

Unmanned Aerial Vehicle “SKY SURVEYOR”

送電線無人巡視ヘリコプターの開発



2005年3月4日

スカイエンジニアリングカンパニー

千葉 良三 chiba_ryozo@hirobo.co.jp

本開発は、中国電力及び千葉大学野波研究室と共同で実施しています。
自律制御システムは、千葉大学野波研究室と共同開発したものです。



技術で拓く²⁸真心のクオリティー
ヒロボー株式会社



発表の内容（目次）

1. 開発のねらい
2. 無人巡視ヘリコプター
3. 自律制御システムの概要
4. 主な用途
5. 用途開発の状況
6. 安全運航システムの開発
7. 今後の計画

1. 開発のねらい

■現在の送電線保守業務

- 巡視業務（徒歩や車両，有人ヘリにより行っている）
 - ・徒歩，車両…送電線は山間部が多く時間がかかる
 - ・有人ヘリ…上空から効率的に巡視可能だが…
 - 計画的運航に限られ，急なチャーターが困難
 - 安全確保のためホバリングができず，詳細点検が困難
 - 運航料金が高い
- 点検業務…電線や接近木調査は特定機材搭載の有人ヘリ利用の他，高所作業員によるものが多く，時間・労力を要する



無人ヘリによる低コスト・効率的な送電線巡視システムの開発

ヘリコプター (有人機) での運用



＜巡視用ヘリコプター＞

＜物輸用ヘリコプター＞



無人巡視ヘリコプターの機能・特徴

●送電線に沿って自動飛行

- ・ 自律制御装置, GPSを搭載し, 予め送電線に沿った飛行ルートを設定することで, 自分の位置を確認しながら飛行可能

●送電線画像取得, 伝送

- ・ カメラ, 画像伝送装置等を搭載し, 上空で撮影した画像を無線で地上に伝送可能 (機体に精細画像を録画し, オフラインで欠陥検出・診断を行う)

●機動性 (小型・軽量化)

