装置と技術

シンクロトロン放射光のための時間分解分光測定システム[†]

山中 孝弥・堀米 利夫・鈴木 光一

早川 一生・三谷 洋興・山崎 巖*

分子科学研究所 岡崎市明大寺町字西郷中 38 番地 (〒444)

(1988 年 5 月 12 日受理)

Time-Resolved Spectrophotometric System for Synchrotron Orbital Radiation

Takaya YAMANAKA, Toshio HORIGOME, Mitsukazu SUZUI,
Kazuo HAYAKAWA, Tadaoki MITANI, and Iwao YAMAZAKI

(Received May 12, 1988)

1. はじめに

シンクロトロン放射光 (以下 SOR と略す) は、高いエネルギーで加速された電子が円軌道上を周回する際、その接線方向に放出される電磁波である¹⁾。この SOR は従来の光源にはなかったいくつかの優れた特徴をもっていることから、分光学実験の光源として、またリソグラフィなどの応用研究の光源として有用であり、すでに先駆的な研究が行われている。国内においてはいくつかの研究機関において、電子線発生装置および電子加速ストレージリングが運転稼働中であり、また新たな建設計画が進められている²⁾。

最近、実用運転にはいった分子科学研究所、極端紫外光実験施設のストレージリング (通称 UVSOR) は、加速エネルギー 600 MeV (最大 750 MeV) で貯蔵電流 100 mA (最大 500 mA) の中型のリングである。このリングから得られる SOR は、有効波長範囲が 10 Å から赤外線に至る極めて広い領域で連続した分光分布を示し、その電気ベクトルはリングの軌道面に平行な直線偏光特性をもっている。通常の運転ではマルチバンチ運転

が行われ、周長 50m のリングを 16 個の電子バンチが周回している (マルチバンチと称する)。これによって SOR はパルス間隔 11 ns、1 個のパルスの半値幅はおおよそ 500 ps のパルス特性を示す。さらに必要に応じてシングルバンチ運転が行われ、1つの電子バンチのみを周回させ、その場合には、パルス間隔は 170 ns になる。

SOR は以上のように種々の興味ある特性を備えた光源であるが、強度に関しては比較的弱く、利用の際には注意を要する。例えば分子研 UVSOR の場合、波長 300 nm の光において、波長 λ に対するバンド幅 $\Delta\lambda$ が 0.1% のときの光量は、 10^{10} photons $\cdot$ s $^{-1}$ であり、これは 6.6×10^{-9} W、1 パルスあたり 100 個の光子に相当する。したがって、SOR を分光器あるいは観測系などに導入する際、指向性が高いことを十分に活用して損失をできるだけ少なくして分光器に導き、効率よく分光して適切に試料面へ照射されるように工夫しなければならない。

分光学実験における SOR の応用としては、吸収、反射、蛍光スペクトルおよび蛍光減衰曲線、時間分解蛍光スペクトルなどの時間分解蛍光分光などがあげられる。いずれの分光実験においても、SOR の特徴すなわち、波長範囲の広いこと、直線偏光性および指向性が優れていること、およびパルス幅が短いことなどから、物質の光物性に関する新しい動力学的研究の展開が期待される。

[†] 本報文の一部は昭和 60 年度日本分光学会秋季講演会 (11 月 12~13 日, 仙台) で発表した。

* 現在は北海道大学工学部合成化学工学科, 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 (〒060)。

われわれは今回、SOR を励起光源とし、有機結晶および薄膜等の固体試料を対象とする時間分解分光測定システムを製作した。このシステムは、UVSOR に割り当てられたビームライン (BL-7B) に、SOR を単色光パルスに分光する分光器とその観測装置を製作、設置したものである。分光器の設計にあたって、3 種類の回折格子を自動交換する機構を取り入れることによって、連続した広い波長領域の実験あるいは狭い領域で高分解能を必要とする実験などに対して容易に対応できることを目指した。また、観測装置として、微弱な励起光で得られる発光を感度よく検出するために、時間相関光子計数法を採用し、蛍光減衰曲線の他に、蛍光および蛍光励起の各時間分解スペクトルを容易に測定できるようにした。実際の測定に用いた結果、各種の静的なスペクトルと共に、特に高エネルギー励起の動的挙動に関する情報を得る点において有効性が見いだされた。本稿では測定例を含めて本システムの概要について報告する。

