

平成24年 5月11日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21730585

研究課題名 (和文) 広視野視覚運動情報によって形成される聴覚空間の歪みの検証

研究課題名 (英文)

Distortion of auditory space during the exposure of large-field visual motion

研究代表者

寺本 渉 (TERAMOTO WATARU)

東北大学・電気通信研究所・研究支援者

研究者番号：30509089

研究成果の概要 (和文) : 周辺視野も含む視野全体の動き情報は、自己身体全体の移動感覚をもたらす。本研究はこうした視覚的に与えられる自己運動情報が、人間の聴覚空間形成に及ぼす影響を解明することを目的とした。その結果、左右方向への視覚的自己運動情報によって、聴覚空間に系統的な歪みが生じることが明らかになった。ただし、歪み方は課題の種類や聴覚刺激が提示される空間によって異なった。音源を前方空間に提示した場合、ポインティング課題を用いると自己運動と反対方向にずれて知覚されるが、プローブ課題では正しく知覚された。一方、音源を後方空間に提示した場合には、プローブ課題において自己運動と一致した方向に音源位置がずれて知覚されることがわかった。これら課題よる違いは、音源が表現される心的座標系に依存して自己運動情報の影響が異なることを示している。前方・後方空間間の差異は、視覚系との相互作用などが考えられ、この点については今後の研究で明らかにしていく必要がある。

研究成果の概要 (英文) : Self-motion perception is established based on inputs from various sensory modalities such as the visual, vestibular and proprioceptive systems. The present study investigated the effect of visually induced self-motion perception on auditory space perception. The results showed the task- and space-dependent distortions of auditory space during self-motion perception. In the frontal space, the perceived position of a sound was shifted leftward in a few degrees when participants perceived rightward self-motion with pointing tasks, but not with probe tasks. In the rear space, on the other hand, the perceived position of a sound was shifted rightward when participants perceived rightward self-motion with probe tasks. The task dependent distortion of the frontal space suggests the effect of self-motion information differs depending on auditory space representation (egocentric and allocentric representations of space). The difference between front and rear spaces might reflect the effect of the space representation of the visual modality, but further research is necessary to elucidate the details.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成21年度	2,300,000	690,000	2,990,000
平成22年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：知覚心理学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：視覚系，前庭系，聴覚系，マルチモーダル感覚情報処理，視覚的自己運動情報，音源定位

1. 研究開始当初の背景

近年，視野の広い範囲に高精度に視覚刺激を提示できる大型ディスプレイが普及し，詳細な周辺視野の機能が明らかになりつつある。その中で，人間は周辺視野を含む視野全体の情報を用いて自己定位（自己位置や自己運動知覚など）を行っていることが指摘されている。特に，どちらの方向にどのくらいの速度で進んでいるのかという自己運動を知覚することは，時々刻々と変化する外界と自己との相対的關係性を把握し，適切な外界把握と外界に対する働きかけを導くために非常に重要である。

しかし，従来の研究の多くが，自己運動を知覚するまでのプロセスの解明にとどまり，得られた自己運動情報を使ってどのように知覚や行動を最適化しているのかという点までは調べられていない。人間をはじめ多くの高等動物では，感覚機能と行動機能が密接に結合され一体となって多様な世界に対する適応能力が実現されている。自己運動情報も，「自分が動いている」という意識経験の成立のためだけにあるのではなく，外界把握と外界への働きかけを適切に導くためにあると考えられる。したがって，自己運動情報が我々の行う知覚・行動にどのように利用されているのかという観点からの研究こそ人間の自然な振る舞いを理解する道筋を与えるものであると考えられる。

研究代表者はこれまで，自己運動情報が視覚情報処理に与える影響を検討し，適応的な知覚・行動を導くかたちで，系統的歪みが生じることを明らかにしてきた。しかし，より現実的な環境では，視覚・聴覚・触覚など各感覚モダリティ間で密接な情報のやりとりをしており，自己運動情報が視知覚に及ぼす影響を調べるだけでは，その自己運動情報を用いた知覚・行動の最適化過程の全貌を明らかにするには不十分であると考えられる。

