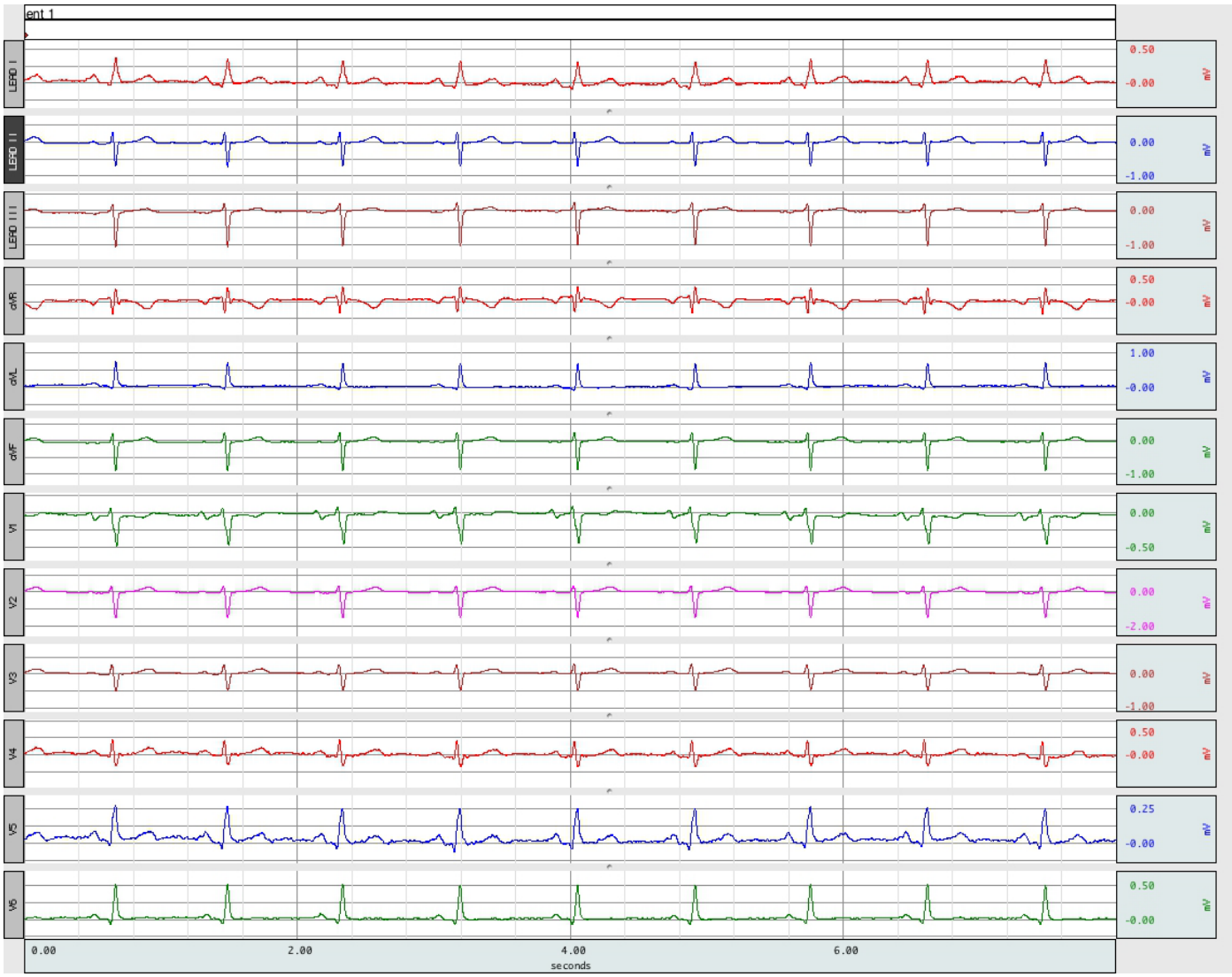
## アプリケーションノート 109：3、6 および 12 誘導心電図




12 誘導心電図

### 概要

心電図（ECG）は心臓活動の結果として皮膚（誘導）上の異なる部位間にて生じる電位差の変化の記録です。心筋細胞の脱分極は心臓のはたらきの主な電気事象です。これは電気的に分極された心筋細胞内部の電位が細胞外部に比べて高くなる時に生じます。

脱分極は細胞から細胞まで浸透し、心臓全体を通過して伝播する脱分極波を生成します。この波は電機の流れを表しており、体の表面に配置された電極によって検出することができます。脱分極が完了すると、心筋細胞は再分極と呼ばれる課程を通して静止膜電位に戻ります。この電気の流れもまた電極によって感知することができます。

正確なデータ取得は電極の配置と皮膚表面処理に左右される場合があります。表面処理にいて最も重要な考慮すべきことのうちの 1 つは、電極と皮膚表面の間のインピーダンスを減少させることです。基本的に抵抗と同じであるインピーダンスは、電気回路内の電流と電圧から計算されます。

