

学習障害の神経生理学的研究
—学習障害児の音像定位検査を中心に—

加我牧子^{*}，山田和孝^{**}，石崎朝世^{***}

要約：学習障害児の聴覚的認知能力の評価のため音の方向感自動記録装置を用いて検討した。
1. 小学校3年生以上の視覚型1例，聴覚型3例の学習障害児について健常児と比較検討した。
2. 時間差音像定位の成績の方が強度差音像定位より良好なものがあつた。
3. 検査の意味を理解しきちんと検査ができるようになってからも短時間で検査に集中できなくなりデータの悪化する例があつた。
4. 視覚型の1例は正常の結果であつたが，聴覚型の3例ではいずれも検査成績は異常であつた。
5. 簡易聴力検査としても，学習障害児に見られる中枢病変の機序を考察する上でも，注意力の指標としても有意義な検査の一つと考えられた。

見出し語：学習障害，読み書き障害，音像定位，音の方向感，聴覚型，視覚型

目的：

現在までの学習障害児の生理学的研究として脳波異常が古くから指摘されてきた。この他，聴覚視覚誘発電位²⁾³⁾，事象関連電位⁴⁾⁵⁾，眼球運動⁶⁾，姿勢制御⁷⁾，前庭機能⁸⁾などの面から報告されてきた。これらは学習障害の定義の時代的な変遷，施設における差異，研究者の考え方の差から各研究の対象者が微妙にあるいはかなり違うという問題を有し直接の比較が難しい

ものが多い。しかしその大部分の研究が学習障害児では健常児との間にかんがりの高率の差を持って異常の存在を結論している。

学習障害の実質的な中心課題である読字困難さらに書字障害，については以前より聴覚型と視覚型の存在が指摘されてきた⁹⁾。そこで今回は学習障害児の，聴覚情報処理の側面から方向感検査装置を用いて学習障害児の音像定位を正常児との比較を目的として検討を行った。

方法：

対象は学習障害と診断した児11例のうちから文字について評価が可能と思われる小学校3年生以上の4例（全例男児）とした。内訳は視覚型1例，聴覚型3例である（表1）。なお対照は神経学的ならびに聴覚学的に正常な2歳から18歳までの59例と健常成人12例の計71例とした。

両耳間の時間差及び強度差音像定位検査は佐藤らの開発した方向感自動記録装置

*: 国立精神・神経センター精神保健研究所
National Institute of Mental Health,
National Center of Neurology and
Psychiatry

**： 都立府中療育センター
Tokyo Metropolitan Fuchu Medical
Center for Severely Handicapped

***: 王子クリニック
Ohji Clinic

(RION TD-01)を用いて記録した¹⁰⁾。この装置は両側のヘッドホンから出る出力の間に最小2μ秒から最大2m秒までの時間差を2μステップで連続的に作ることができる。刺激は500Hzの帯域濾過雑音(BN)連続音を用いた。左右の耳の気導域値を1kHz及び500Hzの純音で測定し、有意の聴力損失がないことを確認の上、50dBのBNを刺激として与え、さらに一側の出力を微調整して被験者が音像を頭蓋中央に感じられるようにした。次にこの状態から左右のBNの時間差を等速度で変化させた。この装置は被験者が音像が移動したと自覚した時点でボタンを押すと、瞬時に移動方向が逆転し音像を正中に戻す方向に動くようにできている。この結果、両耳の時間差音像定位が可能であれば鋸歯状波が得られる。この鋸歯状波が安定して記録された部分の連続した左右向き各10個の振幅を測定し、その平均値を弁別域値とした。この値を年齢別段階別に平均して検討した。強度差についても音圧を自動的に変化させることにより、同様の鋸歯状波が得られるので同様の処理を行なって検討した。検査開始前にやり方を充分説明し練習してから始めた。実際の検査に要する時間は2-5分以内であった。