2. 研究の目的

そこで，本研究では，従来，視覚系と密接に情報のやりとりをしていると考えられる聴覚系に焦点を絞り，自己運動情報が聴覚空間形成に及ぼす影響について検討を行った。

3. 研究の方法

これまで視覚系で行なってきた定位課題を応用し，広視野視覚運動刺激による自己運動情報が，空間内の様々な位置に提示される実音源の定位に及ぼす影響を心理物理学的測定法により計測することによって検討した。特に以下の2点に焦点を絞り検討を行った。

- (1) 視覚的自己運動情報が前方空間での音源定位に及ぼす影響の検討
- (2) 視覚的自己運動情報が後方空間での音源定位に及ぼす影響の検討

広視野視覚運動刺激によって前後・左右・上下方向の並進運動のみならずヨー・ピッチ・ロール軸周りの回転運動も提示できる。(1)および(2)では刺激提示が容易な左右方向の並進運動を検討対象とした。

まず，(1)および(2)の実験を実現するため図1に示す実験環境を構築した。被験者は，天井と床面，前後と左面を吸音材で，右面は厚いカーテンで囲まれた空間内の椅子に座り，正面の大型音響透過スクリーン（150インチ，キクチ科学，Stewart サウンドスクリーン）に，プロジェクタ（パナソニック社製 PT-D6000）を通じ提示される広視野視覚運動刺激を観察した。音は，スクリーンの裏側（前方条件）または被験者の後方に設置されたスピーカアレイから提示された。

被験者にはスクリーンの中央，目の高さの位置に設置した赤色の十字の固視点を注目するように教示した。実験は，固視点のみの

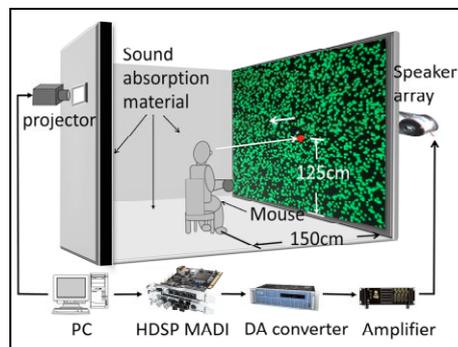


図1. 本研究で構築した実験環境

提示条件(NoImage)と自己運動非生起刺激条件(NoVection), 自己運動生起条件(Vection)の計3つの視覚条件を設けた。NoVection条件の場合, ランダム・ドットを左方向へ2秒間のみ提示した(10 deg/s)。Vection条件においては, 被験者がマウスの中央ボタンをクリックしてベクション状態に入ったことを報告するまで, ランダム・ドット・パターンを左方向に運動させ続けた。音刺激であるホワイトノイズは, 視覚刺激を2秒間提示した後(Vection条件では自己運動生起2秒後), 7つのスピーカの中からランダムにひとつのスピーカを選び, 短時間提示した。

【ポインティング課題】その1秒後, 固視点以外のすべての視覚刺激の表示を消失させ, 同時に, マウスのカーソルを表示し, 被験者は画面に表れたマウスのカーソルを動かし, スクリーン上で音像の位置をポインティングする作業を実施した。設置された7つの音源位置 0, ±10, ±20, ±40deg (0は正面, +は右方向(自己運動方向), -は左方向(自己運動反対方向)を指す)おのおのに対して10回ずつの試行を行った。

【プローブ課題】ターゲット音の提示位置は左右10 degのいずれかの位置であった。ターゲット音提示1秒後, 固視点以外の全ての視覚刺激を消失させ, 同時にプローブ音を提示した。プローブ音はターゲット音の提示位置を0とした時, 0, ±2, ±4, ±6deg (0はターゲット音位置, +は右方向(自己運動方向), -は左方向(自己運動反対方向)を指す)であった。被験者は, 提示されたプローブ音が先に聞いた音源位置に対して右か左かを回答した。

4. 研究成果

得られた実験結果をまとめると, 左右方向への視覚的自己運動情報によって, 聴覚空間に系統的な歪みが生じることが明らかになった。ただし, 歪み方は課題の種類や聴覚刺激が提示される空間によって異なった。(1)音源を前方空間に提示した場合, ポインティング課題を用いると自己運動と反対方向にずれて知覚されるが, プローブ課題では正しく知覚された。一方, (2)音源を後方空間に提示した場合には, プローブ課題において自己運動と一致した方向に音源位置がずれて知覚されることがわかった。以下では, それぞれの項目について, 実際の実験結果を用いて説明する。

