

平成26年度
ものづくり中小企業・小規模事業者等連携事業創造促進事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「スピнкаシメ加工でのインプロセス全数保証システムの開発」

研究開発成果報告書概要版

平成27年 3月

委託者 中部経済産業局
委託先 公益財団法人三重県産業支援センター

目次

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1-2 研究体制

1-3 成果概要(研究内容及び成果)

(1-3-1) 平成25年度の成果

(1-3-2) 平成26年度の計画と成果

1-4 当研究開発の連絡窓口

最終章 全体総括

1 複数年の研究開発成果

2 研究開発後の課題・事業化展開

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

1. 委託業務実施計画

(1) 実施計画の細目（手法・手段・研究場所等）

1) 研究の目的

[特定ものづくり基盤技術の種類]

主たる技術：(十) 部材の締結

[川下製造業者等の課題・ニーズ]

(3) 川下分野横断的な共通の事項

①川下製造業者等の共通の課題及びニーズ

ウ. 製品信頼性

[高度化指針に定める高度化目標]

(3) 川下分野横断的な共通の事項

②高度化目標

ウ. 締結用部品の締付け技術の高度化

[具体的内容]

1) 締結用部品の締付け技術の高度化

スピカシメは、一般的に工具を約1,800回転/分で加圧回転して、ピン端部を変形させていく方法である。ピンが高速変形していく挙動を高速カメラで観察することは実験的には有効であるが、変形過程が適切であるかは官能評価であり、加工条件の方向性を定める役割となる。当加工能力を向上させるためには、先ず変形過程を詳細な数値で把握し、加工条件或いは方式変更でそれがどう変化していくのかを正確に知る必要がある。

従来技術では、この変形過程を加工結果の外観から類推する取組であり、内部欠陥を評価できるものではない。本研究では、工具駆動用モーター電流値の変化という代替特性で変形過程を把握することで目標品質であることを保証すると共に、最適加工条件の設定及び品質、精度の安定維持を図る。

2) 製品のトレーサビリティの向上

本研究では、センサーを介して自動取得した情報を特性値に変えて品質データを生成し、他の情報と合成して記録及び時系列評価につなげていくという情報処理の全自動化を図るものであり、24時間連続して自動で機能する。また、この情報は加工機に対する加工条件指示、警報、自動停止等の具体的な形で反映されていく。

これは従来工程での加工情報と比べて、情報量及び質の両面から各段の違いがあり、製品のトレーサビリティは飛躍的に向上する。

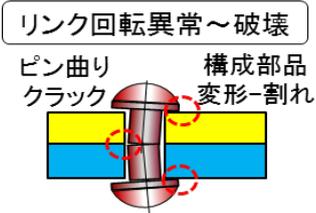
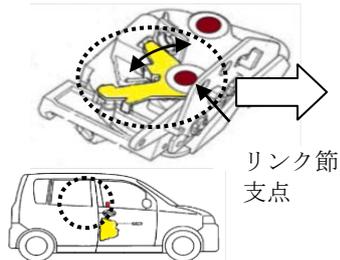
2) 研究の概要

圧力を加え回転する工具でピン端部を変形させるスピカシメ法は、自動車部品の締結、リンク節支点等の組付手段であり、自動車の安全性を左右する重要技術となっている。しかしカシメ内部欠陥の発見は極めて難しく有効な手段が無い。

本研究では工具回転モーターの電流波形が負荷量で変化することを利用して、加工経過を詳細高速に掴み、現状工程では成し得ていないインプロセス全数品質保証、及び最適な加工条件を検証する。

解決すべき加工異常の主な事象…自動車の安全確保への影響度大

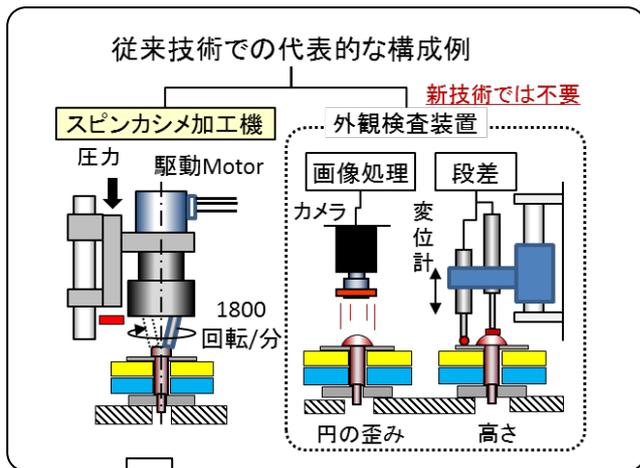
(例) ドアロックサブアッシー



《自動車の安全への影響》

- 組付け後の動作確認、外観検査では異常の発見は難しい。
- 動作回数の増加に伴い欠陥が進行し破壊に至る。走行中ロック解放の恐れがある。
- 走行中のドアロック解放は人命に関わる。

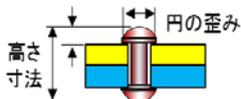
《従来技術》



【課題】

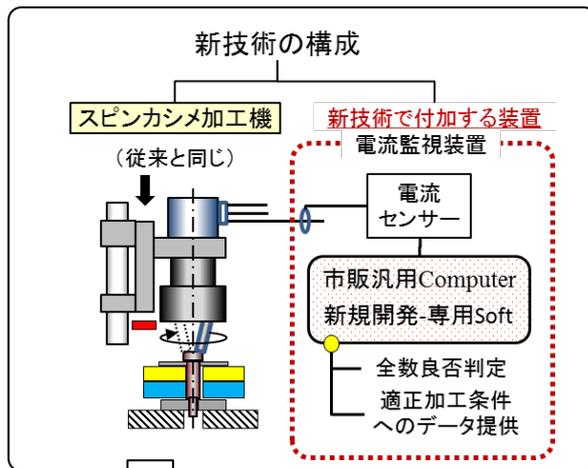
- 加工機内で欠陥を検知する手段を持たない。
- 加工後の外観形状で良品判定を行うのが主流。

※内部欠陥は見えない※



- 加工条件が適正であるかの評価は破壊試験での内部確認しかない。

《新技术》



【目標】

- 加工用駆動モーターの電流値が負荷量によって変化する現象を利用し、カシメ加工と同時に必要品質を全数評価する。
- 品質評価データを実加工条件と比較解析して最適加工条件を求める。測定データは合否判定だけでなく、次の加工の信頼性を高めるために、記録して利用する。

3) 実施内容

【1】スピнкаシメ加工データ収集用実験機の製作

- ・ 実施者：株式会社ブレイド、株式会社シリックス、三重県工業研究所
- ・ 技術目標値：量産時に想定出来る全ての加工状況を、1/1000秒単位で可視化する。
- ・ モーター負荷電流の変化を確実に掴むために十分と思われる速度単位とする。
- ・ 市販汎用スピнкаシメ機を基本にして次の機能を付加するための構造変更を行う。
 - ① 加工圧、工具高さ、モーター負荷電流の加工経過での変動センサーを介してコンピュータへの同時取込みを行う。
 - ② ピン固定位置を前後左右に移動可能とし、工具回転中心とのズレ影響の確認実験を可能とする。
 - ③ 超高精細高速度カメラを配置し、実際の変形現象と各測定値変化との関係を探る。本構成にて、量産状態においてモーター負荷電流のみで品質保証が出来るという確認を行う実験装置となる。

【スピнкаシメ加工データ収集用実験機の概略仕様】

・自動車部品のカシメに使用されている代表的な市販機をベースにし、本研究の目的に合わせた追加及び改造を行う方式を採る。

これは、本研究にて開発されるソフト処理の有効性を客先量産工程で確認出来る機会が確保し易くなり、事業化へのスムーズな移行をしたいという背景がある。

また、同様の理由にて使用するテストピースも量産流動品を選択する。

- ・当面の問題を抱える川下ユーザの車載用ドアロックを開発の対象とする。
課題解決後、順次他製品に関する応用開発へと展開する。
- ・スピнкаシメ加工工具、テストピースに関しても上記量産品を流用して実験を行う。
- ・ピン固定部に関しては、加工条件を再現するための構造の必要から新規設計製作とする。
- ・加工状態を捉えるセンサーは、下記3種類とする。
①電流センサー（モーター電流） ②圧力センサー（工具の押付力）
③位置センサー（工具位置）

最終目標は「①電流センサー」のみでの検出であり、②③については、実験機での確認を通じて設置の要否を決定する。

（理由） ・予備実験から、①のみで成立可能性が高い。

・事業化時の客先設備の構造変更を最小限に抑える必要がある。

- ・自動車用ドアロック量産工程にて使用されている機種本体をベースにした構造とし、材料の固定部を新規設計とすることにより次の項目に関する再現性を持つ構造とする。

①スピнкаシメ加工工具と材料（ピン）との中心のズレ…加工中の振動発生を確認

②ピンの傾き量…B面カシメのみ

③組付け部品無しで、ピン単独での加工を行う構造とする。

- ・装置全体の振動衝撃吸収及び別途装置にて移動可能とするものを本体底部に配置する。

次の機能を確認させ異常品の流出防止とスピнкаシメ加工の高信頼性を確保する。

- ①スピнкаシメ加工機内で全数品質評価を行う（合否判定）
- ②最適加工条件を、過去の実績データから予測する
- ③加工機の稼働状況、品質の流れを時系列に監視する
- ④全データを関連付けした各種警報及び指示を行う

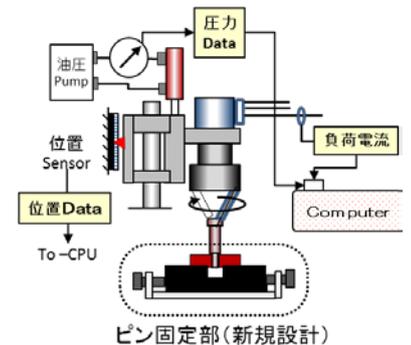
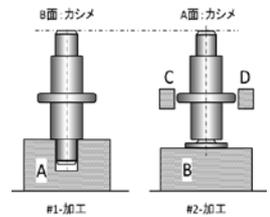
生産技術－計測技術－IT情報技術を組み合わせることで、

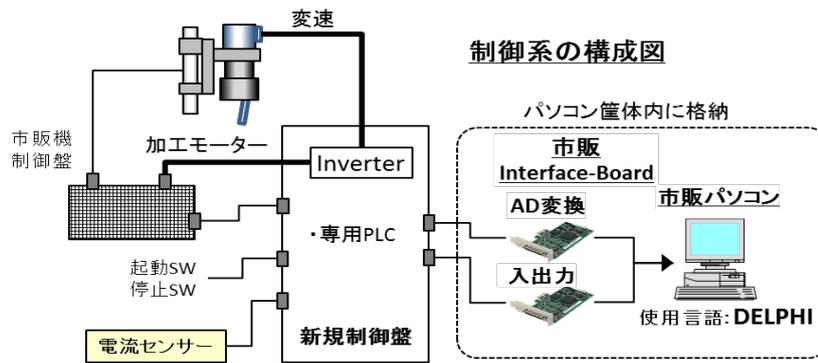
②③④に示す高度な機能へと展開することを可能にする。

【制御系の追加仕様に対する改造】

- ・市販機の制御盤とは別個に、制御盤を新規設置とし、次の機能を持つものとする。

- ①実験機サイクル運転の制御機能
- ②工具回転モーターの回転数制御（インバーター）
- ③新規設置センサー類との中継連結の機能
センサーを組み込み完成形とする。
センサー関連の配線はシールド線仕様及びノイズ発生を防御する形態を採る。
- ④市販機制御盤、コンピュータとの中継連結の機能





【2】 スピンカシメ加工データ収集用実験機で得られるデータに関する評価方法の開発

- ・実施者：株式会社ブレイド、株式会社シリックス、三重県工業研究所
- ・技術目標値：10 μ (秒/データ)レベルの取得速度を確保する機器構成とする。

機器構成は研究用の特殊レベルではなく、事業化を視野に入れた汎用性からの選択となり、入手の容易さ及び価格の両面からの比較選定を行う。

スピンカシメ加工データ収集用実験機に組込むデータ解析用ソフト開発を行う。

加工過程の変動波形は上記の実験機で取得出来るが、このデータを各々の特徴を示す何らかの特性値に変換するデータ解析処理をする必要がある。前述の予備実験にて相応の確認はしているが、モーター負荷電流についての方向性を確認しているレベルに過ぎない。モーター負荷電流がどのような挙動を示せば加工状態が正常であるかの根拠を実験の最終結果として求める。加圧力及び工具位置データは、その変化量がモーター負荷電流の変化に現れることを確認するための追加情報の役割を持つ。

【3】 インプロセス合否判定方式の確立

- ・実施者：株式会社ブレイド
- ・技術目標値：加工後1秒以内に合否判定を行う。

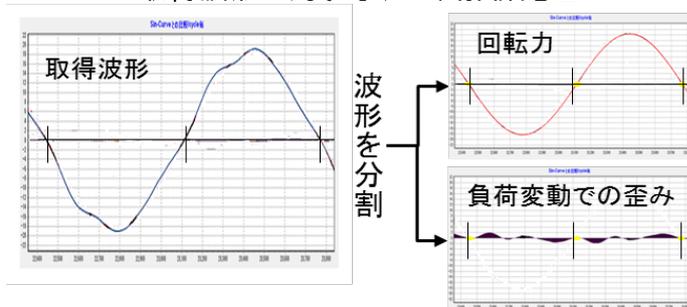
加工の自動手動を問わず、加工終了直後から1秒以内であれば、生産性に影響を及ぼさないレベルといえる。(加工完了：モーター電流波形変化から自動判断)

モーター電流変化は加工の種類及び条件によって異なり、合否判定へのデータ解析過程を確立するためには、各種の加工条件と波形変化の関連性を再現出来る実験機を使用したソフト開発を行うのが最良の方法となる。

理論上の変化予測は難しく、現実のデータを使用するのが時間的にも有効となる。

本研究では、従来技術では事例のないレベルでの詳細なデータ解析を行うことで、正確で高速な合否判定を可能にする。取得データについて、回転力を示す正弦波成分と負荷変動を示す歪み成分とに分割し各々を個別解析する方法を採ることで、解析論理の容易性を高め解析速度の確保及び合否判定の正確性を確保する。

《取得波形に対するデータ解析処理》

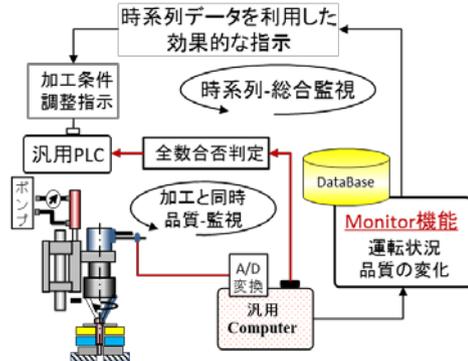


加工の種類に影響が無い、回転する力を示す正弦波形を抽出する。加工負荷の平均的な大きさを示すことになる。

加工の種類によって波形は全く異なるが、工具が受ける負荷のバラツキのみ図形で示していることになる。工具摩耗欠け及びピンの変形過程異常等々は、この図形変化として現れる。

【4】時系列監視システムの開発

- ・実施者：株式会社ブレイド、株式会社シリックス
- ・技術目標値：データベース機能を用い、2秒以内の実行時間で時系列評価を行う。適正加工条件を判断させる目的で一定数加工毎及び合否判定結果によって実行させるものとなり、上記実行時間にて生産工程に支障は無い。
正確で大量の品質評価データが自動生成及び記録されることで、加工品質合否判定だけでなく、過去の実績を含む時系列データでの傾向評価が可能となる。



《時系列-総合監視》

- モニター機能（現在の状況と予測、グラフ表示）
運転状況を示す信号をモーター電流値と同時に取得、加工機の稼働状況と品質変化を合成することで、現在の加工状況と品質の関連性を求め、これからの品質の動きを予測する。
- 工程監視機能（時系列データの分析と予測）
大量の記録データを総合的に分析し、最適加工条件を予測する。また、実績との比較から各種警報、抜取検査指示等を自動出力する。実績を蓄積するほど予測精度は向上することになる。

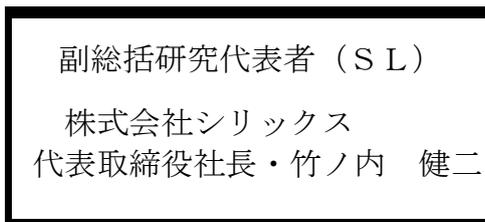
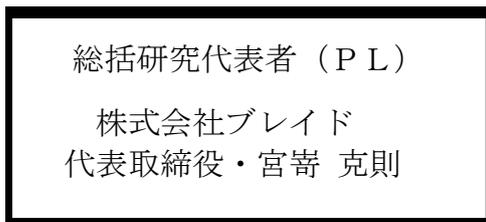
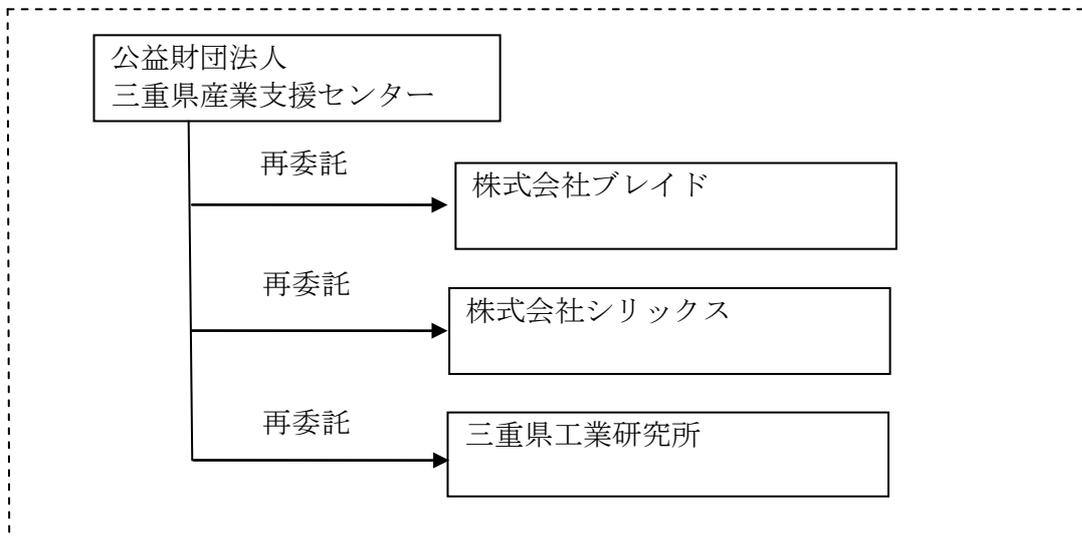
【5】プロジェクトの管理・運営

- ・実施者：公益財団法人三重県産業支援センター
- ・研究開発委員会開催等により研究開発の進捗状況の共有をはかると共に、成果報告書の作成等研究開発の管理運営を行う。

1-2 研究体制

(1) 研究組織及び管理体制

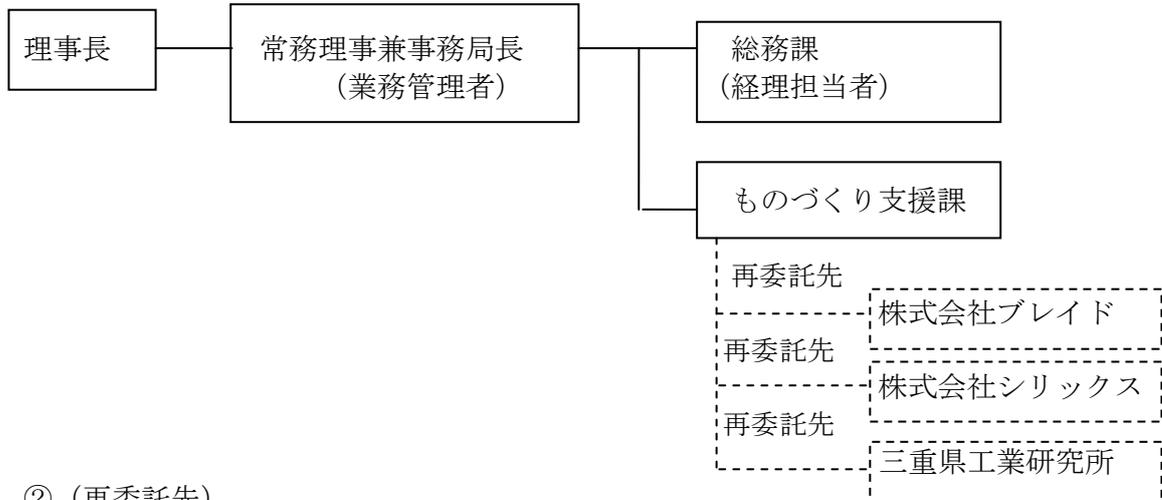
1) 研究組織（全体）



2) 管理体制

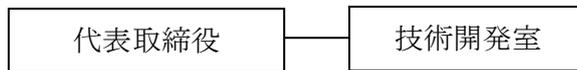
①事業管理機関

公益財団法人三重県産業支援センター

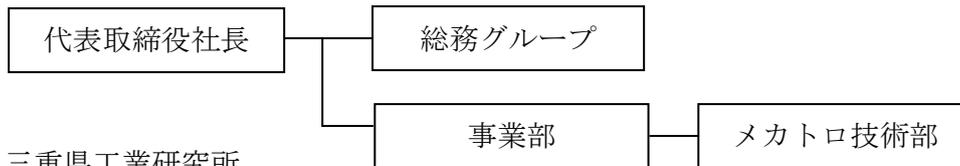


② (再委託先)

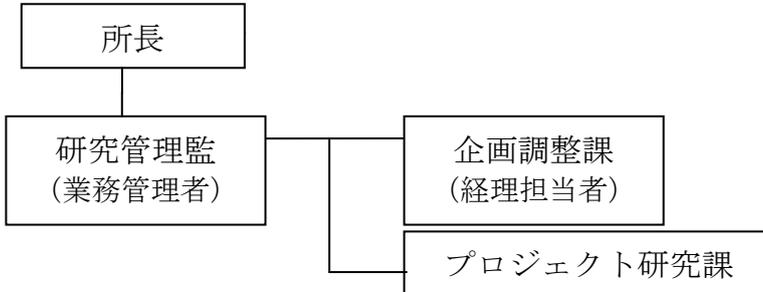
株式会社ブレイド



株式会社シリックス



三重県工業研究所



(2) 管理員及び研究員

【事業管理機関】 公益財団法人三重県産業支援センター

【再委託先】

株式会社ブレイド

株式会社シリックス

三重県工業研究所

(3) その他

なし

1-3 成果概要(研究内容及び成果)