結果：

健常児の時間差および音圧差音像定位の平均と標準偏差は表に示すとおりである(表2)¹¹⁾。健常児の結果の実例を図1に示した。健常児では検査開始時は不安定な結果を示したとしてもまもなくいずれの検査項目でも安定した鋸歯状波を示すようになった(図1下段右)。またこの検査は5歳以上では90%以上、7歳以上では100%が検査可能であった。

対象児では視覚型の1症例の検査結果は正常であったのに比し、聴覚型の3症例では検査に熱心に取り組んでいるにもかかわらず検査結果は異常であった(表1)。

健常児では一度この検査の方法を理解す

ると、検査中にデータが著しく悪化する症例はなかった。しかし今回の対象例では一度検査が充分できるようになった後で検査結果が悪化する症例が見られた。

対象児の実例を図に示した(図2)。さらに結果を健常児の結果と比較して図に示した(図3)。

考察：

学習障害の神経学的責任病巣を決定するためには中心的課題である読字困難を呈する症例を対象とした研究が現在までに報告されてきた。剖検例や神経放射線学的研究で側頭平面が左右対称である確率の高さ¹²⁾や、頭頂側頭葉面積の左右差の逆転¹³⁾などが報告され、剖検例で左半球下前頭・上側頭部、シルビウス裂前方を中心に皮質表面あるいは皮質浅部の形成異常、微小多脳回などが報告され¹²⁾、MRI¹⁴⁾でも変化を捉えようという試みもある。さらに言語処理の間の脳血流の分布の差(左半球優位)所見など¹⁵⁾も報告されるようにあった。

教育の面からは「学習障害」が異なった成因による集団を対象とせざるを得ないとしても、医学的にはできる限り原因を特定すべきなのはもちろんである。

学習障害を医学的に考えるには、当然、学齢前における早期診断から早期治療あるいは療育をめざすことを考慮することになり、そのためには現象論としての理解のみではなく、いまだにその病態生理の理解が必要な段階であると考えられる。

今回検討を行った音の方向感検査については健常児では一度この検査の方法を理解すると、検査中にデータが著しく悪化する症例はなかった。しかし対象児では検査時間は短いにも関わらず、一度検査が充分できるようになった後で検査結果が悪化する症例が見られた。これは検査に対し注意が集中できなくなったものと考えられ、数値化するにはさらに多数の症例が必要ではあるが、注意力の指標としてこの検査を応用

することができると思われた。また検査に充分集中し熱心に取り組んでいるにもかかわらず検査結果の悪い症例があった。このような症例については学習効果をあげるために従来考えられていた以上の工夫が必要であり、視覚的入力からの学習の重要性を一段と強調するべき症例であることが考えられる。

本検査法は両耳のイヤホンからでた音によって作られた音像の頭蓋内での位置を認知するもので、非生理的な方法であるが、時間差と強度差を分離して検査でき、しかも場所をとらない利点がある。この方法は検査方法の制約による種々の修飾を受けながらも静的な音像判断と同じ基盤に立つものと考えられている。今回の対象児はIQによる発達レベルを考慮しても本来十分な検査ができるはずの年齢であり、反応がきわめて不良な症例があったのは特記すべきであった。これは音の方向感自体の感受性に加えて、検査に対する巧緻性や検査への集中力も問題が想定されるためこのような結果となったものと考えられる。

現在まで方向感検査はおもに後迷路性難聴の診断に用いられてきたが、聴性脳幹反応と組み合わせることで脳幹病変の神経学的応用も行われるようになった。軽中度の内耳性難聴ではほとんどが正常値に入り、聴神経幹の障害による後迷路性難聴では方向感の著しい拡大が示されている。ただし後迷路障害により方向感が障害される場合は強度差の弁別能はあまり変化せず、時間差のみが高度に障害される。すなわち脳幹から聴覚中枢を含む大脳半球に至る間のレベルの病変では、時間差音像定位ができない症例でも音圧定位のできるものはあるものの逆のことは報告されていない。

これより時間差の方が強度差より臨床的意義が大きいことは共通の認識になっている。しかし今回の対象児の中に時間差より音圧差の結果の不良なものがあったことは意味があり、成人における神経学的病変に

