

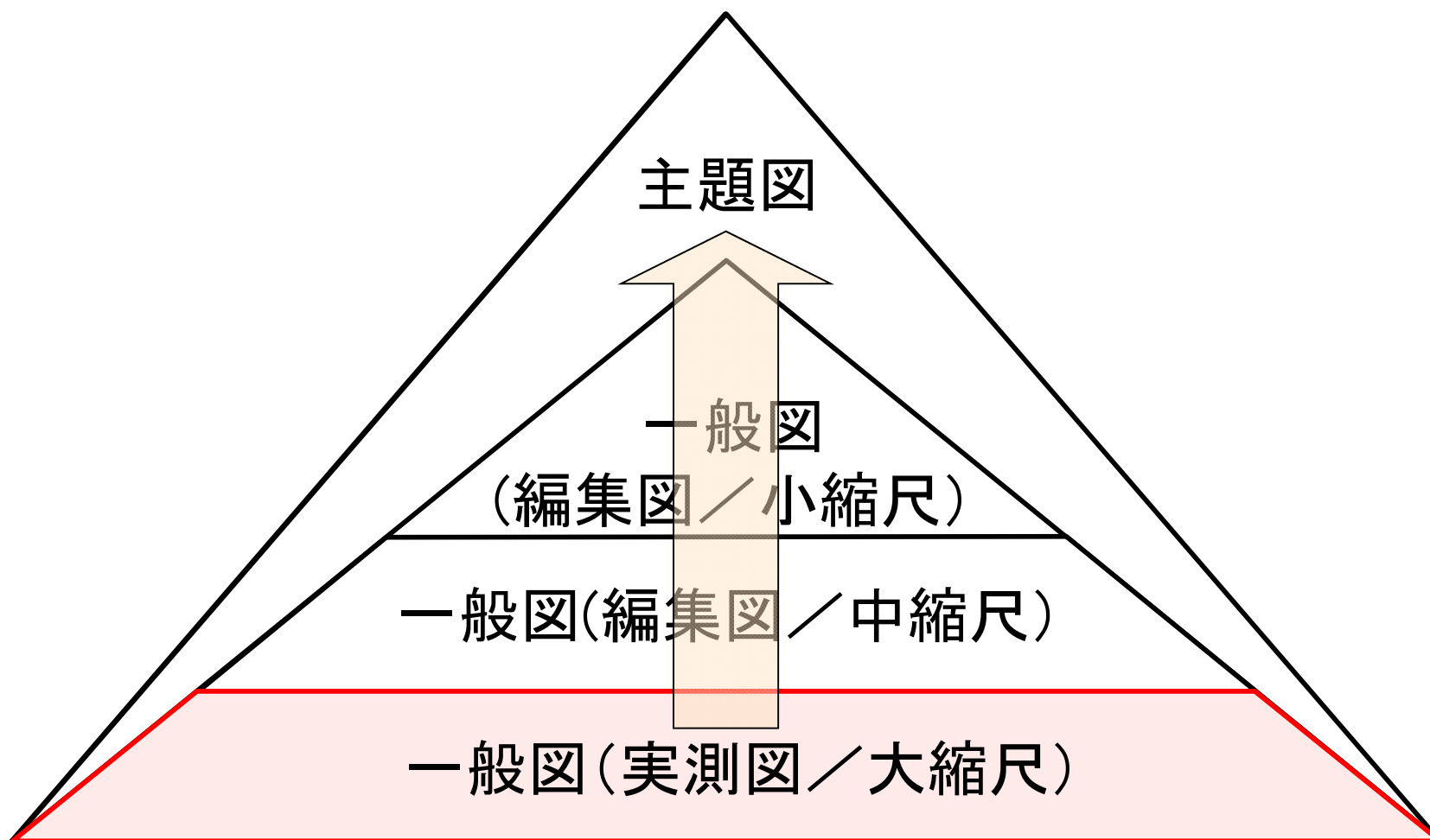
航空カメラの歴史にみる (空中)写真測量の将来展望

2013年6月28日

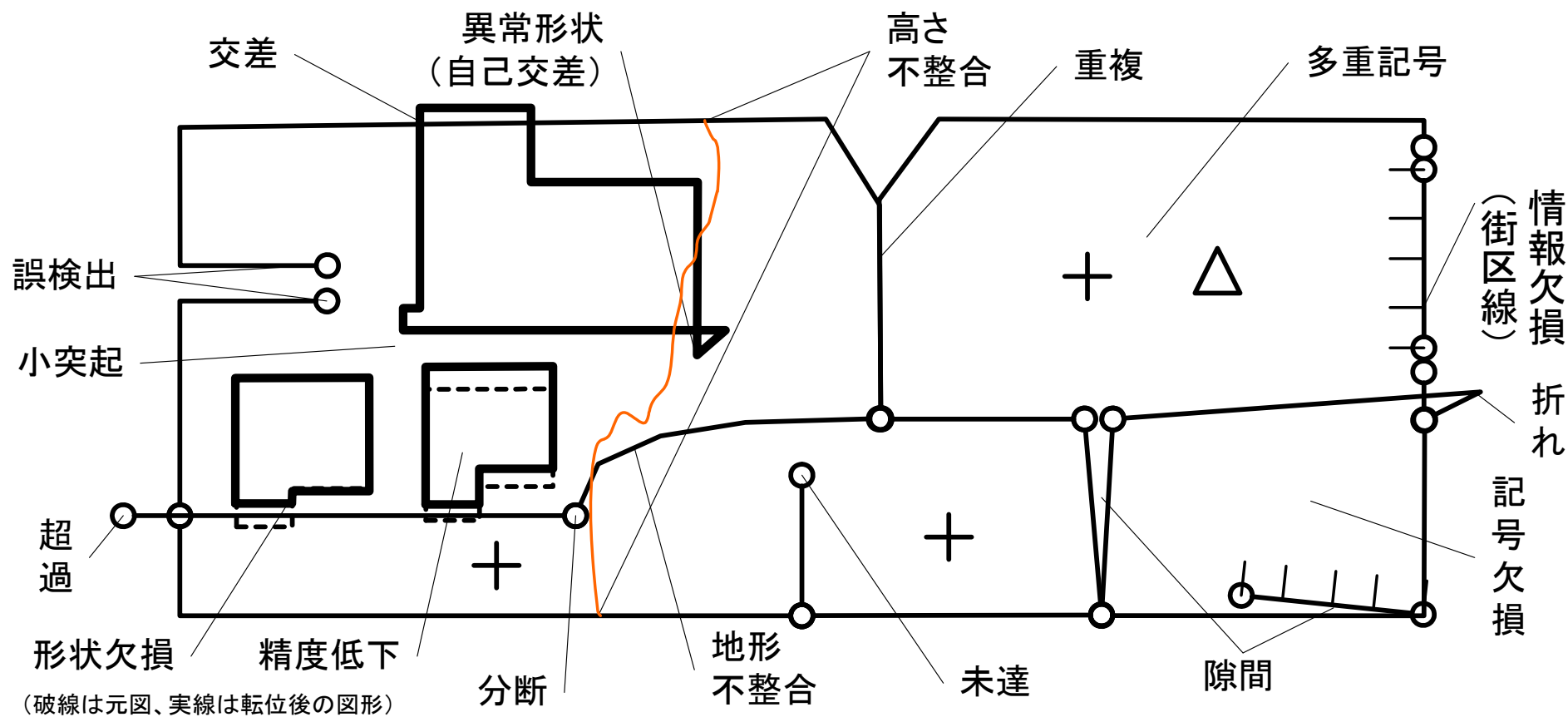
公益社団法人日本測量協会

津留 宏介

その前に、
自己紹介を兼ねて近年の取り組み



その前に、 自己紹介を兼ねて近年の取り組み

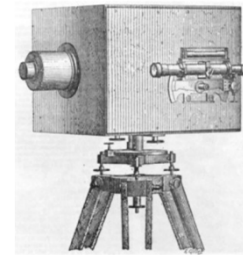


目次

1. 写真測量小史
2. 航空カメラの変遷
 - － アナログ航空カメラ
 - － デジタル航空カメラ
3. 周辺技術の変遷
4. まとめ

写真測量小史

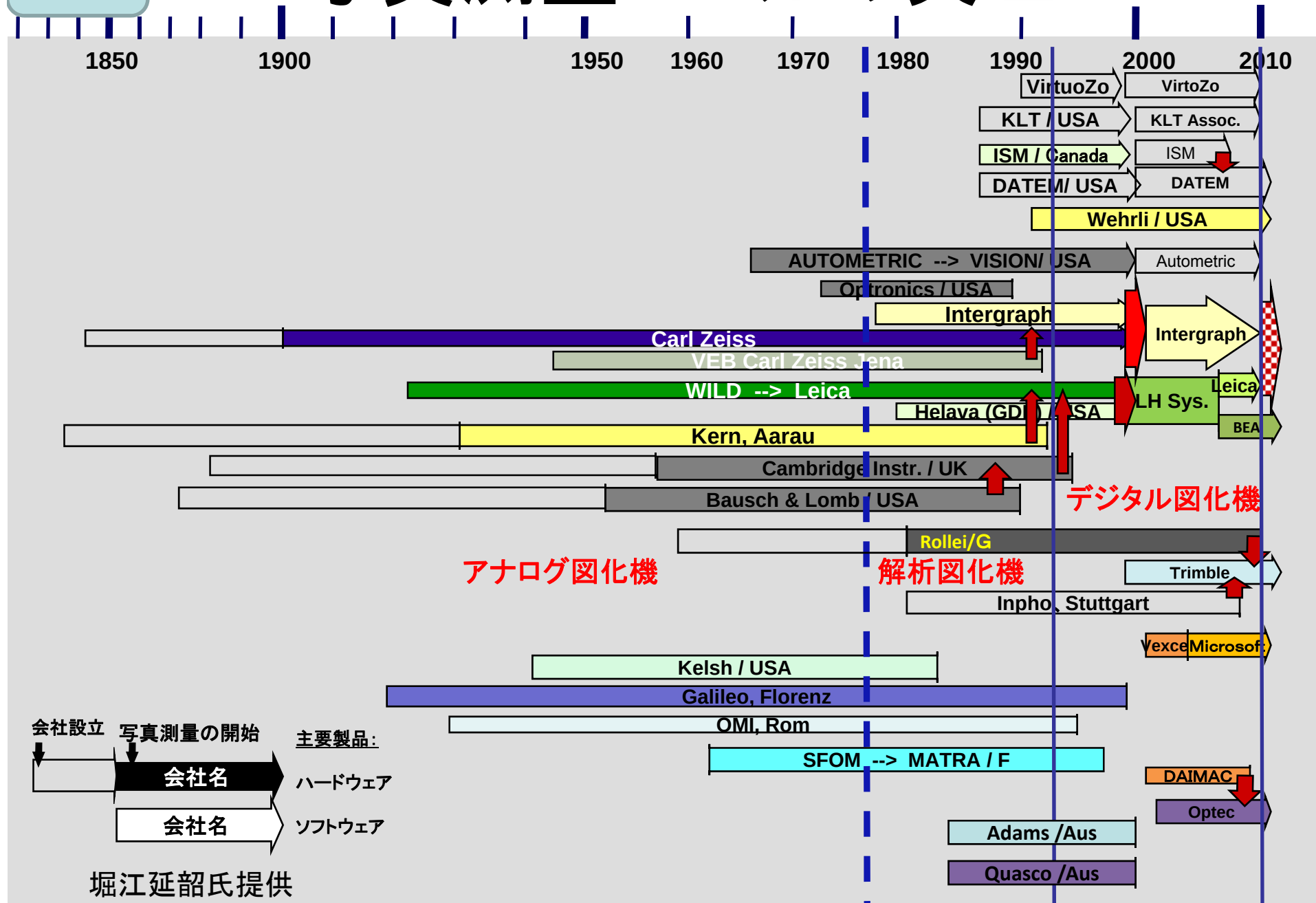
- 1825 世界最古の写真
- 1837 実用的な写真
- 1849 地上写真を地図作成へ応用
- 1862 風の紐にカメラをくくりつけて空中写真撮影
- 1903 動力飛行成功
- 1914 航空機にカメラ装填
- 1916 ロールフィルムの装填
- 1930 垂直写真が主流となる
- 1960s 解析写真測量の開始
- 1976 解析図化機の開発
- 1983 『解析写真測量』出版
- 1986 SPOT衛星打ち上げ
- 1988 KERNがDSPを発表
- 1993 航空機TLSによる撮影
- 2001 ADS40販売開始
- 2003 DMC販売開始
- 2003 UCD販売開始



上から

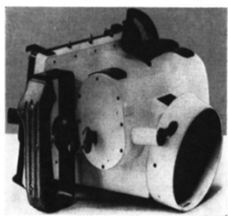
