

問題解決支援における制約がもたらす知識の道具性

筑波大学大学院(博)心理学研究科 荷方 邦夫

筑波大学心理学系 海保 博之

Knowledge as a tool by constraints in supporting problem solving

Kunio Nikata and Hiroyuki Kaiho (*Institute of Psychology, University of Tsukuba, Tsukuba 305-8572, Japan*)

This paper aims at clarifying what kinds of knowledge status can support problem solving. After reviewing research on problem solving, we proposed the concept and pointed out the 3 factors required to change internal knowledge into "knowledge as a tool". (1) Relevant knowledge and constraints should be explicitly represented. (2) Relevant knowledge and constraints can be operatable, internally and externally. (3) Contents which acts as constraints should be familiar to the solvers. With these considerations, we examined the utility of the concept in the area of analogical problem solving.

Key words: problem solving, knowledge, constraint, knowledge as a tool, representation.

はじめに

1960年代以降の認知科学研究の発展とともに、思考や問題解決過程について多くの知見が見い出され、その研究領域は目覚ましい発展を遂げている。これに伴い様々な解決過程のモデルと、解決を支援する方策が提案されているが、解決過程の研究の発展とは裏腹に、いまだ現実場面での実効性をもつ解決支援は少ないのが現状である。本稿では、これまでの問題解決研究を概観しながら、その問題点と限界を明らかにし、さらなる支援に向けての理論と方策についての考察を行う。

1. 問題解決の過程に関するこれまでのアプローチとその限界

1.1. 情報处理的アプローチ

認知科学は当初、人間をコンピューターのようなシステムと考え、認知行動はプログラムによる演算のようなものとみなした。このような前提によって認知行動を説明する立場を情報处理的アプローチと

いう。情報处理的アプローチは、問題解決について、問題空間のなかで、初期状態から目標状態へ至るすべての可能な経路の中から最適な解決経路を検索・発見することと定義してきた(Holyoak,1995)。

この定義に沿う初期の問題解決研究では、ハノイの塔課題(Hayes & Simon, 1976)、推論課題(4枚カード問題:Wason, 1966;ホビットとオークの課題:Jeffries, Polson, Razran & Atwood, 1977)などに代表される「構造化された課題」が用いられた。

構造化された課題は、初期状態と目標状態、そして解決に必要な操作子をはっきりしている。このため目標状態に至る過程は問題空間の範囲で限定的に見通すことができ、したがって形式的には容易に解くことができる。特にコンピューターのようにあらゆる条件を悉皆的に高速処理する道具が存在する場合、課題は正確かつ迅速に遂行される。

このような形式的かつ確実な問題解決ルールをアルゴリズム的处理とよび、情報处理的アプローチではこのアルゴリズムを人間の思考のモデルとした。もし人間の問題解決行動が最初に設定されたモデルに入らない場合は、さらにサブルーチンを設定して

プログラムに組み込むことによって対応した。

情報処理的アプローチは、人間の思考・問題解決過程をモデル化し、その支援のために有効な方法として強く支持されてきた。しかしこのアプローチでは問題表象を人間の内的過程のなかで処理することを前提とし、人間の外部への働きかけや外部との相互作用などの状況的な要素などは軽視する傾向にあった。

1.2. 内容依存的・実用的アプローチ

1970年代以降、形式的な情報処理的アプローチによる研究の発展にもかかわらず、実際の人間の思考活動は、このアプローチでは完全に説明できないという指摘が次々となされた。

その指摘の一つに、人間の問題解決は、常に抽象的な形式ルールに沿っているとは限らないということがある。そこでより人間の認知過程に沿うモデルの構築が必要となった。その一つの解答が、内容依存的・実用的アプローチによるものである。

Wason & Shapiro(1971)や Johnson-Laird, Legrenzi, & Legrenzi(1972)は、4枚カード問題(Wason, 1966)と呼ばれる推論課題について、課題に具体的な主題を与えることによってその遂行の向上が可能であることを発見した(主題材料効果)。この発見から彼らは、人間の思考は課題に内在する具体的な状況に依存しているとして、思考の領域固有性を主張した。また Griggs & Cox(1982)は、具体的な要素がこれまでの経験として知っていることの必要性を主張した(記憶手がかり説)。これらを基礎として Cheng & Holyoak(1985)はさらに、推論における抽象的な解決ルールが、具体的な課題のなかにスキーマとして埋め込まれており、状況とともに生起するという実用的推論スキーマを提案した。