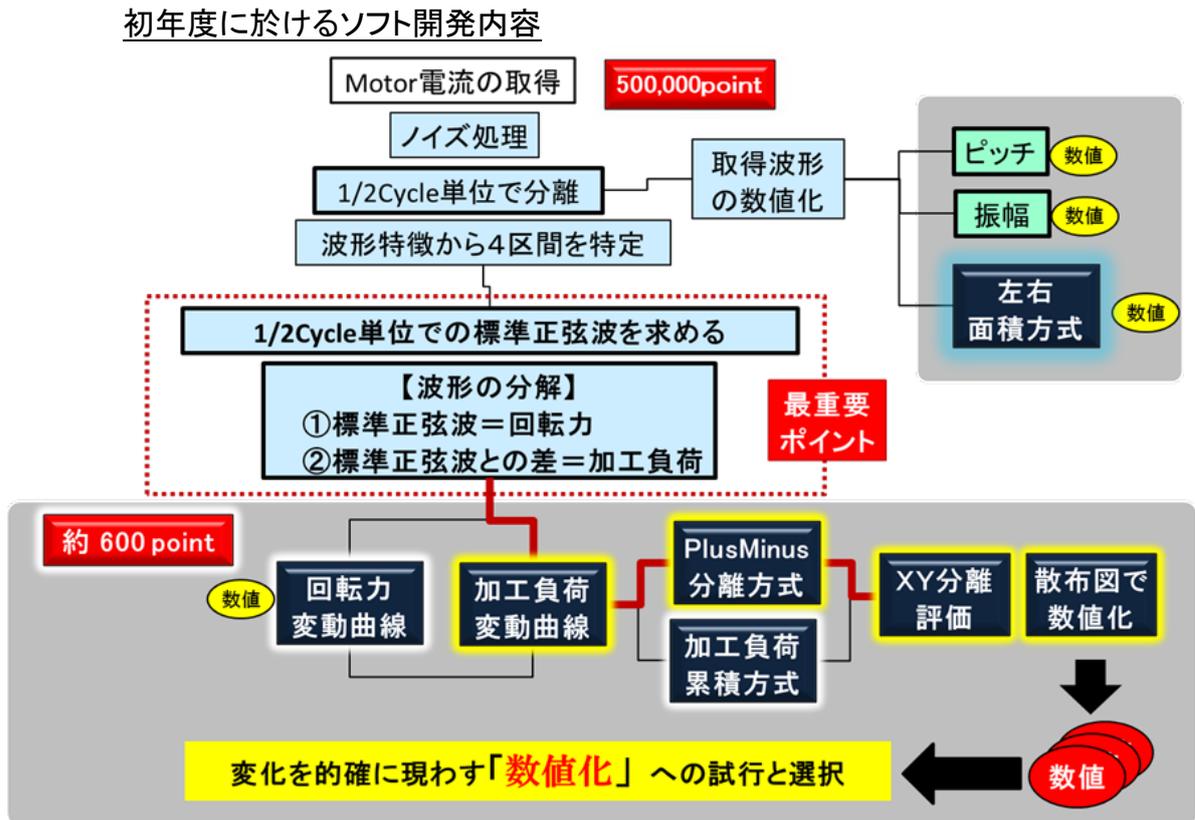
(1-3-1) 平成25年度の成果概要

平成25年度は以下の研究開発を実施した。

- 【1】スピнкаシメ加工データ収集用実験機の製作。
 - ①試験機に関する全体構成を明確化するための「仕様書」の作成
 - ②視覚確認用-超高精細高速度カメラの機能確認と関連機器の選定
 - ③各センサー及び全入出力確認テストプログラムの作成
 - ④開発用コンピュータ関連部の設置及び全体動作の確認
 - ⑤作成した仕様書に基づいた加工データ収集装置の調達
- 【2】スピнкаシメ加工データ収集用実験機で得られるデータに関する評価方法の開発。
 - ①加工中に変化する電流センサー信号をコンピュータメモリに取り込むためのソフト開発
 - ②メモリ内データの有害ノイズを除去するソフト開発
 - ③メモリデータの半波(1/2サイクル)毎に区分するソフト開発
 - ④メモリデータを4分割に区分するソフトの開発
モーター起動～工具接近(空転)～カシメ実行(加工負荷)～カシメ後退(空転)
 - ⑤半波毎に面積&ピッチを同じくする正弦波波形作成ソフト開発
- 【3】インプロセス合否判定方式の確立…平成26年度に継続する。
 - ①各解析項目と品質合否判定要素との関連性の分析を実施
 - ・下記の関連性をスピнкаシメ加工データ収集用実験機と超高精細高速度カメラの活用にて求める
 - ・実験での取得&解析データを処理及び管理する専用ソフトを用意する(ソフト開発)
 - ア)スピнкаシメ加工度と解析項目の変化量…カシメ量の推定(安全域内)
 - イ)ピン曲り発生と解析項目の変化量…過カシメの検出
 - ウ)材料セット位置と解析項目との関連性…ピン中心ズレ又は傾きの影響度
 - エ)スピнкаシメ加工工具使用量(摩耗)と解析項目との関連性
- 【4】時系列監視システムの開発…平成26年度に継続する。
 - ①時系列監視システム詳細部の決定:「システム基本仕様書」の作成
 - ・「【3】インプロセス合否判定」の効果を更に高める目的のシステムとする。
 - ・本システムは、客先の要請にもとづいて構成される専用部分が多くなるが、各種の標準パターンを用意することで、特殊性を排除する構成とする。
 - ア)最適加工条件を過去の実績から予測
 - イ)スピнкаシメ加工データ収集用実験機の稼働状況、品質の流れを時系列監視
 - ウ)全データを関連付けした各種警報及び指示
- 【5】プロジェクトの管理・運営
 - ①本実施計画書に沿って円滑に推進するために、研究開発委員会開催等により研究実施者間で進捗状況の共有をはかると共に、成果報告書の作成等研究開発の管理運営を行う。

※初年度：ソフト開発の流れ図※

当研究の初年度に於けるソフト開発は実験機の準備が整うまでの間に考えられる限りの方式を洗い出しておくことを主眼にした。先行予備実験での量産データの範囲では「加工負荷-プラス-マイナス分離方式」が得られる数値情報の多さから最も適しているという結論を得ている。従って初年度申請予定である特許は下図の流れに沿った内容にて基本特許申請を行った。尚、当研究の拡張性は高いと考えられるが、下図内の“重要ポイント”と記す部分は影響がないことから基本特許とし、加工法によって異なる解析判定部を追加特許申請可能な構造とした。



(1-3-2) 平成26年度の計画と成果概要

平成26年度の実施計画

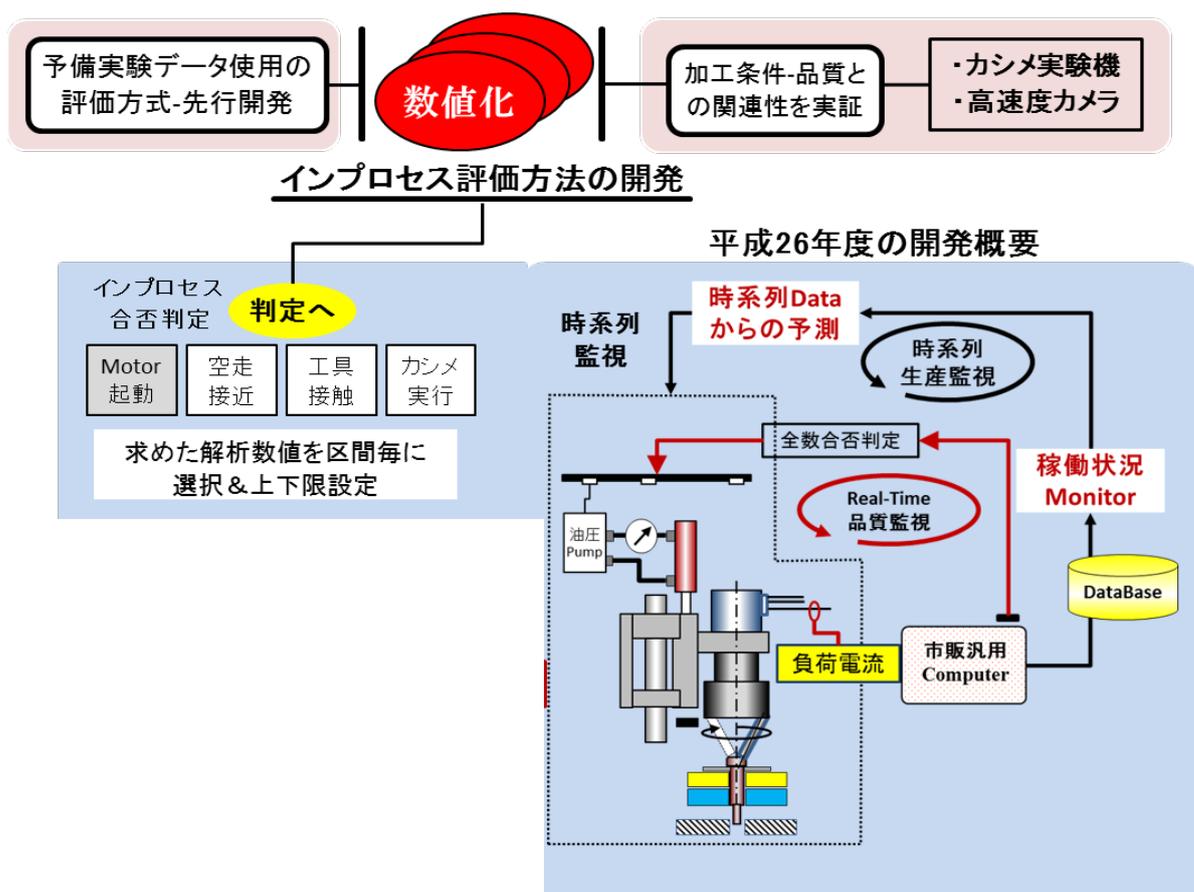
【計画の概要】

初年度で開発した“モーター電流変動特性の数値化”をインプロセス合否判定として加工データ収集装置に組み込み、更にその時系列データを累積評価システムとして構築する。

また加工データ収集装置を含む本システムは当開発実施場所に常設し、事業化対象企業（当面は川下ユーザグループ）への眼で確認出来る技術立証を行うためのモデル機としても活用する。

当技術の認識度は未だ低く如何にその効果を相手に認識させていくのかが事業化への課題である。

平成26年度に於ける開発の概要と、初年度開発実績との関連図



○加工データ収集装置の製作

平成25年度にスピンカシメ加工データ収集用実験機を作成し実験を進めた結果、スピンカシメ加工における製品の良否判定とデータの整合性の確認が出来たが、更に平成26年度は下記【3】【4】項の研究開発を進めるため、現状のスピンカシメ加工データ収集用実験機に加え小型の加工データ収集装置を準備して、判定システムと加工機を一体化させた合否判定ソフトの開発を図るとともに川下ユーザへの動作説明用として使用する。

【3】インプロセス合否判定方式の確立

品質評価に対する各解析項目の“安全—危険—限界範囲”の基本設定を行うためのツールを作成する。

・担当：株式会社ブレイド、株式会社シリックス、三重県工業研究所

(1) 品質評価の項目

- ① スピンカシメ加工度の過大又は過小評価
- ② ピン曲り又はクラックの発生評価
- ③ 材料セットの位置ズレ評価
- ④ スピンカシメ加工工具又はベアリングの使用限界評価
- ⑤ 工具押付力の過大又は過小評価

いずれも具体的限界値の設定は客先所掌とし設定を簡易にするツールを提供する。

- (2) 各解析項目の組合せにて合否判定過程をソフト化する（自動合否判定）
- ・加工データ収集装置をデモ機としての利用も念頭においた画面構成とする。
 - ①技術 PR が可能となる判定根拠図の表示…技術向け
 - ②品質評価に対する簡便な時系列変化表示及び警報画面の表示…製造向け
 - ③稼働状況と生産性評価画面…管理者向けその他客先状況に応じて追加をする。

【4】時系列監視システムの開発

時系列監視システムの製作工程表を作成する

- ・担当：株式会社ブレイド、三重県工業研究所

- (1) 合否判定結果を時系列評価することで、インプロセス合否判定の効果を更に高める目的のシステムを構築する。
- (2) 本システムは、客先の考え方にもとづいて構成される専用部分が多くなるが各種の標準パターンを準備することで特殊性を排除する構成とする。
(標準パターンの種類)

- ①最適加工条件を過去の実績から予測する。
工具押付力、加工時間の品質影響度の解析を行う。
- ②加工機の稼働状況、品質の流れを時系列に監視をする。
傾向管理データの提供、特に過去の実績からの分析を主体とする。
- ③品質不具合品が発生する前に示す各種警報及び指示の実施。
実績データと比較をした情報提供と運転停止警報出力等。

(特記)

- ①インプロセス合否判定が波形データを詳細に解析できることで成り立っていると共にその応用範囲も広いことを示すことが事業化への推進力になる意味を持って、自動運転を監視出来るシステムを開発する。従って画面イメージは前項と同等とする。
- ②サンプル出荷をする。

【5】プロジェクトの管理・運営

本実施計画書に沿って円滑に推進するために、研究開発委員会開催等により研究実施者間で進捗状況の共有をはかると共に、成果報告書の作成等研究開発の管理運営を行う。

【事業化への検討】

自動車用部品のスピカシメ加工に起因する不具合が発生し、市場回収となった事例が過去にある。不具合対応は、官能検査増強等の流出防止が主体であり、加工の高信頼性確保は望めないと同時に検査コストアップで経営を圧迫している。発生源への防止対応はスピカシメ加工条件の経験による微調整レベルでしかなく、解決への有効な手段は見出せていないのが現状である。

本研究成果は発生防止機能を主体としながら流出防止機能を併せ持ち、上記のニーズに対する根本解決手段を提供するものであり事業化を推進するための製品力、価値は十分にある。

本研究は加工機にソフトウェアを応用することで加工精度の高機能化を図っているが、ユーザはこのソフトウェアの持つ特徴、幅広い拡張性についての理解度が低く、加工機の心臓部に応用可能であるという認識は無い。この認識を拓けるのが事業化への現実の課題となる。

【課題に対する具体的な対応】

○加工データ収集装置を使用し従来技術との違い&幅広い効果を眼で見える形にする。

最新設備の大半が組込ソフトを内蔵した高機能を持っているが、各製造会社が持つノウハウをソフトの形で組込んだものではなく、生産技術を基本にはしていない。

当研究はこの部分に踏込んだものであり、各社の差別化への大きな武器になり得ることを具体的な形で示すのが事業化への最短距離となる。

※加工データ収集装置にデモ機としての機能を持たせる。

当初計画では、ソフト開発完了時点にてサンプル出しを行い客先ラインにて評価を受けることを描いていたが、バリエーションを持つ標準形を用意して事業化を図る方式に切り替える。これは初年度にて解析ソフトの基本部分が高い解析能力を持つレベルに達し得たことに起因するものであり、客先の機能評価は必要としないと判断した。

従って加工データ収集装置に於ける各種画面表示は量産時を想定したものではなく、従来技術との比較、判定の正確さ安定性、膨大な取得データの意義と解析速度等々を具体的に形で示す構成とする。またPR対象も、「製造系-技術系-管理者向け」の3タイプに区別した内容とし導入判断をし易くする。

※超高精細高速度カメラ画像とコンピュータ波形解析との合成表示にて品質解析の根拠を示す。波形解析の有利性、超高速反応等の特徴を明確に現すことになる。

○波形解析の基本部分を知財（特許）で確保する…初年度にて申請

○インプロセス合否判定が完成した時点から加工データ収集装置を公開し事業化を先行させる。

販売促進での最大課題は、異業種であるソフトウェアを利用して加工改善するという方式が定着していないために、まずは社内全体の理解を得るのが難しいことにある。

近々の重要課題を持っている顧客に対して効果実績を明確に示すのが、最もインパクトのある対応方法となる。本研究が高い拡張性を持ちながらも、研究対象をスピカシメ加工に絞っている理由のひとつである。

特に自動車産業に於いては、ユーザに対して実績を積み上げるのが販売促進の良策となることから、近々の課題を抱えている川下ユーザを第一歩とする。ここで本研究成果を実体として示すことで、自動車部品加工メーカ全体への展開が急速に進むことが期待できる。

注) 今年度の実施計画は上記の事項を織り込んだ内容として計画している。

4) 所在地

①事業管理機関

公益財団法人三重県産業支援センター（最寄り駅：近畿日本鉄道名古屋本線津駅）
〒514-0004 三重県津市栄町1丁目891番地（三重県合同ビル5階）

②研究実施場所（下線部は主たる研究実施場所）

公益財団法人三重県産業支援センター（高度部材イノベーションセンター）
（最寄り駅：近畿日本鉄道名古屋本線塩浜駅）

〒510-0851 三重県四日市市塩浜1丁目30番地

株式会社ブレイド（最寄り駅：名古屋鉄道豊田線豊田市駅）

〒471-0805 愛知県豊田市美里3丁目20番地3

株式会社シリックス（最寄り駅：近畿日本鉄道名古屋本線四日市駅）

〒510-0951 三重県四日市市小古曾東2丁目9番40号

三重県工業研究所（最寄り駅：東海旅客鉄道株式会社高茶屋駅）

〒514-0819 三重県津市高茶屋5丁目5番地45号

(2) 委託期間

平成26年4月1日から平成27年3月31日まで

(3) 実施計画日程

実施内容	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
【1】加工データ収集装置の製作	→											
【3】合否判定方式の確立	→											
【4】時系列監視システムの開発	→											
【5】プロジェクトの管理・運営 ① 研究開発委員会の開催 ② 報告書作成				○			○			○	→	

平成26年度の成果

【1】加工データ収集装置の製作

全て新規設計であり、下記に基本仕様を示す。

対象加工機	加工データ収集装置
本体構造	<p>①軸駆動用モーターは AC200V, 3相で下記仕様とする 回転軸：200W 1/5 減速機付サーボモーター</p> <p>移動軸：200W 直結 ブレーキ付サーボモーター</p> <p>注) 制御方式はアナログ電圧指令によるものとする 使用メーカーは P L C と同じとする</p> <p>②本体外形寸法は特に規定しないが出来る限り軽量とする</p> <p>③動作部への安全カバーを全面及び両側面に配置する 但し、工具及び加工品セット等に支障なきこと</p> <p>④ P L C を使用した制御回路は本体下部に格納する</p> <p>⑤計測制御用電子機器は本体とは別置きとする (専用台は必要としない) 接続ケーブルは簡便な脱着式とする</p>
電源	<p>3相 AC200V 制御電子機器用電源 AC100V タップを制御盤側面に設置</p>

【構造の変更点】

現行のスピカシメ加工データ収集用実験機（以降、1号機と称する）は実験を通じて下記の不十分さがありその解決を目的として“加工データ収集装置（以下、2号機と称する）”を製作した。

1) 加工条件：加工速度に関する事項

- ①モーター電流波形解析値が負荷を正確に現していることを立証するためのスピカシメ加工条件である“加工速度”を数値で把握できる構造になっていない。
- ②加工速度は油圧温度により変動するため、加工速度とモーター電流変化との関連を明確にする必要がある。（2号機での対応）
 - ・加工速度はネジ送りを介したNC制御とし、速度変動が無い構成である
 - ・NC化することで任意の速度設定が可能である。

2) 加工条件：加工回転数に関する事項

- ①加工回転数は固定で変速出来ない。量産用としては支障ないと考えられるが、回転数変化が品質に与える影響は確認しておく必要がある。（2号機での対応）
 - ・NC制御による速度変更可能な構造である。

(注) 1)、2)の構造変更は、モーター電流波形の反応速度及び解析値の正確度を保証するためのものであり、当構造を量産機に反映させることは意図していない。量産機の構造変更はコスト面から事業化への障害となる。

3) 事業化に関する事項

① 事業化への最も効果あるPRは“実機での機能検証”であるが、この目的であるPR用技術検証関連ソフトの組込によって処理速度が落ちることになり、加工直後に高速反応する特長を損なう危険がある。(処理速度の確保)

② 1号機の総重量は約2トン、油圧装置を使用しており工場内での使用に限定される。(安全の確保と2号機での軽量化対応)

・2号機にPR用ソフトを全て組込み、1号機は処理速度の高速性のみを目指す。各号機の特長を区分した方がPR効果は大きいと予測する。

・2号機の機体重量&寸法は展示会等への出展を可能とし、特に油圧動力源の不使用、安全カバー、低重心等の構造とする。

【3】インプロセス合否判定方式の確立

品質評価に対する各解析項目の“安全—危険—限界範囲”の基本設定を行うためのツールを作成する。

当サブテーマの成果を得るためには、モーター電流変化についてソフトウェア面だけでなく生産技術面等の角度からも有効とする多様な個別波形解析法を開発しなければならない。

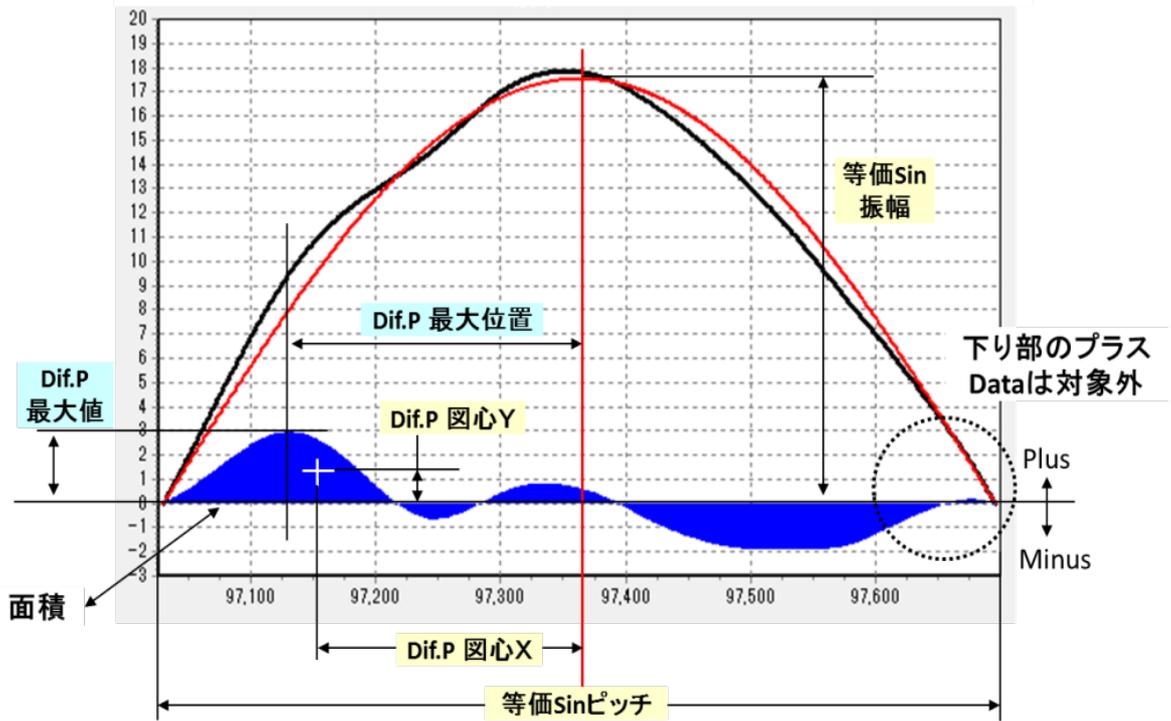
この個別解析方法の組合せ評価することでサブテーマ【3】【4】が達成出来ることから、まずは個別の解析内容について記述する。

【基本解析項目】

全て1/2サイクル単位での波形特徴を各々数値化したものであるが、次の利点がある。

①1/2サイクル毎の数値化が十分に実行されれば、100,000ポイント/秒の速度でコンピュータメモリー内に蓄積される取得波形を代替出来ることになり、膨大な取得データを保持し続ける必要がなくなる。

②取得波形と同面積の等価サインカーブを基準線にすることで、スピンカシメ加工特有の回転加工力を示す波形歪部分を抽出することが出来る。取得波形には、油圧で発生する加工圧力で断面変化を起こす部分と、工具が回転することでそれを起こす部分とで構成されていると考えられるが、上述のように回転加工力を分離することが出来れば、断面変化を間接的に評価できることになる。



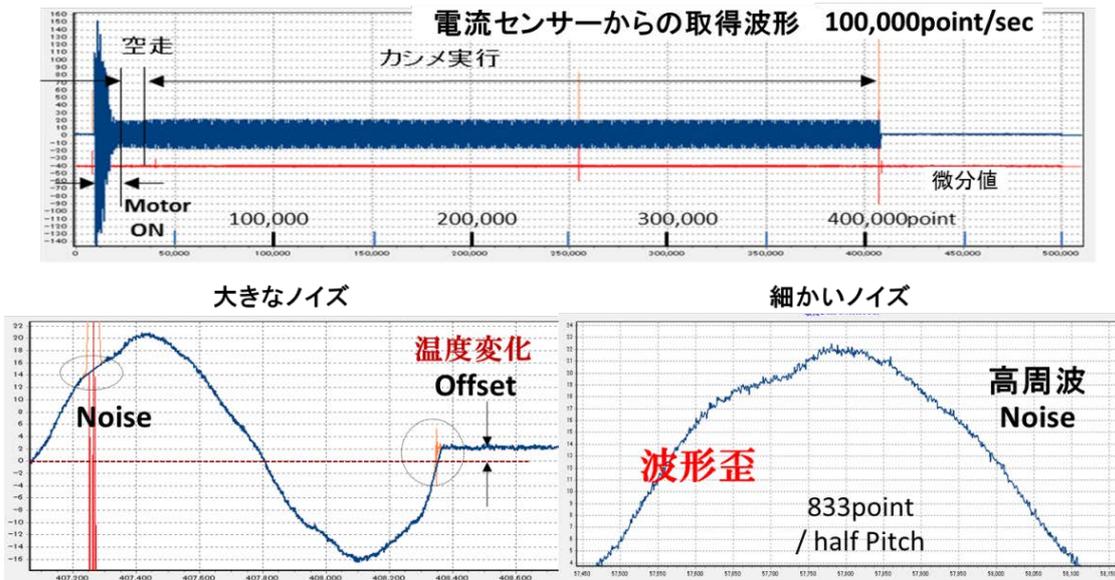
「図-1」 基本解析項目

1/2 サイクル単位での基本解析項目を下記に示す。(図-1 参照)

- ・ 等価 Sin-Curve 振幅
 - ・ 等価 Sin-Curve ピッチ
 - ・ 等価 Sin-Curve 面積
 - ・ Dif. P 図心 X
 - ・ Dif. P 図心 Y
 - ・ Dif. P 最大値
 - ・ Dif. P 最大位置
 - ・ Dif. P 面積
- 注) Dif. P は取得波形と等価 Sin-Curve との差部分の略称

(参考資料)

1/2 サイクル毎-解析に進む前の取得波形に対する基本的な処理法を(参考図-1)に示す。当処理はADコンバーターを介したデータ取得直後に実行されると共に、解析処理に適合できるかどうかの判定も実施される。過大なノイズ或いは高周波ノイズ発生をみとめた時は処理を停止する。



