

第 4 章 順序情報の獲得と保持

第 1 節 時間線形序列形成における疑似論理¹⁴

1. はじめに

第 3 章によって、順序関係を示す様々な情報の獲得が時間的距離感に影響することを明らかにした。本章では、順序関係を直接示す「順序情報」の獲得と保持の機構を明らかにする。

歴史教育は通例、通史的に扱われ、過去から現在の方角に進む。わが国においても、そのような指導を行うよう、小学校、中学校、高等学校の現行及び過去の指導要領において規定されている。

しかし、この教授方法は必ずしも一般に認められているわけではない。例えば植崎は『歴史の教授は、小学校と中学校とを問わず、古代より中世を経て現代の及ぶが如くに教材を提出するのが原則となっている。換言せば歴史の生起の順序に従って教材が提出せられて居る。私は之を教材提出の順進法と名付ける。この順進法の可否に関する論が、今日の教育界にどの位あるのかは私は知らないが、この問題は歴史教授上の一基本問題だと思ふ』（植崎，1935，P. 210）と述べている。そして、『歴史の教授は先ず最初に現実の国家社会生活の実際の体験より出発せしめる』（植崎 1935、P. 210）ため、『むしろこの順進法の逆として現代より中世に中世より古代への逆進法が歴史教材提出の一有力なる形式となり得る可能性がある』（植崎，1935，P. 210）と述べている。そして具体的には、『児童の生活せる町、村の公生活より出発せしめる。即ち現代より出発せしめる。次にこの現代生活を基礎に児童の生活せる過去の郷土史に導く。この郷土史に就きては児童の実生活の体験の及ぶかぎり、現代より過去へと向はしめ、過去より現代へと導かない』（植崎，1935，PP. 210-211）と述べている。

同様な主張として、吉田は『歴史は切りはなされた、学校、教壇の

¹⁴ 本節は（西川，1988b）に基づいている。

上だけのものではなく、わたしどもの日常にも、至るところに結びついている存在である。そうした日常性の中の歴史の視野をひろげてゆくこと。それが歴史の現実性を、いっそう濃くしてゆく方法ではないだろうか』(吉田, 1982, P. 43)と述べ、現実社会との関連を深めるために、現代から過去に歴史を教えることを勧めている。

一方、現場での実践家である筑波大学附属小学校の有田は、『小学校の現場では(中学校も同じですけど)、時代順に歴史学習をやるということが当然だと。それがおかしいとか、時代を逆にやるような歴史学習というのは、存在しないかのような、そういうのが常識みたいになっていて、実際に行われているんです。私は、これで本当に、子どもに歴史的なものの見方とか考え方が育つのかどうかということに、非常に疑問をもっている』(有田, 1988, P. 48)と述べている。

このように、歴史を過去から現在に教えるべきか、逆に現在から過去に教えるべきか、両方の立場が有り得る。しかし、いずれの主張においても、実証的なデータに裏打ちされているわけではない。

2. 線形序列形成の機構

一般に集合 A において関係 O が、反射的¹⁵、反対称的¹⁶、推移的¹⁷であるとき、 O を A における序列と呼ぶ。更に、 A のどの 2 元においても O が成り立つとき、 O は線形序列であると呼ばれる。心理学では特に推移律に着目して、線形序列形成能力を明らかにしようとした研究が多い。

¹⁵ 集合 A における関係 O に関して、 A の全ての元 a に対して $a O a$

¹⁶ 集合 A における関係 O に関して、 A の元 a 、 b に対して

$$a O b, b O a \rightarrow a = b$$

¹⁷ 集合 A の元 a 、 b 、 c に対して

$$a O b, b O c \rightarrow a O c$$

線形序列形成の機構を、組織的かつ実証的に明らかにした、最も初期の研究にハンターの研究がある。彼は被験者に様々な形式の前提組を与え、三段論法によって線形序列を推論させる実験を行った (Hunter, 1957)。その実験では、「AはBより背が高い、BはCより背が高い」という前提を与え、三者の序列を推論させる形式の問題を用いた。彼の定義によれば両前提で用いられる関係(先の場合「高い」がこれにあたる)が同一で、かつ最初の前提での2番目の名辞(先の場合Bがこれにあたる)と、第二の前提での1番目の名辞が同一であるときを等方性(isotropic)とよぶ。彼の仮説によれば、我々が線形序列を推論する場合、等方性が成り立つとき最も推論が容易である。そして等方性が成り立たない場合、我々は前提内の名辞や、各前提間の順序をかえ、その形式を等方性に変換することによって推論すると彼は考えた。

しかしハーテンロッカーの指摘するように、彼の仮説は論理学からの類推にもとづいたものであり、我々の本当の推論過程を示すわけではない (Huttenlocher, 1968)。さらにハンターは、研究を進める上で、了解事項として、同じ形式の問題の困難度は同一であるとした。例えば、「AはBよりよい。BはCよりよい。」と「CはBより悪い。BはAより悪い。」は、等方性の条件が成り立つ同じ形式の問題である。そのため、ハンターは両者の困難度は当然同じと考えたのである。そしてその了解の上で、実際の調査では片方の形式のみ行った。

しかし、我々は疑似論理に従うことをデソトらは明らかにしている (DeSoto *et al.*, 1965)。デソトらによれば、我々が論理的に思考する場合、その論理は必ずしも形式論理と一致しない。そのような実際の我々の思考における論理を、いわゆる論理学で扱う形式論理に対応させて疑似論理とした。本節でもデソトらに準拠して、「疑似論理」を我々の実際の思考で用いる論理とする。

デソトらの結果によれば、ハンターが当然同じと考えた先にあげた

二つの形式の三段論法を被験者に示して結論を回答させると、後者（即ち、「CはBより悪い。BはAより悪い。」）の正答率は前者（即ち、「AはBよりよい。BはCよりよい。」）に比べて著しく低いことが示された。特に、後者はデソトらの調査した三段論法の形式のうち最も難しいものの一つであった。

デソトらは得られた結果より、線形序列の推理に関していくつかの仮説を提示した。

第一は、前提内¹⁸および前提間¹⁹で名辞をどのような順序で提示するかによって推論の困難度が異なる。例えば、善悪の序列の場合は、前提内および前提間が「よい－悪い」の序列で提示する方が推理しやすい。

例えば先の例で言えば、前者の二つの前提内の名辞はともに「よい－悪い」の順序になっている。さら二つの前提を比べると、最初の前提で比較的よいAとBの関係を述べ、次の前提で比較的悪いBとCの関係を述べている。つまり二つの前提間でも「よい－悪い」の順序になっている。ところが後者においては、二つの前提内の名辞はともに「悪い－よい」の順序になっている。さらに、最初の前提では比較的悪いBとCの関係を述べている。前提内での名辞は「よい－悪い」の関係で、前提間の関係で「悪い－よい」の関係を示す、「BはCよりよい、AはBよりよい」はさきに述べた2つの中間の困難度を示す。同様に前提内での名辞は「悪い－よい」の関係で、前提間の関係で「よい－悪い」の関係を示す、「BはAより悪い、CはBより悪い」もさきに述べた2つの中間の困難度を示す。

¹⁸ 三段論法で関係Oによって、a、b、cの関係が aOb 、 bOc と記述された場合のaとb、及び、bとcの関係を指す。

¹⁹ 三段論法で関係Oによって、a、b、cの関係が aOb 、 bOc と記述された場合の aOb と bOc との関係を指す。

第二は、前提の中で最善のAまたは最悪のCを最初におき、中間の名辞であるBを後におく方が逆よりも成績がよい。デソトらは、我々は序列の末端を判断の最初の基準(エンドアンカリング)として推論すると考えた。例えば、「AはBよりよい、CはBより悪い」と「BはAより悪い、BはCよりよい」の二つの前提組を比較する。第一の原理で言うと、それぞれに含まれる二つの前提内の名辞は「よいー悪い」と「悪いーよい」の関係をそれぞれ持ち、前提内での関係では差はない。また前提間の関係では、両者とも「よいー悪い」の関係を持つ。ところが、前者では両前提でも末端の名辞(AまたはC)が最初におかれる。ところが後者では中間の名辞であるBが最初におかれる。実際に被験者の正答率を比べると前者は後者より高い正答率を受けた。

第三は、我々は序列を位置づける際、空間的にイメージ化し推論する(空間的疑似論理)。デソトらは被験者に二つの名辞の関係を示す文章を提示した。そして、一点を中心として上下に二つの回答欄、左右に二つの回答欄の計四つの回答欄が記入された回答用紙を被験者に与える。そして、提示した名辞の関係をどの様に空間的にイメージするかを回答用紙に自由に記入させた。その結果被験者の多くは、「よいー悪い」を空間の垂直軸方向の二つの回答欄に記入した。また、よい方の名辞を上の回答欄に記入し、悪い方の名辞を下の回答欄に記入した。

デソトらはこれらの結果が、実際の推論で成り立つかを明らかにするため、「よいー悪い」と「上ー下」順序を用いた三段論法を被験者に推論させた。その結果、よいを上、悪いを下に対応させた場合、両者の推論の正答率はほぼ同じ値を示した。例えば、「AはBよりもよい。BはCよりもよい。それでは、AはCよりもよいか？」の質問と、「AはBよりも上である。BはCよりも上である。それでは、AはCよりも上か？」の質問に対する正答率はほぼ同じであった。また、質問の形式を変えても結果は同様である。例えば、「AはBよりもよ

い。CはBよりも悪い。それではCはAよりもよいか？」の質問と、「AはBよりも上である。CはBより下である。それではCはAよりも上か？」の質問に対する正答率もほぼ同じであった。つまり、「よい－悪い」のように直接空間的に序列化されないものも、線形序列の推論の場合空間的に位置づけられることを示唆した。

このデソトらのこの仮説は、ハッテンロッカーによって追試され確認された(Huttenlocher, 1968)。彼女はデソトらの研究を発展させて、前提の論理的な意味を変えずに、形式を能動態と受動態で被験者に提示した。比較的推理の簡単な三段論法を、能動態を受動態にすることによって、論理的な意味は変えずに名辞の順序は比較的推論の困難な三段論法の形式にすることが出来る。逆に、比較的推理の困難な三段論法も、態を変化させることによって名辞の提示順序を比較的推理の簡単な三段論法の形式に変化させることが出来る。そして、態を変化させた三段論法の回答を比較して、困難度を決めるのは形式なのか論理的意味なのかを明らかにすることを目的としたのである。その結果、三段論法の困難度は形式ではなく、論理的な意味によって決定されることが明らかにされた。

さらに、彼女は子どもにブロックを使わせ、実際に線形序列を形成する課題を与えた。その結果デソトらと同様に、我々は線形序列を推論する場合、実際の操作で空間的に線形序列を形成すると同様な操作を推論で行うことを示した。

但し、この様な空間的疑似論理は、全ての場合に成り立つわけではない。デソトらの調べた中でも色に関する序列では、空間的疑似論理は殆どみられなかった。

以上をまとめると、現在までに線形序列に関して以下の三つの仮説が提案されている。

1. 前提内および前提間での、各名辞の提示順序によって推論の困難度が異なる。

2. 序列の推論の際には、末端を基準として推論する(エンドアンカリング効果)。

3. 線形序列を推論する際に、空間的に名辞を序列化する。

但し、いずれにおいても、その方向及び極性は、名辞間を結ぶ関係の種類によって決定される。

3. 目的

デソトらの研究は、3つの名辞の序列を推論する機構を明らかにしたものである。実際の巨視的な時間学習では、3つ以上の多くの事項を学習する。学習する事項が増加することによって、相対的にエンドアンカリング効果は減少する。しかし、デソトらの仮説1及び3は巨視的な時間概念指導に、重要な意味を持つと考える。

第一の仮説が時間の線形序列に当てはまるならば、事象の提示順序によって生徒の理解に違いを生じることになる。もしA、B、Cの順序に起こった三つの事象があるとする。そのとき、「AのあとにBが起こった。BのあとにCが起こった。」と提示するのと「CのまえにBが起こった。BのまえにAが起こった。」と提示するのでは違いが生ずることを第一の仮説は示唆する。

目に見えない時間を指導する際に、序列を図示することが多い。もし、第三の仮説が時間の序列においても成り立つならば、序列を垂直軸に取り提示する場合と水平軸に取り提示する場合とでは、習得の困難度が異なることになる。さらに、左右どちらを過去にとるか(同様に上下どちらを過去にとるか)を、指導の際に考慮する必要があることを示唆している。

しかし、デソトらの示唆するように、これらの仮説の是非は用いられる言語によって左右される。従って、デソトらの仮説がただちにわが国の児童・生徒においても成り立つことは明らかではない。さらに、デソトらは時間に係わる線形序列に関して調査はしておらず、先の仮

説が時間に関しても成り立つかどうかは明らかではない。

以上の観点から、本節ではわが国において、デソトらの仮説が時間の線形序列形成で成り立つかどうかを明らかにすることを目的とする。

そして、空間的疑似論理に関しては、本章の第 2 節で明らかにする。

4. 方法

時間関係を示す言葉として「前－後」を選んだ。実験方法は、デソトらの方法に基本的に沿った。

a. 実験 1

この実験では、デソトらの仮説が時間の線形序列に成り立つかを明らかにすることを目的とする。

調査で用いた問題を表 26 に示す。各問題の前提内および前提間の序列の極性(過去／現在の提示順序)を各々付す。各々に表 27 で示す 4 種の質問を与えた。

表 26 実験 1 の問題形式

問題形式 1-1. A が B の前に生まれた。B が C の前に生まれた。

前提内:過去－現在、前提間:過去－現在

問題形式 1-2. B が C の前に生まれた。A が B の前に生まれた。

前提内:過去－現在、前提間:現在－過去

問題形式 1-3. B が A の後に生まれた。C が B の後に生まれた。

前提内:現在－過去、前提間:過去－現在

問題形式 1-4. C が B の後に生まれた。B が A の後に生まれた。

前提内:現在－過去、前提間:現在－過去

表 27 実験 1 の質問形式

質問形式 1-1. A は C の前に生まれましたか？

質問形式 1-2. C は A の前に生まれましたか？

質問形式 1-3. A は C の後に生まれましたか？

質問形式 1-4. C は A の後に生まれましたか？

以上 16 の問題を被験者に提示した。被験者には課題の内容に関し

て以下の説明を与えた。

『本実験は、我々が個々の事象の時間関係をどの様に理解しているかを明らかにすることを目的としている。みなさんには 16 枚一組のカードが渡されます。各々のカードには、二つの文章が印刷されています。その二つの文章内容は、三人の生まれた順序に関したものです。そしてその中の二人の生まれた順序を問う質問がカードに書かれています。その質問に対して「○」、「X」、「？」で回答して下さい。もし質問に対して肯定の場合は「○」をまるで囲んで下さい。またもし質問に対して否定の場合は「X」をまるで囲んで下さい。そしてもし与えられた二つの文章からだけでは、質問に対して否定も肯定もできない場合は「？」を囲んで下さい。もし、三つの選択肢のうち、いずれにも判断できない場合は何も囲まないで下さい。

一枚のカードの問題を回答する時間は 10 秒です。私の方から 10 秒ごとに「次」といいます。「次」という声があるごとに、前のカードをめくって新しいカードの問題にかかって下さい。もし、それまでに回答できなくても、「次」という声があるごとに次のカードの問題にかかって下さい。逆に、「次」という声がある前にカードをめくり、新しいカードの問題を回答しないで下さい。

同一カードの中で、同じ名前が繰り返した場合は同一の人をさしています。しかし、異なったカードで同じ名前がでて、それは別人をさします。』

実際の質問の際には、A、B、C は漢字 2 字の男性の名前に変えた。そして、各被験者に配布したカードの提示順序はランダムである。

被験者は、都内の高校 1 年生 4 クラス計 188 名。調査実施時期は 1988 年 2 月である。

b. 実験 2

英語は語順によって格が決定される。一方日本語は、格は助詞、助

動詞によって決定されるため、一般に語順に関する自由度が高い。例えば「AはBの前に生まれた。」と「Aの前にBが生まれた。」を比較すると、同じ前という関係を使っている。更に、AとBの提示順序は同じである。しかし、実際の論理的順序は逆になる。両者の生まれた順序は前者は「過去－現在」の順序であり、後者は「現在－過去」の順序である。さらに前者は、2つの名辞が提示されて後に、それらの極性がわかる。それに対して、後者は2つめの名辞が提示される前に極性が判明する。

この実験では問題の表現を変えて、デソトらの仮説が時間の線形序列に成り立つかどうかを明らかにすることを目的とする。

調査で用いた問題を表 28に示す。各問題の前提内および前提間の序列の極性を各々付す。各々に表 29に示す4種の質問を与えた。

表 28 実験2の問題形式

- 問題形式 2-1. Cの前にBが生まれた。Bの前にAが生まれた。
前提内:現在－過去、前提間:現在－過去
- 問題形式 2-2. Bの前にAが生まれた。Cの前にBが生まれた。
前提内:現在－過去、前提間:過去－現在
- 問題形式 2-3. Bの後にCが生まれた。Aの後にBが生まれた。
前提内:過去－現在、前提間:現在－過去
- 問題形式 2-4. Aの後にBが生まれた。Bの後にCが生まれた。
前提内:過去－現在、前提間:過去－現在

表 29 実験2の質問形式

- 質問形式 2-1. Cの前にAは生まれましたか？
質問形式 2-2. Aの前にCは生まれましたか？
質問形式 2-3. Cの後にAは生まれましたか？
質問形式 2-4. Aの後にCは生まれましたか？

被験者は、都内の高校1年生4クラス計194名。なお実験1と実験2で協力を得た被験者は、いずれも同一の高校の生徒である。分析は上越教育大学教育研究・訓練センターの統計パッケージSPSSXによっ

て行った。

5. 結果及び考察

a. 実験 1 の結果と考察

実験 1 の結果を表 30 に示す。全 16 問題の平均正答率は平均 8.06 であった。デソトらの「よいーわるい」を用いた研究では、各問題形式での正答率に 20% 前後の広がりがあった。それに対して、今回の調査での正答率の広がりはない。

表 30 実験 1 の正答者 (上段: 実数、下段: %)

		質 問 形 式				平 均
		1-1	1-2	1-3	1-4	
問 題 形 式	1-1	116 61.7	91 48.4	97 51.6	89 47.3	52.3
	1-2	117 62.2	87 46.3	109 58.0	103 54.8	55.3
	1-3	80 42.6	99 52.7	90 47.9	91 48.4	47.9
	1-4	91 48.4	84 44.7	96 51.1	75 39.9	46.0

しかし、前提内の名辞が過去から現在に並ぶ、問題形式 1-1 と 1-2 の平均正答率は 53.8% であった。それに対して、前提内の名辞の順序が現在から過去に並ぶ、問題形式 1-3 と 1-4 の平均正答率は 47.0% であった。前提内の名辞が過去から現在に並ぶ方が、正答率は高かった。問題形式 1-1 および 1-2 の全正答者数と誤答者数と、問題形式 1-3 および 1-4 の全正答者数と誤答者数をクロス集計し χ^2 検定を行ったところ、5% の危険率で両者の間に有意な差がみられた。

表 31 実験 1 の前提内の比較

	正 答	誤 答
前提内:過去－現在	809	695
前提内:現在－過去	706	798

$$\chi^2(1) = 14.1, P < 0.05$$

一方、前提間の名辞が過去から現在に並ぶ、問題形式 1-1 と 1-3 の平均正答率は 50.1%であった。それに対して、前提間の名辞の順序が現在から過去に並ぶ、問題形式 1-2 と 1-4 の平均正答率は 50.7%でほとんど差がみられなかった。先と同様の方法で χ^2 検定を行ったところ、5%の危険率で、両者の間で差はないという帰無仮説は棄却されなかった。

表 32 実験 1 の前提間の比較

	正 答	誤 答
前提間:過去－現在	753	751
前提間:現在－過去	762	742

$$\chi^2(1) = 0.11, n. s.$$

b. 実験 2 の結果と考察

実験 2 の結果を表 33に示す。全 16 問題の平均正答率は平均 9.58 であった。実験 1 の平均正答率にくらべて高い結果を得た。実験 1 の全問題の正答者数と誤答者数、実験 2 の全問題の正答者数と誤答者数をクロス集計し χ^2 検定を行ったところ、5%の危険率で両者の間に有意な差がみられた。

これは、実験 2 の条件では、二つの名辞が提示する以前に両者の関係に関する情報を得ることが出来たためと考えられる。

表 33 実験 2 の正答者 (上段:実数、下段:%)

		質 問 形 式				平 均
		2-1	2-2	2-3	2-4	
問 題 形 式	2-1	159 82.0	139 71.6	118 60.8	112 57.7	68.0
	2-2	84 43.3	76 39.2	83 42.8	78 40.2	41.4
	2-3	109 56.2	97 50.0	103 53.1	120 61.9	55.3
	2-4	148 76.3	143 73.7	134 69.1	155 79.9	74.8

前提内の名辞が過去から現在に並ぶ、問題形式 2-3 と 2-4 の平均正答率は 65.1%であった。それに対して、前提内の名辞の順序が現在から過去に並ぶ、問題形式 2-1 と 2-2 の平均正答率は 54.7%であった。前提間の名辞が過去から現在に並ぶ方が、正答率は 10%程度高かった。問題形式 2-3 および 2-4 の全正答者数と誤答者数と、問題形式 2-1 および 2-2 の全正答者数と誤答者数をクロス集計して χ^2 検定を行ったところ、5%の危険率で両者の間に有意な差がみられた。

表 34 実験 2 の前提内の比較

	正 答	誤 答
前提内:過去-現在	1009	543
前提内:現在-過去	849	703

$$\chi^2(1) = 34.3, P < 0.05$$

一方、前提間の名辞が過去から現在に並ぶ、問題形式 2-2 と 2-4 の平均正答率は 58.1%であった。それに対して、前提間の名辞の順序が現在から過去に並ぶ、問題形式 2-1 と 2-3 の平均正答率は 61.7%であった。前提内でのような大きな差はみられなかった。しかし、先と同様の方法で χ^2 検定を行ったところ、5%の危険率で両者の間に有

意な差がみられた。

表 35 実験 2 の前提間の比較

	正 答	誤 答
前提間：過去－現在	901	651
前提間：現在－過去	957	595

$$\chi^2(1) = 4.20, P < 0.05$$

実験 1 と実験 2 の結果をまとめると、以下のようなになる。前提内で
の名辞に関しては、デソトらの指摘する提示順序の極性がみられた。
この極性は実験で使った「前」や「後」などの言葉によって決定さ
れるのではなく、論理的な意味が重要であることが示された。そして、
名辞が過去から現在に提示される場合正答率が高くなった。しかし、
前提間に関しては前提内に比べて、提示順序の極性は見られないかも
しくは弱かった。

6. 結論

今までに得られた結果を、実際の指導場面における意義から評価す
る。

第一に、提示の順序についてである。実際の指導場面の場合、個々
の事象は一定の時間極性を持った順序で提示する。具体的には、現在
から過去に向かって事象を提示するか、逆に過去から現在に向かって
事象を提示する。多くの教科書の場合、後者の方法をとる場合が多い。
例えば理科の場合、生物の進化の記述は、「化学進化」、「古生代」、
「中生代」、「新生代」の順序で提示される。しかし、逆の順序で記
述することも可能である。

しかし、過去から現在の順序で事象を提示する場合(前提内：過去－
現在、前提間：過去－現在)と、現在から過去の順序で事象を提示する

場合(前提内:現在－過去、前提間:現在－過去)を今回の調査結果と比較すると、表現を変えた実験1及び実験2のいずれにおいても、前者の提示での正答率は後者を上回った。またその差は両実験においていずれも、 χ^2 検定で5%の危険率で有意であった。従って、現在の教科書等の記述方法は、提示順序に関してはおおむね妥当と考えられる。

