

第3世代気象・水文観測データ収集・ 公開システムについて

The Third Generation of the Data Collecting System
for Meteorological and Hydrological Measurements

浅沼 順^{*}・野原 大輔^{**}・
原 政之^{***}・寄崎 哲弘^{****}

Jun ASANUMA^{*}, Daisuke NOHARA^{**},
Masayuki HARA^{***} and Akihiro YORISAKI^{****}

I はじめに

基礎科学の発展は応用技術の進化に結びつき、応用技術の展開は基礎科学の進歩に貢献する。このように基礎科学と応用技術は、車の両輪のように同時に進化を遂げていくものであるが、特に近年の地球科学の進歩は、計測技術の発展の恩恵に預かるところが大きいといえよう。人工衛星や航空機からの遠隔探査技術やGIS等の大容量データの蓄積・管理技術、高速計算機によるシミュレーション技術などは、我々科学者にこれまでにない巨視的な地球観をもたらしつつある。

筑波大学陸域環境センターでは、前身の水理実験センター発足当時からセンター構内の水収支・熱収支観測圃場において、地表面の放射・熱・水フラックスに関する長期的かつ連続的な観測を行ってきた(野原・浅沼, 2004 など)。このルーチン観測において日々のデータ収録を担ってきた

のは、1981年6月から1988年11月まで使用されたマイクロコンピュータとカセット磁気テープを中心とした第1世代の気象日報作成装置(古藤田ほか, 1983)と、その後を引き継いで2003年4月まで使用されたラップトップPCとAD変換器を中心とした第2世代(鳥谷ほか, 1989)である。第2世代システムはほぼ15年あまりの間活躍してきたことになるが、システム導入から年月が経ち、老朽化による不具合が生じるようになった。重大な不具合の例として、測定値をアナログ転送で行なっているために転送途中にノイズを含む事例があること、デジタル変換器の内部時計が2000年問題のため約1時間遅れ、調整ができないこと、デジタル化されたデータを処理するパソコン(DOS-V, N88BASIC使用)が老朽化し買い替えにはプログラムの特注が必要なこと、などが挙げられる。修理に必要な交換部品の入手も困難になっており、収集システムの維持管理に支障を

^{*} 筑波大学陸域環境研究センター

^{**} 筑波大学陸域環境研究センター(現:科学技術振興機構)

^{***} 筑波大学地球科学研究科大学院生(現:海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センター)

^{****} (有)クリマテック

来すようになってきた。一方この間、エレクトロニクス技術の発達、AD変換器＝ロガーの小型化・高機能化、個人用パーソナルコンピュータの一般への普及、データ保存方法の格段の進歩、インターネットの世界的な普及などが、我々の野外観測能力を飛躍的に向上させている。

陸域環境研究センターでは、これまでの圃場ルーチン観測で蓄積されたデータをとぎれさせることなく、かつ最新の研究ニーズに応えるような精度良いデータを将来に残すことを目的として、最新のデジタルベースの新しい圃場データ収集・公開システム（第3世代データ収集・公開システム、以下第3世代システム）を導入し、2003年5月1日より運用を開始した。本報告では、第3世代システムの概要を解説するとともに、観測圃場に近年導入された観測資源の紹介を行う。

II 新圃場データ収集システム

1. 主な特徴

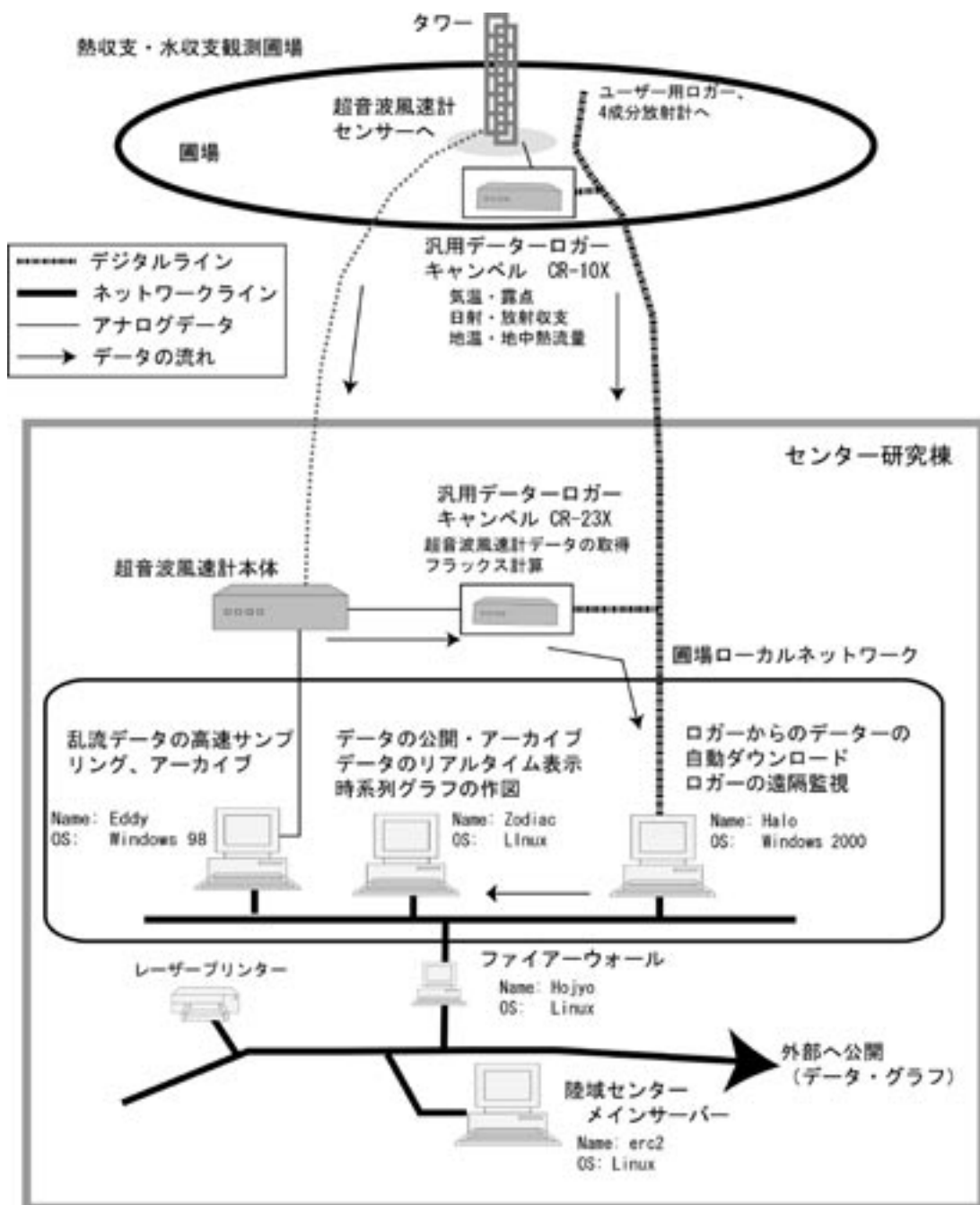
2003年5月1日より運用を開始した第3世代システムの主な特徴は以下の通りである。

