

ดาวเทียม CALIPSO

ดาวเทียม CALIPSO (Cloud-Aerosol Lidar and Infrared Pathfinder Satellite Observation) เป็นโครงการความร่วมมือกันระหว่างสหรัฐอเมริกา (NASA) และฝรั่งเศส (Centre National d'Etudes Spatiales/CNES) โดยดาวเทียม CALIPSO ได้มีการติดตั้งไลดาร์ซึ่งเป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการศึกษาอนุภาคในบรรยากาศในปัจจุบัน เพื่อทำงานร่วมกับ cloud profiling radar ในดาวเทียม CloudSat โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการก่อตัวของเมฆและการกระจายตัวของฝุ่นในรูป 3 มิติ ตลอดจนการพัฒนาตัวเองและอิทธิพลที่เมฆและละอองฝุ่นมีต่อสภาพอากาศ

หลักการการทำงานของไลดาร์

ไลดาร์ (Lidar) มาจากคำว่า Light Detection And Ranging เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาการกระจายของอนุภาคในบรรยากาศ เริ่มมีการนำมาใช้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 แต่เริ่มมีการพัฒนาอย่างแพร่หลายภายหลังจากที่มีการค้นพบแสงเลเซอร์ มีหลักการทำงานคล้ายกับ Radar จึงอาจเรียกอีกอย่างว่า Laser radar โดยทั่วไป Lidar ประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกันคือ

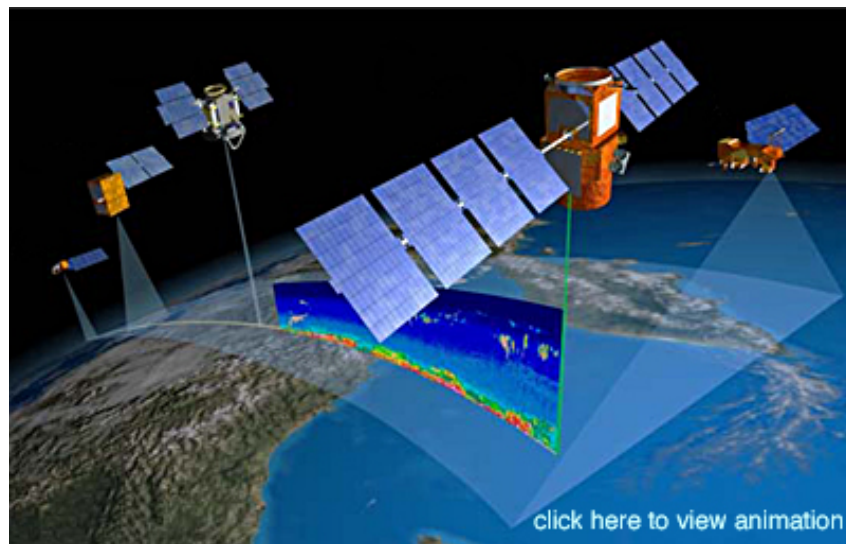
1. ส่วนส่งสัญญาณ (Transmitter) ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ (laser source) หรืออาจเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในรูปของคลื่นแสงไปในบรรยากาศในรูปของคลื่นดลน์ (pulse) โดยในปัจจุบันนิยมนำแสงเลเซอร์มาใช้เนื่องจากมีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการศึกษาชั้นบรรยากาศ ได้แก่ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นสั้นทำให้สามารถศึกษาส่วนประกอบและคุณสมบัติของอนุภาคในบรรยากาศในระดับความสูงที่การใช้เรดาร์ไม่สามารถทำได้ และสามารถเกิดการกระเจิงของแสง (scattering) ได้ทั้งโมเลกุลและละอองฝุ่นแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศ โดยแสงเลเซอร์จะไปกระตุ้นให้ละอองในบรรยากาศ (aerosol) เสียดสมดุเพื่อที่อนุภาคจะกลับมาสู่สภาวะเดิมอีกครั้งจึงต้องปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยอนุภาคจะปล่อยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นเดียวกับช่วงความยาวคลื่นที่ไปกระตุ้น

2. ส่วนรับสัญญาณ (Receiver) ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ ทำการประมวลผลแล้วทำการแสดงผลโดยคอมพิวเตอร์ตามลำดับ

ดาวเทียม CALIPSO เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มดาวเทียม Afternoon satellite constellation หรือ A-train ซึ่งประกอบด้วยดาวเทียม Aqua, CloudSat, CALIPSO, PARASOL, และ Aura วงโคจรของกลุ่มดาวเทียม A-train จะอยู่เหนือพื้นโลกประมาณ 705 กิโลเมตร และเอียงทำมุม 98 องศากับพื้นโลก ในรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2

