

意味記憶からの情報検索

—人間の記憶についての認知心理学的研究—

Retrieval Time from Semantic Memory

岡林 春雄* 雨宮 美佐子**
Haruo OKABAYASHI Misako AMEMIYA

This experiment measures retrieval time from semantic memory, and this paper explains how a network representation of the propositions is created. Such representations reveal in graphical form the associative connections between concepts. The closer together the concepts in a propositional network are, the better cues they are for each other's recall. The results of this experiment almost support the network of concepts assumed by Collins and Quillian (1969) in their experiment to compare reaction time in making true-false judgments about statements, but some do not. A hierarchy of concepts which they proposed can be rarely seen in this study.

キーワード: semantic memory, retrieval time.

人間の長期記憶には一般に、膨大な情報が入っている。その情報の中には当然、前回の誕生日には何をしたとか、小学校の時にじめられたとかというような個人的な経験が入っている。このような個人の生活経験の記憶を特に、Tulving (1972) は、エピソード記憶と呼んだ。検索する場合に、特定の日時や場所が関係してくるような情報をたくわえているのがエピソード記憶である。人間はまた、エピソード記憶とは違って、特定の日時や場所に関係しない情報、例えば、リンゴは赤いといった「事実」も情報として記憶している。この非エピソード的の情報が意味記憶と呼ばれるものである。単語や言語的記号、その意味などについての体制化された知識、単語や記号の間の関係や使い方などに関する知識を意味記憶は含んでいる。本研究では、この意味記憶に関して、人間の頭の中(貯蔵庫)に入っている情報構造を意識しながら、情報の検索について反応時間を中心に検討してみたい。

検索速度に影響する要因

Freedman と Loftus (1971) は、意味記憶の中から適切な項目を見つける過程は継時的走査の過程なのかどうかを検証した。ここで継時的走査というのは、記憶貯蔵庫の中で求めている情報を見つけるまで一つ一つ項目を走査していくことである。例えば、「り」で始まる

果物の名を聞かれたら、「果物」の記憶場所に行き、「り」で始まる名前にぶつかるまでしらみつぶしに捜し、「りんご」に行き着く。これが継時的走査である。彼らの実験がねらった研究目的は、カテゴリーの事例を連続的に走査して適切な事例を被験者たちが見つめるのかどうかを決めることであった。もしそうならば、小さいカテゴリーに属するものを探すよりは、大きなカテゴリーに属するものを探す方が時間がかかるはずである。例えば、Wで始まる季節名(Winter)を探すよりは、Pで始まる果物名(例えば Peach)を探す方が時間がかかるはずである。何故なら、後者(例えば、Peach)の方が、前者(Winter)よりも多くの探索を必要とするからである。しかしながら、実験結果では、そうではないことが明らかになった。すなわち、彼らの実験結果では、大きいカテゴリーに属する事例の名を検索するのと、小さいカテゴリーに属する事例の名を検索するのとで、同じ位時間がかかったのである。そこで、意味記憶から情報を検索する際、人間は継時的走査過程を用いていないのではないかと彼らは結論づけている。

さてそれでは、検索速度に影響する要因は何であろうか。Freedman と Loftus (1971) は、次の二つの方法を使って被験者に刺激を提示した。第一の方法は、まず文字を示し、間を置いてからカテゴリーを指示する方法である。例えば、文字「P」を示し、少し間を置いてから「果物」というカテゴリーを示す。被験者は、peach, pear, plum などと反応するであろう。「果物」という

* 心理学教室

** 富士通京浜システムエンジニアリング

指示が出てから被験者が反応するまでの反応時間を測るのである。被験者の心的操作を考えてみると、この文字を先に示す方法では、「果物」というカテゴリーが出されるやいなや被験者は三つのことを頭の中で行なわなければならない。まず、「果物」の情報はどこに貯えられているか記憶内を探さなければならない。つまり、記憶内の果物のところにアクセスするのである。このステップのために要する時間を t_1 とする。次に、被験者はこのカテゴリーから適切な情報を検索せねばならない。すなわち、「果物」のカテゴリーから P で始まる事例を探さなければならない。このステップに要する時間を t_2 とする。そして最後に、被験者は反応しなければならない。これに要する時間を K とする。そこで、「P-果物」という刺激が与えられた場合の全反応時間 (RT_1) は：

