

A light blue map of Japan is visible in the background, showing the main islands and surrounding waters. The title text is overlaid on this map.

航空測量航空機の 飛行について

平成22年7月7日(水)

調布空港協議会 航測委員会

本日の内容

- 航空写真測量とは
- 航空測量の歴史
- 航空測量撮影機材
- 公共測量規定
- 航空測量機の飛行方法
- 管制区・圏内における飛行について
- POSシステムによる飛行方法

航空写真測量とは

- 地形を空中から撮影し、これを基礎にして地図を作成する事（広辞苑より）。
- 具体的には、
航空機を使用し、一定の高さから地上に垂直に写真撮影を行い、出来上がった写真を繋げて、地図を書いてゆく、作業をいう。

航空測量飛行イメージ図



航空測量機の歴史

- 昭和27年11月に戦後初のC170にK-8型 航空カメラを使用して試験撮影を実施。
- 昭和29年にはチャーター機による本格撮影が始まる。
- 昭和31年には航測会社も使用事業免許を申請し、続々と自社機の運航が開始。
(この時代はDC-3、ダブなどが航空測量機となる)
- その後、使用機材、撮影機材を新しい製品に順次取り替え。
- 現在は、C206とC208が主力機である。
- 撮影機材はRC30+POS・レーザー撮影機器・デジタル撮影機材を現在は使用している。

