

Drone-UAV-Photogrammetry 2015

1. Drone-UAV-写真測量とUAV-3D 画像モデリング
 - 1.1 Drone-UAVと航空撮影ヘリコプタ (デジタルカメラ較正法Calibration)
 - 1.2 UAV 写真測量と3D画像モデル形成法 (高精度航測法)
 - 1.3 航空撮影の前進ブレと振動ブレ
 - 1.4 撮影計画・撮影操縦・撮影画像標定法
 - 1.5 UAV-3D 画像モデリング: InfraWorks とReCAP (Reality Capturing)
2. 3D-CAD画像3Dモデル(3D地形モデル)計測・形成法
 - 2.1 写真測量ステレオモデル形成法: 3D地形線計測法
 - 2.2 3D 画像対応点探索 (StereoMatching): DEM-OrthoMosaic-Diorama法
 - 2.3 3D LIDAR 点群モデル形成・計測法
3. Drone-UAVカメラキャリブレーションと自動空中三角測量
 - 3.1 UAVカメラキャリブレーション法 (内部標定とレンズディストーション較正)
 - 3.2 バンドル法自動空中三角測量と画像ステレオマッチング自動標高抽出法
 - > バンドル法自動空中三角測量(外部標定要素の有効な初期値決定)
デジタルカメラ: GPS/IMU外部標定要素決定法
ヘリコプタでの外部標定要素の決定 (GNSS/IMUによる直接決定)
 - > 画像ステレオマッチング自動標高抽出法(DEM形成)
 - > Ortho-Mosaic 画像(画像地図作成)
 - > 土量サーフェスによる土量計算
 - 3.3 デジタルカメラ撮影装置ヘリコプタ搭載方法
4. 数値標高モデルDEM、オルソモザイク画像及び3D画像ジオラマモデル計測法
 - 4.1 Summit Evolution * Civil3Dによる3D画像モデル計測と3Dサーフェスデータ
 - 4.2 3D画像ジオラマモデルでの3D計測 (InfraWorks)
5. BIM/CIMと成果品 : 国土交通省測量法33条公共測量作業規程とWorld Standard
 - 5.1 応用測量 (路線測量) : Autodesk Civil3D
 - 5.2 応用測量 (河川測量) : Autodesk Infracore360
 - 5.3 応用測量 (用地測量) : 地籍調査作業規程準則-高精度航測法マニュアル

