

アプリケーションノート 277 : STMISOL での tDCS 経皮直流刺激

経皮直接刺激 (tDCS) は、主に 1 ミリアンペアと 2 ミリアンペア (ma) 間の値の直流を用いる電気刺激法です。この方法は通常、脳内の神経刺激に配向されます。刺激に使用される電極の種類、及びそれらに関連する頭皮や身体上への配置によって、経皮直接刺激 (tDCS) は高解像度経皮直接刺激 (HD-tDCS) と呼ばれる場合もあります。

参照としてこちらの文書をご覧ください：

[Electrodes for high-definition transcranial DC stimulation for applications in drug delivery and electrotherapy, including tDCS](#), P. Minhas et al. / Journal of Neuroscience Methods 190 (2010) 188–197

tDCS の最初の導入時には表面積の大きい電極 (25 cm²~64 cm²) の使用をして、電極から皮膚へのイオン移動の低減を手助けし、電極部分での電流密度の低減のために電極 (炭素化合物もしくは金属) は伝導性ゲルに浸したスポンジで皮膚表面から分離されるようにしてください。

tDCS は Ag/AgCl 電極アレイを使用することも可能です。このアプリケーションノートでは次の BIOPAC 機器を使用してどのように HD-tDCS 設定が構築できるか説明します：

MP150WS×1 もしくは MP150WSW (データ収集システム)
STMISOLA×1 (単離線状刺激装置)
CBLLIMIT2×1 (電流制限器 2ma)
CBLCFMA×1 (電流帰還モニター)

CBL204×3 (Y-電極線連結器)
LEAD110×5 (電極線, シールドなし)
EL502×1 パック もしくは EL504 (固体ゲル電極)

この特定の設定では、構成は上記の参考文献内で記されているものの延長となります。4 つの電極 (EL502 もしくは EL504) は STMISOL 刺激装置の正もしくは負の出力に接続されます。(図 2 参照) 残りの (1 つの) 電極 (EL502 もしくは EL504) は刺激装置の対向出力に接続されます。頭皮用のアタッチメントでは、1 つの電極は 4 つの接続された電極に囲まれています。このタイプの電極設定は「ラプラシアン」設定として知られています。

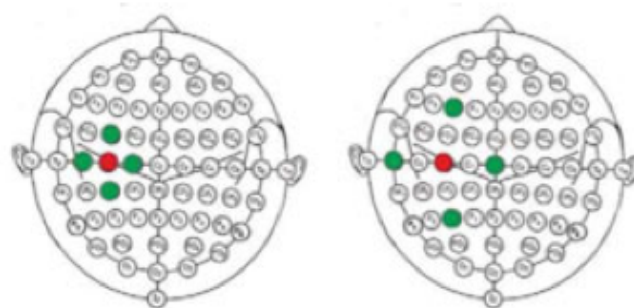


図 1 : 設定例 : 小さいラプラシアン配列 (左)
大きいラプラシアン配列 (右)

刺激出力への電極の接続を切り替えることによって、電流はラプラシアン設定において (1 つの) 電極の中心内あるいは中心外に対して向かいます。図 1 は電極構成の例を示しています。緑の電極は全て接続されており、それぞれ LEAD110 が接続されている場所で 4 本の LEAD110 リード線を一緒に繋ぐために CBL204 を 3 本使用しています。円周の 4 つ全ての緑の電極は刺激出力 (陽極) に繋がっており、赤で表示されている残りの (1 つの) 電極は対向刺激出力 (陰極) に接続されています。

更に具体的には、全ての電極の接続は他の 2 つの素子 : a) 電流制限ケーブル (CBLLIMIT2) および b) 電流フィードバックモニター (CBLCFMA) と直列に配置されています。設定図に関しては図 4 を参照してください。



