電磁式流向･流速計

INFINITY-EM

原理

ファラデーの電磁誘導の法則：

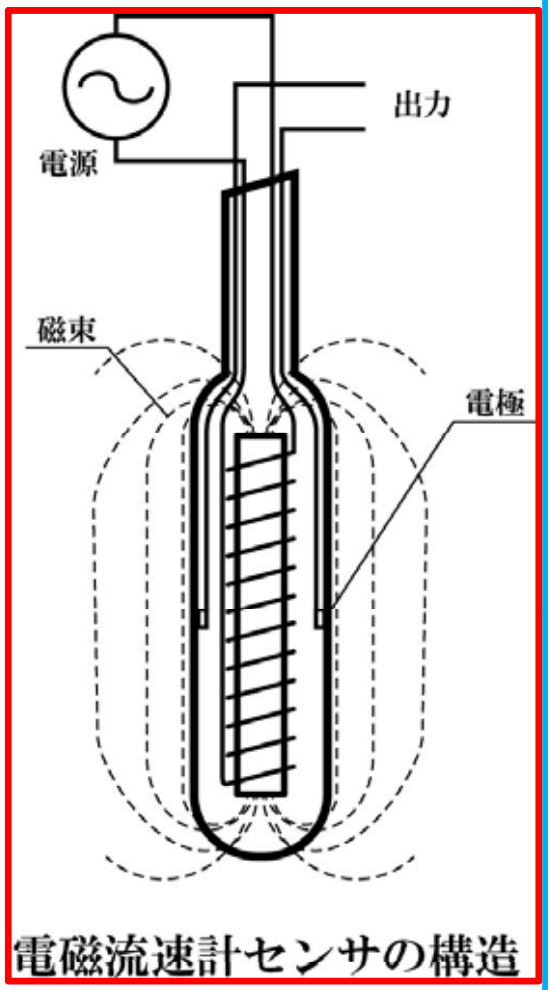
「磁界を電導体が横切って運動する時、
その電導体には電圧が発生し電流が流れる」

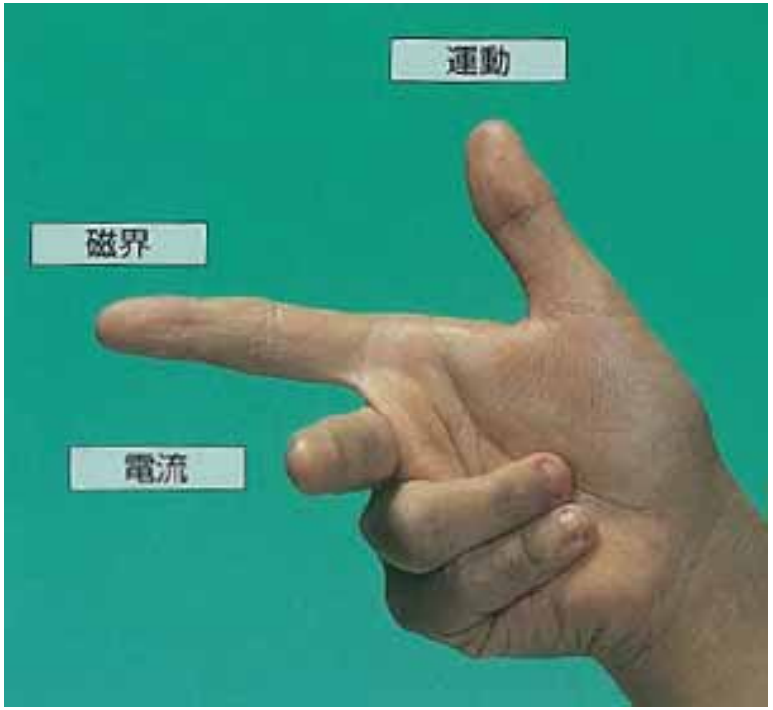
↓

電導体である水が磁界を横切ると、
その流体には流速に比例した起電力が生じ、
その起電力と流速は一次式の関係となる

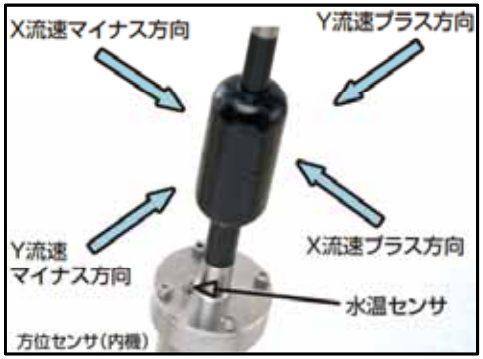
電磁センサの構造（水平2軸）

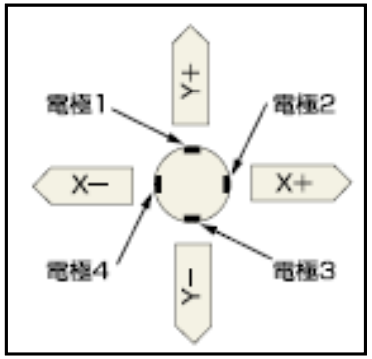
INFINITY-EM





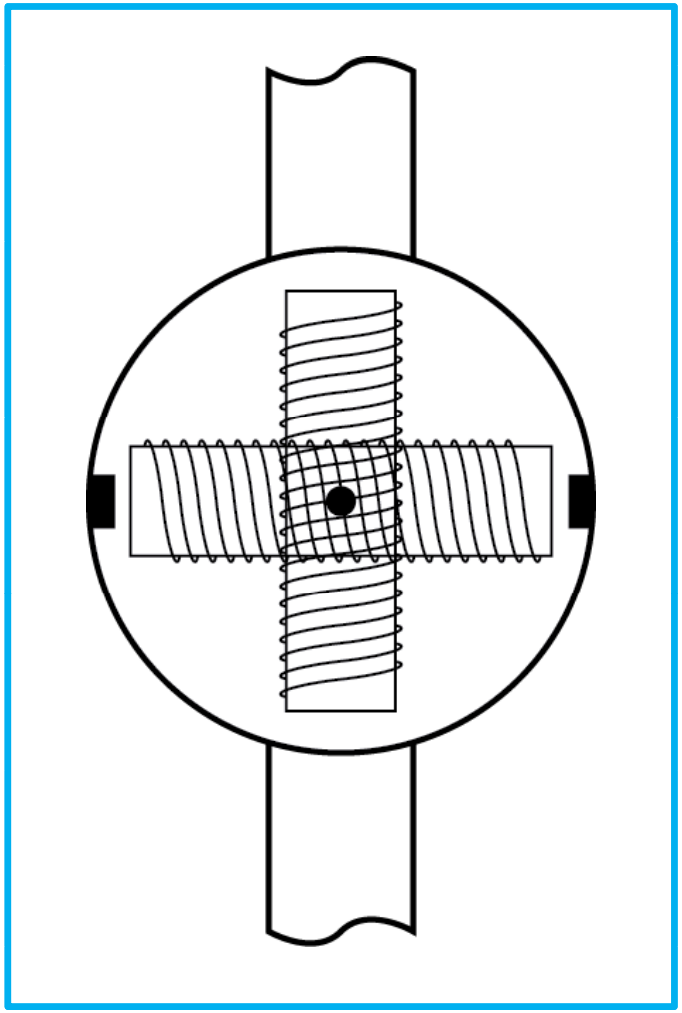
