

## 解析条件

前述した通り 3 列 4 段と 3 列 5 段の栽培棚を持つ人工光型植物工場の内部を熱流体解析し、棚の間隔と段数が植物工場内部の風速・温度の分布にどのように影響するかを検討します。

植物工場内部では 3 台の空調機が運転されており、それぞれ 1.2m×0.2m の吹出口から 5m/s で正面に 288K (15口) の冷風を常に吹き出している状態をシミュレーションします。

栽培棚は、解析モデル 1 は各段間隔 0.4m で 5 段、解析モデル 2 は各段間隔 0.5m で 4 段設置され、定植側から収穫側に向かって苗～収穫直前状態まで各 3m 延長で 4 段階（1:苗～4:収穫直前）の成長段階で栽培されているものとします。

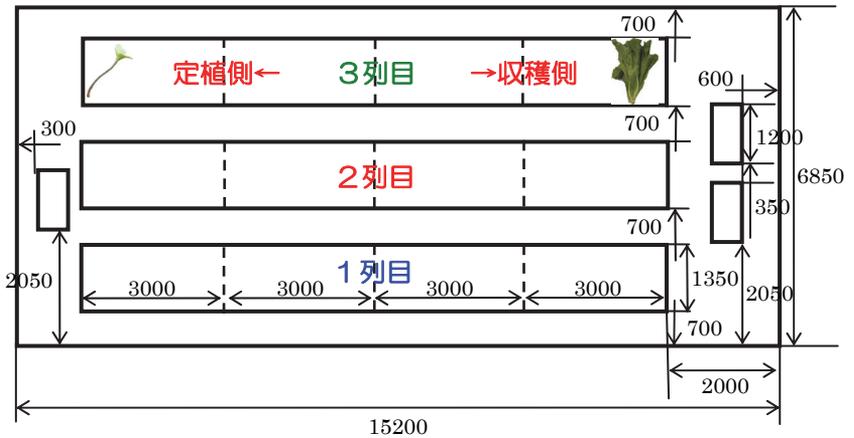
各栽培棚の上部には 40W の蛍光灯が設置されて、成長段階 1、2 の部分では 6m の範囲に 30 本、成長段階 3、4 の部分では 6m の範囲に 40 本配置されているとします。

植物による流れへの影響は、流体充填率  $V_f$  と、開口率  $A_x$ ,  $A_y$ ,  $A_z$  を次表に従って設定することで考慮しました。

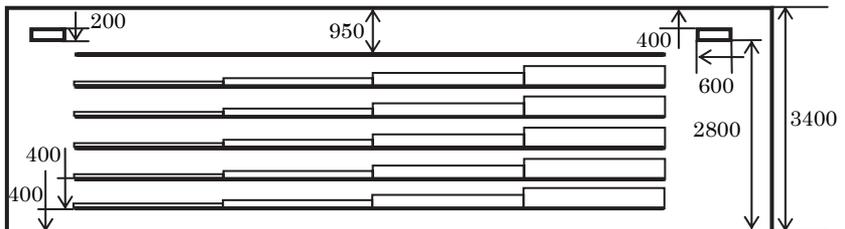
**成長段階と流体充填率と開口率**

成長段階	流体充填率 $V_f$	開口率 $A_x, A_y, A_z$
1	0.985	0.995
2	0.98	0.993
3	0.95	0.983
4	0.9	0.965

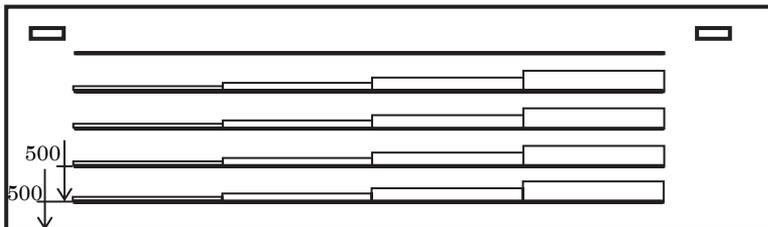
## 解析モデル1、2 平面図(共通)



解析モデル1 立面図(40cm 5段)



