輝度むらの特徴量と視覚による検出時間の関係の分析

An Analysis of Relations between the Characteristics of Uneven Areas and Visual Detection Time

正会員 斉 藤 文 彦[†]

Fumihiko Saitoh[†]

Abstract An area of uneven brightness is a typical defect which influences the screen quality of a LCD display. At present in LCD manufacturing lines, inspection of such uneven areas depends on sensitive visual judgements by skillful inspectors. To automate the inspection process, an inspection system is required which can determine the degree of defect of uneven areas using a visual recognition system with a discriminatory capability similar to human sight. An evaluation of the relation between the characteristics of uneven areas and their visual conspicuity degree is also needed. This paper describes experiments to evaluate the characteristics of uneven areas that influence human visual perceptibility. The experimental results show that contrast, location, diameter, aspect ratio, width and length influenced visual perceptibility.

キーワード：液晶ディスプレイ，輝度むら，官能検査，画質検査，心理実験

1. ま え が き

近年、ノートブックパソコンの普及に伴い、液晶ディスプレイ (LCD) が量産されている。LCD の生産工程の多くは、最新の生産技術によって自動化が達成されている。しかし、LCD を点灯した際に知覚される欠陥検出を目的とした画質検査に関しては、熟練検査員の視覚による官能検査に頼っているのが現状である¹⁾。これは、LCD の画質に影響を及ぼす欠陥の程度が極めて軽微であり、しかも種類や発生パターンが多様なため、欠陥を明瞭な画像として取得できるセンシング手法や信頼性の高い欠陥検出アルゴリズムの開発が困難なことが原因と思われる。さらに、欠陥の検出が可能であっても、その欠陥度を人間が視覚的に感じる知覚しやすさと関連付けて評価できない点も、画質検査の自動化が困難である大きな原因となっている。

LCD の画質欠陥の中でも特に発生頻度が高いものが、画面全体に大局的に発生する輝度むらである。輝度むらは、一般的に、周辺部との輝度差が極めて小さく、また、種類、位置、大きさ、形状等が不定である。そのため、視覚によっても検出は容易ではなく、疲労を伴う検査作業が必要となる。また、良否判定が、検査員個人の主観的な判

断に頼っていることも問題となっている。輝度むらの検査を自動化するためには、輝度むらを検出するだけではなく、欠陥度を人間の視覚に近い判定基準によって評価できる検査装置が必要となる。そのためには、輝度むらのセンシング手法、検出アルゴリズムの開発と共に、輝度むらが持つ各種の特徴量が人間の視覚に及ぼす影響を分析する必要がある。最近、LCD の輝度むらを画像処理によって検出する手法がいくつか提案されているが²⁾³⁾、視覚心理まで考慮した欠陥度の評価を行っていない。他には、輝度むらの境界部分の輝度変化と人間の感覚を評価した研究⁴⁾、CRT の白色均一性の定量的評価のための研究⁵⁾等が報告されているが、輝度むらの視覚的な欠陥度をより多角的に評価する研究はほとんど報告されていない。また、LCD の輝度むら検査に限らず、工業分野における官能検査の自動化は重要な研究テーマとなっているが⁶⁾、視覚心理実験の結果を検査システムに应用する研究は、ほとんど事例がない。本論文では、人間が輝度むらを検出する際、輝度むらに関する各種の特徴量が視覚的な知覚しやすさに与える影響を把握するために実施した各種の実験結果と、得られた知見の LCD 検査システムへの応用について述べる。

2. 輝度むら検査の現状

LCD の生産工程では、一般的に最終製品の全数に関して視覚による画質検査が行われている。特に輝度むらの視覚検査では、代表的な欠陥見本と検査対象品を並べて比較することによって、感覚的に良否を判定することが多い。輝度むらの欠陥度は、極めて軽微なことが多いため、例え

1997 年 9 月 29 日受付，1998 年 3 月 5 日最終受付，1998 年 3 月 16 日採録

[†] 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

(〒020-0173 岩手県滝沢村滝沢字菓子地内，TEL 019-694-2000)

[†] Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

(Takizawa, Takizawa-mura, Iwate 020-0173, Japan)

表 1 LCD 画面上の輝度むらの種類と特徴
Types and characteristics of uneven areas on LCD displays.

