

## 動的能力による設備劣化の把握について

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 西端, 敏 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/37077">http://hdl.handle.net/2297/37077</a>

# 動的能力による設備劣化の把握について

西 端 敏

## I. 緒 言

## II. 設備能力

1. 設備能力の意義
2. 設備能力表示の在り方

## III. 機械設備能力の把握方法

## IV. 動的能力による設備能力の把握について

1. 動的能力による関連構造の解析
2. 動的能力の適用に関して

## V. 結 言

## I. 緒 言

設備保全を行うにあたって、対象とする設備の能力およびその劣化傾向の確かな把握はもっとも基本的な問題である。

この問題は一見きわめて製造技術的分野に属すること、とみなされるかも知れないが、設備保全の直接的目的は云うまでもなく設備能力の効率的確保にあるので、設備能力の正確な把握は製造技術と共通した重要な出発点といえよう。とはいえ、設備保全における条件決定のためには、設備能力の表示は経済的尺度に容易に変換可能なものでなければならない点が単なる製造技術の問題と大きく異なるところである。これは、設備保全問題の評価が、設備を経営システムの一要素としてとらえることから、最終的には経済的尺度によらざるを得ない点を考えれば至極当然のことであろう。

現在、数多くの設備保全に関する研究がなされているが、それらの研究の殆んどすべてにおいて、設備能力の劣化傾向の定型的ないくつかのパターンを想定し、これを前提条件として議論を進めている。

これらの研究の中では、さらに様々な条件を仮定したうえで、例えば最速保全周期の問題や、復元量の問題について精密な議論が展開されているが、

これらの推論が先に述べたような設備能力および劣化傾向の類型的パターンから導き出されていることについて再考し、泥臭いかも知れないがこれから述べる設備能力の把握方法によって問題を再構成してみようというのが本文の主旨である。

さらに、保全問題における我々の研究の目的が、ある設備または設備群を対象としての最適な設備保全システムの設計およびそのための条件の解折にあるとすれば、設備の個有技術的な側面と設備保全システム評価のための経済的側面とその2側面を媒介する管理的側面に注目する必要がある。具体的に云えば、設備能力を管理の4特性（品質、納期、コスト、量）を媒介にして保全システム設計の問題との関連を解折し、逆の観点（システム設計の立場）から設備能力の表示は如何にあるべきかを考察するのが本研究の目的である。

## II. 設備能力

### 1. 設備能力の意義

設備とは、一般に高額の資本を投じた有形固定資産の総称であり、その範囲は広範であるが、ここでとりあげるのは一般的分類の中の生産設備である<sup>(1)</sup>。以下、設備といえは生産設備を意味するものとする。

“設備能力” といえは、その意義は自明と考えられようが、時には、いわゆる“仕様”を意味しやや漠然とした形での設備の潜在能力を示すような場合もあって、一意的とはいえず正確さを欠く<sup>(2)</sup>。そこで、“設備能力”が如何なる意義を持つべきか、その条件について考察する。

設備問題に関する意思決定構造においては、まず方法体系（代替的技術によって構成される体系）の存在が問題となる。ただし、この段階ではこれらの方法体系によってもたらされる結果（技術的な）が判っているだけなので、それらの方法体系の中から最適なものを選択するには、これら方法体系によってもたらされる技術的結果の価値を評価するという問題が残っている。

すなわち、設備問題における意思決定においては、方法体系（技術的結果も含めて）と、それらを評価する価値体系との間の変換が容易に行われな限り、意思決定は出来ない<sup>(3)</sup>したがって、同様の問題に属する設備保全における設備能力についても、技術的な内容を持つとともにそれが価値的なものに容易に変換可能であるような性格を持つことを要求される。