第2節 反応速度法による言語情報の空間的提示方法の調査²⁰

1. はじめに

前節の結果によって、時間的な提示順序に極性が存在することを明らかにした。その極性に従うとき、時間順序が正確に形成されることが明らかにされた。しかし、時間線形序列を提示する場合、時間的に序列化して提示する場合のみではない。例えば、教師が板書する場合、ただ単に話している内容をそのまま書き写すわけではない。学習者の理解が進むように、個々の情報を組織化し表現する。従って、板書等では「見える」、「見させる」ことを留意するとともに、「見え・見させられた」個々の情報を、どの様に組織化すべきかを考える必要がある。板書等の場合、個々の情報を組織化する方法としては平面的に配置することが有効である。教師は授業の内容を組織化し、黒板という2次元平面に文字等を平面的に配置することによって、学習者の理解が進むことを狙う。しかし、どのように文字等を平面的に配置することが、学習に有効にはたらくかは明らかではない。

2. 言語情報の空間的提示方法

我々は時間を表象しようとするとき、それを空間的に表象しようとする傾向がある。それを端的に表した研究にグイルフォードの研究がある (Guilford, 1926)。彼は、被験者に歴史的事実のながれを自由に表現させた。その結果、88名の被験者の中で69名は空間的に表象しようとした。さらに、個人的な過去を表現させるときは88名中80名は空間的に表象しようとしていた。具体的には空間的に表象した69名中の43名は過去を下、現在や未来を上にした上昇的な図を描いた。21名は水平的な図を描き、5名は円などの閉じた図を描いた。このように被験者の多くが時間を空間的に表象する理由として、多くの被験

²⁰ 本節は (西川, 1990d) に基づいている。

者が時の経過を、何らかの運動ととらえていたためであると考えている。

しかし、彼の研究では被験者に自由に表現させたため、線画等で表現された結果を多数得た。しかし、実際の学校教育で時間を表す場合、線画で表現されるわけではなく、言葉を空間的に配置することによって表現される。前節で述べたように、序列はそれぞれ異なった極性もしくは方向性を持っていることが知られている。しかし、彼らの研究は内観報告に基づくものであり、実際に空間的に認知されているか明らかではない。

教育工学ではこのような情報提示に関して関心が向けられている。これは近年の科学技術の進歩、また教育工学の進展とともに、学校現場へ旧来の黒板の他に OHP や CRT など多様な情報提示の方法が開発・導入され、情報提示の方法も多様化している。これら視覚的な情報提示は、学校教育において有効な情報提示の方法であると考えられる。しかし、その黒板や OHP 等の利用法に関しては、多くは個々の教師の経験則に任されており、組織的かつ実証的な研究はきわめて限られる。

その中で清水らや江口は、被験者が文字を判別できる条件を組織的かつ実証的に測定した(清水ほか, 1976: 江口, 1984)。また、特に重要な部分に注目させる方策について、指示棒の効果(清水ほか, 1981)や色彩効果(清水ほか, 1982)に関して研究がなされている。これらの結果は、黒板の文字が「見える」というためには、どの様な点に考慮すべきかを示す最も基礎的なデータを供給した。さらに、重要な情報を選択的に「見させる」ための、具体的な方策を実証的に示すものである。しかし、先に述べたような、板書の場合にどのように個々の時間線形序列を提示することが、時間順序を正確に伝えることが出来るかが明らかではない。

学校では主に言語を媒体として指導が行われる。その言語知識が平面的に提示され、再認する場合、記憶時の順序が影響することが明ら

かにされてい (Santa, 1977)。サンタは 3 つの単語を水平に配置して、被験者に提示した (オリジナル刺激)。一定時間後に、先と同様に 3 つの単語を水平に配置して、被験者に提示した (比較刺激)。彼の実験において被験者は、オリジナル刺激と比較刺激の両者が、同一の単語から構成されるかを判断する。

例えば、左から「三角」、「丸」、「四角」の 3 つの単語を、水平に被験者に提示する。一定時間後に、「三角」、「丸」、「四角」の 3 つの単語を水平に配置して提示したとき、被験者は「正」の判断を求められる。一方、比較刺激が「三角」、「丸」、「矢印」の 3 つの単語で構成される場合、オリジナル刺激にない「矢印」が含まれる。この場合、被験者は「誤」の判断を求められる。

この判断基準の場合、同じ「正」と判断される時にも複数の場合が考えられる。一つは、オリジナル刺激と全く同じ順序で、おなじ単語が平面的に提示される場合である。これを同一平面配置という。一方、先のオリジナル刺激の場合で、比較刺激が左から「三角」、「四角」、「丸」と配置されることを変換配置という。両者とも同じ単語群から構成されているので、被験者は「正」の判断を求められる。しかし、後者の変換配置の場合、その順序がオリジナル刺激と異なる。この実験でサンタが注目したのは、オリジナル刺激と比較刺激が同一配置の場合と、同一の要素から構成されるものの、その平面配置が異なる変換配置に対する反応時間の差である。この実験の結果では、同一配置と変換配置での反応時間を比べると、変換配置の場合その再認にかかる反応時間は著しく増加することが明らかにされた。

我々は水平に単語を見る場合、左から右の順序で見る。従って、オリジナル刺激が左から「三角」、「丸」、「四角」と提示される場合、我々は「三角」、「丸」、「四角」の順で見ることになる。サンタは先の同一配置と変換配置の反応時間の違いは、純粋な平面配置の違いと順序の違いの二種類が含まれると考えた。彼はこの二種類の違いの

影響を分離する実験を行った。

この実験では3つの単語を、顔の2つの目と口にあたる位置に配置したオリジナル刺激を被験者に与える。その後、被験者に同じ顔配置の比較刺激と、水平に配置した比較刺激を提示し、先の実験と同じ判断を被験者に求めた。後者の水平配置の場合、純粋な平面配置という面ではオリジナル刺激と異なる。しかし、各刺激の順序性は顔配置の比較刺激より明確である。結果において、後者の反応時間は前者を下回った。サンタの研究は、言語は学習者がもつ序列に対応した平面配置で提示することが有効であることを示すものである。

人間の長期記憶(Long-Term Memory)は、大きく分けて意味記憶(Semantic Memory)とエピソード記憶(Episodic Memory)に分けられる。例えば、被験者が単語リストを記憶する場合、その単語リストの中に「ライオン」という単語があったという記憶はエピソード記憶である。それに対して、「ライオン」に対して被験者が既に持っている知識、例えば肉食の動物でアフリカにいる等の知識は意味記憶である。この分類に従えば、サンタの研究はエピソード記憶に関するものであり、学校教育で重要な意味記憶を扱ったものではない。もし、時間線形序列の形成に極性が存在するならば、被験者の持つ時間線形序列に関する意味記憶は一定の極性を持つはずである。さらに意味記憶が一定の極性を持つならば、意味記憶の内容を判断する場合、提示方法がその極性に対応する方が判断が速やかになるはずである。

前節で述べた時間線形序列に関する結果と、サンタの研究と併せて考えるならば、水平に提示する場合、我々が文字を読む順序である左から右に、すなわち、過去から現在に項目が提示されるとき、反応が速やかになることが予想される。また同様に、垂直に提示する場合我々が文字を読む順序である上から下に、すなわち、過去から現在に項目が提示されるとき、反応が速やかになることが予想される。そこで、本節ではサンタの結果を、序列形成に極性の存在している時間線

形序列に関して検証することを目的とする。

3. 方法

本実験では、三つの既知の時代からなる序列を、さまざまな平面的配置で被験者に提示する。被験者にその序列の正誤を判断させ、その反応時間を測定する。この場合、用いられる時代名は『(1)被験者にとって系列内の各項目が既知であること、(2)テスト系列を次元上で判断した場合、大多数の被験者が正しく順序づけ出来るものであること、などの条件を充さねばならない』(梅本ほか 1981, P.16)。ところが、現行の学校教育の学習条件でジュラ紀、白亜紀、カンブリア紀などの巨視的な時間に関する時代名は必ずしも既知であることが期待できない。そこで、そのかわりに歴史教育で比較的長期にわたって学習されている、日本史の時代名で代用した。

例えば、図 14の様に配置したとき各時代は左から右に、それぞれ過去から現在の歴史順序にしたがって配置されている。逆に言えば、右から左に、それぞれ現在から過去の歴史順序にしたがって配置されている。この場合は、被験者は「正」と反応することが求められる。

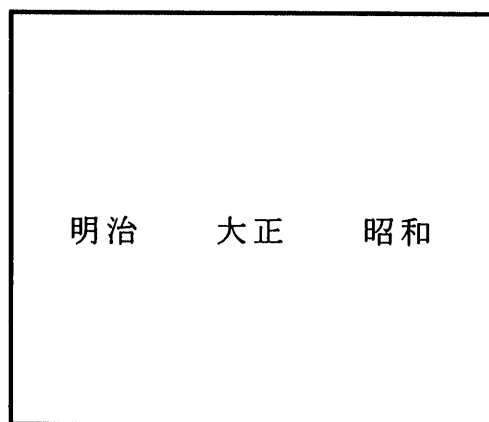


図 14 例 1

また、図 15の様に配置したとき各時代は左から右に、それぞれ現

在から過去に歴史順序にしたがって配置されている。逆に言えば、右から左に、それぞれ過去から現在の歴史順序にしたがって配置されている。この場合は、被験者は「正」と反応することが求められる。

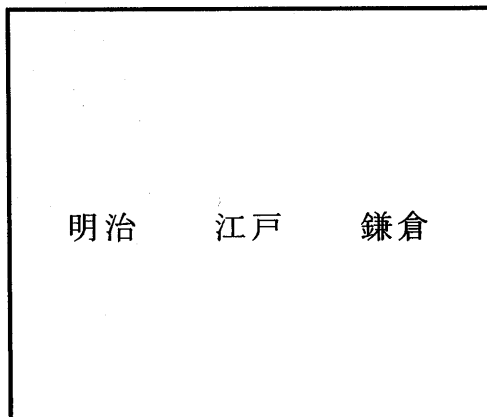


図 15 例 2

一方、図 16の様に配置すると、これらは各時代の歴史順序を表していない。この場合は、被験者は「誤」と反応することが求められる。

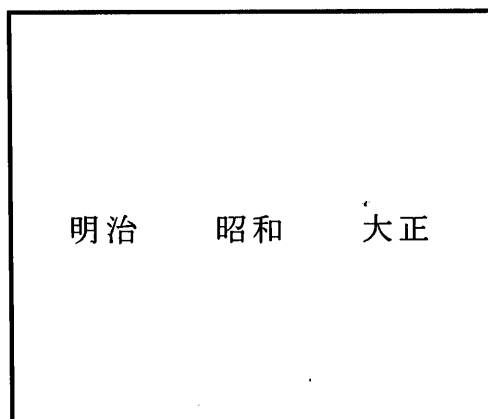


図 16 例 3

また、図 17の様に垂直に配置したとき各時代は上から下に、それぞれ過去から現在の歴史順序にしたがって配置されている。逆に言えば、下から上に、それぞれ現在から過去の歴史順序にしたがって配置

されている。この場合は、被験者は「正」と反応することが求められる。

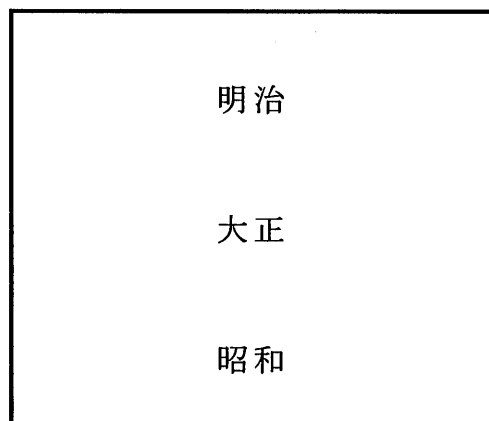


図 17 例 4

また、図 18の様に配置したとき各時代は上から下に、それぞれ現在から過去の歴史順序にしたがって配置されている。逆に言えば、下から上に、それぞれ過去から現在の歴史順序にしたがって配置されている。この場合は、被験者は「正」と反応することが求められる。

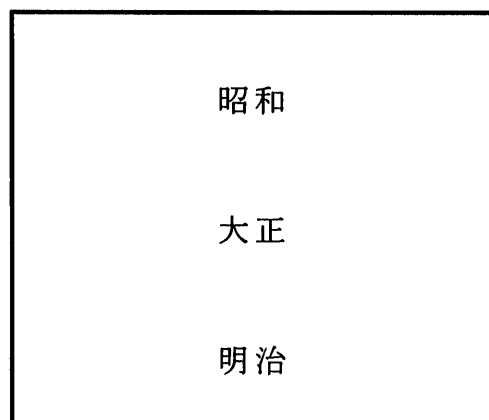


図 18 例 5

一方、図 19の様に配置すると、これらは各時代の歴史順序を表していない。この場合は、被験者は「誤」と反応することが求められる。

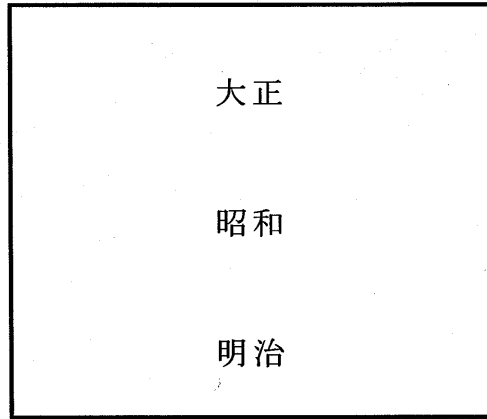


図 19 例 6

先に述べたように本節で使用する「時代」は、『(1)被験者にとって系列内の各項目が既知であること、(2)テスト系列を次元上で判断した場合、大多数の被験者が正しく順序づけ出来るものであること、などの条件を充さねばならない』(梅本ほか, 1981, P.16)。このことを考慮して、梅本らによって選定された時代を参考にして、以下の序列を選定した。

歴史順序にしたがった序列

1. 「平安」、「江戸」、「明治」
2. 「奈良」、「明治」、「昭和」
3. 「平安」、「江戸」、「昭和」
4. 「明治」、「大正」、「昭和」
5. 「平安」、「明治」、「昭和」

歴史順序にしたがっていない序列

1. 「江戸」、「平安」、「明治」
2. 「江戸」、「奈良」、「昭和」
3. 「江戸」、「平安」、「昭和」
4. 「明治」、「昭和」、「大正」
5. 「明治」、「平安」、「昭和」

これらの序列を垂直及び水平に配置する。ただし、歴史順序にしたがった序列に関しては、序列に極性が存在する。例えば水平に配置す

る場合、左を過去で右を現在とする配置と、逆に左を現在で右を過去とする配置が考えられる。垂直に配置する場合にも、同様に二種類の配置方法が考えられる。従って、歴史順序にしたがった序列に関してはそれぞれ四種類の配置方法をとった。したがって、したがって歴史順序にしたがった序列に関する課題は 20 課題(序列 5 種 × 提示方法 4 種)である。

一方、歴史順序にしたがっていない序列では極性は特に意味を持たないので、配置方法は水平、垂直の 2 種類である。したがって歴史順序にしたがっていない序列に関する課題は 10 課題(序列 5 種 × 提示方法 2 種)である。

以上から、本実験は全部で 30 の課題から構成される。

反応時間を測定する実験の場合、一般に回答方法としては、左右に配置された複数のキーの中から、一つのキーを選択して入力する方法がとられる。しかし、本実験のような空間的な操作を必要とする課題の場合、回答方法が空間的であるとき課題進行が阻害される(Brooks, 1968)。従って、複数のキーを選択して入力する回答方法の場合、本節での課題進行が阻害されることが予想される。このような阻害を避けるため本実験では、各質問に対して正答の場合キーを短く押し、間違っているときはキーを長く押すことによって回答させた。被験者には正確で、かつできるだけ速やかに反応することを求めた。

各提示の間隔は 5 秒間に設定した。課題はコンピュータの画面によって提示され、反応の正誤およびその反応時間は 10 ミリ秒単位で記録した。各課題の提示順序は被験者ごとにランダムである。また、結果の分析は上越教育大学情報教育研究・訓練センターの、統計パッケージ SPSSX によって行った。被験者は上越教育大学学部 1 年生 15 名、上越教育大学大学院生(現職派遣教師)6 名の合計 21 名である。

4. 結果及び考察

正誤判断時間を測定すると、正答判定と誤答判定には異質であることが明らかにされている(樋渡, 1986: 前掲ほか, 1986)。そこで、以下の分析では「誤」と反応することを求める刺激(具体的には 3. 方法での「歴史順序にしたがっていない序列」)に対する反応は除外した。例えば「明治、大正、昭和」の場合、左から明治、大正、昭和と提示した場合と、左から昭和、大正、明治と提示した場合に、「正」と反応する反応時間や正答率のみが分析の対象となる。そして、左から大正、明治、昭和と提示した場合は「誤」と反応することが求められるが、この反応に対するデータは分析の対象からはずされた。

また、以下の表中における平均反応時間算出では、誤った回答の反応時間は除外した。ここで言う誤った回答とは、歴史順序にしたがった序列(したがって、「正」の反応を求められる)を「誤」と回答した場合。同様に、明らかに誤動作である反応時間 0.1 秒の場合も除外した。

表中の左右提示とは過去を左に、現在を右に提示する方法をさす。具体的には「方法」での例 1 に対応する。表中での反応時間とは、例 1 の様に配置したとき「正」と反応するのに必要な反応時間である。また正答率は、例 1 の様に配置したとき「正」と正しく反応した割合である。逆に右左提示とは過去を右に、現在を左に提示する方法をさす。具体的には「方法」での例 2 に対応する。表中での反応時間は例 2 のように配置したとき「正」と反応するのに必要な反応時間である。また正答率は、例 2 の様に配置したとき「正」と正しく反応した割合である。同様に上下提示とは、過去を上、現在を下にして提示することをさす。具体的には例 4 に対応する。逆に下上提示とは過去を下に現在を上にして提示することをさす。具体的には例 5 に対応する。反応時間、正答率は水平軸の場合と同様である。

従って、上下提示および左右提示では普通に読んだ場合、過去から現在の順序で各時代を読むことになる。逆に下上提示および右左提示

で、普通に読んだ場合、現在から過去の順序で各時代を読むことになる。

この差を確かめるため、以下のように分析した。

反応時間に関して「左右提示」と「右左提示」ごとに集計した結果を表 36に示す。

表 36 左右提示と右左提示に対する反応時間の比較

	有効反応数	平均反応時間 (ms)	標準偏差
左右提示	100	1761	50.3
右左提示	92	2071	65.2

表 36での「左右提示」の平均反応時間とは、左から右に過去から現在に、逆にいえば右から左に現在から過去に、実際の歴史順序に対応した序列(例えば、左から「明治、大正、昭和」)を提示されたとき、これを「正」と反応した場合の平均反応時間である。また、表 36での「右左提示」の平均反応時間とは、右から左に過去から現在に、逆にいえば左から右に現在から過去に、実際の歴史順序に対応した序列(例えば、左から「昭和、大正、明治」)を提示されたとき、これを「正」と反応した場合の平均反応時間である。さきに述べたように、これらの提示に対しては「正」と反応するよう求めているので、「誤」としたデータ(この場合、左右提示は 5 件、右左提示は 13 件)は除外して分析した。

表 36より、「左右提示」のほうが「右左提示」より、被験者は速やかに反応している。

先に述べたように、本調査の被験者は年齢的にばらつきが大きい。そのため、反応速度に影響が考えられる。そこで、課題のタイプ(左右提示と右左提示)、各個人(個人別の ID 番号)を独立変数として分

散分析を行った。その結果、課題のタイプの影響は危険率 5%で統計的に有意であった ($F(1, 20)=9.37$)。すなわち、個人間の反応速度の影響を除外したとき、「左右提示」のほうが「右左提示」より、統計的に有意に反応が速かった。

正答率に関して「左右提示」と「右左提示」ごとに集計した結果を表 37に示す。

表 37 左右提示と右左提示に対する正答率の比較

	正答数 (%)	誤答数 (%)
左右提示	100 (95.2%)	5 (4.8%)
右左提示	92 (87.6%)	13 (12.4%)

「方法」及び表 36の説明で述べた通り、今回の調査では左右提示、右左提示ともに、「正」という反応を求めた。したがって、ここでいう誤答とは、「誤」と反応した件数である。表 37より、「左右提示」のほうが「右左提示」より被験者は正確に反応した。しかし、5以下の度数が存在するため、表 37より直接確率計算を行ったところ、出現頻度は 0.082 で、有意ではなかった。

表 38 上下提示と下上提示に対する反応時間の比較

	有効反応数	平均反応時間 (ms)	標準偏差
上下提示	100	1881	67.1
下上提示	92	2174	88.5

表 38での「上下提示」の平均反応時間とは、上から下に過去から現在に、逆にいえば下から上に現在から過去に、実際の歴史順序に対応した序列(例えば、上から「明治、大正、昭和」)を提示されたとき、

これを「正」と反応した場合の平均反応時間である。また、表 38での「下上提示」の平均反応時間とは、下から上に過去から現在に、逆にいえば上から下に現在から過去に、実際の歴史順序に対応した序列（例えば、上から「昭和、大正、明治」）を提示されたとき、これを「正」と反応した場合の平均反応時間である。さきに述べたように、これらの提示に対しては「正」と反応するよう求めているので、「誤」としたデータ（この場合、上下提示は 5 件、下上提示は 13 件）は除外して分析した。

表 38より、「上下提示」のほうが「下上提示」より、被験者は速やかに反応している。先と同様に、課題のタイプ（上下提示と下上提示）に各個人（個人別の ID 番号）を独立変数として分散分析を行った。

その結果、課題のタイプの影響は危険率 5% ($F(1, 163)=29.6$) で統計的に有意であった。すなわち、個人間の反応速度の影響を除外したとき、「上下提示」のほうが「下上提示」より、統計的に有意に反応が速かった。

表 39 上下提示と下上提示に対する正答率の比較

	正答数 (%)	誤答数 (%)
上下提示	100 (95.2%)	5 (4.8%)
下上提示	92 (87.6%)	13 (12.4%)

「方法」及び表 38の説明で述べた通り、今回の調査では上下提示、下上提示ともに、「正」という反応を求めた。したがって、ここでの誤答とは、「誤」と反応した件数である。表 39より、「上下提示」のほうが「下上提示」より被験者は正確に反応した。しかし、5以下の度数が存在するため、表 39より直接確率計算を行ったところ、出現頻度は 0.082 で、統計的に有意ではなかった。

表 37及び表 39で述べたように、細かく分析すると誤答数が少なく

なり、統計的に分析するのが困難になる。そこで、「左右提示」と「上下提示」のデータを一つにまとめ、「右左提示」と「下上提示」のデータを一つにまとめた。前者は両方とも、読む順序が過去から現在になっている。後者は両方とも、読む順序が現在から過去になっている。結果を表 40に示す。

表 40 読む順序に対する正答率の比較

読む順序	正答数 (%)	誤答数 (%)
過去から現在	200 (95.2%)	10 (4.8%)
現在から過去	184 (87.6%)	26 (12.4%)

$$\chi^2(1) = 7.7, P < 0.05$$

表 40より、読む順序が過去から現在るとき被験者は正しく反応した。 χ^2 値を求めると、危険率 5%で両者の差は有意であった。

次に、軸選択が反応に影響を与えるかを知るため、データを「上下提示」と「下上提示」、「左右提示」と「右左提示」にまとめた。前者は垂直軸上に序列を提示し、後者は水平軸上に序列を提示する場合である。

