

聴覚障害児の語音知覚における Backward Masking ——破裂語音の明瞭度を中心に——

太田 富雄* 吉野 公喜

日本語 CV (Consonant-Vowel) 音節の知覚において、聴覚障害児の子音明瞭度が低いことの原因として、後続母音による子音成分への backward masking が考えられる。本研究は、感音難聴児 9 名を対象に、日本語 CV 音節 (破裂語) における後続母音の持続時間、音圧を変数とした加工音の聴取実験を行った。その結果、以下のような知見が得られた。後続母音の「持続時間の短縮×音圧の減衰条件」で子音明瞭度の改善がみられた。子音、後続母音、被験児によって改善のみられ方が異なる。高音急墜型の難聴児にあって明瞭度の改善が著しかった。

キーワード：聴覚障害 語音知覚 バックワードマスキング 明瞭度

I はじめに

音声や音楽などの非定常な特性をもつ情報を知覚、処理する際、連続的に入力する刺激に対しての聴覚系の応答は、単独の刺激に対する応答とは異なり、個々の前後の刺激に影響を受けるとされている。

この前後の刺激による影響については、temporal masking の観点から研究が進められている。temporal masking とは、信号音と妨害音が継時的に呈示された時に起こるマスキング現象のことであり、先行する大きな音が後続する小さな音をマスキングする forward masking と、後続する大きな音が先行する小さな音をマスキングする backward masking とに分けられる。

聴覚系の情報処理機構を解明するためには、周波数情報処理の時間的過程を考察することが必要であり、temporal masking の実験パラダイムを用いた研究がなされている。

従来の研究で、マスキング音の抑制作用は聴覚中枢系で行われること (北守, 1981⁹⁾; Massaro, 1975¹⁴⁾), 純音の周波数弁別に及ぼす時間的影響 (信号音と妨害音との時間間隔) は 0~250msec の範囲にみられること (北守, 1981⁹⁾; Massaro,

1975¹⁴⁾), 短音の周波数弁別に及ぼす影響は先行音より後続音の方が大であること (江端ら, 1980⁵⁾; Elliott, 1962⁹⁾), 影響の及ぶ周波数範囲は後続音の方が広いこと (江端ら, 1980⁵⁾) などが報告されている。

ところで、CV 音節中の C (子音成分) の識別にあっては、瞬時に変化する過渡的音響情報、特に第 2 ホルマント周波数変移の知覚が重要なことが示されている (Liberman, 1957¹¹⁾)。CV 音節の構造的特徴として、子音成分は母音に比べて持続時間が短く音圧が極めて小さいことがあげられ、聴覚系での情報処理において後続する母音の先行子音成分に対する backward masking が考えられる。

聴覚障害児の子音明瞭度が低いことの原因としてこの backward masking が考えられている。これまでの聴覚障害児の backward masking に関する実験において、健聴者に比べて信号音と妨害音の時間間隔が長くてもマスキングの影響を受けること (Elliott, 1967⁹⁾), 第 1 ホルマントの開始時間を遅らせることによって第 2 ホルマント変移の弁別域値に上昇がみられたこと (Danaher and Pickett, 1975²⁾) などが報告されている。

* 心身障害学研究科

II 目 的

本研究は、日本語 CV 音節における後続母音の子音成分に対する backward masking に着目し、後続母音の持続時間(Duration)、音圧(Intensity)を変数とした刺激語を聴取させ、子音明瞭度に及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

III 方 法

1 被 験 児

被験児は、公立・小、中学校難聴学級に在籍する感音難聴児童・生徒9名。被験児の聴力レベルを Table 1 に示す。

2 実験材料

加工・変換音は、NHK 女性アナウンサーによる破裂語音/ta, te, to, ka, ke, ko, da, de, do, ga, ge, go/の12語音である。各語音を線形予測分析して得られた結果を Table 2 に示す。それぞれの語音を12ビット量子化、20KHz サンプリング方式によりA/D変換を行い、CRT ディスプレイに音声波形として表示したものを、子音部と母

