愛知教育大学教育実践総合センター紀要
創刊号，pp. 1～ 8（March, 1998）

算数文章題解決における転移効果

多 鹿 秀 継
（愛知教育大学心理学教室）
・
山 本 克 仁
（赤羽根町立高松小学校）

Effects of Transfer in mathematical word problem solving

Hidetsugu Tajika
（Aichi University of Education）
・
Katsuhito Yamamoto
（Takamatsu Elementary School）

本研究の目的は，算数割合文章題解決における転移効果を吟味したものである。最初に，算数・数学問題解決におけるアナロジ教示に関する転移研究の文献展望を行い，算数問題解決におけるアナロジ教示に関する転移研究が少ないことを指摘した。ついで実験的研究を行い，先行課題である算数割合文章題を関係図を利用して解いた子どもは，後の文章題解決において正の転移を示した。また，実験研究において操作された下位過程の分析結果から，転移を構成する要素については明確にされなかった。

キーワード：算数文章題，関係図，転移

1 目的

本研究の目的は，算数文章題解決における転移効果を吟味したものである。即ち，小学５年生が算数割合文章題をいくつかの学習方略に基づいて解決した後，異なったタイプの算数文章題を与えられた。このとき，与えられた当該の文章題の解決において，先行課題である算数割合文章題を操作されたどの学習方略に従って解決した条件群の子どもが正の転移を示すのか，また正の転移を示すとすれば何が転移したのか（転移を構成する要素），を明確にしようとするものである。その目的を達成するに先立って，算数問題解決における転移の研究を以下に簡潔に展望した。

2 算数・数学問題解決における転移

2－1 問題解決における転移

一般に，問題解決における転移とは，学習者の先行課題の解決経験や知識が後続の課題の解決に何らかの影響を与えることである。ここで述べる先行課題や後続課題の課題とは，問題解決の問題と同一の意味で使用しており，目標とする状態と現在の状態とに何らかの差異があり，その差異を埋めるために認知的な操作を必要とする状態を意味する。また，何らかの影響とは，促進する場合もあれば抑制する場合もあり，あるいは何の影響も生じない場合も起こりうることを意味する。学校学習では，学習者の先行経験や知識によって，通常は後続課題の解決が促進される正の転移を得ることが期待される。算数問題解決における転移とは，先行課題や後続課題を算数の教科に限定した転移に言及するものである。

ところで，学習者の先行経験や知識が後続の問題解決に何らかの影響を与えることとして定義される問題解決の転移は，様々な基準に従って分類され研究されてきた。

最もよく知られた転移の分類は転移の内容によるものであり，一般転移と特殊転移として知られている。一般転移とは，先行課題の解決経験によって形成された課題解決の原理やパターンの転移である。他方，特殊転移とは，先行課題と後続課題の間で共通する要素の転移である。例えば，Bruner（1960）の言を借りれば，

「どのような学習行為にしろ，その第一の目的は，学習によって得られる楽しさのうえに，なおそれが，将来われわれにとって役立つということである。・・・学習が将来役立つのには，二つの道がある。その一つは，われわれがはじめに学習してできるようになった仕事によく似た仕事だけ特別に適用性をもつようになるのである。心理学者たちは，この現象を訓練の特殊的転移といっているが，おそらくそれは，習慣の拡張または連合とよばるべきものであろう。・・・第二の道は，便宜的に，非特殊的転移，もっと正確にいえば，原理や態度の転移とよばれているものを通ることである。・・・」（翻訳書 21-22 頁）

また，Perkins & Salomon（1989）は，課題遂行時

の問題解決者の意図によって，転移を意識的で努力の必要な原理に基づく転移（「high-road 転移」）と，自動的で意識的な注意を必要としない転移（「low-road 転移」）とに区別した。勿論，学習や問題解決には，両タイプの転移が必要であることは説明を待たない。

