

## 時間概念の発達の研究的展望

谷村 亮

(2001年9月28日受理)

A review of developmental studies of the conception of time

Ryo Tanimura

The purpose of this study is to review developmental studies of the conception of time. The conception of time may be one of the base of physical world. Many researchers have experimentally examined the development of conception and knowledge structure of time after Piaget (1946 / 1969). One of the most popular experimental situations that Piaget originated is as follows: Children are shown two toy cars that travel in the same direction on parallel tracks and are asked whether the cars ran for the same duration, and if not, which car ran for the longer duration. The result of these studies showed that it was very difficult for even 9 - 13 year old children to solve logically some of this kind of task. The difficulty seemed to be because of children's inability to use appropriately the knowledge of time. The knowledge of time involves two structures: one in which time is defined by starting and ending times; the other in which time is defined by the relation between speed and distance. It was suggested that only the latter knowledge structure was always activated when children compared the duration of two cars in the tasks.

Key Words: Time, Distance, Speed, Logical thinking, Knowledge of time

キーワード：時間、離、速さ、論理的思考、時間の知識

時間概念の発達に関する実験を組織的に最初行ったのは、Piaget (1946/1969) である。彼はさまざまな実験事態を用いたが、本論文と関係したもののみを、以下簡単に紹介する。

### 時間概念の発達

Piaget (1946 a / 1969) は、2つのおもちゃの自動車がテーブルの上を同じ地点から並んで同時に出発し、同じ（または違う）速度で同方向、あるいは反対方向に走り、そして同じまたは異なる位置に同時あるいは継時的に止まる、のを子どもに提示した。このような実験事態を見せた後、2つの自動車が同時に止まったか（もし同時でないと答えた場合はさらに、どちらが時間的に先に止まったか）、同時に出発したか（もし同時でないと答えた場合はさらに、どちらが時間的に先に出発したか）、同じ時間走ったか（もし走った時間が同じでないと答えた場合はさらに、どちらが長い時間

走ったか）、及びその理由等を尋ねた。対象児は5歳から8歳の子どもであった。その結果、時間の判断について以下のような3つの発達段階を見いだした。

段階1（4～7歳児）では、「より時間が長いこと」は「より距離が長いこと」に等しく、「時間的に先」は空間的な前また後を意味し、継起と持続時間が距離から未分化である。そして、単なる言語の誤用、すなわち時間の意味の前・後を実験者は尋ねたのに、子どもはそれを空間的意味に取り違えている、ということでもない。もし2つの運動方向を逆にするならば、ためらいもなく子どもは正しく答える。すなわち、この運動事態における子どもの時間、空間、速度の混同は、言語的なものではなく、論理的なものである。Piagetによれば、この段階の子どもは、自己中心的同化によって、1つの動体における時間-空間の枠組みを2つの物体の運動にも適用してしまう。

段階2（5～7歳）では、知覚的中心化から徐々に脱し始めるが、継起と持続時間の協応が十分でない。

そして他の半数は持続時間を正しく評価するが（より速い＝より短い時間）、正しく時間的継起を把握できない。

段階3（6～8歳）では、時間的継起と空間的継起を分けて考えることができ、継起や同時から持続時間を推測する。そして持続時間が速度に反比例することを理解する。

このパラダイムによる実験は、多くの追試や発展的研究を呼んだ。以降、Piaget 流のパラダイムと呼ぶ。

## Piaget 以降の研究の動向

Piaget (1946/1969) による時間概念の研究は、その後多くの追試と発展的研究を呼ぶこととなった。関係概念の発達を直接的に調べるために3つの概念（時間、距離、速さ）のうちの2つに関する情報を子どもに与え、3番目の変数の絶対的あるいは相対的値を比較させたり推論させたりする実験（Acredolo, 1989; Acredolo, Adams, & Schmid, 1984; Matsuda, 1994; Wilkening, 1981, 1982）等が挙げられる。これらの研究は、Piaget 流のパラダイムを用いたものではないので、ここでは説明を省略する。Piaget 流のパラダイムを用いた研究では、Lovell & Slater (1960) が挙げられるだろう。この研究では、5歳～15歳児を対象に、2本の平行走路上を、2つの人形がレースをするという実験事象を用いた。黄色い人形が赤い人形の前方から出発し、赤い人形の後方に止まるが、両者とも同時に出発して同時に止まる課題である。そして、25つの人形が同時に出発したのか、同時に到着したのか、あるいはどちらが遅れて出発したのか、両者の移動した距離は同じであったのか、どちらが長い時間移動したのか、等を問うた。その結果、どの年齢の子どもでも4割以上の多くの子どもが、2つの人形の移動した時間が同じであることに気づかず、より長い距離をより速いスピードで移動した赤い人形の方を長い時間移動したと判断することが明らかとなった。また、前方から出発した黄色い人形が遅く出発したと誤る者は、年齢とともに減少した。

