

思考のダイナミックな性質の解明へ向けて

鈴木 宏昭

This paper reviews the history of cognitive studies on thinking from the dynamical point of view. In the early 1970s, researchers employed the formal approach to thinking where its processes were modeled as applications of domain-independent formal rules. However, in the 1980s, various studies revealed that human thinking is best characterized as a knowledge dependent process. Although knowledge plays critical roles, this approach had difficulties in dealing with flexible use of knowledge, its origin, and interaction with the external environment. In the 1990s, dynamics of thinking is more and more a topic within the scope of cognitive science, by virtue of biological approaches such as cognitive neuroscience, evolutionary psychology, and extended connectionism, as well as the research on analogy, creative thinking and scientific reasoning. Finally, methodological issues to further develop the dynamical approach are discussed.

Keywords: thinking(思考), analogy(類推), scientific reasoning(科学的推論), insight(洞察), collaboration(協同), connectionism(コネクショニズム), cognitive neuroscience(認知神経科学), diagrammatic reasoning(図的推論)

1. はじめに

本論文では、1970年代以降の認知科学における思考研究のレビューを行なう。レビューの指針は、ダイナミズムである。つまり、人間の行なう思考のダイナミズム、フレキシビリティへの接近として思考の研究を概観するという意味である。

2節では、思考がその内容に依存しない形式的なルールに基づくという立場を取り上げる。しかしこの立場が実証的にも理論的にも支持されないことから、領域依存の知識を活用した過程として思考を捉えるアプローチが現れる。3節ではこのアプローチについて論じる。しかし、知識依存のアプローチだけでは我々人間の行なう柔軟な思考をうまく説明できないことが徐々に明らかになり、1980年代中盤から知識の柔軟な利用や獲得を可能にするメカニズムの研究が現れる。これについては4節で論じる。5節では、4節で述べたアプローチがさらに拡大、発展し、人間の思考のダイナミズムがより、詳細なレベルで明らかになってきたことを述べる。

In Search for Dynamic Nature of Thinking by Hiroaki Suzuki (Aoyama Gakuin University).

2. 形式的アプローチ

思考がルールに支配されているという見方はきわめて常識的なものである。さらに、このルールが形式的である、すなわち問題内容に依存しないのであれば、少数のルールにより数多くの問題に対処できるので大変に効率がよい。形式的なルールを問題に当てはめて、それを求められる形に変形するという考えは、Aristotle 以来、論理学の前提となっている。たとえば前件肯定式 (modus ponens) は $(P \rightarrow Q)$ と P から Q を導くルールである。これはどこでも成り立つ普遍的なルールであり、人間もそれを必ず用いているように思われる。

1970年代あたりまでの認知的な思考研究もこの枠組を保持していた。多くの研究は三段論法や条件文推論などの演繹的推論を題材として、いかなる条件下で人間が論理的な推論を行うことができるのか、人間がおかしやすいエラーはどのようなものか、そのエラーはどのようなルールによるものなのかの研究の対象とされた。

また、発達心理学では Piaget が同様の観点から

子どもの思考の発達を研究した。彼は思考が発達段階ごとに異なる、少数の領域独立なルールにしたがったものであるという立場をとった。彼と共同研究者たちは、知覚から、論理的推論、道徳概念に至るまでの広範な領域で膨大な数の実験を行った。これらの実験を通して、子どもの発達が感覚と運動に支配された知能の段階から、具体物を論理的に操作する知能の段階、仮想的な世界での論理操作の段階に至るものであることを示した (Piaget, 1952)。

また認知科学のパイオニアである Newell と Simon は、問題解決一般に適用可能な理論を提案した (Newell & Simon, 1972)。そのモデルとなる GPS (General Problem Solver) において鍵となるのは、手段-目標分析とサブゴールストラテジーである。手段-目標分析は、現在の状態とゴールとの間の差を評価し、その差を最も減少させるオペレータを適用するというものである。また、サブゴールストラテジーは、適用しようとするオペレータが直接適用できない時、それが可能になるような状態をサブゴールとするというものである。問題が適切な形で与えられている限り、この 2 つは問題の内容に依存しない汎用のルールであると考えられる。Newell と Simon は、さまざまな問題 (特にパズルなどの良定義問題) の解決過程が、GPS によってシミュレーション可能であることを示した。

これらに共通する特徴は、

- ルールが内容に依存しないという意味で形式的であること、
- ルールは明示的に表現されるものであること、
- そのルールの数は比較的少数であること、
- ルールはシンボルを含み、シンボルに作用すること、

という点にある。

3. 知識の時代

しかしながら、1970 年代中盤あたりから形式的なアプローチのさまざまな問題が指摘され、その限界が明らかになってきた。

3.1 形式的アプローチの問題

3.1.1 論理的推論

人間が論理「学」的な推論を行わないことは研究の当初から指摘されてきた。しかし、70 年代に明らかにされたことは、そもそも論理的推論に用いる

人のルール (知識) は文脈に固有ということであった。たとえば、条件文推論において人はいつでも前件否定、後件肯定の誤謬をするのではなく、特定の場面では正しい結論を導き出せることがいくつもの研究によって示された。

たとえば、Griggs and Cox (1982) は既に経験した馴染みのある状況においては人が正しい結論を導けることを明らかにした。また、Cheng and Holyoak (1985) は人間は条件文推論のルールに対応するインフォーマルなルールを適用できるが、それは許可という文脈がある場合に限られることを明らかにした。さらに、Johnson-Laird (1983) は人がルールに従って推論するのではなく、心的に一貫したモデル=メンタルモデルを構成し、そのモデルを吟味することにより推論を行っている指摘した。

これらの結果は、人間の論理的推論を内容独立の形式的ルールの適用過程として捉えることの限界をはっきりと示している。

3.1.2 Piaget の問題

70 年代から Piaget の用いた課題の解決過程を情報处理的に再分析した研究が数多く行なわれた。その初期には、子どもは Piaget が仮定したよりもずっと早くからさまざまな課題の達成が可能であることが示された (Gelman, 1978)。また、こうした能力は一般的な知能としてではなく、領域固有な形で組織化されていること明らかにされた。80 年代の認知発達心理学の金字塔とも言うべき Carey (1985) によれば、我々は大学の学部・学科レベルに相当する 1 ダース程度の領域に応じた知能を持っているという。その後、特に研究が進んでいるのは乳児の素朴物理学、幼児の素朴心理学 (心の理論)、素朴生物学である (Wellman & Gelman, 1992)。

