



技術論文

保全情報検索システム開発による NC 設備の MTTR 短縮

**Shortening of MTTR of NC Machine by Developing Maintenance
Information Retrieval System**

石川 芳城

Abstract

On the many production lines in the machine workshop of the Yamaha Motor Co., Ltd., NC (Numerical Control) machines such as the machining center, etc., are mainly being used. In general, the NC machine has the features of good versatility and high precision processing, and it also exhibits a high reliability because the qualities of its components have been improved. On the other hand, it has disadvantages such that the processing operation and the control method are more complicated compared to a conventional machine. Therefore, the MTTR (Mean Time To Repair) of the NC machines is about 1.5 times that of other equipment. One reason for this problem is that the search time to determine the failure is influenced by the skill level. In order to shorten the MTTR, it is very important to shorten the failure cause search time.

Until now, the manufacturers of machine tools have developed machines, which are trouble-free, maintenance-free, have a good longevity and a good durability. The users also tried to extend the MTBF (Mean Time Between Failure) by improving the standard model using the MP (Maintenance Prevention) design based on the past failure log. However, making an investment in such machines is reflected in the product being processed, which leads to the increased cost of the product. Therefore, machine tools equipped with a support system, which focuses on shortening the MTTR, rather than extending the MTBF have been commercialized by many manufacturers in recent years. Although these machines indicate the condition of the machine such as the malfunctioning part, etc., it requires a long time before finding the cause of the failure if the control system and the malfunction detection system are not well understood, and they are not related to shortening the MTTR. In particular, it is important to efficiently provide the maintenance information such as the failure diagnosis method and the procedures for exchanging the parts and its adjustment in order to successfully undergo the search process of the failure cause and the parts exchange and adjustment method for recovery (hereafter, troubleshooting).

Consequently, at this time, we have begun the development of a support system that every user can easily use during the troubleshooting. For this development, we made it in-house in order to easily expand the function and to add the know-how in the future. As a result, a new system, which can decrease the failure causing search time and minimize the difference in the level of skill between the maintenance engineers, has been put into practical use, and it will be described in following studies.

1 はじめに

ヤマハ発動機(以下、当社)の機械加工職場(以下、当職場)の生産ラインの多くは、マシニングセンター等のNC(Numerical Control)設備が主力となっている。NC設備は汎用性が高く、精密加工にも適しており、構成している部品の品質も向上していることから信頼性も高い。その反面、従来の設備に比べ、加工動作や制御方式が複雑であるため、NC設備のMTTR(Mean Time To Repair : 平均復旧時間)は、他の設備の約1.5倍と長い。その一因は、故障原因の探索時間が、熟練度により左右されるためであることが分かった。MTTRを短縮するためには、故障原因の探索時間をいかに短くするかが鍵となっている。

今まで工作機械メーカーは、故障しない設備や、メンテナンスが少なく済む、長寿命で高耐久の設備を開発してきた。ユーザー側でも過去の故障実績からMP(Maintenance Prevention : 保全予防)設計により、標準モデルに改良を加え、MTBF(Mean Time Between Failure:平均故障間隔)の延長を図ってきた。しかし、こういった設備への投資は、加工される製品にも反映され、製品自体のコストアップにつながっている。そこで、近年ではMTBFの延長よりMTTRの短縮に着目した支援システムを搭載する工作機械が、各メーカーから市販されるようになってきた。これは、異常発生部位等の設備状態表示を行うものであるが、制御システムや異常検知システムを熟知していないと、故障の原因にたどり着くまでに時間がかかり、MTTR短縮に結びついていないのが実状である。故障原因から、復旧のための部品交換・調整方法の探索までを含めたプロセス(以下、故障探索)をうまく進めるためには、故障診断方法、部品の交換・調整手順といった保全情報を、効率良く提供することが、特に重要である。そこで、今回、使用者の誰もが簡単に故障探索を進められる支援システムの開発に取り組んだ。開発にあたっては、今後の機能拡大やノウハウの追加が簡単に行えるように、自分たちで作り込みを行った。その結果、故障原因探索のロスを減らし、保全マンの熟練度合いの差を埋めることができるシステムの実用化に至ったので、以下に紹介する。

