

## บทที่ 16

# กล้องถ่ายภาพทางอากาศและลักษณะของภาพถ่ายทางอากาศ

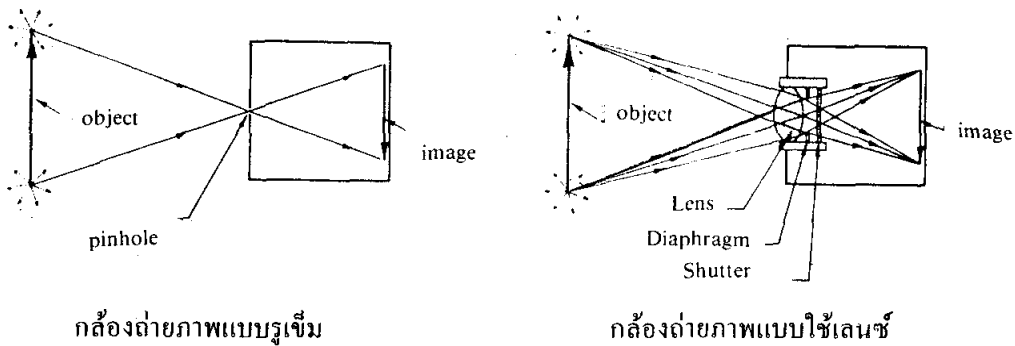
รศ. วันทนีย์ ศรีรัฐ

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้นักศึกษาเข้าใจถึงประเภทของกล้องถ่ายภาพทางอากาศและความเหมาะสมในการถ่ายภาพ
2. เพื่อให้ศึกษารายถึงการฉายแสงที่ใช้ในการถ่ายภาพทางอากาศและทำแผนที่
3. เพื่อให้ศึกษาจำแนกประเภทของภาพถ่ายทางอากาศได้
4. เพื่อให้ศึกษาอธิบายประโยชน์ของการถ่ายภาพทางอากาศเหลือมล้ำได้
5. เพื่อให้ศึกษารายถึงความจำเป็นในการวางแผนการบินเพื่อถ่ายภาพทางอากาศ
6. เพื่อให้ศึกษาอธิบายรายละเอียดต่าง ๆ ที่พบอยู่บนขอบระวางภาพถ่ายทางอากาศได้
7. เพื่อให้ศึกษารายเกี่ยวกับลักษณะและประเภทของภาพถ่ายต่อ

## 16.1 กล้องถ่ายภาพทางอากาศ

กล้องถ่ายภาพที่ใช้กันในระยะเริ่มแรกเป็นกล้องบ็อกซ์แบบรูเข็มที่ประกอบด้วยรูเข็มด้านหนึ่ง และด้านตรงข้ามเป็นวัสดุไวแสง แต่ในการถ่ายภาพต้องใช้เวลามาก เนื่องจากรูเข็มยอมให้แสงผ่านได้น้อย ถ้าจะขยายรูเข็มให้โตขึ้นเพื่อให้แสงผ่านได้มาก ภาพที่ได้ก็จะพร่า การที่จะให้ขนาดของช่องที่แสงผ่านใหญ่ขึ้น และทำให้ภาพคมชัดด้วยนั้นก็ได้มีการคิดค้นใช้เลนซ์แทนรูเข็ม จึงทำให้เกิดกล้องถ่ายภาพแบบใช้เลนซ์ขึ้น



รูปที่ 16.1 เปรียบเทียบกล้องถ่ายแบบรูเข็มและกล้องถ่ายภาพแบบใช้เลนซ์

สำหรับกล้องถ่ายภาพทางอากาศมีหลักเกณฑ์ทั่วไปเช่นเดียวกับกล้องถ่ายภาพธรรมดาแบบใช้เลนซ์ นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1858 เมื่อ LAUSSEDT ประสบผลสำเร็จในการทดลองถ่ายภาพทางอากาศเป็นครั้งแรกในประเทศฝรั่งเศสแล้วนั้น ก็ได้มีการคิดค้น และพัฒนากล้องถ่ายภาพทางอากาศอยู่ตลอดมา อาทิเช่น กล้องถ่ายภาพในปัจจุบันนอกจากจะประกอบด้วยเลนซ์แล้วยังประกอบด้วยไดอะแฟรม และชัตเตอร์ เพื่อช่วยในการควบคุมการถ่ายภาพ เป็นต้น การพัฒนาเทคนิคต่าง ๆ เพิ่มขึ้นเหล่านี้มีผลทำให้กล้องถ่ายภาพทั่วไป และกล้องถ่ายภาพทางอากาศมีประสิทธิภาพในการผลิตภาพถ่ายทางอากาศสูงมาก ดังที่เห็นใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

กล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้กันมีหลายประเภท แต่กล้องที่นิยมใช้ คือ กล้องถ่ายภาพ 35 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นกล้องที่มีราคาถูกกว่าและใช้ได้ง่ายจึงทำให้กล้องถ่ายภาพ 35 มิลลิเมตร จัดเป็นกล้องที่ดีประเภทหนึ่งที่เหมาะสมจะใช้กันในพื้นที่ไม่กว้างมาก ส่วนกล้องถ่ายภาพ 70 มิลลิเมตร มักนิยมใช้ในโอกาสพิเศษ ลักษณะของกล้องถ่ายภาพทางอากาศจะต้องออกแบบให้สามารถถ่ายภาพได้เป็นจำนวนมากในเวลาอันรวดเร็ว และมีความถูกต้องทางเรขาคณิตสูง

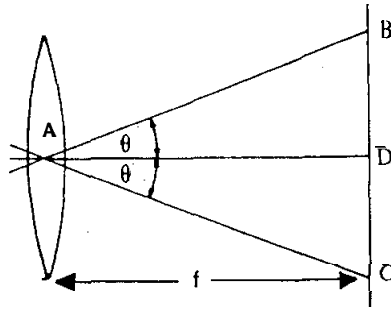
ในปัจจุบันมีกล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้กันอยู่กว่า 100 ชนิด โดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. SINGLE LENS FRAME CAMERA
2. MULTILENS FRAME CAMERA
3. STRIP CAMERA
4. PANORAMIC CAMERA

**1. SINGLE LENS FRAME CAMERA** เป็นกล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน เกือบจะกล่าวได้ว่าการถ่ายภาพสำหรับทำแผนที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะในงานสำรวจทุกสาขา และภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้ในงานทั่ว ๆ ไปจะได้จากกล้องถ่ายภาพประเภทนี้ เพราะจะได้ภาพที่มีความถูกต้องทางเรขาคณิตมากที่สุด กล้องแบบนี้จะใช้ระบบเลนส์ที่มีความบิดเบี้ยวน้อยตั้งอยู่ในตำแหน่งคงที่โดยสัมพันธ์กับพื้นภาพ (FOCAL PLANE) ให้ภาพที่มีขนาด  $23 \times 23$  เซนติเมตร ( $9 \times 9$  นิ้ว) และความจุของฟิล์มยาวตั้งแต่ 100 – 150 เมตร (100 – 500 ฟุต) ภาพถ่ายแต่ละภาพจะได้มาจากการเปิดชัตเตอร์แต่ละครั้งโดยการควบคุมอัตโนมัติของเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า INTERVALOMETER

เมื่อกำลังถ่ายภาพโฟกัสวัตถุที่ระยะอนันต์ (INFINITY) ระยะจากเลนส์ถึงฟิล์มคือระยะโฟกัสหรือความยาวโฟกัส (FOCAL LENGTH) ใช้สัญลักษณ์  $f$  แทน โดยทั่วไปความยาวโฟกัสจะมีค่าโดยประมาณเท่ากับเส้นทแยงมุมของพื้นที่สี่เหลี่ยมของภาพบนฟิล์ม กล้องถ่ายภาพชนิด SINGLE LENS FRAME ประกอบด้วยเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสต่างกัน จากรูปที่ 16.2 มุมของแสงทั้งหมดที่ผ่านเข้าไปยังเลนส์ และทำให้เกิดภาพมีค่า  $= 2\theta$  หรือ  $2\theta$  ก็คือมุมรับภาพ (ANGULAR FIELD OF VIEW) นั่นเอง มุมรับภาพจะแตกต่างกันไปตามความยาวโฟกัส กล่าวคือมุมรับภาพจะใหญ่ขึ้น ถ้าความยาวโฟกัส ( $f$ ) ยิ่งสั้นลง และมุมรับภาพจะเล็กลงถ้าความยาวโฟกัสยิ่งยาวขึ้น กล้องแบบ FRAME CAMERA นี้เราอาจแบ่งตามมุมรับภาพออกเป็น 3 ชนิดที่สำคัญ คือ

1. มุมกว้างมาก (SUPER-WIDE ANGLE) มุมรับภาพใหญ่กว่า 100 องศา ความยาวโฟกัสประมาณ 90 มิลลิเมตร
2. มุมกว้าง (WIDE ANGLE) มุมรับภาพอยู่ระหว่าง 75-100 องศา ความยาวโฟกัสประมาณ 150 มิลลิเมตร
3. มุมธรรมดา (NORMAL ANGLE) มุมรับภาพไม่เกิน 75 องศา ความยาวโฟกัสประมาณ 210-300 มิลลิเมตร



**รูปที่ 16.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวโฟกัสและมุมรับภาพ**

มุมรับภาพ คือ  $2\theta$  ซึ่งเป็นมุมระหว่าง  $AB$  และ  $AC$

$AD$  คือ ความยาวโฟกัส

$BC$  คือ เส้นทแยงมุมของฟิล์มที่ใช้

ถ้าความยาวโฟกัสยาวกว่า 300 มิลลิเมตร เช่น ยาวถึง 500 มิลลิเมตร มุมรับภาพ จะยิ่งเล็กลงไปอีก คือประมาณ 36 องศา เราจะจัดเข้าอยู่ในประเภทกล้องมุมแคบ (NARROW ANGLE)