これらの研究結果は、人間の思考が課題内容から離れた形式的なものではないことを明らかにした。彼らは一つの課題を解決する場合に、その内容のみに成立する一つもしくは少数の課題解決プロセスが生起することを指摘している。この場合作られる問題空間は、情報処理的アプローチが考えたような、悉皆的にとり得る全てのプロセスを列挙するタイプの問題空間より小さな範囲に限定される。その結果、格段に迅速かつ容易な解決を行うことが可能となる。

内容依存的・実用的アプローチは、課題の持つ内容や課題そのものが解決に影響を与える制約として存在すると考えることによって、問題解決に大きな進歩を与えた。しかし制約がどのように内部で処理され、内的な知識とどのように関わりを持っている

かについて、多くを明らかにすることはできなかった。

1.3. 状況論的アプローチ

1980年代以降、日常的な状況において発揮される人間の有能性が様々な領域で報告されてきた。大型船の操舵に従事する船員たちの行動に関する Hutchins(1988)の研究や、路上で販売を行うストリート・チルドレンの算数能力に関する研究(Carraher, Carraher & Schliemann, 1985)などは、これまでの形式論的な問題解決とはかなり違った形で問題の解決がなされていることを明らかにしてきている。

ここでは、人間の思考が行動から分離された心的事象ではなく、社会的シンボルや物質的リソースを含んだ「環境」における具体的活動を基づいて行われていることを示している。人間の認知行動と外的状況を、それぞれ独立した要素としてではなく、統合的に見ていることが、このアプローチの特徴である。例えば、Harman(1986)は演繹についてのこれまでの形式論的アプローチと実用的アプローチに対して、形式的スキーマが人間の知識のベースであることを認めながら、知識経験や信念のような経験主義的なものが強力な影響力を与えると指摘している。また Falmagne(1995)は、実用的推論スキーマのような領域依存的なアプローチについて、それらが思考における状況の役割について注目を向けているにもかかわらず、それが極めて限られたスキーマに限定されるか、あるいは状況の文脈から分離されたことによって、外的な制約のもつ豊かな効果を結果的に見落としていると批判している。

また Lave(1988)は、それまでのアプローチが前提としていた視点、すなわち状況は特定固有のもので、可変性があり、理論化できないが、人々が認知的に持っているものは、不変であり、一定で、理論化できるという見解に反論した。彼はスーパーマーケットでの人間の購買行動における計算能力などの観察から、知識が内的に、あるいは外的制約の補助をともなって生成・利用されるのではなく、外的制約そのものが内的知識を構成すると考えている。

2. 内的知識と外的制約

人間の思考や問題解決は、必ずしも形式的・汎用的な方法でなされているわけではない。ある場合には、領域固有な状況にのみ存在する制約や知識の利用を必要とし、またある場合には、人間の内的プロセスではない外的な状況そのものが制約として利用されている。それでは、このような領域固有な制約

や外的制約は、我々の認知行動のなかで、既に獲得している知識とどのような形で機能しているのだろうか。

これまでの問題解決研究において、既得の知識は、学習によって獲得され、その獲得後は必要に応じて検索される限り、有効に利用されると考えられてきた。このことに関しては、形式的アプローチと実用論的アプローチに大きな差は見られない。

例えば Larkin & Simon (1987) は、理科の問題解決に図を用い、本来ならば解決ルールとして内的に処理すべき情報を外化することによって、問題解決成績が著しく向上することを見いだしている。これは、制約の外的提示が解決の内的処理の量を減らし、解決を容易にするという意味で、内的な認知処理の補助としてとらえている。すなわち外的制約は、内的制約である知識が外化したものである。内的に処理すべき資源が外化されることによって分散処理が促され、結果、処理量が節約されて解決を支援していると考えられている。この際、外化された知識はあくまで内的知識の性質を保存しており、質的な変化は起こっていないという意味で、補助的な役割であるとみることができよう。

