LEDを用いた個人観賞型カラー動画ホログラフィ装置の開発

Development of a Full-Color Electro-holographic Display Using LEDS

正会員 高野 邦彦[†], 尾花 一樹^{††}, 和田 加寿代^{††},
田中 武^{††}, 正会員 佐藤 甲 癸^{††}Kunihiko Takano[†], Kazuki Obana^{††}, Kazuyo Wada^{††}, Takeshi Tanaka^{††} and Koki Sato^{††}

Abstract Electro holography is a technique that can reconstruct moving color 3D images. Recently, several methods using a white light source or laser waves have been tested. However, since the reconstructing waves are applied closely approximated to the plane waves, the system tends to be very complicated and, hence, difficult to make smaller. In this paper, we examine a virtual image observing process using LED as a reference beam and analyze the color characteristics of the process. The results showed excellent color characteristics.

キーワード：動画ホログラフィ, LED, フルカラー再生, 虚像再生, 色特性

1. ま え が き

動画ホログラフィの一つの方式として, 電氣的に干渉縞を形成したLCDパネルから, 空間に回折波面を形成させ, それらを干渉させることで動く立体像を空間再生する手法がある¹⁾²⁾. しかし, 表示デバイスの特性から, 大きな立体像を表示することが困難であるため, これまではレンズを用いた像拡大法を検討することが一般的であった³⁾⁴⁾. しかし, レンズを用いた再生法では, 視域と像サイズがトレードオフの関係にあり, 広い視域で大きな像を表示することは困難であった. さらに, インコヒーレント光を用いて像再生を行う場合には, ホログラム面と再生像表示位置の間の距離を長くすると, ボケの影響が無視できなくなるという問題がある⁵⁾. これらのことから, インコヒーレント光を使用した場合には, 小型観賞装置を構築することが現実的な選択肢となると考えられる. 他方, これまで検討されてきた手法では, 共通して再生照明光を平面波に近づけていたため, 装置構成が煩雑になる傾向があり, 小型単純な装置化への大きな障害となっていたと考えられる. そこで本論文では, インコヒーレント光を参照光とした従来とは異なる, 小型観賞装置の作成を検討する. 提案手法では以下の理由からLED^{4)~7)}を光源に用いている.

- (1) メタルハライドランプ^{3) 8)}に比べ, 光源サイズが小さいため⁷⁾, 光源の広がり起因するボケ⁵⁾の軽減を行う上で有効である.
- (2) 高輝度である上に, 発生熱量が小さいので装置の小型化を図る上で有効である.
- (3) 発光波長スペクトルが狭帯域であるため, 再生像の色表示およびボケ軽減に対し, 有効である.
- (4) 白色光から分光する手法でない上, 動作電流によりRGB独立に強度調整が可能のため, ホワイトバランス調整が容易である.
- (5) デバイスとしての進歩が早いので, 表示像の改善を行う上で期待される⁷⁾.

LEDとレンズを用いた実像再生の手法については, 伊藤らによって提案されている⁴⁾. しかし, ①RGBの各再生像をそれぞれ別々のエリアに表示しているため, 合成色など色に関する評価が行われていない, ②1枚の視野レンズにより像拡大を行っていることから, 再生波長の違いによって像表示位置(光軸方向)のずれ, ボケが認められる, などの点が未解決であると思われる. これに対して, 本論文では以下の点を改善した.

①点光源再生方式⁸⁾を採用し, 像をパネル奥部に虚像として表示させた. これにより, レンズによる視域縮小効果がなくなり, 視域が拡大した. さらに, 観賞者がパネル奥部を覗き込めば, 比較的大きな像として観察できることも特徴として挙げられる. 本手法ではこの点に着目し, 小型装置の作成を行った.

②ホログラムの結像作用のみで立体像を表示したため, CGHのソフトウェア的な設定のみで容易に色を重ねることが可能となり, 色を重ねたフルカラー再生が実現した.