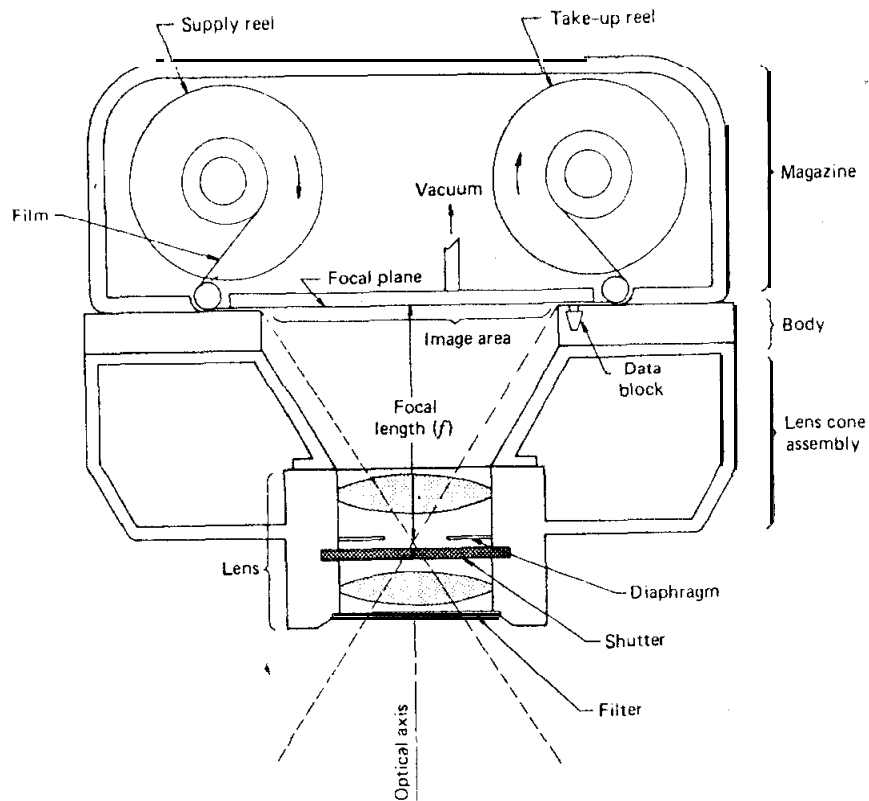
การเลือกใช้กล้อง SINGLE LENS FRAME ที่มีระยะความยาวโฟกัสต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับจุดมุ่งหมายในการถ่ายภาพ ถ้าถ่ายภาพเพื่อทำแผนที่ ค่าความยาวโฟกัสที่ใช้มากที่สุดคือ 150 มิลลิเมตร (6 นิ้ว) ส่วนกล้องที่มีความยาวโฟกัส 90 มิลลิเมตร ( $3\frac{1}{2}$  นิ้ว) และ 210 มิลลิเมตร ( $8\frac{1}{4}$  นิ้ว) ก็นำมาใช้เช่นกัน กล้องถ่ายภาพที่มีค่าความยาวโฟกัสเหล่านี้จะให้ค่าทางเรขาคณิตที่ดีที่สุด รวมทั้งให้ความคงที่ของมาตราส่วนเกือบตลอดทั้งภาพถ่ายที่ใช้ทำแผนที่ด้วย สำหรับกล้องที่มีความยาวโฟกัสยาวขึ้นในขนาด 300 มิลลิเมตร (12 นิ้ว) ใช้สำหรับทำภาพถ่ายต่อ (MOSAIC) เพื่อการลาดตระเวน และการแปลภาพถ่าย เป็นต้น กล้องถ่ายภาพที่มีค่าความยาวโฟกัสยาวนี้ สามารถช่วยลดความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากความสูงต่ำของภูมิประเทศ (RELIEF DISPLACEMENT) ได้ หรือจะพูดได้ว่ากล้องถ่ายภาพที่มีค่าความยาวโฟกัสสั้นกว่าจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความสูงต่ำของภูมิประเทศสูงกว่า และในระยะสูงบิน (FLYING HEIGHT) ที่เท่ากันกล้องที่มีความยาวโฟกัสสั้นกว่าจะถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่ได้กว้างกว่า (มุมรับภาพใหญ่กว่า) กล้องที่มีค่าความยาวโฟกัสยาวกว่า

ส่วนประกอบสำคัญของ SINGLE LENS FRAME CAMERA คือ กล้องฟิล์มกล้องถ่ายภาพ (CAMERA MAGAZINE) ตัวกล้อง (CAMERA BODY) และส่วนประกอบกรวยเลนส์ (LENS CONE ASSEMBLY)

กล้องฟิล์มกล้องถ่ายภาพจะอยู่แยกจากตัวกล้องเพื่อป้องกันไม่ให้ฟิล์มกระทบกับแสงซึ่งจะทำให้ฟิล์มเสียใช้การไม่ได้ และจำต้องระวังเกี่ยวกับเรื่องนี้ในขณะที่ทำการถ่ายภาพทางอากาศเมื่อใช้ฟิล์มหมดและต้องเปลี่ยนฟิล์มใหม่ ภายในกล้องฟิล์มกล้องถ่ายภาพจะบรรจุม้วนฟิล์ม ข้างหน้าจะเป็นฟิล์มที่ถ่ายแล้ว (SUPPLY REEL) ส่วนอีกด้านจะเป็นฟิล์มที่ยังไม่ได้ถ่าย (TAKE-UP REEL) นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือที่ทำให้ฟิล์มหมุนไปข้างหน้าและทำให้ฟิล์มเรียบ การทำให้ฟิล์มเรียบในขณะที่ถ่ายภาพโดยทั่วไปทำได้โดยดูดให้แผ่นฟิล์มแนบกับแผ่นสุญญากาศ (VACUUM) ซึ่งผิวหน้าของแผ่นดังกล่าวจะอยู่บนพื้นภาพ (FOCAL PLANE) พื้นภาพคือ พื้นราบซึ่งรวมลำแสงตกกระทบทั้งหมด แกนกล้องถ่ายภาพ (OPTICAL AXIS OF CAMERA) จะตั้งฉากผ่านศูนย์กลางของระบบเลนส์

ตัวกล้องซึ่งมี DRIVE MECHANISM ติดอยู่ด้วยสำหรับทำหน้าที่เลื่อนฟิล์มทำให้ฟิล์มเรียบ รวมทั้งขึ้นและกดชัตเตอร์ (SHUTTER) ตัวกล้องจะติดตั้งอยู่ในเครื่องบินบนแท่นติดตั้งกล้อง ตัวกล้องจะหมุนหรือเลื่อนขึ้นลงในแท่นได้ เพื่อช่วยให้แกนของกล้องอยู่ในแนวเดียวกับแนวบิน ความสำคัญอีกประการของแท่นก็คือ ช่วยป้องกันความสั่นสะเทือนจากตัวเครื่องบินไม่ให้ผ่านไปถึงตัวกล้อง

ส่วนประกอบกรวยเลนส์ มีทั้งเลนส์ ฟิลเตอร์ (FILTER) ไดอะแฟรม (DIAPHRAM) และชัตเตอร์ เลนส์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดส่วนหนึ่งของกล้องถ่ายภาพทางอากาศ จะเป็นตัวรวบรวมรังสีของแสงจากวัตถุให้มาโฟกัสที่พื้นภาพข้างหลังเลนส์ (FOCAL PLANE) เลนส์จะช่วยให้ได้ภาพถ่ายที่คมชัด และมีความถูกต้องทางเรขาคณิต อย่างไรก็ตาม ในการผลิตเลนส์อาจจะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ทั้งในขณะที่ผลิตและประกอบส่วนต่าง ๆ ของเลนส์เข้าด้วยกัน ซึ่งมีผลทำให้เลนส์ไม่สามารถนำภาพไปโฟกัสได้ในตำแหน่งที่ถูกต้องที่สุดบนพื้นภาพตามทฤษฎีได้ จึงอาจกล่าวได้ว่าไม่มีเลนส์ประเภทใดที่จะช่วยในการถ่ายภาพให้ได้ภาพที่สมบูรณ์ที่สุด แต่เลนส์ของกล้องถ่ายภาพทางอากาศจัดอยู่ในประเภทของเลนส์ที่ดีที่สุด ฟิลเตอร์เป็นเครื่องจำกัดแสง ในการใช้มีจุดมุ่งหมายเพื่อจะกรองแสงบางแสงไว้และผ่านแสงอื่นออกไป และยังช่วยในการตัดหมอกทำให้ผู้ถ่ายภาพสามารถควบคุมภาพได้มากขึ้น ไดอะแฟรม ชัตเตอร์ และความไวของฟิล์ม จะควบคุมจำนวนแสงที่จะผ่านไปยังเลนส์ให้ไปตกที่ฟิล์มในจำนวนที่เหมาะสม ไดอะแฟรมจะควบคุมขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของเลนส์ขณะเปิดถ่ายภาพ ไดอะแฟรม



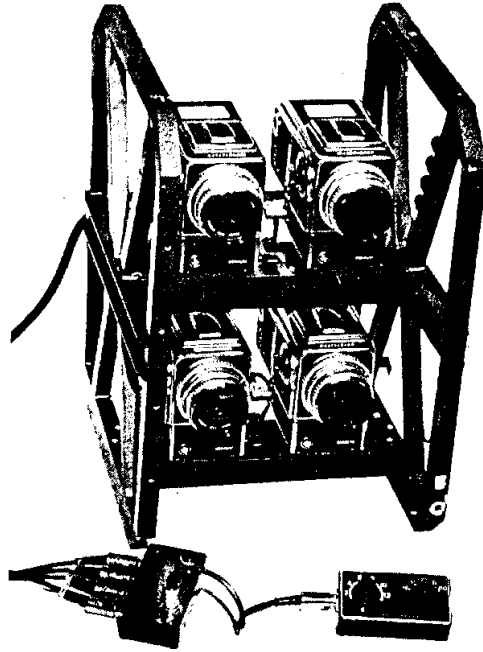
รูปที่ 16.3 ส่วนประกอบสำคัญของกล้องถ่ายภาพทางอากาศ

ทำด้วยแผ่นโลหะบางซ้อนกันเป็นกลีบตั้งอยู่หลังเลนส์ หรืออาจอยู่ระหว่างเลนส์ 2 อัน มีช่องตรงกลาง ช่องของไดอะแฟรมนี้เรียกว่า ช่องรับแสง (APERTURE) ขนาดของช่องรับแสงนี้จะเปลี่ยนได้เพื่อควบคุมจำนวนแสงที่จะผ่านเลนส์เข้าไป ซึ่งคล้ายม่านตา (IRIS) ของนัยน์ตาคนเราซึ่งปกติจะเปิดอยู่ตลอดเวลาและสามารถปรับให้มีขนาดเล็กหรือใหญ่ได้ ขนาดของช่องรับแสงซึ่งประกอบด้วยแผ่นไดอะแฟรมนี้ปรับให้มีขนาดต่าง ๆ ตามชุดของตัวเลขที่ติดอยู่บนตัวกล้องเรียงลำดับดังนี้ คือ 1.4, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 32 เรียกว่า F-NUMBER หรือ F-STOP

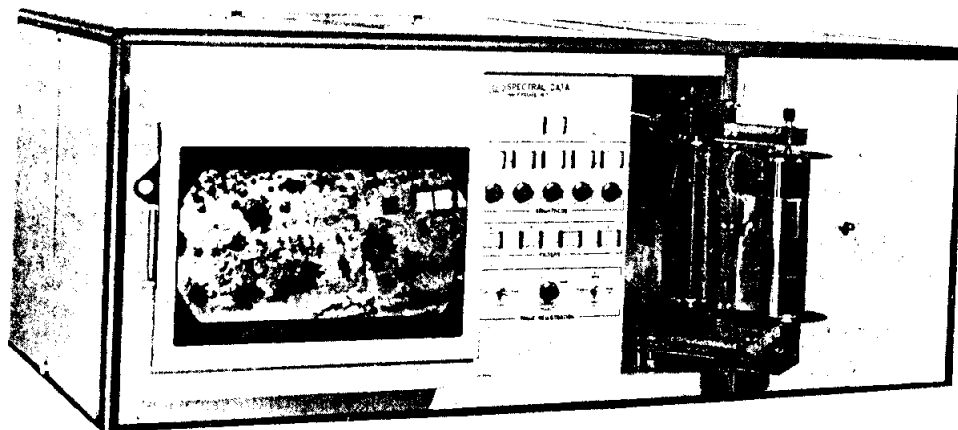
$$F-STOP = \frac{\text{ความยาวโฟกัส}}{\text{เส้นผ่าศูนย์กลางของช่องรับแสง}}$$

โดยมีข้อสังเกตว่าถ้า F-STOP เป็นตัวเลขมากช่องรับแสงจะเปิดน้อยแสงสว่างที่เข้าไปยังฟิล์มจะน้อย ถ้า F-STOP เป็นตัวเลขน้อยช่องรับแสงจะเปิดมาก แสงสว่างที่เข้าไปยังฟิล์มมาก นั่นคือ ถ้าเราตั้งหน้ากล้องที่  $f/5.6$  ปริมาณของแสงจะน้อยกว่าตั้งหน้ากล้องที่  $f/4$  และที่  $f/5.6$  จะมีแสงที่ผ่านไปที่กระทบฟิล์มเป็น 2 เท่าของ  $f/8$  และถ้าตั้งกล้องที่  $f/5.6$  ปริมาณของแสงบน