次に、Berndt and Wood (1974) らは、5歳児と7歳児を対象に、2本の平行走路上を走る電気機関車の玩具を使って実験を行った。ここでは、走行中の玩具を隠すためのトンネルが使用された。また、各々の機関車が明確に区別できるように、異なった汽笛がなるように工夫された。実験は3つのパートからなり、パート1ではトンネル内を汽車が走った。2つの汽車の走る時間は異なっていたが、子ども達は汽笛を手がかりにほとんど正しく時間判断した。パート2では、

トンネルの中を長い時間移動する機関車が手前に止まる事象（葛藤事象）と、長い時間移動する機関車が遠方に止まる事象（無葛藤事象）の2つの事象が使用された。子どもは汽笛を手がかりにほぼ正しく時間を判断できたが、その判断の後でトンネルをあけると、多くの子どもが葛藤事象では判断を変化させた（無葛藤事象では判断を変える子どもはごくわずかであった）。判断を変える子どもは7歳児より5歳児に多かった。パート3ではトンネルがなく、判断の理由がたずねられた。葛藤事象と無葛藤事象の正答率は、パート2のトンネルをあけた後の判断の正答率とほぼ等しく、葛藤事象での誤答の場合、ほとんど「前の方だから」という理由をあげていた。また7歳児ではその理由が5歳児より少なく、「遅かったから」「汽笛が長かったから」という理由もかなりいた。このような結果から Berndt and Wood (1974) は Piaget の実験では、子どもは到着点や距離が目立つがゆえにそれに中心化し、それゆえに持続時間の判断を誤るのであって、そのことが持続時間の概念が形成されていないことにはならない、と主張した。

## Levin らによる Piaget 批判

Berndt and Wood (1974) の主張をさらに発展させたのは Levin とその共同研究者である（Levin, 1977, 1979, 1982; Levin & Gilat, 1983; Levin, Gilat, & Zelniker, 1980; Levin & Globerson, 1984; Levin, Goldstein, & Zelniker, 1984; Levin, Israeli, & Darom, 1978; Levin, Wilkening, & Darom, 1984）。例えば、Levin (1977) は幼稚園児、1年生、3年生、144名を対象に、以下の3つのタイプの課題を用いて実験を行っている。①静止時間課題：2つの人形が寝ている持続時間の判断、②回転時間課題：2つの速さの異なる回転盤に貼り付けた人形の回転の持続時間の判断、③直線運動時間課題：平行走路上を2つの自動車異なる速さで走るとき運動時間の判断、の3種類であり、いずれにおいても、判断の理由をたずねた。

その結果、(1)静止時間課題では幼稚園児でさえ74%の正答率であり、理由づけにおいても、1年生でさえ50%の子どもは始まりと終わりの時刻の同異に正しく言及した。(2)速さの要因の入る回転時間課題で正答率が若干落ち、正しい理由づけは3年生でも37%と減少した。(3)速さと距離の両要因のある直線運動時間課題では、3年生でも平均正答率が59%、正しい理由づけが21%と大幅に減少した。このような結果から、Levin (1977) は、子どもの時間概念が空間概念から未分化であると言うよりも、子どもの時間概念は、空間的要

因、速さ等さまざまな要因の影響を受けやすく、時間概念の獲得には、時間的継起と持続時間の関係の理解と、時間と速さと距離（より一般的には生成量）の関係の理解という2つの別なプロセスが寄与すると考えた。

Levin, Israeli, and Darom (1978) は、静止時間課題（緑とオレンジ色のランプが点燈）と直線運動時間課題を用いて、幼稚園児、1年生、3年生を対象者として、実験を行った。その結果、静止時間課題では、幼稚園児で時間判断の正答率は50%であったが、始まりの時刻の同異と終わりの時刻の同異の判断は正答率がいずれも90%前後と高かった。3年生では時間判断も正答率は84%である。ところが、直線運動時間課題では幼稚園児の時間判断正答率38%、小学3年生71%とかなり低いが、出発時刻の同異と到着時刻の同異の判断は幼稚園児から7~8割の正答率であった。また静止時間課題では、継起の正答率は持続時間の正答率よりどの課題でも高いが、運動時間課題では、必ずしもそうはなっていなかった。

このような結果から Levin (Levin, 1977; Levin, Israeli, & Darom, 1978) は、時間的順序（継起）の概念と持続時間の概念はほぼ同時に発達するという Piaget (1946 a / 1969) の主張に反対し、継起はより早く獲得され、持続時間の概念の形成に仲介的役割を果たしていると考えた。そして前操作的段階の子どもでは、持続時間は概念的に継起とかなり関連づけられてはいるが、距離、出発・到着地点、速さ等の他の手がかりが持続時間の概念の中に混同され、持続時間の判断と衝突すると考えた。