**1. UAS-UAV無人機：重量搭載型
：ドイツ実験画像(100kg荷重?)**



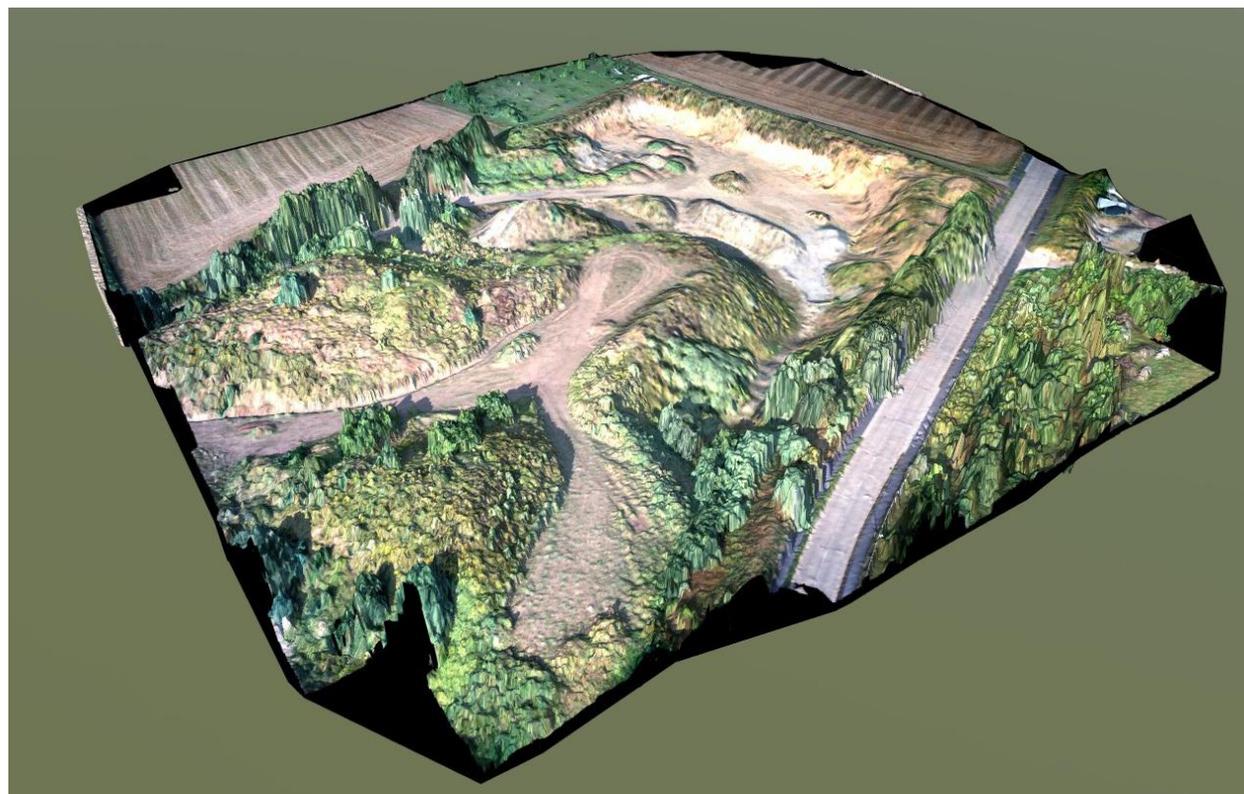
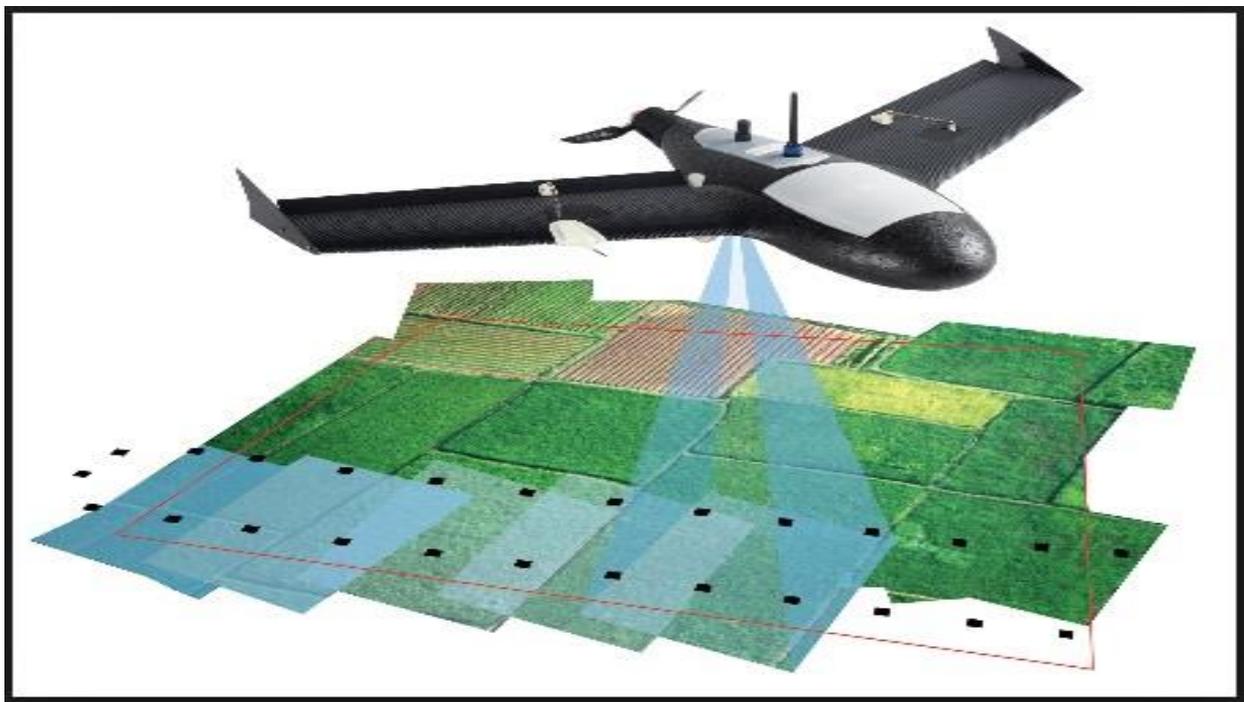
Drone : GPS搭載自動操縦型
Unmanned Aerial Vehicle :UAV
GPS controlled type for amateur use



1.1 ヘリコプタ・デジタルカメラ 高精度航測法(地上精度1cm)

