

ドローンのアプリケーションと 飛行実験

Drone Application and Flight Experiment

日本大学 入江寿弘
Nihon University Irie Toshihiro

テーマ: 共通領域(AIM)とUAV応用

6/24(土) 15:30-18:30
一橋大学 一橋講堂 中会議室1

はじめに

- ドローンのアプリケーション
 - 空撮・娯楽目的
 - 農薬散布
 - 物資の輸送
 - 災害現場の調査・救助
 - インフラ設備の点検
- 問題点
 - 周囲の人や建造物への接触の危険性
 - 慣性センサーの誤差
 - GPS電波の乱反射

研究目的

- 自律制御を行うために
自己位置の正確な推定
機体制御(ロボットのモデリング, 飛行制御)
外界情報の取得
- 自己位置の推定
慣性センサーの精度補正および障害物認識
のために小型カメラを併用する

自己位置推定

- 小型カメラを用いた移動距離推定, 慣性センサーの精度補正と障害物の認識
- ニューラルネットワークによる自己位置推定

試作機体

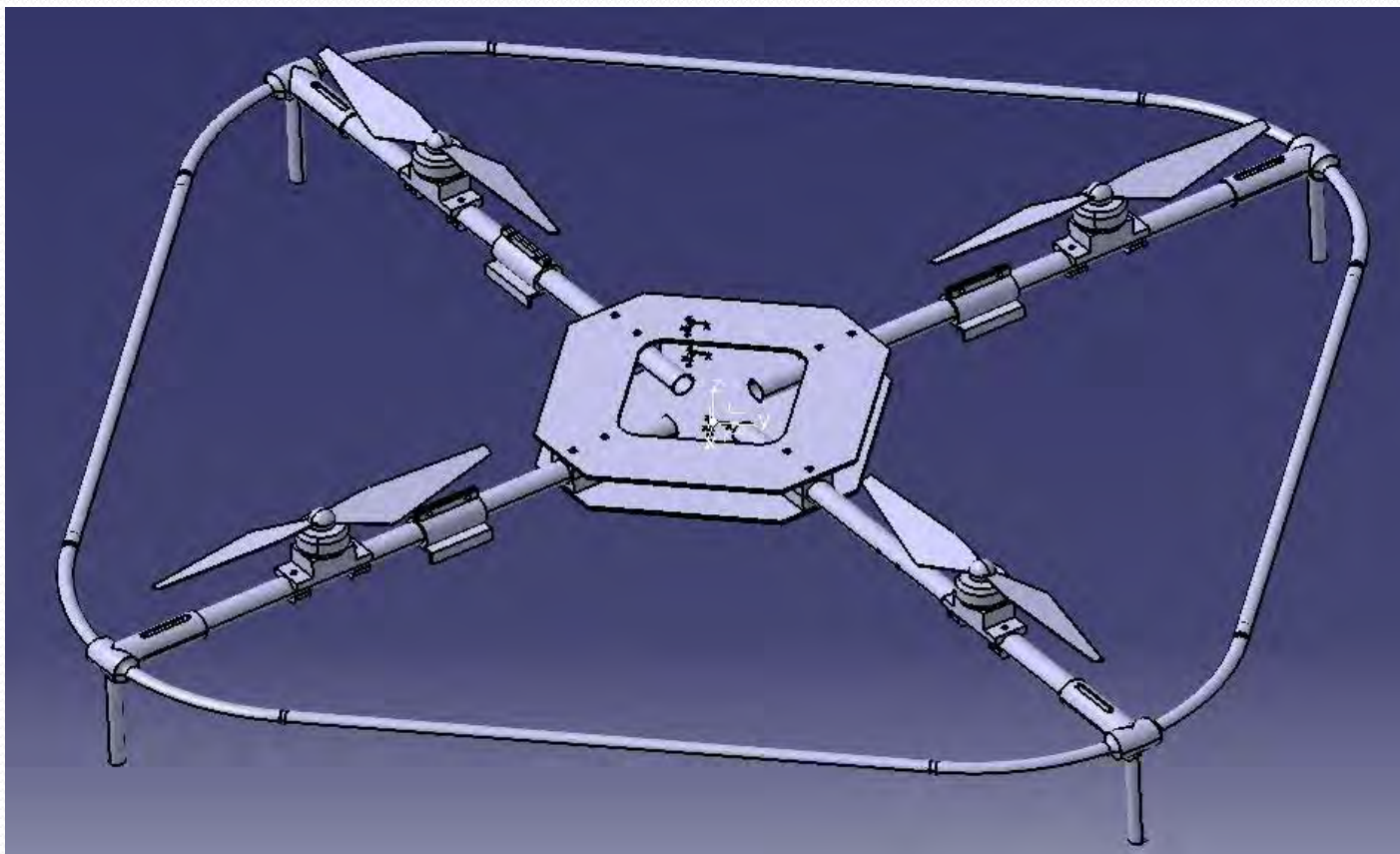


図1 試作器機体の3Dモデル

機体

表-1 飛行ロボット 諸元

全長	920mm
全幅	920mm
全高	170mm(アンテナ等除く)
機体質量	約1100g(バッテリー外), 約1800g(バッテリー込)
ローターサイズ	12×4.2インチ
軸間距離	640mm
飛行時間	約7分
推奨積載量	1300g(バッテリー外), 600g(バッテリー込)

