### CcS-L5G-serBOTinQジョイントシンポジウム

## Beyond 5G/6Gへ向けての取り 組みと社会実装

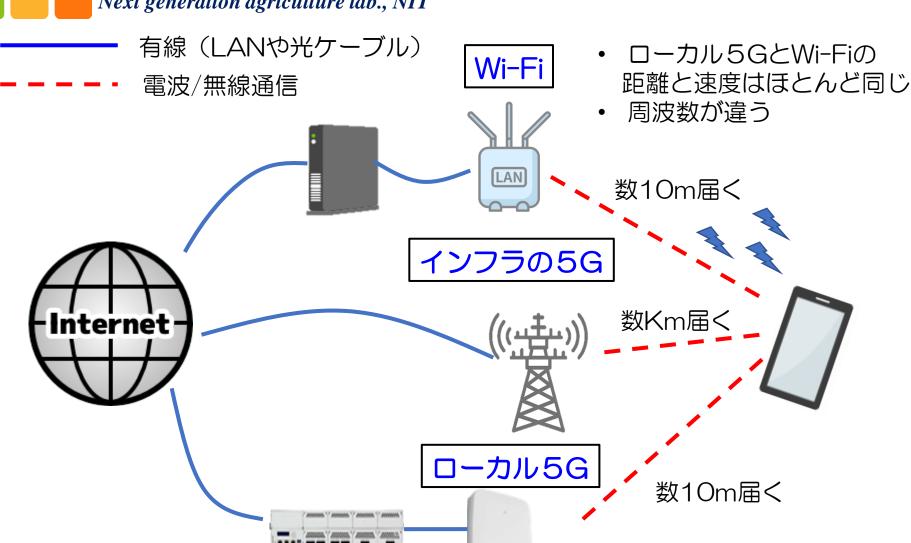
日本工業大学 平栗 健史







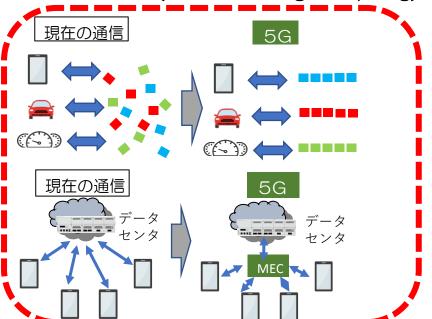
# Wi-Fiと5Gの違い

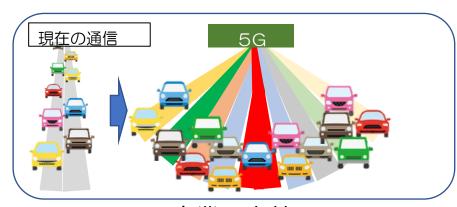




## 5Gとは

- 無線は,インフラの5Gとローカルの5G
  - □ Sub6帯の3.7GHz帯と4.5GHz帯, ミリ波帯の28GHz帯
  - □ 最大100Mbps⇒最大20GBps(約100倍)
  - □ 数十から数百のアンテナが形成するビームで「多数同時接続」1㎞あたり100万個のノードを接続しても通信ができる
- 有線は,5Gネットワーク
  - □ ネットワークスライシング
  - □ MEC (Multi-access Edge Computing)









# Beyond 5G/6Gへのアプローチ

Next generation agriculture lab., NIT



# 宇宙・地上・海洋のシームレス化

- 各エリアでの特殊な無線技術
- このすべてを連携・協調
- ローミング/ハンドオーバ (シームレスな接続切り替え)