$$RT_1 = t_1 + t_2 + K$$

となる。

彼らの使用した第二の方法は、文字を指示する前に、カテゴリーを示す提示方法である。まず「果物」と指示し、間を置いてから「P」を指示するのである。この場合の反応時間は、P が指示されてから反応するまでにかかった時間である。このカテゴリーを先に出す方法では、「果物」と P との間の時間中に、記憶内のカテゴリーにアクセスすることができる。そこで、この場合の全反応時間 (RT_2) は：

$$RT_2 = t_2 + K$$

となる。

RT_1 と RT_2 の差をとることにより、カテゴリーにアクセスする時間 t_1 を推定することはできる訳であり、典型的な実験では、 t_1 は 250 ミリ秒と言われている (Loftus & Loftus, 1976)。

ある検索が他の検索におよぼす影響

ある事項を記憶から検索すると、それが他の事項の検索にどのような影響を与えるのであろうか。Collins と Quillian (1970) は、「カナリアは鳥である」といった文を被験者に示してこの文が正しいか誤っているかを判定させ、次に「カナリアは飛びます」という文を判定させた。その結果、このように同じ主語が使われていれば、二番目の文に対する反応時間は最初の文に対する反応時間よりも 0.5 秒以上も短縮されることにもなるということが分かった。また、あるカテゴリーに属する事例名をあげ、

後でまた別の事例名をあげさせるような実験でも、この反応促進効果が見い出されている (Loftus, 1973; Loftus & Loftus, 1974)。

このような反応促進効果は、最初の検索がその記憶場所周辺に対するアクセスのしやすさ (アクセシビリティ) を高め、その検索事項に関連する記憶場所を活性化させる結果なのではなかろうか。ただ、このようなある記憶場所に対するアクセシビリティの高まりは一時的なものであり、永久に活性化していることはあり得ないのである。

意味記憶構造と検索との関係

意味記憶理論としての代表的なものには、ネットワーク・モデル、集合論的モデル、特性比較モデルがある (Smith, Shoben, & Rips, 1974)。それぞれに特徴があり、また問題もあるのだが、現在特に中心になっているのはネットワーク・モデルであるので、ここではネットワーク・モデルを中心に考えたい。

Collins と Quillian (1969) は、「カナリアには羽毛がある」、「カナリアは魚である」などの文に対する真偽判断の反応時間を指標として、人間の知識は多数の概念の階層的ネットワーク構造として貯蔵されているというモデルを提出した。そのネットワークは、意味記憶に貯蔵されている内的表象として、多くの概念や属性を、まず三つの概念水準の階層のどれかに位置づけている。そして、各水準での概念や属性は節点 (nodes) として表わされ、また水準内の概念と属性の関係や水準間にまたがる概念の関係は、リンクと名づけられた指針で表わされている。つまり、彼らによる記憶構造モデルでは、諸カテゴリーが上位-下位関係という形で階層的に構造化・組織化されていることがわかる (図 1)。例えば、「カナリア」の上位概念は「鳥」であり、「鳥」の上位概念は「動物」である。また、ある一群のものを特徴づける属性は、この群と対応する階層構造内の場所だけに貯蔵されていると仮定している。例えば、すべての「鳥」を特徴づける属性 (翼がある、飛べるなど) は、鳥のと