音部に分離し、母音部の持続時間(D)と音圧(I)を以下の条件に変化させたものである。

条件 1 原音

条件 2 Dを $\frac{3}{4}$ に短縮

条件 3 Dを $\frac{2}{3}$ に短縮

条件 4 Iを4dB 減衰

条件 5 Iを9dB 減衰

条件 6 Dを $\frac{3}{4}$ に短縮し Iを4dB 減衰

条件 7 Dを $\frac{3}{4}$ に短縮し Iを9dB 減衰

条件 8 Dを $\frac{2}{3}$ に短縮し Iを4dB 減衰

条件 9 Dを $\frac{2}{3}$ に短縮し Iを9dB 減衰

有声一無声無意味2音節語を12語作成し、上記条件毎ランダムに組み合わせた刺激リストを作成した (Table 3)。

3 手 続 き

刺激語は、防音室内にて受話器 (TDH-49P) より各被験児の至適レベルで個別に聴取された。刺激の呈示方法は Fig. 1 に示すとおりである。刺激リストの呈示はラテン方格法を用い、応答は筆記法に依った。被験児には、「これから、ことばが

Table 1. 被験児の聴力レベル

		Hearing Level (re: JIS 1982)								
被験児	年齢	125	250	500	1000	2000	4000	8000 (Hz)	SDS*	
N. N	8	25	30	25	35	55	60	75	95	
S. R	11	40	40	40	40	40	20	20	85	
I. Y	12	40	60	75	75	70	60	55	90	
O. E	9	35	35	45	70	50	30	75	85	
K. T	11	45	45	65	60	60	55	70	90	
K. Y	8	50	45	55	65	75	70	70	75	
S. K	8	60	70	75	70	75	75	85	85	
I. E	14	35	40	50	55	75	65	65	70	
F. K	14	35	45	45	75	75	75	100	90	

* SDS = Speech Discrimination Score (%)

Table 2. 刺激語のホルマント

		/ta/	/te/	/to/	/ka/	/ke/	/ko/	/da/	/de/	/do/	/ga/	/ge/	/go/
F 1	FREQUENCY (Hz)	1089	616	591	1071	558	556	1085	538	533	1055	535	539
	BANDWIDTH (Hz)	153	127	116	123	113	110	113	112	57	128	99	78
F 2	FREQUENCY (Hz)	1808	2408	1113	1747	2429	1051	1883	2379	1059	1791	2494	1080
	BANDWIDTH (Hz)	168	202	70	131	257	38	235	244	122	153	197	49
F 3	FREQUENCY (Hz)	3002	3224	3199	2808	3195	3273	2874	3162	3306	2888	3208	3211
	BANDWIDTH (Hz)	310	249	241	226	298	269	281	173	185	215	240	142

Table 3. 刺激リスト

1	2	3	4	5	6	7	8	9
toda	kedo	kade	kedo	doke	kade	gota	doke	deka
gota	koge	dato	tago	geko	doke	koge	gota	tago
kedo	doke	gate	kade	tago	deka	kade	tega	geko
deka	tega	toda	geko	dato	tega	dato	kedo	gate
gate	dato	deka	gota	koge	geko	deka	gate	kade
tago	tago	tago	koge	gota	kedo	tega	geko	doke
doke	geko	doke	deka	kade	gate	doke	kade	toda
geko	gota	kedo	gate	kedo	tago	gate	toda	gota
kade	kade	gota	dato	tega	toda	toda	deka	tega
koge	toda	koge	tega	deka	gota	geko	tago	dato
tega	deka	tega	doke	toda	koge	tago	dato	kedo
dato	gate	geko	toda	gate	dato	kedo	koge	koge

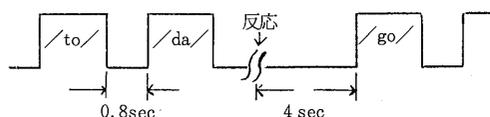


Fig. 1. 刺激の呈示方法

聞こえてきます。聞こえたとおりに紙に書いてください」と教示を与えた。聴取された刺激語は1リストにつき48語音であった。

IV 結 果

各条件での聴取実験における結果は、Fig. 2～Fig. 7に示すとおりである。

明瞭度の改善を表す尺度として、各条件での明瞭度を原音の明瞭度で除した値を改善指数とし、1.10以上の値を示したものについては改善効果の認められるものとし、逆に、0.90未満の値を示したものについては低下したものとした。

