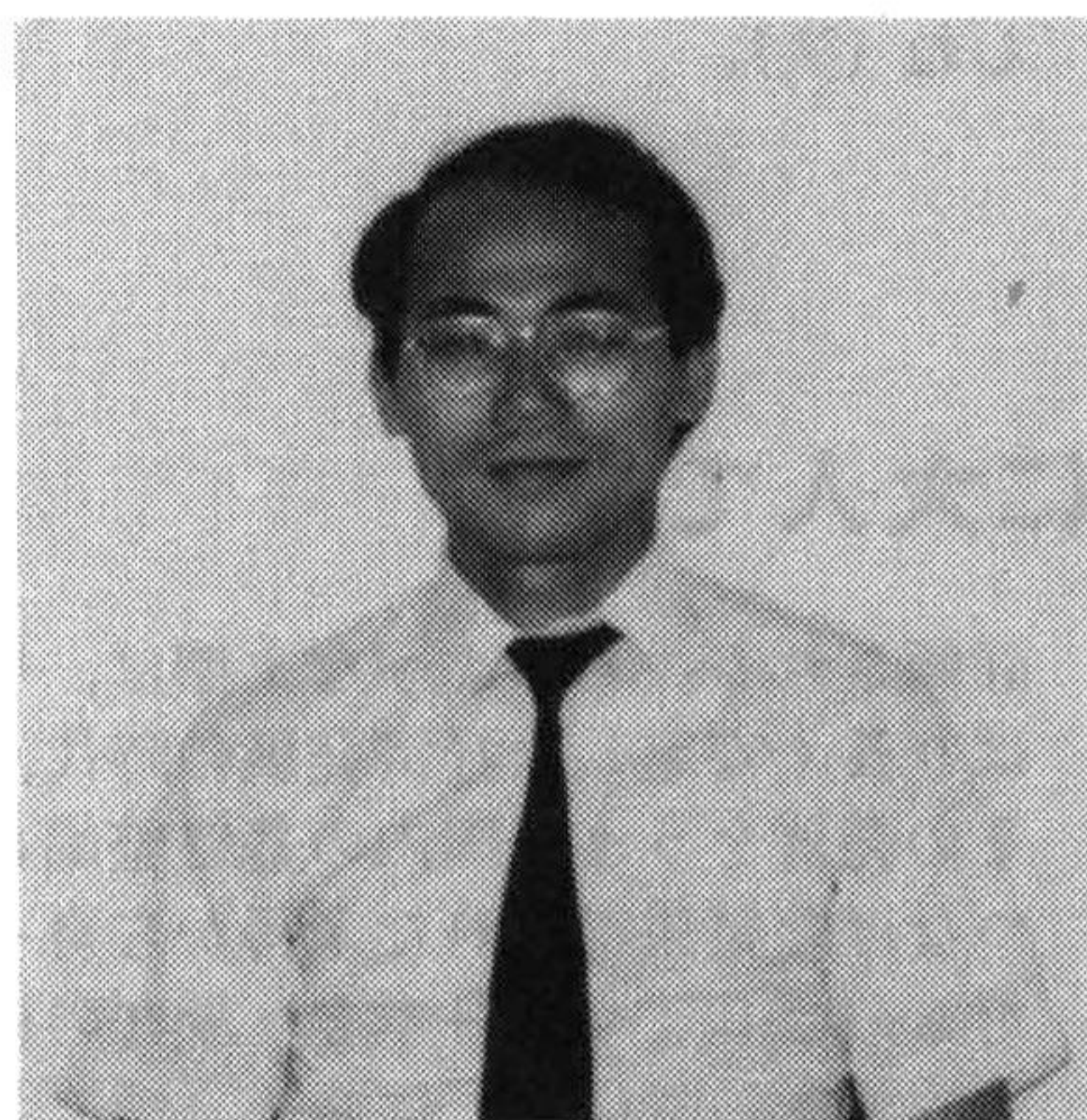




# 画像認識の新たな手法への提案

——佐藤研究室～電子システム専攻——



佐藤 誠助教授



## 認識は、まず全体を捉えることから

“木を見て森を見ず”という諺があるように、物を見る過程においてあまりに細部に気をとられてしまうと、しばしば全体の様子が見失われてしまいます。そのような場合を除いて、普通私たち人間が物を見る際には、まず全体の特徴を大まかに捉え、そうして次第に細部の方に注意を向けていきます。人間はこのような作業を無意識に、しかも瞬時にして実行してしまいますが、コン

