

感音難聴者の聴覚的時間情報処理について ——継時的系列に対する時間順序識別能を中心に——

佐藤正幸*・吉野公喜

言語音、非言語音の聴き取りの能力は、その音の高さ、強さだけでなく、時間構造にも影響される。本研究は、純音を用いた第1実験、楽器音を用いた第2実験から成るものであり、健聴者及び感音難聴者を対象に、時間順序系列における識別実験を行った。その結果、以下のような知見が得られた。両実験とも健聴者は1秒当たり、1項目、感音難聴者においては1秒当たり、2項目の継時的呈示速度が最も追従に適しており、感音難聴者は1秒当たり、1項目という比較的遅い継時的呈示速度が、必ずしも追従に適しているとは限らないことが示唆された。

キーワード：呈示速度 時間順序

1. はじめに

一般に、聴覚の時間的解析能力は、離散的単位の集まりであるとき、かなりの限定を受ける。人工アルファベットであるモールス信号の受信の場合、熟練者であっても1秒当たり5～6字体以上の処理は困難となる (Cooper, 1950)²⁾。しかし、我々は、連続音声の聴取においては、音声言語の最小単位である音素を、音節あるいは単語、句という、より大きな単位として弁別、識別していくので、1秒当たり20～30もの音素を知覚することが可能となる (Orr, et al, 1965)³⁾。すなわち、連続音声は、音響的特徴、音節的特徴の抽出と照合の過程で、記号化法則 (Coding rule) の適用を受けて、より効率良く知覚されるということである。

言語音、非言語音に限らず、聴覚機構に次から次へと入力されてくる聴覚情報は、入力情報の速度が個々人の情報処理速度を上回る時、その情報は知覚されず、従って理解もされないことになる。このような情報処理速度は一般に反応系のある測度で表わされることが多い。この意味で入力情報をリハーサルし、追従していく追唱速度は、情報処理速度の指標とみなすことが出来る。追唱速度はまた、順序識別閾を求める時間分解能速度を問題とするか、情報処理に最適な時間順序識別能を問題とするかによって、その意味するところが異

なってくる。

時間順序識別閾であれ、時間順序識別能であれ、時間構造における刺激系列の識別には、寺西 (1977)¹²⁾ が述べるように、①刺激音の種類、②識別すべき項目数、③無音区間、④隣接項目の類似度、⑤刺激音の持続時間が重要な意味を持つてくる。

時間分解能である順序識別閾については、これまで数多くの研究がなされており、いずれも20～40msec. の範囲におさまることが報告されている (Hirsh 1959,⁵⁾ Hirsh & Sherrick, Jr. 1961,⁶⁾ Divienyi & Hirsh 1974,³⁾ Watson et al, 1975¹⁵⁾)。Hirsh は、この時間順序識別閾値の20msec. を心理的知覚レベルの時間分解能を表すものであるとし、この値は、視覚、触覚においてもほぼ等しいことを明らかにしている。

一方、時間順序識別能については、Broadbent & Ladefoged (1959)¹⁾, Thomas, et al. (1970)¹⁴⁾, Preusser, et al. (1970)⁹⁾, Preusser (1972)¹⁰⁾ の報告が見られ、継時的呈示速度が1秒当たり1項目 (Preusser, 1972)¹⁰⁾、あるいは無音分間が200msec～250msec.、すなわち、1秒当たり2項目と研究者の間に一致は見られない。

それでは一体、我々が聴き易い継時的呈示速度、すなわち、順序識別能はいかなるものであろうか、純音、楽器音の非言語音の場合と母音あるいは子音の単音節にみられる言語音の場合とでは異なる

* 教育研究科

ものであるか、そしてまた内耳に障害を有する生来性感音難聴成人はいかなる値を示すものであろうか。

以上の点を基本的前提として、聴覚的知覚の範囲 (Auditory span of perception) 内で、感音難聴者が言語音、非言語音の順序識別能においてどのような特徴を示すものであろうかを解明することは、感音難聴児・者の聴覚補償を考えていくうえで重要となってくる。

本研究では、系列イベントが5及び7の非言語音 (純音、及び楽器音) を用いて、呈示速度 (rate of presentation; 1024msec/項目数×2) を3条件 (128msec.: 1秒当たり4項目 [Fast], 256msec.: 1秒当たり2項目 [Middle], 512msec.: 1秒当たり1項目 [Slow]) に設定して、感音難聴成人及び健聴成人の順序識別能を求め、感音難聴者の聴き取り易さの時間的構造を探っていくものである。

