



ポータブルフラックス観測システム 使用マニュアル

森林総合研究所フラックス観測ネットワーク編

目次

1. 概要	1
2. システムの詳細	2
2.1 構成品と付属品	2
2.2 各部の名称	4
2.3 各部の設定	7
3. 観測の手順	10
3.1 事前準備	10
3.2 校正の手順	10
3.3 測器の設置と接続の手順	12
3.4 データ収録の手順	15
3.5 終了手順	15
4. システムの仕様	16
4.1 寸法・重量	16
4.2 消費電流	16
引用文献	17
参考文献	17
謝辞	17
付録	18
A1 マスフローコントローラの設定確認方法	18
A2 LI-7000 ソフトウェアの操作手順	19
A3 CSAT3 のプローブの座標系	20
A4 CR3000 の操作手順	21
A5 CR3000 の制御プログラム	22
A6 部品リスト	25
索引	27

1. 概要

タワーフラックス観測のレファレンスシステムとして、渦相関法による顕熱・水蒸気・二酸化炭素フラックスの測定ができる可搬型移動観測システム(ポータブルシステム)を開発した。さまざまなシステムを用いておこなわれているタワーフラックス観測サイト間のデータ比較に際し、このポータブルシステムを準器の一つとして用いることで、サイト間のデータ比較を容易にする。また、このシステムは短期間の観測を想定して設計されており、構造が単純で原理を理解しやすい。したがって、新たに観測を始める研究者向けに基本モデル(barebones model)を示すという意味合いも大きい。

このシステムは、クローズド型赤外線ガス分析計(LI-7000/ LI-COR)、超音波風速温度計(CSAT3/ Campbell)、温湿度計(HMP45A/ Vaisala)、高速サンプリングが可能なデータロガー(CR3000/ Campbell)、キャリブレーションのための流路制御システムなどで構成されており、持ち運びや設置も容易なプラスチック・コンテナに格納されている。アジア地域における移動比較観測での使用を前提に、システムを構成する全ての機器が12V DCまたは24V DCで駆動する仕様となっている。運転に必要なDC電源は、通常はシステムに付属する100V~240V AC入力のコンバータに交流電源を接続する事で得られる。

図1に、サンプル空気および校正用標準ガスの流路を示す。このシステムは、ガス分析計より上流側に設置されたポンプによって吸引した大気を赤外線ガス分析計に送る加圧型システムである。ポンプ(P-1)で吸引されたサンプル空気は、ガス取り入れ口端子からシステムに導入される。ダストフィルタ(DF-1)を通り、電磁弁(SV-1 および SV-2)を介してマスフローコントローラ(MFC)に送られ、流量を調整された後さらにダストフィルタ(DF-2)を通り、赤外線ガス分析計のサンプルセルに送り込まれる。校正用のゼロガスとスパンガスは、ガス取り入れ口端子からシステムに導入され、流量計(それぞれ FM-1、FM-2)を通過して電磁弁(それぞれ SV-1、SV-2)に送られる。その後の流路はサンプル空気と同じである。一方、赤外線ガス分析計のリファレンスセルには、薬品を使って水分とCO₂が除去された空気が循環している。

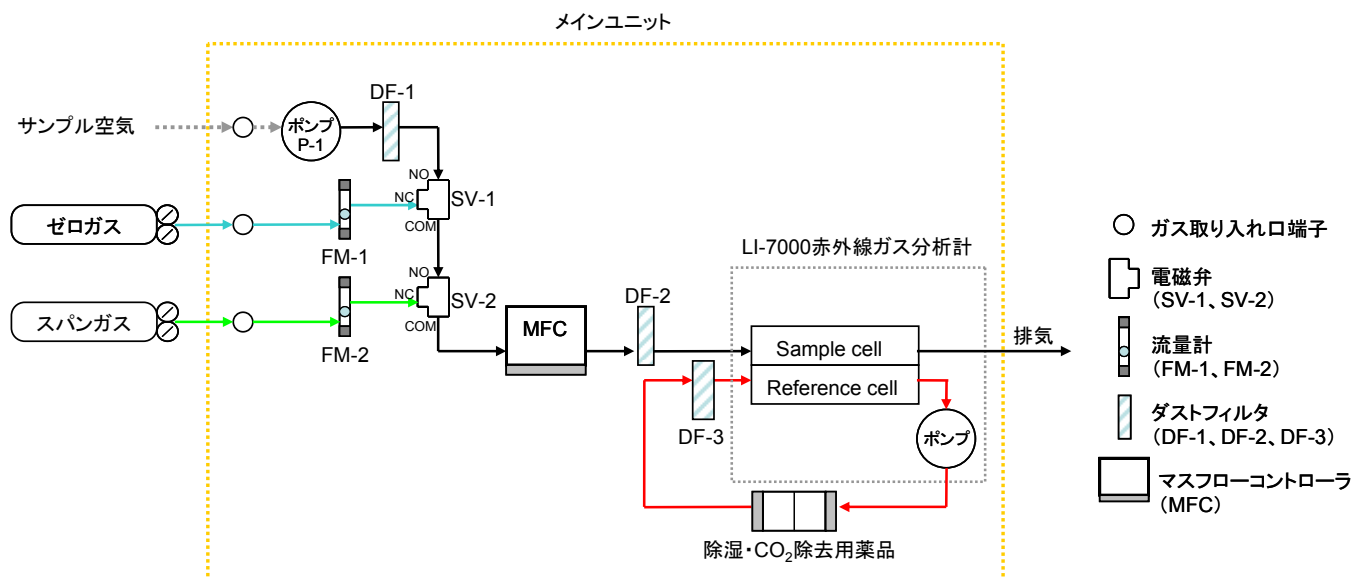


図1 サンプル空気と校正用標準ガスのフロー

電磁弁(SV-1 および SV-2)は3方弁で、2つの弁体の開閉により流体の流れを分岐させている。

NO: 電源 OFF 時は開いているポート(Normally Open)、NC: 電源 OFF 時は閉じているポート

(Normally Closed)、COM: 常時開いている共通ポート(Common)

2. システムの詳細

2.1 構成品と付属品

このシステムは、赤外線ガス分析計やデータロガーを含むメインユニット、電源ユニット、および超音波風速温度計、温湿度計などで構成されている。表 1 は主な構成品と付属品である。この他に校正用標準ガス(ゼロガス、スパンガス)およびレギュレータ(標準ガスボンベ用の減圧調整器)、結線に必要なマイナドライバ(例えば 8125 Flat-bladed Screwdriver, Campbell Scientific)、レギュレータ取り付けのためのモンキーレンチ(またはスパナ)が必要である。表中の数字(①~⑪)は、写真 1 中の数字に対応している。なお、この他の部品の詳細は付録『A6 部品リスト』(→25 ページ)を参照のこと。

表 1 主な構成品と付属品

①メインユニット	赤外線ガス分析計(LI-7000)
	データロガー(CR3000)
	気圧計
	マスフローコントローラ
	ポンプ
	流路制御システム
②電源ユニット	スイッチング電源(12V, 24V)
	③電源ケーブル
超音波風速温度計 (CSAT3)	④センサ本体(プローブおよびエレクトロ ニクスボックス)
	⑤取付け金具*
	⑥信号・電源ケーブル
温湿度計	センサ(HMP45A)
	⑦通風筒
	⑧延長信号ケーブル
⑨採気口	
⑩チューブ	8-6 チューブ: 外径 8mm、内径 6mm
	6-4 チューブ: 外径 6mm、内径 4mm
⑪コンパクトフラッシュカード(CF カード)	