しかし、近年、外的制約が思考や問題解決における認知行動を単に補助するだけではなく、それ自体が認知行動を変えようという見方が現れている。Zhang & Norman (1994) は、ハノイの塔課題を分析し、問題空間全体を構造的に表示した。彼らは課題が持つ表象として、「問題空間の構造の表象」、「解決ルールの表象」、名義的・順序的属性のレベルに位置する「次元の表象」、物体そのものの「対象のレベルの表象」の4つのレベルに分けた。さらに、それらの表象が内的に示されるか、あるいは外的に表示されるかについても、異なる表象を形成する要素として分けている。彼らはこの中でルールや次元の属性の表象を外的に表示すると、問題解決者はその表象から問題を構造的に構成し、解決に促進的影響を見せることを発見した。

彼らは、解決ルールの表象と次元の表象の異なりが影響を与える例を以下のようにあげた。3枚の大小の異なるディスクを移動させるハノイの塔課題は、小さいディスクがより大きいディスクの上におかれてはならないというルールが存在する。このルールは解決者にとって内的に保存され、解決の際に頻繁に取り出して考慮しなければならないので、処理に負担がかかる。しかしこのディスクという次元の表象を、コーヒーの入った3つの大小の異なるコーヒーカップに変更して解くと、ルールの表象が大きく変化する。この場合小さいカップを大きい

カップの上に置くと、中のコーヒーがこぼれてしまうために、解決者は決して置こうとはしない。したがって解決者は内的に保存しなければならなかったルールの一つを必要としなくなり、問題解決は著しく容易になるのである。

この、「コーヒーがこぼれるので、大きなカップの上に小さなカップは置けない」というルールは、知識として我々の日常の活動の中で既に構成されており、コーヒカップの形状や機能もつ内容は、外的な制約として内的な知識を起動する。さらに解決者はこのルールを常識として自明のものと処理するため、構造を同じくする同形課題は、もとの課題とは大きく異なった形で解決される結果となるのである。このように外的な制約は、知識をベースにした思考の内的処理の補助として影響を与えるのではなく、むしろ外的制約が内的知識そのものを変容させ、有効な解決を与えるものとして考えるべきではないと思われる。

従来は思考研究は内的な知識を外的な制約の効果とは別に考えてきたが、むしろ Lave や Falmagne が主張するように相互作用的に考える必要があるものと考えられる。思考や問題解決において人間の内的な知識表象はそれだけでも解決に十分な存在となりうるが、それが問題空間全体ではない。問題空間を含んで、人間の認知を構成する知識表象空間全体は、内外にわたって構成される分散的認知空間と考えるべきである。

3. 制約と「知識の道具性」の運用

人間の内外に存在する知識や制約を使用して、実際の思考や問題解決は実行されるが、それではどのような知識や制約が思考や解決に促進的な影響を与えるか、以下に論じる。

情報处理的アプローチや実用的アプローチにおいて、学習されたあらゆる知識、それが検索されて使用される限りあたかも等しく有効なものと考えてきた。どちらのアプローチにおいても、学習する知識の質的な内容には違いがあるにせよ、必要となる知識を学習し、検索できれば解決成績は向上できるという前提にたっている。しかし状況論アプローチをはじめとする近年の認知研究は、「知っていれば使える」という知識観に懐疑的な指摘を与え始めている。その代表的なものが、初心者と熟達者による問題解決行動の違いである(安西, 1985; Chi, Feltovich & Glaser, 1981)。

初心者と熟達者の違いのなかで、もっとも重要なのは、学習している知識そのものの違いではなく、

その知識の構造の違いである(川口, 1994)。熟達者は課題に対して反復して取り組み, 成功や失敗などから, 解決のために優れた知識を構成しているのである。

三宅・波多野(1991)は熟達者の認知活動が, 世界ないしその一部である手続きの対象がどのように作動するかについての頭の中のモデルに基づいていると想定している。このモデルの持つ制約は手続きを柔軟に修正したり, 新しい手続きを案出したり, それがなぜ上手くいくかを説明したりできる。これがいわゆる対象の動かせるメンタルモデル, あるいは概念的知識であり, これを獲得して初めて状況の変動を越えて問題を解決しうる知識になると指摘している。そしてこのようなメンタルモデルは, 内的に存在するのではなく, 内外に分散したモデルと考えるべきである(大西, 1995)。

