平成２５年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「高精度形状追従技術を用いた多品種対応型切削工具検査装置の開発」

研究開発成果等報告書

平成２６年　３月

委託者　九州経済産業局

委託先　株式会社鹿児島ＴＬＯ

目　次

第１章　研究開発の概要
［1］研究開発の背景・研究目的及び目標　……　1
［2］研究実施内容　……　2
［3］研究体制　……　6
［4］成果概要　……　8
［5］当該研究開発の連絡窓口　……１０

第２章　本論
［1］多品種対応ハンドリング技術の開発課題への対応
［1］－１　多軸検査ステージの開発　……１１
［2］撮像データノイズカット技術の開発課題への対応
［2］－１　撮像データノイズカットソフトの開発　……１６
［3］自動検査スペック設定技術の開発課題への対応
［3］－１　自動検査スペック設定ソフトの開発　……１７
［4］多品種対応型切削工具検査装置の開発
［4］－１　装置本体の開発　……２０
［5］今後の課題
［5］－１　今後の課題と計画　……２５

第３章　総括
［1］結論　……２６

第１章　研究開発の概要

［1］研究開発の背景・研究目的及び目標

自動車部品等の高精度化に伴い切削工具自体の高精度検査が必須となってきているが、現在でも殆どの切削工具メーカーやエンドユーザーにおいて精度の悪い目視検査が行われている。

これまで、「人の判断ミスによる不良流出」、「人件費増や低生産性によるコスト高」などの深刻な経営課題対策として様々な自動検査装置が検討されてきたが、いずれも切削工具の一定形状（単一品種）を前提とした定形パターンに基づき検査を行う自動化システムであり、品種毎に複雑な形状を有する切削工具刃先を高精度で自動検査したいという顧客ニーズからは掛け離れたものであった。

この様な状況の中、複数の国内トップメーカーから多品種に対応できる検査技術の早急な開発及び実用化要求を受けた為、詳細なマーケティング調査を行った上で、多品種対応型切削工具検査装置の開発に着手することを決定した。

因みに、本装置が実用化されれば世界初の多品種対応が可能な自動検査装置となり、市場規模は対象川下製造業者数百社以上、売上げ規模は約２０億円以上／年（５０％シェア確保の場合）と推定される。また、本装置の導入により川下製造業者の QCDS 改善に大きく貢献すると共に、結果として川下産業全体の国際競争力向上に大きく寄与することができる。

現状の課題と課題解決のための技術的コンセプトを図１に示す。

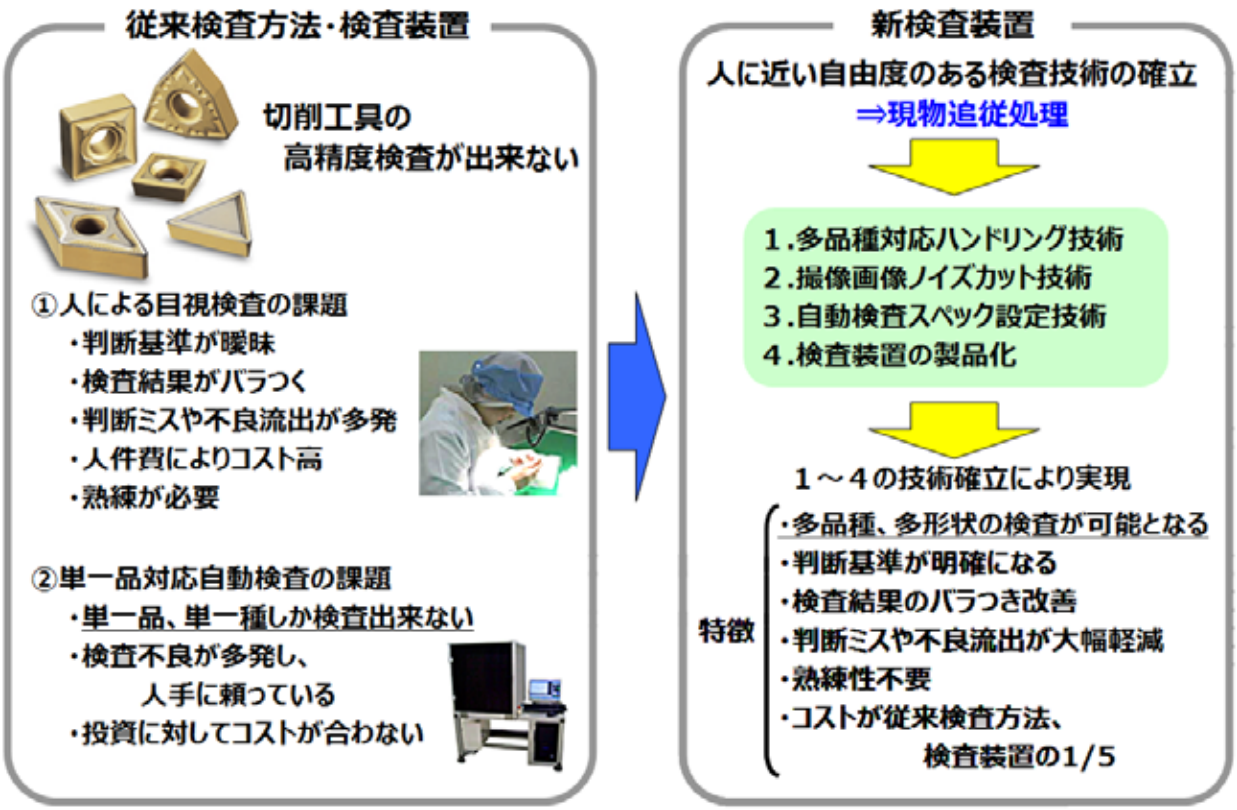


図１．現状の課題と課題解決のためのコンセプト

品種毎に複雑な形状を持ち個別の寸法バラツキを有する切削工具の自動検査を行う為に、「人に近い自由度のある検査技術の確立」というコンセプトに従って、図２－１と図２－２に示す４つの研究課題と各々の目標値を設定した（装置開発は２５年度着手のため２４年度目標の設定無し）。

研究課題	目標値
【１．多品種対応ハンドリング技術の開発】 【１－１】多軸検査ステージの開発	精度±100μmレベルで検査テーブルが被検査体へ追従する。
【２．撮像データノイズカット技術の開発】 【２－１】撮像データノイズカットソフトの開発	統計処理によりノイズカットフィルターの最適組合せを自動的に決定し、総ノイズの約80%以上をカットする。
【３．自動検査スペック設定技術の開発】 【３－１】自動検査スペック設定ソフトの開発	不良品の特徴量を統計処理することにより自動的に暫定閾値を設定する。
【４．多品種対応型切削工具検査装置の開発】 【４－１】装置本体の開発 【４－２】装置本体の評価	－

図２．２４年度目標値

研究課題	目標値
【１．多品種対応ハンドリング技術の開発】 【１－１】多軸検査ステージの開発	切削工具２辺片面当たりの検査タクト約 15 秒を可能とする搬送速度にする。
【２．撮像データノイズカット技術の開発】 【２－１】撮像データノイズカットソフトの開発	総ノイズの約99%以上をカットする。
【３．自動検査スペック設定技術の開発】 【３－１】自動検査スペック設定ソフトの開発	閾値を最適化し、市場不良率 100ppm 以下レベルでの検出精度を実現する。
【４．多品種対応型切削工具検査装置の開発】 【４－１】装置本体の開発 【４－２】装置本体の評価	検査装置の開発を行い、多品種形状への対応及び検出精度（不良サイズ 25μm）の評価を実施する。

図２．２５年度目標値

［2］研究実施内容

図３に本研究の簡易検査システムと各研究課題の責任分担、及び簡易フロー図を示す。

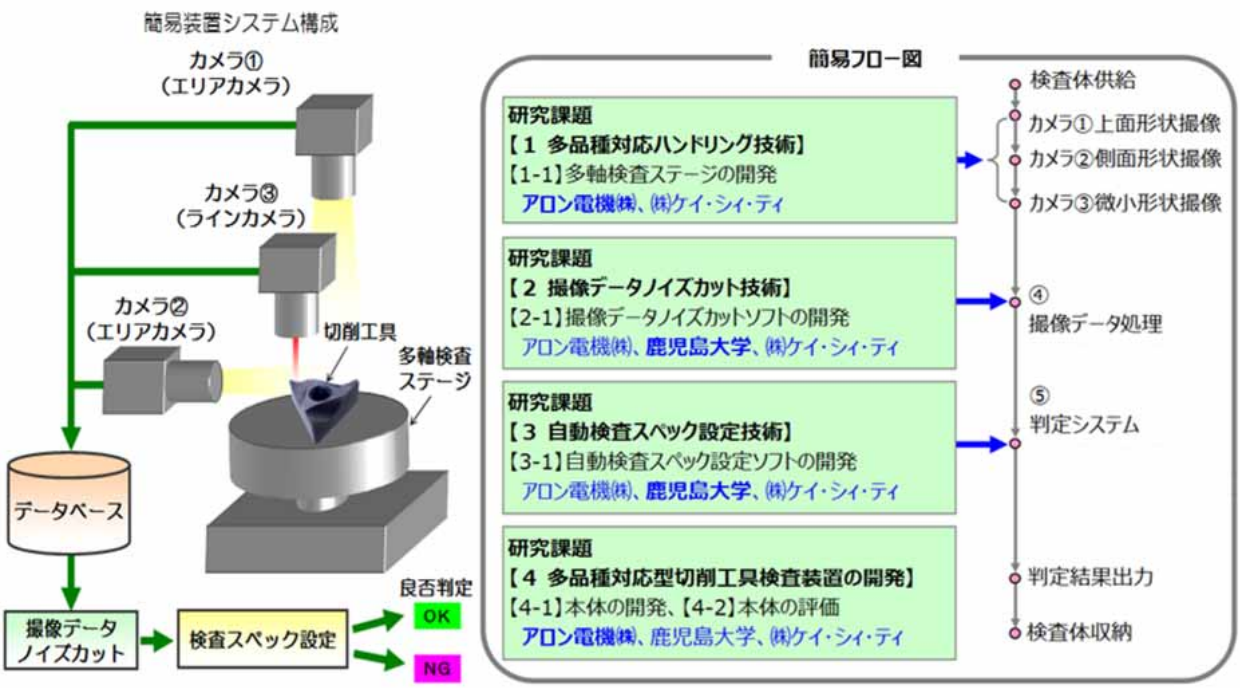


図３．簡易検査システムと処理フロー

以下に各研究課題についての具体的な実施計画内容を示す。

１．多品種対応ハンドリング技術の開発課題への対応

【１－１】多軸検査ステージの開発

カメラ①（エリアカメラ）、②（エリアカメラ）で撮像した切削工具形状を記憶して、カメラ③（ラインカメラ）と同期する様に多軸モーションステージを制御するシステムを構築した。図４～５に概略図を示す。

