

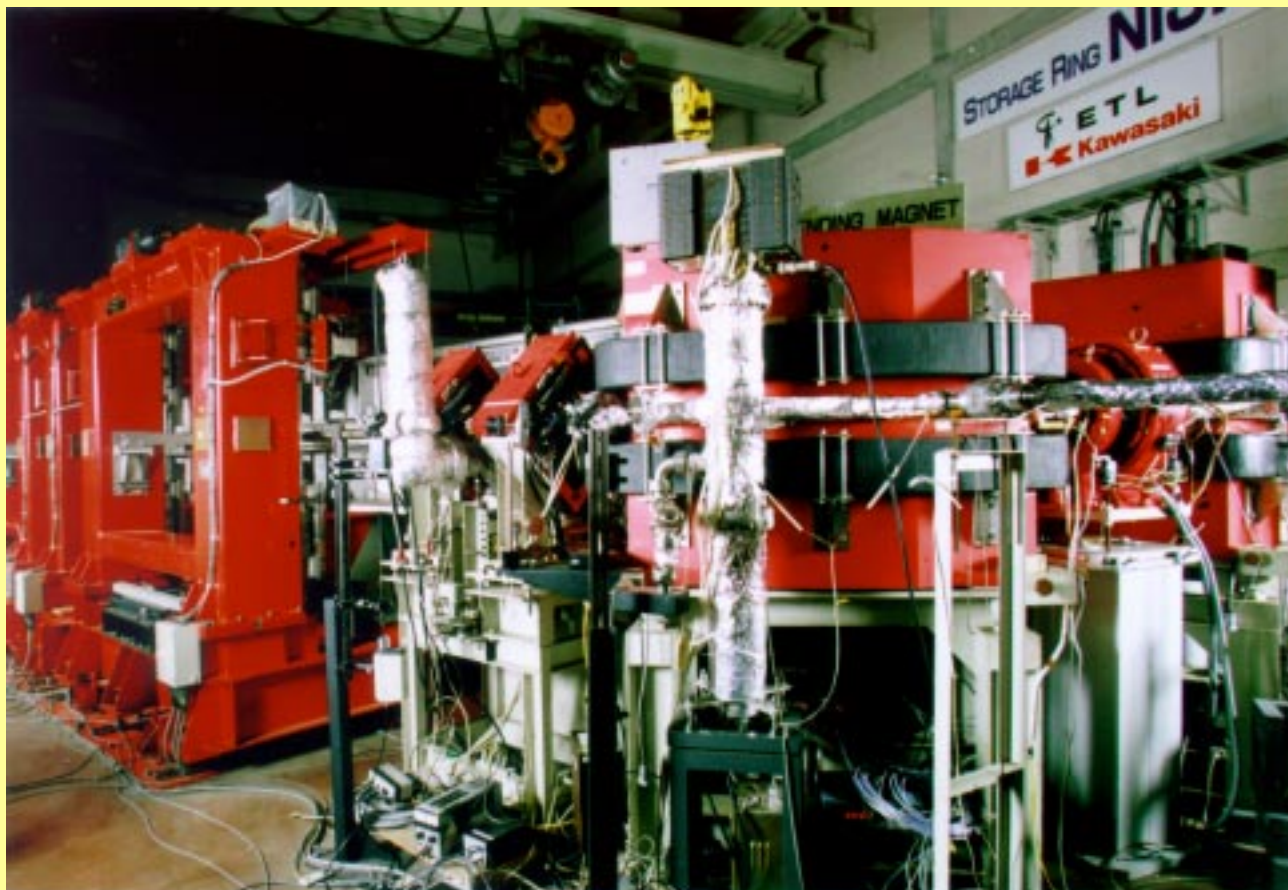
# 1998.10

ISSN 0011-846X

## 電総研ニュース

<http://www.etl.go.jp/publication-j/news-j.html>

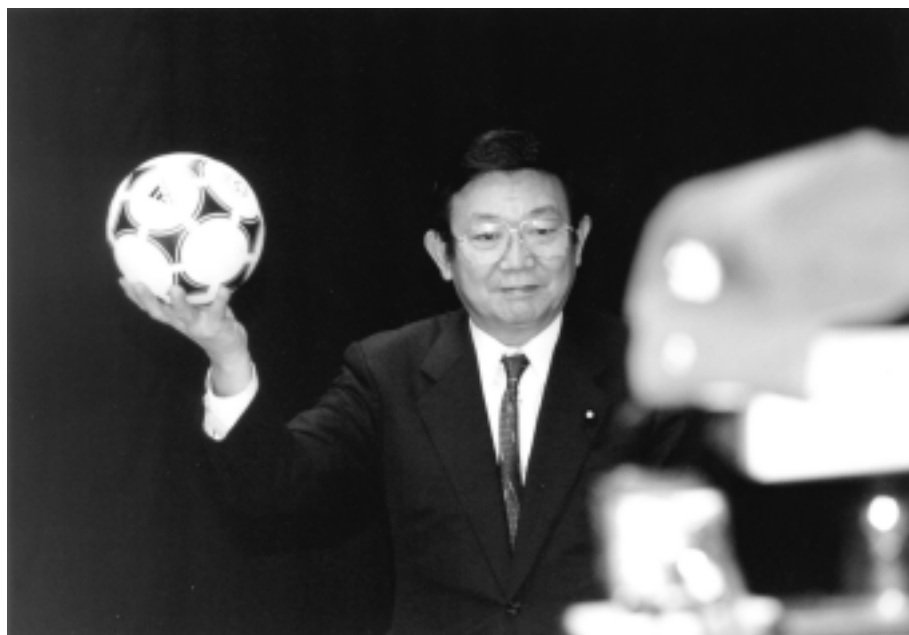
1998年10月 585号



自由電子レーザー NIJI-IV

- 与謝野通産大臣 来所
- 単色性の良い赤発光有機エレクトロルミネッセンス素子
- 3次元物体のデータベース化と感性検索技術
- 蓄積リング NIJI-IV で自由電子レーザー発振の限界波長突破に成功
- その他

## 与謝野馨 通産大臣 来所 1998.10.26



去る10月26日与謝野馨通産大臣が当所を訪問され、研究情報基盤整備センターにおいて梶村所長から電総研の沿革、研究の概要等の説明を聞かれたあと、最近の研究成果の中から、マルチモーダル対話システムと自由電子レーザーに関する研究成果を視察された。

マルチモーダル対話システムでは、見て、聞いて、笑顔で話しかけるコンピュータが、ボールを持った大臣の動きに対して「与謝野大臣、ボールを持っていますね」とコンピュータ自身が音声で答えた（上の写真）。説明後、大臣から最近の音声入力に関する現状等について質問された。

また、自由電子レーザー（FEL）では、世界初のFEL専用小型蓄積リングNIJI-IVを用いて、可視～遠紫外自由電子レーザーでの高度化と光共振器技術の改良に成功した世界最短波長（212nm）の説明を聞かれた。



大臣出迎え  
研究情報基盤整備センターにて



小型蓄積リングNIJI-IVの場所で  
（D-4別棟）

# 単色性の良い赤発光有機エレクトロルミネッセンス素子

- 新しい発光材料で開発 -

## Red Organic Electroluminescence Device with a New Light-Emitting Material

材料科学部 環状有機無機複合材料ラボ 榊原陽一<sup>\*1</sup>  
東洋インキ製造(株) 奥津 聡<sup>\*2</sup>、榎田年男<sup>\*3</sup>

Materials Science Division, Macrocyclic Organic-Inorganic Hybrid Materials Lab. **Youichi Sakakibara**<sup>\*1</sup>  
Toyo Ink Mfg. Co. Ltd., **Satoshi Okutsu**<sup>\*2</sup>, **Toshio Enokida**<sup>\*3</sup>  