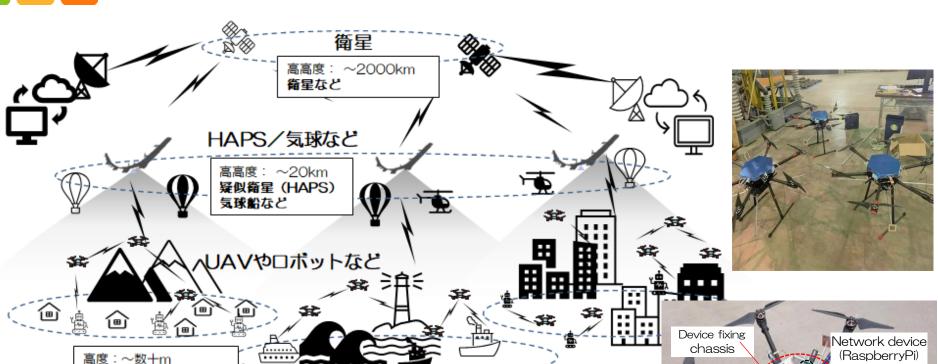


### 

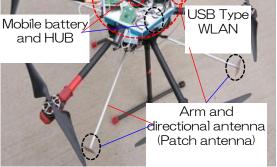


ドローン (UAV), 地上作業ロボットなど

Next generation agriculture lab., NIT



災害時を想定したドローン編隊飛行 による中継通信





### 開発した評価ツールの特徴

- 地形, 構造物の伝搬特性からアプリケーション層まで 物理層から上位層のクロスレイヤで評価が可能
  - 従来, 地形等の伝搬環境を考慮して上位層のシミュレーションすることは難しかったが, 複数のツールを連携することで実現
- 3次元のネットワーク評価も物理層伝搬を含め対応
  - ノードに高低差や起伏のある地形でも同様に評価可能
- ・物理層, MAC層, TCP/IP, アプリケーション等のパフォーマンスが評価可能
  - 各層の評価結果を抽出できるだけでなく全体での評価結果も解析 可能



# Qir 開発評価ツールの構成



Next generation agriculture lab., NIT

上位層



ネットワークシミュレータ (OPNET) 上位層パフォーマンスの評価、出力

数値解析ソフトウェア(MATLAB) 電界強度に基づく受信電力計算



伝搬解析シミュレータ(EEM-RTM) レイトレース法を用いた電界強度解析



物理層

#### 試作制御ツール

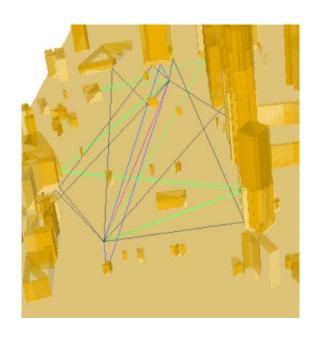
- GUIによる評価パラメータ設定
- EEM-RTMからOPNETへのトポロジ変換
- 各評価ソフトウェアへの計算指示
- MATLAB、OPNET間の連携補助

- 	<b>解析シミュレータ</b>		-	)
ファイル(F)				
WinProp netファイル:	定動 C:¥LIAS¥winprop¥9-3F_v41net 実行	ファイル選択	クリア	
MATLA WinProp結果		フォルダ選択	クリア	
OPNET	起動			
シナリオ:	$C*LIAS \verb  fop_models \verb    topography_propagation project \verb  topography_propagation   topograph$	ファイル選択	クリア	
efファイル1:	C¥LIAS¥op_models¥sample_app_param.ef	ファイル選択	クリア	
efファイル2:		ファイル選択	クリア	
efファイル3:		ファイル選択	クリア	
	実行			



### 評価ツールで使用するソフトウェア - EEM-RTM

- EEM-RTM 電波伝搬シミュレーションソフトウェア
  - 外部地図データ取り込みによる屋外地形モデルの作成、マニュアルエディタでの 屋内/屋外地形モデルの作成
  - 構造物を対象としたレイトレースによる電波伝搬シミュレーション
  - 本試作ツールでは、レイトレースによって電界強度を計算







