

説明文理解におけるグラフの役割

—— グラフは状況モデルの構築に貢献するか ——

岩 槻 恵 子¹

本研究は、説明文理解においてグラフが状況モデル構築を支援する可能性を検討した。デジタルの知識のない大学生に、デジタルのメカニズムに関する説明文を学習させた。その際、説明文にデジタル化の例を表わすグラフを付加する条件、グラフと同内容の例を文章として付加する条件、説明文のみを与える条件を設定した。実験1では、説明文の内容の把握は各条件とも同程度であったが、学習した情報を利用することを求めた応用問題においてグラフの効果が示され、グラフは深い理解に関わる状況モデル構築に効果があることが示唆された。さらに回答内容の分析より、グラフ条件では説明文に明記されていた情報にグラフから読みとった情報を補って状況モデルを構築していたが、文章条件では例を状況モデル構築に十分用いていないことが推測された。そこで実験2では、グラフから読みとれる情報を文章中に明記する条件、質問によって想像する条件を設定したが、これらの条件の効果はなかった。以上の結果は、グラフによる認知的負荷の軽減や空間的な表象を保持することの効果によるものと考えられる。

キーワード：説明文理解、グラフ、状況モデル、深い理解

問 題

日常、我々は文章を読むことによってさまざまな新たな情報を得ている。中でも説明文を読む際は、内容の意味理解を通して新たな知識を獲得することを目的としている。このような知識獲得としての説明文理解を支援するにはどうすればよいか。文章の理解を促進する方法として、図を呈示することの効果が検討されてきた (e.g., Levie & Lentz, 1982)。本研究では、図としてグラフを取り上げ、知識獲得としての説明文理解の図による支援を考える。

知識獲得として説明文理解を捉えると、読み手はどのような表象を構築すればよいのだろうか。文章理解における表象は、浅いものから深いものまで以下の3水準が考えられている (Kintsch, 1994, 1998; van Dijk & Kintsch, 1983)。最も浅いものは、単語や句などの言語表現に対する記憶表象の「逐語的表象」、次に、文章の意味内容の表象である「テキストベース」、最も深いものは、テキスト情報が読み手の知識の中に統合された状態、すなわち文章の表わす状況に対する読み手の理解そのものの表象である「状況モデル」である。さらに、Kintsch(1994)は文章を覚えることと文章から学習することを区別すべきだと主張している。文章の内容をた

だ単に再生したり要約することは、テキストベースまでが作られればよい。しかし文章からの学習は、文章から得た情報を新しい環境において生産的に使うことを含む深い理解を要求するものであるため、状況モデルを必要とする。そのため、説明文理解の図による支援を考えるのであれば、図はどの水準の表象に影響するのか、状況モデルすなわち深い理解に効果を与えるか否かを検討する必要がある。

文章理解におよぼす図の効果を示した研究はこれまで多くなされてきた。多くは図の呈示が文章の記憶を促進することを検討したものであった (e.g., Levie & Lentz, 1982)。しかし近年では図の深い理解への影響について検討されている。例えば Mayer & Gallini(1990)は、ポンプなどの装置がどのように動くのかに関する説明文に静止状態と運動の両方を表わした図を付加した。その結果、逐語的な情報の保持は促進しないが、説明的情報の理解と問題解決課題の成績を促進することを示し、図の呈示が深い理解を助けるとの知見を得た。このような図の深い理解への効果に関して Gyselinck & Tardieu (1999) は、状況モデルあるいはメンタルモデル (Johnson-Laird, 1983) の構築を図が助けるため、と説明している。メンタルモデルはそれの表わす出来事の状態の内的モデルであり、図も同じように出来事の状態を表わすものなので、図はいわばメンタルモデルの1つの可能な表出と考えられる。そのため、図の呈

¹ お茶の水女子大学人間文化研究科
g9770202@edu.cc.ocha.ac.jp

示はメンタルモデル構築を助ける、と述べている。文章中の情報と読み手の知識からの推論を基に文章の表象を構築する、という点でメンタルモデルと状況モデルは共通しており、両者を操作的に区別して扱うことは難しい。そのため、図がメンタルモデル構築を促進するのであれば、文章の情報を読み手の知識の中に取り入れた深い理解の状態である状況モデルの構築も促進すると考えられる。

しかし、先行研究には以下の問題点が考えられる。第1に、図の効果と状況モデル構築の関係の検討が不十分な点である。先行研究では、主に機械装置の図など具体物を表わす図が用いられてきた。このような図は、描かれている対象の位置、方向、形、大きさ等の空間関係が、図中の要素の空間関係と対応する (Hegarty, Carpenter & Just, 1996)。しかし、概念を表わす図表やデータを表わすグラフなど、具体的な空間関係ではなく抽象的な内容を、空間配置を用いて表わす抽象的な図も存在する (Winn, 1987)²。教科書等では抽象的な図も多く使用されているため、知見を一般化するには抽象的な図を用いた検討が必要である。

もちろん抽象的な図の効果も広く検討されているが (e.g., Winn, 1987)、図の効果と状況モデル構築の関係の検討は十分ではない。これらの多くは、図の効果と認知的負荷の軽減という視点で説明している (e.g., 表: Robinson & Schraw, 1994; 樹形図: Winn, Li & Schill, 1991)。例えば Robinson & Schraw (1994) は、魚について種類別に特性 (e.g., 大きさ) を説明する説明文を学習させた後、種類と特性をまとめた表、種類別に特性をまとめた箇条書き、説明文全体のいずれかを見せた。その結果、種類間の特性を比較した文の正誤判断を表が促進することを示し、表は箇条書きや文章よりも計算的効率 (Larkin & Simon, 1987) がよいため文章に明示的に書かれていなかった種類間の関係をより速く簡単に読みとらせたと説明している。すなわち、表は空間配置を用いて文章では明示的でない関係も表わしているため、関係を読みとる際に認知的負荷を軽減できる、と説明している。しかし、この視点では読み手の構築する表象について説明することはできず、図の効果と説明するにはこの視点のみでは不十分と考えられる。抽象的な図でも具体物の図と同じように状況モデル構築

