

平成 25 年度戦略的基盤技術高度化支援事業
「中間工程の人的管理を自動モニタリングに置き換えた
超小型・超低コストの革新的生産方式の研究」

研究開発成果等報告書

平成 2 6 年 3 月

委託者 関東経済産業局

委託先 特定非営利活動法人ものづくり品川宿

目 次

	頁
第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	2
1-1-1 背景	2
1-1-2 研究目的	2
1-1-3 研究目標	3
1-2 研究体制	3
1-3 成果概要	4
1-4 当研究開発の連絡窓口	6
第2章 研究開発の内容・評価	7
2-1 最終製品の評価技術	7
最終製品の評価装置の開発	
製品の動作データ取得・解析	
2-2 センサ開発	8
小型射出成形機、金型	
射出成形機でのデータ取得・解析	
小型プレス機、金型	
プレス機でのデータ取得・解析	
2-3 プロセスの評価法確立	11
プロセスモニタ実験	
データ解析	
2-4 小型加工機の開発	15
アクチュエータ、構造体の小型化	
小型射出成形機の開発	
小型プレス機の開発	
2-5 組立ラインへの小型機統合	16
検出スイッチ組立工程	
プロセスモニタリング	
2-6 総合評価	18
プロセスモニタリングによる評価	
完成品の評価	
最終章 全体総括	25

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

1-1-1 背景

ものづくりにおける品質に関する従来の問題点は、

(a) プロセス管理・ロット保証による最終製品の間接保証

→抜き取り検査による品質保証は最終製品の不良ゼロ化は達成不可

(b) 部品・半製品の過剰な検査

→途中部品の検査項目の強化では最終製品の機能・品質が過剰スペックとなり高コスト化

(c) 「不良の排除」の思想に基づく最終検査

→最終検査工程では不良モードの排除による製品出荷では未知の不良モードは排除不可に集約できる。これらが結果として、不良率の低減やコスト削減を妨げていると考える。

そこで、本研究ではこれらの問題に対し、最終製品の品質を「良品と同じものかどうか」という観点で直接かつ全数保証をすることにより、今までにない全く新しい不良ゼロの品質保証概念の確立を目指す。

最終製品の品質は、プロセス管理によるロット保証ではなく、全数検査によって1個1個を個別に直接保証する。

このとき、不良品を抜き出すのではなく、良品とは何かという特徴を見出し、良品を拾い出すことによって不良ゼロを目指す。この方法では、「使ってトラブルを起こさない」本来の機能を満たす良品までが不良と認識されて、歩留まりが下がる可能性があるが、不良品を次工程や市場に出さないという第一目的は確実に守られる。良品の特徴をさらに分析すれば、良品・不良品の判別精度が上がって歩留まりは向上する。

そのために、本研究では良品であるということを示すために測定すべきパラメータ、およびその評価基準を分析する。

最終製品の品質が保証されれば、中間段階での部品検査が不要になる。そこで、中間段階では「測らずに品質を保証する」ことが求められる。本研究では、中間工程でのプロダクト（＝部品・半製品）の検査は行わず、プロセスをモニタリングすることで品質を保証する。機械が正常に動いていることをモニタリングして、作られた部品が正常であることを保証し、それを積み重ねて正常な最終製品を作る。そのために、機械が正常に動いていることを示すパラメータとして、何を測定してどのように評価すべきか、その特徴値を探索する。

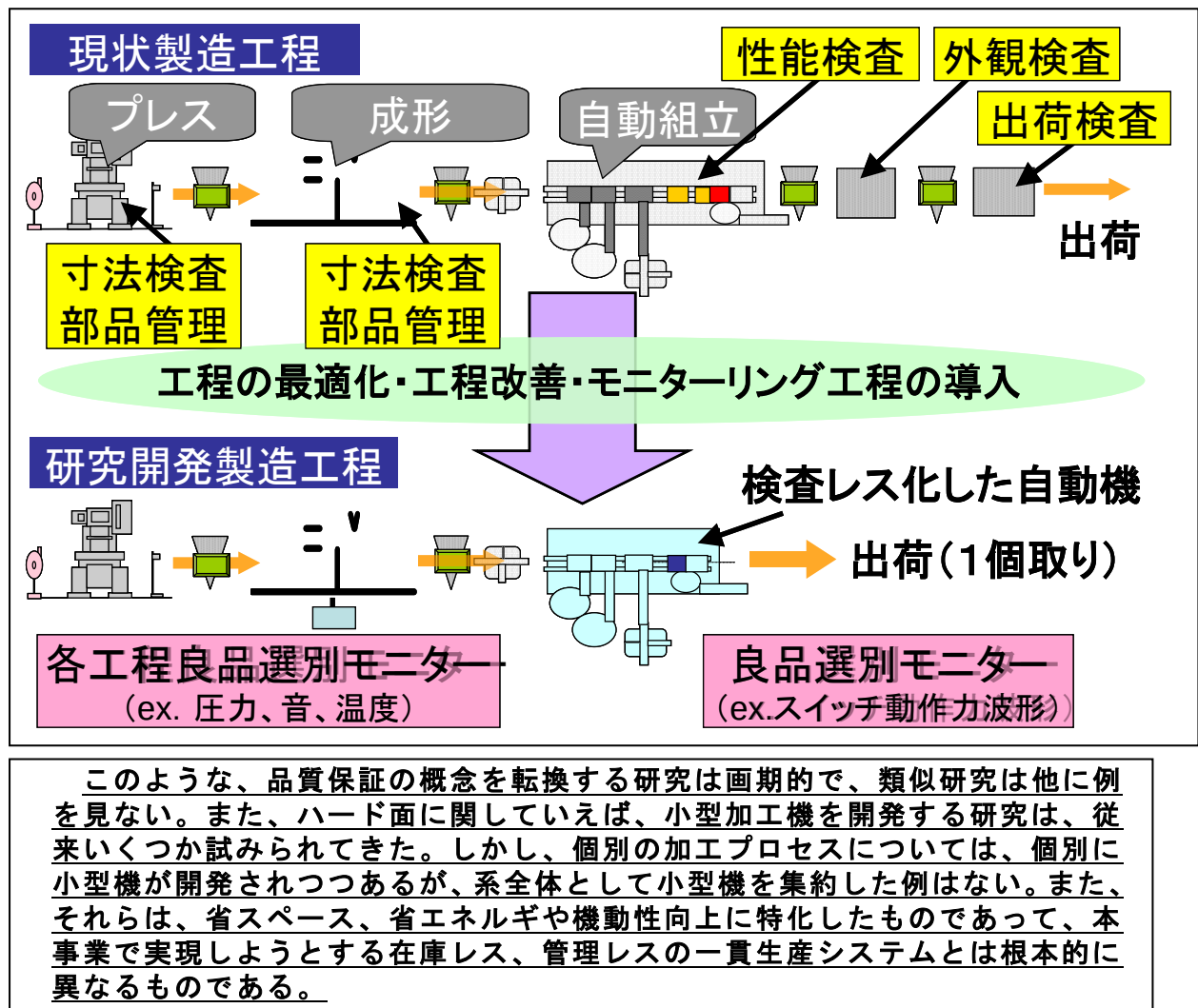
プロセスをモニタリングして、1個ずつの部品の品質を保証するためには、各部品がいわゆる1個取りでなければならない。従来の量産品は、生産性を上げてコストを下げるために多数個取りが一般的であり、そのためにたとえば大きな金型を用いて、大きな成形機で加工している。あるいは可能な限り高速で稼働させて大量の在庫を蓄え、金型を頻繁に交換してさらに別の部品の在庫を作っている。これによって在庫部品を管理・検査する必要が生じ、逆に生産コストを上げる要因になっている。実際の生産現場では、物を作るより管理している人員の方が多い。つまり、生産コストに関する問題として、(d) 工程の中間に在庫があること、があげられる。

本研究では、この問題を解決するために、部品の加工機を小型化して組立ラインに一体化させ、部品の在庫や管理のない1個取りの一貫生産ラインを構築する。部品加工の各工程で小型機を新たに開発し、必要なタイミングで必要な量の部品を供給して、プロセスを安定さ

せる。これを従来のような多数個取りで行うと、その過程で部品間に微妙な製造バラツキができ、更に1回動いてしばらく休むサイクルとなって、部品の品質がばらつくため検査が必要になる。一個取りなら連続供給になって製品が安定するので検査は不要になる。

すべての部品の生産スピードを同期させると、結果的に一つ一つのプロセスは遅くてすむようになる。その結果、モニタリングの精度が向上すると考える。

以上のように、良品の研究を行って、良品の特徴で最終製品を直接保証し、中間部品はすべてプロセスモニタリングによって間接保証する。この概念を実現するために、小型加工機を組立ラインに統合して、検査レス、在庫レスの1個取り一貫生産ラインの構築を行う。



1-1-2 研究目的

本研究の目的は、

- (a) 良品の研究と、良品の特徴による最終製品の全数直接保証
- (b) 途中部品の全数間接保証のためのプロセスモニタリング
- (c) 1個取り連続供給を実現する小型加工機の開発
- (d) 小型機を組立ラインに統合した、検査レス、在庫レスの一貫生産ラインの構築の4点である。

本研究では、モデル製品として検出スイッチを取り上げ、本研究の概念に基づいて一貫生

産ラインを構築する。実際のビジネスモデルとしては、顧客の作る製品に対して全自動の一貫生産ラインを提案し、それを実現するためにプロセスモニタリング可能な小形加工機・組立機を多数販売することを考えている。個々のプロセス機械、たとえばプレス機、成形機、印刷機、組立機などは汎用性があるため、金型やジグを変えれば本研究で開発した小型機群は広く適用可能である。ただし、最終製品の評価指標は、個別の製品について何が良品なのかを分析する必要がある。

