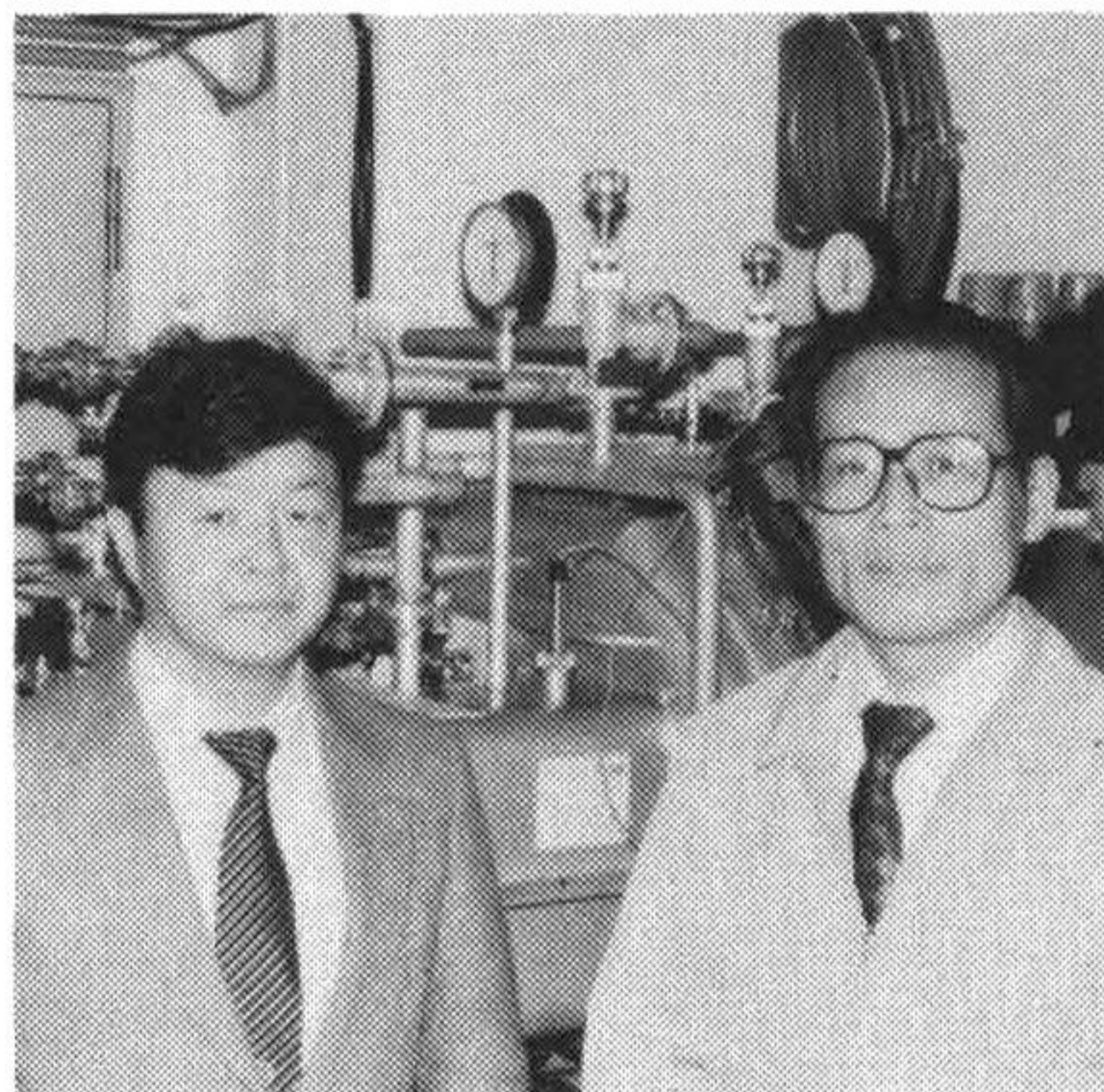


今後の材料工学を担う——液晶

——福田・竹添研究室～有機材料工学科——



(右) 福田敦夫教授
(左) 竹添秀男助教授

液晶も有機材料である

私達は「有機材料」と聞くと、普通、プラスチックといった構造材料を連想する。最近では、その構造材料も金属や無機材料に劣らないものが増え、熱に強いもの、衝撃に強いものという具合にいろいろなものが現われてきて、私達の身の回りにも有機物質の使われたものが多くなってきている。しかし、ここ福田・竹添研究室では、そのような構造材料

ではなく、ミクロな電子や分子のレベルで作用する機能性有機材料について研究している。有機材料工学科にあって、固体物理の無機出身という異色な両先生は、その利を生かして、液晶を中心に、非線形光学材料や導電性高分子などと、物理領域に近いことを扱っている。

可能性を秘めた強誘電性液晶

最近はずっと有名になって誰でも知っている液晶であるがその正体は意外と知られていないであろう。液晶とは液体と固体との間にある相であり、たとえば各々の分子の重心の位置が完全にランダムになっているのに分子の方向はそろっているという状態である。液晶分子は一般に棒状であり、その分子の配列によって種別される。らせん構造を持ち感熱素子に使われているコレステリック液晶、ワープロのディスプレイに用いられているネマティック液晶、強誘電性に関係のあるスメクティック液晶などがある。

現在、本研究室で一番力を入れて扱っているのが、強誘電性液晶と呼ばれているものである。強誘電体というのは、電気的な双極子がそろっていてゼロにならないものである。例えば圧電素子に使われているものがその一種であり、押さえると電気がでるとか、電場をかけると歪むとかする類のものである。今、有名な

STM（走査トンネル顕微鏡）も、1 Åオーダーで針をスキャンするのに圧電素子を使っているのである。強誘電性液晶は、層構造を持つスメクティック液晶の中でも、キラルな分子によって構成され、層に対して分子が直交していないキラルスメクティックCという構造をもつものである。そして、このようなものをつくれば強誘電性がでるはずだという予想のもとに設計されて、1975年にフランスで合成に成功し、今では二千種近く合成されている。本研究室では光学測定、電気測定、X線測定、計算機シミュレーションなど数多くの手法を用いて基礎から応用まで幅広い研究を行ない、多くの重要な発見をしてきている。応答が桁違いに早い強誘電性液晶は、これからも注目に値する液晶であると言えるのである。

