

「低雑音プリアンプとフィルタ：問題解決のためのアプローチ」

Doc No.D241005(Rev1.0)
株式会社インターマインド

1. はじめに

低雑音増幅と周波数帯域制限は微小信号検出に必須で、デジタル化の前処理で重要です。

低雑音化は多くの問題を解決しますが、低雑音化は求める課題に対して適切でなければなかなか効果が出ません。当社では低雑音化へのアプローチとして使う製品を開発・製造しています。

これらの製品はお客様の課題に適切となるカスタム化を行うことでより良い結果を導き出します。

低雑音化へのアプローチは各種の手法がありますが、ここでは基本である低雑音増幅と周波数帯域制限によるアプローチとして、IMP シリーズ 低雑音プリアンプ、IMF シリーズ アナログフィルタ、IMG シリーズ モバイル低雑音電源/アダプタの概要を紹介します。

それぞれの製品の詳細は取扱説明書をご参照ください。

◆IMP240 / IMP241 低雑音プリアンプ（平衡入力／不平衡入力）

ゲイン 0/10/20/30/40/50/60dB、HPF/LPF 固定（周波数帯域 100Hz～100kHz）、
入力換算雑音電圧密度 $5\text{nVrms}/\sqrt{\text{Hz}}$ (@1kHz)

◆IMP242 / IMP243 低雑音プリアンプ（平衡入力／不平衡入力）

ゲイン 40dB、周波数帯域 10Hz～3MHz、
入力換算雑音電圧密度 $2.5\text{nVrms}/\sqrt{\text{Hz}}$ (@1kHz)

◆IMF240 周波数帯域制限フィルタ

HPF/LPF、周波数帯域 10Hz～1MHz

◆IMA242 AE 用低雑音プリアンプ

ゲイン 40dB、周波数帯域 50kHz～1MHz（50kHz HPF 内蔵）、入力換算雑音電圧 $4\mu\text{Vrms}$ 以下。

◆IMG241 モバイル低雑音電源

IMP シリーズ、IMF シリーズをモバイルバッテリー（5V USB）で低雑音動作させるための専用電源。

◆IMG242 アダプタ

IMG242-S は IMP シリーズの平衡入力を BNC ケーブル 2 本に変換します。

IMG242-P は IMG241 電源を複数分岐し、複数の IMP シリーズ・IMF シリーズに電源を供給します。

2. 低雑音増幅と周波数帯域制限

雑音電圧は周波数帯域の平方根に比例します。これは低雑音化で重要な基本理論です。

IMP240 と IMP241 は入力換算雑音電圧密度は $5\text{nVrms}/\sqrt{\text{Hz}}$ 以下で、ゲインは 0dB から 60dB まで 10dB ステップで設定できます。

帯域が 100Hz~100kHz なので、雑音は $5\text{nV} \times \sqrt{(100\text{k}-100)} = 1.58 \mu\text{Vrms}$ 。

ゲイン 40dB で使うと出力雑音電圧は $158 \mu\text{Vrms}$ 、

ゲイン 60dB で使うと出力雑音電圧は 1.58mVrms です。

IMP242 と IMP243 は入力換算雑音電圧密度は $2.5\text{nVrms}/\sqrt{\text{Hz}}$ 以下で、ゲインは 40dB です。

帯域が 10Hz~3MHz なので、雑音は $2.5\text{nV} \times \sqrt{(3\text{M}-10)} = 4.33 \mu\text{Vrms}$ 。

ゲイン 40dB なので出力雑音電圧は $433 \mu\text{Vrms}$ です。

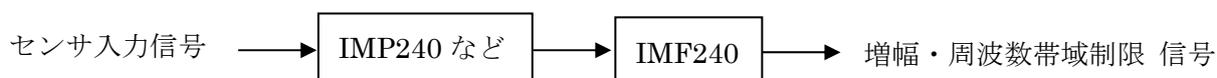
これに周波数帯域制限フィルタを通すと以下のように雑音が低減します。

10~1MHz : $250 \mu\text{Vrms}$ (-4.8dB)