試作機体

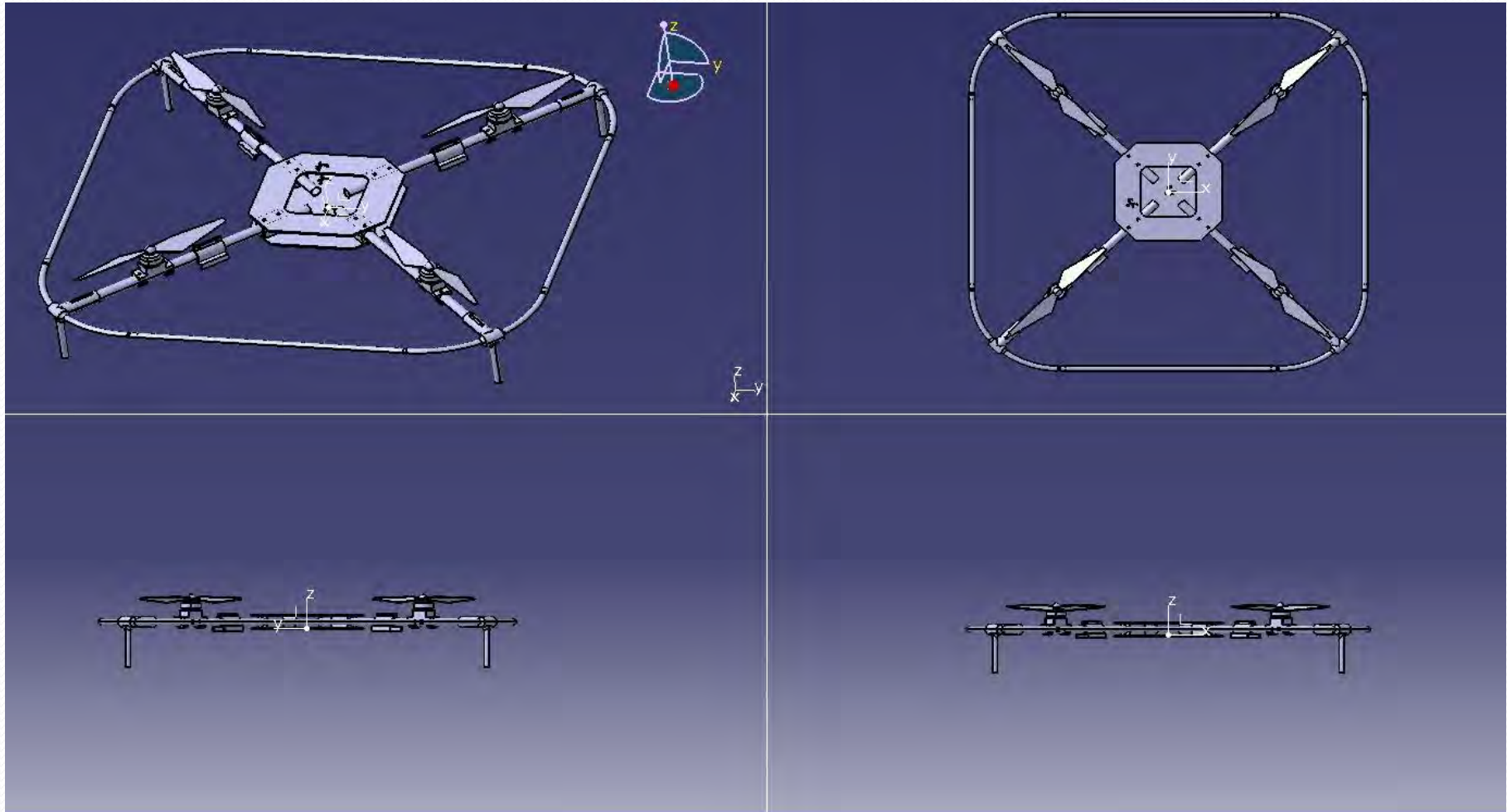


図2 試作機体の3Dモデル(各方向から)

フライトコントローラ

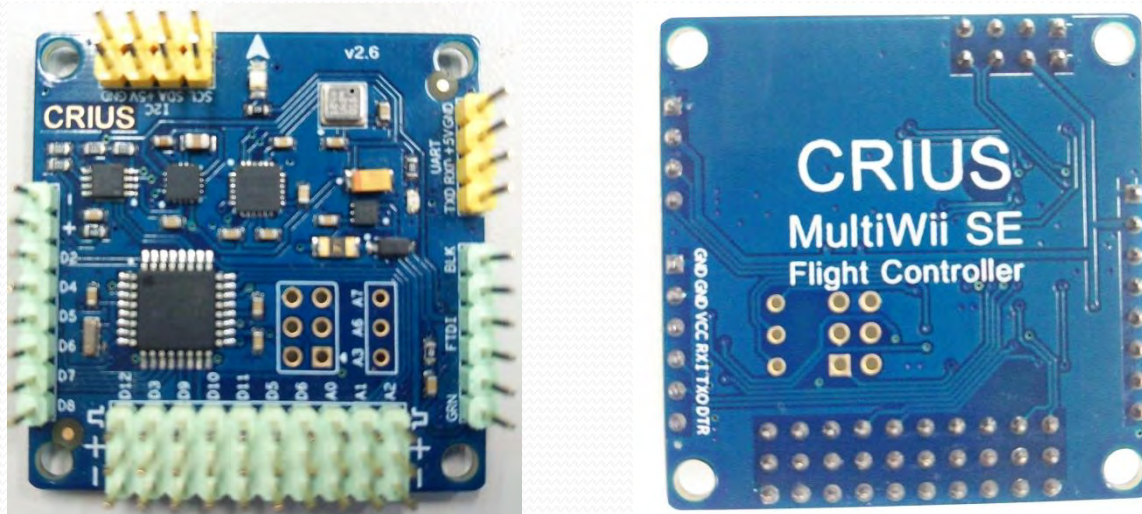
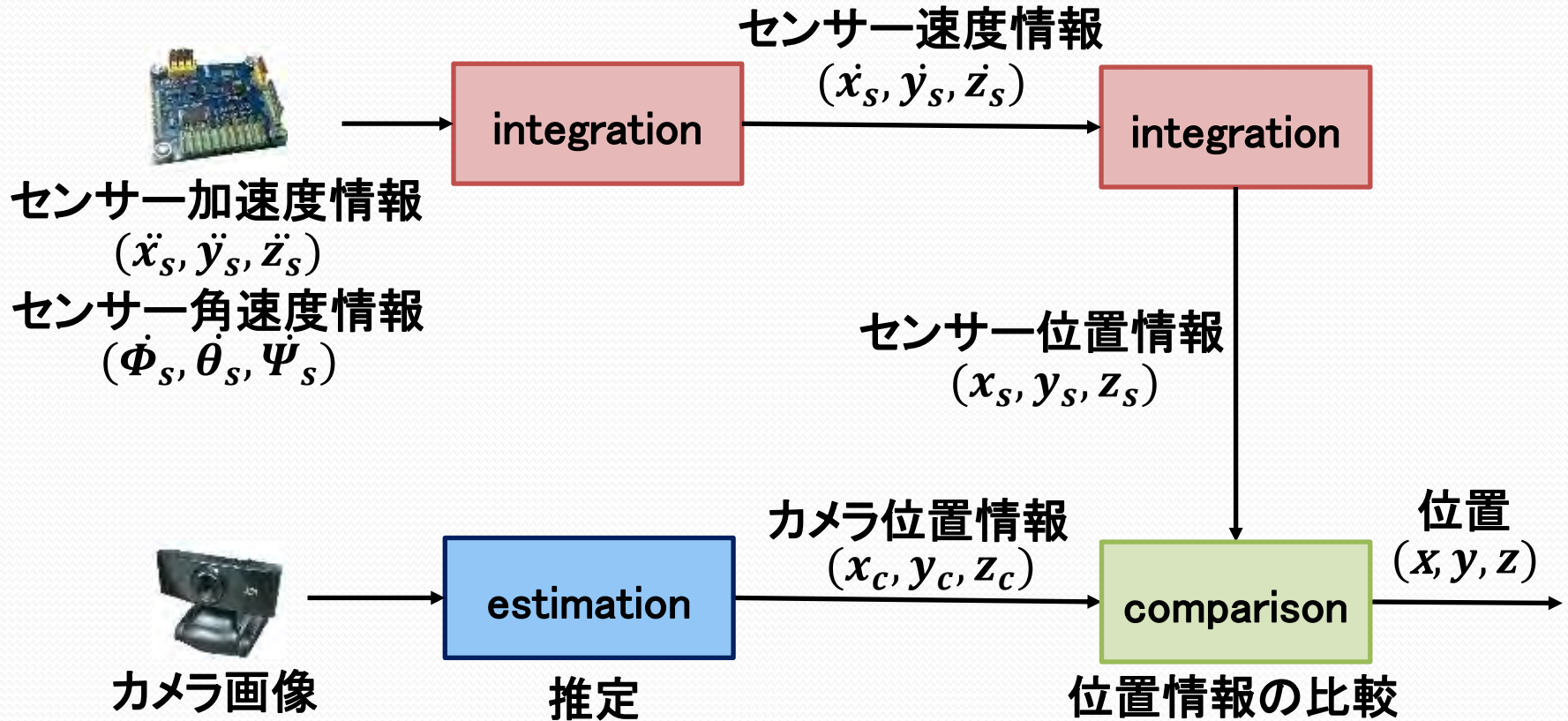


