原 著

マクガーク効果における個人差

重野 純

要 約: マルチモーダルな音韻知覚に個人差が与える影響について、マクガーク効果の実験を3週間の時間間隔をあけて2回行って調べた。実験は220名の被験者に対して、日常生活面の知覚条件に似た環境のもとで行い、視聴覚情報が矛盾する刺激について、視覚情報による影響の程度と判断の一貫性について調べた。その結果、被験者の判断分布は非常に広い範囲—影響を強く受ける者から全く受けない者まで—にわたること、判断傾向は一貫していること、などの傾向が認められた。実験結果から、マクガーク効果の実験の遂行や結果の解釈には、個人差などの被験者側の要因を考慮することが重要であることが示唆された。

索引用語: マクガーク効果, 個人差, 判断分布, 言語処理能力, 視聴覚情報

Individual Differences Observed in McGurk Effect

Sumi Shigeno

Abstract: The effects of individual differences on multimodal speech perception were investigated using the McGurk effect paradigm. Two successive experiments were conducted with an interval of three weeks. Two hundred and twenty subjects participated in the experiments, which were carried out under presentation conditions similar to daily-life audio-visual presentation. The experiments examined the amount of visual influence on perception of audio-visually incompatible syllables and consistency of judgments. Results showed that distribution of judgments of subjects is of very wide range—from subjects who are strongly influenced to those who are not at all—and tendencies of judgments are consistent. This suggests that factors of subjects such as individual differences are very important when conducting McGurk effect experiments and interpreting the results.

Key words: McGurk effect, individual differences, distribution of judgments, speech processing ability, audio-visual information

はじめに

日常生活において音韻の知覚は円滑なコミュニケーション行動を行う上で、非常に重要な役割を果たしている。通常われわれは聴覚を通して音韻を知覚するが、状況に応じて聴覚以外の種々の感覚情報を利用するこ

ともある。たとえば、相手のジェスチャーや唇の動き(構音運動)などを利用する。このような非音声情報を利用して行う音韻知覚に生じる現象の一つに、マクガーク効果(McGurk effect)がある。

McGurk and MacDonald (1976)¹⁾は、視覚情報として唇を開いて発話する非唇音の/ga-ga/を提示し、

聴覚情報として唇音の/ba-ba/を提示すると、被験者の多くは視覚情報でも聴覚情報でもない/da-da/という反応を示すことを見出した。McGurk らはこのような反応を融合反応 (fusion response) と呼んだ。また、聴覚が非唇音/ga-ga/で視覚が唇音/ba-ba/の様な場合には、融合反応はほとんど生じないで、代わりに両方の子音を含むような反応 (例, bga など) が生じること示し、それらを複合反応 (combination response) と呼んだ。このような現象が生じるのは、われわれの音韻知覚が構音運動についての視覚情報を積極的に受け入れており、音韻情報処理のいずれかの過程で、視聴覚情報が何らかの形で統合されているためと考えられる。McGurk らはマクガーク効果が生じる理由として、視覚情報は構音についての場所情報を提供し、聴覚情報は構音様式に関する情報を提供して両者が統合されるためであると考え、さらに視覚と聴覚の統合時の情報はカテゴリ的で離散量であると考えた (MacDonald and McGurk, 1978)²⁾。しかし、このような考え方は今日では、ほとんど誤りであると考えられている (Summerfield, 1987)³⁾。

マクガーク効果は音韻情報処理過程を考える上で重要な示唆を多数含んでいるので、その後もさまざまな研究が行われてきた (重野, 1993)⁴⁾。そして日本人を対象とした実験では、McGurk らが融合反応と呼んだ反応が生じやすい者とそうでない者に分かれる傾向にあることが報告されている (重野, 1996)⁵⁾。心理実験の多くは実験結果が正規分布などの一峰性の分布をなすと仮定し、個人差を誤差として扱うが、もし分布が一様であったり二極化を示すとしたら、少数の被験者を対象とする実験から一般的な結論を導くことは、誤った結論を下す危険を伴うといえよう。マクガーク効果のようにある反応 (例, 融合反応) が生じる者と生じない者などに分かれやすい傾向にある結果については、個人差などの被験者側の要因を十分に検討しておくことが大切である。しかしマクガーク効果の生起における個人差を調べた実験は、これまでほとんど行われていない。