また、90 年代に近づくにつれて馴化法を用いた乳児研究が盛んに行なわれた。その結果、素朴物理学に関しては、生後数カ月から 1 年以内にきわめて抽象的な物理的な原理を把握していることが明らかにされた。また、人間の近縁種の動物を用いた研究により、限定的ではあるが、同様の領域固有の知能の存在が確認されているものもある。こうしたことから、領域固有の知能の半ば生得的な性格が議論されることもある。

3.1.3 弱解法の問題

GPSで用いられた手段-目標分析, サブゴールストラテジーがパズルを離れ, 現実世界で使われた時にはあまり有効でないことも明らかになった. たとえば, 現実世界ではパズルのような良定義問題は少ない. 必要なオペレータがパズルに比べて格段に多い, あるいは問題中で特定されていないなどのケースは日常茶飯事である. このような場合には, 問題空間が非常に大きくなってしまい, 手段-目標分析だけでは探索をうまく制御することができない.

また熟達者は手段-目標分析のような後向きの推論ではなく, 前向き推論を行なうこと (Simon & Simon, 1978), 学習初期に手段-目標分析を用いると学習の効率が悪くなること (Sweller & Levine, 1982) が実験的に明らかにされた.

思考する内容と独立に思考のルールを明らかにするという試みは, 理論の経済性という面から見て確かに魅力的ではある. しかし, 上述の実験的な証拠からすると領域独立の形式的ルールで人間の思考を解明しようとする試みは放棄せざるを得なくなる.

人間が形式的ルールを用いない理由は, その利用のコストがきわめて高いという点にある. ルールは世界の中のカテゴリーやクラスを変項として含むことにより, その一般性が保証されている. 問題状況で与えられている情報が, 変項として表現されたそれらのカテゴリー, クラスのメンバーであることがわかれば, ルールは一律に適用できるわけである. しかし, ルールが領域に依存せず, 抽象的なものになればなるほど, 変項の抽象度は上がる. すると, 現実と与えられている具体的な情報との間のマッチをとるためには, 複雑な解釈が必要になり, 現実場面への適用は困難になってくる. こうしたルールは, 限られた時間の中で, また限定された情報だけから, 思考を行なわねばならない人間にとって決して利用しやすいものではない. 以上の理由から, 人間は形式的ルールに依拠した思考を行なわないのである (鈴木, 1996).

3.2 知識依存の思考

こうした中で, 脚光を浴びたのが「知識」, 特に領域固有の知識であった. つまり「人間は一般的な思考の法則(だけ)ではなく, その領域, 課題に関連する知識を用いて問題を解いている」というわけ

である. このような領域依存のルールは, 問題状況中の意味情報を内に含んでいるので, 現実との対応がとりやすく, 利用におけるコストも低い.

たとえば, 許可の状況であることが明白な事態で条件文推論を行なう時, わざわざ既知の許可スキーマを用いずに, 論理学に忠実な方法で問題を解くことが必ずしも合理的とは言えない. また, 認知発達についても話は同様であり, 素直に考えてみれば, おとなと子どもで最も異なっているのは知識の量とその質であろう. 我々は子どもに比べて, 途方もないほど多くの知識を持っている. これは疑い得ない事実である. だとしたならば, おとなと子どもの差, 子どもの間で見られる年齢差の第一の要因として, 知識の問題がもっと早くから扱われてもよかったのではないだろうか.

この時代に知識が注目を浴びたのは, 我々がスキーマあるいはフレームという知識の表現を手に入れたことと密接に関係する. スキーマは知識を変項とその間の関係によって表現する. したがってそれまでの概念研究のように知識が特徴リストの羅列ではなく, それらの間のつながりを含めたものとして表現可能になったのである. またスキーマは与えられていない情報を埋め合わせるためにデフォルト値を持っている. これによって我々の常識をある程度まで反映することが可能になっている. こうしたフレームワークにより, 問題解決はもちろん, 記憶, カテゴリー, 文章理解, 学習, 対人認知など多様な分野で研究が活性化した (Rumelhart, 1980).

言うまでもないことだが, 知識やスキーマを持っていればそれで研究が終りというわけではまったくない. 知識の構造, 利用における特性, その役割, 異なるソースから得られた知識の競合などの未解明の問題が山積しており, これらの問題について精力的に研究が進められた.

3.2.1 問題スキーマ

この時代の思考の研究で中心的であったのは, 学校での教科において用いられる問題を用いた問題解決研究であった. 特に, 算数・数学と物理の問題解決については非常に多くの研究がなされた. この2つの領域の問題は, パズルに比べてはるかに意味的に豊かな情報を含むが, ある程度まで使われる知識を特定することが可能である. この意味でこれらの領域は思考研究の次のターゲットとして適してい

た。これは基礎研究の応用という意味合いは全くなく、現実的な問題解決の理論化への第一歩としてなされたと考えられるべきである。

ここでの基本的な知見は、

- (1) 人は問題を理解し、問題表象 (problem representation) を構成すること、
 - (2) 問題表象の構成には領域固有の知識である問題スキーマ (problem schema) が重要な役割を果たすこと、
- の2つであった。1が示すことは、人間が問題状況のモデルを構成し、その意味をベースにして問題解決を行うということである。このことを安西は「意味敏感性」と呼んだ(安西, 1985)。2の問題スキーマはモデル構成の鍵となる知識であり、状況の中の重要な部分を取り込み、明示的に与えられていない情報を補い、それらの情報の総体を関係づけるという役割を持っている(鈴木, 1989)。

3.2.2 熟達者-初心者の比較

知識依存として認知過程を捉えるアプローチのもう一つの方向が、熟達者-初心者の比較研究であった。この研究は、そもそも素晴らしいパフォーマンスを示す人の心の仕組みを捉えたいということに加え、学習によって知識の組織化、構造化がいかに進むのかを知りたいという関心にも支えられていた。また、当時AIでは、大量の専門知識を組み込んだエキスパートシステムの構築が盛んであった。この時に熟達者の持つ知識を特定する必要もあり、熟達者-初心者研究は物理や数学だけではなく、医療診断などについても行われた。