ฟิล์มจะลดลงเป็นจำนวนครึ่งของแสงที่เข้าเมื่อดั้งที่  $f/4$  ซึ่งถ้าเปิดช่องแสงเล็ก ก็ต้องเปิดเวลารับแสงให้นาน และถ้าเปิดให้ช่องรับแสงใหญ่ต้องเปิดเวลาให้เร็ว โดยทั่วไปถ้าใช้  $f$ -STOP มากขึ้นความคมชัดของภาพก็จะดีขึ้นโดยเฉพาะบริเวณมุมภาพ ดังนั้นจึงนิยมใช้ช่องรับแสงที่เล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เลนส์กล้องถ่ายภาพทางอากาศส่วนใหญ่จะมีช่องรับแสง  $f/4$  ถึง  $f/5.6$

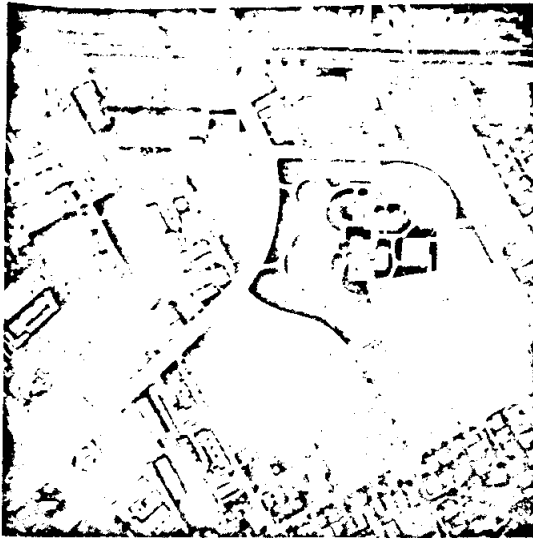


รูปที่ 16.4 MULTILENS FRAME CAMERA แบบหนึ่ง

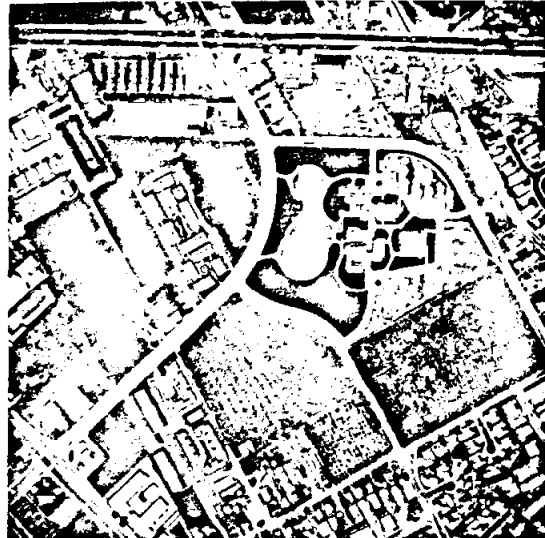


รูปที่ 16.5 เครื่องมือ COLOUR ADDITIVE VIEWER

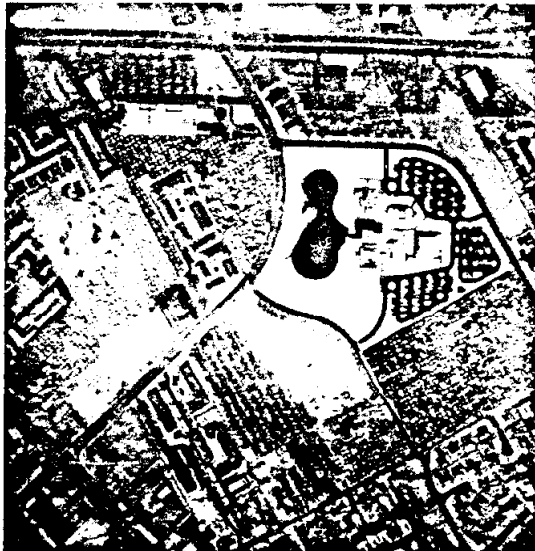
1. Red



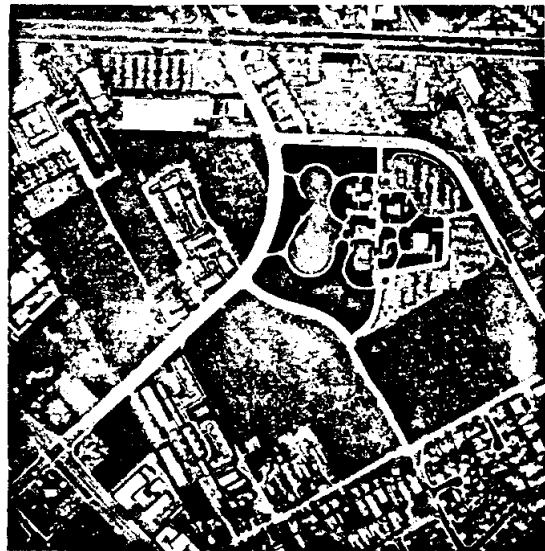
2. Blue



4. Infrared



3. Green

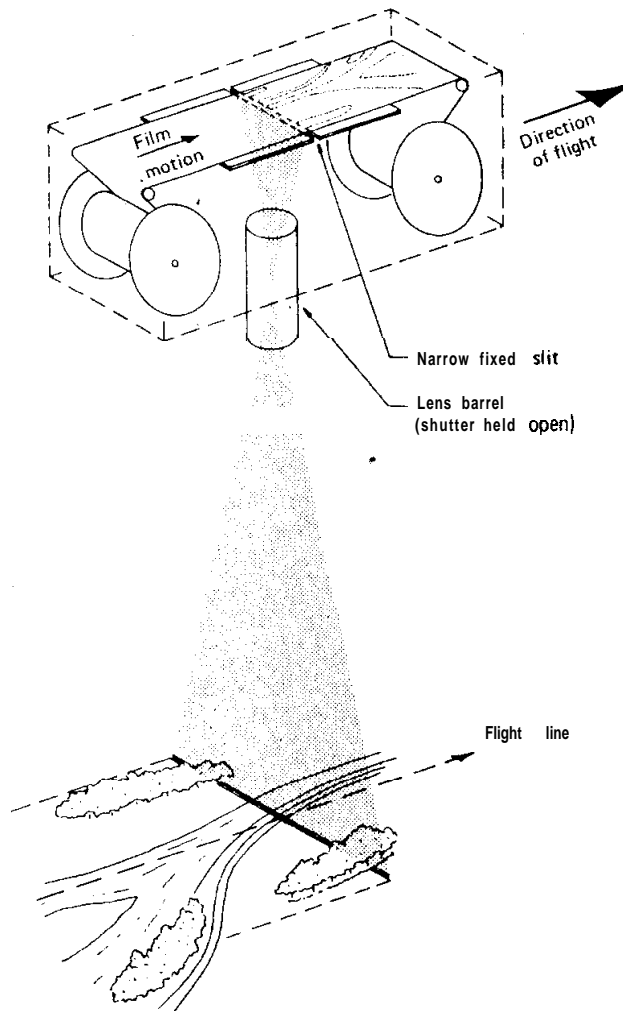


รูปที่ 16.6 ภาพ MULTIBANDS โดยใช้ฟิล์มขาวดำอินฟราเรดและใช้ฟิลเตอร์ต่างกัน

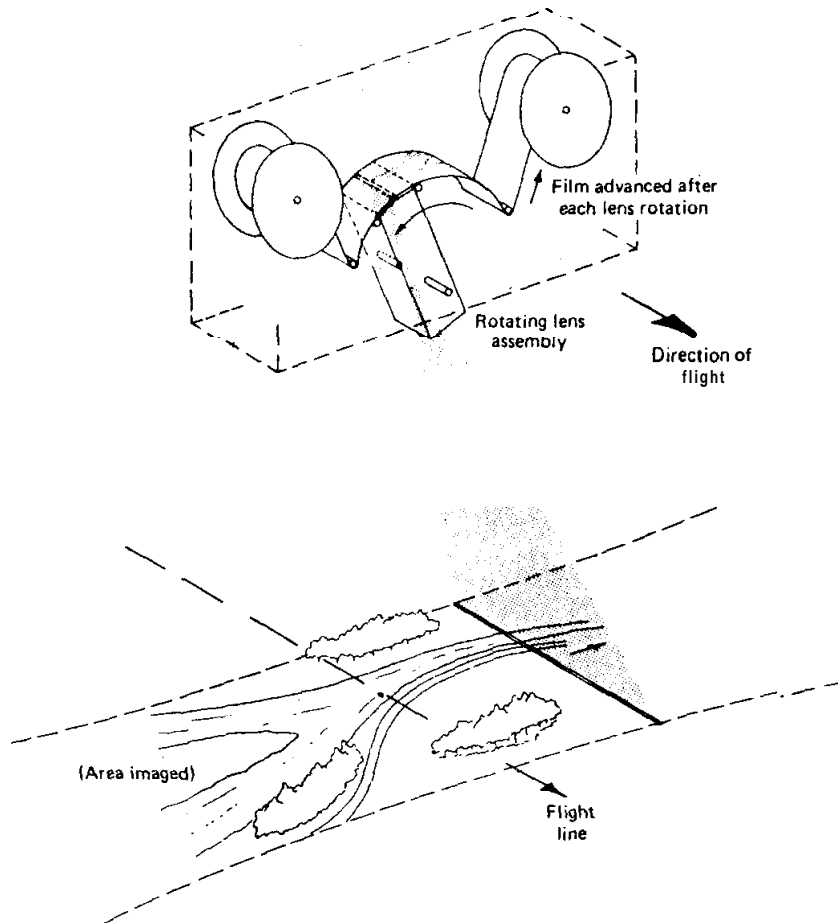


สำหรับชัตเตอร์จะคอยควบคุมเวลาของแสงที่จะผ่านเลนส์เข้าไปตกกระทบฟิล์มในระยะเวลาที่จำกัด หากช่วงเวลานานแสงก็จะผ่านไปได้มาก หากช่วงเวลาน้อยแสงก็จะผ่านไปได้น้อย ปกติชัตเตอร์จะปิดอยู่ตลอดเวลาจะเปิดก็ต่อเมื่อเปิดให้แสงเข้าเท่านั้น การเปิดปิดชัตเตอร์จำกัดความเร็วด้วยการจัดเป็นเศษส่วนของวินาที คือ  $1/2$ ,  $1/5$ ,  $1/10$ ,  $1/25$ ,  $1/50$ ,  $1/100$ ,  $1/1000$  บนตัวกล้องจะเขียนตัวเลขไว้แทนเศษส่วน คือ 2, 5, 10, 25, 50, 100, 1000 การถ่ายภาพจำเป็นต้องตั้งให้ไดอะแฟรมและความเร็วชัตเตอร์สัมพันธ์กัน ถ้ามีการเปลี่ยนก็ต้องเปลี่ยนตามไปด้วยกัน การตั้งเลนส์  $1/100$  วินาทีกับ  $f/4$  จะให้แสงผ่านเข้าเท่ากับตั้งเลนส์ที่  $1/25$  กับ  $f/8$  หรือ  $1/400$  กับ  $f/1.4$  การเปิดหน้ากล้องถ่ายภาพระยะสั้นใช้ถ่ายภาพที่เคลื่อนไหวด้วยความเร็วเพื่อไม่ให้เกิดการไหวของภาพ และการเปิดหน้ากล้องให้กว้าง หรือ F-STOP เป็นตัวเลขน้อยช่วยให้แสงเข้ามายังฟิล์มมากขึ้นซึ่งจำเป็นในขณะถ่ายภาพมีแสงสว่างน้อย นอกจากนั้นการเปิดไดอะแฟรมยังต้องสัมพันธ์กับการโฟกัสและการตั้งระยะชัดลึก (DEPTH OF FIELD) เพื่อจะได้ภาพที่คมชัด เจน กล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ติดตั้งบนเครื่องบินที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วขณะบินถ่ายภาพนั้น ถ้าใช้เวลาในการถ่ายภาพนานหรือบินถ่ายในระยะต่ำจะได้ภาพที่พร่าไม่คมชัด จึงจำเป็นต้องใช้เวลาในการเปิดชัตเตอร์สั้นมากขณะทำการถ่ายภาพและการใช้เวลาช่วงสั้น ๆ นี้จะลดผลเสียหายอันเกิดจากการสั่นสะเทือนที่จะมีต่อคุณภาพของภาพด้วย ความเร็วชัตเตอร์ของกล้องถ่ายภาพทางอากาศส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง  $1/100$  หรือ  $1/1000$  วินาที

