

センサ安定性試験3

<http://www.kusastro.kyoto-u.ac.jp/~iwamuro/Kyoto3m/sensortest3.html>

岩室 史英 (京大宇物)

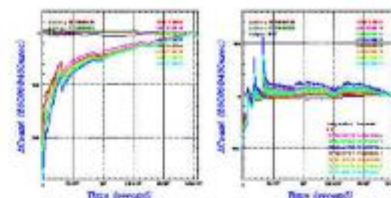
●

日本システム開発株式会社の超小型変位センサ DS2001 のクリアセラム基盤タイプのもの。表面のコーティングが無いため、金属製のシムをスペーサとする事ができない。その代わりに、同じくクリアセラムで製作されている専用の試験用治具とクリアセラムを金メッキした対向板があり、それらを用いて試験する。[センサ安定性試験2](#)と同様但し、ケーブルの長さは全て同じ。センサのサイズは20.3mm x 34.3mm、厚さ3.2mm。

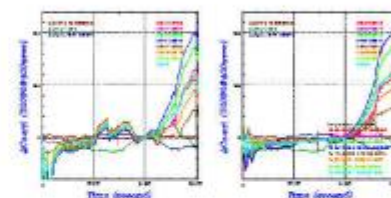


●その1

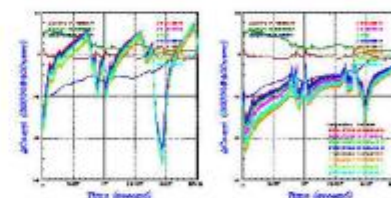
とりあえず、温度変化の小さい2液式の接着剤(3Mエポキシ接着剤 2216)でセンサを治具に固定し、対向板金メッキしたクリアセラムを0.2mmシムで浮かせて全体の様子を確認。2番のセンサは、コネクタにケーブルを挿す際コネクタの一部が剥がれかかってしまったため、上記エポキシ接着剤で一部接着を補強した。固化するまでは接続しないで試験する。また、2番以降のセンサはコネクタを挿す際、反対側からコネクタの前面を曲尺で押し、基盤に伝わる力をできるだけ減らすようにしたところ、問題なく挿すことができた(抜く際の注意はしていたが、挿す際の注意が不足していた)。



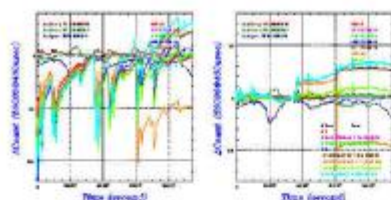
温度に対して負の相関、温度に対しては正の相関がある(右上図の係数参照)。問題なのは、その係数の大きさが温度も湿度もセラミック基盤のセンサの4~5倍もある事だ(グラフの表示領域も4倍にしている)。変化の素性は良さそうだが、直感的には、これをそのまま使うのには抵抗がある…。温度計よりも変化がかなり遅いのは、センサ自体の熱容量が大きいからだと思われる。1番のセンサにもケーブルを接続して読めることを確認し、試験を再開。



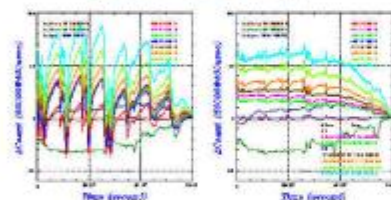
その後、1週間放置となったが、最後の2日間で状態が大きく変化し、湿度でも温度でも補正できない状態となった。上図右は20万~40万secの間での温度・湿度の補正係数で全体を補正したもの。最後の40万secは、温度が下がってもカウントが下らず、良く分からない状態となってしまった(それ以前から合っていないが)。1つの可能性として、エポキシ接着剤が湿度を吸って状態変化した可能性はある。良くわからないのでこの問題は保留とし、スペーサを1mmに変更して継続する。



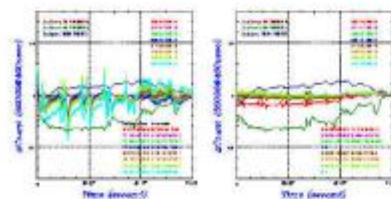
スペーサが1mmだと、振る舞いのばらつきは減るようだ。非常に性質が揃っているため、その高では扱いやすい。温度変化の影響も若干減り、セラミックセンサの値に近づいている(表示範囲も1つ上の1.4)。対向板のシムの片方を0.1mmとし、対向板を緩やかに傾けてセンサの位置により対向板との間隔を変えて継続する。