なお、本文では“設備単独の能力”の意味で設備能力を用いる。厳密に言えば、如何なる設備も人間の介在なしには稼働できないし、原材料や方法を考えずに設備能力を云々することは出来ない。したがって、これらの要素をも含めた“工程能力”が用語としては妥当であるかも知れない。ただ、後出の特性要因の解析の際、原材料・方法・人は個別の要因として考えた方が理解し易いので、“設備能力”を用いることにした<sup>(4)</sup>。

## 2. 設備能力表示の在り方

前項で設備能力の意義について述べた。それでは設備能力を具体的に表示する如何なる方法があるのか、また、表示方法は如何にあるべきかについて考察しよう。

ある対象から情報を得る場合、情報を得る目的が明確でなければならない。それは、目的が異ればたとえ同一対象であっても、抽出すべき情報が異ってくるからである。

一般に、設備能力に関する情報は、経営における管理のための基本的内部情報であるから、製品開発から販売に至る各部門、各レベルにとって不可欠であることは言うまでもない。製造計画のようなきわめて狭い範囲に限定しても、工程計画、工程選択、製造方法・作業標準設定、内外製区分決定、設備選択、設備管理、設備保全等々の基礎的情報として設備能力に関する情報は不可欠である。

意思決定のために情報を収集する際、次のような問題が生じる。すなわち、意思決定をする側としては、できる限り正確かつ多くの情報を迅速に供給されることを望むであろう。

一方、情報を収集し提供する側としては、逆の立場をとることになる。それは、情報の正確さ、量の多さ、迅速さを要求されればされる程、情報獲得のためのコストは急速に増大するからである。

したがってコスト面からも（当然コスト効果性からも）情報収集についての要求は必要最小限であることが望まれる。

このような条件のもとで、多項目にわたって満足されるような情報を効率的に収集するのは容易なことではない。この条件を満足させるには、経営システムを構成する各組織、各部門、各レベルでの意思決定の構造（ルール、評価基準、必要情報）について検討し、総合的観点から最も効率的な意思決定が組織の各レベルで行えるように、必要最小限の情報の質と量とを決定しなければならない。

設備保全における、設備能力に関する情報の在り方についても、前述の考え方にしたがえば、設備保全における意思決定の構造について吟味してみることが必要である。

設備保全に関する問題を2つのレベルに分けて考える。

第1のレベル：(人・設備・材料によって構成されるシステム)

保全組織、保全用設備、保全用資材に関して、各要素とそれらの構成に関する問題。

第2のレベル：(第1のレベルを前提としてのオペレーティング・システム)。

保全方法(保全政策、保全周期等)、保全手続などの決定に関する問題。

第1のレベル、第2のレベルは独立ではなく、相互に影響を及ぼす。すなわち、第2のレベルの問題に属する、保全方法や手続きは第1のレベルの保全組織・保全設備を前提として決定される。しかし、第1のレベルの問題として、保全組織を設計する場合、暗に第2のレベルに属する保全方法などを仮定して条件を決定する。

本研究では第2のレベルに属する問題を中心として考察をすすめるが、典型的な問題の1つとして最適修理用期を決定する問題がある。この問題の場合、まず修理方式の決定があった上で最適修理周期を求めるわけだが、その際対象設備の劣化パターンを知らねばならない。すなわち、設備性能劣化には2種のタイプ、性能低下型(設備使用中に、生産量・収率・精度などの性能や、電力・蒸気などの効率が次第に低下)、突発故障型(使用中の性能低下はあまりしないが、部分の破損その他で突発的に故障停止し、部分的取替によって復旧)、およびこの2タイプの混合型とがある。何故、劣化のパターンを問題にするかといえば、劣化のタイプ如何で修理方式が異ってくるのは当然のこと、評価の方法も異ってくるからである<sup>6)</sup>

このように修理周期の決定はなされるが、決定にあたっては設備が劣化することによって生ずる損失と劣化した設備の機能回復に要するコストが把握されていることが前提となる。さらに、これらの損失およびコストを把握するには、設備性能が劣化するメカニズム(性能劣化の要因構造)と性能回復のための方策とが質的にも量的にも把握されており、それらは最終的には経済的尺度に変換されねばならない。

