

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：13302

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2015

課題番号：24683026

研究課題名(和文)聴覚・視覚・体性感覚を統合した周辺刺激捕捉過程の解明

研究課題名(英文)Clarification of mechanism of capturing events presented peripheral area based on auditory, visual, and somatic sensations

研究代表者

宮内 良太 (Miyuchi, Ryota)

北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：30455852

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトは、周囲にある様々な物体の映像情報やそれらの物体の発する音情報を頼りに、自分の周辺にある/生じる事象を把握しながら生活を送っている。本研究では、その事象に起因する映像・音情報の知覚統合過程について調査し、どのように事象を捉えるのかを検討した。その結果、物理的には映像と音の情報が一致しているにもかかわらず、知覚的に不整合が生じることがわかった。この不整合は、単純な聴覚と視覚の特性の違いのみでなく、事象と自分との間の相対的な空間関係に依存していると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Human can perceive visual and auditory information originated with various events surrounding them, and recognize the events based on the percept. In the present study, to examine multimodal (auditory, visual, and somatosensory) interaction and cognitive process of the events, psychological experiments were conducted. The results showed that perceptual directions of auditory and visual stimuli were different, whereas these stimuli were presented from the same direction. The discrepancy between auditory and visual perceptual directions cannot be explained by the differences of modality specific features of each audition and vision. It is considered to be caused by the interaction between audition, vision, and somatic sensation.

研究分野：知覚心理

キーワード：視聴覚統合 空間知覚 聴覚的注意 身体運動

1. 研究開始当初の背景

情報呈示技術の発展により、複数感覚情報の三次元空間情報を仮想的に呈示することが可能となりつつある。しかし、ヒトの周辺方向に呈示された複数感覚刺激の知覚過程は未だ体系的に研究されておらず、3D 酔いなど三次元空間情報呈示に固有の心身的弊害が何に起因しているのか分かっていない。この心身的な弊害は、聴覚・視覚・体性感覚といった、空間情報に関連する複数感覚情報の有機的なつながりが切れてしまっているために生じている可能性が高く、複数感覚の空間情報の統合過程を明らかにする必要がある。

複数感覚情報の知覚・統合過程を心理物理学的なアプローチで解明する試みは、古くから行われてきた。その結果、腹話術効果 (Jackson, 1953) やマガーク効果 (McGurk ら, 1976) といった視覚情報が聴覚情報の空間知覚表象を変容させる現象が発見され、空間領域では視覚優位で複数感覚情報が統合されると考えられてきた。

一方で、聴覚ドライビング (Shipley, 1964) や多重フラッシュ錯覚 (Shams ら, 2000) といった現象から、時間領域では聴覚優位で統合が行われるとされてきた。

しかし Alais ら (2004) が、顕著性を下げた視覚刺激を用いると、空間領域でも聴覚が視覚の空間情報を変容させる結果を示したことで、感覚の優位性は固定的なものではなく、そのつど信頼性が高い情報に重み付けをした最適な統合が行われるという考え方が主流となっている (Ernst ら, 2002)。

視覚においては、正面方向に呈示された刺激の顕著性が最も高く、周辺視野にいくに従って顕著性は劇的に減少する。一方で、聴覚では、到来方向による顕著性の変化はほとんどない。Alais らの考え方が正しいとすれば、刺激の呈示方向に伴う顕著性の変化の違いが、視覚・聴覚の知覚統合に何らかの影響を与えていると考えられる。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、周辺に呈示された事象がどのように知覚され、それによって注意がどのように捕捉されるのかを心理物理学実験の結果から解明し、聴覚・視覚・体性感覚が有機的に連携していることを示す。この目的を達するために、本研究では以下の二つの仮説を立て、これらを検証する形で研究を進めた。

(1) まず、「視野の中心付近と周辺付近とでは、空間情報の視聴覚統合過程に違いが生じる」という仮説を立てた。Perrott ら (1993) は、視野角 20° 付近を境に聴覚と視覚の空間情報の信頼性が逆転することを示している。信頼性が高い情報に重み付けして視聴覚空間

情報を統合しているとすれば、正面と周辺とで知覚表象に違いが生じると考えられる。しかし、ほとんどの研究では、刺激を正面方向に呈示しており、呈示刺激の偏心度が空間情報統合に与える影響は、未だ明らかになっていない。ヒトの三次元空間知覚を議論するためには、刺激の偏心度による知覚の変化を体系的に明らかにする必要がある。

