

人間の視聴覚情報処理の時間特性

呉 景龍* ・ 水原 啓暁** ・ 西川 一***

*機械工学科

**理工学研究科 機械工学専攻

***大阪工業大学 情報科学部

我々の従来研究では、人間の視聴覚相互関連特性を明らかにするために、視覚情報として視覚探索を聴覚情報として暗算問題を用いた計算課題を一斉に呈示した場合にこれらの情報処理特性を測定した結果、聴覚情報が視覚情報処理に影響を及ぼしていることが明らかにされている。

そこで本論文では視覚刺激と聴覚刺激の両刺激とも、暗算問題を用いた計算課題としたときの視聴覚間の相互情報処理特性を測定することで、視覚刺激として視覚探索課題を用いたときの実験結果との比較検討を行った。その結果、聴覚情報が視覚情報処理に影響を及ぼしているという同一結果を得た。さらに、視覚情報が聴覚情報処理に影響を及ぼしていることも分かった。

Key Words : *Speech Perception, Human Visual System, Human Auditory System, Traffic Accidents*

1. はじめに

近年、携帯電話の使用による交通事故が急増している。Redelmeier らの調査研究¹⁾では、携帯電話使用中に事故を起こした 699 人について、事故当日と過去 1 年間の電話請求書をもとに分析を行った。その結果、携帯電話使用による衝突の危険性は使用しないときの 4 倍に高まることが分かった。また、電話機がハンズフリーであるかないかで安全上の差異は認められなかったとしている。Redelmeier らの研究結果は聴覚情報が視覚情報へ影響を及ぼすことを示唆している。

しかし、これを認知科学的視点から証明することは困難である。Duncan らの研究²⁾では、視覚刺激と聴覚刺激を同時に被験者に呈示したとき、被験者に呈示刺激の反唱を要求し、その正答率を測定した。その結果、異なる 2 種類の視覚刺激、及び聴覚刺激同士を同時に呈示した場合の正答率は、それぞれ共に低下したにも関わらず、視覚と聴覚の刺激を同時に呈示した場合の、正答率の低下は認められなかったとしている。

一方、我々の行った先行研究³⁾によれば、視覚

と触覚においては相互に関係があることが明らかにされている。そこで、我々は視聴覚間にも視触覚と同様に、相互に関連があるのではないかと考え、視聴覚間の相互関連特性を測定した^{4),5)}。その結果、暗算問題の計算課題を音声刺激として呈示することにより、人間の視覚探索^{6)~8)}に要する時間は増大することが分かった。そこで本論文では、聴覚刺激と同様に視覚刺激にも暗算問題の計算課題を用いることで異感覚器から得られた同種情報をどのように処理しているのかを測定する。本実験では、視覚刺激と聴覚刺激をそれぞれ単独で呈示する実験と両刺激を同時に呈示する実験を行う。

2. 実験装置

実験装置の概略は Fig. 1 に示されている。全ての実験は暗室内で行い、聴覚実験刺激はサウンドボード(Sound Blaster Edutainment 16)を用いてパーソナルコンピュータ(NEC PC-9821)により作成され、ヘッドホン(VICTOR HP-S35)を通して

被験者に呈示した．また，視覚実験用刺激はパーソナルコンピュータにより CRT(NEC-D151)に呈示した．被験者はこれらの視覚刺激及び聴覚刺激に対して反応キーを用いて回答を行った．本実験では，これらの刺激に対する被験者の反応が発生するのに要した時間を測定した．

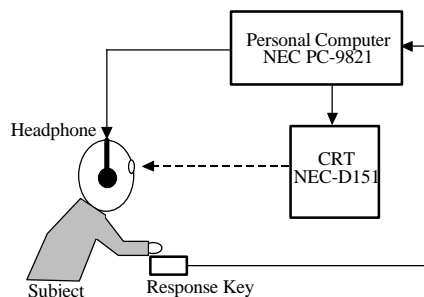


Fig. 1 Schematic diagram of experimental system

なお，全ての実験に対して，以下に示す3人の被験者について測定を行った．

Table 1 Subject conditions

Subject	Age	Sex	Visual Acuity	Dominant Eye
H.M	22	Male	R:1.2, L:1.2	Right
K.K	22	Male	R:1.0, L:1.0	Right
T.M	23	Male	R:1.2, L:0.5	Right

