

エアコンを利用した環境制御計測装置の試作と応答性

近藤 直・林 孝洋^{a)}・芝野保徳^{b)}・小西國義^{a)}

(基盤整備学講座)

Received November 1, 1989

Manufacture and Responsive Characteristic of Environmental Controlled Electronic Measurement System with Air Conditioner

Naoshi KONDO, Takahiro HAYASHI^{a)}, Yasunori SHIBANO^{b)}
and Kuniyoshi KONISHI^{a)}

(Division of Agricultural Infrastructure Development and Conservation)

In this paper, environmental controlled electronic measurement system with air conditioner was made as a trial and the response of the air temperature in the growth chamber to step input of setting temperature by the air conditioner was investigated for developing the cheap and simple system. From the experimental results, it was obtained as follows :

1. From 5°C to 10°C difference among the air temperatures in the growth chamber was temporarily recognized when the air was not stirred.
2. The response of the air temperature was similar to first order lag system when cooling was driven, and it swung at the setting temperature like high order lag system when heating was driven.
3. The temperature of the air from the air conditioner was lower than the setting value when cooling was driven and higher than that when heating was driven.
4. The following of the air temperature to the setting value was difficult when a setting periodic time was less than 10 minutes.

緒 言

近年、センシング技術の進歩により、植物を対象とした環境制御計測装置が種々開発され、様々な研究に利用されている¹⁾。これらの装置は制御精度が高く、植物の生理、生態を解明するような精密な実験においては極めて有用であるが、設備や運転、保守に多くの費用がかかり、それほど高い制御精度を要求されない実験においては、導入困難なことが多い。

そこで、簡易で安価な環境制御計測装置の一例として市販のエアコンディショナ及びパーソナルコンピュータ等を用いた装置を試作し、その温度変化の応答性を調べることによって、その性能の一部を評価した。

装 置

Fig. 1 に実験装置のブロック図を示す。装置は岡山大学農学部内のガラス温室に設置し、それぞれのグロースチャンバー（以下チャンバーと称する）にエアコンディショナ（以下エアコンと称する）を取り付けた。チャンバーには厚さ 0.15 mm で波長 370 nm 以上の光の透過率が極めて高いフィルム及び木材を使用して、容積が 1600×1800×1000 mm³ となるよう製作

a) 作物機能調節学 (Division of Eco-physiology for Crop Production)

b) 農地生産力開発学 (Division of Agricultural Technology of Integrated Land Use)

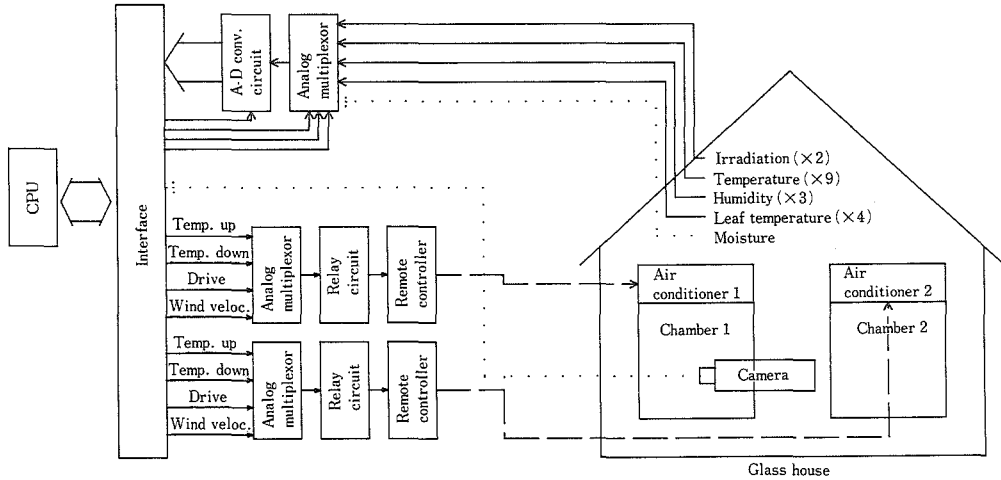


Fig. 1 Blockdiagram of environmental controlled electronic measurement system.