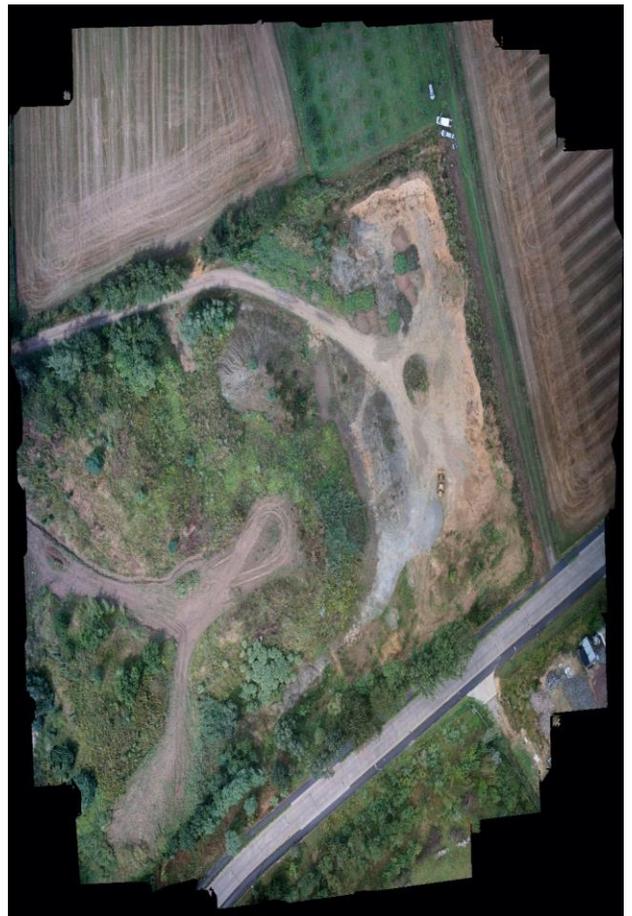
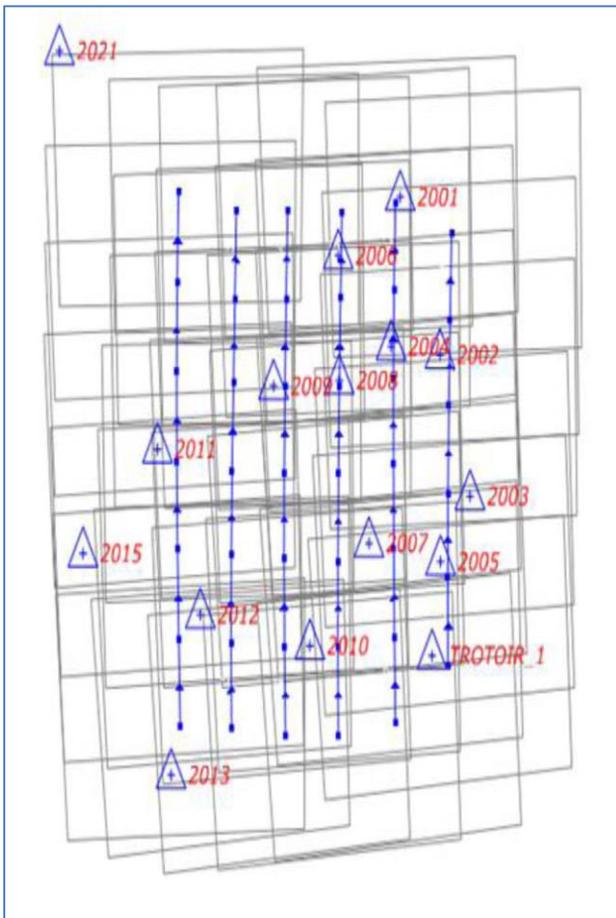