- 1) データ収集のコアとなるセンサーからの信号のAD変換とデータの初期処理には、プログラム可能な屋外気象観測用のロガーを使用した。これにより、フレキシブルなデータ収集を行うことが可能となり、将来の測器の追加や変更への対応も可能になる。また、内部メモリーにデータを蓄積できることから、データの転送などに一時的な不具合を生じても、データの欠損が生じない。さらに、汎用的な市販ロガーを用いることにより、将来の部品交換も安価になる。
- 2) 観測圃場から研究棟内のデータ収録室まで、デジタルによるデータ転送を行う。これによって、アナログ転送によるノイズの入り込み等を最低限に抑える。
- 3) データの図化・アーカイブを、一般的に使

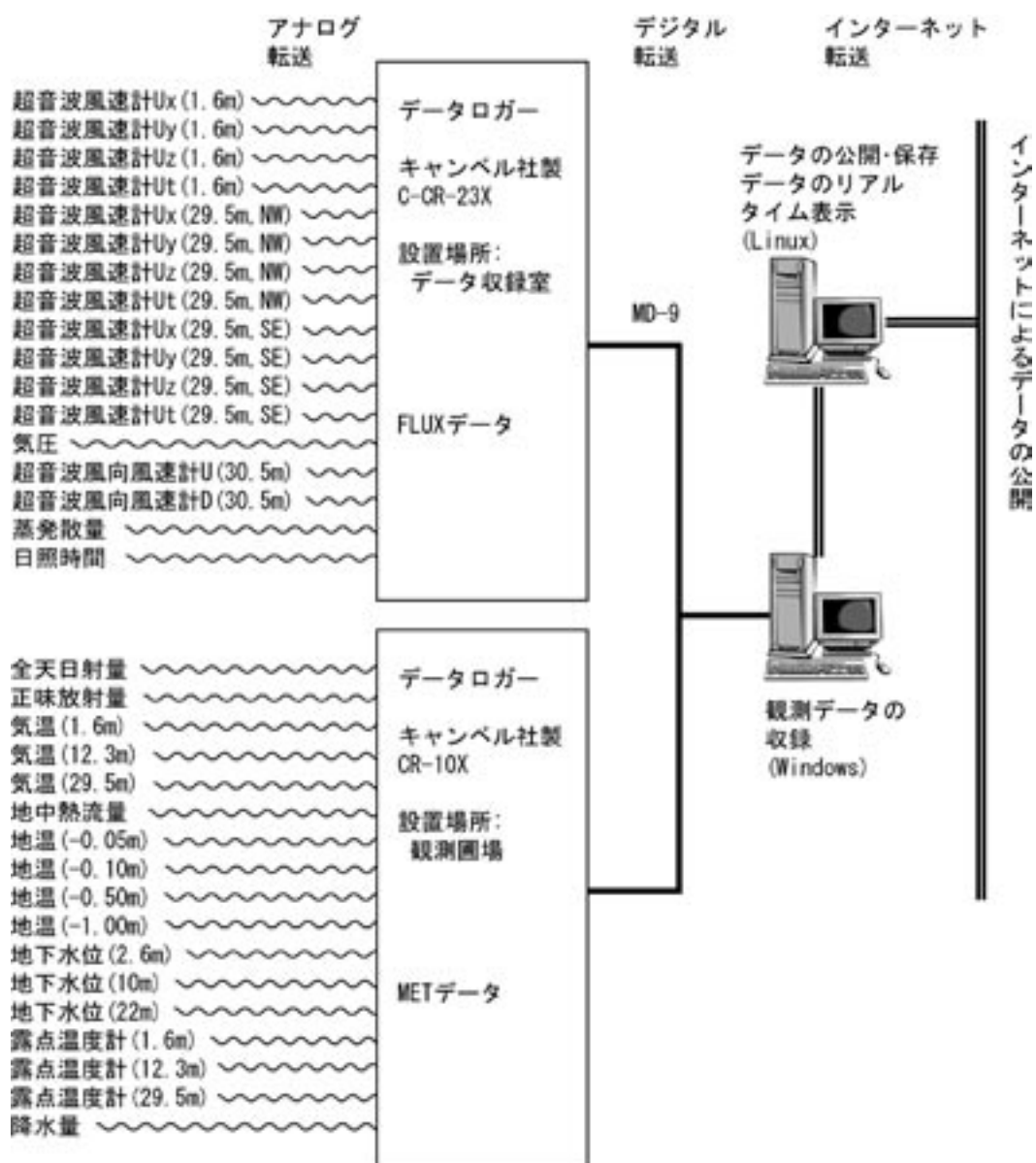
用されているPC-Linux上で全自動で行う。アーカイブされたデータと図化された画像ファイルは、Linux上で運用されているwebサーバーにより、即時にインターネット上で公開することができる。また、外部のサーバーへデータを自動的に転送して、バックアップを取ることができる。安価なPC-Linuxを利用することにより、データの自動処理・自動図化が、管理者の作成するプログラムで比較的手軽にでき、柔軟な管理を比較的ローコストで行うことができる。

- 4) アナログによる記録部を廃し、すべての記録をLinux上のデジタルファイルで行うことにより、ペーパーレス化が可能となり、省資源化にもなる。
- 5) データの図化・アーカイブなどを行うPC-Linux、Windows等のコンピュータは全て、ファイアーウォールに守られた圃場ローカルネットワークに設置されている。このローカルネットワークは観測専用となっているため、外部からの侵入は制限されており、ウィルスやネットワークワームなどの被害から防いでいる。
- 6) 第3世代システムの構成は、それぞれの処理が各個に独立で行われる分散処理型となっており、機器のメンテナンス・修理・更新などは、個々の部分毎に独立して行うことができる。また、データを複数の箇所でも重複して保持しているので、バックアップ体制も容易に確立できる。

第3世代システムを含むセンター圃場の観測システムの概要を第1図に、第3世代システムのデータの流れを第2図に示す。以下では各部位に関する説明を行う。



第1図 第3世代熱収支・水収支観測圃場データ取得・公開システム（2003年5月より運用）とその他の圃場データ収録関連システムの概要



第2図 第3世代熱収支・水収支観測圃場データ取得・公開システムにおけるデータの流れ

第1表 使用ロガーとそれぞれのロガーでの収録項目
ただし＜＞内は平成15年度内に変更あり．詳細は，野原・浅沼（2004）を参照のこと．

ロガー	設置場所	サンプリング間隔	センサー
CR23X	データ収録室	0.1 秒 (10 Hz)	超音波風速計 (3 高度、1.2 m、29.5 m 北東、29.5 m 南西)
		10 秒 (0.1 Hz)	ライシメーター，日照計，＜気圧計＞ ＜超音波風速計 (30.5 m)＞
CR10X	タワー基部	10 秒 (0.1 Hz)	温度計，露点温度計 (3 高度、1.6 m、12.3 m、29.5 m) 日射計，放射収支計，＜気圧計＞ 地中伝導熱計 (2 深度) 地温計 (4 深度、－0.02 m、－0.10 m、－0.50 m、－1.00 m) ＜地下水水位計 (4 深度)＞
		(パルスカウント)	雨量計