ところで，前者の意識的な転移は，学習者が現在解こうとしている問題と先行経験に基づいて獲得した知識との関連を，意識的・積極的に比較・考察しているときに生じる転移である。例えば，算数・数学の問題解決過程を吟味したPolya（1956）の具体例を利用すれば，高さｈ，底面の半径が各々ｒ及びＲである直円錐截頭体の斜面の面積Ｓを求める問題で，例えば底面の半径がｒ及びＲの２つの完全な円錐の斜面の面積を求めておき，その差を求めるとき，「high-road 転移」が生じたといえる。

また，後者の自動的で意識的な構えを必要としない転移は，先行課題と後続課題が類似した状況でしばしば生じる転移である。例えば，２つの数の加法の計算ができておれば，類似の２つの数の加法計算を行う場合，以前の習熟した加法計算の手続きをその計算に自動的に適用すればよく，「low-road 転移」が生じたといえる。

また，Mayer & Wittrock（1996）は，問題解決時に使用する技能と転移のタイプを組み合わせることにより，４種の転移を区分した。それらは，一般技能の一般転移，一般技能の特殊転移，特殊技能（行動）の特殊転移，及び様々な技能のメタ認知的制御と呼ばれるものである。

一般技能の一般転移とは，ラテン語や幾何学のような抽象性の高い課題を学習しておけば，問題解決者の思考を一層論理的にし，結果として問題解決を容易にするというものである。一般技能の一般転移は，古典的な形式陶冶と実質陶冶の論争における形式陶冶の観点に類似する転移といえる。

一般技能の特殊転移とは，先行課題と後続課題の共通要素の転移に関わるものであり，一般方略や原理の共通要素が転移する。一般技能の特殊転移は，ゲシュタルト心理学における問題解決の転移と捉えることができる。例えば，Katona（1940）のマッチ棒問題の転移に関する研究では，マッチ棒問題の解決に至るステップを暗記させる群とヒントのみを与えて解決過程を理解する群では，後者の群で転移課題の成績がよかった。この結果は，問題事態の構造を理解するために一般的な解決方法を経験し，それがマッチ棒の操作の仕方に影響を与えたといえる。

特殊技能の特殊転移とは，先行課題と後続課題で共通する要素を後続の問題解決に適用する転移であり，上記の一般技能の特殊転移の場合と類似する。しかしながら，転移するものは一般技能の要素ではなく特殊技能の要素である。この種の転移は刺激－反応の連合を強調する連合主義に認められる転移である。例えば，一桁の数の加法問題に習熟した子どもは，二桁の数の加法問題を容易に解くことができるであろう。というのも，一桁の数の加法は二桁の数の加法を解くために必要な基本的要素の技能である。

最後に，４番目のタイプの転移である様々な技能のメタ認知的制御とは，以前に学習して獲得した一般技能や特殊技能を後続の問題解決場面で適切に選択し，当該の新しい問題を解くときにそのような技能を適切に適用できるようにモニタすることである。メタ認知とは，認知の認知，即ち自分自身の認知過程についての知識であり，個人の認知過程についての気づき，モニタ，あるいは制御を含む（例えば，Flavell, 1976）。問題解決の転移とは，学習者が問題解決の課題要求に適切に対処し，一般的技能や特殊技能を課題要求に応じて選択的に利用できることを意味する。

このメタ認知的制御の観点では，後続の課題と関連する一般技能や特殊技能を学習するだけでなく，それらを選択したりモニタする方法を学習することで正の転移を得ることができる。即ち，一般転移の観点と一致して，メタ認知的制御は一般的な知的技能の転移に依存していると考えられる。しかしながら，他方で単一の技能からなるとする一般技能の転移の場合とは異なり，メタ認知的制御の観点では，いくつもの高次の技能が一般技能を構成しそれらが転移すると捉える。また，一般技能の特殊転移と一致して，メタ認知的制御の観点は，学習者が一般原理や関係の知識を所有していることが転移に必須であると考えている。更に，特殊技能の特殊転移の観点と一致して，転移が生じるためには領域固有の知識の獲得が必須であるとする。しかしながら，メタ認知的制御の観点では，それらの転移の観点と異なり，転移にとって必須である一般技能や特殊技能をもっと精緻な情報処理過程の方略として捉える。

