レーザの情報技術への応用[†]

石 原 聰* 柏 木 寛*

1. はじめに

レーザの情報技術への応用というのが与えられた課題である。レーザそのものについては、この小特集号にもすぐれた解説がある¹⁾し、すでに発明後20年を経過した今、一度はその名を耳にしたことのある方が大部分であるに違いない。

筆者の1人は、1970年ごろに（すなわち、レーザが誕生して約10年後に）、1年ほどかけてレーザ技術とその応用全般にわたって調査・展望を行ない、これを「レーザ技術入門（以下「入門」という）」と題してまとめた²⁾ことがあるが、その当時はレーザ自体や、ましてレーザの応用は多くの人にとって目新しいものであった。

図1 広い意味での情報処理系²⁾

この「入門」においては、レーザによる（広義の）情報処理を、図1のような情報処理の構成概念に基づき、大きく、Ⅰ測定（レーザ計測）、Ⅱ情報蓄積（メモリ）、Ⅲ（狭義）情報処理、Ⅳ情報伝送（レーザ通信）、Ⅴ表示（レーザディスプレイ）に分けて取り扱った。

表1は、このような分類によってまとめられた「入門」の構成である。記述の重点の置き方、項目の選び方の統一性、応用の実現性の程度などは別として、当時想定されたレーザの情報処理への応用のイメージを大まかに把握していただくことができるものと思う。

この「入門」執筆から再び十余年が経過した現時点で表1の内容をながめてみると、たとえば、光ファイバを用いた情報伝送のように、当時では思いもよらなかったような発展を遂げた分野があるが、これは「入門」の最後にも触れたように、レーザ技術が現在の技術革新の波の中でもとりわけ目まぐるしい発展段階にあるからであろう。しかしながら、その一方、多くの分野においては応用そのものと

表1 レーザによる情報処理

大項目	中 項 目	小 項 目
Ⅰ 計 測	1. 光学的符号の読み取り	
	2. 位置決めへの応用	(1) レーザ測量器 (1) 光学機器の調節 (3) レーザビームのセンタリング
	3. 長さの測定	(1) レーザ測矩儀 (2) レーザレーダ (3) レーザラマンレーダ (4) レーザセンサとならい計測装置 (5) レーザ測長器 (6) 微小寸法の測定
	4. 方向の測定	
	5. 速度の測定	(1) レーザドップラメータ (2) リングレーザ流速計 (3) レーザ散乱速度計 (4) 二光線流速計
	6. 電流・電圧の測定	
	7. 分光器光源としての利用	
	8. 干渉法への応用（空間的分布量の測定）	(1) 干渉による光学素子の検査 (2) レーザによるプラズマ計測
	9. ホログラフィの計測への応用	(1) ホログラフィ干渉 (2) ホログラフィによる等高線の作製 (3) ホログラフィの瞬間写真への応用
Ⅱ 情 報 蓄 積	1. レーザを用いるメモリ	
	2. セレクタビジョン	
Ⅲ （狭義） 情 報 処 理	1. レーザによるデジタル情報処理	(1) 半導体レーザの増幅作用と抑制作用 (2) レーザデジタル論理素子（双安定回路） (3) 光集積回路
	2. レーザによるアナログ情報処理	(1) 凸レンズによるフーリエ変換機能 (2) コヒーレント光学系による周波数解析 (3) コヒーレント光学系による空間フィルタリング (4) コヒーレント光学系による相関の計算
	3. ホログラフィを用いた情報処理	
Ⅳ 通 信 （情報伝送）	1. レーザ情報伝送系における問題点	(1) レーザ発振器 (2) 変調方式 (3) 光伝送路 (4) 変復調器
	2. レーザ情報伝送系の一例	
	3. レーザ情報伝送系の大容量化	
Ⅴ レ イ ズ デ ィ ス プ レ イ	1. レーザディスプレイ	
	2. ホログラフィを用いた表示装置	(1) ホログラフィック・ディスプレイ (2) ホログラフィック・ステレオグラム (3) ホログラフィ・テレビジョン