*インピーダンス = 電圧／電流［Ω］*

インピーダンスが高くなる要因は過度な乾燥、体毛、もしくは瘢痕組織等は信号にノイズが乗る原因になります。他にノイズの影響によりインピーダンスが高くなる要因として以下の現象があります。

1）電極接触部で生じる熱雑音
2）アンプからの電流ノイズ
3）差動ソースの不均衡によるアンプのコモンモードの低下
4）電極/皮膚間でのイオン移動による半電池電位によるベースラインドリフト

表面処理を適切におこなうとインピーダンスを最少に抑えることができ、最適な皮膚への電極の貼付ができます。電極の性能をさらに高めるために電極ゲルを用いるとよいでしょう。

- 皮膚の摩耗処理ゲルもしくは BIOPAC の ELPAD は、電極貼付場所の皮膚と電極間の伝導性を高めるために皮膚を軽く摩耗するために使用します。これにより信号の質を低下させる恐れがある乾燥した皮膚細胞を除去できます。

最適な条件で電極を張り付けましたら、テスター（EL-CHECK）で電極間（Vin+ ～ GND、Vin- ～ GND、Vin+ ～Vin-）の抵抗を測定するとよいでしょう。これにより電極間の抵抗を直接測定できます。最適な記録を行うには 5kΩ以下にしてください。

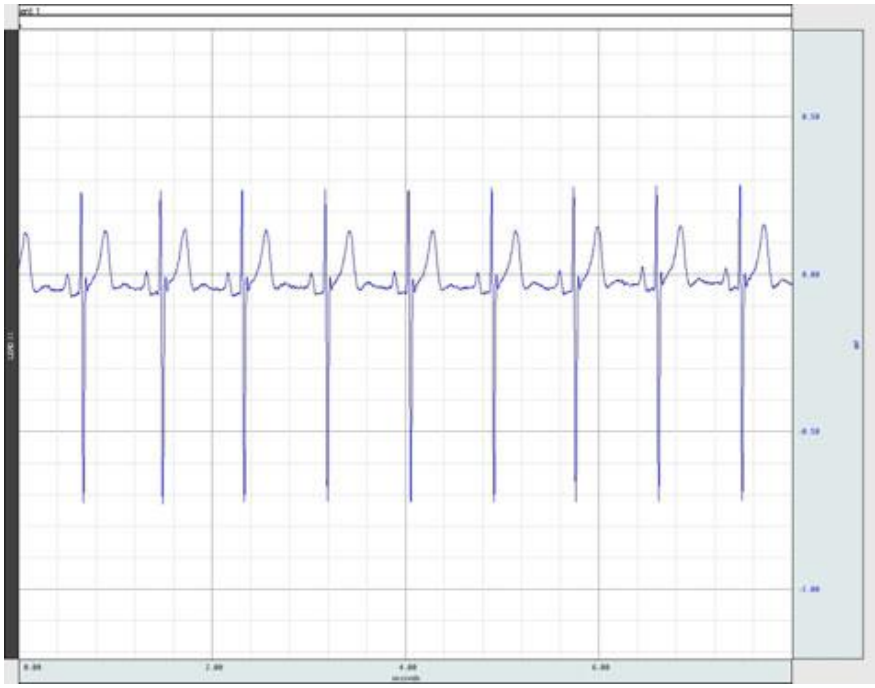
*注*：電極ゲルが皮膚と電極間にしっかりと浸透し始めると、インピーダンスレベルは時間と共に低下します。

電極の一般的な配置の一つとしてアイントホーフェンの三角形（心臓部分の周りに描かれた理論上の三角形）があります。三角形の各頂点は心臓周辺の流体が電気的に四肢と接続している位置を表しています。通常、個別のアンプは三角形の 3 点それぞれに配置され、第Ⅰ誘導、第Ⅱ誘導、および第Ⅲ誘導からのデータが取得できます。しかし、アイントホーフェンの法則は、三角形の 2 点の値が分かっている場合、3 つ目は計算から求めることが可能であると述べています。

