

はんだボール粒径測定装置

Diameter Measurement System of Solder Ball

伊藤元通* *Motoyuki Itoh*
佐藤光司** *Koji Sato*
久保井健** *Takeshi Kuboi*

直径100 μm から760 μm のはんだボールの粒径・真円度を、画像処理を用いて高精度に自動測定するシステムを開発した。接着剤を使ってはんだボールを透明ガラス上の所定位置に固定し、光源に平行光、対物レンズにテレセントリックレンズを用いた装置で自動測定を行う。測定精度は円相当径 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 、真円度0.001であり、測定時間は1バッチ約60個あたり5分である。本システムの完成によりはんだボール製造条件へのフィードバックを精度良く、かつ短時間に行えるようになり、品質保証のレベルも向上した。

We developed a system that automatically measures the diameter and sphericity of solder balls. It can accurately measure samples with a diameter of 100–760 micrometers using image processing. A solder ball is fixed at a predetermined position on transparent glass using adhesives. Equipment which uses parallel light for the light source and a telecentric lens for the object lens automatically measures the balls. The measurement accuracy is ± 0.1 micrometers for the diameters, and 0.001 for the sphericity, and the time taken is 5 minutes per batch [about 60 balls]. This system is accurate, and provides timely feedback on the conditions of manufacture, ensuring highly consistent product quality.

① 緒言

現在、環境問題から今後のエレクトロニクス実装においては鉛フリー化が強く要求されることは必須となっている。当社ではこの変革時期をビジネスチャンスととらえ、鉛フリーのはんだボールを高品質かつ安価に製造する方法を検討してきた。そして、2002年10月より安来工場にて、鉛フリーはんだボールの量産を開始した。

はんだボールの高品質化のために製造技術と並んで重要となるのが計測技術である。製造条件への高精度なフィードバック、また、信頼性の高い品質保証には製造したはんだボールの粒径・真円度を高精度で測定することが不可欠であり、すなわち、再現性・実寸照合性が十分である測定装置を必要とする。

市販の測定装置に、最小読み取り寸法・再現性がサブミクロンのものは多くあるが、サブミクロンで実寸照合性を保証したものは少ない。さらに、自動測定を可能にするボール固定方法を提案した装置は世の中に例を見ない。

そこで、はんだボールの粒径・真円度をサブミクロンの精度で、かつ短時間に自動測定することを目的とした粒径測定装置の開発に着手した。

② 装置仕様

対象ワークは 100 μm ～760 μm のはんだボールであ

り、測定項目は粒径（円相当径）と円相当径/最大投影長で定義する真円度である。

測定精度は製品の公差に比べ十分小さい $\pm 0.1\mu\text{m}$ を目標とした。また、測定は自動測定で行うものとし、目標測定時間は約5分/60個とした。

③ 装置概要

3.1 装置構成

開発した粒径測定装置全体写真を図1に示す。本装置は、はんだボールの形状測定を行う粒径測定機、測定用試料を作成するマウント装置からなる。

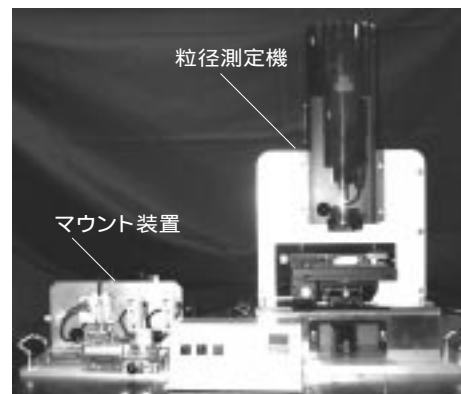


図1 装置全体写真

Fig. 1 View of equipment

* 日立金属株式会社 生産システム研究所

** 日立金属株式会社 安来工場

* Production System Laboratory, Hitachi Metals, Ltd.

