



Title	聴覚刺激と視覚運動系の対応について
Author(s)	松本, 敏治
Citation	北海道大學教育學部紀要, 43, 65-80
Issue Date	1984-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/29272
Type	departmental bulletin paper
File Information	43_P65-80.pdf



聴覚刺激と視覚運動系の対応について

松 本 敏 治

The Relationship between Sound localization and Eyemovements

Toshiharu Matsumoto

序

ある感覚モダリティーへの刺激の知覚が、他の感覚モダリティーへの刺激によって変化することは、古くから知られている。この感覚間相互作用の知見については、Ryan (1940), London (1954), Maruyama (1969)らの詳しい Review がある。この問題は、幾つかの領域にわけられるが、空間定位にさいしての各感覚組織の統合様式の解明が、ひとつの課題分野をなしている。視覚、聴覚、体性感覚的な空間が相互にどのような関係を保っているのか、またそれらの感覚は、どのように統合されてひとつの知覚体験、認知にいたるのか、が主題である。ここに取扱うのは、視覚と聴覚の統合様式についてである。この関係について多くのデータは、『視覚優位の統合』（丸山, 1969）と解釈される結果を示している。確かに、光刺激と音刺激を同時に提示した時、音刺激の方位判断が容易に光刺激にひきづられる。資料は、かなり安定し一貫性を示しているが、『視覚優位の統合』がどのようなメカニズムをその基礎とするかについては、従来の資料は明示しえず、その相互作用の時間関係は不明であり、解明すべき多くの問題を残している。

松本(1980)も、音刺激と同時に提示した光刺激が、音の方位判断を光側に偏らせるとの結果を得ている。この際、それぞれ異なる位置に聞こえるよう提示した8種の虚音像^(注1)の弁別能力が、光刺激の提示条件（正面に対して右に出すか、左に出すか）によっては、変動しないことを見出した。光刺激によるこのような効果が、“Decision Process”における効果であって、音に対する Sensitivity にはないことは Choe ら(1975)も報告している。

松本は、81年度実験（未刊）において、この“Decision Process”の働き方を推定しうる結果を得た。この実験では、光刺激それ自体の効果ではなく眼球運動が音の方位判断にあたえる効果を調査した。この結果は、音の方位判断のための処理は、安定した視覚場を必要とすることを示唆している。音の方位判断のための処理は、不安定な視覚場しか持たないと考えられる眼球運動中は実行されず、視覚場が安定する眼球運動後にまで引伸されることを示した。

光刺激による効果も、眼球運動の効果と同様、安定した視覚場を通しての音の方位判断のための処理という過程のなかで生起すると考えられる。

本実験群では、音の方位判断の処理と視覚系とのかかわりの基本的メカニズムをあきらかにするために眼球運動あるいは凝視を一連の条件としている。眼球運動あるいは凝視によって、異なる視覚場が生じた際、音の方位判断にその効果が顕れる。この効果の分析により視覚場と音の方位判断のための処理との関係を、ある程度あきらかにしうる。

問 題

音の方位判断にさいして、視野や眼球運動が深く関係していることは、多くの実験が報告している (Goldstein (1926), Ryan (1940), Jackson (1953), Harrison ら (1966), Warren

(1970), Platt (1971), Choe ら (1975), Bermant ら (1976), Zahn ら (1978, 1979), Whitting ら (1981))。Warren (1970) は、構造化された視野が音の方位判断を正確にすると報告している。また Platt ら (1971) は室内の明るさ (構造化された視野) とともに、音提示後の音源への眼球運動が、音の方位判断を正確にすることを明らかにした。彼等は、この眼球位置^{注2)}についての正確な情報が、正確な音の方位判断を導くと解釈している。しかし、Bermant ら (1976) は、眼球運動がその方向性や終着点とは無関係に正確な音の方位判断を導くことを示した。彼等は、これを眼球運動の遠心性命令と純粋な音源情報の喰ちがいの “Registration” がより正確な音の方位判断を促進するためであると考察している。多くの研究が、大筋として構造化された視野と眼球運動が音の方位判断を正確にすることを示している。

しかし、Bermant ら (1976) による論議のうち、遠心性の眼球運動についての情報が音刺激の純粋情報と比較されるとの部分は Warren (1970) のデータと矛盾する。なぜなら遠心性命令のみが使用されているのであれば、その際構造化された視野は必要なく、眼球運動のみが音の方位判断を正確にするはずである。しかし、Warren (1970) の実験データでは、眼球運動が行われると考えられる自由視とそれを抑制する固定視の条件の間での差は有意でなかった。また Platt ら (1971) の眼球運動についての考察は、音源に向けられた眼球運動のみに限定されており、彼等の解釈では Bermant ら (1976) の言う方向性やその終着点とは無関係の眼球運動の効果を説明出来ない。本論文は、音の方位判断が眼球運動によってどのように影響を受けるかについて一つの解答を与えるものである。

本実験群の記述に先立って、その基礎となった松本の81年度実験 (未刊) で得られた事実を以下にのべる。この実験で、水平眼球運動 (Single Saccade) の際の音の方位判断の機序をあきらかにする結果を得た。眼球運動方向による差は、有意であるのにたいして、1) 眼球運動前 (眼球運動信号用 LED 点灯後 100 msec) に音刺激を提示する、2) 眼球運動中に音刺激を提示する、3) 眼球運動後 (ただし 100 msec 以内) に音刺激を提示する、の三つの条件間では、音の方位判断に差は、認められなかった。この事実は重要である。この結果を、三つの条件での音が実際にはすべて同じ時点で処理が行われるためであると解釈し、その時点を眼球運動後においた。それ以前に提示された音をエコイックメモリーに保持し、眼球運動後にその処理を行う。眼球運動中、Saccade Suppression により視野が不安定であるのにたいして、眼球運動後においてある程度の安定が得られる。この『ある程度安定した』視覚場において音の方位判断を行う。そのためこれら三つの条件での音刺激は、エコイックメモリーに保持される時点が異なることを除けば、同一の処理であると考えられる。ただし、これは必ずしも、最終の安定した視覚場においてのみ音の方位判断の処理が実施されると言うのではなく安定視覚場での判断の優位を示すものである。