航空測量撮影機材

- アナログ撮影機材
- デジタル撮影機材
- レーザー計測機材
- POS機材（後ほど詳しく）

アナログ撮影機材



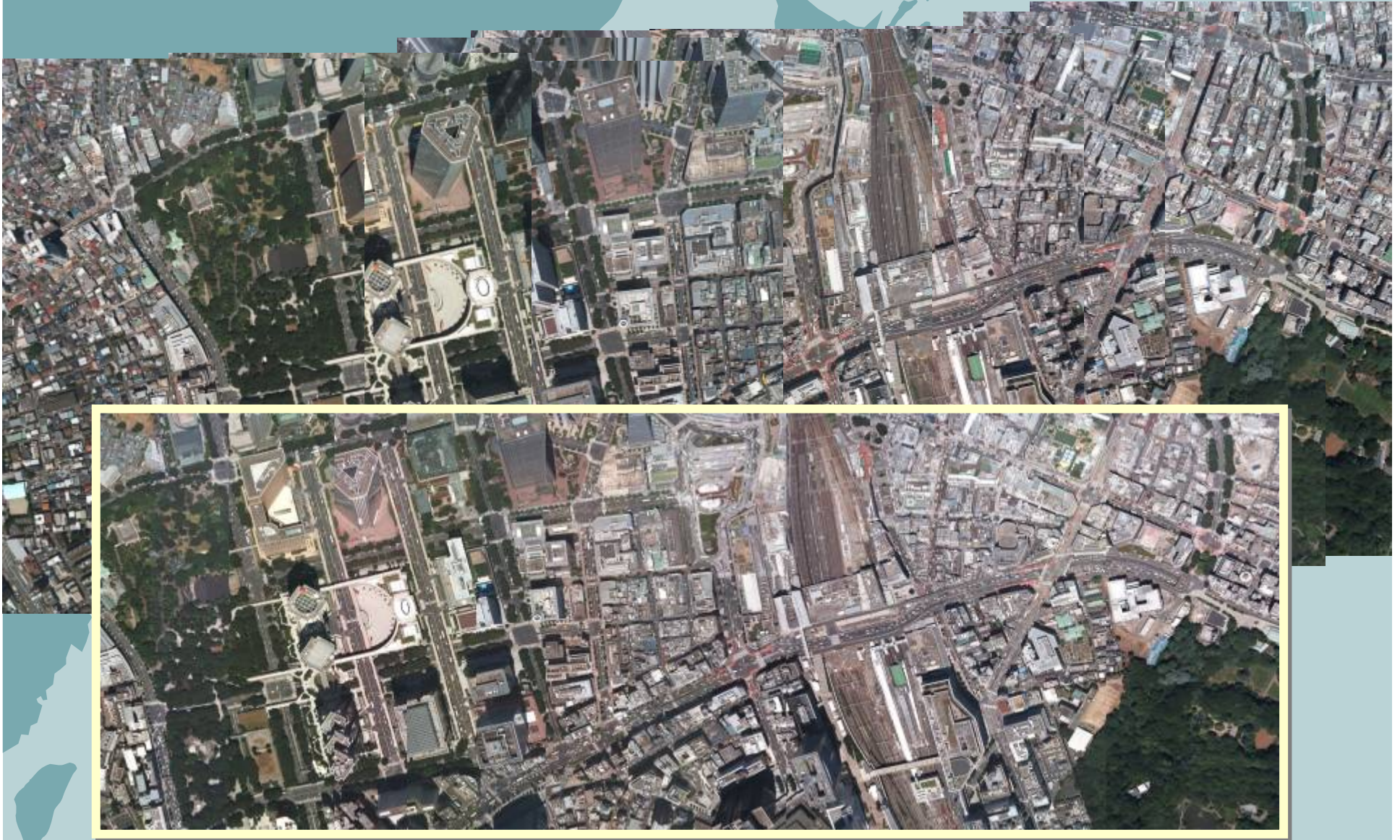
アナログ撮影機材機内設置



デジタル撮影機材の一例 DMCシステム



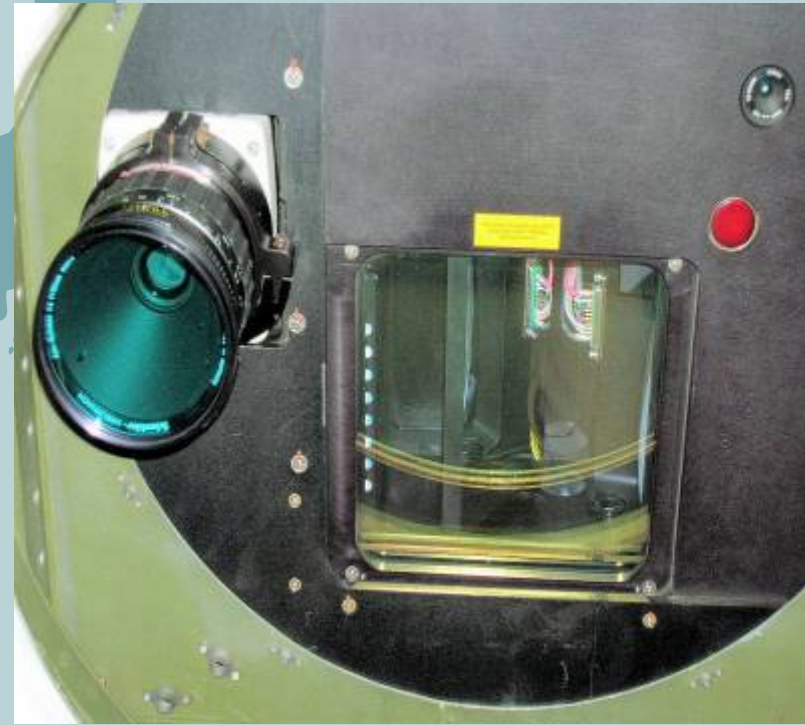
航空測量写真



レーザー計測システム

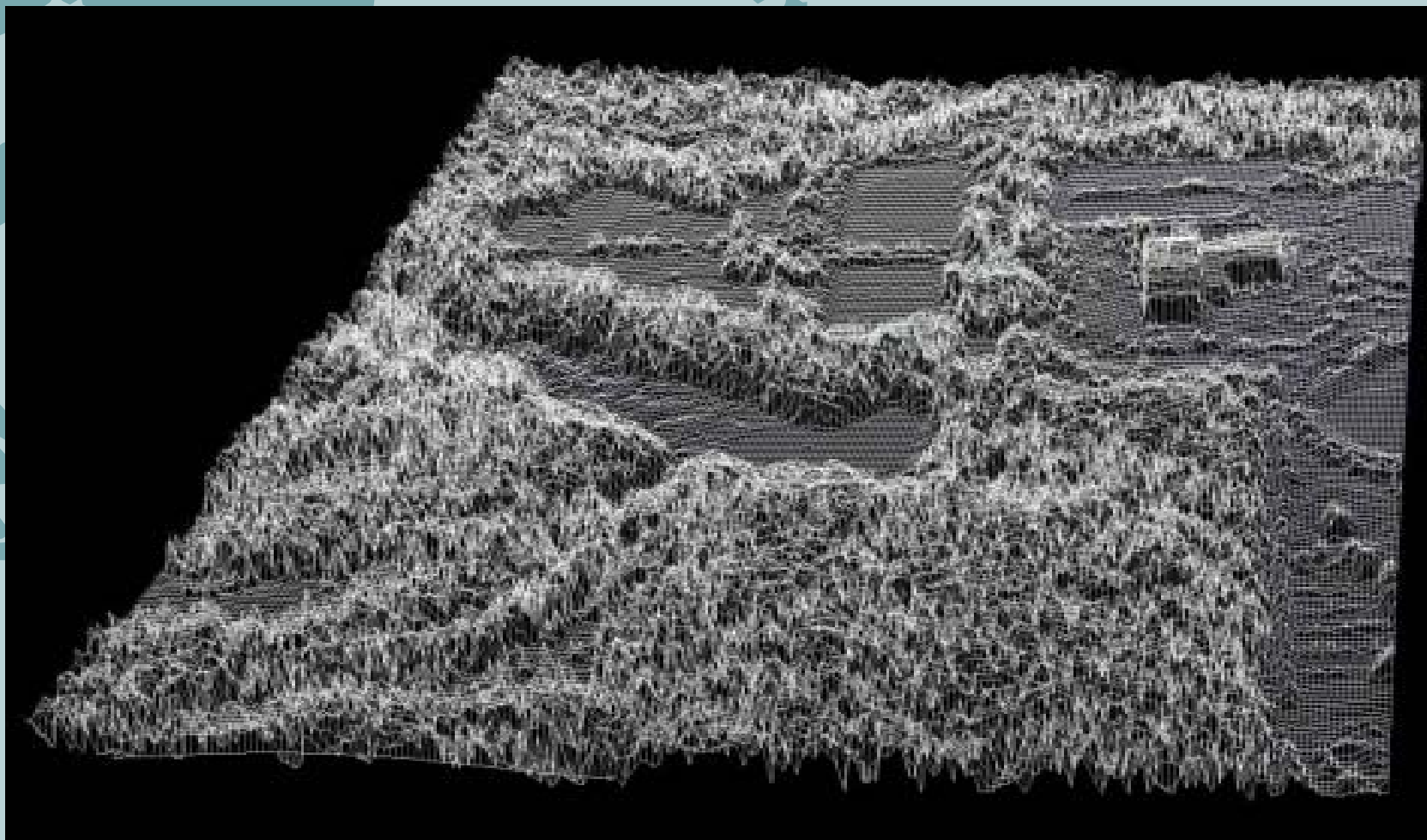


機内装置



機外カメラとレーザー

レーザー計測データとは



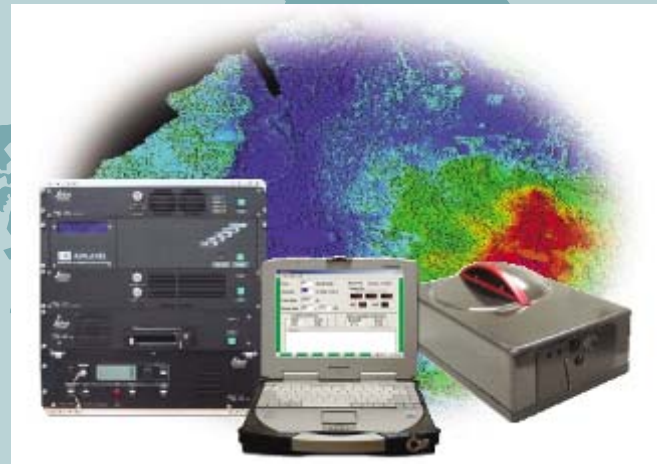
POS撮影システムについて