2003年3月26日受付, 2003年10月29日最終受付, 2003年11月28日採録

[†] 東京都立航空工業高等専門学校

(〒116-8523 荒川区南千住8-52-1, TEL 03-3801-0145 (内557))

^{††} 湘南工科大学

(〒251-8511 藤沢市辻堂西海岸1-1-25, TEL 0466-30-0188)

[†] Tokyo Metropolitan College of Aeronautical Engineering

(8-52-1 Minamisenjyu, Arakawa-ku, Tokyo, 116-8523, Japan)

^{††} Shonan Institute of Technology

(1-1-25, Nishi-kaigan Tsujido, Fujisawa-shi, 251-8511, Japan)

③ インコヒーレント光をコリメータレンズで平行光に近づけようとする、像点ボケが顕著になる。本手法では、LEDをやや遠方に配置し、LEDを点光源として扱うことにより、像ボケの軽減を図った。

2. カラー立体像表示システム

2.1 本システムの概要

提案システムの全体構成は図1に示した通りである。光源には、DCでドライブする3色のLEDを用いており、定電流ダイオード(図1の D_R , D_G , D_B に対応)により動作電流超過を防いだ上で、可変抵抗(図1の VR_R , VR_G , VR_B に対応)で照度調整を行っている。これにより、RGBの各波長光の強度調整が容易になった。本手法では、以上のようにドライブしたLEDを点光源とみなし、直接LCDパネル(各波長に対応するCGHを形成)に照射している。このようにして得られたRGBの回折光(再生波面)をプリズムで近接領域に集めた後に、LCD奥部分に表示された虚像を観察するシステムとなっている。レンズを用いない点光源再生手法⁵⁾を採用し、小さいLEDを光源として用いたことにより、装置サイズが $W25\text{cm} \times H19\text{cm} \times D90\text{cm}$ となり、文献3)の手法($W240\text{cm} \times H19\text{cm} \times D90\text{cm}$)に比べ、90%程度減少させることが可能となった。これは結像レンズが不要になったことと、光源部分の小型単純化による効果である。

2.2 RGBの回折光に対する位置調整法

2.2.1 光源のフィラメントによるボケの軽減

本手法では、光源(LED)とLCD(CGH)との間に距離を設けている。ここで、LEDをLCD(スリット)に近づける時には、点光源の扱いはできなくなり、光源の広がり回折に影響する。ここで、LEDの構造を図2に示す。

LEDは図2に示すように、カソード、アノード、チップ、ワイヤー、エポキシ樹脂とから構成される。

カソード部分とアノード部分はAuワイヤーで接合されており、LED chip (0.3~0.5mm角程度)の直下のPN接合部から発光する構造となっている。なお、LEDチップの材料により発光波長が決定され、実質上LEDチップの大きさを光源の大きさとしてみなすことになる。LEDではLED chip自体が有限の大きさを持つので、これをホログラム再生に適用する場合には、LEDを点光源に近づけることが重要な課題となる。本論文では、レンズレスで虚像を再生しているため、この点が特に重要となる。ここで、LEDをLCDに近づけすぎると、LCDの1画素(開口)に対するLED chip(発光点)の大きさが無視できなくなり、LED chipの各部分からLCDパネルに到達した光から、それぞれ像が形成される。このような状態では、ゴースト像が多数発生し、これがボケの原因になると考えられる。この考え方を図3に示す。図3(a)は、LEDがLCDに近すぎてLED chipの大きさが無視できない場合、図3(b)は、LEDとLCDの間にある程度の大きさの間隔をもたせることで、LCDの1画素(開口)の大きさに対するLED chip(発光点)の大きさが無視でき、

図1 カラー像表示システム
Optical setup.

図2 LEDの構造
Structure of LED.

図3 LED chipが及ぼす像ボケ
Image blur caused by the size of LED chip.
(a) Very close, (b) proper distance.

実質的に点光源と見なせる場合を示している。なお、 $2d$ はLCDの1画素(開口)のサイズである。

図3(a)では、LED chipの各部分から射出された光束がそれぞれ、LCDパネルに照射され、それぞれ回折するため、ボケが発生するようになると考えられる。これより、光源(LED)が点光源と見なせない場合には、回折像が広がり、ゴーストが発生することがわかる。それに対して図3(b)では、LEDを遠方に離しているため、LED chip自体が点と見なせるようになると考えられる。以上のことから、