を促進する可能性を検討する必要がある。

第2に、状況モデルを検討する測度の問題がある。例えば Glenberg & Langston (1992) は、流れ図を用いて状況モデル構築の支援の可能性を検討しているが、正誤判断等の事実を問う課題を用いていた。しかし、「文章からの学習」ということを考慮すると、状況モデルを検討するには事実を問う課題よりも、問題解決など文章から学習した情報を利用するような課題が適切であると考えられる。実際、文章内容を他の状況に適用する課題において樹形図と表の効果が示されており (岩槻, 1998)、抽象的な図も状況モデル構築へ貢献している可能性が考えられる。

以上の問題をふまえて、本研究では抽象的な図は説明文理解において状況モデル構築を支援するのか否かを検討することを目的とする。ただし、状況モデル自体を取り出して直接検討することは非常に難しい。そこで本研究では、材料から学習した情報を利用することを求める課題を行い、説明文の内容の具体的な状況を思い浮かべさせる具体例をグラフ呈示する場合と文章呈示する場合の回答内容を比較することにより間接的に検討する。材料に関しては、状況モデルの検討には他の状況に応用しやすく適切な課題を設定できる題材が適当と考え、日常的だがあまり知られていないデジタル化のメカニズムを題材とした。なお抽象的な図としてグラフを用いる理由は、多くの説明文に用いられているにもかかわらず、グラフの読みとり自体に関する検討は多いが (e.g., Carpenter & Shah, 1998)、説明文の理解におよぼす影響に関する知見がほとんどないためである。また、グラフは具体的なデータを呈示するものであり、具体例を示すのに他のタイプの抽象的な図よりも適切であると判断したためである。

本研究における検討点とその予測は以下の2点である。第1に、グラフはどの水準の理解に影響するのか、テキストベースの側面と状況モデルの側面をそれぞれ測る課題を設定し検討する。テキストベースは説明文内容の把握の程度を直後再生と再認によって検討し、状況モデルは学習した情報を利用することを求める応用問題を用いて検討する。グラフ呈示と文章呈示では呈示形式は異なるが同じ内容の具体例を与えるため、説明文の内容の把握には違いがないと考えられる。しかし、グラフは空間配置によっていくつかの要素 (e.g., 時間、量) を同時に表わすことができるため、同じ情報を文章呈示するよりも情報を読みとる効率がよく、具体例の状況をより早く容易に理解できると考えられ、その結果構築される状況モデルに影響をおよぼす可能性

² 図、表、グラフは異なる特性を持っている。しかし、情報呈示の形式は具体物を表わす図から抽象的な言語までの連続体であり、これらはこの連続体の中心に位置し、抽象性を持ちながら空間的配置を用いている点で共通している (Winn, 1987) ため、本研究では具体的な空間関係を表わさない抽象的な図として一括して扱う。

がある。そこで、呈示形式によって再生量も要点の把握も変わらないが、応用問題においてはグラフ呈示の方が成績が良くなると予測する。

第2に、呈示形式によって具体的に何が異なるのか、グラフによって何が読みとられているのかを、応用問題の回答内容を分析することにより検討する。グラフは文章よりも読みとりの効率が良いと考えられるため、グラフ呈示の方が状況モデルを構築する際に具体例の情報が用いられ回答に反映されると予測する。

実験 1

目的

上記予測を検討することにより、グラフは状況モデル構築を促進するか否かを明らかにする。

方法

実験計画 1元配置の被験者間要因である。説明文にグラフを付加する「グラフ付加群」、グラフと同内容の文章を付加する「文章付加群」、説明文のみを与える「説明文群」の3群を設定した。

被験者 デジタルのメカニズムについて特に知識を持たない女子大学生54名である。「デジタル」「アナログ」の意味を詳しく答えられた者³、説明文の内容(レコード、CDの仕組み)を知っていた者は除外した。各群18名ずつランダムに割り当てた。

材料 (1)説明文：CDとレコードの作り方を例にデジタルについて説明している約1500字の文章である(TABLE 1に1段落抜粋)。デジタルとアナログの定義、アナログの例であるレコードの作り方の説明、デジタルの例であるCDの作り方の説明、デジタルの利点の説明、という構成である。CDの作り方を説明する段落に、グラフ付加群には音波をデジタル化する例を示した線グラフを付加し(FIGURE 1)、その段落の第2文の後に「例えばある音楽の音波の連続的変化をグラフに表わすと図1(FIGURE 1)のようになる。」という記述を加えた。線グラフを用いた理由は、被験者にとってなじみがあり読みとり自体に特別な技能を必要としないと考えられるためである⁴。文章付加群では、グラフに描かれている要素を文章化した。すなわち、横軸(時点)、縦軸(音量)、線(連続する音波の増減)、線上での横軸と縦軸の関係(時点と音量の対応)を文章化し段落中に入

³ アナログは「ある量を連続的に変化する量として表現する」、デジタルは「ある量を離散的に数字列で表現する」と定義し、どちらか一方でも答えられた被験者は除外した。

⁴ グラフ付加群に実験後グラフを再び呈示し、線と各点が何を指すか、このグラフ中に不明な点はなかったか、を質問し全員が正しくグラフを読みとれていたことを確認した。

TABLE 1 材料に用いた説明文(1段落抜粋)

それでは、デジタルタイプのディスクであるCDの仕組みはどのようなものだろうか。レコードとは異なり、音波の連続的な変化をそのまま記録するわけではない。まず、連続的なものである音波を時点で細かく区切る。それから、各時点での音量を調べる。例えばある音楽の音波の連続的変化は、音量が時間の経過とともに増えたり減ったりするものだったとする。時点1では音量は8、時点2では12、時点3では6、時点4では6、というように各時点の音量を調べるのである。時点ごとの音を調べるので、CDに録音された音はもとの連続した音波と異なり不連続なものである。また各時点の間の音は記録されない。そして、このようにして調べた時点ごとの音量を0と1を使った2進法で数値化するのである(例：6は0110、8は1000、12は1100)。CDはこの0と1の数字の列が記録されているのである。CDをかけるときに、この数列を再度音波にもどす。CDの表面にレーザー光をあててその反射の仕方によって01を読み取るのである。そこから元の音量の値に戻して、元の音波に近い形に戻すことができ、音を聞くことができるのである。