2. データの AD 変換と初期処理

センサーからの信号の AD 変換と平均化操作などのデータの初期処理には，Campbell Scientific 社（米国，ソルトレイク）製のロガー，CR-10X と CR-23X を使用した．このロガーは，ユーザーの作成するプログラムによってその動作を制御することができ，また取得データの単純な初期処理を行うことが可能である．CR-23X は CR-10X の上級器であり，乱流計測などの高速サンプリング・高速演算が可能である．

従来の観測データ収集システムでは，観測圃場などで測定されたデータは，アナログ転送によって研究棟内のデータ収録室に送られ，アナログデータ変換器を通して物理量に変換し，コンピュータに収集されてきた（鳥谷ほか，1989）．しかし，このアナログ転送は，電圧差や抵抗値を利用していため，転送距離が 200 m を越え，測定データにノイズが加わり易く，データの質がしばしば低下した．そこで，今回のデータ収集システムの改修では，観測圃場内にデータロガーを置くことにより，測定値をデジタル変換してからデジタル転送とした．研究棟内のデータ収録室までデジタル転送されている超音波風速計の各項目，ライシメーター，そしてデータ収録室で計測している日照時間・気圧（気圧は 2003 年 12 月まで）をデータ収録室に設置した CR-23X にて収集し，その他の気温・湿度などの観測項目は，タワー基

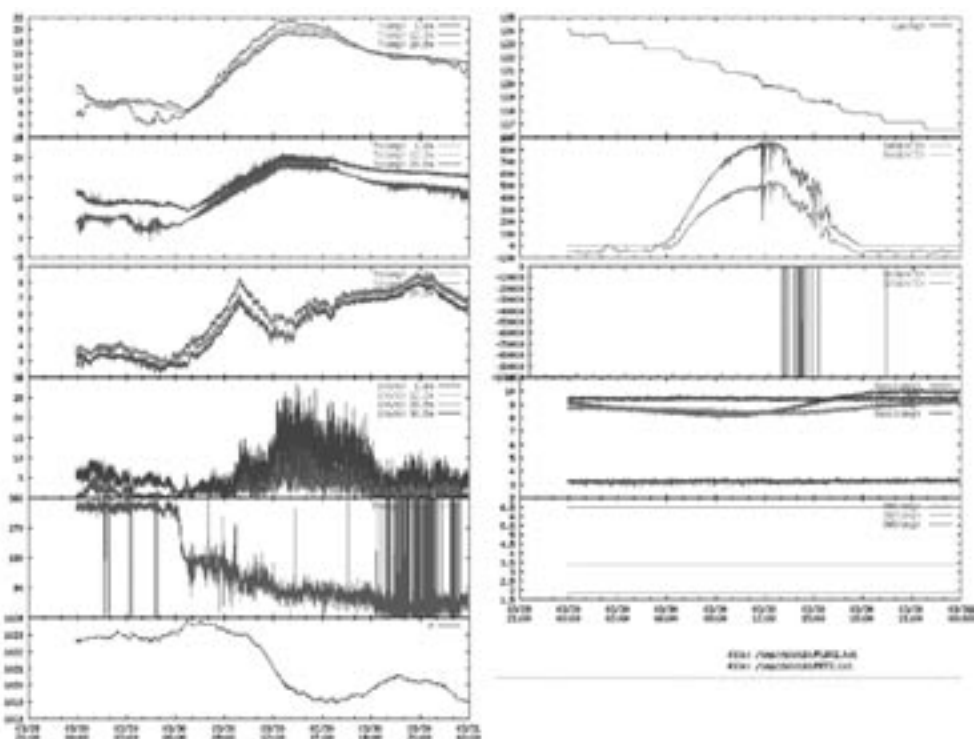
部に設置された CR-10X にて収集する（第1表参照）．データのサンプリングは，超音波風速計の各項目は 10 Hz（0.1 秒間隔），それ以外は 0.1 Hz（10 秒間隔）である．

AD 変換された観測値は，それぞれのロガーで 30 分間，60 分間それぞれの平均値（あるいは積算値）を計算し，ロガー内部のメモリーに一時的に保存される．旧システムではこれまで 60 分平均値が記録されてきたが，近年の地表面フラックスの計算は，データ区間内での時系列トレンドを避けるため 30 分程度で行われることが多い．旧システムからのデータの継続性と最新の研究ニーズの両方を満たすため，30 分間と 60 分間の両方の平均値を出力することとした．また，24 時間毎に毎日の統計値を計算し，ロガー内部のメモリーに保存している．さらに，センサーの動作チェックやデータの品質管理，そして詳細な観測を行いたい研究者のために，いくつかの項目の 10 秒毎のサンプリング値（瞬間値）をロガー内部のメモリーに保存している．これは，超音波風速計の場合は，100 サンプル毎に 1 個の瞬間値を保存していることに相当する．

2 つのデータロガーのそれぞれの内部メモリーに，10 秒値，30 分値，60 分値，24 時間値の 4 種類の瞬間・統計値が保存されていることになる．

第2表 公開データの内容
ただし<>内は平成15年度内に変更あり．詳細は，野原・浅沼（2004）を参照のこと．

ファイル名	収録データ	ロガー名	センサー	保存形式
FLUX.DAT	30 分平均値 60 分平均値 24 時間統計値	CR-23X	＜超 音 波 風 速 計＞， ライシメーター，日照計，＜気圧計＞	連続ファイル
FLUX2.DAT	10 秒瞬間値			1 日 1 ファイル圧縮済み（約 300 KB）
MET.DAT	30 分平均値 60 分平均値 24 時間統計値	CR-10X	温度計，露点温度計，日射計，放射収支計，＜気圧計＞，地中伝導熱計，地温計，＜地下水水位計＞	連続ファイル
MET2.DAT	10 秒瞬間値			1 日 1 ファイル圧縮済み（約 300 KB）
画像ファイル		10 秒値のグラフ，1 日 1 ファイル		



第3図 10秒値のグラフ化の一例（2004年3月29日）
圃場管理者用であるが，必要に応じて一般にも公開可能である．

3. データの転送とアーカイブ

各ロガーに蓄積されたデータは，圃場内および圃場・研究棟間にすでに敷設されているMD9ネットワーク（樋口ほか，1999）を介して，ダウンロードされる．このMD9ネットワークはCampbell Scientific社独自の規格による一

種のシリアル回線であり，ロガー間あるいはロガーとPC間でデータやコマンドの通信を行うネットワークである．データ収録室に設置されたCR-23Xとタワー基部に設置されたCR-10X内に蓄積されたデータは，データ収録室内のWindows PC（Halo, halo, hojyo, terc）上から，