- ・ エンジン排気量は125CCで12馬力の出力を発生し, 安定した飛行が可能。全重量は48kgと軽量化を図っており, 機動力のある運用が可能

●低コストの実現

- ・ 有人ヘリに比べ, 約1/2の運航費用を目指す

2. 無人巡視ヘリコプター

仕様



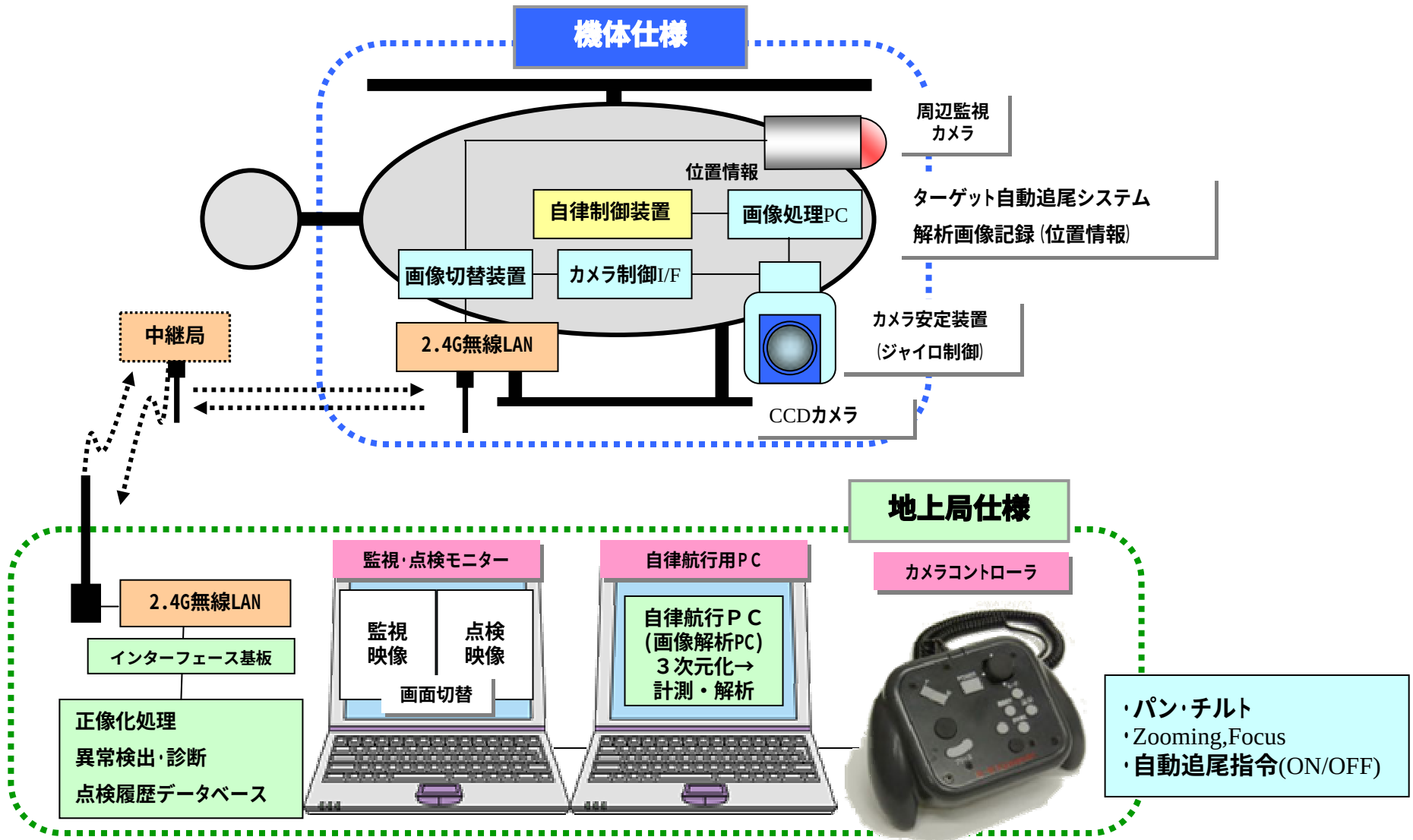
自律型無人巡視ヘリコプター



地上支援装置（車両）へ1式搭載

2. 無人巡視ヘリコプター

システム構成



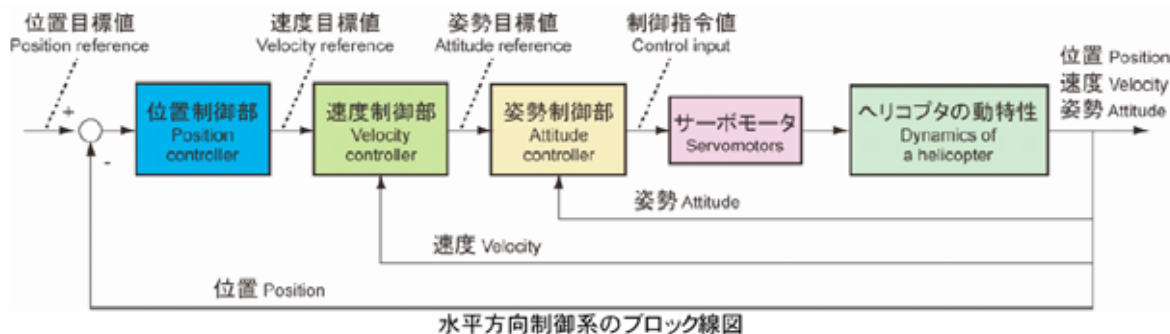
2. 無人巡視ヘリコプター

諸元

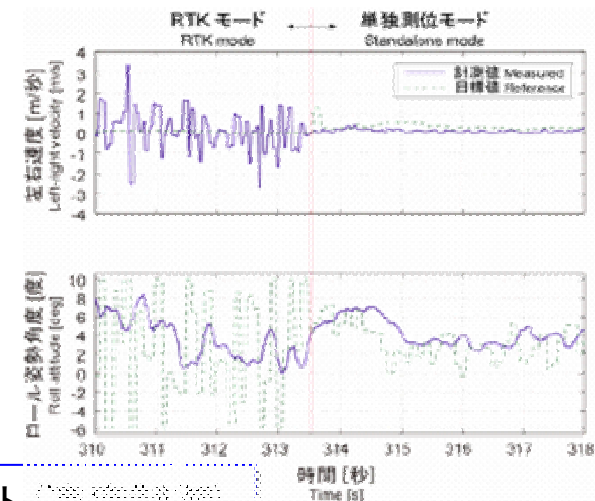
機体	エンジン	125CC ガソリンエンジン
	全備重量	48kg
	ロータ径	2,500mm
	飛行時間	1時間 (燃料10L)
制御装置	自律制御装置	完全自律制御
	センサ	3軸加速度センサ 3軸角速度センサ (Gyro) 地磁気センサ (方位) GPS (RTK／単独測位)
画像収集	カメラ	SONY－FCB780EX
	映像記録装置	DVレコーダ
	画像処理PC	PCcube (画像処理)
伝送装置	データ伝送	2.4G無線LAN/モデム
	画像伝送	2.4G無線LAN/ 2.4G画像伝送モジュール

