

# 推論と再帰的な情報処理能力

——パラドクスの理解について——

糸井尚子\*

## 問題

この研究では、やや複雑な構造をもつ推論を問題とする。

論理的思考あるいは推論の心理学的研究では、三段論法や、種々の論理記号について多くの研究がなされてきた(例えば, Johnson-Laird & Steedman, 1978; Braine, 1978)。それらの基本的演算の研究が、推論研究の土台となることはあきらかであろう。一方、基本的演算に立脚して展開される推論の研究もまた必要であると考えられる。しかし、複雑な推論がとりあげられ、その構造が問題にされることはあまりなかった。本研究では、再帰的な構造をもつ推論を扱う。その推論の達成を規定する要因を探る。

再帰は、論理的思考の重要な特質のひとつである(須賀, 1980)。数学では、数学的帰納法 (mathematical induction) や帰納的関数 (recursive function) は大変重要な概念である。

また、再帰的構造は、論理的思考のみならず、人間の様々な認識活動に広く見られる。例えば、「意識」も再帰的な様相をもつ。つまり、何かをしている自分を意識し、その意識をしている自分を意識するということがある。また、文にも再帰的構造がある。佐伯(1981)は、再帰的認識は、人間の「認識方略の最も根源的なものの1つ」(p20) だと言う。

ところで、文の処理において、再帰的な文は短期記憶に大きな負荷をかけるということを示す実験がある。Miller & Isard (1964) は、埋め込み型文 (SSSVVV) は同じ内容を表わす展開型文 (SVSVSV) より再生がはるかにむずかしいことを示した。展開型文は、関係のある名詞と動詞が直接に対になっている。一方、埋め込み型文では関係のある名詞と動詞の間に、別の1組の関係のある名詞と動詞が入れこまれるということが再帰的に繰り返される。Miller & Isard (1964) の数え方に従うと

SSSVVV の埋め込み型文は2度、SVSVSV の展開型文は0度の埋め込み文となる。埋め込みの数が増すにしたがい再生率はさがる。つまり、次のことが示唆されるのである。短期記憶の際に、すでに文の構造が関係している。短期記憶(あるいは Working memory) にかかる負荷は、単に「情報の数」のみで決定されるのではない。再帰の度合が短期記憶にかかる負荷をかえるのである。

また, Miller, Kessel & Flavell (1970) は「考えていることを考えていることを考えている」ことを表わす図(例えば以下の例文 1), 2) を表わす図) を言語で記述する課題を小学生に実施した。その結果「考えていることを考えている」という埋め込みの数によって発達の段階が分かれることがわかった。

- 1) The boy is thinking that the girl is thinking of father.
- 2) The boy is thinking that the girl is talking to father.

上記の2つの文では 1)の方が1段階むずかしい文であることが示されたのである。これはチャンクの数では説明できない。このことからまた、ある処理の途中で同型の処理を繰り返す回数つまり再帰の度合が、処理の限界を決め、処理のむずかしさを変えていると考えられる。

ここで、「再帰的な情報処理能力」ということばで、再帰的な構造をもつ情報を短期記憶(あるいは Working memory) に保持する能力をさすことにする。再帰的な情報処理能力にはある限界があり、先の Miller, Kessel & Flavell (1970) の実験に見られるように、その限界は年齢上昇に従って広がると考えられるのである。

さて、一般に、推論の誤りの原因として、大きく分けて2つの原因があるとされる。ひとつは、与えられた課題を論理的な課題であると受けとらず、例えば、呈示された前提以外に自分の意見を勝手に前提に加えることなどにより生じる誤り (Henle, 1962) である。もうひとつは、情報処理能力の不足、例えば、記憶の範囲の狭さ

\* お茶の水女子大学人間文化研究科

の為に前提を保持できないことにより起こる失敗 (Braynt & Trabasso, 1971) である。

推論の誤りの原因のひとつとして、短期記憶の限界というような情報処理能力による制約があるなら、再帰的な情報処理能力が、再帰的な構造をもつ推論の達成を規定する要因として考えられるだろう。

そこで、再帰的な情報処理能力が再帰的な推論の達成を規定する要因のひとつであるという仮説を検証することを本研究の目的とする。そのために、再帰的な推論の課題と、再帰的な情報処理能力を測定する課題を実施する。

まず、再帰的な推論の課題として、2つのパラドクス課題を用いる。これらのパラドクス課題は後に述べるように再帰的な構造をもつ。また、抽象記号ではなく日常言語を用いて推論できる。一方、パラドクスであるので、論理的な推論をしないで日常的な判断によりたまたま正しい帰結を導ける可能性は低い。従って、課題として適切だと考えられる。

