



# 農業用ハウス制御における STAMPモデリングの試行 STAMP modeling of greenhouse control

有田 大作、日下部 茂  
D.Arita & S.Kusakabe  
長崎県立大学  
Univ. of Nagasaki  
2016年12月6日  
6 Dec. 2016





# はじめに Introduction

- 農業用ハウスのシステムについてSTAMP/STPA分析  
STPA of greenhouse systems
- 農家のビジネスゴール達成の観点で考えてみる

## Achieving business goals for farmers

- まず、農作物を収穫できる
- そして、収益が確保でき、さらには
  - 低コスト指向、
  - 薄利多売指向、
  - 少量高付加価値指向、
  - ...

既存事例に対し概念実証的な  
STAMP/STPA試行の後、実  
務者による分析の妥当性確認

→ 段階的、系統的な分析を指向



# 圃場環境の制御目標/(安全)制約 (Safety) constraints in farm field environment

## 0. 農作業者の健康を守る

To keep farmer's health

- 今回は対象外

## 1. 農作物の健康を守る

To keep plant's health

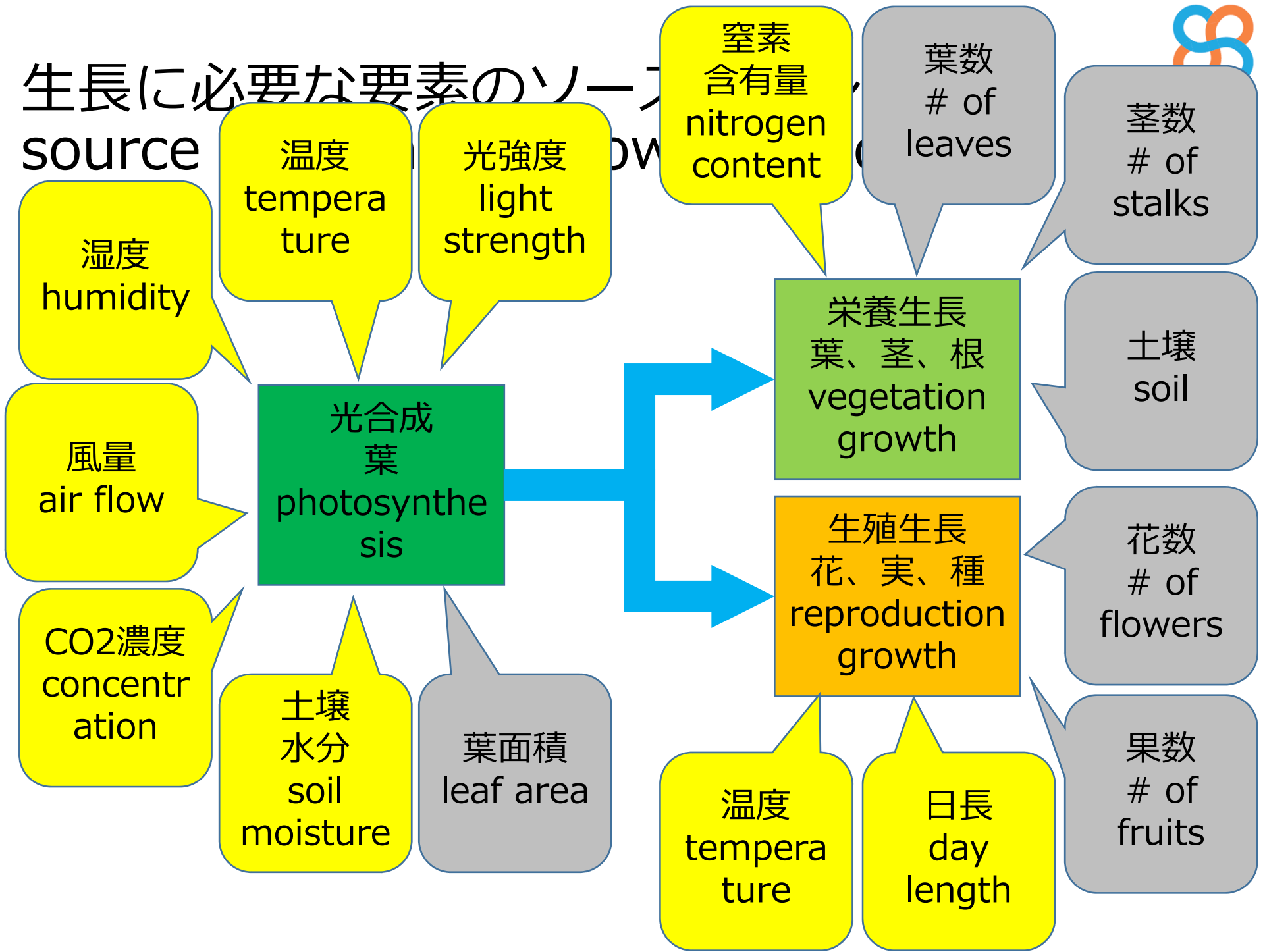
- 温度  
temperature
- 土壌水分  
soil moisture