[†] Laser Application in Information Technology
* 電子技術総合研究所 Satoshi Ishihara, Hiroshi Kashiwagi
紹介者 編集理事 森田 政明

しては格別に新しい変化はなく、むしろ地道な努力による進歩が着々とはかられつつあるということに気づき、改めてレーザという新技術が出現した際の、これに対応した応用サイドの立ち上がりの早さに驚かざるをえない。

いずれにしても、レーザの情報技術への応用分野は、レーザ素子や機器および周辺技術の進歩に伴って、広がりこそすれ決してせばまることはない。限られた紙面でその全体を網羅しようとすれば、無味乾燥なスーパーマーケット式の語句ら列に終わる恐れがある。そこで本稿ではレーザの情報技術への応用の中から、最近注目を浴びているトピックスをいくつか選んで紹介したい。すなわち、

(1) レーザによる情報の記録と再生の技術がはじめて一般家庭内にはいることによって、今後爆発的な伸びが予想されている「光ディスク」、

(2) レーザ光などを用い、デジタル情報を並列的に処理することによって、大量の情報に対する演算を高速に行なおうという「光コンピュータ」、

(3) 大規模プラント内で、レーザ光などによって計測・制御するシステムを開発しようとする、工業技術院の大型プロジェクト「光応用計測制御システム」

について、できるだけわかりやすく述べたい。

その他の応用については、文末に参考文献³⁾を掲げるので興味のある向きはご参照願いたい。

2. 光ディスク⁴⁾⁵⁾

レーザの発明以来、微小な点に光エネルギーを集中できるという特長に着目し、多くの情報を安価に蓄積記録し、再生する光メモリにレーザを応用しようという試みが各所で行なわれてきた。当初は電子計算機用のメモリ（特に外部大容量メモリ）を念頭に置いた開発が主流であったが、最近目ざましい発展を遂げているのが、家庭用光ディスクであり、その潜在市場の規模の大きさからも各界で注目を浴びている。

光ディスクとは、従来のレコードに外観は似ているが記録できる情報量が格段に大きい大容量レコードとでもいべきものであり、たとえば音声情報を記録する場合でもPCM*方式などで録音した高品質の音楽を長時間連続して再生できるし、一方、ビデオ情報を記録すればいわゆる「絵の出るレコード」として使うことができる。

このように、大量の情報をディスクの上にならに施状に記録し、このディスクを回転させることによって記録情報を読み出すという方法には、機械的な振動を静電容量の変化として検出するものなど幾つかの方式がある。しかし、原盤の記録にはレーザ光がもっぱら利用されているし、また読み出しのピックアップ用としても、光方式は非接触再生という特長のために、ディスク寿命が長くなる、繰り返し再生・ランダムアクセスなど、多くの機能を持たせることができるなどという長所を有し、最も有力な方式と考えられる。

図2 光ディスクからの情報再生の原理

図2に典型的な光ディスク再生方式の原理を示す。従来は光源のレーザとしては、気体放電を用いたHe-Neレーザ（長さ10cmのオーダ）を使用しているため、装置全体もかさばり、またディスクを照射したり、そこからの反射光を光検出器へと導く光学系が複雑になるという問題点があったが、最近は電流注入形の半導体レーザ（長さ1mm以下）の利用などによって小型化がはかられている。特に、半導体レーザから出た光の一部分がその半導体レーザに戻された場合、その戻り光がきわめて効果的にレーザ出力光の強度や、レーザ素子の電気的特性を変化させるという「自己結合効果」を、光ディスク用のピックアップに応用すれば⁶⁾（SCOOP**方式と呼ぶ）、上の問題点が解決される。すなわち、このSCOOP方式によれば光ディスクからの反射光をレーザ素子自体が検出できるので、別の光検出器が不要となり複雑な光学系も不要である。

