多連屈折率楕円体による光伝搬特性の 3 次元解析

正員 吉田 太郎* 非会員 牧嶋 和宏*
正員 曾禰 元隆* 正員 室岡 義広**

Three Dimensional Analysis of Light Transmittance Character in Many Index-ellipsoids Connected in Series

Taro Yoshida*, Member, Kazuhiro Makishima*, Non-member,
Mototaka Sone*, Member, Yoshihiro Murooka**, Member

The three dimensional optical technique has been applied to analyze the experimental results relating to the magnetic wave scattering phenomena. Recently, we have developed an ideal equation for analyzing the three dimensional transmittance character of light scattered due to many index-ellipsoids. The index-ellipsoids are arranged directly along the light axis in series. In this case, the size of index-ellipsoid and the gap distance between each index-ellipsoid and neighbor one are considered as a calculation condition. By using an analyzing equation devised by us, we have tried to find out the condition under which the light can be passed through many transparent mediums with high efficiency. From the numerical calculations, we succeeded to look for the condition the maximum transmittance of light 100% is obtained when a spherical and elliptic index-ellipsoids are alternately arranged each other.

キーワード：屈折率楕円体，光線方程式，光線強度分布

Keywords：index-ellipsoid, light line equation, light intensity distribution

1. まえがき

これまで，電気エネルギーの高密度化および大容量の安全輸送の観点から，多くの研究者により高電圧機器を構成している液体誘電体中の伝導・破壊現象が研究されてきた^{(1)~(3)}。筆者らは，純粋な液体に着目し，電子伝導現象を光学的に研究してきた⁽⁴⁾⁽⁵⁾。この場合，多数の電子が液体中を移動することにより生じる密度変化（微細泡）を屈折率変化として観測してきた。光が電磁波の一種であるという立場から，微細泡を微粒子に置き換え，電磁光学的な解析を試みた⁽⁶⁾。一般に，光学現象は，幾何光学，波動光学，電磁光学および量子光学が用いられる。本研究では量子効果が介在していないことから，その他 3 つの解析法に着目した。媒質が等方性でかつ偏光が介在しない場合には，電磁光学と波動光学は同じような光特性を示す。波動光学は光をスカラー波動として光の性質を説明する理論である。他方，幾何光学は波動光学において波長をゼロにとしたとき

の光特性である。解析の第一歩として，多数の微小球誘電体を直列に配置した状態における光の散乱・屈折現象および光の透過性などを解析的に説明することにした⁽⁷⁾。この現象は，電磁光学および波動光学を用いて解析することが困難であることから，幾何光学を基礎に解析的研究を進めることにした。このような背景から，微小球誘電体の幾何光学的な光の屈折に基づいた散乱および透過特性を 3 次元で解析する手法を考案した⁽⁸⁾。そこで，3 次元における光線方程式を導き，光線が複数の屈折率楕円体を透過・屈折する現象の繰り返しにより伝搬する機構を幾何光学的に解析した。その結果，球体と楕円体を交互に配置することにより光の最大透過率 100% の存在する条件を探すことができた。本論文は多数の屈折率楕円体を直列に配置した状態における光線の集光する割合および透過率について述べる。

2. 3 次元の多連屈折率楕円体に対する光線方程式の導出

図 1 は 2 個の屈折率楕円体（又は試料とも呼ぶ）に入射した光線が屈折している光線軌跡のモデルである。この場合，多連試料の中間に配置された 2 個の相関関係を表しているものとする。また，左側の試料は光源に接している場合にも適用する。これに対し，右側の試料は多連屈折率楕

* 武蔵工業大学
〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1
Musashi Institute of Technology
1-28-1, Tamazutsumi Setagaya-ku, Tokyo 158-8557

** 芝浦工業大学
〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14
Shibaura Institute of Technology
3-9-14, Shibaura Minato-ku, Tokyo 108-8548

図1 複数の屈折率楕円体による屈折光線軌跡
Fig. 1. Trace of light lines scattered due to the plural index-ellipsoids.