Watson, Qiu, Chamberlain, and Li (1996)⁶⁾は、90名の聴覚正常な大学生に対して、単語と文章について、聴覚からの音声言語の聞き取り能力と読唇 (lip-reading) 能力との関係に個人差が認められるかどうかを調べた。その結果、聞き取りの成績と読唇の成績の間の相関係数 (r) は 0.43 から 0.52 の間にあり、読唇能力の高い者は聞き取り能力も高いことが示された。この結果は、感覚の種類には依存しない言語処理能力に、優劣の差があることを示すものと考えられた。

さらに、被験者が女性の場合には男性の場合よりも、読唇において有意に良い成績が得られた。

Watson らの研究は、視聴覚情報処理の能力に個人差があることを示すものだが、視覚と聴覚の検査をそれぞれべつべつに行ったものであり、視聴覚刺激に対する処理能力すなわち bimodal な処理が必要とされるときに、視覚と聴覚の情報のどちらを優位に処理に用いるかについての個人差を示したものではない。一般的には、視覚的補獲 (visual capture) の例にみられるように、音源定位などにおいて視覚優位が認められている (たとえば、腹話術 (師) 効果 (ventriloquism effect) など)。

本研究の目的は、マクガーク効果の生起に個人差が認められるのかどうか、またその大きさはどれくらいであるのかについて調べることである。さらにマクガーク効果の生起は頑健 (robust) であるとして一般にいわれるが、どの程度一貫して生じるものであるかについても検討する。実験室内での厳密な統制条件のもとでは、知覚能力の他に実験場面における個人の適応性が関わってくると考えられるので、本研究ではより日常生活場面での知覚条件に似ていると考えられる大教室でのスクリーンとスピーカによる提示方法のもとで実験を行うこととした。さらに、個人差をより適切に得るために、データを集める被験者の数は数百人単位の多数になるようにした。

方 法

被験者：日本人の大学1年生220名 (男48名、女172名) が、授業の一部として実験に参加した。

刺激：刺激は9通りの視聴覚刺激であった。表1は刺激の一覧とその表記方法を表している。刺激の作成には、日本人女性1名を発話者として用い、発話場面

表1 実験に用いた視聴覚刺激

聴覚情報	視覚情報	表記
ba	ba	AbVb
	da	AbVd
	ga	AbVg
da	ba	AdVb
	da	AdVd
	ga	AdVg
ga	ba	AgVb
	da	AgVd
	ga	AgVg

の録画と音声の収録をべつべつに行った。発話者には、「明瞭にしゃべるよう」に指示した。まず/ba/, /da/, /ga/の各音節を3回ずつ発話し、8ミリビデオカメラ（SONY, ACP-80）を用いて、ビデオテープのアフレコ用音声トラックにPCM方式で録音した。次に、話者の首から上を同上の8ミリビデオで撮影した。音声刺激、映像刺激はともに編集のために、それぞれ別の1/2インチS-VHSテープにダビングした後、音声刺激については9名の被験者（上述の被験者とは異なる）に対して音声の聞き取りテストを行い、各音節について最も明瞭度のすぐれた1個を選んだ。

次に、最も明瞭な刺激として選ばれた音声刺激を映像刺激に同期させた。同期の精度は映像フレーム単位（33.3 ms）とした。2名の聴取者が最も自然に感じられるまで同期を繰り返し、実験に用いる9通りの組み合わせを選んだ。各音節の持続時間は370~400 msであった。

映像と音声の9通りの組み合わせをランダムに10回ずつ別のS-VHSテープにダビングし、その前後に2試行ずつのダミーを加えて合計94試行からなる刺激系列を作成した。映像刺激は6秒ごとに提示した。映像は音声の立ち上がり時点の0.9 s前から提示した。映像の提示時間は1.8 sとした。映像間は4.2 sの白地とし、この時間内に反応を記入するよう指示した。