2. システムの構成

SOR を分光学実験、とくにここで問題とする時間分解分光実験に適用する場合、観測系の構成は、(1) SOR から単色光を得るための分光器、(2) 試料チエンバー、(3) 光検出器を含む測定系、および (4) 分光器および測定系を自動制御するためのコンピューターからなる。ここでとくに考慮されなければならない点は、先ず極端紫

外領域のための分光器の設計にあり、SOR のパルス特性や偏光特性を損なわないように回折格子、ミラー等の光学素子を適切に選択し、SOR の発光点から回折格子、試料面に至る光学系について綿密な設計が必要となる。SOR は電子ビームがストレージリングへ打ち込まれた後、電子の運動エネルギーが失われるまでの間発生するが、その時間は通常 2~3 時間であり、SOR 強度は時間とともに減衰する。このために測定中はその強度をモニターし、測定データを補正することが必要となる。さらに微弱な発光を扱う場合には、積算によって S/N を向上させる必要があり、測定時間が長くなるためにできるだけコンピューターの活用を計り、測定系の自動制御を行うことが望まれる。

2.1 分光器

Fig. 1 に SOR より単色光を得るために製作した分光器の概要を示す。単色光の波長領域が真空紫外領域をふくむため、波長走査に関する駆動部分および光学素子等をすべて真空中に設定する必要がある。このため分光器の型式として、その構造が最も簡単である瀬谷一波岡型を採用した。発光点から放射角 40 mrad で得られる SOR はトロイダル前置鏡 (M_1) により、入射スリット (S_1) を介して回折格子 (G) に導入される。分散された単色光は出射スリット (S_2) を介し、トロイダル後置鏡 (M_2) によって試料面に集光される。また、SOR の小さい発光源とその指向性を有効に利用するため、水平、垂

Fig. 1 Scheme of the optical layout.

直の各方向で結像状態が異なっている。垂直方向では S_1 および S_2 上で結像し、水平方向では S_1 と回折格子間および試料面で結像している。このように SOR の発光点から、回折格子、試料面に至る全光学系を総合的に設計し製作した結果、入射スリットを開放した場合においても、固体試料を対象とする分光測定用としてはほぼ満足できる分解能 ($\sim 3\text{\AA}$) を確保している。

この分光器のもう 1 つの特徴は、超高真空中における回折格子自動交換機構であり、最大 3 枚まで交換することが可能である。したがって、種々の格子定数をもつ回折格子を用いることにより、明るさあるいは分解能の相反する要請が極めて容易に満足される。また、種々のブレイズ波長をもつ回折格子を用いることによって、SOR の広範囲にわたる分光放射強度分布特性を有効に利用することができる。

この自動交換機構は、串ざし状に配置した回折格子を交換する方式を用いている。これには、産業用ロボットなどに用いられている特殊なベアリング機構を用い、それらが安定に動作するように、差動排気によって必要以上の高真空を避けるなどの工夫をしている。交換動作および波長走査に関する位置検出は、それぞれマグネスケールおよびリニアエンコーダーを用いて行っている。このように、機械、真空、センサーの技術を結集させた結果、回折格子交換に関する波長再現性は $1\text{\AA}$ 程度に留めることができた。また、機械的な歪など種々の要因によって波長較正やその補正を行う必要が生じた場合でも、後述するマイクロコンピュータによって通常のデータ処理と同様に行うことができる。

2.2 試料チェンバーと光学系

Fig. 2 に本システムの試料チェンバーとその光学系の配置図を示す。このシステムでは、時間分解蛍光分光測定他に、積分された蛍光スペクトル、蛍光励起スペクトル、吸収スペクトルおよび反射スペクトルを測定することができる。