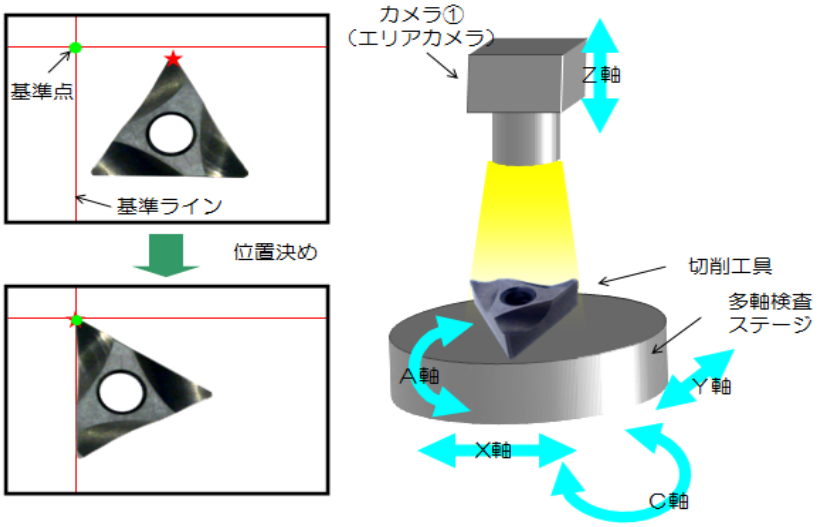


図４．カメラ①の撮像システム概要

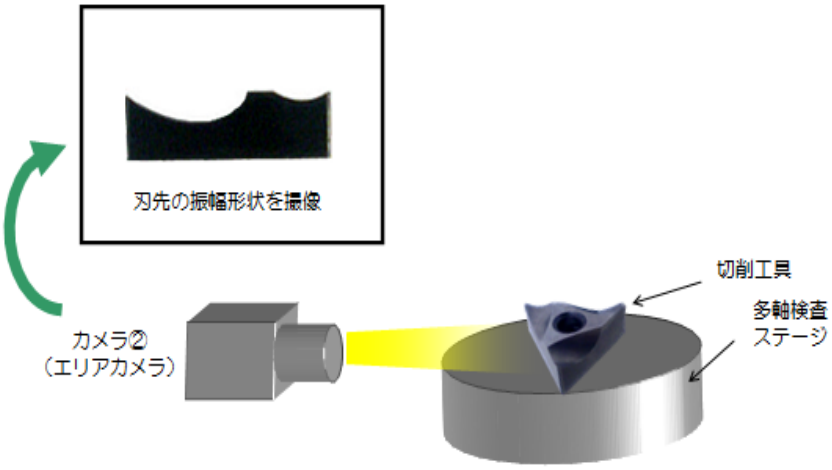


図５．カメラ②の撮像システム概要

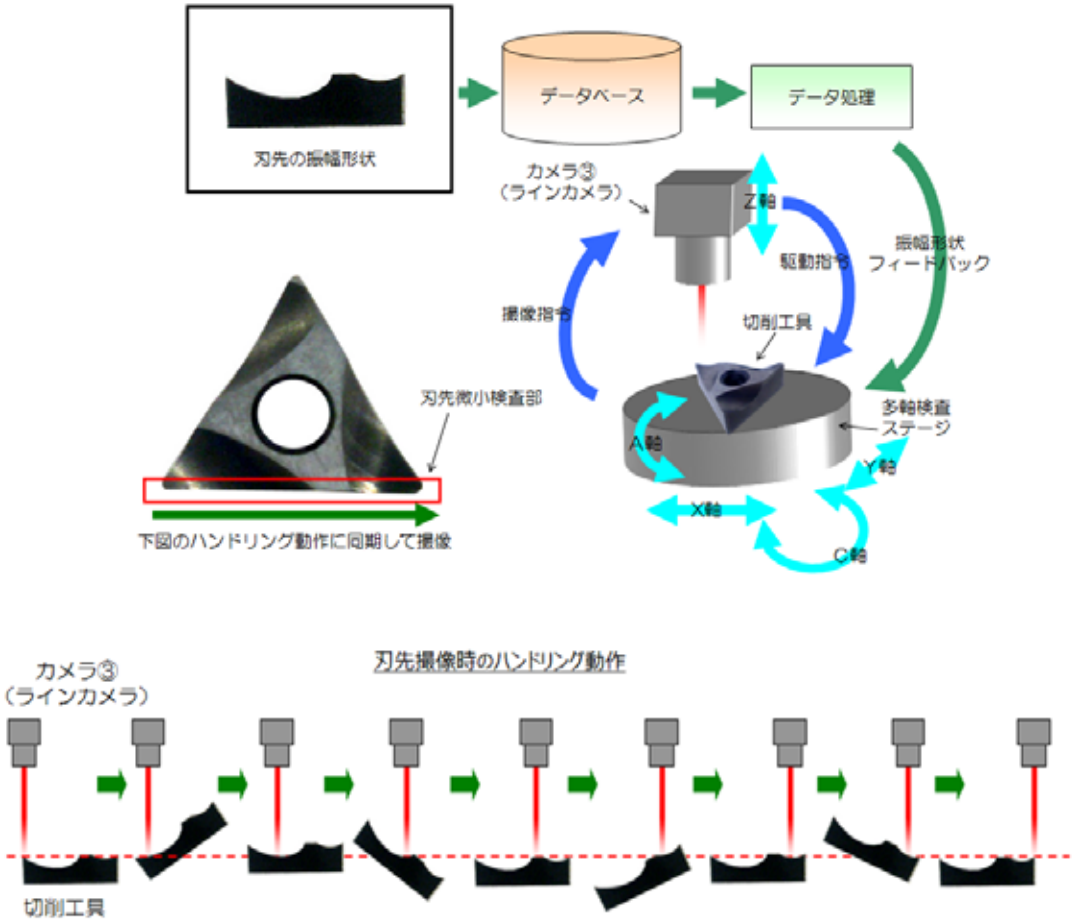


図６．カメラ③の追従システム概要

２．撮像データノイズカット技術の開発課題への対応

【２－１】撮像データノイズカットソフトの開発

撮像データ上の様々なノイズ（表面段差、画像の明暗、輪郭ボケなど）を完全に除去しなければ、精度の高い的確な良否判断を行うことは困難である。

本課題を回避する為に、統計処理を駆使してノイズカットフィルタの組合せを自動に決定する技術を確立し、各種ノイズによる擬似不良を大幅に低減することが出来た。

３．自動検査スペック設定技術の開発課題への対応

【３－１】自動検査スペック設定ソフトの開発

現状の目視検査スペックは限度見本による曖昧な基準で設定されている為、自動検査導入後の検査スペック設定の際には、継続的に品種毎の良品・不良品サンプルを人による目視検査と検査装置による自動検査間で詳細比較しながら最終値を絞り込んでいくという膨大な作業が必要となる。

このような状況を回避する為に「自動検査スペック設定ソフト」を開発し、実際のライン検査員の判定基準を自動的に検査装置の検査スペックとして設定できるようにした。

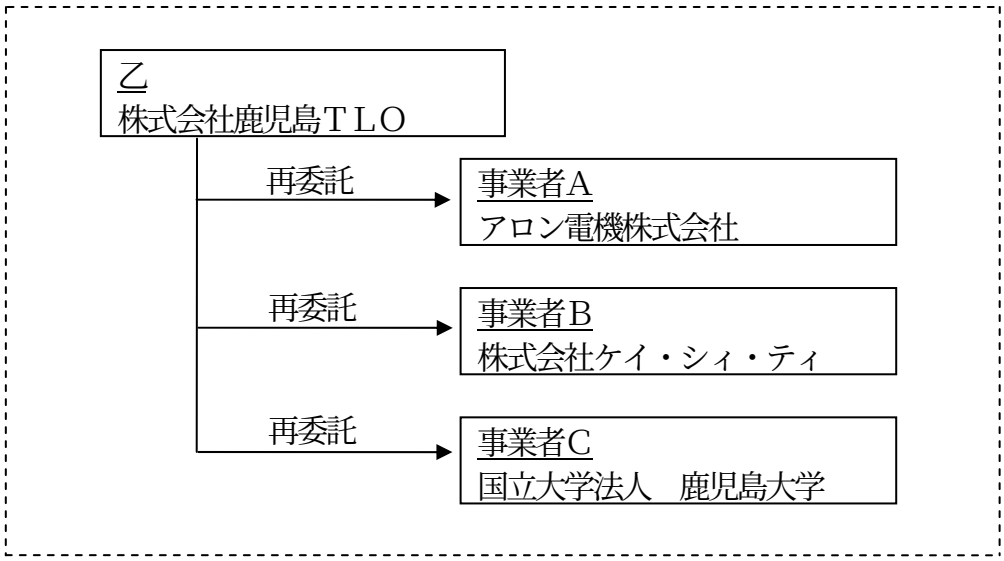
４．多品種対応型切削工具検査装置の開発

【４－１】装置本体の開発

多品種対応ハンドリング技術、撮像データノイズカット技術、自動検査スペック設定技術を並行して研究開発し、最終的にこれら技術を組み合わせて高精度自動検査装置の開発を行った。また、搬送精度および検査精度の実機確認、及び商品化に向けた再現性・耐久性・メンテナンス性の評価も実施した。