LCDとLEDの間に距離を設定することで、回折に伴うボケの影響を軽減できることがわかる。さらに、光源(LED)をLCDパネルに近づけるほど、すなわち、球面波は球面中心に近づくほど、位置による強度変化が大きくなることが考えられる。このような状態では、計算されるCGHの空間周波数が高くなり、LCDに表示されるホログラムがサンプリング条件から大きく逸脱し、解像困難になると考えられる。事実、LED近傍にピンホールを挿入しLEDをLCDに近づけて再生を行ったが、この場合には、像再生は困難となることがわかった。また、逆にLEDとLCDの距離を離しすぎると、光量劣化の影響から、LCDパネルへの均一照射が困難となり、像コントラストの低下が認められた。これは、ホログラム再生に必要な有効画素数が減少したこと、すなわち情報量が不足したことが原因と考えられる。ホログラフィでは、LCDから発生した格子点の間で像再生が行われるため、LCDパネルと光源(LED)に距離を設けて、LEDを点光源に近づけるという方法は有効であると考えられる。なお、光源距離をRGBそれぞれ、336mm、342mm、353mmとした場合においては、肉眼で、RGBの像が一致することを確認した。これは表示像を良好ならしめた条件の一例である。なお、光源とLCDパネルの間の距離はさらに縮小することが必要であるが、これは今後の課題としたい。

2.2.2 再生像の結像位置調整

前節では、光源位置を調整することにより表示像の結像位置の調整を行った。さらに、本手法ではLCDパネルのもつ画素数(1,024×768画素で図4中のSelected areaに対応)よりも多い画素数(2,048×2,048画素で図4中のCalculated areaに対応)でCGHを作成した。ここで、CGHの各画素には、記録物体の位置情報が含まれているため、計算されたCGHから図4に示すようにCGHの表示領域をRGBの各々で選択することにより、RGBの各再生像の相対的な表示位置を調整することが可能となる。これは、LCDは固定してホログラムを動かしたことに相当する。本論文では、このような考えに基づき、カラー像の表示位置を微調整している。

2.3 本手法で用いたLEDおよびLCDパネル

本手法では、表1に示す仕様のLEDを再生用光源として用いた。またその発光スペクトルを図5に示す。表1より波長により光度差が認められるが、各LEDの動作電流を調整

図4 CGHの調整
CGH adjusting.

表1 使用したLEDの仕様
Specification of LED.

	Type	Power [Cd]	Diverging angle [deg]	Wavelength at peak value [nm]
R	TLRE160A (Toshiba co.)	2.3	10	644
G	UC3803X (Stanley.co)	3.36	15	505
	E1L31-3G (Toyoda-gousei.co)	1.6		525
B	E1L31-3B (Toyoda-gousei.co)	1.3		475

図5 本手法での再生光の波長特性
Wavelength spectrum of reconstructing light using LED.

表2 LCDパネルの仕様
LCD panel specification.

Panel size	1.32[in](XGA)
Drive	TFT active matrix
Pixel numbers	786,432(V1024×H768)
Pixel-pitch	26[μm]×26[μm]

して補正した。なお、LEDのニアフィールド特性については3.4節で述べる。

また、本手法で用いたLCDパネルは表2に示す仕様のもので3板式LCDプロジェクタ用のものである。

3. 本手法で得られた再生像

3.1 再生像における単色・合成色再生

ここでは、図6に示した物体を入力イメージとして用い、奥行き方向に0.7m離れた位置でCGHパターンを作成した。なお、再生像を観察してボケが少ないと感じられたのは、入力イメージで z が0.6m～1.0mの範囲である。本手法では、この条件で良好な像が得られた。

また、入力イメージで奥行き方向を変えた場合は、再生像は次のような傾向を示すことが確認された。

- (1) 奥行き方向の距離を短く設定しすぎると、像のコントラストが低下し、共役像の分離ができなくなる。これは、計算されたCGHの空間周波数が高くなり、LCDに表示されたホログラムのサンプリング条件から大きく逸脱し、解像困難になることが原因である

図6 入力イメージとCGHの一例
Input target object and CGH pattern.

