

視覚刺激検出に与える聴覚刺激の効果

立教大学文学研究科 小林まおり 立教大学 長田佳久

The effect of auditory stimuli on the visual target detection task
Maori KOBAYASHI and Yoshihisa OSADA (Rikkyo University)

Vroomen and Gelder (2000) demonstrated that perceptual organization in the auditory modality can affect perceptibility in the visual modality. This study investigated whether or not auditory stimuli affect the detection of visual targets which have no perceptual organization. Subjects were asked to detect a visual target in a rapidly changing sequence of visual distractors. All auditory stimuli were presented in exact synchrony with the visual stimuli (target and distractors). In experiment condition, a tone, with different frequency from the other tones, was synchronized with the target stimuli. In control condition, a tone, with same frequency, was synchronized with the target stimuli. The different tone speeded reaction time in the detection of visual targets. But it did not improve the rate of detection of the visual targets. This result suggests that auditory stimuli can not affect the detection of visual targets which lack perceptual organization.

Key words : freezing phenomenon, intersensory interaction, audition, vision

我々が外界の対象や事象を知覚する際、1つのモダリティのみを通して情報を得ることは稀であり、むしろ複数のモダリティを通して外界の対象を知覚することが多い。たとえば腹話術の場面を考えてみよう。人形の口の動きに合わせた腹話術師の声はあたかも人形から発せられているように聞こえる。腹話術効果 (ventriloquism effect) と呼ばれるこの現象は、聴覚の空間知覚に視覚が影響を及ぼす現象として知られており (北島・山下, 1999), 1つの感覚モダリティへの刺激入力がある他の感覚モダリティの情報処理に影響を与えていることを示している。モダリティの異なる諸感性が互いにどのような作用を及ぼしあうかという問題は異系感性相互作用 (sensory interaction, intersensory effect) の研究としてとりあげられており (丸山, 1965), 近年さまざまな現象が報告されている。たとえば上述した腹話術効果のほかにマガー効果がある。「ga」と発音している

口の動きを視覚的に提示しながら「va」という聴覚刺激を提示すると、「da」と聞こえてしまう (McGurk and MacDonald, 1976)。視覚刺激による聴覚への影響ばかりでなく、聴覚刺激による視覚への影響もまた報告されている。近年、Sekuler, Sekuler and Lau (1997) は聴覚刺激によって視覚刺激の運動の知覚が変化することを報告した。彼らは2つの視覚刺激が交差する、あるいは衝突して跳ね返るという2通りの見え方が可能な多義的な運動刺激を用いた。交差する瞬間にクリック音を挿入すると視覚刺激が衝突して見える確率が高くなることを示した。また、Shames, Kamitani and Shimojo (2001) は聴覚刺激によって錯視が生じることを報告している。彼らは1回のフラッシュと同時に2回のピープ音を提示すると2回のフラッシュが知覚されることを示した。このように聴覚刺激は多義的な視覚刺激ばかりでなく一義的な視覚刺激の知覚にも影響を与える

(Shames, Kamitani and Shimojo, 2001).

Vroomen and Gelder (2000) もまたこのような感性間相互作用と思われる現象を報告した。彼らは4つの視覚刺激から成る視覚刺激系列と4音から成る聴覚刺激系列を同期して提示した。4音のうち1音は周波数が異なる音(逸脱音)であり、この逸脱音と同期させて視覚ターゲットを提示するとターゲットの検出率は同一周波数の音が同期した条件よりも上昇することを見出した。彼らは逸脱音と同期して提示されるターゲットがとまっているように見えることから、この現象を“freezing”現象と名づけている。この実験はあらかじめ被験者に音脈分凝(auditory stream segregation)を生じさせておくという条件下で行われた。音脈分凝とは周波数の異なる二つの純音が交替する速い系列ABABAB・…において、AとBの周波数が近い場合にはABABAB・…と聞こえるが、周波数が十分に離れている場合にはA-A-A・…とB-B-B・…という二つの並行する系列に分かれて聞こえるというものである。一般にこの音脈分凝は聴覚における群化として考えられている。彼らは逸脱音がターゲットの一つ前の視覚刺激と同期した条件では検出率が上昇しないことから逸脱音がターゲット出現の警告音として働いている可能性を否定した。またターゲット出現を予測不可能な条件にしても逸脱音が同期する限り検出率が上昇した。このことからfreezing現象がタイミングや注意によるものではないことを示唆した。最後に聴覚刺激系列内の順序を操作しメロディに聞こえる条件とメロディに聞こえない条件を比較した。その結果メロディに聞こえる条件ではターゲットの検出率に変化が見られなかった。これらのことから音脈分凝という聴覚体制化による効果であると結論した。