Position and Orientation Solution System (POS) / Airborne Vehicles

Direct Georeferencing

POS/AV とは:

- 支援型慣性ナビゲーションシステム (位置と姿勢を求めるシステム)
- 航空写真測量及びリモートセンシング用に構成(ADS40//ALS50/DMCにも使用)



POS/AV -DGとは:

- 直接外部標定要素を求めるシステム - 撮影主点位置 (X, Y, Z) 及び (Omega, Phi, Kappa)

POSシステムの構成



RC30+IMU



IMU本体



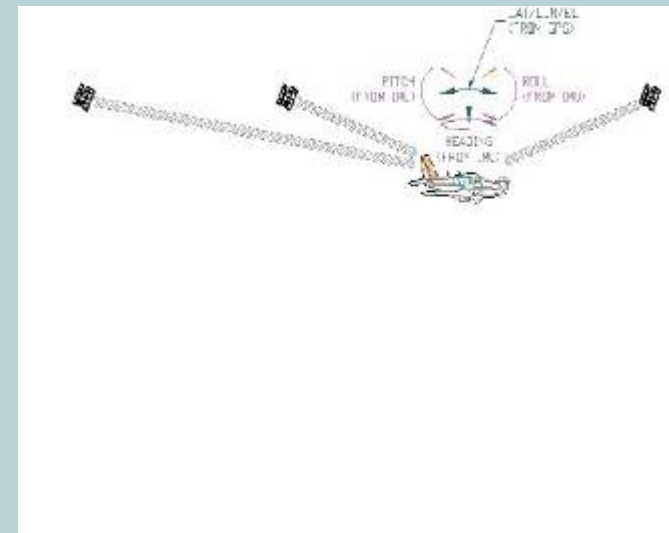
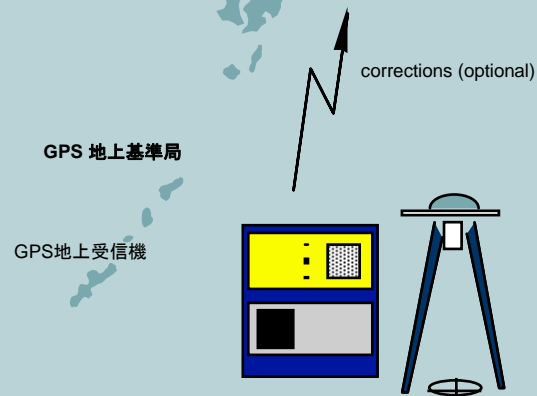
GPSアンテナ



