

幼児の一致タイミング課題における遮蔽の影響

Influence of masking in coincident timing task for young children

杉山 真人*

Masato SUGIYAMA*

要 旨

本研究は移動する刺激の情報が制限された時の幼児の反応様式を調べることを目的とした。被験者は3歳児10名であった。被験者は一定の速度で移動してくる光刺激に対して、あらかじめ設定された標的刺激（本実験ではS6）に光刺激が呈示された際、手元の反応キーを押すことにより、標的刺激と自身の反応を一致させることを求められた。ただし、標的刺激位置の直前2つの刺激ボックスを遮蔽することとした。刺激間間隔の異なる3つの速度条件（100ms、200ms、300ms）が実施された。試行数は各速度条件で15試行であった。恒常誤差（CE）変動誤差（VE）及び絶対誤差の誤差測度を用いて被験者の反応を分析した。その結果、VEにおいて300ms条件よりも100ms条件で有意に少ない誤差を示した。また、単純反応時間とすべての誤差測度の100ms条件との間に相関傾向が見られた。これらの結果から、遮蔽による刺激情報の制限を加えた場合においても速度条件の低速化に伴い誤差が増大することが明らかになった。これらは成人被験者に見られる特徴として報告されている知見であるが、幼児においても同様の傾向があると考えられる。すなわち、発達段階としては未熟な低年齢児においても成人被験者と類似した情報処理を行いつつあることを示唆している。また、単純反応と100ms条件という高速な反応が要求される事態の類似性が示されたことは、高速条件においては反応誤差が減少し、低速条件では増大する現象を説明する知見となる可能性がある。

キーワード：タイミング、幼児、刺激の遮蔽

1. はじめに

反応課題においては児童の単純反応を用いた反応の弁別や抑制機能に関する研究が行われている（Iida et al, 2010）。このように低年齢被験者を対象とした刺激に対する反応時の情報処理のメカニズムの解明が進んでいる。これは単純反応時間をもとにした情報処理機構を扱っているが、移動する対象物に対する反応について検討することも重要である。体育・スポーツ活動においては、外界の事象に自身の動作を一致させる事態は多く存在している。通常、タイミング能力として運動遂行

のための重要な役割を果たしている。タイミング能力に着目するとともにアスリートを対象とした研究としては Matsuo et al. (1993) の野球選手のバッティングを課題とした一致見越しタイミングの研究が挙げられる。この他、アスリートを対象とした一致タイミング課題に関する研究ではテニスの経験者、未経験者を対象とした研究なども行われている（Lobjois, 2006）。しかし、この能力は継続的なトレーニングを行っているアスリートに限らず、人々が日常動作を行う上でも欠かすことのできない重要な働きである。特に、心身の

* 本学発達教育学部ジュニアスポーツ教育学科

発達段階にある幼児のタイミング能力に着目することはその後の運動技能の獲得に寄与するものと考えられる。

幼児の一致タイミングに関して、杉山（2010）は3歳児から5歳児までの被験者と成人被験者を対象として一致タイミング課題を行わせた。その際、低速、中速、高速の3つの速度条件を設け、速度条件の影響及び発達の変化を検討している。その結果、発達の変化に伴い反応誤差が減少すること、移動する刺激の速度が高速になるほど誤差が減少することを見出している。

しかし、日常的な場面において柔軟かつ円滑な運動を実行しなければならない時には必ずしも速度変数のみに対応すればよいということではない。さらに、視覚的情報が制限された場合でも時空間の見積もりを適切に行うことによって柔軟に応答できる場合もあり、外部刺激が視覚的に制限された事態でのタイミング能力について検討されている。例えば、田島（2008）は一致タイミング事態において移動する刺激の一部を遮蔽する課題を用いて高齢者と大学生を比較した。その結果、一致タイミング能力は加齢の影響とともに反応直前の視覚情報量の減少によって低下することを明らかにしている。これは高齢者に限らず、ヒトの運動行動の円滑な実行のためには、外部刺激に対する視覚的情報の利用が大きな役割を果たしていることを示唆している。それはアスリートや一般成人において重要な能力であることを意味するが、体力や運動能力でより未熟である幼児においてはさらに重要な機能であると考えられる。すなわち、先行する視覚情報が幼児のタイミングにどの程度影響しているかを明らかにすることは幼児の動作の円滑な実行や技能の習得のために重要である。

