

# 課題無関連情報による注意捕捉

仲 早苗・片山 順一

## 1. はじめに

ヒトはさまざまな情報に囲まれて生活している。多くの情報に溢れる環境の中から、我々は不要な情報を排除し、必要な情報の処理を行っている。効率的に行動するには、このように情報の取捨選択を行うことが重要である。しかし、実際には遂行中の行動に不要な情報をすべて排除し、必要な情報のみを処理しているわけではない。静かな環境で作業をしているとき、突然大きな音が聞こえれば、音が聞こえた方向に注意が引き付けられる。大きな音でなくても、エアコンの音や時計の音のような小さな音が気になって作業に集中できなくなることもある。反対に、何かに没頭していて話しかけられていることに気付かないということもある。

本論文では、遂行中の行動に関連がなく、処理をする必要のない情報すなわち無関連情報が、どのような状況で注意を捕捉しうるのかについて考察する。無関連情報の処理のされ方について考慮すべき研究として、プローブ法 (probe technique)、刺激文脈 (stimulus context)、妨害効果 (distraction effect) という3つの領域に着目する。プローブ法とは、無関連情報に対して割かれる注意量から課題に対する注意量を間接的に推測する方法である。これは無関連情報による注意の捕捉を利用した方法であり、どのような状況において無関連情報が注意を捕捉するのかという問題と深く関わっていると考えられる。一方、刺激文脈の研究は、無関連情報による注意捕捉だけでなく、課題に関連する刺激と関連のない刺激の関係の変化に着目したものである。この研究領域では、刺激文脈の変化とそれらの刺激の処理過程で機能する注意システム

などが調べられている。また、妨害効果とは、課題無関連情報によって課題遂行が阻害される現象である。この研究領域では、妨害効果が生じるメカニズムや妨害効果に影響を及ぼす要因について多くの報告がなされている。これらの研究は異なる視点から無関連情報の処理に関して多くの示唆を与える。本論文では、各研究領域からわかる無関連情報が注意を捕捉する条件についてまとめ、そこから出てくる問題について考察する。

また、上記の研究以外にも課題無関連情報による関連情報の処理への影響について扱った研究として、課題に関連のない情報が課題に関連する情報の処理を早める促進効果 (facilitation effect) がある。これについてはここでは扱わないが、参考として SanMiguel, Linden, & Escera (2008), SanMiguel, Morgan, Klein, Linden, & Escera (2010), Van der Burg, Olivers, Bronkhorst, & Theeuwes (2008), Wetzell, Widmann, & Schröger (2012) などが挙げられる。

## 2. プローブ法

周囲の環境の中にある情報を選択し、処理するためには注意が必要である。注意の容量は有限であり、複数の情報を処理する際には、処理されるそれぞれの情報に対して注意が分配されている。このように、注意は情報を処理するための資源であるという考えから、注意資源 (attentional resources) と呼ばれる (Kahneman, 1973)。注意資源が有限であることを利用して、課題に対してどれだけ注意を向けているかを測定する方法に二次課題法 (secondary task technique) がある。二次課題法では、主課題と二次課題を被験者に行わせる。主課題の難度が上がれば、被験者は主課題の遂行に集中し、二次課題の成績が低下する (Appelbaum, Boehler, Won, Davis, & Woldorff, 2012; Finke, Sandmann, Kopp, Lenarz, & Büchner, 2015; Forster, Robertson, Jennings, Asherson, & Lavie, 2014; Gaudreault & Fortin, 2013; Marsh, Sörqvist, & Hughes, 2015)。このように二次課題の成績によって間接的に主

課題に対して分配されている注意資源を推定する。プローブ法はこの二次課題法の1つである(入戸野, 2006)。二次課題に相当し、主課題とは別に呈示される刺激であるプローブに対する課題の有無によって、関連プローブ法と無関連プローブ法に分けられる。プローブとなる刺激にボタン押しなどの反応を求める方法が関連プローブ法であり、それに対して、プローブ刺激に反応を求めない方法を無関連プローブ法という。

Posner & Boies (1971) では、主課題として、画面に順次呈示される2つの文字が同一であるかどうかを判断し、ボタン押しを行う課題を設定した。さらに、関連プローブ刺激として呈示されるホワイトノイズが聞こえた際にもボタン押し反応を求めた。主課題に関連する刺激である1つめの文字と2つめの文字が呈示されるタイミングでは、刺激間のブランクに呈示された場合に比べ、ホワイトノイズに対する反応時間が延長していたことから、文字の異同判断課題において、分配される注意量はどの程度課題関連処理を行う必要があるかに左右されていたと考えられる。

