

高校生における2つの動体の時間と距離の比較判断

内村 浩・藍 瑋琛

(2001年9月28日受理)

The duration and distance judgment of two moving objects by high school students

Hiroshi Uchimura and Lan Woei-Chen

High school students ($N=125$) viewed a screen of two cars traveling on two parallel tracks in the same direction, for particular durations and distances. They judged which car had run for the longer duration or the longer distance. Two cars were depicted in 13 different combinations. In addition, two types of scenes were depicted. In the first type the two cars ran on parallel tracks of the same length, and in the second type, there were no tracks. The results were as follows: (a) It was difficult even for high school students to judge duration at tasks where two cars started at the same time and stopped at the same time. It seemed not easy for the participants to use the knowledge structure "duration = temporal stopping point - temporal stopping point" at these kinds of tasks. (b) It was also difficult to judge distance at the symmetric tasks for time and space. (c) There were positive correlations between the mean rates of correct answer and the scores of examination in physics.

Key Words: Cognitive development, Duration judgment, Distance judgment, High school students

キーワード：認知発達、時間判断、距離判断、高校生

同方向に移動する2つの物体を子どもに見せ、動体の走行時間や走行距離を比較判断させることにより時間概念と空間概念の発達を調べるという研究は、Piaget (1946/1969) によって始められ、空間概念のほうが時間概念よりも早く発達すると考えられてきた。しかし、その後の研究によって、両概念の理解の程度を比較するために用いる課題そのものに問題があることが指摘されてきた (Acredoro & Schmid, 1981; Fraisse & Vautrey, 1952; Levin, 1977; Levin & Globerson, 1984; Siegler & Richards, 1979)。

Matsuda (1996) は、以上の問題を解決するために時間判断課題と距離判断課題が等価になるような課題を設定し、これをパーソナルコンピュータのディスプレイに呈示して、幼稚園児から小学5年生までを対象として調べた。その結果、幼稚園児においては時間判断課題と距離判断課題の困難度がほぼ等しく、小学生になると距離判断の方が易しくなることがわかった。この結果は、6歳半ごろまでの幼児では時間と空間の

概念が十分に分化しないものの、両者は同じような発達過程をたどることを示唆している。では、小学生の結果は、6歳半以降の空間概念の発達が時間概念のそれより先行することを示しているのだろうか。Matsuda (1996) は一応そう結論付けながらも、距離判断については走路やディスプレイの枠組みが判断の手がかりとして役立った可能性を指摘した。

そこで、藍・松田 (1997) は、Matsuda (1996) と物体の運動に関しては基本的に同じ刺激布置を用いながら、走路を取り除いたりディスプレイの枠組みもできるだけ手がかりになりにくくするなど、空間的手がかりをできるだけ取り除いて課題の対称性をさらに高めた課題を用意して、中学生を対象に実験を行った。その結果、実験事態の中に空間的手がかりがほとんどないとき、時間判断と距離判断は同程度に難しかった。このことから、それまでの距離判断が時間判断よりも易しいという結果は、概念発達の差というよりも、一般に実験事態の中に空間的手がかりが多く、かつ目立っていたことが原因と思われた。少なくともこのような2つの動体の走行時間と走行距離の比較判断という事

¹台北市立師範学院

態において必要とされる時間概念と空間概念は、幼稚園児から中学生まで、同じような発達過程をたどるという可能性が示唆された。

さて、Matsuda (1996) が設定した時間・距離の判断課題を用いて、これまでに4歳から11歳までの幼児、小学生、中学生、および大学生を対象としたいくつかの研究が行われてきた(松田・原田・六車, 1992; Matsuda, 1996; 原・松田, 1997; 藍・松田, 1997など)。高校生を対象にしたものとしては、内村・松田・藍(1997)、内村・谷村・松田(1998)、谷村(1999)の研究があるが、いずれも時間判断だけしか扱っていない。

これまでの研究によれば、一部の時間判断課題と距離判断課題においては、小学5年生でも正答率が5割に満たず、中学生ですら正答率が7割前後であり、まだほぼ完全な正答を行なう大学生のレベルには達していなかった。では、高校生ではこのような課題についてどのような傾向がみられるであろうか。このことを明らかにすることが本研究の第1の目的である。