1 子音明瞭度に及ぼす後続母音の持続時間の影響

後続母音の持続時間を短縮した条件2～3において、子音全体では明瞭度に改善がみられなかった。しかし、子音別にみても、条件2の/d/(1.20)、/g/(1.21)、条件3の/g/(1.21)で改善がみられ、条件3の/d/(0.75)で低下がみられた。

後続母音別にみても、条件2の/o/(1.15)、条件3の/o/(1.12)で改善がみられ、

条件2の/e/(0.88)で低下がみられた。後続母音の持続時間を変数とした条件において、条件2の/e/, 条件3の/d/の成績が全体の成績での低下につながっていることがわかる。

個人別にみても、条件2のF.K(1.20)、条件3のI.Y(1.15)、F.K(1.28)で改善がみられ、条件3のI.E(0.88)で低下がみられた。I.Y, F.Kとも明瞭度の改善には/d/, /g/の聴取成績が向上したことが寄与していた。

異聴については、/d/→/t/, /g/→/k/に聞きとられる傾向にあり、有声音を無声音として聞きとっていた。

2 子音明瞭度に及ぼす後続母音の音圧の影響

後続母音の音圧を減衰した条件4～5において、子音全体では明瞭度に改善がみられなかった。しかし、子音別にみても、条件4の/g/(1.38)、条件5の/g/(1.29)で改善がみられ、条件4の/e/(0.75)で低下がみられた。

後続母音別にみても、条件4の/o/(1.15)、条件5の/o/(1.15)で改善がみられ、条件5の/e/(0.88)で低下がみられた。後続母音の音圧を減衰した条件において、条件4の/d/, 条件5の/e/の成績が全体の成績での低下につながっていることがわかる。

後続母音の持続時間を短縮した条件においても、後続母音の音圧を減衰した条件においても明瞭度の低下につながったのは子音成分が/d/, 後続母音が/e/の語音であることがわかった。