SOR を分光し得られた単色光は試料チェンバーの中に導入され、試料に照射される。励起光の一部は反射鏡で取り出し光電子増倍管で受光され、光電変換された信号は強度の経時変化や分光器の分光効率特性などの補正に用いられる。試料からの反射あるいは透過光も同様に光電子増倍管において受光され、得られた電流信号はピコアンメーターによって計測される。対象となる波長領域が真空紫外領域の場合は、バイレックス窓に蒸着されたサルチル酸ナトリウム、ベンズベリレンによって、真空紫外から可視へ波長変換されたのち受光される。

蛍光および蛍光励起スペクトル測定の場合は、試料か

Fig. 2 Schematic diagram for the measurement system. (PM, photomultiplier; PA, picoammeter; MC, monochromator; PCS, photon counting system; TPCS, time-correlated single photon counting system).

らの発光を小型分光器で分光し、光電子増倍管で受光する。この場合、スペクトルの種類に応じて、励起側あるいは観測側の分光器の波長走査が行われる。瀬谷一波岡型分光器で分光された光の強度は $10^{10} \text{ photons} \cdot \text{s}^{-1}$ (スリット 1 mm) 程度である。したがって、多くの場合蛍光強度は極めて微弱であり光子計数法を採用して感度の向上を計っている。

2.3 システムの制御

ピコアンメーターあるいは光子計数装置において得られたデータは I/O を介してマイクロコンピュータに転送される。このデータ転送は励起側あるいは観測側の波長走査と同期させることにより各種スペクトルが測定される。蛍光減衰曲線の測定においても同様に、データは時間相関光子計数装置から I/O を介して転送される。蛍光時間分解スペクトル測定の際には、対応する分光器の波長走査と同期して減衰曲線の測定、転送が行われる。その基本手順は、(1) 時間相関光子計数装置の測定開始と停止の制御、(2) 蛍光減衰曲線の転送、フロッピーディスクへの収納、(3) 観測側あるいは励起側分光器の波長走査である。これらの操作がマイクロコンピュータによりおこなわれる。フロッピーディスクには一定波長間隔毎に積算時間で規格化された減衰曲線が順次収納されていくことになる。通常 1 回の時間分解スペクトル測定につき、100~200 点の波長にて蛍光減衰曲線が測定される。これらの測定が終了したとき、フロッピーディスクに収納されている減衰曲線から、任意の時間領域について時間分解スペクトルが作成される。フロッピーディスクに格納された各種スペクトルや蛍光減衰曲線のデータは、さらに成分解析、寿命解析などが行われ、最終的に X-Y プロッターによって任意の書式により描かれる。

3. システムの特徴

これまで本システムの概要を述べてきたが、ここでは本システムの特徴について、国内国外の SOR 施設における類似の測定装置との比較を含めてその詳細を述べる。

3.1 マイクロチャンネルプレート光電子増倍管を用いた時間相関光子計数法

時間相関光子計数法は蛍光減衰曲線の測定において広く用いられているが、とくに、高速繰り返しのパルス光を励起光源とする場合有効である。これまでにパルスレーザー等を用いた装置に应用され、S/N が極めて高く、広いダイナミックレンジをもつ蛍光減衰曲線が測定されている³⁾。

Fig. 3 に今回作製した装置の概要を示す。UVSOR および分光器から得られた単色光パルスは励起光パルスとして試料に照射される。試料からの発光は小型分光器 (ニコン P-250) で分光され、マイクロチャンネルプレート (MCP) 光電子増倍管 (浜松ホトニクス R 1564 U) で受光される。この出力は増幅された後、コンスタントフラクショナルディスクリミネーター (Ortec 583) によって波高弁別され、TAC (Ortec 457) へスタート信号として入力される。一方、ストップ信号として、ストレージ