いずれにしても、光ディスク技術は一応の完成の域に達しているともいえるが、今後もSCOOPのような新しい技術の導入や、書き換えや書き換えのできる安定した記録材料の開発など、なすべきことも多い。

また応用分野についても考えてみると、はじめにも述べたように、光メモリは歴史的に言えばコンピュータシステムにおける大容量メモリとして開発されてきたものであって、ここで述べた光ディスクについても、その大容量性、多機能性から、民生用だけでなく 10^{10} ビットのオーダの容量を持つ、業務用メモリとしての開発も進められている。家庭用光ディスクに対する生産技術の確立と、大量生産によるコストダウンとがはかられれば、今後の光ディスクの新しい応用分野としては、たとえばマイクロコンピュータ用の大容量（数百メガバイト？）外部ROM***などが有望であるものと思われる。

だ足ながら、ごく最近の報道によると国内外のメーカーがビデオディスクなどの方式を決定しはじめているが、わが国においてはビデオディスクはみぞ無し静電容量方式が優勢であり、光方式はむしろデジタル・オーディオ・デ

** Self Coupled Optical Pickup: 自己結合形光ピックアップ。

*** Read Only Memory: 読み出し専用メモリ。

* Pulse Code Modulation: パルス符号変調。

ィスクで採用されようとしている。この辺りはまだ流動的であるが、必ずしもハード技術的には優位にある方式が採用されないのは、この世界の競争の激しさとともに、何を記録するかというソフトウェアが重要な地位を占めているためであろう。

3. 光コンピュータ⁷⁾

「レーザの情報技術への応用」と聞いたときに、人はまず何を思い浮かべるだろうか？ 情報という概念を最も直接的にとらえるならば、当然計算機を使ったもろもろの情報処理への応用であろう。実際、多くの入出力用周辺機器ではレーザを用いた製品が現われはじめています。レーザプリンタ、レーザマークリーダ、レーザファクシミリ、レーザスキャナ、レーザタブレット等々枚挙にいとまがない*。しかしながら、情報処理の中核であるコンピュータそのものをレーザを使って実現できないかというのが、レーザ技術に関わる者の夢の一つであった。このような、いわば光コンピュータへのアプローチが始まったのは、必ずしもごく最近というわけではない。

「入門」の時代には、「凸レンズによって光の複素振幅分布のフーリエ変換を、あるいはホログラフィによって空間的に分布する二次元情報の相関演算を、ともに光が伝播するわずかな時間の間に実行できる」という魅力的な事実を使って、多くの研究開発が行なわれてきた。そして、実際にその並列処理性と、それに伴う高速処理性という特長を生かした情報処理システムも作られた。ところが、それらは特別の用途でだけ使われるものであって、処理の対象が変わった場合には、システムにかなりの変更を要するものであったり、あるいは別の新しい処理を実行するためには改めて別のシステムを組み直す必要があったりした。

また一般には、SN 比を大幅に向上することは容易ではなく、処理結果の精度は比較的あらいものであって、10けたも20けたもの数値を対象とするような演算には向かなかった。こういった経験から、レーザのコンピュータへの応用は忘れられたような感もある。しかしながら、このような過去の研究開発を振り返ってみると、ある意味で（電気）コンピュータの歴史と似かよった道を歩いているという感がするのである。

つまり上にあげた幾つかの欠点は、すべて過去の光情報処理が、情報をアナグロ的な形態で取り扱っていたためであるということに気が付く。必ずしもこういった反省に基づくものかどうかはわからないが、最近、デジタル的な光情報処理の研究が目につくようになってきている。すなわち新たな光コンピュータへの挑戦である。実際、こうした新しい光コンピュータを目指した具体的な動きとして、(1) 従来のコンピュータ用の「電気素子」に置き換わる「光素子」、(2) 画像などの二次元情報自体に施す「光並列演算」、(3) 数値演算の高速化のための「光剰余演算」などがある