3. 自律制御システムの概要

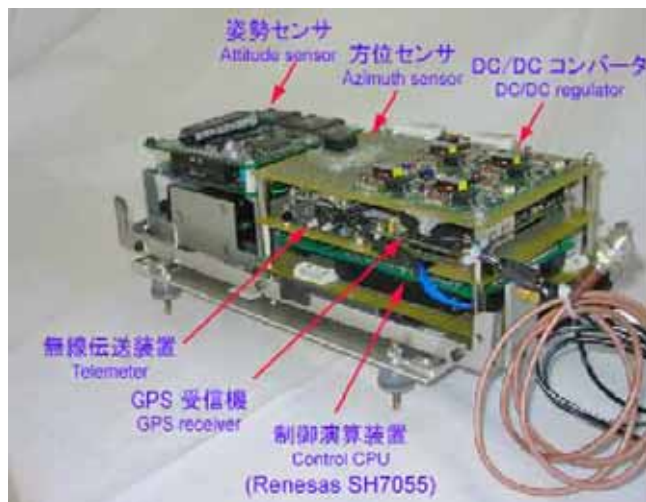
制御装置のブロック図



単独測位データ



制御装置本体

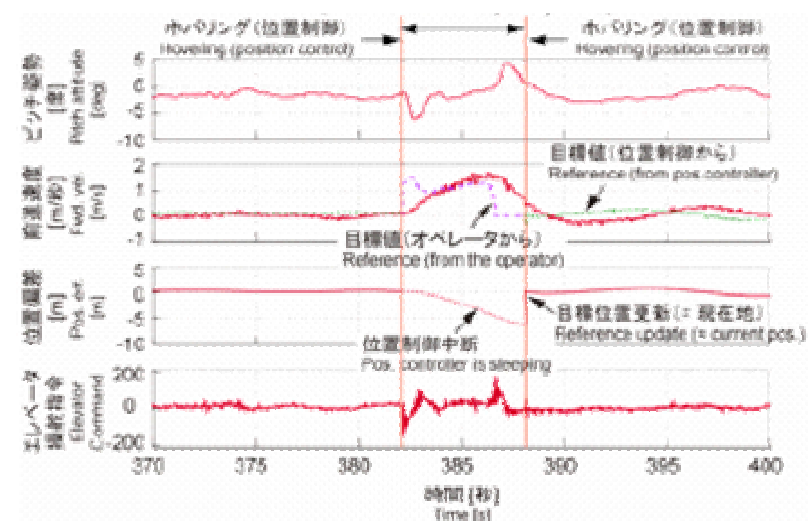


オペレーターアシスト (速度制御)

