

Dichotic Chords 受聴特性の基礎的検討

大島 静夫

Basic study on the perception of dichotic chords

Shizuo OHSHIMA

(1993年10月29日受理)

Previous studies on the relative salience of the two pitch components of dichotic chords demonstrated that the ear dominance is one of the fundamental abilities of the sense of hearing. [R.Efron and E.W.Yund, J.Acoust. Soc. Am, Vol. 62]

We are very interested in the fact that the stimulus used here and the chirrup of insects resemble each other fairly well. It was said that Japanese perceive the chirrup voice mainly in left brain, while Americans and Europeans perceive it in right brain.

In order to confirm the ear dominance of Japanese, we adopted an approximate method and procedure proposed by Yund. and Efron. As experimental results for five subjects with clinically normal hearing, we reached the conclusion that two had a right-ear dominance and three had a left-ear dominance. These results were in approximate agreement with the previous studies. And we could confirm that the ear dominance is one of the basic characteristics of the sense of hearing.

1. はじめに

一対よりなる人間の各種器官において、完全に同一の能力をもつ器官は無く、一方がその能力において他方より優位性があると考えられる。例えば運動機能を表す際に良く用いられる「利き腕」、「利き足」などがその事実を示している。このことは対になっている感覚器官である視覚・聴覚などにおいても程度の差はあるにしても同様と考えられ、このうち視覚に関しては視力差により生ずる「利き目」や、左右の目の視覚差による「立体視」などが一般的に知られている。

聴覚における「利き耳」の問題に対し、Yund, Efron 等^{(1)~(3)}は主に周波数の聴き取りにおける左右耳の差異に注目し、利き耳 (Dominant Ear) の存在を確認している。わが国ではこの分野の研究はいまだ行われておらず、例えば「虫の声」などの音色の脳における知覚分野が欧米人とは異なっている日本人にも同様な意味での利き耳が存在するのか、またほかの聴能力においてもこのような利き耳が存在するのか、また聞き耳の存在が聴覚の判断機構上どのような役割を果たしているのか等興味深い問題を多く抱えている。ここではこの利き耳に関する基本的な特性を確認するために、Yund, Efron 等の手

法に従い、DC音 (Dichotic Chords) 受聴時の利き耳の変化およびその個人差の測定を5人の被験者について行ったので報告する。

2. DC音により生ずる利き耳

図1に実験で用いたDC音を示す。DC音は任意の中心周波数 f_c よりわずかに周波数が異なる二つの正弦波の組み合わせで構成される。ここで用いたDC音は、中心周波数を聴覚において周波数分解能が最大である1700[Hz]、周波数差 Δf は50[Hz]としている。よって1650[Hz] (以降低周波音) と1750[Hz] (以升高周波音) の正弦波より構成される。具体的には、例えば利き耳 (図1実線D) に低周波~高周波の順に音を提示したとすれば、反利き耳 (Nondominant Ear 図1実線ND) には高周波~低周波の順で提示するもので、その提示音が左右の耳において時間的に逆転する音の組み合わせとなる。このとき左右耳への提示音のレベルが等しければ聴覚機構上、音が融合し周波数の提示順が判断できないと思われていた。しかし Yund, Efron 等は音の周波数提示順を判断できないグループの他に、右耳に提示される周波数順、左耳に提示される周波数順で音の高低を報告するグループが存在することを実験

Dichotic Chords 受聴特性の基礎的検討

的に確認し、周波数の高低順を判断する耳を周波数に関する利き耳と定めた。

さらに Yund, Efron 等はこの利き耳の強さを定量的に調べるために図1の破線で示されるCE音(Counterbalancing Energy)を導入した。いま利き耳に提示音および同一レベルのCE音を同時に与えたとすれば、第1音と第2音(図1 Chord #1と#2)は全く等しい合成音となり、利き耳側での周波数判断は不可能となる。よって提示音の周波数の高低順判断は反利き耳側で行われる。このようにCE音のエネルギーレベルを調整することにより音の高低順を判断する耳を替えることが可能であり、提示音の高低順判断が50%の確率で利き耳から反利き耳に切

り替わるCE音のレベルで、利き耳の強さを定量的に表現した。本研究でもここで述べているDC音を用い利き耳を判断し、CE音のレベル(Counterbalancing Energy Level)により利き耳の強さのレベルを測定している。