ところで、時間と空間の概念の発達について知ることとは、発達心理学のみならず、学校での教科教育の立場からみても重要な意味を持つと思われる。松田・田中・原・松田(1995)は、時間、距離、速さの関係概念の形成が小学校5年算数「速さ」の理解に及ぼす影響を調べた。すると、2つの動体の走行時間、走行距離、および速さの比較判断の実験を繰り返し経験した児童は、そうでなかった児童にくらべ、算数の速さのテストでより高い成績を示したのである。このことから、高校生についてもこうした関係概念の形成が特定の分野の学習に何らかの影響を及ぼしているのではないかという推測ができる。例えば、物体の運動を扱う力学や天文学において時間と空間の概念はとりわけ重要であるので、時間判断・距離判断の成績とテスト成績との間に関係が見出されるかもしれない。そこで、このことを明らかにすることが本研究の第2の目的である。

なお、これまでの研究ではいずれも刺激画面をCRTに呈示して個別に実験を実施している。本研究では、多くの高校生を対象にして個別実験を行なうことは困難であるため、刺激画面を大型のスクリーンに投影して集団で実施することにした。

方 法

参加者：参加者は、広島県内のある公立高校で物理を履修している1年生44名、2年生46名、3年生35名、計125名であった。1年生と2年生については各々2つ

のグループに分け、3年生は1つのグループとして実験を実施した。どのグループも高校で物理を学ぶ条件(教材、授業担当者、試験問題など)は同じであった。なお、この高校には中学生のときに学習成績が不振であった生徒が多く入学している。

装置：刺激は、パーソナルコンピュータ(NEC、PC-9801EX)と大型液晶プロジェクターを用いて、教室正面に吊るした大型スクリーン(3.0m×3.0m)に投影され、これをグループ全員が同時に観察した。

刺激画面：いずれの刺激画面も、スクリーン上を赤と緑の2台の自動車(長さ25cm×高さ12cm。上の自動車が赤色、下の自動車が緑色)が左から右へ水平に等速直線運動した。自動車の走路の間隔は60cmであった。自動車はいずれも現れると同時に走り始め、止まると同時に消えた。自動車の走行時間は5.3sと10.6s、走行距離は120cmと240cm、速さは23cm/sと46cm/sのそれぞれ2種類用意し、出発時点、出発地点、到着時点、到着地点の各々が異なる場合と同じ場合の組み合わせにより、Table1のような13種の刺激画面(A~M)を用意した。なお、2つの自動車の走行時間の比が1:4の、判断の大変易しいと思われる練習用画面(T)を1つ設けた。以上の刺激配置は、走行距離と走行速度の具体的な数値を除けば、Matsuda(1996)や藍・松田(1997)と同一であった。

この13種の刺激画面を用いて走行時間判断と走行距離判断の両方を行なわせると、互いに対称な13課題対ができる。すなわち、Table1の最左欄の刺激画面(例えばB)で時間判断をさせる課題はその課題の最右欄に書かれた刺激画面(この場合D)で距離判断をさせる課題と対称である。わかりやすくするために距離判断課題の場合はD(B')のように刺激画面名をつけることにする。つまり刺激画面D(B')を用いた距離判断課題とは、刺激画面Dを用いた距離判断課題で、かつ刺激画面Bを用いた時間判断課題と対称であるという意味である。

さらに、各画面には「走路あり」と「走路なし」の2つの事態を用意した。走路あり事態では、自動車より先に白い走路(長さ240cm×幅4cm)が画面上に2本現れて、その2秒後に少なくとも一方の自動車がその上を走り始め、2つの自動車が両方とも消えた2秒後に走路も消えた。走路はいずれの画面でもスクリーンの中央に呈示された。この事態は、刺激画面がスクリーン上に大きく投影されたことと、画面全体の大きさに対する相対的な距離と速さ、及び走行時間が多少異なることを除けば、Matsuda(1996)のNonsalient versionと同条件である。一方、走路なし事態では、画面上には走路が呈示されなかった。しかも刺激の運動