1.2 UAV-写真測量と自動空中三角測量 計測設計可能 3D 画像ジオラマ



1.3 UAV-写真測量と自動空中三角測量 連続広域3D 画像モデル

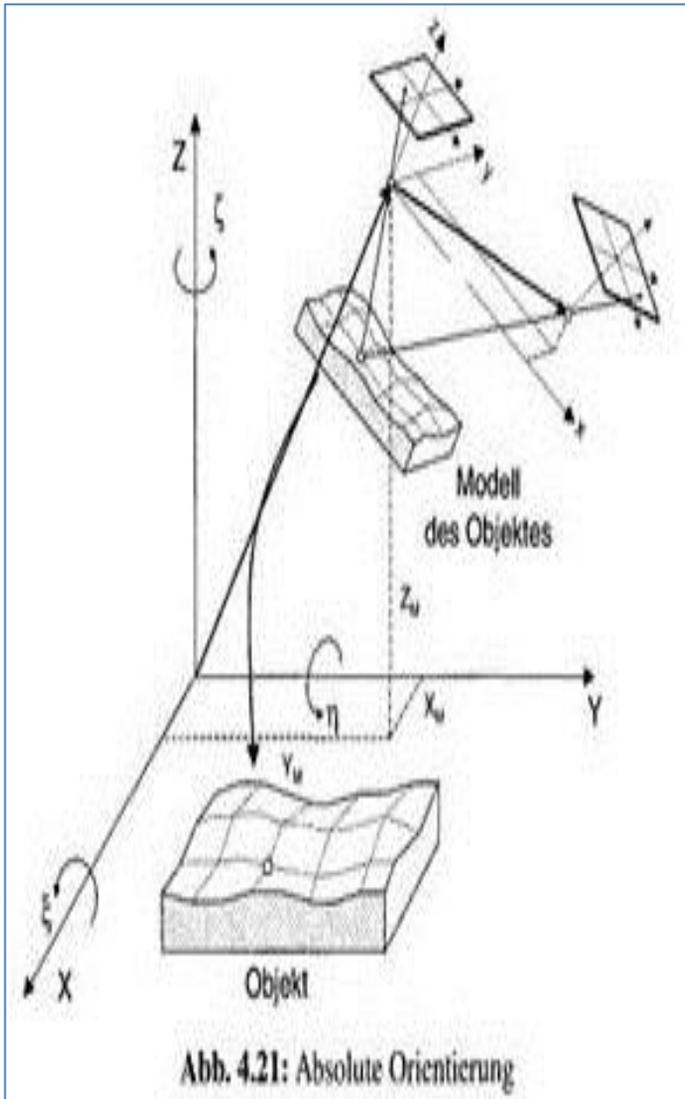
Autodesk Infraworks 完成画像



UAV無人機 : 撮影計画図とモザイク画像
;ドイツ INPHO-Trimble撮影

1.4 “写真測量: Photogrammetry” = 3D画像モデリング

カメラキャリブレーション: 内部標定・相互標定・絶対標定



$$\Delta x'_{\text{Bayer}} = \Delta x'_0 - \frac{x'}{c} \Delta c + K_1 x' r'^2 + K_2 x' r'^4 + K_3 x' r'^6$$

$$+ P_1 (r'^2 + 2x'^2) + 2P_2 x' y' - C_1 x' + C_2 y'$$

$$\Delta y'_{\text{Bayer}} = \Delta y'_0 - \frac{y'}{c} \Delta c + K_1 y' r'^2 + K_2 y' r'^4 + K_3 y' r'^6$$

$$+ 2P_1 x' y' + P_2 (r'^2 + 2y'^2) + C_2 x'$$

$$X = \phi(X_M, Y_M, Z_M, m, \xi, \eta, \zeta, x, y, z)$$

$$= X_M + m \cdot R \cdot x$$

oder

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_M \\ Y_M \\ Z_M \end{bmatrix} + m \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}$$

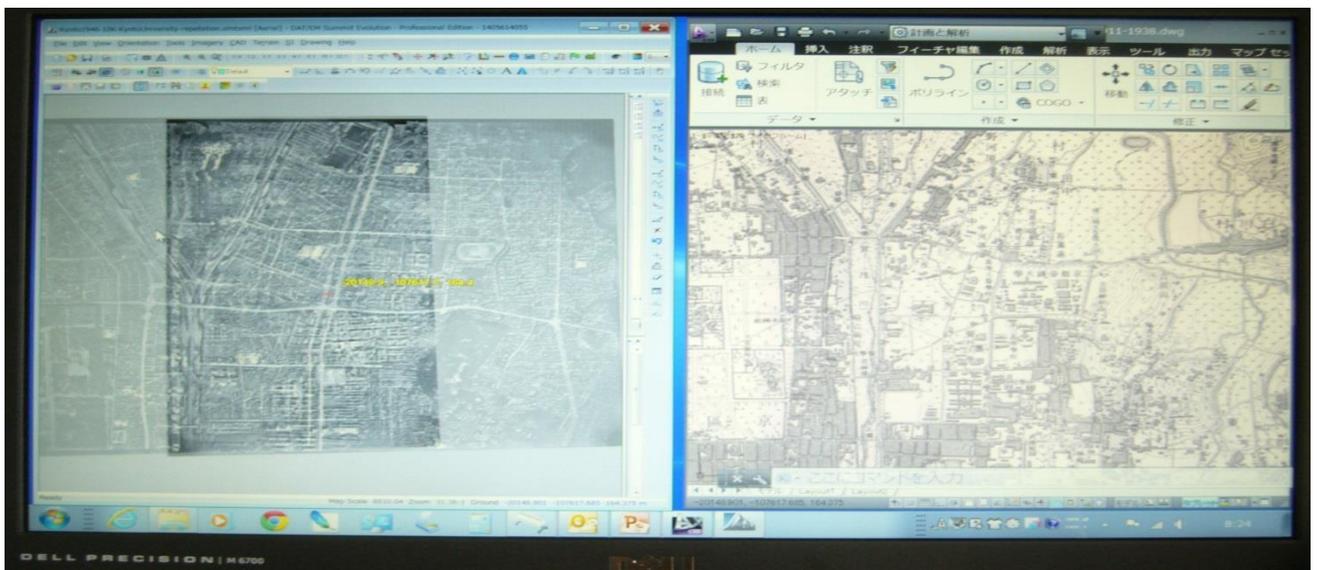
1.5 Satellite Photogrammetry

衛星画像3Dモデル; 3D-mobile-PC

ALOS-Hiroshima-StereoPair-Etajima



米軍写真3Dモデル(1946) + 明治地形図(1910)



