愛知教育大学教科教育センター研究報告
第12号, P.P. 271～282 (March, 1988)

子どもの算数文章題解法過程の認知論的分析 I

愛知教育大学 数学教室 石 田 淳 一
愛知教育大学 心理学教室 多 鹿 秀 継

(昭和62年12月22日受理)

『・・・しかしながら，理解するということの本質が外部に現われた行為に先行する内的生涯におけるある事象を推論したり推測したりするという点にあるのではないとするならば，理解するということはいったいいかなることなのであろうか。・・・理解するということは方法howを知ることの一部分なのである。そして，特定の理知的な行為を理解するために必要とされる知識とは，その種の行為をみずからある程度行なうことができるという能力にほかならない。・・・「理解すること」・・・という語は，方法の知識のある種の行使を意味する。・・・』
(Ryle, 1949；坂本・宮下・服部訳, 1987)

1. 本論文の目的と構成

本論文の目的は，算数の文章題を与えられた子どもが文章題を解く過程に焦点を当てた研究を展望し，認知論的分析に基づく算数文章題の解法過程の研究に資するものである。

子どもの算数文章題の解法過程は，通常，文章題を読んで理解する過程と解法の過程に2分される(Hinsley, Hayes, & Simon, 1977；Mayer, 1982；Paige & Simon, 1966)。算数の文章題を読んで理解する過程とは，一般に，子どもが与えられた文章題を読んで問題文の内容に適したメンタルモデル(mental model)を構成することである。ここで述べるところのメンタルモデルとは，子どもが問題文を読んでその内容を理解していく過程において，過去の経験に基づいて蓄積してきた言語的知識を利用しながら与えられた問題文の解法に向けて形成すると考えられる問題内容の構造と言える。また，解法の過程とは，やはり過去経験に基づいて貯蔵してきた算数的知識(ここでは演算および演算決定のための方略など)を自ら形成したメンタルモデルに適用して解答を得る過程と考えられる。上述したRyle(1949)の知識論において重視されているように，この過程では解き方そのものが考察の対象となる(但し，Ryleの知識論に見られる「方法を知ること」(knowing how)は，何も解法の過程において使用される知識に限定されない)。

本論文では，紙面の都合により，子どもの算数文章題解法の1つの下位過程に当たる理解過程に関する研究を展望する。それ故，子どもの算数文章題解法の他方の下位過程である解法の過程に関する文献展望は，次回の報告に譲る。また，算数文章題の解法過程を明らかにするためには，算数文章題を解く子ども自身の年齢差を吟味することも必要であり，年齢の違いにより使用する方略の内容や適用事態が異なる結果が報告されている(例えば，Mayer, 1985a：Resnick & Ford, 1981；Riley, Greeno, & Heller, 1983)。しかしながら，その場合は，子どもの認知発達に主眼を置いた心理学的研究となり，ここでは報告されないであろう。

さて，算数文章題の理解過程は，以下の2種類の分析方法を用いることにより明らかにされてきたと言えるであろう。それらは，行動論的分析方法と認知論的分析方法とである。

行動論的分析方法とは，刺激と反応との結び付きを分析の基礎に置く方法である(例えば，Gagné, 1965)。行動論的な分析方法では，いろいろな刺激を操作することによりそれらの刺激に結び付いた反応がどのように変化するかが明らかにされ，刺激としての文章題の分析と解法結果の分

析に力点が置かれる。

他方，認知論的分析方法とは，子どもがある文章題を解くために使用する様々な知識を分析したり，算数文章題の解法過程をその構成要素に分けて各要素の働きを明らかにすることに力点を置く方法である。認知論的な分析方法により，算数文章題を解く過程において獲得したり使用したりするメンタルモデルやプランの中身が明らかにされる（Hinsley et al, 1977；Kintsch & Greeno, 1985；Mayer, 1982, 1985b；Mayer, Larkin, & Kadane, 1984；Resnick & Ford, 1981；Riley et al., 1983）。ここでの分析の主眼は算数文章題の解法過程にあり，算数文章題の解法結果ではない。最近では，認知論的分析方法に従って，単に文章題の分析だけでなく，文章題の内容そのものとそれを読み理解する過程の交互作用の分析に焦点が当てられてきた（例えば，Greeno & Riley, 1987；Kintsch & Greeno, 1985；Riley et al., 1983）。

本章の以下の箇所では，行動論的分析をも含めて，子どもの算数文章題の解法過程のどこに分析の視点が当てられどのように分析されているのかを簡潔に説明しよう。

学習材料としての算数文章題そのものに分析の視点を当てた研究の中で，文章題を行動論的に分析した結果，文章題を構成する外的な要素，例えば文の長さや構文の複雑さなどの要因が子どもの文章題解法結果に影響を与えることが明らかにされている（例えば，Barnett, 1979）。

他方，認知論的に算数文章題を分析することにより，算数文章題の内包する問題構造が明らかとなり，結果的に問題構造のもついろいろな特徴を分類したり分析したりすることが可能となる（例えば，Kintsch & Greeno, 1985；Riley et al., 1983）。文章題の問題構造とは，文章題を構成している各命題と命題間の関係からなる。それ故，文章題を分析することは，各命題を分析することであり，命題において用いられる数量関係や意味関係を分析することであり，また文章題の問題タイプを分析することと考えられる（例えば，Mayer, 1981）。