(2) 次に、「周辺視野における聴覚と視覚との知覚的な統合には、身体運動を伴う注意の捕捉過程が密接に関連している」という仮説を立てた。ヒトは、周辺に何らかの刺激が呈示され、それによって注意が捕捉されると、何が起きているのかをその方向を向いて詳細に確認しようとする。周辺に聴覚刺激を呈示しその方向に頭や視線を向ける動作過程を測定した実験では、聴覚刺激よりも外側に頭や視線を向けてから戻ってくるオーバーシュート現象が観察されている (Corneil ら, 2002)。このような周辺刺激を捉える動作のきっかけは、聴覚・視覚情報の知覚であり、これらは密接な関連を持っていると考えられる。

3. 研究の方法

上記の二つの仮説を、心理実験によって検証する形で研究を進めた。

(1) 視聴覚の空間知覚・統合過程を明らかにするために、周辺視野に聴覚・視覚刺激を呈示するスピーカと LED アレイを構築し、様々な時空間タイミングで刺激を呈示した際の実験参加者の反応を収集した。また、聴覚的な注意の影響を見るために、刺激の振幅包絡の特徴に注目し、刺激の知覚様相が振幅包絡の制御によって変化するかを聴取実験によって検討した。

(2) 上記の刺激呈示装置に、視線や頭部の運動を測定するための、視線計測装置やジャイロセンサーを連動させ、刺激の呈示と実験参加者の身体情報とを同時に測定する装置を構築した。この装置を使って、刺激の呈示タイミングや呈示位置と、視線・頭部運動の軌跡とを同時収録し、(1) の結果と合わせて分析した。

4. 研究成果

(1) 視聴覚刺激を同じ場所から呈示しているにもかかわらず、知覚される呈示方向が聴覚と視覚で異なる現象 (視聴覚定位不斉) が現れた。この視聴覚定位不斉によるズレは、中心視野からの偏心度にかかわらずほぼ 5° で一定となった。また、視野の中心から 10 度離れただけで生じることも分かった。さらに、視聴覚定位不斉は、水平面方向でも正中面方向でも生じていた。これらの結果から、周辺視野においては、聴覚と視覚とで知

覚空間にズレが生じることが分かった。さらに、偏心度によらずズレが一定であること、音の方向定位による手がかりが異なる水平面でも正中面でも生じていることから、単純に個々のモダリティにおける知覚特性のみでは説明できない現象であることも分かった。

(2) (1)において発見した視聴覚定位不斉が、視線や頭部の方向によって変化するかを確かめたところ、視線や頭部の方向にかかわらず、視野の中心からの距離によって生じるかどうかが決まることが分かった。頭部や視線を静止した状態であれば、視聴覚定位不斉が、頑健に生じることが分かった。

次に、視聴覚刺激を呈示した際に、刺激方向に頭部を向ける動きを観測したところ、一旦刺激位置を通り越して戻る動作が確認された。また、頭部の動き出し時に一旦反対方向に振れる挙動を示すこともあった。これらの挙動は、実験参加者によってばらつきはあるものの、ほぼ一定の角度で生じており、視聴覚定位不斉との関連性が示唆された。しかし、視聴覚不斉による5°のズレとの関連性は単純な比較では見出せなかった。

そこで、行ったり戻ったりする運動の軌跡を一種の変調として捉え、軌跡の変調成分の分析を行ってみた。その結果、変調の位相のズレが定位方向のズレの角度とほぼ同じ値をとることが分かった。この結果は、聴覚の知覚的な処理時間、視覚の知覚的な処理時間、身体を動かすモーターコントロールに要する処理時間の三つの間に存在するズレを補正するために知覚内容に齟齬が生じる可能性を示唆している。

以上の成果から、本課題では、正面方向と周辺方向とでは、同じ場所から呈示された刺激の知覚方向が視聴覚でずれていること、このズレは、身体を動かして刺激を捉える過程と関係があることが明らかとなった。今回の研究では研究期間内に仮想的な刺激呈示装置を構築する時間も予算もなかったため、この成果と3D酔いといった心身弊害との直接的な関連性はわかっていないが、知覚的に同じ場所から到来したと知覚されるように、わざとずらした位置から視聴覚刺激を呈示したところ、刺激を捉えるまでの頭部運動時間が増加したり、変調成分の分布が高周波数側にシフトしたりする現象がみられた。この結果から、この心身的な弊害は、聴覚・視覚・体性感覚といった、空間情報に関連する複数感覚情報の有機的なつながりが切れてしまっているために生じていると予想される。

