

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 19 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01501

研究課題名(和文)音の方向感認知能力の評価方法構築に関する基礎的研究

研究課題名(英文)Basic research on construction of evaluation method for directional hearing deficit

研究代表者

砂原 伸行 (Sunahara, Nobuyuki)

金沢大学・保健学系・准教授

研究者番号：30624613

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では音の方向感認知能力の評価のためのシステムを開発し、高齢者、脳損傷者に適応して、特に半側空間無視例の音の感認知能力の特徴について明らかにした。具体的には音源定位課題では、前方空間で左右両端(左右72°)、後方空間では左端(左72°)の音源で音の方向感認知の障害が明らかとなり、半側空間無視の聴覚無視症状を確認することが出来た。視線走査を併せて実施した課題では、左への視線移動が欠如したり、どの音源に対しても正中近傍に視線が停留したりする点などの特徴がみられた。また半側空間無視が改善した時期においても、視覚刺激への探索範囲の狭窄や聴覚刺激での音源定位が困難である例が観察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

音源定位課題の結果から、前方空間の両端、後方空間の左端で音の方向感認知の障害が明らかとなり、半側空間無視例では聴覚的無視症状が前方、後方の両空間で存在することが確認された。また視線走査を併せた検討から、無視が改善した時期においても視覚刺激への探索範囲の狭窄や聴覚刺激による音源定位が困難である例が観察され、感覚モダリティにより経過が異なることが示唆された。すなわち半側空間無視例のリハビリテーションにおいて後方空間への配慮の必要性、半側空間無視が消失した後も聴覚的無視が残存する可能性が示唆され、これらの点が介入の際の留意点として明らかになったことは臨床上意義深いと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have developed a system for evaluating the directional hearing deficit and clarified the characteristics of the sound localization ability in unilateral spatial neglect patients. In the sound source localization task, the correct answer rate decreased for the sound source at the left and right ends (72° left and right) of the front space and the sound source at the left end (72° left) of the rear space. On the other hand, in the gaze search task, lack of gaze movement to the left and gaze retention near the midline were observed. Regarding the above findings, even when the unilateral spatial neglect disappeared, it was observed that the search range for visual stimulation was narrowed and the sound source localization was difficult. This suggests that the clinical course differs depending on the sensory modality in unilateral spatial neglect patients.

研究分野：作業療法学

キーワード：音の方向感認知 視線走査 後方空間 前方空間 半側空間無視 音源定位 空間性注意 感覚モダリティ

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

高齢者及び脳損傷者のリハビリテーション対応として、聴覚刺激を用いての刺激方向への動作誘導やその方向へ視覚的に注意を向ける対応が行われている。その対象の一例として脳損傷に伴う高次脳機能障害のうち頻度の高い症状である、半側空間無視（Unilateral Spatial Neglect: 以下 USN）がある。この症状は空間の一方へ視覚的に注意が向かずその方向の視覚対象を見落とすことが特徴であり、リハビリテーションの予後を悪化させる大きな要因となっている。近年 USN に対する治療として無視側からの聴覚刺激により、無視側の視覚対象を気づかせる対応が実施されている。これは音の方向感認知能力（聴覚刺激の方向を認識する能力）を用いて USN の視覚的な注意の障害を代償する方法である。