フレミングの右手の法則





良導磁性体コアを設けてコイルを巻き、発生した磁界の磁束が流体内を通ることで電圧が電極に誘起され、その電圧を計算して流速を求めている。

電磁センサの構造（3軸）

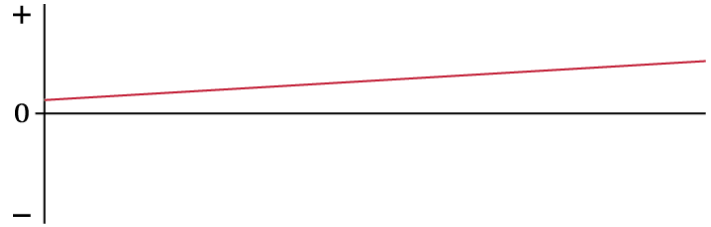


鉄芯及びコイルを直交配置
縦横交互に磁界を発生
ピックアップ電極は4個のまま

安定性向上と応答速度の関係

原理上は直流であるが、安定性向上の為交流ドライブで測定している。
その為、平滑回路が必要で、この事が応答時間に関係している。

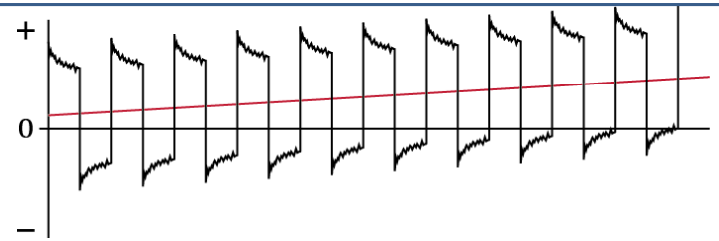
直流の場合



0点が不安定

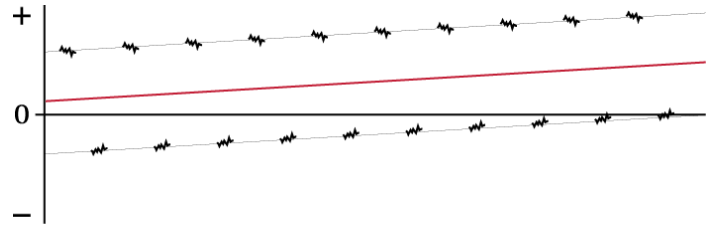
交流の場合

1