種類	特徴		発生パターン
領域むら	干渉縞	ほぼ円形 境界が不明瞭 直径 5～40mm
	黒点	小さくほぼ円形 周辺との輝度差がやや大きい 直径 2～10mm
	白むら	不定形 周辺との輝度差が小さい 大きさ 5～20mm
	かしめむら	画面周辺部に発生 帯状 長さ 10～150mm, 幅 2～10mm
線状むら	線むら	水平または垂直の線状 長さ不定 幅 1～3mm 程度
	ラビすじ	斜め 45° 方向の線状 長さ不定 幅 1～3mm 程度

図 1 輝度むらの例 (干渉縞)
A sample uneven area defect (Interference ring).

ば、ある検査員が同一製品の視覚検査を行った場合、疲労状態によって良否判定結果が異なるという事態が起こりうる。また、同一の輝度むらであっても、検査員個人によって判定結果が異なることもありうる。さらに、製品の出荷元と受入先で同一の基準に従って欠陥度を評価することは、品質管理のための重要な条件であるが、これも現状では実現が困難である。以上のような背景から、輝度むらの欠陥度に関する客観的な評価方法が必要となっている。

表 1 は、LCD の代表的な輝度むらの種類と特徴を示す。輝度むらの状態は製品によって異なり、極めて多様である。さらに、種類、形状、位置、大きさ等はまったく不定である。種類としては、干渉縞、黒点、白むらのような領域むらと、線むら、ラビすじのような線状むらに大別される。図 1 に輝度むらの例を示す。画面中心部のやや左下側領域に、周辺部と比較して僅かに暗い円形の干渉縞があり、また、その左上に周辺より僅かに明るい円形の干渉縞が存在している。輝度むらの視覚検査は、製品の搬送作業が可能な程度の薄暗い環境で、画面全体を一様なモノクロの中間階調の輝度で設定して行われる。多くの輝度むらは、この中間階調の画面を表示した場合に最も目立つ。

3. 知覚しやすさに影響を与える特徴量

輝度むらの知覚しやすさに影響を与える特徴量としては、輝度むら領域と周辺部との輝度差、画面内における位置、大きさ、形状等が考えられる。例えば、周辺部との輝度差が僅かで画面の端に存在する輝度むらよりも、輝度差が大きく画面の中央付近に存在する輝度むらの方が知覚しやすいことが予想される。また、線状むらの場合、その方向、幅、長さ等の要因によって知覚しやすさが変化する可能性がある。そこで、輝度むらに関する特徴量と知覚しやすさとの関係を分析するために、擬似的に発生させた輝度むらを被験者に提示し、その輝度むらを検出するために要する時間を測定する実験を行った。

4. 視覚実験の条件

被験者数は 16 名、年齢は 20 歳代から 50 歳代までの男女とした。被験者は、すべて LCD の輝度むら検査に関する経験者であり、検査経験期間の最長は 11 ヶ月、最短は 2 日である。実際の輝度むら欠陥に相当するような、僅かな輝度差を持つ擬似的な輝度むらを LCD 画面に表示することは困難であったため、微妙な輝度階調を表示できる 14 インチのブラウン管方式のディスプレイを実験用の表示装置として用いた。ディスプレイに表示する実験用画像の画面サイズは、画質検査の対象となる LCD の画面サイズに合わせて 10.4 インチとした。したがって、ディスプレイの周辺領域は使用しない。これは、ディスプレイ周辺部における輝度低下の影響を軽減し、実験画像全体にわたって極力均一な背景輝度を実現するためでもある。実験用画像は、縦 360×横 480 画素にて構成される。検査工程では、LCD の画面全体を一定の輝度階調に設定して検査作業を行っているが、この時の画面輝度は、輝度計による計測値で 30 cd/m² から 50 cd/m² 程度であった。そこで、実際の検査工程とはほぼ同様な環境を実現するために、実験用画像の中央部の背景輝度を 40 cd/m² とした。この場合、画像周辺部の輝度は、ディスプレイの性能上、中央部と比較して最大で 2.8% 低く、画像全体の輝度は厳密には均一ではない。しかし、この輝度変化は、画像中央部から四隅にかけて極めて緩やかであり、視覚的には均一と感じられるため、実験に与える影響はほとんど無視できると考えた。また、実験室内の明るさも画質検査室と同様に約 30 lx に設定した。被験者の眼の位置は、図 2 に示すように、実際の検査工程におけるスペックと同様、画面の鉛直線上の 60 cm の距離とした。