2つのパラドクス課題の一方は「とこやのパラドクス」である。これは有名なラッセルのパラドクス (ラッセル, 1942) の翻案のひとつである。これは、「自分でひげをそらない人だけのひげをそる」と言うのとこやがいたとすると、そのとこや自身は自分で自分のひげをそることもそらないこともできない、というものである。何故なら、自分でひげをそるとするとそういう人のひげはそのとこやはそれない、逆に、自分でひげをそらないとするとそういう人のひげはそることになっているからである。ここでは、仮定が再帰的に繰り返される。

もう1つのパラドクスは「テストのパラドクス」である。これは、ある期間中にそれが何日かは知られないようにテストをするとすれば、どの日にもテストはできないが、テストは行うことになっているというものである。その理由はこうである。期間中の最終日にテストをするとすれば、それまでテストがないことになり最終日だということは前日にわかるので、最終日にはできない。そこで最終日を除いた期間に行うことになるが、同様にして、その新たな期間の最終日にもテストはできない。かくしてどの日にもテストはできなくなる。しかし、テストは期間中にあることになっているのである。再帰的な構造は、期間が繰り返せばめられるところに見られる (尚、このパラドクスにもいくつか同型のものがある (ガードナー, 1979) )。

この2つのパラドクスを材料として、被験者の理解と再生を測定する。

再帰的な情報処理能力を測定する課題として、第1実

験では、文の記憶・主語探し課題を用いる。材料文は、埋め込み型文と展開型文とする。材料文の再生を求め、各動詞に対応する名詞を問う。

実験の結果の予測として以下のことがあげられる。まず、2つのパラドクスの理解の成績は高い相関をもつだろう (予測の1)。何故なら、どちらも高い再帰的な情報処理能力が必要だと考えられるからである。また、文の記憶・主語探し課題において、埋め込み型文は展開型文よりも正答率が低いだろう (予測の2)。それは、前者の方が再帰の度合いが高いからである。そして、パラドクスの理解の成績を文の記憶・主語探し課題の成績と比べると、展開型文よりも再帰の度合いの高い埋め込み型文の記憶・主語探し課題の成績との間により強い相関があるだろう (予測の3)。

再帰的な情報処理能力が再帰的な推論の達成を規定する要因のひとつであるという仮説を検証する為に、上記の予測に基づいて第1実験を行う。

## 第1実験

### 方法

i) 被験者 中学1年生24人 (男女各12人)。

ii) 材料 A, まずパラドクス課題として「とこ屋のはなし」と「テストのはなし」を用いる。それぞれ「とこや」、「テスト」と略す。課題文の作成には、ガードナー (1975) 及び中村 (1972) を参考にした。理解を評価する為に、理解確認質問を用意する。B, 再帰的な情報処理能力を測定する為の文の記憶・主語探し課題は、埋め込み型文と展開型文を使用する。

A, パラドクス課題: 「とこ屋のはなし」

ある町にとこ屋がいました。そのとこ屋はこう言いました。この町に住んでいる人で、自分のひげをそらない人のひげをそってあげる、そして自分のひげを自分でそる人のひげはそってあげない。それでは、このとこ屋のひげはだれがそるのでしょう。

このとこ屋が自分でそるとすると、自分のひげを自分でそる人のひげはそらないと言ったのだから、このとこ屋は自分ではそれません。けれども、自分でひげをそらないのなら、そのような人のひげをそると言ったのだから、このとこ屋が自分のひげをそらなくてははいけません。

とこ屋は、ほんとうにこまってしまいました。

「テストのはなし」

ある学校の先生が、月曜から土曜までのどの日かにテストをすと言いました。そして、テストの日がいつなのか、生徒に絶対わからないようにすと言いました。

さて、もし土曜にテストをするならば、金曜までテス

トはなかったことになり、生徒たちは金曜の夜に土曜がテストだとわかってしまいます。だから土曜にテストはできません。だから、月曜から金曜までにテストをしなくてはなりません。

ところが、もし金曜にテストをするならば、月曜から木曜までテストがなかったことになり、生徒たちは木曜の夜に金曜がテストだとわかってしまいます。だから金曜にもテストができません。同じようにして、木曜も水曜も火曜も月曜もテストができません。

先生は考え込んでしまいました。

(理解確認質問)

「とこ屋のはなし」：1. このとこ屋は自分でひげをそれますか、それませんか、そることもそらないこともできませんか。2. それはなぜですか。

「テストのはなし」：1. 先生はテストができますか、できませんか、することもしないこともできませんか。2. それはなぜですか。3. どうして金曜の夜に土曜がテストだと生徒たちにわかるのですか。4. どうして木曜の夜にまだ金曜と土曜があるのに金曜がテストだと生徒たちにわかるのですか。

