

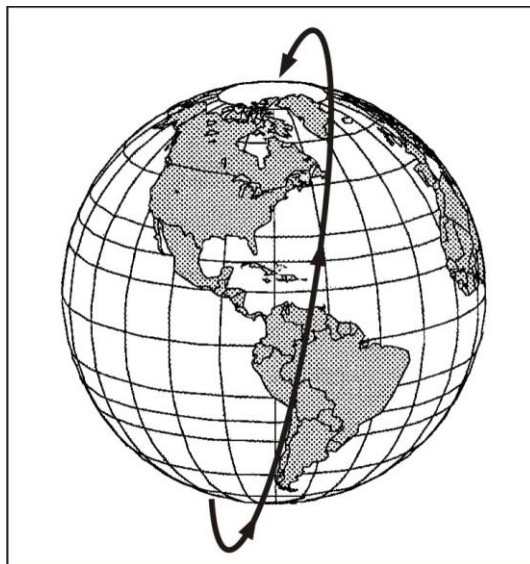
ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Meteorological Satellite)

1. ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแบ่งออกเป็นสองชนิด (ตามลักษณะการโคจร) คือ

1. ชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก (Polar Orbiter)
2. ชนิดโคจรประจำที่ (Equator Orbiter)

ทั้งสองชนิดติดตั้ง **เครื่องมือตรวจวัดปริมาณพลังงานรังสี (Sensor) ในช่วงคลื่น Visible และ Infrared**

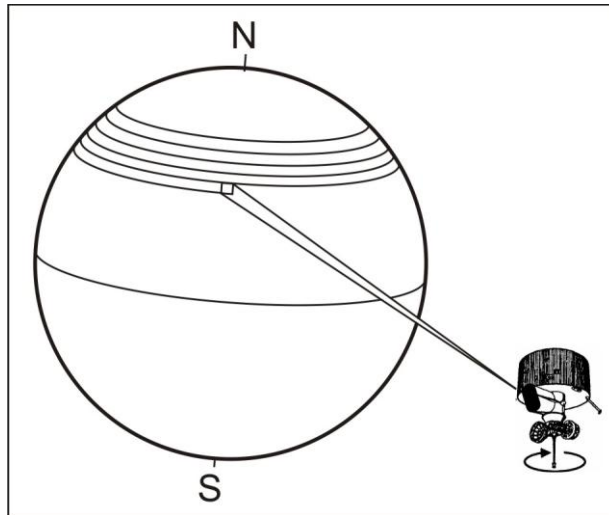
1.1 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก(Polar Orbiter) ตำแหน่งของดาวเทียมอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 800 - 1,400 กม. (400 - 800 ไมล์ทะเล) ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก โดย **มีความคมชัดมาก** เพราะโคจรอยู่ในระดับต่ำ ให้ภาพได้เพียงวันละ 2 ภาพ (12 ชม. ต่อ 1 ภาพ) จึงไม่เหมาะในการติดตามความเป็นไปของสภาพอากาศ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 1 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก ได้แก่ดาวเทียมในชุด TIROS, TOS, ESSA, ITOS, NOAA, NIMBUS, DMSP วิธีโคจรจะผ่านไปใกล้ขั้วโลกทั้งสองในทุกรอบการโคจร คือ **โคจรในแนวเหนือ - ใต้** ขณะที่โลกหมุนรอบตัวเองในแนวตะวันออก- ตะวันตก ในรอบ 24 ชั่วโมงดาวเทียมจะผ่านตำบลหนึ่งๆ รวม 2 ครั้ง เช่น ดาวเทียม NOAA ผ่านประเทศไทยตอนบนเมื่อ 0900 จะกลับมาโคจรผ่านประเทศไทยอีกครั้งในเวลา 2100 ดาวเทียมชนิดนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างว่า **"ดาวเทียมชนิดโคจรพร้อมดวงอาทิตย์"** (Sun synchronous Satellite)

1.2 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรประจำที่ (Equator Orbiter) ตำแหน่งของดาวเทียมอยู่สูงจากพื้นโลกประมาณ 35,000 กม. (19,318 ไมล์ทะเล) ครอบคลุมพื้นที่ที่ต้องการอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ ซึ่งเหมาะสำหรับติดตามความเป็นไปของสภาพอากาศรุนแรงต่าง ๆ เช่น พายุหมุนเขตร้อน , แนวพายุฟ้าคะนอง ฯลฯ สามารถให้ภาพได้ทุกๆ 30 นาที (และสามารถใช้สัญญาณบังคับให้ส่งทุกๆ 15 นาทีได้) พื้นที่ที่อยู่ตั้งแต่ละติจูด 60 องศา ไปทางขั้วโลก (ทั้งเหนือและใต้) ที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาภาพที่ได้รับมีความคมชัดลดลง (เป็นผลจากมุมกล้อง) ยากต่อการแปลความ



รูปที่ 2 ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิตโคจรประจำที่

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิตโคจรประจำที่ ได้แก่ ATSM SMS/GOES, METEOSAT, GOMS และ GMS ดาวเทียมโคจรจากทิศตะวันตกไปทิศตะวันออก ด้วยความเร็วเท่ากับความเร็วในการหมุนรอบตัวเองของโลก (11,000 กม./ชม.) จึงเสมือนว่าลอยตัวอยู่เหนือจุดหนึ่งตลอดเวลา ในขณะที่เดียวกันดาวเทียมก็หมุนรอบตัวเองด้วยความเร็ว 100 รอบต่อนาที โดยแกนการหมุนจะขนานกับแกนขั้วโลกเหนือ -ใต้ ตลอดเวลา เนื่องจากอยู่ ณ จุดหนึ่งที่กำหนดไว้เหนือเส้นศูนย์สูตร จึงให้ภาพของบริเวณที่ต้องการได้อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ เหมาะสำหรับการติดตามความเป็นไปของสภาพอากาศอย่างยิ่ง

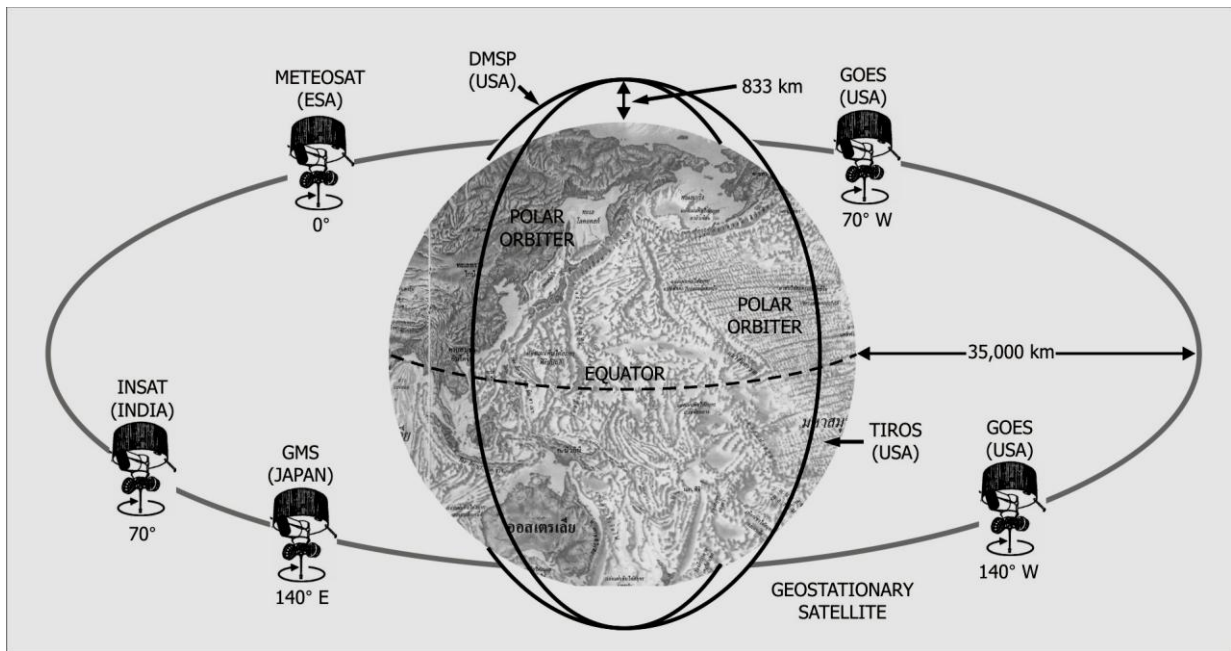
โครงการดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิตโคจรประจำที่ เป็นโครงการภายใต้การส่งเสริมขององค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (WMO) กับสมาพันธ์วิทยาศาสตร์นานาชาติ (The International Council of Scientific Unions/ICSU.) เป็นโครงการความร่วมมือระหว่างหลายชาติ โดยใช้ดาวเทียม 5 ดวง ส่งขึ้นประจำจุดต่างๆ เพื่อครอบคลุมอาณาบริเวณเป็นเครือข่ายรอบโลกระหว่างละติจูด 60 องศาเหนือ ถึง 60 องศาใต้ ประเทศต่างๆ ที่ส่งดาวเทียมขึ้นร่วมโครงการคือ

1. สหรัฐอเมริกา โดยองค์การ NOAA ควบคุม GOES East ซึ่งอยู่ ณ ลองจิจูด 75 องศาตะวันตก รัศมีปฏิบัติการครอบคลุมมหาสมุทรแอตแลนติกและทวีปอเมริกา กับ GOES West อยู่ ณ ลองจิจูด 135 องศาตะวันตก รัศมีปฏิบัติการครอบคลุมมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออกและทวีปอเมริกา

2. องค์การค้นคว้าวิจัยด้านอวกาศของกลุ่มประเทศในยุโรป (European Space Research Organization / ESRO. หรือ European Space Agency/ESA.) ส่งดาวเทียม METEOSAT ขึ้นอยู่ ณ ลองจิจูด 0 รัศมีปฏิบัติการครอบคลุมอาณาบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติกใต้ถึงกรีนแลนด์ และจากซาอุดีอาระเบียถึงบราซิล

3. ไทยเวียต ส่งดาวเทียม GOMS อยู่ ณ ลองจิจูด 170 องศาตะวันออก รัศมีปฏิบัติการครอบคลุมมหาสมุทรอินเดียและทวีปเอเชีย

4. ญี่ปุ่น ส่งดาวเทียม GMS อยู่ ณ ลองจิจูด 140 องศาตะวันออก รัศมีปฏิบัติการครอบคลุม อาณาบริเวณ ตั้งแต่มหาสมุทรแปซิฟิก ใต้ถึงไซบีเรียและจากฮาวายถึงอินเดียซึ่งประเทศต่าง ๆ ในทวีปเอเชียอยู่ในรัศมีปฏิบัติการของดาวเทียม GMS นี้ รวมทั้งทวีปออสเตรเลียด้วย



รูปที่ 3 โครงการเครือข่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิตโคจรประจำที่

2. ข้อได้เปรียบ/เสียเปรียบของวงโคจร (Advantage/Disadvantage of these orbit)

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิตโคจรผ่านขั้วโลก

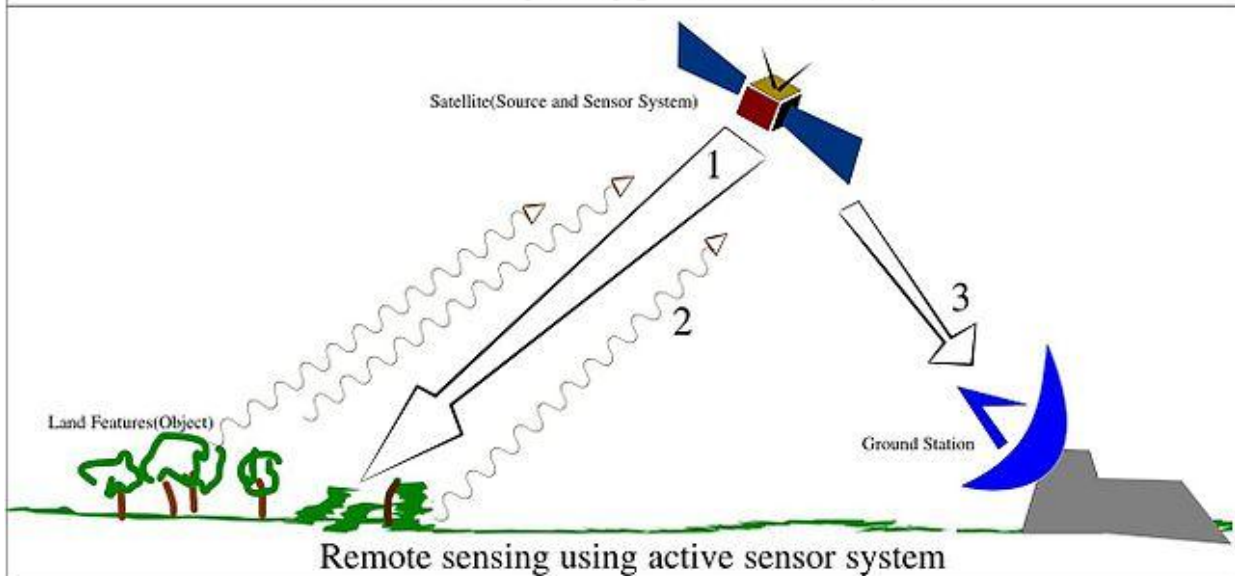
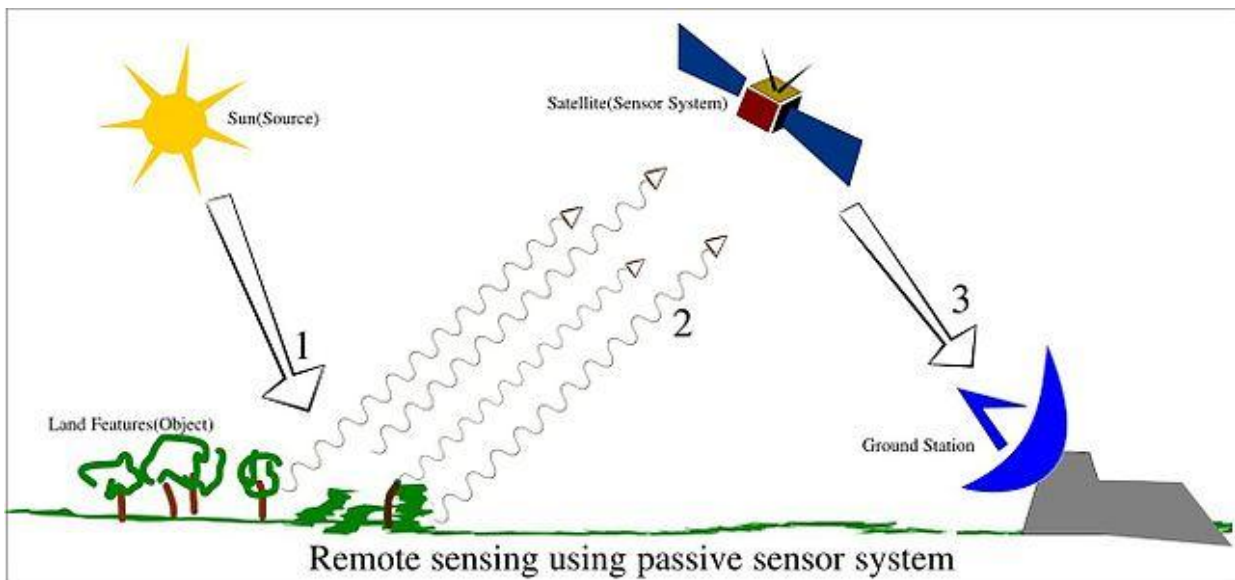
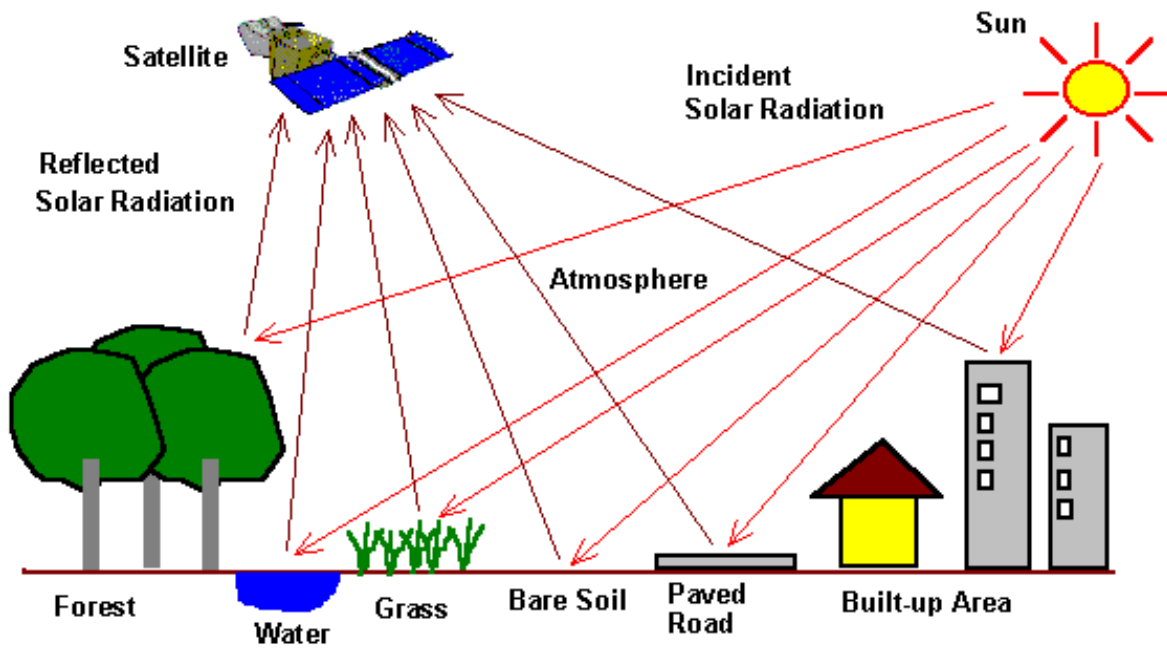
1. ตรวจวัดค่าพลังงานการแผ่รังสีในเวลาเดิมทุกครั้ง
2. ครอบคลุมพื้นที่ทั่วโลก
3. ระยะวงโคจรอยู่ใกล้กับโลกมากที่สุด ทำให้ค่าความคมชัดสูงแต่มีแรงต้านทานมาก

ดาวเทียมชนิดโคจรประจำที่

1. ตรวจวัดค่าพลังงานการแผ่รังสีอย่างต่อเนื่องในพื้นที่เดิม
2. ครอบคลุมพื้นที่ซึ่งมีอาณาเขตจำกัด
3. ค่าความคมชัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าดาวเทียมชนิดแรก
4. ระยะวงโคจรอยู่ไกลจากโลกจึงมีแรงต้านทานน้อยมาก

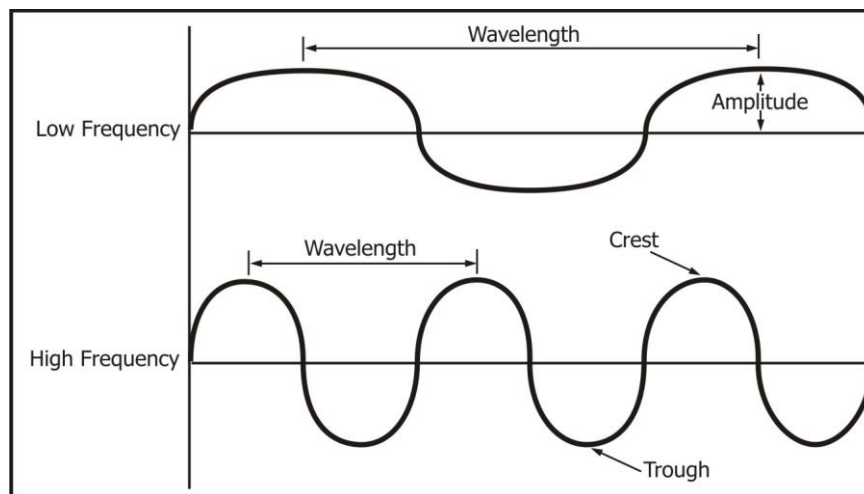
3. เทคโนโลยีดาวเทียม (Satellite Technology)

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ใช้หลักการของ Remote Sensing หมายถึง การอธิบายการศึกษาบางสิ่งโดยปราศจากการกระทำหรือสัมผัสกับวัตถุนั้นโดยตรง รวมทั้งการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุนั้นเป็นระยะทางไกล ดังนั้น ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาจึงเป็นตัวอย่างหนึ่งของหลักการของ Remote Sensing ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องตรวจวัดพลังงานรังสีของดาวเทียมออกแบบเพื่อใช้ศึกษา พลังงานที่สะสมและการแผ่รังสีของโลก การใช้ข้อมูล ที่ส่งมาจากดาวเทียมที่โคจรรอบตามสถานีรับภาคพื้นดินในแต่ละพื้นที่ที่สามารถที่จะตรวจวัดคุณสมบัติของโลก โดยปราศจากการเข้าไปในพื้นที่ที่สนใจและทำการตรวจวัดโดยตรง



4. การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation)

การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพื้นฐานสำคัญของ Remote Sensing การแผ่รังสี คือ การแพร่กระจายพลังงานในรูปแบบของคลื่นจากสสารทั้งหมดที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ศูนย์องศาสัมบูรณ์ (-273 องศาเซลเซียส หรือ -459 องศาฟาเรนไฮต์) คลื่นพลังงานการแผ่รังสีไม่ใช่วัตถุทั้งนี้เนื่องจากไม่มีมวล (Mass) และสามารถส่งผ่านพลังงานจากสถานที่หนึ่งไปยังสถานที่อื่น ๆ ได้ คลื่นพลังงานการแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้ามี รูปแบบของการปั่นป่วนภายในสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Pattern of Disturbance of Electromagnetic Field) ในขณะที่คลื่นเคลื่อนผ่านสนามแม่เหล็กไฟฟ้าจะแกว่งตัวขึ้น-ลงอย่างเป็นระเบียบ รูปแบบการเกิดขึ้นและการทวนซ้ำของคลื่นมีลักษณะดังรูปที่ 4

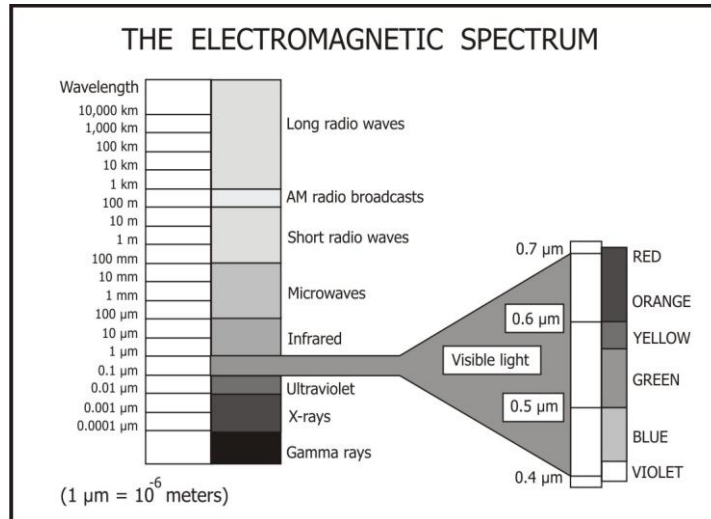


รูปที่ 4 Characteristics of an electromagnetic wave

คุณลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วย ความสูงของคลื่น (Amplitude) ความยาวคลื่น (Wavelength) และความถี่ของคลื่น (Frequency) ส่วนยอดของคลื่น (Ridge or Crest) คือบริเวณที่คลื่นสามารถแกว่งตัวขึ้นได้สูงที่สุดในขณะที่บริเวณท้องคลื่น (Trough) คือบริเวณที่คลื่นแกว่งตัวลงได้ต่ำที่สุดสำหรับความสูงของคลื่นนั้นเป็นการวัดขนาดของคลื่นและหมายถึง ทั้งปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น ความยาวคลื่น (Wavelength) คือ การวัดระยะห่างระหว่างยอดคลื่นหรือท้องคลื่น สุดท้าย ความถี่ของคลื่น (Frequency) กำหนดโดยจำนวนของคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งต่อหนึ่งหน่วยเวลา (Period of Time) พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกช่วงคลื่นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน (เคลื่อนที่เท่ากับความเร็วแสง) คลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้น จำนวนคลื่นที่เคลื่อนที่ผ่านจุดหนึ่งภายในหนึ่งหน่วยเวลาจะมีจำนวนมากกว่า ด้วยเหตุนี้ คลื่นสั้น จึงมีความถี่ของคลื่นสูง ส่วนความยาวคลื่นที่ยาวกว่าจะมีความถี่ของคลื่นต่ำกว่า

5. แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Spectrum)

คือ แถบแสดงความต่อเนื่องของทุกช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (แสดงดังรูปที่ 5) โดยที่ในแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจัดเรียงตามความยาวคลื่น รังสีแกมมา (Gamma rays) และเอ็กซ์เรย์ (X-ray) อยู่ปลายสุดของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นที่สุด สำหรับปลายสุดอีกด้านหนึ่งของแถบแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นมากกวาคือคลื่นวิทยุ สายตาของมนุษย์ เห็นได้เฉพาะสัดส่วนเพียงเล็กน้อยของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า คลื่นแสง (Visible light)



รูปที่ 5 The Electromagnetic Spectrum

6. การแผ่พลังงานรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Emission of Electromagnetic radiation)

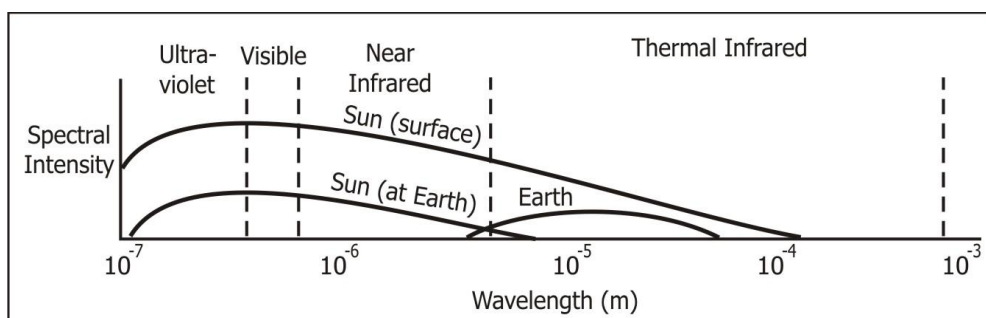
การแผ่รังสี (Radiation) คือ การแผ่พลังงานของวัตถุที่มีอุณหภูมิ **มากกว่า** ศูนย์องศาสัมบูรณ์ วัตถุเหล่านั้นไม่จำเป็นต้องแผ่พลังงานรังสีเฉพาะความยาวคลื่นเพียงชนิดเดียว ส่วนใหญ่แผ่พลังงานได้หลายช่วงคลื่น ซึ่งเรียกว่า **แถบพลังงานของวัตถุ (Object's Spectrum)** อุณหภูมิของวัตถุเป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของแถบการแผ่พลังงานรังสีของวัตถุนั้น วัตถุใดที่มีอุณหภูมิพื้นผิวสูงกว่าจะแผ่พลังงานรังสีได้สูงกว่าและมีความยาวคลื่นสั้นกว่า ในขณะที่วัตถุที่เย็นกว่าจะแผ่พลังงานในแถบที่ต่ำกว่าและมีความยาวช่วงคลื่นที่มากกว่าด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างการแผ่พลังงานสูงสุด (Wavelength of Maximum Emission) กับอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุแสดงดังสมการในรูปที่ 6

$$\text{wavelength of maximum emission (microns)} = \frac{2832}{\text{temperature (K)}}$$

[1 micron (μm) = 10^{-6} meters]

รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการแผ่พลังงานสูงสุดกับอุณหภูมิพื้นผิวของวัตถุ

ด้วยเหตุนี้ดวงอาทิตย์ซึ่งมีอุณหภูมิพื้นผิวประมาณ 6,000 K จึงมีการแผ่พลังงานสูงสุดในความยาวคลื่นเท่ากับ 0.48 μm ซึ่งตกอยู่ในช่วงคลื่นแสงในแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในทางกลับกันอุณหภูมิที่เย็นมากกว่าของพื้นผิวโลก ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 300 K จะมีการแผ่พลังงานสูงสุดในความยาวคลื่นเท่ากับ 9.4 μm อยู่ในช่วงคลื่นอินฟราเรดในแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



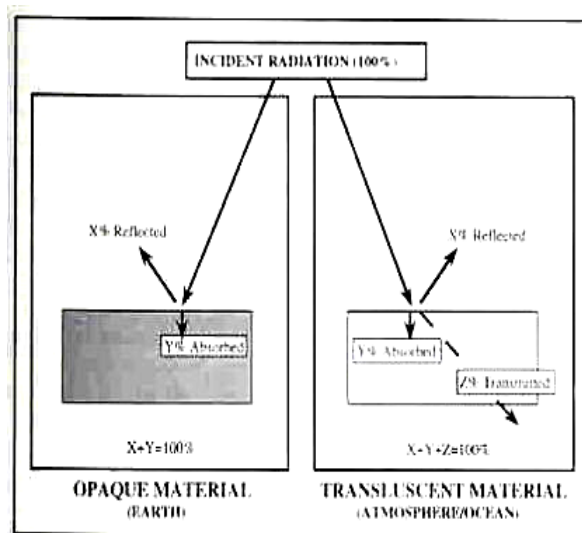
รูปที่ 7 The spectra of the sun's and Earth's radiation

กราฟที่แสดงในรูปที่ 7 คือ การเปรียบเทียบการแผ่พลังงานรังสีของดวงอาทิตย์กับโลกในลักษณะเส้นโค้ง 3 เส้น ซึ่งแทนการแผ่พลังงานรังสีของโลก ดวงอาทิตย์ และพลังงานแสงอาทิตย์ที่ผิวโลก การแผ่พลังงานรังสีที่สำคัญที่สุดของโลกอยู่ใน ช่วงคลื่นยาว ในสัดส่วนของช่วงคลื่นอินฟราเรดหรือเรียกว่า Thermal Infrared เพราะเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิของพื้นผิวที่แผ่พลังงานรังสี ดังนั้นเครื่องวัดปริมาณการแผ่รังสีของดาวเทียมที่ตรวจวัดพลังงานในย่านนี้จึงใช้ศึกษาคุณสมบัติของความร้อนของโลกและบรรยากาศได้

ในรูปที่ 7 พบว่าความเข้มข้นที่แท้จริงของการแผ่พลังงานรังสีของดวงอาทิตย์มีมากกว่าในทุกๆ ความยาวคลื่นเมื่อเปรียบเทียบกับ การแผ่พลังงานรังสีของโลก ทั้งที่การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ต้องเดินทางผ่านอวกาศทำให้ความเข้มลดลง ในขณะเดียวกัน เมื่อถึงพื้นโลกความเข้มข้นของพลังงานก็ลดลงอีก อย่างไรก็ตาม พลังงานการแผ่รังสีส่วนใหญ่ของดวงอาทิตย์ยังคงอยู่ในช่วงคลื่นแสง (Visible) ของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า นอกจากนี้ดวงอาทิตย์ยังแผ่พลังงานรังสีในช่วงคลื่นสั้นได้อย่างเข้มข้น โดยเฉพาะในย่านคลื่นอินฟราเรดของแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า Near Infrared รวมทั้งพลังงานของดวงอาทิตย์ที่สะท้อนกลับในย่านนี้ เครื่องวัดพลังงานการแผ่รังสีของดาวเทียมที่ตรวจวัดในย่าน Visible และ Near Infrared วัดปริมาณรังสีของดวงอาทิตย์ที่สะท้อนกลับ รวมทั้งพลังงานการแผ่รังสีของโลกและเมฆได้เป็นอย่างดี

7. พลังงานรังสีที่ตกกระทบกับพื้นโลก (Radiation that strikes the Earth)

พื้นผิวโลกพิจารณาให้เป็นเสมือน พื้นผิวที่ทึบแสง (Opaque) คือ แสงไม่สามารถส่องผ่านได้ เมื่อพลังงานรังสีตกกระทบกับพื้นผิวโลกที่ทึบแสง เช่น พื้นหินแข็ง พลังงานส่วนนั้นถูกดูดซับ (absorbed) หรือสะท้อนกลับโดยพื้นหินแข็งนั้น ดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 คุณสมบัติของวัตถุทึบแสงและโปร่งแสง

สัดส่วนของ พลังงานช่วงคลื่น Visible ที่สะท้อนกลับของพื้นผิว เรียกว่า Albedo แสดงค่าเป็นจำนวนเปอร์เซ็นต์ ของวัตถุเช่น หิมะที่ตกลงมาใหม่ ๆ หรือเมฆที่หนาแน่น ๆ ค่าการสะท้อนกลับของพลังงานช่วงคลื่น Visible หรือค่า Albedo มีค่าสูงมาก เมื่อพิจารณาจากอวกาศวัตถุเหล่านี้ จะสว่างจ้ามาก ทั้งนี้เพราะวัตถุสะท้อนพลังงานรังสีที่เข้ามาตกกระทบได้เป็นจำนวนมาก พื้นที่ป่าไม้และพื้นดินมีค่า Albedo ต่ำกว่าจึงปรากฏเป็น สีดำ สำหรับค่าเปอร์เซ็นต์การสะท้อนของลักษณะเฉพาะของพื้นผิวโลกและในบรรยากาศแสดงดังตารางที่ 1

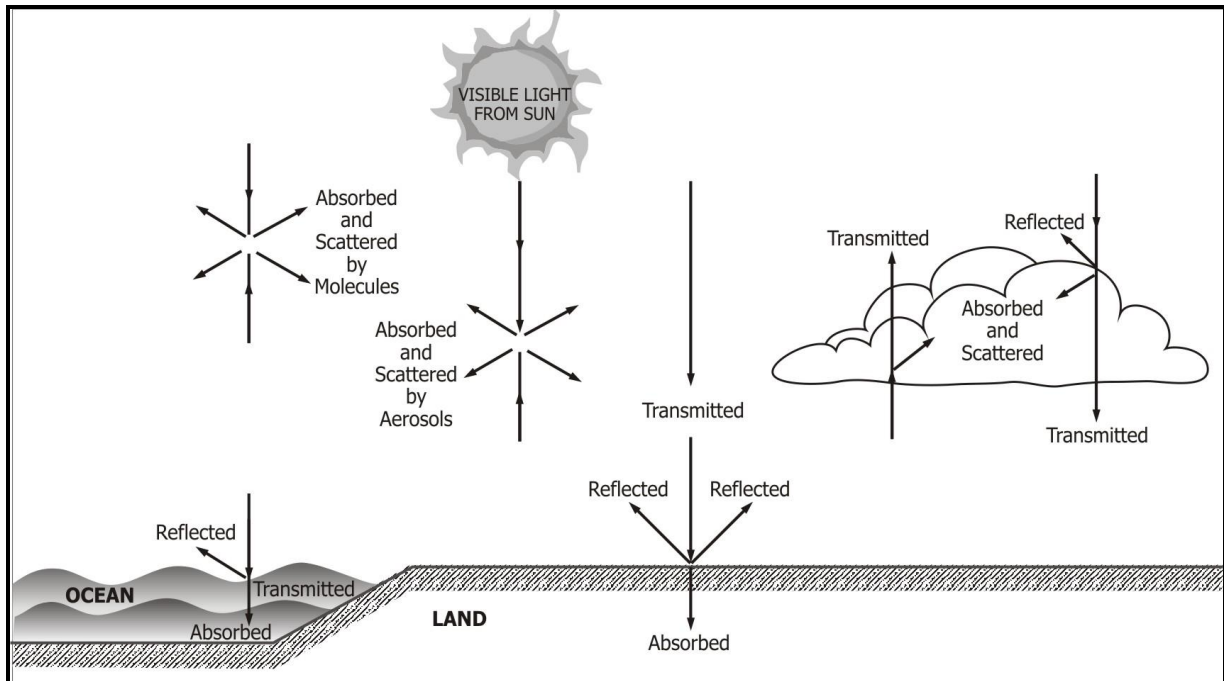
<u>Clouds</u>		<u>Surface features—bare areas/soils</u>	
Cumulonimbus, large and tall	92	Snow, freshly fallen	75–90
Cumulonimbus, small, tops at 6 km	86	Snow, 3 to 7 days old	40–70
Cirrostratus, thick, with lower clouds	74	White Sands, New Mexico	60
Cumulus with stratocumulus	69	Sand dune, dry	35–45
Stratocumulus	68	Soil, dry light sand	25–45
Stratus, thick (0.5 km), over ocean	64	Soil, dry clay or gray	20–35
Stratocumulus masses, with cloud sheet, over ocean	60	Sand dune, wet	20–30
Stratus, thin, over ocean	42	Concrete, dry	17–20
Cirrus, alone, over land	36	Soil, moist gray	10–20
Cirrostratus, alone, over land	32	Soil, dark	5–15
Cumulus, fair weather	29	Road, blacktop	5–10
<u>Water features</u>		<u>Vegetative zones</u>	
Sunlight on Gulf of Mexico	17	Desert	25–30
Lake, Great Salt Lake, Utah	9	Savanna, dry season	25–30
Ocean, Gulf of Mexico	9	Crops	15–25
Ocean, Pacific	7	Savanna, wet season	15–20
		Tundra	15–20
		Chaparral	15–20
		Meadows, green	10–20
		Forest, deciduous	10–20
		Forest, coniferous	5–15