2 現状分析

2.1 加工設備の概要

当社工場の機械加工ラインの多くは、NC設備間を自動搬送で連結し、加工する方式を採っている(図1)。また、NC設備の導入は1980年頃から始まり、マシニングセンターが全体の20%、その他NC付き加工設備が全体の25%、つまりNC設備が約半数を占めており(図2)、この割合は年々増加している傾向にある。

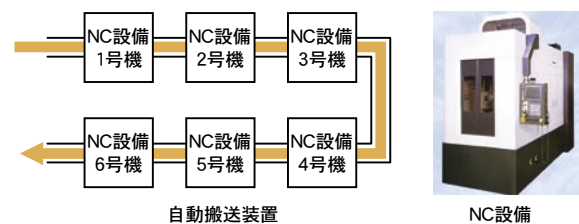


図1 機械加工ラインの形態

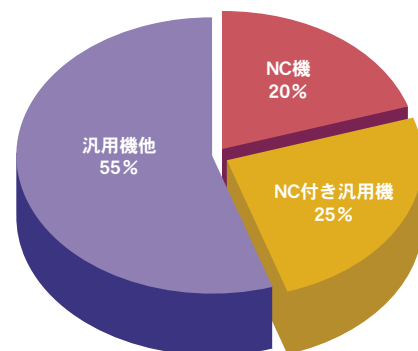


図2 NC設備の割合

2.2 MTTR分析

NC設備とその他の設備を比較してみると、NC設備のMTTRは、その他の設備の約1.5倍となっていることが分かった(図3)。そのNC設備のMTTR内訳を調べてみると、全体の約45%が故障原因の探索時間に費やされている(図4)。特にNC制御部の故障では、その要因が多岐にわたるため、原因探索が非常に困難である。さらに、新人保全マン(保全経験年数5年未満)の原因探索時間は、熟練保全マン(保全経験年数10年以上)の1.5倍もかかっていることが分かった(図5)。また、これ以外にも、NC装置の部品交換・調整は、特殊で複雑な手順が必要となるため、熟練者と新人の差が特に顕著に現れる。このような熟練者と新人の差は、過去の故障事例や部品交換・調整手順などノウハウ情報の量、および、その活用方法の違いによるものであり、保全作業形態がこの15年ほどで大きく変化してきたことが影響していると考えられる。以前は、熟練者と新人がコンビを組んで作業するといった形態が多かったが、現在では新人でも単独になることが多い。そのため、熟練者の持つノウハウを、新人が受け継ぐ機会が減っているのである。

3 実用化開発

3.1 開発コンセプト

システムの開発にあたっては、「熟練度に左右されることなく、新人でも熟練者並みの時間で故障探索ができること」をねらいとして、以下のコンセプトで臨むこととした。

- (1) システムの画面に表示された内容から、原因の絞り込み手順を入手し、熟練者と同じ探索方法ができるようにする。
- (2) 膨大な量の取扱説明書、手順書等から、簡単に目的の情報が検索できるようにする。
- (3) 携帯性に優れた機器を媒体とし、作業しながらシステムを使えるようにする。