その後、約1日間放置となったが、35万sec, 60万sec付近で茶～水色の4つのセンサケーブルを少しだけ触って影響を調べた。センサ間隔が1mmに近い赤のセンサと、0.2mmに近い青のセンサの一次結合で34万secまでの部分でfitし、その後は同じ係数で補正を続けた所、ケーブルに触った所以外では大体補正できており、しかも、大半が1mmの方のデータだけで補正できている事がわかる(0.2mmの係数が小さいことから)。また、ケーブルに触った際には、大きいものでは0.4カウント(1.4μ程度)に相当近く値が変動し、その後もしわじわ変動して、ケーブルの影響が結構大きい事がわかる(前々回の原因不明の変動もケーブルの可能性があるので、望遠鏡架台上で配線するときは、何らかの方法でケーブルを固定する必要があるが、結構固定方法を気に遣わないといけな感じだ。単純に、トラス棒に結束バンドで固定したらどうなるか、茶～水色のケーブルを実際にトラス棒に固定して確認してみる。

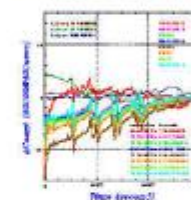
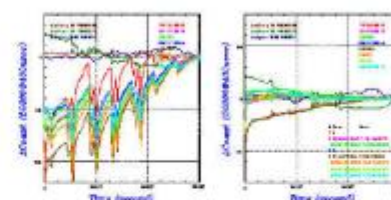


前回の補正係数と同じ係数で補正を続けた所、始めの4日間程度は大体補正できたが、後半に大きく変化が生じた。温度の影響を受けて変化したようなので、環境パラメータに対する最小2乗係数を再度調べてみる。



上図左が温度と湿度に対する最小2乗fit結果。このセンサでも、対向板との距離

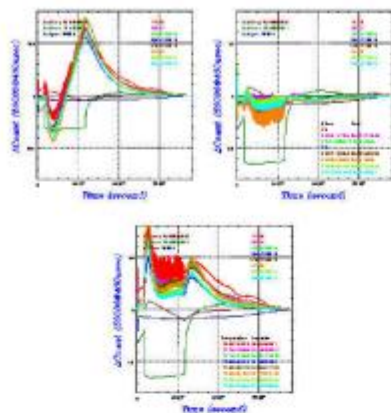
隔は温度に対する挙動にある程度の影響を与えるのみで、湿度に対する挙動には関係していないようだ。ただ、茶～水色のセンサの方が温度に対する係数が大きく出ているのは、ケーブルをトラス棒に固定した影響が出ている可能性も考えられる。対向板との間隔が1.5mmの高と水色のセンサ値を用いて、他のセンサのカウントを補正すると、温度の影響がほぼキャンセルされ、上図右のようになる。しかし、この2つのセンサの何が違うのか、原因ははっきりしないので、今のところはたまたま温度がうまくキャンセルできているとしか言えない。対向板との距離が変わると、どの程度結果が変化するかを見るため、0.1mmと1mmのシムを入れ替えて対向板の傾斜を逆転させて計測を続ける。



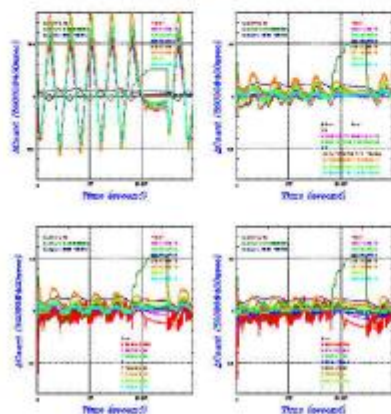
傾斜が逆の今回の結果とは赤と青の立場が完全に逆転し、今度は赤の振る舞いが特殊となり、青のみで大体補正できる状態となった(補正係数は、後半の85万～65万secの部分で算出したもの)。今回は、後半の4つは茶色以外は特に違いがあるようには見え、ケーブルをトラス棒に固定した影響は限さそう。再度、温度・湿度に対する補正係数を算出すると、間隔が狭い方が温度の影響を受けている感じだ。前回の結果も、緑と青の係数以外では間隔が狭いほど温度の影響を受けやすいという傾向なので、前回の緑と青が特殊な結果だったと考えるべきようだ。恒温槽が停止する際に温度が急上昇するので、それを利用して温度の影響を調べることにし、恒温槽での試験に移行する。

●その2

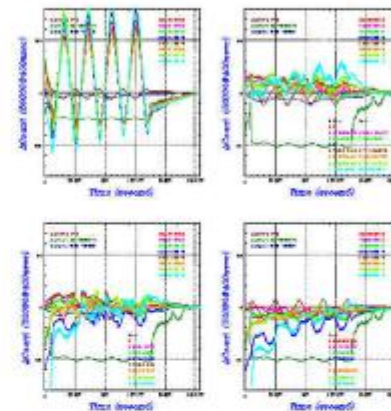




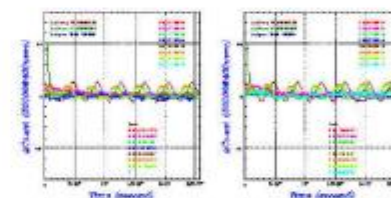
最も隙間の狭い1番のセンサに、恒温槽の振動が大きく乗ってしまう。また、湿度変化が大きいため、隙間が狭いセンサに対しては1番のセンサとの相関が強くなるようだが、1番のセンサの振る舞いは今回はやや特殊なため、補正時にその影響が残ってしまっている。とにかく、梱包材を下に入れて、振動の影響を軽減してみる。



