

解説

聴覚的注意研究の枠組みと動向*

森 周 司 (九州大学)**

43.10.Ln; 43.66.Rq, Lj

1. はじめに

“My experience is what I agree to attend to. Only those items which I notice shape my mind” (William James [1], p.402)。

注意とは「外界に存在する多くの刺激 (情報) の一部のみを処理する内的過程」である。私達の音環境は多様な音で満ち溢れているが、一度に認識できるのはその中のごく一部である。私達は特定の音に選択的に注意を向けることで、その情報を詳細に分析し意味内容を把握する。William James [1] が述べるとおり、注意を向けたもののみが私達の意識的な知覚体験を構成する。

聴覚における注意の研究には 1950 年代の両耳分離聴 (dichotic listening) 課題以来の長い歴史があり、膨大な知見の蓄積がある。視覚的注意の研究に触発され、新たな研究も行われている。聴覚的注意の総論が本学会の雑誌で取り上げられたのは、著者が知る限り、Ebata [2] が最後である。そこで本稿では、両耳分離聴課題からの聴覚的注意の研究を再度解説すると共に、聴覚的注意の研究に影響を与えた視覚的注意の代表的な研究も紹介する。

2. 両耳分離聴

両耳分離聴課題は、左右それぞれの耳に異なる内容の文章や単語のリストを入力し、聴取者には一方の耳への入力を見捨てながら、もう一方の耳に聞こえる内容の追唱を求める。私達は大勢の会話の中でも特定の人の話を聞くことができるが、このカクテルパーティ (cocktail party) 現象の研究方法として、Cherry [3] により提案された。Cherry

によれば、片方の耳への注意の効果は非常に強力であり、他方の耳に入力された内容について後で訊ねられても聴取者はほとんど答えることができなかった。この結果に触発され、両耳分離聴の研究が 1950~60 年代にかけて盛んに行われた。その代表的な結果は次のとおりである。

●二つの音声入力について

①同一音源 (ヘッドホン、スピーカ) では選択的聴取が困難であるが、音源を離すほど聴取が促進される [4];

②周波数帯域が離れるほど選択的聴取が促進される [5]。

●注意しない側の音声入力について

③英語からドイツ語への変化に気付かない [3];

④途中で逆再生に変化しても気付かない [3];

⑤話者が男性から女性に変わると気付く [3];

⑥音声から正弦波音への変化に気付く [3];

⑦自分の名前が呈示されると気付く [6];

⑧注意する側の内容と関連する単語は追唱に影響を与える [7, 8];

⑨事前に電気ショックと条件付けられた単語と同じカテゴリの単語が呈示されると、気付かないが皮膚電気反応は起こる [9]。

これらの研究には、刺激音声の録音や再生に厳密性を欠くものもある。ただし、特筆すべきは、技術的な問題を改良した後年の研究でも、ほぼ同じ結果が得られていることである [10, 11]。

両耳分離聴課題は、注意の理論面の発展にも貢献した。それは初期選択 (early selection) と後期選択 (late selection) 説である。どちらも選択的聴取のモデルとして提案されたが、その後の注意一般の基本的な考え方になった。初期選択説では、注意による入力情報の選択は、聴覚情報処理の初期段階で行われるとする。注意は特定の情報を通過させるフィルタとして働き、フィルタを通過した情報は中枢に伝達され、意味内容の分析を

* Research frameworks and perspective of auditory attention.

** Shuji Mori (Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University, Fukuoka, 819-0395) e-mail: mori@inf.kyushu-u.ac.jp

受ける [12]。一方、フィルタを通過しなかった情報は消失し、記憶にも残らない。ただし、これでは⑦や⑧の結果を説明できない。そこで、注意されなかった情報でも減衰した形で中枢に送られると考えられるようになった [7]。減衰しても聴取者にとって重要な情報であれば、認識や記憶に至るのである。

後期選択説 [13] では、すべての入力では中枢での意味分析を受けた後に選択を受ける。選択の基準は、聴取者の経験や反応の目的に応じた内容の重要度である。⑨の結果は、無視され再認もされない単語でも意味分析を受けていることを示す。⑦と⑧の結果も、経験（自分の名前は繰り返し聞いている）と反応の目的との関連（追従するメッセージと関連する）で説明される。