第3表 FLUX.DAT データ（30 分値）の内容とデータ形式
ただし<>内は、平成 15 年度内に変更あり．詳細は、野原・浅沼（2004）を参照のこと．

順番	項目	測定高度	単位	要素
1	130			識別番号
2	Year_RTM		年	年
3	Day_RTM		日	通日 (Day of Year)
4	Hour_Minute_RTM		時分	時分
5	U_4_S_WVT	29.5 m	m/s	<風速（ベクトル平均）>
6	D_Dq_WVT	29.5 m	Degree	<風向（ベクトル平均）>
7	U_1_AVE	1.6 m	m/s	平均風速（1.6 m）
8	U_2_AVE	29.5 m	m/s	平均風速（29.5 m, NW）
9	U_3_AVE	29.5 m	m/s	平均風速（29.5 m, SE）
10	UW_1	1.6 m	m ² /s ²	運動量フラックス（1.6 m）
11	UW_2	29.5 m	m ² /s ²	運動量フラックス（29.5 m, NW）
12	UW_3	29.5 m	m ² /s ²	運動量フラックス（29.5 m, SE）
13	WT_1	1.6 m	℃m/s	顕熱フラックス（1.6 m）
14	WT_2	29.5 m	℃m/s	顕熱フラックス（29.5 m, NW）
15	WT_3	29.5 m	℃m/s	顕熱フラックス（29.5 m, SE）
16	ET_30 mm	0.0 m	mm	前 30 分蒸発散量
17	ET_kg_now	0.0 m	kg	ライシメータ重量
18	AP_hPa_AVE	5.0 m	hPa	<平均気圧> ※ MET.DAT へ移動
19	N_TOT	8.0 m	min	日照時間
20	Smp1_old			10 Hz データカウント数

第4表 FLUX.DAT データ（60 分値）の内容とデータ形式
ただし<>内は、平成 15 年度内に変更あり．詳細は、野原・浅沼（2004）を参照のこと．

順番	項目	測定高度	単位	要素
1	160			識別番号
2	Year_RTM		年	年
3	Day_RTM		日	通日 (Day of Year)
4	Hour_Minute_RTM		時分	時分
5	U_4_S_WVT	29.5 m	m/s	<風速（ベクトル平均）>
6	D_Dq_WVT	29.5 m	Degree	<風向（ベクトル平均）>
7	U_1_AVE	1.6 m	m/s	平均風速（1.6 m）
8	U_2_AVE	29.5 m	m/s	平均風速（29.5 m, NW）
9	U_3_AVE	29.5 m	m/s	平均風速（29.5 m, SE）
10	UW_1	1.6 m	m ² /s ²	運動量フラックス（1.6 m）
11	UW_2	29.5 m	m ² /s ²	運動量フラックス（29.5 m, NW）
12	UW_3	29.5 m	m ² /s ²	運動量フラックス（29.5 m, SE）
13	WT_1	1.6 m	℃m/s	顕熱フラックス（1.6 m）
14	WT_2	29.5 m	℃m/s	顕熱フラックス（29.5 m, NW）
15	WT_3	29.5 m	℃m/s	顕熱フラックス（29.5 m, SE）
16	ET_30 mm	0.0 m	mm	時間蒸発散量
17	ET_kg_now	0.0 m	kg	ライシメータ重量
18	AP_hPa_AVE	5.0 m	hPa	<平均気圧> ※ MET.DAT へ移動
19	N_TOT	8.0 m	min	日照時間
20	Smp1_old			10 Hz データカウント数

第5表 FLUX.DAT データ（24 時間値）の内容とデータ形式
ただし＜＞内は、平成 15 年度内に変更あり．詳細は、野原・浅沼（2004）を参照のこと．

順番	項目	測定高度	単位	要素
1	124			識別番号
2	Year_RTM		年	年
3	Day_RTM		日	通日 (Day of Year)
4	Hour_Minute_RTM		時分	時分
5	U_4_S_WVT	29.5 m	m/s	＜風速（ベクトル平均）＞
6	D_Dq_WVT	29.5 m	Degree	＜風向（ベクトル平均）＞
7	U_1_AVE	1.6 m	m/s	平均風速（1.6 m）
8	U_2_AVE	29.5 m	m/s	平均風速（29.5 m, NW）
9	U_3_AVE	29.5 m	m/s	平均風速（29.5 m, SE）
10	UW_1	1.6 m	m ² /s ²	運動量フラックス（1.6 m）
11	UW_2	29.5 m	m ² /s ²	運動量フラックス（29.5 m, NW）
12	UW_3	29.5 m	m ² /s ²	運動量フラックス（29.5 m, SE）
13	WT_1	1.6 m	℃m/s	顕熱フラックス（1.6 m）
14	WT_2	29.5 m	℃m/s	顕熱フラックス（29.5 m, NW）
15	WT_3	29.5 m	℃m/s	顕熱フラックス（29.5 m, SE）
16	ET_30 mm	0.0 m	mm	日蒸発散量
17	ET_kg_now	0.0 m	kg	ライシメータ重量
18	AP_hPa_AVE	5.0 m	hPa	＜平均気圧＞ ※ MET.DAT へ移動
19	N_TOT	8.0 m	min	日照時間

第6表 FLUX2.DAT データ（10 秒値）の内容とデータ形式
ただし＜＞内は、平成 15 年度内に変更あり．詳細は、野原・浅沼（2004）を参照のこと．

順番	項目	測定高度	単位	要素
1	210			識別番号
2	Day_RTM		日	通日
3	Hour_Minute_RTM		時分	時分
4	Seconds_RTM		秒	秒
5	U_4	29.5 m	m/s	＜風速（ベクトル平均）＞
6	D	29.5 m	Degree	＜風向（ベクトル平均）＞
7	Uz_1	1.6 m	m/s	風速 z 成分（1.6 m）
8	UT_1	1.6 m	℃	温仮温度（1.6 m）
9	Ux_1	1.6 m	m/s	風速 x 成分（1.6 m）
10	Uy_1	1.6 m	m/s	風速 y 成分（1.6 m）
11	Uz_2	29.5 m	m/s	風速 z 成分（29.5 m, NW）
12	UT_2	29.5 m	℃	温仮温度（29.5 m, NW）
13	Ux_2	29.5 m	m/s	風速 x 成分（29.5 m, NW）
14	Uy_2	29.5 m	m/s	風速 y 成分（29.5 m, NW）
15	Uz_3	29.5 m	m/s	風速 z 成分（29.5 m, SE）
16	UT_3	29.5 m	℃	温仮温度（29.5 m, SE）
17	Ux_3	29.5 m	m/s	風速 x 成分（29.5 m, SE）
18	Uy_3	29.5 m	m/s	風速 y 成分（29.5 m, SE）
19	ET_kg_now	0.0 m	kg	ライシメータ重量
20	AP_hPa	5.0 m	hPa	＜気圧＞ ※ MET.DAT へ移動

第7表 MET.DAT データ (30 分値) の内容とデータ形式
ただし<>内は、平成 15 年度内に変更あり．詳細は、野原・浅沼 (2004) を参照のこと．