構成

CPU:SH2
3軸姿勢センサ
磁気方位センサ
RTK-GPS

重量:2.8Kg
外寸:190x290x110mm



小型無人ヘリの自律制御研究開発



機種名:SST-Eagle GS
全備重量:8.5Kg
ローター径:1.65m



機種名:SF40
全備重量:17.5Kg
ローター径:1.85m



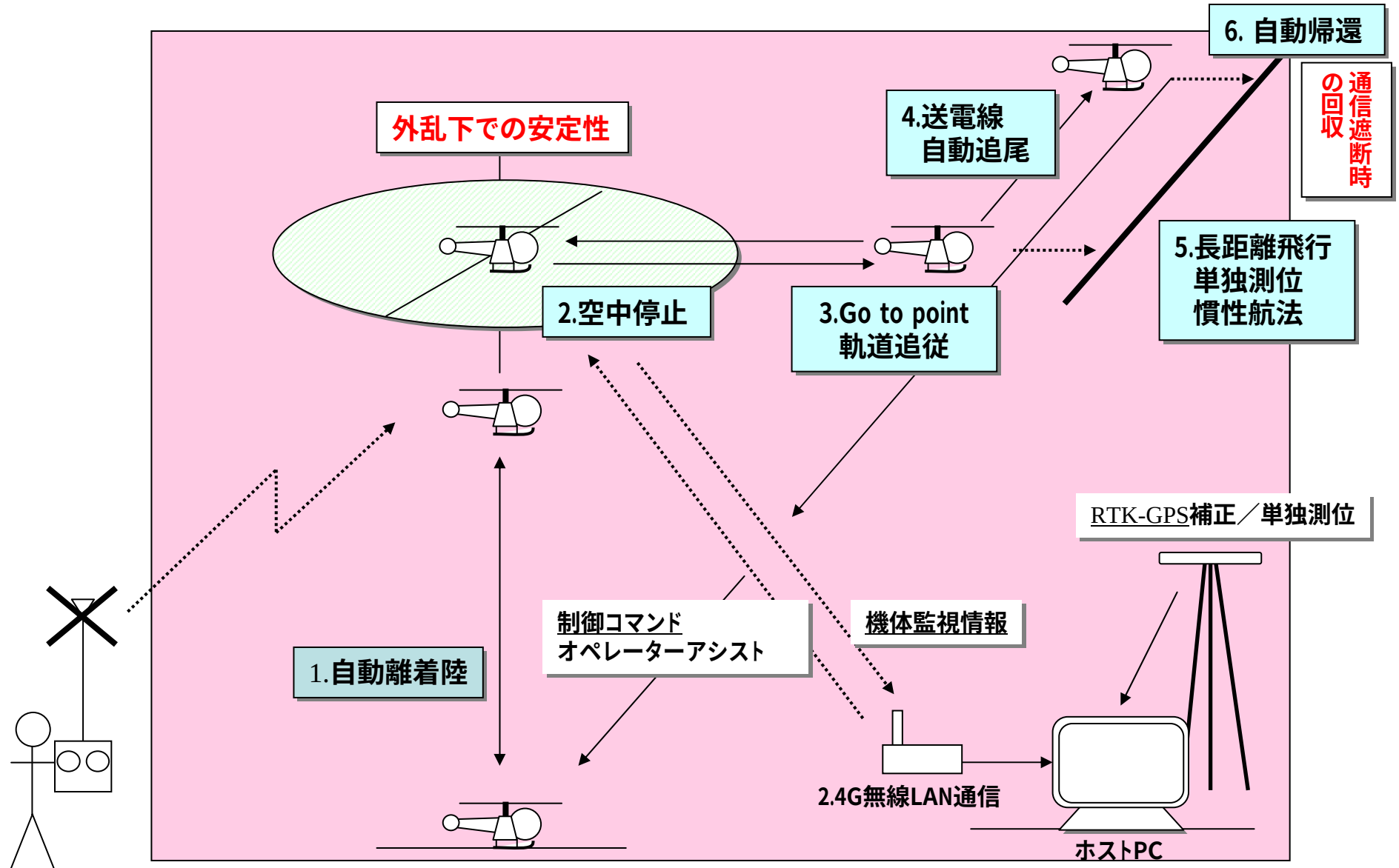
機種名:XRB-SR-Lama
全備重量:195g
ローター径:350mm



機種名:SF86
全備重量:42.0Kg
ローター径:2.5m

3. 自律制御システムの概要

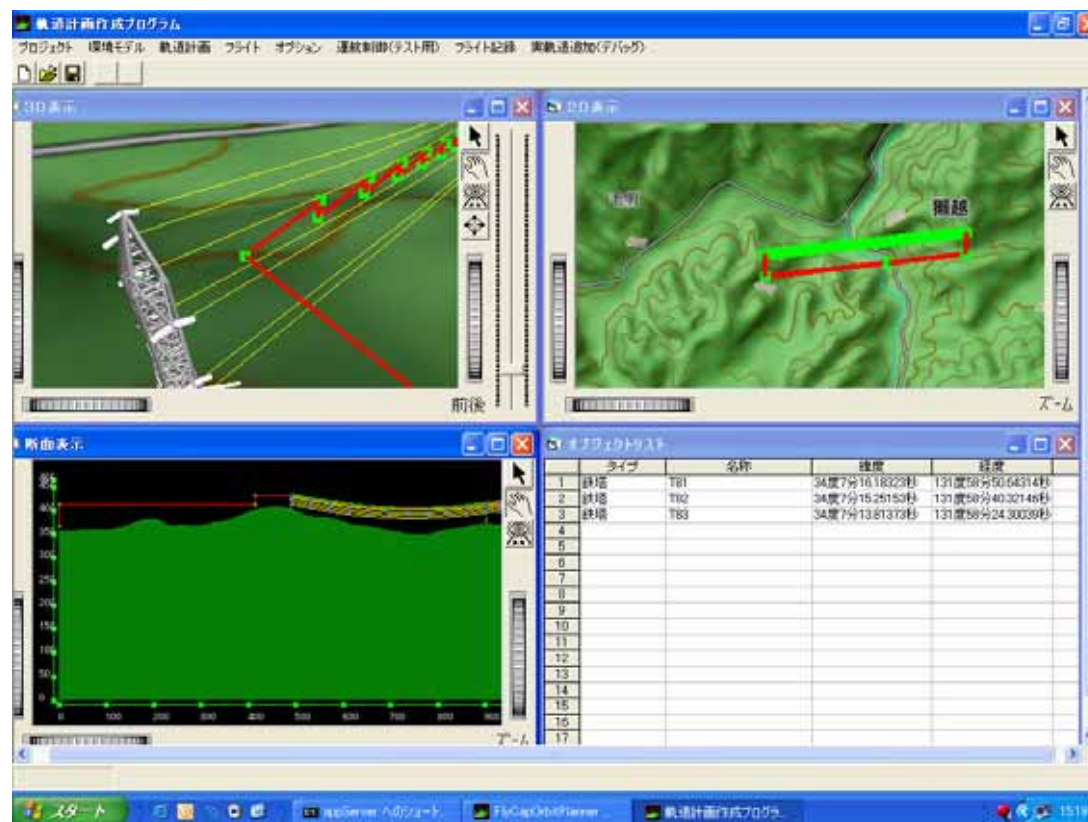
送電線点検



送電線追尾飛行実験



軌道計画と監視モニター



4. 主な用途

●送電線の巡視・点検業務

巡視業務 … 線下地状況, 敷地状況, 設備異常
点検業務 … 電線, 鉄塔の点検, 接近樹木調査