一方、聴覚刺激の利用には音の方向感認知能力が保たれていることが必要であるが、近年この音の方向感認知能力は加齢及び脳損傷に伴って低下がみられることが指摘されている。音が聞こえた方向へ視覚的に注意を向けさせたり、その方向への動作誘導を行ったりする対応に聴覚刺激を用いる際には音の方向感認知能力の把握が必須であるにも関わらず、臨床ではその能力の十分な評価が行われていないという問題がある。また聴覚刺激を治療として用いるための音の方向感認知能力の評価には、単に聴覚刺激の方向が定位（方向を指差す、方向を述べる）出来るかどうかの検証に加えて、その方向に視覚的な注意が促されたかどうかの確認が必要である。つまりその方向、すなわち音の発信源である視覚刺激に視線を向けて、その箇所を見ているかどうかの検証を行わない限り、リハビリテーション介入上の有効な評価は行え得ないという課題がある。そこで聴覚刺激に加えて、視覚刺激に対する眼球運動も含めた分析が可能な実空間でのスピーカ法による評価環境を構築して分析することで、USN 例における特徴の明確化、聴覚刺激を用いた評価及び介入方法の新たな構築が可能になると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高齢者及び脳損傷例の音の方向感認知能力（聴覚刺激の方向を認識する能力）の実空間での評価方法を構築することである。リハビリテーション分野では聴覚刺激を用いてその刺激の方向へ注意を向ける対応が行われているが、音の方向感認知能力の評価方法が確立しておらず、十分な評価が行われないまま対応が実施されている。特に USN に伴う聴覚的障害として音の方向感認知能力があるが、その障害の評価方法が確立されていない点は特筆すべき点である。そのため、本研究では実空間での評価が可能なスピーカ法による評価環境を構築し、聴覚刺激に加えて視覚刺激も呈示することで、音の方向感認知能力と視覚機能との関連が明らかになる課題を実施する。これにより聴覚刺激を用いたリハビリテーション施行上の音の方向感認知能力の評価方法及び、具体的な介入方法の構築が可能になると期待される。

3. 研究の方法

研究方法には二つの方法があり、一方は音刺激システム単独の課題であり、スピーカのみを用いた音源定位課題である。他方は視線走査を併せて実施した課題であり、音刺激システムと眼球運動測定装置との同期を計るプログラムを導入し、音源定位課題ではあるが視線により音源の位置を視覚的に同定する方法を用いている。なお各実験とも反響が少ない個室にて環境音をデジタル騒音計にて毎回測定し、測定環境に著しい変化（測定最大レベルが常に 40dB 未満）がないことを確認した後に課題を行った。音源呈示にはスピーカも含めて竹井機器製 8ch 音刺激反応システム、眼球運動測定装置は Talk Eye Lite（竹井機器製）を用いた。

(1) 音刺激システム単独課題（通常の音源定位）

①対象

対象は BIT 行動性無視検査（以下、BIT）の通常検査の下位項目で 1 つ以上カットオフ点以下、または Catherine Bergego Scale 日本語版で、USN 症状がみられた右半球の脳血管障害による左 USN 患者 11 例（USN 群：平均 73.6 ± 8.3 歳）である。対照群は脳血管疾患の既往がない高齢者 13 例（平均 73.2 ± 12.3 歳）とした。全例右利きで改訂長谷川式簡易知能評価スケール（HDS-R）がカットオフ点を超過しており、耳疾患の既往がなく聴力検査にて左右の裸耳聴力差は 15dB 以内、平均聴力は 45dB 以内であった。2 群の年齢及び平均聴力に有意差はなかった。

②実験設定

被験者は椅子座位又は車椅子座位とし、正中位を含めて 5 つのスピーカを 180° の水平面上に均等に配置した。各スピーカの中心は 36° 間隔の配置となった（音源位置：右 72° ，右 36° ，正中 0° ，左 36° ，左 72° ）。スピーカまでの距離は被験者から 1.3m とし、スピーカを暗幕で隠して被験者からは視覚的に場所が特定できないよう設定した。前方空間条件は音源が体の前面になるように配置し、後方空間条件は音源が背面になるように配置した（図 1）。

刺激音は 80dB のホワイトノイズを用い、1 秒間呈示、4 秒間のインターバルを設けた。音源定位課題は前方及び

後方の 2 つのスピーカ配置条件でそれぞれ行った。実験前に 5 つの音源に 1～5 番まで番号を振ったスピーカが書かれた見取り図を被験者に見せ、見取り図と実際のスピーカの番号が正しく

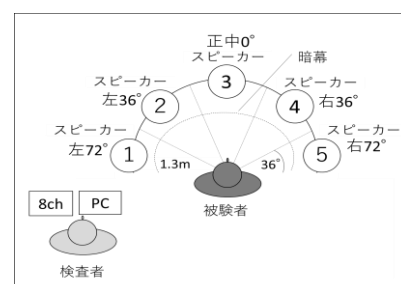


図1 前方空間条件の実験設定

マッチングできるか確認した。実際の音源定位課題では、各音源から6回ずつ合計30回ランダムに音を呈示し、見取り図を見ながら音源の番号を口頭で回答させた。これらの結果から課題成績として、前方及び後方空間条件それぞれにおいて5つの音源位置ごとの平均正答率と、5つの音源を合わせた全体の平均正答率を算出した。

