

# 表情刺激の同時提示による音の提示時間知覚の変容

竹島 康博\*

多感覚統合処理の研究では、各感覚刺激の物体情報や時空間情報の統合過程についての検討は盛んに行われているものの、統合過程における感情情報の処理については十分に研究が行われていない。本研究では、表情刺激の同時提示によって聴覚刺激の提示時間の知覚が変容するかを調べることによって、感情情報が視聴覚表象を形成する過程で他の情報と同様に統合されているのかについて検討した。実験では、音の提示時間の長さの判断を課題とし、同時に視覚刺激として怒り顔、幸福顔、中性顔の表情刺激を提示した。恒常法によって標準刺激と同じ提示時間と知覚される主観的等価点を求めたところ、怒り顔を同時に提示した時には音刺激のみと比較して主観的等価点が小さくなっており、提示時間がより長く知覚されていた。一方、幸福顔や中性顔では主観的等価点の変化は観察されなかった。人間の時間知覚が各感覚刺激および多感覚刺激に固有の内的時計によって行われているという説に則れば、怒り顔によって喚起される感情情報が、視聴覚統合処理において表象内に統合されていることを示している。本実験の結果が、時間知覚固有の現象である、また使用した表情刺激の特性に依存するものである可能性は残るものの、表情刺激を用いた場合に視覚刺激が聴覚の時間知覚を変容させること、視聴覚統合における感覚表象の形成過程において感情情報も統合されていることを示唆する知見が得られた。

Key words : 視聴覚統合, 感情, 時間知覚

## 問題と目的

我々は、外界の環境を色や形の視覚情報、声や環境音の聴覚情報、粗さや触り心地の触覚情報といった、感覚器官から入力される感覚情報を用いて知覚している。このような感覚情報を用いた外界の知覚においては、視覚だけ、聴覚だけといった単一の感覚情報のみを利用するのではなく、これらの複数の感覚情報を統合している。このような多感覚情報を統合することにより、単一感覚時よりも頑健で安定した知覚を形成することができると考えられ、このことは多くの実験的

検討からも明らかとなっている (Stevenson, Ghose, Fister, Sarko, Altieri, Nidiffer, Kurela, Siemann, James, & Wallace, 2014, for a review)。

このような多感覚情報の統合過程の研究は、人間の知覚機能を解明する上で有益であると考えられる。多感覚統合においても、それぞれの感覚刺激のもつ情報が統合過程に影響を与えることが報告されている。例えば、視覚と聴覚の統合処理においては、2つの感覚入力の時空間情報が知覚に影響を与えることが報告されている (e.g., Bolognini, Frassinetti, Serino, & Ladavas, 2005; Frassinetti, Bolognini, & Ladavas, 2002; Remijn, Ito, & Nakajima, 2004; Shams, Kamitani, & Shimojo,

\*人間学部心理学科

2002). 2つの感覚入力がか空間的、もしくは時間的にある程度一致している場合には聴覚刺激によって視覚刺激の検出感度が高くなるものの、時空間情報の不一致の程度が大きくなると、このような検出感度の向上が生じなくなる (Bolognini et al., 2005; Frassinetti et al., 2002). また、視覚と聴覚の統合によってしばしば錯覚現象が生じるものの、2つの感覚入力がか時間的に大きく不一致の場合には錯覚が生じなくなる (Remijn et al., 2004; Shams et al., 2002). 視覚刺激のもつ情報に関しては、時空間情報以外にも複雑さや空間周波数といった刺激の処理速度に関わる情報も統合処理に影響を与えることが報告されている (Takeshima & Gyoba, 2013; 2014; 2015).

感覚刺激に含まれる重要な情報の一つとして、感情情報があげられる。多感覚統合において感情情報に焦点をあてた研究については、視覚や聴覚に含まれる感情情報 (表情や声の調子) によってどのような感情認知が行われるのかを調べている研究が多い (e.g., Collignon, Girard, Gosselin, Roy, Saint-Amour, Lassonde, & Lepore, 2008; Collignon, Girard, Gosselin, Saint-Amour, Lepore, & Lassonde, 2010; Vroomen, Driver, & de Gelder, 2001). このような複数の感覚情報による感情認知の研究は、対人コミュニケーションへの応用の観点からは非常に重要な研究であるといえる。一方で、感情情報は知覚処理にも大きな影響を与えている。例えば、人間は膨大な周囲の情報から必要な情報を取得するために、自身の脅威となる対象を素早く検出して対応する機能をもつと考えられている (LeDoux, 1998 松本・川村・小幡・石塚・湯浅訳 2003). このような脅威関連刺激に対する優先的な感覚処理については実験的にも検討が行われており、写真や線画の怒り顔に対しては素早く正確な視覚探索が行われることが示されている (e.g., Hansen & Hansen, 1987; Öhman, Lundqvist, & Esteves, 2001). また、このような空間に対して注意を素早く向けるようなターゲット検出に限らず、高速系列視覚提示を用いた時間的な変化において注意を向けてターゲットを検出する課題においても、怒り顔の優先的な処理の効果が示されている (e.g., Bach, Schmidt-Daffy, & Dolan, 2014;

Maratos, Mogg, & Bradley, 2008). そのため、感情情報が多感覚統合処理に与える影響を検討することは、人間の効率的な感情情報処理のメカニズムを解明する上では有益であると考えられる。

