

刺激入力が予測可能な視覚刺激と 聴覚刺激による人の応答時間の変動

神 谷 達 夫

要 旨

同時に発生する視覚刺激と聴覚刺激が人の応答精度に与える影響は十分に解明されていない。本論文では、応答すべき時を予測可能な感覚刺激を与えた場合の応答精度を計測し検討した。感覚刺激には映像による視覚刺激と音による聴覚刺激を用いた。

その結果、感覚刺激により応答すべき時が予測できる場合、応答の精度が向上することが確認された。また、視覚刺激によって応答すべき時が予測できる場合、聴覚刺激の種類による応答精度の差と感覚間促進効果は検出されなかった。

1. まえがき

感覚モダリティ間の相互作用を示す現象は幾つか知られている。視覚と聴覚の相互作用の場合、口の動きの映像が音声の聞こえ方に影響するMcGurk効果や音源定位における腹話術効果はよく知られていて、視覚が聴覚に影響力を与える例である⁽¹⁾。さらに、複数の感覚モダリティによって応答の応答時間が短縮される感覚モダリティ間の促進効果も確認されている⁽²⁾。また、同時に与えられる異種感覚刺激に対して、感覚の共通する属性が同じ方向に変化する共鳴現象も報告されており⁽³⁾、オーディオ・ビジュアルメディアにおいて画面サイズを大きくすると聴感上の迫力を増大させるという効果⁽⁴⁾は感覚モダリティ間共鳴現象の例である。さらに、聴覚の方が時間分解能に優れ、時間領域の知覚においては聴覚の方が視覚に対して優位に働くという報告もある⁽⁵⁾。しかし、感覚モダリティ間の相互作用によって人間の応答の時間軸精度がどのように変化するかについては科学的な研究が十分なされていない。感覚モダリティ間の相互作用はインタラクションシステムに用いられる映像と音の間にも存在し、音と映像によるマルチモーダル情報を呈示し、人間による入力の時軸上での位置を入力パラメータとする装置の入力精度への、聴覚刺激の影響が考えられ、高度なインタラクションシステムを実現するためには、聴覚刺激が視覚刺激の時間応答時間精度に与える影響の把握が必要である。

本研究は、映像と音の感覚刺激によって人の聴覚刺激が視覚刺激の応答時間精度がどのような影響を受けるかを明らかにすることを目的としている。これまでの応答時間や感覚の時間分解能測定の実験は単純な感覚刺激提示装置（視覚に対してはランプ点灯、聴覚に対しては発音など）とその被験者の応答を測定するという実験によりなされている⁽²⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。しかし、このような単純

なモデルを現在の高度なインタラクションシステムに適用するにはその環境の差が問題となる。本研究では、より現実のシステムに近い環境で測定するため、感覚刺激として映像と音を用いた⁽¹²⁾⁽¹³⁾ことにより、現実的な環境において聴覚刺激が視覚応答精度に与える効果を実験によって明らかにすることができた。

2. 実験方法

2.1 感覚刺激の呈示方法

実験装置はデジタルVTR (VTR)、CRTディスプレイ (CRT)、ヘッドホン (HP)、データレコーダ (DRD)、垂直同期信号変換機 (VSC) とドラムパッドで構成される (図1)。視覚刺激と聴覚刺激はあらかじめVTRで記録しておき、それをVTRで再生することにより被験者に呈示した。

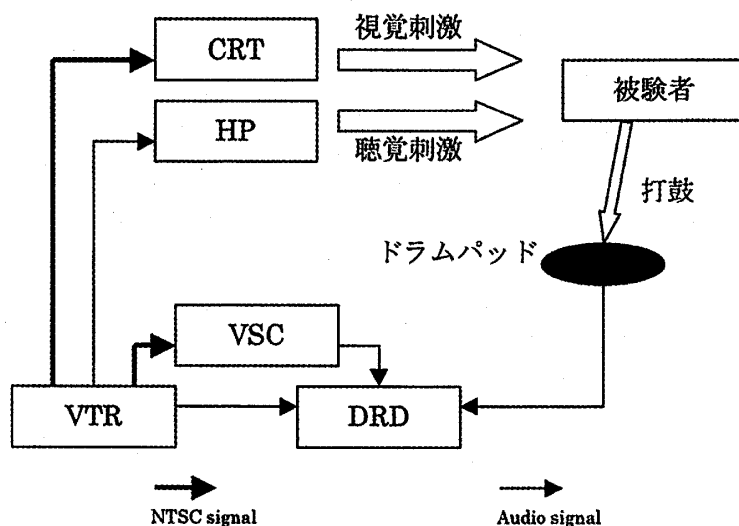


図1 実験装置

視覚刺激は、VTRより出力された映像信号をCRTで表示することにより、被験者に呈示される。聴覚刺激はVTRより出力された音信号をHPで音に変換することにより被験者に呈示される。

