



精神負荷時における自律神経活動の解釈支援に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 室蘭工業大学SVBL 公開日: 2010-07-20 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 陳野, 悠人, 若槻, 淳一郎, 魚住, 超 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/503

精神負荷時における自律神経活動の解釈支援に関する研究

陳野悠人¹⁾, 若槻淳一郎²⁾, 魚住 超¹⁾

1) 室蘭工業大学情報工学科, 2) 室蘭工業大学SVBL

1 はじめに

これからのユビキタス社会において、心理情報や生体情報の獲得技術と解釈技術は重要なものとされている。生体情報のうち、無意識に提供される心電図は客観的な情報であり、アンケートなど主観的な心理情報を組み合わせる事で、解釈における正確さの確率を高めるものとなる。また一方で、心電図による自律神経活動の評価には波形の検出の容易さから従来、心室の収縮開始を示すR波による心拍(RRI: R-R Interval)変動を用いて行われてきた。しかし、心拍変動は洞房結節に及ぼす自律神経活動に起因しており、また持続的な情動変化の時には交感神経と同時に副交感神経も緊張することがわかっている^[1]。よって、心房の収縮開始で心臓全体の興奮開始を示すP波による心拍(PPI: P-P Interval)変動を用いた評価も重要となる。また、自律神経活動は房室結節にも影響を及ぼしており、その評価には房室伝導時間(PRI: P-R Interval)変動の測定が必要となる^[2]。

そこで本研究は、洞周期の変動が大きくなる運動負荷時に比べて、より安定した心拍周期となる精神負荷実験を行い、心電図波形からP波及びR波を検出する。そこから、心拍(PPI・RRI)変動及び房室伝導時間(PRI)変動の時間情報解析と周波数成分解析を行い、心理情報の結果を加味した自律神経活動を評価していく。さらに事象に対応する心電図の状態を、オントロジーを考慮することでマシン解釈システムにむけた基礎を確立する。

2 実験及び解析方法

2.1 心電図測定

心電図の測定には「サイナクトMT11」(NECメディカルシステムズ社)を使用した。心電図の誘導法は体動の影響を避けるため、Mason-Liker変法のLL-RA誘導を用いた。測定したデータは、サンプリング周波数1kHzでA/D変換した後、コンピュータに取り込んだ。

2.2 解析方法

心電図のデータ解析は、Matlab6.5(Math Works社)を用いた。取得した心電図データに、前処理としてローパスフィルタ(カットオフ周波数: 60Hz)を適応して高周波ノイズを除去した。次に、P波及びR波の検出を行い、PPI・RRI・PRIを算出した。次に各間隔時系列を等間隔に補完し、15秒の重複区間を設けた上で30秒毎に分割し、各区間の推移と分散を求めた。また、区間毎に最大エントロピー法(MEM: Maximum Entropy Method)を用いて周波数解析を行い、低周波数(Low Frequency: 0.05~0.15Hz)の積分値LFと高周波数(High Frequency: 0.15~0.40Hz)の積分値HFを算出した。LFは交感・副交感神経、HFは副交感神経を反映するので、通常HFは副交感神経、面積比LF/HFは交感神経の指標として用いられる。一般に副交感神経はリラックス状態で、交感神経は緊張や興奮状態で優位になるとされている。

3 実験(精神負荷実験)

被験者は健康な成人男性10名(平均年齢 22.5歳±0.9歳)とし、実験は室温約25℃、湿度約50%の環境で行った。実験プロトコルをFig.1に示す。実験中は座位の楽な姿勢で、安静時は全て開眼状態とした。

精神負荷作業には、「内田クレペリン精神検査」(日本・精神技術研究所)に変更を加えたものを使用した。計算方法は、まず始めに隣り合った数を乗算し、得られた二桁の数の一の位と十の位を加算する。その解の一の位を回答として記入するものである。

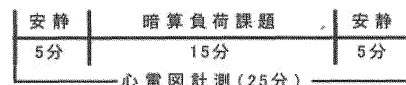


Fig.1 実験プロトコル

4 結果・考察

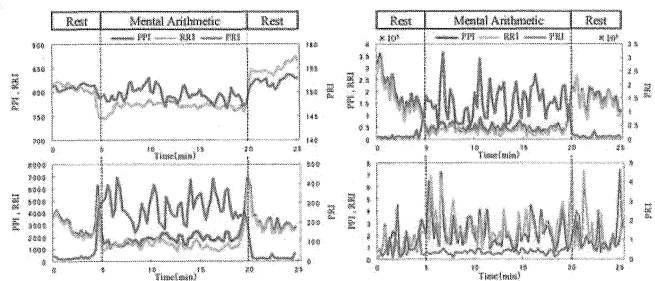


Fig.2 実験結果(全被験者の平均値)