Table 1 練習問題 (T) と13課題 (A~M) の刺激布置図、2つの動体時間・走行距離、出発・到着の地・時点の同異、及び時間と空間に関して対称な刺激画面名

刺激画面名	刺激布置図 ^a	走行時間(s)	走行距離(cm)	出発時点	到着時点	出発地点	到着地点	対称な刺激画面名
T		2.6 10.6	60 240	同	異	同	異	
A		5.3 5.3	240 240	同	同	同	同	A (A')
B		5.3 5.3	120 240	同	同	同	異	D (B')
C		5.3 5.3	240 120	同	同	異	同	E (C')
D		5.3 10.6	240 240	同	異	同	同	B (D')
E		10.6 5.3	240 240	異	同	同	同	C (E')
F		5.3 5.3	120 120	同	同	異	異	L (F')
G		5.3 5.3	240 120	同	同	異	異	M (G')
H		10.6 5.3	240 120	同	異	同	異	H (H')
I		5.3 10.6	120 240	異	同	異	同	I (I')
J		5.3 10.6	120 240	異	同	同	異	K (J')
K		5.3 10.6	120 240	同	異	異	同	J (K')
L		10.6 5.3	240 240	異	異	同	同	F (L')
M		10.6 5.3	240 240	異	異	同	同	G (M')

^a 実線：走行距離の布置 (左から右への運動), 点線：同時刻の2つの動体の位置関係

の呈示は、スクリーンの中央 (練習用画面T及び刺激画面A、H、J)、中央の場合より全体の刺激布置が26 cmほど左寄り (刺激画面C、D、E、I、K、L、M) と26 cmほど右寄り (刺激画面B、F、G) の3つの位置で現れた。このように走路なし事態では、距離の手がかりとして走路が利用できないだけでなく、運動刺激の呈示位置を変えているためにスクリーンの枠も距離判断の手がかりとして利用しにくくなるようにした

(特に到着地点が2つの自動車でいずれも右端である場合には、刺激布置の全体が左寄りにしてあり、到着地点が同じであるという判断にスクリーン枠が役立ちにくくなるように配慮した)。

以上のように、走路あり時間判断、走路なし時間判断、走路あり距離判断、及び走路なし時間判定の4種類のセッション (各13試行) で実験が構成された (上記の順にセッション1、2、3、4とする)。

結果

手続き：実験は課題を大型のスクリーンに投影して集団で行なった。各被験者はスクリーンからの距離が3 m から7 m の範囲で、隣の被験者と60 cm 以上離れるような位置に座った。時間判断セッション(セッション1と2)では「画面に赤と緑の2台の自動車が出てきます。2台とも左から右に走りますので、その動きを最後まで見ていて、どちらの自動車の方が走っていた時間が長かったかを答えて下さい。赤の自動車の方が長い時間走ったと思った時は「赤」に○を、緑の自動車の方が長い時間走ったと思った時は「緑」に○を、両方同じ時間走ったと思った時は「同じ」に○を付けてください」と教示を与え、回答用紙への記入の仕方を説明した。距離判断セッション(セッション3と4)でも同様に説明を行った。回答用紙への記入の仕方や課題の理解の徹底を図るために、本試行に入る前に、2つの自動車の走行時間の比が1:4の、判断の大変易しい練習用画面(T)を使って1回練習試行を行い、すべての参加者が正答していることを確認した。また、刺激画面に注意を集中しなかったことが誤答の原因にならないように、参加者から求めがあれば同じ画面を再呈示するようにした。被験者は前述したように5つのグループに分けたが、グループ毎に4つのセッションの順序を変えた。また、13刺激画面の呈示順序もグループごとに異なるランダム順序とした。各グループは各セッション間に約1分の休憩をとり、4セッション連続して行った。実験時間は約25分であった。

正答率：Table 2は判断別、学年別、事態別及び刺激画面別の正答率である。刺激画面Aを除き、判断対象である走行時間あるいは走行距離が「同じ」である課題(刺激画面B、C、F、G、L、Eを用いた時間判断課題とそれと対称な距離判断課題)で特に正答率が低いことが分かる。