3. 実験システムの概要

聞き耳の強さを定量的に測定するために構築したシステムを図2に示す。DC音を再生する手順は以下のようである。

(1) あらかじめハードディスク上に作成しておいたデータファイル(量子化量16bit・サンプリング周波数10[kHz])をRAMディスクに転送する。

(2) 利き耳用(ここでは左耳と仮定)および反利き耳用(同じく右耳と仮定)のデータをD/A変換し、遮断周波数5[kHz]の5次のチェビシェフ形ローパスフィルタを経てアナログ信号に変換する。

(3) 反利き耳側のDC音は、そのまま増幅器に接続する。

(4) 利き耳側には、DC音と、CE音として反利き耳側の信号を12bitのデジタルアッテネータで所定量減衰させた信号を、ミキシングし増幅器に接続する。

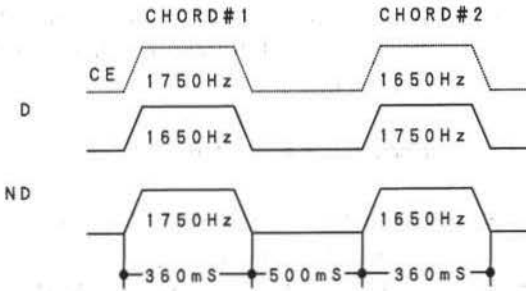


図1 DC音の構成図

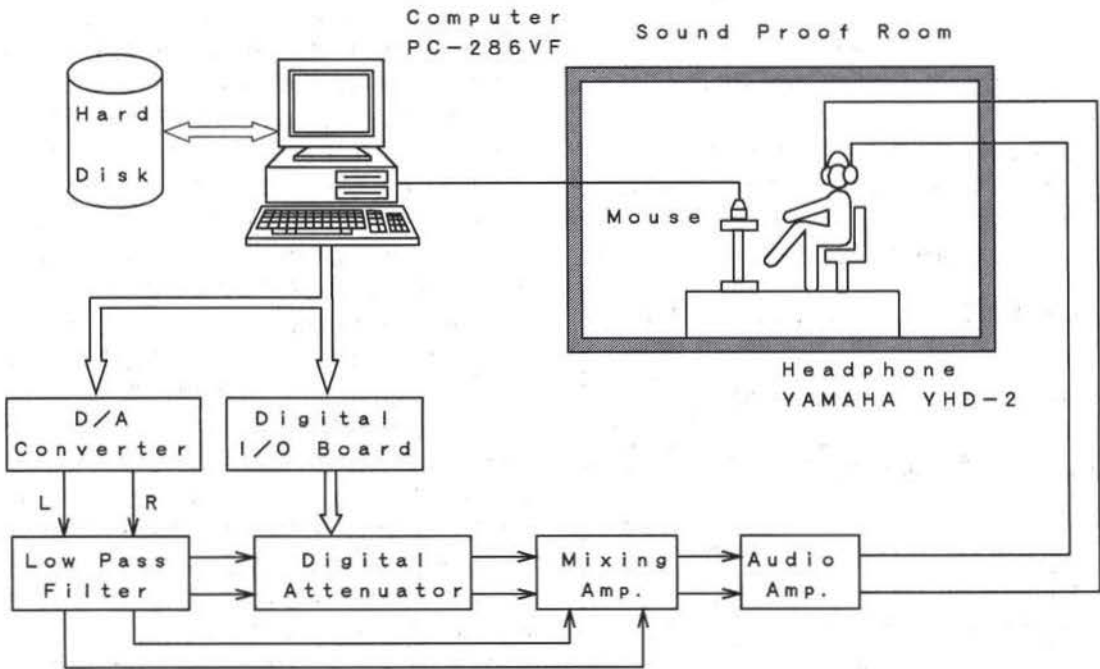


図2 実験システム図

(5) 左右の信号を増幅し、ヘッドホンで再生する。実験音の音圧校正は1インチ音圧型コンデンサマイクロホン(アコー社製 TYPE 7023)を装着した6[cc]カップラ(アコー社製)を用い、精密型騒音計(アコー社製 TYPE 6041)で行った。校正音のレベルは、今回の実験で用いられる最大音圧である90[dB]とした。またマイクロホンの校正にはピストンホン(アコー社 PHN 2121)を用いている。ヘッドホン(YAMAHA YHD-2)の左右の音圧一周波数特性差は、あらかじめ量子化時に補正しており、システム全体として左右のレベル差は実験周波数において0.5[dB]以内におさめている。図3にシステム全体の特性として増幅器の出力信号をFFT分析した結果を示す。

