

神経系における確率共振現象に関する研究 Study on Stochastic Resonance Phenomenon in Nervous System

ライフサイエンス専攻 人間生活工学コース 長谷まり子 Mariko HASE

1. 確率共振現象とは

潜在的に弱いリズムや双安定閾値をもつ系に、ある最適な雑音を加わるとそれまで隠れていたリズムが顕在化し感度が良くなる現象が知られている。すなわち信号対雑音比が上がる。ヒトにおいては、神経系、脳、視覚野のような情報処理系において雑音(カオス)を有効に活用し処理や認知機能を改善する現象である。生命における確率共振現象では感覚系は非線形系でつねにある閾値をもつ。ゆえに雑音が閾値越えに重要な役割を果たすと考えられる。生体への将来展望としては、雑音印加によるパーキンソン病にともなう手足の周期振動の抑制脳波の確率共振からの視覚野の異常診断やアルツハイマー病の改善、糖尿病により低下した感覚神経系の亢進、の改善が考えられる。

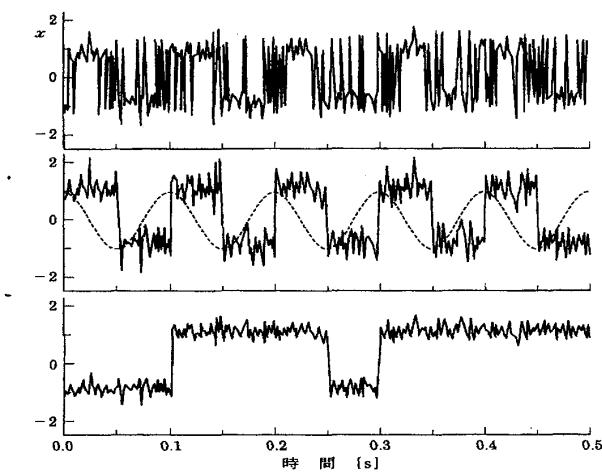


Fig.1 確率共振のシミュレーション図. 真中の図が確率共振現象を示す. 点線で示した周期外力と同期してxの値が正と負の値をいきましている,これが確率共振である.

2. 研究背景

確率共振原理を医工学・福祉工学的に応用することが注目を浴びている。高齢者が要介護者となる要因の一つが加齢に伴う感覚・運動機能の低下による転倒である。また、誤嚥することにより引き起こされる誤嚥性肺炎や窒息は、高齢者にとって致死率の高いものである。そのため、介護や臨床の現場では嚥下障碍の診断が必要とされている。ここでは、高齢者の転倒予防を目的とした立位バランス機能

の改善, また神経系における嚥下障碍の改善を最終的な目的としている。本研究における実験方法としては文献4)を参考とした。

3. 方法

立位バランス機能改善

PCD300A (KYOWA 製)をインターフェイスとし、重心動揺計, Personal Computerをセットアップする。重心動揺計の上に立位で静止し開眼, 閉眼ともに被験者の重心動揺を30秒間計測した。確率共振の原理を利用するため電気刺激装置(ダイヤモンド株式会社 DPS-007)にて被験者の膝裏に閾値下の電気刺激を与える。矩形波, 100Hz, 0.18Vの電気刺激を与える。被験者は20代女性1名とする。

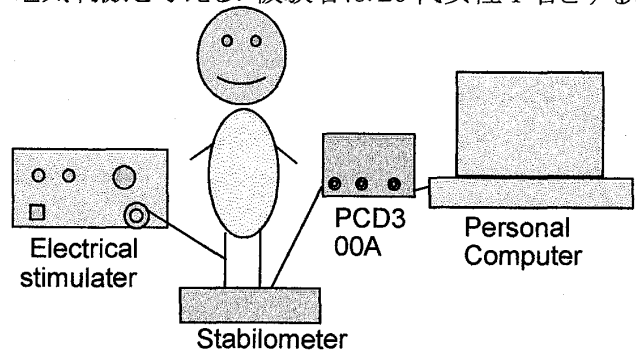


Fig.2 測定システム図.

4. 結果

立位バランス機能改善: 開眼時よりも閉眼時において重心動揺面積が大きいことが先行研究で明らかにされている。本研究においても同様の結果が得られた。また、電気刺激を生体(左膝裏)に与えた場合重心動揺面積がわずかに小さくなった。この結果は生体(左膝)に閾値下刺激をあたえることにより立位バランス機能がより改善されたことをあらわしていると考えられる。閉眼静止状態において重心動揺計測をおこなった結果、電気刺激を左膝裏に与えた場合重心動揺面積が明らかに減少した。ロンベルグ率は平均半径で4.00, 矩形面積では13.56であった。閉眼と閉眼電気刺激を比較した場合平均半径は37.5%減少, 矩形面積は12.9%減少した。考察として、バランス機能の加齢変化の特徴や機能低下のメカニズムを検討し、転倒予防や健康増進事業につなげる試みには大きな社会的意義があるとされるであろう。