2. Drone 写真測量: 5000万画素カメラ

- ① カメラキャリブレーション
- ② 前進ブレ・振動ブレ補正
- ③ 自動バンドル空中三角測量



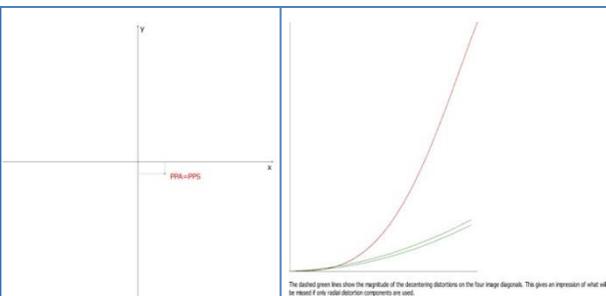
Camera Calibration

Block Adjustment - Version 5.6.1.45058 (64bit), build of 2013-12-06 03:45 at 16.12.2013 13:11

Camera: 5D_MarkII_calibration_13:09:49_16/12/2013
 Manufacturer: Canon EOS
 Ser.No.: GN01
 sensor width: 4080
 sensor height: 2720
 pixel size: 8.81 x 8.81 [μm]

Internal Geometry

	original	calibrated	Std.Dev.
Focal Length:	294.4736 mm	296.0859 mm	+/- 3683.5431 um
Princ. Point x:	0.0000 mm	3.8118 mm	+/- 895.2678 um
Princ. Point y:	0.0000 mm	-1.7083 mm	+/- 737.6345 um



Additional Parameters

Physical correction for radial distortion
 $DX = X * (K_0 + K_1 * R^2 + K_2 * R^4 + K_3 * R^6 + K_4 * R^8 + K_5 * R^{10} + K_6 * R^{12} + K_7 * R^{14})$
 $DY = Y * (K_0 + K_1 * R^2 + K_2 * R^4 + K_3 * R^6 + K_4 * R^8 + K_5 * R^{10} + K_6 * R^{12} + K_7 * R^{14})$
 correction for decentering distortion
 $DX = P_1 * (R^2 + 2 * X^2) + 2 * P_2 * X * Y$
 $DY = 2 * P_1 * X * Y + P_2 * (R^2 + 2 * Y^2)$
 with $R = (X * X + Y * Y)^{1/2}$
 X and Y are with respect to principal point (PPA=PPS)

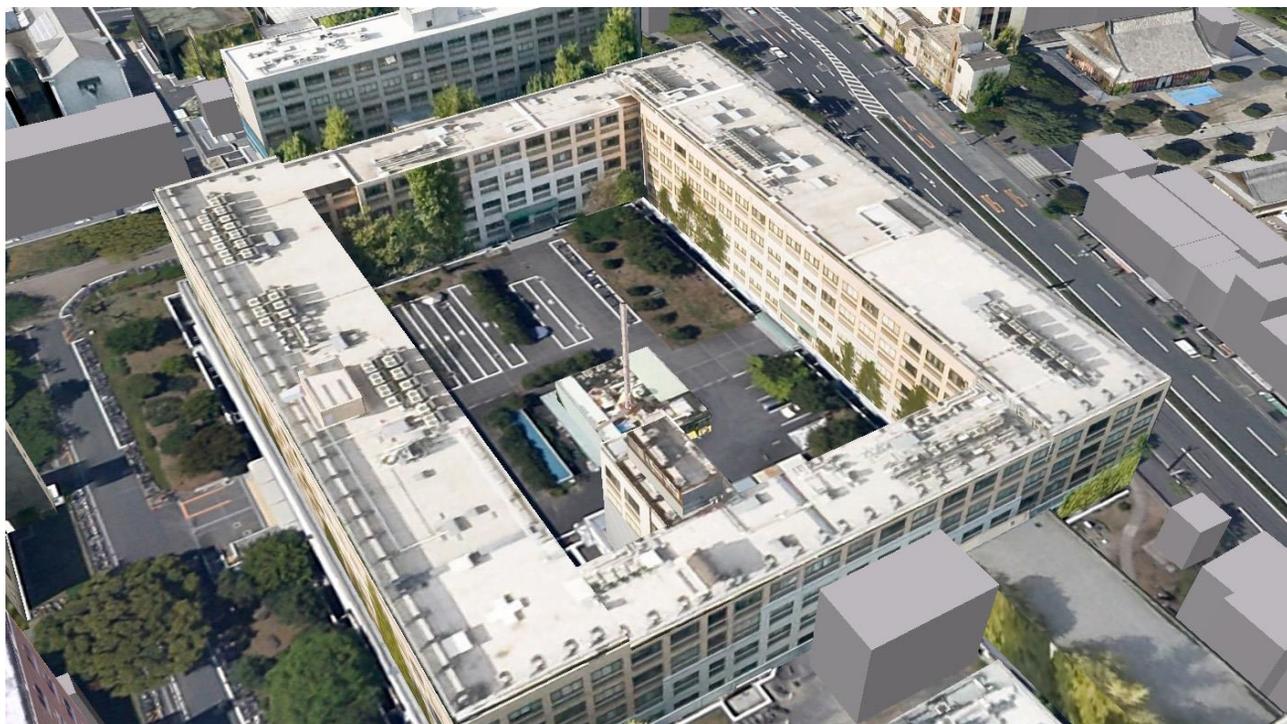
Parameter	Value	Std.Dev.
K₀	0.00000e+00	
K₁	8.92597e-05	+/- 1.3e-05
K₂	-5.81187e-10	+/- 6.6e-08
K₃	-7.85737e-11	+/- 1.1e-10
P₁	2.80354e-04	+/- 7.6e-05
P₂	-9.86571e-05	+/- 5.5e-05