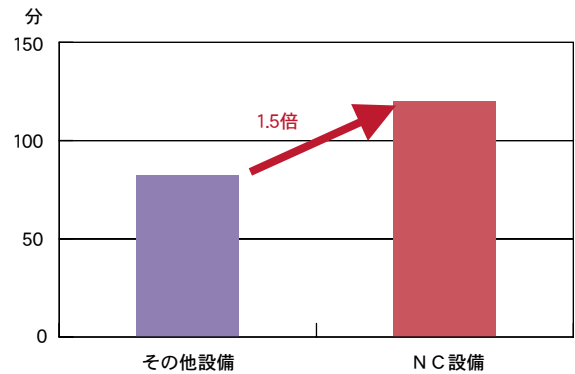


図3 NC設備とその他の設備のMTTR比較

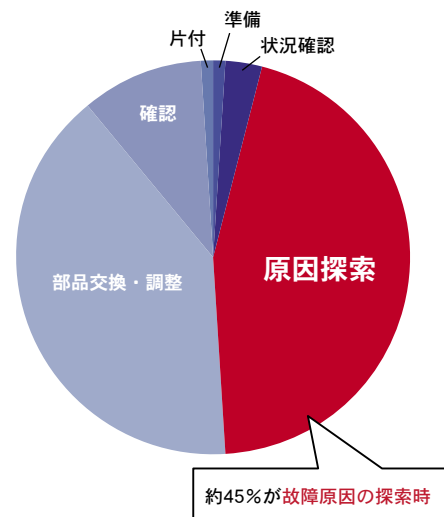


図4 NC設備のMTTR内訳

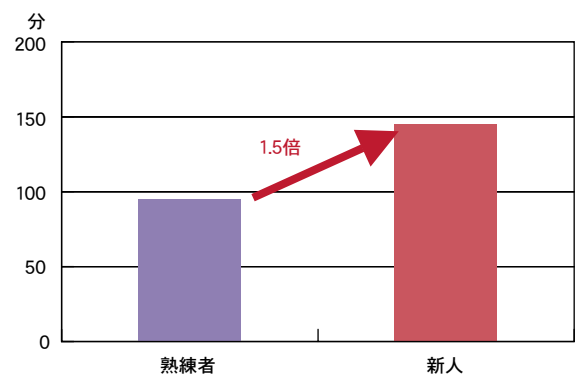


図5 新人保全マンと熟練保全マンの探索時間比較

3.2 システムの構成

開発コンセプトを満たす機器として、保全情報検索システムにはPDA(Personal Digital Assistance)端末^{※1}を使用することとした。その理由は以下の通りである。

※1:個人用の携帯情報端末。手のひらに収まるくらい大きさの電子機器で、パソコンのもつ機能のうち、いくつかを実装したものをいう。

- (1) 小型であるため携帯性に優れ、様々な環境での使用ができる。
- (2) パソコン等に比べて起動時間が短いため、必要な時に短時間で情報を表示できる。
- (3) 操作がパソコンに近いので、誰でも操作になじみやすい。
- (4) パソコンとの連携が容易であるため、システムの機能変更やデータの追加等が行いやすい。

図6に、そのシステムの構成を示す。このようなPDA端末を利用したシステムは、以前から開発されているが、従来は保全マンの実施した点検などの保全作業実績情報を収集するためのものが大半であった。今回開発したシステムは、蓄積された保全マンのノウハウ情報から、用途に合った検索方法で、必要な情報のみを提供するというものである。つまり、保全情報に付加価値を付けて保全マンにフィードバックするシステムにしたことが、過去のものとの大きな違いである(図7)。

3.3 保全情報の選定

故障探索時間の短縮を図るためには、探索作業のどこにロスが存在するのかを明確にする必要がある。そこでシステムに使用する情報を選定するため、新人保全マンの探索作業のフローを分析してみた。図8にその一例を示す。