左側: 時間情報解析(上: 推移 下: 分散)

右側: 周波数解析(上: HF成分 下: LF/HF成分)

全被験者において同様の傾向が見られたため、全被験者の平均の結果をFig.2に示す。各グラフの左軸がPPI(赤)・RRI(桃)、右軸がPRI(青)を表している。

まず時間情報解析結果における傾向として、PPIとRRIは共に暗算課題遂行時が安静時に比べて短くなっており、両間隔とも終始ほぼ同じ推移を示した(Fig.2 左上)。また分散に関しては、PPI・RRIの分散はそれぞれ実験中に大きな変化は認められなかった。しかし、RRIとPPIとの差に関して統計学的有意差検定(Students t-test 有意水準 $\alpha=0.05$)を行った結果、暗算負荷遂行時において、RRIがPPIに比べて有意に小さくなっている事が認められた。また、PRIは暗算負荷遂行時に賦活する傾向を示した(Fig.2 左下)。

心臓に対する自律神経活動を考慮した時、交感神経は心房にある洞房結節と房室結節、および心室の刺激伝導系のいずれにも効果的に働く。それに対し、副交感神経は心室の刺激伝導系には有効ではない。つまり、洞房結節が交感・副交感神経両方に影響を受けるのに対し、心室は副交感神経の影響を直接には受けない。この心房及び心室における自律神経活動の振る舞いの差とPRIの賦活から、房室結節が刺激伝導における洞房結節と心室を調節し、その影響が分散の違いに現れたのではないかと考える。ただし、安静時には分散の違いが生じなかったことから、外的刺激を受ける事で自律神経の違いが結果に現れることが認められた。

次に、周波数解析結果の傾向としては、暗算課題遂行に伴うストレス状態を受け副交感神経の減退により、PPI・RRIのHF成分の減少が見られた。一方で、PRIのHF成分に賦活が見られた(Fig.2 右上)。心拍変動における自律神経活動を考慮すると、房室結節に直接働いた自律神経活動の影響は大きくないと考える。よって、暗

算課題に対するストレスが要因となり、房室伝導時間変動の増加が周波数成分において強く反映したのではないかと考える。LF/HF成分に関しては一定の傾向が認められなかった。

5 比較実験（音楽条件・雑音条件）

今回の実験においては、ストレス負荷として暗算課題、またその比較のために安静を行った。しかし、安静以外に積極的にストレスの回復を目指す手法の一つに音楽療法があり、個人差はあるものの音楽聴取によってストレスの回復効果が認められている^[3]。また手作業による負荷の他に、騒音などの完全な外的刺激による負荷を与えた際の自律神経活動を評価する事で、解釈支援の幅を広げることができると考える。そこで、音楽聴取を用いた比較実験を行った。

被験者は健康な成人男女15名（平均年齢 22.5歳±1.17歳）とし、実験は防音室にて室温約23℃、湿度約60%の環境で行った。実験プロトコルをFig.3に示す。

アンケー	※	安静	暗算課題	※	音楽or雑音or無音	※	安静
		5分	20分		13分		15分
心電図計測(53分)							

※ STAI(状態・不安特性検査)アンケートを実施

Fig.3 実験プロトコル

音楽は被験者の好みの楽曲（65dB）、雑音は工事現場の作業音（90dB）、無音の3種類を行った。心理情報の取得には、STAI（State Trait Anxiety Inventory）アンケートを用いた。これはその状況下での不安度（状態不安）を数値化したものである。

6 結果・考察

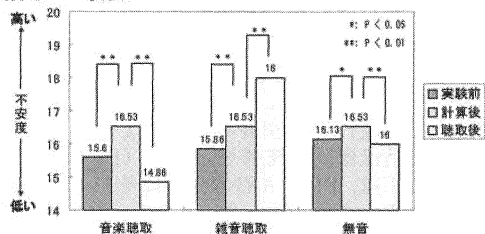


Fig.4 心理情報の結果（全被験者の平均値）

全被験者のSTAIの結果（平均値）をFig.4に示す。実験前と暗算課題終了後において有意差検定を行った結果、計算によるストレス負荷によって状態不安が有意に増加した。また、暗算課題終了後と各聴取後とを同様に有意差検定を行った結果、音楽聴取及び無音では有意に状態不安が減少した。一方、雑音条件では暗算課題以上に増加した。以上より、ストレスからの回復には好みの楽曲を聴取することや、無音で安静状態にすることが心理面で効果的であることがわかる。また、騒音は作業による負荷とは別に、心理面に負荷を与えるものであることがわかる。

