

原 著

emotion の中枢聴覚情報処理における両耳分離聴
による大脳半球機能差について吉 川 千 絵*・原 島 恒 夫**・吉 野 公 喜**
加 藤 靖 佳**・堅 田 明 義***

本研究では、emotion 刺激による両耳分離聴検査を用いて emotion の中枢聴覚情報処理における大脳半球機能差と、emotion 刺激の有効性について検討した。emotion 刺激は、異なる emotion のトーン（「普通」、「楽しい」、「怒っている」、「悲しい」）で発語された単音節（「た」または「か」）であった。20 歳代の健常成人を対象とし、両耳に呈示された emotion 刺激を識別するよう求めた。その結果、全ての被験者は単音節を用いた emotion 刺激でも emotion を知覚することが可能であった。両耳分離聴検査では、左耳優位傾向がみられた。その耳間優位性は、「楽しい」の刺激において最も大きかった。以上のことから、先行研究と同様に emotion の中枢聴覚情報処理では右半球が優位であること、単音節を用いた emotion 刺激は大脳半球機能差を検討する上で有効であることが示された。

キー・ワード：大脳半球機能差 中枢聴覚情報処理 両耳分離聴

I はじめに

大脳半球機能差に関する研究と関連して、学習障害・吃音・精神分裂病などの多種多様な問題が、2つの大脳半球間の機能配分異常を想定して考えられてきている (Springer and Deutsch, 1993)。そのほとんどは言語機能との関連で検討されており、右半球機能についてはあまり問題にされてこなかった。しかし、大脳半球機能差について検討する場合には、左半球機能だけでなく右半球機能を詳細に把握することが必要と思われる。

このような大脳半球機能差を評価する場合に、和田テスト (Wada and Rasmussen, 1960) や両耳分離聴検査 (Dichotic Listening Test ;

以下 DLT ; Kimura, 1961) などの方法が用いられることがある。和田テストは、頸動脈に麻酔剤を注入するため、最近では用いられない。両耳分離聴検査は、両耳に同時に異なる刺激を呈示し知覚の差をみるもので、和田テストと異なり非侵襲的検査であるため広く用いられている (八田, 1996)。この検査で、右手利き健常者の多くは、言語音を刺激素材とした場合に右耳優位 (Right Ear Advantage ; 以下 REA) を示し、非言語音を刺激素材とした場合には左耳優位 (Left Ear Advantage ; 以下 LEA) を示すと考えられている。非言語音の刺激素材として、純音やノイズ、環境音などさまざまな素材が考えられるが、障害児、脳損傷者等を対象としてその大脳半球機能差を評価する場合、純音やノイズは難度が高く、環境音では天井効果を示すことが多く、左右差が検出されにくい傾向にある。このため、右半球機能における大脳半球

*筑波大学心身障害学研究科

**筑波大学心身障害学系

***金城大学

機能差を検討するような刺激素材の作成・検討が必要と考えられる。

Safer ら (1977) は、健常者を対象として、positive、negative、neutral の 3 つの内容に、それぞれ positive、negative、neutral の 3 つのトーンをこめた計 9 タイプの文章を単耳聴で呈示し、その文章が positive、negative、neutral のどれかを評価させた。その結果、左耳においては、36 人中 29 人がトーンを手がかりに評価し、右耳においては 36 人中 21 人が内容を手がかりに評価していたことを報告した。このことから、左半球は客観的な情報の分析的な処理を行い、右半球は主観的または emotion の情報の全体的な処理に関わっているとしている。Bryden and MacRae (1989) は emotion の知覚における大脳半球機能差を、emotion 刺激により検討した。emotion 刺激とは、いくつかのことば(ex./power/, /bower/, /tower/, /dower/)に異なる emotion(ex. 「普通」、「楽しい」、「怒っている」、「悲しい」)をこめて発語された単語刺激であり、ことばまたは emotion をターゲットとして、被験者に識別させる刺激である。彼はこの刺激を素材とし、両耳に同時に異なる刺激を呈示して、ターゲットを検出する課題を実施した。その結果、右手利き健常者は、言語音をターゲットとした場合には REA がみられたが、emotion をターゲットとした場合には、LEA が認められることを報告した。Boles (1996) は、単語と単音節の 2 つの言語音刺激と、環境音と emotion 刺激の 2 つの非言語音刺激を刺激素材とした DLT の結果について比較検討した。その結果、単語と単音節では REA を示し、かつ結果に相関が認められたため、両者は同じ側性化のプロセスをもつとした。しかし、LEA を示す emotion 刺激とは相関がみられず、異なる側性化のプロセスをもつと考えた。これらの研究は単語に emotion をこめたものを刺激素材としており、単語レベルでの音響的特徴を分析した研究はみられる(重永・小川・中尾, 1995; 森山・斎藤・小沢, 1995) が、単語よりも短い単音節では emotion の知覚が可