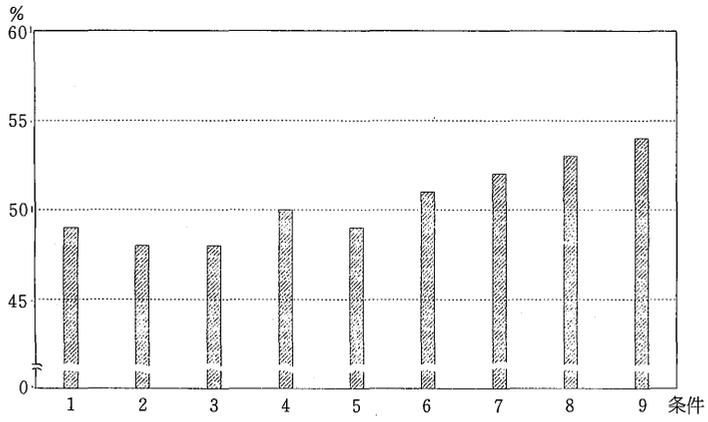


Fig. 2. 各条件の子音明瞭度

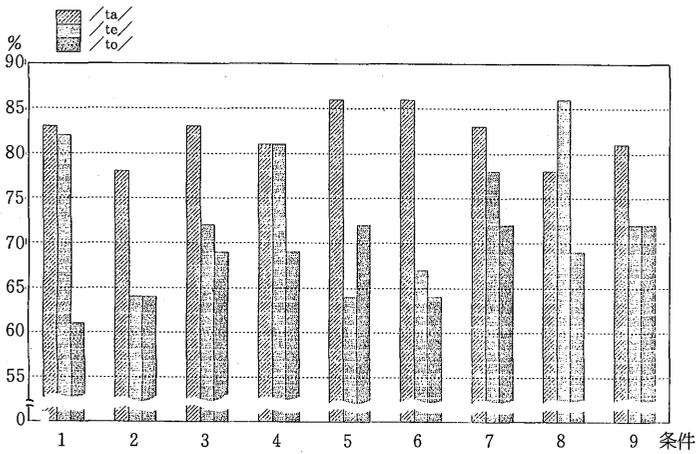


Fig. 3. /t/ の明瞭度

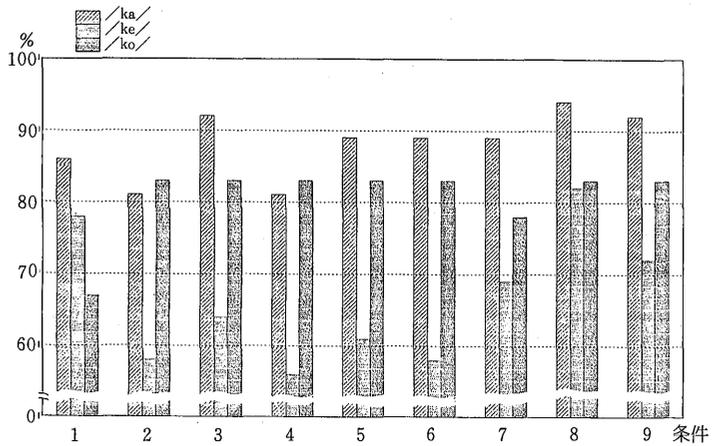


Fig. 4. /k/ の明瞭度

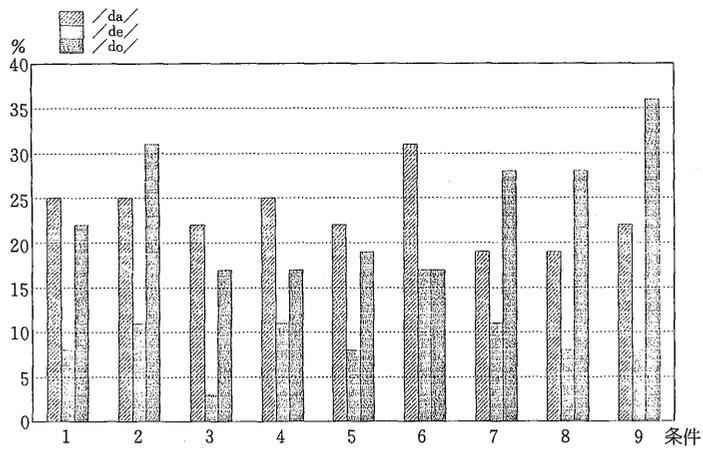


Fig. 5. /d/ の明瞭度

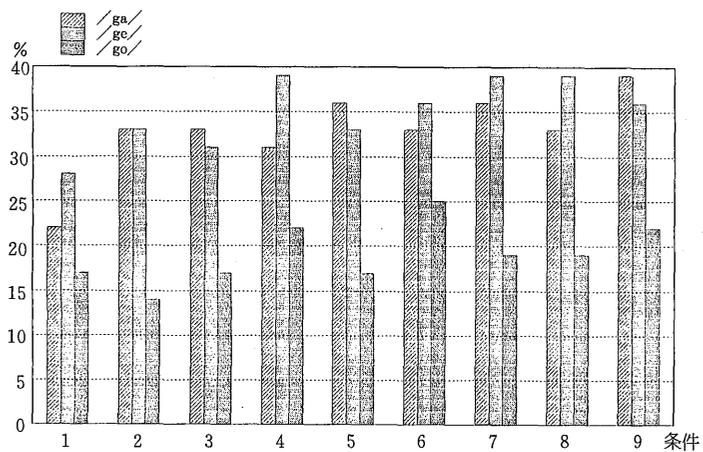


Fig. 6. /g/ の明瞭度

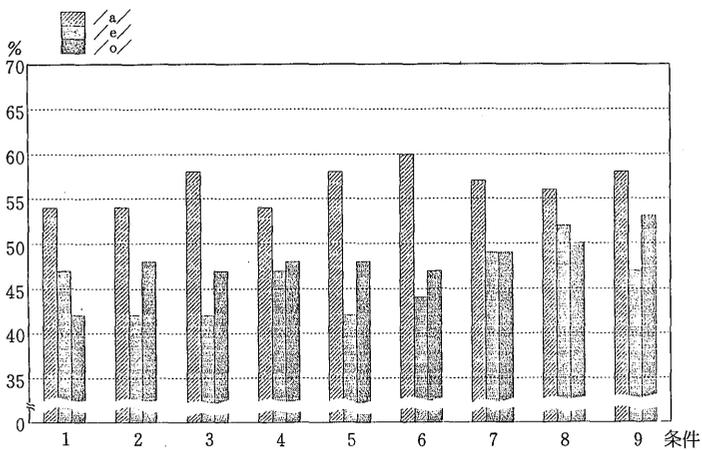


Fig. 7. 後続母音別子音明瞭度

個人別にみても、条件4のK.T (1.27), F.K (1.16), 条件5のK.T (1.13), F.K (1.28)で改善がみられ、条件5のI.E (0.88)で低下がみられた。明瞭度の改善には、K.Tでは/k/, F.Kでは/g/の聴取成績の向上が寄与していた。

異聴については、後続母音の持続時間を短縮した条件のときと同様に/d/→/t/, /g/→/k/に聞きとられる傾向にあった。

3 子音明瞭度に及ぼす後続母音の持続時間×音圧の影響

後続母音の持続時間を短縮し、音圧を減衰した条件6～9において、子音全体での明瞭度に改善がみられたのは条件9 (1.10)であった。

子音別にみても、条件6の/d/ (1.15), /g/ (1.42), 条件7の/g/ (1.42), 条件8の/k/ (1.10), /g/ (1.38), 条件9の/d/ (1.15), /g/ (1.46)で改善がみられ、低下がみられるものはなかった。