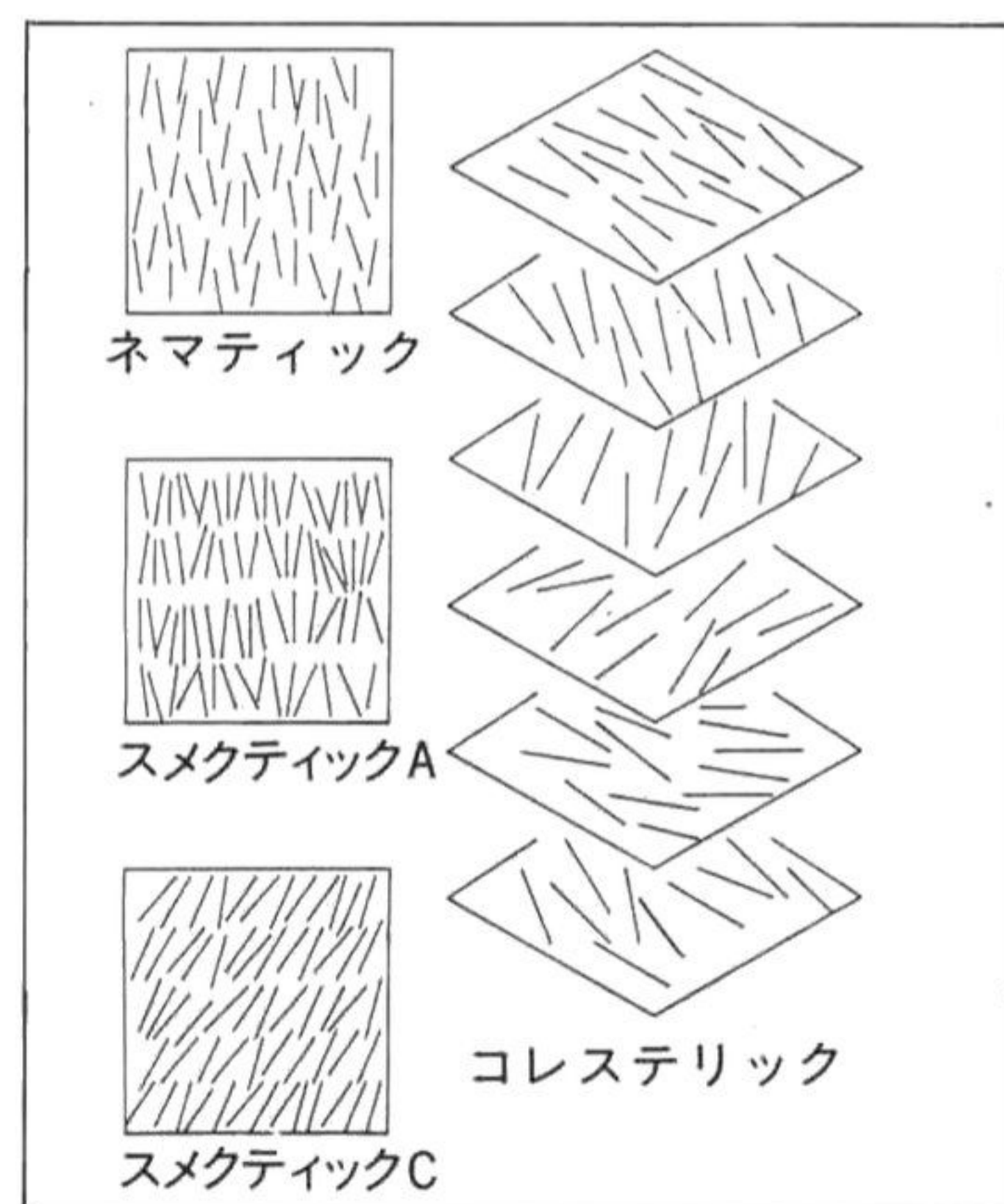


Fig1. 液晶の分子構造

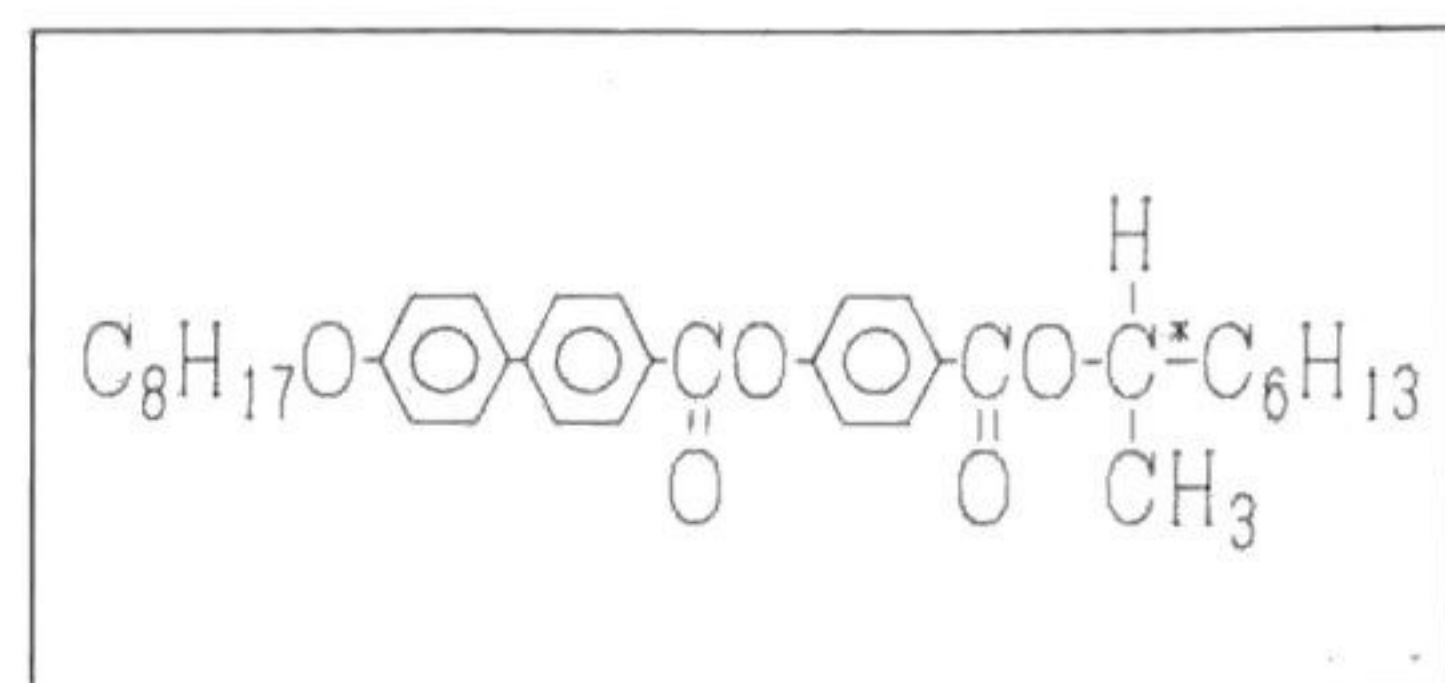


Fig2. 強誘電性液晶分子の一例

光散乱 — 液晶の物性実験

また、ネマティック液晶という、層構造をもたず、ただ分子が並んだだけの構造の液晶についても物性を調べている。その代表的なテーマが光散乱で、分子の平均的な配向方向がゆらぐことによって生ずる散乱光を調べることにより、液晶ディスプレイの特性を支配する重要な量である弾性、粘性の係数の情報を得るのである。「このような係数を決めて分子構造との対応をつくることは、基礎的にも、応用的にも重要である。」との考えを持っているのである。実際の実験では、液晶のセルに光を当てて、ある方向からその光を見て光の強度を変えながら1秒間に1万個程フォトンがディテクタ内に入っていくように設定する。これを連続的ではなく、時間に対してフォトンがいろいろな間隔で入ってくるのを、コンピュータで読み取りヒストグラムをつくる。この手法を光子相関分光法といい、得られたスペクトルから弾性、粘性係数を精度よく決定するのである。

もう一つ、光散乱の別のテーマと

して強制レーリー散乱という実験をしている。レーザー光線2本をサンプル中で交叉させると、光強度の強い所、弱い所が交互に現われる干渉縞（回折格子）ができる。これを瞬間的に行う。液晶試料には光でトランス体がシス体になるといった光異性化を示す染料が入っているので光の強い所にはシス体が、弱い所にはトランス体が多く集まった縞が瞬間的にサンプル中にできる。そして光を取り除くとシス体とトランス体は相互に拡散して縞が消えていく。この様子をモニターすることにより液晶中での染料の拡散定数を測定することができるのである。また、この縞を観測するのに、染料が吸収しない別のレーザーを用い、縞でその光が回折してくる位置にディテクタを置くことでその回折光の信号をモニターするのである。以上が強制レーリー散乱という実験であるが、最近は全反射の強制レーリー散乱といって全反射の界面だけを見ることがもやっているのだそうだ。一口に全反射とは言っても光は実際、