B. 文の記憶・主語探し課題；

埋め込み型文 a) 松下君は後藤君が田中君がつくったプラモデルをこわしたことをしかった。b) 石井さんは清水さんが森田さんがなくしたネックレスをみつけたことをよろこんだ。

展開型文 c) 田中君がつくったプラモデルを後藤君がこわしたことを松下君がしかった。d) 森田さんがなくしたネックレスを清水さんがみつけたことを石井さんがよろこんだ。

(主語探し課題)

1. つくった (なくした)\*のは誰ですか。
2. こわした (みつけた) のは誰ですか。
3. しかった (よろこんだ) のは誰ですか。
4. つくった (なくした) のは何ですか。

iii) 手続 個人面接とする。

A. パラドクス課題；

材料を記入したカードを渡し、1度音読してもらい、その後黙読をくり返してもらい、被験者が「わかった」と思った時点で、カードをふせ再生をしてもらう。それから理解確認質問を口答で行う。但し、音読開始時より7分経過しても再生を始めようとしない場合は、その時点での再生を頼む。被験者の半数は「とこや」を残りの半数には「テスト」を先に実施し、全員に両課題をして

もらう。課題の実施の前にやり方の説明と練習をする。

〈教示〉「今から、お話しを読んでもらいます。ずいぶんおかしな、ほんとうにはありそうにもないお話しかも知れません。1度声を出して読み、それからよく考えて、どういうお話しで何が書いてあるかわかったら、カードをふせてください。その後で、どんなお話しがカードを見ないで話してもらいます。そして、そのお話しについていくつか質問をします。まず、短いお話しで練習してみましょう。このお話しを読んでわかったらカードをふせて、どんなお話しだったか言ってください (練習カード「今日は天気がよく空には雲ひとつなく大雨がふっている。」を渡す。被験者が再生を終えたら) はい。では質問です。大雨はふっていますか。(被験者の回答の後) はい。そんな風にします。では問題です (カードを渡す)。」

B. 文の記憶・主語探し課題；

埋め込み型文と展開型文をそれぞれ1つずつ、計2個を各被験者にしてもらい (その2つの組合せは (a-d) か (b-c) のいずれかである)。半数の被験者には、展開型文を残りの半数の被験者には埋め込み型文を先にする。各文で、実験者が音読し、被験者に再生を求めることを6回繰り返す。その後主語探し課題を1-4の順で行う。課題に先立ちやり方の説明と練習を行う。

〈教示〉「今から、ちょっとこみいったひとつの文を言います。よく聞いて同じことをそのままくり返して言ってください。6回同じことを言いますから、そのたびに覚えていることを言ってください。その後で、その文についていくつか質問をします。少し練習をしてみましょう。(「猫がとってきたチーズを犬が食べた」という文を使ってやり方を確認する)

iv) 得点化 A. パラドクス課題；

〈理解〉各課題内の質問の全てに正答した被験者をしてその課題の理解の正答者とする。各質問の正答例は以下のようなものである。

「とこや」：1. そることもそらないこともできない。2. 自分でそる人はそらない、そらない人はそると言ったから。

「テスト」：1.\* できない。／することもしないこともできない。2.\* 生徒たちにわかってしまうから。／生徒たちにわかってしまうし、テストをすると言ったからしなくてはならない。3. 金曜までテストがなく残りが土曜だけだから。4. 土曜はできないことがもうわかっているで残りが金曜しかないから。\*「テスト」で二種の正答を認める理由、課題文では、先生がテストをすると言ったことが強い要請として働くのかどうかあいまいで

\* a, cにはかっこ外, b, dにはかっこで行う。

ある。先生はテストをしようと言ったけどテストはできないともとりうる。また、先生はテストをしようと言ったからしなくてはならないのにテストができないのでテストはすることもしないこともできないともとりうる。この双方を正答した。

〈再生〉「とこや」と「テスト」のそれぞれの課題文を、内容のまとまりでそれぞれ13の項目に分け、各被験者の再生項目数をかぞえる。

B. 文の記憶・主語探し課題；

6回目の呈示までに少なくとも1回の完全な再生をし、かつ、主語探し課題の4つの問い全てに正しく答えた被験者をその文の記憶・主語探し課題の正答者とする。

結果と考察

A. パラドクス課題

「とこや」と「テスト」の理解の正答率はそれぞれ21%と29%で、両者の間に有意差はない ( $\chi^2=0.44$ ,  $df=1$ , n. s)。2つのはなしの理解の成績の間には強い連関がある ( $\chi^2=11.21$ ,  $df=1$ ,  $P<0.001$ ;  $\phi=0.80$ )。これは

予測の1にそっている。

「とこや」と「テスト」のそれぞれの理解確認質問の各項目の通過率は TABLE 1 に示す。「とこや」では、2つの項目で同じような通過率であるが、「テスト」では第4項目で特に通過率が下がる。「土曜にできないこと

