

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月12日現在

機関番号：32657

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22700478

研究課題名（和文）聴覚システムにおける非線形現象の解明とヒトに適応した補聴器開発への応用

研究課題名（英文）Characterization of nonlinear phenomenon in auditory system and application to a welfare devices

研究代表者

田中 慶太（TANAKA KEITA）

東京電機大学・理工学部・助教

研究者番号：10366403

研究成果の概要（和文）：

本研究は、はじめに耳から振幅変調音、右耳から雑音を呈示し、脳磁界聴性定常応答に確率共鳴現象が確認されたことから、中枢神経系(特に聴覚皮質)にてこの現象が発生しているのではないかと報告した。次に、そのデータに対して複素コヒーレンス解析を用いて検討を行い、確率共鳴現象が中枢神経系で発生しているという結果を裏付けた。この結果は、確率共鳴現象を利用した補聴器などの生体応用への可能性を示唆した。

研究成果の概要（英文）：

We observed a stochastic resonance effect of white noise on ASSR by presenting bursts of SAM tones of superimposed with white noise to the left ear. This finding indicated the presence of some nonlinear mechanisms in the generation of ASSRs. In this study, to do visualization of the brain, we apply the proposed phase analysis to their biological signal. From these results, To apply stochastic resonance to a welfare devices, I examine the phase synchronization of the auditory steady state responses.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：人間医工学

科研費の分科・細目：医用生体工学・生体材料学

キーワード：生物・生体工学，脳・神経

1. 研究開始当初の背景

我々は、刻々と変化する複雑な情報環境の中で創発的な状況認識を実現している。その状況認識には、機能局在した脳部位での適切な神経活動が行われる。この神経活動には、神経の振動子ダイナミックスの協調が重要であると考えられており、これを実現するものとして神経振動子の位相同期が注目され

ている。神経振動子の位相同期は、神経活動の発火タイミングにより情報をコードしているとするテンポラル・コーディングを実現する脳内基盤の一つとして考えられており、ラットやネコ、ヒトの頭蓋内脳波などで報告されている。これに対してヒトの非侵襲計測方法を用いた研究は少ないのが現状である。そこで、この位相同期を調べる研究に対して

脳磁図を用いて検討する。

2. 研究の目的

本研究の目標は、多様な聴覚情報が精神活動にもたらす恩恵及び悪影響について脳科学の手法を用いて、その機序を解明し、次世代の高度情報環境に有用となる様々なシステムを実現するための基礎を築くことである。そのため精神活動を積極的に支援する情報技術を聴覚情報と脳生理学的の関係から検討する。具体的には、これまでの申請者の先行研究で確認した聴覚システムにおける非線形現象(確率共鳴現象)が、どこで発生しているか、または発生しやすい条件などを明確化にすることで、この現象を利用し、微弱な信号を増幅させることで音声認識システムの構築や補聴器の開発などへの応用を目指す。

3. 研究の方法

(1) 確率共鳴現象の聴覚システムにおける発生部位の特定

本研究は、左耳から振幅変調音、右耳から雑音を呈示し、脳磁界聴性定常応答に確率共鳴現象が確認されたことから、中枢神経系(特に聴覚皮質)にてこの現象が発生しているのではないかと報告した。しかし明確な結論に至っていないため、脳深部の反応で見られるかどうかなど、より詳細な検討を行う。

(2) 確率共鳴現象の発生条件(刺激音、雑音強度)の検討

これまでの先行研究において、聴覚システムでみられた確率共鳴現象は、個人差による影響が大きかった。そのため独自の統計手法(最大値検定)を用いて、それに対応してきた。しかし各個人に対応した起こりやすい条件を特定するまでは至っていない。ただ、これまでの実験により各個人の雑音の聴感上閾値付近で起こりやすいのではないかと推察している。そこで、このことをより明確にするため刺激条件(刺激音の種類や雑音の種類、刺激音の強度など)を変え、繰り返し実験する。そして統計手法を取り入れながら、発生しやすい条件を特定する。

(3) 難聴者の聴覚システムにおける確率共鳴現象の確認

難聴者による実験を行う。先天性難聴者、片耳難聴者など確率共鳴現象が得られるか検討する。

4. 研究成果

左耳から振幅変調音、右耳から雑音を呈示し、左右の聴覚野から計測された脳磁界聴性定常応答の平均位相コヒーレンスに確率共鳴現象が確認された(図1)。そこで、両側頭部の実部と虚部コヒーレンス解析を用いた結果、実部のコヒーレンスでもこの現象が確認された。この結果より確率共鳴現象が中枢神経系で発生しており、且つ右聴覚野優位でこの現象が見られることを明らかにした(図2)。