* 付属の取り付け金具のクランプで取り付け可能なパイプ径は 48.5~50.5mm で、その他の場合は別途取り付け用の金具が必要となる。

2. システムの詳細



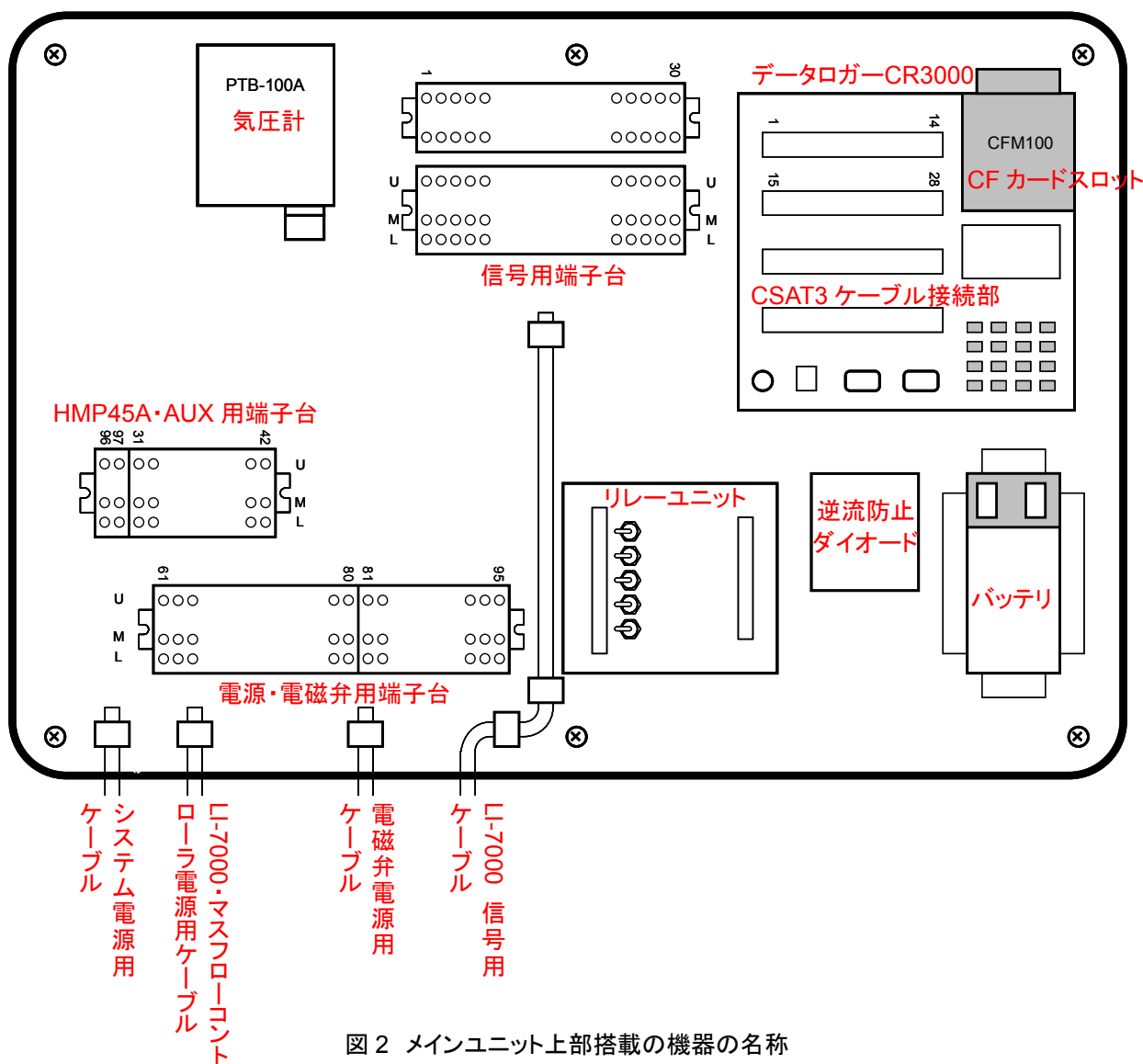
写真 1 ポータブルシステムの構成品と付属品

2.2 各部の名称

メインユニット及び電源ユニットに搭載している各機器の名称を図 2～4 に示す。

メインユニット上部

メインユニット上部には、データロガー（CR3000）、電磁弁切り替えのためのリレーユニット、気圧計、中継端子台などが搭載されている。



メインユニット下部

メインユニット下部には、赤外線ガス分析計 (LI-7000)、サンプル空気吸引ポンプ、流路制御のための電磁弁、ガス取り入れ口、マスフローコントローラなどが搭載されている。