(2) 視線走査による音源定位課題

①対象

視覚的及び聴覚的疾患の既往がない脳血管障害（以下、CVA）例11例を対象とした。その内訳は左USNを呈した右半球損傷3例（平均67±6.9歳）、その他USNを呈していない右半球損傷4例、左半球損傷4例であった（平均62±12.1歳）。USN例はBIT検査で1つ以上カットオフ以下の項目がある、または日常生活動作でUSN症状がみられた例とした。全症例MMSEは23点以上であった。

②実験設定

刺激装置は6つ使用し、正中位（正面0°）を中心に左右45°範囲内に15°ごとに設置した。被験者と刺激装置との距離は2mとし、眼球運動を行う際に頭頸部が動かないように被験者の前におご台を設置し固定した。実験は視線にて音源定位（スピーカからの聴覚刺激による刺激位置の定位）を行った。被験者に眼球運動測定装置を装着させ、黒幕の後ろにあるいくつかのスピーカのうち、1つのスピーカから音源が出るので、その方向を注視するよう指示した。最初は正中位を見た状態から始め、音が鳴り終わったら再び正中位に視線を戻すよう指示を行った。音源は2秒間呈示され、その後3秒間のインターバルを設けた。聴覚刺激は1つのスピーカから5回ずつ呈示し、総呈示は1施行につき30回とした。刺激にはホワイトノイズを使用し、音圧レベルは70dBとした。データの解析にはTalk Eye Liteの解析プログラムを使用した。刺激位置定位時の視線の動きを図2に示す。正誤判断に関して、事前に刺激装置を中心として両側15度ずつの範囲を設定し、その範囲へ視線が200ms以上停留した場合を正答とした。データ解析では各スピーカの反応時間、判断時間、正答率の算出を行った。

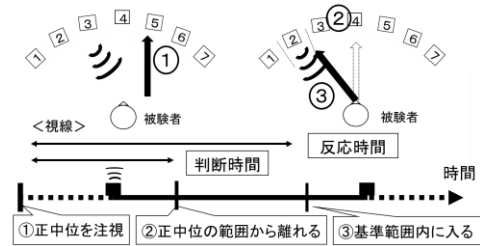


図2. 刺激位置定位時の視線の動き

4. 研究成果

(1) 音刺激システム単独課題（通常の音源定位）

①実験結果

全体の平均正答率については、群と呈示空間条件の2要因による二元配置分散分析で交互作用はなく、対照群（84.2%）はUSN群（56.1%）より平均正答率が高く、2群間で有意差があった（図3）。また前方空間条件（78.0%）では後方空間条件（62.3%）より平均正答率が有意に高かった。

2. 音源ごとの平均正答率

音源ごとの平均正答率については群と音源位置の2要因による二元配置分散分析で、前方空間条件では交互作用は認められず、主効果の検定で音源位置による有意差が認められ、右72°（66.7%）は左36°（88.1%）より有意に正答率が低かった（図3）。また有意差はないがUSN群のみ左36°（78.8%）、正中0°（71.2%）及び右36°（65.2%）に比べると、右72°（50.0%）と左72°（53.0%）の正答率が低く、左右両端の正答率が低い傾向がみられた。

一方、後方空間条件では交互作用を認め、USN群では右72°（65.2%）より左72°（30.3%）の正答率が有意に低かった（図4）。しかし対照群では音源位置ごとの有意差はなかった。音源位置では左72°、正中0°、右36°の3か所の音源でUSN群と対照群の間に有意差があり、対照群で正答率が高かった。なお、図3、4の*、**はそれぞれp<0.05、p<0.01を表す。

②成果

先行報告で個々の音源の方向を回答させる方法ではない実験で、後方空間について検討した報告（文献①）はあるが、本研究ではスピーカ法を用いて前方空間の両端、後方空間の左端で音の方向感認知の障害が明らかとなった。このことからUSN例では聴覚的無視症状が前方、後方の両空間で存在することが確認された。