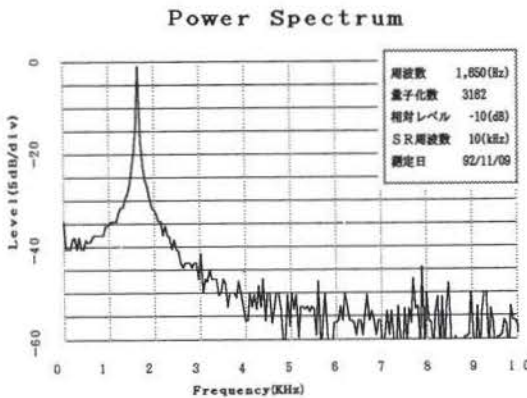


図3 システムのFFT分析結果

実験は実験室を改造した簡易型の防音室で行った。暗騒音のレベルは比較的静寂である時間帯で35[dBc]あった。図4に6[cc]カップラにヘッドホンを取り付けた状態で暗騒音を測定した結果を示す。

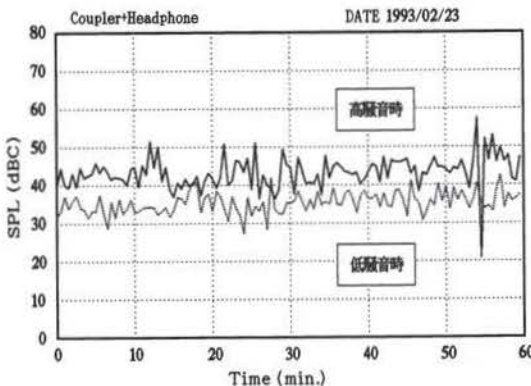


図4 簡易防音室内の暗騒音レベル

4. 左右同一レベルのDC音の受聴音の受聴特性(実験1)

第1の実験¹⁾として左右耳に同一レベルのDC音を提示したときの利き耳の強さを測定した。DC音の音圧の範囲は30[dB]~90[dB]まで10[dB]毎とし、CE音は利き耳に加えらるるDC音とおなじレベルを0[dB]とし、さらにそれを1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 14, 17, 20[dB]減衰させたレベルと併せて12レベルで行った。各提示音の繰り返し数は20回としたので総実験回数は7×12×20=1680回となる。

音の提示順序はこの1680回の試行に対し、10種類の乱数表を準備しその乱数に従い実験を進めた。また利き耳に提示する音の高低の提示順も乱数化しており、実験の内容を把握している被験者にもその出現順序等は推定出来ない。被験者は健聴者である19~20才の男子学生4名と著者の計5名である。全員実験の内容は良く把握している。

4-1. 実験1の結果および考察

図5にDC音のレベルが左右耳ともに60[dB]のときの、5名の被験者の実験結果を示す。図において横軸はCEレベルを表し、原点のCEレベル0[dB]はCE音が利き耳に加えられたDC音と同一のレベルであることを意味し、右側の20[dB]は、CE音がDC音の20[dB]減衰レベルであることを示している。縦軸の数値は、左耳が利き耳の場合の提示音の高低順に対する被験者の正答率を示している。よって正答率が1.0に近ければ左の耳で周波数の高低を判断していることを意味し、0.0に近ければ利き耳が左右どちらとも言えないことを意味している。

実験の結果、右利き耳の被験者がKY, JSの2名、左利き耳の被験者がSO, MS, TJの3名であった。図5上には右利き耳の被験者のデータを、下には左利き耳の被験者のデータを示した。図よりKY, JSはほぼ同等の利き耳の度合を示し、左利き耳の3名はSO, MS, TJの順で聞き耳の度合が強いことがわかる。

図6に2名の被験者の実験のばらつきの様子を示す。図中の実線は測定値データの平均値をスプライン関数で補間した曲線であり、図中の記号は測定データのばらつきを示す。この図より求める数値は0.5で示される横軸実線との交点であるが、KY, SOともに中心値に対し±1.5[dB]以内にデータがおさまっている。

図7にDC音のレベルを30~90[dB]まで10[dB]毎に固定し、そのときのCE音のレベルを測定した結

Dichotic Chords 受聴特性の基礎的研究

果を示す。図において横軸はDC音のレベルを示し、縦軸左側は利き耳に提示した高低順と被験者の回答の正答率が50%になるCE音のレベルを示している。上側が左、下側が右利き耳を示し、∞の点が利き耳を持たない状態を示している。縦軸右側の目盛りは左から右利き耳までを同一グラフに表示するために Yund が導入した左右耳の重み関数である。