以上を踏まえ、本研究では幼児を対象として、動的な視覚刺激の遮蔽がタイミングにどのような影響を及ぼすか、また発達過程におけるタイミング能力にどのような変化が現れるかを明らかにすることを目的とする。

2. 方法

被験者

保育園に通う3歳児10名（男児7名、女児3名、平均 3.80 ± 0.42 歳）であった。実験に先立ち、被験者の保護者から書面にて実験参加に関する同意を得た。

実験装置

実験で使用した実験装置を図1に示した。1個の刺激ボックスが被験者の前方に設置され、そこから3cm離れた位置に7つの刺激ボックスが配置された。前述の1個の刺激ボックスは予告刺激として利用するためのものであった。刺激ボックス同様に反応キーが被験者の前方に設置された。刺激ボックスと反応キーの距離は70cmであった。刺激ボックスの中央から赤色の光刺激（赤色発光ダイオード）が点灯する仕組みになっている。

実験課題

被験者は一定速度で移動する光刺激に対して、あらかじめ設定された刺激呈示位置（標的刺激位置：本実験では S_0 ）に光が呈示された際、手元の反応キーを押すことにより、標的刺激と自身の反応を一致させることを求められた。ただし、標的刺激位置の直前2つの刺激ボックスを遮蔽（以下遮蔽とする）することとした。反応キーはすべて利き手の人差し指、または人差し指と中指で押すこととした。

手続き

単純反応時間課題

一致タイミング課題を行う前にすべての被験者に対して単純反応時間（以後SRTと記す）の測定を行った。実験装置はテーブルの上に設置され、被験者はそのテーブルの正面に設置された椅子に座った。被験者の正面に赤色の光刺激が呈示される刺激ボックスが、さらに被験者の前方手前に反応キーが設置された。被験者は光刺激が呈示されるとできるだけ早く手元の反応キーを押すことを求められた。予告の合図から刺激の呈示まで

をランダムにすることにより被験者に刺激呈示を予測させないようにした。試行数は20試行であった。誤って刺激よりも早く反応した場合は再試行とした。

一致タイミング課題

SRT 測定の後、被験者は SRT 課題と同様に実験装置が設置されたテーブルの正面に設置された椅子に座った。その際、光刺激装置全体と反応キーが被験者の視野内に収まるように椅子の位置を調整し、また、被験者が反応キーを不自由なく押すことができるように反応キーを調整することにより、被験者が無理なく実験を遂行できるように実験装置を設定した (図 1)。

被験者が遂行する課題の速度条件は 100ms、200ms、300ms の 3 条件であった。すなわち、7 つの刺激ボックス間を移動する刺激間隔 (ISI : Interstimulus Interval) を上記 3 条件に設定した。本実験内においては相対的に 300ms 条件が低速、200ms 条件が中速、100ms 条件が高速と

位置づけられる。移動する光刺激の点灯時間は 100ms であった。試行間に 5~10秒間のインターバルを設けた。また、速度条件及び遮蔽条件の順序効果を相殺するために、被験者間でカウンターバランスをとった。なお、各速度条件間に 3 分間の休憩をとり、実験を遂行した。毎試行、刺激点灯時間が 100ms、刺激間隔が 1000ms の予告刺激を 3 回呈示されたのに続いて光刺激の呈示が開始された。なお、本実験は 1 つの被験者群として 3 歳児を採用しているため、課題に関する説明を入念に行うとともに、実験開始に先立って練習を十分に実施した。

分析方法

反応誤差

被験者の光刺激に対する反応特性について検討するために、恒常誤差 (Constant Error : 以後 CE と記す)、変動誤差 (Variable Error : 以後 VE と記す)、絶対誤差 (Absolute Error : 以後 AE と記す) の測度を用いて分析を行った。

