

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 ——

松田文子¹ 原和秀² 藍瑋琛³DURATION, DISTANCE, AND SPEED JUDGMENTS
OF TWO MOVING OBJECTS BY 1ST TO 6TH GRADERS

—— Duration Judgments ——

Fumiko MATSUDA, Kazuhide HARA AND Lan WOEL-CHEN

Three sessions were held : T1, T2, and T3. In Session T1, 192 1st to 6th graders observed two cars running on two parallel tracks on CRT displays and judged which car had run the longer duration. In Session T2, children observed them and judged which of the two cars had started first and which car had stopped first, then observed the same movements and again judged which car had run for the longer duration. In Session T3, children observed three times the same movement : they first judged the distance, then the speed, and finally the duration. The main results were as follows : (a) In younger children, judging correctly the same starting or stopping points as being the same was considerably difficult. (b) In older children, even if they could judge correctly the starting and stopping points, some of them did not use that information to judge the duration. (c) It seemed that for many children it was easier to use information on distance and speed than to use information concerning temporal starting and stopping points in order to judge the duration.

Key words : duration judgments, children, moving stimuli, CRT display.

子どもに2つの動体(たとえばおもちゃの自動車)が同方向に走るのを見せた後で, どちらが長い時間走ったかを尋ね, その走行時間を比較判断させることにより, 時間概念の発達を調べるという研究は, Piaget (1946) 以来数多く行われてきた (Acredolo & Schmid, 1981; Cohen, 1967; Fraisse & Vautrey, 1952b; Henry, 1966; Levin, 1977; Levin & Globerson, 1984; Lovell & Slater, 1960; Matsuda, 1996; Montangero & Gurtner, 1983; Papert & Voyat,

1967; 藍・松田, 1997; Richards, 1982; Siegler & Richards, 1979; 田山, 1986)。その結果, 子どもがこのような事態で正しく走行時間を比較判断することは, Piaget (1946) の主張 (およそ8歳ごろ完成) よりもかなり難しく, 9~13歳でも刺激布置によっては正答率は50%前後, あるいはそれを少々上まわる程度であることが明らかになった。

ところで, 2つの動体が同方向に運動する実験事態で, 特に走行時間の比較判断を誤りやすい刺激布置を上述のこれまでの実験から取り出してみると, 多くは, (a)同時出発, 同時到着で, 出発地点と到着地点のいずれか又は両方が等しくない場合(以下, 出発時点と到着時点 (temporal starting and stopping point) が同じ (same) という意味でSTタイプと呼ぶ), および(b)出発時点と到着時点が同じだけずれて, 距離も速さも等しい場合 (以下, 距離

¹ 広島大学教育学部 (Department of Psychology, Faculty of Education, Hiroshima University)

² 下田市立稲生沢小学校 (Inouzawa Elementary School, Shimoda-shi)

³ 広島大学教育学研究科 (Department of Psychology, Faculty of Education, Hiroshima University)

(distance)と速さ(speed)が同じ(same)という意味でSDSタイプと呼ぶ)であり、いずれにしても、2つの動体の走行時間が等しい場合である。そして、STタイプの課題については、もし「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識があるならばその知識を用いて、またSDSタイプの課題については、「時間＝距離／速さ」の知識があるならばその知識を用いて、論理的に正答を得ることができる課題である。しかし、論理的判断のために用いられるべき知識の違いの観点から、このPiaget流のパラダイムの課題を分類し、そのような知識が用いられているかどうか実験的に検討した研究はこれまでない。

本研究は、STタイプとSDSタイプの2種の課題を用いて、その難しさの原因を発達的に探ることによって、運動刺激状態での子どもの時間概念の特徴を明らかにすることを目的とする。とりわけ、「時間＝終了時刻－開始時刻」と「時間＝距離／速さ」の2種の知識の、適切な場面での自発的使用の発達が研究の焦点である。Levin (1992) は、持続時間(duration)の概念は、最終的に「時間＝終了時刻－開始時刻」と「時間＝距離／速さ」にそれぞれ公式化される2つの構造からなると考えて、時間概念の発達のモデルの構築を試みているが、本研究でも時間概念をそのようにとらえ、かつ発達の最終段階では両知識の関係づけと使い分けも可能になる必要があると考えている。

さて上記の2種の課題の難しさの原因を考えてみると、大きく3つ考えられる。第1に、STタイプの課題であれば、出発時点が同じ(同時に出発する)あるいは到着時点が同じ(同時に到着する)、という認知が正しくできないのかもしれない。特に出発地点や到着地点が異なっているために、出発時点や到着時点が異なっているという可能性がある。またSDSタイプの課題であれば、距離も速さも同じという認知ができないのかもしれない。このような場合は、たとえ上記のような時間についての知識を持っていた、それを正しく論理的に操作したとしても、論理操作の前提となる情報が誤っているのだから、正答に至ることはできない(この種の原因を前論理的原因と以下呼ぶ)。第2に、たとえ第1で述べたような論理操作の前提となる事柄を正しく認知していても、それを時間判断を行うときまで作動記憶内に保持していることができないのかもしれない。第3に、上記のような知識を用いて論理的判断をせず、目立つ手がかりに中心化して直観的に判断し、それが誤りであるのかもしれない。これはさらに、(a)「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識や「時間＝距離／速さ」の知識、さらにそれを用いて2つの時間を比較する論

理操作の知識が十分でないという場合と、(b)知識はあるが、この課題が適用可能な場合であると考えない、あるいは気づかないという場合に分けられよう(以下、論理操作的原因(a)(b)と呼ぶ)。本研究では、特に第1の前論理的原因と第3の論理操作的原因が、どの程度関与しているかを発達的に調べる。第2の記憶の要因は、これが原因とならないように統制することにする。