ここでの基本的な知見は、

- (1) 熟達者は膨大な時間を費やして、課題に関連する膨大な量の知識を経験から獲得している、
- (2) 熟達者はこれらの知識を用いて、問題をパターン化し、前向きに推論する、
- (3) 熟達者の知識の構造化のされ方は初心者とは異なっている、

とまとめることができよう (Chi, Glaser, & Farr, 1988)。

1は何にもましてその領域で一定以上の経験をしないことには熟達者になれないこと、及びある領域の熟達者が自動的に別の領域の熟達者にもなれるわけではないことを示している。2は熟達者は何

ステップも先の推論を心的に素早く行っているのではなく、パターン化によってそうしたステップを縮減していることを示している。つまり、熟達者は深読みのできるいわゆる「頭のいい人」ではないということである。3は熟達者は獲得した知識が多いというだけではなく、知識が問題に対処しやすい形になっていることを示している。

このように人間は潜在的には適用範囲が広いはずであるが、利用が著しく困難な、硬直した形式的ルールを用いるのではなく、経験を通して得られた文脈情報、領域に固有な制約を組み込んだ知識をフルに活用することにより、より柔軟で、迅速な思考活動を行なっているのである。

4. 思考のダイナミズムへの First Step

4.1 知識依存アプローチの問題

知識が、そして領域に固有な知識が問題解決の鍵を握るというアプローチが突き進められていくと、それが持つ問題が浮き彫りになるとともに、次の研究課題も明らかになってきた。

第一の問題は、一体どこまで知識を書けばいいのかということである。人間は膨大な量の知識を持っており、さらにそれを日々更新している。きわめて限られた領域においてすら、そこに関する知識は膨大である。たとえば、MYCIN は血液感染症の診断エキスパートシステムとして有名であるが (Shortliffe, 1976)、このような限定された領域を扱うシステムにおいてすら、500程度もの知識(ルール)が必要となる。また、そもそも書くことがきわめて困難な類の知識(たとえば我々の常識)も存在する。こうしたことから予め必要な知識を用意しておくのではなく、学習によって獲得させれば良いのではないかというアプローチが出てくる。

第二の問題は領域固有性に関わるものである。知識依存アプローチの扱う知識は領域固有、さらに言えば問題タイプに固有であるため、少しタイプの異なる問題には別のスキーマやメンタルモデルが必要になってくる。これを突き詰めていくと、我々の知識は問題に固有、場面に固有と言うことになり、人間は既に経験したことに対してしか対処できないということになってしまう。これは理論的にも経験的に支持されない帰結である。人間は厳密な意味で同じ環境や問題に出会うことはない。現在の問題

は何らかの意味で過去の経験に似ているかもしれないが、完全に同じというわけではない。こうした環境で認知を行う主体が特定の経験に固有な知識しか獲得できないとしたならば、そもそも生存することができないであろう。人間は経験のないことに対してもある程度までの対処が可能でなければならないし、また実際にそうしている。では、それはいかにして可能なのだろうか。これは知識の転用の問題、つまり類推の研究へと発展していく。

第三の問題は、環境、世界と人間との関わりについてのものである。形式的アプローチにしる、知識依存アプローチにしる、基本的な前提は「世界の提供する無意味で、構造化されていない情報から、人間が計算によって表象を生成し、意味づけ、それに基づいて行為がなされる」というものであった。しかし、Gibsonらの考えによれば、外界が提供する情報はばらばらで無意味なものではなく、人間の適応的行動を促すような構造を持っているという(Gibson, 1979)。また、Suchmanらの状況認知派は、人間の行為は必ずしも事前に用意された表象に基づくものではなく、その場で利用可能な外界の情報を巧みに利用したものであることを指摘した(Suchman, 1987)。また、素朴に考えても、我々は道具を利用し、思考内容を発話、作図、文章化することにより外化し、他者とコミュニケーションをしながら生活している。こうした「外」との関係は、独我的な認知主体にとっては、さらに考慮すべきことが増えるという意味で障害にしかならないはずなのだが、実際には人間はこれらを抜きに認知を行うことが著しく困難な場合が少なくない。この問題は、認知科学者の関心を「頭の中」と「外」との関係の分析へとシフトさせることになる。

このような流れの中で80年代後半から一挙に研究が進められたのが、

- 知識の柔軟な利用と転移を扱う類推の研究、
- 学習、特に神経回路網に類似したアーキテクチャの中で知識の表現と獲得を扱うコネクショニストの研究、
- 及び図的推論、インタフェース、協同認知を含む外的資源の研究、

である。

4.2 類推

3節で述べたように、人間の知識はそれが獲得さ

れた場面に固有な情報を含んでいるという意味で、領域に固有、あるいは文脈に固有である。こうした融通のきかない知識をより柔軟に利用するための鍵となるのが類推(analogy)である。一般的に類推は、現在の問題状況(target)に類似した既知の知識(source)を写像することによる推論とされるが、本論文の文脈からすると、類推は「類似を用いた知識の拡張」ということができる。つまり、a, b, cという要素を含む問題事態がある時、これらと類似関係にあるa', b', c'という情報を含む知識を適用できれば、その知識はもともとそれが獲得された状況の束縛を離れることができる。この意味で、類推の研究は知識の文脈固有性に関わるパラドックスを解消させる可能性を持っている。

類推はもともと創造的な思考や関係性の認識の核となる心的活動であることから、認知発達及び知能研究などで取り上げられてきたが、1980年代中盤から認知科学における主要なトピックの一つになった。このきっかけを作り、それを推進したのは、Dedre GentnerのグループとKeith HolyoakとPaul Thagardのグループである。

まずGentnerは構造写像理論(structure mapping theory)を提出し、妥当な写像はsourceとtargetが共有する最大の構造(高階の関係)に関係することを明らかにした(Gentner, 1983)。この理論では、sourceとtargetはその構造を維持するように写像されねばならないし、sourceからtargetへ転写される要素はこの構造の要素でなければならないことを示している。彼女らのグループはその後、この理論を検証するために膨大な数の実験的研究を行うとともに、これに基づくコンピュータモデルを提案した(Falkenhainer, Forbus, & Gentner, 1989)。

