

## 1986年光学界の展望

「光学界の展望」は、過去1年間の主として国内の光学の進歩を総括するものですが、国外で著しい進歩があった場合、これも含めて記述しております。展望の際の検索範囲は、応用物理学会を中心として、他に関連する学会・研究会・国際会議等における発表(口頭および論文)です。本文中で検索雑誌・学会等の名称はスペースの都合により略記法を用いておりますので、共通的な略記法については、下表をご参照ください。

表 「光学界の展望」引用学会等の省略記号

•光学 <i>n</i>	光学第15卷第 <i>n</i> 号
•春	第33回春季応用物理学関係連合講演会
•秋	第47回秋季応用物理学会学術講演会
•応物 <i>n</i>	応用物理第55卷第 <i>n</i> 号
•シンポ	第11回光学シンポジウム
•JJAP (1)- <i>n</i>	Jpn. J. Appl. Phys. (1) Vol. 25, No. <i>n</i>
(2)- <i>n</i>	(2) Vol. 25, No. <i>n</i>
•JOSA (A)- <i>n</i>	J. Opt. Soc. Am. (A) Vol. 3, No. <i>n</i>
(B)- <i>n</i>	(B) Vol. 3, No. <i>n</i>
•AO <i>n</i>	Appl. Opt. Vol. 25, No. <i>n</i>
•色彩コン	第3回色彩工学コンファレンス
•画像コン	第17回画像工学コンファレンス
•五学会	第19回光学五学会関西支部連合講演会

1985年のvolumeのものは  $85/n$  の形で明記しております。

### 1. 光 物 理

日本の光学の研究は光学関連産業と密接な関係をもって発展していることが大きな特徴であり、どちらかと言えば実用的または応用的な光計測や光情報処理に強いため、基礎としての光物理の研究がこれらに関連する方面で着実な進展を見たことは例年のとおりである。

半導体レーザー、光ファイバーや薄膜光学素子の研究についてはいっそう応用に向けて活発になると同時に、より基礎的な方面へ指向した研究が増えつつあること、および、量子エレクトロニクスとの境界領域でのコヒーレンス論の活発化も今年の特徴と言えよう。

解説/展望記事としては、田島ら(NEC)の「ソリトンの光ファイバー伝播」(応物7)、山内ら(藤倉電線)の「最近の光ファイバー」(光学2)、相田(熊本大)の「真珠の光沢」(光学3)、藤井ら(東大)の「光パルス圧縮」(光学4)、吉村(神戸大)の「動的スペックルの統計的性質」(JOSA(A)-7)、大塚(北大)の「超音波による光コヒーレンスの変調」(JOSA(A)-8)などがある。以下、

光学、春、秋、応物、シンポ、JJAP(1), (2)、JOSA (A), (B)、AO、Opt. Commun. (OC *m/n*)、Optik 72 (OP)、物理学会春、秋(物春、物秋)、Phys. Rev. A (PR *m/n*) の範囲内で光物理に属すると思われる研究を概観する。ただし、物秋は、秋と重なったため予稿集によった。

#### 1.1 干渉・コヒーレンス

北大の今井らは光ファイバー出射面での空間的複素干渉度を理論解析しその検証を行ない(JOSA (A)-1)、有馬らは音場により位相変調を受けたレーザー光の焦点面でのコヒーレンス特性を報告した(秋)。坪川ら(NTT、秋)は複屈折媒質中の時間的コヒーレンス特性を調べた。

量子論的コヒーレンスの問題である squeezed 状態に関しては NTT のグループを中心として活発に研究された。町田らは負帰還をかけた半導体レーザー光のサブポアソン統計を観測し(OC 57/4)、山本らはポンプゆらぎを抑圧したレーザーにおける振幅 squeezing を解析し(物春、JOSA(B)-8 part 2, PR 34/5)、井元らは

光ファイバーを用いた光子数の量子非破壊測定法を考察した(物春, 物秋). 山本らは量子非破壊測定を前提にした負帰還をかけた半導体レーザー光の振幅 squeezing を(PR 33/5), Haus-山本は帰還をかけて発生する squeezed 状態を(PR 34/1), 北川らは非線形干渉計における光子数/位相の最小不確定状態を解析した(物秋, PR 34/5). NTT以外では岩澤(福井大)が squeezed 状態の時間発展を論じている(物秋).

スペクトル幅の広いインコヒーレント光に関して, 森田ら(東大)は共鳴媒質中のコヒーレント伝播をサブピコ秒の強度相関測定して検討し(JOSA(B)-4), 富田ら(東大)はインコヒーレント光の強度相関を用いてピコ秒またはサブピコ秒の緩和をプローブする方法を報告した(JOSA(B)-4, 物秋).

上田ら(東大)は光子統計における時間分布の考察とその応用を論じ(物秋), 松浦ら(鳥大, 春)が 5 ns-64 チャンネル光子計数装置の特性を示し, 北島ら(阪大, 春)はマルチゲート光子計数型蛍光寿命測定装置の試作を行ない, 郷原ら(名大, 秋)は X 線領域における光子計数法を報告した.

多くの干渉を利用する測定の研究は 3 章に譲る.

### 1.2 回折・散乱・光伝播

根岸(東大, 春)は超音波による光の回折を Raman-Nath 回折を満たす範囲で解析し音場の位相格子との関係を調べた.

南波ら(東工大, 秋)はレーザー光の前方散乱強度ゆらぎから粒子濃度・大きさの推定法を報告し, 正井(三菱化成, 秋)は準弾性光散乱法によりタンパク質の重合過程を解析した. 五味(宇宙航空研)は回折を用いて粒子の大きさと数密度を測定するときの多重散乱効果を考察し(AP 19), 横田ら(九大)はエルミートガウスモード光の並行に並ぶ円筒誘電体による散乱を解析し(JOSA(A)-4), 橋本(山口大)が球形粒子の内部電界振幅分布と散乱パターン近似を報告した(応物 2).

岡山(千葉大)らはリモートセンシングによる地球表面粗さとそのシミュレーションを検討し(春), 光散乱の reciprocity の破れの実験誤差を考察した(秋).

### 1.3 スペックル

高井ら(北大)は二重露光したスペックルグラムを用いて準単色光の空間的コヒーレンスを測定したほか(春, OC 60/3), 時間に変化するスペックルを照射して得られるスペックルグラムから作られる干渉縞に対する時間平均効果を調べた(JOSA(A)-8). また, 門野ら(北大)は散乱域におけるスペックル位相の統計的性質を論じた

(春, JOSA(A)-7).

動的スペックルについては, 吉村ら(神戸大)が 2 レンズ結像系における回転拡散物体によるスペックルの運動を調べ(JOSA(A)-7), 拡散物体の面粗さの依存性を考察して粗さ分布の測定への応用を示した(OC 60/3). 高井(北大)は動いているランダム位相物体から散乱される準単色光の時間的コヒーレンス効果を論じた(JOSA(A)-4).

光ファイバーを通してスペックルを観測することに関して, 北大の原田らは二芯ファイバープローブの散乱光検出特性を調べ, 藤井らは動的スペックル場の解析を行ない, 木村らはイメージファイバーを射出したコヒーレント光の統計的特性を調べた(秋).

### 1.4 薄膜・偏光

薄膜の光学特性を藤森ら(住友電工, 春)がダイヤモンド状膜, 佐藤ら(金沢大, 春)が不純物ドープ ZnO 膜, 佐古ら(新日本金属, 秋)が ZrO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> 膜について測定した. 稲垣ら(大阪教大)は銀の島状膜の光学特性を測定し解析を行なった(AO 25). 柴山ら(富士通研)が誘電体多層膜の, 藤山ら(福岡工大)が SiO 膜の内部応力を調べ(秋), 山口ら(静大)は多層膜界面の光吸収を報告した(春). 藤井(東大, 春)が多層超薄膜構造の異常複屈折効果を, 武内ら(松下電器, 秋)が複素屈折率周期構造の光学的特性を解析した.

軟 X 線多層膜鏡について波岡(東北大)が現状報告を, その設計法を山本ら(東北大), 内海ら(NTT)が示した(春). また NTT の石井ら, 竹中らと高岡らが W/C 膜を, 内海らが W/Be 膜の製作と評価を行ない(春), 秋には山本ら(東北大), 加藤ら(阪大)が Mo/Si 膜の評価を行なった. 山本らは, 入射角 9.6°, 14 nm で約 20% の反射率を得て実用に近づいた.

偏光解析に関しては, 林ら(日本真空, 春)が方位角補正法を示し, 杉本ら(オーク)が光弾性変調器を用いた解析計を開発して屈折率(春), 複屈折(秋)を測定した. 伊東ら(阪大)はミリ秒オーダーで変化するストークスパラメーターを測定できる高速偏光解析計を開発し(OC 58/6), 桑田ら(東大)はパルスレーザーを光源とする偏光解析法を非線形効果の測定に適用した(JJAP(1)-9). ナノ秒時間領域での測定の可能性を示唆し興味深い. 久保ら(大阪府大)は異方性物質の複屈折分布を測定できる偏光解析法を考察した(OP 1). 佐藤(大工試)は *in situ* 偏光解析を行なって Ir-C 膜のプラズマ酸化過程を調べ(JJAP(1)-2), 江尻らはシンクロトロン放射の偏光度を測定した(春).

### 1.5 その他の

米村ら（山梨大）は散乱パターンの位相を可視化する方法を、中島（静大）はフーリエ級数展開を用いて物体の位相を回復する方法を報告した（秋）。

岩井ら（北大、現静大）はファイバー格子を使って2次元物体のウイグナー分布関数を光学的に発生する方法を（OC 58/1）、グプタら（北大）は偏光を使って入射光を効率的に利用する発生法を示した（OC 60/5）。

高山、黒田ら（東大）は音響光学変調器を用いたdelayed feedback系におけるカオスを調べ（春、シンポ、秋）、岡村ら（京大、物春）は対称性の破れを伴う光双安定性と発振現象を検討し、リーら（ASEi、春）が新しい型の能動的光双安定素子を示した。

位相共役波発生に関して、山形大の丹野らは縮退4波混合における2波面発生による自己干渉性を研究し（JOSA (B)-1）、福田らはコヒーレント共鳴高次強調多光子散乱の観測を、佐藤らはコヒーレント共鳴相互作用による前方位相共役波の発生を報告した（秋）。

（東北大科研 上西克二）

## 2. 結像素子・光学機械

伝統的な光学系の分野では、従来から、基礎的のみならず応用的な研究が少ないと言われている。しかしながら、'86年を顧みると、AIの光学設計への導入等の新たな動きがみられただけでなく、最適化技術、近軸理論などの基盤技術の研究も進展した。

一方、新規な光学系の分野では、エレクトロオプティクスの展開、SOR光源の出現等に伴い、高性能、高精度の光学系が要求されてきた。そのため、新規な系の設計、製作そして評価に関する研究が数多くなされた。

以下、'85年12月から'86年12月初旬までに図書、雑誌および講演会等で発表された標記テーマに関する報告を列挙する。ただし、OEIC、LIDAR、光通信、ディスプレイ用HOEに関係するものは、原則として除く。

なお、浅学非才な報告者のため、重要な報告の収集もれ、不適当な分類等が懸念される。読者諸氏のご指摘、ご叱正を待つ。

当年は標記分野に関わる図書が近年になく多く出版された。まず、それらの主なものをまとめて記す。

該テーマを含み光学全般を記述した『光工学ハンドブック』が小瀬（千葉大）らの編集で出された。

従来からのレンズに関しては、鶴田（日本光学）が『光とレンズ』を、小穴（元東大）が『幾何光学』を、中川（中川 LD 研）が『レンズ設計工学』を上梓した。さら

に、浅野（キヤノン）が「レンズ設計」を『AIテクノロジー』に、田中（キヤノン）が「Paraxial Theory in Lens Design in Terms of Gaussian Brackets」を『Progress in Optics, XXIII』に執筆した。そして、伊藤（関東短大）が『シングルレンズ—単式顕微鏡の歴史』を訳出した。

新規な分野に関しては、『オプトエレクトロニクス—材料と加工技術』が応物、光学懇話会編にて出版され、浅沼（東洋通信機）らが『わかりやすい光ディスク』を著述した。

材料に関しては、貫井（日刊工業新聞社）が『ニューガラスの世界』を著し、泉谷（HOYA）が『ガラスあれこれ』を監修した。

評価に関しては、『球面原器のあるべき姿を求めて』が日本測定機工業会からまとめられた。

### 2.1 Conventional 光学系および光学素子

#### 2.1.1 設計法・評価法

部分的コヒーレント照明下の結像を山本（オリナパス、光学1, 2）が、パソコンによる光学設計を高野（光科研、写工6）が、レンズの味を高野（光科研、写工12）が解説した。3次収差の目標値を近藤（東京光学、コンタクト8）が、また、評価法に基づく光学設計を近藤（東京光学、コンタクト10）が述べた。

光学設計エキスパートシステムを菊池（キヤノン、情処研報2）らが、そして、偏心系近軸理論を田中（キヤノン、Optik 72/3, J. Opt. 16/6, P. SPIE 655）が構築した。領域型自動設計を栗原（オリナパス、春）らが検討した。スキュウ近軸光線について田中（キヤノン、Optik 72/4）が、また、近軸共役不変量について田中（キヤノン、AO 10）が考察した。レンズ曲率の標準化を松居（キヤノン、AO 19）が提案した。

#### 2.1.2 設計事例

ズームレンズについて高野（光科研、コンタクト7）が、TV用光学系について龍岡（富士ゼロックス、コンタクト8）らが、回転非対称非球面について小倉（東大、写工11）らが、テレセントリック光学系について鶴田（日本光学、O/E 84）が、天体望遠鏡の光学系を新井（旭光学、写工43/12）が、特殊分散ガラスレンズを後藤（写工43/12）が解説した。

新規構成のズームレンズを田中（キヤノン、Optik 73/3, 4）が、可変焦点ミラーを植田（電通大、春）が、電子スチールカメラの光学系を横田（キヤノン、秋）らが、そして周辺光量を補正した照明系を永田（大日本スクリーン、秋）らが設計した。

## 2.2 Novel 光学系および光学素子

### 2.2.1 微小光学

マイクロオプティクスの現状を伊賀（東工大，応物7，信学誌68/12，春，AO19），北野（日本板硝子，New Glass 1）および西沢（日本板硝子，オプト49）が，光学部品を山本（オリンパス，微光特セミナ）が，微小光学のOAシステムへの応用を後藤（東芝，微光特セミナ）が，民生機器への応用を新谷（ソニー，微光特セミナ）が解説した。