e-mail: e8809@etl.go.jp<sup>\*1</sup>, Satoshi.Okutsu@toyoink.co.jp<sup>\*2</sup>

We developed a new light-emitting material tetraphenylchlorin (TPC) for an organic electroluminescence (EL) device. We prepared an EL device structure ITO/TPD(50nm)/Alq3+TPC(50nm)/MgAg in which TPC molecules were doped in the Alq3 layer with concentrations of a few percents. The device emitted an EL with a good monochromatic red color (a peak wavelength of 660nm and a half width of 20nm).

### 1. はじめに

有機分子に電流を流すと光を発する現象(電界発光あるいはエレクトロルミネッセンスといいます)を利用して、自己発光型のフラットパネルディスプレイを作ろうという研究開発の試みが近年非常に活発になっています。有機分子による電界発光現象自体は古くから知られていましたが、1987年に米国コダック社のTangらが電子輸送と正孔輸送の機能分離積層型の素子構造を發明して以来発光効率が著しく向上し、その後いろいろな技術的改良が加えられた結果、1998年から緑色発光ディスプレイが市場投入されるようになりました。このように順調に発展してきた有機エレクトロルミネッセンス素子の研究開発ですが、まだまだ数多くの技術課題や研究課題が

残されています。なかでも青緑赤の三原色によるフルカラーディスプレイを実現するために、色純度良く赤色で発光する材料の開発が待望されています。

私たちはそのような発光材料の開発を目指して、これまでにフタロシアニンという有機物質の発光現象を研究してきましたが、残念ながらその発光は近赤外領域という目には見えない波長領域のものであり、もう少し短い波長で発光する物質が必要でした。そこでフタロシアニンと分子構造がよく似ていて大きさが一回り小さいテトラフェニルクロリン(以後TPCと略称します)という分子に注目しました。(分子構造を図1に示します。)この分子は波長650nm付近に非常に単色性の良い赤色の発光を示します。そ