一方Holyoakらは一連の心理学的研究から、人間における類推の可能性を探った。これらの研究から、人間の類推においては意味的類似やプラグマティックな要因が中心的な役割を果たしており、Gentnerが述べるような構造の一致だけでは説明できないことが明らかにした¹⁾(Gick & Holyoak, 1980, 1983; Holyoak & Koh, 1987)。

1) 彼らはプラグマティックな要因、Gentnerらの構造的要因、また意味的類似の要因を取り込んだ多重制約理論に基づく、写像、sourceの検索についてのコンピュータモデルを提案したが、このモデルについては4.3節で述べる。

またこれらの実験的研究とは別に、言語学分野でも我々の日常的な言語表現が比喩的、類推的な構造を抜きにしては成立しないことが Lakoff らの研究から明らかにされていた (Lakoff & Johnson, 1980)。彼はこの考察を拡張し、人間の概念の体系がそもそも比喩的構造を持っているという概念メタファー説を唱えた (Lakoff, 1993)。これは、我々がいわゆる分類学的なカテゴリー構造に基づく知識の転用だけではなく、比喩的特性を利用した知識の転用も可能であることを示したものと言える。

これらの研究に触発されて類似性や類推などについて膨大な数の研究が行われ、知識の転用におけるさまざまな条件が明らかにされた。1980年代の知見を簡単にまとめると、

- 人間の思考の中心的な部分に類似性の認識が深く関与していること、
- 人間が妥当な類推を行う場合には、source と target の共有する構造に基づいていること、
- 人間の類推は source と target の表層的な一致やプラグマティックな要因にも左右されること、となるだろう。

4.3 学習へのアプローチ：コネクショニズム

前述したように、我々の持つ知識をすべて書き尽くすことはきわめて困難である。こうしたことから、始めから必要な知識を準備しておくのではなく、学習によって獲得させればいいのかというアプローチが出てくる。1980年代中盤以降、人工知能の分野ではいくつもの学習メカニズムが提案された。記号主義の伝統の中では、知識コンパイル (Anderson, 1983)、SOAR (Newell, 1990)、説明に基づく学習 (Mitchell, Keller, & Kedar-Cabelli, 1986) などのようにある程度まで心理学実験によるサポートを得たものもある。

しかし、新たな認知科学の方向をはっきりと示したのは、コネクショニズムである (McClelland, Rumelhart, & the PDP Research Group, 1986)。従来の記号主義的アプローチでは、知識は明示的に記述された述語とその項として事前に与えられねばならない。また、その処理はルールとして表現されたプログラムが逐次的にデータを書き換えるというものである。確かに、これらの特徴はある場面ではきわめて有効であるが、すべてを事前に明示的な形で与えなければならないという要請はあまりに強過

ぎると言わざるを得ない。

コネクショニストのアプローチでは、隣接するノード間のローカルな相互作用と、それに応じたリンクの重みの調整が並列的になされることにより知識が獲得される。また獲得される知識はネットワーク全体に非明示的に分散されている。このように知識の表現と獲得を扱うことにより、入力情報に欠落やノイズがあっても、全体が崩壊せず、優雅な退行をする頑健なシステムを構築することが可能になる。こうした意味で、コネクショニストは全く新しい知識観と処理観を我々に提供したといえることができる。

コネクショニストは主に基礎的な心理過程のモデルとして採用されることが多かったが、Holyoak と Thagard らは類推における source の検索と画像を相互結合型のニューラルネットワークを用いてモデル化した (Holyoak & Thagard, 1989; Thagard, Holyoak, Nelson, & Gochfeld, 1990)。彼らのモデルでは、類推における構造的要因、意味的要因、プラグマティックな要因は制約として表現される。ネットワークの構成は基本的に source や target の述語の構造を反映したものとなっており、システム性に代表される記号処理的な枠組をも取り込んだものとなっている。そして、各制約がこのネットワークを通して、興奮性、抑制性の活性を伝播し合いあいながらソフトに充足される。このようなモデルにより妥当な類推が再現できるだけでなく、人間の類推の持つ特徴をうまく表現できることが明らかになった。その後、思考研究へのコネクショニストアプローチは Barnden and Holyoak (1994)、Holyoak and Barnden (1994) に見られるようにさまざまな形で展開を遂げた。

4.4 外への関心

図的推論、協同認知、インタフェース研究などの成果から、環境は我々の認知が依存し、利用する資源を提供しており、また人間はそれらと協調しながら合目的な活動を行なっていることが明らかになってきた (鈴木, 1995)。

図は問題解決にとってきわめて有効であるケースが多い。幾何の問題のように、図を使わず解くことはきわめて困難なタイプの問題すらある。文や命題に比べて、図が有効な理由は

- 必要な情報が視覚的にまとまって表現されるた

め、探索が行いやすいこと、

- 半ば自動的になされる知覚的推論が可能になること、

によるとされている (Larkin & Simon, 1987)。

従来の問題解決研究では、問題は一人で独力で解くことが求められてきた。しかし、一般社会における問題解決は複数の人間の協同によってなされることも多い。これらは協同による問題解決 (collaborative problem-solving) と呼ばれている。協同がいつでも生産的であるかどうかについては議論が分かれるが、いくつかの研究では、

- 他者が存在することにより、仮説の説明、吟味がなされやすい、
- 複数人間の間で役割の分担が生じる、
- 異なるバックグラウンドを持つ参加者がいることで、類推が生じやすくなる、

などから促進的な効果が報告されている (植田・岡田, 2000)。

これらの成果から、外的な資源と内的な資源との協調として認知を捉える方向がはっきりと見えてきた。

5. 思考のダイナミズム

前節で述べた 80 年代後半の研究が明らかにした方向性は、認知のダイナミズムである。認知 (むろん思考も) は作りつけのモジュールやルールだけでは説明され得ず、

- 領域固有の知識および利用のためのメカニズムなどの内的資源、
- 図、文章、他者、文化、社会などの外的な資源、
- 及びそれらの間の複雑な相互作用による創発現象として捉えられねばならない

