

視覚的な注意の瞬きに対する聴覚刺激の影響

仲田 愛^{†1}

本講演では、第 178 回 ヒューマンコンピュータインタラクション・第 48 回エンタテインメントコンピューティング合同研究発表会にて発表した論文について概説致します。

概説

視覚刺激の提示時に聴覚刺激を同期させて提示すると、視覚刺激の知覚がしやすくなる現象が知られている。連続する視覚刺激を知覚させる高速逐次提示の実験では、2 番目の標的刺激が知覚できないという「注意の瞬き」現象も、聴覚刺激の同時提示によって抑制される。本研究では、聴覚刺激の提示時刻と提示頻度の効果について検証した。実験における 2 つの標的刺激の刺激提示時間間隔は 250ms であった。まず、提示時刻の同期性を 2 番目の標的刺激の提示時刻を基準に変化させた場合の効果調べた。2 番目の刺激提示よりも 175ms 前、125ms 前、0ms 前 (T1 と同時提示) の 3 つの条件を設定し、聴覚刺激を提示した。その結果、標的刺激と聴覚刺激の提示タイミングに有意な交互作用が見られた ($F(1, 29) = 4.39, p < .001$)。下位検定の結果、2 番目の標的刺激と聴覚刺激を同時提示した条件と、175ms 前、125ms 前、0ms (T1 と同時提示) の時に聴覚刺激を提示した条件、聴覚刺激を提示しなかった条件間に有意差がみられた (同時提示: $p = .000, p < .001$, 175ms 前: $p = .041, p < .05$, 125ms 前: $p = .014, p < .001$, 0ms (T1 と同時提示): $p = .023, p < .05$)。125ms 前に聴覚刺激を提示した条件における 1 番目と 2 番目の標的刺激の平均正答率を比較した結果、有意な差がみられなかった ($t(1, 28) = 1.94, p = .061$)。視覚的な注意の瞬きの聴覚的な抑制効果の提示時間範囲に関しては、2 番目の標的刺激の提示時刻よりも 50ms 前の範囲まで聴覚刺激の効果があることが示された。さらに聴覚的な妨害刺激を与えながら、視覚的な高速逐次提示をした実験では、標的刺激画像が出現した場合は弁別音を提示した。その結果、標的刺激に対する聴覚刺激を与えた条件と聴覚刺激の提示タイミングに有意な交互作用が見られた ($F(1, 29) = .029, p < .05$)。175ms 前に聴覚刺激を提示した条件における 1 番目と 2 番目の標的刺激の平均正答率を比較した結果、有意な差がみられた ($t(1, 28) = 4.294, p = .000$)。したがって、注意の瞬きの抑制は生じていないことが示唆された。

キーワード: 注意の瞬き 高速逐次提示 視聴覚統合 視覚 聴覚 注意

Keywords: attentional blink, Rapid Serial Visual Presentation, RSVP,

^{†1} Tokyo Institute of Technology

1. はじめに

非常に短い時間に同時に情報が呈示された場合、私たちの注意を必要とする情報処理は時間的に追いつかないことがほとんどだといえる。これは聴覚的にも視覚的にも言われることだがここで視覚的には高速の紙芝居のように次々と変わる刺激を 1sec 間に 16 個提示し、その中に 1 つのみ存在するターゲット刺激の同定を行わせた。その結果、ターゲットへの同定率は約 70% だった (Lawlence, 1971)。時間的に近接した刺激を処理することは非常に困難であることがわかる。このような注意の時間的な側面の限界を示した代表的な現象に注意の瞬きがあげられる。

(1) 注意の瞬きとは

注意の瞬きとは、高速逐次視覚提示 (Rapid Serial Visual Presentation) で提示される妨害刺激の中に埋め込まれた二つのターゲット刺激を同定しようとするとき、先行ターゲット (以降 T1) の後 300 ミリ秒以内に提示される後続ターゲット (以降 T2) の検出率が低下する現象のことである。注意の瞬きは Brodbent & BroadBent (1987) によって報告されて以来、様々な知見が得られている (Brodbent & BroadBent, 1987)。注意の瞬き現象は、聴覚と視覚のモダリティ間で観察されており、過去の研究では聴覚刺激の呈示により視覚的な注意の瞬きが抑制されるという報告がされてきた。