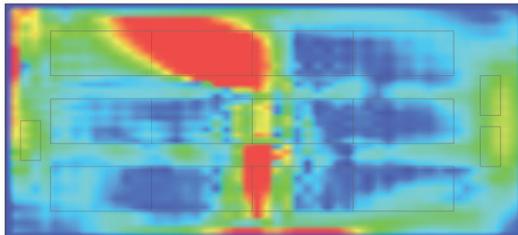
解析モデル2 立面図(50cm 4段)



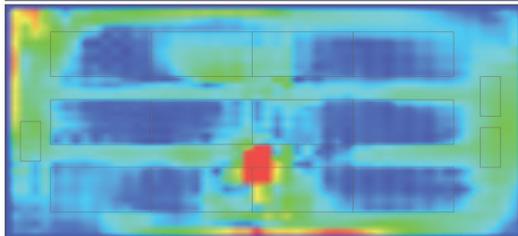
# 解析結果—風速分布【解析モデル1(棚間隔 40cm)】



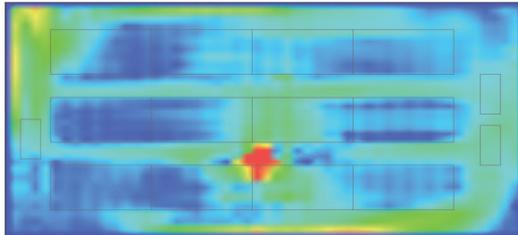
5 段目中心  
高さ 2175mm



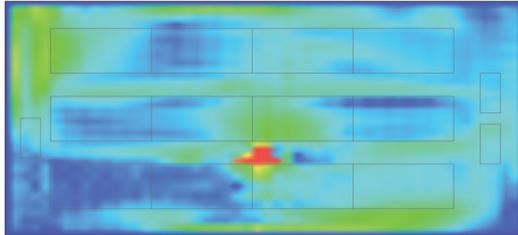
4 段目中心  
高さ 1775mm



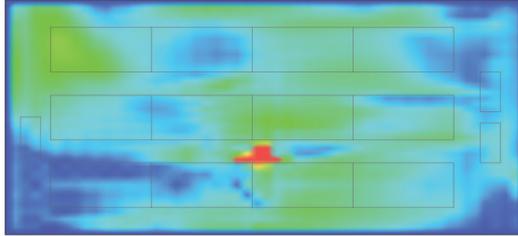
3 段目中心  
高さ 1375mm



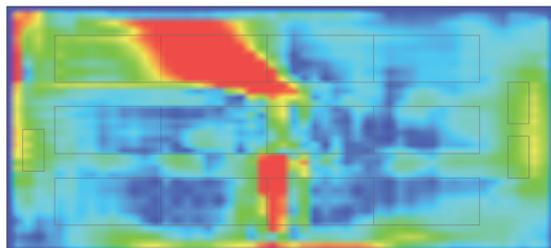
2 段目中心  
高さ 975mm



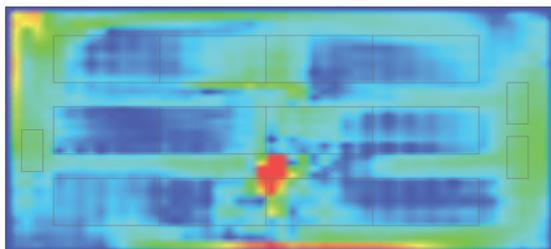
1 段目中心  
高さ 575mm



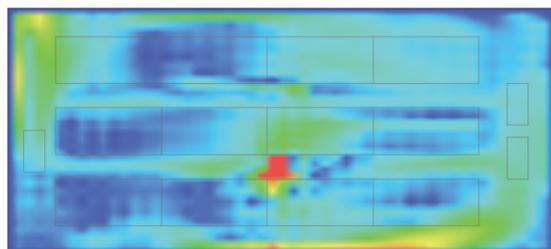
## 解析結果—風速分布【解析モデル2(棚間隔50cm)】



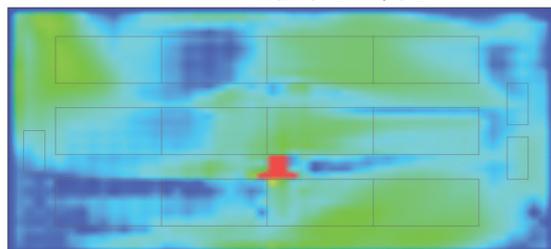
3 段目中心 高さ 1725mm



2 段目中心 高さ 1225mm



1 段目中心 高さ 725mm



38 ページの棚間隔 40cm の最上段である 5 段目や本ページの棚間隔 50cm の 4 段目でみられる中心部の風速が高い領域では左右の空調機から吹き出した冷風が衝突して下方向や左右に分散します。