2. 目的

本研究は、純音、楽器音の非言語音を刺激材料とし、3条件の呈示速度で聴取させ、感音難聴者の順序識別能を検討する。

3. 第1実験

[1] 目的

感音難聴者、健聴者において、2種の純音を用いて、Fast, Middle, Slowの3条件の呈示速度を変数とし、5, 7のevents patternにおいて、時間順序の識別実験を行い、感音難聴者の順序識別能を検討する。

[2] 方法

(1) 被験者

健聴者は両耳とも聴力レベルが正常範囲内にある大学院生及び大学生 (男8名, 女8名) であり、年齢は22~26歳である。一方、感音難聴者は平均聴力レベルが70dB (HL) ~120dB (HL) の感音難聴成人6名 (男4名, 女2名)、年齢は19歳~23歳である。その聴力レベル、オーディオグラムをTABLE 1, Fig. 1に示す。尚、被験者は聾学校及びその他の教育機関で就学前教育を受け、小学校入学時、もしくは高学年より普通学校へインテグレートされた経験を持つものである。

(2) 実験材料

純音は440Hz (Low : L) 及び740Hz (High : H) の2音を、それぞれ「低い音 : L」、「高い音 : H」として、1.024秒当たり生起する項目数が4個のもの (Fast ; F, 128msec.), 2個のもの (Middle; M, 256msec), 1個のもの (Slow; S, 512msec) を5 events pattern及び7 events patternとなるような構成した。その刺激系列の構造はFig. 2に示す通りである。尚、H及びLの継時的生起はランダムとした。実験に用いた刺激系列は2 event×3 rate×22パターンから成る識別課題である。刺激系列は持続時間、休止時間及び音の強さが一定となるように、コンピュータ (DANAC 7000) で制御し、テープレコーダ (SONY TC-8750-2) に録音した。刺激系列の呈示に先立って (1500msec.), 健聴者においては、持続時間が約800msec, の2000Hz純音を注意喚起刺激として用い、喚起刺激の呈示音圧は刺激系列より10dB (SPL) 低くした。感音難聴者においては視覚的な呈示による (「よく、きいて」のカードを呈示) 注意喚起を行った。

(3) 手続き

刺激系列は健聴者においては総て右耳に呈示され、感音難聴者においては良聴耳に呈示された。呈示音圧は健聴者では刺激系列に先行する2000Hz純音が、テープデッキ (SONY TC707-FC) 及びオーディオメータ (RION AA-34) により、50dB (HL) となるように調整し、感音難聴者は語音聴取域値上10dB~40dBに調整された。本実験に先立って3 events, 4 events及び5 eventsの練習課題を呈示した。応答様式は、H=タカ, L=ヒクの符号変換の方法を取る口答法で行った。

[3] 結果及び考察

本実験で得られた反応に得点を与え、算出した。すなわち、5 events 課題では4項目連続正反応を4点、5項目 (全項目) を5点とし、7 events 課題では、それに加えて、6項目を6点、7項目 (全項目) を7点とし、いずれも3項目以下は0点とした。満点は5 events 課題110点、7 events 課題154点である。純音時間順序系列の継時呈示速度に対する追従能力の実験結果はTable 2, Fig. 3, に示す通りである。

純音を刺激材料とした時間順序継時的呈示速度に対する追従能力は、健聴者は各 event とともにS-M-F条件の順となっている。これに対し、感

Table 1. Hearing level of hearing-impaired

Ss	Age	Hearing level						(Hz)
		250	500	1000	2000	4000	8000	
A	19	50	55	70	85	75	70	
B	20	45	55	80	90	105	NR	
C	22	50	50	80	90	90	NR	
D	23	60	60	90	NR	NR	NR	
E	19	80	85	100	NR	NR	NR	
F	22	85	90	110	NR	NR	NR	