R: Right Eye; L: Left Eye

3. 聴覚反応時間の測定と定量解析

(1) 実験方法

聴覚実験課題としては，加算に関する暗算問題に対する答えの正否について回答を要求するものを用いた．例えば，“1足す1は3”という刺激を被験者に呈示した場合，被験者にはその正否の判断が分かり次第反応キーを用いて回答するように要求した．測定は Fig. 2 に示すように聴覚刺激呈示後から被験者がその正否を回答するまでの時間について行った．この測定時間を聴覚反応時間とする．

(2) 聴覚刺激の定量化

本実験で用いた聴覚刺激は，以下の式により表されるものを用いた．

$$A + B = , > \text{ or } < C \quad (1)$$

$$A = a_2 10^2 + a_1 10^1 + a_0 10^0 \quad (2)$$

$$B = b_2 10^2 + b_1 10^1 + b_0 10^0 \quad (3)$$

$$C = c_2 10^2 + c_1 10^1 + c_0 10^0 \quad (4)$$

(2)～(3)式における $a_2 \sim a_0$, $b_2 \sim b_0$ 及び $c_2 \sim c_0$ は，0～9 で与えられる変数である．ただし，(1)式において“2桁+3桁”及び“3桁+3桁”となる暗算問題は，被験者による回答が困難であるため本実験では用いなかった．

さらに，これらの暗算問題には1桁目に関する繰り上がり，つまり a_0 , b_0 に関する繰り上がりと2桁目に関する繰り上がり，つまり a_1 , b_1 に関する繰り上がりが存在する．これらの繰り上がりは以下の(5)，(6)式で表される．

$$a_0 10^0 + b_0 10^0 = c'_1 10^1 + c_0 10^0 \quad (5)$$

$$a_1 10^1 + b_1 10^1 = c_2 10^2 + c_1 10^1 \quad (6)$$

ただし(5)式における c'_1 は a_0 , b_0 の加算が桁上がりすることによって生じる値であり，この c'_1 が生じることで(4)式に示す c_1 は以下の式により決定される．

$$c'_1 10^1 + a_1 \text{ or } b_1 10^1 = c_1 10^1 \quad (7)$$

これらの(1)～(7)式を用いて本実験の聴覚刺激を分類すると Table 2 のようになる．Table 2 に示されている No.1～5 は(1)式に示した A 及び B で示した桁数が変化することにより聴覚刺激を分類したものである．なお，この時の No.4 と No.5 は(6)式により示される2桁目に関する繰り上がりにより分類されている．また，Table 2 に示した(a)は(5)式で示される1桁目に関する繰り上がりが存在しない場合で，(b)はこれが存在する場合の実験用刺激である．

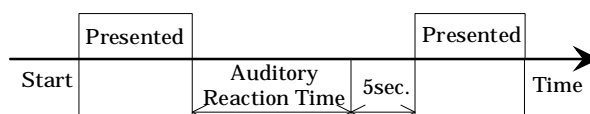


Fig. 2 The time chart of the auditory experiments

(3) 結果及び考察

聴覚実験の測定結果を Fig. 3 に示す．Fig. 3 に示した横軸は Table 2 に示した聴覚刺激の種類であり，また縦軸は聴覚反応時間である．この時，Fig. 3 に示した各点は聴覚反応時間の平均値であり，30回の測定結果をもとに導いたものである．Fig. 3 によれば，全ての被験者において同一桁数の刺激，つまり同じ聴覚刺激の種類内であっても，聴覚刺激 No.1 以外では(a)と(b)の間には，聴覚反応時間に違

Table 2 Kinds of auditory stimuli

Kinds of Auditory Stimuli		Auditory Stimuli	
No.		A+B	C
1	(a)	$\{a_0 + b_0\}10^0$	c_010^0
	(b)	$\{a_0 + b_0\}10^0$	$c_110^1 + c_010^0$
2	(a)	$\{a_1 \text{ or } b_1\}10^1 + \{a_0 + b_0\}10^0$	$c_110^1 + c_010^0$
	(b)	$\{a_1 \text{ or } b_1\}10^1 + \{a_0 + b_0\}10^0$	$c_110^1 + c_010^0, c_1 = c_1' + \{a_1 \text{ or } b_1\}$
3	(a)	$\{a_2 \text{ or } b_2\}10^2 + \{a_1 \text{ or } b_1\}10^1 + \{a_0 + b_0\}10^0$	$c_210^2 + c_110^1 + c_010^0$
	(b)	$\{a_2 \text{ or } b_2\}10^2 + \{a_1 \text{ or } b_1\}10^1 + \{a_0 + b_0\}10^0$	$c_210^2 + c_110^1 + c_010^0, c_1 = c_1' + \{a_1 \text{ or } b_1\}$
4	(a)	$\{a_1 + b_1\}10^1 + \{a_0 + b_0\}10^0$	$c_110^1 + c_010^0$
	(b)	$\{a_1 + b_1\}10^1 + \{a_0 + b_0\}10^0$	$c_110^1 + c_010^0, c_1 = c_1' + \{a_1 \text{ or } b_1\}$
5	(a)	$\{a_1 + b_1\}10^1 + \{a_0 + b_0\}10^0$	$c_210^2 + c_110^1 + c_010^0$
	(b)	$\{a_1 + b_1\}10^1 + \{a_0 + b_0\}10^0$	$c_210^2 + c_110^1 + c_010^0, c_1 = c_1' + \{a_1 \text{ or } b_1\}$