●配電関連の業務

山間部の電柱, 電線等の点検業務, 線下地状況調査,
接近樹木調査等

●電力事業分野以外

橋梁等の高所点検, ダム・土砂崩壊箇所の防災監視,
空中測量, 空撮, 災害時の状況調査等

6-1 架空地線素線切れ検出への活用

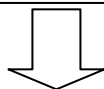
500kV, 220kVの超高压送電線で架空地線の素線切れが発見されており、現在は有人ヘリで計画的に点検している。



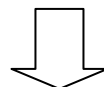
無人ヘリの適用を目指し、架空地線素線切れ検出のシステム化を検討。

<架空地線素線切れ検出システムのイメージ>

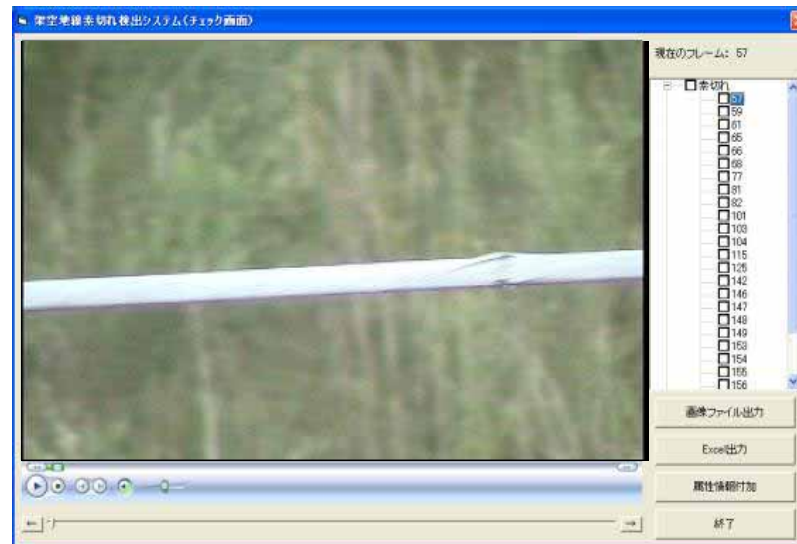
無人ヘリで撮影 (画像取得)



電線異常検出プログラム
(電力中央研究所 開発済)



電線異常箇所検出 (自動)