実験の展開した経過は、次のとおりである。初期実験で光刺激の音の方位判断への効果 (判断を光側に偏らせる) を、光刺激の提示に伴い発生すると疑いうる微小な眼球運動 (EOG では記録不可) の効果ではないかとの仮説をたて実験をおこなった。その結果は、否定的なものであった。だが光刺激に誘発される眼球運動だけでなく、その後の凝視点への復帰の眼球運動も含めねばならないとの仮説の下、往復一眼球運動の効果を調べた。結果は、眼球運動方向による差および音が往一眼球運動中に出るか復一眼球運動中に出るかによる差を認めなかった。この結果は、それまでの幾つかの仮説 (初発点の効果、終着点の効果、ベクトル) では、解釈しえないものであった。このことから、眼球運動のもつ効果が問題となった。加えて、眼球運動によって視覚系

に変化がおきているとすれば、音の方位判断はその視覚系の変化によって影響をうける。往復—眼球運動の効果进行分析してゆくことによって、視知覚のそして視覚運動系と音の方位判断の間のメカニズムをあきらかにしうと考えた。

実 験

刺激と実験装置

1) 音刺激

1000 c/s の音を、実験室内の2個のスピーカを通じて虚音像として 25 msec 提示する。被験者の前方左右45度に1 m 離しておいた台の上にスピーカを被験者に向けて設置する。高さは、ほぼ耳の位置である。マイクロコンピュータTRS—80が、左右スピーカからの音の振幅を制御する。この制御が、虚音像の位置を変化させる。TRS—80の制御用出力ポート0Aの値が128の時、左右スピーカからの音の振幅が同量である。この値が大きければより右の音像を、小さければより左の音像を意味する。

2) 光刺激

実験1及び2のうち1名の被験者では、正面に緑色のLEDを、左右5度、10度、15度に赤色LED、左右5度のLEDの上1 cmに信号用の赤色LEDを1 m前方の木枠に設置。実験2のうち2名と実験3、4、5、6、7、では、正面に緑色のLED、左右10度、20度に赤色LED、左右10度のLEDの上1 cmに信号用の赤色LEDを、1 m前方の木枠に設置。被験者が若干下目づかいに見えるよう高さを調整する。

3) 眼球運動検出

水平眼球運動を、両目の目じりの外側に装着した電極で脳波計で計測、記録する。刺激提示のために使用するチャンネルでは、増幅率10、時定数0.03で記録し、その出力をインバーター-TTLIC7404をかいしてこの実験全体を制御しているマイクロコンピュータTRS—80に伝える。これによって眼球運動は、信号としてTRS—80に伝えられる。

4) 実験室

被験者は、室内灯の消された実験室内で隅に中央に向って座り、前置した机にとりつけられたヘッドレストで頭部を固定した。遮音した室内は吸音材が使用されスピーカの後方は厚めのカーテンでしきり反響が減衰される。

実 験 1

省略（詳細は、修士論文に記されている。）

実 験 2

イ) 被験者

3名。年齢は、25～27歳である。聴覚及び視覚機能はともに正常である。

ロ) 手続き

被験者は、右5度（10度）あるいは左5度（10度）のLEDを凝視。信号用LEDの50 msec 点灯に応じて、すばやく対側5度（10度）LEDを見、再びもとのLEDへ視線を戻す。右5度（10度）を見ている時、右10度、15度（20度）のLEDが点灯しており、左10度、15度（20度）のLEDは消える。眼球運動が生起し、それを検出すると右10度、15度（20度）のLEDが消え、

左10度、15度(20度)のLEDが点灯する。また、逆方向の眼球運動の際には、左10度、15度(20度)のLEDが消え、右10度、15度(20度)のLEDが点灯する。ITIは、4~6秒である。往一眼球運動中あるいは復一眼球運動中に眼球運動を検出して音刺激を提示する。

1系列開始時、音刺激は被験者にとって判り易く右あるいは左に感じられる音像である。次の試行では、若干内側(中央LED)に近付いて感じられるように設定する。このようにして、音像が系列開始時にあった側とは対側に移動したと判断するまで試行を繰り返す。この判断が得られたら、被験者は手に持ったスイッチを押してこの系列を終了し、次の系列に移る。この時点での、左右のスピーカから出される音刺激の振幅についての情報を記録する。記録される値は、音像を制御しているマイクロコンピュータ TRS-80 の0Aポートの値である。これを結果として使用する。判断基準は、中央LEDである。

基本的には、1セッション10系列で、5系列は音像が右から左へ移動し、他の5系列では音像が左から右へ移動する。系列順序は、ランダムである。1セッション中、課題眼球運動方向及び音刺激を往一復どちらの眼球運動中に提示するかの条件は一定である。

条件は、以下のとおりである。1) 眼球運動は、右一左一右移動で往一眼球運動中に音刺激を提示(以下、R—First)。2) 眼球運動は、右一左一右移動で復一眼球運動中に音刺激を提示(以下、R—Second)。3) 眼球運動は、左一右一左移動で往一眼球運動中に音刺激を提示(以下、L—First)。4) 眼球運動は、左一右一左移動で復一眼球運動中に音刺激を提示(以下、L—Second)。

ハ) 結果 (Table 1)

1) 眼球運動方向による差

a 往一眼球運動中に音刺激を提示する場合

被験者 T・M, T・O では、眼球運動が右一左一右移動(R—First)条件での値が眼球運動が左一右一左移動(L—First)条件での値より大きい。T・T では、逆に L—First 条件での値が R—First 条件での値より大きい。その差は有意ではない。また Grand Mean, 修正 Grand Mean^(注3)での有意な差は認められない。

b 復一眼球運動中に音刺激を提示する場合

T・M, T・O では、R—Second 条件の値がL条件での値より大きい。T・T では、L—Second 条件での値が R—Second 条件の値より大きい。ただし差は有意ではない。また Grand Mean, 修正 Grand Mean での有意な差は認められない。