さて、前論理的原因の程度について知るには、ST課題であれば、出発時点や到着時点の判断と時間判断の両方を行わせればよい。このような研究はすでにいくつか行われており(Levin, Israeli & Darom, 1978; Lovell & Slater, 1960; Mori, 1976; Papert & Voyat, 1967; Piaget, 1946; Richards, 1982; Voyat, 1977), 出発時点、到着時点の比較判断の正答率は概して時間の長さの比較判断の正答率より高いが、出発時点・到着時点の比較判断も必ずしも易しくはないことを示している。

このような結果は、出発・到着時点の同異や順序の認知にも刺激布置によってはある程度の困難さがあること、ならびに出発・到着時点の同異や順序は正しく認知しているのに、それを用いて論理的に時間判断をしていない子どもがいることを示唆している。しかし、いずれの研究においても子どもの年齢幅は狭く、年齢によって課題の難しさの原因が異なるのではないかとと思われるにもかかわらず、その発達変化は明らかではない。そこで本研究では、従来の諸研究からこの種の概念の発達の著しいと考えられる小学1年生から6年生までの全学年を対象とし、出発時点と到着時点の判断と時間判断の両方を行わせる。そして出発時点と到着時点の判断の正答率から、前論理的原因がどの程度この種の課題を難しくしているのかを明らかにするだけでなく、従来の研究では調べられていない出発・到着時点判断と時間判断の関係を調べることにより、論理的操作の欠如の程度(論理操作的原因(a)(b)の両方を含む)を推測する。

ところで、上記の諸研究は、出発・到着時点判断と時間判断の正答率の比較を行っているだけで、出発・到着時点判断を行わないときの時間判断を調べていない。出発・到着時点判断を行ってから時間判断を行った場合、前者の判断を行うことにより、出発・到着時点の情報に後者の判断に利用可能であることに気づき、時間判断の正答率は、時間判断のみの正答率より高くなる可能性がある。そこでその2つの時間判断の関係や正答率の違いを調べることにより、出発・到着時点判断が情報として利用できることに気づかいために、この課題が難しくなっている程度を知ることができる

だろう(論理操作的原因の(b))。本研究ではこの点も実験計画に組み入れる。

SDSタイプの課題の難しさの原因を示唆する先行研究はMatsuda(1996)のみである。それによると、SDS課題では、距離が時間判断の適切次元となっていることが示唆され、そのことから「時間＝距離／速さ」の知識が関係しているのではないかと推測している。そして彼女の研究によると、低学年児では距離や速さの判断も時間判断ほどではないがかなり難しい。しかし残念ながら、時間判断と距離や速さ判断との関係は調べられていない。本研究では、SDSタイプの課題においても、時間判断と距離や速さ判断の関係、あるいは前もって距離と速さを判断することの効果などを調べ、STタイプの課題の場合と同様にその難しさの原因を探る。また、このように考えると、SDSタイプの課題では出発・到着時点判断と時間判断の間に関係がないだろうと推測されるが、そのことも確かめておく。

さて、これまで時間判断のみを特に取り上げて論じてきた。時間概念は空間概念(および速さ概念)から徐々に分化するというPiaget(1946)の主張もあり、そしてこのような運動刺激事態における距離判断は、確かに時間判断よりもかなり易しく(Acredolo & Schmid, 1981; Fraisse & Vautrey, 1952a, b; Siegler & Richards, 1979)、したがって距離判断に関しては、Acredolo & Schmid(1981)以後まったく研究の興味の対象とされてこなかった。しかし最近、Matsuda(1996)は、このような運動刺激事態で出発・到着地点を出発・到着時点と同じくらい目立ちにくくすると、距離判断の難しさが時間判断の難しさにかなり近づくことを示した。さらに藍・松田(1997)は出発・到着地点を目立ちにくくするだけでなく、実験場面に存在する空間的手がかりを時間的手がかりと同程度に少なくしたとき、距離判断も時間判断とほぼ同程度に難しくなることを中学生で示している。すなわち概念としての距離は、必ずしも時間より早く発達すると結論づけられない。そこでこの研究では、同一被験児に距離判断についても、また速さ判断も比較のため、同様の実験を行った。しかし本論文では、時間判断に関する結果のみ提示する。

方 法

参加者 参加者は、地方小都市の小学1, 2, 3, 4, 5, 6年生の児童、201名であったが、回答の記入もれが1か所でもある子どもは分析から除いたので、結果の分析で用いられたのは、各学年それぞれ32名(平均年齢7歳3か月)、30名(平均年齢8歳3か月)、28名(平均

年齢9歳3か月)、30名(平均年齢10歳3か月)、36名(平均年齢11歳2か月)、36名(平均年齢12歳1か月)の計192名である。なお、5, 6年生は「速さ」の算数授業をすでに終えている。

実験装置 運動刺激は、パーソナルコンピュータ(NEC, PC-9801VX)1台を用い、4台のカラーディスプレイ(NEC, PC-KD882)上に同時に提示した。机の上に置かれた各ディスプレイは、2人の参加者によって約75cm離れたところから観察された。

運動刺激及び条件 ディスプレイ上に提示された運動刺激は、2台の自動車(2cm; 上が赤, 下が緑)が2本の平行走路上(各々24cm)を左から右に移動するものである。すなわち、2つの自動車は2本の走路とともに出発地点に現れ、その2秒後、少なくとも一方が走り始め、2つの自動車のいずれもが停止してから2秒後に走路とともに画面から消える。