ตารางที่ 1 ค่าประมาณการสะท้อนกลับของลักษณะเฉพาะของพื้นผิวโลก

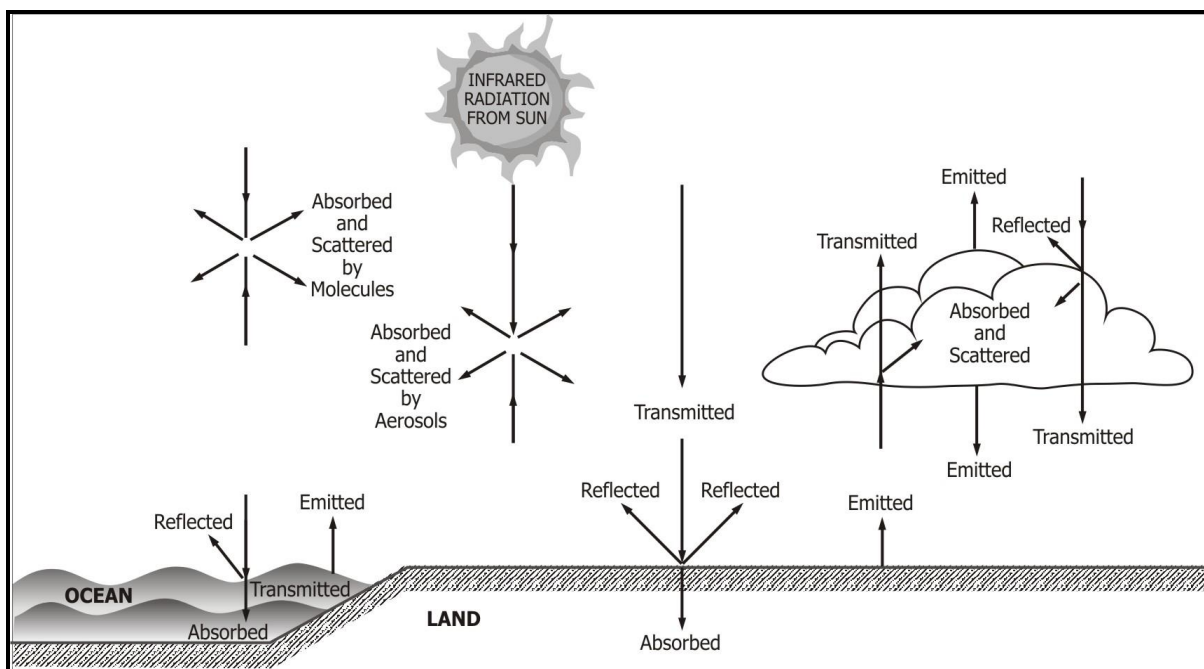
ในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible

วัตถุที่สามารถดูดซับพลังงานรังสีได้ทุกความยาวคลื่น เรียกว่า **Blackbody** แต่ในสภาวะการณ์ที่เป็นจริง ไม่มีวัตถุใดที่มีความสามารถประพจน์ได้เช่นนั้น ดังนั้น Blackbody จึงไม่ปรากฏขึ้นจริงในธรรมชาติของโลกใบนี้ อย่างไรก็ตาม นักวิทยาศาสตร์ใช้แนวคิดนี้เพื่อทำการศึกษาทฤษฎีพลังงานรังสี

การแผ่พลังงานรังสีในบรรยากาศ (Radiation in the Atmosphere) บรรยากาศเป็นสื่อโปร่งใส คือ พลังงานการแผ่รังสีส่งผ่านไปในบรรยากาศได้ ในขณะที่พลังงานการแผ่รังสีส่งผ่านบรรยากาศหรือพื้นมหาสมุทร มีหลายสิ่งเกิดขึ้น พลังงานรังสีช่วงคลื่น Visible ถูกดูดซับ (Absorb) ส่งผ่าน (Transmit) หรือสะท้อนกลับโดย โมเลกุล, สิ่งแขวนลอยในอากาศ (Aerosols), ผลึกน้ำแข็ง (Ice Crystals) และหยดน้ำ (Water droplet) ซึ่งเป็น ส่วนประกอบในบรรยากาศ อนุภาคต่างๆ เหล่านี้ทำให้เกิด **การกระจัดกระจาย (Scatter)** คลื่นแสงออกเป็นสีต่างๆ อันประกอบด้วยสีแดง, ส้ม, เหลือง, เขียว, ฟ้า และสีม่วง (เมื่ออนุภาคต่างๆ ในบรรยากาศกระจัดกระจายคลื่นแสง ช่วงคลื่นที่มีสีฟ้าจะแพร่กระจายได้มากที่สุดทำให้ท้องฟ้ามีสีฟ้า) นอกจากนี้พลังงานรังสีช่วงคลื่น Visible ถูกดูดซับ หรือสะท้อนกลับโดยพื้นผิวโลกที่แตกต่างกันออกไป กระบวนการเหล่านี้แสดงในรูปที่ 9 ส่วนพลังงานรังสีช่วงคลื่นอินฟราเรดเมื่อผ่านเข้ามาในบรรยากาศจะถูกดูดซับ , ส่งผ่าน, สะท้อนกลับ หรือกระจัดกระจาย นอกจากนั้นความแตกต่างของพื้นผิวโลกและเมฆสามารถดูดซับพลังงานรังสีช่วงคลื่นอินฟราเรด และแผ่รังสีกลับ (re-emit) ในรูปแบบของความร้อนคืนสู่บรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ 10



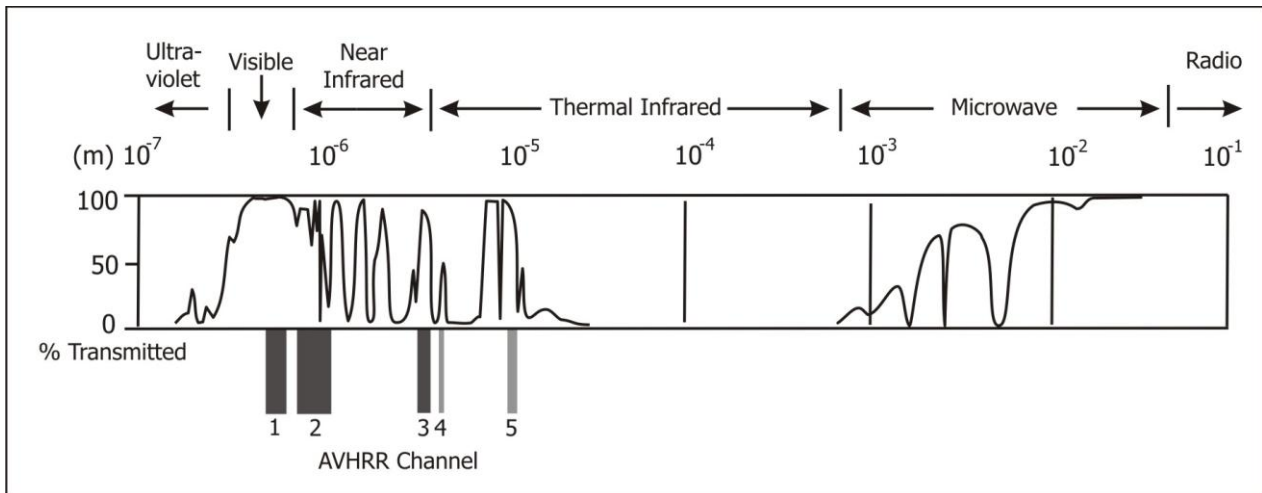
รูปที่ 9 Visible light in the Atmosphere



รูปที่ 10 Infrared energy in the Atmosphere

8. การส่งผ่านพลังงานของบรรยากาศ (Transmissivity of the Atmosphere)

คลื่นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าบางช่วงคลื่นส่งผ่านบรรยากาศได้โดยง่าย ในขณะที่บางช่วงคลื่นถูกกักไว้ **ความสามารถของบรรยากาศที่ยอมให้พลังงานการแผ่รังสีส่งผ่าน เรียกว่า Transmissivity** ค่าเฉลี่ยของ Transmissivity ของบรรยากาศในขณะที่ปราศจากเมฆแปรตามความยาวคลื่น แก๊สในบรรยากาศดูดซับพลังงานรังสีได้ในบางช่วงคลื่น และยอมให้พลังงานรังสีในบางช่วงคลื่นส่งผ่านไป รูปที่ 11 กราฟแสดงค่าการส่งผ่านของพลังงานรังสีในแต่ละช่วงคลื่น โดยที่ความยาวคลื่น (เมตร) แสดงในแกนนอนทางตอนบนของกราฟและจำนวนเปอร์เซ็นต์ของการส่งผ่านพลังงานรังสีของบรรยากาศแสดงในแกนตั้ง



รูปที่ 11 Transmissivity of the Atmosphere and the Spectral Range of Five Main Sensors on the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)

บรรยากาศเป็นเสมือนสิ่งทึบแสงสำหรับรังสี คลื่นสั้นซึ่งมีพลังงานมากเช่น อัลตราไวโอเลต แกมมา และ เอ็กซ์เรย์ ทั้งนี้เพราะบรรยากาศดูดซับพลังงานเหล่านี้ไว้ ตัวอย่างที่พบโดยทั่วไปของปรากฏการณ์เหล่านี้เช่น การดูดซับรังสีคลื่นสั้นของโอโซนในบรรยากาศ ซึ่งโอโซนเป็นแก๊สในบรรยากาศดูดซับพลังงานรังสีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่าประมาณ 0.3 μm ได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ถ้าหากบรรยากาศของโลกปราศจากชั้นโอโซน พลังงานรังสีคลื่นสั้นเหล่านี้ส่งถึงพื้นโลก และเป็นไปไม่ได้เลยที่สิ่งมีชีวิตส่วนใหญ่จะดำรงชีพอยู่ได้

บรรยากาศยังดูดซับพลังงานในแถบความยาวคลื่นในบางช่วงคลื่นโดยเฉพาะ (specific wavelength bands) ได้อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงคลื่นอินฟราเรดและไมโครเวฟ ในย่านที่ถูกดูดซับโดยแก๊สในบรรยากาศที่ปรากฏในแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นเรียกว่า **Absorption bands** ในรูปที่ 11 แถบคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกดูดซับแสดงด้วยค่าการส่งผ่านที่ค่อนข้างต่ำ ตามแนวแถบของคลื่นพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกดูดซับนั้นอาจมีบางช่วงคลื่นที่บรรยากาศทำตัวเสมือนสื่อโปร่งใสยอมให้คลื่นเหล่านั้นทะลุผ่านออกไปเรียกว่า **Atmospheric windows** ในรูปที่ 11 แสดงด้วยค่าการส่งผ่าน (Transmission values) ที่สูงที่สุดยังพบว่าภายในช่วงคลื่น Visible พบว่าเป็นบริเวณที่พลังงานของดวงอาทิตย์ออกสู่บรรยากาศได้มากที่สุด ในวันที่ท้องฟ้าปราศจากเมฆพลังงานรังสีช่วง คลื่น Visible จากดวงอาทิตย์ส่งผ่านบรรยากาศได้อย่างอิสระโดยไม่ได้ถูกดูดซับจากแก๊สในบรรยากาศ ในขณะที่เดียวกันในช่วงคลื่นอินฟราเรดก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน คือ มีบางช่วงที่สามารถ ทะลุออกไปจากบรรยากาศได้ **ช่วงคลื่นอินฟราเรดนี้มีส่วนสำคัญอย่างมากต่อ Remote Sensing** ทั้งนี้เพราะช่วงคลื่นเหล่านี้เกิดขึ้นเช่นเดียวกับการแผ่พลังงานรังสีออกของพื้นผิวโลกซึ่งพลังงานความร้อน (Thermal energy) ที่แผ่รังสีจากโลกทะลุผ่านบรรยากาศ และเข้าสู่อวกาศซึ่งมีเครื่องตรวจจับพลังงานการแผ่รังสีตรวจจับพลังงานในส่วนนี้

9. ชนิดของข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Satellite data types)

ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา กวาดจับ (scan) ในหลายช่วงคลื่น เพื่อผลิตเป็นภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ค่าความส่องสว่างตามอุณหภูมิของวัตถุ (Brightness Temperature value) ในแต่ละช่วงคลื่นพร้อมกับข้อมูลที่ตรวจวัดจากช่องรับสัญญาณอื่นๆ ที่ส่งลงมาจากดาวเทียม ช่องรับสัญญาณดาวเทียมในช่วงคลื่น Visible และ Infrared มีทั้งหมด 6 ช่อง อย่างไรก็ตามไม่มีดาวเทียมดวงใด ๆ ที่กวาดจับครบทุกช่องสัญญาณ และแต่ละช่องสัญญาณจะมีลักษณะเฉพาะ สำหรับช่องรับสัญญาณของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแสดงดังตารางที่ 2

	GOES-NEXT	METEOSAT	GMS
Resolution Visible	A Sector 1 km B Sector 2 km C Sector 4 km D Sector 7 km	1 Sensor 5 km 2 Sensor 2.5 km	1.25 km
Resolution Far IR	4 km A-C, 7 km D	5 km	5 km
Resolution Water Vapor	4 km A-C, 7 km D	5 km	5 km
Types of Imaging	Fixed Stare	Spin Scanner (E-W)	Spin Scanner (W-E)
Telescope Step Direction	NA	S-N	N-S
Orbit Altitude	19,300 nm / 35,800 km / 22,300 mi		
Visual Sensor	.55 - .75 μm	.4 - 1.1 μm	.50 - .75 μm
IR Sensors	10-12.5 μm , 3.5-4.0 μm	10.5 -12.5 μm	10.5 - 12.5 μm
Water Vapor Channel	6.7 μm	5.7 -7.1 μm	6.7 μm

	NOAA	DMSP
Resolution (Subpoint-edge)	1.1 - 4 km * 4 km resolution for Automatic Picture Transmission	Fine Data .6 -1.1 km Smooth Data 3.0-5 km *3 km resolution for Automatic Picture Transmission
Types of Imaging	Advanced Very High Resolution Radiometer(AVHRR) Spin Scan	Operation Line Scanner (OLS) Pendulum Scanner (Alternates W-E & E-W)
Telescope Step Direction	Ascending/Descending	
Orbit Altitude	420-480 nm	
Additional Features	Microwave Sensor Sounder	
Visual Sensor	Ch 1 .58 - .68 μm	.4 - 1.1 μm
Near IR Sensor	Ch 2 .725 - 1.1 μm	
Far IR Sensor	Ch 3 3.55-3.93 μm Ch 4 10.3-11.3 μm Ch 5 11.5-12.4 μm	10.8 - 12.5 μm

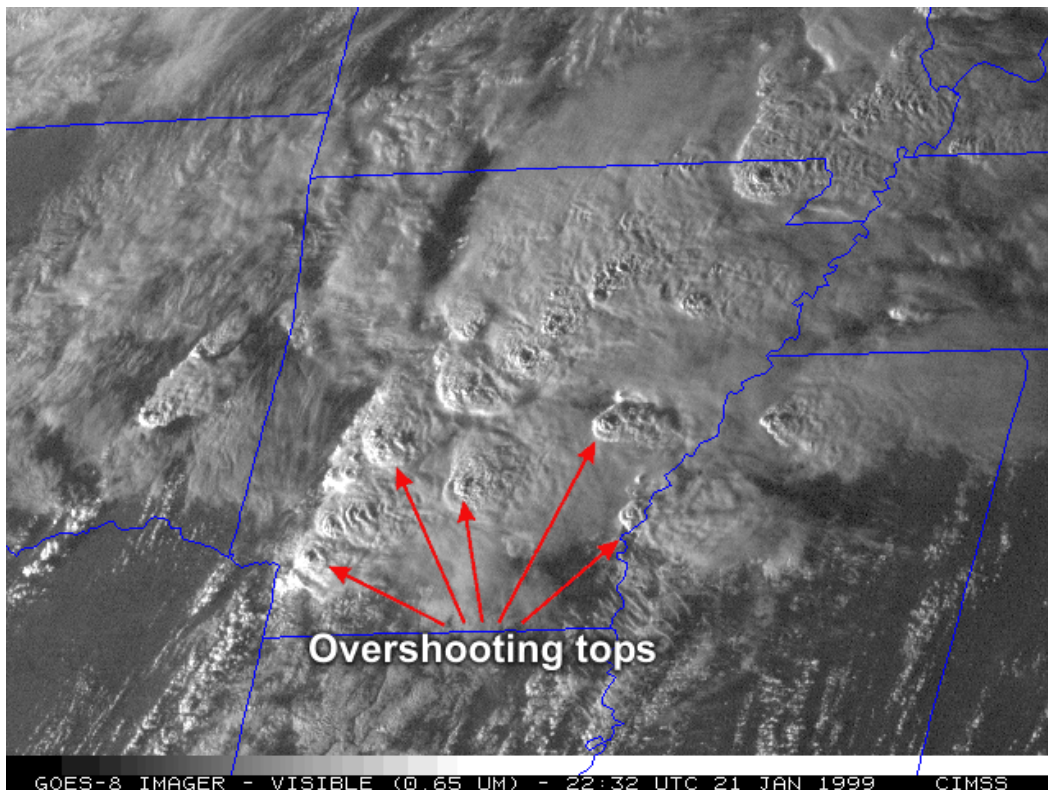
ตารางที่ 2 แสดงช่องสัญญาณของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

10. ประเภทของข้อมูลดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Type of Satellite Data)

10.1 ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible (Visible Imagery = VIS) เครื่องมือตรวจวัด (sensors) ในยุคแรกที่ตั้งอยู่บนดาวเทียมใช้ สำหรับตรวจวัดช่วงคลื่น Visible สามารถปรับรับสัญญาณได้ ช่วงคลื่นดังกล่าวจะอยู่ในช่วง 0.4 – 0.74 μm

การรับปริมาณรังสีของการสะท้อนของช่วงคลื่น Visible นั้นเครื่องมือตรวจวัดปฏิบัติการในเวลากลางวัน เท่านั้น เพราะเครื่องมือตรวจวัดอาศัยการสะท้อนกลับของ แสงอาทิตย์ (หรือในตอนกลางคืนที่พระจันทร์เต็มดวง) ความเข้มของการสะท้อนกลับของวัตถุใดๆ บนพื้นโลกจะขึ้นอยู่กับมุมของดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบ มุมตกกระทบของ ดวงอาทิตย์เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาในแต่ละวัน, ปี และละติจูด

ค่าการสะท้อนของวัตถุที่ถูกกวาดจับ (Scan) มีผลต่อความเข้มในการส่องสว่าง (Brightness) โดยทั่วไปเมฆที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยามีค่าการสะท้อนมากที่สุด ปริมาณการสะท้อนของเมฆขึ้นอยู่กับความสูงเสียด



ของพลังงานรังสีในขณะผ่านบรรยากาศ (Optical Depth) เมฆที่มีการสูญเสียของพลังงานรังสีในขณะผ่านบรรยากาศมากกว่าเป็น ผลทำให้การส่งผ่านพลังงานรังสีในช่วงคลื่น Visible มีปริมาณน้อย ความสูญเสียของพลังงานรังสีในขณะผ่านบรรยากาศ (Optical Depth) เพิ่มขึ้นนั้นขึ้นอยู่กับ

- ความหนาของชั้นเมฆ
- ความหนาแน่นของจำนวนอนุภาคของเมฆ
- ขนาดของอนุภาคที่มีขนาดเล็ก
- สัดส่วนของอนุภาคของของเหลวกับผลึกน้ำแข็ง

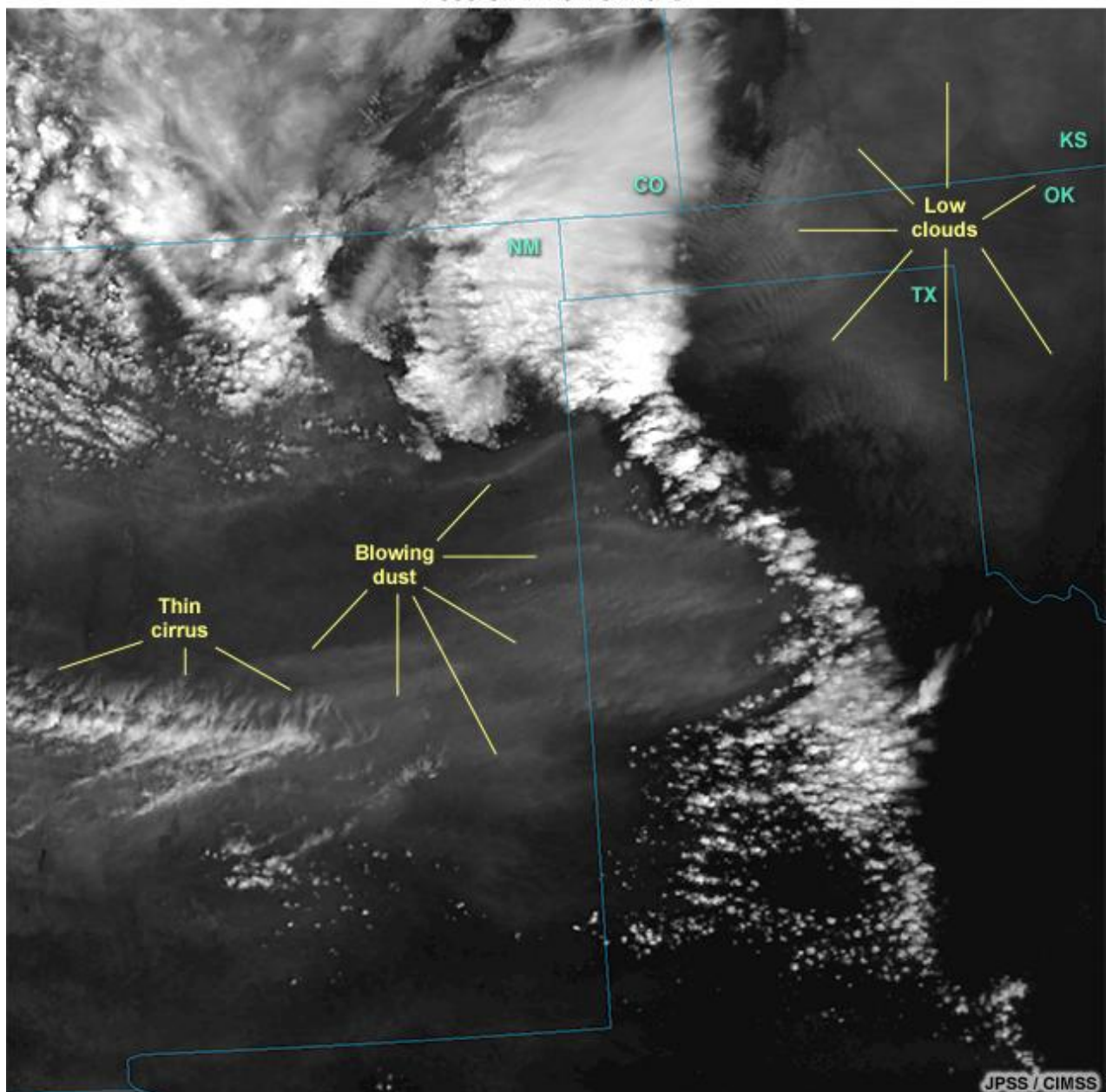
ข้อจำกัดที่สำคัญของภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible คือ ไม่สามารถที่จะได้ภาพในตอนกลางคืน สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible นำมาใช้ในการแปลความหมายดังต่อไปนี้

- 1) แปลความชนิดของเมฆต่างๆ โดยพิจารณาจากรูปร่าง (Shape) และเนื้อของเมฆ (Texture) ซึ่ง ภาพ Visible ให้ค่าความคมชัดได้ดี
- 2) แปลความระบบของเมฆ (Cloud System) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมฆในระดับต่ำ
- 3) ประเมินความสูงของเมฆได้โดยอาศัยเงาของเมฆ
- 4) ประเมินความหนาของเมฆ
- 5) แปลภาพของเมฆที่มีขนาดเล็กหรือมีรูปทรงที่ผิดปกติ (Anomalous Cloud)
- 6) หากไม่มีเมฆปกคลุม สามารถแปลความของ พื้นทะเล หรือพื้นที่ที่ถูกปกคลุมด้วยน้ำแข็ง หรือหิมะ และ Sun glint
- 7) อนุภาคที่แขวนลอยในอากาศ เช่น เถ้าภูเขาไฟ, ฝุ่น และควัน

10.2 ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Near Infrared (Near Infrared Imagery = NIR)

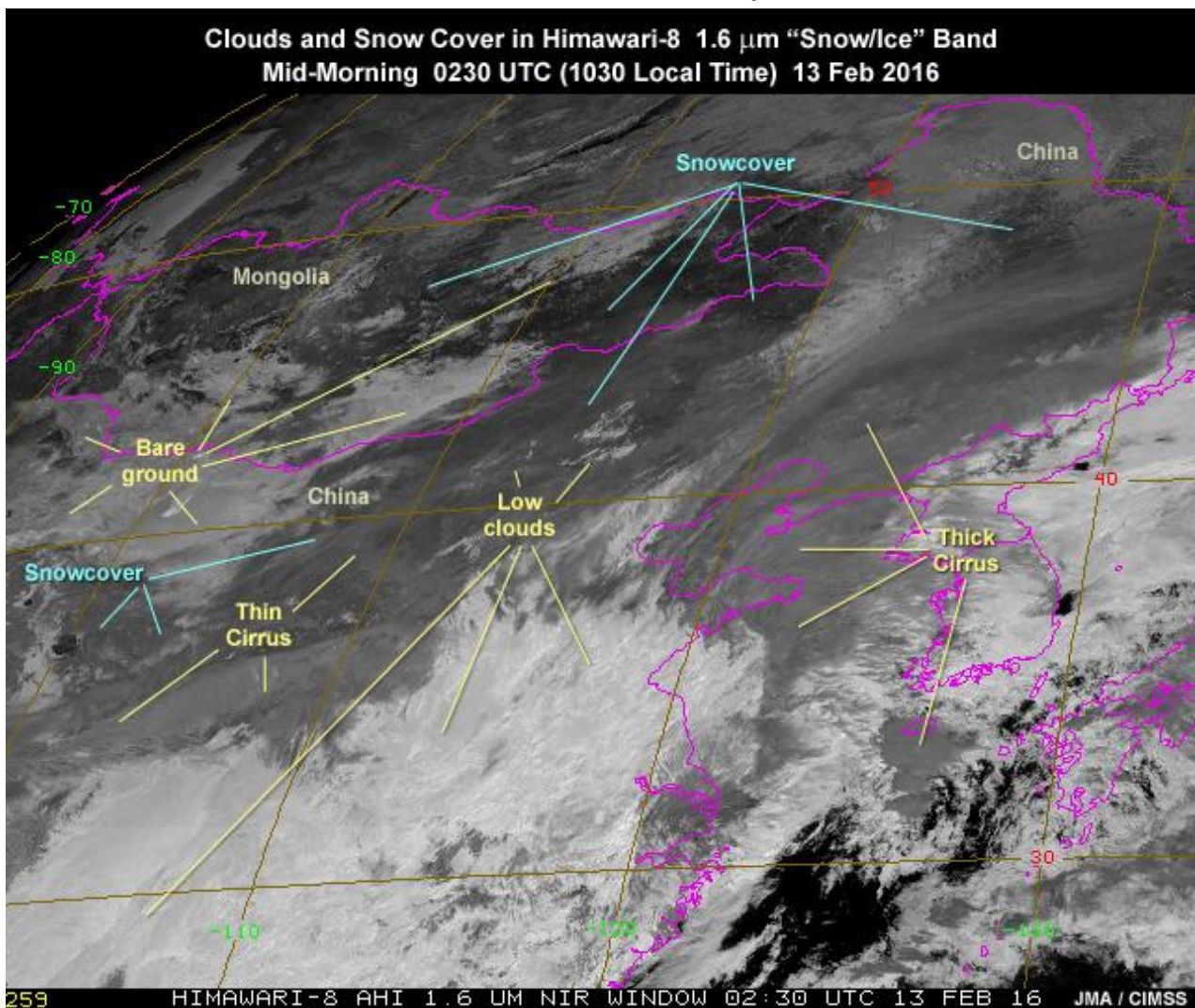
ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น NIR เป็นภาพที่ได้จากการสะท้อนของช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง $0.75 - 1 \mu\text{m}$ อยู่ระหว่างช่วงคลื่น Visible และ Infrared เป็นช่วงคลื่นที่มนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ วัตถุบนพื้นโลกมีเพียงบางชนิดที่ได้รับควมร้อนจนสามารถแผ่รังสี ในช่วงคลื่นนี้ได้ช่วงคลื่น NIR ที่สะท้อนกลับจากผิวโลก และถูกกวาดจับด้วยเครื่องตรวจจับ ทั้งนี้เพราะค่าความเข้มในการส่องสว่างของวัตถุ ในช่วงคลื่น NIR เป็นปัจจัยเช่นเดียวกับช่วงคลื่น Visible ข้อดีของภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น NIR คือ วัตถุบางชนิดสะท้อนคลื่นนี้ได้ดีกว่าช่วงคลื่น Visible ตัวอย่างเช่น พืชพันธุ์ ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างของแนวชายฝั่งทะเลได้เป็นอย่างดี (ความแตกต่างระหว่างพื้นดินและพื้นน้ำตามแนวชายฝั่ง) นอกจากนั้น ควั่น หมอก แดดและฝุ่นก็สะท้อนได้ดีกว่าช่วงคลื่น Visible ในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น NIR สามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของวัตถุแม้ว่าจะมีปริมาณแสงน้อยหรือแม้กระทั่งแสงของดวงจันทร์

**Suomi NPP VIIRS Mid-Afternoon $1.37 \mu\text{m}$ "Cirrus" Band Near-IR Image
2035 UTC 23 Mar 2013**



วัตถุบางอย่างสามารถที่แพร่พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในย่าน NIR เพียงพอที่จะ แยกให้เห็นความแตกต่างของวัตถุ เช่น แสงไฟในเมือง (City light) และไฟป่าปรากฏอย่างชัดในภาพ NIR ซึ่งกวาดจัดได้โดยง่ายจากเครื่องมือตรวจวัดของระบบ DMSP โดยใช้ Photomultiplier (ทำงานโดยอัตโนมัติ) แสงเหนือ-ใต้ (Aurora) มีความเข้มในการส่องสว่างเพียงพอที่ปรากฏ ได้ในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น NIR โดยทั่วไปใช้แปลความหมายของสิ่งต่างๆ เหล่านี้ แปลความชนิดของเมฆในเวลากลางวันและลักษณะของพื้นผิวโลก

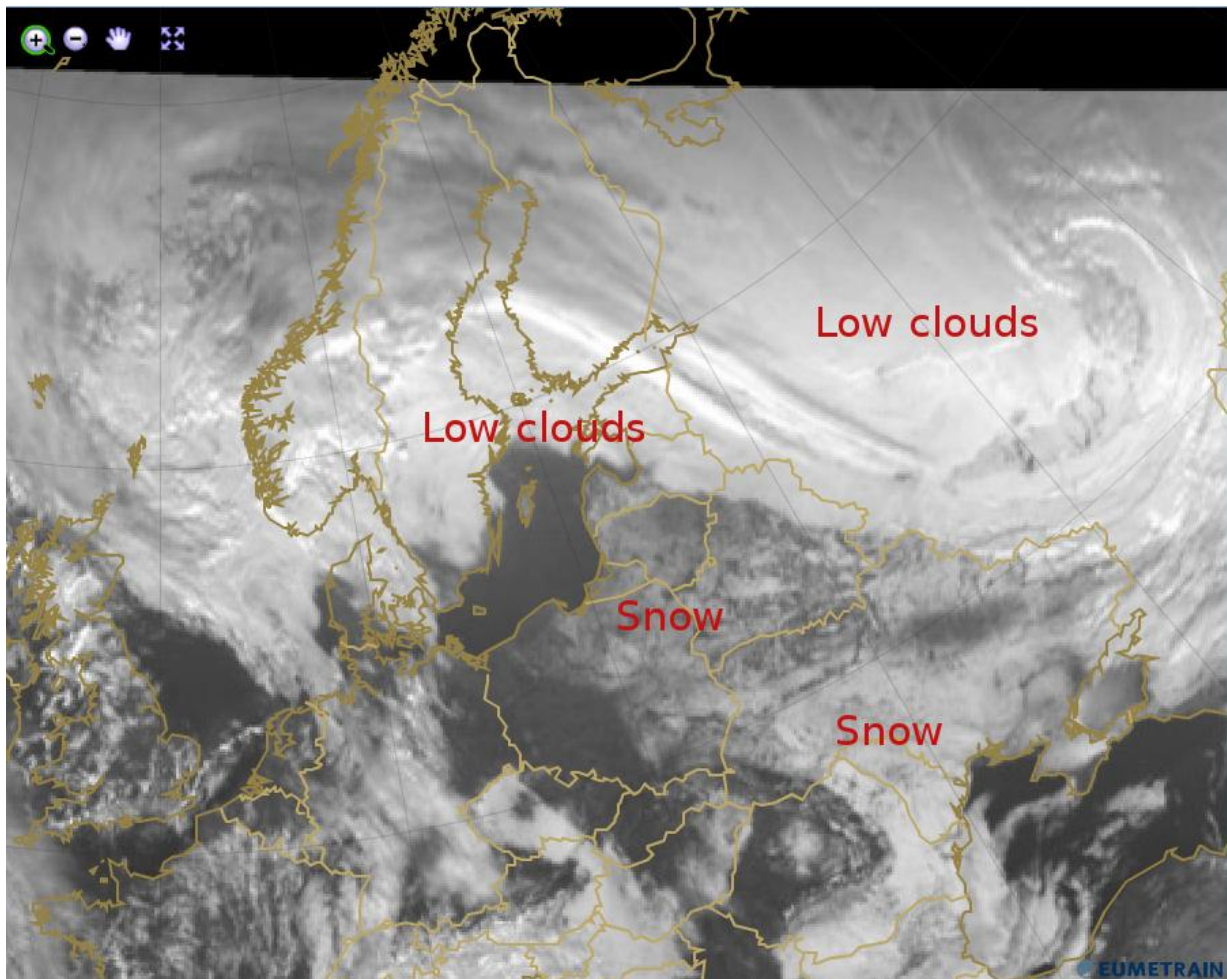
1. พื้นที่ตั้งของเมือง (อาศัยแสงไฟ City light)
2. เมฆในเวลากลางวัน (อาศัยการสะท้อนของแสงดวงจันทร์)
3. ติดตามการแพร่กระจายของไฟป่า คว้น หมอกแดด ฝุ่น รวมทั้งหมอกปนคว้น (Smog)
4. พิจารณาลมในระดับต่ำ (Low Level Winds) ที่พัดอยู่เหนือสิ่งแขวนลอยในอากาศ



10.3 ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Far Infrared (Far Infrared Imagery = FIR)

ช่วงคลื่น FIR มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งคือ Long Wave Infrared ความยาวของช่วงคลื่นอยู่ระหว่าง $10.2 - 12.5 \text{ um}$ ในช่วงคลื่นนี้ดาวเทียมกวาดจับการแผ่พลังงานรังสีเฉพาะอย่าง การสะท้อนกลับของพลังงานแสงอาทิตย์ ไม่มีความจำเป็นต้องใช้วัตถุ ส่วนใหญ่มีสภาพเป็น Blackbody กล่าวคือวัตถุส่วนใหญ่จะดูดซับพลังงานแสงอาทิตย์ (แทนที่จะสะท้อนกลับ)

ความเข้มในการส่องสว่างที่ปรากฏที่เครื่องตรวจวัด พลังงานในช่วงคลื่น FIR ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของวัตถุนั้น อุณหภูมิของวัตถุขึ้นอยู่กับมุมของดวงอาทิตย์ ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามช่วงเวลาของวันและปีรวมทั้งละติจูดด้วย นอกจากนั้นลักษณะภูมิประเทศเป็นปัจจัยที่สำคัญด้วย เช่นพื้นที่สูงกว่าอุณหภูมีย่อมต่ำกว่า



การส่งผ่านรังสีในช่วงคลื่น FIR ผ่านบรรยากาศนั้นมีปัจจัยที่สำคัญ ที่ควรพิจารณา เมฆที่เป็นชั้นบาง ๆ อันประกอบไปด้วยผลึกน้ำแข็งส่วนมากเกือบจะโปร่งแสงสำหรับช่วงคลื่น Visible แต่สามารถดูดซับและกักกั้นการส่งผ่านขึ้นมาของพลังงานรังสีในช่วงคลื่น FIR โดยเฉพาะหยดน้ำในเมฆเป็นตัวดูดซับได้ดี ดังนั้น เมฆชั้นต่ำและเมฆชั้นกลางล้วนแล้วมีผลต่อการแผ่ขึ้นมาของรังสี FIR ความสามารถในการดูดซับของเมฆเพิ่มขึ้นหากความหนาแน่นของอนุภาคเพิ่มขึ้นและขนาดของอนุภาคลดลง อย่างไรก็ตามการดูดซับและการแพร่กระจายพลังงานจากเมฆในช่วงคลื่น FIR ในอัตราสูงเราสามารถสันนิษฐานว่าเมฆส่วนใหญ่แพร่กระจายดังเช่น Blackbody ช่วยให้เราตรวจวัดได้อย่างแม่นยำ

ในการตรวจค่าอุณหภูมิแล้วอนุมานความสูงของเมฆนั้น ในทางปฏิบัติเพื่อใช้ในการแปลความสิ่งต่างๆ คือ

1. เมฆ

- ความสูงของเมฆ
- ระบบของเมฆ (cloud system) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมฆในระดับสูง
- ชนิดของเมฆ
- ความหนาของเมฆ

2. กระแสลมในระดับบน (Upper Levels)

3. วิเคราะห์อุณหภูมิผิวน้ำทะเล (SST : Sea Surface Temperature)