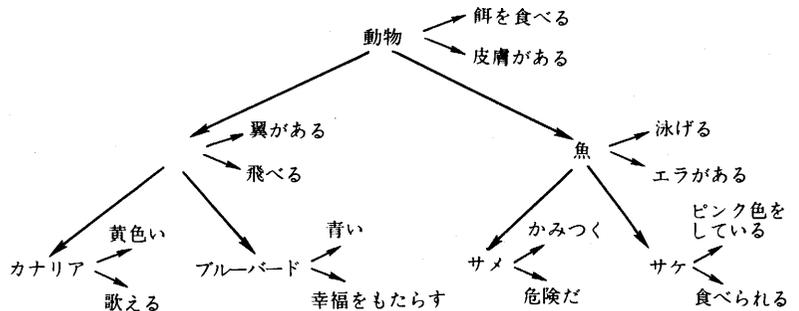


図 1. 階層的に組織された記憶構造の一部 (Collins & Quillian, 1969)。

ころにだけ貯えられていて、個々の鳥の名の所にはこの属性は貯えられていない。

この構造をもとに、彼らは構造内の情報の検索のされかたを検証するために、被験者に次のような課題文を提示し、それに対して「はい」または「いいえ」での反応を求めた。

〔課題文 例〕

1. カナリアはエサを食べますか。
2. カナリアは飛びますか。
3. カナリアは黄色いですか。

図1からも分かるように、この三つの課題文は、答えるために必要な情報がそれぞれ異なった概念水準に位置づけられている。「カナリアはエサを食べますか」という質問を分析すると、「エサを食べる」という情報は「カナリア」から二水準上の「動物」のところに貯えられていることになる。同様に、「飛べる」と「黄色い」という情報は、それぞれ一水準上、0水準上に貯えられている。

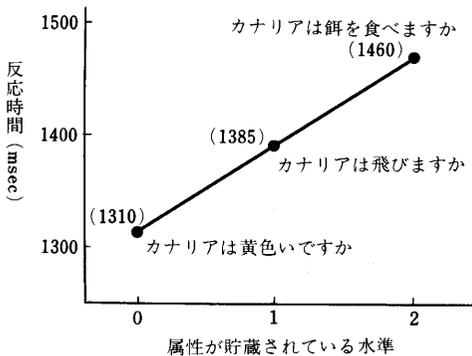


図2. いろいろな名詞とその属性とに関する質問に答えるための反応時間 (Collins & Quillian, 1969)

実験結果は図2に示す通りであり、情報の水準がはなれるのに比例して、検索に要する時間も長くなっている。

本研究

上述のような先行研究を受けて、本研究では、Collinsと Quillian (1969) のモデルを意識しながら、文の真偽を判定する時間（反応時間）を測ることにより、意味記憶からの情報検索のあり方を確認する。

〔予備調査〕

本実験で提示する判定刺激文を選ぶために、山梨大学

生50名に文章完成法によって、文を創出してもらった。すなわち、被験者は、例えば「動物は……です(ます)」という文の空白箇所を埋めていくように求められた。このとき、空白箇所を埋める言葉は、その文章の主語にあたる語（上の場合は“動物”）の特性や属性を表わす語、主語から連想される語に限定し、空白箇所を埋めた言葉からの連想語ではないことを教示された。文章完成の個数については限定しない。被験者が終了を表明したところで次の課題に移り、同様な方法で、「哺乳類は……です(ます)」、「鳥は……です(ます)」という文章についても回答を求めた。

〔本実験〕

被験者：山梨大学生45名

手続き：

被験者に個別に課題文——予備調査で選んだ88項目にフィラータスク（無関係課題）20項目を加えたものをランダムに提示し、その刺激課題の真偽判定を求め、その反応時間を測る。反応時間測定は、コンピュータによってミリ秒単位の単位で記録した。

結果と考察：

刺激課題文として反応時間を測るターゲットになった文のいくつかに関する反応時間の平均と標準偏差を項目毎にまとめた結果を図3～図11に示してある。

この中で特に、「動物と鳥類および魚類との関係」についてクローズアップしてみたい。反応時間を、その関係の近さ/遠さの指標として表わすと、それらの関係は図12のようになる。本実験のデータによる図12は、

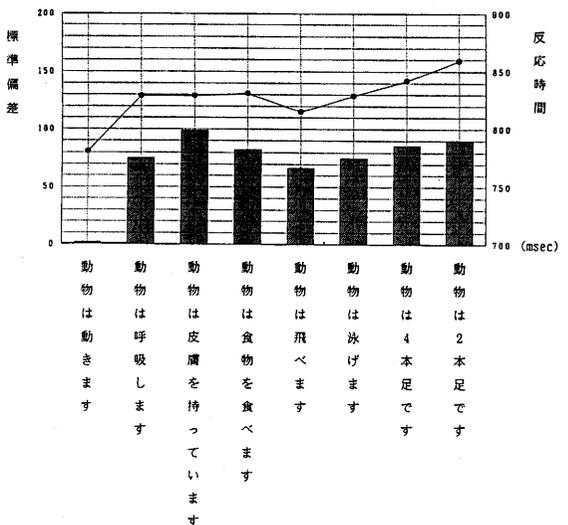


図3. 課題文に対する反応時間と標準偏差 (折れ線グラフ：反応時間、棒グラフ：標準偏差)