TABLE 1は、時間判断に用いた3つの刺激画面A, B, C, と練習用の刺激画面である(他に距離判断用, 速さ判断用刺激画面が各3つあるが省略)。ここで刺激画面AとBはSTタイプの課題を構成する。いずれも2つの自動車は同時出発・同時到着であるが、刺激画面Aでは到着地点が異なっており、刺激画面Bでは出発地点が異なっている。出発・到着地点の同異の効果を明瞭にするため、この2種が選ばれた。刺激画面CはSDSタイプの課題を構成する。2つの自動車の走行時間、距離、速さはいずれも同じであるが、上の赤い自動車は8.0秒早く出発して早く止まっている。SDSタイプの課題は、何秒ずらせるかを変えるというバリエーション以外に、他の課題はないので、この1種のみ用いた。

TABLE 1 Names and conditions of situations used on time judgment tasks

Name	Situation ^a	Duration(s)	Distance(cm)	Speed(cm/s)
A		8.0	11.0	1.38
		8.0	22.0	2.75
B		8.0	11.0	1.38
		8.0	22.0	2.75
C		16.0	22.0	1.38
		16.0	22.0	1.38
Training		16.0	22.0	1.38
		4.0	5.5	1.38

^a ———: Locus (or distance) of movement from left to right by two cars, upper one is red and lower one is green;: Spatial points of the two cars at the same temporal point.

手続き 児童は、各学年ごとに7人から8人のグループで実験に参加し、1台のディスプレイを2人で観察した。

実験は、時間判断のみ行うセッションT1、距離判断のみ行うセッションD1、速さ判断のみ行うセッションS1、出発・到着時点の判断及び時間判断を行うセッションT2、出発・到着地点の判断及び距離判断を行うセッションD2、追いつき、引き離しの有無の判断及び速さ判断を行うセッションS2、距離判断と速さ判断を行った後時間判断を行うセッションT3、時間判断と速さ判断を行った後距離判断を行うセッションD3の8つのセッションから成る。

セッションT1、D1、S1は必ずセッションT2、D2、S2より先に行われ、セッションT3とD3は最後に行われた。セッションT1とD1の間にセッションS1を行い、T1とD1のどちらを先に行うかは、参加者群の半分ずつ逆にした。セッションT2とD2についても、その間にセッションS2を行い、T2とD2の順序は、セッションT1とD1の順序と同じにした。セッションT3とD3の順序はセッションT1とD1の順序と同じにした。

セッションT1では、「この問題は、赤と緑の自動車が左から右に走るのを見て、どちらが長い時間走ったかを当てる問題です。ただし、止まって動かない時間は考えません。比べるのは動いていた時間ですよ」という教示を与え、刺激画面A、BまたはCを提示し、その後、解答用紙上の、「どちらの自動車の方が走った時間は長かったでしょう？」の質問文の次に並べてある3つの選択肢（「同じだった」、「赤い自動車の方が長かった」、「緑の自動車の方が長かった」）のいずれかに○をつけさせた。刺激画面A、B、Cの順序は被験者のグループごとにランダムにしてある。解答用紙は3画面分で1枚である。

セッションT2でも、刺激画面A、B、Cが用いられた。「先ほどと同じように2台の赤と緑の自動車が出てきて左から右に走ります。しかし、今度の問題は、どちらの自動車が先にスタートしたか、また、どちらの自動車が先に止まったかを当てる問題です」という教示を与え、まず実物のおもちゃの自動車2台で「先にスタートする」、「先に止まる」ということを示して、言葉の意味の理解の徹底を図った。そして、刺激画面提示終了後、解答用紙に出発時点と到着時点の時間的順序の両方を同時に解答させた（「同時にスタートした」、「赤の自動車の方が先にスタートした」、「緑の自動車の方が先にスタートした」の選択肢、および「同時に止まった」、「赤い自動車

の方が先に止まった」、「緑の自動車の方が先に止まった」の選択肢）。さらにその後、「もう1度同じ画面を見せます。今度はどちらの自動車が長い時間走ったかを当ててもらいます」という教示を与え、同一の刺激画面を提示し、解答を記入させた。解答の選択肢は刺激画面ごとに枠で囲まれ、3画面分で1枚となっている。したがって、時間判断のとき出発・到着時点判断を忘れていることが誤答の原因となることはない。刺激画面A、B、Cの提示順序は、セッションT1のときと同じである。

セッションT3では刺激画面Cのみが用いられた。「今から同じ画面を3回出します。1回目には走った距離を、2回目には走っていた速さを、3回目には走った時間を比べてください」と教示し、それぞれの教示を繰り返しながら3回同一刺激画面を提示し、解答を記入させた。同一解答用紙上に全て解答させたので、時間判断のとき、距離や速さ判断を忘れていることが誤答の原因になることはない。

また、解答用紙への記入の仕方や問題の意味の理解を十分に行わせるために、T3以外の各セッションの本試行に先立ち、練習画面を用いて練習試行を行い、OHPに解答用紙を写して解答の仕方を説明し、かつすべての参加者が正答するのを確認した。

実験時間は、低学年では60分から70分、中学年で50分から60分、高学年で45分程度であった。

結 果

セッションT1、T2、T3の結果のみ分析する。

STタイプの課題（刺激画面AとB） TABLE 2は、刺激画面AとBのセッションT1の時間判断、セッションT2の出発時点判断と到着時点判断、及び時間判断の各反応率を学年別に算出したものである。表内の時間判断において、「S」は走行時間が同じ（same）であったという判断を、「R」は赤（red）の自動車の方がより長い走行時間を走ったという判断を、「G」は緑（green）の自動車の方がより長い走行時間を走ったという判断を表わす。出発・到着時点判断においては、「S」は同時に出発あるいは到着したという判断を、「R」は赤の自動車の方が時間的に先に出発あるいは到着したという判断を、「G」は緑の自動車の方が時間的に先に出発あるいは到着したという判断を表わす。なお、A、Bいずれの刺激画面のいずれの問題においても正答は「S」である。