問題解決における転移に関しては，これまでいくつかの例外もあるが（例えば，Fong, Kranz, & Nisbett, 1986; Zhu & Simon, 1987），多くの研究では問題解決の転移は殆ど起こらないことを報告している（例えば，Gick & Holyoak, 1980, 1983; Hayes & Simon, 1977;Lave, 1988; Reed, 1987; Reed, Ernst, & Banerji, 1974; Rogoff & Lave, 1984; Schliemann & Acoily, 1989）。

例えば，授業で学習する問題（Reed, 1987）を使った場合では，６％と12％のほう酸混合液に関する文章題を正しく解けるように訓練し，その解決方法と同じ手続きを用いれば解けるテスト問題を与えても，１ポンドあたり1.65ドルのピーナツと１ポンドあたり2.10ドルのアーモンドを混ぜたナッツ問題を解くことができなかった。

また，日常生活場面での転移研究でも，学習者は学

校で学習した算数・数学の手続きを日常の数の問題に適用するのに失敗した。例えば，Lave（1988）に記述されている研究では，女性客に 10 オンスが 90 セントのピーナツと 4 オンスが 45 セントのピーナツをスーパーで買うと，どちらがお買い得であるかを決定する問題を解かせた。残念ながら，彼女たちは，学校で学習した単位量あたりのピーナツの値段を計算することによって，2種類のピーナツを比較しようとしなかった。代わりに，10 オンス買う方がよいことを割合方略を使って求めた。即ち，10 オンスのピーナツの値段は 4 オンスのピーナツの 2 倍の値段であるが，ピーナツの量は 2 倍以上であるので，10 オンスのピーナツを買う方が得であると結論づけた。

2－2　算数・数学問題解決における転移

上記のような結果から，問題解決の転移は学校内外において生じ難いとされた。特に，授業で学習した内容が日常生活に適切に転移できることを重要な教育の目標の 1 つと捉えるとき，上記の結果は教授・学習過程における転移の効果を吟味する場合に注意を要する結果といえるだろう。

それでは，問題解決において正の転移は全く見出せないのであろうか。それに対する回答は「いいえ」である。最近の研究は，様々な方法を工夫することにより，問題解決における正の転移を得ている。ここでは，アナロジを教示することによって後続課題の促進を見た転移の研究を紹介しよう。

アナロジ転移に関する研究でも，通常は Gick & Holyoak（1980, 1983）の研究に見られるように，解決方法が既知の問題であるベース問題を使って未知の問題であるターゲット問題を解決することは，大学生でも難しいことが知られている。しかしながら，アナロジを構成する要素などを問題解決者に教示することにより，算数・数学の問題解決において促進効果を見た研究も報告され始めている。

アナロジ転移とは，「既に記憶されている領域から・・・・説明の必要な領域に関係情報を転移すること」（Vosniadou & Ortony, 1989, pp.6）と定義できる。上述した Mayer & Wittrock（1996）の転移の区分を適用すれば，アナロジの転移は一般技能の特殊転移やメタ認知に対応する。それ故，アナロジ教示による転移とは，先行課題で学習した内容と関連する情報を後続課題の解決時に教示することにより，関連情報を後続課題の解決に活用することである。

学習者がベース問題に含まれる情報を使用してターゲット問題を解くときに生じるアナロジ転移は，多くの研究領域で吟味されてきた。アナロジ教示による転移は，算数・数学の領域（Catrambone & Holyoak, 1990; Novick, 1992; Novick & Holyoak, 1991, Reed, 1987）だけでなく，理科の領域（例えば，Clement, 1993; Gentner & Gentner, 1983）や認知発達の領域（Halford, 1992, 1993）でも研究が行われている。しかしながら，算数・数学に関する領域では，アナロジ教示による転移の研究はスタートして間もない状況にあり，現在のところ高校生や大学生が解く代数学のような問題の転移に限定されるようである（例えば，English & Halford, 1995)。