**2. MULTILENS FRAME CAMERA** กล้องแบบนี้มีคุณสมบัติพื้นฐานมาจาก FRAME CAMERA เว้นแต่กล้องชนิดนี้มีเลนส์ตั้งแต่สองหรือมากกว่าสองเลนส์ขึ้นไป และมีการใช้ฟิล์มและฟิลเตอร์ที่แตกต่างกันด้วย การถ่ายภาพจะถ่ายทีเดียวพร้อม ๆ กันสองภาพหรือมากกว่านั้น รูปที่ 16.6 เป็นภาพที่ได้จากกล้อง MULTILENS โดยใช้ฟิล์มขาวดำอินฟราเรดและใช้ฟิลเตอร์ต่างกันหรือเรียกภาพที่ได้นี้ว่าภาพ MULTI-BANDS ปัญหาสำคัญในการใช้ภาพถ่ายเหล่านี้ก็คือการวิเคราะห์ภาพในบริเวณเดียวกันหลาย ๆ ภาพ จึงได้มีการประดิษฐ์เครื่องมือเช่น COLOUR ADDITIVE VIEWER เพื่อช่วยในการแปลวิเคราะห์ภาพเหล่านี้



รูปที่ 16.7 การถ่ายภาพของ STRIP CAMERA



รูปที่ 16.8 การถ่ายภาพของ PANORAMIC CAMERA

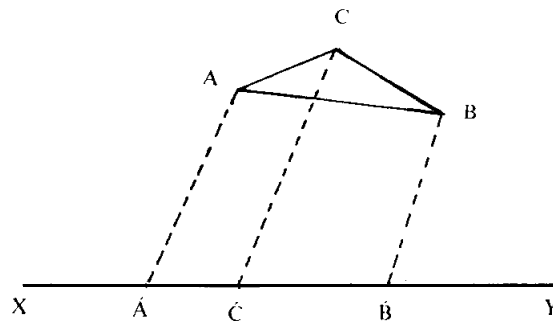
3. **STRIP CAMERA** เป็นกล้องที่สามารถถ่ายภาพต่อเนื่องเป็นแนวในทิศทางเดียวกับแนวบิน กล้องแบบนี้ออกแบบให้ฟิล์มเคลื่อนที่ผ่านช่อง (SLIT) เล็ก ๆ บนพื้นภาพของตัวกล้อง โดยให้ความเร็วของฟิล์มดังกล่าวเท่ากับความเร็วของเครื่องบิน ชัตเตอร์ของกล้องจะเปิดตลอดเวลาที่มีการถ่ายภาพ กล้องถ่ายภาพประเภทนี้ใช้ถ่ายภาพในความสูงไม่มากนัก จึงได้รายละเอียดในภาพมากกว่าภาพที่ได้จาก FRAME CAMERA เดิมกล้องประเภทนี้จะใช้ถ่ายภาพเพื่อศึกษารายละเอียดที่มีความยาว เช่น เพื่อใช้เลือกแนวทางสำหรับการสร้างทางรถไฟ ถนน การวางท่อน้ำมัน แต่ปัจจุบันกล้องประเภทนี้ไม่นิยมใช้ เพราะมีกล้องประเภทอื่นใช้ได้ผลดีกว่ามาก

4. PANORAMIC CAMERA กล้องประเภทนี้จะถ่ายภาพเป็นแนวของภูมิประเทศ จากขอบฟ้าด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ซึ่งแนวของรูปที่ได้จะอยู่ในลักษณะที่ขวางกับแนวนอน ในรูปที่ 16.8 แสดงการถ่ายภาพของ PANORAMIC CAMERA เมื่อเปรียบเทียบกับ FRAME CAMERA แล้ว PANORAMIC CAMERA จะถ่ายภาพคลุมพื้นที่ที่กว้างกว่า ภาพจะมีรายละเอียดมากกว่า แต่มีข้อเสียที่มีความคลาดเคลื่อนแฝงอยู่ ไม่มีความเที่ยงตรงทางเรขาคณิต มาตรฐานส่วนของภาพจะแตกต่างกันมาก บริเวณใกล้ริมขอบทั้งสองของภาพจะย่อเล็กลงมาก

## 16.2 ชนิดของการฉายแสง (TYPE OF PROJECTION)

แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

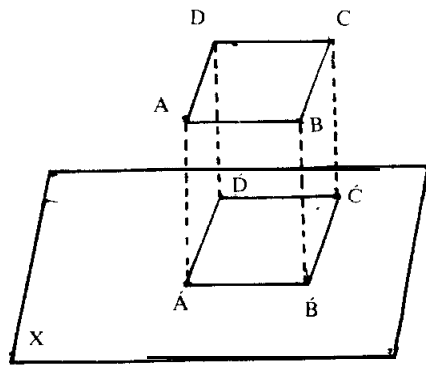
### 1. PARALLEL PROJECTION



รูปที่ 16.9 PARALLEL PROJECTION

จากรูปที่ 16.9 สามเหลี่ยม ABC ที่ฉายลงบนเส้น XY PROJECTION AA', BB', CC' ทุกเส้น จะขนานกันหมด

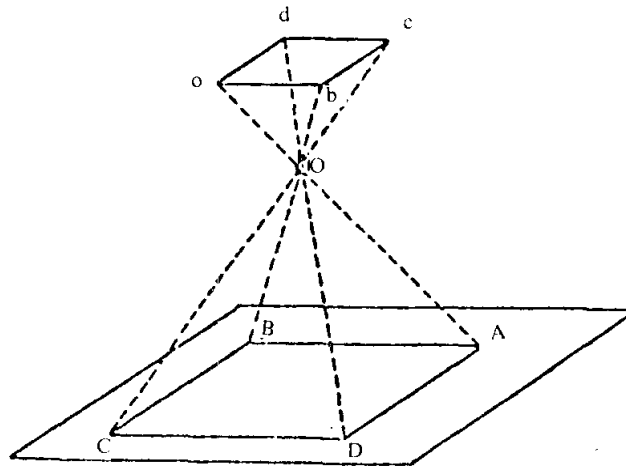
### 2. ORTHOGONAL PROJECTION



รูปที่ 16.10 ORTHOGONAL PROJECTION

การฉายแสงวิธีนี้ ลำแสงของสี่เหลี่ยม ABCD จะฉายตั้งฉากกับพื้นภาพ

**3. CENTRAL PROJECTION** การฉายแสงวิธีนี้น้ำแสงทุกเส้นจะฉายผ่านจุด PERSPECTIVE CENTER (ดูคำอธิบาย PERSPECTIVE CENTER ในบทที่ 18) และการถ่ายภาพทางอากาศที่ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพจากเครื่องบิน โดยใช้เลนส์รวมแสงให้ปรากฏบนแผ่นฟิล์ม นั้นจัดเป็นการเซ็นทรัลโปรเจคชั่น



รูปที่ 18.11 CENTRAL PROJECTION

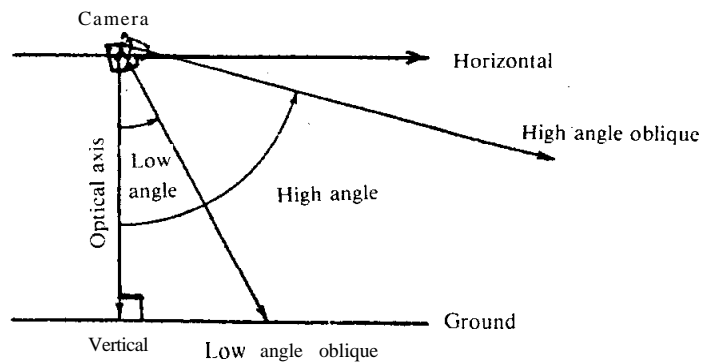
จากรูปที่ 18.11 จะเห็นว่าแสงทั้งหมดจะส่องผ่านจุดคงที่ คือจุด O หรือ PERSPECTIVE CENTER จุด a, b, c และ d บนแผ่นฟิล์มจะสัมพันธ์กับจุด A, B, C และ D บนพื้นภูมิประเทศจริง กรรมวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ภาพถ่ายที่ได้มีมาตราส่วนไม่เท่ากัน จะเห็นได้ชัดในภาพถ่ายเฉียงมากกว่าภาพถ่ายตั้ง มาตราส่วนในภาพถ่ายจะแตกต่างจากด้านหน้าไปยังด้านหลัง และจากริมด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง ผิดกับการทำแผนที่ซึ่งเป็น ORTHOGONAL PROJECTION การโปรเจคชั่นอยู่ในลักษณะที่ตั้งฉาก ดังนั้นมาตราส่วนบนแผนที่จะเท่ากันตลอด

### 18.3 ประเภทของภาพถ่ายทางอากาศ

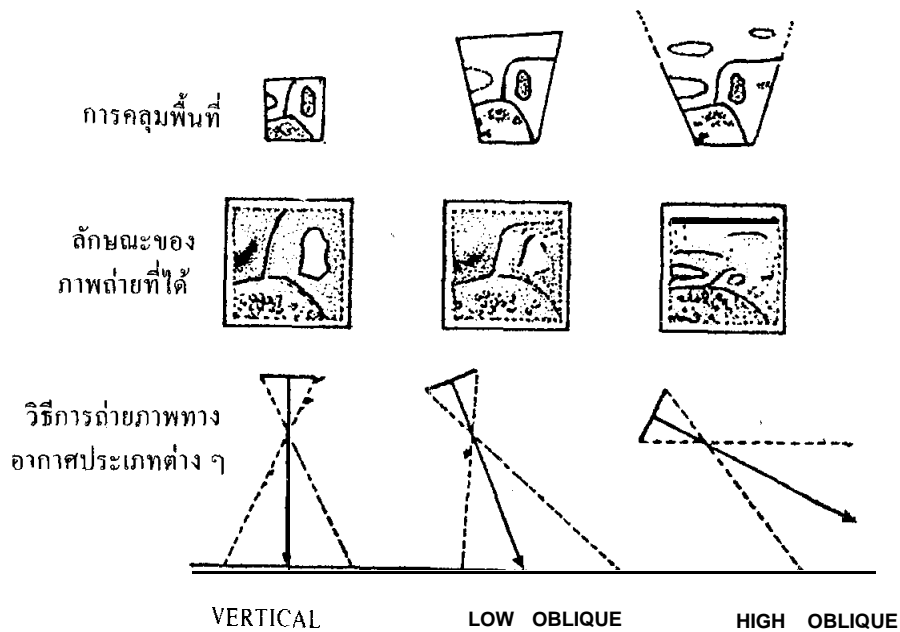
ภาพถ่ายทางอากาศที่ถ่ายด้วยกล้องแบบ FRAME CAMERA จำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ภาพถ่ายตั้ง (VERTICAL PHOTOGRAPH)
2. ภาพถ่ายเฉียง (OBLIQUE PHOTOGRAPH)