ところで、時間判断、出発・到着時点判断ともに3者択一の解答形式をとっているため、偶然でも1/3の確率で正答が得られる。そこで、各反応率が偶然のレベ

TABLE 2 Percentages of choices of three answer options (S, R, and G) in Sessions T1 and T2 in Situations A and B for each grade

Situation	Grade	Duration(T1)			Start(T2)			Stop(T2)			Duration(T2)		
		(S)	R	G	(S)	R	G	(S)	R	G	(S)	R	G
A	1	3*	19	<78*	34*	22	44	38*	13	<50	13*	16	<72*
	2	7*	20	<73*	63**	13*	23	33	27	40	17	13*	<70*
	3	14	36	50	43	7*	<50	36	4*	<61*	32	25	43
	4	33	20	47	87**	3*	10*	67*	7*	27*	57*	3*	<40
	5	47	14	39	89**	0*	11*	72*	6*	22	56*	8*	<36
	6	58*	11*	31	83**	3*	14*	67*	17	17	58*	6*	<36
B	1	28	13*	<59*	47	47	>6*	53*	38	>9*	38	19	44
	2	30	23	47	73**	20	7*	60**	20	20	30	13*	<57*
	3	36	11*	<54*	43	29	29	89**	4*	7*	46	11	<43
	4	37	7*	<57*	73*	10*	17	93**	0*	7*	43	10*	<47
	5	56*	11*	33	94**	0*	6*	97**	3*	0*	53*	14*	33
	6	67*	11*	22	89**	8*	3*	94**	6*	0*	61*	0*	<39

S, R, and G in Durations (T1) and (T2): "The two cars ran for the same duration", "The red car ran for the longer duration", and "The green car ran for the longer duration", respectively; S, R, G in Start (T2) and Stop (T2): "The two cars start (or stop) at the same time", "The red car start (or stop) earlier", and "The green car start (or stop) earlier", respectively. () Correct option. * Significantly smaller or larger than the chance level (33%) in the χ^2 test ($p < .05$). < or > between R and G: Difference between them is significant in the binominal test ($p < .05$). * Significantly larger than the correct rate in Duration (T2) in the binominal test ($p < .05$).

ルから有意にはずれているかどうかを χ^2 検定し ($df = 2$), 有意であった場合には, さらに2分割にまとめて χ^2 検定を行った ($df = 1$). また, 2種の誤反応率の間に有意な差があるかどうか, およびセッション T2 で出発・到着時点判断と時間判断の正答率の間に有意な差があるかどうか, 2項分布を用いて検定した。それらの結果も TABLE 2 に示してある (それぞれ, *, <, >, * の記号)。なお検定は, これ以降も含めすべて有意水準を 5% として行った。

その他 TABLE 2 に関して次のような検定結果を得た。

1. 両刺激画面とも, 学年とともに時間判断の正答率は上がっている (6 学年 $\times$ 正・誤の 2 カテゴリーの χ^2 検定, $df = 5$, を行ったところ, 刺激画面 B のセッション T2 の時間判断の場合を除き有意。 χ^2 の値は, 刺激画面 A のセッション T1 と T2 で 40.04 と 29.85, 刺激画面 B のセッション T1 と T2 で 16.57 と 8.09)。

2. セッション T1 と比較してセッション T2 の時間判断の正答率は若干高くなる傾向は見られるものの,

全体として大きくはない (サイン検定の結果有意なのは刺激画面 A での 4 年生のみ)。

3. セッション T2 の出発時点判断と到着時点判断の正答率も学年とともに高くなっている (上記と同様 6×2 の分割表に基づく χ^2 検定ですべて有意。 χ^2 の値は刺激画面 A で 40.77 と 21.40, 刺激画面 B で 35.43 と 40.56)。

4. 低学年において刺激画面 A の時間判断が刺激画面 B のそれよりかなり難しい (サイン検定の結果有意なのは, セッション T1 では 1, 2, 3 年生, セッション T2 では 1 年生のみ)。またセッション T2 の到着時点判断においては, 全学年で刺激画面 A が刺激画面 B より難しい (有意でないのは 1 年生のみ)。

さて, TABLE 2 をみると, セッション T2 において, どの刺激画面, どの学年でも概して出発時点判断と到着時点判断の正答率は時間判断の正答率より高い。このことは, 子ども達は出発時点や到着時点が同じという認知に基づいて走行時間の同異を論理的に判断していないのではないかということを, 強く示唆する。そこで, この点をより明らかにするため, セッション T2 の 1 人 1 人の出発時点の判断の正誤, 到着時点の判断の正誤, 時間判断の正誤の関係を, それが論理的に筋の通った関係であるかどうかという観点から, 次のように 6 つのカテゴリーに分類した。

① 3 つの判断がいずれも正しい場合。これは出発時点と到着時点の判断からの論理的帰結と時間判断が一致しているので「C・C・L」(Correct・Correct・Logical) と略称する。

② 出発時点と到着時点のいずれか一方, あるいは両方の判断に誤りがあり, 時間判断も誤っているが, 出発時点と到着時点の判断からの論理的帰結と時間判断が一致している場合で「W・W・L」(Wrong・Wrong・Logical) と略称する (たとえば, 緑が先にスタートしたと誤って判断し, 同時に到着したと正しく判断し, かつ緑が長い時間を走ったと誤って判断した場合)。

③ 出発時点と到着時点の判断はいずれも正しく, 時間判断を誤っている場合。これは出発時点と到着時点の判断からの論理的帰結が時間判断と一致しないので「C・W・NL」(Correct・Wrong・Non-Logical) と略称する。

④ 出発時点と到着時点のいずれか一方, あるいは両方の判断に誤りがあり, 時間判断が正しい場合。これは出発時点と到着時点の判断からの論理的帰結と一致しないので「W・C・NL」 と略称する。