被験者は、視覚刺激あるいは視覚と聴覚の両方による刺激を得て、打鼓指定時にドラムパッドを打鼓するよう指示される。ドラムパッドが打鼓されると、ドラムパッドは音声帯域の信号を発生する。この信号と聴覚刺激信号は、同時にDRDで記録される。

一方、映像記録再生装置より出力された視覚刺激は同期信号を伴った映像であり、その同期信号はVSCを通して音声帯域の信号に変換される。この音声帯域に変換された垂直同期信号は聴覚刺激信号と同時にDRDに記録される。記録された音声帯域に変換された垂直同期信号と聴覚刺激信号の時間差を測定すると、VTRの出力する視覚刺激信号と聴覚刺激信号の時間差を確認することが

できる。

一般の映像記録再生装置は、視覚刺激の映像と聴覚刺激の音との同期を完全にとることが保証されていない。しかし、本実験において視覚刺激と聴覚刺激の同期は特に重要であるため、刺激の同期には十分な注意が払われた。本実験における画像出力と音出力の同期範囲は、映像の垂直同期信号と音声信号との比較により確認された。780回の感覚刺激の呈示に相当する同期確認実験において、映像と音の時間的ずれは平均0.0633 [ms] で標準偏差が0.0564 [ms] となった。この結果から、実験に必要な精度に対しては十分な精度が維持できることが確認された。

2.2 視覚刺激

実験に用いた視覚刺激はCG技法を用いて作成された映像である (図2)。この視覚刺激は映像出力装置を通し、映像として被験者に呈示される。

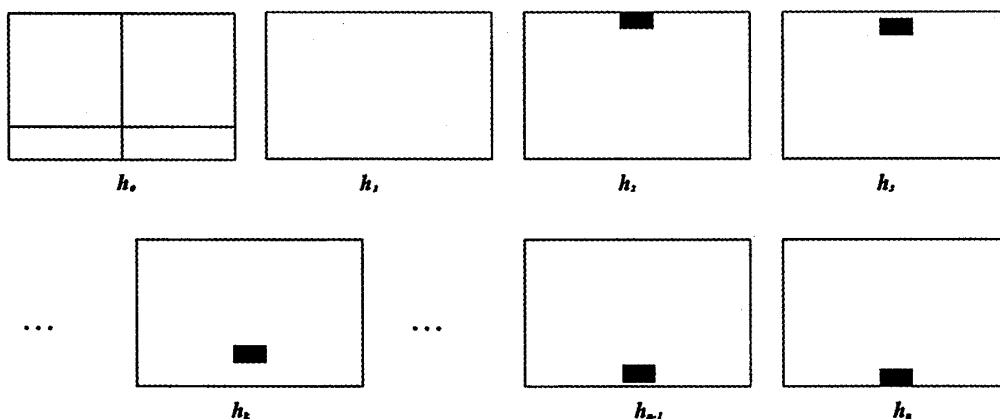


図2 視覚刺激に含まれる画像

被験者に呈示される視覚刺激を G とすると、 G は n 個の静止画 g_i の順序付けられた集合と考えることができる。

$$G = (g_i) \equiv (g_1, g_2, \dots, g_n) \quad (1)$$

where $i \in \{1, 2, \dots, n\}$

この静止画 g_i を変化させることにより、各種視覚刺激が得られる。

視覚刺激 g_i は時間的に変化のない背景画像 h_0 と時間的に変化する画像 h_i とに分解できる。つまり、画像の合成演算を \circ とすると、次の式(2)で g_i を表現することができる。

$$g_i = h_0 \circ h_i \quad (2)$$

実験には次の視覚刺激 G_0 から G_2 を用いた。 G_0 はCRTに何も表示しない視覚刺激用である。

G_1 は背景画 h_0 の中を h_i ($2 < i \leq n$) 内に表示されている直方体 (以後チップと呼ぶ) が打鼓指示時に突然現れる映像であり、打鼓指示時 ($i=t$) 以外背景のみの映像となる。 G_1 は次の式(3)で表現される。ただし、 n は一回の打鼓指示に要する画像数である。

$$\begin{aligned} G_1 = (g_i) &= (g_1, g_2, \dots, g_n) & (3) \\ \text{where } i &\in \{1, 2, \dots, n\} \\ g_i &= \begin{cases} h_0 \circ h_i & \text{where } i=t \\ h_0 & \text{elsewhere} \end{cases} \end{aligned}$$