円体の最後の試料であり、さらに観測面の直前に配置されている試料であるとも考えている。いずれの場合も最初の試料に入射する光線は常に平行光線である。

一般に、3次元座標上に配置された1個の屈折率楕円体の方程式 $F_k(x, y, z)$ は(1)式で与えられる。

$$F_k(x, y, z) = \frac{(x_k - x_{kc})^2}{n_x^2} + \frac{(y_k - y_{kc})^2}{n_y^2} + \frac{(z_k - z_{kc})^2}{n_z^2} - 1 \quad (1)$$

ここで、添え字 k は多数の屈折率楕円体が配置されたときの順番を示すパラメータである。 x_{kc}, y_{kc}, z_{kc} は屈折率楕円体の中心座標である。また、 $n_x (= \alpha n_n)$, $n_y (= \beta n_n)$, $n_z (= \gamma n_n)$ は主屈折率である。ただし、 n_n は物質固有の屈折率であり、 α, β, γ は楕円率である。(1)式において、屈折率楕円体表面上の任意の点を $P(x, y, z)$ とする。(1)式に示した $F_k(x, y, z)$ (図中の2番目) の一つ前の屈折率楕円体を $F_{k-1}(x, y, z)$ (図中の1番目) で表すことにする。図1において、 F_{k-1} を F_1 とし F_k を F_2 とすると、平面上の光源である点 P_0 から放出した光線は F_1 表面上の点 $P_{1(1)}$ (図中の $P_{1(k-1)}$) に入射する。その点で屈折したのち点 $P_{2(1)}$ (図中の $P_{2(k-1)}$) から放射される。この屈折した光線は点 $P_{3(1)}$ (図中の $P_{3(k-1)}$) に向かって放射される。この点 $P_{3(1)}$ は次の F_2 表面上の点 $P_{1(2)}$ (図中の $P_{1(k)}$) と同じ位置を表している。このような屈折を繰り返して最後の F_ℓ (図中の F_k) 表面上の点 $P_{1(\ell)}$ (図中の $P_{1(k)}$) に入射する。ここで、添え字 ℓ は最後の屈折率楕円体を表している。

次に、光線が F_1 に入射するときの方向ベクトルを $\overrightarrow{d_{0(1)}}$ (図中の $\overrightarrow{d_{0(k-1)}}$)、内部を通過するときの方向ベクトルを $\overrightarrow{d_{1(1)}}$ (図中の $\overrightarrow{d_{1(k-1)}}$)、 F_1 から外部へ屈折するときの方向ベクトルを $\overrightarrow{d_{2(1)}}$ (図中の $\overrightarrow{d_{2(k-1)}}$) とする。ここで、 $\overrightarrow{d_{0(1)}} = (a_{0(1)}, b_{0(1)}, c_{0(1)})$, $\overrightarrow{d_{1(1)}} = (a_{1(1)}, b_{1(1)}, c_{1(1)})$ および $\overrightarrow{d_{2(1)}} = (a_{2(1)}, b_{2(1)}, c_{2(1)})$ である。ところで、点 $P_{1(1)}$ における接平面の方程式は次式で与えられる。

$$\frac{\partial F_1}{\partial x}(x - x_{1(1)}) + \frac{\partial F_1}{\partial y}(y - y_{1(1)}) + \frac{\partial F_1}{\partial z}(z - z_{1(1)}) = 0 \quad (2)$$

点 $P_{1(1)}$ で屈折した光線は同じく F_1 の表面上の点 $P_{2(1)}$ に到達するので、 F_1 の内部を通過する光線の方角ベクトル $\overrightarrow{d_{1(1)}}$ は次式で表せる。

$$\overrightarrow{d_{1(1)}} = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{\cos \theta_{1(1)}}{\cos \theta_{2(1)}} (\overrightarrow{d_{0(1)}} - \overrightarrow{n_{orm}}) + \overrightarrow{n_{orm}} \quad (3)$$

ここで、 n_1, n_2 はそれぞれ空気および試料の屈折率である。また、接平面の法線 $\overrightarrow{n_{orm}}$ に対する入射角を $\theta_{1(1)}$ および屈折角を $\theta_{2(1)}$ とした。 $\overrightarrow{n_{orm}}$ は $\overrightarrow{n_{orm}}$ を $\overrightarrow{d_{0(1)}}$ の大きさで規格化したベクトルである (詳しくは文献(8)参照)。従って、光線方程式 $\overrightarrow{P_{1(1)}} \overrightarrow{P_{2(1)}}$ は次式のように表すことができる。

$$\overrightarrow{P_{1(1)}} \overrightarrow{P_{2(1)}} : \begin{pmatrix} x_{2(1)} \\ y_{2(1)} \\ z_{2(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{1(1)} \\ y_{1(1)} \\ z_{1(1)} \end{pmatrix} + t_1 \begin{pmatrix} a_{1(1)} \\ b_{1(1)} \\ c_{1(1)} \end{pmatrix} \quad (4)$$