ภาพถ่ายตั้ง คือภาพที่ถ่ายโดยให้แกนกล้องอยู่ในแนวตั้ง หรือเกือบจะตั้งกับพื้นผิวของลักษณะภูมิประเทศ อย่างไรก็ตามเป็นการยากที่จะได้ภาพถ่ายตั้งจริง ๆ เพราะแนวแกนกล้องมักจะเอียงจากแนวตั้งเนื่องจากการเอียงหรือการเบนของเครื่องบินโดยไม่สามารถควบคุมได้ เมื่อแกนกล้องเอียงเพียงเล็กน้อยจากแนวตั้งภาพที่ได้จะเป็นภาพเอียง (TILT PHOTOGRAPH) การเอียงโดยไม่เจตนา ถ้าไม่เกิน 3-4 องศา แล้วในทางปฏิบัติถือว่าภาพถ่ายเอียงตั้งกล่าวเป็นภาพถ่ายใกล้ตั้ง (NEAR VERTICAL PHOTOGRAPH) หรือภาพถ่ายตั้ง ภาพถ่ายตั้งที่ถ่ายบนพื้นที่ราบจะใช้แทนแผนที่ได้ แต่ถ้าถ่ายบนพื้นที่ไม่ราบเรียบจะใช้แทนแผนที่ไม่ได้ ภาพถ่ายตั้งเป็นภาพที่ผลิตได้ไม่ยากราคาไม่แพงมาก สามารถนำมาศึกษาหรือดูให้เห็นเป็นภาพสามมิติได้จึงนำมาใช้ศึกษาในงานด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น ศึกษาลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะของดินและการใช้ที่ดิน ชนิดของพืชพรรณธรรมชาติ การหาพื้นที่ รูปแบบของระบบแม่น้ำและการวัดหาพื้นที่ รวมทั้งใช้ในการคำนวณรังวัดจากภาพถ่ายและงานแปลความหมายเพื่อใช้ในกิจการต่าง ๆ เป็นต้น ภาพถ่ายทางอากาศที่จะศึกษาในหนังสือเล่มนี้ก็คือ ภาพถ่ายตั้งนั่นเอง



รูปที่ 16.12 เปรียบเทียบมุมที่แนวแกนกล้องทำกับแนวระดับเมื่อถ่ายภาพตั้ง ภาพถ่ายเอียงต่ำและภาพถ่ายเอียงสูง



รูปที่ 16.13 ลักษณะของภาพถ่ายตั้ง ภาพถ่ายเฉียงและการคลุมพื้นที่

**ภาพถ่ายเฉียง** เป็นภาพที่ถ่ายโดยที่แกนกล้องเอียงจากแนวตั้งแยกเป็น 2 ชนิด

1. ภาพถ่ายเฉียงสูง (HIGH OBLIQUE PHOTOGRAPH) เป็นภาพถ่ายที่เห็นขอบฟ้าปรากฏอยู่บนภาพด้วย
2. ภาพถ่ายเฉียงต่ำ (LOW OBLIQUE PHOTOGRAPH) เป็นภาพถ่ายที่ไม่ปรากฏขอบฟ้าบนภาพ

เนื่องจากภาพถ่ายเฉียงมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นมาก จึงไม่นิยมนำมาใช้ในการคำนวณรังวัดจากภาพถ่าย แต่สามารถนำมาใช้ในงานแปลภาพถ่ายในบางกรณี ภาพถ่ายประเภทนี้มีลักษณะคล้ายคลึงกับภาพปกติที่มองเห็นด้วยสายตาคนเรา ภาพถ่ายเฉียงใช้ช่วยในการศึกษาด้านต่าง ๆ เช่น ศึกษาลักษณะภูมิประเทศและพื้นที่ลุ่มน้ำในระดับความสูงไม่มาก การจำแนกพืชพรรณธรรมชาติ การศึกษาเกี่ยวกับชุมชน และชนบท เป็นต้น



รูปที่ 16.14 ภาพถ่ายดิ่ง





รูปที่ 16.15 ภาพถ่ายเชิงต่ำ



รูปที่ 16.16 ภาพถ่ายเชิงสูง

ข้อเปรียบเทียบระหว่างภาพถ่ายดิ่งและภาพถ่ายเฉียง			
	ภาพถ่ายดิ่ง	ภาพถ่ายเฉียงต่ำ	ภาพถ่ายเฉียงสูง
1. คุณลักษณะ	ความเอียง (TILT) น้อยกว่า 4 องศา	ไม่ปรากฏขอบฟ้าในภาพ	ปรากฏขอบฟ้าในภาพ
2. การคลุมพื้นที่	น้อยที่สุด	มาก	มากที่สุด
3. พื้นที่	เป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส	เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู	เป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู
4. มาตรการส่วน	เกือบเท่ากันสม่ำเสมอ	ลดลงจากด้านหน้าไปด้านหลังแต่เปลี่ยนแปลงน้อยกว่าภาพถ่ายเฉียงสูง	ลดลงจากด้านหน้าไปด้านหลังมาก
5. ความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่	น้อยที่สุด	มาก	มากที่สุด
6. อื่น ๆ	ทำแผนที่ง่ายที่สุด		ประหยัดรายจ่ายเหมาะสำหรับพิจารณาภูมิประเทศทั่วไป

เราสามารถจะถ่ายภาพดิ่งและภาพเฉียงพร้อมกันได้โดยใช้กล้องที่มีตั้งแต่สองเลนซ์ขึ้นไปถ่ายภาพพร้อมกัน ตัวอย่างเช่น ภาพถ่าย TRIMETOGON ที่ใช้ในกองทัพอากาศสหรัฐอเมริกา นั้น ใช้ระบบกล้องสามกล้อง ซึ่งประกอบด้วยกล้องตัวกลางจะถ่ายดิ่งลงมา ในขณะที่อีกสองกล้องจะถ่ายทำมุม 30 องศาจากแนวนอนไปทางซ้ายและทางขวา ภาพถ่ายทั้งสามที่ได้จะคลุมพื้นที่จากขอบฟ้าด้านหนึ่งไปยังขอบฟ้าอีกด้านหนึ่ง หรือกล้องเก้าเลนซ์ (NINE-LENS CAMERA) ของ U.S. COAST AND GEODETIC SURVEY ซึ่งเลนซ์กลางจะถ่ายดิ่งลงมาล้อมรอบด้วยเลนซ์ที่เหลือจะถ่ายภาพทำมุม 38 องศาจากแนวดิ่ง อย่างไรก็ตามภาพที่ได้จากกล้องหลายเลนซ์ต่าง ๆ เหล่านี้ไม่เหมาะที่จะใช้ทำแผนที่ เพราะมีลักษณะทางเรขาคณิตที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน แต่ยังคงนิยมใช้ทางด้านการทหาร

การถ่ายภาพดิ่งอาจถ่ายเป็นภาพเดี่ยว เป็นแนว (STRIP) หรือเป็นบล็อก (BLOCK) การถ่ายภาพเดี่ยวไม่นิยมถ่ายเพราะจำเป็นจะต้องถ่ายพื้นที่ที่จะศึกษาทั้งหมดให้อยู่ในภาพเดี่ยวเท่านั้น ซึ่งจะได้เมื่อพื้นที่มีขนาดเล็กหรือถ่ายด้วยมาตราส่วนที่เล็กมากเท่านั้น

การถ่ายเป็นแนว หมายถึง การถ่ายภาพพื้นที่ทั้งหมดให้คลุมอยู่ในกลุ่มภาพที่ถ่ายในแนวบินเดียวกัน การถ่ายภาพแบบนี้จะถ่ายด้วยมาตราส่วนใหญ่เพื่อใช้ในการสำรวจถนนหรือทางรถไฟ เป็นต้น

การถ่ายภาพส่วนใหญ่มักจะถ่ายเป็นบล็อก กล่าวคือเครื่องบินจะบินถ่ายไปและย้อนกลับมาตามแนวบินที่ตรงและขนานกันด้วย ในการถ่ายแต่ละแนวบินจะถ่ายภาพให้มีการเหลื่อมล้ำกับภาพถัดไปและในภาพของแนวบินข้างเคียงด้วย การเลือกทิศทางของแนวบินจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ขนาดและรูปร่างของพื้นที่ที่จะถ่ายภาพทิศทางและมุมของดวงอาทิตย์ เป็นต้น

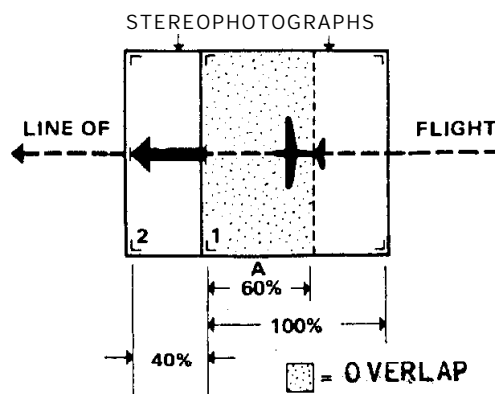
ภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้โดยทั่วไปจะอัดบนกระดาษอัดภาพ 2 ชนิด คือ บาง (SINGLE WEIGHT) และหนา (DOUBLE WEIGHT) กระดาษชนิดบางอาจจะฉีกขาดง่าย ภาพที่ใช้กระดาษบางชนิดที่ไม่หดโดยทั่วไปจะใช้ทำภาพถ่ายต่อ (MOSAIC) เพราะตัดได้ง่ายกว่าและไม่โค้งงอ ส่วนภาพถ่ายที่ใช้กระดาษหนาจะได้เปรียบในข้อที่ว่าใช้งานได้ทนทานกว่า เหมาะที่จะใช้ในการออกภาคสนาม การขยายภาพถ่ายเดี่ยว ๆ ก็มักจะใช้กระดาษแบบหนา ความก้าวหน้าทางด้านการใช้พลาสติกและราคาที่ถูกลง ทำให้มีการใช้แผ่นโพลีเอสเตอร์ (POLYESTER) ในการผลิตภาพถ่ายทางอากาศ ภาพถ่ายที่ใช้แผ่นโพลีเอสเตอร์นี้จะกันน้ำและไม่ฉีกขาดง่ายจึงเหมาะที่จะใช้ในการออกสำรวจภาคสนามมากที่สุดแต่มีข้อเสียเปรียบในแง่ที่มีราคาแพงกว่าการใช้กระดาษประมาณครึ่งหนึ่ง

ภาพถ่ายที่ใช้ อาจจะมีผิวภาพทั้งมันและด้านหรือกึ่งด้าน ภาพถ่ายที่ใช้กระดาษบาง อาจจะอัดเป็นภาพทั้งผิวมัน ด้านหรือกึ่งด้าน ภาพถ่ายที่ใช้กระดาษหนาโดยทั่วไปจะอัดได้ภาพผิวด้านหรือกึ่งด้าน ส่วนภาพถ่ายที่ใช้แผ่นโพลีเอสเตอร์จะมาเป็นภาพผิวกึ่งด้าน ภาพถ่ายผิวมันจะให้ความคมของภาพมากกว่าผิวด้าน จึงทำให้ภาพถ่ายผิวมันเหมาะที่จะใช้ในงานแปลภาพถ่ายและในการอัดภาพซ้ำมากกว่าภาพถ่ายผิวด้าน ส่วนภาพถ่ายผิวด้านหรือกึ่งด้านนั้นสะดวกที่จะใช้น้ำหมึก ดินสอสีหรือดินสออย่างอ่อน ๆ ลากทำเครื่องหมายบนภาพมากกว่าภาพถ่ายผิวมันซึ่งจะต้องใช้หมึกพิเศษหรือดินสอ GREASE จึงจะลากเครื่องหมายให้เห็นได้ชัด