*第Ⅱ誘導 － 第Ⅰ誘導 ＝ 第Ⅲ誘導*

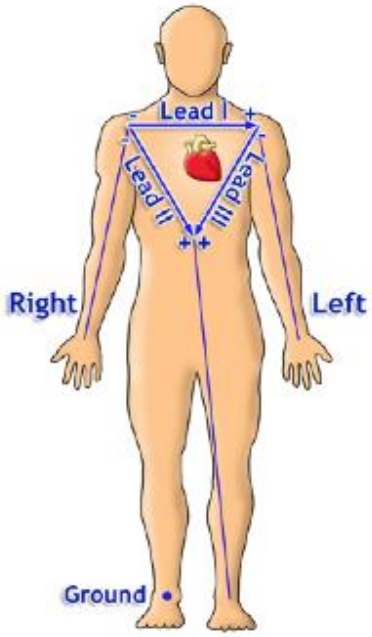
**1 誘導心電図**

心電図の記録を 1 チャネルで行う場合、第Ⅱ誘導が最も一般的に心電図で用いられている誘導です。第Ⅱ誘導は左脚（LL）から右腕（RA）に電極を取り付けて記録できます。左脚の電極は陽性（Vin+）と考えられ、右腕の電極は陰性（Vin-）とみなされます。1 誘導で必要な ECG アンプは 1 台です。



**1 誘導心電図（第Ⅱ誘導）**

3 誘導,6 誘導、および 12 誘導のオプションで、記録された第Ⅰ誘導、第Ⅱ誘導のデータの差分は第Ⅲ誘導と等しくなります。第Ⅲ誘導はオンライン解析で[Calculation]＞[Math]、あるいはデータ取得後に[Transform]＞[Waveform Math]を使用して計算することが可能です。どちらの方法も標準の第Ⅲ誘導心電図を求められます：




**3 誘導心電図**

MP160（MP150）システムで正確な 3 誘導心電図を記録するには、以下のようにハードウェアとソフトウェアのパラメータを設定します。これらの設定は、ECG 測定に最適ですが、すべての設定を個別のテスト条件に合わせて変更することができます。 3 誘導心電図の場合、第Ⅲ誘導はリアルタイム演算から求められるため、必要な ECG100C アンプは 2 つです。

**6 誘導心電図**

6 誘導心電図データを取得するには、第Ⅰ誘導、第Ⅱ誘導および第Ⅲ誘導に加えて、他の 3 種類の誘導を計算する必要があります。これら 3 つの新しい誘導は、一般的に aVR、aVL および aVF として知られており、第Ⅰ誘導、第Ⅱ誘導および第Ⅲ誘導の関数です。これらは演算チャンネルを使用して算出することが可能です。これら 3 つの誘導の設定の詳細に関しては、このアプリケーションノートのオプション#1 を参照してください。

**12 誘導心電図**

12 誘導心電図データを取得するには、第Ⅰ誘導、第Ⅱ誘導および第Ⅲ誘導と aVR、aVL および aVF に 6 つの全胸部（胸部）誘導を加えて算出する必要があります。12 誘導心電図の設定に関する詳細に関しては、このアプリケーションノートのオプション#2 を参照してください。

連続 12 誘導心電図の場合は、アプリケーションノート#AH-206 を参照してください。

## ハードウェア

- MP160/MP150 データ解析システム
- ECG100C アンプモジュール ×3
- TSD155C マルチリード ECG ケーブル ×1
- EL503 電極/各被験者 ×10
- GEL100 電極ゲル

## ハードウェア設定

1. HLT100C(MP160)もしくはUIM100C(MP150)にECG100Cアンプを3つ取り付けます。
2. 左側のECG100Cアンプを上面のスイッチでチャンネル1にセットします。
3. 中央のECG100Cアンプを上面のスイッチでチャンネル2にセットします。
4. 右側のECG100Cアンプを上面のスイッチでチャンネル3にセットします。
5. 以下のように、3つ全てのECG100C全面のスイッチを設定します。