- ・工場内で発生するノイズ対策：一定限度内においてSoftWareにて自動対応
- ・温度変化にて発生するOffset量：Data取得後、SoftWareにて自動調整

(参考図-1) モーター電流波形の初期処理

【基本解析項目-その1】 等価サインカーブ関連

等価サインカーブ振幅及びピッチのサンプル図を示す。(図-2 参照)

振幅は材料に加えられる力の総量を現しており、加工の主目的であるスピンカシメ加工力と油圧力による押さえる力の合力となる。

「図-2」 基本解析項目-その1
等価SinCurve
の特徴を示す指標

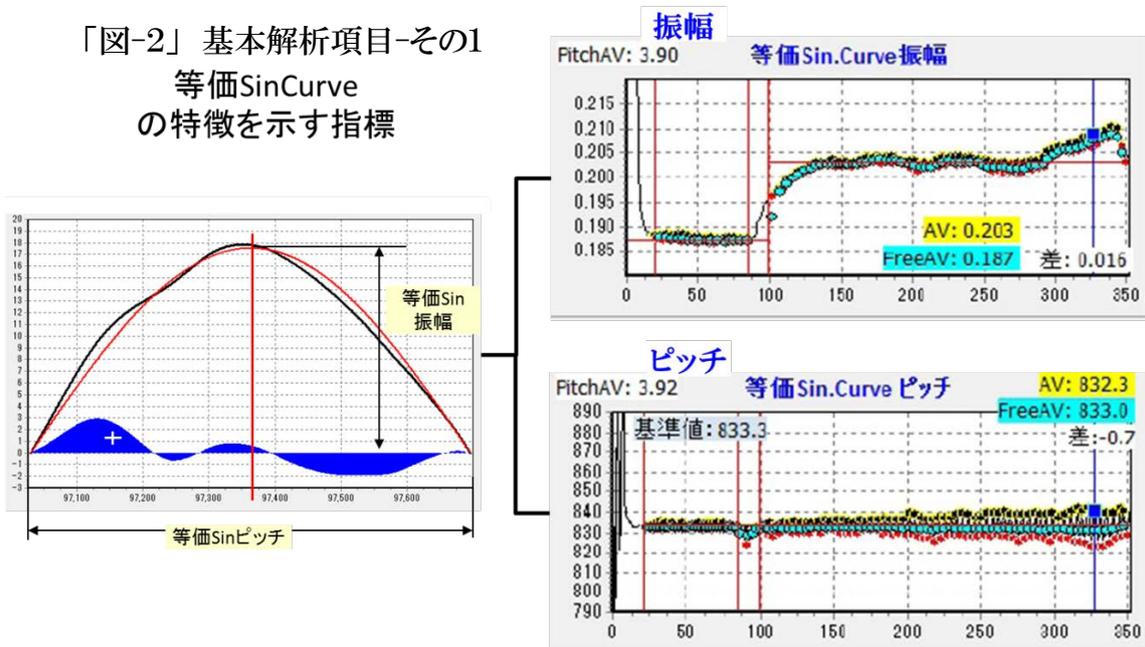
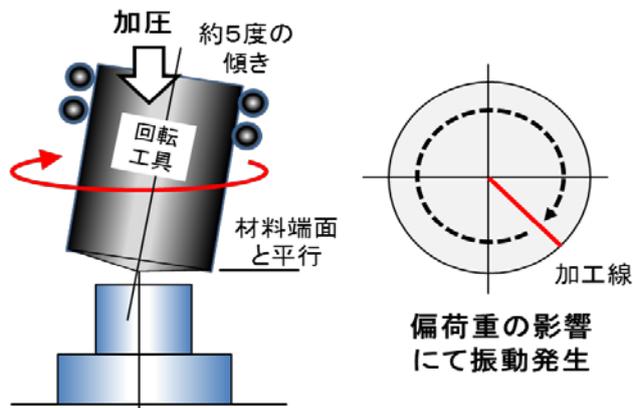


図-2 で示されるように等価サインカーブ振幅、ピッチは振動を伴っていることから、1/2 サイクル単位での振幅、ピッチ値だけでなく個々の振動解析も同時に実行される。この振動発生は当加工方式に起因するものであり、図-3 にその加工原理を示す。



加圧しながら回転(コロガリ加工)
小さな力&小さな加工の積重ねとなる

「図-3」加工原理図

上図に示すように、油圧による加圧力は加工線に集中して加えられ変形を起こすと共に回転力によって円周方向に拡散していくことで、小さな力で安定した断面変化を得る加工方式である。

従って加圧力と回転力とのバランスが当加工法の重要な要素となる。

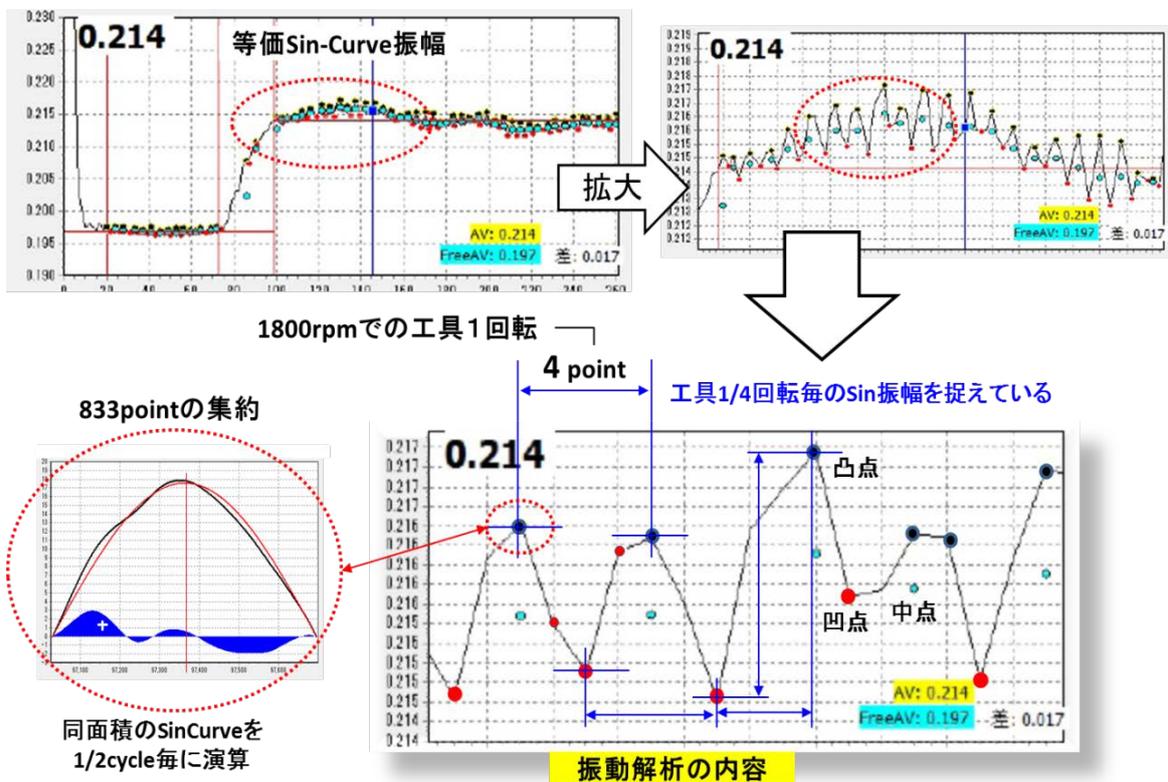
加圧力の大小によって加工断面は変化することになり安定した加工結果は得られない。

また加工線が図示位置にあり片側偏荷重が回転することから回転数に応じた微小な振動が発生するが、工具位置と材料中心とのズレもその要因となる。

【振動解析-1】

基本的な振動解析について述べる。(図-4 参照)

以下に述べる振動解析は、後述する全ての解析項目についても共通に実行される。



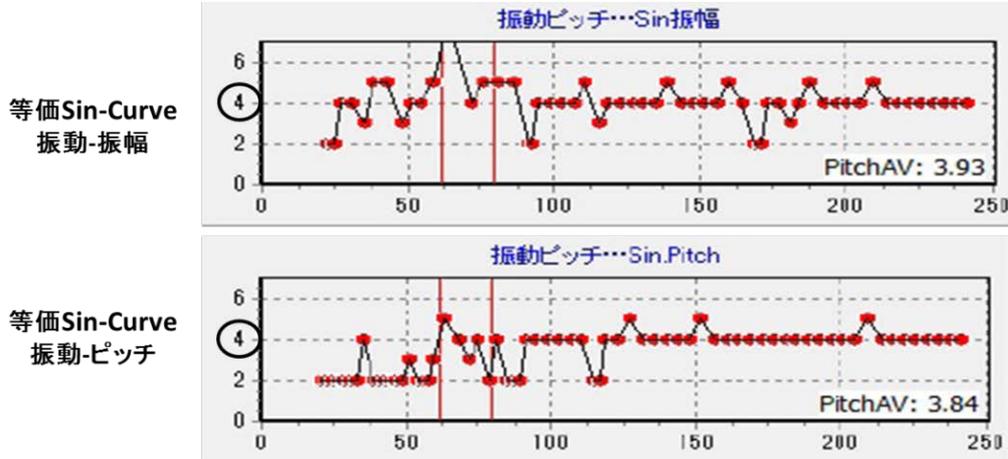
「図-4」振動解析-1

振動解析結果は次の数値で現わされる。図-2 グラフのデータとなる。

- ①凸点のXY座標：瞬間的な最大負荷がかかっている位置、Y座標高にて負荷大の意味

- ②凹点の XY 座標 : 負荷が逃げて位置
- ③凸点間の X 方向距離 (ピッチ) : 工具回転での負荷増間ピッチ
材料位置ズレも変動要因のひとつとなる
- ④凹点間の X 方向距離 (ピッチ) : 工具回転での負荷減間ピッチ
- ⑤進行方向での凹凸間の振幅 : 負荷の振動-振幅
- ⑥進行方向での凹凸間の平均高さ : 振動毎の平均負荷 (図中: 中点)

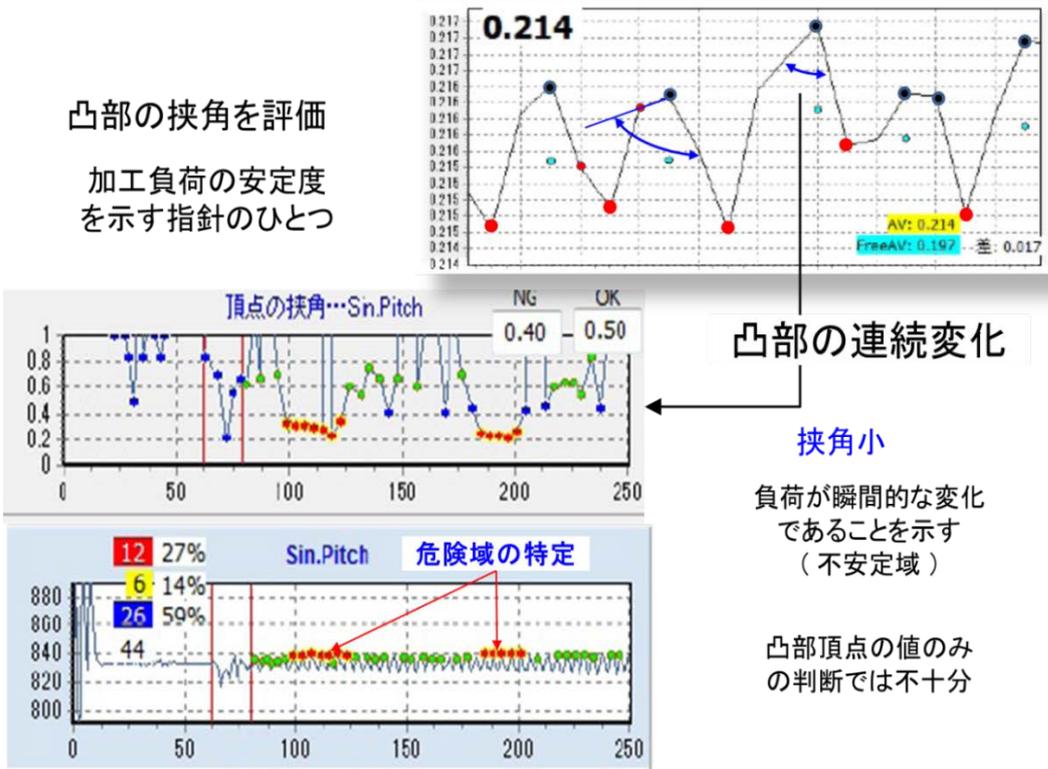
図-2 のグラフは、上記①②⑥の連続変化を示している (以降の解析項目も同じ表記法)
 図-5 は、上記④をグラフ化したものでありカシメ安定部では 833 ポイント相当値を示す。



「図-5」 振動解析-振動ピッチ

【振動解析-2】

負荷安定度に寄与する振動解析について述べる。(図-6 参照)



「図-6」 振動解析-挟角評価

上図-6 は振動毎の負荷の安定度をしめしている。凸点の値が高くても凸点挟角が小さければ負荷実効値は低く加工の安定度は低いといえる。図-6 データは実験値であるが、挟角小部分はある程度集中して発生しており振動ピッチも小さいことから加工安定度の評価指標として有効と考えられる。瞬間的な値だけで各評価を行うことは危険であり、様々な解析値を対象に応じて組合せ評価を行うことが必要である。

【振動解析-3】

解析項目間の関連を示す振動解析について述べる。(図-7参照)

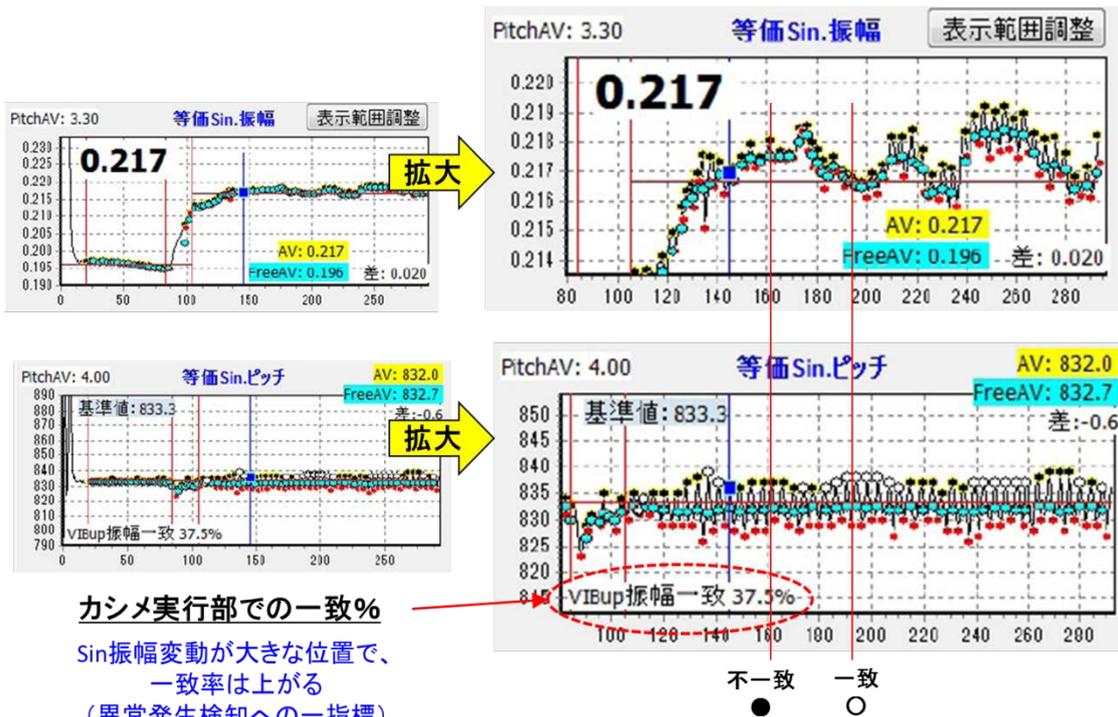


図-7は、等価サインカーブ振幅についての“振動凸部X座標”と等価サインカーブピッチのそれとが一致しているかどうかをスピカシメ加工実行区間にて全点チェックしている。 図中○は両点の一致部分を示しているが、一致位置は等価サインカーブ振幅の変動が大きい位置に集中している。この関連性の解析は、等価サインカーブ振幅を基準にした全解析項目との間で実行される。個々の一致判定と併せて全体の一致率も求められることから、総加工力を示す等価サインカーブ振幅と解析項目間の影響度を確認する指標となる。様々な解析項目の示す変動から眼に見えない加工経過を推論していく生産技術面への資料としての価値がある。

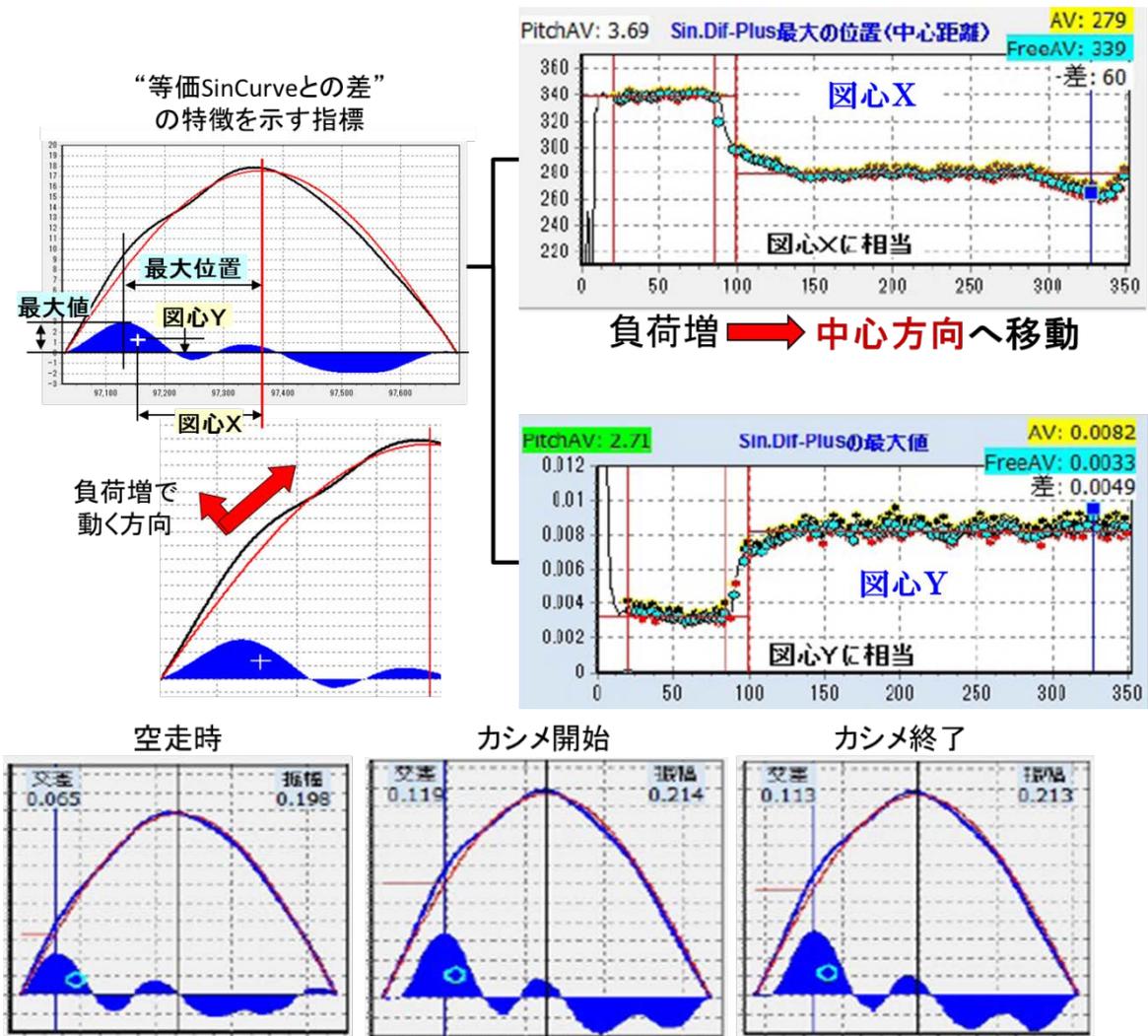
(補足) 解析項目の役割

各解析項目の役割は合否判定への指標とする役割だけでなく次の要素も併せ持つ。

- ①各解析項目は波形変動を図形として認識をした数値化を行っており、各々の重要性は加味していない。
- ②各解析項目の変動する意味と品質への影響度・重要性を決めていくのは、生産技術面からの加工現象への推論と確認実験での波形変化(解析項目)の確認を重ねるしかない。
- ③当開発テーマは従来技術では見えない領域であり、生産技術面から詳細な加工経緯を解析項目から推論することは難しい。そのためには可能な限りの解析項目の用意とグラフ等の視覚化を図る必要がある。時系列変化を示すのも推論への補助を主要目的としている。本報告書に於いて多くのグラフ類が多用されているのはこの理由による。

【基本解析項目-その2】 等価サインカーブとの差(略称：DIF.P)

図-8 に概要とサンプル波形を示す。



「図-8」 DIF.P

上図-8は、取得波形と等価サインカーブとの差（以降：DIF.Pと称する）に焦点をあてた解析項目となる。既述のように取得波形と等価サインカーブは同面積であることから、DIF.Pは常にスピнкаシメ加工特有の加工力を現している。

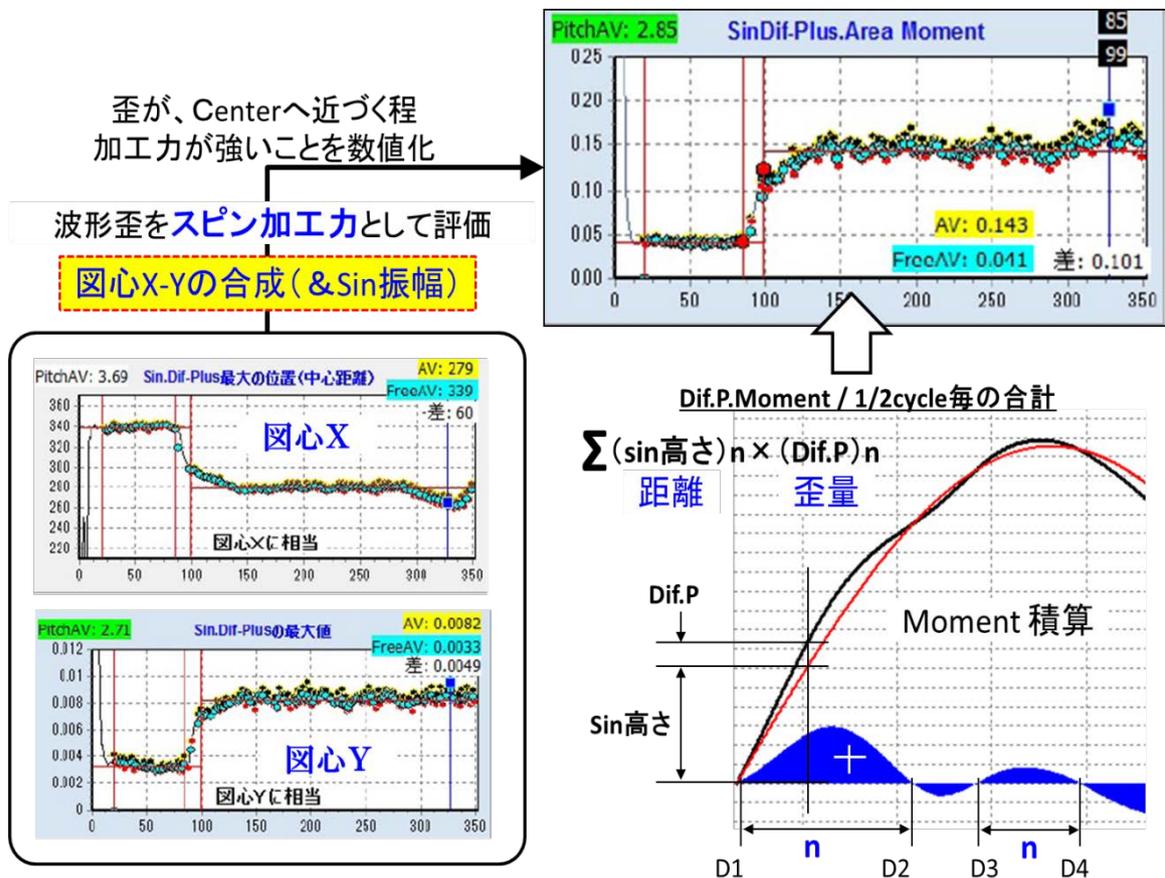
詳細な解析項目は以下の通りである。

- ①図心X（中心からの距離 point 数）…DIF.P プラス側
 - ・スピнкаシメ加工負荷の増大と共に中心方向に移動する。
 - ・図心Y及びDIF.P面積が同じ値（加工力）でも図心Xの位置で材料に与える加工度は異なる。中心に近づく程、加工度は上がる。
 - ・加工力を現すのは常にDIF.Pプラス側であり、マイナス側と同じ合計値となる。
 - ・DIF.Pの現われる図形パターンが変化しても特徴を追従出来る指標となる。
- ②図心Y
 - ・スピнкаシメ加工負荷の変動と共に上下方向に移動する。
 - ・加工力の強さを現すが、図心Xとの関連で材料に与える加工度は決まる。
 - ・DIF.Pの現われる図形パターンが変化しても特徴を追従出来る指標となる。
- ③DIF.P 最大値：図心Yの代替値
 - ・図形パターンがサンプル図と基本的に変わらないことを想定した代替指標。
- ④DIF.P 最大値の位置（中心からの距離Point 数）：図心Xの代替値