100~100kHz : $79 \mu\text{Vrms}$ (-15dB)。

100k~500kHz : $158 \mu\text{Vrms}$ (-8.7dB)

このように、検知したい信号の周波数がわかっている場合には有効です。



通常は上記雑音電圧よりも入力に接続するセンサなどの雑音が多いことが多いです。

例えば、超低雑音の高周波 MEMS 加速度センサ ADXL1001 のノイズ密度は $30 \mu\text{g}/\sqrt{\text{Hz}}$ です。

感度が $20\text{mV}/\text{g}$ なので、換算雑音電圧密度は $600\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、周波数帯域 DC~10kHz で 40dB 増幅すると出力雑音電圧は 6mV になります。

これは IMP240/242 の雑音電圧を大きく上回ります。

低雑音プリアンプ IMP240/241/242/243 を使うことで、増幅する時に生じる雑音を抑えることができ、微小なアナログ信号の変化を検知するのに役立ちます。

周波数帯域制限フィルタ IMF240 を使うことで、不要な周波数帯域の信号および雑音を除去できます。

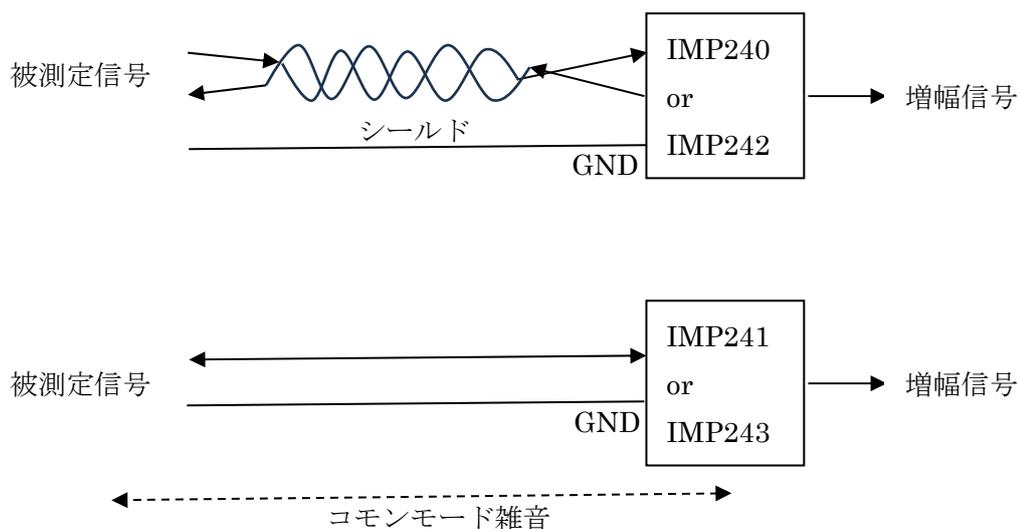
3. 平衡入力と不平衡入力

IMP240 と IMP242 は(差動)平衡入力、IMP241 と IMP243 は不平衡入力です。

平衡入力はコモンモードノイズに対して有利で、入力信号を長く延ばす必要がある時に役立ちます。入力コネクタはHR10A(ヒロセ電機)で、信号 HOT・信号 COLD・シールド(回路 GND/筐体接続)を使います。ツイストペア 2 芯シールドケーブルを使うと効果的です。

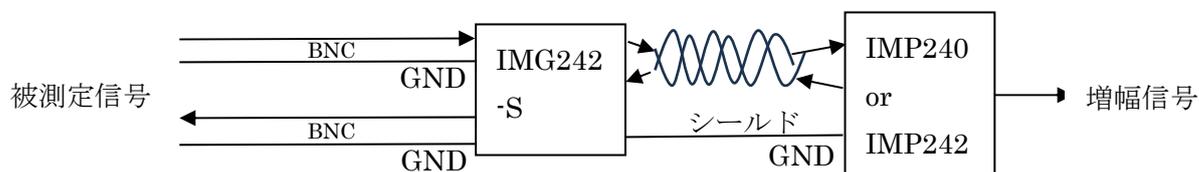
不平衡入力はコモンモードノイズ除去ができませんが、BNC ケーブルを使用できるので使い易いです。

