

CAPS2002 地上乱流観測にあたっての問題点

石田祐宣 (弘大・理工学部 地球環境学科), 樋口篤志 (名大・地球水循環研究センター), 田中賢治 (京大・防災研 水資源研究センター), 玉川一郎 (岐大・流域圏科学研究センター)

1 はじめに

観測には問題発生や失敗がつきものであるが、これを今後観測をよりスムーズにするため、さらには失敗を起こさないために記録して蓄積おくことは重要である。ここでは、CAPS2002 の観測時に問題になった点を記し、次の年の観測 (CAPS2003) に活かされたものと、今後の課題として残されたものについて項目ごとにまとめる。

2 地上乱流観測機材の集約

本プロジェクトは、先に玉川氏が触れているように研究者が自発的に観測機材や労力を出し合って観測を行ってきた。よって様々な機種 of 計測機を用いて観測することになるが、必ずしも機材の所有者が現場にいるとは限らない。機種の違いにより取り扱い方法が異なり、また記録計が独立しているため様々な機種 of 取り扱いに精通している者でなければセッティングや問題が発生したときの修正は困難を極める。前者 (セッティング) に関してはマニュアルがあれば問題ないが、後者 (観測中に発生する不具合) は発見さえも難しい場合がある。

実際に観測期間中経験した問題点を列記する。

データロガー 1 ファイルもしくは 1 記録媒体への記録が終了しなければデータの Quality Check ができない。つまり問題の発見が遅れる。

⇒ 各機材に対してオシロスコープがあればベストであるが現実的には不可能に近いので、生出力値や生波形データを簡単にモニターできるデータロガーの使用が望ましい。CAPS2003 ではそのようなデータロガーをできるだけ揃えた。(一方で残念ながらその様なデータロガーに高品質のものは少ない)

超音波風速温度計 風速の水平成分 u, v や温度 T に関しては、その出力平均値を求めればおおよそ計測機が正常に機能しているかがわかる。しかし風速の鉛直成分 w はその平均値がほぼ 0 である。例えば故障や断線などで出力が 0 で、さらにそこにノイズが乗っている状況では単に平均値や波形を眺めただけでは問題が発見できない。一方で w は本プロジェクトの第 1 の目的である鉛直フラックスを求めるのに不可欠な観測項目である。

⇒ データロガーの問題とも関係するが、事前に顕熱フラックス $\overline{w'T'}$ をはじめとする 2 次程度の乱流統計量を各 run に対して計算できるように準備しておくことが必要である。特に顕熱フラックスは、天候状態で大体の傾向は予測でき、また今回の観測のように多数のサイトがある場合、サイト間の

比較を行えばチェックが楽になる。CAPS2003 では、サイト数が多いので処理に手間取ったが $\overline{w'T'}$ のみを現地であるべくチェックするよう心掛けた。計算の際は、ロガーの各チャンネルのチェックであることより、通常フラックスを正確に求めるための座標回転や各種補正を行わないべきである。

赤外線オープンパス湿度変動計 最新の計測機であれば出力が水蒸気密度の絶対値であり、時定数が長く信頼性のある容量式湿度計を隣接させておけばチェックが比較的容易であるが、旧式の湿度変動計で highpass filter が掛けられた出力の計測機は、上記 w の場合と同じ問題を抱える。

⇒ 超音波風速温度計の項に記載した方法とほぼ同様の処理が必要である。すなわち、水蒸気フラックス $\overline{w'q'}$ の計算がチェックに重要である。CAPS2003 では、極力水蒸気密度の絶対値が出力できる型の計測機を集め、容量式湿度計の出力との平均値比較及び $\overline{w'q'}$ の計算を現地で行った。

3 データロガーの時刻遅れ

CAPS2002 では、地上乱流計測機の水平設置間隔を 100~200m とし、領域全体が 500×1,500m であった。常時観測とは異なり集中観測だったため観測データを 1ヶ所に集める設計は断念し、各サイトに記録計を設置することにした。

