

意味空間による連想記憶 モデルの提案

Dr. キッチュ

はじめに

コンピュータを使ったAI(人工知能:Artificial Intelligence)では、これまでもデータベースを元にしたエキスパートシステムや、脳の働きをモデル化し学習と画像認識を行うニューロシステムが提案されてきた。

しかしながら、これらの方式ではつねに「学習と認識」という問題がつきまとっている。データベースでは人間が膨大な情報とその解釈ルールを用意しなければならないし、ニューロシステムでは白紙のニューロンを気の遠くなるような反復学習にて教育しなければならない。

本論文では、AIの基本原理である認識のためにカオスを利用した連想記憶モデルを提案する。

このモデルでは、記憶を「意味空間」ともよべる座標系に配することで、認識と記憶の一体化をはかる。意味が空間的に表記されることで、既知情報からの単純な処理で連想と認識を行う事ができると推察する。

カオスと記憶

フリーマンらはウサギを用いた実験から、ウサギのにおい知覚器官である嗅球が発するパターンに注目した。ウサギに既知の臭いをかがせると、この神経細胞は一定のカオスパターンを発生するが、これが特定のアトラクタを形成するという知見を得た。アトラクタというのは、意味としては「軌道」のようなものである。この場合、ウサギの神経電位パターンを一定のルールで二次元座標にプロットすると、それが2次元座標空間の中で一定の軌道を描く。一般的に、力学的カオスにおいては、その任意座標系において、有限であり複雑な軌道を描くことが知られている。例として、代表的なローレンツアトラクタの例を図1に示す。

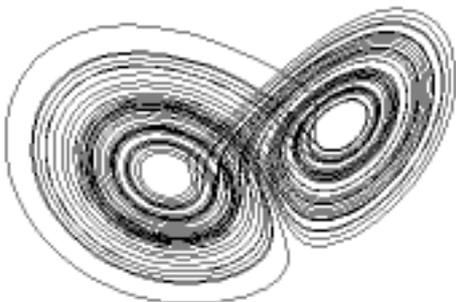


図1 ローレンツアトラクタ(3次元)の斜視図

* 超越科学研究所・ワークスキッチュ
マッドサイエンス学会正会員
Laboratory of Hyper-Science
Tokyo JAPAN
dr_kitsch@muf.biglobe.ne.jp

このウサギの研究が画期的なのは、異なる臭いにおいては、それぞれ異なるアトラクタ軌道が発生していることであり、さらに「いままで嗅いだことのない臭い」に対してさえも、非常にカオス性の強い軌道ではあるがアトラクタが発生していることが発見されたためである。

意味空間とは

AIが情報認識をする仕組みとして、筆者らは「意味空間」というものを提案する。これは、任意のパラメータ座標軸上に入力の意味をマッピングするものであり、パラメータをなめらかに変化させることで、入力に対する一連の意味データを取得する。連想というものを機構として実現する考え方である。

ところが、困った事に、この意味空間の次元や各パラメータに入力の何を当てはめればよいのか、これまでは見当もつかない状況であった。

先の臭いの例にしても、快~不快軸、高揚~沈静軸、甘~刺激軸・・・など、およそ思いつくだけの複雑な軸を考える事ができる。(図2)

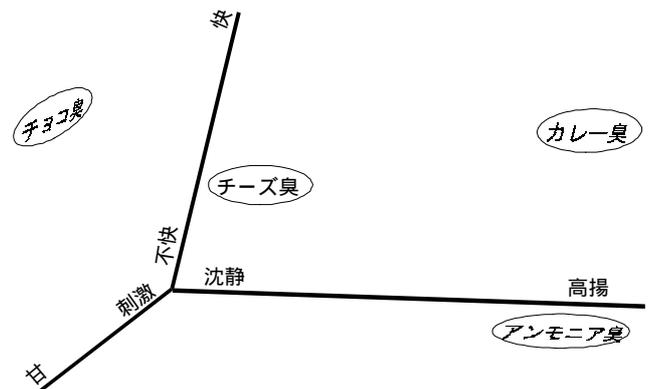


図2 意味空間の古典的概念図

しかしながら、この軸の妥当性はどうか。ワインの臭いと、カツオ節の臭いが、これらの軸で空間的に表されるのであろうか？

臭いですらこのような状況であるから、その他の音や視覚などの複雑な情報をきちんと「空間的に配置」する事など不可能に近いだろう。

アトラクタの意味空間への適用

ウサギが臭いを認識する過程において、アトラクタを利用していることが判ったが、これを意味空間にも利用できないだろうか。

アトラクタを発生する力学系の性質としては、以下の特徴がある。

- A) 各観測量が有限
- B) パラメトリックな軌道の変形性
- C) 自己安定性(ロバスト性)

