

平成 30 年 5 月 21 日現在

機関番号：24403

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K15881

研究課題名(和文) 生体リズムにおける同期現象の誘発を利用した看護・医療行為支援デバイスの開発

研究課題名(英文) Development of nursing and medical practice support device which utilized induction of the synchronization in a biological cycle

研究代表者

石亀 篤司 (Ishigame, Atsushi)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：60212867

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、看護・医療行為における「暗黙知」を伝えるために、看護師と患者の同期現象に着目し、心が通い合う医療の場を誘発する支援デバイスの開発について検討を行った。その結果、脳波中のα波含有率の上昇には心拍リズム、同期現象の誘発には呼吸リズムの有効性が確認された。またロボットが有望な同期誘発デバイスとなる可能性があることも分かった。今後は、これらの検討に基づいた教育システムの開発を行う予定である。

研究成果の概要(英文)：This research considered development of the support device which creates the healthcare setting which can evoke a sympathetic response from each other by paying an attention to the synchronization of a nurse and a patient, in order to tell the "tacit knowledge" in nursing and medical art. As a result, a heartbeat rhythm was effective in the rise of the alpha-waves content in brain waves, and a respiratory rhythm was effective in induction of synchronization. Moreover, it also turned out that a robot has a possibility of becoming a promising synchronous induction device. The development of a concrete education system based on these examinations is future subjects.

研究分野：電気工学

キーワード：生体リズム 同期現象 同期誘発デバイス 看護暗黙知 コミュニケーションロボット

1. 研究開始当初の背景

社会的な要請として、伝統工芸職人の匠の技など、言葉にならない技術、いわゆる暗黙知の共有・伝達・創発の探求が期待されているが、これら技の伝承に関して研究されたものは少なく、その研究の歴史は浅い。医療技術においても、高齢化による医師・看護師不足を補うため、暗黙知伝達の効率化や、リハビリテーションや老人介護、幼児保育や小児看護などの現場における、比較的簡易な看護行為を在宅で初学者が行えるような基礎技術の普及が期待されている。

申請者らは、看護技術の「技」の暗黙性に着目し、静脈注射技術における熟達した看護技術の特徴を、「脳波、心拍」データ分析から明らかにする研究を行っている。また、電力システムの同期現象を研究し、その安定性解析や安定化制御の研究に長年取り組んでいる。同期現象は、古くから取り扱われている重要な研究テーマである。電子発信機や電力システムにおける周波数の引き込みなど、人工的同期現象は一般に広く知られているが、動物や昆虫にみられる協調行動や、呼吸運動に対する心拍の調整など、生体的同期現象も多く存在する。

本研究では、これらの考えや技術を融合して、看護師 - 患者間の相互関係性が技能の熟達に関係するという仮説のもと、看護師と患者の生体リズム(脳波と心拍)の同期現象(引込み現象)の存在を確かめ、またそれを利用した看護技術の習得を支援する教育システムの開発に取り組んできた。

2. 研究の目的

本研究は、これまでの研究とは逆のアプローチ、つまり音・光・微弱電気などの五感を刺激する何らかの作用により看護師 - 患者間の同期現象を意図的に発現させることで、看護技術実施プロセスにおけるリラックス状態、つまり暗黙知を効果的に伝承できる相互信頼の場を創発するシステムを開発することを目的としている。

具体的には、生体リズムの同期現象の中でも、特に脳波中の波含有率推移における同期現象に注目した。2人の脳波間に同期現象が生じている状態は、暗黙知の伝承や対人医療行為などを含むあらゆる共同作業をより効果的に行える、いわゆる「息のあった」状態と定義できると考えられる。

そこで、本来は対面コミュニケーションなどにおいて自然発生する生体リズムの同期現象を、心拍や呼吸などの生体リズムを模した振動刺激とコミュニケーションロボットによる働きかけを、被験者ペアに同時に付与することにより人為的に誘発することを目指した支援デバイスを開発し、その有効性についての検討を行った。