ところでこれらの手がかりは、持続時間と論理的に無関係ではない。そこで Levin ら (Levin, 1979, 1982; Levin & Gilat, 1983; Levin, Gilat, & Zelniker, 1980; Levin, Goldstein, & Zelniker, 1984) は、時間と無関係な手がかり、例えば、光の強さのような手がかりによっても時間判断は妨害を受けるかどうかを調べ、目立つ知覚的手がかりが別に到着点や距離である必要はなく、空間的手がかりがなく速さの手がかりのみある時は、持続時間の判断は速さの手がかりによって歪められ、さらには持続時間と概念的にはなんの関係もない刺激の強度や大きさによっても、それが目立つならそれによって歪められることを示した。こうして Levin らは4~5歳の幼児も、出発・到着点や距離の概念と同様、時間的継起と持続時間の概念を持っていること、しかし知覚的に目立つ手がかりがあると容易にそれによって正しい概念的判断が妨害されることを明らかにした。

## ルールアセスメント法による研究

Siegler & Richards (1979) は、時間、距離、速さの3つの概念が、どのような順序で形成されるのか、その発達過程を調べるため、ルールアセスメント法と呼ばれる方法で検討した。ルールアセスメント法とは、あらかじめ実験参加者が課題解決に用いると思われるルールを設定し、様々なタイプの課題をくり返し行わせ、その反応傾向から、使用されているルールを特定する手法である。この手法は、子どものあいまいな言語反応や理由づけ等から子どもの認知を推測するのではなく、課題の単純な反応という客観的な指標を用いて子どもの使用しているルールを弁別できる点で優れている。

Siegler & Richards (1979) が行った実験は次の通りである。2つのおもちゃの汽車を3mの平行軌道上で同方向に走らせ、同じ実験事態に対し、「どちらの汽車がより長い時間走ったか」「どちらの汽車がより速く走ったか」、「どちらの汽車がより長い時間走ったか」を、同一の子どもにくり返し尋ねた。課題は各6タイプあり、それぞれのタイプに4種の課題が設定された。従って、24の反応傾向から、子どもが用いていると思われるルールを特定した。いずれの実験事態も、2つの動体の走行時間が異なっていることに特徴がある。Siegler & Richards (1979) が子どもが用いると設定したルールは以下の通りである。

ルール1：汽車の相対的な到着地点のみに基づいて判断する。もし、汽車が前方に止まったならば、その汽車がより遠くへ、より速く、より長い時間移動したと判断する。もし、汽車が同じ地点に止まったならば、同じ時間、同じ距離、同じ速さだけ移動したと判断する。

ルール2：もしも、汽車が前方に止まったならば、ルール1を適用し、もしも2つの汽車が同じ地点に止まったならば、後方から出発した方を、より長い時間、より速く、より長い距離移動したと判断する。

ルール3：到着地点の位置に関わらず、全ての問題を正しく解答する。

その結果、時間、距離、速さのいずれにおいても、5歳児はルール1を使用して判断しており、距離と速さの判断では8歳までにほとんどの子どもがルール3を用いるようになっていた。ところが、時間判断においては、Piaget (1946/1969) の主張よりもかなり発達が遅く、11歳の子どもでも正答率が、27%にすぎない課題があることが明らかとなった。また、ルール1からルール2の中間段階では、予想とは異なり、到着地点が異なるときはルール1を用いるが、到着地点が同

じときは、到着時刻によって判断する場合と、距離に基づいて（長い距離移動した方が、時間が長い）判断する場合があることが明らかとなった。このように、Siegler & Richards (1979) においても、到着地点の効果の大きいこと、時間判断は Piaget (1946/1969) の主張よりも発達が遅いこと、距離判断と速さ判断を時間判断よりかなり易しいことが明らかとなった。

この他、ルールアセスメント法を使用したわけではないが、同一の子どもに、同じ実験事態で時間、距離、速さの判断を行わせた研究に Acredolo & Schmid (1981) がある。ここでも、同方向に移動する汽車の模型を見せて、どちらがより長い時間、より長い距離、より速く移動したか尋ねている。Siegler & Richards (1979) の違いは、Siegler & Richards (1979) では、時間、距離、速さ、が2つの動体で異なっていたのに対し、Acredolo & Schmid (1981) は、2つの動体が同じ時間、同じ距離、同じ速さで移動する課題も設定したところである。Acredolo & Schmid (1981) では、16の課題を設定しているが、その具体的な条件等は、記載されていない。小学校1年生、3年生、5年生、中学1年生を対象に行ったこの実験は、基本的に Sieglar & Richards (1979) を支持する結果となった。すなわち、速さと距離の判断は時間の判断よりも易しく、年少児において到着地点の効果は、特に距離判断で大きいことが示された。

## CRT ディスプレイを刺激提示に使用した研究

さて、ここまで同方向に移動する2つの動体の時間、距離、速さを問うというピアジェ流のパラダイムを用いた研究を紹介してきたが、これらの研究ではすべて、おもちゃの車を手やモーターを使って走らせていた。そのため、時間、距離、速さの3変数の正確で具体的な数値が記載された研究は1つもなかった。この問題を克服した画期的な研究が、次に紹介する田山(1986)の研究である。田山(1986)では、同方向に移動する動体をコンピューターで制御し、CRT ディスプレイ上に刺激を提示した。

