

研究室訪問③

光の応用を考え続ける

辻内・本田研究室
像情報工学施設

星の光に魅されていた学生時代、 そして天文から「光」へ研究対象の変化

辻内順平先生は少年時代から、光の持つ不思議さに興味を抱かれていた。中でも宇宙からやって来る、星の光は魅力的であった。遠く古代より星の光は、人の心を引き付け続けまた人はいつかそこにたどり着く日を夢見てきた。

しかし辻内少年の心を捕えていたものは星ではなく、光そのものだった。

「天文っていうとね、星を見て、感傷的になって思われますけどね。そんなのじゃ全然なかったんですよ。天体分光学って言いまして、星は地上では考えられないような状態で燃えるんですが、その星のスペクトルを調べると、どういう物質が、どういう状態で燃えているかを予測できるんですよ」

東京大学で天文を研究されていた辻内先生は、星から観測機器へと、対象を移していかれた。そして当時

国内で唯一、光学機器を研究していた、通産省機械試験所（現在の機械技術研究所）へ行かれたのである。

機械試での最初の仕事は顕微鏡の性能を調べることだった。

「大きな望遠鏡から小さな顕微鏡ですからね。最初は戸惑いました。ですがそれが、後にホログラフィや画像処理をやるきっかけになってるんですよ」

機械試験所時代の辻内先生の講演を聞いていた学生の一人に、当時東工大制御工学科修士二年の、本田捷夫先生（現東工大助教授）がいっしょだった。画像処理についてのその講演に興味を持たれた本田先生は、機械試験所まで辻内先生を訪ねて行かれた。

ちょうどその当時、東工大の印写工学研究施設（現在の像情報工学研究施設）に印写物理部門が新設されて、将来画像処理が必要になってく

るだろうということで、東工大に辻内先生が、招かれることになっていた。

こうして翌年から、新しい研究室

でお二人は、共に研究されることになったのである。部屋だけで何の設備もない、文字通りゼロからの出発だったそうである。

辻内・本田研究室では、光の持つすばらしい性質の活用を研究している。—光は空間を空間へ移す。

「光」というとあなたは一体何を思い浮かべるだろう。太陽、蛍光灯の光、レーザー光等々。一般には、我々にとって最も親しみのある光は、今、目にしている風景、人物を見えるようにしている光であろう。

我々にとって、見るという行為そのものが、光が人間にとってどれだけ大きな存在かを示している。また普段は見るということを意識することもないが、それ故、光の起こすさまざまないたずらが、人々を不思議がらせてきたのである。身近にして神秘的な光は古くから人類の興味を引きつけてきた。光学は力学同様、物理学の中では最も古い歴史を持つ分野なのである。

光の直進性、反射、回折、干渉などは、よく見かける現象で、その進行為が整然とした式であらわされることもよく知られている。しかし、一旦目を日常に向けると、我々の周りには、あらゆる方向のさまざまな波長の光が入り乱れている。それはほとんど空間を埋め尽くさんばかりである。この光はどこからどこを通過して届いてくるのか。波の一つ一つを解析することは不可能に近い。あれ

ほど複雑な光の動向が、整然とした式で表わされることが不思議なほどである。

ところが光学機器は、数枚のレンズと鏡を用いるだけで、この複雑な光というものを扱っている。さらに我々の目はたった二枚のレンズでいかに多くの情報を得ていることだろう。目と脳の果たしている画像処理機能は現代のいかなるコンピューターをもってしても代用不可能なほどなのに。しかも光は二次元、三次元的広がりを持つ膨大な量の情報を、一瞬にして伝送できるのである。

「光はレンズの向う側では空間的に広がりを持ってるでしょ。それがレンズにありとあらゆる方向から入ってきて、レンズを通過してまた空間的にサーッと分かれる。つまり空間を空間へ移す。わたしはその辺で光をおもしろいと思ってるんですね」