ピュータの上で同様なことを行わせるためには、それに相当するアルゴリズムが必要となります。

では、実際にはどのようにして画像などのパターンの大まかな特徴から細部にいたるまでの階層的な構造を記述すればよいのでしょうか。佐藤先生は、最も基本的なものである1次元波形について、その理論的な枠組みの研究を行っています。



## 解析的手法による波形の階層的表現

それでは、その具体的な内容について、以下に述べてみましょう。

まず、一般の1次元の波形を関数  $f(x)$  で表わします。そして、その波形を次の式によって適当にぼかします。

$$f(x, \sigma) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\zeta) w(x - \zeta, \sigma) d\zeta$$

ここで、 $\sigma$  は波形のぼかし方の度合を表わすパラメータです。また、 $w(x, \sigma)$  は波形をぼかすための重みを与える関数で、

$$w(x, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{x}{\sigma}\right)^2\right\}$$

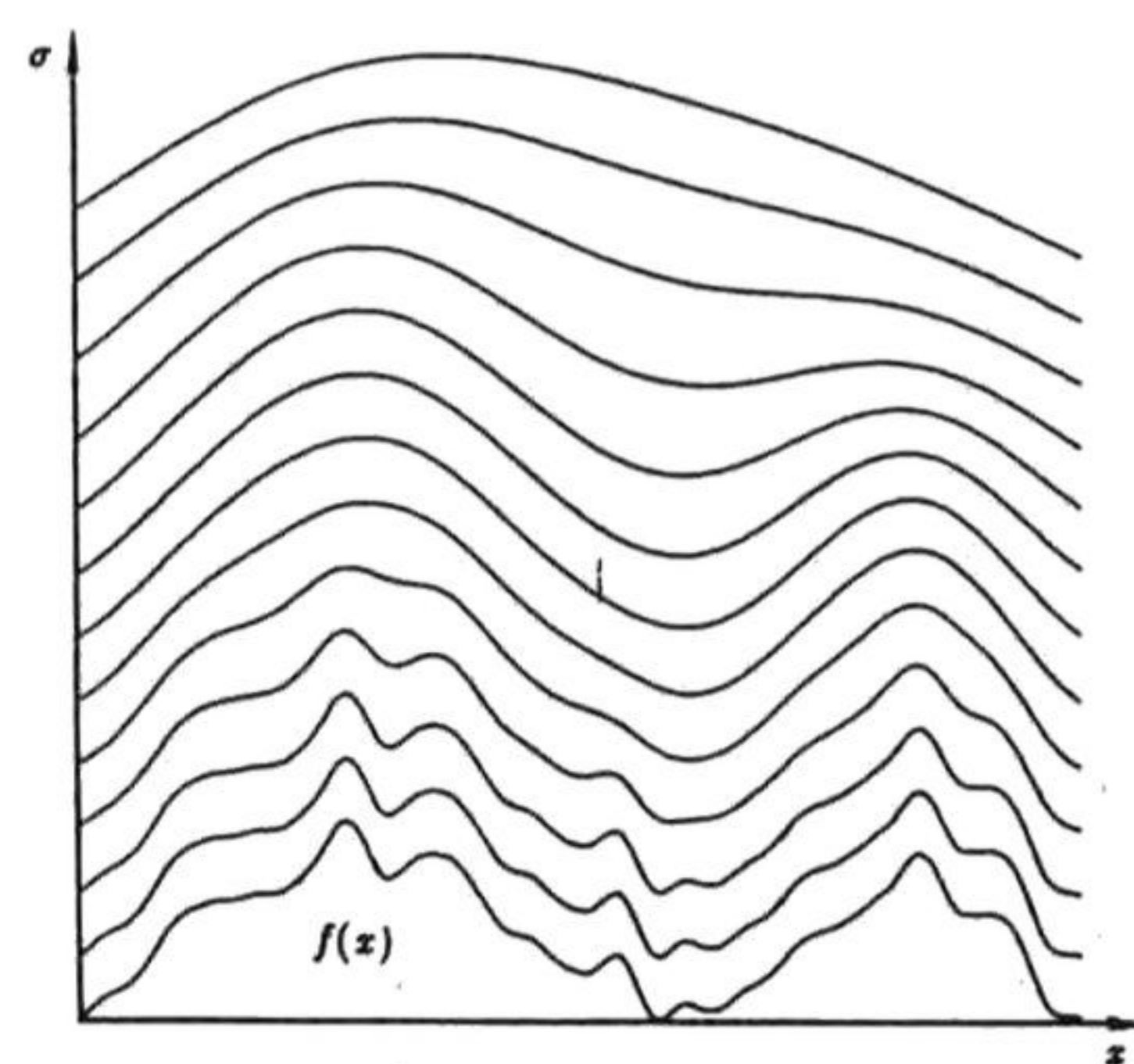
と表わされます。パラメータ  $\sigma$  の値を0から $\infty$ まで変化させていくにつれて、 $f(x, \sigma)$  の波形は、元の波形  $f(x)$  からだんだんなめらかに変化していきます。このように定義される波形  $f(x, \sigma)$  は、原波形  $f(x)$  の一般化