Plume 等乱流構造を追尾する場合には時刻情報が重要となるため、各サイトのデータロガーの時刻が統一されている必要がある。そこで、現場に滞在する者が電波時計を基準に各データロガーの時刻を修正する方法をとった。一方頻繁に時刻あわせを行うと、修正を行った時刻のデータが含まれる部分が無効になってしまうため、主に航空機観測を行う集中日直前のみロガーの時刻修正を行い、他の日はロガーの時刻ずれ (遅れ, 進み) の記録をし、データ処理時に時刻補正を行うこととした。

各サイトのデータロガーの時刻ずれを図 1 と表 1 に示した。途中データが不連続になっている部分は、時刻のずれを修正した箇所である。最も時刻ずれの少ないデータロガーは TEAC 社製のもので、PC 等を必要としないスタンドアロンのタイプであった。PC を必要とするタイプのものうち、特に PC の時計を使って時刻を記録するタイプのものは直接 PC の時計精度が影響しずれが大きくなった。なお、各サイトで用いたデータロガーは玉川氏の報告を参照されたい。

観測期間中の最大平均風速はおおよそ 8(m/s) で北北西の風であった。サイト間の水平距離は短いところで 100m 程度であり、plume や乱流組織構造がこの速度で流されていたとすると、最速でサイト間を約 12s で通

過することになり、多くのサイトで時刻補正を必ず施さなければならないことがわかる。この点はデータ処理の際十分注意しなければならない。CAPS2003では、より細かい構造を見る目的のためサイト間の水平距離は20~30mであったので、計測機が集中する中心部ではサイトが異なっても極力同一の多チャンネルデータロガーを使用した。よって中心部では上記のような時刻ずれの補正の心配はなくなった。

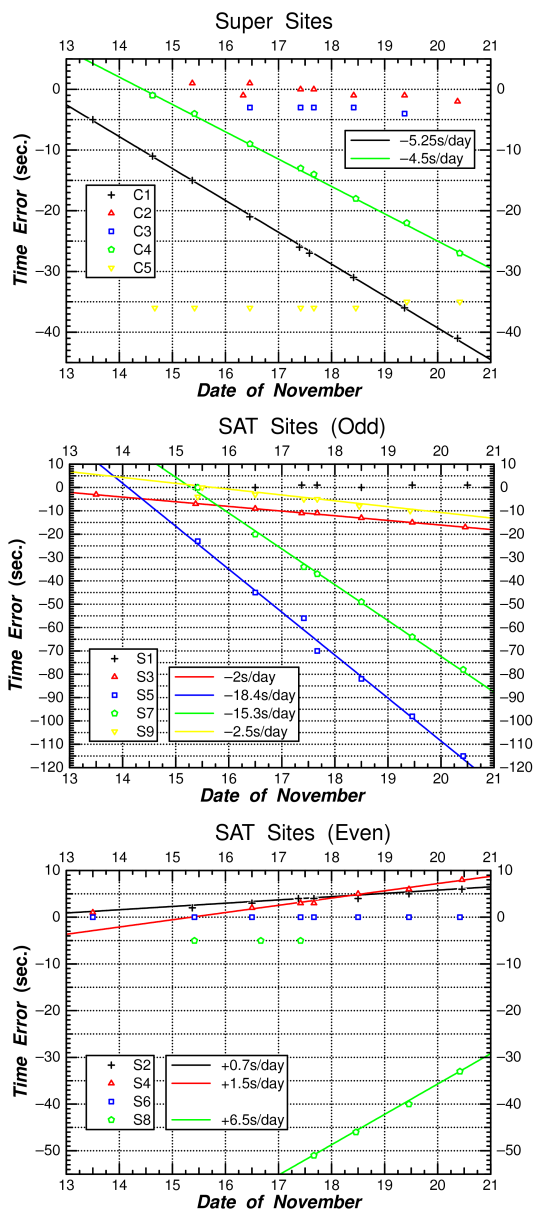


図 1: 各サイトのデータロガー時刻ずれ時系列。負の値は時刻遅れを表す。上段: スーパーサイト, 中段: SAT サイト (奇数列/西寄り), 下段: 同 (偶数列/東寄り)