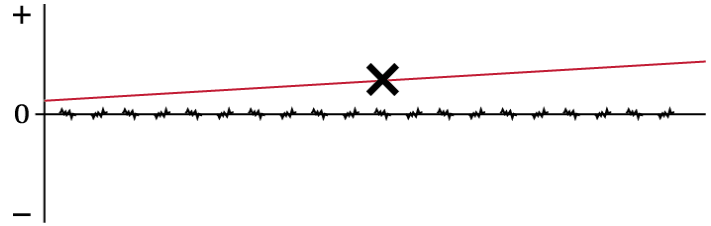
交流での生データ
(30〜60Hz)

2



ピークをカット
(後半50%利用)

3



反転して0ラインに
合わせる

4

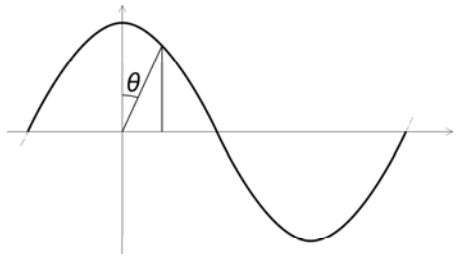
平滑 (CR) 回路で出力
(0.1〜0.5秒)

ピックアップ電極に関して
その1:　電極の材質

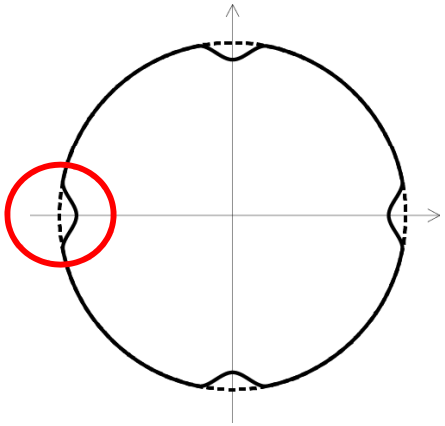
- 金属材質は強くて、加工も容易だが
  不動態膜の発生で出力不安定になる
- JFEアドバンテックモデルでは、カーボン電極を使用
  親水性が良く、かつ、浸水しない特殊なカーボンが必須
- 海中で汚れや生物付着の場合は、サンドペーパーでの
  清掃が可能
- グリスなど油分の付着には注意 (中性洗剤で洗浄)