下線部：文章付加群にて加えた記述

下線+波線部：明示群にて加えた記述(実験2)

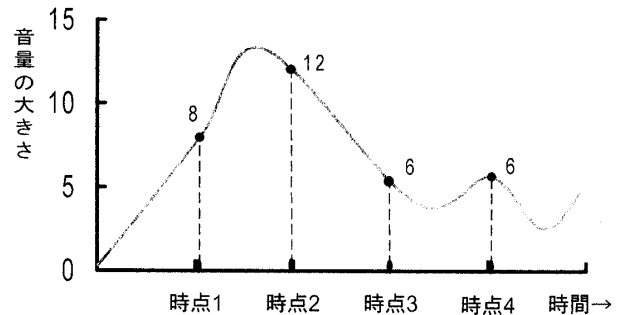


FIGURE 1 材料に用いたグラフ

れ込んだ(TABLE 1の下線部)。

(2)課題：テキストベースを検討する課題として再認課題と自由再生を行い、状況モデルを検討する課題として記述式の応用問題を行った。

①再認課題：説明文全文を36文に分け、逐語的に正しい「逐語」問題、逐語的には正しくないが意味的に正しい「意味」問題、誤りの「誤り」問題に12文ずつ割り当て、各文が説明文の中にあつたか否かを5段階(5:あつた~1:なかつた)評定させた。

②自由再生：文章の内容を思い出して書くように、その際言葉通りでなくてもよいと教示した。

③応用問題(TABLE 2)：学習した情報を利用することを求める4問である。この材料で作られる状況モデル、すなわち学習させたいことは、デジタル化の仕組みのステップ、アナログとの違いによる長所・短所である。そこで、説明文中には明示的に書かれていないデジタルの短所について問う問題(問1・2)、「デジタル

TABLE 2 応用問題と採点基準

問	2点	1点	0点
(1)CDのほうがレコードよりも音が冷たいとか音がよくないという人たちもいます。なぜだと思いますか。	CDは連続として音を捉えな いため(不連続性)、落として いる情報がある(欠落性)。	不連続性、欠落性のいずれか 一方の回答であり、正答 だが説明が不十分なもの。	その他
(2)上記の批評をかむような良い音のCDを作るにはどうしたらよいと思いますか。	時点の間隔を狭める。	正答だが説明が不十分なもの。その他	
(3)「デジタルカメラ」もCDと同じようにデジタル機器ですが、デジタルカメラの仕組みはどのようなものだと思いますか？すなわち、画像をどのようにデジタル化していると思いますか？	画面を細かく区切り、その1つ1つを数値化する。	正答だが説明が不十分なもの。その他	
(4)「デジタルカメラ」の画像をより自然な美しい画像にするにはどうしたらよいと思いますか？	区切りをより細かくする。	正答だが説明が不十分なもの。その他	

カメラ」という新しい状況に説明文の状況を当てはめる問題(問3・4)を用いた。説明文中に明記されている事実を答えるのではなく、説明文の表わす状況から推論することが必要であり、デジタル化についてより深い理解の必要な問題となっている。

手続き 実験室にて個別に実験を行った。デジタル化とはどのようなことをよく理解するようにと教示し、各条件の材料を個人のペースで学習させた。その際メモや下線を許可した。学習後説明文を回収し、自由再生(8分)、応用問題(8分)、再認課題(6分)の順に課題を行った。文章付加群には、実験の最後に具体例の部分をもどのように読んだかを尋ねた。

結果と考察

グラフはテキストベース構築に役立つか 再認課題と自由再生によって検討する。各課題の平均点と標準偏差はTABLE 3の左側に示した。

(1)再認課題：各問題ごとに評定値の合計を得点とした。ただし、「誤り」は「1：なかった」を5点とした。各問題ごとに、成績について分散分析を行ったところ、いずれの問題においても各群の成績に差はなかった(逐語：F(2,51)=0.10, n.s.;意味：F(2,51)=0.27, n.s.;誤り：F(2,51)=1.81, n.s.)。

(2)自由再生：説明文から具体例を除いた部分を1主語+1述語からなるアイディアユニット(79IU)に分割し、各被験者の再生プロトコルごとにどのIUが再生されたか個数を数え得点とした。また、大学院生6名に説明文からデジタルとアナログを理解するのに必要な部分を抜き出してもらい、6名全員が一致したIUを要点IUとした(デジタル=9IU,アナログ=6IU)。採点は2名が独立して行い、二者間の一致率(Cohenのκ)は90%であった。不一致箇所は協議により解決した。こ

TABLE 3 各群の課題の平均点(()内は標準偏差)

	実験1			実験2	
	グラフ群	文章付加群	説明文群	明示群	質問群
再認課題					
逐語	50.6(5.5)	51.3(4.8)	51.1(5.1)	—	—
意味	41.7(6.8)	40.8(6.5)	42.7(9.4)	—	—
誤り	46.1(7.1)	50.6(7.7)	47.0(7.9)	—	—
自由再生(%)					
再生IU	30.0(9.9)	31.2(4.7)	28.8(8.1)	27.7(4.6)	24.8(6.9)
要点IU	44.4(18.1)	50.0(12.6)	41.1(14.5)	39.3(13.7)	38.5(15.4)
応用問題	6.1(2.3)	3.1(2.9)	1.8(2.1)	3.0(2.4)	3.7(2.9)