感情情報が多感覚統合における知覚処理に与える影響について検討した研究として、Maiworm, Bellantoni, Spence, and Röder (2012) や Kitamura, Watanabe, and Kitagawa (2016) がある。Maiworm et al. (2012) は、怯え声を先行提示することで、後続の腹話術効果<sup>1)</sup> (Jack & Thurlow, 1973) の効果量が低減することを示した。この研究結果は、感情情報の処理システムが多感覚情報の統合過程に干渉することを示唆している (Maiworm et al., 2012). Kitamura et al. (2016) は、参加者自身が幸福な気分になると感じる音楽を背景音とすることで、抑うつ傾向が低い参加者では通過/反発現象<sup>2)</sup> (Sekuler, Sekuler, & Lau, 1997) において反発と知覚する割合が増えることを報告している。一方で、単純な視覚と聴覚の同期判断には背景音としての幸福な気分を喚起する音楽の聴取は影響を与えないことから、ポジティブ感情が知覚レベルで多感覚情報の統合を促進するとしている (Kitamura et al., 2016). このように、感情情報が多感覚統合処理に影響を与える知見はいくつか報告されているものの、これらは課題非関連の感覚刺激が喚起する感情情報による影響について検討しているものである。つまり、ネガティブもしくはポジティブな感情が喚起されている状態における多感覚統合の処理特性を検討している。本研究では、感情情報を内包する感覚刺激の多感覚統合の処理特性を検討するため、課題に関連した感覚刺激として感情刺激を用いる。

感情情報が多感覚統合に与える影響を検討する上で、本研究では時間知覚 (刺激の提示時間の長さの知覚) を用いる。本研究では、多感覚統合について検討を行う上で視覚と聴覚について取り上げる。視覚と聴覚を扱った研究では、聴覚の時間解像度が視覚よりも優れている (e.g., Welch & Warren, 1980) ことから、時間的な側面では聴覚情報が視覚情報に優先する研究結果が数多く報告されている (e.g., Morein-Zamir, Soto-Faraco, & Kingstone, 2003; Shipley, 1964). 視聴覚統合に

おける時間知覚の研究においても、視覚情報が聴覚刺激の提示時間の長さの知覚に影響を与えるという知見も報告されている (van Wassenhobe, Buonomano, Shimojo, & Shams, 2008) もの、時間知覚においては聴覚の優位性を報告している研究の方が多い (e.g., Burr, Banks, & Morrone, 2009; Chen & Yeh, 2009; Klink, Montijn, & Wezel, 2011)。したがって、もし視覚刺激に含まれる感情情報が聴覚刺激の提示時間の長さの知覚を変容させるのであれば、多感覚統合において感情処理システムが大きな影響をもつことを示すこととなる。

これまでの研究から、感情刺激によって時間知覚が変容することは示されている (Droit-Volet, 2013, for a review)。表情刺激を用いた研究では、怒り顔や幸福顔といった感情を喚起させる顔刺激は、感情喚起が起こらない中性顔と比べて知覚される提示時間が長くなることが報告されている (Droit-Volet, Brunot, & Niedenthal, 2004)。ただし、Droit-Volet et al. (2004) では、怒り顔と幸福顔では知覚される刺激の提示時間の長さには有意な違いは見られなかった。聴覚刺激を用いた研究でも、ネガティブおよびポジティブな感情を喚起させる音声刺激の提示時間の長さは、街中の喧騒といった中性音と比べて長く知覚されることが示されている (Noulhiane, Mella, Samson, & Pouthas, 2007)。一方、視覚刺激の研究とは異なり、聴覚刺激を用いた場合にはネガティブな感情を喚起する音声の方がポジティブな感情を喚起する音声よりも提示時間が長く知覚されていた (Noulhiane et al., 2007)。このように、視覚と聴覚において結果に多少の違いはあるものの、感情刺激の提示時間は中性刺激よりも長く知覚されるという結果が示されている。時間知覚のメカニズムについては盛んな議論が行われているが、説明として体内に時間を測定するペースメーカー (内的時計) の存在を仮定している (Gibbon, 1977)。時間の長さの計測はこのペースメーカーから発生するパルスを数えることによって行われ、パルスの回数が多ければ知覚される時間が長くなると考えられている。感情刺激の提示時間が長く知覚されるのは、感情の喚起によってこのペースメーカーの速度が速くなり、提示時間が同じであっても中性刺激と

比べてパルスの発生回数が多くなるためであると推測されている (Droit-Volet, 2013)。

以上のような感情刺激による提示時間の知覚の変容を利用し、視聴覚統合における感情情報の処理過程を検討することが本研究の目的である。実験では、音の提示時間の長さの判断を課題として実施する。聴覚刺激の提示と合わせて表情刺激を視覚刺激として提示することにより、視覚刺激に含まれる感情情報が聴覚刺激の時間知覚に影響を与えるか検討を行う。視聴覚統合においては、視覚刺激と聴覚刺激の情報が統合されて、1つの視聴覚表象を形成すると考えられている (e.g., Chen & Spence, 2011)。また、この視聴覚表象の形成過程において、視覚刺激と聴覚刺激の物体情報と時空間情報はそれぞれ並列的に処理された後に統合されるというモデルが提案されている (Chen & Spence, 2011)。もし視覚刺激に含まれる感情情報も物体情報や時空間情報と同様に感覚表象の形成時に統合されるのであれば、音の提示時間の長さの判断であっても、同時に提示した表情刺激によって提示時間が長く知覚されると推測される。そこで、恒常法による測定を行い、主観的等価点を算出することで、同時提示した表情刺激による音刺激の時間知覚への影響を調べる。