4. ติดตามการเคลื่อนตัวของกลุ่มควัน หรือแก๊สภูเขาไฟในระดับบน

5. สิ่งแขวนลอยหรือเจือปนในอากาศ และควันปนหมอก (Smog)

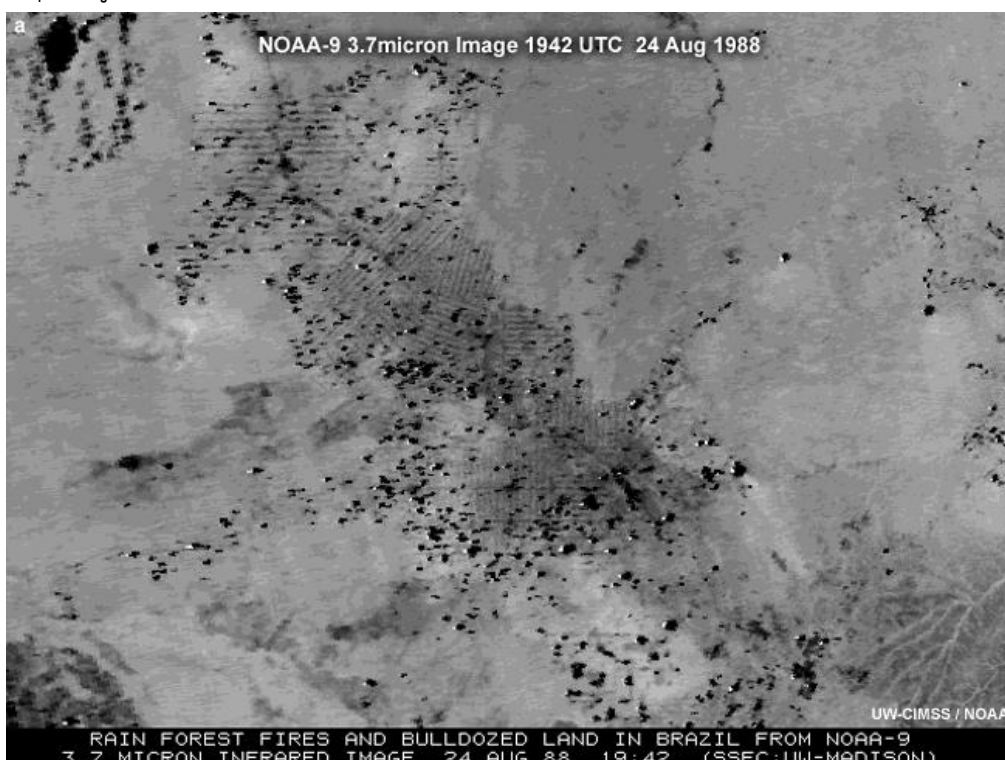
6. พายุฝุ่น

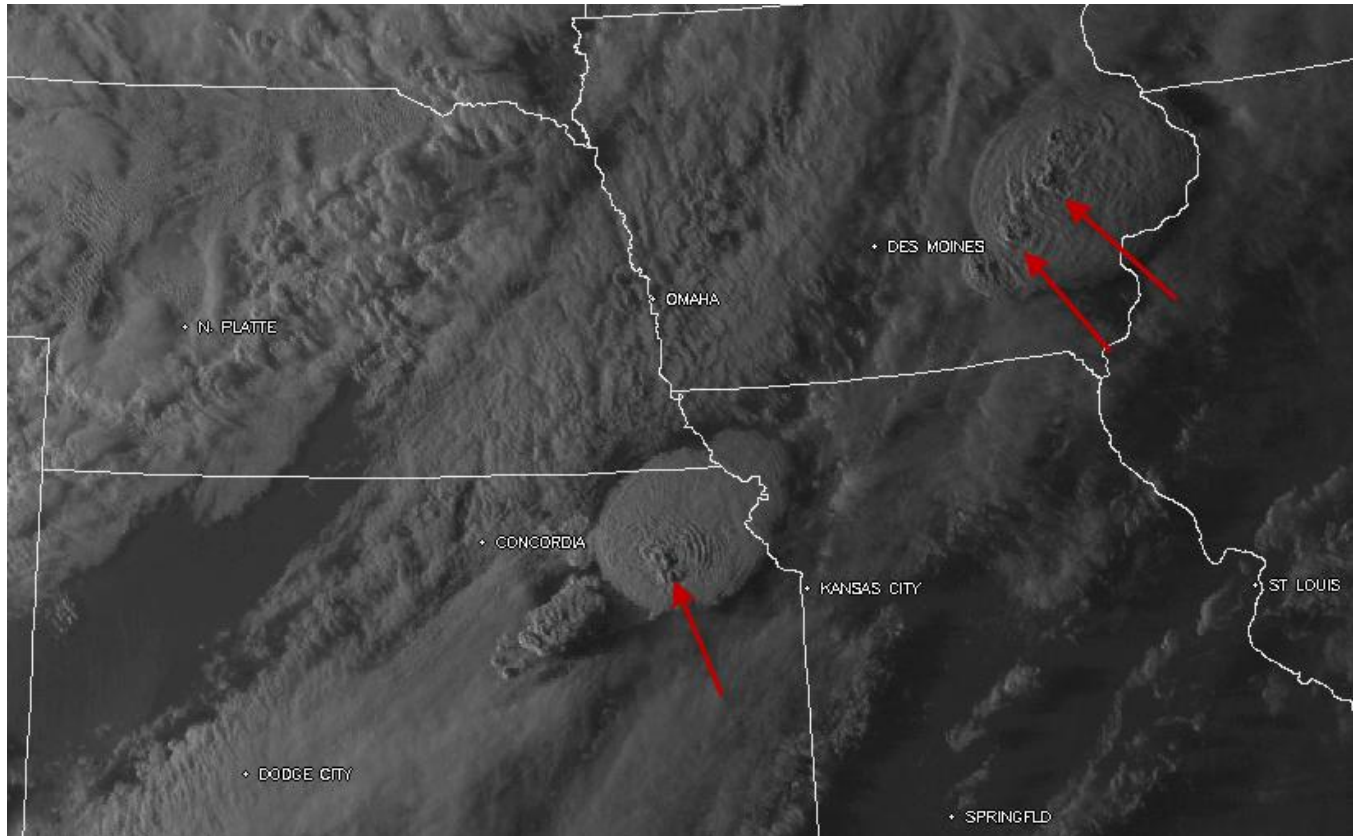
7. ความแตกต่างของภูมิประเทศ (เช่น พื้นดิน/น้ำ)

8. ทางเมฆ (Aircraft Contrail) อันเกิดจากเครื่องบินและความชื้นในระดับต่ำ

10.4 ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Middle Infrared (Middle Infrared Imagery = MIR)

ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ช่วงคลื่น MIR ได้จากการตรวจวัดพลังงานการแผ่รังสีที่มีความยาวคลื่น 3.55 – 4.03 μm ซึ่งเป็นแถบคลื่นที่อยู่ใกล้กับ Visible และ Infrared หรือเรียกว่า Short Wave Infrared มีลักษณะคล้ายกับภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น NIR กล่าวคือเป็นการรวมค่าของพลังงานในการสะท้อนและการแผ่รังสี แต่มีปริมาณการแผ่รังสีได้มากกว่า ในเวลา กลางวัน ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่นนี้ค่อนข้างจะสับสนยากต่อการแปลความ ดังนั้นจึง ไม่นิยมใช้แปลความ แต่ในเวลา กลางคืน การสะท้อนของพลังงานแสงอาทิตย์หมดไปภาพที่ได้รับ จะมีลักษณะเช่นเดียวกับ ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ในช่วงคลื่น FIR ปริมาณการแผ่รังสีของวัตถุขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อช่วงคลื่น FIR





ข้อดีของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น MIR คือ เมฆชั้นต่ำที่มีปริมาณการแผ่รังสีอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น FIR เมฆชั้นต่ำจึงมีลักษณะเป็น Graybody แทนที่จะเป็น Blackbody เมฆชั้นต่ำมีลักษณะที่เย็นกว่าที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น FIR ช่วยเพิ่มความแตกต่างของพื้นดินและเมฆ ซึ่งง่ายต่อการแปลความ

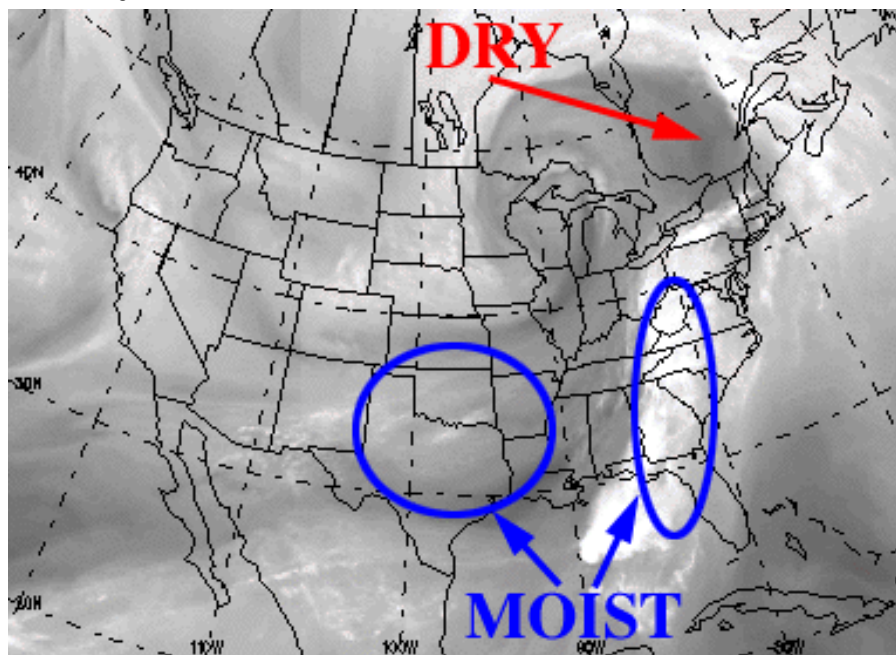
นอกจากนั้น พลังงานรังสีช่วงคลื่น MIR ทะลุผ่านเมฆชั้นสูงได้ มากกว่า ช่วงคลื่น FIR ทำให้เมฆที่ประกอบด้วยผลึกน้ำแข็งอุ่นกว่าเมฆที่ประกอบด้วยน้ำ ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น MIR ใช้ค้นหาเมฆ Cumulonimbus ที่ฝังตัวอยู่ในเมฆ Cirrostratus ที่หนาๆ ได้ และใช้ตรวจจับตาของพายุ ได้ถึงแม้ว่าจะถูกปกคลุมด้วยเมฆ Cirrus อากาศอุ่นขึ้นที่มีความลึกมาก (หนา) เช่น มวลอากาศในเขตร้อน โดยทั่วๆไปจะปรากฏเป็นบริเวณที่ค่อนข้างจะแจ่มใสมากกว่าเมื่อนำไป เปรียบเทียบกับ ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ช่วงคลื่น FIR สิ่งนี้ทำให้เมฆชั้นต่ำแยกออกได้โดยง่ายและการอ่านค่าอุณหภูมิผิวพื้นใกล้เคียงกับ ความเป็นจริงมากที่สุด ภายใต้สภาวะเงื่อนไข ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น MIR ใช้ในการแปลความเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. เมฆชั้นต่ำ
2. เมฆชั้นสูง (เปรียบเทียบกับ FIR)
3. ลักษณะภูมิประเทศ (แสดงความแตกต่างของพื้นดินและพื้นน้ำได้ดี)
4. อุณหภูมิน้ำทะเล
5. ไฟป่า
6. สิ่งแขวนลอยในอากาศ (ควัน แก๊วภูเขาไฟ และฝุ่น)

10.5 ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิด Water Vapor

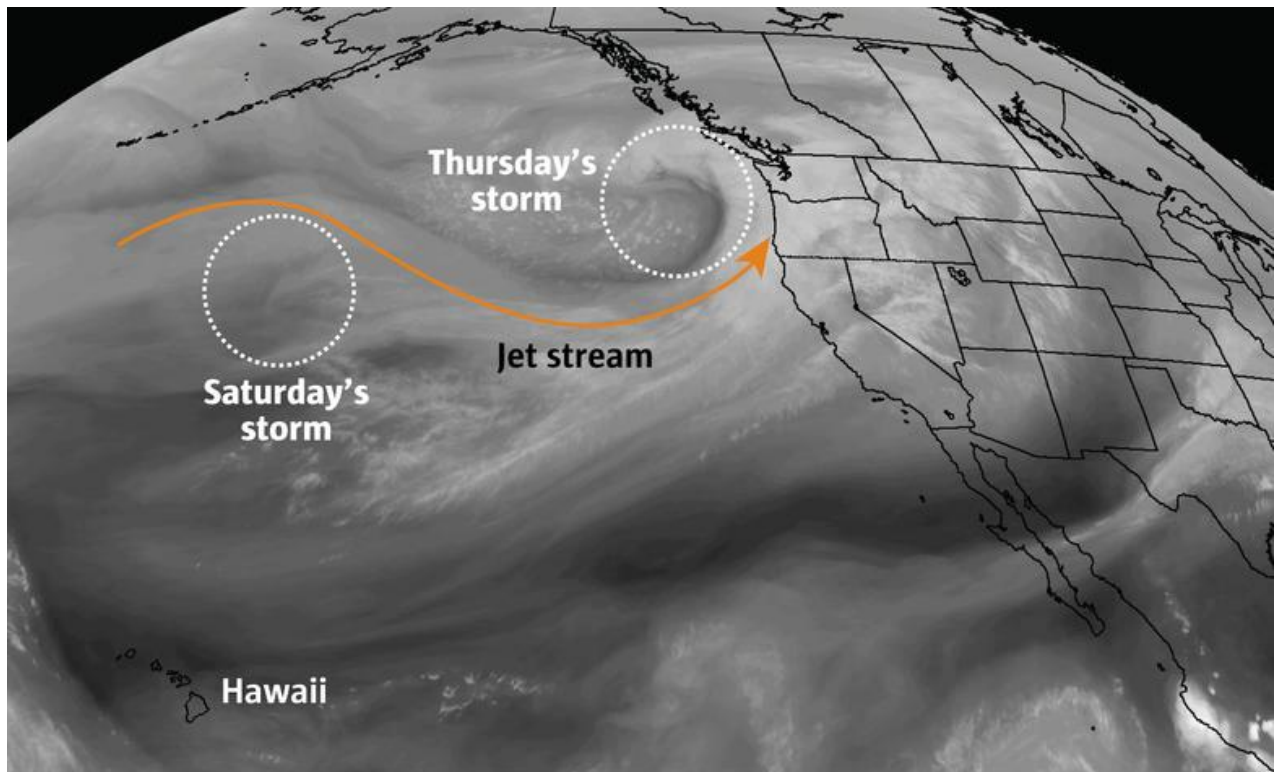
เครื่องตรวจวัดพลังงานแผ่รังสีตรวจวัดพลังงาน ในช่วงคลื่นของ Infrared ความยาวคลื่นระหว่าง 5.7-7.1 μm ในย่านดังกล่าวพลังงานถูกดูดซับด้วยไอน้ำ (Water Vapor) ทำให้การส่งผ่านพลังงานเป็นไปได้น้อย ดาวเทียม GOES และ GMS ตรวจวัดความยาวคลื่น 6.7 μm และ METEOSAT ตรวจวัดความยาวคลื่นระหว่าง 5.8- 7.1 μm

เนื่องจากการดูดซับและการแผ่กระจายของพลังงาน ในช่วงคลื่นนี้อยู่ในอัตราที่สูง ขึ้นความชื้นในบรรยากาศดูดซับพลังงานจากชั้นความชื้นที่อยู่ในระดับต่ำกว่า ในขณะที่เดียวกันก็แผ่กระจายรังสีโดยที่มีสภาพเป็น Blackbody ด้วยเหตุนี้จึงเป็นก การแผ่กระจายที่มีลักษณะเป็นชั้น ๆ ซ้อนกันขึ้นไป กล่าวคือมี การดูดซับและแผ่กระจายจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่งจนกระทั่งถึงชั้นบนสุด



ถ้าความชื้นใกล้กับระดับ Tropopause มีปริมาณมากอย่างมีนัยสำคัญ สภาพของ Blackbody ถูกตรวจพบโดยดาวเทียมในระดับนี้ ซึ่งปรากฏเป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิเย็น (Cold Temperature) ในทางตรงข้ามถ้าบริเวณนี้มีปริมาณความชื้นค่อนข้างน้อย พลังงานที่ตรวจจับได้ทีมาจากเบื้องล่างหรือผิวพื้น ซึ่งปรากฏเป็นบริเวณที่อุณหภูมิอุ่นกว่า (Warm Temperature) ดังนั้นจึงสันนิษฐานได้ว่าบริเวณที่มี อุณหภูมิเย็น สอดคล้องกับ ความชื้นสูง ในระดับบน ในขณะที่บริเวณที่มี อุณหภูมิอุ่น จึงสอดคล้องกับ ความชื้นน้อย ในระดับบน

อย่างไรก็ตามต้องคำนึงถึงความหนาแน่นของจำนวนไอน้ำ ถึงแม้ว่าอากาศบริเวณ Tropopause มีความชื้นเกือบ 100 % แต่ความหนาแน่นของไอน้ำมีน้อยพลังงานบางส่วนจากระดับล่างจะทะลุผ่านขึ้นไปได้ พลังงานที่ตรวจวัดได้สูงสุดจึงไม่ได้มาจากระดับบนสุดเพียงระดับเดียว แต่มาจากหลายระดับด้วยกัน ปริมาณพลังงานประมาณ 80% ที่ตรวจวัดได้จากดาวเทียมส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับ 610-240 hPa เฉลี่ยแล้วอยู่ในระดับ 400 hPa



Satellite Image: NASA GOES West 1-km Water Vapor Weather Satellite. Oct. 13, 7:15 PM

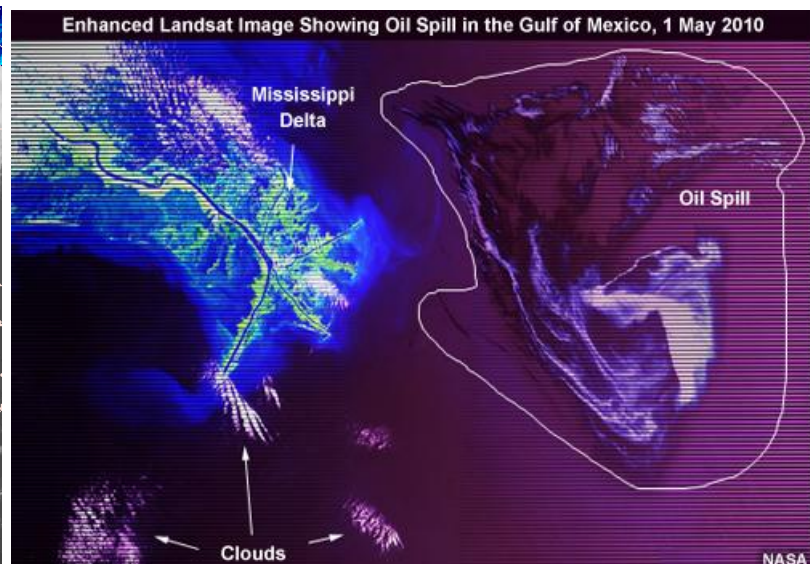
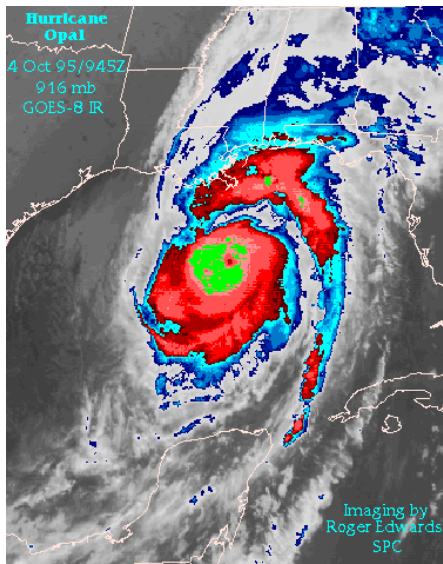
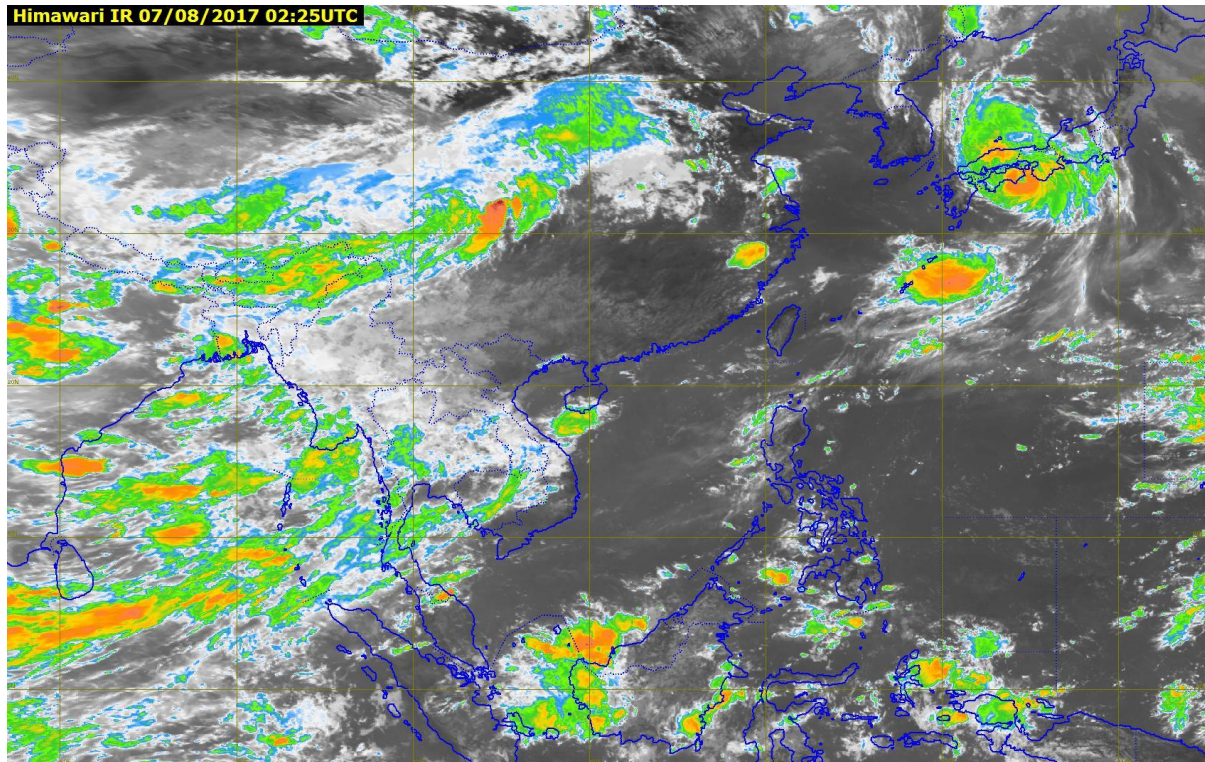
MARK NOWLIN / THE SEATTLE TIMES

ปริมาณการแพร่กระจายของรังสีขึ้นอยู่กับจำนวนและความสูงของไอน้ำ จำนวนและความสูงของเมฆ และอุณหภูมิของระดับที่แพร่กระจาย ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิด Water Vapor ใช้ในการแปลความเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ เหล่านี้

1. ประเมินปริมาณความชื้นของไอน้ำในระดับกลางและระดับสูง
2. ติดตามสภาพอากาศในระดับบน
3. การกำหนดบริเวณกระแสลมกรด
4. บริเวณ Clear Air Turbulence
5. บริเวณ Clear Icing
6. บริเวณที่มีโอกาสในการเกิดทางเมฆ (Contrail)

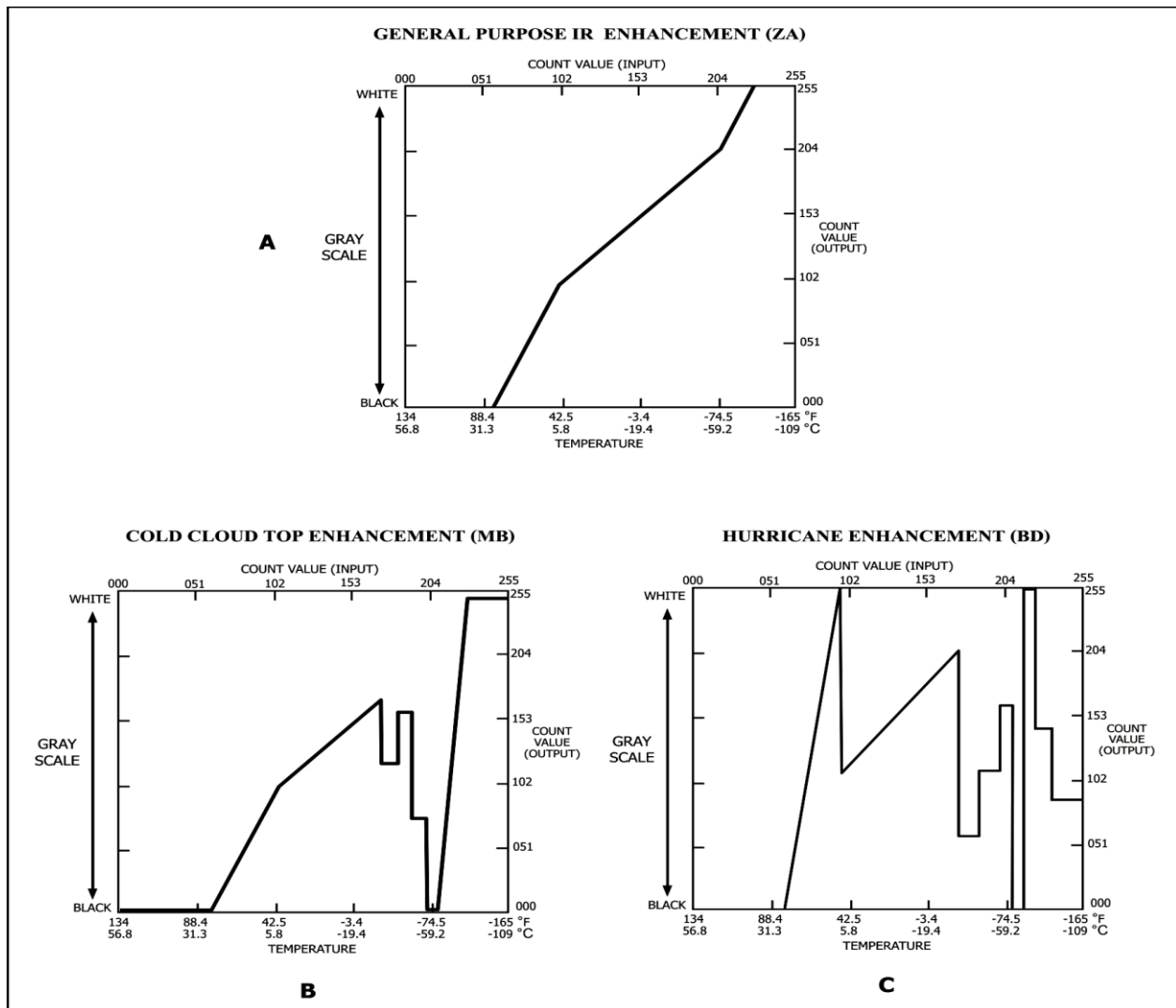
11. การเน้นลำดับความเข้มในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Infrared (Enhanced Infrared)

ในกรณีที่มีการแปลความภาพเมฆด้วยสายตาในช่วงคลื่น Infrared ถ้าบริเวณเมฆที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันน้อย โทนสีจะมีความใกล้เคียงกันมาก ทำให้ยากต่อการแปลความ จึงมีการใช้วิธีที่เรียกว่า Enhanced Infrared ซึ่งเป็นการปรับเปลี่ยนโทนสีภาพ โดยมีการกำหนดค่าอุณหภูมิให้สัมพันธ์กับความสว่างที่เป็นเป้าหมาย แล้วกำหนดสีตามต้องการ ซึ่งจะเป็นภาพในโทนสีเทา (ในภาพขาว-ดำ) หรือเป็นแถบสีตามคุณสมบัติความสามารถของคอมพิวเตอร์ที่จะทำได้วิธีนี้ การเน้นลำดับความเข้มของภาพนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการแปลความเกี่ยวกับความแรงของพายุหมุนเขตร้อนหรืออุณหภูมิยอดเมฆแต่ทั้งนี้ต้องมีความเข้าใจและทราบถึงการกำหนดสีที่สัมพันธ์กับค่าอุณหภูมิของภาพนั้นๆ ด้วย



และโดยทั่วไปกรรมวิธีในการเน้นลำดับความเข้มที่นิยมใช้แบ่งออกได้เป็น

1. ZA Curve
2. MB Curve
3. BD Curve



รูปที่ 12 แสดงการเน้นลำดับความเข้มของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น IR

ต่อมาได้มีการพัฒนาการเน้นลำดับความเข้มของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาโดยใช้สีต่างๆ นำมาประยุกต์ใช้ในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแทนการแสดงด้วยสีขาว เทา นสีเทาและสีดำ ซึ่งทำให้ง่ายต่อการแยกลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏอยู่บนภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา เทคนิควิธีการดังกล่าวเรียกว่า **Color Enhancement** สำหรับเทคนิค ล่าสุดที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากในปัจจุบันคือ **Multispectral Techniques** คือเทคนิคที่อาศัยความแตกต่างของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่ได้รับมาจากหลายช่องรับสัญญาณ เพื่อให้ปรากฏข้อมูลที่สำคัญในทางอุตุนิยมวิทยาได้อย่างเด่นชัด ซึ่งจำเป็นต้องรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะรวมทั้งจุดเด่นและจุดด้อยของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่ได้รับในแต่ละช่องรับสัญญาณเป็นสำคัญก่อนที่จะนำเทคนิคนี้มาประยุกต์ใช้ โดยทั่วไปเป็นการนำภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาตั้งแต่ 2 ภาพขึ้นไปทีละกรอบคลุมพื้นที่และเป็นช่วงเวลาเดียวกัน ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิโคไลกอสส์โลกจะใช้ข้อมูลในแต่ละช่องรับสัญญาณแต่เป็นเส้นทางที่กวาดจับ บัญชีสัญญาณ

เดียวกัน ส่วนดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรประจำที่อาจใช้ภาพดาวเทียมหลายดวง เช่น GOES EAST และ GOES WEST เพื่อใช้ในการสร้างภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาด้วยเทคนิคนี้

เทคนิค Multispectral มีด้วยกันหลายวิธี แต่วิธีหนึ่ง ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ การนำข้อมูลจากช่องรับสัญญาณหนึ่งมาลบออกจากข้อมูลของอีกช่องรับสัญญาณหนึ่ง ดังตัวอย่าง

	A	B	
	FIR BT	MIR BT	Subtraction
Land	220	220	0
Water	225	225	0
Altostratus	150	150	0
Stratus	219	214	5
Cirrostratus	60	65	-5

รูปที่ 13 แสดงการลบกันระหว่างค่า Brightness Temperature FIR และ MIR

ถ้าข้อมูลจากช่องรับสัญญาณ A กวาดจัดพลังงานมากกว่าช่องรับสัญญาณ B (ในพื้นที่เดียวกัน) ผลจากการนำ $A - B$ ค่าที่ได้จะเป็นบวก ในทำนองเดียวกันหาก A น้อยกว่า B ค่าที่ได้จะเป็นลบ แต่หากไม่มีความแตกต่างค่าที่ได้เท่ากับศูนย์

จากตัวอย่างคือการนำ ภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น MIR ลบออกจากภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น FIR ซึ่งทั้งสองเป็นภาพในเวลาเดียวกัน พบว่าพื้นดิน พื้นน้ำ และเมฆชั้นกลางที่ปรากฏในภาพทั้งสองนั้นมีค่าเท่ากัน เมื่อนำมาลบกันจึงได้ผลลัพธ์เท่ากับศูนย์ ส่วนเมฆชั้นต่ำค่า Brightness Temperature ที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น MIR มีค่าต่ำกว่าที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น FIR ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีค่าที่ไม่เท่ากับศูนย์ ในขณะที่เมฆที่ประกอบด้วยฝลิกน้ำแข็งที่ปรากฏในภาพ FIR มีลักษณะเย็นกว่าที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา MIR ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จึงมีค่าไม่เท่ากับศูนย์เช่นเดียวกัน ผลของภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่ได้จึงแสดงให้เห็นเฉพาะเมฆชั้นต่ำและเมฆชั้นสูงเท่านั้น

นอกเหนือจากนี้ยังมีเทคนิคในการสร้างภาพด้วยเทคนิค False Color Multispectral ซึ่งเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งขึ้นอยู่กับ การแสดงผลของจอแสดงภาพ โดยการนำแม่สีหลักอัน ประกอบด้วยสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน มาใช้แทนค่าความเข้มที่ปรากฏในภาพขาว-ดำ แสดงดังตัวอย่าง

	MIR (Red gun)	FIR (Green gun)	FFIR (Blue gun)	Combination
Land	Dark Red	Dark Green	Dark Blue	Dark Gray
Warm water	Very Dark Red	Very Dark Green	Very Dark Blue	Very Dark Gray
Cumulonimbus	Very Bright Red	Very Bright Green	Very Bright Blue	White
Altostratus	Medium Red	Medium Green	Medium Blue	Medium Gray
Stratus	Medium Red	Dark Green	Dark Blue	Red-Tinted Gray
Cirrostratus	Light Red	Light Green	Very Light Blue	Blue-Tinted Gray

รูปที่ 14 False Color multispectral

ตัวอย่างภาพดาวเทียม

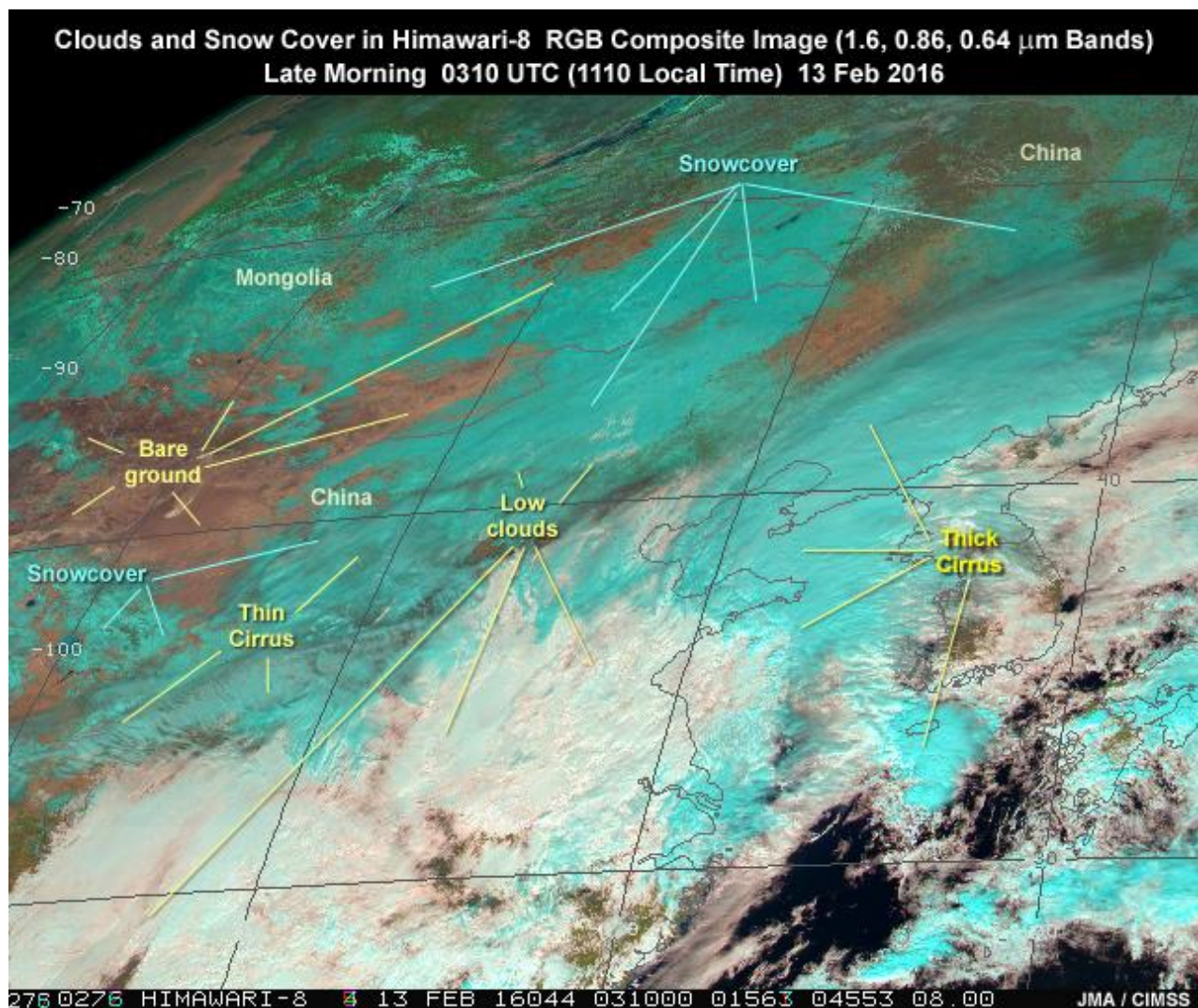




Fig. 1. Comparison between True Color (left), the binary Cloud /Snow Discriminator product (middle), and the Cloud Layers & Snow Cover Discriminator product (right) imagery over the north-central United States as collected by NASA's MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) sensor. In the Cloud Layers & Snow Cover product, white areas denote snow cover, yellow areas denote low cloud cover (liquid), orange/magenta areas denote high cloud cover (mixed/ice), and green areas denote clear sky surface. The GOES-R Advanced Baseline Imager (ABI) will be able to produce imagery of similar quality but at dramatically higher temporal refresh (minutes, vs. the 1-2 times per day currently available from the MODIS Terra + Aqua tandem).