3. 研究の方法

脳波は心拍や呼吸よりも、ヒトの感情や精神状態とより密接に関係した生体パラメータである。覚醒状態にあるヒトの脳波はその周波数により、波(4~7Hz)、波(8~13Hz)、波(14~25Hz)に大別され、中でも波はリラックス状態や良い集中状態において多く検出される。

本研究では、フーリエ変換によって脳波を各周波数成分に分解して波含有率を算出し、その推移に対して2次のバターワースフィルタ(カットオフ周波数 0.1Hz)による平滑化を施した後に、2組の時系列脳波データ間の相関係数を同期の評価指標とした。なお、平滑化を行う目的は、人動や筋電によるノイズを除去し、より大域的な脳波の推移をみるためである。

3.1 振動刺激を用いた脳波同期現象の誘発

使用機器：

(1) 振動発生器(図1): 如何に示す振動モータやマイコンを用いて製作した。

振動モータ 4 台

(FM34F : T.P.C.DC MOTOR 社製)

マイコンボード 1 台

(Arduino : Arduino LLC SRL 社製)

各種電子部品

・モータドライバ

(TA7291P : TOSHIBA 社製)

・ブレッドボードとジャンプコード

(CIXI WANJIE ELECTRONICS 社製)

(2) 脳波計 : ミューズブレインシステム

(株)デジタルメディック)

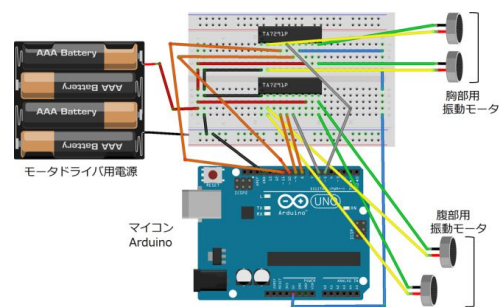


図1 振動発生器

本検討では、同意の得られた健康な20代男性被験者8人により6組のペアを組み、心拍再現型刺激と呼吸リズム再現型刺激をペアごとに同時に付与し、個々人における波含有率とペア間の脳波の相関について平準時との比較を行った。

心拍再現型として、被験者の胸部にパルス振動刺激を、120、110、...、30[回/分]の時間間隔で変化させた10モデルについて、各1分間にわたり付与した。呼吸リズム再現型として被験者の胸部と腹部に、呼吸における{吸う・止める・吐く}動作中の肺内換気量

を振動数に反映させた刺激を与え、{吸う・止める・吐く}の時間構成を変化させた5モデルを設定して、1モデルにつき2分間刺激付与を行った。呼吸リズム再現型刺激の各モデルにおける時間構成を表1に示す。同期の評価においては、(1)式の相関係数を用いた。

$$\rho = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^2}} \quad (1)$$

式中の X_i, Y_i は時刻 $t=i$ における被験者の波含有率、 N は相関係数を求める対象区間内のデータ数、 \bar{X}, \bar{Y} は $t=1, \dots, N$ における被験者の波含有率の平均値を表す。まず(1)式において $N=60$ として求まる1分間の相関係数の絶対値(大域的相関)と、 $N=10$ として10秒間の局所的相関の両者の推移を算出し、どの期間成分で同期が生じているのかを判断した。

結果として、個々人の波含有率については全体的な上昇が見られ、被験者全体を通して、心拍再現型刺激における振動間隔が60、70、100、110[回/分]のモデルで顕著に上昇する傾向が確認された。呼吸再現型では上昇は確認されたものの被験者全体に共通する傾向は確認されなかった。一方、相関係数については心拍型よりも呼吸再現型に高い値が観測された。表2に呼吸再現型における相関係数を示す。表中のP1~P6は各ペアを表す。表2においてはモデル2、3、4に高い相関係数が多くみられる。例として、ペア4・モデル3における脳波中の波含有率推移データを図2に示す。特に $t=20\sim40$ [s] において同調している様子が確認できる。

大域的相関係数と局所的相関係数を定義し、同期の評価指標としては大域的相関係数に重きをおいた。大域的相関係数の絶対値が小さい場合には、総じて局所的相関係数が正負の領域で振動する様子が確認された。