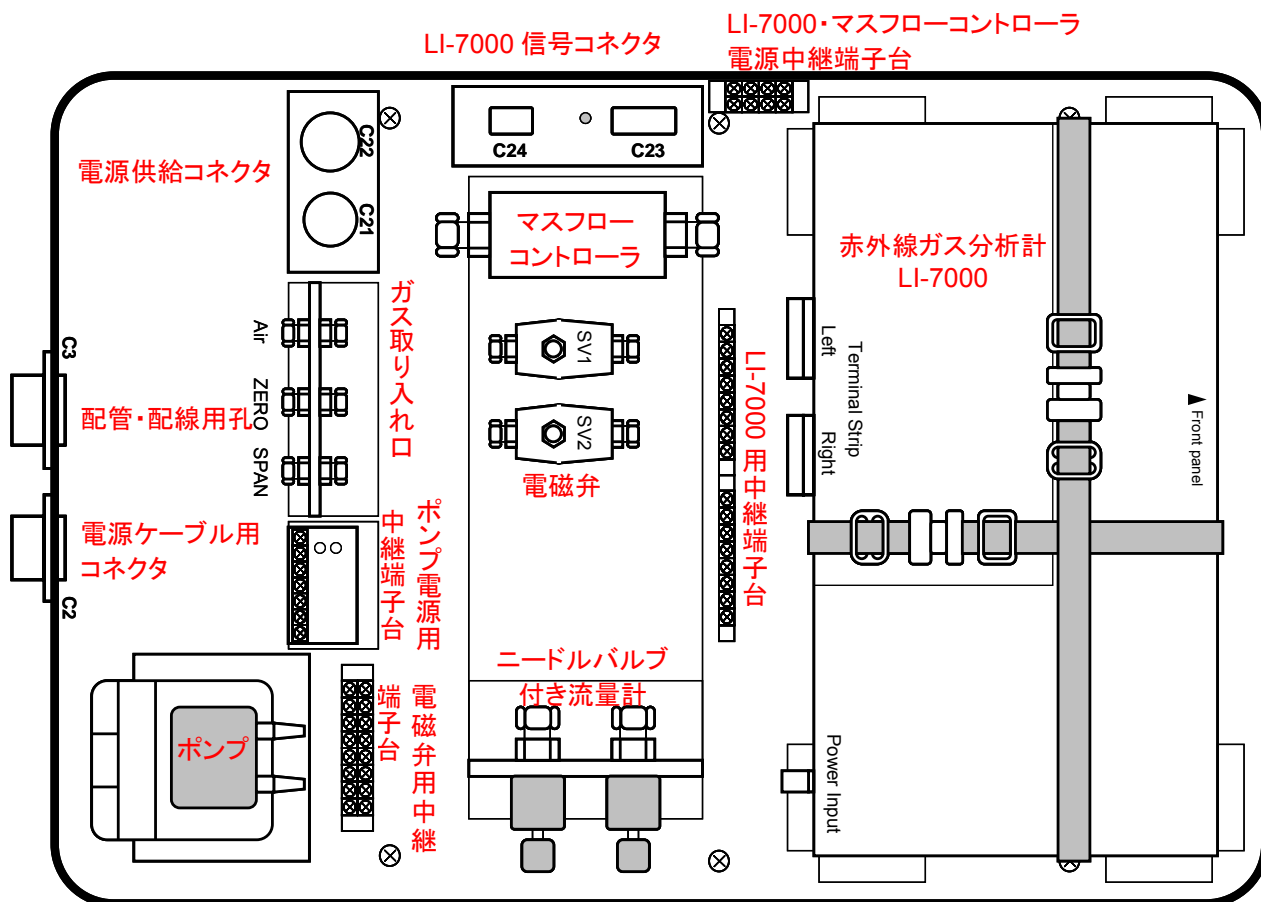


図 3 メインユニット下部搭載の機器の名称

電源ユニット

電源ユニットは、商用電源 100-240V を 12V DC および 24V DC に変換してメインユニットに供給している。

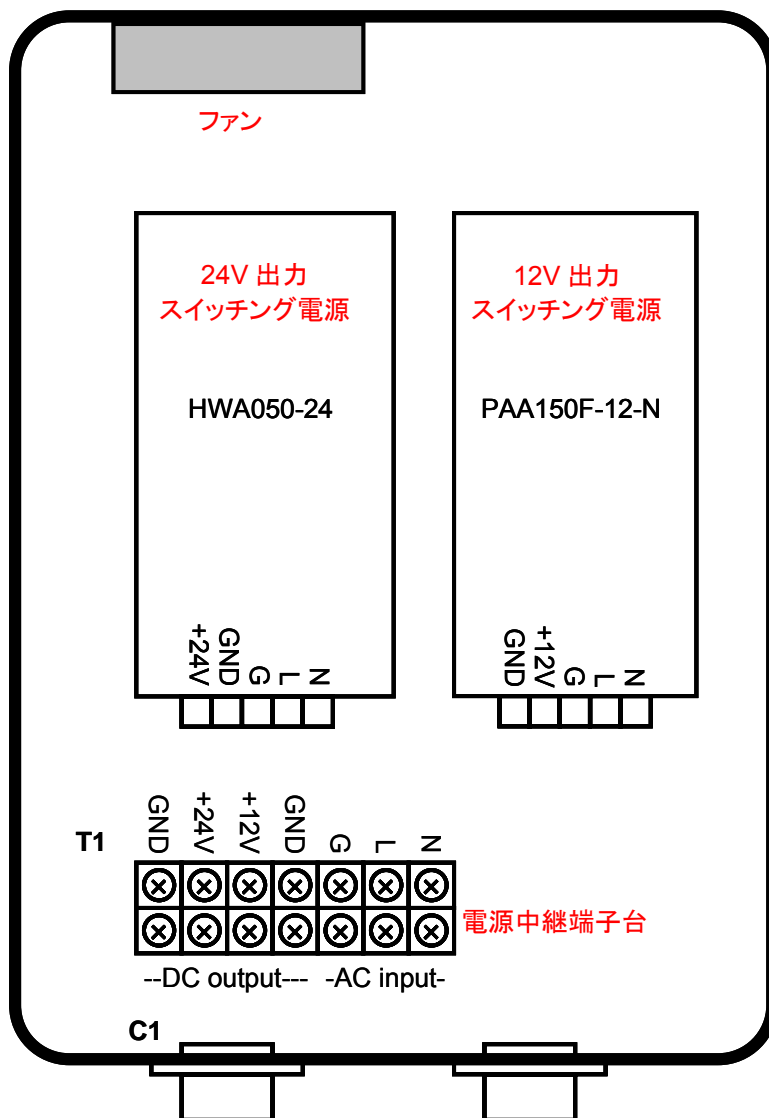


図 4 電源ユニットに搭載の機器の名称

2.3 各部の設定

システムの各構成品の設定を次に示す。ただし、流路制御システム以外は設定済みなので変更する必要はない。

流路制御システム

表 2 に電磁弁とポンプを手動で制御する場合のリレーユニットの設定を示す。

注意:

校正ガスの制御時(OUT チャンネル 1 または 2 を ON に設定する場合は、OUT チャンネル 5 は必ず OFF にしてポンプを止めておくこと。また、CR3000 からの通信で流路を制御する場合は、すべての OUT チャンネルを OFF にすること。

表 2 リレーユニットの設定

OUT チャンネル番号		1	2	3	4	5
制御の対象		電磁弁 1 (SV-1)	電磁弁 2 (SV-2)	-	-	ポンプ
チャンネル設定 の対象ガスごと	サンプル空気	OFF	OFF	OFF	OFF	ON
	ゼロガス	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
	スパンガス	OFF	ON	OFF	OFF	OFF

マスフローコントローラ

「制御モード」に設定する。制御流量の確認と修正の方法は付録『A1 マスフローコントローラの設定確認方法』を参照(→18 ページ)。

表 3 マスフローコントローラの設定値およびアナログ値出力レンジ

測定要素	設定制御流量	設定可能流量	対応電圧
流量	8.4 Lmin ⁻¹	0 ~ 20 Lmin ⁻¹	0-5V

赤外線ガス分析計(LI-7000)

本システムでは、測器のアナログ出力を記録する。アナログ出力のレンジは下記のデフォルト値に設定する。

表 4 LI-7000 のアナログ値出力レンジ

測定要素	物理量のレンジ	対応電圧	出力チャンネル
水蒸気濃度	-10 ~ 40 mmolmol ⁻¹	0-5V	DAC1
CO ₂ 濃度	-100 ~ 900 ppm	0-5V	DAC2
セル内温度	0 ~ 100 °C	0-5V	DAC3
セル内圧力	70 ~ 120 kPa	0-5V	DAC4

超音波風速温度計 (CSAT3)

本システムでは、デジタル出力でデータを記録する。レンジはデフォルトの「AutoRanging」を使用する。

気圧計 (PTB-100A)、温湿度計 (HMP45A)

気圧計および温湿度計のアナログ値出力レンジ設定を表 5 に示す。

表 5 気圧計および温湿度計のアナログ値出力レンジ設定

測定要素	測定機器	物理量のレンジ	対応電圧
メインユニット内圧力	気圧計 (PTB-100A)	800 ~ 1060 hPa	0-5V
気温	温湿度計 (HMP45A)	-40 ~ 60 °C	0-1V
相対湿度	温湿度計 (HMP45A)	0 ~ 100 %	0-1V

データロガー(CR3000)

データロガーのチャンネル設定を表 6 に示す。

表 6 データロガーのチャンネル設定

チャンネル	入力信号 (A:アナログ D:デジタル)	記録レンジ
1	未使用	-
2	未使用	-
3	未使用	-
4	未使用	-
5	LI-7000 水蒸気濃度 (A)	-5~+5V
6	LI-7000 CO ₂ 濃度 (A)	-5~+5V
7	LI-7000 セル内温度 (A)	-5~+5V
8	LI-7000 セル内圧力 (A)	-5~+5V
9	PTB-100A メインユニット内気圧 (A)	-5~+5V
10	HMP45A 気温 (A)	-5~+5V
11	HMP45A 相対湿度 (A)	-5~+5V
12	流量 (A)	-5~+5V
13	未使用	-
14	未使用	-
C1	電磁弁ポート 1 の設定 (D)	-
C2	電磁弁ポート 2 の設定 (D)	-
C3	電磁弁ポート 3 の設定 (D)	-
C4	電磁弁ポート 4 の設定 (D)	-
C5	電磁弁ポート 5 の設定 (D)	-
C6	未使用	-
C7	未使用	-
C8	未使用	-
12V	印加電圧	-
G	シールド、電源グラウンド、信号グラウンド	-
SDM-C1	CSAT3 の SDM データ (D)	-
SDM-C2	CSAT3 の SDM クロック (D)	-
SDM-C3	CSAT3 の SDM イネーブル (D)	-