プローブ法では、上述したような二次課題の成績による主課題に必要な注意量の推定だけでなく、事象関連脳電位(event-related brain potential: ERP)を指標として用いた研究もある。特に、プローブ刺激に対するP3振幅は分配されている注意量を反映している。この振幅の減衰はプローブ刺激に対する注意量の減少を表しており、間接的に主課題に対する注意量の増大を意味している(Donchin, Kramer, & Wickens, 1986, Kramer, Sirevaag, & Braune, 1987, Kramer, Wickens, & Donchin, 1983)。プローブ刺激に対する反応を要するために主課題に関する処理を妨害する可能性のある二次課題法に対して、主課題を妨害せず注意量を測定することができる方法としてERPを指標とした無関連プローブ法が用いられるようになった。また、関連プローブ法では、主課題に対する注意量を測定するために呈示されているプローブ刺激に対して反応する必要があり、課題を妨害する可能性があるのに対し、無関連プローブ法は、プローブ刺激に対して反応を必要としないため、課題を妨害せずに注意量を測定可能にする有効な方法であるとされている(Papanicolaou

& Johnstone, 1984)。

Allison & Polich (2008) では、聴覚刺激を関連プローブ、無関連プローブとして呈示し、視覚でのゲーム課題に対する注意量の変化を測定している。その結果、関連プローブ刺激同様、無関連プローブも P3 を惹起することが示されている。また、ゲーム課題の難度が操作されており、課題が難しくなると、P3 振幅が小さくなることが示された。この難度の効果は無関連プローブにより顕著に見られた。

体性感覚をプローブ刺激に用いて、ゲーム課題に対する注意量を測定した Sugimoto & Katayama (2013) では、Allison & Polich (2008) 同様、課題の難度を操作しており、無関連刺激の逸脱によって惹起された P2 は、主課題の難度が高いほど振幅が減衰していた。この P2 は P3 同様、プローブ刺激に対する注意量を反映することが示されている。この研究では、課題に関連する視覚や聴覚の情報の入力を妨害しない体性感覚刺激を用いても主課題に対する注意量が測定可能であることが示唆されている。また、体性感覚のプローブ刺激は肩に呈示されているため、手を使う課題の遂行を妨げない方法であると考えられる。

これらのプローブ法の研究からわかるのは、課題無関連刺激は遂行中の課題の難度が高いときには注意を捕捉しないということである。プローブ法の研究においては、課題の遂行に重要でない処理に割り当てられている注意量が減らされ、より重要な処理に対して優先的に注意が分配されると考えられている (Navon, & Gopher, 1979; Wickens, 1980)。課題難度は主課題に対する注意量を変化させる要因のひとつであり、難度の上昇により主課題に注意が多く分配され、課題に関連のない情報の処理に割り当てられる資源が少なくなるため、高難度の条件下では無関連刺激が注意を捕捉しないとされる。したがって、課題難度が高い条件で、主課題の関連処理を妨害せずに主課題に分配された注意量を正確に測定できると考えられている (Donchin et al., 1986; Lavie, 1995; 杉本・野村・片山, 2011)。

しかし、プローブ法の研究では、課題関連刺激と無関連刺激が同一モダリテ

ィに呈示されていることは少ない。したがって、無関連刺激による注意の捕捉に関して、モダリティを隔てていることによる違いがあるのかは明確になっていない。また、課題遂行に最も重要な刺激と重要度の低い刺激や無関連刺激は、主課題と二次課題もしくは無関連プローブ刺激というように、明確に刺激呈示系列が分けられている。そのため、課題に重要な刺激と同一系列内に重要でない刺激が含まれていることはなく、系列の違いによる無関連情報の処理への影響についても不明確である。

### 3. 刺激文脈

刺激文脈の研究においては、無関連情報の処理に関して、プローブ法とは異なる結果が報告されている。この章では、刺激文脈の研究からわかる無関連情報の処理について考察する。

刺激を呈示するモダリティによって、視覚であれば刺激の形や色、聴覚であれば音の周波数などが操作される。このような刺激の物理的特性だけでなく、これらの特性の変化により同一系列中に呈示される複数の刺激の関係や意味合いが変化することにより、刺激に対する反応に影響を及ぼすことが報告されている。この同一系列中に呈示される複数の刺激の関係を刺激文脈という。刺激文脈の効果に関する実験において、オドボールパラダイム (**oddball paradigm**) と呼ばれる刺激呈示方法が用いられることがある。これは、高頻度の標準刺激と低頻度の標的刺激をランダム順で呈示する方法であり、2種類の刺激で構成されていることから、2刺激オドボールパラダイムと呼ばれる。これに対して、標準刺激と標的刺激に加え、標準刺激とも標的刺激とも異なる低頻度の非標的刺激を呈示する方法を3刺激オドボールパラダイムと呼ぶ。これらのパラダイムにおいて、標準刺激や標的刺激、非標的刺激の類似性などを変化させることによって刺激間の関係を操作している。

刺激文脈の効果に関する研究で最も多く用いられている ERP の1つに P3 が挙げられる (Bledowski, Prvulovic, Goebel, Zanella, & Linden, 2004 ;