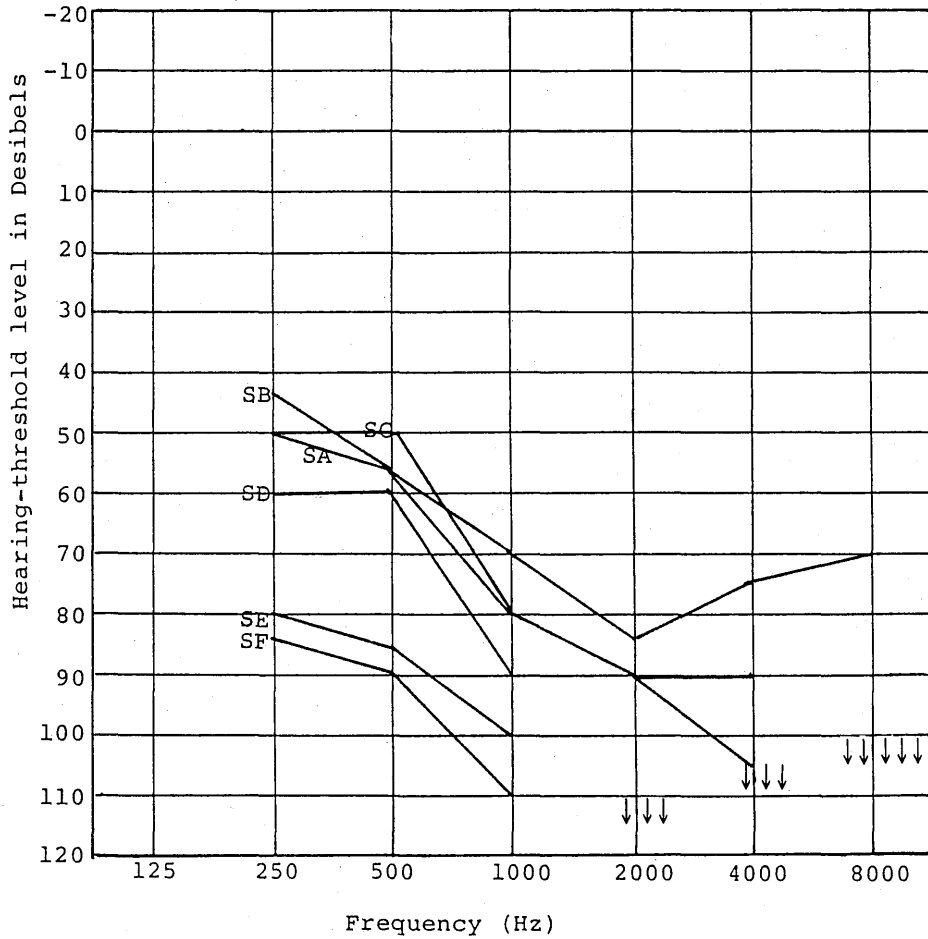


Fig. 1 Audiograms of hearing impaired
(Rion AA-34 Audiometer with 10dB booster.)

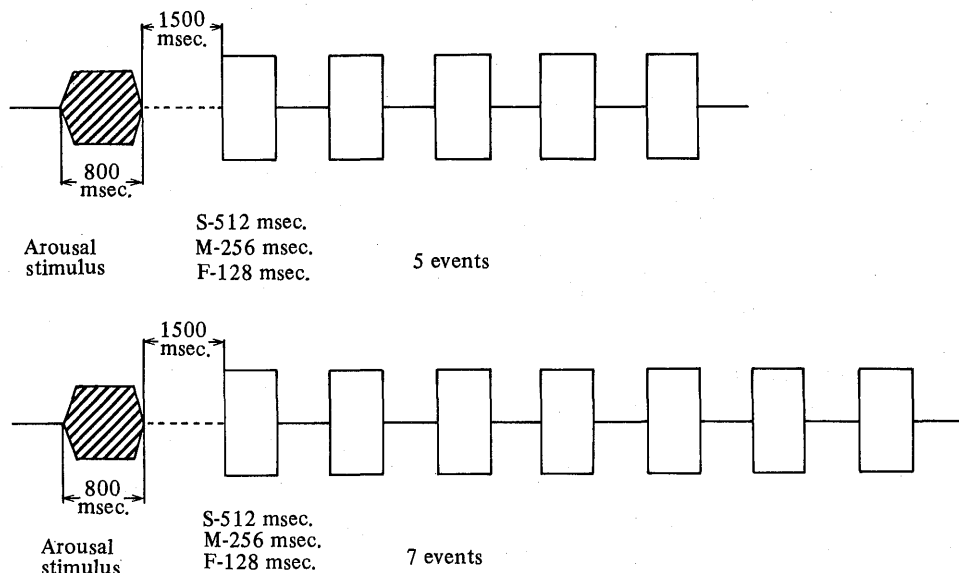


Fig. 2 Structure of temporal order pattern in pure tone and musical instrument.