し、東西方向に2台並べた。本研究では便宜上、西側のものをチャンバー1、東側をチャンバー2と呼ぶ。

まずエアコンを運転するための信号は、アナログマルチプレクサを介してリレーをオンオフし、エアコンに付属のリモコンのスイッチを電氣的に切り替えることによって温度上昇、温度下降、運転切替、及び風速切替が可能とした。チャンバー内には日射量、乾球温度、湿球温度、及び葉温が測定できるセンサを設置し、その出力信号はアナログマルチプレクサ及びAD変換回路を通して16ビット並列処理型のパーソナルコンピュータに入力した。これらの入出力は、いずれもパラレルインターフェイスを介して行った。AD変換器には8ビット逐次比較型で変換時間 $25\mu\text{s}$ のものを用いた。また、アナログマルチプレクサには8チャンネルのアナログ信号を3つのデジタル信号で切り替えられるものをあわせて8個用いた。

また、このシステムは水分センサ等の各種センサ、及び画像入力カメラ等も接続可能である。

1. エアコン

Table 1 に使用したエアコンの仕様を示す。本エアコンの運転は暖房、ドライ、冷房、送風、及び自動に、風速は強風、弱風、微風、及び自動に、温度は $16^{\circ}\text{C}\sim 32^{\circ}\text{C}$ に設定可能である。またこのリモコンはタイマー機能を有しており、設定時刻にオンオフが可能である。

2. 日射量センサ

日射量センサには直径80mmのガラス球内に受光部をもつサーモパイル式全天日射計を2台用いた。このセンサの標準検定定数Eは精度 $\pm 2\%$ で 7mV/kWm^{-2} ($5\text{mV/cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$ 近似相当)であり、これより1mV当りの感度定数q及び日射放射エネルギーQは(1)及び(2)式より求められる。

Table 1 Specification of air conditioner

Power supply (V)	100 (Single phase)
Frequency (Hz)	50 or 60
Cooling ability (kcal)	2800
Heating ability (kcal)	3800
Electric power (cooling) (kW)	1.185
Electric power (heating) (kW)	1.600
Indoor unit size (mm)	365×815×156
Outdoor unit size (mm)	520×820×280
Indoor unit weight (kg)	10
Outdoor unit weight (kg)	43

$$q = 1/E$$

$$= 0.1429 \text{ (kWm}^{-2}\text{/mV)} \quad (1)$$

$$Q = q \times e \text{ (kWm}^{-2}\text{)} \quad (2)$$

e : 日射量センサの出力電圧 (mV)

本センサの出力は0~10mVであるため、約1000倍に増幅し、AD変換回路に入力した。Fig. 2に、日射量センサの出力電圧とAD変換値との関係を示す。

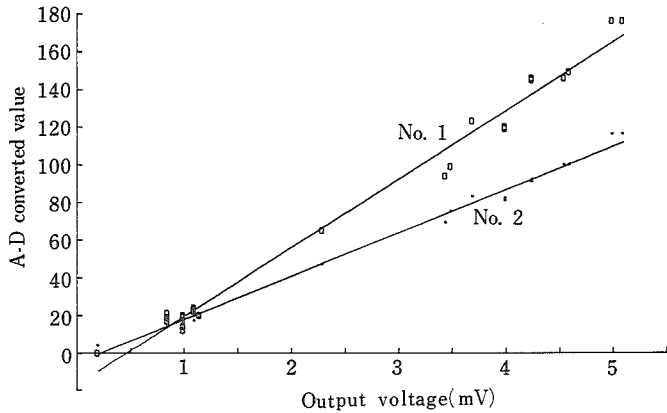


Fig. 2 Relationship between output voltage and A-D converted value (pyrheliometer).