Bledowski, Prvulovic, Hoehstetter, Scherg, Wibral, Goevel, & Linden, 2004; Brown, Barry, & Clarke, 2009; Brown, Clarke, & Barry, 2007; Combs & Polich, 2006; Comerchero & Polich, 1998, 1999; Demiralp, Ademoglu, Comerchero, & Polich, 2001; Goldstein, Spencer, & Donchin, 2002; Hagen, Gatherwright, Lopez, & Polich, 2006; Katayama & Polich, 1996 a, 1996 b, 1998, 1999; Kimura, Katayama, & Murohashi, 2008; Polich & Comerchero, 2003; Sawaki & Katayama, 2006 a, 2006 b, 2007, 2008 a, 2008 b, 2009)。Katayama & Polich (1998) は、P3 の発生に、標準刺激と標的の刺激、標準刺激と非標的の刺激に関する刺激文脈が影響していることを報告している。この研究では、聴覚 3 刺激オドボールパラダイムを用いており、標準刺激と標的の刺激の類似性をそれぞれの周波数を操作することにより変化させている。標準刺激と標的の刺激の類似性を高くすることにより、高頻度で呈示される標準刺激の中から標的の刺激を検出することが難しくなる。したがって、この操作は課題難度を操作していることになる。標的の刺激の検出が容易なとき、非標的の刺激に対する P3 は標的の刺激に対する P3 と類似した波形であった。対して、標的の刺激検出の難度が高いとき、非標的の刺激に対する P3 は標的の刺激に対する P3 に比べて、前頭中心部にかけて短い潜時と大きい振幅を示した。この非標的の刺激に対する P3 は、逸脱情報に対する不随意的な注意捕捉を反映すると考えられている P3a (Berti, Roeber, & Schröger, 2004; Escera, Alho, Schröger, & Winkler, 2000; Friedman, Cycowicz, & Gaeta, 2001; Schröger & Wolff, 1998) であり、標的の刺激に対する P3 は、随意的に注意を向けた対象に対して、頭頂部を中心として惹起される P3b (Comerchero & Polich, 1999; Demiralp et al., 2001; Polich & Comerchero, 2003; Hölig & Berti, 2010) であるとされている。このことから非標的の刺激と同一系列に含まれる標準刺激と標的の刺激の関係性が変化することで、非標的の刺激に対する注意の向けられ方が変化することが示されている。

また、Comerchero & Polich (1999) では、聴覚と視覚で標準刺激と標的の刺激の類似性を操作している。この操作も Katayama & Polich (1998) 同

様、標的検出の難度を変化させていることになる。その結果、聴覚において見られたように、視覚においても標準刺激と標的の刺激に関する文脈が非標的の刺激に対する注意捕捉に影響することが報告されている。

Sawaki & Katayama (2006 b) は、非標的の刺激が課題関連情報として処理されるのか、無関連情報として処理されるのかという処理のされ方について、刺激文脈が影響することを示している。刺激文脈として標的の刺激・非標的の刺激の類似性を操作するため、標的の刺激から形だけが異なる刺激と、形・色・サイズが異なる刺激を非標的の刺激として用いている。さらに、課題難度として標準刺激と標的の刺激の弁別のしやすさを刺激サイズによって操作している。結果として、弁別難度が低い条件では、標的の刺激と類似している非標的の刺激に対して P3 振幅が増大した。弁別難度が高い条件では、標的の刺激と類似していない非標的の刺激に対して P3 振幅の増大が見られた。この低難度条件における P3 は P3b であり、高難度条件における P3 は P3a であった。このことから、標的の刺激と標準刺激の弁別が容易な低難度条件では、呈示された刺激が標準刺激かそれ以外の刺激かを判断するように課題に対する構えができるため、非標的の刺激は標的の刺激同様に関連刺激として処理されると考えられる。一方、標的の刺激と標準刺激の弁別が困難な高難度条件では、呈示された刺激について細かく処理する必要があり、3 種類の刺激の中で明らかに異なる非標的の刺激は無関連刺激として処理される。

Sugimoto & Katayama (2017) においても、標準刺激と標的の刺激の弁別難度が操作されている。ただし、この研究では 3 刺激オドボールパラダイムの標準刺激と標的の刺激には視覚刺激が、非標的の刺激に聴覚刺激が用いられている。この結果から、異なるモダリティの刺激を含んだ刺激呈示系列であっても、反応を要しない非標的の刺激は、課題難度が高いときに注意を捕捉するということが報告されている。

また、Sugimoto, Kimura, Takeda, & Katayama (2017) では、課題難度と非標的の刺激の呈示タイミングが操作された。課題難度の上昇とともに非標的の刺激に対する P3 は増大したが、非標的の刺激が予測できないタイミングで呈示