音難聴者は M-S-F 条件の順となっており、健聴者と感音難聴者とは純音時間順序提示における追従能力が異なることが見られる。また、感音難聴者の追従能力が最も高かった各 event の M 条件において、健聴者と感音難聴者との追従能力に大きな差は認められなかった ($P > .05$)。特に 7 events 課題の M 条件では感音難聴者の方がわずかに高い値を示しており、また、Fig. 4 の散布図にも見られるように、感音難聴者では M 条件で 80% 以上の値を得たものが過半数見られたことから、純音時間順序の「タカ」、「ヒク」という符号変換を用いた高低追従において、感音難聴者は 1 秒 (1.024 秒) 当たり 2 項目生起という継時的提示速度が追従に適していることが考えられる。しかしながら、他の S, F 条件は各 events と感音難聴者は健聴者に比べ、著しく追従能力が劣り ($P < .05$)、標準偏差の値も比較的大きく、個人差も大きいことが考えられ、感音難聴者に適した提示速度の範囲は限定されてしまうことが推察される。また、感音難聴者は F 条件において、各 events と追従能力は、S, M 条件に比べ、下

降が著しく、このことは 1 秒 (1.024 秒) 当たり、4 項目以上の提示速度は追従が困難となることを示唆している。

4. 第 2 実験

[1] 目的

感音難聴者、健聴者において、2 種の楽器音を用いて、Fast, Middle, Slow の 3 条件の提示速度を変数とし、5, 7 の events pattern において、時間順序の識別実験を行い、感音難聴者の順序識別能を検討する。

[2] 方法

(1) 被験者

第 1 実験における被験者と同一である。

(2) 実験材料

第 1 実験が純音であったのに対し、ここではトロンボーン音を用いて純音の刺激構造に合わせ、ラの音を H (High: 約 740Hz)、ドの音を L (Low: 約 440Hz) として、1.024 秒当たり生起する項目数が 4 個のもの (Fast; F, 128msec.), 2 個のもの (Middle; M, 256msec.), 1 個のもの (Slow;

Table 2. Mean correct identification (score and percent) and SD for temporal order pattern in pure tone.

rate of presentation	5events			7events		
	S	M	F	S	M	F
Normal Mean	106.2	101.2	95.7	134.1	126.6	113.6
(%)	(96.7)	(92.0)	(87.2)	(87.0)	(82.2)	(73.7)
(N=16) SD	4.46	9.38	16.60	12.30	14.56	25.88
H. I. Mean	91.7	92.5	71.5	115.0	129.3	82.8
(%)	(83.4)	(84.1)	(65.0)	(74.7)	(83.9)	(53.8)
(N=6) SD	9.33	6.47	13.50	21.98	12.96	29.10
F-Value	4.38	2.10	1.51	3.19	1.26	1.26
T-Value	3.66	2.07	3.21	2.61	-0.41	2.41
df	5.88	20	20	20	20	20
P	*P<0.05	P>0.05	*P<0.05	*P<0.05	P>0.05	*P<0.05

*Significant level at 0.05

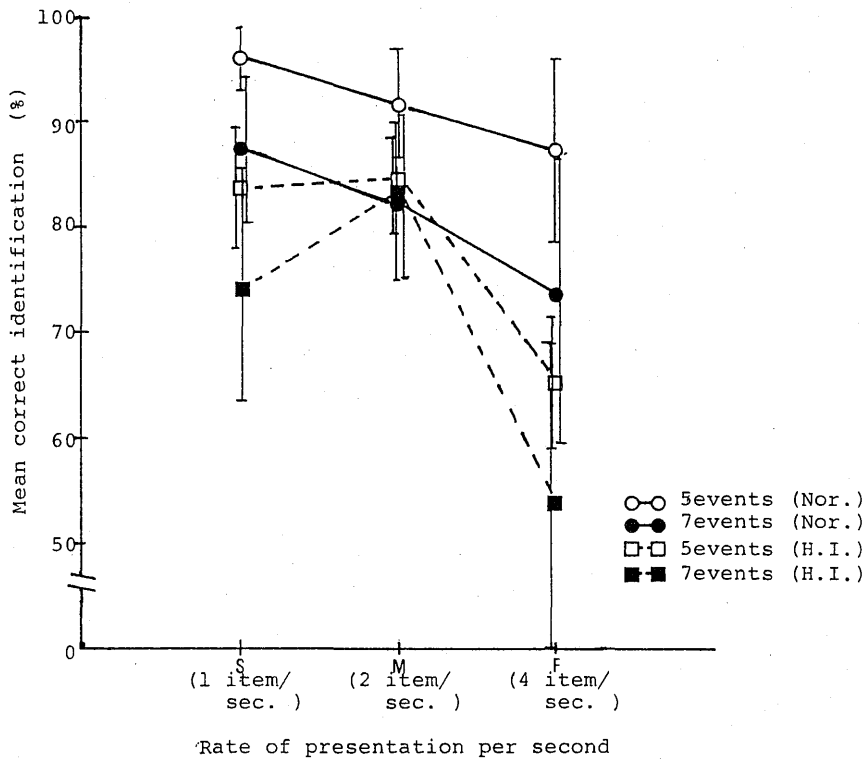


Fig. 3 Results of mean correct identification for temporal order in pure tone.