空調機のみでの設置では上下方向の風速の拡散は困難ですが、この衝突する流れを上手く使うと上下への拡散も行えそうです。

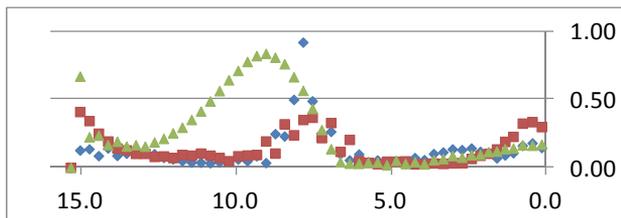
全般的には下段の棚の方が風速は低いですが、均一に近くなっていることが分かります。

# 解析結果-風速グラフ【解析モデル1(棚間隔 40cm)】

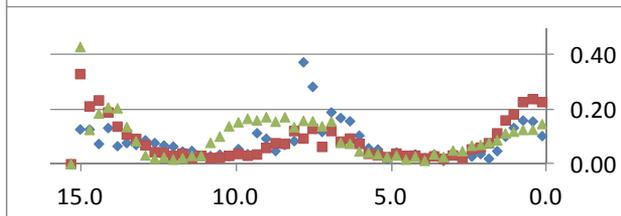
各列栽培棚中心の風速分布です。左側が定植側で右側が収穫側です。



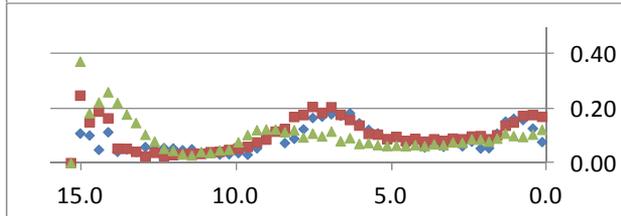
5 段目中心  
高さ 2175mm



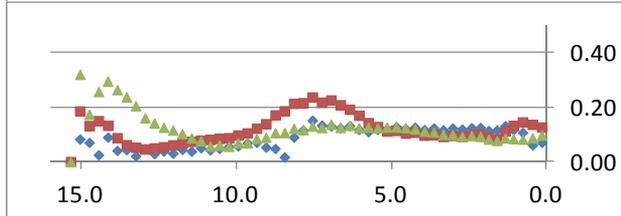
4 段目中心  
高さ 1775mm



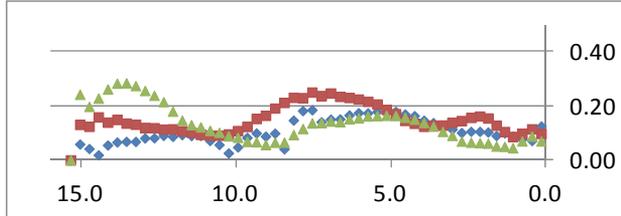
3 段目中心  
高さ 1375mm



2 段目中心  
高さ 975mm



1 段目中心  
高さ 575mm



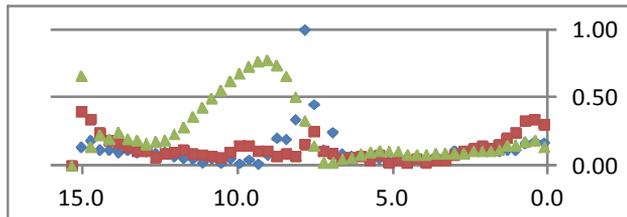