アナロジ転移が生じるためには，ターゲット問題とベース問題との間で何らかの類似性が問題解決者に認知されなければならない（Holland, Holyoak, Nisbett, & Thagard, 1986)。類似性には，問題の特定の性質や対象に関する表面的な特徴の類似性と，問題を構成する要素間の関係に関する構造的特徴の類似性がある。ターゲット問題とベース問題の表面的特徴と構造的特徴の類似性の程度が，問題解決の転移に影響を与える。上述のように，多くの研究は，ある領域の問題を解くために工夫した解決方法が，構造的に類似したり等価のターゲット問題の解決に利用できることを理解するのに失敗することを見出している。Reed（1987）の研究はその典型例として見ることができる。

通常，アナロジによる問題解決過程は，認知過程，抽象化過程，及びマッピング過程，の 3 つの過程を経て解決されると考えられる（Mayer, 1992)。それ故，アナロジ教示による問題解決は，これら 3 つの過程に対応した教示を含む。

アナロジの認知過程とは，アナロジによる問題解決の最初のステップであり，ベース問題がターゲット問題の解決に利用できることを認知する過程である。実験者は問題解決者に提示したターゲット問題が以前に学習したベース問題と類似しているとか，ベース問題を使って解けといった教示を与えることが認知過程の教示と対応する（例えば，Gick & Holyoak, 1980)。数学の問題解決ではないが，Gick & Holyoak (1980) の研究では，上記の教示が与えられると 90 ％の問題解決者がターゲット問題を解いたが，教示が与えられないときは 20 ％しか解けなかった。しかしながら，教室や日常生活において問題解決者にそのような教示が与えられることはまれであるため，自らがベース問題とターゲット問題との類似性を認知することは難しい。

第 2 段階は抽象化過程である。一度学習者が問題解決においてベース問題をターゲット問題に適用できることを認知すると，今度は問題間の関係を把握しなければならない。抽象化の過程は，問題を解く際に使用するアナロジから一般的な特徴を抽出することである。Gick & Holyoak（1983）の実験では，ターゲット問題の一般的な構造を抽出することは大変難しいことが示されている。

第 3 の段階はマッピング過程である。マッピング過程は，ベース問題とターゲット問題の解の間の適切な

結合を見出すことである。ベース問題とターゲット問題を適切に結びつけるために，学習者は通常両問題の類似性を探す。それらの類似性は上述したように，表面的特徴の類似性であったり，構造的特徴の類似性であったりする。Holyoak & Koh (1987) はアナロジに気づいてそれをターゲット問題の解決に適用する過程に，表面的類似性と構造的類似性が及ぼす影響を吟味したところ，自発的な転移に対してはどちらも影響を受けた。しかしながら，類似性のヒントを教示すると，構造的類似性だけがアナロジ転移に影響を与えた。

このように，アナロジ転移の研究結果は，ターゲット問題の解決が困難であることを示してきた。しかしながら，数学問題解決のアナロジ転移の研究では，徐々に正の転移を示す研究が報告され始めた。

例えば，先述した Reed (1987) のナッツ問題では，混合問題の解き方を構造的に類似した練習題を使って一つ一つ説明することにより，構造が同一である問題の半数を解き，殆ど解けなかった類似の構造をもつ問題の1割を解いた。また，確率問題を扱った Ross & Kilbane (1997) では，条件によっては表面的類似性が高い場合でもマッピングがうまくいくことを示した。

以下に示す我々の研究は，アナロジ転移を扱ったものではない。アナロジ教示による転移研究は我々にとって今後の課題である。次の節では，算数文章題解決における転移研究を見よう。