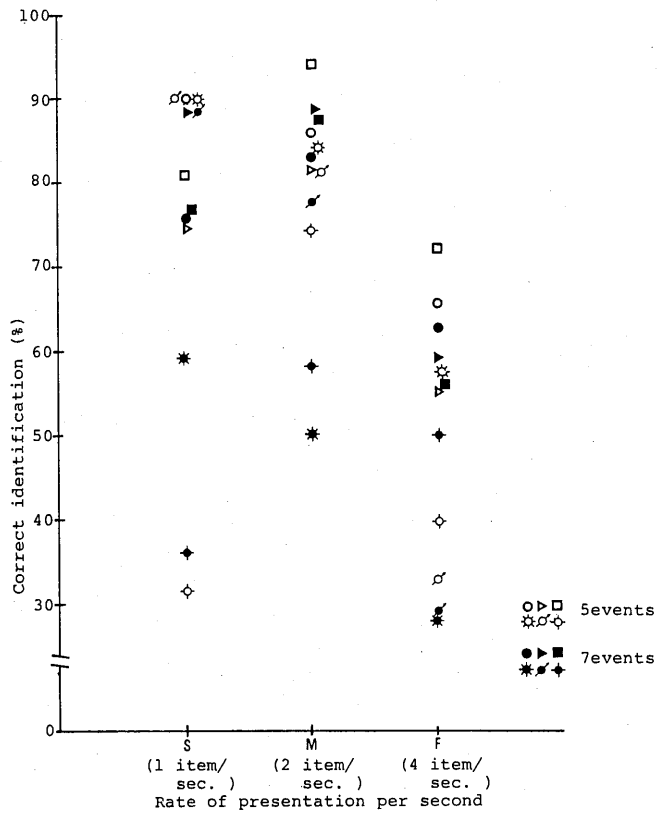


Fig. 4 Scattergram of correct identification in pure tone of hearing impaired subjects.

Table 3. Mean correct identification (score and percent) and SD for temporal order pattern in musical instrument tone.

rate of presentation	5events			7events		
	S	M	F	S	M	F
Normal Mean	103.2	100.8	94.4	131.2	123.6	111.8
(%)	(93.8)	(91.6)	(85.8)	(85.2)	(80.3)	(72.6)
(N=16) SD	8.67	8.82	16.07	21.78	24.99	29.51
H. I. Mean	84.0	91.5	59.7	109.5	114.2	73.0
(%)	(76.4)	(83.2)	(54.2)	(71.1)	(74.2)	(47.4)
(N=6) SD	24.91	7.56	16.44	31.18	25.23	24.14
F-Value	8.26	1.36	1.05	2.05	1.02	1.49
T-Value	1.85	2.28	4.48	1.85	0.79	2.87
df	5.46	20	20	20	20	20
P	P>0.05	*P<0.05	*P<0.05	P>0.05	P>0.05	*P<0.05

*Significant level at 0.05

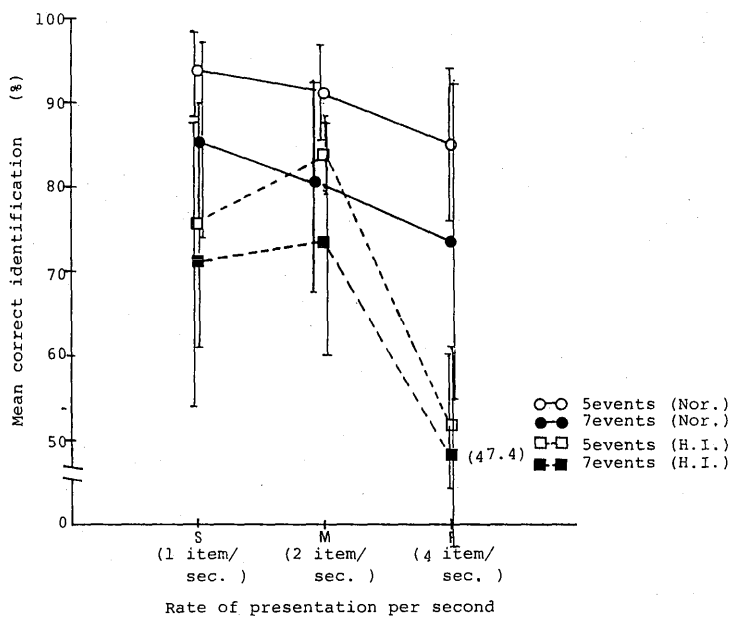


Fig. 5 Results of mean correct identification for temporal order in musical instrument tone.