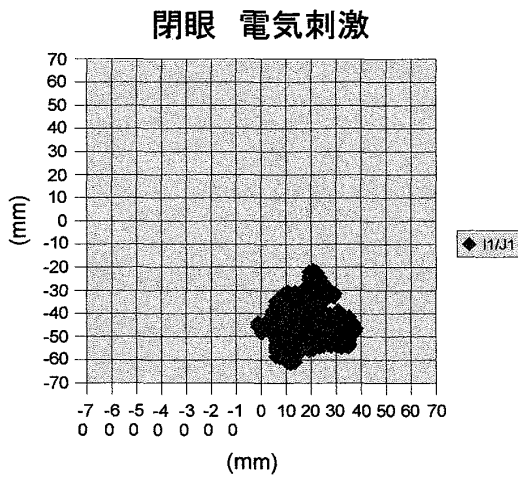


Fig.3 電気刺激を左膝に与えた場合(閉眼時)

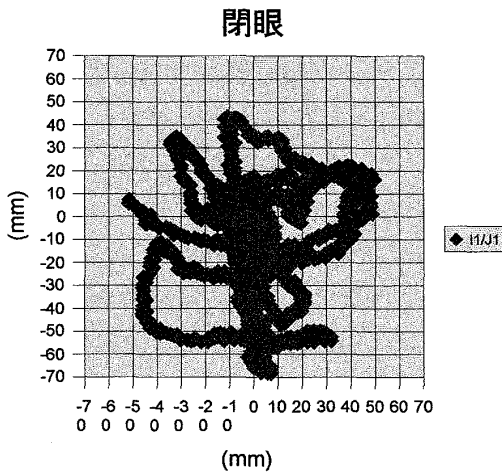


Fig.4 閉眼時の重心動揺面積

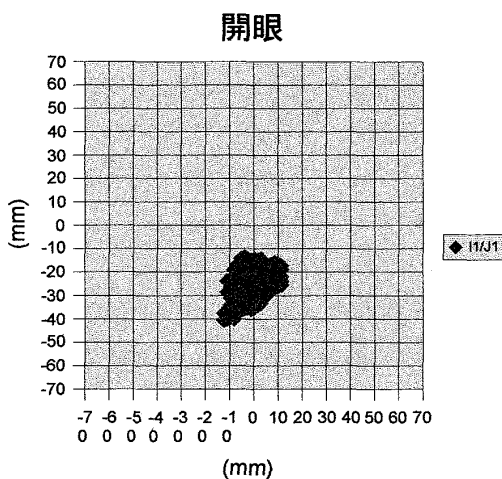


Fig.5 開眼時の重心動揺面積

5. 考察

嚥下音のウェーブレット変換による誤嚥スクリーニング: 嚥下機能には気道を塞ぎ誤嚥を防ぐ喉頭蓋の運動が重要である。そこで、非侵襲的に喉頭蓋の状態を評価できるシステム構築を考察する。採取した嚥下音信号に対して、ウェーブレット変換による時間一周波数解析をおこなうことにより喉頭蓋の運動・状態に応じた周波数特性をもつ3つの波形が得られることを実証する。3種の波形をI音、II音、III音と名づけI音は喉頭蓋が嚥下反射により閉鎖したときの接触音、II音は食物の流動音、III音は喉頭蓋の開放音であるとした。II音の時間的位置は嚥下機能評価の指標となることが先行研究にて確認されている。

嚥下音信号に対してウェーブレット変換を行う場合の周波数成分の構成としては、I音とIII音はほぼ周波数帯域が等しい。一方、II音はI・III音と比べ高周波数成分が多く、I・III音との相違を表している。時間軸波形においてもII音のみ複数のピークを有している。

II音はI音、III音と明らかに異なる性質を有す。すなわち、I音とIII音は同一組織である喉頭蓋の開閉音であり、II音は食物の通過する音であると考えられる。ゆえに、誤嚥とは、I音とIII音の間にII音が納まらない場合であるであろう。誤嚥を改善するシステム構築を今後検討したい。

6. 結論

以上の結果から確率共振原理を生体への応用可能性が示されたといえる。日本における急速な高齢化社会への一役を担う応用研究も今後の課題である。具体的には高齢者の嚥下障碍の機能改善に確率共振原理を応用していくことがあげられる。また、高齢者の転倒予防を目的とした立位バランスの改善も今後の研究課題であろう。

【参考文献】

- 1)太田隆夫, 非平衡系の物理学. 裳華房, 2005.
- 2)蔵本由紀, リズム現象の世界. 東京大学出版会, 2005.
- 3)山田好秋, 摂食・嚥下のメカニズム. 医歯薬出版株式会社, 2004.
- 4)Collins JJ. Noise is the key to restoring the body's sense of equilibrium, IEEE Spectrum, April 2005.
- 5)駒居鑑, 佐藤敏夫ら, 嚥下音のウェーブレット変換による新しい誤嚥スクリーニング方法の提案. 人工臓器学会, p112 2005年.
- 6)Collins JJ, Imhoff TT, Grigg P. Noise-enhanced tactile sensation. Nature 1996;383:770.
- 7)Collins JJ, Imhoff TT, Grigg P. Noise-mediated enhancements and decrements in human tactile sensation. Phy Rev E 1997; 56:923-926.

(指導教員: 太田裕治)