田山(1986)は、従来の時間概念の発達の系列についての見解に基本的な食い違いがあると批判した。従来の研究者の実験結果が一致しない理由として、実験において、子どもが何を判断の手がかりとしたかを特定化する基準が研究者によって異なっているためだと推測した。そこで、田山(1986)は36種類という多数の課題を設定し、Siegler & Richards (1979) で用いられたルールアセスメント法を更に具体的に修正しただけでなく、コンピューターシミュレーションによつ

て、時間判断の手がかりの関与度を数量化することを試みた。田山(1986)が設定したルールとは、以下の通りである。

- ①停止位置手がかり：2つの刺激の停止位置に着目し、それが異なった場合には前方にある刺激を選択し、同じ場合には「同じ」を選択する。
- ②停止時間手がかり：2つの刺激の停止した時間順序に着目し、それが異なった場合には後に停止した刺激を選択し、同じ場合は「同じ」を選択する。
- ③速度手がかり：2つの刺激の運動速度に着目し、それが異なった場合には速度の大きい刺激を選択し、同じ場合には「同じ」を選択する。
- ④距離手がかり：2つの刺激の運動距離に着目し、それが異なった場合には距離の長い刺激を選択し、同じ場合には、「同じ」を選択する。
- ⑤時間手がかり：2つの刺激の運動時間に着目し、それが異なった場合には時間の長い刺激を選択し、同じ場合には「同じ」を選択する。

実験参加者は、小学校2年生、4年生、6年生の合計115名である。その結果、小学校2年生は、時間に比較判断において、2つの動体の停止位置を重要な手がかりとすることが示された。また、停止する時刻も判断に影響を及ぼす要因であることが認められた。4年生では、2年生に比べて停止位置や停止時刻の重要度は低くなり、代わりに距離や速度などの刺激全体に関わる手がかりの重要度が増す傾向がみられた。6年生では、距離や速さではなく、ほとんど成人と同様、時間の長さを判断の基準としている傾向が示されたが、6年生でも課題によっては正答率が5割前後のものがかかりあった。これらの課題は、2つの動体の移動時間が同じで、距離や速さが異なる課題であった。ピアジェ流のパラダイムにおける時間判断の難しさが、ここでも示された。

## Levin (1992) による時間概念の発達の統合モデル

Levin (1992) は、従来の時間概念についての研究をレビューし、時間概念の発達を、「時間=終了時刻-開始時刻」の知識から成る構造(The Temporal Structure)と「時間=距離/速さ」の知識から成る構造(The Production Structure)にわけ、その統合モデルを提唱した。それによると、各々の発達過程は次のようになる。まず、Temporal Structureにおいては、①時間の範囲について理解し、どちらが先に始まったか、あるいは終わったかを弁別可能となる、②時間を終了時刻と関係づける(例えば、遅くに終わった方が時間が長い)、③時間を、終了時刻に加えて開始時刻と関係

づけるが、開始時刻の同時性と終了時刻の同時性について考慮することができない(例えば、先に始まった方が時間が長い)、④質的統合が完成する(例えば、先に始まった方が先に終わった場合、そ出発到着の時間差を考慮せずに時間が同じであると判断する)、⑤量的統合が完成する(例えば、出発の時間差と到着の時間差について、数量的に統合される)、である。次に Production Structure においては、①最初に、速さと距離を判断できるようになるが、時間については判断できない、②時間・距離・速さのそれぞれのペアが比例関係になっていることを想定する、③時間と速さが反比例関係になっていることを想定する。しかし依然として3者の相互関係について理解し得ない、④3者の1つについて考えるためには、残りの2者について考慮すべきだと考えるようになる。しかし、3者の調整の仕方について知らない、⑤3者の関係が統合され、3者の内の2つの関して量的な多面的理解が得られる、である。Levin (1992) はこの2つの構造の統合について、「時間=距離/速さ」の構造を含む複雑な問題に対して、年齢が上がるにつれ「時間=終了時刻-開始時刻」の方を多く適用するようになる、と述べている。

### 時間と空間の諸属性が対称な課題を用いた研究

Matsuda (1996) は、時間概念よりも空間概念の方が先に発達するとする従来の研究 (e.g., Siegler & Richards 1979; Acredolo & Schmid 1981) を、実験事態に時間と距離を比較可能な対称性を欠いていると批判した。時間と距離を比較可能な対称性とは何だろうか。時間は、1次元1方向のものであるのに、対し、空間は、多元他方向である。ところが、ピアジェ流のパラダイムでは、動体が1次元1方向へ移動するため、時間と空間についての対称な諸属性が以下のように与えられる。時間的属性(走行時間、出発時刻:同時に出発する、AはBより先に出発する、AはBよりあとから出発する、到着時刻:同時に止まる、AはBより先に止まる、AはBよりあとから止まる)、空間的属性(走行距離、出発地点:同地を出発する、AはBより後方から出発する、AはBより前方から出発する、到着地点:同地に止まる、AはBより後方に止まる、AはBより前方に止まる)である。