PCS本体

POSシステムでは何ができるのか

- 支援された慣性ナビゲーションソリューションを供給
 - 時間 (UTC もしくはGPS 週秒)
 - 位置 (緯度、経度、高度)
 - 加速度 (北方向、東方向、鉛直下方向)、軌跡及び速度
 - 3軸姿勢 (ロール、ピッチ、ヘディング)
 - 撮影した時点のシャッターイベント



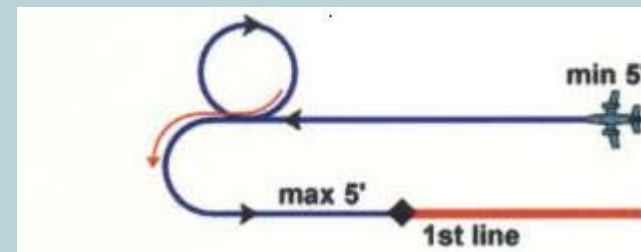
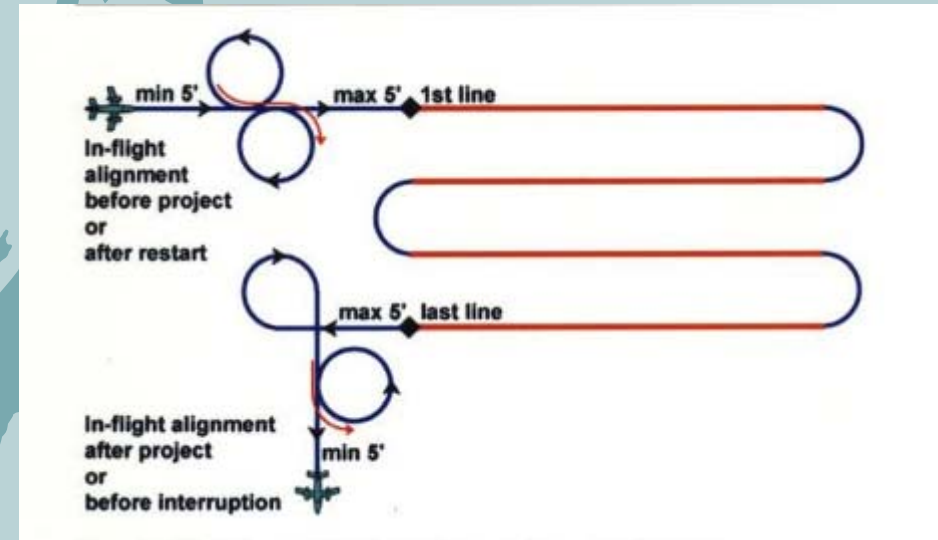
POSシステムでの飛行注意点

- 作業開始前後にはIFAの飛行を行わなければならず、IFAは必ず1物件単位で行います。
- 管制圏などWAITINGが入った場合は旋回飛行を行い、旋回方向は進入前にホールディング旋回方向と逆の旋回(180度以上の旋回)を行いコースに進入を行う。 切り返しが必要になる。
- 飛行中使用できるBANK角は最大で15度です。
- 待機の場合、待機後の進入時もBankに注意。待機中の同一方向への旋回はIMUの動作不良を起こすため、