   **Gain：**2000　　**Mode：**Norm

   **35 Hz LPN：**ON　　**HP：**0.05Hz

6. 以下のように、ECG100Cの前面パネルにTSD155Cを接続します。

   **Lead I** － 1つ目のモジュール（HLT100C/UIM100Cに最も近い）

   **Lead II** － 2つ目のモジュール

   **Chest** － 3つ目のモジュール

7. MP160/MP150ユニットの電源を入れます。

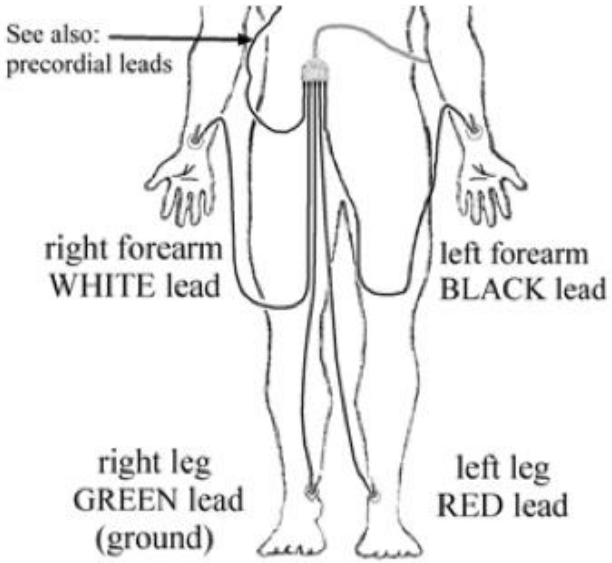
## 電極の接続

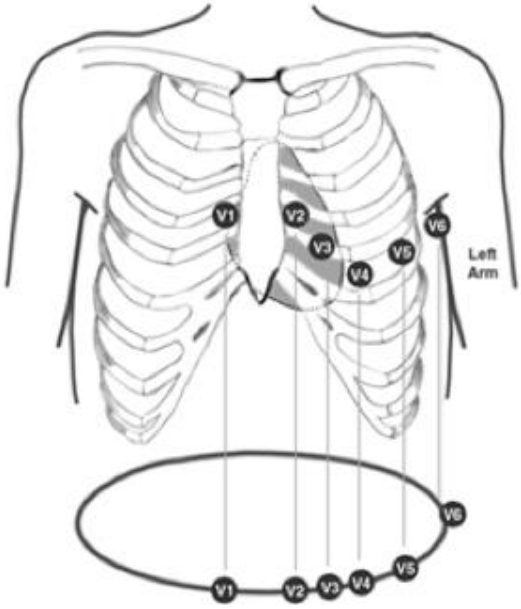
1. 以下に示されているように電極を**取り付け**ます。

   a. 各電極部位を摩耗します。電極と皮膚の表面間のインピーダンスを減らすために、電極を配置する前に皮膚を摩耗することをお勧めします。

   b. 各電極に電極**ゲル**（GEL100）を少量塗布します。少量の電極ゲルを使用することで、電極の検出をさらに向上させます。

   c. 被験者へ**電極**を10個貼付けます。

| | |
|---|---|
| **リード線 I および II の電極配置**<br><br>左脚（LL）＝赤いリード線<br><br>左腕（LA）＝黒いリード線<br><br>胸部（C）＝茶色いリード線<br><br>右腕（RA）＝白いリード線<br><br>右脚（RL）＝緑のリード線 |  |

| | |
|---|---|
| **（12-誘導心電図オプションのための）胸部誘導の電極配置**<br><br>**V1**　第四肋間、胸骨の右側<br><br>**V2**　第四肋間、胸骨の左側<br><br>**V3**　V2 と V4 の中間<br><br>**V4**　第五肋間、鎖骨中線内<br><br>**V5**　V4 と同レベル、前腋窩線上（V4 と V6 の間）<br><br>**V6**　第五肋間内、中腋窩線内 |  |

2. V1 に接続された**リード線の色**と前胸部（胸部）誘導から始まることに細心の注意を払い、電極に電極リード線セット（TSD155C）を取り付けます。

| | | |
|---|---|---|
| **赤** | LL | 左脚 |
| **黒** | LA | 左腕 |
| **茶** | C | 前胸部 |
| **白** | RA | 右腕 |
| **緑** | RL | 右脚（接地） |

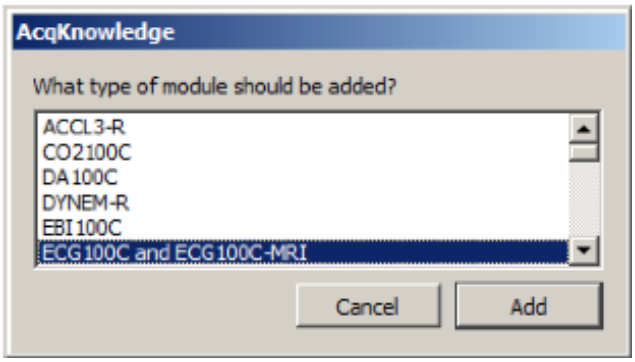
- 電極を引っ張らないように電極ケーブルを配置してください。

- ケーブルの歪みを軽減するために、便利な位置（被験者の服など）に（ケーブルが個別の色の 3 つのワイヤーと交わる場所で）電極ケーブルクリップを留めてください。

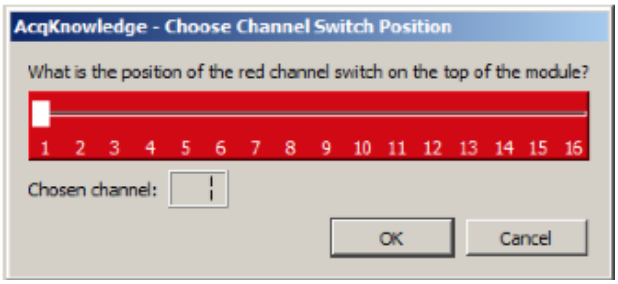
## ソフトウェアモジュールの設定

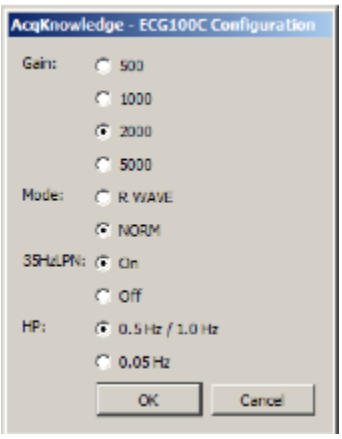
1. [MP160/MP150]＞[Set Up Data Acquisition]>[Channels]を選択します。

