

人間工学生体計測処理システム

キーワード：心電図、脳波、筋電図、生体信号、多チャンネル同時計測

概要

感性の分野が注目されている昨今、心理状態や生体機能を評価するために、多様な生体信号を人間工学的手法によって解析する事例が増えています。平成 17 年に導入いたしました「人間工学生体計測処理システム」は、生体機能の評価を行う装置の一つで、人体が発する生体信号をリアルタイムで計測することができます。ここではこの装置の構成と特徴を解説し、心電図計測プログラムを用いた測定事例を紹介します。

システムの構成と特徴

本システムは、生体計測装置ならびに計測ソフトウェアを含む生体計測処理装置で構成されています。生体計測装置は、図 1 に示すコードレスの小型ポリグラフテレメータ（生体アンプ内蔵送受信機：直径 40mm、高さ 11mm、重さ 11g）を採用しています。これによって被験者は、ケーブルなどで拘束されることなく、自由な動作環境を保ちながら生体信号を計測することができます。

生体計測処理装置は、脳波、筋電図、心電図など複数の生体信号を最大 8 チャンネルまで、30 分間の同時収集が可能です。また、オンライン自動解析によってリアルタイムに表示できます。測定解析データは、転送・保存・移動がスムーズに行え、統計処理など 2 次処理にも容易に利用できます。さらに、マルチ

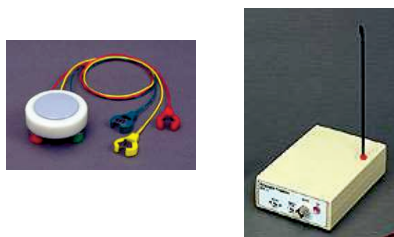


図 1 小型ポリグラフテレメータ
(右：受信機、左：送信機)

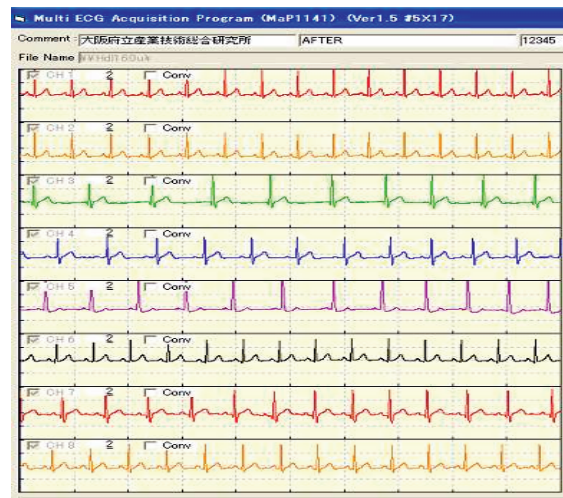


図 2 8 名の心電図同時計測例

心電図収録装置を併用することで、図 2 に示すように、同一刺激に対する複数人の同時計測にも対応できます。したがって、医療用機器がベースとなっている従来の計測システムに比べ、利便性の高いオープンなシステムになっています。

システムの機能

図 3 に、心電図、脳波 1 チャンネルおよび筋電図 2 チャンネルを同時計測処理した一例を示します。本システムでは、計測する各生体信号はリアルタイムに波形表示され、これをもとに解析された結果と併記されます。

心電図解析は、心拍の変動と周波数分析を行います。図 4 に示すように、心電図波形の R 波ピークを検出し、1 心拍ごとの RR インターバル（心周期）を計算します。通常連続する 100 拍の RR インターバルの平均値と標準偏差を算出し、CV 値（心拍変動値）を求めます。CV 値が大きいことは心拍変動が大きいことを意味し、自律神経系のうちの副交感神経が優位であることを示すと考えられています。

