

官能検査アルゴリズムの高度化

人の視覚特性をモデル化し、官能品質の向上を目指す

官能検査では、検査員による判定のばらつきや、同一検査員における体調や環境、習熟度による差異が大きな問題となっています。これに対し、人による官能検査を検査装置に置き換えたいというニーズがありますが、人と装置の検査結果を一致させることは難しく、現在でも、人による官能検査が行われています。

東芝は、品質特性の評価が困難である液晶ディスプレイ(LCD)の輝度むらをモチーフとして、人の感覚と対象の物理特性を関連付けるモデルを求めることで、官能検査アルゴリズムの高度化に取り組んでいます。

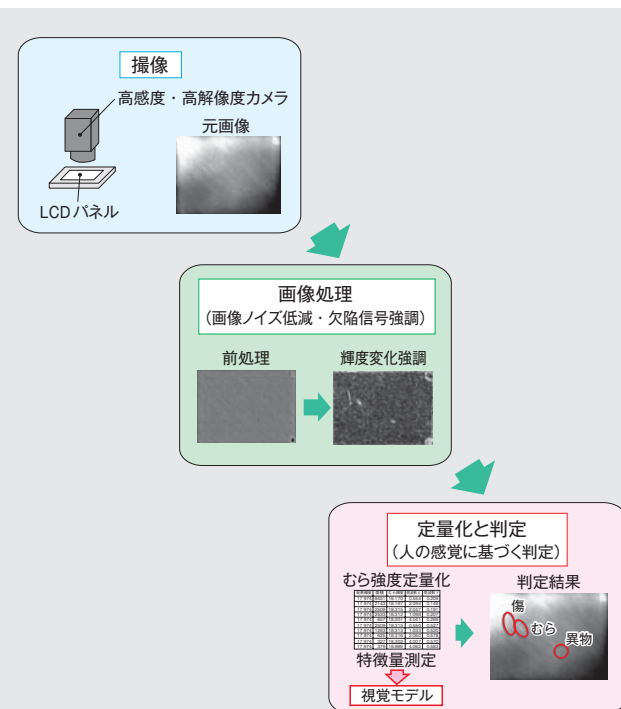


図1. LCDの輝度むら検査の自動化技術 — 輝度むら検査の自動化技術は、撮像、画像処理、及び定量化と判定の三つに大別されます。従来は、輝度むらのコントラストとサイズを特徴量として欠陥判定を行っていましたが、形状や背景輝度も考慮した視覚モデルをもとに輝度むらを定量化することで、人の感覚に近い検査が実現できます。

のばらつきをなくすことができません。

官能検査の問題点

官能検査とは、人間の五感(視覚、聴覚、臭覚、味覚、触覚)を用いて製品の品質の良しあしを判定する検査のことです。しかし、人の感覚によるため、検査員によって判定がばらついたり、同一検査員でも体調や環境、習熟度によって判定結果が変わってくるのが大きな問題となっています。

以下では、LCDの輝度むらの官能検査を例として考えます。一般に、輝度むらは明確な輪郭を持たず、形状も一様ではないため、欠陥のパリエーションは無数に存在します。そこで、検査員は、教育を通じていくつかの限度見本から各自の固有のものさしを感覚的に作り上げ、そのものさしに従って製品を検査することになります。しかし、検査員どうしのものさしを統一させることは困難であるため、判定結果

検査アルゴリズムの課題

東芝は、このような判定のばらつきをなくすために、官能検査の自動化に取り組んでいます。

LCDの輝度むら検査を自動化するためには、次の三つの技術が重要と考えられます(図1)。(1)LCDの輝度分布データを高精度に取得するための撮像技術、(2)画像から微小な輝度変化を抽出するための画像処理技術、及び(3)輝度変化の強弱を人の感覚に合わせて判定するための定量化技術です。(1)、(2)の技術については、カメラやコンピュータの性能向上に伴って大きく発達してきました。一方、(3)の技術については、人の感覚を定量化することが難しいため、むらの強弱は、むらのコントラストとサイズによって定量化されるものがほとんどでした。

しかし、輝度むらに対する人の感覚は、背景の明るさやむらの形状によっても変わります。これは、視覚内部のノイズや周波数特性によるものであり、官能検査アルゴリズムを高度化するためには、これらの視覚特性を考慮して、人が感覚的に作り上げたものさしをモデル化する必要があります。

視覚モデルの構築

視覚特性を表すモデルとして、Bartenモデル⁽¹⁾というものがあります。このモデルでは、人の感覚Sを次式で表しています。

$$S = \frac{M_{opt}(u) \times M_{lat}(u)}{km_n(u, L)}$$

この式で、 M_{opt} は視覚系の伝達関数、 M_{lat} は側枝抑制効果を表す伝達関数、 m_n は視覚内部のノイズ、 u はむらの空間周波数、 L は背景の明るさ、 k は定数を表しています。なお、Barten

