

กล้องถ่ายภาพทางอากาศดิจิทัล
สำหรับการรังวัดด้วยภาพเพื่อทำแผนที่

Digital Aerial Camera for Photogrammetry

รองศาสตราจารย์ ดร. ไพบูล สันติธรรมนนท์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กล้องถ่ายภาพทางอากาศ ใช้ฟิล์มในการบันทึกภาพ

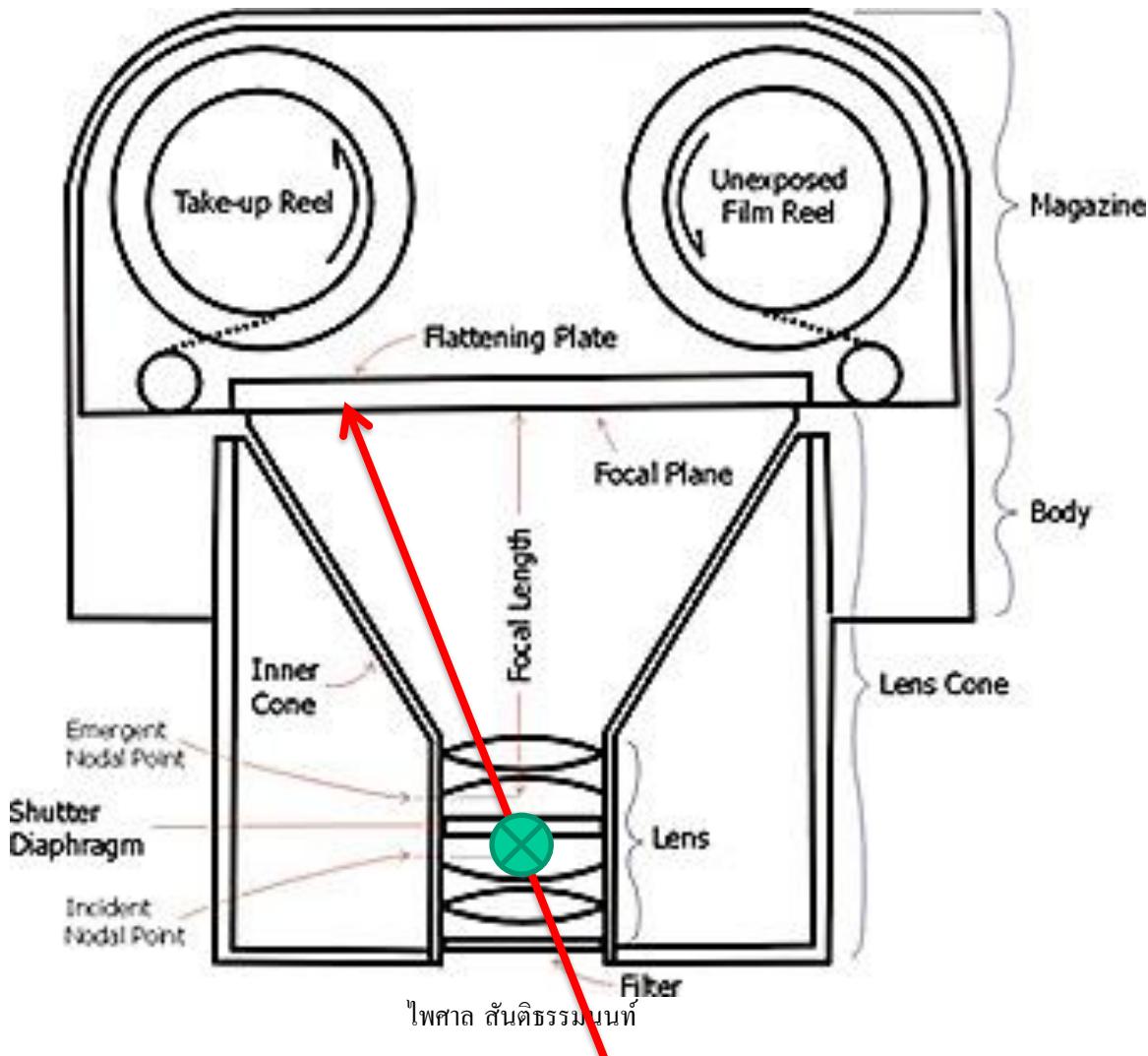


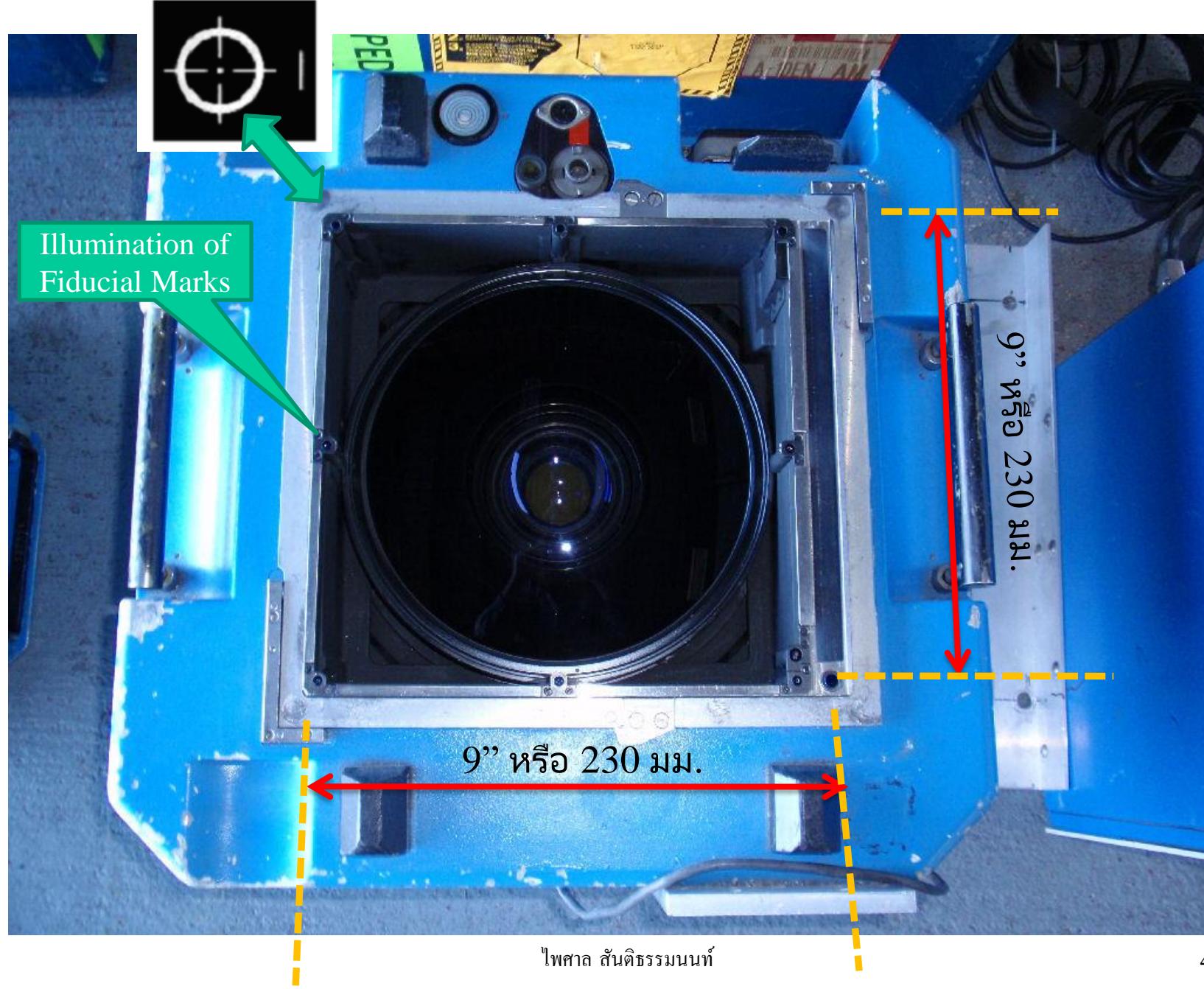
a) Z/I Imaging RMK TOP Aerial
Survey System by Z/I Imaging

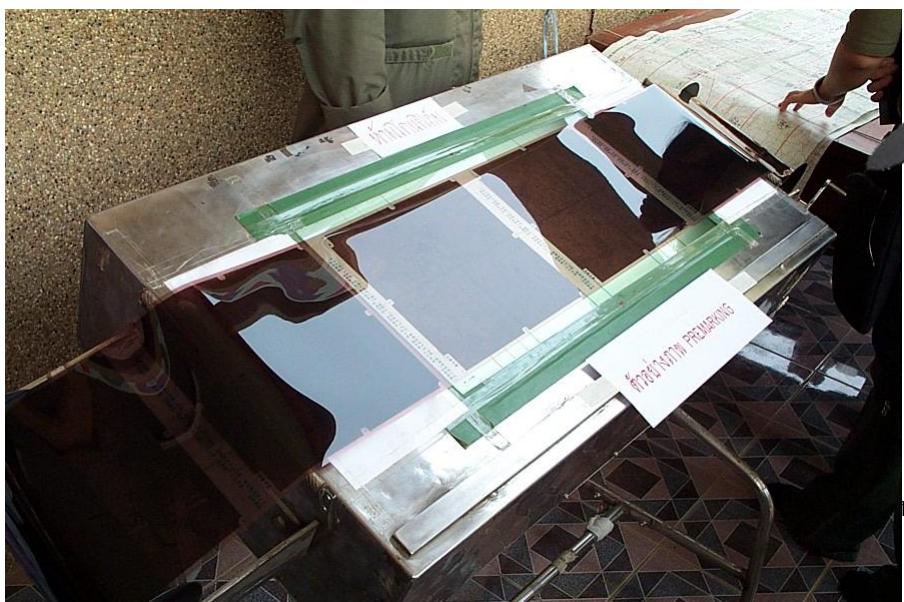


b) RC 30 Aerial Film Camera by
LH System LLC.
Leica GeoSystem

โครงสร้างสำคัญของกล้องบันทึกภาพทางอากาศ







การสแกนภาพถ่ายทางอากาศ

- ต้องใช้ Precise Photogrammetric Scanner
- โดยทั่วไปสแกนที่ความละเอียดจุดภาพ 15-30 ไมครอน
- หากสแกนที่ความละเอียด # 20 ไมครอน (สำหรับภาพกว้าง-ยาว 230 มม) ได้ 11,500 x 11,500 จุดภาพ
- → 132 MegaPixel (132 MP)
- Consumer grade : 10MP...20MP (2009)
- Medium-format : 16MP...39MP (2009)

เมื่อสแกนอย่างละเอียด
ที่ความละเอียดจุดภาพ #15 ไมครอน

| มาตราส่วน | จุดภาพ กว้างXยาว | GSD เมตร |
|-----------|---------------------|-------------|
| 1:6,000 | 15,333 15,333 | 0.09 |
| 1:15,000 | 15,333 15,333 | 0.23 |
| 1:25,000 | 15,333 15,333 | 0.38 |
| 1:50,000 | 15,333 15,333 | 0.75 |

ข้อเด่นและประโยชน์ของภาคดิจิทัล

- การจัดเก็บ นำมาใช้ สะดวกกว่า
- ไม่การเสื่อมสภาพของข้อมูลเมื่อเวลาผ่านไป (ยกเว้นสื่อจัดเก็บมีปัญหา)
- สามารถบันทึกภาพหลายช่วงความถี่ได้พร้อมกันในครั้งเดียว เช่น ขาว-ดำ สี หรือ ภาพอินฟราเรด
- เมื่อบันทึกภาพมาแล้วสามารถเตรียมการประมวลผลได้ทันที
- นำไปสร้างเป็นผลิตภัณฑ์แพนที่และข้อมูลต่างๆ ได้หลายรูปแบบ และมี ยึดหยุ่นสูง เช่น แพนที่ภาพออร์โท แบบจำลองสามมิติ แบบจำลองสามมิติของ เมือง
- การทำงานเป็นอัตโนมัติมากขึ้นประหยัดเวลา

ข้อเด่นของภาพจากกล้องดิจิทัล

- ปกติจะเป็นชนิด multi-spectral: panchromatic, red, green, blue และ near-infrared
- การตอบสนองช่วงคลื่น near-infrared มุ่งเน้นถึงการเติบโตของพืชพรรณ
- โดยปกติ Geometric Resolution (pixel size)
 - Panchromatic : (R-G-B-NIR) = (1:4)
- ภาพสี pansharpen ได้จากการทำ image fusion จากภาพ panchromatic และภาพสี

Infrared Photography



Infrared photography by HIEI SE- II α , a focal adjustment ring set for the spectral sensitivity of the applied IR film is required. Also, both color and b/w IR film require special filters.



For infrared photography by HIEI SE- II α , a focal adjustment ring set for the spectral sensitivity of the applied IR film is required. Also, both color and b/w IR film require special filters.

Image from DMC



VERIFICATION OF A BUILDING DAMAGE ANALYSIS AND EXTENSION TO SURROUNDINGS OF REFERENCE BUILDINGS

M. Hommel

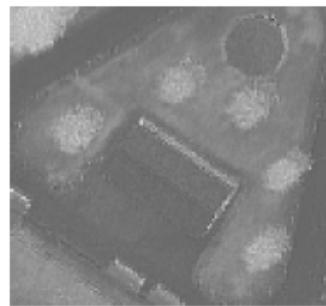
Institute of Photogrammetry and Remote Sensing (IPF), Universität Karlsruhe (TH), Kaiserstraße 12,
76128 Karlsruhe,

Germany – miriam.hommel@ipf.uni-karlsruhe.de

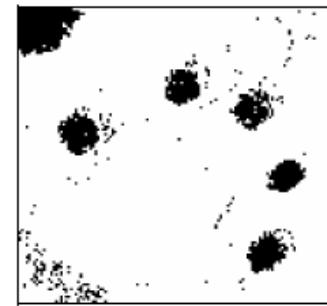
In: Bretar F, Pierrot-Deseilligny M, Vosselman G (Eds) Laser scanning 2009, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part
3/W8 – Paris, France, September 1-2, 2009



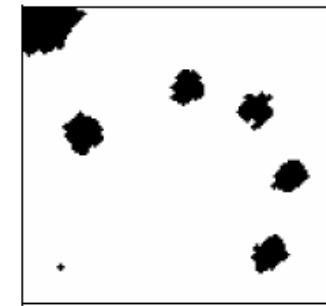
a



b



c



d

Leaf-on



a



b



c



d

Leaf-off

a) Multispectral scanner image (CIR) of a building and 5 trees acquired in November; b) NDVI of a); c) binary image: black: $NDVI > 0.176$ and $NIR > 60$; d) vegetation mask derived from c) by applying mathematical morphology.

ข้อด้อยหรือข้อจำกัดของภาคดิจิทัล

- เครื่องมือที่ใช้บันทึกและจัดเก็บเป็นเทคโนโลยีขึ้นสูง มีราคาแพง
- การนำมาใช้ต้องมีเครื่องมือที่เหมาะสม
- ต้องการระบบการสำรองข้อมูลหากชำรุด
- ต้องการความรู้ความเข้าใจในเรื่องคอมพิวเตอร์ สื่อการจัดเก็บ การประมวลผลภาพ

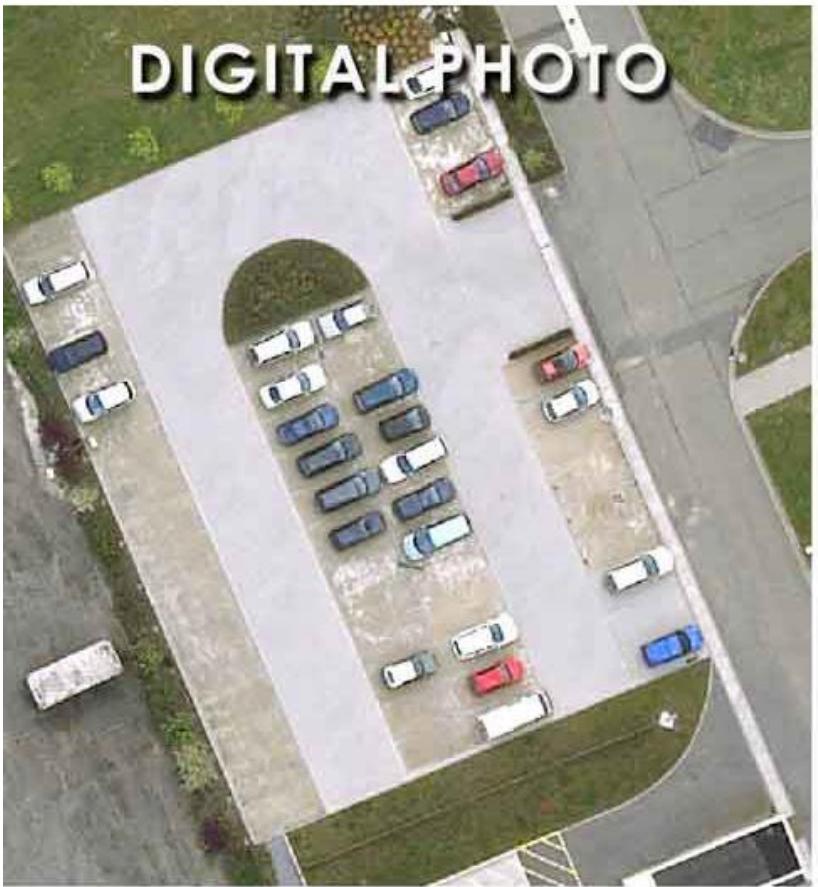
DIMAC CAMERA

Focal length: 100 mm - Pixel: 10 cm
Flight Height: 3600 Ft - May 2003

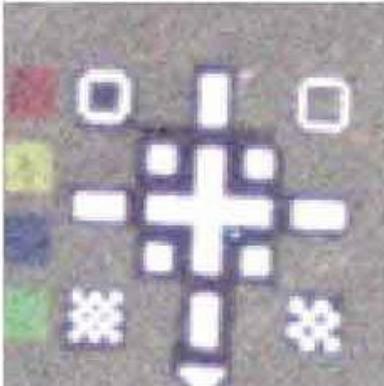
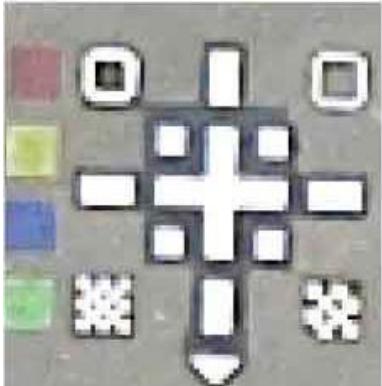
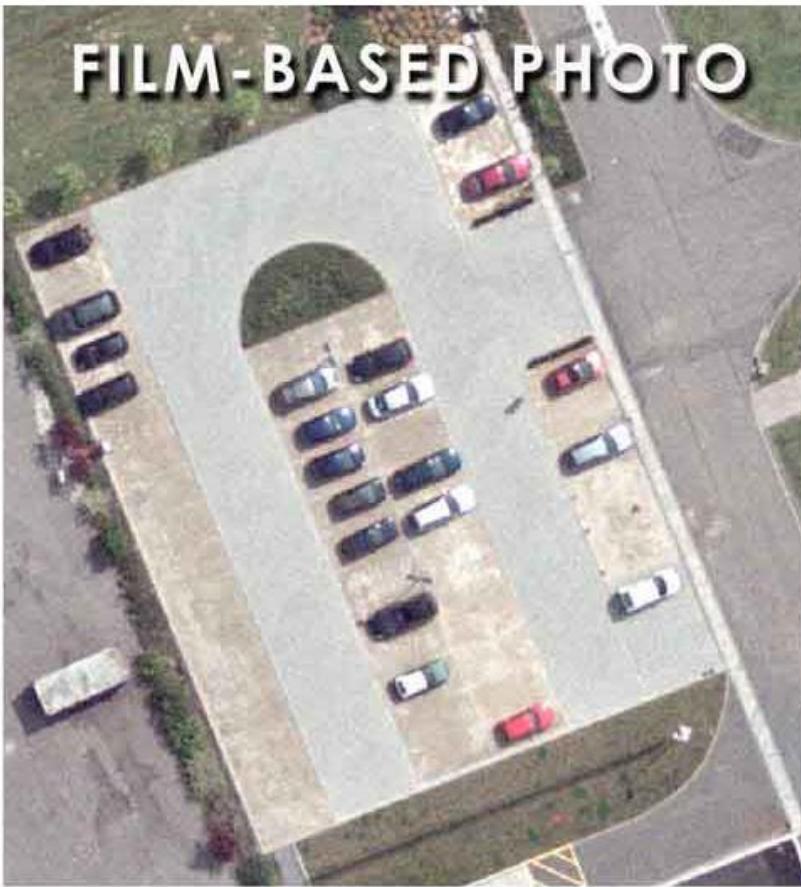
LMK 2000 CAMERA - AGFA AVIPHOT COLOR (1/6.000)

Scanning : 14 μ m - Focal length: 150 mm - Pixel: 8.5 cm
Flight Height: 3000 Ft - May 2003

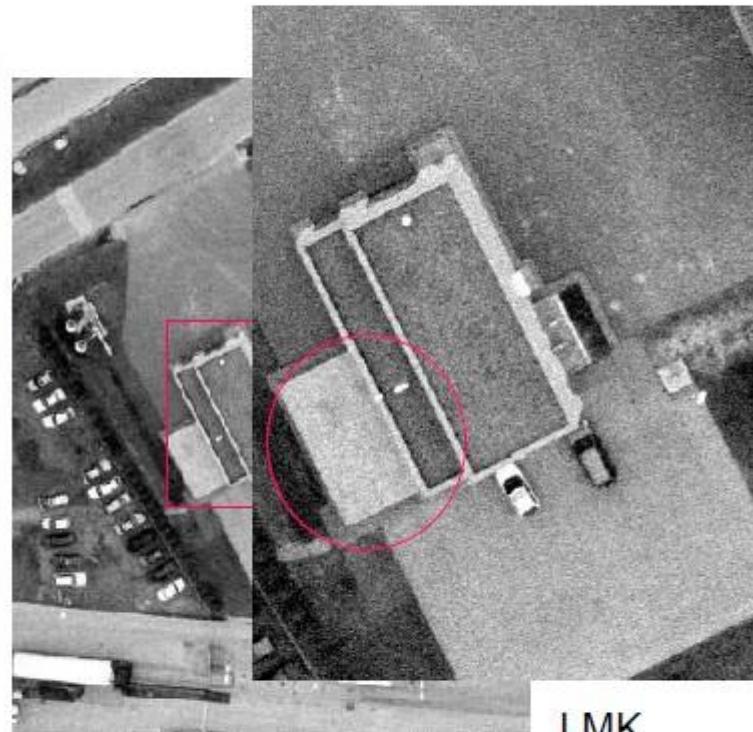
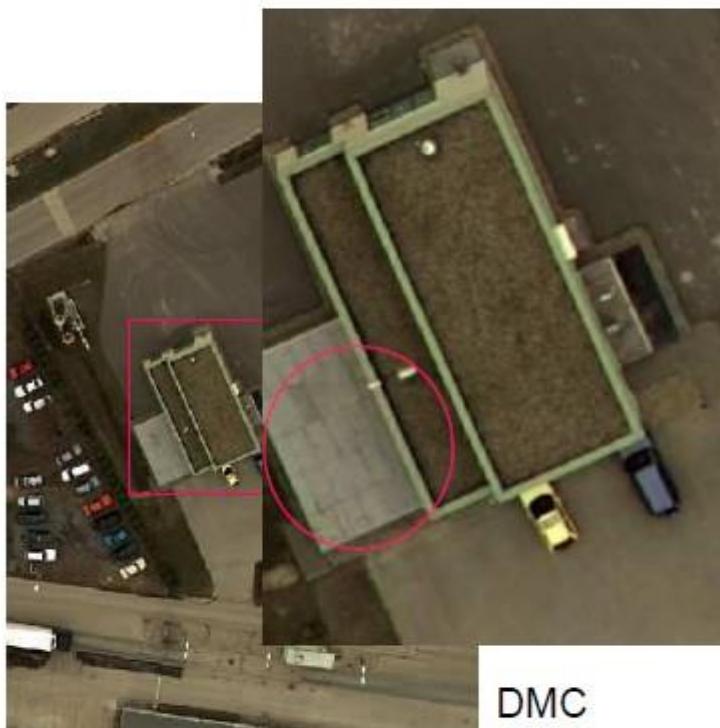
DIGITAL PHOTO



FILM-BASED PHOTO



Experience: Digital over analog



วิวัฒนาการตลาดกล้องถ่ายภาพทางอากาศ(2005)

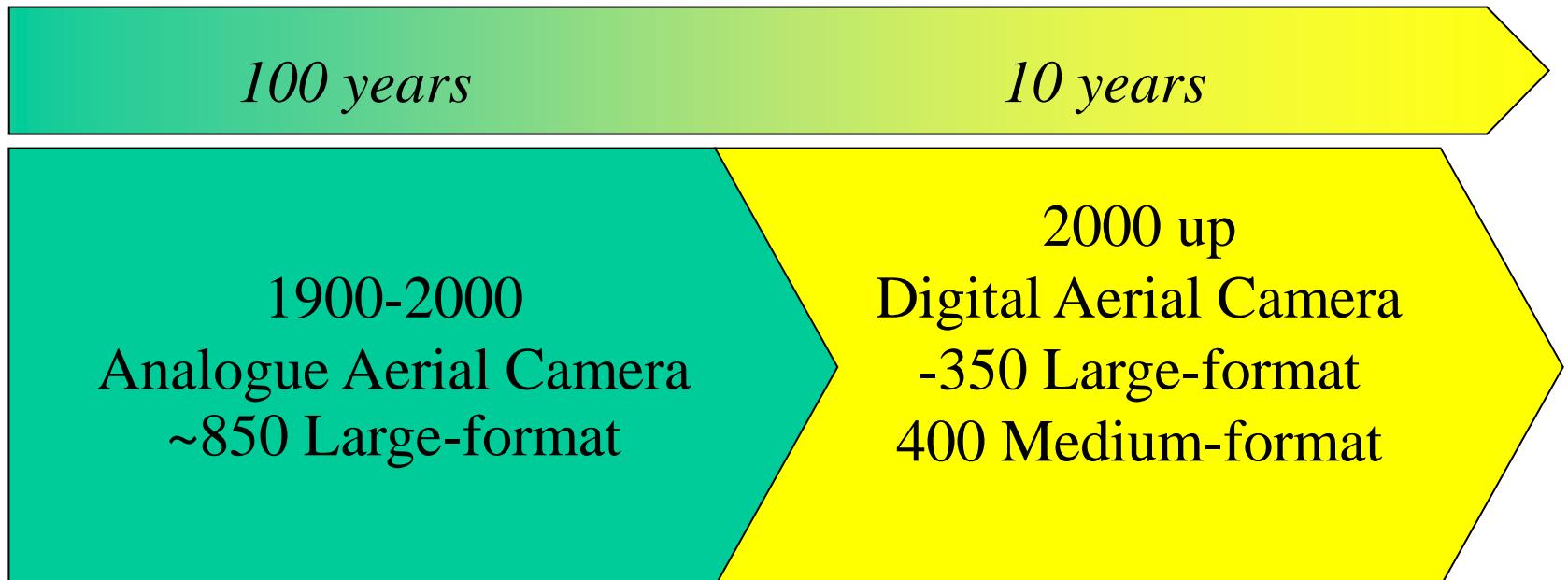
Analogue Mapping Sensor World

- » Even today the majority of analogue photogrammetric images is taken only two different mapping cameras; namely the Intergraph/ZI-Imaging RMK-TOP and Leica/LH Systems RC30 series and their predecessors.
- » Market analysis in 1998 showed, that the market share of LHS and ZI Imaging corresponds to the relation of 60:40. Intergraph/ZI-Imaging for example sells about 6-8 analogue RMK-TOP cameras per year, where the number of sales is expected to decrease in future. The RC-30 product from Leica is sold 8-12 times per year. Today's number of analogue cameras in use could be estimated as about 850 units.
- » Numbers for sold systems up to April 2005: Leica ADS40 (27), Intergraph DMC (22), Vexcel UltraCam-D (19) and Applanix DSS (33). Although the fourth system DSS cannot compete with other three concerning image format, it is also introduced here as one exemplarily representative of medium format systems.