## 2. 栄養生長、生殖生長、これらのバランス：光合成等の制御問題→STAMP Control to keep balance among photosynthesis, vegetation growth and reproduction growth → STAMP Modelling!

- 温度、湿度、風量、CO2濃度  
temperature, humidity,  
air flow, CO2 condensation
- 光強度、日長  
light strength, day length
- 土壌水分、窒素含有量  
soil moisture, nitrogen content



# 生長に必要な要素のソース source





# 栄養生長と生殖生長 vegetation growth and reproduction growth

- **栄養生長のみ**

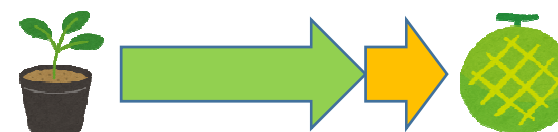
only vegetation growth

- ホウレンソウ、観葉植物など  
spinach, foliage plant, etc.
- 花芽分化（花になる芽を作ること）させない  
inhibiting floral differentiation



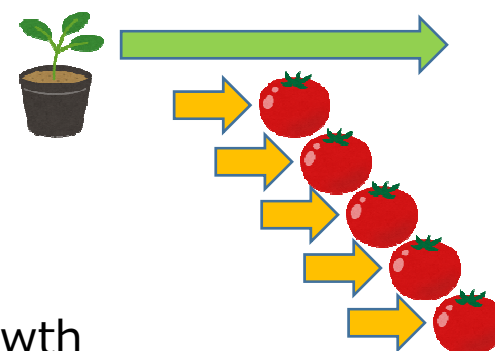
- **栄養生長から生殖生長へ移行**  
change vegetation growth  
to reproduction one

- メロン、カリフラワー、コメなど  
melon, cauliflower, rice, etc.
- 栄養生長を十分に行わせたあとで低下させる  
lowering vegetation growth after enough growth



- **栄養生長と生殖生長を同時**  
simultaneous vegetation and reproduction  
growth

- トマト、キュウリ、イチゴなど  
tomato, cucumber, strawberry, etc.
- 栄養生長と生殖生長のバランス制御  
balancing between vegetation and reproduction growth





# トマトハウスにおける圃場環境の自動制御

## Field environment control devices

	温度 temperature	湿度 humidity	風量 air flow	CO2濃度 CO2 %	光強度 light strength	土壌水分 soil moisture
暖房機 heater	↑	↓				
灌水装置 irrigator						↑
天窓・側窓 window	↓	↑ ↓	↑	↑ ↓		
送風機 fan			↑			
遮光フィルム shading film	↓				↓	
CO2発生器 CO2 generator				↑		
細霧発生器 mist generator	↓	↑				
照明器具 light					↑	