### 評価ツールで使用するソフトウェア - MATLAB / OPNET

Next generation agriculture lab., NIT

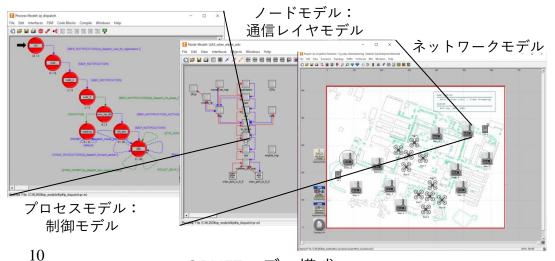
#### Matlab

- 数値解析ソフトウェア
- 本試作ツールでは、Winpropにて評価した電解強度から受信局の受信電力を計算

#### OPNET

- ネットワークシミュレーションソフトウェア
- 物理層(自由空間伝搬)からアプリケーション層まで評価可能
- 無線LAN 802.11a/g/n等のOPNET標準モデルを提供
- 本試作ツールでは、MAC層以上の上位層を評価





ネットワークモデルのトポロジ にて物理層を含むネットワーク のパフォーマンスを評価



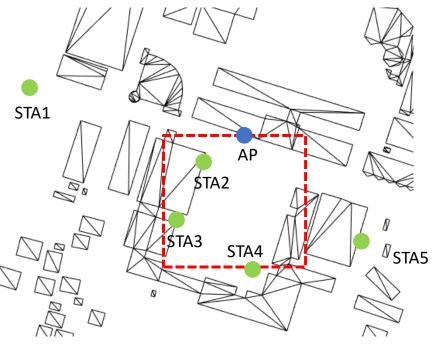
### 学内敷地に配置した無線局の通信評価

Next generation agriculture lab., NIT

地図データによる 写真の上空



無線局の配置例 AP-STA間を通信

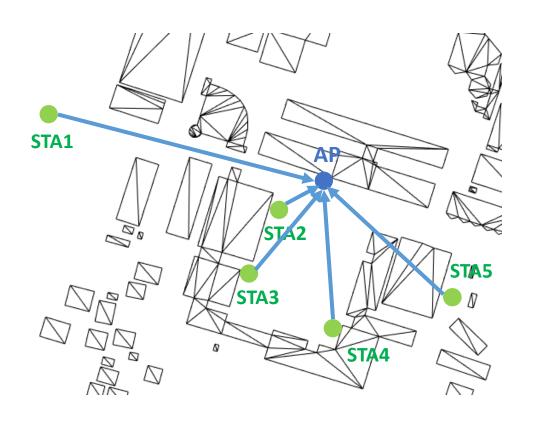


EEMで地図データ(OpenStreetMap(.osm)) を読み込み, AP, STAを設置し, レイトレース計測のための通信経路を選定



## シミュレータによるパラメータ設定

Next generation agriculture lab., NIT



#### 評価パラメータ

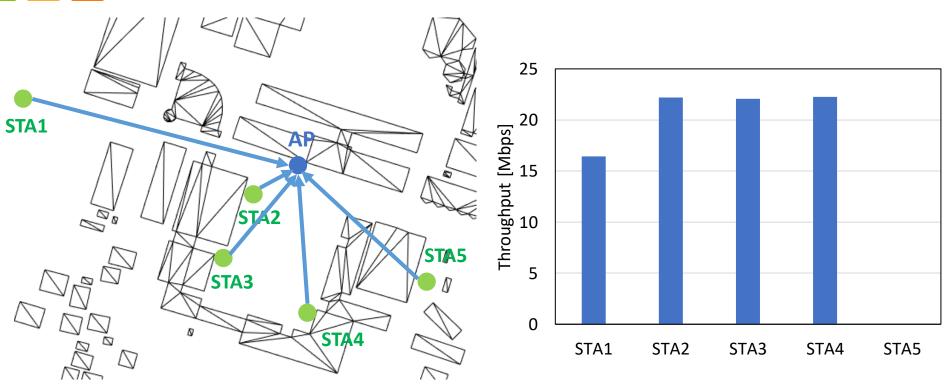
Parameters	Value		
送信電力	20dBm		
通信方式	IEEE802.11g		
伝送レート	$2\sim$ 54Mbps		
地上高	一律1.5m		
トラヒック発生	帯域輻輳状態		
帯域幅	20 MHz		
評価時間	各リンクで2 min		
伝搬特性	レイトレーシング		
通信プロトコル	TCP/IP		

