

筋電図計測を用いた PC 作業時における腕筋肉活動の検討

Examination of Arm Muscle Activity for PC Work Using EMG

○ 松本尊彦（東京電機大学大学院理工学研究科） 内川義則（東京電機大学大学院理工学研究科）

Takahiko MATSUMOTO, Graduate School of Science and Engineering Tokyo Denki University

Yoshinori UCHIKAWA, Graduate School of Science and Engineering Tokyo Denki University

Abstract: This paper is shown development of EMG measurement system. The purpose of EMG measurement system is used to propose the optimal placement of the desk for PC worker. EMG measurement system was consisting of electromyogram amplifier and AD converter. Electromyogram amplifier can be measured with 10-channel simultaneously. The gain of amplifier can be changed to 60dB and 80dB. Band-pass filter is frequency range of 10 to 500Hz. AD converter of 12 bits was controlled by PIC microcontroller and sampling frequency is 1kHz. Evolution of this system was conformed by measuring EMG.

Key Words: Isometric Muscle Contraction, EMG Amplifier, AD Converter

1. はじめに

筋電図計測が提唱されて以来，筋肉の活動と疲労の関係について多くの検討が行われている⁽¹⁾。近年では，運動時や PC 作業時の等張性筋収縮と疲労の関係について，検討が盛んに行われている⁽²⁾。その一方で，等尺性筋収縮のような姿勢維持に関わる筋活動も，長時間の活動によって疲労に関わることが提唱されている⁽³⁾。そのため，PC 作業時のような長時間同一の姿勢を保つ作業において，体に合った机の高さや姿勢をとることで，必要以上の等尺性筋活動を抑え，腕や肩の疲労軽減が期待できる。

2. 目的

本研究では，PC 作業の一例として，キーボードの位置と腕部の筋肉活動の関係について検討することを目的とした。筋肉活動を示す指標として，筋電図計測が用いられており，本研究もそれに準じて行う。また，本研究では筋電図計測システムの開発も目的としており，筋電図計測用のアンプや AD コンバータ，信号処理などの総合システムの開発も行う。本研究により，PC 作業における最適な作業環境を提案することを最終目的としている。本稿では，開発した筋電図計測システムの構成と仕様について報告する。

3. 筋電図計測システム

Fig.1 に筋電図計測システム構成を示す。本研究では表面筋電図法を用いており，被験者の筋上の皮膚に電極を約 3cm 間隔で 2 点装着し，筋電アンプで増幅する。GND 電極は足首に装着する。増幅された筋電信号は AD コンバータを用いてデジタル値に変換し，USB 通信により PC へ転送する。実験は電磁シールドルーム内で行う。電磁シールドルーム内では商用電源機器を持ち込むことはできないため，バッテリー等の直流電源により動作するように開発した。