また，算数文章題の内容を理解する過程に関する行動論的分析方法では，理解過程に影響を与えると考えられる外的要因が詳細に分析・記述されてきた。行動論的分析方法に従えば，子どもの算数文章題の理解過程の中身を詳細に分析することよりも，むしろ外的要因としてどのような刺激を与えることにより子どもの文章題の解法が成功するかという解法結果に力点が置かれる。行動論的分析方法の具体的な例は，例えば，算数文章題の理解過程において，問題文の内容を反映している図を利用することが文章題の理解の促進につながることを明らかにする研究等に見られる（例えば，滝沢，1985）。文章題理解のどの過程において外的要因としての図が有効に作用しかつどのように利用されているかを分析することは，次に説明する認知論的分析と見なすことができるであろう。

算数文章題の理解過程の解明に焦点を当てた認知論的分析では，算数文章題を理解しようとする子どもが，頭の中でどのようなメンタルモデルを構成して問題文を理解しようとしているかを詳細に記述し，文章題の解法過程を明らかにしようとしてきた。例えば，子どもの算数文章題の理解過程を明らかにするために，文章題解法時のプロトコルを取ってコンピュータ・シミュレーションを行ったり（例えば，Hinsley et al., 1977；Paige & Simon, 1966），理解過程において使用される知識を明らかにしたりする（例えば，Mayer, 1982, 1985b；Mayer et al., 1984）ことは，共に認知論的分析方法と言えるであろう。

上記のように認知論的分析方法と行動論的分析方法とを捉えるとき，両者の分析方法は分析の視点の差異に依拠していることに気づくであろう。行動論的分析方法は，主に学習材料としての算数文章題の分析を通して子どもの文章題解法結果を吟味してきたものである。他方，認知論的分析方法は文章題を解く子どもの認知過程の分析に視点をおいた方法と言えるであろう。

ところで，本論文は，認知論的な分析方法を利用して算数文章題の解法過程を吟味している諸研究を展望することにより，算数文章題の理解過程を明らかにすることにある（勿論，行動論的分析方法を用いた諸研究も，認知論的分析方法による研究と対比させる意味で簡潔に記述される）。

算数文章題の理解過程は，前述したように，提示された文章に表現されている命題を理解する過程と文章において表現されている一貫した命題間の関係性を理解する過程からなると言える（例えば，Kintsch, 1986 ; Kintsch & Greeno, 1985）。

一般に，文章に表現された命題は，自由再生や再認などのテスト方法を用いて理解の程度を吟味することができる（Kintsch & van Dijk, 1978）。他方，命題間関係を理解したか否かを吟味する方法は，必ずしも十分に確立されているとは言い難い。

文章材料を用いた理解に関する心理学的研究においては，例えば推論の研究などに命題間関係に言及した吟味方法を見出すことができる（例えば，Bransford & Franks, 1971）。Bransford & Franks（1971）は4種類の文で1つのセットを構成する多くの材料を用いて，学習材料の意味統合の過程を見た。彼らは，例えば「山から転がり落ちた岩が，川岸の小さい家を押しつぶした」という1つの文を各構成要素にバラしてできる文（例えば，1要素の文としては「岩が山から転がり落ちた」，2要素の文では「小さな家が川岸にある」，3要素の文では「岩が川岸にある小さな家を押しつぶした」）をいろいろと用意した。これらの文を被験者に与えて記銘させた後，再認テストを行った。その結果，被験者は1つから3つの要素から構成されている文を憶えたにも関わらず，例にみられるような各要素を統合してできる1つの文を記銘した文として再認することが分かった。このような研究の結果は，被験者が個々ばらばらの学習材料に共通する意味を推論し相互に関係づけながら，ばらばらにして提示された学習材料を統合したことを示すものである。

このように，文章材料の理解過程を命題の理解と命題間の関係性の理解とに区分するとき，算数文章題の理解過程もこの区分を適用できるものと思われる。

Kintsch（1986）は，算数文章題の解法過程を分析し，文章題を読んで理解する過程において学習者が形成する2つのメンタルモデルを区別した（Kintsch & Greeno, 1985 ; van Dijk & Kintsch, 1983）。それらは，textbase と呼ばれるメンタルモデルと，problem model と呼ばれるメンタルモデルである。textbase とは，文章題理解の過程で形成されるメンタルモデルであり，文章題を構成している命題の理解を通して形成されるモデルである。それは，いろいろなレベルにおいて文章題の意味的な内容を表現したものである。他方，problem model とは，文章題によって記述されている関係性や状況を心的に表象したモデルであり，命題間関係を理解する過程において形成されるモデルである。Kintsch（1986）によれば，算数の文章題解法過程は，textbase と problem model とを区別して吟味することによって明らかにされるとする。但し，textbase と problem model とは相互に独立ではないが，両者のモデルを構成するときには異なった要素が関与するとされる。それ故，両者に関与する要因を実験的に吟味することは算数文章題の解法過程を吟味する上で重要であろう。