ある程度は緩和されたが、赤には結構振動の影響が出ている。湿度・温度の影響ともまずまず補正できそうだという事が確認できた。湿度の影響が少ないので、これなら参照センサは1個でもなんとかなりそうだったので、青、水色、それぞれで補正してみた。青の湿度変化は他のセンサに比べて最も変化のタイミングがずれているものだったようで、より平均的な水色での補正のほうがうまく補正できることがわかる。次に、傾斜を逆転させて様子を見る。

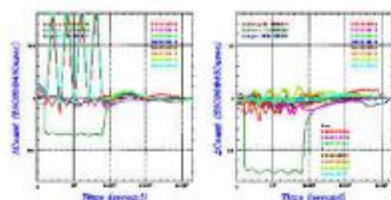


こちらは、結構0.2mmの方の影響が大きく出ている。間隔1mmの赤と茶でそれぞれ補正してみた所、青と水色は結構変化の位相がずれているようだ。恒温槽内部での位置なのか、接着材の量なのか原因は不明だが、湿度変化に数秒のずれがあるようだ。今度は、全体の間隔を1mmにして温度変化の時間差を調べてみる。

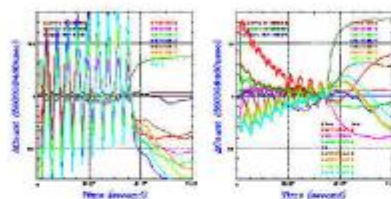


水色と青で別々に試してみたが、橙と黄緑以外は、青が少しずれている程度で、大体温度変化には時間差は無さそう。次に間隔を0.2mmにして違いを見る。

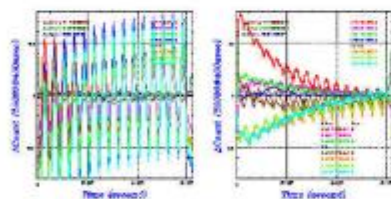
ここで、音声モニタシステムの仕事で実験用PCを使ったので、一週間で中断となった。とりあえず状況確認のため間隔は1mmのまま再開。



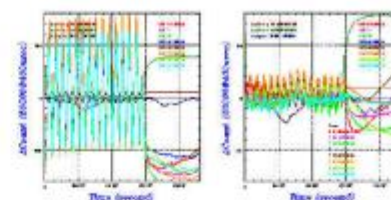
補正係数の値は大体同じだったので、状況はあまり変化していない事が確認できた。赤のセンサが最後の方で不安定になった。近くのピンクや茶色のセンサの値は問題ないので、物理的に対向板が動いたものではないことはわかるが、原因は不明。間隔を0.2mmに変更して継続する。



やはり、間隔が狭いと響性の差が大きくなるが、赤系の色に対し、青系の色の方が温度変化の影響を大きく受けている傾向があるので、対向板全体の傾斜が温度変化により微小に変化している可能性がある。但し、赤に限っては1回目の冷却で非常に大きく変動し、その後徐々に変化量が減る傾向にある。前回の最後の方に発生したセンサの異常が徐々に回復した印象だ。赤のセンサは、一番最初にコネクタを挿す際にミスッと言わせたので、それが原因で不安定になってしまった可能性はある。また、恒温槽を停止させた時がたまたまほぼ最低温に近い状態だったため、全てのセンサにつゆが付いた可能性が高い。その後の振る舞いは全く異なるセンサようになってしまった。乾燥することで回復するのかどうかを見るために、何も状態を変えずに再度同じ試験を繰り返す。



前回の試験での補正係数を変更せずに、そのまま用いて補正した。全体としてのドリフトの傾向は全く同じで、1週間のタイムスケールで同じ事が繰り返される原因がいまいちよく分らないが、間隔が狭い時にしかこの長期ドリフトは現れないのと、前回の後半の変化が水蒸気の吸着によるものだとすると、全体の傾向と合っていることから、表面に水蒸気などの分子がくっついてそれが徐々に離れていくという現象のようにも見える。



再び、恒温槽試験の初めの状態とはほぼ同じ状態(但し、一番狭い時の間隔がやや広いに戻して再現性を見る。ケーブルの状況がかなり変化したにも拘らず、青を基準とした時の補正係数はそれほど大きくは変わっていないので、まずは再現している感じ。やはり大きな温度変化はどうしようもない感じ。ここまでの試験で、緑のセンサがまずまず平均的な振る舞いをしているため、緑のセンサを外して対向板の裏側に1mmスペーサをはさんで接着し、基準とする。シムに対する接着点が離れているので温度変化に対する伸縮が心配だが、とりあえずこれ以外の接着方法を思い浮かばなかったのでこれで試してみることにする。固化まで1日待つ。



iwamuro@kusastro.kyoto-u.ac.jp