いが生じている．また，聴覚刺激 No.1 と聴覚刺激 No.2(a)については加算桁数の変化による反応時間の変化は見られないが，それ以降の聴覚刺激の種類については，加算桁数が増加することにより反応時間も上昇している．このとき聴覚刺激 No.4 と聴覚刺激 No.5 は(6)式による繰り上がりにより区別されるものであるから，この繰り上がりによる聴覚反応時間への影響もあることが分かる．

間と暗算問題の難しさ(Difficulty of Auditory Stimuli)との間に定量関係を求めるために，聴覚刺激の難易度関数 $DAS(n_2, n_1, n_0, l, m)$ を以下のように定義する．

$$DAS(n_{a2}, n_{a1}, n_{a0}, n_{b2}, n_{b1}, n_{b0}, l, m) = \{(an_{a2} + bn_{a1} + gn_{a0}) + (an_{b2} + bn_{b1} + gn_{b0})\} \times (x \cdot m + 1) + z \cdot l \quad (8)$$

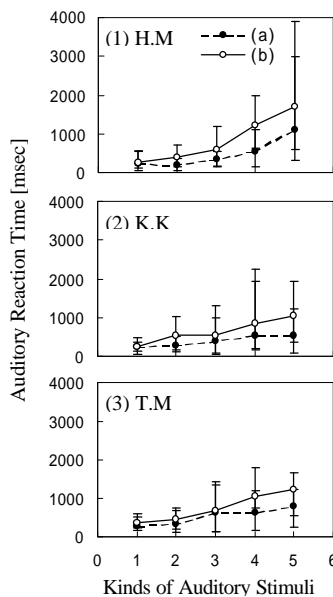


Fig. 3 Auditory reaction time as a function of the kinds of auditory stimuli (1)for subject H.M, (2)K.K and (3)T.M. Advance as first figure (a)do not exist or (b)exist.

以上のことから，聴覚反応時間に変化を与える要因として桁数の変化と繰り上がりの有無が考えられる．さらに，Fig. 3 に示した測定結果は加算桁数の上昇に比例していない．また，繰り上がりの有無に関しても，加算桁数の上昇に伴い聴覚反応時間の差が大きくなっている．したがって，これらの各要因が聴覚反応時間に与える影響は等しい重みではない．そこで Fig. 3 に示す聴覚反応時

(8)式において， $n_{a2} \sim n_{a0}$ 及び $n_{b2} \sim n_{b0}$ は(2),(3)式における $a_2 \sim a_0$ 及び $b_2 \sim b_0$ が存在するとき 0，存在しないとき 1 をとる変数とした．なお， a ， b ， g ， z 及び x はこれらの各係数であり，以下の手順により測定結果から求める．

(8)式に示す DAS 関数を用いて，本実験で用いた聴覚刺激を表現すると Table 3 のようになる．

Table 3 DAS as a function of kinds of auditory stimuli

Kinds of Auditory Stimuli (No.)		Function of DAS
1	(a)	$(+)(+1)$
	(b)	$+$
2	(a)	$(+)(+1)$
	(b)	$+$
3	(a)	$(+)(+1)$
	(b)	$+$
4	(a)	$(+)(+1)$
	(b)	$+$
5	(a)	$(+)(+1)+$
	(b)	$++$

Fig. 3 に示した各被験者の聴覚反応時間の測定結果を，以下の式により対数をとったものを LOG として表すと，各被験者の LOG は Table 4 のようになる．ただし，No.1(a),(b)及び No.2(a)については，Fig. 3 に示すように聴覚反応時間の差が見られないので，聴覚刺激の難易度を全て同一直線上で表現できるようにするために，これらの DAS 値は全て No.2(a)の DAS 関数で表されるものとして