実験は、輝度むらが持つ各種の特徴量と、被験者が輝度むらを検出するために要する時間の関係を評価する目的で行った。輝度むらの特徴量としては、周辺部との輝度差、画面上の位置、直径、縦横比、楕円または長方形の形状、線状むらの方向、幅、長さの計 8 種類である。各実験では、以上の特徴量を変化させた種々の輝度むら画像が 100

図 2 画面と被験者の位置関係
Relative position between the display and a subject.

枚、順に被験者に提示される。各輝度むら画像には1つの輝度むらが含まれている。被験者は、画像内の輝度むらを発見したらボタンを押し、画像表示からボタンが押されるまでの時間を測定する。ボタンが押されてから次の画像が表示されるまでは、残像の影響を回避するために黒色画面を5秒間挿入した。被験者には、各実験の開始前に、その実験において表示される輝度むらの大まかな形状と、変化する輝度むらの特徴量を伝えた。また、輝度むらを見つけたと確信した時点でボタンを押すよう指示を与えた。各実験では、すべての被験者による輝度むらの検出時間の平均値を測定結果としているが、被験者間のばらつきも把握するために、結果を表すグラフ内に測定値の標準偏差の範囲を太い縦線で示している。

5. 実験と考察

5.1 輝度差と検出時間の関係

背景輝度に対して僅かに輝度の異なる輝度むらを被験者が検出するために要する時間を測定した。表示する輝度むらは直径 24 mm の円形とした。この円の視角は 2.3° となる。輝度むらは、パターンジェネレータによって発生させ、背景輝度に対する輝度階調差は 1 から 4 レベルの範囲とした。これら 4 種の輝度階調差レベルを持つ輝度むらは、画面中央部では、背景輝度 40 cd/m^2 に対して各々 0.6 cd/m^2 , 1.2 cd/m^2 , 1.9 cd/m^2 , 2.7 cd/m^2 だけ明るい。これらレベル 1 から 4 までの輝度階調差の中からランダムに選んだ輝度階調差を持つ輝度むらを画面内のランダムな位置に表示した。結果を図 3 に示す。レベル 1 の輝度むらの検出には多くの時間を要した。これは、画面全体を隈なく走査し、しかも凝視し続けることで、ようやく知覚可能なほどの輝度差であるためである。レベル 2 の輝度むらの検出時間は、レベル 1 の輝度むらと比較してほぼ 1/10 と大幅に短縮している。これは輝度差が 0.6 cd/m^2 以上になると、輝度むらが急激に知覚されやすくなることを意味している。ただし、レベル 2 の場合でも、画像が表示された瞬間に輝度むらを知覚することは困難であり、やはり画面内の走査と凝視が必要となる。レベル 3 およびレベル 4 の輝度むらは、画像表示後、ほぼ瞬時に知覚されているが、

図 3 輝度むらの輝度差と検出時間の関係
Relation between contrast of uneven area and detection time.

A 1.45 (0.35)	B 1.28 (0.34)	C 1.77 (0.81)
D 1.23 (0.49)	E 0.99 (0.33)	F 1.21 (0.40)
G 1.87 (0.75)	H 1.56 (0.74)	I 1.74 (0.67)

図 4 輝度むらの位置と検出時間の関係 (単位: sec)
Relation between location of uneven area and detection time (sec).