波形とよばれています。

このように波形を適当な尺度でぼかすことによって、その局所的な構造から大局的な構造までの階層的なパターン構造がとらえられることがわかります。そこで、 $(x, \sigma)$  平面上で

$$\frac{\partial^n}{\partial x^n} f(x, \sigma) = 0$$

の解として与えられる曲線を、一般化波形の  $n$  次零交差線とよびます。一般化波形の零交差線は、その局所的な構造の特徴をよく表わすことができますが、特に2次零交差線については、その曲線を境界とする領域の波形の凹凸が異なっていることから、それによって一般化波形の凹と凸の領域を表わすことができます。しかし、これらの曲線が木構造、つまりちょうど樹木の枝のように接続された形をしていないことから、それだけでは波形の構造の階層的表現



一般化波形



として適しているとはいえません。したがって、それらをうまく接続する木構造をした曲線があれば、それが階層的表現となるのですが、従来

の理論ではそれらが解析的に定義されていなかったため、自由に木構造をたどることができないという問題点がありました。



## 新しい階層的表現への提案—構造線

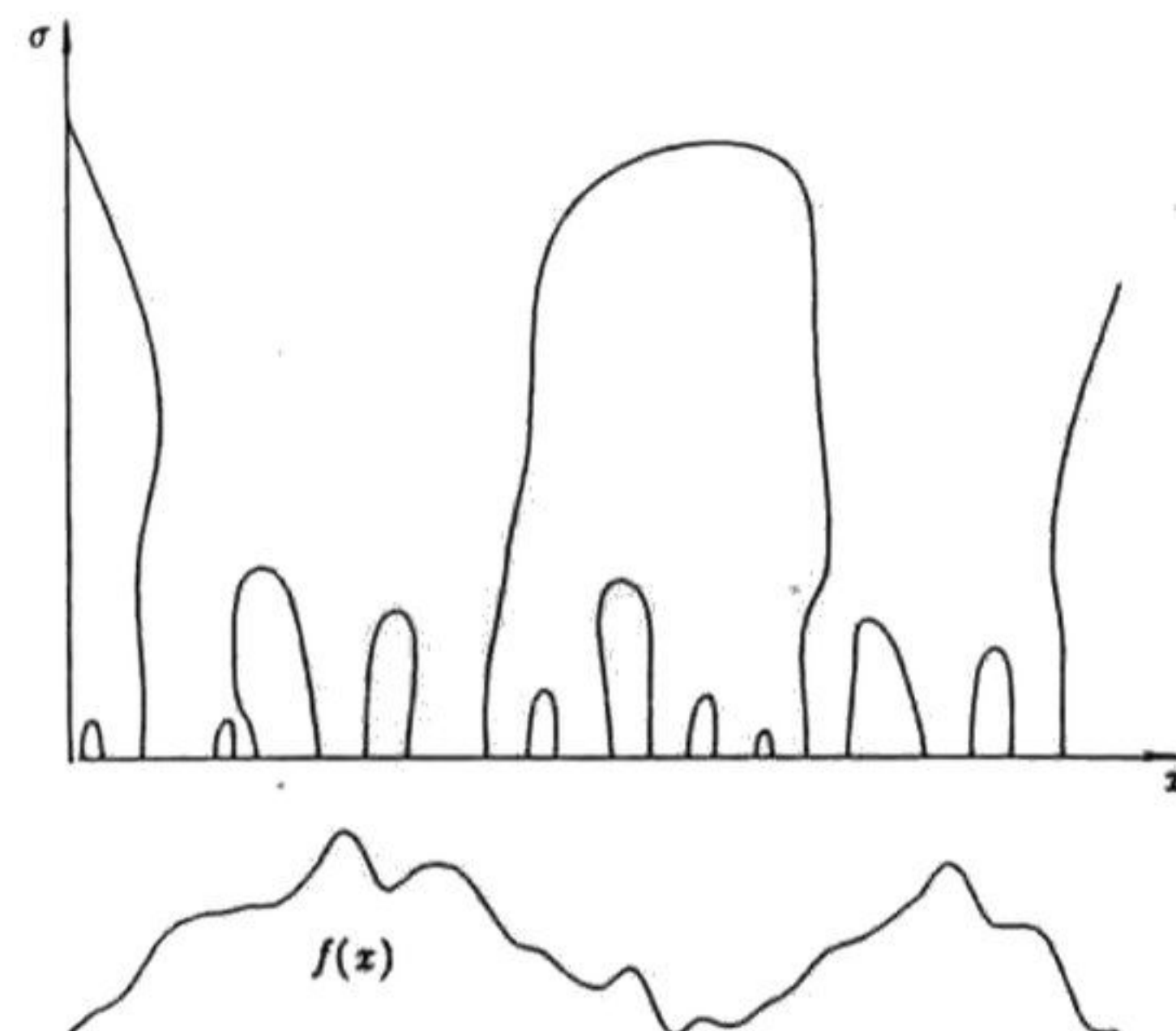
そこで、佐藤先生は次に述べる構造線というものを提案しました。

$$D(x, \sigma) = f_{xxx}f_{x\sigma}^2 - 2f_{xx\sigma}f_{x\sigma}f_{xx} + f_{x\sigma\sigma}f_{xx}^2 = 0$$

これは、一般化波形の1次導関数  $f_x(x, \sigma)$  の変曲点の集合からなる曲線です。図からわかるように、構造線はちょうど3分木の構造をしていて、2次零交差線によって分割される領域を接続しています。特に、構造線が分岐する所は構造点とよばれていて、2次零交差線の傾きが0となり、パラメータ  $\sigma$  の値を小さくす

ると新たな凹凸構造が生成される重要な点となります。また、構造線には構造不変性といって、原波形の平行移動、伸縮、振幅の定数倍などに対して構造点間の接続関係が変わらないという性質があります。これらの性質により、波形の階層的表現として構造線が非常に適していることがわかります。