各係数の決定に用いた．

$$LOG = \log[\text{auditory reaction time}(\text{msec})] \quad (9)$$

Table 4 The value of auditory reaction time with logarithm

Kinds of Auditory Stimuli (No.)		The Value of LOG		
		H.M	K.K	T.M
2	(a)	2.35	2.42	2.53
	(b)	2.61	2.74	2.66
3	(a)	2.53	2.59	2.80
	(b)	2.78	2.73	2.84
4	(a)	3.73	2.72	2.80
	(b)	3.08	2.93	3.02
5	(a)	3.04	2.73	2.91
	(b)	3.23	3.02	3.09

さらに，Table 4 の LOG 値の各々の被験者における最大値を 1 とすることで各刺激を難易度の重みとして表現したものを Fig. 4 に示す．なお，Fig.4 に示す実線は(5)式で示される繰り上がりがある場合，つまり DAS 関数の $m=0$ の場合の最小自乗法による回帰直線である．また，破線は(6)式で表される繰り上がりがない場合，つまり DAS 関数の $m=1$ の場合の回帰直線である．これらの回帰直線上の値は Table 5 のようになる．

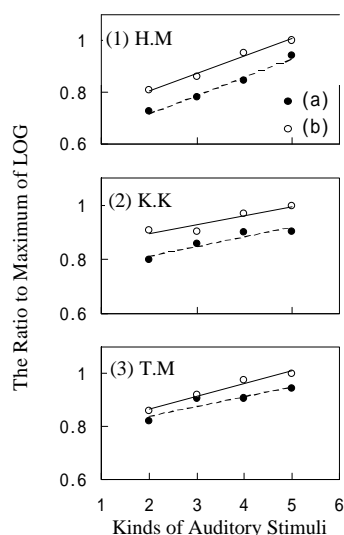


Fig.4 The ratio of the value of auditory reaction time with logarithm

Table 5 The value of an approximate line

Functions of DAS	The Value of Approximate Line					
	H.M		K.K		T.M	
$y = a + bx + c$	0.72	0.81	0.81	0.89	0.77	0.87
$y = a + bx + cx^2$	0.79	0.87	0.85	0.93	0.81	0.92
$y = a + bx + cx^3$	0.86	0.94	0.88	0.96	0.85	0.96
$y = a + bx + cx^4$	0.93	1.01	0.92	1.00	0.88	1.01

Table 5 により a , b , g 及び z を各々の被験者について求めたものを全被験者間で平均すると $a = 5.37$, $b = 4.50$, $g = 2.72$ 及び $z = 1.00$ となり，これらを各係数の値として決定した．また，(5)式で示される繰り上がりの有無に関する変数 l の係数 x は，Table 5 に示した $m=1$ と $m=0$ のときの回帰値の差を求め，これらの全被験者間の平均値を求めることにより $x = -0.19$ と決定した．

これらの値により，本実験に用いた聴覚刺激を DAS 値で表すと Table 6 のようになる．この DAS 値を用いて聴覚反応時間の測定結果を Fig. 5 に示す．Fig. 5 において，実線は聴覚反応時間の測定値と DAS 値を用いて最小自乗法により求めた回帰直線である．また，測定結果の平均値の上下に延びた縦線は測定した聴覚反応時間の最大値と最小値を示したものである．

Table 6 The value of DAS of the auditory stimuli

Kinds of Auditory Stimuli (No.)	The Value of DAS	
1	(a)	5.85
	(b)	5.85
2	(a)	5.85
	(b)	7.22
3	(a)	6.55
	(b)	8.09
4	(a)	7.29
	(b)	9.00
5	(a)	8.29
	(b)	10.0

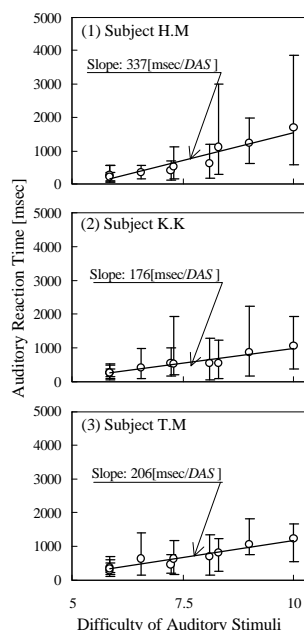


Fig. 5 Auditory reaction time as a function of the difficulty of the auditory stimuli (DAS)

