

# ステンレス鋼板の表面性状に関する定量的評価方法

泉川達哉、又吉天路\*1

株式会社アコールでは、顧客からの要望に応じてステンレス鋼板の表面にランダムな節目をつける仕上げ加工を行っている。現在、この仕上げ加工は電動サンダーを用いた手作業で行っているが、将来的に作業量の増加が予想されるため専用の加工機を製作し自動化を図ることになった。本報告では、作業の自動化のために必須である仕上げ加工後の表面性状に関する定量的な評価方法について示す。

## 1 はじめに

表面にランダムな節目のあるステンレス鋼板は、通常の鋼板よりも重厚感があるため、見た目を重視する精密機器などの外装板に多く活用されている。しかし、このようなランダムな節目のある鋼板は商品化されているものではなく、節目が必要な場合は、通常の鋼板を購入後、電動サンダーを使った手作業で1枚ずつ加工が行われている。

株式会社アコールでは、手作業での節目加工に作業者の多くの時間が費やされていることから、作業の自動化に取り組んだが、蛍光灯の映り込み具合などから目視で行っている従来の表面性状に関する判定方法をいかに定量化するかが課題となった。加工後の表面性状は、電動サンダーに取り付けたパッドの状態や押しつけ力、加工時間などによって変化する。

当センターでは、節目加工を行うとステンレス鋼板表面の見た目の色に変化が生じることに着目し、何らかの手法で鋼板表面の色を定量的に表すことができれば、作業者が感覚的に行っている合否判定を数値化できる可能性があると考え、色彩色差計による定量的評価の実施を提案した。

## 2 実験方法

### 2-1 予備実験

#### ①試験片の製作（図1）

手作業にて節目加工を適切に行った合格品（A）、表面の色が薄すぎる不合格品（B）、表面の色が濃すぎる不合格品（C）をそれぞれ10枚ずつ製作する。

#### ②色の測定（図2）

A, B, Cそれぞれのグループからランダムに5枚を選び、色彩色差計（MINOLTA製 CR-300）を用いて1枚につき3ヵ所（各グループ合計15ヵ所）の測定を行う。

#### ③判定基準の設定

測定で得られた数値を比較し合格品の判定基準を設定する。

定する。

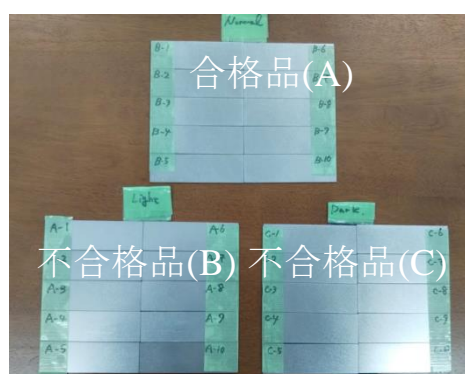


図1 予備実験で用いた3種類の試験片



図2 色彩色差計による測定

### 2-2 本実験

株式会社アコールにて製作した自動化装置を使って仕上げ加工を行い、色彩色差計による測定結果について合否判定を実施する。これまでに行っている目視での判定と比較することで、予備実験で設定した判定基準の妥当性を確認する。

今回使用した色彩色差計の測定ヘッドは、試料からの反射光を測定する試料測定部の他に、照明光源の光を直接測定する光源測定部を備えており、光源に微妙な変化

\*1株式会社アコール

があっても測定結果に影響がない仕組みとなっている。また、照明方式は、拡散照明垂直受光方式(JIS Z 8722)に準拠しており、ほぼ均等な輝度の光源であらゆる方向から試料を照らし、垂直方向の反射光を受光することができる。これは通常の視覚評価と平均的に最も一致している照明条件だとされている。

色彩の表示には様々な方法があるが、今回はL\*a\*b\*(国際照明委員会：CIE 1976(L\*a\*b\*))を用いた。

### 3 実験結果および考察

#### 3-1 予備実験

色彩色差計での測定で得られたL\*、a\*、b\*の値を図3～5に示す。これらの図には比較のため、未加工のステンレス鋼板(2B材)についての測定値も併せて示している。