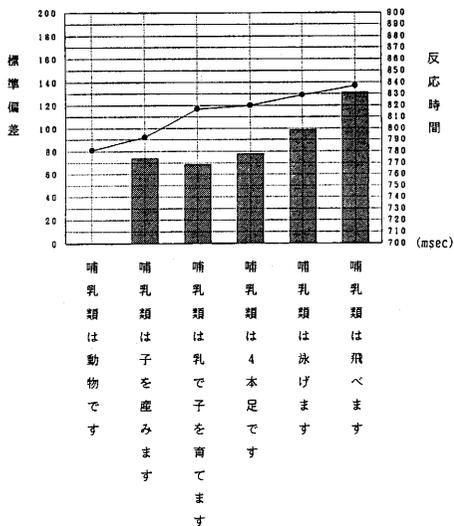


図4. 課題文に対する反応時間と標準偏差
(折れ線グラフ: 反応時間, 棒グラフ: 標準偏差)

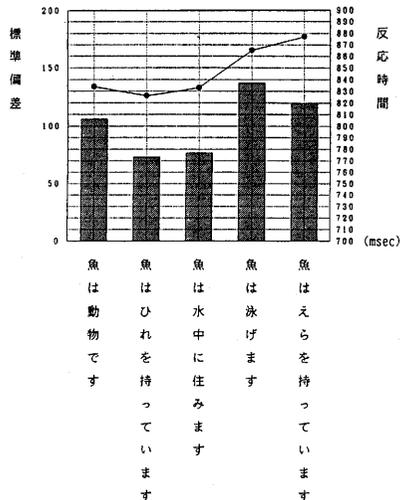


図6. 課題文に対する反応時間と標準偏差
(折れ線グラフ: 反応時間, 棒グラフ: 標準偏差)

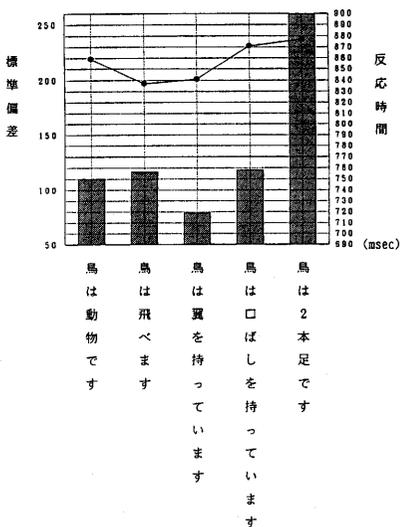


図5. 課題文に対する反応時間と標準偏差
(折れ線グラフ: 反応時間, 棒グラフ: 標準偏差)

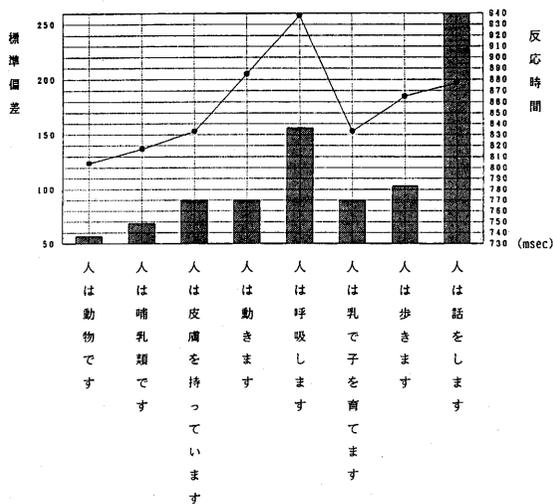


図7. 課題文に対する反応時間と標準偏差
(折れ線グラフ: 反応時間, 棒グラフ: 標準偏差)