使う状況や接続方法により平衡入力か不平衡入力かを選びます。



IMG242-S は平衡入力を BNC2 本で差動信号を接続する変換アダプタです。

例えば、IMG242 と IMP240 をツイストペアシールドケーブルで接続し、IMG242 と被測定物を BNC ケーブルで接続することができ使い易くなります。



4. モバイルバッテリー動作

IMP シリーズや IMF シリーズは小型軽量で手のひらにのる大きさです。

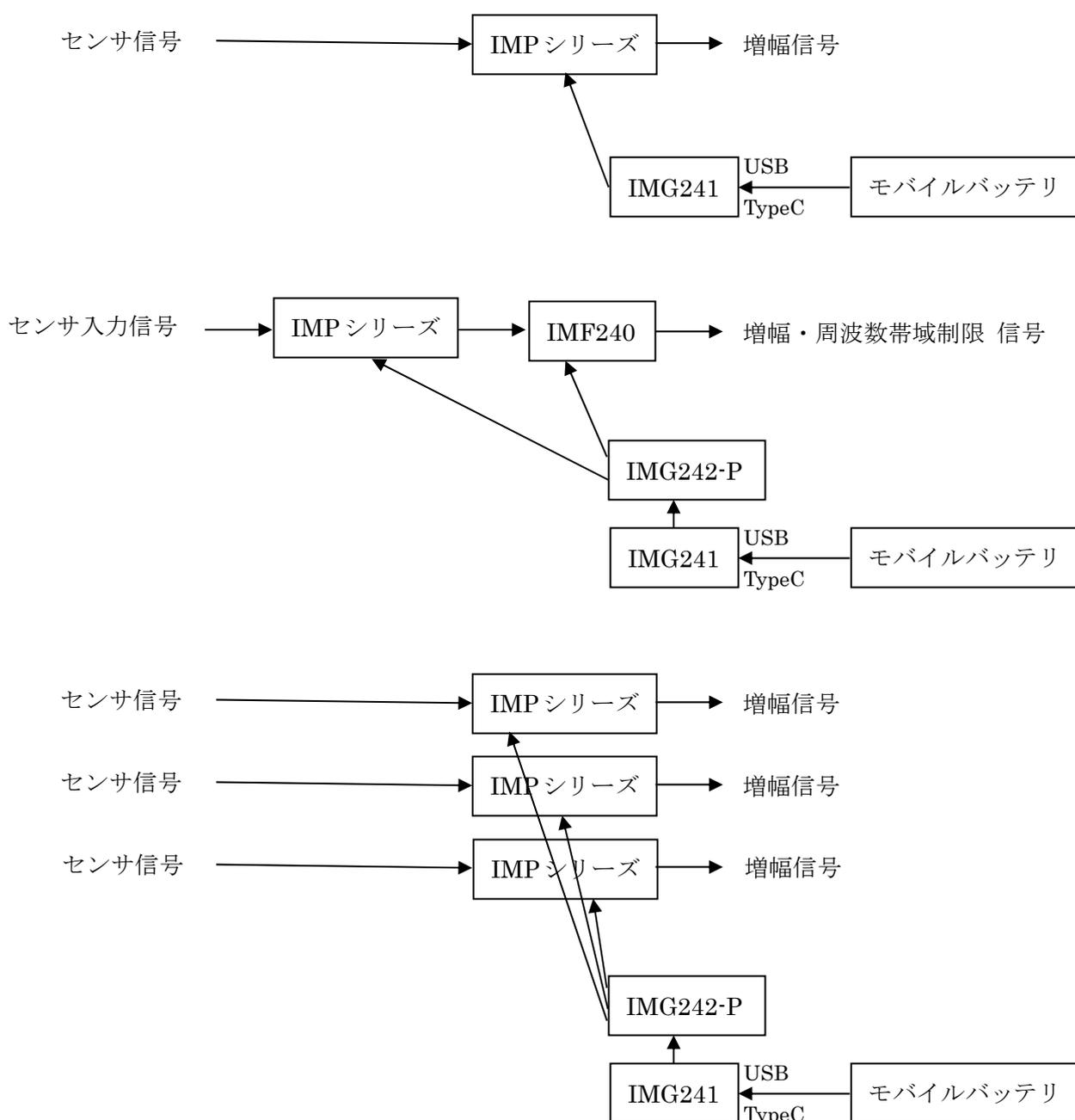
IMG241 はモバイルバッテリー入力(USB TypeC)で IMP/IMF シリーズに必要な電源を供給するモバイル低雑音電源です。