熟達者における, 対象の動かせるメンタルモデルは, 動かせる状態で学習されるのではなく, 内的知識と外的な制約との相互作用のなかで生成される。

「操作しやすい表象」・「領域に固有な実用的手ごかり」・「効果的な制約」がそれぞれ機能することによって, それはあたかも使いなれた「道具」のように思考や問題解決を支援する。

例えば, 定規はその形式的な機能においては長さをはかり, あるいは線を引く道具にほかならない。しかし多くの人間はそれを何度も使い, 形状や質量などの属性に熟達する事によって, あるときには紙を切断し, あるときには子供を罰する棒となり, またあるときには机に落書きを彫る道具となる。このような活動を経て, 知識は道具としての機能を獲得する。これらの多種多様な活動は学習されたものとは限らず, 解決者が他の領域の知識から自由に類推することによって, 創造的に案出される行動である。

知識の道具性が思考や問題解決を支援するのであれば, 我々はそれぞれの課題において知識を「道具化」することによって, 解決者の行動を促進するといえる。そしてその道具化は, 解決者の熟達化・制約の利用および制約と知識との相互作用などによってもたらされる。特に, 利用しやすい制約を解決者にもたらすために, 制約を明示したり, 操作可能な状態に変化させて提示することが強い効果を与えるものと考えられる。問題解決の支援とは, 問題解決に必要なルールや情報を効果的に引き出すために, 実用的な制約を解決者の内外に配置し, 問題表象の操作性を高め, 構造化された知識を素早く構成できるような足場作りを行うことと考えることができよう。

知識の道具性の源は, これまでの知見が示すように, 既に獲得し, その内容に熟達した領域の中に存

在する。内容に依存した思考, あるいは状況論的なものをベースとした思考が有効となるのは, その知識に熟達しているかによっている。または課題やその課題の内容の中に, 特定の行動をアフォードするような特性が備わっていることも, 「道具性」をもつ知識の源となるであろう。

4. 問題解決研究における制約と「知識の道具性」

それでは実際の問題解決研究において, 知識の道具性をどのように組込んでいくことができるであろうか。本章では, 類推的問題解決, 特に収束的類推課題を用いた問題解決を題材に, 道具性が課題解決に及ぼす可能性, を検討する。

4.1. これまでの類推研究

未知の問題(ターゲット)を解決するにあたって, 既知の課題(ベース)の解決手続きを当てはめて(写像する)解決に導く方法を類推による問題解決と呼ぶ。Lakoff(1987)が指摘するように, 人間の日常生活の中に類推は極めて頻繁に見られる。しかし実験場面での自発的な転移は困難であり, さらに課題の自発的解決すら困難を呈することが多い。

多くの研究の中で, 特に放射線問題(Duncker, 1945)に代表される収束的類推課題とその同形課題(火事の問題: 安西・甲, 1984; Beveridge & Parkins, 1987; 植田, 1995, 軍隊問題: Gick & Holyoak, 1983)を用いた研究から多くの知見が得られている。これらの課題は構造的には同一の内容であるにもかかわらず, 課題表現の差によって解決や転移の成績に差が見られることが知られている。このような現象について, Reeves & Weisberg(1991, 1994)は, 文脈のような状況的内容を含む質的な表現の差異が影響を与えるのではないかと示唆している。

またベースの検索・写像について, 課題は基本的に, 課題の解決のフォーマルな手続きのもととなる構造的特徴と, 課題に固有な表面的特徴が存在し, 各特徴は, ベースの検索において検索手ごかりとなる。この時, Gentner(1983)の構造写像理論に代表されるように, 構造が写像されなければ類推は起こらない。しかし検索手ごかりとしての表面的特徴の役割を重要視する指摘も多く見られる(Holyoak & Koh, 1987; Novick, 1988; Ross, 1989)。また, Thagard, Holyoak, Nelson, & Gochfeld(1990)は, 問題の解決に重要な役割を持つ要素が制約として影響を及ぼすことを発見し, これをプラグマティックな制約として処理に影響を与えるとしている。