最適修理周期に関する研究は数多いが、それらの殆んどが設備劣化損失を時間尺度との関連で劣化損失曲線として把握し、これによって最適値を算出している。理論的に最適値を導き出すにはこれは当然のことといえようが、立

場をやや変えて現実への適用という観点から眺めた時、劣化曲線を得ることは仲々難しい。また、劣化曲線の色々なタイプを想定して、それによって問題の解を見出して行くことにそれなりの意義は存在する。

しかし、このように損失曲線を仮定してしまうことによって、本来関与している筈の管理可能な要因を埋没させてしまっているのではないかと考える。そこで、本研究では在来の理論では前提として与えられている劣化曲線（傾向）の把握方法について考察することにした。ただし、生産設備一般として考察するのは困難なので、今回は機械設備（工作機械、機械プレス）の一部を対象としてとりあげ、極めて限定された形ではあるが考察を進めている。

(注)

- (1) 工場設備管理便覧編集委員会編：工場設備管理便覧，丸善，昭41，pp. 532～533。
- (2) 例えば機械プレスの“能力”といえは、プレスがどの程度の加工をすることができるのか、を表わす項目を称し、公称圧力・トルク能力・仕事能力の3つによって示す。その他に、ストローク長・ホルスタ面積などを含めて、いわゆる仕様を能力といったりする。
- (3) 設備問題の事実前提と価値前提について，横山 保編：設備問題への経営科学的接近，培風館，昭39，pp. 11。
- (4) いわゆる“設備能力”は machine capability の訳語であるが，machine capacity からの訳語として用いられることもある。ただ，一般に capability は達成しうる品質あるいは状態を意味し，capacity は収容力，容量などを意味する。云いかえれば，capability は可能性を示す達成能力を意味し，capaity は充分性を示す収容力を意味する。本研究では価値変換過程としての設備の成果に対する（管理特性で示される）達成能力の限界を示すものとする。なお，この設備能力，工程能力についての詳細な吟味は，木暮正夫：工程能力の理論とその応用，日科技連，1981，を参照すること。また，機械能力 (machine capability) という用語も示されているが，本文では設備能力と同義語として考える。
- (5) 中島清一：設備保全の進め方，日本能率協会，昭53，pp. 17～27，169～178，なお本研究では陳腐化の問題について今回は除外して考えている。
- (6) 前者においては，修理用期が短いと劣化損失は少いが，たびたび修理するので修理費が増大し，修理周期が長いと単位期間当りの修理費は少くなるが劣化損失が大となる。そこで両者の合計がミニマムとなるように適当な周期を選ぶ。後者においては，部品の取替方法をうまく決めて，部品費・取替費用・故障による休止損失の総和を最小にする。

### Ⅲ 機械設備の能力の把握方法

機械設備の能力把握方法としては次の2通りの方法が考えられる。

- (1) 静的能力
- (2) 動的能力

(1)は工作機械・プレス機械で在来もっとも多くの採用されている方法である。何箇所かの主要部位と部位間の寸法を測定し、おのおのの基準値と比較し、精度指数を算出して設備の状態を判定しようとするもの<sup>(1)</sup>

この精度指数によって設備の状態を、1級、2級、3級、……というようにランク付けをし、設備能力を示そうとするものである。

この方法の長所としては、

① (動的能力との比較になるが)より広い範囲での加工能力(いわば潜在的な能力)を示すことができる。

② 修理の際、基準値への回復量と修理方法(したがって修理費用)との対応が把握し易い。

一方、短所としては、

① (動的能力の測定に比べて)測定に時間がかかる。

② 静的能力によって、実際の生産の場における能力を示すのは困難である。

③ したがって、価値的尺度への変換可能性を求められる設備保全問題の中での設備能力の表示法としては不適當である。

これに対して(2)の動的能力はアウトプット(生産される製品)の品質に注目し、その時系列的变化によって設備の状態を判断しようとするものである。この方法の長所としては、