Collins と Quillian (1969) が提案した図1と微妙に違っている。この違いは、人間の記憶構造が Collins 等が提案した程、理路整然としてはいないということを示唆しているのではなからうか。実際に被験者の中には、「動物は動物園にいるもの」とか「鳥類と鳥、魚類と魚は、それぞれ違う」といった内省報告をしている者もあり、意味記憶といえどもかなり個人的な基準に基づいて情報を整理しているのかも知れない。

次に、Collins と Quillian (1969) が問題にした水

準の違いによる検索時間の差について考えてみたい。図13, 14, 15が示すように、概念水準の増加によって必ずしも反応時間は増えてはいない。この問題は、Rips, Shoben と Smith (1973) によっても指摘されているのであるが、この問題を解決する一つの方法として、節点(ノード)間の中間にある節点を除外してある概念が他の概念と直接結合するという可能性を許すということが考えられている。例えば、本実験の結果から、「コリー」と「動物」をダイレクトに結ぶラインがネットワークの中に組み込まれている可能性が示唆されるのである。確かに

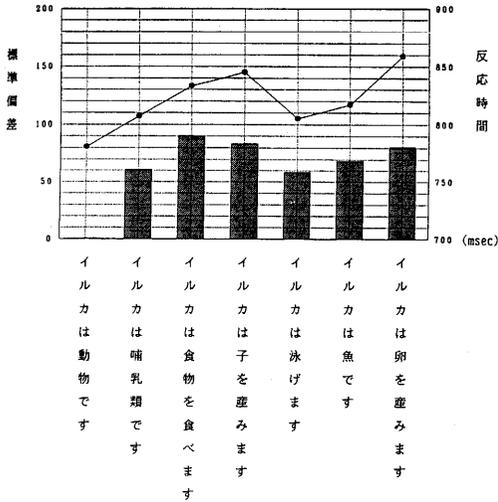


図8. 課題文に対する反応時間と標準偏差
(折れ線グラフ：反応時間，棒グラフ：標準偏差)

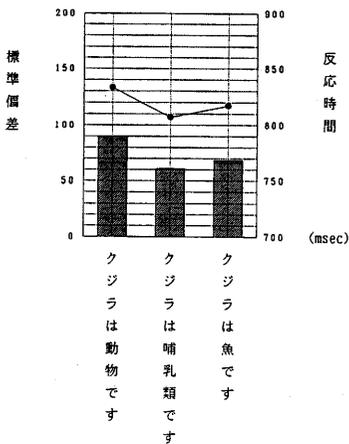


図9. 課題文に対する反応時間と標準偏差
(折れ線グラフ：反応時間，棒グラフ：標準偏差)

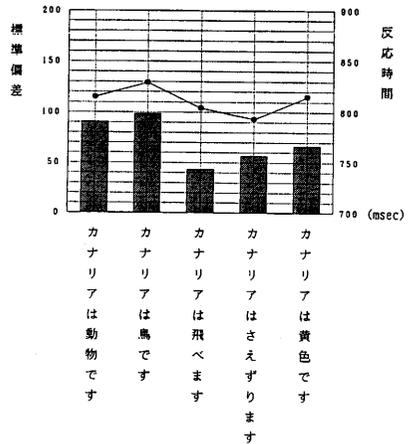


図10. 課題文に対する反応時間と標準偏差
(折れ線グラフ：反応時間，棒グラフ：標準偏差)

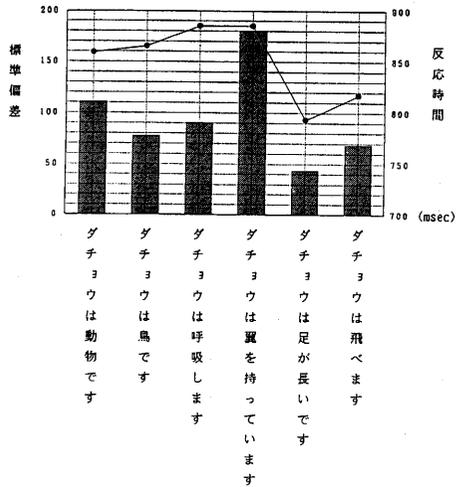


図11. 課題文に対する反応時間と標準偏差
(折れ線グラフ：反応時間，棒グラフ：標準偏差)