実験において、各 g_i は1/29.97 [s] 毎に表示される。このため、 G_2 は背景の上をチップが上から下へ滑らかに落ちてくるように見える映像となる。 G_2 は次の式(4)で表現される。

$$\begin{aligned} G_2 = (g_i) &= (g_1, g_2, \dots, g_n) & (4) \\ \text{where } i &\in \{1, 2, \dots, n\} \\ g_i &= (h_0 \ h_i) \end{aligned}$$

被験者は、画像 h_0 の横線 (以後バーと呼ぶ) とチップの交わった時点が打鼓指示時であるとしてドラムパッドを打鼓するように指示される。打鼓指示時の画像を g_t とすると、 g_t は h_0 と h_t の合成画像であるため、 g_t は次の式(4)で表現される (図3)。

$$g_t = h_0 \circ h_t \quad (5)$$

すなわち、被験者は画像 g_t を見た時ドラムパッドを打鼓するように指示される。

本論文の実験では $n=56, t=47$ とした。

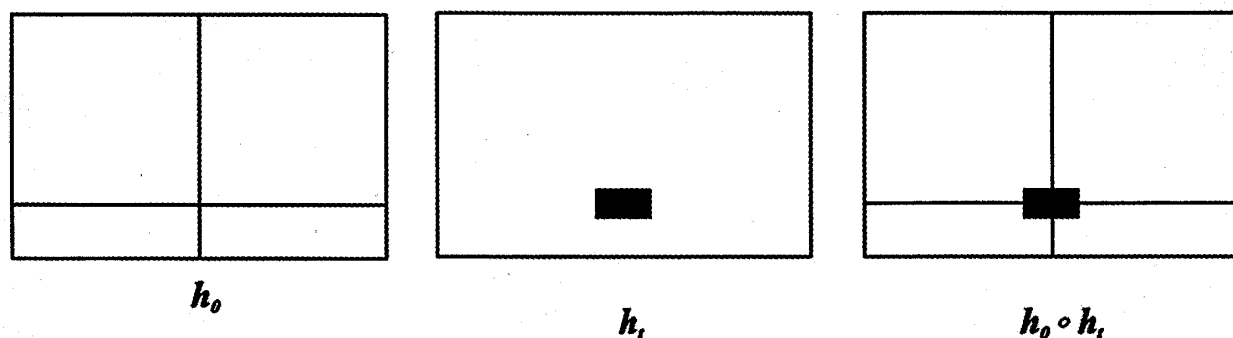


図3 打鼓指示時の画像

直方体(チップ)と横線(バー)が重なって表示された時が打鼓指示時である。

2.3聴覚刺激

実験に用いた聴覚刺激は減衰する正弦波信号である。この聴覚刺激は音響出力装置を通し、音として被験者に呈示される。聴覚刺激には4種類の周波数の信号と無音を用いた。無音を η_0 とし、減衰する正弦波信号をそれぞれ $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ とすると、聴覚刺激の集合は次の式(6)の H となる。

$$H = \{\eta_0, \eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4\} \quad (6)$$

実験に使用したドラムパッドを打鼓した時、ドラムパッドは400Hz近辺の音を発生した。そこで、ドラムパッドを打鼓した時に聞こえる音と近い感覚を被験者に与える聴覚刺激とするため、標準的に用いる聴覚刺激信号の周波数を400 [Hz] に設定した。一方、打鼓指示時を音により分かりやすくする実験のため、打鼓指示時に近づくにしたがって聴覚刺激の周波数が高くなる聴覚刺激信号を用いた。これらの聴覚刺激信号の周波数は、標準的に用いる聴覚刺激信号の周波数より1オクターブ下の200 [Hz] から等間隔になるように設定した。つまり、 $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ の周波数をそれぞれ f_1, f_2, f_3, f_4 とすると、次の式(7)となる。ただし、 $f_1=400$ [Hz] とする。

$$f = f(3\sqrt{2})^{(k-1)} \quad (7)$$

$$k \in \{1, 2, 3, 4\}$$

ドラムパッドを打鼓した場合に観測される波形は約32 [ms] ほどで減衰する波形であった。また、1画像が1/29.97 [s] であり、ドラムパッドの波形の持続時間と近い。そこで、聴覚刺激の持続時間は1画像出力時間の1/29.97 [s] と設定した。信号波形は指数関数的に減衰するとし、波形出力の最後が-40 [dB] 以下となる時定数を用いた。時定数を τ 、サンプリング周波数を f_s 、1つの聴覚刺激波形のサンプル数を ν とすると次の式(8),(9)となる。ただし、サンプリング周波数は $f_s=48$ [kHz] である。