この光の持つ特色を、現在の社会にいかに活用させていくか、これが辻内・本田研究室で行なわれている研究の根幹なのである。



現在辻内・本田研究室で行なわれている三種の研究

一般には応用光学と呼ばれる分野であり、当研究室ではさらに計測、画像処理、ホログラフィと大きく三つに分けて研究を行なっている。とは言っても、この三つには境目があるわけではない。光を用いた技術の違った側面からのとらえ方といったところである。

。計測

光が計測に用いられる大きな理由は、光がノンコンタクト、ノーマグネティック、ノーフィールド、ノーエレクトリックであり、さらに光自身の波長（サブミクロン）を尺度にして物体の形状、大きさを測ることができるということである。当研究室においては、さらにパターン計測

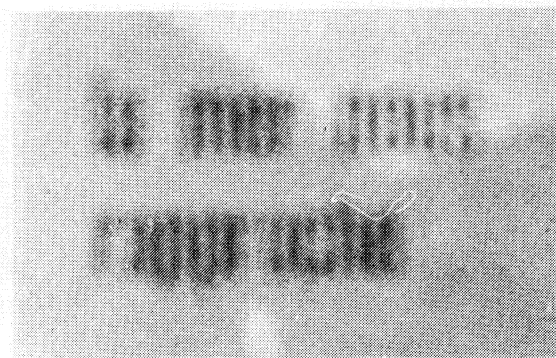


写真1

注1

光学的手法による画像の修正

写真1は焦点の外れたカメラで撮影した写真であり、写真2はそれを光学的手法により修正した結果である。写真1では全く読めなかった文字が、はっきり読み取れる。この結果は1960年頃の実験であって、当時はコンピューターも無く、画像処理は光学的方法に、頼ることが多かった。

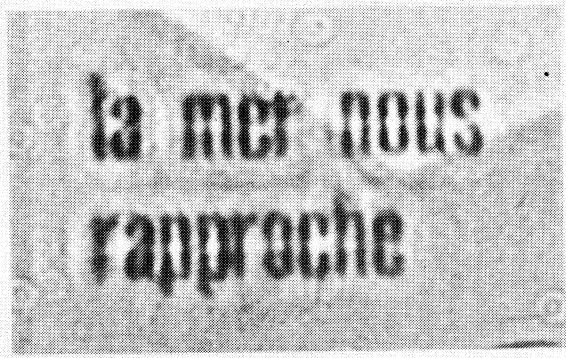


写真2

室においては、さらにパターン計測ができるという性質を利用して、二次元、三次元の形状計測を行なっている。その一つが光学レンズや鏡、また一つが精密機械部品の形状計測である。

光学機器においてはレンズや鏡は命であり、その精度が性能を決定する。ICの製造や、CDプレーヤーに用いられているレンズは、小さいが高精度が要求される。こうしたレンズの形状が、規格に合っているかどうかを、干渉計を用いて計測する研究が行なわれている。この方法では1ミクロン以下の精度で曲面の形状を検出でき、しかも短時間で済むのである。

精密機械の歯車もまた、高い精度

が求められる。複雑な曲面を有する歯の形状を一つ一つ調べていくことは大変な作業だが、パターン計測ならば、歯車を干渉計の前で一回転させるだけでよいのである。

この他、逆に大きな天体望遠鏡の反射鏡の鏡面の形状計測も行なわれている。この場合は計測に要するスピードよりも、大口径・長焦点距離であることが大きな制限である。大きなものなら、直径5メートルもある鏡面の形を計測できなくてはならないのだ。

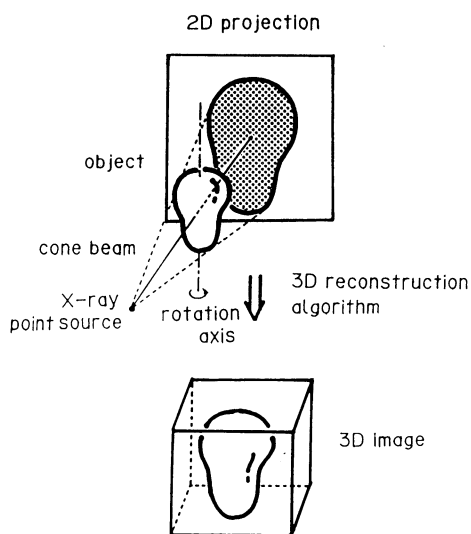
。画像処理

辻内先生が着手された頃の画像処理は光学的手法によるものだった。ぼけた写真を復元したり、二重露光してしまったネガから、一枚目の画像を、二枚目の画像の別のネガを用いて、取り出すことなどが、研究されていた。