ピックアップ電極に関して
その2：センサ形状と流入角特性の問題

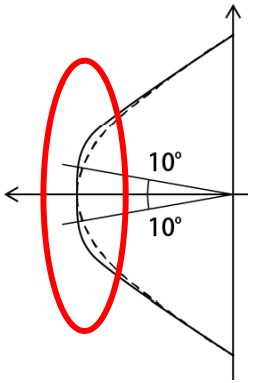
流入角特性



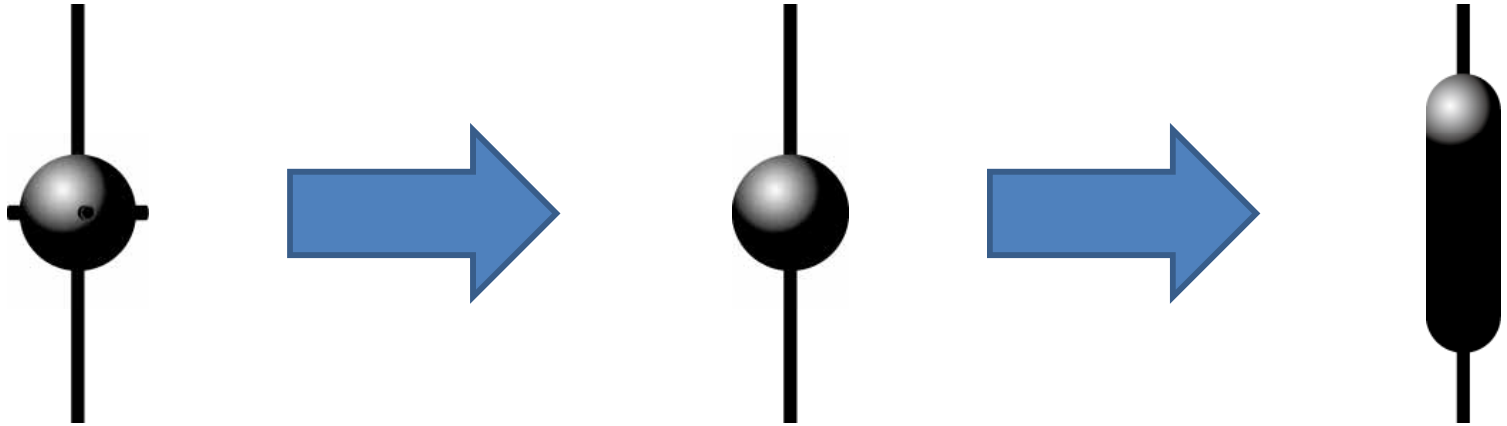
流速シグナルの特性
全周を2πとした時の
シグナル分布



センサの前後及び側面にて
乱流や渦発生の影響で
シグナル低下が生じる
→　センサ突起を設ける
→　故障しやすいので縮小



センサの傾きによる影響を
少なくするため、フラットな面
を多く持たせる
→　10°までの傾きに対応



球状突起型	球状無突起型	棒状型 (現状)
生データのまま出力	内部CPUで流入角補正	内部CPUで流入角補正

コンパス特性

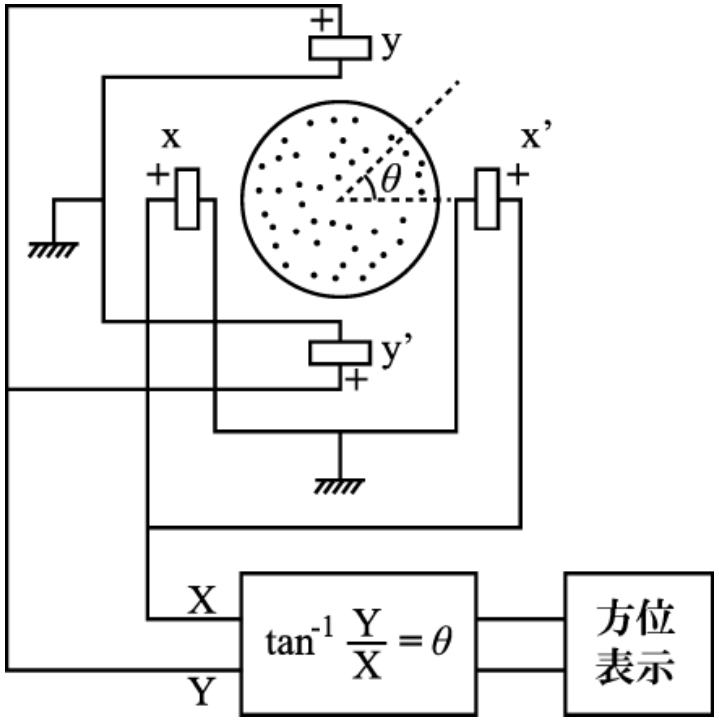
- 流速センサと一致する応答速度を持ったコンパスが必須
- ホール素子コンパスを開発（応答速度0.1秒以内）
- 精度2度以内　　消費電流5mA以下
- 強い磁性体には要注意