能かどうかは疑問がある。水木 (1984, 1985) は「無感情」「驚き」「喜び」「嫌悪」「怒り」「恐怖」の 6 つの感情を含む音声と音声の音響パラメータの関係について検討した。その結果、感情を含む場合は「無感情」に比べて音長が長いこと、波形の概形で「無感情」の波形はほぼ均一なのに対して感情を含む場合の波形は時間とともに変化していること、ピッチ周期で感情を含む場合は「無感情」よりもピッチ周期が短いこと、スペクトル包絡線の傾斜で感情を含む場合の傾斜は「無感情」よりも急であること、等を指摘し、感情の聞き取りに及ぼす音響パラメータがあることを指摘している。しかし、このような単音節における大脳半球機能差については未だ明らかとなっていない。

そこで本研究は、健常者を対象に、単音節による emotion 刺激を用いて、その大脳半球機能差について検討し、障害児及び脳損傷者の右半球機能に関する大脳半球機能差を検討する有効な刺激素材についての基礎的知見を得ることを目的とする。

II 方 法

1. 被験者

被験者は、標準純音聴力検査で、聴力低下がなく、平均聴力レベルの左右耳差が 5 dB 以内である 20 歳代の健常大学生 13 名(右手利き 10 名; 左手利き 3 名)とした。

2. 刺激素材

刺激素材の発話者は、健常な 24 歳の女性 1 名とし、「これはたなです」、「これはかにです」という単文を「普通」「楽しい」「怒っている」「悲しい」の 4 つの emotion をこめて発話するように教示した。発話者の発話速度を一定にするため、パーソナルコンピュータ (Powerbook 5300, Apple) よりトーンピップを毎秒 4 回、ヘッドホン (SE-303, Pioneer) を介して呈示した。発話者にはトーンピップ 1 つに発話 1 拍を合わせ、かつ文全体の emotion が均一になるように教示した。得られた単文をマイクrophon (ECM-999, SONY) から MD (MZ-R 5 ST,

SONY; 16 bit, 44.1 kHz サンプリング) に録音した。その後、AD/DA コンバータ (Audiomedia III, Digidesign; 16 bit, 44.1 kHz) により AD 変換を行い、パーソナルコンピュータ (Power Mac 7600/120, Apple) のハードディスクに取り込み編集した。パーソナルコンピュータ上で、編集ソフト (SoundEdit 16, Macromedia) により、単文から /ta/, /ka/ の単音節を切り出し刺激素材 (計 8 語) とした。各単音節の全長を 250 ms にそろえるため、語尾に立ち下がりスロープ 20 ms をつけた。各単音節の音圧は、VU メータ (SONY, TC-3000 SD) の示すピークが等しく (± 1 dB)