2) 往一眼球運動中に音刺激を提示する条件と復一眼球運動中に音刺激を提示する条件間の差

c 眼球運動が右一左一右移動の場合

T・M では、往一眼球運動中に音刺激を提示する(R—First)条件での値が、復一眼球運動中に音刺激を提示する(R—Second)条件での値より大きい。T・T, T・O では、R—Second 条件での値が R—First 条件での値より大きい。その差は有意ではない。また Grand Mean, 修正 Grand Mean での有意な差は認められない。

d 眼球運動が左一右一左移動の場合

T・M では、L—First 条件での値が L—Second 条件での値より大きい。T・T では、L—Second 条件での値が R—First 条件での値より大きい。T・O では、その値は等しい。ただし2名ともその差は有意ではない。また Grand Mean, 修正 Grand Mean での有意な差は認められない。

なぜ条件間での差が認められなかったのか。極限法による実験は、系列的に音が提示されてゆくため前試行の音が判断の際の有力な手掛りとなる。この手掛りは、恒常法による判断の持つ不安性を縮小する反面、眼球運動による音の方位判断への効果も抑制したのかもしれない。また判断のために視覚場を必要としないストラテジーを採用したのかもしれない。

Table 1 往復一眼球運動実験

Subject		Condition				
		L-First	L-Second	R-First	R-Second	
T. M	Mean	117.81	117.00	119.82	118.20	NS
	SD	3.62	2.21	1.72	3.32	
	N	11	10	11	10	
T. T	Mean	125.00	126.78	123.60	124.78	NS
	SD	3.01	2.82	4.88	2.64	
	N	10	9	10	9	
T. O	Mean	123.80	123.80	125.42	126.33	NS
	SD	4.36	5.69	3.76	2.80	
	N	10	10	19	12	
Grand Mean						
	Mean	122.38	122.38	123.42	123.26	NS
	SD	4.45	5.61	4.29	4.58	
	N	31	29	40	31	
◎Grand Mean						
	Mean	-0.53	-0.29	0.28	0.44	NS
	SD	3.12	4.03	3.74	2.93	
	N	31	29	40	31	

Mean: 各系列で得られた値の平均 SD: 標準偏差 N: 系列数
数値は、マイクロコンピュータ TRS-80 の 0 A ポートへの出力 (8 bit) に基づく。

実 験 3

イ) 被験者

3 名。年齢は、24～36歳である。視覚及び聴覚機能ともに正常である。

ロ) 手続き

被験者は、右（左）10度の LED を凝視。信号用 LED の点灯に応じて、視線を対側10度の LED へ移す。その眼球運動中音刺激を提示する。音の提示、判断記録方法は、実験2と同じである。各試行後、被験者は次の試行のため視線をもとの位置に戻す。3～5秒後信号用 LED が点灯し、次の試行が始まる。1セッション10系列で、5系列は音像が右から左へ、他の5系列は音像が左から右へ移動する。系列順序は、ランダムである。1セッション中、課題眼球運動は一定である。

ハ) 結果 (Table 2)

眼球運動方向による差

3名ともに、眼球運動右→左移動 (Right to Left) 条件での値が左→右移動 (Left to Right) 条件での値より大きい。その差は、T・M ($p < 0.005$), T・T ($p < 0.005$), A・K ($p < 0.01$) で有意である。Grand Mean では、眼球運動右→左移動条件での値が左→右移動条件での値より有意に大きい ($p < 0.001$)。

Table 2 単一眼球運動実験

Subject		Eye movement		T	
		Right to Left	Left to Right		
T. M	Mean	115.95	113.10	5.32	$p < 0.005$
	SD	1.85	1.52		
	N	20	20		
T. T	Mean	125.60	122.80	3.22	$p < 0.005$
	SD	2.07	1.81		
	N	10	10		
A. K	Mean	116.50	114.08	2.91	$p < 0.01$
	SD	2.01	1.88		
	N	10	12		
Grand Mean					
	Mean	118.50	115.69	2.85	$p < 0.01$
	SD	4.57	4.37		
	N	40	42		

Mean: 各系列で得られた値の平均 SD: 標準偏差 N: 系列数
 数値は、マイクロコンピュータ TRS-80 の A ポートへの出力 (8 bit) に基づく。

実 験 4

眼球運動の効果について実験をすすめてきたが、これら眼球運動実験では、眼球運動前後に特定の視野を凝視することが課題となっている。この特定の LED の長時間（眼球運動時間に比べて）凝視あるいは音の処理をおこなうと考えられる眼球運動後の凝視が、音の方位判断にたいして効果を持つと推測しうる。いままで記録してきた眼球運動の効果をもより詳細に検討するため、凝視中の音の方位判断を調査した。

イ) 被験者

5 名。年齢は、22～36 歳である。視覚及び聴覚機能ともに正常である。

ロ) 手続き

被験者は、正面（中央）、右10度、左10度の LED のうちどれかを凝視するよう指示される。ISI 3～5 秒で、音を次々に提示する。音の提示、判断記録方法は、実験 2 と同じである。1 セッションは、10 系列である。5 系列は音像が右から左へ、他の 5 系列は音像が左から右へ移動する。系列順序は、ランダムである。1 セッション中の凝視点、一定である。

ハ) 結果 (Table 3)

1) 右凝視条件と左凝視条件での差

5 名すべての被験者で、左凝視 (Left) 条件での値が右凝視 (Right) 条件での値より大きい。 $T \cdot F$ ($p < 0.025$), $T \cdot T$ ($p < 0.01$), $T \cdot M$ ($p < 0.1$) で、その差は有意である。Grand Mean では、左凝視条件での値が右凝視条件での値より有意に大きい ($p < 0.01$)。

2) 左凝視条件と中央凝視条件での差

$T \cdot F$, $T \cdot T$, $T \cdot M$, $A \cdot K$ の 4 名で、左凝視条件での値が中央凝視 (Center) 条件での値より大きい。各被験者ともその差は有意ではない。 $K \cdot O$ では、中央凝視条件での値が左凝視条件での値より大きい、この差も有意ではない。Grand Mean では、左凝視条件での値が中央凝視条件での値より大きい、その差は有意ではない。

3) 右凝視条件と中央凝視条件での差

T・F, T・T, T・M, K・O の4名で中央凝視条件での値が右凝視条件での値より大きい。その差はT・F($p<0.05$)で、有意である。A・Kでは、右凝視条件での値が中央凝視条件での値より大きい、その差は有意ではない。Grand Mean では、中央凝視条件での値が右凝視条件での値より大きい ($p<0.1$)。