## 18.4 การถ่ายภาพเหลื่อมล้ำ

การถ่ายภาพแต่ละภาพจะคลุมพื้นที่จำกัดซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของมุมรับภาพและระยะสูงบินของเครื่องบิน กล้องแบบมุมกว้างจะสามารถถ่ายภาพคลุมพื้นที่ได้กว้างกว่ากล้องแบบมุมธรรมดา และเมื่อบินถ่ายภาพในระยะสูงขึ้นก็จะถ่ายภาพคลุมพื้นที่ได้มากขึ้นแต่มาตราส่วนจะเล็กลงตามด้วย

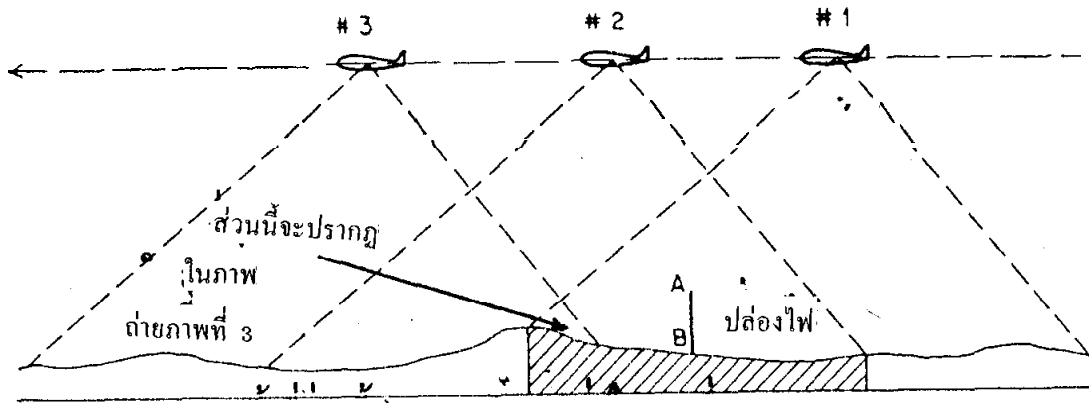
การถ่ายภาพจะถ่ายไปตามแนวบิน (FLIGHT LINE) โดยจะถ่ายให้ภาพเหลื่อมล้ำหรือซ้อนกันกับภาพถัดไปที่เรียกว่า “OVERLAP” หรือ “ENDLAP” โดยทั่วไปจะถ่ายให้ภาพซ้อนกับภาพถัดไปประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ การถ่ายให้มีพื้นที่ซ้อนกันในเปอร์เซ็นต์สูงกว่านี้จะใช้เฉพาะในบางกรณีเท่านั้น



รูปที่ 18.17 การถ่ายภาพให้มี OVERLAP

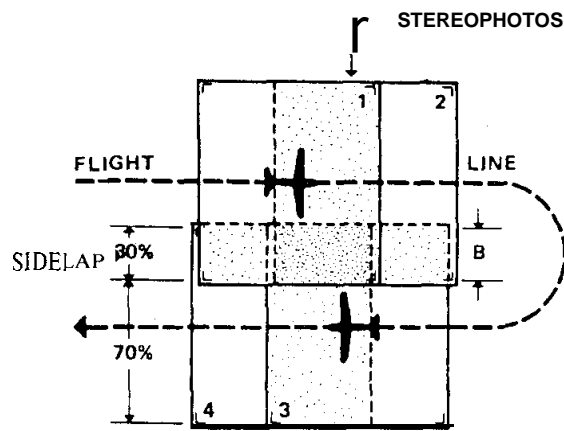
การถ่ายภาพให้ซ้อนกัน 60 เปอร์เซ็นต์นี้จะเห็นว่า ระหว่างภาพที่ 1 และภาพที่ 3 ยังมีส่วนพื้นที่ซ้อนกันอยู่อีก 10 เปอร์เซ็นต์ดังในรูปที่ 18.17 ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าแม้จะถ่ายภาพที่ 2 ขาดไปหนึ่งภาพ การถ่ายภาพก็ยังครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด นอกจากนั้นยังให้มีการถ่ายซ้อนกันในแนวบินข้างเคียงประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ และเรียกว่า “SIDELAP” การถ่ายให้ซ้อนกันนอกจากเพื่อจะได้แน่ใจว่าได้มีการถ่ายภาพคลุมพื้นที่ทั้งหมดแล้วยังเพื่อให้มีบริเวณที่ซ้อนกันซึ่งจะใช้มองภาพสามมิติหรือภาพทรวดทรง (STEREOMODEL) ได้ และจะเป็นส่วนที่ใช้แปลเพื่อศึกษาหาข้อมูลต่าง ๆ

การถ่ายภาพ



พื้นที่ส่วนนี้จะปรากฏในภาพถ่าย ภาพที่ 1 และ 2  
 เพราะมีการถ่ายภาพให้ซ้อนกัน 60 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 16.18



รูปที่ 16.19 การถ่ายภาพให้มี SIDELAP

## 16.5 การวางแผนการบินถ่ายภาพทางอากาศ

ความต้องการภาพถ่ายในบริเวณที่ต้องการจะศึกษาเกิดขึ้นได้ในหลายกรณี เช่น ในบริเวณนั้นอาจจะไม่เคยมีภาพถ่ายมาก่อนเลย หรือมีแต่ล้าสมัยเกินกว่าที่จะนำมาใช้ได้ หรือภาพถ่ายที่มีอยู่อาจจะทำการถ่ายในฤดูกาลที่ผิดจุดประสงค์ของผู้ใช้ เช่น มีภาพถ่ายที่ถ่ายเพื่อใช้ทำแผนที่ลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งจะถ่ายในฤดูที่มีพืชพรรณธรรมชาติปกคลุมน้อย ทำให้ภาพถ่ายดังกล่าวไม่เหมาะกับผู้ใช้ที่ต้องการวิเคราะห์เกี่ยวกับพืชพรรณธรรมชาติ ยิ่งกว่านั้น ภาพถ่ายที่มีอยู่อาจจะมีความตราส่วนไม่เหมาะกับงานที่ประสงค์จะทำหรืออาจจะ เป็นภาพที่ถ่ายด้วยฟิล์มที่ไม่เหมาะสม เช่นผู้วิเคราะห์ต้องการภาพสีชนิดธรรมชาติของบริเวณที่ทำการศึกษา แต่พบว่าไม่มีเพียงภาพขาวดำเท่านั้น หรือผู้ใช้ต้องการภาพถ่ายที่ใช้ฟิล์ม ฟิลเตอร์และการถ่ายภาพพิเศษ ซึ่งภาพที่มีอยู่แล้วไม่อาจสนองความต้องการได้

เมื่อมีความต้องการภาพถ่ายใหม่ ๆ ผู้ใช้จำเป็นต้องเข้าไปมีส่วนในการวางแผนของคณะผู้วางแผนด้วย เรื่องต่าง ๆ ที่จะต้องคำนึงถึงในการวางแผนการบินถ่ายภาพที่สำคัญคือ อากาศ สภาพอากาศที่ไม่ดี เช่น มีฝน พายุจัด หมอก เมฆ หรือแสงสว่างไม่พอย่อมมีผลทำให้ต้องเลื่อนการบินถ่ายภาพได้ ในหลาย ๆ บริเวณตลอดระยะเวลาหนึ่งปีจะมีเพียงไม่กี่วันที่เหมาะในการถ่ายภาพมากที่สุด เพื่อถือประโยชน์จากวันที่อากาศดีนี้จะต้องทำการถ่ายภาพหลาย ๆ โครงการในวันเดียวกัน โดยทั่วไปจะทำการบินถ่ายภาพระหว่าง 10 นาฬิกาตอนเช้าและ 14 นาฬิกาในตอนบ่ายเพราะได้รับแสงสว่างมากที่สุด และมีเงาที่น้อยที่สุด นอกจากนั้นต้องคำนึงถึง ระยะโฟกัสของกล้องที่ใช้ ขนาดและมาตราส่วนของภาพถ่าย พื้นที่ภูมิประเทศที่จะถ่ายภาพ ระยะสูงบินเฉลี่ยจากบริเวณที่จะถ่ายภาพ เปอร์เซ็นต์ OVERLAP และ SIDELAP ที่ต้องการ ความเร็วของเครื่องบินที่ใช้เป็นต้น

จากข้อกำหนดต่าง ๆ ดังได้กล่าวแล้ว คณะผู้วางแผนจะต้องทำการคำนวณ และทำแผนที่แนวมบินให้กับคณะผู้บินถ่ายภาพเพื่อแสดง

1. ระยะสูงบินจากระดับน้ำทะเลปานกลางจากบริเวณที่จะถ่ายภาพ
2. ตำแหน่งทิศทาง และจำนวนแนวมบินของบริเวณที่จะถ่ายภาพ
3. ช่วงระยะห่างของการเปิดหน้ากล้องถ่ายภาพแต่ละครั้ง
4. จำนวนภาพที่จะถ่ายในแต่ละแนวมบิน
5. จำนวนภาพที่ต้องถ่ายทั้งหมด

เราอาจใช้ภาพถ่ายเก่า ดัชนีภาพถ่ายต่อ (INDEX MOSAIC) หรือแม้แต่ภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อวางแผนการบินถ่ายภาพได้ (รายละเอียดการคำนวณต่าง ๆ เพื่อเตรียมการวางแผนการบินดูได้ในบทที่ 18)

## 16.6 การบินถ่ายภาพทางอากาศ

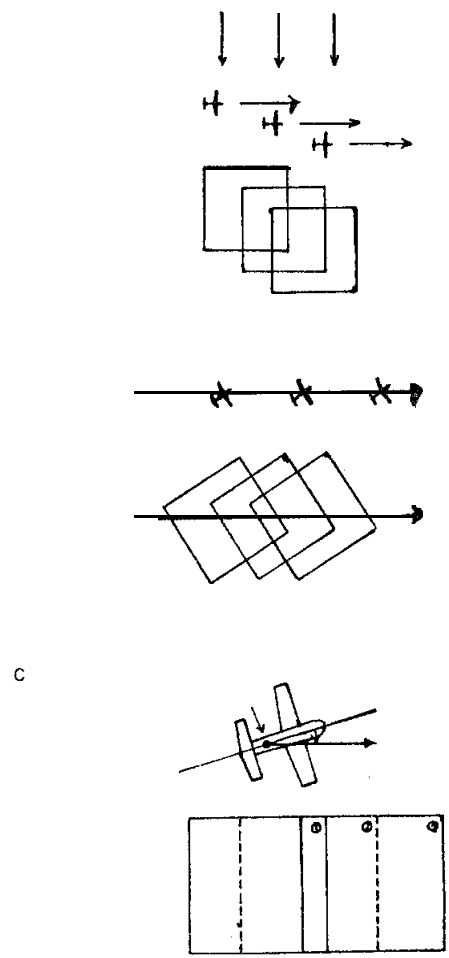
การที่จะได้ภาพถ่ายทางอากาศที่ดีควรจะทำการบินถ่ายภาพในสภาพต่อไปนี้คือ

1. เครื่องบินต้องบินในแนวตรงและรักษาความเร็วลมสม่ำเสมอไว้เพื่อจะถ่ายภาพให้มี OVERLAP 60 เปอร์เซ็นต์ตลอดแนวยาน
2. เครื่องบินต้องหมุนตัวตามระยะที่กำหนดไว้และจะต้องรักษาแนวบินต่อไปให้ขนานกับแนวบินแรก และถ่ายภาพให้มี SIDE LAP ประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ตลอดแนว
3. ต้องรักษาระยะสูงบิน (FLYING HEIGHT) ตามที่กำหนดไว้โดยตลอด
4. กล้องถ่ายภาพต้องไม่เอียง (TILT) ในขณะถ่ายภาพ