通信方式(IEEE802.11g,a.n,ac.ax)を選び、STAからAPへの上りTCPスループット特性を評価 ※建物を避けるように設置、モンテカルロでの評価も可



### シミュレータによるTCPパフォーマンス評価

### Next generation agriculture lab., NIT



STA1-3:見通しが良く,パスも取れるため,

APに近いほど受信電力が高く高いスループットが得られる

STA4: 障害物で隔たれ、電波が届かず(パスも少ない)通信不可

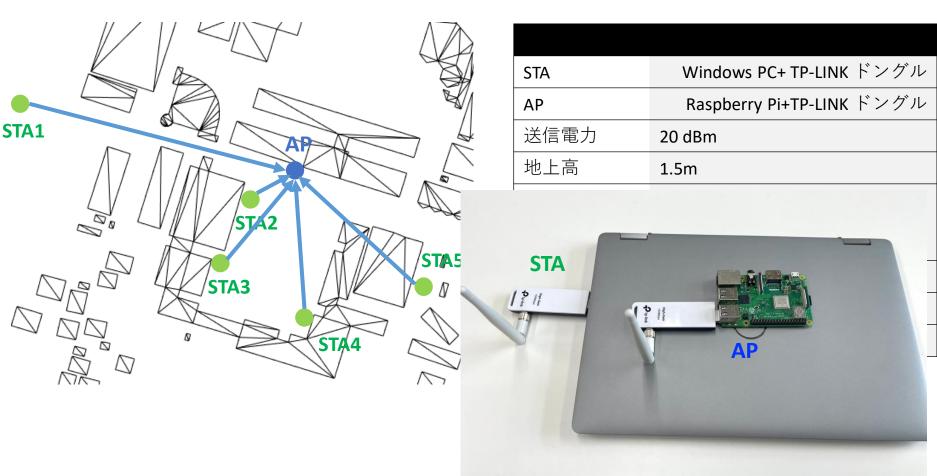
### 受信STAの位置に応じたスループットが計測可



### 学内敷地に配置した無線局の実験評価

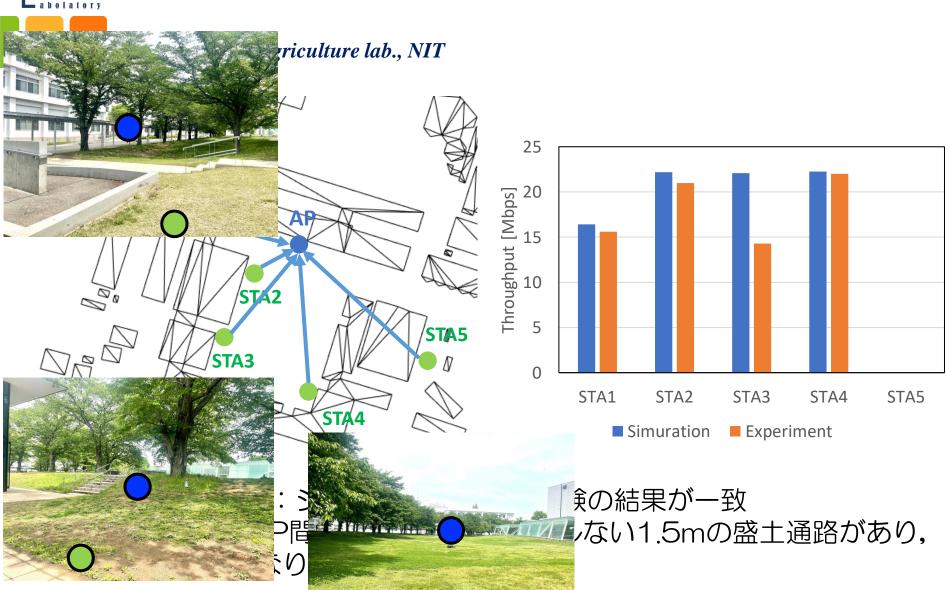
### Next generation agriculture lab., NIT