研究開始当初には想定していなかったが、研究を進める上で、以下のような研究成果も得られた。これらの結果は、本課題と直接関連するものではないが、それぞれ、別の研究へと派生する重要な発見となった。

(3) 本課題では、周辺に呈示した刺激への注意も重要な要素であった。視覚の注意方向については視線を観測することで外部から予測することが可能であるが、何を聞いているのか、という聴覚的注意については、外部から客観的に見るのが難しい。そこで、聴覚的注意が反映される身体現象を探したところ、耳から外部に放射される耳音響放射が、聴覚的注意によって変化することを示唆する成果が得られた。この現象自体は、耳にブローブマイクロホンやスピーカを挿入しないと測定できないため、本課題に直接的に資する成果ではないが、挑戦的萌芽研究として新たな研究課題に発展した。

(4) 音に対する注意を誘起するために、音の振幅変調成分を変化させて聞こえへの影響を分析したところ、変調が音質と関連している可能性が示唆された。これは単純な音だけでなく、音声の個人性や感情といった質的な情報にも大きく関連していることも分かった。この音の質的な性質が注意と関連していると考えられるが、本課題の研究期間内にその関連性までを明らかにすることはできなかった。次のステップとして、この成果を、聴覚における変調知覚メカニズムと関連させ、音の質的な性質の知覚過程を明らかにする研究を進めている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

1. Zhi Zhu, Yasutaka Nishino, Ryota Miyauchi, and Masashi Unoki. Study on linguistic information and speaker individuality contained in temporal envelope of speech. *Acoustical Science & Technology*. (accepted). 査読有

2. Ryota Miyauchi, Dea-Gee Kang, Yukio Iwaya, and Yoiti Suzuki. Relative localization of auditory and visual events presented in peripheral visual field. *Multisensory Research*, 27, 1-16. (2015). 査読有

[学会発表](計25件)

1. 朱治・宮内良太・鶴木祐史 変調フィルタバンクを用いた感情音声における変調スペクトルの特徴解析 日本音響学会 2016年春季研究発表会, 2016年3月9-11日. 桐蔭横浜大学(神奈川県・横浜市).

2. Teruki Toya, Daisuke Ishikawa, Ryota Miyauchi, Kazushi Nishimoto, & Masashi

Unoki. Study on effects of speech production during delayed auditory feedback for air-conducted and bone-conducted speech. 2016 RISP International workshop on Nonlinear Circuite and Signal Processing, March 6-9, 2016. Honolulu, Hawaii (U.S.A.).

3. 宮内良太・木谷俊介・鶴木祐史 様々な刺激を呈示して測定した耳音響放射音の特徴解析 日本音響学会聴覚研究会, 2016年3月4, 5日. 九州大学大橋キャンパス (福岡県・福岡市).

4. 朱治・宮内良太・荒木友希子・鶴木祐史 雑音駆動音声の感情知覚と振幅包絡線情報の関係に関する検討 日本音響学会聴覚研究会, 2016年3月4, 5日. 九州大学大橋キャンパス (福岡県・福岡市).

5. Zhi Zhu, Ryota Miyauchi, and Masashi Unoki Analysis of modulation-spectral features extracted from Japanese emotional speech. Taiwan/Japan Research Meeting on Psychological & Physiological Acoustics and Electroacoustics. Oct. 23-24 2015. Hsinchu (Taiwan).

6. 朱治・宮内良太・鶴木祐史 雑音駆動音声の個人性知覚に関する基礎的検討 平成27年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2015年9月12-13日. 金沢工業大学扇が丘キャンパス (石川県・野々市市).

7. 鳥谷輝樹・宮内良太・鶴木祐史 心理物理的同調曲線による抑圧性マスキングの検討 平成27年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2015年9月12-13日. 金沢工業大学扇が丘キャンパス (石川県・野々市市).

8. 朱治・宮内良太・鶴木祐史 変調スペクトルの帯域を制限した雑音駆動音声の個人性知覚に関する研究 日本音響学会 2014年春季研究発表会, 2015年3月16-18日. 中央大学後楽園キャンパス (東京都・文京区).

9. Zhi Zhu, Ryota Miyauchi, & Masashi Unoki. Analysis of speaker individual differences on modulation spectrum. 2015 RISP International workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing, February 27 - March 2, 2015, Kuala Lumpur (Malaysia).