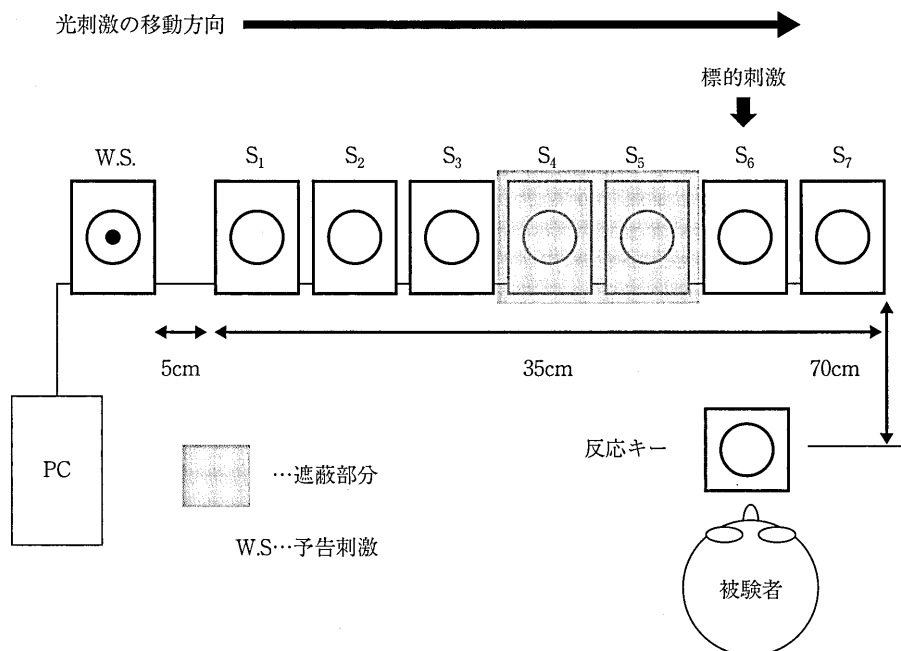


図 1 実験装置

恒常誤差 (CE)

まず、目標に対する被験者の反応の偏向を分析するために、恒常誤差を次式により算出した。

x_i は被験者の各反応時間、 T は標的刺激 (本研究では S_0)、 n は被験者が遂行した試行数を表す。本研究では標的刺激 S_0 を基準値 0 とし、その基準からの反応 (R_0) を誤差としているため、CE は標的刺激に対する反応の偏りの指標である。また、被験者内の反応の平均値とみなすことができる。

$$CE = \frac{\sum (x_i - T)}{n}$$

変動誤差 (VE)

次に、被験者の反応の変動性を分析するために、変動誤差を次式により算出した。

x_i は被験者の各反応時間、 M は被験者内の平均値、 n は被験者が遂行した試行数を表す。

$$VE = \sqrt{\frac{\sum (x_i - M)^2}{n}}$$

絶対誤差 (AE)

被験者の反応の正確性を分析するために、AE を次式により算出した。標的刺激と被験者の反応の間の誤差の大きさの指標であり、正確性の判断基準となる。

$$AE = \frac{\sum |x_i - T|}{n}$$

統計的検定

年齢及び速度条件における反応の違いを明らかにするために、CE、VE 及び、AE の平均値について、速度条件 (3 : 低速、中速、高速) の対応のある 1 要因分散分析を行った。

さらに、被験者の反応の速さと遮蔽を伴う一致タイミングの正確性の関係を検討するために、SRT の平均と CE、VE、AE の各反応誤差との相関分析を行った。

3. 結果

反応分布の特徴

図 2 は各速度条件の反応の度数分布である。100ms 条件では約 480ms 近傍に反応が集中している。他方で 200ms、300ms では反応が広範に渡っていることがうかがえる。また、 ± 0 ms、すなわち刺激呈示を基準とした場合、すべての条件において反応が遅れる傾向を示した。この傾向を統計的に検討するために以下で反応誤差の分析を行った。