図3 CRIUS MultiWii SE v2.6

- フライトコントローラにMultiWii SE v2.6を使用
- Arduino Nanoを拡張したものでオープンソース
- 慣性センサー、磁気センサー、気圧センサー内蔵

小型カメラと慣性センサによる センサーフュージョン



付図-4 カメラと慣性センサによる自己位置推定

ピンホールカメラモデル

$$P_c(x_c, y_c, z_c) = [R|T]P_w$$

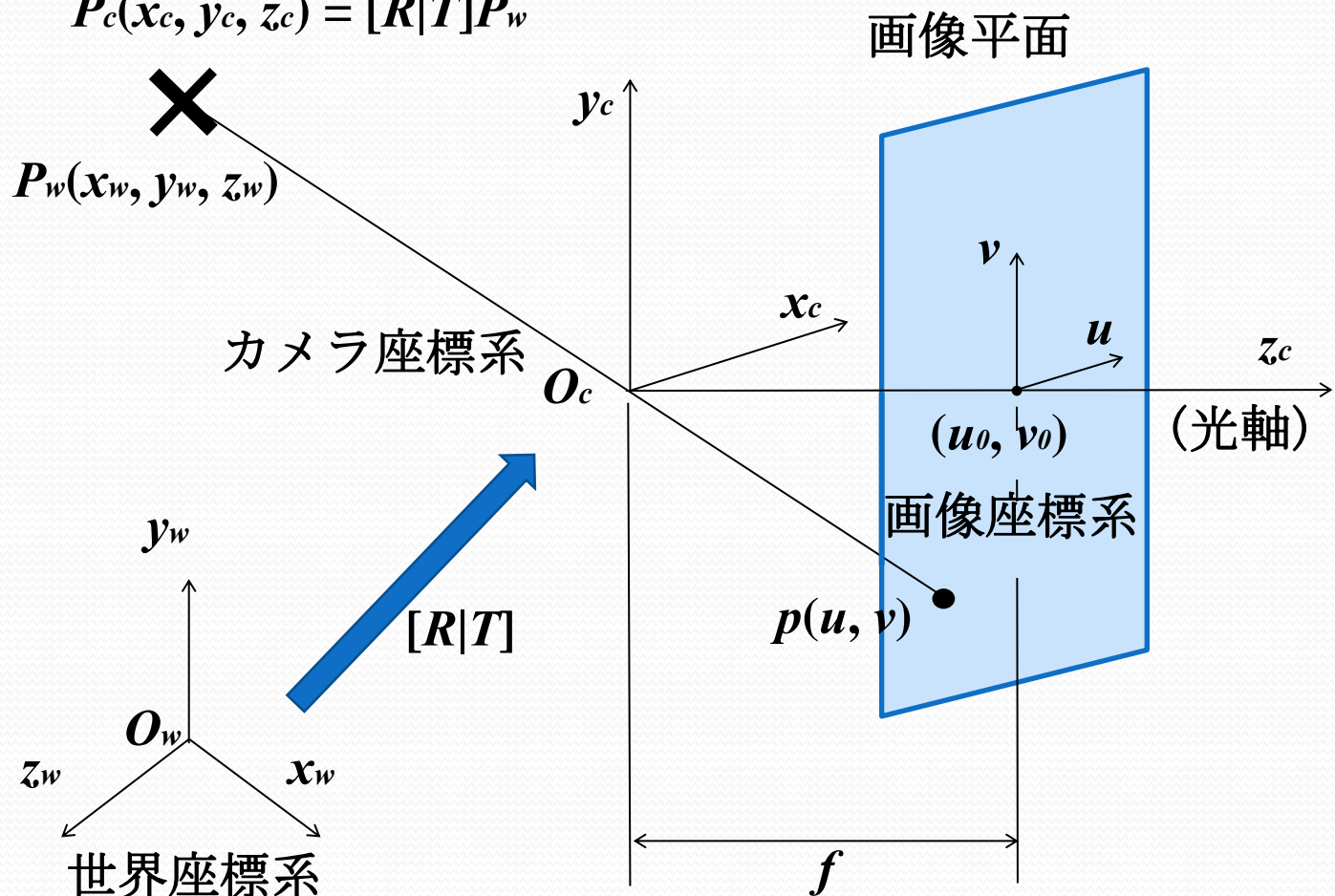


図-2 ピンホールカメラモデルで取り扱う座標系の関係

ピンホールカメラモデル

$$\begin{aligned} & \mathbf{R} = \\ & \begin{bmatrix} C\theta_z & -S\theta_z & 0 \\ S\theta_z & C\theta_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C\theta_y & 0 & S\theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ -S\theta_y & 0 & C\theta_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & C\theta_x & -S\theta_x \\ 0 & S\theta_x & C\theta_x \end{bmatrix} \\ & = \begin{bmatrix} \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 \\ \gamma_4 & \gamma_5 & \gamma_6 \\ \gamma_7 & \gamma_8 & \gamma_9 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{T} = \begin{bmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (1)$$

