

知覚的負荷は意味プライミングを変化させる

—注意の瞬きを用いて検討—

鈴木 玄¹・大久保街亜²

The effect of perceptual load on semantic priming during attentional blink

Hikaru Suzuki¹, Matia Okubo²

Abstract : The present study investigated whether perceptual load changes the size of semantic priming during the attentional blink. We manipulated the distinctiveness of target stimuli to control the perceptual load: perceptual load increased while the stimuli distinctiveness decreased. When the lag between the targets (i.e., first target and second target) was short (i.e., 200ms), the size of semantic priming was larger for the low load condition than for high load condition. This result agrees with the load theory of attention (Lavie, 1995) and suggests that the perceptual load modulates not only the processing of visual information but also the processing of semantic information through the intermediary of activation in the semantic network.

Keywords : attentional blink, perceptual load, semantic priming

問題

世の中には多くの情報が溢れている。ヒトが一度に処理できる容量には限界があり、状況に応じて必要な情報を取捨選択する選択的注意の機能が必要となる (e.g., Kahneman, 1973)。注意による情報の取捨選択がどの段階で行われるのかについて、大きく二つの立場がある。一つは、物理的処理のような初期段階で情報の取捨選択が行われるとする初期選択の立場である (e.g., Broadbent, 1958)。もう一つは、意味処理のような後期段階で情報の取捨選択が行われるとする後期選択の立場である (e.g., Deutsch & Deutsch, 1963)。選択的注意における初期選択と後期選択をめぐる議論は、現在でも続いている (Lavie, 1995, 2005; 八木・熊田・菊池, 2004)。

近年、注意における選択が課題に関連する負荷によって決定されると考える負荷理論が提唱された (Lavie, 1995, 2005)。負荷理論に基づくと、知覚的負荷が高い場合には注意は初期選択的に働く。一方、知覚的負荷が低い場合には注意は後期選択的に働く。これまで負荷理論は、主に空間的な選択的注意について検討されてきた (e.g., Lavie, 1995)。

Elliott & Giesbrecht (2010) は時間的な選択的注意について負荷理論に基づいた説明が可能か、注意の瞬きを用いて検討した。注意の瞬きとは、2つの標的刺激が短

い時間内に提示されたとき、1つ目の標的刺激 (第1標的) は高い確率で同定可能なのに対して、2つ目の標的刺激 (第2標的) は第1標的と比較して同定率が低くなる現象を指す (e.g., Raymond, Shapiro, & Arnell, 1992)。注意の瞬きを説明するモデルはいくつかある (e.g., Shapiro, Raymond, & Arnell, 1994; Di Lollo, Kawahara, Ghorashi, & Enns, 2005)。多くのモデルに共通して言われていることは、注意の瞬きが情報処理における比較的後期段階で生じているということである (Chun & Potter, 1995; Olivers & Meeter, 2008)。例えば Chun & Potter (1995) の2段階モデルでは、標的刺激の同定に対して注意資源を消費すると考える。この消費された注意資源は時間の経過とともに回復するが、第1標的と第2標的の lag が短いときには注意資源が十分に回復しない。そのために比較的後期段階における情報処理に費やすことのできる注意資源が不足し、第2標的の同定率が減少すると Chun & Potter (1995) は説明した。また、この比較的後期段階での処理は妨害刺激の情報の抑制に関与していることが主張されている (Olivers & Meeter, 2008)。

Elliott & Giesbrecht (2010) は注意の瞬きにおける妨害刺激の情報の抑制と負荷理論における妨害刺激の情報の抑制は共起すると考えた。そこで Elliott & Giesbrecht (2010) は標的刺激の知覚的負荷の高低によって側方マスクからの干渉量が増減するか検討した。側方マスクとは標的刺激の左右を囲むようにして提示される妨害刺激を指す。この標的刺激 (“X” か “N”) とその左右を囲む側方マスクによって、知覚的負荷の高低は定義さ

受稿日2015年12月2日 受理日2015年12月14日

1 専修大学文学研究科 (Graduate School of Humanities, Senshu University)

2 専修大学人間科学部心理学科 (Department of Psychology, Senshu University)

れた。参加者の課題は、標的刺激が“X”か“N”のどちらであるかを同定することであった。低負荷条件における側方マスクは標的刺激と視覚的特徴をほとんど共有しないCODQが用いられた。一方高負荷条件における側方マスクは標的刺激と視覚的特徴を多く共有しているHYKZが用いられた。実験の結果、第1標的の知覚的負荷が高負荷のときに比べて、低負荷のときに第2標的の同定における側方マスクからの干渉量が多くなることが示された。そしてlagが短いときにこのパターンが顕著であった。このことから、文字の同定課題において、注意の瞬きにおける情報処理が知覚的負荷の高低により変化することが示唆された。