## 方法

### 実験参加者

実験者1名と大学生および大学院生11名 (男性9名、女性3名、平均年齢 = 22.00 ± 2.49歳) が本実験に参加した。全員が正常な視力もしくは矯正視力を有していることを報告していた。聴力に関しては、1名を除いて正常であることを報告していた。1名は左耳が聞こえにくいという旨の報告をしていたものの、本実験の刺激および課題を考慮した上で結果に影響はないと判断した。実験は、口頭および書面による実験参加者のインフォームド・コンセントを得たうえで実施した。

### 装置

刺激の制御および提示はMATLAB (The MathWorks Inc.), Psychtoolbox (Brainard, 1997;



図1 本実験で表情刺激として使用した CFD の画像 (Ma et al., 2015)

© 2015 The University of Chicago, Center for Decision Research.

Kleiner, Brainard, & Pelli, 2007; Pelli, 1997), PC (GALLERIA QF940HE, Diginnos; OS: Windows 7, Microsoft) を使用して行った. 聴覚刺激は聴覚インターフェース (QUAD-CAPTURE UA-55, Roland) およびヘッドホン (MDR-CD900ST, Sony) を使用して提示した. 視覚刺激は CRT ディスプレイ (Diamondtron Flat RDF221H, Mitsubishi; 解像度: 1024 × 768 pixels; リフレッシュレート: 75 Hz) 上に提示した. 視覚刺激と聴覚刺激の提示タイミングの同期は, デジタルオシロスコープ (DS-5424A, Iwatsu) を使用して確認した. 実験は暗室で行い, 暗騒音は 39.3 dB (A) であった. 実験参加者からディスプレイまでの距離は, あご台を使用して約 70 cm に固定した.

### 刺激

聴覚刺激は純音で, 周波数は 1000 Hz, 音圧は 65 dB (A) であった. 提示時間は, 標準刺激が 600 ms, 比較刺激が 440, 520, 560, 640, 680, 760 ms (いずれも立ち上り/立ち下り時間各 10 ms を含む) であった. 視覚刺激は, Chicago Face Database (CFD: Ma, Correll, & Wittenbrink, 2015) 内の白人の表情刺激 (455 × 320 pixels: 視角 14.2 × 10.0°) で, 同一人物の中性顔 (Neutral), 怒り顔 (Angry), 幸福顔 (Happy) を男性と女性の顔で 3 名ずつ選

定し, グレースケールに変換して使用した (図 1). 刺激は, CFD の標準化時に測定された評定値 (Ma et al., 2015) に基づき, 怒りおよび幸福の程度の評定が同程度であり, 同時に魅力度の評定が中程度の人物を選定した<sup>3)</sup>. 刺激は黒色 (0.16 cd/m<sup>2</sup>) の背景に提示され, 提示時間は比較刺激と同じ長さになるようにした. 注視点は白色 (129.78 cd/m<sup>2</sup>) の十字 (視角 0.75 × 0.75°) であった.

### 手続き

図 2 に一試行の流れを示す. 各試行は, “0” キーを押すことで開始された. 注視点が 520 ms 提示された後, 純音が 800 ms のブランクを挟んで 2 回提示された. 一方は標準刺激が, 他方は比較刺激が提示され, 標準刺激が先に提示される試行と比較刺激が先に提示される試行を半数ずつランダムな順序で実施した. 表情刺激が提示される試行では, 比較刺激と同期して同じ提示時間で表情刺激が提示された. なお, 提示される表情刺激の性別は男性と女性が半数ずつであった. 実験参加者は, 4 (表情: Angry, Happy, Neutral, or No-Picture) × 6 (提示時間: 440, 520, 560, 640, 680, or 760 ms) × 12 (繰り返し) の計 288 試行を行った. なお, No-Picture 条件では表情刺激が提示されず, 聴覚刺激のみが提示された. 実験参加者の課題は, 提示される 2 つの音のうち, 提示時間が長いと感じ