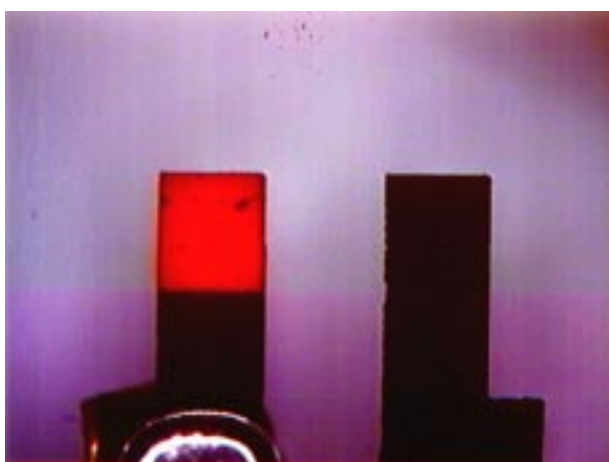
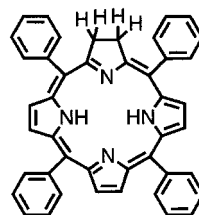
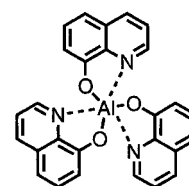


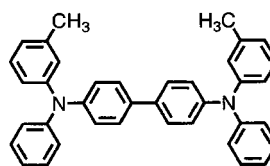
写真 赤く発光する有機EL素子(2mm × 2mm)



TPC



Alq3



TPD

図1 分子構造

ここで、この分子を利用した有機エレクトロルミネッセンス素子を作製すれば、非常に色純度の良い赤発光素子が得られると期待できます。この記事では、この分子を用いて作製した素子が予想通り色純度の良い赤色のエレクトロルミネッセンスを示したことを紹介します。

## 2. 素子の作製と赤色エレクトロルミネッセンス発光

図2に今回作製した素子の構造を模式的に示します。透明なガラス基板の上に透明電極材料である酸化インジウムチタン(ITO)、正孔輸送性物質トリフェニルジアミン誘導体(TPD)、電子輸送性物質アルミキノリノール錯体(Alq3)、金属電極(マグネシウムと銀の10:1共蒸着物)の薄膜を重ねて真空蒸着します。(図1にTPDとAlq3の分子構造を示してあります。)Alq3層の中には発光物質であるTPCを共蒸着により分散させます。この素子にITO電極が陽極、金属電極が陰極となるように直流電圧をかけて電流を流すと、ある電圧以上になると急に電流が多く流れるようになり、同時に素子からの発光が観察されるようになりました。これは典型的な発光ダイオードの挙動です。さて、その発光色ですが、TPCのAlq3中での濃度によっていろいろ変化しました。これは、Alq3が電子を輸送する機能と同時に緑色で発光する機能を有するために、条件によってはTPCの赤発光と重なってしまうためです。どのような条件の場合に単色性の良い赤発光が得られるかを明らかにするために、TPCの濃度の異なる3種類の素子(重量濃度0.5%, 1.7%, 3.7%)を作製しました。その結果、0.5%の素子では発光輝度は大きいものの(最高輝度1800cd/m<sup>2</sup>)緑色の成分が多く黄色となりました。1.7%, 3.7%のものでは発光輝度は低下するものの色純度の良い赤色の発光を得ることができました。(写真は1.7%の素子が発光している様子です。)図3は1.7%の素子の発光スペクトルを示しています。660nmをピークとした半値幅20nmの発光です。これらの素子

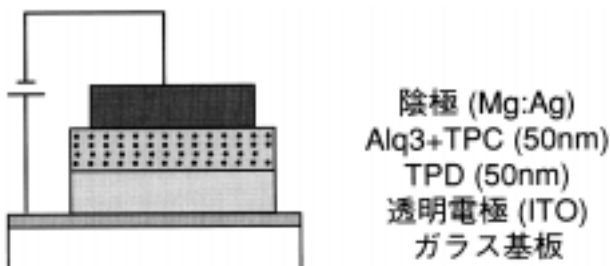


図2 有機EL素子の構造

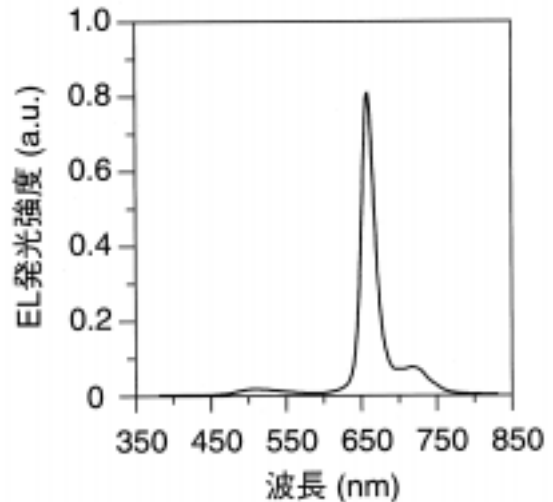


図3 EL発行スペクトル

では、Alq3の緑色の発光はTPC分子へのエネルギー移動によって消光されたものと考えられます。TPC濃度が1.7%と3.7%の素子では前者の方が発光輝度が大きく(前者で最高輝度100cd/m<sup>2</sup>、後者で24cd/m<sup>2</sup>)、TPC濃度が大きければ発光が強いというものではないことが判りました。これは濃度が大きくなると濃度消光という現象がおきやすくなるためと考えられます。これらのことから色純度が良くかつ発光輝度の高い素子を作製するためには最適な濃度条件が存在することが判りました。