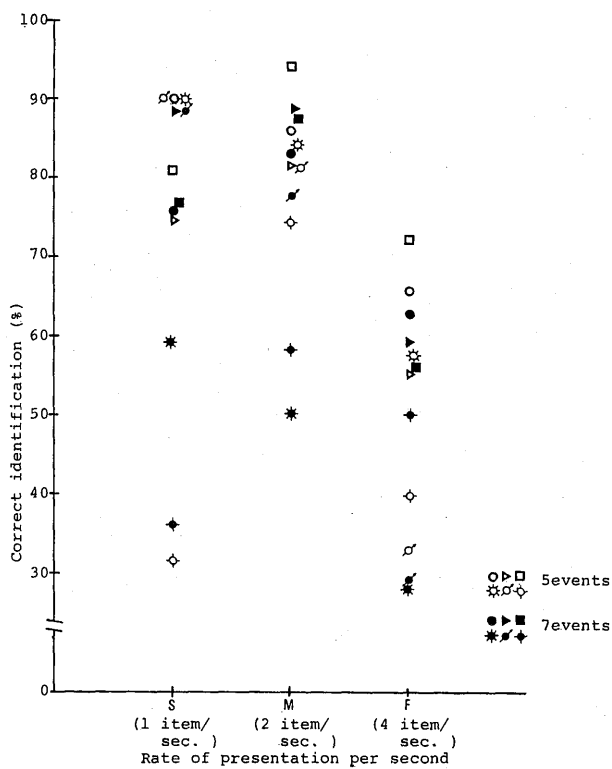


Fig. 6 Scattergram of correct identification in musical instrument tone of hearing impaired subjects.

S, 512msec) を, 5 events pattern 及び 7 events pattern となるように構成した。その刺激系列の構造は第 1 実験と同一である (Fig. 2)。尚, H 及び L の継時的生起はランダムとした。すなわち, 実験に用いた刺激系列は, 2 event×3 rate×22 パターンから成る識別課題である。刺激系列は, 持続時間, 休止時間及び音の強さが一定となるようにコンピュータ (DANAC 7000) で制御し, テープレコーダ (SONY TC-8750-2) に録音した。刺激系列の呈示に先立って (1500msec.), 健聴者においては持続時間が約 800msec. の 2000Hz 純音を注意喚起刺激として用い, 喚起刺激の呈示音圧は刺激系列より 10dB (SPL) 低くした。感音難聴者においては, 視覚的な呈示による (「よーく, きいて」のカードを呈示) 注意喚起を行った。

(3) 手続き

刺激系列は健聴者においては総て右耳に呈示され, 感音難聴者においては良聴耳に呈示された。呈示音圧は, 健聴者では刺激系列に先行する 2000Hz 純音が, テープデッキ (SONY TC707-FC) 及びオーディオメータ (RION AA-34) により, 50dB (HL) となるように調整し, 感音難聴者は語音聴取域値上 10dB~40dB に調整された。本実験に先立って 3 events, 4 events 及び 5 events の練習課題を呈示した。応答様式は, H=タカ, L=ヒクの符号変換を取る口答法で行った。

[3] 結果及び考察

反応得点は, 第 1 実験と同じ方法で算出した。その結果を Table 3, Fig. 5 に示す。楽器音を材料とした時間順序の継時的呈示速度に対する追従能力は第 1 実験と同じように, 各 events とも健聴者においては S-M-F 条件, 感音難聴者は M-S-F 条件の順となっている。楽器音を用いた時間順序識別実験は純音に比べ, どの条件においても標準偏差の値が著しく大きく, 個人差の大きいことが認められる。これは被験者によって, 純音よりも楽器音の方が追従が困難である者があるということが考察される。

7 events 課題, F 条件において, 感音難聴者は追従能力が 50% を下回ったこと, また, 50% 以下の者が半数以上見られたこと (Fig. 6) から, 楽器音における 7 events 課題の追従は, 1 秒 (1.024 秒) 当たり 4 項目以上となると, ほとんど追従が困難となるということが推察される。1