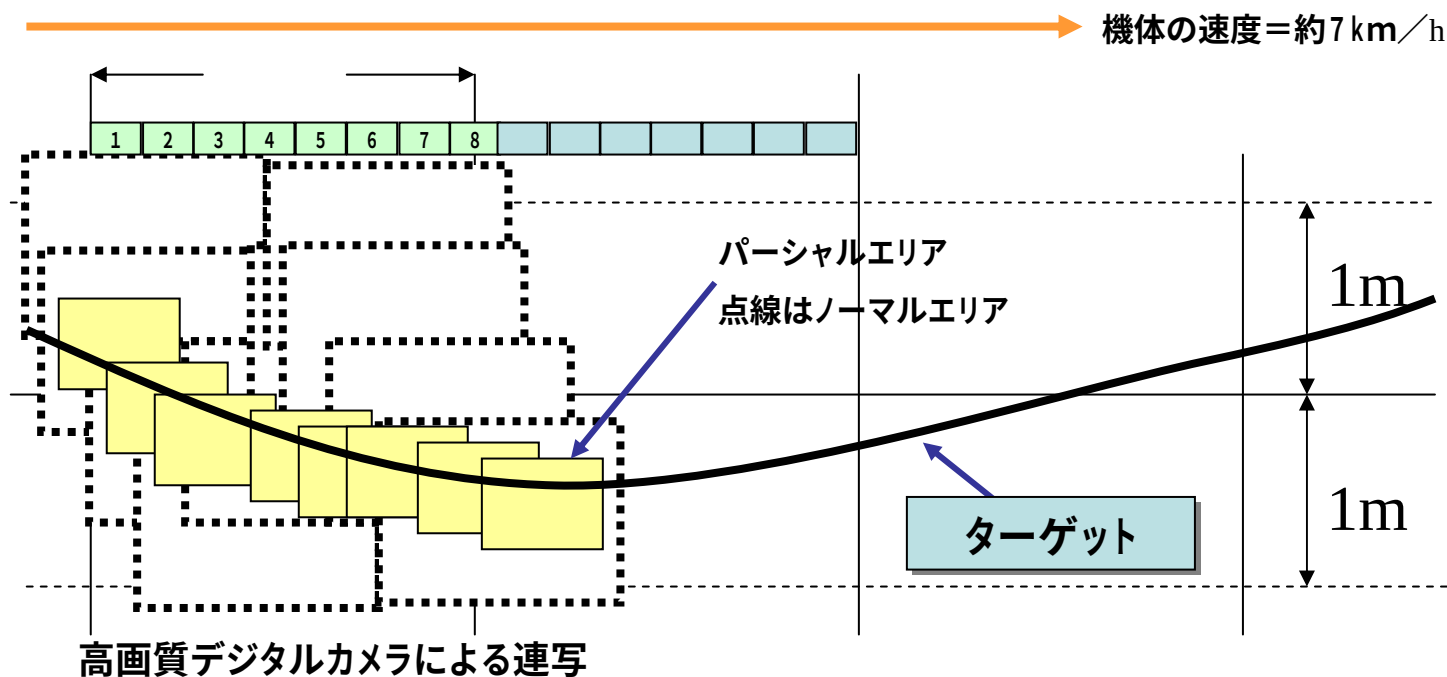


5. 用途開発の状況

素線切れ検出

画像検出によるターゲット自動追尾

1. カメラ装置を上下に自動スキャンし、ターゲット位置を画像処理にて検出。
2. 検出部分のみ (パーシャルエリア) 画像抽出し、システムに保存する。



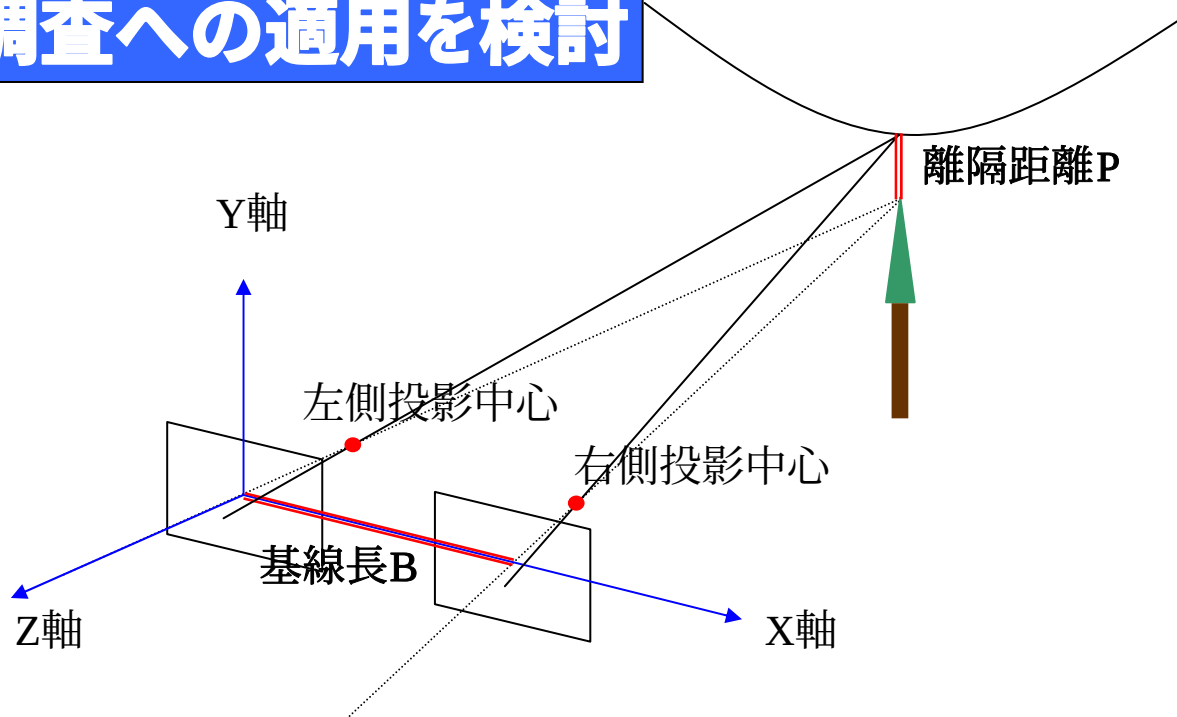
6-2 接近樹木調査への活用

★カメラ2台によるステレオ撮影

現在：作業員の昇塔，セスナ（高高度撮影），有人ヘリ（レーザー）による調査



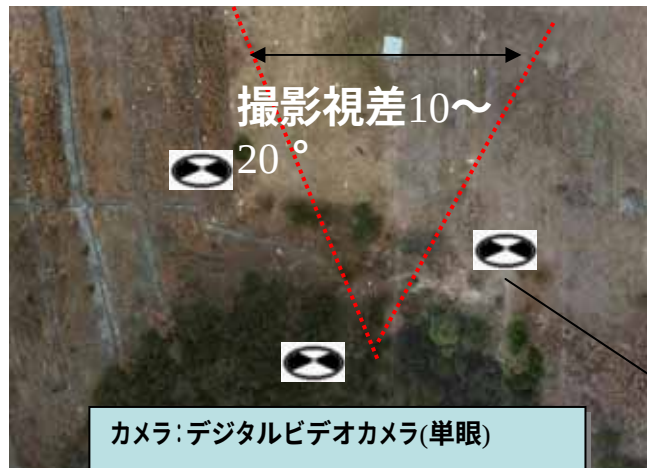
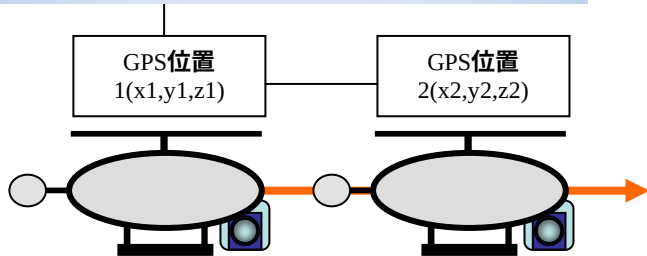
無人ヘリの接近樹木調査への適用を検討



5. 用途開発の状況

線下地状況調査

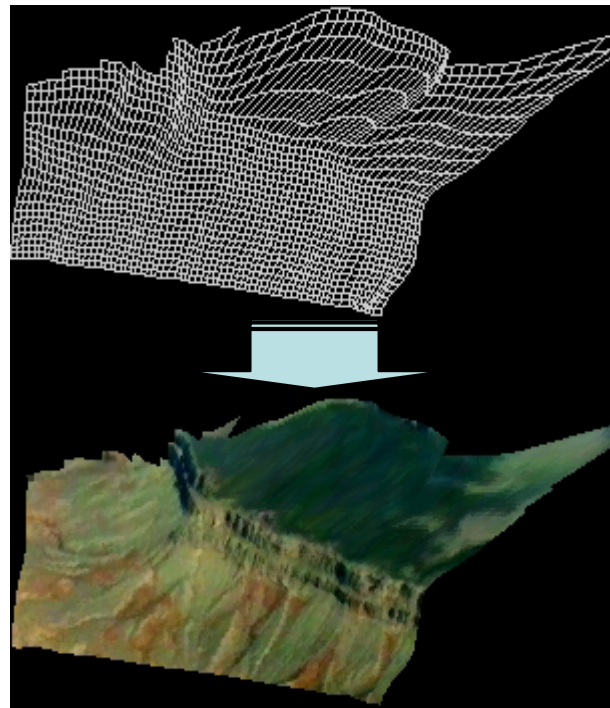
1. 空撮



2. 3次元図化(VirtualGAIR)

3次元復元機能にて3次元図化