これらの知見に基づいて, Falkenhainer, Forbus,

& Gentner, (1989) は類推のシミュレーションモデルである構造写像エンジン (Structure-Mapping-Engine, 以下 SME) を開発している。また Holyoak & Thagard (1989) はさらにプラグマティックな制約を重視したシミュレーションモデル ACME (analogical constraint mapping engine) を開発し、実用的なレベルで成功を取めている。

まとめると、類推の研究については、SME や ACME に代表される情報処理的な側面、そして実用的な制約を考慮する実用的アプローチの段階までははっきりしている。しかし実際の類推、ひいては問題解決や思考を支援する手段の開発という点については、コンピューターシミュレーションレベルの成功にとどまっており、人間にとって有効なレベルの方法の開発は今だ実効性のあるものに乏しいのが実状である。

4.2. 知識の道具性を取り入れた類推研究の可能性

収束的類推課題の特徴は、構造的には同形でありながら、それぞれの課題がもつルール表象の差異、あるいは次元や対象のレベルの表象の差異が、解決や転移に大きな影響を及ぼすことにある。その中で、どのような差異が影響を与えるかについて、以下に検討を行う。

課題解決の支援と道具性

安西・甲が使用した「火事の問題」は、Duncker の「放射線課題」よりも、自発的な解決成績が良いことで知られている。いずれの課題も、中心にある目標(火事・腫瘍)に対して、手段(水・放射線)を周りにある物体(窓・健康な組織)を壊さないように、複数方向に分散してから弱い力で集中させて制圧する(収束解)ことには変わりがない。しかし前者の方がより収束解に至りやすい。その理由として次の2点が考えられる。

第一の理由は、複数方向から分散・集中できることを顕在化するために、複数の窓を提示し、さらに他の部分が壁で覆われていることである。このことによって解決者は、解決に必要な「筋道」を提示され、より簡単に収束解を想像しやすくなっている。放射線課題では、この筋道が提示されていないために、分散・集中を想像することが極めて困難である。

このことは、問題解決の手がかりとなる制約・ルールの一部が顕在的に示されているという「制約の顕在性」として説明することができる。制約が顕在的に「見える」表示があること、あるいは表象として構成しやすいように課題に埋め込まれているこ

とが、解決を支援しているのである。

第二の理由は、火事の問題で使用されている目標・手段(火・水)が、放射線問題で使用されている目標・手段(腫瘍・放射線)より、その取り扱い・効果・特性などについて、容易に理解しやすいことにある。これは問題の解決目標、あるいは解決に関わる手段などが、“物理的”に操作しやすく、解決者の中で適切に解決できるためと説明できる。すなわち、解決者の心の中に、「容易に使用できる“道具”」としての目標・手段が存在できるような状況が設定されているのである。このように課題が持つ表象の操作性が高いことが制約として与えられることも、解決を支援していると考えられる。

問題解決を支援する要素は、第一に解決に必要な知識と制約が顕在的に表示されることにある。第二にそれらの知識や制約が、解決者にとって操作的であるように変化させられていることである。これらは課題が持つ制約として問題解決を促進的に支援する。課題の中に制約が埋め込まれていることは Zhang & Norman のいう制約の外的提示と同じであり、表象の操作性が高いことは、三宅の言う対象の動かせるメンタルモデルにはかならない。

類推の支援

類推の達成のためには、課題を解いた既有経験を検索し、経験の内容を写像する必要がある。これらの過程の中で最も重要なのはベースの検索にあるが、従来の研究では、ヒントを与えることによる意図の効果やベースの複数提示など、直接に既有経験の検索を誘導するような方法がとられている。このような直接的な方法がとられるのは、自発的な検索を自然な状態で引き出すことが難しいからである。

しかし、3でも述べたように、思考や問題解決で使われる知識は、必要に応じて自由に利用できるように構造化された知識でなければならない。これに対して従来の研究は、課題の達成・未達成に関わらず最終的には手続きを指導し、それで「知識」として学習されたと見なす研究がほとんどである。すなわち、従来の「知識」は与えられたものに過ぎず、その「道具」としての自由度は極めて低い。したがって、知識が「道具化」されていないともいえる。