また，Mayer（1985b）および Mayer et al.（1984）は，Kintsch（1986）と類似する算数文章題の解法過程の分析を行い，4つの下位過程からなる算数文章題の解法過程を提案した。それらの下位過程とは，まず①与えられた文章題を読むこと，次に，②読み終えた文章内容を理解すること，更に，③理解した内容にあった式を立てること，そして最後に，④立てた式を解くこと，である。

Mayer（1985b）および Mayer et al.（1984）のこのような4つの下位過程において，①では，言語的知識および概念的知識が利用されている。言語的知識は記述されている文章の読みに直接関係するものである。他方，概念的知識とは，例えば100㎝が1ｍであることを知っているような知識である。②では，学習者のスキーマに依存する知識が必要とされる。ここで言うところのスキーマに依存する知識とは，読み終えた文章題のタイプが理解でき，既有の問題タイプと適切に統合し既有の問題タイプを利用できる知識を意味する。③では，解法のためのプランを立てるための知識が必要であり，方略的知識と言えるものが利用されている。④では実際の計算時に必要とする知識，即ちアルゴリズムの知識が利用されている。われ

われの研究目的から判断すれば，Mayer(1985b)およびMayer et al.(1984)の研究において区分された①と②の文章題理解の過程は，Kintsch(1986)と類似の過程と捉えることができるであろう。

われわれは，算数文章題の分析および子どもの文章題の理解過程に関する文献をレビューする過程において，子どもが文章題の理解を通してその問題文が解けるようになるとはどういうことなのかを明らかにしよう。

2. 算数文章題の分析的研究

本章では算数文章題の分析的研究を行動論的分析と認知論的分析とに区分して論評しよう。

(1) 行動論的分析

算数文章題の行動論的分析においては，文章題の課題変数に着目して，どのような変数が文章題の解法に影響を与えるか特定されてきた。ここで述べる課題変数とは，文章題を特徴づける変数を意味している。

さて，文章題の課題変数を吟味するとき，文章題のどの側面を分析するかにより2つの研究の流れがある。1つは，問題文が表現されている語法を特徴づけている構文的側面である。他方は，問題文の設定場面を特徴づけたり提示様式に関連する意味的・文脈的側面である。表1に主な研究の概要をまとめた。

問題文の構文的側面として取り上げられてきた課題変数には，問題文の長さ，文法的複雑さ，問いの文の位置，数値の系列等がある(Barnett, 1979)。これらの諸側面・諸要因を操作した実験の結果が子どもの文章題解法に影響を与えることは周知の通りである(例えば，Linville, 1970；Willmon, 1971)。

問題文の構文的側面に研究の視点を当て，重回帰分析を用いることによりどのような要因が算数文章題の解法に影響を与えるかを吟味したJerman らの一連の研究では，問題文の長さが文章題の解法に影響を与える主要な要因の1つであることが報告されている(例えば，Jerman & Rees, 1972)。

問題文の意味的・文脈的側面として取り上げられてきた課題変数には，場面設定，問題場面の記述の仕方，および問題の提示様式等を挙げることができる。

まず問題文の場面設定変数とは，問題文が子どもにとってどの程度親近性があるかどうかに言及するものである。場面設定の違いが子どもの文章題の解法や問題文への好みに影響を与えることが報告されている(例えば，Brownell & Stretch, 1931；Scott & Lighthall, 1967；Travers, 1967)。

また，問題文中の場面の記述の仕方とは，問題場面が具体的に記述されているか抽象的に記述されているか，あるいは事実的か仮定的か等に言及するものである。この要因も子どもの文章題の解法過程に影響を与えるものである(Caldwell & Goldin, 1978)。

更に，問題文の提示様式とは，問題文が口頭で提示されるか書式で提示されるか，問題を解くのに手がかり(例えば，図やおはじき)を付与するか否か，問題文が一度に全て提示されるか部分提示か等を意味する。これらの問題文の提示様式も子どもの算数文章題の解法に影響を与えることが知られている(例えば，Kulm, Lewis, Omari, & Cook, 1974；Sherrill, 1972；Webb & Sherrill, 1974)。

(2) 認知論的分析

以上の行動論的分析に対し，文章題の認知論的分析では，演算の数，演算の種類，演算の意味等，問題文の構造に直接的に影響を与える側面に分析の主眼が置かれている。問題文の構造に基づいて問題文を分析するとき，問題文は代数方程式に代表される問題文の構造と文章内の数量間の意味的関係から見た構造とに2分できるであろう。

まず，代数方程式に代表される構造とは，例えば単純な構造と複雑な構造からなる連立方程式の構造である。Days, Wheatley, & Kulm(1979)は問題文としての代数方程式の構造を単純な構造と複雑な構造とに区分して，問題文の構造と子どもにおける Piaget 型の認知水準の違いが問題文の解法にどのように影響するかを見た。8年生を用いて，得られたプロトコルを分析したところ，①問題文の構造が複雑であるときの方が多様な思