なるように編集した。刺激素材の音響学的特徴を確認するため、DSP sona-graph model 5500 (KAY Electrics) により分析し、各刺激のピッチパターンについて求めた (Fig. 1-1, 1-2)。
/ta/ で、「普通」の基本周波数は 198 Hz であり、「悲しい」の基本周波数は 273 Hz、「楽しい」の基本周波数は 223 Hz、「怒っている」の基本周波数は 158 Hz であった (Fig. 1-1)。
/ka/ で、「普通」の基本周波数は 193 Hz であり、「悲しい」の基本周波数は 285 Hz、「楽しい」の基本周波数は 223 Hz、「怒っている」の基本周波数は 150 Hz であった (Fig. 1-2)。

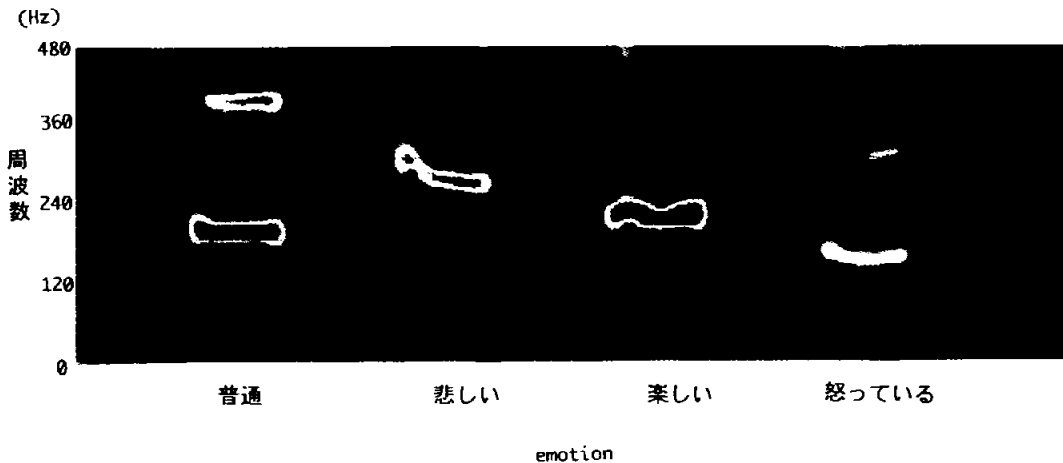


Fig. 1-1 /ta/のemotion刺激におけるピッチパターン

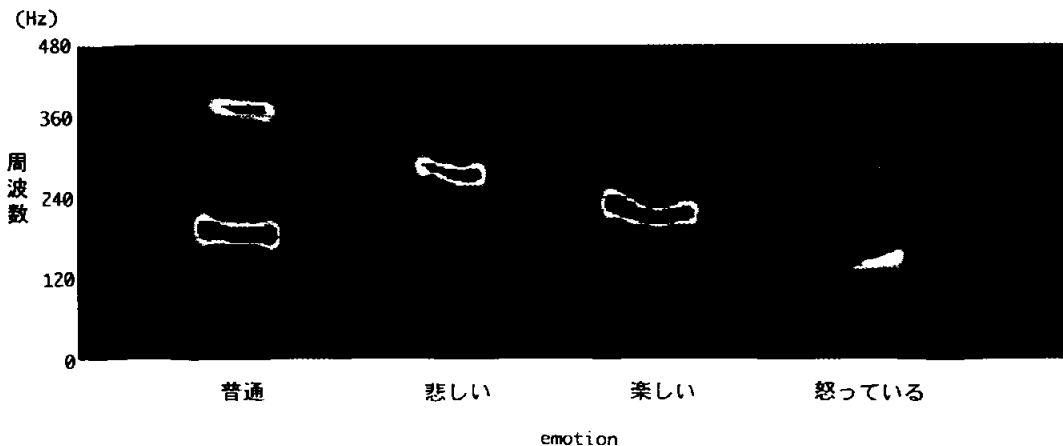


Fig. 1-2 /ka/のemotion刺激におけるピッチパターン

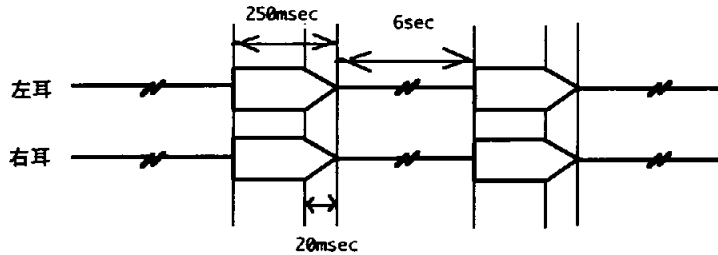


Fig. 2 DLTの刺激対

3. 手続き

各刺激素材をランダムに組み合わせ、単耳聴検査 (Monoral Listening Test; MLT)、DLTの刺激系列を作成した。DLTでは2つの刺激を競合させるため、刺激対を作成した (Fig. 2)。刺激の音源はパーソナルコンピュータ (Powerbook 1400 cs/117, Apple) により制御し、ヘッドホン (SONY) から呈示した。呈示音圧は、各被験者の Most Comfortable Level (MCL) とした。検査を施行するにあたり、刺激音の再生は、SuperCard (Allegiant) を用いて作成した実験プログラムで制御した。実験プログラムは、ボタン押しなどの簡単な操作で行えるものであり、被験者自身に操作させた。実験は、単耳聴検査、DLTの順に行った。単耳聴検査とは、片側耳ごとに1つの刺激が呈示され、それを識別するものである。