3　算数文章題解決における転移の実験的研究

3－1　目的

本研究の目的は，いくつかの条件のもとで行った算数割合文章題の解決が，他の文章題の解決に適切に転移するかどうかを明らかにするものである。算数割合文章題解決に先だって操作された条件として，４つの条件群を設定した (Tajika, Nakatsu, & Ito, in press)。それらは，線分図と関係図を学習する線分図－関係図群（線－関群と略す），線分図のみを解く線分図群（線群），関係図のみを解く関係図群（関群），及び与えられた文章題を解くだけの統制群，であった。Tajika et al. (in press) によれば，算数割合文章題の解決結果に関して，線－関群と関群の正答率が他の２群よりも高いものであった。

この理由として，Tajika et al. (in press) は線－関群や関群に与えられた関係図を子どもが解くことによって，関係図の理解が子どものもっている割合に関する部分－全体の知識を活性化する手がかりとして働き，子どもの有する算数・数学に関する知識と問題文の統合を促進したと考えた。

先行研究から，算数問題解決の過程は，通常問題理解と問題解決の２つの段階で構成されていることが示されている（例えば，Mayer, 1987, 1992)。更にこれらの２つの段階は，使用する知識の種類との関係から，各々２つの下位段階に区分される (Mayer, 1992; Mayer, Tajika, & Stanley, 1991)。即ち，問題理解段階は，問題の変換と統合の２つの段階からなり，問題解決段階は，プラン化と実行の段階に区分される。

関係図や線分図は，問題理解の統合の段階を容易にさせるための手がかりであると考えられた。しかしながら，Tajika et al. (in press) の研究では，線分図を解いただけでは後の解決に役立たず，統制群と同程度の正答率しか得られなかった。

Tajika et al. (in press) は，この理由として，実験方法を指摘した。彼らはコンピュータを使用して算数割合文章題解決の下位段階を分析したので，線分図も関係図もともにコンピュータ提示であった。関係図の場合は，子どもは全体の中で部分の占める割合を自らが操作可能な形で構成した。ところが，線分図の場合，全体だけでなく部分の割合も固定されて構成されており，子どもは固定された全体と部分に指定された数字をはめ込むだけの課題処理を行うに過ぎなかった。関係図と線分図のこのような差異が，両条件の結果に差異を生じさせた原因と考察された。

それでは，このような Tajika et al. (in press) で得られた結果から，線－関群や関群は問題理解の統合の段階で堅固な知識を獲得したといえるであろうか。換言すれば，文章題解決にとって重要であるとされる問題理解の統合段階で獲得した知識が，他の算数問題解決に転移するであろうか。実験の予想として，もし，割合文章題の解決における統合段階で子どもが堅固な知識を獲得しているなら，問題解決時と類似する時期に実施される他の算数文章題の解決を促進するであろう。

3－2　方法

（１）被験児：Tajika et al. (in press) の実験に参加した小学５年生と６年生各２４名（各条件群は６名ずつ），及び第２統制群として割合文章題の実験に参加していない他の小学校の５年生２３名と６年生２４名を使用した。

（２）実験計画：Tajika et al. (in press) で使用した４条件群（線－関群，線群，関群，統制群）は，事前テストの後，算数割合文章題を解決した。その後，事後テストに参加した。Tajika et al. (in press) の実験に参加していない統制群（第２統制群と呼ぶ）は事後テストのみに参加した。

（３）実験材料：表１は事後テストで使用した問題の一部であった。事後テストはMayer et al. (1991) で使用した問題からなった。なお，関係図は Tajika et al. (in press) を参照のこと。

Mayer et al. (1991) の文章題では，問題解決の３つの下位段階（変換段階，統合段階，及びプラン化

段階）に対応して構成された各６問からなる問題が合計で１８問あった。なお，全ての条件群の算数文章題解決の程度の等質性をチェックするために，２０点満点からなる事前テストを構成した。

（4）手続き：事前テストと事後テストは，ともに集団実験であった。事前テストは４５分であった。事後テストは２０分であった。なお，事前テストは割合の内容を学習する前の時期であり，事後テストは２ヶ月後の割合を学習し終えた時期であった。なお，算数割合文章題の解決は，問題や下位問題のコンピュータ提示による個別実験であった（Tajika et al.（in press）を参照のこと）。