表 1. 文章題の主な分析的研究

研　究　者（発表年）	被 験 者	目 的 ・ 方 法 ・ 課 題 等	主　な　結　果
Blankenship & Lovitt (1976)	3 ～ 6年生	文章題の語いを操作して，文章表現を変えることが問題解決の正確さや速さに与える影響を12タイプの文章題を作り，調べた。	名詞を変えたり，導入文を入れたり，質問形式を変えても問題解決に影響しないが，解法に無関係な情報を問題文に入れると困難になった。
Caldwell & Goldin (1978)	4 ～ 6年生	問題場面の記述が具体的か抽象的か，あるいは事実的か仮定的かという視点から4タイプの文章表現を作り，文章題の相対的難易度を調べた。	抽象的表現よりも具体的表現の問題の方が成績が良かった。具体的表現と仮定的表現のちがいは影響しないが，抽象的表現の問題についてみると，事実的表現は仮定的表現の問題より困難であった。
石　田 (1983a)	2 年 生	過剰情報問題と情報完備問題の成績の比較をした。	過剰情報を入れると文章題解決が困難になった。また，過剰情報の与え方によっても成績に差が生じた。
石　田 (1983b)	4年生・6年生	線分図の提示の仕方が文章題解決に及ぼす効果を調べた。提示の方法は，問題文のみ，問題文に完成線分図を与える，問題文に未完成線分図を与えるの3種であった。	4年生では，未完成線分図が効果的であった。6年生では，未完成および完成線分図を与えると効果があった。
Linville (1970)	4 年 生	語いと構文の文章題解決に与える影響を調べた。構造は同一であるが，語いと構文の難易の組み合わせから4タイプの文章題を作成。	4タイプの中で，語いと構文がともに易である文章表現の問題の成績が最も良かった。
Nesher & Teubal (1975)	1 年 生	文献レビューによって，キーワードの文章題解決に及ぼす影響を調べた。	キーワードに着目することは，正しい演算決定を妨げると結論づけた。
Scott & Lighthall (1967)	3年生・4年生	問題文で扱っている内容が低次の要求に関するものと高次の要求に関するもので成績にちがいがあるかどうかを調べた。	要求の内容のレベルのちがいによる，成績の差はみられなかった。
Threadgill-Sowder & Sowder (1982)	5 年 生	問題文に絵をつけて提示することの効果を調べた。主として，1段階問題を使った。	問題文に絵をつけて提示する方が，問題文だけの提示よりも文章題の成績は良かった。

考プロセスを示す，②具体的操作期よりも形式的操作期の子どもの方が「生産」プロセス（推論や見積り）や「評価」プロセス（計算や条件の吟味）を決定するときに問題文の構造の違いに影響され易い，および③単純構造の問題文においては，「生産」プロセスや「評価」プロセスのような高次のプロセスを必要としない，ことが明らかにされた。

他方，文章内の数量間の意味的関係から見た構造は，更に意味的分類に基づく加・減法問題の構造と意味的分類に基づく乗・除法問題の構造とに区分できる（以下では，単に各々の問題の意味的構造と呼ぶ）。

加・減法問題の意味的構造に関して，問題の構造は3タイプに区分されてきた。それらは，「変化」（change），「結合」（combine），および「比較」（compare）である（Carpenter & Moser, 1982 ; Greeno, 1980 ; Nesher, 1982 ; Riley et al., 1983）。

このような問題の意味的構造の相違により，子どもの文章題の解法結果が異なることが明らかにされている（例えば，Carpenter & Moser, 1982; Hiebert, 1984 ; Riley et al., 1983）。例えば，次の2つの問題を考えてみよう。

①「太郎は13個のおはじきを持っています。彼は次郎に8個おはじきをあげました。
太郎は今何個のおはじきを持っていますか。」

②「太郎は8個のおはじきを持っています。次郎は彼にいくつかのおはじきをあげたので，今，太郎は13個のおはじきを持っています。次郎は太郎に何個のおはじきをあげましたか。」

問題①は，13個のおはじきから8個を取り除くことによって解くのに対して，問題②では8個のおはじきにおはじきを13個になるまで加えていくことによって解くのである。解答を得るための式は，両問題共に「13－8」で表現されるが，その意味的構造は違っている。このような意味的構造の差異が子どもの問題文の解法に影響するのである（Riley et al.（1983）を参照のこと）。

乗・除法問題の意味的構造に関して，乗・除法問題は加・減法問題に比較して意味的関係が多様である。乗・除法問題の意味構造の分析結果から，整数や小数のような数値のタイプが演算の決定に影響を与えることが知られている（例えば，Bell, Fischbein, & Greer, 1984 ; Bell, Swan, Taylor, 1981 ; Fischbein, Deri, Nello, & Marino, 1985）。

例えば，Bell et al.（1984）は，「同数累加」タイプの問題では，たとえ被乗数として小数が含まれていたとしても，乗数が整数であるために容易に解くことができると言う。他方，「割合」タイプの問題では，乗数に小数がくると正答率が落ちることが知られている。これは，初期における「同数累加」モデルによる乗法の意味指導が「乗法の結果は常に被乗数よりも大きくなる」といった「暗黙モデル（implicit model）」を形成し，文章題解決を妨げているからと考えられる（Fischbein et al., 1985）。