順番	項目	測定高度	単位	要素
1	I30			識別番号
2	Year_RTM		年	年
3	Day_RTM		日	通日 (Day of Year)
4	Hour_Minute_RTM		時分	時分
5	I	1.5 m	W/m ²	全短波放射量
6	Rn	1.5 m	W/m ²	正味放射量
7	G1	− 0.02 m	W/m ²	地中熱流量 (− 0.02 m)
8	G2	− 0.1 m	W/m ²	地中熱流量 (− 0.1 m)
9	T_1	1.6 m	℃	気温 (1.6 m)
10	T_2	12.3 m	℃	気温 (12.3 m)
11	T_3	29.5 m	℃	気温 (29.5 m)
12	ST_1	− 0.02 m	℃	地温 (− 0.02 m)
13	ST_2	− 0.10 m	℃	地温 (− 0.10 m)
14	ST_3	− 0.50 m	℃	地温 (− 0.50 m)
15	ST_4	− 1.00 m	℃	地温 (− 1.00 m)
16	GW_1	− 2.2 m	m	<地下水位 (− 2.2 m)> ※ GW_4 へ移行
17	GW_2	− 10.0 m	m	地下水位 (− 10 m)
18	GW_3	− 22.0 m	m	<地下水位 (− 22 m)> ※運用中止
19	TD_1	1.6 m	℃	露点温度 (1.6 m)
20	TD_2	12.3 m	℃	露点温度 (12.3 m)
21	TD_3	29.5 m	℃	露点温度 (29.5 m)
22	P_mm_TOT	0.3 m	mm	降水量
23	RH_1_AVE	1.6 m	%	相対湿度 (1.6 m)
24	RH_2_AVE	12.3 m	%	相対湿度 (12.3 m)
25	RH_3_AVE	29.5 m	%	相対湿度 (29.5 m)
26	AP_hPa	0.5 m	hPa	<気圧>
27	GW_4	− 2.2 m	m	<地下水位 (− 2.2 m)>

専用ソフト (PC-208W) を用いて定期的 (5 分毎) にダウンロードされる．ダウンロードは、Halo のハードディスクに加えて、Halo 上にマウントされた PC-Linux (Zodiac, zodiac. hojyo. terc) のハードディスク上に保存される．2 つのコンピュータにデータを 2 重にダウンロードしていることで、データのバックアップを行っていることになる．

ファイルへの保存は、30 分値、60 分値、24 時間値を 1 つのファイルに保存し、10 秒値を 1 つのファイルに出力している．CR-23X と CR-10X それぞれから、2 種類のファイルにダウンロード

されるので計 4 種類のファイルが作成されることになる．これらのファイルは、第 2 表のように命名されている．この 4 種類のファイルに保存されている計 8 種類の収録データの出力形式を第 3 表から第 10 表に示す．

これらのファイルは、後に述べるようにダウンロードと同時に Web サーバー上で一般に公開されるとともに、図化・アーカイブの対象となる．

まず、10 秒値データ (FLUX2.DAT, MET2.DAT) は、毎日の午前 0 時に前日のデータがグラフ化 (第 3 図) される．グラフ化には Gnuplot を使い、出力形式は GIF ファイルである．この

第8表 MET.DAT データ（60 分値）の内容とデータ形式
ただし＜＞内は、平成 15 年度内に変更あり．詳細は、野原・浅沼（2004）を参照のこと．

順番	項目	測定高度	単位	要素
1	160			識別番号
2	Year_RTM		年	年
3	Day_RTM		日	通日 (Day of Year)
4	Hour_Minute_RTM		時分	時分
5	I	1.5 m	W/m ²	全短波放射量
6	Rn	1.5 m	W/m ²	正味放射量
7	G1	－ 0.02 m	W/m ²	地中熱流量 (－ 0.02 m)
8	G2	－ 0.1 m	W/m ²	地中熱流量 (－ 0.1 m)
9	T_1	1.6 m	℃	気温 (1.6 m)
10	T_2	12.3 m	℃	気温 (12.3 m)
11	T_3	29.5 m	℃	気温 (29.5 m)
12	ST_1	－ 0.02 m	℃	地温 (－ 0.02 m)
13	ST_2	－ 0.10 m	℃	地温 (－ 0.10 m)
14	ST_3	－ 0.50 m	℃	地温 (－ 0.50 m)
15	ST_4	－ 1.00 m	℃	地温 (－ 1.00 m)
16	GW_1	－ 2.2 m	m	＜地下水位 (－ 2.2 m)＞ ※ GW_4 へ移行
17	GW_2	－ 10.0 m	m	地下水位 (－ 10 m)
18	GW_3	－ 22.0 m	m	＜地下水位 (－ 22 m)＞ ※ 運用中止
19	TD_1	1.6 m	℃	露点温度 (1.6 m)
20	TD_2	12.3 m	℃	露点温度 (12.3 m)
21	TD_3	29.5 m	℃	露点温度 (29.5 m)
22	P_mm_TOT	0.3 m	mm	降水量
23	RH_1_AVE	1.6 m	%	相対湿度 (1.6 m)
24	RH_2_AVE	12.3 m	%	相対湿度 (12.3 m)
25	RH_3_AVE	29.5 m	%	相対湿度 (29.5 m)
26	AP_hPa	0.5 m	hPa	＜気圧＞
27	GW_4	－ 2.2 m	m	＜地下水位 (－ 2.2 m)＞

10 秒値データのグラフは作成と同時にデータ収録室のプリンターに出力され、センサーの異常値の検出など、主に圃場管理用に用いられる。また、グラフ化が終わると前日分の 10 秒値データは圧縮され、GIF ファイルとともにアーカイブされる。一連の作業は、zodiac 上の cron（定期的なコマンド実行プログラム）により、毎日午前 0 時に専用のスクリプトを実行することによって自動的に実行される。これら 1 日ごとにアーカイブされた 10 秒値データ (FLUX2.DAT, MET2.DAT) は、オリジナルのテキスト形式でそれぞれ約 1MB と約 1.2 MB、圧縮後で両方とも約 300 KB

となっている。後に述べるように、圧縮 10 秒値ファイル (FLUX2.DAT, MET2.DAT) とともにそのグラフ化ファイル (GIF 形式) も公開データである。

10 秒値以外の 30 分、1 時間、24 時間統計値データ (FLUX.DAT, MET.DAT) は、そのままの形式で即時公開を行っている。また、このデータは次に述べるリアルタイム Web 表示システムによって図化される。

4. リアルタイム WEB 表示システム

第 2 世代システムでは、データを Windows 上

第9表 MET.DAT データ (24 時間値) の内容とデータ形式
ただし<>内は, 平成 15 年度内に変更あり. 詳細は, 野原・浅沼 (2004) を参照のこと.