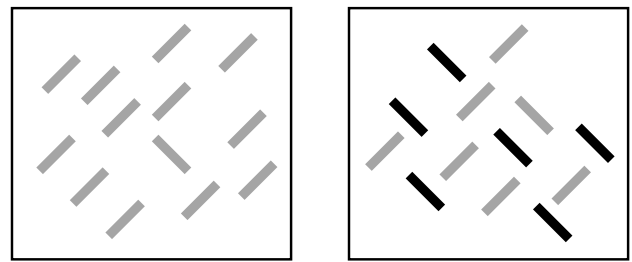
初期選択説と後期選択説の間の論争は、1960年代以降の注意研究の中心的話題となり、多くの研究が行われた。ただし、論争に決着がつくことはなく [14]、注意研究の主流は視覚に移っていった。

3. 視覚的注意

注意研究の主流が視覚になることを決定付けたのは、同じ1980年に発表された二つの論文、Treisman & Gelade [15] の視覚探索 (visual search) と Posner *et al.* [16] の定位 (orienting) の論文であった。この二つの論文に触発され、正に「注意革命」と言えるほど研究が盛り上がり、知覚全般の研究でも注意が大きな位置を占めるようになった。その一つの証左として、知覚研究の代表的な学術雑誌である *Perception & Psychophysics* が、2009年に *Attention, Perception & Psychophysics* に改名された。

3.1 視覚探索

視覚探索では、複数の刺激が一度に呈示され、その中から目標刺激をできる限り速く正確に探す。図-1(a)のように目標刺激と他の刺激（妨害刺激）の違いが単一の特徴 (feature) によるなら、探索は容易で、現象的には目標刺激が画面から飛び出す（ポップアウト pop out）ように知覚される。一方、図-1(b)のように、複数の特徴（この場合は輝度と傾き）の結合 (conjunction) で目標と妨害刺激が異なる場合、目標刺激（図-1(b)と同じく灰色の右斜め線）を見つけるためには刺激一つ一つに注意を向ける必要があり、時間がかかる。前



(a) 特徴探索

(b) 結合探索

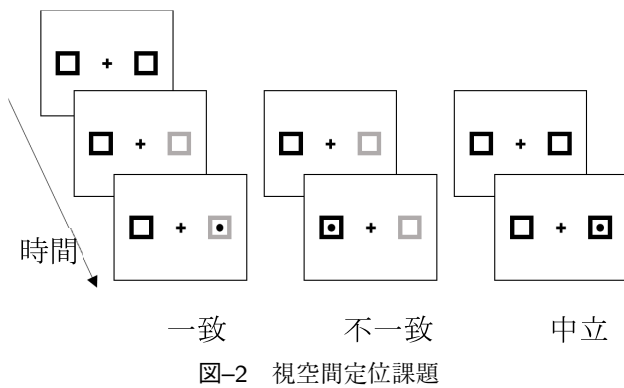
図-1 視覚探索

者は特徴探索、後者は結合探索と呼ばれる。

Treisman & Gelade [15] は特徴探索と結合探索の視覚情報処理を特徴統合理論 (feature integration theory) で説明した。この理論では、視空間の情報処理は前注意 (preattentive) 過程から集中注意 (focal attentional) 過程へと続く。前注意過程では、色、方位、輝度などの特徴を検出する特徴マップにより、視空間中に存在するそれぞれの特徴が並列処理される。特徴探索はこの前注意過程を反映する。集中注意過程では、視空間中の特定の位置に注意を向けることにより、その位置に存在する複数の特徴が統合され、物体の表象が形成される。結合探索は集中注意過程を反映する。最終的には物体表象が記憶と照合されることにより、物体同定が行われる。

特徴統合理論は、注意研究に大きな影響を与えた。その大きな理由は、注意に特徴統合という重要な役割を認めた点である。特徴統合は物体認識に必須であるため、注意なしでは物体認識が不可能になる。また、目標刺激のポップアウトが視覚の基本的特徴を同定する有力な手段とみなされるようになり、1980年代以降視覚探索による研究が爆発的に増加した。その過程で、結合探索でもポップアウトが起こる事例の報告 [17] や、特徴統合理論の改定や新たな理論の提案 [18] があったものの、視覚探索は視空間注意や視覚処理の研究手法として確立されている。