と考えられる。

(2) 逆に、物体の奥行き距離を長くすると、再生像のボケの影響が無視できなくなる。

なお、図6に示した物体を用いたのは、直線・斜線成分が含まれるため、ボケの影響の確認が容易であると考えられるためである。

また、物体の点間隔は斜め方向で0.7mm、横方向で0.5mmである。RGBそれぞれで単色光再生を行い、その単色光の再生像を重ねることで合成色での像を再生した。そこで得られた結果は図7(101頁参照)に示した通りである。図7において、図7(a)～図7(c)がRGBそれぞれを単色再生させた場合であり、図7(d)～図7(f)はそれぞれRG, GB, BRの像を重ねて再生した場合を示している。これを見ると、赤、緑、青に加え、合成色である黄、紫、青緑の像が比較的良好な状態で表示できていることがわかる。さらに、図7(g)ではRGBの像を重ねた結果を示した。これを見るとRGBの3色光の合成が出来ているが、3色光の回折像のボケの大きさが同一ではないため、色滲みが発生していることがわかる。このような色滲みを軽減するには、回折像のボケの程度を同一にする必要があると思われる。3.3節で色滲みの影響を検討している。なお、具体的な改善については今後の検討課題としたい。

本手法において確認ができた再生像の色変化(再生光全体)については、色度計により測定を行った。そこで得られた結果は図8に示した通りである。図8(a)は、緑波長にUC3803Xを、また図8(b)は、E1L31-3Gを用いた場合を示している。

図8において、色度測定点に粗密が認められるが、これはLEDがもつ順方向電圧-電流特性が原因と考えられる。これより、UC3803Xを緑波長に用いることで、より広い範囲での表示が可能となることが確認できた。さらに、従来手法との色特性の比較を行う意味で、図9の色度図を作成した。

図9において、“Using LED”、“Conventional system”はそれぞれ本手法(UC3803Xを緑波長に使用した場合)、および文献3)の手法において、RGBの各色で単色像再生を行った場合の色度を示している。また、“CRT Display”は、比較の意味でPC用CRTディスプレイ(Sony社製、CPD-17ES2)でRGBの各色を表示し、そのときの色度を測定して得られたものである。これをみると、本手法で表示できる色の範囲は文献3)の手法やCRTディスプレイよりも良好であるため、ディスプレイとしての特性は満たしていると

図8 CIE色度図によって表された色特性
(a) UC3803X is used as green light, (b) E1L31-3G is used as green light.

図9 従来手法との色特性の比較
Comparisons of the color characteristics of reconstructed images attained in our method with those in conventional method or in CRT display.

考えられる。なお、表示像の精密な評価方法については今後の検討課題としたい。

3.2 再生像におけるボケ

前節では、本手法で得られた表示像の色表示特性について述べた。本節では、ボケの大きさを評価する。通常のCRTディスプレイでは、画素ピッチが表示像の分解能を直接決定する。それに対してホログラフィでは、各画素から得られる回折波が干渉を起こし、空間に像が形成される。そのため、ホログラフィでは像点のボケの大きさをもって分解能を論ずることになる。以上の理由に着目し、ホログラフィの再生像点のボケとCRTディスプレイの画素ピッチを比較することにより、ボケの大きさを評価した。前節で得られた再生結果に注意すると、単色再生、合成色再生ともに、物体点同士の分離が確認できていることから、ボケの大きさは0.5mm前後(横方向に対応)であることがわかる。

この結果より、本手法で得られた像のボケはメタルハライドランプを用いた従来手法³⁾に比べ小さいが、CRTディスプレイ（例えば、SONY社製CPD-17ES2の0.25mm）と比べると大きいことがわかる。これに基づき、本節ではLEDを用いた像再生において、その影響が無視できないボケ^{5) 8)}について検討する。

ホログラフィによる像再生時には、以下の要因でボケが発生すると考えられる。

- (1) 本手法で照明光源として用いたLEDは、完全な点光源ではないため、これをホログラム面 (LCD) に照射した場合には、LEDからの照射光の角度変化によって再生光方向が変化する。
- (2) LEDはレーザーのような単一波長光ではないため、LEDの発光スペクトルに含まれる波長光により、再生光方向が変化する。本手法ではさらに、バンドパスフィルタを挿入して発光波長の狭帯域化を図ったが大きな改善は見られなかった。

本手法では、(1)について以下に述べる方法により改善を図った。LEDでは、PN接合部より発せられた光がエポキシ部分を透過する構造となっている。そのため、PN接合部分から発せられた光がLED前方のエポキシを通過する場合には、エポキシがレンズとして作用することになる。この条件では、LCDパネルに発光部の影が投影され、像コントラストが著しく劣化し、大きなボケが発生する原因となっていた。そこで本手法では、LEDを傾けて使用した。