現在の画像処理はコンピューターによる、デジタル処理がほとんどであり、CT（コンピューター断層撮影）がその最も有名な例であろう。

画像処理とは、入力画像にさまざまな処理をほどこし、変換（階調補正、テクスチャ解析、線や輪郭の強調、画像の復元etc.）したり、計測やパターン認識をすることである。

当研究室で行なわれている画像処理には、用途から分けて二つあり、一つは医療用画像で、もう一つは航空写真である。



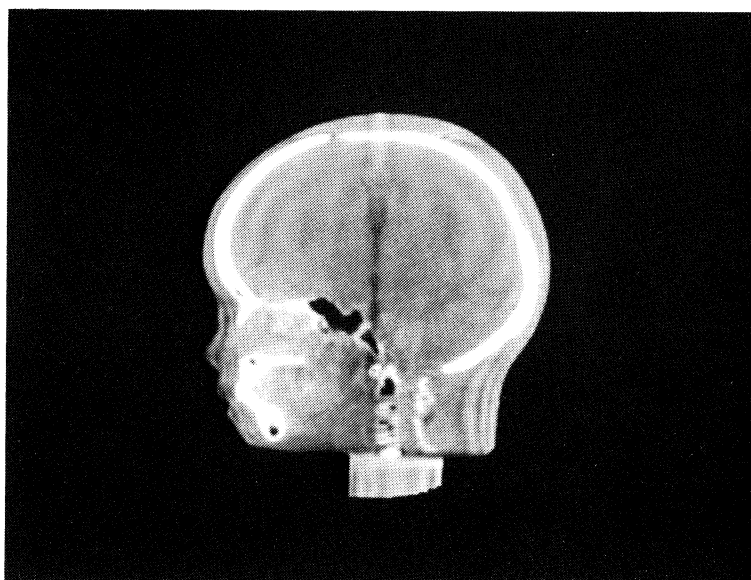


写真3

医療用画像では、三次元X線CTと内視鏡画像の、研究がなされている。医師は診断する際、患部の位置や状態をできるだけ正確に把握しなくてはならない。しかし患部が人体の内部に位置する場合、その様子を正確に掴むことは難しい。そこでX線写真やCTを用いてきた。当研究室で行なっているX線CTは必要な部位を多方向から何枚ものX線写真に撮り、それらを処理して三次元画像を求め、より正しい診断に役立てようとするものである。三次元画像の表示法としてはホログラムが用いられている。

内視鏡も人体内部の患部を診断する手段の一つであるが、方向や大きさなど制限が大きいので、得られる画像の質はあまり良くない。そこでこの画像のぼけを還元したり、色の変化の強調、表面の凸凹の様子を把握するための処理などが、研究されている。

航空写真における画像処理について次に述べる。飛行機からある地区の写真を、ある程度離れた、空中の二点から撮影する。現在は、その二枚の写真を左右別々の目で見て、高

さの分布（等高線）を求めている。即ち高さを判断するのは人間なのである。当研究室ではこれを自動的に処理し、等高線を描く研究を行なっている。

・立体像ディスプレイ

従来は被写体からの反射光（物体光）と参照光との干渉縞を記録したホログラムが使われていたが、現在研究室で研究されている立体像ディスプレイは、被写体をさまざまな方向からの多くの写真を、一枚のホログラムに合成する方式で、ホログラフィックステレオグラムと呼ばれる手法である。この応用例が先程紹介した、X線三次元CTの出力として使われているものである。

注2

X線により体の内部を三次元的に見る方法の研究（画像処理と立体像表示にわたる研究）

この一連の図は、X線の吸収率の分布を示す、頭部の三次元像を、複数の投影方向の異なるX線投影像より計算機で再構成し、骨（頭蓋骨）だけを取り出して、三次元的に表示する場合を示している。具体的作業としては、図1より図4の順のステップで行なう。