実験結果より、5人の被験者ととも30~90[dB]間で、DC音のレベルを変化させても、DC音の高低順を判定する利き耳は左右耳の一方に固定されて

いることがわかる。

5. 左右異なるレベルのDC音の受聴特性(実験2)

第二の実験として、左右耳で異なるレベルのDC音を提示したときの利き耳の強さを測定した。具体的には、利き耳側のDC音のレベルを60[dB]一定とし、反利き耳のDC音のレベルを30~90[dB]まで10[dB]毎に変化させ、そのときのCEレベルを求める実験である。またこの逆として、反利き耳を

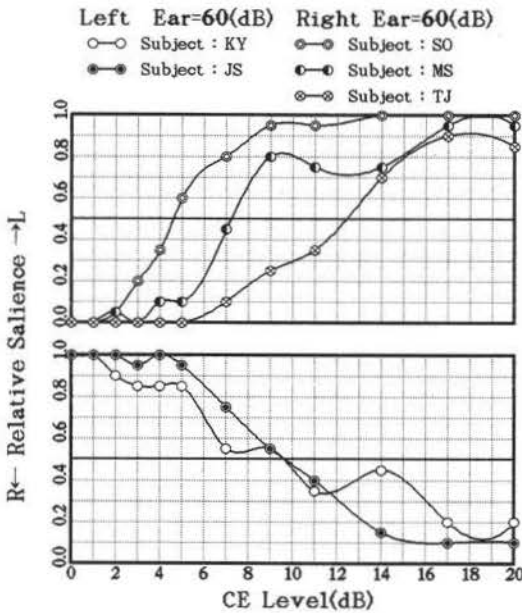


図5 L=R=60[dB]のときのDC音受聴特性

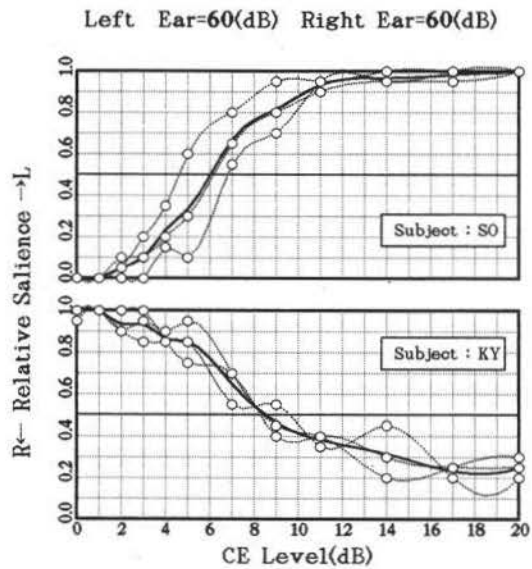


図6 測定値のばらつき

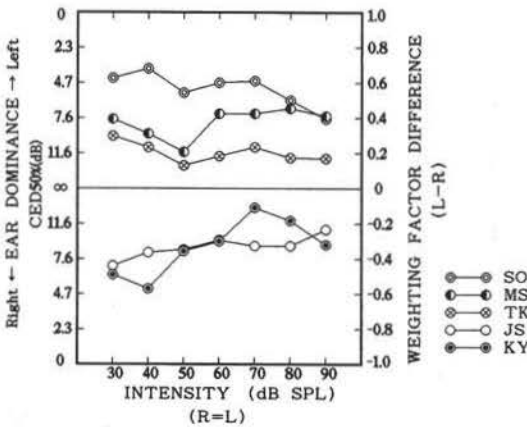


図7 左右同一レベルのときのDC音受聴特性

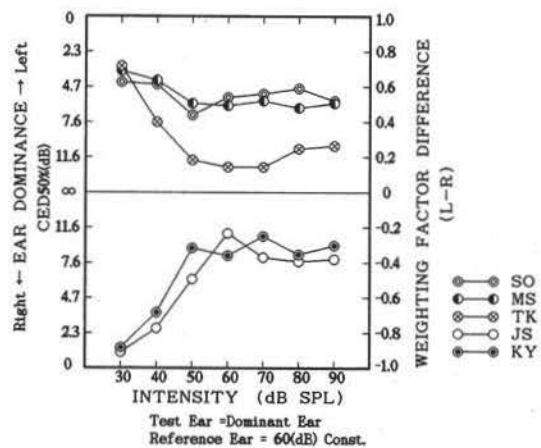


図8 左右異なるレベルのときのDC音受聴特性

60[dB]に固定し、利き耳に加えるDC音のレベルを可変とした実験も行っている。いずれの場合もCE音のレベルは、実験1と同様に、利き耳に加わるレベルと同じレベルを0[dB]と定め、そのレベルより減衰させたレベルを1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 11, 14, 17, 20[dB]とし、合わせて12レベルとしている。