表面にしみ込んでいるものなのである。そこに目をつけて、しみ出している光を取り出し、表面だけの情報を取り出そうとしているのである。この実験は、やっと信号がディテクトされ始めてきた段階ではあるが、液晶だけでなく、溶液内での分子の拡散における界面の影響といったこともわかる、ということでマスターの学生が一生懸命に取り組んでいるそうである。

LB膜を用いての非線形光学材料の実験

液晶の物性の他に、非線形光学材料についても、本研究室では取り上げている。普通、物理現象はだいたい線形近似で間に合うものであるが強い光のレーザーなどでは、二次や三次の項といったものが無視できなくなる。そのため、強いレーザーをある物質に入れてやると、二次や三次の項が効いてきて、紫外領域はおろか、X線領域のレーザーさえ得られる。その実用例が波長変換素子であり、今まではKDPといった無機物が使われてきたのであるが、最近有機物の非線形性が大変大きいことと光の損傷に強いことを利用しようと、多くの人が注目し始めている。

その実験材料として液晶はもちろんであるが、LB膜を用いている。LB膜とは、親水基と疎水基を持った棒状の分子を水の上に並べて、押し縮めてパッキングしたものをガラスやアモルファスシリコンの基板に移しとった累積膜のことである。しかし、通常のLB膜は理想的な累積からはほど遠いという指摘があるため水の上に並べたまま（凝縮膜）の状態調べている。その手段として、3つの方法を用いている。1つは分子を水の上に並べたままの状態です二次高調波（SHG）を計るという方法であるが、単分子層から出すSHGは非常に弱く、ほとんどフォトン