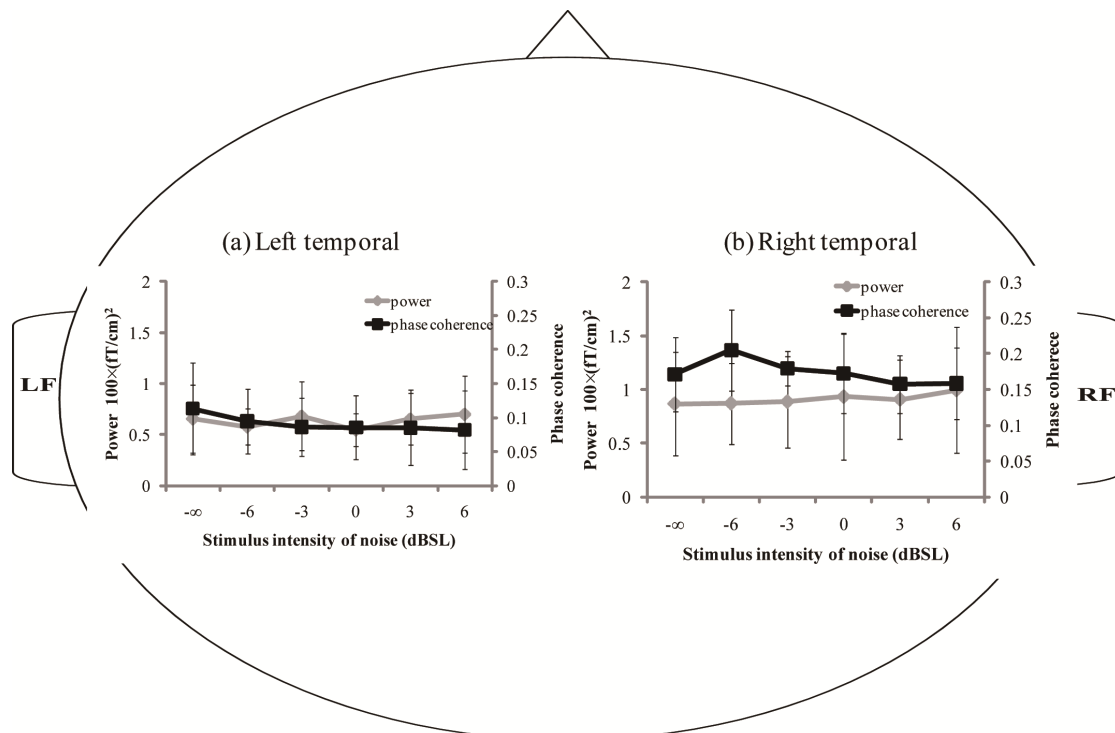


図1. 雑音強度に対する左右側頭部から計測された40Hz成分聴性定常応答の平均パワー(灰色線)と平均位相コヒーレンス(黒線)