微小電流で電源オフしないモバイルバッテリー(cheero Slim 10000mAh で確認済み)を使い、IMP シリーズや IMF シリーズを動作させることができます。

これにより、ポータビリティに優れた使い方ができ、場所を問わず使うことができます。

AC 電源から解放され、商用周波数に関わる雑音(コモンモード雑音など)の影響を受けません。

IMG242-P は複数の IMP シリーズや IMF シリーズを使う時に、IMG241 電源出力を複数に分岐するアダプタです。



5. 最後に

微小信号を検知するには増幅が必要になります、その増幅回路自体が低雑音でないと微小信号は雑音に埋もれてしまい、微小信号を検知することが難しくなります。

そのため増幅回路が低雑音であることは重要です。

IMP シリーズは微小信号を増幅するために十分な低雑音性能を持っています。

雑音量は帯域の平方根に比例するため、必要な周波数帯域のみ抽出することは低雑音化に大きく貢献します。IMF シリーズは周波数帯域抽出を行うためのアナログ HPF/LPF です。

コモンモード雑音が生じるアプリケーションや究極の低雑音を求める場合では平衡入力の IMP シリーズを使い、通常は不平衡 BNC 入力の IMP シリーズを使うと便利です。

これらは全て、持ち運び可能で場所を問わず使えて手のひらに収まる、ポータービリティに優れた製品です。

IMG241 を使うとモバイルバッテリーで IMP/IMF シリーズを動作させることができ、IMG242 を使うと電源を分岐して IMP シリーズよ IMF シリーズまたは複数の IMP シリーズを動作させることができます。

当社では、高性能を誰でも使い易く、シンプルで小型軽量、不要を排除し必要に特化した製品開発を行っています。

全て当社が開発・設計した製品ですので、お客様のご要望に沿うカスタム化が可能です。

最適なアナログ信号処理がデジタル信号処理とソフトウェア処理の負担を軽減し、トータルの性能を高めます。

ここでは、アナログ技術における低雑音化をテーマに当社製品を紹介しましたが、低雑音化の技術は幅広くかつ深淵です。状況によっては、ノイズに埋もれた微小信号を抽出するロックイン増幅技術も効果的です。

デジタル化した後は、デジタルやソフトウェアでのアプローチがあります。

当社の開発製品には、デジタル信号処理を行う組み込み向け DSP ボードがあります。

アナログ信号処理とデジタル信号処理を併用することで最適な結果が得られることが多くあります。

当社では、アナログ/デジタル信号処理を応用した計測器・電子機器の開発、回路設計～ソフトウェア設計を行っています。お気軽にご相談ください。

====問い合わせ窓口====

株式会社 インターマインド

<https://www.intermind.co.jp/>

技術部 〒223-0062 神奈川県横浜市港北区日吉本町 4-27-30

TEL : 045-560-6639

Email : tech@intermind.co.jp