

信号検出理論を応用した欠陥検査員の

技量評価に関する検討

滋賀大学 ○中川雅央 神奈川大学 中易秀敏 豊橋創造大学 三好哲也

An Evaluation for Inspection Skill of the Panel applying Signal Detection Theory

Masao NAKAGAWA, Hidetoshi NAKAKASU and Tetsuya MIYOSHI

1 緒 言

ものづくりにおいて、品質を最終的に決定する要素は人間の感覚に因るところが大きい。能力や熟練度を定量的に評価することで持続的に高品質化・効率化することを目指し、金属材料破面画像の欠陥検査時の人間の感覚に基づく品質検査について、検査員の欠陥検出特性を計測する実験システムを開発した。本稿では実験結果から欠陥情報に対する人間の感覚特性を定量的に検出確率で表現する技能評価法を提案する。

2 信号検出理論

信号検出理論¹⁾では、感覚刺激としての信号は常にノイズという背景の中から検出されるものとしている。欠陥検査においては、信号は欠陥情報、ノイズは欠陥以外の情報となる。検査員は感覚刺激を受けた時にノイズに信号が加わったものなのか、ノイズだけであるかを決定しなければならない。Fig. 1 に本提案手法の概念図を示す。検査員が検査画像を観察するとき、検査対象である画像中には信号とノイズが混在する。このとき、検査員が行う欠陥検査作業はその画像中に「欠陥が存在する」(yes)もしくは「欠陥が存在しない」(no)を決定することである。豊富な経験による技術の習熟と知識の蓄積によらなければ習得できない技量の定量的評価という観点に立ち、検査員の技量レベルを評価する方法を検討する。

3 実験方法

3.1 試料の作成

検査員の技能レベルを評価するため、クロムモリブデン鋼(JIS: SCM435)の金属ワイヤ疲労破断の検査破面に現われる亀裂の有無を検出する実験を行う。

画像診断による欠陥検査を想定し、試料として Fig. 2

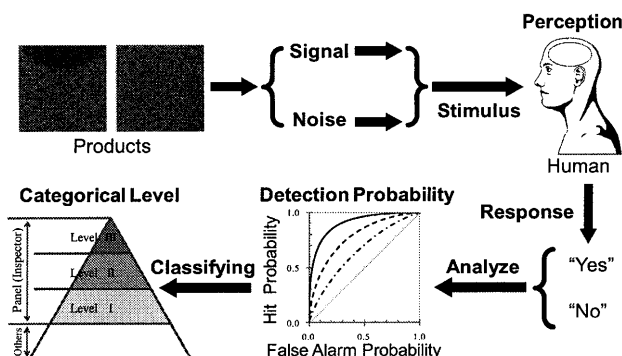


Fig. 1 Outline of perception measuring and decision by the signal detection theory.

に示す金属材料の破面の画像⁸⁾に基づいて、次の4種類の亀裂欠陥に分類した。

(a) Interior, (b) Surface, (c) Run out, (d) Fish-eye

Fig. 2 の各左側が元画像であり、右側が元画像にホワイトノイズを合成し人工的に作成した検査画像である。検査はこの画像に対して欠陥が存在すると感じれば“Yes”を、そうでなければ“No”を応答する。

欠陥を含む画像および欠陥の無い画像に対してホワイトノイズを合成したものを呈示し、被験者が欠陥の有無を判断し“Yes”, “No”の2件法で回答する方法とした。

ノイズ画像と元画像を合成する透過率は、グレースケール濃度が0から1の一様分布に従うホワイトノイズ画像80%に対して亀裂欠陥画像20%の比率の濃度とした。画像サイズは350×350 pixel、画像は90度単位で4方向にランダムに回転して表示される。1セットの試行反復回数は30回とし、その内で欠陥画像が含まれる割合を3/30, 9/30, 15/30, 21/30, 27/30の5の組み合わせとし、計150試行で欠陥1種類に対する1実験とし、4種類の欠陥毎に実験を行った。総試行回数は600回となる。

3.2 実験手順

画面に表示された画像に欠陥が含まれると判断した場合に Yes, そうでない場合は No で回答する。実験を開始する前に被験者に実験目的および実験方法を教示し、操作方法などを理解した上で実験を開始する。実験手順を以下に示す。

Step 1: 回答する前に欠陥の元画像を呈示して、画像の特徴を把握したのち回答を開始する。なお回答中には元画像は表示されない。

Step 2: 1セットの試行回数は30であるが、5セット150回を連続して回答する。なお、各セットの順番はランダムとし、30回中に欠陥画像が呈示される順番もランダムである。

Step 3: ホワイトノイズが合成された実験画像が呈示され、被験者の判断で Yes または No を回答する。

Step 4: 試行回数が150回に至るまで回答を繰り返す。

Step 5: 観測データ5セットから、横軸に信号検出確率、縦軸にノイズ検出確率とした空間に正規分布の確率関数を用いてROC曲線を描く。

Step 6: ROC曲線からノイズの分布をN(0,1)として、信号の分布の平均と分散を求める。

3.3 データ分析と評価方法

ROC曲線からは曲線下の面積であるAUC (area under curve) が得られ、Fig. 3 に示すようにその面積が大きい

ほど技量レベルが高いとの評価が可能となる。しかしながら、ROC 曲線は信号とノイズの相対的な関係のみ表現しているため、品質検査において重要な指標である分散を見出すことが難しい。そこで、指標の可視化としてノイズ分布を標準正規分布に基準化し、ノイズ分布の平均から信号分布の平均を引いた値を横軸に、縦軸に確率をとって信号分布を累積分布曲線で表現すると、Fig. 4 に示すように検出に必要な感覚刺激強度に対する欠陥検出確率が明示でき技量レベル毎の傾向を示している。

4 結果と考察

13 人の被験者に対して行った実験結果から Fig. 5 に示す結果が得られた。特に図中の被験者 B については分散が小さく、横軸の感覚刺激が弱くても高い検出確率であり、技量レベルが高いことが読み取れる。このことから技量評価の一つの指標となりうることを示された。

参考文献

- 1) 岡本安晴, “計量心理学 心の科学的表現をめざして”, 培風館, pp.87-123, (2006).