4. 視覚反応時間の測定

(1) 実験方法

視覚課題としては、聴覚実験に用いた暗算問題と同様の暗算問題を視覚情報として呈示した場合に、その判断に要した時間を測定する課題を行った。この時、視覚刺激として呈示する暗算問題の難易度は聴覚実験により求めた暗算問題の難易度値 $DAS = 5.85, 7.29, 9.00$ 及び 10.0 のものを用いた。すなわち、ここでは聴覚暗算問題の難しさ (Difficulty of Auditory Stimuli) が、視覚暗算問題の難しさ (Difficulty of Visual Stimuli) と一致すること ($DAS = DVS$) を考えている。

本実験では Fig. 6 に示すような視覚刺激を被験者に呈示した。視覚刺激はフレームサイズ $10^\circ \times 10^\circ$ の中央に呈示される。また、視覚刺激の一文のサイズは $1^\circ \times 0.5^\circ$ とした。本実験で行った暗算問題のタイムチャートを Fig. 7 に示す。被験者は、聴覚実験と同様に暗算問題の正否の判断ができ次第反応キーを用いて回答を行うようになっている。この時の視覚刺激呈示直後から反応があるまでの時間を測定した。

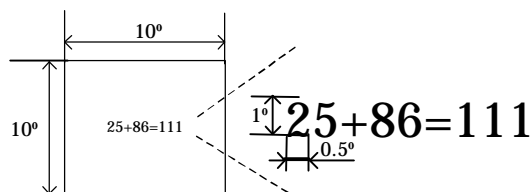


Fig. 6 Example of visual stimuli

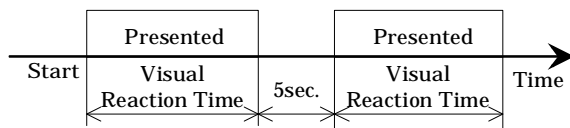


Fig. 7 The time chart of visual experiment

(2) 結果及び考察

視覚実験の測定結果を Fig. 8 にしめす。Fig. 8 に示した横軸は、視覚暗算問題の難易度つまり DVS 値で示してあり、また縦軸は視覚反応時間である。この時、Fig. 8 に示す各点は視覚反応時間の 80 回の測定結果の平均値である。なお、Fig. 8 に示した実線は最小自乗法により求めた回帰直線である。

全ての被験者において、横軸を聴覚実験により

求めた DAS 値とした場合、その視覚反応時間の平均値は回帰直線上にあることが分かった。つまり、聴覚実験により求めた暗算問題の難易度値は、視覚実験にも適応されることになる。

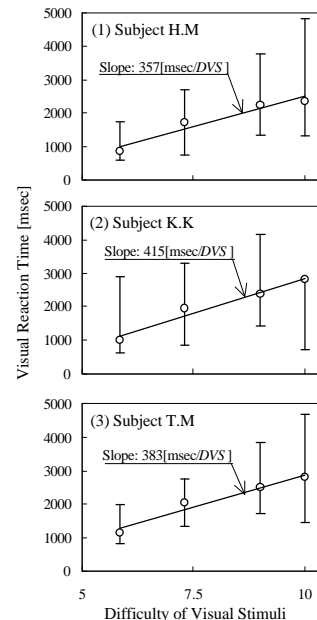


Fig. 8 Visual reaction time as a function of the difficulty of the visual stimuli (DVS) (1)for subject H.M, (2)K.K and (3)T.M.

しかし、視覚反応時間の平均値は聴覚反応時間の平均値に比べて $650 \sim 1700$ [msec] 遅れることが分かる。また、これらの視覚反応時間の回帰直線の傾きは被験者 H.M の聴覚実験では $337[\text{msec}/DAS]$ であったのに対して視覚実験では $357[\text{msec}/DVS]$ と上昇している。同様に、被験者 K.K 及び被験者 T.M についても視覚反応時間の回帰直線の傾きの方が、聴覚反応時間の回帰直線の傾きよりも大きいことが分かる。

これらの現象は、視覚実験において視覚刺激として呈示された文字を知覚するのに要する時間が影響しているためではないかと考えられる。つまり、聴覚実験の場合は被験者に対して暗算問題を読み上げて呈示し、その呈示終了後から反応があるまでの時間を聴覚反応時間としているのに対して、視覚実験の場合は視覚刺激を知覚する時間も視覚反応時間に含まれているということである。また、視覚反応時間の回帰直線の傾きが、聴覚反応時間の回帰直線の傾きに比べて増大しているのは、聴覚実験では刺激呈示途中から既に被験者は暗算問題に対する回答を考え始めることができるため、暗算問題に対する計算時間の一部が聴覚反