# 【目標1】 農作物の健康を守る圃場環境制御 (Goal 1) field env. control to keep plant's health

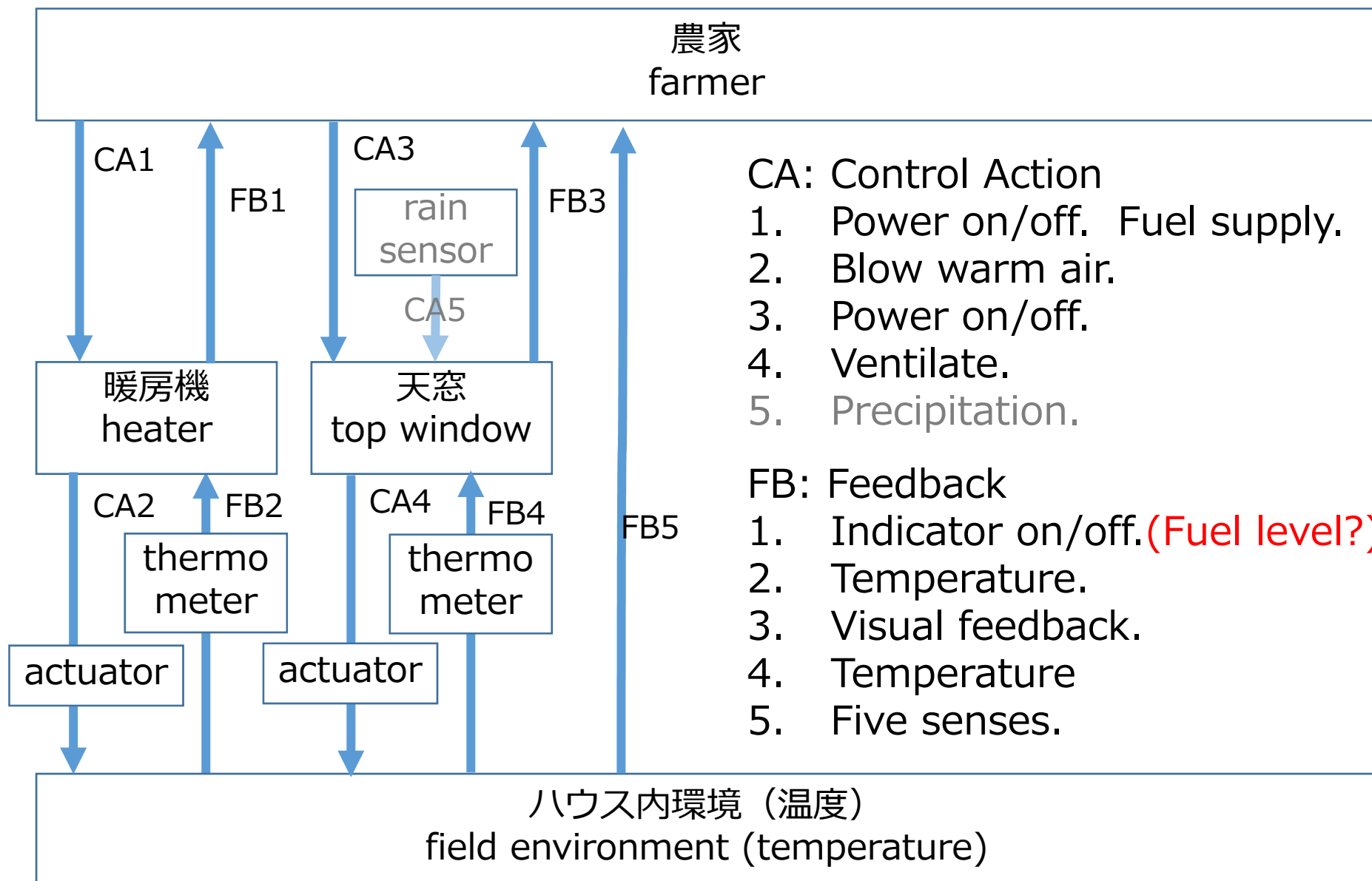
- トマトハウスの場合  
in case of tomato house
  - 温度は10~35℃を保つ  
temperature within 50 – 90°F
  - 土壌水分を保つ  
keep soil wet
- 温度が低すぎると  
if temperature is too low
  - 葉が枯死  
leaf withering
  - 実に傷  
fruit damage
- 温度が高すぎると  
if temperature is too high
  - 結実しない  
no fruiting
  - 実の着色不良  
less coloring

温度制御





# 温度制御(暖房機と天窓)のコントロールストラクチャ Control structure for temperature control







# 暖房機のUCA

## Unsafe control actions of heater

	Not providing causes hazard	Providing causes hazard	Incorrect timing / order	Stopped too soon / applied too long
Power on	Not power on when it is cold			
Power off		Power off when it is cold		
Fuel oil supply	Not supplied when there is not enough fuel oil		Supply when heater is working or hot	Supply fuel oil too much / too little
Blow warm air	Not blow when it is cold	Blow when it is hot and top window closed	Start blowing after it becomes too cold / Stop blowing before it is warm enough	