ここで、例を挙げてみよう。「2台の車が同時に出発し、同じ時間だけ移動して、同時に止まる。Bは、Aと同地を出発して、Aの2倍の距離移動してAの前方に止まる」課題である。この時間的属性と空間的属性を全て入れ替えると次のようになる。「2台の車が同地を出発し、同じ距離だけ移動して、同地に止まる。B

は、Aと同時を出発して、Aの2倍の時間移動してAのあとに止まる」である。すなわち、この2つの事態では、時間と距離に関して互に対称な課題となっている。各々の時間判断と、距離判断を比較するならば、例えば時間判断における到着地点の効果と、距離判断における到着時点の効果を等価に比較検討できるのである。Matsuda (1996) は、このようにして、時間と距離の対称性を等価にして、比較可能な課題の作成に成功した。

さらに、Matsuda (1996) では、実験事態の具体性についても、時間と距離で等しくなるように工夫している。従来の研究では、判断時に到着地点に比較の対称となる物体が残されていることが多かった (e.g., Siegler & Richards 1979; Acredolo & Schmid 1981)。このことが視覚的に目立ち、到着地点が時間判断と距離判断に主要な影響を与えるという結果につながっていると推測した。そこで、Matsuda (1996) では、コンピューターによって物体を提示し、動体が現れてすぐに移動し始め、止まるとすぐに消えるという事態 (Nonsalient version) と、動体が現れて2秒後に移動を開始し、動体が止まると、参加者が判断を下すまで到着地点にそのまま提示されるという事態 (Salient version) の2つの事態を比較検討した。

その結果、少なくとも幼稚園児の Nonsalient version においては、対称な時間判断課題と距離判断課題に、その正答率、反応パターンのいずれにおいてもほとんど差がないことが示された。すなわち、例えば到着時点の同異が時間判断に及ぼす影響と、到着地点の同異が距離判断に及ぼす影響がほぼ等しかったのである。小学生ではこの結果の対称性は若干くずれ、距離判断課題の方がやや易しく、また、Salient version ではさらに距離判断が易しくなった。このような結果から、Matsuda (1996) は時間判断よりも距離判断が易しいとする従来の研究 (Siegler & Richards 1979; Acredolo & Schmid 1981) を批判し、課題の比較可能性が保証されるならば、少なくとも6歳児までの子どもは、時間判断と距離判断の難しさの程度は等しく、似たような過程を経て発達することを示唆した。

ところで、Matsuda (1996) においても、Piaget 流のパラダイムの時間判断が難しいことが示された。課題の正誤の判断パターンから数量化Ⅲ類によって課題を分類したところ、分類された各グループには次のような特徴があった。まず、判断が非常に難しかった課題では、いずれも、移動する時間が「同じ」課題であった。いずれも、同時出発同時到着で、出発地点と到着地点の一方、あるいは両方が、異なっている課題が1つのグループを形成した。これらの課題は、いず

れも出発時刻と到着時刻の同異の認知が正しければ、「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識を用いて解答可能な課題である。他方、先に出発した方が先に止まる唯一の課題が、1つのグループに分類された。この課題は、出発時刻と到着時刻の同異の認知から「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識を用いて解答することが出来ない課題である。この課題はむしろ、2つの動体の距離と速さが同じという認知から、「時間＝距離／速さ」の知識を用いて論理的に解答可能な課題である。Matsuda (1996) と基本的に同じ課題を用いて、中学生を対象に実験を行った藍・松田 (1997) では、上記のような課題の正答率は、6割から7割程度であった。

### 難しさの要因の発達的变化

さて、ここまで述べてきたように、Piaget 流のパラダイムの課題に、子どもが正しく回答することは、Piaget の主張よりもかなり年長まで困難であることが明らかになってきた。特に、走行時間が2つの動体で同じ場合に、出発地点や到着地点の片方、あるいは両方が異なっている時、特に判断が困難になるようである。この原因は何であろうか。原・松田 (1997) は、このような課題に論理的に正しく回答するために必要な6つの要素を以下のようにまとめている。

- ①出発時刻が同じ（同時に出発する）と知覚されなければならない。もしかしたら、出発地点が異なっているために、出発時刻が異なっているように見えるのかもしれない。
- ②①の知覚が符号化され、走行時間を比較判断するまで作業記憶内にとどめ置かれなければならない。
- ③到着時刻が同じ（同時に止まる）と知覚されなければならない。
- ④③の知覚が符号化され、走行時間の比較判断時まで作業記憶内にとどめ置かれなければならない。
- ⑤長期記憶内に、「時間＝終了時刻－始まりの時刻」という知識を持っていなければならない。さらに、その知識を用いれば2つの時間を比較する場合、時刻が分からなくても、始まりにおける順序と終了における順序によって時間の長短の関係も分かる場合がある、という論理的操作の知識を持っていなければならない。
- ⑥作業記憶内に、⑤を引き出し、②と④を用いて論理的操作を行わなければならない。」