表 41 垂直提示と水平提示に対する反応時間の比較

	有効反応数	平均反応時間 (ms)	標準偏差
垂直提示	192	2022	79.3
水平提示	192	1908	59.8

先と同様に、課題のタイプ(垂直提示と水平提示)に各個人を独立変数を加えて分散分析を行った。その結果、課題のタイプの影響は危険率 5%で統計的に有意ではなかった ($F(1, 20) = 2.62$)。

すなわち、個人間の反応速度の影響を除外したとき、「垂直提示」

と「水平提示」には、統計的に有意な差はみられなかった。

表 41と同じ分類でデータを正答数と誤答数で集計した結果を表 42に示す。両者には差は全く見られなかった。

表 42 垂直提示と水平提示に対する正答率の比較

	正答数 (%)	誤答数 (%)
垂直提示	192 (91.4%)	18 (8.6%)
水平提示	192 (91.4%)	18 (8.6%)

$$\chi^2(1) = 0.00, \text{ n. s.}$$

以上の結果をまとめると以下の2点にまとめられる。

1. 読む順序が過去から現在になるように序列を配置したとき、被験者は速やかに、かつ正確に反応できた。
2. 提示において垂直に提示するか水平に提示するかは、反応時間及び正答率に影響を与えなかった。

以上の結果をまとめると、時間は空間的に扱うのではなく序列的に扱うことが明らかにされた。また、前節結果と同様に我々は過去から現在に並べたとき認知しやすいことが明らかになった。

第 5 章 数値情報の獲得と保持

第 1 節 言語情報の意味付け効果²¹

1. はじめに

第 3 章によって、順序関係を示す様々な情報の獲得が時間的距離感に影響することを明らかにした。本章では、順序関係を間接的に示す「数値情報」の獲得と保持の機構を明らかにする。

生徒たちは巨視的な時間で扱われている数値を実体のない数値として扱っているとされている。実際、高校生を調査対象とした研究によれば、生徒たちは巨視的な時間や空間に関する数値を誤って操作していることが明らかにされている(西川, 1993)。

何故生徒達は進化や地球の歴史の時間の大きさを理解できないのであろうか。これは時間的距離感の指導において最も基本的な問題である。一つの可能性として、その時間を表現する数字の大きさに起因することが考えられる。つまり、数億や数千万という数字を扱う点が問題の原因になっている可能性である。このことが原因であるならば、適当な単位変換によって桁数を下げることが有効である。例えば、宇宙での大きさを記述するのに km を使わず、その対象に合わせて「天文単位²²」、「光年²³」等の単位を用いることによってコンパクトに記述している。具体的には、地質学等で用いられる Ma²⁴や Ga²⁵などが、巨視的な時間を表す候補として考えられる。

²¹ 本節は(西川, 1990c)に基づいている。

²² 太陽系を記載するときに用いられる距離の単位、地球の公転軌道の長半径を基準として定義される。1 天文単位 = 1.4960×10^8 km

²³ 星などの距離を表すのに用いられる距離の単位、光が 1 年間で晋距離によって定義される。1 光年 = 9.5×10^{12} km

²⁴ 地質学で用いられる時間の単位で 100 万年を指す。

²⁵ 地質学で用いられる時間の単位で 10 億年を指す。

しかし、我々は進化や地球の歴史の時間の大きさを理解しにくいということ以前に、比較的短い年数であっても「年」という時間自体が理解しにくい可能性がある。この可能性が正しければ、100 万年という記述を 1Ma と表現しても問題の解決にはならない。もし、年という時間自体が理解しがたいならば、他の属性を与えて提示することが有効である。例えば、100 万年ではなく 100 万円と表現する。また、長さに変換して提示する方法が有効である(片山, 1961: Keown, 1982)。

先にあげた指導例ではこれら二つの可能性が、曖昧な形のままで指導されている。例えば、巨視的な時間を本で表す指導法が有効であるのは、一つには 1000 頁を 1 冊という小さい数に単位変換していることが理由である可能性がある。しかし、もう一つの可能性としては、年という時間を頁や冊に属性変換している可能性がある。もし、前者が有効である理由ならば 1000 分の 1 という単位変換が妥当であるかを議論する必要がある。また、後者が有効である理由ならば、頁や冊という属性が、時間の属性変換先として適当かを議論する必要がある。

そこで本節では、実験心理学での手法をもとに巨視的な時間概念の形成のための作用機構を一面から明らかにする。また、その結果から具体的な指導方法の指針を与えることを目的とする。

2. 量・数の操作の意味依存性

巨視的な時間を扱う上での最も基本的な心的操作は、その前後もしくはは大小の判断であろう。バンクスらはその大小判断に関して興味ある結果を示した(Banks *et al.*, 1975)。彼らは被験者に、黒い丸が線の先端についたものが 2 組書かれた図 20 のような絵を提示した。その絵は、線の上端に黒い丸がくるように見るときは、2 つの「風船」が浮いているように見える。しかし、その絵を上下逆にして、線の下端に黒い丸がくるように見るときは、2 つの「ヨーヨー」が垂れ下がっているように見える。

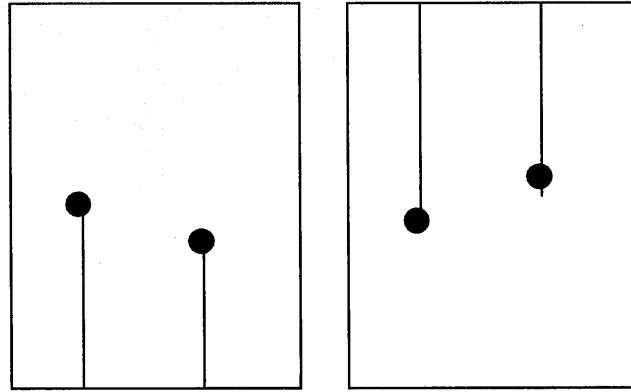


図 20 バンクスらの使った絵(左:風船、右:ヨーヨー)

被験者は、二つの黒丸のうち、どちらが上であるか(もしくは下であるか)の判断を求められる。そして、それぞれの反応時間が測定された。「ヨーヨー」と教えられた場合は「どちらが上ですか」という質問に比べて、「どちらが下ですか」という質問に対する方が速やかに反応した。逆に、「風船」と教えられた場合は「どちらが下ですか」という質問に比べて、「どちらが上ですか」という質問に対する方が速やかに反応した。バンクスらは我々が比較判断をする場合、比較対象の物理的差異のみならず、比較対象がどの様に意味づけられるかに影響されることを示した。

一見、全く同じことなのに状況によって反応が異なるのは、感覚による量の判断ばかりではない。数的な操作においても、反応は状況に依存することを示す報告がなされている(Lawler 1981)。この報告によれば6才の少女は、父から75たす26の結果をたずねられた。その時は彼女は手の指を使い、一つ一つ数え上げることによって、やっと101であることを求めた。ところが父親が75セントたす26セントはいくつかをたずねられると、たちどころに1ドル1セントであることを答えた。これらの結果は、その数がどのような意味を持つかによっ

て、数の操作の難易度は変化することを示唆する。

以上のように数字にどの様に意味づけするかによって反応時間が変化する。しかし、この影響とは別に、時間に関しては、比較対象の大きさによっても反応時間が変化することが知られている (Holyoak *et al.*, 1976)。彼らは、ミリ秒、秒、分、時間、日、週、月、年、十年期、世紀、千年期を使ってその大小を比較させ、反応時間を測定した。その結果、比較対象が変わることによって比較判断の反応時間が変化した。しかし、彼らが用いた単位は時間特有のものであり、時間以外に意味づけられた数字との比較ができない。

以上述べたように、我々の認知は、対象がどのように意味づけられているかによって影響を受けることが知られている。意味づけの影響は何に意味づけられるかに依存する。従って、時間に意味づけられることの影響は必ずしも明らかではない。先に述べたホルヨークの研究では、時間に関して調査を行っている。しかし、ホルヨークの研究では、その方法の関係から、時間と他との意味づけを比較していないので、時間に意味づけること自体の影響を考察してはいない。

我々は情報を認知することによって得ている。これらの認知された情報の集積によって、より高次な理解に至ると考えられる。もし、認知の段階で問題が起これば、当然理解が困難になる。特に、巨視的な時間の場合、100 万年や 1 億年が実感できないという印象を生徒に与える場合が多い。そのため、認知の段階で障害が生じている可能性がある。このことを明らかにするためには、最も基本的な認知過程に焦点をあてた研究が必要であると考えた。

そこで本節では、数に異なった意味づけを行い、それによって反応の正確さや、その反応時間の変化を測定する。その分析の中から、生物進化や地質変化の学習で用いられる 100 万年や 10 億年等の年数に対する理解困難な理由が、その数値自体のあまりの大きさが問題なのか、年という意味づけによるものであるかを明らかにする。

3. 方法

本節では、数に対する操作の内、最も基本的な大小の判断を測定するために比較判断課題の方法を採用した。

この方法は、認知の過程を分析的に扱う方法として実験心理学で最も使われる方法の一つである。理科教育では一般に、困難度の高い課題を与え、その正誤を分析する。しかしこの方法では最終結果の情報のみであるため、得られる情報は正誤の2段階の困難度のみである。したがって、個々の課題の困難度を連続的に測定することが難しい。比較判断課題では、正答率が90%近くなるよう問題を単純化する。そして、そのような単純化した問題を回答するのに要する反応時間を測定する。この反応時間によって、課題の困難度を連続的に測定することが可能となる。

もし巨視的な時間の扱いにくい原因が、その数の大きさによるならば、同じ数の組で実験をした場合は、意味づけに関わらず同じ結果を得るはずである。具体的には、比較判断課題で100万を使う場合、それを100万年にしても、100万円にしても実験結果は同じはずである。逆に、意味づけ自体に原因があるならば「数」と「時間」と「金額」の間に違った結果が表れるはずである。また、意味づけ自体に原因がある場合でも、100万年が100万円より反応が遅いという結果を得たならば、巨視的な時間が把握困難であるのは「時間」に意味づけられたためと判断できる。この様に相互に比較することによって、より深い分析をするために、今回の調査では3種類の課題を実施した。

但し、巨大な数を扱う場合、平常の数の表記方法を用いると文字の長さが大きく変化する。例えば、「10000」と「1」を提示された場合、それぞれが1万と1であることを読みとる時間は異なることが予想される。そこで、この影響を少なくするため、実験で使用する数は漢数字によって表記した。実験で使ったものは以下の通りである。

1. 年数

一年、十年、百年、千年、一万年、十万年、百万年、一千万年、
一億年、十億年、百億年

2. 金額

一円、十円、百円、千円、一万円、十万円、百万円、一千万円、
一億円、十億円、百億円

3. 数字

一、十、百、千、一万、十万、百万、一千万、一億、十億、百億

数の大小を判断する場合、判断する数同士が離れれば離れるほど反応時間は減少する (Moyer & Landauer, 1967)。例えば「十」と「百」の組み合わせで大小を比較するより、「十」と「百億」の組み合わせで大小を比較する方が速やかに反応できる。一般にこの現象は、「象徴的距離効果 (Symbolic Distance Effect)」とよばれる (Moyer & Bayer, 1976)。本節では、この効果によって反応時間が左右されることを避けるため、被験者に提示する組み合わせは一桁違いの組に統一した。例えば年数の場合は、一年と十年、十万年と百万年などがその組にあたる。左右に配置したこれらの数字の組は、コンピュータ画面によって被験者に提示される。同時に画面には「大きい方のキーを押して下さい」、もしくは「小さい方のキーを押して下さい」の指示が提示される。具体的には図 21や図 22のようなコンピュータ画面が、被験者に提示される。被験者は正確かつできるだけ早く大小判断を行い、指示にしたがってキーによって反応することが求められる。

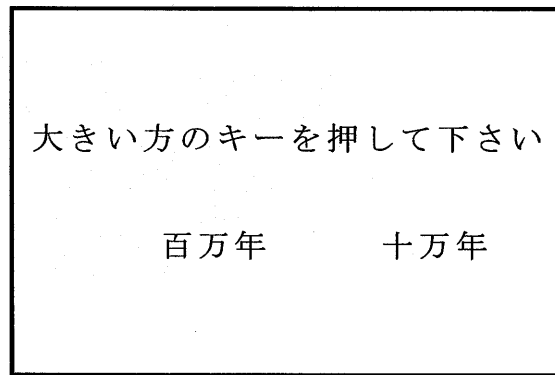


図 21 コンピュータ画面例

この場合は、被験者は左の方のキーを押すことを求められる。

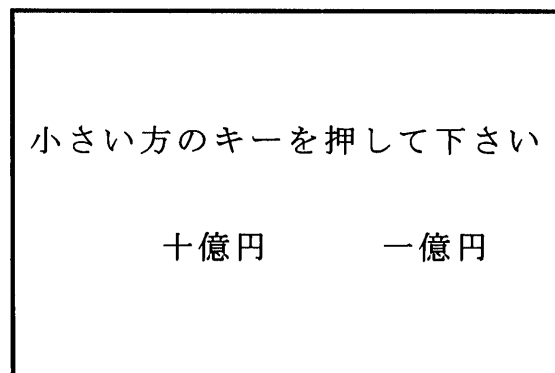


図 22 コンピュータ画面例

この場合は、被験者は右の方のキーを押すことを求められる。

年数、金額、数字の各カテゴリーには、それぞれ 11 種が含まれる。従って、一桁違いの組み合わせは、各カテゴリーごとに 10 組出来る。さらに、各組ごとに左右に配置する方法として 2 通り存在する。また、正答が左右どちらに配置しているかで 2 種類の方法がある。以上のことから本実験では、各カテゴリーごとに 40 種類の課題ができる。各課題の提示間隔は 5 秒である。なお、本実験の前に回答方法の習熟のために、本実験と同じ形式で 5 つの課題からなる練習を行った。

被験者はクラスごとに 3 つのグループに分けられ、各カテゴリーの中から一つの課題群が提示される。被験者は上越教育大学附属中学校

2 年生で、「年数」比較グループ 43 名、「金額」比較グループ 44 名、「数字」比較グループ 42 名。調査実施時期は 1988 年 9 月である。反応の正誤およびその反応時間は、コンピュータのソフトによって 10 ミリ秒単位で記録した。また、結果の分析は上越教育大学の情報教育研究・訓練センターの統計パッケージ SPSSX によって行った。

4. 結果及び考察

各被験者は 40 の課題を回答するので、全体で被験者数の 40 倍の回答が集計される。但し、明らかに入力ミスである、反応時間 0.2 秒以下の数例は除外して分析した。

(1) 反応時間の変化

1) 反応時間の変化

課題が提示されてから、大小判断を行うまでに要する反応時間に着目して分析を行った。反応時間の平均を集計した結果を図 23 に示す。但し図中での横軸は、以下に示すような、各比較での桁の大きさを示すための値である。横軸では、「一と十」の比較を 1 に、「十と百」の比較を 2 に、「百と千」の比較を 3 に、「千と一万」の比較を 4 に、「一万と十万」の比較を 5 に、「十万と百万」の比較を 6 に、「百万と一千万」の比較を 7 に、「一千万と一億」の比較を 8 に、「一億と十億」の比較を 9 に、「十億と百億」の比較を 10 に、それぞれ数字に変換した値を「桁の大きさ」とした。

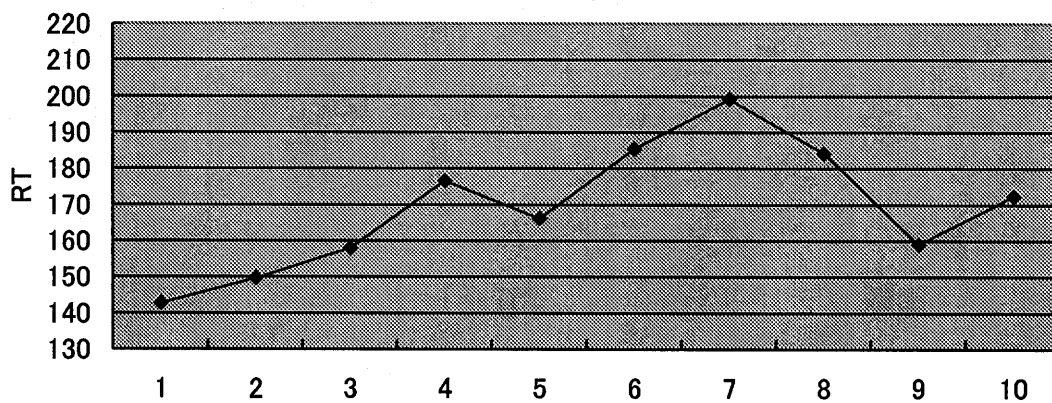


図 23 反応時間の変化(横軸:桁の大きさ、縦軸:反応時間 (ms))

図 23において、「桁の大きさ」が7や8の、比較対象に「一千万」が含まれる時、反応時間がピークを示した。この「一千万」は漢字 3 文字からなり、今回使用した数字の中で最多である。したがって、このピークは数字を読みとる時間の影響であると考えられる。そこで、さきに述べた「桁の大きさ」で1から10の、各比較での数字の漢字の数を示すために、比較に含まれる数字の漢字数の合計を求めた。例えば「百円と千円」の場合、数字の漢字の合計は2となる。また、「一千万年と一億年」の場合、数字の漢字の合計は5となる。このように算出した数を「漢字の数」とする。

また、グラフを見ると「桁の大きさ」4つ周期で、反応時間が増加する傾向を示す。つまり、比較する数字が「一万と十万」の様に、最初の数字が「一と十」の時反応時間が短く、以下、「十と百」、「百と千」と増加するにしたがって反応時間は増加する。そして「千と一万」の様に、最初の数字では大小が逆転するとき反応時間がピークを示す。このことを示すために、最初の数字が「一と十」を1に、「十と百」を2に、「百と千」を3に、そして最初の数字の大小が数全体の大小と逆転する場合を4に数値化し「最初の数字の大きさ」とした。

また、「年数比較」を1に、「金額比較」を2に、「数字比較」を

3にコード化し、「比較カテゴリー」とする。ここで、「比較カテゴリー」を名義尺度とし、「桁の大きさ」、「漢字の数」、「最初の数字の大きさ」を間隔尺度と考える。そして、反応時間を従属変数とし、「比較カテゴリー」を独立変数とし、「桁の大きさ」、「漢字の数」および「最初の数字の大きさ」を共変量として共分散分析を行った。その結果、「比較カテゴリー」($F(2, 5148) = 11.1$)、「桁の大きさ」($F(1, 5148) = 4.5$)、「漢字の数」($F(1, 5148) = 47.7$)および「最初の数字の大きさ」($F(1, 5148) = 83.8$)のいずれも5%危険率で、反応時間に対する影響がみられた。しかし、その中で「桁の大きさ」の影響が最も小さく、危険率5%を辛うじて達成したにとどまった。

「比較カテゴリー」、「漢字の数」、「最初の数字の大きさ」ごとに、反応時間を集計した結果を表 43、表 44、表 45に示す。

表 43 「比較カテゴリー」ごとの平均反応時間

時間比較	1647 ミリ秒
数字比較	1684 ミリ秒
金額比較	1750 ミリ秒

表 44 「漢字の数」ごとの平均反応時間

2	1502 ミリ秒
3	1766 ミリ秒
4	1709 ミリ秒
5	1918 ミリ秒

表 45 「最初の数字の大きさ」ごとの平均反応時間

一と十	1591 ミリ秒
十と百	1693 ミリ秒
百と千	1787 ミリ秒
逆転	1805 ミリ秒

(2) 誤答率の変化

誤答率を集計した結果を図 24に示す。横軸は「桁の大きさ」である。図 24は図 23ときわめて似ており、反応時間の結果と同様に「桁の大きさ」によって一様に変化するわけではなかった。変化の傾向は平均反応時間と同様に「比較カテゴリー」、「漢字の数」、「最初の数字の大きさ」が影響していると考えられる。

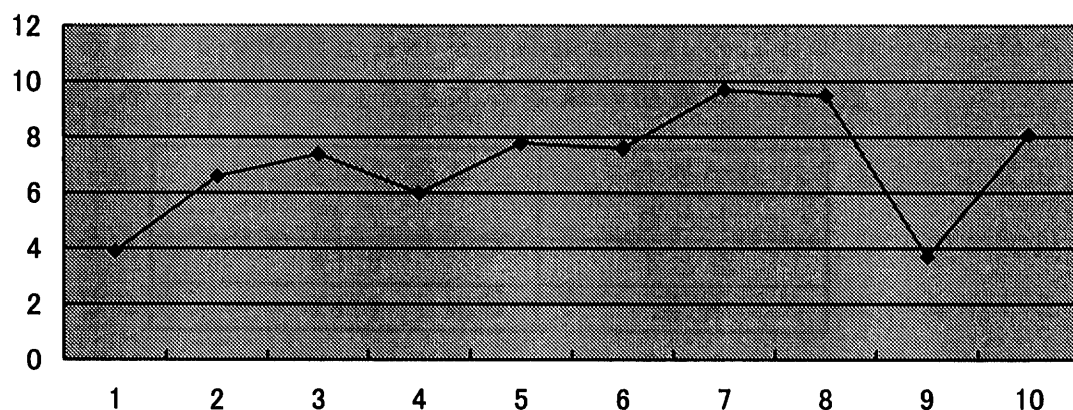


図 24 誤答率の変化の変化(横軸:桁の大きさ、縦軸:誤答率(%))

次に正答、誤答を 1 と 0 とし、間隔尺度と考える。その正答率に対して、反応時間と同様な分散分析を行った。その結果、「比較カテゴリー」($F(2, 5148)=11.2$)、「漢字の数」($F(1, 5148)=5.0$)および「最初の数字の大きさ」($F(1, 5148)=4.7$)のいずれも 5%危険率で、反応時間に対する影響がみられた。しかし、その中で「桁の大きさ」($F(1, 5148)=0.7$)については統計的に有意な影響は見られなかった。

「比較カテゴリー」、「漢字の数」、「最初の数字の大きさ」ごとに、正答率を集計した結果を表 46、表 47、表 48に示す。

表 46 「比較カテゴリー」ごとの誤答率

時間比較	9.3%
数字比較	6.4%
金額比較	5.3%

表 47 「漢字の数」ごとの誤答率

2	5.9%
3	6.0%
4	6.8%
5	9.6%

表 48 「最初の数字の大きさ」ごとの誤答率

一と十	5.1%
十と百	7.4%
百と千	8.5%
逆転	7.8%

数字比較や金額比較の誤答率に対して、年数比較の誤答率は約 2 倍である。もし単純に、表記に要した漢字の数が誤答率に影響を与えたのであれば、「金額比較」は「年数比較」と同じになるはずである。したがって、この誤答率の差は、比較する数に対して与えた意味づけに起因すると考えられる。すなわち、数字に金額の意味づけを行っても誤答率は殆ど変化しないか若干低下するのに対して、年数の意味づけを行うと誤答率が倍増した。課題自体はそれほど困難でないにもかかわらず、その誤答率は約 10%にもなる。このことは、年数を扱うことが困難であることを示すものである。

(3) 反応時間と正答率の比較とまとめ

一般に、困難な課題であるほど、反応時間は増加する。また、困難な課題であるほど、誤答率は増加する。したがって、反応時間の変化の傾向と、正答率の変化の傾向は一致する。「漢字の数」、「最初の数字の大きさ」のいずれでも、反応時間が大きい課題は誤答率は高く、逆に反応時間が小さい課題は誤答率は低い傾向を示した。しかし、

