A Test of Auditory Space Cognition:

Development of Auditory Cognition in Children

Mitsuko Shindo
Yoshisato Tanaka

(Dept. of Otorhinolaryngology, School of Medicine, Teikyo Univ.)

It is hypothesized that higher auditory cortical functions include the two coding system — phonemic and musical — proposed by Luria, and a third coding system that serves for cognition of environmental sounds and auditory space. The purpose of the present paper is to report a test for the third coding system devised in our laboratory, and its application to a developmental study on space cognition in children. The test material was a series of sounds, which were stereophonically recorded by a tape recorder (SONY TC-3000 SD) by the side of a rail road crossing, including noises of automobiles and a motorcycle rolling over the rail road crossing, sounds of the crossing signals, and children's shouts.

The subjects were sixty normal pupils ranging from six to twelve years old and sixteen healthy adults with normal hearing. They were asked to identify the sounds presented binaurally through headphones (Aurex HR-XI) from the same tape recorder used for the recording, and to reconstruct the space where the recording was made.

The results obtained were as follows: (1) The identification of the sounds depended on their familiarity as well as on the intensity and duration of the sounds. (2) A statistically significant difference of development of auditory space cognition was found between the group under nine years and the group above ten years of age. This finding supports Piaget's theory on the development of cognition of space in children.

聴空間認知テスト

——正常児についての検討——

進藤美津子*

田中美郷**

1. はじめに

聴覚は、人間だけでなく地上に生息する多くの動物も持っている感覚である。その機能は種によって異なり、下等動物では種属維持や個体維持以上の機能は認められていない。人間では、聴覚機能は高度に発達し、とくに聴覚を介して言語を習得し、音声言語によって感情や意思、思考を伝達し合うという他の動物ではみられない高等な機能を持っている。このような聴覚機能は社会生活を営む上で不可欠のものであり、聴覚は人間の感覚の中で最も重要なものといえるであろう。

昆虫も含めて下等動物では、聴覚はそれぞれの種が生存に適するように、それぞれの種に固有な生得的なプログラムによって組織化されている。しかし、人間ではこれと異なり、Luria⁽²⁾は音刺激の世界は生物学的起源ではなく、社会・歴史的起源をもって別の要因によって決定されているという。さらに、人類の社会的歴史的過程で作り出された聴感覚を聴知覚の体系にコード化する過程として、Luria はリズム・メロディの（あるいは音楽的な）コード体系と、音韻的なコード体系（あるいは言語の音声コード体系）の二つを区別している。しかし、著者は、末梢および中枢の聴覚障害症例の臨床経験から、これらに第3の体系として、環境音や音環境の知覚に関するコード体系も新たに加える必要があると考えようになった。なぜなら、人間は日常生活においてはいろいろな環境音を知覚し、視界に音源がなくても音源の種類や意味、方向、運動、空間的關係などあらゆる面にわたって認知できる機能を持っており、1, 2のコード体系に障害を示した中枢性聴覚障害

例でも、環境音や大まかな方向感覚や音の情緒性を理解できる場合があるからである。^{1) 5)}

著者は、人間の高次聴覚機能を研究するにあたって、この、いわば第3のコード体系についても調べる必要があると考え、次のような「聴空間認知テスト」を試作してみた。すなわち、一定の状況における環境音をステレオ録音でしかせてその状況を被検者の頭の中で再構成させる方法である。末梢聴力障害や中枢の聴覚障害および中枢神経障害への臨床応用は、現在検討中であるが、本検査法の基礎的研究として正常児について検討したので報告する。