図3、4のL\*およびa\*の値では合格品と不合格品が入り混じり、両者を分けることができないが、図5のb\*では合格品をその他から明確に区別できることが分かる。

図6はL\*、a\*、b\*を使った色度図のイメージである。色度図では、色相、彩度および明度によって色が表される。色相とは色の違いであり、a\*b\*平面における2次元座標で表される。a\*軸のプラス方向にいくほど赤、マイナス方向では緑となる。同様にb\*軸のプラス方向は黄、マイナス方向は青となる。彩度は色の鮮やかさの度合いで、a\*b\*平面における中心Oからの距離で表される。また明度はL\*軸で表される色の明るさの度合いであり、L\*=0では黒、L\*=100では白となる。これらのことから、色相を正確に表すためには、図5のb\*の値だけでなくa\*を含めた彩度  $C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$  を合否判定に用いることが適切であると考えられる。

彩度Cの算出結果は図7のようになる。同じ測定カ所と比較するとa\*の値はb\*の半分にもならない場合が多いため、彩度Cのグラフの様相はほぼb\*と同じである。図7から  $1.8 \leq C \leq 2.4$  を合格の範囲とした。また、合否判定には彩度Cの他に、明度L\*を含めた以下の色差による基準も設けた。

$$\Delta E^*_{ab} = ((\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2)^{0.5}$$

色差は図6における3次元空間座標(a\*,b\*,L\*)での2点間の距離である。ここでは、予め用意した合格品の平均的な3次元座標(a\*,b\*,L\*)=(71.9, 0.97, 2.07)との色差が1.5以下であることを判定基準として加えた。色差が1.5以下というのは、色差の程度の評価で「わずかに異なる」とされる差異である。

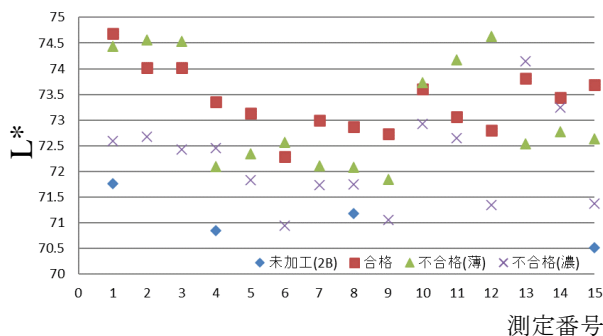


図3 測定結果 (明度L\*)

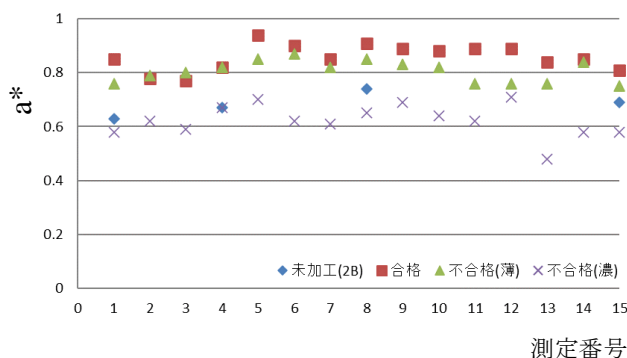


図4 測定結果 (a\*)

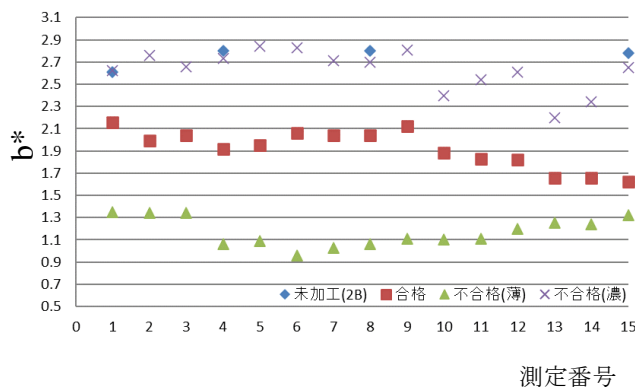


図5 測定結果 (b\*)