⑤ 出発時点と到着時点のいずれか一方, あるいは両方の判断に誤りがあり, 時間判断も誤っており, 出発

時点と到着時点の判断からの論理的帰結と時間判断も一致していない場合で「W・W・NL」と略称する。

⑥時間判断は正しい場合も誤っている場合もあるが、いずれにしても出発時点と到着時点の判断からの論理的帰結と一致するのかわからないのか確定できない場合で「Uncertain」と略称する。(たとえば, 出発時点では「緑」が先にスタートし, 到着時点でも「緑」が先に止まったと判断した場合, 時間判断は「緑」「赤」「同じ」のいずれも論理的帰結としてありうる)

各カテゴリーに属する人数の割合を示したのがTABLE 3である。(ここで, 注意すべきことは, 「NL」の反応パターンにおいては, 子どもが出発時点, 到着時点から論理的に時間の比較判断を行わなかったことは確かであるが, 「L」の反応パターンは, 子どもが確かに論理的に思考したということを保証するものではない, ということである。3つの判断をそれぞれ直観的に行い, たまたまそれが見かけ上, 論理的につじつまがあっていただけかもしれない。)

TABLE 3 には, 出現率が偶然の生起率より有意に大

TABLE 3 Percentages of children in six categories about relations among Start (T2), Stop (T2), and Duration (T2) in Situations A and B for each grade

Situation	Grade	C・C・L ^a W・W・L C・W・NL W・C・NL W・W・NL Uncertain					
		(4) ^b	(22)	(7)	(22)	(22)	(22)
A	1	6	34	16	6*	9	28
	2	10	23	17	0*	30	20
	3	11	18	11	18	7	36
	4	50*	7	13	7	20	3*
	5	44*	8	25*	11	6*	6*
	6	44*	11	19*	11	0*	14
B	1	13*	28	19	19	3*	19
	2	13*	20	27	17	23	0*
	3	25*	11	18	21	21	4*
	4	27*	3*	47*	17	7	0*
	5	47*	0*	44*	6*	3*	0*
	6	56*	3*	31*	6*	3*	3*

^a C or W in the left side means that judgments of Start (T2) and Stop (T2) are both correct (C) or not (W); C or W in the middle means that judgment of Duration (T2) is correct (C) or wrong (W); L or NL in the right side means that the logical conclusion from the judgments of Start (T2) and Stop (T2) is consistent with the judgment of Duration (T2)(L) or not (NL).

^b Percentages in the chance level.

* Significantly smaller or larger than the chance level in the χ^2 test ($p < .05$).

きいまたは小さいかどうかの χ^2 検定 ($df=1$) の結果も示してある。出発時点と到着時点の判断, 並びに時間判断のすべてが正しいという子どもは学年とともに増加するけれども (6×2分割表に基づく χ^2 検定, $df=5$, の値は刺激画面AとBで各々32.85と24.70で有意), 6年生でさえ5割である。

ところで, 前述したように, 「C・C・L」でも論理的判断をしたという保証はない。しかし, もし「時間=終了時刻-開始時刻」の知識を用いて論理的判断を行っているなら, おそらく刺激画面AでもBでもそうしているであろう。そこで両刺激画面とも「C・C・L」に属した者の割合を算出すると, 1年生から6年生まで順に, .03, .03, .11, .27, .33, .44であった。

最後に, 出発・到着時点の正しい判断を先に行ったことが, 正しい時間判断を行う上で役立ったかどうかを調べた。TABLE 4 は, セッション T1で時間判断を誤った者について, (a)セッション T2の出発・到着時点判断が両方とも正しかったか否か, (b)セッション T2の時間判断が正しかったか否か, に従って4分類した結果である ((a)で正しかった人の方が, そうでない人よりも, (b)で正答した人の割合が高いかどうかを調べる)。出発・到着時点の判断結果を利用する能力に年齢差がある可能性があるため, 低学年と高学年に分けて調べた。刺激画面Aでは, 出発・到着時点の正しい判断を行った者は,

TABL 4 Classification of participants, whose judgments of Duration (T1) were wrong, into four groups according to judgments of Start (T2) and Stop (T2) and judgment of Duration (T2) in Situations A and B, for 1st, 2nd and 3rd graders and 4th, 5th, and 6th graders separately (numbers of participants; in parentheses, percentages)

		1st, 2nd, and 3rd graders		4th, 5th, and 6th graders	
		Duration (T2) ^b		Duration (T2)	
		C	W	C	W
A	Start (T2) C and Stop (T2) ^a W	4(24)	13(76)	12(43)	16(57)
		8(13)	54(87)	5(19)	21(81)
B	Start (T2) C and Stop (T2) W	6(30)	14(70)	8(22)	29(78)
		10(24)	32(76)	4(40)	6(60)

^a Judgments of Start (T2) and Stop (T2) are both correct (C) or not (W). ^b Judgment of Duration (T2) is correct (C) or wrong (W).