DLTでは、両耳に同時に異なる刺激が呈示され、両耳に呈示された2つの刺激を識別するものである。本実験開始前に、「た」または「か」という音声聞こえてくること、「普通」「楽しい」「怒っている」「悲しい」の4つのemotionがあることを伝え、そのemotionを識別するように求めた。そして、あらかじめ配布した反応用紙に丸をつけるよう教示した。実験は、練習試行を行い、被験者が手続きを理解し、刺激音のemotionを十分に識別できるようになった後に実施した。練習試行は、両耳に同時に同じ刺激を呈示し、「普通」「楽しい」「怒っている」「悲しい」の4つのemotionから識別させ、その正誤をフィードバックするものである。本実験のDLTは50試行であり、6sec間隔で呈示した。

4. 分析方法

聴こえてきた刺激を識別できた場合を正答とし、正答数を施行数で除して正答率を算出した。各emotion刺激における分析では、各emotionの正答数を、各emotionの合計で除して正答率を求めた。

左右耳の正答の差異を検討するために、Student-Kennedy and Shankweiler (1970) に基づきラテラリティ指数 (Laterality Index, LI) を用いた。

$$LI = \frac{(LE - RE)}{(LE + RE)} \times 100$$

RE: 右耳の正答数

LE: 左耳の正答数

LIは、左耳の正答数から右耳の正答数を引いた値を、左耳と右耳の正答数の和で除し、100を乗じた値である。通常LIはREAをみるために、右耳の正答数から左耳の正答数を引くが、本研究の場合LEAをみるため、プラスはLEAを、マイナスはREAを示すものとした。このLIに基づき、人数分布を作成した。

III 結果

右利き被験者、左利き被験者の正答率の結果をそれぞれ Fig. 3-1、Fig. 3-2 に示した。MLTにおいて、右利き被験者、左利き被験者は両耳とも75%以上の正答率を示し、かつ若干のREA傾向がみられた。DLTにおいて、右利き被験者では、全体的にLEAの傾向が認められた (LE Mean 85.8%, SD 6.5%; RE Mean 77.6%, SD 9.5%)。また、角変換を行った後にt検定を行ったところ有意な差がみられ