リングの高周波加速空洞に供給されている高周波信号を用いた。ストレージリングからの高周波信号は2つに分けられ、一方を 1/16 分周し、分周器において生じたジッターの影響を避けるために、二重平衡混合器において参照され、その出力は遅延回路 (Ortec 425A) およびディスクリミネーター (Ortec 436) を介し、TAC へ入力される。TAC からスタートおよびストップ信号の入力時間差に比例する波高をもつパルスが発生し、MCPHA において波高解析され、最終的に蛍光減衰曲線を得る。

TAC は通常、0~20 ns の領域において非線形であり、スタートおよびストップのパルス時間差と出力電圧が比例しない。これによりパルス間隔の短い励起光源を使用する場合、その影響を避けるための工夫が必要である⁴⁾。ここでは、主発振器から得られる高周波信号 (周期が 11 ns) を ECL 素子によって 1/16 分周している。

この種の装置における時間的性能は、用いる励起光パルスの時間幅および光電子増倍管の立ち上がり時間と電子走行時間分布などの要因によって決められる。これまでに報告された同様の装置には通常の光電子増倍管が使用されており、半値幅 300 ps の光パルスが 1.8 ns (R 759 を使用)、500 ps が ~1.2 ns (9813 QA を使用) および ~0.9 ns (C 31034 A を使用)、ブリーダー抵抗列に改良の加えられた R 928 では 520 ps に観測されている。我々はこの時間特性を改善することを計り、パルスレーザーを光源とする同種の装置に应用され、その有効性が確かめられたマイクロチャンネルプレート (MCP) 光電子増倍管を採用した⁵⁾。この MCP 光電子増倍管は電子走行距離が極めて短いことによって、立ち上がりが速く、電子走行時間の分布が小さい特徴をもっている。分光感度特性は、窓材に MgF₂ を用いることによって真空紫外から可視に至る広い範囲に及んでいる。

3.2 データ処理における MCS の活用

SOR は 2~3 時間の寿命 (ビーム電流 50 mA) で減衰している。したがって、測定は効率よく速やかに行う必要がある。しかし実験の種類によっては、測定中あるいは測定と測定の間において、データの再現性あるいは系統性の有無等に関する評価を行う必要があり、これらに要する時間は必要最小限に留めなければならない。

今回製作したシステムは、16 ビット、8K ワードのマルチチャンネルスケーラー (MCS) として動作させることのできる RAM を増設した NEC PC-9801 型マイクロコンピュータによって制御されている⁶⁾。この MCS は、マイクロコンピュータの I/O ポートに接続されており、メモリマップド I/O 方式的にデータの入出力が行われる。また MCS の内容すなわち転送された蛍光減衰

Fig. 3 Schematic diagram of the time-correlated single photon counting system for UVSOR.

曲線や各種スペクトルはD/A変換されてX-Yオシロスコープにより常時モニターされる、このモニターによって、データの評価が目視により簡単に行えるため、各測定項目に敏速な対応をすることができる。またMCSは、マイクロコンピュータから応答があったときはRAMとしての機能を持ち、それ以外は独立したメモリとなるので、マイクロコンピュータのランニング状態に関わらず常にデータを格納し、表示しておくことができる。

測定された各種データの演算処理に関しては、吸収スペクトルの作製、あるいは蛍光減衰曲線から蛍光寿命の算出をするためのシミュレーションなどを行うことができ、その演算過程もMCSにてモニターすることができる。

4. 測定例

今回製作したシステムが正確に作動しているか、SORが適切に分光されているか、また励起光パルスが時間分解測光に適しているか等を総合的に確かめるために種々の実験を行った。

4.1 励起光の分光放射強度分布とパルス波形

Fig. 4に2種の回折格子を用いて得られたSORの分光放射強度分布を示す。2種の回折格子ともにブレイズ波長にしたがった強度分布を示している。G3に関して、250 nm付近に現れるピークは、石英フィルターを挿入して行った測定の結果から高次光成分によるものではない。また、約50 nmより短波長は同様な測定の結果、迷光が支配的であり、50 nm付近の波長を持つ励起光が必要な場合はG1が有効であることがわかる。これらの測定結果から2種の回折格子を自動交換させることにより連続的に得られる分光波長範囲は30~400 nm程度と思われる。

Fig. 5にマルチバンチ運転において得られた励起光パルスの波形を示す。パルス間隔は11 nsで、このとき得

Fig. 4 The intensity of the monochromatic light for two kinds of gratings.