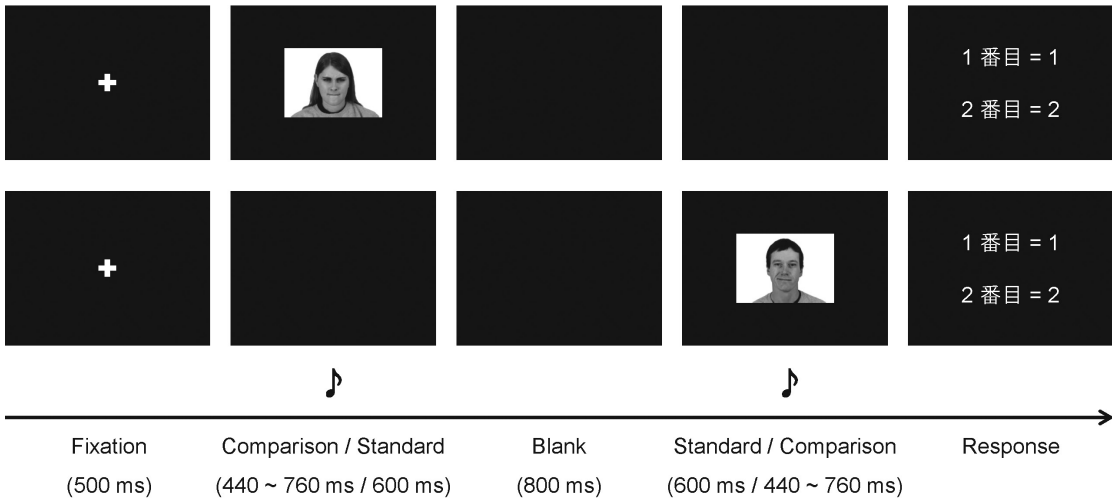


図2 本実験の一試行の流れの模式図

上段は比較刺激を1番目に提示した場合、下段は比較刺激を2番目に提示した例を示す。なお、No-Picture 条件では視覚刺激は提示されなかった。

た方をキー押しで応答することであった（1番目なら“1”キーを、2番目なら“2”キーを押すこととした）。

### 結果

各実験条件において、実験参加者が比較刺激の提示時間を「長い」と判断した割合を算出した（図3a）。各提示時間の割合の平均値は、440 msが6.08% ( $SEM = 2.44$ ), 520 msが22.91% ( $SEM = 4.24$ ), 560 msが38.54% ( $SEM = 4.27$ ), 640 msが68.23% ( $SEM = 4.13$ ), 680 msが83.51% ( $SEM = 3.28$ ), 760 msが95.31% ( $SEM = 1.83$ )であった。実験参加者が提示時間の長さの違いを正しく判断できていたのかを確認するため、提示時間（6）を要因とした一要因分散分析を行ったところ、主効果が有意であった ( $F(5, 55) = 245.50, p < .001, \eta^2 = .96$ )。主効果が有意であったため多重比較（テューキーのHSD法）を行ったところ、いずれの提示時間間の割合の差も有意であり、提示時間が長くなるほど比較刺激を長いと判断する割合が高くなっていった ( $ps < .001$ )。したがって、実験参加者は提示された音刺激の長さの違いを正確に判断できていた。

さらに、実験参加者ごとの割合のデータに最小二乗法によるロジスティック関数の当てはめを行い（Angry: Mean RMSE = 0.07,  $SD = 0.03$ ; Happy: Mean RMSE = 0.07,  $SD = 0.03$ ; Neutral: Mean RMSE = 0.08,  $SD = 0.03$ ; No-Picture: RMSE = 0.10,  $SD = 0.03$ ）、表情条件ごとに主観的等価点（point of subjective equality: PSE）を求めた（図3b）。PSEを求めることで、同時提示される表情刺激によって物理的な提示時間（標準刺激の提示時間：600 ms）と主観的な（知覚された）提示時間の違いを検査することが可能となる。各表情条件でのPSEの平均値は、Angryが573.79 ms ( $SEM = 6.77$ ), Happyが586.54 ms ( $SEM = 9.20$ ), Neutralが583.52 ms ( $SEM = 7.80$ ), No-Pictureが600.09 ms ( $SEM = 4.32$ )となっていた。No-Picture条件の提示時間の知覚に参加者のバイアスがないことを確認するため、PSEの値と物理的な提示時間の値（600 ms）とを1標本のt検定で比較したところ、有意な差は見られなかった ( $t(11) = 0.02, p = .98$ )。また、表情刺激を提示したことによるPSEの変化を検査するため、表情（4）を要因とした一要因分散分析を実施した。その結果、主効果が有意であった ( $F(3, 33) = 3.10, p < .05, \eta^2 = .22$ )。主効果が有意であったため多

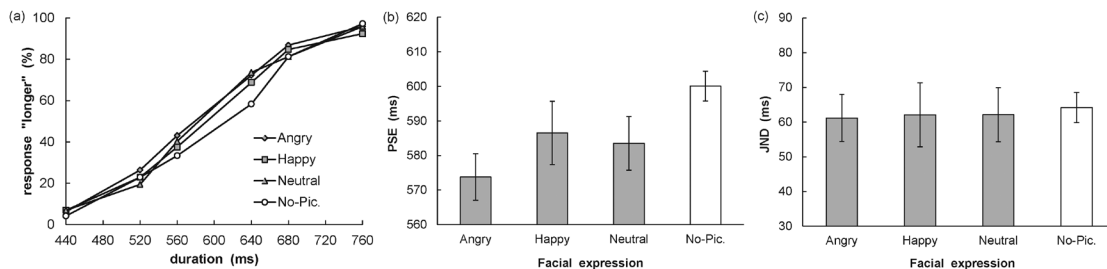


図 3. 本実験の結果

(a)各条件において比較刺激を長いと判断した割合. (b)表情条件ごとの PSE の平均値. (c)表情条件ごとの JND の平均値. エラーバーは標準誤差を示す (n = 12).

重比較(テューキーの HSD 法)を行ったところ, No-Picture 条件と比較して Angry 条件の PSE の値が小さくなっていった ( $p < .05$ ). 一方, その他の表情条件間の PSE の比較は有意ではなかった ( $ps > .25$ ). 最後に, 表情条件ごとの丁度可知差異 (just noticeable difference : JND) を求めた (図 3c). JND を求めることで, 表情刺激の提示や表情の違いによって弁別閾が変化するかを検討することが可能となる. 各表情条件での JND の平均値は, Angry が 61.21 ms ( $SEM = 5.10$ ), Happy が 62.11 ms ( $SEM = 5.65$ ), Neutral が 62.15 ms ( $SEM = 6.22$ ), No-Picture が 64.20 ms ( $SEM = 3.71$ ) となっていた. 表情刺激を提示することによる JND の違いを比較するため, 表情を要因とした一要因分散分析を行ったところ, 主効果は有意ではなかった ( $F(3, 33) = 0.11, p = .95, \eta^2 = .01$ ).