よる障害とは異なったものであることを推定させる。特にこの検査で視覚型の症例は正常の結果を示したが、聴覚型の症例はいずれも域値の拡大がみられ正常値からかけはなれた結果を示した者もあった。

本検査は学習障害児の聴覚発達の一面につき基礎的なデータを提供しうると同時に注意力、注意集中可能な時間を評価する上で臨床的に有用な示唆を得られた。

文献

- 0) Duffy FH et al. Dyslexia: automated diagnosis by computerised classification of brain electrical activity. *Ann Neurol* 7:421-8, 1980.
- 1) Byring R, Jarvilehto T: Auditory and visual evoked potentials of school boys with spelling disabilities. *Develop Med Child Neurol* 27:141-8, 1985.
- 2) Pinkerton F et al. A Neurophysiological study of children with reading, writing and spelling difficulties. *Develop Med Child Neurol* 31:569-81, 1989.
- 3) Sutton JP et al. Evoked potential maps in learning disabled children. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 65:399-404, 1986.
- 4) Duffy FH et al. Dyslexia: Regional differences in brain electrical activity by topographic mapping. *Ann Neurol* 7:412-20, 1980.
- 5) Jirsa RP. The clinical utility of the P3 AERP in children with auditory processing disorders. *JSHD* 35:903-12, 1992.
- 6) Shapira YA et al. Abnormal eye movements in hyperkinetic children with learning disability. *Neuropadiatrie* 11:38-44, 1980.
- 7) Kohen-Raz R: Postural control and learning disability. *Early Child*

- 8) Horak FB et al. Vestibular function and motor proficiency of children with impaired hearing, or with learning disability and motor impairments. *Develop Med Child Neurol* 30:64-79, 1986.
- 9) 鈴木昌樹, 水野美彦, 加我牧子, 近江一彦, 鈴木陽子: 微細脳機能障害, 学習障害におけるFrostig視知覚発達検査. *脳と発達* 10:273-83, 1978.
- 10) 佐藤恒正, 鈴木秀明, 八幡則子, 阿波野安幸: 新しい方向感検査装置及びその応用. *Audiology Jpn* 26:659-66, 1983.
- 11) Kaga M. Sound localization. *Acta Paediatr Jap* 34:134-8, 1992.
- 12) Galaburda AM et al. Developmental dyslexia: four consecutive patients with cortical anomalies. *Ann Neurol* 18:222-33, 1985.
- 13) Hier JV et al. Developmental dyslexia. Evidence for a subgroup with reversal of cerebral asymmetry. *Arch Neurol* 35:90-2, 1978.
- 14) Rumsey JM et al. Magnetic resonance imaging of brain anatomy in severe developmental dyslexia. *Arch Neurol* 43:1045-6, 1986.
- 15) Rumsey JM et al. Regional blood flow in severe developmental dyslexia. *Arch Neurol* 44:1144-50, 1987.

図表の説明

- 図1 4歳と10歳の健常症例の検査結果の例。10歳児では域値の小さい鋸歯状波が連続している。4歳児ははじめは域値が大きいですがすぐに安定した域値を示す。
- 図2 対象児の検査結果の例。症例1（視覚型）は時間差（上段左）は正常に近いが音圧差の検査を理解するのに時間がかかり域値も大きい。症例3（聴覚型）域値の著しい拡大を認める。
- 図3 対象児の音像定位。健常児の年齢別平均値の標準偏差のグラフ上にプロットした。時間差で平均以下の域値, 強度差で平均に入っているのが症例1（視覚型）。
- 表1 対象児のプロフィール。
- 表2 健常児の方向感検査の年齢別データの平均と標準偏差。

表1 対象児のプロフィールと検査結果

症例	性	年齢	IQ	時間差	音圧差	LDのタイプ	発達歴		主要症状
							独歩	有意語	
1. ST	M	10-4	110	○	○	視覚型	22m	13m	漢字が書けない 絵がかけない 視力低下を疑われた
2. SY	M	11-3	90	×	×	聴覚型	19m	12m	文字の読み書きができない
3. ST	M	10-1	70	△	×	聴覚型	12m	16m	文字を書けるようにならない 聞いても理解できない
4. TM	M	9-7	75	△	△	聴覚型	15m	24m	聞いても理解できない 文字を見て覚えられるようになった

