Controlled Green-house における環境条件について (VI)

植物収容時における制御ガラス室の気温変動の定常特性¹⁾

船田 周*・橋本 康*・野中佳昭*

愛媛大学農学部*

調節ガラス室の環境条件について、本報では気温変動からのスペクトル解析による検討がなされている。

スペクトル解析の基礎的な検討²⁾の結果を用い、入力気流、出力気温の対応関係で、植物としてキュウリを約2ポット/m²入れた場合の特性が議論されている。結果として、次のことが結論とされる。(i) 1 Hz~5 Hz の比較的速い変動成分については、ガラス室の場所によらず、周波数応答関数のゲインは大体同じ値を示し、また線形性も比較的良好である。(ii) 0~1 Hz の比較的遅い変動成分についてはガラス室の場所により周波数応答関数のゲインは全く異なり、対応は非線形と考えられる。

1972年7月3日受付

1. ま え が き

前報¹⁾において植物を入れた場合の Controlled Green-house の気流の定常特性について報告した。

今回は、試作の超音波気温計²⁾を用いて、植物のあるときの気温変動の定常特性について測定を行ない、その変動解析を行なったので報告する。

2. 測 定 方 法

前報¹⁾における計測システムに試作の超音波気温計²⁾を加えた。Fig. 1 に超音波気温計の検出部と本体、周波数チェックのための周波数カウンタ、および気温計のアナログ波形を書かせるビググラフの写真を示す。Fig. 2 は45ポットのキュウリが栽培されている制御ガラス室の内部を超音波気温計と超音波風速計で測定している写真である。超音波風速計については、入力気流が床上近くとする方がスペクトル解析に有効である³⁾ことから、床上20 cm 点とした。他方、超音波気温計は三脚で固定

し、吹出し、部屋中央部各点および吹込み点を順次測定した。なお、以上の計測を行なった Controlled Green-house は温度25°C、相対湿度70%の定常制御に条件設定を行なった。

3. 気温変動の解析結果

気温変動に対してスペクトル解析を適用するが、その詳細は既報²⁾にゆずり結果を示す。Fig. 3 に入力気流の風速のパワースペクトルを示す。不規則変動の生データとしてみると毎回の測定で異なるが、パワースペクトルを計算すると、いずれもほとんど同じパターンになった。以後、系の入力としての気流の流速を Fig. 3 のスペクトルで代表する。

Fig. 1 System of Ultrasonic-thermometer.

¹⁾ Shu FUNADA,* Yasushi HASHIMOTO* and Yoshiaki NONAKA*: Studies on Environmental Conditions in the Controlled Green-house (VI). Steady-state Characteristics of the Temperature-fluctuation in the Controlled Green-house with Cucumbers.

* Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Ehime University, Matsuyama.

Fig. 2 Measurement of temperature and air-flow velocity by ultrasonic in the Green-house.

Fig. 3 Power spectrum density function of input air-flow velocity.

つぎに制御対象の温度の分布定数系としての特性をしらべるため、ガラス室中央床上1 m 点を中央点とし、吸込み中央点を出力点とする。植物としてキュウリを2 ポット/m² (部屋全体で45 ポット) 入れ通常の負荷状態とし、入力点、出力点および中央点の温度のパワースペクトルパターンを対比したグラフを Fig. 4 に示す。Fig. 5

Fig. 4 Power spectrum density function of the temperature in the Green-house.

— temperature, 1 m.
 - - - temperature, 20 cm.
 temperature, outlet of the room.

は入力点の温度のパワースペクトルを中が空の場合すなわち最小負荷の場合と、植物の最大繁茂時すなわち最大負荷の場合、および通常負荷の場合で対比させたグラフである。Fig. 6 は同様に中央点の最小負荷、最大負荷および通常負荷の場合を対比させたグラフである。

以上、Fig. 4~Fig. 6 が温度の変動値より求めた各々のパワースペクトルである。つぎに入力気流とその点の気温、入力気流と中央点の気温および入力気流と出力点の気温というように、入力気流、出力気温でそれぞれ対応させて計算した周波数応答関数 G を Fig. 7 に示す。これは、植物の通常生育時すなわち通常負荷の場合である。つぎに上記3つの入出力関係につきコヒーレンシー r を求めたグラフを Fig. 8 に示す。

4. 考察および結論

Fig. 4 から中央点はスペクトルの周波数上限が他より低く、すなわち、ゆったりと変動し、出力点は周波数上限にあたるスペクトル成分が他より多く、すなわち速い変動をしていることがいえる。Fig. 5, Fig. 6 からは入力点および中央点とも最大負荷と通常負荷との明確な差は認められないが、最小負荷の場合とは、はっきりした差をみせている。ここで最小負荷とは空の場合であることを考えると、そのスペクトルの高周波域のパワー成分が通常負荷あるいは最大負荷より多く、すなわち、速い変

Fig. 5 Power spectrum density function of the temperature at the point 20 cm over the floor.