順番	項目	測定高度	単位	要素
1	I24			識別番号
2	Year_RTM		年	年
3	Day_RTM		日	通日 (Day of Year)
4	Hour_Minute_RTM		時分	時分
5	I	1.5 m	W/m ²	全短波放射量
6	Rn	1.5 m	W/m ²	正味放射量
7	G1	- 0.02 m	W/m ²	地中熱流量 (- 0.02 m)
8	T_1	1.6 m	℃	気温 (1.6 m)
9	T_2	12.3 m	℃	気温 (12.3 m)
10	T_3	29.5 m	℃	気温 (29.5 m)
11	ST_1	- 0.02 m	℃	地温 (- 0.02 m)
12	ST_2	- 0.10 m	℃	地温 (- 0.10 m)
13	ST_3	- 0.50 m	℃	地温 (- 0.50 m)
14	ST_4	- 1.00 m	℃	地温 (- 1.00 m)
15	GW_1	- 2.2 m	m	<地下水位 (- 2.2 m)> ※ GW_4 へ移行
16	GW_2	- 10.0 m	m	地下水位 (- 10 m)
17	GW_3	- 22.0 m	m	<地下水位 (- 22 m)> ※運用中止
18	TD_1	1.6 m	℃	露点温度 (1.6 m)
19	TD_2	12.3 m	℃	露点温度 (12.3 m)
20	TD_3	29.5 m	℃	露点温度 (29.5 m)
21	P_mm_TOT	0.3 m	mm	降水量
22	RH_1_AVE	1.6 m	%	相対湿度 (1.6 m)
23	RH_2_AVE	12.3 m	%	相対湿度 (12.3 m)
24	RH_3_AVE	29.5 m	%	相対湿度 (29.5 m)
25	IntTemp		℃	ロガー内部温度
26	BattVolt		V	供給電圧
27	AP_hPa	0.5 m	hPa	<気圧>
28	GW_4	- 2.2 m	m	<地下水位 (- 2.2 m)>

でグラフ化し, ホームページから閲覧できるようになっていた (森・新村, 1999). 第2世代システムの最後の数年間は, これを PC-UNIX 上に移植し, グラフ化するシステムが稼働していた. 第3世代システムにおいてもこれを踏襲し, 自動取得された水文・気象観測データを定期的に図表化することにより, リアルタイムで観測データを視覚的に確認することを可能にした.

第3世代システムにおける WEB 表示システムは, データのアーカイブを行っている Zodiac 上において, cron を用いて定期的にスクリプトを

動かすことにより, データの図化を行っている. 作業は, 大きく2つの手順に分けられる. 第一に, 自動取得されたデータを図化アプリケーションへ入力できる形式に変換を行う. 第二に, 図化アプリケーションを自動で操作して図化を行う. この2つの作業を定期的に行い, WEB 表示システムをリアルタイムで更新している. これらの作業は, また, データ変換には bash 及び perl を用い, オリジナルのデータから図化アプリケーション Generic Mapping Tools (以下, GMT) (Wessel and Smith, 1998) の入力形式に変換している. 図

第 10 表 MET2.DAT データ (10 秒値) の内容とデータ形式
ただし<>内は、平成 15 年度内に変更あり．詳細は、野原・浅沼 (2004) を参照のこと．

順番	項目	測定高度	単位	要素
1	210			識別番号
2	Year_RTM		年	年
3	Day_RTM		日	通日 (Day of Year)
4	Hour_Minute_RTM		時分	時分
5	I	1.5 m	W/m ²	全短波放射量
6	Rn	1.5 m	W/m ²	正味放射量
7	G1	− 0.02 m	W/m ²	地中熱流量 (− 0.02 m)
8	G2	− 0.1 m	W/m ²	地中熱流量 (− 0.1 m)
9	T_1	1.6 m	℃	気温 (1.6 m)
10	T_2	12.3 m	℃	気温 (12.3 m)
11	T_3	29.5 m	℃	気温 (29.5 m)
12	ST_1	− 0.02 m	℃	地温 (− 0.02 m)
13	ST_2	− 0.10 m	℃	地温 (− 0.10 m)
14	ST_3	− 0.50 m	℃	地温 (− 0.50 m)
15	ST_4	− 1.00 m	℃	地温 (− 1.00 m)
16	GW_1	− 2.2 m	m	<地下水位 (− 2.2 m) >※ GW_4 へ移行
17	GW_2	− 10.0 m	m	地下水位 (− 10 m)
18	GW_3	− 22.0 m	m	<地下水位 (− 22 m) >※運用中止
19	TD_1	1.6 m	℃	露点温度 (1.6 m)
20	TD_2	12.3 m	℃	露点温度 (12.3 m)
21	TD_3	29.5 m	℃	露点温度 (29.5 m)
22	AP_hPa	0.5 m	hPa	<気圧>
23	GW_4	− 2.2 m	m	<地下水位 (− 2.2 m) >

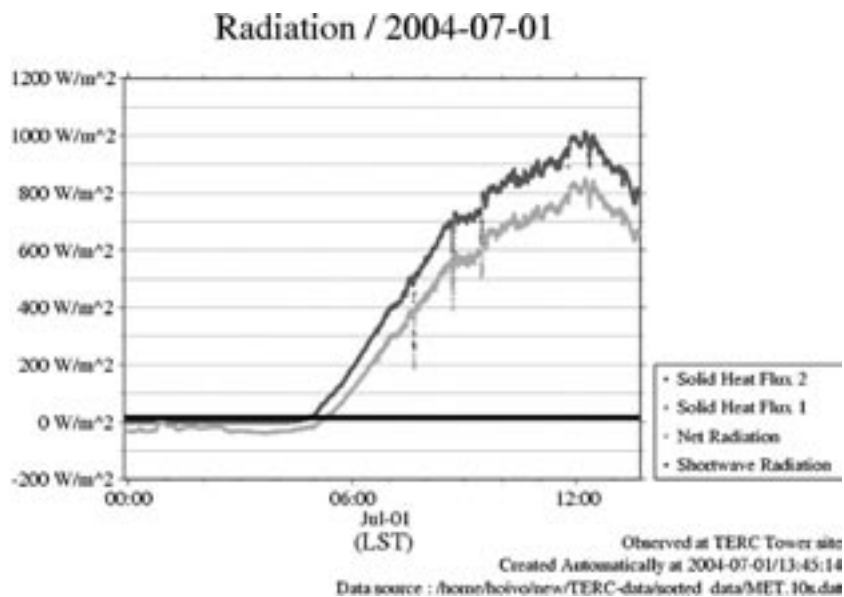
化には、GMT を使用している．

WEB 表示システムでは、現在の観測値の数表、過去 24 時間グラフ表示、過去 5 日間グラフ表示を作成している．現在の観測値の表及び過去 24 時間グラフ表示には 10 秒瞬間値（または平均値）、過去 5 日間グラフ表示には 30 分平均値（または積算値）を用いている．これらの図は、本センターのホームページ (<http://www.suiri.tsukuba.ac.jp>) から閲覧することが可能である．第 4 図、第 5 図は、それぞれ過去 24 時間グラフ、過去 5 日間グラフの例である．