そうでない者より、その後正しい時間判断を行うことが多くなっている（検定の結果、1年生から6年生までを合わせたとき有意、 $\chi^2=30.05$, $df=1$ ）。しかし刺激画面Bでは、そのような傾向はみられない。

S D Sタイプの課題（刺激画面C） 刺激画面Cについても、セッションT1, T2, T3の各選択肢の反応率をTABLE 5にまとめた。セッションT3では「S」は距離、速さ、又は時間が同じという判断を、「R」は赤の自動車の方が、より長い距離を、より速く、又はより長い時間走ったという判断を、「G」は緑の自動車の方がそうであったという判断を表わす。正答は、セッションT2の出発・到着時点判断の場合が「R」である以外、すべて「S」である。TABLE 2と同様の検定結果も記してある。その他TABLE 5に関して次のような検定結果を得た。

1. 学年とともに時間判断の正答率は上がっている（T1, T2, T3の順に χ^2 の値は、48.73, 56.37, 57.10でいずれも有意、 $df=5$ ）

2. セッションT1, T2, T3と回を重ねるにつれ、時間判断の正答率は若干高くなる傾向が見られるが、Q検定（ $df=2$ ）の結果いずれの学年でも有意でなかった。

3. セッションT3の距離判断や速さ判断の正答率も学年とともに有意に上昇している（ χ^2 の値は、55.03, 50.83, $df=5$ ）。

次に、TABLE 3と同様に距離判断の正誤、速さ判断の正誤、時間判断の正誤の関係を、それが論理的に筋の通った関係であるかどうかという観点から6カテゴリーにわけ、各々に属する子ども達の割合を求めた。結果がTABLE 6である。距離判断、速さ判断、時間判

断のすべてが正しいという子どもは学年とともに有意に増加した（ $\chi^2=68.48$, $df=5$ ）。4年生以降7から9割である。その他のカテゴリーでは、すべて、実際の出現率が偶然の場合の期待値を有意に下まわることであっても超えることはない。

刺激画面A, Bの場合と同様、セッションT3で距離と速さの正しい判断を行ったことが、正しい時間判断を行う上で役立ったかどうかを調べた（TABLE 7）。 χ^2 検定の結果、低学年の場合と全学年こみの場合に有意で

TABLE 6 Percentages of children in six categories about relations among Distance (T3), Speed (T3), and Duration (T3) in Situation C for each grade

	C・C・L ^a	W・W・L	C・W・NL	W・C・NL	W・W・NL	Uncertain
Grade	(4)	(22)	(7)	(22)	(22)	(22)
1	6	31	13	16	16	19
2	30*	33	0	13	13	10
3	43*	7	18	7	18	7
4	80*	7	7	3*	3*	0*
5	89*	0*	6	3*	3*	0*
6	72*	3*	8	14	3*	0*

^a C or W in the left side means that judgments of Distance (T3) and Speed (T3) are both correct (C) or not (W); C or W in the middle means that judgment of Duration (T3) is correct (C) or wrong (W); L or NL in the right side means that the logical conclusion from the judgments of Distance (T3) and Speed (T3) is consistent with the judgment of Duration (T3) (L) or not (NL).

Note. Meanings of the other signs are the same as those in TABLE 3.

TABLE 5 Percentages of choices of three answer options (S, R, and G) in Sessions T1, T2 and T3 in Situation C for each grade

Grade	Duration (T1)			Start (T2)			Stop (T2)			Duration (T2)			Distance (T3)			Speed (T3)			Duration (T3)		
	(S)	R	G	S	(R)	G	S	(R)	G	(S)	R	G	(S)	R	G	(S)	R	G	(S)	R	G
1	38	31	31	0*	97**	3*	0*	94**	6*	22	28	50	47*	19	34	25	72*	3*	22	22 <	56*
2	23	40	37	3*	93**	3*	7*	73**	20*	37	27	37	57*	23	20	50	47 >	3*	43	13 <	43
3	29	32	39	0*	96**	4*	0*	100**	0*	43	22	36	82**	7*	11*	68*	21	11*	50	14	36
4	70*	10*	20	0*	97*	3*	0*	100**	0*	77*	17	7*	93*	0*	7*	87*	13*	0*	83*	3*	13*
5	86*	6*	8*	0*	100*	0*	0*	100*	0*	94*	3*	3*	100*	0*	0*	94*	6*	0*	92*	3*	6*
6	61*	8*	31	0*	100**	0*	3*	97**	0*	75*	11*	14*	100*	0*	0*	81*	17	3*	86*	3*	11*

S, R, and G in Distance (T3): "The two cars ran for the same distance", "The red car ran for the longer distance", and "The green car ran for the longer distance", respectively; S, R, G in Speed (T3): "The two cars ran at the same speed", "The red car ran faster", and "The green car ran faster", respectively.

* Significantly larger than the correct rate in Duration (T3) in the binominal test ($p<.05$).

Note. Meanings of other signs are the same as those in TABLE 2.

あった（各々、 χ^2 の値は、21.27, 30.05, $df=1$ ）

考 察

刺激画面A, Bを用いたSTタイプの課題（同時出発・同時到着で出発地点から到着地点の少なくとも一方が異なる）の時間判断は、同種の課題を用いた、そして小学生を参加者に含んでいる先行研究（Cohen, 1967; Henry, 1966; Levin, 1977; Lovell & Slater, 1960; Matsuda, 1996; Montangero & Gurtner, 1983; Papert & Voyat, 1967; 田山, 1986）と同様、あるいはそれ以上に難しかった。そして刺激画面Aを用いた時間判断では、前方に止まった方が長い時間走ったとする到着地点効果が、刺激画面Bでは後方から出発した方が長い時間走ったとする出発地点効果が示された。また刺激画面Bでは、同時に同地に到着しているので、到着時・地点効果によって「同じ時間」とする正答も低学年ではかなりあったのではないと思われる。なぜなら低学年児では刺激画面Aの方がBより易しいからである。これらの結果も、Matsuda (1996), Montangero & Gurtner (1983), 田山 (1986) とほぼ一致している。

さて、このように到着地点や出発地点の同異が、Matsuda (1996) で明らかにしたと同様に時間判断に大きく影響していることが示されたが、それでは出発・到着地点が異なることが出発・到着時点の同異の認知を誤らせたのであろうか。確かに低学年児においては、出発・到着時点が「同じ」という認知は必ずしも易しくない。特に地点が異なる場合は難しい。空間的に後