特徴点の自動抽出→特徴点の自動追尾→特徴点3次元位置復元→カメラの軌跡復元→指定フレームの距離画像生成

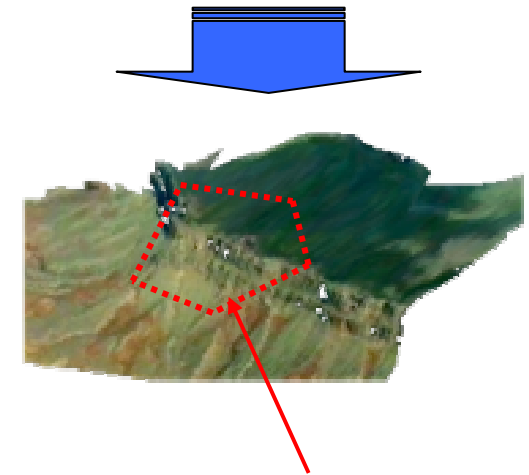


ランドマーク
ステレオマッチング可能なテクスチャ

★カメラ1台によるステレオ撮影

3. 計測・解析

1. カメラ軌跡と、GPS位置の3次元座標値を比較し、距離画像を絶対値に変換するための座標変換パラメータを計算する
2. 座標変換パラメータを距離画像に反映し、絶対値での3次元モデルを生成する。
3. 異常検出、診断
 - ・距離、面積、体積など計測
 - ・比較座標との相違点の抽出
 - ・被害領域の推定



危険区域の特定など

6. 安全運航システムの開発

全体行動指令システム

1. 軌道座標取得、安全最適経路の検索 (GIS)
2. 移動シミュレーション (GIS)
ロボットの作業環境の3次元モデリング (GIS)
3. 飛行指令及び機体状況監視
(外乱、故障有無、異常データ)
4. 飛行位置と作業環境状況把握
(障害物、外乱)
5. データ修正、アラーム、非常停止、帰還指令