โครงการงานวิจัยชั้นบรรยากาศโดยการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากดาวเทียม วันที่ 6/28/2006 หน้า 19

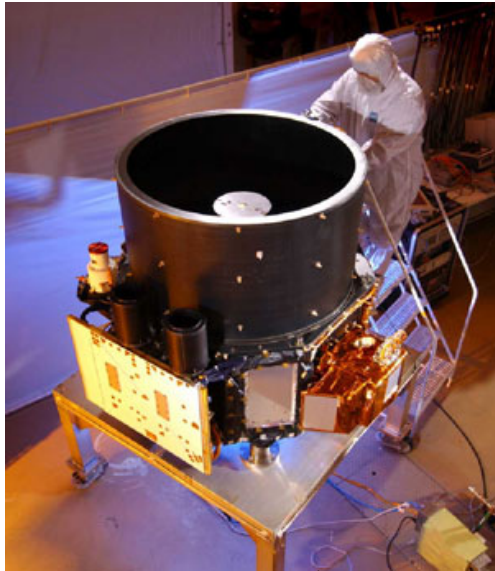
การโคจรนั้นดาวเทียม Aqua ซึ่งเป็นดาวเทียมดวงแรกในกลุ่มจะเคลื่อนที่ผ่านเส้นศูนย์สูตรประมาณ 13:30 น. ดาวเทียม CloudSat และ CALIPSO จะโคจรตามมาอีก 1-2 นาทีตามลำดับ โดยดาวเทียม CloudSat และ CALIPSO จะใช้โคจรห่างกันประมาณ 10-15 วินาที ในช่วง 2 ปีแรกที่ส่งดาวเทียม CALIPSO และ CloudSat ออกสู่อวกาศ จะโคจรอยู่เอียงไปทางตะวันออกของดาวเทียม Aqua ประมาณ 215 กิโลเมตร บริเวณเส้นศูนย์สูตร เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบกับ MODIS ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม Aqua ในช่วงฤดูร้อนของซีกโลกเหนือ ในปีที่ 3 ของปฏิบัติการดาวเทียม CALIPSO จะโคจรไปทางทิศตะวันตกของแนวสแกนของ MODIS และ CERES เพื่อศึกษาคูสมบัติของละอองในบรรยากาศและเมฆในมุมต่างๆ



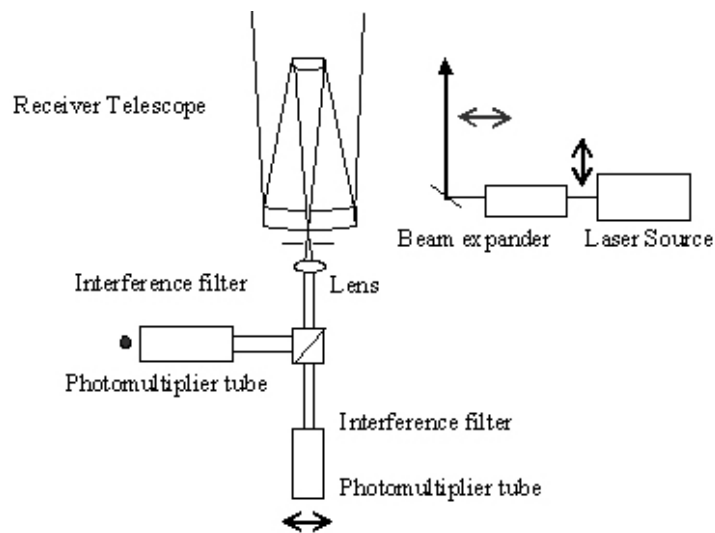
รูปที่ 3.11 ดาวเทียม CALIPSO ซึ่งจะถูกส่งขึ้นสู่อวกาศเพื่อทำงานร่วมกับดาวเทียมในกลุ่ม A-Train เพื่อทำการศึกษาสภาพบรรยากาศโดยเฉพาะเมฆและแอโรซอล

รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2

โครงการงานวิจัยชั้นบรรยากาศโดยการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากดาวเทียม วันที่ 6/28/2006 หน้า 20



รูปที่ 3.12 ไลดาร์สำหรับติดตั้งบนดาวเทียม CALIPSO



รูปที่ 3.13 การทำงานของไลดาร์ (ดัดแปลงจาก Sugimoto. N., et al., 2003)

วัตถุประสงค์ของดาวเทียม CALIPSO

1. ศึกษาอิทธิพลของแอโรซอลต่อการกระเจิงและการหักเหของรังสีแสงอาทิตย์กับความคลาดเคลื่อนในการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการพยากรณ์อากาศ

รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2

โครงการงานจ้งศึกษาวิจัยชั้นบรรยากาศโดยการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากดาวเทียม วันที่ 6/28/2006 หน้า 21

อิทธิพลของแอโรซอลต่อการกระเจิงและการหักเหของรังสีแสงอาทิตย์สามารถคำนวณได้โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ข้อมูลจากไลดาร์ที่ใช้บนดาวเทียม CALIPSO ซึ่งมีสองช่วงความยาวคลื่นและมีการติดตั้งโพลาไรเซอร์ ทำให้สามารถศึกษาลักษณะของแอโรซอลจากค่าอัตราการดีโพลาไรเซชัน (Depolarization Ratio) การกระจายตัวของ aerosol สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงอันเนื่องมาจากแอโรซอล (aerosol extinction coefficient) ค่า hydration state และขนาดของแอโรซอลในบรรยากาศตามแนวตั้ง นอกจากนี้ CALIPSO ยังสามารถศึกษาอนุภาคในก้อนเมฆได้อีกด้วย ข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดโดยดาวเทียม CALIPSO สามารถนำมาใช้ร่วมกับดาวเทียมดวงอื่นในกลุ่มดาวเทียม A-train ทำให้ได้ข้อมูลแอโรซอลที่ละเอียดขึ้นได้

2. ศึกษาอิทธิพลของแอโรซอลต่อการก่อตัวของเมฆกับความคลาดเคลื่อนในการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการพยากรณ์อากาศ

นอกจากแอโรซอลจะทำให้เกิดการกระเจิงของรังสีแสงอาทิตย์แล้ว แอโรซอลยังเป็นแกนกลางให้เมฆก่อตัว ทำให้เมฆมีลอยตัวอยู่ในบรรยากาศได้นานขึ้นซึ่งส่งผลต่อการสะท้อนกลับของรังสีแสงอาทิตย์ นอกจากนี้แอโรซอลแล้วยังมีปัจจัยอีกหลายอย่างที่มาเกี่ยวข้องกับการเกิดกระบวนการนี้ ข้อมูลการกระจายตัวของแอโรซอลในบรรยากาศจากดาวเทียมในระดับโลกจึงจำเป็นต้องการติดตามผลของอิทธิพลของแอโรซอลต่อการก่อตัวของเมฆ

3. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมดุลพลังงานบนพื้นผิวโลก

การเปลี่ยนแปลงของสมดุลพลังงานที่พื้นผิวโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานจากการแผ่รังสีของโลกและพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ มีผลอย่างยิ่งต่อการนำมาใช้ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อการพยากรณ์อากาศ ข้อมูลที่มีในปัจจุบันยังมีความไม่แน่นอนอันเป็นผลเนื่องมาจากอิทธิพลของเมฆต่อการแผ่รังสีและโดยเฉพาะอิทธิพลของเมฆ ข้อมูลจากดาวเทียม CloudSat และ CALIPSO จะให้ข้อมูลความสูงของฐานเมฆ ความหนาและชั้นเมฆ ข้อมูลเมฆที่ได้จากการตรวจวัดโดย CALIPSO, CloudSat และ MODIS ร่วมกับค่า TOA fluxes จาก CERES ทำให้สามารถพัฒนาระบบฐานข้อมูลของสมดุลพลังงานบนพื้นผิวโลกรวมถึงการแผ่รังสีในบรรยากาศได้

4. ศึกษาอิทธิพลของเมฆต่อสภาพภูมิอากาศ

รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2

โครงการงานวิจัยชั้นบรรยากาศโดยการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากดาวเทียม วันที่ 6/28/2006 หน้า 22

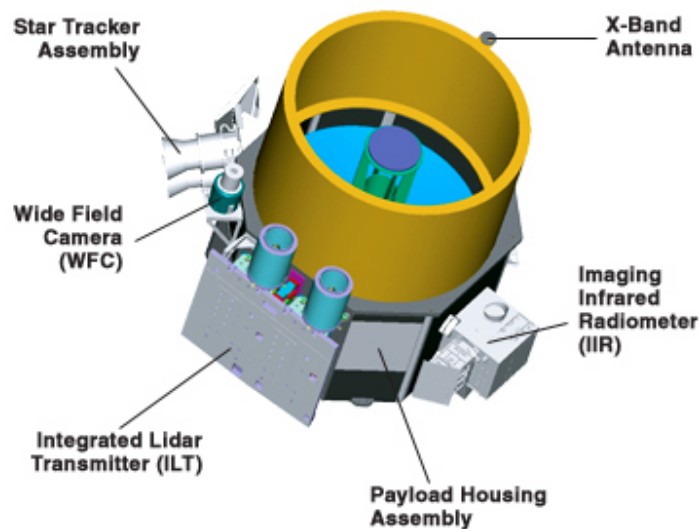
ข้อมูลเมฆจากดาวเทียม CALIPSO และ Cloudsat จะเสริมในส่วนของปัญญาอ่อนเนื่องจากอิทธิพลของเมฆต่อการแผ่รังสีและคุณสมบัติของเมฆ ร่วมกับข้อมูลคุณสมบัติของเมฆจาก MODIS สภาพบรรยากาศจาก AIRS และ AMSR ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม Aqua ซึ่งจะทำได้ข้อมูลอิทธิพลของเมฆต่อการแผ่รังสีในบรรยากาศที่ถูกต้องมากที่สุด