3. 観測の手順

3.1 事前準備

観測開始 24 時間前までに行う。

薬品の交換

メインユニット内の LI-7000 背面に装着されている薬品シリンダを取り出し、中の過塩素酸マグネシウムおよび CO₂ 吸着剤(水酸化ナトリウムコーティングの非繊維性ケイ酸塩、商品名:ASCARITE II)を新しいものに交換する。

また、使用履歴を確認し、内部薬品を年に一回程度の頻度で交換する。

通気

メインユニットと電源ユニットを電源ケーブルで接続し、通電する。通電中は、電源ユニット内のスイッチング電源の緑色のランプと、メインユニット内マスフローコントローラの表示が点灯する。

LI-7000 の電源を入れ、24 時間以上通気させてリファレンスセル内の CO₂ と水分を除去しておく。

校正

観測現場にゼロガス、スパンガスなどの校正用標準ガスボンベを準備できない場を行う。詳細は、次の『3.2 校正の手順』を参照。

バッテリーを充電

必要に応じて CR3000 のバッテリーを充電しておく。

3.2 校正の手順

LI-7000 の校正には、LI-COR のホームページで配布されている LI-7000 ソフトウェアを使用する。

http://www.licor.com/env/products/gas_analyzers/LI-7000/LI-7000_software.jsp

校正用標準ガスの準備

① 校正用標準ガス(ゼロガスおよびスパンガス:エアバランス)のボンベそれぞれにレギュレータを装着する。

PC との接続とプログラムの起動

- ② パソコンと LI-7000 を USB ケーブルで接続する。
- ③ LI-7000 の電源を入れる。
- ④ パソコンで LI-7000 ソフトウェアを起動する。



写真 2 LI-7000 背面の薬品シリンダ



写真 3 使用薬品

左:ASCARITE II
中央:過塩素酸マグネシウム
右:取り外した薬品シリンダ

3. 観測の手順

ゼロ校正

- ⑤ ゼロガスのレギュレータとメインユニット下部のガス取り入れ口の ZERO GAS 端子を 6-4 チューブ (外径 6mm、内径 4mm) で接続する。

注意:

ポンベのバルブを少し開け、配管システムに負担をかけないようにレギュレータで 2 次圧力を十分低く調節する (0.05MPa 程度)。

- ⑥ リレーユニットを OUT チャンネル 1 のみ ON に設定する (写真 4 を参照)。
⑦ マスフローコントローラの表示を確認しながら、流量が 1.0 Lmin^{-1} 程度になるよう、流量計のニードルバルブで調整する (写真 5、6 を参照)。
⑧ LI-7000 ソフトウェアで数値を確認しながら、濃度が安定するまで 5 分程度待ち、ゼロ校正を実施する。操作手順は付録『A2 LI-7000 ソフトウェアの操作手順: ゼロ校正』(→19 ページ)を参照。

スパン校正

- ⑨ スパンガスのレギュレータとメインユニット下部のガス取り入れ口の SPAN GAS 端子に 6-4 チューブで接続する。

注意:

ポンベのバルブを少し開け、配管システムに負担をかけないようにレギュレータで 2 次圧力を十分低く調節する (0.05MPa 程度)。

- ⑩ リレーユニットを OUT チャンネル 2 のみ ON に設定する。
⑪ マスフローコントローラの表示を確認しながら、流量が 1.0 Lmin^{-1} 程度になるよう、流量計のニードルバルブで調整する (写真 5、6 を参照)。
⑫ LI-7000 ソフトウェアで数値を確認しながら、濃度が安定するまで 5 分程度待ち、スパン校正を実施する。操作手順は付録『A2 LI-7000 ソフトウェアの操作手順: スパン校正』(→19 ページ)を参照。

校正の終了

- ⑬ LI-7000 ソフトウェアを終了する。操作手順は付録『A2 LI-7000 ソフトウェアの操作手順: ソフトウェアの終了』(→19 ページ)を参照。
⑭ リレーユニットの OUT チャンネルをすべて OFF に戻しておく。
⑮ ポンベ、レギュレータの順にすべてのバルブを閉め、チューブを取り外す。



写真 4 リレーユニットの設定 (OUT チャンネル 1 のみ ON)



写真 5 マスフローコントローラ



写真 6 ニードルバルブ付き流量計 (○ニードルバルブ)

3.3 測器の設置と接続の手順

チューブの配管およびケーブルの配線は以下の手順で行う。また、配管・配線の概略を図5(→14ページ)に示す。

測器の設置

- ① 超音波風速温度計(CSAT3)を設置する。プローブの座標系については、付録『A3 CSAT3 のプローブの座標系』(→20ページ)を参照のこと。
- ② 採気口を CSAT3 のアーム付近に取り付け(写真7を参照)、8-6 チューブ(外径 8mm、内径 6mm)を接続する。
- ③ 温湿度計(HMP45A)を CSAT3 のプローブと同じ高さに設置する。



写真7 採気口の設置例

信号線の配線、採気口チューブの配管

- ④ CSAT3 ケーブルをメインユニットの配管・配線用孔を通して、データロガー(CR3000)の最下接続部に接続する(写真8 および次ページの表7を参照)。
- ⑤ 採気口に接続したチューブ(8-6 チューブ)をメインユニットの配管・配線用孔を通してガス取り入れ口の Air 端子に接続されているチューブ径変換アダプタに接続する(写真9を参照)。
- ⑥ 温湿度計をメインユニットの配管・配線用孔を通して、HMP45A・AUX 端子台に HMP45A 用信号ケーブルで接続する(次ページの表8を参照)。



写真8 配管・配線用孔をメインユニット内部からみた様子(←配管・配線用孔)

校正用標準ガスチューブの接続(自動校正を行う場合)

- ⑦ 観測中に自動校正を行う場合は、校正用標準ガス(ゼロおよびスパン)のチューブをメインユニットの配管・配線用孔を通してガス取り入れ口の ZERO GAS 端子、SAPN GAS 端子にそれぞれ接続する。

システムの起動

- ⑧ メインユニットと電源ユニットを電源ケーブルで接続する。
- ⑨ 電源ユニットのケーブルを電源に接続してシステムを始動する。



写真9 ガス取り入れ口

左端の Air 端子には径変換アダプタが接続されている

3. 観測の手順

表 7 CSAT3 ケーブルの接続先 (CR3000 最下接続部)
















	ケーブルの色	接続先のラベル
電源ケーブル	赤 	12V
	黒 	G
	透明 	G
信号ケーブル	緑 	SDM1
	白 	SDM2
	茶 	SDM3
	黒 	G
	透明 	G

表 8 HMP45A 用信号ケーブルの接続先 (HMP45A・AUX 端子台)

ケーブルの色	接続先のラベル
赤 	Ta+
-	(Ta-は Rh-と共通)
茶 	Rh+
黄 	Rh-
青 	Pw +V
橙 	Pw GND
白 	FAN +V
黒 	FAN GND