旋回は各方向(左右に切り返し)に行う！

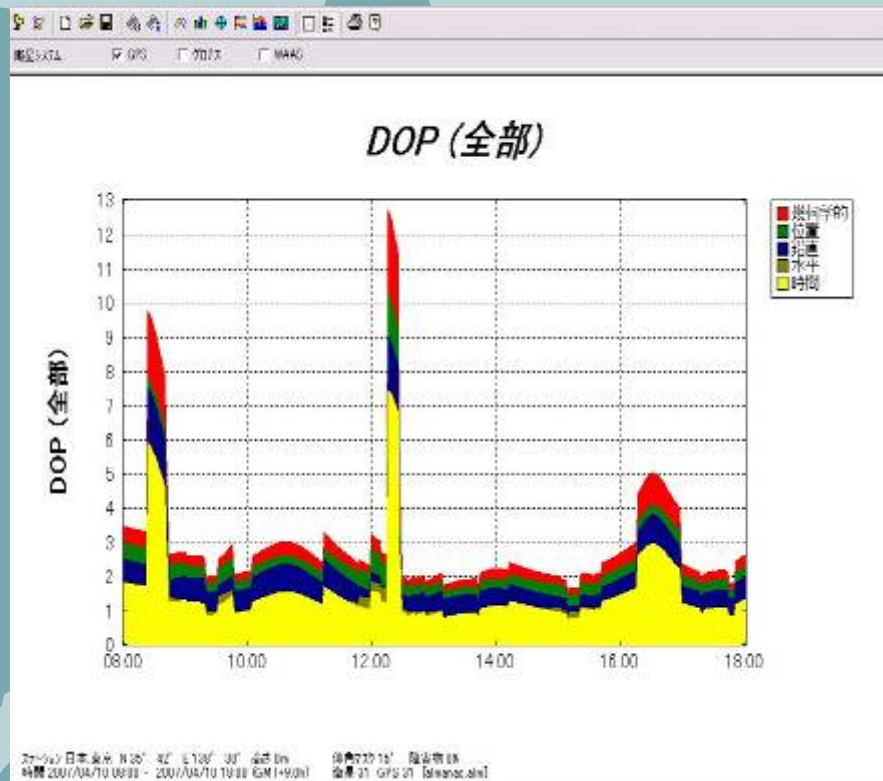
IFAの飛行方法と注意事項

- In Flight Alignment
 - 撮影前後に行う
 - 国土地理院設置の電子基準点上空を飛行しなければならない
 - 8の字から5分以内に撮影開始
 - 撮影後5分以内に8の字
 - 進入方向により、右図のパターンが選択可能
 - バンク角15度以内
 - 終了時は最低10秒のStraight
- 管制の制約がある場合
 - 撮影中に、撮影区域から離れる必要がある場合、20分以上離れる場合は、IFAを実施しなければならない
- Waiting時の制約
 - 同一方向への旋回、進入時には反転旋回し進入する



POSシステム運用時の留意事項

DOP Dilution Of Precision



- Dilution Of Precision・・・GPS測量における、精度の劣化係数。
- GPS測量において、DOP値は精度保証の目安。
(数値が高いほど、その精度は悪いとされる)
- 公共測量規定でも、DOP値が高くなることが予想される場合は測量を実施しないこととしている。
- DOP値が高い時間帯(不良時間帯と呼ぶ)は、取得データの精度が保証されないことは測量業界では実証された事実。且つ、連続したデータを必要とするPOS撮影においては、機体のROLL方向への過度の傾きとともに、DOP不良はデータに欠損を生じさせる要因となるもので、不良時間帯の前後のデータ全てを無駄にする恐れがある為、その時間帯は撮影飛行を行わないこととしている。

具体的な航測飛行について

- 撮影機材により飛行方式が違う (後述)
- 禁止事項には 計画撮影高度変更の禁止
- 次の基準以上のズレの禁止
撮影計画に対して
コースのズレ 60 呎以内 (例えば滑走路の幅)
高度のズレ 100 Feet 以内
対地速度 計画速度の上限を超えない
バンク・ピッチ 2度以内 ヨー角 5度以内
(国土交通省 公共測量作業規定で決められている)
- アナログ撮影の場合は天候の良い日
(雲が無い・ハレーションが無い)

- GPS利用の測量飛行誘導システム利用
- 進入前に管制機関に連絡を入れる。
- 進入後は、航測用のGPSも見ながら飛行。
- 前方目標を注視しての飛行。
- 撮影条件が良い場合は、なるべく全ての撮影を終わらせたい。
- 長時間待機の場合は中止。

測量飛行で得たデータは！

● レーザー計測測量

ダム建設計画時に建設予定ダムの容積を算出する
河川氾濫等のシミュレータデータに使用する
積雪前と後のデータから積雪状況の把握に使用する

● 写真計測測量

赤外画像データから植生状況の把握及び把握したデータから今後の
植林等の計画、作成に使用

国土(全国)基盤情報図、都市(地方)計画図

道路台帳作成、ドップラーレーダー等空港整備基本図

障害物調査 (AIP図面、電波遮へい物図 等)

災害予測基本図 (火山泥流、砂防、ハザードマップ等の基本図)

固定資産評価作業 その他、エアラインのシミュレーターも作成

これら公共事業の基本データとして用いられています

公共測量作業規定（抜粋）

- 空中写真測量により作成する地形などの縮尺は、原則として1/500以下とし、1/500、1/1000、1/2500、1/5000及び1/10000を標準とする。
- 計画コースからのズレは、計画対地高度の15%以内とする。
- 計画撮影高度に対するズレは高度の5%以内とする。
- 航空カメラの傾きは、 ϕ 及び ω が 3° 以内 κ が 10° 以内を標準とする。
- 隣接空中写真間の重複度は、最小で53%とする。
- コース間の空中写真の最小重複度は、10%とする。

何故 高度変更が出来ないか

- 撮影計画の段階で、使用レンズ（固定焦点）及び縮尺率を決めて撮影を行う。
- 飛行コースの途中で縮尺率の変更は出来ない
- 上空でのレンズの交換は出来ない
（レンズの重さは約70キログラム）

天候条件について

- 晴天である事。（雲が無い事）高曇りは可能
（雲陰が映らない事）レーザーは可能
- 気流が安定している事。
（作業規定を守れない気流状態では撮影不可能）
- ハレーションの写り込みが無い事。
（水面の光反射により、写真の精度が落ちる）
- 撮影時間に制限がある。
（日出2時間後から、日没2時間前まで）