3. 温度センサ

温度センサには2端子ICである温度トランスデューサを12個使用した。これは絶対温度に比例した電流(1μA/K)を出力し、ワイドレンジは-55~+150°C、フルスケールで±0.3°Cという直線性を示す。本実験では0°Cの時0V、50°Cの時10Vを出力するよう周辺回路を組み、AD変換回路に入力した。これをそのまま使用した値を乾球温度とし、感温部に薄い布を巻き付け、水につけて測定した値を湿球温度とした。

Fig. 3に乾球温度とAD変換値との関係を示す。

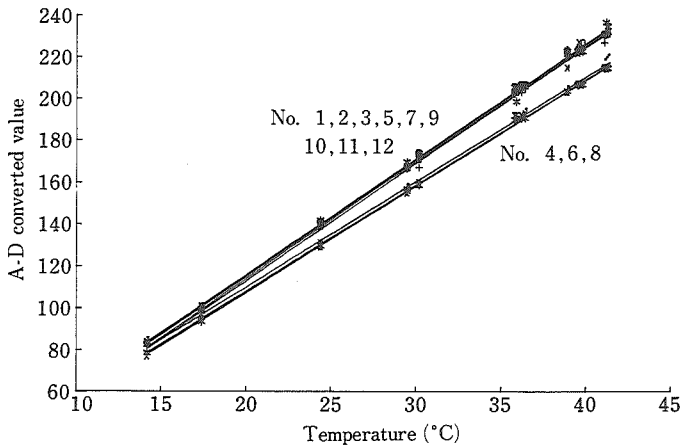


Fig. 3 Relationship between temperature and A-D converted value (thermo-sensor).

4. 葉温センサ

葉温センサにはサーモパイル赤外線センサ(集積熱電対型)を4個使用した。測定範囲は $-20\sim 50^{\circ}\text{C}$ のうち 50°C スパンで、感度は $25\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 、出力はTTLレベルである。本実験では 0°C の時 0V 、 50°C の時 10V を出力するよう調整し、AD変換回路に入力した。

Fig. 4 に温度とAD変換値との関係を示す。

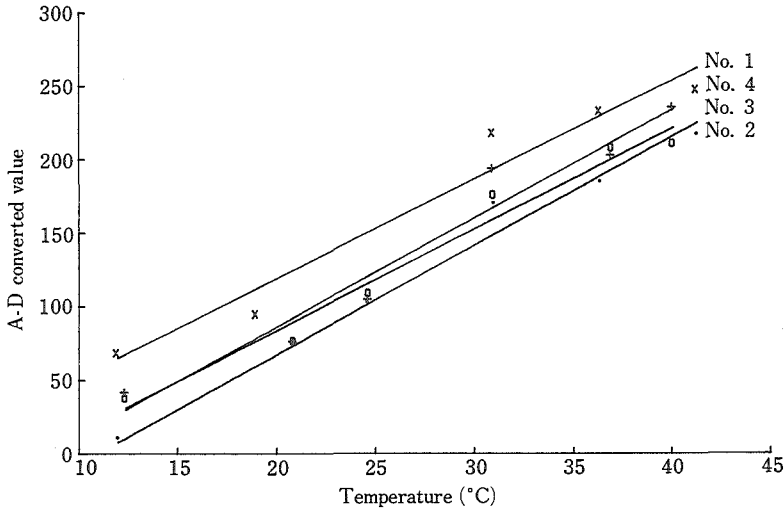


Fig. 4 Relationship between temperature and A-D converted value (infrared thermo-sensor).