やはり背景との輝度差が大きいほど検出時間は短くなっている。以上の結果から、背景輝度に対して輝度差が大きい輝度むらほど知覚されやすいといえる。これは、背景輝度が一定ならば、背景との輝度差が小さな面ほど知覚するための時間を要するという、時間的加重が明るさの弁別閾において生じるという視覚の心理学実験の結果⁷⁾とも一致する。

5.2 位置と検出時間の関係

次に、直径が 24 mm の輝度階調差レベル 2 の円形輝度むらを画面内のランダムな位置に表示し、被験者が検出に要する時間を測定した。画面を縦、横方向共に 3 等分した 9 つの領域内に存在する輝度むらの平均検出時間を図 4 に示す。括弧内の数値は標準偏差である。画面中央領域 E が最も検出時間が短く、画面端になるにつれて検出時間を要している。また、画面中央領域 E に対して左右の領域 D, F よりも上下の領域 B, H の方が検出時間を要している。これは、画像が表示された直後、被験者はまず画面中央領域を観察し、次に左右の領域を観察し、その後、上領域、下領域の順に視点を移動させる傾向があるためと考えられる。更に、画面左上領域 A は、他の画面四隅領域 C, G, I と比較して検出時間が短い。これは、画面左上領域は、雑誌等の横書きの文書やワープロ画面に表示されるテキスト文書等がこの領域から始まるために特別な意味を持っており、四隅の中では最初に観察される可能性が高いためと推測される。

5.3 大きさと検出時間の関係

次に、直径が 8 mm から 144 mm までの範囲のランダ

図 5 輝度むらの直径と検出時間の関係
Relation between diameter of uneven area and detection time.

図 6 輝度むらの縦横比と検出時間の関係
Relation between aspect ratio of uneven area and detection time.

ムな値を持つ輝度階調差レベル 2 の円形輝度むらを画面内のランダムな位置に表示し、被験者が検出に要する時間を測定した。図 5 に結果を示す。横軸は、被験者から見た円形輝度むらの視角を表す。視角が 2.3° 未満では多くの検出時間を要し、しかも検出時間の変化も大きい。視角が 2.3° 以上では検出時間の変化は緩やかになり、視角が 8° 以上ではほぼ一定値となっている。したがって、円形輝度むらの視角が 2.3° 以上になると急激に知覚されやすくなり、それ以降、知覚されやすさはそれほど変化しないと思われる。今回の実験条件では、視角 2.3° の円形輝度むらの直径は 24 mm となる。

5.4 縦横比と検出時間の関係

次に、輝度むらの形状を表すひとつの尺度として、楕円形の輝度むらの縦横比を変化させた場合の検出時間を評価する実験を行った。縦横比が 1 から 25 までの範囲のランダムな値を持つ輝度階調差レベル 2 の楕円形の輝度むらを画面内のランダムな位置に表示し、被験者が検出に要する時間を測定した。楕円の面積は一定であり、直径 24 mm の円と同一とした。また、楕円の軸方向はランダムである。図 6 に結果を示す。楕円の縦横比が増加するに従って検出時間は減少している。また、縦横比が小さい範囲では検出時間の変化が大きく、縦横比が増加するに従って一定値に近づいている。この結果から、視覚的には、円形に近い輝度むらよりも、扁平した線状に近い輝度むらの方が知覚しやすいことが推測される。すなわち、輝度むらの面積よりも視角の最大値の方が知覚しやすさにより大きな影響を与えと考えられる。

図 7 楕円および長方形の輝度むらの面積と検出時間の関係
Relation between sizes of elliptical and rectangular uneven area and detection time.

図 8 線状むらの方向と検出時間の関係
Relation between direction of uneven line and detection time.