## 3. おわりに

いまのところ、赤発光材料の開発は青や緑の発光材料に比べてかなり遅れています。赤発光材料としてはこれまでに数種類の物質が知られていますが、いずれも実用に結びつく発光強度あるいは色純度は得られていません。今回私たちが見出したTPCも現状では実用レベルには達していませんが、これまでに発見された物質と同等以上の特性を有しており、電子輸送材料あるいは正孔輸送材料との適当な組み合わせ、試料の純度の向上、素子作製方法の改良などにより性能がさらに向上する可能性が残されています。また、今回の素子は発光物質を他の発光物質中に分散したタイプのものですが、このようなタイプの素子の発光過程については不明な点が多く、基礎的な見地からの研究が望まれています。今回の物質系はそのような研究を進めるにあたって格好の組み合わせであると考えられますので、今後も技術・科学の両側面から研究を進めていく予定です。

特別研究「環状有機無機複合材料」

## 3次元物体のデータベース化と感性検索技術 3D Object Retrieval based on Subjective Measures (Kansei)

筑波大学大学院 鈴木一史<sup>\*1</sup>知能システム部ヒューマンメディアラボ・中央大学理工学部 加藤俊一<sup>\*2</sup>知能システム部 築根秀男<sup>\*3</sup>Univ. of Tsukuba Motofumi T. Suzuki<sup>\*1</sup>Human Media Lab, Intelligent Systems Division / Faculty of Science and Technology, Chuo Univ. Toshikazu Kato<sup>\*2</sup>Intelligent Systems Division Hideo Tsukune<sup>\*3</sup>e-mail: motofumi@etl.go.jp<sup>\*1</sup>, kato@etl.go.jp<sup>\*2</sup>, tsukune@etl.go.jp<sup>\*3</sup>

Similarity retrieval is an important algorithm for database systems. To support the creation of good virtual world presentation, we need to retrieve polygonal objects from databases. In this paper, we present a statistical method for retrieving 3D polygonal objects by shape descriptors considering user preferences. Statistical methods (Multidimensional scaling and multiple regression analysis) were used to create user preference models. Experimental results indicated that a statistics-based technique is an effective approach to retrieve 3D objects.

### 1. 感性情報処理による物体の識別

コンピュータグラフィックスやバーチャルリアリティ技術の進歩により、3次元物体をデジタル化したり、またデジタル化されたデータを処理することが容易になってきた。その結果、3次元物体を対象とするデータベースシステム技術の研究開発も活発になり、その応用範囲も広がってきている。

画像認識技術では、対象となる物体に特有なモデル化(検索対象のカテゴリーを飛行機などに限定しモデル化)をすることで正確な認識、分類、検索などができる。その結果、複雑な背景の中から人間が識別しにくいような物体を正確に認識することが可能となった。そして、これらの画像認識技術を用いて、データベースから物体を検索することができるようになった。

しかしその一方で、対象外の物体に対してそのモデルは適用することができないので、未知の物体を分類することは、難しい。また、デザイン、意匠など人間の主観的な判断が必要な分野では、従来の画像認識技術で物体を物理的に正確に計測するアプローチを使うことは難しい。

そこで我々は、(1)対象となる物体を限定することなくデータベース中の物体を自動的に分類し、未知の任意の物体を類似検索する技術を開発した。ま

た、(2)個々の利用者の主観的な判断基準をモデル化しこれに基づいて物体を検索する技術を開発した。さらに、(3)個々の利用者の主観的な物体の類似性の判断を多次元空間で可視化し、利用者間で相互理解を支援する技術の開発を行った。

### 2. データベースを利用した物体類別

従来の文字、数値型のデータを対象としたデータベースの検索では、人間が物体を見て付与したキーワード情報を参照して物体を検索していた。しかし、キーワードのみでは検索したい物体を表現すること