された場合には難度の効果が減少した。したがって、無関連情報による注意捕捉には呈示タイミングも大きく影響するといえる。

これらの刺激文脈に関する研究から、反応を要しない課題に関連のない刺激は、課題難度が低いときには注意を捕捉しないと考えられる。また、課題無関連刺激が標的刺激と類似していないときには逸脱情報として処理される。低頻度の無関連刺激と類似した高頻度の無関連刺激と同一系列で呈示されているときには、逸脱情報として注意を捕捉することはなくなる。

ただし、刺激文脈の研究においては、同一系列に反応を要する刺激と反応を必要としない刺激が存在するパラダイムが用いられており、異なる系列に反応を要しない刺激が呈示されることはない。また、反応を要する課題関連情報をもつ刺激と同一の刺激中に無関連情報が含まれている場合には、関連情報と無関連情報の関係性が強くなるため、関連刺激として処理される可能性も考えられるが、そのような刺激を用いた研究も見られない。したがって、系列の違いによる影響や課題関連情報と無関連情報を含む刺激の違いによる影響などが明確でない。

#### 4. 妨害効果

妨害効果の研究は、課題無関連情報による関連情報の処理への影響という点において、プローブ法とは異なる現象を扱っている。プローブ法では、重要な処理に割り当てられていた注意資源から、重要な処理に対して優先的に注意が分配される (Navon & Gopher, 1979; Wickens, 1980) と考えられており、課題に関連のない情報は、主課題の処理を妨害しないことが前提となっている。これに対し、妨害効果は、遂行中の課題に関連のない刺激の出現や予期しない刺激の変化が、課題に関連する情報の処理を妨害し、誤った反応を引き起こしたり、反応を遅らせたりする現象である (Schröger & Wolff, 1998)。妨害効果の研究においては、遂行中の行動に関連のない情報の処理に関して生態学的観点から、重大な情報を見逃した際に生じる損失に比べて、無関連な情

報を処理するコストによって生じる損失が小さいため、妨害効果が生じると考えられている (Berti et al., 2004)。

このように課題を行う上で不要な情報の出現や変化により反応までに要する時間が延長する現象は行動指標を用いた研究により古くから報告されている。例えば, Niepel, Rudolph, Schützwohl, & Meyer (1994) では, 左右の一方から聞こえる音声の位置に対応してボタン押し反応を行う位置判断の課題を用いている。この研究では, 課題を遂行する上では処理する必要のない音声の性別が変化することによって反応が遅延することが示されている。これは無関連な情報に対する注意の定位という点から解釈されている (Johnston, Hawley, Plewe, Elliott, & DeWitt, 1990; Spence & Driver, 1994; Theeuwes, 1991; Yantis & Jonides, 1990)。このように妨害効果が生じるメカニズムについて注意が関係していると考えられていることから, 反応時間や正答率といった行動成績に加えて, 今では刺激の変化や注意に関連する ERP である N1 やミスマッチ陰性電位 (mismatch negativity: MMN), P2, P3, RON (re-orienting negativity) なども指標として用いられている (Adler, Giabbiconi, & Müller, 2009; Alho, Escera, Díaz, Yago, & Serra, 1997; Bendixen, Grimm, Deouell, Wetzell, Mädebach, & Schröger, 2010; Berti, Grunwald, & Schröger, 2013; Berti et al., 2004; Escera et al., 2000; Escera, Yago, Corral, Corbera, & Nuñez, 2003; Gaspelin, Leonard, & Luck, 2015; Hölig & Berti, 2010; Normand, Autin, & Croizet, 2015; Röer, Bell, & Buchner, 2014, 2015; Sussman, Winkler, & Schröger, 2003)。

妨害効果を調べるためのパラダイムとしては, Schröger & Wolff (1998) において, 呈示される刺激の持続時間を弁別する課題が用いられた。色や形の弁別課題では, 刺激のオンセット直後に刺激の弁別が可能であるのに対し, 呈示時間の弁別課題では 2 種類の呈示時間のうち, 短い刺激の呈示時間が経過するまで弁別に関する処理を終了することができない。色や形の弁別課題では関連処理の終了後の反応出力に関する処理を妨害している可能性などが考えられるが, この呈示時間弁別課題を用いることで, 確実に関連処理中に無関連情

報を入力することができると考えられている。このような利点から、この課題はディストラクション・パラダイム (**distraction paradigm**) として妨害効果の研究で広く使用されている。

**Schröger & Wolff (1998)** では、聴覚において呈示時間弁別課題を行わせ、課題に無関連な情報として音の高さを低頻度で逸脱させている。この逸脱の大きさによって3条件を設定し、無関連情報の逸脱の程度による妨害効果の大きさが比較された。結果として、呈示時間についてのみ処理を行えば課題の遂行が可能であるにも関わらず、無関連情報である音の高さの逸脱の程度に伴い、反応時間の延長や **P3** 振幅の増大が見られた。これは無関連情報が変化することにより、注意を捕捉したことを示している。