- 1825年 Joseph Nicéphore Niépce 「馬を引く男」
- 1826年 Joseph Nicéphore Niépce 「自室からの眺め」
- Aime Laussedatが使用した写真機
- ライト兄弟初飛行「ライトフライヤー号」
- SPOT衛星1号
- TLS画像

写真測量メーカーの興亡

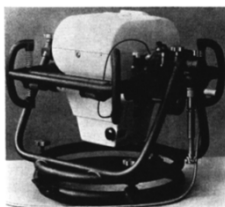


2

航空カメラの変遷



1918 : ハンドカメラ



1922 : RMK C1



1930 : 4 x RMK C/1



1956 : RMK
1960 : RMK A



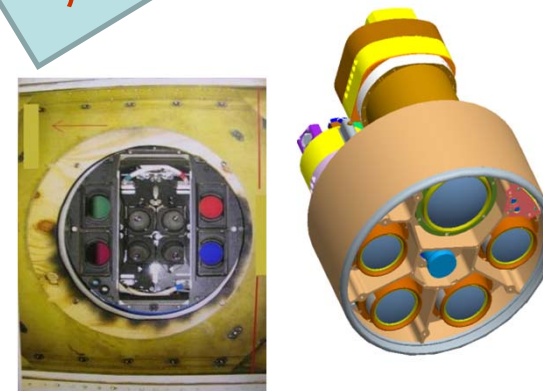
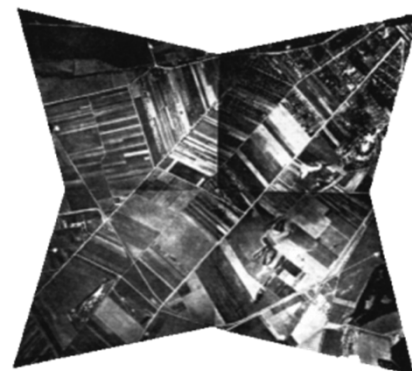
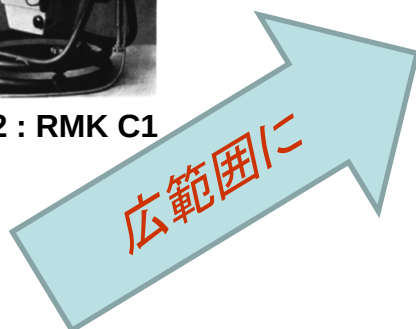
1989 : RMK TOP



2003 : DMC



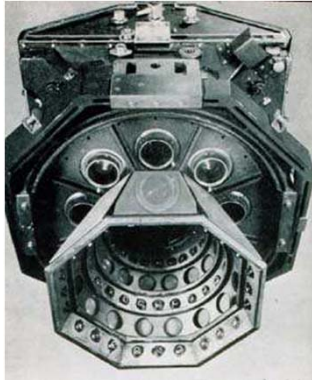
2010 : DMC II



画像: 堀江延韶氏提供 7

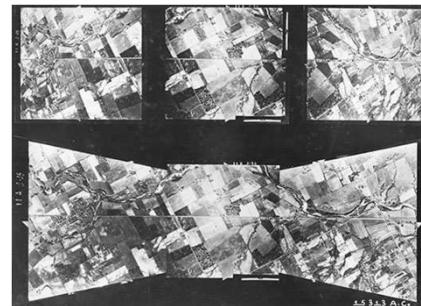
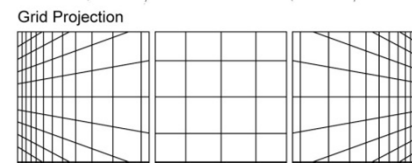
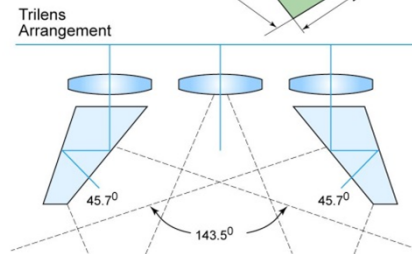
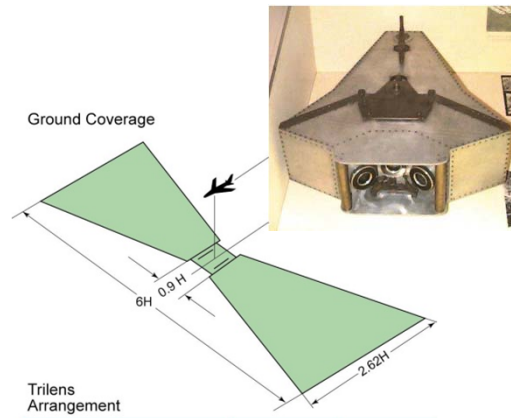
2a