分析の結果、以下の3点に熟練者との違いが見られ、そこに探索時間のロスが存在することが分かった。

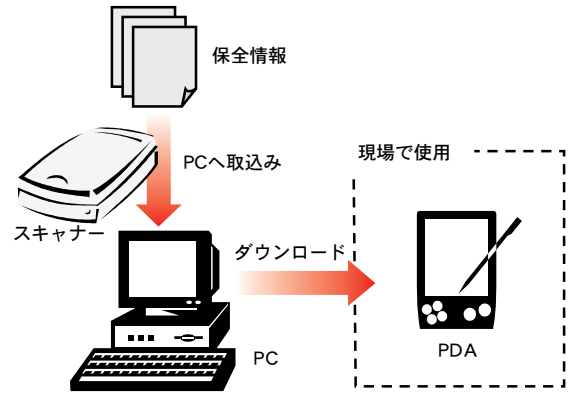


図6 システムの構成

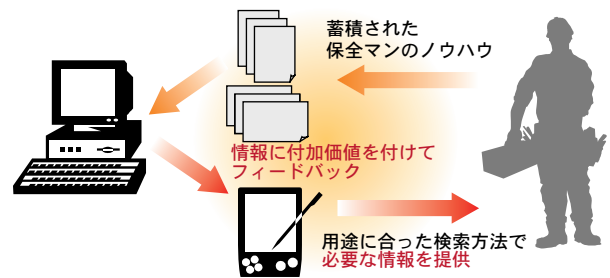


図7 システムの特徴

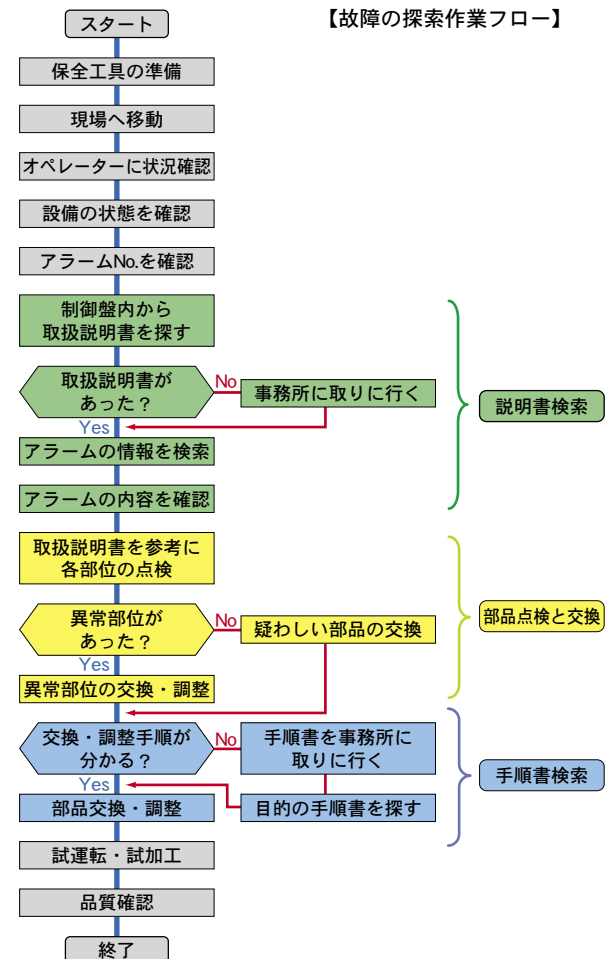


図8 新人の故障探索フロー

- (1) アラームの内容確認のため取扱説明書を取りに行き、その中から目的の情報を検索する時間。
- (2) トライアンドエラー方式による原因部位の絞り込み(部品点検と交換)。
- (3) 診断手順や部品交換手順確認のため、手順書を取りに行き、その中から目的の情報を検索する時間。

特に(2)は、熟練者と新人の経験の差が最も出やすい部分である。新人保全マンは原因絞り込みの時、取扱説明書を参照しながら原因と思われる部位を選び出し、その部位に対し、ひとつひとつ部品を交換して、現象に変化があるか確認しながら進めて行くトライアンドエラー方式である。この方法を実施するに当たり、実施順序については取扱説明書の記載順序に従っていることが多い。それに対して、熟練者は過去の経験から可能性の高い部位に優先順位を付けて調査するため、原因部位にたどり着く時間が必然的に早くなる(図9)。

また(1)と(3)では、数十種類・数百ページにも及ぶ資料の中から目的の情報を探し出すのに非常に時間がかかり、場合によっては必要な情報を見つけ出せずに、あきらめてしまうといった例もある。

この結果から、保全情報検索システムは、

- (1) 過去の故障探索手順の参照
- (2) 設備診断整備手順書の検索
- (3) 取扱説明書の検索

という3つの機能を持たせた。各機能の詳細を以下に示す。

■新人の原因探索順序

実施順序	実施内容	過去の頻度
1	サーボ基板交換	2件
2	サーボユニット交換	3件
3	サーボモーター交換	8件
4	サポートベアリング交換	1件
5	ブレーキ配線点検	10件

■熟練者の原因探索順序

実施順序	実施内容	過去の頻度
1	ブレーキ配線点検	10件
2	サーボモーター交換	8件
3	サーボユニット交換	3件
4	サーボ基板交換	2件
5	サポートベアリング交換	1件

NC 装置取扱説明書の原因探索順序に沿って原因探索している

故障頻度が多い部位、構造的に故障しやすい部位から原因探索している

図9 新人と熟練者の原因探索順序の違い

3.3.1 過去の故障探索手順の参照

前述したとおり、過去の同様な現象から原因探索の手順を参照することは、保全マンの経験の差を埋めるために非常に有効的な手段である。そこで、当職場で使用されている「長時間故障記録」を活用することとした(図10)。これは特に故障探索に長時間かかった故障に対して、調査・処置・結果の内容を時系列に記録したものであるため、原因探索の手順を確認するだけでなく、過去に原因となった部位を参照することができる。この「長時間故障記録」に書かれている内容は、まさに熟練者が故障現場で考えていることである。熟練者は、まず現場に到着すると、設備と現象から、以前同じようなことが無かったかを頭の中で探る。つまり、図9で示したように、過去の経験をデータベースとして、必要な情報を検索するのである。経験していれば、その時の手順や必要な部品・工具まで思い出せる。その熟練者の考え方を、このシステムの条件に設定することにより、簡単に情報を検索し画面に表示させるようにした。