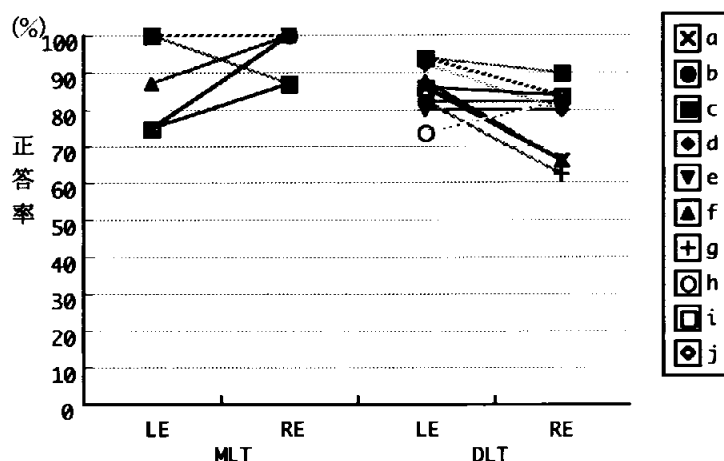


Fig. 3-1 右手利き被験者のMLTとDLTの結果

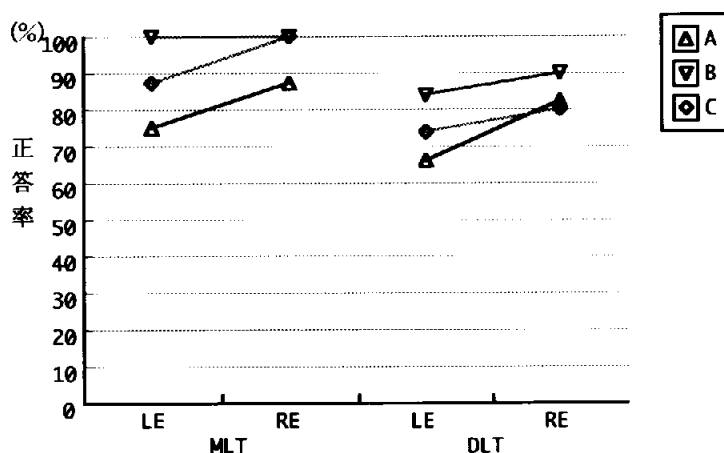


Fig. 3-2 左手利き被験者のMLTとDLTの結果

た($t=2.75$, $p<0.05$)。全右手利き被験者9名のうち、2名は優位性がなく、この2名を除いた7名のうち6名(85.7%)がLEAを示していた。左手利き被験者においては、全ての被験者がREAを示していた(LE Mean 74.7%, SD 9.0%; RE Mean 84.0%, SD 5.3%)。左手利きと右手利きの耳間優位性の程度に大きな差異はみられなかった。

次に右手利き被験者におけるLIを算出し、人数分布をFig. 4に示した。右手利き被験者においては、LIの値が0~0.15にかけて、人数のピークが認められ、LEA傾向がみられた。またREAを示した被験者においてもREAの程度

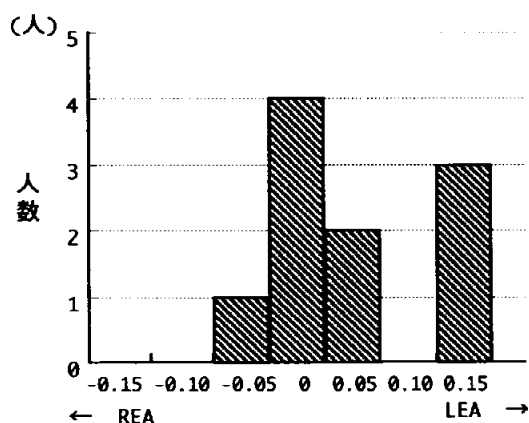


Fig. 4 右手利き被験者におけるDLTのLIに基づく人数分布

は小さかった。

各 emotion ごとの右手利き被験者、左手利き被験者における左右耳の正答率を Fig. 5-1, 5-2 に示した。4 つの emotion の中でも「楽しい」は他の emotion に比べて全体的に正答率が低下し、かつ左右耳差が大きかった (LE Mean 70.0%, SD 18.9%; RE Mean 49.3%, SD