アナログ航空カメラの変遷

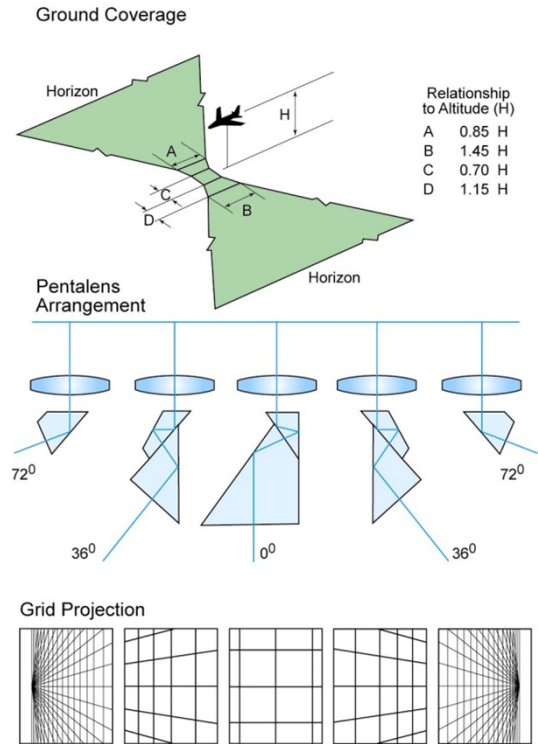


USC&GS 9-lens Camera

<http://www.ferris.edu/htmls/academics/course.offerings/burtchr/sure340/notes/History.pdf>



Zeiss KRb 8/24 1960s



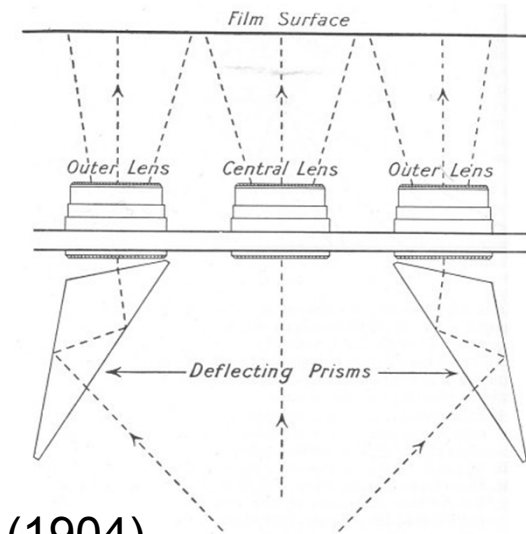
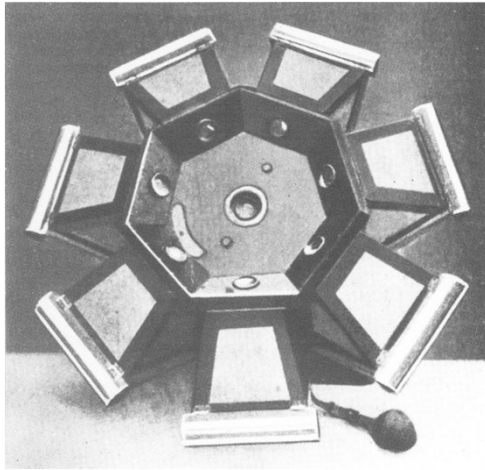
Zeiss KRb 6/24 1970S



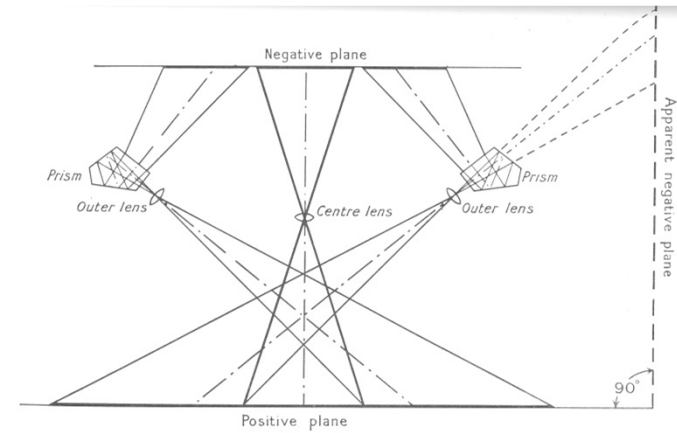
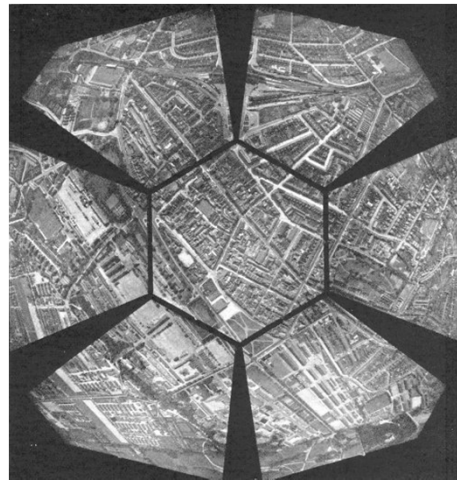
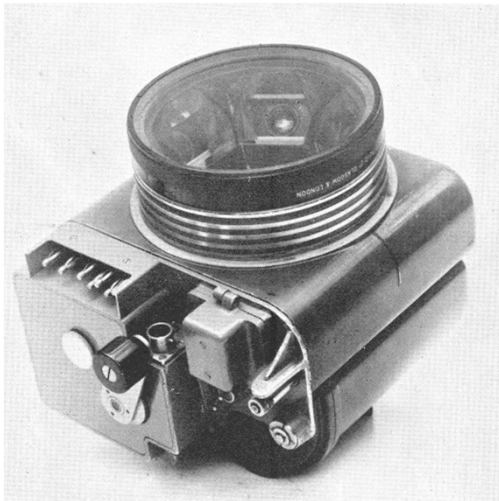
We make it visible.

2a

多玉鏡カメラ



(a) 8玉鏡カメラ **Schiempflug** (1904)