Table 3 凝視実験

Subject		Fixation point			
		Left	Center	Right	
T. F	Mean	122.90	121.40	116.10	Left>Right $p<0.025$
	SD	7.72	6.95	2.84	Center>Right $p<0.05$
	N	10	10	10	
T. T	Mean	127.40	126.40	125.20	Left>Right $p<0.01$
	SD	1.99	2.01	1.03	
	N	10	10	10	
T. M	Mean	120.30	119.50	118.00	Left>Right $p<0.1$
	SD	2.16	2.59	2.86	
	N	10	10	10	
K. O	Mean	120.50	121.00	119.30	NS
	SD	3.37	2.45	2.21	
	N	10	10	10	
A. K	Mean	126.30	123.90	125.50	Left>Center $p<0.05$
	SD	2.06	2.33	3.63	
	N	10	10	10	
Grand Mean					
	Mean	123.48	122.44	120.82	Left>Right $p<0.01$
	SD	4.91	4.36	4.64	Center>Right $p<0.1$
	N	50	50	50	

Mean: 各系列で得られた値の平均 SD: 標準偏差 N: 系列数

数値は、マイクロコンピュータ TRS-80 の 0 A ポートへの出力 (8 bit) に基づく。

凝視点の違いによる音の方位判断の差が認められた。この結果をもとに単一眼球運動での効果を推論してみよう。眼球運動中は音の方位判断は行われず、眼球運動後に処理を実行する。この処理を実行する時点での眼球位置——目的地——とは対側へ正中音^{注4)}が偏る。これは実験結果と一致する。

眼球運動中、音の方位判断のための処理が行われないとの仮説を往復一眼球運動に適応してみよう。往一眼球運動中に提示した音刺激の処理は往一眼球運動後になされ、その時点での眼球位置の効果が存在する。しかし、また復一眼球運動後にも処理を行いその時点での眼球位置の効果も存在する。これらの効果は、それぞれ音の方位判断に対して逆の偏りを持つこととなる。それらの効果は、たがいに相殺しあうのではないか。だが往一眼球運動と復一眼球運動が逆の偏りを持つことは証明されていない。このことを確認するため実験5および6を行い往一眼球運動と復一眼球運動の効果を調べた。

実 験 5

省略（詳細は、修士論文に記されている。）

実 験 6

往一眼球運動と復一眼球運動が上記のように、たがいに異なる効果を持つか否かをあきらかにするために実験を行った。この実験では、被験者がどちらの眼球運動中に音が出るかを予め知ることにより、その眼球運動後の時間を処理のために使用しやすくなり、この際の眼球位置の効果のみが意味を持つことになる。また、この効果をより明瞭にするため、往一眼球運動と復一眼球運動の間の停留時間をひきのばした。このため往眼球運動中に音の処理が往一眼球運動後の停留時間中に完了し、その眼球位置の効果が現れる。復一眼球運動中に音は、復一眼球運動後に処理され、その眼球位置の効果が現れる。

イ) 被験者

4名。22～29歳である。視覚及び聴覚機能ともに正常である。

ロ) 手続き

被験者は、右(左)10度のLEDを凝視。凝視LEDのうえ1cmの信号用LEDの点灯に応じて、すばやく左(右)10度のLEDへ視線を移す。そして声に出さずに1, 2と数える。数え終ったなら右(左)10度LEDへ視線を戻す。音の提示, 判断記録方法およびその他の手続きは、実験2と同じである。1セッション10系列で、5系列は音像が右から左へ移動し、他の5系列は音像が左から右へ移動する。系列順序は、ランダムである。

ハ) 結果 (Table 4)

1) 眼球運動方向による差

a 往一眼球運動中に音刺激を提示する場合

J・M, J・A, K・Oは、R—First条件での値がL—First条件の値より大きい。この差は、T・M ($p < 0.01$), K・O ($p < 0.005$) で有意である。T・Tでは、L—First条件での値がR—First条件での値より大きい、その差は有意ではない。Grand Meanでは、R—First条件での値がL—First条件の値より有意に大きい ($p < 0.1$)。

b 復一眼球運動中に音刺激を提示する場合

J・A, K・Oでは、L—Second条件での値がR—Second条件での値より大きい。この差は、J・A ($p < 0.1$), K・O ($p < 0.005$) でともに有意である。T・Mでは、R—Second条件での値がL—Second条件での値より大きい、その差は有意ではない。T・Tでは、R—Second条件での値とL—Second条件での値は同じである。修正Grand Meanでは、L—Second条件での値がR—Second条件での値より有意に大きい ($p < 0.025$)。

2) 往一眼球運動中に音刺激を提示する条件と復一眼球運動中に音刺激を提示する条件との差

c 眼球運動右—左—右移動の場合

T・M, J・A, K・Oでは、R—First条件での値がR—Second条件での値より大きい。その差は、T・M ($p < 0.1$) で有意である。T・Tでは、R—Second条件での値がR—First条件での値より大きい、その差は有意ではない。Grand Mean, 修正Grand Meanともに、有意な差は認められない。

d 眼球運動左—右—左移動の場合

4名ともに、L—Second条件での値がL—First条件での値より大きい。その差はJ・A ($p < 0.005$), K・O ($p < 0.01$) で、有意である。Grand Meanでは、L—Second条件での値が、L—First条件での値より大きい ($p < 0.005$)。

Table 4 往復眼球運動実験（停留時間中，数を数える）

Subject		Condition				
		1. L-First	2. L-Second	3. R-First	4. R-Second	
T. T	Mean	127.50	128.00	126.30	128.00	NS
	SD	3.54	3.50	2.16	3.52	
	N	10	10	10	10	
T. M	Mean	118.90	119.80	122.60	120.50	3.>4. p<0.1
	SD	3.10	4.39	2.32	2.55	3.>1. p<0.01
	N	10	10	10	10	
J. A	Mean	133.70	137.00	135.00	134.40	2.>1. p<0.1
	SD	2.83	3.33	2.26	2.46	2.>1. p<0.05
	N	10	10	10	10	
K. O	Mean	126.40	134.70	131.10	128.70	2.>1. p<0.005
	SD	2.59	3.06	2.08	4.60	3.>1. p<0.005
	N	10	10	10	10	2.>4. p<0.005
Grand Mean						
	Mean	126.63	129.88	128.75	127.90	2.>1. p<0.05
	SD	6.07	7.61	5.21	5.99	3.>1. p<0.1
	N	40	40	40	40	
◎Grand Mean						
	Mean	-1.66	1.59	0.46	-0.39	2.>1. p<0.005
	SD	3.24	3.97	2.45	3.38	3.>1. p<0.005
	N	40	40	40	40	2.>4. p<0.025