次に全被験者における心電図情報のうち、特徴的な結果として被験者Aの結果をFig.5に示す。最初の安静及びその後の暗算課題遂行時にかけては、精神負荷実験（3節）と同様の傾向を示した。聴取後の安静時に関しては一定の傾向が認められなかった。

音楽条件に関しては、暗算課題遂行時と比較して分散・HF成分で対照的な結果となった。PPIとRRIの分散は暗算課題遂行時にあった有意差が見られず、両方とも大きく賦活した。またHF成分も前半部に賦活が見られた。一方、PRIは分散・HF成分両方でPPI・RRIと対照的に推移した。

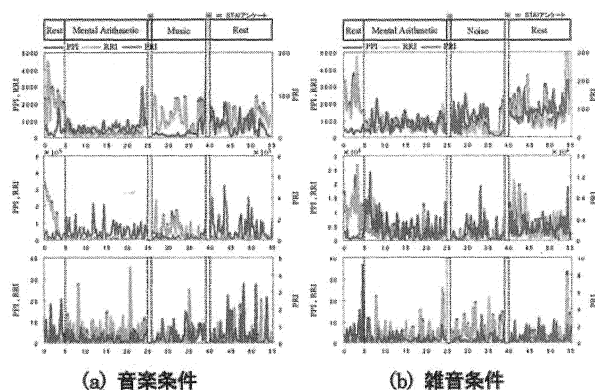


Fig.5 実験結果（被験者Aの結果）
（上：分散 中：HF成分 下：LF/HF成分）

雑音条件に関しては、暗算課題遂行時と比較して同様の傾向を示した。PPIとRRIの分散は特に後半において減少が見られた。また暗算課題時に見られた有意差は雑音状況下では認められなかった。またHF成分の減少、LF/HF成分の賦活から暗算課題同様に緊張状態であることがわかる。一方、PRIは分散において前半部に大きな変動が見られるものの、実験開始後の安静と比較して賦活した。

7 おわりに

先行研究によると、安静時におけるPPIとPRIの周波数成分変動は同様な推移を示し、心拍変動と房室伝導時間変動の自律神経支配は同一である事が報告されている^[2]。しかし、本研究の結果から安静時から負荷時にかけてPPI・RRIとPRIは対照的な推移を示しており、心拍変動と房室伝導時間変動に対する自律神経支配は互いに独立していると考えられる。だが、洞周期変動の影響などは考慮しておらず、更なる検証が必要である。

また、PPIとRRIの違いに関しては時間情報解析の分散においてのみ有意差が見られた。よって自律神経活動の評価を行う上で、周波数成分解析結果においては検出が容易なR波を用いても同等の解釈支援が提供できると考える。

本研究における全65回の実験のうち、17回でP波の検出が出来なかった。誘導法や実験プロトコル、波形検出アルゴリズムの改良などを経てさらなる精度の向上を目指す必要がある。

また、心理情報や生体情報の獲得技術と解釈技術の向上に向けて、オントロジーの構築によるマシン解釈システムを目指す。得られた心理・生体情報からその個人特性の傾向を情報として分類し、新規情報の評価においてこれらの分類された情報を基に、解釈支援に応用できると考える。

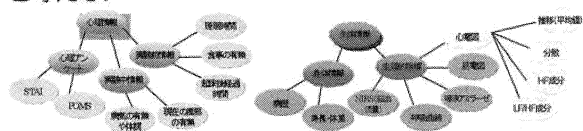


Fig.6 オントロジーの例

参考文献

- [1] 林峻一郎：『ストレス』の肖像，中央公論社（1993）
- [2] 岩崎雄樹，宮内靖史，大坂元久，小林義典，斎藤寛和，加藤貴雄他：心内電位を用いた洞調律および心房ペースング時の房室伝導時間変動の周波数解析 一房室結節に及ぼす自律神経活動の評価一，心電図，23，190-199（2003）
- [3] 村井宏行，陳野悠人，長谷川裕紀，魚住超：受動的・能動的音楽活動によるストレス緩和効果の評価，第39回計測自動制御学会北海道支部学術講演会，85-86（2007）