［3］研究体制

1．研究組織（全体）

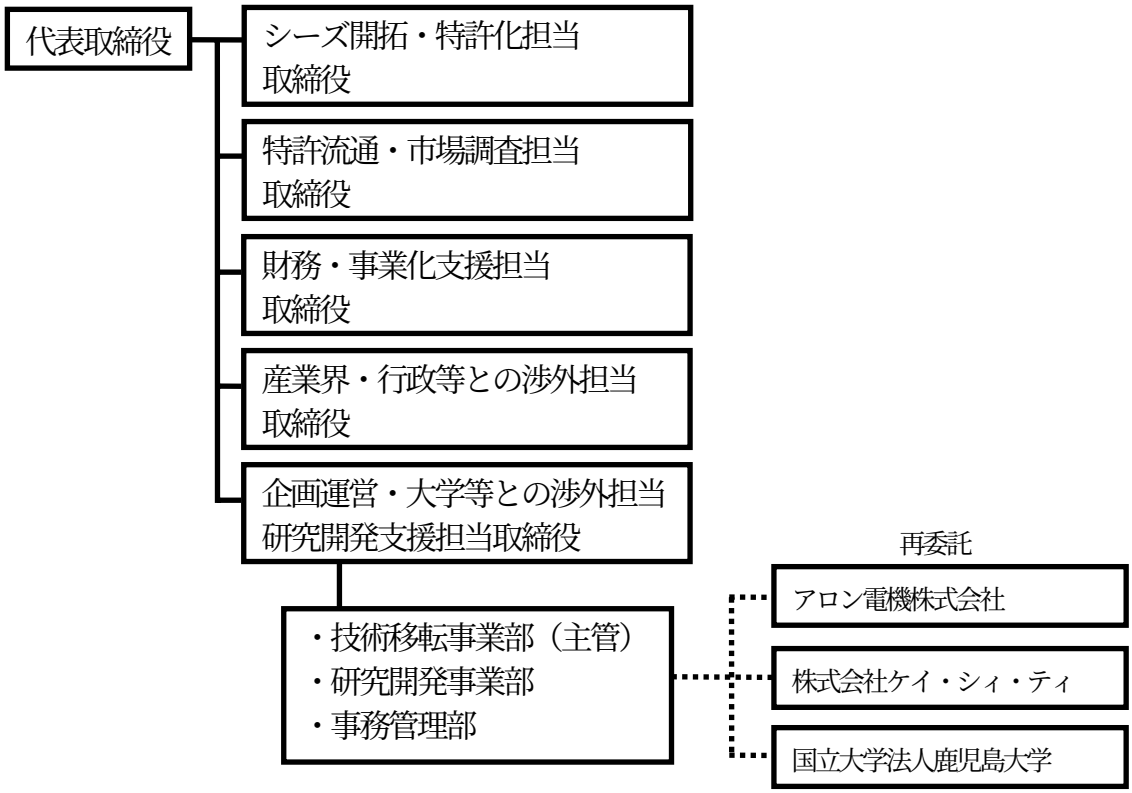


総括研究代表者（ＰＬ）
アロン電機株式会社
技術部　部長
外室　敬介

副総括研究代表者（ＳＬ）
国立大学法人鹿児島大学
教授・学長補佐
学術情報基盤センター長
森　邦彦

2．管理体制

事業管理機関：株式会社鹿児島ＴＬＯ



３．管理員及び研究員

①事業管理機関　株式会社鹿児島ＴＬＯ　※管理員のみ

氏　名	所属・役職
吹留　博実	代表取締役　兼　技術移転統括マネージャー
上原　美子	技術移転事業部　技術移転スペシャリスト
町田　依里	技術移転事業部　技術移転スペシャリスト
小坂　京子	事務管理部　ライセンスアシスタント

②再委託先　※研究員のみ

アロン電機株式会社

氏　名	所属・役職
外室　敬介	技術部　部長
大田　昭一	技術部　自動機　兼 製品設計グループリーダー
西原　大樹	技術部　開発企画グループリーダー
井上　生馬	技術部　自動機グループ　サブリーダー
米森　崇	技術部　自動機グループ　技術員
瀬戸　幸代	技術部　自動機グループ　技術員
平井　泰樹	技術部　開発企画グループ　技術員
多賀　貴幸	技術部　自動機グループ　技術員
田上　真一郎	技術部　自動機グループ　技術員
他5名	

株式会社ケイ・シィ・ティ

氏　名	所属・役職
宮里　哲志	IT ソリューショングループマネージャー
花堂 雄一	IT ソリューショングループ　技術員
野尻野 隆	IT ソリューショングループ　技術員
東　顕正	IT ソリューショングループ　技術員
長田　謙作	IT ソリューショングループ　技術員
岩田　祐紀	IT ソリューショングループ　技術員
野元　育男	顧問
西留　隆雄	代表取締役社長
他4名	

国立大学法人 鹿児島大学

氏　名	所属・役職
森　邦彦	教授・学長補佐 学術情報基盤センター長
古屋　保	学術情報基盤センター　准教授
小田　謙太郎	学術情報基盤センター　助教

４．他からの指導・協力者名及び指導・協力事項

推進委員会委員（外部推進委員）

氏　名	所属・役職	備　考
米倉　廣樹	九州住電精密株式会社　技術部　部長	ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞｰ
木村　雅宏	シーシーエス株式会社　営業本部	ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞｰ
仮屋　一昭	鹿児島県工業技術センター研究主幹（生産技術担当）	ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞｰ(H24)
久保　敦	鹿児島県工業技術センター　生産技術部　研究専門員	ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞｰ(H25)
遠矢　良太郎	国立大学法人鹿児島大学　産学官連携推進センター 産学官連携コーディネーター	ｱﾄﾞﾊﾞｲｻﾞｰ

推進委員会委員（内部推進委員）

氏　名	所属・役職	備　考
外室　敬介	アロン電機㈱　技術部　部長	
大田　昭一	アロン電機㈱　技術部　自動機兼製品設計グループリーダー	
西原　大樹	アロン電機㈱　技術部　開発企画グループリーダー	
井上　生馬	アロン電機㈱　技術部　自動機グループ　サブリーダー	
宮里　哲志	㈱ケイ・シィ・ティ　IT ソリューショングループマネージャー	
野尻野 隆	㈱ケイ・シィ・ティ　IT ソリューショングループ　技術員	
長田　謙作	㈱ケイ・シィ・ティ　IT ソリューショングループ　技術員	
野元　育男	㈱ケイ・シィ・ティ　代表取締役会長	
西留　隆雄	㈱ケイ・シィ・ティ　代表取締役社長	
森　邦彦	国立大学法人鹿児島大学　教授・学長補佐 学術情報基盤センター長	
古屋　保	国立大学法人鹿児島大学　学術情報基盤センター　准教授	
小田　謙太郎	国立大学法人鹿児島大学　学術情報基盤センター　助教	
吹留　博実	代表取締役　兼　技術移転統括マネージャー	
上原　美子	技術移転事業部　技術移転スペシャリスト	
町田　依里	技術移転事業部　技術移転スペシャリスト	
小坂　京子	事務管理部　ライセンスアシスタント	

［4］成果概要

1．多品種対応ハンドリング技術の開発

【1－1】多軸検査ステージの開発について

（開発目標）

24 年度：精度±100㎛ レベルで検査テーブルが被検査体へ追従する。

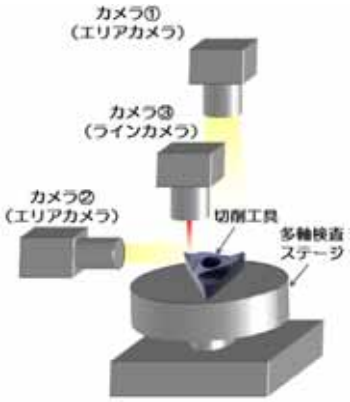
25 年度：切削工具片面当たりの検査タクト約 15 秒を可能とする搬送速度にする。

（成果）

24 年度：

右図のカメラ①、②（エリアカメラ）で撮像した切削工具形状を記憶し、カメラ③（ラインカメラ）と同期する様に多軸モーションステージを制御するシステムを構築した。

更に、この多軸検査ステージを用いて検査テーブルの被検査体（切削工具形状部）への追従精度評価を行ない、３軸動作時の工具刃先検査部への追従精度≦±90μm を達成することができた。



25 年度：

メカ系対策としてステージの軽量化や画像データからカムデータへの変換時の近似方法の変更などを行い、更に検査においては画像データ処理のタイミングやノイズカットフィルター適用エリアなどを最適化したことで、片面当りの検査タクト 14.6 秒を達成した。

２．撮像データノイズカット技術の開発課題への対応

【２－１】撮像データノイズカットソフトの開発について

（開発目標）

24 年度：総ノイズの約 80.0%以上をカットする。

25 年度：総ノイズの約 99.0%以上をカットする。

（成果）

24～25 年度：

カメラで撮像した不良品の生画像に自動的に最適化されたノイズカットフィルターの組合せを適用することで、約 99.3%のノイズを除去し、良品との特徴量比較による識別精度を著しく向上させることが出来た。

３．自動検査スペック設定技術の開発課題への対応

【３－１】自動検査スペック設定ソフトの開発について

（開発目標）

24 年度：不良品の特徴量を統計的に抽出し良品と識別する技術を確立させ、暫定閾値設定を完了する。

25 年度：閾値が最適化され市場不良率 100ppm 以下レベルでの保障を可能とする。

（成果）

24～25 年度：

良品の特徴量（欠陥面積、重心位置、長径／短径、など）を抽出し、それらの特徴量を統計解析することで不良品の閾値を自動設定できる手法を開発した。

また、本手法を用いて川下業者生産ラインの不良混入率（約 0.2%）の約 50 倍の高不良混入サンプルを評価し、全ての不良を検出することができた。川下業者の現在の市場不良率が 100ppm 以下（シングル ppm レベル以下）である為、上述した結果から本検査を通して市場に流通した製品も川下業者と同等以下（≦100ppm）の市場不良率になると推定した。

４．多品種対応型切削工具検査装置の開発

【４－１】装置本体の開発について

（開発目標）

24 年度：なし（当初計画通り 25 年から着手のため）

25 年度：検査装置の開発を行い、多品種形状への対応及び検出精度（不良サイズ 25um）の評価を実施する。

（成果）

25 年度：

当初計画通り装置本体開発が完了し、目標スペックを満足する画像検査が可能となった（図７に実機写真を示す）。

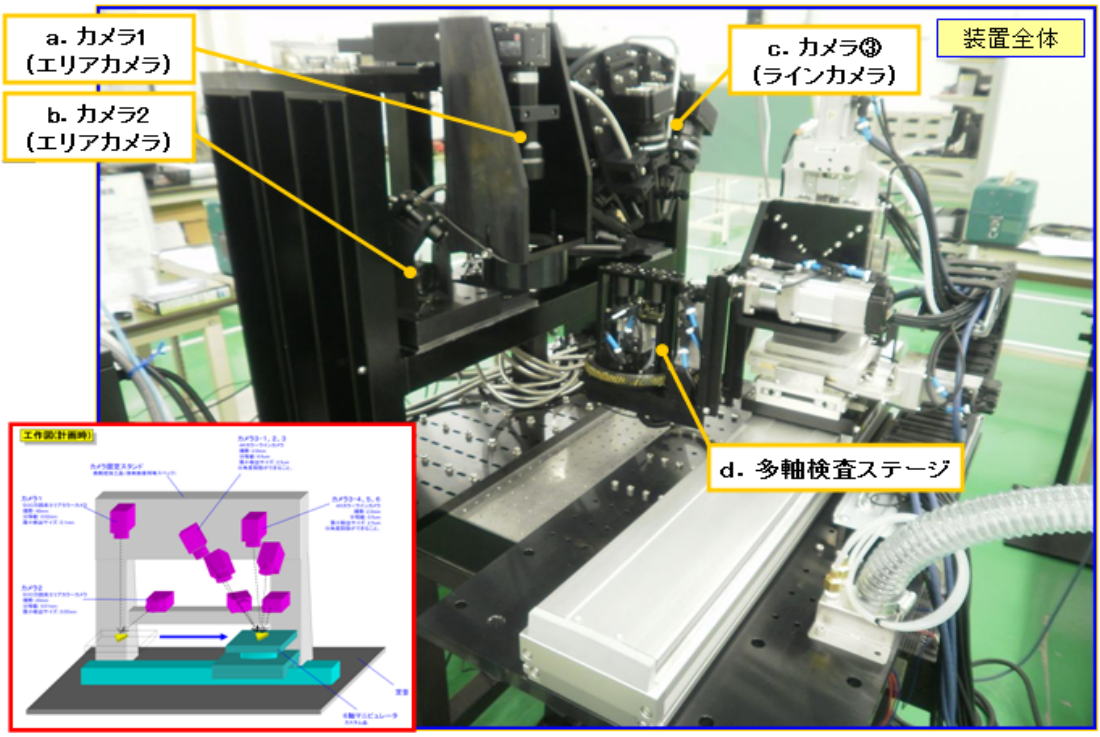


図７．実機写真（全体）

［5］当該研究開発の連絡窓口

株式会社鹿児島ＴＬＯ
〒890-0065　鹿児島市郡元一丁目 21 番 40 号　鹿児島大学内
電話：099－284-1631／FAX：099－284-1632
（業務管理者）　代表取締役　吹留　博実