** Yasugi Works, Hitachi Metals, Ltd.

3.2 粒径測定機

粒径測定機は、主にボールの像を画像化する光学系、自動計測を実現するためのXYステージ、ボールにフォーカスを合わせるためのZステージからなる。

3.2.1 光学系

粒径測定装置の光学系を図2に示す。コリメータで生成した平行光をゴニオステージに設置したミラーで90°曲げ、下方からボールを照射する。平行光によるボールの像をテレセントリックレンズによりCCD上に結像し、画像としてパソコンに取り込む。取り込んだ画像からボールのエッジ点を検出し、粒径・真円度を算出する。

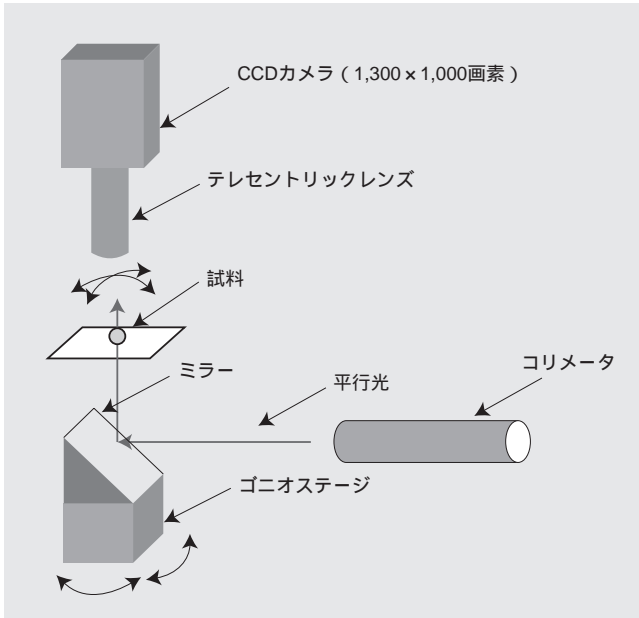


図2 光学系
Fig. 2 Optical system

光軸の微調整は2軸のゴニオステージを使って、マスターとなる標準鋼球の真円度測定値が最大となるように行う。

3.2.2 画像

本装置の光学系で得られる画像と観察用の金属顕微鏡で得られる画像を比較したものを図3に示す。

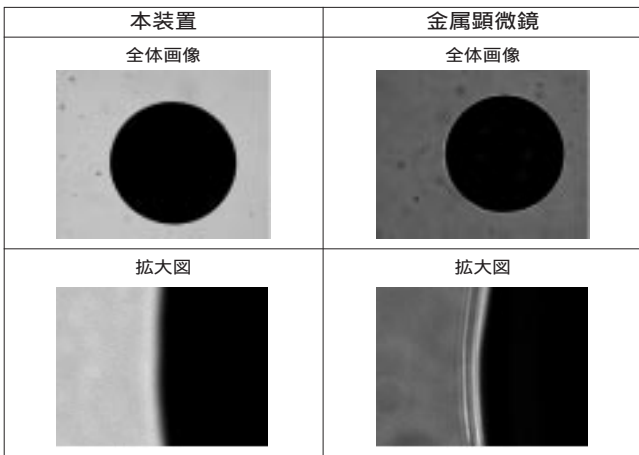


図3 画像例
Fig. 3 Example of Grabbed Image

金属顕微鏡での画像では光が物体の影になるべき部分へ回り込む回折¹⁾による縞が発生しており、正確なエッジ点の特定が困難である。一方、本装置の光学系においては、画像処理に適した画像が得られる。