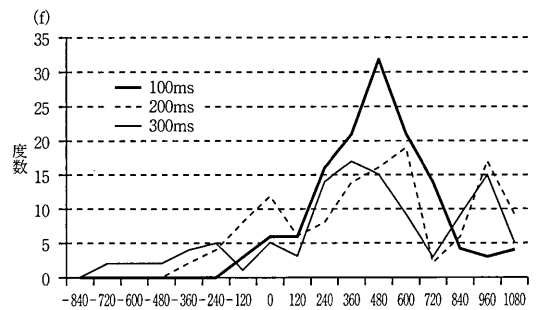


図 2 各速度条件における反応の度数分布

反応誤差

速度条件の反応誤差への影響を明らかにするために、各誤差測度において、一要因の分散分析を行った結果、VE に有意な主効果 ($F(2, 18) = 6.08, p < 0.05$) が見られた (図 4)。主効果が有意だったことから多重比較を行ったところ、100ms 条件よりも 300ms 条件で有意に大きな誤差を示した。その他の条件間に有意な差は見られなかった。図 3、図 5 に示した通り、CE、AE に関しては統計的に有意な差は見られなかった ($CE : F(2, 18) = 0.00, p > 0.1, AE : F(2, 18) = 1.41, p > 0.1$)。

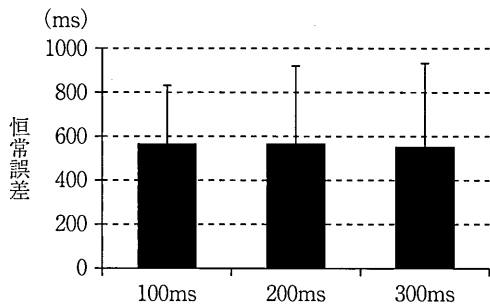


図3 速度条件間の恒常誤差の比較

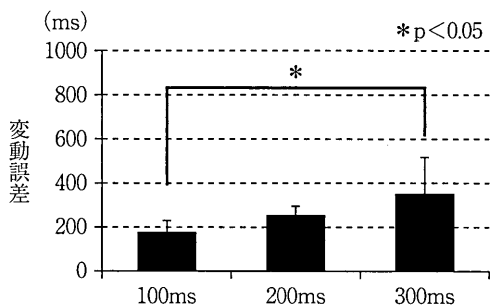


図4 速度条件間の変動誤差の比較

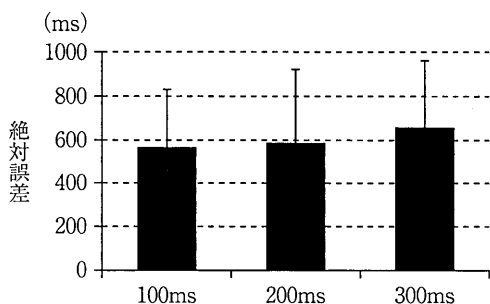


図5 速度条件間の絶対誤差の比較

相関分析

SRTの平均とCE、VE、AEの各反応誤差との相関分析を行った(表1)。その結果、SRTとCE及びAEにおける100ms条件との間に正の相関関係が見られた(CEの100ms条件: $r = 0.70$, $p < 0.05$, AEの100ms条件: $r = 0.71$, $p < 0.05$)。また、SRTとVEの100ms条件との相関において有意傾向を示した($r = 0.63$, $p < 0.1$)。SRTと各反応誤差の200ms条件及び300ms条件との間に有意な差は見られなかった。

表1 単純反応時間と各速度条件における反応誤差との関係

	100ms条件	200ms条件	300ms条件
恒常誤差	0.70 *	0.38 n.s.	0.42 n.s.
変動誤差	0.63 †	-0.10 n.s.	-0.16 n.s.
絶対誤差	0.71 *	0.36 n.s.	0.48 n.s.