4 現在までに行われた Quality Check

前に指摘したように観測現場での Quality Check には限界がある。現在までに分かっている超音波風速温度計データ中の回復不能な異常値の情報を表 1 に記した。

表 1: 各サイトの時刻ずれ傾向とデータ品質。負の値は遅れを表す。西・中央・東の列ごとに区分し、各列で上段側が北側に位置する。

サイト	時刻ずれ (trend, Max.)	品質等備考
西の列		
S10	N/A	常設
S1	< +1s/day, +1s	59 分記録 (+1 分書込)
S3	-2s/day, -17s	
S5	-18.4s/day, -115s	50Hz data あり
S7	-15.3s/day, -78s	
中央の列		
C1	-5.25s/day, -41s	w に異常
C2	±2s/day, -10s	
C3	< -1s/day, -3s	
C4	-4.5s/day, -27s	
C5	< -1s/day, -36s	w に異常, 59 分記録 (+1 分書込)
S9	-2.5s/day, -10s	鉛直 1 成分
東の列		
S2	+0.7s/day, +6s	
S4	+1.5s/day, +8s	
S6	< ±1s/day, < ±1s	v に異常
S8	+6.5s/day, -51s	u に時々異常

今回の観測では、現場でデータの異常を発見することが困難であった。風速の鉛直成分 w が異常であったサイトでは、 w の信号が来ておらずデータが平均的に 0 を示していた。連続観測を基本としていたため、測定を継続しながらデータの回収を行う必要があったが、データの回収中にデータが保存されている PC の時計が狂ってしまうことが良くあり、データの回収は多くても 1 日 1 回程度であった。このことを教訓とし、CAPS2003 では観測の焦点を日中に絞り可能なサイトでは夕方には必ずデータを回収し、 $\overline{w'T}$ を計算することで計測機の異常をチェックするよう心掛けた。

5 共通データフォーマット

観測で使用したデータロガーは多岐にわたっているため、データロガーへの出力フォーマットは全く異なっている。そこで、各サイトのデータを一括して処理しやすくするため、共通のデータフォーマットを定めた。その際多くの環境で受け入れやすくするため、下記を原則とした。

- アスキー形式
- データの区切りは空白文字としてなるべく列の先頭を合わせる
- どのサイトでも測定されている項目を若い列に並べる
- ftp 等による download を想定し、データを Zip 形式で圧縮する

このことで、比較的多くの者が使用と思われる MS-Excel を Windows OS 上で使用する環境でも処理が可能であり、一方で C や Fortran を Unix OS 上で使用する環境にも適応できる。

上記に加え、時系列処理をしやすくするためにデータの時間間隔を 0.1s に統一し、ファイル名やデータの配列を次のようにした。

ファイル名 “サイト名”_YYMMDDhh.dat (YY:年,
MM:月, DD:日, hh:時)

1 列目 当日 0:00:00.0 からの通し番号

2 列目 mmss.s (時刻情報; 分秒)

3-6 列目 SAT データ; u, v, w (m/s), T ()
C4 サイトのみ高度が 3 点あるので, 7-10,11-14 列
目は同様に繰り返される

その後の列 水蒸気変動計データ; a (g/m³)

これを基本とし, 各サイトのデータディレクトリには
データの記述方法を記載した Readme.txt ファイルを
置いた .

6 おわりに

ここでは, CAPS2002 の観測で問題となった点につ
いてまとめた . 特に, サイトごとのデータロガーが独立
していて時刻の同期が取れないという状況は観測実施
以前に分かっていたことで, 予定通り電波時計を用い
た時刻チェックや修正を人海戦術で行った . その結果,
データロガーに時刻のずれが確認できたものの, ほと
んどが線形的なずれであり, 後からの補正の必要はあ
るが大きな問題にはならないと思われる . 今後 plume
等の乱流の動的構造をみるような処理の際にはこの補
正に注意を払うべきである .