方 法

チャンバー内の温度分布及び応答性を調べるため、エアコンの設定温度及び周期をTable 2のように変化させ、サンプリング時間は 60s とした。試験期間は5月25日から9月30日の日中及び夜間で、チャンパー1内の8つの隅(1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9)と中央の3箇所(3, 12, 10)、及びガラス温室内の温度を測定するため、チャンパー外(11)に温度センサを配置した(Fig. 5)。図中の数字はセンサの識別のための番号である。出入口はセンサ番号5, 6, 7, 9の面に設けた。

なお、これらを制御し、計測するプログラムにはアセンブリ言語を使用した。このデータはパーソナルコンピュータ内のメモリに一時的に蓄積し、後にフロッピーディスクに保管した。

Table 2 Experimental condition

Drive	Cooling	Heating
Setting temperature	16-17	31-32
($^{\circ}\text{C}$)	16-21	27-32
	16-26	22-32
Periodic time (min)	2, 10, 20	

結果及び考察

Fig. 6 に5月29日14時から14時40分まで冷房かつ微風の設定のもと、周期20分で設定温度 16°C から 26°C まで変化させたときの各温度センサの値を示す。これよりエアコン直下のNo. 10のセンサと入口に近い上部のNo. 7のセンサとでは、 5°C から最大で約 10°C の差が見られ、エアコンから出力される空気は設定温度よりかなり低いことがわかる。本設定条件では、No. 9のセンサが一番設定温度に追従した温度変化を示し、約20秒のむだ時間の後に一次遅れの応答を示すことが理解できる。また、一次遅れ系と見なした時の本条

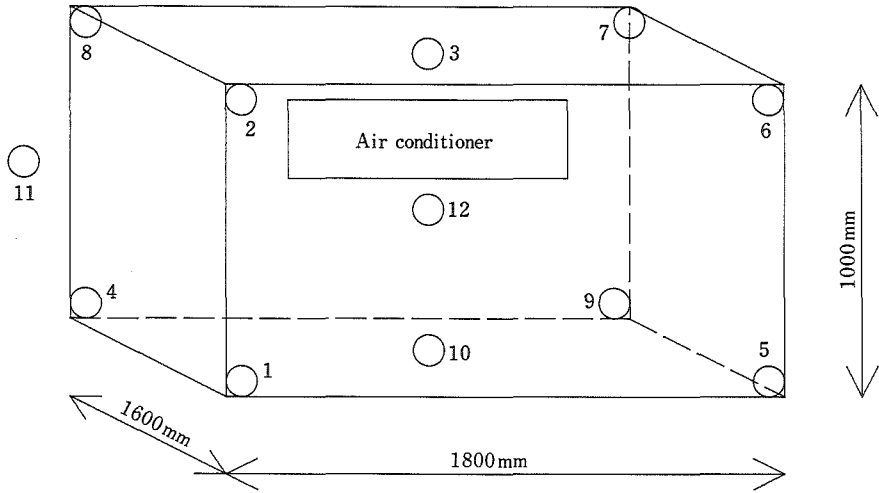


Fig. 5 Position of thermo-sensors.

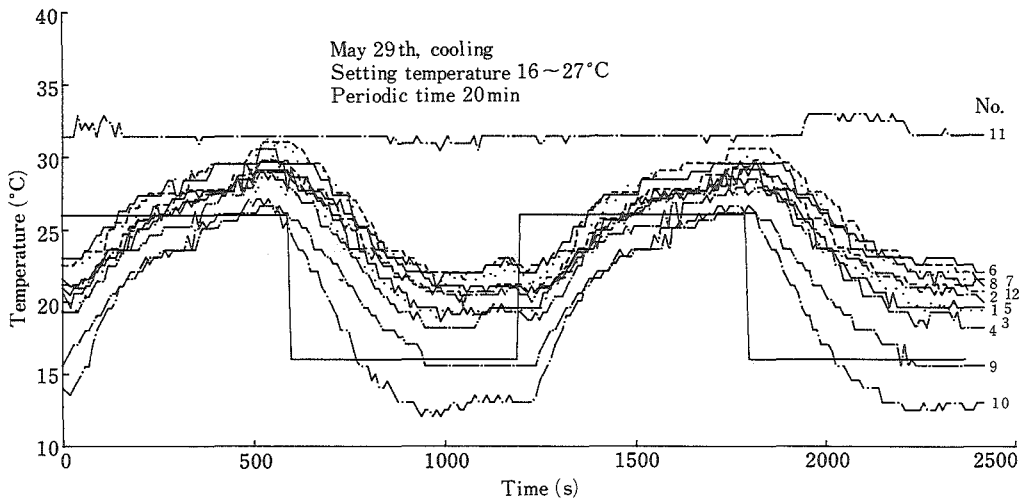


Fig. 6 Each temperature in the growth chamber (16–26°C, 20 min).