「比較カテゴリー」では逆に、反応時間の変化と正答率の変化の傾向は逆である。

以上まとめると、本調査で用いた課題解決には、読まなければならない文字の数の様な知覚に関わる段階と、「一と十」の比較の様なきわめて単純な大小判断に関わる段階が含まれることが明らかにされた。しかし、これら比較的単純な段階以外にも、その数字がどの様に意味づけされるかによって決定される段階が含まれることが明らかになった。

また、一般に大きな数字を扱うことは、小さな数字を扱うことより困難であるという仮説には否定的な結果を得た。確かに、「一と十」を比較するより、「十と百」を比較する方が困難であった。しかしこのことは、「一万と十万」を比較するより「一億と十億」を比較する方が困難であることを示すものではない。つまり比較判断では全体の数字の大きさより、最初の数字の大きさの影響が大きかった。また、大きな数字を扱うことが困難なのは、記述するに必要な文字数が多いという知覚に起因する影響が大きいためと考えられる。

5. 結論

先に得た結果をもとに最初の問いに戻り、知覚などの単純な部分を除外して考えると、「十億年」が認知しがたいのはそれが「時間」を表現しているためで、「十億」という数字それ自体ではなかった。し

たがって、天文分野での「光年」等の利用と同じ方法で単位変換をするよりも、意味づけをかえることが有効であることが明らかにされた。例えば、100 万年と表現する以前に 100 万円等の違った意味づけを行うことが有効である。この方法は小学校の数の学習の初期に用いられる方法と同じである。

小学生にとって「数」は、抽象的であり理解しがたい概念である。そこで、「リンゴ」や「ミカン」などの具体物に意味づけし理解させる。また、日周期の時間にしても時計の針に意味づけして理解させる。この様に、児童にとって既知の概念を手がかりとして、より抽象的な概念を理解させる。つまり、異なった意味づけを行うことによって手がかりを与える。その手がかりを利用した学習を十分に行うことによって、最終的には「数」や「日周期の時間」などの抽象的な概念を児童に得させている。今回の調査結果は、この様な指導法を中等教育段階の生徒にも行う必要があることを示すものと考ええる。

筆者が高校で理科を教えた生徒の中には、計算が不得意な生徒もいた。しかし、「数」を「金額」に置き換えると計算が出来るようになるばかりではなく、興味・関心を示す場合が多かった。この様な経験は筆者のみならず、多くの理科の教師が経験し、経験則として利用しているものと思われる。今回の調査結果は、この経験則を実験心理学的手法によって裏付けるものである。

第2節 意味付け効果による時間的距離感の指導²⁶

1. はじめに

生徒達が、進化や地球の歴史の時間の大きさを理解できない理由には、2つの原因が考えられる。一つの可能性として、その時間を表現する数字の大きさに起因することが考えられる。つまり、数億や数千万という数字を扱う点が問題の原因になっている可能性である。このことが原因であるならば、適当な単位変換によって桁数を下げることが有効である。例えば、宇宙での大きさを記述するのに km を使わず、その対象に合わせて「天文単位」、「光年」、「パーセク」等の単位を用いることによってコンパクトに記述している。具体的には、地質学等で用いられる Ma(100 万年)や Ga(10 億年)などが、巨視的な時間を表す候補として考えられる。

しかし、我々は進化や地球の歴史の時間の大きさを理解しにくいということ以前に、比較的短い年数であっても「年」という時間自体が理解しにくい可能性がある。この可能性が正しければ、100 万年という記述を 1Ma と表現しても問題の解決にはならない。もし、年という時間自体が理解しがたいならば、他の属性を与えて提示することが有効である。具体的には、長さを物理的な長さに置き換えて表示する方法が考えられる(片山, 1961: Keown, 1982)。この方法は、抽象的な時間を物理的な長さに置き換えることによって、時間をより具体的に表示する方法である。しかし、扱う数値を全て長さに還元して指導することは困難であろう。

最近の心理学の研究では、我々の理解はその課題の特性に大きく依存することが明らかにされている。

前節では先にあげた2つの原因の内、後者が巨視的な時間の理解を

²⁶ 本節は(西川, 1991d)に基づいている。

困難にしている原因であることを明らかにした。すなわち、我々が巨視的な時間を理解できないのは、それが年数に意味付けされているからである。従って、理解困難な巨視的な時間であっても、それを金額などに意味付けするならば理解が進むことが予想される。そこで、本節ではこの意味付け効果を、より具体的な場面で実証することを目的とする。

2. 方法

一般に、ある指導法が有効であることを実証するために、指導後の記憶の保持を測定する方法がある。これは、深く理解されることによって、記憶の保持が高まることを利用している。つまり、記憶の保持によって理解の度合を測定する方法である。しかし、長期の記憶課題の場合、他の影響を受けやすく、変数(この場合は何に意味付けするかによる違い)以外を統制することが困難である。一方、短期の記憶課題の場合、本節で扱われる数字は単純な記憶である程度保持できてしまう。そこで、以下のような方法をとった。

調査対象を3つの群に分け、それぞれに、別紙1から3までの調査問題をあたえた。別紙にある通り、内容は生物進化史に関する基本的には同じ文章を与えた。しかし、問題文中の数字の意味付けが異なっている。

第一の群では平常通りに「年」を使って年数を記載した文章を与えた(別紙1)。第二の群では「Ma」を使って年数を記載した文章を与えた(別紙2)。第三の群では「円」というお金の単位を使って年数を記載した文章を与えた(別紙3)。

実施にあたっては、この問題は平常授業の試験問題であると教示した²⁷。実際に、平常授業の試験問題の最後に添付してあたえた。従っ

²⁷ 一般にこのように、調査者の研究意図を悟られないように、本来の

て調査対象には、他の試験問題とともに本調査の問題を回答させるようにした。つまり、この段階では調査対象は、本調査の意図はわからないようにしてある。従って、この段階では問題文の中の数字を意図的に記憶する必要性はない²⁸。

試験開始 30 分後に、回答・問題用紙を回収した。この段階までに、ほぼ全員が回答を終了していた。全ての用紙を回収した後、この試験の最後の問題は、どれだけ調査問題を注意深く読んでいるかを明らかにする調査であることを述べた。その後、別紙 4 の調査問題を配布した。

別紙 4 の質問 1 では、「多様なほ乳類の出現」、「恐竜の出現」、「マンモスの出現」の順序を答えさせた。高校生を調査対象とした調査によれば、一般に順序は正確に把握されているが、「多様なほ乳類の出現」と「マンモスの出現」の順序が間違いやすいことが明らかにされている(西川, 1987a)。従って、問題文を保持していなければ間違える可能性が高い。ここでは、意味付けによって順序の保持率が変化するかどうかを明らかにすることを目的とした。また、別紙 4 の質問 2、3 では、数量的な保持率が意味付けによって変化するかどうかを明らかにすることを目的とした。

調査対象は、上越教育大学学部 3 年生 203 名。なお、学生は前記のいずれの群に無作為抽出で割り当てた。調査実施時期は 1990 年 10 月である。分析は上越教育大学教育研究・訓練センターの統計パッケージ SPSSX によって行った。

研究とは関係の無い課題を与える場合、その課題を「方向づけ課題」と呼ぶ。

²⁸ このように学習しようという構えが存在しないときに成立する学習を偶発学習と呼ぶ。

3. 結果及び考察

以下では、意味付け効果と保持率の関係を表 49から表 51に示す。なお、各表中の「年数」とは別紙 1 のように、年数に意味付けられた問題文を与えられた群の結果を示す。また、各表中の「金額」とは別紙 3 のように、金額に意味付けられた問題文を与えられた群の結果を示す。また、各表中の「地質学」とは別紙 2 のように、地質学で用いられる Ma によって意味付けられた問題文を与えられた群の結果を示す。なお、以下の分析は上越教育大学情報教育研究・訓練センターの統計パッケージ SPSSX によって行われた。

それぞれの意味付けによる順序の保持の割合を表 49に示す。結果では、金額に意味付けられた群の誤答率は他の群の約半分になっている。しかし、「年数」と「地質学」に大きな差はみられなかった。実際、「金額」と、「年数」及び「地質学」でクロス表を作成し、 χ^2 値を求めると、5%の危険率で有意な差がみられた($\chi^2(1)=3.99$)。つまり、決して記憶することを求めずに読ませた文章にも関わらず、その文章の中の順序に関する情報の保持は統計的に有意に向上した。

表 49 質問 1 に対する結果(上段:実数、下段:%)

	年数	金額	地質学
誤答	22	7	11
	24.7	11.3	21.2
正答	67	55	41
	75.3	88.7	78.8

次に、数量的保持の正誤の割合を表 50及び表 51に示す。ここでの正答者とは、先の質問 1 の正答者のうち、それぞれの質問で正答した者をさす。表 50に示されるように、先と同様に「金額」に意味付けられた群の誤答率が他の群よりも低い。また、表 51では、三者の差は小さくなっていた。先と同様に「金額」と、「年数」及び「地質

学」でクロス表を作成し、 χ^2 値を求めた。その結果、質問 2 の結果では 5%の危険率で有意な差がみられなかった ($\chi^2(1)=0.30$)。

同様に質問 3 の結果では 5%の危険率で有意な差がみられなかった ($\chi^2(1)=0.06$)。すなわち、「金額」に意味付けることと、「年数」もしくは「地質学」に意味付けることで差は見られなかった。

以上まとめると、少なくとも、金額に意味付けることは、巨視的な時間の順序をより正確に保持するに有効であることが明らかにされた。

表 50 質問 2 に対する結果(上段:実数、下段:%)

	年数	金額	地質学
誤答	41	26	24
	46.1	41.9	46.2
正答	48	36	28
	53.9	58.1	53.8

表 51 質問 3 に対する結果(上段:実数、下段:%)

	年数	金額	地質学
誤答	47	30	24
	52.8	48.4	46.2
正答	42	32	28
	47.2	51.6	53.8

4. 付録(調査問題)

別紙 1

問題 以下の文章を読んで、その情報から問題を解いて下さい。

最初の生物は今から 30 億年(以下で使う「年」は一般の年と同じです。1 年 = 365 日)前に出現しました。

その生物が徐々に進化して、現在のような多様な生物が出現するようになりました。例えば、身近な例ではマンモスは 200 万年前に出現しました。また、イヌやネコなどの多様なほ乳類が出現したのは 7000 万年前です。また、恐竜が出現したのは今から 2 億年前です。また、無脊椎動物が出現したのは 6 億年前です。

さて、「最初の生物の出現」、「マンモスの出現」、「多様なほ乳類の出現」、「恐竜の出現」の各々は、「先カンブリア」、「古生代」、「中生代」、「新生代」のいずれの時代に属するのでしょうか。前記の年数を手がかりに正しいと思われる時代を○で囲んで下さい。

最初の生物の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
マンモスの出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
多様なほ乳類の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
恐竜の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
無脊椎動物の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代

別紙 2

問題 以下の文章を読んで、その情報から問題を解いて下さい。

最初の生物は今から 3000Ma(以下では、年の代わりに Ma を使います、100 万年 = 1Ma)前に出現しました。

その生物が徐々に進化して、現在のような多様な生物が出現するようになりました。例えば、身近な例ではマンモスは 2Ma 前に出現しま

した。また、イヌやネコなどの多様なほ乳類が出現したのは 70Ma 前です。また、恐竜が出現したのは今から 200Ma 前です。また、無脊椎動物が出現したのは 600Ma 前です。

さて、「最初の生物の出現」、「マンモスの出現」、「多様なほ乳類の出現」、「恐竜の出現」の各々は、「先カンブリア」、「古生代」、「中生代」、「新生代」のいずれの時代に属するのでしょうか。前記の年数を手がかりに正しいと思われる時代を○で囲んで下さい。

最初の生物の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
マンモスの出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
多様なほ乳類の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
恐竜の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
無脊椎動物の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代

別紙 3

問題 以下の文章を読んで、その情報から問題を解いて下さい。

最初の生物は今から 30 億円 (以下では、年の代わりに円を使います、1 年 = 1 円) 前に出現しました。

その生物が徐々に進化して、現在のような多様な生物が出現するようになりました。例えば、身近な例ではマンモスは 200 万円前に出現しました。また、イヌやネコなどの多様なほ乳類が出現したのは 7000 万円前です。また、恐竜が出現したのは今から 2 億円前です。また、無脊椎動物が出現したのは 6 億円前です。

さて、「最初の生物の出現」、「マンモスの出現」、「多様なほ乳類の出現」、「恐竜の出現」の各々は、「先カンブリア」、「古生代」、「中生代」、「新生代」のいずれの時代に属するのでしょうか。前記の年数を手がかりに正しいと思われる時代を○で囲んで下さい。

最初の生物の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
マンモスの出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
多様なほ乳類の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
恐竜の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代
無脊椎動物の出現	先カンブリア	古生代	中生代	新生代

別紙 4

この調査は、皆さんの注意力がどれだけあるかを調べる調査です。
ただし、成績には関係ありません。

質問 1 以下の 3 つの生物の出現の古い順序に並べて下さい。回答は
数字で下の四角の中にそれぞれ記入して下さい。

1. マンモス 2. 多様なほ乳類 3. 恐竜

一番古い	真ん中	一番新しい
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

質問 2 質問 1 で選んだ、一番新しい生物の出現に対して、一番古い
生物の出現は何倍古いですか。一番近い倍率を○で囲んで下
さい。

2 倍 5 倍 10 倍 100 倍 1000 倍 1000 倍以上

質問 3 質問 1 で選んだ、一番新しい生物の出現に対して、真ん中に
出現した生物は何倍古いですか。一番近い倍率を○で囲んで
下さい。

2 倍 5 倍 10 倍 100 倍 1000 倍 1000 倍以上

第 6 章 因果情報の獲得と保持

第1節 因果認識の基本型²⁹

1. はじめに

第3章によって、順序関係を示す様々な情報の獲得が時間的距離感に影響することを明らかにした。本章では、順序関係を間接的に示す「因果情報」の獲得と保持の機構を明らかにする。

Aを前提としてBの起こる確率のことを、条件AのもとでのBの条件つき確率という。ここではそれを $P_A(B)$ と表記する。もし、Aの確率 $P(A)$ とBの確率 $P(B)$ が等しいとき、 $P_A(B)$ と $P_B(A)$ は等しくなる。

もし、ここでAが原因でBが結果の場合、 $P_A(B)$ とは原因が明らかである場合、その原因の情報から結果の起こる可能性をしめす。逆に、 $P_B(A)$ とは結果が明らかである場合、その結果の情報から原因が起こる可能性を示す。もし、原因の起こる可能性と結果の起こる可能性が等しい場合、数学的には、先と同様に $P_A(B)$ と $P_B(A)$ は等しくなる。すなわち、原因から推論される結果の可能性と、結果から推論される原因の可能性は等しくなる。しかし、われわれは $P_A(B)$ を $P_B(A)$ より高く評価することが知られている(Tversky & Kahneman, 1980)。すなわち、原因から推論される結果の可能性を、結果から推論される原因の可能性より高く評価する傾向がある。言い替えれば、我々は結果から原因を推論するよりも、原因から結果を推論することを高く評価する傾向があることが明らかにされている。

彼らの協力者はオレゴン大学の学生に次のような質問をした。

質問 以下の事象の内でより起こりやすいのはどちらですか？

(a) もし母親の目がブルーならば、その娘の目はブルーである。

(b) もし娘の目がブルーならば、その母親の目はブルーである。

²⁹ 本節は(西川, 1990e)に基づいている。

(一)両事象の起こる確率は等しい。

それぞれの選択肢に対する選択者数は、それぞれ、69名、21名、75名であった。

彼らは別な91名に、母親と娘の大きな集団の中で、目のブルーの母親の割合と目のブルーの娘の割合を比較させた。その結果は大部分の64名は、両事象の割合は等しいと答えた。すなわち母親の目がブルーであることをAとして、娘の目がブルーであることをBとすると、 $P(A) = P(B)$ であることは理解してた。純粹に確率の計算にしたがえば、 $P_A(B) = P_B(A)$ という結果を推論するべきである。しかし現実には、 $P_A(B) > P_B(A)$ と評価していた。

また、彼らはツロオフ (Turoff, 1972) によって開発されたタイプの問題を用いて、われわれが未来に対する影響には注目するものの、過去の背景を無視することを明らかにした。

質問 以下の二つの可能性の中で高いと思われるものを選んで下さい。

- 1) 今後5年間に、水銀中毒による死亡者が500人を超えた場合、今後5年以内に議会が水銀汚染を抑制する法案を可決する可能性。
- 2) 今後5年間に、水銀中毒による死亡者が500人を超えなかった場合、今後5年以内に議会が水銀汚染を抑制する法案を可決する可能性。

質問 以下の二つの可能性の中で高いと思われるものを選んで下さい。

- 1) 今後5年以内に議会が水銀汚染を抑制する法案を可決する場合、今後5年間に水銀中毒による死亡者が500人を超える可能性。
- 2) 今後5年以内に議会が水銀汚染を抑制する法案を可決しなかった場合、今後5年間に水銀中毒による死亡者が500人を超える可能性。

ここで議会が5年以内に水銀汚染を抑制する法案を可決することを

Cとする、C'をその否定とする。また死亡者が500人を超えることをDとする、そしてD'をその否定とする。大多数の被験者は、前の問題では1)を選び、後の問題では2)を選んだ。したがって先ほどの表記にしたがえば、それぞれは $P_D(C) > P_{D'}(C)$ と $P_C(D) < P_{C'}(D)$ と表せる。しかし、数学的には $P_D(C) > P_{D'}(C)$ であるならば $P_C(D) > P_{C'}(D)$ である³⁰。

上記の例の場合、水銀汚染による500人の死亡と水銀汚染の防止法案可決の、それぞれの前後関係は明らかではない。しかし、われわれは条件の事象を原因と考えていた。そして原因から予想される結果に合致する選択肢を選んだのである。つまり、本来相互関係を持っているにもかかわらず、一方の影響を無視してしまったのである。具体的には、前半の問題では法案成立による影響を無視し、後半の問題では水銀中毒者の発生の影響を無視したのである。このため、数学から逸脱した結論をわれわれは下したのである。

³⁰ $P_D(C) > P_{D'}(C)$

$$[P(C \& D) / P(D)] > [P(C \& D') / P(D')]$$

$$P(C \& D) * P(D') > P(C \& D') * P(D)$$

$$P(C \& D) * \{1 - P(D)\} > P(C \& D') * P(D)$$

$$P(C \& D) > \{P(C \& D) + P(C \& D')\} * P(D)$$

$$P(C \& D) > P(C) * P(D)$$

$$P(D \& C) > P(C) * \{P(D \& C) + P(D \& C')\}$$

$$P(D \& C) * \{1 - P(C)\} > P(C) * P(D \& C')$$

$$P(D \& C) * P(C') > P(C) * P(D \& C')$$

$$[P(D \& C) / P(C)] > [P(D \& C') / P(C')]$$

$$P_C(D) > P_{C'}(D)$$

但し、 $P(C)$ 、 $P(C')$ 、 $P(D)$ 、 $P(D')$ はいずれも0でないとする。

次に、彼らは次のような質問を行った³¹

どちらの方の可能性が高いですか？

- 1) もし、1990 年代に家庭暖房に太陽エネルギーの利用が著しく増加した場合、2000 年代に個人消費用の燃料が配給制度になる。
- 2) もし、1990 年代に家庭暖房に太陽エネルギーの利用が著しく増加しなかった場合、2000 年代に個人消費用の燃料が配給制度になる。

この問題の場合、時間順序は明確である。彼の調査によれば 83 人中 68 人は 2) を選択した。つまり、代替エネルギーの使用によって、エネルギー危機が回避されると考えたわけである。しかし、全く別な解釈も可能である。1990 年代にわざわざエネルギー転換が起こったとしたならば、既にエネルギー危機が到来しているためと考えられる。家庭暖房に消費される燃料は、燃料の全消費量の中では僅かな割合を占めているにすぎない。したがって、エネルギー危機はさらに進行し 2000 年代には燃料の配給制度になる可能性は高い。このような解釈をすれば 1) の方が確率は高くなる。

この場合、先の問題に対する回答のように確率論から逸脱しているわけではない。どちらが正しいと決定はできない。ただ、われわれは過去の事象を現在の原因とは考えるものの、過去の事象自身もなんらかの結果であることを、無視する傾向があることをこの結果は示している。

以上の 3 つの例で示されることは、われわれは原因から結果を推論

³¹ この問題はオリジナルでは「1980 年代」と「1990 年代」を使い、1980 年代以前に調査を行った。調査実施時期が約 10 年後であるため、調査の主旨である未来予測を損なわないために、問題を一部手直した

するほうが、結果から原因を推論することより好む傾向があることを示す。そして、原因から結果を推論することを、結果から原因を推論することより高く評価する傾向があることを示している。そして、時には後者を全く考慮せず無視する場合もあることを示している。

我々が原因と結果を因果関係で結ぶ場合、原因から結果を推論するか、逆に結果から原因を推論する 2 つの方法がある。本節ではこの二つの方法に注目して、「因果関係形成における基本型」と名付けた。従って、もし我々が原因から結果を推論することを高く評価したり、また、好む場合、因果関係形成において原因から結果への基本型を持つとする。逆に、結果から原因を推論することを高く評価したり、また、好む場合、因果関係形成において結果から原因への基本型を持つとする。この時の評価や好みは、数学、生物学そして地学の知見と一致する場合もある。しかし一方、それら諸科学の知見と矛盾する場合がある。しかし本節では、諸科学の知見との対応で生徒の因果関係の正誤を明らかにするのではなく、生徒の持つ因果関係形成における基本型に着目する。

さきに述べたように、生物・地学分野では結果から原因を推論する場合が多い。本節では、この因果関係形成における推論の基本型を、生物・地学分野の具体的な教材で検証することを目的とする。

2. 方法

本節では、さきに紹介した 3 つの問題の形式の内、最初の「母・娘、目がブルー」の形式の問題を用いた。調査の内容としては、地質分野から「岩相³²」、「示準化石³³」、「示相化石³⁴」を選んだ。また生物

³² 地層の性質のうち、岩石的な面でとらえた特徴。

³³ 地理的に広く分布し、ある特定の地質年代を示す化石。歴史的に言えば、地層の年代はそこからの化石等によって定義される。従って、

分野から適応の3法則である、「ベルクマンの法則³⁵」、「アレンの法則³⁶」、「グロージャーの法則³⁷」を選んだ。

時間的に離れた事象の間に明確な関連が存在するとき、両者の間には因果関係が存在しているとされる。この場合、より過去の事象が原因となり、より未来の事象が結果とされる。過去、現在、未来の3つの間には、「過去対現在」、「現在対未来」、「過去対未来」の3つの組み合わせが考えられる。しかし、「過去対未来」を「過去対現在」と「現在対未来」の複合したものとするならば、最低限、「過去対現在」と「現在対未来」の二つに因果関係を分類することが出来る。本調査では、このような時制にも着目し調査する。

問題の形式は、さきに紹介した3つの問題の形式の内、最初の形式の問題を用いた。すなわち、原因から推論する結果の起こる可能性と、結果から推論する原因の起こる可能性の大小を評価させた。また併せて、原因から推論する結果の起こる可能性と、結果から推論する原因の起こる可能性が同じか、また違うならばどちらの確率が高いかを評価させた。調査問題を本節の最後に資料としてつけた。