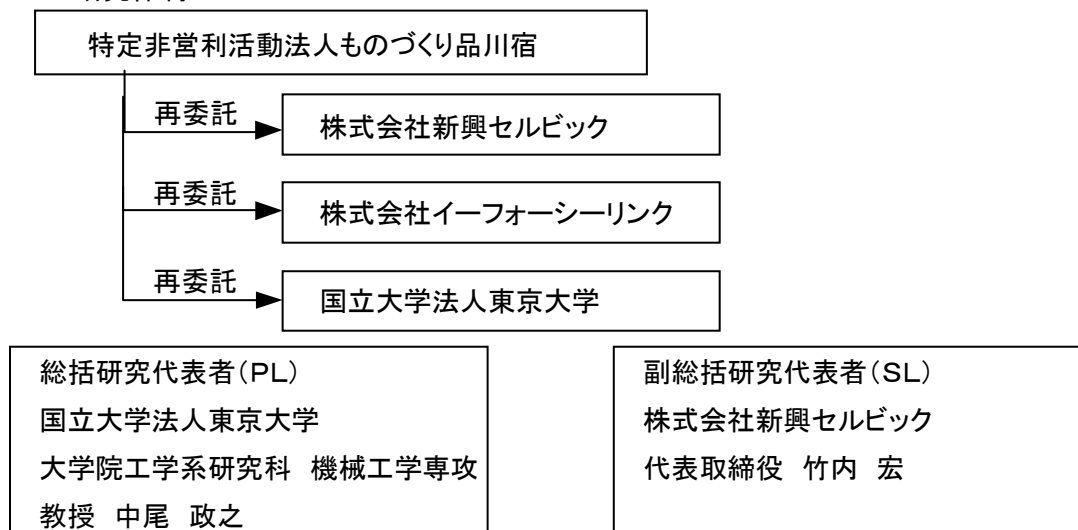
1-1-3 研究目標

- ①良品の研究、最終製品の評価〔最終製品において不良率0%とする〕
 - ①-1 最終製品の評価装置開発
 - ①-2 製品の動作データ取得
 - ①-3 データ解析
- ②プロセスの評価法の確立〔途中部品の不良率を従来比で50%低減する〕

* 対象の小型加工機は射出成形機とプレス機とする。

 - ②-1 プロセス評価のパラメータ設定
 - ②-2 センサ開発
 - ②-3 プロセスモニタ実験
 - ②-4 データ解析
- ③小型加工機の開発：一貫生産ライン組み込み可能な小型加工機の開発
 - ③-1 アクチュエータ、構造体の小型化
 - ③-2 小型射出成形機の開発
 - ③-3 小型プレス機の開発
- ④一貫生産ラインの構築：小型加工機を組み込み、途中部品の検査／在庫のゼロ化
 - ④-1 組立ラインへの小型機統合（含む手動組立装置の開発）
 - ④-2 総合評価
 - ・最終製品のMT法による「使ってトラブルを起こさない」全数検査手法の確立評価

1-2 研究体制



<研究者>

株式会社新興セルビック

氏名	所属・役職	備考
竹内 宏	代表取締役	
加藤 光利	取締役社長	
梅島 順	製造部	
久光 直樹	製造部	

株式会社イーフォーシーリンク

氏名	所属・役職	備考
横野 滋	代表取締役社長	
重松 和男	常務取締役	
伴野 洋二	取締役	

国立大学法人東京大学

氏名	所属・役職	備考
中尾 政之	大学院工学系研究科 機械工学専攻教授	本郷キャンパス
土屋 健介	生産技術研究所 研究部 機械・生体系部門 准教授	駒場 生産技術研究所

<アドバイザー>

アルプス電気株式会社

氏名	所属・役職	備考
谷本 勲	アルプス電気株式会社 技術顧問	
枝川 仁士	アルプス電気株式会社 涌谷工場MMP事業本部 取締役 生産担当 生産技術担当	
照井 邦夫	アルプス電気株式会社 涌谷工場MMP事業本部 企画室部長	
三浦 昭人	アルプス電気株式会社 涌谷工場MMP事業本部 企画室	

1-3 成果概要

①良品の研究、最終製品の評価〔最終製品において不良率0%とする〕

①-1 最終製品の評価装置開発

成果：最終製品（アルプス電気製検出スイッチ）の良品・不良品の選別評価データ採取及び解析可能な評価装置を開発した。

これにより、来年度の研究目標達成を確認評価するための最終製品の評価装置が完成した。

①-2 製品の動作データ取得

成果：開発した評価装置で既存の方法で製造した開発対象の最終製品（アルプス電気製検出スイッチ）の動作データを良品、不良品につき多数測定した。

これにより、来年度の研究目標達成を確認評価するための最終製品の評価装置が完成した。

①-3 データ解析

成果：測定データの検討解析により、良品、不良品の判別方法が確立された。

これにより、来年度の研究目標達成を確認評価するための最終製品の評価装置が完成した。

②プロセスの評価法の確立〔途中部品の不良率を従来比で50%低減する〕

* 対象の小型加工機は射出成形機とプレス機とする。

②-1 プロセス評価のパラメータ設定

成果：小型加工機のプロセスモニタリングを行うために圧力をメインのパラメータとしてデータを採取して良品、不良品の判定基準の感触を得た。

これにより、パラメータ検出センサを取り付けた小型加工機（射出成形機、プレス機）で動作評価を行い、評価データを解析して製品化への技術的課題が見えてきた。

②-2 センサ開発

成果：市販のパラメータ検出センサから改造組込用センサを選出してデータを採取した。

これにより、どのようなパラメータ検出センサを小型加工機（射出成形機、プレス機）へ改造し組込めば良いかの見極めが可能となった。

②-3 プロセスモニタ実験

成果：パラメータ検出センサを取り付けた小型加工機（射出成形機、プレス機）の動作時のプロセスモニタリング用評価データを多々動作条件を変えて採取した。

②-4 データ解析

成果：MT法（品質工学におけるオンライン品質保証方法）を使って採取したデータを解析評価した。これは採取したデータをもとに、良品の特徴値、良品のパターンを選定して、良品のみを選別する手法である。このMT法でのデータ解析手法で良品判別が可能であることが分かった。

③小型加工機の開発：一貫生産ライン組み込み可能な小型加工機の開発

③-1 アクチュエータ、構造体の小型化

成果：小型加工機に組み込む検出センサ廻りおよび小型加工機に追加付属する部品の構造設計を行い、小型射出成形機と小型プレス機に適用した。

③-2 小型射出成形機の開発

成果：パラメータ検出センサ内蔵の小型射出成形機の研究開発設計を行い、一貫生産ライン組み込み用装置の開発製造を行った。

③-3 小型プレス機の開発

成果：パラメータ検出センサ内蔵の小型プレス機の開発設計を行い、一貫生産ライン組み込み用装置の開発製造を行った。

④一貫生産ラインの構築：小型加工機を組み込み、途中部品の検査／在庫のゼロ化

④-1 組立ラインへの小型機統合（含む手動組立装置の開発）

- ・動作評価機能を持たせた手動組立装置を開発し、平成24年度に開発した小型射出成形機、小型プレス加工機を手動組立ラインに統合する。
- ・途中部品の評価はすべてプロセスモニタリングによって行い、部品の仕様検査は行わない。
- ・最終製品は全数MT法にて検査し、「使ってトラブルを起こさない」ことを過不足なく評価する。

成果：本年度開発した動作評価機能を持った手動組立装置とプロセスモニタリング機能を持った小型射出成形機、小型プレス加工機を組み合わせ手動組立ラインを構築した。この手動組立ラ

インでは、途中部品は製造過程ですべてプロセスモニタリングを行い、このデータをMT法で良否判別できるようになっている。また組み上がった最終製品もまた全数動作機能評価を行い、このデータをMT法で良否判別できる機能を持っている。

④-2 総合評価

- ・本ラインを従来の生産ラインと比較して、本研究開発で導入したMT法の手法で生産性を評価
- ・小型加工機にMT法を適用した中間部品の検査レス、在庫レスの1個取り生産方式の確立評価
- ・MT法を活用した小型一貫生産ラインにより、省スペース・多品種少量生産方式の確立評価
- ・最終製品のMT法による「使ってトラブルを起こさない」全数検査手法の確立評価

成果：今回の手動組立ラインにおいて、小型加工機で製造した成形品およびプレス品をプロセスモニタリングによるMT法で良否判別ができた。これにより、異常品が後工程に流れることを防止する判別法が確立できた。最終製品も全数機能評価試験を行い、この試験データをMT判別法で良否評価を実施して、「使ってトラブルを起こさない」全数検査手法を確立できた。

1-4 当研究開発の連絡窓口

特定非営利活動法人 ものづくり品川宿

事務局長 里見泰啓

〒140-0014 東京都品川区大井4-29-22 ものづくり創造センター

電話：03-3777-7788

FAX：03-3777-7788

E-mail：info@shinagawa-juku.or.jp

第2章 研究開発の内容・評価

2-1 最終製品の評価技術

本事業では、検出スイッチを製品のサンプルとして取り上げることとした。具体的には、アルプス電気製の検出スイッチ SPVS310100 を選定した。これは、2 端子間を導通させる最も単純な小型スイッチで、垂直な 2 方向のレバー押し込みに対して動作するタイプのスイッチである。