TABLE 1 第1実験・パラドクス課題の理解確認質問・各項目の通過率

課題	項目	通過率
とこや	1	66 %
	2	55 %
	全項目の正答者	(47%)
テスト	1	92 %
	2	79 %
	3	89 %
	4	55 %
	全項目の正答者	(50%)

TABLE 2 第1実験・パラドクス課題の理解の正答者群・誤答者群の再生項目数の平均とその有意差検定

	再生項目数			再生項目数の平均値差の検定		
	レンジ	平均値	標準偏差	t	p	自由度
とこやのはなし	正答 5人	7 — 13	11.20	4.01	<0.005	22
	誤答 19人	1 — 11	6.32			
テストのはなし	正答 7人	7 — 13	10.29	2.66	<0.05	22
	誤答 17人	2 — 12	6.41			

TABLE 3 第1実験・パラドクス課題の理解と文の記憶・主語探し課題の成績の連関

	課題	正答率	パラドクスの理解			文の記憶・主語探し課題	
			とこや	テスト	総合 (少なくとも一方)	埋め込み型	展開型
パラドクスの理解	とこやのはなし	0.21		*** $X^2=11.31$		*** $X^2=11.31$	$X^2=1.12$
	テストのはなし	0.29	$\phi=0.80$			*** $X^2=11.68$	$X^2=2.32$
	総合 (少なくとも一方の正答)	0.29				*** $X^2=11.68$	$X^2=2.32$
文語の探し記憶課題主	埋め込み型文	0.29	$\phi=0.80$	$\phi=0.80$	$\phi=0.80$		$X^2=2.32$
	展開型文	0.71	$\phi=0.33$	$\phi=0.41$	$\phi=0.41$	$\phi=0.41$	

$X^2$  検定で；\*\*\*  $p<0.001$ , 無印 n. s.

がわかり、範囲が月曜から金曜にせばめられ、その期間の最終日である金曜日にもできない。」と、再帰的に期間を縮小していくところが理解の難点となる。

理解の成績と再生項目数の間には連関がある。理解で正答した被験者の再生項目数の平均は、誤答者のそれより有意に高い（「とこや」、 $t=4.01, P<0.05$ ；「テスト」、 $t=2.26, P<0.05$ ：TABLE2）。

#### B. 文の記憶・主語探し課題；

埋め込み型文で再生に成功し、かつ主語探し課題に正答した被験者は29%である。再生に成功したが主語探し課題のいずれかの項目に失敗した被験者が2人で、再生が不完全であったのに主語探し課題に成功した被験者は2人であった。再生失敗者中60%が単語を落とした。

展開型文で再生に成功し、かつ主語探し課題に正答した被験者は71%である。再生に成功したが主語探し課題のいずれかの項目に失敗した被験者は2人、再生に失敗し主語探し課題に成功した被験者は1人である。再生の誤反応に単語の欠落はみられない。

埋め込み型文と展開型文の正答率を比較すると、前者の正答率は有意に低い（ $\chi^2=8.33, df=1, P<0.01$ ）。この結果は英語文での先行研究結果と軌を一にする（Miller & Isard, 1964；Blausbergs & Braine, 1974）。また、予測の2にそっている。

埋め込み型文での正答者は、展開型文での正答者の真部分集合をなす。これらのことから、埋め込み型文の処理は展開型文の処理よりむずかしいといえる。

C. パラドクス課題と文の記憶・主語探し課題の成績の連関；

パラドクス課題と文の記憶・主語探し課題の成績の連関はTABLE3にまとめる。

2つのパラドクス課題の少なくとも一方で理解に正答することと、埋め込み型文の記憶・主語探し課題に正答することの間には強い連関がある（ $\chi^2=11.68, df=1, P<0.001$ ； $\phi=0.80$ ）。

パラドクス課題の少なくとも一方で理解に正答することと、展開型文の記憶・主語探し課題で正答することとの間には、強い連関はみられない（ $\chi^2=2.32, df=1, n.s$ ； $\phi=0.41$ ）。パラドクス課題の理解に正答した被験者は必ず展開型文に正答しているが、逆に展開型文の正答者のうち半数近くは、パラドクス課題の両方に失敗している。

これらのことから、パラドクスの理解は、展開型文よりも埋め込み型文の記憶・主語探し課題の成績により強い連関をもつといえる。この結果は予測の3にそっている。

予測に従って結果をまとめると次のようになる。

1. 2つのパラドクスの理解の成績には正の相関があった。2. 埋め込み型文の記憶・主語探し課題の正答率は、展開型文のそれよりも有意に低かった。パラドクス課題の理解の成績は、埋め込み型文の記憶・主語探し課題の成績との間に強い正の相関をもった。