Deep UV光によりゾーンプレートを岡田（日女大，春）らが，EBにより格子レンズを羽多腰（東芝，AO24/24）が，また，SORにより微小光学素子を小館（日女大，春）らが製作した。光ディスク用GI対物レンズを西（日本板硝子，光学4，AO19）らが，GIスラブレンズを浅原(HOYA, AO 24/24, 19)らが，アキシャルGIを小池（慶大，AO 24/24）らが，スフェリカルGIを小池（慶大，春，AO 19）らが製作した。ルーフミラー－レイを河津（リコー，AO 24/24）らが試作した。光ディスク用微小光学について後藤（東芝，春），末光（パイオニア，春，シンポ，光学4）ら，および西尾（パイオニア，20 微光研，MON 2）が検討した。平板微小レンズの光線追跡を三沢（東工大，春）らが，同レンズのイオン濃度マトリクスを朱（東工大，秋）らが，GIロッドレンズの4次係数を坂本（兵庫県工試，AO15）が，GIの熱膨張係数モデルをMcLaughlin（日本板硝子，AO 24/24）らが考察した。

### 2.2.2 HOE

スキャナ用の収差補正について小野（日電，OSA Spr. Top. Meet.）ら，西（三菱，春）ら，木佐木（三菱，秋）らが，最適化について石井（北大，OSA Spr. Top. Meet.）ら，小野（日電，JOSA(A)-1）らが，また高性能化について西田（NEC，光大プロ成果発表会，オプト59）が検討した。収差特性を石井（北大，学位論文）が研究した。HOEによる $f\theta$ レンズを小野（日電，AO 5）らが，指紋センター用HOEを江口（富士通，春）らが，そして波長比制御によるスキャナ用を長谷川（富士通，春）らが報告した。

### 2.2.3 プラスチックレンズ

プラスチックレンズの設計，評価について小島（小西六，冬期講，エレク・オプ・部品開発と超精密加工），松丸（小西六，オプト51）および土肥（ミノルタ，精工誌2）が解説した。

光ディスク用レンズのプラスチック化を鹿間（三菱，春）らが検討した。

### 2.2.4 X線・ビーム光学系

X線光学を高良（高エネ研，精工誌11）が概説した。EBによりX線光学素子を有留（阪大，Int. Conf. Soft X-Ray Opt. Tech.）らが製作した。多段回転2次曲面によるX線光学系を伊藤（日本電子，春，秋）らおよび伴（日本電子，秋）らが，SOR用光学系を松下（高エネ研，春）が，軟X線光学系を前沢（高エネ研，春）が，結晶を用いたX線光学系を菊田（東大，春）が，放射光のビームプロファイルを小方（高エネ研，光学6）が検討した。

### 2.2.5 光ディスクヘッド

光ディスク共通技術を今村（KDD，応物7）が，光ピックアップの新しい流れを森（東芝，O/E 76）が，光磁気ディスクを重松（日立，応物7）らが，追記型光ディスクを池（東芝，応物7）が，CDを久保田（ソニー，応物7）および久山（三菱，O/E 78）が，ビデオディスクを金丸（パイオニア，応物7）が，部品点数を減した光ピックアップを岡崎（松下，O/E 76）が，新しい光学素子を用いた光ピックアップを後藤（東芝，O/E 76）らが，高速アクセス可能な光ヘッドを齊藤（日立，O/E 76）らが，高速回転ディスク用光ピックアップを金丸（パイオニア，O/E 76）が，書き換え可能型光ディスク用光ヘッドを虎沢（三洋，O/E 76）が，そして，光ピックアップの光集積回路化について栖原（阪大，O/E 76）らが解説した。

小型ライトワنس用光ヘッドを篠田（三菱，シンポ，光学4）らが，光磁気ディスク用を安東（東芝，春），唐木（三菱，秋）ら，山中（NEC，CLEO '86）らおよび畠山（NTT，AO 1）らが，オーバーライト光ヘッドを虎沢（三洋，秋）らが，HOEを用いた光ヘッドを木村（日電，秋，22 微光研，MON 4）らが，マルチビーム光ヘッドを伊藤（日電，秋）らが，および岩本（富士通，秋）らが検討した。

### 2.2.6 偏向・走査系

情報処理機器の偏向・走査系を小野（日電，光学6）および河村（キヤノン，光学6）が，また，半導体プロセスにおけるレーザー走査系を保坂（日立，光学6）が解説した。

レーザービームプリンタ走査光学系を山本（松下，秋）が，そして，高速LBP用2光束走査系を有本（日立，CLEO '86）らが開発した。

## 2.3 光学系・光学素子の材料・加工および評価

### 2.3.1 材料

光学材料について尾中（筑波大，冬期講）が，光学ガ

ラスについて泉谷 (HOYA, 冬期講) が、微小光学用ガラスについて池田 (日本板硝子, O/E 83) らが、光学プラスチック材について小池 (慶大, 冬期講) が、そしてニューガラスをニューガラスフォーラム (Trigger 8) が解説した。

### 2.3.2 加工

ガラス加工技術の歩みを塩谷 (タムロン, コンタクト 10) が、加工基礎を今中 (富山職訓短大, 冬期講) が、プラスチックレンズの成型を松田 (松下, 冬期講) および、八木 (オリンパス, 精工誌 3) が、光学素子の量産化を小島 (小西六, O/E 82) が、そして、高精度金属反射鏡の製作技術を河野 (金沢大, 計測と制御 5) が解説した。

非球面の加工と計測を鈴木 (富士写真光機, オプト 51) が、NC 機の非球面加工を小池 (理研製鋼, コンタクト 1, 2) および森 (阪大, オプト 51) らが、複合型非球面レンズを土肥 (ミノルタ, コンタクト 4) が、そしてガラスプレスを袴塚 (オリンパス, オプト 51, 24 光計研) らおよび小倉 (東大, 写工 43/12) が報告した。切削による鏡面加工について大塚 (日立, 日立精機技報 82) が検討した。また、放射光ミラーの超精密加工を飯島 (キヤノン, 精工誌 11) らが報告した。

レーザープリンタの部品精度を古野間 (ミノルタ, エレク・オプ・部品開発と超精密加工) が述べた。

太陽熱機関用放物面鏡研磨機を宍戸 (東北学院大, 秋) が作った。

また、GRIN レンズ製法に関して、二重イオン交換法を近江 (HOYA, 秋) らが、レーザー加工法を鈴木 (日大, レーザー研究 4, 10) らが、そして、屈折率分布のコントロールを大塚 (慶大, AO 24/24) らが検討した。

### 2.3.3 性能・特性等の評価

円柱レンズの収差を有本 (日立, 春) らが、望遠鏡のOTF を石川 (上智大, 秋) らが、そして GI の波面収差を McLaughlin (日本板硝子, 秋) らが測定した。

レーザー走査顕微鏡の像コントラストを鈴木 (大阪電通大, 春) が、光学像の線幅を松本 (日本光学, 春) らが、ホログラムによりトーリック波面を両角 (信州大, 秋) らが測定した。高 NA レンズのスポットを大木 (日本光学, 秋) らが解析した。光ディスク系の特性を久保田 (三菱, 春) ら、都出 (三菱, 春) ら、岡崎 (松下, 秋) ら、山中 (日電, 春) ら、尾島 (日立, AO 9) ら、そして、有本 (日立, AO 9) らが検討した。また、マイクロフレネルレンズの集光特性を塩野 (松下, 春, 秋, シンポ, 光学 4) ら、小館 (日女大, JJAP(1)-2) ら

が、軟X線用ゾーンプレートの結像特性を覚知 (NTT, 秋) らが、ファイバプレート結合光学系の結合特性を伊藤 (日立, 秋) らが調べた。ポリゴンミラーの自動評価を稻垣 (富士通, CLEO '86) らが行なった。そして、GI レンズの屈折率温度特性を McLaughlin (日本板硝子, AO 24/24) らが測定した。

### 2.3.4 面形状の検査

光学表面の評価と形状測定を谷田貝 (筑波大, 冬期講, 23 回全日本光学測機展講演会) が、非球面計測を横関 (阪大, オプト 51, 25 光計研), 松田 (機技研, 機誌 816) および加納 (リコー, コンタクト 23/12) が概説した。

測定法に関しては、フーコー法を宍戸 (東北学院大, オプト 53) が、逆ロンキー法を川井 (大工試, オプト 53) が、ハルトマン法を河野 (金沢大, オプト 53) が、トワイマン干渉計を田代 (富山大, オプト 54) が、干渉図形法を横関 (阪大, オプト 54) が、マッハ・ツェンダー干渉計を松田 (機技研, オプト 54) が、ゾーンプレート干渉法を野村 (富山技術短大, オプト 56) が、CGH 法を谷田貝 (筑波大, オプト 57) が、タルボ干渉計を横関 (阪大, オプト 57) が、ゲージ法を鈴木 (富士写真光機, オプト 57) が、そしてシアリング干渉計を官崎 (金沢大, オプト 58) が解説した。また、放射光用ミラーの形状測定を本郷 (高エネ研, 精工誌 11) らが報告した。

非球面形状をタルボ干渉計で西村 (阪大, 光学 14/6) らが、ゾーンプレート干渉計で大山 (東工大, OSA Spr. Top. Meet., Opt. Commun. 56/6, シンポ, 光学 4) らおよび市村 (東工大, 春) が、拡散板干渉計で蘇 (東工大, 春, Opt. Commun. 58/3, 学位論文) ら、岡田 (千葉大, 26 光計研) および平山 (千葉大, 春) らが、CGH で佐藤 (東京光学, OSA Spr. Top. Meet.) らが、縞走査法で小野 (東芝, 春, シンポ, 光学 4) が、そして、モアレ法で小野 (東芝, 春) が測定した。全面走査型非球面測定機を加藤 (オリンパス, シンポ, 光学 4, 春) らが、そして、投影パターンによる非球面計測系を安藤 (阪大, 秋) らが開発した。非球面測定の設置誤差除去を開口 (オリンパス, 春) らが、非球面測定の収差補正を斎藤 (オリンパス, 秋) が検討した。非球面干渉計測系により微小光学素子を日野 (リコー, 秋, 22 微光研, MON 4) が測定した。

## 2.4 光学機器

### 2.4.1 カメラ・ビデオ関連

オートフォーカスについて小倉 (東大, 19 微光研, MON 1), 坂野 (小西六, 19 微光研, MON 1), 豊野

(松下, 19 微光研, MON 1), 向井 (ミノルタ, 19 微光研, MON 1), そして江川 (ミノルタ, コンタクト 1) が, 測光系について橋口 (山梨大, 写工 43/12) が, 像安定化装置について安藤 (富士写真光機, 写工 4) が解説した.

35 mm フィルム用イメージスキャナを大村 (キヤノン, 画像コン) らが, テレシネを飯島 (池上通信機, テレビ技報 OPT 221) ら, および平林 (NHK, テレビ技報 OPT 229) らが開発した.

#### 2.4.2 事務機関連

OA 機器を河津 (リコー, コンタクト 1), および熊野 (リコー, エレク・オプ・部品開発と超精密加工) が, 密着型イメージセンサーを水口 (東芝, 画電学誌 1) が, スキャナを太田 (NTT, 画電学誌 2) が, プリンタを両角 (精工エプソン, サマーセミナ), 大西 (富士フィルム, サマーセミナ), 丹野 (日立, 画電学誌 2) および梅田 (日立, 信学誌 8) が, 光ディスクシステムを龍口 (ビクター, TV 誌 6), 三橋 (電総研, テレビ技報, OPT 222), 早山 (日立, 機誌 811), 神尾 (マイテック, 機誌 816) および山田 (東芝, エレク・オプ・部品開発と超精密加工) が, また, 画像読み取り装置を西田 (日電, O/E 75) が解説した.

密着型像センサーを飛田 (三菱, 電写学誌 2) ら, 鈴木 (東芝, 画像コン) ら, 小松 (キヤノン, テレビ技報 ED 984) らが, He-Cd<sup>+</sup> レーザーによるプリンタを高島 (写研, 春) らが, レーザーペン調整法を米沢 (日立, 春) が開発した. 光カードを松本 (キヤノン, 光学 6) が報告した.

#### 2.4.3 医療機関連

眼科光学機器を小沢 (ニデック, コンタクト 2) が, 内視鏡を千竈 (町田製作所, 7 医画研) が解説した.

#### 2.4.4 顕微鏡関連

顕微鏡用 AF を中田 (タムロン, 写工 3) および堀川 (オリンパス, 19 微光研, MON 1) が, 干渉顕微鏡を福重 (コーナー, オプト 56) が, 走査型レーザー顕微鏡を粟村 (レーザーテック, コンタクト 8) らおよび藤井 (東大, 7 医画研) が, そして, 光学顕微鏡トモグラフィを河田 (阪大, 7 医画研) が解説した.

走査型レーザー顕微鏡を鈴木 (阪電通大, テレビ技報 ED 962) が, 顕微鏡トモグラフィを中村 (阪大, 春, 秋) らおよび河田 (阪大, OSA Spr. Top. Meet.) らが検討した.

#### 2.4.5 半導体製造装置関連

リソグラフィ全般を吉川 (NTT, 応物 54/12) が, 光

リソグラフィ用光学系を加納 (キヤノン, 21 微光研, MON 3), 塩竹 (日本光学, 精機 51/12) および伊沢 (日本光学, エレク・オプ・部品開発と超精密加工) が, エキシマレーザーによるリソグラフィを村原 (東海大, 21 微光研, MON 3) および矢部 (化技研, 写学誌 3) が, X線リソグラフィを青木 (筑波大, 21 微光研, MON 3) および吉原 (NTT, 応物 54/12, 精機 51/12) らが, 電子ビーム露光装置を柴田 (日立, 精機 51/12) らが, 集束イオンビーム露光装置を加藤 (三菱, 精機 51/12) らが, パターン欠陥装置を栗村 (日本自動制御, 精機 51/12) が, ステッパのオートフォーカスを水谷 (日本光学, 19 微光研, MON 1) らが解説した.

ステッパ用光学系を鈴木 (キヤノン, P. SPIE 632) および牛田 (日本光学, P. SPIE 633) らが, ステッパ用露光アライメントを押田 (日立, 春) らが, X線縮小露光系を木下 (NTT, 秋) らおよび山越 (電総研, AO 6) らが, エキシマレーザーによるリソグラフィ系を笛子 (松下, 秋) らおよび佐藤 (東芝, 秋) らが検討した.

#### 2.4.6 X線光学関連

X線顕微鏡を有留 (阪大, 春), 青木 (筑波大, 春, 精工誌 11) および節原 (阪大, テレビ技報 ED 963) らが検討した. また, X線フレーミングカメラを浦崎 (阪大, 秋) らが試作した.

#### 2.4.7 その他

光学機器全般の動向を反町 (キヤノン, 機誌 813) が, プラネタリウム光学系を古野間 (ミノルタ, O/E 75) らが, 3次元映像を畠田 (工芸大, 写工 7, O/E 73) が, リモートセンシング系を村井 (東大, コンタクト 2) が, プリント基板フォトマスク描画装置を松井 (旭光学, O/E 82) が, レーザー書き込み液晶表示装置を西田 (日電, 信学誌 6, オプト 48, コンタクト 23/12) および窪田 (日電, テレビ技報 OPT 216) らが, 画像情報処理サブシステムを窪田 (日電, オプト 59) らが, ロボットの視覚系を谷江 (機技研, 19 微光研, MON 1), 大島 (電総研, 19 微光研, MON 1) ら, 反町 (キヤノン, 19 微光研, MON 1) および出沢 (理研, P. SPIE 599, コンタクト 5) が, 3次元測定機の光学系を野本 (日本光学, コンタクト 8) および吉住 (松下, 光学 6) らが, そして, ストリークカメラを土屋 (浜松ホト, Trigger 13) が解説した.