Distortion Error of radial symmetric components of above parameters

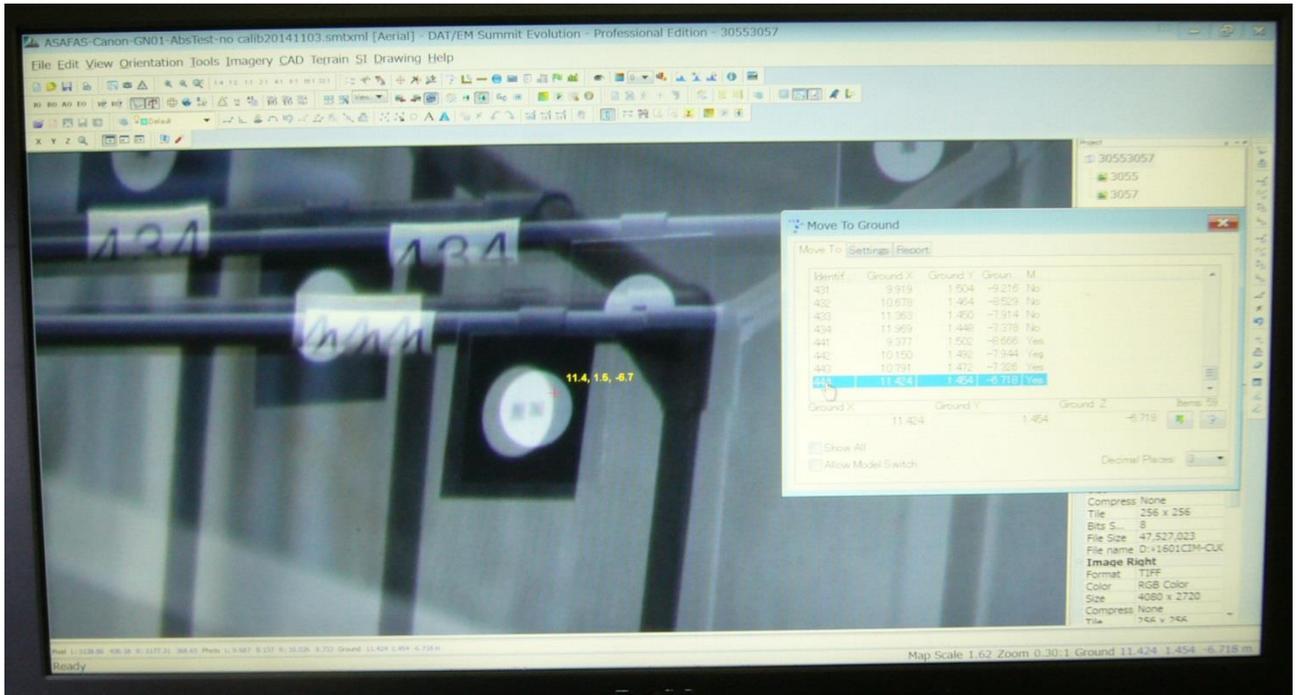
Radius [mm]	Distortion [um]
0.0000	-0.0000
1.0000	0.0893
2.0000	0.7140
3.0000	2.4097
4.0000	5.7107
5.0000	11.1495
6.0000	19.2536
7.0000	30.5416
8.0000	45.5172
9.0000	64.6602
10.0000	88.4159
11.0000	117.1799
12.0000	151.2807
13.0000	190.9574
14.0000	236.3334
15.0000	287.3852
16.0000	343.9064
17.0000	405.4660
18.0000	471.3601
19.0000	540.5585
20.0000	611.6436
21.0000	682.7424
22.0000	751.4513