後続母音別にみても、条件6の/a/ (1.10), /o/ (1.13), 条件7の/o/ (1.18), 条件8の/e/ (1.10), /o/ (1.20), 条件9の/o/ (1.27)で改善がみられ、低下がみられるものはなかった。

個人別にみても、条件6のK.T (1.13), S.K (1.20), F.K (1.40), 条件7のI.Y (1.15), K.T (1.19), 条件8のO.E (1.20), K.T (1.40), 条件9のN.N (1.10), I.Y (1.11), K.T (1.46), I.E (1.10)で改善がみられ、条件6のN.N (0.83)で唯一低下がみられた。特にK.Tの改善は著しく、条件6～9すべてで改善がみられた。K.Tの明瞭度の改善には/t/, /k/, /d/の聴取成績の向上が寄与していた。全体で見ると、/k/, /g/の聴取成績の向上が寄与していた。

以上から、聴覚障害児における子音明瞭度の改善には、後続母音の「持続時間の短縮×音圧の減衰条件」がプラスの効果を及ぼしていることが理解される。聴覚障害児における子音明瞭度の低下には、後続母音のbackward maskingの存在が少なからず影響していることがわかる。

V 考 察

子音全体の明瞭度についてみると、後続母音の持続時間を短縮しただけでは子音の知覚にあまり影響を及ぼしていなかった。本実験の結果は、

Massaro (1971)¹³⁾, 北守 (1983)¹⁰⁾が、先行する信号音の周波数弁別にとって、後続する妨害音の持続時間は影響を及ぼさないと述べているのと同じ。また、北守 (1980)⁸⁾は、先行音の知覚処理を中断させ妨害するのは後続音のonset部分のみであるとし、その理由として、マスキングの抑制作用が起こる上位聴ニューロンでは、刺激の立ち上がり部分にのみパルスを発生するオン形ニューロンなど刺激の変化に対して特徴的に応答するニューロンが増加するためだとしている。本実験からは、このことを検証することはできない。今後、刺激の構造等を検討してこの問題にも触れてゆく必要がある。