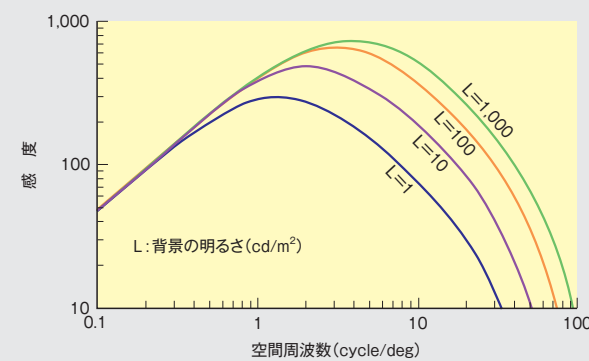


図2. 空間周波数に対する人の感度の変化 — 人の感度は、対象の空間周波数や背景の明るさによって変化しています。

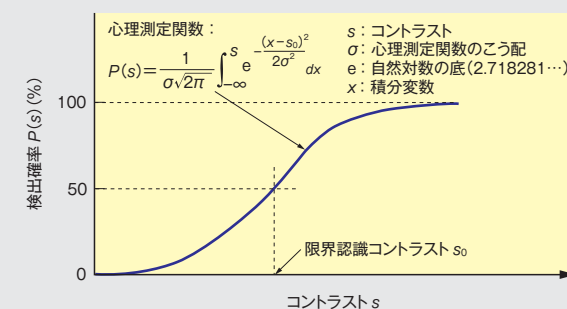


図3. コントラストと検出確率の関係 — 目視による検出確率は、コントラストに対して、心理測定関数に従って変化します。

モデルにおける感度とは、人が検出できる最小のコントラストの逆数をとったものです。

Bartenモデルによる対象の空間周波数に対する感度の変化を図2に示します。この図から、人の感度は、対象の空間周波数が1~5cycle/deg^(注1)のときにもっとも高くなるバンドパス特性を持っていることがわかります。

また、対象のコントラストが変化すると、目視による検出確率は図3のようなS字形の曲線(心理測定関数)に従って変化することが知られています。図中の s_0 は、人が検出できる最小のコントラストを表しています。

そこで当社は、Bartenモデルから求めた s_0 を使って、心理測定関数を作成しました。人の視覚特性とモデルを一致させるために、目視実験を通じ

(注1) 視野角1°(deg)あたりに含まれる信号の周波数(cycle)。

て各式のパラメータを調整し、視覚モデルを構築しました。

官能検査への応用

開発したモデルを検証するために、むらのコントラスト、空間周波数(形状)、背景の明るさを変えて人工的に作成した輝度むら画像を用い、人の感覚との相関を測定しました(図4)。

人工画像を人が目視で検査し、むらが見えたかどうかを複数回繰り返し測定して、むらごとに検出確率を算出します。一方、開発したモデルに従ってむらごとに評価値を算出します。

以上で求めた評価値と目視による検出確率との関係を図5に示しました。モデルが人の感覚に基づいて構築されているので、人の検査に近い結果が得られていることがわかります。

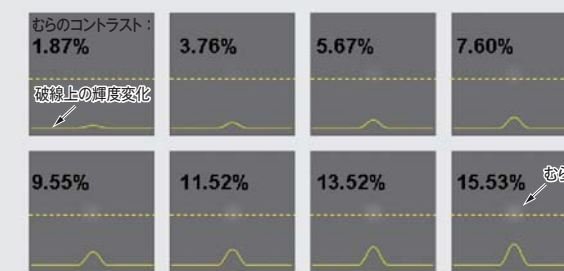


図4. 輝度むら画像の例 — 実験では、むらのコントラストと形状、背景の明るさを変えながら、目視で検出可否を測定します。

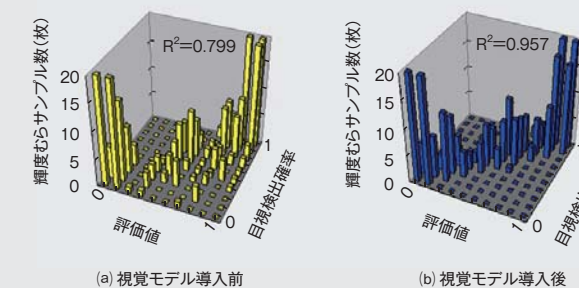


図5. 視覚モデル導入前後での目視検出確率と評価値の相関 — 横軸に輝度むらの強弱を算出した評価値、縦軸に目視検出確率、高さ方向に輝度むらサンプルの数をプロットしています。視覚モデルを導入すると評価値と目視検出確率の相関が高くなっていることが確認できます。

今後の展望

官能検査を高度化するためには、人が感覚的に作り上げた品質尺度をモデル化することが重要であると考えます。当社は、LCDの輝度むら検査をモチーフとして、官能検査を高度化する技術を研究してきました。今後は輝度だけでなく、色やテキストに対する品質尺度のモデル化も行って適用範囲を拡大し、当社製品の品質向上に貢献していきたいと考えています。

文献

(1) Barten, G. J. Contrast Sensitivity of the Human Eye and its Effect on Image Quality. Washington, SPIE, 1999, 208p.

岡本 陽介

生産技術センター
光応用システム技術センター研究主務