- ・ 図形パターンがサンプル図と基本的に変わらないことを想定した代替指標。
- ⑤DIF.P 面積：プラス側の総面積
 - ・ スピンカシメ加工負荷の変動と共に上下方向に移動する。
 - ・ 加工力の強さを現すが、図心Xとの関連で材料に与える加工度は決まる。

【複合した解析項目】

1) モーメント法での図心X・図心Yの合成評価



「図-9」 DIF.P,モーメント指標

図心Xの位置と図心Yの大きさは相互に関連し合ってスピンカシメ加工の加工力及び加工度を示す。加工力はあるても加工度が小さく、また逆のことも加工条件で有り得ることから、両者の関係を合成して加工度を表すDIF.P.モーメント指標を図-9に示す。

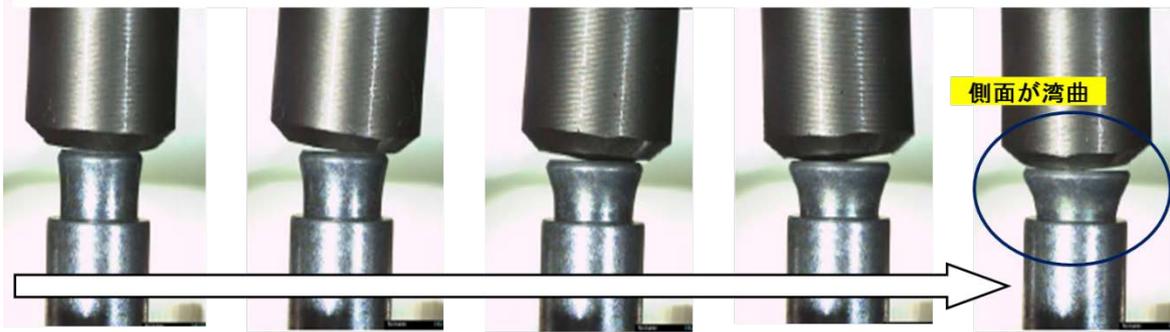
図心Xの値が中心へ近づくほど加工度大であり、図心Yの値が大なるほど加工力は上がるという関係を力学上のモーメントで表現する方法を採用している。荷重点距離を等価サインカーブ値(SinDis)、荷重をDIF.P(P)と仮想してモーメント($\sum \text{SinDis} * P$)を求めれば、図心Xと図心Yの関係を合成した加工度レベル指標とすることが出来る。

(加工力と加工度)

本稿ではスピンカシメ加工するために必要な力を加工力と称し、実際にスピンカシメ加工特有の断面変化を起こした力を加工度と称している。

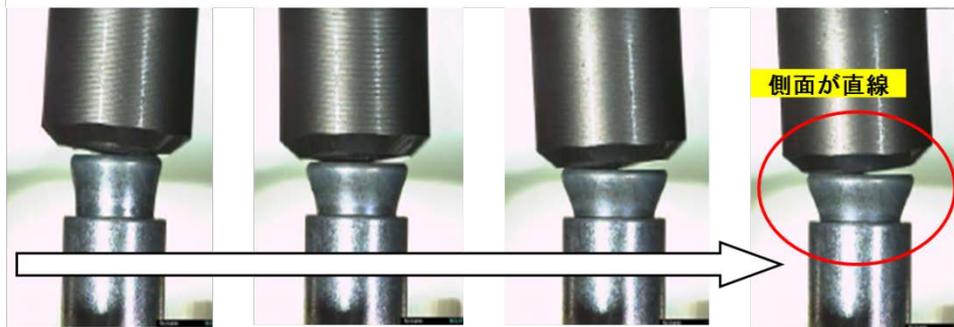
等価サインカーブと取得波形の差であるDIF.P(加工力)が大きな値を示しても、図心Xの位置が中心から離れるほど材料断面に変化を起こす力(加工度)は低くなる。加工度が低くなれば加圧力(油圧)が主な断面変化を起こしたことになる目的の断面形状は得られなくなる。

加工度が高い…加工範囲が狭い(スピнкаシメ加工の特徴)



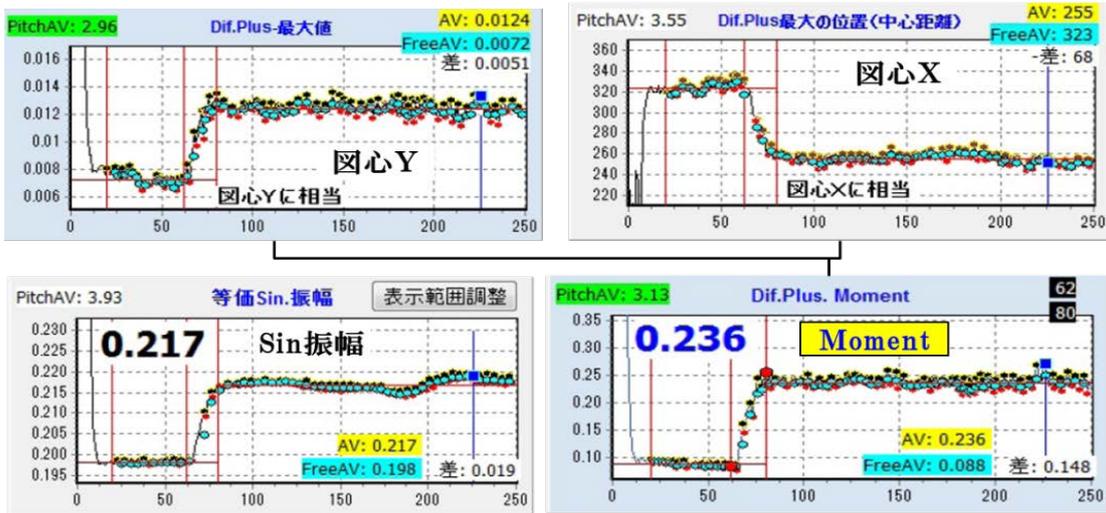
断面形状
に差あり

加工度が低い…加工範囲が広い(油圧-押付力が勝る)

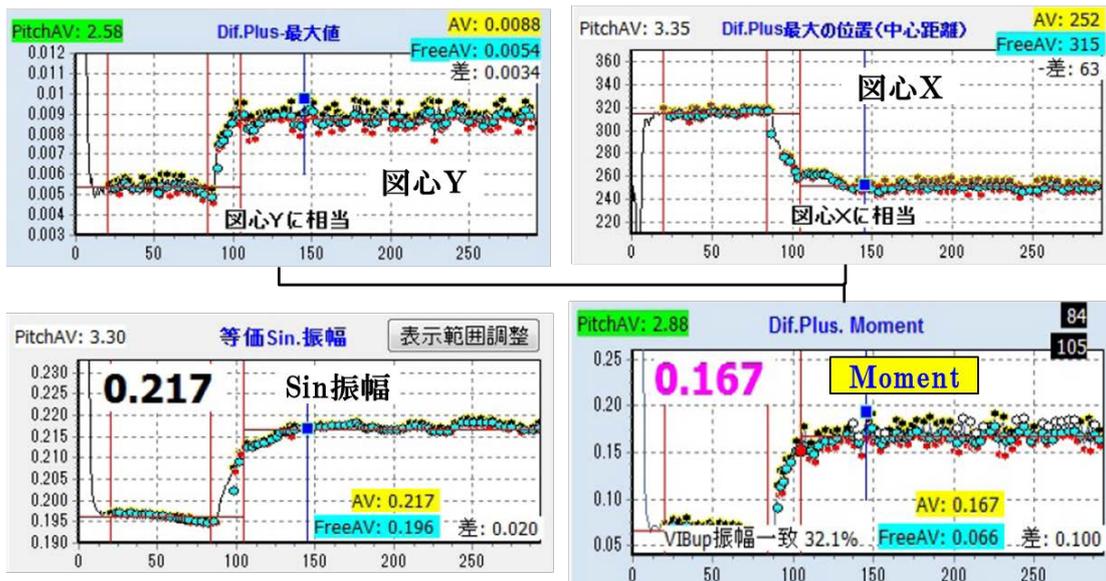


下記は DIF.P. モーメントが図心Xと図心Yの合成値であることを現している解析図である。スピнкаシメ加工の総加工力を示す等価サインカーブ振幅の影響は図心Xを通して認められる。

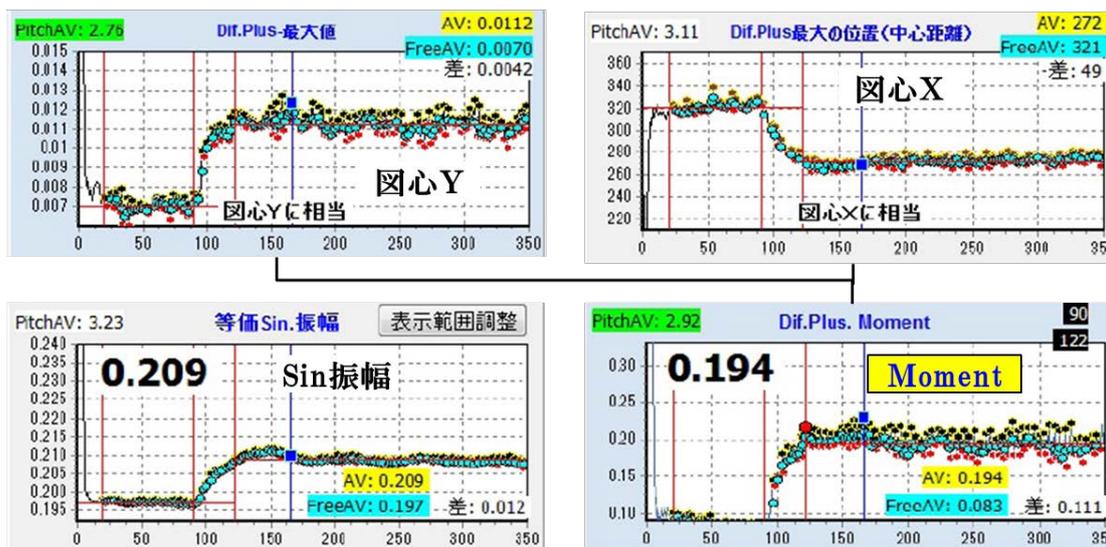
(例-1): 正常加工



(例-2): Sin振幅は高いが、スピнкаシメ加工度レベルは低い



(例-3): Sin振幅は低いが、スピнкаシメ加工度レベルは高い

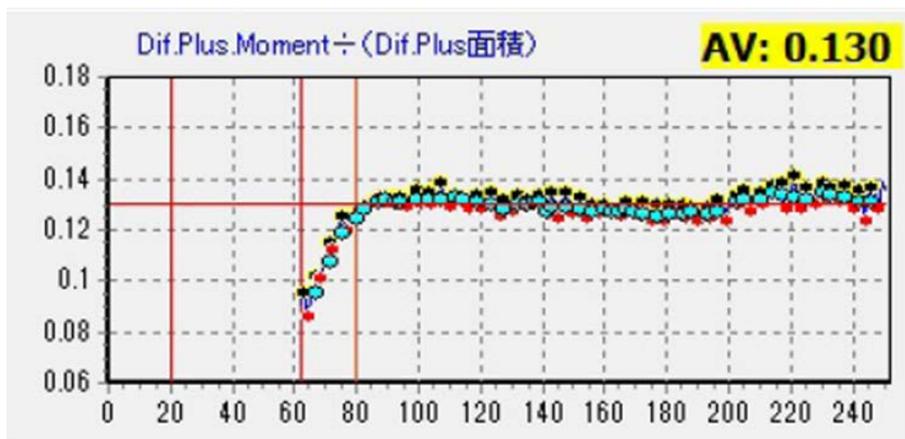


2) その他の合成評価

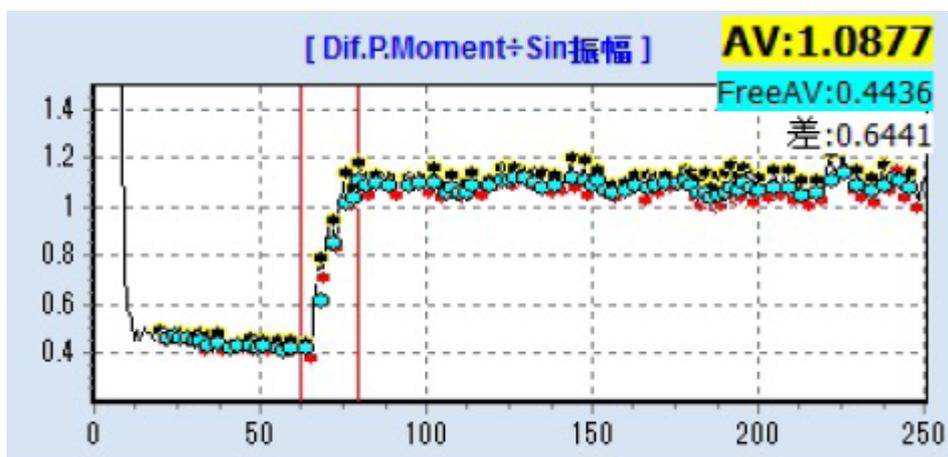
①DIF. P 単位面積あたりの DIF. P. モーメント

本稿で述べている解析項目は電流センサーを介して得たモーター電流値であるが、電流センサー感度(ゲイン)が精密に保証されている構成ではなく、測定の絶対値が温度変化等の要因で変動することが予測出来る。これは解析値の絶対値が変動することに繋がる(図心Yへの影響)。

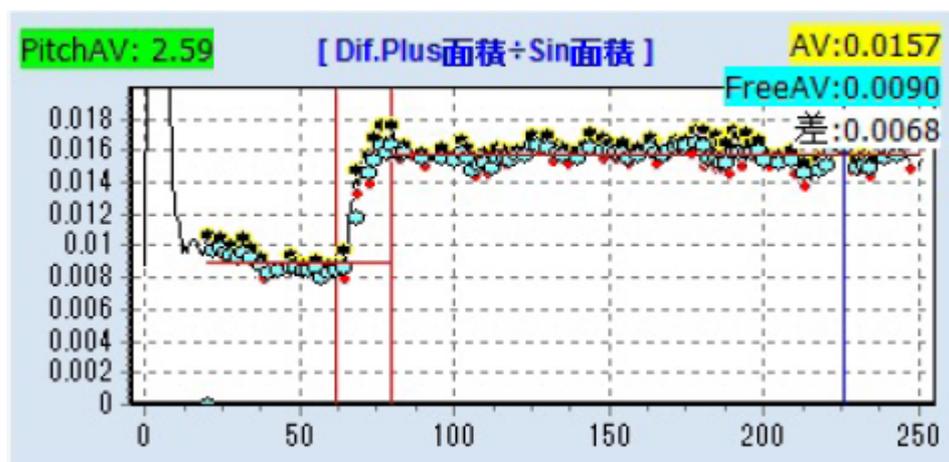
スピнкаシメ加工度を評価するためには何らかの基準を決める必要があるが、当解析項目はDIF. P. モーメントが等価サインカーブに均等に配置された意味があり、結果として等価サインカーブ振幅変動の影響をDIF. P. モーメントから排除することになり、DIF. P. モーメントでの加工度評価の基準値とする。算定範囲はスピнкаシメ加工実行部分である。



②等価サインカーブ振幅. 単位あたりの DIF. P. モーメント
あらゆる角度から検証するための道具のひとつとして演算&グラフ化する。

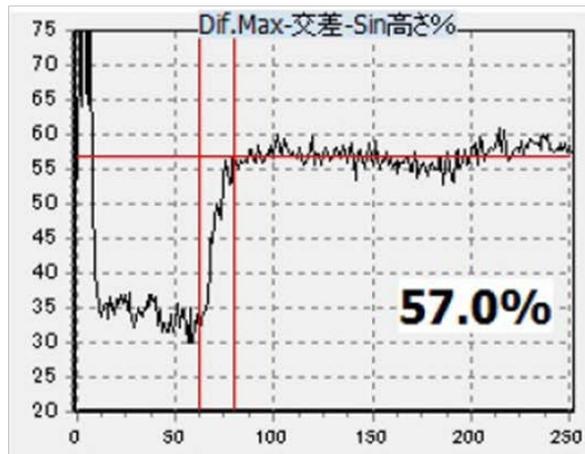
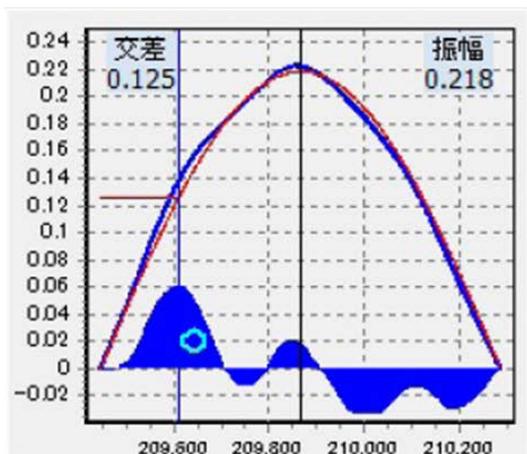


③等価サインカーブ面積. 単位あたりの DIF. P 面積
あらゆる角度から検証するための道具のひとつとして演算&グラフ化する。



④DIF. P 最大値を示す等価サインカーブ高さ比率/等価サインカーブ振幅
あらゆる角度から検証するための道具のひとつとして演算&グラフ化する。

DIF.P最大値を示す位置/等価Sin-Curve振幅比%



【解析項目の位置付け】

前述の各解析項目の一覧及び加工条件自動取得項目を図-10に示す。当内容は全て記録され、時系列データとしての利用&随意参照可能である。

①加工条件

- ・時間要件が主体であり、解析波形の動きから全て自動計算される。

(注) 工具交換情報のみKB入力とする。

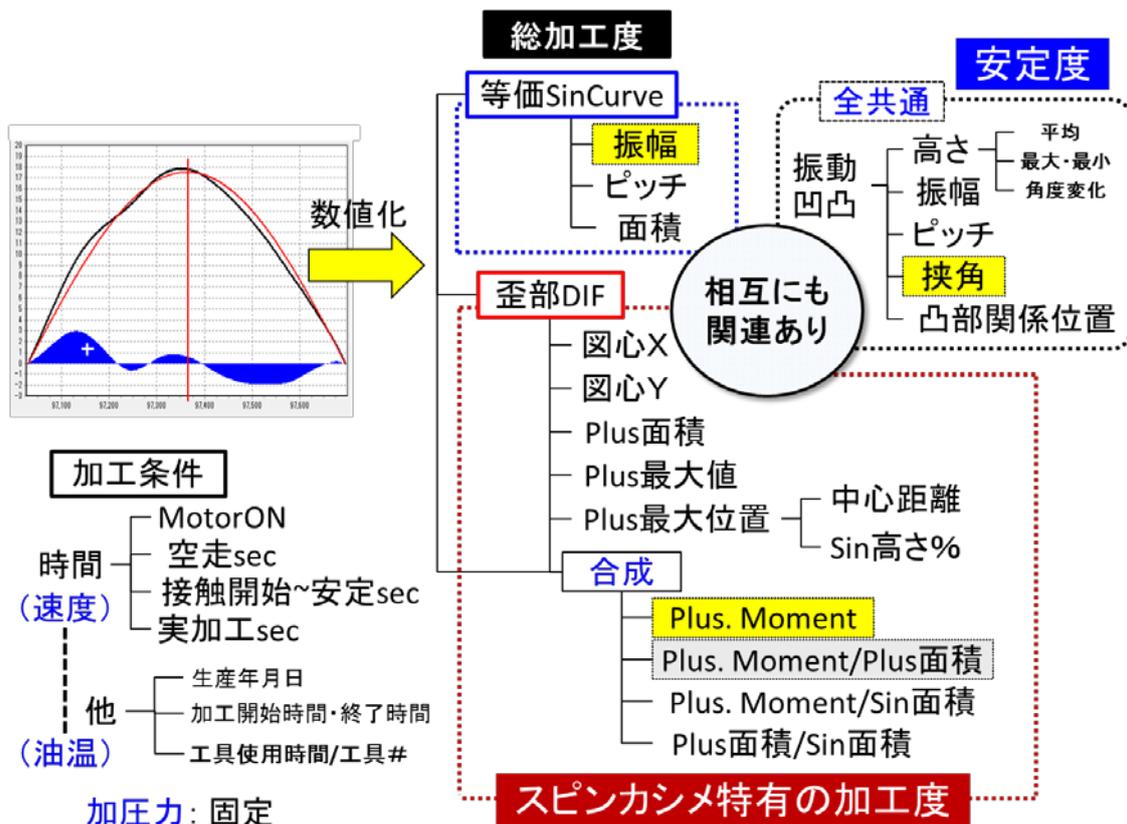
②総加工度を示す指標： 等価サインカーブに関する解析項目

③スピカシメ加工特有の加工度を示す指標

- ・DIF.P 波形歪に関する解析項目及び振動解析部分で構成し、全て加工直後に演算。
- ・振動解析も関連する。

④スピカシメ加工安定度を示す指標

- ・振動解析に関する解析項目で構成し、全て加工直後に演算。



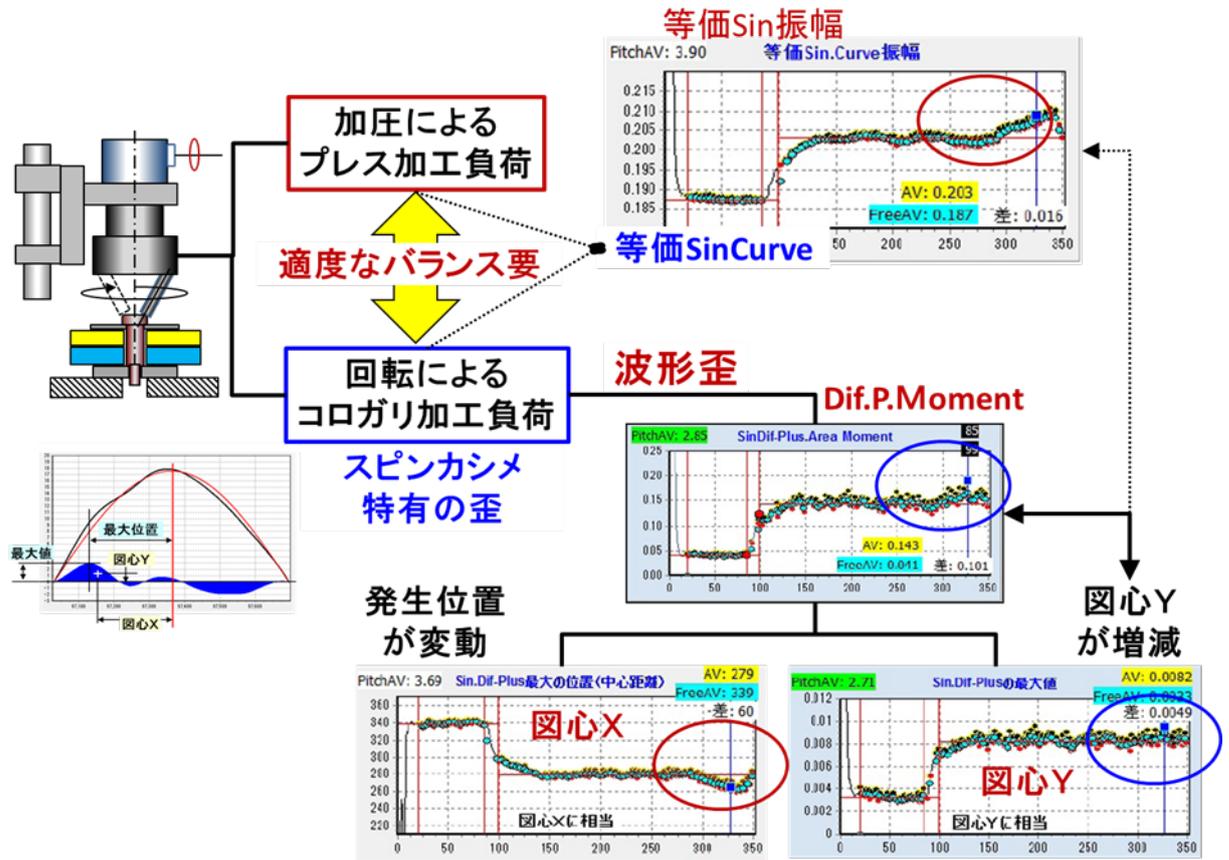
「図-10」 解析項目の相関図

【加工力の分類】

図-10に示している内容を加工力の点で示したのが図-11となる。

- ・油圧押付力（加圧）による加工力
- ・スピカシメ加工特有（コロガリ加工）による加工力

本開発では、スピカシメ加工特有（コロガリ加工）による加工力焦点を絞り、この加工力が断面変化へ結び付けば品質は確保されると考えての解析を主体としている。



「図-11」加工力の分類

【解析項目の重要度】 & 【本テーマ開発技術の特異性】

モーター電流波形という繰返し2次元座標データに対して、波形特徴を数値で現すための多くの解析項目を設定しているのは下記の理由による。

①従来では見えない事象が波形特徴として見えるようになったが、

- ・どの波形特徴が品質確保の上で重要となるのか？
- ・加工条件との関連性は？

等の判断をし易くする為に必要と思われる解析項目を準備する必要がある。

②本テーマ開発に必要な技術がソフトウェアというイメージが強いといえるが、図-12に示すように、見えない事象が数値で見えてきた以降は当加工法に対する生産技術或いは経験則からの見解を必要とする。波形数値変動が加工状況の何を示しているかの方向性が技術的に推論されなければソフトウェア開発は出来ない。また生産技術側にとれば、ソフトウェアで何が出来るかの確認が難しいのが現実である。