- 正常範囲
- △ 軽度から中等度の閾値拡大
- × 高度閾値拡大

表2

方向感検査の年齢別データの平均と標準偏差

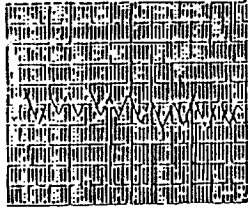
年齢 (歳)	時間差 (μsec)		強度差 (dB)	
	左	右	左	右
2-3				
4	980.0 ± 367.2	933.3 ± 481.3	11.6 ± 7.7	15.8 ± 3.7
5	674.8 ± 195.3	685.2 ± 192.4	19.4 ± 7.5	18.9 ± 4.8
6	438.2 ± 172.8	422.5 ± 146.0	13.9 ± 5.0	13.3 ± 5.9
7-8	450.9 ± 106.7	444.9 ± 105.3	10.9 ± 3.2	10.7 ± 3.4
9-10	457.2 ± 91.2	458.5 ± 103.8	12.1 ± 4.4	11.9 ± 3.7
11-12	423.0 ± 96.7	415.4 ± 86.0	11.5 ± 3.8	11.4 ± 3.2
13-14	398.3 ± 70.0	394.3 ± 72.4	9.2 ± 1.5	9.5 ± 1.1
15-19	374.5 ± 65.2	371.2 ± 70.7	11.8 ± 2.8	11.3 ± 2.6
成人	343.8 ± 58.6	338.9 ± 56.4	13.1 ± 2.4	12.9 ± 2.4

図1

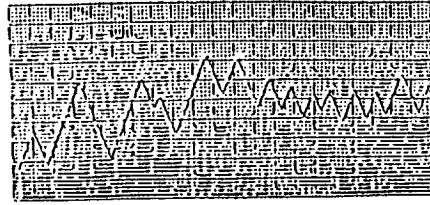
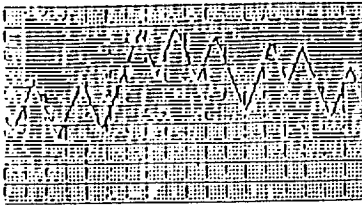
Time difference

Loudness difference

10-year-old, female



4-year-old, female



400 μ sec
10sec

2.5dB
10sec

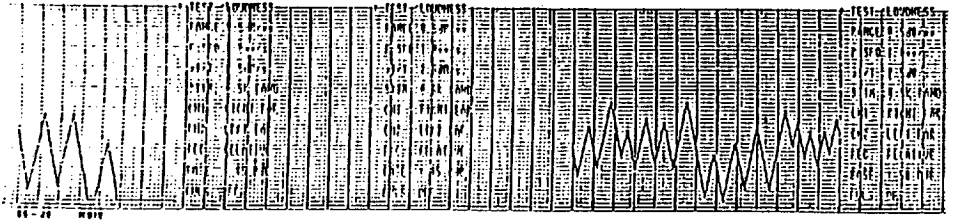
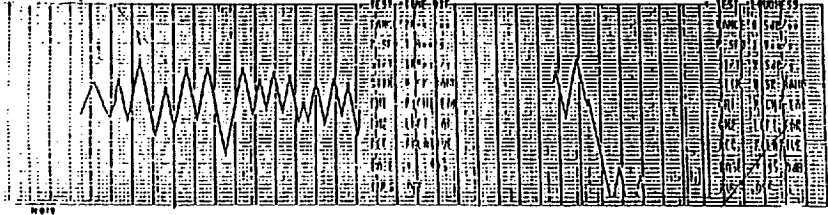
4歳と10歳の症例の検査結果の1例