   a. [Add New Module]をクリックし、モジュールリストから ECG100C を選択して[Add]をクリックしてください。




   b. **チャンネル選択スイッチの選択**ダイアログで[1]を選択し、OK をクリックしてください。

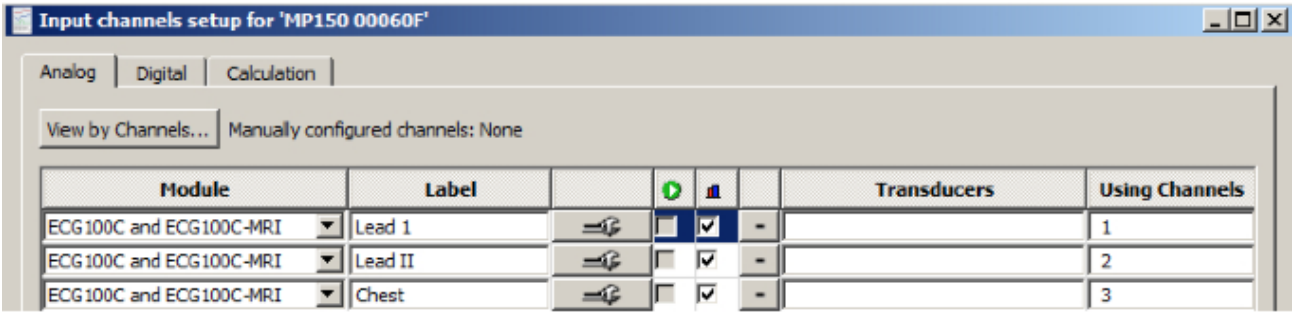



   c. 初期のソフトウェア設定に対応するには、ECG100C **構成**ダイアログ（右図）で OK をクリックしてください。

   注：ソフトウェア設定は 4 ページに記載されている物理的な ECG100C アンプ設定と一致する必要があります。

   d. 入力チャンネル設定で、チャンネル 1 のラベルとして[第一誘導(Lead 1)]を入力してください。（下図参照）




**2 つのアナログ入力（1 と 2）から得られる 3 誘導心電図のアナログチャンネル設定**

   e. 上記の a～d の手順を繰り返し、手順 b でチャンネル 2 を選択してください。（白いチャンネル選択ボックスをクリックして、それを[2]にスライドさせる）手順 c に続いて、チャンネル 2 のラベルとして[**第 II 誘導**(Lead 2)]を入力します。

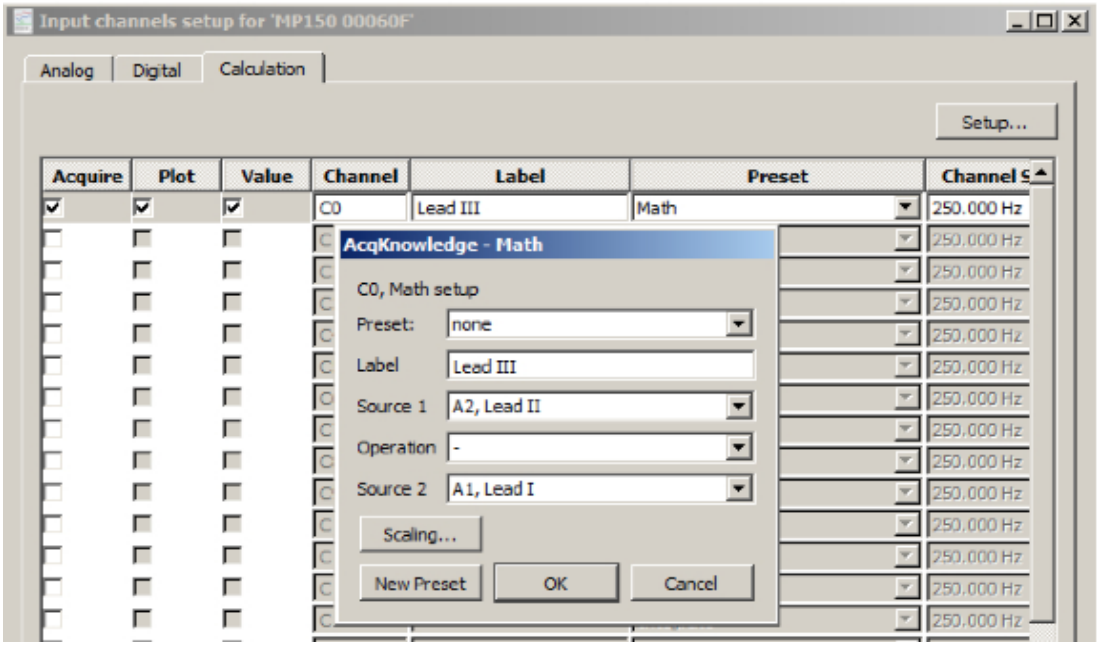
   d. 上記の a～d の手順を繰り返し、手順 b でチャンネル 3 を選択してください。（白いチャンネル選択ボックスをクリックして、それを[3]にスライドさせる）手順 c に続いて、チャンネル 3 のラベルとして[**胸部**(Chest)]を