Mean: 各系列で得られた値の平均 SD: 標準偏差 N: 系列数

数値は、マイクロコンピュータ TRS-80 の 0 A ポートへの出力 (8 bit) に基づく。

往一眼球運動中に提示した音刺激の方位判断に対しては往の眼球運動を単一に行う際に生起する効果が、復一眼球運動中に提示した音刺激の方位判断にたいしては復の眼球運動を単一に行う際に生起する効果がほぼ確認された。これは、それぞれの眼球運動が音の方位判断に対して逆の効果を持つことを表している。しかし、この実験では、往一眼球運動後に数を数えるという課題の下、停留時間は2秒ちかい長大なものとなった。このような長大な停留時間を持つ場合にも、以前と同じ往復一眼球運動を行っているかは、疑問が残る。もしこの両者が完全に分離した別個の眼球運動として働いていれば、それぞれの眼球運動中に提示した音がその眼球運動後に処理され、眼球位置の効果が現れるのは当然である。

実 験 7

単一眼球運動実験では、眼球運動方向の差による音の方位判断の差が確かめられた。また凝視実験においても、凝視方向により音の方位判断に差が認められた。これは、音の方位判断の処理を行う際の眼球位置——単一眼球運動実験では目的地——とは対側へ音の方位判断が偏ることを示している。

これらの結果は、往復一眼球運動実験での結果を十分に説明しうるか。往一眼球運動中に提示した音刺激を、往一眼球運動後に処理し、復一眼球運動後にもより正確さを求めて再度処理を行うとする。両者の処理の際の眼球位置は、対側を示しているので効果は互いに逆となり、相殺しあう。実験6において、往一眼球運動の効果と復一眼球運動の効果を分離しえたことも、

往一眼球運動後の潜在的な処理の可能性を示唆している。しかし、復一眼球運動中に提示した音刺激については、処理を行う機会は復一眼球運動後のみであるので、その効果があきらかになるはずである。結果は、往一眼球運動中に音刺激を提示した条件と大差ないものであった。これは復一眼球運動中に提示した音刺激が、復眼球運動のみの効果ではなく何らかの形で往一眼球運動の効果を受けることを示している。

上記の論議では、視知覚自体は問題とされていない。しかし現在論議している実験は、判断基準として中央LEDを用いている。仮に中央LEDの位置の知覚が凝視位置あるいは眼球運動によって変動するとすれば、音の方位判断の変動として現れる。被験者は、中央LEDの位置を凝視点とは対側に偏って知覚しているのかもしれない。つまり被験者は、中央LEDの位置を凝視点からの実際の距離より遠くにあると判断していると考えられる。たとえば往復一眼球運動実験において、右LEDを凝視していた被験者はすばやく左LEDへ視線を移し、その後右LEDへ視線を戻すが、左LEDへの一瞥により、中央LEDをより右に知覚し、その後の右LEDの凝視により、中央LEDをより左に知覚する。この時間的に近接したそれぞれの視野は、一つの安定した“視界”(J. J. Gibson)を形成し、この視界内部において中央LEDの知覚は相対的に正確なものとなる。このため、その視界にたいして行う音の方位判断は、眼球運動方向による差を生じない。本実験では、この仮説を検討した。この仮説に従えば、往一眼球運動後中央LEDを消すことにより、復一眼球運動中にでた音の方位判断が単一眼球運動実験での結果と相似すると推測しうる。

イ) 被験者

10名。年齢は、20～30歳である。視覚及び聴覚機能は、ともに正常である。

ロ) 手続き

被験者は、右(左)10度のLEDを凝視している。そのLEDの上1 cmにある赤色LEDの50 msec点灯に応じて、すばやく左(右)10度LEDへ視線を移し、その後右(左)LEDに視線を戻す。左右20度LEDは、視線が右にあれば右20度LEDが、左にあれば左20度LEDが点灯する。また中央LEDは、往一眼球運動中に消え復一眼球運動後に点灯する。これらの点滅は、マイクロコンピュータTRS-80が制御し、眼球運動を検出して行う。復一眼球運動後の中央LEDの点灯のみは、眼球運動検出後100msecである。音は、復一眼球運動検出後提示する。音刺激の提示方法、判断方法は、前述の実験群と同様である。

ハ) 結果 (Table 5)

K・O, N・S, T・M, N・N, T・Fの5名では、眼球運動左—右—左条件(以下, L—Second)での値が、眼球運動右—左—右条件(以下, R—Second)での値より大きい。K・O ($p < 0.05$), N・S ($p < 0.05$), T・M ($p < 0.1$)でその差は有意である。T・F, E・C, J・A, T・T, M・Yの5名では、R—Second条件での値がL—Second条件での値より大きい、その差は有意ではない。Grand Mean 及び修正 Grand Mean とともに、L—Second条件での値がR—Second条件での値より大きい、有意な差は認められない。

反応傾向は、ほぼ2つのグループに分けられる。R—Second条件での値がL—Second条件での値より小さいAグループと、逆にR—Second条件での値がL—Second条件での値より大きいBグループである。