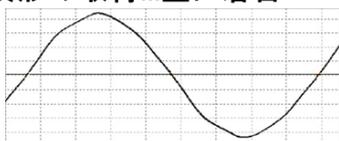
この相互コミュニケーションをとる為には解析経過を明確にしていくための解析項目も必要となる。異なる技術を横断させる取組が本テーマ遂行への最大の難点である。

開発前半は波形を図形として見るが開発後半では加工状況を現すデータに変わる。

必要技術の比重

開発ステップ

1. 波形の取得...歪に着目

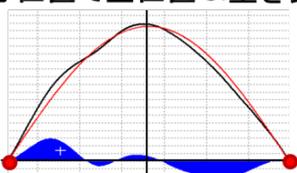


先ずは見える化

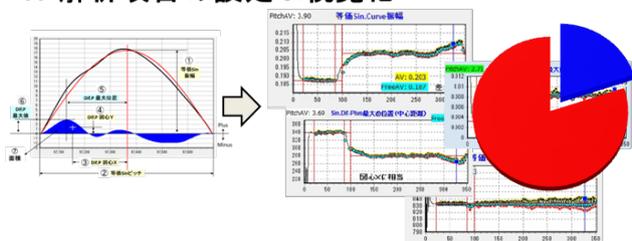
2. 1/2Cycleに分割 & 等価SinCurve



3. 図心位置で歪位置 & 量を表現

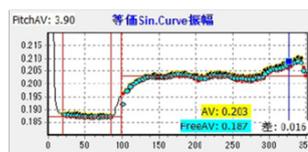


4. 解析項目の設定 & 視覚化

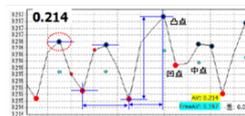


見えないものが見えてきたら

5. 解析項目毎の変動が意味するもの(推論)

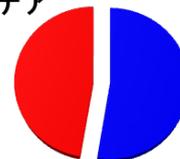
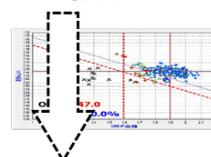


6. 重要度に応じた次の解析の方向

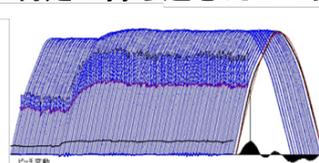


目標に向かって具体化

7. 組合せた解析方式のアイデア



8. 判定に持ち込むための数値化



「図-12」開発ステップ

【合否判定方式】

下記の2点からの評価となる。

加工力は油圧による押付力と回転による力で構成されるが、両者のバランスにてスピнкаシメ加工特有の加工断面が安定して得られていることを示す。

①加工度からの評価

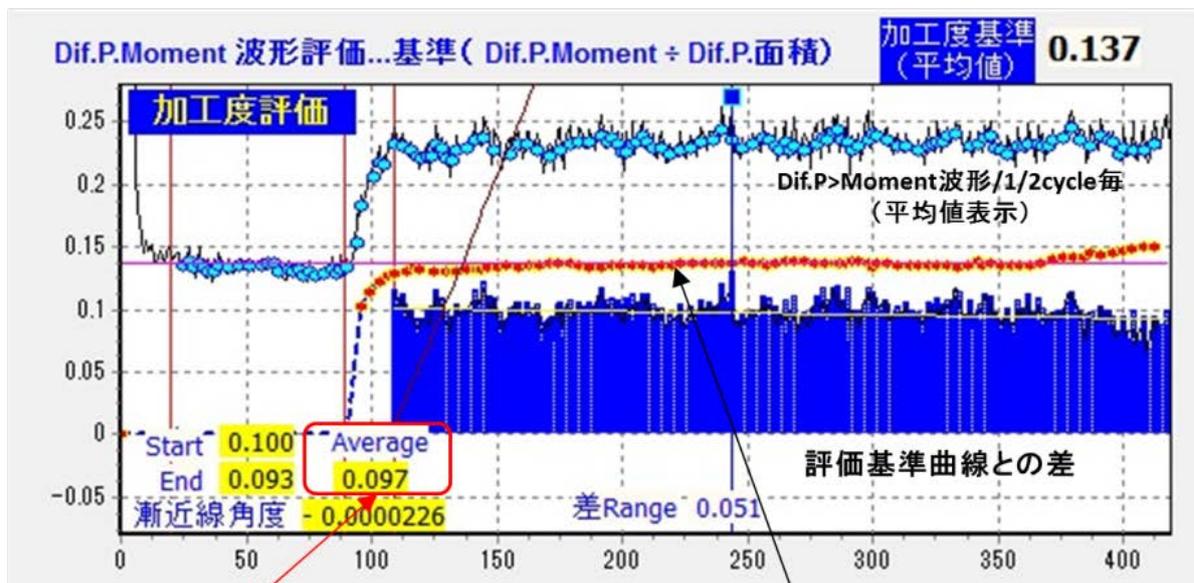
「図-11：加工力の分類」内に示す“回転によるコロガリ加工負荷”についてDIF.P.モーメントの動きを数値化したものを加工度とする。前述の解析項目“合成評価：DIF.P.単位面積あたりのDIF.P.モーメント”を基準値とすることで温度変化等による数値変動への対処は自動調整される。

加工度は基準値との差をスピнкаシメ加工開始・終了に至る全域にて算出し、各々の限界値設定にて合否判定を行う。(図-13 参照)

加工度評価

DIF.P. Moment

(スピнкаシメ特有の加工度)



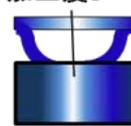
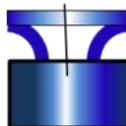
評価基準曲線との差

加工度の評価基準曲線



高-加工度レベル

低-加工度レベル



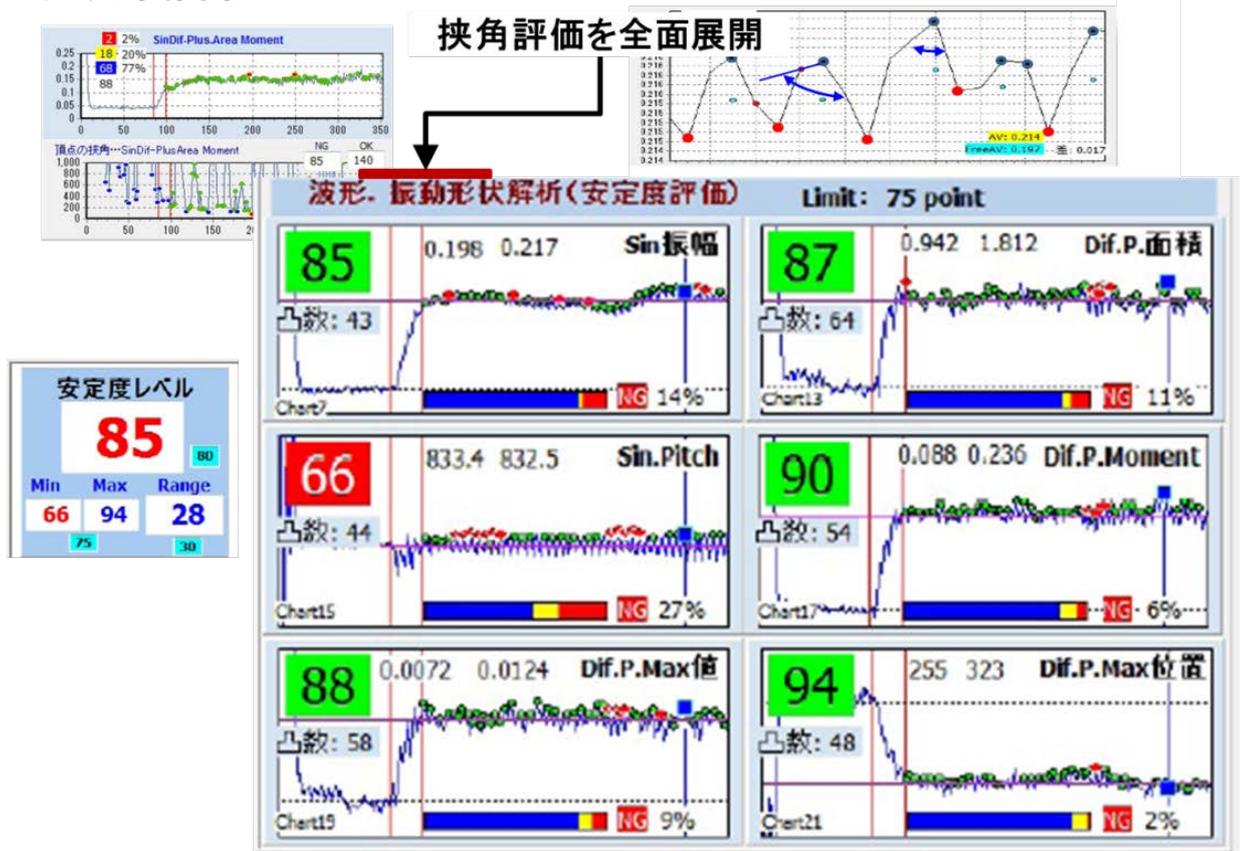
「図-13」 加工度評価

②安定度からの評価

前述の振動評価内で述べている“振動の挟角”を使用し、局所的な負荷の掛かり方から安定度を算出している。挟角小であれば負荷が掛かっている時間が短いため不安定となり、挟角大であれば安定という見解である。(振動評価の項参照)

安定度の数値化は全振動内の“挟角構成比率”から算出している。図-14 参照)

安定度評価



「図-14」 安定度評価

【3】 - (1) 品質評価の項目

「計画目標」

- ① スピンカシメ加工度の過大又は過小評価
- ② ピン曲り又はクラックの発生評価
- ③ 材料セットの位置ズレ評価
- ④ スピンカシメ加工工具又はベアリングの使用限界評価
- ⑤ 工具押付力の過大又は過小評価

【実績】

上記の品質5項目についての達成内容を以下に述べるが、大量データが必要となる④を除き（但し、方向性と手法は確立している）全て達成している。

① スピンカシメ加工度の過大又は過小評価

工具待機位置から加工端への距離は一定であり、加工基準が材料ピン下端面にあることから総加工度は材料ピン全長の影響を受ける（基準位置の変動）。

【基準位置変動によるもの】

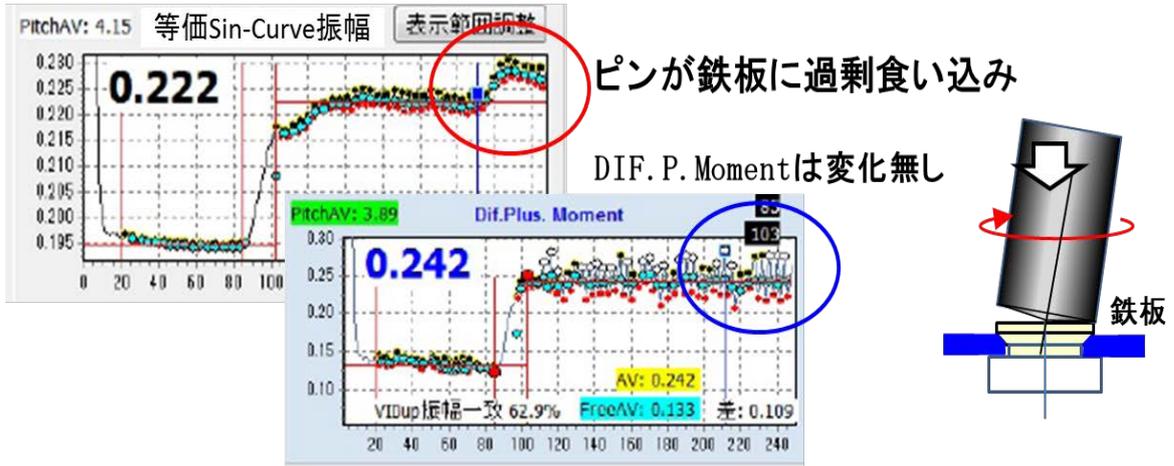
断面を变形させる総加工力は解析項目：“等価サインカーブ振幅”の変化に現れる。

図-15 に変形例を示すが、過カシメにて等価サインカーブ振幅が変化しているが、D IF.P. モーメントの変化は無い。これは最後の過剰カシメ部分が油圧押付力によって加工されていることを現すが、回転加工力では加工出来ない異常加工であることを示している。

図-16 に波形変化から求めた変化位置時間を下記に示す。波形が変化している位置は波形特徴から自動演算される。

- ・モーター-OFF 位置：モーター-ON の影響が消えた位置
 - ・工具ピン接触開始位置：材料端面に接触開始した位置
 - ・スピнкаシメ加工実行開始位置：安定したカシメ加工が始まった位置
 - ・スピнкаシメ加工実行終了位置：加工端に達した位置
- 時間のスタートは、モーター電流データ取得開始と同時である。

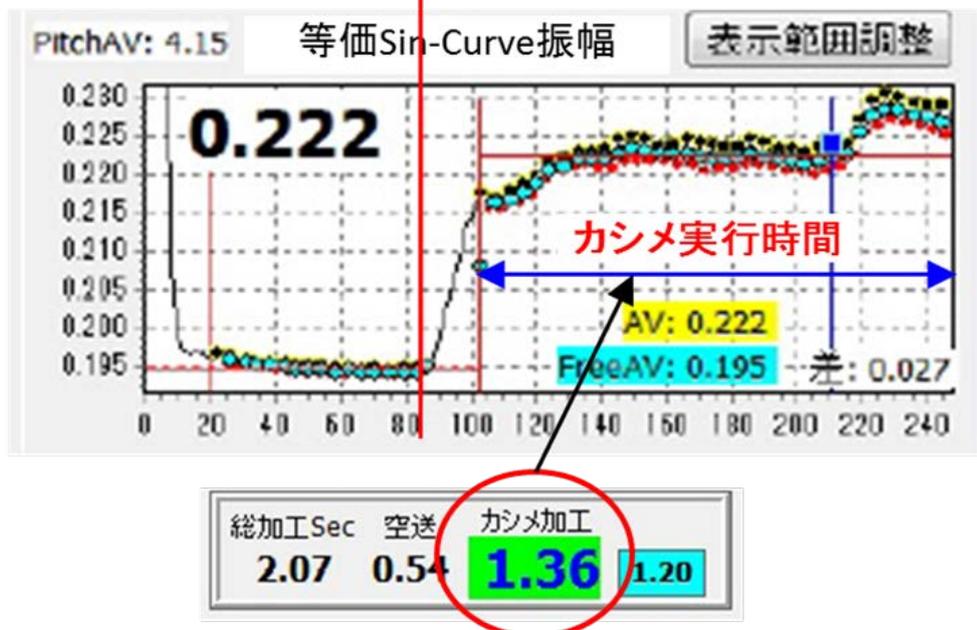
【 “過カシメ”への解析項目の反応例 】



「図-15」 過カシメへの解析項目の反応例

【 各変化位置の演算：1/120sec単位 】

工具が材料端面に接触開始した位置



「図-16」 各変化位置の演算

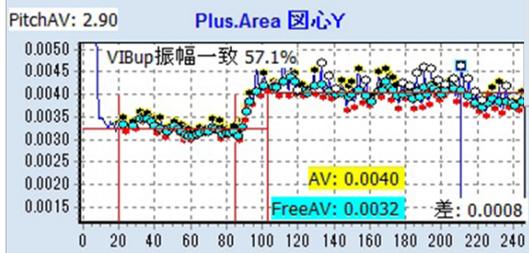
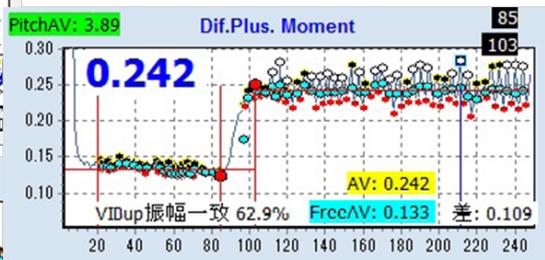
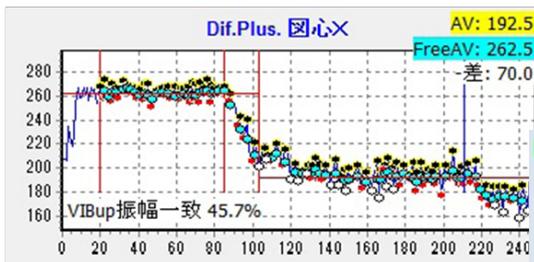
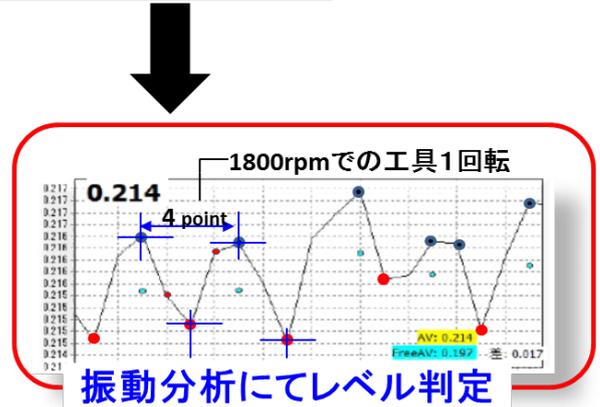
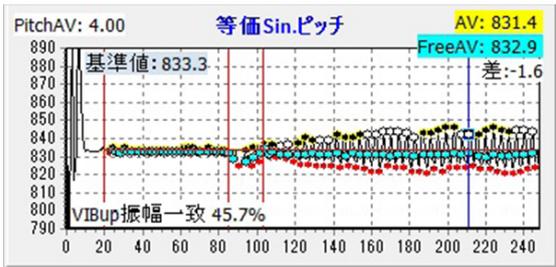
② ピン曲り又はクラックの発生評価

ピン曲り或いは部分的な割れ等の欠陥が発生した時点にて荷重中心と材料中心とがずれることから、発生度合に応じた振動が発生する。また割れが発生すれば発生部から下部に加工度が伝搬しないことから、図心X、Y及びDif.P.モーメントが変化し加工が進むに従って振動は増大する。

当事象についての再現実験は困難であること、また材料ピン材質寸法及び組付け部品構成によって事象レベル異なることから判定までは至っていないが、必要となる振動評価等は細部に至るまで数値化されており、判定への組合せ設定のみとなる。製品種類毎の判別値となるが、いずれも良品域である判定条件の設定となる。図-17に波形処理の関連を示す。

【材料ピンが曲がった時】...編芯状態となる:等価Sinピッチが変動

【材料セットの位置ずれ】



【材料ピンの一部割れの発生時】

- ・周期/回転にて振動発生する(部分欠陥)
- ・回転加工の負荷が周期変動

「図-17」 波形処理関連図

③ 材料セットの位置ズレ評価

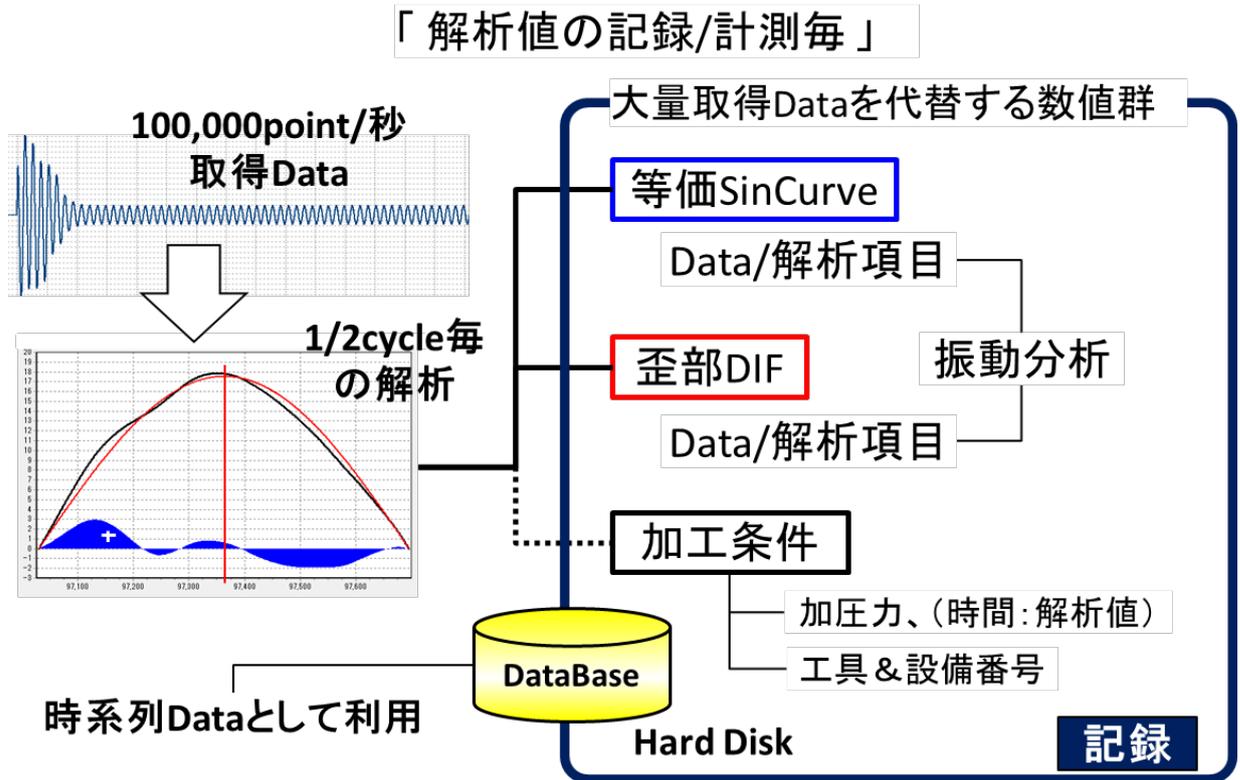
工具回転と同期した振動波形となることから、等価サイン-カーブピッチに顕著に現れ、図心X、Yも共に振動する。(②と同等: 図-16 参照)

④ スピンカシメ加工工具又はベアリングの使用限界評価

工具及び加工条件が一定範囲内で同一設備、加工製品に関する生産数と計測値との関係を見ることで摩耗レベルが推測出来る。工具&ベアリング摩耗は加工数のみでなく、製品毎の加工負荷及び振動発生レベルを加味しなければ正確な評価とはいえない。