応時間から除外されてしまうのに対して、視覚実験では暗算問題に対する計算時間が全て視覚反応時間に含まれているためであると考えられる。聴覚実験において反応時間から除外される暗算問題に対する計算時間が常に一定であれば、視覚反応時間と聴覚反応時間の回帰直線は同値となるはずであるが、聴覚暗算問題の DAS 値が上昇するに伴って暗算の桁数が増加するため刺激の読み上げ時間は上昇して、聴覚反応時間から除外される時間が増大する。したがって、聴覚反応時間の傾きが視覚反応時間の傾きよりも小さくなると考えられる。

5. 視聴覚間相互情報処理時間の検討

(1) 実験方法

視聴覚実験における視覚刺激は 4 (1) 節で用いた DVS 値が 5.85, 7.29, 9.00 及び 10.0 の暗算問題を呈示した。また、聴覚刺激は 3 (1) 節で用いた暗算問題のうち DAS 値が 5.85, 9.00 及び 10.0 のも

のをを用いた。視聴覚実験では Fig. 9 に示すように、視覚刺激は聴覚刺激の呈示終了直後に呈示される。被験者は視覚と聴覚の両方の刺激に対して判断でき次第、反応キーを用いてそれぞれ回答するように要求されている。

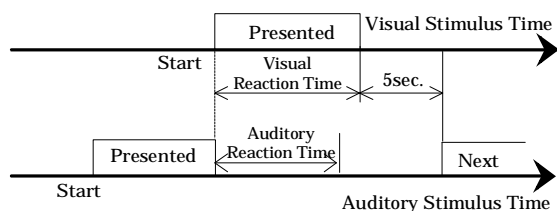


Fig. 9 The time chart of visual and auditory experiment

(2) 結果及び考察

被験者 H.M に対する視聴覚実験の結果を Fig. 10 に示す。Fig. 10 に示す横軸は聴覚刺激の DAS 値、縦軸は視覚刺激及び聴覚刺激に対する反応時間である。また、Fig. 10 に示す各点は視覚反応時間と聴覚反応時間のそれぞれの平均値であり、ともに 36 回の測定結果から求めたものである。Fig. 10 に示されているように、視覚反応時間（実線）は全ての実験において聴覚反応時間（破線）よりも、判断に要した時間が長いことが分かった。被験者 K.K 及び被験者 T.M に関しても、Fig. 10 と同様

の傾向が見られる。これは聴覚刺激として暗算問題を、視覚刺激として視覚探索課題^{6)~8)}を用いた時の実験結果^{4),5)}と一致する。この結果は聴覚刺激が先に呈示されることによって、聴覚情報が視覚情報より先に処理されるということを示している。

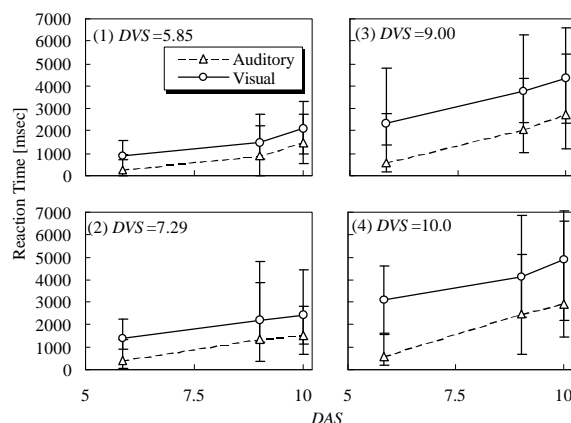


Fig. 10 Reaction time as a function of DAS for subject H.M. DVS was (1)5.85, (2)7.29, (3)9.00 or (4)10.0.

また、視聴覚実験結果の視覚反応時間を聴覚反応時間からの差として表すと Fig. 11 のようになる。Fig. 11 の横軸は聴覚刺激の DAS 値 (a) と、視覚刺激の DVS 値 (b) についてそれぞれ示してある。また、縦軸は視覚反応時間からの聴覚反応時間の減算として示してある。Fig. 11 に示すように、聴覚反応があってから視覚反応があるまでの時間は聴覚刺激の DAS 値、つまり聴覚刺激の難しさによりあまり変化しないが、視覚刺激の DVS 値の増加に伴って上昇することが分かった。