## 考 察

本研究では, 視覚刺激と聴覚刺激を同時に提示した時に形成される視聴覚表象において, 感情情報も統合されているのかについて, 時間知覚を用いて検討を行った. 実験では音刺激の提示時間の長さの弁別を課題として, 表情刺激を同時提示することによる知覚される提示時間の長さの違いを恒常法によって求めた. 怒り顔を同時に提示した時の PSE の値が音刺激のみと比べて小さくなっていった. 音刺激のみの時の PSE の値は実際の提示時間である 600 ms と違いがなかったた

め, PSE の値が小さければ知覚される提示時間が長いことを示す. したがって, 怒り顔を同時に提示した場合には, 提示時間の長さが実際よりも長く知覚されていた. 一方, 幸福顔や中性顔を同時提示した場合の PSE の値は, 音刺激のみの時の PSE の値を違いはなかった. したがって, これらの表情刺激を同時に提示しても, 知覚される提示時間の長さは変化しないことが示された. また, JND の値については表情条件間で違いが見られなかった. したがって, 表情刺激の同時提示による弁別閾の変化は観察されなかった.

本実験では, 怒り顔を同時に提示した時に, 音刺激の提示時間の長さが実際よりも長く知覚されていた. これまでの研究では, 感情刺激を用いた場合, 視覚刺激(表情刺激)でも聴覚刺激(音声刺激)でも提示時間が実際よりも長く知覚されることが報告されている (Droit-Volet et al., 2004; Noulhiane et al., 2007). したがって, 本実験においても喚起された感情情報によって知覚される提示時間の長さが変容した可能性が高い. 感情情報によって提示時間の長さが変容していたのであれば, 視聴覚表象の形成時に感情情報も統合が行われており, 視覚に含まれる感情情報によって聴覚の時間知覚が変容したと考えることができる. しかし, 人間の時間の長さを知覚するメカニズムについては多くの議論がなされている. そこで, 提案されている時間知覚のメカニズムに照らし合わせて, 本研究で得られた結果について考察を行っていく.

上述したように, 従来の時間知覚の研究では体

内に時間を計測するためのペースメーカーの存在を仮定している (Gibbon, 1977). この内的時計の数が問題となっており, 1つであるとする単一クロック説と複数であるとする複数クロック説の両方が提案され, それぞれの妥当性が議論されている (田山・邵, 2015). 単一クロック説では, 入力刺激に対応する感覚とは独立した1つのクロックが脳内に存在していると考えられている (e.g., Treisman, 1963). 単一クロック説を支持した場合には, 本実験で見られた感情情報の影響は時間知覚のメカニズムに依存したものとなる. 提示された刺激の時間の長さを計測する内的時計が感覚モダリティとは独立して1つであるとするならば, 入力された視覚と聴覚のそれぞれに時間情報が含まれていた場合でも, 視聴覚表象を形成した後に時間の長さの判断のためにこの内的時計に情報が送られると考えられる. その際に, 視覚刺激であら表情画像に含まれる感情情報も提示時間の長さの判断に使用されていると推測される. 一見, 仮説のように視聴覚表象の形成時に感情情報も統合されているように見えるが, 時間の長さを判断しているのは内的時計であるため, 視聴覚表象の形成時に感情情報も統合されているとは限らない. つまり, 内的時計が1つであるために感情情報も統合されており, 時間知覚以外の他の課題ではこのような感情情報の統合は生じない可能性が高い.

一方で, 内的なペースメーカーは感覚モダリティごとに存在するという複数クロック説も提案されている (e.g., Ivry & Schlerf, 2008; Wearden, Edwards, Fakhri, & Percival, 1998). Wearden et al. (1998) は, 聴覚刺激 (500 Hz の純音) と視覚刺激 (14 cm の青い四角) の提示時間の長さを言語評価法で測定した場合, それぞれの感覚刺激の提示時間が同じ長さであっても聴覚刺激の方が長く知覚されることを報告している. このように, 感覚モダリティごとの複数の内的時計を仮定しないと説明できない現象が報告されている. また, 近年多感覚統合の研究が盛んに行われており, これらの研究の過程で単一感覚固有の内的時計に加えて複数感覚 (例えば視覚と聴覚) の入力の時間の長さを計測するための内的時計が存在することも主張されている (e.g., Klink et al., 2011). このよ

うな複数クロック説, 特に視聴覚刺激の時間を計測する視聴覚クロックの存在を支持した場合には, 本実験の結果は感情情報が視聴覚情報の統合過程で他の感覚情報と共に統合されているという仮説を支持するものといえる. 本実験では, 聴覚刺激の提示時間の長さを判断することであった. 提示されるのが音のみの場合は, 物理的な提示時間の長さとは知覚された提示時間の長さはほとんど変わらなかったことから, 正確な時間知覚が行われていたと推測される. しかし, 怒り顔を同時に提示した場合には, 提示時間は実際よりも長く知覚されていた. 時間知覚を変容させる感情情報が含まれているのが視覚刺激にも関わらず聴覚刺激の時間知覚が変容していたことから, 音のみの時に提示時間の長さを判断していた聴覚クロックとは別に, 視聴覚刺激の提示時間の長さを判断する視聴覚クロックが機能したと考えられる. また, 感情情報が統合されていなければ, 聴覚刺激と視覚刺激の提示時間は同一であるため, 提示時間の知覚の変容は生じないと考えられる. したがって, 視聴覚表象を形成した時に感情情報もその他の感覚情報と同様に統合され, 視聴覚クロックによる提示時間の長さの判断時にその情報が使用されていたと推測される.