したがって、この課題で誤るといことの原因として、①や③の知覚の誤り、②や④の記憶の不正確さ、⑤や⑥の知識やその知識の論理的操作の欠如の3つに大別できるとした。そして、原・松田 (1997) と松田・

原・藍 (1998) は、その原因を明らかにするため、小学校1～6年生を対象として、出発時刻の比較判断と到着時刻の比較判断を行わせた後で、もう1度同じ事態を見せて時間の比較判断を行わせるという実験を行った。刺激はCRTディスプレイ上に提示した。そして、出発時刻判断と到着時刻判断の結果を回答用紙に書かせ、それが見える状態で時間判断をさせることにより、記憶の不備によって誤答する可能性を除いている。

その結果、小学校1、2、3年生では、出発時刻、到着時刻の同異から論理的に時間の同異を判断する者はほとんどおらず、小学校4、5、6年生でも、せいぜい多くて3割～4割程度であった。しかも、出発時刻と到着時刻を正しく判断し、それを回答用紙に記入し、その直後に同じ刺激画面を見て回答しても、時間の判断を誤る者が、低学年時よりもむしろ、高学年児に多かった。これは、高学年児では出発・到着時刻の同異の判断が正しくできるようになるのに、時間判断はそれほど正しくできるようにならないからであった。このような結果から、松田・原・藍 (1998) は、およそ3年生ぐらいまでの低学年児においては、同時出発・同時到着の判断がなかなか難しく（特に、2つの動体の出発地点や到着地点が異なる場合が難しい）、「時間＝終了時刻－開始時刻」や「時間＝距離／速さ」の知識やその操作の前提になるものの認知が正しく行われていないことが、この種の課題の難しさの要因となっていることを示唆した。一方、高学年児では、論理的操作の前提となる認知は正しく行われるが、わざわざ先に同時出発・同時到着を確認しても、それによって論理的操作が進んだと思われる者があまり多くないことから、「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識は、このような課題において不活性である者が多いことが示唆された。

そこで、藍・松田 (1999) では、「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識をとりあげ、この知識が活性化されない要因として、運動事態がこの知識の使用を難しくしているのではないかと考えた。そして、2つの車の運動をトンネルで覆い距離や速さによる影響を減らした事態、2つの静止した自動車が継起的に点滅する事態、というように順次課題を易しくしていき、易しい課題ではこの知識を用いて正しく時間判断を行い、かつ正しく判断の理由づけが出来るかどうかをまず確認した。その後、運動事態で「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識を使って正しく判断することを学習できるかどうかを検討した。その結果、小学校高学年児は、運動を含まない事態では「時間＝終了時刻－開始時刻」を自発的に用いて論理的に正しく判断できるにもかかわらず、2つの車が動くという運動要因が含まれる事

態では、「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識を用いて判断できることに気づきにくく、この知識を用いるためにはかなりの学習が必要であることが示された。

## 知識の活性化

これまで述べてきたように、小学校高学年児は、時間についての2つの知識、「時間＝距離／速さ」と「時間＝終了時刻－開始時刻」を持っているが、少なくとも運動場面では「時間＝距離／速さ」の知識の方が、活性化しやすいことが推測される。この推測は、中学生を対象とした藍・松田（1997）や高校生を対象とした谷村（1999）において得られた結果、すなわち同じように同時出発、同時到着であっても、距離も速さも等しい課題（出発地点、到着地点が異なる）の正答率が、距離と速さが異なる課題の正答率よりも高いという結果も説明しうる。すなわち、前者の課題は、「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識でも「時間＝距離／速さ」の知識でも論理的に正答しうるが、後者の課題は、「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識でしか正答できない。

松田他（1998）と藍・松田（1999）の2つの研究では大人は実験に参加していない。しかし、Matsuda（1996）の実験では、「時間＝終了時刻－開始時刻」を用いて正答できる課題において、大学生はほぼ完全に正答しており、小学校高学年児と大学生では、成績に大きな差があった。それでは、小学校高学年児において、何故「時間＝距離／速さ」の知識の方が、「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識よりも活性化しやすいのだろうか。

2つの知識を同時に活性化して、それから課題に適したものを選択するのは、認知容量の限られた子どもにとっては認知負荷が大きすぎるのかもしれない（Halford, 1999）。運動場面において、「時間＝距離／速さ」の知識の方が、活性化しやすいということは、認知資源の節約の観点からみれば理にかなっているとも言える（Matsuda, Tanimura, & Lan, 2000）。何故なら、「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識は、刺激が動的であれ静的であれ使用可能な知識であるのに対し、「時間＝距離／速さ」の知識は、刺激が動的である運動場面のみ固有な知識だからである。