* これらについては、一般商業誌、各種ハンドブックなどで紹介されることが多いので、ここでは取り上げない。

ので、以下これらの各々について最近のトピックスを簡単に紹介したい。

3.1 光双安定素子

情報処理用の各種の素子に光を利用しようという試みとしては、以前からニューリスタ・ファイバレーザや半導体レーザにおける可飽和吸収を利用した論理演算などに関して研究が進められてきたが、最近、理論・応用の両面で注目を浴びているのが光双安定性**である。この性質を持つ素子では、出射光強度が入射光強度の変化に対して履歴現象を示し、系の光強度透過率が二つの安定な定常状態をとる。

図3 光双安定素子

- (a) ファブリ・ペロー共振器による素子の構成
- (b) 素子の安定状態を見つけるための特性図
- (c) 素子の入出力特性

光安定素子の典型的な特性を、図3(a)に示すようなファブリ・ペロー共振器中に非線形誘電率を持つ媒質を入れた系を例にとって調べてみる。系の透過率 $\tau (= P_o/P_i)$ はファブリ・ペロー共振器の特性から、共振器内を光が一往復する際に光が受ける位相変化 δ の関数として、図3(b)の曲線①のように表わされる。一方、誘電率の非線形性により屈折率 n が透過光強度 P_i に依存するので、同じく τ と δ の関係が、入射光強度 P_i をパラメータとして図3(b)の直線群②として示される。系の安定状態は①と②の交点で表わされるので、 P_i が0から増加するにつれてこの安定点は $A \rightarrow B \rightarrow C$ と移動し、Cにおいて $C \rightarrow D$ とジャンプする。この様子を P_i と P_o との関係に書き直すと図3(c)のような履歴特性が得られるわけである。

この光双安定素子は、その二つの安定状態 ($A \sim B \sim C$) と ($D \sim E \sim F$) との間を遷移する際に必要な時間を短くし、かつエネルギーを小さくできる可能性があるので、

** Optical bistability.

光コンピュータ用の光論理素子や、光メモリ素子の候補として有望視されている。

3.2 並列デジタル光コンピュータ

光の持つ並列処理という特長を生かしたまま、デジタル的な手法を導入しようという「並列デジタル光コンピュータ」の概念をはじめて明らかにしたのは、米国宇宙航空局のゴダード飛行センターであるが、彼らの動機は、人工衛星などから送られてくるばく大なデジタル画像情報を、従来の電子計算機システムでは処理しきれなくなったことにあった⁸⁾。その後この方向で行なわれた試みの一つにファイバレーザプレート⁹⁾がある。

これは、ガラスに Nd を入れたファイバを数千本たばねて両端面を平面に研磨したものであって、個々のファイバが端面から入射される励起光によってレーザ発振する。このとき、レーザを発振させるための入力励起光がある一定の値以上のときにだけ、そのレーザから出力発振光が生ずることを利用して、論理積 (AND)、論理和 (OR) 演算を実現している (図 4)。

図 4 ファイバレーザプレートによる論理演算⁹⁾
(a) 実験系の構成, (b) 入力励起光レベルを変えることによる論理積 (AND) および論理和 (OR) 演算の実現

3.3 光 剰 余 演 算

はじめにも述べたように、従来の光情報処理は汎用電子コンピュータの得意とする数値処理にはなじまないという欠点を持っていた。こういった問題を克服するためには、光による処理にマッチした演算方式を開発していく必要があるが、その一つの方法として光学的な手法を用いて剰余演算による数値演算を行なおうという試みがある。

通常われわれが数を表現する場合には、N進法と呼ばれる重みつきの表現を用いることが多い。たとえば、 $N=10$ の十進法での 57 とは、 $5 \times 10^1 + 7 \times 10^0$ という意味であり、また $N=2$ の二進法の 101 とは、 $1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$ を表わし、各けたは N の何乗かの重みを持つ。このため、たとえば $57+18$ のような演算を行なう際には、下 1 けたの結果によってけた上がり (キャリー) が生じて、2 けた目の演算結果にも影響を及ぼすことになる。これに対して剰余演算法では整数を表現するために、あらかじめ定められた互い