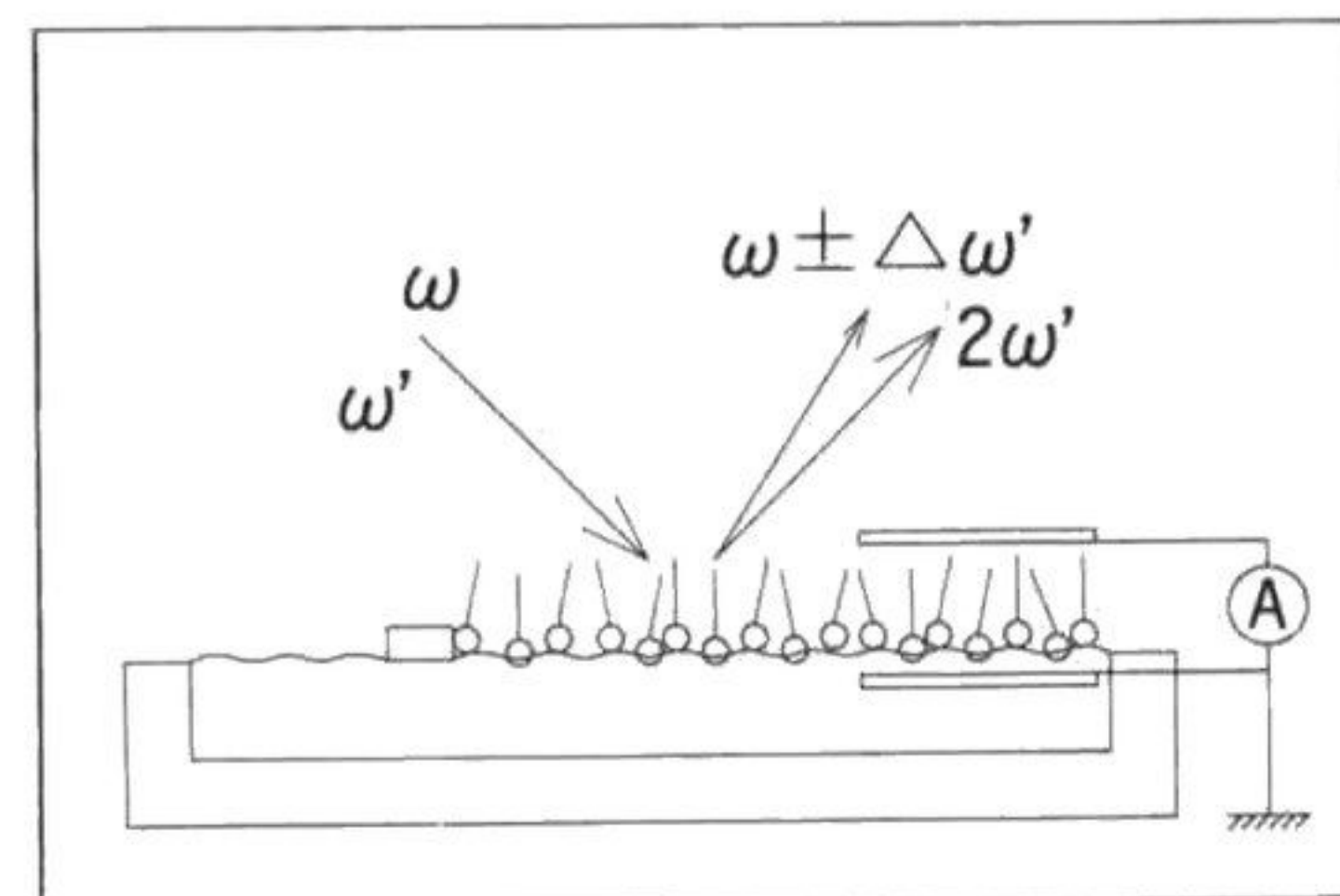


Fig3. SHGの計測

を数える程の弱さである。実験は難しいが、真っ暗な部屋で信号をディテクトすることにより、単分子膜の圧縮による分子長軸の方向の変化が測定され始めている。2つめは、電導度を測る方法で、水中と水上に1枚ずつ電極を置いて、圧縮時の双極子の方向変化によってその間に流れる電流を測っている。しかし、これ

もピコアンペアという微々たるものである。3つめは表面に熱的に励起されてできているさざ波が引き起こす光散乱を見る方法である。以上3つの方法で膜の状態を見て、良い分子を見つけて累積して物性を計っているのである。



導電性高分子——ポリアセチレンのソリトン

アセチレンガスを重合させてできたポリアセチレンは絶縁体であるが不純物をドーピングすることによって導電性を持たせることができる。これがもう1つの研究テーマとされている導電性高分子の一例である。この中を電気がどうやって通るか、ということ調べるのに吸収スペクトルをとったり、光伝導を測ったりしている。導電機構として、最近物理学者を中心として注目されているのが、ソリトンである。ポリアセチレンのソリトンとは電氣的に中性であるのに、スピンを持っているとい

う、変わった量子化状態である。ところが試料のポリアセチレンは酸素に弱いので、真の姿を見るためには合成から測定まで高純度のアルゴンガス中や真空中で注意深く行う必要がある。最近では伝導機構の本質にせまるため、フィブリル（分子鎖がたばねられたもの）をガラス基板に垂直に立てることにも成功したという。