これにより、

- (1) LED (光源) の見かけ上の大きさが小さくなった
- (2) エポキシによるレンズ効果を軽減することにつながった

このようにして上記の効果が認められ、再生像のボケが大幅に軽減し、コントラスト改善につながった。

一方で、光源サイズを減少させることによりLEDとLCDの間の距離を大幅に縮めることが可能となった。ここでは、EIL31-3G (豊田合成 (株) 製) を用い、LCDパネルまでの距離を340mm離れた場合に得られた再生結果を図10に示した。図10 (b) は、LEDの光軸方向とLCDパネルを垂直にした場合、図10 (c) は、LEDを傾けて配置した場合である。

3.3 像ボケによる色滲みの評価

前節の検討で、再生像のボケは0.5mm前後であることがわかった。ホログラフィでは、回折波面から像点が形成される。したがって、カラー再生を行うときにRGBの像点の大きさが異なると、再生波長間でボケの大きさに差異が発生することが考えられる。その結果、色にじみが顕著に現れると考えられる。そこで、本節では回折像のボケに起因する像点の色滲みについて検討する。ここでは図11を用い、赤と緑 (UC-3803X使用時) の2色を重ねて再生したイエローを例として検討手順を示す。

- (1) 再生像の撮像条件を固定した上で、イエロー、赤、緑の再生像を撮像した

(a) θ の定義 (b) θ が 0 度付近の場合 (c) θ が 90 度付近の場合

図10 θ による再生像特性の違い

Reconstructed images changing θ

(a) Definition of θ , (b) near 0deg and (c) near 90deg

図12 二色像を重ねた場合の色滲み

Color blots caused by adding two color reconstructed images.

- (2) 得られた各画像のチャンネルごとに
 - (a) レベル値の最大値、半値幅を求めた
 - (b) 半値幅以外のレベル値を0クリアした
 - (c) 半値幅の中心を閾値として2階調処理を行った
- (3) イエローの再生像 (2階調処理後) から、ボケの影響が小さい再生像 (赤) の差分を行った。
- (4) 得られた差分画像のチャンネルをすべてOR統合し、白黒の2値画像とした。
- (5) 得られた画像の白レベルの個数を求めた。

これをボケの大きい色によるカラー像の“色滲み”として定義し、評価を行った。このようにして求めた2色合成像における色滲みの度合い (面積) を図12に示す。

これより、次の傾向があることがわかる。

図7 単色および合成色での像再生結果
Single color, Full color reconstruction.

- (1) 青色による滲みが顕著である
 - (2) ボケの影響が同程度の色を重ねた場合には色滲みが少ない
 - (3) ボケの大きい色と小さい色の像を重ねると滲みが顕著になる
 - (4) 赤色像のボケは極めて小さく無視可能
- 以上より、滲みの影響を少なくするには再生像点の大きさが同程度になるように光源を選択すればよいと考えられる。

3.4 3次元物体の再生像

前節では、RGBのLEDを用いた単色再生および、R+G, G+B, B+R, R+G+Bにより合成色による再生結果の一例を示した。ここでは、RGBとその合成色を組合せて構成した3次元物体の再生結果の一例を示す。入力物体には図13(a)に示す三角錐を用いており、 $z=0.7\text{m}$ を中心に $\pm 5\text{cm}$ の

図13 カラー再生の組合せ例
Example of color combinations and reconstructing images
(a) Input target object, (b) Sample-1 and (c) Sample-2.

奥行きをつけた。

三角錐の辺毎に表示色を変更して表示した像の一例を図13(b)～図13(c)に示した。なお、焦点を合わせた位置を

(a) 赤色 LED

(b) 青色 LED

図14 赤、および青LEDにおける発光パターンの比較

Near field pattern of LED chips

(a) In the case of red LED, (b) In the case of blue LED.