従って、再帰的な構造をもつ推論の達成は、再帰的な情報処理能力の高さに規定されるという仮説は反証されない。

さらにこのことを確かめる為に、再帰的な情報処理能力を測定する他の課題を用いて、同じパラドクス課題の理解の成績との間に正の相関があるかどうかをしらべる。そこで、再帰的な情報処理能力を測定する課題として「再帰的な思考の言語表現課題」を使って、第2実験を行う。「再帰的な思考の言語表現課題」は、3種の再帰の度合いをもつ課題群からなる。「～を考えている」という構文の再帰の度合を0度、「～を考えていることを考えている」を1度「～を考えていることを考えていることを考えている」を2度と数えることにし、それぞれの課題群を0群、1群、2群と呼ぶ。

第2実験では、第1実験の予測の1に加えて、次の予測をたてる。2'. 再帰的な思考の言語表現課題では、再帰の度合の高い課題ほど正答率が低い。3'. パラドクス課題の少なくとも一方の理解に正答した被験者は、双方に誤答した被験者に比べ、再帰的な思考の言語表現課題の得点が高い。

先に記した仮説を検証する為に、上のような予測に基づき、第2実験を行う。

## 第2実験

### 方法

- i) 被験者 中学1年生38人（男女各19人）。
- ii) 材料 A. パラドクス課題は、第1実験と同じく、「とこや」と「テスト」の2つの課題を用いる。課題文、理解確認質問は、第1実験と同じとする。但し、今回は質問紙を使用する。そのため、第1実験でも用いた課題文を書いたカードの他に、今回は、再生及び質問・解答用の解答用紙を用意する。B. 再帰的な思考の言語表現課題は、Miller, Kessel & Flavell (1970) を参考に作成した。TABLE4の(図版の例はFIG.1) 8つの課題を表現する図版を用いる。この課題は、小学生に実施して、ガットマン・スケールで再現性係数99%となり課題は1-8の順に並び群間で正答率に有意差が生じた(糸井1981)。
- iii) 手続 A. パラドクス課題；  
集団一斉テストとする。各被験者に課題を書いたカー

TABLE 4 第2実験・回帰的な思考の言語表現課題の図版の内容

課題	図版の内容	
0 群	1	男の子が女の子のことを考えている。
	2	男の子が自分のことを考えている。
0' 群	3	男の子がお父さんと女の子がおはなししているところを考えている。
	4	男の子がお父さんと女の子がおはなししているところとお母さんと自分がはなししているところを考えている。
1 群	5	お父さんが女の子のことを考えていることを男の子が考えている。
	6	自分が自分のことを考えているということを男の子が考えている。
2 群	7	お母さんのことを女の子が考えているということをお父さんが考えているということを男の子が考えている。
	8	自分が自分のことを考えているということをお父さんが考えているということを男の子が考えている。

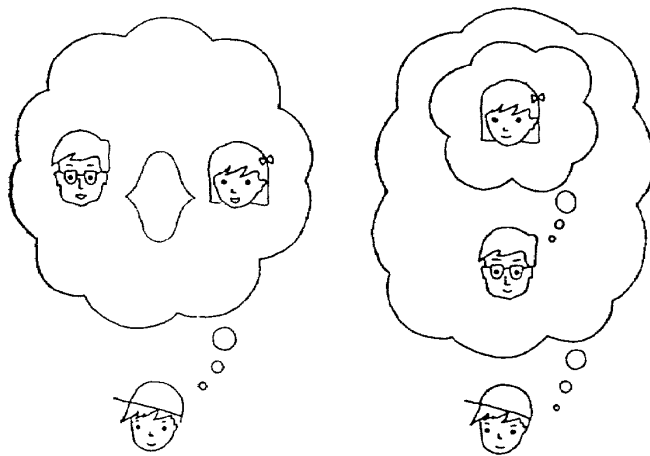


FIG. 1 再帰的な思考の言語表現課題・図版の例 課題3と課題5

ドを渡し、実験者が1度音読をする。その後 被験者に黙読をくり返してもらい、音読開始から計測して7分後にカードをふせてもらう。そして解答用紙に再生してもらい、それが済んだら、質問に対する答えを記入してもらい。カードをふせた時点から計測して15分でやめてもらう。課題は、「テスト」、「とこや」の順で行う。課題に先立ち、やり方の説明と練習を行う。教示は前回に類似のものとする。

B. 再帰的な思考の言語表現課題；

個人面接で実施する。呈示順序は課題 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. の順とする。絵に登場する人物の同定と、絵の描写

TABLE 5 第2実験・パラドクス課題の理解確認質問・各項目の通過率

課題	項目		通過率
	とこや	項目	
		2	25 %
全項目の正答者		(21%)	
テスト	項目	1	79 %
		2	54 %
		3	71 %
		4	29 %
	全項目の正答者		(29%)