のようにして採点した再生IU数について分散分析を行ったところ、各群の成績に差はなかった(F(2,51)=0.42, n.s.)。また要点IUの再生率に角変換を行い分散分析を行った結果、同様に各群の成績に差はなかった(F(2,51)=1.63, n.s.)。

以上の結果から、各群とも同程度にテキストベースを構築していたことが示された。

グラフは状況モデル構築に役立つか 応用問題はTABLE 2の基準にて採点し4問の合計点を分析対象とした(各2点,8点満点)。採点は2名が独立して行い(一致率84%),不一致箇所は協議により解決した。応用問題の成績(TABLE 3左側)に分散分析を行った結果、群の効果は有意であった(F(2,51)=14.19, p<.01)。Student-Newman-Keuls検定による多重比較の結果、グラフ付加群が他の2群より得点が高く(p<.05)、文章付加群と説明文群の差は有意でなかった。

このようにグラフのみ応用問題において効果があり、予測通りグラフはテキストベースよりもむしろ状況モデルの構築に役立つことが示唆された。

なぜグラフは効果があるのか 文章付加群にて付加した文章はグラフと同様に具体例を用いて状況を具体的に表わしたものであったのに、なぜ効果がなくグラフのみ効果があるのだろうか。グラフ付加群が他の2群と比べてどのようなことを読みとったのかを推測するために、応用問題の回答内容の分析を行った。各問題別に、群ごとに2点回答、1点回答、誤答の人数を数えた。また誤答は、説明文の内容から答えていないものを「無関係」、2進法の否定など誤解しているものを「誤解」、説明文中の単語を使ってはいるが説明不足なもの、あるいは無回答を「不足」に分類した。分類結果はFIGURE 2の各グラフ左3列に示し、回答例をTABLE 4に示した。以下、問ごとに分析を行った。

(1)問1：デジタル化の短所を問う問題である。はじめに、1点以上を正答とし各群の正誤の人数を比較した。直接確率検定の結果、人数の偏りは有意であった(両側検定：p=.009)。残差分析の結果、説明文群は誤答者

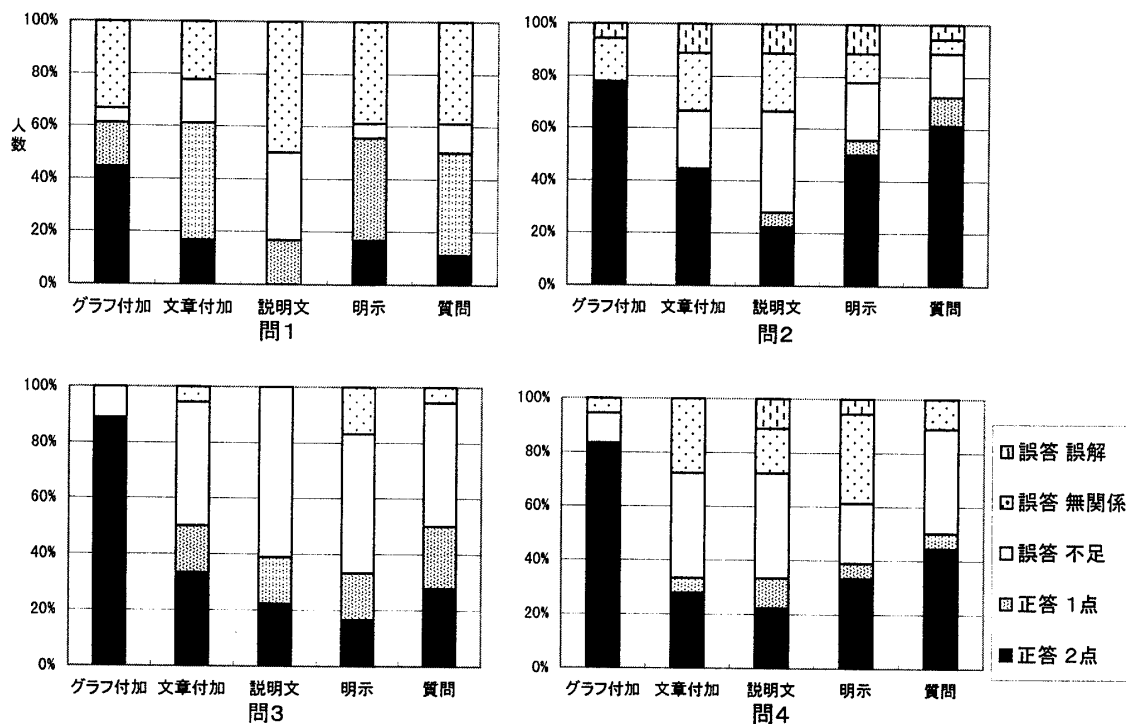


FIGURE 2 応用問題の回答内容分類

が多く (残差=-3.09, $p<.01$), 文章付加群 (残差=1.54, n.s.) とグラフ付加群 (残差=1.54, n.s.) は有意でなかった。FIGURE 2 から明らかなように, これらの群では正答者数は同程度であった。そこで, 文章付加群とグラフ付加群の違いを検討するため, 正答内容の分析を行った。2群の正答者のみを分析対象とし, 2点と1点の頻度を比較した。直接確率検定の結果, グラフ付加群は2点, 文章付加群は1点が多い傾向があった (両側検定: $p=.086$)。すなわち, TABLE 4 の回答例にあるように, グラフ付加群は「不連続性」「情報が欠落する」という2要素を回答できたが, 文章付加群ではどちらか1要素の不十分回答が多いということが示された。説明文群は誤答が多かったが, 誤答パターンには群による違いはなかった (両側検定: $p=.59$)。

(2)問2: デジタル化の短所を改善する方法を問う問題である。直接確率検定により各群の正誤の人数を比較した結果, 人数の偏りは有意であった (両側検定: $p=.012$)。残差分析の結果, グラフ付加群は正答者が多く (残差=2.89, $p<.01$), 説明文群は誤答者が多かった (残差=-2.31, $p<.05$)。文章付加群は有意でなかった (残差=-0.78, n.s.)。TABLE 4 にあるように, グラフ付加群が「情報の欠落」「不連続性」を無くす方法を回答したのに対し, その他の群では誤答が多かった。しかし, 誤答パターンの群による違いはなかった (両側検定: $p=.44$)。