図1 多様な物体からなるデータベースの一部

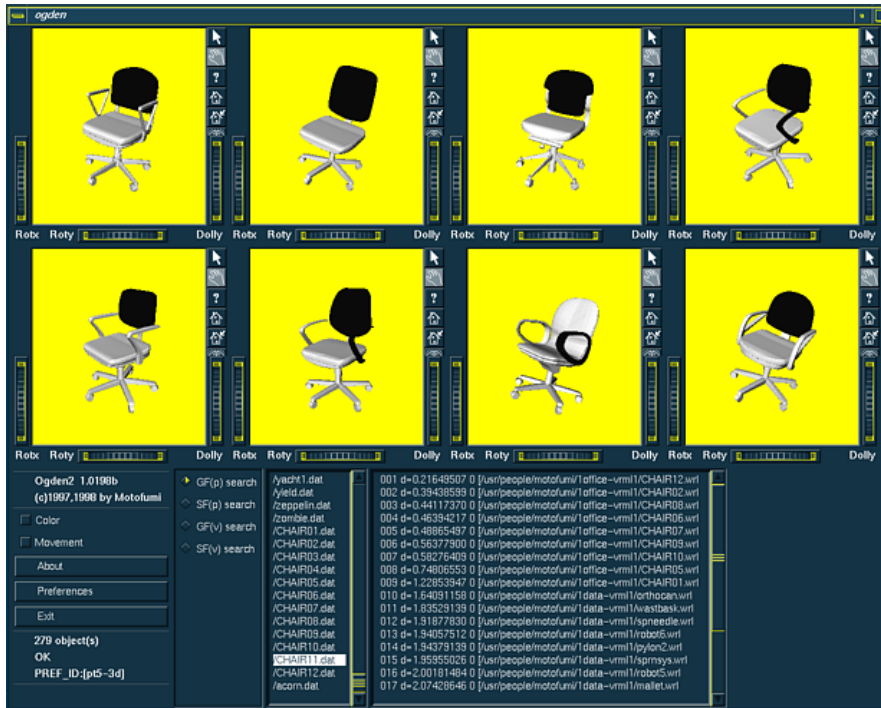


図2 頂点分布を利用した例示検索

形状特徴として頂点分布を利用した検索を示す。図中左上のイスをキーとして例示検索すると多様な物体を含むデータベースからイスだけを、網羅的に検索することができた。

が難しく、また物体にキーワードを付加する労力も無視できない。そのため、画像認識の技術を利用した物体検索が試みられてきた。しかし、このような手法では、物体のカテゴリーに特有の物体記述法を採用して検索を行うため、対象外の物体をキーとして検索することは難しい。

そこで本研究では、コンピュータグラフィックスやバーチャルリアリティ分野で広く採用されている物体のポリゴン(多面体)データを対象に、物体のカテゴリーに依存しない検索技術を開発した。検索ではポリゴンを構成している頂点の分布などの形状特徴に着目し、これを数量化することで、物体の分類、類別を可能にした。図1に示すような多様な物体を含むデータベースから、類似している物体の形状特徴を用いるだけで検索することができる。図2に形状特徴として頂点分布を利用した検索の結果を示す。図中左上のイスをキーとして例示検索すると、多様な物体を含むデータベースからイスだけを網羅的に検索することができた。

### 3. デザインの支援 - 感性的な検索の利用 -

我々は、2次元画像からなるデータベースを対象に利用者の主観を考慮した検索の研究[1][2]

をしてきた。我々は統計的な手法(判別分析、主成分

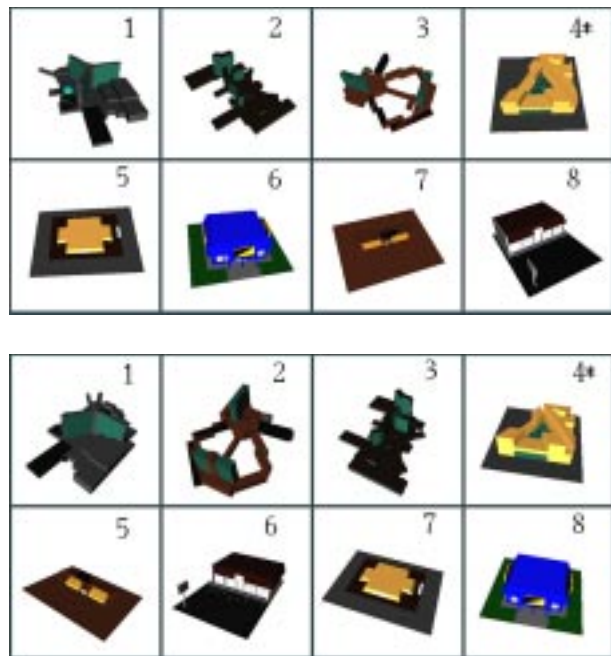


図3 主観的な類似度を考慮した検索

利用者A「上」とB「下」を比較すると主観が反映され同じ検索キー(物体1:建物)を使っても異なる検索結果となる>(\*印は利用者が類似度の教示に使った物体であることを示す。)

分析、多次元尺度法など)を応用した利用者一人一人の主観的な基準に適合した検索法を実現した。

都市設計、建築設計、工業デザインといった創造的な仕事をする分野では、デザイナーの感性的作業を支援するメカニズムが強く求められている。我々の調査では、デザイナーは仕事の約3分の2の時間を、創作活動に必要な情報の収集に費し、また残りの時間の大部分も、顧客とデザイナー、あるいは他のデザイナーとの意見や判断の調整などに費される。したがって、利用者の主観的な判断基準(感性)を自動的に学習し、資料の取捨選択を自動的に行って利用者に提供し、また、主観的な基準の違いを可視化して、利用者に提示することができれば、創造的な活動も大幅に効率化されると期待できる。

我々はデータベースから少数のサンプルとなる物体群を用いて、それらの主観的な類似度を教示するだけで、その利用者の着眼点、類別の仕方などの主観的な評価基準を構築する手法を開発した。(主観的な類似度を判断するときは、物体をいろいろな角度から観察して評価をしてもらっている。なお、現在は物体の形状のみを考慮している。)