調査問題 1-1、1-2、2-1そして2-2は「岩相」に関する問題で

示準化石の場合、化石が原因でその年代が結果と言うことも可能である。しかし、ここでの因果関係は、あくまでも現象としての因果関係を示すものである。

³⁴ それを含む地層の堆積環境を、よく指示する化石。

³⁵ 一般に、暖かい地方の動物は体が小さく、寒い地方の動物の体が大きいという法則。

³⁶ 一般に、寒い地方の動物は、耳・首・足・尾などの突出部が短いという法則。

³⁷ 一般に、温暖で湿潤な地方の動物は体色が暗色で、寒冷で乾燥した地方の動物は明色であるという法則。

ある。調査問題 1-1 と 2-1 は原因から推論する結果の起こる可能性と、結果から推論する原因の起こる可能性の大小を評価する問題である。そして、選択肢の A が原因から推論する結果の起こる可能性に対応し、選択肢の B が結果から推論する原因の起こる可能性に対応する。調査問題 1-2 と 2-2 は、原因の起こる可能性と、結果の起こる可能性の大小を評価する問題である。そして、選択肢の A が原因の起こる可能性に対応し、選択肢の B が結果の起こる可能性に対応する。また調査問題 1-1 と 1-2 は、原因を「過去」で結果を「現在」の時間に設定してある。また調査問題 2-1 と 2-2 は、原因を「現在」で結果を「未来」の時間に設定してある。以上のように、問題は比較内容（原因から推論する結果の起こる可能性と、結果から推論する原因の起こる可能性の比較；原因の起こる可能性と、結果の起こる可能性の比較）の 2 種と、時間設定（原因を「過去」と「現在」に設定）の 2 種のかけ算で、4 つの問題がそれぞれの調査の内容に対応する。

以下同様に調査問題 3-1、3-2、4-1、そして 4-2 は「示準化石」に関する問題である。調査問題 5-1、5-2、6-1、そして 6-2 は「示相化石」に関する問題である。調査問題 7-1、7-2、8-1、そして 8-2 は「ベルクマンの法則」に関する問題である。調査問題 9-1、9-2、10-1、そして 10-2 は「アレンの法則」に関する問題である。調査問題 11-1、11-2、12-1、そして 12-2 は「グロージャーの法則」に関する問題である。

以上 24 種の問題に加えて、さきに述べた「母と娘の目」の問題 13-1 と 13-2 の 2 種の問題を加えて、全部で 26 種の問題を調査した。

各問題を 1 枚に 1 問ずつ印刷し、26 枚重ねた問題・回答用紙を生徒に渡した。26 種の問題の順番は、各生徒ごとにランダムである。しかし、原因の起こる可能性と結果の起こる可能性の評価をしたあとで、原因から推論する結果の起こる可能性と結果から推論する原因の起こる可能性の評価すると、前者の回答が後者の回答に直接影響を与える。

そのため各回答の独立性を損なう可能性がある。さきに紹介した調査では、それを避けるために調査対象を2群にわけて回答させた。本調査では、条件つき確率の評価を行う13の問題を前半に集めた。また、問題は順序にしたがって回答し、回答を後で修正しないよう指示を与えた。

生徒は4つの高等学校から、高等学校1年から3年までの合計595名である。調査実施時期は1989年4月である。

3. 結果及び考察

(1) 原因の結果と条件確率の関係

先に述べたように、原因から推論する結果の起こる可能性や、結果から推論する原因の起こる可能性は、原因の可能性と結果の可能性によって求めることが出来る。したがって、生徒が因果関係を推論するとき数学と同様な方法で評価するならば、原因及び結果の確率評価と、因果関係推論の確率評価には対応があるはずである。

今ここで先の実験1と同様に、因果関係推論に対する生徒の回答に関して、原因から結果を推論することを結果から原因を推論するより高く評価した回答を1とする。そして、両者を等しく評価した回答は2とする。さらに、原因から結果を推論することを結果から原因を推論するより低く評価した回答を3とする。具体的には、母親の目がブルーであることから娘の目がブルーであることを推論することを高く評価する回答を1とする。そして、両者が等しいとする回答を2とする。また、娘の目がブルーであることから母親の目がブルーであることを推論することを高く評価する回答を3とする。この値は、結果から原因を推論することを、相対的に高く評価するほど数の大きくなる順序尺度である。

また、原因及び結果の確率評価に対する生徒の回答に関して、結果の確率を原因の確率より高く評価した回答を1とする。また、両者が

等しいとする回答を 2 とする。そして、原因の確率を結果の確率より高く評価した回答を 3 とする。具体的には、娘の目がブルーである可能性を母親の目がブルーである可能性より高く評価した回答を 1 とした。そして、両者が等しいとする回答を 2 とする。そして、母親の目がブルーである可能性を娘の目がブルーである可能性より高く評価した回答を 3 とする。この値は、原因の確率を相対的に高く評価するほど数の大きくなる順序尺度である。

もし生徒が因果関係推論に関して数学的に推論するのであれば、条件確率と原因、結果に与えた順序尺度は、対応する問題において相関関係が見られるはずである。そこで順序尺度の相関の内、順序の段階が少なく、等順位が多いとき選択されるケンドール相関係数を求めた。結果を表 52 に示す。

その結果、全ての小問で相関係数は 0.1 以下であった。また、5%の危険率で、相関なしの帰無仮説を棄却できる関係は見られなかった。このことから、生徒が因果関係を推論する場合、その原因と結果の各々の確率を推論の基礎としていないことが明らかになった。

表 52 小問間の相関係数 (n = 595)

内容・時制	相関係数
岩相(原因:過去、結果:現在)	-0.026
岩相(原因:現在、結果:未来)	-0.060
示準化石(原因:過去、結果:現在)	0.055
示準化石(原因:現在、結果:未来)	0.028
示相化石(原因:過去、結果:現在)	0.041
示相化石(原因:現在、結果:未来)	-0.008
ベルクマン(原因:過去、結果:現在)	-0.009
ベルクマン(原因:現在、結果:未来)	-0.015
アレン(原因:過去、結果:現在)	-0.053
アレン(原因:現在、結果:未来)	0.005
グロージャー(原因:過去、結果:現在)	0.036
グロージャー(原因:現在、結果:未来)	0.004
母と娘の目(原因:現在、結果:現在)	-0.048

(2) 因果関係推論の基本型

各問題ごとに、因果関係の推論において「原因から結果」、「結果から原因」のいずれを高く評価したかをまとめたものを表 53に示す。いずれの問題においても、原因が現在であるとき原因が過去であるよりも、「原因から結果」を推論することを高く評価した。また結果が現在であるとき結果が未来であるよりも、「結果から原因」を推論することを高く評価した。このことは、推論の根拠として現在を基本としていることを示すものである。原因及び結果が現在である問題 13-1 以外の 12 の問題に関して、原因が現在である問題と、結果が現在問題とにまとめて集計した結果を表 54に示す。このクロス表から χ^2 値を算出すると、5%の危険率で両者は有意な差がみられた。

岩相、示準化石、示相化石の地学分野の問題では、6 問中 5 問で「結果から原因」を推論することを高く評価していた。一方、ベルクマン、アレン、グロージャー、母と娘の目の生物分野の問題では、7 問中全て「原因から結果」を推論することを高く評価した。そこで、地学分野の問題 1-1 から 6-1 の 6 問と、生物分野の問題 7-1 から

12-1 の 6 問とに両者を分けてクロス集計した結果を表 55に示す。

この表から χ^2 値を算出すると、5%の危険率で両者は有意な差がみられた。先行研究で行われた、「母と娘の目」の結果は、先行研究での結果とほぼ一致する結果である。このことは、我国の高校生においても原因から結果を推論する傾向があることが明らかにされた。従って、地学分野での推論の基本型はその分野での特異な傾向と考えられる。

小学生および中学生を調査対象とした、同様な調査方法による調査（西川，1991a：1992a）によれば、小学生、中学生においても同様な傾向があることが明らかにされている。

表 53 各問題における推論の基本型(上段:実数、下段:%)

内容・時制	原因から 結果	結果から 原因	同等
岩 相 (原因:過去、結果:現在)	184 30.9	319 53.6	92 15.5
岩 相 (原因:現在、結果:未来)	228 38.3	219 36.8	148 24.9
示準 化石 (原因:過去、結果:現在)	141 23.7	378 63.5	76 12.8
示準 化石 (原因:現在、結果:未来)	233 39.2	215 36.1	147 24.7
示相 化石 (原因:過去、結果:現在)	57 9.6	469 78.8	69 11.6
示相 化石 (原因:現在、結果:未来)	231 38.8	289 48.6	75 12.6
ベルクマン (原因:過去、結果:現在)	266 44.7	214 36.0	115 19.3
ベルクマン (原因:現在、結果:未来)	286 48.1	169 28.4	140 23.5
ア レ ン (原因:過去、結果:現在)	246 41.3	227 38.2	122 20.5
ア レ ン (原因:現在、結果:未来)	299 50.3	162 27.2	134 22.5
グロージャー (原因:過去、結果:現在)	263 44.2	178 29.9	154 25.9
グロージャー (原因:現在、結果:未来)	294 49.4	169 28.4	132 22.2
母と娘の目 (原因:現在、結果:現在)	262 44.0	116 19.5	217 36.5

表 54 時制による推論の基本型(%)

	原因から結果	結果から原因	同等
結果が現在	1157 32.4	1785 50.0	628 17.6
原因が現在	1571 44.0	1223 34.3	776 21.7

$$\chi^2(2) = 183.4, P < 0.05$$

表 55 分野による推論の基本型(%)

	原因から結果	結果から原因	同等
地学分野	1074 30.1	1889 52.9	607 17.0
生物分野	1654 46.3	1119 31.3	797 22.3

$$\chi^2(2) = 346.1, P < 0.05$$

以上まとめると次のような結果を得た。

1. 高校生は、数学とは異なった因果関係の推論の様式をもっている。
2. 因果関係を推論とするとき、現在を推論の基本とする。
3. 推論の仕方は生物分野と地学分野では異なる。

4. 資料(調査問題)

問題 1-1

- A. 大昔には、ある場所が深い海であった場合、その場所から泥や粒の小さい砂からなる地層が発見される可能性。
- B. ある場所から泥や粒の小さい砂からなる地層が発見された場合、大昔には、その場所が深い海であった可能性。

問題 1-2

- A. ある場所が大昔には深い海であった可能性。
- B. ある場所から泥や粒の小さい砂からなる地層が発見される可能性。

問題 2-1

- A. 現在ある場所が河口近くの海岸である場合、100 万年後の未来に、その場所から 100 万年前の比較的大きな岩からなる地層が発見される可能性。
- B. 100 万年後の未来に、ある場所から 100 万年前の比較的大きな岩からなる地層が発見された場合、現在その場所は河口近くの海岸である可能性。

問題 2-2

- A. ある場所が、現在河口近くの海岸である可能性。
- B. ある場所から、100 万年後の未来に 100 万年前の比較的大きな岩からなる地層が発見される可能性。

問題 3-1

- A. ある場所が中生代に形成された場合、その場所から恐竜の化石が発見される可能性。
- B. ある場所から恐竜の化石が発見された場合、その場所が中生代に形成された可能性。

問題 3-2

- A. ある場所が中生代に形成された可能性。
- B. ある場所から恐竜の化石が発見される可能性。

問題 4-1

- A. 現在ある場所が町である場合、100 万年後の未来に、その場所から

現代人の化石が多数発見される可能性。

B. 100 万年後の未来に、ある場所から現代人の化石が多数発見された場合、現在その場所は町である可能性。

問題 4-2

A. ある場所が、現在町である可能性。

B. ある場所から、100 万年後の未来に現代人の化石が多数発見される可能性。

問題 5-1

A. 大昔にある場所が暖かい海であった場合、その場所からサンゴの化石が発見される可能性。

B. ある場所からサンゴの化石が発見された場合、大昔はその場所が暖かい海であった可能性。

問題 5-2

A. 大昔にある場所が暖かい海であった可能性。

B. ある場所からサンゴの化石が発見される可能性。

問題 6-1

A. 現在ある場所が海である場合、100 万年後の未来に、その場所から 100 万年前のアサリ、ハマグリ of 化石が多数発見される可能性。

B. 100 万年後の未来に、ある場所から 100 万年前のアサリ、ハマグリ of 化石が多数発見された場合、現在その場所は海である可能性。

問題 6-2

A. ある場所が、現在海である可能性。

B. ある場所から、100 万年後の未来に 100 万年前のアサリ、ハマグリ

の化石が多数発見される可能性。

問題 7-1

- A. 体が大きいことが、現在寒い地方にすむ動物の祖先の生存に有利にはたらいた場合、現在寒い地方にすむ動物の体が大きい可能性。
- B. 現在寒い地方にすむ動物が体が大きい場合、体が大きいことが、現在寒い地方にすむ動物の祖先の生存に有利にはたらいた可能性。

問題 7-2

- A. 体が大きいことが、現在寒い地方にすむ動物の祖先の生存に有利にはたらいた可能性。
- B. 現在、寒い地方にすむ動物が体が大きい可能性。

問題 8-1

- A. 体が小さいことが、現在、暖かい地方にすむ動物の生存に有利にはたらいた場合、未来では、暖かい地方にすむ動物が体が小さい可能性。
- B. 未来では、暖かい地方にすむ動物が体が小さい場合、体が小さいことが、現在、暖かい地方にすむ動物の生存に有利にはたらいた可能性。

問題 8-2

- A. 体が小さいことが、現在、暖かい地方にすむ動物の生存に有利にはたらいた可能性。
- B. 未来では、暖かい地方にすむ動物が体が小さい可能性。

問題 9-1

- A. 耳が長いことが、現在暖かい地方にすむ動物の祖先の生存に有利

- にはたらいた場合、現在暖かい地方にすむ動物の耳が長い可能性。
- B. 現在暖かい地方にすむ動物の耳が長い場合、耳が長いことが、現在暖かい地方にすむ動物の祖先の生存に有利にはたらいた可能性。

問題 9-2

- A. 耳が長いことが、現在暖かい地方にすむ動物の祖先の生存に有利にはたらいた可能性。
- B. 現在暖かい地方にすむ動物の耳が長い可能性。

問題 10-1

- A. 足が短いことが、現在、寒い地方にすむ動物の生存に有利にはたらいた場合、未来では、寒い地方にすむ動物が足が短い可能性。
- B. 未来では、寒い地方にすむ動物の足が短い場合、足が短いことが、現在、寒い地方にすむ動物の生存に有利にはたらいた可能性。

問題 10-2

- A. 足が短いことが、現在、寒い地方にすむ動物の生存に有利にはたらいた可能性。
- B. 未来では、寒い地方にすむ動物の足が短い可能性。

問題 11-1

- A. 体色が暗色であることが、現在温暖で湿潤な地方にすむ動物の祖先の生存に有利にはたらいた場合、現在温暖で湿潤な地方にすむ動物の体色が暗色の可能性。
- B. 現在温暖で湿潤な地方にすむ動物の体色が暗色の場合、体色が暗色であることが、現在温暖で湿潤な地方にすむ動物の祖先の生存に有利にはたらいた可能性。

問題 11-2

- A. 体色が暗色であることが、現在温暖で湿潤な地方にすむ動物の祖先の生存に有利にはたらいた可能性。
- B. 現在温暖で湿潤な地方にすむ動物の体色が暗色の可能性。

問題 12-1

- A. 体色が明色であることが、現在、寒冷で乾燥した地方にすむ動物の生存に有利にはたらいた場合、未来では、寒冷で乾燥した地方にすむ動物が体色が明色である可能性。
- B. 未来では、寒冷で乾燥した地方にすむ動物の体色が明色である場合、体色が明色であることが、現在、寒冷で乾燥した地方にすむ動物の生存に有利にはたらいた可能性。

問題 12-2

- A. 体色が明色であることが、現在、寒冷で乾燥した地方にすむ動物の生存に有利にはたらいた可能性。
- B. 未来では、寒冷で乾燥した地方にすむ動物の体色が明色である可能性。

問題 13-1

- A. もし母親の目がブルーならば、その娘の目はブルーである可能性。
- B. もし娘の目がブルーならば、その母親の目はブルーである可能性。

問題 13-2

- A. ある母親の目がブルーである可能性。
- B. ある娘の目がブルーである可能性。

第2節 因果関係の提示方法³⁸

1. はじめに

前節では、どのように提示されるとき、因果関係に関わる文章が理解しやすいかを明らかにする調査を行った。その結果、地質分野での因果関係形成には、一定の基本型があることを明らかにした。

高校生は一般の因果関係形成では、原因と結果という因果関係が存在するとき、原因の情報から結果を推論することを、結果の情報から原因を推論することより高く評価した。例えば、皿を離し、その結果、床に落ちて皿が割れた例をあげて説明しよう。この場合、原因は皿を離したことであり、結果は皿が割れたことである。先に述べた一定の基本型とは、我々は皿を離したという情報から皿が割れるであろうと予想することを、皿が割れたという情報から皿を離したであろうと予想することより確からしいと考えることを指すのである。しかし、地質時代の学習にかかわる因果関係形成では逆に、結果から原因を推論することを高く評価する傾向があることを明らかにしている。つまり、先の例でいえば皿が割れたということから、皿を離したことを予想することを高く評価する傾向を示したのである。さらに、この傾向は中学生を調査対象とした調査結果においても確認されている。一般に、領域や内容などによって我々の認知の仕方が変化することを文脈効果と呼ばれる。すなわち、先の結果は理科の教材で因果関係推論に文脈効果が見られることを示すものである。

宇野によれば、学習内容(文章)が原因から結果に配置されている方が、逆の配置より指導効果が上がることが指摘されている(宇野, 1984, 1986)。このことは、情報提示の順序が因果関係形成の基本型に一致するとき、学習が成立しやすいことを示すものである。それな

³⁸ 本節は(西川, 1992c)に基づいている。

らば、地層学習においては、一般の学習とは逆に、結果から原因に推論する基本型に一致した情報を与えることが、学習の成立に有効に働くことが予想される。

2. 意味統合

ある文章を理解し、記憶するためには、与えられた情報を既存の知識の構造に照合して関連を図る。したがって、保持される内容は与えられた文章とは全く同じわけではない。このことを端的に示したのは、ブレンスフォードらの研究がある (Bransford *et al.*, 1972)。彼らは、誤答は被験者の認知構造に由来することを利用する以下のような実験を行った。彼らは、被験者を2群に分け、それぞれに、『三匹の亀たちが浮いている丸太の脇で休んでいる、そして、一匹の魚がそれら(すなわち亀たち:筆者注)の下を泳いでいる』、『三匹の亀たちが浮いている丸太の上で休んでいる、そして、一匹の魚がそれらの下を泳いでいる』という文章を提示した。両者を比べると、文章構造はほとんど一致している。しかし、後者は前者には無い『丸太の下に魚が泳いでいる』という情報が潜んでいる。この情報は、我々の空間に関する認知によって引き出されるものである。次に、前者の文章を与えられた被験者に、『三匹の亀たちが浮いている丸太の脇で休んでいる、そして、一匹の魚がその(すなわち丸太:筆者注)の下を泳いでいる』という文章が与えられ、さきに与えた文章と全く同一かを判断させた。また後者の文章を与えられた被験者には、『三匹の亀たちが浮いている丸太の上で休んでいる、そして、一匹の魚がその下を泳いでいる』という文章が与えられ、さきに与えた文章と全く同じかを判断させた。両者とも、正答は『同じではない』というのが正答である、なぜならば与えられた文章ではそれらの (them) が使われているのに対して、判断を求められた文章ではその (it) が使われている。しかし、もし我々の記憶が逐語的なものではなく意味的なものであるならば、さき

に述べた理由から、後者の文章を与えた被験者は『同じ』という誤りを犯すことが予想される。結果は予想を確かめるものであった。

ブレンスフォードらは大学生を被験者にして実験を行ったが、パリスらも小学生2、5年を調査対象として、同様のパラダイムに基づいて検証を行っている(Paris & Carter, 1973)。それによると、小学校2年生においても、与えられた文章を積極的に取り込んでいることを明らかにしている。

さて、ブレンスフォードらやパリスらの実験で検出された『誤り』は、学校教育ではどの様に解釈するのが妥当であろうか。学校教育で与えられる知識の中には、例えば円周率や2のルートのように逐語的に記憶すべきものがある。しかし、多くは既存の知識の中に取り込まれることが期待されている。したがって、彼らの実験で現れた『誤り』は否定的に考えるのではなく、学校教育では逆に肯定的にとらえるべきであろう。その意味でも、彼らの研究及びその後の研究は「意味統合」とよばれる分野で一般にまとめられている。特に、さきに述べた因果関係の形成では、意味の積極的な統合が必要である。つまり、彼らの実験パラダイムは、因果関係の逐語的な記憶ではなく、積極的な意味統合が行われている度合を調べるに有効な方法であると考えられる。

同じ様な文章であっても、その質によって意味統合の水準に高低が出来ることは十分予想される。実際、さきに述べたカメと丸太の文章のような上下関係の意味統合に比べて、左右の位置関係や移動関係の意味統合は困難であることが知られている(Paris & Mahoney, 1974: 丸野, 1979)。さきに述べたように、地質時代の学習にかかわる因果関係形成においては、一定の基本型が存在することが明らかにされている。したがって、地質時代の学習では、提示の内容によって、その意味統合が異なることが予想される。そこで、本節では因果関係の提示方法と地質時代の学習にかかわる文章の意味統合の関係を明らかに

することを目的とする。

3. 方法

いま電話番号を聞いたが、書き留める紙と鉛筆が無かったとする。そのときには、我々は小声、もしくは頭の中で何度も電話番号をつぶやく。このことを続ける限り、十分長く保持することが出来る。このことを一般にリハーサル(rehearsal)と呼ぶ。このようなリハーサルを阻害するために、単純計算などの課題を与える方法を取る場合が多い。この様な手続きを妨害手続き(distractor procedure)と呼ばれる。本調査では3桁以下の整数の加算課題を5分間与えた。具体的な方法は、さきに述べたブレンスフォードら、パリスらの研究に準拠した。調査に先立って、以下のような指示を紙面で与え、口頭でくりかえした。

『この調査は、正確に文章を記憶する能力と、計算速度との関係を明らかにする調査です。まず最初に、ある文章を読み上げます。皆さんは、その文章をできるだけ正確に記憶して下さい。その後に、単純な計算問題をやっていただきます。こちらが、指示を与えたら、お配りしました問題用紙を裏返して計算を初めて下さい。5分間時間を与えますので、できるだけ多くの問題を解いて下さい。その後で、最初に読み上げた文章をどれだけ正確に記憶しているかを調査します。

調査の方法は、もし最初に読み上げた文章が

「富士山は日本一高い山だ」という文章だとします。この場合は、計算の後に「富士山は日本一高い山だ」という文章が読み上げられた場合は、最初に読み上げた文章と同じです。

一方、計算の後に読み上げられた文章が

「妙高山は高い山だ」

「日本一高い山は富士山だ」 であつたとします。

これらの文章は、最初に読み上げた文章と違います。

もし、最初に読み上げた文章と違うとはっきりと思う場合は「違う」と答えて下さい。もし、どちらかというと思う場合は「違うと思う」と答えて下さい。逆に、最初に読み上げた文章と同じとはっきりと思う場合は「同じ」と答えて下さい。また、どちらかというと同じと思う場合は「同じと思う」と答えて下さい。』

その後、文章を読み上げた。なお、読み上げは筆者が行った。その後直ちに、さきに述べた加算課題を5分間おこなわせリハーサルを阻害した。その後に、テストを行った。

読み上げ文は、それぞれは3つの文章からなっている。具体的な文章は付録に示した。それぞれの3番目の文章はつめもの文(filler sentence:以下ではFと略記する)で、因果関係とは直接関わらない。それぞれの1番目の文章は前提文で、2番目の文章が因果関係文である。