図 2 : BIOPAC - STMISOLA



図 3 : BIOPAC - CBL204

接続された 4 つの LEAD110 電極リード線を作成するために前の 2 つのアダプタを一緒に接続するには残りの CBL204 アダプタを使用し、CBL204 アダプタ (図 2 参照) 2 つに 4 つの LEAD110 電極リード線を接続します。STMISOLA の所望出力にアセンブリを接続します。STMISOLA 上の極性出力の対向に残りの LEAD110 を接続します。サンプル設定図に関しては図 4 を参照してください。

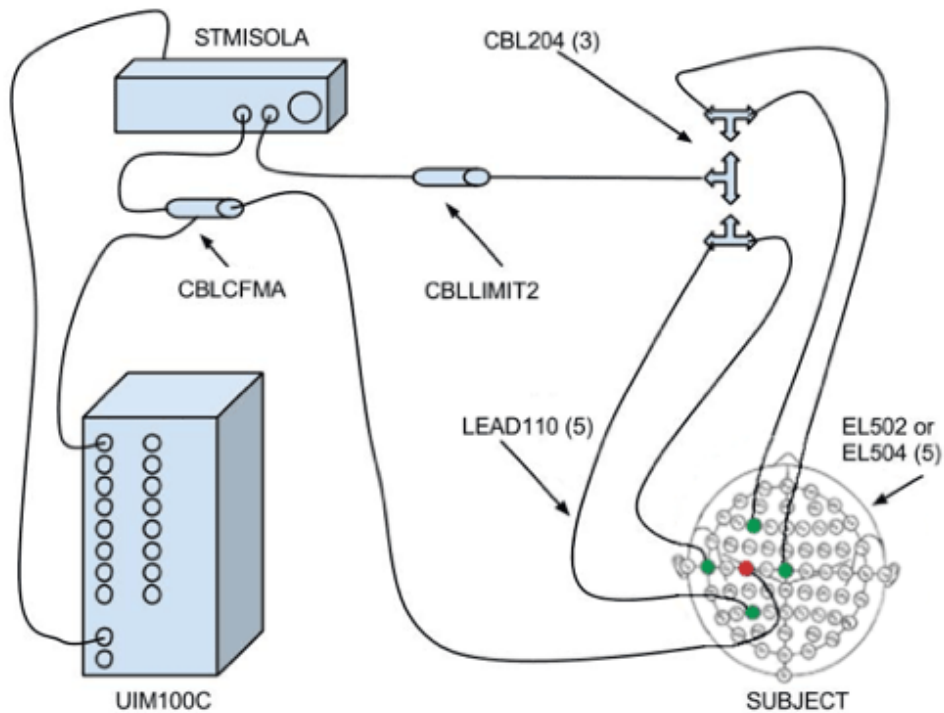


図 4 : サンプル設定

所望の tDSC 波形の出力に MP150 を設定し、AcqKnowledge 刺激設定を使用します。一般的には、波形は 60 秒の正と負のランプで 20 分間 (1200 秒) になります。ランプは所望の最大電流への電流励起の増加を可能にし、図 5 の通り手順の最後にゼロに減少します。波形グラフのサンプルレートを 10Hz に設定してください。