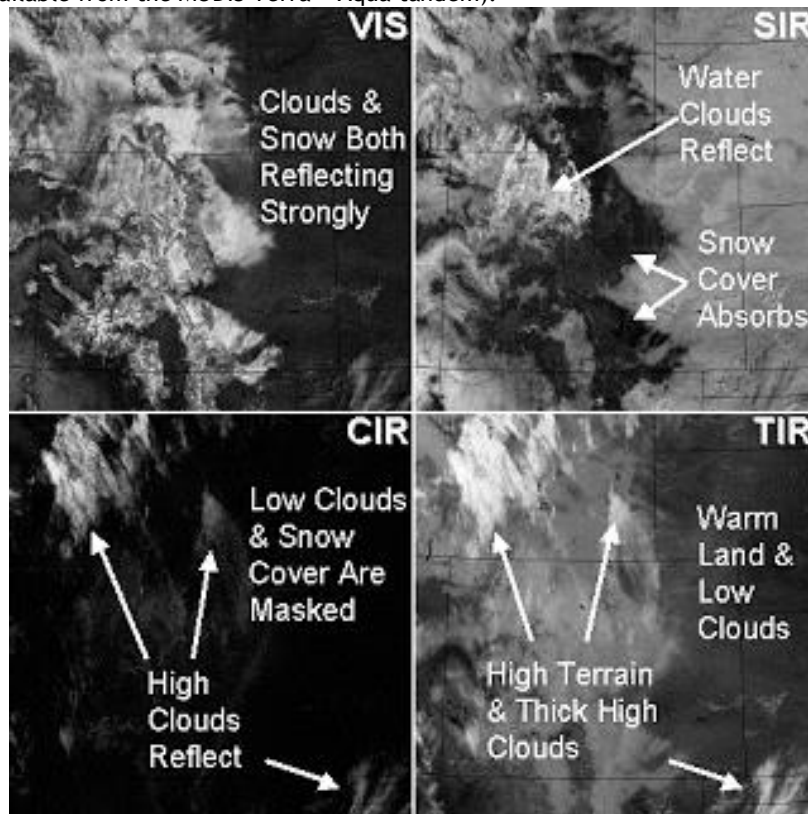


Fig. 2. Clockwise from upper-left: Visible (VIS), shortwave infrared (SIR), thermal infrared (TIR), and 1.38 micrometer cirrus-band (CIR) for the same date/time/domain as shown in Fig. 1. Each of these channels contains unique information that can be exploited in complement to discriminate between cloud and snow cover.

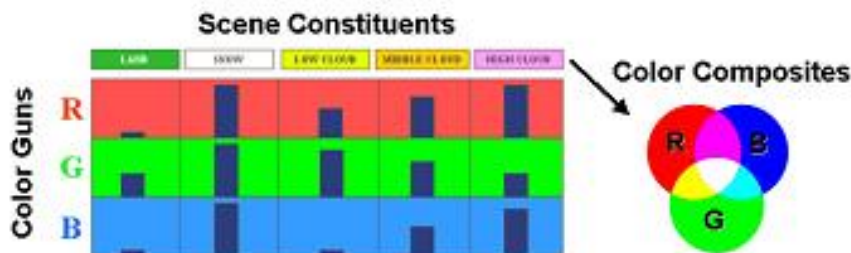


Fig. 3. Example of color gun usage in the Cloud Layers & Snow Cover Discriminator product, showing how the red (R), green (G), and blue (B) guns combine to provide various tonalities to the features of interest (Land, Snow, Low-Level Liquid Water Cloud, Mid-to-High Mixed-Phase/Ice Cloud).

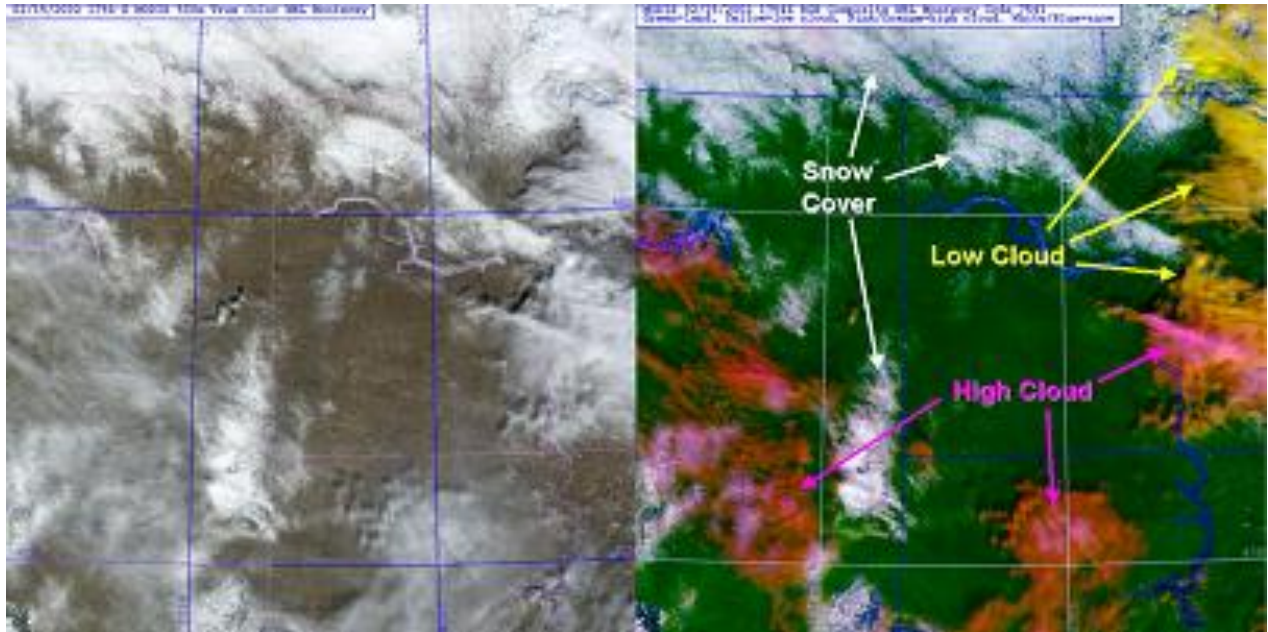


Fig. 4. Examples of True Color Imagery (left) and the Cloud Layers & Snow Cover Discriminator (right) product for a scene over north/central United States containing snow and multi-layered clouds. Clear-sky surfaces are depicted in dark green.

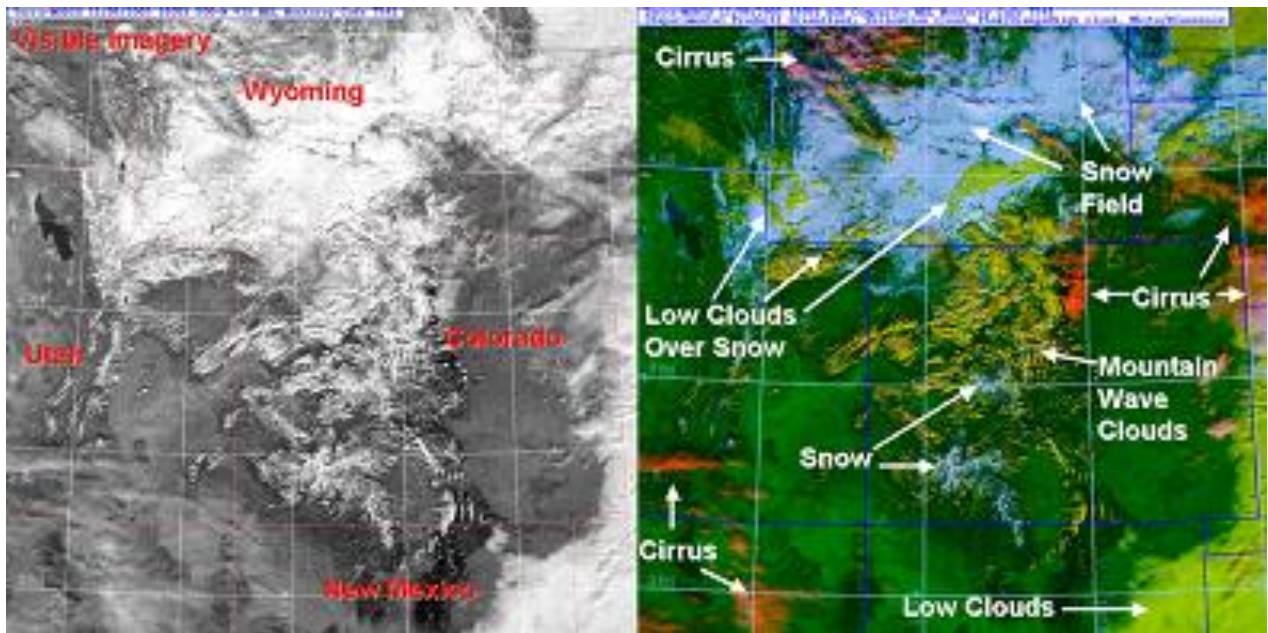


Fig. 5. Examples of Visible Imagery (left) and the Cloud Layers & Snow Cover Discriminator (right) product for a scene over Colorado containing snow over southern Wyoming. Clear-sky surfaces are depicted in dark green.

12. ข้อจำกัดที่มีผลกระทบต่อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา (Limitation Affecting Satellite data)

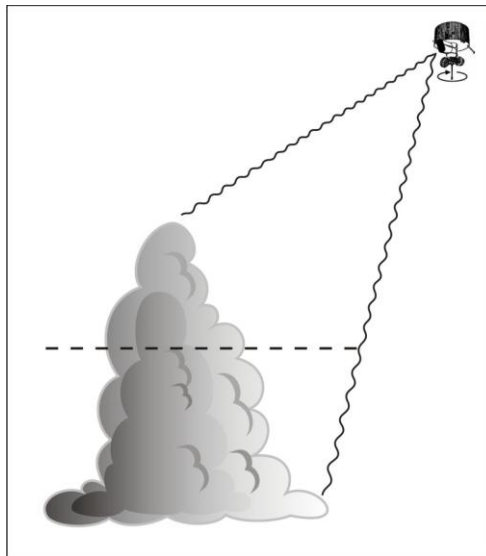
12.1 Attenuation คือการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการถูกดูดซับ (Absorption) หรือกระจัดกระจาย (Scattering) ทำให้พลังงานที่ไปถึงเครื่องมือตรวจวัดพลังงานที่ติดตั้งบนดาวเทียมมีปริมาณน้อยกว่าที่เป็นจริง ทำให้ภาพของเมฆที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา อยู่สูงกว่าความสูงจริง (appear colder than) สถานะที่ทำให้เกิด Attenuation ขึ้นอยู่กับ

- **ความหนาแน่นของปริมาณไอน้ำในบรรยากาศ** เนื่องจากไอน้ำเป็นตัวการดูดซับพลังงานที่สำคัญที่สุด หากพลังงานที่แผ่ขึ้นไปผ่านบริเวณที่บรรยากาศมีไอน้ำหนาแน่น พลังงานบางส่วนจะถูกดูดซับไว้ พลังงานส่วนที่เหลือที่แผ่ไปถึงดาวเทียมจึงมิใช่ปริมาณจำนวนเต็มที่แท้จริงที่แผ่กระจายออกจากแหล่ง

- **ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับแหล่งส่งพลังงาน** ที่มีระยะทางยาวกว่ามีผลทำให้เกิด Attenuation มากกว่าด้วย อย่างไรก็ตาม Attenuation ที่มีสาเหตุจากระยะทางหรือจากการถูกดูดซับโดยแก๊สอื่น ๆ นั้นมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับ Attenuation ที่มีสาเหตุมาจากไอน้ำ การกระจัดกระจาย (Scattering) ที่เกิดขึ้นเมื่อพลังงาน แผ่ไปกระทบอนุภาคของสิ่งต่างๆ ในบรรยากาศ เช่น ฝุ่น ผง หรือหยดน้ำก็เป็นสาเหตุของ Attenuation ได้เช่นเดียวกัน

12.2 Contamination เกิดขึ้นเนื่องจากมีแหล่งพลังงานหลายแหล่งซ้อนทับกัน ค่าของปริมาณพลังงานที่เครื่องตรวจวัดพลังงานบนดาวเทียมที่ตรวจจับได้จึงเป็น **ค่าที่ไม่ถูกต้อง** จากระดับยอดเมฆนั้นๆ อย่างแท้จริง สถานะที่ทำให้เกิด Contamination ขึ้นอยู่กับสภาพต่างๆ ดังนี้

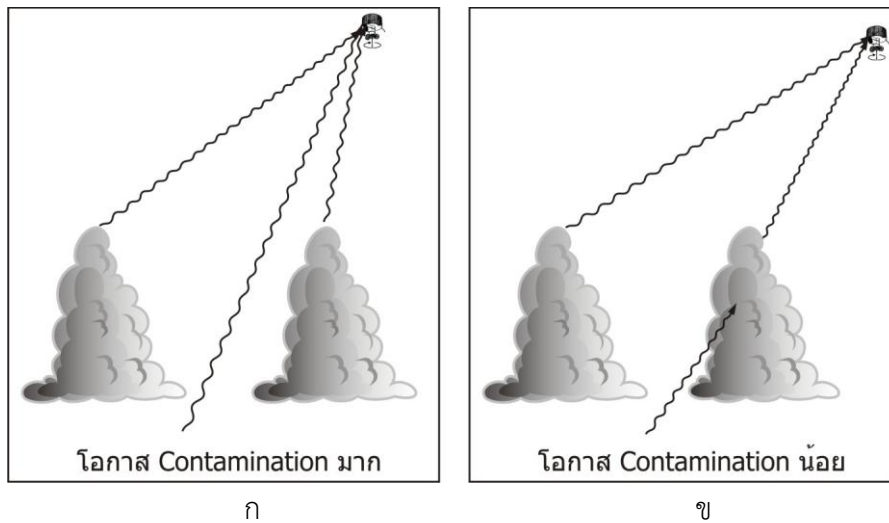
1. ความหนาแน่นของเมฆและมุกกล้อง



รูปที่ 15 การเกิด Contamination จากความหนาแน่นของเมฆและมุกกล้อง

จากรูปที่ 15 อุนหภูมิที่แผ่จากส่วนยอดของเมฆย่อมต่ำกว่าอุนหภูมิที่แผ่จากฐานของเมฆ ดังนั้นดาวเทียมจะเฉลี่ยจำนวนพลังงานที่ได้รับจากเมฆก้อนนี้ออกมา ซึ่งจะปรากฏว่า อุนหภูมิของเมฆก้อนนี้สูงกว่าอุนหภูมิที่ยอดเมฆ ดังนั้น ในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา จะแสดงยอดของเมฆก้อนนี้มีระดับต่ำกว่าความสูงจริง

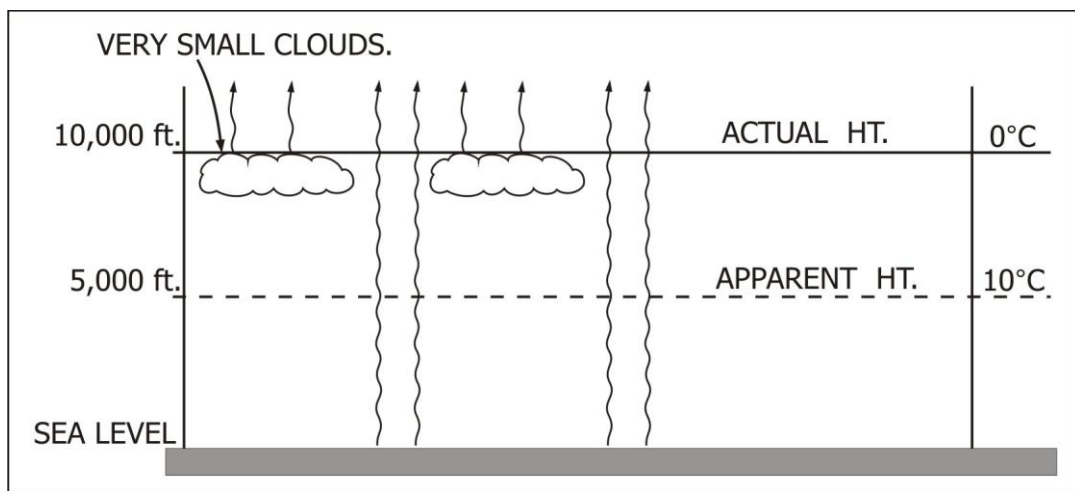
2. ช่องว่างระหว่างเมฆ



รูปที่ 16 การเกิด Contamination จากช่องว่างระหว่างเมฆ

จากรูปที่ 16 ในภาพ ก. พลังงานจากแหล่งอื่นๆ ในระดับต่ำกว่า แทรกตัวขึ้นไป ตรงบริเวณช่องว่างของเมฆ เมื่อพลังงานในบริเวณนี้ไปถึงเครื่องตรวจจับพลังงาน อุนหภูมิที่ตรวจวัดได้จึง สูงกว่าอุนหภูมิควรจะเป็น จริงของ ยอดเมฆนั้น ส่วนใน ภาพ ข. พลังงานในระดับต่ำกว่า ไม่สามารถแทรกตัวขึ้นไป สู่ดาวเทียมได้ โอกาสที่จะเกิด Contamination ย่อมน้อยกว่ากรณีของภาพ ก. อุนหภูมิที่ตรวจวัดได้จะมีค่า ใกล้เคียงกับอุนหภูมิจริง ของยอดเมฆ นั้น

3. ความแตกต่างของความชันอุนหภูมิทางดิ่ง



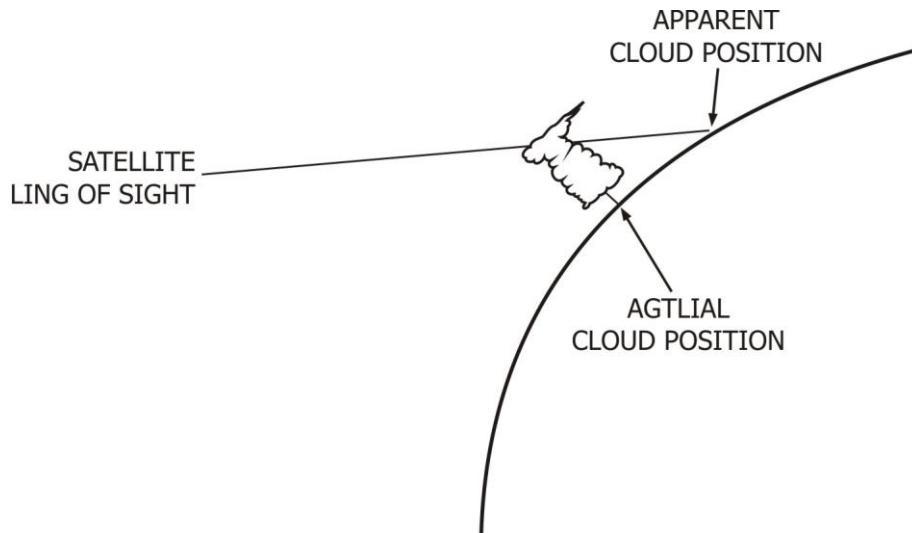
รูปที่ 17 แสดงความแตกต่างของความชันอุนหภูมิทางดิ่ง

จากรูปที่ 17 เมฆ CI บางๆ จะปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาอยู่ต่ำกว่าความเป็นจริง เพราะอุนหภูมิ จากเมฆ หรือจากผิวพื้นในระดับต่ำกว่าจะแผ่ขึ้นไปรวม กับอุนหภูมิของเมฆ CI บางๆ นั้น ปริมาณพลังงานรวมที่ไป ถึงดาวเทียมจึงมากกว่าพลังงานจริงของเมฆ CI

ผลจาก Contamination ทำให้ภาพของเมฆที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมนั้นอยู่ต่ำกว่าความสูงจริง

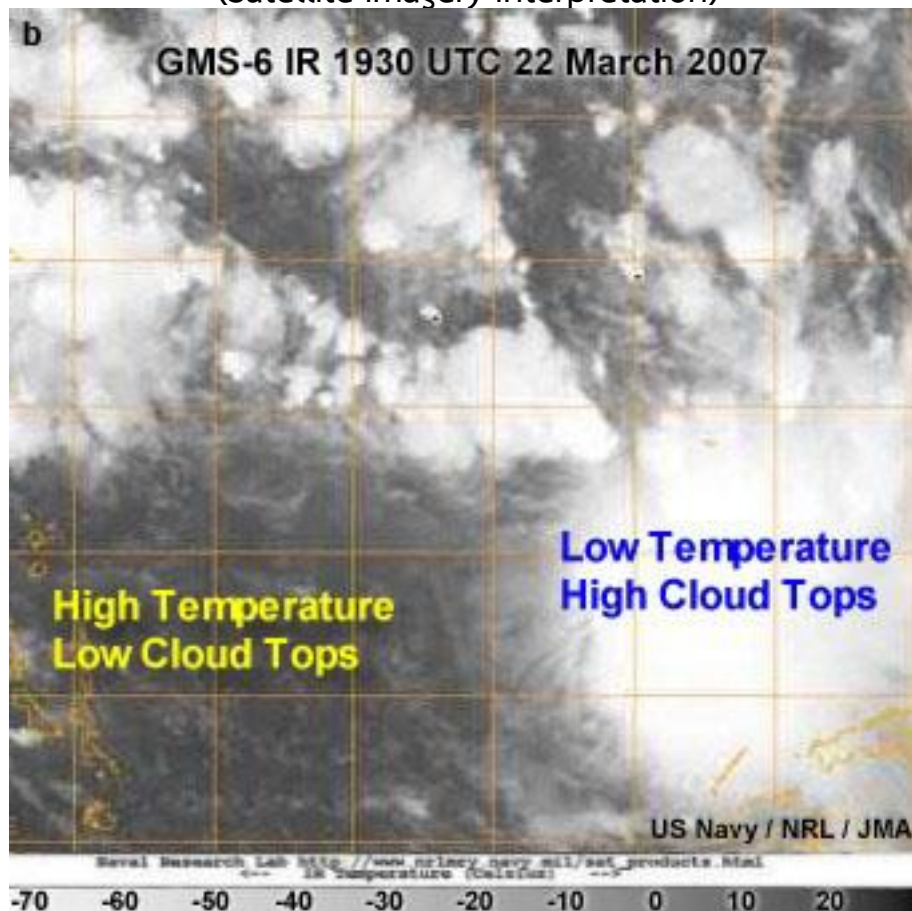
12.3 Foreshortening คือ สภาพของเมฆที่เกิดขึ้นบริเวณใกล้ๆ กับขอบภาพในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่มีลักษณะรันชิดติดกัน อันเป็นผลมาจากมุมกล้อง Foreshortening ทำให้ข้อมูลผิดพลาดดังต่อไปนี้

1. ช่องว่างระหว่างเมฆอยู่ชิดกันเกินไปกว่าความเป็นจริง
2. เนื่องจากเมฆตามบริเวณขอบภาพกับเครื่องตรวจวัด ดพลังงานทำมุมกันค่อนข้างลาดมาก ดังนั้นพลังงานที่จับได้อาจมาจากด้านข้างของเมฆ (โดยเฉพาะเมฆก่อตัวในทางตั้ง) แทนที่จะเป็นพลังงานจากยอดเมฆ
3. ตำแหน่งของเมฆที่แสดงในภาพอยู่เลยตำแหน่งจริงที่เมฆนั้นปกคลุมผิวโลกอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 18



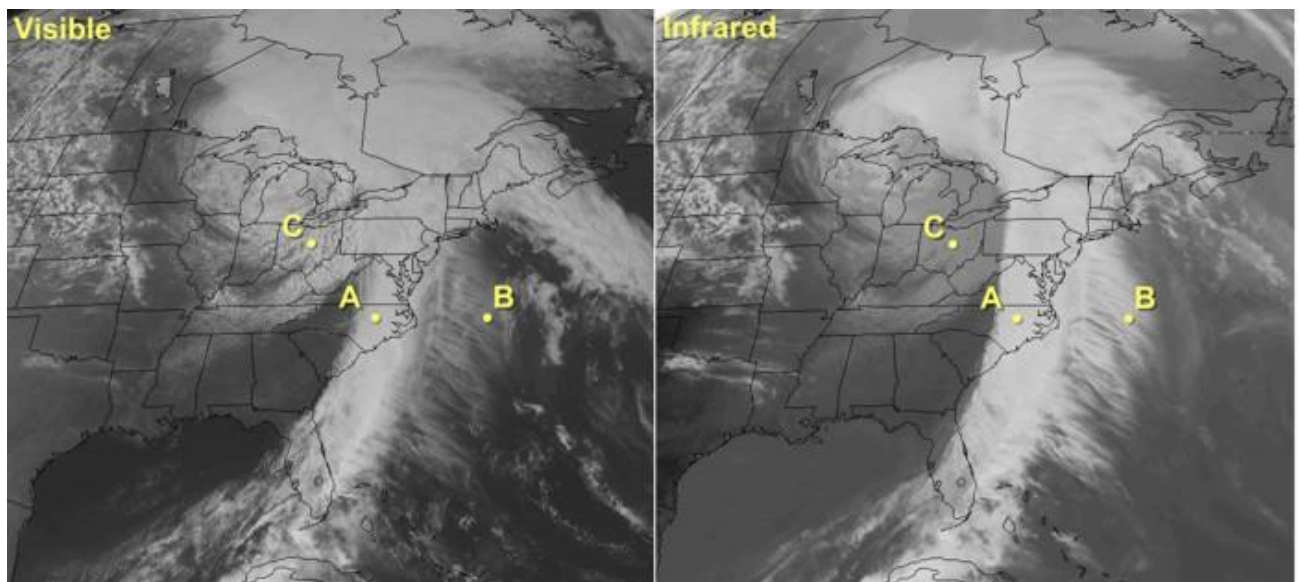
รูปที่ 18 Foreshortening

การแปลความภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา
(Satellite Imagery Interpretation)



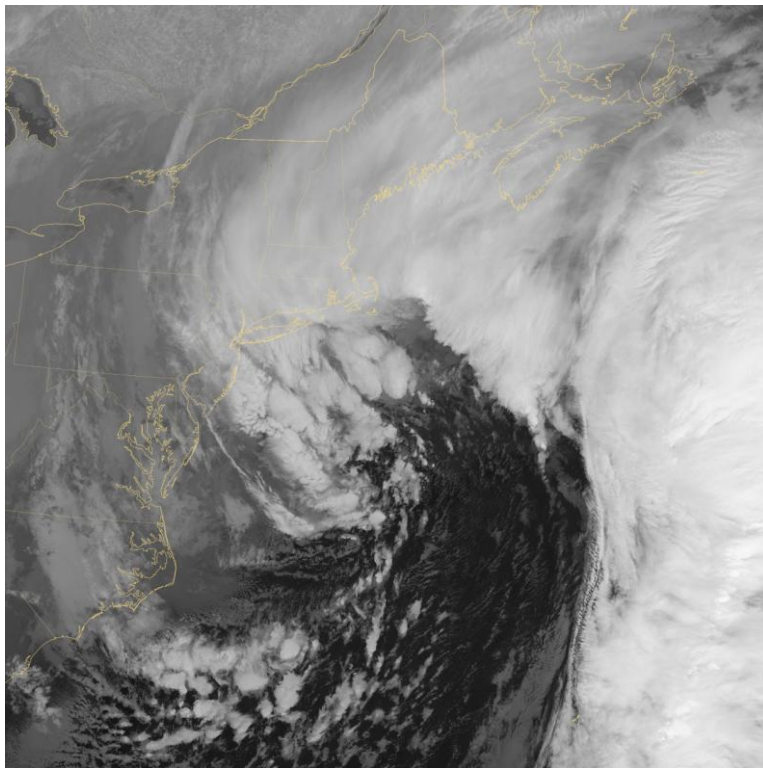
ในการจำแนกเมฆแต่ละชนิดในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา พิจารณาได้จากการสังเกต **ลักษณะเฉพาะ (Feature)** ที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมอันประกอบด้วย

1. **ค่าความส่องสว่าง (Brightness)** ค่าความเข้มในการส่องสว่างเป็นสิ่งที่ดีที่สุดที่ใช้ในการพิจารณาคุณลักษณะของเมฆ และยังใช้ประเมินค่าความหนาและความสูงของเมฆได้ โดยทั่วไปค่าความส่องสว่างมาก ๆ ที่ปรากฏใน **ภาพ VIS** เกี่ยวข้องกับ **ความหนาของเมฆ** ซึ่งมีการสะท้อนแสงดวงอาทิตย์ได้ **มากกว่า** และแสดงให้เห็นเป็นสีขาวเจิดจ้าลงไปจนถึงสีเทาอ่อนๆ ส่วน เมฆที่บางกว่าจะมีโทนสีเทาเข้มจนถึงค่อนข้างดำ



ใน ภาพ IR บริเวณที่มีค่าความส่องสว่างมากๆ หมายถึง บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำมาก เช่น บริเวณส่วนยอดของเมฆ หรือเมฆที่ก่อตัวในระดับสูงมักจะมีอุณหภูมิต่ำ สีที่ ปรากฏในภาพดาวเทียมจึงเป็น สีขาวหรือสีเทาอ่อน ๆ ส่วนเมฆที่อยู่ต่ำกว่าและมีอุณหภูมิอุ่นกว่า จะปรากฏในโทนสีที่คล้ำกว่าหรือบางครั้งอาจกลมกลืนไปกับพื้นดินหรือพื้นน้ำได้

2. ความหยาบ/ละเอียดของพื้นผิวเมฆ (Cloud Texture) ความหยาบ/ละเอียดของพื้นผิวเมฆเป็นสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งที่ใช้ในการพิจารณาแปลความ ซึ่งแสดงเฉพาะในภาพ VIS เท่านั้น โดยพิจารณาเงาที่ปรากฏขึ้นของเมฆ เมฆที่มีลักษณะตะปุ่มตะป่ำและก่อตัวในทางตั้งมักทำให้เกิดเงาได้ดีและมีเงาเป็นจำนวนมาก แสดงว่าเมฆก่อนนั้นมีพื้นผิวที่หยาบ ขณะที่เมฆที่มีพื้นผิวในส่วนยอดของเมฆราบเรียบ (Smooth) มักจะปรากฏเป็นเงาขึ้นในบริเวณส่วนยอดของเมฆนั้น แต่จะมีการทอดเงาเฉพาะบริเวณขอบไปยังชั้นเมฆที่อยู่ต่ำกว่าหรือบนพื้นดิน ลมชั้นบนอาจทำให้เมฆที่เกิดขึ้นในระดับสูงฉีกขาดออก ซึ่งอาจปรากฏให้เห็นเป็นเส้นใยในภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา



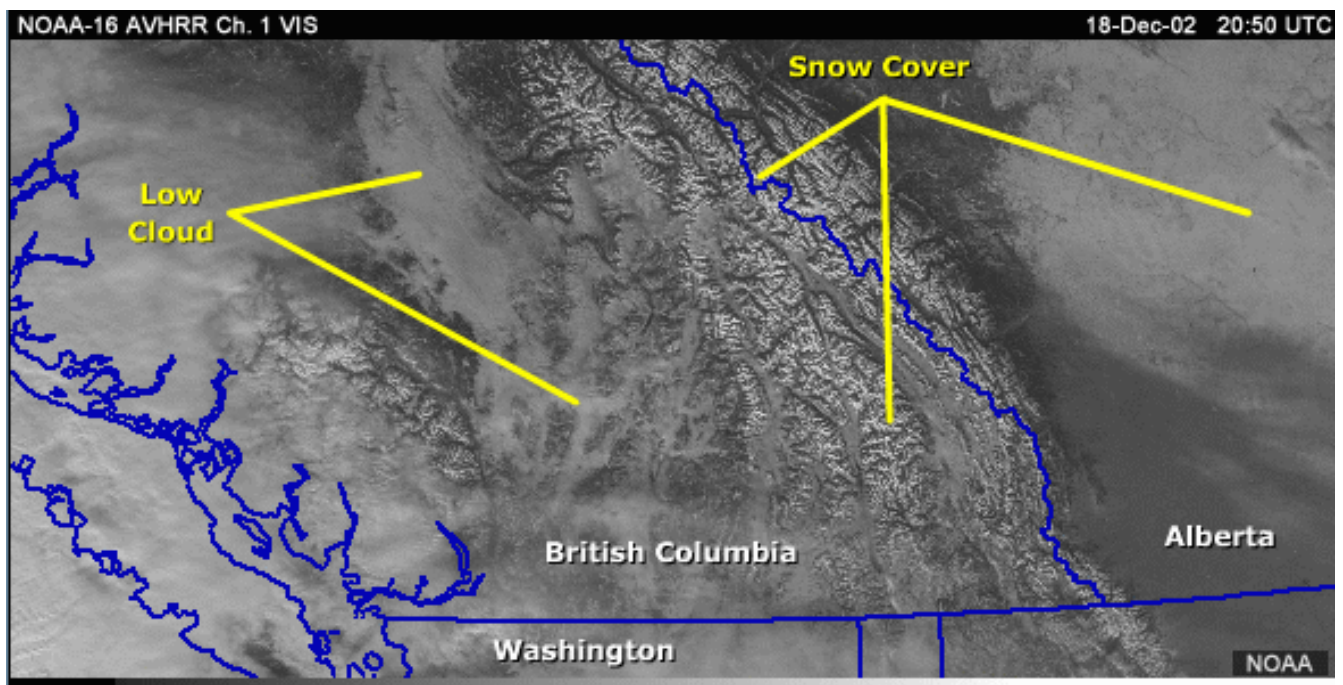
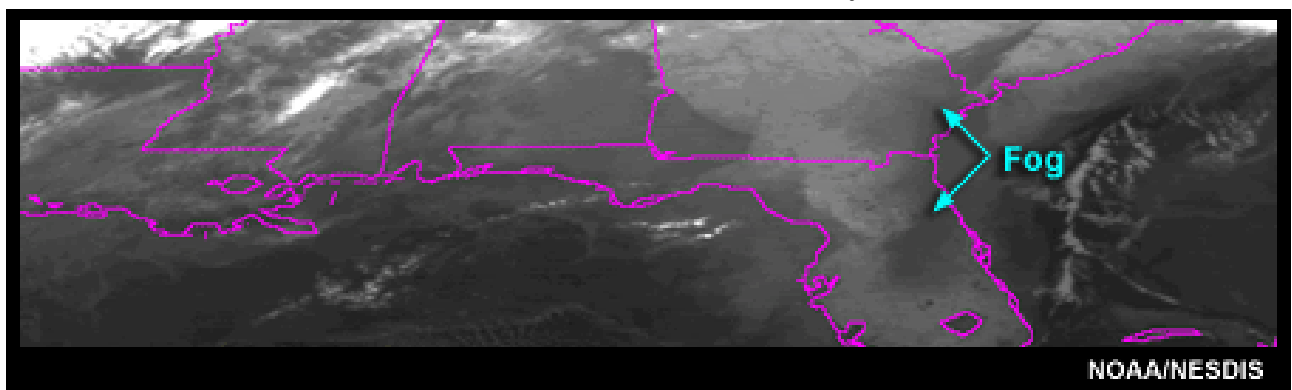
3. รูปร่างลักษณะของโครงสร้าง (Organizational pattern) รูปร่างที่ปรากฏในภาพดาวเทียมอาจมีลักษณะโครงสร้างเป็นแบบแถบ (Band), แนวหรือเส้น (Linear), การหมุนวนหรือแนวโค้ง (Circular) และรูปแบบเซลล์ (Cellular)

4. ความคมชัดของขอบ (Edge definition) ขอบของเมฆที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมเช่นลักษณะที่ขาดวิน หรือเป็นขอบที่คมชัดรวมทั้งขนาดและรูปร่างของเมฆสามารถใช้ในการพิจารณาชนิดของเมฆได้ โดยทั่วไปวิธีที่ดีที่สุดในการพิจารณาจำแนกเมฆแต่ละชนิดต้องนำภาพ VIS และภาพ IR ในช่วงเวลาเดียวกัน หรือใกล้เคียงกันและเป็นบริเวณเดียวกันมาพิจารณา ร่วมกันเสมอ ใน ภาพ VIS ใช้ในการพิจารณาเกี่ยวกับ รูปร่างของเมฆ , ความหยาบ/ละเอียดพื้นผิวของเมฆ, รูปร่างลักษณะโครงสร้างของเมฆและความหนาของเมฆได้เป็นอย่างดี ข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต้องนำไปเปรียบเทียบกับ ภาพ IR เพื่อพิจารณาความสูงต่ำของเมฆ ซึ่งเมื่อนำมาพิจารณาร่วมกัน จะช่วยให้ได้ข้อสรุปในการแปลความเมฆในภาพถ่ายดาวเทียมได้ถูกต้อง รวมทั้งสภาพอากาศที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากเมฆชนิดนั้นด้วย