第２章　本論

［1］多品種対応ハンドリング技術の開発課題への対応

［1］－１　多軸検査ステージの開発

図８に示す①～⑤の開発課題評価において、全項目とも目標スペック内の良好な結果が得られた。

No.	項目	結果
①	照明マージン	○
②	エアブロー効果	○
③	検査タクト	○
④	ステージメカ精度	○
⑤	追従精度	○

図８．多軸検査ステージ評価結果

①照明マージン

照明条件は画像精度に大きく影響するため、照明機器光量の最大バラツキ（基準光量に対して±20%）に対するＲ径測長寸法の変化量を評価した。

図９に示す通り、基準調光値でのＲ測長寸法（=187.5um）に対して-20%光量でのＲ径測長寸法は+2.51um 増加し、＋20%光量でのＲ径測長寸法は－1.31um 減少することが確認された為、現在のＲ径規格範囲を±10um から±7um（Ｒ径最大変動を 3um 以下と想定）に変更することで、光量の最大バラツキで発生するＲ径寸法変動を吸収できるとの結論が得られた。

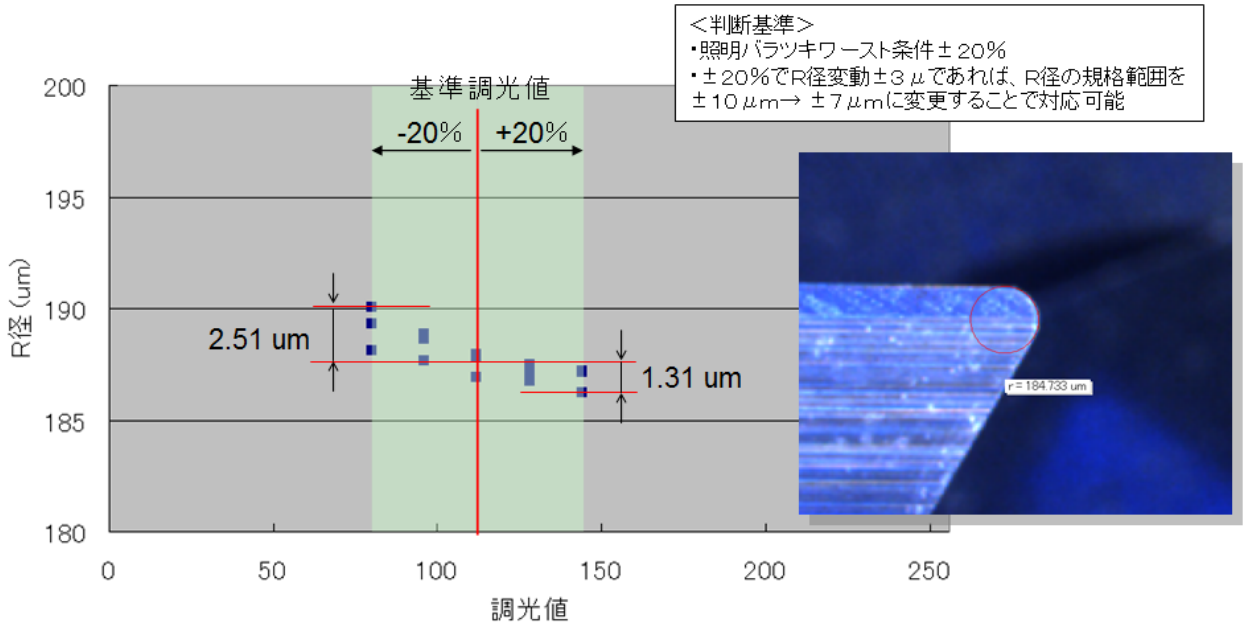


図９．照明マージン評価結果

②エアブロー効果

本装置では被検査体（以後ワークという）およびステージ上の異物による誤判定低減を目的としたエアブロー処理を行っているため、その異物除去効果を評価した。

１）異物除去効果（50㎛径のエポキシ樹脂異物をワークおよびステージ上に散布）

図１０で示す通り、圧力 0.25MPa 以上のエアブロー処理で殆どの異物除去効果が確認された為、エアブロー標準条件として0.25～0.50MPa の圧力を設定する事ができた。

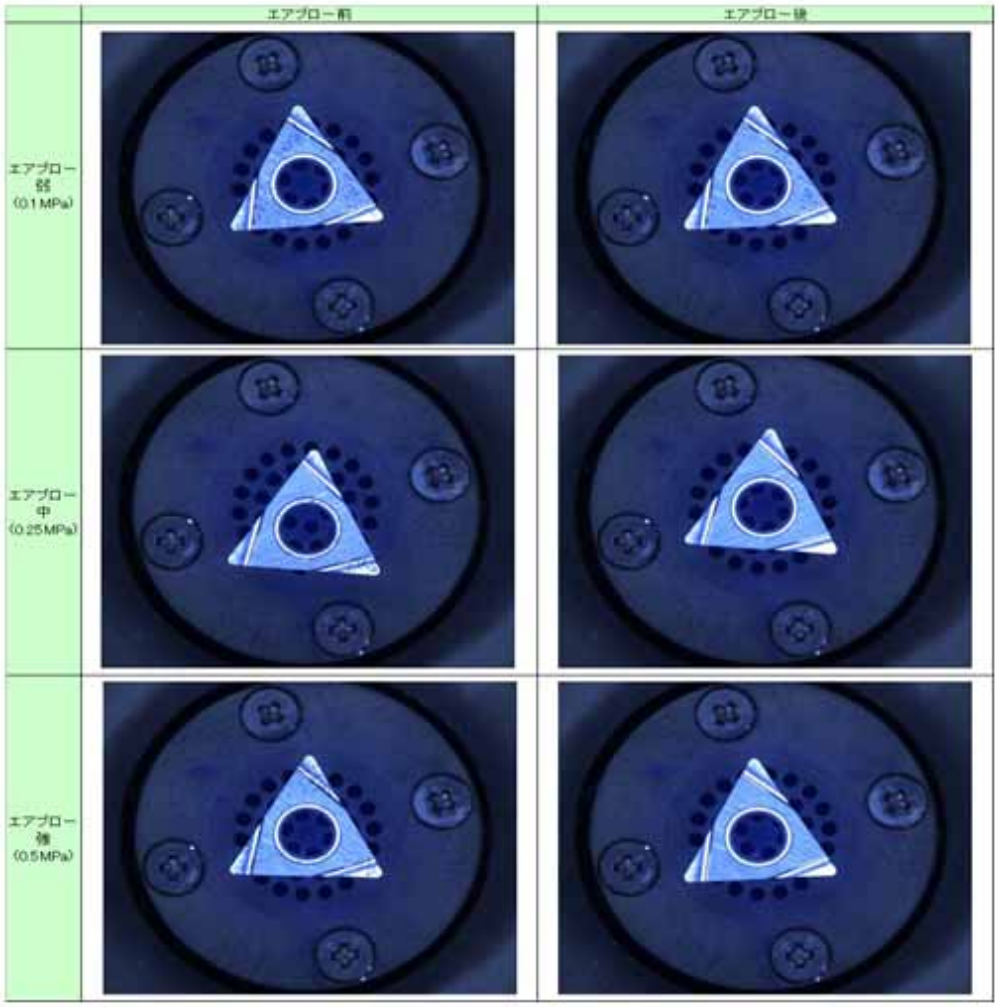


図１０．エアブローの異物除去効果

③検査タクト

当初の検査システムは、図１１の”対策前”に示すような「撮像→ データ処理を 1 コーナーずつ行う直列処理システム」となっていた為、データ処理の間に検査が停止する待機時間が発生し検査タクトの遅延を引き起こしていた。

この待機時間を改善するために、図１１の“対策後”に示す「データ処理を行うと同時に次コーナーの撮像を行う並列処理システム」を導入することで待機時間の大幅な短縮に成功し、結果として図１２に示す１４．６秒を達成した（開発目標値≦１５秒）。