5.5 楕円形または長方形と検出時間の関係

次に、楕円形の輝度むらと長方形の輝度むらの知覚しやすさの差を評価する実験を行った。輝度階調差レベル 2 のランダムな縦横比を持つ楕円形の輝度むら、またはこの楕円の外接長方形の輝度むらを画面内のランダムな位置に表示し、被験者が検出に要する時間を測定した。結果を図 7 に示す。横軸は楕円形の輝度むらの外接長方形の面積または長方形の輝度むらの面積を表す。したがって、楕円形の輝度むらの面積の方が、長方形の輝度むらの面積よりもやや小さくなる。結果は、両者の差異はほとんど認められなかった。また、平均検出時間は、楕円形が 768 ms、長方形が 778 ms となり、やはり大きな差はなかった。

5.6 線状むらの方向と検出時間の関係

次に、線状の輝度むらに関する実験を行った。線状むらは、表 1 に示したように、画面に対して水平または垂直方向に発生する線むらと、画面に対して斜め 45° 方向に発生するラビズジが代表的である。これらの線状むらの方向と知覚しやすさの関係を評価するために、水平、垂直、右上がり 45° 、右下がり 45° 方向のいずれかの方向を持つ輝度階調差レベル 2 の線状むらを画面内のランダムな位置に表示し、被験者が検出に要する時間を測定した。線状むらの幅は、最も発生頻度が高い実際の線状むらの幅と同様の 2 mm (視角 0.19°) とし、長さは 120 mm (視角 11.3°) とした。結果を図 8 に示す。水平方向の線状むらの検出時間がやや短い。方向によって大きな差は認められなかった。水平方向の線状むらがやや知覚しやすい原因は、実験用表示装置として用いたディスプレイの走査線の方角と一

図 9 線状むらの幅と検出時間の関係
Relation between width of uneven line and detection time.

図 10 線状むらの長さで検出時間の関係
Relation between length of uneven line and detection time.

致しているためと思われる。

5.7 線状むらの幅と検出時間の関係

線状むらの幅が知覚しやすさに及ぼす影響を評価するために、幅が0.4 mmから8 mm、すなわち視角が0.038°から0.76°までの範囲のランダムな値を持つ輝度階調差レベル2の線状むらを画面内のランダムな位置に表示し、被験者が検出に要する時間を測定した。線状むらの方向は、上述の4方向の中からランダムに選んだ方向とし、長さは視角11.3°(120 mm)とした。結果を図9に示す。幅が視角0.038°(0.4 mm)の線状むらは、知覚が極めて困難であったが、幅が0.076°(0.8 mm)以上になると急激に知覚されやすくなった。また、線幅が狭い範囲では検出時間は急激に減少し、線幅が視角0.2°(2.1 mm)以上では検出時間はほぼ一定となった。したがって、線幅が0.2°以上あれば、知覚しやすさにはほとんど影響がないと思える。ここでオシロスコープ画面上の矩形波を用いて、空間周波数に対する視覚の応答感度を評価した実験⁹⁾によると、矩形波の幅が視角0.2°未満の範囲では、矩形波の幅が増加するにつれて急激に感度が高くなり、幅が0.2°以上の範囲では、感度は高い状態で保持されている。今回の実験では、この空間周波数に対する視覚の評価実験とほぼ同様な結果が得られたと考えられる。

5.8 線状むらの長さで検出時間の関係

次に、線状むらの長さが知覚しやすさに及ぼす影響を評価するために、長さが4 mmから120 mm、すなわち、視角が0.38°から11.3°までの範囲のランダムな値を持つ輝度階調差レベル2の線状むらを画面内のランダムな位置に表示し、被験者が検出に要する時間を測定した。線状むらの方向は、上述の4方向の中からランダムに選んだ方向とし、線幅は視角0.19°(2 mm)とした。結果を図10に示す。長さが視角0.76°(8 mm)以下の線状むらは、知覚が極めて困難であったが、長さが1.14°(12 mm)以上になると知覚されやすくなった。また、長さが視角2.3°(24 mm)以下の短い範囲では検出時間は急激に減少し、それ以上では検出時間は緩やかに減少している。以上の結果から、線状むらが長いほど知覚しやすと考えられる。

5.9 被験者の検査経験と検出時間の関係

以上の実験に関する結果グラフからわかるように、特に

図 11 検査経験期間と総検出時間の関係
Relation between career of inspector and total detection time.