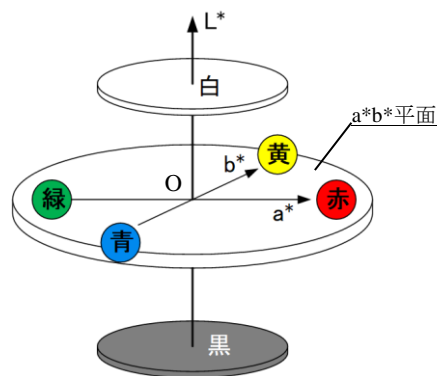


図6 L\*a\*b\*表色系色度図のイメージ

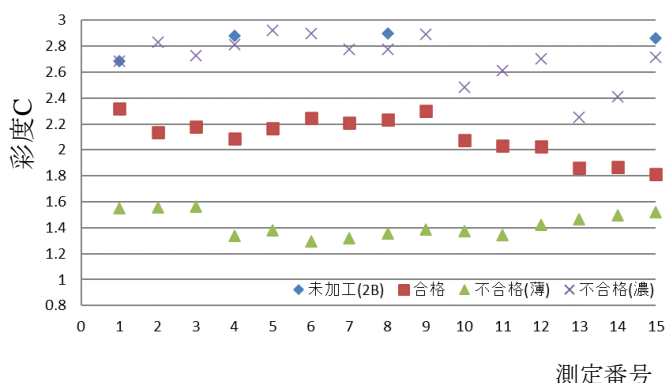


図7 測定結果 (彩度)

### 3-2 本実験

予備実験で設定した判定基準の妥当性を確認するため、製作した自動化装置にて実際に仕上げ加工を行い、表面の色を測定した。

図8に示すように、自動化装置は、地面に置かれた全体フレーム上を門型フレームがX方向に移動する構造となっている。門型フレームには、Y方向に移動可能な回転機構を持つ加工ヘッドが保持されている。本自動化装置では、ヘッドの回転速度レベルと鋼板への押し付け圧力、X,Y軸それぞれの駆動周波数を変えることで仕上げ加工の度合いが調整可能である。

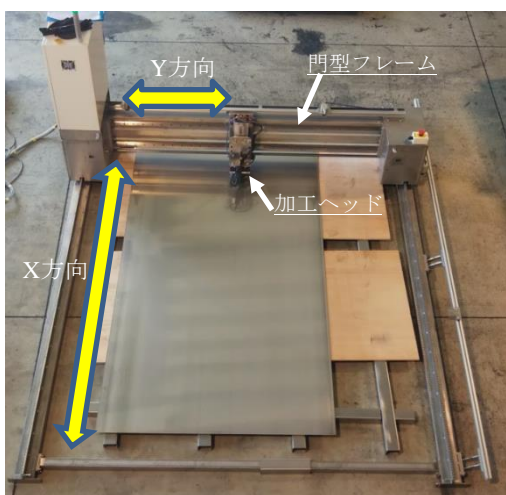


図8 製作した自動化装置 (上部から撮影)

表1に示す条件で試験片を製作し表面の色を測定した。それぞれの条件について試験片は3つずつ製作した。

図9に色の測定結果を示す。全ての条件について測定結果は3つの試験片の平均値である。図中、彩度Cは青色、色差 $\Delta E^*ab$ は赤色のプロットで示しており、彩度Cの合格範囲 ( $1.8 \leq C \leq 2.4$ ) と色差 $\Delta E^*ab$ の合格範囲 ( $\Delta E^*ab \leq 1.5$ ) を示す破線も併記した。横軸には条件番号を表示しており、彩度、色差とも合格範囲にある番