(3)問3: CDの仕組みから他の機器の仕組みを推測

させる問題である。直接確率検定により各群の正誤の人数を比較したところ, 人数の偏りは有意であった (両側検定: $p=.006$)。残差分析の結果, グラフ付加群は正答者が多く (残差=3.13, $p<.01$), 説明文群は誤答者が多かった (残差=-2.15, $p<.05$)。文章付加群は有意でなかった (残差=-0.98, n.s.)。グラフ付加群は TABLE 4 にあるように, 「部分に区切り各部分を数値化する」という仕組みを別の状況に当てはめ回答していた。しかし, 他の2群は FIGURE 2 にあるように「不足」による誤答が多く, 「数値化」は言及されていても「部分に区切る」ということが述べられていない回答が多かった (TABLE 4)。

(4)問4: CDの仕組みから他の機器の欠点を改善する方法を問うものであり, 問2の内容を他の機器に当てはめる課題である。直接確率検定の結果, 各群の正誤の人数の偏りは有意であった (両側検定: $p=.003$)。残差分析の結果, グラフ付加群のみ正答者が多かった (残差=3.46, $p<.01$; 文章付加群: -1.73, n.s.; 説明文群: -1.73, n.s.)。また, 誤答パターンに群の違いはなく (両側検定: $p=.66$), 問2と同様の結果となった。

以上の分析より, グラフ付加群は説明文に書かれていた仕組みをよく理解していただけでなく, グラフから「不連続性」「情報の欠落」を読みとり状況モデル構築に利用し, 回答に用いていたようだった。文章付加群は正答していても不十分な回答が多く, 説明文群は誤答が多い, ということが示された。

TABLE 4 応用問題の回答例

問	得点	分類	回答例
問1	2	不連続・情報欠落	音波を細かく区切っているので区切りのすきまの値が音に表われず、綿密に聞けば音のつながりがないため。
	1	不連続	レコードの連続した音声に比べ、区切りのあるCDでは音が細かく途切れ、機械的に聞こえるから。
	1	情報欠落	CDは音波を区切って数値化するので、再生が荒いのではないか。レコードの溝はホコリがたまったりして正確さに欠けるが、人間の方が聞くときにカバーできる。
	0	不足	レコードは音を直接刻みつけているのに対して、CDは音を数値化しているので、完璧な音しか作れないから。レコードなら微妙な変化もとらえることができるから。
	0	無関係	音が鳴る仕組みが見て分からないから。レコードは針が音楽を読みとっている様子が目に見えるから。
問2	2	時点間隔	音の波を区切るとき、区切りを細かくして、連続体になるべく近づける。
	1	間隔	できるだけ音の測定をする間隔を狭める。記録できることの量を増やす。
	0	不足	レコードの良い点、つまり音波を連続的に(そのまま)記録するところをうまく取り入れることができたら良いのでは。
	0	無関係	音量以外の要素を数値化して元の音量の数値にかぶせる。
	0	誤解	2進法はやめて、もう少し、細かい記録の仕方にすればよいと思う。
問3	2	細分化・各部分数値化	画像を細かい区画に区切り、それを1つ1つ数値化していき、その数値を解読して画像を再現する。
	1	細分化・数値化	画面を細分化して電波を数値化して記録している。
	0	不足	画像の色を数値化して、とりこんでいるのでは？
	0	無関係	カメラに写すものを細かく分析する機能がついていて、その機能に基づいて分析して記録している。
	問4	2	細分化
1		細分化	画像を読みとってデジタル化する際に、画像を細かく区分して数値化する。
0		不足	やはり、色の数値化を、詳細なものにしていくこと。
0		無関係	明度、照度の他に基準となる白以外の色をもうけ、その差異を数値化したものも加えて重ねる。
0		誤解	数値化の際、0か1ではなくてもっと多くの数字を使う。

結果のまとめ 以上の結果をまとめると、グラフはテキストベースの構築(再認課題, 自由再生)には影響しないが、状況モデルの構築(応用問題)に効果がある、ということが示唆される。それは「不連続性」「情報の欠落」といった説明文には明示されていない情報をグラフから読みとり、状況モデル構築に用いていたためと考えられる。

しかし、文章付加群において用いた具体例の記述は、なぜ効果がないのであろうか。考えられる原因は、グラフ付加群はグラフ上の情報の空間配置を利用することによって「不連続性」「情報の欠落性」に気づきやすいが、文章付加群はこれらに気づくには記述から作られる表象を精緻化する必要があるという可能性である。すなわち、記述を基にその状況についての空間的表象あるいは命題的表象を詳しく構成する必要性が考えら

れる。そのため、グラフを用いる場合よりも処理負担が大きくなり、読み手が十分に精緻化された表象を持ってない可能性がある。そこで実験2では、文章付加群の精緻化を促すことによってグラフ付加群と同等の効果が得られるか否か検討する。

実験 2

目的

文章付加群の精緻化を促すことにより、グラフ付加群と同等の効果が得られるか否か検討する。具体的には、グラフ付加群が読みとっていた「不連続性」「情報の欠落」に気づきやすくする条件を設ける。

方法

実験計画 1元配置の被験者間要因である。グラフ付加群、文章付加群、説明文群に、「不連続性」「情報の欠落」を説明文中に明示的に記述する「明示群」、質問によって想像させる「質問群」という援助の度合いの異なる2群を加えた。なお、グラフ付加群、文章付加群、説明文群は実験1のデータを用いる。

被験者 デジタルのメカニズムについて特に知識を有さない女子大学生90名。内、36名(明示群, 質問群)を実験2にて新たに加えた。

材料 実験1と同様だが、明示群と質問群には文章付加群で用いた具体例の記述に以下の事項を加えた。
①明示群: 「不連続性」「情報の欠落」についての記述を加えた(TABLE 1の波線部)。