かくして、表象の顕在性・操作性を促す知識の道具性が類推を支援するためには、次の3点が必要である。①ベース学習時の問題解決の際に、自発的に解決できるような課題の選定。②ベース課題の構造や対象が速やかにメンタルモデルとして構造化されるような、視点の設定や精緻化を促進するような制

約の導入。③領域を越えた類推の際に、ベースとの関連をスムーズに想起できるような外的制約の導入。

さて、Beveridge(1987)は放射線課題とその同形問題である火事の問題において、さらに解決を支援するいくつかの材料を用意し、類推成績について検討を行っており、もととなる放射線問題をターゲットとして解く場合、ベースとなる支援の差によって、解決成績が異なることを報告している。

この支援の中で、上に述べた火事の問題だけでも類推を支援しているが、最も解決を支援したのはColor Strip(Fig.1)とよばれる道具で、実際に分散と集中を行った差異の手段の方向や力の関係をイメージできるように、実際に操作してみることができたものであった。この道具は筋道や操作的な要素を顕在化し、知識として提供しているだけでなく、実際に動かしてみることによってより道具的に概念化することが可能である。いいかえれば、ある領域に対して解決者が実際に活動を行うことにより、知識も行動も熟達し、自由に利用できる構造化された知識を獲得し得たのである。

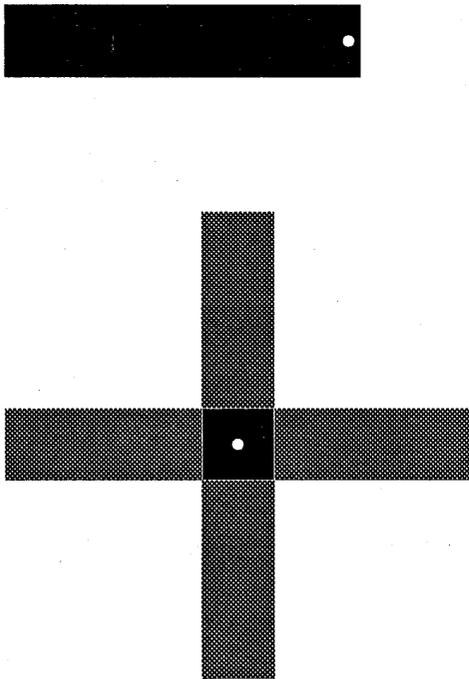


Fig. 1 Color Strip (Beveridge & Parkins, 1987を改変) 上の図がたたんだ状態のもの。下がひろげた状態のものである。薄い色の板が中心で濃くなっている。また、たたむと全体の色が濃くなり、力をいくつかの方向に分散させたり、一方向から集中させたときの様子が分かるようになってい

まとめると、類推課題において、問題解決と類推のいずれにおいても、道具性をもたらす制約が存在すること。そして解決者自身の有する知識が道具性をもつことは、類推的問題解決と呼ばれる人間の認知行動を促進的に支援すると考えられる。そして、知識の道具性とそれをもたらす制約の存在こそ、問題解決を支援する強力なツールとなり、学習や教授において重要な影響を及ぼすものであろう。今後の課題として、道具性をもたらす課題の要素や状況的要素の解明、それらによって影響を受ける人間の認知過程の検討があげられる。そして多くの思考や学習の場面において、有効な支援となるべく以上の研究が展開されていくことが期待される。

要約

本論文では、人間の思考・問題解決の過程、およびその支援について、課題の表象・表現の役割という観点からこれまでの研究を概観しつつ、新しい支援の方策について検討した。

まず問題解決を行う人間の知識の中に「道具性」と呼ばれる要素が存在し、それを利用できるようにすることが、思考や問題解決に促進的な影響を与えることを指摘した。さらに、知識の道具性を形成する要素として、第一に、解決に必要な知識が制約として顕在的に表示されること、第二に、それらの知識や制約が、解決者にとって操作可能であるように提示されていること、第三に、課題の中で、制約として組み込まれた内容が解決者にとって熟知したものであること、の3つがあることも指摘する。

最後に、この道具性が実際の問題解決研究にどのように組み込むことができるかについて、類推的問題解決の諸課題を題材として検討した。

引用文献

- 安西祐一郎 1985 問題解決の心理学. 中央公論社.
- 安西祐一郎・甲 洋介 1984 類推による問題解決における図の効果 日本認知科学会 第1回大会発表論文集, 52-53.
- Beveridge, M., & Perkins, E. 1987 Visual representation in analogical problem solving. *Memory & Cognition*, **15**, 230-237.
- Carraher, T. N., Carraher, D.W. & Schliemann, A. 1985 Mathematics in the streets and in schools. *British Journal of Developmental Psychology*, **3**, 21-29.