表１　事後テストの問題例

学年・組：＿＿年＿＿組　　名 前：＿＿＿＿＿＿＿＿

説　明

つぎは、18個の算数の問題をといてもらいます。問題には答えが４つあります。４つの答えはそれぞれａ、ｂ、ｃ、ｄ、の記号で示されています。もっとも正しいと思う答えの記号に丸をつけてください。今度の問題は、みなさんの計算力を見るものではありません。そのため、答えを計算する必要はありません。まず始めに、練習しましょう。記号に丸をつけてください。

> どのような数字を使えば、つぎの問題がとけるでしょうか。
> おはじきが５個ずつはいっているふくろがあります。１つのふくろのねだんは25円です。あなたは10個のおはじきを買おうと思っています。ふくろをいくつ買えばよいでしょう。
> ａ．５，25，10
> ｂ．５，25
> ｃ．５，10
> ｄ．10

この問題では５と10だけを使えばよいから、ｃに丸をつけます。
では、つぎの例をやりましょう。

> どのような計算をすれば、つぎの問題がとけるでしょうか。
> 12個のぼうしと24人の子どもがいます。ぼうしのかぶれない子どもは何人いるでしょう。
> ａ．たしざんをしてからひきざんをする
> ｂ．わりざんをしてからひきざんをする
> ｃ．わりざんだけでよい
> ｄ．ひきざんだけでよい

上の問題をとくには24から12をひけばよいですから、ｄに丸をつけましょう。では、つぎの例をやりましょう。

> つぎの文を式にあらわすと、どの式が正しいでしょうか。
> りんごが72個ずつかごにはいっています。かごは６つあります。
> ａ．ぜんぶのりんごの数＝72×６
> ｂ．ぜんぶのりんごの数×６＝72
> ｃ．ぜんぶのりんごの数×72＝６
> ｄ．ぜんぶのりんごの数＝72

ａに丸がつきますね。１つのかごにはいっているりんごの数72個にかごの数６つをかけると、ぜんぶのりんごの数になります。

決して答えを求めてはいけません。かならず質問どうりに答えてください。「始め」のあいずで次のページをひらいてください。そして、問題に答えてください。時間は15分です。１つのページをやりおえたら、次のページに進んでください。「終われ」のあいずがあるまで続けてください。はやく終ったら、答えをみなおしてもかまいません。

「始め」のあいずがあるまで、このページをめくってはいけません

（注）各問題は，上から統合タイプ，プラン化タイプ，変換タイプの問題に対応。

3－3　結果と考察

表2に事前テストと事後テストの条件群毎の正解数の結果を示した。また，事後テストの結果は，文章題解決の下位段階毎に得点化し，事後テスト結果の右側に示した。

表2より，事前テストは各学年の5つの条件群間で，成績に差のないことが理解できる。ちなみに，5（条件）×2（学年）の2要因の分散分析（ANOVA）を実施したところ，学年の主効果を除いて，他の条件は有意でなかった。(学年の主効果に関して，$F(1,85)=32.20$，$p<.01$，6年生の方が5年生よりもよい成績であった。)

また，表2の事後テストの結果について，5（条件）×2（学年）の2要因の ANOVA を実施したところ，条件及び学年の主効果が有意であった（条件では，$F(4,85)=2.61$，$p<.05$，学年では，$F(1,85)=8.03$，$p<.01$)。条件に関して，線－関群と関群に差はなく，それらは他の条件群よりもよい成績であった（Scheffe の分析による。但し，関群と第2統制群との間のみ差はなかった)。また，小学6年生の方が5年生よりもよかった。