Aグループの結果は、仮説と一致する。たとえば、被験者が右10度LEDを凝視しており

Table 5 中央 LED 消去実験

Subject		Condition		T	
		L-Second	R-Second		
K. O	Mean	127.11	124.40	2.39	p<0.05
	SD	2.67	2.27		
	N	9	10		
N. S	Mean	130.15	127.70	2.14	p<0.05
	SD	2.67	4.01		
	N	20	20		
T. M	Mean	119.10	116.90	2.00	p<0.1
	SD	3.75	3.16		
	N	20	20		
N. N	Mean	125.20	123.70	1.41	NS
	SD	3.38	3.36		
	N	20	20		
T. T	Mean	127.70	126.15	1.13	NS
	SD	3.83	4.82		
	N	20	20		
T. F	Mean	126.65	127.00	-0.22	NS
	SD	5.23	4.91		
	N	20	20		
E. C	Mean	121.40	122.05	-0.30	NS
	SD	7.10	6.39		
	N	20	20		
J. A	Mean	126.50	126.90	-0.44	NS
	SD	3.19	2.55		
	N	20	20		
T. T	Mean	130.95	131.70	-0.48	NS
	SD	4.65	5.14		
	N	19	20		
M. Y	Mean	120.40	123.15	-1.32	NS
	SD	7.89	5.02		
	N	20	20		
Grand Mean					
	Mean	125.38	125.00	0.63	NS
	SD	6.14	5.80		
	N	188	190		
◎Grand Mean					
	Mean	0.21	-0.21	0.89	NS
	SD	4.82	4.40		
	N	188	190		

Mean: 各系列で得られた値の平均 SD: 標準偏差 N: 系列数
 数値は、マイクロコンピュータ TRS-80 の 0 A ポートへの出力 (8 bit) に基づく。

すばやく左10度 LED へ視線を移す場合、中央 LED は消えるので中央 LED の位置を認めることができない。左10度 LED 凝視後、右10度 LED へ視線を戻す。この際、中央 LED は点灯するのでその位置を認めうる。この時 LED の位置を、実際の位置より遠く（この場合は左側）に知覚する為、音の方位判断でも実際に LED が存在する位置より左側で音が中央 LED を

越えて対側へ移動したとの結果が得られたのである。この効果は、眼球運動方向による差を生む。

Bグループでは、逆の結果が得られたが、うち4名で検定のT値が小さい(0.5未満)。このことは差の少なさとともに標準偏差の大きさに依存している。全般的にAグループに比べて標準偏差は大きい。J・Aのみが、Aグループと同程度の標準偏差である。標準偏差は、音像が右から左へ移動する系列(以下、r-l)と左から右へ移動する系列(以下、l-r)の差に依存しているらしい。その差の大きな被験者では標準偏差も増大し、その差の小さな被験者では標準偏差も減少する。

Bグループのうち3名、T・F、E・C、M・Yでは、r-l系列での値からl-r系列での値を引いた値がプラスになっている。これは、r-l系列ではより右に、l-r系列ではより左の音で反応(スイッチ押し)が生起することを表している。つまりr-l系列とl-r系列で互いに重なる部分がないことを意味する。被験者の課題は、中央LEDを基準に系列開始時に提示した音の方位とは対側に音が移動したと感じたらスイッチを押して反応することであった。ゆえにこの反応前数試行では、音はほぼ中央LEDと同じ位置にあるとの判断がなされていると考えられる。内省報告は、これを支持している。この3名の被験者では、中央LEDと同じ位置からくると判断する音がr-l系列とl-r系列では異なる。

他の7名では、r-l系列は互いに重複する部分を持つ。この重なる部分の音が被験者にとっての両系列共通の中央判断領域(中央LEDと同じ位置に音があるとの判断領域)である。

Bグループの被験者T・Tでは、系列間で大きな差があり、両系列が重なる領域が広いことを意味する。この領域総てが両系列共通の中央判断領域ではなく、それぞれの系列の反応の若干前の試行の音のみが中央判断の音であると考えられる。この場合にも、両系列の中央判断領域は重なっていない。

現在のところBグループの被験者でなぜ眼球運動の効果が認められないかは明らかでない。しかし眼球運動の効果が表れるためには、音自体の判断が音の系列によって大きな影響を受けないという条件が充たされなければならない。これは中央近くの音をどれほど視覚場と対応させているかの問題である。つまりAグループの被験者では、一つ一つの音を視覚場と対応させているのに対して、Bグループでは前試行あるいは音の系列に基づいた推論の比重が大きいと思われる。

考 察

以上の実験について、条件がより単純な実験での結果をもとにより複雑な実験へと考察を進めていこう。この実験として適切なものは、実験4・凝視実験である。実験は、凝視の音の方位判断への効果を調査しており、その結果その他の眼球運動を含む実験の考察の基礎となる。また眼球運動前後に存在する凝視期間の効果についての考察を助ける。

凝視実験での凝視の効果は、なにを基礎として成立しているか。音刺激を提示した際の視覚場の効果か音の方位判断の処理を行う際の視覚場の効果か。これについては、81年度実験が一つの解答を与えてくれる。81年度実験で、眼球運動前、中、後に音刺激を提示した条件間では、音の方位判断に差が認められず、眼球運動の方向による差のみが有意であった。これは音刺激を提示した時点の眼球位置は問題でないことを示しており、被験者は音刺激をエコイックメモリーに保持し眼球運動後にその時点での視覚場において処理を行うと考察した。これに従えば、その処理を行う時点の視覚場が意味を持つこととなる。凝視実験では、眼球位置が効果の主要因である

と考えられる。つまり凝視実験の結果は、音の方位判断時点での眼球位置の効果と仮定する。この眼球位置の効果は、凝視点とは対側に正中音を偏らせる。81年度実験から推定して単一眼球運動実験で、音の方位判断の処理が眼球運動後になされたとすると、この時点での視線位置とは対側に正中音を偏らせる。つまり正中音が眼球運動の初発点側に偏ることとなり、実験結果と一致する。ここでは音の方位判断の処理が眼球運動後になされ、その時点での眼球位置が音の方位判断に影響を及ぼすとの仮説が支持された。

上記の仮説を軸に往復一眼球運動実験についての考察を行う。往復一眼球運動実験では二つの逆方向への眼球運動が短い(200~500 msec)停留時間をはさんで遂行される。この短い停留時間のため往一眼球運動後には処理を行わず復一眼球運動後のみ処理を行うとすれば、その時点の眼球位置が効果を持ちこの視線位置とは対側に正中音が偏り眼球運動方向が異なる条件間で差が生じると推測される。しかし結果は、眼球運動方向による差を認めないものであった。これに対して前述の停留時間中に音の方位判断のための処理が可能であるとすれば以下のように考えられる。往一眼球運動中に提示した音刺激は停留時間中に処理されその時点での眼球位置の効果が、また復一眼球運動中に提示した音刺激は復一眼球運動後に処理されその時点での眼球位置の効果が表れると推測されるが実験結果とは一致しない。しかし往一眼球運動中に提示した音刺激の方位判断の結果については以下のような解釈も成り立つ。往一眼球運動後(停留時間中)にも処理を行うが、復一眼球運動後にも処理を行い、それらの処理結果は、その眼球位置ゆえに逆方向の結果を示す。この時間的に近接した逆方向の偏りを示す処理結果は、その時間関係のゆえに互いに相殺しあう。しかしこの相殺しあうメカニズムについては、何ら言及しえない。

