

STMISOLA リニアアイソレート刺激モジュール

定電流および定電圧刺激を出力できるリニアアイソレート刺激モジュール (STMISOLA) は、MP システムのアナログ出力 ($\pm 10V$ の入力) に接続することで、柔軟な刺激プロトコルを行えます。



・電圧及び電流刺激 (単極または双極)

STMISOLA は、MP160/150 システムの STM100C (50 Ω 出力ポート) または HLT100C/UIM100C (アナログ出力の 0 または 1 ポート) に直接接続します。

・リニア刺激

STMISOLA は、任意の波形の刺激信号を生成するのに使用できます。一般的な刺激装置は単純な単極または双極のパルスを生成することのみ可能です。ですが、STMISOLA はパルス (一回または継続)、矩形波、正弦波、三角波、指数関数的減衰、変調エンベロープ、およびユーザー指定タイプなどの単極もしくは双極の波形を出力することが可能です。

STMISOLA は電圧か電流波形のどちらかを出力することが可能です。

・電圧 (V) モード

STMISOLA は入力制御電圧を 20 倍に乗算し出力します。

- ・ 最大 $\pm 10V$ の入力制御信号の場合、STMISOLA は、100 Ω または 1K Ω の出力インピーダンスで $\pm 200V$ を出力します。出力インピーダンスの設定は、出力電流を制限するために作動します。

・電流 (I) モード

2 つの設定があります。

STMISOLA は、出力電流モードに 2 つのオプションがあります。

- 1) 高電流モード (Zout スイッチを 100 Ω に設定)、10mA/V のゲイン係数となります。
- 2) 低電流モード (Zout スイッチを 1K Ω に設定)、1mA/V のゲイン係数となります。低電流モードでは、10mA 以下の電流で細かな制御が行えます。

STMISOLA は、出力電流を表すために (mA/V) で示された係数(k) で制御入力電圧を乗算します。

最大 $\pm 10V$ の制御入力電圧の場合 :

- Zout = 100 Ω 、K = 10mA/V : STMISOLA は $\pm 100mA$ を出力します。
- Zout = 1000 Ω 、K = 1mA/V : STMISOLA は $\pm 10mA$ を出力します。
- 両方のケースで、コンプライアンス電圧は $\pm 200V$ となります。

STMISOLA には、2つの**刺激出力モード**があります。

- 電圧
- 電流

電圧モードでは、STMISOLA は2つの出力インピーダンス (Zout) 設定 (100Ω、1KΩ) があります。設定に応じて、電極インピーダンス負荷 (Ze) によって変化する出力電圧 (Vout) は、以下の式で表されます：

- $V_{out} = [Z_e / (Z_e + Z_{out})] * V_c * 20$

- Vc は制御入力電圧となります

電流モードでは、電極インピーダンス負荷は STMISOLA のゲイン精度には影響を与えません。STMISOLA は、電極インピーダンス負荷にかかわらず、最大コンプライアンス電圧 (+/-200V) まで (制御電圧に応じて) 特定の電流を出力します。

アイソレーションの特性

STMISOLA は刺激出力と制御入力電圧を 1500VDC と約 1000pF のカップリング容量で絶縁しています。

この**非常に高度な入力/出力アイソレーション**は、被験者の安全を確保するのに役立ち、刺激アーチファクトを大幅に軽減または除去するのに役立ちます。

刺激アーチファクトは、刺激/記録装置内の漏れ電流に起因して、刺激部位から一定割合の電流が記録部位に向けられた際に生じます。STMISOLA の場合、このアーチファクトが生じる可能性となる漏れコンダクタンス及びキャパシタは、非常に小さい値に低減されます。

安全に電源を入れる— STMISOLA の電源を入れる際、3 秒以上リセットボタンも押してください。これはユニットが“電源は入っても出力なしの状態”となっており、誤って電極が接続され状態で電源を入れてしまう際に被験者を保護します。