手続き：実験は約300名を収容できる大教室において行った。刺激はビデオデッキ（SONY, VPH 2042 QJ）で再生し、映像はスクリーン（縦3 m×横3 m）に提示し、音声はスクリーンの両側にあるスピーカ（Victor, SMBM-330）から提示した。被験者の観察距離は、着席位置によって約3 mから約15 mにわたった。音声の音圧レベルは各音節とも、66 dB(A)（最後列右端の席）から75 dB(A)（最前列中央の席）の範囲であった。

実験は、音声と映像を同時に提示し、被験者は反応の記入以外は常にスクリーンから目を離さないよう厳重に指示された。被験者は映像をみながら音声を受聴し、「何と聞いているように聞こえたか」を判断するよう求められた。この際、話者の唇を注視してその動きをよくみるように指示した。実験者が教室の中を巡回し、指示の徹底をはかった。反応はローマ字で、ba, da, gaのように記入し、日本語にない場合にも、たとえばbgaのように聞こえたままに正確に記入するように求めた。

実験は1995年11月21日に第1回目を行い、3週間後の同年12月12日に第2回目を行った。1回目の実験の前に若干の練習を行った。2回の実験とも、9種

類の視聴覚刺激について、それぞれ被験者一人当たり10回の反応を得た。2回の実験の際の着席位置は自由としたが、ほとんどの被験者が2回ともほぼ同じ位置に着席した。

データの処理方法：3週間の時間間隔を経たことによって、マクガーク効果の生起率がどれくらい変化したかをみるために、1回目と2回目の判断を比較する。そのために、各刺激の聴覚成分への同定率について、1回目と2回目の間の相関係数を求める。さらに、マクガーク効果に生じる個人差をみるため、融合反応数と複合反応数で分類した被験者数の分布をそれぞれ示し、その分布が一様分布なのかそれとも特定の分布を示すのかについて検定を行って調べる。

結 果

1. 1回目と2回目の結果の比較

表2は9種類の視聴覚刺激について、どのような反応が得られたかを示す一覧表である。上段が1回目、下段が2回目の反応カテゴリと反応率（聴覚成分への同定率）を示し、それぞれ全被験者の平均を表している。表2より、1回目と2回目の反応にはカテゴリごとの反応率にほとんど差のないことが認められる。また、表2の右端の欄には聴覚情報への反応率の1回目と2回目の間の相関係数を刺激ごとに載せてある。相関係数は0.53から0.78の範囲にあり、高い正の相関が認められた。図1は、AbVdとAbVgに対する/da/の反応の頻度分布を1回目と2回目の相関図として描いたものである。正の相関関係にあることが明瞭に認められる。つまり、若干の例外はあるが、大多数の被験者の判断傾向は3週間にわたる時間間隔があいても大きな変化を示さないことが認められた。なお、着席位置による影響は認められなかった。

次に、いわゆる融合反応や複合反応と呼ばれる反応が、どれくらい一貫して認められるのかを調べるために、AbVd, AbVgの場合の/da/の反応数とAdVb, AgVbの場合の複合反応数を1回目と2回目の間で比較した。前者については視覚条件が/da/の時も/ga/の時も反応傾向がよく似ているので、ここではAbVdとAbVgの場合の/da/の反応数を合計した。1回目と2回目の間で比較すると、相関係数は0.76であり高い正の相関が得られた。同様に、聴覚条件が/da/の時も/ga/の時も反応傾向がよく似ているので、AdVbとAgVbの場合の複合反応数を合計して1回目と2回目の間で比較した。相関係数は0.78であり、やはり高い正の相関関係にあることが認められた。