**Berti & Schröger (2001)** では、聴覚刺激を用いた呈示時間弁別課題と視覚刺激を用いた呈示時間弁別課題を行っている。無関連情報として聴覚課題では低頻度で周波数が変化し、視覚課題では刺激の呈示位置や呈示される刺激の向きが低頻度で変化した。聴覚では無関連情報の逸脱に対して **P3** 振幅の増大が見られたが、視覚では逸脱に対する **P3** の増大は見られなかった。

また、**Boll & Berti (2009)** では、視覚と聴覚の両方の刺激を用いた呈示時間弁別課題を行わせている。関連情報は視聴覚刺激の呈示時間であり、無関連情報は視覚刺激の呈示位置や聴覚刺激の周波数が低頻度で逸脱した。視覚や聴覚が単一モダリティで逸脱したときに比べて、視聴覚ともに無関連情報が逸脱した刺激に対して **P3** の増大が見られた。また、逸脱の効果は視覚よりも聴覚で大きく見られていた。

これらの妨害効果の研究から、関連情報と無関連情報が含まれるモダリティの違いに関わらず、注意を向けている系列に無関連情報が出現すると注意が捕捉されることがわかる。さらに、関連情報を含む刺激に無関連情報が含まれている場合には、無関連刺激に注意が捕捉され、妨害効果が生じると考えられる。この無関連刺激による注意捕捉は、標準刺激からの逸脱の程度が大きくなるほど生じやすくなる。ただし、注意の捕捉の程度は **Berti & Schröger (2001)** で示されていたように、モダリティによっても異なるようである。

また、プローブ法や刺激文脈で示されていたような課題難度による無関連刺激の処理への影響について、Naka & Katayama (2017) では視覚における呈示時間弁別課題を用いて調べている。無関連情報として視覚刺激の呈示位置を低頻度で変化させている。その結果、視覚刺激が逸脱した試行と標準刺激が呈示された試行の反応時間の差分である妨害効果量は、課題難度が高い条件において減少していた。しかし、ERP においては課題難度に関わらず、無関連情報の逸脱に対して P3 が惹起されていた。行動指標からは課題難度が高くなったことにより、無関連情報の処理に注意が向けられなくなった可能性も考えられるが、反応出力に現れないレベルで無関連情報の変化により注意が捕捉されていたとも考えられる。

## 5. 課題関連情報と無関連情報の文脈について

プローブ法と刺激文脈、妨害効果の研究を概観すると、無関連情報の処理に関してそれぞれ異なる結果が見られる。プローブ法においては、課題難度が高くなると、課題に関連のない情報によって注意が捕捉されることはなくなる。一方、刺激文脈の研究においては、課題難度が高くなると、反応を必要としない刺激に対して注意が捕捉されやすくなる。また、プローブ法において課題無関連刺激が関連刺激の処理を阻害しないと考えられているのに対して、妨害効果の研究においては無関連刺激による注意捕捉がさまざまな状況で生じることが示されている。

しかし、これらの結果の違いは無関連刺激による注意捕捉に関して、研究間での矛盾を表しているわけではない。これらの研究において結果が異なるのは、パラダイムが大きく異なることが原因であると考えられる。プローブ法の研究では、課題関連刺激と無関連刺激が同一モダリティに呈示されていることはない。さらに、課題遂行に最も重要な刺激と重要度の低い刺激や無関連刺激は、主課題と二次課題もしくは無関連プローブ刺激として、明確に刺激呈示系列が分けられている。そのため、課題に重要な刺激と同一系列内に重要でない

刺激が含まれていることもない。刺激文脈の研究においては、1つの系列の中での刺激間の関係性である文脈がテーマであることから、異なる系列に反応を要しない刺激が呈示されることや、反応を要する関連刺激と同一刺激に無関連情報が含まれていることがない。このようにプローブ法と刺激文脈の研究においては、刺激呈示系列という点で異なっている。

この2つの研究に対して、妨害効果に関する研究においては、課題に関連する刺激と課題に関連のない刺激が同一刺激に含まれていることもあれば、関連刺激とは異なるモダリティや異なる刺激呈示系列で無関連刺激が呈示されることもある。このようなモダリティや刺激呈示系列、刺激内のパラメータ等を柔軟に操作できる妨害効果のパラダイムによって、どのような条件下でプローブ法のように無関連刺激が注意を捕捉しなくなるのか、どのような条件下で刺激文脈のように無関連刺激が注意を捕捉するのかを明確にすることができるだろう。