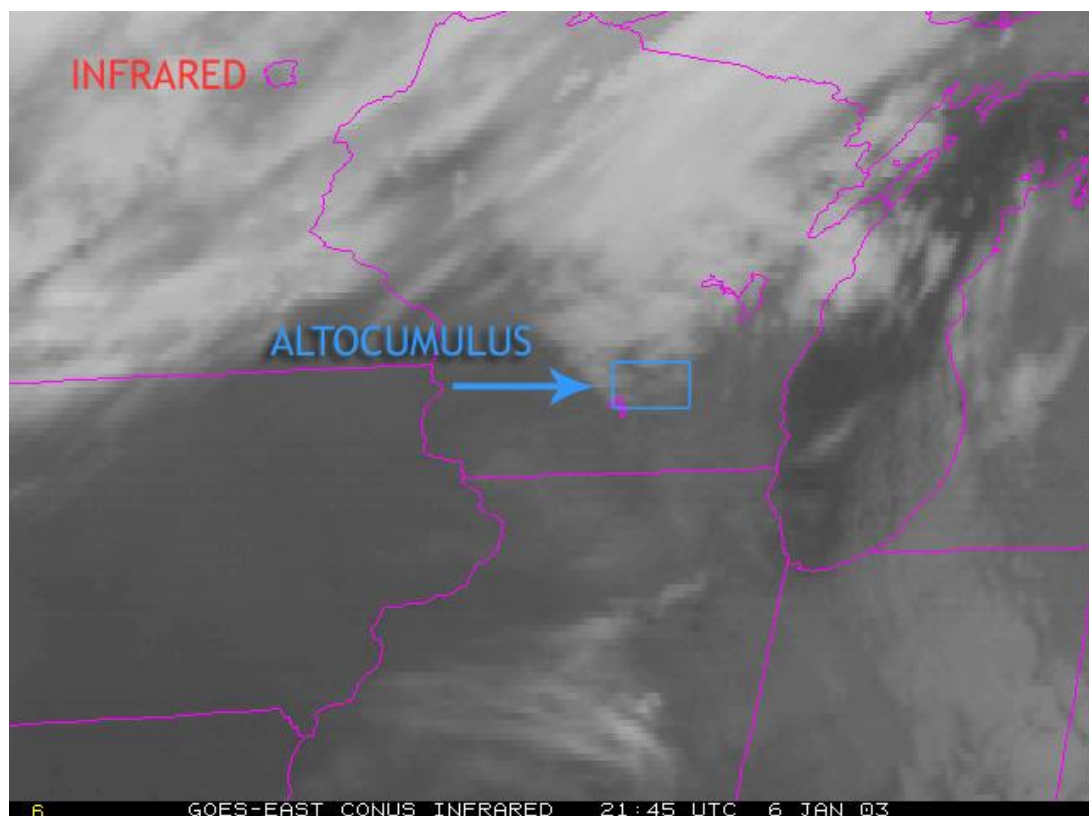
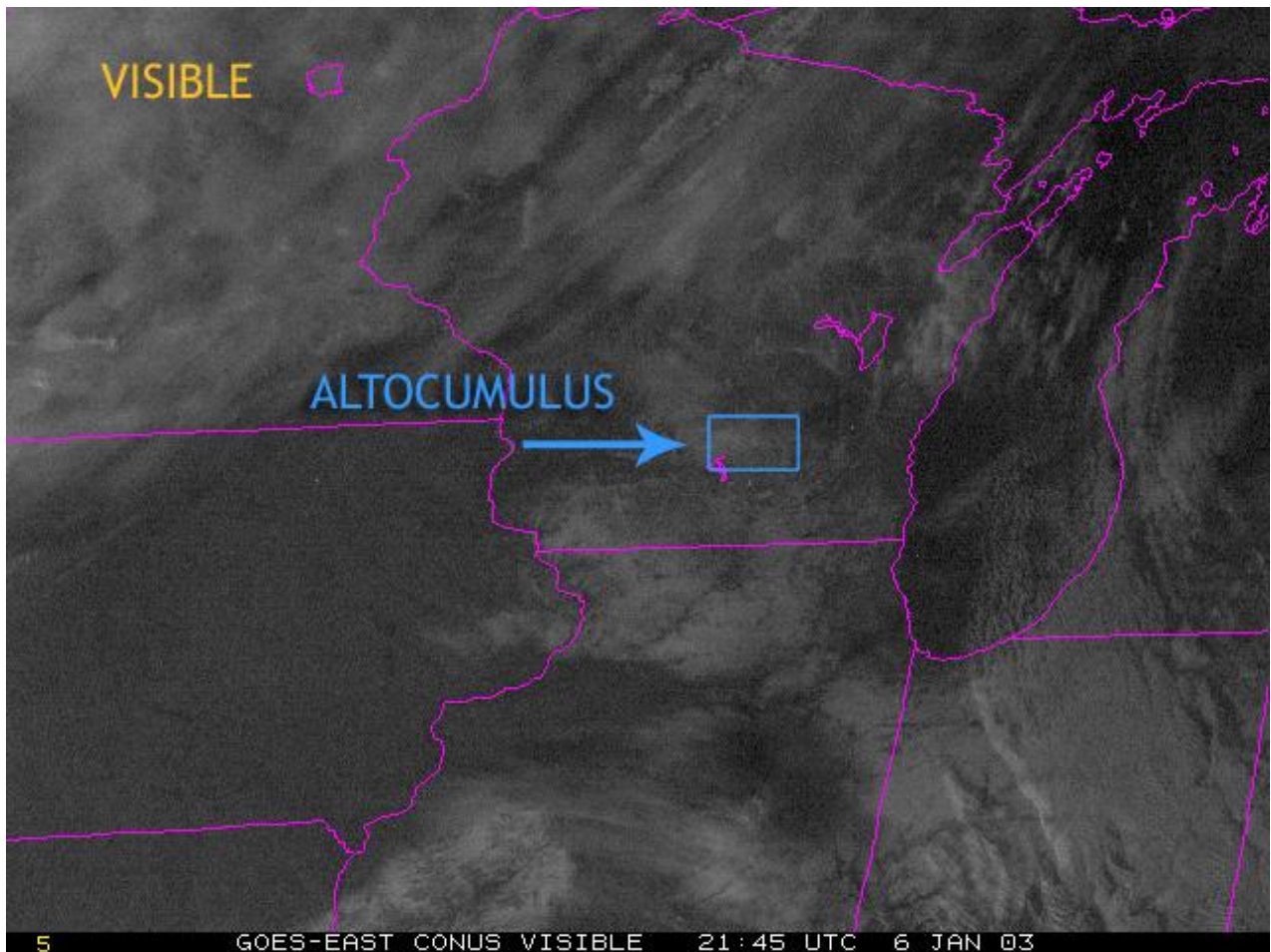
1. การแปลความเมฆแผ่น (Stratiform Clouds)

เมฆแผ่นเกิดในสภาวะที่อากาศทรงตัวดี (Stable Air) ลักษณะแบนราบและแผ่ออก อาจปรากฏเป็นชั้นๆ ได้ บริเวณส่วนบนของเมฆมีพื้นผิวที่ราบเรียบ รูปร่างลักษณะทางโครงสร้างไม่เด่นชัด อาณาบริเวณของเมฆแผ่นที่แผ่ ปกคลุมภูมิประเทศต่างๆ จะช่วยในการจำแนกชนิดของเมฆได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะเมฆที่เกิดในระดับต่ำๆ และเนื่องจาก อุณหภูมิของเมฆเหล่านี้ ค่อนข้างอุ่น ทำให้ปรากฏเป็น สีค่อนข้างดำ จนถึงเทาปานกลาง (Dark to Medium Gray)

1.1 หมอก/St รวมกัน ส่วนยอดราบเรียบ พื้นที่ปกคลุมเป็นไปตามลักษณะภูมิประเทศ ใน ภาพ VIS สีขาวถึงเทาปานกลางเมื่อหนา หากบางจะปรากฏเป็นรอยกระดำกระด่าง ส่วน ภาพ IR มีสีดำจนถึงเทาปานกลาง เป็นเนื้อเดียวกัน อาจแปรเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิแต่ละฤดูกาล หากอุณหภูมิระหว่างเมฆกับพื้นผิว มีความแตกต่างกันน้อยจะทำให้การแปลความทำได้ยาก บางครั้งอาจมีสีดำกว่าพื้นดินหากอุณหภูมิของพื้นดินนั้นเย็นกว่า

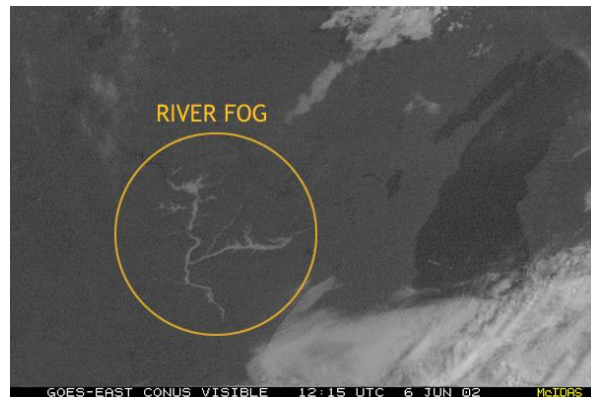


1.2 Ac/As ส่วนยอดราบเรียบปรากฏเป็นชั้นๆ หรืออาจเป็นริ้วๆ หรือพื้นผิวราบเรียบหรืออาจเป็นเซลล์ขนาดเล็กๆ มักเกิดร่วมกับเมฆ Ci ในภาพ VIS มีสีเทาอ่อนกระดำกระด่าง หรือเป็นริ้วๆ ขึ้นอยู่กับความหนาและลักษณะชั้นของเมฆ ส่วนภาพ IR มีสีเทาปานกลางเป็นเนื้อเดียวกัน ขึ้นอยู่กับระดับความสูงของเมฆ



2. การแปลความหมอกในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

ในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible หมอกปรากฏเป็นแผ่นราบเรียบเหมือนกับเมฆ St ซึ่งเป็นการยากมากในการที่จะแยกหมอกออกจาก เมฆ St สำหรับภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ช่วงคลื่น Infrared หมอกปรากฏเป็นสีเทาหม่น (Dull Shade of Gray) (ในกรณีที่มีมองเห็น) หากอุณหภูมิของผิวพื้นและหมอกใกล้เคียงกันจะไม่ปรากฏหมอกในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น Infrared นอกจากนี้หากหมอกเกิดขึ้นในเวลากลางคืน ซึ่งไม่มีภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในช่วงคลื่น Visible เป็นเครื่องมือช่วยประกอบในการ แปลความด้วยจึงเป็นไปได้ไม่ได้เลยที่จะตรวจพบบริเวณที่มีหมอกปกคลุม



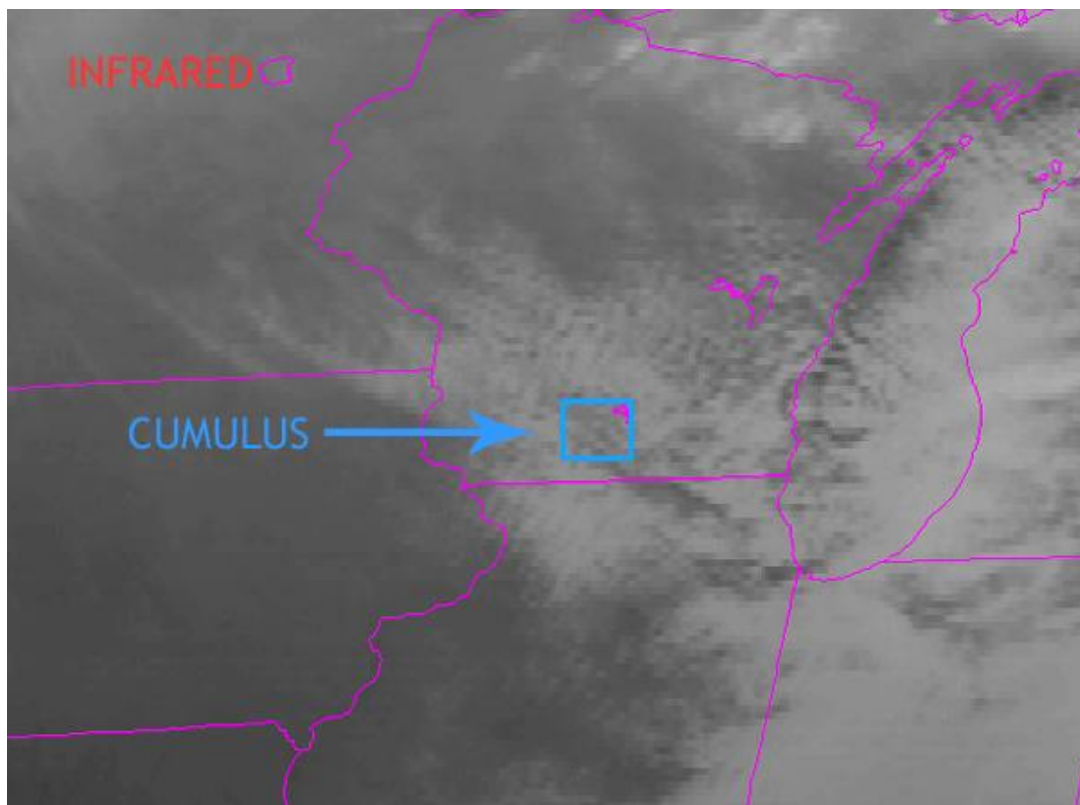
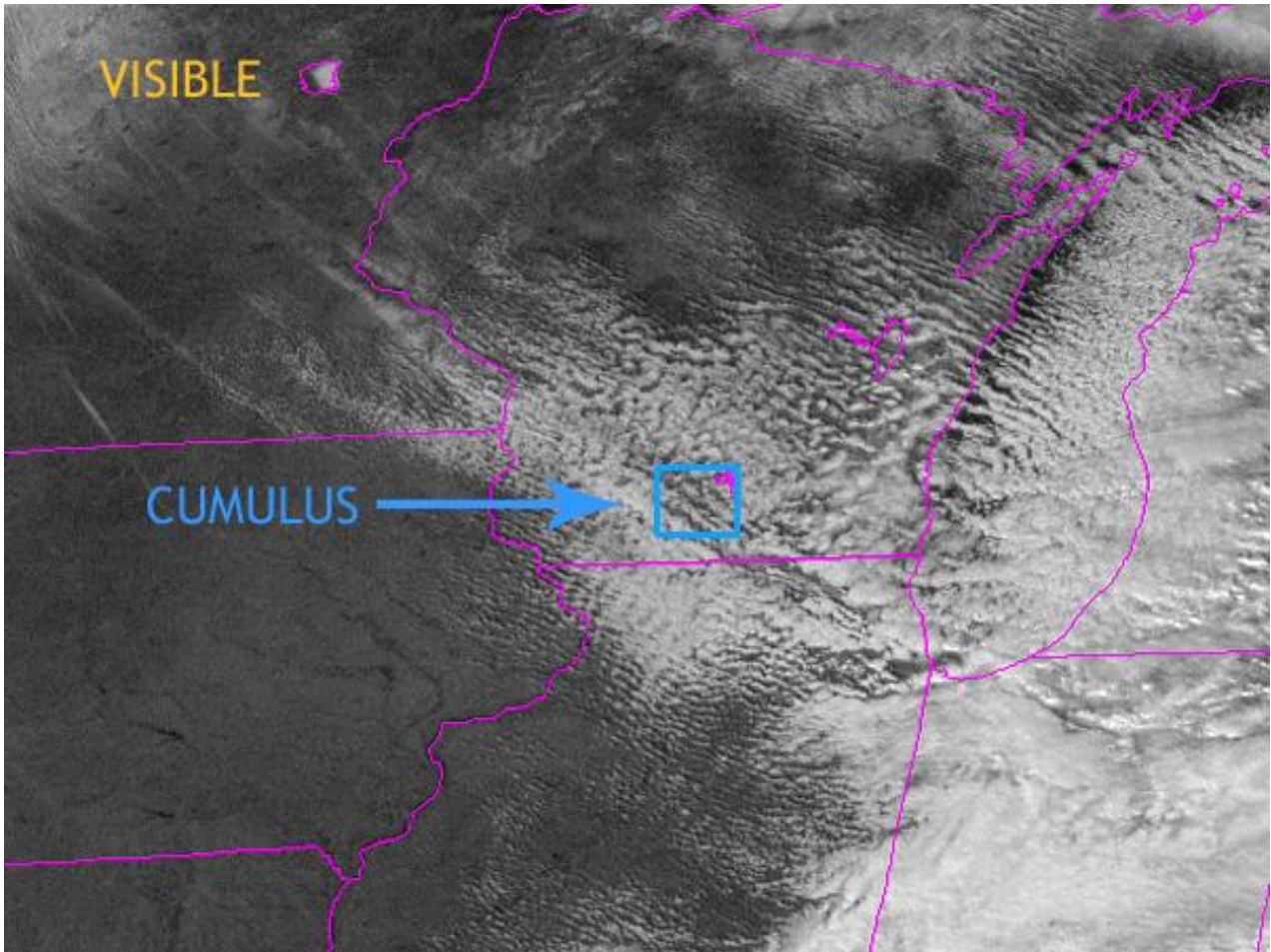
โดยทั่วไปภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาช่วงคลื่น Visible/Infrared สามารถใช้ร่วมกันในการแปลความหมอก ซึ่งต้องพิจารณาหลายช่วงเวลาประกอบกัน โดยพิจารณาบริเวณที่ปรากฏเป็นเมฆสีขาวราบเรียบ หากกลุ่มเมฆสีขาวเหล่านั้นไม่มีการเคลื่อนที่เมื่อเวลาผ่านไป แสดงว่าบริเวณนั้นเป็นพื้นที่หมอกปกคลุม สำหรับการสลายตัวของหมอกจะเริ่มสลายตัวจากบริเวณขอบนอกเข้าสู่พื้นที่ด้านใน ทั้งนี้เนื่องจากบริเวณขอบนอกนั้นบางกว่าหมอกที่เกิดบริเวณภูเขา แม่น้ำ หรือหุบเขา จะมีขอบที่คมชัด เพราะเป็นหมอกที่เกิดขึ้นในพื้นที่ค่อนข้างจำกัด

3. การแปลความเมฆก้อน (Cumuliform Clouds)

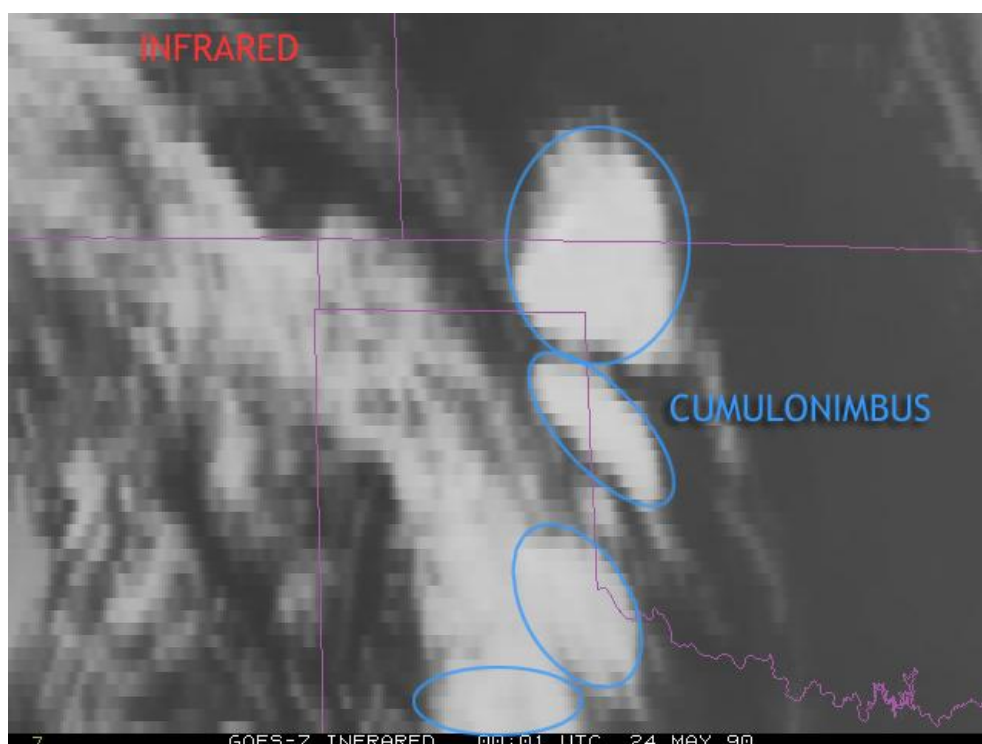
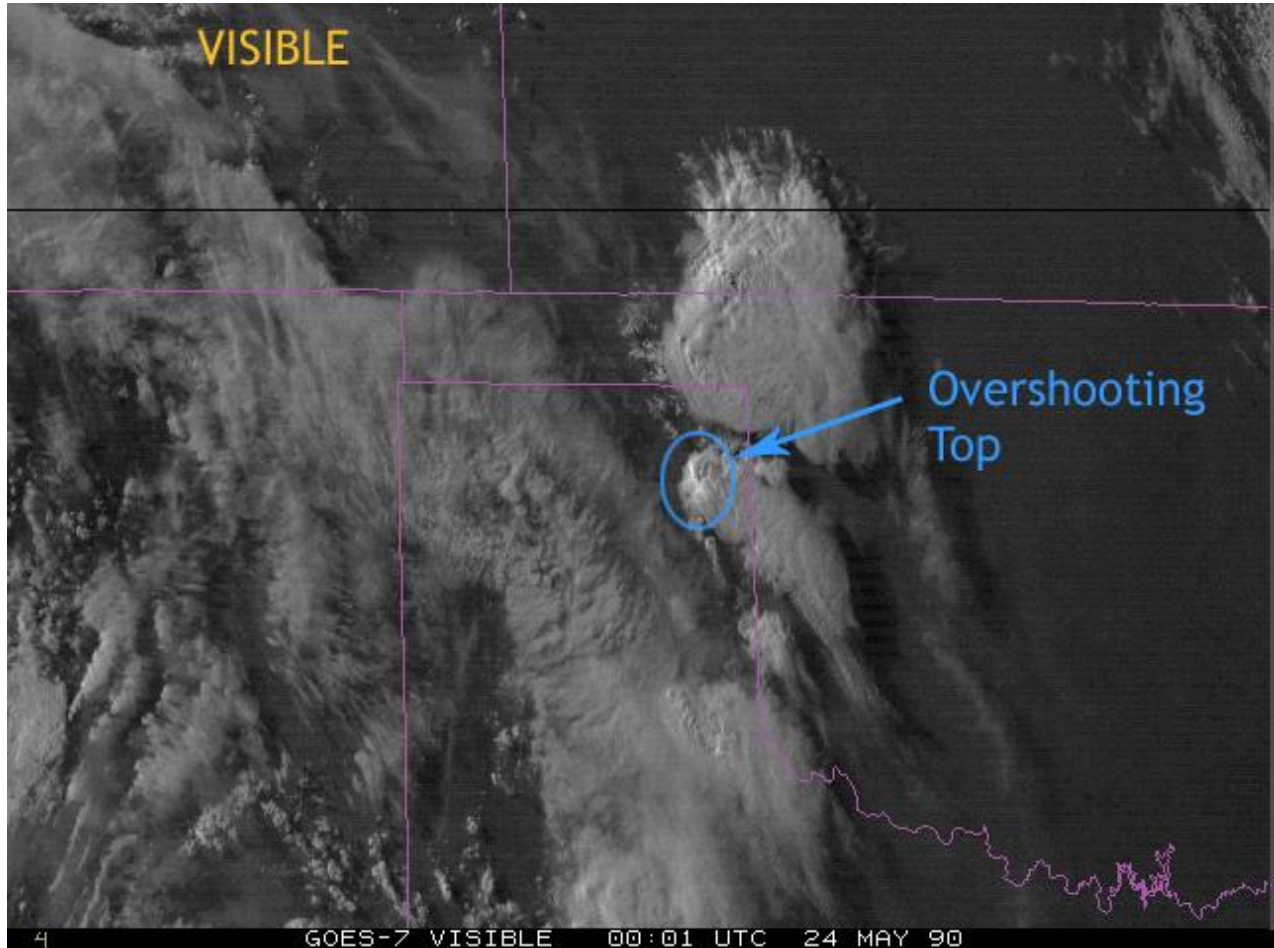
เมฆก้อนเกิดขึ้นในสภาวะที่อากาศไม่ทรงตัว (Unstable Air) ซึ่งอากาศมีการยกตัวและจมตัว รูปทรงของเมฆจะเป็นก้อนๆ, แถบ, เซลล์ หรือมีลักษณะ คล้ายคลื่น (Wave) ในภาพ VIS มักปรากฏให้เห็นลักษณะพื้นผิวของเมฆเป็นตะปุ่มตะป่ำ ส่วน ในภาพ IR ขึ้นอยู่กับความสูงของเมฆเหล่านั้น



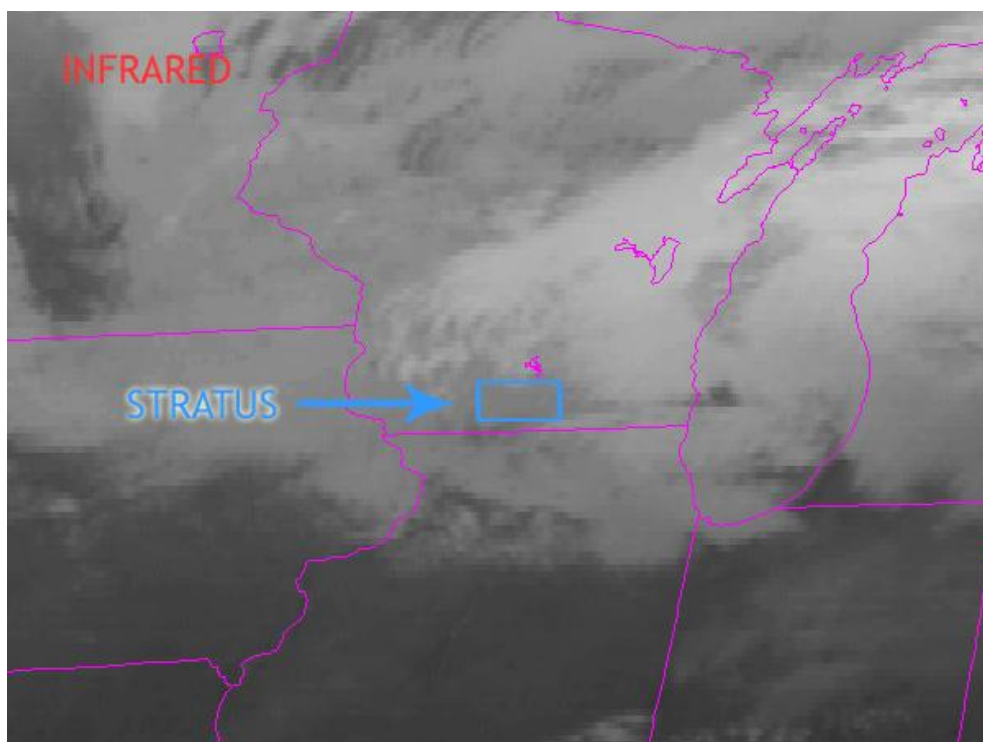
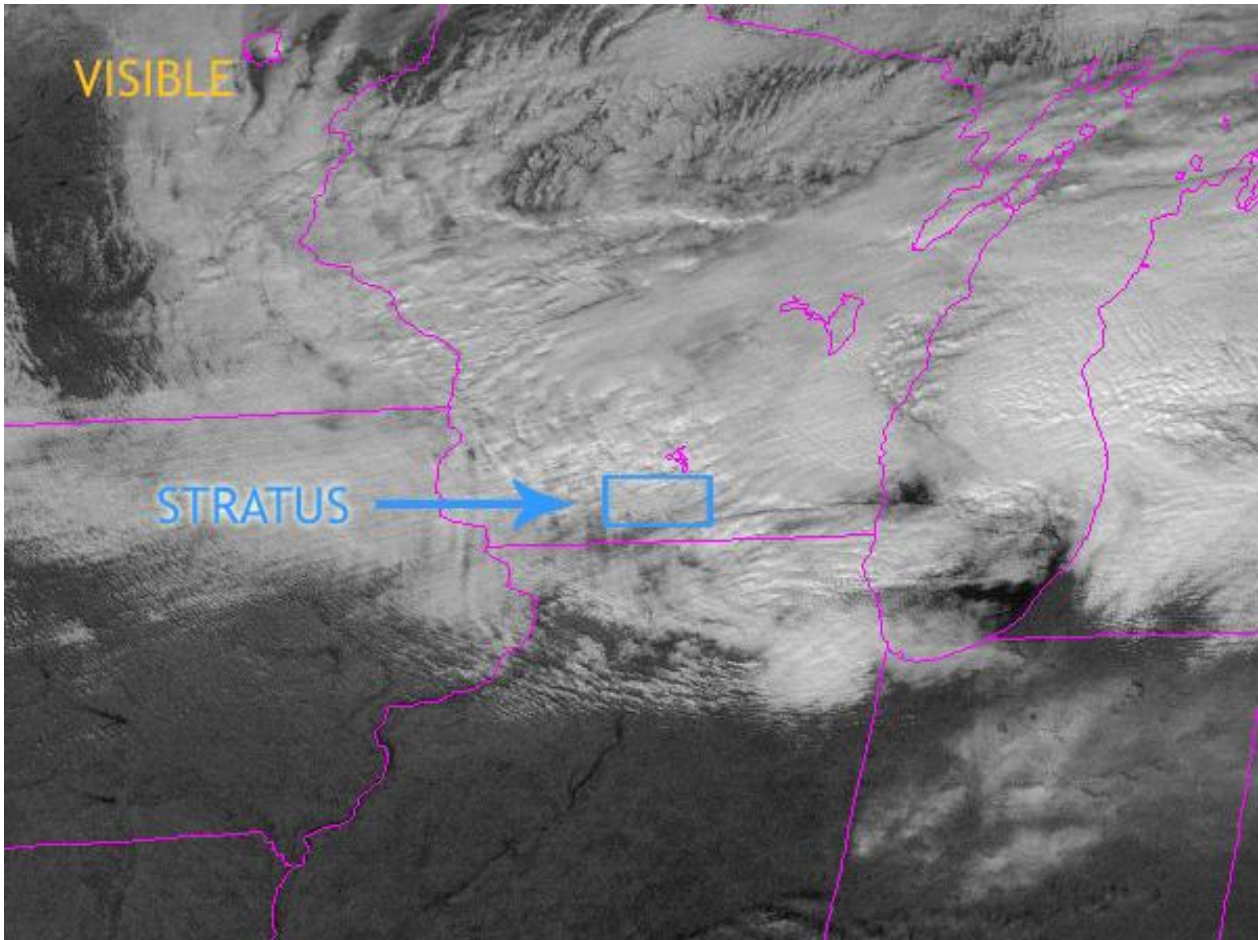
1. CU ก้อนเล็กๆ รูปทรงแตกต่างกันไปอาจเกิดเป็นเงาขึ้นหากมุมของดวงอาทิตย์อยู่ต่ำ พื้นผิวเป็นลักษณะตะปุ่มตะป่ำ ใน ภาพ VIS สีขาวปานกลาง ส่วนภาพ IR ดำถึงขาวปานกลาง หากเป็นก้อนเล็กๆ หรือเป็นก้อนเดี่ยวๆ อาจตรวจพบได้ยาก



2. CB ก้อนกลมโต หรือคล้ายหัวแครอท ขึ้นอยู่กับลมชั้นบน ส่วนยอดของเมฆเป็นตะปุ่มตะป่ำยอดสูงเฉลี่ย 35,000 ฟุต และ 60,000 ฟุต หากเป็นพายุฟ้าคะนองอย่างรุนแรง จะปรากฏเป็นสีขาวมาก หรืออาจปรากฏเงาขึ้นในส่วนบนของยอดเมฆในภาพ VIS ส่วนในภาพ IR มีสีขาวมาก โดยเฉพาะในพื้นที่ส่วนยอดของเมฆที่ Active



3. SC เป็นก้อนหรือเซลล์และ อาจเรียงตัวเป็นแนวหรือเป็นกลุ่ม ๆ ขอบของเมฆมักติดกัน บางครั้งอาจเห็นพื้นผิวตะปุ่มตะป่ำ ในภาพ VIS บริเวณตรงกลางเป็นสีขาว ส่วนบริเวณขอบเป็นสีเทา เพราะค่อนข้างบาง ภาพ IR มีสีดำถึงเทาเป็นเนื้อเดียวกัน หากเป็นแบบเซลล์อาจเห็นไม่ชัดเจนและหากความแตกต่างของอุณหภูมิเมฆกับพื้นดิน/พื้นน้ำน้อย จะไม่สามารถแยกแยะออกจากกันได้

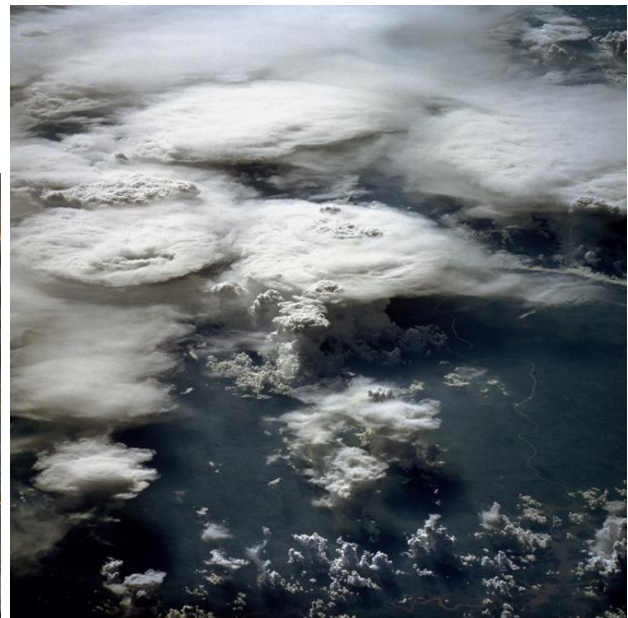
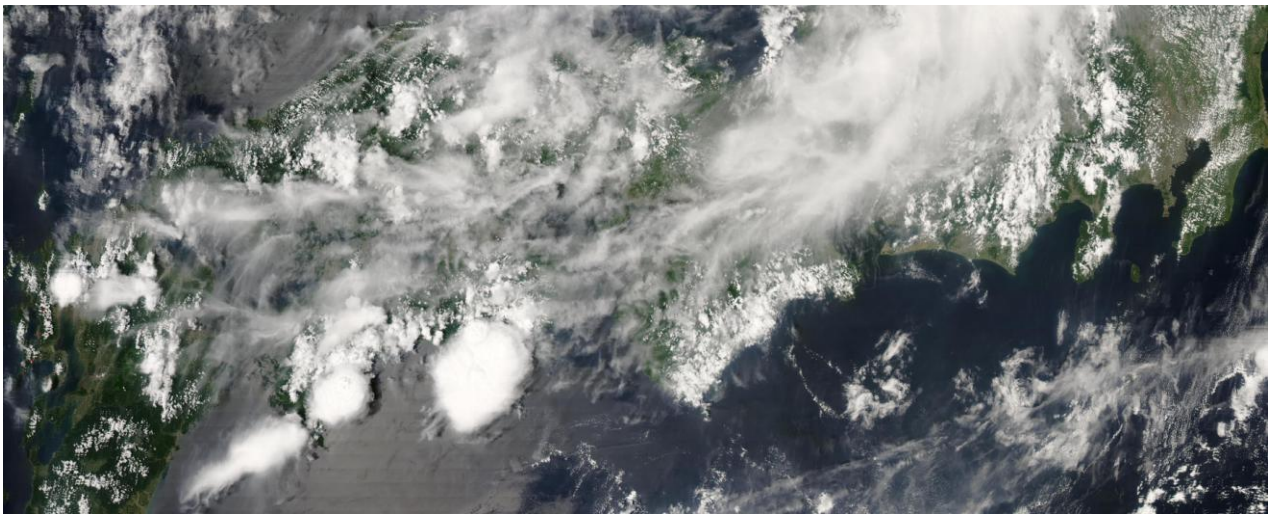


4. การแปลความเมฆชั้นสูง (Cirriform Clouds)

4.1 Ci มีลักษณะเป็นเส้นใยบางๆ อาจมองทะลุผ่านและเห็นเมฆหรือผิวพื้นที่อยู่ต่ำกว่า ในภาพ VIS สีดำถึงเทาปานกลางขึ้นอยู่กัผิวพื้นด้านล่าง ส่วนภาพ IR สีเทาอ่อน หากเป็นเส้นใยอาจเห็นไม่ชัดเจน

4.2 Cs/Cc ส่วนบนราบเรียบและเป็นเนื้อเดียวกันอาจเห็นเป็นเส้นใยหรือแผ่น ในภาพ VIS สีเทาอ่อน หากบาง หากมีความหนาเพิ่มขึ้น จะปรากฏเป็นสีขาว ส่วนภาพ IR มีสีขาวถึงเทาอ่อน และแยกแยะออกจากเมฆชั้นกลางได้ยาก

4.3 Anvil Ci มักราบเรียบ ยกเว้นบริเวณยอดที่พุ่งลำขึ้นไปด้านบน ขอบชัดเจนทางด้านต้นลมและทางด้านปลายลมอาจไม่ชัดเจน ในภาพ VIS ปรากฏสีขาวมาก ในส่วนที่ TS กำลังแรงและจางลงทางด้านปลายลม ส่วนภาพ IR ปรากฏเป็นสีขาวมากบริเวณที่มี TS รุนแรง และจางลงทางด้านปลายลม