②質問群: 「不連続性」「情報の欠落」に気づかせる以下の2問を加えた。「時点毎に区切って録音することによって、CDに録音された音はどのようなものになると思いますか?」「時点1と時点2の間の音はどうなると思いますか?」

手続き 実験1と同様の手続きである。説明文学習の際、質問群では説明文の最後の部分に質問を加え、理解の助けになるため質問に答えるように教示し、読解中に答えを記述させた。学習後の課題は実験1と同じ順序で行ったが、再認課題は行わなかった。また、明示群には実験の最後に具体例の部分をごどのように読んだかを尋ねた。

結果と考察

テキストベースの構築 自由再生により検討する。実験1と同様の採点方法により2名が独立して採点し(一致率89%)、不一致箇所は協議により解決した。TABLE 3に示した再生IU数について分散分析を行った結果、群の効果は有意傾向であった($F(4,85)=2.07, p<.10$)。Student-Newman-Keuls検定による多重比較の

結果、文章付加群>質問群の傾向があった ($p<.10$)。しかし要点の再生は、各群の再生率に差はなく ($F(4,85)=1.79, n.s.$)、基本的にテキストベースは各群とも同程度に構築していたと考えられる。質問群では質問に答えるという余分な手続きがあるため、要点以外の部分はやや記憶に残らなかった可能性が考えられる。

状況モデルの構築 応用問題は実験1と同様の採点方法により2名が独立して採点し(一致率84%)、不一致箇所は協議により解決した。TABLE 3 に示した成績について分散分析を行った結果、群の効果は有意であった ($F(4,85)=6.90, p<.01$)。Student-Newman-Keuls 検定による多重比較の結果、グラフ付加群が他の全ての群よりも得点が高いという結果となった ($p<.05$)。実験1と同様、グラフのみ効果があり、他の条件の効果はないことが示された。

なぜ質問や明示化の効果がないのか 精緻化を促すため設定した明示群と質問群の効果がなかった原因を検討するため、応用問題の回答内容の分析を実験1と同様の基準にて行った。その結果、FIGURE 2 にあるように、各問において明示群、質問群、文章付加群の違いはなく、実験1と同様の結果となった。

(1)問1：直接確率検定の結果、正誤の人数の偏りは有意となり(両側検定： $p=.038$)、残差分析の結果、説明文群のみ誤答者が多かった(残差=-3.06, $p<.01$; グラフ付加群: 1.16, n.s.; 文章付加群: 1.16, n.s.; 明示群: 0.63, n.s.; 質問群: 0.11, n.s.)。説明文群以外の4群の違いを1点と2点の頻度の比較により検討したところ、人数の偏りは有意傾向であった(両側検定： $p=.078$)。残差分析の結果、グラフ付加群のみ2点回答が多かった(残差=2.67, $p<.01$; 文章付加群: -0.93, n.s.; 明示群: -0.67, n.s.; 質問群: -1.17, n.s.)。また、誤答パターンは群による違いはなかった(両側検定： $p=.53$)。

(2)問2：直接確率検定の結果、正誤の人数の偏りは有意であった(両側検定： $p=.017$)。残差分析の結果、グラフ付加群は正答者が多く(残差=2.12, $p<.05$)、説明文群は誤答者が多かった(残差=-2.65, $p<.01$; 文章付加群: -1.06, n.s.; 明示群: 0, n.s.; 質問群: 1.59, n.s.)。また誤答内容に群の違いはなかった(両側検定： $p=.31$)。

(3)問3：直接確率検定の結果、正誤の人数の偏りは有意であった(両側検定： $p=.006$)。残差分析の結果、グラフ付加群のみ正答者が多かった(残差=3.48, $p<.01$; 文章付加群: -0.21, n.s.; 明示群: -1.79, n.s.; 質問群: -0.21, n.s.; 説明文群: -1.27, n.s.)。誤答の内容も実験1と同様、ほとんどが「不足」であった。

(4)問4：直接確率検定の結果、正誤の人数の偏りは有意であった(両側検定： $p=.012$)。残差分析の結果、グラフ付加群のみ正答者が多かった(残差=3.38, $p<.01$; 文章付加群: -1.37, n.s.; 明示群: -0.84, n.s.; 質問群: 0.21, n.s.; 説明文群: -1.37, n.s.)。また誤答内容は群による違いはなかった(両側検定： $p=.56$)。

以上の結果をまとめると、文章付加群と明示群、質問群の成績の差はなく、回答内容に関しても違いはみられなかった。明示化や質問による効果はなく、グラフの効果のみが示された。

精緻化の度合いが課題成績に影響するか 文章付加群、明示群、質問群にはなぜ効果がないのかをさらに検討するため、補足分析を行った。これらの群は読み手自身が記述から精緻化しなければならず、材料を表象の精緻化に利用できなかった読み手がいる可能性がある。そこで、精緻化の度合いによって自由再生と応用問題の成績に影響があるか否か検討する。

精緻化の度合いは以下の基準により分類した。文章付加群と明示群は、実験後の「例をどのように読んだか」という質問に対する回答により分類した。文章付加群では「なんとなくイメージした」という漠然とした回答が多いため、何かイメージを思い浮かべたと回答した者を「精緻化有」、何も思い浮かべなかった者を「精緻化無」とした。明示群は、時点と数値の対応づけと情報欠落について述べた者(e.g., 時点1, 時点2を横にとってそこに8, 12の棒を立てて間が空くといった感じ)を「精緻化高」、時点と数値の対応付けのみ(e.g., 時点を横にとってそれぞれの時点で8とか6のように数字を当てはめた)、その他(e.g., レコードと対比させた)を「精緻化低」、何も思い浮かべなかった者を「精緻化無」とした。質問群は、読解中に行った質問の2問正解者を「精緻化高」、1問正解者を「精緻化低」、正解のない者を「精緻化無」と

