

# 画像処理を用いた硬式野球ボール品質評価手法の提案

高井 大輔<sup>†</sup> 小林 孝浩<sup>†</sup> 山田 晃嗣<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 情報科学芸術大学院大学

## 1 はじめに

現在、硬式野球ボールの縫い目の製造工程は手作業で行われており、製造されたボールの検査も目視で行われている。そのため、検査員の主観に依る判断の影響が大きく、不良品とされる具体的な基準が存在していない。そこで、本研究では硬式野球ボールの縫い目の製造工程において、不良品と判断される要因や基準を明確にすることを目的とし、野球ボールの縫い目の品質評価法の提案をする。

従来から、画像を用いた工業製品の検査手法や品質評価に関する様々な研究 [1] [2] が行われてきたが、これらの研究では機械から製造された製品を対象にしており、製品の形状が明確であったり、精度の高い良品のモデルが存在する。そのため、理想的な形状との差分を利用することが可能である。

これに対して、野球ボールのように手作業で形作られた製品は理想とする形状が曖昧であり、良品にも手作業の影響による形状のばらつきが存在するため、品質の定量的な評価が困難となる。本研究では、このようなばらつきを有している製品を対象とした不良品の検出及び品質評価法の一手法として、画像を用いた定量的な評価法の提案をする。

## 2 不良要因

本研究では良品と不良品の各 12 球のサンプルボールを利用して、画像化、特徴量の定量化をすることで不良品の検出と品質の評価を行う。そのため、初めに不良品のサンプルから不良と考えられる要因を推定した。図 1 は不良要因の典型例で、縫い目形状の偏り (左上) や牛革の破れ (左下)、縫い穴の裂け (右上)、しわ (右下) といった不良要因が存在した。

他にも、縫い糸の長さが短い、又は長い箇所や、縫い合わせの角度が変わっている箇所、縫い目が窪んだ



図 1: 不良要因

形をしているなどの様々な不具合や不揃いが存在した。

上記の不具合のほとんどが縫い目形状 (表面の糸の長さや面積など) に影響していると想定されるため、本研究では縫い糸の 2 次元形状のみを扱い、しわや牛革の窪みなどの 3 次元形状について考慮しない。

## 3 画像解析法

本研究では縫い目の形状を定量的に評価するために画像を利用する。野球ボールには 108 個の縫い目があり、全ての縫い目を画像化するために 1 球当たり 16 枚の縫い目を中心とした画像  $I_b$  を撮影した。

### 3.1 座標変換

撮影した画像では映っている縫い目の位置によって大きさが変わってしまうため、画像座標系からボールの中心を原点とする座標系に変換する必要がある。撮影条件と野球ボールが完全な球型であると仮定して、画像中心を原点とする直交座標系  $(x_i, y_i)$  に式 (1) で求める比率を掛けることでボール中心を原点とする直交座標系  $(x_b, y_b, z_b)$  に変換する。

$$\frac{d(d+R) - \sqrt{d^2(R^2 - x_i^2 - y_i^2) - 2dR\sqrt{x_i^2 + y_i^2}}}{d^2 + x_i^2 + y_i^2} \quad (1)$$

ここで、 $d$  はカメラからボールまでの距離、 $R$  はボールの半径である。

Proposal of baseball quality evaluation method using image processing

Daisuke TAKAI<sup>†</sup>, Takahiro KOBAYASHI<sup>†</sup>, Koji YAMADA<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Institute of Advanced Media Arts and Sciences  
503-0014, Ogaki, Japan

### 3.2 縫い目領域の抽出

画像  $I_b$  から彩度によるグレースケール化, 判別分析法による2値化 [3], 膨張収縮処理を行うことで縫い目領域の抽出を行う. その後, 図2に示すように縫い糸の重なりが上になる糸(上糸)が画像の上側となるように回転し, 縫い目領域を中心とする画像  $I_s$  を作成する.

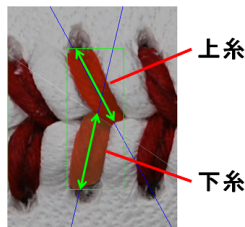


図2: 縫い目画像と名前の定義

画像  $I_s$  から縫い糸領域を直線  $l$  で上糸と下糸の2つに分割する.  $l$  の傾きは縫い糸領域の左端がつくる座標群のから導出し, 縫い目領域の中央付近の通過する長さが最も小さくなる直線とする.