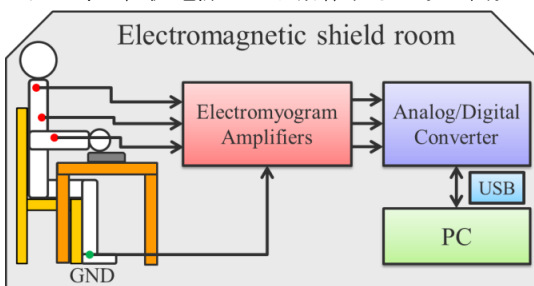


Fig.1 Configuration of EMG measurement system

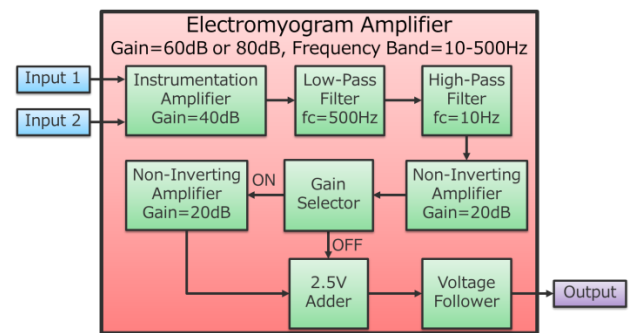


Fig.2 Block diagram of electronic circuits for EMG amplifier measurement system

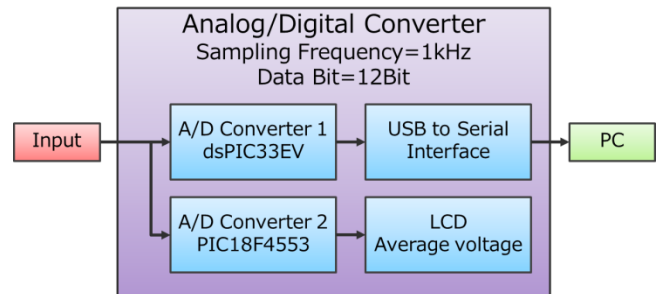


Fig.3 Block diagram of electronic circuits for AD Converter measurement system

Fig.2 に筋電アンプの回路構成を示す。Fig.2 は 1 チャンネル分の回路構成であり，10 チャンネル分の回路を製作した。初段は計装アンプであり，2 点の電極により検出した信号の差分を 40dB 増幅する。次段はローパスフィルタとハイパスフィルタによる 2 次のバンドパスフィルタである。バターワース特性で，カットオフ周波数 f_c は 10-500Hz である。次段は非反転増幅器であり，20dB 増幅し 60dB にする。ゲインセレクターのスイッチを ON にすると更に 20dB 増幅し 80dB となり，OFF にすると 60dB のまま次段に接続される。次段は 2.5V 加算回路である，加算回路と反転増幅回路により，入力のゲインと位相を変化させることなく 2.5V 加算する。AD コンバータの電圧範囲は 0-5V であり，2.5V 加算回路によって，2.5V を基準とした ± 2.5 の筋電図信号を得る。最終段はバッファであり，インピーダンス変換を行い AD コンバータへ出力する。回路全体で増幅度は 60dB 又は 80dB であり，周波数帯域は 10-500Hz である。

Fig.3 に AD コンバータのシステム構成を示す. AD コンバータのチャンネル数はどちらも 10 チャンネルである. また, AD コンバータはどちらもサンプリング周波数が 1kHz であり, 分解能は 12 ビットである. 電圧範囲は 0-5V のため, 2.5V を基準電圧に設定し, $\pm 2.5V$ を計測範囲とした. AD コンバータは 2 基内蔵して, AD コンバータ 1 は dsPIC33EV を使用し, AD 変換結果を USB-シリアル変換モジュールにより PC に伝送する. 送信データは文字データであり, $\pm 2.5V$ の入力に対して, アンプのゲインに合わせた入力換算値 (60dB モードは $\pm 2500.0\mu V$, 80dB モードは $\pm 250.00\mu V$) を PC に伝送する. AD コンバータ 2 は PIC18F4553 を使用し, 1 秒毎に各チャンネルの平均電圧を LCD に表示する. AD コンバータ 1 により伝送される数値データは, 1 秒間で 1000 行送信されるため目視は困難である. そのため, AD コンバータ 2 により, 筋電図の信号レベルの目視を行う.

4. システム評価

Fig.4 に筋電アンプの各チャンネルの周波数特性を示す. 2.5V 加算回路は含まれていない. 周波数分析器を使用し, 7mVp-p の正弦波を入力した. 最大ゲインは(a)は 60dB, (b)は 80dB である. 周波数帯域は(a)(b)10-500Hz であり, 設計通りの筋電アンプを製作することができた.

Fig.5 に AD コンバータを用いた正弦波の AD 変換結果を示す. 入力振幅は 4Vp-p, オフセット電圧 2.5V, 周波数 1Hz の正弦波である. AD 変換結果は入力換算により, 60dB では $4000\mu V$ p-p, 80dB では $400\mu V$ p-p の正弦波として出力されている. また, 周波数は 1Hz であり, 入力波を正確に AD 変換できているため, 設計通りの AD コンバータを製作することができた.