1V コントロール出力=1mA/V 設定の
STMISOLA での 1mA tDCS 電流

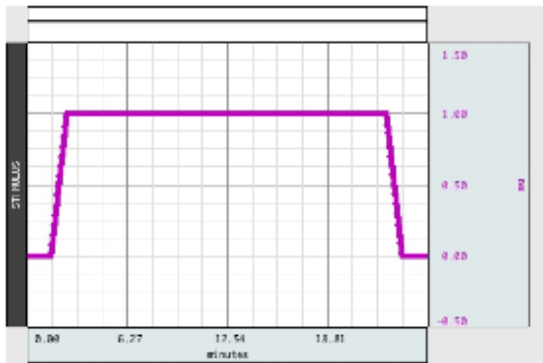


図 5: 刺激波形の設定

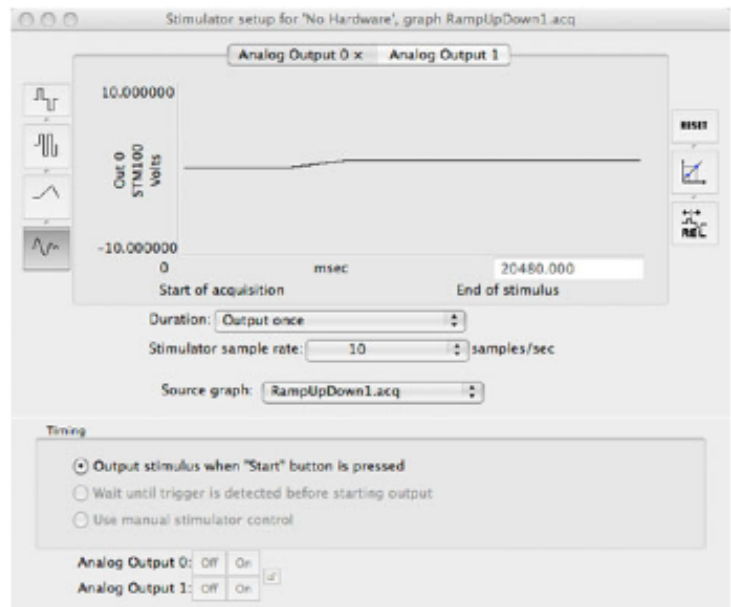


図 6: AcqKnowledge 刺激設定ウィンドウ (10Hz 出力レート)

UIM100C 上の DA0 もしくは DA1 出力に STMISOLA を接続してください。図 6 に示されているように AcqKnowledge で刺激設定ウィンドウへの任意波の作成 (図 5) を指定してください。

コンピュータが全体の計測中に適切な刺激波形を MP150 に供給し続ける時に刺激設定ウィンドウは電気刺激の開始のみ表示します。準備ができたなら、AcqKnowledge の[スタート]ボタンを押してください。刺激は STMISOLA に出力されます。この場合出力は 0mA から開始し、約 60 秒待った後、60 秒以上で 1mA の出力電流まで増加し、20 分間出力電流を維持します。そして 0mA まで戻ります。

重要な注意事項

STMISOLA は 1mA/ボルト設定 ($Z_{out}=1$ キロオーム) で配置しなければなりません。これは STMISOLA を介して (AcqKnowledge および MP150 からの) 1 ボルト制御信号を 1mA 出力電流へ変換します。設定が 10mA/ボルト ($Z_{out}=100$ オーム) の場合、出力電流は 10mA になります。tDSC 手順の前に全ての設定と操作電流を確認してください。

この設定では、単なる DC 電流刺激とは対照的に AC 電流刺激を行うことも可能です。全体の波形制御は AcqKnowledge の刺激ウィンドウによって生じています。任意の波形は所望の DC もしくは AC 電流信号として出力するために構築することができます。例えば、任意の波形は緩やかなランプで開始され、一貫した電流で安定し、既定のレベルの周囲で振動した後ゼロに戻ります。特定の形状もしくは継続時間の任意の波形が実行できます。

正確な出力電流を測定するために、正もしくは負の刺激出力リード線と直列に配置する場合、標準的なボルト抵抗計を使用することができます。ボルト抵抗計は電流モニタ設定上に配置されなければなりません。あるいは、CBLCFMA 電流検知フィードバックモニタケーブルを負の刺激出力と付随する電極リード線の間に直列に配置することができます。ケーブルの電圧レポート信号 (1V=10mA) は刺激出力中にモニタリングするために MP150 のアナログ入力チャンネルに向けられます。

電極の配置、電流量および電流極性

tDCS は調査プロトコルです。適切な電極配置、電流量および適切な極性を決定するために利用可能な文献を参照してください。