に素*な複数の自然数によって、その整数を割ったときに生ずる複数の剰余を用いる。このような表現においては、上に述べた N 進法表現に比べるとけた上がりが無いため、複数の自然数の各々に対する演算を完全に独立に実行することができ、したがって並列演算による処理の高速化の可能性はある。さらに乗算に対する演算の複雑さや演算時間が、加算の場合とほとんど変わらないという特長もある。

このように、剰余演算では演算方式が本質的に並列的であるため、やはり並列的な処理を特徴とする光学的な情報処理と結合させることによって、新しい光コンピュータの方式が開発できないかという研究が各地ではじめられている。ここでは、マップという概念を用いた光剰余演算の一例を図 5 に示すにとどめ、剰余演算法やその光コンピュータへの応用についての詳細は別の解説¹¹⁾¹²⁾に譲る。

図 5 マップによる光剰余演算の例
 $X=19+87-99$ のときの X^2-X+1 を求めている。
(この図は Applied Optics 18-1 (1979) 表紙より引用した)

4. 光応用計測制御システム

従来の情報伝送におけるキャリア (搬送体) は電気であった。しかし歴史の上では、のろしや手旗をあげてみるまでもなく、光は通信の媒体としてむしろ電気の先輩であったことは間違いない。レーザの出現とともにその指向性を利用した空中伝播通信の実験が行なわれたり、従来のキャリアである電磁波に比べて、数万倍も帯域の広い通信の実現が期待されたりした。

現在、実用的な観点から注目を浴びているのは、最近その損失特性が著しく改善されつつある、光ファイバを用いる光通信システム¹³⁾ (図 6) である。

光源としては、2. にも述べた半導体レーザと以前から表示素子としても使われていた発光ダイオードとがあげられ、現在のところ前者は周波数応答、出力光の光ファイバへの結合効率といった面で、また後者は信頼性、価格などの面でそれぞれ有利な点があるが、以下では特にこの両者

* 共通の約数を持たないこと。4 と 6 とは互いに素ではない。

図 6 光ファイバを用いる情報の伝送

を区別しないことにする。

光情報処理システムの応用の場として、誰もがまず思いつくのは電話通信網であろうが、実現にあたっては、その規模の大きさゆえに、経済性、信頼性、既存設備とのコンパティビリティなどについて、あらかじめ十分に検討する必要がある。ここではより現実的な応用分野としてプラント用計測制御システムを例にあげてみる。図 7 にシステムの概念例¹⁴⁾を示す。光情報伝送方式をこのようなプラントに持ち込むことのメリットとしては、次のようなことが考えられる。

図 7 プラント用光計測制御システム¹⁴⁾
(鉄鋼業における応用例)

(1) 情報のキャリアが光であるため、情報伝送容量が本質的に大きく、映像情報の伝送が可能になるほか、配線量の面で制約が少ないため、プラント全域における機器動作の信頼性を高めることができる。

(2) 外部の電磁界によって伝送媒体がノイズを拾うということがないので、大電力機器や電力線などの周辺においても、高い信頼性を損なわずに情報を伝送することができる。

(3) 光ファイバは耐火性、耐水性、耐震性を持っており、厳しい条件下での使用でも障害を生じにくいので、プラントの安全防災の面でも有効である。

(4) 建設コストに関しても、ケーブル価格や敷設費が低くなる可能性がある。

通産省工業技術院では、昭和54年10月から新規大型プロジェクトとして、「光応用計測制御システム」を取り上げ8年間で総額 180 億円を投入して、大規模プラントや工業団地内で発生する各種の大量情報（画像情報を含む）を、光を使って計測、制御するシステムを開発しようとしている¹⁵⁾¹⁶⁾。すなわち、光技術を導入することによって表 2 に