$C\theta$: $\cos\theta$ の略, $S\theta$: $\sin\theta$ の略

カメラ移動量の推定

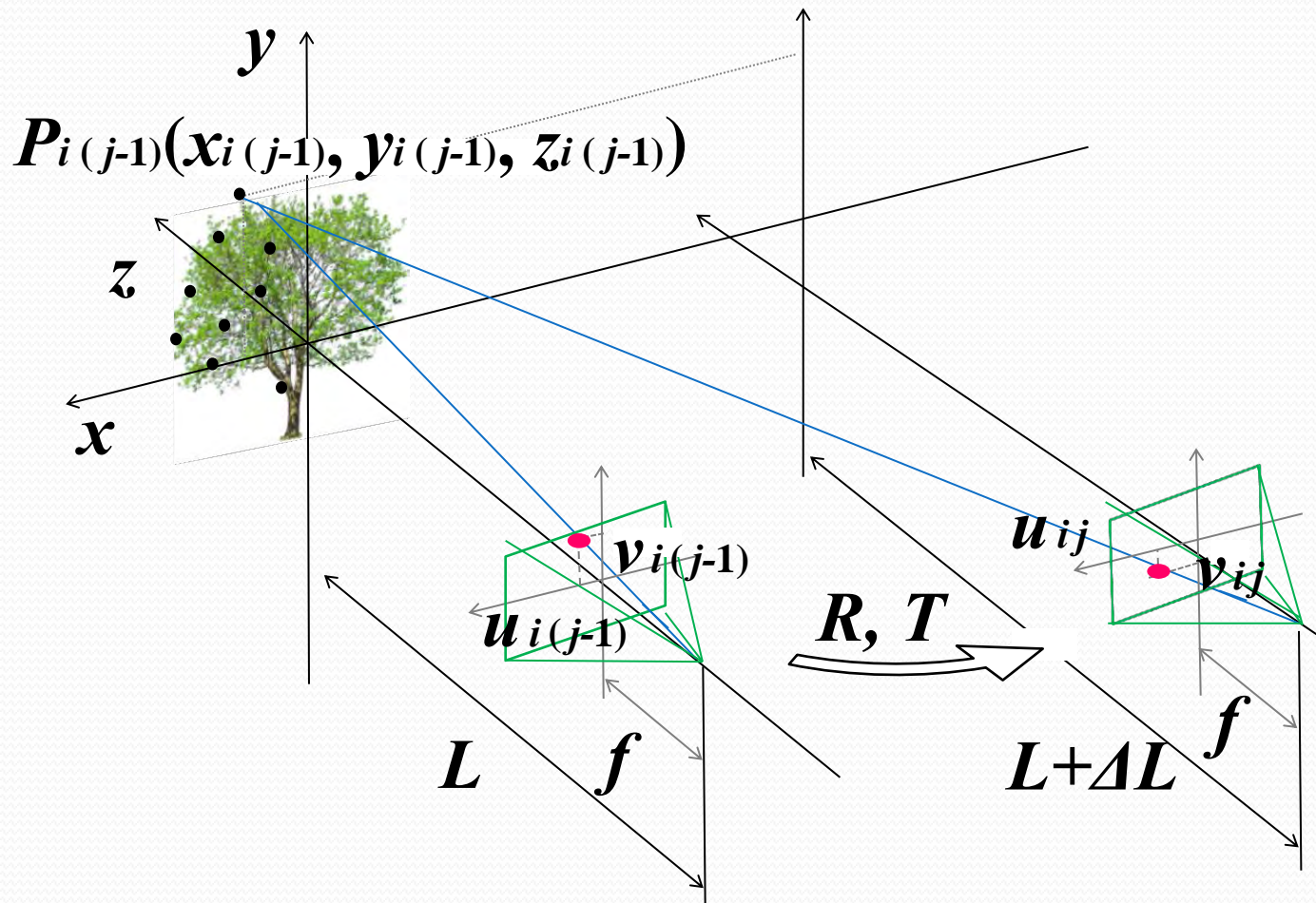


図3 2次元座標系と世界座標系の関係

カメラ移動量の推定

式(9)で任意の回転・並進を仮定

$$[R | T] \begin{bmatrix} x_{i(j-1)} \\ y_{i(j-1)} \\ z_{i(j-1)} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_1 & \gamma_2 & \gamma_3 & t_x \\ \gamma_4 & \gamma_5 & \gamma_6 & t_y \\ \gamma_7 & \gamma_8 & \gamma_9 & t_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{i(j-1)} \\ y_{i(j-1)} \\ z_{i(j-1)} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{ij}' \\ y_{ij}' \\ z_{ij}' \end{bmatrix} \quad (2)$$

現在フレームjとフレームj-1の2次元座標の評価式

$$f(\theta_x, \theta_y, \theta_z, t_x, t_y, t_z) = \sum_{i=0}^n \left\{ (u_{ij}' - u_{i(j-1)})^2 + (v_{ij}' - v_{i(j-1)})^2 \right\} \quad (3)$$