図3、図4は利用者ごとに構成した感性モデルを基に類似検索した結果である。同じ物体(図中の物体1)を例示し、それぞれの利用者の感性モデルに基づ



図4 主観的な類似度を考慮した検索  
利用者A「上」とB「下」を比較すると主観が反映され同じ検索キー(物体1:ステッキ)を使っても異なる検索結果となる。

いて検索すると異なった検索結果が得られている。検索された物体や、その順序づけが異なっていることが観察される。もちろん、この結果はそれぞれの利用者にとって、自分の感性と適合した結果となっている(表1)。

検索手法の比較では全物体数500個のデータベースの中からランダムに物体を15個選んで例示検索を行った。検索後、被験者に全てのデータベース物体を見てもらった。そして、検索結果の上位(5分の1の)物体が被験者の類似判断の基準に適合しているかどうか判断してもらった。表1に示されるように、各被験者の主観的な類似判断に基づく例示検索の結果は、物体の形状特徴だけを用いた検索よりも大幅に良い結果となっている。

我々のシステムでは、利用者の感性モデルを、図5のように3次元空間で表現することも可能である。この空間をウォークスルーすることによってデータベース中の物体のブラウジングを3次元的に行なうことも可能である。この空間では、主観的に類似している物体どうしが近くに、そうでない物体は離れて配置される。それぞれの利用者の感性モデルを可視化した例を図5に示す。図をみると、ハンマー(図の中央)の近くに配置されている物体が異なっている。つまり、異なる利用者の主観が反映されて異なった物体が集められており、複数の利用者の類似度に関する主観(判断基準)の違いを可視化することができる。

表1 3名の利用者の適合率の比較  
検索結果は各利用者の主観的な類似判断に基づく例示検索の結果は、物体の形状特徴だけを用いた検索よりも大幅に良い結果となっている。

	物体の形状特徴だけの検索	主観的な類似判断に基づく検索
利用者A	79.0%	90.3%
利用者B	71.3%	91.2%
利用者C	86.2%	94.7%



図5 利用者AとBの類似度空間を3次元表示  
ハンマー(図の中央)の近くに配置されている物体が違うことから、利用者AとBの類似度に関する判断基準が異なることがわかる。

#### 4. 応用技術と今後の展開

我々が開発した技術により、近年、急速にニーズが高まっている物体データベースの感性に基づく分類や検索が可能となった。また、工業デザインの感性的な創造的活動の支援をする可能性が開けた。この我々の技術に、追加的学習メカニズムの導入したり、物体の特徴記述をより高度化することで、さらにその実用性は高まり、その応用範囲が広がると考えている。以下に応用例を示す。

インターネットのショッピングモールや放送番組の仮想スタジオなどの仮想空間により魅力的なデザインを行える。

今後増加すると思われる、3次元の意匠、商標の管理に検索技術や感性モデルを応用することで、類似

した意匠、商標を容易に検索できる。

デザインの学生が、プロのデザイナーが持つ着眼点を可視化することで、プロのデザインを学んだり、参考にして効果的にデザインのプロセスを学習することができる。

今後、3次元物体を対象にしたデータベースの需要はさらに高まり、利用者の主観的基準(感性)をモデル化した検索技術や、感性の違いを可視化する技術は、人にやさしい情報技術を実現する上で基盤となる技術であり重要性を増していくと考えられる。

本研究は通産省工業技術院産業科学技術研究開発制度ヒューマンメディアプロジェクトの一環として行った。プロジェクトの概要は以下のWEBから参照できる。

<http://www.etl.go.jp/~7429/>

[1] 加藤俊一, 下垣弘行, 藤村是明, “画像対話型商標意匠データベース TRADEMARK,” 信学論(D-II), vol.J72-D-II, no.4, pp535-544, 1989.

[2] 加藤俊一, 栗田多喜夫, “画像の内容検索 電子美術館への応用,” 情報処理, vol.33, no.5, pp466-477, 1992.

[3] 鈴木一史, 加藤俊一, 築根秀男, “主観的類似度を反映した3次元多面体の検索,” 第3回知能情報メディアシンポジウム, pp9-16, Dec. 1997.

[4] M. T. Suzuki, T. Kato, H. Tsukune, “3D Object Retrieval based on subjective measures,” Proc. of 9th International Conference and Workshop on Database and Expert Systems Applications (DEXA98), pp850-856, IEEE-PR08353, Vienna, Aug. 1998.

# 蓄積リング NIJI-IV で自由電子レーザー発振の限界波長突破に成功

## - 世界最短波長記録を更新、真空紫外へのブレークスルー -

量子放射部主任研究官 山田家和勝

プレス資料(1998年10月15日)より

自由電子レーザー・ラボでは、小型電子蓄積リング NIJI-IV<sup>\*1</sup>をベースとする自由電子レーザー装置を用いて本年5月、遠紫外域における世界最短波長(228nm)自由電子レーザー発振を達成したが<sup>\*2</sup>、この程、更に真空紫外域への短波長化を可能とする技術を確認し、これを用いて短波長記録を更新する212nmでの発振に成功した。