を説明する為の練習を行った後、課題を呈示する。そして「これから見せる絵は、誰が何をしているところか言ってください。」と教示する。

なお、反応が文になっていなかったり、断片的であったりした場合には「もう1度考えて言ってください。他の言い方はできませんか。」と問う。それでも同様の反応がかえってきた時には、そのまま次の課題へ進む。

iv) 得点化 A. パラドクス課題；

第1実験と同じとする。

B. 再帰的な思考の言語表現課題；

TABLE 4 のパターンを正答とする。それらの同義表現も正答とする。8つの課題で、正答した課題の数をその被験者の得点とする。

結果と考察

A. パラドクス課題

「とこや」と「テスト」の理解の正答率は47%と50%であり、両者の間に有意差はない ( $\chi^2=0.05, df=1, n.s.$ )。2つのはなしの理解の正答の間には 正の相関がある ( $\chi^2=15.2, df=1, p<0.001; \phi=0.63$ )。このことは第1実験と同様に予測の1にそっている。

「とこや」と「テスト」のそれぞれの理解確認質問の各項目の通過率は TABLE 5 に示す。第1実験と同じく、「とこや」では2つの項目で同じような通過率であるが、「テスト」では第4項目で特に通過率が下がる。

「とこや」では、理解の正答者の再生項目数の平均は、誤答者のそれより有意に多い。けれども、「テスト」では、理解の正答者と誤答者の再生項目数の平均の差は有意でない。再生から理解を予測することは必ずしもできない (「とこや」,  $t=3.46, p<0.01$ ; 「テスト」  $t=0.79, n.s.$ ; TABLE 6)。

B. 再帰的な思考の言語表現課題；

各課題の正答率は、課題1~4 : 100%, 課題5 : 78.

TABLE 6 第2実験・パラドクス課題の理解の正答者群・誤答者群の再生項目数の平均とその有意差検定

			再生項目数			再生項目数の平均値差の検定		
			レンジ	平均値	標準偏差	t	P	自由度
とこやのはなし	正答	18人	6—13	11.56	1.79	3.46	<0.01	36
	誤答	20人	3—13	8.20	2.98			
テストのはなし	正答	19人	2—13	9.79	3.22	0.79	n.s	36
	誤答	19人	2—13	8.95	2.86			

TABLE 7 第2実験・パラドクス課題の理解の正答者群と誤答者群の回帰的な思考の言語課題での得点平均とその有意差検定

パラドクスの理解			回帰的な思考の言語表現課題					
			レンジ	平均値	標準偏差	平均値の差の検定		
t	P	自由度						
少なくとも一方に正答	22人	5—8	7.00	0.87	3.22	<0.01	36	
双方とも誤答	16人	4—8	5.19	1.38				

9%, 課題6:73.7%, 課題7:50.0%, 課題8:39.5%となり, 課題5~8のガットマン・スケールで再現性係数は99%となる。課題群間の正答率の差は, 0'—1群間, 1—2群間で, それぞれ有意である(順に $\chi^2=9.64$ ,  $\chi^2=7.65$ ,  $df=1$ , ともに $P<0.001$ )。再帰の割合が高くなるにつれて正答率が低くなり, これは, 予測の2'にそっている。

誤反応には, いくつかのパターンがあり, 最も多いパターンは, くさり型(例えば課題7で「男の子がお父さんのことを思ってお父さんが女の子のことを思っ, 女の子がお母さんのことを思っている。」)であり, 全誤反応の58%を占める。再帰的な割合の低い形への変換によるパターンである。

C. パラドクス課題と再帰的な思考の言語表現課題の連関;

パラドクス課題の理解で, 2つの課題のうち少なくとも一方に正答した被験者は, 双方とも正答しなかった被験者に比べ, 再帰的な思考の言語表現課題の得点が有意に高い( $T=3.22$ ,  $P<0.01$ : TABLE 7)。再帰的な思考の言語表現課題の得点で, 平均点を境に被験者を上位・下位群に分ける。これは7点以上と6点以下の2グループになり, 2群の課題の少なくとも一方に正答したか, 2群の双方に誤答したかで分かれる。この上位群とパラドクス課題の少なくとも一方に正答した被験者の間には強い連関がある( $\chi^2=15.2$ ,  $df=1$ ,  $P<0.001$ ;  $\phi=0.69$ )。この結果は予測の3'にそっている。

予測にしたがって結果をまとめると次のようになる。1. 2つのパラドクスの成績の間には正の強い相関があった。2. 再帰的な思考の言語表現課題では再帰の割合の高いものほど正答率が低かった。3. パラドクスの理解で少なくとも一方に正答した人は, 誤答した人に比べて, 再帰的な思考の言語表現課題得点が高かった。