# 天窓のUCA

## Unsafe control actions of top window

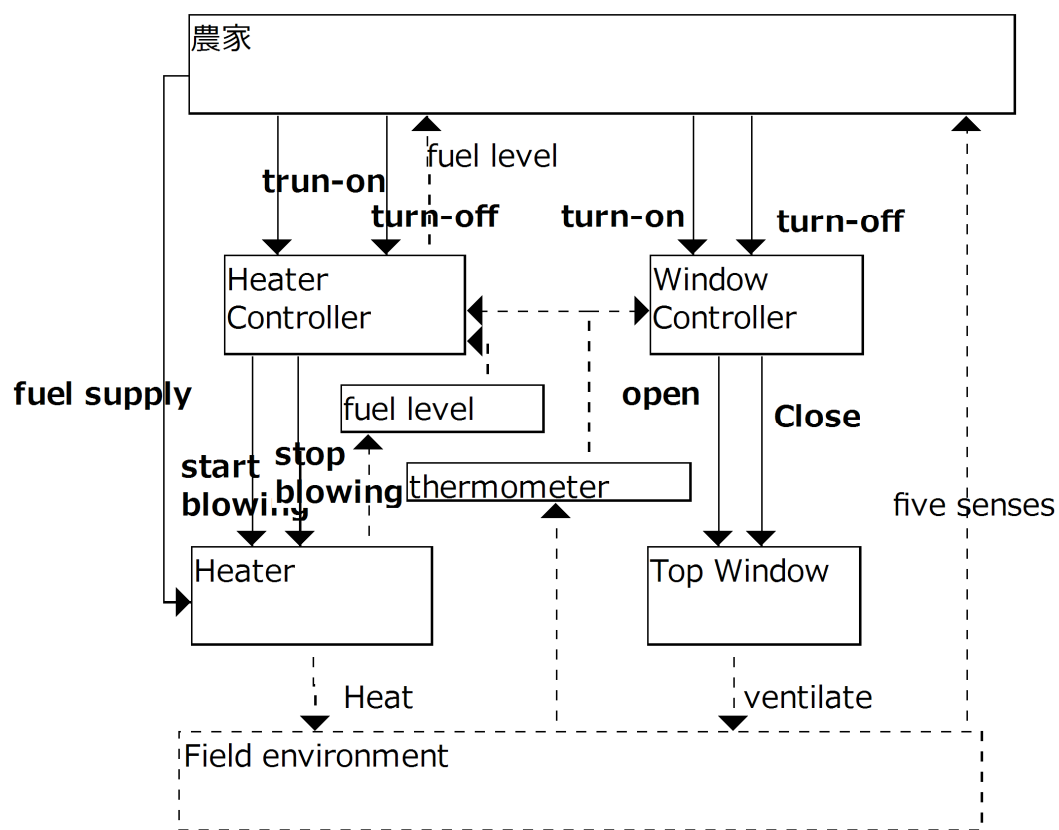
	Not providing causes hazard	Providing causes hazard	Incorrect timing / order	Stopped too soon / applied too long
Power on	Not power on when it is hot			
Power off		Power off when it is hot		
Ventilate	Not ventilate when inside is hot and it does not rain	Ventilate when outside is cold / Ventilate when it rains	Start ventilating after inside is too hot / Stop ventilating before it is enough cool / Start ventilating before stop raining / Stop ventilating after start raining	Ventilate too long / Ventilate too short