パルスホログラフィカメラを山本 (東海大, 春) が, そして, 高速赤外線カメラを金子 (浜ホト, 秋) らが開発した. 小型太陽熱機関用光学系の調整法を宍戸 (東北学院大, 秋) がそしてストリークカメラの校正を中井

(阪大, P. SPIE 689) が検討した。

(キヤノン研究開発本部 田中一夫)

### 3. 光応用計測

光応用計測の研究は、原理的方式の提案に関するものに加え、干渉縞の高速処理法など実用段階のものまで幅広く行なわれるようになってきている。これらのこととは、新しい光デバイスの応用や計算機による信号処理技術に負うところが大きい。さらに、最近の研究では従来の光学素子を小型の新しい素子に置き換えたといったものではなく、たとえば半導体レーザーの周波数掃引などをを使った干渉など、そのデバイスでなければできない方法による研究が目立つ。光ファイバセンサーの研究は、提案としては一段落といった感があるが、光導波路と光ファイバの組合せあるいは光導波路センサー、OEIC センサーの提案などは、今後の光計測システムの一つの方向を示すものであろう。ここでは、応用の講演会を中心に 1986 年の国内の研究について概観する。

#### 3.1 干渉縞処理と形状測定

干渉計測では、非球面形状を対象とした研究が目立った。市村（東工大）らはゾーンプレート干渉（春、シンポ），小野（東芝）は縞走査（春）やモアレを使った干渉（春），加藤（オリンパス）らは縞走査（春、シンポ），蘇（東工大）らは拡散板干渉（春），安藤（阪大）らは投影パターン（秋）を用い非球面形状の測定を行なった。日野（リコー）らは干渉法により非球面微小光学素子（秋），両角（信大）らはホログラフィ干渉を用いたトーリック波面（秋）の測定を行なった。平山（千葉大）らは拡散板干渉による非球面のマルテスト（春）を，関口（オリンパス）らは縞走査干渉におけるセッティング誤差（春）について報告した。

形状測定では、佐々木（新潟大）らによるレーザー変調干渉（春）や位相回復法を使った（秋）超精密加工面形状、近藤（東工大）らの縞走査を使った歯車の形状（春）測定がある。ホログラフィ干渉を使った報告では、佐々木（千葉大）らによる半導体レーザーを使った干渉（春），島筒（三菱重工）らの大口径油面形状（春）の測定や、日比野（機械研）らの低歪計算機ホログラム（秋）の研究がある。3 次元形状測定では、田中（福井大）らが半導体レーザーの周波数掃引を用いた干渉（春），高橋（静岡大）らがモアレトポグラフィによるワンショット計測（春）について報告した。位相物体について、門野（北大）らは偏光を用いたインライン干渉（秋），来（筑波大）らはダブルパルスホログラフィ干渉（秋）を用い

た研究を行なった。このほかに、平野（電機大）らによるモアレを用いた火炎温度分布（秋）の測定などがある。

収差測定としては、河野（三菱電機）らによる干渉を用いた非点収差（春），有本（日立）らによる回折格子を用いたシリンドレンズの収差（春），須崎（筑波大）らによるシアリング干渉を用いた半導体レーザー波面（秋）の測定などがある。豊岡（埼玉大）らは 2 波長ホログラフィ干渉を使いセルフォックレンズの屈折率分布（春）を、米村（山梨大）らは散乱パターンから光ファイバの屈折率分布（秋）を求めた。斎藤（オリンパス）らは干渉計非球面光学系の収差補正について（秋）報告した。

干渉縞処理としては、半導体レーザーの波長変化を用いた縞走査や位相較正について石井（北大、秋）らや河合（日電、秋）らが報告している。岩崎（筑波大）らは縞走査干渉における変形格子像の解析（春），豊岡（埼玉大）らは縞走査干渉の実時間処理（秋）とその応力解析への応用（秋）を行なった。島野（東工大）らは縞走査干渉におけるアライメント誤差の検討（秋）を行なった。

#### 3.2 長さ・変位・変形などの測定

出沢（理研）は三角測量に基づく距離センサー（春、秋），飯田（東海大）らは格子を用い（春），瀬田（計量研）らはレーザーモード間のビートを使った（秋）距離測定の報告を行なった。半導体レーザー干渉計を使ったものとして、久保田（京都芸工大）らの距離、変位の測定（春），菊田（大阪府大）らによる波長変化を用いた距離測定（春、秋），瀬田（計量研）らによるヘテロダイン干渉（秋）による距離測定がある。

変位などの測定では、格子を用い羽根（名大）らは微小変位測定（春）を、中樋（理研）は大変形測定（春、秋）を報告した。中島（理研）は光ファイバ干渉を使った振動測定（春）を行ない光熱振動変化の測定（秋）へ応用した。米村（山梨大）らは ESPI の縞の可視度の改善（秋）を行なった。山口（理研）らはスペックル干渉（春、秋），岩橋（大阪産大）らはスペックルシアリング干渉（秋）により歪の測定を行なった。梅田（静岡大）らはヘテロダイン干渉により振動測定（秋）を報告した。格内（姫工大）らは縞走査ホログラフィ干渉による 3 次元変位の測定（秋）を、岡本（理研）らは Hough 変換による縞解析（秋）について報告した。

このほかに、田中（三菱電機）らはレーザーを用いた微小寸法（春）を、松本（日本光学）らは光学像から線幅（春）を高精度に測定した。モアレを使ったものとして、中野（北葉大）らは微小角の測定（秋），河合（日電、

春, シンボ) らや古川 (名大, 春, 秋) らは高精度位置決めについて報告した。須田 (日立) らは格子を使い (春, シンボ), 田辺 (日立) らは偏光を使い (秋) 欠陥検査について述べた。並木 (ユニオン光学) らはシリジング干渉により (春, 秋), 飯田 (名大) らは 2 光束干渉により (秋) 膜厚の測定を行なった。山内 (機械研) らは干渉コントラスト法による真直度の測定 (秋) を, 高橋 (松下) らはビームの偏向を利用したアクチュエータの動特性の解析 (秋) を報告した。

### 3.3 速度・粒子測定

LDV では, 中谷 (阪大) らは渦の測定 (春), 岡田 (慶大) らは extra spectra の検討 (春, 秋), 柏木 (東女医大) らは高感度化 (春, 秋) について報告した。スペックル速度測定では, 北島 (立石電機) らは速度計の装置化 (春) と光ファイバの応用 (秋) について, 原田 (北大) らは血流速への応用 (秋) について述べた。三浦 (九大) らは流し TV カメラによる粒子の運動を解析 (春) した。

粒子径の測定では, 鈴木 (東海大) らはモアレにより (春), リトンガ (北大) らは空間フィルタを使い (秋), 鈴江 (大阪電通大) らは走査型 LDV (秋) で, 竹尾 (名古屋市工研) らは光ファイバガイド LDV により (秋) 測定する方法を述べた。散乱光による粒子濃度の測定が南波 (東工大, 秋) らにより, タンパク粒子の重合の測定について正井 (三菱化成, 秋) らにより報告された。村上 (九大) らは散乱光から粒子群の挙動を求めた (秋)。

### 3.4 計測用センサー

計測用センサーとしては, 光導波路型のものがいくつか提案されており, 西原 (阪大) らは導波路と光ファイバを使った LDV センサーについて紹介し (春), 須藤 (日本板硝子) らは導波路を使った水素センサー (秋) を報告した。

光ファイバを使った圧力センサーが, 岩本 (東芝, 春, 秋), 中橋 (理研, 春, シンボ), 渡辺 (シャープ, 春) により発表された。同じく光ファイバを使い, 今井 (北大) らは曲げ (春), 安藤 (北大) らは張力 (春), 日高 (藤倉電線) らは温度 (春), 田島 (HOYA) らは電流 (春), 竹尾 (名古屋市工研) らは液面 (春) の測定について報告した。中谷 (阪大) らは光ファイバ干渉を使い光音響測定 (秋), 高原 (千葉大) らは超音波 (春) の測定を行なった。服部 (松下) らは光ファイバジャイロの安定化について (春), 荒木 (東工大) らは光ファイバジャイロを地震の測定へ応用 (春) した。芳野 (東大) ら

は光ファイバエリプソメーター (秋) を, 広瀬 (名大) らは赤外カロリメーター (秋) を報告し, 石川 (計量研) は光ファイバを使い高精度アライメントに応用した (春). 黒沢 (東京電力) らは分布型の光ファイバセンサーを開発した (春).

このほかのセンサーとして, 堀中 (大阪府大) らは半導体中の複屈折を利用して温度センサー (秋) を, 松原 (阪大) らは表面プラズマ振動を利用して化学センサー (春, 秋) を, 江口 (富士通) らはホログラム指紋センサー (春) を発表した. (静岡大工 大坪順次)

## 4. 光情報処理

### 4.1 画像形成

画像の形成に関する研究は, ホログラフィのように光を用いたもの, 光以外の波動的性質をもつものによって形成されたもの, CT のように計算機によるものに大別できる。

ホログラフィ関係では, 南ら (東工大) がマルチプレックスホログラムで計算機処理した医用画像を立体表示し (春), 渡辺ら (東工大) が X 線像の立体表示を行なった (画像コン). 佐藤ら (北大) はイメージファイバを使用してマルチプレックスホログラムを記録した (AO 4) 平野ら (浜松ホトニクス) はシングルホトンによるホログラフィを試み (AO 11), 田中ら (福井大) は光領域での周波数掃引ホログラフィを検討した (春). 岡田ら (千葉大) は広視域レインボーホログラムを研究し (秋), 日比野ら (機械技研) は低歪の計算機ホログラムを製作 (秋), 伊藤ら (北大) はホログラフィックスペクトライメージング法を提案した (JOSA(A)-1, 8). また, 伊藤ら (阪大) は広視野フーリエ分光映像法を提案した (秋). 赤堀 (電総研) はキノホーム作製アルゴリズムに関して発表した (AO 5).

顕微鏡の結像に関して, 鈴木 (大阪電通大) が走査型レーザー顕微鏡の像について発表し (春, 秋), 星宮 (東北学院大) は光プローブを用いた光音響顕微鏡について発表した (春).

画像の評価に関して, 佐柳 (写研), 本庄 (富士フィルム), 長谷川 (NHK) がさまざまな方面から画質の評価という問題について解説を行なった (画像コン). 蔡ら (岐阜医療技短大) は X 線写真粒状性の評価法について発表した (秋).

CT 関係の発表は昨年まで多くあったが, 実用段階に至ったためか今年は比較的少なく, 光波以外の波動を用いて採取したデータからの像再生が数件発表された.

CT と光波以外の波動による像形成を以下にまとめる。阿部ら (NTT) は光弾性トモグラフィの報告をし (JOSA (A)-1), 内山ら (慶大) は IR エミッションの CT で炎度分布を画像化し (AO 85/23), 草場ら (慶大) は CT 法で磁場を画像化し (画像コン), 井上ら (東工大) はコーンビーム投影像から骨の 3 次元構造を再生した (画像コン). 阪上 (岐阜大) は X 線 CT 像によるレーザープラズマの計測を行ない (画像コン), 陳ら (阪大) は URA カメラの CT 像再生 (春, 画像コン), 工藤ら (東北大) は投影角が制限された下での像再生 (画像コン), 中村ら (阪大工) は顕微鏡像再生を行なった (春). 大村ら (筑波大) は電子線ホログラフィの波面再生 (春), 近浦ら (九州工大, 応物 10) と内田ら (岐阜大, JJAP (1)-8) は X 線ラジオグラフィについて発表した.

#### 4.2 画像処理

画像の修正などの処理は計算機によるものと光学系などを利用して行なうものに大別できる。計算機による処理では、従来の 2 次元処理から一つ次元の増したカラー画像の処理や 3 次元ディジタル処理の研究が増してきた。杉本ら (阪大) は動画像処理を行ない (AO 6), 金次 (NHK) は映像の幾何学変換フィルタ (画像コン), 大木ら (東工大) は離散系でのラドン変換 (春), 前田ら (北大) は S/N の低い像のスムージングアルゴリズムの開発 (OC 59/1) とスペックルノイズ中の像回復を行なった (OC 60/1-2). 小林ら (阪大) は多機能高速信号処理システムについて新しい提案をした (春). 中島 (静岡大) はフーリエ級数展開を用いた位相回復法 (秋), 岡田ら (千葉大) は相関関数による CT 像の補間法 (秋) を提案した。ヤング縞の処理では、中橋 (理研) が位相検出とセンシングへの応用を発表し (シンポ), 岡本ら (理研) は Hough 変換によって縞を自動解析した (秋). 3 次元画像処理では、前田ら (北大) がディジタル処理法を提案し (秋), 光学顕微鏡像を修正した (画像コン). 岡田ら (千葉大) は焦点の異なる複数の写真から立体形状を再生した (画像コン).

カラー画像処理では、谷内田ら (東工大) が劣化画像の復元を行ない (春), 小宮ら (東工大) がカラー画像の相関手法を提案し (秋), 加藤ら (東芝) は電子内視鏡の画像を強調処理した (秋). また, Badique ら (東工大) は CCD カラー内視鏡画像のずれ補正 (春, 秋) と谷内田ら (東工大) が同鏡による画像測色について発表した (秋). 分光と画像処理を組み合わせた研究には 笹木ら (阪大) および 中村ら (阪大) の顕微鏡トモグラフィに多重分光トモグラフィを適用したもの (秋) があり, 河

田 (阪大) が分光情報を利用した画像処理の有効性を解説した (画像コン).

光学系などを利用した画像処理や修正に関しては、石田ら (東京電機大) が He-Cd (II) 白色レーザーの像処理への応用を提案し (春), 実験を行なった (秋). 羽石ら (東工大) は白色光を用いたカラー画像処理を行なった (秋). パターン認識やマッチングには、岡嶋ら (東工大) の文字パターン分離に関する研究 (秋), 斎田 (製研) の微小色差を利用するものの (秋), 枇杷木ら (名大工) の文字パターンの認識, 原ら (神戸大) の複合方式によるもの (春, AO 22), 矢口 (千葉大) の明るさマッチングに関する研究 (秋), および須田ら (日立) の回折型パターン欠陥検査の研究 (シンポ) がある。画像処理装置や素子関係では、生田ら (大阪電通大) が光学顕微鏡用能動型画像処理装置を発表し (春), 高木と額ら (大阪電通大) は能動型画像処理方式に基づくモアレ超解像光学系の理論と実験を発表した (秋). 陳と峯本 (神戸大) は BSO 空間変調器の特性について発表した (光学 3, 春, 秋).