また、学年別の距離判断課題の平均正答率は、いずれの学年においても、空間的な手がかりを少なくした走路なし事態の方が走路あり事態よりも低い。また、走路の有無に関わらず、高校生でも時間判断課題よりも距離判断課題の正答率が高いが、両者の差は走路なし事態の方が走路あり事態よりも縮まる傾向にある。以上のように、本研究の高校生の場合も藍・松田(1997)の中学生と同様な傾向を示した。

先行研究の平均正答率との比較：Table 3は、走路あり事態についての全課題の平均正答率を、先行研究(中学生については藍・松田、1997；小学生と大学生については松田・原田・六車、1992)の結果と比較して示したものである。これによると、本研究における高校生の正答率は、先行研究から予測されるものよりもかなり低いことがわかる。例えば走路あり事態の時間判断課題の平均正答率についてみると、高1と高2(ともに.75)は、中1(.79)と小5(.70)との中間程度であり、高3(.80)は中2(.86)よりも低く中1

Table 2 時間判断、距離判断における、学年別、事態別にみた13課題の正答率

	時間判断						距離判断						
	1年		2年		3年		1年		2年		3年		
	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	T	NT	
A	1.00	.98	.98	1.00	.97	1.00	A(A')	.95	.95	.98	.96	1.00	1.00
B	.50	.39	.60	.61	.57	.66	D(B')	.59	.55	.83	.54	.86	.80
C	.41	.61	.49	.54	.57	.71	E(C')	.66	.75	.85	.63	.83	.80
D	.98	.91	.84	.91	.89	.94	B(D')	.84	.84	.93	.89	.97	.94
E	.77	.57	.64	.63	.74	.77	C(E')	.82	.77	.93	.87	.91	.91
F	.66	.64	.64	.72	.86	.94	L(F')	.75	.64	.89	.63	.83	.89
G	.48	.34	.53	.52	.49	.63	M(G')	.57	.32	.74	.50	.66	.66
H	1.00	1.00	1.00	.98	.97	.97	H(H')	1.00	.98	.98	1.00	.97	.97
I	.89	.91	.89	.93	.91	.94	I(I')	.89	.91	.98	.91	.94	.97
J	.82	.86	.80	.83	.89	.80	K(J')	.80	.84	.89	.85	.61	.86
K	1.00	.93	.93	.98	.97	1.00	J(K')	.95	.98	.98	.96	1.00	.91
L	.41	.48	.49	.61	.66	.57	F(L')	.39	.59	.61	.63	.74	.71
M	.89	.77	.93	.80	.94	.91	G(M')	.98	.95	.96	.89	.94	.97
平均	.75	.72	.75	.77	.80	.84		.78	.77	.89	.79	.89	.88
SD	.23	.22	.18	.17	.17	.15		.18	.19	.11	.17	.10	.10

T: 走路あり事態, NT: 走路なし事態

Table 3 走路あり事態での時間判断、距離判断における13課題を込みにした学年別の正答率の比較

	小1	小3	小5	中1	中2	高1	高2	高3	大学
時間判断	.50	.65	.70	.79	.86	.75	.75	.80	.99
距離判断	.65	.74	.79	.89	.90	.78	.89	.89	.96

と同程度である。また、走路あり事態の距離判断課題の平均正答率についてみると、高1(.78)は小5(.79)と同程度であり、高2と高3(ともに.89)は中1と中2(それぞれ.89と.90)と同程度である。

時間判断課題と距離判断課題の正答率の相関：走路あり事態と走路なし事態について、同一刺激画面の場合及び対称刺激画面の場合の、時間判断課題の正答率と走行距離判断課題の正答率の間のピアスン相関係数(N=13)を求めた。相関係数は、同じ画面の場合はほとんど0であるのに対し(走路あり事態で.03、走路なし事態で.09)、対称画面の場合はいずれも有意に0より大きかった(走路あり事態で.92、走路なし事態で.92)。このことから、両事態ともに、走行時間判断における時間的諸属性と空間的諸属性の効果は、走行距離判断における対称な空間的諸属性と時間的諸属性の効果と類似していることが示唆される。