Retrospective on ISPRS Commission I, Paris, July 2006

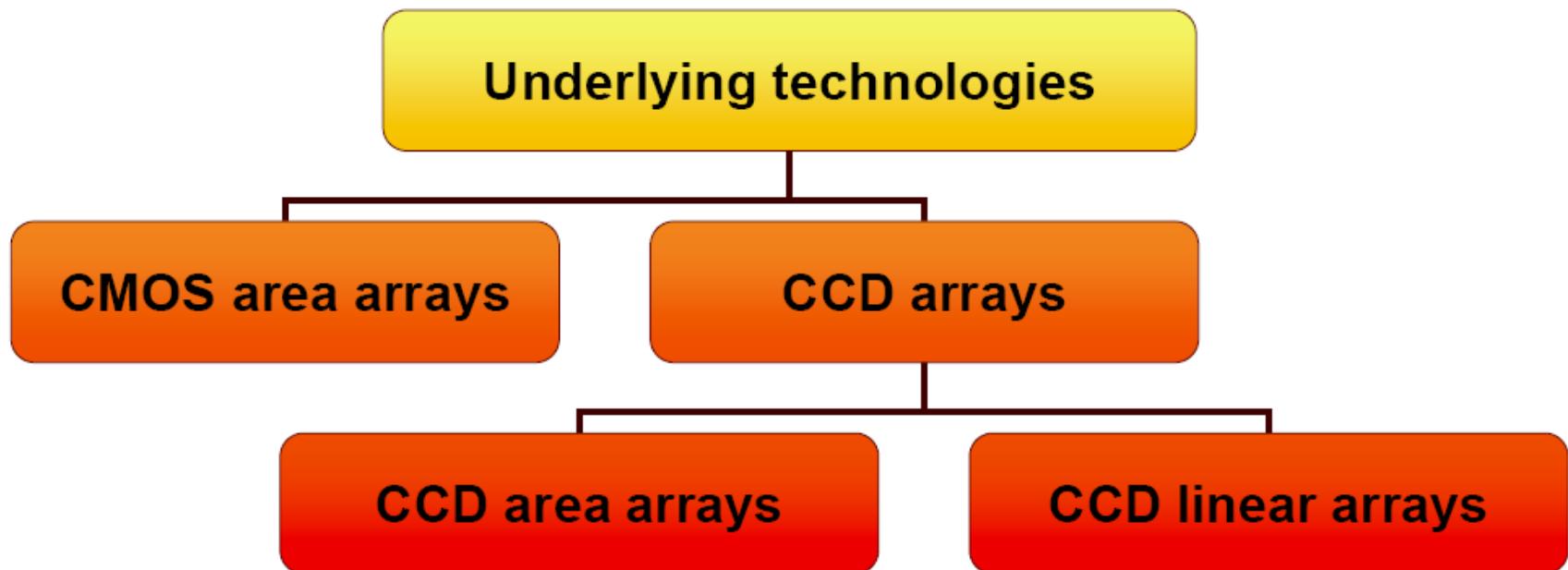
- ~170 high end (Intergraph DMC, Leica ADS40, Microsoft UltraCam) installed and ~15 in backlog
- >200 medium-format (Applanix DSS, IGI DigiCAM, Rollei AIC, Spectrum Mapping NexVue™ etc.) and many more small-format
- 700+ film cameras
- CMOS and CCD area arrays are getting bigger and better!
- Conservative photogrammetrists have accepted the new technology
- Academics, suppliers and users examining issues such as systematic image errors, radiometry and differences in resolution between panchromatic and multispectral, but these are not affecting the momentum
- Use of film cameras in decline
- Airborne digital imagers are established!

Time-line



ສາຍພັນນີ້ຂອງກລົງຕະຄູລດິຈິທຳ

Petrie and Walker (2006) taxonomies



ชนิดของเซนเซอร์สำหรับกล้องดิจิทัล

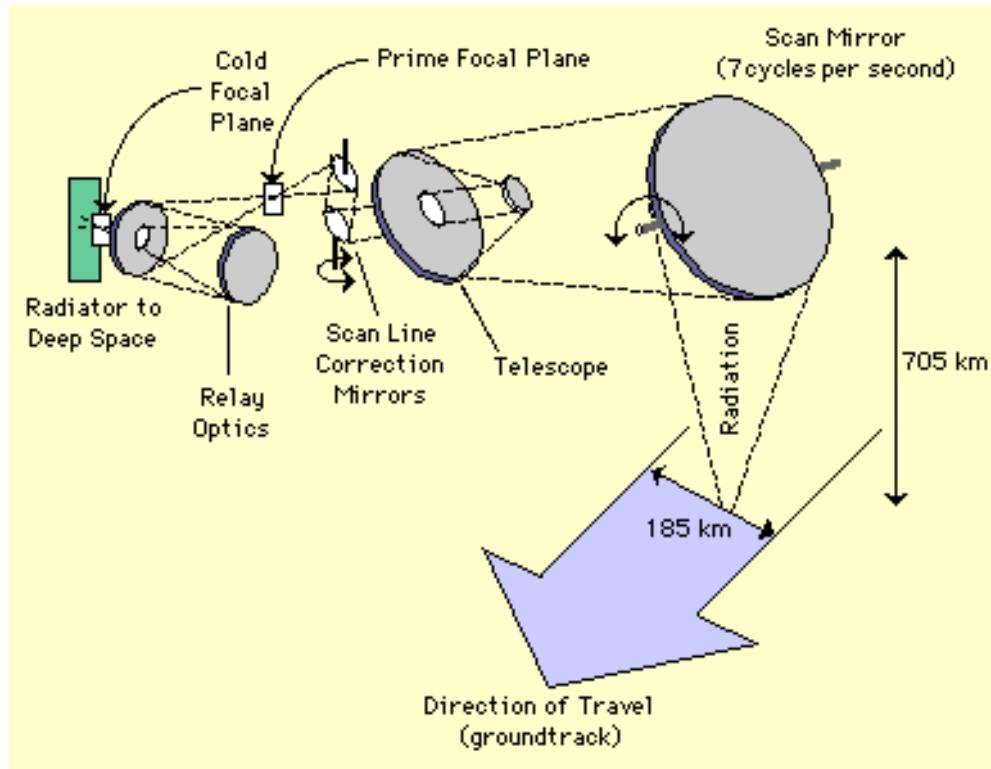
- พัฒนาบนพื้นฐาน Array CCD / Area CCD / Frame CCD
 - การบันทึกภาพทำเป็นเฟรม เช่นเดียวกับการบันทึกภาพด้วยฟิล์ม
 - ไม่ต้องการระบบกำหนดตำแหน่งและการวางแผนตัวความละเอียดถูกต้องสูง เช่น GPS/IMU
 - เรากลับมาอยู่ในแต่ละเฟรมภาพ สามารถตรวจสอบได้ง่ายและน่าเชื่อถือ
 - ตัวอย่าง Zeiss DMC, IGI
- ชนิด LineCCD
 - พัฒนาบนพื้นฐาน Line (staggered) CCD
 - Line CCD ถูกกว่า
 - ต้องมีระบบกำหนดตำแหน่งและการวางแผนตัวความละเอียดถูกต้องสูง เช่น GPS/IMU เพื่อใช้ประกอบเส้นภาพแต่ละเส้นภาพเข้าด้วยกัน
 - การทำงานคล้ายกับการวาดข้อมูลพื้นผิวภูมิประเทศ เช่นเดียวกับ ดาวเทียมสำรวจโลก
 - ตัวอย่าง เช่น Leica ADS40

การจัดวางตัวของเซนเซอร์ โดยการใช้อุปกรณ์เสริม Initial Motion Unit (IMU)



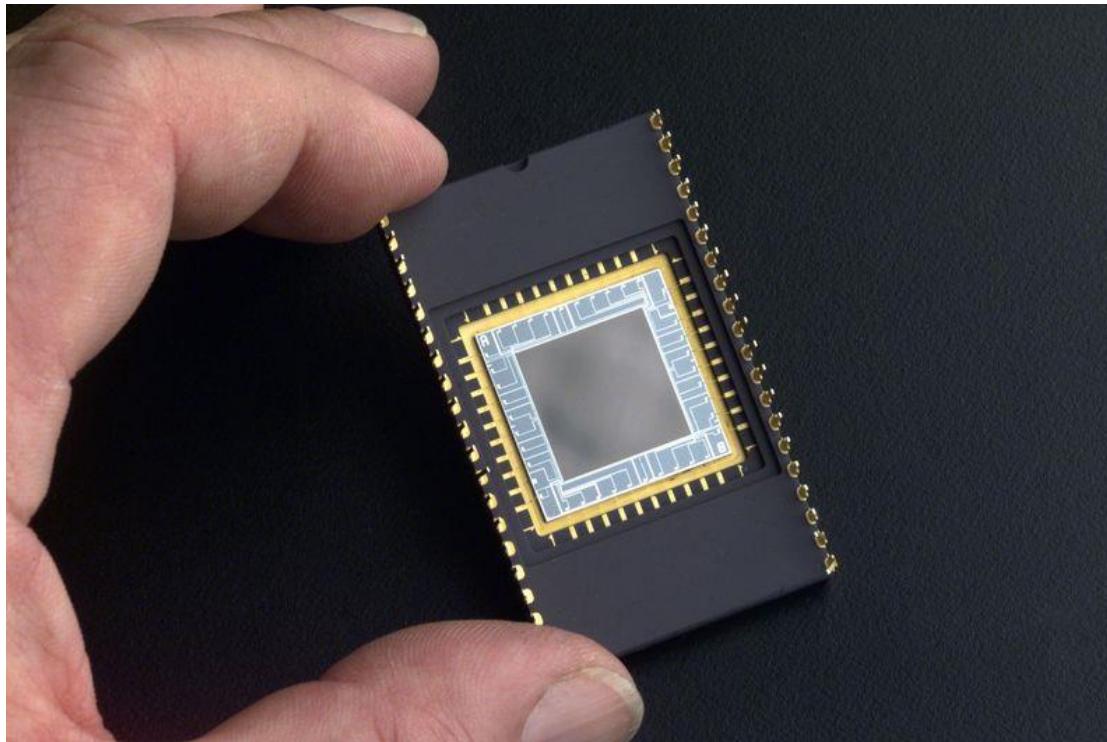
Whiskbroom Sensor

Landsat 7 ETM+ (199-2005)

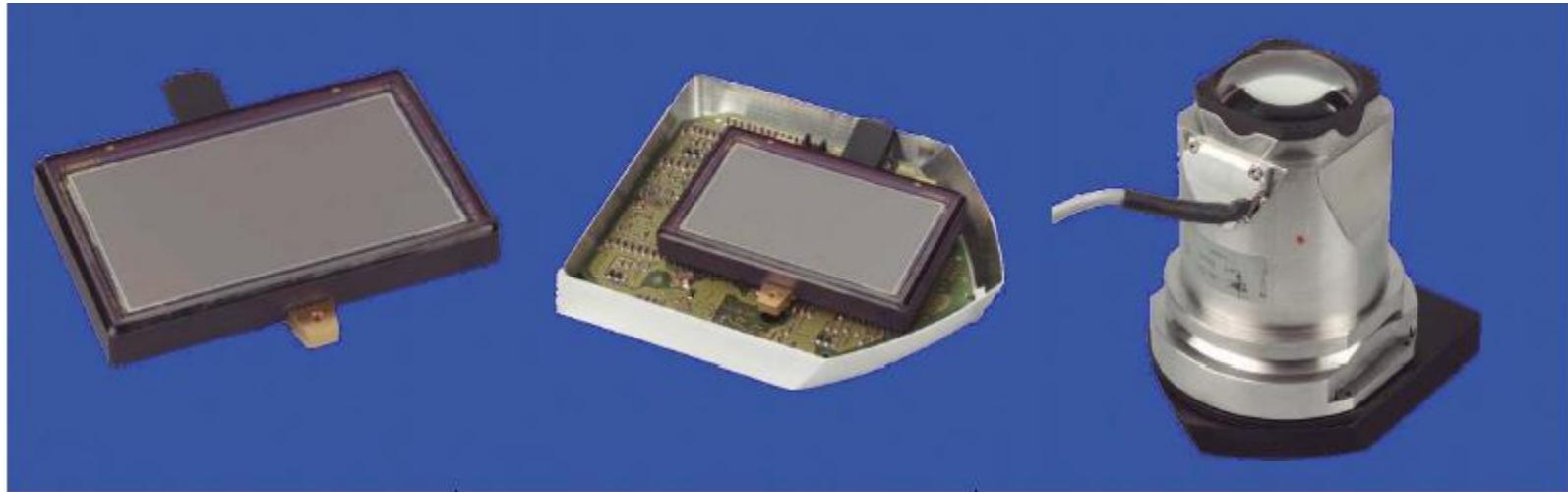


Charged-Couple Device Array CCD

- ขนาด 1024 x 1024
- ... 12128 x 12128



CCD of ZI/Imaging DMC



7k x 4k CCD Image
sensor

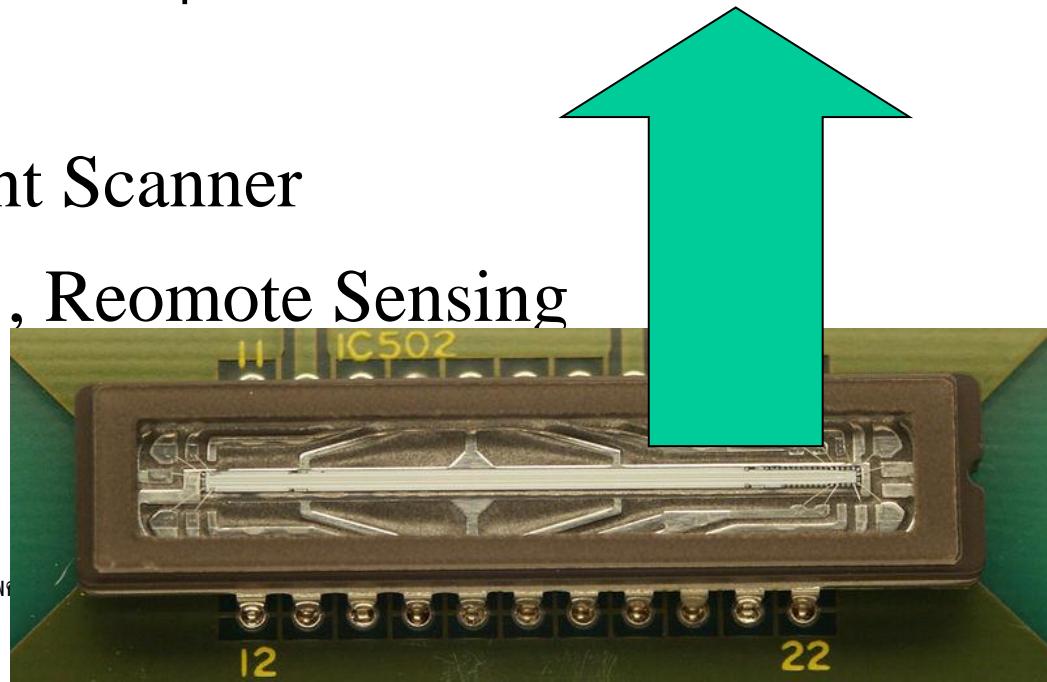
CCD-Chip package and
front end electronics

complete camera head,
with photogrammetric lens,
shutter, aperture, and CCD

Figure 3: DMC high resolution camera head, with 7k x 4 k pixel resolution

Line CCD

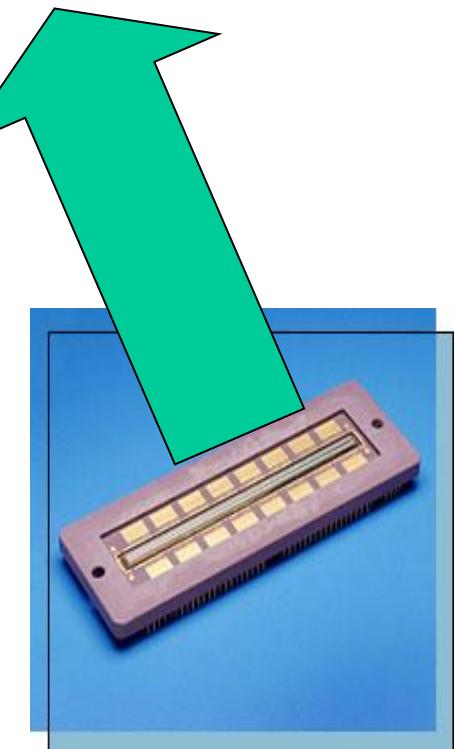
- มีเซลล์รับภาพเพียงแถวเดียว 256...12000 จุดภาพ
- การสแกนให้ได้ภาพต้องมีการเลื่อนตำแหน่งไปข้างหน้า
- ความยาวของแถวขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้และบประมาณ
 - 256 x 1 OCR
 - 1024 x 1 Document Scanner
 - 6000 x 1 Telecine , Reomote Sensing
-



Time-delay Integration (TDI) CCD

- มีเซลล์รับภาพหลายๆ แต่ให้ผลการสแกนเพียงแค่เดียว
- แต่ละแถวยาว $256\dots12288$ เซลล์ และมีจำนวนแถว $96\dots128$ แถว
- ผลการสแกนหนึ่งแถวได้จาก integrate ภาพจากหลายๆ แถวทำให้ได้ภาพคมชัดและสว่างชัดเจน มีคุณภาพดีกว่า Line CCD
- การสแกนให้ได้ภาพต้องมีการเลื่อนตำแหน่งไปข้างหน้า
- ความยาวของแถวขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้และงบประมาณ
 - 256×1 OCR
 - 1024×1 Document Scanner
 - 6000×1 Telecine , Reomote Sensing
-

ไฟศาล สันติธรรมนนท์



Push-broom / TDI CCD and its Correction by Navigation Data



Figure 4. Level 0 (unrectified) image

ไฟ喀ล สั่นติธรรมนนท์

Figure 5. Level 1 (rectified) image

Typical images from line scanner

uncorrected



corrected



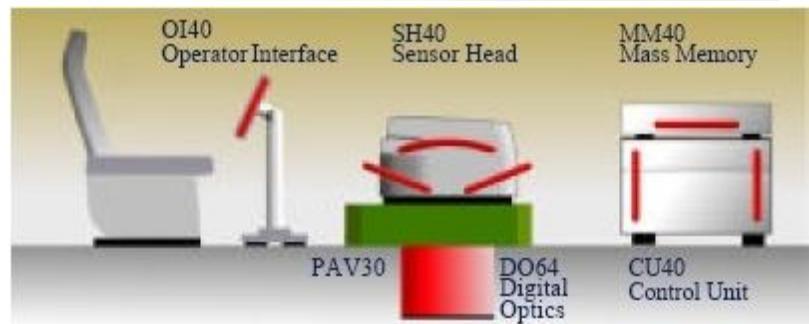
© Jena-Optronik GmbH

ตัวอย่างระบบกล้อง

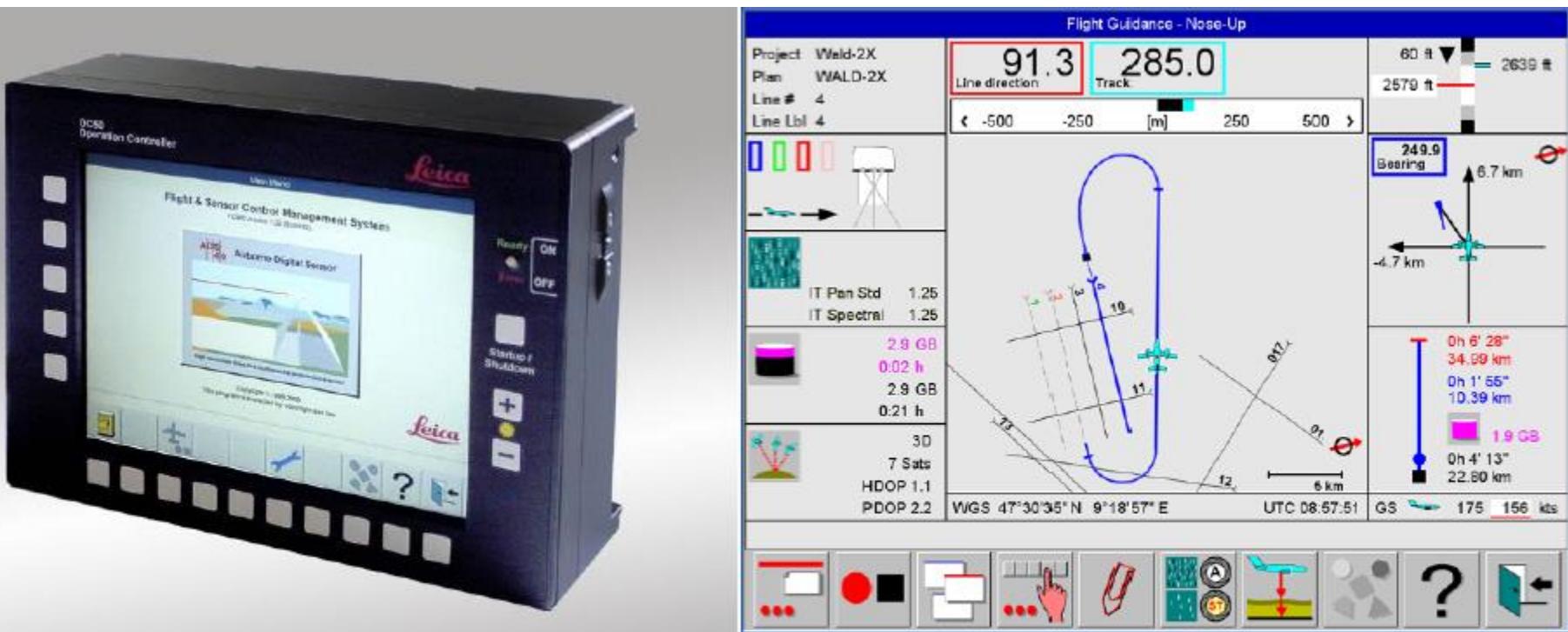
Large-format Digital Camera

Leica ADS40

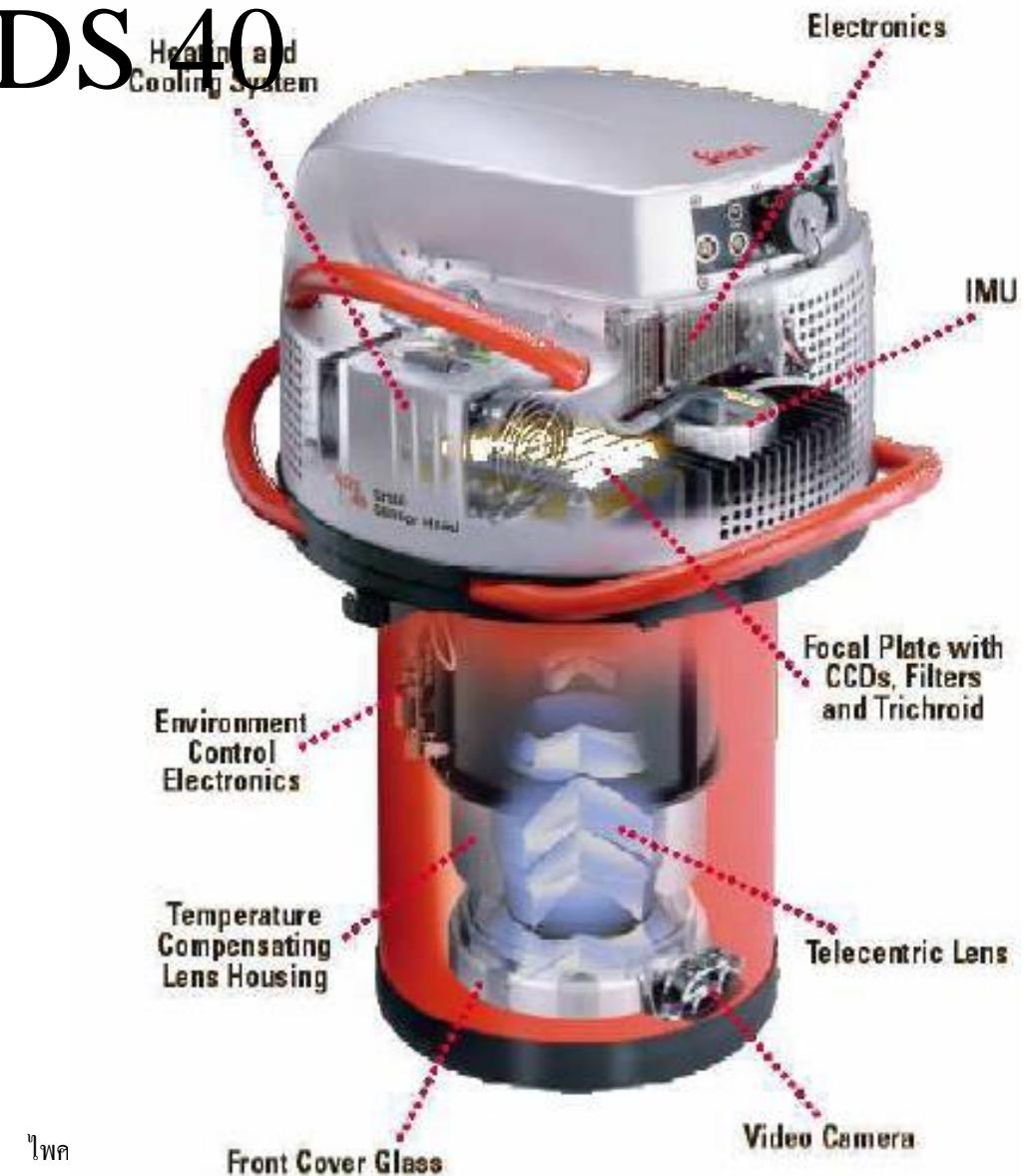
- Airborne Digital Sensor :ADS
- ชนิด Push-broom
- 3 panchromatic CCD @ $2 \times 12,000$ จุดภาพ
- 4 multispectral CCD @ 12,000 จุดภาพ
- ขนาดจุดภาพ 6.25 ไมครอน
- FOV 64 องศา
- $f = 62.77$ มิลลิเมตร
- มุมสเตอโริโอด 14/ 0/ 28 องศา
- รวมระบบ GPS/IMU และ FMS