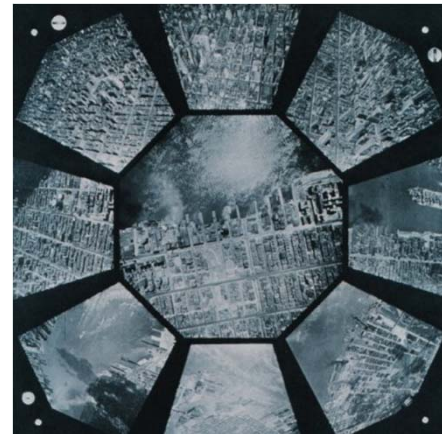
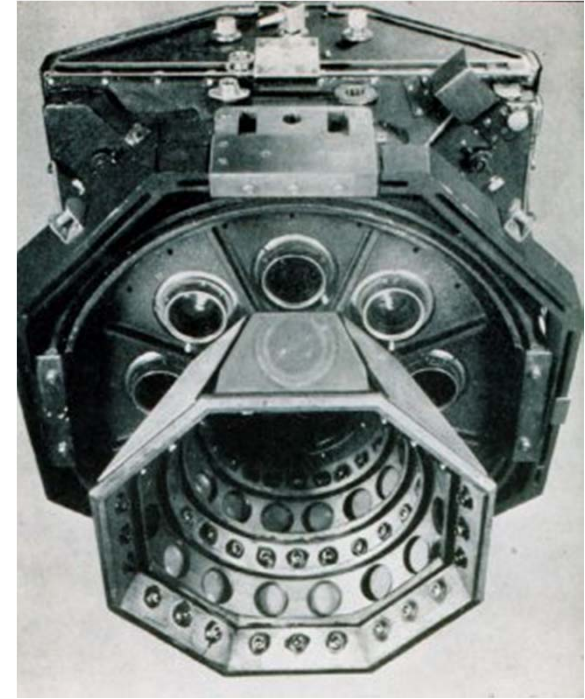
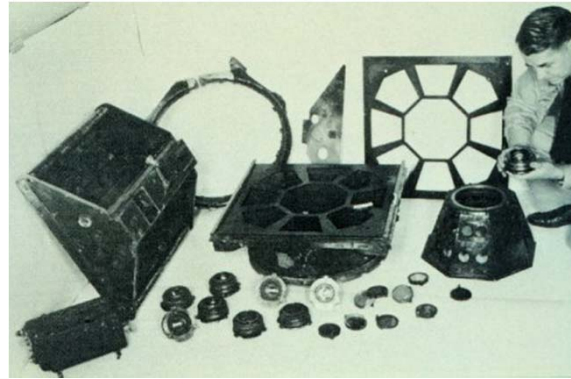
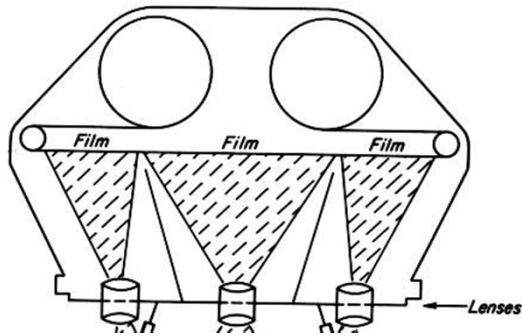


(b) 7玉鏡カメラ **E.H. Thompson** (1930s)

2a

多玉鏡カメラ

9玉鏡カメラ U.S. Coast & Geodetic Survey
(現NOAA)企画 Fairchild 製造 (1938)



2a

垂直・重複撮影



1944:RC5

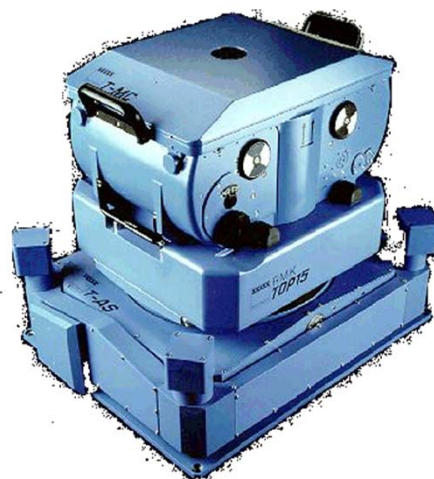


1993:RC30

棚橋有三氏提供



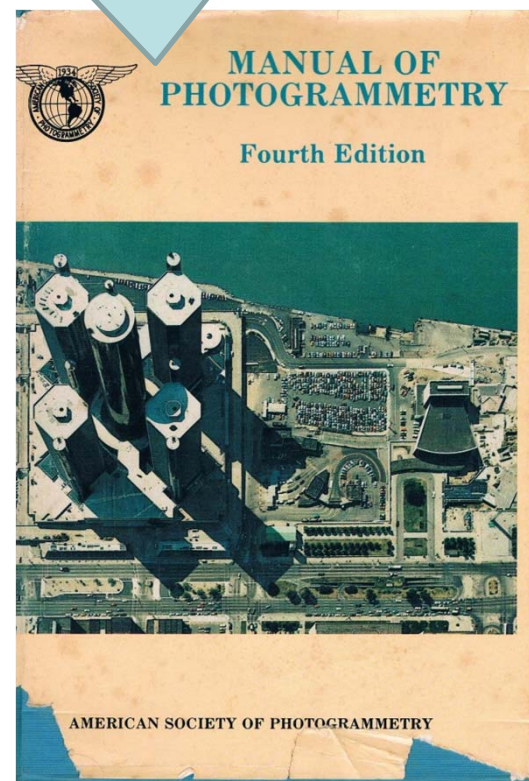
1956 : RMK
1960:RMK A



1989 : RMK TOP

堀江延韶氏提供

1978年時点で運用されていた航空カメラは
99種類



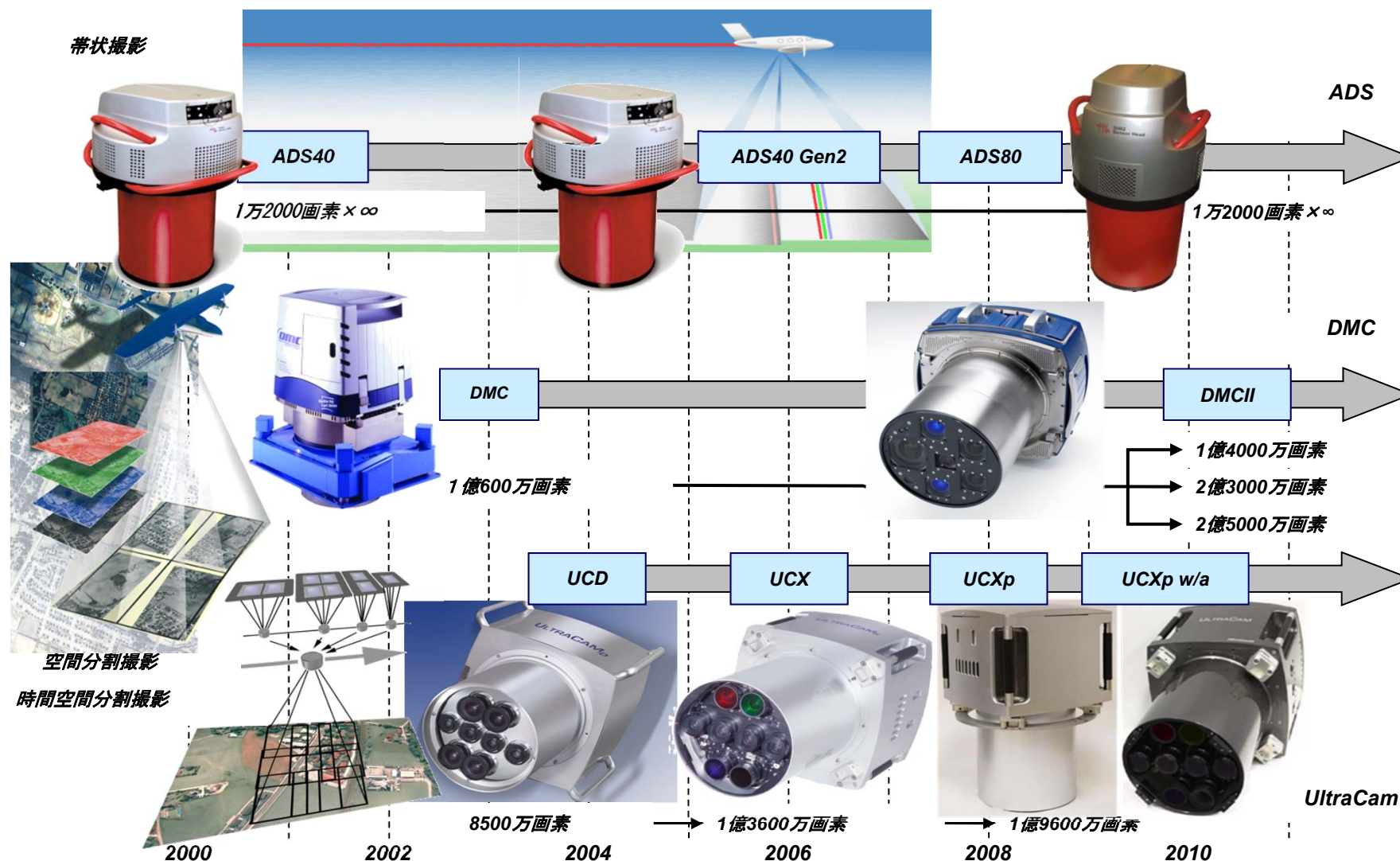
2a

レンズとフィルム

年次	名称	焦点距離[mm]	画郭[cm]	備考
1915	?	?	13×18	E.O.メスター
1922	RMK C1	210	18×18	Zeiss
1923	C/3	210	13×18	Zeiss
1925	RC2	165	10×15, 13×13	Wild Heerbrugg
1934	RMK P10	100	18×18	Zeiss
1935	RC3	210	18×18	Wild Heerbrugg
1944	RC5	120, 210,	18×18	Wild Heerbrugg
1949	RC7	170	14×14	Wild Heerbrugg
1951	RC6	165	12.8×12.8	Wild Heerbrugg
1956	RMK	115, 210	18×18	Zeiss
1956	RMK 15/23	150	23×23	Zeiss
1956	RMKA	85, 153, 210, 305, 610	23×23	Zeiss
1956	RC8	115, 152, 210	23×23	Wild Heerbrugg
1958	RC9	88	23×23	Wild Heerbrugg
1969	RC10	88, 153, 213, 303	23×23	Wild Heerbrugg
1987	RC20	88, 153, 213, 303	23×23	Wild Heerbrugg
1989	RMK TOP	153, 305	23×23	Zeiss
1993	RC30	153, 303	23×23	Wild Heerbrugg