第1実験と同じように, 仮説は反証されない。そこで, 再帰的な情報処理能力を, 再帰的な推論の達成を規定する要因のひとつとして仮定することは許されるということがわかった。

### 全体の討論

本研究では, 再帰的な構造をもつ推論を問題にした。実験では再帰的な構造をもつ推論として2つのパラドクス

をとりあげた。もちろん, 再帰的な構造をもつ推論は, これらのパラドクスに限られるわけではない。再帰的な構造は論理的思考のいろいろなところでみられる。むしろ, ありふれた構造であると言える。ところが一方, この再帰的な構造をもつ推論はしばしばむずかしい。数学教科の学習で, 例えば, 複利計算, 順序・組み合わせ,  $\epsilon$ - $\delta$ 論法は, それぞれ, 中学生, 高校生, 大学生がつまづきやすい教材である。それらはいずれも再帰的である。この再帰の構造に着目して, それが何故頻繁に使われ, 何故困難なのかを考えることは, 思考のしくみの研究に重要なことであろう。

再帰的な構造は文にも見られる。再帰的な文の短期記憶では, 再帰の割合が処理の負荷を決めると考えられる。

そこで, この研究では, 再帰的な情報処理能力を測定する課題として, 第1実験で文の記憶・主語探し課題, 第2実験で再帰的な思考の言語表現課題を実施した。どちらでも, 再帰の割合の高いものほど正答率が低いという結果を得た(第1実験結果のまとめ2, 第2実験結果のまとめ2')。このことから, 再帰の割合の差が処理の負荷を変えると仮定することは許される。

そして, 再帰的な情報処理能力の制約が, 再帰的な推論の達成を規定するひとつの要因であるという仮説を検証することが, この研究のねらいであった。

2つの実験において, 2つのパラドクスの理解の成績の間には, 正の強い相関がある(第1実験結果のまとめ1, 第2実験結果のまとめ1)。さらに, 第1実験では,

パラドクスの理解の成績は展開型文よりも再帰の度合の高い埋め込み型文の記憶・主語探し課題の成績との間に高い相関がある(第1実験結果のまとめ3)。また、第2実験では、パラドクスの理解の正答者は誤答者よりも再帰的な思考の言語表現課題の平均得点が高い(第2実験結果のまとめ3')。以上のことから仮説は反証されない。そこで、再帰的な推論の達成を規定する要因のひとつとして、再帰的な情報処理能力を仮定することが許されることが明らかになった。

パラドクス課題では、理解に加えて再生項目数もしらべた。理解の正答者は誤答者に比べ、平均再生項目数が多い傾向があるが、第2実験の「テスト」では差は有意でない。再生から理解を予測することは必ずしもできないことが確認された。

さて、これまで考えてきたように、再帰的な情報処理能力を推論の達成を規定する要因のひとつとして考えていく上で、今後明らかにされねばならない問題は、どのようなことであろうか。

まず、再帰的な情報処理そのもののモデル化を考えなければならない。この再帰的な情報処理は、入力する情報を次々と貯えておくバッファだけでは説明できない。入力する個々の情報どうし間の関係を演算し、その関係を貯えておいて、他の情報間の関係を演算し、また先ほどの演算にもどるといようなプロセスを考える必要があるだろう。人間が複雑な処理を行う時にはこのようなプロセスがあるのではないだろうか。

次に、再帰的な情報処理能力の発達の問題がある。認知発達一般をメモリー・スパンの増加で説明する考え方がある(McLaughlin, 1963; Case, 1972)。再帰的な情報処理の発達とメモリー・スパンの増加の間にはどのような関係があるのだろうか。あつかえる情報の数とその構造にはどのような関連があるのだろうか。このことは、情報処理過程のモデル化の議論もふまえて考えなければならないだろう。

さらに、その各発達段階で、限られた再帰的な情報処理能力を具体的な推論の場面で有効に使うにはどうすればよいかという問題がある。実験で用いたようなパラドクスも1度聞いただけではわかりにくくても、何度も聞いたり、自分の頭の中で繰り返してわかるということがある。そのように再帰的な情報処理能力を十分に発揮するようになるプロセスを知ることが必要だろう。その為にはいろいろな課題、例えば数学の教材などを使っての教授実験も有効な手段のひとつであろう。それにより再帰的な推論の教授、学習場面での援助のし方に示唆を得ることができると思われる。

以上を今後の研究課題としたい。

## 要 約

再帰的な推論を問題にした。再帰的な推論の達成を規定する要因のひとつとして、再帰的な情報処理能力が考えられるという仮説を検証することを目的として、2つの実験を実施した。再帰的な推論として、2つのパラドクス課題をとりあげた。そして、再帰的な情報処理能力を測定する課題として、第1実験では文の記憶・主語探し課題を、第2実験では再帰的な思考の言語表現課題を用いた。