表2 各視聴覚刺激に対する反応カテゴリとそれへの反応率, および聴覚情報と同じカテゴリへ同定した反応数の1回目と2回目の間の相関係数

刺激		反応				相関係数
聴覚	視覚	ba	da	ga	others	(r)
ba	ba	88.8	0.5	0.1	10.6 (7.1)	0.67
		87.4	0.7	0.3	11.5 (8.1)	
	da	26.0	53.0	2.6	18.4 (11.0)	0.77
		28.2	52.0	2.0	17.9 (11.9)	
	ga	21.4	44.2	5.6	28.2 (13.5)	0.73
		23.7	48.3	4.0	24.0 (11.5)	
da	ba	19.2	41.1	1.8	37.9 (34.0)	0.78
		13.8	42.5	2.0	41.6 (42.6)	
	da	0.7	88.9	5.1	5.4 (3.5)	0.67
		0.5	92.3	3.0	4.1 (3.1)	
	ga	0.4	79.5	9.6	10.4 (3.7)	0.65
		0.5	86.0	4.7	8.9 (4.1)	
ga	ba	5.2	0.3	48.8	45.7 (42.6)	0.71
		3.2	0.4	43.6	52.9 (52.2)	
	da	0.1	1.9	88.9	9.1 (7.0)	0.63
		0.3	1.0	86.5	12.3 (10.7)	
	ga	0.0	0.8	93.9	5.3 (2.6)	0.53
		0.0	1.1	94.0	4.9 (2.6)	

上段は1回目, 下段は2回目の結果。()中の数字は, 複合反応の%を表す

図1 1回目と2回目に AbVd と AbVg に対して “da” と反応した反応数の相関図

2. 反応カテゴリと反応率

表2より, 聴覚情報と同じカテゴリへ同定した割合(表中の網掛け部分)は視聴覚情報が一致している場合の方が一致していない場合よりも高い傾向にあることが認められる。しかし視覚情報が聴覚情報と矛盾している場合, 特に聴覚情報が唇音の/ba/で視覚情報が非唇音の/da/ないし/ga/の場合 (AbVd, AbVg) には, /da/への同定率の低下が大きい。この場合, /da/へ反応しやすいことが認められる。ここで, AbVb と AbVd, g 間で “da” と “da 以外” のカテゴリへの同定度数について χ^2 検定を行ったところ, $\chi^2=3103.53$, $df=1$, $N=13200$, $p<.005$ で, AbVd, g の刺激に対して有意に/da/への同定が増大していることが認められた。一方, 聴覚情報が非唇音の/da/ないし/ga/で視覚情報が唇音の/ba/の場合 (AdVb, AgVb) にも聴覚情報への同定率は低下するが, この場合には/da/ではなく/bga/のような二つ以上の子音が結合している複合反応の生起しやすいことが認められた (AdVd,

AgVg と Ad,gVb 間で“複合反応”と“複合反応以外”のカテゴリへの同定度数について比較したところ、 $\chi^2=3814.38$, $df=1$, $N=17600$, $p<.005$ で, Ad, gVb の刺激に対して有意に複合反応が増大していることが示された。

実験室内の統制された条件下で生じる日本人のマクガーク効果についてはこれまでもいろいろと報告されている。今回の実験結果を一人ずつ実験室内で行っ

た場合の結果と比較すると、たとえば AbVg に対する /da/ への同定率は、重野 (1993) では 56.2% (被験者 24 名の平均) であったが、本実験結果では 44.2% (1 回目) と 48.3% (2 回目) であり、今回の方が低い傾向にある。このように実験室内での結果に比べれば減少傾向にあるものの、本実験の結果から、映画やテレビをみるといった日常生活場面に近い状況の実験においても、マクガーク効果の生じることが明らかとなった。

3. 視聴覚刺激の知覚における個人差

図 2 は, AbVd, AbVg に対する /da/ への反応数の分布を表している。1 回目と 2 回目の相関が高いことが分かっているので、2 回分のデータは合計してある。コルモゴロフ・スミルノフの検定を用いて一様分布への適合性の検定を行うと、 $D=0.05$, $N=220$, $p>0.2$ となり、/da/ への反応数の分布は、統計的に一様分布とみなしうることが明らかとなった。つまり融合反応を示す者から全く示さない者までほぼ一様に分布することが示された。