上記のほかに、山口ら (東工大) は網点画像の入力時におけるモアレ縞の除去を行ない (秋), 岩崎ら (筑波大) は縞走査干渉法による変形格子像の解析 (春), 原田ら (北大) は生体レーザースペックル信号の解析 (春) を行なった. 古川ら (名大) は反射形回折モアレ像による自動位置決め技術 (春), 羽根ら (名大) はグレーティングによるイメージ形成 (春), 米村ら (山梨大) は光ファイバの散乱パターンの位相を可視化 (秋), 島津ら (東邦大) はエンジン火炎の単色像観測 (秋) を行なった. 村上ら (九大) は粒子群のフーリエ変換画像計測を行ない (秋), 安藤ら (阪大) は投影パターンによる非球面形状画像計測システムを開発し (秋), 今井ら (北大) は 2 次元物体のウェイグナー分布関数を光学的に発生する提案を行なった (OC 58/1).

#### 4.3 光コンピューティング・周波数フィルタリング

光コンピューティング関係の発表が増し、研究が活発になってきた。武田ら (電通大) は光ニューラルコンピューティングについて一連の発表を行なった (春, AO 18). 一岡と吉原ら (阪大) はアーキテクチャと 2 次元連想記憶の報告をした (春, 秋). 谷田貝 (筑波大) はセルラロジクアーキテクチャを研究し (AO 10), 中野ら (東大) は光学系による行列の並列演算法について研究をさらに進めた (AO 85/23, AO 18, 春, 秋). 谷田ら (阪大) は従来から研究している OPALS をさらに発展させ各種の機能モジュール, 相関演算光学系, ファジイ論理

の演算法の提案を行なった(AO 10, AO 20, 春, 秋)。今井(北大)らは干渉縞を利用した演算法(Opt. Eng. 1)および周期的な空間コヒーレンスをもつ光源による像の和と差の演算法を発表した(JOSA(A)-8)。峯本ら(神戸大)は電気光学効果を利用した演算法を発表した(AO 6, AO 22)。長原ら(阪大)は立体視問題へ並列光演算の適用を試みた(春, 画像コン)。池田ら(筑波大)は並列光論理演算用入力画像の空間コード化に関する新しい提案を行なった(秋)。渡辺ら(電総研)は半導体レーザーを用いた光3値回路を作った(秋)。原ら(浜松ホトニクス)は画像演算用のマイクロチャネル形空間変調器を開発した(AO 14)。

非線形現象を利用する研究では、藤原と中川(室工大)が色素を利用した位相共役波の発生に関する研究を進め(秋)、黒田ら(東大)が音響光学素子を用いたカオスの研究を行ない(シンポ)、間多(東京農工大)が液晶を用いた光多安定素子の研究を行なった(秋)。池田ら(東工大)は位相共役フィルタを使ってウイナーフィルタを作った(JOSA(A)-5)。(神戸大工 峰本 工)

## 5. 画像表示

'86年は前年に引き続き、液晶、とくに強誘電性液晶の研究が進展した。応用物理学会春季、秋季講演会では、液晶、ECD、プラズマ、等の表示素子の基礎的な材料、デバイス特性について多数の報告があった。また、この分野の国際会議では、情報表示シンポジウム(SID)が5月、米国サンジエゴで、Japan Displayが10月に東京で、それぞれ開催され、主に表示装置の発表がなされた。日本からの発表は、発表件数のうち前者で37%、後者で81%と多数を占め、この分野でのわが国の研究が活発に行なわれていることをうかがわせた。ここでは、以下に応用物理学会の発表を中心に、液晶、ECD、プラズマなどに関する研究成果を展望する。

### 5.1 液晶素子

液晶材料に関しては基礎的な特性、デバイス化に必要な配向制御、配向特性を主に研究が活発である。

ネマチック液晶について、弾性定数の測定では、竹添ら(東工大、春)の強制レーリー散乱による測定、豊岡ら(東工大、秋)の電場印加光散乱法による測定の提案があり、液晶分子の配向特性については、山下ら(東理大、春、秋)の非平衡状態からの変化、横山ら(電総研)のアンカリングエネルギーをパラメータとした検討、近藤ら(山梨大、春)のティルト角の温度依存性、等についての研究が行なわれた。また、時間応答性について

は、大貫ら(熊本大、春)の誘電率の温度依存性、間多ら(東京農工大、春)の直流駆動時の特性、江本ら(チッソ、春)の混合カイラルネマチック液晶の温度特性についての考察が進み、表示特性については、小谷勇ら(金沢大、春)の各種パラメータの考察、久保田ら(東京農工大、春)の心理実験によるマルチプレックス駆動LCDの評価、山岸ら(富士通、秋)の相転移型液晶の光散乱特性、等の研究が進展した。

強誘電性液晶については、配向ベクトルの反転過程の解明に研究が集中しており、この点での研究成果が多数発表された。信宮ら(東工大、春)の表面安定化状態についての考察、神原ら(長岡技大、春)の分子配向の理論的解析、川井田ら(長岡技大、秋)の電場による弾性変形の検討、平野ら(東北大、春)のラビング効果の影響、大内ら(東工大、春)のパルス印加時の配向ベクトル反転過程の考察、幡野ら(東工大、春)の反転過程の観察、石川ら(長岡技大、秋)の電界による分極反転、大内ら(東工大、秋)の新しい反転領域、岸尾ら(阪大工、春)の電気光学効果と分子構造セル厚依存性、一の瀬ら(日電、春)の配向メカニズムの考察、南ら(富山大、春)のヒステリシス特性、影山ら(三菱、春)の新化合物の特性、大西ら(凸版印刷、春)の電気光学特性、坪田らおよび中川ら(シャープ、春)のスイッチング過程のモデル化および非対称性、鎌上らおよび田中ら(東芝、春)のマルチプレックス駆動時の電気光学特性、およびマージン、などの研究成果が発表された。また、強誘電性液晶を用いた光シャッタは、前田ら(東京農工大、春)のコントラスト比、苗村ら(日電、秋)の光シャッターレイの時分割駆動、についての発表があり、強誘電性液晶の実用化に向けての今後の研究の進展が待たれる。

スーパーツイスト液晶については、古川ら(山梨大、春)の270°ツイスト構造のティルト角効果、保坂ら(工学院、春)のヒステリシス幅の温度依存性、浅野ら(小西六、秋)のデバイス特性の各パラメータの影響、斎藤ら(工学院、秋)の過渡応答特性、福田ら(金沢大、秋)の表示特性と材料パラメータとの関係について研究が行なわれた。

熱書込み型の液晶については、近藤ら(長岡技大、春)のスマートチック液晶の熱伝導特性測定、橋本ら(長岡技大、秋)のスマートチック液晶への書込み状態の評価が進み、森ら(東京農工大、春)の色素添加効果、有本ら(早大、春)のEC物質添加効果による高速化の試み、また液晶ライトバルブのカラー化のための今井ら(日

電, 春) の2次元位相格子によるカラーフィルタの検討や, 森ら(日立, 春)のフルカラー投射型ディスプレイのシステムについての研究, 開発が行なわれた。

マトリクスデバイス関連では, 平井ら(東京農工大, 春)のポリマー基板上に作成した TFT 特性, 平井ら(日電, 春)の蓄積コンデンサをマトリクスアドレスする高精細 LCD 用 MIM, 上野ら(日電, 秋)の液晶 TV のカラーフィルタ特性の最適化についての研究, 開発が行なわれた。

### 5.2 エレクトロクロミック素子

種々の材料評価結果の報告があった。柏崎ら(東京電機大, 春)はプラズマ CVD 法による金属錯体エレクトロクロミック表示素子を, 佐藤ら(大工試, 春)は加熱酸化した Ir-C 膜を, 江頭らおよび津田ら(東工大, 春, 秋)はルテチウムジフタロシアニン全固体型を, 潮田ら(日大, 春)は LB 法によるルテチウムジフタロシアニン膜を, 関川ら(早大, 春)はフタル酸エステルを, 山中ら(日立, 春)のタングステン過酸化物塗布膜を, ホセインらおよび山田ら(静岡大, 秋)は  $\text{WO}_3$  スパッタ膜を, 吉岡ら(静岡大, 秋)は酸化ニッケル膜, 鈴木ら(沖電気, 春)および宮本ら(沖電気, 秋)は溶解型 ECD を, 勝部ら(埼玉大, 秋)は  $\text{IrO}_x$  と  $\text{WO}_3$  との相補型 ECD を, 柏崎ら(東京電機大, 秋)はコバルトピリジノポルフィラジン膜を報告し, ECD 材料の研究, 開発が引き続き行なわれた。最終的にどの材料が優れているかの結論を出すにはまだ時間が必要であると思われる。

### 5.3 プラズマ素子

プラズマ表示素子については, 南部ら(富士通, 春)の面放電型パネルの駆動方式, 丹羽ら(広島大, 春)のアドレス物性の解析, 山本ら(広島大, 春)の高輝度化, 等の実用化に向けての研究, 開発が行なわれた。

(日電光エレ研 窪田恵一)

## 6. 光記録

近年の光記録素子は感度, 解像力を主眼とした記録材料に指向した研究からオプトエレクトロニクス材料, 分子機能素子, 分子デバイスへと分子設計を背景とした方向に進んでいるのが大きな特徴である。

高度情報化の時代の今日, 高速化, 高密度化の必要性からますますシステム, 素子ともに多様化したデバイスが開発されている。光記録の分野は物理, 化学, エレクトロニクスなどの基礎工学が応用分野に直結していることと機能を目的としたシステム・デバイス化が学際領域の学問分野となつた。

分子エレクトロニクスは光と物質との相互作用を中心にして光の吸収から始まる。なかでも, 分光増感は引き続き研究が行なわれている。物質の励起状態の基礎およびその後続反応としての光化学による光記録および光物理による光記録に大別し, それぞれ大きな関心がもたれている分野に分けて研究の動向をまとめよう。

半導体レーザーの進歩と相まって, 可逆光記録素子の開発は注目され, 従来の光磁気メモリおよび電子写真, レジストの各分野の進展も著しいが今後分子レベルでの制御された薄膜, 分子集合体による機能素子が期待される。

本稿では以下の略号, 日写: 日本写真学会年次大会, 春・秋, 日写誌: 同論文 No., 電写: 電子写真学会年次大会, 春・秋, 電写誌: 同論文 No., 材技: 材料技術, 日化: 日本化学会誌 No. を使用した。

### 6.1 光化学による光記録

#### 6.1.1 可逆メモリ

分子の配列状態の変化に要するエネルギーが小さいため, 高感度記録のできる可逆メモリが可能となり, 羽田(京大)の固体表面の関与する光化学反応の機能材料への応用(日写, 秋), 田中(京工織大)の光記録材料の最近の動向(日写誌 4), 安藤ら(松下中研)の色素の会合体と単分子との間の可逆メモリ(春), 清水(東工大)の波長の多重化について(日写誌 5), 石本ら(ソニー)の有機色素会合体の LB 膜の光記録(春), 浅井ら(ソニー)のスピロビランの光異性化による光記録(春), 石本ら(ソニー)のシアニン色素の光強度依存性(春), また, Baba らの硫黄増感した臭化ナトリウムは露光により着色, これに白色光を照射すると元にもどる報告(JJAP(1)-6)などがある。

#### 6.1.2 レジスト

エキシマレーザーによるサブミクロソリソグラフィに関して, 遠藤ら(松下電器, 春), 豊田(理研, 材技 1), 矢部ら(化技研, 日写誌 3)の報告がある。Kodate らはシンクロトロン照射によるリソグラフィ(JJAP(2)-10)を, 平井ら(松下電器)はシミュレーションによる露光, 現像プロセスの設計, 解析の有効性(春)を, 長谷川ら(日本電気)は多層レジストのシミュレーション(春)を, 松沢ら(東芝)は2次元プロセスのシミュレーター(春)を, 青木ら(日立中研)は素子寸法の最適化(春)を, 高橋(東工大)は光励起プロセスの素過程の解析(春)を, また三村ら(NTT)は GPC による光反応機構(春)を, 師岡ら(アサヒ化学)は写真現像型ソルダーレジストの光反応機構(材技 3)を, 接地ら

(日本電気)はX線レジストの感光機構について(春)報告した。

新しいレジストとして内田ら(神奈川大)の高分子側鎖にニトロアニール基を持つネガ型(日化誌1),黒崎ら(東工大)のマレインイミド-スチレン共重合体のネガ型(日写秋),富田ら(キヤノン)の不飽和脂肪酸LB膜レジスト(日写秋),渡辺ら(日本電気)のSi含有ネガ型(春),工藤ら(日立中研)のペロキノポリタングステン酸のレジスト(春)の報告があり,また遠藤ら(松下電器)の水溶性ポリマーによるリソグラフィ(春),高須ら(松下電器)の導電膜を中間層に用いるレジスト(春),上野ら(千葉大)のレジストのホットエッチングの速度について(JJAP(1)-9),渡辺ら(日本電気)の2層レジストの解像度限界(春),河津ら(沖電気)のポジ型レジストの下層レジストの検討(春),今村ら(NTT)の多層構造のレジスト(春),生津ら(NTT)の下層レジストは基板からの反射光抑制等の重要な役割を果す(春)などの報告がある。

#### 6.1.3 光化学ホールバーニング

高橋ら(出光興産)の光互変異性機構のフタロシアニンのポリマーフ分散系の構造緩和について(秋),谷ら(電総研)の光再配位のキニザリンのバインダー効果(秋),谷ら(電総研)のナフダザリンの量子効率について(春),Schellenbergらの持続性ホールバーニングの技術的展望(AO 18)などがある。

#### 6.1.4 分光増感

中村ら(東海大)の増感色素から光電子移動の検出およびビオローゲン分子による増感色素からの電子の検出について,(日写春秋),須田ら(小西六)のハロゲン化銀微結晶のシアニン色素の吸着(日写春),谷ら(富士フィルム)の色素のESR等による光電子の解析(日写春),大谷ら(小西六)の色素凝集体の電子伝達(日写春),高橋ら(東海大)のZnOの色素増感(日写春),河田ら(キヤノン)の凝集体の吸収スペクトル(春),谷ら(富士フィルム)のシアニン色素のヘテロ原子の役割(日写秋),西川ら(沖電気)のメロシアニン単分子層と二重層の吸収スペクトルと電界下の吸収スペクトルの測定(JJAP(1)-9)などの報告がある。

### 6.2 光物理による光記録

#### 6.2.1 光記録につながる光電現象

安西(電総研)の電荷移動錯体の構造とエレクトロニクスとの関係(秋),有機半導体の光伝導関係では,大沼ら(阪大)のウレタン置換ポリ(ジアセチレン)フィルム(日化3),城谷ら(阪大)のトリフェノジチアジン薄膜