2.3 カメラキャリブレーション

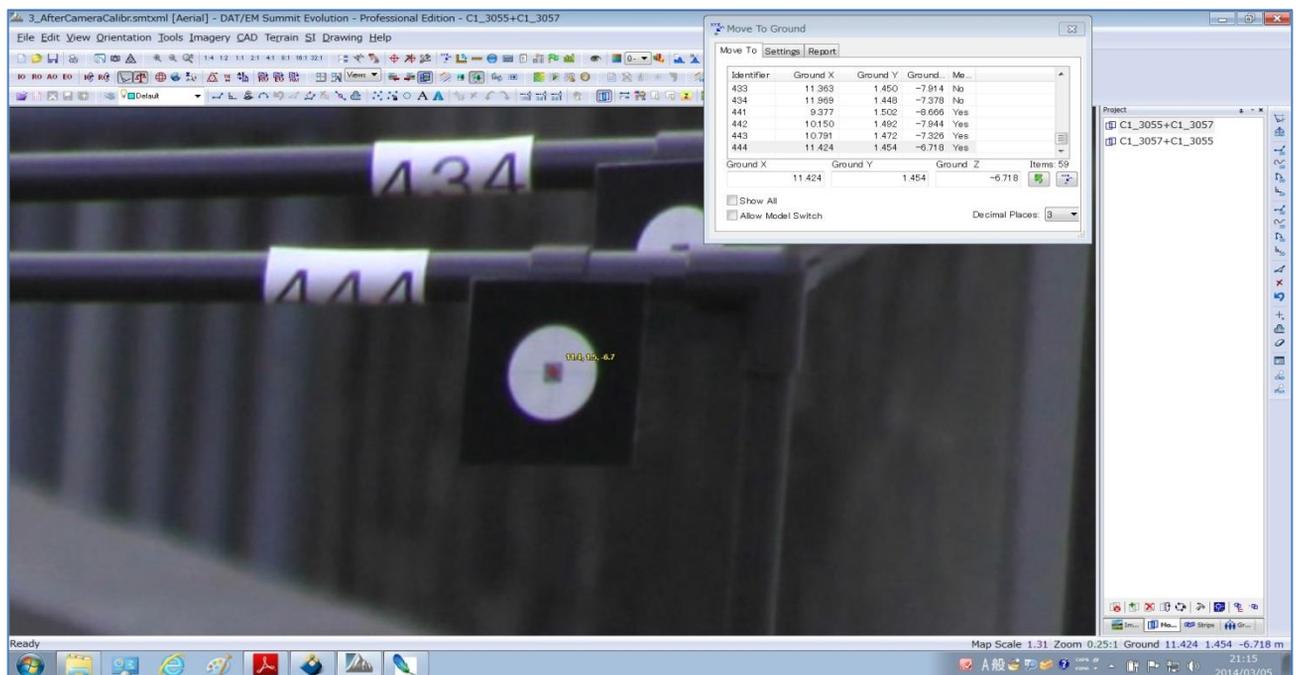
2013.11.29 (京都大学総合研究2号館中庭)