自由電子レーザー(Free Electron Laser, FEL)は、真空中を光速に近い速さで走る高エネルギー電子ビームを、アンジュレーターと呼ばれる周期磁場発生装置で振動させてレーザー光を得るもので、従来型のレーザーに比べ格段に広い波長域にわたる連続波長可変性に加えて、高出力、高効率という優れたポテンシャルを持っている。当所ではNIJI-IVを用いて主に紫外域における自由電子レーザー開発を進めており、最近の電子蓄積リングの改良によるレーザーゲインの大幅な向上により、既に遠紫外域でレーザー発振が可能となっていた。しかし遠紫外域で一般的に使用されている光共振器用誘導体多層膜ミラーの光吸収損失のため、発振波長は220nm付近が限界となっていた。これに対して当所では、更に200nm以下の真空紫外域まで使用可能な $Al_2O_3$ (アルミナ)と $SiO_2$ (シリカ)を用いた誘導体多層膜ミラーを導入するこ

とにより、この限界を破ることに成功した。

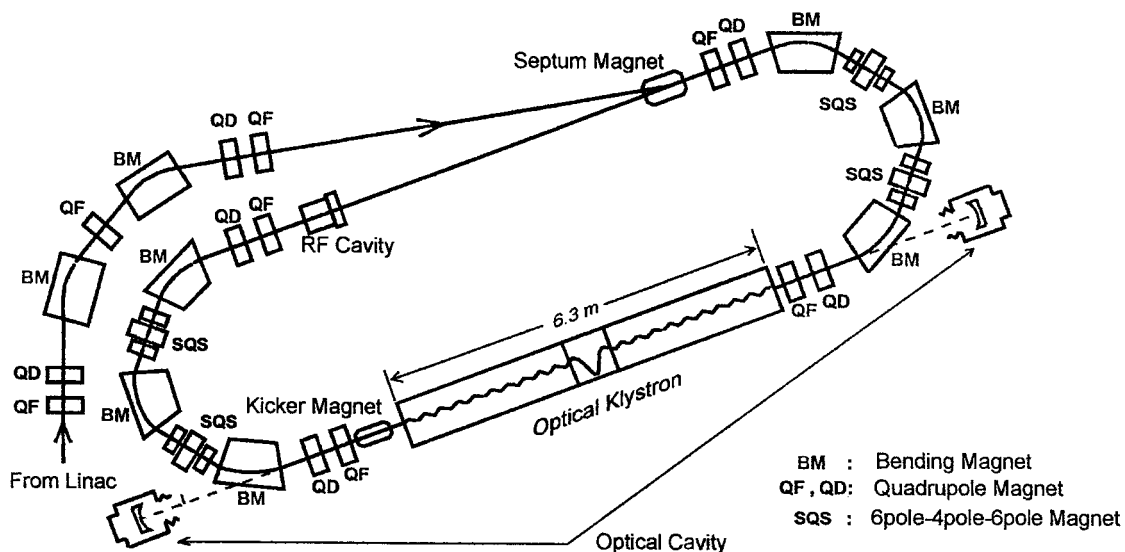
現在、世界では日米欧を中心にFELの研究が進められているが、特に米国デューク大学においては大型(NIJI-IVの約4倍)の電子蓄積リングを使用して、本年8月に、217nmでの発振に成功するなど、FELの短波長化に鎬を削っているところである。当所でのこの成果は、よりコンパクトな蓄積リングを使って短波長の発振限界を破ったものであり、今後のFELの真空紫外化・実用化につながる技術として大きな意味がある。

FELは、赤外域での分子振動励起を利用した物性研究、生体・医療分野、紫外～真空紫外域での光化学反応による材料開発等、原子炉壁の改質や核融合プラズマの加熱といった原子力分野等、幅広い応用が期待されているが、今回、真空紫外レーザー発振につながる技術を確認したことにより、その可能性が一層広がったと言える。

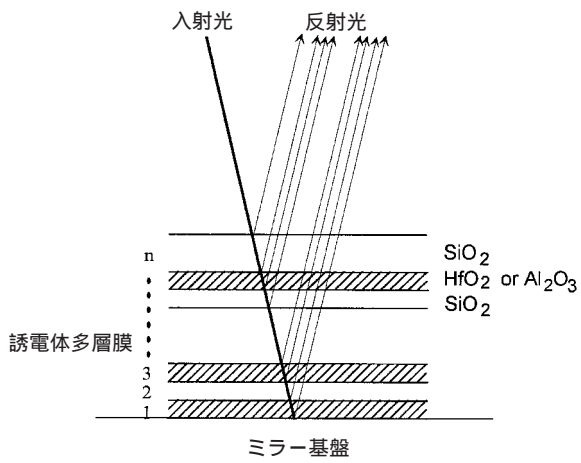
本研究は、科学技術庁が推進している「原子力基盤クロソオーバー研究」の一環として行っている。