Elliott & Giesbrecht (2010) は注意の瞬き課題を用いて、時間的な選択的注意へ知覚的負荷が影響を与えることを示した。ただし、情報処理過程の比較的後期段階における情報の抑制に関するのみである。知覚的負荷によって変化する情報の選択が、比較的後期段階で生じる意味処理の段階まで影響を与えるかについては十分に検討されていない。そこで本研究では意味プライミング効果を用いて、時間的な選択的注意に対して知覚的負荷の与える影響が意味を処理する高次レベルにまで及ぶか検討する。Maki, Frigen, & Paulson (1997) は注意の瞬き課題において、妨害刺激から標的刺激への意味的なプライミング効果 (Collins & Loftus, 1975) が生じることを示した。今回の研究では Maki et al. (1997) の実験手続きに基づき、注意の瞬き課題における単語同定課題を行う。知覚的負荷については、Olivers, Spalek, Kawahara, & Di Lollo (2009) の実験手続きに基づき、標的刺激と妨害刺激の知覚的弁別性を操作することによって標的刺激の知覚的負荷を操作した。もし知覚的負荷によって変化する情報の選択が、意味処理のレベルまで影響を与えるならば、Elliott & Giesbrecht (2010) の結果と同様、標的刺激が低負荷条件のときは高負荷条件と比べて妨害刺激からの影響が多くなるであろう。それにより、低負荷条件の方が高負荷条件よりも意味プライミング効果が大きいと予測される。

方法

参加者 実験には正常な視力を有する大学生32名（男性15名、女性17名）が参加した。平均年齢は22.8歳、標準偏差は2.59であった。

刺激 標的刺激には平仮名单語を用いた。一方、妨害刺激には片仮名单語を用いた。第1標的における単語の文字数平均は3.05 ($SD=0.64$) であった。意味的関連性

があるときにおける単語の文字数平均は、第2標的が3.03 ($SD=0.79$) で、直前の妨害刺激が3.00 ($SD=0.00$) であった。意味的関連性がないときにおける単語の文字数平均は、第2標的が3.00 ($SD=0.82$) で、直前の妨害刺激が3.00 ($SD=0.00$) であった。意味的関連性があるときと意味的関連性がないときにおける第2標的の直前の妨害刺激の文字数に有意な差はなかった ($t(238)=0.40, p=.53, d=.037$)。その他の妨害刺激における単語の文字数平均は3.06 ($SD=0.78$) であった。単語刺激において1文字の大きさは視角にしておよそ $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ であった。刺激は全て25ポイント、MS明朝のフォントで提示された。

単語刺激の選定に当たり、NTT データベースシリーズの単語親密度データベース (天野・近藤, 1999) を使用し、親密度を統制した。第1標的の親密度の平均は6.26 ($SD=0.22$) であった。意味的関連性があるときの親密度の平均は、第2標的が6.28 ($SD=0.32$) で、直前の妨害刺激が5.99 ($SD=0.65$) であった。意味的関連性がないときの親密度の平均は、第2標的が6.25 ($SD=0.22$) で、直前の妨害刺激が6.02 ($SD=0.30$) であった。第2標的の親密度については、意味的関連性があるときと意味的関連性がないときで有意な差はなかった ($t(238)=0.50, p=.62, d=.109$)。また、第2標的の直前の妨害刺激の親密度に有意な差はなかった ($t(238)=0.87, p=.38, d=.030$)。

第2標的とその直前に提示する妨害刺激の意味的関連性を操作した。操作にあたっては水野・柳谷・清河・川上 (2011) の連想頻度表を使用した。この連想頻度表では2つの単語間における連想強度が1に近いほど強く、0に近いほど弱いことを意味する。この連想頻度表の中から連想強度が1に近い単語対を120対、連想強度が0の単語対を120対ずつ使用した。意味的関連性のある単語対における連想強度の平均は0.358 ($SD=0.15$) であった。意味的関連性のない単語対については、その単語からは連想されない、連想強度が0の単語を使用した。プライミング効果を見るため、意味的関連性のある単語対やない単語対は第2標的とその直前の妨害刺激において提示された。