上述したプローブ法と刺激文脈での課題難度による結果の違いに関連して、妨害効果の研究において課題難度を操作した Naka & Katayama (2017) では、同一刺激中に関連情報と無関連情報が含まれていた。この条件下では、課題難度に関わらず無関連刺激が注意を捕捉することが示されている。これは難度によって無関連刺激による注意捕捉の程度が変化するとされる刺激文脈やプローブ法の研究とは異なる新たな知見である。また、同一刺激中に関連情報と無関連情報が含まれていることから、関連刺激と無関連刺激は同一の刺激呈示系列であると捉えられている可能性が高い。このことから、妨害効果のパラダイムを利用して刺激呈示系列に関して調べることが、無関連情報による注意捕捉の条件を調べる上で有益であると考えられる。

## 6. おわりに

ここで取り上げたプローブ法、刺激文脈、妨害効果という3つの研究領域から、それぞれ課題に関連のない刺激がどのような条件で注意を捕捉するのか

ということが読み取れる。しかし、その結果には異なる点がある。これは矛盾があるわけではなく、それぞれの研究で用いられているパラダイムの違いが原因として挙げられる。特に刺激呈示文脈が異なっており、この点に関して妨害効果のパラダイムは柔軟に操作することが可能である。したがって、妨害効果のパラダイムはこれまで3つの研究で見られてきた課題無関連情報の処理の解明に有益であり、今後このパラダイムを用いて刺激呈示文脈を操作した研究を行う必要があると考えられる。

#### 引用文献

- Adler, J., Giabbiconi, C-M., & Müller, M. (2009). Shift of attention to the body location of distracter is mediated by perceptual load in sustained somatosensory attention. *Biological Psychology*, *81*, 77-85.
- Alho, K., Escera, C., D'Áz, R., Yago, E., & Serra, J. M. (1997). Effects of involuntary auditory attention on visual task performance and brain activity. *Neuroreport*, *8*, 3233-3237.
- Allison, B. Z., & Polich, J. (2008). Workload assessment of computer gaming using a single-stimulus event-related potential paradigm. *Biological Psychology*, *77*, 277-283.
- Appelbaum, L. G., Boehler, C. N., Won, R., Davis, L., & Woldorff, M. G. (2012). Strategic allocation of attention reduces temporally predictable stimulus conflict. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *24*, 1834-1848.
- Bendixen, A., Grimm, S., Deouell, L.Y., Wetzell, N., Mädebach, A., & Schröger, E. (2010). The time-course of auditory and visual distraction effects in a new crossmodal paradigm. *Neuropsychologia*, *48*, 2130-2139.
- Berti, S., Grunwald, M., & Schröger, E. (2013). Age dependent changes of distractibility and reorienting of attention revisited: An event-related potential study. *Brain Research*, *1491*, 156-166.
- Berti, S., Roeber, U., & Schröger, E. (2004). Bottom-up influences on working memory: behavioral and electrophysiological distraction varies with distractor strength. *Experimental psychology*, *51*, 249-257.
- Berti, S., & Schröger, E. (2001). A comparison of auditory and visual distraction effects: behavioral and event-related indices. *Cognitive Brain Research*, *10*, 265-273.
- Bledowski, C., Prvulovic, D., Goebel, R., Zanella, F. E., & Linden, D. E. J. (2004).

- Attentional systems in target and distractor processing: A combined ERP and fMRI study. *NeuroImage*, *22*, 530-540.
- Bledowski, C., Prvulovic, D., Hoechstetter, K., Scherg, M., Wibral, M., Goebel, R., & Linden, D. E. J. (2004). Localizing P300 Generators in visual target and distractor processing: A combined event-related potential and functional magnetic resonance imaging study. *The Journal of Neuroscience*, *24*, 9353-9360.
- Boll, S., & Berti, S. (2009). Distraction of task-relevant information processing by irrelevant changes in auditory, visual, and bimodal stimulus features: A behavioral and event-related potential study. *Psychophysiology*, *46*, 645-654.
- Brown, C. R., Barry, R. J., & Clarke, B. A. (2009). ERPs to infrequent auditory stimuli in two- and three-stimulus versions of the inter-modal oddball task. *International Journal of Psychophysiology*, *74*, 174-182.
- Brown, C. R., Clarke, A. R., & Barry, R. J. (2007). Auditory processing in an inter-modal oddball task: Effects of a combined auditory/visual standard on auditory target ERPs. *International Journal of Psychophysiology*, *65*, 122-131.
- Combs, L., & Polich, J. (2006). P3a from auditory white noise stimuli. *Clinical Neurophysiology*, *117*, 1106-1112.
- Comerchero, M. D., & Polich, J. (1998). P3a, perceptual distinctiveness, and stimulus modality. *Cognitive Brain Research*, *7*, 41-48.
- Comerchero, M. D., & Polich, J. (1999). P3a and P3b from typical auditory and visual stimuli. *Clinical Neurophysiology*, *110*, 24-30.
- Demiralp, T., Ademoglu, A., Comerchero, M., & Polich, J. (2001). Wavelet analysis of P3a and P3b. *Brain Topography*, *13*, 251-267.
- Donchin, E., Kramer, A. F., & Wickens, C. D. (1986). Applications of brain event-related potentials to problems in engineering psychology. In M. G. H. Coles, E. Donchin, & S. W. Porges (Eds.), *Psychophysiology: Systems, processes, and applications*. New York: Guilford Press, pp. 702-718.
- Escera, C., Alho, K., Schröger, E., & Winkler, I. (2000). Involuntary attention and distractibility as evaluated with event-related brain potentials. *Audiology & Neurotology*, *5*, 151-166.
- Escera, C., Yago, E., Corral, M.-J., Corbera, S., & Nuñez, M. I. (2003). Attention capture by auditory significant stimuli: semantic analysis follows attention switching. *European Journal of Neuroscience*, *18*, 2408-2412.
- Finke, M., Sandmann, P., Kopp, B., Lenarz, T., & Büchner, A. (2015). Auditory