TABLE 5 精緻化の度合いによる課題の成績 (()内は標準偏差)

	文章付加群		明示群			質問群		
	精緻化有	精緻化無	精緻化高	精緻化低	精緻化無	精緻化高	精緻化低	精緻化無
応用問題	3.8(2.5)	2.8(3.1)	6.3(2.1)	2.3(1.9)	2.4(1.8)	4.7(3.3)	4.0(2.5)	0.7(1.2)
再生IU(%)	32.3(4.9)	30.6(4.7)	32.9(4.6)	27.7(2.9)	25.1(6.4)	24.7(7.5)	25.9(6.5)	21.5(8.8)
要点IU(%)	55.6(17.7)	47.2(8.7)	48.9(3.8)	36.0(14.5)	40.0(14.9)	42.2(12.4)	40.7(16.5)	24.4(13.9)
人数	6	12	3	5	10	6	9	3

した。TABLE 5 に精緻化の度合いによる各群の成績を示した。以下、群ごとに分析を行った。

(1)文章付加群：応用問題の成績について t 検定を行ったところ、差は有意でなかった ($t(16)=0.74, n.s.$)。自由再生の成績は、再生 IU 数 ($t(16)=0.71, n.s.$)、要点再生率 ($t(6.1)=1.10, n.s.$) とともに差はなかった。漠然とした精緻化をした者が全く精緻化しない者が多く、この材料による精緻化は難しかったと考えられる。

(2)明示群：応用問題の成績について分散分析を行ったところ、群の効果が有意であった ($F(2,15)=5.56, p<.02$)。Student-Newman-Keuls 検定による多重比較の結果、精緻化高群が他の 2 群より成績が高かった ($p<.05$)。自由再生は、再生 IU 数では群の効果が有意傾向であり ($F(2,15)=3.12, p<.10$)、要点再生率には差はなかった ($F(2,15)=0.98, n.s.$)。人数が少ないため示唆に留まるが、十分に精緻化した者にはこの材料は状況モデル構築に効果があった可能性が考えられる。

(3)質問群：応用問題の成績 ($F(2,15)=2.36, n.s.$)、再生 IU 数 ($F(2,15)=0.42, n.s.$)、要点再生率 ($F(2,15)=1.84, n.s.$) とともに差はなかった。質問の回答に対するフィードバックが無いために、精緻化した内容を使わなかった可能性が考えられる。

以上の結果をまとめると、精緻化の度合いによって課題成績はそれほど影響を受けないようである。しかし明示群の材料に関しては、十分な精緻化が行われた場合は効果がある可能性が示唆された。

結果のまとめ 実験 2 の結果をまとめると、実験 1 と同様、グラフのみが状況モデル構築に影響し深い理解を助けることが示唆された。精緻化を助ける材料を用いてもグラフほどの効果は得られないことが示された。しかし、精緻化の度合いによっては効果がある可能性が示唆された。

総括的討論

本研究は、グラフは説明文理解において状況モデル構築を支援するの可否かを、説明文中に具体例を文章呈示する場合とグラフ呈示する場合を比較することにより検討した。その結果、実験 1 では自由再生や再認課題においてグラフの効果はなくテキストベースは促進しないが、応用問題の成績が改善され状況モデル構築に効果があることが示唆された。実験 2 では、文章付加群における具体例の記述の精緻化を促す群を設けた。グラフから読みとれる情報を文章中に明示的に記述した材料を用いてさえ、応用問題においてグラフほどの効果は得られなかった。しかし、補足分析から読

み手が十分に精緻化した場合は、効果のある可能性が示された。

以上の結果から、本研究における 2 つの検討点について考察する。第 1 に、グラフはどの水準の表象に影響するのかについてである。両実験の結果より、グラフ呈示と文章呈示の違いはテキストベースを測る課題ではなく状況モデルを測る課題において現れ、グラフはテキストベースよりも状況モデル構築に効果があることが示唆された。テキストベースに関しては、グラフにせよ文章にせよ具体例を与えること自体の効果がない結果となった。具体事例によって説明文の保持が促進されるとの知見もあるが (谷口, 1999)、本研究の材料文は身近な機材の仕組みについて説明する内容であったため、読みに熟達している大学生においては説明文のみでも内容を把握することができたと考えられる。しかし、説明文の内容は各群とも同程度把握していたにもかかわらず、応用問題においてグラフ付加群のみが成績が良いという結果となり、状況モデルの構築をグラフが促進していることが示唆された。本研究の材料は機械装置の運動などは異なり説明文の内容自体が空間的關係を表わすものではないにもかかわらず、図による状況モデル支援の証拠を得ることができ、先行研究の知見を強めることができたと考えられる。

第 2 に、グラフ呈示と文章呈示は状況モデル構築において何が異なるのかについてである。応用問題の回答内容分析から、グラフ付加群は「不連続性」「情報の欠落」といった説明文中に明示的に書かれていないことが回答に含まれているが、文章付加群は回答内容が不十分なものが多かった。グラフ付加群は、説明文に書かれていたことにグラフから読みとれることを補って状況モデルを作っていたようである。それに対して文章呈示は、精緻化を助けるような材料を用いても十分な回答は少なかった。しかも、明示群においてグラフ付加群のみが読みとった情報を明示的に記述し、グラフと具体例の記述との情報量が等しくない可能性を排除しても効果がなかったため、文章呈示はグラフ呈示ほど状況モデル構築に効果を与えなかったと考えられる。もちろん、文章呈示においても具体例の記述を用いてグラフ呈示の場合と同様の精緻な状況モデルが構築されていた可能性はあるが、少なくとも回答には反映されていなかった。一方、グラフ呈示の場合は回答に利用できるレベルであった。