ということではないだろうか (波多野・稲垣, 1997)。

ここでは、こうした方向を指向する研究として、生物学的アプローチに基づく研究、及び創造、発見を伴う思考研究の二つを取り上げる。

5.1 生物学的アプローチ

90 年代の認知科学において特記すべきことは、その生物学指向である。生物、特にその進化は事前に決められた中央制御メカニズムは存在しないにもかかわらず、局所的な相互作用を通して、適応的な機構 (その象徴は脳であろう) を生成する。こうした意味で、生物は創発とダイナミズムの象徴ともいえ

る。90 年代に入ると、このような生物の特性に触発された研究が盛んに行なわれるようになった。ここには、認知神経科学、進化心理学、コネクショニズムの 3 つが関わっている。

5.1.1 認知神経科学

90 年代には脳の機能画像技術の飛躍的な発展により、認知神経科学が認知科学の中心の一つを占めるようになった。この分野ではさまざまな認知活動と脳内部位のマッピングが中心的な課題の一つである。これらの探究を通して、心的機能と脳の領野の対応関係が明らかになってきた。思考に関することでいえば、ゴールが関与する目的的活動については前頭前皮質が中心的な役割を果たす可能性が指摘されている (澤口, 2000)。

しかし、認知神経科学のもう一つの知見は、上記と一見相反するよう見えるが、脳の持つ著しい可塑性、ダイナミズムである。従来から、シナプスの長期増強、長期抑圧は神経系の可塑性を示す基本的な証拠として挙げられてきたが、この時代の知見は特定領野内に留まらない。たとえば、視覚障害者が点字を読む時に一次視覚野が活性化されること、道具の使用によるサル視覚受容野の拡大 (入来, 2000)、幻肢においてなくなった手足の感覚受容野への隣接部位からの信号の伝達 (Ramachandran & Blakeslee, 1998) などは、成熟した脳においても著しい可塑性が存在することを示している。

また、脳にはさまざま部位間で双方向結合が見られ、複雑な相互作用システムとなっている。たとえば、イメージの生成においては視覚経路が逆向きに用いられている (Kosslyn, 1996)。また、対象の認知もさまざまな視覚領野間での相互作用のみならず、視覚イメージを司る高次の記憶中枢との相互作用により成立している。さらに、神経結合はきわめて冗長であり、隣接部位への伝達が潜在的には可能な状態になっているらしい。こうした冗長な結合は正常な場合には抑制されるが、支配的な結合に何らかの異常な状態が生じると抑制が解かれ、幻肢などの異常な状態が作り出されるという (Ramachandran & Blakeslee, 1998)。

これらの知見は、モジュールや機能の局在を認めつつも、その相互作用が認知の解明にとってきわめて重要な意味を持つことを示している。

5.1.2 進化的アプローチ

もう一つの流れは、進化心理学である。進化心理学は、現在の人間の認識のメカニズムは、人間が生存してきた環境におけるさまざまな適応問題の解決に適した形に進化した結果であることを主張する。また、進化的アプローチはゲーム理論とも結びつき、人間の社会行動における戦略がどのような仕組みで生成されるのかを明らかにしつつある。進化心理学は、人間がその認識を進化させる環境に対してきわめて重要な意味を与えるという意味で、4.4節で述べた外への関心を体現している。また、適応問題の個別性を認めるという意味で、3.2節で述べた知識の領域固有性をも、基本的前提としている。

思考の研究としては、Cosmidesが4枚カード問題を進化的に再検討した研究は進化心理学研究の出発点となった(Cosmides, 1989)。集団生活を行なう動物(むろん人間もそうである)は、獲物の分配などの援助的利他行動を少なからず行なう。こうした行動は遺伝子淘汰の観点から見て合理的であるが、もし援助を受けるだけで、他者に対しては援助を行なわない裏切りものがあった場合には適応的ではない。したがって、集団生活を行なう人間には、この裏切りものを検知するためのモジュールが進化的に獲得されているという。彼女は社会的交換の文脈を加えた4枚カード問題とそれ以外の形式の4枚カード問題のパフォーマンスの比較を通して、この仮説を検討している。

またGigerenzerは理解困難なことで名高いBayes推論における情報を確率ではなく、生物が自らの経験を自然にコード化するフォーマットと考えられる頻度で表現することで、著しく正答率が向上することを明らかにした(Gigerenzer & Hoffrage, 1995)。彼はこうした生態学的な合理性の観点から人間の推論、思考を捉え直すプロジェクトABC(Adaptive Behavior and Cognition)を進め、適応的思考についての研究を勢力的に進めている(たとえばGigerenzer, Todd, and the ABC Research Group (1999))。

5.1.3 コネクショニズムの展開

認知科学の生物指向のもう一つの契機は、コネクショニズムがより複雑な現象のモデルとしても利用され、いわば認知科学の標準的方法の一つになってきたことが挙げられよう。コネクショニズムにおい

ては、当初は限定された状況における刺激の弁別という場面で用いられることが多く、また構造が固定した単一のネットワークにひたすら事例を与えてリンクの重みを調整するというタイプの研究が多かった。しかし、90年代に入ると短期記憶に相当するノード群を持ち、時系列的な情報を扱うことが可能な recurrent network、学習によりネットワークの構造を変化させる構成的アルゴリズム、複数のネットワークの出力を調整する gating network などが提案され、より柔軟で、複雑な処理をモデル化するための拡張がなされてきた。

こうした動向の中で思考、特にその発達においてきわめて大きな影響を与えたのが Elman らの“Rethinking Innateness”である(Elman, Bates, Johnson, Karmiloff-Smith, Parisi, & Plunkett, 1995)。彼らは、5.1.1節で述べた、神経系の可塑性についての知見をベースに、前述の拡張されたコネクショニストのモデルが、時系列的な情報の処理や、発達などの長期に及ぶ変化に適用可能であることを示した。また、従来生得的であると考えられていた認知機能が、ネットワークの学習によって達成可能であることをきわめて説得的に論じている。このアプローチは表象(知識)レベルの生得性に対しては全く否定的であり、認知モジュールの生得性を主張する多くの発達研究、及び進化心理学に見られる表象レベルのモジュール化傾向と鋭い対比をなしている。

5.2 創造的な思考へのアプローチ

第二の方向としては、創造的、発見的思考へのアプローチが挙げられる。これらは類推の研究、洞察研究、科学的推論の研究に大きく分けることが出来るよう。

5.2.1 類推研究の展開

4.2節で取り上げた類推研究では、構造が所与であるという特徴があった。しかし、構造はいつでも利用可能なものではないし、客観的に規定できるものでもない。こうしたことから、90年代になると構造生成のメカニズムを含んだ類推のモデルが提案されるようになってきた。

Gentner らのグループは、2つの対象(source と target)が比較されると、各々の中で同じ役割を果たすもの同士が整列され、それによって共有構造が

生成される構造整列 (structural alignment) というアイデアを提案している (Markman & Gentner, 1993) . この研究が以前のそれと異なるのは、どちらか一方が持っている構造を当てはめるのではなく、比較という過程を通して構造が創発されるという点である .