### 実験方法





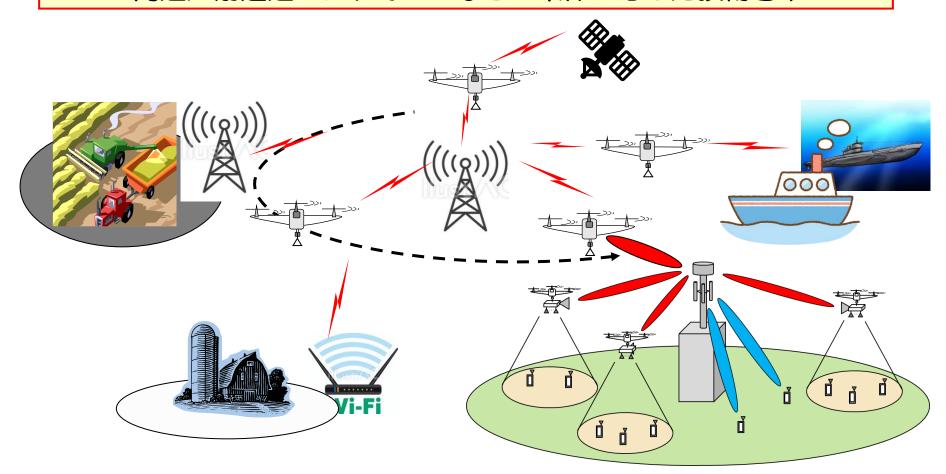
## シミュレータと実験のパフォーマンス比較





### アダプティブ・メディアHOの考案

- 異なるメディア間を高速で移動/ハンドオーバ(HO:接続切替)
  - ◆ アプリケーションや用途に適した通信品質を考慮
  - ◆ 高速/耐遅延ハンドオーバなどの条件に応じた技術考案





#### 生研支援センター(農林水産省)

### イノベーション創出強化研究推進事業

Next generation agriculture lab., NIT

### 人の手を介さないトマトの受粉

• トマトのLED水耕栽培の研究



- ・花の受粉はミツバチやマルハナバチによる媒介
- ・生物を利用する課題
  - 受粉作業の確実性? 管理が難しい
  - 温湿度(夏場は不活発)や使用する農薬の注意
  - 蜂群(ほうぐん)数確保,輸入で子孫を残さない品種
  - 人の手による受粉は、作業者数確保や経験が必要
    - →農業従事者の減少から技術継承問題
  - 世界中で発生するミツバチ大量死(蜂群崩壊症候群)



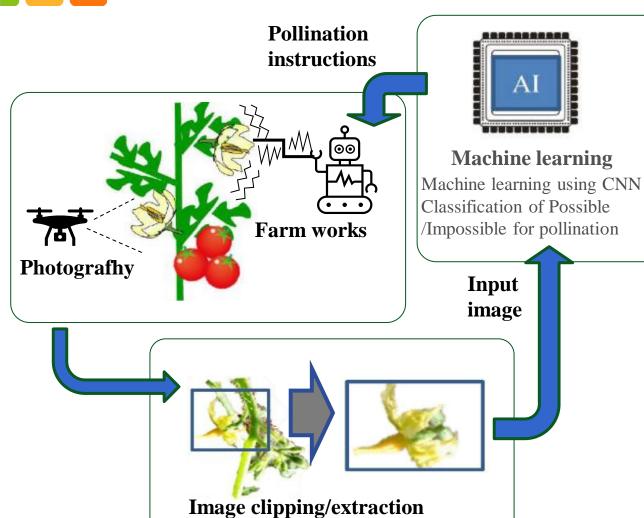


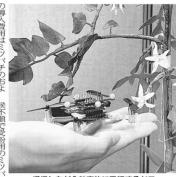
ドローン蜂による受粉システムの提案



## 自律ロボットによる栽培支援の提案

Next generation agriculture lab., NIT





通信しながら効率的に飛行するドロ

日経新聞より(7月20日)