図 3 は, AdVb, AgVb に対する複合反応数の分布を示している。図 2 とは異なり複合反応が全く生じないものが全被験者のほぼ 1/4 にのぼる。コルモゴロフ・スミルノフの検定を行うと、 $D=0.2$, $N=220$, $p<0.01$ となり、複合反応数の分布に偏りが有意に生じることが認められた。また複合反応を示さない被験者を除いてコルモゴロフ・スミルノフの検定を行うと、 $D=0.088$, $N=170$, $p>0.10$ となり、複合反応を示す者の分布が一様なことが示された。したがって、複合反応については、全く生じない者が多数いるだけでなく、生じる被験者の場合、その分布は一様であることが分かった。

考 察

マクガーク効果の生起が頑健であることはこれまでの研究においても報告されている。たとえば、CVC の無意味語の知覚において、視覚と聴覚の情報の提示が時間的にずれている場合にも、マクガーク効果の生じることが報告されている (Smeele, Sittig, and van Heuven, 1992)⁷⁾。さらに、映像中の人物と音声刺激の人物が性の異なる (たとえば、女性の顔の映像をみせながら男性の声を聞かせる) 場合にも、マクガーク効果の生じることが報告されている (Green, Kuhl, Meltzoff, and Stevens, 1991)⁸⁾。また、聴覚情報がノイズによって聞き取りにくい場合にマクガーク効果が顕著になるという報告 (Dodds, 1977)⁹⁾ から、一般に聴覚だけでは判断が困難な場合に、視覚情報が利用されると

1 回目と 2 回目の“da”反応の合計

図 2 AbVd と AbVg に対して“da”と判断した反応数の分布。1 回目と 2 回目の結果を合計したもの

1 回目と 2 回目の複合反応の合計

図 3 AdVb と AgVb に対する複合反応数の分布。1 回目と 2 回目の結果を合計したもの

考えられている。

本実験の結果は、実験室内での実験ばかりでなく、大教室内の集団実験のように、テレビや映画をみるといった日常生活場面に近い刺激提示条件の場合にも、マクガーク効果が生じることを示している。したがってマクガーク効果の生起は従来いわれているように非常に頑健であり、また2回の実験間の相関も高かったことから再現性もあることが認められた。その一方で視覚情報を音韻知覚のための情報処理に全く取り入れない被験者が少なからず存在することを示した。本実験の範囲では、その理由については不明であるが、Watson らの報告においては感覚様相によらない言語情報処理能力に個人差のあることが示されており、bimodal な情報の統合能力においても、個人差のあることを原因の一つとして考えることができるだろう。

ところで、マクガーク効果は欧米人に比べ日本人には生じにくいあるいは生じる量が少ないという報告がある (Sekiyama and Tohkura, 1991)¹⁰⁾。しかし、本実験の結果では、視覚情報と聴覚情報の組み合わせによっては、ほとんど生じない者から顕著に生じる者まで存在しており、特に複合反応に関しては全く生じない者が全被験者の四分の一に認められる一方で、生じる被験者についてもその量の大小からみると、ほぼ一様の分布にある傾向が示された。欧米人の場合には非常に顕著にマクガーク効果が生じる (例, McGurk and MacDonald, 1976) ことから、被験者の反応分布が日本人の場合とは異なることも可能性の一つとして推測される。より多数の被験者を用いて欧米人に対しても個人差を検討することが必要であろう。

マクガーク効果はマルチモーダルな情報処理の観点からみて非常に興味深い現象である。しかし、研究間で矛盾した結果を示す場合もある。たとえば、CV 音節中の後続母音により、マクガーク効果の大きさが影響を受けるかどうかについては後続母音の種類によってマクガーク効果の大きさが異なるという報告 (Green, Kuhl, and Meltzoff, 1988¹¹⁾; Green and Gerdeman, 1995¹²⁾; 重野, 1993¹³⁾) がある一方、母音による影響はないとする報告 (Massaro, Cohen, and Gesi, 1993)¹⁴⁾ もある。このような矛盾した実験結果の生じる原因についてはさらに検討を要するが、個人差などの被験者側の要因も原因の一つとして考えられる。以上の点から、マクガーク効果の実験を行う際には個人差のあることを考慮に入れて、かなり大きな被験者グループを用いた実験条件の設定を行い、結果の解釈には個人差など被験者側の要因に対して十分な注意を払うことが必要であるといえよう。