(日化3),柴田ら(新潟大)のメロシアニンLB膜(春),杉ら(電総研)の非対称置換型フタロシアニンLB膜(春,JJAP(2)-7),広橋ら(千葉大)の金属フタロシアニン(電写春,日化3),佐野ら(三田工業)の有機粉体薄膜(電写誌3)などが報告されている。また清水(京大)の有機高分子の光電機能材料への変換(高分子5),安田(阪大)の有機金属高分子と電気伝導性(高分子5),板谷ら(京工織大)のポリビニルカルバゾールの光伝導機構の分子論的考察(材技6,7),福田(埼玉大)の機能性有機超薄膜としてのLB膜(材技6)などの紹介記事がある。

a-Siに関連した研究は多く,Kumedaら(金沢大)のESRによる光誘起効果の研究や(JJAP(2)-4),a-Si薄膜トランジスタの特性についての山口ら(富士通,春),清水ら(東工大,春),金子ら(日立,春),池田ら(東芝,春),をはじめとしてJiranapakulらの酸素のドーピングによる光电流特性(JJAP(1)-10),白川ら(阪大)のボロンドープしたa-SiHの移動度(春),大枝ら(電総研)のa-Si:H:Fの過渡光电流の解析(春),柴田ら(東工大)の価電子制御(春),今西ら(日本板硝子)の高光電性a-Si:Ge:H(春),安達ら(リコー)のa-Si:O:H/a-Si:Hの積層膜の光伝導(秋)など,また前田ら(大阪工大)の有機半導体の蛍光と光电流の同時測定から一重項励起子のキャリア生成(秋),沖井ら(慶大)の二重注入インパルス法による移動度の測定(秋)などの報告がある。

#### 6.2.2 電子写真

城田(阪大)は最近の電子写真用有機感光体の開発動向について(材技10),坂井ら(小西六)はキャリア生成層に用いた電子吸引性アゾ色素について(電写春),中野ら(大阪府大)はプラズマ法によるa-Si:C:H薄膜の電子写真特性(秋)を,橋本ら(リコー)はフルオレン系アゾ顔料(電写誌3)を,大阿久ら(大日本インキ)はチタニルフタロシアニン(電写誌3)などを報告した。また小門(東工大)の積層系感光体(春),荒木ら(富士通)のジシランガスの高反応性を利用した薄膜三層型感光体のドラム特性(電写秋),河村ら(大阪府大)のa-Si:H:F膜(春秋),尾道(松下電器)のa-Si:H(春),小野ら(日本鉱業)のSeの電子写真特性に及ぼす酸素の影響(電写誌2,春),などの報告がある。基礎的には北村ら(千葉大)のトラップ準位,光パルス法の表面電位減衰,キャリア注入効率について(春秋)の報告がある。

### 6.2.3 光磁気記録

磁気材料を用いた記録デバイスについては、鈴木（シャープ）の分子エレクトロニクスへの応用（材技7），横山（NHK）の磁気ディスク，記録密度向上の技術（材技1），横淵（東芝）および今村（KT）の光ディスクメモリの材料と技術の進歩（材技1），船越（NTT）の磁気ディスク媒体，光磁気ディスクについて（材技10），今村の光磁気記録材料（応物7），重松ら（日立）および久保（東芝）の垂直磁化膜の高密度可逆メモリ（応物7，2），見山ら（豊橋技科大）の同磁化膜の磁気ホログラフィ高密度記録（応物2），山崎（東工大）の大容量情報メモリへの光磁気記録の利用（日写誌2），高橋（三菱レ）の光ディスク基板について（高分子9），近江ら（リコー）および犬飼ら（NTT）の磁気光学効果による光記録（春），伊藤ら（シャープ）の光磁気ディスクの記録再生特性（秋），奥田ら（大阪府大）の種々のカルコゲナード膜の検討（秋）などが報告されている。

記録（非晶質化），消去（結晶化）の感度，繰返し等の特性向上および初期の結晶化条件の検討については，藤森ら（NTT通研，秋），西田ら（日立中研，春・秋），GeSnTeの相転移温度の制御については，飯野ら（日本コロムビア，秋），相変化記録膜のX線回折による結晶化機構の検討については，宮内ら（日立中研，春）が報告している。

（千葉大工 廣橋 亮）

## 7. オプトエレクトロニクス・光デバイス

オプトエレクトロニクスの分野では，OEIC, LiNbO<sub>3</sub>・ガラスを基板にしたハイブリッド光ICの研究がとくに注目され，マイクロオプティクスから光ICへの移行が行なわれつつあるというのが実感である。関連する国際会議（IGWO, CLEO, OFS, OEC, ECOCなど）においてもこの傾向が感じられる。ここでは国内の研究成果に着目し，応用物理学会春季・秋季講演会を中心展望する。

### 7.1 光集積回路デバイス

導波路基板材料としては，LiNbO<sub>3</sub>単結晶，InP, GaAsの化合物半導体，ガラスが主に利用されている。材料別に光ICデバイスの研究動向をまとめてみた。

#### 7.1.1 LiNbO<sub>3</sub>光ICデバイス

LiNbO<sub>3</sub>導波路作製に関しては，SHG用のピロリン酸によるプロトン交換導波路の作製に関して山本ら（松下半研センター，春，秋），Ti拡散プロトン交換についてNuttら（日本板硝子，秋），そしてLiTaO<sub>3</sub>へのプロトン交換について多田ら（東大工，春）から報告されている。LiNbO<sub>3</sub>導波形デバイスについては，高消光比をも

つカットオフ形スイッチが滝沢（NHK技研，春），128°カットY板結晶を用いたAO偏向器が雑賀ら（阪大工，春秋），1次元空間光変調器として利用する変調素子アレイが片岡ら（日立中研，春），リッジ形の高能率進行波形変調器が皆方ら（東北大通研，秋），多段ステップ△β方向性結合器形変調器が矢嶋ら（電総研，秋），湾曲すだれ状電極を用いたAO偏向器の広帯域化が西本ら（日電光エレ研，秋），偏光制御に利用する22.5°回転Ti拡散導波路が女鹿田ら（富士通研，秋），導波路端面における多重反射・干渉を利用した位相変化の測定について滝沢（NHK技研，秋）がそれぞれ報告している。また，Ti拡散Y分岐・曲がり導波路の低損失化について，清野ら，椎名ら，佐脇ら（富士通研，秋）が検討している。実用的なデバイスに関連して，Ti拡散後MgOを追拡散してファイバ／導波路の結合効率を高める方法が小松ら（日電光エレ研，春），イオンポリッシュによる導波路端面の高精度研磨について皆方ら（東北大通研，秋）から提案された。応物学会では具体的なLiNbO<sub>3</sub>光ICの研究報告は少なく，その最近の研究動向について西原（阪大工，春），LiNbO<sub>3</sub>光交換用スイッチが太田（日電光エレ研，春），またレーザービーム直接描画による光ICパターニングが水内ら（阪大工，春）から報告されたにすぎない。しかし，最近米国のCrystal Technology社からファイバ付LiNbO<sub>3</sub>変調器が売り出されるなど，実用化に向けての研究が盛んになってきた。その一部を紹介すると，8×8のNonblockingスイッチがGranstrandら（HHI，西独，IGWO'86），コーヒートン光通信用の受光部の光ICがStallardら（BTL，英国，IEEE LT-4），局部発振器に使用するTi:LiNbO<sub>3</sub>-InGaAsP複合器レーザーがAlfernessら（ATT，米国，CLEO'86），光集積ファイバレーザードップラ速度計が戸田ら（阪大工，OFS'86），偏光制御デバイスが春名ら（阪大工，OEC'86）から報告された。また，LiNbO<sub>3</sub>導波形センサーデバイスの研究も依然として行なわれており，非対称X分岐を用いた温度センサーが井筒ら（阪大基礎工，IEEE LT-4），変位センサーが山下ら（立石電機，OFS'86），水素ガスセンサーが吉田ら（日本板硝子，OFS'86）から報告された。

#### 7.1.2 ガラスおよびポリマー導波形デバイス・光IC

Si基板上にバッファ層を介して堆積した石英系導波路の微細加工について，杉田ら（茨城NTT，春，秋），Si基板側へのドーパント拡散の抑制に関して安ら（茨城NTT，春秋），石英系曲げ導波路について姫野ら（茨城NTT，春），またこの導波路を用いた波長合分波器に

について宮下（茨城 NTT, 春）が報告している。Si 基板上の新しい導波路構成法として多層薄膜構造の共振反射形単一モード導波路(ARROW)が国分ら（横浜国大工, 春, 秋）から提案された。2段階イオン交換拡散形導波路とその応用について山崎（日本板硝子, 春), 多モードイオン交換導波路の光線追跡法による解析が菅原ら（日本板硝子, 秋）から報告された。ガラス/SiO<sub>2</sub>/Si 構造で導波路グレーティングの集積化が試みられており、全集積光位置センサーが堀田ら（阪大工, 春), 光集積ディスクピックアップが裏ら（阪大工, 春）から報告され、これに関連して、サブミクロングレーティングのホログラフィック転写が栖原ら（阪大工, 春）から提案された。ガラス導波路におけるグレーティングフィルターの作製について高木ら（NTT 武蔵野, 秋), ドライエッティングによる導波路フレネルレンズを緒方ら（立石電機, 秋）が作製している。ポリマー導波路については、小池ら（慶大工, 秋）が新しいポリマー GRIN 形立体導波路の構成・作製法を提案、土肥ら（早大理工, 秋）は積層の高分子膜スターカップラを作製した。ガラスやポリマー導波路上の a-Si 膜受光素子の特性については、矢嶋ら（電総研, 秋), 杉山ら（早大理工, 秋）の報告がある。また、非線形光学材料として注目されている MNA 導波路の軸方位制御について森田ら（東大工, 秋）が検討している。これ以外に、As-S 導波路が日良ら（日立生研, 春), カルコゲナイドガラス膜を用いた電子ビーム描画グレーティングが染ら（東大工, 春), Si-N 導波路が沼田ら（早大理工, 春), ZnSe 装荷高分子導波路が原ら（早大理工, 春), YAG レーザーによるプラスチック導波路の形成について射場本ら（日立日立研, 秋）によって検討された。

### 7.1.3 GaAs, InP 導波形デバイス・OEIC

GaAs, InP 導波形デバイスのトピックスの一つはキャリア注入形スイッチである。多田ら（東大工, 春）は GaAs バイポーラトランジスタ構造のキャリア注入スイッチを提案、また InP をベースにしたキャリア注入形スイッチを提案し研究を行なっている。日立生研のグループは DFB レーザーとの集積化を試みており、この OEIC の作製（坂野ら, 春), レーザーと光スイッチの特性（中村ら, 春), 受光・増幅特性（井上ら, 春秋）などについて詳細な検討を行なっている。一方、多田ら（東大工, 春）は EO 効果を利用したクロス形スイッチを提案し動作解析を行なった。高速光変調器としては、Franz-Keldysh 効果を用いた InPGaAs-InP 光変調器が注目される（鈴木ら, KDD 研, 春）。集積度の高いデ

バイスとしては LD スイッチが有望であり、池田（NTT 通研, 秋）は 2 mm 角のチップ上に 8×8 のモノリシック集積化を試みた。OEIC に関連して、InGaAsP/InP セルフアライン JFET の作製を寺門ら（日電光エレ研, 秋), キャリア注入形位相制御共振器と DFB レーザーの集積化を坂野ら（日立中研, 秋), GaAlAs レーザーと高周波重疊回路の集積化を浜田ら（松下半研, 秋), GaAs-FET と受光素子を集積化した OEIC を及川ら（富士通研, 秋), 光増幅機能をもつ OEIC について伊藤ら（京大工, 秋）が報告した。MQW 構造を利用したデバイスに関しては、MQW 導波路の複屈折性について大家ら（大同工大, 春秋), 光干渉効果と位相変調特性について脇田ら（NTT 通研, 秋), 光吸収率変化を利用した光ゲートへの応用について味見ら（日電光エレ研, 秋）の報告がある。また、Mandら（東芝総研, 秋）は DH 発光素子と電子スイッチの多層構造の双安定素子を提案し、河口ら（NTT 厚木, 秋）は LD 増幅器における多安定特性を見いだした。InGaAsP/InP の導波形グレーティングフィルタが古賀ら（松下半研, 春), 反射形回折格子フィルタが高木ら（NTT 武蔵野, 秋）から報告されている。さらに、多田ら（東大工, 春）はラマン散乱光検出に基づく GaAs 導波路の伝播損失測定法を提案した。

## 7.2 微小光学デバイス

マイクロレンズの研究が活発に行なわれている。電子ビーム描画作製マイクロフレネルレンズについては塩野ら（松下中研, 春), その CD 用対物レンズへの応用については末光ら（パイオニアビデオ研, 春), LD と OEIC 結合用のフレネルゾーンプレートについて岡田ら（日女大, 春, 秋), 二重イオン交換法で作製した Grin ロッドレンズを近江ら（HOYA 研, 秋), プラスチック Grin 球レンズを小池ら（慶大理工, 春）が報告している。拡散形平板マイクロレンズについては、光線追跡による理論的検討が三沢ら（東工大, 春), イオン濃度分布の測定が朱ら（東工大, 秋), 波面収差が McLaughlin ら（日本板硝子, 秋）によって検討され、マイクロレンズの研究状況について伊賀（東工大, 春）から報告された。また、SOR 光を用いたパターン転写法による光学素子の作製が小館ら（日女大, 春）によって検討され、小野ら（日電光エレ研, 秋）は干渉露光法によって位相シフト回折格子を作製した。

光アイソレータに関連して、ガーネット結晶の温度特性改善について峰本ら（松下半研, 春), Bi 置換ガーネット膜の LPE について浅原ら（住金鉱山電材研, 春, 秋), 中島ら（同, 秋), 反射防止膜の効果について石川

ら(同, 春), そして 1.3- $\mu\text{m}$  用光アイソレータが石川ら(同, 秋)によって試作された。光アイソレータを中心とした微小光学素子について中島ら(富士通研, 春)が報告した。

### 7.3 光ファイバ

0.01 km/dB の超低損失ファイバの実現を目指して, フッ化物ガラスファイバ作製のための基礎的検討を行なわれている。中井ら(KDD 研, 春)はフッ化物ガラス中の鉄イオンの酸化還元状態について検討し, 常磐ら(同, 秋)は三重るつぼ法がファイバ作製に有効であることを示唆している。一方, このファイバ材料である高純度 NaF の作製について小林ら(NTT 通研, 秋), 金森ら(同, 秋), ファイバ母材を大石ら(同, 秋)が作製している。可知ら(古河電工, 春)らは KRS-5 赤外ファイバの作製を継続して行なっている。機能的なファイバとしては, まず大西(電総研, 春)が LiNbO<sub>3</sub> 単結晶ファイバを育成し, 今井ら(北大工, 春)は圧電性膜を被覆した電界感応ファイバを, 山田ら(東大工, 秋)は SHG 用の MNA 単結晶ファイバについて検討している。また, Nd 添加石英コア光ファイバによるレーザー発振を清水ら(NTT 通研, 秋), 酸化 Ge ファイバのラマン発振を中村ら(古河電工中研, 秋)が報告し, 江馬ら(東大工, 秋)はラマン散乱を用いたファイバ内の残留応力の評価を行なっている。偏波保存ファイバについては, 延伸特性を横浜ら(NTT 通研, 秋), モード結合分布の測定を高田ら(同, 秋), ヘテロダイイン干渉法を用いたゆらぎ解析および曲げの影響を今井ら(同, 秋)が報告した。