さらに音源定位能力の結果において、後方空間では左側の障害というUSNの定型的な障害が観察されたのに対し、前方空間ではその傾向がみられなかった点である。このことから前方空間では視覚探索能力が関与し、

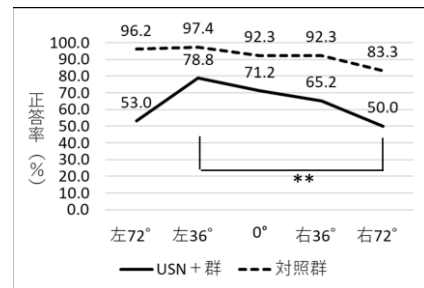


図3 前方空間条件での音源ごとの正答率の

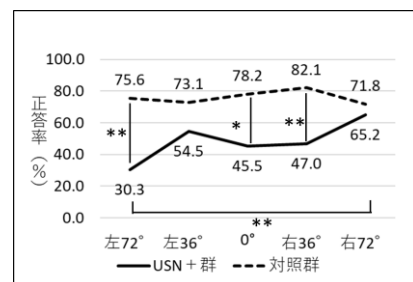


図4 後方空間条件での音源ごとの正答率の

慢性期例では音源とその視覚的位置との照合を行う経験が代償能力を発達させる可能性が考察された。従来、空間性注意の配分（文献②）は視覚モダリティから検討されており、その対象は前方空間となる。今回後方空間での音源定位を検討することで、聴覚モダリティに基づく空間性注意の配分について所見が得られた。すなわち USN が伴えば左後方で音源定位の障害が生じることから、前方空間の視覚モダリティに対する空間的注意の配分との対応が得られたことは、新たな成果であった。

(2) 視線走査による音源定位課題

①実験結果

聴覚刺激に対しては CVA 例(67.9%)と比べて USN 例(40.0%)の正答率が特に左側で低く、左側の音源定位が十分にされていない（図5）。聴覚刺激についての反応を症例ごとにとみると左への視線移動が欠如したり、さらに症例によっては右側への視線移動も少ない例や、どの音源に対しても正中近傍に視線が停留したりする例が存在するなどの特徴がみられた（図6）。

また当初 USN があり、症状がほぼ改善した時期においても、聴覚刺激での音源定位が明らかに困難である例が観察された。USN 例2は症状が改善した時期でも左側の音源への反応が欠如している（図7）。このことから、感覚モダリティの違いより臨床経過が異なることが示唆された。さらに USN 消失例において視覚刺激への反応についても検討した結果、USN がみられない時期においても視線による探索範囲の狭窄がみられた。

(3) 研究成果のまとめ

USN 例の音源定位課題において、本研究で左右音源での正答率低下及び視線走査による課題でも正中近傍への視線停留がみられた。これは先行報告で指摘されている聴空間の狭窄傾向（文献③）を口頭及び視線での応答による音源定位の両者において、確認出来たものと考えられる。またさらに USN のリハビリテーションにおいて後方空間への配慮の必要性、USN が消失した後も聴覚的無視が残存する可能性が示唆され、これらの点が介入の際の留意点として明らかになったことは臨床的意義深いと考えられる。

さらに本研究では後方空間での特異性についても考察することが出来た。すなわち後方空間では左側の障害という、USN の定型的な障害が観察されたのに対し、前方空間ではその傾向がみられなかった点である。この点については前方空間では視覚探索能力が関与し、慢性期例では音源とその視覚的位置との照合を行う経験が代償能力を発達させる可能性が考察された。従来、空間性注意の配分は視覚モダリティから検討されており、その対象は前方空間となる。今回後方空間での音源定位能力を検討することで、聴覚モダリティに基づく空間性注意の配分について所見が得られた。つまり USN が伴えば左後方で音源定位の障害が生じることから、前方空間の視覚モダリティに対する空間的注意の配分との対応が得られたことは新たな成果であった。

<引用文献>

- ①Vallar, G., Guariglia, C., Nico, D., et al. : Spatial hemineglect in back space. *Brain*, 118 : 467-472, 1995.
- ②Heilman, K.M., Watson, R.T. & Valenstein, E. : Neglect and related disorders. In : *Clinical Neuropsychology* (eds Hailman, K.M. & Valenstein, E.). 「 5th Ed., Oxford University Press, New York, 2012, pp.296-346.
- ③松尾崇史, 田平隆行: 左半側空間無視患者における聴覚的空間探索の方向的ずれに関する研究. *日本作業療法研究学会雑誌* 16 : 7-12, 2013.