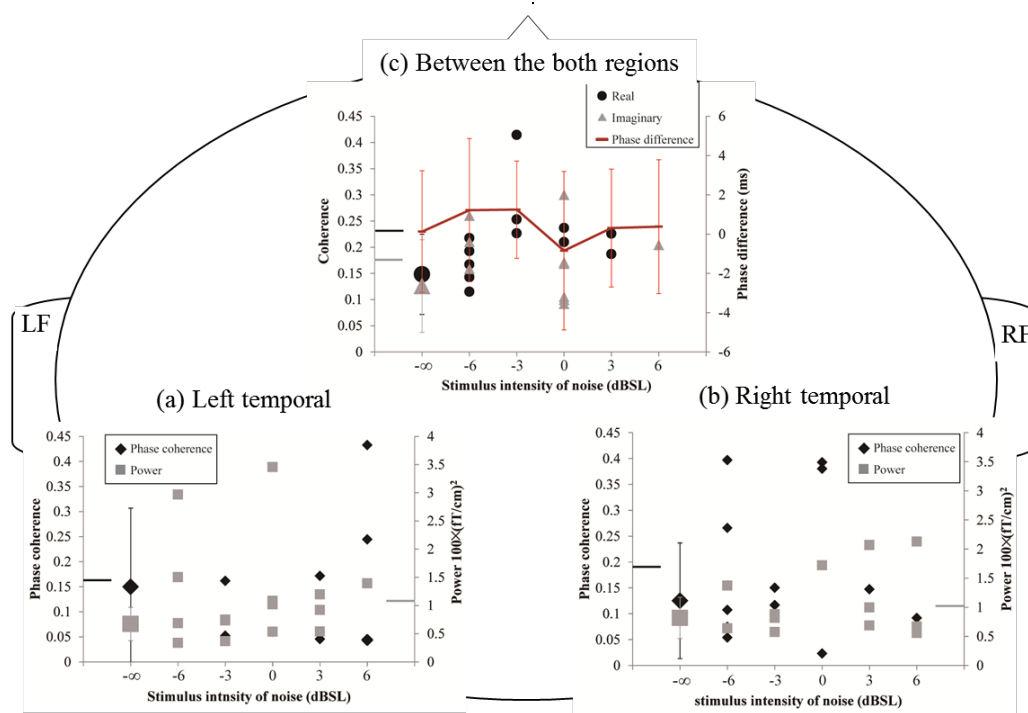


図2. すべての被験者の聴性定常応答の40Hz成分のパワーとコヒーレンスの最大値の分布. 同図において(a)左側頭部, (b)右側頭部, (c)左右側頭部間の結果. 軸の水平線はパワー及びコヒーレンスの平均値を示す. また雑音なし(-∞)は, 15人の被験者の平均値を示し, エラーバーは標準偏差を示す.

更に, 健常者と難聴者による比較検討を行うため, 難聴者に対する実験を行い, 難聴者においても共鳴現象が見られる結果を得た(図3). この結果は, 確率共鳴現象を利用した補聴器などの生体応用への可能性を示唆する. しかし, 難聴者の障害の状況や, 体調により, その増幅度が異なることが明らかになった. 今後は, 幅広い障害に適応可能なシステムを詳細に検討する予定である.

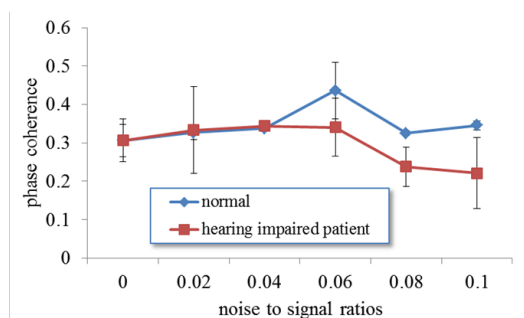


図3. 老人性難聴(5名)と健常者(2名)の聴性定常応答の位相コヒーレンスの比較

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 15 件)

- ① K. Tanaka, Y. Uchikawa, M. Kawakatsu, I. Nemoto: Stochastic resonance in evoked magnetoencephalogram investigated by analysis of coherences, IEEE Trans. Magnetics, 査読有, 48-11, 2012, pp.2861-2864, DOI:10.1109/TMAG.2012.2200458
- ② 片山翔太, 板橋佑介, 田中慶太, 内川義則: 定常的視覚誘発脳活動を指標とした虚偽検出の検討, 電気学会論文誌 E, 査読有, 132-10, 2012, pp. 343-347 DOI: 10.1541/ieejsmas.132.343
- ③ 梅津健志, 田中慶太, 内川義則: 注視点トリガを使用した事象関連電位計測法, 電気学会論文誌 E, 査読有, 132-10, 2012, p.62-363 DOI:10.1541/ieejsmas.132.362
- ④ 小林一喜, 田中慶太, 内川義則, 小林宏一郎: 体性感覚誘発応答の電子回路モデルによる検討, Journal of the Magnetics Society of Japan, 査読有, 36-5, 2012, pp.318-322 DOI:10.3379/msjmag.1209R002
- ⑤ 中田博, 根本幾, 田中慶太, 内川義則: 振幅変調した長・短三和音に対する聴性定常応答, 日本生体磁気学会誌, 査読有, 23-2, 2012, pp.13-21
- ⑥ 片山翔太, 板橋佑介, 田中慶太, 内川義則: 定常的視覚誘発脳活動を指標とした