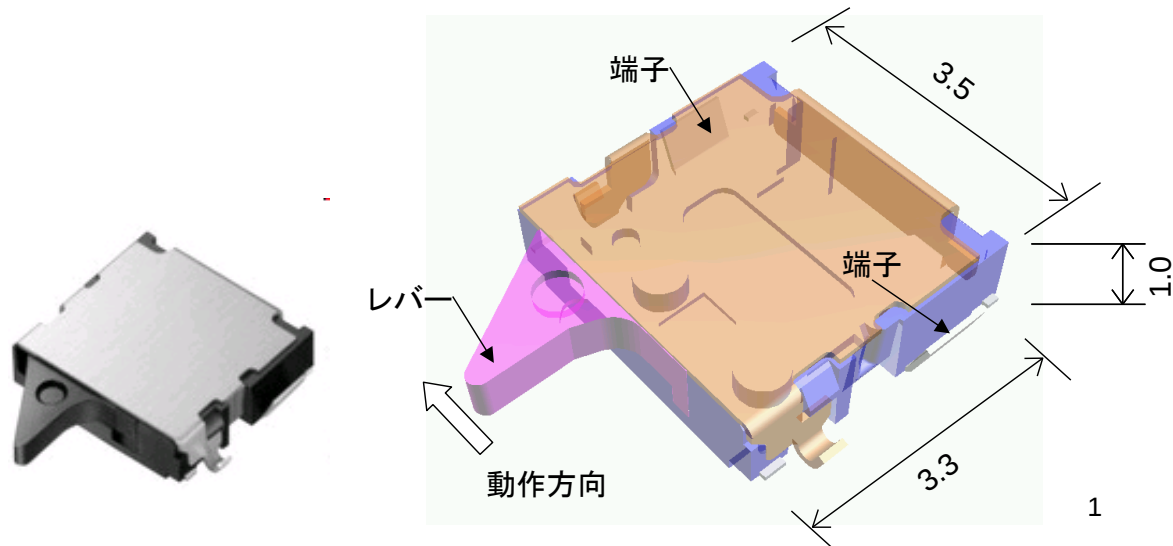


図 2-1-1 最終製品のサンプルに選定した検出スイッチの外観と構造

スイッチの評価装置を開発した。基本的な構成を図 2-1-3 に示す。可動ステージで変位を制御して押し込みの動作を行い、そのときの荷重をロードセル（圧力センサ）で測定する。検出スイッチはジグに固定する。端子間の電気抵抗を測定するために、ジグにはプローブを設置する。ロードセルは可動ステージの上に固定して、ステージ制御用の PC で制御して、力検出プローブの先端でスイッチのレバーを押し込む。このときの荷重はアンプを通して計測ユニットで取り込む。同時に、スイッチ端子間の電気抵抗も測定する。これらはステージ制御用の PC に戻して、ステージの位置（＝押し込み量）と合わせてデータを処理する。

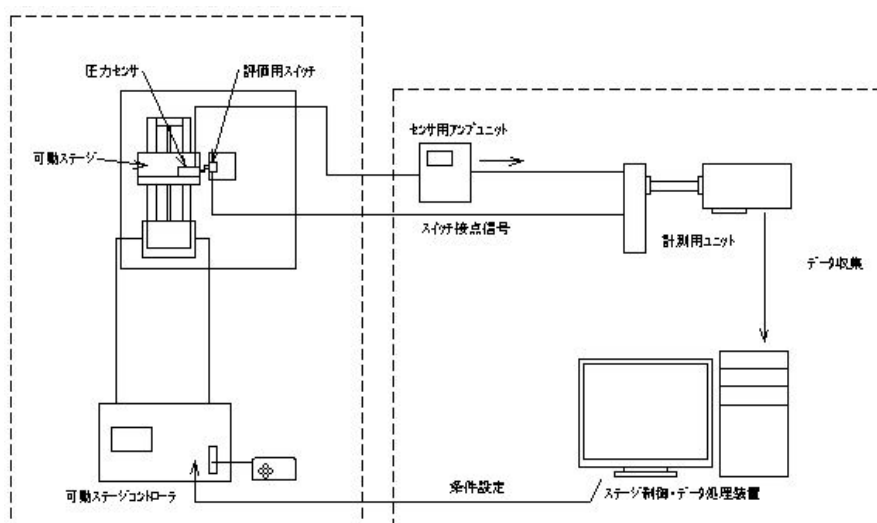


図 2-1-2 最終製品の評価装置の構成



図 2 - 1 - 3 評価装置全景

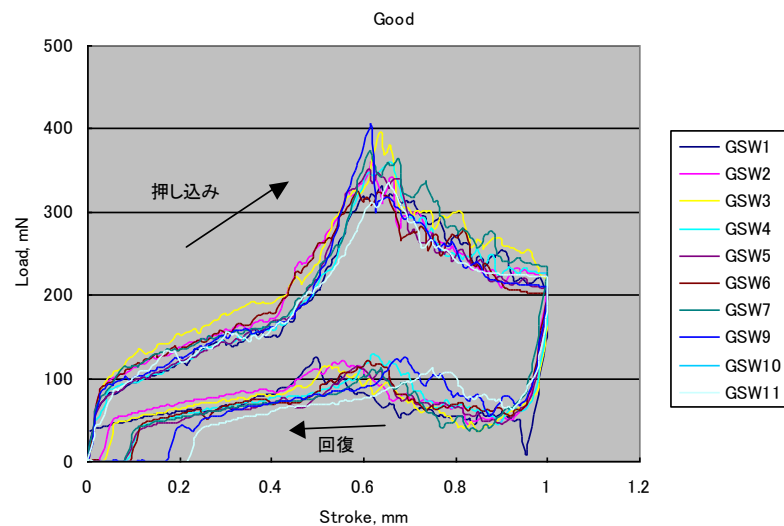


図 2 - 1 - 4 製品の作動力データ

以上のように、本年度に開発した最終製品の評価装置は、個々のサンプルについて押し込み量と作動力と端子間の電気抵抗との関係を計測することで製品の基本的な特性を測定することができ、また、それらと平均データとの差分等に注目することで製品が正常か異常かを判別することができることが確認できた。

2 - 2 センサ開発

小型射出成形機へパラメータ検出用のセンサについて、検出方式およびセンサのデータ内容について研究する。

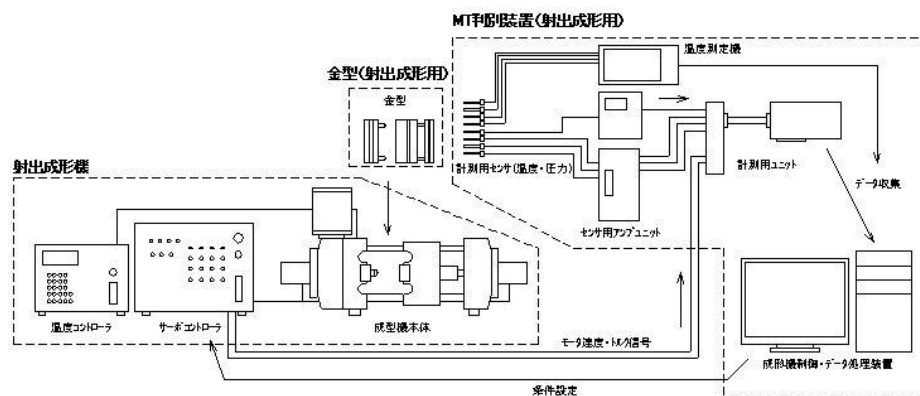


図 2-2-1

図 2-2-1 は小型射出成形機を用いて、圧力センサ及び温度センサを金型内に取付け、射出成形時における、樹脂圧の変化、金型温度による成形品への影響等を計測するシステムである。

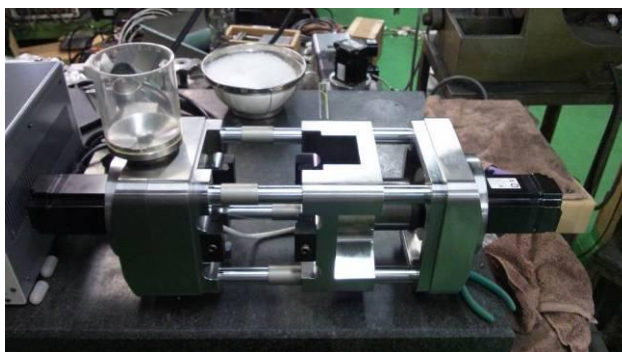


図 2-2-2 小型射出成形機

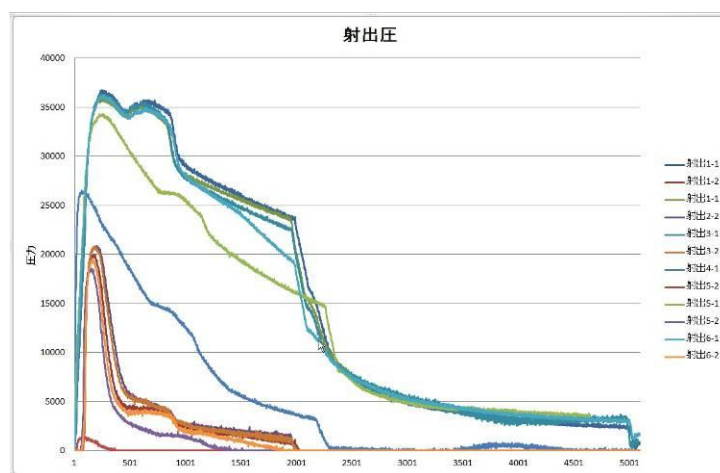


図 2-2-3 射出成形波形

今回の計測データでは成形では射出 4 がランナー詰まりで成形異常を発生した。また射出 5 では、成形品には異常は見られなかったがランナー部での圧力が低めであるため、充填不足の可能性が考えられる。想定される異常では、充填不足（ショートショット）、過充填によるバリが考えられるが、この場合には射出圧力波形のピーク圧力を監視することで、異常を判定することができる。