2b

デジタル航空カメラの変遷

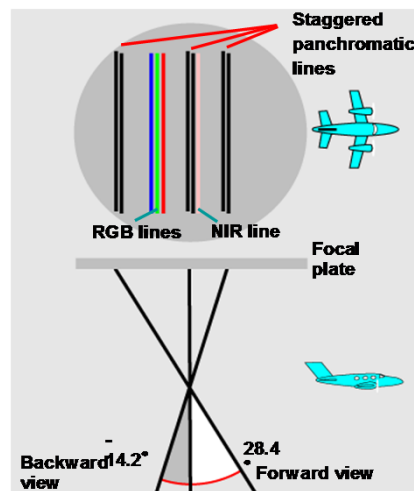
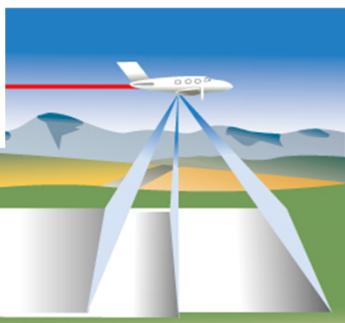


堀江延韶氏提供

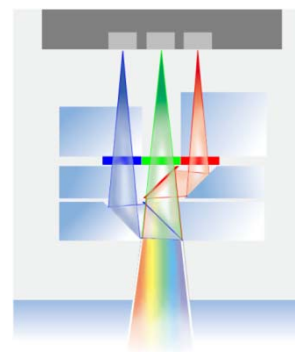
2b

ライン型

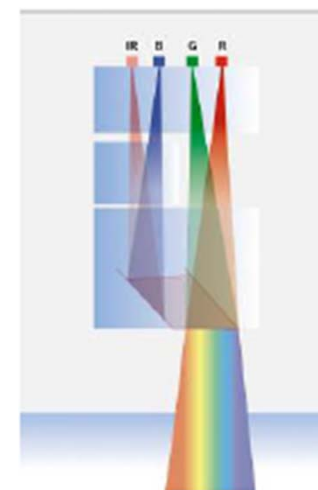
Sensor Head SH40



Leica社製 ADS



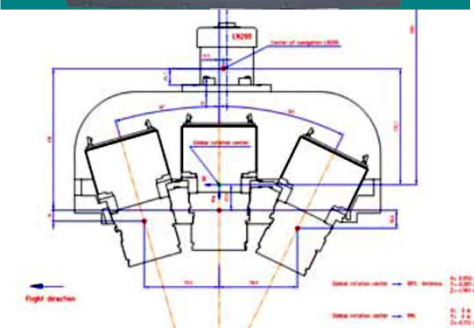
Trichroid



Tetrachroid



Jenptic社製 JAS



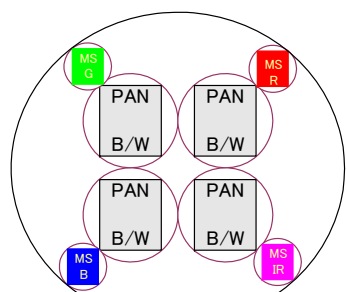
Wehrli/GeoSystem社製 3-DAS-1

2b

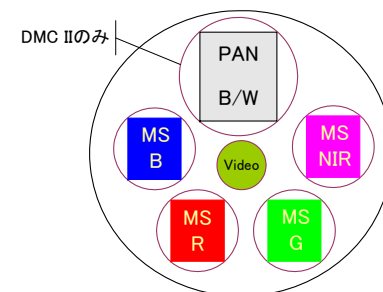
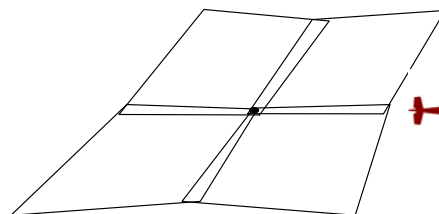
エリア型（複眼、画像合成）