しかし彼らの実験には問題点が挙げられる。まず体制化(音脈分凝)によってfreezing現象が生じたと主張するにもかかわらず音脈分凝がない条件と比較していない。また彼らは逸脱音として系列中の他の音よりも高い1259 Hzの音を用いた。丸山(1965)は聴覚刺激の周波数によって視感度

の感受性に表れる相互作用が異なることを報告している。1000 Hzから3000 Hzの高音は促進作用を示し、1000 Hzから周波数を下げるにつれて音の影響が現れないようになる。さらに下げると抑制効果が生じる。このことからVroomen & Gelderの結果は体制化によるものではなく高音による検出の促進効果とも考えられる。つまり体制化の効果であるならば音脈分凝が成立しない条件下ではfreezing現象の消失が予想される。また丸山らが見出した促進効果によってこの現象が生じているならば音脈分凝が成立しなくてもfreezing現象は生じるはずである。そこで本研究では音脈分凝が成立しない条件下でVroomenらの実験課題を用いて“freezing”現象が聴覚の体制化によるものか否かを検討した。音脈分凝は成立するまでに多少時間がかかる現象であり、先行研究では本実験の前に聴覚刺激系列のみを提示する試行を予め行っている。今回の実験ではこの聴覚刺激系列のみの試行を行わないことで音脈分凝を成立させない条件を確立した。また促進効果を持たないとされる700 Hz前後の条件を加え促進効果をもつ1000 Hz以上の高音条件と比較することで、この“freezing”現象が高音による知覚の促進効果によるものかを検討した。

方 法

被験者 視覚・聴覚ともに正常な大学生および大学院生5名(男性2名女性3名)であった。

装置 Power Macintosh 9500/150に17インチモニター(SONY Trinitron Multiscan E200)を2台接続し、Shellライブラリーを用いたC言語で作成したプログラムによって刺激提示・反応計測をした。聴覚刺激の提示にはヘッドフォン(Panasonic SHOCKWAVE VMSS)を使用した。被験者は暗室内でチンレストにより頭部を固定され、モニターから57 cm離れた位置から観察した。被験者の反応検出にはキーボードとは別付けのテンキーを用いた。

刺激 視覚刺激-4×4(4°×4°)の仮想マトリックス上にランダムに提示した小さな4つの

白いドット（輝度1.924cd/m²）であった。ドットのサイズは0.2° × 0.2° だった。ターゲットはドットをダイヤモンド型に配置したものであり、マトリックスの左上、左下、右上、右下のいずれかに提示した。ランダムな位置に提示した4つのドットをディストラクターとした。1試行の視覚刺激系列は4つの視覚刺激から成りターゲットは3番目に提示された。各視覚刺激を97 ms提示した後マスクが97 ms続いた。次にブランクとして背景と同輝度の画面を60 ms提示した。背景の輝度は1.433cd/m²とした(図1参照)。聴覚刺激-741 Hz(以下L, 1000 Hz (以下M), 1259 Hz (以下H) の純音だった。聴覚刺激系列はMMMM (以下M条件), MMHM (以下H条件), MMLM (以下L条件) の3条件であった。全ての視覚刺激は聴覚刺激と同期して提示した。つまり常にHとLをターゲットと同期して提示した。

手続き 被験者のキー押しによって試行を開始した。キー押ししてから300, 500, 700 msのうちランダムな間隔で試行が開始した。被験者の課題

は仮想マトリクス上の視覚ターゲットの位置をできる限り速く正確に報告することであった。視覚刺激がマトリクス上の左上に提示されたならば‘4’を、左下ならば‘1’を、右上ならば‘6’を、右下ならば‘3’のキーを押すよう教示した。

(視覚ターゲットが提示される位置4条件) × (聴覚刺激系列3条件) × 4 = 48試行を1セッションとし、5セッション計240試行行った。全ての試行においてターゲットの各位置、各聴覚刺激系列はランダムに提示した。各被験者は本実験のまえにあらかじめ1セッションの練習試行を行った。