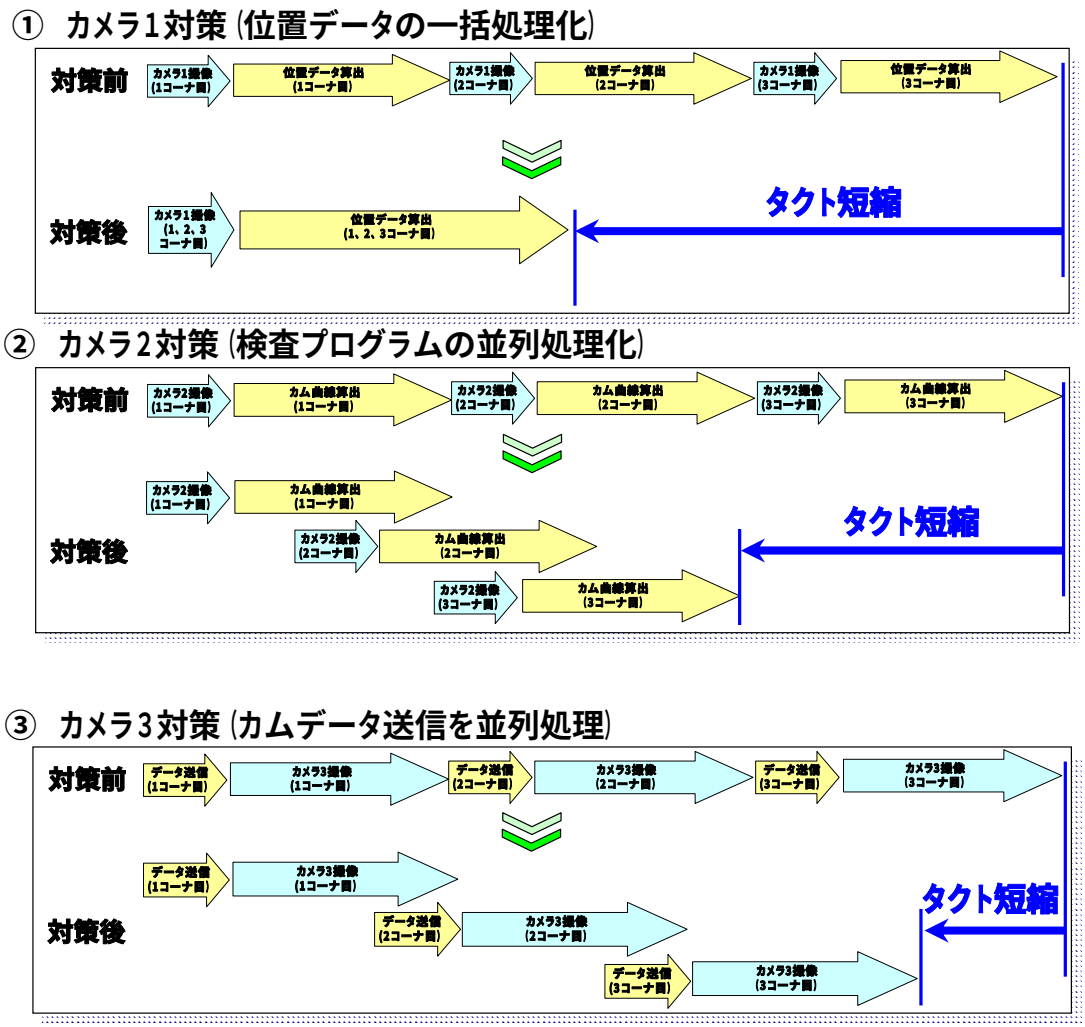


図１１．検査フロー

<カメラ1>

大項目	No.	小項目	目標スペック	2013/8/29	2014/2/17	判定
処理時間	1	受渡し→カメラ①,②	0.3sec	0.3sec	0.6sec	×
	2	検査時間	1.4sec	1.4sec	2.1sec	×
	3	割出し+補正込み	1.3sec	1.3sec	0.9sec	○
	4	ワーク切替	1.5sec	1.5sec(未実装)	0sec	-
	5	待機時間	-	4.9sec	1.0sec	×

<カメラ2>

大項目	No.	小項目	目標スペック	2013/8/29	2014/2/17	判定
処理時間	1	検査時間	1.3sec	0.8sec	0.8sec	○
	2	待機時間	-	2.7sec	0.7sec	×

<カメラ3>

大項目	No.	小項目	目標スペック	2013/8/29	2014/2/17	判定
処理時間	1	カメラ①,②→カメラ③	0.5sec	0.5sec	0.4sec	○
	2	検査時間 片面で検査開始 位置戻り時間含む	7sec	7sec	3.4sec	○
	3	カメラ③→受渡し	0.5sec	0.5sec	0.3sec	○
	4	製品入換え	0.9sec	0.9sec(未実装)	1.4sec	×
	5	待機時間	-	11.3sec	1.5sec	×

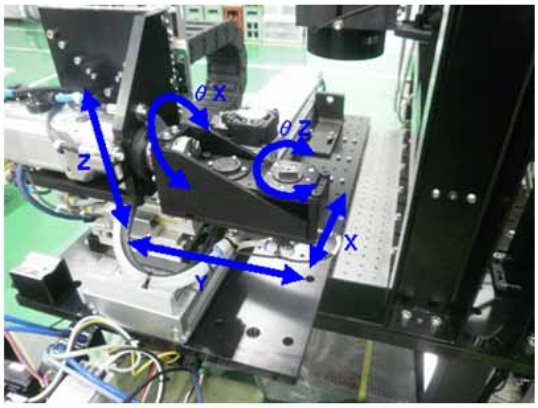
検査タクト 合計	15sec	45.4sec	14.6sec	○

図１２．検査タクト測定結果

④ステージメカ精度

直線軸の繰り返し精度、走行精度、及び回転軸の振れ精度の評価結果を図１３に示す。全ての実測値が目標値内（カメラ３で撮像を行う際に検査部位がカメラの焦点深度内に入るために必要なメカ精度）となる良好な結果が得られた。

項目	目標値(μm)	実測値(μm)	n数	判定
■多軸ステージ				
繰り返し精度(X)	1	0.4	10	OK
繰り返し精度(Z)	1	0.9	10	OK
繰り返し精度(Y)	0.5	0.3	10	OK
繰り返し精度(θx)	1	0.8	10	OK
繰り返し精度(θz)	1	0.7	10	OK
走行精度-垂直成分(X)	1	0.9	10	OK
走行精度-水平成分(X)	1	0.8	10	OK
走行精度-水平成分(Z)	1.5	1	10	OK
回転軸振れ(θx)	2.5	2.2	10	OK
回転面振れ(θx)	3.5	3.2	10	OK



※n数に関してはメーカー推奨値

図１３．ステージメカ精度評価結果

⑤追従精度

ワーク側面の画像データ（カメラ２で撮像）から抽出したカム曲線は波形が荒く、製品刃先に高精度に追従できないという課題があったが、抽出したカム曲線を近似処理することで製品刃先への追従精度を飛躍的に向上させることができた（図１４、１５参照）。

図１６にワークサンプル５０個を用いた追従精度の再現性評価結果を示す。全ての測定結果が追従精度±30um 以下となっており、目標値（=カメラ３焦点深度）である±32um 以下を満足していることが確認された。