入力します。

重要:ECG100C アンプ上部のチャンネルスイッチ位置がソフトウェア内で選択したチャンネルスイッチ位置と一致することを確認してください。

2. Calculation タブをクリックし、データを取得し表示するために演算チャンネル C0 を設定します。プリセットメニューから Math を選択し、[第三誘導(Lead 3)]と名前を付けてください。

3. [Setup]ボタンをクリックし、ソースと操作手順を[A2（第Ⅱ誘導）-A1（第Ⅰ誘導）]に設定して OK をクリックしてください。（下図参照）




**第Ⅲ誘導を演算から算出する：第Ⅰ誘導と第Ⅱ誘導（A1 と A2 それぞれ）の差から算出されるキャリブレーションチャンネル（C0）**

4. [MP160/MP150]＞[Set Up Data Acquisition]＞[Length Rate]から[Record and Append using Memory]を選択し、Acquisition length を 10 秒の長さで、サンプリングレートを 250Hz に設定します。注：HRV 解析のデータを記録するにはサンプリングレートを 1000Hz に設定してください。

   - Append モードでは、記録を停止してから再開された際、データは以前のデータに追加されます。アペンドマーカーは新しいセグメントの開始時刻を示すタイムスタンプと共に自動的に挿入されます。マーカーに再度ラベルを付けるのはいつでも行うことが可能です。

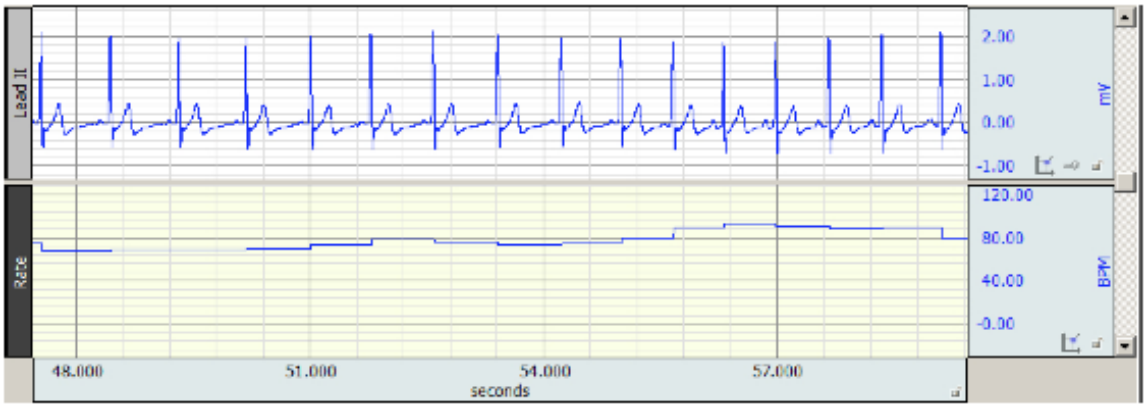
手順

1. 上記の AcqKnowledge ソフトウェア設定完了後、ソフトウェアの[Start]ボタンをクリックしてください。
   - 波形が落ち着くまでに数秒かかる場合があります。

2. 取得が停止する（10 秒後）のを待つか、任意のポイントでソフトウェアの[**Stop**]ボタンをクリックしてください。

3. 垂直スケールを[**Display**]メニューから[**Autoscale waveforms**]を実行して調整してください。

4. 心拍数を算出するには、**[Analysis]＞[Find Rate]**を選択してください。これは、選択された波形から BPM を検出した新しいチャンネルを作成します。（下図参照）




**サンプル波形から Analysis＞Find rate を称して BPM を算出**

## オプション#1：6 誘導心電図

6 誘導心電図の情報を取得するためには、3 つの拡張された誘導を計算する必要があり、*Goldberger 誘導*とも呼ばれます。これらの誘導は、3 つの標準誘導（第 I 誘導、第 II 誘導および第 III 誘導）に基づく高度なベクトル心電図から算出されます。3 つの標準誘導の関数のままで拡張された誘導を取得するために追加の電極またはリード線は必要なく、オンラインもしくは取得後に以下の式で計算することが可能です。