(1) 視覚的自己運動情報が前方空間での音源定位に及ぼす影響の検討

【ポインティング課題】

全8名の被験者の音像定位位置(角度)の平均値と実音源の設置角度との差分を計算し, 図2に示す。横軸は実音源の位置(7個のスピー

カの設置角度), 縦軸は, 被験者がポインティングした角度の平均値と実音源の角度の差を表す。縦軸の+方向は自己運動方向を指しており, -は自己運動と反対方向(すなわち, ランダム・ドット・パターンの運動方向)を指す。3つの視覚刺激と7つの音源位置を被験者内要因として, 2要因の分散分析を行った結果, 視覚刺激の主効果に有意差が認められ($F(2, 14) = 7.716, p < .01$), Vection条件がNoImage条件と比べて, 音像を有意に視覚刺激の運動方向側へシフトした。NoVectionとNoImage条件の間には, 音像定位に有意差は認められなかった。視覚刺激と音源位置の交互作用にも有意差が認められ($F(12, 84) = 2.641, p < .005$), 音像を視覚刺激の運動方向へシフトして定位する現象は, Vection条件における音像の提示角度が-20 deg~+20 degの場合に限って生じることが分かった。

このことから, 視覚的自己運動情報によって, 正面方向の音源位置が自己運動方向と反対方向(=広視野視覚運動刺激方向)側にシフトすることがわかった。これは, 視覚的自己運動情報によって, 脳内に想定される自己中心座標系と環境中心座標系との間にずれが生じ, その結果, 生じたものと考えられる。この定位ずれの方向は, 従来報告されている, 前庭回転加速度刺激によって生じる音源定位のずれ(Audiogyral illusion, Clark & Graybiel, 1949)と一致するものであり, 視覚系のもたらず自己運動情報も前庭系のもたらず自己運動情報と同様に聴覚系に利用されることを示している。

【プローブ課題】

全10名の被験者のプローブ課題を行った際の音像定位位置を図3に示す。左はターゲット音を左10 degの位置に提示した際の結果

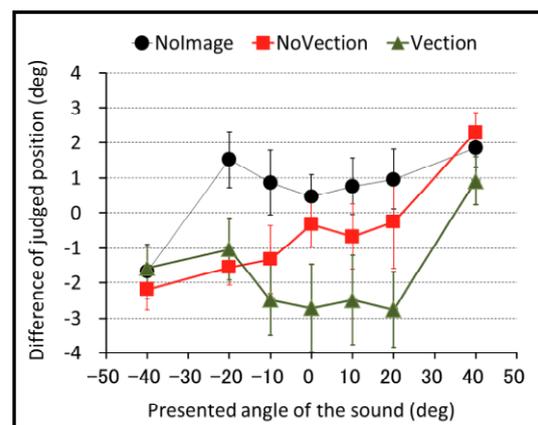


図2. 前方空間の音源定位 (ポインティング課題)

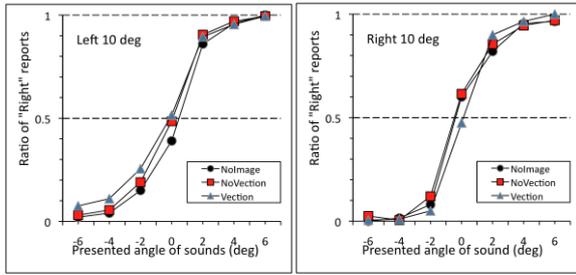


図 3. 前方空間の音源定位
(プローブ課題)

であり、右はターゲット音を右 10 deg に提示した際の結果である。横軸はプローブのターゲット音に対する音源位置、縦軸はプローブ音がターゲット音に対して右にあると知覚された割合である。図から明らかなように、視覚的自己運動情報の影響は認められなかった。