# 解析結果-風速グラフ【解析モデル2(棚間隔 50cm)】



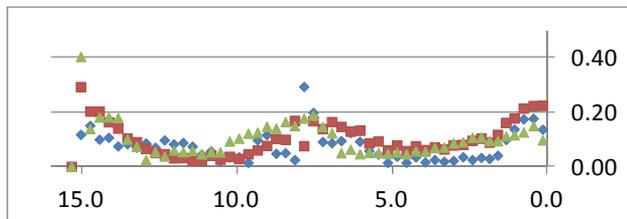
一定植側

収穫側→

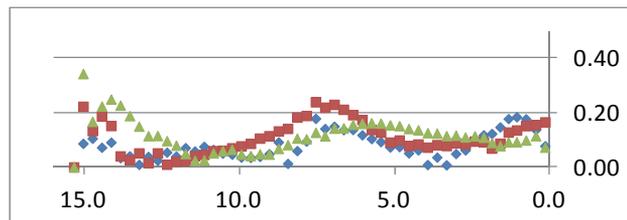
4 段目中心 高さ 2225mm



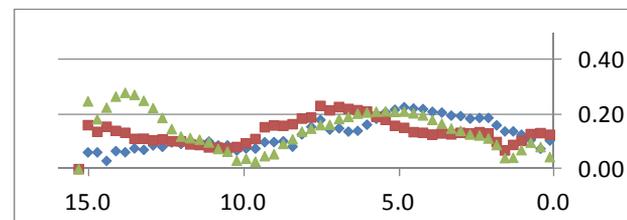
3 段目中心 高さ 1725mm



2 段目中心 高さ 1225mm



1 段目中心 高さ 725mm



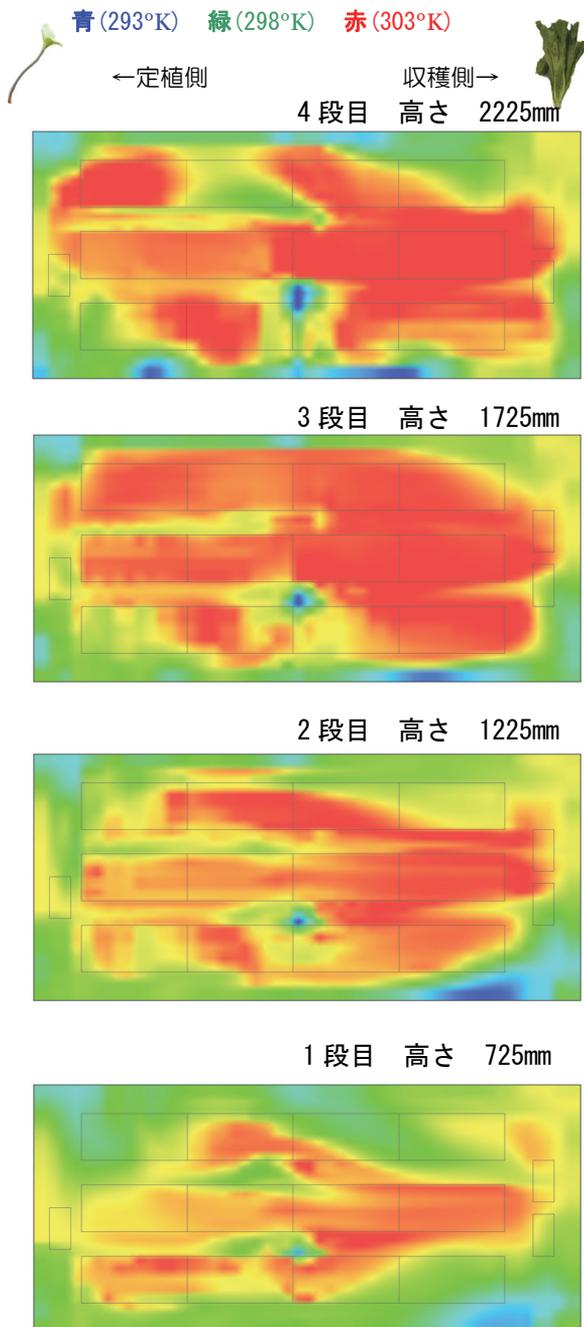
収穫側は棚間隔 50cm で棚間隔 40cm に比べ大きな値が得られている一方、定植側では大きな違いがありません。

定植側では植物の影響が小さく、元々通風がよいのに対し、通風の良くない収穫側では棚間隔の変更が大きく影響すると考えられます。

なお収穫側で流速が大きいのは空調機が 2 基あり、吸気量が大きいからです。



## 解析結果—温度分布【解析モデル 2 (棚間隔 50cm)】



解析モデル1と2の双方で、高い位置の棚で高温となり、低い位置にある棚で低温となっています。これは加熱された空気が上に溜まるためです。また、葉密度の高い収穫側で温度が高い傾向にあることも分かります。