表1 呼吸リズム再現型における時間構成

モデル	吸気 [s]	止め [s]	吐気 [s]	計 [s]
1	2.0	1.0	4.0	7.0
2	2.6	1.0	5.2	8.8
3	3.0	1.0	6.0	10.0
4	3.3	1.0	6.6	10.9
5	4.0	4.0	8.0	16.0

表2 呼吸再現型モデルにおける相関係数

モデル	P1	P2	P3	P4	P5	P6
1	0.04	0.04	0.10	0.03	0.13	0.09
2	0.25	0.35	0.10	0.36	0.16	0.13
3	0.24	0.23	0.11	0.42	0.11	0.11
4	0.04	0.07	0.15	0.24	0.10	0.31
5	0.10	0.13	0.02	0.47	0.03	0.00
平静時	0.10	0.19	0.07	0.20	0.08	0.15

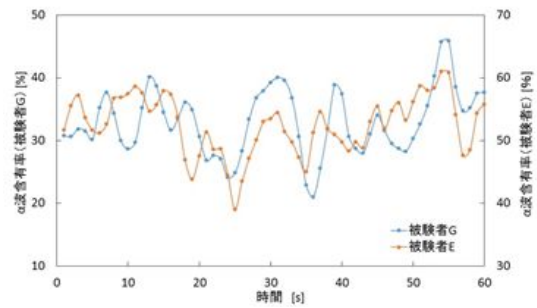


図2 波含有率の推移(ペア4・モデル3)

一方、大域的相関係数の絶対値が大きい場合には、大域的相関係数が正の場合には局所的相関係数も正の値を、大域的相関係数が負の場合は局所的相関係数も負の値をとり続けるパターンと、強い正相関と逆相関が激しく振動することなく交互に現れるパターンの2種類に大別された。この異なる2種類の推移については、大域的相関によって個別が出来ないため異なる視点が必要となる。

3.2 コミュニケーションロボットを用いた脳波同期現象の誘発

使用機器:

- (1) ロボホン: RoBoHoN (シャープ(株)製)
- (2) 脳波計: ミューズブレインシステム(株) デジタルメディック)

本検討では、同意の得られた20代の男女2名を被験者としてペアを組み、ロボホンによる以下の行動を同時に見た際の脳波を、各1分間計測した。図3に実験風景の概略図を示す。

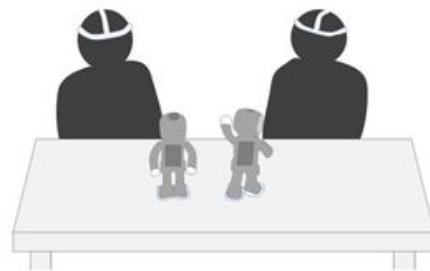


図3 実験風景の概略図

ここで、2台同時に動作した場合のロボットの挙動は同一ではなく、それぞれランダムなものである。

下記のパターンの脳波を計測した。

- 1) 1台で歌をうたう
- 2) 2台同時に歌をうたう
- 3) 1台でダンスを踊る
- 4) 2台同時にダンスを踊る
- 5) ロボホンに看護師が行うような声かけをさせた場合
(静脈注射の施術場面を想定)

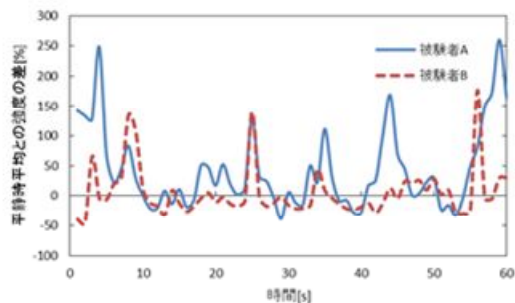


図4 パターン4)における脳波強度の推移

パターン1)~4)においては、平静時と比べた脳波強度の差が正の値をとることがほとんどで、ロボットの挙動によって大きな反応を示すことが確認された。図4に示すように、大きな反応が特に多かったパターン4)では、被験者たちが同じタイミングで反応していることも確認できた。一方で、パターン5)では、パターン1)~4)と同様に平静時よりも強い反応が確認されたが、波含有率の推移は、平静時と比較して大きな差異を確認することはできなかった。