2. 対象と方法

1) 対象者

対象者は、鎌倉市内の小学校1～6年生、各学年10名ずつ（各学年とも男女約半数ずつ）計60名を任意に選んだ。また、20代の健常聴力者16名を統制群として選んだ。

2) 方法

イ) 検査用録音テープの作成

検査用環境音は、東京都北区王子街道の国鉄赤羽

図1 録音場所の地理的状況

* 帝京大学耳鼻咽喉科学教室（主任：鈴木淳一教授）

** 帝京大学文学部教育学科教授

注：ここでは Wellek⁽⁷⁾に従って、われわれが音を聞くととき、その音源体の方向や距離などを、聴覚を通じて成立する空間を聴空間と定義する。

線踏切り付近で採取した。録音は、昭和54年4月21日、16時30分から17時30分の間で行った。録音にはSONY ステレオカセットコーダー (TC-3000 SD) および SONY エレクトレットコンデンサーマイクロホン (ECM-290F) 2個を使用し、図1に示すように道路を左側に見て、左右にマイクロホンを180°反対方向を向くように、水平かつ線路に平行に、地上より約1mの高さに保持して録音した。録音の内容および時間的空間的關係は、図2に概略を示した。

図2 検査音の内容と時間的経過

このようにして録音した検査音を、ヘッドホン (Aurex HR-X1) でテープレコーダーより直接聴いてみると、まず、左方に警報機の音が鳴り始める。同時に附近に居合わせた選挙の宣伝カーからの「〇〇が最後のお願ひにあがりました」という声が警報機の音に入り混って左側よりきこえてくる。間もなくして左手から右手へ下り電車が通過し、この間警報機の音や宣伝カーの音は電車の音に消されてきこえなくなる。電車が去ると警報機の音および選挙の宣伝カーの音はまたきこえ始めるが、次いで右手から上り電車が近づくと再度きこえなくなる。電車通過後、警報機および宣伝カーの音は再びきこえ始めるが、警報機の音は間もなくして止まる。次いで遮断機が上ると、自動車の踏切りを渡る音が左方からきこえ始め、この中にオートバイの音も混じる。宣伝カーの音は漸次遠のいてゆく。この間、通行人 (子供) の大声でさわぐ声が左手から2度きこえてくる。全所要時間は約2分10秒。

ロ) 検査方法

学童および成人とも、純音聴力検査を施行して難聴のないことを確かめた。

以下に述べる検査は、学童については上記小学校ことばの教室の聴力検査室、成人についてはお茶の

ろくおん
録音をきいてから書いてください。

☆ どんな音が どちらの方向からきこえてきましたか。

	おと (音)	しゅ の	るい 種	ほう 類	ほう (方)	こう 向
1.	_____	(		)		
2.	_____	(		)		
3.	_____	(		)		
4.	_____	(		)		
5.	_____	(		)		
6.	_____	(		)		
7.	_____	(		)		
8.	_____	(		)		
9.	_____	(		)		
10.	_____	(		)		

ろくおん
☆ この録音をきいて、どんな状況が想像されますか。

図3 検査用紙(1)

この録音をきいてどんな状況が想像されますか

A～Dの中から適当と思われるものを1つ選んで○印をつけてください。

註：（正解はC）

図1 検査用紙(2)

水女子大学心理学実験室および、帝京大学医学部附属病院耳鼻科外来防音室において施行した。検査にあたっては、まず図3の解答用紙を示し、どんな音がどちらの方向からきこえてくるか、さらにどのような状況の下で録音されたかを想像しながら聴くように指示を与え、次いで Aurex エレクトレットコンデンサー・ヘッドホン (HR-X1) を装着させて、先に録音したテープを録音の際使用したテープレコーダー (TC-3000 SD) にて、最も聴きやすい音の大きさできかせた。

検査音は2度繰り返してきかせ、その後、解答用紙 (図3) に記載してもらった。次いで録音場所を示す4個の絵 (1枚のシートにしてある) (図4) を示し、最もよくあてはまるものを選ばせた。

3. 結果

検査音はステレオ録音であり、また実生活で日常経験している内容であったため、いずれの年齢の被検者も検査音に興味を示し、検査は順調に実施できた。

1) 音の種類のかき分けの発達

①踏切りの警報機の音、②選挙の宣伝カーの音、③電車の通過する音、④自動車の通る音、⑤オートバイの通る音、⑥子供がさわいでいる声、の6種類に、各々1点ずつ得点を与え、その合計点を音の種類のかき分け得点とした。結果は図5に示したが、