なぜ呈示形式によってこのような違いがあるのか原因を考察する。第 1 に、認知的負荷の違いが考えられ

る。グラフは同内容の文章よりも計算的効率(Larkin & Simon, 1987)がよいため、空間配置からより早く容易に読みとることができ、「不連続性」「情報の欠落」という説明文では明示されていなかった情報に気づきやすかったと考えられる。一方、文章呈示の場合はいくらグラフから読みとれる情報を文章中に明示したり気づかせる工夫をしても、その記述からグラフ群と同等の表象にするにはより負荷がかかると考えられる。実際、補足分析より、文章呈示の場合は読み手が材料を精緻化にうまく利用できたときのみ状況モデルが精緻に構築できる可能性が示唆された。第2に、空間的な表象を保持することの効果と考えられる。文章呈示の被験者に具体例をどのように読んだかを尋ねると「時点を横にとって棒を立てる」というように空間的にイメージを思い浮かべたと答えた者が多く、何らかの空間的な表象を作っていた可能性が考えられる。グラフ呈示の場合、グラフが空間的な表現であり、そのようなイメージを保持し操作することが容易であったのかもしれない。しかしこれに関しては本研究からは明らかではないため、さらなる検討が必要である。

本研究はグラフが状況モデルの構築を助けることを示唆したが、グラフによって促進される状況モデルの実際はどのようなものなのかに関しては、本研究では直接検討していないため不明である。グラフをそのまま記憶していて問題解決の時に想起して使用している可能性、説明文情報とグラフ情報の混ざった新たな表象を読解中に作っている可能性の2つの可能性が考えられる。本研究で用いた応用問題はグラフだけでは答えられないような新しい状況へ当てはめる問題も含んでいたため、後者である可能性が大きいと考えられる。今後、読みの過程の観察などの指標を用いて検討する必要があるだろう。また、本研究では1つのグラフを用いたが、グラフの種類や表わす内容によって効果が異なる可能性もある。本研究の結果を一般化するためには、材料の特性の要因を含めた検討が必要だろう。

引用文献

- Carpenter, P.A., & Shah, P. 1998 A model of the perceptual and conceptual processes in graph comprehension. *Journal of Experimental Psychology : Applied*, **4**, 75—100.
- Glenberg, A. M., & Langston, W.E. 1992 Comprehension of illustrated text : Pictures help to build mental models. *Journal of Memory and Language*, **31**, 129—151.
- Gyselinck, V., & Tardieu, H. 1999 The role of illustrations in text comprehension : What, when, for whom, and why ? In H. van Oostendorp, & S. R. Goldman (Eds.), *The construction of mental representations during reading*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates. Pp.195—218.
- Hegarty, M., Carpenter, P.A., & Just, M. A. 1996 Diagrams in the comprehension of scientific text. In R. Barr, M.L. Kamil, P. Mosenthal, & P.D. Pearson (Eds.), *Handbook of reading research Vol.2*. Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates. Pp.641—668.
- 岩槻恵子 1998 説明文理解における要点を表わす図表の役割 教育心理学研究, **46**, 142—152.
- Johnson-Laird, P.N. 1983 *Mental models : Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge : Cambridge University Press. (海保博之(監訳) 1988 メンタルモデル—言語・推論・意識の認知科学 産業図書)
- Kintsch, W. 1994 Text comprehension, memory, and learning. *American Psychologist*, **49**, 294—303.
- Kintsch, W. 1998 *Comprehension : A paradigm for cognition*. New York : Cambridge University Press.
- Larkin, J.H., & Simon, H.A. 1987 Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, **11**, 65—100.
- Levie, W.H., & Lentz, R. 1982 Effects of text illustrations : A review of research. *Educational Communication and Technology Journal*, **30**, 195—232.
- Mayer, R.E., & Gallini, J.K. 1990 When is an illustration worth ten thousand words ? *Journal of Educational Psychology*, **82**, 715—726.
- Robinson, D.H., & Schraw, G. 1994 Computational efficiency through visual argument : Do graphic organizers communicate relations in text too effectively ? *Contemporary Educational Psychology*, **19**, 399—415.
- 谷口 篤 1999 文章の理解と記憶を促進する具体化情報 風間書房
- van Dijk, T.A., & Kintsch, W. 1983 *Strategies of discourse comprehension*. New York : Aca-

- demic Press.
- Winn, B. 1987 Charts, graphs, and diagrams in educational materials. In D. M. Willows & H. A. Houghton (Eds.), *The psychology of illustration : Volume 1. Basic research*. New York: Springer-Verlag. Pp.152—198.
- Winn, W., Li, T., & Schill, D. 1991 Diagrams as aids to problem solving : Their role in facilitating

search and computation. *Educational Technology Research and Development*, **39**, 17—29.

謝 辞

本論文の作成にあたり，懇切丁寧なご指導をいただきましたお茶の水女子大学人間文化研究科 内田伸子教授に心より御礼申し上げます。

(1999.12.2 受稿, 2000.5.12 受理)

Comprehension of Expository Text : A Line Graph Helps Readers to Build a Situation Model

KEIKO IWATSUKI (THE DOCTORAL RESEARCH COURSE IN HUMAN CULTURE, OCHANOMIZU UNIVERSITY) JAPANESE JOURNAL OF EDUCATIONAL PSYCHOLOGY, 2000, 48, 333—342

The present study investigated the effects of a graph on undergraduates' comprehension of an expository text. In Experiment 1, undergraduates who knew little about the domain of the text read 1 of 3 versions of a text concerning digitization which contained either a line graph representing an example of digitization (Graph Group), a verbal description of the example (Verbal Description Group), or no example (Control Group). The Graph Group performed better than the other 2 groups on a transfer test that required deep understanding, but did not have significantly better scores on retention of the text. The results suggest that a graph would be more likely than verbal description to enable readers to build a situation model. Furthermore, in Experiment 2, readers who received a text that had verbal description adding more information from the graph did not perform as well as Graph Group. These findings suggest that the Graph Groups benefited from information in the graph when they built the situation model, whereas, because of the cognitive burden, the Verbal Description Group could not use the verbal description well enough to enable them to elaborate a representation.

Key Words : comprehension of expository text, line graph, situation model, deep understanding, undergraduates