センサーに関する報告は依然として多く, 種々の形態のファイバセンサーがある。1本のファイバを用いるフィズー形干渉計を中島(理研, 春), 複屈折ファイバの曲げ, ねじりを利用したセンサーを今井ら(北大工, 春), 伊東ら(同, 春), 多点ベクトルファイバ LDV を中谷ら(阪大工, 春), 光温度分布センサーを日高ら(藤倉電線, 春), FR-5 ファイバを用いた電流センサーを田島(HOYA, 春), 超音波センサーを高原ら(千葉大理, 春), スペックル温度センサーを北島ら(立石電機, 秋), 外乱除去形ヘテロダイイン干渉計を中谷ら(阪大工, 秋), 全光ファイバ・エリプソメータを芳野ら(東大工, 秋), 前進光を利用した分布計測について黒沢ら(東大工, 秋), 赤外レーザーカロリメータを広瀬ら(名大工, 秋)が報告している。ファイバジャイロについては, LD の多モード化による安定化を服部ら(松下音響研, 春), 地震予知用のリング共振器形を荒木ら(東工大, 春)が提

案した。なお, ファイバセンサーについては OFS '86 に数多く発表されたが, 割愛する。

### 7.4 光検出器

光吸収層となだれ増倍層を分離した, 波長 1~1.6  $\mu\text{m}$  帯の光通信用 APD の開発研究が盛んである。なだれ増倍層と GB 積, 雜音の相関に関する検討が杉本ら(日電光エレ研, 春), 熱変成層の除去による低暗電流化について黒田ら(東芝総研, 秋), n-InP 濃度を増加しての低電圧駆動・高速化を杉本ら(日電光エレ研, 秋)が報告した。

PIN-PD については, 構造および作製プロセスが比較的簡単であるため, FET などとの集積化を意識して研究が行なわれている。低暗電流化について大塚ら(三菱中研, 春), PIN-PD と FET の集積化について阿部ら(同, 春), 笠原ら(日電光エレ研, 春), リーク電流による PIN-PD の故障モードについて須藤ら(NTT 通研, 春), 減圧 OVMPE 法による PIN-PD の作製を藤原ら(日立中研, 春), EBIC による PIN-PD の接合解析を松田ら(日立光推, 春), 高速の埋込み形 PIN-PD を三浦ら(富士通研, 春), プレーナ形 OEIC 構成に有利な Interdigit 構造の横型 PIN-PD を鳥飼ら(日電光エレ研, 秋)が報告した。また, 高速 OEIC 用の MESFET を八坂ら(NTT 通研, 春), MESFET の静特性について梅田ら(阪大産研, 春)が検討している。さらに, 高速受光用素子として新たにプレーナ 3 端子光ゲート素子が神谷ら(東大工, 春)から提案された。

(阪大工 春名正光)

## 8. 分光

'86 年度の分光関連の研究では, レーザーを利用した高感度, 高精度な分光技術の開発において大きく進展した。とくに光熱分光法に関する発表件数は急増した。またフーリエ分光法, とりわけ FT-IR は薄膜, 表面の測定に積極的に利用され, 分光学会のシンポジウムでも毎回取り上げられた。高速測光技術の開発, マルチチャネル検出法の応用も進み, データ処理でも最小 2 乗法を基本とした各種のパラメータ推定法, デコンボリューション法等の開発・応用において多くの成果が得られた。

ここでは, 春, 秋のほか, 分光学会(分春, 分秋), 分析化学会年会(析)における講演, 応用, 分光学会誌(分光), Applied Spectroscopy (AS) の報文を中心に, この分野の研究を概観する。

### 8.1 分光素子・検出器

分光素子の開発では軟X線領域において多くの報告があった。まず回折格子では、小枝（島津）らが軟X線分光用ホログラフィック透過型回折格子を試作（秋）、ブレーザ化では、朝倉（松下）らがイオンエッチング法（春）、小館（日立大）らがSR光源を利用したリソグラフィ法（JJAP(2)-10）で製作し高い回折効率を得た。また尼子（富士通）らは表面レリーフ回折格子の入射角度特性を検討した（秋）。ゾーンプレートでは、小館らがDUVリソグラフィで製作（JJAP(1)-2），前沢（KEK）らがKEKにゾーンプレート分光器を設置（春），覚知（NTT）らがこの結像特性を測定した（秋）。多層膜反射鏡では、波岡ら（東北大科研，分秋）や加藤ら（阪大レーザー研，秋）がMo/Si膜、内海ら（NTT，春，秋）がW/Be膜を用いて軟X線領域での反射フィルタ特性を測定、森本ら（三菱）が3~5μm帯での誘電体反射鏡を開発した（秋）。また竹原ら（阪府大工）はAgGeS<sub>2</sub>半導体の旋光性を利用した狭帯域フィルタの中心波長の制御を行なった（JJAP(1)-9，春，秋）。

検出器では、時間分解測定を目的とした撮像管の高速ゲート動作に関する報告が多く、北島ら（阪大工）はイメージディセクタ管のプランギング電極を利用して1nsの分解時間を得（秋），鈴木ら（浜ホト）は近接型イメージインテンシファイアの2.3nsでのゲート動作を確認した（秋）。また浦崎（阪大レーザー研）らはゲート機能を持つX線高速フレーミングカメラ、竹島ら（浜ホト）は水平・垂直の2重掃引機能をもつストリーカカメラ、鈴木ら（浜ホト）は高速光検出可能な近接型MCP-PMTを開発した（いずれも秋）。

赤外アレイ検出器の開発も活発に進み、吾妻（筑波大）らが焦電型IRCCD（春）、角田（防衛大）らが256×256画素SiショットキバリアIRCCD（秋）、金子（浜ホト）らがInSb1次元アレイと機械走査を用いた100×100画素の高速赤外カメラ（秋）、藤村（東大工）らが64×32画素IRCCDと回折格子を組み合わせた空間-分光画像センサーを開発した（秋）。

### 8.2 分光装置

軟X線、VUV領域では、西野ら（日立）のEXAFS用分光器（JJAP(1)-6）、伊藤（KEK）らの6.65m分光器を中心とした超高分解分光装置（AO6）が開発された。

UV、可視領域においては、フォトダイオードアレイを用いたマルチチャネル検出型装置の開発が盛んに行なわれ、ポリクロメータを用いた方式では、下川原ら（阪

大工）が白色光励起による蛍光測定装置（析）、三友ら（京大工）が紫外パルスレーザー励起共鳴ラマン測定装置（析）を開発、フーリエ分光方式では、岡本（阪大工）らが偏光干渉分光計（AS5）を開発した。このほか、福島ら（原研）はタンデム型ファブリ・ペロー干渉計（分光4）、渡辺ら（阪大工）はモード同期レーザー励起ゲート付単一光子計数検出システム（分光1）、北川ら（名大工）は回折格子を直接駆動する高速走査分光器（分光5）、久我ら（東大工）はシュタルク変調を用いた微弱吸収測定装置（JJAP(1)-7）を試作した。

赤外領域では、杉本（公害研）がLEDアレイ光源のアダマール変調による大気計測システム（AO6, 分光3, 春, 秋）、金谷ら（信大工）が赤外中空ファイバ・セルを用いたガスの吸収測定装置（春）を開発した。

その他の装置として、宮田ら（東大工）の非接触トンネル分光装置の試作（秋、析）、松原ら（阪大工）の光励起表面プラズマ振動を利用した化学センサーの開発（春、秋）等もあった。

### 8.3 光熱分光

光音響（PAS）、光熱偏向（PDS）、熱レンズ等の光熱分光に関しては、薄膜測定、非破壊検査等への応用、新しい検出法の提案等が多数発表されたが、以下では主に装置に関する報告をまとめる。

PASでは、高木ら（東理大）が開放型セルを試作（分春）、田澤ら（名工試）が励起光軸上でのPZT検出法を開発（分秋）、笠井ら（東大工）がインパルス応答測定（析）、升島ら（広大総業）がX線吸収測定に適用（析）、北森ら（日立、春、秋）、飛松ら（九工大工、秋）が位相解析を行なった。また荻原ら（阪大工）は相関光音響顕微鏡（春）、井上ら（計量研）は光音響映像装置（春）を試作した。PDSでは、糸賀ら（筑波大）の相関PDSによる深さ方向の分析（析）があった。熱レンズでは、中西ら（九大工）の光ファイバ計測システムの開発（析）、寺前（東大工）らの楕円ガウス型励起光の検討（分春）等があった。

新しい検出法の提案としては、伊藤ら（阪大工）が光吸収による屈折率変化をマッハ・ツェンダ干渉計（分春）、矢橋ら（阪大工）がディジタルTalbot干渉計（秋）で1次元パターン計測、進藤ら（北大工）が焦電性PVDF膜で直接温度変化を検出、藤原ら（東大工）が2つのレーザー光励起による熱グレーティング法（析）を試みた。

### 8.4 分光測定・応用

分光技術を用いた測定例の報告はきわめて多く、広範

題に拡大した。以下では新しい測定方法を含むものを中心に取り上げる。

ラマン分光では、浜口ら（東大理）のレイリー光除去用色素フィルタの開発（分春，AS 4），藤原ら（東大理）の近赤外レーザー励起ラマン（AS 2），辛ら（東北大通研）の2次非線形光学効果を利用したハイパー・ラマン分光（分春）等があった。

レーザー分光では、佐藤（東北大通研）らのレーザー光励起顕微蛍光像の観測（春），二階堂ら（阪大工）のフロー法による微生物計数用レーザー励起蛍光検出法の開発（春），レーザーマイクロプローブアナライザに関しては、須志田ら（東レリ）による時間分解測定（析），葛谷ら（中部工大）の自己吸収の理論解析（分春，分科，分光5）等があった。

赤外領域では、LDやLEDを光源とした測定系によるガスの吸収測定が目立ち、高橋，陳ら（東北大通研，春），兼頭ら（東大工，春）が高分解スペクトルを得，大井（東学芸大）はオゾン濃度の絶対校正法を検討した（分春）。

また南部ら（京大工）はNeプラズマを用いて偏光オプトガルバノ信号を検出した（分秋）。

#### 8.5 スペクトルデータ処理

データ処理では、測定条件の最適化，パラメータ推定，データ圧縮等において多くの成果が得られた。

測定条件の最適化では、笹木ら（阪大工）が多成分混合物の定量分析における最適観測波長の選択法（AS 2）および最適バンドパス・フィルタの選択法（秋）を提案，中村ら（阪大工）はこの波長選択法を光学顕微鏡トモグラフィに応用して3次元成分分布を推定した（秋）。ピーク分離では、千賀ら（阪大工）の高速アルゴリズムの開発（分光2,4），藤澤ら（東大工）の複数参照波形を用いる方法（分春）があった。薄膜測定の関連では、河田ら（阪大工）の赤外吸収スペクトルに現れる干渉縞の除去（分春），藤村ら（東大工）の屈折率と膜厚の同時推定法（秋），山田ら（東大工）の植物の葉の反射率と透過率の導出法（秋）等の提案があった。ディコンボリューションでは、中村ら（阪大工）の非負拘束最小2乗法を用いた超分解法（分光3），データ圧縮では、綱田ら（京大工）のアダマール変換を用いたUV吸収スペクトル・クロマトグラムの圧縮法（析）があった。

このほか、河田，南（阪大工）による解説「分光計測における新しいデータ処理法」（分光1）では最近提案・開発された実用的なデータ処理法がいくつか紹介された。

（阪大工 千賀康弘）

## 9. レーザー

レーザーは本格的な実用化時期をむかえた光エレクトロニクスのキーエレメントとして、通信、情報処理から加工に至る広範な領域で使われている。このような状況を背景に、学会における発表、討論もきわめて活発に行なわれている。

なかでも半導体レーザー（LD）の分野は、実用化された光通信や光ディスク用 LD のいっそうの高性能化に加えて、単一周波数 LD、可視光 LD 等、新しい方向への着実な進展がみられた。一方、高出力紫外レーザーのエキシマーレーザーも、レーザー自体とその応用分野の研究開発が進み、CO<sub>2</sub> レーザーや YAG レーザー等とともに、半導体プロセスや加工用の光源の地位を確実に築きつつある。

以下、応用物理学会の春、秋の講演会を中心にしてこの分野の研究開発を概観する。なお、半導体レーザーの分野では、秋の講演会から初めての試みとして、ポスター講演形式が取り入れられた。議論を深める一つの試みとして注目される。

### 9.1 半導体レーザー（LD）

0.6 μm 帯の半導体レーザーの研究開発は、ますます活発になり、InGaAsP 系と AlGaInP 系を中心に進められている。特筆すべき進歩は、AlGaInP-LD の低閾値化（小林ら、日電、春）および短波長化（同左）、GaInP-LD の低閾値化（石川ら・東芝、秋）および横モード制御（長坂ら・東芝、秋），さらには、GaInP-LD の長寿命化に対する明るい見通し（石川ら・東芝および河田ら・日電、いずれも 10th LD Conf. Kanazawa）等である。これらの結果は、可視光 LD が、実用化へ向かって着実に進展していることを示しているよう。

実用化が進んでいる 0.7～0.8 μm 帯の短波長半導体 LD は、より高性能化を目指した、単一ストライプ LD の高出力化（松本ら・日電、春、牛窪ら・沖電気、秋），再生と書き込み用の LD を集積化したアレイ LD（糸ら・松下、春および浜田ら・三洋、秋），低雑音化等の報告が相次いでいる。新しい動きとして、AlGaAs 系の分布帰還型（DFB）レーザーの研究開発の再開が挙げられる。蓄積された横モード制御技術、各種の結晶成長/プロセス技術を背景に、12 mA という低閾値電流化（中野ら・東大、秋），30 mW を越える高出力化（野田ら・三菱、春）が進んだ。

長波長帯光通信用 LD の研究開発の中心は、長距離・大容量光ファイバ通信用の単一軸モード LD に移って

いる。とくに、今年は、 $1.5\text{ }\mu\text{m}$  帯の分布帰還型 (DFB)-LD や、分布反射型 (DBR)-LD (須崎ら・藤倉・東工大、春) の特性向上が大きく進展した。DFB-LD 実用化にあたっての最大の課題である単一軸モードスペクトルの安定性、歩留まりに関する解析、実験が進み、均一回折格子素子では、端面反射率最適化 (吉田ら・NTT、春、小泉ら・日電、秋、雙田ら・富士通、秋) 結合係数の最適化 (木原ら・富士通、秋) 等が、位相シフト回折格子素子では、位相シフト回折格子の新製法 (沼居ら・日電、秋)、スペクトル/光出力特性 (宇佐見ら・KDD、秋、山口ら・日電、秋)、5 波長集積レーザーへの適用 (奥田ら・東芝、秋) 等が議論された。また、発振周波数の電気的制御への関心も高まり、DBR-LD で  $10\text{ \AA}$  の (村田ら・日電、秋)、DFB-LD で  $20\text{ \AA}$  の (吉国ら・NTT、秋) 連続波長可変が報告された。