秒 (1.024 秒) 当たり 4 項目の呈示速度である F 条件は, 各 events とも感音難聴者は, 健聴者よりも追従能力が著しく劣っていた ($P > .05$)。

5. 総合的考察

Melton (1963)⁷⁾ は, 刺激呈示材料の符号化単位数 (呈示項目数) が多ければ多程, 正確に識別することが難しいことを示唆している。これは本研究においても, 健聴者, 感音難聴者ともに 5 events 課題より 7 events 課題の方で追従能力が低下していることに見られた。また, 追従能力の変化状態は, 両群, 両実験とも 5 events 課題が比較的緩やかなのに対して, 7 events 課題は変化が著しく, 7 events 課題という前知覚的保存の基本的限界を越えると, 符号化単位数の問題だけでなく, 刺激の継時的呈示速度にも大きく影響されることが考えられる。特に感音難聴者においては, 両実験とも, 7 events 課題 F 条件で, 追従能力の下降が著しく, 刺激の継時的呈示速度の影響が大きいことが推察される。

Royer & Garner (1970)¹¹⁾, Preusser, Garner & Gottwald (1970)⁹⁾, Preusser (1972)¹⁰⁾ は, 1 秒当たり 1 項目の継時的呈示速度が, 最も追従に適していることを示唆するが, 感音難聴者においては, 諸家の主張する健聴者の場合と異なり, M 条件, すなわち, 1 秒 (1.024 秒) 当たり 2 項目の継時的呈示速度が最も追従に適していることが見られ, 感音難聴者では, 持続時間, 無音区間がそれぞれ 512msec. という比較的遅い継時的呈示速度になっても, 必ずしも追従能力が良くなるということは認められない。このことは, 1 秒当たり, 1 項目という継時的呈示速度は感音難聴者には必ずしも聞き易い呈示速度ではないことを示唆している。健聴者は, 1 秒当たり, 1 項目あるいは 2 項目の呈示速度でも同様に追従できることを示しており, 継時的に入力される聴覚的情報の時間的变化により良く対応した情報の処理を行っていることが考えられる。これに対し, 感音難聴者は, 1 秒当たり 2 項目の呈示速度が聞き取り易い情報処理速度であることが理解される。1 秒当たり, 1 項目という比較的遅い呈示速度, とりわけ 1 秒当たり 4 項目の速い呈示速度で, その達成度が著しく低くなることは, 感音難聴者は, かなり聴能を高めているものであっても, 最適情報処

理速度がある範囲に限られていることを示唆するものであろう。

今回の2実験は、両方とも呈示された時間順序系列を、「タカ」、「ヒク」の符号変換するという応答方法をとったものであるが、本実験の結果より、両群、各eventsともF条件で追従能力が著しく劣っており、これは符号化に要する時間が長く、またそれをリハーサルする時間がF条件では足りないことが考えられ、感音難聴者では、60%以下の者が多く見られたことから、この傾向は顕著に現われている。

感音難聴者において、最も高かったM条件においては、両実験とも、7 events 課題では、健聴者と追従能力にあまり差はなく、また、散布図 (Fig. 4, Fig. 6) のM条件で80%以上の順序識別能を得たものが半数以上見られたことから、内耳に障害を持つ感音難聴者でも、M条件、1秒当たり、2項目という適切な呈示速度においては、聴覚的情報を健聴者同様、十分に処理することが認められる。内耳に障害を有する高度感音難聴者が、このように、1秒当たり、2項目の入力情報速度に対して、健聴者と十分に比肩し得る情報処理をしていることは、感音難聴者は入力情報が、ある程度、外部的に整えられている限りにおいて、情報処理に劣るものではないことを明らかにしていよう。

今回、両実験に参加した感音難聴者は、いずれも、早期より集中した聴覚活用の教育を受け、就学後は、普通学校に在籍し、コミュニケーション能力を高めて来たものである。彼らは、総て Aural-oral approach で音声言語の体系を獲得して来ており、聴覚的感度 (聴力レベル) が高度に障害されているものであっても、聴覚的情報に対する中枢処理機能はかなりなまでに高めていると言うことが出来る。

6. 要約

本研究は、継時的呈示速度を変数とし、感音難聴者の時間的順序識別能を実験的に検討したものである。純音、楽器音に対する時間的順序識別能を見る時、感音難聴者は、1秒当たり、2項目の呈示速度 (持続時間が256msec. 休止時間が256msecの系列) 適していることが見出された。呈示速度が256msec. の時、感音難聴者は、健聴