<sup>\*1</sup>蓄積リングHIJI-IVは、電総研と川崎重工(株)の協力により平成2年に建設され、平成3年から稼働。

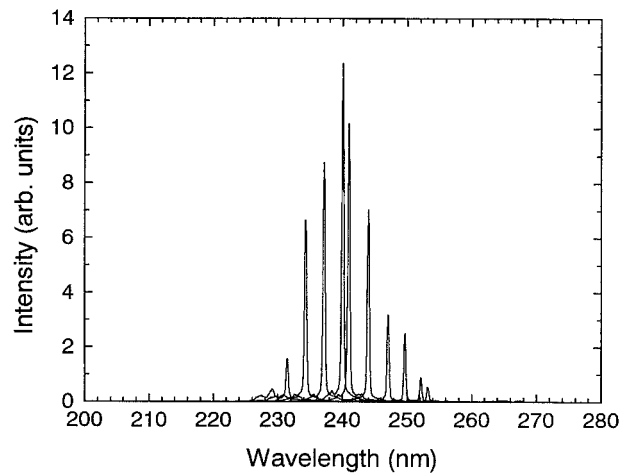
<sup>\*2</sup>電総研ニュース1998年5月号(580号)に掲載。



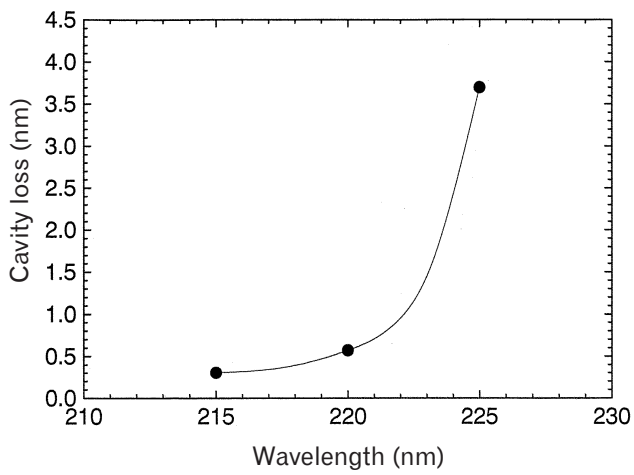
NIJI-IVを用いた自由電子レーザーシステムの模式図



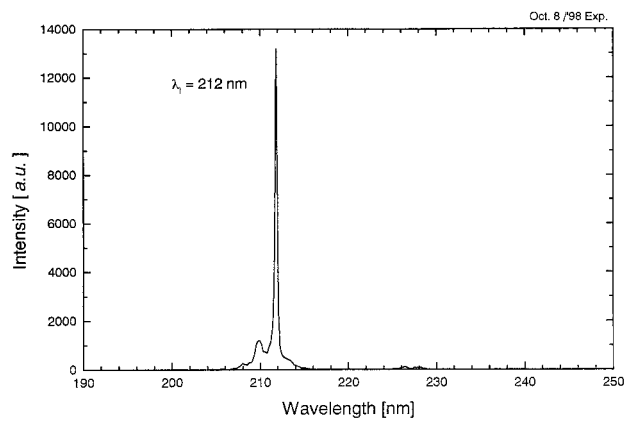
誘導体多層膜ミラーの模式図



240nm 付近の典型的なレーザースペクトル



$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  ミラーを用いた光共振器の損失



世界最短波長の自由電子レーザー発振線

## 人事異動

氏名	(新)	(旧)
松畑 洋文	企画室企画班に併任	電子デバイス部主任研究官
守谷 哲郎	産業技術融合領域研究所に併任 期間は平成11年3月31日まで	超分子部長
平賀 隆	産業技術融合領域研究所に併任 期間は平成11年3月31日まで	超分子部主任研究官
大串 秀世	物質工学工業技術研究所に併任 期間は平成11年3月31日まで	材料科学部統括主任研究官
針谷喜久雄	物質工学工業技術研究所に併任 期間は平成11年3月31日まで	電子基礎部主任研究官
鈴木 稔	工業技術院	大阪ライフエレクトロニクス研究センター庶務課長
山根 茂	大阪ライフエレクトロニクス研 究センター庶務課長に併任	大阪ライフエレクトロニクス研究センター長
		(平成10年10月1日付)
野中 秀彦	企画室開発班長の併任解除 企画室開発班開発係長の併任解除	材料科学部主任研究官兼企画室開発班長兼 開発班開発係長
関田 巖	企画室企画班の併任解除 企画室開発班長に併任 企画室開発班開発係長に併任	情報科学部主任研究官兼企画室企画班
		(平成10年10月15日付)



## ホームページの改訂、更に充実したものへ

本年11月から電総研のホームページを改訂します。当所のホームページは1995年7月3日に公開し、1997年7月1日の改訂を経て今日に至っております。前回の改訂は1997年4月1日に研究室制を廃止しラボ制を採用したことに伴うものでした。今回の改訂では、検索機能を付けて職員やラボの情報を取り出しやすくする、専門家ばかりでなく一般の方にも親しめるページを設ける、などの工夫をしております。是非 <http://www.etl.go.jp/> をご覧ください。

さらに充実させるために、皆様のご意見をお待ちしております。

編集 〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-4 工業技術院 電子技術総合研究所 0298(54)5059

URL <http://www.etl.go.jp/> e-mail: [info@etl.go.jp](mailto:info@etl.go.jp)

印刷・製本 株式会社イセブ