10. 宮内良太 音列時間パターンが音像定位位置に与える影響 日本音響学会聴覚研究会, 2015年2月13-14日. 愛媛大学 (愛媛県・松山市).

11. 朱治・宮内良太・鶴木祐史 音声の変調スペクトルに現れる個人差の分析 日本音響学会聴覚研究会, 2014年10月23-24日. ホテルシーモア (和歌山県・西牟婁郡 白浜町).

12. 宮内良太 情報科学と心理学 北陸心理学会第49回大会公開シンポジウム, 2014年10月18日. 金沢工業大学扇が丘キャンパス (石川県・野々市市) (招待講演)

13. Ryota Miyauchi, Kang Dea-Gee, Yukio Iwaya, & Yōiti Suzuki. Sound and flash localizations in peripheral directions. Forum Acusticum 2014, September 7-12, 2014. Krakow (Poland). (Invited Talk).

14. 西野恭生・宮内良太・鶴木祐史 振幅包絡の変調成分の制御が日本語音声の子音知覚に与える影響の検討 日本音響学会 2014年春季研究発表会, 2014年3月10-12日. 日本大学駿河台キャンパス (東京都・千代田区).

15. Yasutaka Nishino, Ryota Miyauchi, & Masashi Unoki. Study on linguistic information contained in temporal amplitude envelope of Japanese speech signals. 2014 RISP International workshop on Nonlinear Circuits and Signal Processing, February 28 - March 3, 2014, Honolulu, Hawaii (U.S.A.).

16. 木谷俊介・濱田康弘・宮内良太・鶴木祐史 耳音響放射を用いた聴覚的注意の測定手法に関する予備的検討 日本音響学会聴覚研究会, 2014年2月8-9日. 那覇市 IT創造館 (沖縄県・那覇市).

17. 西野恭生・宮内良太・鶴木祐史 日本語音声の子音知覚は振幅包絡の変調成分の制御により変化するのか? 日本音響学会聴覚研究会, 2014年2月8-9日. 那覇市 IT創造館 (沖縄県・那覇市).

18. 西野恭生・宮内良太・鶴木祐史 音声の各周波数帯域の振幅包絡に含まれる言語情報 日本音響学会聴覚研究会, 2013年10月10-11日. 神戸セミナーハウス (兵庫県・神戸市).

19. 西野恭生・宮内良太・鶴木祐史 音声の振幅包絡の変調成分が言語情報の取得に与える影響 平成25年度電気関係学会北陸支部連合大会, 2013年9月21-22日. 金沢大学 (石川県・金沢市).

20. Shunsuke Kidani, Ryota Miyauchi, & Masashi Unoki, Study on effects of presence of cue-tone on psychophysical

tuning curves. International Congress on Acoustics (ICA), June 2-7, 2013, Montreal (Canada).

21. 木谷俊介・宮内良太・鶴木祐史 心理物理的同調曲線における手がかり音呈示の効果の検討 日本音響学会 2013 年春期研究発表会, 2013 年 3 月 13-15 日. 東京工科大学八王子キャンパス (東京都・八王子市).

22. 宮内良太・木谷俊介・鶴木祐史 蝸牛遅延特性に基づいた電子音響透かし法のステレオ拡張に関する検討 日本音響学会 2013 年春期研究発表会, 2013 年 3 月 13-15 日. 東京工科大学八王子キャンパス (東京都・八王子市).

23. 木谷俊介・宮内良太・鶴木祐史 同側耳への手がかり音の呈示による心理物理的同調曲線の変化に関する検討 日本音響学会聴覚研究会, 2013 年 2 月 2-3 日. 金沢大学サテライト・プラザ (石川県・金沢市).

24. Shunsuke Kidani, Ryota Miyauchi, & Masashi Unoki, Effect of presentation of cue tones on active tuning of auditory filters derived from simultaneous notched-noise masking, International Symposium on Hearing, July 23-27, 2012, Cambridge (U.K.).

25. Ryota Miyauchi, Dae-Gee Kang, Yukio Iwaya, & Yōiti Suzuki. Robustness of audio-visual localization disparity in the peripheral fields. Acoustics 2012, May 13-18, 2012, Hong Kong (China).

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

なし

6 . 研究組織

(1)研究代表者

宮内 良太 (MIYAUCHI RYOTA)

北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号 : 30455852