3. 算数文章題の理解過程の認知論的研究

ここでは，子どもの算数文章題の理解過程の認知論的研究を展望しよう。本章における諸研究は，主に心理学のサイドからアプローチされており，最近に至って精力的に吟味されてきた。表2に主な研究の概要をまとめた。

子どもは与えられた算数文章題を読み，文章題に表現されている命題および命題間の関係を解析しなければならない。

命題や命題間の関係を解析する過程において，Riley et al.（1983）は，年少の子どもにとって命題間の関係を把握することは大変困難であることを見出した。彼女らは前章で示したように算数文章題の問題のタイプを分類し，幼稚園児，小学校1年生，2年生，および3年生にそれらの分類した文章題を解かせた。算数文章題の問題タイプの分類基準は，問題文の意味的関係に基づいて分類されたものである。彼女らが述べるところの意味的関係とは，1章においてわれわれが言及した問題構造を構成している命題間関係と捉えることができる。

文章題の解法の結果，「a＋b＝?」に見られる問題のタイプに対しては各学年共に正当率が高いが，「?－a＝b」のタイプの問題には3年生を除いて低い成績であった。この結果は，たとえ

表2. 理解過程に関する主な研究

研　究　者(発表年)	被　験　者	目　的・方　法・課　題　等	主　な　結　果
De Corte & Verschaffel (1981)	1年生・2年生	加・減法の問題文を解かせることにより，子どもの算数文章題の理解過程を吟味。面接法。エラー分析を行った。	各学年の子どもに共通して，問題の解けない場合には加・減法の知識が欠如していた。
De Corte & Verschaffel (1987)	1　年　生	種々の認知課題を与えた。加・減法の問題文を解かせた。面接法。問題文を子どもに反復させる手続きを使用。併せて，人形などの具体物を与えて問題文で表現されている状況を再現させた。	反復ができてかつ問題の解けた子どもにおいても，Riley, et al. (1983) のモデルに適合しない結果も示された。
Fischbein, et al. (1985)	5年生・7年生・9年生	乗・除法問題を使用。いろいろな乗・除法問題を解くのに必要な演算を選択させた。	演算子が小数のときには，乗・除法の成績が各学年の子ども共に悪かった。
久慈・大村・大塚 (1982)	3年生・4年生	ケース・スタディ。各学年1名の子どもを被験者として使用。和差算の解き方を分析した。新しい解法タイプの問題をマスターしたときに，転移が生じるかどうかを吟味。	単に問題を解くのに必要な手続きを知っているだけでは転移は生じなかった。手続きの内的構造の理解が必要。
Moyer, Sowder, Threadgill-Sowder, & Moyer (1984)	3 ～ 7年生	問題文が1段階と多段階からなる問題を課題として使用。問題文の提示方法は言語提示，絵画提示，および電文体提示の3種であった。	学年の差よりも言語得点の差に従って結果を分析。高言語得点の子どもの方が低言語得点の子どもよりも，正しい演算を行っていた。また，低言語得点の子どもにおいて，絵画提示による成績の上昇が顕著であった。
Quintero (1983)	5 ～ 7年生	加・減法問題を使用。2段階の問題文を課題に用いて文章題の概念的理解過程を吟味。	学年に関わらず，問題文をリハーサルさせたり絵を選択させたりすることにより，問題表象の形成が容易となりかつ理解が促進した。
Riley, et al. (1983)	幼 ～ 3年生	加・減法問題を使用。3種のタイプに分類された問題文を解かせて，子どもの問題表象を見た。	問題文の解法に必要な3種の知識を区分した。これらの知識の獲得の違いにより，解法結果に影響を与えることを示した。
佐　伯　(1983)	2　年　生(実験Ⅱ)	文章題の視点を明らかにして，当事者の立場に子どもを立たせた。	2年生においても，未知数を含む文章題を解くことができた。
Silver (1981)	7　年　生	問題文を書いた多数のカードの分類を始めとして，種々の課題を用いた。問題文を解いてから問題文の記銘。4度の再生を行った。	成績の上位の子どもと下位の子どもの差異は，解法結果だけでなく問題文に含まれる情報の再生成績にも反映した。即ち，上位の子どもは算数文章題の構造を正確に再生。
塚　野　(1985)	幼　稚　園　児	加・減法問題を使用。碁石を用いて課題を遂行させた。実験群では更に布製の袋を与え，文章題の解法結果への影響を見た。	実験群の成績が良く，Riley, et al. (1983)のモデルに疑問を呈した。

同じような命題で構成されている文からなっている問題文であっても，問題構造の核になる命題間関係を理解していなければ，正解が得られないことを示すものである。

Riley et al.（1983）は，このような結果を説明するために，意味的関係に基づいて分類された算数文章題の解法過程に関するコンピュータ・シミュレーションモデルを構成した。