第1標的は低負荷条件と高負荷条件の両条件において、青か緑の色で提示した。第2標的は低負荷条件において、妨害刺激と異なる青か緑の色で提示した。高負荷条件では妨害刺激と同様に白で提示した。

1人の参加者において、同じ単語を繰り返し提示することはなかった。

装置 実験装置として、Mac OS J1-9.1をインストールしたPower Mac G4 (AGPグラフィックス)を使用した。刺激の提示にはMITSUBISHI社製の17インチCRTモニターを使用した。画面の解像度は1024×768 pixelsであった。刺激の提示プログラムには、Matlab Ver.5.2.1.1421 (Math-Works) と PsychophysicstoolBox 2.54 (Brainard, 1997; Pelli, 1997) を用いた。

手続き 実験参加者はCRTモニターからおおよそ60 cm離れたところに座り、モニターを見やすい位置に前後10 cm程度の範囲で調整した。

Figure 1に1試行の流れと条件を示した。試行が始まると、画面中央に“+”の注視点が提示された。その後単語刺激とブランク画面がそれぞれ、83.3 msと16.7 msの間隔で交互に9-13回連続提示された。提示された刺激系列中には平仮名の標的刺激が必ず2単語含まれていた。参加者の課題は標的刺激である平仮名单語を同定することであった。参加者は同定した単語をキーボードによって入力した。キーボード入力による回答が終了した200 ms後、次の試行に進んだ。

第1標的と第2標的のlagは、2つの標的刺激の間に挿入された妨害刺激によって決められた。妨害刺激が1つ挿入されたときがlag 2、3つ挿入されたときがlag 4であった。また注視点が提示されてから第1標的が提示されるまでに提示される妨害刺激の数は、試行ごとに5-9単語とランダムに変化した。

標的刺激を提示する色は緑か青で、実験参加者間でカウンターバランスを図った。

試行数は全部で240試行であった。60試行を1ブロックとして、4ブロックに分割した。低負荷条件と高負荷条件はブロック間で区別した。各ブロックの始めに低負荷条件なのか高負荷条件なのかを予め参加者に教示し

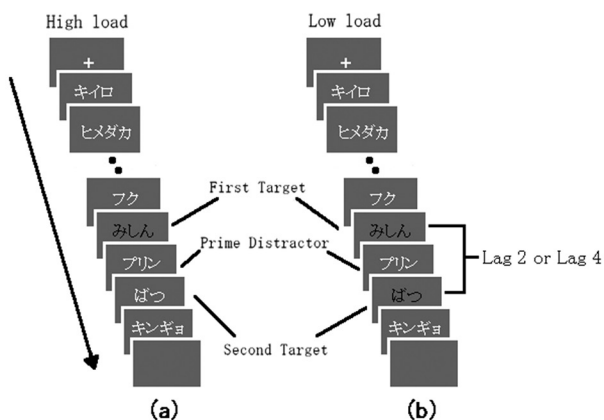


Figure 1 Examples of stimuli. For (a) the high load condition and (b) the low load condition.

た。

結果

第2標的の同定率として、条件付きの同定率を求め、Table 1に示した。条件付き同定率は2つの標的刺激を同定した試行数を第1標的を同定した試行数で割ることによって算出した。

Table 1 Mean accuracy (%) for target responses given accurate report of first target. Standard Errors in Parenthese.

Lag	High load Accuracy (%)		Low load Accuracy (%)	
	Associated	Unrelated	Associated	Unrelated
lag 2	24.17(2.62)	15.20(2.04)	44.94(3.85)	31.00(3.23)
lag 4	47.21(3.55)	35.37(3.10)	78.05(3.19)	71.83(3.39)

条件付き第2標的の同定率を従属変数、lag (lag 2・lag 4)と意味的関連性(関連あり・関連なし)、そして知覚的負荷(高・低)を独立変数とする、参加者内3要因の繰り返しのある分散分析を行った。意味的関連性の主効果が有意であり($F(1, 31) = 87.39, p < .001, \eta_p^2 = .738$)、関連あり条件は関連なし条件と比べ同定率が高かった。すなわち有意な意味プライミング効果が観察された。また知覚的負荷の主効果も有意であり($F(1, 31) = 247.78, p < .001, \eta_p^2 = .889$)、低負荷条件で高負荷条件と比べ、同定率が高かった。なおlagについては、lagが長くなるにつれて同定率は有意に上昇した($F(1, 31) = 239.67, p < .001, \eta_p^2 = .885$)。そしてlagと知覚的負荷における1次の交互作用も有意であった($F(1, 31) = 21.53, p < .001, \eta_p^2 = .410$)。