これまでの研究では, ネガティブでもポジティブでも感情刺激であれば提示時間が実際よりも長く知覚されることが報告されている (Droit-Volet et al., 2004; Noulhiane et al., 2007). そのため, 感情刺激である怒り顔と幸福顔のいずれを同時に提示した場合にも, 聴覚刺激の時間知覚が変容されると予測される. しかし, 本実験では聴覚刺激の時間知覚に影響を与えていたのは怒り顔の視覚刺激のみであった. 以下はこの点について考察を行っていく. 怒り顔のみが影響を与えていた理由の1つとして, 怒り顔と幸福顔では感覚処理に影響を与える処理段階が異なることがあげられる. 怒り顔や恐怖顔は脅威関連刺激と呼ばれており, 自己への脅威に結びつく対象は自己防衛の観点から素早く処理されると考えられている (LeDoux, 1998 松本ら訳, 2003). また, 恐怖顔に対しては潜時 75 ms という早い段階から扁桃体の活動が見られるのに対して, 幸福顔ではこのような

効果が見られなかったという研究も報告されている（Méndez-Bértolo, Moratti, Tokedano, Lopez-Sosa, Martínez-Alvarez, Mah, Vuilleumier, Gil-Nagal, & Strange, 2016）。また、ネガティブ顔とポジティブ顔では優位効果が生じる上で異なる処理段階を基盤とすることも示唆されている（高橋・村井・平野・行場, 2014）。多感覚統合処理では、感覚処理の初期段階で統合による影響が生じることが示唆されている（e.g., Kayser & Logothetis, 2007; Muray, Thelen, Thut, Romei, Martuzzi, & Matusz, 2016）。したがって、多感覚統合処理に対して影響を与えるのはネガティブな感情、特に脅威関連刺激である怒り顔や恐怖顔によって喚起される感情情報である可能性が考えられる。本実験において怒り顔のみの影響が見られたのは、感情情報ごとに感覚処理に影響を与える処理段階が異なることに起因しているのかもしれない。しかし、喚起される感情によって感覚処理に影響を与える処理段階が異なっているのかについては、さらなる検討が必要である。

処理段階の違い以外では、覚醒度の影響が考えられる。感情は「情動価」と「覚醒度」という2つの次元から構成されていると考えられている（e.g., Lang, 1995）。感情情報が時間知覚を変容させる過程では、感情刺激の覚醒度が影響を与えていることも示唆されている（e.g., Droit-Volet & Meck, 2007）。本研究では、使用した表情刺激の覚醒度の評価は行っていないことから、表情刺激間の覚醒度が統制されていないことが、怒り顔のみで時間知覚の変容が見られたことと関連しているのかもしれない。しかし、感情刺激の覚醒度が時間知覚に影響を与えるという知見（e.g., Droit-Volet & Meck, 2007）が報告される一方で、覚醒度の変化と主観的な時間知覚の変容とは直接的に関連しているわけではないという報告もある（Mella, Conty, & Pouthas, 2011）。Mella et al. (2011)では、感情刺激の覚醒度の違いを皮膚コンダクタンス反応（skin conductance response : SCR）を指標として客観的に測定し、主観的な時間知覚の変化との対応を検討した。SCRの変化は感情刺激の覚醒度の違いを反映していたものの、知覚される提示時間の変化とは完全には一致しなかった。

したがって、本研究においても表情刺激の覚醒度の違いは怒り顔のみで影響が生じていた理由の1つであるとは推測されるが、覚醒度の違いだけで説明できるわけではないと考えられる。

本実験において、幸福顔と中性顔のPSEの値は統制条件である音のみの提示と比較して有意な変化は見られなかったものの、怒り顔とも有意な違いは見られなかった。幸福顔では、感情喚起の影響があるとすれば音のみの条件よりもPSEの値が有意に小さくなり、影響がなければ怒り顔よりもPSEの値が有意に大きくなるはずである。また、中性顔は感情喚起が想定されない刺激であるため、本来であれば怒り顔よりもPSEの値が有意に大きくなるはずである。本実験では、十分な標準化が行われており、さらに各画像の輝度や顔の各パーツの大きさといった数値が示されているという理由から、CFDの表情刺激を視覚刺激として用いた。CFDの表情刺激にはアジア人の顔画像も含まれているが、全ての表情が揃っており、さらに被写体の種類も充実しているのは白人の画像であったため、白人の表情刺激を視覚刺激として使用した。しかし、実験参加者が白人の表情を読み取りづらかったため、幸福顔と中性顔のPSEの値に影響を与えていた可能性が考えられる。特に、幸福顔に関してはポジティブな感情の喚起が不十分であったのか、それとも本実験のような多感覚統合処理ではそもそも感情情報の影響が生じないのかを明確にするため、使用した表情刺激の表情の判別を実験の事前もしくは事後に行う、あるいは表情の判別が容易であるとアジア人（日本人）の表情刺激のデータベースを使用する必要があったといえる。