充填不足の場合には、ピーク値が正常値に対して低くで、また、過充填の場合にはピーク値が高くなる。

小型プレス機へパラメータ検出用のセンサについて、検出方式およびセンサのデータ内容について研究する。

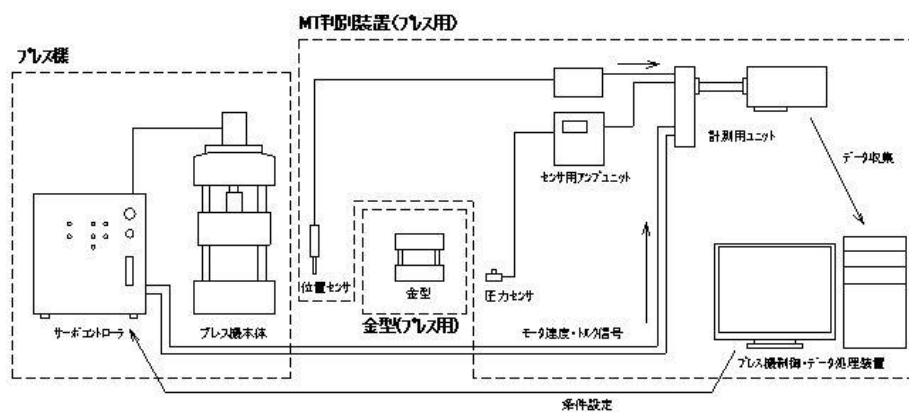


図 2-2-4

図 2-2-4 はプレス機を用いて、圧力センサ及び位置センサ取付け、プレスにおける、金型への圧力、プレス品への影響等を計測するシステムである。

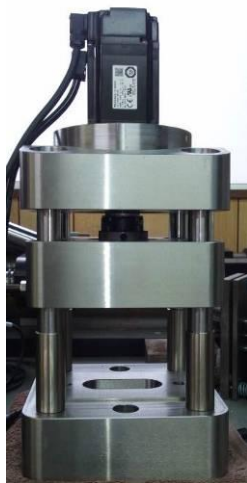


図 2-2-5 小型プレス機



図 2-2-6 プレス機打ち抜き波形

この部分で打ち抜きを行ったことが分かる。さらに注目すると、ピークが2回発生していることが分かる。1つ目のピークが材料の打ち抜きを開始したところで、2つ目のピークが抜けきったときのピーク波形と推測している。

2-3 プロセスの評価法確立

製品に必要な部品を加工するプロセスをモニタリングし、そのプロセスが正常であるかどうかを評価する方法を確立する。本節では、小型射出成形機と小型プレス機を例にとってプロセスをモニタリングする実験を行い、そのときのデータを、MT法を用いて解析し、正常プロセスと異常プロセスを判別できることを確認する。

試作した小型射出成形機を用いて射出成形中のプロセスをモニタリングした。

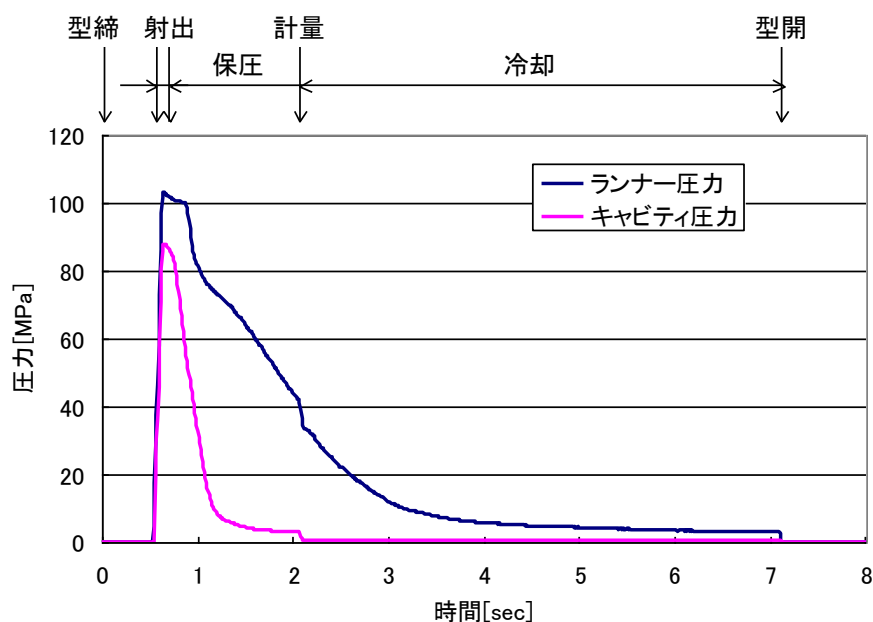


図 2-3-1 射出成形におけるプロセスモニタリング

グラフから、型締→射出→保圧→計量→冷却→型開→エジェクタ動作という一サイクルがモニタリングできる。

試作した小型プレス加工機を用いてプレス加工中のプロセスをモニタリングした。

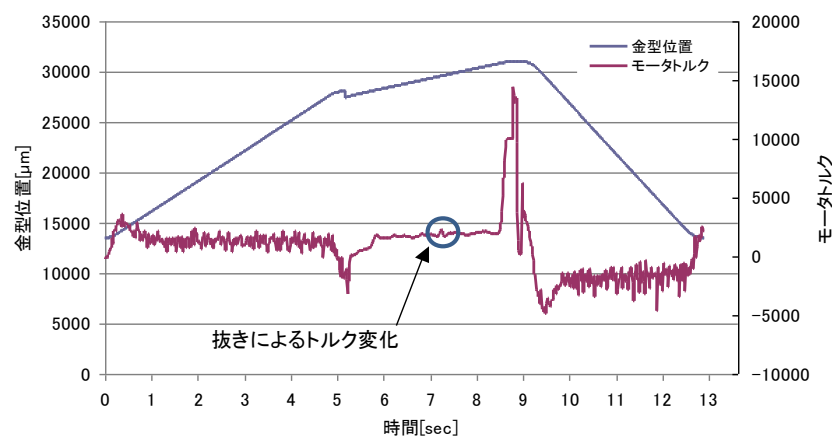


図 2-3-2 プレスにおけるプロセスモニタリング

グラフよりプレスによる穴打ち抜き加工工程での、型締め力のモニタリングができる。

図 2-3-4、2-3-5 は射出成形時のプロセスモニタリングの圧力波形の様子である。

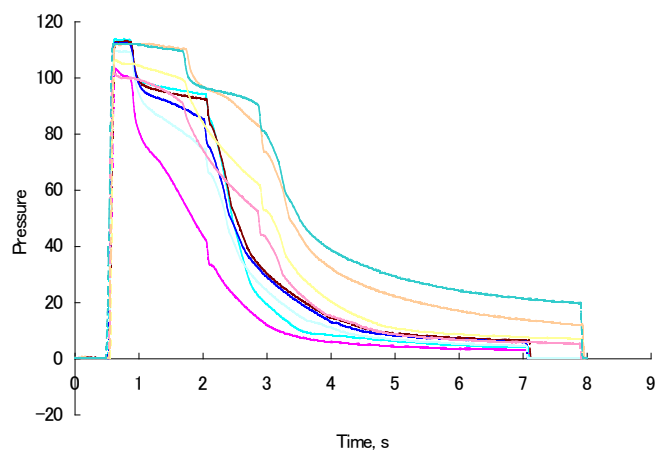


図 2-3-3 成形開始からの 10 サイクルのランナー部の圧力データ

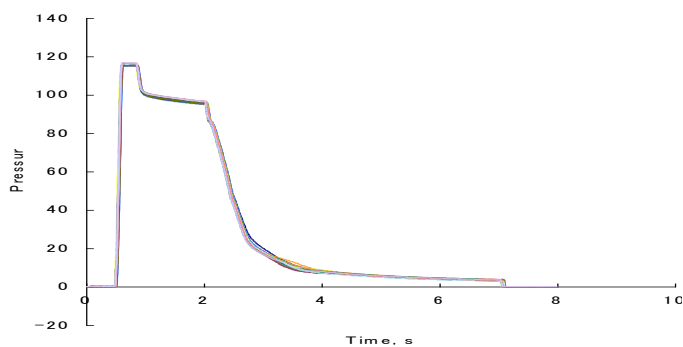


図 2-3-4 成形開始後 11~40 サイクルのランナー部の圧力データ

後者の安定したデータ群を良品のプロセスと定義して、MT 法によって単位空間を作り、前者の不安定なデータ群に含まれる個々のデータについてマハラノビス距離（MD）を計算した。その結果を図 2-1-11 に示す。青い棒グラフは単位空間を形成する安定プロセスのデータのマハラノビス距離分布、赤い棒グラフは不安定プロセスのデータのマハラノビス距離分布である。級外と示したものはマハラノビス距離 10 以上のものである。このグラフから、不安定なプロセスは明らかに異常と認識されることがわかる。

