

Emotiv EPOC 脳波計におけるサンプリング周波数調査 Emotiv EPOC EEG Sampling Frequency Survey

安部 賢二[†] 川勝真喜[†]
Kenji Abe Masaki Kawakatsu

1. はじめに

サンプリング周波数は時系列データ解析において重要な要素である。以下の参考文献[1]によると、サンプリング周波数は、129.05[Hz]との報告があり、当初 129[Hz]での分析を行った。しかしながら、分析を進めていくと、サンプリング周波数は、ほぼ仕様通りの 128[Hz]であることが確かめられた。そこで、現在使用している、Emotiv EPOC 脳波計のサンプリング周波数を確かめるため、GNSS 受信機から出力される 1pps の矩形波を脳波計の電極へ入力し、その結果を分析したところ、1秒間に 128 ポイントのデータ出力があった。

2. 計測の概要

Emotiv EPOC 脳波計は、シリアル通信での外部入力が可能である。しかし、脳波計のクロックと同期していない。また、Emotiv EPOC には、外部入力が可能で GPIO が存在していないため、今回 GNSS 受信機から出力される 1pps 信号をマイクロコントローラに入力し、バッファリングした信号を EEG の入力（チャンネル）に容量カップリングする事にした。理由は、MCU から出力される電圧は、数ボルトオーダーであり、それに比べ EEG の入力電圧は、数マイクロボルト程度の非常に微弱な電圧が対象である。このような容量カップリングでレベル調整を行った。約 33 分間連続で計測し、計測データは Emotiv 社の Emotiv PRO を用いて収集を行った。

2.1 計測システムの概要

計測システムのハードウェアは、脳波を取得する Emotiv EPOC、基準クロック信号生成するための GNSS 受信機(u-blox 製:UBX-M8030-KT)、基準クロック信号のバッファとモニター用にマイクロコントローラ(Seeed Studio 製:Seeeduino XIAO) を使用し、計測と解析に PC(Windows)を使用した。図 1 にその接続図を示す。計測および分析は室内で行い、GNSS 衛星からの微弱な電波を安定に受信するため、GNSS 受信機は窓際に設置する事にした。

3. サンプリング周波数の分析方法

今回サンプリング周波数の分析方法を 3 種類用意した。一つ目は、脳波計から出力されるインデックス数の差をパルスの Peak to Peak 期間で取得した。二つ目は、脳波計から

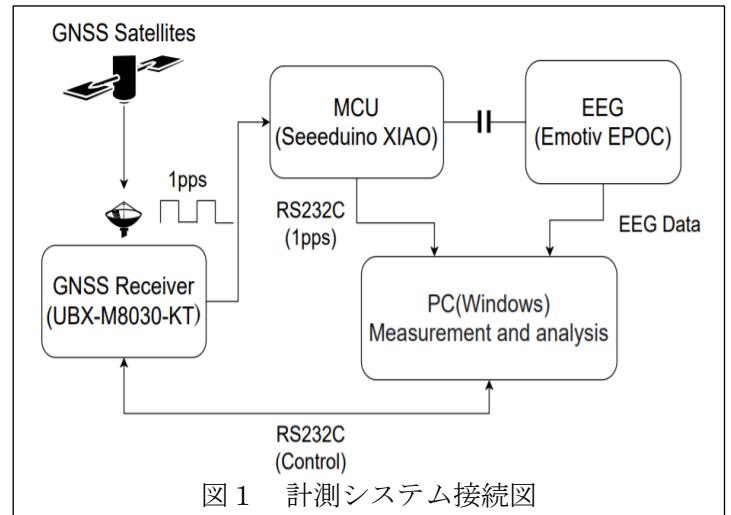


図 1 計測システム接続図

出力されるデータ列を DFT 演算した。三つ目は、さらにそのデータ列の波形整形を行い、そのデータを DFT 演算した。

3.1 インデックス数の差による分析

図 2 は、横軸にインデックス、縦軸に EEG に入力された GNSS 受信機からのパルスの振幅が示めされている。図の赤い点と次の赤い点の間が GNSS 受信機から得られた 1pps の時間差であり、1秒間である。よってこのパルスの Peak to Peak の期間のインデックス数の差がサンプリング周波数であると考えられる。約 33 分間計測したところ、図 3 に示すようなインデックス数の差と出力頻度が求められた。

3.2 脳波計から得られた波形データによる DFT 演算

図 4 は、脳波計から得られた波形の中から一部を取り出したものである。図 5 は全区間の波形データの DFT 演算結果を示す。

3.3 波形整形後のデータによる DFT 演算

図 6 は、図 4 の波形データからピーク検出を行い、矩形波に整形された波形である。それを、DFT 演算した結果が図 7 である。比較のため、図 5 の DFT 演算結果を青線に示す。縦軸のパワーが減少しているが、波形整形によって、ピーク値を 1 にしたためである。