$$\nu = \text{round}\left(\frac{f_s}{29.97}\right) = 1602 \quad (8)$$

$$\tau = \frac{\nu - 1}{\log(0.01)} \quad (9)$$

聴覚刺激は時間を定義域とした関数であり、次の式(10)のように表現される。

$$\eta_k(x) = A \cdot \exp\left(-\frac{x}{\tau}\right) \cdot \sin 2\pi \frac{f_k}{f_s} x \quad (10)$$

$$k \in \{1, 2, 3, 4\},$$

$$x \in \{0, 1, 2, \dots, \nu - 1\}$$

一方、画像 g_i と同期して出力される音を s_i とすると、聴覚刺激 S は n 個の音 s_i の順序付けられた集合と考えることができる。

$$S = (s_i) \equiv (s_1, s_2, \dots, s_n) \quad (11)$$

$$\text{where } i \in \{1, 2, \dots, n\}$$

ただし、画像 g_i の出力開始と同時に聴覚刺激の音が発生されることを同期としている。この各 s_i に H の要素を使用することにより実験における聴覚刺激が生成される。実験には次の聴覚刺激 S_0 から S_2 を用いた。

聴覚刺激 S_0

音を発生させない (無音)

$$\begin{aligned} S_0 = (s_i) &\equiv (s_1, s_2, \dots, s_n) & (12) \\ \text{where } i &\in \{1, 2, \dots, n\} \\ s_i &= \eta_0 \end{aligned}$$

聴覚刺激 S_1

打鼓指示時と聴覚刺激の発生が一致する

$$\begin{aligned} S_1 = (s_i) &\equiv (s_1, s_2, \dots, s_n) & (13) \\ \text{where } i &\in \{1, 2, \dots, n\} \\ s_i &= \begin{cases} \eta_1 & \text{where } i=t \\ \eta_0 & \text{elsewhere} \end{cases} \end{aligned}$$

聴覚刺激 S_2

打鼓指示時前に周波数が異なる音を発生させる

$$\begin{aligned} S_2 = (s_i) &\equiv (s_1, s_2, \dots, s_n) & (14) \\ \text{where } i &\in \{1, 2, \dots, n\} \\ s_i &= \begin{cases} \eta_d & \text{where } i=t-6(d-1), \\ & d \in \{1, 2, 3, 4\} \\ \eta_0 & \text{elsewhere} \end{cases} \end{aligned}$$

2.5 感覚刺激

本研究では上で述べた視覚刺激と聴覚刺激を組み合わせた感覚刺激を被験者に呈示する実験を行った。感覚刺激に3種の視覚刺激と3種の聴覚刺激の組より、 $\{G_0, S_3\}, \{G_1, S_0\}, \{G_1, S_1\}, \{G_1, S_2\}, \{G_2, S_0\}, \{G_2, S_1\}, \{G_2, S_2\}$ を用いた。各感覚刺激は、一人の被験者につき21回ずつ呈示された。感覚刺激呈示の順序はランダムにし、被験者が前の刺激によって打鼓指示時を時間間隔によって予測できないように配慮した。

2.6 被験者

被験者は大学の学生18名 (男性16名、女性2名) である。

3. 考察

3.1 視覚刺激と聴覚刺激の感覚間促進効果

視覚刺激と聴覚刺激の両方を加えることにより、その片方を加えるより人の反応が速くなる現象は反応時間に現れる感覚間促進効果として知られている。この効果はいろいろな形で追試されている⁽¹⁾。しかし、本論文で使用した実験システムは過去の実験と違い、実システムに近い形態となっている。このため、この実験システムを用いても同様の結果が得られることを確認する必要があった。そこで、視覚刺激と聴覚刺激により反応時間に現れる感覚間促進効果の確認実験を行った。

単純な感覚刺激装置とスイッチ入力を用いた場合の実験結果はNickerson (1970) に報告されている⁽⁸⁾。Nickersonは視覚刺激に電球、聴覚刺激に1 [kHz] の音声信号を用いており、入力装置として電鍵 (telegraph key) を使用している。Nickersonの実験によると、視覚刺激と聴覚刺激を同時に被験者へ呈示した場合の反応時間は275 [ms]、視覚刺激のみの場合の反応時間は285 [ms] となっており、感覚間促進効果により反応時間が平均で10 [ms] 短縮されている。

