

小型メモリー水温計Tidbitの誤差とその検定・補正*1

鹿熊信一郎

1. 目的及び内容

モズク養殖の作柄と海洋環境の関係解明、網出し時期の決定に沖縄各地の水温情報は重要である。また、1998年夏、沖縄各地で発生したサンゴの白化現象の解明・対策にも水温情報は役に立つ。各地の水温をモニタリングするには、連続して水温を測定できるメモリー式水温計を多数設置する方法が優れている。オンセットコンピューター社の小型メモリー水温計Tidbitは、比較的安価で操作も容易である。このTidbitの誤差と検定・修正方法を示す。

2. 材料及び方法

Tidbitは、直径30mm、厚さ16mm、重量18gのボタン型水温計である。内蔵バッテリーの寿命は一般的な使用条件で5年（交換不可）である。メモリー容量は1時間に1回の測定で3年以上、10分間に1回で225日（再計測可）である。水温計の設定や測定データの読み取りは、パソコン、専用ソフト、ケーブルを用いて光通信で行う。水中でデータの読み取りが可能なシャトルも準備されている。耐圧深度は300mである。

今回、計測範囲が $-5 \sim +37^{\circ}\text{C}$ のモデルTBI32-05:73個の検定を行った。メーカー仕様書では、最大読み取り誤差は $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ となっている。

メモリー水温計で考えられる誤差には：

- a. どの温度でも一定の誤差（以後、器差と呼ぶ）；
- b. 温度によって変化する誤差；
- c. 読み取り能力に起因する誤差；
- d. 内蔵電池の電圧によって変化する誤差；
- e. 温度センサーまでの熱伝導の遅れに起因する誤差；
- f. プラス、マイナスにランダムにおこる誤差で、検定によって修正できない内在的誤差（メーカー

のマニュアルではResidual errorとされ、最大 0.05°C となっている）

等が考えられる。これらの誤差を調べるため、次の方法で水温を測定した。

三洋電機社の植物組織培養キャビネットMLR-350T（外形寸法 $760 \times 700 \times 1825\text{mm}$ のキャビネット、内部温度を $0 \sim +50^{\circ}\text{C}$ の範囲、 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ の精度で調節できる）を恒温容器として使用した。内部温度は16、20、22、24、26、28、30、 34°C の順に8回設定した。約20リットルの容器に水道水、Tidbit64個*2、標準水温計を入れ、氷か温水で各設定温度に調整した後MLR-350Tに収容した。Tidbitの測定間隔は15秒に設定した。各設定温度について、設定の20-30分後に標準水温計の値を記録した。

また、追加試験として、Tidbit16個およびアレック電子社のメモリー水温計MDST3個の比較をおこなった。測定間隔は1分間に設定した。

3. 結果及び考察

(1) 基準値

Tidbit測定温度と標準水温計の読みとり値との差を図1に示した。全512データの誤差絶対値の平均は、 0.14°C 、標準偏差も 0.14 だった。設定温度 24°C のときマイナスの誤差が大きく、標準水温計の読みとりの際、誤差が生じた可能性がある。設定温度が高いほど誤差がプラス側になる傾向があった。そこで、設定温度を逆に高い方から下げる方法でもう一度試してみたところ、この傾向は明瞭でなくなった。Tidbitの誤差を標準水温計の少ない読みとり値（8回）で検定することには限界があると思う。

図2にMDSTとTidbitの測定値平均の差を示した。Tidbitは温度センサーがプラスチックで覆われているため、周囲の温度が変わっても、これに反応する

*1 新漁業管理制度推進情報提供事業の一環

*2 Tidbitは、容器内の温度差の影響を少なくするよう底に並べた。

まで時間がかかる。このため、設定温度を変えた直後に大きな温度差が生じてしまった。他のメモリー水温計の測定値を基準値に使うと、新たな誤差を生じる恐れがある。そこで、温度によって変化する誤差特性は無視し、誤差を検定する基準値はTidbit測定値の平均値を使うことにした。検定をおこなうTidbitの数が少ないときは誤差の絶対値が不正確となる恐れもあるが、相対的な誤差は知ることができる。