本研究の結果は、視覚刺激の感情情報によって聴覚刺激の時間知覚が変容する可能性を示唆する。したがって、多感覚統合において提示された複数の感覚、例えば視覚と聴覚を統合した感覚表象を形成する過程では、それぞれの感覚刺激に内包される感情情報も表象の中に統合されると考えられる。多感覚統合における感情情報の影響について議論するためには、時間知覚という課題や、使用した表情刺激の特性についてはまだ検討の余地があるといえるが、時間解像度に優れる聴覚刺



激の時間知覚に視覚刺激（表情刺激）が影響を与える可能性があることを示せたという点で、本研究には十分意義があったといえる。今後は、多感覚統合における感情情報の影響について検討をするため、本実験を精緻化するなど研究を進めていく必要がある。

#### 注

- 1) 腹話術効果とは、聴覚刺激の音源定位を行う場合に、音源と推測される視覚刺激（例えば、音声に対して人の顔）が空間的に不一致の位置に提示されると、音源定位がその視覚刺激に位置に偏向する現象である。
- 2) 同一の視覚刺激（例えば円）が同一線上を接近するように運動し、中間点で重なった後に離れるように運動し続けるような刺激画面が提示された場合、2つの物体が通り抜けた（通過した）ように知覚される。一方、2つの刺激が重なるタイミングで短いクリック音を提示すると、2つの物体が衝突して跳ね返った（反発した）ような知覚へと変容する。音によってこのような運動刺激の知覚が変容する現象は文献によって様々な呼ばれ方をしているが、本論文では通過／反発現象と呼ぶこととする。
- 3) 魅力的な顔刺激は注意を引き付けることが、数多くの研究で報告されている（e.g., Olson & Marushev, 2005; Sui & Liu, 2009）。注意が向くことも時間知覚を変容する要因となるため、注意の向きやすさを統制するために、魅力度の評定が中程度の刺激を選定した。

#### 引用文献

- Bach, D. R., Schmidt-Daffy, M., & Dolan, E. J. (2014). Facial expression influences face identify recognition during the attentional blink. *Emotion*, 14(6), 1007–1013.
- Bolognini, N., Frassinetti, F., Serino, A., & Làdavas, E. (2005). “Acoustical vision” of below threshold stimuli: Interaction among spatially converging audiovisual inputs. *Experimental Brain Research*, 160(3), 273–282.
- Brinard, D. H. (1997). The psychophysics toolbox. *Spatial Vision*, 10(4), 433–436.
- Burr, D., Banks, M. S., & Morrone, M. C. (2009). Auditory dominance over vision in the perception of interval duration. *Experimental Brain Research*, 198(1), 49–57.
- Chen, Y.-C., & Spence, C. (2011). The crossmodal facilitation of visual object representations by sound: Evidence from the backward masking paradigm. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 37(6), 1784–1802.
- Chen, K.-M., & Yeh, S.-L. (2009). Asymmetric cross-modal effects in time perception. *Acta Psychologica*, 130(3), 225–234.
- Collignon, O., Girard, S., Gosselin, F., Roy, S., Saint-Amour, D., Lassonde, M., & Lepore, F. (2008). Audio-visual integration of emotion expression. *Brain Research*, 1242, 126–135.
- Collignon, O., Girard, S., Gosselin, F., Saint-Amour, D., Lepore, F., & Lassonde, M. (2010). Women process multisensory emotion expressions more efficiently than man. *Neuropsychologia*, 48(1), 220–225.
- Droit-Volet, S. (2013). Time perception, emotions and mood disorders. *Journal of Physiology-Paris*, 107(4), 255–264.
- Droit-Volet, S., Brunot, S., & Niedenthal, P. M. (2004). Perception of the duration of emotional events. *Cognition & Emotion*, 18(6), 849–858.
- Droit-Volet, S., & Meck, W. (2007). How emotions colour our perception of time. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(12), 504–513.
- Frassinetti, F., Bolognini, N., & Làdavas, E. (2002). Enhancement of visual perception by crossmodal visuo-auditory interaction. *Experimental Brain Research*, 147(3), 332–343.
- Gibbon, J. (1977). Scalar expectancy theory and weber’s law in animal timing. *Psychological Review*, 84(3), 279–325.
- Hansen, C. H., & Hansen, R. D. (1988). Finding the face in the crowd: An anger superiority effect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(6), 917–924.
- Ivry, R., & Schlerf, J. (2008). Dedicated and intrinsic models of time perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(7), 273–280.
- Kayser, C., & Logothetis, N. (2007). Do early sensory cortices integrate cross-modal information? *Brain*