また、Hofstadterらのグループの copycat という類推のモデルでは、局所的な認識を支える codelet という agent が、階層的に組織化された概念ネットワークを用いて、相互作用しあいながら構造を生成する . 生成される構造は評価され、その値によってシステムの温度が変化し、codelet の適用の範囲が広がったり、狭まったりする . Hofstadter らはこの理論によって、単純な四項類推課題における人間のパフォーマンスをその分散まで含めた形で説明可能であることを示した (Hofstadter, 1995) .

5.2.2 洞察

洞察は人間の最も創造的な認知の現れの一つと考えることができる . この現象は Gestalt 心理学者たちによって集中的に研究されたが、方法論的問題、現象の再現性の問題などから、その後の行動主義、認知心理学の中ではマイナーなトピックでしかなかった . しかし 90 年代にはいと、洞察を含む創造的問題解決の研究が一挙に開花し、まとまった本が何冊も出版されるようになった (Finke, Ward, & Smith, 1992; Smith, Ward, & Finke, 1995; Sternberg & Davidson, 1995) .

洞察研究において成功を収めているのは、制約論的なアプローチである . 洞察問題解決の初期に見られるインパスについては、研究の当初からある種の心的な制約が関与していることが指摘されていた . しかしながら、制約が問題に固有な形で記述される限り、これは問題の難しい部分を制約と言い替えたに過ぎない . 関・鈴木 (1998) の制約の動的緩和理論は問題表象の基本的な構成要素である対象、関係、ゴールに対応した 3 つの制約を仮定し、制約論アプローチを洞察問題解決一般に拡張した . この理論では、インパスはこれらの制約が協調して不適切な問題表象を構成することにより生み出されるとされる . しかし、失敗を重ねるにしたがい、制約の働きが徐々に弱まり、各制約を逸脱した試行が非線形に増加し、ある時点で各制約からの逸脱が特定の形で生じた時に洞察が生み出されるとする . Jimura,

Komazaki, Matsuoka, and Nakagawa (2000) は、これと同様の理論にカオスニューラルネットのメカニズムを加えたモデルにより、洞察を必要とする漢字の記憶検索のモデル化を行なっている .

5.2.3 科学的推論

上に挙げた洞察研究がパズル的問題を扱うのに対して、科学的な発見は実世界における、人類にとって価値ある問題を扱う . 安西 (1991) は科学的発見の研究には実世界における発見の現象をよく見つける必要があると指摘しているが、90 年代の研究はまさに彼の指摘した道を歩んだと言えよう .

Dunbar は分子生物学で国際的に評価の高い 4 つの研究室に一年間密着し、ミーティングの記録やインタビューを通して、現実の科学的な発見の過程についての on-line な分析を行なった . その結果、いくつかの重要な知見が導き出された . 第一に類推が仮説生成に頻繁に用いられること、そしてこれらの類推は cross-domain なものではなく、当該領域内の別の事例を用いたものであること、第二に科学者たちは思考研究で繰り返し確認されてきた確証バイアスに因われず、仮説と矛盾する現象を説明するための方略を持っていること、第三にグループのメンバー間で頻繁に情報のやりとりが行なわれ、推論が分散していること、である (Dunbar, 1995) .

また、植田は研究・開発の現場における創造的推論過程をインタビュー及び研究日誌を基にして分析した (植田, 2000) . 得られた知見は多いが類推に絞って言えば、Dunbar 同様かけはなれた領域間の類推はほとんど見られず、

- (1) 観察された類推の大半はカテゴリー (既存の、あるいは新規な) を利用したものであること、
- (2) 類推単独では科学者の発見を説明出来ないこと、

という知見は重要である . というのは、大半の類推理論の中には、類推は非常に隔たった領域間での知識の相互利用を可能にするものという前提が存在し、それを可能にするため理論的に妥当でないメカニズムを組み込んだものが多いからである . また、2 について言えば、カテゴリー (抽象化) を用いた他の推論 (演繹や帰納的投射) と類推とを統合する理論の可能性を示唆している (鈴木, 1996) .

6. さらなる発展のための課題

このように思考を内的資源、外的環境(あるいは資源)との間のダイナミックな相互作用の過程として捉える観点からすると、従来の認知科学、認知心理学で用いられてきた方法や実験のパラダイムの問題点も浮かび上がってくる。

第一に、心理学実験ではある心理過程に及ぼす要因の特定が最も基本となる。典型的な実験パラダイムは、ある要因 x が必要とされる刺激とそうでない刺激を用いて(あるいはその要因を使う被験者群とそうでない被験者群)、両刺激間(あるいは両群間)でのパフォーマンスの差を比較するというものである。こうしたタイプの研究の重要性はむしろ否定されるべくもない。しかし、人間を扱う研究の場合、たいていは二つの群の間にオーバーラップが存在する。つまり、要因 x があるのにない条件と同じ場合や、その逆に要因 x が存在しないのにそれがある時と同じような結果が得られる場合がある。これらはある時には誤差、別の時には実験的統制がとれていない証拠とされ、光を当てられることがなかった。

しかし、ダイナミズムの観点からすれば、こうした逸脱、あるいは分散も重要な意味を持つ。なぜなら、人間が行なう処理は単一の回路や手順だけでなく、それと並列的に働く別の回路や手順によっても実行可能な場合が多いからである。この意味で認知機構は重奏的であり、冗長である(Elman et al., 1995; 佐々木, 1994)。期待したものは別のタイプの反応や、さまざまな反応パターンの分布の分析は、思考のダイナミズムを探るための第一歩となるはずである。

