

# はんだ付け技能向上のためのはんだ付け評価補助システムの開発

## Development of a Soldering Evaluation Assistance System to Improve Soldering Skills

田中 翔大<sup>\*1</sup>, 小林 由征<sup>\*1</sup>, 貴志 浩久<sup>\*1</sup>, 田村 仁志<sup>\*1</sup>, 不破 輝彦<sup>\*1</sup>

Shota TANAKA<sup>\*1</sup>, Yoshiyuki KOBAYASHI<sup>\*1</sup>, Hirohisa KISHI<sup>\*1</sup>, Hitoshi TAMURA<sup>\*1</sup>, Teruhiko FUWA<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> 職業能力開発総合大学校

<sup>\*1</sup> Polytechnic University

Email: m223102@uitech.ac.jp

**あらまし：** 技能検定や技能五輪等の「電子機器組立て」の訓練において、指導者がはんだ付け作業の採点を行う際に多くの時間を要する問題がある。そこで本研究の目的は、深層学習技術による、簡便、安価なはんだ付け評価補助システムの開発である。汎用カメラで撮影した基板画像に対して採点経験者が採点し、実物の基板に対する採点と比較した結果、採点経験年数が多いほど採点結果の差が小さい傾向があり、画像で採点できる可能性を示した。

**キーワード：** 技能五輪、技能検定、電子機器組立て、深層学習

### 1. はじめに

技能検定の「電子機器組立て」の受検者数はコロナ禍で一度は落ち込むものの増加傾向にある。毎年平均1万人ほど受検しており<sup>(1)</sup>、工業高校や工学系の職業能力開発短期大学校からの受検者も多い。

技能検定、技能五輪の「電子機器組立て」の教育訓練において、製作物のはんだ付けの評価は、指導者がランドを1つずつ採点しており、ランド数も非常に多いため、膨大な時間を要する。そのため、評価対象となる教育訓練受講者数に比例して、製作物の評価をフィードバックするまでにかかる時間が増えるため技能の習得にかかる時間にも影響を及ぼす。

そこで、はんだ付け評価補助システムがあれば、評価時間の短縮ができ、受講者へのフィードバックにかかる時間も短縮できるため、効率的な技能の習得が可能になると考えた。

はんだ付けの評価では、X線や三次元画像処理カメラを利用し、三次元情報によるはんだの検査を行なう装置<sup>(2-3)</sup>等がある。しかし、これらは高価、大型のシステムであるため、教育訓練現場において導入は容易ではない。また、二次元画像からはんだの状態を識別する研究<sup>(4-5)</sup>があるが、技能検定、技能五輪で用いられる採点基準で評価をしたり、楕円ランドの評価をしたりした報告はない。

そこで、汎用カメラを使用した、簡便なはんだ付け評価補助システムの開発を目的とする。

この際、汎用カメラで撮影した二次元画像では、はんだの高さや、はんだ表面の凹凸等の三次元的な情報が取得できず、はんだ付けの結果を正確に評価できない可能性があり、二次元画像でどこまで評価できるのか、検証したので報告する。

### 2. 実験方法

実験は、同一の基板に対し、実物に対する採点と、二次元画像に対する採点をし、その結果を比較した。

採点は、技能五輪の「電子機器組立て職種」の評価経験者4名(A~D)によって行なう。経験年数は、Aから、18年、17年、9年、5年である。採点に用いる基板には、当校の学生4名(技能検定二級基板を用いた「電子機器組立て」の訓練を受講済み)が各1枚製作した基板(基板①~④)を使用する。4枚のうち1枚の画像を図1に示す。

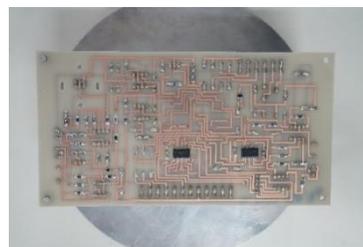


図1 基板画像

採点は、各採点者が①~④の基板に対して、実物、画像で計8回の採点を行う。この際、実物と画像で連続して同じ基板を採点しないような順番で、実物と画像で交互に採点した。基板には、長丸ランド54箇所、丸ランド122箇所、SMDのランド87箇所があり、そのすべてのランドを採点する。採点する項目については、特に二次元画像では判断が難しいと考えられる5つの不良項目(はんだ過剰、はんだ不足、はんだのつもの、はんだの凸凹、リード線の高さ)とした。採点手順は、ランドを一つずつ確認し、良か否か二段階評価で評価用紙に不良項目を記述する方法とした。

実物での採点は、採点者毎に異なる照明環境の部屋で評価対象の基板を目視して行なう。画像での採点は、Hisense社の55インチ4Kテレビ55U7Hに画像を表示させ、拡大縮小を適宜利用しながら行う。

使用する画像は、基板を固定台で机に対して水平に固定し、カメラは基板から約40cmの高さの位置

に水平に設置した上で、基板を真上から撮影した。使用カメラ及び設定を以下に示す。

- 使用カメラ：デジタル一眼カメラ  $\alpha$ 7R IV (ILCE-7RM4)
- 解像度：9504 pixel x 6336 pixel
- 撮影モード：絞り優先プログラムモード
- ISO 速度：ISO-100
- 絞り値：f/10