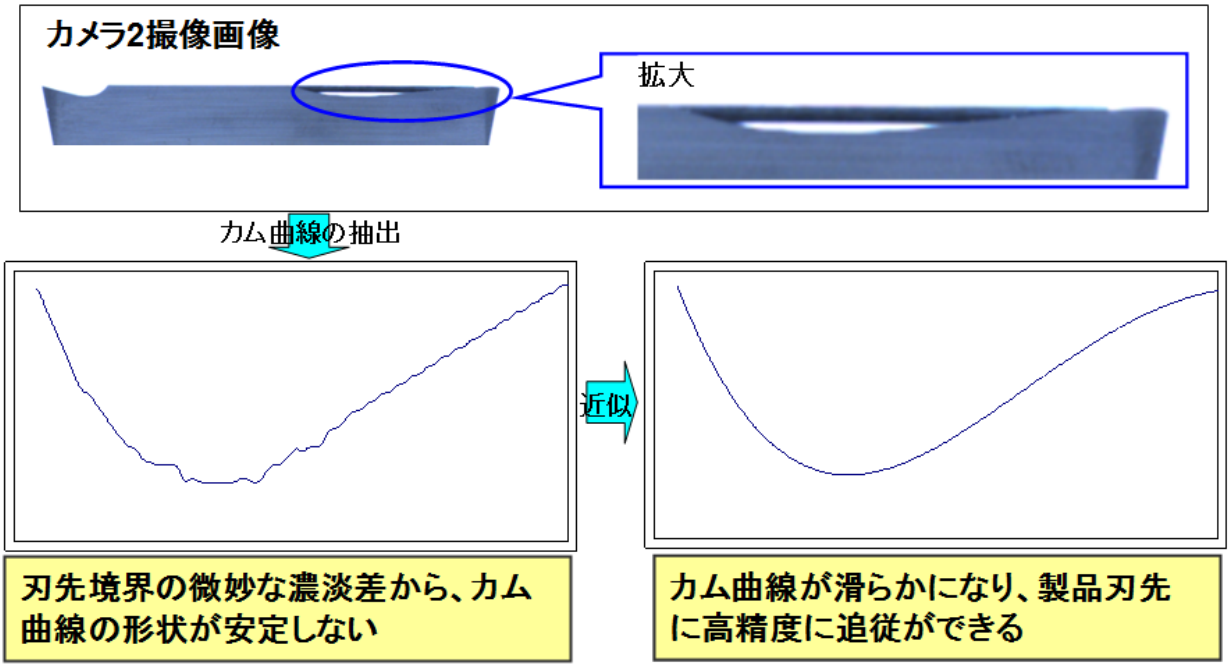


図１４．ステージメカ精度評価結果

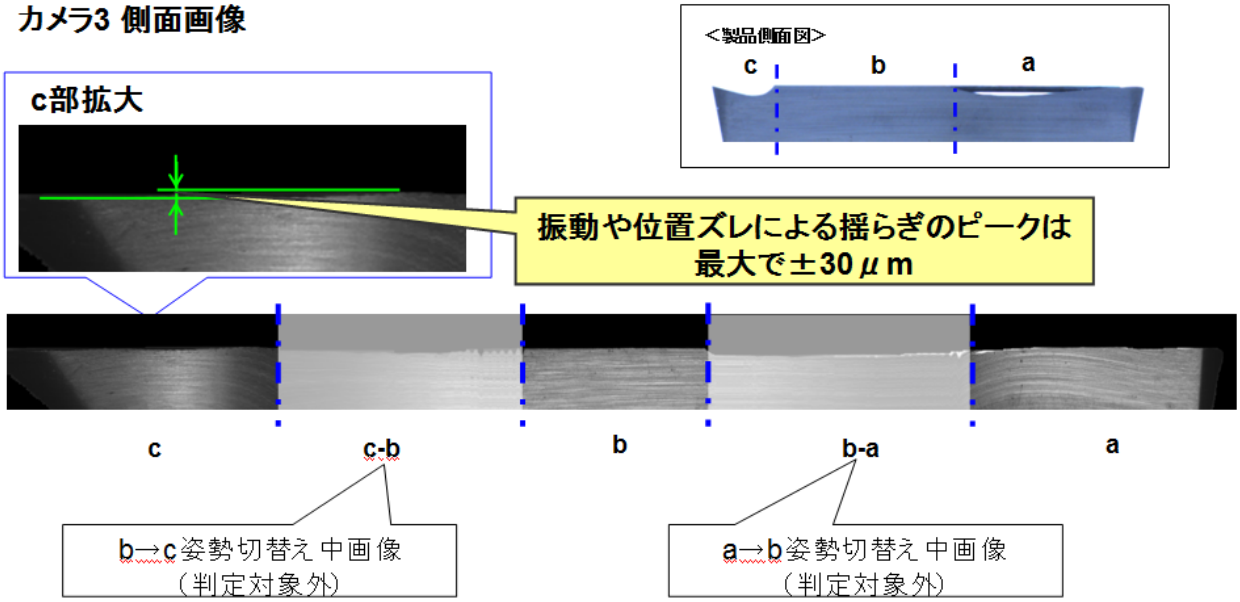


図１５．ステージメカ精度評価結果

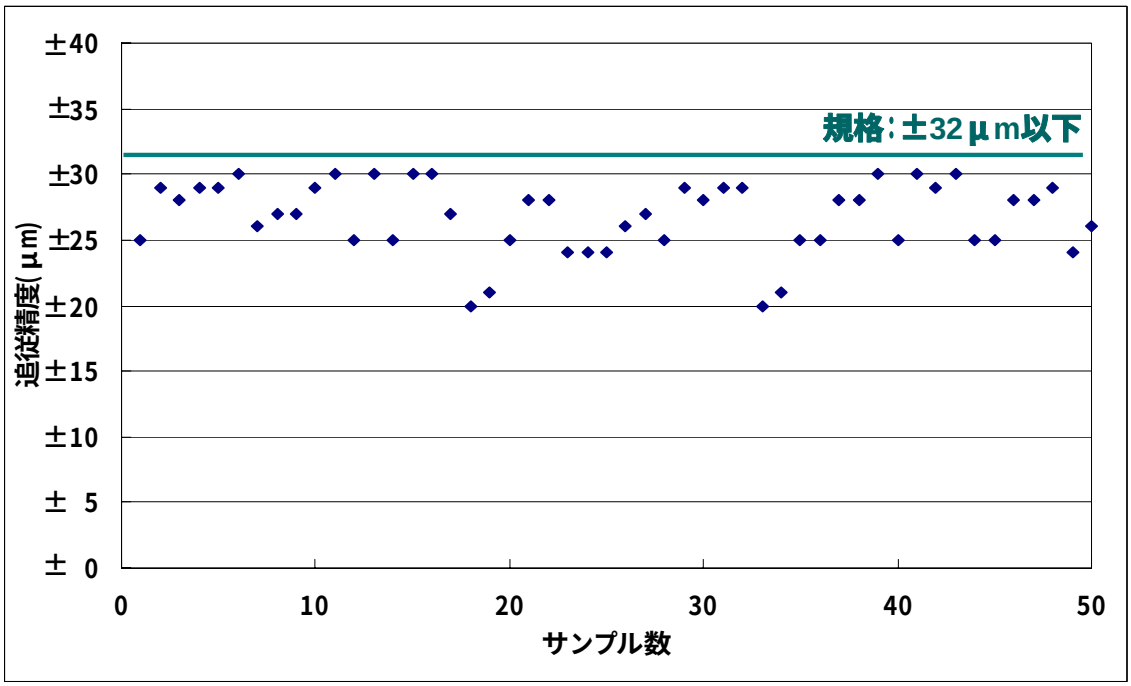


図１６．追従精度の再現性評価結果

［2］撮像データノイズカット技術の開発課題への対応

［2］－1　撮像データノイズカットソフトの開発

図１７に示す①、②の開発課題評価において、全項目とも目標スペック内の良好な結果が得られた。

№	項目	結果
①	ノイズカットの適応性	○
②	溝部／表面部分割撮像	○

図１７．撮像データノイズカットソフト評価結果

①ノイズカットの適応性、②溝部/表面部分割撮像

３種類の評価サンプルは川下業者で生産されている主要な三角形ポジ製品であり、これら３製品の評価を行うことで、材質、内接円、厚さなどのバリエーションに関して他の多くの製品の検査可否を判断することが可能となる。

一次評価として３種類のサンプルの撮像原画像に通常のノイズカット処理を行い、真値である教師画像との適合率を確認したが、その際ワーク溝部の研磨筋がハイライトとなり不良と認識してしまう不具合が発覚した。

対策として、まず平坦部と溝部を交互にマスキング分割し各々に対してフィルター処理を行うように変更した上で、溝部については研磨筋の影響をなくすためのフィルターを追加した。結果、対策後は溝部の誤検出が消滅して欠陥のみを検出することができ、ノイズフィルター適合率測定結果より、開発目標９９．０%に対して全てのケースにおいて適合率が９９．３%以上の良好な値を示していることが確認された（図１８参照）。

＜ノイズフィルター適合率＞　※適合率はEstimation Type1により算出

	カメラ1（平面部）	カメラ1（溝部）	カメラ2（側面）	カメラ3（上面）	カメラ3（側面）
サンプル①	99.3%	99.6%	99.8%	99.9%	99.9%
サンプル②	99.7%	99.8%	99.8%	99.8%	99.9%
サンプル③	99.8%	99.4%	99.6%	99.9%	99.9%

図１８．ノイズフィルター適合率

［3］自動検査スペック設定技術の開発課題への対応

［3］－１　自動検査スペック設定ソフトの開発

図１９に示す①、②の開発課題評価において概ね良好な結果が得られたが、①の自動スペックの適応性については製品表面の汚れ付着ワークへの対応に関して継続評価が必要である。

№	項目	結果
①	自動スペックの適応性	○
②	寸法測長結果	○

図１９．自動スペック適応性評価結果

①自動スペックの適応性

３種類のサンプル（良品各１００個と不良品各１０個）評価において不良識別率１００%が達成できているため、本手法により精度の高い良否判定が可能であると考えられる。

しかしながら、表面に油汚れなどが付着したワークについては本システムでの識別は困難であるため、不良として検出し再洗浄を行うか（川下業者では汚れをふき取って出荷）、もしくは検査前の洗浄方法の見直しにより事前に汚れを除去する等の対策が必要となる（図２０参照）。

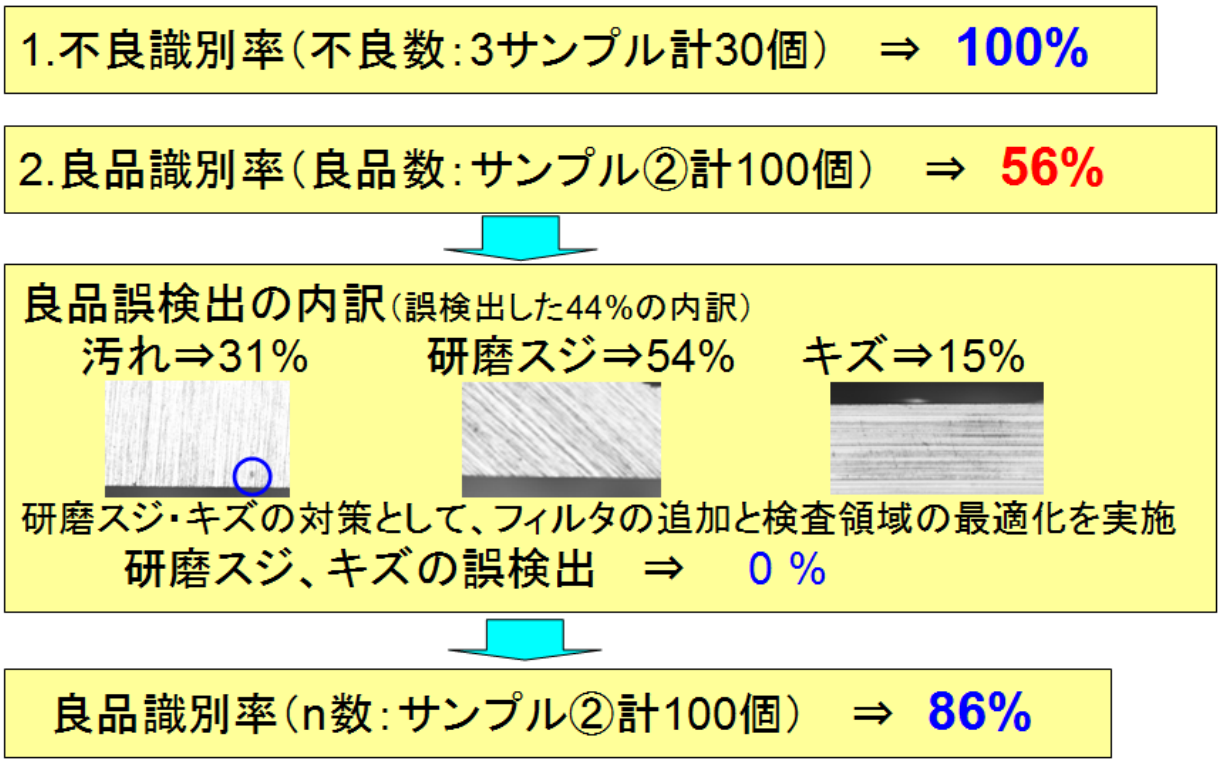


図２０．最終良品識別率

図２１に３種類のサンプルに対する項目別の検査可否結果を示す。図からわかるように全項目が○となっており（“－”は検査必要なし項目)、再現性・繰り返し精度を含めて全サンプルとも問題なく検査できることが確認された。

n数 各サンプル 良品100個、不良品10個を1セットととし10セット評価

（○可、×不可、△対策有）

対象	項目	範囲	再現性	繰り返し	ワースト	サンプル①	サンプル②	サンプル③
外観不良サンプル	チッピング(欠け)くぼみ、付着	エッジ部(ノーズR部含む)	○	○	－	○	○	○
		エッジ部以外の上面(ブレーカー部除く)	○	○	－	○	○	○
		ブレーカー部	○	○	－	○	○	○
		エッジ部以外の側面	○	○	－	○	○	○
測長良品サンプル	コーナー半径(ノーズR)測長	コーナー部	○	○	○	○	○	○
	チップ形状、異種判別、ブレーカー有無	製品全体	○	○	－	○	○	○
	チップ厚さ測長	製品側面部	○	○	－	○	○	○
	逃げ角測長	製品側面部	○	○	－	○	○	○
	穴径測長	製品全体	○	○	－	○	○	○
	穴位置測長	製品全体	○	○	－	○	○	○