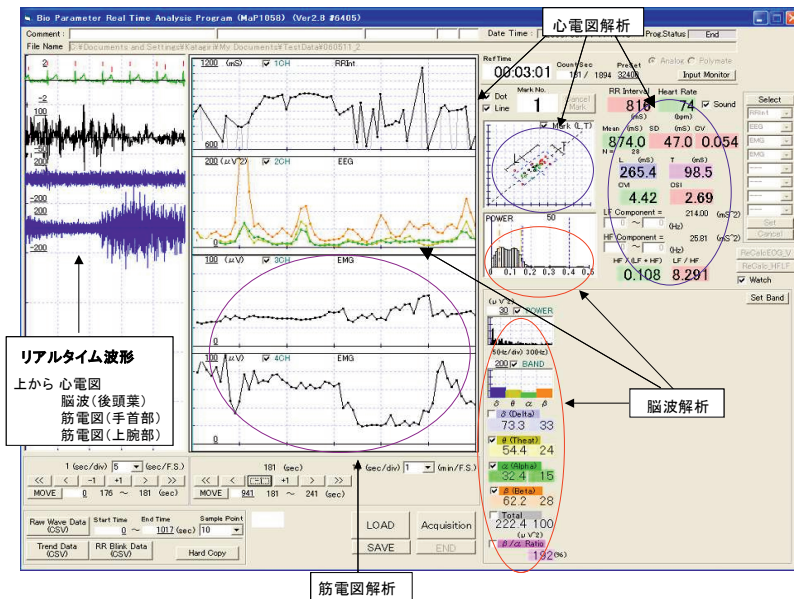


図3 計測画面の一例

また、RR インターバルの変動を周波数解析し、0.15Hz を基準に低周波成分 (LF) と高周波成分 (HF) に分類し、各パワースペクトルを求めることができます。LF 成分は、主として交感神経の影響を、HF 成分は副交感神経の影響を受けるとされ、これらの面積比 LF/HF は、交感神経機能の指標として用いられます。LF/HF の値が大きいと、相対的に交感神経の活動が高まったと考えられます。さらに近年注目されている、RR インターバルの n 拍目と n+1 拍目の相関を求めたローレンツ・プロット解析結果もグラフ表示されます。これらは、交感神経と副交感神経の活動指標として利用されています。

脳波は脳電図ともよばれ、中枢神経が示す電気活動です。出力波形は、さまざまな帯域の周波数成分が重畳された波形として表示されます。脳波解析では、この波形を周波数解析し、 δ 波 (0.5~4Hz)、 θ 波 (4~8Hz)、 α 波 (8~13Hz)、 β 波 (13~20Hz) の 4 帯域ごとのパワースペクトラムを計算します。 α 波は、安静・閉眼・覚醒時に出現することが多いとされ、脳の機能低下とともに、 α 波は徐々に減少し θ 波が出現します。これらの積分量や発生頻度を表示し、各帯域の特徴や変動をとらえることで、安静か興奮か、覚醒か睡眠か、といった被験者の精神状態を判断する目安になります。

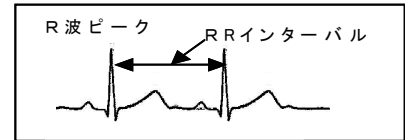


図4 心電図波形と R 波

筋電図は、筋肉の収縮時にみられるスパイク電位を記録したものです。皮膚表面に電極を貼り付け導出した表面筋電は、筋肉の活動状態を示します。筋電図解析では、スパイク電位の全波整流積分を行い、1秒ごとの平均値を求め周波数分析を行います。周波数の変化から、動作や運動、心身の緊張や覚醒、表情や睡眠などの状態における筋疲労の評価に利用されます。

測定事例

本システムを用いて、音楽聴取時に作業負荷がある場合とない場合における心拍変動を計測した事例を紹介します。表1に、CV 値と LF/HF の解析結果を示します。単純に音楽を聞いている場合に比べ、CV 値が下がるとともに LF/HF が大きくなることから、作業負荷を与えることによって副交感神経が抑制されていることがわかります。

表1 音楽聴取時の心拍変動結果

	CV 値	LF/HF
音楽のみ	0.054	0.583
音楽と作業負荷	0.043	0.744

おわりに

ヒトを扱う計測では、被験者の安全性を第一に考えた上で、データを効率よく集めることが必要です。また、同じ条件でも被験者にとって感じ方は一様ではありませんから、主観評価だけでなく、生体反応もあわせて検討することが大切です。本システムは、被験者に対してストレスを与えることなく測定が可能のため、人体計測を必要とするさまざまな産業領域において、商品開発のための研究ツールとしてご利用いただけたと思います。