写真に雲が入った場合



飛行高度の下
に雲が入った
場合

雲の部分の地
形が確認出来
ない。

斑模様である。

写真にハレーションが入った

太陽に水面(水田)が反射して出来た部分



写真の左側に
太陽が写って
いる。

公共作業規定
では、
ハレーションは
写ってはいけ
ない。

撮影時間の制限は何故

太陽の南中高度の影響により、陰が出来る



写真の陰の部分の地形が確認出来ない。

GPS飛行誘導システム

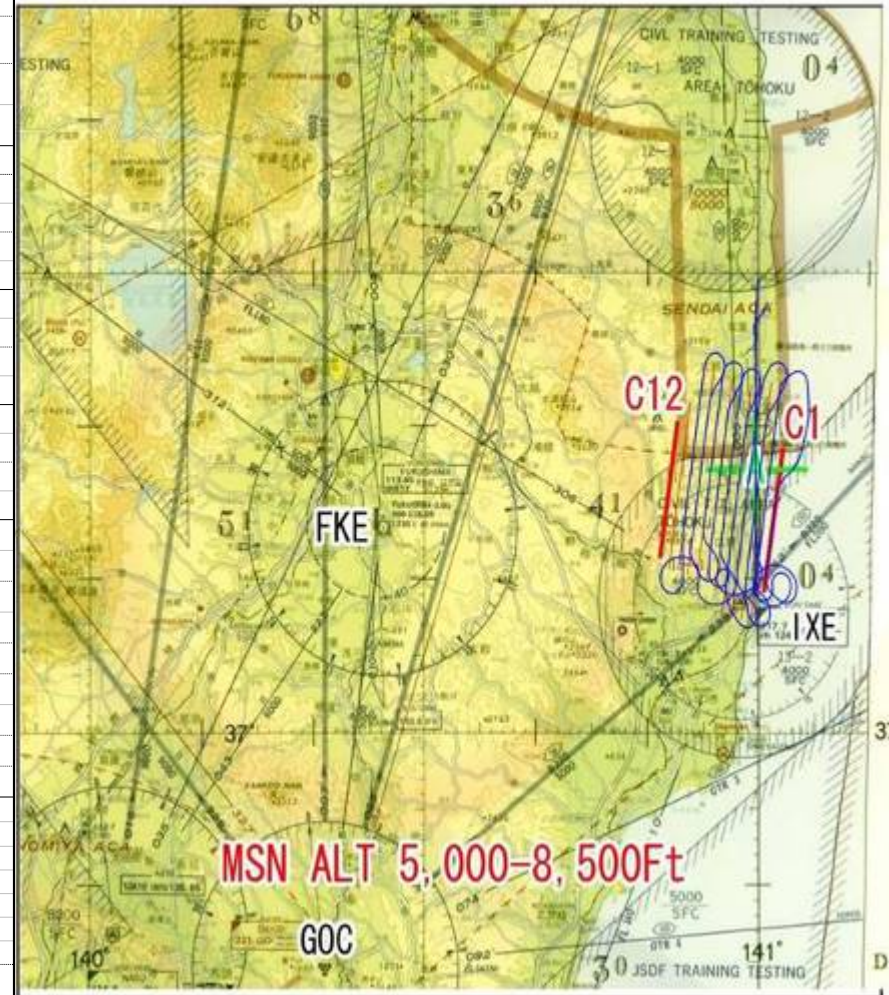
機内に設置されたGPS飛行計器の一例



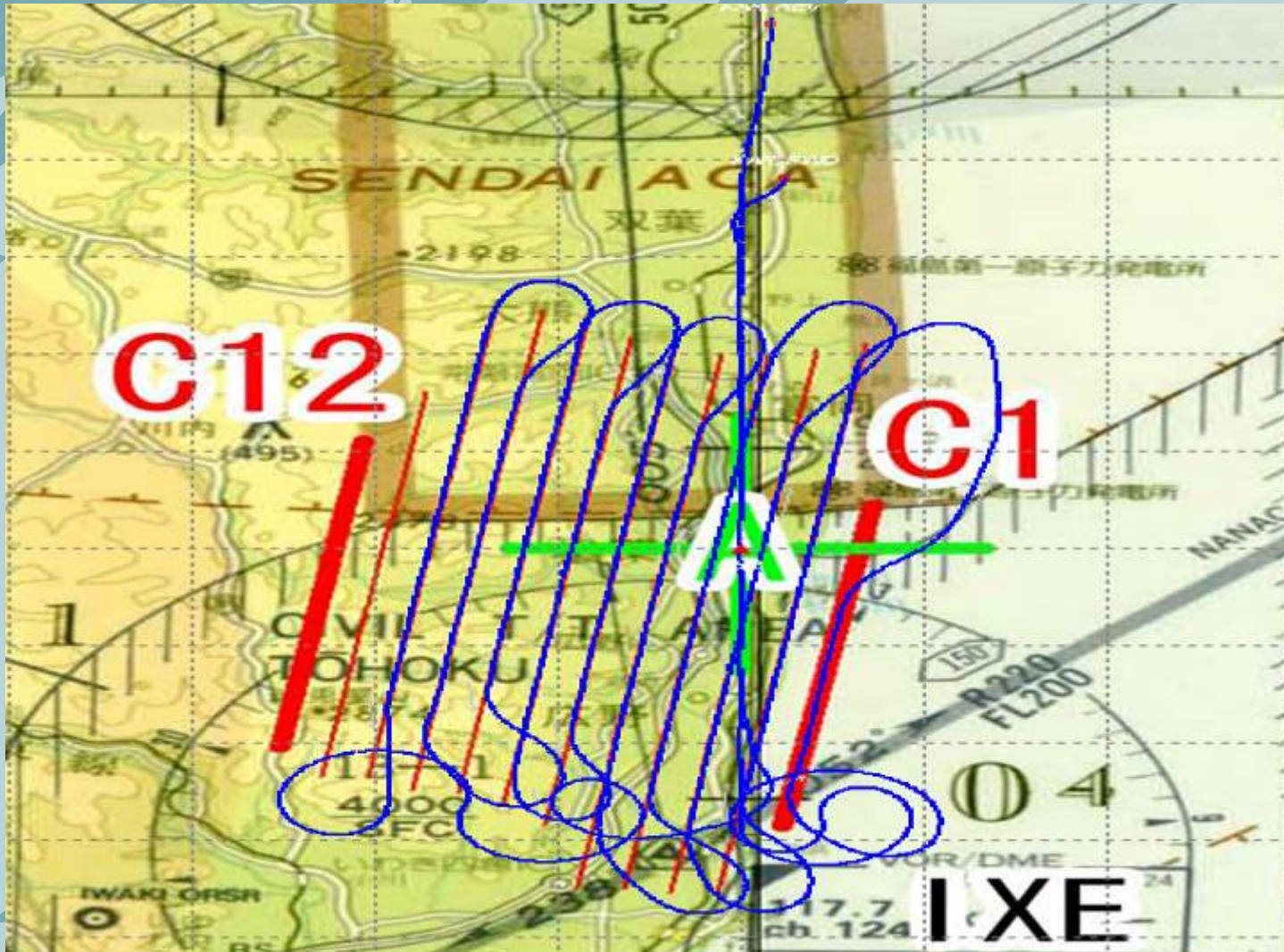
調整書と実飛行データ

特殊飛行調整計画書 (空撮・ 測量 ・試験飛行・その他)	
東京航空交通管制部	(発刊番号) 川崎航空 08 - 018
先任航空管制官 殿	提出日 2008年3月10日
受理番号	POS方式飛行 (有) 無
他の管制機関との調整の (有) 無 :	仙台空港 受理番号
空港 受理番号	空港 受理番号
運航者 1	(登録記号及び型式) JA3917 JA3818 (セスナ206型) (機材変更有り)
	連絡先 : 川崎航空株式会社 : 0422-31-1400 実施責任者 : 久保田 公典
運航者 2	(登録記号及び型式) JA889A・JA889B (セスナ208型) (機材変更有り)