以上の仮説で往一眼球運動中に提示した音刺激の方位判断に関して解釈が成り立った。復一眼球運動中に提示した音刺激の方位判断についてはどうか。復一眼球運動後に処理を行いその時点での眼球位置が効果を持つとすれば、その効果が表れるはずである。しかし、実験結果は否定的であった。この場合の音の方位判断は、単に復一眼球運動後の眼球位置の効果のみではない。私は、往一眼球運動と復一眼球運動が別個の効果を持つと仮定する。もし復一眼球運動がそれ自体単一眼球運動の場合と同一の効果を持つとすれば、往一眼球運動がその効果を相殺する効果を判断に与えていると思われる。この効果を生み出すメカニズムは、往一眼球運動中に提示した音刺激の方位判断に対してたてたものと同じではないことは前に述べたとおりである。もしそうならば眼球運動中処理を行わないのであるから、復一眼球運動後の眼球位置の効果のみを示すこととなる。

これまでの論議は、音の方位判断の偏りは常に安定した視野に対する不安定な音の方位判断を前提としてきたが、逆に視覚系の安定性を問題にしてみる。本実験群で、被験者は判断基準のLED(中央緑色LED)を常に周辺視にしておかねばならなかった。中央LEDを周辺視野におくことは、誤った位置の知覚を起すかもしれない。この知覚は中央LEDを判断基準とする音の方位判断に影響を及ぼす。つまり音の方位判断に対する眼球運動の効果として表れているのは、判断基準である中央LEDの位置の錯視によるのではないか。だとすれば凝視実験では、凝視LEDに対して中央LEDをより遠くに知覚することとなる。また単一眼球運動実験の結果から推測すれば、中央LEDを初発点側に偏って知覚する。これは、眼球運動後音の方位判断の処理を行う時点での眼球位置の効果である。往復一眼球運動実験で、眼球運動中に音刺激を提示する時、単純に推測すれば音の方位判断の処理を行う時点の眼球位置の効果により中央LEDを視線とは対側にかたよって知覚する。その結果、音の方位判断も凝視点とは対側に偏ると考え

られるが、実験の結果とは一致しない。

しかし判断を行う視覚場は上記したような静的なものというより、運動を含めたものである。被験者が判断に使用するのは、眼球運動によって変っていく時間的に近接した視野の総体であり、Gibson (1950) によれば“視界”(Visual World) とよばれる。それぞれの視野で存在する中央 LED の位置の錯視が視野の統合——視界——で、相殺される。

単一眼球運動では、中央 LED をより初発点側に偏って知覚する。往復一眼球運動では、この効果は、以下のようにして相殺しあう。たとえば眼球運動右—左—右の時、往一眼球運動後で中央 LED をより右に、復一眼球運動後でより左とする効果がある。この効果は互いに相反するものであり視界がそれぞれの視野をもとに合成されるとすれば、効果は相殺しあい音の方位判断の判断基準たる中央 LED をほぼ正しい位置にあると知覚する。この仮説を検討するため実験7をおこなった。この実験では、往一眼球運動中に中央 LED が消え復一眼球運動後に再点灯する。往一眼球運動後は中央 LED が消えているため、中央 LED を初発点側にあるとする効果は存在しない。復一眼球運動後は、中央 LED が点灯しており復一眼球運動の初発点側（往一眼球運動の目的地側）にあるとの効果は存在する。このように復一眼球運動後の眼球位置の効果のみが表れることとなる。結果は、一義的ではないが上記の仮説を支持するものである。以上の結果は、音の方位判断が視野を使用しうる条件では、処理を行う際の視界を利用し、この視界の構造的性が音の方位判断にたいして効果を持つことを示している。だが実験7では往一眼球運動中に音刺激を提示する条件は設定されなかったため、この音刺激の方位判断がどのようになされるのかとの疑問がのこる。さきに往一眼球運動中に提示した音刺激は往一眼球運動後にも復一眼球運動後にも処理され、それぞれ眼球位置の効果が相殺しあうと解釈した。この効果が中央 LED の位置の知覚に基づくなら実験7から明らかなように、復一眼球運動後の処理の際中央 LED の位置を正しく知覚する。だとすれば往一眼球運動後の処理では偏りが生じ、復一眼球運動後の処理では偏りがないので往一眼球運動の効果のみが表れることとなる。しかし結果は、否定的である。往一眼球運動中に提示した音刺激も復一眼球運動後に音の方位判断の処理を視界を利用して行うと考えられる。

結 論

これらの結果から音の方位判断は視覚系といかにかかわると推定しうるか。私は、音の方位判断は視覚場において行われ、その視覚場との対応の際に視覚系からの影響を被ると推測してきた。本実験群のなかでも確認されたが、音の方位判断は眼球運動中にはなされず眼球運動後に処理を行う。これは、眼球運動中は Saccade Suppression により音の方位判断がなしうほどの安定した視覚場がないことによる。本実験群から、この視覚場の持つ特性が明らかとなった。凝視実験および単一眼球運動実験では、単純に音の処理の際の視野と一致した。しかし往復一眼球運動での処理の際の視覚場は、眼球運動により変化してゆく時間的に近接した視野の総体である視界である。視界自体、その構成要素たる視野の持つ性質を含んでいる。そしてこの視覚場の持つ構造的性が音の方位判断に効果を持つ。これに対して、音の弁別性は視覚場の構造的性によって変化しない。音の方位判断への視覚系の効果とよばれるものは、音刺激の処理自体の変化ではなく、判断時に使用する視覚場の構造的性にその基礎を置く。

他の研究者の報告も、多くが上記したモデルによって解釈が可能である。Warren (1971) の言う視覚的構造が音の方位判断をより正確にするとのデータも、判断が視界に基づいてなされ