ここで、 t_1 は任意の定数である。点 $P_{1(1)}$ および点 $P_{2(1)}$ を求めた方法と同様に、光線方程式 $\overrightarrow{P_{2(1)}} \overrightarrow{P_{3(1)}}$ を求めることができる。

屈折率楕円体が2個以上の場合、一つ前の屈折率楕円体の屈折光線が入射光線になる。この条件に適応するパラメータは位置座標と方向ベクトルの2つである。位置座標の場合、 k 番目の屈折率楕円体 F_k 上の点 $P_{3(k)}$ は予想される次の F_{k+1} 上の点 $P_{1(k+1)}$ に等しくなる。このとき、隣り合う屈折率楕円体間の gap (表面間隔) を与えることにより、 F_{k+1} の中心座標 $x_{(k+1)c}$ は次式で与えることができる。

$$x_{(k+1)c} = x_{(k)c} + n_{x(k)} + \text{gap} + n_{x(k+1)} \quad (5)$$

方向ベクトルの場合、位置座標と同様の条件が適用できる。ここで、 $n_{x(k)}$ は k 番目の屈折率楕円体の半径であり、 $n_{x(k+1)}$ は $k+1$ 番目の屈折率楕円体の半径である。この場合、 $\overrightarrow{d_{2(k)}}$ と $\overrightarrow{d_{2(k-1)}}$ は同じアルゴリズムになる。

以上のことより、 F_{k+1} における位置座標と方向ベクトルに関する漸化式は次式で与えられる。

位置座標：

$$\overrightarrow{P_{1(k+1)}}(x_{1(k+1)}, y_{1(k+1)}, z_{1(k+1)}) - \overrightarrow{P_{3(k)}}(x_{3(k)}, y_{3(k)}, z_{3(k)}) = 0$$

方向ベクトル：

$$\overrightarrow{d_{0(k+1)}} = (a_{0(k+1)}, b_{0(k+1)}, c_{0(k+1)}) - \overrightarrow{d_{2(k)}}(a_{2(k)}, b_{2(k)}, c_{2(k)}) = 0 \quad (6)$$

ところで、光線方程式を用いて光線のビーム強度を評価できないので、(6)式の位置座標と方向ベクトルを用いて光線の強度を求めることはできない。そこで、観測用の小円 (セル) を図1のように配置し、セルに入射する光線数をカウントした。この場合、セルに入射した光線のカウント数を集光本数、そして最初の屈折率楕円体を透過した本数に対する割合を集光率と呼ぶことにする。また、最後の屈折率楕円体 F_ℓ に達した光線本数と最初の屈折率楕円体を透過した光線本数との比を透過率と定義した。

3. 光の透過特性とその検討

屈折率楕円体は光の等方性 ($n_x = n_y = n_z$: 球体) および異方性 ($n_x \neq n_y \neq n_z$: 楕円体) により, その特性が変化する。この違いを表現するため, 形状が球体である屈折率楕円体を等方性媒質の楕円体に置き換えて表示した。そこで, (6)式に示した漸化式を用いることにより, 両特性を有する屈折率楕円体による散乱特性を求めた。今回は, 屈折率楕円体を3個以上10個まで直列に配置した状態における集光本数, 光線軌跡および透過率を計算によって求めた。ここで, 多連屈折率楕円体を次のように3組に分類した。①球体の連続配置, ②2種類の楕円体の交互配置, ③球体と楕円体の交互配置である。この計算で, 屈折率楕円体の順番を表すのに“# k ”を付した。

〈3・1〉 屈折率楕円体の配置と集光率

〈3・1・1〉 球体の連続配置

(1) 球体3個の場合 図2は3個の球体 ($n_x = n_y = n_z = 1.97, \alpha = 1.0$) を直列に配置し, 各試料間の gap を0.0から2.0まで変化させたときの集光本数特性である。この場合, 試料間の gap は試料体の半径で規格化されている。図中, 水平軸は1個目の表面からの距離, 垂直軸は最後の試料表面から放射した光線が小円に達した集光本数の最大値を示している。