図5 音の種類のかき分けの発達

これによると、音の種類のかき分けは、年齢とともに得点が上昇しており、メディアン検定によると、1年生と2年生の間に5%水準 ($\chi^2 = 4.80$, $df = 1$) で、3~4年生と5~6年生の間に0.5%水準 ($\chi^2 = 8.424$, $df = 1$) で、5~6年生と成人の間

に5%水準 ($\chi^2 = 5.207$, $df = 1$) で各々有意差がみられた。

次に、音の種類別に年齢的発達をみると、図6に示すように、音の種類により正答率およびその発達が異なっていた。すなわち、電車の音や自動車の音は、低学年でもよく認知されているのに対し、宣伝カーの音、オートバイの音、子供の声の認知は低学年ほど悪い。宣伝カーの音の正答率が低いのは、低学年ではその意味が理解できないことが関係するものと思われる。また、子供の声に関して、3~4年生と5~6年生の間に、5%水準で有意差がみられたが、これには物理的刺激量の乏しさ (音が小さい、持続時間が短いなど) が関係しているのかもしれない。

図6 音の種類別にみたきき分けの発達

2) 聴空間認知の発達

音の種類のかき分けとは別に、①上下2本の電車が通過する方向がわかる、②上下2本の電車が通過する順序がわかる、③録音場所が踏切り付近で、電車、自動車、通行人が往来していることが説明できる (録音場所の状況の説明、ただ単に、「踏切り付近」のように場所だけの指摘の場合には得点を半分にした)、④録音場所を図4にもとずいて正確に指摘できる (聴空間の定位ができる) の4項目にそれぞれ1点ずつ得点を与えて、その合計点を聴空間認

知得点とした。図7に年齢的発達変化を示したが、各学年の結果をカイ自乗テストで比較検討すると、3～4年生と5～6年生の間 ($\chi^2=13.842$, $df=1$) と、5～6年生と成人の間 ($\chi^2=13.0009$, $df=1$)

図7 聴空間認知の発達

に各々0.5%水準で有意差がみられた。

一方、聴空間認知の各項目ごとの正答率をみると、(図8)、①電車の音の方向理解

図8 評価方法別にみた聴空間認知の発達

は、1～2年生と3～4年生の間に5%水準 ($\chi^2=5.161$, $df=1$) で、②電車の通過する順序の理解 (図8では順序) は、5～6年生と成人群の間に1%水準 ($\chi^2=7.350$, $df=1$) で、③状況理解では、3～4年生と5～6年生の間に0.5%水準 ($\chi^2=10.502$, $df=1$) で、④聴空間定位では、5～6年

生と成人の間に0.5%水準 ($\chi^2=15.034$, $df=1$) で、各々有意差が認められた。

なお、小学生群を低学年群 (1～3年生) と高学年群 (4～5年生) に分けて、各々の男女差を調べ

正 常 児		音の種類・きき分け		聴 空 間 認 知	
		低学年	高学年	低学年	高学年
男 児	N	15 名	17 名	15 名	17 名
	M	3.3	4.6	0.7	2.2
	S D	1.32	0.72	0.96	1.21
女 児	N	15 名	13 名	15 名	13 名
	M	3.6	4.8	0.7	1.8
	S D	1.03	0.77	1.09	1.50
メディアン検定		$\chi^2=0$ N. S.	$\chi^2=0.459$ N. S.	$\chi^2=0.180$ N. S.	$\chi^2=0.600$ N. S.