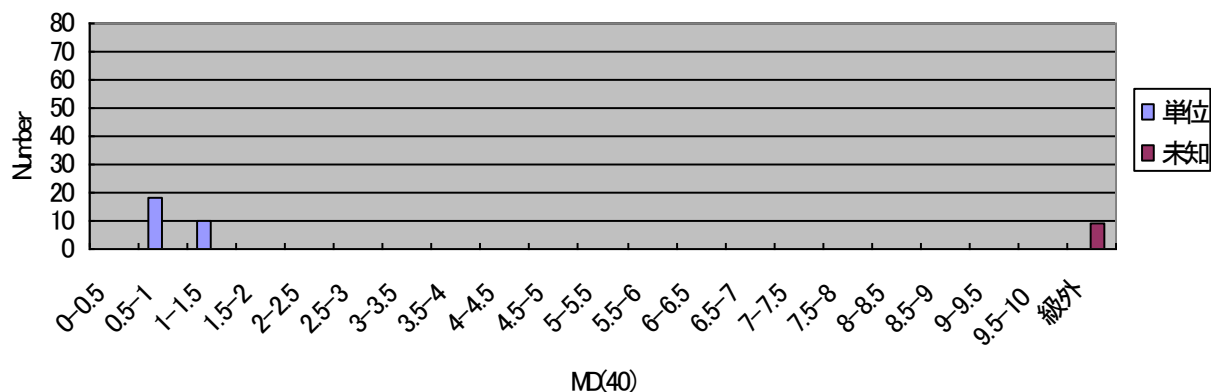


図 2-3-5 安定サイクルの単位空間に対する不安定サイクルのマハラノビス距離分布

図 2-3-6 はプレス加工時の金型位置とそのときのトルクである。実際に金型がワークを抜いているところ（図中の点線四角部分）だけを拡大して 160 回分のプレスデータを重ねたのが図 2-3-7 である。

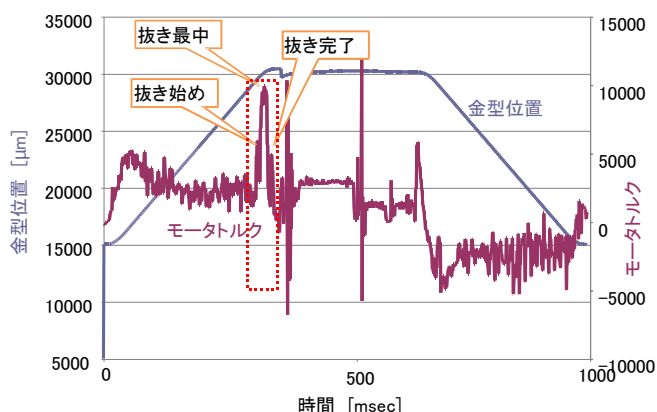


図 2-3-6 プレス加工時の金型位置とモータトルク

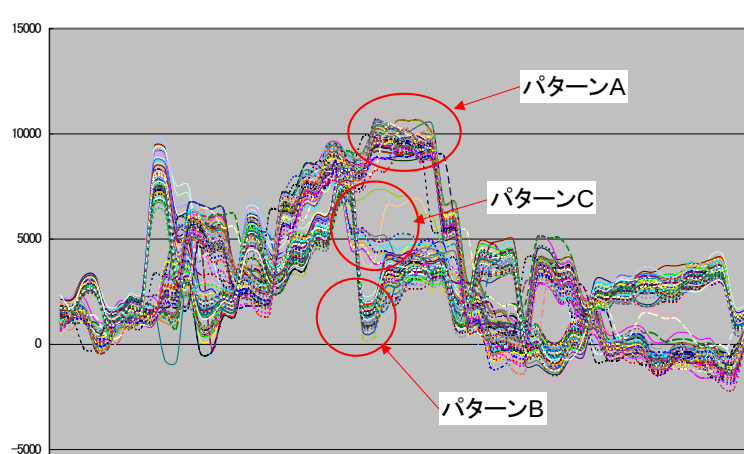


図 2-3-7 抜き加工時のモータトルク抽出データ
(サンプル数：160)

図からわかるように、抜き加工時の波形は主に 3 つのパターンに分けられる。ここでグループ A の波形を正常品と定義して、その他の波形を MT 法で判別できることを検証した。グループ A を単位空間として 160 すべての波形についてマハラノビス距離を求めた。その結果を図 2-3-8 に示す。グループ B、C に属する波形データはすべて級外となり、グループ A とは類似していないことを明確に示している。

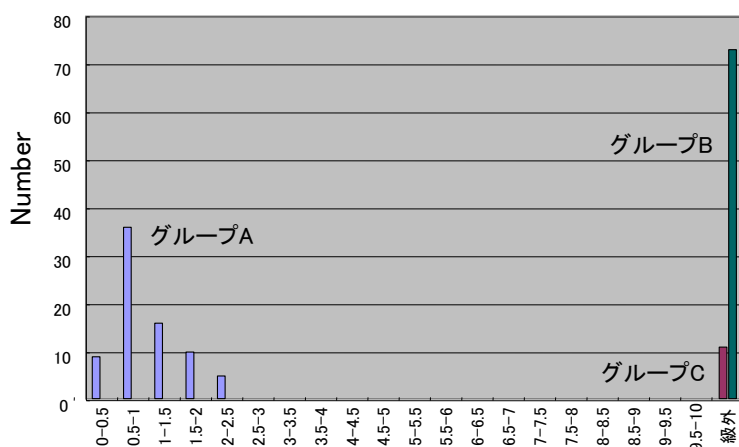


図 2-3-8 グループ A に対する全データのマハラノビス距離分布

製品（検出スイッチ）の動作力曲線について、同様に MT 法判別による評価を試みた。図 2-3-9 は、良品、荷重不良品、導通不良品の動作力曲線である。ここで正常品から単位空間を作り、すべての製品についてマハラノビス距離を求めた。

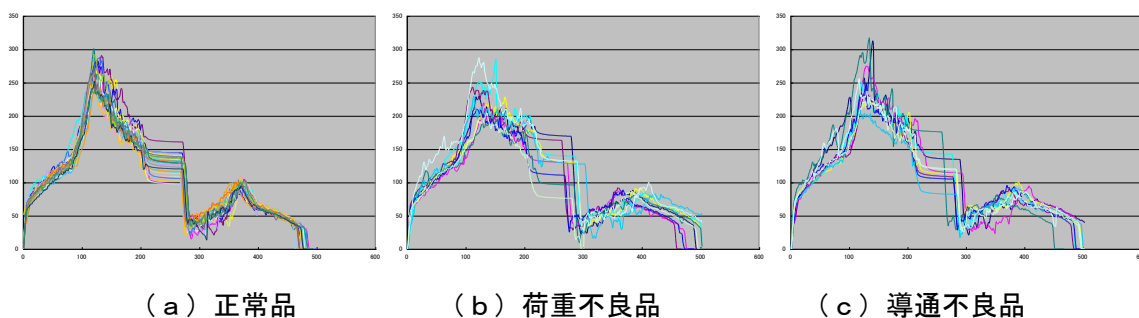


図 2-3-9 製品の動作力曲線

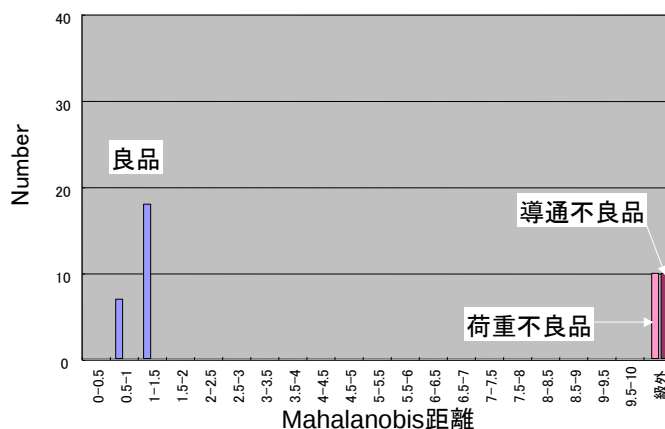


図 2-3-10 検出スイッチの動作力曲線のマハラノビス距離分布

図から、導通不良品、荷重不良品のマハラノビス距離は 10 以上であり、明確に異常と判別されることがわかる。

以上のように、(a) 射出成形、(b) プレス加工、(c) 製品動作、のいずれに対しても M T 法が適用可能であり、正常品を適切に定義すれば異常品を判別することが可能であることを示した。

2-4 小型加工機の開発

本事業で目的としている検出スイッチの小型組立ラインの構築を進めるため、成形機およびプレス機の周辺装置の開発を行った。

周辺装置については、フープ材のプレスやフープ成形（フープ材のプレス品と樹脂の一体成型）が必要とされる。従来からある大型の射出成形機やプレス機については、このような周辺設備は各社から出ているが、小型射出成形機および小型プレス機については、既製品をそのまま取り付けると言ったことができないため、搬送機の小型化や小型射出成形機・小型プレス機に取り付けるための改造が必要となる。