図2を参照すると, 集光本数が gap=0 で最大403本となることが分かる。この gap=0 における集光率は試料が存在していないときの集光本数24.59本の16.39倍であり, gapと共に急激に減少している。

(2) 球体10個の場合 図3は10個の球体 ($n_x = n_y = n_z = 1.97, \alpha = 1.0$) を直列に配置した計算結果である。ここで, 水平軸および垂直軸は図2と同じスケールである。

図3を参照すると, 集光本数は gap=0 で53本, gap=0.3 で最大値163本に達している。その後, gapと共に徐々に減衰し, gap=2で0本になっている。図3を図2のそれと比較

図2 屈折率楕円体(球体3個)1個目の表面からの距離に対する集光本数の最大値

Fig. 2. Maximum number of light lines obtained by changing the gap length between index-ellipsoids (three spheres).

すると, 集光率は gap と共に一様に減衰していることが分かる。最大集光率は gap=0.3 のとき 6.63 倍であった。

図4は球体10個を直列に配置したとき得られた最大集光本数の光線軌跡である。これは散乱特性を容易に理解するため, 屈折率楕円体による光線軌跡を可視化して表示したものである。この場合, #2および#8の直前で入射光線の散乱が認められる。ただし, #10までの透過率は90.9%である。

〈3・1・2〉 球体5個と楕円体5個の交互配置 図5は5個の球体 ($n_x = n_y = n_z = 1.97, \alpha = 1.0$) と5個の楕円体 ($n_x = 1.38, \alpha = 0.7, n_y = n_z = 1.97$) を交互に, しかも直列に配置したときの集光本数および最大値の特性を示している。

図5を参照すると, 集光本数が gap=0.2 で最大205本になることが分かる。このときの集光率は8.34倍であった。

図6は gap=0.2 のときの可視化した光線軌跡である。計算によると, #10までの透過率は99.2%であった。

〈3・2〉 屈折率楕円体の配置と透過率

〈3・2・1〉 球体10個の連続配置

図7は図3と同じ条件の場合で, (6)式の漸化式を用いて得た透過率の特性曲線である。図中, 水平軸は最初の試料球(#1)表面からの距離

図3 屈折率楕円体(球体10個)1個目の表面からの距離に対する集光本数の最大値

Fig. 3. Maximum number of light lines obtained by changing the gap length between index-ellipsoids (ten spheres).

図4 屈折率楕円体(球体)10個による光線軌跡 (gap=0.3)

Fig. 4. Trace of light lines scattered due to ten index-ellipsoids (sphere) at gap=0.3.

図5 屈折率楕円体(球体5個・楕円体5個)1個目の表面からの距離に対する集光本数の最大値
Fig. 5. Maximum number of light lines obtained by changing the gap length between index-ellipsoids (five spheres-five ellipsoids).

図6 屈折率楕円体(球体一楕円体)10個による光線軌跡 (gap=0.2)

Fig. 6. Trace of light lines scattered due to ten index-ellipsoids (sphere-ellipsoid) at gap=0.2.

図7 表面間隔に対する屈折率楕円体(球体)10個目における透過率

Fig. 7. Transmittance of light lines at the tenth index-ellipsoid (sphere) against each gap.

であり、垂直軸は透過率である。図7を参照すると、透過率は gap=0 で最大値 100% となり、その後 gap と共に減衰している。

図8は gap=0 のときの可視化した光線軌跡である。図8を参照すると、透過率が#1 から#10 まで減衰していないこ

図8 屈折率楕円体(球体)10個による光線軌跡 (gap=0)

Fig. 8. Trace of light lines scattered due to ten index-ellipsoids (sphere) at gap=0.

図9 屈折率楕円体(球体)10個による集光本数 (gap=0)

Fig. 9. Number of light lines scattered due to ten index-ellipsoids (sphere) at gap=0.