4歳の症例では強度差検査の後半に感度が良好となったことが確実であり後半の分を測定し平均した。

图2

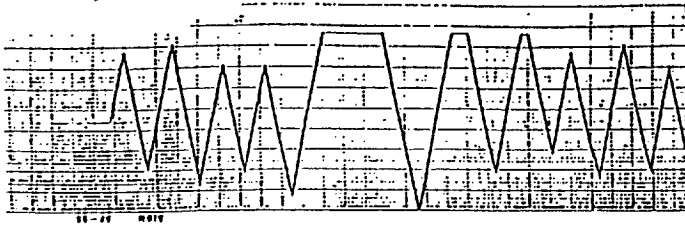
症例 1

10 yrs old

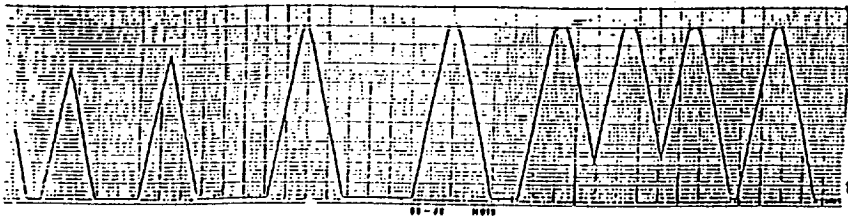


症例 3

10 yrs old



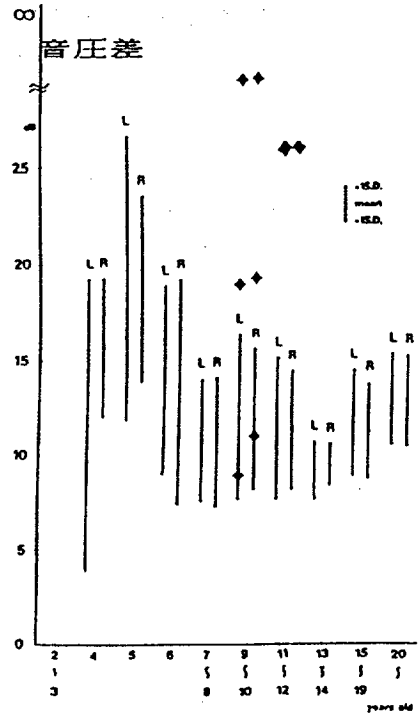
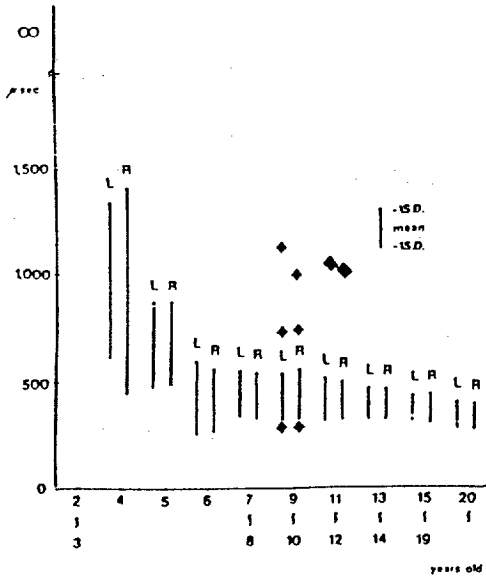
400 μ s
10sec

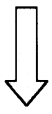


1000
10sec

図3

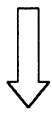
時間差





検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



要約:学習障害児の聴覚的認知能力の評価のため音の方向感自動記録装置を用いて検討した。

1. 小学校 3 年生以上の視覚型 1 例,聴覚型 3 例の学習障害児について健常児と比較検討した。
2. 時間差音像定位の成績の方が強度差音像定位より良好なものがあった。
3. 検査の意味を理解しきちんと検査ができるようになってからも短時間で検査に集中できなくなりデータの悪化する例があった。
4. 視覚型の 1 例は正常の結果であったが,聴覚型の 3 例ではいずれも検査成績は異常であった。
5. 簡易聴力検査としても,学習障害に見られる中枢病変の機序を考察する上でも,注意力の指標としても有意義な検査の一つと考えられた。