量子井戸 LD の分野では、強磁場内量子井戸 LD のスペクトル線幅ひろがりの抑制 (荒川ら・東大、春)、高次準位でのレーザー発振 (富田ら・杉本ら・日電、春、および徳田ら・三菱、秋) 等、新しい話題が提供された。マトリックス光機能素子への展開が期待される面発光 LD では、AlGaAs 系で、発振閾値の最小値として、 $6\text{ mA}$  が報告され (伊賀ら・東工大、10th LD Conf. Kanazawa), 室温連続動作への期待が高まっている。

LD の結晶成長関連では、長波長帯、短波長帯とともに、量産化、薄膜成長に向けて、MOVPE 技術の検討が引き続き活発である。また、プロセス関連では、ドライエッチングによる LD 共振器の形成、とくに短共振器長の実現が注目される (湯浅ら・光共研、秋)。

## 9.2 気体レーザー

気体レーザーでは、半導体プロセスや各種の化学反応用、さらには核融合研究用の紫外域の高出力光源として、エキシマーレーザーの研究開発がますます活発化している。研究対象は、KrF レーザーと XeCl レーザーに集中している。たとえば、応物学会の発表件数で見ると、KrF 関連が、春 12 件、秋 11 件で計 23 件、XeCl 関連が、春 10 件、秋 9 件で、計 19 件である。このほかには、ArF レーザー関連が計 5 件ある。これらのなかでは、高繰返し・高効率・高出力発振を目指した、放電励起に関する研究開発が多い。とくに、予備電離に関する検討が詳しく行なわれた (河島ら・福井大、春、深津ら・電総研ほか、春、伊達ら・北大ほか、春、古橋ら・名大、秋、杉原ら・慶大、秋)。高出力・高繰返し特性としては、KrF レーザーの  $400\text{ Hz}, 80\text{ W}$  (新井ら・日電、秋) や、XeCl レーザーの  $200\text{ Hz}, 30\text{ W}$  (佐藤ら・三

菱、秋) 等が報告された。エキシマーレーザー以外では、CO<sub>2</sub> レーザーが春秋合わせて 18 件、He-Cd レーザーが 9 件、銅蒸気レーザーが 7 件の報告があり、着実に特性向上が図られている。

## 9.3 各種レーザー

高出力固体レーザーの新しい構造として注目されているスラブ型レーザーにおいては、従来からの Nd ガラスレーザーに加えて、 $1.5\text{ }\mu\text{m}$  帯で発振する Er ガラスレーザーが開発された (中島ら・HOYA、秋)。 $0.75\text{ }\mu\text{m}$  から  $3.9\text{ }\mu\text{m}$  の、広い範囲で発振可能な固体レーザー結晶として、Ho<sup>3+</sup> : LiYF<sub>4</sub> が育成され (小見ら・住友金属鉱山、春)，結晶欠陥などが評価されている。波長可変高出力レーザーとして、複屈折フィルタを内蔵したアレキサンドライトレーザーが開発され、730～800 nm の波長同調が実現された (今井ら・東芝、春)。また、昨年 600 W を記録したタンデム YAG レーザーの検討が進み、最大出力 1.15 kW が報告された (吉田ら・東芝、春)。このほか、非安定共振器を採用した色素レーザーにおいて、 $26\text{ J/pulse}$  が得られ、大出力・波長可変光源が実現された (十文字ら・八戸工大、春)。

高出力ターゲットショット実験が継続されている阪大レーザー研の、激光 XII 号ガラスレーザーシステムに関して、自動アラインメント系、高調波光モニター、ディスク增幅器などの報告が相次いだ。

## 9.4 レーザー応用

強力な紫外レーザー光照射による膜形成、エッチング等のプロセス技術の研究開発がますます活発化している。エキシマーレーザーを用いた Cr や SiO<sub>2</sub> 膜の選択的形成 (森重ら・樋浦ら・日電、春)、Al 導体膜形成 (荒井ら・NTT、秋)、多光子励起による C 膜や Si 膜形成 (森川ら・オペレックス、第一化成、理研、春) 等が試みられている。一方、レーザー誘起エッチングとして、フェライト (長友ら・阪大、ディ・エス・スキャナー、春、小藪ら・NTT、秋)、GaAs (田中ら・木野村ら・阪大、春、秋) 等が検討されている。新しい試みとして、レーザー光の高エネルギー密度を利用した塑性加工法 “レーザーフォーミング” が提案された (難波ら・阪大、三菱、春)。レーザーレーダーや各種センサーへのレーザー応用も引き続き行なわれている。半導体光源の応用として、InGaAsP の近赤外発光ダイオードの広い発光スペクトルを用いた気体分子の吸収分光測定 (高橋ら・東北大、春) や、パルス半導体レーザーを用いたレーザーレーダーの試作 (松井ら・公害研、秋) 等が行なわれている。

(日電光エレ研 小林功郎)

## 10. 視覚光学

視覚光学の分野は、人間の視覚系のメカニズムに関する基礎的な研究から、照明や眼科機器における応用的研究まで、広範囲にわたっている。以下、応用物理学会(春、秋)を中心に、色彩学会、交通眼科学会、色彩工学コンファレンス、眼光学学会、光学誌、色彩学会誌、照明学会誌、JOSA、CRA (Color Research and Application) をもとに1986年のこの分野の動向を述べる。なお、1月と7月に開催された生理光学研究会の内容については光学誌に報告があるので割愛させていただく。

### 10.1 色覚

精密な測定に基づいた実験結果を基に色覚メカニズムを解明しようとする研究と、まず色覚モデルを構築し、種々の手法でその妥当性を検討する研究が目立った。中嶋ら(聖マ医大、春、秋)は微小色刺激を用いてカラーネーミングにより小視野トリタノピアの現象を測定した。市川ら(東工大、春、光学5)は、カラーネーミング法および色の閾値測定により、網膜周辺における赤、黄、緑、青の色受容野の大きさを測定した。阿山ら(東工大、春)は網膜照度の変化について色度図内の等色相線の色度が変化すること、また緑領域において被験者間の相違が著しいことを示した。反対色関数の個人差について阿山ら(東工大、秋)は現在までの測定結果について、その範囲、特徴を整理して示した。納谷ら(大阪電通大、CRA 1)は非線形色知覚モデルにより種々の順応照明下での物体色の色の見えを予測した。納谷ら(大阪電通大、色彩)は試験物体の三刺激値(XYZ)から、原色系の三刺激値(RGB)への変換に用いる基準光には種々の明度の無彩色刺激が完全に無彩色知覚となるような昼光が良いことを示した。中山ら(東京理科大、照明誌2)はD<sub>65</sub>とA光源の照明下において等明度、等色相で彩度だけが異なる色票を用いて、また池田ら(東京理科大、色彩)は、等明度、等クロマで色相が異なる色票を用いて、測色上の色差と知覚される色差を比較検討した。矢口ら(千葉大、色彩コン)は、輝度チャンネルと色チャンネルの時空間特性の相違を利用したテスト刺激の呈示によりおのののチャンネルを分離し、増分閾検出における確率的寄せ集めモデルを検証した。江森ら(千葉大、色彩、色彩コン)は、コンピューターの画像処理プログラムに色順応予測式を組み込んで、種々の照明光下での画像の見かけの色をシミュレートした。納谷ら(大阪電通大、色彩コン)は、Stilesらの測定した20人の被験者の等色関数の結果について主成分分析を行な

い、被験者間の変動要因がレンズおよび黄斑部であることを示した。中嶋ら(聖マ医大、春)は、青色道路交通信号灯の見えをカラーネーミングにより測定した。

### 10.2 明るさ・比視感度

この分野では活発な研究発表が続けられているが、とくに明るさと輝度の不一致、薄明視比視感度などの問題を視覚メカニズムの詳細な検討から明らかにしていくとする研究と、明るさと目立ちなど視環境を大づかみに捉えていくとする研究が目立った。参照刺激と等しい明るさをもたらす色刺激の参照刺激に対する輝度比、すなわち色刺激の明るさ効率に関しては、色度図全域の100 td の色光に対して黄ら(東工大、秋)が、また異なる照度レベルにおける種々の明度の色票に対しては佐藤ら(千葉大、色彩コン)が測定結果を報告した。矢口(千葉大、秋)は、格子パターンの空間周波数変化による明るさ効率の変化が格子間のギャップの有無により異なることを示し、樫田ら(製科研、秋)は、明るさ加法性の視野サイズによる変化を報告した。

矢口(千葉大、春)は、Stilesの色彩計を用いた精密な測定をもとに、フリッカー比視感度が等色関数の線形和で表わされることを示した。石田ら(東工大、秋)はBroca-Sulzer効果を微分法により測定し、その特長、問題点を指摘した。中嶋(聖マ医大、春、色彩誌2)は、明るさ弁別の呈示時間依存性を調べ2,000 ms以上で一定値となることを示した。内川ら(東工大、JOSA(A)-1)は、継時比較では同時比較に比べて明るさ弁別能は低下し、明るさマッチングは暗いほうにシフトすることを明らかにした。田村ら(東工大、秋)は、明順応および暗順応過程が指數関数で近似されることを示した。

納谷ら(大阪電通大、照明誌2)は演色性の異なる照明下での二色配色の目立ち感情を主観評価し、色差および高彩度色刺激に基づいた評価式による推定値と実験結果の高い相関を得た。納谷ら(大阪電通大、色彩コン)は赤を含むサンプルは、白色蛍光灯に比べ三波長ランプのほうが低照度で等しい目立ち感を与えることを示した。陳ら(東工大、春)は色の目立ちの照度レベルによる変化を調べ、高照度(10 lx以上)では赤が、低照度(1 lx以下)では青がより目立つ結果を得たが、芦沢ら(青葉短大、交通眼科)は色の目立ちは背景の明度に影響され、白背景の場合は、赤が高照度では色みにより、低照度では暗さにより、最も目立つ色であることを示した。

### 10.3 視機能・MTF・パターン認識

高瀬(防衛大、春、秋)は、視差に基づく視準誤差を

解析的に算出し、TV カメラによる測定で検証したが、人間の眼による測定では中心からはずれに左右の非対称性が現れることを示した。大竹ら(松下電器、照明誌2)は、放電ランプを商用電源で点灯した際のちらつき闇は電源周波数の振幅変調度と人間の時間的 MTF との積で評価できることを示した。大頭ら(早大、眼光)は、年齢による MTF の変化を測定し、水晶体の着色および網膜部位での分解能低下に加え、50歳以降では視神経以降の劣化も考えられることを報告した。内川(弘)ら(東工大、春)は、円形、正方形など6種の形の知覚限界を測定し、正三角形の場合に最大になることを示した。渕田(東芝、色彩)は多色背景における目標指標の検出時間は背景の色数が増えると長くなることを示し、藤森ら(東工大、秋、交通眼科)は同種の実験から、背景中の目標指標との類似色数、カラーコントラストに基づいた検出能を導出し、実験結果との相関を得た。岡嶋ら(東工大、秋)は文字パターン分離に対するターゲットとノイズ刺激の輝度および色度差の影響を検討し、斎田(製科研、秋)は文字パターン認識に必要な色差を測定した。

#### 10.4 眼球運動・調節・瞳孔

斎田(製科研、春)は、サッケード中に呈示された線刺激の繰返し像が見えなくなる周波数を測定し、線刺激構成波形との関係について報告した。石田ら(東工大、春)は、文章判読中のサッケード時および注視時に文章とノイズ刺激を入れ替える実験を行ない、おののの場合の文章判読に及ぼす影響を調べた。鶴飼ら(北里大、眼光)は、暗所での調節(dark focus)と一様視野(empty field)での調節を比較し、測定した被験者内においては両者がほぼ等しいことを示した。奥山ら(東医歯大、眼光)は、静止指標と動的指標を注視する際の調節と瞳孔径の変動を、相互関とクロマスペクトルにより解析した。

#### 10.5 測定装置・ディスプレイ装置

側垣ら(電総研、色彩)は、4チャンネルの光学系を自動制御化し、反対色応答の測定時間を短縮した。富永(大阪電通大、色彩)は、汎用ドラムスキャナの計測値を直接マンセル表色系に変換し、色相、明度、彩度の3属性に展開した画像表示のできる色彩画像計測システムを開発した。渕田(東芝、色彩コン)はカラー画像の色彩特性を均等色空間  $L^*u^*v^*$  により展開し、色知覚特性と対応のとれた色量子化方法を提案した。

(東工大総合理工 阿山みよし)

### 11. 光源・測光・照明

照明分野(光源、測光関係を含む)は、産業としては、成熟している分野であるが、技術的には、今年も基礎的な面を含め、種々検討が進められ、数多くの新しい知見が報告された。

光源については、前年に引き続き、光放射へのエネルギー変換の基礎過程の研究や、その結果を基にした、エネルギー変換効率向上の検討が行なわれ、なかには、具体的製品として具現化されたものもあった。

測光、放射測定の分野では、人間の目の比視感度に関する CIE の研究の進行に対応して、将来の測光のあり方をどうするかについての議論がなされている。また、光放射の応用分野の拡大に伴って、人間の目を対象としていない放射測定についても、その重要性が認識され、関連の知見やまとめの発表がなされた。

照明の分野では、前述の人間の目の比視感度の研究に関連して、明るさの知覚、感覚と測光量との対応についての研究や、配色の目立ち感などについての研究が進められた。また、オフィスの作業の近代化に伴って、OA 機器と照明の関連についての研究や、近代化されたビル(いわゆる「インテリジェントビル」)における照明のあり方などについての研究も進められた。

なお、この分野は、照明学会への発表も多い。照明学会関係の文献の記載については、照明学会誌第 n 号を「照学 n」、照明学会全国大会での発表を「照学全」、東京支部大会での発表を「照学東京」と略記することとする。

#### 11.1 光 源

白熱電球に赤外反射膜を応用して、赤外放射を再利用し、電球の効率を改良する研究が進み(渡辺ほか・東芝、照学東京; 川勝ほか・東芝、照学全; Goldstein, I.・Duro-Test Corp., 照学9)，実際の製品として、実用化された。蛍光ランプについては、その陽光柱のプラズマの基礎過程についての研究が数多く行なわれた。Hg/Ar 低圧放電での電離係数や電子なだれとの関係について検討したもの(酒井・沢田ほか・北大、照学東京および秋)や、低圧水銀放電中の粒子密度や励起原子密度の温度依存性や電流依存性について研究したもの(林・名大、春および秋)や、蛍光ランプのプラズマ物性についてまとめたもの(河本・東芝、春)などの発表があった。また、低圧水銀放電中のモデルを実際の蛍光ランプに適用するシミュレーションの検討もなされた(和述・松下電子、照学全)。そのほか、小形蛍光ランプの封入気体