19.8%)。また、角変換を行った後に t 検定を行ったところ「楽しい」のみで有意な差がみられた ($t=3.11$, $p<0.02$)。「悲しい」は両耳ともにほぼ 100% を示す被験者が多く、左右耳差も小さかった (LE Mean 99.2%, SD 2.6%; RE Mean 97.5%, SD 4.0%)。「普通」(LE Mean 89.3%, SD 6.9%; RE Mean 85.8%,

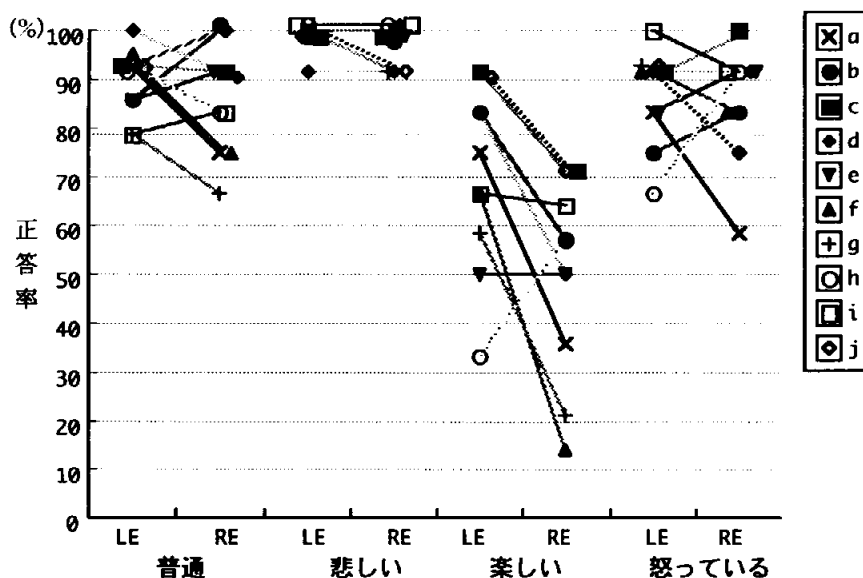


Fig. 5-1 右手利き被験者の各emotionごとのDLTの結果

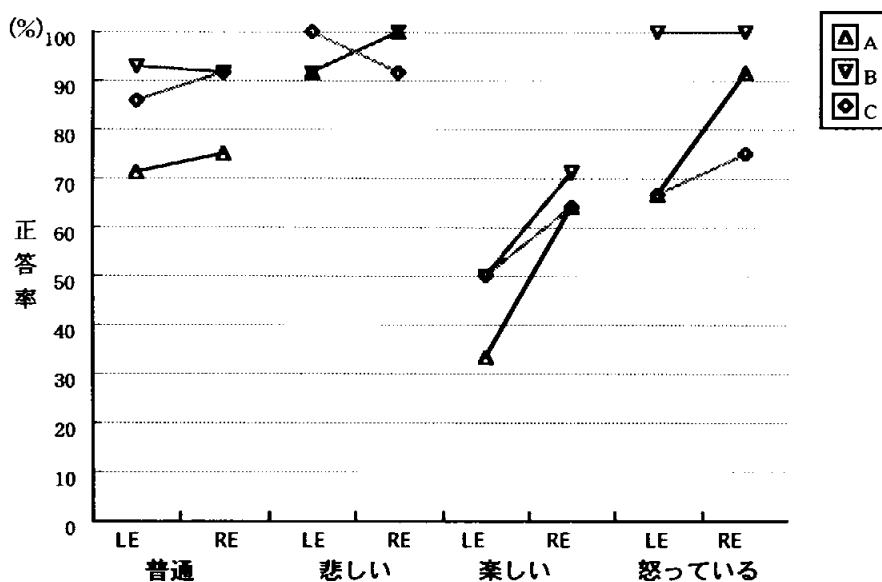


Fig. 5-2 左手利き被験者の各emotionごとのDLTの結果

SD 11.1%) と「怒っている」(LE Mean 86.7%, SD 9.8%; RE Mean 84.2%, SD 12.1%) は両耳ともに 75% 以上である被験者が多く、同じような傾向を示した。左手利き被験者においても、右手利き被験者と同様な傾向を示していた(「普通」: LE Mean 83.3%, SD 10.9%; RE Mean 86.1%, SD 9.6%; 「悲しい」: LE Mean 94.5%, SD 4.8%; RE Mean 97.2%, SD 4.8%; 「楽しい」: LE Mean 44.4%, SD 9.6%; RE Mean 66.7%, SD 4.1%; 「怒っている」: LE Mean 77.8%, SD 19.3%; RE Mean 88.9%, SD 12.7%)。

IV 考察

結果より、MLT において右手利き被験者、左手利き被験者は両耳ともにチャンスレベルの 25% 以上の正答率を示し、本研究で用いた emotion 刺激を emotion として知覚することが可能であったと考えられる。しかし、MLT において若干の REA がみられたことは解釈ににくい。DLT では、右手利き被験者で先行研究 (Bryden and MacRae, 1989; Bulman-Fleming, 1994; Boles, 1996) と同様に LEA を示す被験者が多い傾向がみられた。このことは、単音節においても単語の場合と同様に、右半球優位刺激として emotion 刺激の有効性が考えられる。