旧型

新型

φ　4mm
1ch 出力
0〜360°→　0〜5V

φ　2mm
2ch 出力
X、Y（コサインカーブ）



ホール素子コンパス原理図

電磁流速計のデータロガー

当社の電磁流速計はINFINITYモデルでシリーズ化されている

流向流速計 ・ 濁度計 ・ 水温塩分計 ・ クロロフィル計 ・ DO計 ・ 波高計

INFINITYの特徴

miniSDカード

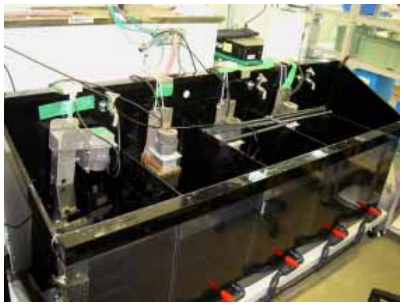
CR-V3　リチウム電池

- 16bit MCUで制御
- 1GBのminiSD及びmicroSDカードで記録
- カメラ用リチウム電池CR-V3を使用
- 2種類の観測モード (連続とバースト)
- ビープ音による動作確認
- 共通ソフトで簡便な操作性

キャリブレーション

流速検定台車水槽

コンパス検定台



水温検定水槽

流速検査成績書

型式 : AEM-USB

シリアルNo. : [redacted]

検査年月日 : 2012年8月14日

検査実施場所 : 神戸製造課

検査方法 : 流速検定水槽の走行台車に測定器を取付け、0～±60cm/sの範囲において、6段階の速度で走行台車を移動させた時のA/D値を記録し、回帰計算により検定式を作成します。
（検定流速である台車速度は、流速検定装置により算出します。）

1. X軸流速

1－1. 検定式　流速[cm/s] = A+B×[A/D値]

1－2. 検定定数　A値 = −5.723755e+02　B値 = +1.745101e−02

1－3. 検定結果

判定値 = ±1.00 [cm/s]

検定流速 [cm/s]	A/D値	計算値 [cm/s]	残差 [cm/s]	判定
0.0	32799	0.00	0.00	合
20.3	33950	20.09	−0.21	合
40.5	35083	39.86	−0.64	合
60.8	36240	60.05	−0.75	合

判定値 = ±1.00 [cm/s]

検定流速 [cm/s]	A/D値	計算値 [cm/s]	残差 [cm/s]	判定
0.0	32799	0.00	0.00	合
−20.2	31635	−20.31	−0.11	合
−40.3	30452	−40.96	−0.66	合
−60.4	29295	−61.15	−0.75	合

2. Y軸流速

2－1. 検定式　流速[cm/s] = A+B×[A/D値]

2－2. 検定定数　A値 = −5.713895e+02　B値 = +1.742732e−02

2－3. 検定結果

判定値 = ±1.00 [cm/s]

検定流速 [cm/s]	A/D値	計算値 [cm/s]	残差 [cm/s]	判定
0.0	32787	0.00	0.00	合
20.4	33940	20.09	−0.31	合
40.5	35100	40.31	−0.19	合
60.8	36246	60.28	−0.52	合

判定値 = ±1.00 [cm/s]

検定流速 [cm/s]	A/D値	計算値 [cm/s]	残差 [cm/s]	判定
0.0	32787	0.00	0.00	合
−20.3	31628	−20.20	0.10	合
−40.4	30457	−40.61	−0.21	合
−60.5	29279	−61.14	−0.64	合