この因果関係文には、原因から結果を推論させる因果関係文と、逆に結果から原因を推論させる因果関係文がある。例えば、母親の目の色と娘の目の色の間の因果関係の場合、母親の目の色が原因であり娘の目の色が結果となる。その場合い両者を結ぶ因果関係文としては、「母親の目の色がブルーならば娘の目の色はブルーである」という、原因から結果を推論させる因果関係文が考えられる。逆に、「娘の目の色がブルーならば母親の目の色はブルーである」という、結果から原因を推論させる因果関係文も考えられる。従って、ここでCを原因、Eを結果と表記すると。以下のように2つの形式が考えられる。

	C E 形式	E C 形式
前提文	C	E
因果関係文	$C \rightarrow E$	$E \rightarrow C$
つめ物文	F	F

以下では前者をC E形式、後者をE C形式とする。さらに、これらの文章に対応する再認試験では、正しい前提文、誤った前提文、正しい推論文、誤った推論文、正しい因果文、誤った因果文を提示した。ここで、A'をAとは異なるということを表記するとすると、以下のような再認を行った。

	C E 形式	E C 形式
正しい前提文	C	E
誤った前提文	C'	E'
正しい推論文	E	C
誤った推論文	E'	C'
正しい因果文	$C \rightarrow E$	$E \rightarrow C$
誤った因果文	$E \rightarrow C$	$C \rightarrow E$

題材としては、原因から結果を推論することを高く評価する例として、トバスキーの研究で取り上げられた「母娘の目の色」と「父息子の身長」の二つの問題を取り上げた。また、結果から原因を推論することを高く評価する例として、第前節の研究で取り上げられた「示相化石」と「示準化石」の二つの問題を取り上げた。具体的な問題は別紙に示した。

調査対象をほぼ同数に分けて一方のグループにはC E形式の「母娘の目の色」問題、E C形式の「父息子の身長」問題、C E形式の「示相化石」問題、E C形式の「示準化石」問題を与えた。他方のグループにはE C形式の「母娘の目の色」問題、C E形式の「父息子の身長」問題、E C形式の「示相化石」問題、C E形式の「示準化石」問題を与えた。従って、両グループとも原因から結果を推論することを

高く評価する問題を、C E形式とE C形式各 1 問ずつ与えられている。また、結果から原因を推論することを評価する問題も、C E形式とE C形式各 1 問ずつ与えられている。

さきに述べたように、読み上げ文は各問題ごとに 3 つの文章からなる。さらに、再認テストも各問題ごと 6 つの文章からなる。従って、本節での問題は読み上げ文は 12、再認テストは 24 の文章から構成される。使用した調査問題を付録 1 に付した。これらの問題にパリスらの研究で用いられた読み上げ文 12 と再認テスト 16 を加えた。但し、両グループに与えられたパリスらの問題は同一である。従って、総計で読み上げ文 24 と再認テスト 40 から問題は構成されている。なお、読み上げ及び再認テストの順序はランダムである。但し、できるだけ順序による影響を避けるために、一方のグループでの原因から結果を推論することを高く評価する内容でC E形式の問題を提示する順番を、他方のグループでの場合ではE C形式の順番で用いた。具体的には、「母と娘の目の色」問題でC E形式の前提文が一方のグループでは 4 番目に読まれた場合では、他方のグループでは「母と娘の目の色」問題でE C形式の前提文が 4 番目に読まれる。この順序に関する配慮は再認文の順序にも適応される。また、同様の配慮は結果から原因を推論することを高く評価する内容においても実施された。調査対象は、上越教育大学学部学生 200 名である。調査実施時期は 1990 年 10 月である。分析は上越教育大学教育研究・訓練センターの統計パッケージ SPSSX によって行った。

4. 結果及び考察

読み上げ文では、「正しい前提文」、「誤った前提文」、「正しい推理文」、「誤った推理文」、「正しい因果文」、「誤った因果文」の 6 種の文の再認が測定された。しかし、これらの中で因果文の変換や、意味統合が直接に関わるのは「正しい推理文」、「正しい因果

文」、「誤った因果文」の再認である。そこで、結果では三者を中心に扱う。

1) 正しい推理文の再認率

読み上げ文には、前提文と因果文が含まれる。この二つの文章から帰結される推理文が、読み上げ文の中にあっただかを質問した。この場合、推理文は推理自体は正しい。しかし、読み上げ文の中には含まれていないので、正答は「違う」である。しかし、もし生徒が逐語的に記憶しているのではなく、意味統合を行っているならば、「同じ」という誤った再認を行うはずである。

その結果、原因から結果を推論することを高く評価する場合、原因から結果の因果文が与えられたとき意味統合が進んだ。逆に、結果から原因を推論することを高く評価する場合、結果から原因の因果文が与えられた場合に意味統合が進んだ。特に前者は統計的に有意であった。すなわち、与えられた因果関係が、その内容(文脈)での因果関係推論の基本型に一致するとき意味統合が進むことが明らかにされた。

表 56 「母娘の目の色」、「父息子の身長」問題での正しい推理文の再認者(人)

	同じ 同じと思う	違う 違うと思う
C E 形式(因果関係:原因から結果)	125	75
E C 形式(因果関係:結果から原因)	77	123

$$\chi^2(1) = 23.0, P < 0.05$$

表 57 「示相化石」、「示準化石」問題での正しい推理文の再認者
(人)

	同じ 同じと思う	違う 違うと思う
C E 形式(因果関係:原因から結果)	50	150
E C 形式(因果関係:結果から原因)	63	137

$$\chi^2(1) = 2.1, \text{ n. s.}$$

2) 正しい因果文の再認率

因果関係文では、前提文や推理文とは違い、内部に2つの事象に関する内容が含まれる。従って、それらの関係に関する情報も含まれている。ここでは読み上げ文と一致する文章の再認で、「同じ」という回答をすることが求められる。

結果では「母娘の目の色」、「父息子の身長」問題では、原因から結果の因果文で提示された情報の再認率は、結果から原因の因果文で提示された情報の再認率を上回っていた。一方、「示相化石」、「示準化石」問題では、結果から原因の因果文で提示された情報の再認率は、原因から結果の因果文で提示された情報の再認率を上回っていた。

さきに述べたように、「母娘の目の色」、「父息子の身長」の問題では、原因から結果を推論することを高く評価する。一方、「示準化石」、「示相化石」の問題では、結果から原因を推論することを高く評価する。つまり、原因から結果を推論することを高く評価する場合、読み上げ文で原因から結果の因果文を与えられたほうが再認率は高かった。逆に、結果から原因を推論することを高く評価する場合、読み上げ文で結果から原因の因果文を与えられ他方が再認率は高かった。そして両結果とも統計的に有意であった。

表 58 「母娘の目の色」、「父息子の身長」問題での正しい因果文の再認者(人)

	同じ 同じと思う	違う 違うと思う
C E 形式(因果関係:原因から結果)	166	34
E C 形式(因果関係:結果から原因)	149	51

$$\chi^2(1) = 4.3, P < 0.05$$

表 59 「示相化石」、「示準化石」問題での正しい因果文の再認者(人)

	同じ 同じと思う	違う 違うと思う
C E 形式(因果関係:原因から結果)	137	63
E C 形式(因果関係:結果から原因)	169	31

$$\chi^2(1) = 14.2, P < 0.05$$

3) 誤った因果文の再認率

ここでいう誤った因果文とは、読み上げた文章の原因と結果を逆転した文章を言う。従って、文章の中に含まれる2つの事象の中には関係がある点では読み上げた文章と同一である。この文章に求められる回答は「違う」である。しかし、与えられた因果関係を積極的に変換するならば、「同じ」という誤った回答をする。

具体的には、「母娘の目の色」、「父息子の身長」問題の場合、C E 形式の提示を受けた場合の結果では、95 人の学生が「同じ」若しくは「同じと思う」という回答をした。この場合は、原因から結果の因果文を与えられたのにも関わらず、結果から原因の因果文を与えられたと誤解した学生が 95 人いたことを示す。つまり、95 人の学生は、原因から結果の因果文を結果から原因の因果文に変換してしまったことを意味する。逆に、E C 形式の提示を受けた場合の結果では、117

人の学生が「同じ」若しくは「同じと思う」という回答をした。この場合は、結果から原因の因果文を与えられたのにも関わらず、原因から結果の因果文を与えられたと誤解した学生が 117 人いたことを示す。つまり、117 人の学生は、結果から原因の因果文を原因から結果の因果文に変換してしまったことを意味する。両者を比較すると、この問題では結果から原因の因果文を原因から結果の因果文に変換する傾向が高いことを示すものである。

一方、「示相化石」、「示準化石」の問題の場合 C E 形式の提示を受けた場合の結果では、128 人の学生が「同じ」若しくは「同じと思う」という回答をした。この場合は、原因から結果の因果文を与えられたのにも関わらず、結果から原因の因果文を与えられたと誤解した学生が 128 人いたことを示す。つまり、128 人の学生は、原因から結果の因果文を結果から原因の因果文に変換してしまったことを意味する。逆に、E C 形式の提示を受けた場合の結果では、69 人の学生が「同じ」若しくは「同じと思う」という回答をした。この場合は、結果から原因の因果文を与えられたのにも関わらず、原因から結果の因果文を与えられたと誤解した学生が 69 人いたことを示す。つまり、69 人の学生は、結果から原因の因果文を原因から結果の因果文に変換してしまったことを意味する。両者を比較すると、この問題では原因から結果の因果文を結果から原因の因果文に変換する傾向が高いことを示すものである。

さきに述べたように、「母娘の目の色」、「父息子の身長」の問題では、原因ら結果を推論することを高く評価する。一方、「示準化石」、「示相化石」の問題では、結果から原因を推論することを高く評価する。つまり、原因から結果を推論することを高く評価する場合、読み上げ文で結果から原因の因果文が与えられても、原因から結果の因果文を再認した。逆に、結果から原因を推論することを高く評価する場合、読み上げ文で原因から結果の因果文が与えら

れても、結果から原因の因果文を再認した。そして両結果とも統計的に有意であった。

すなわち、我々は与えられた因果関係を、その内容(文脈)での因果関係推論の基本型に一致させるように変換することが明らかにされた。

表 60 「母娘の目の色」、「父息子の身長」問題での誤った因果文の再認者(人)

	同じ 同じと思う	違う 違うと思う
C E 形式(因果関係:原因から結果)	95	105
E C 形式(因果関係:結果から原因)	117	83

$$\chi^2(1) = 4.9, P < 0.05$$

表 61 「示相化石」、「示準化石」問題での誤った因果文の再認者(人)

	同じ 同じと思う	違う 違うと思う
C E 形式(因果関係:原因から結果)	128	72
E C 形式(因果関係:結果から原因)	69	131

$$\chi^2(1) = 34.8, P < 0.05$$

以上の結果を因果関係と意味統合に着目してまとめると、以下のようになる。

因果関係はわれわれの内部で、その内容での因果関係の基本型にしたがった内容に変換される。さらに、その内容での因果関係の基本型に一致する因果関係で与えられるとき、その内容は意味統合される。すなわち、因果関係の理解に関して文脈効果があることが明らかにされた。

具体的には、高校生を調査対象とした研究で述べた教育的な意味と

同様な指導が有効であると思われる。すなわち、生物の進化で、環境と形質の因果関係を指導するとき原因から結果を推論させ、推論の基礎を現在におくことが有効である。生物の進化では、『現在のキリンの首が長いのは、彼らの祖先が首が長いために生き残れた』と説明する場合が多いように思われる。しかし、この説明は結果から原因を推論させている。また、『首の長いキリンの祖先が生き残れたので、現在のキリンの首が長い』という説明では、推論の根拠が過去におかれている。今回の結果によれば、この様な説明によって因果関係を推論することは困難であることが明らかにされた。今回の結果に基づけば、『現在キリンにとって首が長いことが生存に有利にはたらくならば、未来でのキリンの子孫の首の長さはさらに長くなる』と説明するほうが、より高校生にとって理解しやすいことが予想される。その説明で因果関係を形成した後で、同様なことがキリンの祖先で起こったと説明する方が有効であると考えられる。

先に述べたように、多くの中学生及び高校生は進化は過去の事象であり、現在は進化の到達点と考えていた。そのため、進化が今後も進行しているということが理解できなかった。これは、現在の進化の学習が過去の事象の記述にとどまっているためと思われる。さきに述べた、『現在キリンにとって首が長いことが生存に有利にはたらくならば、未来でのキリンの子孫の首の長さはさらに長くなる』という説明は、進化を未来につなげる現象として扱うことである。従って、この様な指導方法を用いれば、進化が過去に起こった事象の記述にとどまらず、現在も進行していることが理解されると期待される。

地学分野では、結果から原因を推論させ、推論の基礎を現在におくことが有効である。つまり、現在発見された化石等から古環境や時代を推論させることが有効である。この説明の仕方は、現在の教科書の記述とほぼ一致すると考えられる。

そこで意味統合の研究手法で予想を検証した結果、以上の予想を実

証することが出来た。すなわち、一般には原因から結果を説明で因果関係を説明する方が、我々にとって理解しやすいし、意味統合も進むことが明らかにされた。具体的には、「首の長いキリンの祖先が生き残ったので、現在のキリンが首が長い」とように原因から結果を説明するほうが、「現在のキリンが首が長いのは、首の長いキリンの祖先が生き残ったから」という結果から原因を説明するよりも教育効果が上がることを示す。

しかし、示相化石や示準化石の場合は一般とは逆に、結果から原因を説明する方が、理解しやすいし、意味統合も進むことが明らかにされた。具体的には、「サンゴの化石が発見されたならば、その場所は昔は暖かい海であった」というように結果から原因を説明する方が、「昔は暖かい海であったならば、その場所からサンゴの化石が発見される」というように原因から結果を説明するより教授効果が上がるということが明らかにされた。

今までのところ理科の指導方法において、因果関係をどの様に提示すべきであるかは、あまり考慮されていなかったと考えられる。しかし、今回の調査で示されるように、因果関係の提示方法によって、その情報の定着や意味統合が影響を受けることが明らかにされた。さらに、内容(文脈)によって、適切な因果関係の提示方法が異なることが明らかにされた。このことは情報提示の方法をより一層考慮した指導方法の開発が必要であることを示すものである。

5. 付録 1 調査問題

C E 形式の問題

母親の目はブルーである。

母親の目がブルーならば、その娘の目はブルーである。

母親は料理上手である。

正しい前提文 母親の目はブルーである。

誤った前提文 母親の目はブラックである。

正しい推論文 娘の目はブルーである。

誤った推論文 娘の目はブラックである。

正しい因果文 母親の目がブルーならば、その娘の目はブルーである。

誤った因果文 娘の目がブルーならば、その母親の目はブルーである。

北海道は昔は暖かい海であった。

昔は暖かい海であったならば、その場所からサンゴの化石が発見される。

北海道には熊がいる。

正しい前提文 北海道は昔は暖かい海であった。

誤った前提文 北海道は昔は寒い海であった。

正しい推論文 北海道からサンゴの化石が発見される。

誤った推論文 北海道から人類の化石が発見される。

正しい因果文 昔は暖かい海であったならば、その場所からサンゴの化石が発見される。

誤った因果文 サンゴの化石が発見されたならば、その場所は昔は暖かい海であった。

父親は背が高い。

父親が背が高ければ、その息子の背は高い。

父親は音楽が好きだ。

正しい前提文 父親は背が高い。

誤った前提文 父親は背が低い。

正しい推論文 息子の背は高い。

誤った推論文 息子の背は低い。

正しい因果文 父親が背が高ければ、その息子の背は高い。

誤った因果文 息子の背が高ければ、その父親の背は高い。

岩手県は中生代に形成された。

ある場所が中生代に形成されたならば、その場所からアンモナイトの
化石が発見される。

岩手県は鉄の産地である。

正しい前提文 岩手県は中生代に形成された。

誤った前提文 岩手県は先カンブリアに形成された。

正しい推論文 岩手県からアンモナイトの化石が発見される。

誤った推論文 岩手県からクラゲの化石が発見される。

正しい因果文 ある場所が中生代に形成されたならば、その場所から
アンモナイトの化石が発見される。

誤った因果文 ある場所からアンモナイトの化石が発見されたならば、
その場所は中生代に形成された。

EC形式の問題

娘の目はブルーである。

娘の目がブルーならば、その母親の目はブルーである。

娘は料理上手である。

正しい前提文 娘の目はブルーである。

誤った前提文 娘の目はブラックである。

正しい推論文 母親の目はブルーである。

誤った推論文 母親の目はブラックである。

正しい因果文 娘の目がブルーならば、その母親の目はブルーである。

誤った因果文 母親の目がブルーならば、その娘の目はブルーである。

北海道からサンゴの化石が発見される。

サンゴの化石が発見されたならば、その場所は昔は暖かい海であった。

北海道には熊がいる。

正しい前提文 北海道からサンゴの化石が発見される。

誤った前提文 北海道から人類の化石が発見される。

正しい推論文 北海道は昔は暖かい海であった。

誤った推論文 北海道は昔は寒い海であった。

正しい因果文 サンゴの化石が発見されたならば、その場所は昔は暖かい海であった。

誤った因果文 昔は暖かい海であったならば、その場所からサンゴの化石が発見される。

息子は背が高い。

息子が背が高ければ、その父親の背は高い。

息子は音楽が好きだ。

正しい前提文 息子は背が高い。
誤った前提文 息子は背が低い。
正しい推論文 父親の背は高い。
誤った推論文 父親の背は低い。
正しい因果文 息子が背が高ければ、その父親の背は高い。
誤った因果文 父親の背が高ければ、その息子の背は高い。

岩手県からアンモナイトの化石が発見される。
ある場所からアンモナイトの化石が発見されたならば、その場所は中生代に形成された。
岩手県は鉄の産地である。

正しい前提文 岩手県からアンモナイトの化石が発見される。
誤った前提文 岩手県からクラゲの化石が発見される。
正しい推論文 岩手県は中生代に形成された。
誤った推論文 岩手県は先カンブリアに形成された。
正しい因果文 ある場所からアンモナイトの化石が発見されたならば、その場所は中生代に形成された。
誤った因果文 ある場所が中生代に形成されたならば、その場所からアンモナイトの化石が発見される。

第 7 章 時間的距離感の獲得と学習

第1節 時間知覚、時間評価研究における本研究の意味

第1章で示したように、本研究の構成は図1で示される。第1章で巨視的時間概念、特に時間的距離感研究の意義を述べた。第2章では、時間的距離感が学校教育のなかで変化する実態を明らかにした。第3章では、学習によって時間的距離感が変化することを明らかにし、知識検索によってモデル化を行った。時間的距離感に関する知識として「順序情報」、「数値情報」、「因果情報」の3つに分けて、それぞれ4、5、6章で獲得の実態を明らかにし、指導方法の方向性を示した。本節では本論、特に第2章の結果と、現在までの時間知覚、評価研究との関連を明らかにし、本研究の結果を先行研究のなかに位置づける。

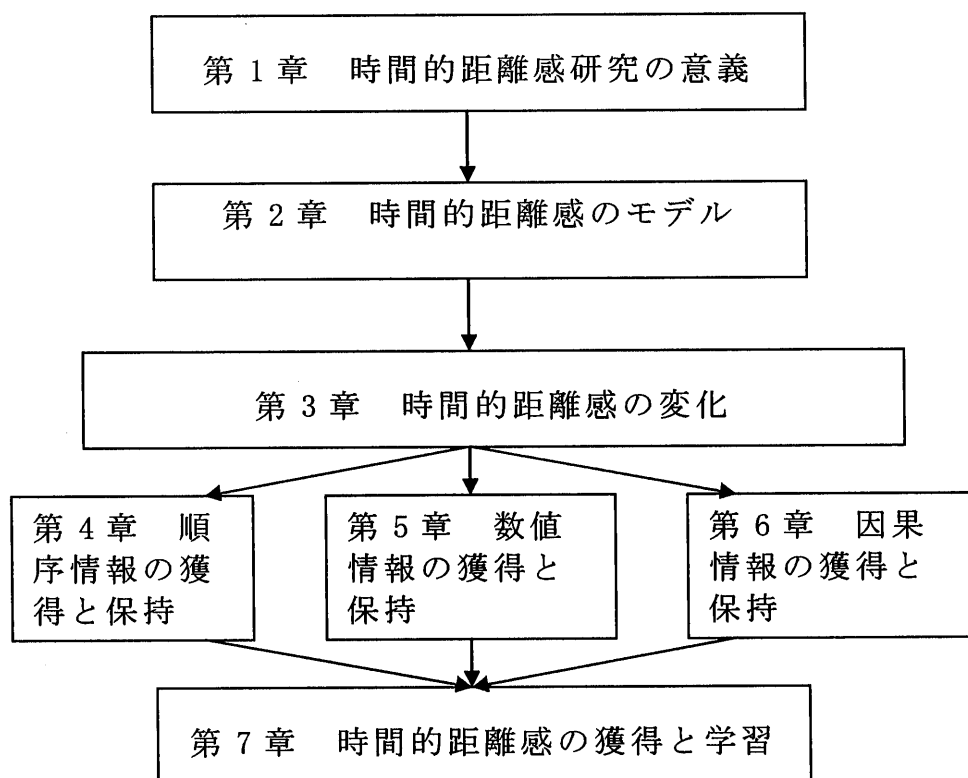


図1 本研究の構成

第1章第3節で述べたように、心理学での時間認識の研究は、数秒間の時間認識を研究する時間知覚と通例十秒程度の時間認識の研究す

る時間評価が研究の中心であった。それらの研究によって時間認識には様々な情報が関連していることが明らかにされている。この情報は時間情報 (Michon, 1985) と一般に呼ばれる。すなわち、時間知覚や時間評価は様々な情報に対する情報処理の過程と解釈されている。それらの諸情報の中でも、時間に直接関わらない情報 (nontemporal information) が時間知覚や評価に影響することは充実時程錯覚 (FDI: filled-duration illusion) の研究によって明らかにされている。この錯覚とは、ある時間を知覚・評価をする場合、連続した複数の刺激で分割する場合 (神宮 1982, 1989)、時間知覚・評価と無関係な課題 (Cantor & Thomas, 1976, 1977: Thomas & Cantor 1975, 1976, 1978) を与えることによって、時間を実際より短く／長く感じる錯覚である。この錯覚は広く研究されているが、一般に、比較的短い時間では充実時程は実際より長く感じる。しかし、長い時間の場合は、逆に実際より短く感じる。

比較的短期間の時間では知覚過程を中心となるが、長くなるにしたがって注意の範囲 (span of attention) や短期記憶 (short-term memory) と関係が深くなる。実時間と被験者の推定値との関連から、0.5 秒以前では知覚過程を中心として、それ以降では記憶過程が中心であるとされている (Michon, 1975, 1985)。この記憶過程によって充実時程錯覚を解釈しようとする代表的なものに「蓄積容量説」がある (オルスタイン, 1975)。この説は、最初は時間順位誤差を説明するために構築された。この時間順位誤差とは、連続した2つの時間の長さを判断する場合、二つの時間や提示方法が同じであっても、2番目の時間は短く判断される錯覚のことである。従来の時間知覚や時間評価の研究では、時間知覚や時間評価は外界から与えられる刺激の質、量によって決定されると解釈していた。しかし、時間順位誤差では、刺激の質、量が同一なのにも関わらず異なって知覚／評価されるので従来の考え方では解釈できない。そのため蓄積容量説は、刺激の質、量