5-1. 実験2の結果および考察

利き耳のDC音レベルを60に固定した場合の結果を図8に示す。縦軸、横軸は図7と同様である。右利き耳のJS, KYは図5と同様にこの実験においても受聴性の傾向がよく似ている。左利き耳においてはSO, MSが似た傾向を示し、TKは50[dB]以降で急激に左耳への依存度が高まっている。また5人に共通していることはDC音のレベルが低くなると一方の耳への依存度が高くなることで、音圧のレベルが低くなった場合、一方の耳で集中して音を聴くようになることを意味している可能性もある。また左右の利き耳を絶対的にとらえれば、TKはJS, KYと全体的に同様な受聴特性を示しているともいえる。

反利き耳のDC音レベルを60[dB]に固定した場合の結果を図9に示す。この図からは、JSの低レベルの受聴特性を除き図8と同様な傾向がうかがえる。両方の実験結果からは、利き耳と反利き耳のDC音の音圧差が±30[dB]の広い範囲でDC音の周波数の高低を判断する利き耳が存在し、かつこの5人の被験者に関しては、その利き耳が一方の耳に保持されていることがわかる。図7, 図8, および図9で示される個々の被験者の受聴特性は同一の現象を示しているものであり、統一的な説明がなさなければならない。

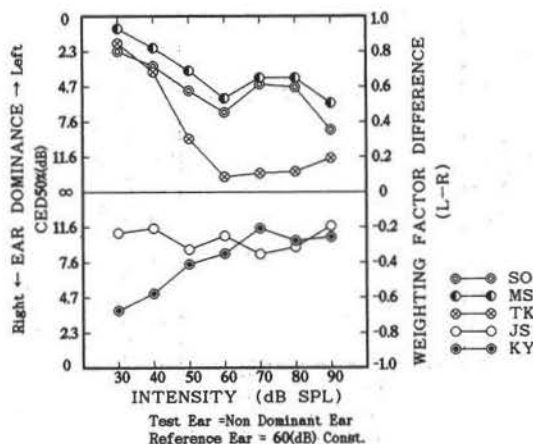


図9 左右異なるレベルのDC音受聴特性

8. まとめ

感覚における「利き耳」の問題に対し、Yund, Efron 等の手法を用い、DC音 (Dichotic Chords) 受聴時の利き耳の変化およびその個人差の測定を5人の被験者について測定した。

実験1の結果より、DC音を用いた周波数の聴き取りにおける利き耳の存在が確認できた。被験者の利き耳は、右利き耳が2名、左利き耳が3名であった。このことよりYund. 等の指摘どおりに、右利き耳 (1/3), 左利き耳 (1/3) 利き耳なし (1/3ただし比較的利き耳が弱いという意味で) に分かれていると推定できる。

また実験2からは、利き耳および反利き耳のDC音を60[dB]に固定し、対象となる利き耳および反利き耳に広い範囲 (30~90[dB]) でのDC音を提示しても利き耳が存在し続けることが確認できた。これらのことより、利き耳は聴覚機構において本質的な聴能力の一つと考えてよいと思われる。

Yung 等はこの実験結果より聴覚の周波数聴き取りにおける聴覚モデルを提唱し、そのモデルを用いて Intensity Response Function⁽³⁾の算出を試みている。このモデルを解析し、補聴器の装用時に問題となっている Loudness Function の簡易測定法の検討を考えている。

この研究の一部は情報処理関連の内地留学時に東北大学で行ったものであり、ご指導いただいた電気通信研究所曾根敏夫教授、鈴木陽一助教授、浅野太助手ならびに関係諸氏に深く感謝する。

参考文献

- 1) Efron, R., Yund, E.W. and Divenyi, P.L., "Individual differences in the perception of dichotic chords," J. Acoust. Soc. Am., Vol. 66, p. 75-86, 1979
- 2) Yund, E.W. and Efron, R., "Model for the relative salience of the pitch of pure tones presented dichotically," J. Acoust. Soc. Am., Vol. 62, p. 607-617
- 3) Yund, E.W. and Simon, H.J., "Speech discrimination with an 8 channel compression hearing aid and conventional aids in background of speech band noise," J. Rehabil. Res. Dev., Vol. 24, p. 161-180, 1987