本論文において、視覚のみの刺激である感覚刺激 $\{G_1, S_0\}$ を呈示した場合の反応時間の平均値は324.6 [ms] となり、視覚刺激と聴覚刺激の両方の感覚刺激である $\{G_1, S_1\}$ を呈示した場合の反応時間の平均値は264.1 [ms] であった (表1)。つまり、感覚間促進効果により、反応時間は平均で60.4 [ms] 短縮されることが確認された。 $\{G_1, S_0\}$ を呈示した場合の反応時間はNickersonよりやや大きく、 $\{G_1, S_1\}$ を呈示した場合がやや小さくなっている。しかし、ドラムパッドを叩くという動作がNickersonの実験で用いられた電鍵を押すという動作より複雑な動作であることを考慮すると、本論文で行った実験とNickersonの結果は良く一致していると考えられる。

表 1 応答時間統計量

Stimulus	Mean[ms]	Std. dev.[ms]	Skewness	Kurtosis	95% confidence interval	
$\{G_0, S_1\}$	295.0	72.32	0.4672	-0.2242	287.3	302.7
$\{G_1, S_0\}$	324.6	53.59	0.5253	-0.03199	319.1	330.1
$\{G_1, S_1\}$	264.1	57.68	0.6336	0.7288	258.8	269.8
$\{G_1, S_2\}$	22.13	61.85	2.046	8.337	15.89	28.37
$\{G_2, S_0\}$	-16.17	51.17	0.1275	0.03353	-21.33	-11.01
$\{G_2, S_1\}$	-9.363	49.26	-0.4692	0.3522	-14.33	-4.397
$\{G_2, S_2\}$	-14.87	38.86	-2.572	22.78	-18.79	-10.96

本論文では聴覚刺激のみの感覚刺激 $\{G_0, S_1\}$ による確認のための実験を行った。 $\{G_0, S_1\}$ を呈示した場合の反応時間の平均値は295.0 [ms] となり (表1)、 $\{G_1, S_1\}$ を呈示した場合より平均で30.72 [ms] 反応時間が長くなった (表2)。したがって、聴覚刺激のみと聴覚刺激と視覚刺激の両方を呈示した場合との間にも感覚間促進効果を確認することができた。

表2 平均応答時間の差

Stimulus	Response time [ms]	Difference [ms]			
		{G ₀ ,S ₁ }	{G ₁ ,S ₀ }	{G ₁ ,S ₁ }	{G ₂ ,S ₁ }
{G ₀ ,S ₁ }	295.0	—	-29.58	30.72	304.4
{G ₁ ,S ₀ }	324.6	29.58	—	60.30	334.0
{G ₁ ,S ₁ }	264.1	-30.72	-60.30	—	273.7
{G ₂ ,S ₁ }	-9.363	-304.4	-334.0	-273.7	—

平均応答時間の比較表で、Response time の列から対象となる実験の応答時間を引いた値が Difference の値である。

視覚刺激のみ、聴覚刺激のみ、視覚刺激と聴覚刺激の両者という3種類の感覚刺激 {G₀,S₁} , {G₁,S₀} , {G₁,S₁} による結果の差は一元配置法⁽⁵⁾によって有意水準1%で統計的に有意であることが確認された(表3)。

表3 一元配置分散分析({G₀,S₁},{G₁,S₁},{G₁,S₂})

	Sum of squares	DF	Mean square	F ₀
Between Groups	1.466×10 ⁹	2	7.329+008	83.22**
Within Groups	9.063×10 ⁹	1029	8.807e+006	
Total	1.053×10 ⁹	1031		

F(2,1031;0.01)=4.626

感覚刺激{G₀,S₁},{G₁,S₁},{G₁,S₂}を用いた実験の一元配置法による分散分析表

上記の実験結果より、本論文で用いた実験システムでも応答時間に現れる感覚間促進効果が確認された。また、その値も過去の実験と大幅に相違することはなかった。

3.2 予測可能な刺激への反応

感覚間促進効果により反応時間が短縮される原因は、刺激のエネルギーの加重効果⁽⁶⁾と刺激が複数存在すると検知される可能性が増えることにより反応時間が短縮する統計的促進モデル⁽¹¹⁾が考えられる。しかし、Heuvel (1983) ⁽¹⁷⁾の実験では視覚刺激と聴覚刺激による反応を腕と手首の動きを測定することにより、統計的モデル⁽¹¹⁾で予測される反応時間よりも大きく反応時間が短縮することが確認された。つまり統計的促進モデル以外にも何らかの感覚間促進効果が存在することを意味している。Heuvel (1984) ⁽¹⁸⁾はHeuvel (1983) ⁽¹⁷⁾と同様の装置により、感覚間促進効果の原因を検討している。感覚間促進効果の原因にはエネルギー加重効果と反応準備時間の増加⁽⁸⁾が考えられる。しかし、実験の結果、複雑な反応動作であれば加重効果が検出されなかった⁽¹⁸⁾。このことから、複雑な応答動作の場合、反応準備時間の増加が感覚間促進効果の原因である可能性が高い。一方、判断を伴う場合は反応準備時間の増加と加重効果の両方が見られる⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾⁽¹⁹⁾。本論文では、反応準備時間を非常に大きくすると感覚間促進効果がどのようになるかを確認するため、反応すべき時間を