Leica Flight & Sensor Control Management System



โครงสร้างภายใน ADS-40

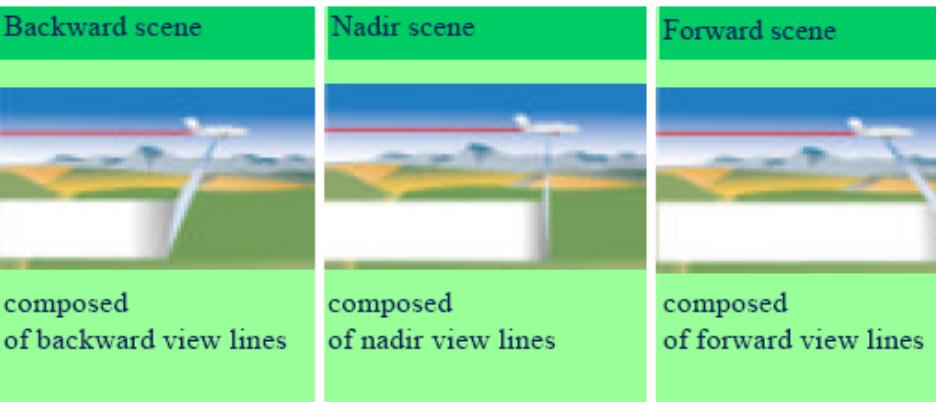


Leica DMC III



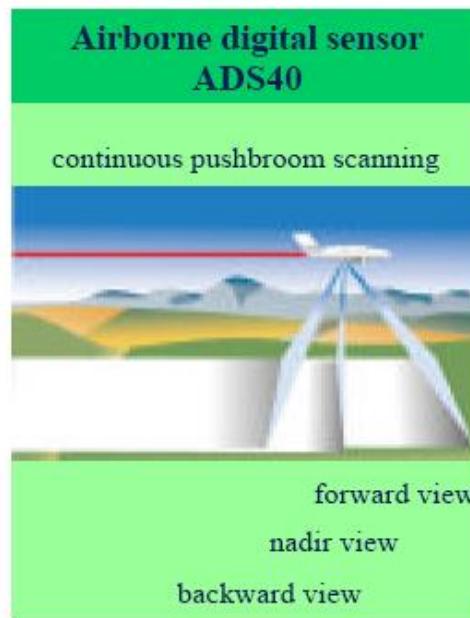
การบันทึกภาพ

Three-Line Pushbroom Scanner

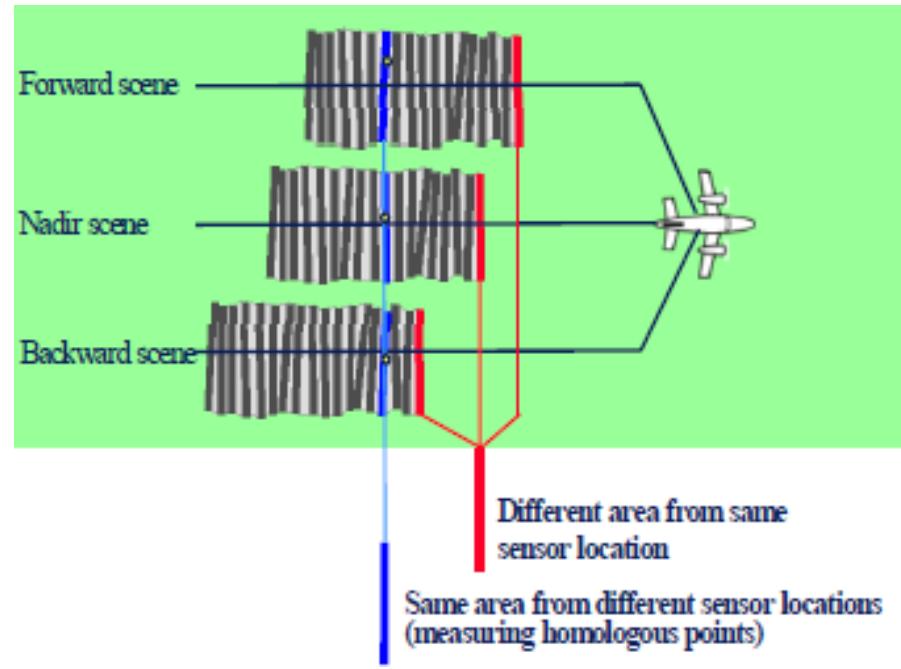
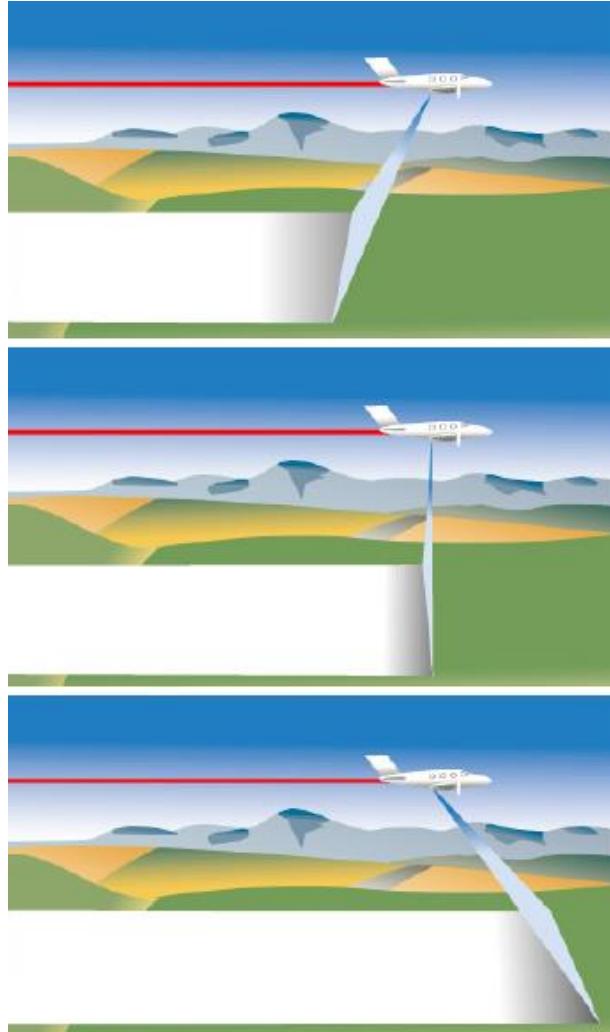


Each scene corresponds to an image in frame photography

Different Imaging Concepts of ADS40 and RC30

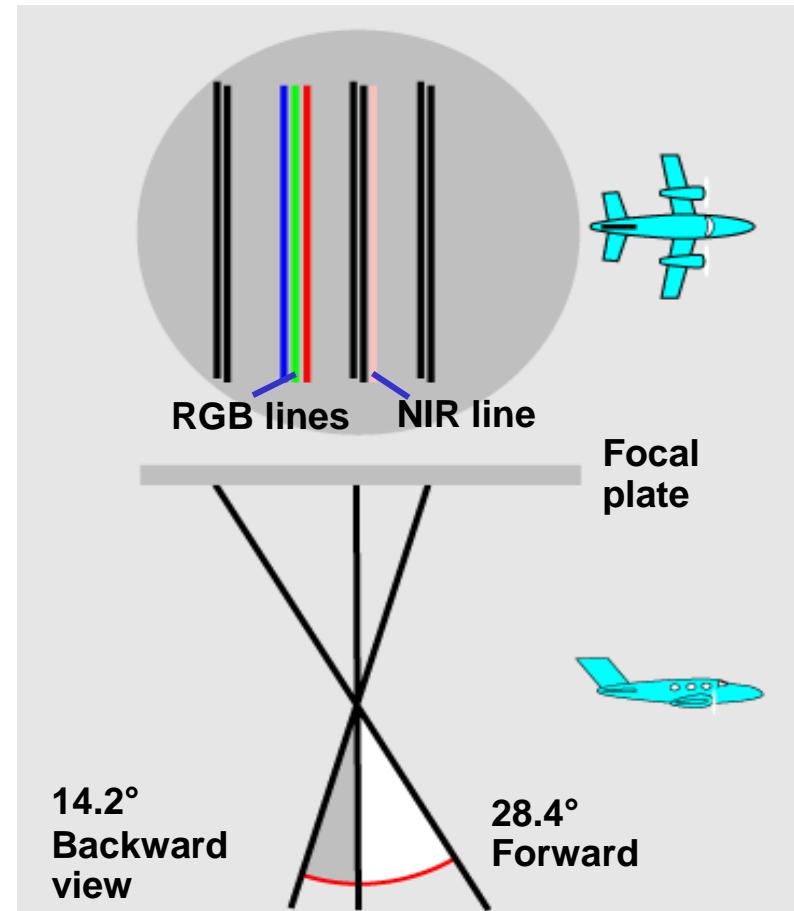
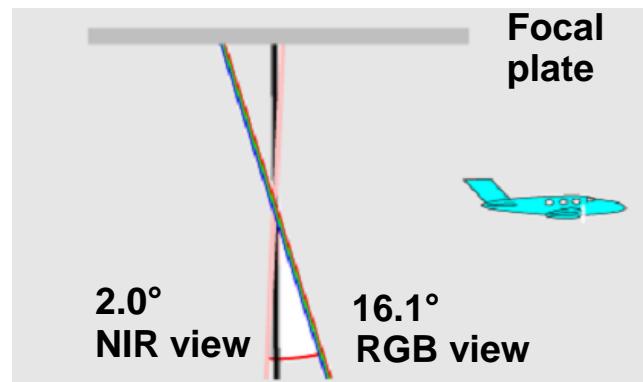
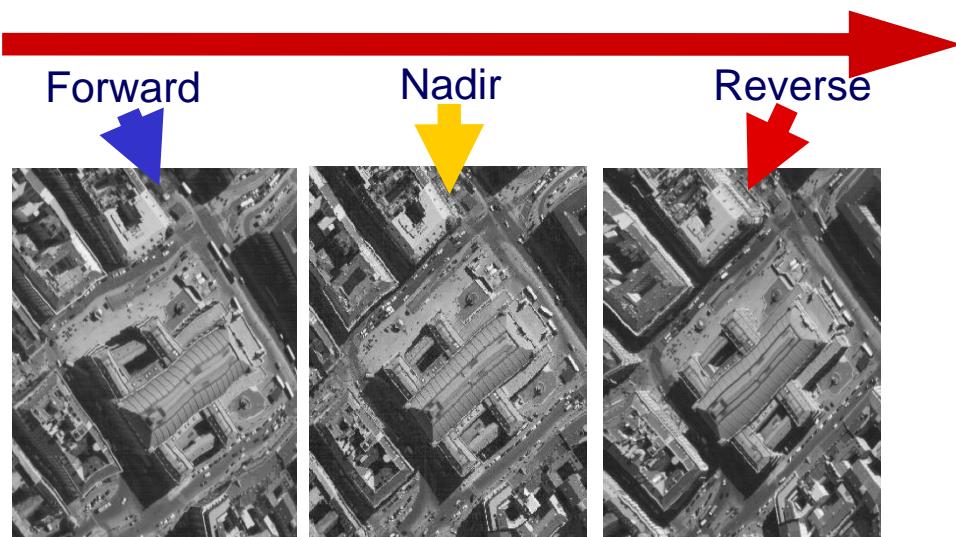


Triple Push-Broom Sensor



TRIANGULATION OF LH SYSTEMS' ADS40 IMAGERY USING ORIMA GPS/IMU
L. Hinsken a , S. Miller b, U. Tempelmann c, R. Uebbing b, S. Walker b
ไฟ喀ล สันติธรรมนนท์

Acquisition Geometry

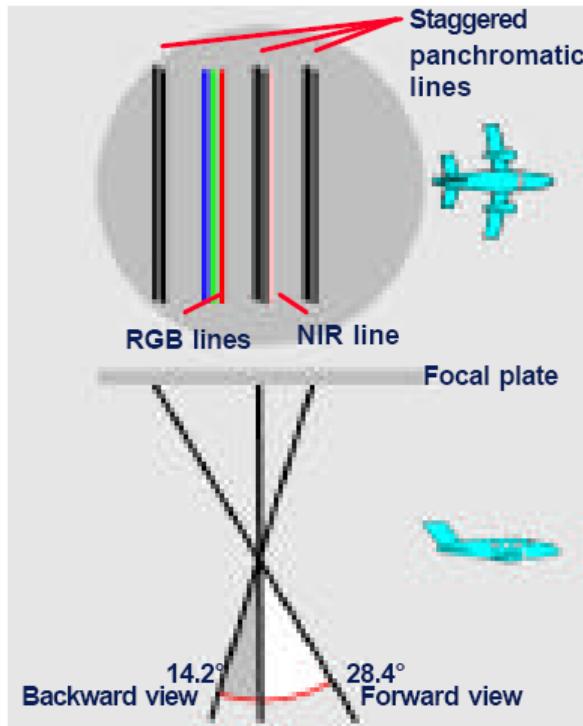


ไฟ喀ล สันติธรรมนนท์

แสดงลักษณะการบันทึกข้อมูลสเตอริโอ



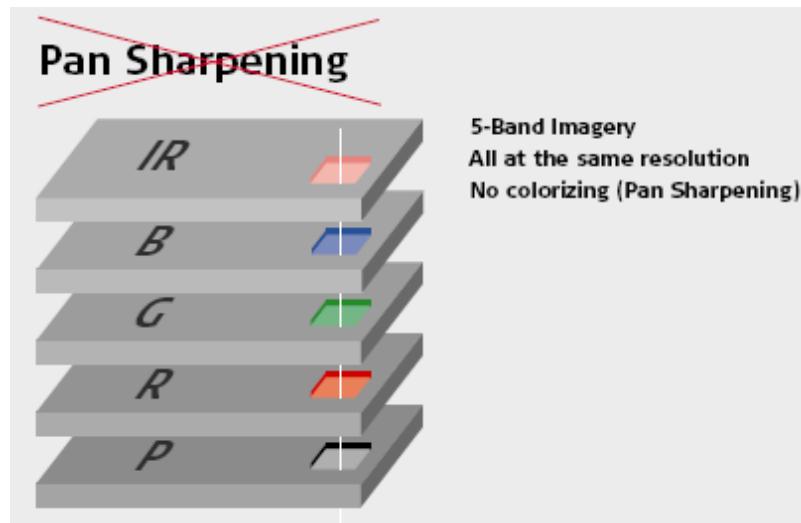
CCDs asymmetrically placed on focal plate



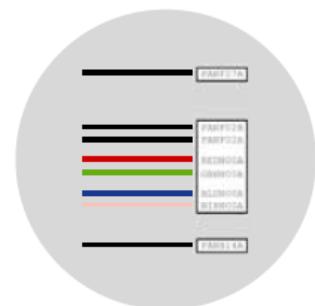
Benefits of asymmetry

- Choice of various stereo angles 14.2° , 28.4° , 42.6°
- No singularity in mathematical formulae used in adjustment processes

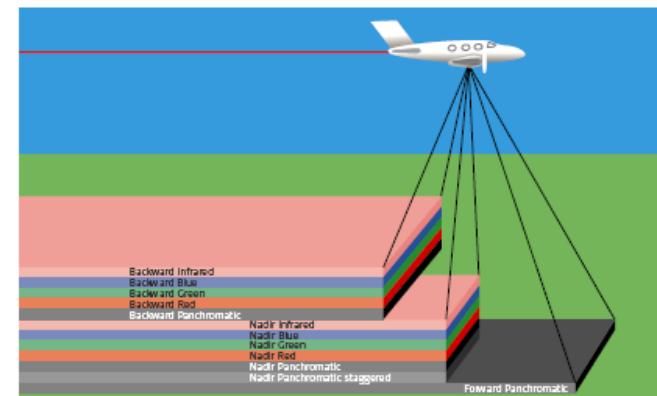
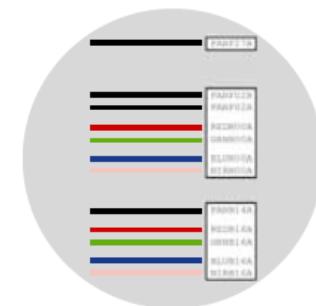
Leica ADS40 2nd Generation System



Focal Plate of SH51



Focal Plate of SH52



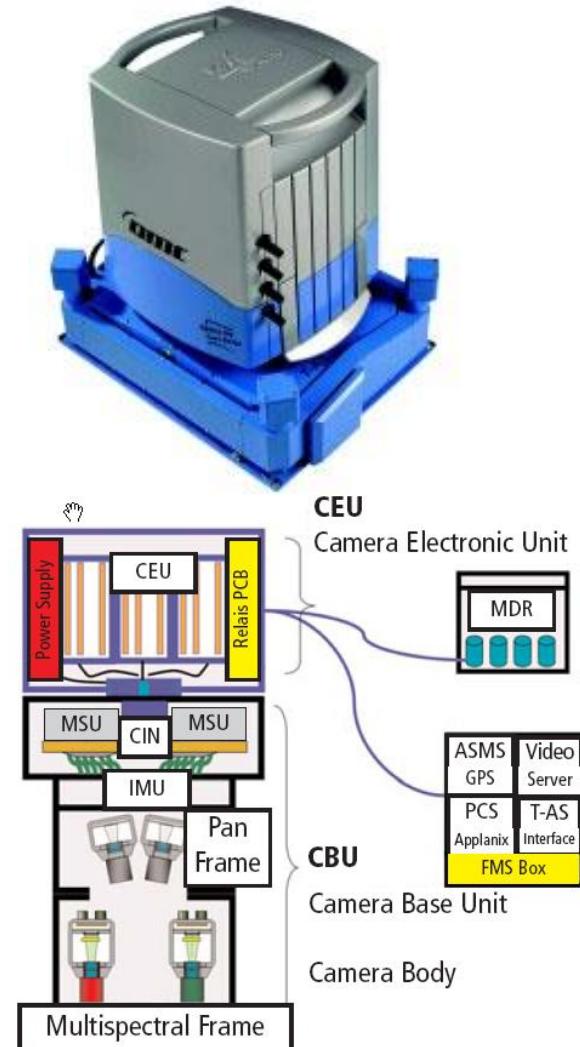
Leica GPS-IMU solution : IPAS10

Specifications of the IPAS10

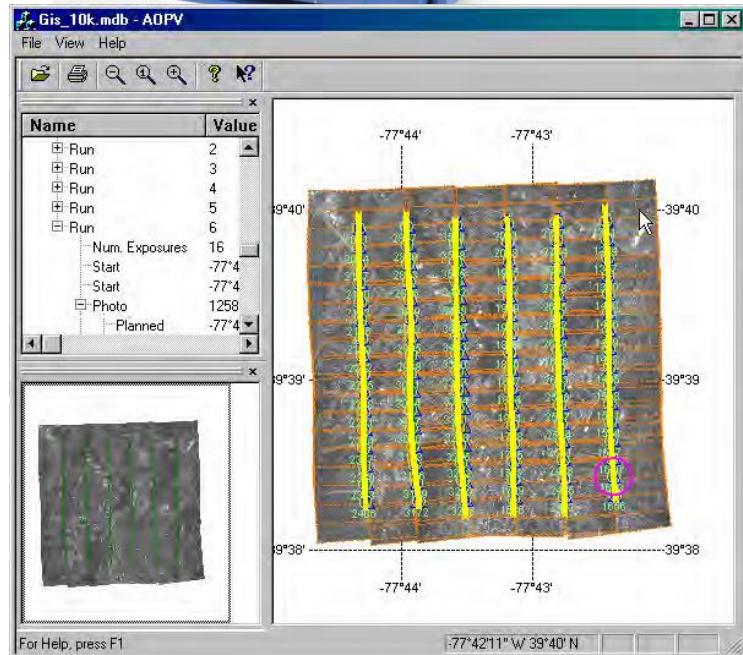
| | | NUS4 | DU55 | NU55 | CUS6 |
|--|---------------------------------|---|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Absolute accuracy after post-processing (RMS) | Position | 0.05 - 0.3 m | 0.05 - 0.3 m | 0.05 - 0.3 m | 0.05 - 0.3 m |
| | Velocity | 0.005 m/s | 0.005 m/s | 0.005 m/s | 0.005 m/s |
| | Roll & Pitch | 0.008 deg | 0.005 deg | 0.005 deg | 0.0025 deg |
| | Heading | 0.015 deg | 0.008 deg | 0.008 deg | 0.005 deg |
| Relative accuracy | Angular random noise | <0.05 deg/sqrt(hour) | <0.01 deg/sqrt(hour) | <0.01 deg/sqrt(hour) | <0.01 deg/sqrt(hour) |
| | Drift | <0.5 deg/hour | <0.1 deg/hour | <0.1 deg/hour | <0.01 deg/hour |
| IMU | High performance gyros | 200 Hz Fiber Optic Gyro | 200 Hz Fiber Optic Gyro | 256 Hz Dry tuned Gyro | 200 Hz Ring Laser Gyro |
| GPS receiver | Internal in IPAS10 Control Unit | 12-channel dual frequency receiver (L1/L2) low noise, 20Hz raw data, DGPS ready | | | |

Z/I Imaging DMC

- Digital Modular Camera : DMC
- ประกอบด้วย Area CCD # 12 ไมครอน 12 บิท
- Panchromatic CCD 4 @ 4096x7168 จุดภาพ
- Multispectral CCD 4 @ 3000x 2000 จุดภาพ
- Virtual CCD = 8,000 x 14,000 จุดภาพ
- Virtual Image Size = 95 x 168 มม
- Virtual FOV = 44/74 องศา
- F = 120 มม
- 2x 12-Bay RAID ฮาร์ดิส ความจุรวม 1.2 TB



Z/I Imaging Inc. : DMC



ไฟศาล สันติธรรมนนท์

การประกอบภาพเล็กให้เป็นภาพใหญ่

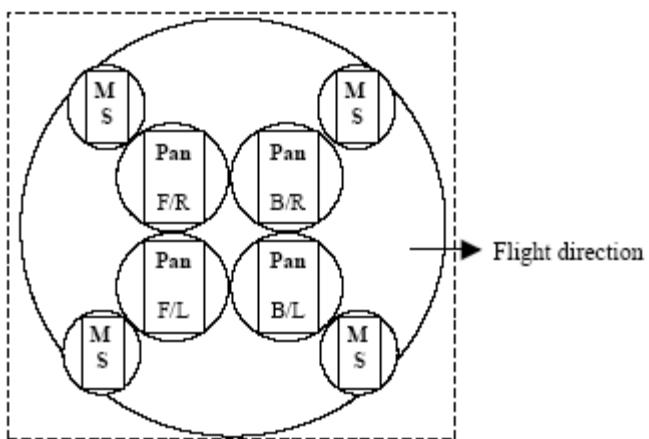


Fig. 1. DMC standard constellation with four panchromatic (Pan) and multi-spectral (MS) modules, where
F/R = forward right looking (facing flight direction)
B/R = backward right looking
F/L = forward left looking
B/L = backward left looking.