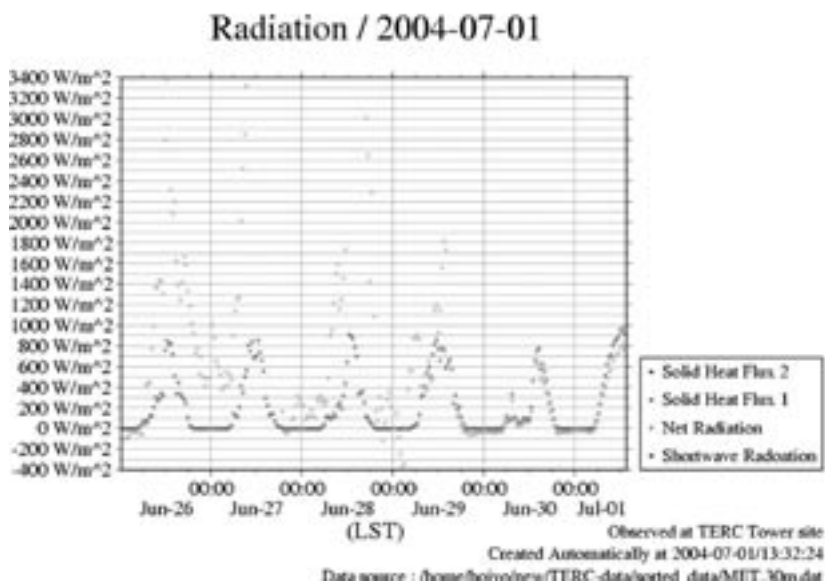
5. データの公開と利用法

観測されたデータは全て原則公開である．第 2 表に示す公開データのうち、30 分値、60 分値、

24 時間統計値を収録する 2 種類のファイル、FLUX.DAT、MET.DAT は、陸域環境研究センターのウェブサイト (<http://www.suiri.tsukuba.ac.jp/hojyo/Japanese/database.html>) で公開されている．また、10 秒値を収録する FLUX2.DAT、MET2.DAT はそれぞれ 1 日 1 ファイルで圧縮後アーカイブされており、これをグラフ化した画像ファイルとともに、必要に応じてダウンロードできる．いずれも誰でも「データ利用申請書」を提出することで利用可能である．利用申請書は、当センターのホームページ (<http://www.suiri.tsukuba.ac.jp>) からダウンロード可能である．4 種類のファイルに収録されている計 8 種類のデータのデータ形式（平成 16 年 3 月 31 日現在）を、第 3 表から第 10 表に示す．ファイルは全てアスキー形式で、



第4図 リアルタイム Web 表示システムの過去24時間グラフの例（2004年7月1日）



第5図 リアルタイム Web 表示システムの過去5日間グラフの例（2004年7月1日）

130,2003,118,600,66.449,67.052,13.13,0,7.3244,9.7472,12.875,12.739,12.991,4.8722,10.288,1.713,2.930
130,2003,118,630,182.66,123.38,13.13,-.25531,10.81,11.209,13.156,12.614,12.934,4.8753,10.294,1.7129
130,2003,118,700,280.09,180.32,13.13,-.43768,12.818,13.212,13.53,12.646,12.905,4.8884,10.301,1.713
130,2003,118,730,382.29,251.16,13.128,-.87518,14.796,14.519,14.513,12.479,12.973,4.8971,10.308,1.71
130,2003,118,800,490.29,299.73,9.1883,-.91152,16.227,15.564,14.938,12.403,12.937,4.8943,10.306,1.71
130,2003,118,830,585.45,370.2,0.07291,-.98421,17.095,16.432,15.848,12.347,12.781,4.8956,10.3,1.7145
130,2003,118,900,685.43,422.55,-4.9203,-.58318,17.892,17.179,16.691,12.313,12.734,4.8923,10.292,1.7
130,2003,118,930,734.55,497.41,-12.936,-.14576,19.224,18.153,17.506,12.283,12.685,4.8833,10.279,1.7
130,2003,118,1000,794.33,548.09,-13.117,-.10931,19.919,18.893,18.247,12.281,12.641,4.8733,10.269,1.
130,2003,118,1030,842.73,574.51,-13.117,0,20.97,19.647,18.953,12.296,12.596,4.8749,10.264,1.7152,2.
130,2003,118,1100,859.574.83,-13.3,0,21.247,20.229,19.511,12.357,12.577,4.8856,10.261,1.7153,2.9511
130,2003,118,1130,875.62,590.86,-21.023,0,21.893,20.674,20.012,12.452,12.571,4.9076,10.3,1.7152,2.9
130,2003,118,1200,873.62,590.45,-26.229,0,22.414,21.287,20.511,12.557,12.549,4.9001,10.288,1.7155,2
130,2003,118,1230,839.05,559.56,-26.226,0,22.565,21.64,20.94,12.67,12.529,4.905,10.281,1.7156,2.952
130,2003,118,1300,838.42,557.61,-26.226,0,22.706,21.8,21.141,12.739,12.524,4.9005,10.276,1.7156,2.9
130,2003,118,1330,793.01,512.14,-26.226,1.1656,23.203,22.439,21.875,12.96,12.544,4.9045,10.281,1.71
130,2003,118,1400,741.73,468.25,-26.226,4.6688,23.642,22.788,22.278,13.122,12.586,4.9172,10.276,1.7
130,2003,118,1430,687.44,417.15,-26.226,7.0665,23.929,23.302,22.812,13.299,12.61,4.9119,10.288,1.71
130,2003,118,1500,620.76,356.49,-26.223,6.559,24.108,23.547,22.899,13.43,12.628,4.8990,10.262,1.716

第 6 図 データのサンプル (MET.DAT)
データは、時間別にコンマ (,) 区切りで保存されている。

コンマ区切りデータである。第 6 図に MET.DAT のサンプルを示す。表の順番とデータの左からの順番が対応している。

第 3 世代システムは、2003 年 5 月から稼働したが、2003 年度内は従来のデータとの比較のため第 2 世代システムも並行して稼働した。第 2 世代から第 3 世代に変更されて、特に超音波風速計のデータ処理がアナログからデジタルに変更になった。両システムで得られた顕熱・運動量フラックスの比較については、齊藤・浅沼 (2004) に行っているのので、あわせて参考にされたい。また、運用開始直後の平成 15 年度は、観測項目やデータ処理の方法などに変更が多いので、詳細は野原・浅沼 (2004) や井岡ほか (2004) を参照されたい。

III 圃場ローカルネットワーク

近年のインターネットの急速な発達に伴い、残念ながら、コンピュータウィルスの流布やハッキングなど、ネットワーク上での違法行為も急増している。限られた技術者間の情報であったコンピュータウィルスの流行情報が、今ではお茶の間のニュースに流れることが珍しくない。観測圃場での取得データをインターネットで即時公開している当センターでも、これまでに何度か、コンピュータウィルスやハッキングの被害に遭ってきた。2001 年まで圃場取得データのサーバーとして用いていた WindowsNT サーバーは、ウィルス騒ぎの最中に原因不明のまま、稼働不能となった。また、このウィルス騒ぎによってデータ収録用のノート PC が誤動作し、多くの貴重なデータ

が失われ、その復旧に多大な労力を必要としたことは、記憶に新しい。

圃場のデータ収集システム以外でも、近年では、データの収録に PC を使用し、取得したデータの転送・公開のために収録用 PC をインターネットに接続することが珍しくないが、インターネットへの接続は、上記のような危険性を常に孕んでいる。センターのルーチン観測に使用する PC とユーザーの特別観測用に用いられる PC を、このようなネットワーク障害から守るため、圃場観測用にローカルネットワークを構築している（第 1 図参照）。