詳細な操作方法

→STMISOLA を使用する前に重要な注意事項と安全に関する注意を参照してください。

重要な注意事項

A) **電流フィードバックモニターケーブル (CBLCFMA)** は、電圧刺激装置を使用する際にも**推奨**されています。CBLCFMA の出力を絶縁するには、INISO と HLT100C を使用してください。電気刺激を開始する最低でも 10 分前に必ず被験者に電極を取付けるようにしてください。出力電流をモニターするために CBLCFMA を使用する事で、常に被験者に流れる刺激電流を記録します。被験者に流れる電流の大きさの変化は、刺激の主観的知覚を変化させます。従って、より多くの電流が流れ始めると不快な感覚から痛みになる可能性があります。刺激を感じる閾値よりも少ない電流の場合刺激としての効果がなくなります。電流のレベル変化は、インピーダンスの変化でも影響します。インピーダンスは、多くの要因で変化する可能性があります。(ゲルが時間をかけて皮膚を飽和状態にする、ゲルが時間の経過で乾燥する、被験者の水分レベル、発汗、モーションアーチファクトによる電極と皮膚のずれなど。)

B) 電流 (I) 刺激モードでは、特定の出力電流に対して方向を誘導する負荷 (一般的に高インピーダンス) がある場合、STMISOLA はすぐに“Protect”モードになります。“無負荷”への出力は、単に高抵抗負荷が STMISOLA に接続されることを意味するため保護モードへ切り替わります。電流 (I) 刺激モードを正しく動作するには、適切な負荷が刺激電極間に接続され、その後ユニットを起動するために“リセット”ボタンを 3 秒以上押してください。

C) いずれかの刺激モード (V または I) では、出力レベル (OL) は直接入力された制御入力電圧 (CIV) が関数になります。変換率は次の通りです：

電圧 (V) モード： $CIV (V) * 20 (V/V) = OL (V)$

電流 (I) モード： $Z_{out} = 100 \Omega : CIV (V) * 10 (mA/V) = OL (mA)$

$Z_{out} = 1k \Omega : CIV (V) * 1 (mA/V) = OL (mA)$

D) 刺激が出力されている時は、出力波形インジケータ (BNC 出力コネクタの真上にある赤い LED) が光ります。波形の出力レベルは、この赤い LED の明度の増加として観測することが可能です。この出力波形インジケータは、波形の出力時間が極端に短い場合であっても出力の可視表示を行うために設計されているので、波形の出力が既に終了した後も短い時間光ります。

安全に関する注意

1. 被験者の心臓を横断して刺激装置の高電圧出力が流れる場合は特に危険な可能性があります。心臓を横断する場合は、心臓が電気経路内のリード線の間にあることを意味します。これは、刺激電極が被験者の心臓の両側 (左右、上下) に配置された際に起こります。被験者の身体の両側に刺激電極を絶対に配置しないでください！常に心臓から遠く、電極が互いに接近して、身体の同じ側に配置された電極リード線と一緒に刺激装置を使用してください。
2. 被験者に電極が取り付けられている間は、STMISOLA ユニットの電源を ON または OFF にしないでください。被験者へ電極を取り付ける際や、取り外す前に、常に入力が 0V となっている状態で STMISOLA を操作してください。STMISOLA への入力ケーブルが信号ソースから外れている場合、入力には 0V が自動的に適用されます。
3. 刺激レベルを手動で制御できる、STM100C 刺激モジュールを使用することを推奨しています。
STM100C を使用するには：
 - STM100C の 50 Ω 出力に STMISOLA 用の制御入力電圧ラインを接続します。
 - 刺激を始める前に、出力レベル制御つまみを 0% まで回してください。
 - AcqKnowledge ソフトウェアで刺激を開始してください。(アプリケーションノート AH162 参照)
 - 刺激が開始された後、STM100C の出力レベル制御をゆっくりと回し刺激の強度を調整します。
 - 刺激セッションが終了したら、STM100C の出力レベル制御を 0% に戻します。
4. 電流 (I) モードの間、**電極を取り外さないでください**。STMISOLA はインピーダンスの増加に反応し、正または負の方向に変化する電流を出力します。STMISOLA が電流 (I) モードの間に電極を取り外す場合、被験者がショックを受ける可能性があります。