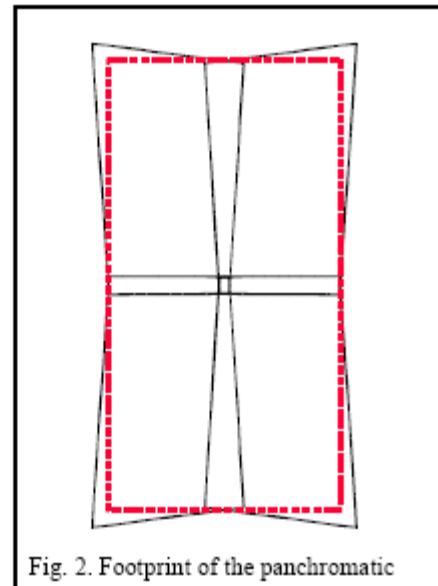


Fig. 2. Footprint of the panchromatic Images including overlap area,
dashed line = virtual image

Stereo Coverage

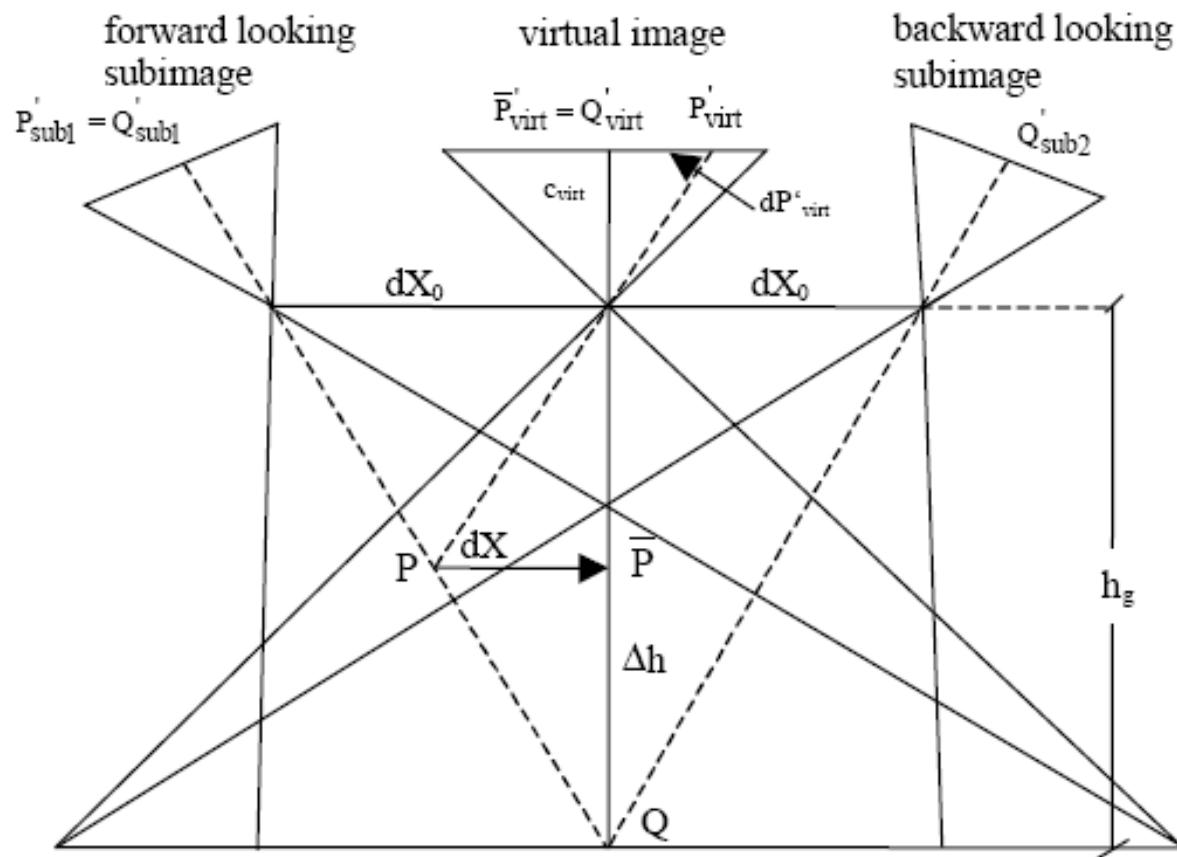


Fig. 3. Geometric relations of the DMC in flight direction

New DMC



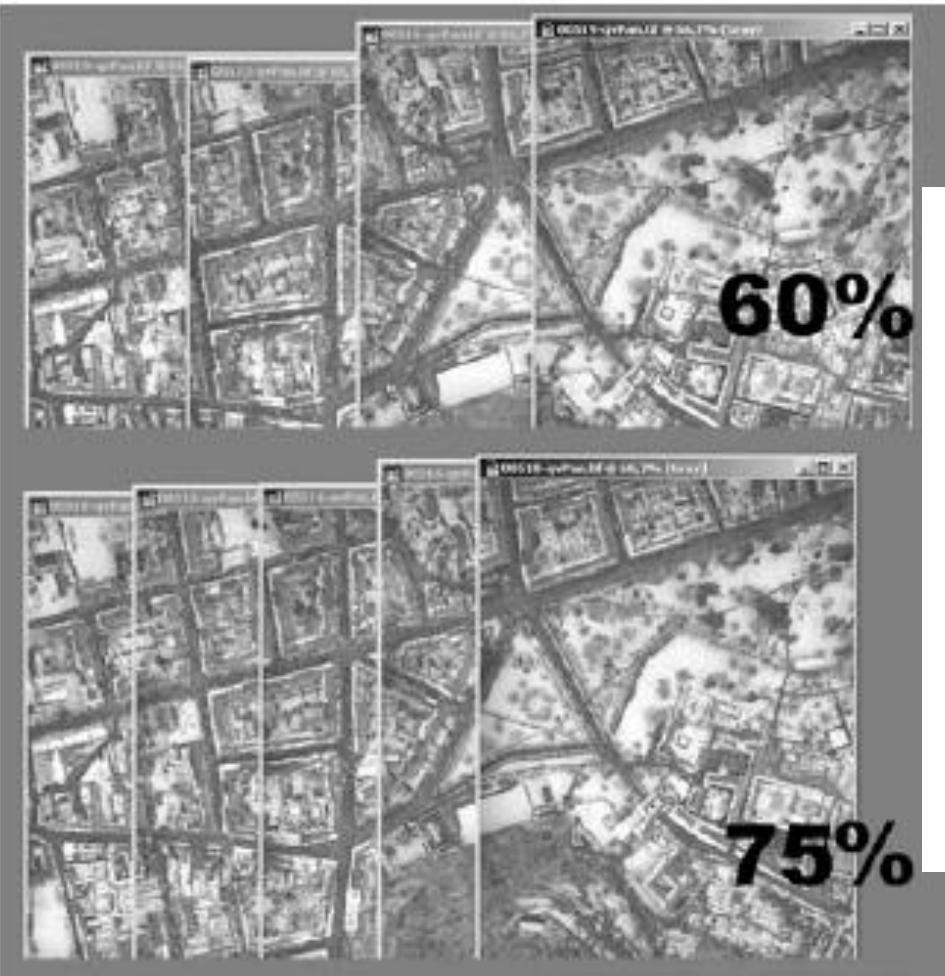
UltraCAM

- PAN 11,500 x 7,500
@ 9 ไมครอน , 103.5 x
67.5 มม
- Multi: 4,008 x 2,672
@9 ไมครอน
- ความลึกรังสี 12 บิท
- $f= 100 \text{ mm}$
- $\text{FOV} = 55/37$
- www.microsoft.com

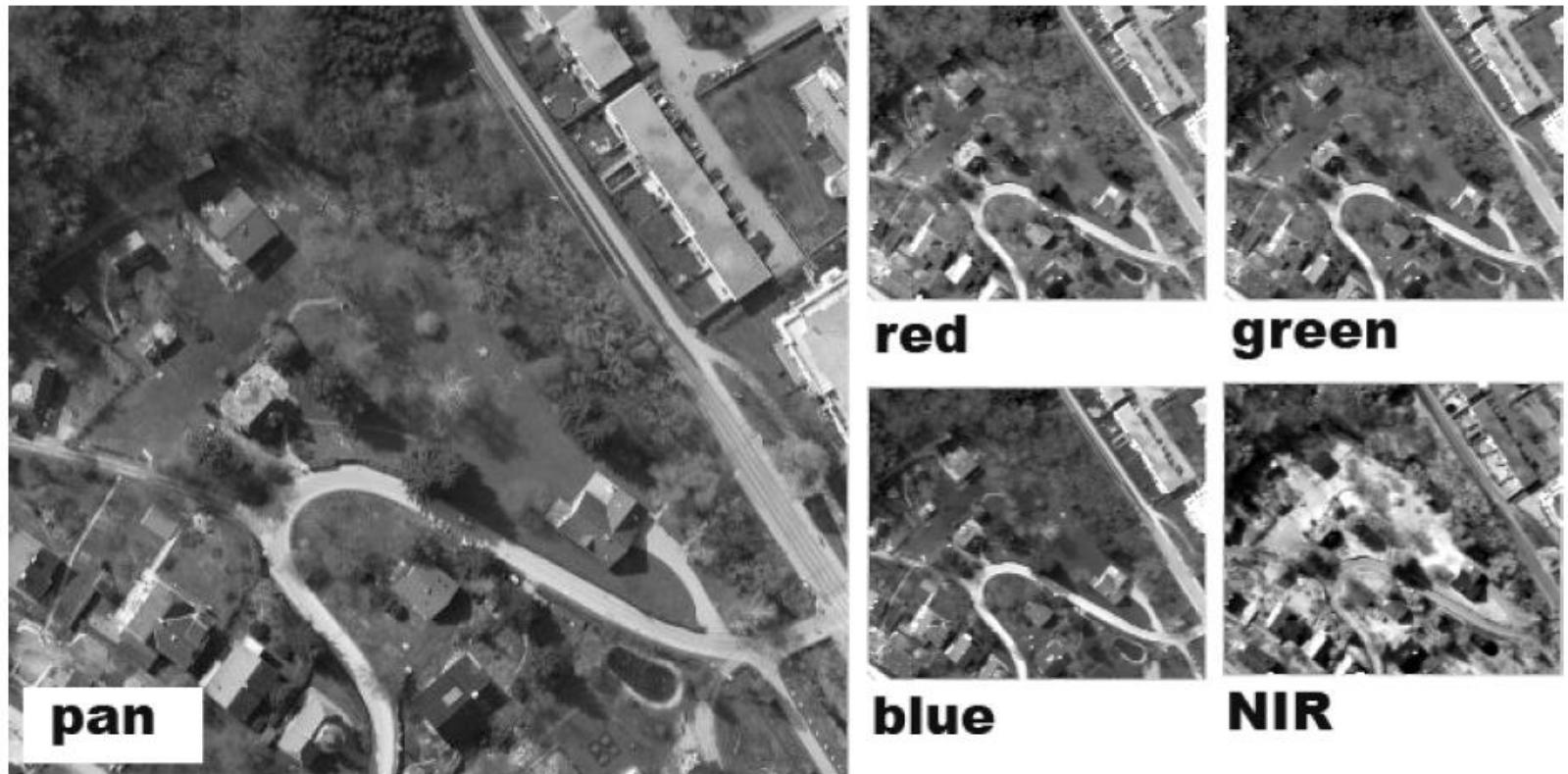


Figure 4: View of the UltraCam-D digital aerial sensor with a view of the 4 panchromatic and the 4 color cones. All cones have the same field-of-view.

การเพิ่มส่วนซ้อน ทำให้รังวัดได้ครบถ้วน มีความละเอียด ถูกต้องสูง ตลอดจนเพิ่มความน่าเชื่อถือ



การบันทึกภาพสีและสีอินฟารेडพร้อมกันในครั้งเดียว



Microsoft UltraCamX



Jena Airborne Scanner JAS 150s



JAS 150s



JAS 150 Geometry

- Outer stereo fwd (pan.)
520-760 nm, +20.5°
- Inner stereo fwd (pan.)
520-760 nm, +12.0°
- Near infrared
780-850 nm, +4.6°
- Red
620-680 nm, +2.3°
- Nadir (pan.)
520-760 nm, 0.0°

- Green
520-590 nm, -2.3°
- Blue
440-510 nm, -4.6°
- Inner stereo aft (pan.)
520-760 nm, -12.0°
- Outer stereo aft (pan.)
520-760 nm, -20.5°

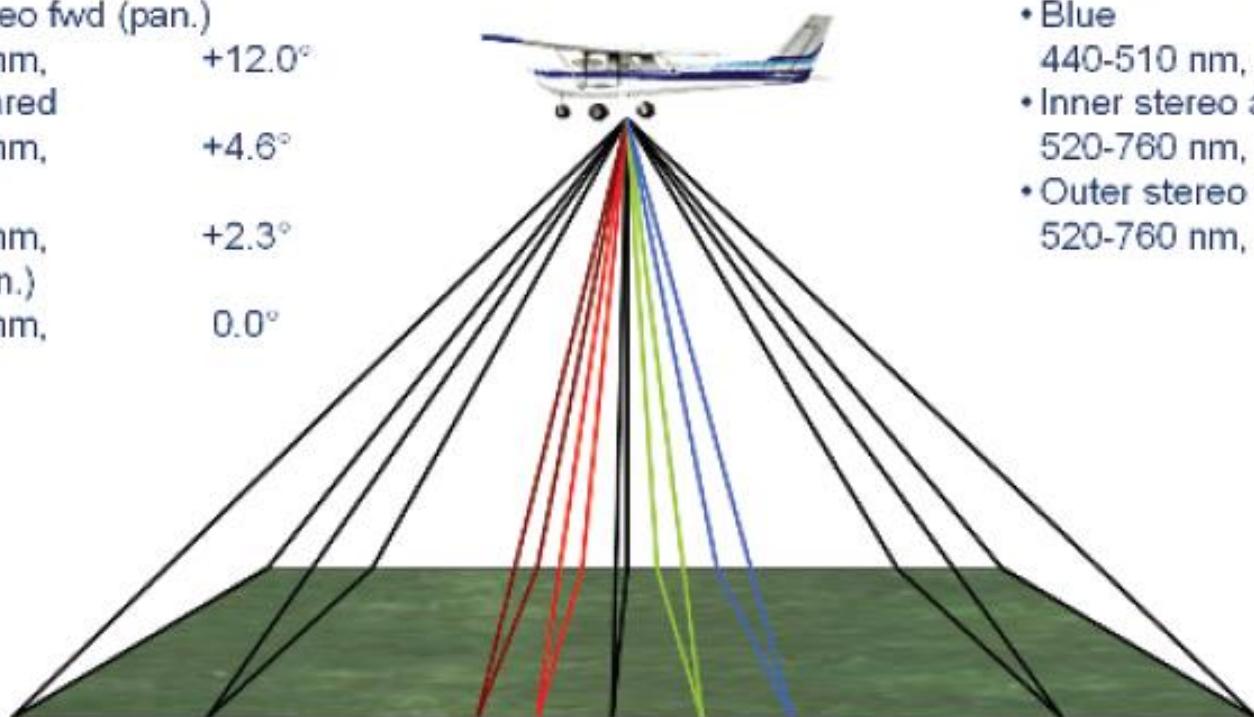


Figure 1: Standard four band multi-spectral configuration of the JAS 150.

JAS 150s : Specification

- f=150 mm
- CCD lines: 9
- Pixel/line : 12,000
- Pixel size: 9 micron
- Radiometric res.: 12 bits
- GSD 3000m: 15 cm
- Swath 3000m : 1.6 km
- Pointing Angle -20.5 / -12.5 / 0 / +12.5 / +20.5 degree
- Spectrum: RGB, NIR and PAN
- Storage : 1...5 TB
- IMU: IGI AEROcontrol or Applanix POS-AV 510 or Leica IPAS 10

DiMAC (Belgium)

- Area sensor Kodak full-frame CCD color image sensor : 7216 x 5412 pixels 49.1 x 36.8 mm (effective)
- Pixel size $6.8 \mu\text{m}^2$ pixels
- True FMC Electro-mechanical driven by Piezo technology
- Lenses 55mm/80mm/100mm/120mm
- Shutter Electro-mechanical iris mechanism 1/125 to 1/500 sec., f-stops: 4, 5.6, 8, 11
- Filter Standard size RGB and IRC removable filters
- Image output 10500 x 7200 pixels (2CMs merged)
- 16 or 8 bits per channel
- Radiometry : 24 bit RGB: 112 MB : 48 bit RGB: 224 MB
- Capture rate 2.1 sec.
- Resolution (GSD) : 2 cm to 1 m depend on flying height

DIMAC (Belgium)



«3-DAS-1»



- 3 x Tri-linear 8023 Kodak Line Sensors
- Radiometric Res.: 14 bits per pixel
- Pixel : 9 micron
- 3 x high contrast lenses ; $f= 110 \text{ mm}$
- FOV – Cross Track 36°
- Resolution 55 lp/mm
- IMU mount
- Weight 32 kg.
- By Wehrli Associate Inc





Scanning Unit

3 RGB-channels 8000 x 9 micron x 42 bit
focal distance 110 mm



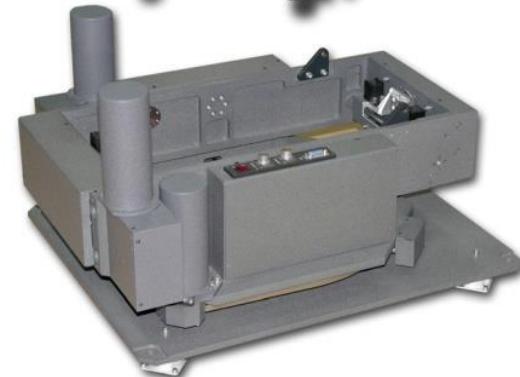
Flight Management System

Touchscreen tablet PC in pilot's cabin
for realtime position and course control



Control Computer Rack

2xOpteron64/PCI-X/RAM 4Gb
RAID-3 2.0Tb/UltraSCSI-320/Touchscreen



Stabilized Platform

Compensates aircraft rotations (roll, pitch, yaw)
to keep camera in constant horizontal position
with residual deviation less than 0.2°



GPS/IMU (Applanix POS AV)

Measures absolute orientation elements of camera
(projection center and rotation angles) with 200 Hz frequency

Flight Mode

| Scale | Height m | GSD cm | Swath width m | Maximum speed km/h | Accuracy *, cm plan height |
|-------|-------------|-----------|------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 5000 | 550 | 4.5 | 360 | 122 | 4.5 6.8 |
| 6000 | 660 | 5.4 | 432 | 146 | 5.4 8.1 |
| 7000 | 770 | 6.3 | 504 | 170 | 6.3 9.5 |
| 8000 | 880 | 7.2 | 576 | 194 | 7.2 10.8 |
| 9000 | 990 | 8.1 | 648 | 219 | 8.1 12.2 |
| 10000 | 1100 | 9.0 | 720 | 243 | 9.0 13.5 |
| 11000 | 1210 | 9.9 | 792 | 267 | 9.9 14.9 |
| 12000 | 1320 | 10.8 | 864 | 292 | 10.8 16.2 |
| 13000 | 1430 | 11.7 | 936 | 316 | 11.7 17.6 |
| 14000 | 1540 | 12.6 | 1008 | 340 | 12.6 18.9 |
| 15000 | 1650 | 13.5 | 1080 | 365 | 13.5 20.3 |
| 16000 | 1760 | 14.4 | 1152 | 389 | 14.4 21.6 |
| 17000 | 1870 | 15.3 | 1224 | 413 | 15.3 23.0 |
| 18000 | 1980 | 16.2 | 1296 | 437 | 16.2 24.3 |
| 19000 | 2090 | 17.1 | 1368 | 462 | 17.1 25.7 |
| 20000 | 2200 | 18.0 | 1440 | 486 | 18.0 27.0 |
| 25000 | 2750 | 22.5 | 1800 | 608 | 22.5 33.8 |

Medium-format Digital Camera

4,096 x 4,096

4k

16... 39 MegaPixel (MP)

Rollei AIC Series

SPECIFICATIONS

Camera type Digital camera for aerial applications

Sensors

22 megapixel – P25 CCD-chip, 48.9 mm x 36.9 mm
5440 pixel x 4080 pixel

Pixel size 9 µm

39 megapixel – P45+ CCD-chip, 49.1 mm x 36.9 mm
7228 pixel x 5428 pixel

Pixel size 6.8 µm

60 megapixel – P65+ CCD-chip, 53.9 mm x 40.4 mm
8924 pixel x 6732 pixel

Pixel size 6.0 µm

Color depth 16 bit per color

Sensitivity equivalent

22 megapixel ISO 50 to 400

39 megapixel, 60 megapixel ISO 50 to 800

Leica RCD105

- AIC-based Aerial Camera
- 39 MegaPixel



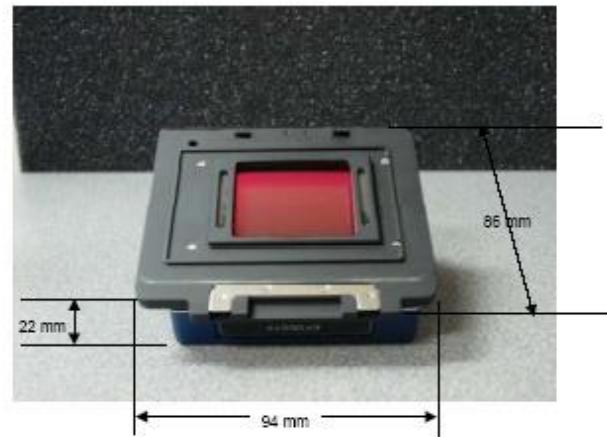
Leica RCD105 39(MegaPixel)



Emerge DSS

- Digital Sensor System : DSS
- กล้องดิจิทัลความละเอียด 4092 x 4079 #9 ไมครอน
- GSD 0.15 ... 1 เมตร
- บันทึกภาพสีและสีอินฟารेड 12 บิทสำหรับแต่ละชานแนล
- มีระบบ Flight Management System
- มีระบบ PosAV Aided Inertial Direct Georeferencing System
 - ตำแหน่ง $+/- 0.05 - 0.3$ เมตร
 - หมุนเอียง $0.008 - 0.15$ องศา
- สื่อจัดเก็บ ฮาร์ดดิส 80 Gb
- <http://www.applanix.com>

Applanix / Emerge DSS 322 and Contax645 SLR

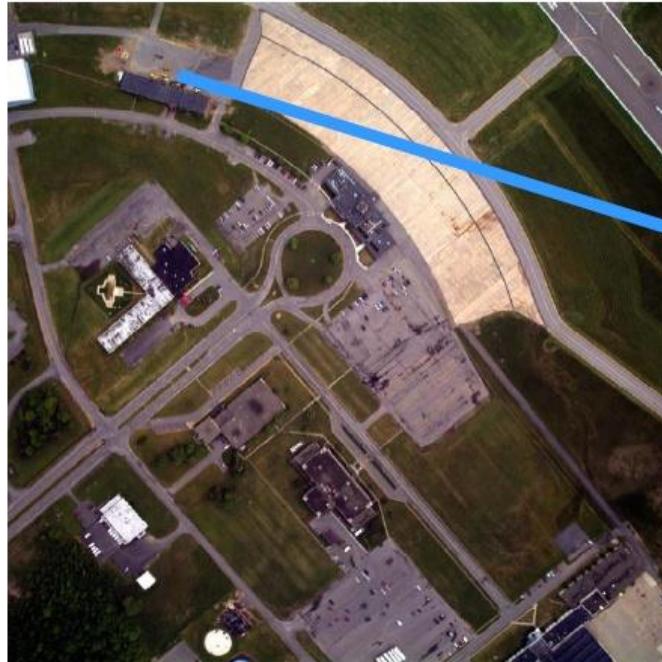


ไฟ喀ล สั่นติธรรมนนท์



ไฟ喀ล สันติธรรมนนท์

ภาพสี



Full Resolution

Full Frame

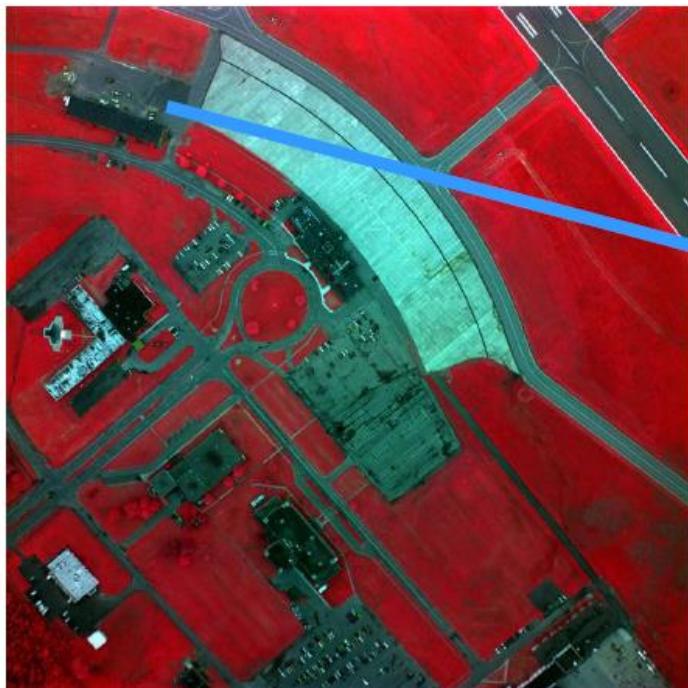


DIGITAL SENSOR SYSTEM



EMERGE
DIRECT DIGITAL IMAGERY

ภาพสีอินฟราเรด



Full Resolution

Full Frame



DIGITAL SENSOR SYSTEM



EMERGE®
DIRECT DIGITAL IMAGERY

Applanix DSS322



Applanix DSS 322

- Array size : 22.2 Mega (5,436 x 4,096)
- Pixel size : 9 micron
- Lens : f= 60 mm / f=40 mm
- POSPac Air : GPS aided INS processing tools
- Weight: 7 kg (camera) + 20 kg (computer)

Applanix DSS 422

- CCD 22.2 MP : 4,092 x 5,436
- Pixel : 9 micron
- Lens : f= 60 mm / 40 n
- Direct georeferencing :
POSPAC Air
 - Position : 0.05 – 0.3 meter
 - Roll&Pitch : 0.008 deg
 - True Heading: 0.015 deg



Optech / Rollei AIC

- CCD PhaseOne H25 : 22 mega (5,440 x 4,080)
- Pixel size : 9 micron
- Lens f=50 mm
- IMU : Applanix / AV , standard Flight Management System

OEM RolleiMetric AIC



ໂມຄູລກລ້ອງ ສໍາຮັບເລືອກໃຊ້ໃນງານຕ່າງໆ

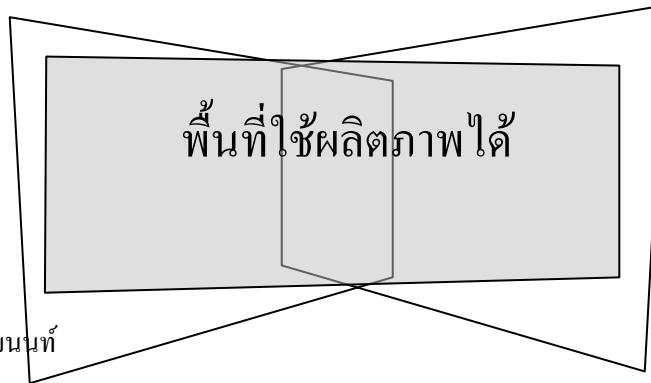
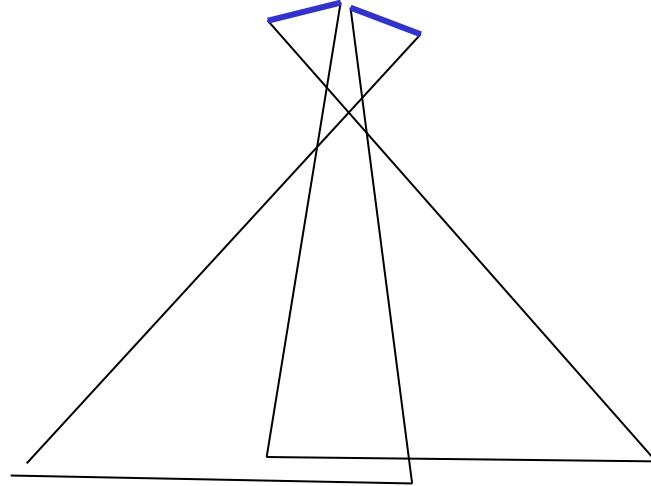
RolleiMetric AICx2