### トマトの受粉可能な花の識別

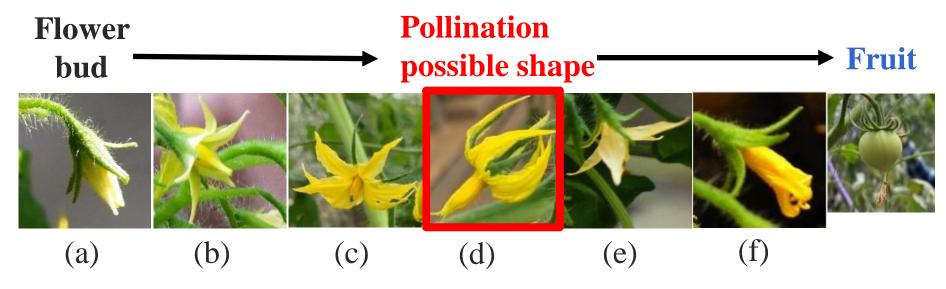


Next generation agriculture lab., NIT

- 昆虫(みつばち、マルハナバチ)による受粉
- 人間の手による受粉作業







### 花弁形状で受粉可否を判別

正確に花弁の形状を識別 ⇒ 不要な振動は避ける

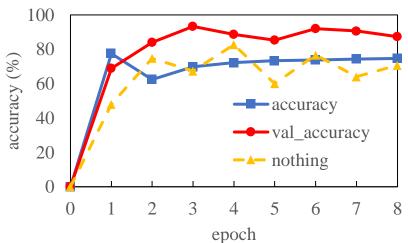


### 機械学習(CNN)による判定結果



#### Next generation agriculture lab., NIT





#### 受粉可能と判定した確率 [%]

	(b)	(c)	(d)	(e)
Normal images	5.0	60.0	96.9	67.4
Images of Gaussian filter	4.1	54.7	95.9	63.5

- Validation Accuracy: 87.3%
- 正解率が低い理由:学習画像が各200枚のため,エラーデータが大きく影響
- 前処理なしの場合、70%
  - (d)の受粉可能確率が高い
  - (c)および(e)
    - →受粉可能な場合もあるため, 実証実験では受粉処理を実施する
- ガウシアン画像も識別精度は高い





(b)



(C)

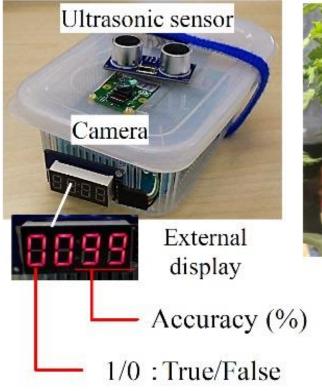




(e)