Fig. 5 Instrument response function of the UVSOR output pulse at tuning wavelength of 200 nm under multi-bunch operation. Dotted and solid lines indicate log- and linear-scale representations, respectively.

Fig. 6 Pulse train of the UVSOR under single bunch operation.

られたパッチの半値幅は 460 ps であった。Fig. 6 に単一パッチ運転において同様に得られた波形を示す。隣接パッチの強度はおよそ 1/1000 以下であり、非常に純度の高い単一パッチパルス波形の供給を受けることができる。

4.2 蛍光減衰曲線の測定

得られた単色光パルスにより、実際に固体試料の蛍光減衰曲線の測定を行った。ここでは、量子収率がおよそ 1 であり、減衰曲線がマルチパッチ運転時及び単一パッチ運転時の両パルス間隔に適合する試料として、液体窒素温度におけるアントラセン単結晶を用いた。Fig. 7 及び Fig. 8 にマルチパッチ運転時及び単一パッチ運転時にそれぞれ得られた蛍光減衰曲線を示す。いずれの場合においても、単一指数関数減衰を示し、この傾きから得られた寿命は 8.6 ns であった。これはレーザー等を光源とする装置によって同様な条件下で測定された文献値⁷⁾とよく対応している。このことは、本システムが正しく作動し、特に時間相関光子計数法が SOR の実験においても有効であることを示している。

Fig. 9 に、今回初めての試みとして行った高エネルギー励起による蛍光減衰曲線を示す。このように、広い励起波長範囲にわたり、比較的容易に減衰曲線を測定する

ことができる。また、これらは単一パッチ運転時に測定されたもので、高エネルギー励起の減衰曲線のように長

Fig. 8 The time decay of the fluorescence of anthracene crystal at 77K under single bunch operation. Solid line represents the excitation pulse.

Fig. 7 The time decay of the fluorescence of anthracene crystal at 77K under multi-bunch operation. Solid line represents the excitation pulse.

Fig. 9 The time decays of the fluorescence of anthracene crystal at 77K as a function of excitation wavelength.

Fig. 10 Fluorescence decay curves (dotted lines) of cyclohexane (a) and 2,3,4-trimethylpentane (b) observed at 210 nm and excited at 175 nm of UVSOR pulse. Fluorescence lifetime of cyclohexane and 2,3,4-trimethylpentane were obtained to be 760 ps and 125 ps by the convolution with the instrument response function (broken line), respectively. The weighted residual (WR) indicates the deviation between the calculated (solid line) and the experimental curves.

寿命成分を含むような場合、単一パルス運転が極めて有効であることがわかる。これらの各励起波長における減衰曲線から、エネルギー移動に関連した新たな知見を得ることができた。

マルチパルス運転時のパルス間隔時間内 (11 ns) において減衰する比較的短い寿命を示す試料の測定例として、同様な装置⁸⁾で測定が行われている炭化水素系液体を用いた。Fig. 10 に得られた蛍光減衰曲線とその解析結果をシクロヘキサンおよび 2, 3, 4-トリメチルペンタンについて示す。図には励起パルス波形及び最適シミュレーション曲線が示されている。いずれも、単一指数関数減衰を仮定したシミュレーションによる実験曲線とよく一致し、得られた蛍光寿命は同様な条件下で測定された文献値^{9,10)}とよく対応している。このことは、高速光検出器である MCP 光電子増倍管(この測定では MgF_2 窓付型を使用)が有効に使用され、積算から蛍光寿命算出に至る一連の作業が正しく作動していることを示している。