3. 観測の手順

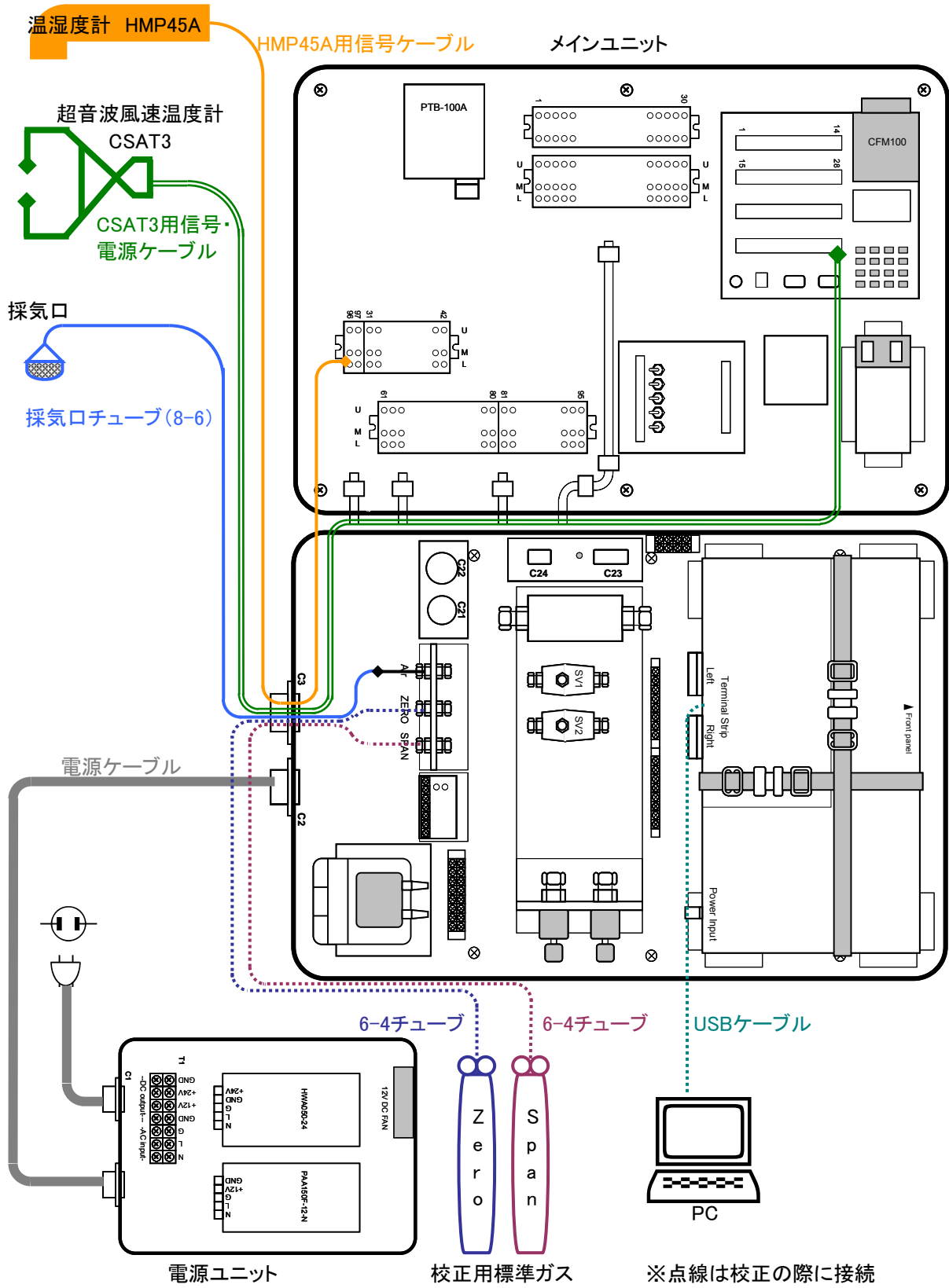


図5 チューブ配管・ケーブル配線の概略図

3. 観測の手順

3.4 データ収録の手順

- ① 測定開始前に校正を行う。詳細は、『3.2 校正の手順』(→10 ページ)を参照。
- ② リレーユニットの OUT チャンネルがすべて OFF に設定されていることを確認する。
- ③ CR3000 の電源コネクタを接続して起動する(写真 10 を参照)。
- ④ CR3000 のカードスロット(CF カードモジュール)に CF カードを挿入する。
- ⑤ フラックス比較観測を実施する場合は、CR3000 の時計を確認し、比較対象の観測システムに時刻を合わせる。
- ⑥ 操作パネルより、CR3000 で「Run on Power Up」(停電後の自動復帰のため)および「Run Now」が有効になっていることを確認してから、制御プログラムを実行してデータの収録を開始する。操作の手順は付録『A4 CR3000 の操作手順:プログラムの実行手順』(→21 ページ)を参照。また、制御プログラムのソースを付録『A5 CR3000 の制御プログラム』(→22 ページ)に示す。
- ⑦ 連続観測中は、システム内部の温度が上がらないようメインユニットは日陰に設置し、ふたを閉じる。(メインユニットを屋内に設置する場合は放熱のためにふたは空けておいてもよい。)



写真 10 CR3000 の電源コネクタ

3.5 終了手順

- ① CF カードモジュールの白いリムーバルボタンを押し、ステイタス LED が赤から緑に変わってから 20 秒以内にカバーを開けて、CF カードを取り出す(写真 11 を参照)。

注意:

CF カードを取り出さずに次の終了手順に進むと、収録したデータが保存されないので注意すること。

- ② CF カードを取り出したことを確認して、操作パネルから CR3000 を終了する。操作の手順は付録『A4 CR3000 の操作手順:プログラムの終了手順』(→21 ページ)を参照のこと。
- ③ CR3000 の電源コネクタをはずし、電源ユニットのプラグを抜いてシステム電源をおとす。



写真 11 リムーバルボタン(→)とステイタス LED(→)

4. システムの仕様

4.1 寸法・重量

表 7 システム構成品の寸法および重量

	寸法	重量
メインユニット	W826×H521×D287mm	37.66kg
電源ユニット	W371×H258×D152mm	6.70kg
電源ケーブル	L5.4m	1.56kg
CSAT3 運搬ボックス(センサ本体含む)	W700×H680×D320mm	16.47kg
CSAT3 用信号・電源ケーブル	L50m×2 本	3.67kg
通風筒(HMP45A、取付金具含む)	W760×H220×D220mm	3.77kg
HMP45A 用信号ケーブル	L50m	5.49kg
6-4 チューブ(外径 6mm, 内径 4mm)	L15m×2 本	0.67kg
8-6 チューブ(外径 8mm, 内径 6mm)	L40m	1.99kg
	総重量	約 78kg

4.2 消費電流

表 8 システム構成品の消費電流

	消費電流	供給電圧	
メインユニット	赤外線ガス分析計 LI-7000 (LI-COR)	4A max. DC10.5-16V	
	ポンプ MVP03V12BA2 (パナソニック)	2.5A DC8-15V	
	マスフローコントローラ CMQ0020 (山武)	300mA max. DC15-24V	
	電磁弁 AG31-02-2 ※2 基実装 (CKD)	(1 基あたり) 920mA DC12V	
	データロガーCR3000 (Campbell Scientific)	10mA DC10-16V	
	気圧計 PTB-100A (Vaisala)	4mA max. DC10-30V	
	超音波風速温度計 CSAT3 (Campbell Scientific)	200mA DC10-16V	
	温湿度計 HMP45A (Vaisala)	4mA max. DC7-35V	
	通風筒	ファン RD804A (Prince Fan)	170mA DC12V
		総消費電流	最大 9A