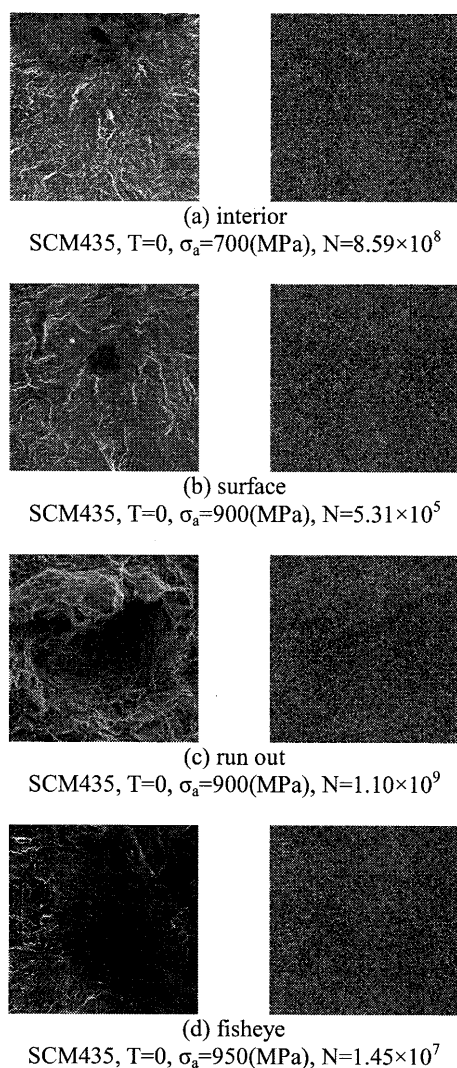


Fig. 2 Sample picture of fatigue crack on SCM435 ²⁾.

- 2) Tatsuo Sakai, et al., Proc. 5th Int. Sympo. on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, (2007).

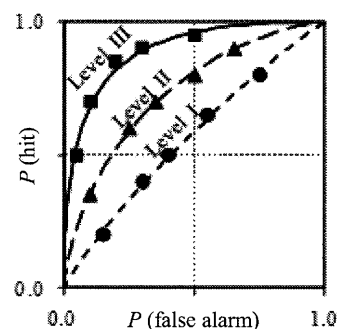


Fig. 3 ROC curve.

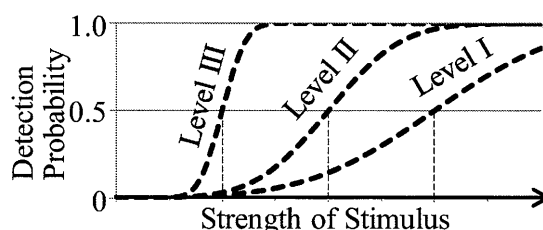


Fig. 4 Distribution of Inspection Skill Level

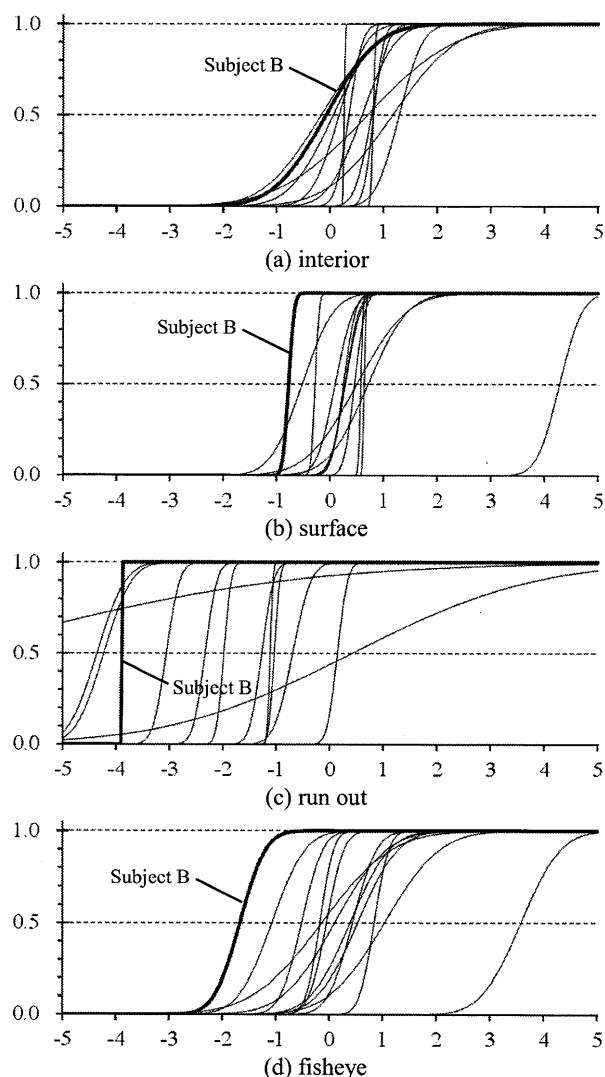


Fig. 5 Results of Detection Distribution.