とが分かる。

図9は gap=0 で得た最後の屈折率楕円体表面からの集光本数を3次的に示したものである。図中のx軸は最後の試料球(#10)の表面からの距離、y軸は光軸からの左右方向の距離である。この場合、集光本数は53本(最大値)であり、透過率は100%である。#10からの屈折光線は集光していないため広範囲に分散している。また、屈折率楕円体(球体)を20個まで直列に配置した場合においても図9と同様な特性が得られることを確認している。

〈3・2・2〉 2種類楕円体10個の交互配置 図10は楕円体A($n_x=0.788, \alpha=0.4$)を5個および楕円体B($n_x=1.773, \alpha=0.9$)を5個交互に、しかも直列に配置したときの透過率の特性曲線である。この場合、水平軸および垂直軸とも図7のそれと同じである。なお、両楕円体とも $n_y=n_z=1.97$ とした。図10から、透過率は gap と共に一様に減衰すると予想されるが、gap=0.6 のとき最大値 97.7% になっていることが分かる。図11はそのときの可視化した光線軌跡である。#1と#2の間で多少の散乱が認められるが、#10までの透過率は上述したように高いことが分かる。

図12は図10の gap=0.6 における集光特性である。x軸は図11に示した#10からの距離(x軸: 17~23.8)である。

図 10 表面間隔に対する屈折率楕円体(楕円体) 10 個目における透過率

Fig. 10. Transmittance of light lines at the tenth index-ellipsoid (two type ellipsoids) against each gap.

図 13 表面間隔に対する屈折率楕円体(球体-楕円体) 10 個目における透過率

Fig. 13. Transmittance of light lines at the tenth index-ellipsoid (sphere-ellipsoid) against each gap.

図 11 屈折率楕円体(楕円体) 10 個による光線軌跡 (gap=0.6)

Fig. 11. Trace of light lines scattered due to ten index-ellipsoids (ellipsoid) at gap=0.6.

図 14 屈折率楕円体(球体-楕円体) 10 個による光線軌跡 (gap=0.15)

Fig. 14. Trace of light lines scattered due to ten index-ellipsoids (sphere-ellipsoid) at gap=0.15.

図 12 屈折率楕円体(楕円体) 10 個による集光本数 (gap=0.6)

Fig. 12. Number of light lines scattered due to ten index-ellipsoids (ellipsoid) at gap=0.6.

この場合、透過率は 97.7%であるが、集光していないため #10 からの屈折光線は光軸に対して直行した方向 (y 軸) は散乱していない。しかし、光軸方向 (x 軸) へ散乱している

ことが分かる。図 9 の場合、 $x=200$ を超えても散乱が認められるのに対し、図 12 では $x=88$ 以上で散乱が認められない。また、集光本数の最大値は 95 本であった。この値は図 9 に示した 53 本の 1.8 倍であり、高い集光率が認められた。

〈3・2・3〉 球体 5 個と楕円体 5 個の交互配置 図 13 は図 5 と同じ条件での透過率の特性である。図 13 を参照すると、透過率は gap=0 のとき 92%, gap=0.1 で 90%に減少した後、gap=0.15 で最大値 100%に達している。その後は gap と共に単調に減衰している。この特性を図 10 に示した楕円体 10 個の結果と比較することにより、透過率は球体と楕円体を配置した場合、最も大きくなることが分かった。

図 14 は図 13 において gap=0.15 で透過率が 100%になる可視化した光線軌跡である。屈折率楕円体の屈折特性を見ると、#10 まで透過率の減衰は認められない。このことから、球体と楕円体を交互に配置したときに限り、最大透過率が確認できた。また、図 15 は図 14 に示した最後の楕円体から放射した散乱特性を 3 次元で表したものである。

図 15 を参照すると、最後の楕円体#10 の屈折光線は図 14 に示した gap=0.15 において狭い範囲で集光していることが分かる。ここで集光本数に着目すると、各種屈折率楕円体の組み合わせにより最大集光本数が異なっている。例えば、

図 15 屈折率楕円体(球体-楕円体)10個による
集光本数(gap=0.15)

Fig. 15. Number of light lines scattered due to ten
index-ellipsoid (sphere-ellipsoid) at gap=0.15.

球体 10 個を直列に配置した場合 53 本 (図 9 参照), 楕円体 10 個を配置した場合 95 本 (図 12 参照), さらに球体 5 個と楕円体 5 個とを交互に配置した場合 195 本 (図 15 参照) に増加した。

4. 結 論

一連の計算結果から以下のことが明らかになった。

(1) 多連屈折率楕円体を直列に配置したときの光線方程式の漸化式を作成することができた。

(2) 屈折率楕円体を 3 組に分類した場合, 球体と楕円体を交互に配置したとき最大の集光率が認められた。球体 5 個および楕円体 5 個の場合 gap=0.2 で 8.34 倍であった。これに対し, 球体 10 個の場合 gap=0.3 で 6.63 倍, 楕円体 10 個の場合それ以下であった。