引用文献

LI-COR, "LI-7000 CO₂/H₂O Analyzer Instruction Manual",

<ftp://ftp.licor.com/perm/env/LI-7000/Manual/LI-7000Manual.pdf>

Campbell Scientific, Inc., "CR3000 Micrologger Operator's Manual", Revision 5/10,

<http://www.campbellsci.com/documents/manuals/cr3000.pdf>

Campbell Scientific, Inc., "CSAT3 Three Dimensional Sonic Anemometer Instruction Manual", Revision: 6/10,

<http://www.campbellsci.com/documents/manuals/csat3.pdf>

参考文献

タワーフラックス観測マニュアル編集委員会, "タワーフラックス観測マニュアル",

http://www2.ffpri.affrc.go.jp/labs/flux/manual/manual_index_j.html

OHTANI Yoshikazu, MIZOGUCHI Yasuko, TAKANASHI Satoru, YASUDA Yukio, IWATA Hiroki, NAKAI Yuichiro, YUTA Satoko, YAMANOI Katsumi (2010): Development of a portable CO₂ flux observation system using a closed-path gas analyzer for intercomparison. 森林総合研究所研究報告, 9(1):31-36,

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/bulletin/414/documents/414-3.pdf>

謝辞

森林総合研究所東北支所:安田幸生氏には、システム開発に御協力を頂きました。また、アラスカ大学国際北極圏研究センター:岩田拓記氏には、システム作成を手伝って頂きました。ここに感謝の意を表します。

本システム開発・作成およびマニュアル作成の一部は、文部科学省科学技術振興調整費:「次世代のアジアフラックスへの先導」および、環境省地球環境保全試験研究費:「アジア陸域炭素循環観測のための長期生態系モニタリングとデータのネットワーク化促進に関する研究」を用いて行われました。

付録

A1 マスフローコントローラの設定確認方法

動作モードの確認

マスフローコントローラの動作モードが正しく「制御モード」に設定されていれば、本体上面の OK ランプが点灯する。ランプが消灯している場合は、流量が安定していない状態なので、しばらく待ってランプが点灯するのを確認する。(ランプが点滅している場合、あるいは7セグメント表示が[OFF]になっている場合は、マスフローコントローラ取扱説明書を参照して動作モードを再設定する。)

制御流量の確認

マスフローコントローラ本体上面の[DISP]ボタンを押すと、SP ランプが点灯し、現在設定されている制御流量が表示される。制御流量を変更する場合は、SP ランプが点灯している間に[△]あるいは[▽]ボタンを押して数値を変え、[ENT]ボタンを押す。

マスフローコントローラの操作方法の詳細は、(株)山武製デジタルマスフローコントローラ CMQ シリーズの取扱説明書を参照のこと。現在オンラインで閲覧可能なものは後継モデルの「デジタルマスフローコントローラ CMQ-V シリーズ」関連資料だが、動作モードの確認や制御流量の確認・変更の操作手順は同じである。

http://www.compoclub.com/products/recommend/mf/mf_mqv1.html

A2 LI-7000 ソフトウェアの操作手順

ゼロ校正

- ① [LI-7000]メイン画面:メニュー[Remote]から[Connect]を選択する。
- ② [Connect to LI-7000]画面:USB タブをクリックし(SN: IRG4-0517 が表示されているのを確認)、[Use Instrument Configuration]を選択して[Connect]ボタンを押す。
- ③ [LI-7000]メイン画面:計測値が表示される。
- ④ [LI-7000]メイン画面:メニュー[Remote]から[User Calibration]を選択する。
- ⑤ [User Calibration]画面:まず H2O Calibration を実施する。プルダウンメニュー[H2O Action]から[Make cell B match cell A]を選択して、[Do H2O Cal]ボタンを押す。
- ⑥ [User Calibration]画面:次に CO2 Calibration を実施する。プルダウンメニュー[CO2 Action]から[Make cell B match cell A]を選択して、[Do CO2 Cal]ボタンを押す。

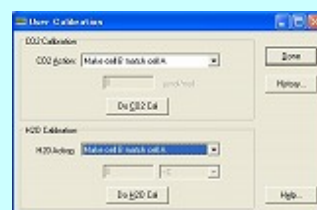


図 A1 LI-7000 ソフトウェアの操作画面(ゼロ校正)

スパン校正

- ①～④ ゼロ校正と同様。
- ⑤ [User Calibration]画面:CO2 Calibration を実施する。プルダウンメニュー[CO2 Action]から[Make cell B read...]を選択し、基準濃度を入力して[Do CO2 Cal]ボタンを押す。

ソフトウェアの終了

- ① [LI-7000]メイン画面:メニュー[Remote]から[Disconnect]を選択する。
- ② [LI-7000]メイン画面:メニュー[File]から Exit を選択する。

詳細は、LI-7000 の Instruction Manual を参照のこと。

(<ftp://ftp.licor.com/perm/env/LI-7000/Manual/LI-7000Manual.pdf>)

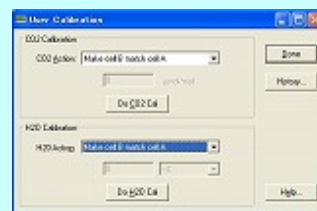


図 A2 LI-7000 ソフトウェアの操作画面(スパン校正)

A3 CSAT3 のプローブの座標系

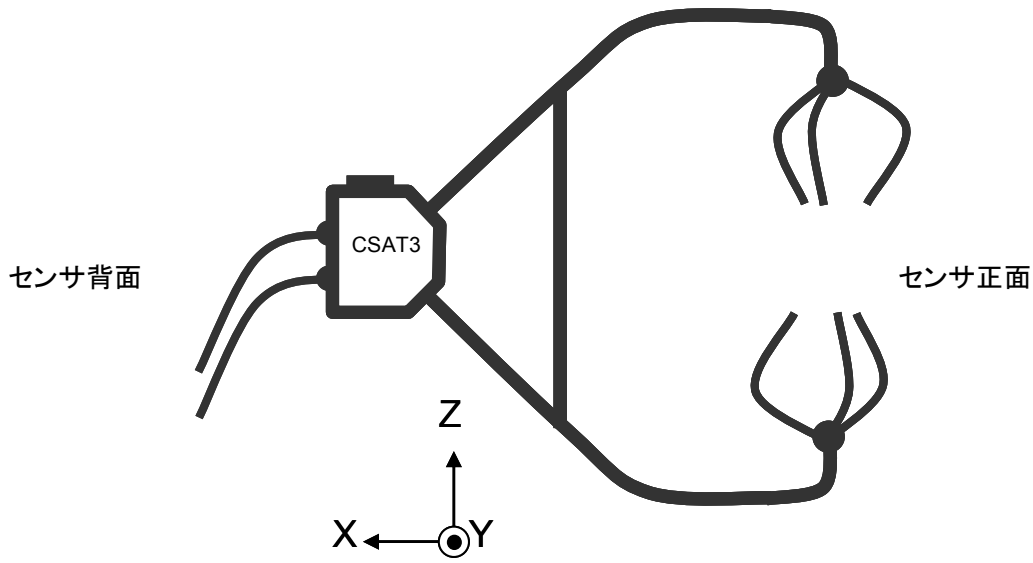


図 A3 CSAT3 のプローブの座標系

図中の矢印は風ベクトルの向きを示す。X 軸はセンサ正面(上図の右側)からセンサに向かって吹く風を正の値、Y 軸はセンサ背面(上図の左側)からセンサ正面を見た場合に左手から右手に向かって(紙面奥から手前に向かって)吹く風を正の値、Z 軸は鉛直上向きを正の値として出力する。