重要なこととして、lag・意味的関連性・知覚的負荷において2次の交互作用が有意であった($F(1, 31) = 7.98, p = .008, \eta_p^2 = .205$)。この交互作用について明らかにするため、lagの水準ごとに、意味的関連性(関連あり・関連なし)と知覚的負荷(高・低)を独立変数とする、参加者内2要因の繰り返しのある分散分析を行った。まずlag 2条件において、意味的関連性と知覚的負荷における交互作用が有意であった($F(1, 31) = 5.08, p = .032, \eta_p^2 = .141$)。このとき、低負荷条件で高負荷条件と比べ、関連あり条件と関連なし条件の差が大きくなった。そして参加者内3要因の分析結果と同様に、関連あり条件は関連なし条件と比べ、同定率が高かった($F(1, 31) = 71.92, p < .001, \eta_p^2 = .699$)。また低負荷条件で高負荷条件と比べ、同定率が高かった($F(1, 31) = 69.56,$

$p < .001$, $\eta_p^2 = .692$ 。

次に lag 4条件において、意味的関連性と知覚的負荷における交互作用が有意であった ($F(1, 31) = 180.22$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .853$)。このとき、低負荷条件で高負荷条件と比べ、関連あり条件と関連なし条件の差が小さくなった。lag 2条件と同様に、関連あり条件は関連なし条件と比べ、同定率が高かった ($F(1, 31) = 30.34$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .495$)。また低負荷条件で高負荷条件と比べ、同定率が高かった ($F(1, 31) = 5.87$, $p = .021$, $\eta_p^2 = .159$)。

lag 2条件と lag 4条件において意味的関連性と知覚的負荷の交互作用が有意であったため、知覚的負荷が意味的関連性に与える影響について検討した。知覚的負荷の影響を見るため、意味プライミング効果 (関連あり条件—関連なし条件) を従属変数にもちいて比較を行った。

知覚的負荷の条件別における意味プライミング効果を Figure 2に示した。

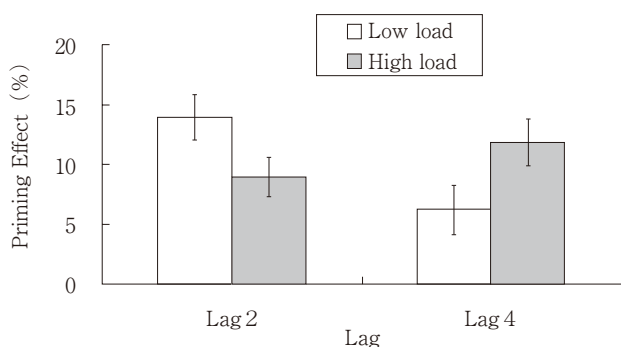


Figure 2 Priming Effect as a function of lag and perceptual load. Error bars represent standard errors.

意味プライミング効果について、lag (lag 2・lag 4) と知覚的負荷 (高・低) を独立変数とする、参加者内 2 要因の繰り返しのある分散分析を行った。lag の主効果と知覚的負荷の主効果はともに有意ではなかった (順に、 $F(1, 31) = 1.35$, $p = .254$, $\eta_p^2 = .042$; $F(1, 31) = 0.07$, $p = .798$, $\eta_p^2 = .002$)。そして lag と知覚的負荷における交互作用が有意であった ($F(1, 31) = 7.98$, $p = .008$, $\eta_p^2 = .205$)。そこで lag の水準別に意味プライミング効果を比較した。その結果、lag 2条件における意味プライミング効果は低負荷条件において高負荷条件よりも大きかった ($t(31) = 2.40$, $p = .022$, $d = .497$)。その逆に lag 4条件における意味プライミング効果は高負荷条件において低負荷条件よりも大きかった ($t(31) = 2.45$, $p = .020$, $d = .495$)。