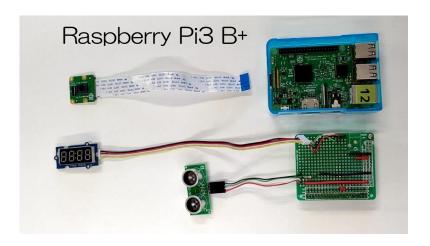


## AI判定機の開発と機能概要





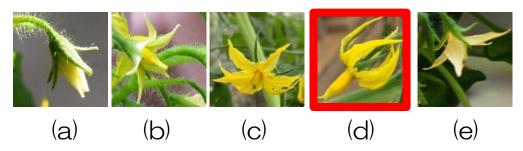
Experimental scenery



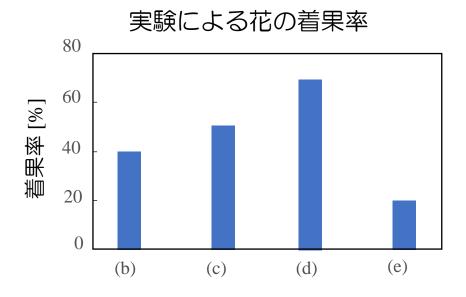


## 実証実験の結果-着果率の考察-

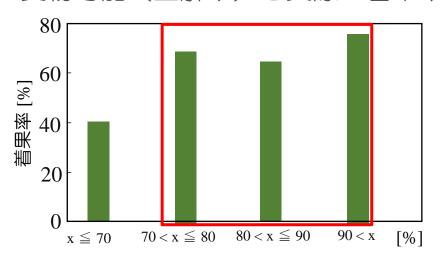
Next generation agriculture lab., NIT



※着果率:着果数/人の目で受粉可能と判断した数



受粉可能(正解率)と実際の着果率



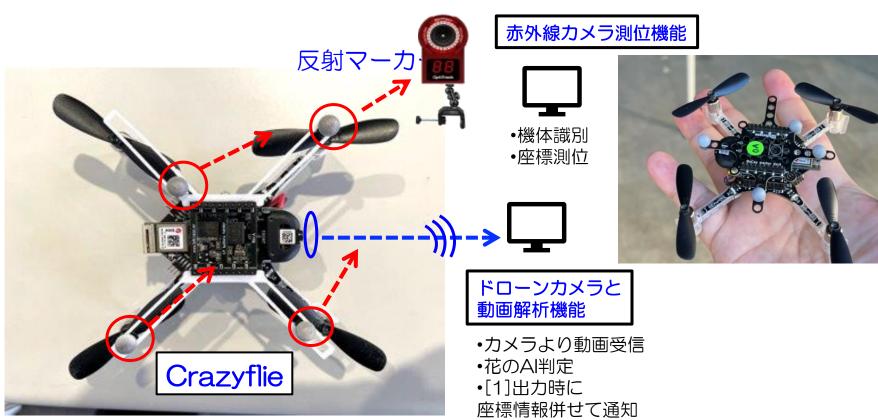
判定機による受粉可能確率が70%以上であれば概ね着果することを確認



# ② 位置測位,飛行制御,花識別の仕組み



Next generation agriculture lab., NIT



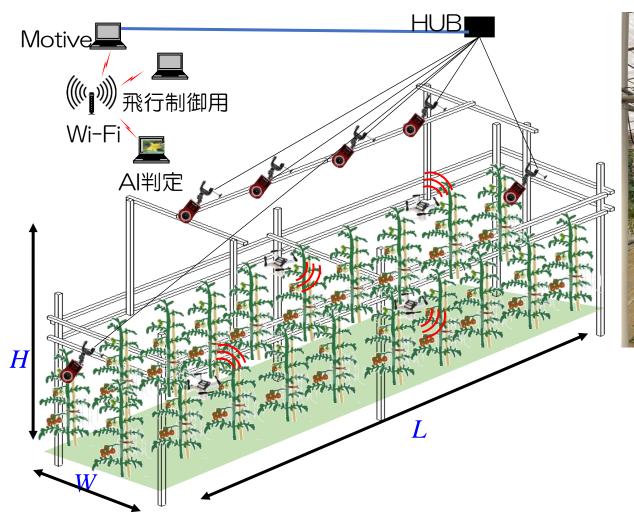
Crazyflie2.0ホームページ https://www.bitcraze.io/products /old-products/crazyflie-2-0/



### モーションキャプチャによる飛行制御



#### カメラ設置イメージ



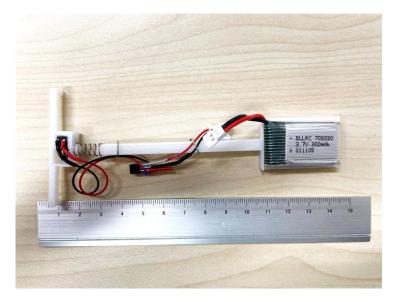




## 受粉用ドローンと振動子の開発



(a) 受粉作業イメージ



(b)振動子のサイズ



(c)ドローンへの実装

Spec				
長さ(柄)	131 mm			
幅 (T字バー)	55 mm			
重量	15 g			
電力消費量	3.7 V, 81 mA			