**aVR = (第 I 誘導+第 II 誘導) / 2**

**aVL = (第 I 誘導− 第 III 誘導) / 2**

**aVF = (第 II 誘導+ 第 III 誘導) / 2**

第 I 誘導はソフトウェアチャンネル A1 と相関があり、第 II 誘導はソフトウェアチャンネル A2 と相関があり、そして第 III 誘導はソフトウェアチャンネル C0 と相関があります。

1. [MP160/MP150]＞[Set Up Data Acquisition]＞[Channel set up] ＞[Calculation]をクリックし、Acquire、Plot、そして Value にチェックを入れ 3 つの**演算チャンネル**を設定します。
2. それぞれの新しい計算チャンネルをプリセット**式**（[Set up…]ボタンをクリック）に設定し、各式のセットアップダイアログで aVR、aVL もしくは aVF の式を入力します。
3. ダイアログ外で閉じるには[OK]をクリックし、記録を開始します。

## オプション#2：12 誘導心電図

さらに詳細なデータを求める場合、6 誘導心電図では十分とはいえません。合計 12 の誘導にするために更に 6 つの誘導を追加する必要があります。追加する誘導は*前胸部誘導*または胸部誘導と呼ばれ、水平方向に胸部を横切るように、前後に移動する電気の流れを記録します。6 つの前胸部誘導を作成するために、各胸部電極は+極であり、全身は GND として使用されます。前胸部誘導の V1 から V6 を通るラインの+極は、上の図に示されているように配置されており、12 誘導心電図データを記録するために順に記録します。

・連続的な 12 誘導心電図を継続する場合は、アプリケーションノート#AH-206 を参照してください。

1. <u>セグメント 1：前胸部 V1</u>
   a. **V1** の位置で胸部のリード線がしっかりと留められていることを確認してください。
   b. **Start** ボタンをクリックしてください。
      ・被験者は全てのセグメントで同じ姿勢を維持してください。
   c. 10 秒後、**停止**ボタンをクリックしてください。
   d. 画面でデータを確認してください。

・過度の EMG アーチファクト、もしくは基線ドリフトが見られてはいけません。もし見られる場合は、接続を確認し、セグメントを繰り返してください。

2. セグメント 2：前胸部 V2
   a. V1 の位置から胸部のリード線を外し、V2 の位置に取り付けてください。
   b. **30 秒待ってから Start** ボタンをクリックしてください。
      ・被験者は全てのセグメントで同じ姿勢を維持してください。
   c. 10 秒後、**Stop** ボタンをクリックしてください。

3. セグメント 3：前胸部 V3
   a. V2 の位置から胸部のリード線を外し、V3 の位置に取り付けてください。
   b. **30 秒待ってから Start** ボタンをクリックしてください。
      ・被験者は全てのセグメントで同じ姿勢を維持してください。
   c. 10 秒後、**Stop** ボタンをクリックしてください。

4. セグメント 4：前胸部 V4
   a. V3 の位置から胸部のリード線を外し、V4 の位置に取り付けてください。
   b. **30 秒待ってから Start** ボタンをクリックしてください。
      ・被験者は全てのセグメントで同じ姿勢を維持してください。
   c. 10 秒後、**Stop** ボタンをクリックしてください。

5. セグメント 5：前胸部 V5
   a. V4 の位置から胸部のリード線を外し、V5 の位置に取り付けてください。
   b. **30 秒待ってから Start** ボタンをクリックしてください。
      ・被験者は全てのセグメントで同じ姿勢を維持してください。
   c. 10 秒後、**Stop** ボタンをクリックしてください。

6. セグメント 6：前胸部 V6
   a. V5 の位置から胸部のリード線を外し、V6 の位置に取り付けてください。
   b. **30 秒待ってから Start** ボタンをクリックしてください。
      ・被験者は全てのセグメントで同じ姿勢を維持してください。
   c. 10 秒後、**Stop** ボタンをクリックしてください。