表2　各条件における事前・事後テスト結果

条件群		テストタイプ 事前テスト	事後テスト	変換	統合	プラン化
			小学5年生			
線－関群	$\overline{X}$	11.50	14.00	4.33	4.33	5.33
	SD	2.53	2.53	0.52	1.75	0.82
関群	$\overline{X}$	11.83	12.00	3.50	4.17	4.33
	SD	1.94	3.79	1.05	1.83	1.86
線群	$\overline{X}$	11.17	10.17	3.50	3.33	3.33
	SD	2.32	3.65	1.76	1.03	1.75
統制群	$\overline{X}$	11.17	11.33	3.50	3.67	4.17
	SD	2.14	3.50	1.76	1.37	1.47
第2統制群	$\overline{X}$	11.13	11.52	3.91	3.74	3.87
	SD	2.63	2.90	1.04	1.21	1.49
			小学6年生			
線－関群	$\overline{X}$	17.50	15.33	5.17	4.83	5.33
	SD	0.83	1.63	0.41	0.98	1.03
関群	$\overline{X}$	17.17	15.17	5.00	5.33	4.83
	SD	1.17	1.94	1.09	0.82	1.60
線群	$\overline{X}$	17.67	12.83	3.67	4.67	4.50
	SD	1.86	3.92	1.75	0.82	1.76
統制群	$\overline{X}$	17.00	12.67	3.83	4.00	4.83
	SD	1.67	3.56	2.13	1.55	1.47
第2統制群	$\overline{X}$	17.21	13.29	4.29	4.42	4.58
	SD	1.41	2.82	1.23	0.88	1.64

(注) 事前テストは20点満点で，事後テストは18点満点であった。事後テストは変換，統合及びプラン化の問題で構成された。それ故，3つのタイプの問題の満点は各6点であった。

上記の結果から，非常に限られた少数の人数ではあるが，関係図を解くことによって，割合文章題とは異なる文章題をより多く解くことができることが示された。換言すれば，関係図の利用により，他の文章題解決において正の転移を得ることが示されたといえる。

ところで，表2に示される事後テストの結果は，3つの下位テストの得点の合計で構成されている。それらは，変換，統合，及びプラン化を測定するために考案されたテストタイプの結果であった。本実験では，関係図が算数割合文章題の解決を促進する手がかりとして位置づけられることから，3つの下位テストでは，統合段階を測定するテスト結果において，条件群間で差が顕著に認められると予想した。その理由として，関係図を解くことによって，子どもは割合文章題に関連する知識と文章表現されている内容とを容易に統合できるようになると考えたからである。算数問題解決において，学習内容の知識と学習者の有する知識の統合が重要であると考えられてきた（多鹿・石田・岡本，1994; Tajika, Nakatsu, & Takahashi, 1995)。それ故，関係図を解くことによって，問題理解における情報統合を容易にするための訓練を受けた子どもは，他の算数文章題の解決においても統合段階で差異が認められるであろうと思われた。

しかしながら，表2から理解できるように，小学5年生ではそれらしき結果の傾向が認められるが，小学6年生では認められないようであった。小学5年生も6年生も，ともに線・関群と関群は，変換統合，プラン化の各下位過程を測定するテストで他の3条件群（線群，統制群，及び第2統制群）よりも高い得点をとっていた。

4　引用文献

Bruner,J.S. 1960 *The process of education.* Cambridge, MA: Harvard University Press. （鈴木祥蔵・佐藤三郎訳 1963 教育の過程 岩波書店）

Catrambone,R., & Holyoak,K.J. 1990 Learning subgoals and methods for solving probability problems. *Memory & Cognition*, **18**, 593-603.

Clement,J. 1993 Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, **30**, 1241-1257.

English,L.D., & Halford,G.S. 1995 *Mathematics education: Models and processes.* Mahwah, NJ:Erlbaum.

Flavell,J. 1976 Metacognitive aspects of problem solving. In L.B.Resnick (Ed.), *The nature of intelligence* (pp.231-236). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Fong,G.T., Krantz,D.H., & Nisbett,R.E. 1986 The effects of statistical training on thinking about everyday problems. *Cognitive Psychology*, **18**, 253-292.