A4 CR3000 の操作手順

プログラムの実行手順

- ① CR3000 でプログラムが実行されていない状態から、操作パネルの[◀]、[▶]、[△]、[ESC]以外のキーを押してメインメニューを表示させる。
- ② [△]あるいは[▽]ボタンを押してカーソルを[Run/Stop Program]に移動させ、[Enter]ボタンを押してプログラムリスト画面を表示させる。
- ③ [△]あるいは[▽]ボタンを押して実行プログラム名(本システム搭載のプログラム名は「PORTABLE_CSAT3SDM.CR」)を選択し、[Enter]ボタンを押してオプション画面を表示させる。
- ④ [△]あるいは[▽]ボタンを押して[Run on Power Up]オプションを選択し、[Enter]ボタンを押してオプション名の左に*を表示させる(これでこのオプションが有効になる)。同様に、[Run Now]オプションも有効にする。
- ⑤ カーソルを一番下の[Execute]に移動させ、[Enter]ボタンを押す。
- ⑥ 実行を確認するメッセージが表示されるので、[Yes]を選択して[Enter]ボタンを押してプログラムを実行する。



図 A4 CR3000 本体上の操作パネル

プログラムの終了手順

- ① CR3000 でプログラムが実行されている状態から、操作パネルの[◀]、[▶]、[△]、[ESC]以外のキーを押してメインメニューを表示させる。
- ② [△]あるいは[▽]ボタンを押してカーソルを[Run/Stop Program]に移動させ、[Enter]ボタンを押してオプション画面を表示させる。
- ③ [△]あるいは[▽]ボタンを押して[Stop, Retain Data]オプションを選択し、[Enter]ボタンを押してオプション名の左に*を表示させる(これでこのオプションが有効になる)。
- ④ カーソルを一番下の[Execute]に移動させ、[Enter]ボタンを押す。
- ⑤ 終了を確認するメッセージが表示されるので、[Yes]を選択して[Enter]ボタンを押してプログラムを終了する。

CR3000 の操作方法の詳細は、CR3000 Operator's Manual を参照のこと。

(<http://www.campbellsci.com/documents/manuals/cr3000.pdf>)

A5 CR3000 の制御プログラム

本システムに搭載している制御プログラム PORTABLE_CSAT3SDM.CR は、以下 3 点を制御する。

1. 10Hz でのデータスキャンおよび収録
2. 毎日下記の時間に校正用標準ガスを流すための電磁弁・ポンプの切り替え
 - 23:39 測定を停止する(ポンプを停止)
 - 23:40 ゼロガスを流す
 - 23:45 ゼロガスを止め、スパンガスを流す
 - 23:50 スパンガスを止め、ポンプを始動する
3. メモリカードへのデータ出力、内部メモリへの参考データ(物理量)書き込み(リアルタイムデータの確認用)

メモリカードへの出力

表 A1 メモリカードへの出力データ

カラム	出力データ	単位	出力形態
1	X 方向風速 X	ms ⁻¹	物理量
2	Y 方向風速 Y	ms ⁻¹	
3	Z 方向風速 Z	ms ⁻¹	
4	気温(CSAT3 計測値) T	°C	
5	水蒸気濃度 H2O	mV	アナログ電圧値
6	CO ₂ 濃度 CO2	mV	(0~5V max.)
7	セル内温度 Ti	mV	
8	セル内圧力 Pi	mV	
9	メインユニット内気圧 Pa	mV	
10	気温 Ta	mV	
11	相対湿度 RH	mV	
12	流量 Flow	mV	
13-14		未使用	

プログラムのソース

```

1  'CR3000 Series Datalogger with CSAT3-SDM
2  'date: 2010-04-02
3  'program author: Takanashi, S. (FOR. Met. Lab., FFPRI)
4  'Declare Constants
5  Const StopMeasureMinutes = 1419           '23:39
6  Const StartZeroMinutes = 1420            '23:40
7  Const StartSpanMinutes = StartZeroMinutes+5 '23:45
8  Const StartMeasureMinutes = StartSpanMinutes+5 '23:50
9  Const FileMarkMinutes = StartMeasureMinutes+5 '23:55
10 Const Interval = 100 ' msec
11 Const DataLapse = 0 ' 0:every blank data will be timestamped

```



```
12 Const DataIntegration = 250 '250, _60Hz, _50Hz
13 Const VoltRange = mV5000
14 Const DataMax = 14
15 Const SDM_PER = 50
16 'Declare Public Variables
17 Public Diffch(DataMax)
18 Public IRGAData(4)
19 Public SATData(6)
20 Public TARHData(2)
21 Public OIRGAData(4)
22 Public Ptemp
23 Public Flow
24 'Define Data Tables
25 DataTable(FluxData, 1, -1)
26     DataInterval(0, Interval, msec, DataLapse)
27     CardOut(1, -1) 'CardOut(0:Ring 1:FillandStop, -1:Auto-allocate n:Size)
28     Sample(DataMax, Diffch(1), IEEE4)
29     FieldNames("X:m/s, Y:m/s, Z:m/s, T:degC, H2O:mv, CO2:mv, Ti:mv, Pi:mv, Pa:mv, Ta:mv, RH:mv, Flow:mv, AUX2
30 :mv, AUX3:mv")
31 EndTable
32 DataTable(IRGA, 1, 600)
33     Sample(4, IRGAData(1), IEEE4)
34     FieldNames("H2O:mmol/mol, CO2:ppm, Ti:degC, Pi:kPa")
35 EndTable
36 DataTable(SAT, 1, 600)
37     Sample(4, SATData(1), IEEE4)
38     FieldNames("X:m/s, Y:m/s, Z:m/s, T:degC")
39 EndTable
40 DataTable(VAISALA, 1, 600)
41     Sample(1, Diffch(4), IEEE4)
42     FieldNames("SATA_T:degC")
43     Sample(1, SATData(4), IEEE4)
44     FieldNames("SATd_T:degC")
45     Sample(2, TARHData(1), IEEE4)
46     FieldNames("HMP45A_T:degC, HMP45A_RH:%")
47     Sample(1, Ptemp, IEEE4)
48     FieldNames("PTemp:degC")
49 EndTable
50 DataTable(Flow, 1, 600)
51     Sample(1, Flow, IEEE4)
52     FieldNames("Flow:l/s")
53 EndTable
54 'Define Subroutines
55 Sub ZeroCalibration
56     PortSet(1, 1)
57     PortSet(2, 0)
58     PortSet(3, 1)
59     PortSet(4, 1)
60     PortSet(5, 0)
61 EndSub
62 Sub SpanCalibration
63     PortSet(1, 0)
64     PortSet(2, 1)
65     PortSet(3, 1)
```

```
65     PortSet(4,1)
66     PortSet(5,0)
67 EndSub
68 Sub StartMeasure
69     PortSet(1,0)
70     PortSet(2,0)
71     PortSet(3,0)
72     PortSet(4,0)
73     PortSet(5,1)
74 EndSub
75 'Main Program
76 BeginProg
77 Call StartMeasure
78 SDMSpeed (SDM_PER) 'The resolution of the bit period is 1 uSec.
79 Scan(Interval,msec,600,0)
80     'VoltDiff(Dest,Reps,Range,Diffchan,RevDiff,Settlingtime,Integ,Mult,Offset)
81     VoltDiff(Diffch(5),10,VoltRange,5,0,0,DataIntegration,1,0)
82     'Set SDM bit period and get data from the CSAT3.
83     CSAT3 (SATData(1),1,3,91,60) 'SDM address 3.
84     Diffch(1)=SATData(1)
85     Diffch(2)=SATData(2)
86     Diffch(3)=SATData(3)
87     Diffch(4)=SATData(4)
88     IRGAData(1)=0.01*Diffch(5)-10
89     IRGAData(2)=0.2*Diffch(6)-100
90     IRGAData(3)=0.02*Diffch(7)
91     IRGAData(4)=0.01*Diffch(8)+70
92     TARHData(1)=Diffch(10)*0.1-40
93     TARHData(2)=Diffch(11)*0.1
94     Flow=Diffch(12)*0.004
95     PanelTemp (Ptemp,250)
96     If TimeInInterval(1320,1440,min) Then Call StartMeasure
97     If TimeInInterval(StopMeasureMinutes,1440,min) Then Call EndMeasure
98     If TimeInInterval(StartZeroMinutes,1440,min) Then Call ZeroCalibration
99     If TimeInInterval(StartSpanMinutes,1440,min) Then Call SpanCalibration
100    If TimeInInterval(StartMeasureMinutes,1440,min) Then Call StartMeasure
101    CallTable IRGA
102    CallTable SAT
103    CallTable FluxData
104    CallTable VAISALA
105    CallTable Flow
106 NextScan
107 EndProg
```