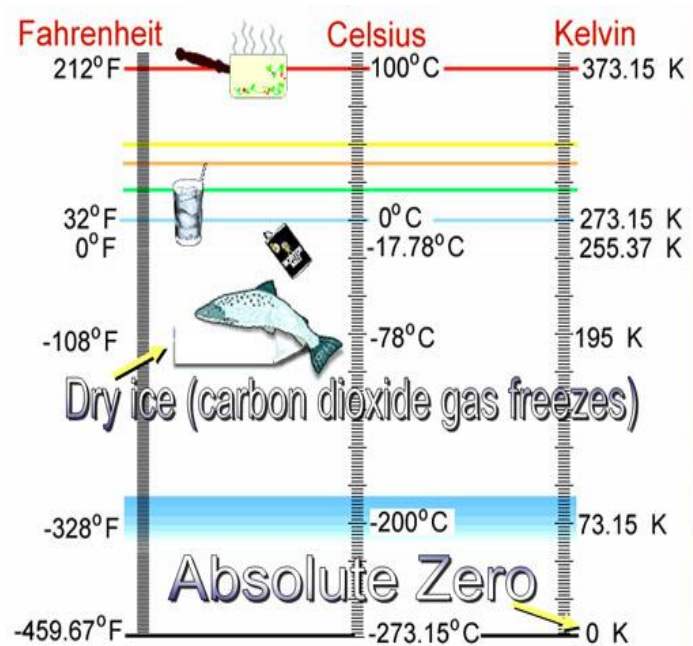


คำศัพท์ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา

SATELLITE “ดาวเทียม” ความหมายที่แท้จริงคือ “ดาวบริวาร” หรือ “ดาวเล็กที่โคจรรอบดาวใหญ่”



Absolute Zero “ศูนย์องศาสัมบูรณ์” (คือ ศูนย์องศา Kelvin, ซึ่งเท่ากับ 273.15 องศาเซลเซียส)
เป็นค่าอุณหภูมิที่เชื่อว่าอะตอมของแก๊สสัมบูรณ์หยุดนิ่ง



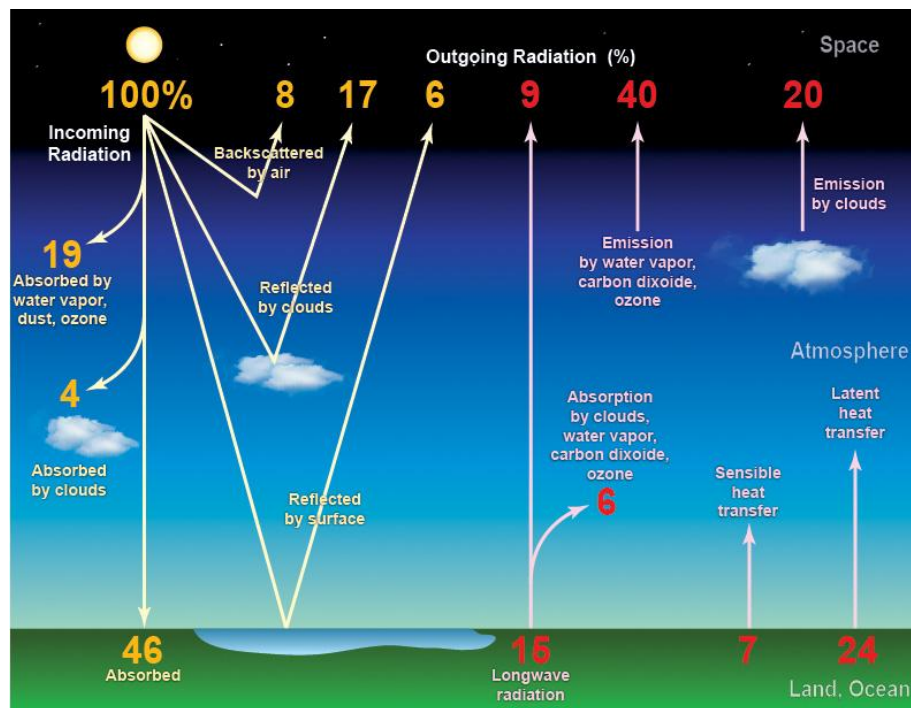
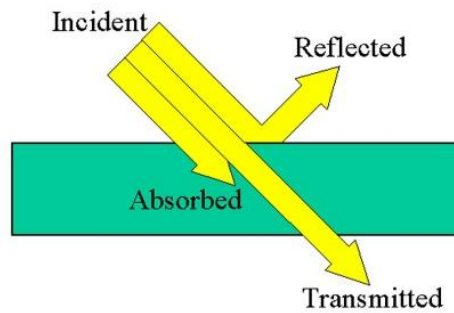
0 °K เท่ากับ -273 °C, หรือ 0 °C เท่ากับ 273 °K

$K = C + 273.15$ or $C = K - 273.15$

$K = (F + 459.67) / 1.8$ or $F = 1.8 K - 459.67$

Absorption

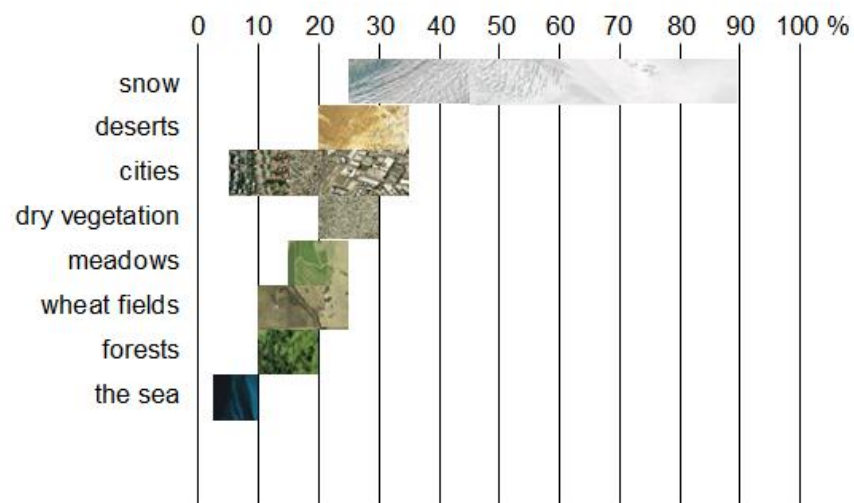
“การดูดซึม” (ไอน้ำและแก๊สต่างๆ สามารถดูดซึมพลังงานคลื่นยาวที่แผ่จากเมฆ หรือ
สิ่งต่างๆ บนโลก ทำให้ปริมาณพลังงานที่หลุดรอดไปถึงดาวเทียมน้อยลงไป)



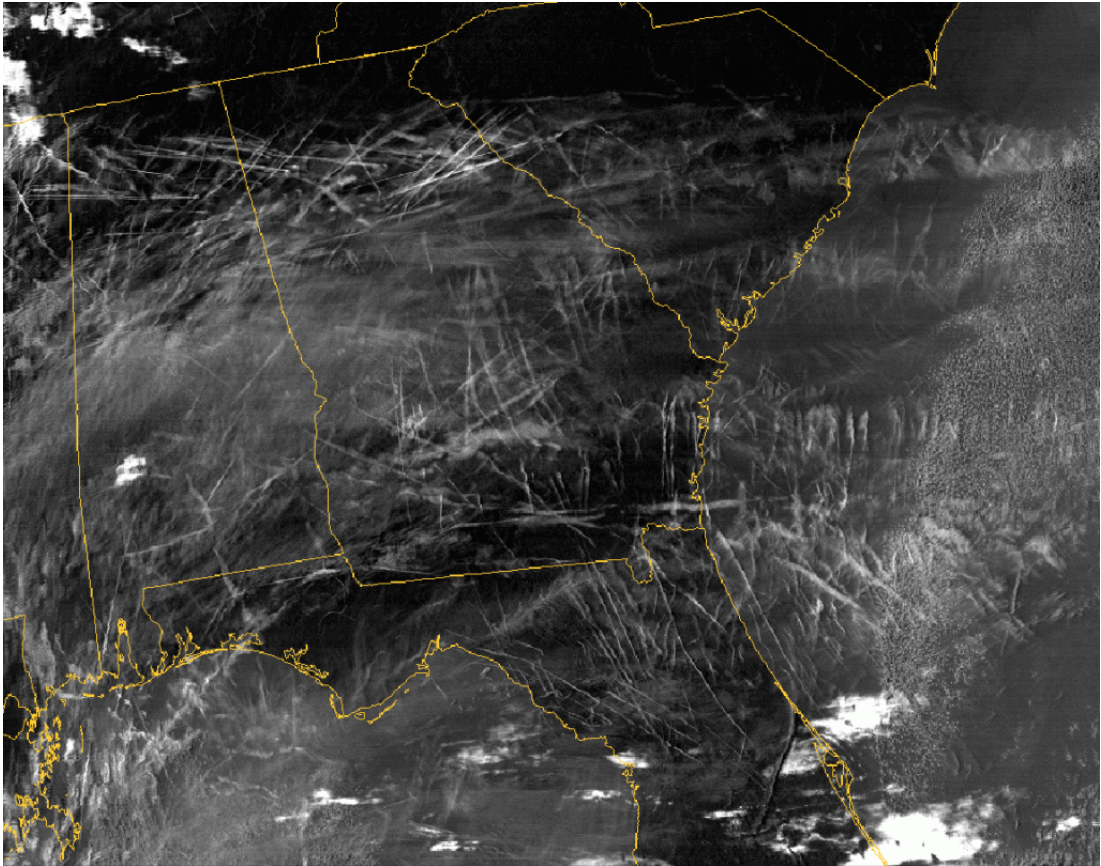
Albedo

ความสามารถในการสะท้อนแสงที่ตกกระทบของสิ่งต่างๆ

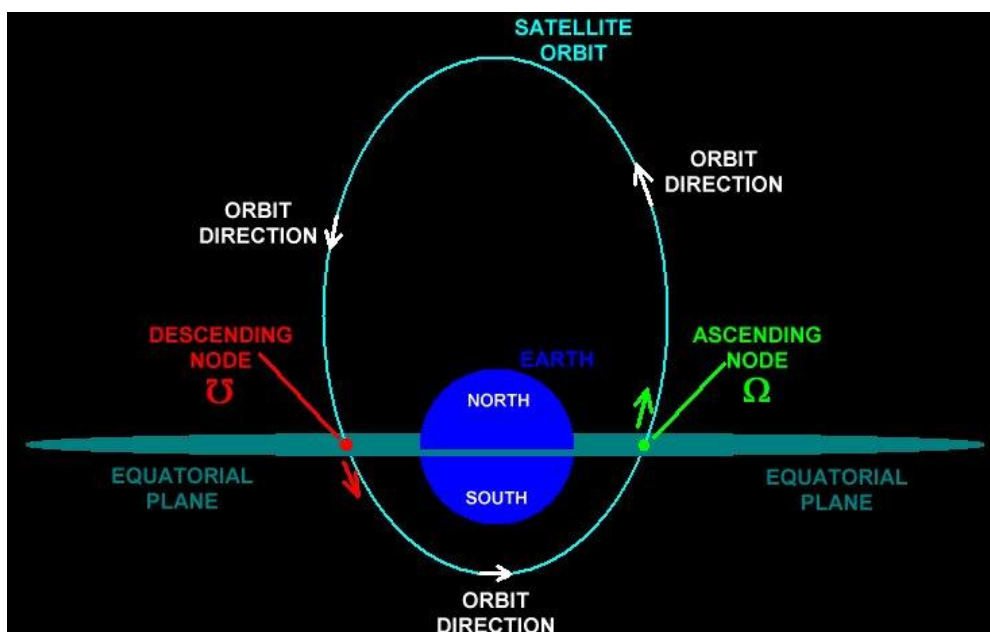
Albedo



Anomalous Cloud lines เส้นแนวที่มีลักษณะคล้ายเมฆ ปรากฏในภาพดาวเทียมมักเป็นพวก Contrail จากเครื่องบิน, ไอเสียจากเรือเดินสมุทร หรือเป็นผลจาก Convection ของมวลอากาศชั้น เหนือหนาวน้ำปิด

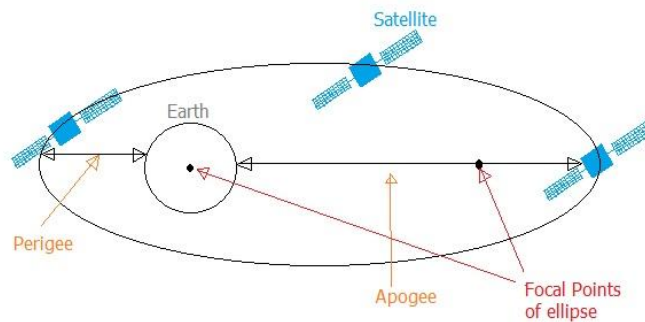


AN (Ascending Node) จุดที่วิถีโคจร “ในช่วงขาขึ้น” ของดาวเทียม ตัดกับเส้นศูนย์สูตร การกำหนดค่าของจุดนี้ ใช้ค่าของเส้นลองจิจูดซึ่งกัตะวันตกของเส้น Greenwich Meridian (ใช้กับดาวเทียมชนิด โคจรผ่านใกล้ขั้วโลก)



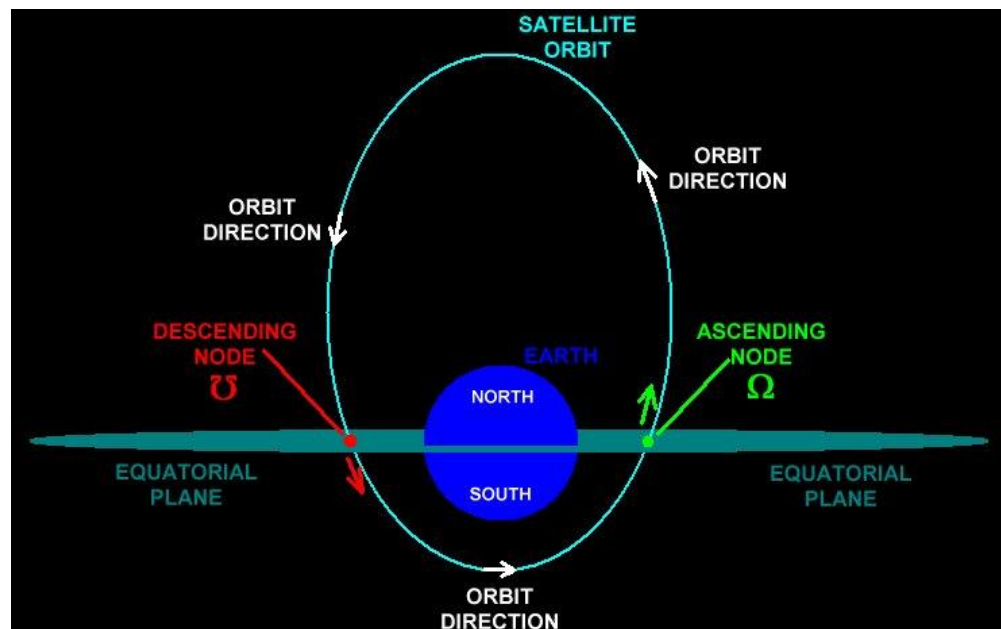
Apogee

จุดที่ดาวเทียมอยู่ไกลจากศูนย์กลางของโลกมากที่สุด (ใช้กับดาวเทียมชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก)

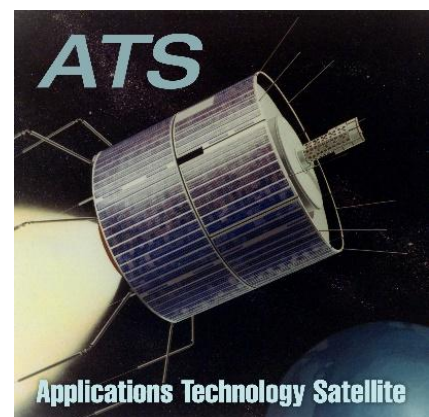
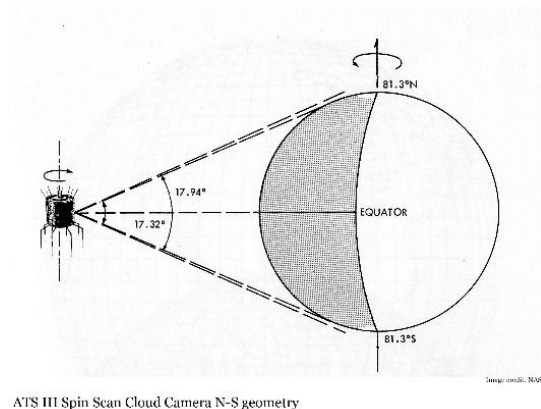


APT (Automatic Picture Transmission) ระบบส่งรูปภาพอัตโนมัติจากตัวดาวเทียมมายังสถานีรับภาคพื้นดิน (อยู่ในระบบการจับภาพ (ถ่ายภาพ), การส่งภาพในดาวเทียมอวกาศวิทยารุ่นแรกๆ)

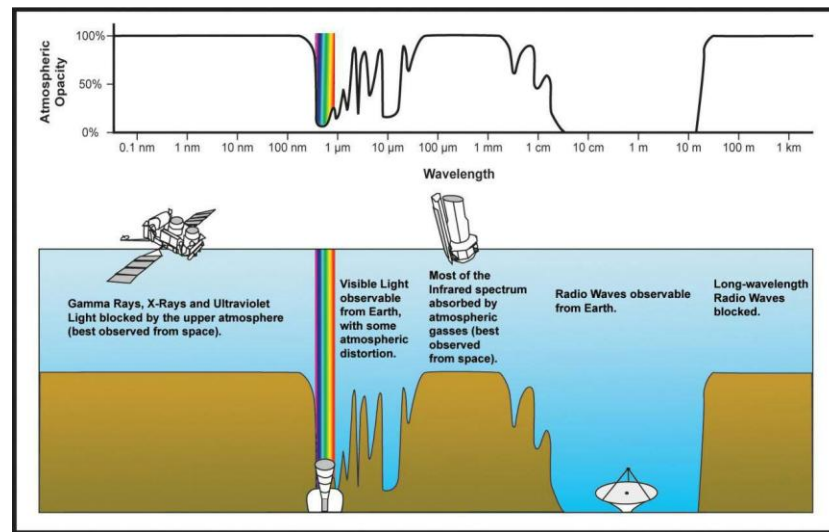
Ascending วิธีโคจรของดาวเทียมในช่วงการโคจรจากซีกโลกใต้ไปซีกโลกเหนือซึ่งเรียกว่า “ช่วงขาขึ้น” (ใช้กับดาวเทียมชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก)



ATS (Applications Technology Satellite) เป็นดาวเทียมอวกาศวิทยานิตโคจรประจำที่ อีกชุดหนึ่ง อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร ใช้ Sensor จับภาพในระบบ Visible อย่างเดียว แต่ใช้สนับสนุนภารกิจด้านอื่นๆ ทางอวกาศวิทยาด้วย เช่น ใช้ส่งสัญญาณ Facsimile เป็นต้น

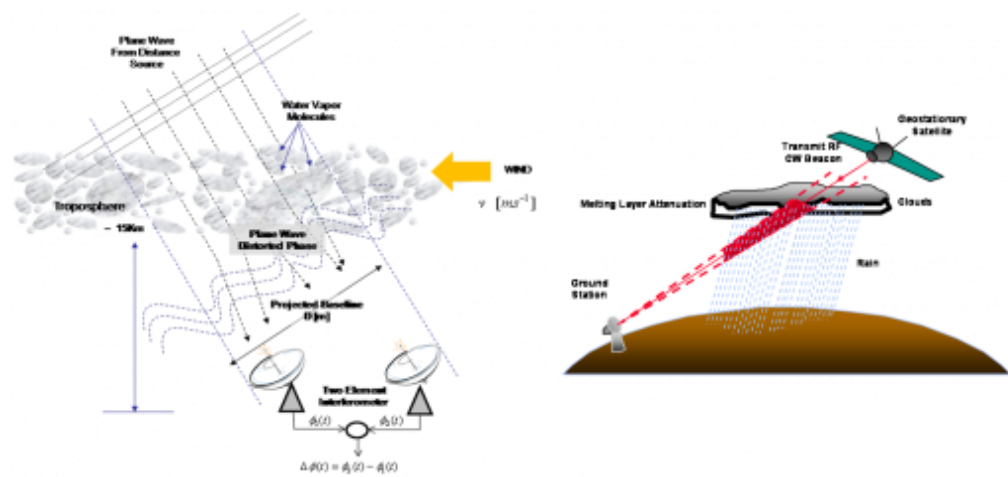
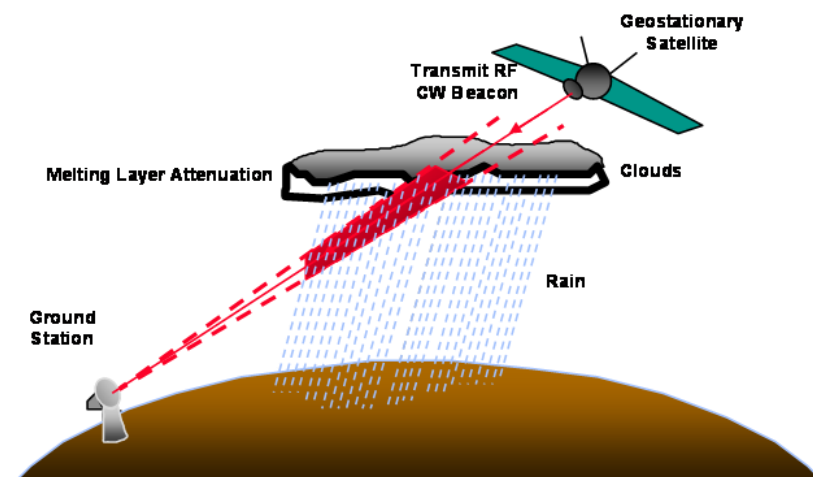


Atmospheric Window คือช่วงความยาวคลื่น 8 ถึง 12 μm ความยาวคลื่นช่วงนี้สามารถหลุดรอดออกไปจากบรรยากาศของโลกได้มาก (ถูกคาร์บอนไดออกไซด์, โอโซนและไอน้ำดูดซับไว้ได้น้อย)
Sensor ในดาวเทียมจึงดักจับความยาวคลื่นช่วง 10.5 ถึง 12.5 μm



Attenuation

การสูญเสียพลังงานเนื่องจากถูกดูดซึม และ/หรือ กระจาย

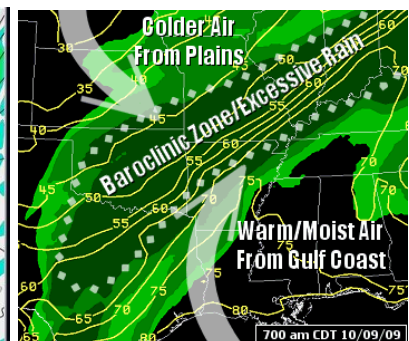
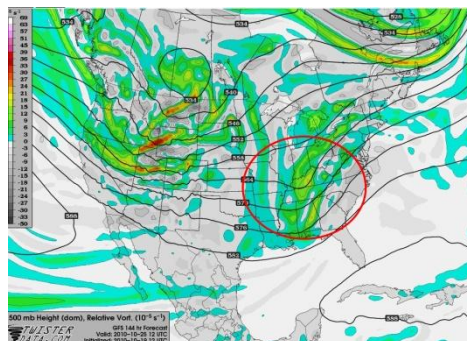
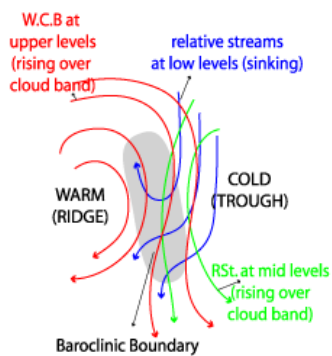
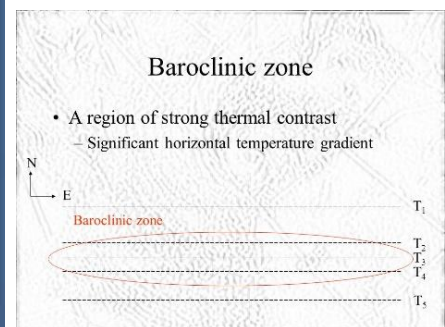


Baroclinic Zone

เขตที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิ โดย ปกติแล้วจะเกิด สภาวะ “ไม่ทรงตัว” ของบรรยากาศจากการเคลื่อนตัวในทางระดับ (advection) ของมวลที่มีความแตกต่างทางอุณหภูมิมาพบกัน ความชื้นถูกพาขึ้นสู่ระดับสูง กลั่นตัวเป็นเมฆปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียม

- ผลการวิเคราะห์แผนที่บริเวณนี้จะแสดงความไม่คล้อยตามกันระหว่างแนวเส้น

Contour กับแนวเส้น Isotherm



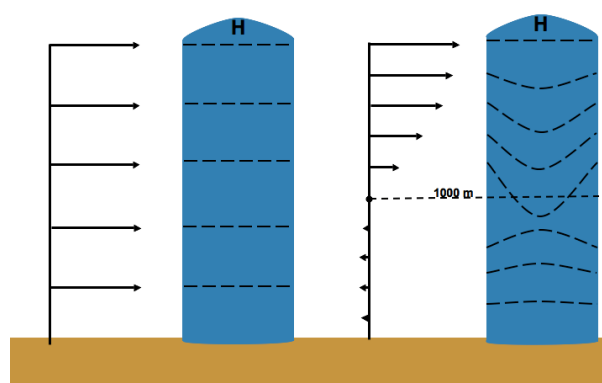
- สภาพตรงข้ามกันคือ สภาพ Barotropic แนวเส้น Contour กับ Isotherm

คล้อยตามขนานกันไม่เกิดความแตกต่างทางอุณหภูมิจาก advection อากาศมี

เสถียรภาพดี

BAROTROPIC

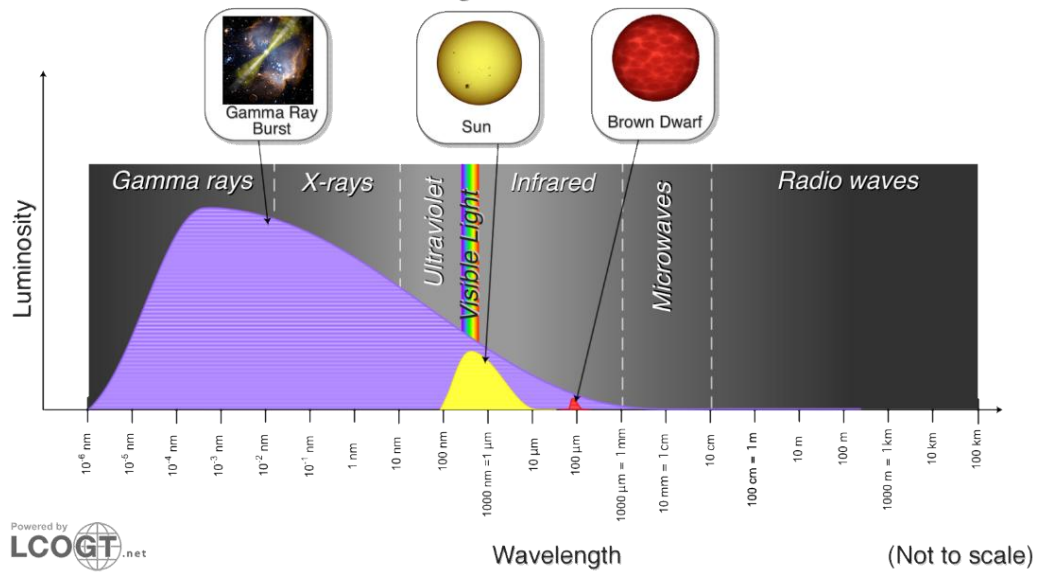
1ST ORDER BAROCLINIC



BB (Black Body)

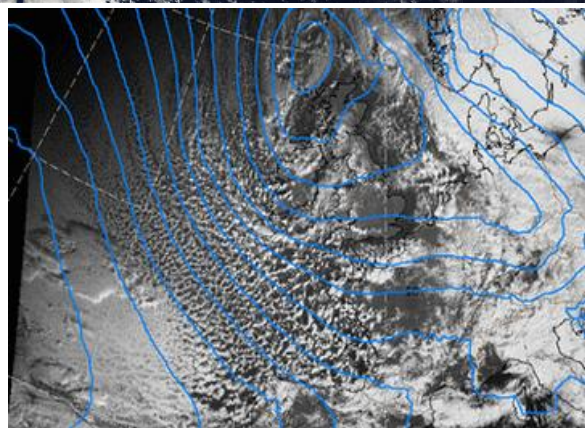
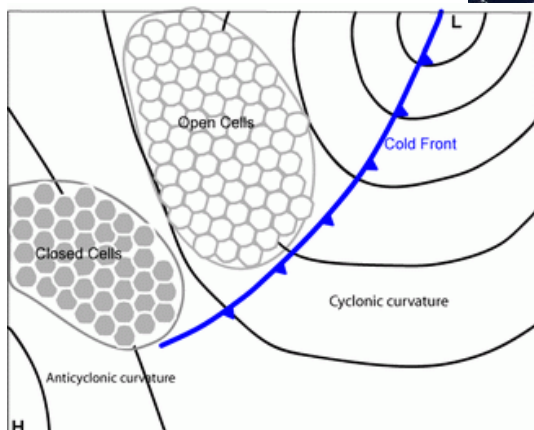
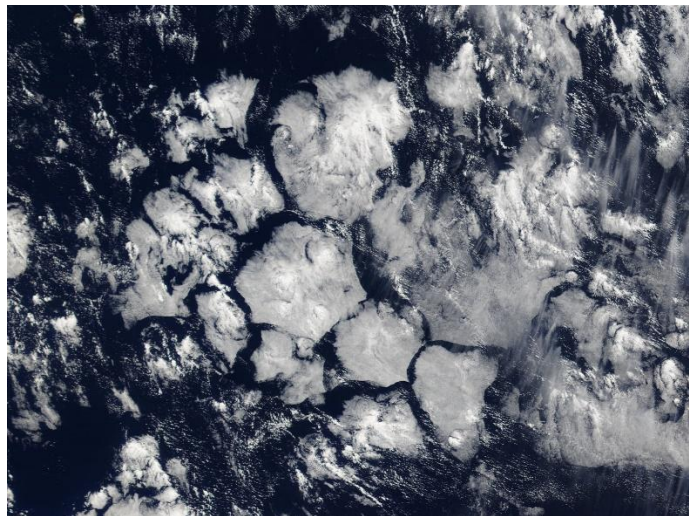
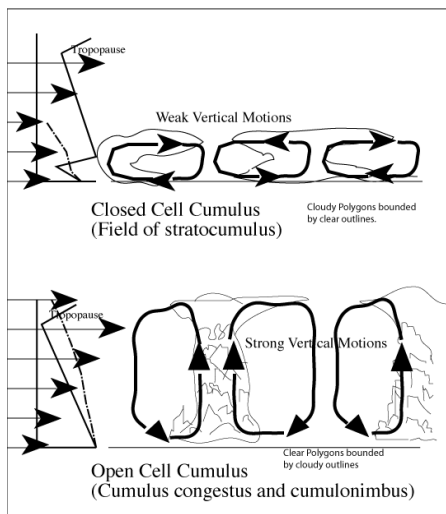
วัตถุสมมุติในทางทฤษฎี สามารถรับและส่งความร้อนได้เต็มทั้ง 100%

Blackbody Radiation

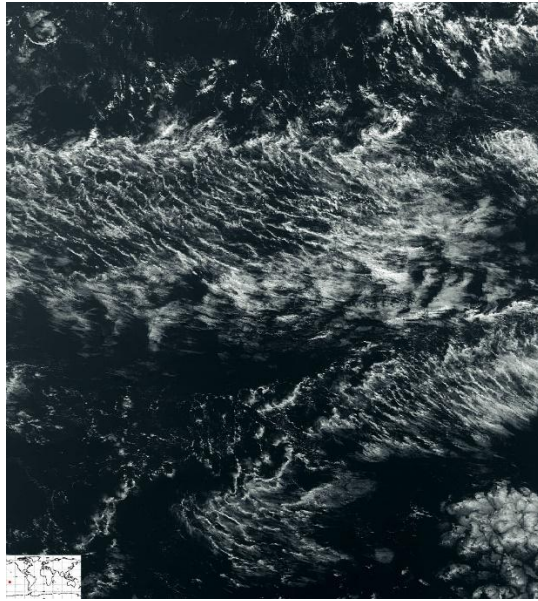


Benard Cells

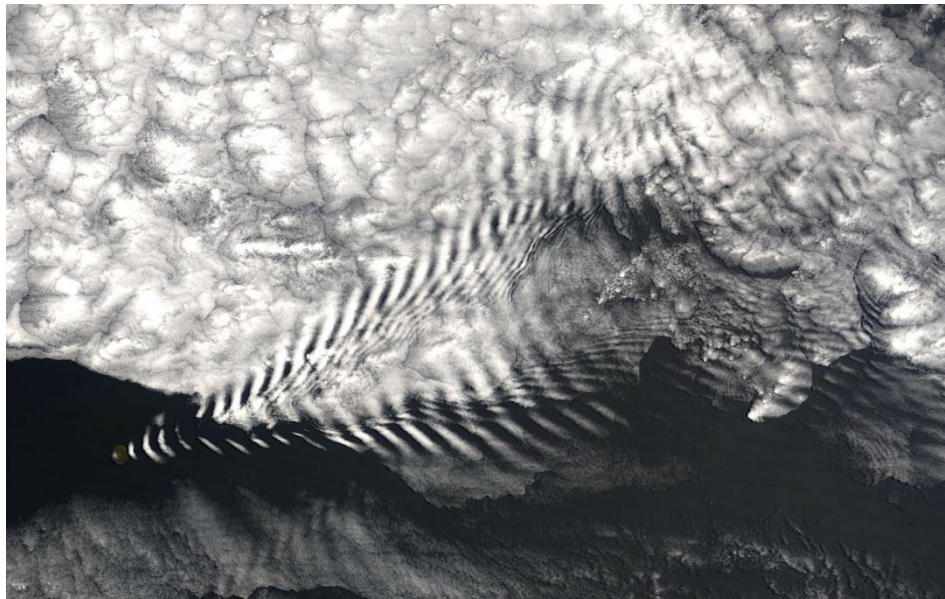
หมายถึงเมฆ Cu หรือ Sc ที่เกิดในลักษณะ Open Cell และ Closed Cell ส่วนใหญ่เกิดเหนือมหาสมุทร



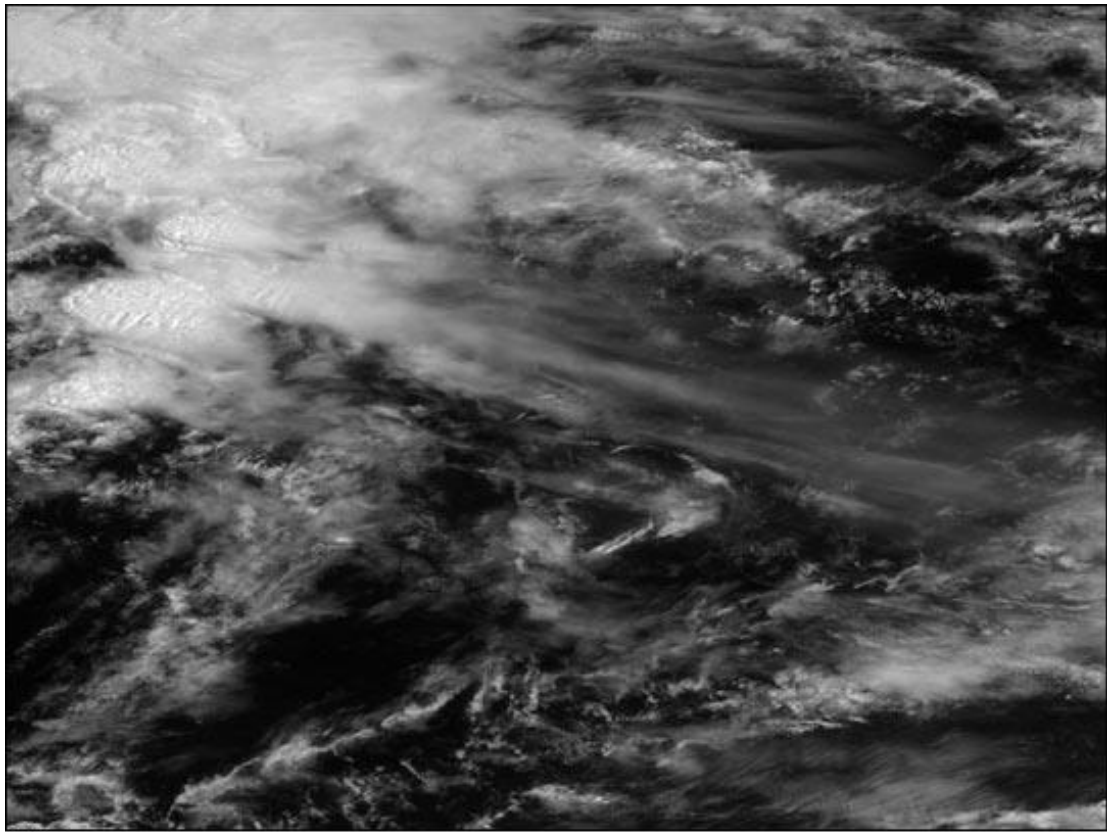
Billow Clouds (Transverse Banded) (Wash-board Cloud) ลักษณะของเมฆ (โดยทั่วไปเป็นเมฆชั้นสูง) ที่เกิดเป็นแนวเรียงขนานกัน วางตัวขวางกับทิศทางลมที่ระดับนั้น มองคล้ายกระดานซักผ้า



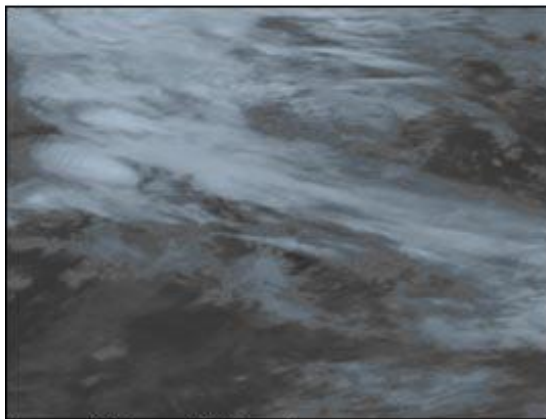
Bow Shock (Bow Waves), (Lee Waves), (Eddy Pattern) เมฆรูปโค้งที่เกิดจากลมวนทางด้านหลังของสิ่งกีดขวางทางลม