号を緑丸で囲っている。

測定結果を目視による判定と比較し、彩度および色差による可否の判定で特に問題が無いことを確認することができた。

表1 試験片の仕上げ加工条件

| 条件番号 | 回転速度レベル | 押し付け圧力 (MPa) | X軸駆動周波数(Hz) | Y軸駆動周波数(Hz) |
|------|---------|--------------|-------------|-------------|
| 1    | 4       | 0.05         | 65          | 10          |
| 2    |         | 0.04         |             |             |
| 3    |         | 0.03         |             |             |
| 4    |         | 0.02         |             |             |
| 5    | 3       | 0.05         | 65          | 10          |
| 6    |         | 0.04         |             |             |
| 7    |         | 0.03         |             |             |
| 8    |         | 0.02         |             |             |
| 9    | 5       | 0.05         | 65          | 10          |
| 10   |         | 0.04         |             |             |
| 11   |         | 0.03         |             |             |
| 12   |         | 0.02         |             |             |
| 13   | 3       | 0.035        | 20          | 10          |
| 14   |         |              | 41.8        |             |
| 15   |         |              | 61.99       |             |
| 16   |         |              | 83          |             |
| 17   | 3       | 0.035        | 83          | 5           |
| 18   |         |              |             | 22          |
| 19   |         |              |             | 34          |
| 20   |         |              |             | 53          |

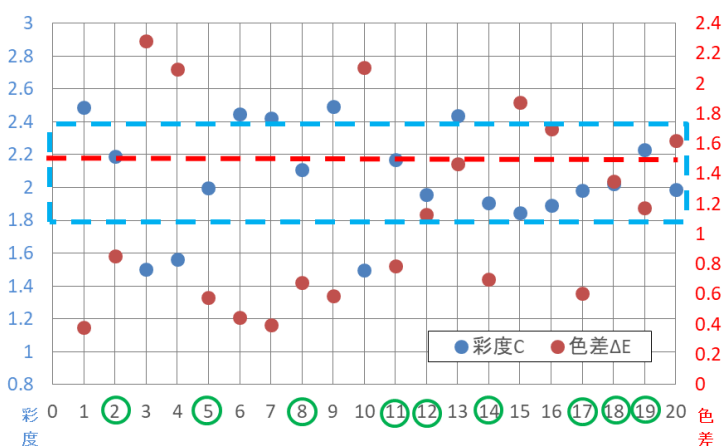


図9 色測定結果 (自動化装置での仕上げ加工)

### 4 まとめ

ステンレス鋼板の表面性状に関する定量的な評価方法として色彩差計による測定が有効であることを示した。

### 謝辞

本取り組みは令和2年度ものづくり生産性向上支援事業「鋼板(ステンレス)表面仕上げの自動化による生産性向上、2020技023」で実施したものである。

### 参考文献

- 1) 色彩色差計取り扱い説明書 ミノルタカメラ株式会社

## Quantitative examination of the surface properties of stainless-steel sheets

Tatsuya IZUMIKAWA, Tenro MATAYOSHI\*<sup>1</sup>

Okinawa Industrial Technology Center

\*<sup>1</sup>Accord Co.,Ltd.

Accord Co., Ltd. performs finishing processing to create random knots on stainless-steel sheets, as requested by customers. Currently, the finishing process is performed manually with an electric sander. To cope with the relevant workload, expected to increase in the future, we decided to manufacture a dedicated processing machine to automate this process. Our report shows a method for the quantitative evaluation of surface texture after the finishing process to realize automation.

編 集 沖縄県工業技術センター

発 行 沖縄県工業技術センター

〒904-2234 沖縄県うるま市字州崎 12 番 2

T E L (098)929-0111

F A X (098)929-0115

U R L <https://www.pref.okinawa.lg.jp/site/shoko/kogyo/>

著作物の一部および全部を転載・翻訳される場合は、当センターに

ご連絡ください。