予測可能な刺激を与え、被験者の応答を測定した。

動作すべき時点が分かっているならば、それに合わせ準備し反応すればよいから、反応準備時間を十分長く取ることができると考えられる。視覚刺激 G_2 を用いた場合、チップがバーに近づくことが画面上で知覚できるため、被験者は打鼓指示時を予測することができる。このため、被験者は打鼓指示時前に反応動作の準備をすることができる。したがって、視覚刺激 G_2 を用いると、反応準備時間を十分に大きくすることができると考えられる。

感覚刺激 $\{G_2, S_1\}$ はチップがバーに接近する映像と減衰する正弦波の聴覚刺激で構成されている。この感覚刺激 $\{G_2, S_1\}$ による応答時間は平均-9.363 [ms] となった (表1)。負方向は打鼓指示時以前に打鼓していることを示している。感覚刺激 $\{G_1, S_1\}$ を用いた場合の応答時間は平均 264.1 [ms] であったため、 $\{G_2, S_1\}$ を用いた場合は304.4 [ms] 先に打鼓していることになり、応答時間の短縮が確認できる (表2)。しかし、 $\{G_2, S_1\}$ の場合反応すべき時間よりも先に打鼓しているため、応答時間の差ではどの程度打鼓指示時に近くで打鼓しているのか比較することができない。そこで、応答時間の絶対値を応答精度と定義し、これを比較することとした。ここで、応答時間を t_r とすると、応答精度 t_a を式⁽¹⁵⁾で定義した。

$$t_a = |t_r| \quad (15)$$

感覚刺激視覚刺激 $\{G_2, S_1\}$ を用いた場合、 $\{G_1, S_1\}$ を用いた場合のより打鼓精度は平均254.9 [ms] 向上した (表4)。

表 4 平均応答精度

Stimulus	Accuracy[ms]	Difference [ms]				
		$\{G_1, S_1\}$	$\{G_1, S_2\}$	$\{G_2, S_0\}$	$\{G_2, S_1\}$	$\{G_2, S_2\}$
$\{G_1, S_1\}$	264.1	—	242.2	248.1	254.9	249.4
$\{G_1, S_2\}$	22.13	242.2	—	5.961	12.77	6.804
$\{G_2, S_0\}$	16.17	248.1	5.961	—	6.804	1.294
$\{G_2, S_1\}$	9.363	254.9	12.77	6.804	—	5.511
$\{G_2, S_2\}$	14.87	249.4	7.255	1.294	5.511	—

各感覚刺激による実験の応答精度の差を求め、その絶対値を Difference とした。

つぎに、本論文では感覚刺激 $\{G_2, S_1\}$ の実験に加え、視覚刺激のみの場合実験 (感覚刺激 $\{G_2, S_0\}$ を使用) と聴覚刺激により予測可能とした実験 (感覚刺激 $\{G_2, S_2\}$ を使用) を行った。その結果、感覚刺激 $\{G_2, S_0\}$ の応答時間は-16.17 [ms] となり、感覚刺激 $\{G_2, S_2\}$ の応答時間は-14.87 [ms] となった (表1)。 S_2 は打鼓指示時に近づくにしたがって音の周波数の上昇する聴覚刺激で、音は等間隔に発せられる。このため、音を聞くことにより打鼓指示時を予測できるはずである。そして、その予測の効果は感覚刺激 $\{G_1, S_2\}$ による実験と感覚刺激 $\{G_1, S_1\}$ による実験の結果を比較することにより確認できる。感覚刺激 $\{G_1, S_2\}$ を呈示した場合の応答精度の平均値は22.13 [ms] となり、感覚刺激 $\{G_1, S_1\}$ を呈示した場合の応答精度の平均値より242.2 [ms] 小さくなった (表4)。このことにより、聴覚刺激 S_2 による予測の効果が確認された。さらに