知覚に検出時間を要する輝度むらの場合、測定値に関する被験者間のばらつきが大きい。各被験者ごとの実験結果を評価したところ、図11に示すように、画質検査工程における経験期間が長い被験者の方が、経験期間が短い被験者よりも輝度むら検出に要した総合時間が短いという結果を得た。ここで、経験期間が2週間以内、1ヵ月から3ヵ月、6ヵ月以上の被験者数は、各々3名、4名、3名である。つまり、検査経験を積むことによって輝度むらの検出能力がかなり向上すると考えられる。特に輝度差が小さい、直径が小さい、あるいは幅や長さが小さい場合のように、知覚しにくい輝度むらほど熟練者と初心者の差が大きい傾向にあった。一方、被験者の年齢、性別による結果に関する大きな差異は認められなかった。

6. LCD 検査システムへの応用

以上の結果から、輝度むらが持つ各種の特徴量が、人間にとっての知覚しやすさに影響を与えることがわかった。次のステップとして、得られた知見の一部をLCD検査システムにおける欠陥判定の基準として利用した。

図12に開発したLCD検査システムの構成を示す。1280×960画素の高解像度冷却モノクロCCDカメラによって、LCDの画面全体が撮影される。高解像度カメラを用いている理由は、輝度むら以外に、微細な画素欠陥も検出するためである。回転式カラーフィルタは、色むら検出と画素欠陥の色判定のために用いる。カメラの輝度階調は、低コントラストの輝度むらを検出するために4096レベルとしている。画質検査に必要なすべての画像処理はパ

図 12 LCD 検査システムの構成
Configuration of the LCD inspection system.

図 13 輝度むら検出処理の流れ
Flow-chart of the process for detecting uneven areas.

パーソナルコンピュータによって実行される。図 13 に輝度むら検出処理の過程を示す。まず、撮影した高解像度画像から、近傍画素間の平均化処理によって 3 種類の異なる解像度を持つ多重解像度画像を生成する。この場合、輝度むらの発生位置によって検出感度が変化しないように、画素位置を 2 次元的にずらしながら、各解像度ごとに複数の画像を生成する。次に、多重解像度画像に対して各種の空間微分処理を施し、微分値が閾値以上の部分を領域むらとして抽出する。また、画像の縦、横、斜め方向に微分値を累積する射影処理を行い、これら 1 次元の射影結果が閾値以上の場合は、線状むらとして抽出する。輝度むら部分と周辺部との輝度差が約 0.5 cd/m^2 以上あれば、検査システムによって抽出が可能である。図 14 は、空間微分処理によって、図 1 に示した干渉縞を検出した結果である。次に、抽出した各輝度むらに関して、周辺部との輝度差、面積、位置、形状を計測する。5 章にて述べた視覚実験では、輝度むらの特徴量として、輝度差が 0.6 cd/m^2 以上、位置が画面中央部、大きさが直径 24 mm 以上、幅が 0.8 mm 以上、長さが 12 mm 以上の場合に知覚されやすいという結果が得られた。これらの結果から、表 1 に示した干渉縞や

図 14 輝度むら検出結果の例 (干渉縞)
A detected uneven area defect (Interference ring).