# ツール活用

## XSTAMPP: An eXtensible STAMP Platform

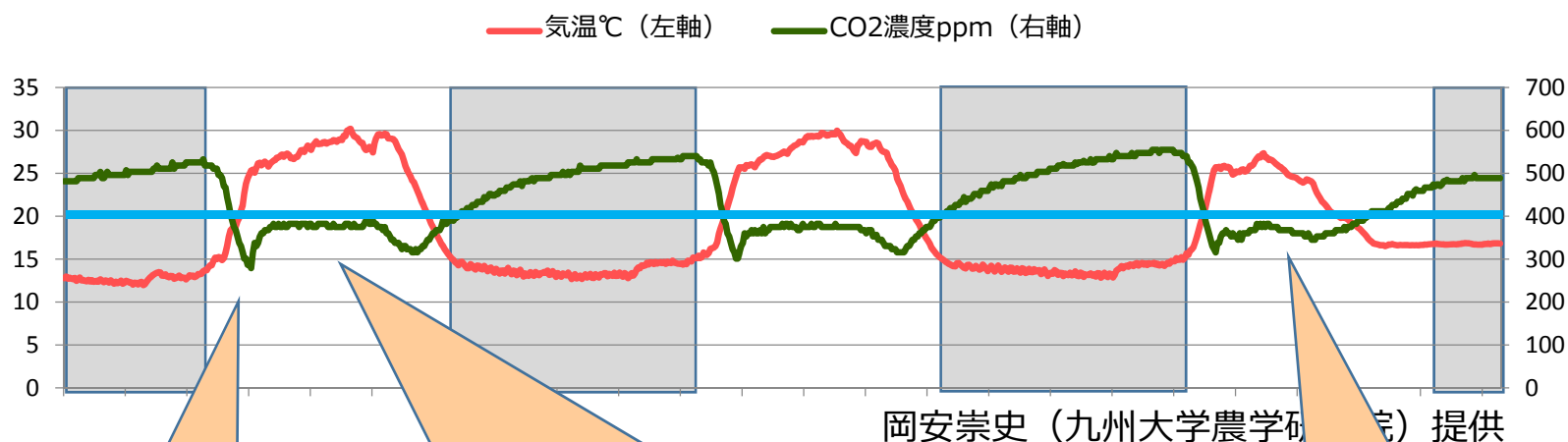
例：コントロールストラクチャ





# 【事例1】 温度制御実装例：暖房機と天窓の導入 (Case 1) Controlling temperature

温度の変動は想定内に→生長のためにはCO2も要制御



ハウス内の温度の上昇に合わせて  
天窓が開閉し、CO2濃度が大気と  
同等の400ppm弱を保持

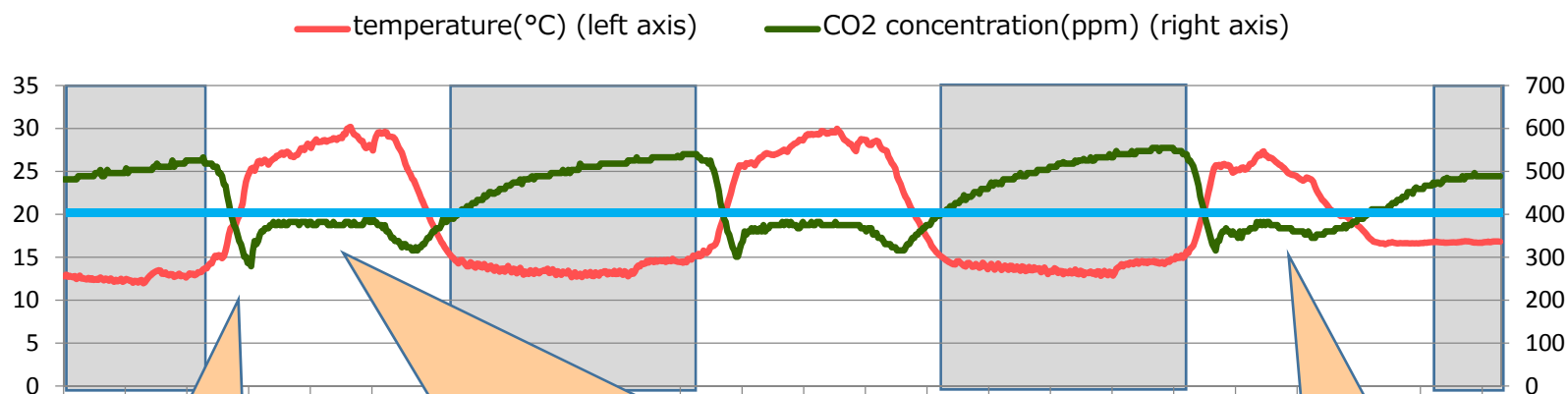
朝になり光合成が始まると、  
CO2濃度が300ppm程度まで  
一気に低下(次の考慮対象)

この日は午後から雨になり、  
天窓が開かず、CO2濃度は  
少しずつ低下



# 【事例1】 温度制御例：暖房機と天窓の導入 (Case 1) Controlling temperature

Temp. in range / Next, consider CO2 for growth



図中 (九州大学農学研究所) 提供

Opening/closing top window according to temperature made CO2 concentration 400ppm equal to outside

Starting photosynthesis in the morning, CO2 concentration decreased to 300ppm

In the afternoon of this day, it rained. Then, top window did not open and CO2 concentration decreased slowly



## 【目標2】 意図した成長バランスを保つ制御 (Goal 2) field env. control to keep balance

- 例えば福岡市のトマトハウスの場合  
in case of tomato houses in Fukuoka city
  - 7月下旬に定植、8月上旬に開花、  
9月上旬から収穫開始、6月末に収穫終了  
planting in Jul., first flowering in Aug.,  
start harvesting in Sep., finish harvesting in Jun
  - 1~2週間ごとに開花、5~10週間で収穫  
flowering every 1 or 2 weeks,  
harvesting 5 to 10 weeks after flowering
- 栄養生長が強すぎると  
if vegetation growth is too much
  - 落花、落果  
flower drop, fruit drop
  - 花芽分化なし  
no floral differentiation
- 生殖生長が強すぎると  
if reproduction growth is too much
  - 一時的な収量増ののち、光合成能力低下からの収量減  
after increasing yield, then much decreasing because of photosynthetic  
capacity shortage