この観点から見た摩耗レベルは、本研究での負荷変動、実質加工時間及びその振動に関する解析値の時系列変化から推定する事が出来る。

「図-18」に各種時系列変化を求めるための解析値-記録内容の概要を示す。



「図-18」 解析値—記録内容

工具及び摺動部摩耗評価に利用される項目は下記である。

【識別項目】：管理対象の識別

- ・設備番号：（管理対象の摩耗部-識別名を含む）・工具番号・製品名

【解析項目】

- ・DIF. P. 最大値及び発生位置の振動振幅（平均、バラツキ幅）

加工負荷の無い空走でも工具偏心での小さな負荷がある構造を利用し、下記区間の関係で摩耗を評価する。

- ア) モーター-ON 終了～空走区間
- イ) スピンカシメ加工実行区間

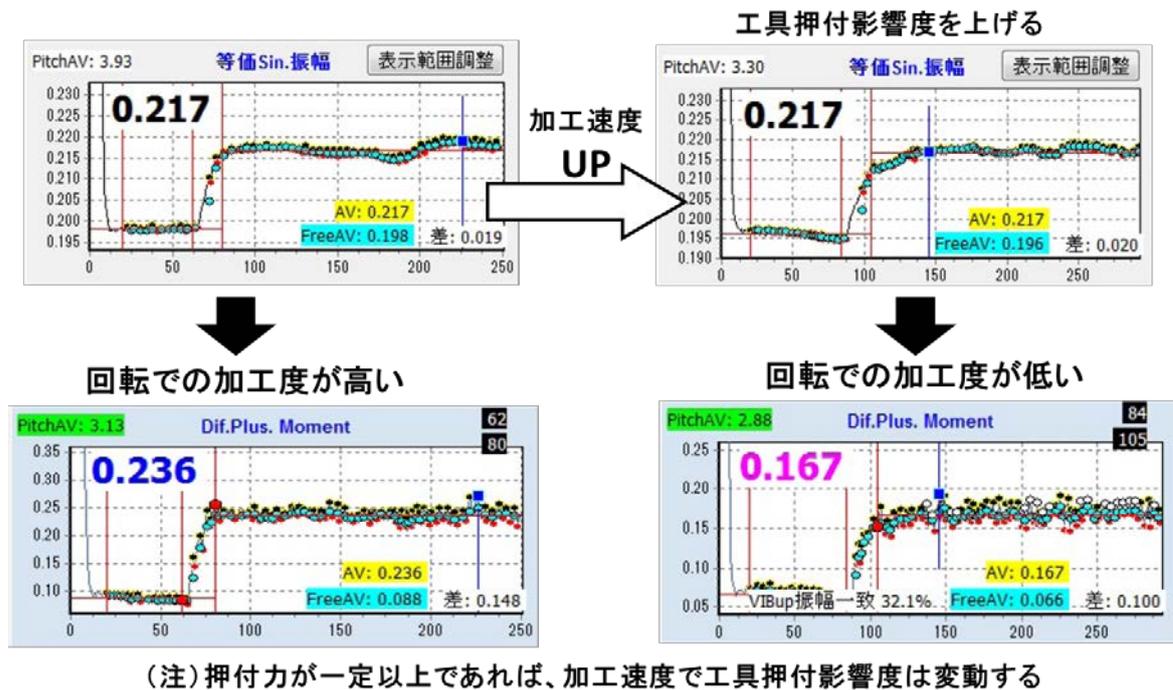
等価サインカーブ振幅、ピッチよりも感度が鋭い項目を選択する。

当品質項目に関しては、研究実験での確認ではなく事業化を前提とした量産実験にて確定するものとし当研究結果からの方向性を上記に示す。

⑤ 工具押付力の過大又は過小評価

前述している加工度にてスピンカシメ加工特有の断面変形度合いが評価されている。油圧による工具押付力とのバランスが崩れた時、この評価は下がることになる。

図-19 に実験データ例を示す。



「図-19」 実験データ

【3】 - (2) 自動合否判定

各解析項目の組合せにて合否判定過程をソフト化する（自動合否判定）

- ・デモ機としての利用も念頭においた画面構成とし、対象を別ける。
 - ①技術 PR が可能となる判定根拠図の表示…技術向け
 - ②品質評価に対する簡便な時系列変化表示及び警報画面の表示…製造向け
 - ③稼働状況と生産性評価画面…管理者向け

【実績】

解析結果を画面上でどう示すかは、当研究成果を事業化に結び付ける上で重要な役割を持つ手段であり事業化成果の大小への影響度も高い。

- ・システム開発側、利用者側との接点となる。
- ・加工機稼働と連動した品質表示は経験則との比較が常に行われることから、システム信頼性の評価が生産現場内で行われているのと同じである。
- ・従来では見えていない現象が数値或いはグラフで見えていることが、工程改善への着眼点を絞ることにつながり、結果が直ぐに眼で見えることで改善速度も上がる。

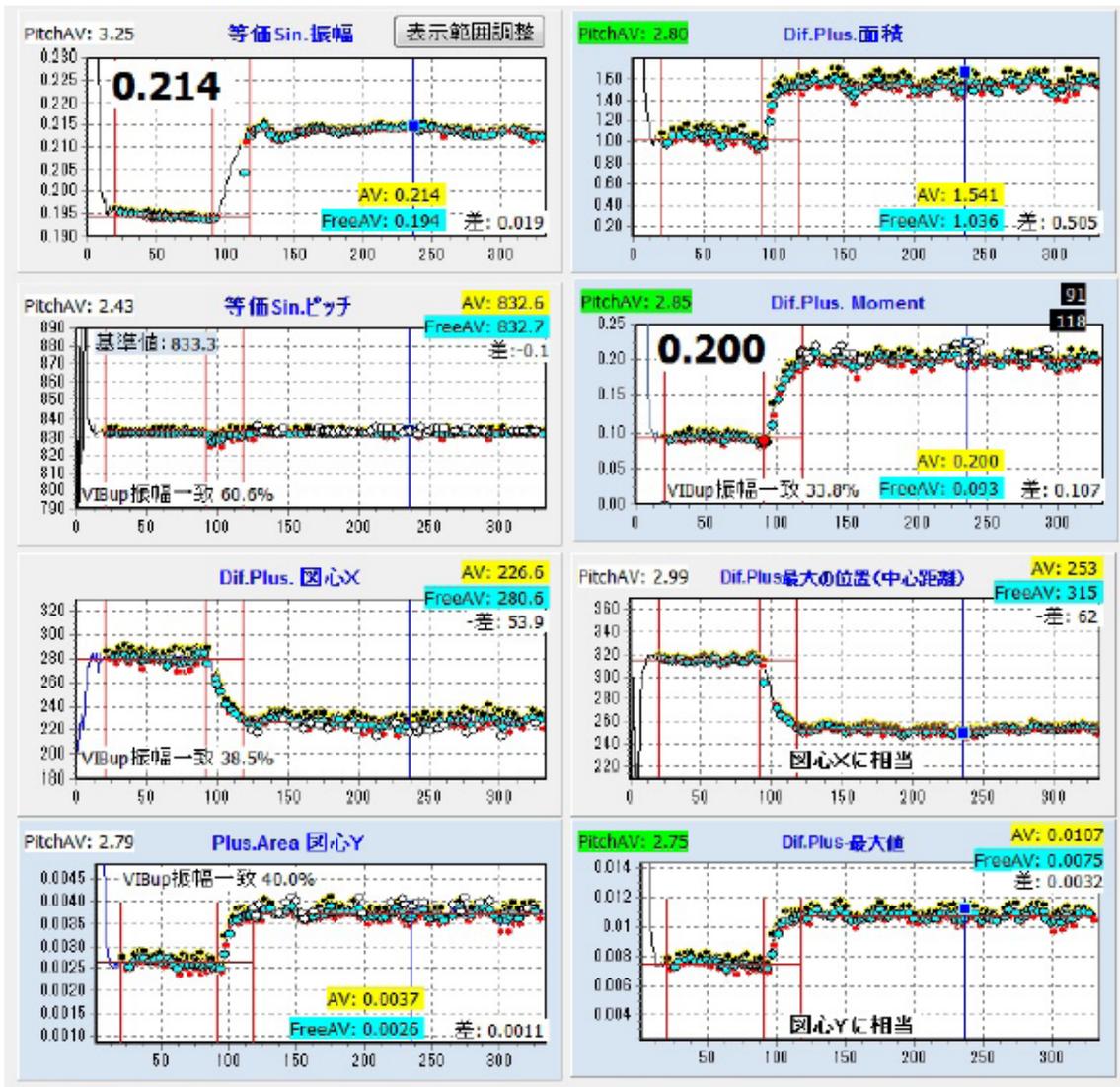
「表示パターン」

下記の表示パターンを組合せることで計画目標を達成する。

- ・タイプ1: 解析項目別グラフ (加工度が主体)

主要解析項目についての加工開始～終了までの詳細変化を示す。合否判定に至る解析経過を現す。

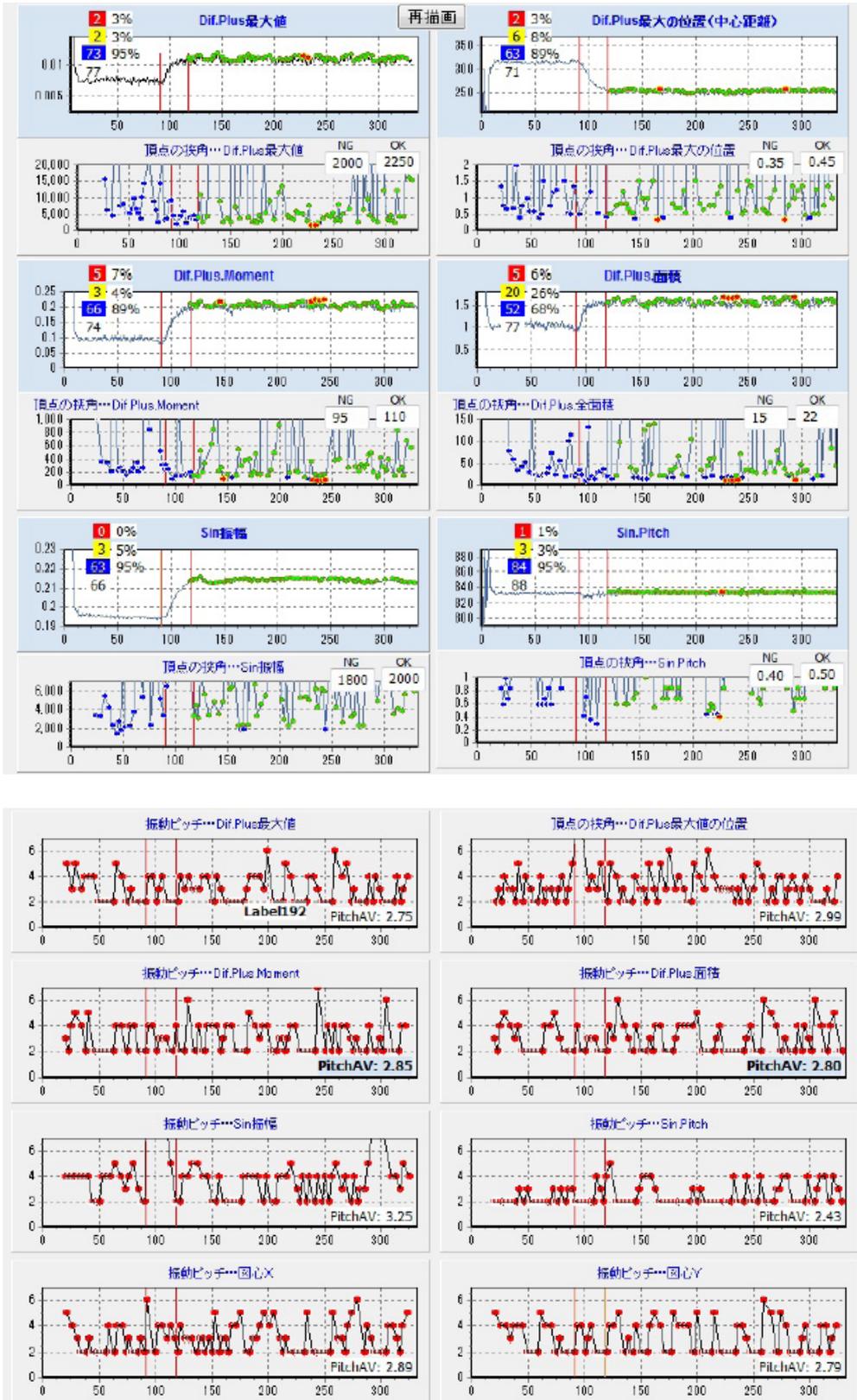
	①製造向け	②技術向け	③管理向け
タイプ1	△ : (選択表示可)	◎ : 常時表示	× : 表示無し



・タイプ2：振動解析グラフ（安定度が主体）

主要解析項目についての加工開始～終了までの変化のなかで、値振動に特化した変化を示す。合否判定に至る解析経過を現す。

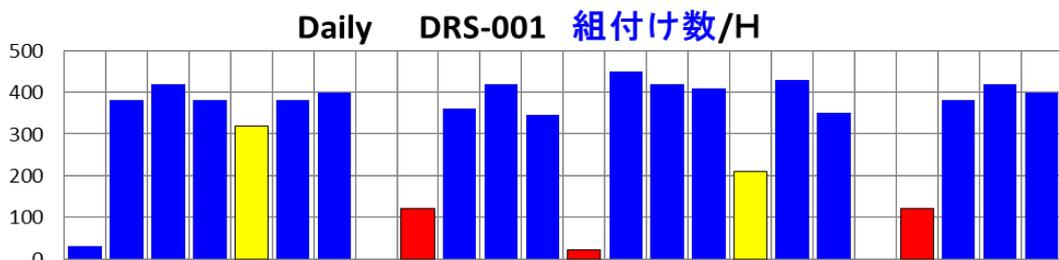
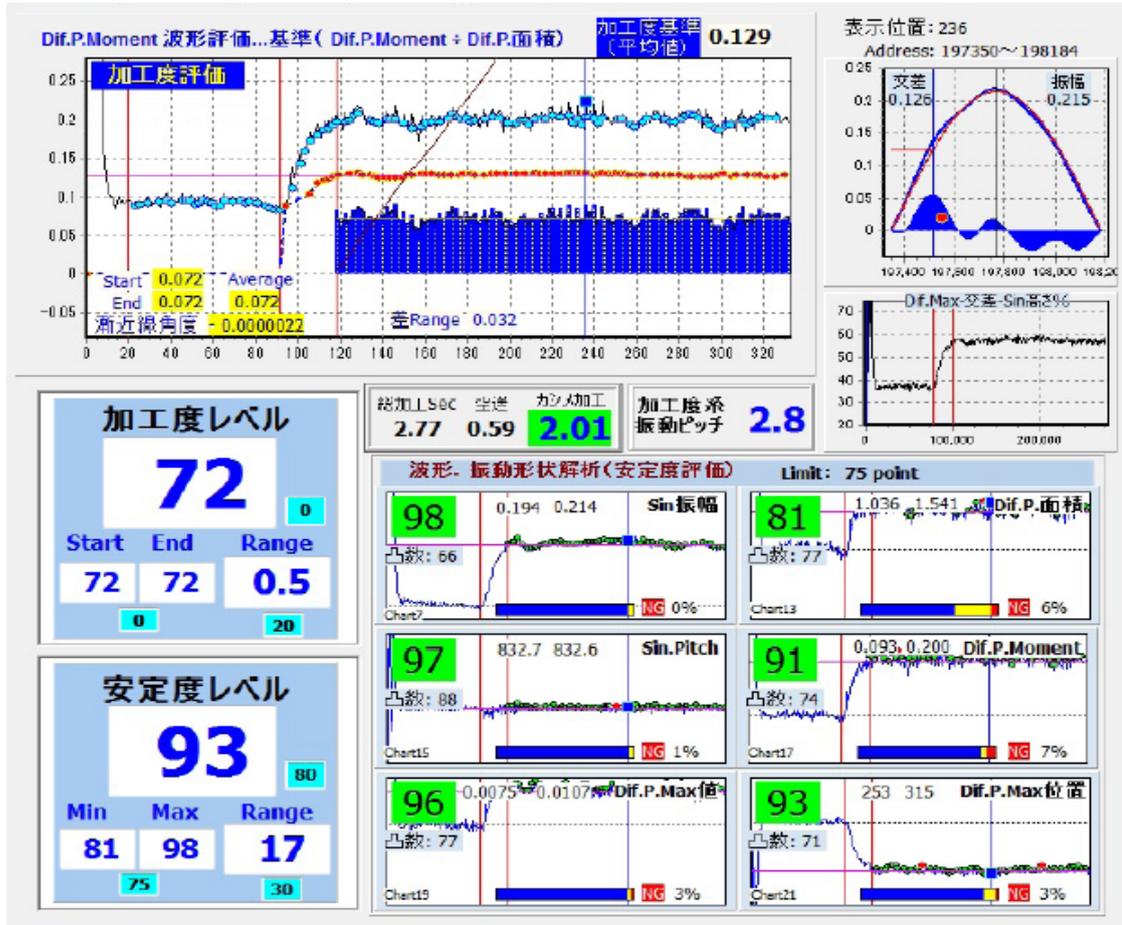
	製造向け	技術向け	管理向け
タイプ2	△：（選択表示可）	◎：常時表示	×：表示無し



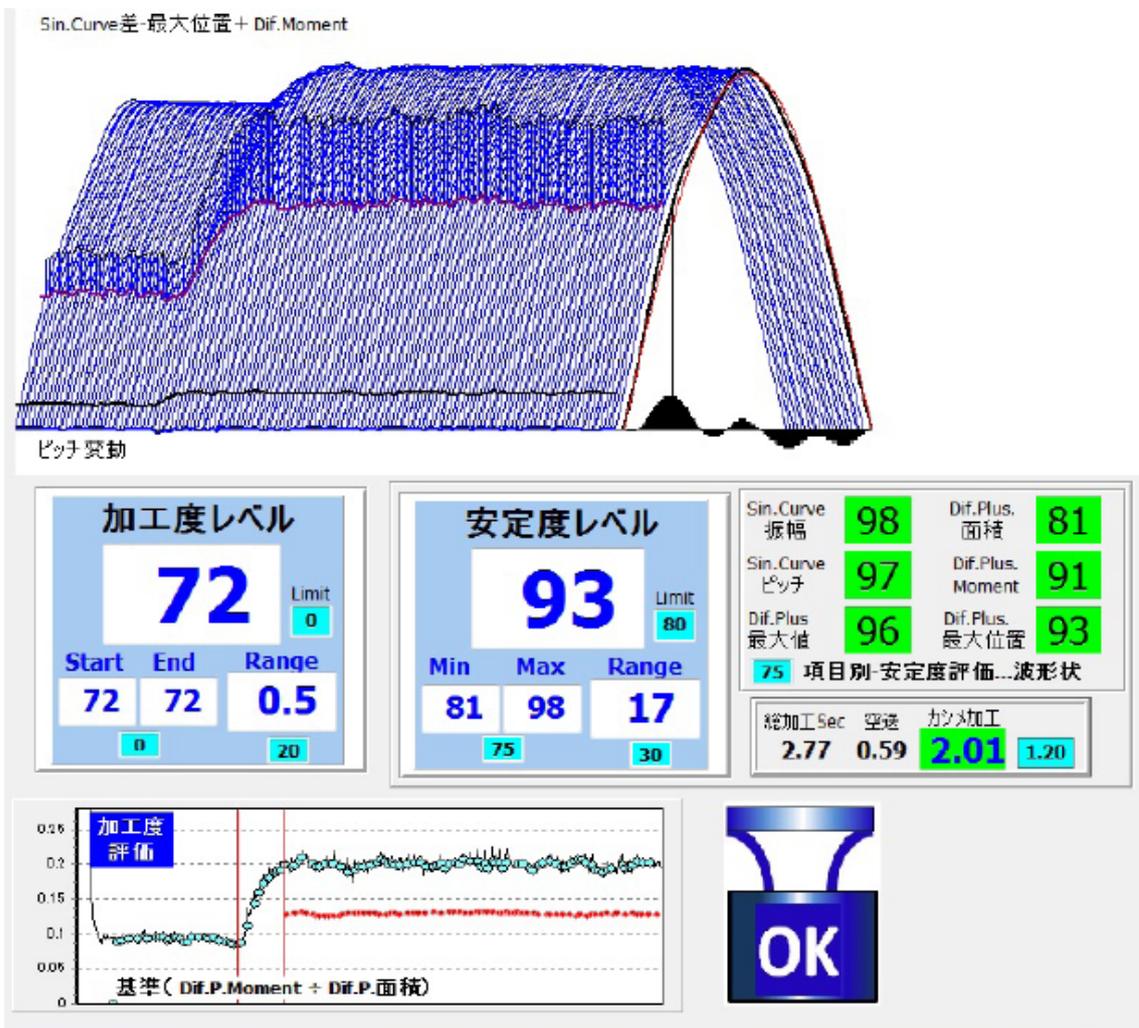
・タイプ 3、4：総合判定

毎回の加工結果を単なる合否判定だけでなく要因の概要が目で評価できる形態で
 示せば、加工機の問題点がリアルタイムでオペレーターに伝わることになる。表示
 時間は加工終了～次加工開始迄の短い時間（数秒以下）と想定され、表示内容は簡
 潔である必要がある。

	製造向け	技術向け	管理向け
タイプ 3	○：時系列-切替表示	◎：常時表示	○：（時系列表示）



	製造向け	技術向け	管理向け
タイプ4	◎：常時表示	×：表示無し	×：表示無し



【超高精細高速度カメラのデータ】

・超高精細高速度カメラを用いて、スピнкаシメ加工時におけるピンの変形の撮影をした結果を纏める。

・研究内容

(1) 超高精細高速度カメラによる加工状態の撮影

○目的 スピнкаシメ加工データ収集用実験機は肉眼では加工の進み具合を見ることができない。そこで、スピнкаシメ加工の実際の進み具合と、電流波形データから解析した進み具合の比較を行うため、超高精細高速度カメラにて撮影を行った。

○撮影条件

・画像について

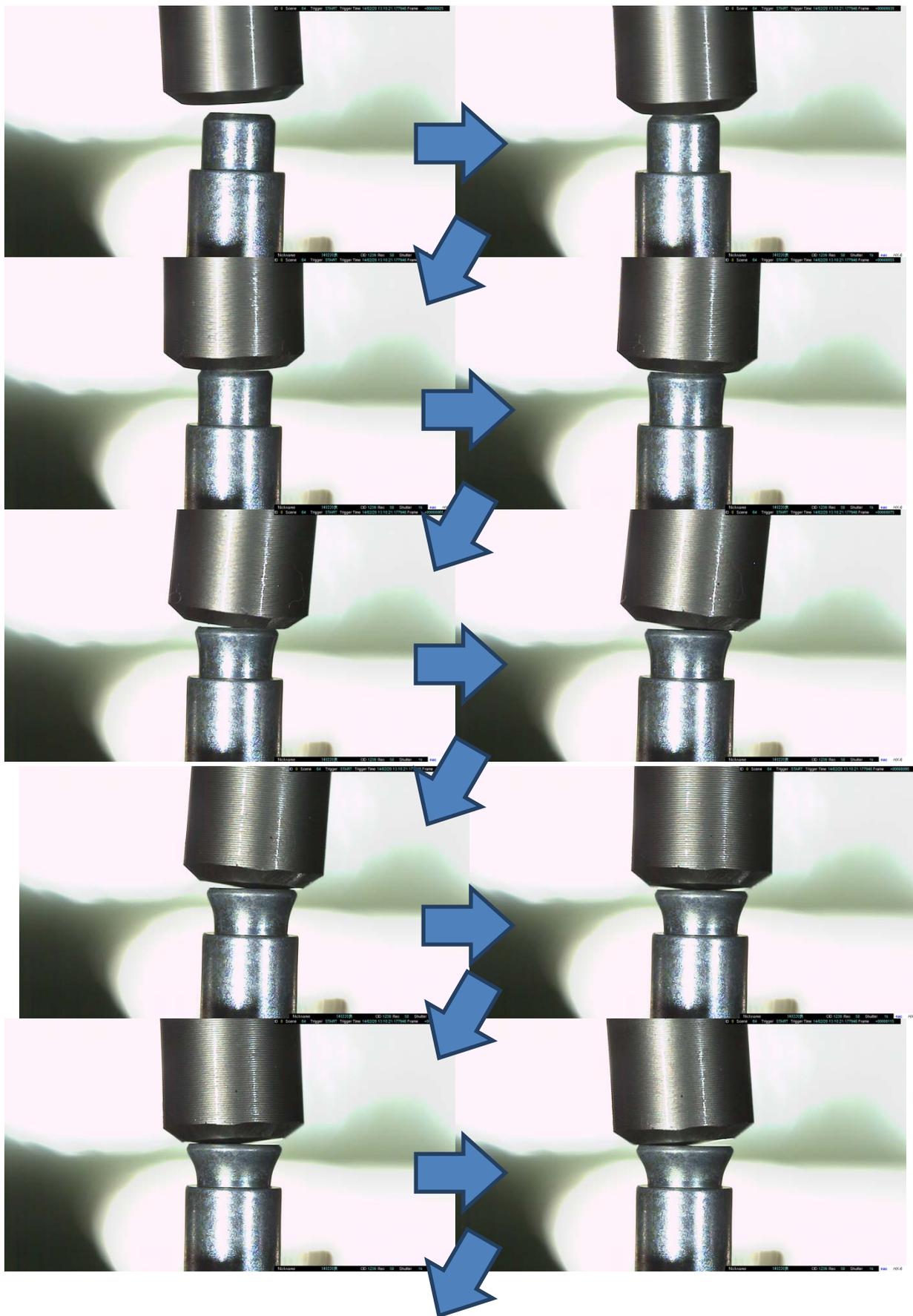
本報告には、1秒あたり5コマ(0.2秒間隔)の静止画を掲載する。

・加工状態について

良加工：最適速度にて加工、図22上部のような波形解析結果となった。

不良加工：最適速度より加工速度を速めた。図22下部のような波形解析結果となった。

○超高精細高速度カメラでの撮影結果および電流波形解析結果(図20～図22)



