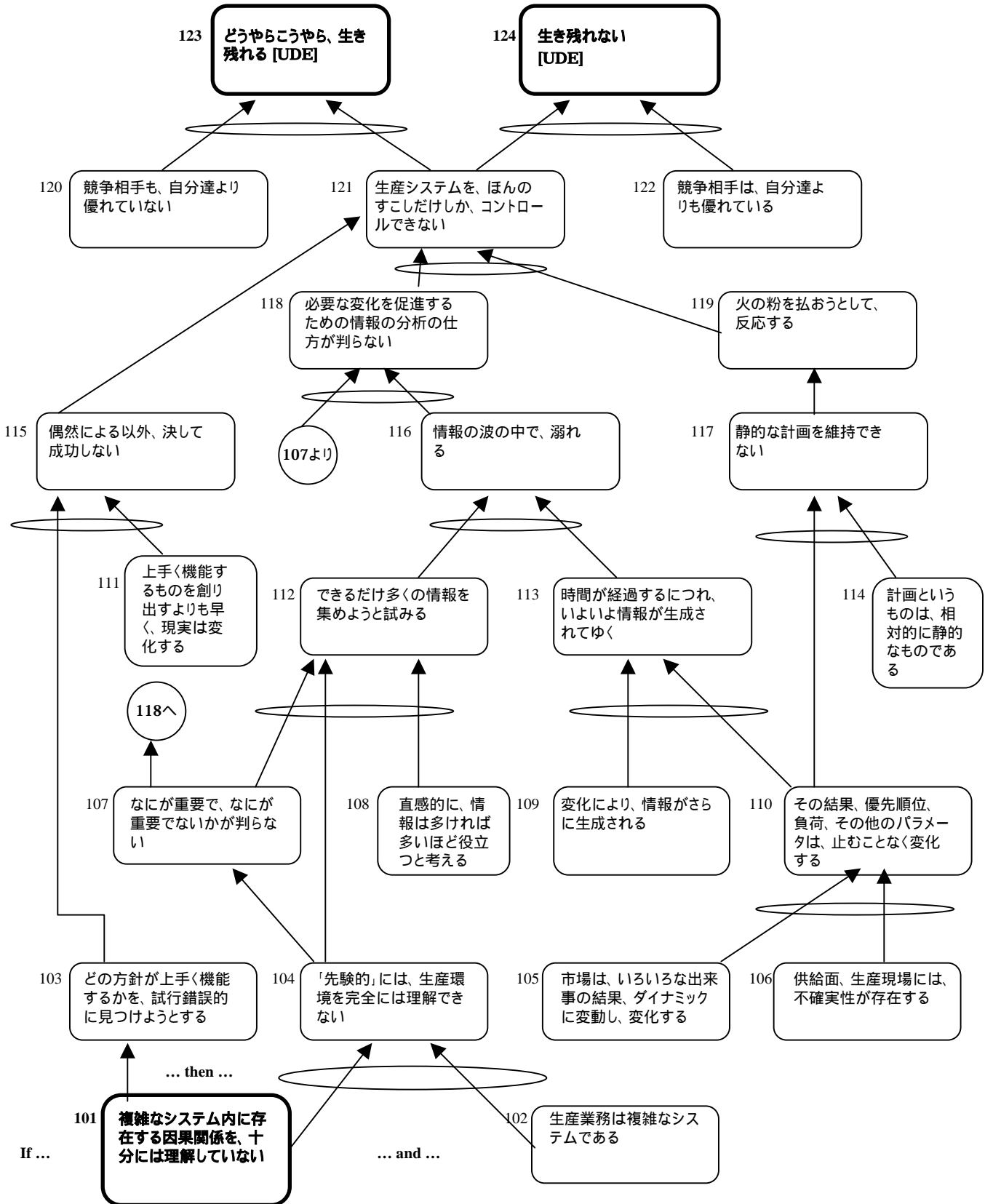


図2 製造業で一般に見られる現状問題構造ツリー その2