黒点のような領域むらに関しては、周辺部との最大輝度差が 0.6 cd/m^2 以上、位置が画面中央部、最大径が 24 mm 以上の条件のいずれかを満たす場合、視覚的に目立つ欠陥の可能性が高いとして、検査システムは、この LCD を欠陥品候補と判定する。線状むらの場合は、輝度差が 0.6 cd/m^2 以上、位置が画面中央部、幅が 0.8 mm 以上、長さが 12 mm 以上の条件のいずれかを満たす場合、欠陥度が高いと判断して、欠陥品候補とする。各特徴量に関して、条件のいずれかを満たす場合に欠陥品候補とした理由は、検査スペックを厳しく設定することによって、欠陥の検出漏れを防ぐためである。システムによって欠陥品候補と判定された LCD は、目視検査によって再検査が行われる。545 枚の LCD をシステムによって検査した結果、89 枚が欠陥品候補と判定された。これらの中で 86.5% にあたる 77 枚が目視検査の結果も欠陥と判定され、残る 12 枚は良品と判定された。また、システムが良品と判定した残る 456 枚は目視検査の結果もすべて良品であり、欠陥の検出漏れは存在しなかった。現状では、検査システムが欠陥品候補を選別するため検査の省力化は実現されているが、完全な自動化までは至っていない。これは、実際の輝度むらの状態は、実験に用いた画像よりもはるかに多様であるためである。例えば、形状も複雑であり、周辺部との輝度差や輝度変化の状態も輝度むらの境界位置によって異なる。今回の各実験では、輝度むらの特定の特徴量のみを変化させたが、現実には、すべての特徴量に変化の中で総合的な評価を行う必要があり、この欠陥度の総合判定が今後の課題である。

7. む す び

LCD 画面上に知覚される輝度むらの欠陥度の定量化を目標に、輝度むらが持つ各種の特徴量と、人間が輝度むらを検出するために要する時間との関係を評価した。その結果、背景との輝度差、画面内の位置、直径、縦横比、線

幅，長さが輝度むらの知覚しやすさに影響を与えることがわかった。また，輝度むらの形状が楕円形か長方形かの違い，線状むらの方向に関しては，知覚しやすさにほとんど影響を与えないことがわかった。更に，直径，線幅，長さに関しては，値が小さな範囲の場合，急激に知覚しやすさが変化することがわかった。今後は，各種の輝度むらに関するより詳細な視覚への影響要因の解析，得られた特徴情報からの総合的な欠陥度の判定，そして，より人間に近い判定基準を持つ検査システムを開発することが課題である。

【文 献】

- 1) 齊藤文彦，谷口祥之，豊田芳隆，三村英規：“画質検査定量化への試み”，電子ディスプレイフォーラム 94 講演集，pp. 132-137 (1994)
- 2) 野尻，藤田，安富，東原，人見，大隅：“LCD 映像検査装置の開発”，第 8 回外観検査の自動化ワークショップ，pp. 62-65 (1996)

- 3) 齊藤文彦：“遺伝的アルゴリズムによる液晶ディスプレイ領域輝度むら検出”，画電学誌，25, 5, pp. 514-521 (1996)
- 4) 棚澤 信，鈴木俊彦，下園裕明：“液晶表示素子の表示むら評価技術の開発”，第 8 回外観検査の自動化ワークショップ，pp. 7-11 (1996)
- 5) 浅野敏郎，川目啓介，望月 淳，福原信雄：“カラー CRT ディスプレイの白色均一性定量評価”，信学論，J73-D-II, 6, pp. 830-839 (1990)
- 6) 石井 明：“画像応用検査・計測技術の展望”，精密工学会誌，61, 5, pp. 603-604 (1995)
- 7) 大山 正：“明るさの知覚，視覚情報処理（田崎京二，大山 正，樋渡涓二（編）），第 2.1 節，朝倉書店 (1979)
- 8) 椎名 健：“形の知覚，視覚情報処理（田崎京二，大山 正，樋渡涓二（編）），第 2.3 節，朝倉書店 (1979)

さいとう ふみひこ
齊藤 文彦 1981 年，慶応義塾大学工学部数理工学科卒業。同年，日本アイ・ビー・エム(株)入社。1995 年，(株)日立製作所中央研究所入所。1996 年，立命館大学大学院理工学研究科博士後期課程修了。1998 年，岩手県立大学ソフトウェア情報学部助教授。マシンビジョン，視覚情報処理，マルチメディアシステムに関する研究に従事。工学博士。正会員。