視覚探索の聴覚版として、複数の妨害音の中から目標音を見つける聴覚探索の実験も行われている [19, 20]。しかし、聴覚的注意の研究手法として確立しているとは言い難い。その理由の一つは刺激呈示の難しさである。視覚探索では複数の刺激が重なり合うことなく同時に出現させて、探索の速さを反応時間で測定できる。聴覚で同じく複数



の刺激を同時に呈示させようとするすると時間軸で重なり合うため耳に到達したときの目標音と妨害音の相違が曖昧になる。一方、時間をずらして呈示すると全体の中から目標音のみがポップアウトすることにならず、結果の解釈が難しくなる。

3.2 定 位

定位は、空間内の特定の事物や位置に注意を移動することである。何かが突然光ると私達はそちらに注意を向ける。その際、眼や頭もその方向に向けるが、これは身体運動を伴う (overt) 定位である。一方、私達は身体運動を伴わない (covert) 定位もできる。夜道で背後から聞こえる音に注意を払うのはその良い例である。

Posner *et al.* [16] は、視空間において身体運動を伴わない定位を検討する手法を提案した。図-2 にその概略を示す。試行の最初に凝視点と左右の枠が呈示される。次にどちらかの枠に手がかり (図-2 では枠の変化) が呈示された後、いずれかの枠内に刺激が呈示される。実験参加者は凝視点から視線を動かさずに呈示刺激に対しできる限り速く反応する。

定位の効果を明確にするために、実験では 3 種類の試行がランダムに実施される。一致 (valid) 試行では、手がかりが現れた枠内に刺激が呈示され、不一致 (invalid) 試行では逆の枠内に呈示される。中立 (neutral) 試行では、手がかりが呈示されずに、刺激が左右どちらかの枠内に等確率で呈示される。定位により刺激の処理が促進されるならば一致試行では刺激への反応時間が速くなり、不一致試行ではいったん誤った方向に定位されるので遅くなる。それぞれの反応時間を中立試行と比べることで一致・不一致による促進と遅延が明確になる。このような定位の効果の分析方法を損失利得分析 (cost-benefit analysis) と呼ぶ。

Posner *et al.* [16] は、手がかり呈示から 50~100 ms で刺激が呈示されても利得と損失が生じることを示した。眼球運動の解発には少なくとも 100 ms を要するので、この結果は眼球運動よりも前に注意が刺激へと移動したことを意味する。いわば、注意という心の眼が眼球よりも先に動いて見ることを促したのである。内的過程である注意と身体運動の分離を示したことで、注意研究に大きな影響を与えた。

Posner *et al.* [16] 以降、視空間定位課題は多くの研究で用いられた。その理由としては、両耳分離聴課題と比べ、刺激や参加者の反応が単純であり、結果に記憶や言語処理の影響が混在する心配がほとんどないことである。また、刺激や手がかり、反応課題にいろいろと使えるのも魅力である。刺激に音を使うこともできるし、手がかりとしては、図-2 のように刺激近傍に呈示される刺激手がかり (stimulus cue) だけでなく、矢印のようにその内容で注意を誘導する情報手がかり (informational cue) も使える。反応も単純反応ばかりでなく、弁別や同定反応も使用できる。

4. 空間的注意

聴覚的注意の研究において、視覚的注意研究の影響を最も強く受けているのは、空間的注意であろう。視覚と聴覚は、それぞれの刺激が存在する場所として空間を共有しており、刺激自身が共通していることも多い。聴空間注意の研究で主流となっているのは、前章で取り上げた定位課題を用いた研究である。

聴空間での定位の研究では、ヘッドホンあるいはスピーカで音信号が呈示される。ヘッドホンの場合、独立の音刺激をそれぞれの耳に呈示することが可能であり、聴取者の注意は左右どちらかの耳に誘導される。手がかりとして正弦波音、雑音 [21]、ベル音 [22]、「左」「右」の音声 [23, 24]、楽器音 [24]、聴取者正面に呈示される矢印 [25] などが用いられている。反応課題としては、刺激呈示への単純反応以外に刺激呈示位置 (左右) の同定や、周波数弁別、複合音の協和/不協和判断が用いられている。いずれの場合でも、手がかりと刺激位置の一致による促進効果が見られるが、他と比べ単純反応では効果が小さくなる傾向にある。