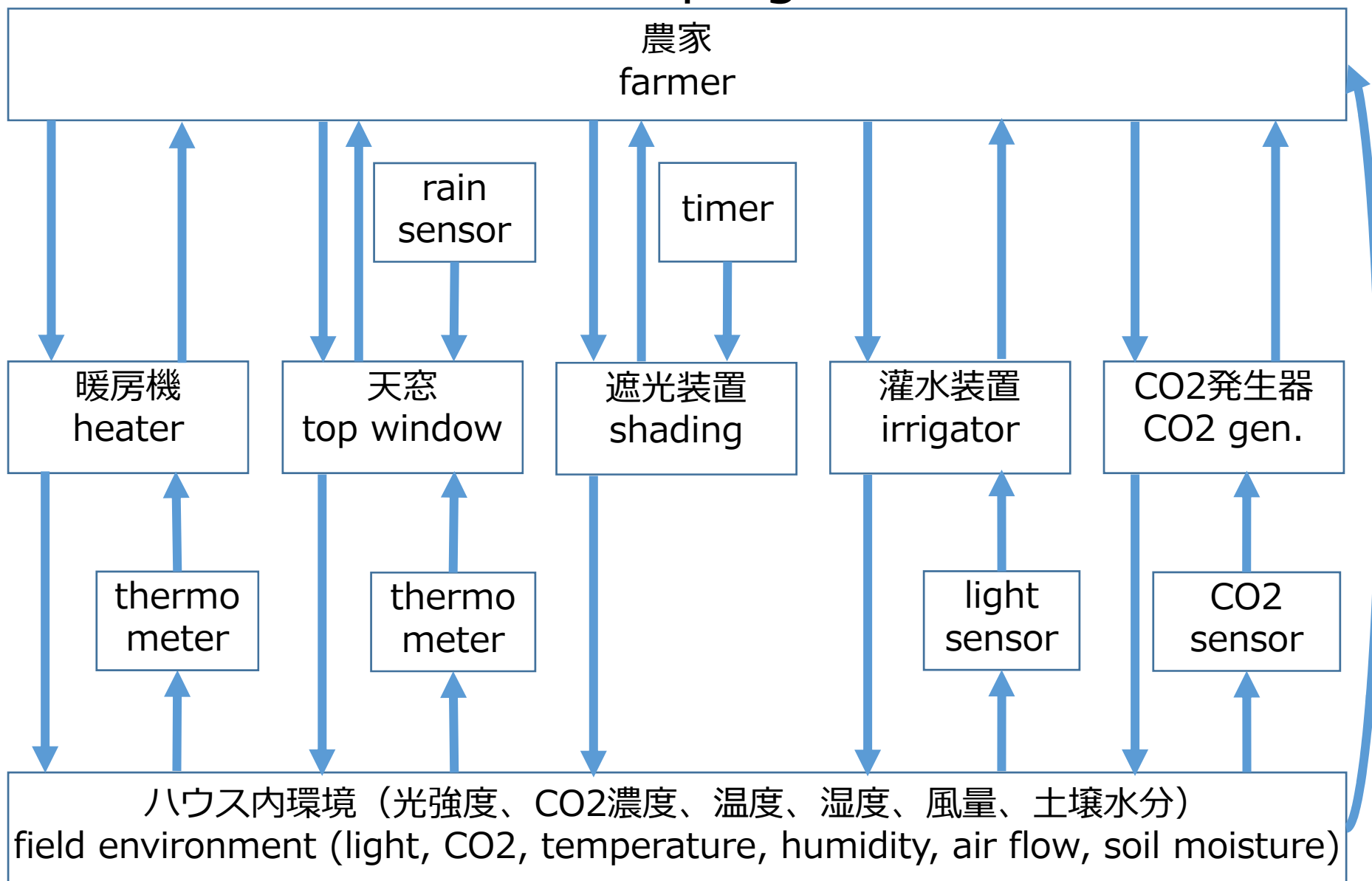
## 【目標2】 意図した成長バランスを保つ制御 (Goal 2) field env. control to keep balance

- CO2交換速度（光合成の能力）
  - 光合成がおこなわれると、ハウス内のCO2濃度が低下
  - CO2濃度を回復、さらには上昇させ、光合成を促進させる
- 既存機器
  - 暖房機（温度制御）
  - 天窓（温度・降雨制御）
  - 遮光装置（タイマー）
  - 灌水装置（光強度制御）
- 導入機器
  - CO2発生器（CO2濃度制御）