結 果

聴覚刺激条件別にターゲット検出時の正答率と反応時間を図2および図3に示した。なおここに示したデータは被験者全員の測定値を平均化したものである。

正答率 図2に各聴覚刺激条件での正答率を示す。

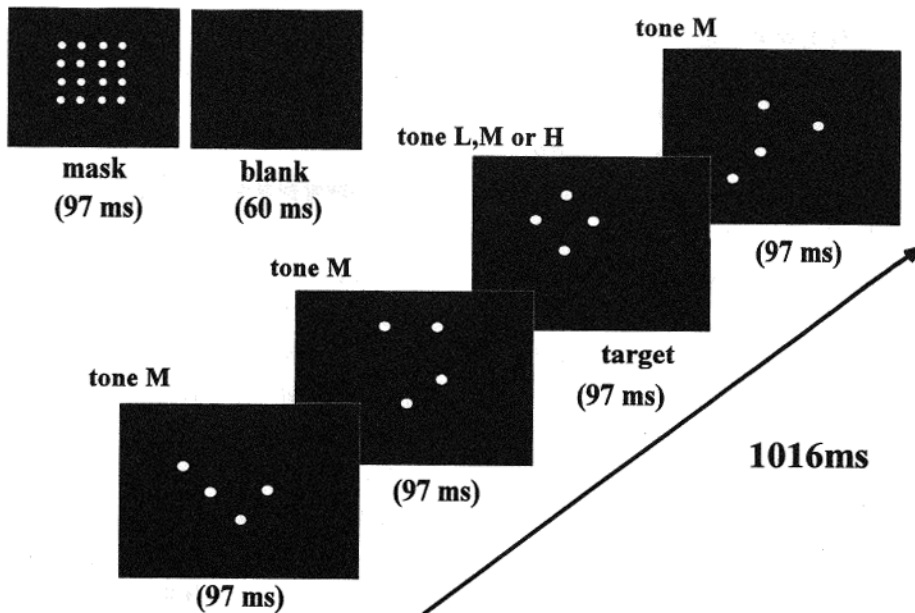


図1

各視覚刺激（4つのドット）が提示された後、マスク・ブランクがそれぞれ提示される。聴覚刺激は常に視覚刺激と同期して提示される。3番目に現れる視覚刺激がターゲットであり被験者はその位置（図では左上）を報告する。1試行は（視覚刺激97 ms + マスク97 ms + ブランク60 ms）× 4回 = 1016 msとなる。

M条件に比べH条件, L条件において正答率が高くなるが, 1要因の分散分析を行った結果, 聴覚刺激の効果は認められなかった ($F(2,12) = .069, ns.$).

正反応時間 図3に聴覚刺激条件による反応時間を示す. 聴覚刺激条件の1要因の分散分析を行った結果, 聴覚刺激の有意な効果が認められた ($F(2,891) = 6.045, p < .005$). さらにFisherのPLSD法による多重比較を行った結果, L条件とM条件間 ($p < .05$), M条件とH条件間 ($p < .005$)に有意差が認められた. しかしL条件とH条件間において有意差は認められなかった. すなわちM条件に比べL条件, H条件において正反応時間は短くなったことが明らかになった.

考 察

本研究結果から音脈分凝が成立していない条件下では逸脱音が高音であれ低音であれターゲット検出の正答率には影響せず正反応時間には影響することが明らかになった. freezing現象が丸山が見出したような高音による促進効果ならば, 1000 Hz以上の高音では促進効果が見られ, 741 Hzの低音では影響が見られないはずである. しかし両条件において反応時間の短縮がみられた. このことからVroomen & Gelderが示したfreezing現象は丸山らが見出した高音による知覚の促進効果ではないことが示唆された.

本研究の結果は正答率, 反応時間ともに有意差が認められたVroomen & Gelderの結果と異なる. また, 自由記述を被験者に求めたところ逸脱音と同期したターゲットがとまっているように見えたと報告した被験者はいなかった. Freezing現象が生じたのならばターゲットはとまっているように見える, あるいは正答率の上昇が認められるはずである. この2点から, 本研究ではVroomen & Gelderが見出したようなfreezing現象は生じなかったと考えられ, 聴覚体制化のない条件下ではfreezing現象は生じないと結論できる. Vroomen & Gelderは音脈分凝によって聴覚の知覚体制化が生じ, 視覚刺激の知覚に影響を与えたと推測し