Intergraph社



DMC



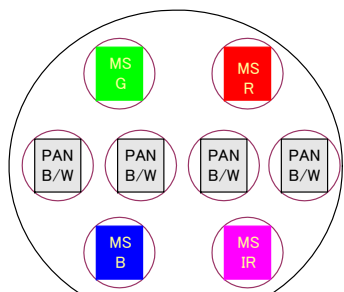
RMK D / DMC II



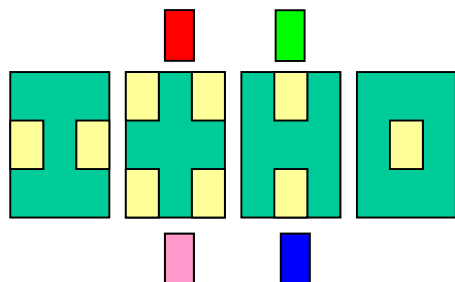
RMK D / DMC II



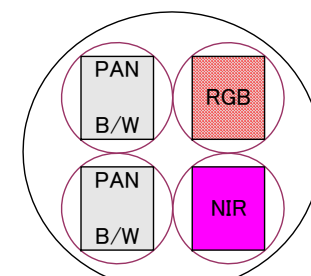
Vexcel社



UCD



UltraCAM



UCL



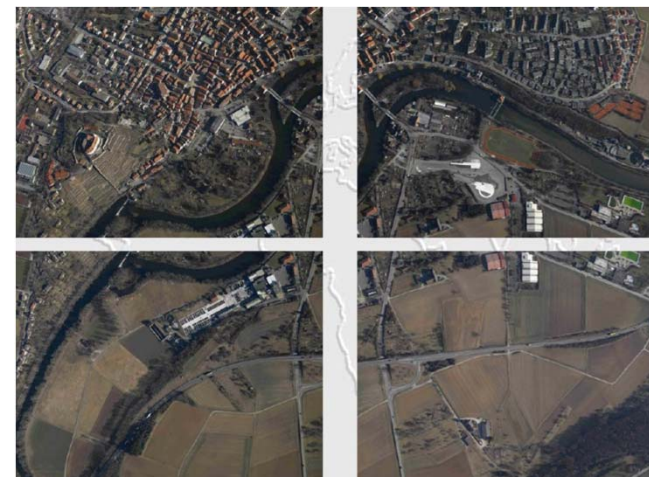
UCL

2b

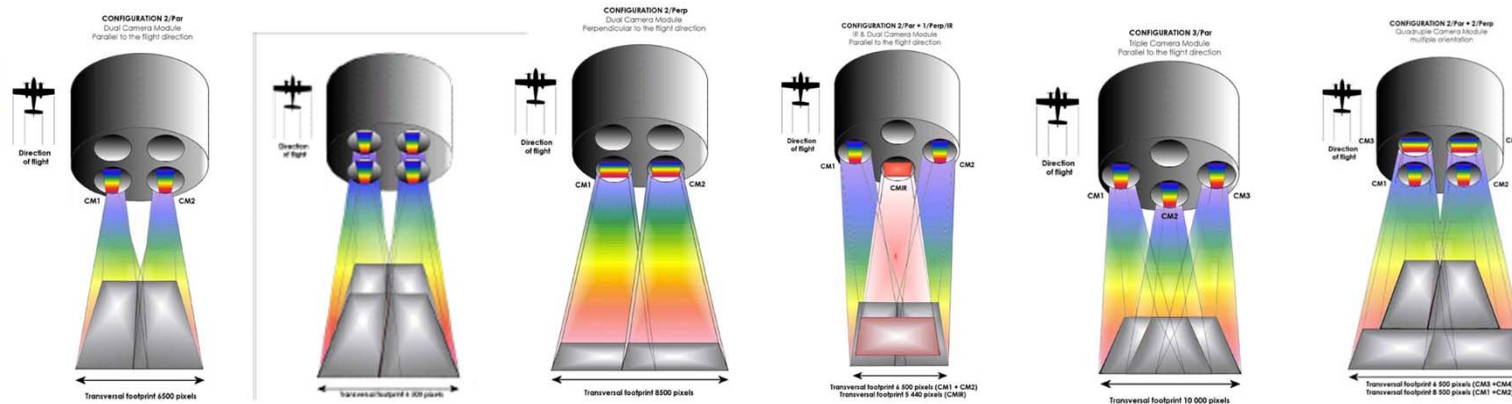
エリア型（複眼、複コース）



IGI社製 Quatro-DigiCAM



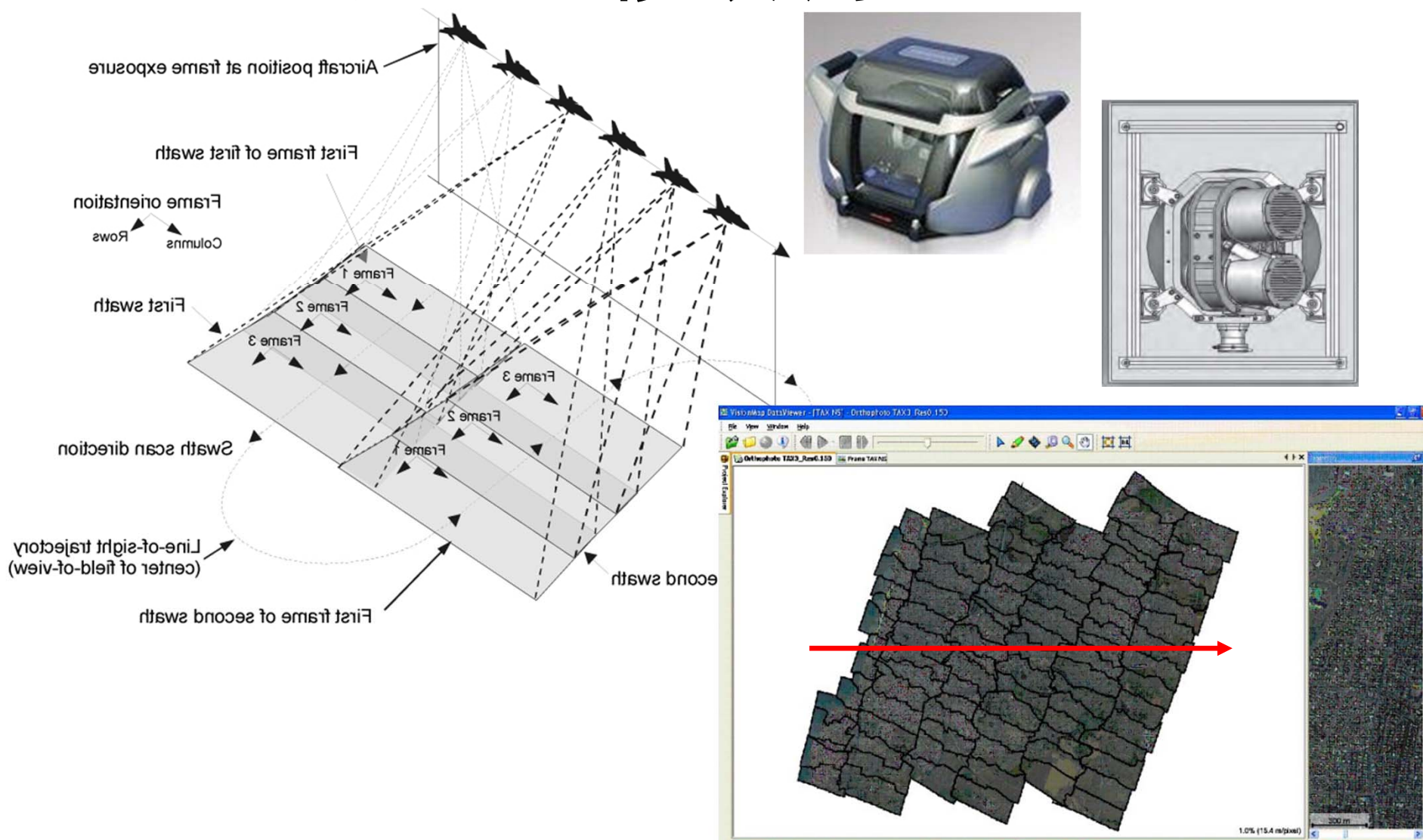
Trimble Aerial Camera (Rolleimetric AIC x4)



DiMAC(Optec)社製 DiMAC

2b

エリア型：複眼、多コース



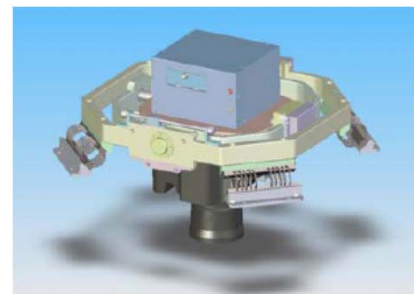
VisionMap (Israel) A3 (Stepping frame camera)

2b

エリア型(単眼)



Applanix DSS



情報科学テクノシステム AirCarto



Leica RCD



Track'Air MIDAS



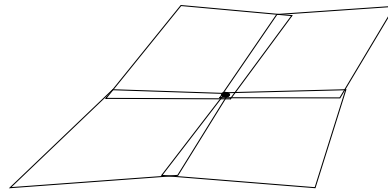
CANON EOS

2b

斜めデジタル航空カメラ

- ブロック形

- DMC
- DiMAC
- Trimble Aerial Camera

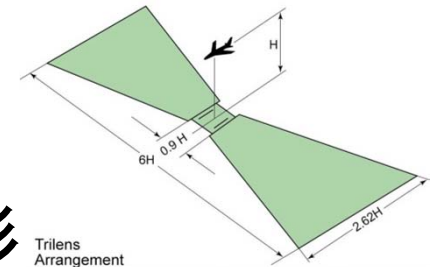


撮影向きによる定義

鉛直写真: 0.2度以内
垂直写真: 3度以内
斜め写真: 3度より大

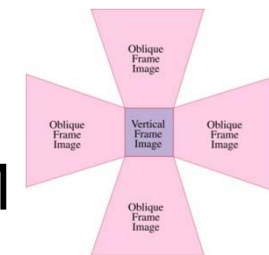
- 扇形

- Dual-DigiCAM
- Triple-DigiCAM
- 3-OC-1
- NPO KSI

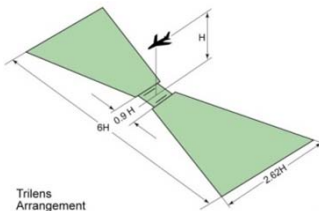


- マルタ十字形

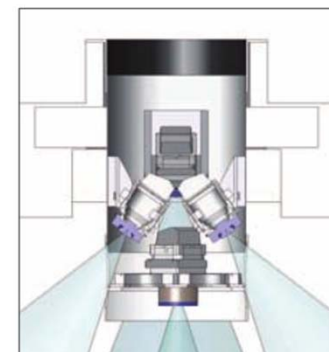
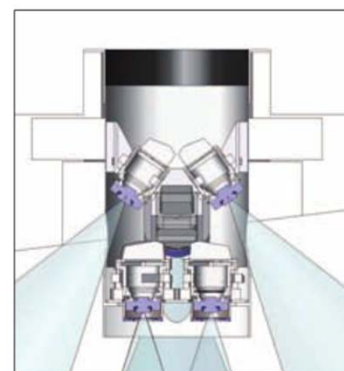
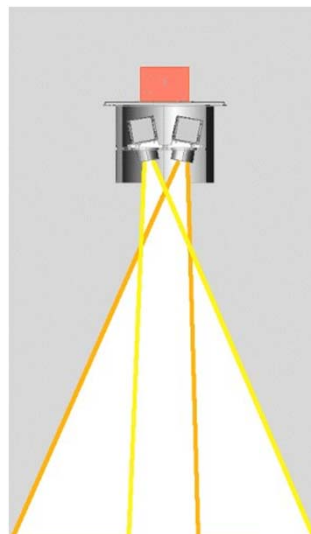
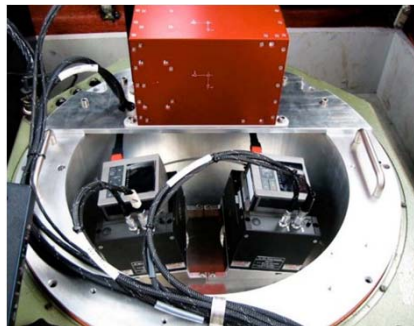
- Pictometry
- MiDAS
- Penta-DigiCAM
- DiMAC Oblique
- Trimble Oblique