の検討による効率向上などの研究（鈴木ほか・日立、照学全；御園・東芝、照学全）や、色温度の異なった3波長形蛍光ランプの特性や設計について検討した内容（柴田ほか・松下電子、照学全），改良された狭帯域発光形の蛍光ランプの設計についての検討結果（高橋ほか・日電、照学全）や、退色を少なくし、かつ色の見え方を改良した美術館用の蛍光ランプの設計について検討した結果（秋山ほか・東芝、電気関係学会東北支部連合大会）などが報告された。また、高周波での点灯特性についての検討結果も報告された（浦山・立命大、照学全）。

HIDランプについても、蛍光ランプ同様、陽光柱のプラズマの基礎過程についての検討結果（板谷・京大、照学全；中西ほか・岡山大、照学全）や、プラズマ物性についてまとめた結果（蛭・松下電子、春）が報告された。また、メタルハライドランプの高周波点灯特性（清水・東芝電材、照学全）や、ナトリウムの蒸発量とランプ特性との関係の調査による高圧ナトリウムランプの効率向上の研究の結果の報告（White, P. J. ほか, J. IES）などがあった。

人間の視覚以外を対象として、紫外放射源についてのシンポジウム（照学東京）が行なわれた。

## 11.2 測光・測色

現在の測光システム（明所視）における輝度の大小が、必ずしも実際の色光の明るさの知覚度合に対応していないことが、議論されている。色と明るさの感覚の関係については、最近、各国で研究が進められており、わが国でも、数多くのすぐれた成果が報告されている（池田・東工大、日本照明委員会誌；矢口・NRCC、春；阿山ほか・東工大、秋）。これらの成果をふまえて、将来の測光体系についての斬新な知見が発表されている（Howett, G. L., J. IES）。今日の測光体系は、過去、長年の積み重ねを経て、体系化されたもの（中川・埼玉大、照学4）で、関連のJISも十分整備されており（三嶋・電総研、照学4）実際の場に、広く普及、定着しているため、体系の急激な変革は困難であると考えられるが、このHowettの発表は、なかなかに興味ある内容と評価できる。

薄明視領域の測光システムについては、関連の基礎研究の成果が、種々報告された（佐川ほか・製科研、春；佐川・製科研、色彩コン）。これらの基礎研究の成果を基に、どのように「実用的な薄明視の測光システム」を作り上げていくかは、今後の課題であろう。

新しい測光、測色の技術に関する項目として、蛍光物体色の測色がある。正確な蛍光物体色の測定には、いく

つかの解決すべき点があるが、その一つである、測定値の補正方法についての検討結果が報告された（一条・東芝、照学東京）。

分光測光では、回折格子の高次回折光を利用した2波長域の同時分光測定についての検討結果が報告されている（大久保・松下電子、照学6）。また、可搬形の分光放射輝度計が開発、製品化された（戸沢ほか・東京光学機械、照学全）。用途の開発と新展開が期待される。

紫外放射（大谷・埼玉大、照学4）、赤外放射（毒島・日電、照学4）の測定についても、最近の動向について、まとめた結果が報告された。

## 11.3 照 明

良い照明設計をするために、照明環境や視環境要素の評価の方法や評価システムについて、視覚生理、視覚心理を応用した研究は、ますます盛んになってきている。明るさ感覚の加法性と視野サイズについての検討（樺田・製科研、秋）、照度レベル（阿山・東工大、春）や演色性（橋本ほか・松下、照学2）による色の目立ち感の変化に関する検討、明るさ弁別の時間特性についての研究（中嶋・聖マリアンナ医大、春）、種々のレベルの輝度要素のある視野内における均一化輝度の定量評価方法の検討（武内・松下、照学東京）、輝度物体の位置とまぶしさ感との相関の研究（井上・損南大、照学全）などが検討され、得られる成果の、実際の照明環境への適用と、それによる環境の高品位化が期待される。

光源の評価については、CIEの技術委員会において、演色性評価方法の見直しが進められている（森ほか・東芝、色彩コン）。この技術委員会に対しては、日本からも新提案が提出（森・東芝、日本照明委員会誌）されているが、それに対する検討結果（吉田ほか・松下、照学全）や、食品に対して適用した場合の、現在の方法（見直し前）との比較検討結果（富永ほか・東芝、照学全）なども報告されている。

演色性以外では、光源の光束の脈動の評価方法についての検討結果（大竹ほか・松下、照学2）が発表されている。

最近の画像機器の普及に対応して、画像がらみの研究も数多く推進されている。ディスプレイ表示色と視標の視認性に関する検討結果についての報告（渕田・東芝、照学東京）や、VDT表示装置と視覚特性に関するシンポジウム（照学全）での発表や議論など、今後の展開が大いに注目されるところである。

これらの基礎研究の成果による実際の照明の場への展開の一環として、新しいPSALIの考え方（松浦・京大、

昼光照明シンポジウム)についての報告や、「インテリジェントビル照明の現状と展望」についての報告(電気四学会関西支部専門講習会)などがなされ、種々の新しい照明手法についての知見が述べられた。

(東芝総研 河本康太郎)

## 12. 光学関連の規格

「市場アクセス改善のためのアクションプログラム」により、規格の国際化を図る必要性が大となり、JIS 規格と国際規格との整合および JIS の英訳の作業が進められている。また、山下勇氏(経団連副会長)が、本年1月より、ISO 会長に就任した。このような国際化に対処するため、国際標準化協議会が3月に設立された(標準化ジャーナル(以下、ジャーナル)6)。

情報技術標準化の推進に関する第2次建議において、光メディアの標準化の方向を提示している(ジャーナル5)し、ISO/TC 97(電子計算機及び情報処理)/SC 23(光ディスク)の幹事国業務を日本が引き受けたことになった(ジャーナル7)。

工業技術院標準部の本年度業務計画に、特別研究テーマとして、光伝送用素子の試験に関する研究、および調査研究テーマとして、オプトエレクトロニクスの標準化、新発電(太陽光発電を含む)システムの標準化、光ディスク等の記録媒体の標準化ならびに(光 LAN を含む)高度ネットワークのためのプロトコルの標準化に関する調査研究があげられている(ジャーナル8)。

### 12.1 光学・光学機器

ISO/TC 172(光学及び光学機器)/SC 8(眼光学)/WG 3(眼鏡レンズ)アドホック委員会が、4月西独ケルンで開催され、江森(千葉大)が報告している(ジャーナル9)。光の測定の基礎事項と関連 JIS について三嶋(電総研)が解説している(照明学会誌(以下、照明)4)。

1986年に発行されたJIS 規格票は、次のとおり。

- JIS B 7132 液浸系レンズ用生物顕微鏡(改正、以下(改)と記す)
- JIS B 7133 乾燥系レンズ用生物顕微鏡(改)
- JIS B 7140 顕微鏡検査標本(改)
- JIS B 7147 生物顕微鏡用対物レンズ(改)
- JIS B 7152 生物顕微鏡用対物レンズ及び接眼レンズの性能測定方法(改)

JIS Z 8120 光学用語(改)

### 12.2 写真機材・システム

写真フィルムを中心に、JIS の動きを山本(日大)が

解説している(映画テレビ技術(以下、映 TV)8)。

1986年に発行された ISO 規格票は、次のとおり。

- ISO 6051 Photography—Processed photographic paper prints—Storage practices
  - ISO 1754 Photography—Black-and-white aerial camera films—Determination of ISO speed and average gradient
  - ISO 1759 Photography—Cameras using 35 mm and 16 mm film—Picture size
- 1986年に発行されたJIS 規格票は、次のとおり。
- JIS B 7097 ISO 色特性指数(ISO/CCI)による写真撮影用レンズの色特性の表し方(新規制定、以下(新)と記す)
  - JIS K 7523 一般用シート写真印画紙の寸法(改)
  - JIS K 7535 複写用印画紙の寸法(新)
  - JIS K 7604 スチル写真用連続階調黑白ネガティブフィルムの ISO スピードの求め方(改)
  - JIS K 7612 一般用連続階調黑白写真印画紙の ISO スピード及び ISO レンジの求め方(改)
  - JIS K 7613 スチル写真用及び映画用カラーリバーサルフィルムの ISO スピードの求め方(改)
  - JIS K 7614 スチル写真用カラーネガティブフィルムの ISO スピードの求め方(改)
  - JIS K 7617 現像処理済み一般写真用フィルム・印画紙の保存用材料の写真画像に対する安定度試験方法(新)
  - JIS K 7618 工業用X線写真フィルムの ISO スピード及び ISO 平均階調度の求め方(新)

### 12.3 映像

山本(日大)が、フィルムの標準化の歴史(映 TV 4, 5, 6), 映画およびテレビ関連の JIS の解説(同 1, 2)および映画関係の ISO の動き(同 3)について解説している。

映写スクリーン輝度の測定に関する ISO の解説(同 6)を八木(日大)が、ハイビジョン静止画ディスクの規格に関する紹介(コンタクト 6)を城戸(NHK 技術本部)が、スチルビデオフロッピー規格の解説(映 TV 8)を齊藤(ソニー)が行なっている。

JIS K 7553 映画用 16 mm 生フィルムが改正され、次の ISO が制定された。

- ISO 6038 Cinematography—Splices for use on 70 mm, 65 mm, 35 mm and 16 mm motion-picture films—Dimension and

## locations

ISO 1223 Cinematography—Picture areas for motion-picture and slides for television  
—Position and dimensions

## 12.4 光エレクトロニクス・レーザー

5月にストックホルムで開催された IEC/TC 76 (レーザー装置)/WG 1 (レーザー放射・安全) の会議について武市が報告している (ジャーナル 11)

規格化および安全対策のためのレーザーエネルギー応用機器懇談会が設置された (オプトロニクス 8). 10万分の 1 W レーザー光の出力標準化技術が確立された (O Plus E 10).

## 12.5 照明・色

5月に英国イーストボーンで開催の ISO/TC 22 (自動車)/SC 8 (照明及び信号標識) 会議 (ジャーナル 11) を岩瀬 (小糸製作所) が、2月英国ロンドンの IEC/TC 34 (電球類及び関連機器) 会議 (同 8) を広瀬 (東芝) が、および9月フランス・ディジョンの同 TC 34/WG 会議 (同 9) を広瀬、藤井 (東芝電機) が報告している。照明製品と IEC 規格と JIS との関連 (照明 9) を藤尾 (電子工業) が、IEC 598-1 照明器具の試験方法 (照明 4) を松島 (三菱電機) が、高圧ナトリウムランプ、メタルハライドランプの電球工業会規格 (照明 7) を神谷 (東芝) が解説している。JIS Z 8110 光源色の色名 (照明 9) を川上 (東工芸大) が、Z 8724 光源色の測定方法 (照明 9) を木滑 (日立研) が、解説している。印刷工業における色評価についての解説を熊倉 (堀内カラーレンジ) が行ない (コンタクト 8)，カラートランスペアレンシーの観察条件に関する ISO 規格を三堀が紹

介している (写真工業 2). JIS C 7612 照度測定方法原案作成の報告を成定し (松下電器) が行なっている (照明 1).

1986 年に発行された JIS 規格は、次のとおり。

- JIS K 7200 耐光 (候) 試験機の照射エネルギー校正用標準試験片 (新)
- JIS C 7506 自動車用電球 (改)
- JIS C 7604 高圧水銀ランプ (改)
- JIS C 7612 照度測定方法 (改)
- JIS C 7613 測光標準用電球の測光方法 (改)
- JIS C 8104 携帯電灯 (改)
- JIS C 8369 光電式自動点滅器 (改)
- JIS Z 8102 物体色の色名 (改)
- JIS Z 9101 安全色彩使用通則 (改)

## 12.6 その他の

9月にハンガリー・ブダペストで開催の IEC/TC 62 (医用電気機器)/SC 62 B (X線装置及び関連機器) 会議および同 SC 62 C (高エネルギー放射装置及び関連機器)/WG 1 (高エネルギー放射線治療装置) 会議について、それぞれ山根 (日立メディコ) および平林 (東京女子医大) が報告している (ジャーナル 9). 光による長さの標準設定の動向について、松本 (計量研) が解説している (コンタクト 4).

1986 年に発行された JIS 規格は、次のとおり。

- JIS K 0120 蛍光光度分析方法通則 (改)
- JIS R 3209 複層ガラス (改)
- JIS T 1141 医用赤外撮像装置 (新)

(写真機工業会 鈴木憲章)

## 日本人による原著論文の統計

(1985年10月～1986年9月)

文献抄録委員長 有 本 昭\*

今年も「光学論文賞」受賞候補者リスト作成のために、抄録委員諸氏の協力を得て、原著論文カードを作成した。表 1, 表 2 に、その集計結果を示す。総論文数は 424 編で昨年の 538 編にくらべると 100 編少ない。しかし、過去 4 年の平均が、約 430 編であることから、平年

並の数といえる。

ここ数年の傾向は変わらず、5 (オプトエレクトロニクス、光デバイス)、7 (レーザー) の論文で約半数を占めている。光の基礎である 1 (光物理) の論文も毎年 2 割の割合で増えているのは好ましい。本誌に投稿された論文は 19 であり約 4.5% の比率である。なお本年 1 月から月刊化になり、投稿の機会も増え、掲載までに要

\* (株) 日立製作所中央研究所第 6 部 (〒185 国分寺市東恋ヶ窪 1-280)

表1 光学関連学術誌と掲載された論文数

学術誌名		論文数
1	光学	19
2	応用物理	6
3	Jpn. J. Appl. Phys.	48
4	Jpn. J. Appl. Phys. Lett.	41
5	J. Opt. Soc. Am. [A], [B]	36
6	Appl. Opt.	97
7	Opt. Lett.	14
8	Opt. Acta	3
9	Optik	4
10	J. Opt. (Paris)	2
11	Opt. Commun.	22
12	レーザー研究	34
13	J. Light Wave. Technol.	47
14	Vision Res.	12
15	J. Quantum Electr. (Trans. IEEE)	37
合 計		424

する時間も短縮されることが期待されている。せひとも会員による投稿論文を増やし、本誌の充実を図っていただきたい。

なお、本年から「光学論文賞」に関して、文献抄録委員会が調査する日本人による発表論文は、「光学」「応用物理」「Jpn. J. Appl. Phys.」「Jpn. J. Appl. Phys.

表2 研究分野別に分類した論文数

分類番号	研究分野	論文数
1	光 物 理	46
2	結像素子、光学機械	18
3	光 応 用 計 測	74
4	画 像 工 学	23
5	オプトエレクトロニクス、光デバイス	98
6	分 光	23
7	レ ザ ー	102
8	写 真	1
9	視 覚 光 学	19
10	光源、測光、照明	20
合 計		424

Lett.」の4誌中に掲載されたものに限定されることが決まっている（自、他薦の場合は、この限りではない）。

すなわち「光学」の掲載論文から受賞の可能性が高まるわけである。このことも考慮していただき、本誌の発展にご協力いただきたい。

ただ、調査誌が4誌に限られるので、ここ数年続けてきた、原著論文の統計ができなくなるのが残念であるが、何か新しい工夫をして、傾向を把握することを、次期抄録委員長にお願いしたい。