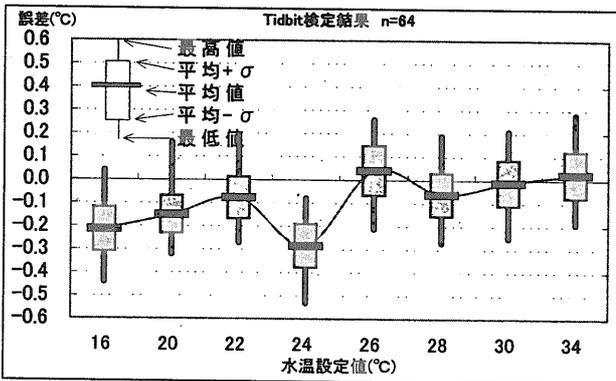


図1 Tidbit測定温度と標準水温計の値の差

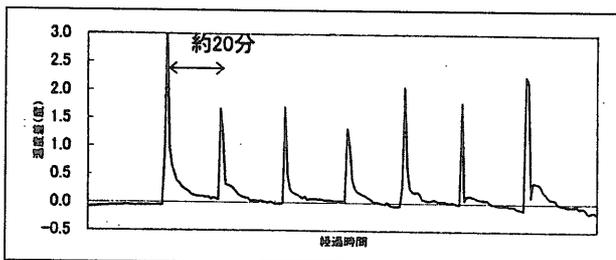


図2 MDSTとTidbitの測定値の差

(2) 器差

40個のTidbitの設定温度における測定値と基準値との差を図3に示した。点線（基準値）からの偏差が誤差を表す。個々のTidbitによって、全温度帯にわたり誤差がプラスかマイナスどちらかに偏っているものがある。この偏りを器差と判断してよいと思う。

容器内水温が比較的安定している間（全1082回測定のうち799回）のTidbit平均値と各Tidbit測定値の差を計算し、この平均をそのTidbitの器差とした。器差絶対値の平均は0.06°Cだった。

64個のうち器差が0.1°C以上だった13個（20%）は、8回の設定水温での誤差絶対値平均：0.129が、

器差を補正すると0.035になった。器差が0.05-0.1の13個では、0.048が0.028になった。器差0.05以下の38個は、0.039が0.04と逆に大きくなった。器差が大きいもの（例えば0.1°C以上）だけ補正するべきと思う。

16°C~34°Cの範囲では、温度によって誤差が変化する傾向は明瞭には認められなかった。このため、器差を求める検定は、温度変化の小さい場所で、クーラーボックス等に室温付近に調整した水とTidbitを入れておこなってもさしつかえないと思う。^{*1}

(3) 読み取り能力に起因する誤差

図4に設定温度20°Cにおける3つのTidbitの測定値を示した。水温が安定しているにもかかわらず、測定値が0.1°C以上ステップ状にジャンプすることが頻繁にある。

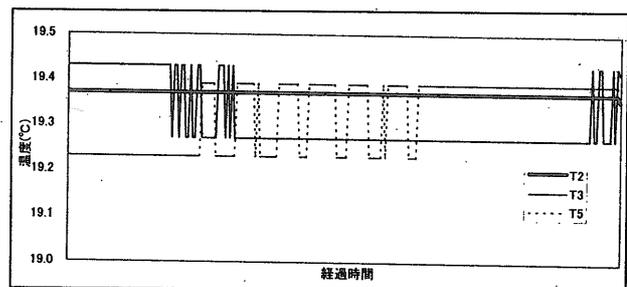


図4 設定温度20°Cにおける3つのTidbitの測定値

Tidbitは、測定範囲（このモデルでは-5°C~+37°C）内を255段階で水温を読み取る。単純に範囲を段階数で割ると0.16°Cになる。水温がこの段階の中間付近にあっても、その上下どちらかの段階の数値しか記録できない。この誤差は最大0.08°C程度になる。そこで、測定間隔を短くし、前後の測定値を移動平均することでこの誤差を補正するべきであると思う。1時間に1回の水温データが必要なら、測定間隔を10分間にして、前後3回、計7回（60分間）の移動平均値を1時間ごとの測定値とする方法が良いと思う。^{*2}

10分間隔で測定するメリットを検証するため：

*1 メーカーのマニュアルには、冷蔵庫で水と氷を使い、氷点で検定する方法も紹介されている。

*2 Tidbitには、multiple sampling という機能があり、1時間に1回の記録の際、100回（36秒に1回）の測定値を平均して記録することも可能である。しかし、この場合消費電力が大きくなり電池の寿命が1/4に下がるため、良い方法とは言えない。測定間隔が10分間と60分間とでは、消費電力に大きな差はないとのことである。

①1998年7月、MDSTにより知念地先モズク養殖場で測定した値(10分間隔)を実際の水温と仮定した(4464データ);②この水温に、乱数を使って最大±0.05℃の内在的誤差を加えた;③読みとり能力を0.2℃として測定値を計算した(T);④前後3回の測定値を移動平均した(Tavg)。1時間ごとの値(744セット)を比較した結果、実際の水温(t)と