考察

実験の結果、lag が短いときには高負荷条件と比べ、低負荷条件の方がプライミング効果は大きくなった。こ

の結果は、標的刺激の知覚的負荷が低い方が、高いときよりも、影響を大きく受けるという負荷理論に基づく我々の予測と一致する。

負荷理論については、これまで主に空間的な選択的注意に焦点をあてて検討されてきた (Lavie, 1995, 2005)。Elliott & Giesbrecht (2010) は負荷理論に基づき、時間的な選択的注意において、知覚的負荷の高低によって情報の選択が変化することを示した。本研究の結果は更に、この知覚的負荷により変化する情報の選択が単語同定課題における意味プライミング効果に対しても及ぶことを初めて明らかにした。すなわち、知覚的負荷による情報処理の違いが、課題の直接的対象に影響するだけでなく、意味ネットワークにおける情報の伝播を介して (Collins & Loftus, 1975)、後続の情報処理を意味レベルで変化させることを示した。この結果は、注意による情報の選択が、高次の情報処理に影響するプロセスを直接的に示すものである。

lag が長いときは低負荷条件と比べ、高負荷条件の方がプライミング効果が大きくなった。この結果は負荷理論と必ずしも一致しないかもしれない。この結果については、時間的注意の抑制プロセスから説明可能であると考えられる。Olivers & Meeter (2008) によると、注意の瞬きが生じている間は十分な処理資源がないため、処理された妨害刺激を抑制する機能が働かない。すなわち、一時的に資源が枯渇した状態となっている。ただし、枯渇した注意資源は lag が長くなるにつれて回復する (Chun & Potter, 1995)。従って低負荷条件では lag が 400ms と長いときに注意資源が回復し、妨害刺激の情報を抑制できたと考えられる。高負荷条件では課題の難度が高く、低負荷条件よりも多くの資源が消費されていたと考えられるため注意資源が低負荷条件ほど回復しなかった可能性が高い。そのため、lag が 400ms と長い条件では低負荷条件ほど妨害刺激の情報を抑制する機能が回復しなかったかもしれない。ただし、この点については直接的な検討が本研究では不十分である。今後詳細に検討する必要があるだろう。

プライム刺激の視認性が関係している可能性も考えられる。lag 2条件では第 1 標的と第 2 標的に挟まれる形でプライム刺激が提示された。このとき、低負荷条件ではプライム刺激はその前後を青か緑の色で挟まれているため、lag 4条件と比べてプライム刺激の視認性が高くなった可能性が考えられる。このプライム刺激の視認性が高いことによって、低負荷・lag 2条件では lag 4条件と比べてプライミング効果が大きくなったとも考えれ

る。また、注意の瞬きでは第1標的の直後に第2標的を提示すると第2標的の正答率が高くなる lag 1 sparing という現象が生じる。lag 2条件で提示されたプライム刺激がほかの妨害刺激と比較して処理される程度が大きくなったために、プライミング効果が大きくなった可能性も考えられる。しかし、Maki et al. (1997) の実験において、プライム刺激が標的刺激に囲まれ、視認性が高くなった lag 2条件よりも lag 4条件の方がプライミング効果は大きい (lag 2:2.9% vs. lag 4:8.7%)。Maki et al. (1997) の実験手続きは本実験における低負荷条件での手続きとほぼ同じである。このことから、プライム刺激の視認性や提示時間の関係がプライミング効果に影響を及ぼさないのではないかと考えられる。

lag 4条件でプライミング効果が高負荷条件より低負荷条件の方が少なかった別の解釈として、本研究で天井効果が生じた可能性が考えられる。低負荷・意味的関連性あり条件の成績が天井効果によって低くなり、低負荷条件でプライミング効果が小さくなったとも考えられる。しかし、lag 4条件において、低負荷・意味的関連性あり条件と高負荷・意味的関連性あり条件の標準誤差はほぼ同じである。もし低負荷・意味的関連性あり条件で天井効果が生じているのなら、標準誤差がほかの条件と比較して小さくなる。そのため、低負荷・意味的関連性あり条件の成績が天井効果によって低くなり、低負荷条件でプライミング効果が小さくなったとは考えられない。

知覚的負荷が低い条件の方が高い条件よりも同定率が高かった。今回の実験において、知覚的負荷が高い条件と低い条件で行っている課題の内容に違いはない。そのため、課題の内容によって課題の難度が変化したとは考えられない。一方、提示刺激の知覚的負荷が高い場合、標的刺激と妨害刺激の弁別性が低くなり、課題の難度が高くなったと考えられる。このことから、本研究における標的刺激の提示方法において、知覚的負荷が適切に操作されていたとわれわれは考える。

本研究では、知覚的負荷によって変化する情報の選択が意味処理の段階にまで影響を与えることを示した。しかし今回の結果とは異なり、妨害刺激は前注意的に処理され、意味処理の段階まで処理されないことを示唆する研究もある。例えば、Koivisto & Revonsuo (2009) は非注意による見落とし現象を用い、標的刺激の知覚的負荷の違いが妨害刺激の処理に影響を及ぼすのか検討した。この実験では主課題として、複数提示された線画刺激の中から特定のカテゴリに属する線画を同定する課題