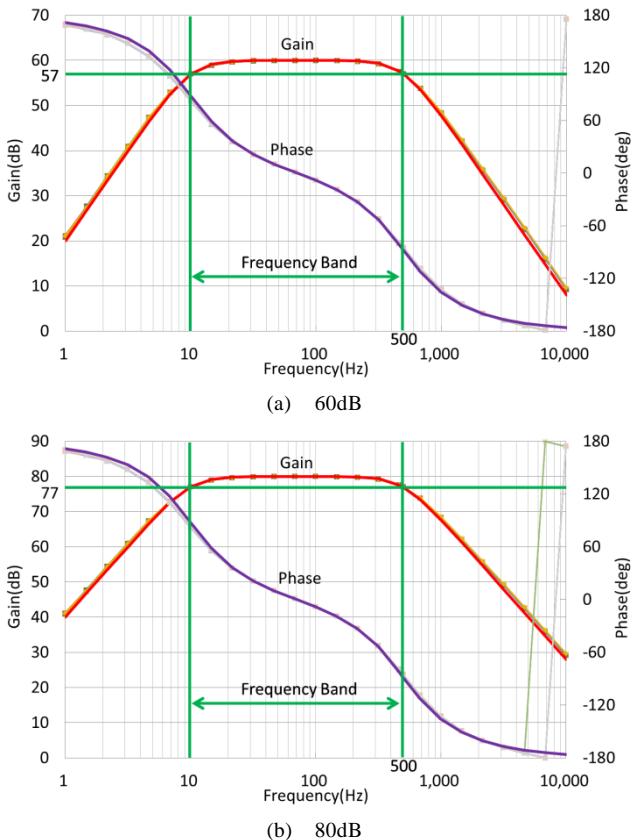


Fig.4 Frequency and phase characteristics of EMG measurement system superimposed with 10 channels

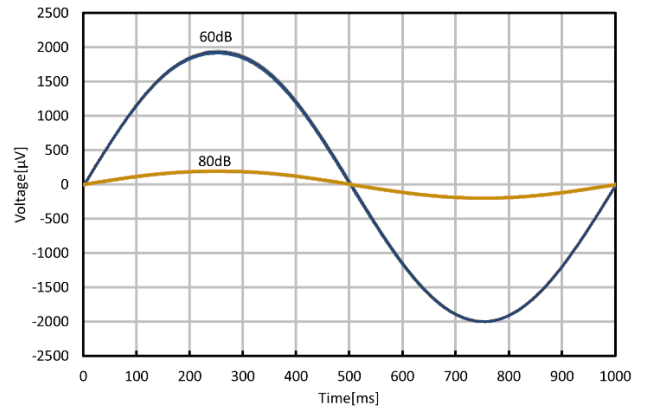


Fig.5 Examples of superimposed with 10 channels to AD converter output

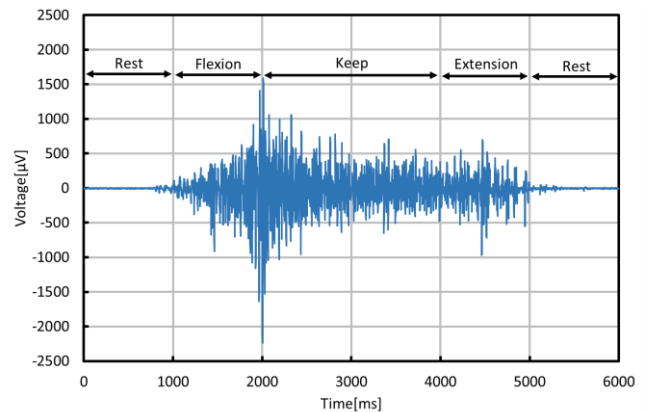


Fig.6 An example of EMG wave from of biceps brachii muscle measured by EMG measurement system

Fig.6 に筋電図計測システムを用いた上腕二頭筋の筋電図波形を示す. チャンネル 1 を使用し, ゲインは 60dB に設定した. 計測開始から 1000ms の区間は安静, 1000ms から 2000ms の区間は肘の屈曲, 2000ms から 4000ms の区間は屈曲状態の維持, 4000ms から 5000ms の区間は肘の伸展, 5000ms から 6000ms の区間は安静運動を行った. Fig.6 より, それぞれの運動毎に異なる筋電図波形を示しており, 開発した筋電図計測システムが正常に動作することを確認した.

5. 結論

本稿では, 表面筋電図計測システムの構成と評価結果について報告した. 筋電図計測が可能であることを確認したため, 今後は PC 作業における腕筋肉活動を検討し, PC 作業における最適な作業環境の提案を行う.

参考文献

- (1) 木塚朝博, 増田正, 木竜徹, 佐渡山亜兵, 表面筋電図, 東京電機大学出版局, 2006
- (2) Laura A.C. Kallenberg, Hermie J. Hermens, Miriam M.R. Vollenbroek-Hutten, Distinction between computer workers with and without work-related neck-shoulder complaints based on multiple surface EMG parameters, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.36, pp.921-929, 2006
- (3) 堀田明博, 佐野吉雅, 佐渡山亜兵, 流し台及び調理台の高さに関する研究, 産業工芸試験所報告, Vol.55, pp.1-14, 1968