表 2 計測制御システムへの光技術導入の特長

効果分類		システムの構成・形態	情報の内容・種類	情報の質・量
特性分類				
光の特長	広帯域性	帯域に余裕があるのが普通なので、端末を追加できることが多い。	多重度を大きくとれる。 1本のループで結べる端末の数を多くできる。 高品質多チャンネルビデオ信号を多重伝送できる。	伝送路帯域で制限されていた高速端末の可能性が生かされる。 多チャンネル信号を1本の線路に多重化して乗せることができる。 冗長度を大きくもできる。
	波長多重性	データベース共用分散システムも容易に組める。 線路を異種信号で共用できる。 ループ割込み（相乗り）、結節点の増減が容易にできる。	遠隔分光ができる。	非常時にバックアップシステムへの転送が短時間に行なえる。 波長多重による高速化ができる。
	短波長性	漏話のない空中電送ができる。	イメージをそのまま送れる。 イメージファイバによって、多数のイメージを容易に送れる。	
	無誘導性	ノイズフリーでエラーチェックが簡単、しかもアースフリーのため、システムの設計、拡大、変更が容易になる。		信号冗長度を小さくして、実質情報伝送速度を上げることができる。 ノイズフリー。
	非電流性	電位整合の必要がない。		スパークがでない。
ファイバの特性	低損失性	中継距離を長くとれるので遠隔点間の伝送が容易になる。	計測や制御のためのエネルギーを光で送れる。	電磁障害のない光エネルギー伝送ができる。
	細径・軽量性	伝送線敷設がやさしい。	ファイバ束によって、劣化の少ないイメージ伝送ができる。	線路冗長度を大きくとれる。
	絶縁性	結節点でのインピーダンスマッチングが不要になる。 伝送線敷設場所の自由度が大きい。	高電圧付近の計測が容易になる。	感電しない。 サージ電流を運ばない。

示すような特長を持つ、計測制御システムを実現しようとするものである。

このプロジェクトでは、まず第一段階で光応用計測制御システムを、次の五つの機能別サブシステムに分けて開発を行なう。

(a) 高速画像情報サブシステム（目的：画像情報を効果的に利用して機器、環境の状態を高速に把握し、プラントなどでの異状検知、安全性のための監視能力を高度化すること。構成要素技術：可視・赤外域のイメージピックアップ素子、画像伝送光ファイバ、イメージスイッチ、イメージプリプロセッサ、光信号発生・受光素子、照明用可視光半導体レーザ）。

(b) 高品質画像情報サブシステム（目的：画像情報を効果的に処理し収録して、画素数1,000×1,000以上の高品質画像を任意の地点に頒布、表示すること。構成要素技術：集積化光マトリクススイッチ、発受光多チャンネルアレー素子、電子回路と同一基板上に構成する新しい光集積回路素子技術）。

(c) 高速プロセス情報システム (目的: 工業プラントを主に想定し, プロセス情報の収集技術および制御信号の頒布技術を高度化すること. 構成要素技術: 高出力半導体レーザー, 低電圧光検出器, 低損失光ステーションなどの光素子, 各種光センサ, ネットワーク制御などのソフトウェア技術).

(d) 複合プロセス情報サブシステム (目的: 多様な単位プロセスが複合された系において, 計測制御を効率的に行なうこと. 構成要素技術: 波長制御レーザー, 集積化光分波器, 各種光センサ, アクチュエータ技術, 波長多重ネットワーク制御のためのソフトウェア技術).

(e) 情報管理サブシステム (目的: 各サブシステムから発生する画像を含む各種プロセス情報を取り込み, 大規模データベースに蓄積し, 処理を行なったり, あるいは各サブシステム間的高速データ伝送を行なうこと. 構成要素技術: 1 G bit/sec 以上の超高速信号伝送を可能とする集積化発光・受光素子, そのインタフェース, ネットワーク構成技術).

これとともに, 関連する各種の光要素技術の研究開発を平行的に進め, 第二段階ではこれらの成果をもとにトータルシステムの開発を行なうものとしている. これらの開発事業の受託を目的とした研究組合も最近結成されたが, その内部に設立を予定されている光共同研究所(仮称)は, 今後のわが国の光関連技術の開発の中核の一つになるものとして期待されている.