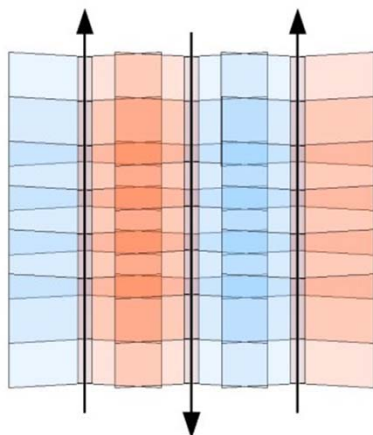
2b



斜め(扇形、エリア型)



D'IMAC
Aerial Imaging Solutions

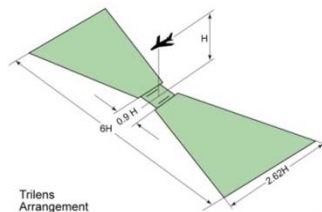


Dual-DigiCAM

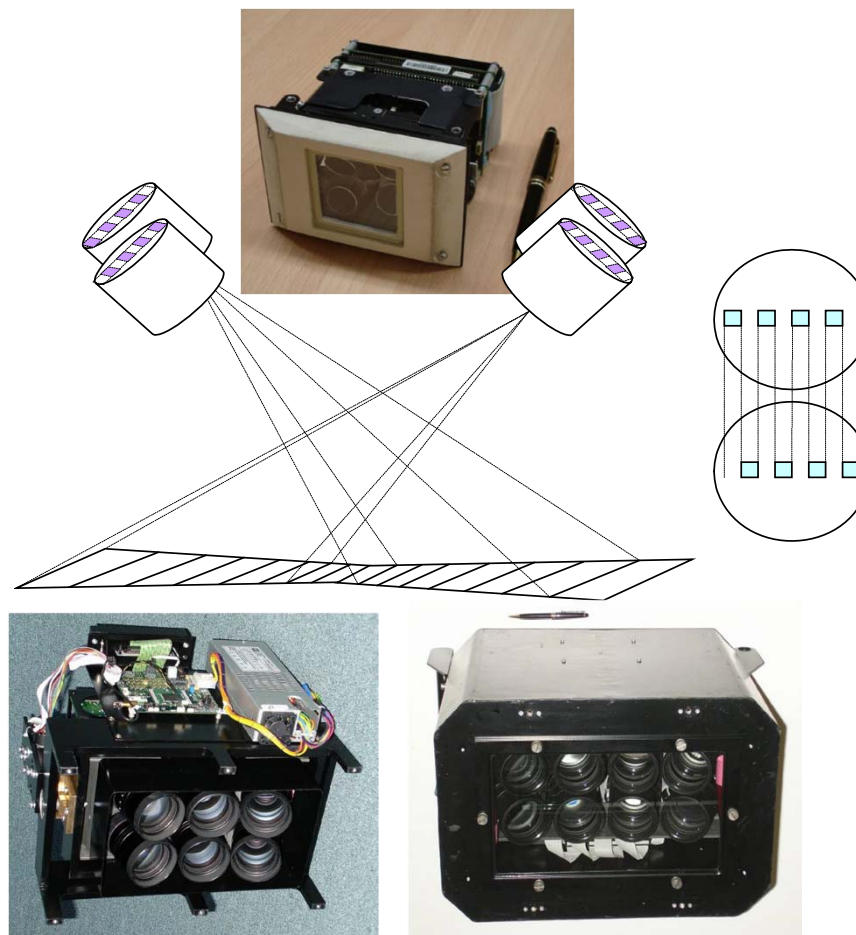


Trimble Aerial Camera (Rolleimetric AIC x2)

2b



斜め(扇形、ライン型)

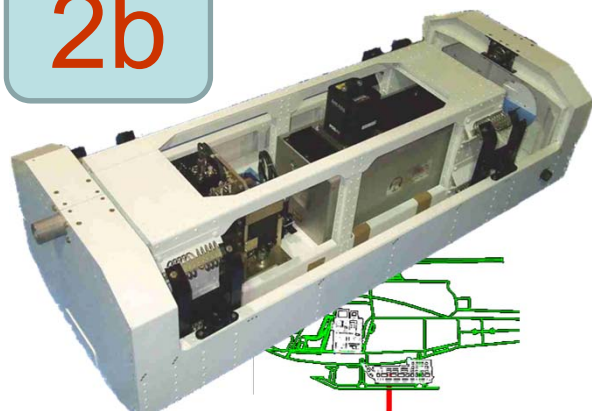


Wehrli Associates社製3-OC-1

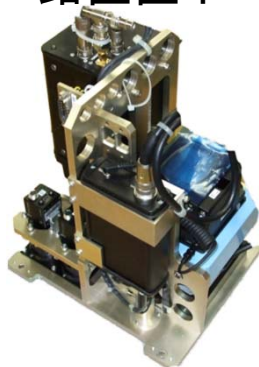
The Russian NPO KSI

- (i) **4 lenses.** 16 CCD area arrays, 12,200 pixels
- (ii) **6 lenses.** 18 CCD area arrays, 27,000 pixels
- (iii) **8 lenses,** 32 CCD area arrays, 49,000 pixels

2b

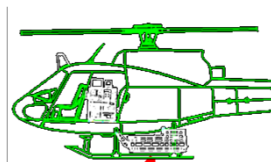


鉛直直下



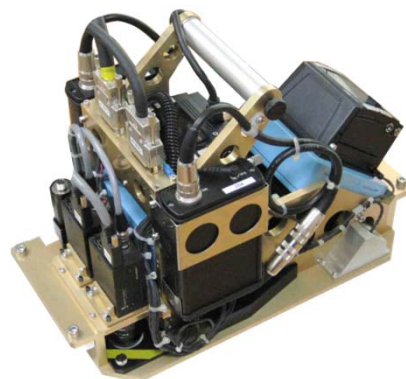
SAKURA I
(NNK-DCS4H001)

斜め(扇形、国産)

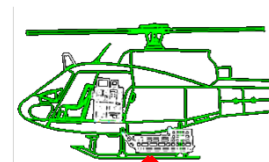


前方視

鉛直直下



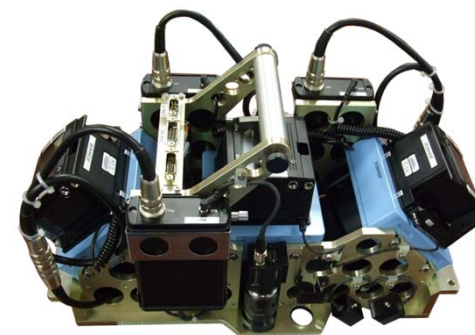
SAKURA II
(NNK-DCS4H002)



前方視

鉛直直下

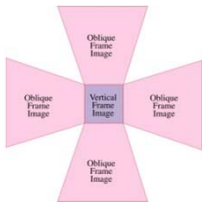
後方視



SAKURA III
(NNK-DCS4H003)