反応の内容分析：これまでの分析はすべて正答率(誤答率)を問題にしたが、誤答には2種類あるので、正答率が低い場合には誤答の内容も検討する必要がある。そこで、そのような課題(刺激画面B、C、F、G、L、Eを用いた時間判断課題とそれと対称な距離判断課題)における反応の内容を詳しく調べてみる。各課題ではいずれも3つの選択肢から1つを回答として選ぶようになっているので、各選択肢の選択率を示したのがTable 4である。この表には小学5年生のデータがMatsuda(1996)から、そして中学生のデータが

藍・松田(1997)から引用してある。なお、小5の実験条件は中学生の走路あり事態とほぼ同じである。小5でも中学生でも他の課題においては、時間判断課題・距離判断課題共に正答率は6割を越えている。

ここでは2種類の誤答は単純誤答と複雑誤答に分類してある。単純誤答とは、到着時間・地点から単純に推測した場合に当てはまる誤り、及び到着の時・地点がいずれも“同じ”である場合にかぎり出発の時・地点から単純に推測した場合に当てはまる誤りとする。複雑誤答は、残りの方の誤答である。すなわち、時間判断課題の場合には、刺激画面B、F、Gについては、到着地点が前方の方が長い時間走ったとする誤答が単純誤答であり、刺激画面Cについては、出発地点が後方である方が走行時間が長いとする誤答が単純誤答である。刺激画面Lでは、到着時点が遅い方を長い時間走ったとする誤答が単純誤答である。刺激画面Eについては、“同じ”が単純誤答である。一方、距離判断の場合には、刺激画面D(B'), L(F'), M(G')については、到着時点が後の方が長い距離走ったとする誤答が単純誤答であり、刺激画面E(C')については出発時点が先である方が走行距離が長いとする誤答が単純誤答であり、刺激画面F(L')については、到着地点が前方の方が長い距離走ったとする誤答が単純誤答である。刺激画面C(E')については“同じ”が単純誤答である。

Table 4は次のようなことを示している。

1. 同時出発・同時到着の刺激画面B、C、F、Gを用いた走路あり事態の時間判断課題の正答率は、高校生は小学5年生と比較すると少しは高くなるが、中学生と比較すると少し低く6割前後である。誤答は単純な誤答が多い。これらのことは、走路なし事態でもほとんど変わらない。

Table 4 課題B、C、F、G、L、Eを用いた時間判断、及び課題D(B'), E(C'), L(F'), M(G'), F(L'), C(E')を用いた距離判断において、単純誤答、複雑誤答、及び正答をした人数の割合

時間判断	B			C			F			G			L			E		
	単	複	正	単	複	正	単	複	正	単	複	正	単	複	正	単	複	正
小-T	.38	.18	.44	.38	.12	.50	.35	.32	.33	.35	.38	.27	.29	.12	.59	.24	.06	.70
中-T	.26	.05	.69	.25	.07	.68	.12	.04	.84	.23	.14	.64	.20	.11	.69	.22	.08	.70
中-NT	.16	.15	.69	.20	.12	.68	.09	.05	.85	.26	.09	.65	.20	.08	.72	.20	.07	.73
高-T	.30	.14	.56	.34	.18	.48	.19	.10	.71	.26	.24	.50	.36	.13	.51	.24	.04	.72
高-NT	.29	.16	.55	.26	.12	.62	.17	.07	.76	.36	.15	.49	.36	.08	.56	.23	.12	.65
距離判断	D(B')			E(C')			L(F')			M(G')			F(L')			C(E')		
	単	複	正	単	複	正	単	複	正	単	複	正	単	複	正	単	複	正
小-T	.18	.09	.73	.03	.18	.79	.12	.09	.79	.12	.12	.76	.59	.15	.26	.29	.09	.62
中-T	.05	.04	.91	.05	.04	.91	.03	.03	.95	.07	.11	.82	.39	.08	.53	.18	.00	.82
中-NT	.03	.23	.74	.01	.08	.91	.08	.20	.72	.07	.23	.70	.32	.07	.61	.14	.03	.84
高-T	.13	.11	.76	.11	.11	.78	.12	.05	.83	.13	.21	.66	.28	.15	.57	.09	.02	.89
高-NT	.13	.26	.61	.09	.19	.72	.13	.17	.70	.16	.36	.48	.29	.07	.64	.12	.03	.85