表1 聴空間認知テストにおける男女差

たところ、表1に示すように、各々音の種類・きき分けでも聴空間認知でも、有意差はみられず、ほぼ同じ得点値を示していた。

4. 考 察

今回検討した検査法は、生活空間における日常的な環境音をステレオ録音できさせて、その空間のイメージを頭の中で再構成させるというものである。検査音には、できるだけ日常的なもので親しみやすいものとして、電車の音、自動車の音、通行人の声などを用いて、録音場所も比較的想像しやすい路切を選んだ。被検者は全員この検査に興味を示し、途中で検査を放棄するものはいなかった。今回の検査結果は信頼性の高いものと考えられる。

検査結果についてみると、音の種類・きき分けの発達に関しては、電車の音はすでに小学1年生より大部分のものがきき分けており、検査音中最も中心的役割を果たしていることがわかる。この理由としては、電車の音は子供にとって熟知度が高い上に、ステレオ効果が大きく貢献しているようである。これに対して、宣伝カーの声やオートバイの音、子供の叫び声の正答率は低学年では低く、学年が高くなるにつれてそれらの正答率も明らかな上昇傾向を示している。ただ、宣伝カーの声とオートバイの音の正答率は、6年生でもまだ成人の域に達していない。これら3種類の音が低学年でなぜ正答率が低いのかは、それぞれの音について理由が異なると考えられる。オートバイの音は、自動車の音の中に一時的に混じるだけであり、子供の声も2度叫ぶのがきこえるだ

けで、これらの音は、物理的にみて刺激が弱いと考えられる。これと共にオートバイの音は、自動車の音と区別するのが必ずしも容易でない点も無視できない。これに対して、宣伝カーの声は持続時間も比較的長く、また電車や自動車および警報機の音とも質的に異なっているので、物理的に刺激が弱いとは考え難い。むしろ低学年における宣伝カーの声の正答率が低いのは、「選挙の応援」という意味が理解できないことに由来すると考えられる。

なお、これらの音を聴いて録音時の空間的状況を再構成するためには、上記の音の種類の認知のほかに、きこえてくる音の時間的順序、方向、および動きなどを記憶し、総合的に判断する能力が要求される。これにはもちろん思考の働きも不可欠である。一方、聴空間認知の発達には聴覚以外の感覚も関与していると考えられる。今回の試みのように「踏切り」を舞台にした場合には、実生活における視空間的経験も聴空間構成に大きな役割を演じていると思われる。

視空間認知の発達に関しては、Piaget³⁾の「三つの山の実験」が有名であるが、この実験ではPiagetは緑色、褐色、灰色の三つの山を用意し、山上には十字架や山小屋を置いて4方向(A, B, C, D,)より見た場合に、見え方に著しい違いがあるように箱庭を作り、被験児をこの箱庭のAの位置に座らせて、B, Cの位置ではこの風景がどのように見えるかを、Aの位置で想定させるものであった。この研究によると、7~9歳の子供では、観察の位置の変化に伴ない、左右前後の関係が変ること、あるいは一つの山と他の二つの山の関係把握ができるようになるが、後の2者間の相互関係は無視してしまうことが示された。ところが、9~10歳になると、ある顕著な関係を漸次とらえてゆくこと、すなわち各観点からの前後と同時に左右の関係が包括的に理解され、自由な調整ができるようになることが示された。

今回の検査結果をみると、小学1~2年生(6~8歳)レベルでは、もっぱら電車および自動車の音の把握に終止しており、3~4年生(8~10歳)になって電車の方向がわかり始め、5~6年生(10~12歳)になると、いろいろな構成音の認知ができるようになるとともに、状況理解も急にできるようになっている。すなわち、小学校4年生(9~10歳)頃は聴空間認知の発達の一つの節をなしているといえるが、このことは、上述のPiagetの視空間認知の発達の転換期とよく一致している。なお、著者の

今回の結果によると、聴空間認知の中でも、音の時間的順序の理解や、論理的思考を必要とする聴空間定位の課題では、6年生レベルでもまだ成人の域に達していなかった。Piaget⁴⁾によると、具体的操作期には空間を構造化する質的な操作が作り上げられるが、しかしこの期の操作は、実際の活動と結びついた操作であり、活動とは無関係な論理的推論をつくる可能性は全く含まれていない。従って論理的推論を必要とする著者の行った聴空間の定位の課題は、5~6年生と成人群の間に有意性をもたらし、形式的操作の段階まで思考が発達していかないと困難であることを示している。