るとすれば当然である。また Bermant ら (1976), Platt ら (1971) のデータについても理解可能である。Platt ら (1976) のデータは、音刺激提示後の音源への眼球運動が音の方位判断の正確さを増すとしている。Bermant ら (1976) は、音刺激と同時提示の光刺激への眼球運動はその方向や最終位置とは無関係に、音の方位判断を正確にすると報告している。音の処理に利用される視界は、眼球運動前の視野と眼球運動後の視野を基につくられるので、Platt ら (1971) の実験の場合、眼球運動後の視野は音源に近いゆえにその領域の視界は正確であり音の方位判断の正確さも増す。Bermant ら (1976) の実験では、眼球運動前の凝視点と眼球運動後の凝視点の間の空間は正確に知覚され、また、これ以外の視空間においても一点凝視の条件に比べれば、より正確な知覚が生じる。

本論文は、複数の感覚器官からの情報がどのように比較検討あるいは統合され知覚体験、認知にいたるのかを主題としてきた。本実験事態では、各感覚器官からの情報の分析は他の感覚の状態によっては変化せず感覚情報の分析結果の比較の際に偏りが生じることを示唆している。この感覚情報の比較・統合様式及びその時間的機序は各感覚モダリティーの特性に応じて変化すると考えられ、各感覚モダリティーでの知覚の成立をその基礎としている。ただこれらの感覚器官からの情報の統合に際して、どのようなメカニズムで光刺激の音の方位判断への効果等が生じるかについては未だ疑問がのこる。

本論文は、感覚統合の問題の一端に触れたにとどまり、この統合過程においては文脈、意味等も判断に深く関わっている。これらについては情報処理理論が意味を持つかもしれない。

注

- 1) 音の方位判断にさいして、水平方向の知覚では、左右の耳に到来する音の強度差、到着時間の差、位相差が重要なことはよく知られている。この要素のうちどれかを変化させることによって音像が変動する (Blendiuk and Butler (1978))。本実験群では、被験者の左右45度に1 m離れたスピーカからの音の強度の変化により左右の耳に到達する音の強度差を変えた。これにより音像はスピーカ間の空間を移動する。
- 2) 眼窩内での眼球の回転に基づく。
- 3) 被験者ごとに得られる値に差があるため、この差を修正する目的で行われた。例えばS1という被験者は、118付近の値を示すのに対して、被験者S2で128付近の値を示すとする。これらの値を単純に条件ごとに検定にかけると、被験者間の差が大きな標準偏差を生み、条件間の差が表れにくくなる。各被験者ですべての条件を含めた平均をだし、各値をその平均からの差に変換する。この値に基づいて、行われたのが◎ Grand Mean 項での検定である。
- 4) 中央LEDと同じ位置に音像があると被験者が判断する音である。ただしこの音は、統計的に算出したものである。実際には、各系列の反応試行での音像位置を表す値の平均をとり、その値に基づく音が理論的な正中音である。

引用文献

- 1) Bekesy, G. v. (1954). Sensory Inhibition.
- 2) Beleudiuk, K. and Butler, R. A.(1978). Directional hearing under progressive impoverishment of binaural cues. Sensory Prosesses. 2, 58—70.
- 3) Bermant, R. I. and Welch, R. B.(1976). Effect of degree of separation of visual-auditory stimulus and eye position upon spatial interaction of vision and audition. Perception and Moter Skills. 43, 487—493.

- 4) Butler, R. A., Levy, E. T. and Neff, W. D.(1980). Apparent distance of sound recorded in echoic-anechoic chambers. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 6 (4), 745—750.
- 5) Canon, L. K.(1970). Intermodality of input and directed attention as determinants of the nature of adaptation. *Journal of Experimental Psychology*. 84, 141—147.
- 6) Canon, L. K.(1971). Directed attention and maladaptive “adaptation” to displacement of the visual field. *Journal of Experimental Psychology*. 88, 403—408.
- 7) Choe, C. S., Welch, R. B., Gilford, R. M. and Juola, J. F.(1975). The “ventriloquist effect” visual dominance or response bias? *Perception and Psychophysics*. 18, 55—60.
- 8) Gibson, J. J.(1950). *The Perception of the Visual World*.
- 9) Goldstein, K. and Rosenthal-Veit, O. (1926). Der akustische Lokalisation und deren Beeinflussbarkeit durch anders Sinnesreize. *Psychologische Forschung*. 8, 318—335.
- 10) Harrison, J. M. and Irving, R.(1966). Visual and nonauditory systems in mammals. *Science*.
- 11) Jackson, C. V.(1953). Visual factors in auditory localization. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 5, 52—65.
- 12) 松本敏治. (1980). 感覚間相互作用. 北海道大学教育学部卒業論文.
- 13) 丸山欣哉. (1980). 感覚間相互作用. 講座心理学3. 感覚. 第8章.
- 14) Pick, H. L., Warren, D. H. and Hay, J. C.(1967). Sensory conflict in judgements of spatial direction. *Perception and Psychophysics*. 6. 203—205.
- 15) Platt, B. B. and Warren, D. H.(1972). Auditory localization: The influence of eye movements and a textured visual environment. *Perception and Psychophysics*. 12, 245—248.
- 16) Ryan, T. A.(1940). Interrelation of the sensory systems in perception. *Psychological Bulletin*. 37, 659—698.
- 17) Ryan, T. A. and Schehr, R.(1941). The influence of eye movement and position on auditory localization. *American Journal of Psychology*. 54, 243—252.
- 18) Warren, D. H.(1970). Intermodality interaction in spatial localization. *Cognitive Psychology*. 1, 114—133.
- 19) Whitting, D. A., Hepp-Reymond, M. C. and Flood, W.(1981). Eye and head movements to auditory targets. *Experimental Brain Research*. 41, 358—363.
- 20) Zahn, J. R., Abel, L. A., Dell’Osso, L. F.(1978). Audio-ocular response characteristics. *Sensory Processes*. 2. 32—37.
- 21) Zahn, J. R., Abel, L. A., Dell’Osso, L. F. and Daroff, R. B.(1979). The audio-ocular response: intersensory delay. *Sensory Processes*. 3, 60—65.