(2) 先行研究

Olivers et al. (2008, 2013) らは視覚的な注意の瞬きのメカニズムを調べるために聴覚刺激を複数のタイミングで提示する実験を実施した。その結果、視覚刺激と聴覚刺激を同時提示した場合に最も T1 の正答率が高くなり、注意の瞬きが回避されたとした (Olivers, Van der Stigchel, & Hulleman (2007; Olivers & Meeter, 2008))。ターゲットの前に聴覚刺激としての単音を提示する条件を次の通り設定した。まず T2 と T1 の前に妨害刺激が 1 枚提示される条件 (以降 lag1)、次に妨害刺激が 2 枚提示される条件 (以降 lag2)、続いて 5 枚提示される条件 (以降 lag5)、最後に T2 と同時に提示する条件であった。実験に対し、音をターゲットの前に提示する場合はその音が警告やヒントの役割を持つだろうと仮説を立てた。一方、同時提示する場合は後者の場合は音があることによって T2 を Pinning (「ピン留め」) するような役割を持つだろうと仮説を立てた。

また、A.Yagi らは聴覚刺激の弁別課題を追加で課し、三重課題を設定して聴覚刺激の呈示と注意の瞬きの影響の関連を検討した。しかし、その成績を高める聴覚刺激の効果はどこまでなのかは示されていない。

2. 目的

本研究では高速逐次視覚提示において注意の瞬きが発生する条件で、視覚と聴覚の刺激呈示方法の違いにより、聴覚刺激が注意の瞬きの抑制に影響を与えるのか、さらに両刺激の時間差が注意の瞬きの抑制とどう関連しているのか調べることを目的とした。

3. 実験内容と方法

実験 1

高速逐次視覚提示において注意の瞬きが発生する条件で SOA におけるどの位置で聴覚刺激を呈示することが注意の瞬きの抑制させるのかを検討することを目的とした。具体的には、T2 の前に聴覚刺激を呈示した場合に注意の瞬きの抑制がみられるのか、T2 と同時に聴覚刺激を呈示した場合に注意の抑制が見られるのか、またはその両者の条件下で注意の瞬きの抑制が見られるのかを検証し、聴覚刺激のもつ効果の範囲を明らかにすることを目的とし実験を実施した。

方法

1000ms の固視点から 1 試行を開始した。次にブラック画面を 25ms 表示した。その後、23 枚の象形文字の中からランダムに 75ms 提示し、その後マスク刺激を 50ms、最後にブラック画面を 25ms 表示するという順番で提示した。T1 と T2 の時間間感覚である SOA は 250ms だっ

た。これは、聴覚刺激と視覚刺激を統合させて知覚する場合に必要とされるためだった (Fujisaki, 2003)。RSVP 課題では合計 23 枚の文字刺激を提示した。まず 12 枚の妨害刺激を提示し、続いて 1 つ目のターゲット刺激を提示した。その後 lag の枚数に伴って残りの妨害刺激を提示した。最後に 2 つ目のターゲット刺激を lag1、2、5 に沿って提示した。lag の時間と刺激は先行研究と同様のものを使用した。ターゲットは英文字を使用した。参加者が試行を繰り返すうちに象形文字に慣れることを避けるため、75ms で表示されるターゲットと妨害刺激のタイミングを試行ごとにずらした。

実験参加者

東京工業大学の学生、社会人の 10 名 (男性 8 名 : 女性 2 名 : 平均年齢 26 歳) が実験参加者だった。視力、聴覚ともになんらかの障害はなかった。

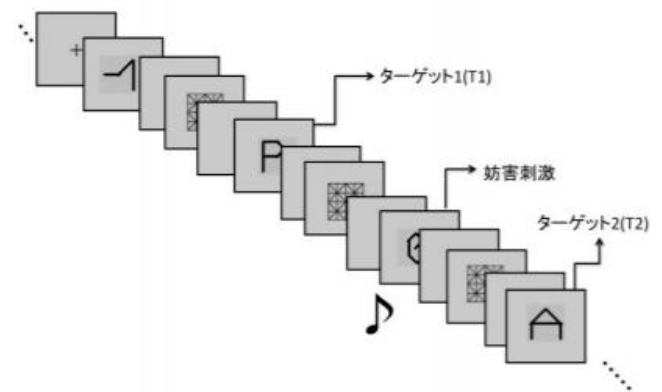


図 1 聴覚刺激の提示タイミングを変えた実験の流れ

実験 2

聴覚刺激をターゲットに対してのみ呈示する条件と、課題中呈示し続ける単音とそれを弁別するための音を設け、顕著性を増したことによって注意の瞬きが起きるかを検証することを目的とした。試行中は、注視点、ブランク、マスク刺激、妨害刺激、ターゲットに同期させ聴覚刺激を呈示した。ターゲット刺激の前もしくは同時に聴覚刺激を呈示する場合は 700 Hz の音を 50ms 鳴らした。それ以外は 700 Hz の音を 50ms 鳴らした。