# 温度+CO2制御のコントロールストラクチャ Control structure for keeping balance



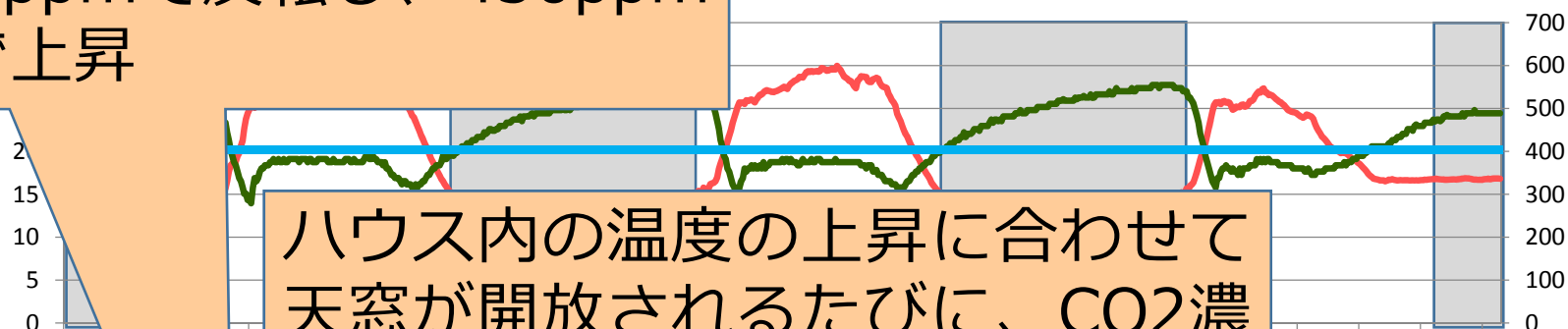


# 【事例2】CO2発生器の導入 (Case 2) Introducing CO2 generator

朝になり光合成が始まると、CO2濃度が低下したが、350ppmで反転し、450ppmまで上昇

発生器なし

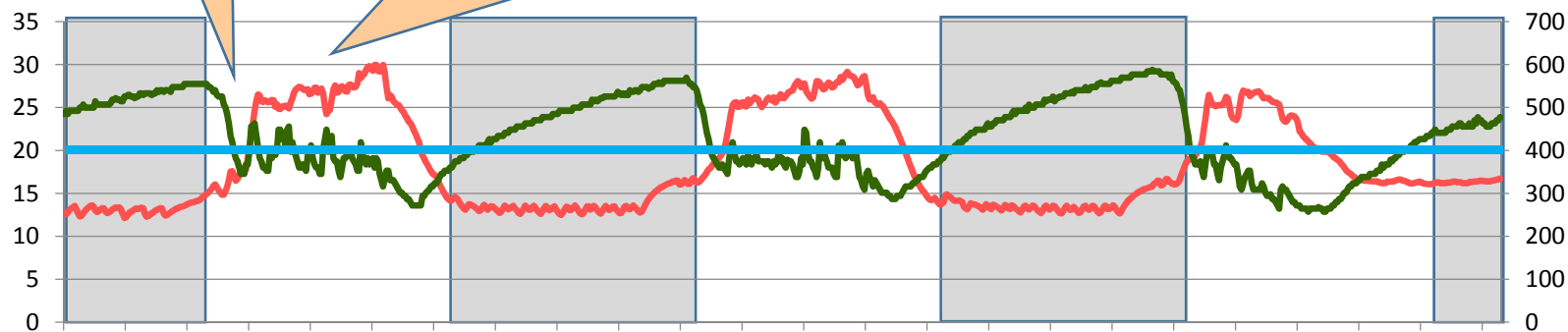
CO2濃度ppm (右軸)



農学研究院) 提供

ハウス内の温度の上昇に合わせて天窓が開放されるたびに、CO2濃度が350ppm程度まで低下 (CO2が逃げてしまった)。

(左軸) CO2濃度ppm (右軸)