スピーカ呈示の場合、聴取者との位置関係によ

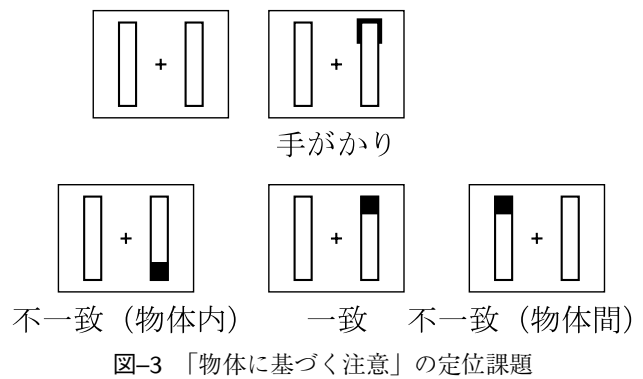
り左右で音響特性は異なるものの、両耳に音が入力される。そして信号を呈示するスピーカ（あるいはその近傍の位置）に注意が誘導される。ヘッドホン呈示と比べ、スピーカ呈示では定位の効果は比較的小さく、ばらつきも多い。単純反応では定位の効果が見られないが、位置同定や弁別では促進効果が報告されている [26, 27]。検出課題でヘッドホンとスピーカ呈示を比較した研究では、ヘッドホンでは手がかり効果があるが後者では見られなかった [28]。

ヘッドホンとスピーカによるこのような結果の相違に関しては、聴覚における空間位置の符号化によると考えられる [21]。スピーカ呈示では、両耳に聴覚情報が入力され、それらの時間や強度、周波数特性の相違によって空間位置が符号化される。その符号化の精度は視覚に比べると低い。一方、ヘッドホン呈示では、左右いずれかの耳のみに入力があり、注意誘導と刺激の位置は左右いずれかで明確である。故に手がかりによる促進効果も生じ易い。

5. 物体に基づく注意

視空間注意の研究では、注意は特定の位置に向けられる（空間に基づく注意 space-based attention）と考えられてきた。これに対し、注意は物体に向けられる（物体に基づく注意 object-based attention）という考え方もある [29–31]。Egley *et al.* [30] は、視空間定位課題で空間に基づく注意と物体に基づく注意の両方が作用していることを示した。図-3 に示すように、彼らは刺激が呈示される枠に長方形を用い、それぞれを異なる「物体」と見なした。刺激は枠の上端又は下端に呈示される四角形であるが、鍵となるのは枠の長さや左右の枠が等距離にあることである。従って、手がかり（枠の上端の太枠）と刺激の不一致試行では、刺激が同一枠（物体内）に呈示される場合と、異なる枠（物体間）ではあるが等距離の位置に呈示される場合がある。その結果、不一致試行の反応時間は一致試行より遅いが、不一致でも物体内に刺激が呈示された方で物体間に呈示されるより反応時間が早くなった。すなわち、位置に基づく注意の移動（物体内）と共に、物体に基づく注意の移動（物体間）が生じたのである。

聴覚においても、物体に基づく注意が作用して



いると考えられている [32]。聴空間定位の研究は私達の注意が音源位置に向けられることを示すが、日常生活で我々が注意を向けるのは、音源位置よりはむしろ音源から発せられる音事象（目覚ましの音、家族の声、車のエンジン音など）である。この音事象への注意が、聴覚における「物体に基づく注意」である。

視覚では、物体に向けられた注意は構成要素の処理も促進する [30] が、聴覚でもそうであろうか。音脈 (sound stream) の研究は、音脈への注意がその構成音の知覚に影響することを示している [33]。音脈は聴覚における「物体」の代表的な例であり、音の集合が共通の音響特性により群化して一つの音の流れ（音脈）として知覚される [34]。注意を複数の音脈に同時に向けることはできないため、異なる音脈に属する音の関係を判断するのは難しい。しかし、同じ二つの音が同一の音脈に属すると、それらの関係の判断は容易になる [33]。すなわち、音脈への注意がその構成音の処理を促進したのである。従って、聴覚においても物体に基づく注意は物体内の処理を促進するが、その促進効果は異なる物体に波及しない。