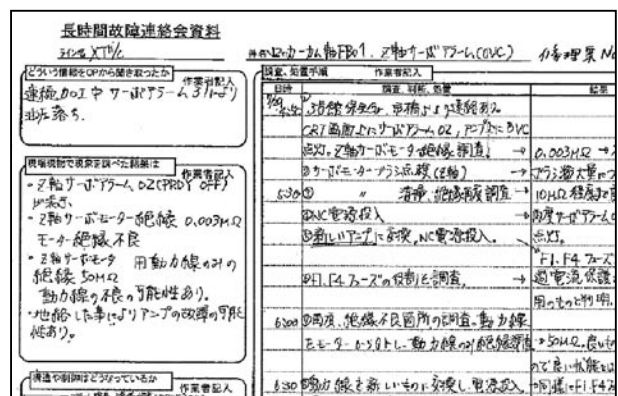


図10 長時間故障記録

3.3.2 設備診断整備手順書の検索

熟練者は、作業手順での"カンドコロ(勘所)"を独自のメモとして持っているが、その情報は個人の持ち物として扱われ、共有はしていない。そのため、熟練者でも持っている情報の量によって作業時間に長短の差が生じている。今回のシステムは、この"カンドコロ"まで記入された手順情報を共有化させることを目的とした。

「設備診断整備手順書」は、特殊な手順が必要な作業に対して、実際にその作業を体験した保全マンによって作成されたものである(図11)。これは、初めて作業をする新人保全マンはもとより、熟練保全マンにとっても作業手順や基準の確認には欠かせないものである。

現在、当職場にて作成された設備診断整備手順書の数は、約200件に及ぶ。これを保全情報検索システムにより、設備分類や部位から簡単に検索し、画面に表示することを可能とした。

3.3.3 取扱説明書の検索

NC装置の取扱説明書は、その用途ごとに分けられており、非常に種類が多い。例えば、操作説明書・保守説明書・パラメーター説明書といったものが主に挙げられ、NC設備1台に対し、およそ8種類もの説明書が存在する(図12)。また、それぞれの説明書は数百ページに及ぶため、そこから目的の情報を検索することは非常に時間のかかる作業である。そこでNCシステム名称を条件に検索し、さらにアラームNo.を選択することで目的の情報を表示することとした。

3.4 熟練者の故障探索方法

システムの検索画面を作成していく上で、熟練者がいかにして現場で故障探索を進めるかという考え方を取り入れるために、保全作業歴15年以上のベテランと呼ばれる保全マンにインタビューを行い、その考え方の調査をした。その結果、熟練者が行う故障原因探索は、次の2つの手法で行っていることが分かった。

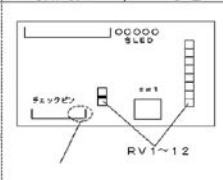
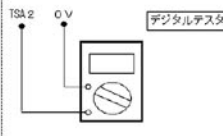

第1 Sys 設備技術G		設備番号	MMG-0380	承認	訂定	作成
設備整備手順書		編成日	2000/10/13	承認者	原田 誠司	池田 浩治
整備作業名		適用日	2000/10/13	オリエント基板交換時の調整手順		
設備名	HMC	部品名	オリエント基板			
No.	手順	装置、部品	略図			
1.	速戻電圧オフセットの調整。 1) デジタルテスターを使いOVとTSM2のチェックピンをクラップする。(右図参照) 2) RV1にて±1mVになるように調整する。					
2.	テストモードにする為、SHO1設定ピンを短絡する。 LED7点灯しTACT SWが有効となる。					
3.	MS信号振幅値の調整。 1) SW1を押入ける。 2) RV2でLED3が点滅しはじめる位置に設定する。					
4.	RV3、4の調整については別添手順書参照。 通常は、4〜6日盛り付近にあれば良い。					
6.	スローダウン時間の調整。 1) SW1を押す。 2) LED4が、一瞬はつきり点灯するようにRV5を設定する。					
改訂履歴	改訂理由	改訂日	改訂者	改訂承認		
△						
△						
△						
提出ルート：作成者→班長→事務局長→工長→課長→事務局長						

