

聴覚における空間的選択的注意機構の脳波による解析

堀川順生、杉本俊二（第7工学系、視聴覚コア）

1. はじめに

注意は、人が情報を取り入れるとき、その取捨選択を行うための重要な機構である。人はその情報が重要であると判断すると、その情報に対する注意を働かせ、注意している信号に対する検出力を増大させる。逆に注意していない信号に対する検出力を低下させる。聴覚に関しては、例えば、注意を働かせるとその音が聞き取りやすくなり、他に注意が行くと今まで聞いていた音が聞こえなくなったりすることを日常よく経験する。

聴覚における注意の機構に関しては、これまでの心理物理学的研究により、注意が音の検知閾値を低下させ、逆に非注意が音の検知閾値を上昇させることが分かっている。また、聴覚的注意時の脳波を計測することも行われ、注意時に脳波に変化が現れることが報告されている（Hillyard ら 1973、Woldorff ら 1993、Alho ら 1999、Araki ら 2005）。

しかし聴覚的注意に関わる脳機構については多くは分かっていない。聴覚における注意の脳機構を解明することは基礎科学的に重要であり、また情報工学的応用の面からも重要であると考えられ、視聴覚コアの研究目標の一つとして挙げている。この報告では、左右耳に別々の音を与え、選択的に左耳あるいは右耳に注意した場合の脳波の計測結果について述べる。こ

の研究の詳細は発表文献1に記述した。

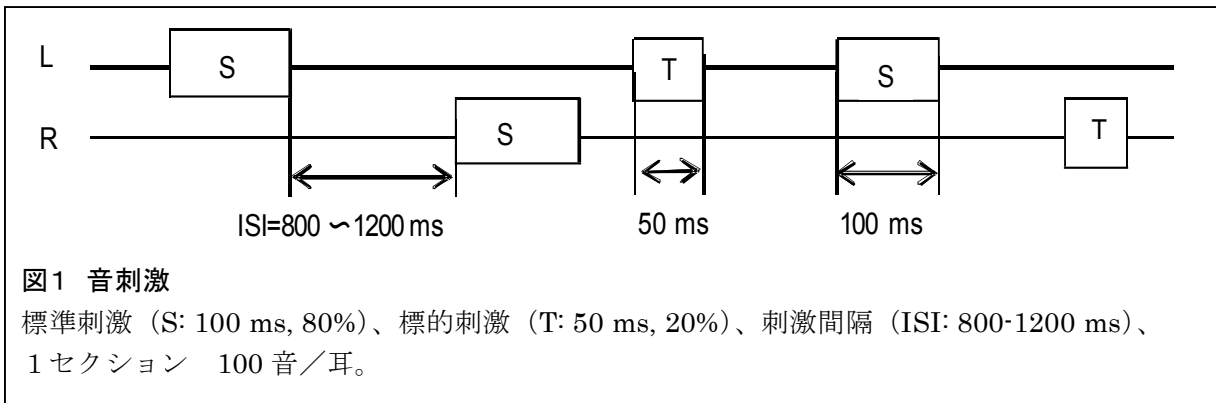
2. 実験方法

被験者は5名の成人男性（学生、平均年齢22.2歳、右利き）である。実験は豊橋技術科学大学安全衛生委員会「ヒトを対象とする研究」審査会の承認を得て行われた。被験者には、音の長さの違いを検出するオドボール課題（少数の異なる刺激を検知する課題）を与えた。刺激音は、周波数が1 kHz、または2 kHzの純音で、標準刺激として100 ms（80%）、標的刺激として50 ms（20%）の長さ（立上り立下り時間各10 msを含む）の音を用いた。標的刺激は方耳80個、標準刺激は方耳20個とし、1セッションで両耳合計200個の音を与えた。刺激音と標的音の順番はランダムとし、また刺激間隔も800 msから1200 msの間でランダムに設定した。左右耳の刺激音は重ならないように配置した。

被験者が行う注意条件は下記の4つである。

- (1) 左耳に注意
- (2) 右耳に注意
- (3) 両耳に注意
- (4) 非注意（暗算、ある大きな整数から7を引き続ける）

この4つを一まとまりとして、同音条件（左右耳とも同じ周波数）で2回、異音条件で2回（左耳に1 kHz、右耳に2 kHzで1回、この逆



で1回)の計16セクション(1セクション200音)の計測を行った。1セクション毎に集中度や数えた標的刺激の回数を調べるためにアンケートを取り、4セクション毎に休憩を挟んだ。