実験を実施するにあたり、申請者所属機関の倫理委員会の承認を得て、実験参加者全員からインフォームドコンセントを得た上で実施した。

4. 研究成果

本研究では、まず振動刺激を用いて人の心拍リズムや呼吸リズムを再現した刺激を被験者に同時付与することにより、被験者個人における波含有率の上昇と、被験者ペアの波含有率の推移に同期を誘発することが出来ないかを解析した。次に、コミュニケーションロボットの歌・ダンスといった動作による外的刺激が観測者たちの脳波に及ぼす影響について解析した。その結果、個人における波含有率の上昇については心拍リズム再現型に、同期現象の誘発性については呼吸リズム再現型において一定の効果と傾向が確認された。またロボットによる刺激でも脳波の反応が確認でき、特に視覚的要素をより多く含むダンスに反応が顕著であることがわかった。しかしこれらの傾向をより確固たるものにするためには実験回数を重ねる必要がある。

また、本研究では同期の評価指標として大域的相関係数に局所的相関係数よりも重きを置いたが、局所的相関係数の推移によって同期を評価し、同期の種類を定義することが出来れば、正相関と逆相関の関連性や意味付けにも言及することができ、同期現象の評価指標をより明確に確立できるのではないかと考えられる。そのためにも、大域的相関係数と局所的相関係数の数学的関係を明らかにし、ヒトとヒトの脳波間に同期現象が生じている場合には、2人の共同作業やコミュニケーションにおいてどのような影響が及ぼ

されるのかを、心拍や呼吸など脳波以外の生体リズムも含めて検証する必要があると考え、今後の課題としたい。

また、国際会議などポスター発表において、数名の質問者からアイデアは大変興味深いとの好評を頂いた。今後、さらに検討を発展させた同期誘発デバイスの開発と具体的な教育システムの開発について検討を進めていきたいと考えている。

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 1件)

- (1) Study on Synchronization of the Heart in a Nursing Art.
Soh Sakaki, Atsushi Ishigame, Yukie Majima, 2016 IMIA and IOS Press, pp.917-918 (2016). (査読有)

〔学会発表〕(計 6件)

- (1) Soh Sakaki, Atsushi Ishigame and Yukie Majima, Study on Synchronization of the Heart in a Nursing Art, 13th International Congress in Nursing Informatics (2016年6月, Geneva, Switzerland)
- (2) 真嶋由貴恵, 鳶田聡, 石亀篤司, 前川泰子, 柳川のり子, 笹田友恵: 他施設との共有を前提とした臨床看護技術映像の簡易作成方法の提案と検証, JSiSE Research Report, 31(1), pp.71-76(2016).
- (3) 鳶田聡, 真嶋由貴恵, 石亀篤司: 多視点カメラを用いた机上での看護技術に対する教材映像の生成, 教育システム情報学会 第42回全国大会, 講演論文集, pp.217-218(2017).
- (4) 中山正哉, 玉井臣人, 石亀篤司, 真嶋由貴恵: 学習におけるコミュニケーションロボットとのインタラクションが脳波に及ぼす影響に関する検討, 第12回医療系eラーニング全国交流会要旨集, pp.56-59 (2017)
- (5) 玉井臣人, 真嶋由貴恵, 石亀篤司, 中山正哉: 看護師 患者間の同調現象に着目した看護技術教育システムの設計 ~ロボットとのインタラクションを通して, 第12回医療系eラーニング全国交流会要旨集, pp.86-87(2017)

- (6) 真嶋由貴恵, 前川泰子, 鳶田聡, 石亀篤司: 臨床看護実践知の可視化と共有における看護技術教育用映像データベースの構築に向けて,
第12回医療系eラーニング全国交流会要旨集, pp.38-41 (2017)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者
石亀 篤司 (Atsushi Ishigame)
大阪府立大学・工学研究科・教授
研究者番号: 60212864

(2)研究分担者
真嶋 由貴恵 (Yukie Majima)
大阪府立大学・
人間社会システム科学研究科・教授
研究者番号: 70285360