図11 設備診断整備手順書

B-61395/07		付録	
(6) サーボに関するアラーム			
番号	アラームの意味	内容	および
400	サーボアラーム：1軸、2軸オーバーロード	1軸、2軸のオーバーロード信号が上がっています。詳細は診断番号720, 721を参照して下さい。	
401	サーボアラーム：1軸、2軸Vレディオフ	1軸、2軸のサーボアンプの準備完了信号(DRDY)がOFF	
402	サーボアラーム：3軸、4軸オーバーロード	3軸、4軸のオーバーロード信号が上がっています。詳細は診断番号722, 723を参照して下さい。	
403	サーボアラーム：3軸、4軸Vレディオフ	3軸、4軸のサーボアンプの準備完了信号(DRDY)がOFF	
404	サーボアラーム：Vレディオン	軸カードの準備完了信号(MCON)がOFFになったのにOFFになりません。又は、電源投入時、MCONがONです。軸カードとサーボアンプとの接続を確認して下さい。	
405	サーボアラーム：原点復帰異常	位置制御系の異常です。レフアレンス点復帰ができない可能性があります。レフアレンス点復帰からやり直して下さい。	
406	サーボアラーム：7軸、8軸オーバーロード 7軸、8軸Vレディオフ	7軸、8軸のオーバーロード信号が上がっています。詳細は診断番号726, 727を参照して下さい。あるいは、7軸、8軸のサーボアンプの準備完了信号がOFF	
4n0	サーボアラーム：n軸誤差過大	n軸において、停止中の位置偏差の値が設定値よりパラメータに各軸の限界値を設定する必要があります。	
4n1	サーボアラーム：n軸誤差過大	n軸において、移動中の位置偏差の値が設定値よりパラメータに各軸の限界値を設定する必要があります。	
4n3	サーボアラーム：n軸LSIオーバーフロー	n軸の誤差レジスタの内容が±2 ³¹ の範囲外となりオーバーフロー	
4n4	サーボアラーム：n軸換出系エラー	n軸のデジタルサーボ系の異常です。詳細内容は別添です。	
4n5	サーボアラーム：n軸移動量過大	n軸において、4000000単位/sec以上の速度が指定のエラーとなるのは、CMRの設定のミスです。	
4n6	サーボアラーム：n軸断線	n軸のバルスコーダの位置換出系の異常です。(断線)	
4n7	サーボアラーム：n軸パラメータ不正	n軸が以下のいずれかの条件になれば、本アラーム(デジタルサーボ系アラーム)が発火します。 ①パラメータ番号8n20のモータ型식에指定範囲外の ②パラメータ番号8n22のモータ回転方向に正しい	

図12 取扱説明書の一例

① 局所的評価による探索

原因と思われる部位を、あらかじめいくつか特定し、それに対して調査を行う。ここでは単純で独立した良否の判断を行い、原因部位を絞り込む作業となる(図13)。

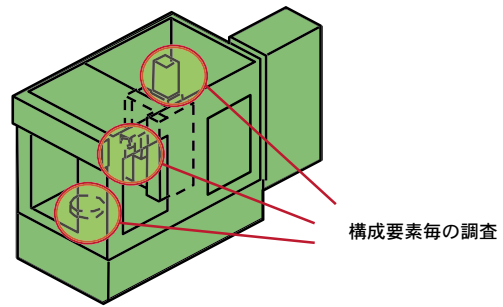


図13 局所的探索

② 設備単位での評価による探索

設備を現実の操作状態にして観察し、正常な状態との比較評価をする(図14)。この時、保全マンの経験に基づくデータとの照合を行い、原因と思われる部位を絞り込んでいく。

熟練者は、これらの手法を故障状況により使い分け、効率良く故障原因の探索を行っている。

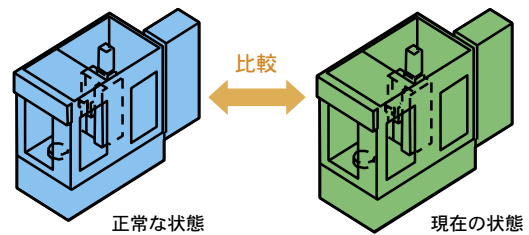


図14 評価による探索

3.5 検索方法

前項で述べた熟練者の故障探索の考え方を模範として、検索方法は以下のパターンに決めた。

(1) 設備名から検索する方法

原因探索の手順を過去の事例から得たい場合、まずは同一設備にて過去に同様の現象が発生していないかを確認し、その探索手順を参照することが必要である。この検索システムでは、ライン名・設備名称を条件に検索することで、それに対応した保全情報のみが一覧表示される。さらに、その中で目的の情報を選択すれば画面に資料が表示される(図15)。