5. お わ り に

以上, レーザの情報への応用に関する最近のトピックスとして, 「光ディスク」, 「光コンピュータ」, 「光応用計測制御システム」を取り上げ解説してきた. はじめにも述べたように, 一口にレーザの情報への応用といってもその対象はまことに膨大であって, 与えられた紙数ではとてもその全体に触れることはできないので, このように全く異なる三つのトピックスについて紹介することによって, その状況を理解するための参考としていただこうと試みた. 筆者の力量不足もあって舌足らずの面も多いと思うが, 読者のレーザ技術に関する現状把握の一助となれば, 幸いである.

終わりに, 本稿執筆にあたって有益なご助言や貴重なご資料の提供をいただいた当研究所の桜井健二郎電波電子部長, 島田潤一オプトエレクトロニクス研究室長, ならびに

同研究室の森川滝太郎, 三橋慶喜, 矢嶋弘義, 世古淳也各主任研究官に厚くお礼を申し上げます*.

文 献

- (1) 小川 徹: 照学誌 **65** (昭56) 252
  - (2) 桜井, 石原: 新金属工業 **15** (昭45) 309, 370, 395, **16** (昭46) 9, 53
  - (3) レーザの応用に関する解説は, それこそ枚挙にいとまがない.
    - ・レーザーハンドブック (昭48) 朝倉書店
    - ・電子通信ハンドブック (昭54) オーム社などのハンドブックはもとより
  - ・テレビジョン学会編: レーザーの基礎と応用 (昭55) (昭晃堂)
  - ・霜田光一編: レーザと光技術 (昭55) 日本経済新聞社
- などの単行本も数多く, また一般向けの解説も「電子展望」はじめ多くの技術誌に再三にわたって掲載され, 最近では子供向けで漫画入りの
- ・北川 明: 絵で見るレーザ (昭55) 誠文堂新光社
- まで現われている.
- このほか, 本稿の解説もすべて原著にまで及ぶ余裕がないので必要に応じて孫引きを願いたい.
- (4) 三橋, 島田: 光学技術コンタクト **18** No. 11 (昭55) 8
  - (5) ビデオ・ディスク技術特集: エレクトロニクス **25** (昭55) 1, 275
  - (6) Y. Mitsuhashi, T. Morikawa, K. Sakurai, A. Seko and J. Shimada: Opt. Comm. **17** (1976) 95
  - (7) 石原, 島田, 桜井: 電子通信学会誌 **64** (昭56) 89
  - (8) D. H. Schaefer and J. P. Strong, III: Proc. IEEE **65** (1977) 129
  - (9) A. Seko: Appl. Phys. Lett. **37** (1980) 260
  - (10) A. Huang, Y. Tsunoda, J. W. Goodman and S. Ishihara: Appl. Optics **18** (1979) 149
  - (11) 石原 聰: Oplus E. No. 5 (昭55) 63, No. 6 (昭55) 68
  - (12) 同上: 光学 **9** (昭55) 305
  - (13) 光伝送技術特集: 電子通信学会誌 **63** (昭55) 1, 103
  - (14) 機械振興協会編: 光コミュニケーションシステム (昭52, 日刊工業新聞社) 233
  - (15) 工業技術院総務部研究開発官室: 電子工業月報 **22** No. 8 (昭55) 2
  - (16) 矢嶋弘義: エレクトロニクスショー・カタログ (昭55) 14
- (受付1981年2月3日)

* ここに名まえをあげたかたがたのご所属は, 原稿執筆時点のものである.

7 月 号 掲 載 予 定 目 次

- 施設報告 ○朝日新聞東京本社新社屋の照明設備
資 料 ○日本で初めての大量の古灯器ならびに同版画資料が「重文」に指定さる
委員会報告 ○社団法人照明学会第57回通常総会記事
○第14回 (昭和56年度) 照明学会全国大会概況報告

その他