子音全体の明瞭度では改善がみられなかったが、子音別、後続母音別、個人別にみても改善がみられるものがあつた。このことは、後続母音の持続時間を短縮した条件においても、また、後続母音の音圧を減衰した条件においても同様であつた。

出口ら (1983)⁴⁾, 三浦ら (1984)¹⁵⁾は、子音明瞭度改善のため子音部を強調する音声の加工法を考え、その方法として、(a)子音の音圧を増幅する(b)子音の持続時間を伸ばす(c)子音と母音の間隔を広げることを挙げている。そして、その方法による加工音を用いて難聴者における明瞭度の改善を検討している。その結果、改善の程度には個人差が大きく、聴力損失が同程度で同じ型であっても改善度が同じとはならないと述べている。本実験の結果においても、聴力障害の程度や型から改善の程度を推定することはできない。三浦ら (1984)¹⁵⁾は、低音残聴型と低音損失型とで明瞭度の改善の程度を比べた場合、低音残聴型で加工音のポジティブ効果があつたと報告している。本実験においても、後続母音の加工・変換により子音明瞭度の改善が著しかったのは、高音急墜型のF.Kであり、高音に障害のある難聴者にとっては、子音を加工する方法も母音を加工する方法も明瞭度を改善するためには有効であると言える。

Danaher et al. (1978)³⁾も、第2ホルマント変移の弁別における第1ホルマントのbackward masking効果を調べ、聴力障害が水平型を示す難聴者の方が高音急墜型の者よりもマスキングを受ける量が多い。しかし、個人差が大きく聴力型から弁別能を推測するのは困難だとしている。

本実験における刺激語音の子音部/t/, /k/,

/d/, /g/の第2ホルマント開始周波数は1800~2000Hzであった。後続する母音/a/, /e/, /o/の第2ホルマントへの変移の向きは、それぞれ、やや下向き(約100Hz), 上向き(約400Hz), 急峻な下向き(約800Hz)となる。明瞭度の改善が著しかったのは、後続母音/o/においてであった。信号音と妨害音との周波数間隔について、江端ら(1980)⁵⁾は、周波数間隔が狭い場合は、スペクトル領域で重なりが生じるため妨害効果が大いだが、周波数間隔が十分に広ければスペクトル領域における相互干渉は少くなると述べている。また、影響の及ぶ周波数範囲について、江端ら(1980)⁵⁾、北守(1983)¹⁰⁾は200Hz以上もあることを報告している。これらのことから考えると、本実験での後続母音/a/の場合、第2ホルマントの変移する周波数がわずかに100Hzしかなく、後続母音による子音成分へのbackward masking効果が大きいと考えられる。後続母音/e/の場合、第2ホルマントが一番高い。聴覚障害児の場合、第2ホルマントを利用できず第1ホルマントのみを利用するとした研究(Boothroyd, 1971¹⁾; Erber and Witt, 1977⁷⁾; Ling, 1978¹²⁾)がなされている。本実験においても、水平型の被験児が多いにもかかわらず、この第2ホルマント変移を利用できなかったことになる。第2ホルマントの変移の向きが上向きであったためなのかどうかは、今後、ホルマント構造を検討して明らかにしていく必要がある。後続母音/o/の場合、第2ホルマントの変移する周波数が800Hzもあり、影響の及ぶ周波数からすると、後続母音による子音知覚へのbackward masking効果がもともと小さいと考えられるが、後続母音の持続時間を短縮し音圧を減衰することによってこのmasking効果をより小さいものにすることができたと思われる。

VI 要 約

本研究は、感音難聴児による日本語CV音節の知覚において、後続母音の子音成分へのbackward masking効果を検討したものである。後続母音の持続時間、音圧を変数として破裂語音の明瞭度を測定した。その結果、後続母音の「持続時間の短縮×音圧の減衰」条件で明瞭度の改善がみられた。特に、子音では/g/, 後続母音では/o/において明瞭度の改善が著しかった。