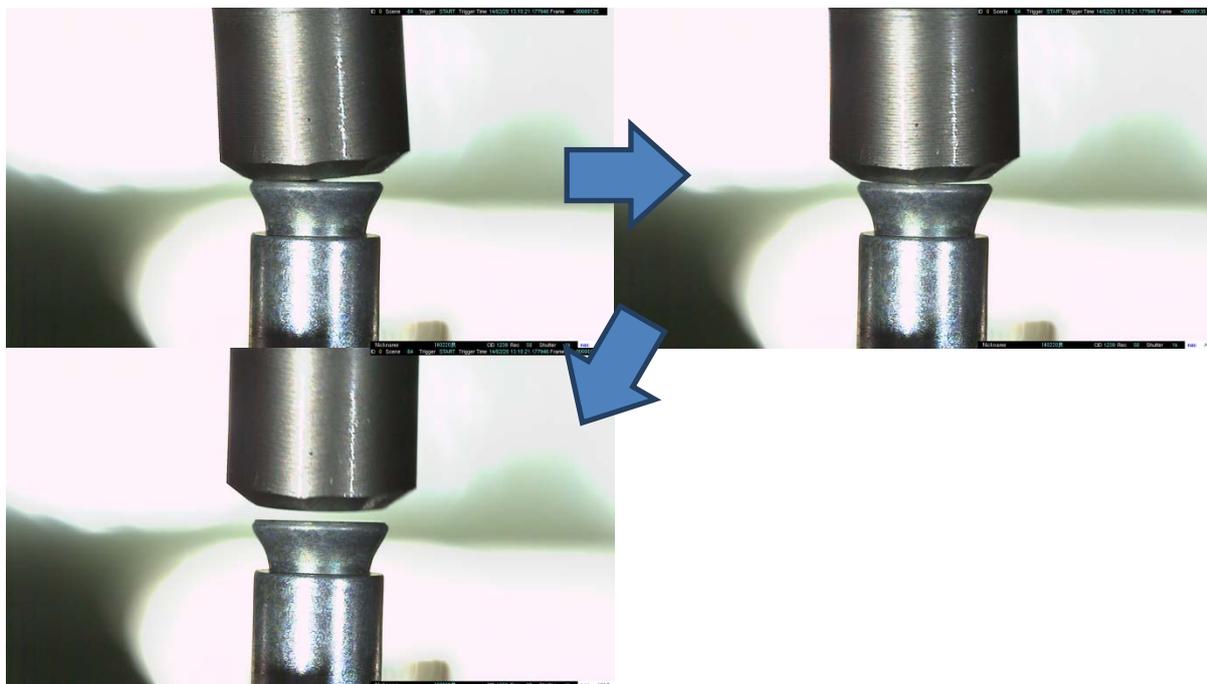


図20 良加工(前ページからの続き)

以下図 21 不良加工

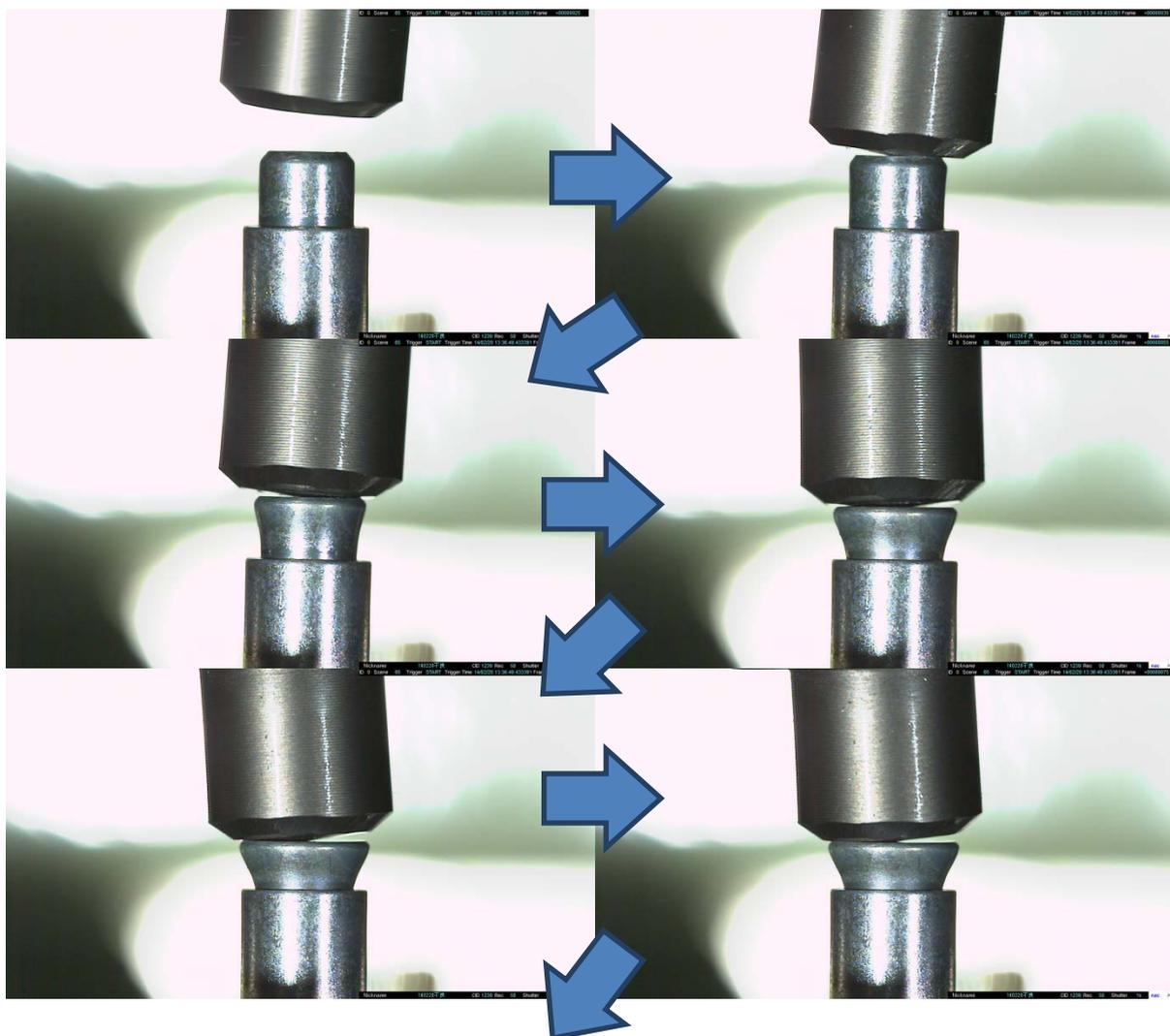
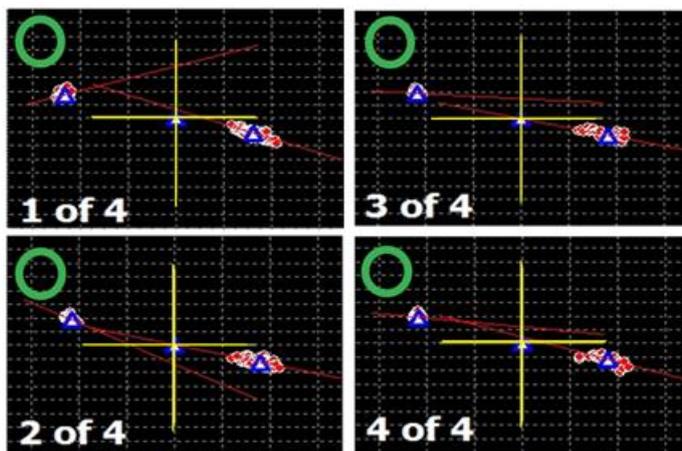
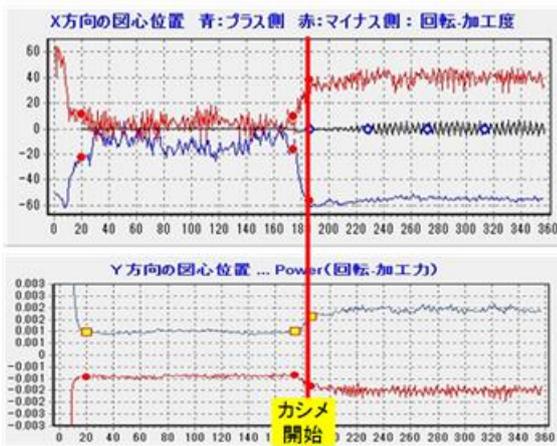




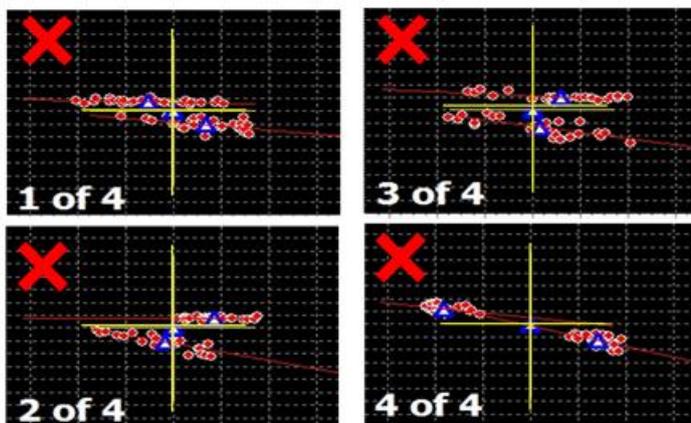
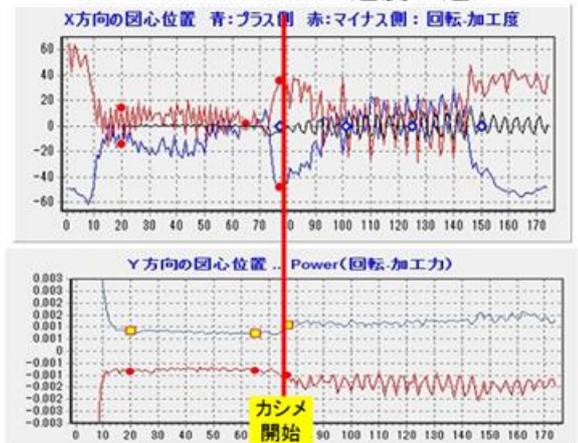
図21 不良加工(前ページからの続き)

数値化の方法 加工 1.47sec ... 適正速度

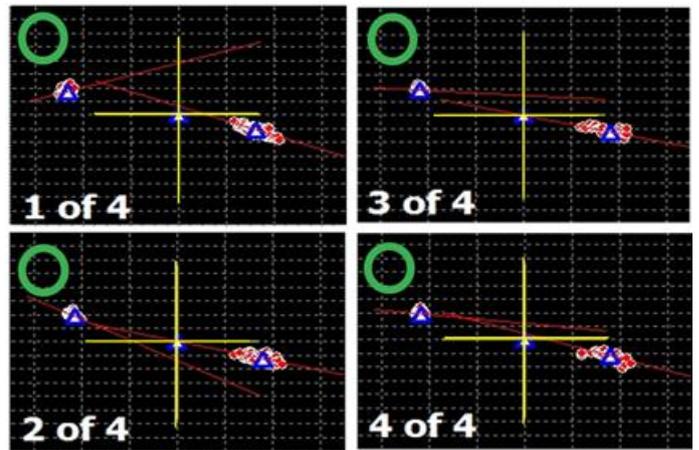
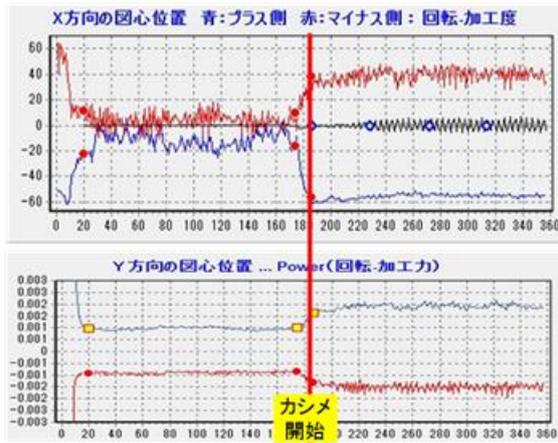


左図-波形の特徴を表現できている
数値化: 最終評価に使用

加工 0.85sec ... 加工速度が速い



数値化の方法 加工 1.47sec ...適正速度



左図-波形の特徴を表現できている
数値化:最終評価に使用

加工 0.85sec ... 加工速度が速い

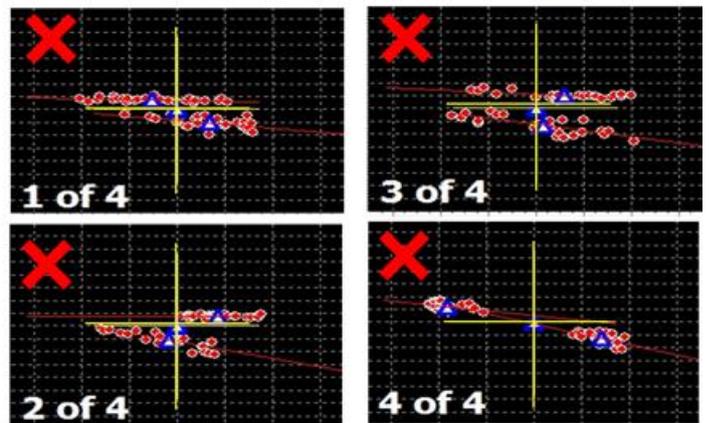
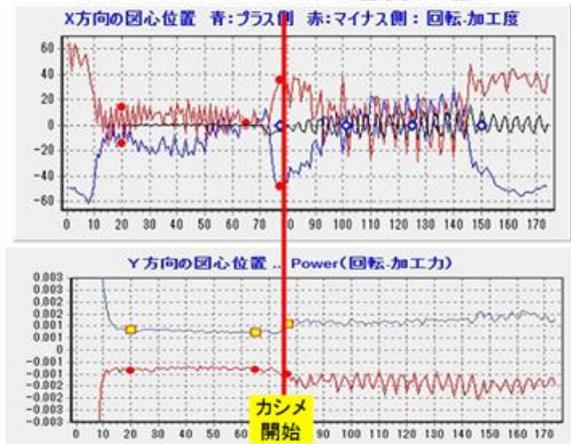


図22 電流波形解析結果

- ・加工状態が鮮明に取れることが分かった。
- ・他、加工完了時に図23のような違いがあった。
- ・良品、不良品が明確に判別可能となることがわかった。

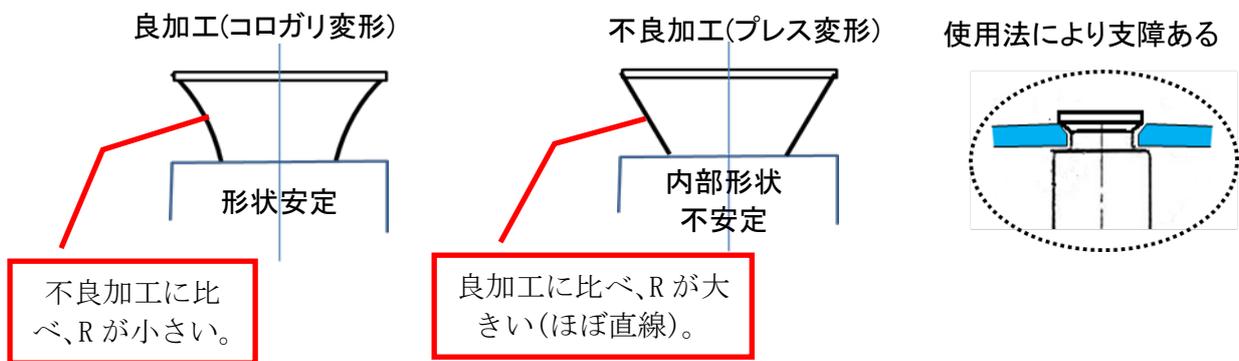
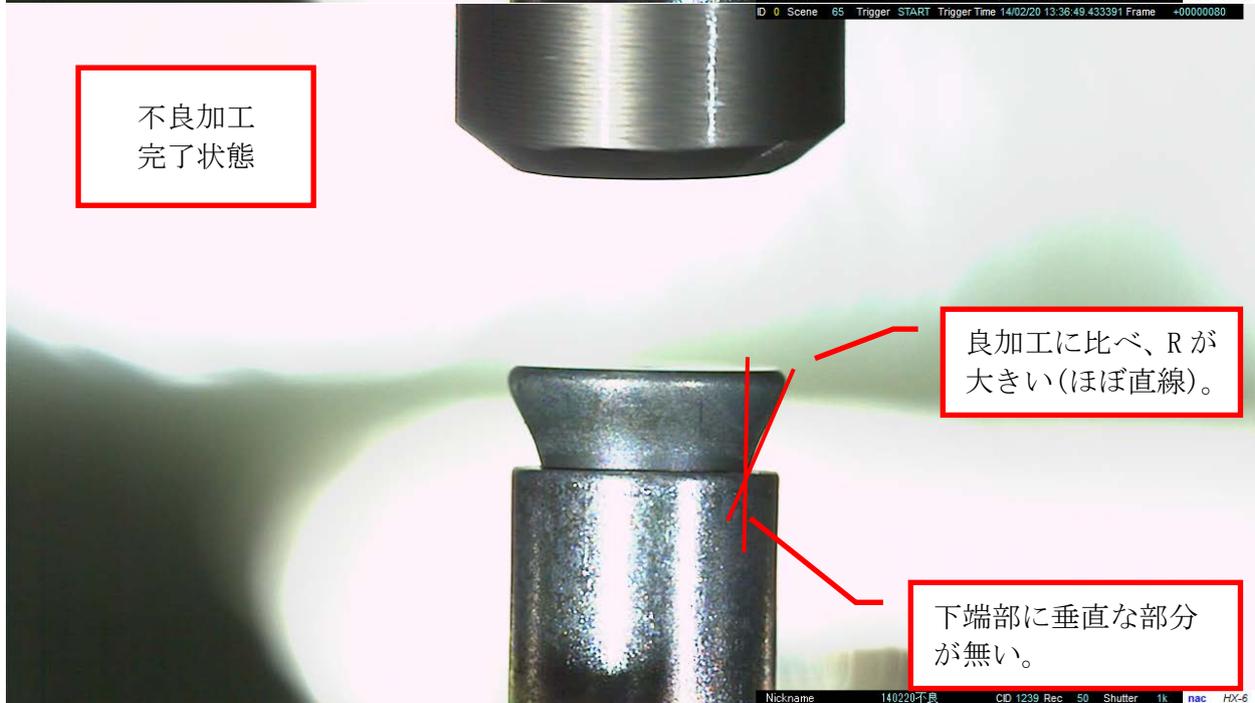
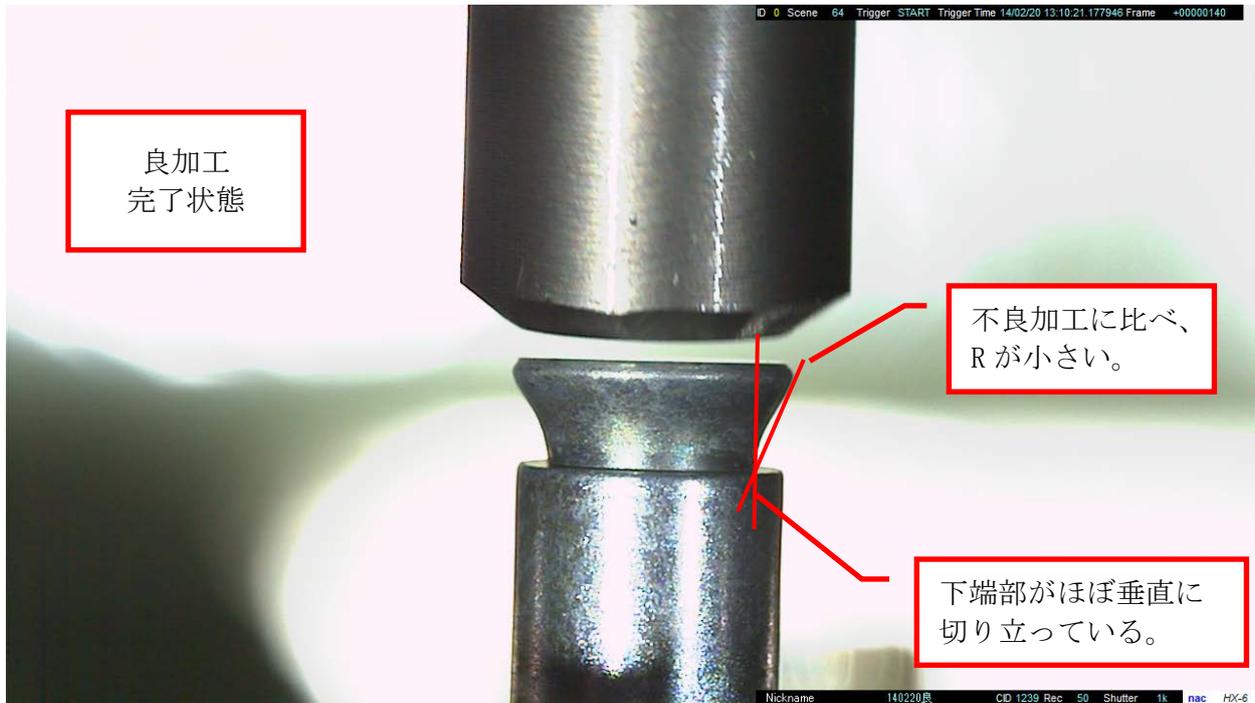


図23 良加工と不良加工の違い

(2) ピンの変形挙動解析

○目的；超高精細高速カメラで撮影した加工時のピンの変形について、定量的に解析する。

○撮影条件

・画像について

撮影時の照明については、(1)の撮影は目視での視認性を重視したが、ここでの撮影はコンピュータを用いた画像認識を容易にするため、ピンではなく背景に照明を当て、ピンが黒く写るようにした。

○結果(図24～図27)

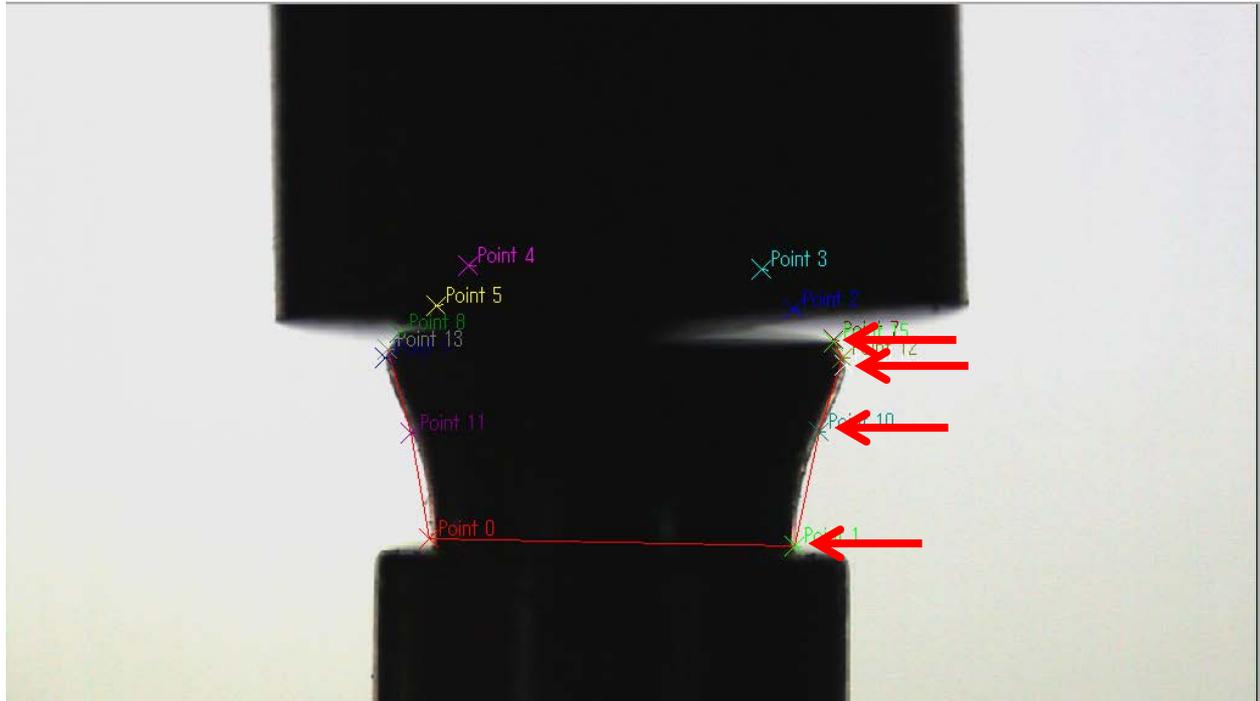


図24 動画の特徴点追尾の様子(良加工時、矢印は追尾点)