しかしながら、構造線を用いたパターン解析に関しては、例えば2次元以上への拡張など、様々な研究課題が残されています。今後のこの分野の発展が期待されます。



2次零交差線



## 広い視野が必要とされる新しい分野

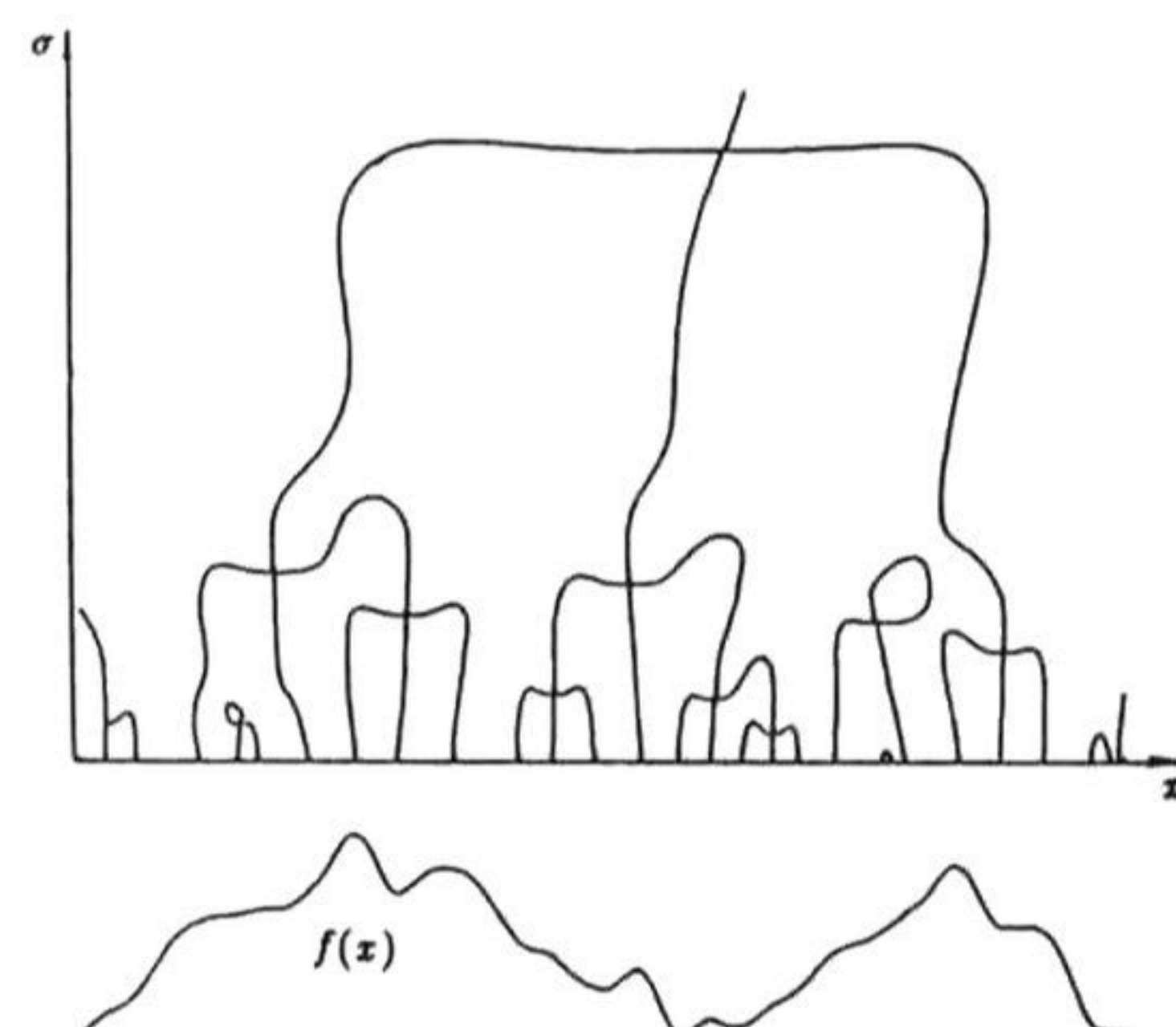
現在、佐藤先生はこのような理論的な研究と並行して、ヒューマンインターフェースの研究も行っています。ヒューマンインターフェースというのは、計算機と人間の間の情報のやりとりの手助けをするもので、例えばキーボード等もその一種だということです。いま、佐藤先生はその一つとして形状入力を研究しています。従来の曲面形状の入力方法では、座標を読み取って数値として入力しなければならなかった。しかし、これではあまりにも不便なので、なるべく自然に、人間の感覚に近い方法で計算機の創る3次元の仮想的な世界を直接操作できるようなインターフェースを実際に研究しています。

このように理論から応用まで多岐にわたって研究を行っている佐藤先生ですが、自身の研究については次の様に語っています。

「わりとこの分野は若い学問だから、ある意味では底が浅くて、未知の部分が多い。どこをどのように掘り下げたらいいかわからなくてないんだ。だからいろんな視点から見なければいけないし、意外な事が研究に役立ったりする。例えば画像の認識等をやっていると、人間が簡単にやっていることを計算機にやらせるとすごく大変なんだ。こういうことを研究するためには、生物の知覚のメカニズム等を見習わなければならない。最近は特にそれを強く感じている」

つまり、常に視野を広くすることが大切だということです。特にこのような新しい分野では、何が大きな進展のきっかけになるかわかりません。それだけに、先生のこれからの研究の成果が期待されます。

(田沼)



構造線