A6 部品リスト

メインユニット

1. MASS FLOW CONTROLLER (MFC)

MFC	CMQ series (YAMATAKE, Japan) CMQ0020BSSN000000. 20Lmin ⁻¹ FS (control range :1 to 100%FS) Work voltage: 24V DC
-----	--

2. SOLENOID VALVE

SV-1, SV-2	AG31-02-2-03A-DC12V (CKD, Japan) Work voltage: 12V DC
------------	--

3. FLOW METER

FM-1, FM-2	RK1650 (KOFLOC, Japan) 5Lmin ⁻¹ FS
------------	--

4. DUST FILTERS

DF-1	Balston Disposable Air Filter #300-01961 (LI-COR, USA より購入可)
DF-2, DF-3	Gelman Acro 50, #9967-008 (LI-COR, USA より購入可) 1.0μm, PTFE

5. ELECTRIC TERMINALS

280-681 (terminal) (WAGO, Japan)
280-326 (end plate for 280-681) (WAGO, Japan)
280-907 (common earth terminal) (WAGO, Japan)
280-309 (end plate for 280-907) (WAGO, Japan)
249-116 (end stop) (WAGO, Japan)
209-666 (number plate) (WAGO, Japan)
209-607 (number plate) (WAGO, Japan)
DIN Rail (50cm length, Aluminum)
Gap arrester Y08U-75B (Sankosha, Japan)

6. ELECTRIC CONNECTORS

パネルマウント 8ピン-ソケット MMS3102A-22-23-S (MISUMI ,Japan)
ストレート 8ピン-ピン MMS3106B-22-23-P (MISUMI ,Japan)
パネルマウント 7ピン-ソケット MMS3102A-20-15-S (MISUMI ,Japan)
ストレート 7ピン-ピン MMS3106B-20-15-P (MISUMI ,Japan)
防塵キャップ NMS25042-20D (MISUMI ,Japan)
防塵キャップ NMS25043-20D (MISUMI ,Japan)
ケーブルクランプ NMS3057-12A (MISUMI ,Japan)

7. TUBE

ポンプ-フィルタ間:NRK ユニチューブ(日本理化学器械)

#7SW 7×13

6-4 チューブ:ポリエチレン製

8-6 チューブ:PTFE 製

8. TUBE FITTINGS

PU6 (straight) (PISCO)

PG8-6 (違径ストレート) (PISCO)

PM6 (bulkhead) (PISCO)

SS-6M0-1-4RT (straight) (Swagelok)

SS-6M0-7-4RT (straight) (Swagelok)

SS-6M0-2-4RT (90deg elbow) (Swagelok)

9. CARRY CASE

Pelican Box #1650 (PELICAN, USA)

10. PUMP

MVP03V12BA1 (Panasonic, Japan)

30Lmin⁻¹

Work voltage: 12V DC

電源ユニット**1. SWITCHING POWER SUPPLY**

PAA150F-12-N (COSEL, Japan)

Input: 85 to 264V AC, Output: 12V DC 13A

Work voltage: 100-240 AC

HWA050-24 (SANKEN, Japan)

Input: 85 to 264V AC, Output: 24V DC 2.1A

Work voltage: 100-240 AC

2. FAN

CF-50SS (ADDA, China)

50mm, 3700rpm±10%

Work voltage: 12V DC

3. CARRY CASE

Pelican Box #1450 (PELICAN, USA)

索引

6-4 チューブ	2, 3, 11, 14, 16, 26	ゼロ校正	11, 19
8-6 チューブ	2, 3, 12, 14, 16, 26	チャンネル設定	7, 9
CR3000 →データロガー		チューブ	2, 3, 11, 12
CSAT3 →超音波風速温度計		超音波風速温度計、CSAT3	
HMP45A →温湿度計		1, 2, 3, 4, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 17, 20, 21, 22
LI-7000 →赤外線ガス分析計		通風筒	2, 3, 16
LI-7000 ソフトウェア	10, 11, 18	データ収録	15
MFC →マスフローコントローラ		データロガー、CR3000	
.....		1, 2, 4, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 17, 21, 22
温湿度計、HMP45A		電源ユニット	2, 3, 4, 6, 10, 12, 14, 15, 16, 26
.....	1, 2, 3, 4, 8, 9, 12, 13, 14, 16, 22	電磁弁	1, 4, 5, 7, 9, 16, 22
ガス取り入れ口	1, 5, 11, 12	ニードルバルブ	5, 11
ガス分析計 →赤外線ガス分析計		配管・配線用孔	5, 12
校正	1, 7, 10, 11, 12, 15	プローブの座標系	12, 20
校正用標準ガス	1, 2, 10, 14, 12, 22	ポンプ	1, 2, 5, 7, 16, 22, 26
採気口	2, 3, 12, 14	マスフローコントローラ(MFC)	
サンプル空気	1, 5, 7	1, 2, 4, 5, 7, 10, 11, 16, 18
自動校正	12	メインユニット	
出力レンジ	7, 8	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 22, 25
スパンガス	1, 2, 7, 10, 11, 22	薬品	1, 10
スパン校正	11, 19	流量計	1, 11
赤外線ガス分析計、LI-7000		リレーユニット	4, 7, 11, 15
.....	1, 2, 5, 7, 10, 11, 16, 19	レギュレータ	2, 9, 11
ゼロガス	1, 2, 7, 10, 22		



編集・執筆担当：

高梨聡・大谷義一・油田さと子(気象環境研究領域)、
溝口康子・山野井克己(北海道支所)

2011年2月発行

ポータブルフラックス観測システム使用マニュアル

編集・発行

独立行政法人 森林総合研究所北海道支所
〒062-8516 札幌市豊平区羊ヶ丘7
電話:011-851-4131 Fax:011-851-4167

Copyright 2011 © Forestry and Forest Products Research Institute.

本誌から転載・複写する場合は、森林総合研究所の許可を得てください。