	連絡先 : 共立航空撮影株式会社 : 0422-32-3223 実施責任者 : 平 武俊
運航者 3	(登録記号及び型式) (機材変更有り)
	連絡先 : 社名 : 電話番号 実施責任者
実施予定期間 : 2008年4月10日 ~ 2009年3月31日 (計画書期間内において実施日、回数、時間が特定されている場合は明記)	
飛行(撮影)空域 : 管制圏・進入管制区・特別管制区・TCA圏内・ ACC管制区 民間訓練試験空域・自衛隊訓練試験空域・米軍空域・その他の空域	
トランスポンダーの種類 : モード A / C / S 4096コード	
飛行(撮影)高度 : C1~C4 5500Ft, C4 5600Ft, C5 5900Ft C7 6200Ft, C8 6600Ft, C9 7000Ft, C10~C12 7700Ft	
飛行(撮影)速度 セスナ206型 120 Kt セスナ208型 150KT	
飛行(撮影)所要時間 : 各コース 約 15分 IFA 約 15分	
その他必要事項 ※ 飛行経路・撮影場所 : 別図を添付します。 ※ 飛行前に、管制室に電話連絡し指示を受ける。 ※ 飛行の実施は有視界気象状態(VMC)時に限る。 ※ 最初の通信設定地点で呼出符号及び周波数により管制機関と連絡し、許可を求める。 ※ 飛行中は外部の見張りを厳重にする。 ※ 常時、管制機関の無線電話をモニターし、他機の動静を把握する。	
受付日 : 年 月 日	担当者