さらに、「時間＝距離／速さ」の知識は、小学校5年算数「単位量あたり」の単元の「速さ」の小単元でフォーマルに定義的に教えられ、計算ができるように訓練され、それ以降は文章題などでも繰り返し出てくる。さらに中学校の理科「運動と力（エネルギー）」の単元の最初で定義的なところから復習する。すなわち、「時間＝距離／速さ」の知識は小学校高学年から中学校にかけて学校教育の中で運動に関係するフォーマルな知識と

して明示的に繰り返し教えられる。このことが、CRTディスプレイ上の運動刺激における時間の比較判断において、刺激布置に関わらず「時間＝距離／速さ」の知識が活性化しやすい原因となっていることが推測される。いずれにせよ、「時間＝終了時刻－開始時刻」と「時間＝距離／速さ」という、時間についての2つの知識がどのように使い分けられ、その関係づけがどのように行われているのか、その知識構造の発達変化を調べる研究が望まれる。

## 文章題を用いた研究

さて、これまで、同方向に移動する動体の移動時間を比較するというピアジェ流のパラダイムを用いた研究についてみてきた。次に、時間の知識構造の発達の変化を調べるための課題として、文章題を使用した研究についてみてみよう。文章題によって時間の知識構造を調べようとする研究はこれまでいくつかあるが、いずれも時間と距離と速さのうちの2つの情報から残り1つについての判断を求める文章題か（Acredolo, 1984, 1989; Crepault, 1980, 1989; 三宅・小嶋・森田・谷村・松田, 2000; 曾我・塩見, 1987）、時間と終了時点と開始時点のうちの2つの情報から残り1つについての判断を求める文章題（Crepault, 1993; Samartzis, 1992, 1995）であり、「時間＝終了時刻－開始時刻」と「時間＝距離／速さ」の知識の関係を調べることができる文章題にはなっていない。唯一Jamet（1997）の用いた文章題では、2つの動体の速さと距離はその大小関係が情報として提示され、時間については出発時点と到着時点の順序が情報として提示され、「時間＝終了時刻－開始時刻」と「時間＝距離／速さ」の両方の知識に関係した文章題となっている。たとえば、2つの動体の走行時間の大小を比較させる課題では、出発時点の順序と到着時点の順序に加えて、速さの大小関係（または、距離の大小関係）という余分な情報が与えられている。速さ（あるいは距離）の大小を比較させる課題では、出発時点の順序と到着時点の順序、および距離（あるいは速さ）の情報が与えられている。実験参加者は、理・工系最終学年の大学生やエンジニア（エキスパート群）、心理学科の大学2年生、高校2年生、小学6年生である。情報はすべて順序尺度上のものであるから、たとえば、「AはBより先に出発する」、「AはBより先に到着する」（これにさらに、「AはBより速く走る」という余分な情報が加わる）というような場合、走行時間の大小関係は確定せず、「両方同じ時間」、「Aがより長い時間」「Aがより短い時間」の3つの選択肢の全てを選択しないと正答にはならない。このよ

うに解答が1つに確定しない問題の場合、エキスパートでも正答率は50~80%であり、小学校6年生では正答率10%以下である。6年生の場合、答えが選択肢の1つに確定する場合でも40~70%の正答率であった。しかし、参加者の解答は選択肢の選択のみであるから、この正答率から、「時間=終了時刻-開始時刻」と「時間=距離/速さ」の知識のそれぞれの内容や関係構造について推測することは難しい。したがって、2つの知識の関係づけがより直接的に明らかとなるように課題を工夫し、課題の正答率だけでなくその判断理由等を尋ねるような研究が望まれるだろう。