ところで、今回試みた聴空間認知検査は、大脳病変による高次聴覚機能のうち言語音の認知や音楽の認知とは別の聴覚的コード体系、すなわち環境音の認知や聴空間認知あるいは聴覚的空間構成能を調べることを意図して、聴覚機能テスト・バッテリーの一つとして考案したものである。

従来の空間認知の発達に関する研究は、もっぱら視空間に関するもので、聴空間に関するものは方向感以外にほとんど見当たらない。聴覚は触覚や視覚とも根本的に異なり、触覚や視覚が空間にある対象世界を反映するのは対照的に、聴覚は時間的に経過する刺激の順序性を扱うので、聴空間の発達はそれ単独で検討される必要があると思われる。しかしながら、この検査には上述の機能のほかに、記憶力と論理的思考力も密接に関係するので、この検査は一方では聴覚機能検査の域を越えて、大脳の高次な機能も含めて調べることになる。Vernon⁵⁾はある種の大脳傷害は、空間関係の正常な知覚と観念の展開を阻み、時にはすでに獲得された観念をも破壊してしまうこともあると述べているが、今回試みた聴空間認知検査も同様な意味で臨床検査として役立つことを期待している。

5. まとめ

人間の高次聴覚機能を調べるにあたり、Luriaの指摘した音韻的なコード体系およびリズム・メロディの音楽的なコード体系に加えて、著者は第3の体系として環境音や音環境の知覚に関する体系を想定し、生活環境における環境音をステレオ録音できさせて、その状況を被検者の頭の中で再構成させる「聴空間認知テスト」を立案した。本検査を正常児(小学1年~6年生)60名と健常成人16名に施行した結果、音の種類のかき分けの発達には、音量の大きさ、

音の持続時間、熟知度、理解度などが関係していた。聴空間認知の発達では、3～4年生と5～6年生の間に有意差がみられた。これは Piaget の空間概念の転換期に一致している。聴空間定位（図示された録音場所の指摘）の課題では、5～6年生と成人の間に有意差がみられ、形式的思考が発達していないと困難であることが示された。

謝 辞

本論文は昭和54年度お茶の水女子大学大学院人文科学研究科（教育心理学専攻）修士論文の一部に加筆したものである。指導教官として御指導いただいたお茶の水女子大学文教育学部藤永保教授に感謝致します。本検査の実施にあたり、御協力下さった鎌倉市内ことばの教室の諸先生方、並びに被検者の皆様に厚く御礼申し上げます。

なお、本論文は、帝京大学医学部耳鼻咽喉科学教室開講10周年記念論文とする。

文 献

- 1) 加我君孝, 小林逸郎, 進藤美津子, ほか: 皮質ろう (cortical deafness) の1例——両側側頭葉損傷による聴覚障害——. *Audiology Japan*, 20:316, 1977.
- 2) Luria, A.: ルリア現代の心理学 (上) (天野清訳), 文一総合出版, 東京, 1980.
- 3) Piaget, J. & Inhelder, B.: *The child's Conception of Space*. (Langdon F.T. & Lunzer, T. L. trans.) Routledge & Kegan Paul Ltd., London, 1963.
- 4) Piaget, J.: 思考の心理学 (滝沢武久訳), みすず書房, 東京, 1968.
- 5) 進藤美津子・加我君孝・田中美郷: 左右の側頭葉聴覚領野損傷による聴覚失認の1例. *脳と神経*, 33, 1981, 掲載予定.
- 6) Vernon, M. D.: 知覚の心理学 (上昭二訳), ダヴィッド社, 東京, 1977, P. 161.
- 7) 渡辺護: 音楽美の構造. 音楽の友社, 東京, 1977, P. 90.