感覚刺激 $\{G_1, S_2\}$ の応答時間は22.13 [ms] で感覚刺激 $\{G_2, S_1\}$ の応答時間は-9.363 [ms] であるため (表1)、視覚による予測の場合応答時間が負になり、聴覚による予測の場合応答時間が正になることが確認された。これは視覚による予測の効果が聴覚による予測の効果より効果的に働いたためではないかと思われる。ただ、感覚刺激 $\{G_1, S_2\}$ と感覚刺激 $\{G_2, S_1\}$ の応答精度の差は12.77 [ms] で、予測の効果が無い場合に比べ、その差は小さい (表4)。一方、次に述べるように、予測可能な視覚刺激と聴覚刺激 S_2 を同時に用いると、聴覚刺激 S_2 の効果は確認されなかった。

視覚刺激 G_2 と無音の聴覚刺激 S_0 と1つの減衰する正弦波の聴覚刺激 S_1 、打鼓指示時に近づくにしたがって音程が上昇する聴覚刺激 S_2 を組み合わせる感覚刺激 $\{G_2, S_0\}$, $\{G_2, S_1\}$, $\{G_2, S_2\}$ を呈示した場合の応答精度の平均値はそれぞれ16.17 [ms] , 9.363 [ms] , 14.50 [ms] となった (表4)。これらの値は標準偏差の大きさに比べ、差が数msと小さい (表4)。そこで、これらの各感覚刺激 $\{G_2, S_0\}$, $\{G_2, S_1\}$, $\{G_2, S_2\}$ による実験結果の有意な差について一元配置法によって確認した。結果、有意水準5%で有意な差が認められなかった (表5)。これは、視覚刺激により予測が可能な場合、聴覚刺激はその種類に依らず応答時間に与える影響が小さいことを示している。

表 5 一元配置分散分析($\{G_2, S_0\}$, $\{G_2, S_1\}$, $\{G_2, S_2\}$)

	Sum of squares	DF	Mean square	F_0
Between Groups	2.274×10^7	2	1.137×10^6	2.259
Within Groups	5.694×10^9	1131	5.034×10^6	
Total	5.716×10^9	1133		

$$F(2, 1131; 0.05) = 3.004$$

感覚刺激 $\{G_2, S_0\}$, $\{G_2, S_1\}$, $\{G_2, S_2\}$ を用いた実験の一元配置法による分散分析表

本論文で用いた視覚刺激 G_2 は打鼓指示時を予測可能にしているため、十分長い反応準備時間を得ることができ、 G_2 を用いた実験は反応準備時間増加の影響を受けていないと考えられる。さらに、 G_2 を用いた場合は聴覚刺激の種類に依らず感覚間促進効果は確認されなかった。感覚間促進効果の原因は反応準備時間の増加と加重効果であると考えられるが、反応準備時間の影響が無い状態で感覚間促進効果が確認されなかったということは加重効果が認められなかったということである。したがって、予測可能な視覚刺激 G_2 を用いて本論文の条件で実験した場合、ドラムパッドの打鼓では有意な加重効果が検出されなかった。これは本論文での実験条件が加重効果の現れるよりも被験者に複雑な動作を要求していたためではないかと考えられる。

4. まとめ

本研究では、画面上に現れるチップの映像と減衰する正弦波によって構成された音によるマルチモーダルな感覚刺激を被験者に呈示し、被験者の応答時間を計測した。被験者はその刺激にしたが

ってドラムパッドを打鼓するように指示される。感覚刺激が呈示されてからドラムパッドの打鼓信号を確認するまでを応答時間とし、感覚刺激の条件の違いによる応答時間と応答精度（応答時間の絶対値）の変化を検討した。

実験の結果、視覚刺激や聴覚刺激により応答すべき時間が予測できる場合、応答精度が向上することが分かった。また、視覚により予測できる場合、応答精度への聴覚刺激の種類による有意な影響は検出されなかった。さらに、応答すべき時間を予測できる場合、感覚間促進効果による応答時間の短縮は見られなかった。一方、予測できない状態では、予測できる場合に比べ応答精度が悪く、視覚と聴覚両方が存在すると、片方のみの場合よりも応答時間が短縮する感覚間促進効果が観測された。このことより、予測可能な場合は感覚間促進効果による応答時間の短縮が見られず、応答精度のみが向上することが明らかになった。

本研究により、機器操作の精度が必要な場合、その操作を行うべき時間を操作する者に予測できるようにすることで、より正確に操作することができると明らかになった。さらに、加重効果による感覚間促進効果が現れない条件で精度の向上が確認されたということは、複雑な反応動作で加重効果が検出されない⁽⁴⁾ことと合わせて考えると、本研究の実験条件より複雑な反応動作においても本研究の結果が有効である可能性の高いことを示している。本研究で用いた装置は楽器を模していて、本研究の結果は楽器操作における反応に近いものと考えられ、楽器は操作の時間精度が重要であり、通常はその精度を出すための訓練に多大な時間を要する。本研究の結果から、次にすべき操作の時間を視覚または聴覚刺激で操作者に伝えるような装置を楽器に付加すると、未熟者でも容易に精度の高い演奏の可能な楽器が構成できると考えられ、応用が期待できる。