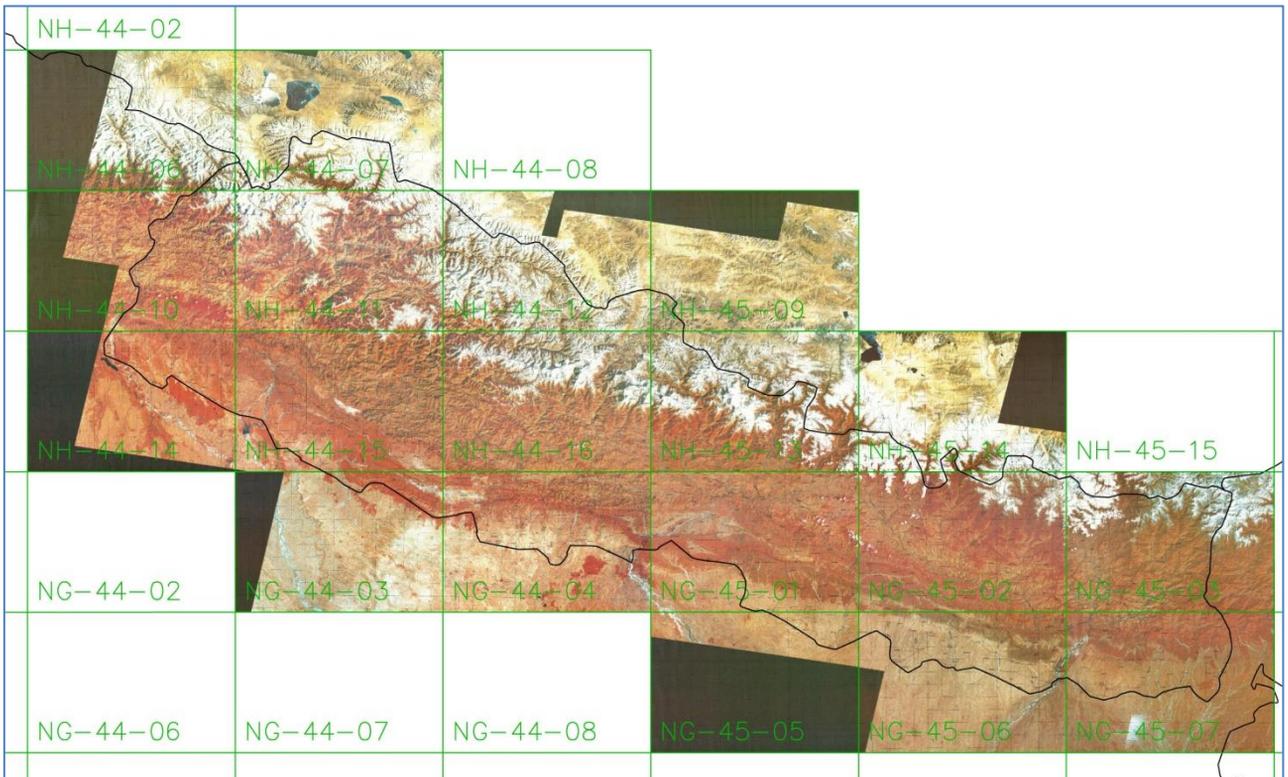
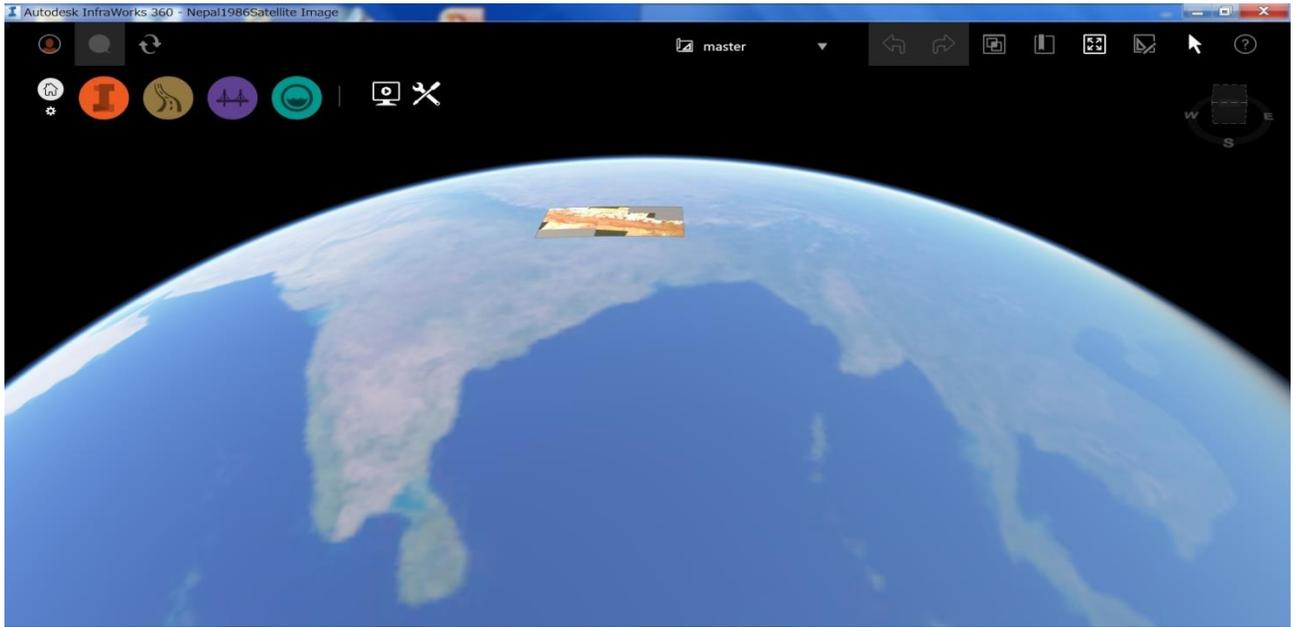
2.4 補正無ステレオモデル精度 :基準点444



補正後ステレオモデル精度 :基準点444



3. Drone写真測量 から 計測設計可能Nepal衛星画像 3Ddiorama



4. Drone写真測量と成果品

著者報告書作成提出

「1995:日本道路公団技術部実験報告「3D地形図作成実験」
:第2東名高速工事区間のトンネル-橋梁-切盛土区間の
自動車走行アニメ作成

(1) 国土交通省測量法33条公共測量作業規程と積算基準改定

1.1 応用測量（路線測量）

: Autodesk Civil3D方式国際基準版作成

1.2 応用測量（河川測量）

: Autodesk Civil3D方式国際基準版作成

1.3 応用測量（用地測量）

: 地籍調査作業規程準則-高精度航測法マニュアル

(2) UAV無人機作業規程は航空法との関連から、
安全管理可能な地域での限定的な仕様を作成する。
: US-FAAの対処の現状を確認する。

(3) 精度保証実験作業: 国際的な報告書との比較照合をする。

(4) Civil3D、Infraworks

あるいはNavisworksとのデータ互換性