6. 周波数への注意

周波数への注意は、聴覚的注意の中で恐らく最もよく研究された分野である。両耳分離聴と同じ 1950 年代から、信号検出理論の枠組みで研究が進められ、1980 年代後半の注意帯域 (attention band) の提唱で関心が高まり、2000 年代以降も研究が行われた。

6.1 周波数不確定性

検出実験で信号周波数が毎試行不規則に変化すると検出成績は低下する。信号検出理論では、この周波数不確定性 (frequency uncertainty) 状況

での検出成績の理論値が求められるが、その値は信号周波数が固定された条件での実際の聴取者の成績に近くなる [35]。これより、検出実験の聴取者には内在的な周波数不確定性が存在すると考えられるようになった。そこで、毎試行周波数をランダムに変化させて周波数不確定性を外的に操作したり、周波数不確定性状況下で特定の周波数に観察者の注意を誘導する実験が行われるようになった [36, 37]。

Greenberg & Larkin [38] は、注意誘導の方法としてプローブ信号法 (probe-signal method) を提案した。この方法では、聴取者にはある周波数の信号だけが呈示されると信じさせておいて、別の周波数の信号も呈示する。前者をプライマリー (primary)、後者をプローブと呼ぶ。彼らは、プライマリーの周波数を 1,000 あるいは 1,100 Hz として全試行の 75% で呈示し、残りの 25% でプローブを呈示した。その結果、プライマリーの検出率は 75~90% と最も高く、プローブの検出率はプライマリーの周波数に近いほど高く、プライマリーから 100~200 Hz 離れるとチャンスレベルになった。これは、聴取者の注意がプライマリーを中心とした周波数帯域に向けられた結果と考えられる。

6.2 注意帯域

プローブ信号法の研究は、プライマリーだけに聴取者の注意が誘導されるのではなく、プライマリーを中心とした周波数帯域に注意が誘導されることを示唆している。この周波数帯域への注意をより明確に示したのが Scharf *et al.* [39] の研究である。彼らは、プローブ信号法に加え、手がかりの呈示により聴取者の注意を誘導した。手がかりには正弦波音を用い、2 区間強制選択課題の信号検出において第一区間の前に 1 秒空けて呈示した。実験ではプライマリーの周波数を 1,000 Hz とし、手がかり音は常にプライマリー周波数 (1,000 Hz) で呈示され、信号としてはプライマリーが 75%、プローブが 25% ランダムに呈示された。

実験結果を図-4 に示している。プライマリーの検出率は 90% 程度であるが、プローブの検出率はプライマリーから離れるほど低くなり、600 と 1,500 Hz ではほぼチャンスレベルとなった。このような検出率の変化は 1,000 Hz を中心とした臨界帯域あるいは聴覚フィルタでの検出能と一致する。Scharf *et al.* [39] は、これを注意帯域 (attention

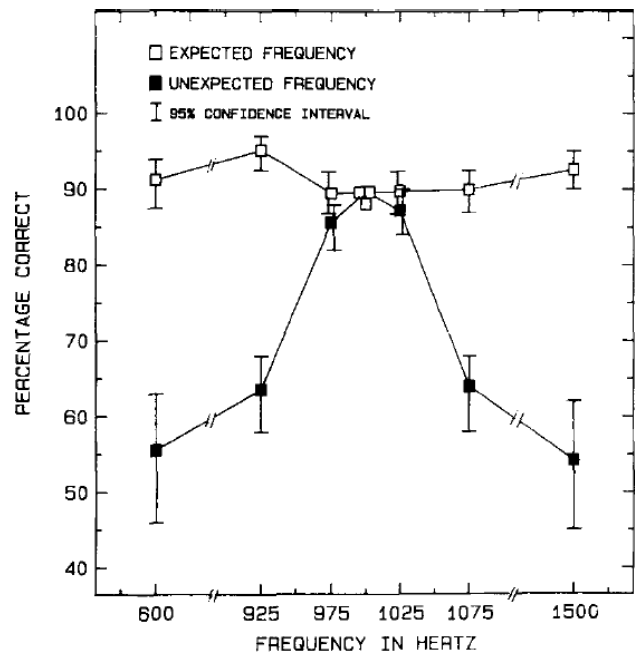


図-4 Scharf *et al.* [39] の結果 (p. 218, Figure 2: 許可を得て転載)