文献

- (1) 丸山欣哉・佐々木孝之: 視覚と聴覚間の相互作用諸効果, 音響学会誌, 52, 34-39 (1996) .
- (2) M. Hershenson: Reaction time as a measure of intersensory facilitation, J. Experimental Psychol. 63, 289-293 (1962) .
- (3) 岩宮眞一郎: オーディオ・ビジュアル・メディアによる音楽聴取行動にける視覚と聴覚の相互作用, 音響学会誌48,146-153 (1992) .
- (4) 岩宮眞一郎: オーディオ・ビジュアル・メディアにを通しての音楽聴取における大画面再生映像が音楽再生音及び映像の印象に与える効果, 音響学会誌51,123-129 (1995) .
- (5) 下條信輔, クリスチャン シャイア, ロミ ニジャワン, ラダン シャムズ, 神谷之康, 渡辺克巳: 知覚モダリティを越えて: 視知覚に及ぼす聴覚の効果, 音響学会誌 57, 219-225 (2001) .
- (6) Francis B. Colavita: Human sensory dominance, Percept. Psychophys, 16, 409-412 (1974) .
- (7) Francis B. Colavita, Daniel Weisberg: A further investigation of visual dominance,

Percept. Psychophys, 25, 345-347 (1979) .

- (8) Raymond S. Nickerson: The effect of preceding and following auditory stimuli on response times to visual stimuli, Acta Psycho. 33, 5-20 (1970) .
- (9) 丸山欣哉, 中野良樹: 感覚相互作用についてのERPを座標とした研究, 感性情報処理の情報学・心理学的研究 (重点領域研究成果報告書) , 158-159 (1993) .
- (10) 丸山欣哉, 中野良樹: 視覚と聴覚の相互作用による反応時間の変動, 感性情報処理の情報学・心理学的研究 (重点領域研究平成5年度成果報告書) , 150-151 (1994) .
- (11) David H. Raab: Statistical facilitation of simple reaction times, Trans. N.Y. Acad. Sci. 24, 574-590 (1962) .
- (12) 守田結実子, 松尾尚治, 矢野学, 松田稔: 人間の認知に及ぼす映像と音の相互関係(1) - 映像と音の同期による影響 - . 音講論集, pp.711-712 (2002.3)
- (13) 松尾尚治, 守田結実子, 矢野学, 松田稔: 人間の認知に及ぼす映像と音の相互関係(2) - 音による誘導 - . 音講論集, pp.713-714 (2002.3)
- (14) 守田結実子, 松尾尚治, 矢野学, 神谷達夫, 松田稔: 応答すべき時間を予測できる場合の視覚と聴覚の相互作用. 音講論集, pp.投稿中 (2002.10)
- (15) 永田靖: 入門統計解析法 (日科技連出版社, 東京, 1992) , pp. 114-131.
- (16) Donald Reynolods: Effects of double stimulation: Temporary inhibition of response, Psychol. Bul. 62, 333-347 (1964) .
- (17) S.C. Gielen, R.A. Schmidt and P.J. van den Heuvel: On the nature of intersensory facilitation of reaction time, Percept. Psychophys. 34, 161-168 (1983) .
- (18) R.A. Schmidt, S.C. Gielen and P.J. van den Heuvel: the locus of intersensory facilitation of reaction time, Acta Psychol. 57, 145-164 (1984) .
- (19) 丸山欣哉, 高橋利佳: Visual dominance in bimodal reaction task(2), 感性情報処理の情報学・心理学的研究(重点領域研究平成5年度成果報告書), 147-149 (1994)

著者略歴

1993年大阪電気通信大学大学院制御機械工学専攻修了。松下電器産業(株)、沖電気工業(株)においてコンピュータ関連機器の開発・設計に従事。2004年4月より京都創成大学経営情報学部講師。関連原著論文2編。

- (1) 神谷 達夫, 上月影正, 松田稔, 視覚・聴覚刺激に対する応答と受ける印象, 生理人類学会誌 Vol.8, No1 (2003) , pp.23-30
- (2) 神谷 達夫, 矢野 学, 松田 稔, 打楽器ゲームにおける視覚・聴覚刺激に対する応答指標移動速度の影響, 日本生理人類学会誌, Vol.8 No.4, pp.237-246