- 虚偽検出, 電気学会研究会資料, 査読無, MAG-11-089, 2011, pp.31-35
- ⑦ 小林勇介, 小林孝成, 田中慶太, 栗城眞也, 内川義則: 聴覚定常応答における時間-周波数特性の検討, 電気学会研究会資料, 査読無, MAG-11-088, 2011, pp.25-30
- ⑧ 田中慶太, 根本幾, 川勝真喜, 内川義則: 聴性定常応答における確率共鳴現象のコヒーレンス解析による検討, 信学技報, 査読無, Vol.112, No. 423, 2011, pp.1-5
- ⑨ 小林勇介, 小林孝成, 田中慶太, 栗城眞也, 内川義則: 短時間刺激による聴覚定常応答の遷移状態の検討, 信学技報, 査読無, Vol.111, No. 482, 2011, pp.65-70
- ⑩ K. Tanaka, I. Nemoto, M. Kawakatsu, Y. Uchikawa : Magnetoencephalogram narrowing down the possible sites of the generation of stochastic resonance in the human auditory neural system, 5th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, 査読有, Budapest, Hungary, IFMBE Proceedings 37, 2011, pp.1186-1189
DOI: 0.1007/978-3-642-23508-5_307
- ⑪ 岩崎秀明, 田中慶太, 片山翔太, 内川義則, 小林宏一郎: 三次元生体磁界に対する周波数及び位相解析を用いた複数信号源の弁別, Journal of the Magnetism Society of Japan, 査読有, 35-3, 2011, pp.312-318
DOI:10.3379/msjmag.1104R017
- ⑫ 宮村昂宏, 栗城眞也, 田中慶太, 内川義則: 好悪画像呈示時における MEG の位相解析, Journal of the Magnetism Society of Japan, 査読有, 35-3, 2011, pp.319-324
DOI:10.3379/msjmag.1104R018
- ⑬ 田中慶太: ヒトのパターン認識メカニズム解明に向けた脳磁界の同期現象の解明, 平成 21 年度 財団法人 日揮・実吉奨学会 研究報告集, 査読無, 28, 2011, pp.141-145
- ⑭ K. Tanaka, Y. Uchikawa, M. Kawakatsu, I. Nemoto: Stochastic resonance within auditory system observed when signal and noise were delivered to the opposite ears, IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 査読有, 5-1, 2010, pp.73-78
DOI:10.1002/tee.20495
- ⑮ K. Tanaka, I. Nemoto, M. Kawakatsu, Y. Uchikawa : Stochastic resonance in connectivity between both auditory areas obtained by auditory stimuli, 32th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 査読有, Buenos Aires, Argentina,

2010, pp.166-169

DOI:10.1109/IEMBS.2010.5627272

[学会発表] (計 8 件)

- ① K. Tanaka, Y. Uchikawa, M. Kawakatsu, I. Nemoto Stochastic resonance in evoked magnetoencephalogram investigated by analysis of coherences, International Magnetism Conference, INTERMAG 2012, Vancouver, 2012 年 5 月 7 日~11 日
- ② K. Tanaka, S. Katayama, S. Kuriki, Y. Uchikawa, Steady-state visually evoked fields to positive and negative impression stimuli, 18th International Conference on Biomagnetism, Paris, 2012 年 8 月 26 日~30 日
- ③ 小林勇介, 田中慶太, 栗城眞也, 内川義則, 短時間刺激による聴覚定常応答の遷移状態の検討, 第 51 回 日本生体医工学会大会, 福岡市, 2012 年 5 月 10 日~12 日
- ④ 田中慶太, 川勝真喜, 根本幾, 内川義則, 聴性定常応答の位相同期の雑音による効果, 第 26 回日本生体磁気学会大会, 福岡市, 2011 年 6 月 3 日~2011 年 6 月 4 日
- ⑤ 田中慶太, 小林勇介, 内川義則, 脳磁界聴性定常応答の位相同期に対する白色雑音の及ぼす影響, 第 35 回日本磁気学会学術講演会, 新潟市, 2011 年 9 月 27 日~30 日
- ⑥ K. Tanaka, Y. Uchikawa, M. Kawakatsu, I. Nemoto, Study of noise effects on auditory systems using MEG, 第 49 回日本生体医工学会大会, 大阪市, 2010 年 6 月 25 日~27 日
- ⑦ 田中慶太, 内川義則, 川勝真喜, 根本幾, 聴性定常応答にみられる確率共鳴現象, 第 25 回日本生体磁気学会大会, 千葉県柏市, 2010 年 7 月 29 日~30 日
- ⑧ 田中慶太, 小林勇介, 内川義則, 聴覚刺激により誘発された脳磁界定常応答の確率共鳴, 第 34 回日本磁気学会学術講演会, 茨城県つくば市, 2010 年 9 月 4 日~7 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 慶太 (TANAKA KEITA)

東京電機大学・理工学部・助教

研究者番号: 10366403