### 引用文献

- Acredolo, C. 1989 Assessing children's understanding of time, speed and distance interrelations. In I. Levin & D. Zakey (Eds.), *Time and human cognition. A life-span perspective*. North-Holland: Elsevier. Pp. 219-257.
- Acredolo, C., & Schmid, J. 1981 The understanding of relative speeds, distances, and durations of movement. *Developmental Psychology*, **17**, 490-493.
- Acredolo, C., Adams, A., & Schmid, J., 1984 On the understanding of the relationships between speed, duration, and distances. *Developmental Psychology*, **55**, 2151-2159.
- Berndt, T. J., & Wood, D. J. 1974 The development of time concepts through conflict based on a primitive duration capacity. *Child Development*, **45**, 825-828.
- Crépault, J. 1980 Compatibilité et symétrie. Etude génétique des inférences cinématiques chez des sujets de 11 et 13 ans. *L'Année psychologique*, **80**, 81-97.
- Crépault, J. 1989 *Temps et raisonnement*. Lille, France: Presses Universitaires de Lille.
- Crépault, J. 1993 Temporal reasoning; What develops? *Psychologica Belgica*, **33**, 197-216.
- Halford, G. S 1999 The properties of representations used in high cognitive processes: Developmental implications. In I. E. Sigel (Ed.), *Development of mental representation: Theories and applications..* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. Pp.147-168.
- 原 和秀・松田文子 1997 児童における運動刺激の時間と距離の認知—小学5年算数「速さ」はなぜ難しいか— 数学教育学論究、67-68、29-41.
- Jamet, F. 1997 Raisonnement temporel: *Etude genetique de l'indécidabilité de l'enfant à l'expert*. Cedex, France: Presses Universitaires du Septentrion.
- 藍 瑋琛・松田文子 1997 中学生における2つの物体の時間と距離の比較判断 発達心理学研究、8、176-185.
- 藍 瑋琛・松田文子 1998 子どもにおける2つの時間の論理的判断の難しさ 発達心理学研究、9、108-120.
- Levin, I. 1977 The development of time concepts in young children: Reasoning about duration. *Child Development*, **48**, 435-444.
- Levin, I. 1979 Interference of time-related and unrelated cues with duration comparisons of young children: Analyses of Piaget's formulation of the relation of time and speed. *Child Development*, **50**, 469-477.
- Levin, I. 1982 The nature and development of time concepts: the effect of interfering cues. In W. J. Friedman(Ed.), *The developmental psychology of time*. NY: Academic Press. Pp.47-85.
- Levin, I. 1992 The development of the concept of time in children: An integrative model. In F. Macar, V. Pouthas, & W. Friedman (Eds.), *Time, action and cognition*. Towards bridging the gap. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. Pp.13-32.
- Levin, I., & Gilat, I. 1983 A developmental analysis of early time concepts: The equivalence and additivity of the effect of interfering cues on duration comparisons of young children. *Child Development*, **54**, 78-83.
- Levin, I., Gilat, I., & Zelniker, T. 1980 The role of cue salience in the development of time concepts: Duration comparisons in young children. *Developmental Psychology*, **16**, 661-671.
- Levin, I., & Globerson, T. 1984 The development of time concepts among advantaged and disadvantaged Israeli children. *Journal of Genetic Psychology*, **145**, 117-125.
- Levin, I., Goldstein, R., & Zelniker, T. 1984 The role of memory and integration in early time concepts. *Journal of Experimental Child Psychology*, **37**, 262-270.
- Levin, I., Israeli, E., & Darom, E. 1978 The development of time concepts in young children: The relations between duration and succession.



- Child Development*, **49**, 755-764.
- Levin, I., Wilkening, F., & Darom, Y. 1984 Development of time quantification: Integration and nonintegration of beginnings and endings in comparing durations. *Child Development*, **55**, 2160-2172.
- Lovell, K., & Slater, A. 1960 The growth of the concept of time: A comparative study. *Child Psychology and Psychiatry*, **1**, 179-190.
- Matsuda, F. 1994 Concepts about interrelations among duration, distance, and speed in young children. *International Journal of Behavioral Development*, **17**, 553-576.
- Matsuda, F. 1996 Duration, distance, and speed judgments of two moving objects by 4- to 11-years old. *Journal of Experimental Child Psychology*, **63**, 286-311.
- 松田文子・原 和秀・藍 瑋珠 (1998) 2つの動体の走行時間、走行距離、速さの小学生による比較判断—走行時間の判断—教育心理学研究、46,
- Matsuda, F., Tanimura R., & Lan, W. C. 2000 Duration and distance judgments of two moving objects by 1 st to 6 th graders. *Current Psychology of Cognition*, **19**, 575-602.
- 三宅幹子・小嶋佳子・森田愛子・谷村 亮・松田文子  
2000 小学校5年生から中学3年生の間の時間、距離、速さの関係の質的理解の発達 広島大学教育学部紀要第3部、49、293・302.
- Piaget, J. 1946 *Le développement de la notion de temps chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France. (Translated by A. J. Pomerans 1969 *The child's conception of time*. London: Routledge and Kegan Paul.)
- Samartzis, S. 1992 Time and inference rules in the child, adolescent and adult. In F. Macar, V. Pouthas, & W. J. Friedman (Eds.) *Time, action and cognition: Towards bridging the gap*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. Pp. 85-88.
- Samartzis, S. 1995 L'influence du nombre sur le traitement des problemes temporels. *Journal International de Psychologie*, **30**, 237-255.
- Siegler, R. S., & Richards, D. D. 1979 Development of time, speed, and distance concepts. *Developmental Psychology*, **15**, 288-298.
- 谷村 亮 1999 高校生における2つの動体の走行時間の比較判断—数量化Ⅲ類による正誤の判断パターンに基づく課題の分類—広島大学教育学部紀要第一部(心理学)、48、149-155.
- 田山忠行 1986 多数条件下の比較課題による時間概念の発達の研究 教育心理学研究、34、211-219.
- Wilkening, F. 1981 Integrating velocity, time, and distance information: A developmental study. *Cognitive Psychology*, **13**, 231-298.
- Wilkening, F. 1982 Children's knowledge about time, distance, and velocity interrelations. In W. J. Friedman (Ed.), *The developmental psychology of time*. NY: Academic Press. Pp.87-112.

## 謝辞

本研究をまとめるにあたり、御指導していただいた広島大学大学院教育学研究科教授、松田文子先生に心より感謝します。

(指導教官：松田文子)