3.2.3 画像処理アルゴリズム

取り込んだ画像から粒径、真円度を算出するアルゴリズムフローを図4に示す。

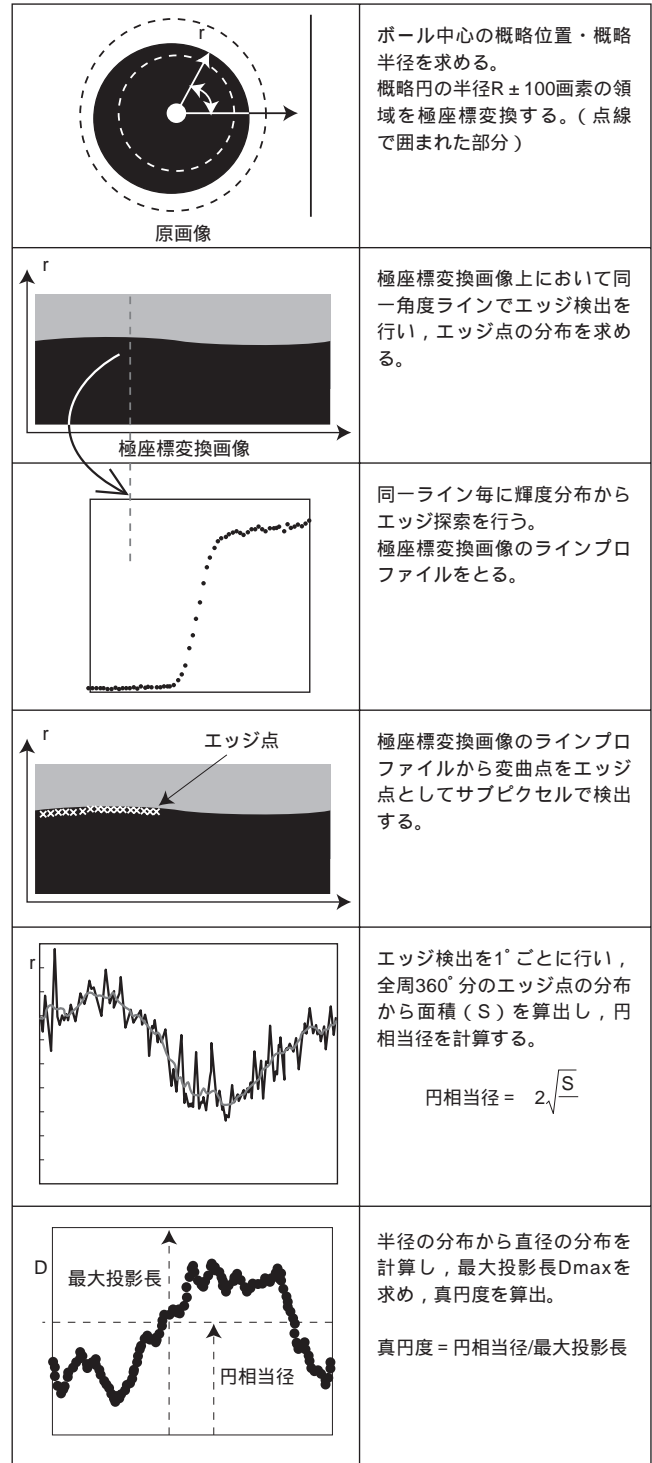


図4 画像処理アルゴリズム
Fig. 4 Image-processing algorithm

3.2.4 キャリブレーション

画像処理において円相当径を出力するには、まず、画像内でエッジ検出を行ない、円相当径を画素数で求めた後、画素から実寸法への変換（[画素] [μm]）を行う必要がある。また、CCD面上の像は歪曲収差を含んでおり、本装置に用いるテレセントリックレンズは歪曲収差を0.1%以下に抑えてあるが、それでも例えば500μmのボールを測定する場合、0.1%の誤差は0.5μmの誤差となり無視できない大きさとなる。このため歪曲収差を補正した上で画像上の寸法を実寸に変換するキャリブレーションを行う必要がある。

本装置においては球径・真球度が保証されている複数のサイズの標準鋼球を測定することにより歪曲収差をソフト的にキャンセルするキャリブレーションを行うこととした。表1にキャリブレーションに使用した標準鋼球のスペックを示す。

表1 標準鋼球スペック

Table 1 Specification of a standard steel ball

項目	精度
円相当径	呼び径±0.03 μm以内
真球度	0.9999～1.0

キャリブレーションの方法を以下に示す。

- (1) 複数の標準鋼球を測定し、横軸：画像寸法[画素]、縦軸：標準鋼球呼び径のグラフ上にデータをプロットする。
- (2) 標準鋼球呼び径を実寸とし、実寸と画像処理で求めた画像寸法の近似曲線式を算出する。この近似曲線式をキャリブレーション曲線として保存し、ボール測定時には、まず、画像処理により画像寸法を算出し、この曲線式に画像寸法を当てはめて、画素寸法から実寸法への変換を行う。