われわれにとって、コリーは犬の代表的な概念なのであろうが、同時にコリーは動物の代表的な概念だと考えられるのである。

この概念水準の増加によって必ずしも反応時間は増えないという問題は、Collins 等 (1969) の提案した「ある一群のものを特徴づける属性は、その群と対応する階層構造内の場所だけに貯蔵される」とする認知的経済性の仮定につながっていくと思われる。上位概念のもつ属性をその下位概念はもたないとする事で、コンピュータのレベルからいけば記憶容量の浪費を防ぐことが出来るのである。しかしながら、人間の記憶が常にそのような認知的経済性にそって成り立っているとはいえない

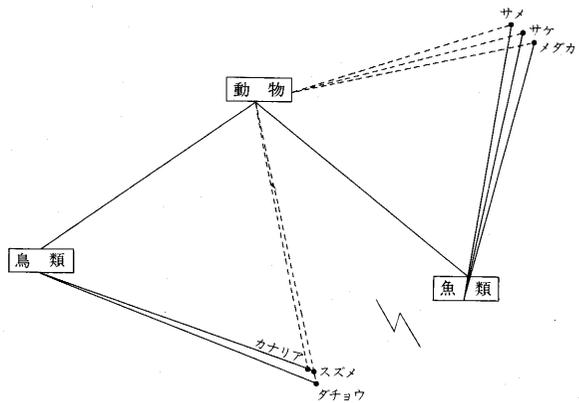


図12. 動物と鳥類および動物と魚類との関係
(注. それぞれの意味距離は、反応時間による。また、鳥類と魚類は同じ平面上にはない。)

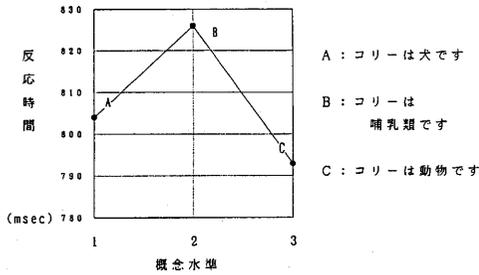


図13. 概念水準別の課題文に対する反応時間 (1)

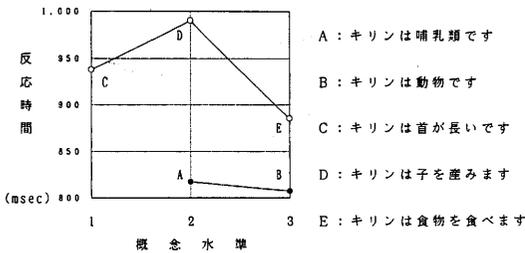


図14. 概念水準別の課題文に対する反応時間 (2)

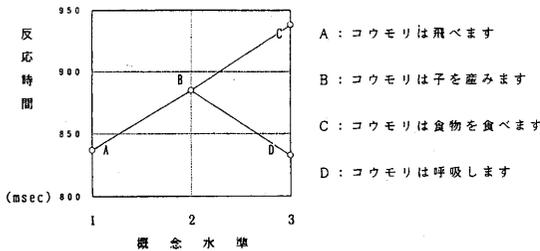


図15. 概念水準別の課題文に対する反応時間 (3)

全体的考察

ように本実験のデータから考えられる。人間は、一見無駄に見えるような記憶構造をとることによって、逆に情報処理能力を高めているようにも思われる。

最後に、本実験のデータに基づき、哺乳類に関して、概念と属性の意味関係と意味距離を描いた図を提出しておきたい (図16)。

本研究では、Collins と Quillian (1969) の記憶構造のモデルを意識しながら、意味記憶からの情報検索のあり方について検討してみた。その結果、Collins 等のネットワーク・モデルとは若干違った記憶構造が存在するのではないかということが示唆された。そもそも、記憶というもののはかなり個人的なものであり、意味記憶といえどもエピソード記憶と不可分な部分があるのかも知れない。しかしながら、この個人的なものという要因は、意外に小さい問題なのかも知れない。いくら個人的なものでも、最大公約数的なものを考えていくことは可能だからである。