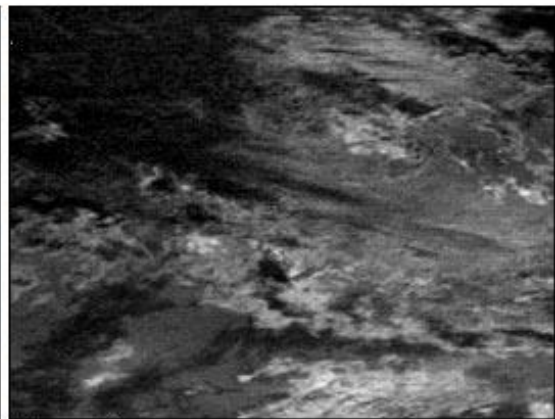
Cirrus plumes (Anvil Cirrus), (Ci ปลอม) Ci ที่เป็นยอดของเมฆ Cb เมื่อมองจากภาพถ่ายดาวเทียมจะมีลักษณะการบานตัวออกทางปลายลม คล้ายขนนก (plume)



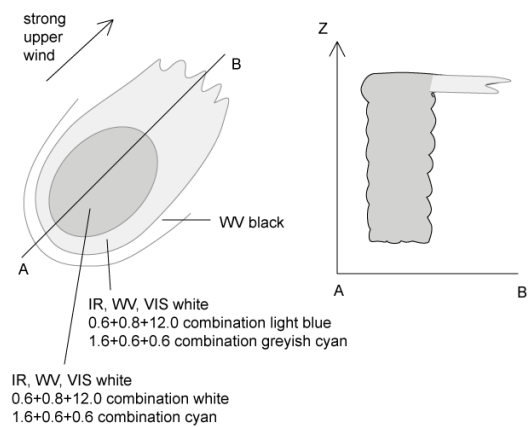
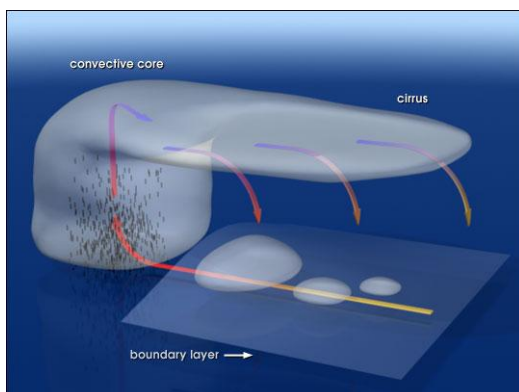
Visible



Thermal Infrared (11 μm)



11 μm - 12 μm



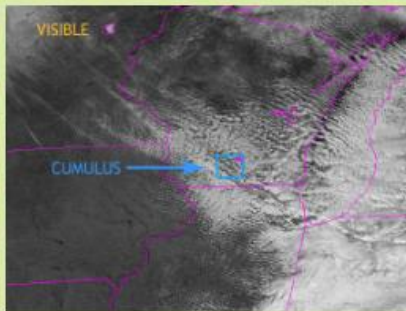
Clouds

Common Cloud Types

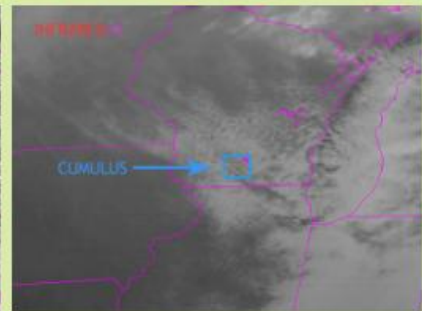
Cloud Level	Prefix/ Suffix	Typical Altitudes	Layer Clouds	Heap Clouds	Hybrid
High	"Cirro-"	20,000 - 40,000 feet (6-12 kilometers)	Cirrus Cirro stratus	Cirrocumulus	
Mid	"Alto-"	6500 - 20,000 feet (2-6 kilometers)	Alto stratus	Altocumulus	
Low		100 - 6500 feet (bases below 2 km)	Stratus	Cumulus	Stratocumulus
Precipitating	"Nimbo-" "-nimbus"	100 - 6,500 feet (bases below 2 km)	Nimbostratus		Cumulusnimbus (Thunderstorms!)
Significant Vertical Development		100 - 50,500 feet (0.1-15 kilometers)			



Cumulus clouds from below



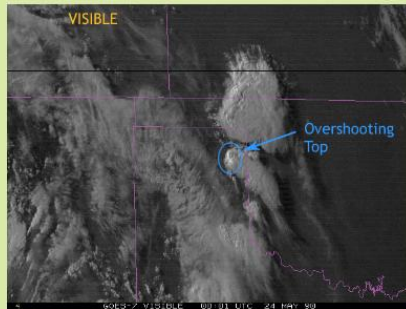
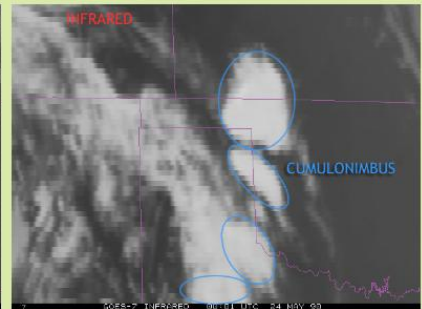
Visible satellite image



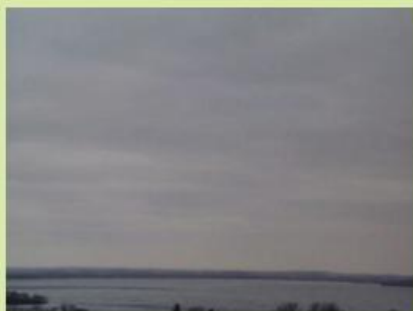
IR satellite image



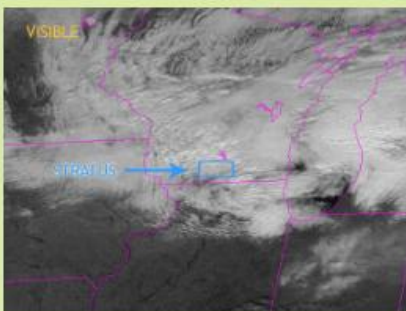
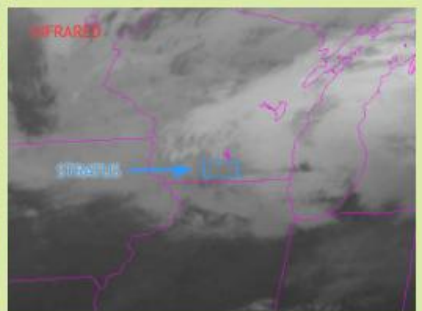
Cumulonimbus overshooting top

Cumulonimbus overshooting top
Visible satellite image

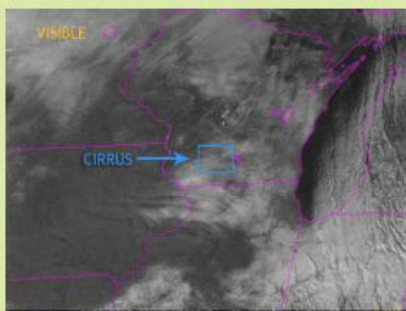
Cumulonimbus IR satellite image



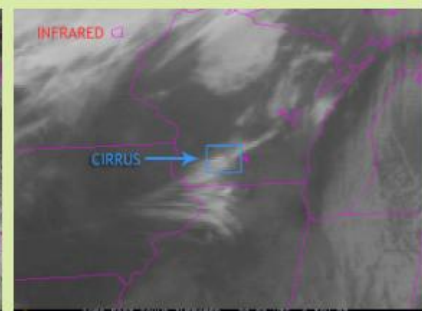
Stratus clouds from below

Visible satellite image
using reflected lightIR satellite image
measures thermal energy

Altocumulus clouds from below



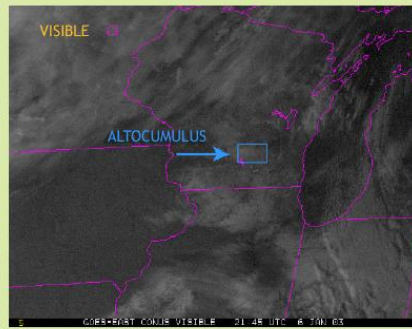
Visible satellite image



IR satellite image



Altocumulus clouds from below



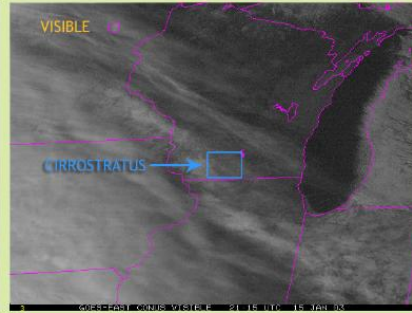
Visible satellite image



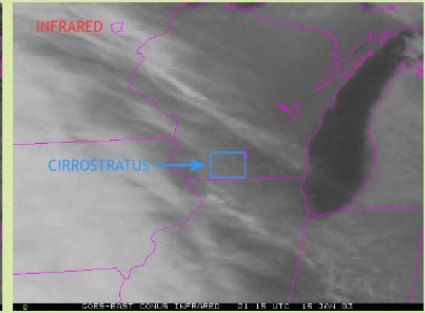
IR satellite image



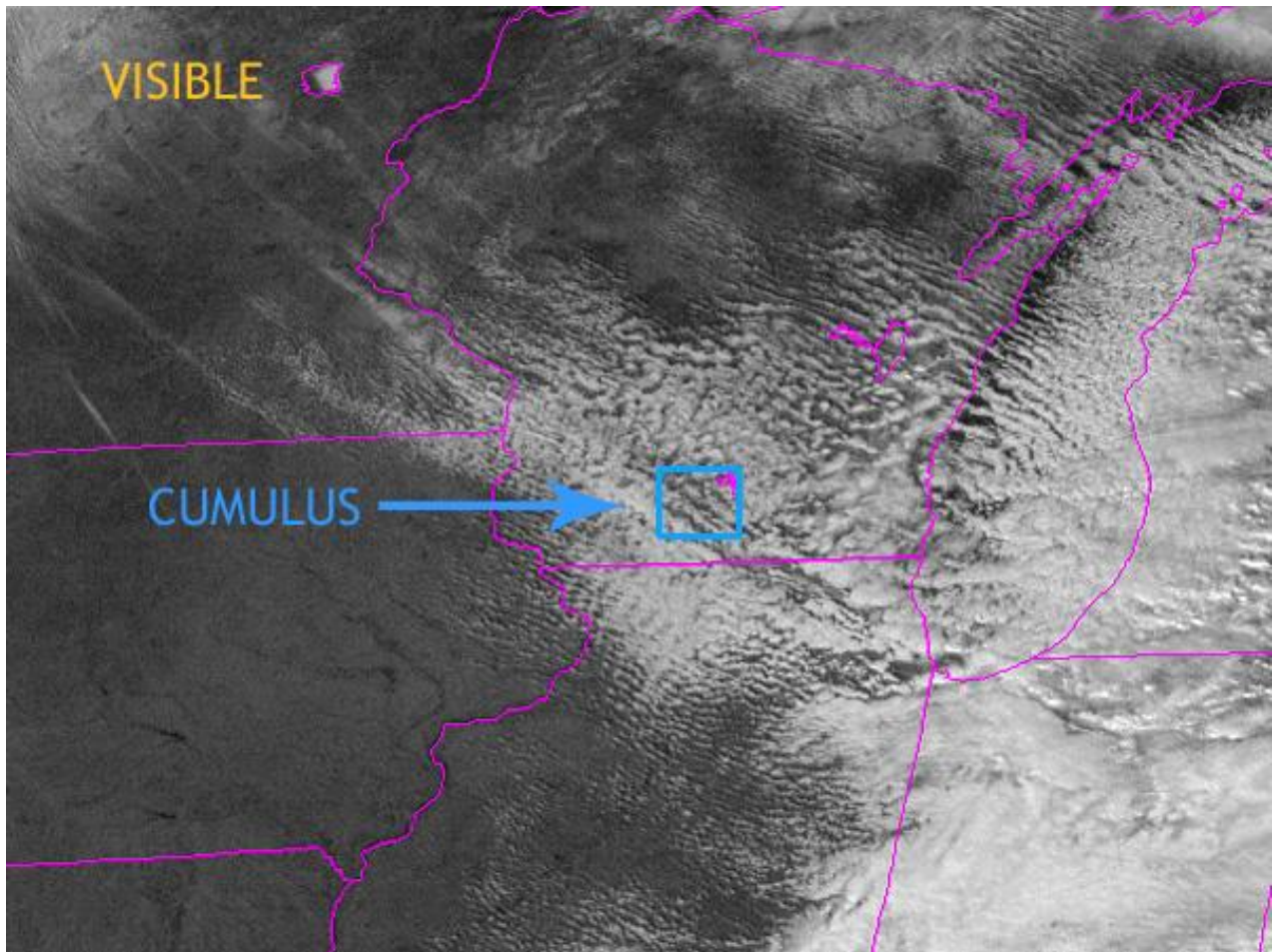
Cirrostratus clouds from below

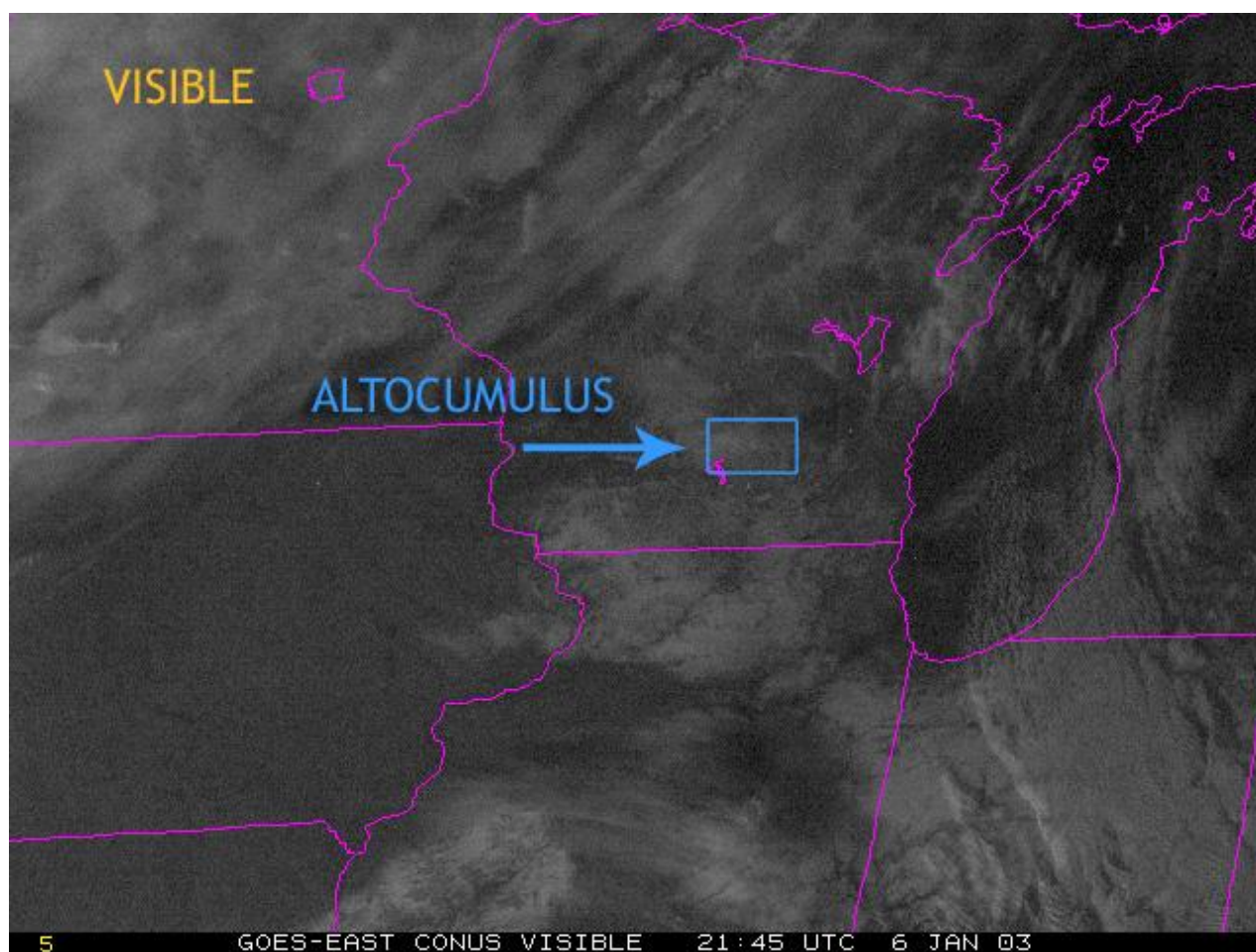
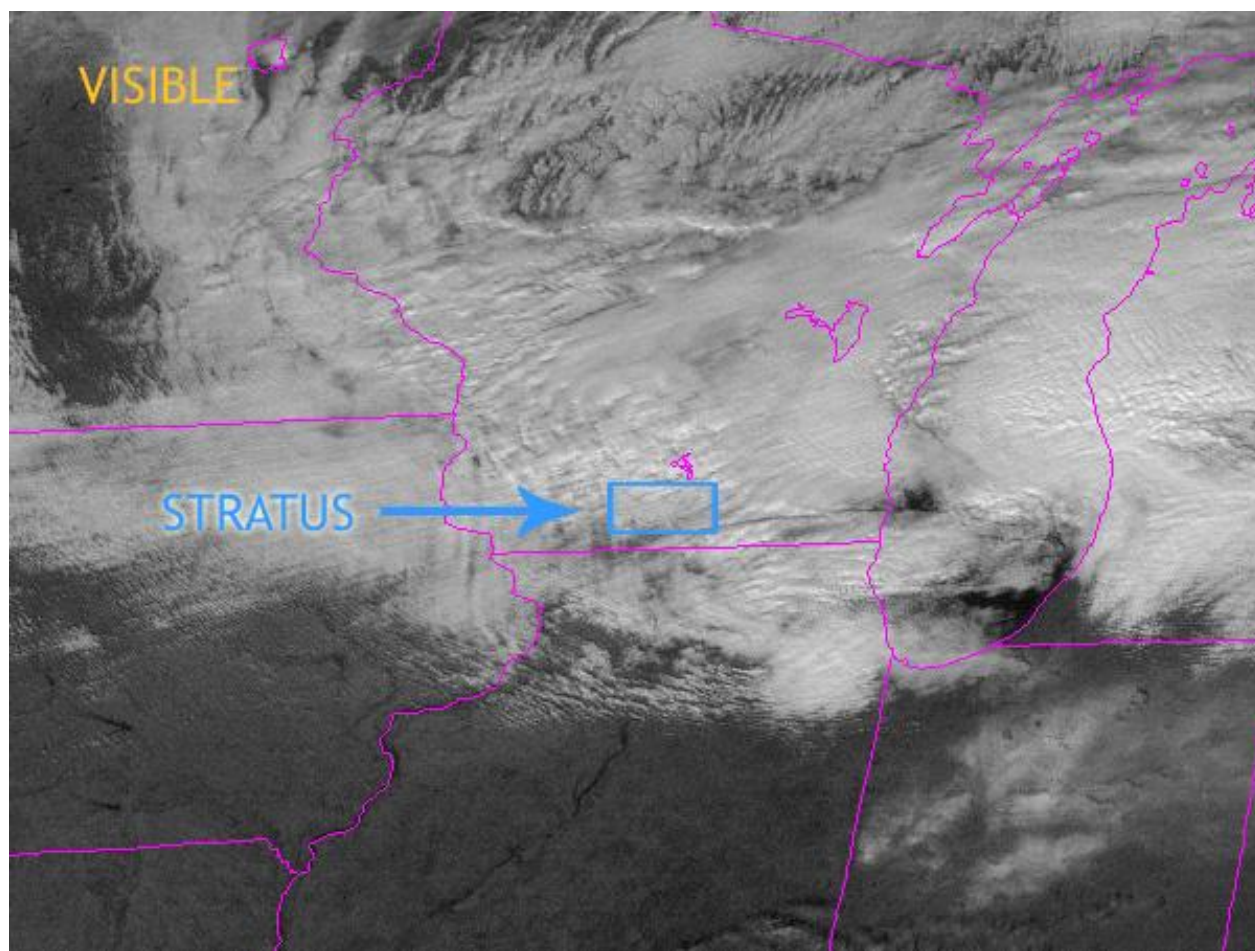


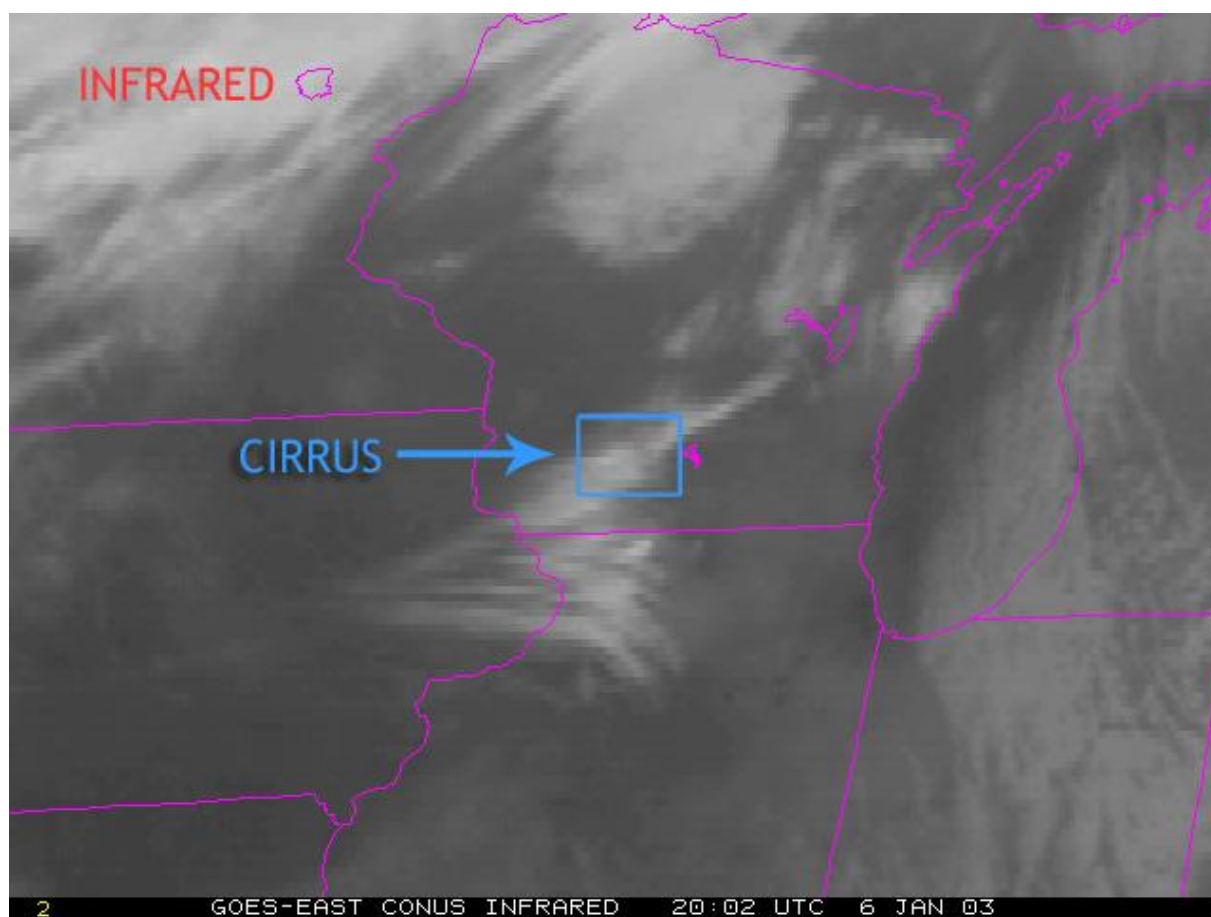
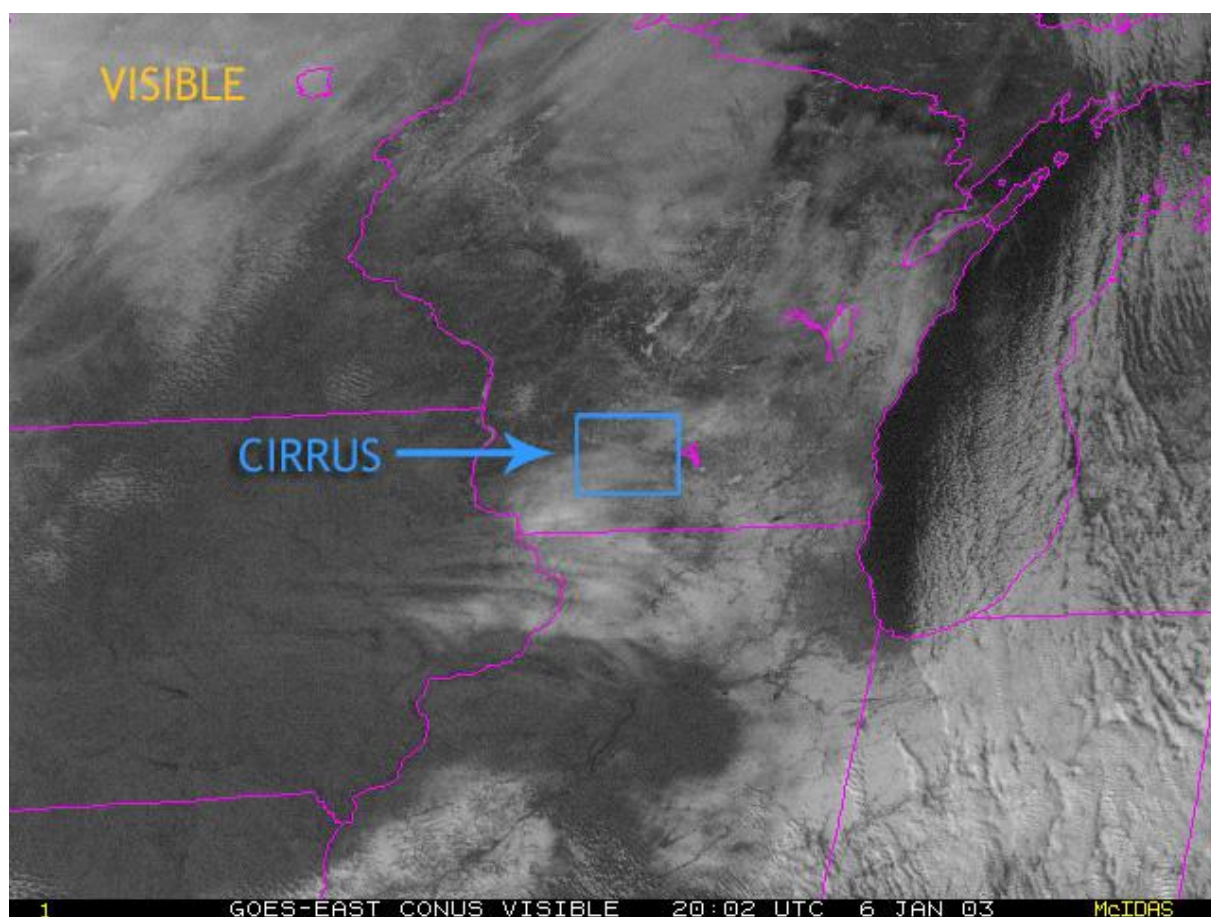
Visible satellite image

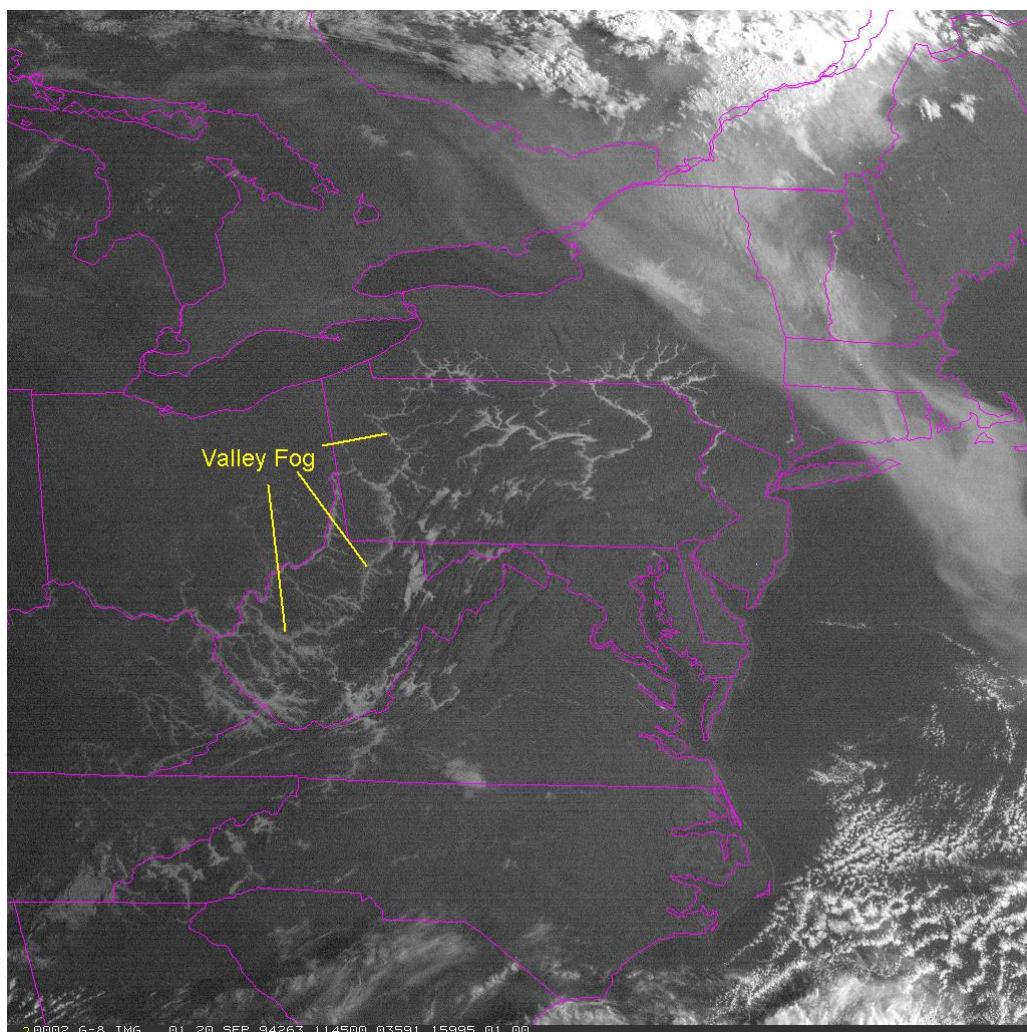
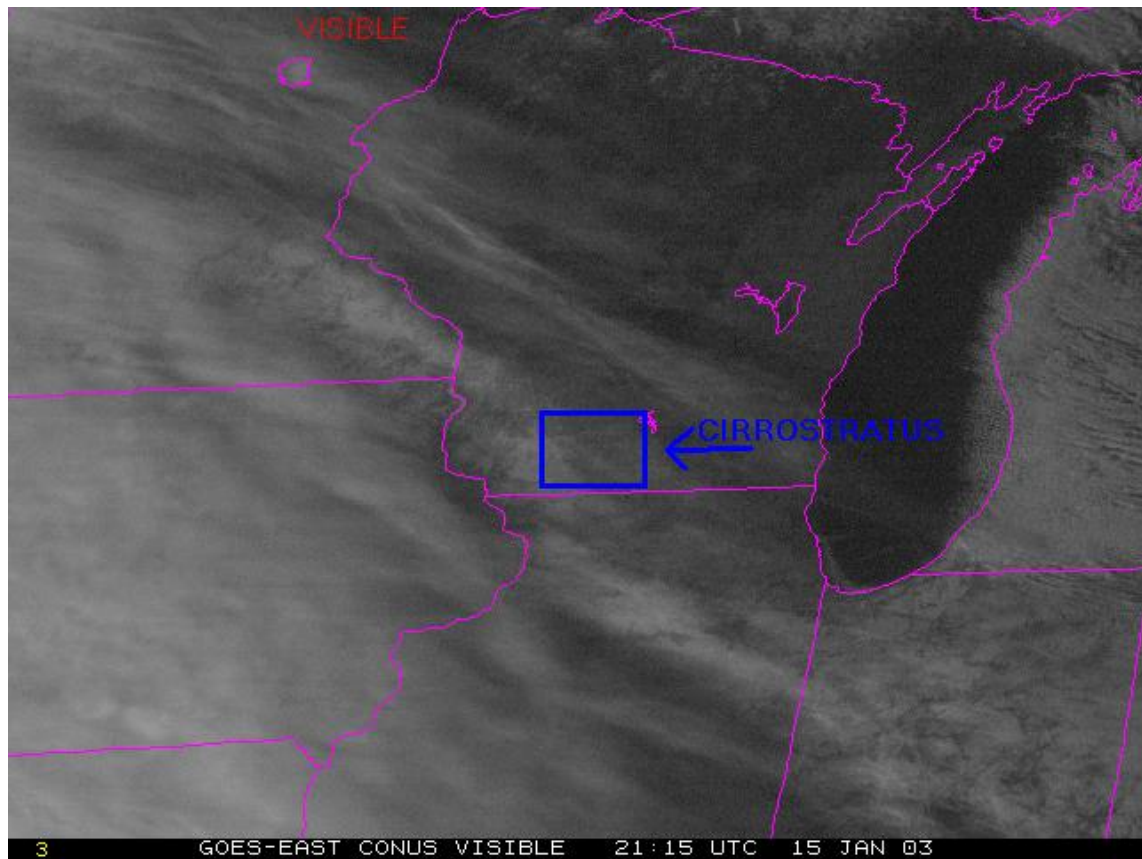