band) と呼んだ。一方、手がかり音と信号の周波数が常に同じである対照条件では、プライマリーとプローブの周波数に関わらず、検出率は 90% 程度であった。これは、手がかり音により聴取者の注意が常に信号周波数に向けられたと解釈される。

Scharf *et al.* [39] の研究は、両耳分離聴課題への関心が失われてから下火となっていた聴覚注意の研究が再び活性化する契機となった。その主な理由は、Scharf *et al.* [39] が注意帯域という概念を導入したことである。注意は私達の音の聞き取りに強く影響しているものの、両耳分離聴課題や不確定性の研究では聴覚機能との関わりが明らかではなかった。注意帯域の考えでは、周波数への選択的注意が臨界帯域や聴覚フィルタに作用していることになり、基本的な聴覚機能に基づく可能性が示唆される。

表-1 に、周波数への注意誘導で用いられた手がかりを列挙している。正弦波音から対側耳呈示まで、音による手がかりは、効果の程度に差はあれ、信号音の検出成績を向上させている。一方、視覚刺激を手がかりに用いると結果はまちまちである。ライト点灯は検出率を向上させたが [40]、文字呈示による向上はなかった [41]。音符や数字の手がかりは絶対音感者や音楽経験者では効果を示した [42, 43]。

表-1 周波数への注意誘導で用いられた手がかり

種類	特徴 (周波数他)
正弦波	プライマリーと同一周波数: 1,000 Hz [39], 250~4,000 Hz [46], 600~3,370 Hz [47] プライマリー (600~3,370 Hz) の 2/3 の周波数 [48]
複合音	600~3,570 Hz の 2 又は 4 成分 [47]
雑音	中心周波数 1,000 Hz の狭帯域雑音 [49]
音系列	100 ms 正弦波音 12 個の連続呈示: すべて 1,150 Hz 又は 2,050 Hz [41, 50], あるいは 150 Hz 刻みで上昇又は下降 [50]
対側耳呈示	800~2,880 Hz の正弦波音, 又は複合音 [51]
視覚刺激	左右のライト点灯 [40], “H” 又は “L” の連続呈示 [41], 音符 [42], 数字 [43]

7. おわりに

本稿の内容の一部は 2019 年上梓予定の「音響学講座 聴覚」でも取り上げている。誌面の都合上, ここでは音信号を刺激とする心理音響実験の研究を中心にあげたが, 視覚や触覚刺激を用いた異種感覚相互作用の研究, 神経科学の手法による聴覚的注意の研究も多数存在する。最近聴覚的注意のボトムアップの側面 [44] や時間軸上での注意 [45] に関する研究も行われているが, 同じく誌面の都合で割愛した。

最後に, 注意研究ではいまだに視覚が主流であり, その知見を聴覚的注意の研究に活かすことは重要である。しかし, 本稿でも述べたように, 視覚と聴覚の注意研究の「相性」があり, 視覚での研究手法の聴覚への応用には注意が必要である。

謝 辞

本稿の初期の版に貴重な助言を与えていただいた河原純一郎先生 (北海道大学) と廣瀬信之先生 (九州大学) に感謝いたします。

文 献

- [1] W. James, *The Principles of Psychology*, 1 (Holt, New York, 1890).
- [2] M. Ebata, “Spatial unmasking and attention related to the cocktail party problem,” *Acoust. Sci. & Tech.*, **24**, 208–219 (2003).
- [3] C. E. Cherry, “Some experiments on the recognition of speech, with one and with 2 ears,” *J. Acoust. Soc. Am.*, **25**, 975–979 (1953).
- [4] D. E. Broadbent, “The role of auditory localization in attention and memory span,” *J. Exp. Psychol.*, **47**, 191–196 (1954).
- [5] W. Spieth, J. F. Curtis and J. C. Webster, “Responding to one of two simultaneous messages,” *J. Acoust. Soc. Am.*, **26**, 391–396 (1954).
- [6] N. Moray, “Attention in dichotic listening: Affective cues and the influence of instructions,” *Q. J. Exp. Psychol.*, **11**, 56–60 (1959).
- [7] A. M. Treisman, “Contextual cues in selective listening,” *Q. J. Exp. Psychol.*, **12**, 242–248 (1960).