STMISOLA : 電流出力モードの使用に関する注意

電流モードでの刺激出力は、非直感的な動作を示すように見ることがあります。電圧出力モードと比べて刺激出力が大きく異なります。

STMISOLA は電圧で制御された刺激システムです。電流モード出力の場合、制御入力電圧に刺激出力電流をマッピング

グするためのオプションが存在します。これらの2つのオプションは：

オプション1

+10V の入力制御電圧を+100mA の刺激出力電流にマッピング

-10V の入力制御電圧を-100mA の刺激出力電流にマッピング

オプション2

+10V の入力制御電圧を+10mA の刺激出力電流にマッピング

-10V の入力制御電圧を-10mA の刺激出力電流にマッピング

オプション1か2の両方の動作は刺激出力電流レンジが異なっているとしても本質的には同様です。制御入力電圧が0Vに近い場合、刺激出力電流も比例的に0mAに近接します。

重要な注意事項

制御入力電圧を0Vに設定しても、電圧は完全に0Vにはなりません。入力電圧は限りなく0V（おそらく約+0.001Vもしくは-0.00001V）に近くなりますが、入力制御電圧が0でない場合は出力電流も0mAではありません。

例A：

STMISOLAがオプション2に設定されていると仮定して、0.001Vの制御入力電圧は、0.001mAの刺激出力電流となります。STMISOLAが無限（または非常に大きい）インピーダンス負荷に接続されている場合、STMISOLAはこの非常に大きいインピーダンス負荷に0.001mAで出力しようとし、インピーダンスが200 M Ω と仮定すると：

$$0.001\text{mA} \times 200,000,000\ \Omega = 200\text{V} \text{ (推定)}$$

それに応じて実際の操作では、STMISOLAが電流モードで、被験者が間欠接触している電極と接続されている場合、制御入力電圧が0Vだとしても被験者が断続的なショックを感じる可能性があります。これは、STMISOLAのコンプライアンス電圧制限が働き、電圧刺激モードとして機能するためです。電極との断続的な接触は、被験者へ断続的に+/-200Vの刺激を出力します。一時的な刺激を感じる可能性がありますが、これは皮膚電極を外し、被験者に再接続する場合のみです。

この+/-200V刺激が出力される可能性は、電極が既に外れていたと仮定して、STMISOLAの出力リード線上の電極が皮膚組織と再接触する際に発生します。接触の時点で、コンプライアンスの閾値以下に電圧レベルは下がり、誤った刺激はなくなりますが、この処理には数マイクロ秒かかります。一時的に接触が、長時間にわたって続く場合、電圧バーストが電極部位の影響を与えます。

この潜在的な安全上の問題は、幾つかの方法を通して軽減することが可能です：

1. 双極性電圧クランプを通して刺激出力電流を通す。
2. 並列抵抗を通して刺激出力電流を通す。

方法1では、双極性電圧クランプは、安全と見なされるレベルにコンプライアンス電圧を制限します。

それぞれが逆方向を向いているダイオード及びツェナーダイオードの直列回路は、刺激電極が外される可能性があるとして、電圧クランプの最大値を定義するために使用します。

方法 2 では、並列抵抗を追加することで、最大負荷インピーダンスが決まります。
また、これらの 2 つの方法は、更なる安全配慮のために一緒に用いることが可能です。

例 B :

例 A を使用し、刺激出力電流リード線が $1\text{M}\Omega$ の並列抵抗と接続されていると仮定します。基準方程式は次のようになります :

$$0.001\text{mA} \times 1,000,000\Omega = 1\text{V} \text{ (推定)}$$

この場合、被験者にかかる最大刺激電圧は、散発的な電極接触の場合には、 200V に代わり約 1V になります。 $1\text{M}\Omega$ の並列抵抗の使用が望ましくない場合は、代替方法として、電圧クランプを用いて最大出力電圧レベルを制限することもできます。

STMISOLA は非常に高い性能で、ほぼ理想的な電流刺激装置としての性能があります。並列抵抗または電圧クランプを追加すると理想と比べて性能は低下しますが、安全性を高めることができます。詳細はゼロシーセブン株式会社までお問い合わせください。