フープ材との一体成型が必要なため、フープの送り装置を小型射出成形機に組み込んだ。

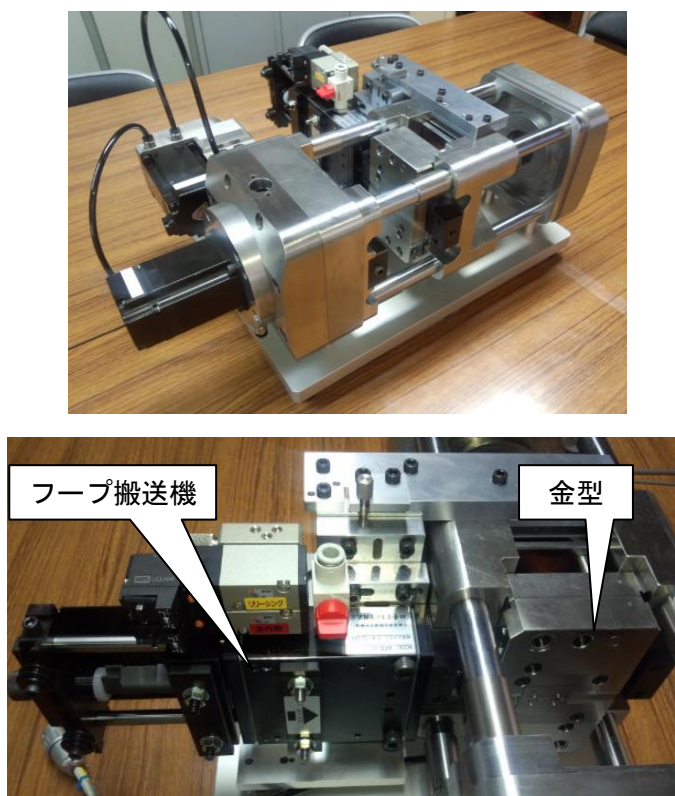


図 2-4-1 小型射出成形機とフープ送り装置

フープ材料には、プレスによる抜き加工と曲げ加工が施されている。今回のフープ材料のプレス品は、既存のプレス機で製作したものを使用している。

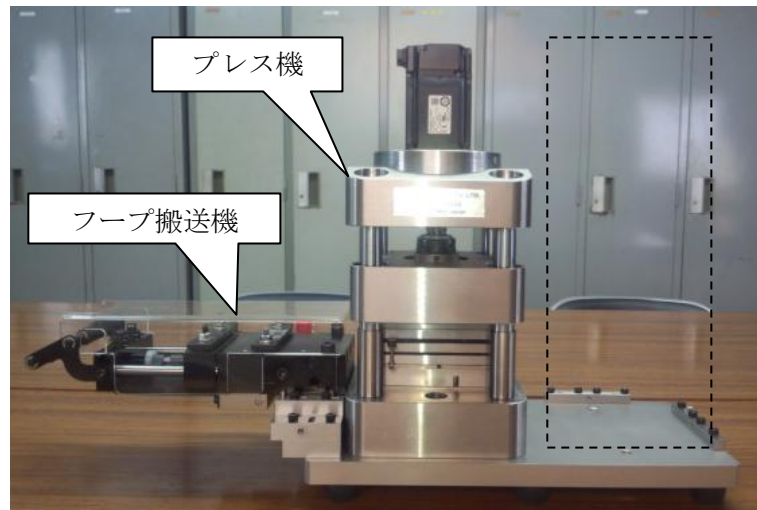


図 2-4-2 小型プレス機とフープ送り装置

図 2-4-2 の写真では、プレス機は 1 台のみ設置しているが、架台の右側に、もう 1 台設置して、抜きと曲げの加工を連続的に行うことが可能となる。

2-5 組立ラインへの小型機統合

小型加工機を組立ラインへ統合し、加工から製品評価までの一貫生産ラインを構築することであるが、本研究では、組立ラインの構築が目的ではなく、小型加工機の投入と、プロセスモニタリングによる製品の良否判別ができるかどうかと云うところにある為、組立ラインについては、組立治具を製作し、小型加工機で生産した部品を用いて、製品である小型検出スイッチを組立、製品の評価まで行う事とした。

検出スイッチを組立てる上で、各部品の前処理、組立方法、後処理について理解する必要がある。ここでは、検出スイッチの構成部品、構造、組立工程、組立に必要な治具について検討した

対象の検出スイッチは、下記の 4 つの部品から組立てられている。

- ・ウェハー
- ・スプリング
- ・レバー
- ・カバー

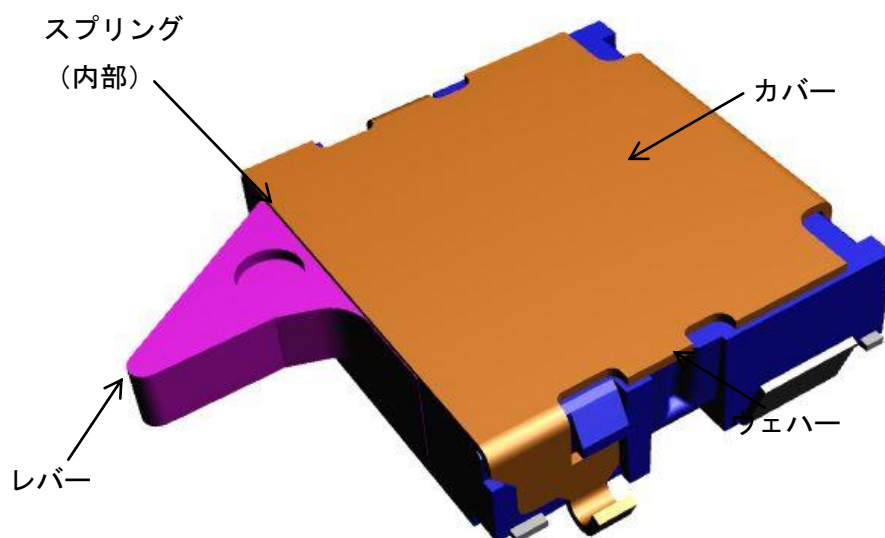


図 2-5-1 検出スイッチの構成部品
各部品の組立過程をを、図 2-5-2 に示す。

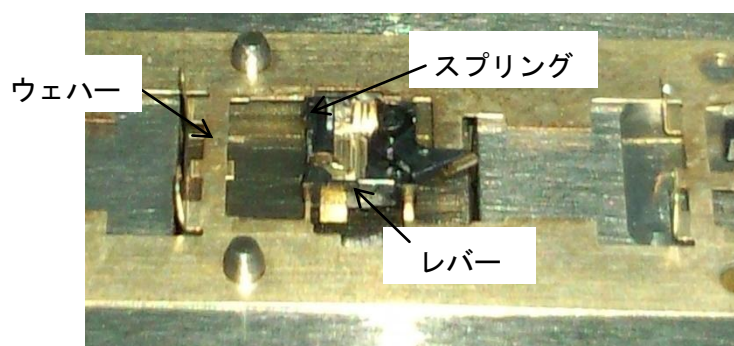


図 2-5-2 組立

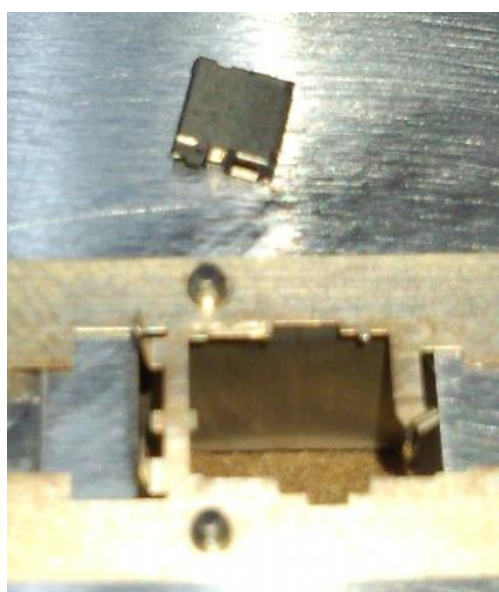


図 2-5-3 製品部の切り離し

組立を行った製品については、前出の製品評価装置で測定を行った。

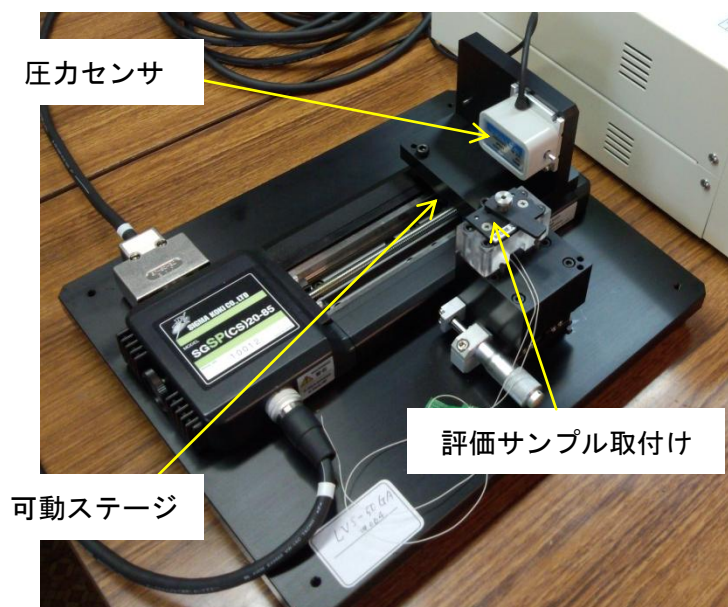


図 2-5-4 製品評価装置

2-6 総合評価

検出スイッチの製造において、スイッチを構成する各部品製造過程では、通常は製造後に検査を行っているが、検査はロットごとの抜き取り検査であり、すべての部品を検査する訳ではなく、PPM オーダではあるが、不良品が混在する可能性を秘めている。

本研究では、抜き取りではなく、製造過程をプロセスモニタリングすることで、全数の間接保証を行うことになる。

また、全数のプロセスモニタリングを行うためには、基本的には 1 個取り生産の必要性がある。多数個取りの場合では、1 サイクルで複数個の製造状態をモニタリングすることになる為、仮にそのサイクルで異常が発生した場合には、そのサイクルすべての部品を排除する必要が出てしまい、無駄が発生する。さらに、そのサイクルである部品はプラス方向に異常が発生し、ある部品がマイナス方向に異常が出た場合、サイクル全体では、正常と判断されてしまう可能性があり、この場合には、異常品が後工程に流れてしまう。