者と同様の達成度を示しているが、呈示速度が512msec. あるいは、128msec. となる時、その達成度が著しく低くなり、呈示速度の変化に対して、健聴者と比べ適応性に欠けることが認められた。1秒当たり1項目の比較的ゆっくりした速度は、感音難聴者には必ずしも適しているとは言えない。

本稿の一部は、第28回日本オージオロジー学会 学術講演会及び日本特殊教育学会第22回大会において口答発表したことを付記します。

文献

- 1) Broadbent, D. & Ladefoged (1959): Auditory perception of temporal order. *J. Acoust. Soc. Amer.* 31; 1539.
- 2) Cooper, F. S. (1950): Research on reading machines for the blind. in P. A. Zahl (Ed.), *Blindness: Modern approaches to the unseen environment.* Princeton Univ. Press. : 512-543.
- 3) Diienyi, P. & Hirsh, I. J. (1974): Identification of temporal order in three-tone sequences. *J. Acoust. Soc. Amer.* 56; 144-151.
- 4) Garner, W. R. & Gottwald, R. L. (1968): The perception and learning of temporal order. *Quart. J. Exp. Psychol.* 20; 97-109.
- 5) Hirsh, I. J. (1959): Auditory perception of temporal order. *J. Acoust. Soc. Amer.* 31; 759-767.
- 6) Hirsh, I. J., & Sherrick, C. E. Jr. (1961): Perceived order in different sense modalities. *J. Exp. Psychol.* 62; 423-432.
- 7) Melton, A. W. (1963): Implications of short-term memory for a general theory of memory. *J. of Verbal Learning and Verbal Behavior.* 2; 1-21.
- 8) Orr, D. B. et al. (1956): Trainability of listening comprehension of speech discourse. *J. Edu. Psycho.* 56; 148-156.
- 9) Preusser, D. et al. (1970): The effect of starting pattern on descriptions of perceived temporal patterns. *Psychonomis Science.* 21; 219-220.

- 10) Preusser, D. (1972): The effect of structure and rate on the recognition and description of auditory temporal patterns. *Perception & Psychophysics*. 11 ; 233-240.
- 11) Royer, F. L. & Garner, W. R. (1970): Perceptual organization of nine-element auditory temporal patterns. *Perception & Psychophysics*. 7 ; 115-120.
- 12) 寺西立年 (1977) : 聴覚系での識別臨界速度と情報処理能力, 日本音響学会誌. 33 ; 136-143
- 13) 寺西立年 (1980) : 聴覚現象の時間的特性について, 日本音響学会, H-73-3.
- 14) Thomas, I. B. et al. (1970): Temporal order in the perception of vowels. *J. Acoust. Soc. Amer.* 48 ; 1010-1013.
- 15) Watson, S. C. et al. (1975): Factors in the discrimination of tonal patterns. 1. : Component frequency, temporal position, and silent intervals. *J. Acoust. Amer.* 57 ; 1175-1185.

Summary

On Auditory Temporal Information Processing in a Sensory-Neural Hearing Impaired.

— External shadowing speed on the identification of temporal sequence —

Masayuki Sato and Tomoyoshi Yoshino

The identification of speech sounds and non-speech sounds are influenced not only by their pitch and intensity, but also by their temporal component. This study was to clarify one of the characteristic of auditory temporal perception in hearing impaired adults for stimulus temporal orders with a variable number of items, kinds of stimulus tone, duration and silent interval.

In this study, pure tones and musical instrument tones (trombone) were applied as the item composing the temporal order. Individual temporal orders (5 events, 7 events) were made by a computer, and all temporal orders were presented with AD-02 air-conduction receiver (normal-right ear, H. I. -better ear) in an acoustically isolated room with low ambient noise level for individual hearing. This study was made of two experiments: the identification task of pure tone's (440 Hz & 740Hz) temporal orders and musical instrument tone's ("Do" tone & "La" tone in the trombone) temporal orders.

Normal subjects were graduate and undergraduate students at University of Tsukuba, and hearing impaired ones were chosen mainly from the same university.

Results of both identification tasks, showed that hearing impaired adults the highest shadowing at 2 items per second, whereas normal hearing adults had the highest shadowing at 1 item per second. From the above findings, some difference between the shadowing of normal hearing adults and of hearing impaired adults were shown. Consequently, it was suggested that the relative late rate of presentation as 1 item per second did not necessarily agree with the shadowing of temporal orders in hearing impaired adults.

Key word: rate of presentation, temporal order