

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03320

研究課題名(和文) 生体リズムに同期した環境刺激による生理的効能の探求 - 入眠・起床時における効能

研究課題名(英文) Physiological effect of bio-signal synchronized ambient stimuli on sleep and awakening

研究代表者

野村 収作 (NOMURA, SHUSAKU)

長岡技術科学大学・工学研究科・教授

研究者番号：80362911

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、生体リズムに同期した環境刺激が人間の生理応答に及ぼす影響について検証するものである。具体的には、心拍数・呼吸・皮膚活動電位などに同調して音・光・香・物理刺激を呈示するリアルタイム・フィードバック系を構築し、その効果を実験的に検証した。実験の結果、そのような特殊な環境において、参照情報として利用した心拍数や呼吸などの自律神経系のみならず、中枢神経系においてもフィードバック時における生理的影響が及ぶことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、人間の生体リズムに適応的な環境刺激が人間の生理状態に及ぼす影響について科学的に検証したものである。心拍動や呼吸などの生体情報をリアルタイムに反映するフィードバック系を構築した結果、そのような特殊な環境刺激が、参照情報とした自律神経系のみならず中枢神経系にまで及ぶことが示唆された。この研究は我々が知る限り学術的に未踏領域であり、新たな学術領域へと発展する潜在性を有すると考えている。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to investigate the efficacy of bio-signal synchronized ambient stimuli on human. We developed a real-time ambient feedback system in which the ambient stimuli, e.g., sound, lighting, aroma, physical pressure, etc., are changed in accordance with human physiological signal, such as heart rate, respiration, and skin conductance. As for the results, it was suggested that such an interactive ambient feedback stimuli induced the modulation of not only autonomic nervous system activity, which was used as a reference bio-signal for feedback, but central nervous system activity.

研究分野：感性工学

キーワード：感性情報学 アンビエント・フィードバック・システム 引き込み現象

1. 研究開始当初の背景

人間の生理機能は、それを取り巻く環境に対し鋭敏に応答している。これは自分自身が主観的・感覚的に認識できるか否かにはよらず、むしろ、自分自身が自覚できない些細な環境に対して大きな応答を示すことがしばしば報告されている。例えば、香りは人間の主観的な嗜好に関わらず、生理的覚醒効果あるいは鎮静効果を有するが、その効果の強弱は呈示する香り刺激の強弱には比例せず、しばしば、弱い香り刺激に対して大きな効能を示すことが報告されている。また、心地よい音楽は精神的安定をもたらすだけでなく、血圧低下・心拍数低下など自律神経系、および、免疫系に対するポジティブな生理的作用があることが知られているが、それらの効能も、単純に音楽の好みなどの心理的要因のみにより決定されるものではない。つまり、人間生活を取り巻く周囲の環境は人体に少なくない影響を及ぼしており、状況に応じて適切な環境刺激を選択すれば人体を生理的にポジティブに誘導することも可能と思われるが、その一方で、環境と生体の総合作用の機序は複雑であり「刺激刺激 応答」の静的なSRモデルでは記述することができない。

これに対し、本研究は「環境刺激 - 応答」の関係を動的な力学モデルと捉え、非線形科学における引き込み理論のアナロジーを用いて適応的に調整された環境刺激(音・光・香・物理的外力等)により生体の内的な生理機能への介入効果を科学的に検証するものである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、生体情報に同期した環境刺激によって人間の生理状態に介入し、人体の生理機能を誘導するための、新しい環境刺激の方法論を開拓することにある。人間の体は振動子の集合体であり、心臓・脳・呼吸・ホルモン分泌、それぞれが自己回復力を備えた固有振動子として振る舞い、全体として極めて安定的なシステム(「恒常性」)を実現している。恒常性は、生体を環境の外乱から守るための重要な機能である。しかしながら、例えば香によるリラックス効果が数十分しか持続しないように、恒常性は、しばしばヒトにとってポジティブな環境による影響も抑制してしまう。本研究では、この頑健なシステムに介入し得る新しい方法論として、ブランコの引き込み制御のアナロジーを援用する。具体的には、自律神経系・中枢神経系・免疫内分泌系のストレス応答に対する時定数に着目し、各生体システムの時定数に応じた環境刺激を呈示する。このような適応的システムを構築することにより、本研究では「引き込み制御」の有効性と限界について、心拍動・呼吸などの周期の短い生理機能の誘導、およびホルモンなどの周期の長い生理機能の誘導について検証することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究の引き込み制御系は、1)生体情報を取得する為の各種アナログセンサ群(センサ部)、2)取得された情報をデジタル情報へと変換してPCに取り込み、各種の生体情報に基づき環境刺激を適応的かつリアルタイムに調整する為の制御システム(制御部)、および、3)生体情報に基づき実際に環境情報(香り・音楽・映像・照明・物理刺激など)を変化させる環境刺激呈示システム(刺激部)からなる。第一に、本研究ではこれまで構築してきた既存の引き込み制御系を抜本的に見直し、ハードウェア、ソフトウェア面においてパフォーマンスを改善することからスタートした。その後、新たに作成したシステムにより、心拍数をフィードバックした音楽、生体情報をフィードバックしたバーチャルリアリティー・コンテンツ、呼吸情報をフィードバックした姿勢介入システム、により引き込み制御の有効性について実験的に検証を行った。