図２１．不良サンプルの項目別検査結果

②寸法測長結果

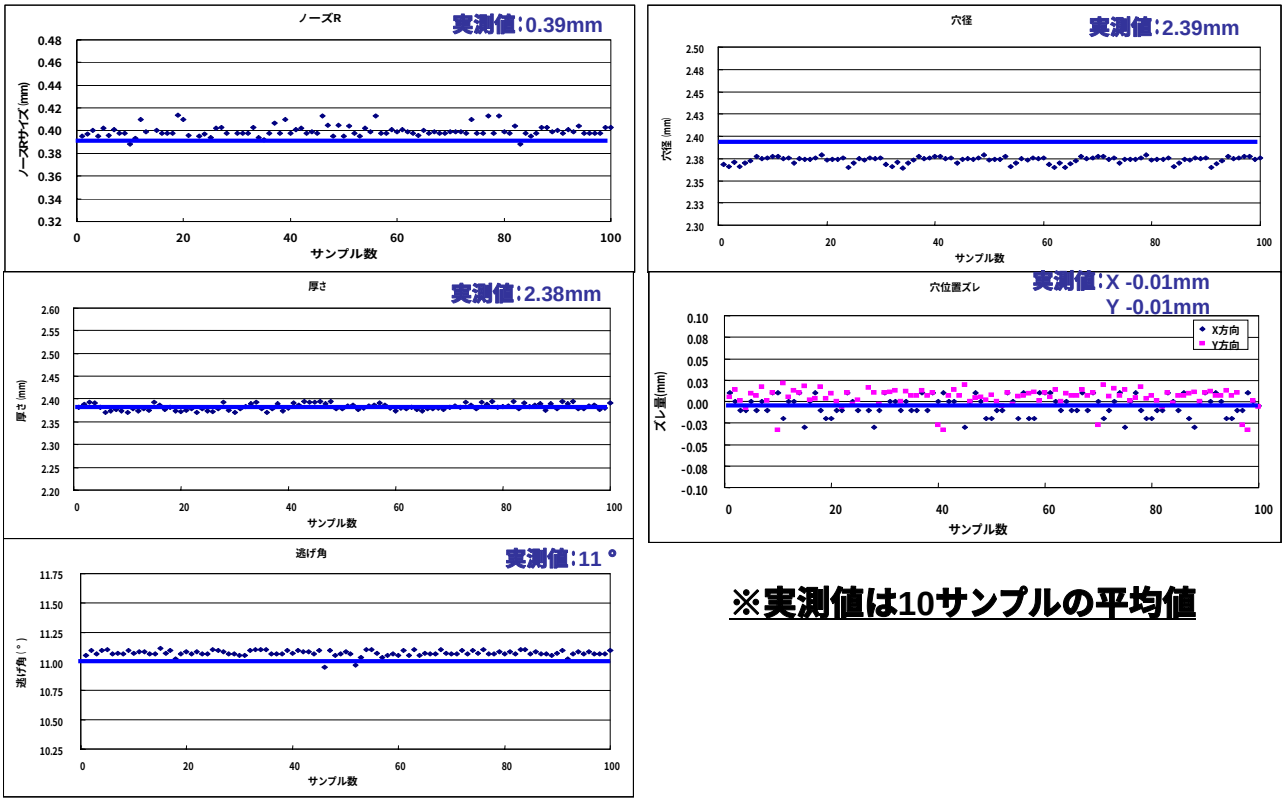
図２２に項目別の寸法測定結果（一覧表)、図２３に１００サンプルの実測値を示す。各測定項目とも規格内であり、工程能力Cpkも1,33以上の良好な値が得られている。

（○可、×不可、△対策有）

項目	範囲	データ(バラツキ含む)	n数	結果
コーナー半径(ノーズR)測長	コーナー部	Ave：0.40mm　3σ：0.01mm Cpk:1.67	100	○
チップ厚さ測長	製品側面部	Ave：2.38mm　3σ:0.02mm Cpk:7.22	100	○
逃げ角測長	製品側面部	Ave：11.0°　3σ:0.07° Cpk:3.47	100	○
穴径測長	製品全体	Ave：2.37mm　3σ:0.01mm Cpk:2.22	100	○
穴位置測長	製品全体	X Ave：−0.01mm　3σ:0.02mm Cpk:2.22 Y Ave：0.01mm　3σ:0.02mm Cpk:2.24	100	○

図２２．項目別寸法測定結果

サンプル③　n数：100、測長良品サンプルを対象に評価



※実測値は10サンプルの平均値

図２３．寸法測定バラツキ結果

［4］多品種対応型切削工具検査装置の開発

［4］－1　装置本体の開発

図２４に示す①～⑥の装置本体の評価において全項目で目標値内の良好な結果を得た。

No.	項目	結果
①	振動の影響	○
②	機器校正	○
③	設備サイズ	○
④	操作性検証	○
⑤	搬送評価	○
⑥	メンテナンス性	○

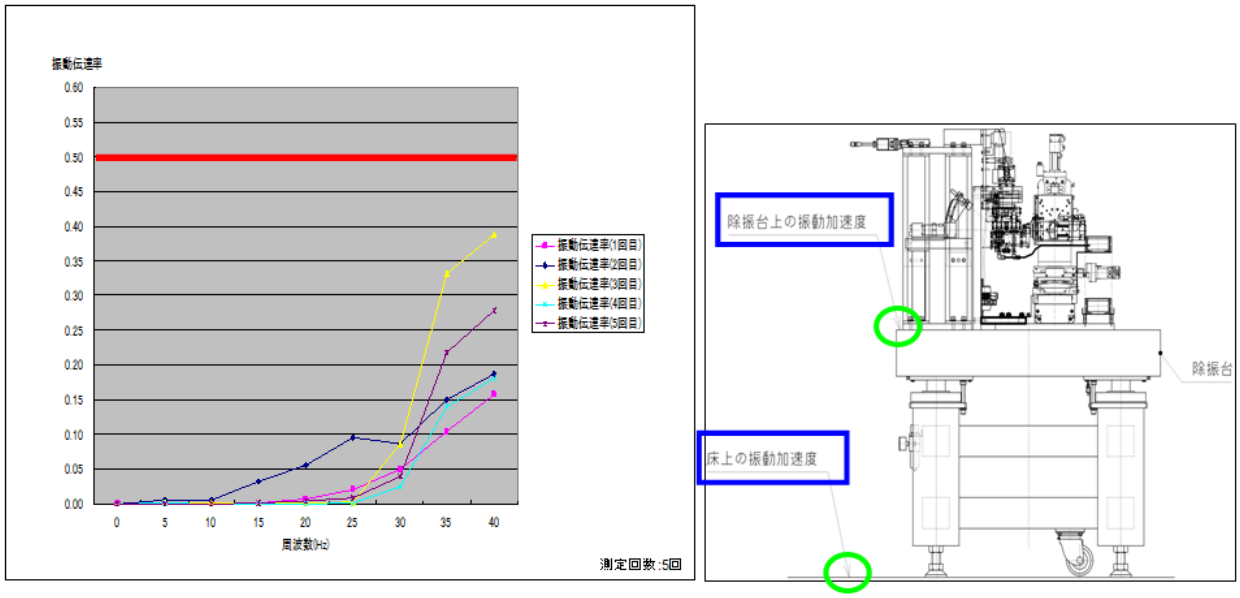
図２４．装置本体の評価結果

①振動の影響

数十 um の欠陥を高精度で検出すには、外部環境から発生する外部振動および装置自身が発する内部振動の抑制が欠かせない為、本装置には図２５の右図に示す外部振動除振構造（床と検査部間に除振台を設置）と図２６右図に示す内部振動除振構造（検査部と駆動部を分離）を適用している。

装置に外部から振動を加えた（下○部）場合の検査部（上○部）への振動伝達率測定結果を図２５左図に示す。本装置の検査精度を保障する振動伝達率は0.5であるのに対し、測定結果は最大でも0.4以下であるため十分な除振効果が得られていると判断する。

また、図２６左図に示す内部振動除振結果も目標振幅差≦±0.1um に対して±0.02um 程度の非常に良好な値となっているため、本対策により十分な除振効果が得られていると判断する。



目標値:振動伝達率が0.5以下の事。・・・除振台メーカーの実績を参考
(振動伝達率＝除振台上の振動加速度(m/s^2) ／ 床上の加速度(m/s^2))

図２５．外部振動の除振効果

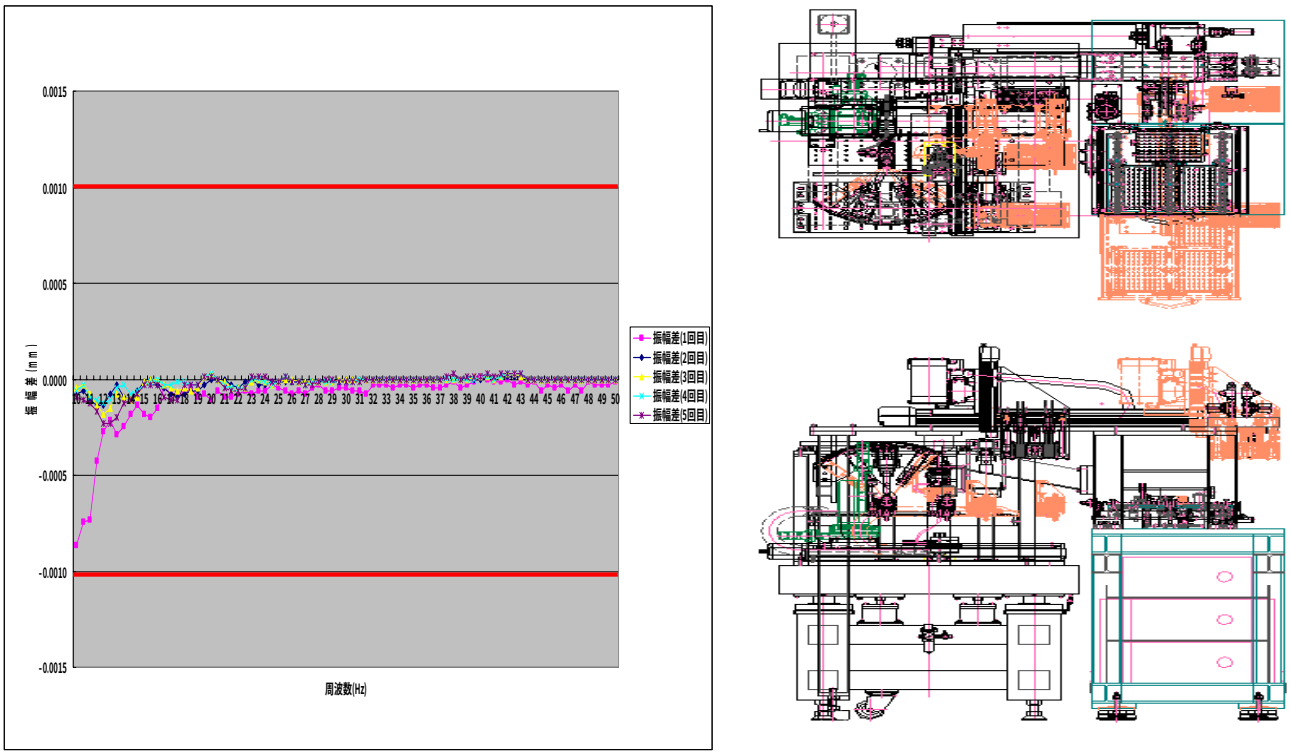


図２６．内部振動の除振効果

②機器校正

外観検査及び寸法測定を精度よく安定して行うため、良品標準サンプルと不良品標準サンプルを準備し定期的に校正するシステムを構築した。

③設備サイズ

図２７の左図に現在の設備サイズを示す。フルスペックの開発機であり付帯仕様が多い為、外販時には容積費で 2/3 程度までコンパクト化することで大幅なコストダウンを図る予定。現時点では高さを２４００⇒２１００mmに変更済み。