方である方が時間的により過去であると判断しやすいようである。しかし、出発・到着時点判断を誤ったから時間判断を誤ったとは言えない。なぜなら出発・到着時点判断の誤りと時間判断の誤りが論理的につじつまが合っている反応パターンの出現率は偶然のレベルかそれ以下である。そして刺激画面A, Bの両方の課題の成績を考慮すると、小学1, 2, 3年生では、出発時点、到着時点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4, 5, 6年生でも、せいぜい多くて3～4割程度と思われる。しかも、出発時点と到着時点を正しく判断し、それを記入し、その直後に同じ刺激画面を見て時間の判断をしても誤る者が、低学年児より高学年児にむしろ多い。これは、高学年児では出発・到着時点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る。それでも刺激画面Aを用いた時間判断では、先に出発・到着時点を正しく判断し記入することが、次の時間判断の正答率を若干高めるようである。しかし、刺激画面Bを用いた時間判断では、このわずかの効果もみられない。おそらく刺激画面Aの場合は、出発・到着時点の正しい判断が到着地点効果による誤答を減少させるのに対し、刺激画面Bの場合は、もともと到着地点効果は誤答をもたらさないからであろう。

では、子どもたちは「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識を持っていないのだろうか。小学2年の算数で、この計算を学習していること、そして日常的に使われている知識であることを考えると、4年生以上の高学年の子どももこの知識を持っていないとは考えがたい。ではその知識は持っているが、「開始時刻も同じで、終了時刻も同じだから、2つの時間は同じ」という論理的操作ができないのだろうか。しかし、2つの静止刺激の提示時間の比較であれば、開始・終了の時間的順序から時間の長さの比較判断を行うことは、かなり易しい（Levin, 1977）。したがって、本研究の刺激画面A, Bにおける時間判断の難しさは、刺激が運動するという事態に特有のものと思われる。このことについては後にさらに考察する。

さてSDSタイプの刺激画面Cを用いた課題（出発時点と到着時点が同じだけずれて、2つの走行時間が等しい）の時間判断の正答率は1, 2, 3年生の低学年児と4, 5, 6年生の高学年児の差が大きい。Matsuda (1996) や田山 (1986) の同種の課題と比較すると、年長児の正答率が本研究の方が高い傾向はあるが、あとまで走っていた時間が長いとする誤りが多いことは一致している。

TABLE 7 Classification of participants, whose judgments of Duration (T1) were wrong, into four groups according to judgments of Distance (T3) and Speed (T3) and judgment of Duration (T3) in Situation C, for 1st, 2nd and 3rd graders and 4th, 5th, and 6th graders separately (numbers of participants; in parentheses, percentages)

		1st, 2nd, and 3rd graders		4th, 5th, and 6th graders	
		Duration (T3) ^b		Duration (T3)	
		C	W	C	W
Start (T3)	C	11 (69)	5 (31)	16 (76)	5 (24)
and					
Speed (T3) ^b	W	5 (11)	42 (89)	3 (60)	2 (40)

^a Judgments of Distance (T3) and Speed (T3) are both correct (C) or not (W). ^b Judgment of Duration (T3) is correct (C) or wrong (W).

この課題の場合、出発・到着時点の判断は低学年児から易しいが、これが時間判断の正答率とは結びつかない。もし論理的に判断しようとするすると距離が等しいという認知と、速さが等しいという認知から「時間＝距離／速さ」の知識を用いて、時間が等しいことを導くことができる。距離と速さの判断は4年生になると9割の正答率になり、時間判断の正答率も4年生から急に高くなる。そして高学年児の7～9割は、距離、速さ、時間のすべてに正答している。勿論このことから、この刺激画面Cの課題で、多くの子ども達が「距離が同じで速さも同じだから、時間も同じ」という論理的判断を下したと結論することはできない。時間を直観的に判断して、たまたま合っていたのかもしれない。しかし、この課題の場合、距離と速さが等しいことを正しく判断し、かつそれを記入するということは、低学年児においてすら明らかに正しい時間判断を導く効果を持っていたのである。

以上2種のタイプの課題の結果を合わせて考えると、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・同時到着の認知がなかなか難しいし（特に地点が異なる場合は一段と難しい）、距離や速さが同じという判断もかなり難しい。言い換えれば、「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のであり、彼らにおけるこの種の課題の難しさの主要な原因は、知識を持っているか、正しい論理的操作を行っているか、といったこと以前のものである。5歳児のみを被験者としたFraisie & Vautrey (1952b) は、そもそもこの種の課題は、時間概念を調べるというよりは、子どもが何に基づいて時間評価を行うかを調べるものだ、と考えているが、小学校の低学年児においても、事情はよく似ているといえるだろう。

それに対しおよそ4年生以上の高学年生では、同時出発・同時到着の認知はかなり易しく、距離や速さが同じという認知はとても易しい。しかし特に前者の情報、論理的操作のために使われにくいようである。それは、時間判断をするときまでそれらの情報を記憶しておくことが難しいせいではない。また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人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は不活性である者が多いことが示唆される。それに対し、後者の距離や速さが同じという情報は、気づきやすくすることによって低学年児でさえ使用が促進されているようであり、「時間＝距離／速さ」