- 高精細デジタルカメラ(18M中判デジタルカメラ)
- RGBカメラ(近赤外+カラー画像カメラ)
- 熱赤外カメラ

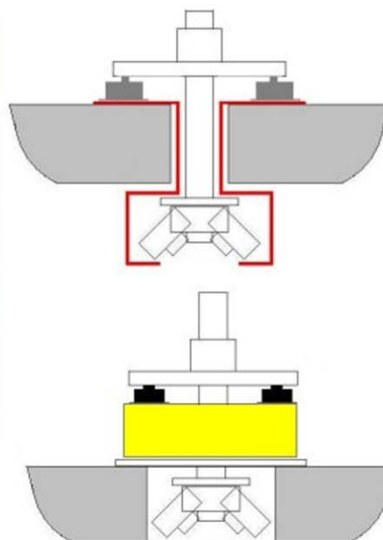
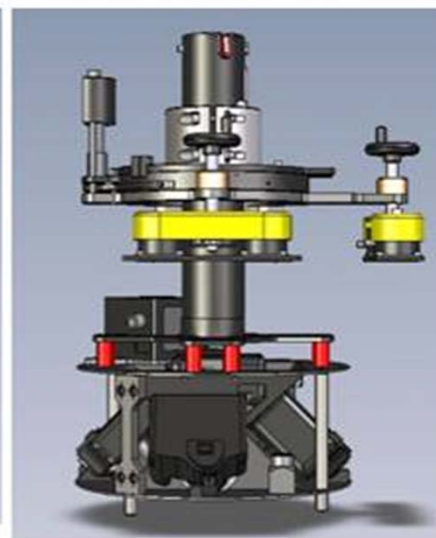
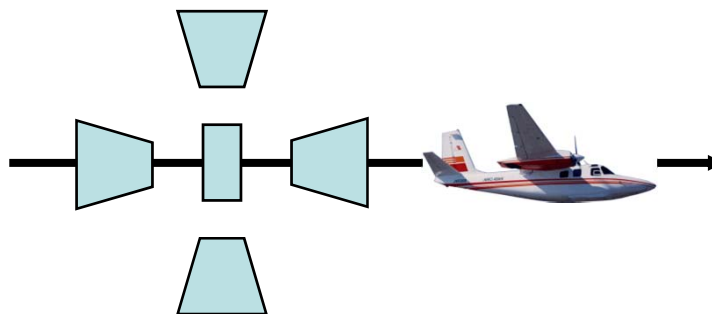
2b



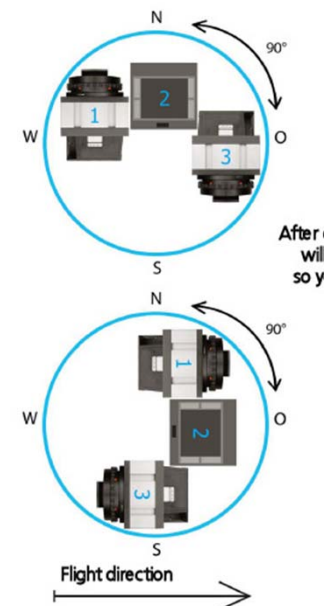
斜め(マルタ十字形)



IGI Penta-DigiCam



Track'Air社製 MIDAS

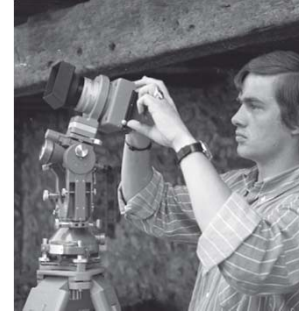


Trimble Aerial Oblique Camera

3

周辺技術の変遷(近接写真測量)

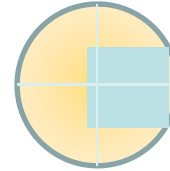
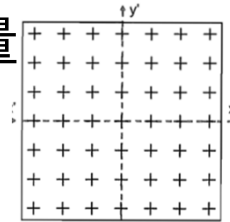
1. 理想レンズと乾板
 - ー アナログ写真測量
2. 高精度レンズとレゾフィルム
 - ー 解析写真測量
3. 普通レンズと固体撮像素子
 - ー デジタル写真測量



Wild社製P32



Wild社製A30

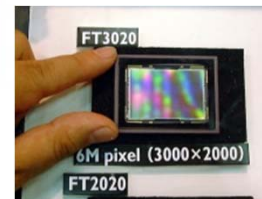


Rolleiflex 6006 Metric



Wild社製BC-2

ライカ提供



ZEISS社製 PHODIS

周辺技術の変遷(一般図)

- 伊能図(1/36,000)
 - 導線法
 - 1800年～1812年
- 二万分の一迅速図
 - 平板測量
 - 明治13年(1880)～中断
- 五万分の一地形図
 - 明治25年(1892)～昭和5年(1930)
 - 平板測量→地図編集
- 二万五千分の一地形図
 - 明治43年(1910)～昭和58年(1983)
 - 平板測量(明治43年(1910)～)
 - 写真測量(昭和39年(1964)～)
- 国土基本図事業
 - 昭和35年～昭和50年代
 - 写真測量
 - 都市周辺1/2,500
 - その他の地区1/5,000
- DM
 - 写真測量 1988年～
- 電子国土
 - 既成図数値化 2002年～
- 標高整備
 - 航空レーザ 2000年頃～
- 基盤地図情報
 - 地図編集 2007年～

3

周辺技術の変遷(飛行機)

飛行機

- 1490 ダ・ビンチが理論的に考察
- 1799 ケイレイが現在に飛行機に近いグライダーを設計
- 1849 ケイレが航空工学の初期の研究を行い、グライダーにより有人滑空実験
- 1891 リリエントールが多くの飛行実験で航空工学の発展に寄与
- 1903 ライト兄弟が現代の飛行機の原型を開発。初の動力飛行に成功
- 1909 プレリオXI機が現在と同じ操縦方法を採用
- 1914～ 第一次大戦 複葉機の時代
- 1927 リンドバーグが単葉機で大西洋横断
- 1930 ジェットエンジンの特許取得

- 1939～ 第二次大戦
- 1939 初のターボジェット機ハインケルが飛行
- 1952 ジェット旅客機登場
- 1958 ジャンボジェット機Boing707登場

ヘリコプター

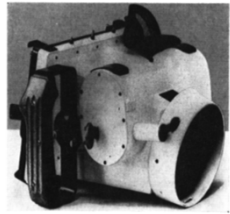
- 1907 有人垂直上昇に成功
- 1935 実用的Fw61初飛行
- 1965 北米横断
- 1992 ベトナム戦争で本格運用

無人航空機

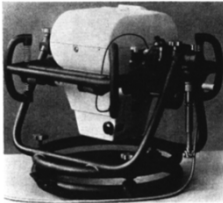
- 1918 米軍が空中魚雷を開発
- 1970頃 無線機の小型化や誘導装置の発達で偵察目的の開発が本格化
- 21世紀 偵察型から攻撃型へ。電子機器の発達で小型化

4

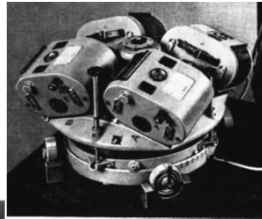
まとめ（航空カメラの変遷）



1918 : ハンドカメラ



1922 : RMK C1



1930 : 4 x RMK C/1



1956 : RMK
1960 : RMK A



1989 : RMK TOP



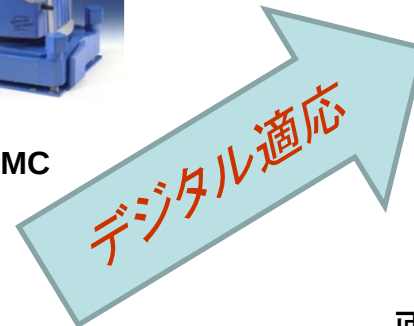
2003 : DMC



2010 : DMC II



2012 : RCD30
Oblique



4

まとめ(写真測量の周辺環境)



参考文献

- 津留宏介 2010; 広がるデジタル航空カメラの世界(その1)、写真測量とリモートセンシング 49(5)
- 津留宏介 2011; 広がるデジタル航空カメラの世界(その2)、写真測量とリモートセンシング 49(6)
- 柳 秀治、近津 博文 2009; 近接デジタル写真測量におけるマクロレンズの有効性、写真測量とリモートセンシング、48(6)
- Cao Li, Li Hongbo, Gerhard Kemper, 2008: Monitoring urban development of small Chinese city using innovative aerial surveying technologies, ISPRS 2008 Beijing
- Dierk Hobbie、堀江延韶訳 2010; カールツァイス・オーバーコッヘンにおける写真測量法および機材の開発 <http://www.isprs.org/society/history/Hobbie-The-development-of-photogrammetric-instruments-and-methods-at-Carl-Zeiss-in-Oberkochen-japanese.pdf>
- Petrie Gordon, 2009: Systematic Oblique Aerial Photography Using Multiple Digital Frame Camera, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, February 2009, pp. 102-107
- Rudolf Schumann、堀江延韶訳 2010; イエナにおける19世紀末から1945年までの写真測量機材の開発
- Thomas Luhmann, Stuart Robson, Stephen Kyle, Ian Harley 2006; Close Range Photogrammetry –Principles, Methods and Application-, Whittles Publishing