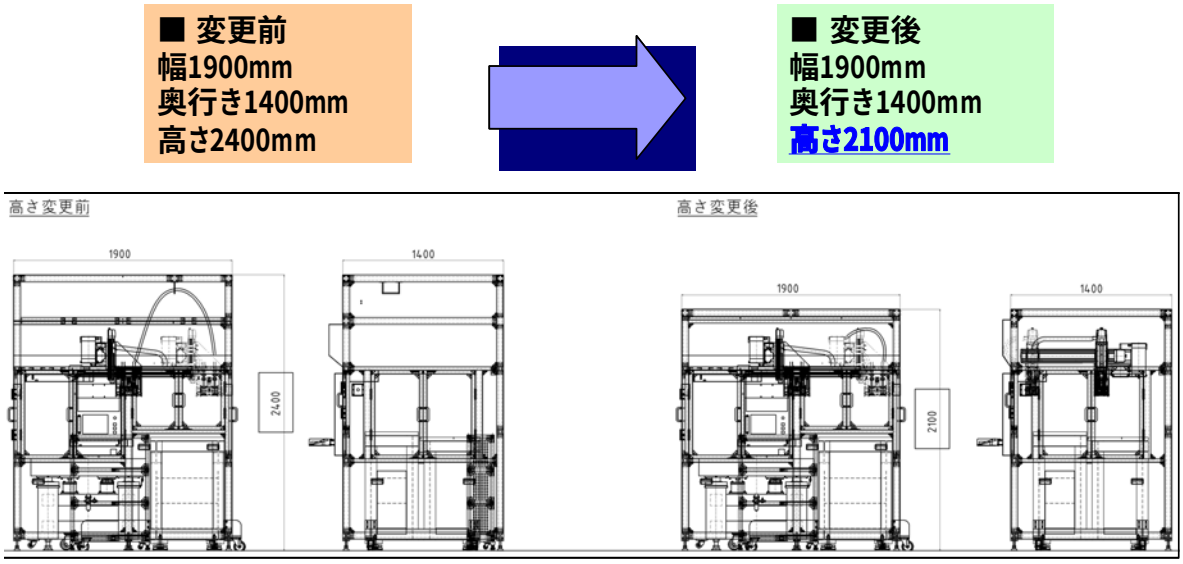


図２７．設備サイズ

④操作性検証

図２８にオペレーター作業フローを示す。

実機を使用して本オペレーションを行い、目標値である「品種切替え≦６０秒」及び「品種登録≦６０分」を実証済み。

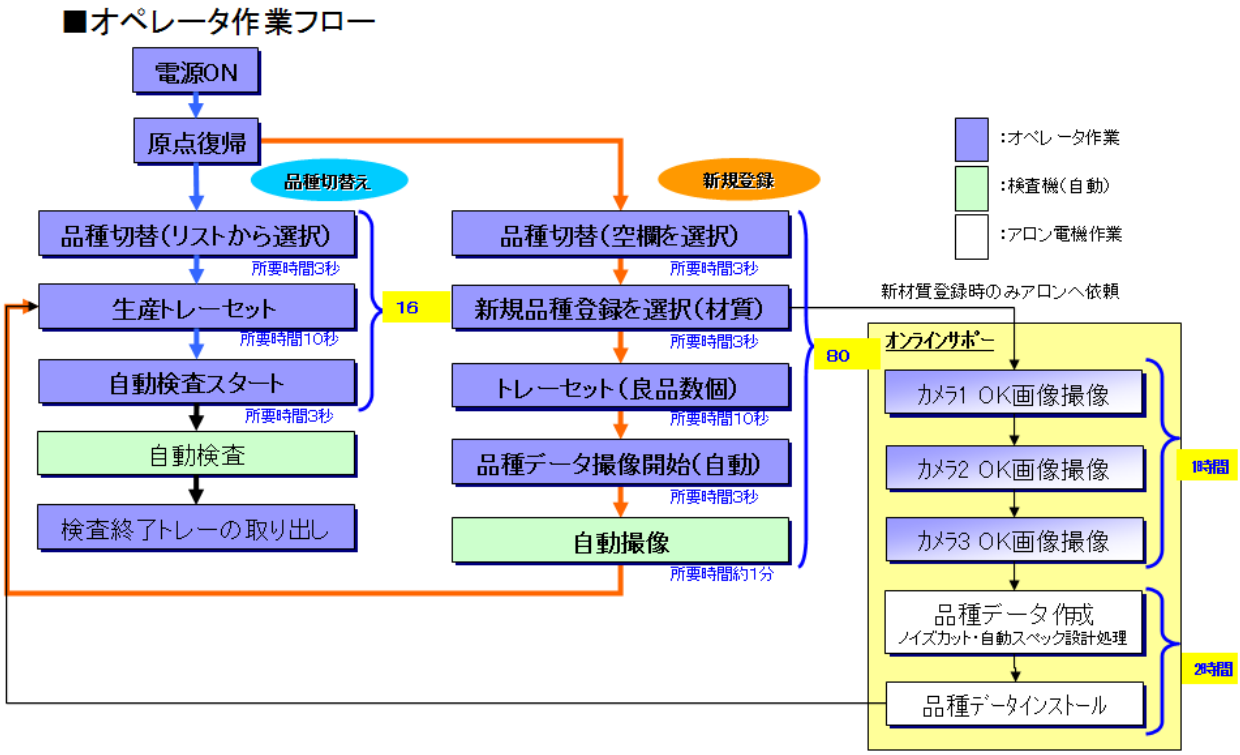


図２８．オペレーター作業フロー

⑤搬送評価

吸着を OFF しても吸着パッドから製品が離れない不具合（金属同士の分子間結合による張付き）や搬送中のワーク落下などの不具合（ステージの吸引力不足）が発生したが、図２９、３０に示す対策で全て解決済み。

● 評価サンプル
最重量品・・・9.9g
最軽量品・・・0.1g
●n数: 各サンプル100回

<初回結果>

製品番号	搬送ロボット	検査ステージ
最重量品	○	○
最軽量品	×	○

＜課題と対策＞
課題: 吸着をOFFしても吸着パッドから製品が離れない。(分子間結合により貼付き)
対策: パッド材質の変更(金属→樹脂: CBで実績あり)

<対策後結果>

製品番号	搬送ロボット	検査ステージ
最重量品	○	○
最軽量品	○	○

図２９．搬送不良対策（1）

課題：量産サンプル②が検査中にステージ上で動く(位置ずれ)

＜初回結果＞

製品名	結果	重量(g)
量産サンプル①	○	0.2
量産サンプル②	× (全てずれる)	1.2
量産サンプル③	○	1.0

検証回数：300回

＜原因と対策＞

想定原因：吸着面積が少なく重たい為、吸引力が足りない。

対策：ステージ直下の配管径を大きくすることで吸引力をUP。(約3倍の吸引力UP)

＜対策後結果＞

製品名	結果
量産サンプル①	○
量産サンプル②	○
量産サンプル③	○

検証回数：300回

図３０．搬送不良対策（２）

⑤メンテナンス性

図３１に示す検証シートにて確認済み。既に１～３については対策を完了しており、４～８に関しても次期装置から展開する予定。

＜メンテナンス性検証シート＞

No	部品、場所等	不具合内容	対策案	対応者	期限
1	製品トレイ周り	製品が入り込んだ際、回収不可	カバーの設置	米森	12月20日
2	検査ステージ・カメラ周り	製品が落下した際、回収が困難	受け皿の設置	米森	12月20日
3	搬送	ティーチングが困難(吸着パッドの中心が分かりづらい)	ティーチングをする際はピンを付ける	米森	11月29日
4	吸着パッド	皿ボルト4本が小さい為、落として見つからない可能性有り	パッド自体にねじ山を付けて、ねじ込み式にする		次回
5	歯車	検査ステージ・・・問題無し。 搬送部・・・ユニットの解体作業発生。 また取付取り外し時の再現性がない。	交換をしやすくするのは難しい。 極力調整が発生しないようにする為、再現性を持たせるように部品形状見直し		次回
6	ロボシリンダ	ユニットの解体作業発生。	上記と同じ		次回
7	PCハードディスク	無し	無し		－
8	シーケンサ・タッチパネルのバッテリー	無し	無し		－

※No.4～8は、次回製作時のマイナーチェンジで対応可能

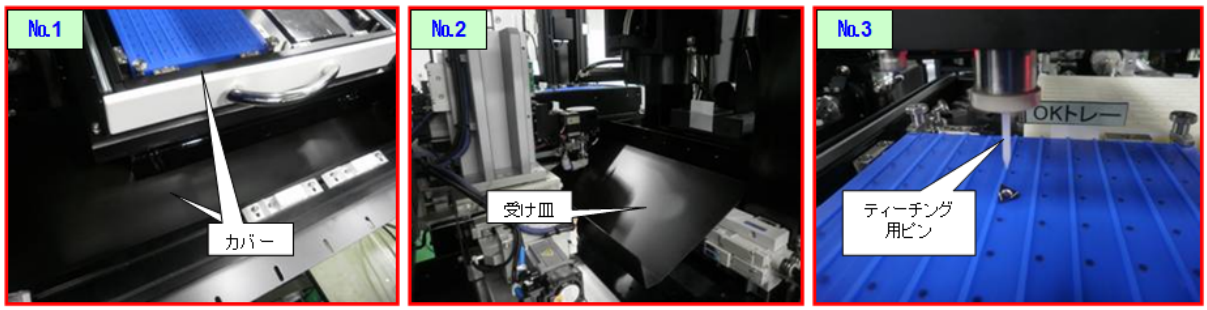


図３１．メンテナンス性検証結果

５．今後の課題

【５－１】今後の課題と計画

当初掲げた課題と目標は達成したが、更なる検査精度向上のため追加評価を実施する。主な項目として、量産ラインでの稼動を想定したｎ増し評価、追加品種の評価、ノイズカットフィルターのグルーピング、設備耐久性評価、及びSPCなどの付加機能追加などがあるが、５月までには全項目とも評価完了する予定。

第３章　総括

［1］結論

２４年度に設定した４つの研究課題の目標値を達成することができた。

第１の課題である「多軸検査ステージの開発」においては、切削工具片面当りの検査タクト約１５秒を可能とする搬送速度にする、という目標に対して、検査タクト１４．６秒を実現することができた。

また、第２の課題である「撮像データノイズカットソフトの開発」に関しても、総ノイズの約９９．０%以上をカットする、という目標に対して、開発したソフトを用いて９９．３%のノイズカット効果を確認することができた（画素数換算）。

更に、第３の課題である「自動検査スペック設定ソフトの開発」においても、閾値が最適化され市場不良率１００ｐpm以下レベルでの保障を可能とする、という目標に対して、不良の特徴量を多次元で統計解析することで川下業者と同等（市場不良率１００ｐpm以下）の検査精度を得ることが出来た。

第４の課題である装置本体の開発・評価に関しても、検査装置の開発を行い多品種形状への対応および検出精度（不良サイズ２５㎛）の評価を実施するという目標に対して、実ラインと同一環境下での搬送・検査精度を確認し、複数の切削工具にて検出精度（不良サイズ２５㎛以上）の識別率１００%を達成した。

［2］御礼

今回、多くの関係者の皆様の御協力により、全ての開発目標を達成すると共に、この分野における草分け的検査装置の基礎開発を行うことができました。この場をお借りして、深くお礼を申し上げます。

引き続き本研究開発で得られた成果を有効活用し、早期商品化に取り組んで参りますので今後とも宜しくお願い致します。

総括研究代表者：アロン電機株式会社
外室　敬介