中学生を被験者とした2つの実験で以下の結果を得た。

1. 2つのパラドクス課題の理解の成績の間には強い正の相関がある。
2. 再帰的な情報処理能力を測定する課題では、再帰の度合の高い課題ほど正答率が低い。
3. パラドクス課題の理解で正答することと、再帰的な情報処理能力を測定する課題でよい成績を示すこととの間には正の連関がある。

そこで、これらの実験によって仮説は反証されなかった。従って、再帰的な推論の達成を規定する要因のひとつとして、再帰的な情報処理能力を仮定することが許されることが明らかになった。

## 引用文献

- Blausbergs, M. S. & Braine, M. D. S. 1974 Short-term memory limitation on decoding self-embedded sentences. *Journal of Experimental Psychology*, 102, 745—748.
- Braine, M. D. S. 1978 On the relation between the natural logic of reasoning and standard logic. *Psychological Review*, 85, 1—21.
- Brayant, P. E. & Trabasso, T. 1971 Transitive inferences and memory in young children. *Nature*, 232, 456—458.
- Case, R. 1972 Validation of a neo-Piagetian mental capacity construct. *Journal of Experimental Child Psychology*, 14, 287—302.
- ガードナー, M著 野崎昭弘訳 1975 『THE PARADOX BOX —逆説の思考』日本経済出版社
- Henle, M. 1962 On the relation between logic and thinking. *Psychological Review*, 69, 366—378.
- 糸井尚子 1981 「論理的な思考に関する実験的研究」お茶の水女子大学人文科学研究科修士論文
- Johnson Laird, P. N. & Steedman, M. 1978 The psychology of syllogism. *Cognitive Psychology*, 10,



- 64—99.
- McLaughlin, G. H. 1963 Psycho-logic : a possible alternative to Piaget's formation. *British Journal of Educational Psychology*, 33, 61—67.
- Miller, G. A. & Isard, S. 1964 Free recall of self-embedded English sentences. *Information and Control*, 7, 292—303.
- Miller, P. A., Kessel, F. S. & Flavell, J. H. 1970 Thinking about people thinking about people thinking about. . . : a study of social cognitive development. *Child Development*, 41, 613—623.
- 中村秀吉 1972 『パラドクス—論理分析への招待』中央公論社
- ラッセル, B著 平野智治訳 1942 『数理哲学序説』弘文堂書房
- 佐伯胖 1981 「第1章 情報処理モデルで考える」安西祐一郎・佐伯胖・無藤隆著『LISP で学ぶ認知心理学1学習』東京大学出版会
- 須賀哲夫 1980 『知覚と論理—生まれつきとは何か』東京大学出版会
- ※この研究にご協力くださった山梨県身延中学校, 東京都大門中学校の皆様にご感謝申し上げます。
- ※※本論文は, お茶の水女子大学人文科学研究科に提出した修士論文(1980年度)の一部に加筆したものです。ご指導くださった同研究科 小口忠彦先生, 藤永保先生, 須賀哲夫先生, 内田伸子先生にお礼申し上げます。また本稿をまとめるにあたり, 聖心女子大学 無藤隆先生, 産業能率大学 安本美典先生に助言をいただきました。ありがとうございました。
- (1981年10月25日受稿)

## ABSTRACT

### REASONING AND RECURSIVE INFORMATION PROCESSING CAPACITY

—Understanding of the Paradoxes—

Hisako Itoi

Recursion is one of the remarkable structures of our logical thinking.

This study aimed at testing the hypothesis that the recursive information processing capacity is one of the factors which are critical to the performance of the reasoning with recursive structure.

It is well-known that the self-embedded sentences are more difficult to recall than the branching sentences. And for children, it is often difficult to describe the verbal description of recursive thinking. The degree of recursiveness decides on the difficulty.

Two experiments were carried out to test the hypothesis. The subjects were first graders at junior high schools. In both of the two experiments, two logical paradoxes with recursive structures were used as reasoning tasks. Two measures of the recursive

information processing capacity were used; 1st experiment: the performances of the recalling tasks with self-embedded and branching sentences; and 2nd experiment: the scores of the verbal descriptions of the pictures which show recursive thinking.

In the 1st experiment, high positive correlation was observed between the understanding of the paradoxes and the performances of the recalling tasks with self-embedded sentences.

In the 2nd experiment, those who understood the paradoxes marked higher points in the verbal descriptions of recursive thinking than those who did not understand them.

The recursive information processing capacity might be one of the critical factors of the performance of the reasoning having a recursive structure.