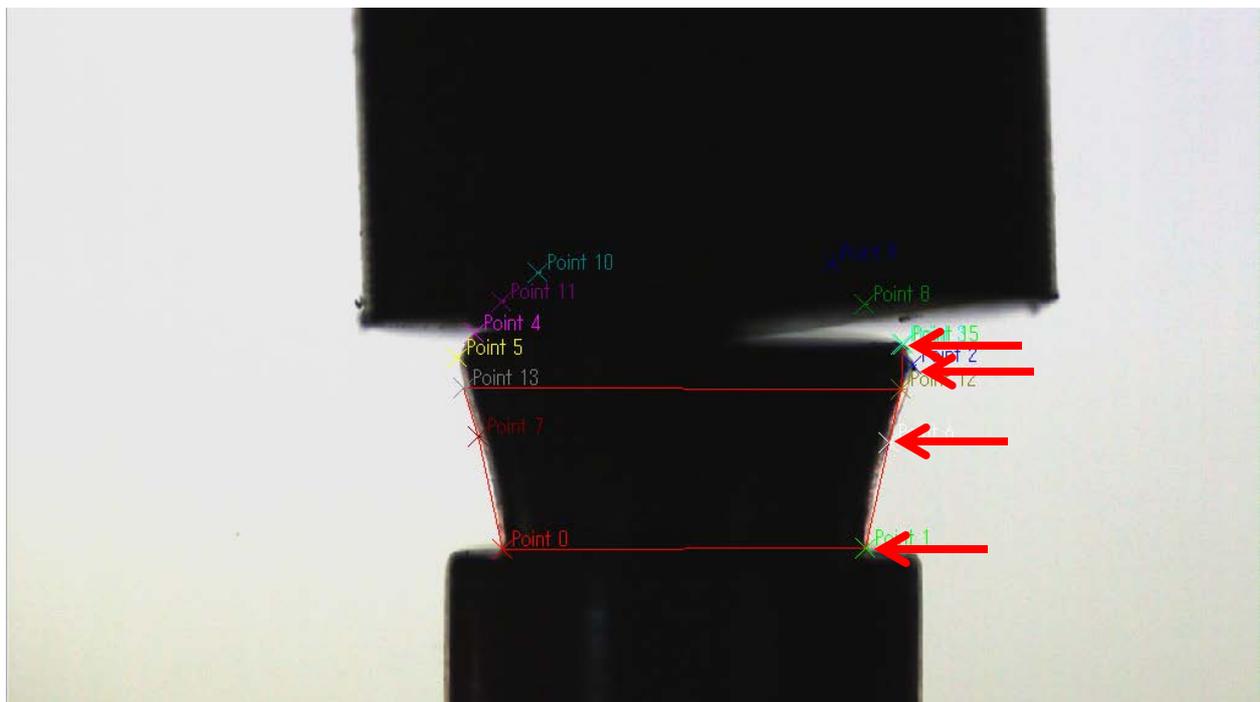


図25 動画の特徴点追尾の様子(不良加工時、矢印は追尾点)

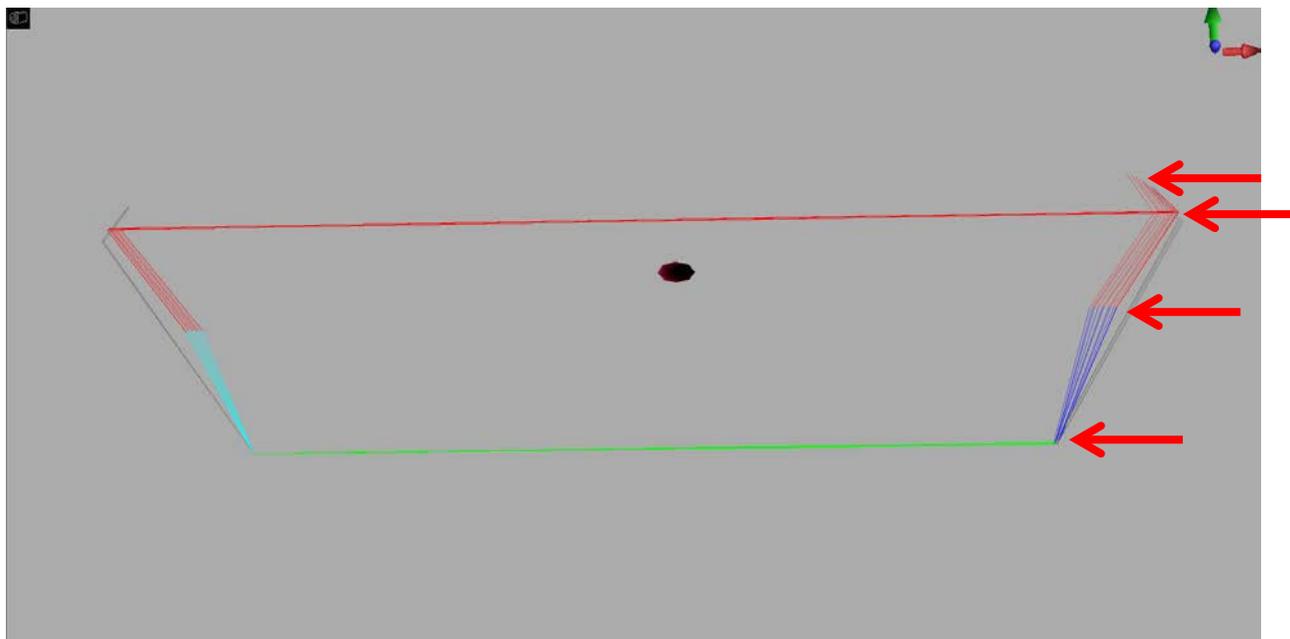


図26、 図24のスティックピクチャ
 スピンカシメ加工データ収集用実験機 1 回転ごとの追尾点の位置を表示。5 回転分表示。

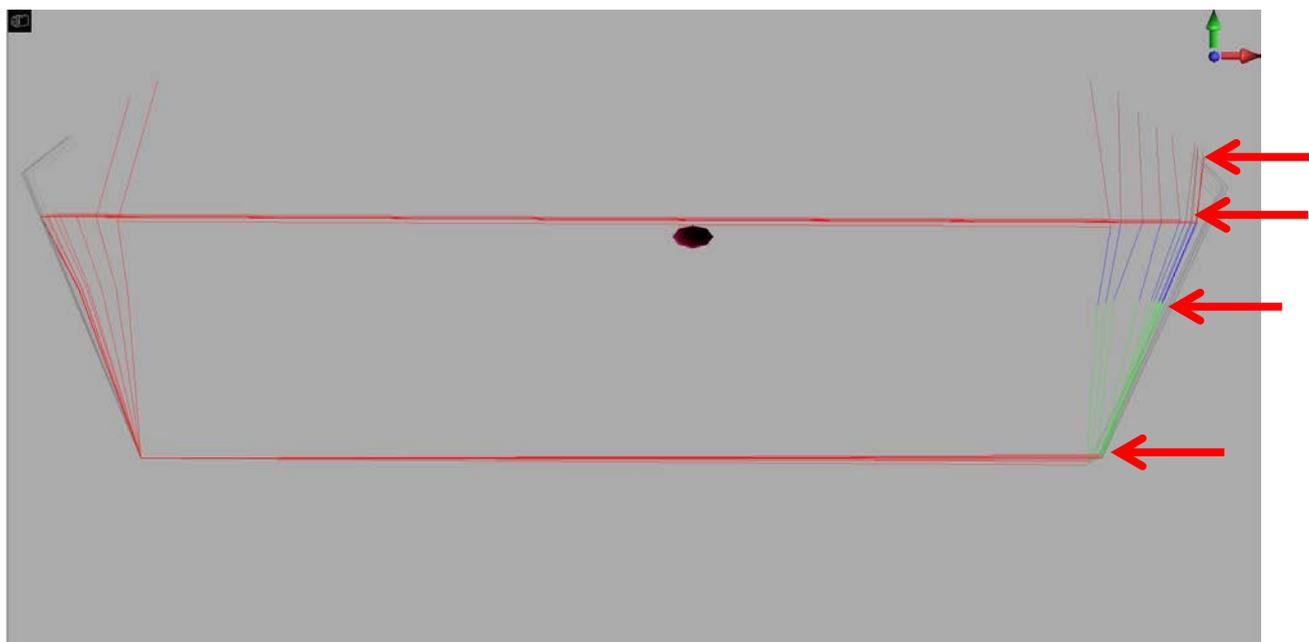


図27、 図25のスティックピクチャ
 スピンカシメ加工データ収集用実験機 1 回転ごとの追尾点の位置を表示。5 回転分表示。

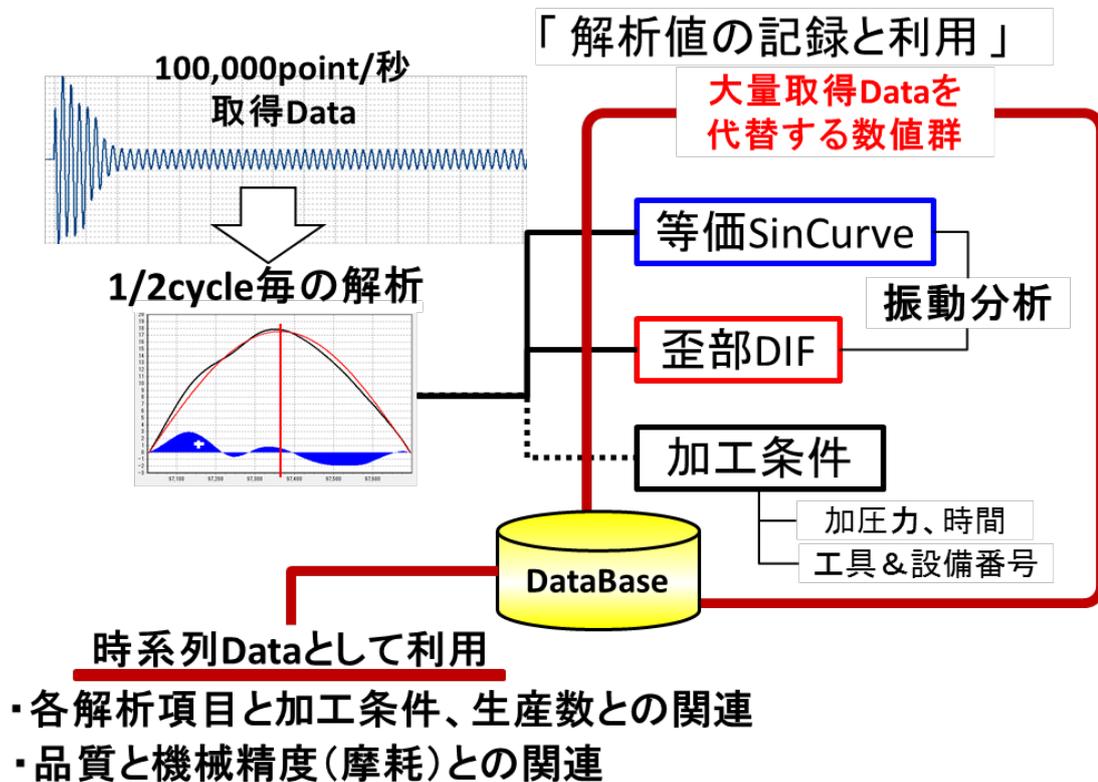
- ・ 良加工時より不良加工時の方が、加工機 1 回転ごとのピン変形が大きい。
- ・ 不良加工時は上から 3 番目の追尾点がほぼ直線。良加工時は上から 3 番目の追尾点がくびれている。

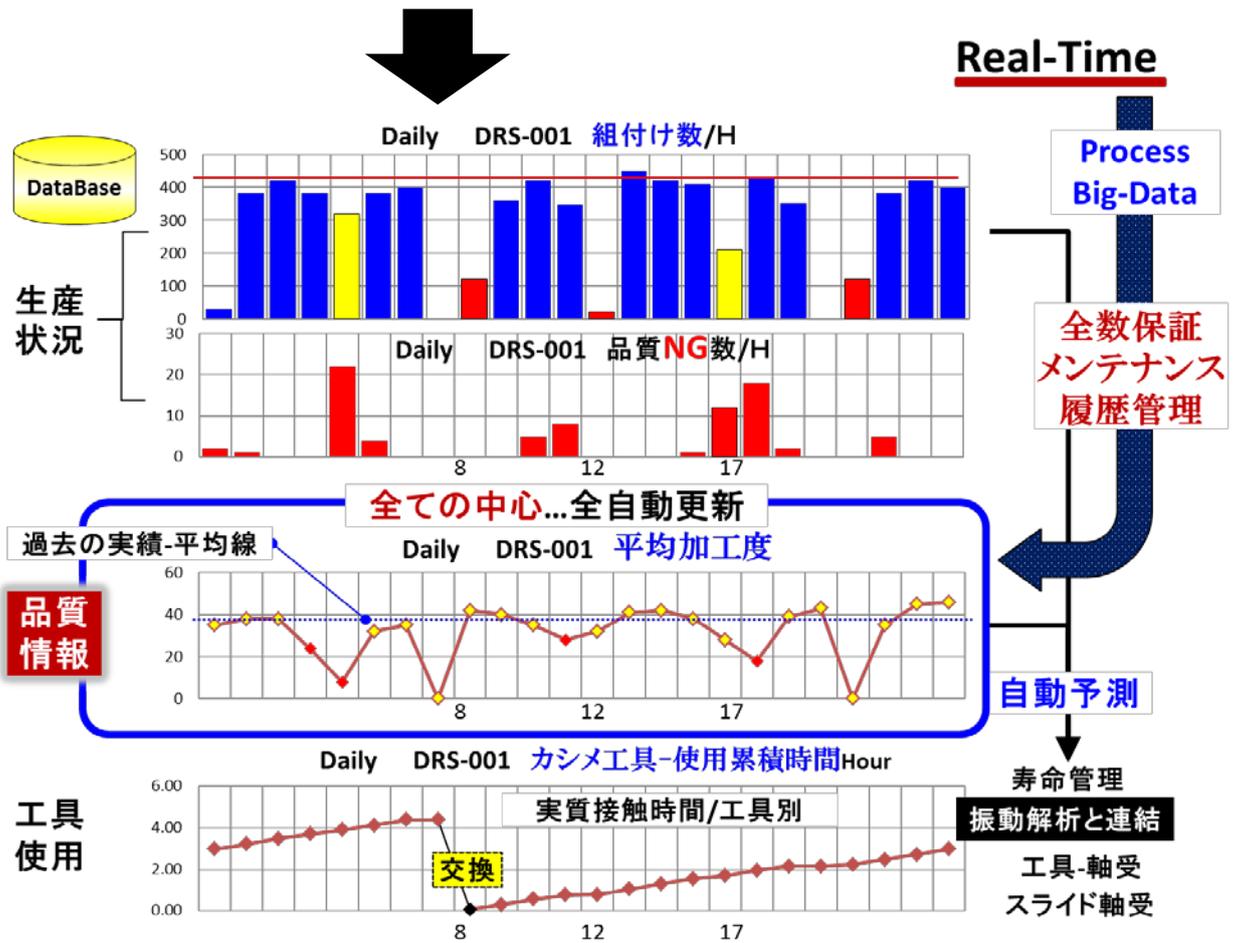
【4】時系列監視システムの開発

【4】－（1）合否判定結果を時系列評価することで、インプロセス合否判定の効果を更に高める目的のシステムを構築する。

本システムは膨大なモーターデータを保有していることを原点に成り立っている。将来のシステムアップの可能性を視野にいれば、全データを記録し利用するのが最も安全な方法といえるが、コンピュータ能力（主に処理速度）の観点からみれば現状の通常市販品では能力不足となり、事業化への障害となる恐れがある。この問題点を解決する為には、取得データの特徴を同等レベルで現わすことが出来、しかも記憶容量の少ない解析項目を設定する必要があるが、将来必要となるであろう解析値がひとつでも欠ければ蓄積データ（データベース）が利用出来なくなる危険性がある。サブテーマ【3】で述べているような詳細に亘る解析項目を設定し演算記録を行う理由は上記にある。

下図は記録データ形式とその利用例を示す。





【4】－（2）本システムは、客先の考え方にもとづいて構成される専用部分が多くなるが、各種の標準パターンを準備することで特殊性を排除する構成とする。

「標準パターン」

①最適加工条件を過去の実績から予測する。

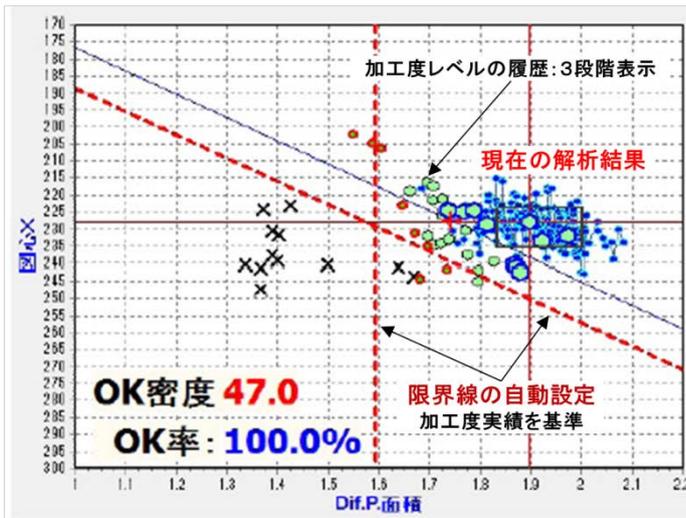
解析項目を目的に合わせて2次元に組み合わせる。過去の同製品・加工機のデータと現在評価をグラフ内に現すことで適正加工条件レベルを位置で確認する。

加工条件を変更すればグラフ内位置が変動することから、その方向性を示す。

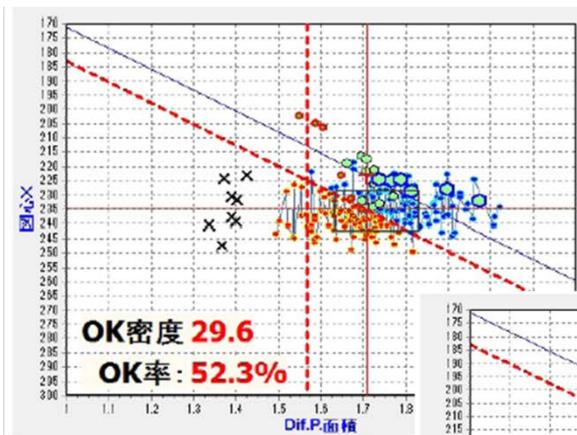
蓄積データを利用した現在品質及び加工条件評価となる。また、蓄積データは常に自動更新される。

組合せ評価 眼で見る品質レベル

過去の加工度-解析実績をベースとした**限界線を自動決定**する

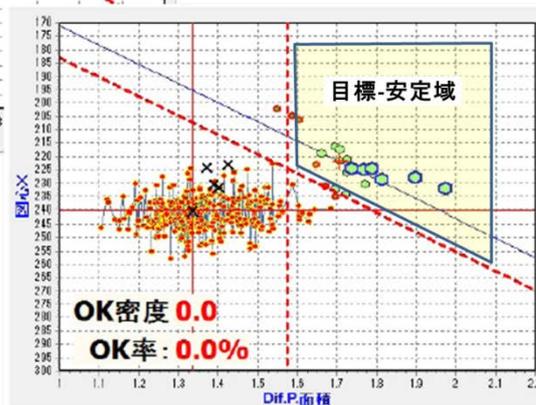


歪部-P.面積・図心Xの二次元座標にて適正状態にあるかをチェック



測定毎に現在位置を表示
& 測定毎に履歴自動更新
(機械/製品毎)

- ・測定データを累積させるほど
Targetに近づく方式
- ・品質レベルが眼で見える



- ②加工機の稼働状況、品質の流れを時系列に監視をする（【4】-1 記述参照）
- ③品質不具合品が発生する前に示す各種警報及び指示の実施（【4】-1 記述参照）

【5】プロジェクトの管理・運営

【テーマ実施日程】

	2014年								2015年		
	5月	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
【1】加工データ収集装置の製作	-----> 予定								-----> 実績		
【3】合否判定方式の確立	----->								----->		
【4】時系列監視システムの開発	----->								----->		

【研究開発委員会の開催】

	2014年								2015年		
	5月	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
研究開発委員会の開催予定 報告書の作成予定				○			○			○	→
開催実績 報告書の作成実績					● 9/4			● 12/11		● 2/4	→

1-4 当該研究開発の連絡窓口

所属：株式会社ブレイド
 氏名：宮崎 克則（ミヤザキ カツノリ）
 電話/FAX：0565-88-1589 /Fax も同じ
 E-Mail：**mjyxq119@ybb.ne.jp**

最終章：全体総括

1, 複数年の研究開発成果

平成25年、26年の2年間で当初計画した研究開発は全て完了した。

今回の研究開発を通じて各共同研究者及びアドバイザーの協力を得たことは、今後の事業化に力強い原動力になると考える。

平成25年度は実際川下ユーザのラインで使用されている設備の購入、その装置を使用してのデータ収集を行い研究開発テーマとした内容の正しさが証明された。

平成26年度は更に各川下ユーザへのPR用として小型の加工データ収集装置の製作及び平成25年度に継続して各データの評価方法を検討した結果、スピカシメ加工の動作と電流波形の関係を明確とする事が出来た。

モーターを原動力とする加工法の歴史は長く、加工負荷とモーター電流との比例関係

は基本的な現象として広く認識されているが、スピнкаシメ加工を通してモーター電流波形には、従来認識を超える更に多くの加工負荷情報が含まれていることを証明し得たことが本研究開発の最大の成果である。

この取組を可能としたのは、物造り技術（生産技術、経験則、熟練度）とコンピュータソフト技術とをシステムとして結び付た横断技術構成にある。この考え方は宇宙、医療等の最先端分野では 必須項目であるが、自動車関連を中心とする実際の物造り現場への応用は皆無に近いといえる。

またソフト技術を使っはいても設備の機能向上を目的とした単体レベルに過ぎず、本来求めるべき生産技術、熟練度等との結びつきは想定されていない。このような状況下において本事例が横断技術の生み出す従来には無い大きな効果を具体的な形で示していることに特徴があり、今後目指すべき物造り技術展開への方向性のひとつであることには間違いないと考える。

2、研究開発後の課題・事業化展開

【研究開発後の課題】

加工用モーター電流が加工負荷と関連した詳細情報を含んでいる事実は、本研究開発でのスピнкаシメ加工に限定されるものではなく、同期モーターを有する全ての加工法に共通していると推測 出来ることから、この観点での実証が今後の応用課題となる。

加工方法毎にモーター電流波形が異なることが予測出来るが、波形処理の基本部分は汎用性が高く本研究開発手法にて対応可能であると考ええる。

このことが実証された時の対象事業化範囲は飛躍的に拡大されると予想する。

【事業化展開】

- (1) 2号機を各川下ユーザに貸し出し、従来技術との違い&幅広い効果を眼で見える形にする。
 - ① 2号機をデモ機として運用を図る。
 - ② 超高精細高速度カメラ画像と、コンピュータ波形解析との合成表示にて品質解析の根拠を示す。
- (2) 波形解析の基本部分を知財（特許）で確保する…初年度にて申請
- (3) インプロセス合否判定を完成させ2号機を公開し事業化を先行させる。
 - ・川下ユーザ要求によりデモ機としてPRを実施し採用に向けての確認を受けた。
日程計画立案後、計画に沿って実行予定にある。
客先：自動車部品加工メーカー。

2号機を他加工法への展開性を示し、加えて1号機でのリアルタイム高速反応を現地現物で示し得たことは、客先への十分なPR機能があることが今回の川下ユーザへのプレゼンを通じて確認出来た。加えて川下ユーザ社内にて量産テストを3/末目標で実施する方向が決定し、川下ユーザ内でのモデルラインとしての位置付けとなる。従来技術では成し得ない新技術&新方式であり、100%品質保証への武器であるとの高い客先評価を受けた。

(追記)

ドアロック組付けに多用されている“セルフタッピングについての品質保証が不完全であり、解決するための当技術横展開“の依頼を川下ユーザから受けている。これはほぼそのまま横展開可能であり、検討を約束している。2号機で示した多様性PR効果の一つといえる（紙上ではなく現地現物での実証効果）。

現在までにスピカシメ加工時のデータを川下ユーザに提示し、実機の見学も行っているため川下ユーザから完成を待たれている状態である。

【今後の計画】

今回の研究開発は当初の予定を完了したが、川下ユーザよりモーター電流波形とスピカシメ加工機の正誤判定基準について相談が有り、今後補完研究を通じて完成を目指す計画である。