彼女らは，シミュレーションモデルの開発において，子どもの算数文章題の解法結果に基づきながら文章題の解法過程において利用される知識を区分した。それらの知識とは，問題文に内包される意味の理解に結び付く知識（彼女らは問題スキーマと呼ぶ）と加法や減法の演算に利用される知識である。後者の知識は，シミュレーションを構成する目的で更に2種類に区分された。それらは，理解した内容を量的な手続き（通常は立式だが，必ずしも立式とは限らない）に変換するときに用いる知識（行為スキーマと呼ばれる）と解法のためのプランを作る方略的知識とである。行為スキーマと方略的知識の2つの知識に関してはここでは言及しない。本論文において関心のある知識は問題スキーマである。子どもが文章題を解くことができないのは，これらの問題スキーマ，行為スキーマ，および方略的知識の1つないしはそれ以上の知識が欠如していることによると解釈される。以下では，本研究に関連する問題スキーマを少し説明しよう。

問題スキーマは個々の要素と要素間の関係からなる意味的ネットワーク構造で構成されている。要素とは，意味記憶の研究におけるネットワークのノードを意味しており（Collins & Quillian, 1969），文章題の命題を構成している基本的な単位である。Riley et al.（1983）の問題例に見られる要素とは，「量」，「減少」，「Joe」，「8個」，「5個」等である。「量」は，例えば「Joe」と「8個」の関係でつながっており，「減少」は「Joe」と「5個」の要素間関係に結び付いている（子どもに提示される文章は，「Joeは8個のおはじきを持っています。彼は Tom に5個おはじきをやりました」である）。要素間の関係も，問題スキーマを構成する重要な要因である。

また，問題スキーマにおける「スキーマ」とは，Riley et al.（1983）によれば，知識と同義と考えられる。本来は抽象化された知識の構造に言及する概念として「スキーマ」は定義されることが一般的であるが（例えば，Anderson, 1977），ここでは算数文章題を解くときに利用する概念的知識と手続き的知識として捉えられている。

Riley et al.（1983）の研究において重要と考えられることは，このような子どもの問題スキーマを構成する知識の量や内容が，加齢に伴って増加したり変化することを明らかにしていることである。

例えば，幼稚園児に「Joe はおはじきを何個か持っています。 Tom は5個彼におはじきをやりました。そのため， Joe のおはじきの数は8個になりました。 Joe は始めに何個のおはじきを持っていたのでしょう。」の問題文を与えたとき，「5個」と答える子どもが殆どであった。他方，小学校3年生では正解を示した。幼稚園児では，Tom が Joe に与えた変量「5」を解答にしたのであり，数量関係の命題の理解が不十分であると言える。

Riley et al.（1983）の研究に刺激されて，その後，いろいろな研究方法を工夫することにより，子どもの文章題理解過程を分析した研究が現われた（例えば，Briars & Larkin, 1984; Dean & Malik, 1986; De Corte & Verschaffel, 1987）。それらの諸研究に共通することは，子どもの算数文章題の理解過程を学習課題である文章題と子どもの認知過程との相互作用を通して分析しようとしていることである。

例えば，De Corte & Verschaffel（1987）は，30名の小学校1年生を被験児にして，算数文章題に関する子どもの解法過程とそのときに子どもが形成するであろうメンタルモデルを明らかにしようとした。また，併せて彼らは算数文章題の理解過程の分析において利用する課題の適切性を吟味した。

De Corte & Verschaffel（1987）は，1年間で3回に亙り，30名の児童一人ひとりと面接をしながら Piaget 課題，記憶課題，計算課題等を実

施し，かつ Riley et al.（1983）によって分類された加・減の文章題を与えた。文章題に関する被験児の課題は，与えられた各々の問題に対して，①もう一度その問題文を述べる（retelling），②その問題を解く，③問題を解いたときの解法を説明しなぜそうしたかを理由づける，④問題文がどのようなことを尋ねているのかを人形と積木を使って表現する，および⑤与えられた文と同じ数を用いた文をつくる，の5つであった。

De Corte & Verschaffel（1987）は，上記の5つの課題の中で，子どもの算数文章題の理解過程は①，②，および④の課題を分析することにより明らかにされると考えた。子どもに読み聞かせた算数文章題を反復させることにより，子どもが文章題に表現された命題間関係を理解しているか否かが吟味できるであろう。読み上げた問題文を子どもに反復させることにより，De Corte & Verschaffel（1987）は Riley et al.（1987）と異なった角度から子どもの文章題の理解過程を明らかにできると考えた。

子どもの文章題の理解過程の分析において，De Corte & Verschaffel（1987）は②「問題を解く」ことのできた子どもとできなかった子どもとを2分し，得られた結果を文章題を再度述べさせた場合の結果に照らして組合わせた。その結果，「文章題を正しく解答してかつ正しく文章題を反復した」子ども，「正答を得たが正しく文章題を反復できなかった」子ども，等のプロトコルが構成された。

こうして，De Corte & Verschaffel（1987）は，例えば「文章題を正しく解答してかつ文章題を正しく反復した」子どもや「正答を得たが正しく文章題を反復できなかった」子ども等のプロトコル結果および④の結果を比較・分析したところ，Riley et al.（1983）と類似する結果や異なる結果を得た。即ち，たとえ「文章題を正しく解答しかつ文章題を正しく反復した」子どもでも，Riley et al.（1983）のモデルに一致する子どもと一致しない子どもに分かれたのである。この結果や他の結果に基づき，De Corte & Verschaffel（1987）は子どもの算数文章題の理解過程を分析する場合には，読み聞かせによる反復の方法が適切であることを立証した。類似の結果は，De Corte & Verschaffel（1981）にも認められる。