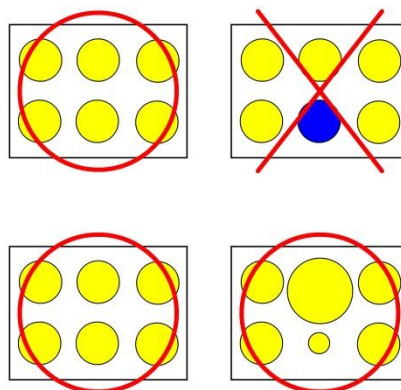


図 2-6-1 多数個取りの弊害

1 個取りで生産するためには、既存の大型製造装置（大量生産向き）では不向きであり、特に、小さな部品を製造する場合には、製造そのものがない。この為に、小型製造装置は不可欠となる。本研究では、射出成形・プレス成形に限定しているが、他の製造加工装置でも同様のことがいえる。

（a）射出成型におけるプロセスモニタリング

射出成型では、金型内圧力センサを用いて、成形品にかかる樹脂の圧力をモニタリングし、成形プロセスにおける異差を検出し、成型部品の間接的に全数保証を行う。

本研究では、レバー成形品を例にとり、プロセスモニタリング及び、成型部品の成形評価方法を検証した。成形品の評価に関してはMT法（Mahalanobis-Taguchi Method）を用いた。

金型には、エジェクタピン型の圧力センサを用いている。



図 2-6-2 モールドマーシャリングシステム（双葉電子製）

射出工程において、製品の良否に影響を与えるファクターはさまざまである。例として、樹脂温度・金型温度・成形圧力・射出スピード等。この中でも、金型内圧力は他のファクターと関連付けられ、製品への直接的影響が大きい。この為、金型内圧力が安定していれば、成形品の安定と云える。

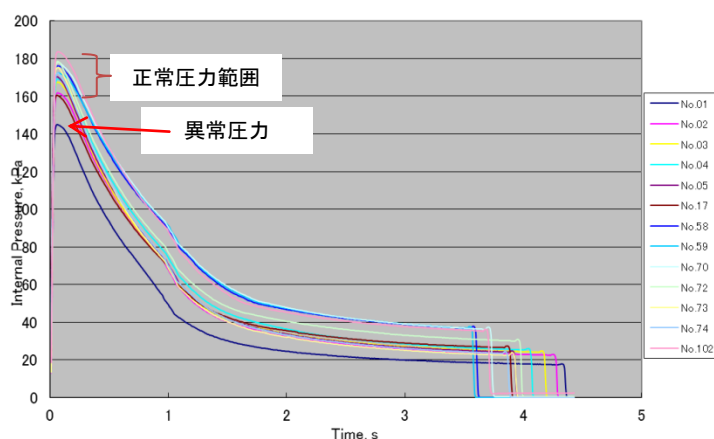


図 2-6-3 射出成型波形

図 2-2-3 では青線のデータは、他の製品に比べ、射出圧力が低い結果となっている。実際に成形品を測定したところ、重量・寸法ともに小さく出来ていて、充填量が少なかった。

このデータを基にMT法でデータの処理を行った。

以下のグラフは、マハラノビス距離（MD）と製品の分布についてあらわしたものである。

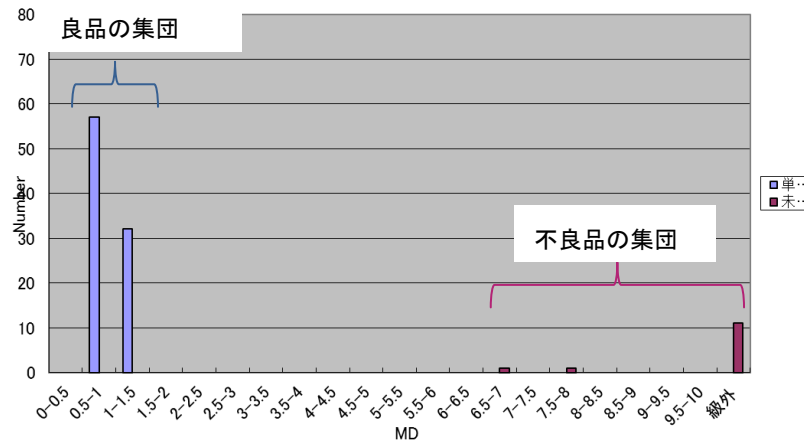


図 2-6-4 マハラノビス分布図

図 2-2-4 のグラフからは良品の集団と不良品の集団に分類することができた。ただし、製品の良否の判定基準としていた、重量・寸法の評価では、正常値としていた物が、不良品の集団に含まれことが分かった。これは、従来の判定方法で異常品の定義から漏れたものと考えられる。良品の判断基準であった重量・寸法だけでは見つけられない、未知の不良がMT法による解析結果で検出することができた。

(b) プレス成形によるプロセスモニタリング

プレス成型では、金型が閉まる際に掛かる型締め荷重を、圧力センサを用いて測定を行う。

本研究では、カバープレス品を例にとり、プロセスモニタリング及び、プレス成型品の評価を行った。

プレス品の良否については、金型の状態、プレス機の動作速度、ワーク物性等によるファクターが挙げられる。中でも型締め荷重を測定することは、プレス品を直接測定することになり、非常に有効である。しかしながら、従来のプレス機は装置が大きく、小さい部品を加工する際の、型締め荷重を測定しようとしても、S/N比が小さく、測定することが困難であった。今回の研究で開発を行った小形プレス機では、型締め力自体は少ないが、今回のターゲットのような小物部品を加工するには、必要十分な能力であり、何と云っても、加工時の型締め荷重を測定するのに適している。

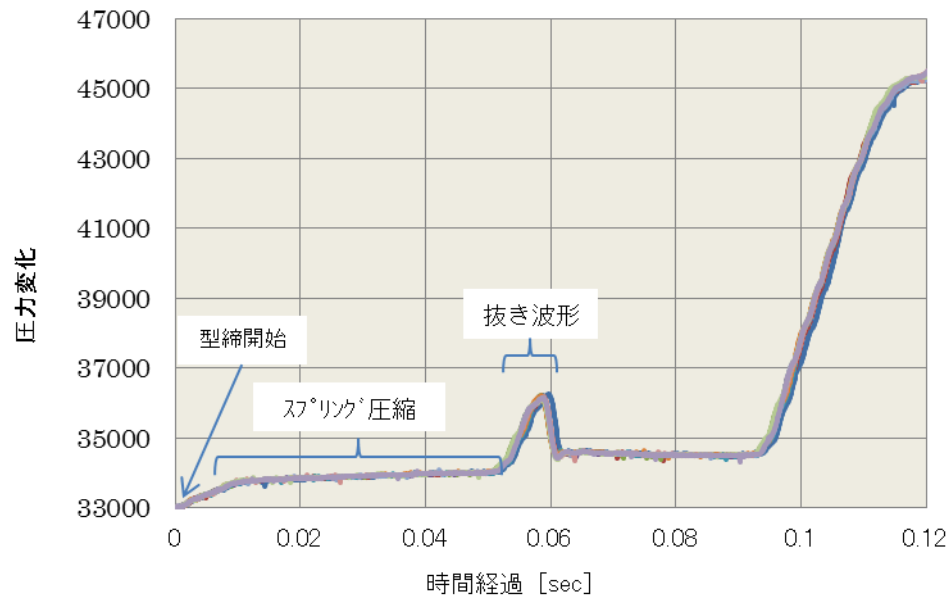


図 2-6-5 プレス成型波形

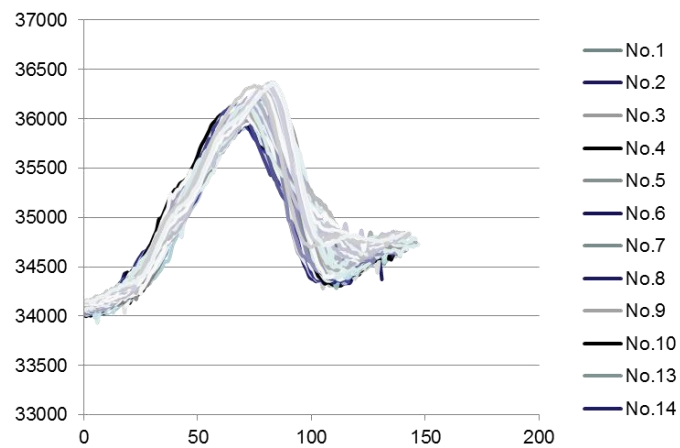


図 2-6-6 抜き波形拡大

グラフの波形を見る限りでは、特別大きな異差は見られなかった。また、プレス成型品についても、サンプルを確認する限りでは、すべて良品とされるものであった。

このデータをMT法で解析した見た結果が、以下のグラフになる。

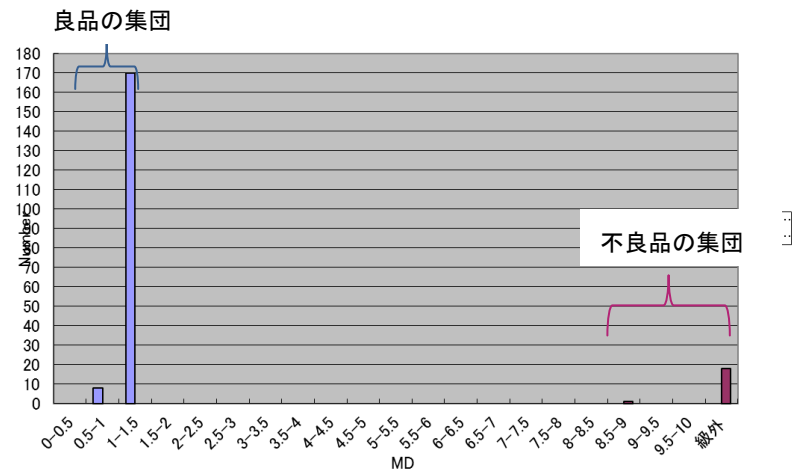


図 2-6-7 マハラノビス分布図

プレス成型品の型締め荷重変化を、MT法で解析したところ、分布図を見る限り、良品の集団と、不良品の集団に分けることができる。プレス品の観測による（寸法）では見分けられない不良（不良品の仮想性がある）が判別することができる。