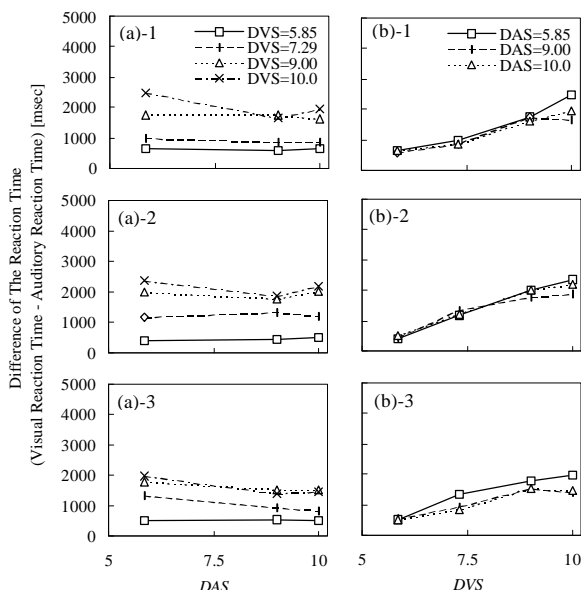


Fig. 11 Difference of the reaction time between the visual and the auditory tasks as a function of the (a)DAS or (b)DVS for subject (1)H.M, (2)K.K and (3)T.M

視聴覚実験の視覚反応時間と聴覚反応時間のそれぞれを、視覚実験における視覚反応時間と聴覚実験における聴覚反応時間の比として Fig. 12 及び Fig. 13 に示す。Fig. 12 及び Fig. 13 の横軸は、Fig. 11 と同様に聴覚刺激の DAS 値 (a) と、視覚刺激の DVS 値 (b) についてそれぞれ示してある。Fig. 12 に示すように個人差はあるものの、聴覚刺激として暗算問題を、視覚刺激として視覚探索課題^{6)~8)}を用いた時の実験結果^{4),5)}と同様に、全ての被験者において聴覚刺激の DAS 値の上昇に伴って視覚反応時間の上昇率は増加する。しかしこの視覚反応時間の上昇率は、視覚刺激の DVS 値の上昇に伴いあまり増加しなかった。また、Fig. 13 に示すように聴覚反応時間の上昇率は聴覚刺激の DAS 値の上昇に伴って減少する傾向にある。さらに、視覚刺激の DVS 値の上昇に伴っては増加する傾向が見られることが分かった。

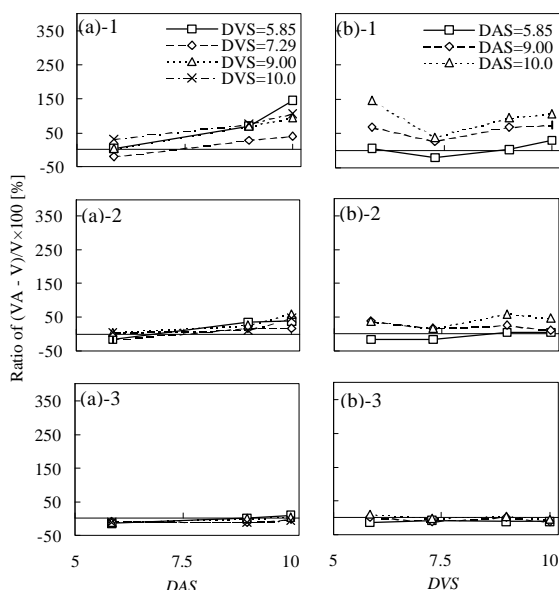


Fig. 12 The ratio of alteration of the visual reaction time of the Visual and Auditory concurrent to the visual reaction time of the Visual only experiment as a function of the (a)DAS or (b)DVS for subject (1)H.M, (2)K.K and (3)T.M

6. おわりに

近年、携帯電話の使用による交通事故が急増している。我々は聴覚情報が視覚情報に影響を及ぼすことがこのような自動車事故の原因であるので

はないかと考え、視覚情報として視覚探索を、聴覚情報として暗算問題を用いた計算課題を一齐に呈示した場合にこれらの情報処理特性を測定した結果、聴覚情報が視覚情報処理に影響を及ぼしていることが明らかにされている^{4),5)}。