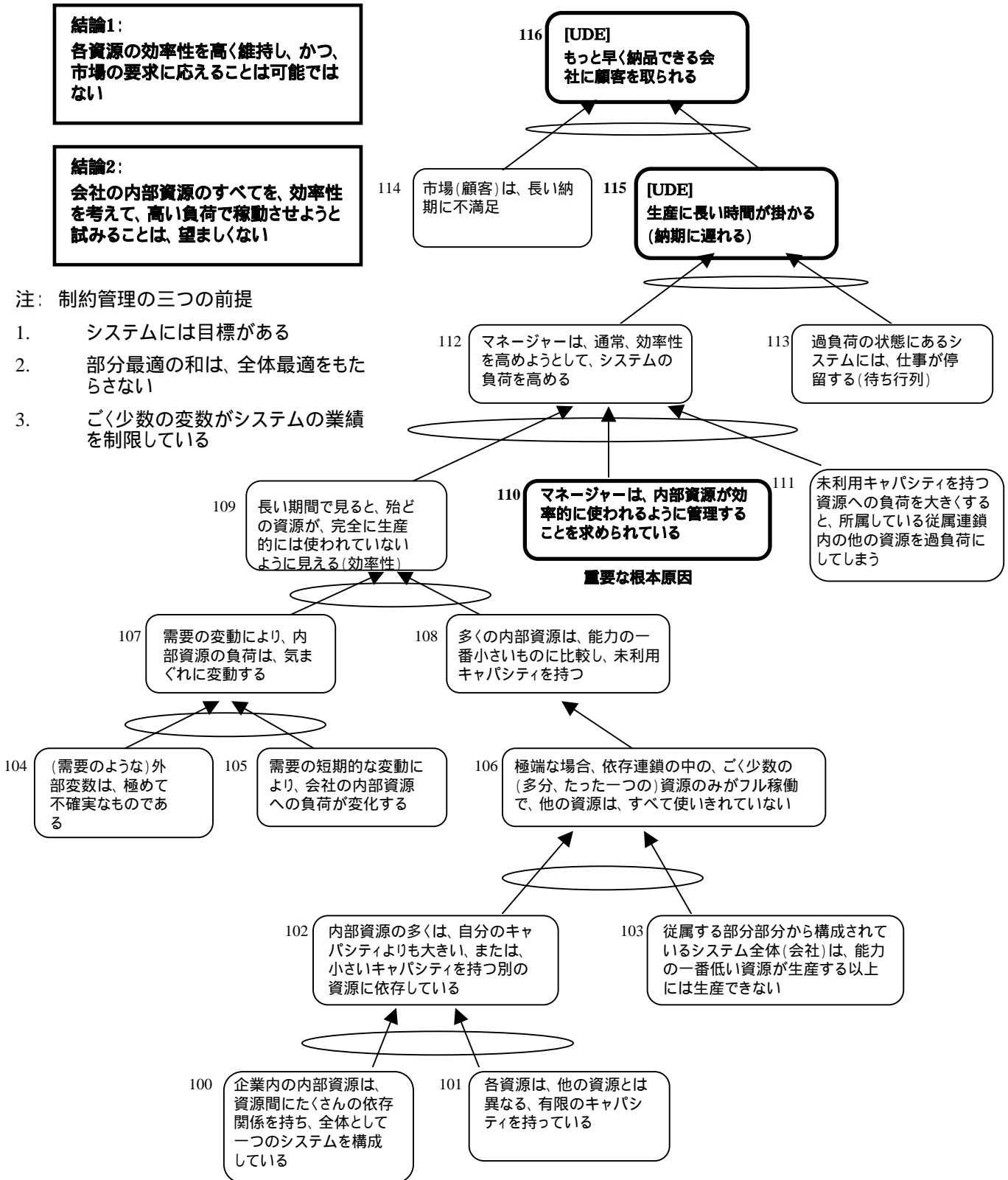




図3. 製造業における伝統的業績評価システムの現状問題構造ツリー