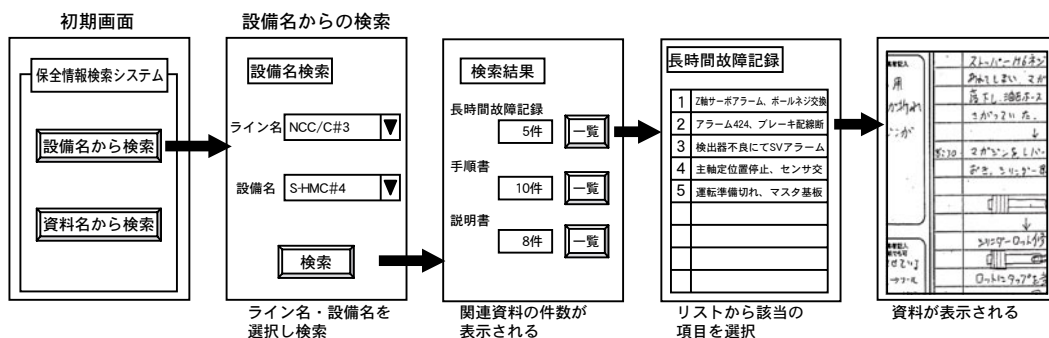


図15 設備名から検索

(2) 部位名から検索する方法

同一設備で同様の現象が無かった場合、次に類似設備の同一部位にて発生していないかを確認する。このシステムでは、部位名を条件に検索することで、その部位の保全情報が表示される(図16)。

(3) 手順書・説明書を直接検索する方法

設備に表示されたアラームNo.の内容を説明書で確認したいとき、また、診断方法や部品の交換手順を手順書で確認したいときに、この機能を使用する。手順書は、設備分類・部位名等を条件に検索する。説明書は、NC装置のシステム名称・説明書の種類等を条件に検索を行う。なお、説明書は、目的のアラームNo.を選択すると、そのページを瞬時に表示することができる(図17)。