各部品を製造し、最終製品を組立て、その製品の評価を行った。

昨年の評価方法は、本研究の初年度で研究した通り、スイッチを押す際の、作動力で評価している。

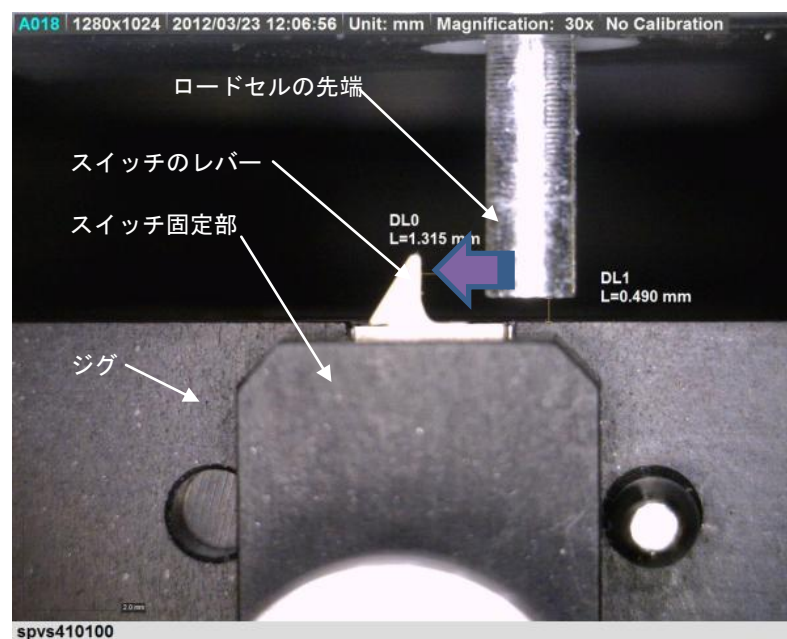


図 2-6-8 測定部拡大

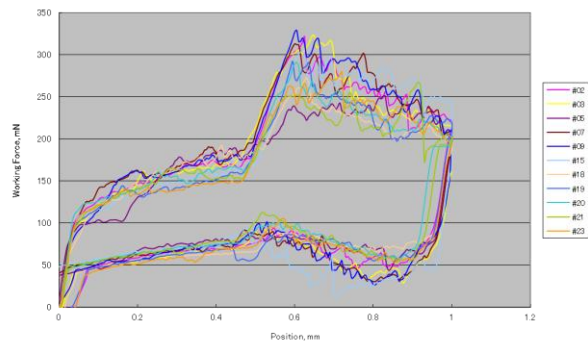


図 2-6-9 製品の作動力（正常品）

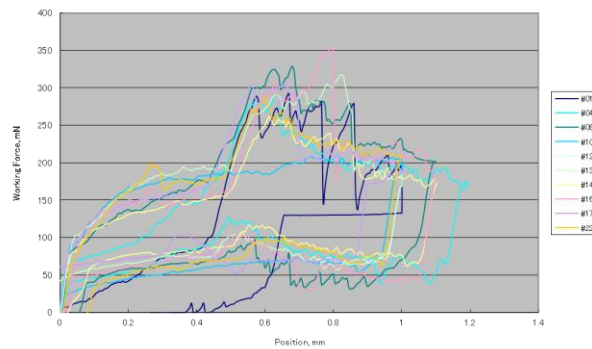


図 2-6-10 製品の作動力（異常品）

今回の組立品の評価に際しては、不良が明らかになるように、製品を組立てたものも対象に特定している。組立は、本研究では治具を用いた手組の為、組立のバラつきも発生している。

製品の作動力を正常品及び異常品すべてについて、MT法により解析を行った結果が以下のグラフである。

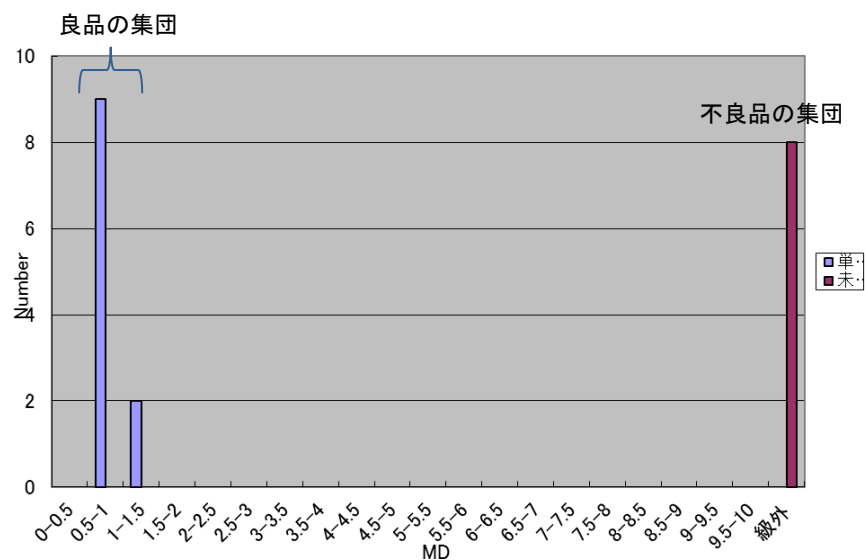


図 2-6-11 製品評価におけるマハラノビス分布図

今回の結果では、良品の集団と、異常品の集団が明らかに分離できた。手組による組立であったため、もっと中間的な集団ができると考えていたため、予想以上に良品と不良品の判定に効果があることが分かった。

今回の研究では、成形品及びプレス品において、従来の製品寸法測定（スペック）では、異差が出ないものについて、製造工程のモニタリングによるMT法解析では、不良と判定された。これは、『**従来のスペック評価（＝寸法測定）では見つけることができなかった異常品を、MT法解析で検出することができる可能性がある**』といえる。もちろん、従来の検査でもスペックを上げることにより、異常品の検出を可能にできるが、こうした場合には、検査項目が増えコストアップとなる。

小型加工機を用いることで、プロセスモニタリングの実現と、MT法解析による異常品の判別は、低コストな生産システムの構築が期待できるといえる。

★ものづくりにおける品質に関する従来の問題点は、以下の3点である。

(1) プロセス管理・ロット保証による最終製品の間接保証

→抜き取り検査による品質保証は最終製品の不良ゼロ化は達成不可

(2) 部品・半製品の過剰な検査

→途中部品の検査項目の強化では最終製品の機能・品質が過剰スペックとなり高コスト化

(3) 「不良の排除」の思想に基づく最終検査

→最終検査工程では不良モードの排除による製品出荷では未知の不良モードは排除不可

これらが結果として、不良率の低減やコスト削減を妨げていると考える。そこで、本研究ではこれらの問題に対し、最終製品の品質を「良品と同じものかどうか」という観点で直接かつ全数保証をすることにより、今までにない全く新しい不良ゼロの品質保証概念の確立を目指す。

★本研究開発の目的は、以下の4点である。

(1) 良品の研究と、良品の特徴による最終製品の全数直接保証

→良品・不良品の選別評価データ取得及び解析可能な装置を開発し、動作品質保証可能な評価方法を確立する。

(2) 途中部品の全数間接保証のためのプロセスモニタリング

→小型加工機（射出成形機、プレス機）においてプロセスモニタリング評価データの評価解析手法としてMT法（品質工学におけるオンライン品質保証方法）を使えるか等を検討する。このMT法とは採取したデータをもとに、良品の特徴値、良品のパターンを選定して、良品のみを選別する手法である。

(3) 1個取り連続供給を実現する小型加工機の開発

→プロセスモニタリング機能付き小型加工機（射出成形機、プレス機）を開発する。

(4) 小型機を組立ラインに統合した、検査レス、在庫レスの一貫生産ラインの構築及び評価

→手動組立の小型一貫生産ラインを構築し、中間工程部品と最終製品の良否判別にMT法を適用可能か研究検討する。

★この3年間の研究開発の成果

(1) プロセスモニタリング評価データ及び最終製品の良否判別の評価解析手法としてMT法が有効あるとの成果を得た。

(2) このMT法を適用した小型加工機（射出成形機、プレス機）及び最終製品良品選別装置の技術開発はできた。

(3) これらにより、途中部品の大幅な部品不良率の大幅低減が図れた上に、最終製品は『使ってトラブルを起こさない』製品不良率ゼロに限りなく近づけた。

しかし、当然の事ながら実際の工場出荷レベルでの途中部品、最終製品の不良率確認が出来ておらず、この確認には、顧客先に本研究開発内容を適用した工場生産ライン構築した上での検証が必須である。

★今後の課題

本研究開発の成果であるMT法活用技術を適用した小型加工機（射出成形機、プレス機）を商品として市場に出荷するための製品化設計が開発人員・費用の捻出の面でこれからの検討課題としてある。この検討結果により、事業化展開の見通しが立てられる。