3. 検査結果

合否判定基準 : 測定器に検定定数を書き込んだ後、任意の一点をサンプリングチェックし出力が公称精度以内に納まる事。

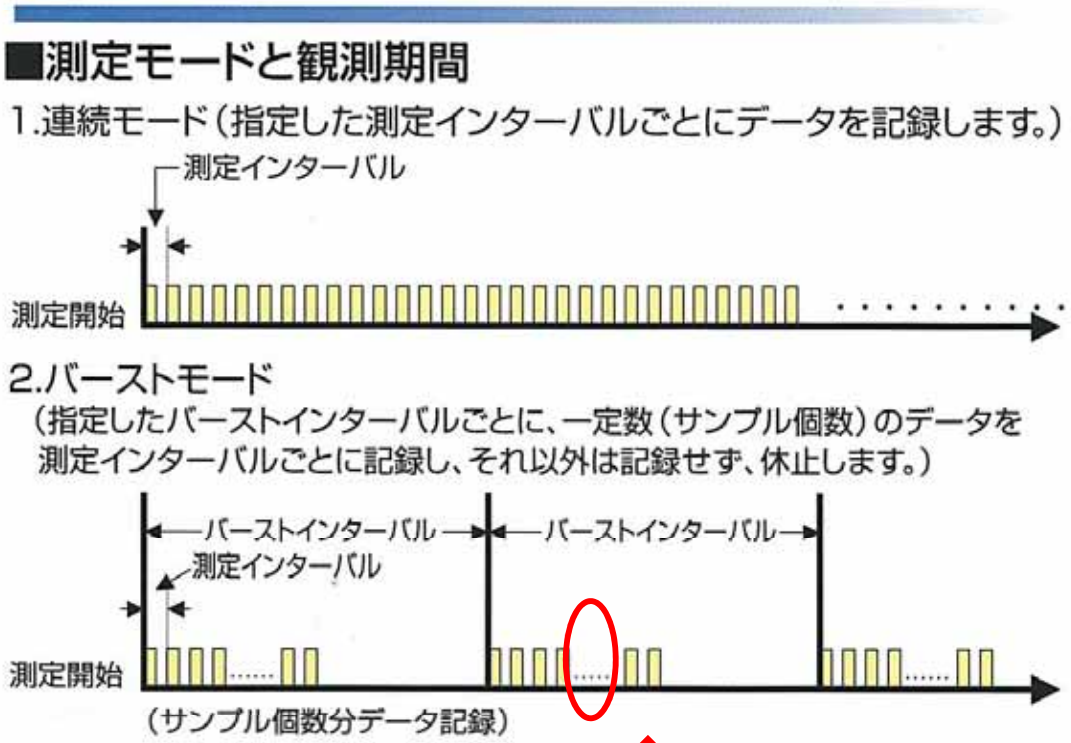
合成流速式 : 流速[cm/s] = $\{1+\alpha\times(4\times X^2\times Y^2)/(X^2+Y^2)^2\}\times\sqrt{X^2+Y^2}$

ただし、$X^2+Y^2=0$の時、流速 = 0[cm/s]

流入角特性値 : $\alpha = 0.100$

検査流速 [cm/s]	出力値 [cm/s]	誤差 [cm/s]	判定値 [cm/s]	判定
20.4	19.60	−0.80	±1.00	合

観測モードの選択



- **設定したインターバル毎に連続観測**
- 0.1～600　**秒　設定可能**
- 1**秒インターバルで約**2**日間**
  （但し1GB**メモリー）**

インターバル　1**秒**
サンプル個数　30**個**
バースト時間　10**分**
で約40**日**

1**サンプル中**
コンパスX**、コンパス**Y**、流速**X**、流速**Y**、**
水温、カレンダー

Static error と Dynamic error

Static error とは検定装置等完全に制御された条件下で得られた誤差。
（メーカーのカタログ記載精度）

Dynamic error とは実観測時に種々の動的要因で発生する不確実誤差。
（波浪，係留系の傾き、汚れ等々）

Dynamic error を減少させる工夫

1. 係留方式は、立ち上げ方式が望ましい。
2. 係留索は、細くて丈夫なものを使用。
3. 表層ブイから吊り下げる場合は、重錘を。
4. バースト・サンプル数の適切な設定。
5. 周辺の磁性体に注意。
6. 電極のクリーニング。(生物付着、油分等)
7. 定期的なキャリブレーションの実施 (1年)

INFINITY-Deep (深海用EM)