操作手順

→STMISOLA を動作する前に重要な注意事項と安全に関する注意を参照してください。

付属の 3.5mm モノフォンスプリッター (2 本の 3.5mm 雌型モノフォンソケットと 1 本の 3.5mm 雄型モノフォンプラグ) と 1 本の CBL100 (両側 3.5mm 雄型モノフォンケーブル) は、アナログ制御信号を 2 箇所に分配することができます。制御信号 -通常 DA0 または DA1 から出力- は、一般的にスプリッターケーブルへ出力されます。スプリッターケーブルの一方のソケットは STMISOLA の入力に接続し、もう一方のソケットは、UIM100C または HLT100C (HLT100C では CBL122 アダプタが必要です) へ CBL100 を介して、MP システムのアナログ入力へループバックします。これは、計測中の刺激レベルとタイミングをまとめて記録することができます。

1. AC300 を STMISOLA ユニットの裏側に差し込みます。
2. 制御信号入力 (3.5mm 雄型フォンプラグ) と出力 (HLT100C/UIM100C (アナログ出力 0 または 1)、STM100C (50Ω)、MP36 アナログ出力 (OUT5 を介して)、もしくは外部機器) に接続します。
3. **STMISOLA の電源を入れる前に** (OFF から ON)、電極が被験者に取り付けられていないことを確認してください。
4. STMISOLA の電源を入れます。
 - STMISOLA の電源を入れた際に、フロントパネル上の “Protect” の赤い LED が ON になっていることに注意してください。
5. 電圧刺激に設定するため “Output Mode” スイッチを V にします。
6. “Reset” ボタンを 3 秒間押し続けて STMISOLA の安全装置を解除してください。
7. STMISOLA の制御入力電圧が 0V であることを確認してください。
8. 電極リード線を被験者に接続した後、STMISOLA の出力に接続してください。
9. 必要に応じて、STMISOLA を電流 (I) モードに設定してください。
 - 出力が無負荷で、STMISOLA が電流 (I) モードの場合、シャットダウン保護が起動するため、“Protect” ライトは ON のままになることに注意してください。(重要な注意事項 B 参照)

10. 制御入力電圧を送信し任意の波形を出力します。(AcqKnowledge ソフトウェアガイドまたは BIOPAC アプリケーションノート AH162 及び AS200 参照)
11. 刺激セッションが終了したら、STMISOLA を電圧 (V) モードにセットし、STMISOLA ユニットの制御入力電圧が 0V であることを確認してください。
12. **STMISOLA の電源を切る前に** (ON から OFF)、被験者からリード線および/または電極を取り外します。
注意：電流 (I) モード中に電極を取り外さないでください。STMISOLA はインピーダンスの増加に反応し、正または負の方向に変化する電流を出力します。STMISOLA が電流 (I) モードの間に電極を取り外す場合、被験者が予期せぬ刺激を受ける可能性があります。
13. 刺激電極が被験者に接続されていないことを確認した後に、STMISOLA の電源をオフにします。

STMISOLA の仕様

STMISOLA は、定電圧・定電流リニアアイソレート刺激装置です。STMISOLA は、1 つの電圧出力モードと 2 つの電流出力モードがあります。電圧出力モードは、制御入力電圧 ($\pm 10V$) を 20 倍に乗算して電圧を出力します。電流出力モードは、低電流モード ($Z_{out}=1K\Omega$) と高電流モード ($Z_{out}=100\Omega$) の 2 つのオプションがあります。低電流モードでは、制御入力電圧 (V) と出力電流 (mA) 間に 1 : 1 の関係があり、高電流モードでは、入力制御電圧 (V) と出力電流 (mA) 間に 1 : 10 の関係があります。 Z_{out} 切替スイッチは、STMISOLA が電圧モードの際の出力インピーダンス (100Ω または $1K\Omega$) と、電流出力モードの電流レンジ ($Z_{out}=100\Omega$ の場合 $\pm 100mA$) または ($Z_{out}=1K\Omega$ の場合 $\pm 10mA$) を決定します。 Z_{out} スイッチは STMISOLA の出力モードに応じて異なる動作をします。電圧出力モードでは、 Z_{out} 設定は STMISOLA の出力インピーダンスを設定します。電流出力モードでは、 Z_{out} 設定は $\pm 100mA$ または $\pm 10mA$ いずれかの電流レンジを設定するゲイン係数 (K) を決定します。