<参考文献>

- ①Guilbert, A., Clement, S., Senouci, L., et al. : Auditory lateralisation deficits in neglect patients. *Neuropsychologia*, 85 : 177-183, 2016.
- ②Gutschalk, A., Dykstra, A. : Auditory neglect and related disorders. *Handb Clin Neurol*, 129 : 557-571, 2015.

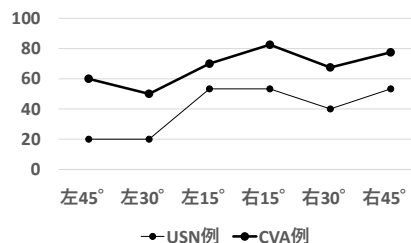


図5 USN・CVA 間の音源定位の正答率比較

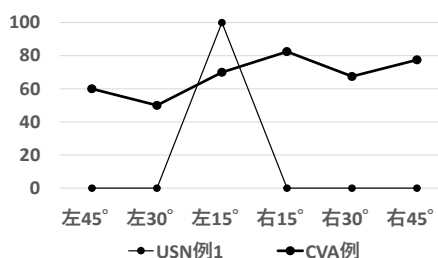


図6 視線停留を示した USN 例の正答パターン

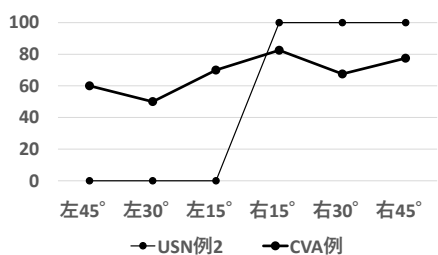


図7 USN 改善例の左側の音源定位障害の残存

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 砂原伸行, 能登谷晶子, 中谷謙	4. 巻 40
2. 論文標題 左半球損傷による右半側空間無視例の音の方向感認知能力	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 金沢大学つま保健学会誌	6. 最初と最後の頁 75-82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Chie Takeda, Masako Notoya, Nobuyuki Sunahara	4. 巻 10
2. 論文標題 The Effects of Task Order Administration on Test Scores from the Trail aking Test: Near-Infrared Spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 World Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 68-78
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/wjns.2020.101008	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ken Nakatani, Shusuke Takahashi, Daisuke Kimura, Masako Notoya, Nobuyuki Sunahara, Takashi Fujita, Minoru Toyama, Shinya Fukunaga, Naoe Mori, Kiyoe Sakai, Shinya Fuwa	4. 巻 8
2. 論文標題 Head Position of Patients with Right	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 World Journal of Neuroscience	6. 最初と最後の頁 190-201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/wjns.2018.82018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉田翔, 砂原伸行, 能登谷晶子, 中谷謙, 武田千絵
2. 発表標題 視覚・聴覚刺激に対する視線走査からみた高齢者の注意機能～新しい解析システムを用いて～
3. 学会等名 第42回日本高次脳機能障害学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩田望, 砂原伸行, 能登谷晶子, 中谷謙, 武田千絵, 小浦綾乃
2. 発表標題 前方・後方空間における右半球損傷患者の音源定位能力～半側空間無視症状との関連性の検討～
3. 学会等名 第42回日本高次脳機能障害学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 砂原伸行
2. 発表標題 半側空間無視例の聴覚的障害
3. 学会等名 第40回日本神経心理学会ワークショップ(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 武田千絵, 能登谷晶子, 砂原伸行
2. 発表標題 姿勢の違いによる注意機能検査成績への影響
3. 学会等名 第43回日本高次脳機能障害学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	能登谷 晶子	京都先端科学大学・健康医療学部・教授	
	(Masako Notoya)		
	(30262570)	(34303)	