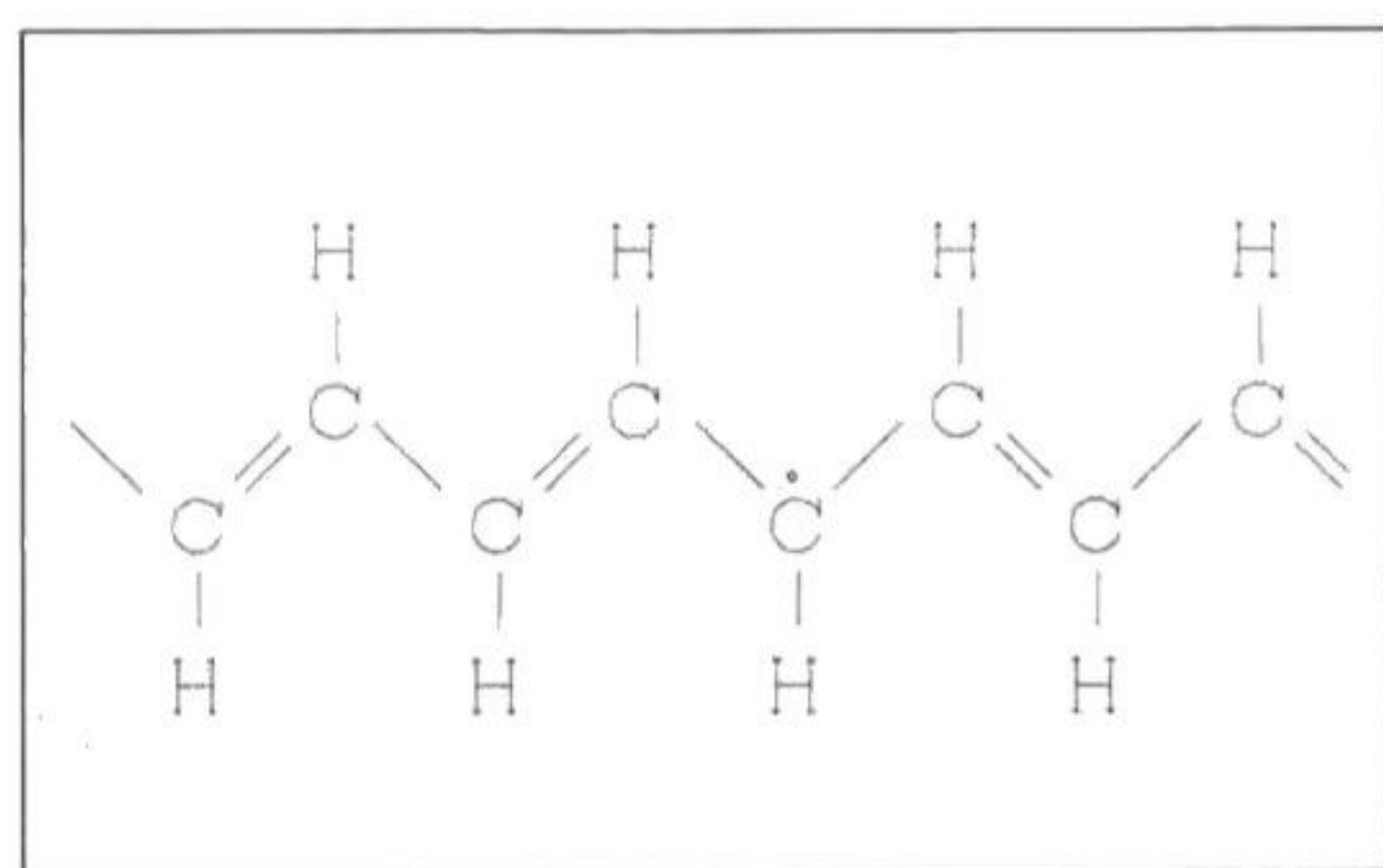


Fig4. トランス型ポリアセチレンのソリトン

このような研究テーマを中心として、福田、竹添両先生は、材料工学という学問の確立に日夜励まれている。「材料工学で有機、無機、金属と3学科がそろっているのは、東工大だけであるから、全国の材料工学の拠点としてお互いに協力していきたい。優れた材料をつくるのに有機も無機も金属もないのだから……。」という言葉にその姿勢が伺える。

今回の取材では、福田先生が多忙のため、竹添先生に協力してもらいました。私にとって初めての主筆であり、取材進行に手間取るなどしましたが、わかりやすく話をしてくださった竹添先生に紙面を借りて御礼申し上げます。福田・竹添両先生の今後の御活躍を期待します。

(神通)