ただし、 n は2次元座標中の特徴点の数

3. 滑降シンプレックス法

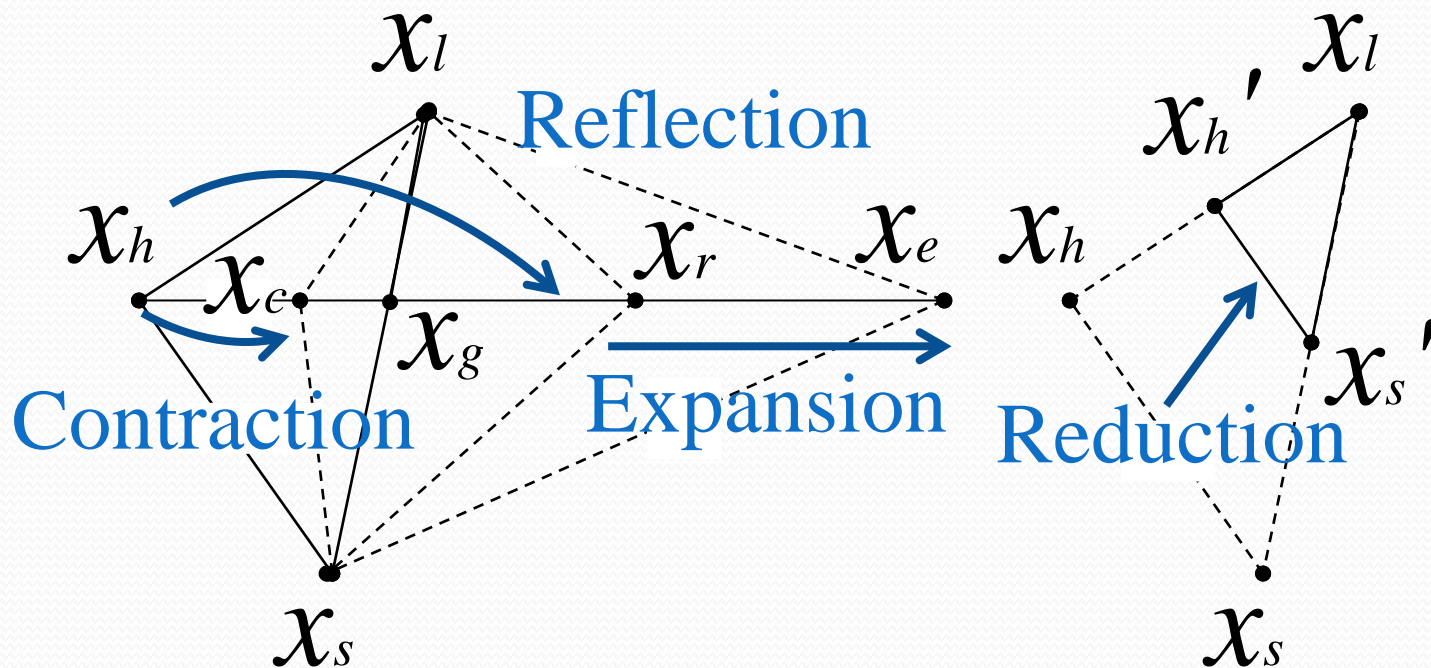


図4 滑降シンプレックス法

4. 自己位置推定実験

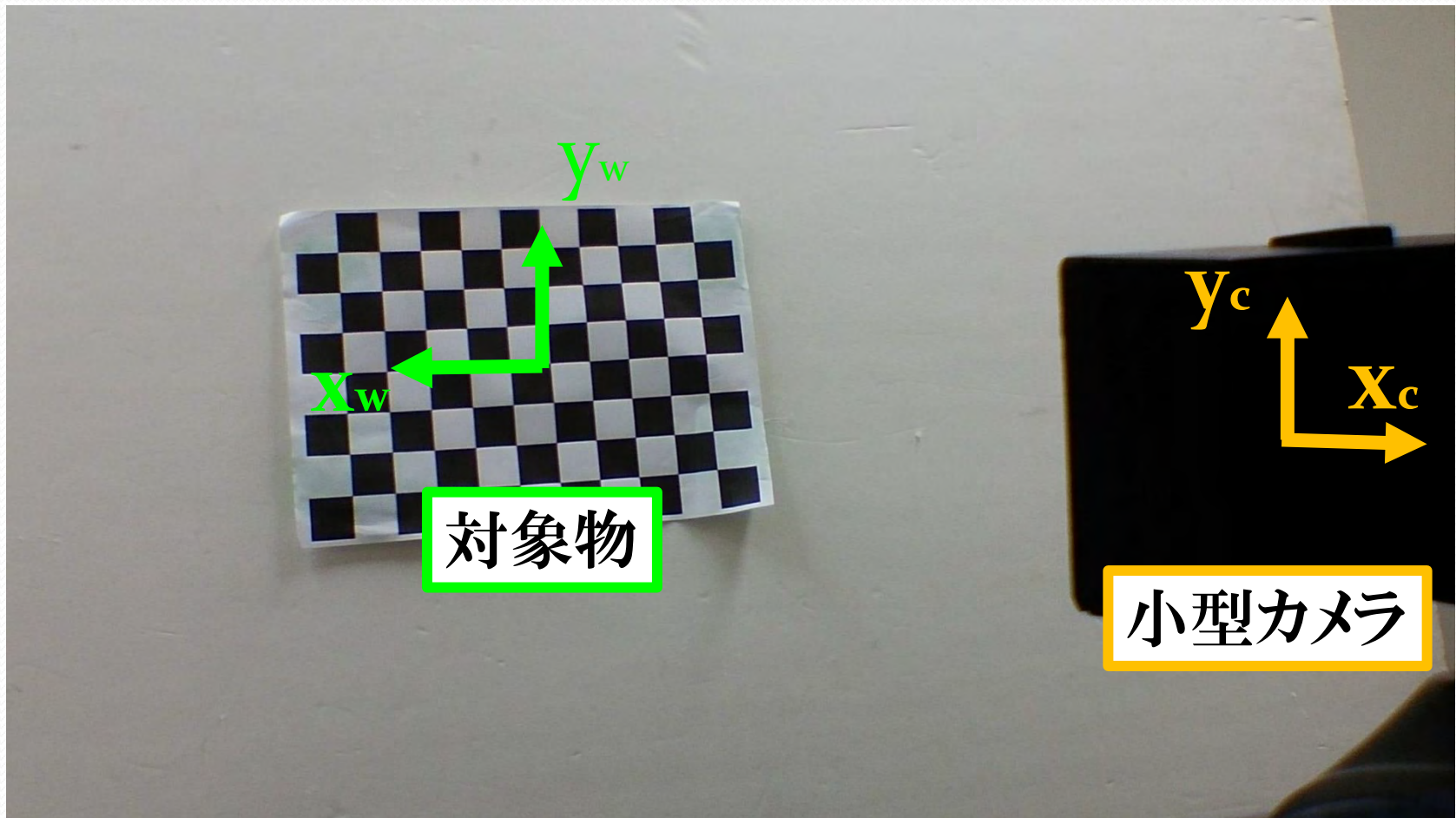