第二に、長期の研究の必要性が挙げられる。学習というまでもなく時間が関わる現象である。ダイナミズムの観点から重要なことは、readiness あるいは敏感期の存在である。ある手がかりや教示ははじめから有効なのではなく、一定程度の経験を経てはじめて利用可能になることが多い。従来の転移についての研究は、人間がいかに転移が下手かを繰り返して示してきたが、これらの研究のほとんどはこの時間性を無視したものとなっている。従来は、通常30分以内、長くても10時間程度の学習で習得できるような知識や技能を扱ってきた。ここでは、知識や技能が蓄積され、自己創発的な組織化が始まる前に、学習が終わってしまっているのである。こうした

場面では、人は愚かであるし、言われたことをよく吟味もしない、というかする必要がない(実験室を出ればそれで終わりだから)。教えられると「じゃあそうやればいいんですね」という次第で、数週間後にテストすれば、あるいは例題と少しでも異なるテストを行なえば、全滅である。学習者が一定以上の経験を蓄積し、それらが内部のダイナミクスにより相互作用する時期までをも含めた、より長期の学習の研究が必要になるだろう。

第三に、設計の概念の転換である。認知科学の重要な構成メンバーである人工知能研究者は設計という概念を持ち込むことにより、知性の研究にきわめて重要な貢献をしたことは疑い得ない。しかし、目標から始まり、概念設計を行い、基本設計、詳細設計へと至る伝統的な設計では、その目標に特化したモデルしか構成し得ない。その意味で、いわゆる古典的な設計の考えは、ダイナミズムにはマッチしない。部品としてのモジュールから、自律的なエージェントの局所的相互作用、及び外界との開かれた相互作用による創発的な現象として認知を捉えようとするアプローチが必要になる。こうした動向は既に一部の multiagent system や、進化計算のアプローチには見られるが、これらを思考の研究の中に取り込んでいくことが必要であろう。またこうしたアプローチでは agent の内的機構に加え、それらが相互作用、進化する環境がきわめて重要であり、その分析も必要となるだろう(岡ノ谷, 2001)。

最後になるが、日本の認知科学会における思考研究について述べてみたい。私は日本の研究は決して未成熟とも、遅れているとも思わない。逆に、世界の認知研究に貢献できる可能性はいいよ高まってきたと思う。ここ数年の『認知科学』の特集号だけを見ても、開の編集による「表象変化のメカニズム」(5巻2号)、植田が編集した「複雑系科学の観点から見た知能の創発」(6巻1号)、佐伯・山岸の編集による「ゲームと社会的相互交渉」(6巻2号)、大森・澤口による「シンボル使用の比較脳科学」(7巻3号)には、5節で述べた思考のダイナミズムの方向を切り開く可能性を秘めた論文がいくつも収録されている。また、ダイナミズムの観点は、欧米の思想界を支配してきた、単一の超越論的な理性による人間像に対する強烈なアンチテーゼでもある。もの、人の相互作用からなる場の創発的な性質を強調する日本的な思考方法はダイナミズムとの親

和性が高いとも言える。行なうべきことは、これらを厳密な実証科学の文脈の中で語り、洗練させていくことではないだろうか。

謝 辞

本論文の執筆に当たって、東京大学の植田一博さんから示唆に富み、かつ詳細なコメントを頂いた。また、本巻のゲストエディタである東京大学の市川伸一さん、査読者の方から有益なコメントを頂いた。

文 献

- Anderson, J. R. (1983). *The Architecture of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- 安西 祐一郎 (1985). 『問題解決の心理学』. 中央公論社.
- 安西 祐一郎 (1991). 認知科学における学習モデルの研究. 『認知科学の発展』, 4, 1 – 22.
- Barnden, J. A. & Holyoak, K. J. (1994). *Advances in Connectionist and Neural Computation Theory: Analogy, Metaphor, and Reminding*. Norwood, NJ: Ablex.
- Carey, S. (1985). *Conceptual Change in Childhood*. Cambridge, MA: MIT Press. 小嶋 康次他 (訳) (1994) 『子どもは小さな科学者か』 ミネルバ書房.
- Cheng, P. W. & Holyoak, K. J. (1985). Pragmatic reasoning schemas. *Cognitive Psychology*, **17**, 391 – 416.
- Chi, M. T.H., Glaser, R., & Farr, M.J. (1988). *The Nature of Expertise*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cosmides, L. (1989). The logic of social exchange: Has natural selection shaped how humans reason? Studies with the Wason selection task. *Cognition*, **31**, 187 – 276.
- Dunbar, K. (1995). How scientists really reason: Scientific reasoning in real-world laboratories. In R.J. Sternberg & J.E. Davidson (Eds.), *The Nature of Insight*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Elman, J. L., Bates, E. A., Johnson, M. H., Karmiloff-Smith, A., Parisi, D., & Plunkett, K. (1995). *Rethinking Innateness: A Connectionist Perspective on Development*. Cambridge, MA: MIT Press. 乾 敏郎 他 (訳) 「認知発達の生得性：心はどこから来るのか」.
- Falkenhainer, B., Forbus, K. D., & Gentner, D. (1989). Structure mapping engine: Algorithm and examples. *Artificial Intelligence*, **41**, 1 – 63.
- Finke, R. A., Ward, T. B., & Smith, S. M. (1992). *Creative Cognition: Theory, Research, and Applications*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Gelman, R. (1978). Cognitive Development. *Annual Review of Psychology*, **29**, 297 – 332.
- Gentner, D. (1983). Structure-mapping: Theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, **7** (2), 155 – 170.
- Gibson, J. J. (1979). *The Ecological Approaches to Visual Perception*. Boston, MA: Houghton Mifflin Company. (古崎 敬他 (訳) (1985) 生態学的視覚論. サイエンス社).
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, **12**, 306 – 355.
- Gick, M. L. & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, **14**, 1 – 38.
- Gigerenzer, G. & Hoffrage, U. (1995). How to improve Bayesian reasoning without instruction: Frequency formats. *Psychological Review*, **102**, 684 – 704.
- Gigerenzer, G., Todd, P. M., & the ABC Research Group, (1999). *Simple Heuristics that Makes us Smart*. New York: Oxford University Press.
- Griggs, R. A. & Cox, J. R. (1982). The elusive thematic-materials effect in Wason's selection task. *British Journal of Psychology*, **73**, 407 – 420.
- 波多野 誼余夫・稲垣 佳世子 (1997). 領域と制約. 『児童心理学の進歩』, **36**, 222 – 246.
- 開 一夫・鈴木 宏昭 (1998). 表象変化の動的緩和理論. 『認知科学』, **5**, 69 – 79.
- Hofstadter, D. (1995). *Fluid Concepts and Creative Analogies: Computer Models of the Fundamental Mechanisms of Thought*. New York: Basic Books.
- Holyoak, K.J. & Barnden, J.A. (1994). *Advances in Connectionist and Neural Computation Theory: Analogical Connection*. Norwood, NJ: Ablex.
- Holyoak, K.J. & Koh, K. (1987). Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, **15**, 332 – 340.
- Holyoak, K. J. & Thagard, P. (1989). Analogical mapping by constraint satisfaction. *Cognitive*