3.2.5 測定精度

各サイズそれぞれ複数の標準鋼球を連続測定したときの粒径測定値の再現性を図5に、実寸照合性を図6に示す。

全サイズにおいて再現性(3σ)の目標値0.1μmに対して0.06μm以下、実寸照合性±0.05μm以内で測定できている。また、真円度についても再現性0.0004以下、誤差0.001以下で測定できていることを確認している。

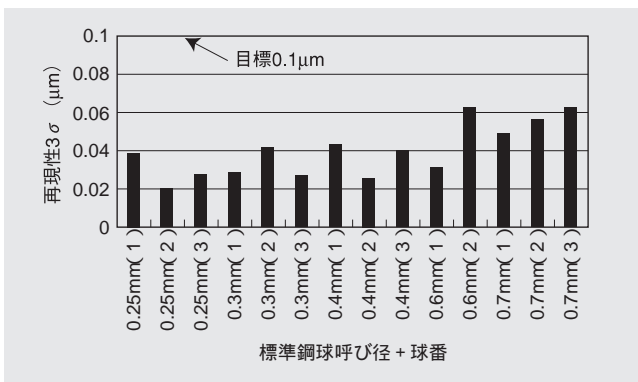


図5 粒径測定値再現性

Fig. 5 Repeatability of measured value of Diameter

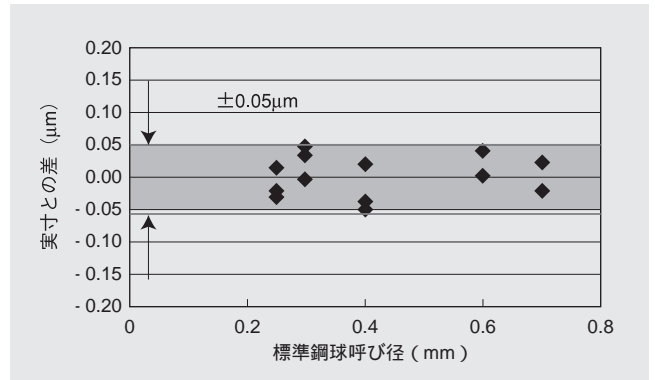


図6 測定値と実寸との差

Fig. 6 Difference between measured value and actual size

3.3 マウント装置

粒径測定機で、はんだボールを自動で測定するためには、透過照明を使用可能なガラス板上の所定の位置にはんだボールを固定する必要がある。この試料作成を半自動で行うマウント装置を製作した。図7にその外観写真を示す。また、図8にその工程の模式図を示す。