が同一なのにも関わらず異なって知覚／評価されるためには、第一の刺激が記憶の中に残り、それが第二の刺激の知覚／評価に影響すると解釈する。この説の特徴は、時間認知を与えられる時間情報によって決定されるのではなく、その時間情報がどの様に蓄積され、結果としてどれだけの蓄積容量を占めるかによって時間認知が決定されるという点である。同様な説は多く、心的内容 (Frankenhaeuser, 1959)、情報量 (Creelman, 1962; Michon, 1965)、認知的な文脈の変化 (Block, 1978, 1982; Block & Reed, 1978) といった一連の考えも「蓄積容量説」とほぼ同様な考えである (Poynter, 1983; Poynter & Homa, 1983)。ただし、心的内容や変化の数では短期記憶との関連が中心であるが、蓄積容量説は長期記憶 (long-term memory) との関連で理論化した。しかし、上記の諸理論に共通している最大の欠点は、記憶量と時間認識との関連を一般的に述べることは可能であるが、記憶量を定量的に示し、時間認識の過程を詳細に記述することはしてはいなかった。例えばオルスタインは、情報の量を変化すると、観察者にとっての時間の長さが変化することを示す一連の調査を行った。しかし、彼の蓄積容量説では、蓄積容量をコンピュータの記憶容量の比喻で説明しているが、何故、蓄積容量が増大すると時間を短く感じるかを説明していない。

先に述べたように、時間知覚や時間評価においては知覚過程と、非知覚過程、特に、記憶に関連する過程が関係する。従来心理学で対象としていた時間の場合、知覚過程の占める割合が高い。そのため、記憶に関連する過程を独立して実験することが出来ず、知覚過程の影響を大きく受けた。本研究で対象とした巨視的時間概念の時間的距離感では、知覚過程の占める割合は低い。主に、長期記憶に保存されている情報が関連している。そのため、本研究の第2章のモデルは、従来の時間知覚や時間評価におけるモデルで欠けていた、記憶に関連する過程のモデル構築の一つの雛形と位置づけることが出来る。

与えられた一連の事象を一まとまりに認識できる範囲を、「心理学的現在」(psychological present)と呼ぶが、一般に数秒を超えることはない。時間評価はこの心理学的現在を越える時間の評価を研究対象としている。時間評価で扱われる時間の場合、外部からの情報は感覚登録器(sensory register)で保持できず、短期記憶さらに長期記憶に転送保持される。評価の段階ではそれらの諸情報を元に時間の長さを評価する。第2章のモデルでは、判断の段階で関連する情報を検索する。そのとき、時間判断に直接関連する情報ばかりではなく、時間判断に無関係な情報も検索してしまう。時間判断に直接関連する情報が増加すると、検索回数は減少する。検索回数が少ない場合、時間的距離感は長くなる。一方、時間判断に直接関連しない情報が増加すると、検索回数は増加する。検索回数が多い場合、時間的距離感は短くなる。

先に述べたように、充実時程錯覚は、比較的短い時間では充実時程は実際より長く感じる。しかし、長い時間の場合は、逆に実際より短く感じる。したがって、連続した複数の刺激で分割する場合や、時間知覚・評価と無関係な課題を実行した場合に得られる情報は、比較的短い時間では時間判断に関連しない情報であると解釈できる。一方、比較的長い時間では時間判断に関連した情報であると解釈できる。例えば、刺激 a と b の間に光信号 c が与えられた場合を考えてみよう。比較的短い時間の場合は、主に短期記憶に保持されるが、そのときには光信号 c は刺激 a と b に関連するものと保存される。そのため、a と b の時間判断の時、検索対象の情報となる。しかし、a と b の時間関係を示すまでには加工できるほどの時間は無いと考えられる。したがって、これらの情報は、時間の長さを評価するときの記憶からの検索対象となるが、検索されても時間評価に用いられない。そのため、時間評価に用いられる情報の検索を拮抗的阻害し、検索回数を増加させ時間の長さを長く感じさせる。結果として、時間距離感は短くなる。

一方、比較的長い時間の場合は、先の短期記憶の情報が長期記憶に転送するときに、時間関係を示す情報に加工される(例えば「aの後にc、cの後にb」。これらの情報は、時間の長さを評価するときの記憶からの検索対象となり、かつ、時間評価に用いられる。そのため、時間評価に用いられる情報の検索を相補的促進し、検索回数を減少させ、時間的距離感は短く感じさせる。

これらの諸情報が内部時計によって自立的に形成される情報(本研究ではその機構に関しては触れない)とともに時間判断に用いられる。短期記憶及び長期記憶で処理された情報は、その処理水準(level-of-processing)によって時間判断の処理を促進／阻害し結果として充実時程錯覚が生じると考えられる。

従来の時間知覚や時間評価の研究では比較的短い時間に対する時間認知を研究していた。そのため、長期記憶に関連する時間認知の機構の研究が困難であった。そのために従来の時間知覚や時間評価の研究は、神経興奮に関連させた神経興奮の数的処理モデル(neural firing counting model; Creelman 1962)や、外部情報の注意切り替えに要する時間に関連させた時間量子説(time quantum theory; Kristofferson 1967)や、脈拍、脳波、体内時計などに関連させた諸モデル(神宮, 1994)が提出していた。しかし、時間認知を生理反応に関連したモデルによるため、逆に、研究対象を10秒程度以下の時間に限定してしまった危険性がある。本研究のような長期記憶に関連する時間認知の研究と統合することによって、広い範囲に適用できる時間認知のモデルが構築できる。

第2節 教科教育学における本研究の意味

従来の研究、特に教科教育学での時間研究では、時間的距離感³⁹が学校教育を代表とする学習によって変化することを当然のように考えていた。確かにこの考えは、学年を追った発達研究によって間接的に傍証されていた。しかし、それらの研究では年数の解答によって調査しており、数値の暗記ではないイメージの発達であるか明らかではない。そこで、本研究では象徴的距離効果を用いて、イメージを直接測定しその発達を明らかにした。さらに、従来の研究では「発達」と「学習」が分離であるため、学年変化が「発達」に起因するのか、「学習」に起因するのか明らかではなかった。そこで、本研究では学習の前後のイメージを測定することによって、「学習」がイメージに影響を与えることを明らかにした。しかし、何が影響するかという立場で本研究と従来の教科教育学の立場は異なる。

従来の教育学関連での時間的距離感に関する研究では、時間に関する高次の精神活動を重視するあまり、知識を「暗記」ととらえ、軽視する傾向があった。例えば、古川は『歴史を学ぶということは、歴史的事物、事象についての知識の量を増やしていくことを目的にしているものではない。教える内容を予め定めておき、より多く覚えたか、より確実に応答できるかどうかなどによって評定するような指導は避けなければならない。子どもたちにもまた、そのような学習態度を求めたり促したりしてはならない。むしろ私たちが究極に求めなければならないのは、「自ら考え、正しく判断できる子ども」の育成である』(古川, 1982)と述べている。

また、黒羽は『歴史教科書は、かつて「国定教科書」ないし「あかるい社会」が保っていたほどのイメージ喚起力すら持たなくなり、学

³⁹ 理科教育学では時間概念もしくは巨視的時間概念が対応する。

力テスト及び都道府県のアチーブメント・テストの中の歴史問題は年表的理解の要求を中心的に打ち出し、教師はかつての「問題解決学習」的な「社会科」教育の困難さから解放されて、巧妙あるいは拙劣な年代記語りになり、「社会科歴史」は暗記科目の道を歩んでいる』（黒羽，1988）と述べている。

一方、理科教育学では『地学的尺度はどちらかというと桁はずれに大きい時間である億年単位の地球の歴史や光年単位の宇宙空間の広がりを考える方に偏って用いられ、wide range 用の尺度として対応していない。特に、宇宙科学や地球科学の進展に幻惑され、その桁外れに大きい時間、空間の数値のみが教材として登場しているきらいがある。そのため、時間・空間に関する地学的尺度は非現実的なものとして学習者に印象づけられ、ひいては、地学教育そのものの存立を問われようとしている』（恩藤，1988，P.159）という指摘がなされている。

しかし、鎌倉歴史教育研究会では西田の歴史教育の分類を参考に、歴史教育の目的別に、「倫理的歴史教育」、「祖国主義的歴史教育」、「一般教養としての歴史教育」、「実践としての歴史教育」とともに、「事實的歴史教育」をあげている。この事實的歴史教育は『過去の多くの史実を正確に記憶することを目的とする。正確な史実とは 5W（誰が、何時、何処で、何故、何を行ったか）を指し、この史実を記憶することで、百科事典主義の歴史教育といわれる』（鎌倉歴史教育研究会，1983，P.225）。さらに『幼少時は、歴史の断片の切り花を理解しないままに記憶して、苦痛を感じないでいる。この断片が、後年の記憶を再生させて歴史知識を深化することは、誰でも経験することである』とのべ事實的歴史教育を評価している。

本研究では情報処理システムでの長期記憶やその検索の考え方をもとに、時間順序の比較判断モデル等を構築し、説明することが出来た。

このモデルと従来の象徴的距離効果モデルとの大きな違いは、判断の元になる情報の質である。従来のモデルでは、各刺激は各々一つの

値を持っており、その値を比較すると考えている。すなわち、実際の世界で長さを比較する場合は、視覚を通して長さという値を引き出し、それを比較する。心的な長さ比較も、その過程と一致していると従来のモデルは考えていた。しかし、本モデルでは各々の刺激組み合わせに対して、各々にその順序を示す知識があると考ええる。そして、反応時間に差が生じるのは、順序を示す知識を効率よく検索することの可否に関わる。そしてその検索効率は、全知識群中での順序を示す知識の比率と、それらの結合の質に関わると解釈する。全ての刺激対に関して、各々対応する順序知識があると考えるとその知識量は膨大である。しかし、未知の刺激であっても、それが既知の刺激の仲間であるという知識があれば、他の刺激に関する知識が代用することが出来る。すなわち、全ての組み合わせの順序知識があるといっても、比較的少数にグループ化されたグループ間の順序知識によって判断が可能となると解釈した。

次に、知識という情報の獲得を「順序情報」、「数値情報」、「因果情報」の三つの方向から、それらの知識がいかに与えられたとき、より定着するかを調査した。その結果、「順序情報」に関しては、過去から現在の順序で提示するべきことを明らかにした。また、「数値情報」に関しては、金額などに意味づけて提示するべきことを明らかにした。「因果情報」に関しては、一般的には原因から結果の順序で提示すべきであるが、化石に関しては結果から原因の順序で提示するべきことを明らかにした。さらに、いずれにおいても、情報処理システムの考え方に基づくモデルによって説明できた。すなわち、本研究では時間的距離感の基礎は知識という情報であると考えている。

従来の理科教育や歴史教育では、基礎的知識は暗記であるとして軽視されてきた。たしかに、歴史の学習の目的が年数等の暗記であるわけではない。しかし、理科や社会科で学ぶ歴史の基礎が時間的距離感であることは教科教育学で広く認められる。その時間的距離感の基礎

が知識であるならば、その知識を獲得することをより重視すべきである。ただし、従来のモデルのように時間的距離感が単一の値(例えば年数など)によって決定されるのではなく、多様な比較対象間の関係に関わる知識によって決定されている。したがって、この多様な比較対象間の知識を確実に学習者に伝えることが、時間的距離感形成の重要な第一歩である。

それでは多様な知識を与えて、いかなる時間的距離感を形成すべきなのか。従来の教科教育では、時間的距離感(理科教育学では巨視的時間概念、歴史教育学では歴史認識)は重要であることは述べるが、いかなる時間的距離感が望ましいのかを述べていない。そのため、正確な時間と一致しているか、否かを用いて評価する研究が多かった。

先に紹介したフレスの言葉を引用したい。

『時間的展望の異質性は、われわれの経験の性質そのものによるが、しかし想起の量の仲介によってでなければ生じない。経験上は我々自身の過去でしかない歴史的期間の展望もこれと同じである。フランス史の各時代は、それについて知ることの多いほど、より長い相対的持続を持っている。それは時代の新古には関係ない — ギリシャ史家にとってはアテネの偉大な三世紀は、彼の時間的展望において、われわれの中世の十世紀よりもさらに長い持続を占めよう』(フレス, 1960, P. 178)

この場合、ギリシャ史家の時間的距離感は誤っていると判断すべきであろうか。

本研究によって時間的距離感は、多様な知識によって形成されることが明らかにされた。別な表現をするならば、知識獲得無しで時間的距離感を直接指導する方法はない。我々が持つべき、生物進化、地殻変動に関わる知識は多様であり、望ましい知識群は一つに特定し得ない。従って、ある時間的距離感が、実際の時間の長さに一致していないからと言う理由で、誤った時間的距離感と判断すべきではない。

我々が目的とするのは「正しい」時間的距離感ではなく、多様な知識によって形成された、一人一人の時間的距離感である。

以上のような目的の設定に加え、カリキュラム編成に関しても本研究の意味するところを述べたい。

第一章で述べたように「時間概念」は、理科教育において中心的な教材として認められている。そのため、それに関するカリキュラム編成の方法・指針を述べたものは少なくない。しかし、それらの多くは、教科としての地学、生物が教材の背景としている、地質学、生物学等の学問の大系を本にしている。一方、本研究で扱っている学習者の認知特性を考慮した研究は殆どなされていない。

例えば、本研究において順序、因果の認識研究から、教える順序を「過去から現在」にすべきか、「現在から過去」にすべきかを調査した。しかし、過去の教科教育研究において児童・生徒の発達が研究されたとき、本研究で扱ったレベルでの順序性が考慮されることはなかった（例えば、小金井，1968：赤木，1968：高瀬，1968）。結果として、カリキュラム編成でも同様である。

第一章で述べたように、地学教育学会において、地学教育を歴史科学としてとらえようとした試みがなされたことがある。そこにおけるカリキュラム作成の原則としてあげられたのは、

- (ア) 自然史をみじかなところからとらえる。（みじかなところから、むかしを知る情報をあつめる）
- (イ) 全ての自然物は進化している。
- (ウ) 自然と人間は密接に関連している。

の三つをあげている（高野，1973）。この中で、（ア）において現在から、過去を探るという方向性が示唆される。この方向性は、本研究によって明らかにされた、地学における順序、因果認識の特性と一致している。しかし、（ア）の方向性は一貫したものではない。例えば、日本列島の歴史を教える場合は、「新生代」、「中生代」、「古

生代」の順序で教えている。また、「新生代」を教える場合も、「第四紀」、「第三紀」の順序で教えており、概ね現在から過去の方で教えている（高野ら，1973）。しかし、同じグループが「古生物の変遷」を教える場合は、「最古の化石」、「先カンブリアの古生物」、「古生代の古生物」、「中生代の古生物」、「新生代の古生物」の順序で教えている（高野ら，1975a）。これらの順序性は、その背景としている学（すなわち地質学、生物学）の記述に対応しているものと考えられる。

教科教育のカリキュラム編成において従来は、その教材の背景としている学を参照する場合が多い。学校教育の目標が、人類文化の次世代への継承という側面がある以上、そのことは妥当である。しかし、同時に、学習者の認知特性という側面を明らかにし、それらを総合的に判断した上でカリキュラムを編成する必要があると思われる。

第3節 今後の課題

先に、心理学において比較的長い時間の認識を研究した「時間展望」の定義として、「ある一定の時間における個人の心理学的過去及び未来についての見解の総体」(Lewin, 1951)を紹介した。このレビンの定義に端的に現れるように、心理学は「個人」の心（もしくは頭）を興味を中心としていた。また、本研究で参照したイメージ研究においても同様に個人の認知地図を研究していた。しかし、その心理学においても、個人間の関係を扱う社会心理学が学習との関連で研究されるようになることによって、集団と学習を研究するケースが多くなっている。

理科教育学において、従来、個人の認知に着目する認知研究が盛んに行われており、本研究もそれらの認知研究に位置づけられる（西川, 1999: 萩原・西川, 2000: 西川・岩田, 2000: 西川・風間, 2000）。そのため、本研究では個人の頭の中で、どのようなことが行われているかに関するモデルを構築した。また、個人に対して、どのような情報提示をしたとき有効かを調査していた。

しかし、ごく最近になって学習者相互の学び合いに着目する研究が盛んになってきた（西川・上田・三崎, 1997: 西川・畑内, 1997: 西川, 2000a, 2000b: 杉山・西川, 2000: 相原・西川, 2000a, 2000b: 西川, 2001: 川合・西川, 2001: 太田・西川, 2001: 古田・西川, 2001: 西川・小松, 2001）。それらの研究によれば、個々人の認識は他者との関わりによって形成されることが明らかにされている。もし、個々人の認識が他者のとの関わりで決定されるならば、距離感の情報提示も他者との関わりを取り入れるべきである。例えば、我々日本人は富士山に対して、様々な知識を持っている。そのような日本人が持つ、富士山の高さのイメージは、他国人が持つイメージとは異なることが予想される。例えば、ヒマラヤ山脈の山々の標高は 8000 メートル級であり、それに比べた場合、富士山は極めて低い山と言える。し

かし、我々日本人は、ヒマラヤ山脈の標高を聞いたとしても、富士山を低い山とは考えにくい。

しかし、個々人の関係によって認識が成立するという立場に立てば、外国人の集団の中に我々が入るならば、当然、その認識は急激に変化する。その際、外国人の持つ知識が、我々に取り込まれることは想像に難くない。しかし、数値情報、順序情報、因果情報等に単純に還元し得ない、「畏敬」、「好悪」、「習慣」等の様々なものが影響することが予想される。

現在、理科離れが深刻な問題となっている。理科が社会文化として受け入れられるためには、理科の多面的な教育的価値を明らかにし、社会に示す必要がある（西川, 2000c: 西川・北嶋, 1999）。本研究の対象となった距離感を、理科学習にとどめず、社会生活における距離感とするためには、そのような他者との関わり、「畏敬」、「好悪」、「習慣」等の様々なものを視野に置きながら研究を進める必要がある。

本研究に関わる著者の論文・著書

1. 西川純、巨視的時間概念の研究、高校生の生物進化史に関する時間イメージ、日本理科教育学会研究紀要、28(2)、7-12、1987、日本理科教育学会
2. 西川純、巨視的時間概念の研究、高校生の持つ今後の進化に対する時間イメージ、科学教育研究、11、158-162、1987、日本科学教育学会
3. 西川純、巨視的時間・空間概念の指導に関する研究、高校生の長さの相対的評価能力、地学教育、41、25-29、1988、日本地学教育学会
4. 西川純、高校生、大学生における巨視的時間概念の研究、時間線形序列形成における疑似論理、科学教育研究、12、158-165、1988、日本科学教育学会
5. Nishikawa, J., Macroscopic Time Perspective against Sex and Maturity, *The Journal of Science Education in Japan*, 13, 69-72, 1989, Japan Society of Science Education
6. 西川純、巨視的時間概念の研究、高校生の地殻変動に関する過去および未来に対する時間イメージ、地学教育、42、147-150、1989、日本地学教育学会
7. 西川純、生物・地学教師と大学生の巨視的時間概念の研究、象徴的距離効果を用いた巨視的時間イメージの調査、科学教育研究、13、155-161、1989、科学教育学会
8. 西川純、中学生の未来の進化と地殻変動に関する時間イメージ、地学教育、43、35-40、1990、日本地学教育学会
9. 西川純、小学生の巨視的時間概念に関する研究、階層化と知識の構造を中心として、日本教科教育学会誌、14(1)、127-135、1990、日本教科教育学会
10. 西川純、巨視的時間の認知に関する基礎的研究(1)、巨視的時間における意味付け効果、日本理科教育学会研究紀要、31(1)、21-28、1990、日本理科教育学会
11. 西川純、生物・地学分野での因果関係形成における推論方向性、科学教育研究、14、139-146、1990、日本科学教育学会

12. 西川純、時間線形序列提示の空間提示方法、文字情報の提示に関する基礎調査、日本教育工学雑誌、14、105-110、1990、日本教育工学学会
13. 西川純、中学生の過去の進化と地殻変動に関する巨視的時間イメージ、地学教育、44、1-5、1991、日本地学教育学会
14. 西川純、巨視的時間の認知に関する基礎的研究(2)、文章理解における意味付け効果、日本理科教育学会研究紀要、31(3)、1-6、1991、日本理科教育学会
15. 西川純、中学生の生物・地学分野での因果関係形成における推論の方向性、科学教育研究、15、213-218、1991、日本科学教育学会
16. 西川純、理科学習における因果関係意味統合の文脈効果、巨視的時間概念指導のための基礎調査、科学教育研究、16、18-25、1992、日本科学教育学会
17. 西川純、小学生の巨視的時間概念に関する研究(2)、象徴的距離効果を用いたイメージ調査、日本教科教育学会誌、15、103-109、1992、日本教科教育学会
18. 西川純、小学生の巨視的時間概念に関する研究(3)、変化認識と因果認識の発達を中心にして、地学教育、45、131-137、1992、日本地学教育学会
19. 西川純、未来の巨視的時間概念の指導法に関する研究、予想法による未来の進化に対する指導法、生物教育、32、149-155、1992、日本生物教育学会
20. 西川純、巨視的時間・空間に対する数操作方法の選択能力の研究、日本教科教育学会誌、16、37-40、1993、日本教科教育学会
21. 西川純、上田穰、三崎隆、認知スタイルを利用したグループ観察による指導法の開発、日本理科教育学会研究紀要、38、113-119、1997、日本理科教育学会
22. 西川純、畑内誠二、相対瞳孔直径差を用いた科学番組への興味・関心の測定の試み、科学教育研究、22、42-46、1997、日本科学教育学会

23. 西川純、なぜ、理科は難しいと言われるのか（単著）、1999、東洋館出版社
24. 西川純、北嶋克浩、保護者から見た理科への評価、科学教育研究、23、50-58、1999、日本科学教育学会
25. 萩原浩、西川純、小学校生物（動物）領域における学習転移に関する研究、40(2)、理科教育学研究、41-50、1999、日本理科教育学会
26. 西川純、「学ばなければならない科学」からの脱皮、科学教育研究、23、382-384、2000、日本科学教育学会
27. 西川純、岩田亮、教科間における認識の文脈依存性に関する研究、22(3)、日本教科教育学会、1-8、2000、日本教育学会誌
28. 杉山清、西川純、カウンセリング的手法を用いたコミュニケーション指導、中学校における実践を中心に、日本教育学会誌、22(3)、35-44、2000、日本教科教育学会
29. 相原豊、西川純、グループ活動における傍観者を減らすための実践、理科の教育（投稿分野）、571、28-31、2000、日本理科教育学会
30. 西川純、学び合う教室（単著）、2000、東洋館出版社
31. 西川純、風間美紀、測定回数を増やすと振り子の周期とおもりの重さの関係が分かるか？、理科の教育（投稿分野）、573、56-59、2000、日本理科教育学会
32. 相原豊、西川純、理科におけるグループ構成と協同的学習の研究、生徒の傍観者傾向に対する効果的方策、23、日本教科教育学会、57-65、2000、日本教科教育学会誌
33. 川合千尋、西川純、Jigsaw 学習法における子どもどうしの相互行為の質的検討とその学習効果について、16、学校教育研究、170-185、2001、学校教育学会
34. 西川純、小松公之、社会的に構成される環境意識に関する研究、上越教育大学学生、及び、上越地域市民を事例として、環境教育、11(1)、55-62、2001、日本環境教育学会
35. 太田國夫、西川純、理科学習における話し合い活動に関する研究、

教科比較を通じて、日本教科教育学会誌、24(2)、45-54、2001、
日本教科教育学会

36. 古田豊、西川純、小学校理科学習における学び合いの発達に関する研究、話し合いケースに着目して、日本教科教育学会誌、
24(2)、11-20、2001、日本教科教育学会