- Type of sensors/ digital backs (PhaseOne)
- P20 : 4.1k x 4.1k (16.8MP) 36.9x36.9 mm²# 9 micron
- P25 : 4.1k x 4.5k (22.1MP) 36.9x48.7 mm²# 9 micron
- P45 : 5.4k x 7.2k (39.5MP) 36.9x48.7 mm²# 6.8 micron

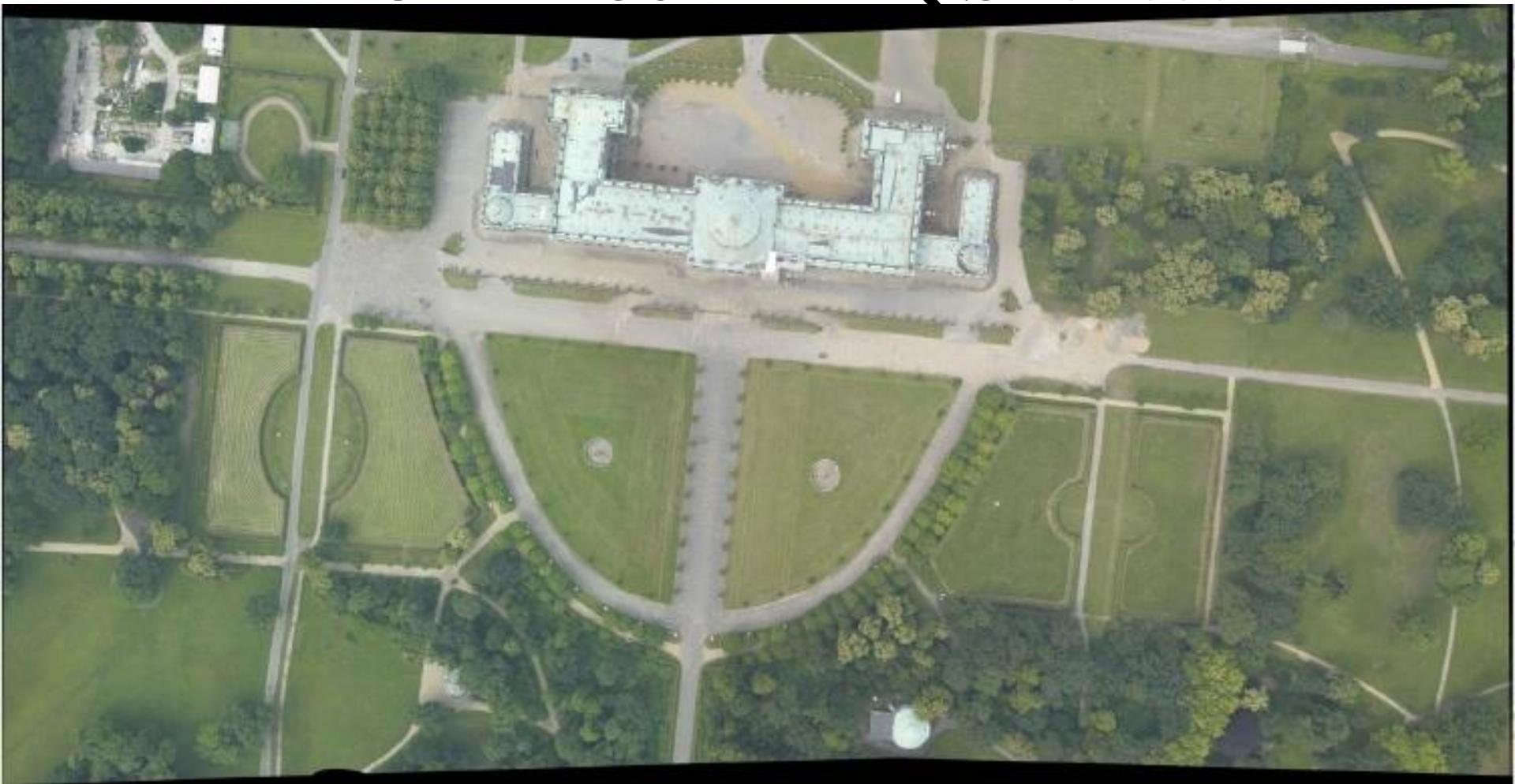
หากต้องการพื้นที่ครอบคลุมมากขึ้น

ใช้หลายเฟรมประกอบกัน เช่น

RolleiMetric AICx2



Stitched Image : GSD 12 cm
AICx2 + 80 mm POS lenses



IGI-DigiCAM

- 22 mega pixel
- www.igi-ccns.de ผู้ผลิตระบบ IMU ที่สำคัญของประเทศไทย



ไฟ喀拉 ศั้นต์ธรรมนนพ

NexVue™ Digital Camera

- **Camera Array** 4k x 4k Pixel Panchromatic, Color, CIR
- **Recording Rate Per Frame:** Less than 2.5 Seconds
- **Camera FOV 50mm Lens** 40 Degrees Fixed
- **50 mm Lens Calibration** Less than 0.5 Pixel RMSE Full FOV
- **Camera FOV 90mm Lens** 23 Degrees Fixed
- **90 mm Lens Calibration** Less than 0.5 Pixel RMSE Full FOV
- **Minimum Ground Projected Pixel Footprint** 15cm
- **Image Geo-positioning Accuracy** Better than 30 cm RMSE absolute

NexVue (Belgium)



NexVue : Specifications

- Camera Array 4k x 4k Pixel Panchromatic, Color, CIR
- Recording Rate Per Frame Less than 2.5 Seconds
- Camera FOV 50mm Lens
 - 40 Degrees Fixed
 - 50 mm Lens Calibration Less than 0.5 Pixel RMSE Full FOV
- Camera FOV 90mm Lens
 - 23 Degrees Fixed
 - 90 mm Lens Calibration Less than 0.5 Pixel RMSE Full FOV
- Minimum Ground Projected Pixel Footprint 6 inches (15cm)
Height and speed dependent
- Image Geo-positioning Accuracy Better than 1 foot (30 cm)
RMSE absolute

4-DAS-1 M

- RGB :3 (nadir-forward-backward)
- NIR:1 (nadir)
- Radiometric Res.: 14 bits per pixel
- Pixel : 9 micron
- lenses ; $f= 100 \text{ mm.}$
- FOV – Cross Track 39°
- Resolution 55 lp/mm
- IMU mount
- Weight 32 kg.
- By Wehrli Associate Inc. , U.S.A.

4-DAS-1



Flight modes

| GSD cm | Swath width m | Height (AGL) m | Maximum speed km/h |
|-----------|---------------------|----------------------|--------------------------|
| 5.0 | 400 | 556 | 135 |
| 7.5 | 600 | 833 | 203 |
| 10.0 | 800 | 1111 | 270 |
| 12.5 | 1000 | 1389 | 338 |
| 15.0 | 1200 | 1667 | 405 |
| 17.5 | 1400 | 1944 | 473 |
| 20.0 | 1600 | 2222 | 540 |
| 22.5 | 1800 | 2500 | 608 |
| 25.0 | 2000 | 2778 | 675 |
| 27.5 | 2200 | 3056 | 743 |
| 30.0 | 2400 | 3333 | 810 |

RolleiMetric AIC x4

- Modularized Large-format
- CCD 39MP
 - 49.1x36.9 mm²
 - 7228 x 5428 pixel
 - #6.8 micron
 - 16 bit per color
- Total: 135 MP



IGI DigiCAM

- **Double-DigiCAM**

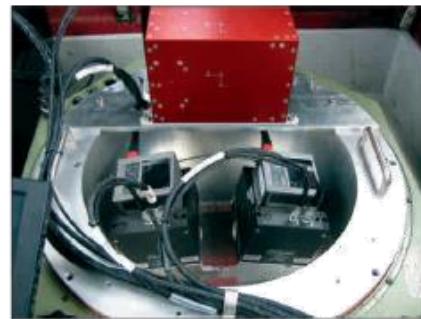
2x DigiCAM arranged vertically. Two possibilities:

- Alternating shots for higher flight speed
- Similar images with RGB and CIR mode

DigiCAM



Double-DigiCAM



Dual-DigiCAM
arranged along track

- **Dual-DigiCAM**

2x DigiCAM for a total resolution of 74 Mpixels

- **Triple-DigiCAM**

Extreme wide swath width - total resolution of 111 Mpixels



Quattro-DigiCAM - downview



พศาล สันติธรรมนนท์

Quattro-DigiCAM - topview

- **Quattro-DigiCAM**

4x DigiCAM for a total resolution of 145 Mpixels

Medium-Format Camera integrated with Lidar



DigiCAM with airborne LiDAR

Laserscanning & Camera

- Mapping & Orthophotos
- True Orthophotos
- 3D-City Models

Strip Mapping

- Linear-based mapping projects
- Pipeline surveys
- Hydro corridors
- Transportation routes

Rapid Response Imaging

- Rapid mobilisation for disaster management
- Time-dependent image acquisition
- Homeland Security digital imaging



Competitive market to large format

Agriculture and Forestry

- Species identification
- Timber value assessment
- Disease control and monitoring
- Precision Farming

GIS and Urban applications

- Urban and regional planning
- Urban Hot-Spot Monitoring
- 3D-Models (Nadir + Oblique)

Remote Sensing

- Environmental research
- Coastal zone monitoring
- Colour-Infrared imaging

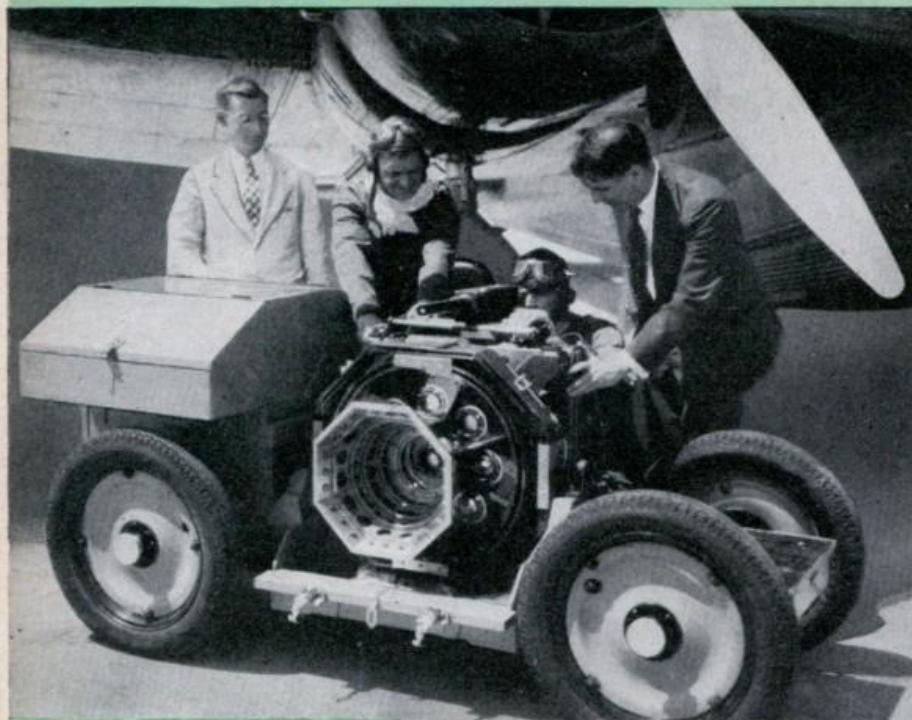
Idea of multiple camera system is not new!

The screenshot shows a news article from Popular Science magazine. At the top, the title "MODERN MECHANIX" is displayed in large, bold, white letters, with "YESTERDAY's Tomorrow TODAY" written below it in a smaller, italicized font. The date "March 22, 2008" is visible at the top left. The main headline reads "Flying Cameras Map America for War (May, 1939)". Below the headline, there is additional text: "Filed under: Aviation, Photography, War — @ 1:46 am", "Source: Popular Science (More articles from this issue)", and "Issue: May, 1939". There is also a "ShareThis" button and a link to "Buy on Ebay". At the bottom of the screenshot, there are navigation links: "|<< Previous", "3 of 4", "Next >>|", and "=>".

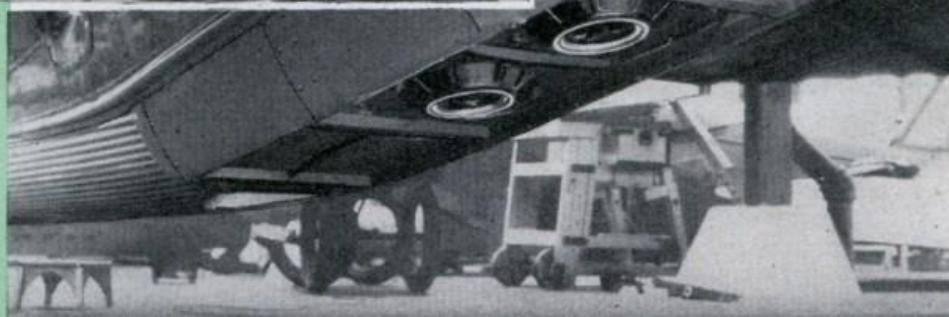
Flying Camera Map

Popular Science ()

By ANDREW R. BOONE



A multiple-lens camera of the type used in aerial photography. It is taken to and from the plane on a special rubber-tired truck



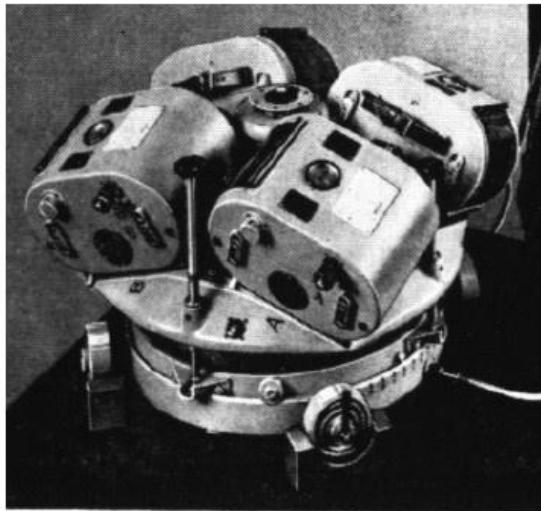
Underside of a big bombing plane, with cameras set in its belly for mapping the ground from four miles up

double image in an old-fashioned parlor stereoscope.

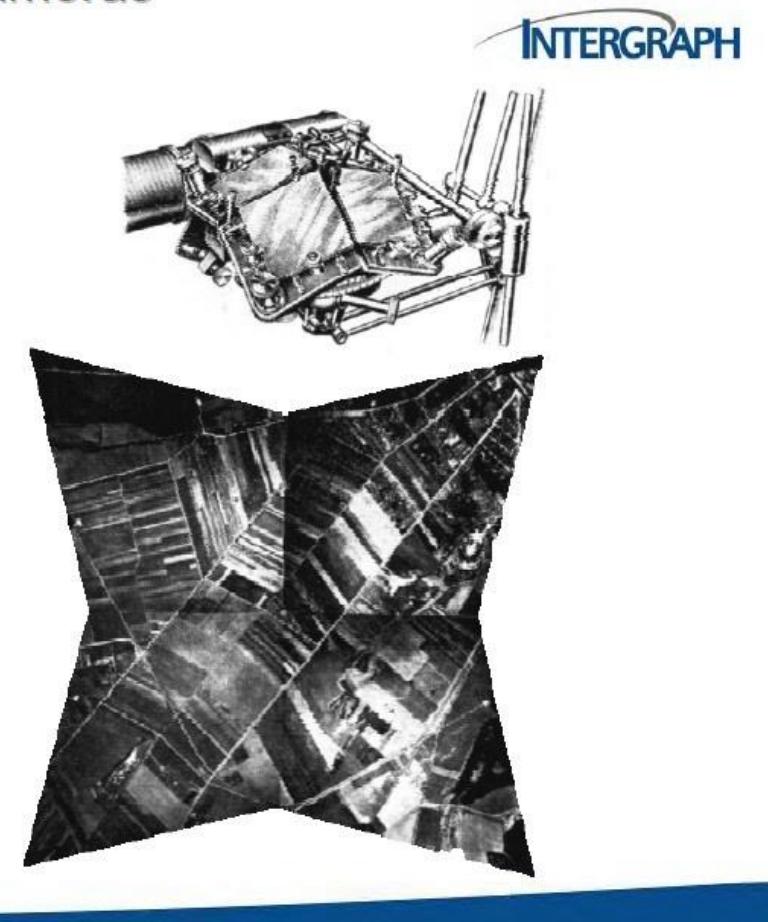
You can demonstrate the idea very easily. Hold a pencil two feet in front of your eyes. Look beyond the pencil at some distant object, and you seem to see two pencils; look at the pencil, and the distant object appears double. If you close your

4xRMK C/1

History Multi-lens Cameras

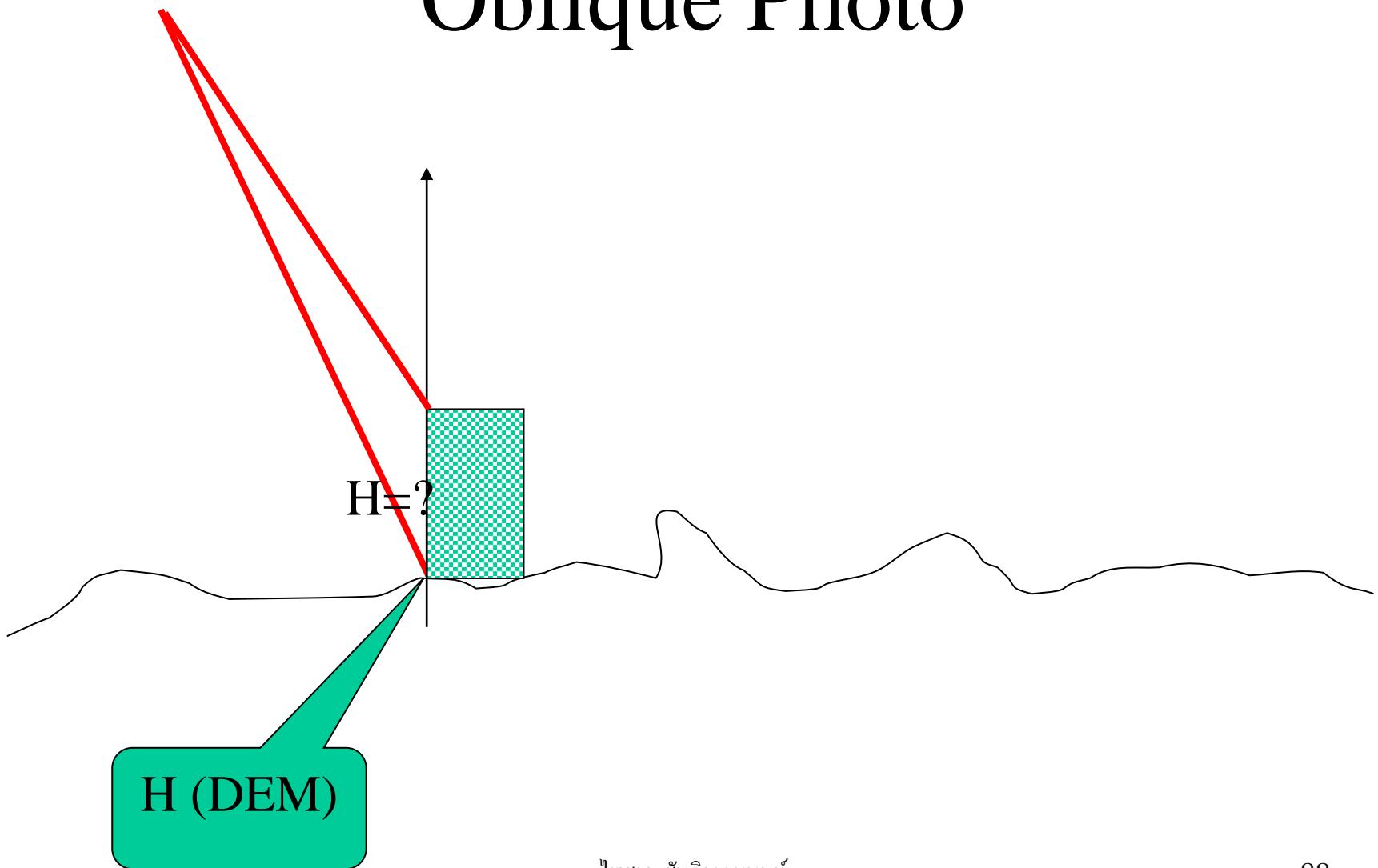


1930 : 4 x RMK C/1
due to limited
field of view
with low
geometric distortion



Ome,Phi,Kap,
X0,Y0,Z0

Oblique Photo



3-OC Digital Oblique Camera

fore - 45° nadir 0° aft +45°
for pictometry



Off-the-shelf Digital Camera System

กล้องที่มีขายอยู่ในตลาดทั่วไปสามารถนำมาใช้ บันทึกภาพเพื่อทำแผนที่ได้

- “Pantip-type” non-metric Digital Camera
- ราคาถูก และมักจะมีความละเอียดจุดภาพค่อนข้างละเอียด
- เรากล้องต้องย่างละเอียดถูกต้องจะไม่มีให้ แต่ว่าปัจจุบันสามารถ “วัดสอบ(calibrate)” ได้ง่าย
- ปัญหาใหญ่ที่ยังต้องแก้ไข คือ เสถียรภาพ Stability และ ความคงเส้นคงวา ของเรากล้อง

ระบบกล้อง 3 หัว ของเยอรมัน

3K (Köpf) Camera System

CALIBRATION OF A WIDE-ANGLE DIGITAL CAMERA SYSTEM FOR NEAR REAL TIME SCENARIOS

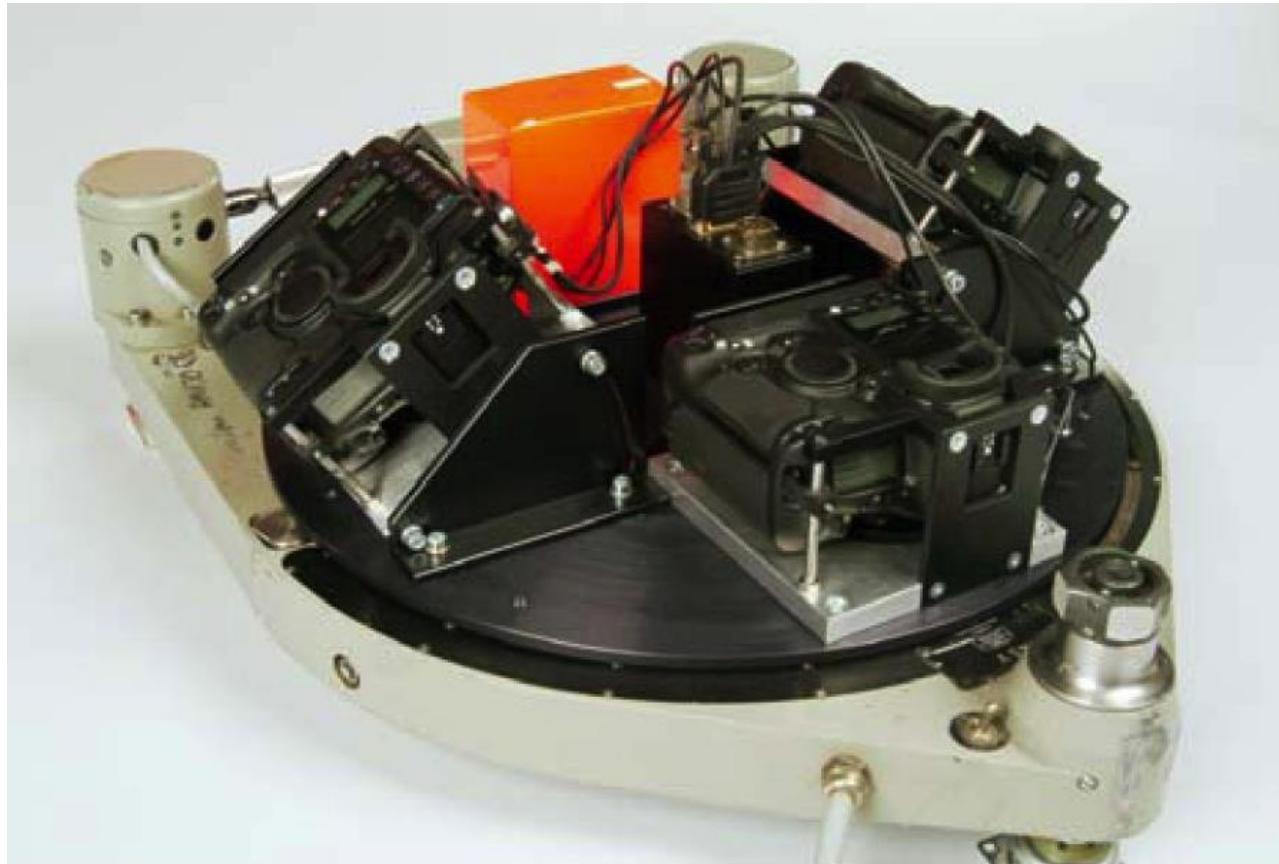
F. Kurza*, R. Müllera , M. Stephanib, P. Reinartza, M. Schroedera

- a German Aerospace Center (DLR), Remote Sensing Technology Institute, PO Box 1116, D-82230 Weßling, Germany
- b Technische Universität München, Photogrammetry and Remote Sensing, Arcisstr. 21, D-80290 München, Germany

Commission I, WG I/4

- KEY WORDS: Aerial cameras, image series, near real time processing, direct georeferencing