Gentner,D., & Gentner,D.R. 1983 Flowing waters or teaming crowd: Mental models of electricity. In D.Gentner & A.L.Stevens (Eds.), *Mental models* (pp.99-129). Hillsdale, NJ: Erlbaum. （宮地泰造訳 1986 水の流れと群れの移動：電気のメンタルモデル（pp.41-74). 淵一博監修 メンタルモデルと知識表現 第3章 共立出版）

Gick,M.L., & Holyoak,K.J. 1980 Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, **12**, 306-355.

Gick,M.L., & Holyoak,K.J. 1983 Schema induction and analogy transfer. *Cognitive Psychology*, **15**, 1-38.

Halford,G.S. 1992 Analogical reasoning and conceptual complexity in cognitive development. *Human Development*, **35**, 193-217.

Halford,G.S. 1993 *Children's understanding: The development of mental models.* Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Holland,J.H., Holyoak,K.J., Nisbett,R.E., & Thagard,P.R. 1986 *Induction.* Cambridge, MA: MIT Press. （市川伸一他訳 1991 インダクション 新曜社）

Holyoak,K.J., & Koh,K. 1987 Surface and structural similarity in analogical transfer. *Memory & Cognition*, **15**, 332-340.

Katona,G. 1940 *Organizing and memorizing.* New York: Columbia University Press.

Lave,J. 1988 *Cognition in practice.* Cambridge, England: Cambridge University Press. （無籐隆他訳 1995 日常生活の認知行動 新曜社）

Mayer,R.E. 1987 *Educational psychology: A cognitive approach.* Boston: Little, Brown.

Mayer,R.E. 1992 *Thinking, problem solving, cognition.* 2nd edition. New York: W.H.Freeman.

Mayer,R.E., Tajika,H., & Stanley,C. 1991 Mathematical problem solving in Japan and the United States: A controlled comparison. *Journal of Educational Psychology*, **83**, 69-72.

Mayer,R.E., & Wittrock,M.C. 1996 Problem-solving transfer. In D.C.Berliner & R.C.Calfee (Eds.), *Handbook of educational psychology* (pp.47-62). New York: Macmillan.

Novick,L.R., & Holyoak,K.J. 1991 Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **17**, 398-415.

Perkins,D.N., & Salomon,G. 1989 Are cognitive skills context-bound? *Educational Researcher*, **17**(1), 16-25.

ポリア,G.（柿内賢信訳） 1954 いかにして問題を解くか 丸善

Reed,S.K. 1987 A structure-mapping model for word problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **13**, 124-139.

Reed,S.K., Ernst,G.W., & Banerji,R. 1974 The role of analogy in transfer between similar problem states. *Cognitive Psychology*, **6**, 436-450.

Rogoff,B., & Lave,J. (Eds.). 1984 *Everyday cognition: Its development in social context*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Ross,B.H., & Kilbane,M. 1997 Effects of principle explanation and superficial similarity on analogical mapping in problem solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **23**, 427-440.

Schlieman, A.D., & Acoily, N.M. 1989 Mathematical knowledge developed at work: The contribution of practice versus the contribution of schooling. *Cognition and Instruction*, **6**, 185-221.

多鹿秀継・石田淳一・岡本ゆかり 1994 子どもの算数文章題解決における文章理解の分析 日本教科教育学会誌，**17**，125-130.

Tajika,H., Nakatsu,N., & Ito,T. in press. The effect of relational pictures on solving ratio word problems. *Educational Technology Research*.

Tajika,H., Nakatsu,N., & Takahashi,K. 1995 Using a computer as an understanding facilitators for solving ratio word problems. *Educational Technology Research*, **18**, 1-7.

Vosniadou,S., & Ortony,A. (Eds.). 1989 *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Zhu,X., & Simon,H.A. 1987 Learning mathematics from examples and by doing. *Cognition and Instruction*, **4**, 137-166.

5 付記

本実験にご協力を頂きました赤羽根町立高松小学校の校長先生，担任の諸先生，並びに児童の皆様には厚くお礼申し上げます。