

# 思考のメカニズムと帰納法

## Mechanism of Thought and Induction

宇野 富美子\*1

Fumiko Uno

\*1 所属無

inoccupation

The mechanism of thought in the human brain is an open problem. It is proposed in this research that the backward connections in neural networks serve not only associate memory but also thought. The backward connections are bases for induction which is a fundamental method of the human thought. The operation of memory is an entire of the function of thought in the human brain.

### 1. はじめに

本稿はあくまでも生理学—脳科学, 脳神経回路分野のものであり, 心理学, 認知科学分野のものとは一線を画するものである。

脳の世紀が唱えられ, 生命科学の大きな流れは脳研究に向かいつつある。しかし, その高次機能へのアプローチは容易ではない。

思考のメカニズムはわかっていない。というのは, 思考の研究 ([Benson 94], [松原 00], [三輪 00], [森田 01], その他) において気付くことは, 思考に関する研究 (例えば脳のどの箇所で行われているかとか, あるいはアルツハイマー病といった研究) はあれど, 思考そのものを俎上にのせたものは見当たらないということである。本稿は, 思考そのものを分析し, 定義しようとするものであり, もって未開拓とされる脳の高次機能にアプローチせんとするものである。それには, 思考のために掲げられた命題によって幾つかの関する記憶が呼び出され, それを帰納法的操作することが思考であり, またそのメカニズムであることを論ずる。ニューロナルな低次レベルから, 記憶, 思考といった高次レベルにアプローチするものである。そして, 記憶の操作が脳の思考機能のすべてであることを論ずる。

### 2. 帰納とは何か

帰納 (induction) とは推理および思考の手続きの一つであり, 個々の具体的な事実から一般的な命題ないし法則を導き出すこと, 特殊から普遍を導き出すことである (広辞苑)。

帰納法とは, 帰納を用いる科学的研究法であり, 狭義ではジョン・スチュアート・ミルの定式化した因果関係確定の五つの方法 (一致法, 差異法, 一致差異併用法, 剰余法, 共变法) をさす場合もある。通常, 帰納的推理は比較的少数の事例から全称の結論を導き出すものであるから, 結論は蓋然的なものに過ぎない。しかし, 事例を慎重に選べば相当確実な結論を導き出すことが出来る (広辞苑。) これは事例を完璧に選べば確実な結論を導き出すことが出来るとも言える。通常, 我々は事例を慎重に選んでいることが多いので, 相当確実な結論を導き出すことが多いと言える。ほとんどの発見的プログラムの重要部分は, 論理的可能性を表現する“木”の探索である [Slagle71]。このいわゆる“木”を見つけ出す手続きにおいて帰納法が使われると見る。

### 3. 記憶とは何か

「神経細胞に刺激が加えられると, 一連の電気化学現象が起きて, 細胞内の電圧が急上昇し (脱分極), プラス数十ミリボルトのインパルスを発する。これが神経細胞の発火という現象である。」 [津本 95]

何のための発火であろうか。それは電気パルスを次の細胞に伝達するためのものであると言われる。また, 神経細胞は“刺激を受けて情報処理して化学物質を放出する装置” [御子柴 94] とも言われる。しかし, 発火の最終的な目的は, 認識細胞を発火させることにあると言えよう。そして一度発火し認識という現象を起こしたニューロンは, 起こさない前のニューロンと比べて, 発火の痕跡をシナプス可塑性による再発火する性質として残すことになり, 以後, 感覚細胞の入力なしでも発火するようになる。感覚細胞の入力かわりに, 脳内ホルモンといったものが入力となるであろう。そのかわり感覚細胞によるような感覚はこの発火では得られないわけである。このニューロンの状態が記憶であると言える。感覚細胞の入力なしで認識細胞が再発火する現象が記憶の想起であり, 遺伝子発現の活性化, 固定化, シナプスの可塑性はその要因であると言える。感覚細胞の入力なしの発火であるから, その入力のある認識とは違ったわれわれの知るあの記憶想起の感覚になるのである。

### 4. バックワードコネクションについて

思考するためには, 我々はまず命題を持つ。それによってその命題に関する幾つかの記憶が呼び出されることになる。

ニューラルネットワークの“バックワードコネクション”とは, 「神経回路のモデルの一つの類型として, 階層構造モデルがある。ピラミッド型の階層構造の中を, 情報はひたすら前へ前へと流れていくとも言われる。しかし, 現実のニューロン間の結合を調べてみると, 記憶に関する神経回路結合には, 前向き結合と同時に, 必ず後ろ向き (バックワード) の結合があるとも言われる。そしてそれは連想記憶を担うニューロンのためのものである」 [宮下 94] と言われる。しかし, 著者はあえてそれを次のように解釈する。これこそが思考の基本方法である帰納法を担う神経回路であると。そのための記憶の呼び出しにかかわるものの一つであると。