4.3 時間分解スペクトル

時間分解蛍光スペクトル及び時間分解蛍光励起スペク

トルの測定を行った。測定例として減衰曲線同様にアントラセン単結晶を用いた。この試料は、第一一重項励起準位の 2 倍以上の光子エネルギーで励起した時に、低エネルギー励起とは異なった電子状態を示すことが通常の蛍光スペクトルから確認されている¹¹⁾。蛍光スペクトルを解析する場合、その動的過程の知見を得ることが有効であると考えられているので、時間分解スペクトルの測定を行った。Fig. 11 に測定されたアントラセン単結晶の時間分解スペクトルを示す。励起波長は 140 nm であり、0 ps は励起パルスのピーク時刻である。この時刻以前、すなわち励起パルスの立ち上がりと同様に 0-0 フォノン振動帯付近からの発光が現れ、時間経過に伴って、0-1 帯、0-2 帯の強度が増し、その後、スペクトルはほとんど変化せずに減衰している。このように、高エネルギー励起の緩和過程をより直接的に追跡することができる。

Fig. 12 に同様に測定された時間分解蛍光励起スペクトルを示す。観測波長は 395 nm である。励起パルスの立ち上がりと同様に短波長励起の発光が観測され、その後、長波長励起の発光が強度を増し、時間経過とともに

Fig. 11 The time-resolved fluorescence spectra of anthracene crystal at 77K.

Fig. 12 The time-resolved fluorescence excitation spectra of anthracene crystal at 77K.

って減衰している。これら一連のスペクトルから、励起エネルギーに 관련된 動的挙動に関する情報をより直接

的に得られ、今後様々な応用分野が開拓されて行くものと思われる。

5. むすび

今回製作したシステムの特徴は、第一に、SOR の諸特性を十分に評価し、設計製作された分光器であり、第二に、分光器から得られた単色光パルスによって時間分解測光を行い、この測定に関して、時間分解スペクトルの作製など一連の作業をほぼ完全に自動化させたことがあげられる。

前者に関して、SOR の発光点から試料面に至る光学系全体を一つの分光器と考え、設計を行った。このため試料面において小さなスポットに集光させることができ、実際の測定において、試料の発光等を効率よく検出することができた。今回の測定では2種の回折格子を用いた。さらに可視光領域にブレイズ波長を持つ回折格子を取り付ける予定であり、これらの自動交換によって、30~800 nm の広い波長範囲にわたって連続した実験が可能になると思われる。

後者に関して、本システムの時間分解能は、観測された励起パルスの半値幅から ~50 ps 程度と思われる。また、蛍光減衰曲線の測定の場合、マルチパンチ運転時においても、実質的には単一パンチのみによって得られるものである。これは TAC のストップ信号の周期 (170ns) に関連しており、この周期をできる限り短くすることにより、測定効率の向上が期待される。

おわりに、今回のシステム製作に当たり、分光器の製作に携わっていただいた分子研装置開発室の技官諸氏、実験全般にわたって種々の協力をしていただいた極端紫外光実験施設の渡辺 誠、春日俊夫両助教授および助手、技官諸氏に感謝致します。

参考文献

- 1) C. Kunz ed.: *Synchrotron Radiation, Techniques and Applications* (Springer-Verlag, Berlin 1979).
- 2) 昭和60年度 日本分光学会 秋季講演会・シンポジウム (先端技術とシンクロトロン放射) 要旨集.
- 3) 村尾俊郎, 山崎 巖, 進藤善雄, 吉原経太郎: 分光研究, **31**, 96 (1982).
- 4) W. R. Laws, D. W. Potter, and J. C. Sutherland: *Rev. Sci. Instrum.* **55**, 1564 (1984).
- 5) 山崎 巖, 久米英浩, 玉井尚登, 土屋広司, 大庭弘一郎: 応用物理. **54**, 702 (1985).
- 6) 進藤善雄: 北海道大学応用電気研究所技術報告 No. 3, P. 1 (1984).
- 7) A. Braun, U. Mayer, H. Auweter, and H. C. Wolf: *Z. Naturforsch.* **37a**, 1013 (1982).
- 8) K. Shinsaka, H. Koizumi, T. Yoshimi, N. Kou-