— normal load (with cucumbers).
 — max. load (with cucumbers).
 min. load (without cucumbers).

Fig. 6 Power spectrum density function of the temperature at the point 1 m over the floor.

— normal load (with cucumbers).
 — max. load (with cucumbers).
 min. load (without cucumbers).

Fig. 7 Frequency response function $G(f)$ between input air-flow and output temperature.

— output temperature, 1 m.
 — output temperature, 20 cm.
 output temperature, outlet of the room.

Fig. 8 Coherency $r(f)$ of $G(f)$ (Fig. 7).

— output temperature, 1 m.
 — output temperature, 20 cm.
 output temperature, outlet of the room.

動をしていることが解析の結果えられたわけである。

以上は制御対象の温度変動のパワースペクトルの分布特性ともいえるものであり、ダクトの位置やその他、分布特性を改善するための資料となる。つぎに系の検討にうつるが、本論文では入力を気流とし出力を温度として周波数応答関数で検討する。まず、Fig. 7 から周波数 1 Hz 以上では気流の入力に対して気温の出力への応答は 3 つともほとんど同じゲインとみることができる。しかし 0.1~1.0 Hz の低い周波数では 3 つがそれぞれ異なったゲインになっている。これは変動分のうち速い成分はいずれも伝達に大差がないが、遅い成分は、その場所により伝達が左右されることを明確に表わしている。

入力点気温への応答関数は 0.6 および 0.75 Hz に大きな谷があり、中間点気温への応答関数は 0.15 および 0.45 Hz に同様谷がみられ、出力点気温への応答関数は 0.15, 0.3 および 0.45 Hz に同様谷がみられる。これは Fig. 8 のコヒーレンシーのグラフから入力点気温と中間点気温の Fig. 7 における応答関係でのゲインの谷がみられる周波数で線形性が非常に悪く、むしろ非線形といえることが読みとれ、Fig. 7 の意味するところと一致している。出力点気温では 0.15 と 0.45 Hz の場合は同様に一致とみるが 0.3 Hz では逆になっている。これは出力点気温が一番速いためその影響とも考えられるが確かではない。

しかし、以上のスペクトル解析から 1 Hz 以上の速い成分は比較的線形関係に近く、応答のゲインも場所によらず大体同じ値を示し、1 Hz 以下の遅い成分では、非線形性が強く応答のゲインは場所により全く異なることが結論できる。この結論は植物としてキュウリを収容した場合の制御ガラス室についてのものであるが、ファイトトロンにおける空の場合のスペクトル解析の結果えられた結論³⁾ともほとんど一致しているといえる。

以上、本論文における検討からつぎの問題が提起される。すなわち、非線形性の強い 1 Hz 以下の変動については部屋のポットの配置、ダクトの位置、送風機の渦特性などを検討し、何らかの方法で補償および改善が考慮されねばならない。

文 献

- 1) 船田周 他 1971 植物のあるときの制御ガラス室の気流の定常特性. 生物環境調節 9(1): 10—16.
- 2) 橋本康 他 1972 ファイトトロン用超音波気温計の試作. 生物環境調節 10(2): 37—42.
- 3) 船田周 他 1972 ファイトトロンにおける気温変動のスペクトル解析. 生物環境調節 10(2): 63—72.

Summary

Several papers on environmental conditions in the Controlled Green-house have been reported (I-V).

In this paper (VI), spectrum analysis of temperature fluctuation in the Controlled Green-house is discussed.

Characteristics of frequency response functions between input air-flow and output temperature in the room with cucumbers are discussed upon the result from the fundamental discussion³⁾ of spectrum analysis. Cucumbers are set as two pots per m². As a result, the following (1), (2) are concluded.

(1) Gains of frequency response functions in higher frequency components (1 Hz—5 Hz) at several points in the room are nearly equal, and system of response is nearly linear.

(2) Gain of frequency response function in lower frequency components (0 Hz—1 Hz) at any point in the room is different from at another point in the room, and system of response is nearly non-linear.

(Received July 3, 1972)