図1は三次元像を再構成するプロセスを示す。写真は3この方法により得られた頭の中心部の縦断層像の一例である。

図2は三次元分布画像より吸収率の大きい骨部だけを抽出した三次元画像の概念図である。

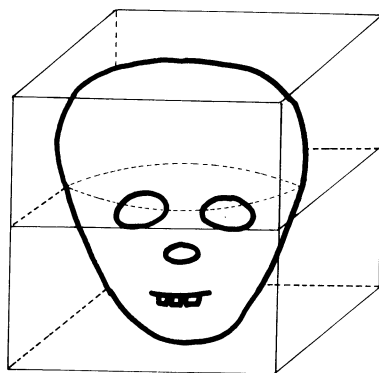


図2

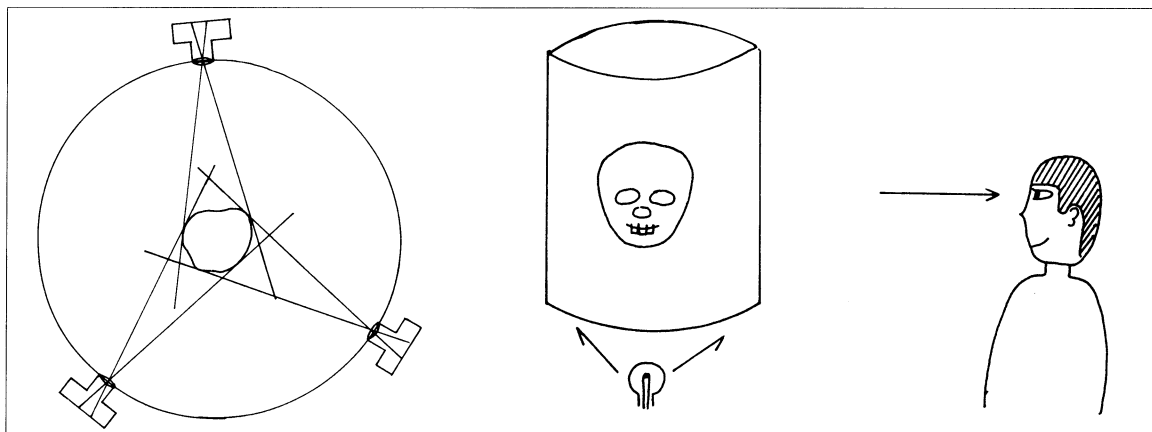


図 3

図 3 はこの骨の三次元形状データより種々の方向から見た時に、観察されるであろう画像をコンピュータグラフィックスの手法を加味して作成する様子を示す。

図 4 はこのようにして作られた画像列をもとにして円筒状ホログラム

を作成し、円筒内に骨の部分のみが立体的に観察される様子を示す。

このような手法により、将来的には生きている人の任意の臓器（例えば心臓、胃等）だけを画像として取り出して表示することができるようになるだろう。

図 4

この他以前は実物大のクレイモデルが使われていた自動車のデザインに、最近ではコンピュータグラフィックスの手法が用いられている。さらに将来コンピュータグラフィックスで作られた画像をホログラムを使って立体像表示する試みが考えられはじめています。

将来、光の技術がエレクトロニクスにとってかわる時代をつくることを目差して

「光の時代」の到来が唱われて久しいが、昨今各誌上に賑わすところの光とは、高度情報化社会へ対応して、より多くの情報を、できるだけ短時間で伝送する為に使われる光であり、当研究室で行なわれている研究の光とは、かなり違いのあることがお分かり戴けると思う。

これまで述べてきたように、画像処理や計測という言葉は必ずしも光学的手段を用いた技術を指すものではない。特に画像処理においては、現在はコンピュータを用いたデジタル処理が主流を占めている。最近のエレクトロニクスの目覚ましい発達には、大抵のことはエレクトロニクスで行なおうと考えられてしまう風潮をつくり出している。しかし現在、エレクトロニクスで行なわれているものの中には、光を用いた方が有効