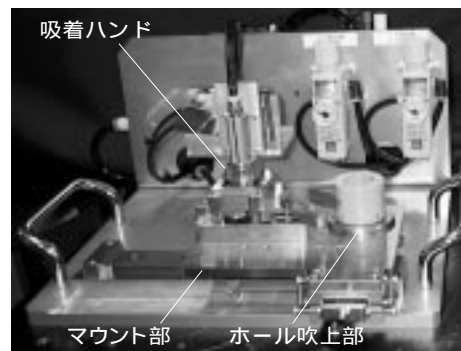


図7 マウント装置外観

Fig. 7 View of Mounter

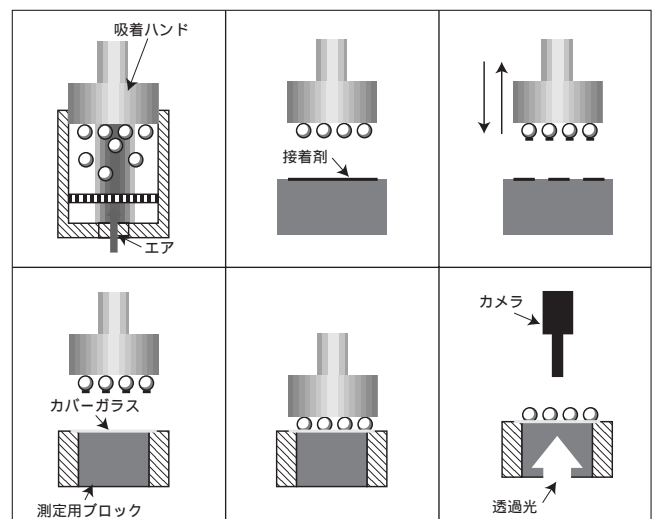


図8 マウント工程

Fig. 8 Mount process

- (1) ボール吹上治具にボールを投入する。等間隔に配置された吸着穴をもつ吸着ハンドを降下させた状態で、ボールを吹上げながらボールを吸着穴に吸引する。
- (2) ブロック上に接着剤を均一に伸ばし、吸着板下方にセットする。
- (3) 吸着ヘッドを降下し、ボンドをボール先端に転写する。
- (4) 吸着ヘッド下方に厚さ0.12mmのカバーガラスを固定した測定用ブロックをセットする。
- (5) 吸着ハンドを降下し、カバーガラス上にボールを押し当て、ボールの吸引を解放する。
- (6) 完成した試料を測定用ブロックごと粒径測定装置にセットする。事前にティーチングされた座標にしたがってXYステージを移動し、自動測定を行う。

3.4 測定値安定性

図9に1日1回行う 599.1 μm の標準鋼球を測定することによる点検の結果を示す。データは光軸調整を行った2002年1月23日以降、6月4日までの約4ヵ月間のものである。

粒径の測定値変動は $\pm 0.1\mu\text{m}$ 、真円度の変動も ± 0.0001 以内であり、安定した測定が行えていることがわかる。

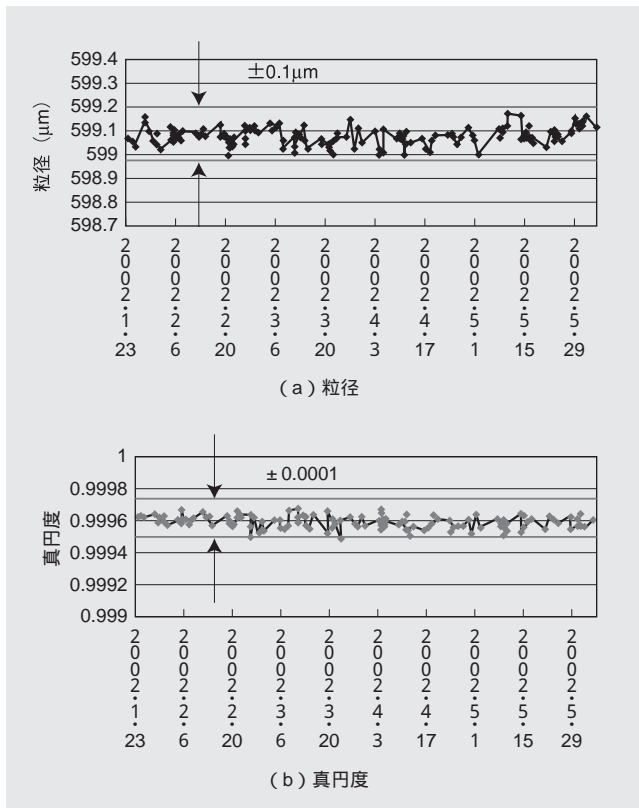


図9 標準鋼球測定値の推移

Fig. 9 Transition of standard ball measured value

4 結 言

接着剤を使ってはんだボールをカバーガラス上に整列した状態で固定するマウント装置、およびXYZステージを持ち透過光によりカバーガラス上のはんだボールを画像化し、画像処理により粒径・真円度を自動で測定する粒径測定機から構成される粒径測定装置を開発した。本装置の測定精度は粒径 $\pm 0.1\mu\text{m}$ 、真円度0.001以内である。また、測定時間は約5分/60個である。

参考文献

- 1) 小瀬他：光工学ハンドブック，朝倉書店（1985）p.43



伊藤元通

Motoyuki Itoh

日立金属株式会社 生産システム研究所



佐藤光司

Koji Sato

日立金属株式会社 安来工場



久保井健

Takeshi Kuboi

日立金属株式会社 安来工場