図5 カメラによる自己位置推定

位置推定実験結果

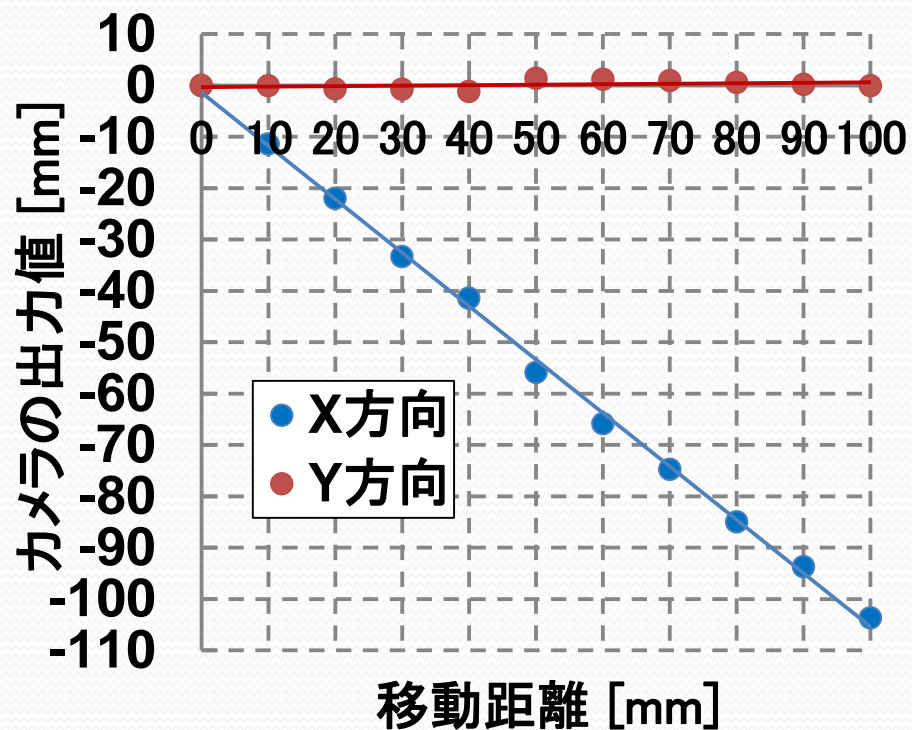
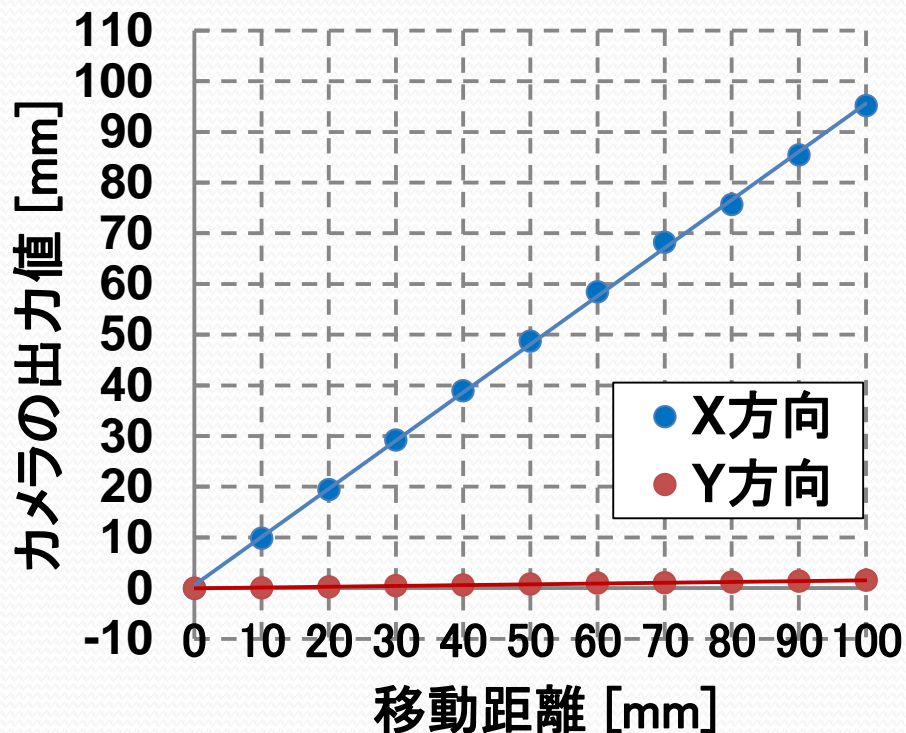


図6(1) X軸方向移動時の結果

図6(2) X軸方向移動時の結果(負)