- [8] J. A. Gray and A. I. Wedderburn, “Grouping strategies with simultaneous stimuli,” *Q. J. Exp. Psychol.*, **12**, 180–184 (1960).
- [9] R. S. Corteen and B. Wood, “Autonomic responses to shock-associated words in an unattended channel,” *J. Exp. Psychol.*, **94**, 308–313 (1972).
- [10] N. L. Wood and N. Cowan, “The cocktail party phenomenon revisited: Attention and memory in the classic selective listening procedure of Cherry (1953),” *J. Exp. Psychol. Gen.*, **124**, 243–262 (1995).
- [11] N. L. Wood and N. Cowan, “The cocktail party phenomenon revisited: How frequent are attention shifts to one’s name in an irrelevant auditory channel?,” *J. Exp. Psychol. Learn. Mem. Cogn.*, **21**, 255–260 (1995).
- [12] D. E. Broadbent, *Perception and Communication* (Pergamon Press, New York, 1958).
- [13] J. A. Deutsch and D. Deutsch, “Attention: Some theoretical considerations,” *Psychol. Rev.*, **70**, 51–60 (1963).
- [14] N. Lavie and Y. Tsal, “Perceptual load as a major determinant of the locus of selection in visual attention,” *Percept. Psychophys.*, **56**, 183–197 (1994).
- [15] A. M. Treisman and G. Gelade, “A feature-integration theory of attention,” *Cogn. Psychol.*, **12**, 97–136 (1980).
- [16] M. I. Posner, C. R. Snyder and B. J. Davidson, “Attention and the detection of signals,” *J. Exp. Psychol.*, **109**, 160–174 (1980).
- [17] K. Nakayama and G. H. Silverman, “Serial and parallel processing of visual feature conjunctions,” *Nature*, **320**, 264–265 (1986).
- [18] J. M. Wolfe, “Guided Search 2.0: A revised model of visual search,” *Psychon. Bull. Rev.*, **1**, 202–238 (1994).
- [19] N. Asemi, Y. Sugita and Y. Suzuki, “Auditory search asymmetry between pure tone and temporal fluctuating sounds distributed on the frontal-horizontal plane,” *Acta Acust.*, **89**, 346–354 (2003).
- [20] R. Cusack and R. P. Carlyon, “Perceptual asymmetries in audition,” *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, **29**, 713–725 (2003).
- [21] K. L. Roberts, A. Q. Summerfield and D. A. Hall, “Covert auditory spatial orienting: An evaluation of the spatial relevance hypothesis,” *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, **35**, 1178–1191 (2009).
- [22] E. Ofek and H. Pratt, “Ear advantage and attention: An ERP study of auditory cued attention,” *Hear. Res.*, **189**, 107–118 (2004).
- [23] E. J. Golob, H. Pratt and A. Starr, “Preparatory slow potentials and event-related potentials in an auditory cued attention task,” *Clin. Neurophysiol.*, **113**,