なものもあるのである。

「光はね、全て見えてるわけですよ。それで簡単そうに見えますけどね、実際行なわれていることは大変複雑なんですね。光だけ使って画像修正ができるなんて言っても誰も信じてくれない。コンピューターでやるつという、『ああ、そうですよ。』とすぐに納得するのね。それにね、光を使った装置はつまるところガラス玉でしょう。（笑）ところが今やコンピューターはどんどん安くなってきてる。でもレンズはなかなか安くなりませんからね。それとコンピューターではプログラムを一寸変えるだけで、違った機能を持た

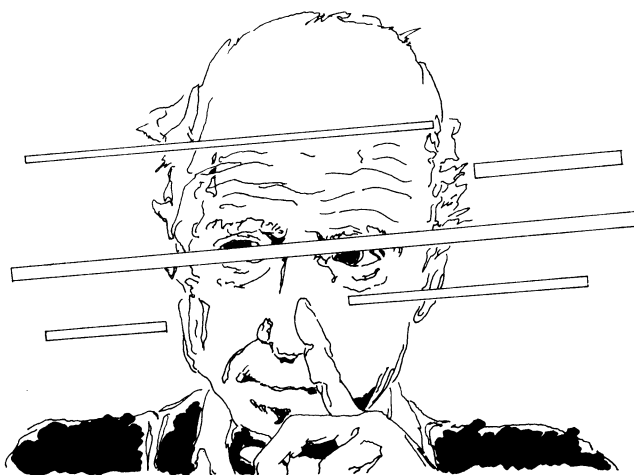
せられますが、光学装置ではそういうわけにはいかない。全体を組み変えないと別の目的には使えない。そういうところが光の不利なところかもしれないですね」

「光がまだエレクトロニクスほどの発展を見ていないのは、一つには光はマイクロウェーブのように、人間が直接振動を検出したり、自由に発生させたりっていうことが、残念ながらまだできてないっていうことです。今世紀中にもできるかどうか分らないですよ」

辻内・本田研究室では光の本来の性質をどのように応用するかを、研究し続けてきた。今はまだ十分に活かされてはいない光の特色。光の振動を人類が手にしたとき、この特色が利用され、原在光の立ち入ってない分野にも光の技術が投入され、他の諸技術と融合し、相補していけるようになるだろう。そしてそのときはじめて、真の「光の時代」の到来を迎えることができるのではないだろうか。

「もしね、物理の教科書を書き換

えてね、ノーベル賞でもとってやろうかっていうような人は、私共の研究室には来ない方がいいですね。だけど光の本格的な応用はね、まだ始まったばかりだけど、これから第二のエレクトロニクスになるかもしれない。今までエレクトロニクスが築いてきた技術が全て光に置き換わっていく、そういう時代がやって来るかもしれない。私達はそういう時代にしたいと思ってやってるんですけどね。ですから、もし光を好きな人や、そういう光の応用をやりたいっていう人なら、うちの研究室に是非いらっしゃって下さい」



辻内・本田研究室は長津田キャンパスの像情報工学研究施設に所属しており、辻内先生、本田先生は総合理工学研究科の物理情報工学専攻の協力講座を担当されている。この総合理工学研究科は学科を持たない為、他大学からの学生も多い。また東工大内進学の場合も、この物理情報工学専攻には、多学科から入ることが可能で、受験科目も、物理・応用物理系、電気・電子・情報工学系、計測・制御工学系、機械工学系、材料・応用化学系と五種の中からの選択性がとられている。

当研究室においては、学生の研究テーマは、辻内先生、本田先生を中心とするスタッフで、だいたいの範囲を決めて、その中で学生が興味を持ったテーマをやってもらう形式がとられている。しかし途中で、よりおもしろい方向を見出し、そちらへ移って行くこともあるそうだ。

また当研究室には、研究成果のほとんどが英語で書かれたり、研究室の人がよく国際会議に出席する為か、外国人研究者がよく訪れ、留学生の数が比較的多いことも当研究室の特徴である。