小：小学5年生， 中：中学生， 高：高校生， T：走路あり事態， NT：走路なし事態
 単：単純誤答， 複：複雑誤答， 正：正答

2. 上で述べた時間判断課題と対称な同地出発・同地到着の刺激画面D (B'), E (C'), L (F'), M (G')を用いた走路あり事態の距離判断課題は、7割前後の正答率しかなく、小学5年生と同程度で、中学生よりもかなり低い。そして、走路なし事態になると、いずれの課題も正答率は低下し、時間判断課題の正答率とほとんど変わらず、さらに複雑誤答が走路なし事態で多い傾向がある（この傾向は中学生と同じである）。

3. 刺激画面Lを用いた時間判断課題と刺激画面F (L')を用いた距離判断課題及び刺激画面Eを用いた時間判断課題と刺激画面C (E')を用いた距離判断課題では、走路の有無は正答率にも誤答の内容にもほとんど影響していない。いずれにおいても単純誤答が複雑誤答より多い（この傾向は中学生と同じである）。

平均正答率とテスト成績との相関関係：学年ごとに、各生徒の走路あり事態の時間判断課題及び距離判断課題の平均正答率と、高校物理の力学分野のテスト成績（1学期から2学期にかけて計3回のテストの合計得点）との間のピアソン相関係数を求めたところ、高1・高2・高3で時間判断課題はそれぞれ.53、.48、.40、距離判断課題はそれぞれ.50、.43、.38であった。また、どちらの課題どの学年でも、相関係数は有意水準 $p < .05$ で有意に0より大きかった。

なお、テスト問題の内容は、高校物理の教科書と問題集（いずれも第一学習社）に掲載された力学分野の基本的な計算問題が約70%（配点率）を占めていた。この中には時間と空間及び速さの関係概念を用いて論理的操作を行なうような計算問題が多く含まれていた。例えば、速さの単位を換算する問題、平均の速さを求める問題、相対速度を求める問題、あるいは等加速度運動する物体の位置や速度を予測する問題などが出題された。

考 察

高校生の正答率：先行研究の結果から推測すると、高校生であれば中学生と大学生の中間のかなり良い成績を示すであろうと期待されたが、本研究の結果はそのようにならなかった。しかし、判断対象である走行時間あるいは走行距離が「同じ」である課題（刺激画面B、C、F、G、L、Eを用いた時間判断課題とそれと対称な距離判断課題）で特に正答率が低いという傾向は、従来の研究と一致しており（Matsuda, 1996；藍・松田, 1997）、高校生においてもこのような課題に正答することは難しいことが本研究で示された。

それにしても、本研究の高校生たちの正答率が低かったのはどうしてだろうか。まず、判断の易しいと思わ

れる課題（AやHなど）ではほぼ全員が正答している（中学生よりも正答率が高い）ことからみて、実験の参加者が刺激画面に注意を集中しなかったり、真面目に実験に参加しなかったりしたことが原因とは考えられない。そこで、ここでは次のような可能性が考えられる。

1. 刺激の呈示方法の違い：先行研究ではCRTを用いたが、本研究では大型スクリーンを用いた。このために出発時点・地点や到着時点・地点の同異、あるいは距離や速さの同異の判断が正確に行ないにくかったかもしれない。

2. 本研究の参加者の特性：本研究の対象となった高校には中学生のときに学業成績が不振であった生徒が多く入学している。テストの成績と時間判断・距離判断の正答率との間に相関が認められたことから推測すると、本研究の参加者の中に時間判断や距離判断が苦手な生徒が多く含まれていたことが影響した可能性もある。