脳波測定は、国際10/20法に基づき、15箇所(Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, T3, T4, C3, C4, T5, T6, P3, P4, O2)から両耳を基準として記録した。脳波は0.05-60 Hzのバンドパスフィルタを通し、1500 Hzで記録した。刺激前100 ms間の脳波の平均電位を基準として脳波のバイアスを揃えて加算平均(標準刺激40回程度、標的刺激160回程度)をオフラインで求めた。脳波電位の絶対値が60 μV より大きいものが含まれる場合はノイズとみなし除去した。

3. 結果

図1に異音条件の場合の、標準刺激に対する脳波の変化を示す。Aが左耳、Bが右耳に刺激が流れた場合である。太線は刺激音が流れている耳に注意をしている場合(注意時)、細線は刺激音が流れていない耳に注意している、すな

わち、刺激音を無視している場合(非注意時)の脳波である。

注意時の脳波は、左右の前頭、側頭前部、頭頂前部および中心部で、刺激後200-500 msで陰性方向にシフトした。この陰性シフトは側頭後部、頭頂後部および後頭部では認められなかった。

非注意時の脳波は、刺激側の反対側の側頭で、刺激後200 ms以降で陽性方向にシフトした(図2、F7)。N1(100 ms近辺の陰性電位)は、注意時よりも非注意時のほうがわずかに大きく現れた。

非注意時における脳波の左右差は、5人中3人が、異音条件より同音条件においてより大きく現れた。暗算を行っているときは、陽性および陰性方向へのシフトは見られず、特に300 ms以降の振幅は小さかった。