移動サブシステム

知的テレオペレーション
(オペレータアシスト)

視覚センサ系

視覚情報処理サブシステム

基地局

軌道選定とオペレーション (監視・誘導)

移動計画 (基地局)

1. 軌道座標入力・出力
軌道入力方法 (マウス、操縦桿、音声入力)
2. 飛行指令 (飛行モード)
Go to Point (直進、高度、旋回、停止、サークルなど)
オペレータアシスト
自動離着陸
自動トラッキング
自動帰還
3. 飛行ナビゲーション<飛行、アラーム表示>
4. モニタリング

機体組込型制御装置

GPS単独測位
慣性航法
ビジョン演算PC

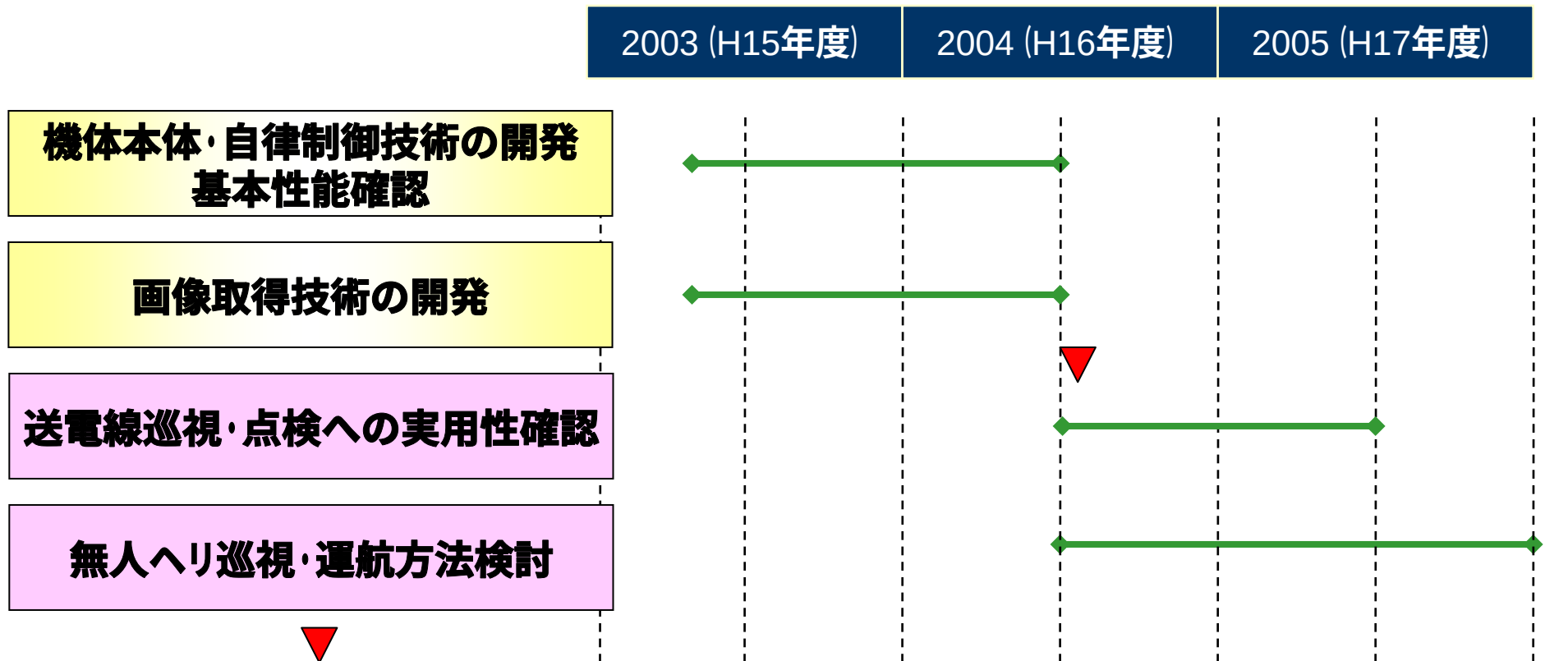
姿勢制御
位置制御

ビジョンによる測距・形状認識
(進路上の障害物の有無判定と
距離計測)

ビジョンによる自動離着陸支援

空中ロボット (SKY SURVEYOR)

7. 今後の計画



H18年度中の実用化を目指し、実証試験を開始

(今後の取り組み)

- ①送電線巡視・点検業務への適用検討, 安全性の検証, 運航要領等の整備
- ②異常検出技術の開発 (架空地線素線切れ検出, 接近樹木調査ほか)