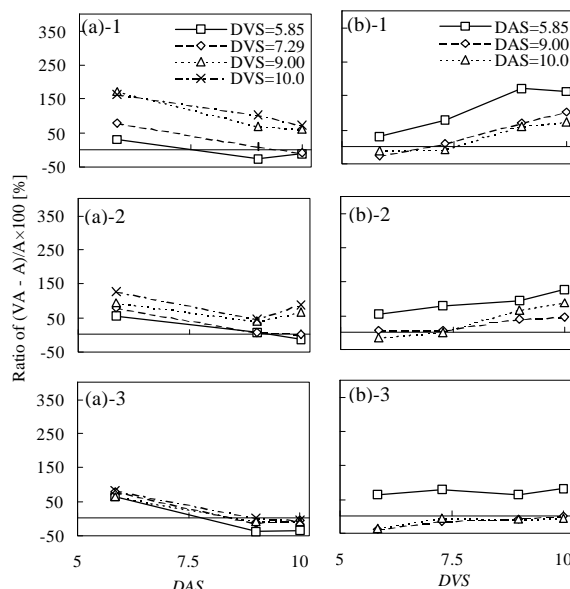


Fig. 13 The ratio of alteration of the auditory reaction time of the Visual and Auditory concurrent to the auditory reaction time of the Auditory only experiment as a function of the (a)DAS or (b)DVS for subject (1)H.M, (2)K.K and (3)T.M

そこで本論文では視覚刺激と聴覚刺激の両刺激とも、暗算問題を用いた計算課題としたときの視聴覚間の相互情報処理特性を測定することで、視覚刺激として視覚探索課題を用いた時の実験結果との比較検討を行った。その結果、聴覚刺激が先に呈示されることによって、聴覚情報が視覚情報より先に処理されることが証明された。また、聴覚情報が呈示されることによる視覚反応時間への影響は、聴覚情報の難しさが上昇するに伴い、増加していくという同一結果を得た。さらに、本実験によりこの視覚反応時間への影響は視覚情報の難しさの変化に依存しないことも明らかになった。視覚刺激と聴覚刺激を一齐に呈示することによる聴覚反応時間への影響は聴覚情報の難しさの上昇に伴って減少し、視覚情報の難しさの上昇に伴って増加することが明らかになった。

これらの実験結果に基づいて、今後人間の視聴覚情報処理メカニズムの検討を行う予定である。

参考文献

- 1) D.Redelmeier and J.Tibshirani: Association

- between Cellular-Telephone Calls and Motor Vehicle Collisions; *The New England Journal of Medicine*, Vol.336, No.7, pp.453-458 (1997)
- 2) J.Duncan, S.Martens and R.Ward: Restricted Attentional Capacity within bat not between Sensory Modalities; *Nature*, Vol.387, No.19, pp.808-810 (1997)
 - 3) Jing-Long Wu, S.Morita and S.Kawamura: Human Sensory Fusion on Visual and Tactile Sensing for Virtual Reality; *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Vol.2, pp.2365-2370 (1996)
 - 4) Jing-Long Wu, H.Mizuhara and Y.Nishikawa: Measurement of Human Visual and Auditory Characteristics for A Virtual Driving System; *Proc. of Third Int. Symp. on Artificial Life and Robotics*, Vol.2, pp715-718 (1998)
 - 5) 水原 啓暁, 呉 景龍: 携帯電話の使用による自動車事故原因を解明するための人間視・聴覚特性の測定; 日本機械学会講演論文集(中国四国支部第 36 期総会・講演会), No.985-1, pp.215-216 (1998)
 - 6) 横澤 一彦, 熊田 孝恒: 視覚探索 現象とプロセス; 認知科学, Vol.3, No.4, pp119-138 (1996)
 - 7) A.Treisman: Features and Objects Visual Processing; *Scientific America*; Vol.254, No.11, pp.114-124 (1986)
 - 8) K.Nakayama and G.H.Silverman: Serial and Parallel Processing of Visual Feature Conjunctions; *Nature*; Vol.320, No.20, pp.264-265 (1986)

(1998. 5. 15 受理)

Characteristics of Reaction Time in Human Visual and Auditory Information Processing

Jing-Long WU, Hiroaki MIZUHARA and Yoshikazu NISHIKAWA

In order to investigate interactive characteristics between human visual and auditory information processing, human visual and auditory characteristics have been measured by our previous studies. In our previous investigations, the visual search and the speech perception (mental arithmetic) were used as visual and auditory stimuli, respectively. The experimental results suggested that human visual information processing is affected by the auditory information.

In the present study, human visual and auditory characteristics of reaction time are measured, and the tasks of mental arithmetic are used as the both of visual and auditory stimuli. The measurement results suggest that the visual information processing is affected by the auditory information. Furthermore, the experimental results clarify that the auditory information is affected by the visual information.