① 測定が容易である。

② 測定結果の価値基準への変換が容易である。

③ したがって、設備保全問題の中での設備能力の表示方法として適當である。

短所としては、

① 1製品の1品質特性からのデータによるので、多種製品を加工する場合とか、1製品でも多品質特性の場合には問題が生ずる。したがって、多品種少量生産の場合には、この他にデータ量の問題が加わるので、限られた範囲内でしか使えない。

② 修理方法と設備能力回復量との関係が把握し難い。

以上のような短所があるが、比較的大量で品質特性の単純なものについては、長所は短所を補って余りあると考えられる。そこで、機械プレスに例をとり、動的能力による設備能力把握方法について考察する。

(注)

- (1) 機械設備は使用に伴って磨損が発生し進行する。その結果、長年の運転により性能が低下してくる。これが機械設備の経年による老朽化であるが、これを機械精度を尺度として測定するのが、静的能力であり、静的精度とも呼ばれる。例えば機械プレスでは、ベッド上面および下面の真直度、というように設備のある部位を規格に準じて精度検査を行う。測定すべき部位は何箇所かあるので、それらを全て測定し、各々規格値と比較して、次式によって精度指数を算出する。

$$\text{精度指数} = \sqrt{\frac{\sum (T_P/T_S)^2}{n}}$$

但し、 $T_P$  : 精度検査項目の測定値

$T_S$  : 精度検査項目の規格値

$n$  : 精度検査項目の数

生産管理便覧編集委員会編：生産管理便覧，丸善，昭54。

J I S B 6402 . 機械プレス試験方法および検査。

#### IV. 動的能力による設備能力の把握について

##### 1. 動的能力による関連構造の解析

エレメント集合型の電気機器とは異なり、一般に機械設備は多種類の機械的部品から構成されているので、要素（機械的部品）の変化と設備能力の変化とは単純に結びつけ難い。既に述べたように静的能力による方法では、技術的側面を把えるのは比較的容易だが（例えば修理の方法と回復量との関連）価値的側面から把えるのは困難である。それに対し動的能力による方法では、価値的側面からの設備能力の把握は容易だが技術的側面を把えるのは困難である。結局最終的には動的能力と静的能力との関連を把握しない限り、設備保全問題を正しく解くことは出来ない、といってさしつかえない。そこで、動的能力を媒介として、設備条件、静的能力（静的精度）、インプット条件、アウトプット条件、それに時間的条件との関連を求めた。これにコスト要素を加えることによって、管理特性（品質，量，納期＝時間，コスト）との結合状態が理解され、価値過程への変換が可能となる。

第1図にこれらの条件の関連を示す。この関連図では、設備能力の劣化が一時的な調節活動によって制御できる状態を想定している。設備を停止して修理を行う状態での解折はより複雑なものとなり、図下部の保全時間との解折が必要になる。