連絡先: 宇野富美子, 〒 502-0935 岐阜市萱場東町3 - 23,  
E-mail: y8\_uno@sf.starcat.ne.jp

## 5. 記憶の帰納法的操作が脳の思考機能のすべて

記憶は脳の最も重要な機能の一つとされるが、それは考えられているより遥かに大きなウェイトを占め、思考機能においては記憶の操作がそのすべてであると言ってよいと思われる。脳は思考に関する限り、記憶をパルスによって操作する、それ以外のことはしていないのではあるまいか。「ジャッジメント」というのは、結局、これまでの体験が脳の中に残したメモリーのアキュムレーション（累積）によってなされる」[利根川 88] という説に共感する。

現在の神経科学・脳科学で一般的に考えられている「思考の一部は明らかに記憶の操作であるが、例えばホルモンに影響された行動決定のような意志決定も思考の一部である」という概念は、そこに至るまでの主体となる過程において記憶の操作が行われたと見るべきで、最終の一瞬のみが例えばホルモンと言ったものによると見るべきであろう。 $2 + 3 = 5$  という思考過程は、一般的に言って、数という抽象的な概念を操作して答えを出しているのではなく、これまでの記憶にある、この場合、主として視覚による数字や映像を思い出して答えているに過ぎないのである。また、例えば記憶とは関係のなさそうな未来のことについて思考するとして。例えば、明日、何をしようかと考える。その時脳裏に浮かぶのは過去の記憶にあるいくつかの場面である。庭の草取りのシーン、押入れの掃除のシーン—それともどこかへ出掛けようかと考え、幾つかの記憶にあるシーンを呼び出す。矢田寺とやらへあじさいを見に行こうか。未来のことにせよ、そんな時、脳裏に浮かぶのは、記憶にある幾つかの場面である。行ったことのない矢田寺とやらの記憶は、二、三日前にテレビで見たそこへの交通ルートや花の映像である。そうした記憶によって、我々の思考はすべて行われる。未来のことであっても、思考するとは、幾つかの記憶を呼び出し、そこから帰納的推理する以外の何者でもない。このとき、個々の記憶から帰納的推理するとは、個々の記憶のなかにある命題、つまり主語と述語からそれらを通じて言える命題—主語と述語を抽出することである。例題で言えば、明日何をしようか、庭の草取りをしようか、押入れの掃除をしようか、あじさいを見に行こうか、そうだ、明日はそれをしよう、例えば、あじさいを見に行こうとなる。

ユークリッド幾何学の定理の証明と言ったものは、これを思考のメカニズムとする記憶の帰納法的操作によるとしても、理論全体を背景をもって、その各部分の間に緊密な統一があって、部分と全体とが必然的關係を有しているので、結論は蓋然的なものではなく必然的なものであると言える。演繹法も手続き全体を一つの項目と見た場合、帰納法の中の一項目ともなる。そしてその中の個々の命題を記憶と見た場合、それは記憶の操作であるということも出来る。有名な「サルとバナナ」のパズルにおける、サルがバナナを手にもつにはどうすればよいか、における思考も、これまでの解答者の中にある経験—記憶の操作によると考えてよい。

理科的、文科的、そして日常的、どんなに複雑、難解、はたまた「深遠」などといわれる思考といえども、すべて我々は、視覚を主としたさまざまな感覚の記憶を累積したものを思い出し、答えを出しているに過ぎないのに気付かされる。そしてこの累積したものを思い出すことによって出された答え—判断—認識も、そのあと記憶として残されることになる。つまり、我々の思考は、記憶の累積—記憶の帰納法的操作によって行われているのみと見られる（図 1）。

前述の、帰納及び帰納法の説明において、「個々の具体的事

実」という概念は、ニューロネットワークにおいては「記憶」の概念に置き換え得る。「特殊」という概念も然りである。思考即ち記憶の操作と見られるからである。バックワードコネクションは記憶のコネクションであると同時に思考にかかわるコネクションでもある。そして「命題ないし法則を導き出すこと」は「判断—認識をすること」に置き換え得る。ジョン・スチュアート・ミルの定式化した因果関係確定の五つの方法（一致法、差異法、一致差異併用法、剰余法、共变法）は、記憶の「一致法、差異法、……」と言うことが出来る。

この仮説のもとに脳の思考機能を考えるとき、超複雑で難解、未到達とされるそのメカニズムの基本原則が見えてくる。

## 6. 神経回路網（ニューラルネットワーク）の形

大脳の神経回路は複雑であり、どこでどう処理されるか、とくに情報の統合過程はわかっていないと言われる。「いまスパス・コーディング・モデルと言って、まばらに選択された少数の細胞によって表現内容がコードされているとするモデルが有力であるとされるが、では、具体的にそこでどういう神経回路が使われているかということになると、現実にはよくわからない。」[宮下 94] と言われる。