件下での時定数は約3分であることがわかる。No. 9及びNo. 10のセンサ以外は、昼間の測定で、かつ室内の空気を攪拌する装置を設けなかったため、曇りの天候にも関わらず、設定温度より2~3°C高くなった。

Fig. 7には6月8日15時から15時40分までの間、周期10分、設定温度16°Cから21°Cに変化させた時の結果を示す。これよりFig. 6に比べて、振幅を半分にしたにも関わらず、No. 7の温度の変化率が小さくなった。さらに周期を2分にすると、Fig. 8のようにいずれのセンサも設定周期の約2倍の周期を示し、追従できないことがわかる。なお、Fig. 8は6月8日0時から0時40分の間、周期2分、設定温度16°Cから17°Cに変化させたときの結果である。

暖房にした時の温度分布の結果はFig. 9に示すようにほぼ冷房の逆になるが、No. 10のセンサが示すように一時的に設定温度よりも約10°C近い高い風が出力される。本エアコンは

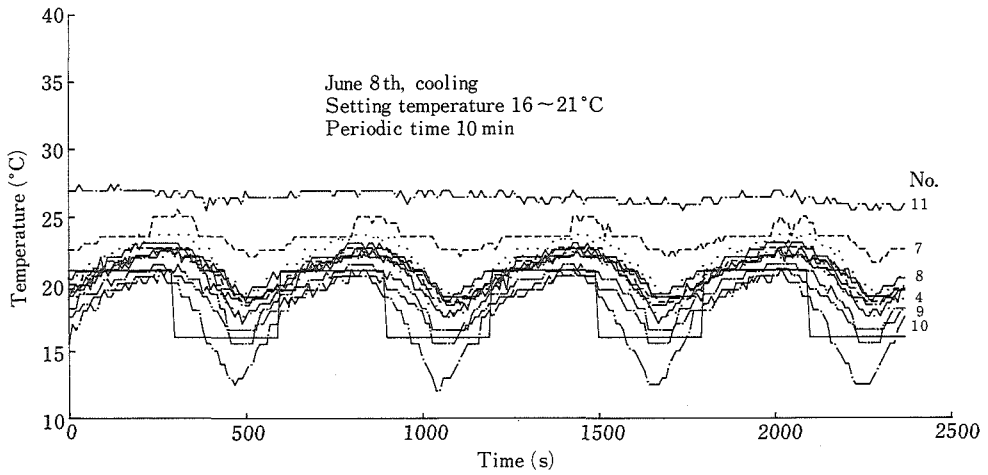


Fig. 7 Each temperature in the growth chamber (16~21°C, 10 min).