4. 今後の方向

この第1報では，主に子どもの文章題の理解過程に焦点を当てた研究を展望した。スペースの関係で，主要な研究を必ずしも十分には詳細に吟味できなかった。また，教科教育に力点をおけば，算数文章題の理解過程の分析・記述だけでは物足りなさを与えるものと思われる。しかしながら，われわれは文章題が解けると言うことが，まず文を理解することと同義であると捉えた。文理解とは，文中において表現された内容の関係を含むメンタルモデルを形成することである。そして，子どもの文章題の理解過程を吟味することが，解法過程の理解や指導につながるものと信じている。次回は文章題の解法過程に焦点を当てた文献を展望しよう。

5. 引用文献

Anderson, R.C. 1977 The notion of schemata and educational enterprise: General discussion of the conference. In R.C. Anderson, R.J. Spiro & W.E. Montague (Eds.), Schooling and the acquisition of knowledge. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Barnett, J. 1979 The study of syntax variables. In G.A. Goldin & C.E. McClintock (Eds.), Task variables in mathematical problem solving. ERIC/IRC.

Bell, A.W., Fischbein, E., & Greer, G.B. 1984 Choice of operation in verbal arithmetic problems: The effects of number size, problem structure and context. Educational Studies in Mathematics, 15, 129-147.

Bell, A.W., Swan, M., & Taylor, G. 1981 Choice of operation in verbal problems with decimal numbers. Educational Studies in Mathematics, 12, 399-420.

Blankenship, C. S., & Lovitt, T. C. 1976 Story problem : Merely confusing or downright befuddling? Journal for Research in Mathematics Education, 7, 290－298.

Bransford, J. D., & Franks, J. J. 1971 The abstraction of linguistic ideas. Cognitive Psychology, 2, 331－350.

Briars, D. J., & Larkin, J. H. 1984 An integrated model of skill in solving elementary word problems. Cognition and Instruction, 1, 245－296.

Brownell, W. A., & Stretch, L. B. 1931 The effect of unfamiliar settings on problem solving. Duke University Research Studies in Education, Durham, N. C. : Duke University.

Caldwell, J., & Goldin, G. A. 1979 Variables affecting word problem difficulty in school mathematies. Journal for Research in Mathematics Education, 10, 323－336.

Carpenter, T., & Moser, J. 1982 The development of addition and subtraction problem－solving skills. In T. Carpenter, J. Moser & T. Romberg (Eds.), Addition and subtraction : A cognitive perspective. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

Collins, A. M., & Quillian, M. R. 1969 Retrieval time from semantic memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior, 8, 240－247.

Days, H. C., Wheatley, G. H., & Kulm, G. 1979 Problem structure, cognitive level, and problem－solving performance. Journal for Research in Mathematics Education, 10, 135－146.

Dean, A. L., & Malik, M. M. 1986 Representing and solving arithmetic word problems : A study of developmental interaction. Cognition and Instruction, 3, 211－227.

De Corte, E., & Verschaffel, L. 1981 Children's solution processes in elementary arithmetic problems : Analysis and improvement, Journal of Educational Psychology, 73, 765－779.

De Corte, E., & Verschaffel, L. 1987 Using retelling data to study young children's word－problem－solving. In J. A. Sloboda & D. Rogers (Eds.), Cognitive processes in mathematics. Oxford : Clarendon Press.

Fischbein, E., Deri, M., Nello, M. S., & Marino, M. S. 1985 The role of implicit models in solving decimal problems in multiplication and division. Journal for Research in Mathematics Education, 16, 3－17.

Gagné, R. M. 1965 The conditions of learning. New York : Holt, Rinehart & Winston.（吉本二郎・藤田統共訳 1968 学習の条件 文理書院）

Greeno, J. G. 1980 Some examples of cognitive task analysis with instructional implications. In R. E. Snow, P. Federico & W. E. Montague (Eds.), Aptitude, learning, and instruction. Vol. 2. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

Greeno, J. G., & Riley, M. S. 1987 Processes and development of understanding. In F. E. Weinert & R. H. Kluwe (Eds.), Metacognition, motivation, and understanding. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.

Greer, B. 1987 Understanding of arithmetical operations as models of situations. In J. A. Sloboda & D. Rogers (Eds.), Cognitive processes in mathematics. Oxford : Oxford University Press.

Hiebert, J. 1984 Children's mathematical learning the struggle to link form and understanding. Elementary School Jour－

nal, 84, 496-513.

Hinsley, D.A., Hayes, J.R., & Simon, H.A. 1977 From words to equations: Meaning and representation in algebra word problems. In M.A. Just & P.A. Carpenter (Eds.), Cognitive processes in comprehension. Hillsdate, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

石田淳一　1983a　文章題解決に及ぼす過剰情報の影響に関する研究　愛知教育大学教科教育センター研究報告, 7, 123-129.