岡安崇史 (九州大学農学研究院) 提供

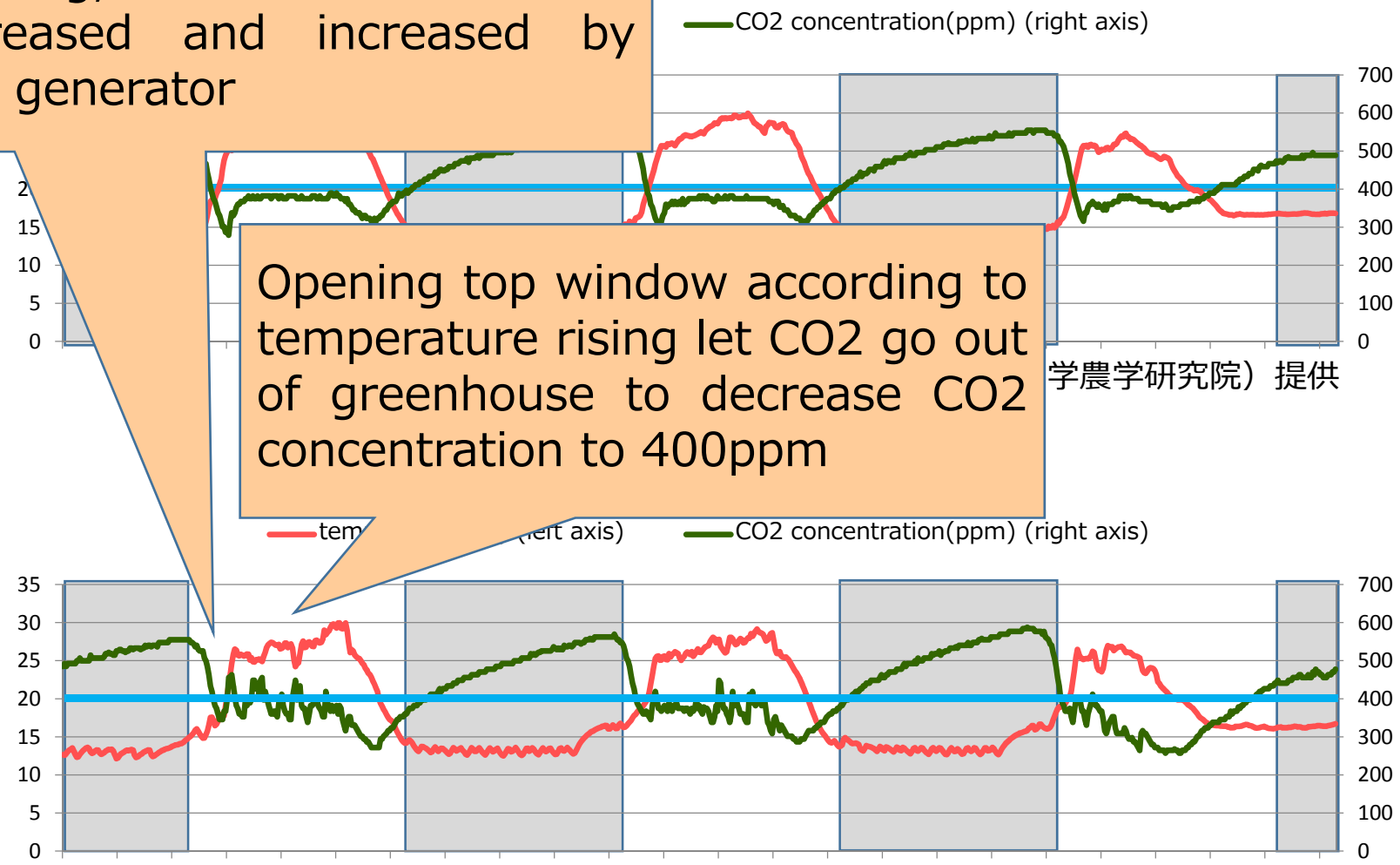


# 【事例2】CO2発生器の導入 (Case 2) Introducing CO2 generator

Starting photosynthesis in the morning, CO2 concentration decreased and increased by CO2 generator

CO2 generator

Opening top window according to temperature rising let CO2 go out of greenhouse to decrease CO2 concentration to 400ppm



学農学研究院) 提供

岡安崇史 (九州大学農学研究院) 提供



## まとめ Conclusions

- STAMP分析：目標達成のための農業用ハウス制御  
STAMP analysis of greenhouse control to achieve farmer's goal
- 段階的な目標設定に応じ段階的に制御を高度化する設備の追加を想定しSTAMP分析を試行  
STAMP/STPA analysis of staged advancement of control, corresponding to staged goal setting
- 既存事例に対する概念実証的なSTAMP/STPAの試行後、実務者による妥当性確認→有望との見込み
  - 制御の干渉に関する漠然とした予感→モデル化し分析可能