さらに、音と画像の呈示時間差と T2 の正答率のピーク時の関連を調べるために試行中になり続ける音とターゲットに応じてなる音の 2 つを用意し、聴覚刺激を活性化させた状態でも注意の瞬きの抑制現象が起きるのかを確認することを目的とした実験を実施した。注意の瞬きの抑制率は、T1 の正答率に対する T2 の正答率の割合として定義した。

方法

1000msの固視点から1試行を開始した。次にブラック画面を25ms表示した。その後、23枚の象形文字の中からランダムに75ms提示し、その後マスク刺激を50ms、最後にブランク画面を25ms表示するという順番で提示した。T1とT2の時間間隔であるSOAは250msだった。RSVP課題では合計23枚の文字刺激を提示した。まず12枚の妨害刺激を提示し、続いて1つ目のターゲット刺激を提示した。その後lagの枚数に伴って残りの妨害刺激を提示した。最後に2つ目ターゲット刺激をlag1、2、5に沿って提示した。lagの時間と刺激は先行研究と同様のものを使用した。ターゲットは英文字を使用した。参加者が試行を繰り返すうちに象形文字に慣れることを避けるため、75msで表示されるターゲットと妨害刺激のタイミングを試行ごとにずらした。

実験参加者

東京工業大学の学生、社会人の10名(男性8名:女性2名:平均年齢24.5歳)が実験参加者だった。視力、聴覚ともになんらかの障害はなかった。

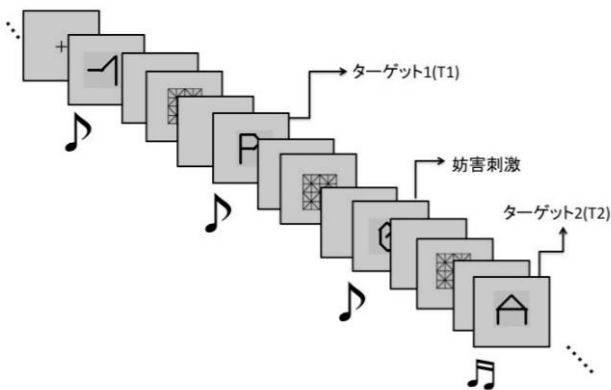


図2 聴覚刺激を複数提示した実験の流れ

音提示のタイミングとlagごとへのT1とT2の平均正答率を表4にまとめた。先行研究では、聴覚刺激を提示するタイミングにおいて、T2と同時提示する条件とT2より前に提示する条件で注意の瞬きが抑制されたとあったため、その点に着目すると、T2と同時提示した場合のT2のlag2における平均正答率は68.03%(SD=14.57)であった。この値はそれ以外のlagに対する平均正答率よりもやや低かった。また、T2より前に聴覚刺激を提示した場合のlag2に対するT2のlag2における平均正答率は64.07%(SD=21.80)だった。

4. 結果

実験1の結果

聴覚刺激の提示タイミングを条件としたlagごとへのT1とT2の平均正答率を表1にまとめた。

T2と同時提示した場合のT2のlag2における平均正答率は68.03%(SD=14.57)であった。この値はそれ以外のlagに対する平均正答率よりも低かった。

また、T2より前に聴覚刺激を提示した場合のlag2に対するT2のlag2における平均正答率は64.07%(SD=21.80)だった。

聴覚刺激によって注意の瞬きが抑制されているのかを確認するために音有条件(水準:T2の前(lag1(250ms), lag2(500ms), lag5(750ms))に沿って聴覚刺激を提示する場合、T2と同時に音を提示する条件)×ターゲット(T1,T2)の被験者間計画の分散分析結果を表5にまとめた。その結果、ターゲットに主効果がみられた($F(1,22)=177.186, p<.01$)。またlagに有意な主効果がみられた($F(2,21)=17.17, p<.01$)。聴覚刺激提示のタイミングとターゲット間において有意な交互作用がみられた($F(1,22)=3.691, p<.01$)。最後に、ターゲットとLagの間において有意な交互作用がみられた($F(2,21)=9.997, p<.01$)。