- Cheng, P. W., & Holyoak, K. J. 1985 Pragmatic reasoning schemas. *Cognitive Psychology*, **17**, 391-416.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. & Glaser, R. 1981 Cartegorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, **5**, 121-152.
- Duncker, K. 1945 On problem solving. *Psychological Monographs*, **58**, (Whole No. 270).
- Falkenhainer, J. M., Forbus, K. D. & Gertner, D. 1989 Structure mapping engine: Algorithm and examples. *Artificial Intelligence*, **41**, 1-63.
- Falmagne, R. J. 1995 The abstract and the concrete. In Laura M. W. Martin et al., (Eds.) *Sociocultural psychology*. Cambridge, New York: Cambridge University Press. Pp205-228
- Gentner, D. 1983 Structure mapping: A theoretical framework for analogy. *Cognitive Science*, **7**, 155-170.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. 1983 Schemainduction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, **1**, 1-38.
- Harman, G. 1986 *Change in view : Principle of reasoning*. Camblidge, MA: Brad ford Boos.
- 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.
- Hutchins, E. L. 1988 The technology of team navigation (ICS Report, No. 8804) University of California, San Diego.
- Jeffries, R., Polson, P. G., Razran, L., & Atwood, W. E. 1977 A process model for missionaries-cannibals and other river-crossing problems. *Cognitive Psychology*, **9**, 412-440.
- Johnson-Laird, P. N., Legrenzi, P. & Legrenzi, M. S. 1972 Reasoning and a sence of reality. *British Journal of Psychology*, **63**, 395-400.
- 川口 潤 1994 日常認知 多鹿秀継(編) 認知と思考. サイエンス社. Pp165-184.
- Lakoff, G. 1987 Women, fire, and dangerous things. University of Chicago Press. 池上嘉彦ほか(訳)
- 認知意味論. 紀伊国屋書店.
- Larkin, J., & Simon, H.A. 1987 Why a diagram is worth ten thousand words. *Cognitive Science*, **11**, 65-99.
- Lave, J. 1988 *Cognition in practice*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. (『日常生活の認知行動—人は日常生活でどう計算し, 実践するか』無藤隆ほか 訳 1995 新曜社.)
- 三宅なほみ・波多野誼余夫 1991 日常的認知活動の社会文化的制約 認知科学会(編) 認知科学の発展 vol.4 講談社 Pp. 105-131.
- Novick, L. R. 1988 Analogical transfer, problem similarity, and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **14**, 510-520.
- 大西 仁 1995 文献紹介 Zhang, J. & Norman, D. A. 1994 "Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive Science*, **18**, 87-122." 認知科学, **2**(4), 117-121
- Ross, B. H. 1989 Distinguishing types of superficial similarities: Different effects on the access and use of earlier problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **15**, 456-468.
- Simon, H.A., & Hayes, J.R. 1976 The understanding process: Problem isomoepts. *Cognitive Psychology*, **8**, 165-190.
- Thagard, P., Holyoak, K. J., Nelson, G. & Gochfeld, D. 1990 Analog retrieval by constraint satisfaction. *Artificial Intelligence*, **46**, 259-310.
- 植田一博 1995 イメージ・スキーマによる問題解決とその支援の可能性. 認知科学, **2**(4), 76-92.
- Wason, P.C. 1966 Reasoning. In B. M. Foss (Ed.), *New horisona in psychology*. Harmondworth, England: Penguin.
- Wason, P.C., & Shapiro, D. 1971 Natural and contrived experience in a reasoning task. *The Quaeterly Journal of Experimental Psychology*, **23**, 63-71.
- Zhang, J. & Norman, D. A. 1994 Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive Science*, **18**, 87-122.