* $p < 0.05$ † $p < 0.1$

4. 考察

本研究は一致タイミング課題における部分的な刺激の遮蔽が幼児のタイミング能力にどのような影響を与えるかを検討することを目的とした。

被験者の反応誤差の分析を行ったところ、VEにおいて100ms条件よりも300ms条件で有意に大きな誤差を示したことから、速度条件が低速になるのに伴って反応のばらつきが大きくなることが明らかとなった。通常、速い速度条件の対象物に対する反応よりも遅い速度条件の対象物に対する反応の方が、誤差が大きくなることが報告されている(Schmidt & Lee, 1999, Newell et al, 1980)。特に、Schmidt & Lee (1999)は次のように主張している。すなわち、素早い反応が求められる場合、反応のための動作が開始されるのは遅い動作の場合と比較して刺激がより標的刺激位置に接近してからであると考えられ、そのため素早い動きを開始する前に刺激の接近をより長く待つことになる。その結果、刺激の到達に対する正確な見積もりが可能となる、という主張である。また別の視点からは、速い動作は遅い動作よりも変動性が低く安定した動作を行うことができるという主張である。このため低速条件の方が高速条件よりもばらつきが少なくなると思えることができる。本研究とは実験条件は異なるものの、外的な刺激対象に対して正確な一致タイミングが求められる点では同一であることから、上記の報告と同様の機構が働いている可能性が考えられる。しかし、先の研究は成熟したヒトを前提とした説明であるため、必ずしも幼児におけるタイミングも同じ枠組みで説明することができるとは限らない。この点に関して、杉山(2010)は3歳児から5歳児幼児

を対象として、遮蔽のない一致タイミング課題を行った。その結果、成人被験者と同様に、速度条件の低速化に伴い、誤差が増大する傾向を示したと報告している。すなわち、幼児においてもタイミングの調節は成人被験者と同様の機構が働いていると推察され、さらに、幼児を対象として遮蔽による情報の制限を行った場合においても Schmidt & Lee (1999) の主張と類似した機構が働いていると考えられる。

この機構の働きを裏付けるために、SRT と各誤差測定との関係について相関分析の結果から検討すると、CE 及び AE の100ms 条件に有意な差が見られ、VE に有意傾向が明らかになった。他方で、200ms 条件や300ms 条件のように比較的低速な速度条件下では両者に差は見出されなかった。100ms 条件という高速条件下では反応のための素早い動作が要求されると考えられる。同様に単純反応における動作も刺激の点灯に合わせて情報処理を行うとともに素早い動作として反応が実行されると考えられる。このことから、もし100ms 条件においても低速条件下と同様の情報処理を行っているのであれば各反応誤差と SRT との間に相関が見られないことが考えられる。つまり、本研究においては、高速条件下の反応と SRT との間には課題の性質の共通性が認められたことから、高速条件下での一致タイミング課題においては SRT と同様の情報処理を行っていた可能性が考えられる。

さらに、この高速条件下の反応と単純反応の結果の類似性から変動誤差における高速条件(100ms 条件)と低速条件(300ms 条件)の差(図4)について検討すると次のことが考えられる。単純反応には素早い情報処理と同時にバリスティックな動作の実行が求められるが、反応の類似性という点から、100ms 条件においても同様の情報処理及び反応が行われていたと考えられる。このため、高速条件下では遮蔽による情報の制限に影響を受けることなく反応を安定して遂行できるものと考えられる。他方で、低速条件下は刺激の開始から標的刺激到達までの時間が比較的

長く、多様な動作の実行が可能になる。これに加えて遮蔽による情報の制限が加えられることによって時間的な見積もりが不正確になり、結果として反応誤差のばらつきが大きくなったと推察される。このことは、低速条件下での反応は、SRT と異なる動作の実行がなされていると考えることができ、さらに高速条件と低速条件では情報処理の様式が異なっていることが推察される。これらの知見からさらにいえることは、3歳児の一致タイミング能力の発揮のために低速条件下では刺激の移動開始から標的激到達までの一連の刺激を視覚的に利用していると考えられる。したがって、正確な反応のためには反応直前までの視覚的情報の利用が重要な役割を果たしていることが示唆される。一方で、高速条件下の反応では、呈示される刺激を部分的な利用にとどめている可能性が考えられる。また、低年齢児であるため、高速な刺激の視覚的追従が十分になされていない可能性も考えられる。このように高速条件下において呈示される刺激の情報を幼児がどのように利用しているかについては今後更なる検討が必要である。