- Science*, **13**, 295 – 355.
- 入来 篤史 (2000). ニホンザル道具使用の脳内機構：シンボル操作の起源に挑む。『認知科学』, **7**, 195 – 201.
- Jimura, K., Komazaki, H., Matsuoka, T., & Nakagawa, M. (2000). A dynamical model of insightful memory retrieval. *Proceedings of the Twenty-Second Annual Conference of the Cognitive Science Society*, 711 – 716. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models*. Cambridge, MA: Cambridge University Press. (海保 博之 (監訳) (1988) 『メンタルモデル』 産業図書).
- Kosslyn, S. (1996). *Image and Brain*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lakoff, G. (1993). The contemporary theory of metaphor. In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and Thought (Second Edition)*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lakoff, G. & Johnson, M. (1980). *Metaphors We Live by*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Larkin, J. H. & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, **11**, 65–99.
- Markman, A. B. & Gentner, D. (1993). Structural alignment during similarity comparisons. *Cognitive Psychology*, **25**, 431–467.
- McClelland, J. L., Rumelhart, D. E., & the PDP Research Group, (1986). *Parallel Distributed Processing, Vol. 1, 2*. Cambridge, MA: MIT Press. 甘利俊一 (監訳) 『PDP モデル：認知科学とニューロン回路網の探索』 (産業図書) .
- Mitchell, T. M., Keller, R., & Kedar-Cabelli, S. (1986). Explanation-based generalization: A unifying view. *Machine Learning*, **1**, 47–80.
- Newell, A. (1990). *Unified Theories of Cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Newell, A. & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving*. Prentice Hall.
- 岡ノ谷 一夫 (2001). 動物の心はいかに科学の対象となったか。『人工知能学会誌』, **16**.
- Piaget, J. (1952). *La Psychologie de L'Intelligence*. Paris: Librairie Armand Colin. (波多野他 (訳) 『知能の心理学』 . みすず書房, 1967).
- Ramachandran, V. S. & Blakeslee, S. (1998). *Phantoms in the Brain: Probing the Mysteries of the Human Mind*. New York: William Morrow. 山下篤子 (訳) 『脳の中の幽霊』 角川書店, 1999.
- Rumelhart, D. E. (1980). Schemata: The building blocks of cognition. In R. J. S. et al. (Ed.), *Theoretical Issues in Reading Comprehension*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- 佐々木 正人 (1994). 『アフォーダンス—新しい認知の理論』 岩波書店.
- 澤口 俊之 (2000). シンボル操作の脳研究：ニューロンレベルの研究を中心にして。『認知科学』, **7**, 189 – 194.
- Shortliffe, E. H. (1976). *Computer-Based Medical Consultations: MYCIN*. New York: Elsevier.
- Simon, D. & Simon, H. A. (1978). Individual differences in solving physics problems. In R. S. Siegler (Ed.), *Children's Thinking: What Develops?* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Smith, S. M., Ward, T. B., & Finke, R. A. (1995). *The Creative Cognition Approach*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Sternberg, R. J. & Davidson, J. E. (1995). *The Nature of Insight*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and Situated Actions: The Problem of Human-Machine Communication*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- 鈴木 宏昭 (1989). 算数・数学の理解. 鈴木 宏昭他 (編), 『教科理解の認知心理学』. 新曜社.
- 鈴木 宏昭 (1995). 特集—認知における内的、外的資源」編集にあたって。『日本認知科学会』, **2**, 3 – 6.
- 鈴木 宏昭 (1996). 『類似と思考』. 共立出版.
- Sweller, J. & Levine, M. (1982). Effects of goal-specificity on means-ends analysis and learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **8**, 463 – 374.
- Thagard, P., Holyoak, K. J., Nelson, G., & Gochfeld, D. (1990). Analog retrieval by constraint satisfaction. *Artificial Intelligence*, **46**, 259–310.
- Wellman, H. M. & Gelman, S. A. (1992). Cognitive development: Foundational theories of core domains. *Annual Review of Psychology*, **43**, 337 – 375.
- 植田 一博 (2000). 科学者の類推による発見。『人工知能学会誌』, **15**, 609 – 617.
- 植田 一博・岡田 猛 (2000). 『協同の知を探る：創造的コラボレーションの認知科学』. 共立出版.

(2001年5月15日受付)
(1997年?月?日採録)



鈴木 宏昭 (正会員)

1958年生。1987年東京大学大学院 教育学研究科 学校教育学専攻 単位取得退学。その後、学術振興会特別研究員、東京工業大学助手、Edinburgh大学客員研究員を経て、1993年に青山学院大学文学部専任講師となり、現在、同助教授。博士(教育学)。類推、類似判断、インタフェース、洞察、認知発達の研究を行ってきた。21世紀になったからというわけではないが、宗旨替えをした。認知を open system と捉え、そのダイナミズムとフレキシビリティを明らかにしたいと考えている。著書に、「類似と思考」(共立出版)、「説明と類推による学習(認知心理学5「学習と発達」, 所収)」(東大出版会)など。日本心理学会, 人工知能学会, 日本教育心理学会, Cognitive Science Society 会員。