位置推定実験結果

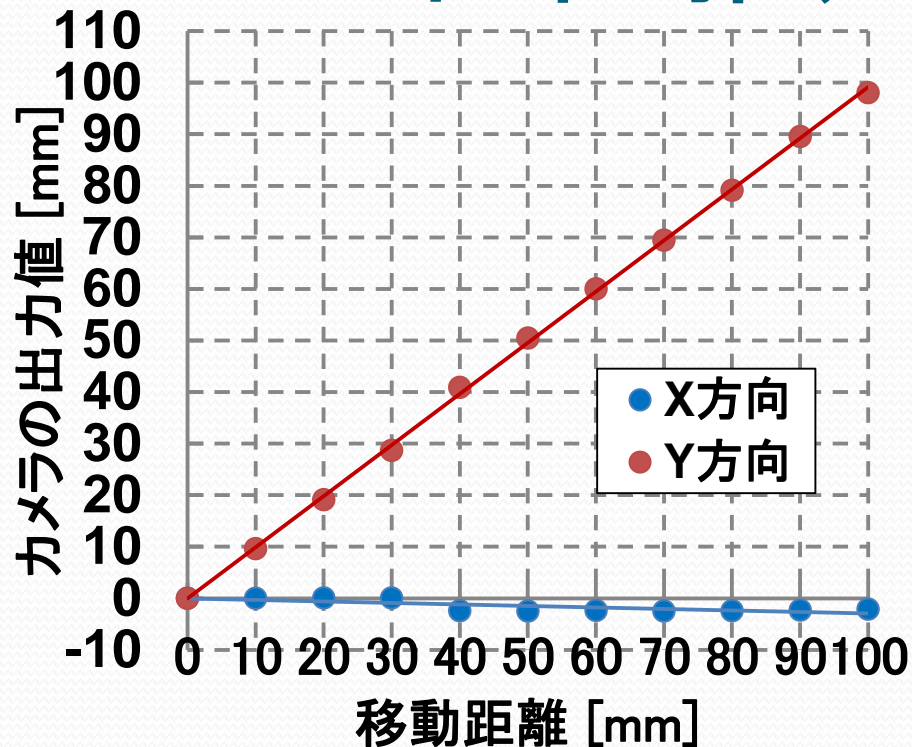


図7(1) Y軸方向移動時の結果

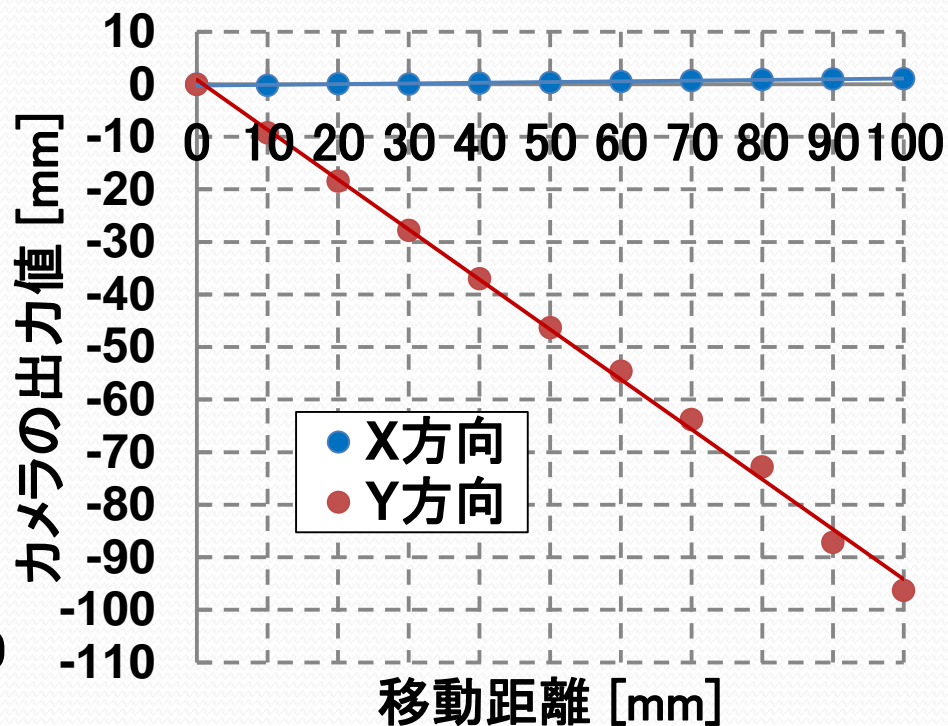
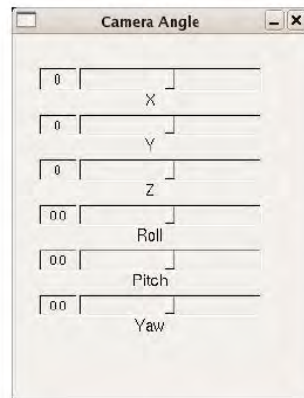


図7(2) X軸方向移動時の結果(負)

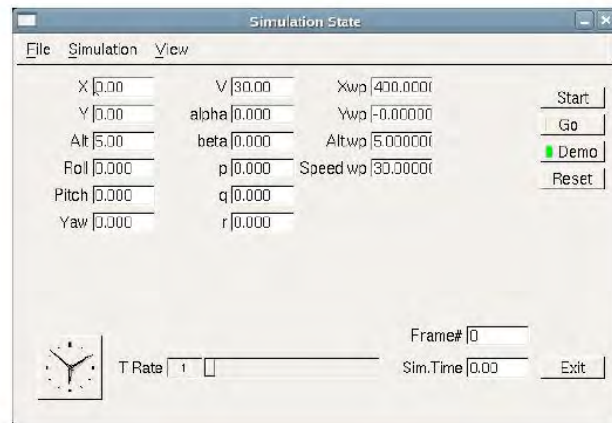


3D-CG画像による実験

An example of a computer rendered scene in flight simulator

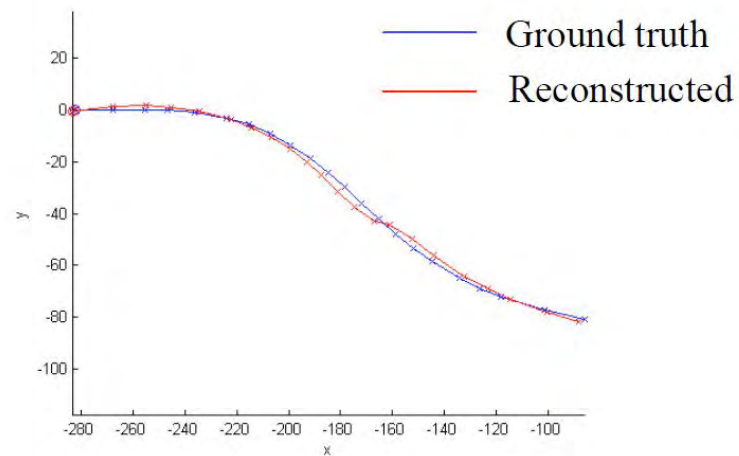
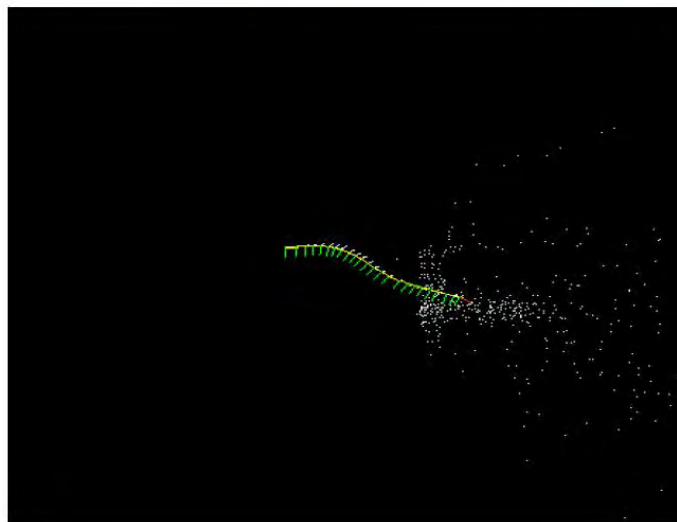


Ground truth: depth image and camera state



引用: Nov 17, 2005 AVCAAF, Robust Vision for MAV
Takeo Kanade (Carnegie Mellon University)

画像から推定した経路の比較



引用: Nov 17, 2005 AVCAAF, Robust Vision for MAV
Takeo Kanade (Carnegie Mellon University)