- distraction transmitted by a cochlear implant alters allocation of attentional resources. *Frontiers in neuroscience*, 9, No.68.
- Forster, S., Robertson, D. J., Jennings, A., Asherson, P., & Lavie, N. (2014). Plugging the attention deficit: Perceptual load counters increased distraction in ADHD. *Neuropsychology*, 28, 91-97.
- Friedman, D., Cycowicz, Y. M., & Gaeta, H. (2001). The novelty P3: an event-related brain potential (ERP) sign of the brain's evaluation of novelty. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 25, 355-373.
- Gaspelin, N., Leonard, C. J., & Luck, S. (2015). Direct evidence for active suppression of salient-but-irrelevant sensory inputs. *Psychological Science*, 26, 1740-1750.
- Gaudreault, R., & Fortin, C. (2013). To count or not to count: the effect of instructions on expecting a break in timing. *Attention, perception, & psychophysics*, 75, 588-602.
- Goldstein, A., Spencer, K. M., & Donchin, E. (2002). The influence of stimulus deviance and novelty on the P300 and Novelty P3. *Psychophysiology*, 39, 781-790.
- Hagen, G. F., Gatherwright, J. R., Lopez, B. A., & Polich, J. (2006). P3a from visual stimuli: Task difficulty effect. *International Journal of Psychophysiology*, 59, 8-14.
- Hölig, C., & Berti, S. (2010). To switch or not to switch: Brain potential indices of attentional control after task-relevant and task-irrelevant changes of stimulus features. *Brain Research*, 1345, 164-175.
- Johnston, W. A., Hawley, K. J., Plewe, S. H., Elliott, J. M. G., & DeWitt, M. J. (1990). Attention capture by novel stimuli. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119, 397-411.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and Effort*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Katayama, J., & Polich, J. (1996 a). P300 from one-, two-, and three-stimulus auditory paradigms. *International Journal of Psychophysiology*, 23, 33-40.
- Katayama, J., & Polich, J. (1996 b). P300, probability and the three-tone paradigm. *Electroencephalography and clinical Neurophysiology*, 100, 555-562.
- Katayama, J., & Polich, J. (1998). Stimulus context determines P3a and P3b. *Psychophysiology*, 35, 23-33.
- Katayama, J., & Polich, J. (1999). Auditory and visual P300 topography from a 3 stimulus paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 110, 463-468.
- Kimura, M., Katayama, J., & Murohashi, H. (2008). Underlying mechanisms of

- the P3a task-difficulty effect. *Psychophysiology*, *45*, 731-741.
- Kramer, A. F., Sirevaag, E. J., & Braune, R. (1987). A psychophysiological assessment of operator workload during simulated flight missions. *Human Factors*, *29*, 145-160.
- Kramer, A. F., Wickens, C. D., & Donchin, E. (1983). An analysis of the processing requirements of a complex perceptual-motor task. *Human Factors*, *25*, 597-621.
- Lavie, N. (1995). Perceptual load as a necessary condition for selective attention. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *21*, 451-468.
- Marsh, J. E., Sörqvist, P., & Hughes, R. W. (2015). Dynamic cognitive control of irrelevant sound: Increased task engagement attenuates semantic auditory distraction. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, *4*, 1462-1474.
- Naka, S., & Katayama, J. (2017). The effect of task difficulty and response type for duration discrimination on distraction. Society for Psychophysiological Research 57th Annual Meeting.
- Navon, D., & Gopher, D. (1979). On the economy of the human-processing system. *Psychological Review*, *86*, 214-255.
- Niepel, M., Rudolph, U., Schützwohl, A., & Meyer, W-U. (1994). Temporal characteristics of the surprise reaction induced by schema-discrepant visual and auditory events. *Cognition and Emotion*, *8*, 433-452.
- 入戸野 宏 (2006). 映像に対する注意を測る——事象関連電位を用いたプローブ刺激法の応用例—— 生理心理学と精神生理学, *24*, 5-18.
- Normand, A., Autin, F., & Croizet, J. C. (2015). Evaluative pressure overcomes perceptual load effects. *Psychonomic bulletin & review*, *22*, 737-742.
- Papanicolaou, A. C., & Johnstone, J. (1984). Probe evoked potentials: theory, method and applications. *The International journal of neuroscience*, *24*, 107-131.
- Polich, J., & Comerchero, M. (2003). P3a from visual stimuli: Typicality, task, and topography. *Brain Topography*, *15*, 141-152.
- Posner, M. I., & Boies, S. J. (1971). Components of attention. *Psychological Review*, *78*, 391-408.
- Röer, J. P., Bell, R., & Buchner, A. (2014). What determines auditory distraction? On the roles of local auditory changes and expectation violations. *PLoS one*, *9*, No.1.