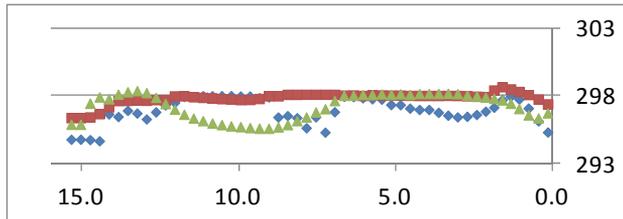
棚間隔 40cm と 50cm を比較すると後者の3段目、4段目で温度がやや低くなっているのは、棚間隔の影響で通風がよくなった結果と考えられます。

# 解析結果-温度グラフ【解析モデル1(棚間隔 40cm)】

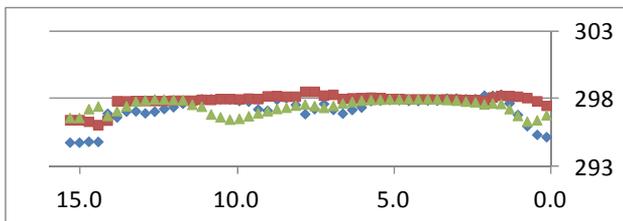
各列栽培棚中心の温度分布です。左側が定植側で右側が収穫側です。



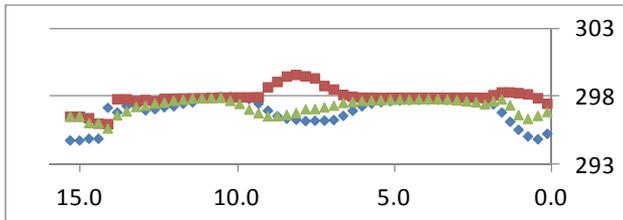
5 段目中心  
高さ 2175mm



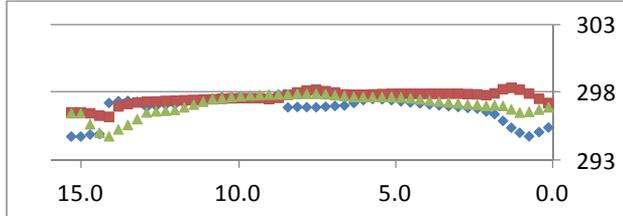
4 段目中心  
高さ 1775mm



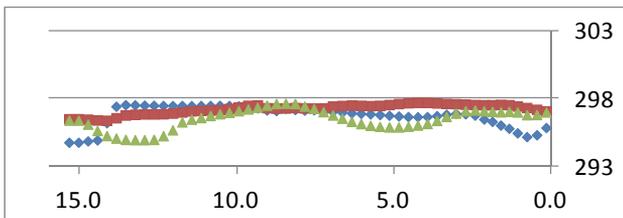
3 段目中心  
高さ 1375mm



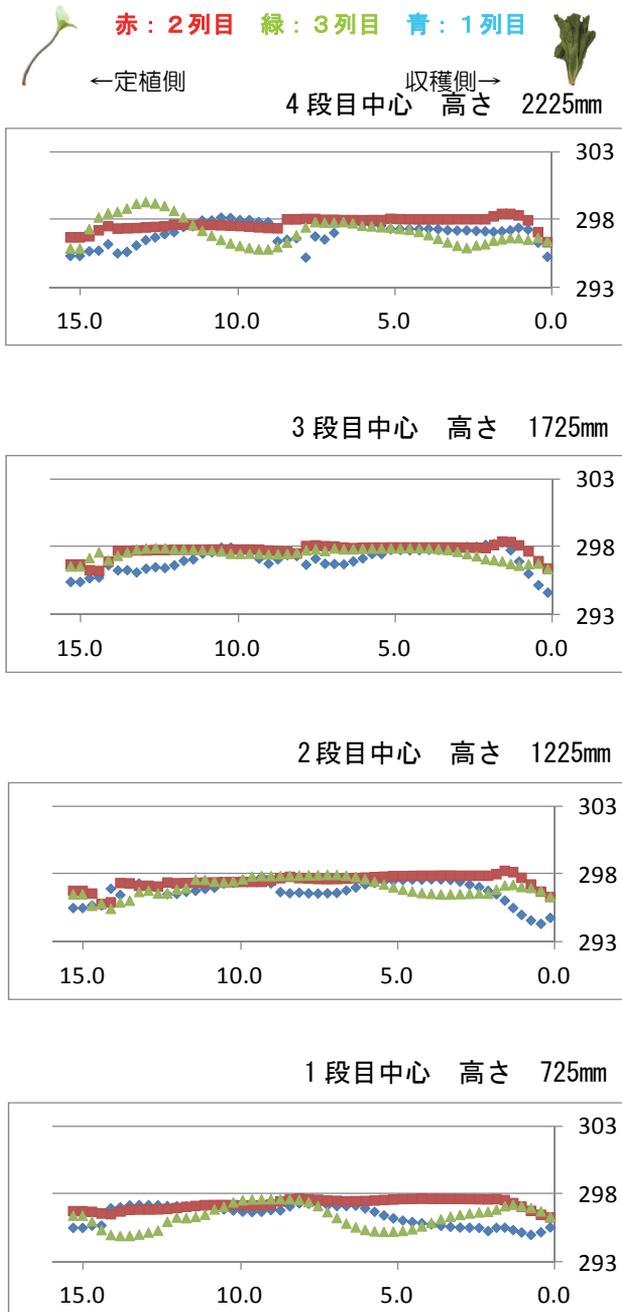
2 段目中心  
高さ 975mm



1 段目中心  
高さ 575mm



# 解析結果—温度グラフ【解析モデル 2 (棚間隔 50cm)】



温度分布は各棚の各段で均一になるのが理想ですが、40cm 間隔の 5、3 段目、50cm 間隔の 4、1 段目で不均一（3 つのグラフが重ならない）が顕著です。

上方の段は空調の流れに近い位置にあるために強い影響を受けやすく、結果として温度の不均一が大きくなっています。

## NASA でも基礎研究中

植物工場という点からは少し離れるかもしれませんが、アメリカ航空宇宙局（NASA）でも宇宙での植物栽培を研究しています。47 ページは国際宇宙ステーションの実験モジュール用の栽培システム（The VEGGIE greenhouse）です。

NASA の植物研究は意外ですが、人間が発生する二酸化炭素を吸収して酸素を放出する点で植物は期待されています。現在は機器を使って化学反応処理していますが、植物なら機器は必要ありませんし、何より育てば食べることが出来ます。