เครื่องมือที่ติดตั้งบนดาวเทียม CALIPSO

เครื่องมือที่ติดตั้งบนดาวเทียม CALIPSO ประกอบด้วย:

- the Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization (CALIOP)
- the Imaging Infrared Radiometer (IIR)
- the Wind Field Camera (WFC)

เครื่องมือทั้งหมดนี้ได้ออกแบบมาให้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติและต่อเนื่อง ยกเว้น WFC ซึ่งทำงานได้เฉพาะในช่วงเวลากลางวัน ข้อมูลจะถูกส่งโดยระบบ X-band ซึ่งติดตั้งอยู่ในเครื่องมือแต่ละตัว.



รูปที่ 3.14 เครื่องมือที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม CALIPSO

Cloud-Aerosol Lidar with Orthogonal Polarization (CALIOP)

CALIOP เป็นไลดาร์ซึ่งถูกออกแบบมาให้ทำงานในสองช่วงความยาวคลื่น พร้อมกับมีการติดตั้งโพลาไรเซอร์อยู่ภายใน เพื่อใช้ในการตรวจวัดแอโรซอลและเมฆตามแนวดิ่ง

CALIOP ใช้เครื่องรับสัญญาณ 3 ตัว ได้แก่ เครื่องรับสัญญาณความยาวคลื่น 1064 นาโนเมตร และสัญญาณที่ขนานและตั้งฉากกับโพลาไรเซอร์ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร แปลงสัญญาณโดยดิจิทัลไทเซอร์สองสัญญาณขนาด 14 บิต ซึ่งติดตั้งร่วมกับเครื่องรับสัญญาณแต่ละตัวลำกล้องของไลดาร์มีขนาด 1 เมตร รายละเอียดของ CALIOP แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 3.3 รายละเอียดของ CALIOP ไลดาร์พัฒนาโดย Ball Aerospace, Corp

laser:	Nd: YAG, diode-pumped, Q-switched, frequency doubled
wavelengths:	532 nm, 1064 nm
pulse energy:	110 mJoule/channel
repetition rate:	20.25 Hz/TD>
receiver telescope:	1.0 m diameter
polarization:	532 nm
footprint/FOV:	100 m/ 130 μ rad
vertical resolution:	30-60 m
horizontal resolution:	333 m
linear dynamic range:	22 bits
data rate:	316 kbps

Wide Field Camera (WFC)

รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2

โครงการงานวิจัยชั้นบรรยากาศโดยการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากดาวเทียม วันที่ 6/28/2006 หน้า 24

WFC ถูกพัฒนามาจาก off-the-shelf Ball Aerospace CT-633 star tracker camera เป็นเครื่องถ่ายภาพในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 620-270 นาโนเมตร เพื่อข้อมูลมาใช้ร่วมกับ MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) บนดาวเทียม Aqua.

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดของ WFC

wavelength:	645 nm
spectral bandwidth:	50 nm
IFOV/swath:	125 m/61 km
data rate:	26 kbps

Imaging Infrared Radiometer (IIR)

IIR พัฒนาขึ้นมาโดย Institute Pierre Simon Laplace (IPSL) แห่ง Paris IIR เป็นเครื่องมือที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม CALIPSO ซึ่งมีมุมมอง 64 × 64 ตารางกิโลเมตรต่อพิกเซล สัญญาณจาก CALIOP จะถูกส่งลงโดยตรงกลางของสัญญาณที่ IIR ได้รับ

ตารางที่ 3.5 รายละเอียดของ IIR

wavelengths:	8.65 μm , 10.6 μm , 12.0 μm
spectral resolution:	0.6 μm - 1.0 μm
IFOV/swath:	1 km/64 km
NETD at 210K:	0.3K
calibration:	+/- 1K
data rate:	44 kbps

รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2

โครงการงานวิจัยชั้นบรรยากาศโดยการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากดาวเทียม วันที่ 6/28/2006 หน้า 25