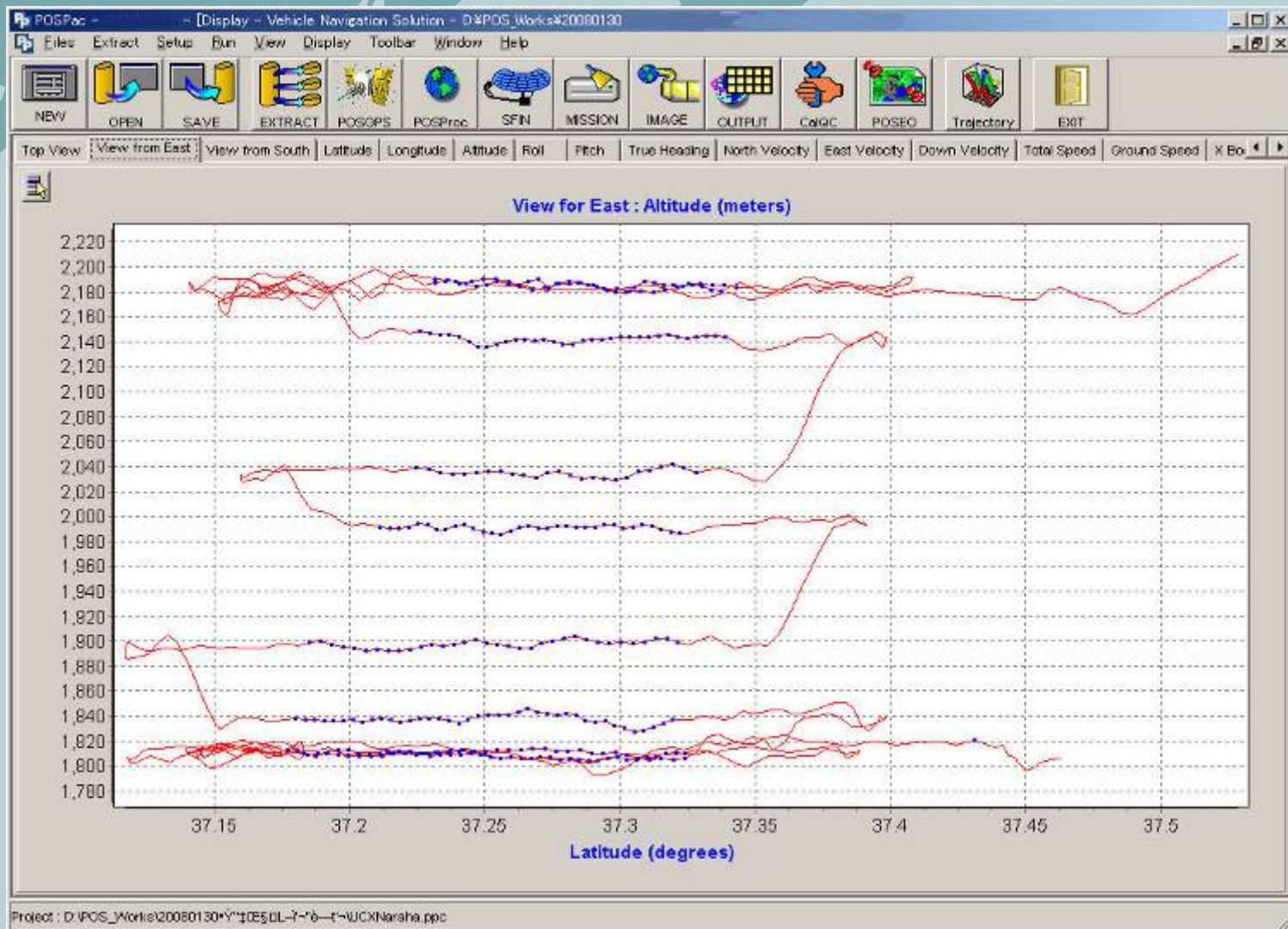
飛行概略図



実飛行データ（水平面）



実飛行データ（垂直面）



航空測量飛行の現状と今後

現在では新システム（POS）の飛行
が全体の85%に達している。

（国土交通省・地理院より）

航空測量を取り巻く環境は年々
厳しさを増している。

天候、トラフィックの増加、その他

海外での航測機の飛行

- 交信を行う場合、必ず **Air Survey** と言う
- 航空測量機に対しては、飛行方式、飛行高度、飛行速度が一定の為、作業の把握がしやすく、安全の確保が容易である。

(決められた範囲からは逸脱しない。)

- 高度、速度の変更が出来る機体側を出来るだけ誘導に努める。

(横田基地、スイス国の航測業界からの説明)

IFR機と
管制機関と、航空測量機とが
安全と限られた空域のために、
互いに協力し合える環境を
整えて行きましょう！

ご静聴有り難うございました。