このうち、Bのパラメトリックな変形性に着目す

る。臭いの刺激がパラメータとなり、軌道を変化させると考える。

逆に言えばこの軌道を形成するパラメータを得ることにより、「においの座標」を得る事ができる。一旦座標を得てしまえば、そこに「の臭い」とラベルをふる事で記憶との対応が可能になる。

この方法で有用なのは、Cのアトラクタの自己安定性の性質から、似たようなパラメータは似たような軌道を描くことである。パラメータが似るといことは似た臭いと分類しても良いであろうから、自ずとパラメータ区分も自己組織化するのである。つまり、一般的なワインの臭いの領域中には、各銘柄の座標が存在し、かつワインの外側にはリキュールや日本酒といった別種の酒が領域を形成する事になる。しかも、その領域に挟まれた未決定の領域は、これらの臭いに非常に近いものであるだろうことが推定されるのだ。

(図3)

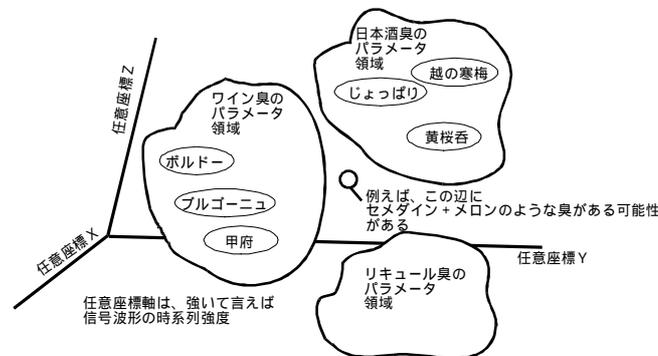


図3 アトラクタを元にした意味空間概念

アトラクタの生成案

では、このようなアトラクタはどのように求めればよいのであろうか？

一般的に波形がm自由度のカオスパターンの場合(たとえば波形)、そのアトラクタは $2m + 1$ 次元以上の空間に埋めこみ(Embedding)できることが証明されている。臭いの力学系がより高次元であったとしても、とりあえずは3次元座標系として扱ってかまわないと言えるのだ。

したがって、3次元変数をもつカオス振動系(たとえば前出のローレンツアトラクタ等)の各パラメータに適当に重みを付けた信号を附加することにより、臭いに対応したアトラクタを生成できる。

臭いの認識と連想

入力側から発生した信号を認識するには、先の意味空間の座標を特定すればよい。仮に一致する座標がなくても、これらのラベリングにアトラクタを用いているので、近傍にある適当な既知の座標を代替とすることが可能である。

その意味空間の座標特定であるが、これは入力信号で強制的に各意味空間内の座標のアトラクタ

振動に同期をかけることで得られる。

入力信号と記憶座標が同一のパラメータをもつ場合、信号は協調して持続するはずであるが、それ以外の信号はすぐに波形の相関性がなくなっていく。つまり、記憶に近いパラメータ座標の部位の軌道だけが活性化することで入力信号の特定が可能になる。(図4) このため、既知でも未知でも、とにかく臭い信号を得ることで、何らかの「当たらずとも遠からじ」のラベルを得る事ができる。

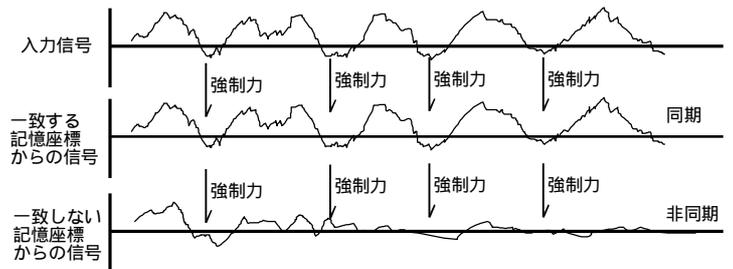


図4 意味空間の参照方法。入力信号に同期する振動を特定する。

これが、アトラクタと意味空間を利用した連想記憶モデルのポイントになる。なぜ、臭いのセンサーからの信号(一般的に多次元信号)を直接比較しないのか。それはひとえに、自然界では未知信号に対しても何らかの出力が必要であり、既知信号に類似の信号の扱いにも、それなりのラベルを期待されるからである。有限時間と限られた情報リソース内で、最大限の効果を発揮するためにカオスやアトラクタを利用するのだ。

まとめ：連想記憶の後段について

ここでは、臭い信号の記憶・連想をアトラクタを用いた力学系モデルで考察した。しかしながら、これではまだAIの自由思考の前段階に過ぎない。

実際には、ここで発生した座標情報を、同様な手法で新たなアトラクタにエンコードし、思考の一助とする連鎖を考える必要があるだろう。AIはまさにこの連鎖によりデザインされるべきだと考えられる。

文献

- 1)カオスセミナー 合原一幸編 海文堂
- 2)カオスとフラクタル・Excelで体験 オーム社
- 3)カオスとフラクタル 新潮文庫