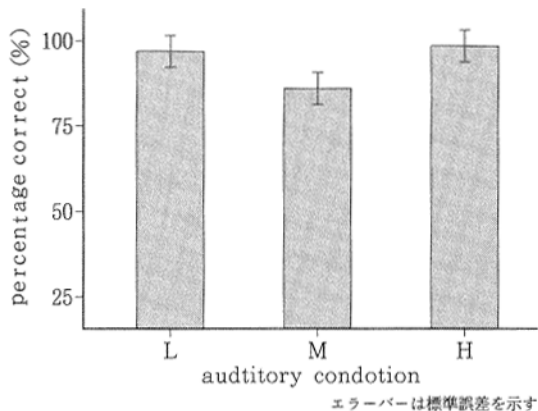


図2 聴覚刺激条件における正答率の差異

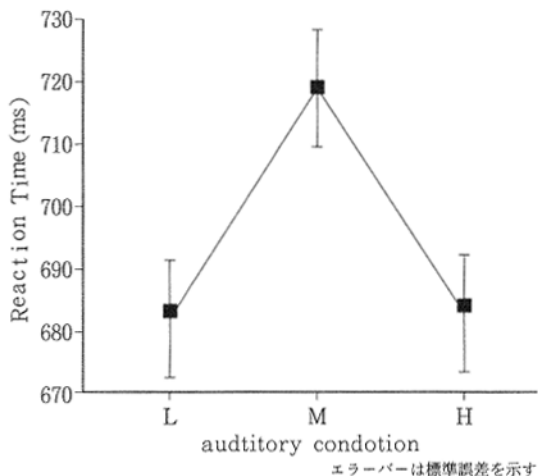


図3 聴覚刺激条件における反応時間の差異

た. すなわち音脈を分裂させる音は視覚系列から視覚ターゲットを分裂させることができるとした. そのため視覚ターゲットがとまっているように見え正答率が上昇したと考えた. このような音脈分凝による視覚刺激の知覚の変化はO'Leary and Rhodes (1984) によっても報告されている.

では本研究で認められた聴覚刺激による正反応時間の短縮の要因は何であろうか. 音脈分凝がない条件だったことから体制化の効果によるものではない. また, 低音でも高音でも反応時間が短縮したことから特定の周波数による知覚の促進効果ではない. 可能性として2つの要因が考えられる. まず一つは注意による知覚の促進効果である. 系

列から逸脱した音によって注意が喚起され、知覚の促進が生じ反応時間が短縮した。この短縮が注意によるのであれば、逸脱音の周波数の高低によって反応時間に変化がないことと一致する。Spence and Driver (1997) は視覚ターゲットより100～300 ms先に聴覚刺激を提示すると視覚刺激の検出が速くなることを報告した。もし注意の効果であるならば今回の実験においても視覚刺激より聴覚刺激が先に提示されたほうがより反応時間が短縮することが期待される。

2つめは神経生理学的要因である。先にのべたShamesらは聴覚刺激の提示のタイミングを操作しその効果を検討したところ、相互作用は視覚刺激と聴覚刺激の刺激提示開始時間のずれ (stimulus onset asynchrony ; SOA) が100 ms以内であるときに生じ、SOAが大きくなるほど消失することを報告した。彼らはこの特性が多感覚ニューロン (polysensory neuron) の特性と一致すると考えている。多感覚ニューロンとはモダリティの異なる複数の刺激に対して反応するニューロンであり、モダリティの異なる2刺激が空間的に一致し、また時間的差異が少ないとき反応することが報告されている (Stein and Meredith, 1993 ; Stein, Wallace and Stanford, 2000)。また運動刺激の見えの変化を報告したSekularらも聴覚刺激提示のタイミングを操作し、聴覚刺激の提示が視覚刺激の交差から時間的に離れるほど視覚刺激は衝突するようにみえなくなることを報告しており、多感覚ニューロンの効果か否かを検討する必要があると論じている。本研究で得られた反応時間の短縮がこのニューロンによるものであるならば、聴覚刺激と視覚刺激が同期して提示された場合最も促進効果が見られることが期待される。今後、この視覚刺激と聴覚刺激の同期・非同期を操作して検討することが感性間相互作用の心理物理

的解明に必要となると考えられる。

引用文献

- 北島律之・山下由己夫 1999 視覚的注意が音源定位に及ぼす影響. 心理学研究, **69**, 459-467.
- 丸山欣哉 1965 視感覚と聴感覚とに表れる異系感性相互作用. 心理学研究 **35**, 204-216.
- McGurk, M. A., and MacDonald, J. 1976 Hearing lips and seeing voices. *Nature*, **264**, 746-48.
- O'Leary, A., and G, Rhodes. 1984 Cross-modal effect on visual and auditory object perception. *Perception & psychophysics*, **35**, 565-569.
- Sekuler, R., Sekuler, A. B., and Lau, R. 1997 Sound alters visual motion perception. *Nature*, **385**, 308.
- Shames, L., Kamitani, Y., and Shimojo, S. 2001 What you see what you hear. *Nature*, **408**, 788.
- Spence, C., and Driver, J. 1997 Audiovisual links in exogenous covert spatial orienting. *Perception & Psychophysics*, **59**, 1-22.
- Stein, B., and Meredith, M. A. 1993 *The merging of the senses*. MA : MIT press.
- Stein, B., Wallace, M. T., and Stanford, T. R. 2000 Merging sensory signal in the brain : The development of multisensory integration in the superior colliculus. In Gazzaniga, M. S. (Ed), *The new cognitive neurosciences*, MA : MIT press. Pp.55-71.
- Vroomen, J., and Gelder, B. D. 2000 *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance*, **26**, 1583-1590.