本研究の被験者である3歳児では、左から右に直線的に呈示される光刺激を十分に視覚的に追従することは困難であったといえる。先行研究においても、5から6歳までには水平面の動く対象物を正確に追従できるようになり、8から9歳までに、弧を描くボールの軌道を追従できるようになるとの報告がある(Gallahue et al, 2012)。このことは、移動する対象物を十分に追従できるようになるまでには、十分な時間と身体的な発達が必要であることを意味している。しかし、3歳児であろうとも、全く不正確な反応を示すのではなく、低年齢児の段階から徐々に追従及びタイミングの正確性が向上していくことが明らかとなった。また、本研究における課題はボタン押しという動作も関与することから、視覚的追従だけではなく、目と手の協応動作という側面もある。これらの点から、本研究は視覚的追従や協応動作の成立までの過程の分析のための基礎的資料として位置づけることができる。

以上の考察を踏まえ速度条件の違いによる反応誤差の変化に言及すると、発育発達期にある幼児特有の要因も考えられる。300ms条件という遅い速度条件においては、光刺激の視覚的追従が高速条件における光刺激の追従よりも容易である一方で、反応のための動作の自由度も同時に大きくなることから、動作が十分に円滑ではない幼児においては反応が不安定になった可能性が考えられる。他方、刺激に関する情報の制限については、幼児を対象とした本研究においても、速度条件の影響を受けて誤差が変化するといえる。

本研究は被験者が10名であり決して多い幼児を対象としたとはいえない。そのため今後の課題として、さらに被験者を増やした上での検討が必要である。そして、被験者の対象年齢を拡張することによって発達の変化を明らかにすることも必要であると考えられる。また、動的な刺激に対する処理は日常生活との密接な関係が挙げられることから(飯田ら, 2010)、低年齢被験者の刺激に対する応答と日常生活活動との関連性について検討することも必要であると考えられる。

引用文献

- Gallahue, D. L., Ozmun, J. C., and Goodway, J. D. (2012) Understanding motor development: Infant, Children, Adolescents, Adults (7th). New York, United States: McGraw-Hill.
- 飯田悠佳子・宮崎真・関口浩文・上田有吾・鳥居俊・内田直(2010) 前思春期男女児童の日常生活活動の特性と視覚性Go/Nogo課題応答性発育発達研究45, 1-10.
- Iida, Y., Miyazaki, M., and Uchida, S (2010) Developmental changes in cognitive reaction time of children aged 6-12 years. *European Journal of Sport Science*, 10, 151-158.
- Lobjois, R., Benguigui, N., and Bertsch, J. (2006) The effect of aging and tennis playing on coincidence-timing accuracy. *Journal of Aging and Physical Activity*, 14, 75-98.
- Matsuo, T., Kasai, T., and Asami, T. (1993) The

improvement of coincidence anticipation timing task with bat-swing. *Journal of Human Movement Studies*, 25, 99-119.

Newell, K. M., Carlton, L. G., Carlton, M. J., & Halbert, J. A. (1980) Velocity as a factor in movement timing accuracy. *Journal of Motor Behavior*, 12, 47-56.

Schmidt, R. A., and Lee, T. D. (2005) Motor control and learning: A behavioral emphasis (4th.). Champaign, IL: Human Kinetics.

杉山真人(2011) 動的光刺激に対する反応特性の年齢による比較—幼児の反応傾向に着目して—愛媛女子短期大学紀要, 22, 59-66.

田島誠(2008) 一致タイミング・スキルに対するエイジングの効果川崎医療福祉学会誌17(2), 381-387.

付記

本研究は、科学研究費補助金若手研究(B)(課題番号:22700606)の助成を受けて行われたものである。