耐圧性能　6000m

測定項目　**流速**　X、Y

方位　X、Y

水温

深度

傾斜　X、Y

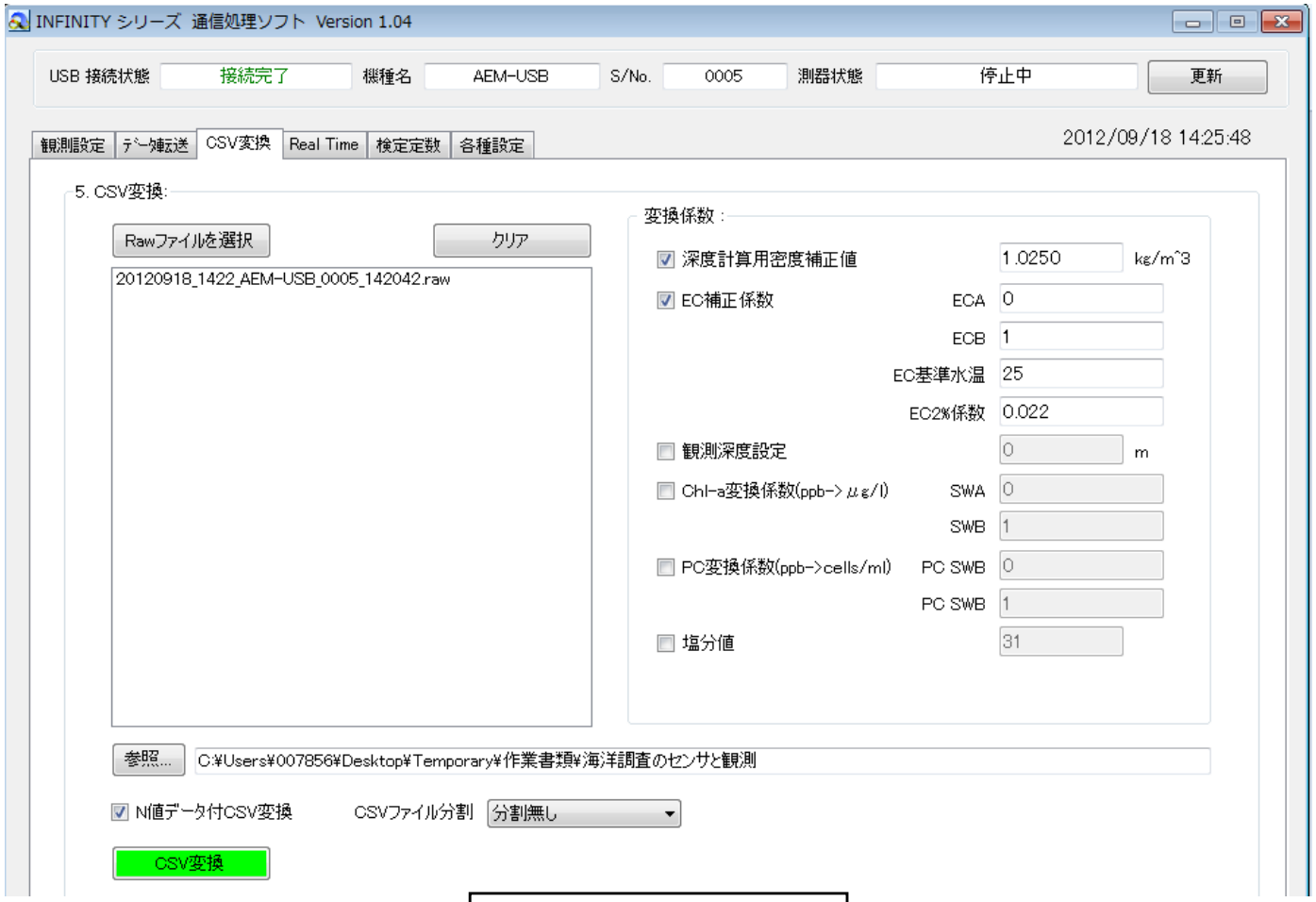
深海は、懸濁粒子が少なく、ドップラー流速計では測定困難な場合が多い。

流速計用アプリケーションソフト

その1　接続と観測開始まで

流速計用アプリケーションソフト

その2　データ処理



データ変換画面

CSVデータへ変換

汎用ソフトにて作図やデータ処理