マーキングしてある。この点から見ると、本手法は十分に立体像表示へ拡張できることがわかる。再生像には輝度むらの影響が認められるが、3原色であるRGBに加えて、混合色であるイエロー、マゼンタ、シアン、ホワイトの色が表示できていることがわかる。

しかし、青色の成分におけるコントラストが他成分より若干低いことが確認できる。この原因について、LEDの発光パターンに基づき検討した結果を述べる。図14はLEDのフィラメント近傍における発光パターン（強度が大きい部分を赤色で、弱い部分を青色としている）を示したものである。図14 (a) が赤色の場合、図14 (b) が青色の場合を示している。図14 (a) では発光強度の強い部分と、そうではない部分の差異が大きく、図14 (b) ではそれが小さいことが確認できる。本手法では、LEDを光軸方向に対して傾けて使用しているため、図14 (a) では発光部を一点の状態に近づけることができるが、図14 (b) では光源サイズの軽減が困難であることがわかる。これにより、青色における像のコントラストが他に比べて劣化したものと考えられる。

4. む す び

本論文では、LEDを用いた虚像再生によるカラー動画ホログラフィについて考察した。この結果、メタルハライドランプを使用した実像再生手法に比べ、本手法ではボケの影響が軽減できることがわかった。これは、点光源ではない光をコリメータレンズで広げて、平行光に近づけて使用する方法とは異なり、LEDから射出された光を直接LCDパネルに照射する、点光源再生法を採用したことが有効に機能したためと考えられる。さらに、LEDを傾けて用いたことにより、光源距離を短縮化しつつボケを軽減することが可能となることがわかった。これらのことから装置小型化

への可能性が示された。また、RGBのLEDを独立にドライブする手法としたことにより、ホワイトバランスの調整も容易になった。さらに、照度比の異なる単色像を重ねることで、カラー立体像を表示することが可能となることもわかった。本論文では、表示された合成像の色滲みについても検討した。カラー再生像の滲みを軽減するには、再生像点の大きさが同程度になるように、光源を選択することが重要であることがわかった。カラー立体像の観察には表示像の特性の更なる改善が必要である。これは今後の検討課題としたい。

〔文 献〕

- 1) 通信放送機構編：“高度立体動画通信プロジェクト最終成果報告書”，p.8 (1997)
- 2) 佐藤甲斐：“液晶表示デバイスを用いたキノフォームによるカラー立体動画表示”，テレビ誌，48，10，pp.1261-1266 (1994)
- 3) 高野邦彦，佐藤甲斐：“液晶パネルと白色光源を用いたカラーホログラフィ立体動画表示装置”，映情学誌，55，10，pp.1308-1314 (2001)
- 4) T. Ito, T. Shimobaba, H. Godo, M. Horiuchi：“Holographic Reconstruction with a 10-um Pixel-Pitch Reflective Liquid Crystal Display by Use of a Light Emitting Diode Reference Light”，Opt. Lett.，27，16，pp.1406-1408 (2002)
- 5) 久保田敏弘著：“ホログラフィ入門—原理と実際—”，朝倉書店，pp.44-47 (1995)
- 6) 山本裕紹，河野誠，六車修二，早崎芳夫，永井芳文，清水義則，西田信夫：“パララックスバリアを用いた大画面フルカラーLED立体ディスプレイの観察領域の拡大”，HodicCircular，21，4，pp.15-20 (2001)
- 7) 田口常正：“20世紀LEDの歩み”，月間ディスプレイ，6，1，pp.23-29 (2000)
- 8) 高野邦彦，南典宏，佐藤甲斐：“液晶パネルを用いた虚像再生型カラー動画ホログラフィ装置”，映情学誌，57，2，pp.287-292 (2003)

高野 邦彦 2002年，湘南工科大学大学院工学研究科電気工学専攻博士後期課程修了。同年，東京都立航空工業高等専門学校電子工学科助手を経て，2003年，同校専任講師。動画ホログラフィ，画像処理，小型衛星開発等の研究に従事。博士（工学）。正会員。

尾花 一樹 2003年，湘南工科大学電気工学科卒業。現在，同大学大学院工学研究科電気工学専攻博士前期課程1年在学中。ホログラフィ立体テレビに関する研究に従事。

和田加寿代 2003年，湘南工科大学電気工学科卒業。現在，アンドールシステムサポート（株）勤務。在学中は，ホログラフィ立体テレビに関する研究に従事。

田中 武 2003年，湘南工科大学電気工学科卒業。現在，（株）東京めいらく勤務。在学中は，ホログラフィ立体テレビに関する研究に従事。

佐藤 甲斐 1975年，早稲田大学大学院理工学研究科電気工学専攻博士後期過程修了。理工学研究科奨励研究生を経て，1977年，相模工業大学電気工学科に勤務。現在，湘南工科大学（校名変更）電気電子メディア工学科（学科名変更）教授。動画ホログラフィ，画像処理研究に従事。工学博士。正会員。