の知識は、比較的活性化しやすいのではないかとと思われる。このことは、なぜ運動刺激事態において、STタイプの課題が高学年児にとってさえ難しいのかということの原因も示唆する。すなわち彼らの知識体系の中には「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識も「時間＝距離／速さ」の知識も存在しているが、それらが互いに関係づけられていないのではないかとと思われる。Matsuda (1994) や松田他 (1995) によれば、小学3年生は時間と速さの反比例的關係（一方が大きくなれば他方が小さくなる）と時間と距離の比例的關係（一方が大きくなれば他方も大きくなる）をほぼ把握しており、小学4年生ともなれば多くの者は時間と距離と速さの関係を1つの関係概念として少なくとも定性的には把握しているのである。運動を含まない事態では、「時間＝距離／速さ」の知識が活性化されることがないから、「時間＝終了時刻－開始時刻」と「時間＝距離／速さ」の2つの知識が統合されていないことは問題にならないが、運動刺激事態では、「時間＝距離／速さ」の知識が役に立たないSTタイプの課題の場合でさえ、むしろその方が活性化し、誤答に至っているのではないかとと思われる。すなわちST課題の場合、「時間＝距離／速さ」の知識に基づいて、「速いから時間が短い」あるいは「距離が長いから時間が長い」と判断すればいずれも誤答になるし「速くて距離が長いから」という論拠からは、時間が短い、同じか、長いと確定することができない。すなわち、もし「時間＝距離／速さ」の知識を用いるなら、定量的にこの知識を使わなければ正当に至らないが、それは大人でも難しいだろう。さらに子どもたちは、運動刺激事態では「時間＝終了時刻－開始時刻」の知識が使えることに気づきにくいだけでなく、同時出発と同時到着を記録した直後でさえこの知識を使わないという本研究の結果から考えると、この知識が使えると考えない子どももいるのではないかとと思われる。実際のところ、小学校段階でこの2つの知識の関係づけや使い分けが直接的に教えられることはカリキュラム上ない。もちろんこの推測は、今後より直接的に調べられる必要のあることはいうまでもない。

また以上のような結果と考察は、学校教育の中で時間概念を教える際の問題点と改善点を示唆するだけでなく、教育実践においてCRTディスプレイ上に運動刺激を提示する場合の問題点も示唆する。たとえば小学5年生で「速さ」を教えるとき、「速さは単位時間あたりに進む道のり」として定義づけられ、しばしば2つの動体の速さ比べが導入として用いられるが、それは本論文の刺激画面Aのような形で視覚化が可能であ

る。しかし、教師の側が「同時出発で同時到着だから同じ時間」ということを自明のことと考えて、理解の促進のためにこのような運動刺激を提示しても、子どもにはかえって混乱の元になりかねない。したがって、原・松田(1997)が主張するように、理解度が低いといわれる「速さ」の授業に、このような視覚教材を導入する場合には、十分注意する必要がある。

引用文献

- Acredolo, C., & Schmid, J. 1981 The understanding of relative speeds, distances, and durations of movement. *Developmental Psychology*, **17**, 490—493.
- Cohen, J. 1967 *Psychological time in health and disease*. Springfield, IL: Charles C. Thomas Publisher.
- Fraisse, P., & Vautrey, P. 1952a La perception de l'espace, de la vitesse et du temps chez l'enfant de cinq ans. I. —L'espace et la vitesse. *Enfance*, **5**, 1—20.
- Fraisse, P., & Vautrey, P. 1952b La perception de l'espace, de la vitesse et du temps chez l'enfant de cinq ans. II. —Le temps. *Enfance*, **5**, 102—119.
- 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 —小学校5年生算数「速さ」はなぜ難しいか— 数学教育学論究, **67・68**, 29—41.
- Henry, K. 1966 Reprise de quelques expériences de Fraisse sur les relations du temps et de la vitesse. In J.-B. Grize, K. Henry, M. Meylan-Backs, F. Orsini, J. Piaget, et N. Van Den Bogaert-Rombouts, *L'épistémologie du temps*. Presses Universitaires de France. Pp.177—200.
- Levin, I. 1977 The development of time concepts in young children: Reasoning about duration. *Child Development*, **48**, 435—444.
- 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., & Globerson, T. 1984 The development of time concepts among advantaged and disadvantaged Israeli children. *Journal of Genetic Psychology*, **145**, 117—125.
- 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.
- 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 olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, **63**, 286—311.
- 松田文子・田中昭太郎・原 和秀・松田伯彦 1995 時間、距離、速さの関係概念の形成が小学5年生算数「速さ」の理解に及ぼす影響 発達心理学研究, **6**, 134—143.
- Montangero, J., & Gurtner, J.-L. 1983 Vitesse-fréquence, vitesse-déplacement et jugements de durée chez l'enfant. *Archives de Psychologie*, **51**, 369—384.
- Mori, I. 1976 A cross-cultural study on children's conception of speed and duration: A comparison between Japanese and Thai children. *Japanese Psychological Research*, **18**, 105—112.
- Papert, S., & Voyat, G. 1967 Le temps et l'épistémologie génétique. In M. Bovet, P. Gréco, S. Papert, & G. Voyat, *Perception et notion du temps*. Presses Universitaires de France. Pp. 105—145.
- Piaget, J. 1946 *Le développement de la notion de temps chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France.
- 藍 瑋琛・松田文子 1997 中学生における2つの動体の時間と距離の比較判断 発達心理学研究, **8**, 1—10.
- Richards, D.D. 1982 Children's time concepts: Going the distance. In W.J. Friedman (Ed.), *The developmental psychology of time*. New York: Academic Press.
- Siegler, R.S., & Richards, D.D. 1979 Development

of time, speed, and distance concepts. *Developmental Psychology*, **15**, 288—298.

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的研究 教育心理学研究, **34**, 211—219.

Voyat, G. 1977 Perception and conception of time: A developmental perspective. In B.S. Gorman, & A.E. Wessman (Eds.), *The personal experience of time*. New York: Plenum Press. Pp.135—160.

付 記

本研究で用いられたディスプレイ上の刺激作成には、島根大学理学部門田良実教授の開発されたシステムを利用しています。また本研究にご協力いただきました下田市立稲梓小学校の先生方，児童の皆様に心から感謝いたします。なお本研究の一部は，文部省科学研究費補助金基盤研究（B）（課題番号 08451028）の援助を受けました。

(1997.2.19 受稿, 11.15 受理)