3. 高校での学習の影響：谷村（1999）の研究によると、高校生の時間判断パターンには「時間＝終了時刻－開始時刻」と「時間＝距離／速さ」の2つの知識の使い分けが大きく関与していることが示唆された。本研究の参加者は、時間・距離判断の実験に先立って、物理の授業で「速さ＝距離／時間」の関係式とそれを用いた計算問題を繰り返し学習したが、このことが時間と距離の比較判断パターンに何らかの影響を及ぼし、かえって誤答が誘発された可能性もある。

誤答の原因：以上のことをふまえて、高校生の誤答の原因についてももう少し詳しく検討してみる。Table 2で各刺激画面に対する時間判断は、「同じ」という比較判断を下すときの正答率が低い。まず、B、C、F、Gの刺激画面についてみると、これらはいずれも同時出発・同時到着で走行時間が等しく、出発地点または到着地点が異なっている事態である。Table 4で回答の内容をみると、BとFでは、到着地点が前方の方を「長い時間走った」と判断し、Cでは出発地点が後方の方を「長い時間走った」と判断して誤るものが多い。すなわち、地点という時間とは別次元の特性が大きく判断に影響していることがわかる。これらの事態ではいずれも出発時点あるいは到着時点が異なっているから、そのために同時出発・同時到着の認知が難しくなり、誤った時間判断をしたのかもしれない。しかし次に示すように、これらの課題の時間判断における誤りの主要な原因は、同時出発・同時到着を正しく認知できないことにあるのではない。

原・松田（1997）は、刺激画面D (B')とE (C')を用いて、同様に小学4、5、6年生に出発地点と到着

地点の同異の判断及び距離判断をさせている。そして距離判断における正答率の高さは、出発地点と到着地点の等しいことからの論理的判断によるというよりは、それらとは無関係な直観的な判断にかなり依存していることを示唆した。また、中学生を対象とした藍・松田(1997)の研究、及び高校生を対象とした本研究では、刺激画面D(B'), L(F'), M(G')を用いた走路なし事態の距離判断課題での正答率の低下が、このことをよく支持している。

以上のことから、同時出発・同時到着で走行時間が等しい時間判断課題における誤りの主な原因は、これらの時間判断において「時間=終了時刻-開始時刻」という知識を用いて論理的操作を行なえないことであると推測される。例えば、時間判断の走路なし事態において、高校1年生の課題B、Gの正答率が特に低いという結果は、この2つの課題が「時間=終了時刻-開始時刻」という知識を用いてのみ正しく回答できる課題であることから、谷村・松田(1999)の中学生のように、依然として「時間=距離」の不完全な知識を用いているものがあるということを示唆している。このように、時間判断において「時間=終了時刻-開始時刻」という知識を用いて「同時出発・同時到着だから同じ時間の長さ」という論理的操作をしないものが高校生でもかなりいることがわかる。一方、距離判断においても同様に、同地出発・同地到着の刺激画面D(B'), E(C'), L(F'), M(G')の判断パターンをみると、「距離=到着地点-出発地点」という知識を用いて「同地出発・同地到着だから同じ距離」という論理的操作をしないものがかなりいることが示唆される。

次に、刺激画面Lを用いた時間判断課題と、それと対象な刺激画面F(L')を用いた距離判断課題も正答率が低い。これらはMatsuda(1996)が分析したように、出発・到着の時・地点の順序から理論的な正答に至ることができない。もし理論的な判断をしようとすれば、時間判断であれば、速さが等しいという認知から、「時間=距離/速さ」の知識を使って「距離と速さが同じなので時間も同じ」と論理的に正答することが可能である。藍・松田(1997)は、この知識の形成と利用が、これらの課題に対する中学生の正答率を小学生よりも上げる要因であることを示唆している。ところが、本研究の高校生の場合、刺激画面Lを用いた時間判断課題の正答率は中学生よりもかなり低い。そして高校生のかかりのものが到着時点が遅い方を走行時間が長いとする単純誤答をしている。時間判断・距離判断の正答率と学校のテスト成績との間に相関関係が認められたことと考え合わせると、本研究の参加者の特性(学