勿論、植物を宇宙で栽培するには課題が多く残されています。重力があると植物は重力方向に根を伸ばし、反対方向に茎を伸ばしますが、重力がないと向きが分かりません。実際、宇宙では茎と根が同じ方向に伸びたりするようです。

また、栽培機器を宇宙まで運んで実験するのは非常に費用がかかりますし、大規模な実験は困難です。この問題はかぎけんが取り組んでいる植物工場のシミュレーションが高精度に行えるようになることで、機器を宇宙まで運ぶことなく宇宙にある栽培機器内部の風速や温度、二酸化炭素濃度、湿度等を予測できるようになります。

**かぎけんは、植物工場シミュレーションを用いて、**

**将来、人類が、宇宙に進出する際の食料確保の**

**研究を行なっています！**



The VEGGIE greenhouse  
(NASA)

## かぎけんの取り組み

大きく出たものの宇宙植物工場実現に向けて、実際には、課題が山積しています。かぎけんは課題を一つずつクリアしていくため現在、以下の取り組みを重点的に行なっています。

### 風洞試験準備中

ある大きさに成長した作物が流れにどのくらい影響するかがあらかじめ分かっているとシミュレーションはできません。このため、かぎけんはこの種の実験を行うために風洞を設計中で、来年度から稼働させデータを蓄積する予定です。

### バーチャル植物（＝数値植物）の開発

現在行っているシミュレーションは植物の成長は考慮せず、ある栽培状態の瞬間的な流れを対象としています。しかし、将来的には植物の成長までシミュレートできる、「**バーチャル植物工場**」の開発実現を目指しています。

このためには、まず植物の成長を数式で記述したバーチャル植物を開発する必要があります。植物の成長に大きく作用する要素だけでも、養液や温度、風速、大気組成、光のスペクトルなどを考慮する必要があり、簡単ではありませんが、腰を据えて取り組んでいきます。