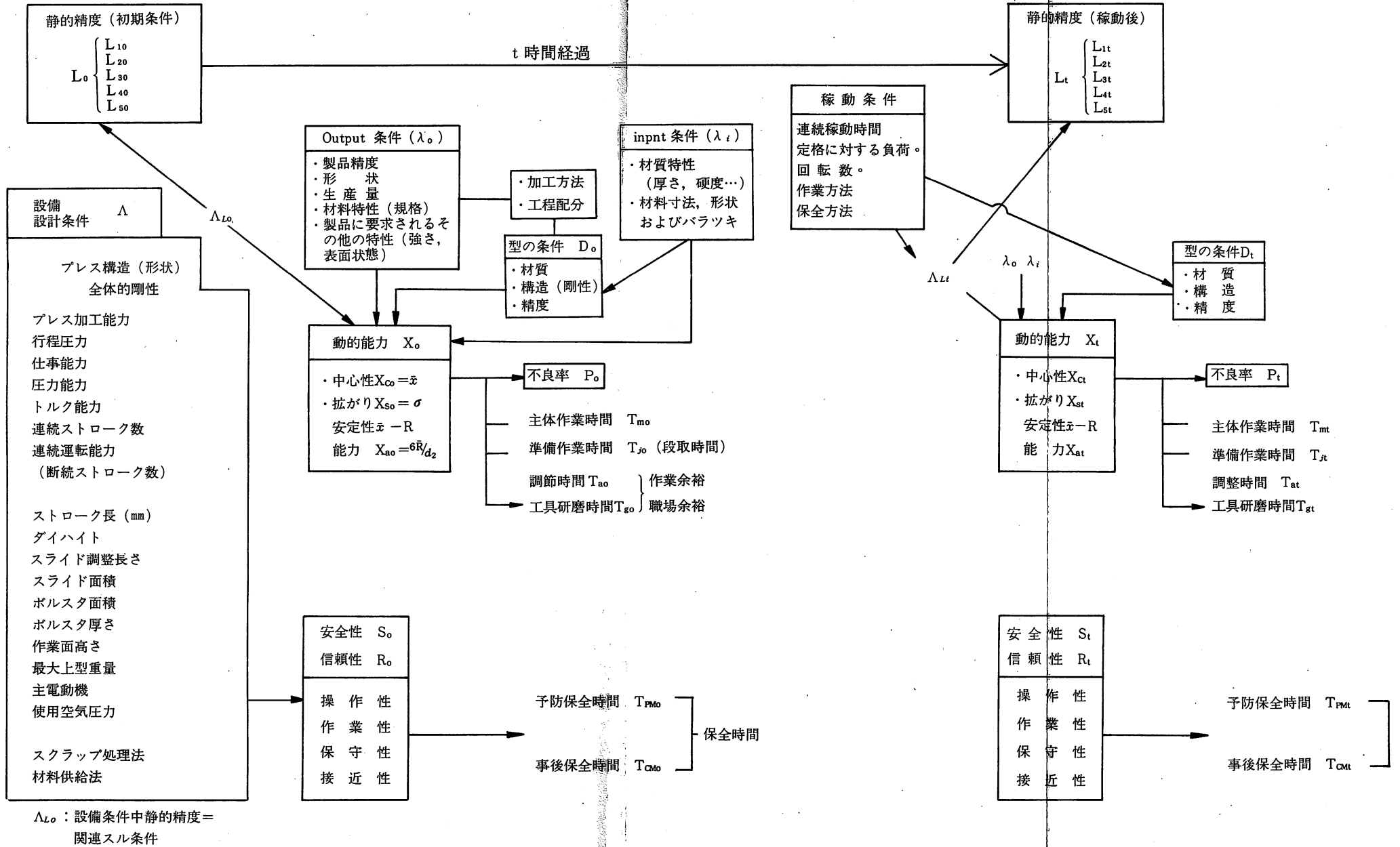
図は機械プレス为例として作成したもので、設備能力を動的能力（加工製品の品質特性の中心性、拡がり、安定性、能力性によって示される）<sup>(1)</sup>で表示している。各矢印は関連のあることを示している。すなわち、動的能力は設備条件 $\Lambda$ によって定まる静的精度 $L_0$ 、アウトプット条件 $\lambda_0$ 、インプット条件 $\lambda_1$ 、型条件 $D_0$ によって定まることを示す。そして、この動的能力によって品質、量が規定され、不良率（初期） $P_0$ が定まる。また、これらの条件のもとで時間的要素として、主体作業時間 $T_{m0}$ 、準備作業時間 $T_{j0}$ 、余裕に属する調節時間 $T_{a0}$ 、工具研磨時間 $T_g$ 等の作業者に関する諸時間が定まる。