(3) 球体と楕円体を交互に配置したとき, 透過率の最大値 100% が得られた。これに対し, 球体 10 個の場合 gap=0 で最大値は 100% に達している。その後急激に減少している。また, 楕円体 A と楕円体 B の場合 gap=0.6 で 97.7% に達した。

このことから, 本研究の手法を用いることにより透光性媒質内における光線の伝搬機構の解明に応用できるものと期待している。今後, 屈折率楕円体の回転を考慮した光線軌跡および透過率を求めると共に, 液晶分子に関する幾何光学的な光透過特性などを研究する予定である。

(平成 16 年 5 月 17 日受付, 平成 16 年 11 月 8 日再受付)

文 献

- (1) E. O. Forster and P. Wong : "High Speed Laser Schlieren Studies of Electrical Breakdown in Liquid Hydrocarbons", *IEEE Trans. Elect. Insul.*, Vol.EI-12, No.6, pp.435-442 (1977-12)
- (2) 森川鋭一: 「絶縁油中における絶縁破壊前駆現象の光学的観察」, 電学論 A, Vol.92, No.1, p.27 (1972-1)

- (3) H. Yamashita, H. Amano, and T. Mori : "Optical observation of pre-breakdown and breakdown phenomena in transformer oil", *J. Phys. D: Appl. Phys.*, Vol.10, pp.1753-1760 (1977)
- (4) Y. Murooka : "Observation on the intermittent electron emission in liquified nitrogen", *J. Appl. Phys.*, Vol.48, pp.136-142 (1977)
- (5) Y. Murooka, Y. Hirashima, and M. Kubo : "Optical studies on hopping-transport mechanism of excess electrons in liquefied nitrogen", *J. Appl. Phys.*, Vol.53, pp.4987-4995 (1982-7)
- (6) Y. Murooka, T. Yoshida, M. Sone, K. Shirakawa, and T. Maeno : "Fundamental study on electromagnetic wave scattered by spherical dielectric material smaller than wave length (Experiment and Theory)", *Proc. 29th Meeting on Lightwave Sensing Technology*, pp.59-66 (2002-5) (in Japanese)
室岡義広・吉田太郎・曾補元隆・白川和夫・前野 恭: 「波長より小さい球誘電体による散乱電磁波の基礎的研究 (実験と理論)」, 第 29 回, 光波センシング技術研究会, pp.59-66 (2002-5)
- (7) E.Hecht : *OPTICS* (Fourth Edition), No.4, pp.148-158, Addison Wesley (2001-8)
- (8) T. Yoshida, K. Makishima, M. Sone, and Y. Murooka : "Three-Dimensional Analysis of Light Scattering Phenomena in Index-ellipsoid", *IEEE Trans. FM*, Vol.124, No.7, pp.571-576 (2004-7)

吉 田 太 郎

(正員) 1985 年防衛大理工学研究科電子工学専攻修了。以来, 電波および光を用いた装備品の研究開発に従事。(現所属) 防衛庁技術研究本部第 2 研究所第 3 部センシングシステム研究室にて, 主として赤外線を用いた航空機搭載の目標探知/追尾表示システム, 電波シミュレータの研究開発に従事。

牧 嶋 和 宏

(非会員) 1998 年武蔵工大工学研究科電気工学専攻修士課程修了。(現所属) 同年日立化成工業(株)入社。同事業所表示材料事業部表示材料開発グループにて, 主として液晶関連材料の開発に従事。

曾 補 元 隆

(正員) 1965 年武蔵工大工学部修士課程修了。以来, 主として有機絶縁破壊機構, 気体放電現象, 電力系統における高速演算, ニューラルネットワーク・ファジィの電力への応用研究および DSP の研究に従事。1990 年同工学部電気電子科教授, 現在に至る。電子情報通信学会, 計測自動制御学会, IEEE 等会員。工博。

室 岡 義 広

(正員) 1955 年東北大学院修士課程修了。同年防衛大勤務。1964 年同大教授。1996 年同大退官。同年武蔵工大教授。2001 年同大退職。同年芝浦工大先端工学研究機構客員教授, 現在に至る。1955 年電気学会論文賞, 1986 年英国電気学会 Duddell 賞, 1988 年電気学会創立 100 周年記念懸賞論文優秀賞, 1989 年科学技術庁長官賞, 1997 年電気学会著作賞等を受賞。工博。

Ph.D.