バックワード・コネクションは何をしているか。前述した通り（図 1 に示した如く）、われわれの思考は記憶の累積—記憶の帰納法的操作によって行われているのみとする。連想記憶はわれわれの思考法である帰納法の一部を担うものであり、海馬と下側頭葉をつなぐコネクションを切り、これが出来なくなるということは記憶のみでなく思考が出来なくなるにも通じる。バックワード・コネクションは連想記憶のみでなく、われわれの思考法の基本方法である帰納法を担う最も重要なコネクションであると言える。(1) 記憶の操作—記憶の累積が思考機能のすべてであると考えられること、(2) 連想記憶の成立にはバックワード・コネクションがポイントであることが試されており、連想は思考の一種と考えてよいこと、(3) バックワード・コネクションは究極、前頭連合野に投射するものであり、前頭連合野は記憶の保存場所であるゆえに思考の作業場所でもあると言えること、(4) 考えるということは、その過程の中から一つの答え—命題を引き出すことであり、帰納法も個々の具体的な事実から一つの命題—全称命題を引き出すことであり、それはバックワード・コネクションが前頭連合野に投射されて一つの記憶、思考を引き出す過程と同じピラミッド型の脈の形をしていること、以上の事柄からニューラルネットワークにおけるバックワード・コネクションは、人間の思考に必要な不可欠のコネクションであることが言える。

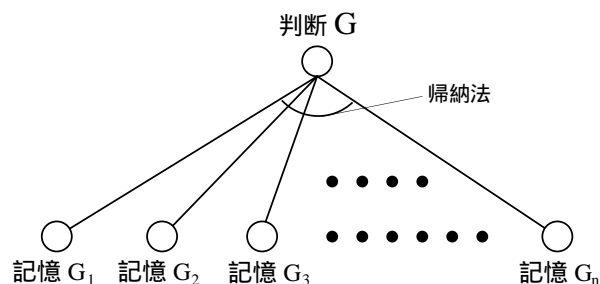


図 1: 帰納法による思考の木

## 7. あとがき

いわゆる“シナプス可塑性によるニューラルネットワーク説”は、記憶の在りかを言うものであって、記憶とは何か、を言うものではないと言えよう。思考のメカニズムの成因をなす記憶のメカニズムの考察の為には、記憶の概念と、記憶のメカニズムと、記憶の想起の概念を厳密に区別して考える必要がある。

そこで、記憶のメカニズムとしては、脱分極によるニューロンの発火によって、遺伝子の発現に変化が起こり、これがカミキナーゼの自己リン酸化、シナプスの可塑性をもたらすことになる、それによってニューロンは再発火する状態—記憶を持つことになると考えられる。

われわれが記憶するものは、感覚細胞から入力された具体的なものばかりで、どんな複雑なものと言えども抽象的な記憶をすることは決してないと言える。感覚細胞 → インパルス → 認識細胞、のみが記憶に至るコースだからである。抽象概念は感覚細胞から入力された具体的な認識、記憶の過程をいくつか経た多次的なものであり、記憶を記憶することに他ならない。

バックワード・コネクションは連想記憶のみでなく、思考機能を司るものと考え得る。それによって思考機能は記憶機能と同様、ニューラルネットワークになっていると見ることが出来る。

サルを使った記憶の研究方法として使われる遅延見本合わせ [宮下 94] といったものは、それが前の図形と同じかどうか判断させるものである以上、記憶のテストであると同時に思考のテストでもあると言えよう。

## 参考文献

- [Benson94] Benson, D. F.: The neurology of thinking, New York, Oxford University Press (1994), (邦訳: 思考の神経心理学, 橋本篤孝監訳, pp. 5-30, 金芳堂 (1996)).
- [松原 00] 松原仁: 思考と問題解決, 甘利俊一・外山敬介編, 脳科学大辞典, pp. 661-664, 朝倉書店 (2000).
- [三輪 00] 三輪和久: 思考の人工知能モデル, 甘利俊一・外山敬介編, 脳科学大辞典, pp. 665-670, 朝倉書店 (2000).
- [森田 01] 森田昌彦: 記憶と思考の神経回路モデル, pp. 211-229, 丹治順, 吉澤修治, 脳の高次機能, 朝倉書店 (2001).
- [Slagle71] Slagle, J. R.: Artificial Intelligence: The Heuristic Programming Approach, McGraw-Hill (1971), (邦訳: 人工知能 - 発見的プログラミング -, 南雲仁一, 野崎昭弘訳, 産業図書 (1972)).
- [御小柴 94] 御小柴克彦, 立花隆: 脳研究最前線 6, pp. 120-126, 科学朝日 (1994).
- [宮下 94] 宮下保司, 立花隆: 脳研究最前線 15, pp. 120-126, 科学朝日 (1994).
- [利根川 88] 利根川進, 立花隆: 安保反対からノーベル賞へ, pp. 361, 文芸春秋社 (1988).
- [津本 95] 津本忠治, 立花隆: 脳研究最前線 16, pp. 120-126, 科学朝日 (1995).