DLR 3K Camera System



Canon EOS 1Ds Mark II

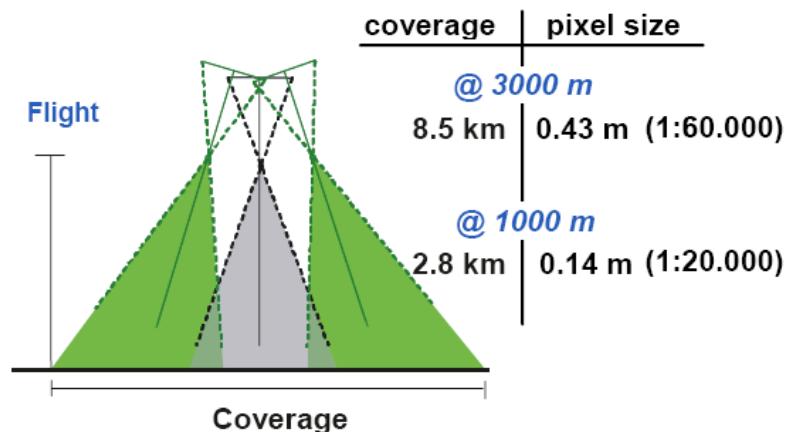
- Flagship model of Canon EOS line
- Can capture 32 consecutive frames with image size 4,992x3,328 pixel
- Sensor: CMOS 24 x 36 millimeter
- Highest repetition rate ~ 3 Hz

The DLR 3K Camera System

- 3 x Canon EOS 1Ds Mark II, 16 MPixel
- increased FOV of max 110°/ 31° in across track/flight direction
- 3Hz image capturing → traffic monitoring
- Designed for low-altitude flight (below clouds), wide scan
- Applications: near real-time monitoring of natural disaster, mass event and large traffic disaster

Coverage

- With f=50 mm Cannon lenses
- Tilt-looking of sideward camera ~ 35 deg.
- Height above ground average : 1000 m
- pixel size / GSD 15 cm.
- Swath width 2.8 kilometer



Accuracy at image scale 1:20,000

- Integration with GPS/IMU – direct georeferencing
 - +/- 5.0 meter in position
 - +/- 3.0 meter in height
- Integration with GPS/IMU + GCPs
 - +/- 1.0 meter in position → 1:4,000
 - +/- 0.5 meter in height

Camera Calibration

Camera Calibration Interior Orientation

- Calibrated focal length
- Principle point offset
- Radial lens distortion
- Tangential lens distortion

Example of Calibration Report

Large-format Camera

UltraCamX 20Nov2007

UCX-SX-1-70418123

Panchromatic Camera

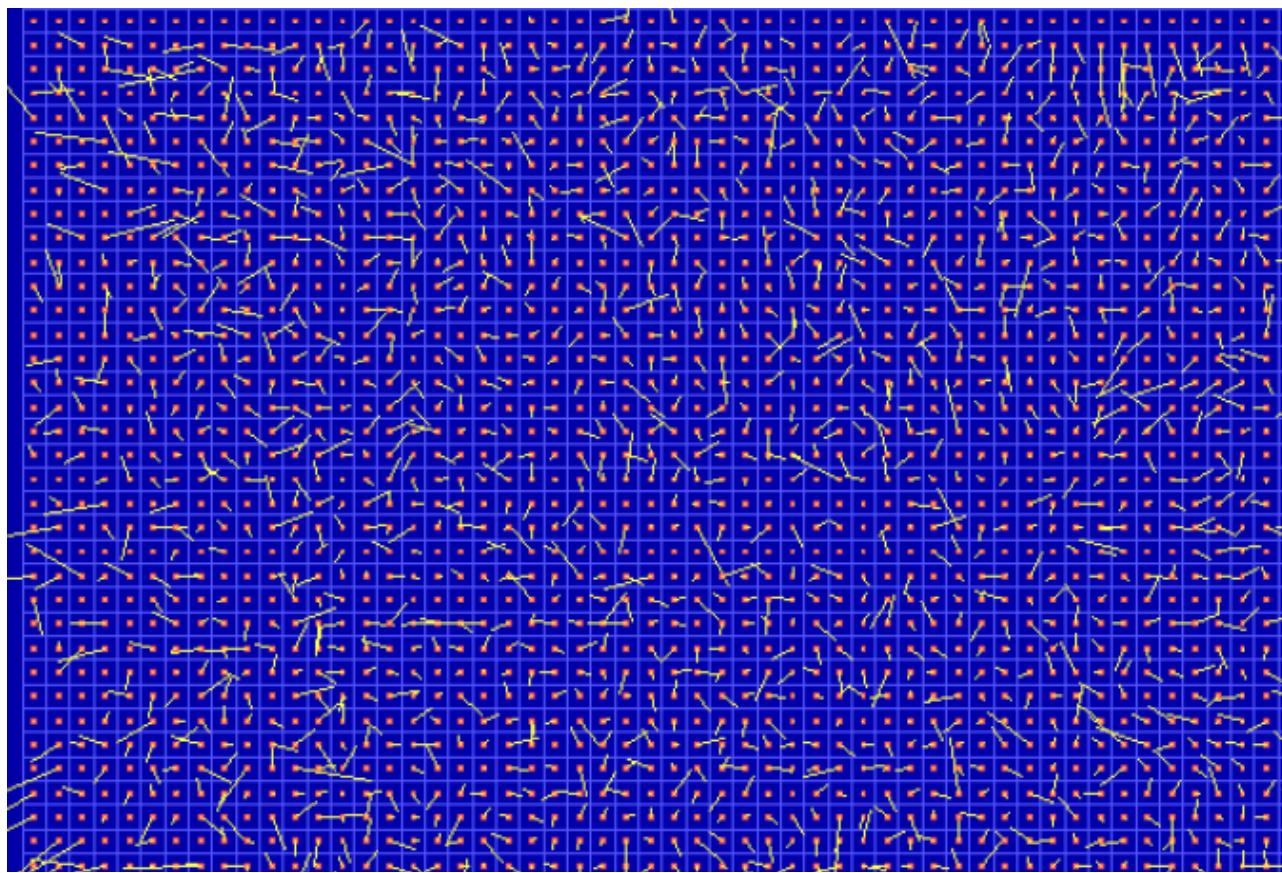
Large Format Panchromatic Output Image

| | | | |
|------------------------------|-------------|--|------------------|
| Image Format | long track | 67.824mm | 9420pixel |
| | cross track | 103.896mm | 14430pixel |
| Image Extent | | (-33.91, -51.95)mm | (33.91, 51.95)mm |
| Pixel Size | | 7.200µm*7.200µm | |
| Focal Length | | 100.500mm | ± 0.002mm |
| Principal Point (Level 2) | X_ppa | 0.000 mm | ± 0.002mm |
| | Y_ppa | 0.144 mm | ± 0.002mm |
| Lens Distortion | | Remaining Distortion less than 0.002mm | |

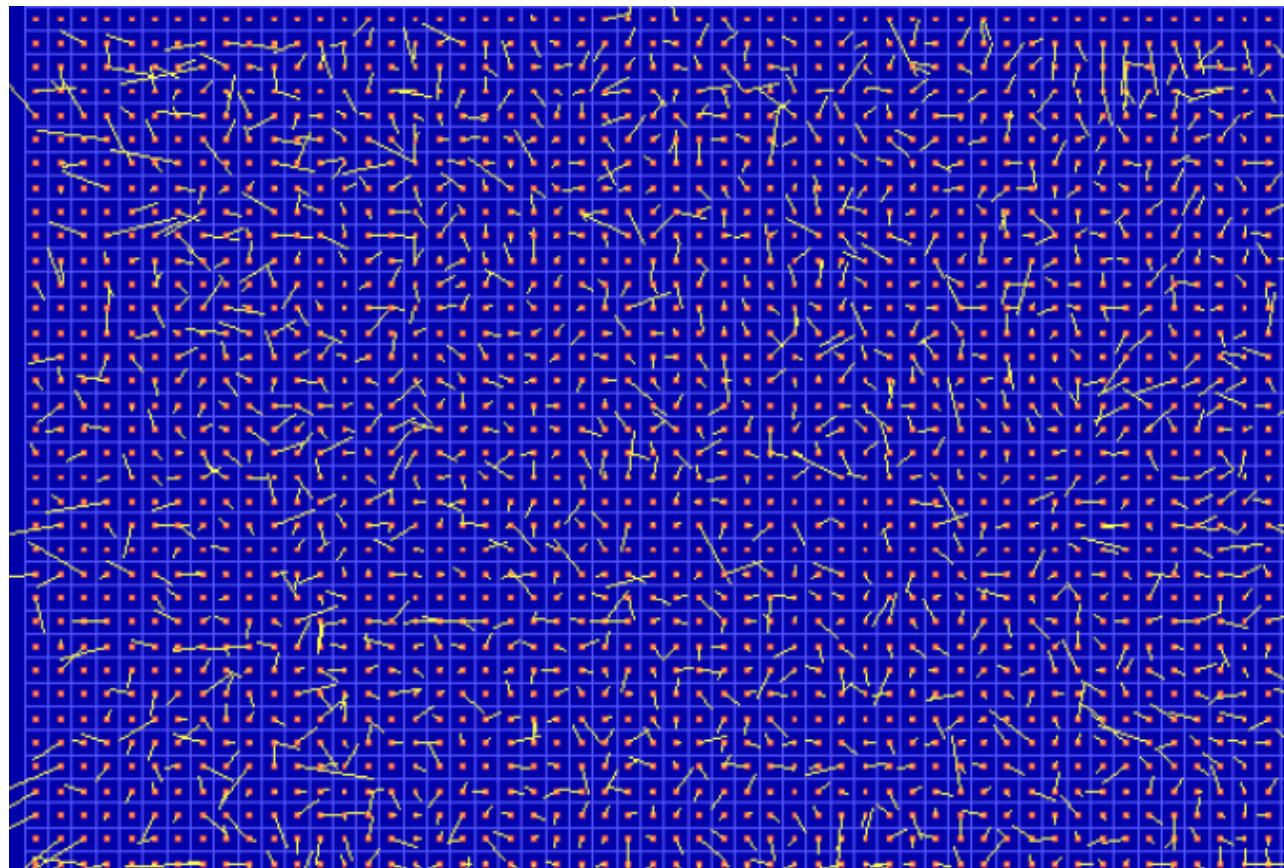
Multispectral Camera

Medium Format Multispectral Output Image
(Upscaled to panchromatic image format)

| | | | |
|------------------------------|-------------|--|------------------|
| Image Format | long track | 67.824mm | 3140pixel |
| | cross track | 103.896mm | 4810pixel |
| Image Extent | | (-33.91, -51.95)mm | (33.91, 51.95)mm |
| Pixel Size | | 21.600µm*21.600µm | |
| Focal Length | | 100.500mm | |
| Principal Point (Level 2) | X_ppa | 0.000 mm | ± 0.002mm |
| | Y_ppa | 0.144 mm | ± 0.002mm |
| Lens Distortion | | Remaining Distortion less than 0.002mm | |

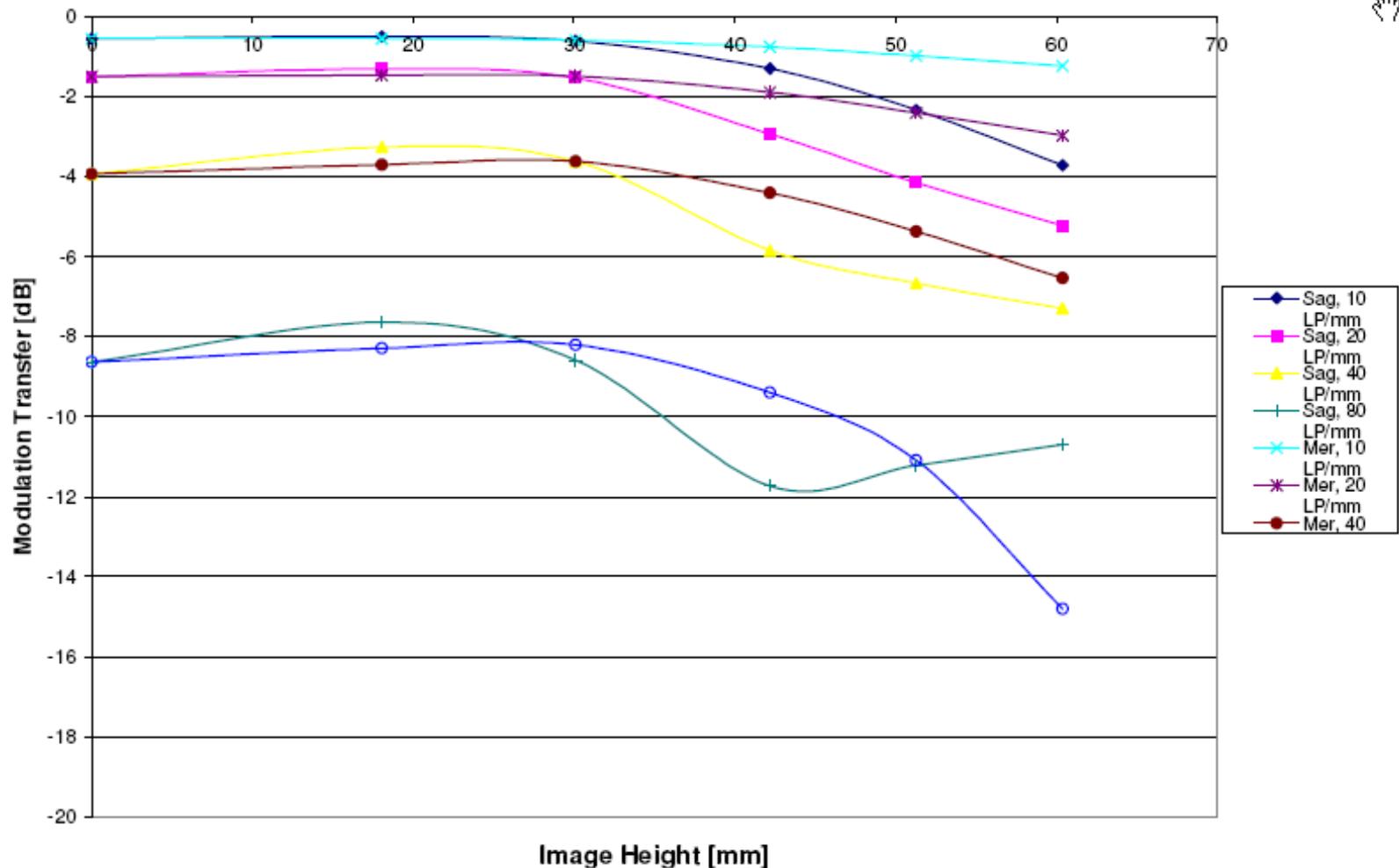


Residual Error (RMS) : 0.71 micron



Resolving Power

Modulation versus Image Height - Aperture f / 5.6



Medium-format Camera

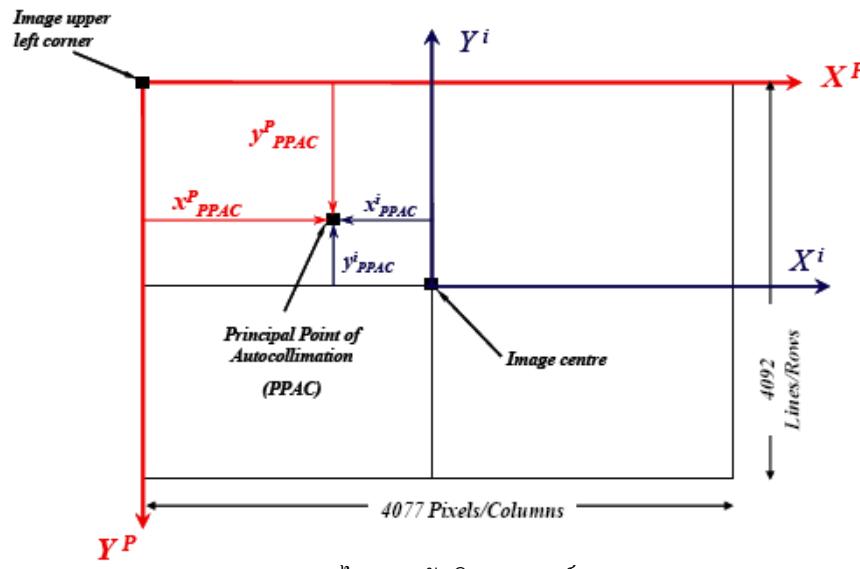
Applanix DSS 301

Calibrated Focal Length & Principle Point Offset

DSS-301 SN0051 f=55 mm April 17, 2007

| Parameter | Value | Accuracy |
|------------------------------------|---------|-----------|
| f (mm) | 55.035 | 0.009 mm |
| x^P_{PPAC} (pixels) ⁺ | 2010.62 | 0.4 pixel |
| y^P_{PPAC} (pixels) ⁺ | 2049.03 | 0.4 pixel |
| x^i_{PPAC} (mm) ⁺⁺ | -0.251 | 0.0036 |
| y^i_{PPAC} (mm) ⁺⁺ | -0.027 | 0.0036 |

- ⁺ x^P_{PPAC} and y^P_{PPAC} are the offsets of the principal point of Autocollimation measured from image upper left corner, (image size 4077 pixels x 4092 lines) see Figure 1
- ⁺⁺ x^i_{PPAC} and y^i_{PPAC} are measured from image centre (pixel size = 9 microns) see Figure 1

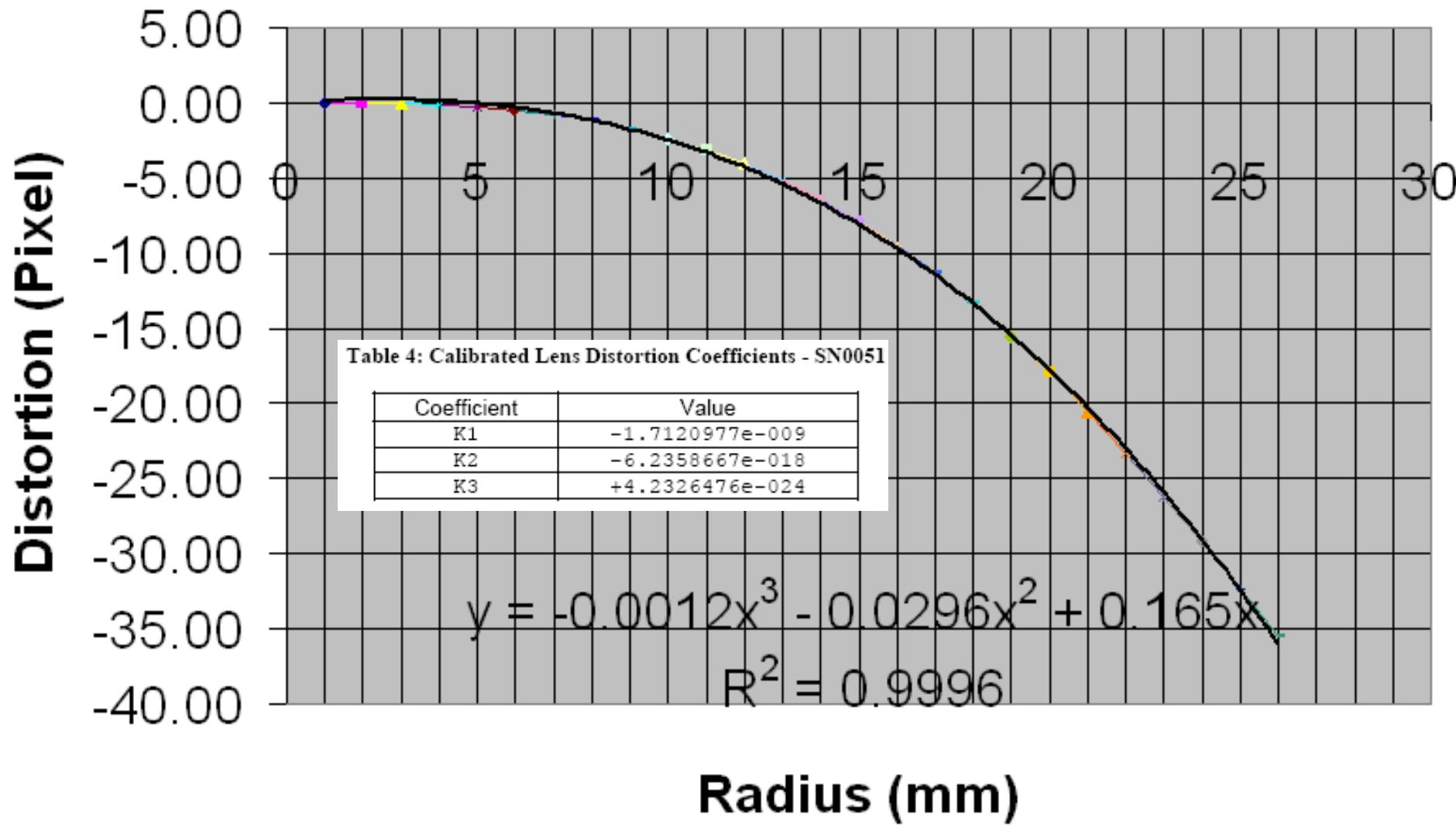


Radial Lens Distortion

Table 3 Radial Lens Distortion Table of DSS 301 SN 0051 - 55mm lens

| Radial Distance (mm) | Radial Distortion (Pixel) | Radial Distortion (microns) |
|----------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 1.00 | -0.00 | -0.021 |
| 2.00 | -0.02 | -0.169 |
| 3.00 | -0.06 | -0.571 |
| 4.00 | -0.15 | -1.354 |
| 5.00 | -0.29 | -2.644 |
| 6.00 | -0.51 | -4.571 |
| 7.00 | -0.81 | -7.259 |
| 8.00 | -1.20 | -10.837 |
| 9.00 | -1.71 | -15.427 |
| 10.00 | -2.35 | -21.152 |
| 11.00 | -3.13 | -28.131 |
| 12.00 | -4.05 | -36.476 |
| 13.00 | -5.14 | -46.291 |
| 14.00 | -6.41 | -57.672 |
| 15.00 | -7.86 | -70.698 |
| 16.00 | -9.49 | -85.436 |
| 17.00 | -11.33 | -101.927 |
| 18.00 | -13.35 | -120.191 |
| 19.00 | -15.58 | -140.213 |
| 20.00 | -17.99 | -161.943 |
| 21.00 | -20.59 | -185.287 |
| 22.00 | -23.34 | -210.099 |
| 23.00 | -26.24 | -236.174 |
| 24.00 | -29.25 | -263.237 |
| 25.00 | -32.33 | -290.936 |
| 26.00 | -35.43 | -318.828 |

Radial Distortion (Pixel)



เสถียรภาพของกล้องและเลนส์ เมื่อเวลาเปลี่ยนไป และเมื่อถอดประกอบเลนส์ใหม่

- ตัวอย่าง DLR 3K Cameras
- เลนส์จาก กล้องซ้าย:Left / กล้อง:Nadir / ขวา:Right
- กล้องกล้อง Nadir: ดึง ตรวจสอบ
 - ครั้งที่ 1: 11-พ.ค.
 - ครั้งที่ 2: 30-พ.ค.
 - ครั้งที่ 3: 30-พ.ค. ถอดออกแล้วใส่กลับคืน

| | Left side | Nadir 11.05. | Nadir 30.05. | Nadir* 30.05. | Right side. |
|---|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------|
| Calib. Focal Length c [mm] | 51.316 | 51.017 ±0.021 | 50.995 ±0.022 | 50.963 ±0.022 | 51.156 |
| Principal point x_0 [mm] | +0.213 | +0.083 ±0.004 | +0.064 ±0.007 | +0.052 ±0.006 | -0.076 |
| Principal point y_0 [mm] | -0.081 | -0.031 ±0.006 | -0.054 ±0.009 | -0.099 ±0.008 | +0.022 |
| Radial Distortion A_1 [m^{-2}] | -57.539 | -55.880 ±0.403 | -57.290 ±0.785 | -55.930 ±0.767 | -56.673 |
| Radial Distortion A_2 [m^{-4}] | 29568.7 | 28337.9 ±1654.2 | 30265.5 ±1613.8 | 28396.5 ±1654.0 | 28210.5 |
| Redundancy Sigma Naught | 11507 | 1307 | 584 | 467 | 3699 |
| σ_0 [μ] | 0.76 | 0.82 | 1.34 | 1.36 | 1.00 |

*After Lens Change

Table 1 Results of camera calibration

ALPA 12 WA (Switzerland)

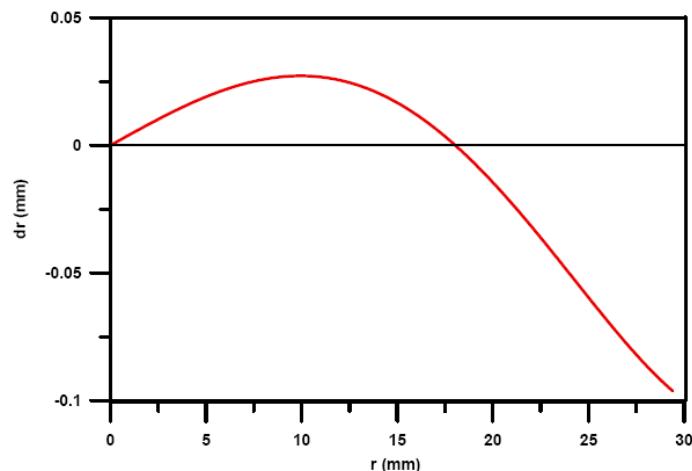


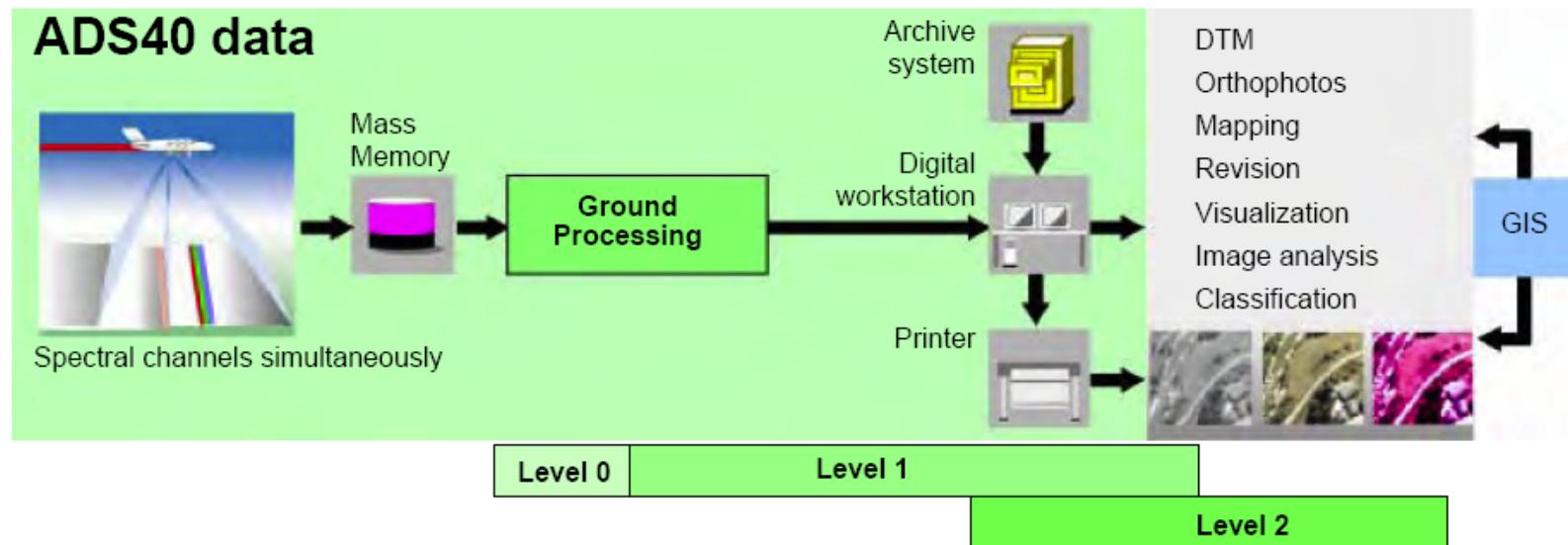
Figure 6. Radial-symmetric lens distortion (dr) of the Schneider Apo-Digitar 5.6/35 mm XL lens plotted against the radial distance from the principal point (r)