を行った。このとき、線画刺激と同時に実験参加者には知らされていない単語が標的刺激として提示された。この標的刺激を同定をすることが副課題として課された。知覚的負荷については、標的刺激と同時に提示される線画刺激の数を操作して行った。Koivisto & Revonsuo (2009) は標的刺激と同時に提示される線画刺激の数が少ない場合、標的刺激の同定が容易になると考えた。そのため知覚的負荷は低いと想定した。標的刺激と同時に提示される線画刺激の数が多の場合、標的刺激の同定が困難になると考えた。そのため知覚的負荷は高いと想定した。実験の結果、標的刺激の知覚的負荷の高低に関わらず、標的刺激と線画刺激の意味的関連性の効果が生じることが示された。Koivisto & Revonsuo (2009) の研究結果は本研究の結果と矛盾するように考えられる。しかし Koivisto & Revonsuo (2009) の研究では参加者に知らされていない刺激が提示された試行における、主課題の成績についての記述がなく、刺激数の増加によって、正答率が上昇したのか定かではない。そのため、副課題を行ったときの知覚的負荷の操作が適切であったかについても判断できない。彼らの結果は慎重に考慮しなくてはならないだろう。

選択的注意における初期選択と後期選択をめぐる議論は現在でも続いている。そうした議論の中で負荷理論が提唱され、主に空間的な選択的注意について検討されてきた (Lavie, 1995)。本研究は、知覚的負荷によって変化する情報の選択が意味処理の段階にまで影響を与えることを初めて明らかにした。これは時間的な選択的注意において、課題に関連する刺激の知覚的負荷が低いとき、高いときよりも妨害刺激が意味処理のより後期段階で情報の取捨選択が行われることを示している。今後、時間的な選択的注意において、変化する情報の選択が負荷理論に基づいて説明できるのかを検討することが、選択的注意における議論において重要になるとと思われる。

引用文献

- 天野 成昭・近藤 公久 (1999). 日本語の語彙特性第1巻 単語親密度三省堂
- Brainard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10, 433-436.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. Pergamon Press.
- Chun, M. M., & Potter, M. C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 109-127.

- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82, 407-428.
- Deutsch, J. A., & Deutsch, D. (1963). Attention: Some theoretical considerations. *Psychological Review*, 70, 80-90.
- Di Lollo, V., Kawahara, J., Ghorashi, S. M. S., & Enns, J. (2005). The attentional blink: Resource depletion or temporary loss of control? *Psychological Research*, 69, 191-200.
- Elliott, C. J., & Giesbrecht, B. (2010). Perceptual load modulates the processing of distractors presented at task-irrelevant locations during the attentional blink. *Attention, Perception, and Psychophysics*, 72, 2106-2114.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. Prentice-Hall.
- Koivisto, M., & Revonsuo, A. (2009). The effects of perceptual load on semantic processing under inattention. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 864-868.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Trends in cognitive science*, 9, 75-82.
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21, 451-468.
- Maki, W. S., Frigen, K., & Paulson, K. (1997). Associative priming by targets and distractors during rapid serial visual presentation: Does word meaning survive the attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 23, 1014-1034.
- 水野 りか・柳谷 啓子・清河 幸子・川上 正浩 (2011). 連想語頻度表—3 モーラの漢字・ひらがな・カタカナ表記語—ナカニシヤ出版
- Olivers, C. N., & Meeter, M. (2008). A boost and bounce theory of temporal attention. *Psychological Review*, 115, 836-863.
- Olivers, C. N., Spalek, T. M., Kawahara, J., & Di Lollo, V. (2009). The attentional blink: increasing target salience provides no evidence for resource depletion. a commentary on dux, asplund, and marois (2008). *Psychonomic Bulletin and Review*, 16, 214-218.
- Pelli, D. (1997). The videotoolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10, 437-442.
- Raymond, J. E., Shapiro, K. L., & Arnell, K. M. (1992). Temporary suppression of visual processing in an RSVP task: An attentional blink? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18, 849-860.
- Shapiro, K. L., Raymond, J. E., & Arnell, K. M. (1994). Attention to visual pattern information produces the attentional blink in rapid serial visual presentation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 20, 357-371.
- 八木 善彦・熊田 孝恒・菊池 正 (2004). 注意の初期選択説・後期選択説をめぐる研究動向—注意の負荷理論を中心として—心理学評論, 47, 478-500.