光源については規定しなかった（実験室の一般的な照明と窓からの太陽光を使用）。また、基板面が白飛びしないように、部屋の照明光を遮る対策を行った。

各基板の採点から、不良（「否」と評価されたランド）の総数および、実物と画像での評価が一致した数を求めた。実物の採点での不良の数を  $X$  とし、写真での不良の数を  $Y$  とし、不良の採点が一致した数を  $Z$  とし、(1) 式で定義した一致率  $W$  を求めた。

$$W = Z / (X + Y - Z) \quad \dots (1)$$

この一致率が高ければ、二次元画像による採点でも実物を採点する場合と遜色が無いといえる。

### 3. 結果・考察

採点者ごとに一致率の差があるかどうか、また、基板を採点する技能に差があるかどうかを検証するため、採点者ごとに一致率を求めた。結果を表1にまとめる。表1より、平均列の一致率を見ると、一致率の高さの順位は経験年数の長さの順位と一致していることがわかる。経験年数の長い採点者は、実物で採点する際、経験の短い採点者と比べ、より多くの特徴を無意識に捉えて採点しており、画像上でもその特徴を無意識に捉えることで一致率が高くなったのだと考える。そのため、深層学習技術を用いることで、無意識で捉えている特徴を学習し、画像での採点ができるようになる可能性がある。

表1 不良項目全体における一致率（採点者別）

採点者	一致率 [%]				
	基板①	基板②	基板③	基板④	平均
A	42.7	31.2	48.3	32.1	38.6
B	24.8	29.7	30.8	13.0	24.6
C	17.8	23.2	25.5	22.6	22.3
D	14.6	36.5	12.6	22.4	21.5

また、二次元画像上での採点において不良項目によって不良を検出できる精度に差があるのかを検証するため、不良項目ごとに一致率を求めた。結果を表2に示す。表2より各一致率を見ると、不良項目ごとに一致率が大きく異なり、二次元画像での不良を検出できる精度に差があることが分かる。特にはんだ過剰は、一致率が平均で 32.8 % とあり不良項目

表2 全採点者分の一致率（各不良項目別）

不良項目	一致率 [%]				
	基板①	基板②	基板③	基板④	平均
はんだ過剰	31.5	32.1	38.3	29.1	32.8
はんだ不足	6.1	10.7	0.5	3.9	5.3
はんだのつもの	1.4	0.0	0.0	3.8	1.3
はんだの凸凹	17.3	20.9	2.1	8.6	12.2
リード高さ	1.4	0.0	100.0	19.0	30.1

の中で最も高いことが示された。リード高さに関しては、30.1 % となったが、不良の母数が少なかったため値が 0.0 % ~ 100.0 % と偏差が非常に大きく、信頼性が低い。また、はんだのつものにおいては、一致率が非常に低く、画像での採点が難しいことが示された。この結果から、画像による評価においてもっとも不良の検出が容易な項目は、はんだ過剰であると考えた。

### 4. まとめと今後の方針

本研究では、二次元画像でどこまではんだ付けを評価できるか検証した。今回の実験では、最も一致率が高い採点者が 38.6 % であり、二次元画像から評価できる可能性が示唆された。しかし評価補助システムとしては一致率が低く、実用は難しい。以下の事項について検証することで、一致率を上げることができると考えている。

経験年数が長い採点者が見ているはんだ付けの特徴を明らかにすることで画像に必要な特徴を分析する。また、最適なカメラの角度、照明の数や位置の検証。さらに基板に格子模様の投影も考えている。

導出された最適な画像をデータセットとして深層学習を行なうことで、経験者と同様の採点ができるようになると考えている。

#### 参考文献

- (1) 厚生労働省：“令和3年度「技能検定」の実施状況を公表します”，[https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage\\_27241.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_27241.html)（参照 2023.02.01）
- (2) I-Bit: FX-355xx 製品情報，<http://i-bit.co.jp/products/FX-355xx.html>（参照 2023.02.01）
- (3) KEYENCE：インライン 3D 外観・寸法検査の常識を変える インライン 3D 外観・寸法検査 画像処理システム XG-X シリーズ，[https://www.keyence.co.jp/products/vision/vision-sys/3d\\_vision/index\\_pr.jsp](https://www.keyence.co.jp/products/vision/vision-sys/3d_vision/index_pr.jsp)（参照 2023.02.01）
- (4) 杉山謙太郎，宮口達也，菊池久和，村松正吾，小林淳一：“画像解析によるはんだ付け外観検査のための有効特徴量の調査”，社団法人映像情報メディア学会技術報告，Vol. 33, No. 31, pp. 5-8, (2009)
- (5) 松嶋道也，福本信次，藤本公三：“はんだ接合部のニューラルネットワーク視覚検査における主成分分析を用いた入力次元削減効果”，エレクトロニクス実装学会誌，Vol.16, No.3, pp.206-216, (2013)