(2) 視覚的自己運動情報が後方空間での音源定位に及ぼす影響の検討

【ポインティング課題】

後方空間へのポインティングは、後方ポインティングという行為自体が非常に困難で、精度を欠き、十分に信頼できる精度にはなり得なかったため、実験は行わなかった。

【プローブ課題】

全 10 名の被験者のプローブ課題を行った際の音源定位位置を図 4 に示す。左はターゲット音を左後方 10 度の位置に提示した際の結果であり、右はターゲット音を右後方 10 度に提示した際の結果である。右反応が 0.5 の音源位置を主観的音源位置として各条件で算出した。3 つの視覚刺激条件を被験者内要因として、ターゲット音の位置ごとに 1 要因の分散分析を行った結果、いずれのターゲット音位置においても、視覚刺激の主効果が認められ(左 10 deg, $F(2, 18) = 9.60, p < .001$; 右 10 deg, $F(2, 18) = 4.62, p < .05$), Vection 条件がほかの条件と異なり、音源位置が自己運動方向側にシフトして知覚されていることが明らかになった。

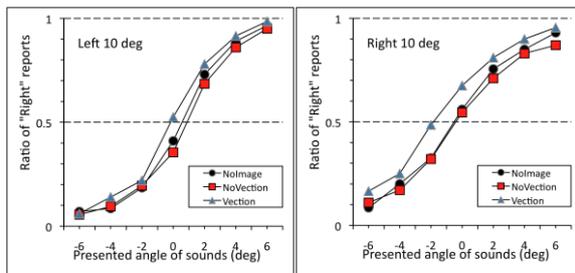


図 4. 後方空間の音源定位
(プローブ課題)

プローブ課題は、ポインティング課題とは異なり、対象-対象間の関係をコードすればよく、自己中心座標系を介在させる必要がないため、自己運動情報の影響が小さいと考えられた。前方空間において、自己運動情報の影響が認められなかったことは、その考え方に一致するものである。しかし、後方空間においては、プローブ課題でさえ、自己運動情報の影響が認められた(ポインティング課題は生体構造の制約から行うことはできなかった)。これは、音源の脳内でのコーディングの仕方が前方空間と後方空間で異なる可能性を示している。なぜこのような差異が生じたかについては今後検討していく必要がある。前方空間は、視覚系からの情報が豊富で、その影響が強い一方で、後方空間はそうではないという点がこの差異を生じさせている可能性がある。

大型ディスプレイシステムを代表とするバーチャル・リアリティ・システムは、高臨場感を提供でき、将来の汎用が期待される技術である。しかし、従来、画面の細部のリアリティのみが追求され、観察・聴取者が視野全体をどのように知覚するのか、視野が動くとき身体にどのような影響が認められるのか、それらの知覚が行動にどのように影響するのかについては研究されてこなかった。それに対し、本研究をさらに発展させていくことによって、人間の情報処理メカニズムの解明という学術的側面だけではなく、自動車の運転を音でサポートする車内外のサービスなどの利便性と安全性に優れた情報提示機器仕様の開発にも、貢献していくことが可能になると考える。

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 1 件)

(1) 古根史雅, 寺本涉, 坂本修一, 行場次朗, 鈴木陽一「直線等加速度自己運動中における音空間知覚の歪みに関する実験的検討」日本音響学会聴覚研究会資料(査読無) H-2010-124, 2010, pp. 689-692

【学会発表】(計 5 件)

(1) 古根史雅, 寺本涉, 坂本修一, 行場次朗, 鈴木陽一「直線・等加速度自己運動による音空間の歪み」日本音響学会春季大会 2011年 3月 11日 早稲田大学

(2) 崔正烈, 寺本涉, 坂本修一, 岩谷幸雄, 鈴木陽一「視覚誘導性自己運動感覚が頭部前後方向の音源定位に及ぼす影響」電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーショングループ HCG シンポジウム 2010年 12月 15日 宮崎フェニックスシーガイアリゾート

(3) 寺本涉, 古根史雅, 坂本修一, 行場次朗, 鈴木陽一「直線等加速度自己運動による音

空間歪み」第2回多感覚研究会 2010年12月4日 東北大学

(4) 崔正烈, 寺本渉, 坂本修一, 岩谷幸雄, 鈴木陽一 「視覚誘導性自己運動知覚が音像定位に及ぼす影響」日本バーチャルリアリティ学会第15回大会 2010年9月15日 金沢工業大学

(5) 古根史雅, 坂本修一, 寺本渉, 行場次朗, 櫻井研三, 鈴木陽一 「聴覚刺激が自己運動距離知覚に与える影響」第8回情報科学技術フォーラム 2010年9月7日 九州大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

寺本 渉 (TERAMOTO WATARU)

東北大学・電気通信研究所・研究支援者

研究者番号：30509089