応用計測回路/電子回路設計製作

微小信号の増幅

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　4S-E 回路・エレクトロにクス履修コース　後期選択

**事前学習内容と学習課題**

**1.プリアンプの性能と負荷効果について**

　微小信号を検出したあとは増幅を行うが，微小信号の場合は微小信号用増幅器を用いて，その後に通常増幅器を用いる．この前段をプリアンプとも呼ぶ．

・微小信号を前提とするプリアンプには以下の性能が要求される．

　　　①プリアンプ内部での雑音発生が少なく，外来雑音の影響も受けにくいこと．

　　　②センサの出力インピーダンスに対してプリアンプの入力インピーダンスが十分に高いこと．

　　　③利得(Gain)―周波数(frequency band)積特性(GB積，GBW)が必要な帯域をカバーしていること．

　　　④必要な利得を満たし，温度特性が安定であること．

　　　⑤利得が周波数に対してリニアであり，ひずみが少ないこと．

　　　⑥必要な出力を得つつ，出力インピーダンスが低いこと・

1）②と⑥について考えることにしよう．利得やインピーダンス等必要な用語については各自調べておくこと．

増幅度100倍，無信号時雑音出力1mV



センサ部　　　　　　　　　増幅回路A（Zin=1kΩ）　　増幅回路B（Zin=10MΩ）

Zin=1kΩ

Zin=10MΩ

例えば筋電図のような電位を計測することを想定する．モデル値として筋電図信号出力は10mV，皮膚の抵抗成分，すなわち出力インピーダンスが1kΩであるとする．この信号を入力インピーダンスの異なる二つの増幅回路で計測する。増幅器は端子間にあるインピーダンス，すなわち入力インピーダンスの両端電圧をそれぞれの倍率で増幅する．ここで重要なこととして，増幅されるのは増幅回路にかかる電圧であって，筋電図信号の出力ではないことに注意しよう．

増幅回路A，Bはともに信号ゲイン100倍，入力ショート時の雑音出力が1mVであるが，入力インピーダンスが回路Aが1kΩ，回路Bが10MΩと異なる。

1. ぞれぞれの回路における信号成分の出力電圧を求め(出力電圧にノイズ出力を加算する必要はない)、何も入力しなくても出力されるノイズ1mVに対して出力信号は何倍かを倍率とdBで示せ．この値をS/N比といい，信号SとノイズNの比を示す重要な値である．

　　　微小信号計測の工夫とは，この数値を上げるためにSを大きくする(=きれいな信号増幅)か，Nを小さくする(システムとしてのノイズ対策あるいはノイズのフィルタリング)か，と言う事である．

1. 結果を比較して，入力インピーダンスは大きい方がよいのか，小さい方が良いのか延べよ。
2. この例のように信号出力が次段回路に100%伝達されない事を(電気分野では)一般に何と呼ぶか？

これは本来のセンサ出力電圧が増幅器を接続することでエネルギーを取られてしまったとも考えることが出来る．



※理想オペアンプ回路として解析してよい

**2.差動増幅**

図の増幅回路は「差動増幅」と言い，その出力は

で表される．回路の名称と利点を述べよ。

　1）システムのノイズがVin1にもVin2にも共通で入るはずである．理想オペアンプを使った場合は理論上ノイズはどうなるか考察せよ．

　2）この「同じノイズ」を取り除く能力は同窓信号除去比(CMRR)として定義される．理想オペアンプのCMRR=∞と言う事である．では，このCMRRの定義を調べて，R1=1kΩ，R2=100kΩに設計した回路に，1Vの同相信号を入力した場合，出力は5mVであった場合のCMRRを**dBで示せ．**

　3）次のような回路での差動増幅とノイズ除去について考えよう．

ノイズ



上図)　ある目的を考えた回路

なお，**センサの出力はバッファ回路を通しているので負荷効果は起きないし、二つの次段回路を用いることによる入力インピーダンスにも影響しない**として考えて良い

左図）センサ出力，混入ノイズ，出力波形

ノイズ取り

ある電圧を計測すると，センサからは図のような信号が出力された．これを増幅してから次段のフィルタ回路につなげたい．このシステムでは回路部分はシールドケースで覆われておりノイズは混入しないと考えられるが，ある長さ以上の信号線(図では中央がそれに相当する)には図に示すようなノイズが混入する．図のメモリは全て共通である．

①出力波形がどうなるか考えよ．ただし，その前提としてオペアンプの反転増幅回路を調べる必要がある．

②この例では，差動増幅回路を次段回路(次段回路は図にはない．この図のVoutを入力する回路のことである)に近い場所に配置している．これは，せっかくのノイズ除去回路を無駄にしないための工夫の一つでもある．では，差動増幅回路が次段回路と近いことでどのようなメリットがえられているのか考察せよ．

3)計装用増幅回路(インストゥルメンテーションアンプ)

　下図は，計装用増幅器と言い，微小信号の増幅に良く用いられる．メリットは

**R1を可変にすることで利得を容易に変更することが可能**

　と言う事である．

1. この回路の出力が以下の式になることを示せ．





1. なぜ可変する抵抗はR1なのか？　R2やR5ではどんな不都合があるのか?
2. 市販されている計装用増幅回路ICの主な性能と値段について報告せよ．

　学問的には自分で組んでいきたいところだが，実際問題のものづくりにおいては予算さえ許せば，無理に自分でこれを組むよりは市販品を使った方が高性能でノイズが少ない．このバランスは本講義での今後のものづくりに大きく影響するので良く注意しておくこと．