それよりも大きな問題は、記憶のもっている抽象性なのではなかろうか。記憶はイメージである。「動物」という言葉を聞いた時、われわれは何かをイメージするはずである。「鳥」にしても「魚」にしても、われわれはそれぞれについて何かのイメージをもっている。問題は、そのイメージである。イメージというと、まず絵 (picture) のように具体的ではないかと思われるが、どうもそれ程簡単なものではなく、抽象的ではないかと考えられている。イメージ論争については、詳しくは Paivio

(例えば1971) と Anderson (例えば1980) の論争にゆずるとして、記憶のもっている抽象性が意味記憶構造論に影響をおよぼす可能性は十分にあると思われる。

最後に、意味記憶の検索と記憶構造との研究上の関係について触れておきたい。意味記憶からの検索を扱ういかなる理論も同時に、意味記憶の構造を定めなければならない。構造と検索とは密接に関連している。このため、ある理論の検索に関する面か、構造に関する面かを検証しようとする実験には、限界が付きまとうことになる。それは、もし実験結果が理論を支

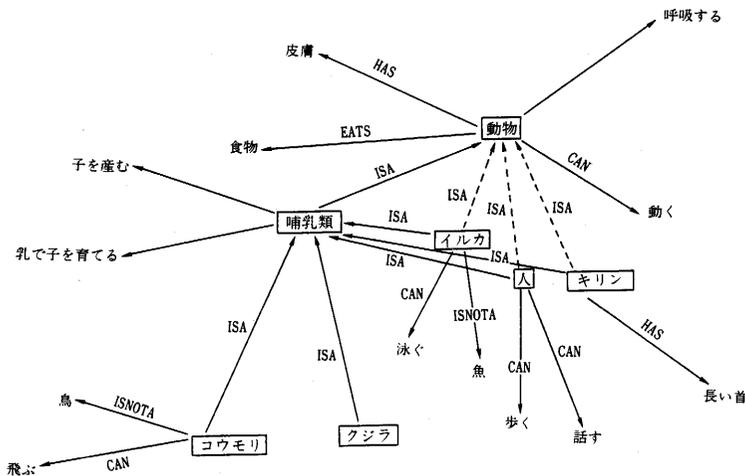


図16. 哺乳類に関するネットワークモデル

持しなかった場合、どちらに欠点があるのかが不明確であるからである。このことは、この手の研究を行う研究者が頭の中に入れておかねばならない前提であろうし、そのようなことがあるが故に、研究者は発想を柔軟にし創造性を高めておく必要がある。

* * *

この意味記憶構造論は、具体的な応用分野として、教育現場でどのように教材を構成していくかとか、授業での教師から児童・生徒への発問をどのようにするか、また児童・生徒の意識構造といったようなことにつながっていくわけであり、教育心理学の分野での重要な基礎研究の一つである。今後、データを積み重ねていきたい。

参考文献

- Anderson, J. R. *Cognitive psychology and its implications*. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1980.
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. Retrieval time from semantic memory. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 1969, 8, 240~247.
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. Does category size affect categorization time? *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 1970, 9, 432~436.
- Freedman, J. L., & Loftus, E. F. Retrieval of words from long-term memory. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 1971, 10, 107~115.
- Loftus, E. F. Activation of semantic memory. *American Journal of Psychology*, 1973, 86, 331~337.
- Loftus, G. R., & Loftus, E. F. The influence of one memory retrieval on a subsequent memory retrieval. *Memory & Cognition*, 1974, 3, 467~471.
- Loftus, G. R., & Loftus, E. F. *Human memory: The processing of information*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Paivio, A. *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1971.
- Rips, L. J., Shoben, E. J., & Smith, E. E. Semantic distance and the verification of semantic relations. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 1973, 12, 1~20.
- Smith, E. E., Shoben, E. J., & Rips, L. J. Structure and process in semantic memory: A featural model for semantic decisions. *Psychological Review*, 1974, 81, 214~241.
- Tulving, E. Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory*. New York: Academic Press, 1972.