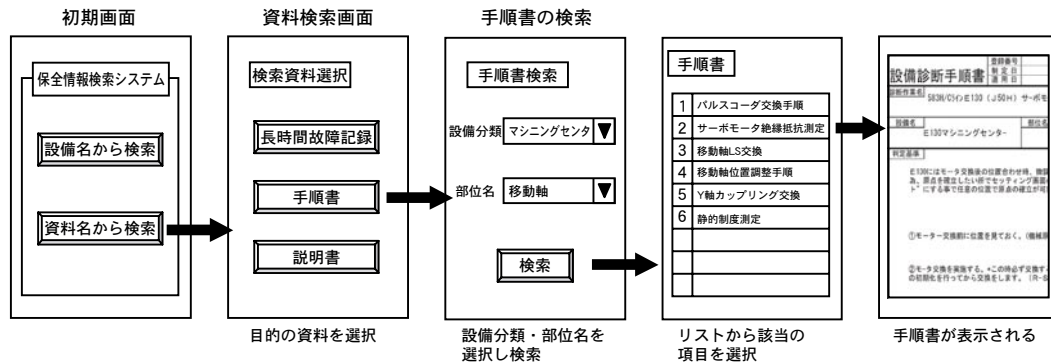


図16 部位名からの検索

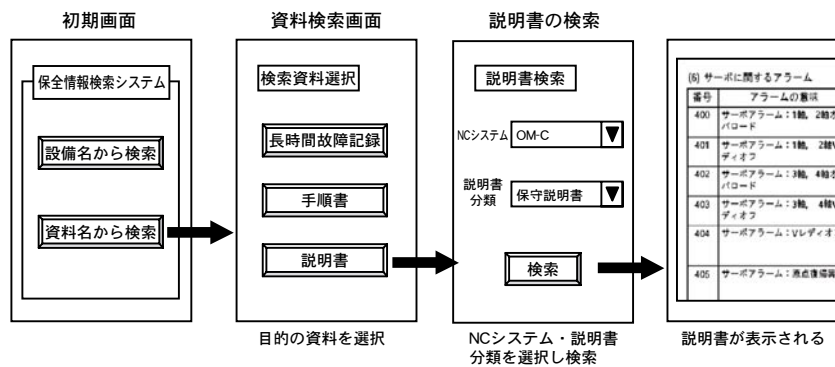


図17 手順書・説明書の直接検索

4 使用事例

保全情報検索システムの完成後、早速マシニングセンターの故障探索にて大きな成果をあげることができた。図18は、マシニングセンターの移動軸の過電流アラームについて、本システムを用いた実例を示したものである。これは、同レベルの新人保全マンが、同じ現象に対して修理を行った際の内容を、システム未使用時と使用時で比較したものである。システム未使用時の修理時間が190分、それに対し、システムを用いた場合が105分となり、およそ45%の修理時間が短縮できていることが分かる。特に長時間故障記録の参照により、必要の無かった「駆動部の点検」を省いたことで、60分もの時間を短縮できた。

■過去の実績		■使用した実例		
実施内容	作業時間	実施内容	作業時間	使用した保全資料
① 設備の状態調査	20分	① 設備の状態調査	10分	説明書
② サーボモーター本体の点検	40分	② サーボモーター本体の点検	25分	手順書
③ 駆動部の点検	60分	③ 駆動部の点検	0分	長時間故障記録
④ モーターブレーキの点検	10分	④ モーターブレーキの点検	10分	
⑤ モーターブレーキの修正	30分	⑤ モーターブレーキの修正	30分	
⑥ 試運転	30分	⑥ 試運転	30分	
計	190分	計	105分	

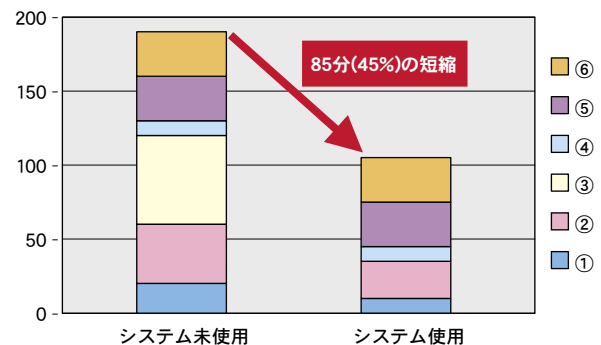


図18 検索システムの使用実例

5 結果

今回、私たちは制御システムが複雑であるNC設備において、故障原因探索のロスを減らし、保全マンの経験の差を埋めることをねらいにシステムを作り込み、実用化に至った。その結果、原因探索時間と部品の交換・調整時間の大幅な削減が可能になった。「4. 使用事例」では、特に効果が大きかった事例を挙げたが、システムを使用した実績全てを集計す

ると、故障履歴検索により、原因絞り込み作業が全体の15%減、説明書検索により現象確認作業が5%減、手順書検索により部品交換・調整作業が10%減という効果が現れ、新人保全マンのMTTR145分が110分と、およそ30%の削減ができた。また、熟練保全マンも検索システムを使用することで作業効率が向上し、MTTRが95分から15%削減の75分になった(図19)。

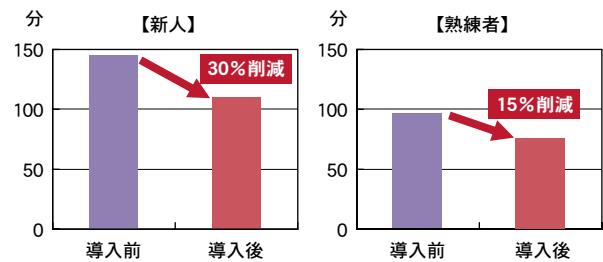


図19 検索システム使用による効果

6 おわりに

今回の開発を通し、熟練保全マンの故障原因探索のしくみを理解したこと、そしてノウハウの標準化と活用の重要性を明確にできたことが大きな収穫だった。当社工場には旧型の専用機も多数存在するため、NC設備と同様に故障探索における熟練者のノウハウが非常に重要である。現在、熟練保全マンから新人への教育の機会が非常に少なくなっている。今後熟練者が持つ保全ノウハウを新人に確実に伝承させていくために、NC設備以外の設備に対する保全ノウハウを標準化・活用し、MTTR短縮を図っていき

■著者



石川 芳城
Yoshiaki Ishikawa

MC事業本部
SyS統括部 第1SyS