表1. 各条件に対する分散分析の結果

	平均平方	F値(自由度)	p値
音提示のタイミング	174.48	1.54(3.20)	.205
ターゲット	20079.20	177.186(1.22)***	.000
Lag	1946.49	17.176(2.21)***	.000
音提示のタイミング*ターゲット	418.24	3.691(1.22)***	.013
音提示のタイミング*Lag	57.67	0.509(6.17)	.801
ターゲット*Lag	1132.91	9.997(2.21)***	.000
音提示のタイミング*ターゲット*Lag	45.41	0.40(6.17)	.890

多重比較の結果、T2と同時提示した条件と音無の条件間の平均値の差が6.7205で有意な差がみられた($p=.002, p<.01$)。また、T2より前に提示した時とT1と同時提示した時に有意な差がみられた。また、lagのペアごとの比較ではlag1とlag2で有意な差がみられた。

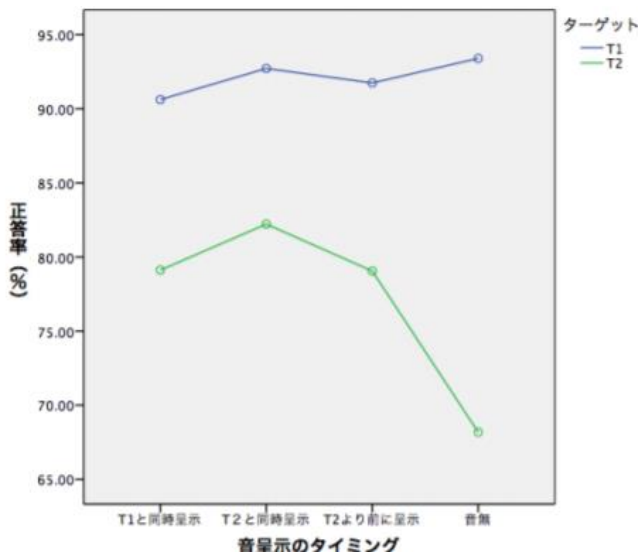


図3. 音の呈示のタイミングに対する平均正答率 (%)

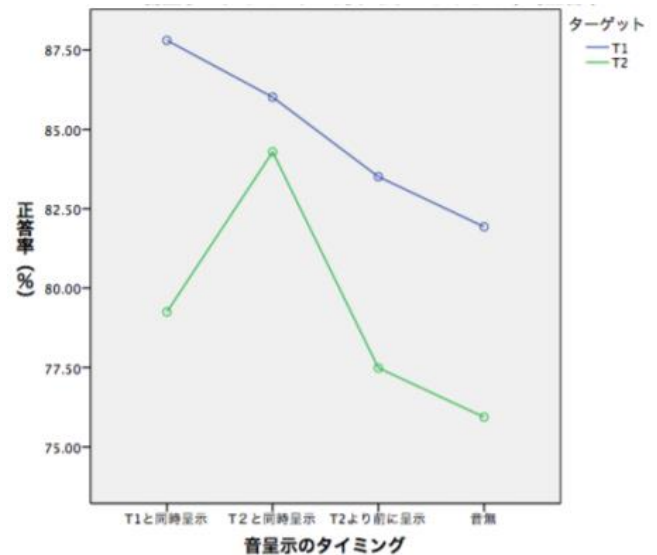


図4. 聴覚刺激を複数提示した場合の平均正答率 (%)

実験2の結果

以下にターゲット以外にも聴覚刺激を呈示した場合とそうでない場合における T1 と T2 の平均正答率を示した。ターゲット以外にも聴覚刺激を呈示した場合、T2 と音を同時呈示したときの T2 の lag に対する平均正答率は 82.92(SD= 8.68)と高かった。

条件間に有意な差があるのかを確認するために Tukey の多重比較を行った結果を表6に示した。音呈示のペアごとの比較では、T1 と同時呈示と音無間に有意な差がみられた (p=.005 p<.05)。

表2. lag ごとにおける多重比較の結果

Tukey HSD				
(I) lag	(J) lag	平均値の差 (I-J)	標準誤差	有意確率
lag1	lag2	3.5107*	1.18895	.009
	lag5	0.6087	1.18895	.866
lag2	lag1	-3.5107*	1.18895	.009
	lag5	-2.9020*	1.18895	.04
lag5	lag1	-0.6087	1.18895	.866
	lag2	2.9020*	1.18895	.044