[†] 東京電機大学 Tokyo Denki University

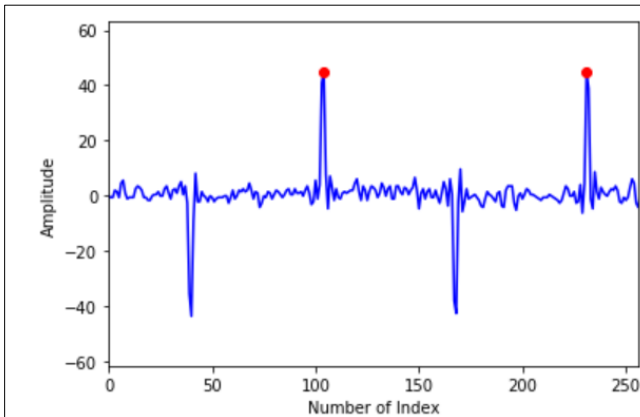


図2 インデックス数 vs. 振幅

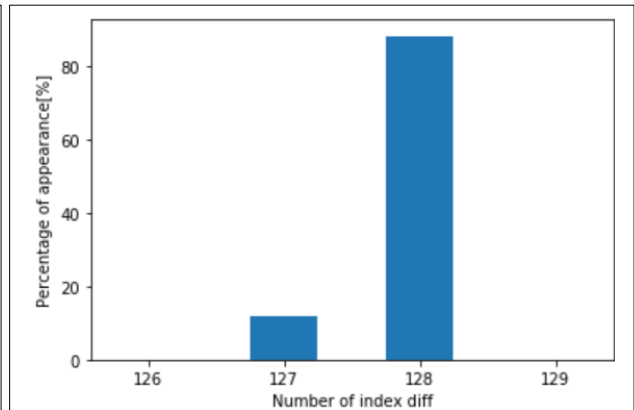


図3 出現頻度[%] vs. インデックス数の差

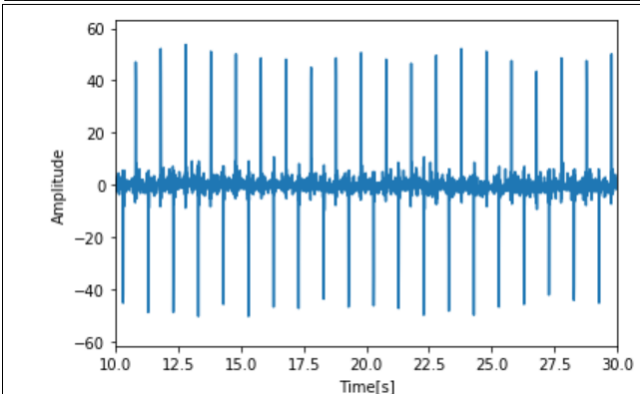


図4 脳波計で取得された 1pps 波形

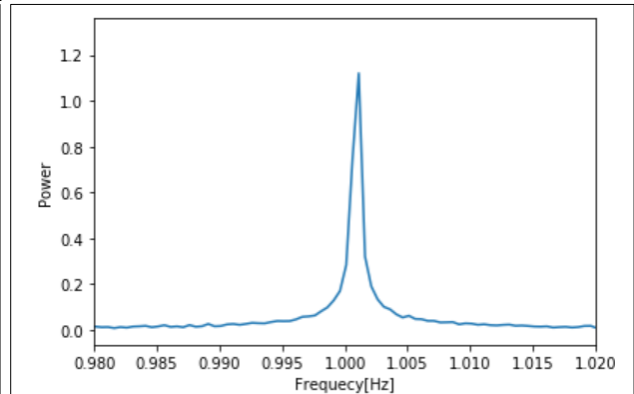


図5 図4の波形の DFT 演算結果

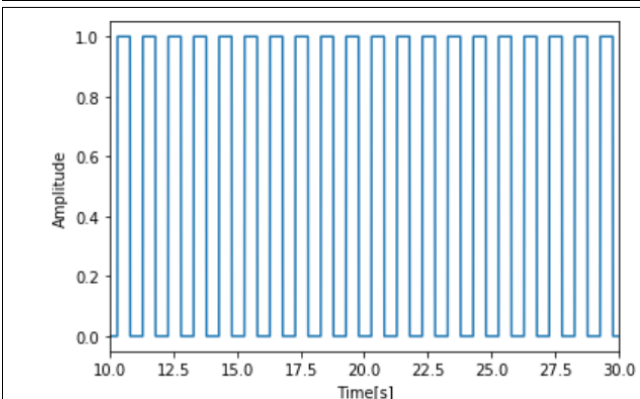


図6 図4の波形整形後

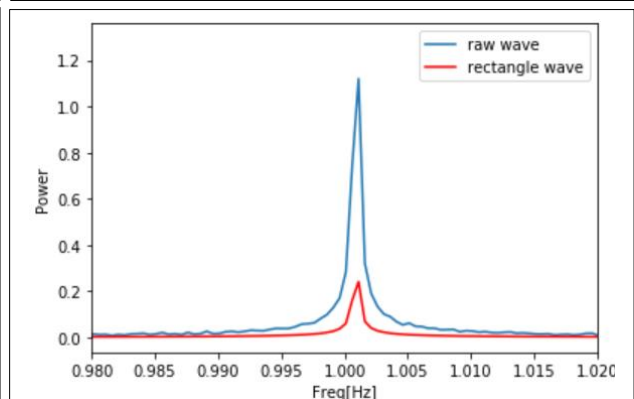


図7 図6の波形の DFT 演算結果(赤線)

4. 考察

以上の結果から、サンプリング周波数は、ほぼ 128[Hz]であることが、確認された。図3の結果によると、インデックス数の差が 128 の場合は 1766 回で全体に占める割合は約 88.3%。127 の場合は 233 回で全体に占める割合が約 11.7% である、その他は 0 回であった。平均すると 127.9[Hz]付近と考えられる。図5、7の結果によると、1.0[Hz]よりもわずかながら、高い側へシフトしており、サンプリング周波数がわずかながら低く、図3の結果と一致すると考えられる。

5. まとめ

今回は一台のみの測定であったが、最初の文献によると個体差があるとの報告もあり、現在の測定環境で別の個体(Emotiv EPOC)のサンプリング周波数を測定し、実験やデータ解析を行う必要があるのかもしれない。

参考文献

- [1] Nikolas S. William, Genevieve M. McArthur, Bianca de Wit, George Ibrahim and Nicholas A. Badcock "A validation of Emotiv EPOC Flex saline for EEG and ERP research", PeerJ 8:e9713 DOI 10.7717/peerj.9713 (2020).