おわりに

本実験の結果より、構音運動を表す視覚情報が音韻知覚に及ぼす影響には個人差が認められた。そのため、AbVd, g に対する /da/ への反応数で分類した被験者数の分布は一峰性の分布を示さず、視覚情報の影響を著しく受けやすい者から全く受けない者まで一様に分布することが認められた。また、Ad, gVb に対する複合反応においても同様に一峰性の分布は示さないが、生じる者と全く生じない者に分かれ、生じる者の場合その量の大小に関しては分布が一様であることが認められた。さらに、このような反応傾向は3週間という時間間隔においてもほとんど変わらず、再現性のあることが示された。また、視聴覚間で情報が矛盾している刺激に対して判断を下すことは非常に不自然な行動であるが、従来の研究のように実験室内での厳格な統制条件下でないより日常生活に近い知覚場面においても生じることが認められ、従来いわれているようにマクガーク効果の生起は非常に頑健であることが認められた。これらの結果から、マクガーク効果の生起には個人差などの被験者側の要因が及ぼす影響の大きいことが示唆された。

文 献

- 1) McGurk, H., MacDonald, J. : Hearing lips and seeing voices. *Nature*, 264 : 746-748, 1976.
- 2) McDonald, J., McGurk, H. : Visual influences on speech perception processes. *Perception & Psychophysics*, 24 : 253-257, 1978.
- 3) Summerfield, Q. : Some preliminaries to a comprehensive account of audio-visual speech perception. *Hearing by eye : The psychology of lip-reading* (edited by Dodd, B. and Campbell, R.), Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, NJ, pp. 3-51, 1987.
- 4) 重野 純 : 音声言語の知覚における視聴覚情報の統合過程。知覚の機序 (鳥居修晃・立花政夫編), 培風館, 東京, 90-109 頁, 1993.
- 5) 重野 純 : McGurk 効果における個人差について。日本音響学会秋季講演論文集 : 347-348, 1996.
- 6) Watson, C. S., Qui, W. W., Chamberlain, M. M., et al. : Auditory and visual speech perception : Confirmation of a modality-independent source of individual differences in speech recognition. *Journal of the Acoustical Society of America*, 100 : 1153-1162, 1996.

- 7) Smeele, P. M. T., Sittig, A. C., van Heuven, V. J. : Intelligibility of audio-visually desynchronized speech : Asymmetrical effect of phoneme position. *Proceedings of 2nd ICSLP*, pp. 65-68, 1992.
- 8) Green, K. P., Kuhl, P. K., Meltzoff, A. N., et al. : Integrating speech information across talkers, gender, and sensory modality : Female faces and male voices in the McGurk effect. *Perception & Psychophysics*, 50 : 524-536, 1991.
- 9) Dodd, B. : The role of vision in the perception of speech. *Perception*, 6 : 31-40, 1977.
- 10) Sekiyama, K., Tohkura, Y. : McGurk effect in non-English listeners : Few visual effects for Japanese subjects hearing Japanese syllables of high auditory intelligibility. *Journal of the Acoustical Society of America*, 90 : 1797-1805, 1991.
- 11) Green, K. P., Kuhl, P. K., Meltzoff, A. N. : Factors affecting the integration of auditory and visual information in speech : The effect of vowel environment. *Journal of the Acoustical Society of America*, 84 : S155, 1988.
- 12) Green, K. P., Gerdeman, A. : Cross-modal discrepancies in coarticulation and the integration of speech information : The McGurk effect with mismatched vowels. *Journal of Experimental Psychology : Human Perception and Performance*, 21 : 1409-1426, 1995.
- 13) 重野 純 : 視聴覚情報の統合に及ぼす刺激文脈の影響. *日本音響学会秋季講演論文集* : 385-386, 1993.
- 14) Massaro, D. W., Cohen, M. M., Gesi, A. T. : Long-term training, transfer, and retention in learning to lipread. *Perception & Psychophysics*, 53 : 549-562, 1993.

別刷請求先 : 〒 228-8555 相模原市北里 1-15-1

北里大学教職課程

重野 純