音呈示のタイミン具に対するターゲットの平均正答率については T1 と同時に呈示した場合、T1 の正答率が最も高かった一方、T2 の正答率は低かった。T2 と音を同時呈示した場合は T2 の正答率が最も高くなっていた。

聴覚刺激と視覚刺激を同時呈示した場合の時間と T2 の正答率の関連を調べた結果を表3に示した。T2 の正答率が最も高い場合は抑制率が 55.45%であった。この値は T1 の正答率に対する T2 の割合で示した。この時、視覚刺激と聴覚刺激の時間的な差分は 0.89ms とだったことが示された。

表3. 聴覚刺激と視覚刺激を同時呈示時間と T2 の正答率の関連

音を鳴らす タイミング	T2と同時		
	lag1(250ms)	lag2(500ms)	lag3(1250ms)
抑制率	42.73	49.85	55.45
画像の開始時間	737.3754	695.7305	837.012
音の開始時間	737.2814	695.5735	836.923
上記の差分	0.094	0.157	0.089

5. 考察

本研究では、聴覚刺激の抑制効果が及ぶ時間的範囲を検討し、高速逐次視覚提示法パラダイムを用いて聴覚刺激の呈示タイミングと頻度を変化させた場合の注意の瞬きへ影響を検証した。実験の結果、500ms の場合と 1250ms の場合に聴覚刺激を呈示したときは、平均正答率が前者は 68.03%で後者は 78.72%であり、その差は 17.1%であった。一方で T2 と同時に聴覚刺激を呈示した場合に、注意の瞬きの抑制が示された。これらのことから、聴覚刺激の呈示時間と注意の瞬きの抑制率の位相差が 6.7% であることが結果からわかった。実験では課題中呈示し続ける単音とそれを弁別するための音を聴覚刺激として呈示した条件を設け、頻度という観点から聴覚刺激が注意の瞬きが抑制されるのか検証した。その結果、課題中も聴覚刺激を呈示し続けた場合に注意の瞬きが抑制された。特徴に基づく注意

補足に関して、ターゲット刺激周辺の刺激があることにより 弁別音の違いとして顕著性が上がり、情報探索を容易にすることがわかっている (Wolf, 2013)。そのような現象と同様に、単一音と弁別音の違いによる顕著性が注意補足を起こし、T2 の知覚表象を頑健にし、記憶に残りやすくなったのではないかと考えられる。したがって、注意の瞬きが抑制されたと示唆された。本実験では文化的な要因は考慮に入れず、実験で使用した刺激はアルファベット文字と幾何学的な文字であった。また注意の瞬きには視覚刺激の画像特徴量やその意味的な要因も影響することが示唆されている (Takeshima, Y., 2018., Trippe, R. H., 2007)。また、聴覚刺激は音圧、周波数、音波の周波数分布やリズムなどの要因をもつ。本実験ではこれらの属性の統制は行わず、呈示のタイミングと時間のみに焦点を当てた。そのため、今後聴覚刺激の詳細な検討は今後の課題である。

参考文献

- [1]Luca, R. and Hannah et al (2016) Inducing attention not to blink: auditory entrainment improves conscious visual processing. September 2016, Volume 80, Issue 5, pp 774–784
- [2]Michel Quak, Raquel Elea London & Durk Talsma (2015) A multisensory perspective of working memory. *Frontier Human Neuroscience*, 2015; 9: 197.
- [3]Olivers, C. N. L., & Nieuwenhuis, S. (2005a). The beneficial effect of concurrent task-irrelevant mental activity on temporal attention. *Psychological Science*, 16(4), 265–269.
- [4]Olivers, C. N. L., & Nieuwenhuis, S. (2005b). The beneficial effects of additional task load, visual distraction, and positive affect on the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*.
- [5]Olivers, C. N. L. et al. (2011) Different states in visual working memory: when it guides attention and when it does not. *Trends Cognitive Science*, 65 2011 Jul;15(7):327-34. Pápai, M. S., & Soto-Faraco, S. (2017). Sounds can boost the awareness of visual events through attention without cross-modal integration. *Scientific Reports*, 7.
- [6]Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1995). Similarity determines the attentional blink. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 653–662.