このローカルネットワークは、hojyo.suiri.tsukuba.ac.jp をファイアーウォールとするネットワーク空間であり、外部からこのローカルネットワーク内部へのアクセスはファイアーウォールによって制限されている。また、内部から外部へのアクセスは、ファイアーウォールが隠しているので、内部のコンピュータは外部からの攻撃に直接さらされることが無い。本稿の執筆現在、この圃場ローカルネットワーク内には、前節で紹介した圃場ルーチンデータ収集用の PC-Linux (zodiac) と Windows PC (halo) の他に、次節で紹介する乱流データ収録用の Windows PC (eddy) に加え、ユーザーによる観測用の PC などが置かれている。また無線 LAN によって圃場内に設置されている PC との通信も現在模索中である。

このローカルネットワークは、圃場での観測を行っている利用者に利用して頂けるようになっている。必要のある方は、圃場管理者までご連絡頂きたい。

IV 乱流データ収録システム

近年では、10 Hz あるいは 20 Hz の乱流データをそのまま記録して、解析に利用することもそれほど珍しいことではなくなった。乱流データの解析によって、データの信頼性の確認が行えるだ

けでなく、スペクトル解析や、渦相関法以外のフラックス計算法など、研究の可能性も広がることになる。

圃場のタワーに設置されている 4 台の超音波風速計のデータの高速データ収録とその他のセンターのルーチン観測のデータ収集システムのバックアップを目的として、Windows PC を中心とした乱流データ収録システムを作成した。使用した PC は、Windows98 による Eddy (eddy.hojyo.terc) である（第 1 図）。データの AD 変換には、National Instruments 社製の PC 用 AD 変換ボード PCI-6034E を 2 台使用した。これは、パーソナルコンピュータの PCI バスに設置して使用するタイプの AD 変換ボードであり、16 bit 解像度の AD 変換を 16 チャンネルで、最大毎秒 20 万サンプルの AD 変換が可能である。この AD 変換ボード 1 枚を用いて超音波風速計 4 台のデータ取得を 20 Hz のサンプリング間隔で行い、もう 1 枚の AD 変換ボードで圃場ルーチン観測を 1 秒程度のサンプリング間隔で行うことができる。AD 変換ボードの制御および取得データの物理値への変換などの初期処理は、おなじく National Instruments 社製のソフトウェア、Labview を用いた。Labview は、グラフィックなユーザーインターフェースを備えた総合的なプログラミングプラットフォームであり、同社で製造している様々なハードウェアデバイスの制御機能も備えている。また、取得中のデータをリアルタイムでのグラフ表示が可能であり、観測を継続しながら観測データを確認できることに大きな特徴がある。取得データは、Labview を介して、30 分ごとにファイル名を変更して、ハードディスク上のテキストファイルに保存される。第 7 図は、Labview のプログラム画面、第 8 図は観測中の画面の一例である。本システムによる観測データを用いて、すでに小谷・杉田（2003）や齊藤・浅沼（2004）等の研究が行われている。

本システムは必要に応じて、作動させるようになっており、常時作動はしていない。著者の一人

(浅沼)の研究費で作成したものであるが、利用はいつでも歓迎であり、希望される方はご連絡頂きたい。

V おわりに

本稿で紹介した第3世代気象・水文観測データ収集・公開システムと乱流データ収録システムによって、本センター圃場において観測されるデータは、量も質も大きく向上したことになる。データ利用者の様々な解析によって、未知の現象の解明に役立つことができれば幸いである。

謝辞

第3世代気象・水文観測データ収集・公開システムへの改修作業は、以下の学生・研究生(当時)の皆さんの献身的な働きによって支えられた(所属は平成14年度、敬称略)。井岡聖一郎(生命環境科学研究科)、小谷亜由美(生命環境科学研究科)、小島 透(環境科学研究科)。本報告で紹介した内容は、第2世代導入直後から行われてきた作業の集大成であり、特に過去4年間においては当センター助手であった宮崎 真さん(現：東京大学生産技術研究所)、準研究員であった新村典子さん(現：東京大学海洋研究所)による貢献が大きい。

本報告で解説した熱収支・水収支観測圃場のデータ収集・公開システムの改修は、陸域環境研究センターの運営費に加え、以下の方々の研究費からの寄付によって賄われた(所属は平成14年度、敬称略)。田中 正(生命環境科学研究科教授・陸域環境研究センター)、木村富士男(生命環境科学研究科教授・陸域環境研究センター)、及川武久(生命環境科学研究科教授)、杉田倫明(生命環境科学研究科助教授)、西田顕郎(生命環境科学研究科講師)、樋口篤志(名古屋大学地球水循環研究センター助手)、浅沼 順(生命環境

科学研究科講師・陸域環境研究センター)。また、本稿で紹介した乱流データ収録システムは、筑波大学学内プロジェクトA「草原生態系接地境界面を介した熱輸送・炭素交換過程に関する微気象学のおよび生態学的解析」(平成12-14年度、代表：及川武久教授、生命環境科学研究科)の研究費によって作成された。以上、ここに記して感謝するものである。

文献

- 井岡聖一郎・野原大輔・田中 正・浅沼 順・山中 勤(2004)：陸域環境研究センターにおける地下水位長期観測データについて。筑波大学陸域環境研究センター報告, **5**, 99-101.
- 小谷亜由美・杉田倫明(2003)：陸域環境研究センター気象観測塔における広域 熱・水蒸気・CO₂ フラックスの測定。筑波大学陸域環境研究センター報告, **4**, 103-108.
- 古藤田一雄・甲斐憲次・中川慎治(1983)：気象日報作成装置について。筑波大学水理実験センター報告, **7**, 75-85.
- 齊藤 誠・浅沼 順(2004)：陸域環境研究センター熱収支・水収支観測圃場におけるフラックスデータのシステム間比較と信頼性。筑波大学陸域環境研究センター報告, **5**, 87-97.
- 鳥谷 均・川村隆一・嶋田 純・谷口真人・西本貴久(1989)：気象日報作成装置新システムについて。筑波大学水理実験センター報告, **13**, 147-158.
- 野原大輔・浅沼 順(2004)：熱収支・水収支観測資料-2003年-。筑波大学陸域環境研究センター報告, **5**, 129-155.
- 樋口篤志・杉田倫明・飯田真一(1999)：筑波大学水理実験センター熱収支・水収支観測圃場における、新・特別観測用データ収録システムについて。筑波大学水理実験センター報告, **24**, 135-141.

森 牧人・新村典子（1999）：水理実験センター
水文・気象データのホームページ上における
グラフ化の試み，筑波大学水理実験センター
報告，**24**，129-133.

Wessel, P. and Smith, W. H. F. (1998): New,
Improved Version of the Generic Mapping
Tools Released. *EOS Transactions, American
Geophysical Union*, **79**, 579.