これらの初期条件を出発点として、ある稼働条件下で稼働した場合、比較的短期間であれば設備条件は殆んど変化せず、したがって静的精度も顕著には変化しない。しかし、例えばナットの緩みといった、小部位による変化の影響で動的能力は多少変化する。しかし、これはナットを締めてやることにより回復するもので、調節によって制御可能な変化である。もし、このナットの緩みを放置しておいた場合、不良率はある程度上昇するが許容範囲内にある。

この設備を比較的長時間、 $t$ 時間稼働することによって設備条件が変化し $\Lambda_{1t}$ となる。それに伴って静的精度も $L_t$ に変化する。型条件も変化して $D_t$ となり、その結果加工製品の品質特性の平均値が変化するかまたはバラッキが増大して動的能力は $X_t$ となる。その結果、品質規格値から外れる加工製品量が増加し不良率も高まって $P_t$ となる。不良率の増大を制御するために調節活動が行われるが、動的能力が劣化しているために、調節を行ってもすぐに不良率は増加するようになる。このようにして動的能力の劣化に伴って不良率ばかりでなく、調節時間（単位当りの）、調節頻度は増大する一方となり、修理を行うべき限界に達する。

この関連図を作成した意義は、設備保全問題における合理的意思決定の基礎的条件である設備能力の把握とともに、設備能力劣化の要因の把握にある。さらに、コスト要因ともなり、修理限界の判定基準ともなりうる調節時間、その他の作業者時間にも注目する必要がある。このような考え方のもとに、設備保全問題を解くには（例えば修理限界に達するまでの時間 $t$ を見出すためには）、まず、第1図に示されている、アウトプット条件、インプット条

第1図 機械プレス・動的な能力・諸条件関連図



$\Lambda_{Lo}$ : 設備条件中静的精度 = 関連スル条件

件、型条件、稼働条件と、動的能力との関係とを特性要因図によって詳細に解析する必要がある。ついで、各作業時間および機械時間<sup>(2)</sup>の変化を観測し、動的能力の劣化に伴う不良率の増大（規格値を外れる確率の上昇）傾向を見出し（動的能力の劣化速度といえる）、これに費用的要素を加えることによって合理的な修理限界を決定することが可能となる。