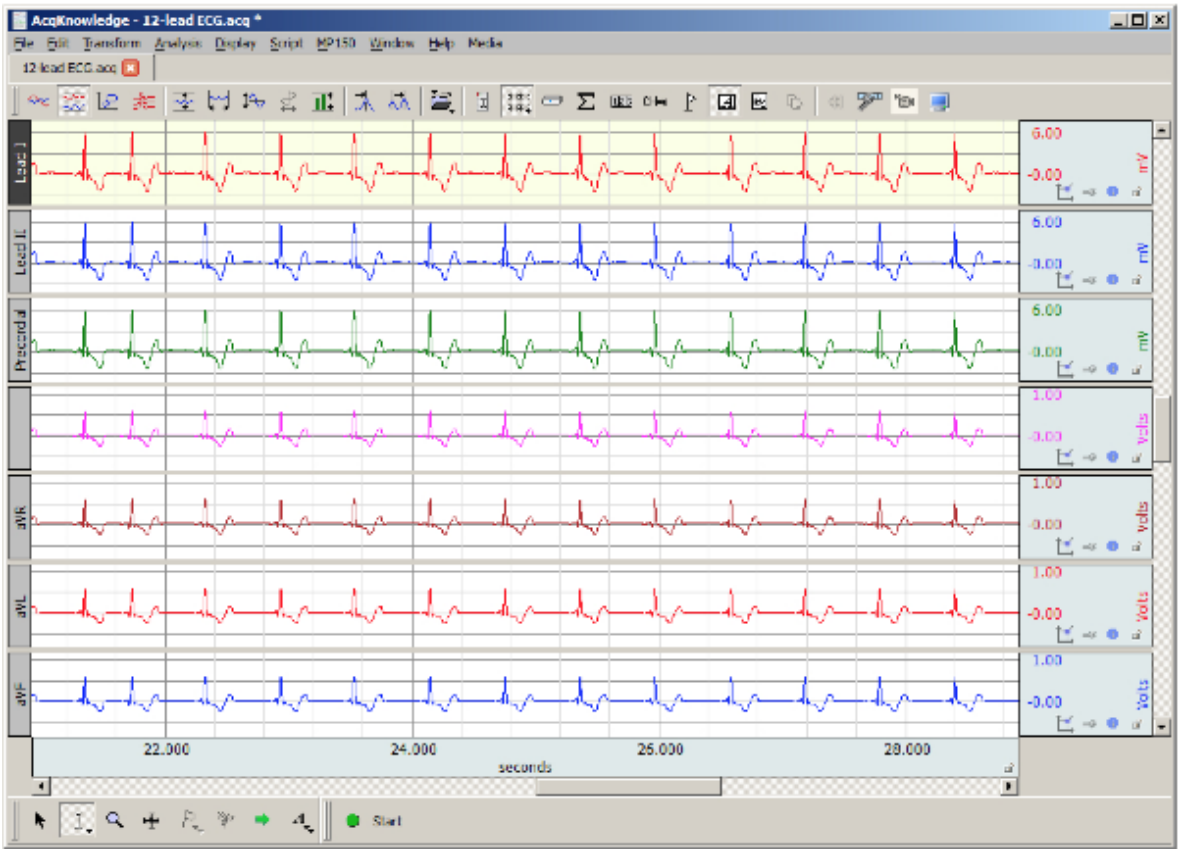
7. 被験者からリード線と電極を取り除いてください。

8. 各セグメント開始時にラベルを付けていない場合は、V1～V6 のマーカーにラベルを付けてください。
   ・“前胸部”チャンネルのみにマーカーが適用されることに注意し、V1 から V6 の前胸部誘導用に順次チャンネル設定してください。

## 分析

12 誘導心電図データは以下の様に表示されます。

| チャンネル | 表示 |
|---|---|
| CH1 | 第Ⅰ誘導 |
| CH2 | 第Ⅱ誘導 |
| CH3 | V1～V6（各マーカー） |
| C1（40） | 第Ⅲ誘導（計算済） |
| C2（41） | aVR（計算済） |
| C3（42） | aVL（計算済） |
| C4（43） | aVF（計算済） |




ディスプレー内で**チャンネルを非表示**にするには、チャンネルボックスを **Alt キーを押しながらクリック**してください。チャンネルボックスは斜線が入り、チャンネルは非表示になります。データファイルからは削除されません。この機能はデータ表示のみに影響します。非表示のチャンネルを表示するには、再度チャンネルボックスを **Alt キーを押しながらクリック**してください。

AcqKnowledge ソフトウェアは、特定の実験に関心のあるデータセグメントを特定することを手助けする計測や分析ツールを幅広く提供します。詳細に関しては、AcqKnowledge ソフトウェアガイドを参照してください。

注

- 最適な設定は、**被験者**がリラックスしており、仰臥位であることです。
- 10 秒セグメントを 6 回記録します。（記録の合計は 60 秒になります。）第 I 誘導、第Ⅱ誘導および前胸部（胸部）誘導を 6 つの配置（V1 から V6 まで）で記録します。さらに、第Ⅲ誘導と“拡張された誘導”（aVr、aVl、aVf）は計算されます。各胸部電極は正であり、全身は共通の GND として使用されます。
- [Start]をクリックする前に、各セグメントの前胸部誘導が移動した後は最低でも 30 秒待ってください。
- [Start]をクリックする度にマーカーは挿入され、記録後マーカーにラベルを付けることが可能です。
- 過度の EMG アーチファクト、もしくは基線ドリフトが無い事を確認してください。もし影響が大きい場合は、接続を確認し、セグメントを繰り返してください。