?: Schneider Apo-Digitar 5.6/35 mm XL with Copal 0 shutter

Workflow and Processing

Software workflow for Leica ADS40



Level 0 - Raw data

Geometric raw images (TIFF and other formats) and processed orientation data

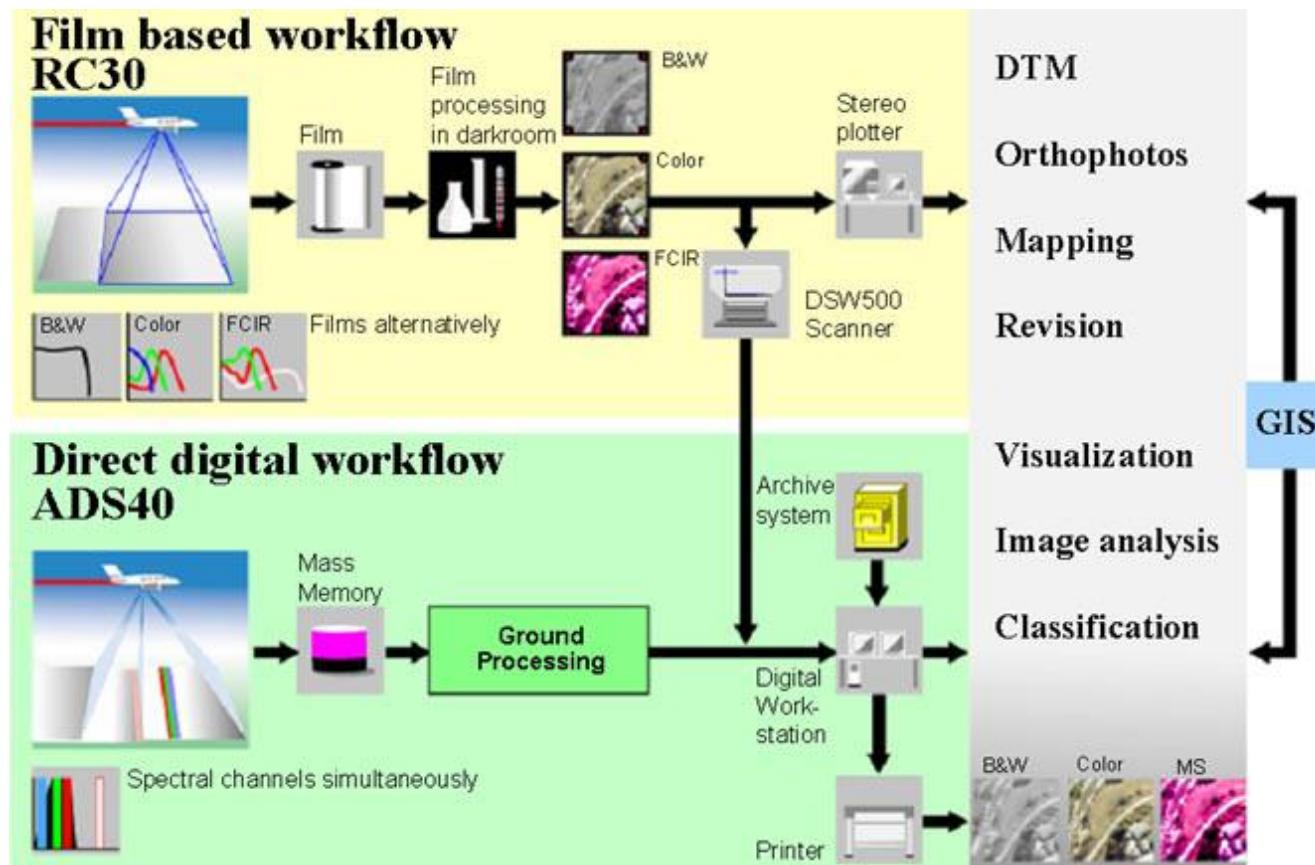
Level 1 - Rectified data

Fully corrected stereo-viewable panchromatic images and fully corrected multispectral images

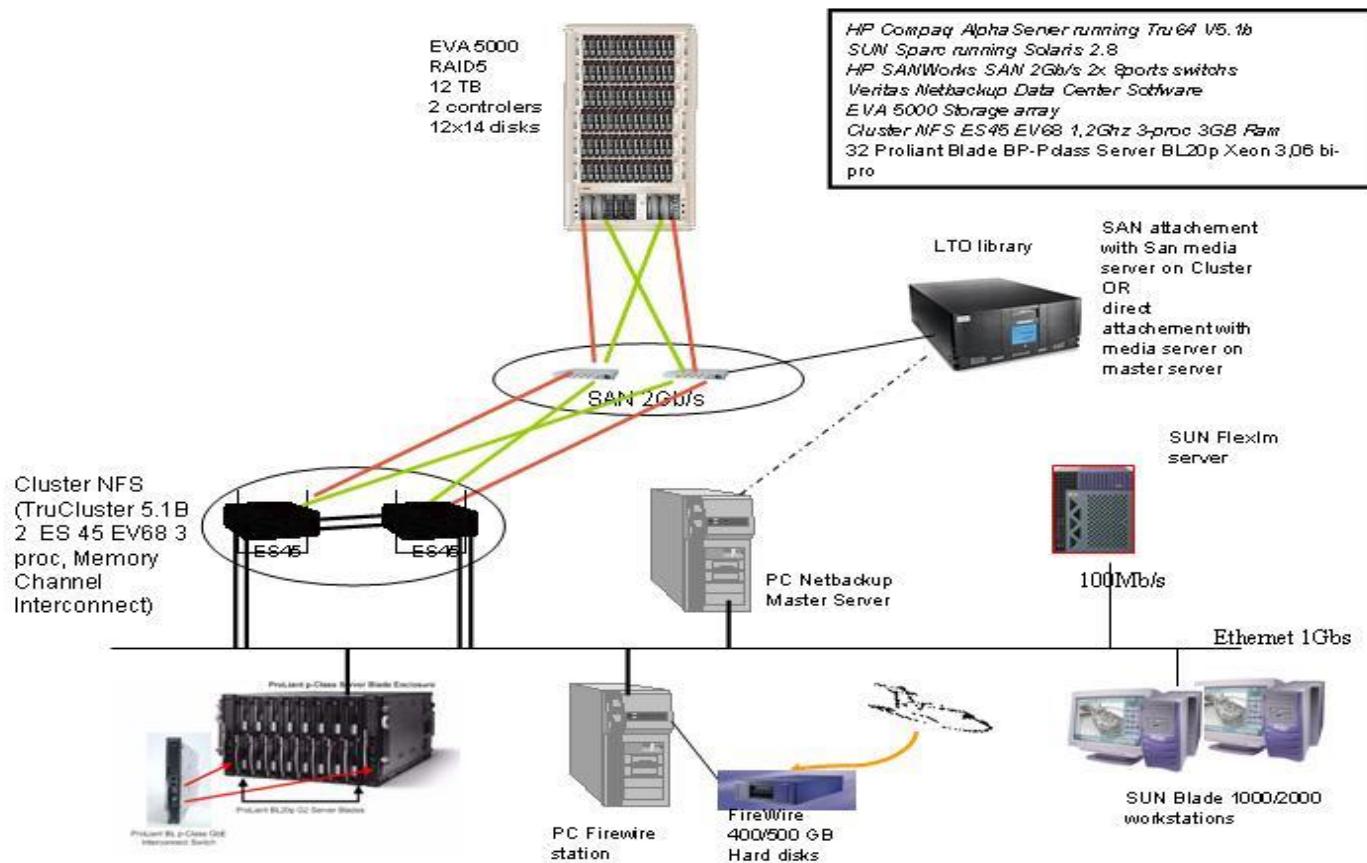
Level 2 - Geo-coded data

Panchromatic and multispectral orthophotos

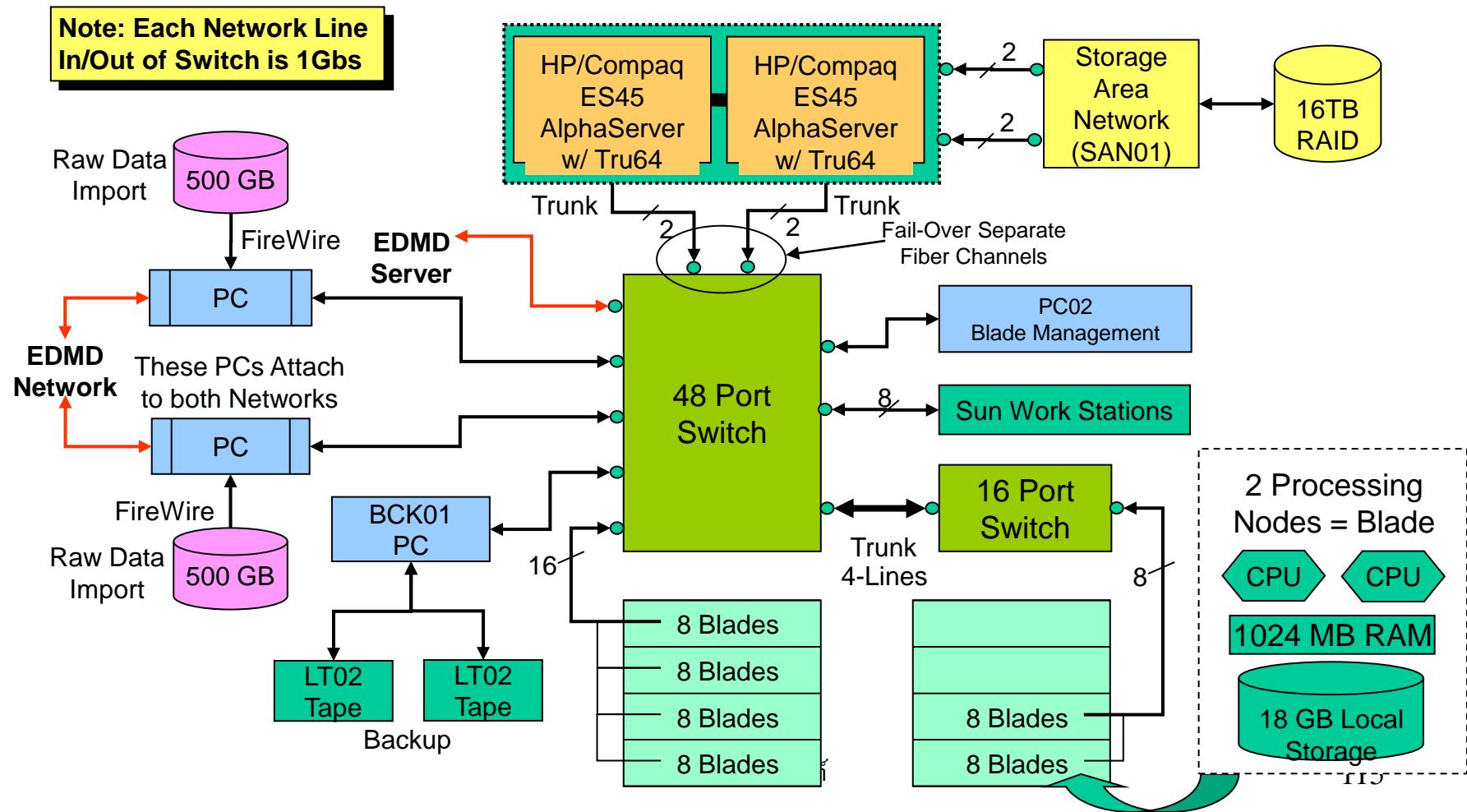
Film-based VS Digital (from Leica GeoSystems)



Processing Farm

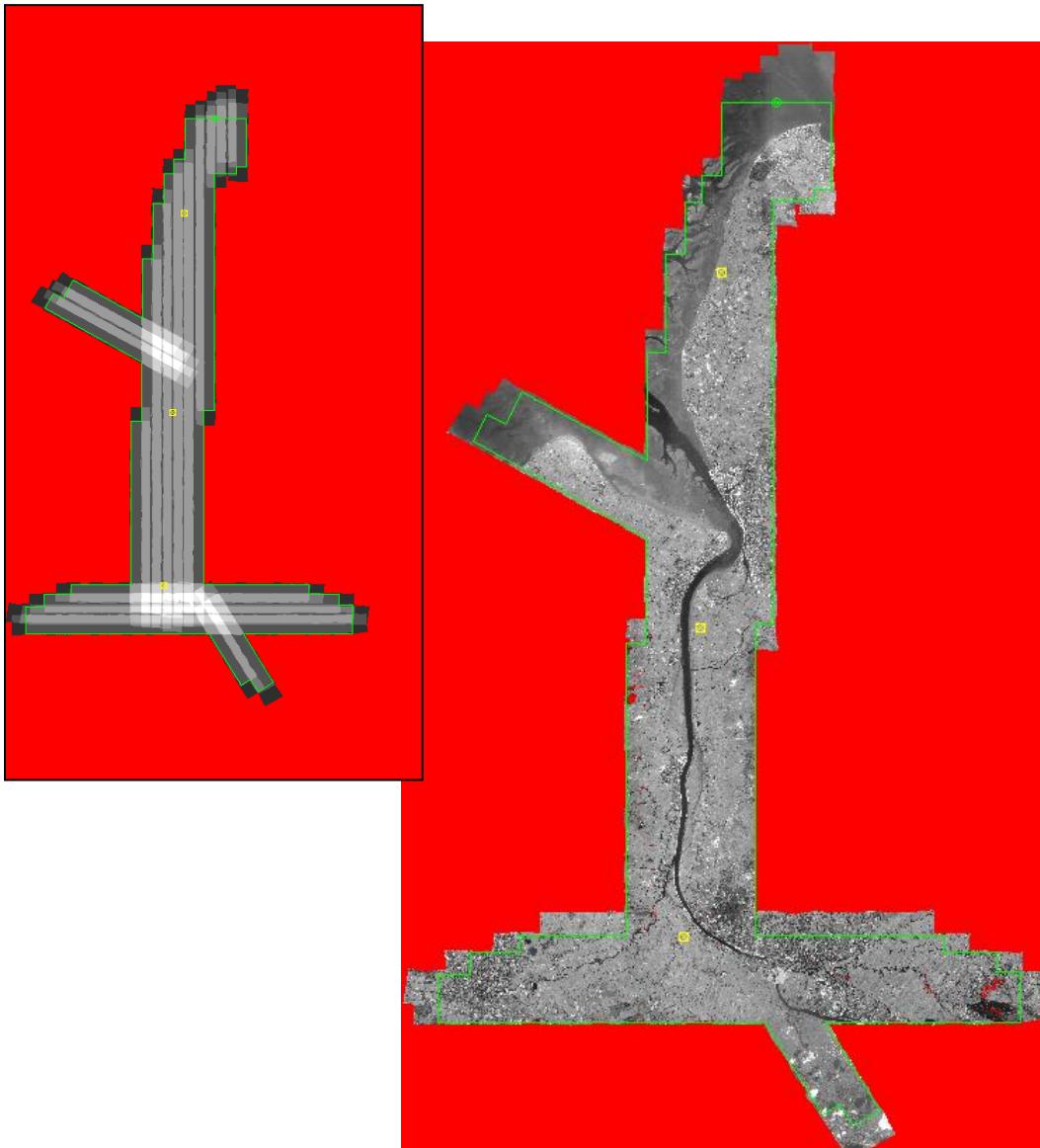


Processing Farm



เพื่อเพิ่มสมรรถนะการประมวลผล

- High-performance Computing (HPC)
- Parallel Processing
- Cluster Computing
- Grid Computing



Acquisition QC

Typical Aerial Triangulation Results

| Project | GCP Residuals After AT | | | | | |
|------------------|------------------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| | Mean (m) | | | RMSE (m) | | |
| | DX | DY | DZ | DX | DY | DZ |
| Lackawanna_10603 | -0.000137 | -0.003761 | 0.089611 | 0.0639 | 0.049144 | 0.110484 |
| Lackawanna_11403 | -0.002138 | -0.036485 | 0.175125 | 0.038039 | 0.072289 | 0.219723 |
| Lackawanna_11703 | -0.000125 | -0.000127 | 0.126068 | 0.102351 | 0.084736 | 0.156748 |
| Lackawanna_All | -0.000683 | -0.000368 | -0.000359 | 0.086062 | 0.069474 | 0.144242 |

| Tie Point Residuals After AT | | | |
|------------------------------|----------|----------------|----------|
| Mean (pixels) | | RM SE (pixels) | |
| Dx | Dy | Dx | Dy |
| -0.019236 | 0.003873 | 0.344211 | 0.36448 |
| -0.019553 | 0.014168 | 0.41333 | 0.364727 |
| 0.015951 | 0.008894 | 0.420734 | 0.360757 |
| -0.009702 | 0.008538 | 0.402957 | 0.371346 |

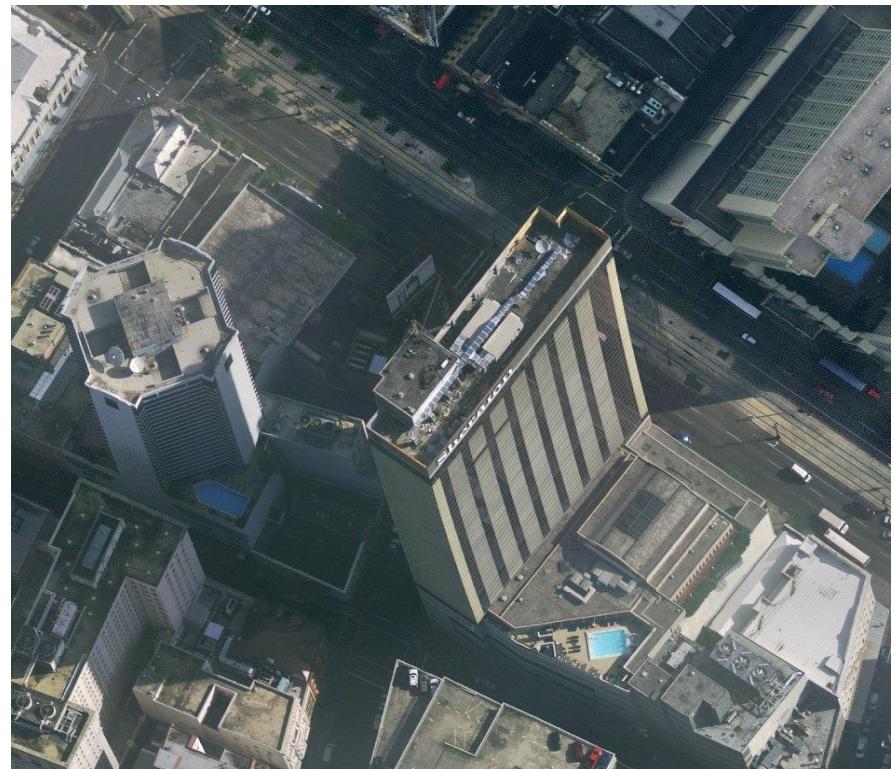
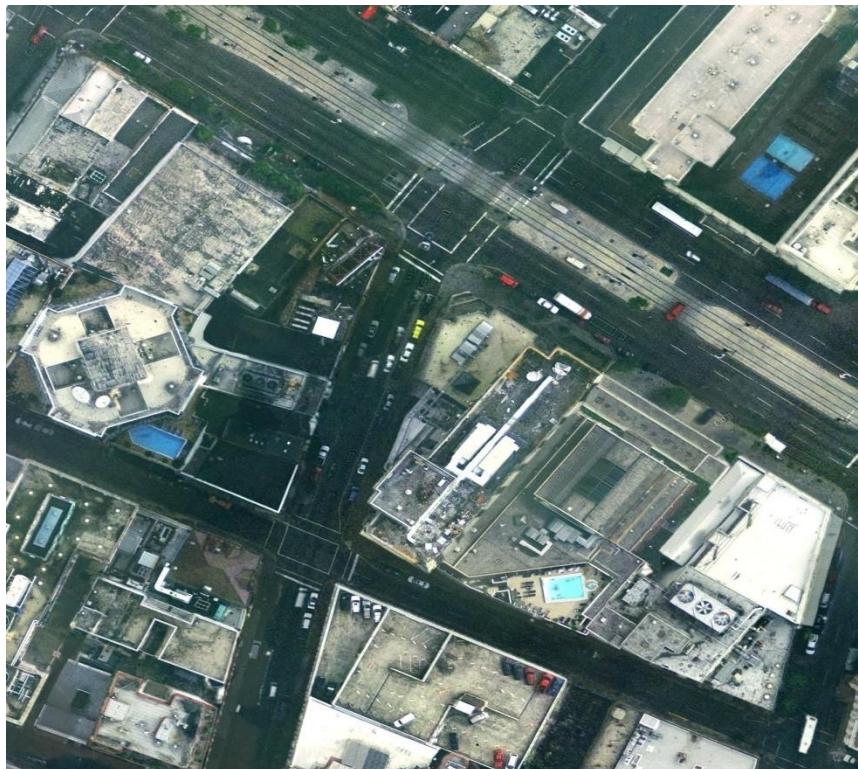
True Orthoimage

seamless, digital orthoimage mosaic in which all terrain distortions and building lean have been eliminated

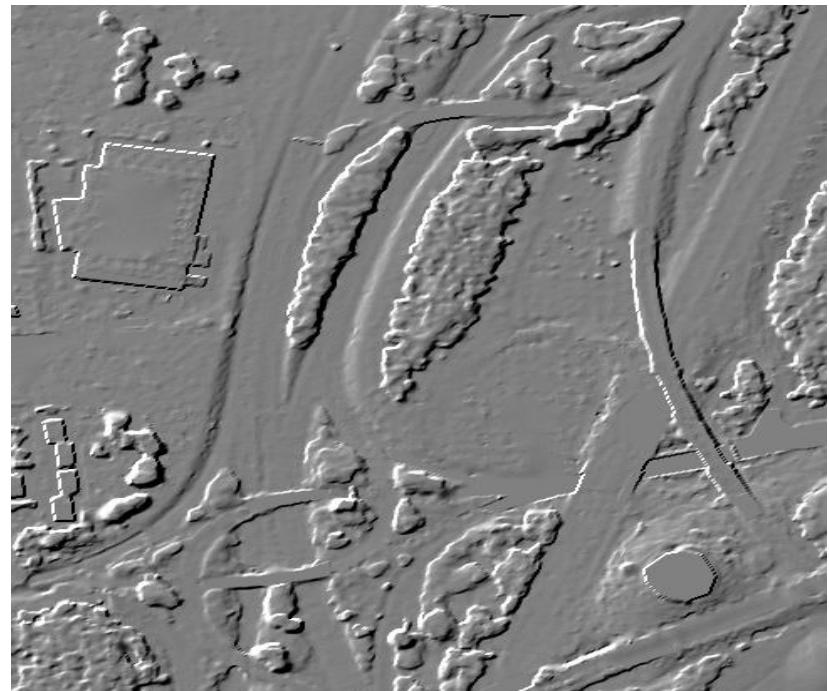
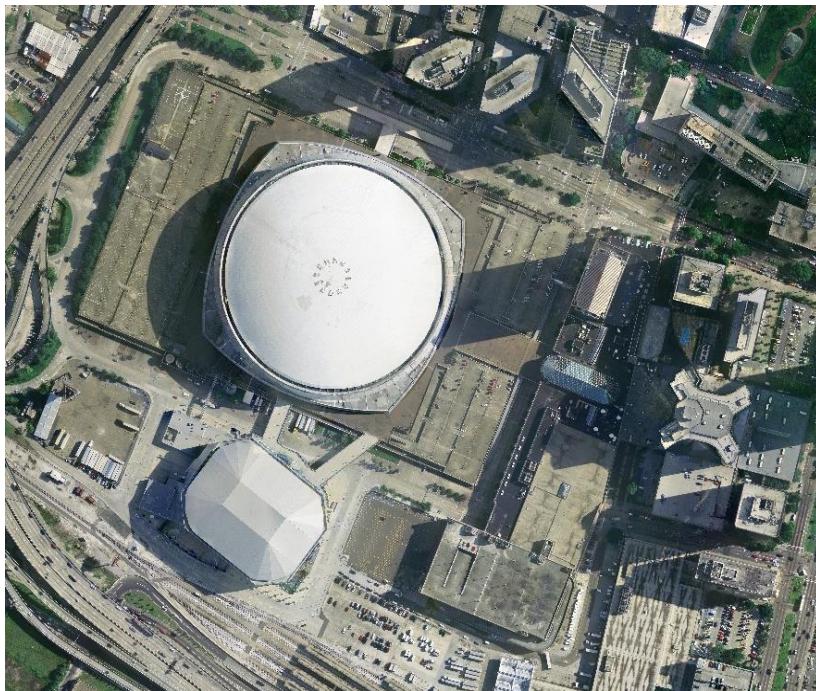
- A single flight co-registered : B&W, Color, CIR and DSM
 - All points imaged from nadir or nearly nadir - no hidden features
- Fully automatic process
 - Parallel ortho generation on 1-n nodes
 - Automatically selects best image pixel from several views
 - Ray tracing/hidden line algorithm based
- Exceptional accuracy: 1' GSD; 1.5' horizontal accuracy
- Improved turn-around times