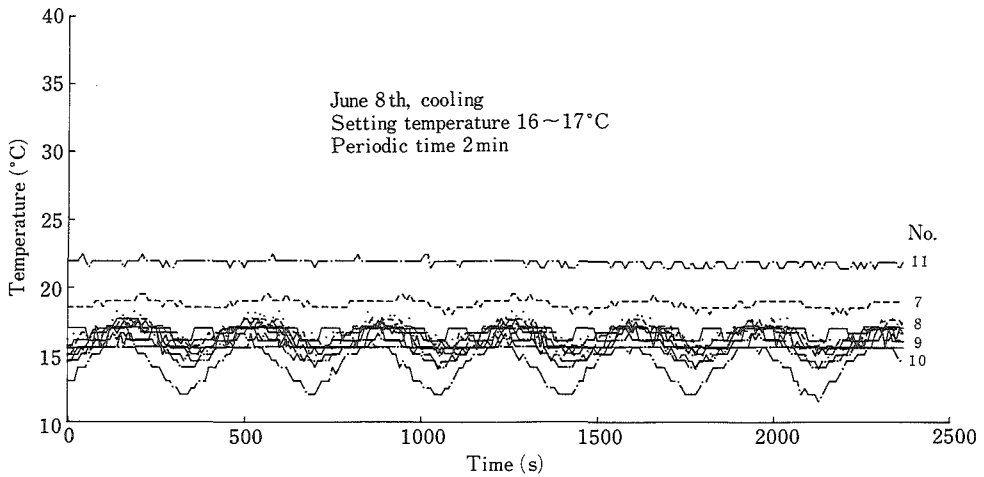


Fig. 8 Each temperature in the growth chamber (16~17°C, 2 min).

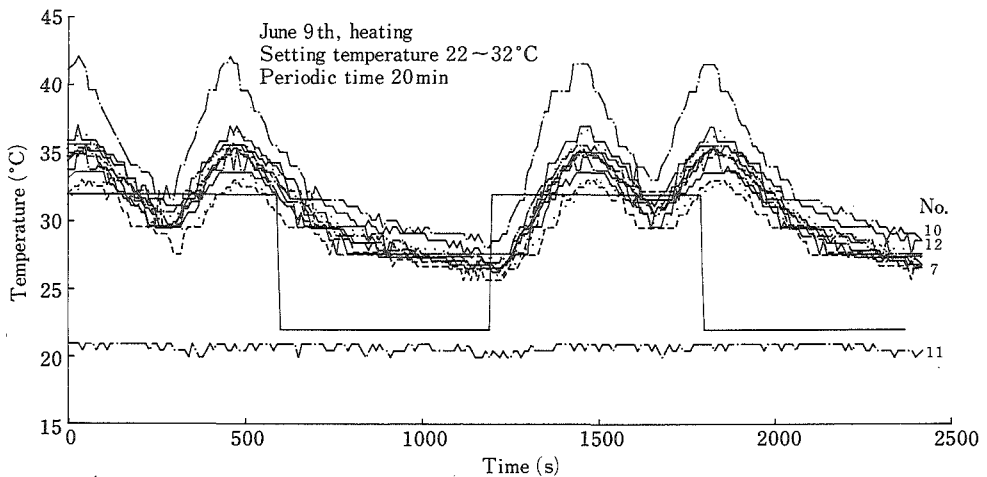


Fig. 9 Each temperature in the growth chamber (22~32°C, 20 min).

暖房においては設定温度を越えるとほとんど風は出力されず、自然に設定温度まで冷却され、それを過ぎると再び高温の風が吹き出すことを繰り返す。このような運転方法をとっているため、チャンバー内の各温度は設定温度の上下 2~3°C の振幅で振動することになる。

以上の結果より、このままの装置では温度むらが生じるため、ファン等によりチャンバー内の空気を攪拌する必要があると考えられた。さらに設定温度より低い冷風及び高い熱風が直接植物体に当たらないようにする工夫が心要と思われた。しかしながら、実用上の周期は数時間であるため、上述の点を除いて大きな問題点は無いと考えられた。

摘 要

安価で簡単な環境制御計測装置をパソコンならびにエアコン等を用いて試作し、その温度分布及び応答性を調べた結果、次のような問題点があることがわかった。

- 1) チャンバー内の空気を攪拌しないと一時的に 5°C~10°C の温度差が生じる。
- 2) 冷房運転ではほぼ一次遅れの応答を示すが、暖房運転では高次遅れの設定温度の上下で振動する。
- 3) エアコンから吹き出す風は、冷房運転では設定温度より低く、暖房運転では設定温度より高い。
- 4) 設定温度変化の周期が 10 分以内では追従が困難になる。

引 用 文 献

- 1) 船田 周, 橋本 康, 大政謙次, 岡田耕二: 電算機による植物育成プロセス制御の基礎的研究 (I). 生物環境調節 11, 117-125 (1973)