- Röer, J. P., Bell, R., & Buchner, A. (2015). Specific foreknowledge reduces auditory distraction by irrelevant speech. *Journal of experimental psychology: Human perception and performance*, *41*, 692-702.
- SanMiguel, I., Linden, D., & Escera, C. (2008). Attention capture by novel sounds: Distraction versus facilitation. *European Journal of Cognitive Psychology*, *22*, 481-515.
- SanMiguel, I., Morgan, H. M., Klein, C., Linden, D., & Escera, C. (2010). On the functional significance of novelty-P3: Facilitation by unexpected novel sounds. *Biological Psychology*, *83*, 143-152.
- Sawaki, R., & Katayama, J. (2006 a). Severity of AD/HD symptoms and efficiency of attentional resource allocation. *Neuroscience Letters*, *407*, 86-90.
- Sawaki, R., & Katayama, J. (2006 b). Stimulus context determines whether non-target stimuli are processed as task-relevant or distractor information. *Clinical Neurophysiology*, *117*, 2532-2539.
- Sawaki, R., & Katayama, J. (2007). Difficulty of discrimination modulates attentional capture for deviant information. *Psychophysiology*, *44*, 374-382.
- Sawaki, R., & Katayama, J. (2008 a). Distractor P3 is associated with attentional capture by stimulus deviance. *Clinical Neurophysiology*, *119*, 1300-1309.
- Sawaki, R., & Katayama, J. (2008 b). Top-down directed attention to stimulus features and attentional allocation to bottom-up deviations. *Journal of Vision*, *8* (15), 1-8.
- Sawaki, R., & Katayama, J. (2009). Difficulty of discrimination modulates attentional capture by regulating attentional focus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *21*, 359-371.
- Schröger, E., & Wolff, C. (1998). Behavioral and electrophysiological effects of task-irrelevant sound change: a new distraction paradigm. *Cognitive Brain Research*, *7*, 71-87.
- Spence, C. J. & Driver, J. (1994). Covert spatial orienting in audition: exogenous and endogenous mechanisms. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *20*, 555-574.
- Sugimoto, F., & Katayama, J. (2013). Somatosensory P2 reflects resource allocation in a game task: Assessment with an irrelevant probe technique using electrical probe stimuli to shoulders. *International Journal of Psychophysiology*, *87*, 200-204.
- Sugimoto, F., & Katayama, J. (2017). Increased visual task difficulty enhances attentional capture by both visual and auditory distractor stimuli. *Brain Re-*

- search*, 1664, 55-62.
- Sugimoto, F., Kimura, M., Takeda, Y., & Katayama, J. (2017). Temporal attention is involved in the enhancement of attentional capture with task difficulty: an event-related brain potential study. *NeuroReport*, 28 (12), 755-759.
- 杉本史恵・野村亜弓・片山順一 (2011). 肩への電気刺激に対する P300 を指標とした無関連プローブ法の検討 生理心理学と精神生理学, 29, 13-19.
- Sussman, E., Winkler, I., & Schröger, E. (2003). Top-down control over involuntary attention switching in the auditory modality. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 630-637.
- Theeuwes, J. (1991). Exogenous and endogenous control of attention: The effect of visual onsets and offsets. *Perception & Psychophysics*, 49, 83-90.
- Van der Burg, E., Olivers, C. N. L., Bronkhorst, A. W., & Theeuwes, J. (2008). Pip and pop: Nonspatial auditory signals improve spatial visual search. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34, 1053-1065.
- Wetzel, N., Widmann, A., & Schröger, E. (2012). Distraction and facilitation: Two faces of the same coin? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38, 664-674.
- Wickens, C. D. (1980). The structure of attentional resources. In R. Nickerson & R. Pew (Eds.), *Attention and Performance VIII*. Hillsdale, NJ: Erlbaum. pp.239-258.
- Yantis, S., & Jonides, J. (1990). Abrupt visual onsets and selective attention: Involuntary versus automatic allocation. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16, 121-134.

——仲 早苗 大学院文学研究科博士課程後期課程——

——片山順一 文学部教授——