## 2. 動的能力の適用に関して

前述の考え方にもとづいて、某プレス工場でデータを採取した。5工程からなる工程の第1工程の機械プレス12台について、サンプルを採取し、動的能力を算出した。

参考のために機械能力指数  $C_m^{(3)}$  を算出した結果を示す。

$$C_m > 1.33 \quad (\text{機械能力十分}) \quad 6 \text{ 台}$$

$$1.33 > C_m > 1 \quad (\text{機械能力はあるが管理に注意必要}) \quad 4 \text{ 台}$$

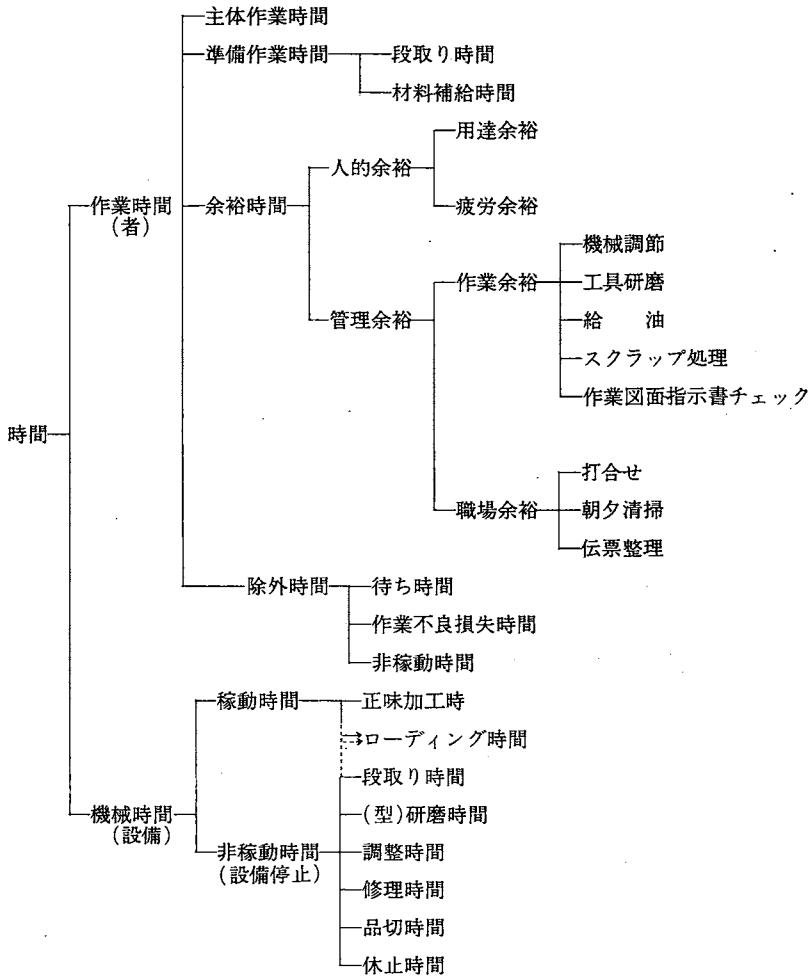
$$1 \geq C_m \quad (\text{機械能力不十分}) \quad 2 \text{ 台}$$

未だ、要因の解析が不十分なので、この数値から保全問題についての結論は出せないが、別データとして得た不良率などから、このレベルの製品規格値であれば、設備能力は不十分ながら量的達成は可能であるが、コストの問題は潜在していると思われた。この原因は、おそらく設備能力の不十分さを作業者による不断の設備調節活動によるものと考えられるが、その証明は事後の作業観測および解析に待たねばならない。

### (注)

- (1) 動的能力（計量値の場合）は①中心性（centering）：平均値  $\bar{x}$ ，②拡がり（spread）： $6\sigma$ ，③能力（capability）： $6\bar{R}/d_2$ ，④安定性（stability）： $\bar{x}-R$ 管理図での管理状態，理論面での詳細については、木暮正夫：工程能力の理論とその応用，日科技連，1981，適用面では、鉄健司；工程能力の調査方法，品質管理 Vol. 14, No. 3, p 24~30, 唐津一：アメリカの工程能力研究，Vol. 14, No. 3, p 16~17を参照。
- (2) 機械プレス職場における，作業者時間，機械時間の各構成時間を如何に考えるかが問題になる。構成時間については第2図を参照。
- (3) 工程能力が十分か不足しているかは，普通与えられた規格値と対比して行われる。計量値については便宜的に工程能力指数という尺度が用いられる。工程能力指数  $C_p = 6 \frac{T}{\sigma_p}$ ，本例では既に述べた理由で機械能力指数を算出した。 $C_m = \frac{T}{8\sigma_m}$ ただし， $T$  = 規格の中，朝香鉄一・石川馨：品質管理便覧，日本規格協会，1981。

第2図 機械プレス職場における「時間」



## V 結 言

機械設備に限定した上で、設備保全を行うための設備能力把握の問題について、動的能力の概念を導入し、その要因関連の構造を示した。静的精度にかえて、測定の比較的容易な動的能力を用いたこと、そして、動的能力の変化に伴って、調節時間と不良率とがある範囲内で代替的な関係で変化すると考え構造の中を含めたことも本研究の特徴といえる。今回は、例で示したように、動的能力の一時点での値を求めるにとどまったが、同時に行ったサンプルの度数分布と規格との比較によって、動的能力劣化速度測定についての目処がついたものと考えている。さらに、調節時間測定の問題などを残してはいるが、稼動条件等、管理特性に密接な関連をもった要因を解折し、費用要素を加味することで、合理的保全問題の解を得ることが可能になると考えている。