การที่จะบินถ่ายภาพในสภาพดังกล่าวนี้ คณะผู้บินถ่ายภาพจะต้องมีความชำนาญในการบินอย่างมาก โดยทั่วไปเป็นการยากเพราะเมื่อทำการบินถ่ายภาพในระดับสูง ๆ กระแสลมที่แรงจะพัดเข้าหาเครื่องบินทำให้เครื่องบินบินเอนออกไปนอกแนวบินที่กำหนดไว้ซึ่งมีผลทำให้ลดปริมาณพื้นที่ที่จะถ่ายครอบคลุมลงดังในรูปที่ 16.20 a และ b ปัญหานี้นักบินจะแก้ไขด้วยการหมุนกล้องถ่ายภาพทางอากาศเพื่อแก้ความเบน (DRIFT) จนกระทั่งสามารถถ่ายภาพไปตามแนวบินที่กำหนดไว้ซึ่งช่วยให้ได้ภาพถ่ายที่สมบูรณ์ขึ้นดังในรูปที่ 14.20 c

ในการถ่ายภาพทางอากาศจะกระทำในขณะที่เครื่องบินกำลังเคลื่อนที่ ฉะนั้นจะเกิดการไหวของภาพซึ่งจะปรากฏให้เห็นในภาพถ่ายหรือไม่ขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของภาพถ่าย โดยเหตุที่สายตาของมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นความคลาดเคลื่อนที่เล็กกว่า 0.05 มิลลิเมตร ดังนั้นการไหวของภาพจะเห็นชัดในภาพถ่ายมาตราส่วนใหญ่เท่านั้น

ในปัจจุบันเพื่อแก้ไขความผิดพลาดต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในขณะถ่ายภาพ จึงมีการติดตั้งเครื่องมือช่วยต่าง ๆ พร้อมไปกันกับกล้องถ่ายภาพทางอากาศด้วย เพื่อจะได้ทราบข้อมูลอื่น ๆ ในขณะเครื่องบินถ่ายภาพ เครื่องมือเหล่านี้ได้แก่ STATOSCOPE, AIRBORNE PROFILE RECORDER (APR), HORIZON CAMERA, GYROSCOPE เครื่อง STATOSCOPE เป็นเครื่องมือที่มีความไวกว่าเครื่องมือบอกค่าระยะสูงบิน (ALTIMETER) STATOSCOPE จะใช้ช่วยวัดความแตกต่างของความกดอากาศที่สัมพันธ์กับการถ่ายภาพ ๆ แรก โดยลักษณะนี้เรา



รูปที่ 18.20

a และ b การซ้อนของภาพถ่ายทางอากาศเมื่อเกิดการเบนขึ้น

การซ้อนของภาพถ่ายทางอากาศหลังจากการหมุนปรับกล้องถ่ายภาพทางอากาศ จะสามารถทราบความแตกต่างของระยะสูงบินจากระดับน้ำทะเลปานกลางในขณะที่บินตาม แนวบินเพื่อถ่ายภาพ ทำให้สามารถกำหนดระยะสูงบินไม่ให้ต่ำหรือสูงเกิน 1-2 เมตรได้ เครื่อง AIRBORNE PROFILE RECORDER ใช้เรดาร์ส่งจากเครื่องบินลงมายังพื้นผิวภูมิประเทศแล้ว จะสะท้อนกลับไปยังเครื่องรับ ระยะเวลาที่สัญญาณเรดาร์เดินทางไปและกลับจะถูกบันทึกไว้ ซึ่งจะแปลงเป็นระยะห่างจากเครื่องบินกับพื้นผิวภูมิประเทศได้ ถ้าบันทึกค่าความสูงนี้ไว้ตลอด ระยะเวลาดำเนินการบินก็จะสร้างภาพหน้าตัด (PROFILE) ของลักษณะภูมิประเทศจากระดับน้ำ



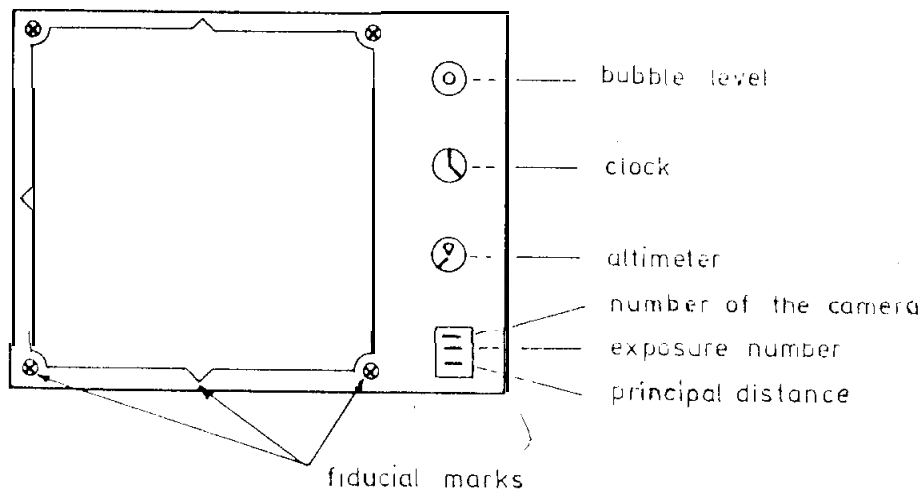
ทะเลปานกลางได้ และถ้านำเอารายละเอียดความแตกต่างของระยะสูงบินที่บันทึกโดยเครื่อง STATOSCOPE มาใช้ร่วมด้วยแล้วก็จะช่วยให้การทำภาพตัดของลักษณะภูมิประเทศถูกต้องมากยิ่งขึ้น HORIZON CAMERA ใช้ร่วมกับกล้องถ่ายภาพทางอากาศ เพื่อถ่ายภาพของขอบฟ้าซึ่งช่วยให้ทราบการเอียงของเครื่องบินโดยประมาณ ส่วน GYROSCOPE จะใช้เพื่อช่วยให้กล้องถ่ายภาพอยู่ในลักษณะคงที่และรักษาแนวตั้ง และยังช่วยวัดความเอียงของกล้องจากแนวตั้งด้วย เครื่องมือต่าง ๆ เหล่านี้จะช่วยในการจัดวางภาพถ่ายคู่ให้ถูกต้องเมื่อนำมาใช้งานโดยเฉพาะในงานรังวัดภาพถ่ายจากทางอากาศ แต่เป็นเครื่องมือที่ทำให้ราคาภาพถ่ายทางอากาศสูงขึ้นด้วย

### 16.7 ขนาดและรายละเอียดบนขอบภาพถ่ายทางอากาศ

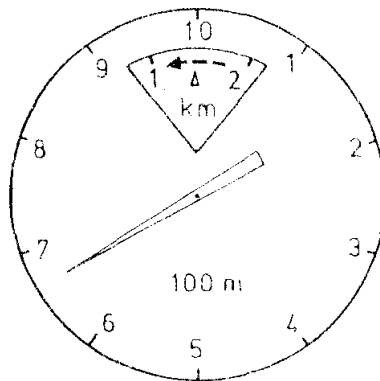
ขนาดของภาพถ่ายทางอากาศที่ผลิตขึ้นใช้มากที่สุด คือ ขนาด 9×9 นิ้ว (23×23 เซนติเมตร)

รายละเอียดบนขอบภาพถ่ายที่สำคัญนั้นจะถ่ายให้ติดอยู่บนฟิล์มถ่ายภาพทางอากาศ ขณะเปิดหน้ากล้องทำการถ่ายภาพแต่ละภาพ รายละเอียดดังกล่าวมี

1. ภาพฟองระดับ (BUBBLE LEVEL) ใช้สำหรับหาการเอียงของภาพถ่าย โดยประมาณ ถ้าไม่มีการเอียงเกิดขึ้นฟองระดับควรอยู่ ณ จุดศูนย์กลาง



รูปที่ 16.21 รายละเอียดบนขอบภาพถ่ายทางอากาศ



รูปที่ 16.22 แสดงหน้าปัด ALTIMETER ระยะสูงบินในภาพนี้ประมาณ 1,670 เมตร

2. ภาพหน้าปัดนาฬิกา (CLOCK) ใช้หาเวลาขณะเปิดหน้ากล้องถ่ายภาพ เพื่อการวิเคราะห์เงาของวัตถุที่ปรากฏบนภาพถ่าย และยังช่วยในการบอกทิศด้วย เช่น ถ้าหน้าปัดนาฬิกาแสดงเวลาเข้าทิศทางที่เงาชี้เป็นทิศตะวันตก เป็นต้น

3. ภาพหน้าปัด (ALTIMETER) ใช้สำหรับหาระยะสูงบินโดยประมาณ เพื่อช่วยในการคำนวณหามาตราส่วนของภาพถ่าย

4. ภาพตัวเลขแสดงค่า (PRINCIPAL DISTANCE ของเลนส์กล้องถ่ายภาพทางอากาศ) ค่านี้อาจใช้แทนค่าระยะโฟกัส (FOCAL LENGTH) ในการคำนวณหามาตราส่วนได้

5. เครื่องหมายในลักษณะต่าง ๆ กันซึ่งอาจจะอยู่ตรงมุม หรือกึ่งกลางของขอบภาพ เรียกว่า FIDUCIAL MARKS ซึ่งจะช่วยในการหาจุดกึ่งกลาง (PRINCIPAL POINT) และแนวบินของเครื่องบิน (ตามความเป็นจริงเส้นตรงที่ต่อระหว่างจุด FIDUCIAL ทั้งสี่เรียกว่า FIDUCIAL CENTER แต่สำหรับกล้องถ่ายภาพที่ได้รับการปรับแก้แล้วจุดนี้จะทับสนิทกับ PRINCIPAL POINT)

6. ตัวเลขแสดง RUNNING NUMBER ของภาพถ่าย

7. วัน เดือน ปี ที่ทำการถ่ายภาพ ทำให้ทราบถึงฤดูกาลที่ทำการถ่ายภาพ

นอกจากนี้ยังมีรายละเอียดที่เขียนเพิ่มเติมบนฟิล์มถ่ายภาพทางอากาศ ก่อนที่จะนำไปพิมพ์เป็นภาพ เช่น หมายเลขภาพถ่าย เลขและอักษรแรกของแนวการบิน หน่วยที่ถ่ายภาพ เป็นต้น

รายละเอียดอาจจะมีมากกว่านี้ขึ้นอยู่กับความจำเป็นและความสำคัญที่ผู้ใช้และผู้ผลิตภาพถ่ายทางอากาศจะได้ตกลงร่วมกัน

## 16.8 ภาพถ่ายต่อ (MOSAIC)

เป็นการประกอบภาพถ่ายทางอากาศเดี่ยว ๆ จำนวนมากเข้าด้วยกันเพื่อทำเป็นภาพถ่ายต่อเนื่องภาพเดียวทั้งพื้นที่ที่ทำการถ่ายภาพ ภาพถ่ายต่อมักนิยมทำจากภาพถ่ายทางอากาศแบบภาพตั้ง ภาพถ่ายต่อที่สร้างขึ้นอย่างดีจะมีลักษณะทั่วไปเหมือนภาพถ่ายใหญ่หมึมา ภาพถ่ายต่อแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