37. 西川純、学び合いの仕組みと不思議（単著）、2001、東洋館出版社

引用・参考文献

- 相原豊、西川純、理科におけるグループ構成と協同的学習の研究、生徒の傍観者傾向に対する効果的方策、23、教科教育学会誌、57-65、2000a
- 相原豊、西川純、グループ活動における傍観者を減らすための実践、理科の教育（投稿分野）、571、28-31、2000b
- 有田和正（編集）、社会科授業常識への挑戦、明治図書、1988
- 赤木三郎、子どもにおける時間・空間概念の発達、理科の教育、17(10)、13-47、1968
- 芦場波久、実験観察教材教具、東京書籍、1977
- Banks, W. P., Clark, H. H., & Lucy, P. D., The Locus of the Semantic Congruity Effect in Comparative Judgments, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 104, 35-47, 1975
- Banks, W. P., Encoding and processing of symbolic information in comparative judgments, In Bower, G. H. (Ed.), *The psychology of learning and Motivation*, 11, New York, Academic Press, 1977
- Baum, D. B., & Jonides, J. J., Cognitive Maps: Analysis of comparative judgments of distance, *Memory & Cognition*, 7, 462-468, 1979
- Block, R. A., Remembered Duration: Effects of Event and Sequence Complexity, *Memory and Cognition*, 6, 320-326, 1978
- Block, R. A., Temporal Judgements and Contextual Change, *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 8, 530-544, 1982
- Block, R. A., & Reed, M. A., Remembered Duration: Evidence for a Contextual-Change Hypothesis, *Journal of Experimental Psychology: Human learning and Memory*, 4, 656-665, 1978
- Bransford, J. D., Barclay, J. R., & Franks, J. J., Sentence Memory: A Constructive versus Interpretive Approach, *Cognitive Psychology*, 3, 193-209, 1972
- Brooks, J. R., Spatial and Verbal Components of the Act of Recall, *Canadian Journal of Psychology*, 22, 349-368, 1968
- Cantor, N. E., & Thomas, E. A. C., Visual Masking Effects on Duration, Size, and form Discrimination, *Perception and Psychophysics*, 19, 321-327, 1976
- Cantor, N. E., & Thomas, E. A. C., Control of Attention in the Processing of Temporal and Spatial Information in Complex Visual Pattern, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3, 243-250, 1977

- Cohen, J., Hansel, C. E. M., & Sylvester, J. D., An Experimental Study of Comparative Judgements of Time, *British Journal of Psychology*, 45, 108, 1954
- コーブランド、ピアジェを算数指導にどう生かすか、明治書店、1976
- Creelman, C. D., Human Discrimination of Auditory Duration, *Journal of the Acoustical Society of America*, 34, 99-104, 1962
- DeSoto, C. B., London, M., & Handel, S., Social Reasoning and Spatial Paralogic, *Journal of Personality and Social Psychology*, 2, 513-521, 1965
- 江口稔康、ビデオカメラによる視覚判断と読み取り易い実験器具の目盛、昭和58年度筑波大学教育研究科修士論文、1984
- Evans, G. W., & Pezdek, K., Cognitive Mapping: Knowledge of real world distance and location information, *Journal of Experimental Psychology: Human Learning & Memory*, 6, 13-24, 1980
- フレス、時間の心理学、創元社、1960
- フレス、時間知覚、現代心理学VI『知覚と認知』(所収)、白水社、1977
- 藤井秀夫、乾敏郎、コンピュータ・グラフィックスを用いた探索課題における空間記憶特性、日本心理学会体系発表論文集、53、670、1989
- 藤井秀夫・乾敏郎、CG空間内の移動距離評定特性、電子情報通信学会論文誌、D-II、J74-D-II(4)、543-549、1991a
- 藤井秀夫・乾敏郎、CG空間内の移動における方向評定特性、電子情報通信学会論文誌、D-II、J74-D-II(11)、1574-1582、1991b
- Frank, L. K., Time Perspectives, *Journal of Philosophy*, 4, 293-312, 1939. (Cited by Wallace, M. et al. 1960)
- Frankenhaeuser, M., *Estimation of Time: An Experimental Study*, Almqvist and Wiksell, 1959
- 藤井千之助、歴史意識の理論的・実証的研究、風間書房、1985
- 古川清行、歴史意識とその育成、講座歴史教育第2巻『歴史教育の方法と実践』(所収)、弘文堂、1982
- 古田豊、西川純、小学校理科における学び合いの発達に関する研究、教科教育学会誌、24(2)、11-20、2000
- 後藤岩男、浅野井晋、学童の興味の調査、児童心理、1(7)、28-30、1947
- Guilford, J. P., Spatial Symbols in the Apprehension of Time, *American Journal of Psychology*, 37, 420-423, 1926
- 萩原浩、西川純、小学校生物(動物)領域における学習転移に関する研究、40(2)、理科教育学研究、41-50、2000
- 林良重、幼稚園児より大学生までの溶解についての概念の発達に関する調査、日本理科教育学会研究紀要、24(3)、1-9、1984

- 林武文、藤井秀夫、乾敏郎、空間認知特性に影響を及ぼす諸要因とモデル、日本心理学会体系発表論文集、54、535、1990
- 林武文、乾敏郎、空間探索課題における経路の記憶と距離評定、日本心理学会体系発表論文集、55、230、1991
- 久原恵子、感覚運動的知能の発達、ピアジェの発達心理学(所収)、国土社、1984
- 樋渡涓二、文字・単語のディスプレイに対する知覚と認知、人間工学、22、269-276、1986
- Holyoak, K. J., & Walker, J. H., Subjective Magnitude Information in Semantic Orderings, *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 15, 287-299, 1976
- 本田時雄、訳者あとがき、時間体験の心理(所収)、岩崎学術出版社、1975
- 堀七蔵、児童生徒の疑問の調査研究、福村書店、1959
- Hunter, I. M. L., The Solving of Threeterm Series Problems, *British Journal of Psychology*, 48, 286-298, 1957
- Huttenlocher, J., Constructing Spatial Images: A Strategy in Reasoning, *Psychological Review*, 75, 550-560, 1968
- 池田貞美、児童の過去時間意識の発達に関する研究、教育心理学研究、4、203-210、1957
- 稲垣成哲、石川満紀、大スケールの自然環境における子供の空間認知に関する研究(1)、日本理科教育学会研究紀要、28(3)、9-16、1988
- 稲森潤、平山勝美、児童・生徒の自然観に関する調査、地学教育、1983、36、93-103、1983
- ジェームス、心理学(下)、岩波文庫、1993
- 神宮英夫、視覚的刺激テンポの充実時程錯覚におよぼす効果、心理学研究、53、296-299、1982
- 神宮英夫、時間知覚の内的過程の研究、風間書房、1989
- 神宮英夫、時間知覚、感覚・知覚心理学ハンドブック(所収)、誠信書房、1994
- 鎌倉歴史教育研究会、歴史教育への提言、第一学習社、1983
- 片山貞昭、地学教育における時間的空間的概念の指導について、地学教育、N. 41、1-4、1961
- 川合千尋、西川純、Jigsaw学習法における子どもどうしの相互行為の質的検討とその学習効果について、学校教育研究、23170-185、2001
- Keown, H. D., Scaling Our Cosmic Prisons, *The Science Teacher*, 49(1), 52-54, 1982
- 木下稔子、未来時間の文節の研究、未来を表す修飾語を材料として、心理学研究、58、253-259、1987
- 小林学、地学領域における基本概念、地学教育の新しい展開(所収)、東洋館出版、1982

- 小林学(研究代表)、地層教材における児童の時間・空間概念の形成に関する実証的研究、文部省科学研究C、1983
- 小金井正巳、理科のねらう時間・空間概念、理科の教育、17(10)、9-12、1968
- Kristofferson, A.B., Attention and Psychophysical Time, *Acta Psychologica*, 27, 93-100, 1967
- 栗田一良、新理科教材研究の理論と方法、明治図書、1981
- 黒羽清隆、日本史教育の理論と方法、地歴社、1988
- Lamm, H., Schmidt, R. W., & Trommsdorff, G., Sex and Social Class as Determinants of Future Orientation (Time Perspective) in Adolescents, *Journal of Consulting & Clinical Psychology*, 44, 745-759, 1976
- Lawler, R. W., The Progressive Construction of Mind, *Cognitive Science*, 5, 1-30, 1981
- Lewin, K., *Field Theory and Social Science*, New York, Harper, 1951
- Lynch, K., The image of the city, MIT Press., 1960
- 斑目文雄、社会科の心理学、教科の心理、東京文理科大学児童研究会(編集)、金子書房、1949
- Maki, R. H., Maki, W. S., & Marsh, L. G., Processing locational and orientational information, *Memory and Cognition*, 5, 602-612, 1977
- 前迫孝憲、清水康敬、映像表示と音声による内容の異同判定時間に関する一検討、電子通信学会論文誌、J69-A、1473-1481、1986
- 丸本喜一、子どもの疑問・興味と理科指導、現代理科教育体系第4巻(所収)、東洋館出版、1978
- 丸野俊一、子供の文記憶に及ぼす課題特性及び教示方略の効果、九州大学教育学部紀要(教育心理学部門)、24、147-157、1979
- 丸山良二、国史学習の心理、晃文社、1937
- 松森靖夫、児童の「宇宙体系としての地球概念」の発達について、日本理科教育学会研究紀要、27(1)、9-18、1986
- McGonigle, B., & Chalmers, M., The Selective Impact of Question Form and Input Mode on the Symbolic Distance Effect in Children, *Journal of Experimental Child Psychology*, 37, 525-554, 1984
- Michon, J. A., Time Experience and Memory Processes, In J. T. Fraser & N. Lawrence (Eds.), *The Study of Time*, Vol. 2, Springer Verlag, 1975
- Michon, J. A., The Complete Time Experiencer, In J. A. Michon & J. L. Jackson (Eds.), *Time, Mind, and Behavior*, Springer Verlag, 1985
- 森一夫、初等・中等理科教育法、学文社、1975
- 森一夫、自然認識の発達と形成に関する教科教育学的研究、風間書房、

1986

- Mori, I., The Development of Time Sense, *Japanese Psychological Research*, 21, 159-164, 1979
- Mori, I., Conception of Time: A Comparison of Japanese Children and Thai Children, *Science Education*, 58, 519-522, 1974
- 森晃徳、佐分利真久、自己移動感覚と認知地図、日本心理学会体系発表論文集、53、673、1989
- 森晃徳、佐分利真久、斎藤泰一、山本和彦、認知地図における記憶の限界、日本心理学会体系発表論文集、55、327、1991
- 森晃徳、石黒雅子、伊藤友紀、小林由起男、場所記憶における視線の汎化特性、日本心理学会体系発表論文集、57、417、1993
- Moyer, R. S., & Landauer, T. K., Time Required for Judgements of Numerical Inequality, *Nature*, 215, 1519-1520, 1967
- Moyer, R. S., Comparing Objects in Memory: Evidence Suggesting an Internal Psychophysics, *Perception & Psychophysics*, 13, 180-184, 1973
- Moyer, R. S., & Bayer, R. H. Mental Comparison and the Symbolic Distance Effect, *Cognitive Psychology*, 8, 228-246, 1976
- Moyer, R. S., & Dumais, S. T., Mental comparison, In Bower, G. H. (Ed.), *The psychology of learning and Motivation*, 12, New York, Academic Press, 1978
- 榑崎浅太郎、歴史教育の基本問題、刀江書院、1935
- Nelson, K., How Children Represent Knowledge of Their World In and Out of Language: A Preliminary Report, In R. S. Siegler (Ed.), *Children's Thinking What Develops ?*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 255-273, 1978
- 日本社会科研究会、歴史意識の研究、第一学習社、1971
- Nishikawa, J., & Kobayashi, M., Recent Revision of "Science" Curriculum for Upper Secondary School in Japan, *Science Education*, 70(2), 123-128, 1986
- 西川純、巨視的時間概念の研究、高校生の生物進化史に関する時間イメージ、日本理科教育学会研究紀要、28(2)、7-12、1987a
- 西川純、巨視的時間概念の研究、高校生の持つ今後の進化に対する時間イメージ、科学教育研究、11、158-162、1987b
- 西川純、巨視的時間・空間概念の指導に関する研究、高校生の長さの相対的評価能力、地学教育、41、25-29、1988a
- 西川純、高校生、大学生における巨視的時間概念の研究、時間線形序列形成における疑似論理、科学教育研究、12、158-165、1988b
- Nishikawa, J., Macroscopic Time Perspective against Sex and Maturity, *The Journal of Science Education in Japan*, 13, 69-72, 1989a
- 西川純、巨視的時間概念の研究、高校生の地殻変動に関する過去および未来に対する時間イメージ、地学教育、42、147-150、1989b

- 西川純、生物・地学教師と大学生の巨視的時間概念の研究、象徴的距離効果を用いた巨視的時間イメージの調査、科学教育研究、13、155-161、1989c
- 西川純、中学生の未来の進化と地殻変動に関する時間イメージ、地学教育、43、35-40、1990a
- 西川純、小学生の巨視的時間概念に関する研究、階層化と知識の構造を中心として、日本教科教育学会誌、14(1)、127-135、1990b
- 西川純、巨視的時間の認知に関する基礎的研究(1)、巨視的時間における意味付け効果、日本理科教育学会研究紀要、31(1)、21-28、1990c
- 西川純、時間線形序列提示の空間提示方法、文字情報の提示に関する基礎調査、日本教育工学雑誌、14、105-110、1990d
- 西川純、中学生の過去の進化と地殻変動に関する巨視的時間イメージ、地学教育、44、1-5、1991a
- 西川純、中学生の生物・地学分野での因果関係形成における推論の方向性、科学教育研究、15、213-218、1991b
- 西川純、場所法による巨視的時間概念の指導法の開発、上越教育大学研究紀要、10、上越教育大学、335-341、1991c
- 西川純、巨視的時間の認知に関する基礎的研究(2)、文章理解における意味付け効果、日本理科教育学会研究紀要、31(3)、1-6、1991d
- 西川純、中学生の生物・地学分野での因果関係形成における推論の方向性、科学教育研究、15、213-218、1991e
- 西川純、小学生の巨視的時間概念に関する研究(3)、地学教育、45、131-137、1992a
- 西川純、未来の巨視的時間概念の指導法に関する研究、予想法による未来の進化に対する指導法、生物教育、32、149-155、1992b
- 西川純、理科学習における因果関係意味統合の文脈効果、巨視的時間概念指導のための基礎調査、科学教育研究、16、18-25、1992c
- 西川純、小学生の巨視的時間概念に関する研究(2)、象徴的距離効果を用いたイメージ調査、日本教科教育学会誌、15、103-109、1992d
- 西川純、理科における巨視的時間・空間に対する数感覚、具体的文脈における数操作方法の選択能力の研究、日本教科教育学会誌、16、37-40、1993
- 西川純、畑内誠二、相対瞳孔直径差を用いた科学番組への興味・関心の測定を試み、科学教育研究、22、42-46、199
- 西川純、上田穰、三崎隆、認知スタイルを利用したグループ観察による指導法の開発、日本理科教育学会研究紀要、38、113-119、1997
- 西川純、北嶋克浩、保護者から見た理科への評価、科学教育研究、23、50-58、1999
- 西川純、なぜ、理科は難しいと言われるのか、東洋館出版社、1999

- 西川純、学び合う教室、東洋館出版社、2000a
- 西川純、心の教科指導、東洋館出版社、2000b
- 西川純、「学ばなければならない科学」からの脱皮、科学教育研究、23、382-384、2000c
- 西川純、岩田亮、教科間における認識の文脈依存性に関する研究、22(3)、日本教科教育学会、1-8、2000、日本教育学会誌
- 西川純、風間美紀、測定回数を増やすと振り子の周期とおもりの重さの関係が分かるか？、理科の教育（投稿分野）、573、56-59、2000
- 西川純、学び合いの仕組みと不思議、東洋館出版社、2001
- 西川純、小松公之、社会的に構成される環境意識に関する研究、環境教育、11(1)、55-62、2001
- NSTA, Importance of Conceptual Scheme for Science Teaching, *The Science Teacher*, 31(6), 11-13, 1964
- 沼野忠之、時間・空間概念を育成するために指導の観点、土地の成り立ちを中心として、理科の教育、35、526-529、1986
- 大島裕子、岡市広成、キャンパスにおける距離の判断に及ぼす経験及び性差の効果、心理学研究、61、170-176、1990
- 恩藤知典、環境における児童の空間認知に関する実験的研究、日本理科教育学会研究紀要、20(2)、49-54、1980
- 恩藤知典、地質教材の意義と役割、理科の教育、37、157-161、1988
- 恩藤知典、地学の野外観察における空間概念の形成、東洋館出版、1991
- 大野連太郎、歴史意識とこれまでの研究の概括、児童心理学、12、1141-1146、1956
- 太田國夫、西川純、理科学習における話し合い活動に関する研究、教科比較を通じて、教科教育学会誌、24(2)、45-54、2001
- O'Rand, A., & Ellis, R. A., Social Class and Social Time Perspective, *Social Forces*, 53, 53-63, 1974
- オルスタイン、時間体験の心理、岩崎学術出版社、1975
- Paris, S. G., & Carter, A. Y., Semantic and Constructive Aspects of Sentence Memory in Children, *Developmental Psychology*, 9, 109-113, 1973
- Paris, S. G., & Mahoney, G. J., Cognitive Inference in Children's Memory for Sentences and Pictures, *Child Development*, 45, 633-642, 1974
- Parkman, J. M., Temporal Aspect of Digit and Letter Inequality Judgments, *Journal of Experimental Psychology*, 91, 191-205, 1971
- Pavio, A., *Imagery and verbal processes*, New York, Holt, 1971
- Pavio, A., Perceptual comparisons through the mind's eye, *Memory and Cognition*, 3, 635-647, 1975
- Potts, G. R., Integrating new and old information, *Journal of*

- Verbal Learning and Verbal Behavior*, 16, 305-320, 1977
- Poynter, W. D., Duration Judgment and the Segmentation of Experience, *Memory and Cognition*, 11, 77-82, 1983
- Poynter, W. D., & Homa, D., Duration Judgment and the Experience of Change, *Perception and Psychophysics*, 33, 548-560, 1983
- Presson, C. C., & Hazelrigg, M. D., Building Spatial Representations Through Primary and Secondary Learning, *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory, and Cognition*, 10, 716-722, 1984
- Renner, J. W., Margaret, S., & Shepherd, D. L., Why Are There No Dinosaurs in Okurahoma ?, *The Science Teacher*, 48(9), 22-24, 1981
- Ross, P., & Albers, R., Performance of Alcoholics and Normals on a Measurement of Temporal Orientation, *Journal of Clinical Psychology*, 21, 34-36, 1965
- 斎藤博、児童の歴史意識の発達について、初等教育資料、N.36、10-13、1953a
- 斎藤博、歴史的意識の発達、信濃教育会教育研究所紀要、N.19、23-59、1953b
- Santa, J. L., Spatial Transformations of Words and Pictures, *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 3, 418-427, 1977
- Schneider, D. E., Time Space and the Growth of the Sense of Reality, *Psychoanalytic Review*, 35, 229-251, 1948
- 清水康敬、安隆模、板書文字の適切な大きさに関する研究、日本教育工学雑誌、1、169-176、1976
- 清水康敬、柳田修一、吉沢康雄、OHP 提示における指示棒の効果、日本教育工学雑誌、6、11-17、1981
- 清水康敬、吉沢康雄、OHP 提示における色彩効果、科学教育研究、6、108-113、1982
- 下野洋、自然認識における時間・空間概念の意義、理科の教育、35、521-525、1986
- Strong, C. F., *History in the Primary School*, University of London Press, 1953
- 杉山清、西川純、カウンセリング的手法を用いたコミュニケーション指導、中学校における実践を中心に、日本教育学会誌、22(3)、35-44、2000
- 首藤助四郎、フランスにおける歴史意識の一調査、「歴史の前の児童」について、佐賀大学教育学部研究論文集、10、1-33、1961
- 高野貞、歴史科学としての地学教育、地学教育、26、13-20、1973
- 高野貞、高木平八郎、小島信夫、加藤定男、唐木宏、稲森潤、ヒストリカル班のカリキュラム案とその検討、地学教育、26、163-172、1973

- 高野貞、高木平八郎、小島信夫、加藤定男、唐木宏、稲森潤、中等教育における地学領域のカリキュラム研究、第2部高校地学カリキュラム、(I):ヒストリカル地学カリキュラム(その1)、地学教育、28、44-61、1975a
- 高野貞、高木平八郎、小島信夫、加藤定男、石井良治、唐木宏、稲森潤、中等教育における地学領域のカリキュラム研究、第2部高校地学カリキュラム(1)、ヒストリカル地学カリキュラム(その2) [完]、地学教育、28、44-61、1975b
- 高瀬一男、子どもにおける時間・空間概念の発達、理科の教育、17(10)、18-21、1968
- 田羅征伸、内容の特性、中等理科、生物教育、現代理科教育学講座第2巻『内容』(所収)、明治図書、1986
- Thorndyke, P. W., Distance estimation from cognitive Maps, *Cognitive Psychology*, 13, 526-550, 1981
- Tolman, E. C., Cognitive Maps in rats and men, *Psychological Review*, 55, 189-208, 1946
- Thomas, E. A. C., & Cantor, N. E., On the Duality of Simultaneous Time and Size Perception, *Perception and Psychophysics*, 18, 44-48, 1975
- Thomas, E. A. C., & Cantor, N. E., Simultaneous Time and Size Perception, *Perception and Psychophysics*, 19, 353-360, 1976
- Thomas, E. A. C., & Cantor, N. E., Interdependence Between the Processing of Temporal and Non-Temporal Information, In J. Requin (Eds), *Attention and Performance VII*, Lawrence Erlbaum Associates, 1978
- Trommsdorff, G., Lamm, H., & Schmidt, R., A Longitudinal Study of Adolescents' Future Orientation (Time Perspective), *Journal of Youth & Adolescence*, 8, 131-147, 1979
- 土田理、小林学、児童・生徒の天文分野における視点移動能力の発達過程と関係する基礎的研究、地学教育、39、167-176、1986
- 塚田毅、歴史意識の発達、現代教科教育講座7『歴史教育』(所収)、河出書房、1957
- Turoff, M., An Alternative Approach to Cross-Impact Analysis, *Technological Forecasting and Social Change*, 3, 309-339, 1972
- 都築学、時間展望に関する文献的研究、教育心理学研究、30、73-86、1982
- Tversky, A., & Kahneman, D., Causal Schemata in Judgments under Uncertainty, In M. Fishbein (Ed.), *Progress in Social Psychology*, Lawrence Erlbaum Associates, 49-72, 1980
- 梅本堯夫、川久保あつ子、服部素子、事物についての相対判断知識の発達、京都大学教育学部紀要、26、30-51、1980
- 梅本堯夫、土居道栄、小林進、地理的歴史的知識における比較判断、

- 京都大学教育学部紀要、27、14-34、1981
- 宇野忍、テキストの提示順序が情報抽出に及ぼす効果、日本教育心理学会第26回総会発表論文集、732-733、1984
- 宇野忍、テキストからの情報抽出に及ぼす学習内容の提示順序の効果、東北大学教育学部研究年報、34、167-182、1986
- Wallace, M., Future Time Perspective in Schizophrenia, *Journal of Abnormal & Social Psychology*, 52, 240-245, 1956
- Woocher, F. D., Glass, A. L., & Holyoak, K. J., Positional Discriminability in Linear Orderings, *Memory and Cognition*, 6, 165-174, 1978
- 吉田光邦、倒叙法の歴史を、月刊歴史教育、N. 41、42-43、1983
- 吉川左紀子、比較判断の心理過程、京都大学教育学部紀要、28、202-214、1982