- chi, Y. Nakamura, M. Toriumi, M. Morita, and V. Hatano: J. Chem. Phys. **83**, 4405 (1985).
- 9) W. R. Ware and R. L. Lyke: Chem. Phys. Lett. **24**, 195 (1985).
- 10) R. Hermann and R. Mehnert: J. Luminescence **33**, 69 (1985).
- 11) T. Mitani, T. Yamanaka, M. Suzui, T. Horigome, K. Hayakawa, and I. Yamazaki: J. Luminescence **39**, 313 (1988).

賛 助 会 員 名 簿

味の素 ㈱ 中央研究所
 愛宕物産 ㈱
 ウシオ電機 ㈱
 ㈱ エヴィック商会
 大塚電子 ㈱
 ㈱ 応用光学研究所
 オリンパス光学工業 ㈱
 川崎製鉄 ㈱ 技術研究所
 川鉄テクノロジー ㈱
 旭光通商 ㈱
 ㈱ 京都光研
 神津精機 ㈱
 コロンビア貿易 ㈱
 ㈱ コタキ製作所
 三 共 ㈱
 三 共 ㈱
 塩野義製薬 ㈱ 研究所
 ㈱ 資生堂研究所
 ㈱ 島津製作所
 ジャスコインターナショナル ㈱
 松栄電子 ㈱
 信越化学工業 ㈱
 新日本製鉄 ㈱ 第一技術研究所
 住友化学工業 ㈱ 高槻研究所
 セイコー電子工業 ㈱
 西進商事 ㈱
 西進商事 ㈱ 東京支店
 清和陶器 ㈱
 関商事 ㈱
 ソニー・テクトロニクス ㈱
 竹田理化学工業 ㈱
 TDK ㈱ 開発研究所
 トヨタ自動車 ㈱
 東亜電波工業 ㈱
 東亜燃料工業 ㈱ 総合研究所
 ㈱ 東京インスツルメンツ
 東京光学機械 ㈱
 ㈱ 東 芝
 東北電子産業 ㈱

東ソー ㈱
 東洋ハイブリッド ㈱
 ㈱ 東レリサーチセンター
 ㈱ ナルミ商会
 中野電子工業 ㈱
 日本板硝子 ㈱ 中央研究所
 ㈱ ニコン
 日本鋼管 ㈱ 技術研究所
 日本ジャーレルアッシュ ㈱
 日本真空光学 ㈱
 日本石油 ㈱ 中央技術研究所
 日本テレコム ㈱
 日本電子 ㈱
 日本ブルカー ㈱
 日本分光工業 ㈱
 日本冶金工業 ㈱ 川崎製造所
 ㈱ ハイテクノロジー
 ㈱ パーキンエルマー・ジャパン
 伯 東 ㈱
 浜松ホトニクス ㈱
 ㈱ 日立製作所
 ㈱ 日立製作所那珂工場
 富士光機 ㈱
 富士写真フィルム ㈱
 富士ゼロックス ㈱
 ㈱ 富士通研究所
 ヘルツ工業 ㈱
 ㈱ 堀場製作所
 松下電器産業 ㈱
 松下電子工業 ㈱
 丸 文 ㈱
 ㈱ 溝尻光学工業所
 ミノルタカメラ ㈱
 三井東圧化学 ㈱ 中央研究所
 三菱電機 ㈱ 中央研究所
 理学電機工業 ㈱
 理学電機工業 ㈱ 技術研究センター
 ㈱ 理 経

昭和63年7月28日現在の本学会賛助会員は上記のとおりです。本学会の事業に対し御賛助いただき厚く御礼申し上げます。(五十音順)