1. ภาพถ่ายต่อแบบไม่ควบคุม (UNCONTROLLED MOSAIC) หมายถึง MOSAIC ที่ได้จากการต่อภาพถ่ายทางอากาศกันเข้าโดยไม่คำนึงถึงจุดบังคับภาคพื้นดิน (CONTROLLED POINT) เนื่องจากไม่ได้ปรับแก้ภาพถ่ายเดี่ยวที่ใช้ให้มีมาตราส่วนเดียวกันทั้งหมด และความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเอียงของกล้อง และความแตกต่างของระดับความสูงในภูมิประเทศยังคงอยู่ ดังนั้นภาพถ่ายต่อแบบไม่ควบคุมจึงไม่ถูกต้องมากนัก การแก้ไขให้มีข้อผิดพลาดน้อยลงอาจทำได้โดยเลือกใช้เฉพาะบริเวณส่วนกลางของภาพถ่าย ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก

2. ภาพถ่ายต่อแบบกึ่งควบคุม (SEMI-CONTROLLED MOSAIC) หมายถึง MOSAIC ที่ได้จากการต่อภาพถ่ายทางอากาศกันเข้าโดยมีจุดบังคับภาคพื้นดินจำกัดหรือไม่ทั่วพื้นที่ เนื่องจากภาพถ่ายที่ใช้ยังไม่ได้ปรับแก้มาตราส่วนและความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเอียงและความสูงต่ำของภูมิประเทศ จึงยังเป็นภาพถ่ายต่อที่ไม่ถูกต้องทีเดียว

3. ภาพถ่ายต่อแบบควบคุม (CONTROLLED MOSAIC) หมายถึง MOSAIC ที่ได้จากการต่อภาพถ่ายทางอากาศกันเข้าโดยมีจุดบังคับภาคพื้นดินกระจายทั่วพื้นที่ ภาพถ่ายที่นำมาใช้ได้มีการปรับแก้ให้มีมาตราส่วนเดียวกันรวมทั้งปรับแก้เนื่องมาจากการเอียงของกล้องในขณะที่ถ่ายภาพด้วย ภาพถ่ายต่อประเภทนี้เป็นแบบที่ถูกต้องที่สุดในทั้งสามแบบ

ภาพถ่ายต่อเหมาะที่จะใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดิน และโครงการทางวิศวกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสำรวจออกแบบโครงการสร้างใหญ่ ๆ เราอาจใช้ภาพถ่ายต่อแทนแผนที่ในการสำรวจจริงวัดภูมิประเทศ และอาจใช้ลงรายละเอียดผังแบบและเกณฑ์กำหนดการก่อสร้างลงบนภาพถ่ายต่อได้โดยตรง ซึ่งช่วยให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายได้มากโดยไม่ทำให้ความถูกต้องลดลงเลย นอกจากนั้นภาพถ่ายต่อยังมีประโยชน์ในงานอื่น ๆ อีกมาก เช่น ใช้ศึกษารายละเอียดทางธรณีวิทยา ใช้สำรวจทรัพยากรธรรมชาติ บันทึกการเติบโตของเมือง บันทึกแนวเขตกรรมสิทธิ์ที่ดิน เป็นต้น



U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE  
 AGRICULTURAL STABILIZATION AND CONSERVATION SERVICE

GRAPHIC SCALE OF INCHES

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

WAUKESHA COUNTY, WISCONSIN

1  
2  
3  
4

ASCS-4-69DC Rev. 5  
 U.S. GEOLOGICAL SURVEY PHOTO INTERPRETATION  
 MANITOWISH, WISCONSIN, AERIAL RELIEF SCALE 25,000  
 PHOTO: WW Sheet 2 of 4

รูปที่ 16.23 ภาพถ่ายต่อ (MOSAIC)

## สรุป

กล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้กันในปัจจุบันพัฒนามาจากกล้องบ็อกซ์แบบรูเข็มโดยคิดค้นนำเลนส์มาใช้แทนรูเข็ม รวมทั้งการพัฒนาเทคนิคต่าง ๆ อีกหลายด้านจนทำให้กล้องชนิดนี้มีประสิทธิภาพในการถ่ายภาพสูงมาก กล้องถ่ายภาพทางอากาศที่ใช้กันมีหลายประเภทที่สำคัญคือ SINGLE LENS FRAME CAMERA, MULTILENS FRAME CAMERA, STRIP CAMERA และ PANORMIC CAMERA ที่ใช้กันมากที่สุดคือ SINGLE LENS FRAME CAMERA กล้องประเภทนี้จะประกอบด้วยเลนส์ที่มีความยาวโฟกัสหรือระยะโฟกัสต่างกัน (ระยะโฟกัสคือระยะจากเลนส์ถึงฟิล์ม) และระยะโฟกัสนี้จะแตกต่างกันไปตามมุมรับภาพ กล่าวคือถ้าระยะโฟกัสยิ่งยาวขึ้นมุมรับภาพก็จะยิ่งเล็กลง เราอาจแบ่งกล้องแบบนี้ตามมุมรับภาพออกเป็น มุมกว้างมาก (superwide angle) มุมกว้าง (wide angle) และมุมธรรมดา (normal angle) กล้องชนิดมุมกว้างนิยมใช้กันมากที่สุดโดยมีมุมรับภาพประมาณ 75-100 องศา และระยะโฟกัสประมาณ 150 มิลลิเมตร การถ่ายภาพทางอากาศโดยใช้กล้องมุมรับภาพต่างกันจะให้ผลแตกต่างกัน เช่น กล้องถ่ายภาพที่มีระยะโฟกัสยาวขึ้นจะช่วยลดความคลาดเคลื่อนอันเนื่องจากความสูงต่ำของภูมิประเทศได้ดีขึ้น แต่จะครอบคลุมพื้นที่ถ่ายภาพได้น้อยลง

ในการถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพทางอากาศ โดยใช้เลนส์รวมแสงให้ไปปรากฏบนแผ่นฟิล์มจัดเป็นการฉายแสงแบบ CENTRAL PROJECTION กรรมวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ภาพถ่ายที่ได้มีมาตราส่วนไม่เท่ากันทั้งภาพ ซึ่งผิดกับการทำแผนที่ที่ใช้การฉายแสงแบบ ORTHOGONAL PROJECTION และมีผลให้มาตราส่วนบนแผนที่เท่ากันตลอด

ภาพถ่ายทางอากาศจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่คือ ภาพถ่ายตั้งและภาพถ่ายเฉียง ภาพถ่ายตั้งจะเป็นภาพที่ถ่ายโดยแนวแกนกล้องจะอยู่ในแนวตั้งหรือเกือบจะตั้งกับพื้นผิวภูมิประเทศ โดยเอียงได้ไม่เกิน 3-4 องศา จัดเป็นภาพถ่ายที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดจึงใช้กันมากที่สุด และสิ่งที่จะกล่าวในตำราเล่มนี้เกี่ยวข้องกับภาพถ่ายตั้งทั้งสิ้น ในกรณีที่แนวแกนกล้องเอียงจากแนวตั้งเกิน 3-4 องศา ก็จะได้ภาพถ่ายเฉียง ถ้าเอียงจนเห็นขอบฟ้าปรากฏในภาพจะเรียกว่าภาพถ่ายเฉียงสูง ถ้าไม่ปรากฏขอบฟ้าในภาพจะเรียกว่า ภาพถ่ายเฉียงต่ำ การถ่ายภาพจะถ่ายไปตามแนวบินโดยให้เหลือมล้ำหรือซ้อนทับภาพถัดไปในแนวบินเดียวกันประมาณ 60% และซ้อนทับในแนวบินข้างเคียงประมาณ 20-30% เพื่อประโยชน์ในการนำบริเวณที่ซ้อนกันมาประกอบดูเป็นภาพสามมิติหรือภาพทรวดทรงได้ และจะเป็นบริเวณที่ใช้อ่านแปลเพื่อศึกษาหาข้อมูลต่าง ๆ

ในการวางแผนการบินถ่ายภาพจำเป็นต้องทำแผนที่แนวบิน และการคำนวณรายละเอียดต่าง ๆ ที่จำเป็น รวมทั้งการวางแผนแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในขณะที่บินถ่ายภาพให้แก่คณะผู้บินถ่ายภาพ สำหรับภาพถ่ายทางอากาศที่ผลิตขึ้นมาใช้นั้นจะพบว่ามียรายละเอียดข้อมูลปรากฏอยู่บนขอบภาพถ่าย รายละเอียดที่สำคัญเช่น ภาพฟองระดับเพื่อบอกว่ามีการเอียงของกล้องถ่ายภาพขณะทำการถ่ายภาพเกิดขึ้นหรือไม่ หน้าปัทม์นาฬิกาเพื่อบอกเวลาขณะทำการถ่ายภาพ หน้าปัทม์ Altimeter เพื่อบอกค่าระยะความสูงของการบินนั้นจะกำหนดถ่ายให้ติดอยู่บนฟิล์มถ่ายภาพทางอากาศขณะเปิดหน้ากล้องทำการถ่ายภาพแต่ละภาพ ส่วนรายละเอียดที่สำคัญรองลงไปจะนำมาเขียนเพิ่มเติมบนฟิล์มภาพถ่ายทางอากาศก่อนที่จะนำไปพิมพ์เป็นภาพ

สำหรับภาพถ่ายทางอากาศที่ถ่ายคลุมพื้นที่กว้าง ๆ เมื่อนำมาประกอบกันจะทำให้เกิดเป็นภาพถ่ายต่อมัลักษณะเหมือนภาพถ่ายใหญ่มหึมาได้ ภาพถ่ายต่อแบ่งออกตามชั้นของความถูกต้องจากน้อยไปหามากตามลำดับดังนี้คือ ภาพถ่ายต่อแบบไม่ควบคุม ภาพถ่ายต่อแบบกึ่งควบคุม และภาพถ่ายต่อแบบควบคุม ซึ่งภาพถ่ายต่อนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ ได้มาก

๖..

## คำถามท้ายบท

1. ลักษณะของภาพถ่ายดึงคือข้อใด?
  - 1) แกนของกล้องถ่ายภาพตั้งฉากกับพื้นโลก
  - 2) แกนของกล้องถ่ายภาพทำมุมมากกว่า 3 องศากับพื้นโลก
  - 3) แกนของกล้องถ่ายภาพทำมุมมากกว่า 10 องศากับพื้นโลก
  - 4) แกนของกล้องถ่ายภาพทำมุมมากกว่า 30 องศากับพื้นโลก
2. FOCAL LENGTH คือระยะที่วัดจาก
  - 1) เลนส์ถึงฝาครอบกล้องถ่ายภาพ
  - 2) เลนส์ถึงวัตถุที่ถ่ายทำ
  - 3) เลนส์ถึงฟิล์ม
  - 4) เลนส์ถึงแกนกล้อง
3. สิ่งที่ไม่จัดอยู่ในรายละเอียดรอบขอบระวางภาพถ่ายคือ
  - 1) ฟองระดับ
  - 2) หน้าปัทม์นาฬิกา
  - 3) วัน เดือน ปีที่ทำการถ่ายภาพ
  - 4) หน่วยที่ทำการถ่ายภาพ
4. ประโยชน์ที่สำคัญที่สุดของการถ่ายภาพทางอากาศให้มี OVERLAP และ SIDELAP คือ
  - 1) เพื่อความประหยัด
  - 2) เพื่อนำไปใช้ดูภาพสามมิติ
  - 3) เพื่อความถูกต้องของรายละเอียด
  - 4) เพื่อไม่ให้ข้อมูลบางอย่างขาดหายไป
5. MOSAIC ในที่นี้หมายถึงอะไร?
  - 1) การนำเอาแผ่นกระเบื้องมาติดต่อกัน
  - 2) การนำแผนภูมิมาประกอบเป็นภาพ
  - 3) การนำภาพถ่ายทางอากาศทางดึงมาติดต่อกัน
  - 4) การนำแผนที่ทางดึงมาติดต่อกัน

1. 1) 2. 3) 3. 4) 4. 2 5. 3)

เฉลย