Product Finishing

‘True Ortho’ ‘Ground Ortho’



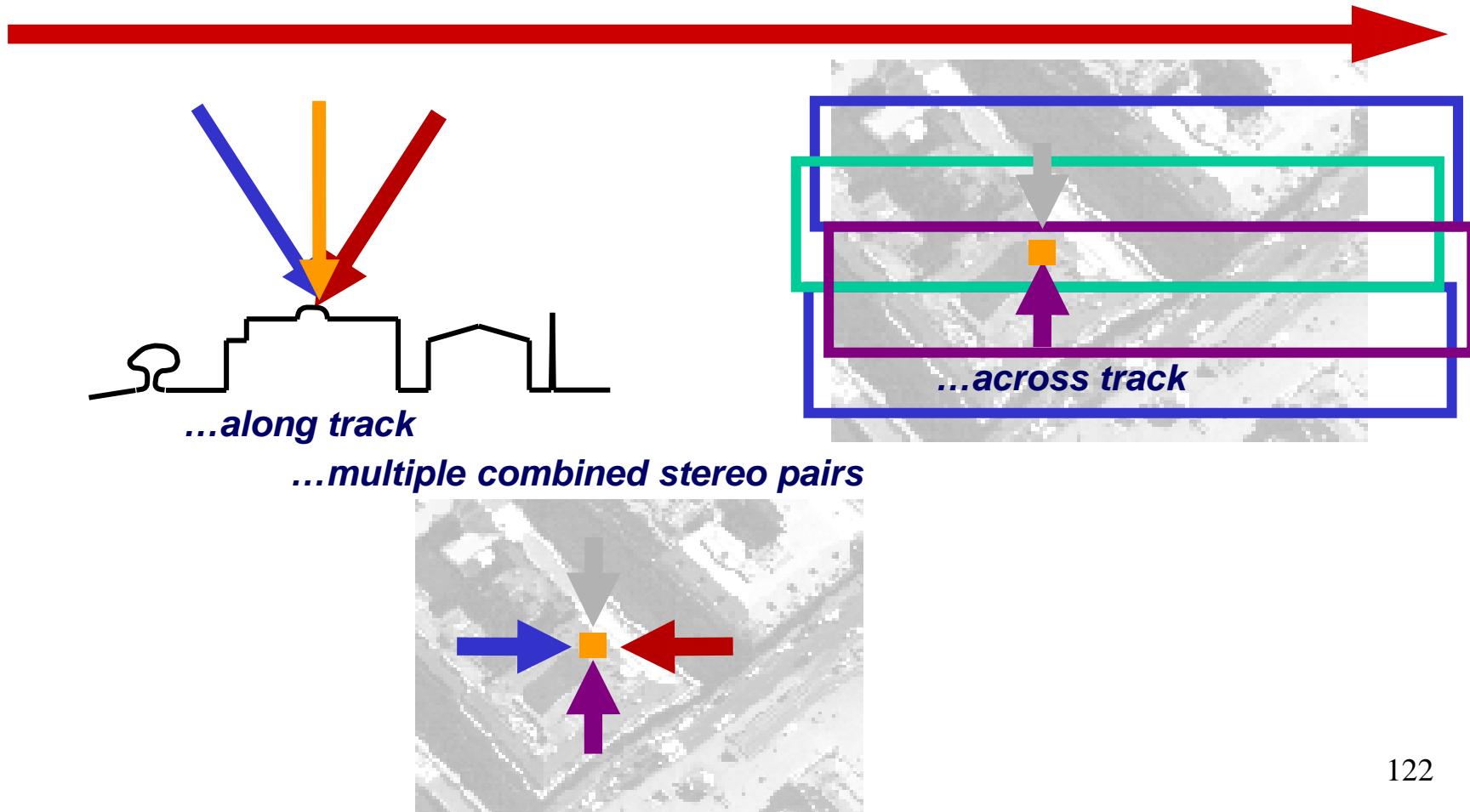
Product Finishing



Matching process

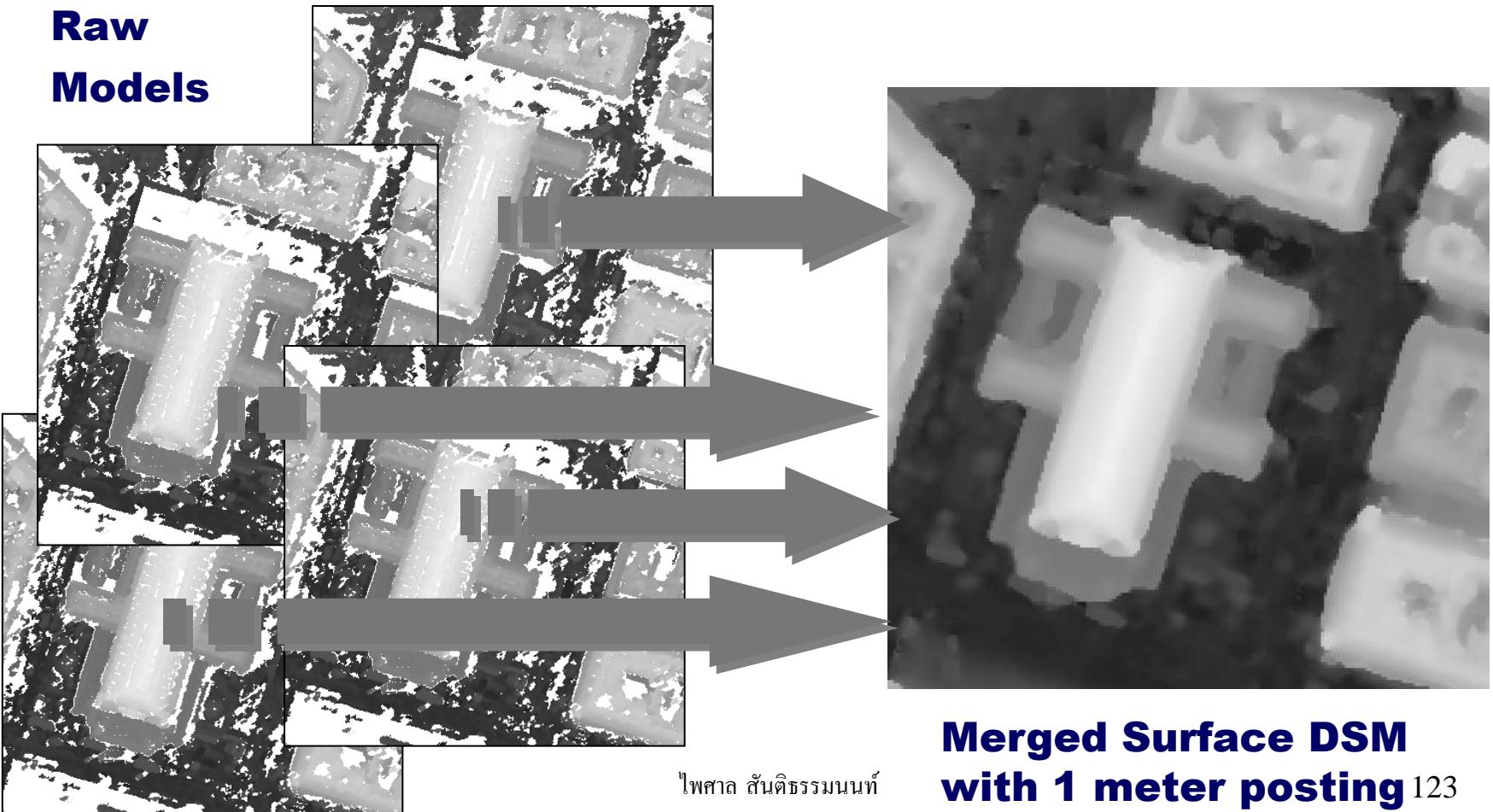
Parallel processing of tiles on 1-n nodes

Stereo pairs are built *for every pixel* from 6-8 image sets



Build Digital Surface Model

**Raw
Models**



Standards

Digital Airborne Photograph

Digital Camera

ASPRS / USGS Digital Camera Standards (1999)

- USGS Plan for the Quality Assurance of Digital Aerial Imagery consists of four main parts:
 - * Digital Aerial Data Contracting Guidelines (Draft Federal Contract Guideline)
 - * Type Certification of Digital Sensors (Draft Manufacturers Certification)
 - * Certification of Data Providers
 - * Quality Assessment Guidelines

Federal Digital Imagery General Contract Guideline (Version 1.0 Date:5-3-2007)

Table PS-1 Sample Specifications

| <i>Item</i> | | <i>Standard (Mfr, lab cal)</i> | <i>Enhanced (In-situ & lab cal)</i> | <i>Precision (Lab & field cal)</i> |
|--------------------|---|---|--|---|
| Geolocation | General | Grossly Specified | More Tightly Specified and Verified | Tightly Specified and Verified In-flight |
| | CEP (90%) | < 120 m | < 10 m | < 1 m |
| | CEP (95%) | <140 m | < 11.5 m | TBR |
| | LEP | <i>TBD</i> | <i>TBD</i> | |
| Spectral | General | Broad gentle cut on and cut off slopes with minimal control of out-of-band rejection and ripple | Broad band with tighter control of cut on and cut off slopes, out-of-band rejection, and ripple. Verified by analysis. | Broad band or narrow band with very tight control of cut on and cut off slopes, out-of-band rejection and ripple. Analogous with ETM+. Verified by measurement. |
| | 50%point | <i>TBD</i> | ±20 nm | ±10 nm |
| | Slopes through 50% | < 0.5%/nm | > 0.5%/nm | > 1%/nm |
| | Out of band rejection, measured across entire detector spectral range | <i>Not Specified</i> | < 5% | < 1 % |
| | Ripple | <i>Not Specified</i> | < 10% | < 5% |
| | Band registration | <i>Not Specified</i> | < 0.5 pixels | < 0.1 pixels |

| | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--|---|--|
| Radiometric | General | None required | Absolute and relative radiometry determined by laboratory characterization. | Absolute and relative radiometry determined by laboratory characterization and field measurements. |
| | Absolute accuracy | <i>Not Specified</i> | ± 10% | ± 5% |
| | Relative accuracy | <i>Not Specified</i> | ± 5% | ± 2% |
| | Signal-to-noise ratio | <i>TBD</i> | TBD | TBD |
| Spatial | General | MTF @ Nyquist and aliasing not defined | MTF @ Nyquist and aliasing defined and determined by laboratory. | MTF @ Nyquist and aliasing defined and determined by laboratory and field measurements. |
| | Relative accuracy | %5 | ± 5% | ± 2% |
| | Linearity | < 5% deviation | < 5% deviation | < 2% deviation |
| | GSD @ nadir | | | |
| | GSD @ geometric mean of useable FOV | | | |
| <i>Item</i> | | <i>Standard (Mfr, lab cal)</i> | <i>Enhanced (In-situ & lab cal)</i> | <i>Precision (Lab & field cal)</i> |
| Compression | | <i>TBD</i> | <i>TBD</i> | Lossless |
| Image Obscuration | | typically ≤ 10% cloud cover or cloud shadow, smoke, dust, haze | | |
| Solar Angle | | Typically solar noon ± 30 ° | | |
| Overlap | Forward | typically 55 – 68% min/max (individual), unless varying topography requires greater max. 57 – 62% average at mean elevation of terrain | | |
| | Side | Typically 30% ± 10% at mean elevation of terrain | | |

6.5.2. Project Data Files

- Description:
- Project Item Area
- Contract Award Number (to be assigned upon award)
- State (2 digit Abbreviation - MO, KS, etc.)
- Nominal Photo Scale
- Nominal Lens Focal Length
- Coordinate System Datum
- Coordinate Data Collection Method (GPS, Digitizing, etc.)
- [For GPS Collection - Antenna offset in meters]
- Estimated Accuracy of Coordinates (within Meters)
- Standard Deviation in meters
- Date ASCII Exposure Data File was created (YYYYMMDD)

USGS: Frame-center data file

6.5.3. [Optional] Image Frame-Center Data File. The Contractor shall create an image frame-center data file for digital camera systems. Contractor shall include an image frame-center data file containing, at a minimum, the following attributes:

| DESCRIPTION | NUMBER OF CHARACTERS IN FIELD |
|--|-------------------------------|
| Project Code | 6 |
| Date of Exposure (YYYYMMDD) | 8 |
| Photo Number | 10 |
| Flight Line | 4 |
| GPS Time of Exposure | 12 |
| Latitude (DD.DDDDD) | 8 |
| Longitude (- DDD.DDDDD (Negative)) | 10 |
| Altitude | 14 |
| Pitch | 10 |
| Roll | 10 |
| Heading | 10 |
| Omega | 10 |
| Phi | 10 |
| Kappa | 10 |
| Camera Lens Serial Number | 10 |
| Calibrated Focal Length in millimeters (mm) | 7 |
| Flight Altitude in meters at camera (MMMMMM.MM; MSL) | 8 |

Quality Assurance

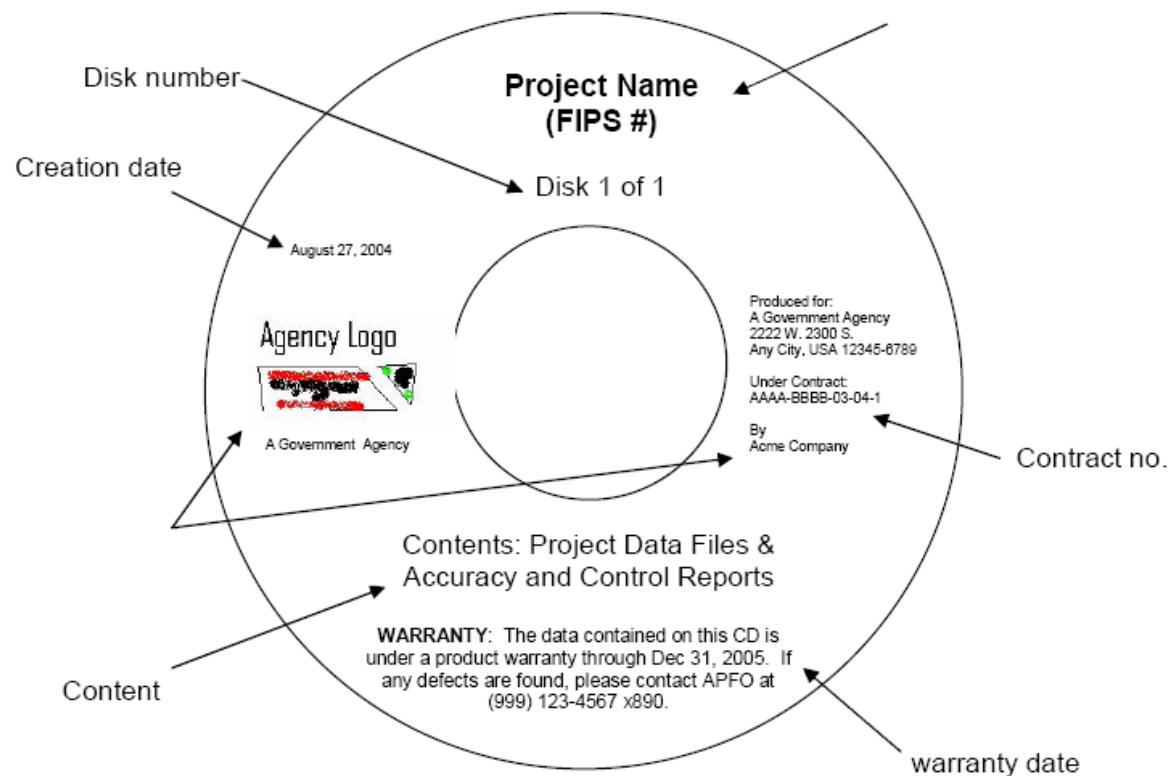
| Task | Quality Performance Standard | Acceptable Quality Level | Means of Measurement |
|---------------------------------------|--|--|--|
| Label final product | BLM standard | 100% compliance | Visual inspection |
| Maintain required coverage | 2000 feet wide, river endpoints | +/- 150 feet to either side of river. | Visual inspection |
| | completely covered | No gaps in coverage. | |
| Geospatial horizontal accuracy | NSSDA, 10-meter DEM | 95% of pixels \leq 10 meters of actual geographic position | Comparison with at least 4 - 20 ground control points |
| Band-to-band registration accuracy | ASPRS standards currently in development stage | \leq 1 pixel | Visual Inspection |
| Scene-to-scene edge-matching accuracy | ASPRS standards currently in development stage | \leq 3 pixels and no data gaps | Visual inspection |
| Sun angle | Time of year plus latitude | $\geq 50^\circ$ (Normally) | Time at beginning/end of flight lines compared with government furnished sun angle chart |
| Frame to frame overlap | BLM standard: Endlap 60%, Sidelap 30rtty% | +/- 10% | Measurement of raw image files |
| Environmental conditions | BLM standard | No ground obscurrence | Visual review |
| Index | BLM standard | Both Digital and text indexes 10% complete | Visual review |
| Metadata | BLM standard | 100% complete | Visual review |

Calibration Needs

Table E-2 Calibration Matrix 1

| <i>Item</i> | | <i>Standard</i> | <i>Enhanced</i> | <i>Precision</i> |
|--------------------|-------------------------|-----------------------------|-----------------|----------------------|
| Calibration Report | Spatial calibration | By Analysis | Laboratory | Laboratory/In Flight |
| | Spectral calibration | Manufacturer Specifications | Laboratory | Laboratory |
| | Radiometric calibration | Manufacturer Specifications | Laboratory | Laboratory/In Flight |
| | Geolocation | TBD | TBD | TBD |

Project Data Files
Disk Labeling Requirements



European Standard

EuroSDR Digital Airborne Camera Certification

15/06/2007



M. Cramer

European Digital Airborne Camera Certification – EuroDAC²

Position Paper

Officially accepted by the EuroSDR Science Committee and Board of Delegates
Rotterdam, The Netherlands, May 24, 2007

ตัวอย่างโครงการขนาดใหญ่ที่มีการใช้
Air-borned Photogrammetry
ประสบความสำเร็จ

Acquisition Trends from EarthData Inc.

- 2003-2004 flight season
 - Initially 50/50 split ADS-40 Vs film
 - Currently 60/40 ADS-40 Vs film
- Anticipate 70% plus ADS-40 near term

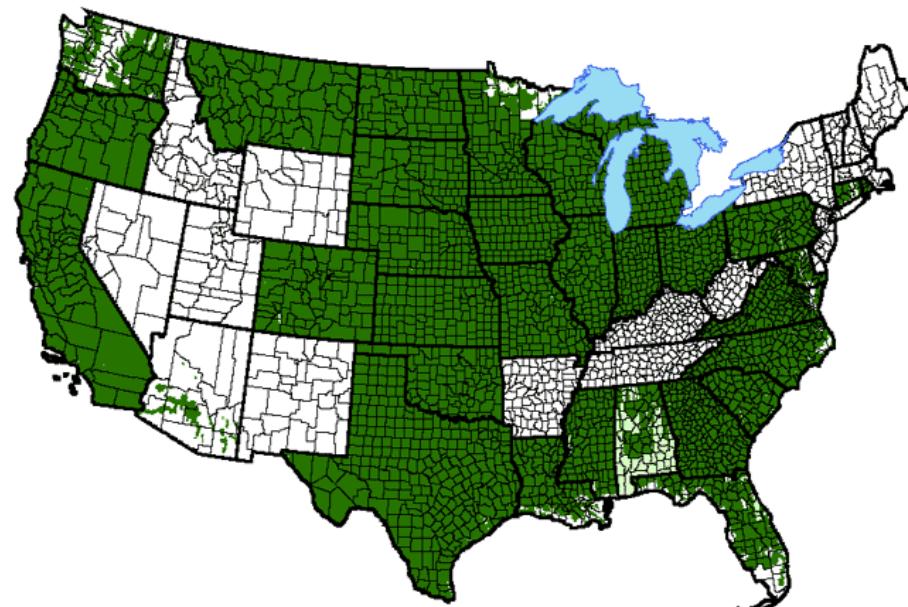
National Agriculture Imagery Program (NAIP)

- ดำเนินการโดย US Forestry Agency
- เพื่อใช้ในการตรวจสอบและจัดการฟาร์ม National Agriculture Imagery Program (NAIP)
- เป้าหมายผลิตแผนที่ภาพออร์โทให้ทันใช้ใน 1 ปี ของฤดูกาลผลผลิต
- แผนที่ภาพออร์โทเป็นทั้งชนิดสีและอินฟราเรด
- แผนที่ภาพมีความละเอียดจุดภาพ 1 เมตร แต่ความละเอียดถูกต้องทางระบายนอยู่ในเกณฑ์ 5 เมตร ซึ่งเทียบเท่าแผนที่มาตราส่วน 1:12,000

สถานภาพ 2005

December 2, 2005

2005 NAIP IMAGERY STATUS



- █ AREAS FLOWN
- █ AREAS CONTRACTED

US Department of Agriculture (2003)

- เพื่อใช้ในการตรวจสอบและจัดการฟาร์ม National Agriculture Image Program (NAIP)
- ใช้ Leica ADS40 รวมกัน 6 กล้อง ในการบันทึกภาพ
- ครอบคลุมพื้นที่ 380,000 ตร.ไมล์ หรือ 972,800 ตร.กม. ของมลรัฐเท็กซัส ไอдаโฮ และหลุยส์เซียนา
- ข้อมูลภาพสีและอินฟราเรด กว่า 10 เทระไบต์ เพื่อผลิตเป็นแผนที่ภาพออร์โท ความละเอียดจุดภาพ 1 เมตร
- ในปีแรก 2003 ได้แผนที่ภาพ DOQQ 5,900 ระหว่างครอบคลุม 90,000 ตร.ไมล์ หรือ 230,400 ตร.กม. ใช้เวลาบันทึกภาพและประมวลผล มิถุนายน ถึง สิงหาคม



Block: Ghent by Hansa Luftbild

1:6,440 : GSD 0.77 m : 53 GCPs (23 ICPs)

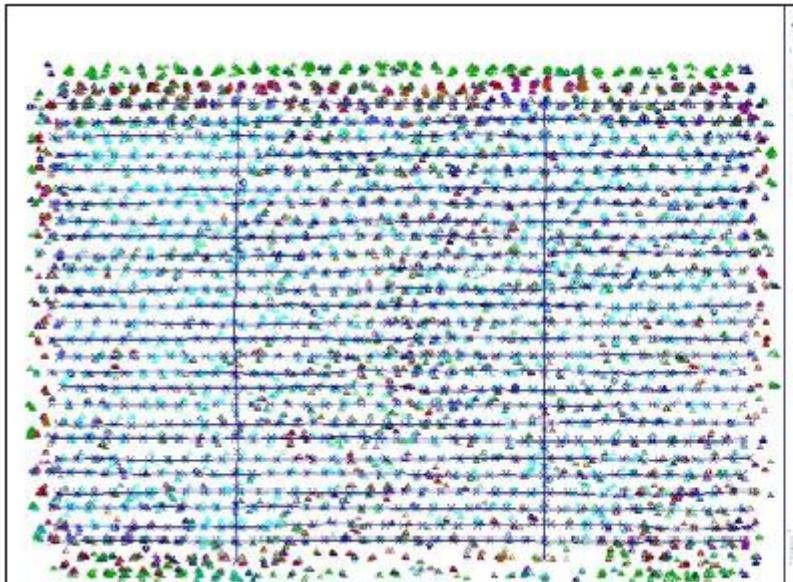


Figure 3: DMC-block Ghent

80% end lap, 20% side lap
7.7cm GSD

color coded number of images/point
 ≥ 12 images/point = blue
up to 21 images/point
11899 object points, 1105 photos
102 132 image points
in average 8.6 images / point

อากาศยานในอนาคต สำหรับการทำแผนที่

อากาศยานปั๊จจุบัน

- ราคาแพง
- ค่าใช้จ่ายในการบินสูงมาก 40,000 บาท/ต่อชั่วโมง

การพัฒนาอากาศยาน

- น้ำหนักเบา
- ใช้เชื้อเพลิงหรือพลังงานน้ำมัน เช่น แสงอาทิตย์
- ใช้การควบคุมจากระยะไกล
- ไม่ต้องมีนักบิน unmanned
- → UAV : Unmanned Airborne Vehicle

DigiFly (IGI GmbH)



PAYLOADS:

- Daylight video camera, color, 470 lines
- Dawn video camera, b/w, 570 lines, 0.0003 lux, f 1.4
- Thermal-IR video sensor, 160 x 120 pixel
- Digital camera, 7 Mpixel, 256 MB storage

DIGIFLY OVERVIEW

| <i>DigiFLY type</i> | | <i>empty weight</i> | <i>payload</i> | <i>total weight</i> |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------|----------------|---------------------|
| <i>DF-50</i> | delivery time: approx. 1 month | 0.3kg | 0.05kg | 0.35kg |
| <i>DF-300</i> | delivery time: approx. spring 2006 | 0.7kg | 0.3kg | 1kg |
| Coming soon: | | | | |
| <i>DF-1500</i> | delivery time: approx. summer 2006 | 3.5kg | 1.5kg | 5kg |
| <i>DF-5000</i> | delivery time: approx. 2007 | 15kg | 5kg | 20kg |

High Altitude Long Endurance Unmanned Aerial Vehicle (HALE UAV)

- ค่าใช้จ่ายต่ำ
- ความละเอียดจุดภาพ 0.15 เมตร
- บิน 9 เดือนต่อเนื่อง โดยมีต้องเติมเชื้อเพลิง
- ดาวน์โหลดข้อมูลลงสู่พื้นดินอย่างรวดเร็ว
- ไม่เป็นภัยต่อสิ่งแวดล้อม
- ไม่ขัดต่อระเบียบการจราจรทางอากาศ