次に利き手との関連について検討すると、本研究での左手利き被験者の全てが REA を示した。Bulman-Fleming (1994) は Bryden and MacRae (1989) と同様に emotion 刺激を用いて emotion の知覚における大脳半球機能差について検討した。その結果、emotion 刺激の知覚において性差や利き手の効果がみられなかったと報告している。本研究では、Bulman-Fleming (1994) の結果とは異なり、利き手と emotion の知覚における耳間優位性に関連が認められた。このことより、左手利きは、右手利きよりも emotion の知覚における大脳半球の側性化が顕著であることが考えられるが、本研究での

左手利き被験者数は 3 名と少ないため、今後被験者数を増やし、より一層検討する必要がある。

また、本研究では刺激の種類によりその正答率の左右耳差の傾向は異なっていた。4 つの emotion 刺激のうち「悲しい」は他の emotion 刺激に比べると左右耳差が小さい傾向がみられた。また、「楽しい」は他の emotion 刺激に比べて左右耳差が大きかった。これらは、各 emotion 刺激の難易度が異なっていることが考えられる。被験者からの内省報告で、「悲しい」が一番わかりやすい」とするものが多かった。すなわち、「悲しい」は他の emotion 刺激よりも識別しやすい刺激であり、「楽しい」は他の emotion 刺激よりも識別しにくい刺激であったことが考えられる。Bryden and MacRae (1989) は、ネガティブな刺激素材(「悲しい」、「怒っている」とポジティブな刺激素材(「楽しい」)における LEA の大きさについて比較したところ、ネガティブな刺激素材の方がポジティブな刺激素材よりも LEA が大きいことを指摘している。本研究での結果は、「楽しい」が一番大きな左右耳差を示しており、Bryden and MacRae (1989) の結果とは異なる結果となった。これは、刺激素材を発話した者の刺激への emotion の含め方に個人差があり、刺激としての等価性が少ないことが考えられるが、Bryden and MacRae (1989) の研究では、刺激音のもつ音響的特徴が呈示されていないため、はっきりしない。研究間での刺激素材の質的差異によりその刺激を用いた結果に差異がみられるため、今後は、刺激素材の基準作りが必要であると思われる。また、本研究における各 emotion 刺激の正答率の左右耳差の傾向と基本周波数には顕著な対応がみられなかったが、今後は、水木(1984, 1985)の指摘するような emotion の聞き取りに影響すると推測されている音響パラメータとの関係等、詳細な検討が必要であると考えられる。