### 3.3 利用する特徴量

分割した領域から面積, 主軸方向の長さ(縫い糸長), 上糸と下糸の主軸直線がなす角を数値化し, 面積を縫い糸長で割った値と上下の縫い目長の比, 面積と縫い糸長でそれぞれ隣接する縫い目との差分を加えた12種類の特徴量を縫い目の特徴量とする.

## 4 不良品判定

野球ボールが手作業で製造されているために良品にも一定のばらつきが存在していることを考慮して, 章3.3に示す特徴量から式(2)で求まる不良指数に変換する.

$$f(x) = 1 - \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{(2\sigma)^2}\right) \quad (2)$$

ここで,  $\mu$  と  $\sigma$  は良品全体から求めた特徴量の平均と標準偏差である. また, 隣接する縫い目との差分は理想的には0であることから差分値の場合のみ  $\mu$  を0,  $\sigma$  を良品全体の平均とする.

求めた不良指数の縫い目108個の平均を各ボールの特徴量として利用する. 良品と不良品の各12球をマハラノビス距離を用いた判別分析法 [4] で分類する.

## 5 結果

各ボールに12種の特徴量を用いて判別分析を行った結果, 全てのボールを正しく分類することができた. 図3, 4は各ボールの良品クラスと不良品クラスへのマハラノビス距離をグラフ化したものである.

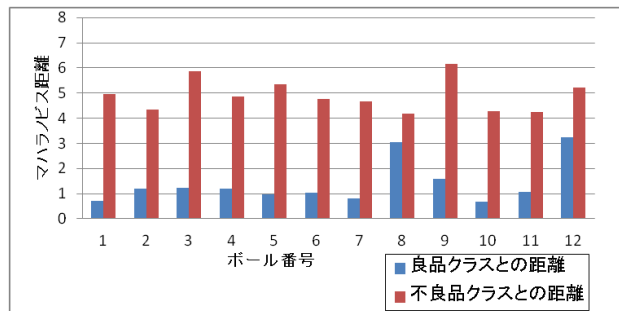


図3: 良品の結果

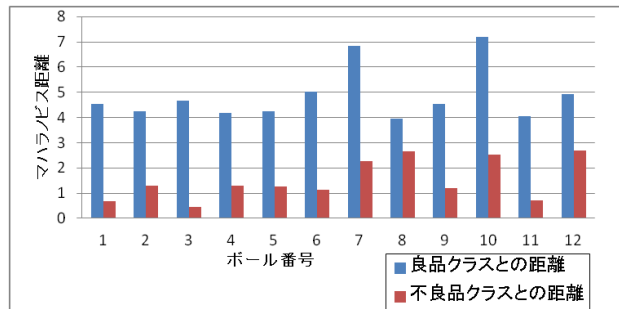


図4: 不良品の結果

図3の右端(12番)の良品ボールが良品クラスから離れていることを示している. これについて利用した特徴量を調べたところ, 他の良品の値よりも全体的に小さな値となっていた. また, 該当するボールの実物を目視で比較, 確認してみると, 実際に糸の長さが短かくなっていることがわかった.

本研究で利用したサンプルの数は良品と不良品が各12球ずつであり, 分析に利用する数としては少ないと思われる. その為, 分類の精度もあまり良いものではなかったと考えられる. 今後はサンプルの数を増やして実験を行い, 不良として現れる特徴に応じた分類方法を検討していくべきである.

また, 画像から求めた特徴量を利用したために縫い目の凹凸の形状などの立体情報を考慮していない. そのため, 実際に製造現場で利用するには撮影方法を変更し, 3次元情報を利用することが望ましいと思われる.

## 参考文献

- [1] 小路 祐吉, 高津 直由, 王 征成, “ニューラルネットによるはんだ外觀検査,” 電子情報通信学会論文誌, Vol.J78-D-II, No.4, pp.589-596, 1995
- [2] 大崎 紘一, 宮崎 聡, 平田 正勝, 梶原 康博, 宗澤 良臣, 赤木 聡, “柔軟性を有する帯状対象物の画像処理による整列および検査手法,” 日本経営工学会論文誌, 51, pp.416-425, 2000
- [3] 大津 展之, “判別および最小2乗法に基づく自動しきい値選定法,” 電子通信学会論文誌, J63-D-4, pp.349-356, 1980
- [4] 武藤 真介, “統計解析ハンドブック,” 朝倉書店, 1999