- Structure and Function*, 212(2), 121–132.
- Kitamura, M., Watanabe, K., & Kitagawa, N. (2016). Positive emotion facilitates audiovisual binding. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 9, Article 66.
- Kleiner, M., Brainard, D., & Pelli, D. (2007). What's new in Psychtoolbox-3? *Perception*, 36(14), ECVF Abstract Supplement.
- Klink, C., Montijn, J., & van Wezel, R. (2011). Crossmodal duration perception involves perceptual grouping, temporal ventriloquism, and variable internal clock rates. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(1), 219–236.
- Jack, C. E., & Thurlow, W. (1973). Effects of degree of visual association and angle of displacement on the “ventriloquism effect.” *Perception and Motor Skills*, 37, 967–979.
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe: Studies of motivation and attention. *American Psychologist*, 50(5), 372–385.
- LeDoux, J. E. (1996). The emotional brain. New York: Simon and Shuster.  
(ジヨゼフ・ルドゥー 松本元・川村光毅・小幡邦彦・石塚典生・湯浅茂樹 (訳) (2003). エモーションナル・ブレイン—情動の脳科学—, 東京大学出版会)
- Ma, D., Correll, J., & Wittenbrink, B. (2015). The Chicago face database: A free stimulus set of faces and norming data. *Behavior Research Methods*, 47(4), 1122–1135.
- Maiworm, M., Bellantoni, M., Spence, C., & Röder, B. (2012). When emotional valence modulates audiovisual integration. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 74(6), 1302–1311.
- Maratos, F. A., Mogg, K., & Bradley, B. P. (2008). Identification of angry faces in the attentional blink. *Cognition & Emotion*, 22(7), 1340–1352.
- Médez-Bértolo, C., Moratti, S., Toledano, E., Lopez-Sora, F., Martínez-Alvarez, R., Mah, Y. H., Vuilleumier, P., Gil-Nagel, A., & Strange, B. A. (2016). A fast pathway for fear in human amygdala. *Nature Neuroscience*, 19, 1041–1049.
- Mella, N., Conty, L., & Pouthas, V. (2011). The role of physiological arousal in time perception: Psychophysiological evidence from an emotion regulation paradigm. *Brain and Cognition*, 75(2), 182–187.
- Morein-Zamir, S., Soto-Faraco, S., & Kingstone, A. (2003). Auditory capture of vision: examining temporal ventriloquism. *Cognitive Brain Research*, 17(1), 154–163.
- Murray, M. M., Thelen, A., Thut, G., Romei, V., Martuzzi, R., & Matusz, P. J. (2016). The multisensory function of the human primary visual cortex. *Neuropsychologia*, 83, 161–169.
- Noulhiane, M., Mella, N., Samson, S., Ragot, R., & Pouthas, V. (2007). How emotional auditory stimuli modulate time perception. *Emotion*, 7(4), 697–704.
- Öhman, A., Lundqvist, D., & Esteves, F. (2001). The Face in the Crowd Revisited: A Threat Advantage With Schematic Stimuli. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80(3), 381–396.
- Olson, I., & Marshuetz, C. (2005). Facial attractiveness is appraised in a glance. *Emotion*, 5(4), 498–502.
- Pelli, D. G. (1997). The video toolbox software for visual psychophysics: Transforming numbers into movies. *Spatial Vision*, 10(4), 437–442.
- Remijn, G., Ito, H., & Nakajima, Y. (2004). Audiovisual integration: An investigation of the “streaming-bouncing” phenomenon. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 23(6), 243–247.
- Sekuler, R., Sekuler, A., & Lau, R. (1997). Sound alters visual motion perception. *Nature*, 385(6614), 308.
- Shams, L., Kamitani, Y., & Shimojo, S. (2002). Visual illusion induced by sound. *Cognitive Brain Research*, 14(1), 147–152.
- Shipley, T. (1964). Auditory flutter-driving of visual flicker. *Science*, 145(3638), 1328–1330.
- Stevenson, R. A., Ghose, D., Fister, J. K., Sarko, D. K., Altieri, N. A., Nidiffer, A. R., Kurela, L. R., Siemann, J. K., James, T. W., & Wallace, M. T. (2014). Identifying and quantifying multisensory integration: A tutorial review. *Brain Topography*, 27(6), 707–730.
- Sui, J., & Liu, C. (2008). Can beauty be ignored? Effects of facial attractiveness on covert attention. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(2), 276–281.
- Takeshima, Y., & Gyoba, J. (2013). Complexity of visual

- stimuli affects visual illusion induced by sound. *Vision Research*, 91, 1-7.
- Takeshima, Y., & Gyoba, J. (2014). Pattern dot quantity affects auditory facilitation effects on visual object representations. *Perception*, 43(2-3), 107-116.
- Takeshima, Y. & Gyoba, J. (2015). Spatial frequency modulates the degree of illusory second flash perception. *Multisensory Research*, 28(1-2), 1-10.
- 田山忠行・邵瓊瑤 (2015). 時間知覚に及ぼす繰り返し効果に関するクロスモダル研究. 基礎心理学研究 34(1), 35-44.
- Treisman, M. (1963). Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock." *Psychological Monographs: General and Applied*, 77(13), Whole No. 576.
- Van Wassenhove, V., Buonomano, D. V., Shimojo, S., & Shams, L. (2008). Distortions of subjective time perception within and across senses. *PLoS ONE*, 1(1), e1437.
- Vroomen, J., Driver, J., & de Gelder, B. (2001). Is cross-modal integration of emotional expressions independent of attentional resources? *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 1(4), 382-387.
- Wearden, J., Edwards, H., Fakhri, M., & Percival, A. (1998). Why "sounds are judged longer than lights": application of a model of the internal clock in humans. *The Quarterly journal of experimental psychology. B, Comparative and physiological psychology*, 51(2), 97-120.
- Welch, R. B., & Warren, D. H. (1980). Immediate perceptual response to intersensory discrepancy. *Psychological Bulletin*, 88(3), 638-667.

## 謝 辞

本研究は、科学研究費補助金（研究活動スタート支援：15H06569）の補助を受けた。

(2016. 9. 27 受稿, 2016. 10. 18 受理)