石田淳一　1983b　文章題解決における線分図の提示様式の効果に関する研究　イプシロン, 25, 72-83.

Jerman, M., & Rees, R. 1972 Predicting the relative difficulty of verbal arithmetic problems. Educational Studies in Mathematics, 4, 306-323.

Kintsch, W. 1986 Learning from text. Cognition and Instruction, 3, 87-108.

Kintsch, W., & Greeno, J.G. 1985 Understanding and solving word arithmetic problems. Psychological Review, 92, 109-129.

Kintsch, W., & van Dijk, T.A. 1978 Toward a model of text comprehension and production. Psychological Review, 85, 363-394.

久慈洋子・大村彰道・大塚雄作　1982　小学生における和差算の解き方の変容ーケース・スタディー　日本教育心理学会第24回総会発表論文集, 670-671.

Kulm, G., Lewis, J.F., Omari, I., & Cook, H. 1974 The effectiveness of textbook, student generated, and pictorial versions of presenting mathematical problems in ninth grader algebra. Journal for Research in Mathematics Education, 5, 28-35.

Linville, W.J. 1970 The effects of syntax and vocabulary upon the difficulty of verbal arithmetic problems with fourth grade students. Dissertation Abstracts International, 29, 4310A.

Mayer, R.E. 1981 Frequency norms and structural analysis of algebra story problems into families, categories, and templates. Instructional Science, 10, 135-175.

Mayer, R.E. 1982 Memory for algebra story problems. Journal of Educatonal Psychology, 74, 199-216.

Mayer, R.E. 1985a Implications of cognitive psychology for instruction in mathematical problem solving. In E.A. Silver (Ed.), Teaching and learning mathematical problem solving: Multiple researh perspectives. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Mayer, R.E 1985b Mathematical ability. In R.J. Sternberg (Ed.), Human abilities: An information-processing approach. New York: W.H. Freeman.

Mayer, R.E., Larkin, J.H., & Kadane, J.B. 1984 A Cognitive analysis of mathematical problem-solving ability. In. R.J. Sternberg (Ed.), Advances in the psychology of human intelligence. Vol. 2. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Moyer, J, G., Sowder, L., Threadgill-Sowder, J., & Moyer, M.B. 1984 Story problem formats: Drawn versus verbal versus telegraphic. Jounal for Research in Mathematics Education, 15, 342-351.

Nesher, P. 1982 Levels of description in the analysis of addition and subtruction word problems. In T.P. Carpenter, J.M. Moser & T. Rombeg (Eds.), Addition and subtraction: A cognitive perspective. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Nesher, P. & Teubal, E. 1975 Verbval cues as an interfering factor in verval problem solving. Educational Studies in Mathematics, 6, 41-51.

Paige, J.M., & Simon, H.A. 1966 Cognitive processes in solving algebra word problem. In B. Kleinmuntz (Ed.), Problem solving: Research, method, and theory. New York: John Wiley & Sons.

Quintero, A.H. 1983 Conceptual understanding two-step word problems with a ratio. Journal for Research in Mathematics Education, 14, 102-112.

Resnick, L.B., & Ford, W.W. 1981 The psychology of mathematics for instraction. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Riley, M.S., Greeno, J.G., & Heller, J.I. 1983 Development of children's problem-solving ability in arithmetic. In H.P.Ginsburg (Ed.), The development of mathematical thinking. New York: Academc Press.

Ryle, G. 1949 The concept of mind. London: Hutchinson. (坂本百大・宮下治子・服部裕幸共訳 1987 心の概念 みすず書房)

佐伯胖 1983 課題解決における視点の役割 日本教育心理学会第25回総会発表論文集, 582-583.

Scott, R., & Lighthall, F. 1967 Relationship between context, sex, grade, and degree of disavantage in arithmetic problem solving. Journal of School Psychology, 6, 67.

Sherrill, J.M. 1973 The effects of different presentations on mathematical word problems upon the achievement of tenth grade students. School Science and Mathematics, 73, 277-282.

Silver, E.A. 1981 Recall of mathematical problem information: Solving related problems. Journal for Research in Mathematics Education, 12, 54-64.

滝沢武久 1985 算数文章題における図式化の効果 日本教育心理学会第27回総会発表論文集, 594-595.

Threadgill-Sowder, J., & Sowder, L. 1982 Drawn versus verbal formats for mathematical story problems. Journal for Research in Mathematics Education, 13, 324-331.

Travers, K.J. 1967 A test of pupil preference of problem-solving situations in junior high school mathematics. Journal of Experimental Education, 35, 9-18.

塚野弘明 1985 加減算の文章題の理解と事態認識 佐伯胖(編) イメージ操作による概念バグの解消についての研究 昭和59年度文部省科学研究費補助金一般研究C研究成果報告書.

Van Dijk, T.A., & Kintsch, W. 1983 Strategies of discourse comprehension. New York: Academic Press.

Webb, L.F., & Sherrill, J.M. 1974 The effects of differing presentation of mathematical word problems upon the achievement of preservice elementary teachers. School Science and Mathematics, 74, 559-565.

Willmon, B. 1971 Reading in content area: A'new math' terminology list for the primary grades. Elemntary English, 48, 463-471.