また、高音急墜型の難聴者における改善が著し

いことも示されたが、聴能訓練に有効かどうかは加工法、子音の種類、性質、母音のホルマント構造の検討と共に今後の課題である。

文 献

- 1) Boothroyd, A. (1971): Auditory training handbook. Northampton, MA: Clarke School for the Deaf.
- 2) Danaher, E.M. and Pickett, J.M. (1975): Some masking effects produced by low-frequency vowel formants in persons with sensorineural hearing loss. J. Speech Hearing Res. 18, 261-271.
- 3) Danaher, E.M., Wilson, M.P. and Pickett, J.M. (1978): Backward and Forward masking in listeners with severe sensorineural hearing loss. Audiology, 17, 324-338.
- 4) 出口利定・小野博・小川仁(1983): 子音の明瞭度改善のための音声の加工法, 日本特殊教育学会第21回大会発表論文集, 34-35.
- 5) 江端正直・山内修・曾根敏夫・二村忠元(1980): 短音の周波数弁別に及ぼす先行音および後続音の影響, 日本音響学会誌, 36, 232-237.
- 6) Elliott, L.L. (1962): Backward masking: monotic and dichotic conditions. J. Acoust. Soc. Am., 34, 1108-1115.
- 7) Erber, N.P., and Witt, L. (1977): Effects of stimulus intensity on speech perception by deaf children. J. Speech Hearing Dis. 42, 271-278.
- 8) 北守進(1980): 有声破裂音におけるホルマント遷移の知覚, 沼津工業高等専門学校研究報告, 15, 59-62.
- 9) 北守進(1981): 短音の周波数弁別における処理時間に関する考察, 日本音響学会誌, 37, 446-449.
- 10) 北守進(1983): 短音のピッチ認識に及ぼす後続音の効果に関する検討, 日本音響学会誌, 39, 82-88.
- 11) Liberman, A.M., Harris, K.S., Hoffman, H.S., and Griffith, B.C. (1957): The discrimination of speech sounds with in and across phoneme boundaries. J. Exp. Psychol., 54, 358-368.
- 12) Ling, D. (1978): Auditory management of hearing-impaired children. Baltimore: University Park Press.
- 13) Massaro, D.W. (1971): Effect of masking

tone duration on perceptual auditory images, *J. Exp. Psychol.* 87, 146-148.
14) Massaro, D.W. (1975): Backward recognition masking *J. Acoust. Soc.*

Am., 58, 1059-1065.
15) 三浦哲・出口利定・小川仁 (1984): 子音部強調音を用いた語音聴取訓練(Ⅲ), 日本特殊教育学会第22回大会発表論文集, 100-101.

Summary

Backward Masking Effects on Speech Perception in Hearing-Impaired Children —Intelligibility of Stop Consonants—

Tomio Ohta Tomoyoshi Yoshino

Our Knowledge concerning psychoacoustic capacities of persons with sensorineural hearing loss is limited.

In speech perception, transitions in the second formant (F2) of vowel can provide information regarding the place of articulation of certain consonants.

When F2 was presented alone, many persons with sensorineural hearing loss can discriminate the difference of F2 as well as do persons with normal hearing. However, F2 was presented with F1 or in speech-like sounds discrimination is reduced. It is well known that consonant in CV syllable has short durations and very little energy. Consequently consonant may become inaudible if it is temporally masked by intense vowel.

In this study, Backward masking effects of vowel on intelligibility of preceding consonant in CV syllable was investigated. Nine masking paradigms were employed to clarify the effects of vowel durations and intensity. The results were as follows. (1) Improvement in intelligibility of /g/ was best of all consonants. (2) When consonant precedes /o/ in CV syllable, improvement score in intelligibility of consonants was higher than /a/ or /e/. (3) When vowel duration was cut and vowel intensity was attenuated, intelligibility of consonants was improved exceedingly. (4) The amount of backward masking varies considerably among subjects. (5) Subject with sloping audiometric configuration improved more than subjects with flat audiogram.

Key word: hearing-impaired, speech perception, backward masking, intelligibility