STMISOLA はまた、経頭蓋直流電気刺激 (tDCS) に適しています。tDCS は低レベル (一般的に $10mA$ 以下)、一定時間、単極性、直流を条件とする神経刺激の一種です。

STMISOLA は、コンプライアンス電圧が $100VDC$ 以下である限り、任意の長さ、一定、非変化、直接出力電流をサポートします。tDCS レベルは、STMISOLA の制御入力電圧へ安定した電圧を保つことによって調整できます。この制御電圧は、アナログ出力を介して STMISOLA に出力されるように AcqKnowledge で設定するか、外部の電源またはシグナルジェネレータからの制御もできます。

制御電圧入力： 最大 $\pm 10V$ の入力

制御電圧インピーダンス： $1 M\Omega$

制御電圧入力インタフェース： $3.5mm$ 雄型モノフォンプラグ

絶縁： 制御電圧接地～出力接地間の絶縁： $1000pF @ 1500VDC$ HiPot
電源接地～アイソレート出力接地： $2000pF @ 1500VDC$ HiPot

出力：

電圧刺激 (V) モード： $\pm 200V$ ：

$Z_{out}=100\Omega$ ： $\pm 100mA$ コンプライアンス； 出力インピーダンス = 100Ω

$Z_{out}=1K\Omega$ ： $\pm 10mA$ コンプライアンス； 出力インピーダンス = 1000Ω

電流 (I) モード： $\pm 200V$ コンプライアンス； 出力インピーダンス - $1G\Omega$

$Z_{out}=100\Omega$ ： $\pm 100mA$

$Z_{out} = 1K\Omega : \pm 10mA$

入出力比：

電圧 (V) モード：

±10V DC 入力は、100Ω または 1KΩ いずれかの Z_{out} において ±200VDC (比率 1 : 20 - V/V) を出力します。

電流 (I) モード：

±10V DC 入力は、以下の出力となります。

$Z_{out} = 100\Omega \pm 100mA$ (比率 1 : 10 - V/mA)

$Z_{out} = 1K\Omega \pm 10mA$ (比率 1 : 1 - V/mA)

タイミング：

電圧の立ち上がり時間： 9.5μ秒 (T10-T90) で 200V

電流の立ち上がり時間： 9.5μ秒 (T10-T90) で 100mA

最大出力パルス幅： 100VDC (電圧出力またはコンプライアンスレベル) 以下では任意の長さ
100VDC (電圧出力またはコンプライアンスレベル) 以上は標準 100ms

最大サイン波周波数： 30kHz (-3dB)

制御入力電圧： 最大 ±10V

インタフェース： 3.5mm 雄型モノフォンプラグ

MP システムとの互換性： UIM100C (アナログ出力 0 または 1)、HLT100C (CBL122 ケーブルを介してアナログ出力
0 または 1)、STM100C (50Ω 出力)、±10V 出力レンジに対応した外部機器

電圧または電流出力ノイズ (rms)：公称フルスケールレンジ (FSR) の ±0.02%

精度：電圧または電流出力 (Z_{out} は 100Ω または 1KΩ)：±1%

直線性：±0.1%

パルス出力継続時間： 出力または電流のコンプライアンス電圧 ($V_{out} < 100V$) -完全に任意、無制限の (パルス) 継続時間、ユーザー指定の制御電圧信号による

出力または電流のコンプライアンス電圧 ($V_{out} > 100V$)：標準 100 ミリ秒で、100mA の電流出力では 20ms に制限

電流制限： ±350mA (短絡時)

電圧制限： ±210V (公称)

リセットボタン： 電源を ON にする度に必要—リセットするには 3 秒間プッシュ

手動テスト電圧出力パルス： 100V を 2 ミリ秒

電流出力パルス：

$Z_{out} = 100\Omega : 50mA$ で 2 ミリ秒

$Z_{out} = 1K\Omega : 5mA$ で 2 ミリ秒

フルスケールレンジ：

電圧モード： ±200V ($Z_{out} = 100\Omega$ または 1KΩ)

電流モード： ±100mA ($Z_{put} = 100\Omega$)

±10mA ($Z_{out} = 1K\Omega$)

出力表示計：P-P 振幅 > 1% FSR

ヒューズ：2A 速断

電源アダプタ：1A/12 VDC (AC300A)