習不振の生徒が多い)が平均正答率の低さに大きく影響した可能性を否定しきれない。

正答率とテスト成績との相関関係:時間判断・距離判断の平均正答率と物理のテスト成績との間に正の相関関係が認められたという結果は、両者の因果関係を直接示すものではない。しかし、この結果は、時間、距離、速さの関係概念の形成が高校物理の力学の学習成果に影響を及ぼしている可能性を示唆している。少なくとも、時間や空間の関係概念の形成が不十分か、あるいは知識は持っていたとしてもそれらを条件に応じて適切に使い分けて論理的操作を行なうのが苦手な生徒は、物理の学習で何らかのハンディを負っていると考えられる。このような生徒に対してどのような教育的支援が効果的かについても研究を進めたい。

ところで、時間判断や距離判断に必要な知識については学校で繰り返し学ぶ。例えば、「持続時間=終了時刻-開始時刻」「距離=一方の端から他方の端までの長さ」という知識は、学校で早い段階で教えられている(小学校2年算数で時間を計算したり、距離を測ることを学習)。他方、「時間=距離/速さ」の知識についても、小学4年生ともなるとかなりのものが定性的には日常的経験から自然に形成し(松田、田中、原、松田、1995)、かつ、小学5年生で算数の授業の中で定量的にこの関係を学習する。中学校になると、理科の授業で「時間=終了時刻-開始時刻」の知識と「時間=距離/速さ」の知識を統合して平均の速さについて学ぶ。さらに高校の物理では、この2つの知識と微分の考えを統合して瞬間の速さについても学ぶようになる。では、こうした基礎的な知識を高校生たちがどうして使えないのか(あるいは使おうとしないのか)が疑問として残る。前にも述べたように、高校の物理の授業で学んだ速さの知識が時間・距離判断に影響を及ぼしている可能性も考えられるが、このことについては今後の研究でさらに検討したい。

引用文献

- Acredolo, C., & Schmid, J. (1981). The understanding of relative speeds, distances, and durations of movement. *Developmental Psychology*, *17*, 490-493.
- Fraisse, P., & Vautrey, P. (1952). 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年算数「速さ」はなぜ難しいか. *数学教育学論究*, *68-68*, 29-41.

- Levin, I. (1977). The development of time concepts in young children: Reasoning about duration. *Child Development*, 48, 435-444.
- Levin, I., & Globerson, T. (1984). The development of time concepts among advantaged and disadvantaged Israeli children. *Journal of Genetic Psychology*, 145, 117-125.
- Matsuda, F. (1996). Duration, distance, and speed judgments of two moving objects, by four to eleven years olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, 63, 286-311.
- 松田文子・原田ひろみ・六車周二 (1992). 平面道路上の2つの動体の走行時間, 走行距離, 速さの比較判断に関する発達の研究 (I). *鳴門教育大学研究紀要 (教育科学編)*, 7, 153 - 173.
- 松田文子・原和秀・藍瑋琛 (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—走行時間の判断. *教育心理学研究*, 46, 41 - 51.
- 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校5年算数「速さ」の理解に及ぼす影響. *発達心理学研究*, 6, 134 - 143.
- Piaget, J. (1946). *Le développement de la notion de temps chez l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France. (Translated by A. J. Pomerance (1969). *The child's conception of time*. London : Routledge & Kagan Paul.)
- 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, 176 - 185.
- Sigler, R.S., & Richards, D, D. (1979). Development of time, speed, and distance concepts. *Developmental Psychology*, 15, 288-298.
- 谷村 亮・松田文子 (1999). 中学生が2つの動体の時間の比較判断に用いる知識. *発達心理学研究*, 10, 46 - 56.
- 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1部 (心理学)*, 48, 149 - 155.
- 内村浩・松田文子・藍瑋琛. (1997). 高校生における2つの動体の時間と距離の比較判断 (I) —時間判断の場合. *日本科学教育学会年会論文集*, 21, 445 - 446.
- 内村浩・谷村亮・松田文子 (1998). 高校生における2つの動体の時間と距離の比較判断 (II) —理科で学んだ速さの知識の時間判断への影響. *日本科学教育学会年会論文集*, 22, 285 - 286.

謝辞

本研究をまとめるにあたり、ご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いたします。

(主任指導教官 松田文子)