実験は全て実験室において、学術的エビデンスを得るために必要な実験デザイン(被験者内計画など)、実験規模(被験者数・条件数)、統計解析に基づいて実施した。

4. 研究成果

本研究で構築した引き込み制御系である各種の生体情報フィードバック・システムにより様々な場面において検証を行った結果、実験において実際にフィードバックするための参照情報として利用した心拍数や呼吸などの自律神経系において、フィードバック時における生理的影響が確認された。それだけでなく、恐らくは自律神経系への介入により、その生理的影響が中枢神経系(脳波の周波数成分)にも及ぶことが示唆された。

さらに、サーボモーター制御による姿勢 呼吸フィードバック・システムを完成させ、姿勢への介入による呼吸周期・深度の影響について実験研究を行ったところ、ターゲットとした呼吸周期の変調だけでなくこちら脳波周波数成分に有意な差異が認められた。

以上の成果は、全て被験者内計画に基づく対照実験により得られた成果であり、統計学的にも有意な結果である。したがって、本研究で作成した引き込み制御系を実現するための生体情報フ

フィードバック・システムは、参照情報としている生体情報のみならず、その影響が中枢神経系の活動にも及ぶことが示唆された。その一方で、免疫・内分泌系において本システムによる明確な影響は認められなかった。しかしながら、現時点ではフィードバック系による介入時間がごく短い時間に限られているため、生理応答の時定数の非常に大きな免疫・内分泌系を変調させるほどの環境刺激ではなかったということが考察される。この点、本研究に関して実施した予備試験においては長時間にわたって睡眠中のごく弱い光介入を行った際の内分泌系(メラトニン分泌)への影響が観察された。今後は、より長時間にわたる引き込み制御系の介入について検証する必要があると思われる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sugaya Nagisa, Izawa Shuhei, Ogawa Namiko, Shirotsuki Kentaro, Nomura Shusaku	4. 巻 116
2. 論文標題 Association between hair cortisol and diurnal basal cortisol levels: A 30-day validation study	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Psychoneuroendocrinology	6. 最初と最後の頁 104650 ~ 104650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.psyneuen.2020.104650	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Minoura Mai, Kojima Kei, Nomura Shuusaku, Nishiyama Yuta, Kawai Takashi, Gunji Yukio-Pegio	4. 巻 164
2. 論文標題 Virtual Hand with Ambiguous Movement between the Self and Other Origin: Sense of Ownership and 'Other-Produced' Agency	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Visualized Experiments	6. 最初と最後の頁 1 ~ 17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3791/61755	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hasegawa Ohira Masako, Kato Yoshimune, Nomura Shusaku	4. 巻 14
2. 論文標題 Effects of LED lighting exposure during sleep on endocrine and autonomic nervous system activity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 894 ~ 898
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.22879	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 HERATH Samith S., HAYAKAWA Kazuki, SAKAI Osamu, SEKIYA Ryoma, NOMURA Shusaku	4. 巻 18
2. 論文標題 Effects on Cardiac and Peripheral Autonomic Nervous System by Posture Respiration Feedback Control Architecture	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Affective Engineering	6. 最初と最後の頁 197 ~ 203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5057/ijae.IJAE-D-18-00037	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jiang Fang, Kobayashi Takemi, Ichihashi Takuro, Ito Kanetoshi, Nomura Shusaku	4. 巻 14
2. 論文標題 The effect of citrus ginger aroma on heart rate and salivary cortisol level during sleep at home	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 623 ~ 629
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.22845	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Samith S. Herath, Kazuki Hayakawa, Osamu Sakai, Ryoma Sekiya, Shusaku Nomura	4. 巻 10
2. 論文標題 Efficacy of Involuntary Deep Breathing by Postural-Respiration Feedback Control System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal on Advances in Life Sciences	6. 最初と最後の頁 117-126
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Jiang Fang, Kobayashi Takemi, Ichihashi Takuro, Nomura Shusaku	4. 巻 13
2. 論文標題 Effect of a relatively long afternoon nap on autonomous nervous activity, sleep architecture, and subjective sleep quality	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1357 ~ 1361
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.22702	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Shusaku Nomura
2. 発表標題 Deterioration of physiological sleep quality by a mild orange aroma
3. 学会等名 European Society for Smell and Taste Research Annual Meeting (ECRO 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shusaku Nomura
2. 発表標題 Effect of Heart Rate Feedback Virtual Reality on Cardiac Activity
3. 学会等名 The Ninth International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies (AMBIENT2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯山直樹, 辰島元介, Liu Xinwe, 関川 黎, 野村収作
2. 発表標題 心拍動をフィードバックしたヴァーチャルリアリティによる生理効果
3. 学会等名 第20回日本感性工学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 野村収作, 川内裕登, 河津諒平
2. 発表標題 心拍 - 音楽フィードバック・システムによる心拍数変動への影響
3. 学会等名 第20回日本感性工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 酒井 脩, Samith S. Herath, 早川和樹, 関谷凌馬, 野村収作
2. 発表標題 同調的な呼吸 - 姿勢フィードバック介入による心拍数変動への影響
3. 学会等名 第20回日本感性工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Samith S. Herath, Masako Hasegawa-Ohira, Hiroshi Ogawa, Shusaku Nomura
2. 発表標題 Detection of human pulse wave with a commercial earphone and headphone while listening to music
3. 学会等名 7th European Conference on Mental Health (国際学会)
4. 発表年 2018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	大平 雅子 (Ohira Masako) (40616190)	滋賀大学・教育学部・准教授 (14201)	
研究分担者	浅野 裕俊 (Hirotoshi Asano) (70453488)	香川大学・創造工学部・准教授 (16201)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------