4. 考察

注意による脳波の変化は、音が流れてくる耳へ注意した場合は、前頭、側頭前部、頭頂前部

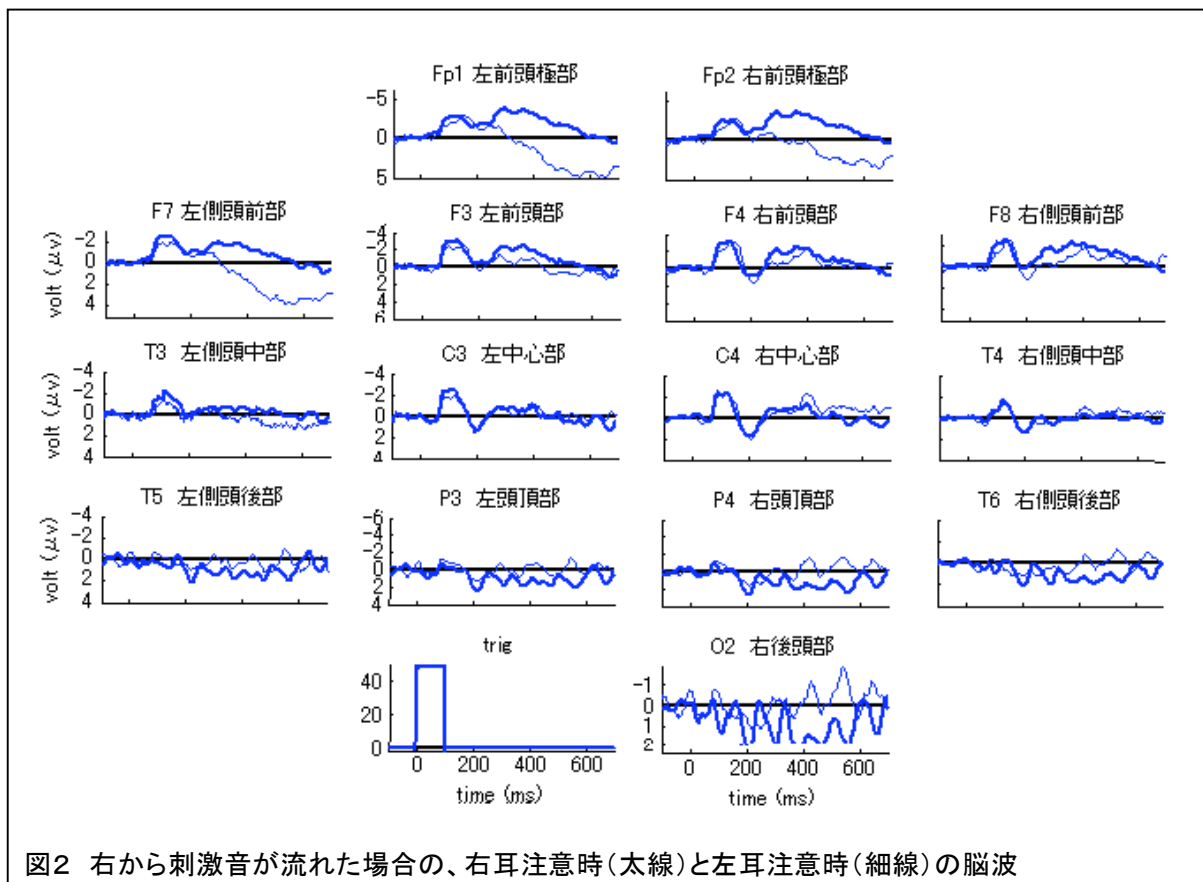


図2 右から刺激音が流れた場合の、右耳注意時(太線)と左耳注意時(細線)の脳波

および中心部で、左右対称に陰性シフトが現れた。しかし、音が流れてくる側の反対側の耳に注意した場合には、特に側頭前部で、電位シフトが非対称になり、注意耳側では陽性シフトが、反対側では陰性シフトが現れた。聴覚皮質への音情報の入力には主として交差しており、刺激耳側の反対側の聴覚皮質に興奮性活動が大きく現れる。一方、脳波の陰性シフトは皮質の興奮活動に対応し、陽性シフトは抑制活動に対応することが報告されている (Alho ら 1987)。これらのことを考慮すると、音が入ってくる反対側の耳に注意した場合は、音の入ってくる耳の反対側の皮質の活動を抑制して、非注意耳に入る音を聞こえなくし、またその逆に、注意している耳の反対側の皮質の活動を増大させ、注意耳に入る音を良く聞こえるようにするという機構が働くと考えられる。この機構の模式図を図3に示す。

今回の計測結果から、側頭皮質で注意により興奮抑制の効果が現れること、また、注意により前頭皮質の興奮性が両側性に増大することが示唆された。注意による抑制と興奮の増強作用が、皮質のどの部分により開始されるかは完全には分かっていない。前頭皮質損傷患者で側頭皮質の活動が増大するという報告があり (Knight and Grabowecy 1995)、また、注意時に帯状回前方の活動が増大するという fMRI 計測の報告がある。注意時に、前頭皮質から興奮性、抑制性の作用が側頭皮質に働く可能性があり、今後、注意時における皮質領域間の相互作用を解析する必要がある。また、視覚における空間選択的注意の研究からは頭頂皮質が関係していることが示されており、聴覚における

空間選択的注意に頭頂皮質が関与するかどうかについても、今後研究が必要である。

5. 謝辞

本研究は文部科学省 21 世紀 COE プログラム「インテリジェントヒューマンセンシング」の援助により行われた。

参考文献

1. Alho, K., Tottola, K., Reinikainen, K., Sams K. and Naatanen, R. Brain mechanism of selective listening reflected by event-related potentials. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 68, 458-470, 1987.
2. Araki, T, Kasai, K., Nakagome, K., Fukuda, M., Itoh, K., Koshida, I, Kato, N. and Iwanami, A. Brain activity for active inhibition of auditory irrelevant information. *Neurosci. Lett.* 374, 11-16, 2005.
3. Hillyard, S. A., Hink, R. F., Scswent, V. L. and Picton, T. W. Electrical signs of selective attention in the human. *Science* 182, 177-180, 1973.
4. Knight, R.T. and Grabowecy, M.. Escape from linear time: prefrontal cortex and conscious experience. In: Ed. Gazzaniga, M. S. *The cognitive neurosciences*, Cambridge (MA), MIT Press, pp. 1357-1371, 1995.
5. Woldorff, M. G., Gallen, C. C., Hampson, S. A., Hillyard, S. A., Pantev, C. Sobel, D. and Bloom, F. E. Modulation of early sensory processing in human auditory cortex during auditory selective attention. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 90, 8722-8726, 1993.

発表論文

1. 山中聡子、杉本俊二、堀川順生. 音の変化の検出に対する注意の効果とその機構の脳波による解析. *信学技報 NC2006-76(2006-12)*, 31-36, 2006.

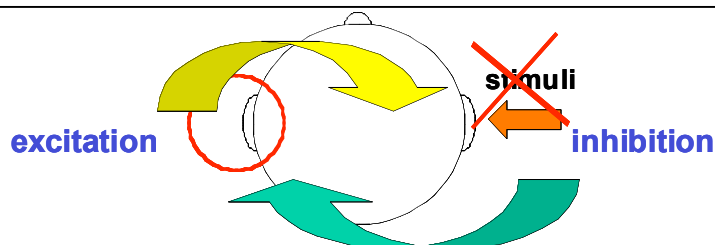


図3 聴覚における空間的注意機構の模式図

聴覚系は交差しており、右耳の音は主として左大脳で、左耳の音は右大脳で処理される。左耳に注意しているとき、音が右耳に流れると左大脳の活動が抑制され (不要な音が入ってくる側を抑制)、右大脳の活動が増強される (注意している耳からの入力を増強)。