V おわりに

本研究では単音節による emotion 刺激を用いたが、単音節でも emotion としての知覚が可

能であり、emotion 刺激の有効性が示唆された。また、先行研究 (Bryden and MacRae, 1989; Bulman-Fleming, 1994; Boles, 1996) と同様に emotion の知覚においては、LEA がみられ、右手利き健常者の場合、右半球がより活性化することが示された。今後は、Bulman-Fleming (1994) や Boles (1996) が、言語と emotion のラテラリティ効果の乖離について指摘しているように、言語刺激、非言語刺激を比較検討し、より詳細な半球における処理プロセスについて明らかにしていく必要があると考える。また、emotion に関する研究においては、表情認知等の表出面での研究が広く行われている。しかし、聴覚系においては表出ではなく、知覚を問題にしているため、emotion の表出と知覚を統合し、emotion のメカニズムを解明していく必要があると思われる。

文 献

- 1) Boles, D. B. (1996) Correlated auditory asymmetries in lexical and non lexical tasks. *Cortex*, 32, 537-545.
- 2) Bryden, M. P. and MacRae, L. (1989) Dichotic laterality effects obtained with emotional words. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurology*, 1(3), 171-176.
- 3) Bulman-Fleming, M. B. (1994) Simultaneous verbal and affective laterality effects. *Neuropsychologia*, 32(7), 787-797.
- 4) 八田武志 (1996) 左利きの神経心理学. 医歯薬出版, 東京.
- 5) Kimura, D. (1961) Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15(3), 166-171.
- 6) 水木久美子 (1984) 感情を含む音声に関する基礎研究—単音節の定常的解析—. *人間工学*, 20(4), 225-230.
- 7) 水木久美子 (1985) 感情を含む音声に関する基礎研究(II)—合成単母音[え]による音響パラメータの評価—. *人間工学*, 21(2), 81-87.
- 8) 森山 剛・斎藤英雄・小沢慎治 (1995) 音声における感情表現語と感情表現パラメータの対応付け. *電子情報通信学会技術研究報告*, SP 95-67, 9-16.
- 9) Safer, M. A. (1977) Ear differences in evaluating emotional tones of voice and verbal content. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 3(1), 75-82.
- 10) 重永 実・小川 孝・中尾光志 (1995) 単語音声による感情表現について. *電子情報通信学会技術研究報告*, SP 95-15, 39-46.
- 11) Springer, S. P. and Deutsch, G. (1993) *Left brain, Right brain*, 4th ed. W. H. Freeman and Company, New York. 福井國彦・河内十郎 (1997) 左の脳と右の脳. 医学書院, 304-322.
- 12) Studdert-Kennedy, M. and Shankweiler, D. (1970) Hemispheric specialization for speech perception. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 48, 579-594.
- 13) Wada, J. and Rasmussen, T. (1960) Intracarotid injection of sodium amytal for the lateralization of cerebral speech dominance. *Journal of Neurosurgery*, 17, 266-282.

Functional Hemispheric Asymmetry on Central Auditory Information Processing of Emotion Through Dichotic Listening

**Chie YOSHIKAWA, Tsuneo HARASHIMA, Tomoyoshi YOSHINO,
Yasuyoshi KATO and Akiyoshi KATADA**

In this study, we investigated the functional hemispheric asymmetry on a central auditory information processing of emotion through dichotic listening of emotion stimuli. The emotion stimuli was a syllable (/ta/or/ka/) spoken in different emotional tones ("neutral", "happy", "angry", "sad"). Normal adult subjects were instructed to identify emotion stimuli presented dichotically. All subjects could percept emotions from emotion stimuli using a syllable. A left ear advantage was found in dichotic listening. The ear advantage was strongest for "happy" stimuli. These results support that central auditory information processing of emotions is right hemisphere superiority and emotion stimuli used a syllable is effective for examining functional hemispheric asymmetry.

Key Words: emotion stimuli, functional hemispheric asymmetry, central auditory information processing, dichotic listening