- 1544–1557 (2002).
- [24] A. Mazzucchi, R. Cattelani and C. Umiltà, “Hemispheric prevalence in acoustical attention,” *Brain Cogn.*, 2, 1–11 (1983).
- [25] M. A. Bédard, F. El Massioui, B. Pillon and J. L. Nandrino, “Time for reorienting of attention: A premotor hypothesis of the underlying mechanism,” *Neuropsychologia*, 31, 241–249 (1993).
- [26] C. Spence and J. Driver, “Covert spatial orienting in audition: Exogenous and endogenous mechanisms,” *J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform.*, 20, 555–574 (1994).
- [27] E. Schroger and M. Eimer, “Effects of lateralized cues on the processing of lateralized auditory stimuli,” *Biol. Psychol.*, 43, 203–226 (1996).
- [28] J. J. McDonald and C. Hull, “Covert auditory spatial orienting to externally and monaurally presented sounds sudden peripheral events can capture attention,” *Abstract Books of the Psychonomic Society 52nd Annual Meeting*, p. 64 (2011).
- [29] J. Duncan, “Selective attention and the organization of visual information,” *J. Exp. Psychol. Gen.*, 113, 501–17 (1984).
- [30] R. Egly, J. Driver and R. D. Rafal, “Shifting visual attention between objects and locations: Evidence from normal and parietal lesion subjects,” *J. Exp. Psychol. Gen.*, 123, 161–177 (1994).
- [31] 河原純一郎, 横澤一彦, 注意 選択と統合 (勁草書房, 東京, 2015).
- [32] B. G. Shinn-Cunningham, “Object-based auditory and visual attention,” *Trends Cogn. Sci.*, 12, 182–186 (2008).
- [33] A. S. Bregman and J. Campbell, “Primary auditory stream segregation and perception of order in rapid sequences of tones,” *J. Exp. Psychol.*, 89, 244–249 (1971).
- [34] A. S. Bregman, *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound* (MIT Press, Cambridge, Mass., 1990).
- [35] D. M. Green, “Detection of multiple component signals in noise,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 30, 904–911 (1958).
- [36] W. P. Tanner and R. Z. Norman, “The human use of information-II: Signal detection for the case of an unknown signal parameter,” *Trans. IRE Prof. Group Inf. Theory*, 4, 222–227 (1954).
- [37] M. J. Penner, “The effect of payoffs and cue tones on detection of sinusoids of uncertain frequency,” *Percept. Psychophys.*, 11, 198–202 (1972).
- [38] G. Z. Greenberg and W. D. Larkin, “Frequency-response characteristic of auditory observers detecting signals of a single frequency in noise: The probe-signal method,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 44, 1513–1523 (1968).
- [39] B. Scharf, S. Quigley, C. Aoki, N. Peachey and A. Reeves, “Focused auditory attention and frequency selectivity,” *Percept. Psychophys.*, 42, 215–223 (1987).
- [40] J. A. Swets and S. Sewall, “Stimulus vs response uncertainty in recognition,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 33, 1586–1592 (1961).
- [41] J. H. Howard, A. J. O’Toole and S. E. Rice, “The role of frequency versus informational cues in uncertain frequency detection,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 79, 788–791 (1986).
- [42] L. Plamondon and E. R. Hafter, “Selective attention in absolute pitch listeners,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 88, S49 (1990).
- [43] L. M. Ward and S. Mori, “Attention cueing aids auditory intensity resolution,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 100, 1722–1727 (1996).
- [44] E. M. Kaya and M. Elhilali, “Investigating bottom-up auditory attention,” *Front. Hum. Neurosci.*, 8, 1–12 (2014).
- [45] R. Schnuerch, C. Kreitz and K. Lange, “Independent effects of temporal expectation and stimulus intensity in audition,” *Atten. Percept. Psychophys.*, 75, 1520–1532 (2013).
- [46] H. P. Dai, B. Scharf and S. Buus, “Effective attenuation of signals in noise under focused attention,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 89, 2837–2842 (1991).
- [47] R. S. Schlauch and E. R. Hafter, “Listening bandwidths and frequency uncertainty in pure-tone signal detection,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 90, 1332–1339 (1991).
- [48] E. R. Hafter, R. S. Schlauch and J. Tang, “Attending to auditory filters that were not stimulated directly,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 94, 743–747 (1993).
- [49] M. Ebata and B. Scharf, “The effect of selective attention on auditory detection,” *J. Acoust. Soc. Jpn. (E)*, 13, 59–61 (1992).
- [50] J. H. Howard, A. J. O’Toole, R. Parasuraman and K. B. Bennett, “Pattern-directed attention in uncertain-frequency detection,” *Percept. Psychophys.*, 35, 256–264 (1984).
- [51] J. D. Gilliom and W. M. Mills, “Information extraction from contralateral cues in the detection of signals of uncertain frequency,” *J. Acoust. Soc. Am.*, 59, 1428–1433 (1976).