自己位置推定

- 小型カメラを用いた移動距離推定, 慣性センサーの精度補正と障害物の認識
- ニューラルネットワークによる自己位置推定

ニューラルネットワーク

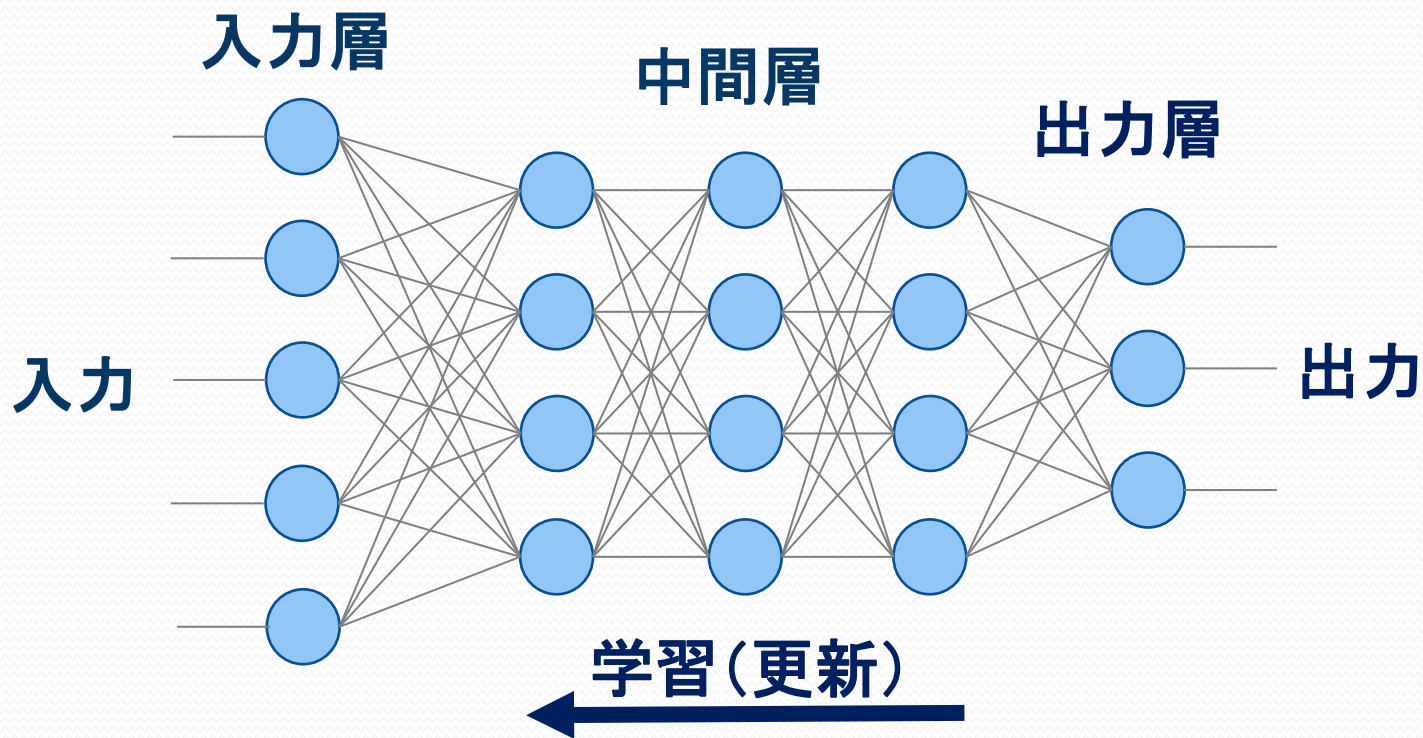


図8 ニューラルネットワークモデル

- ・人間の脳の情報処理メカニズムを単純化してモデル化
- ・中間層の重み係数を更新し、出力を正解に近づける

JETSON TK1

表3 JETSON TK1 諸元



図9 JETSON TK1

CUDAコア数	192
CPU	4-Plus-1 quad-core ARM Cortex A15
メモリ	2GB
ストレージ	16GB eMMC
バス	Half mini-PCLE slot
LAN	GigabitEthernet
ディスプレイ接続	HDMI 1.4
インターフェイス	USB3.0 SATA Line out/Mic in RS232シリアルポート GPIO

実験方法

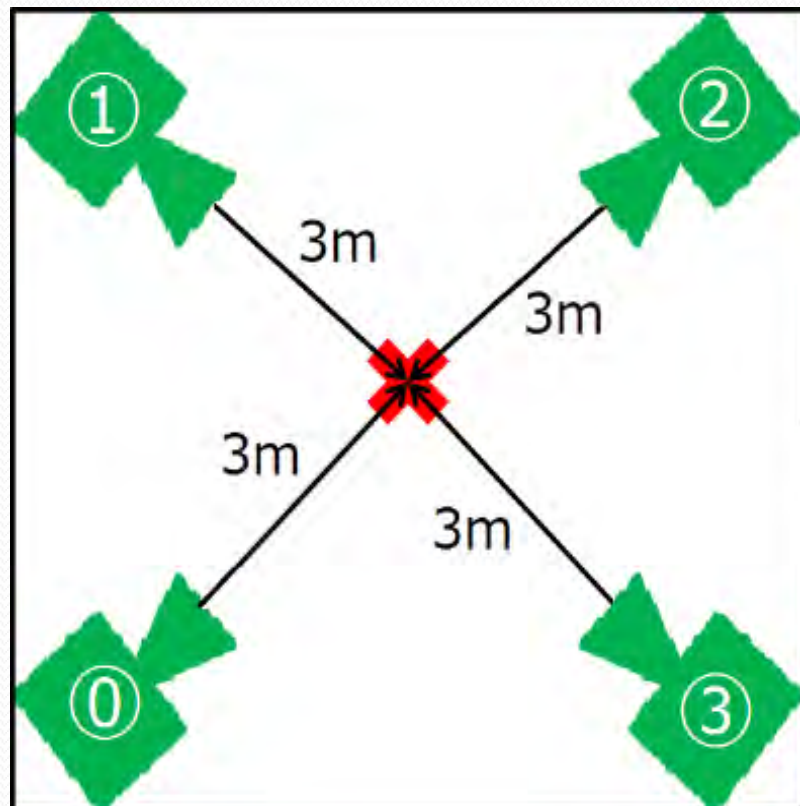


図10 カメラの配置

- ・研究室にある地点を定め、そこから3m離れた地点にてカメラを設置
- ・周囲の点0,1,2,3の合計4方向から撮影し、画像を取得

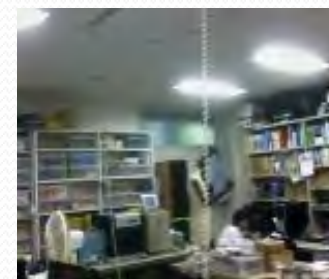


図11 サンプル画像例

実験方法

表4 学習パラメータ

教師データ	8000
評価データ	800
テスト間隔	100
学習率	0.0001
学習層数	5000

実験結果

表5 判別実験結果[%]

		判別用画像の撮影地点			
		0	1	2	3
カテゴリー (撮影地点)	0	0.1	0.0	0.0	0.0
	1	6.6	90.7	0.0	0.0
	2	69.9	0.0	1.0	0.0
	3	23.4	9.3	99.0	99.9



1: Camera 1 90.7%



3: Camera 3 99.9%

まとめ

- 小型カメラによる移動距離推定の可能性を検討した
- カメラとニューラルネットワークによる自己位置推定について検討を行った