Tとの誤差絶対値平均は0.056℃、tの前後3回移動平均値(tavg)とTとでは0.06、tとTavgとでは0.035、tavgとTavgとでは0.024だった。10分の測定間隔のほうが誤差は小さかった。また、狭い海域内(例えば養殖場の沖側と岸側等)で短時間の水温変化を知りたい場合にも、短い測定間隔のほうが有利である。

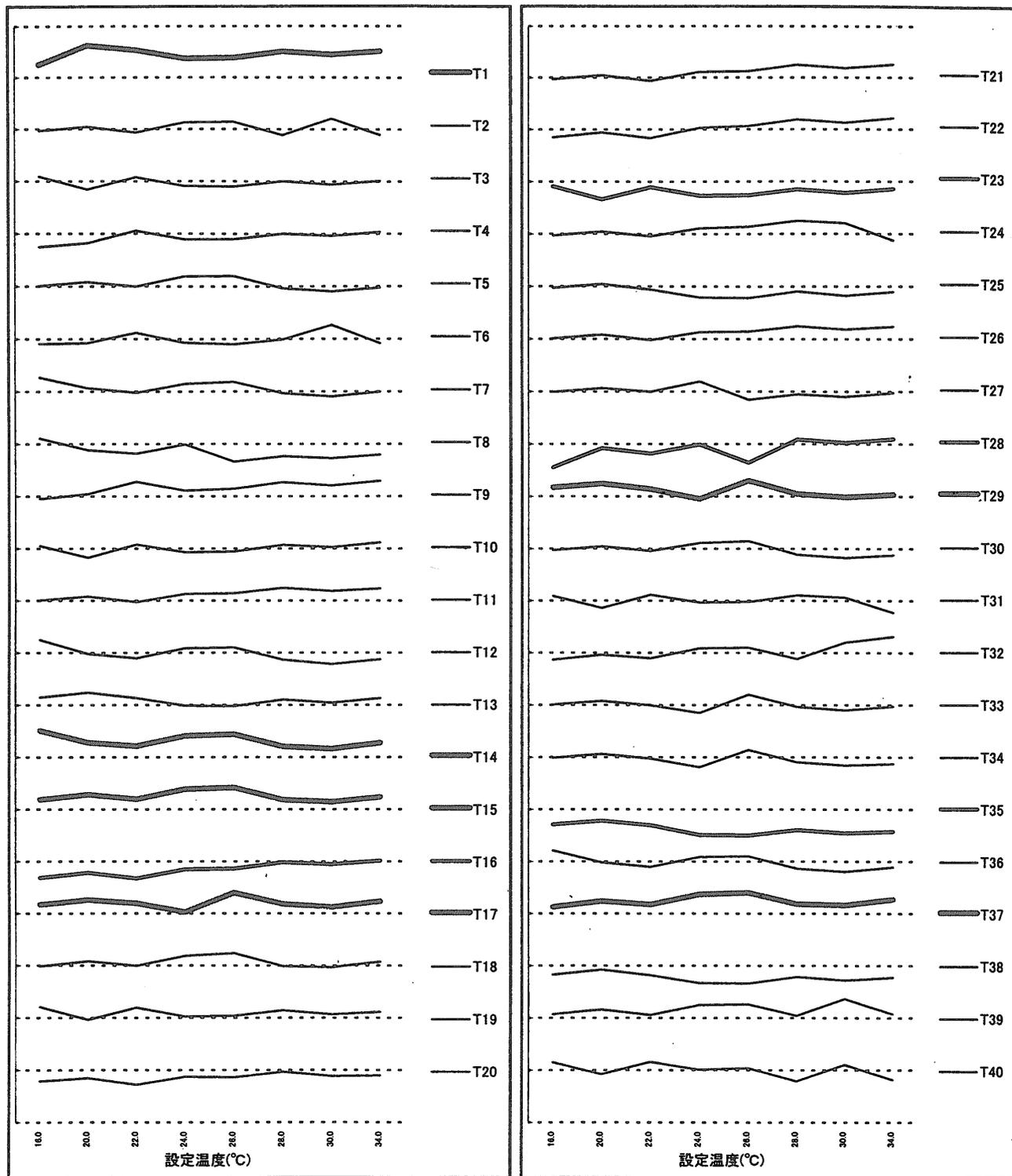


図3 Tidbit(40個)の測定値と基準値との差:点線からの偏差が誤差。点線と点線の間隔は0.5℃。器差が±0.1℃以上のものは太い線。