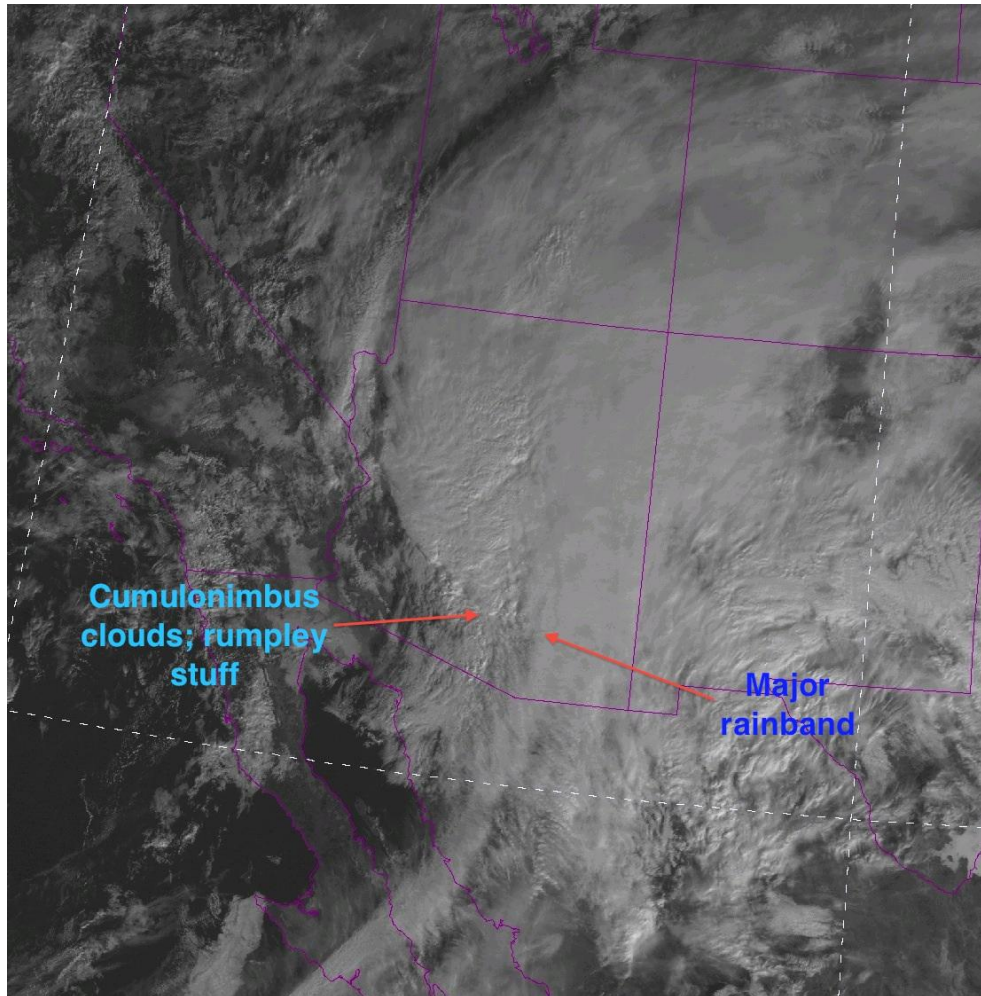
IR satellite image



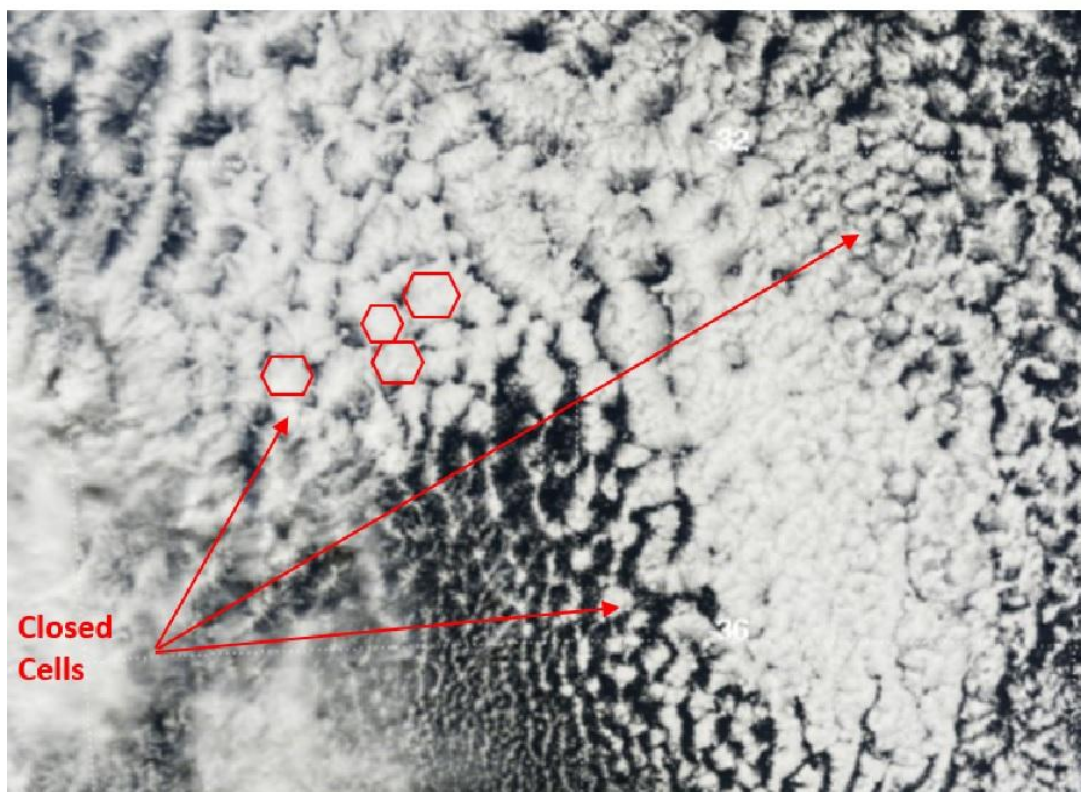


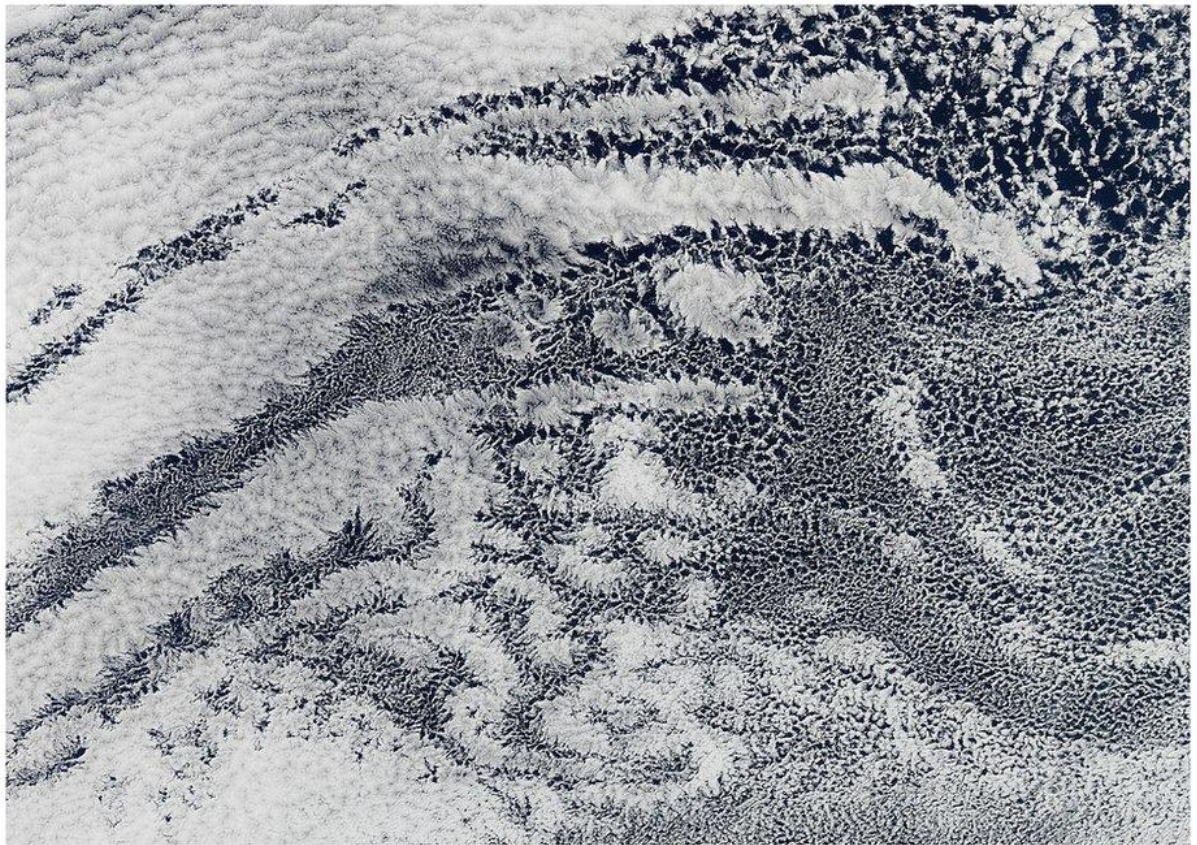
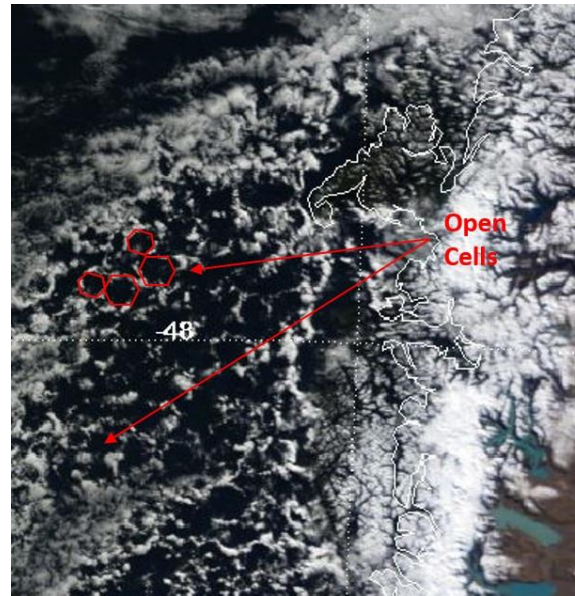
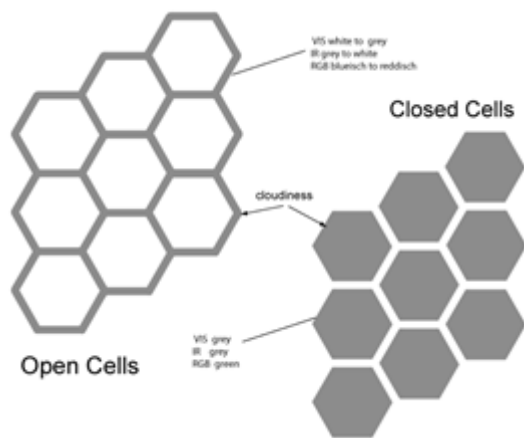






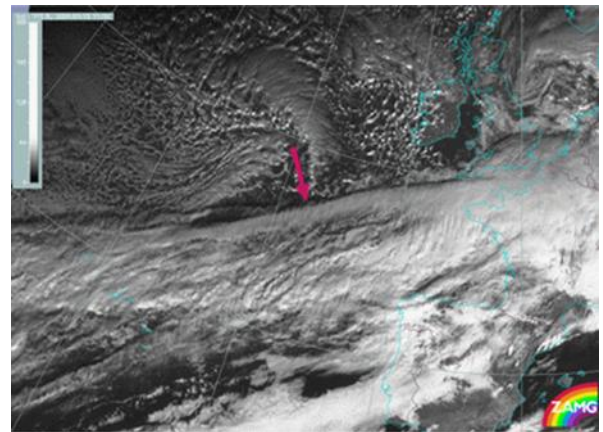
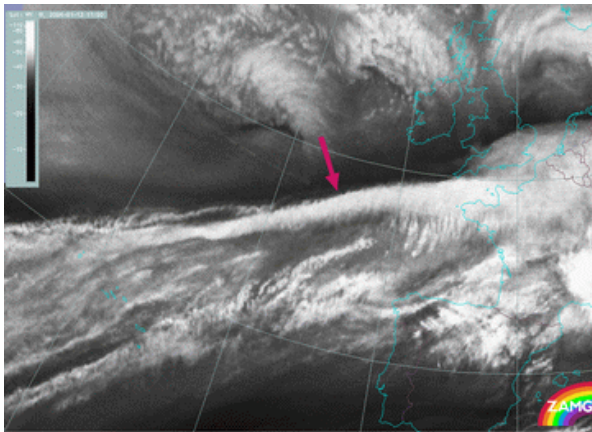
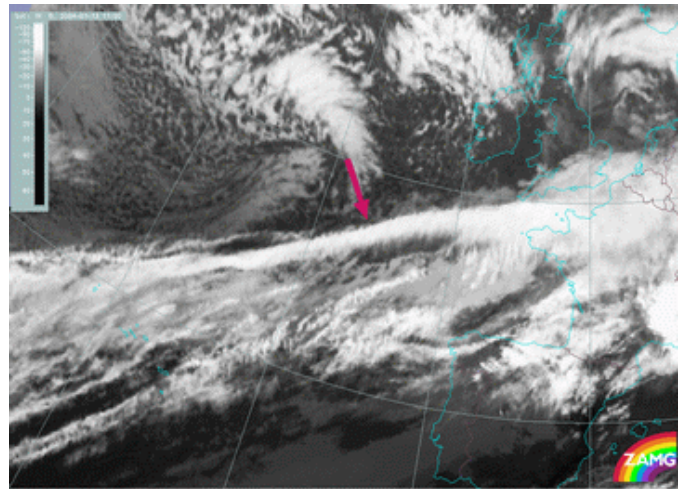
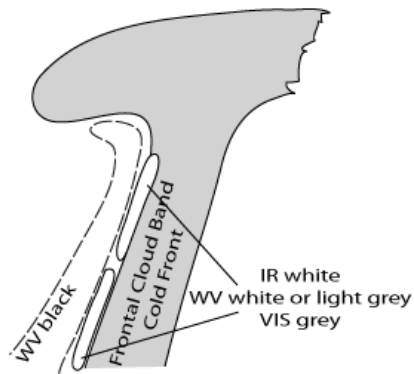
Cloud Cells โดยทั่วไปเป็นเมฆ Sc ที่มองจากภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาแล้วมีเนื้อเมฆเต็มทั้งเซลล์ ไม่มีช่องกลาง





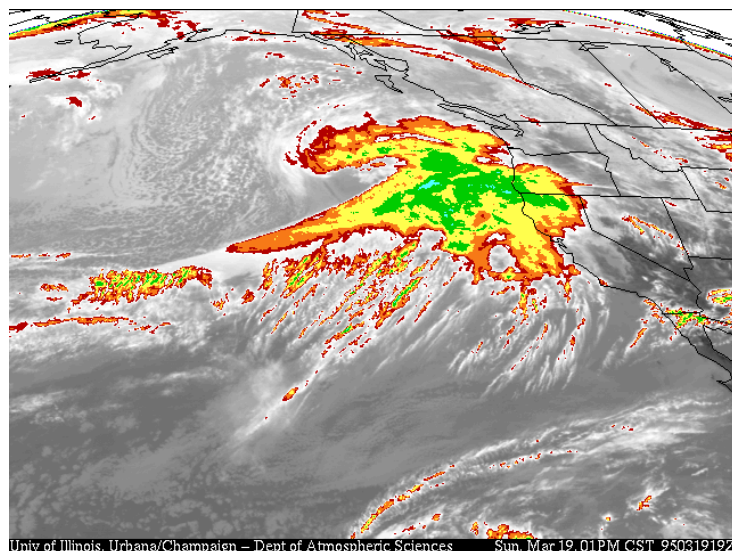
The closed cells are the brighter areas with complete cloud cover, while the open cells expose the much darker ocean surface in the center of the cells. Note the complex fingering pattern between the open and closed decks, suggesting that for similar environmental conditions both can exist.

Cloud Band เป็นคำใช้เรียกเมฆที่ปรากฏเป็นแถบยาว ความยาวมากกว่าความกว้างสี่เท่าขึ้นไป ความกว้างของแถบต้องมากกว่า 1 องศาละติจูด (60 NM)



Cloud Element เป็นคำใช้เรียกมวลของเมฆขนาดเล็กที่สุดเท่าที่ Sensor ในดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาสามารถ จับได้

Cloud Finger เป็นคำใช้เรียกเมฆที่เกิดจากการไหลของอากาศเข้าไปเลี้ยงร่องความกดอากาศต่ำเบื้องบน (Upper Trough) ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาลักษณะคล้ายนิ้วมือยื่นจากแนวเมฆในร่องความกดอากาศต่ำเบื้องบน

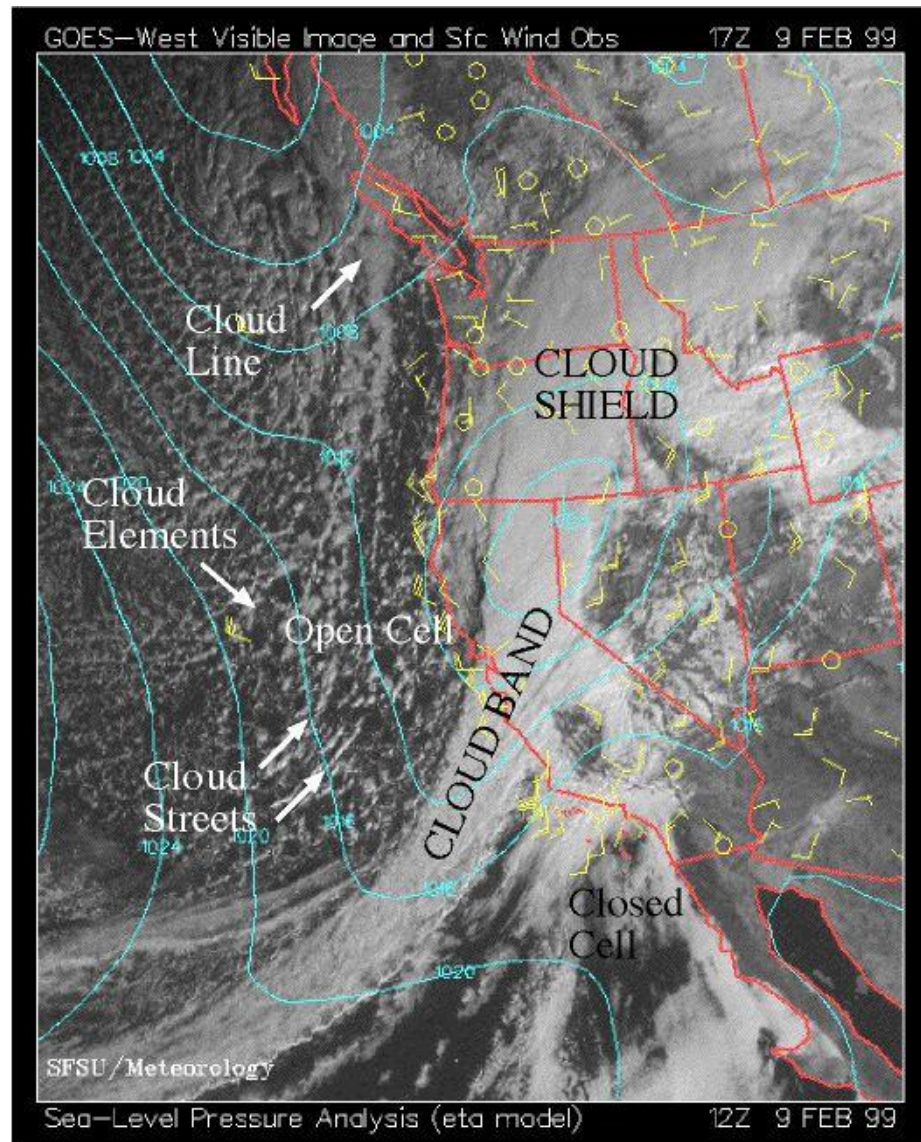


Cloud Lines

เป็นคำใช้เรียกแนวของเมฆ (ส่วนใหญ่เป็นเมฆ Sc) ที่เรียงตัวเป็นแนวแต่ละก้อนเรียงติดกันเป็นพืด มักเกิดหลายแถวขนานกัน ความกว้างของแนวเมฆนี้ต้องน้อยกว่า 1 องศาละติจูด

Cloud Shield

เป็นคำใช้เรียกเมฆที่ปรากฏเป็นแถบยาว ความยาวมากกว่าความกว้างไม่ถึงสี่เท่า ความกว้างของแถบต้องมากกว่า 1 องศาละติจูด

**Image on Top**

Cloud Element

Cloud Street

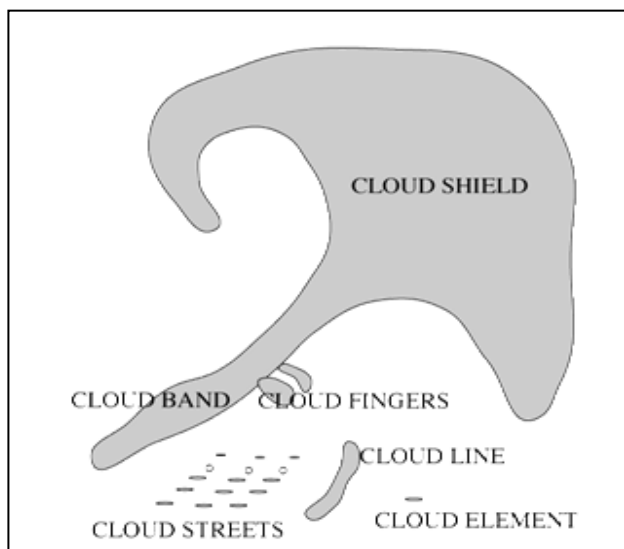
Cloud Line

Cloud Band

Cloud Shield

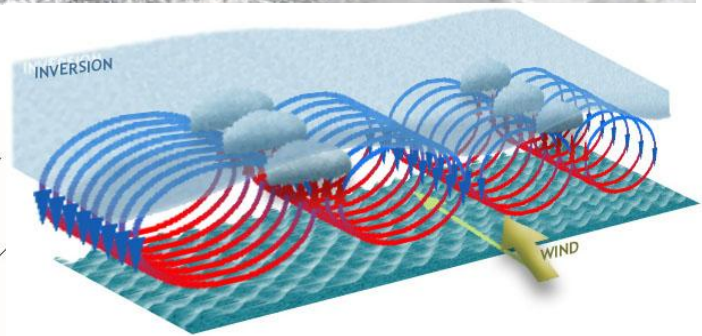
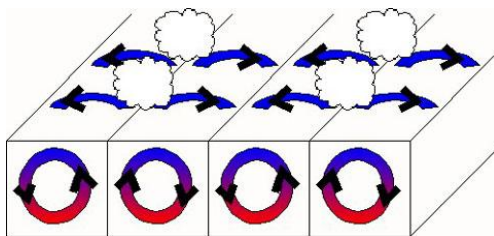
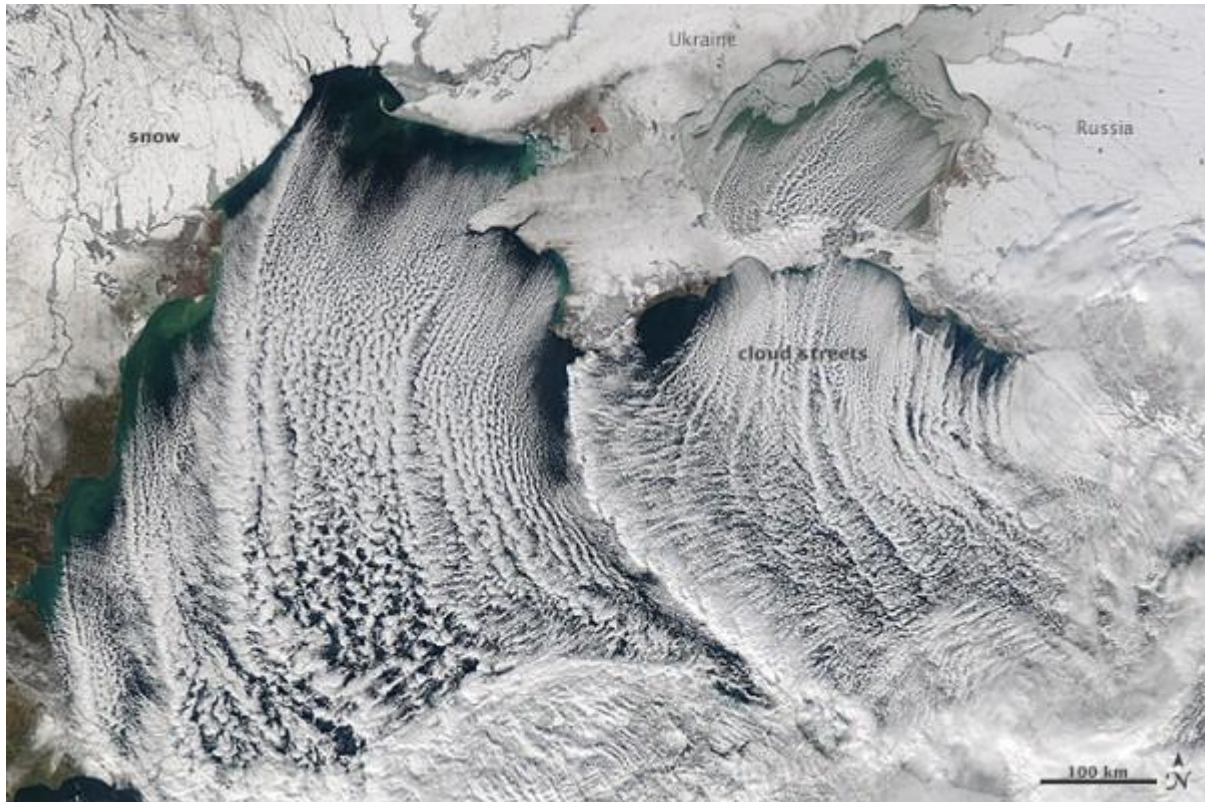
Open Cell CU

Closed Cell SC

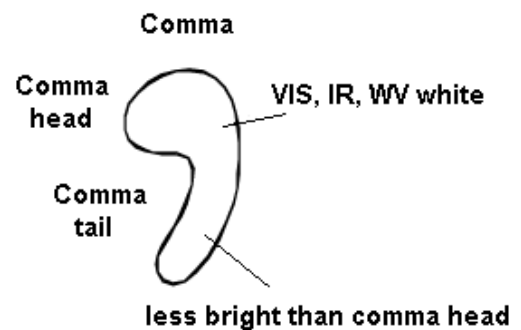
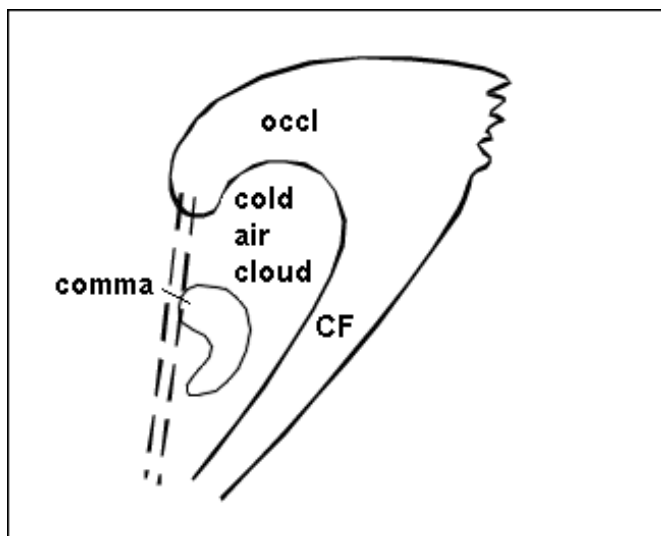
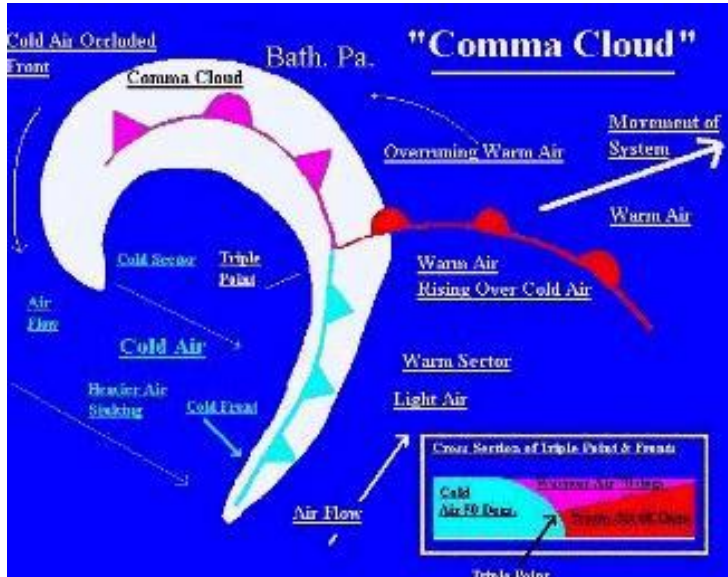


Cloud Streets

เป็นคำใช้เรียกแนวของเมฆ (ส่วนใหญ่เป็นพวก Cu) ที่เรียงตัว เป็นแนวแต่ละก้อนแยกเป็นอิสระไม่เชื่อมต่อกัน มักเกิดหลายแถวขนานกัน

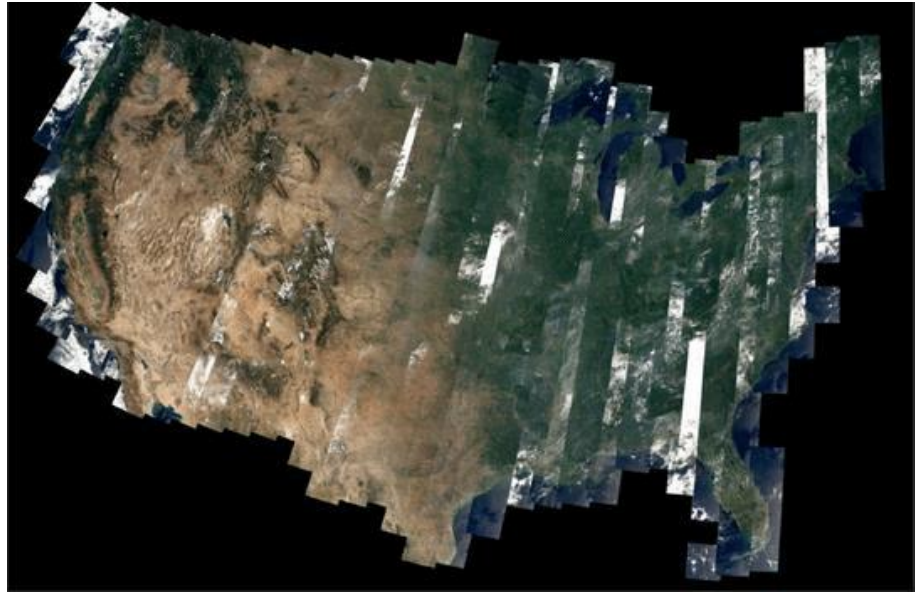


Comma Shape Cloud System (Comma Cloud) เป็นระบบเมฆที่เกิดร่วมกับบริเวณที่อยู่ใกล้ๆ กับ ศูนย์กลางการหมุน (Vortice) ปรากฏให้เห็นในภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในลักษณะ คล้ายจุดดักน้ำ (Comma) มีเมฆหลายชนิดและหลายระดับเกิดรวมอยู่ในระบบเมฆนี้ (แต่ส่วนใหญ่เป็นเมฆชั้นกลาง)



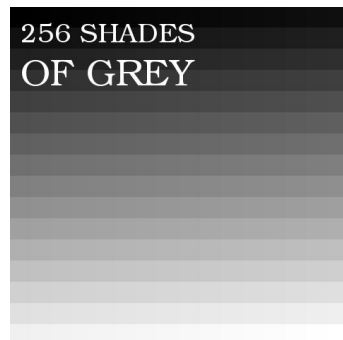
Contamination

(ความหมายที่แท้จริงหมายถึงการเน่าเปื่อย, เสีย) ในวิชานี้ หมายถึง ภาพดาวเทียม
อุตุนิยมวิทยาที่แสดงความสูงของเมฆ ต่างไปจากความเป็นจริงเพราะมีแหล่งพลังงานอื่น ๆ
ซ้อนทับ



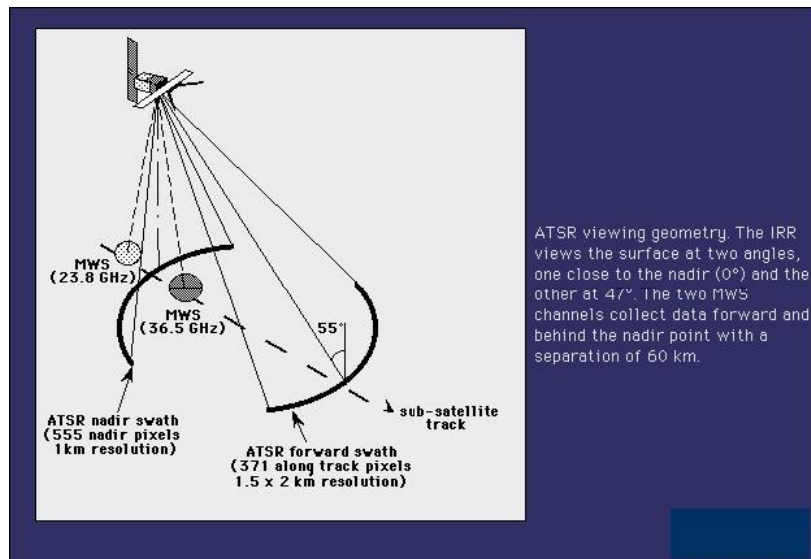
Count Value

ค่าลำดับความเข้มของสีเทา (gray shade) ซึ่งจำแนกออกเป็น 256 ลำดับ
(โดยคอมพิวเตอร์)

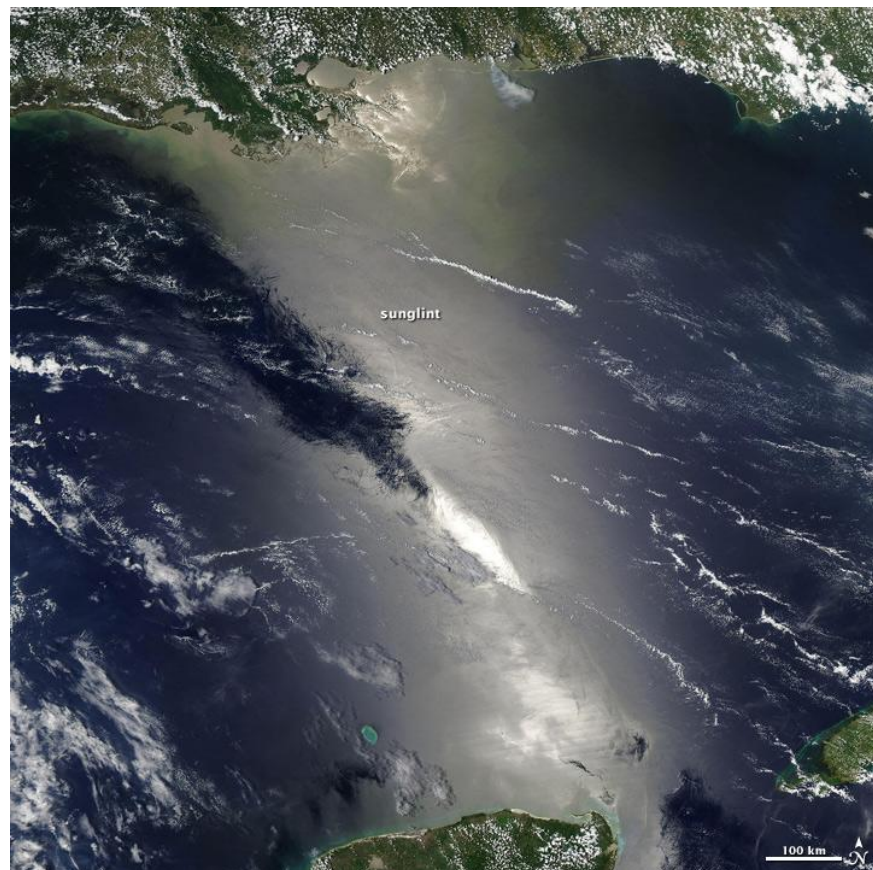


Data Sub point

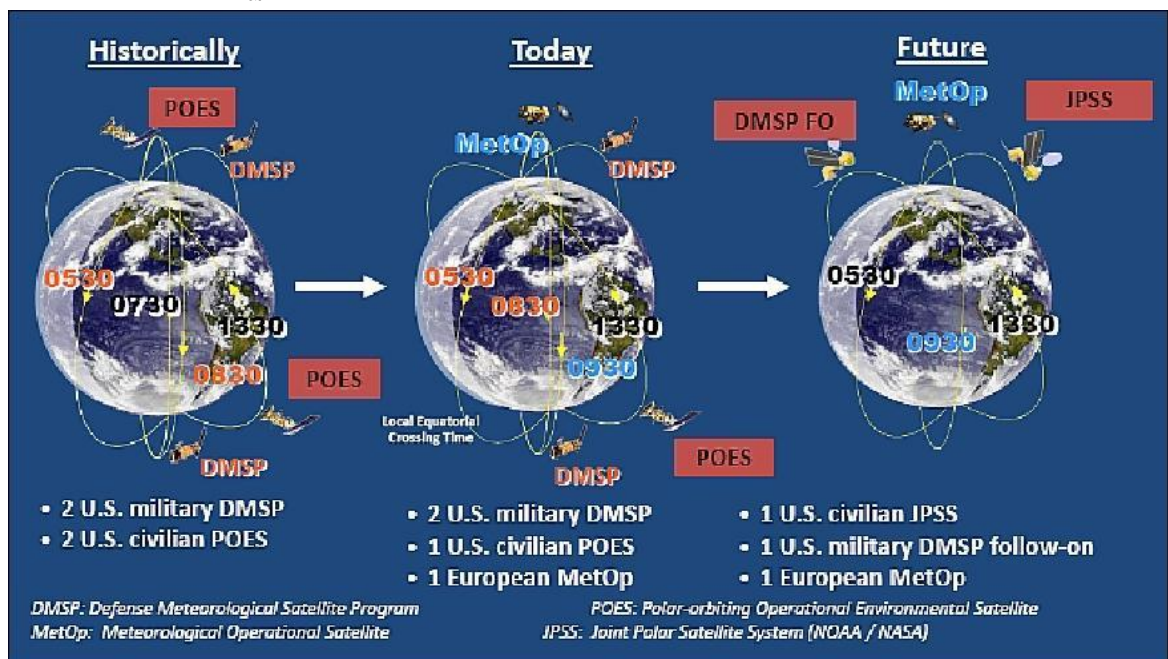
จุดศูนย์กลางของบริเวณที่กวาดจับมาได้ ซึ่งอาจไม่ตรงกับจุดศูนย์กลางที่ดาวเทียมกระทำ
ต่อโลก (Satellite Subpoint) เนื่องจากอากาศสายหรือหั่นเหวของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา



Dark Bands (Dark Patches)(“V” notches) บริเวณดำมีรูปร่าง V, มักเกิดร่วมกับ Sun glint



DMSP (Defense Meteorology Satellite Program) โครงการดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาของกระทรวงกลาโหมสหรัฐอเมริกา (ดาวเทียมในโครงการนี้ เป็นชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก)



Dendritic Pattern

เป็นลักษณะเฉพาะของบริเวณที่ถูกปกคลุมด้วยหิมะ จะปรากฏให้เห็นลักษณะคล้ายกิ่งก้านสาขา ซึ่งไม่เหมือนกับบริเวณที่ปกคลุมโดยเมฆหรือน้ำแข็ง

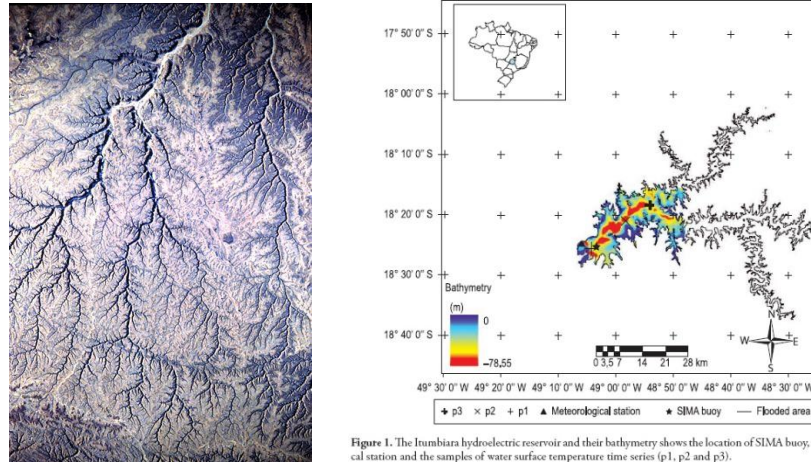
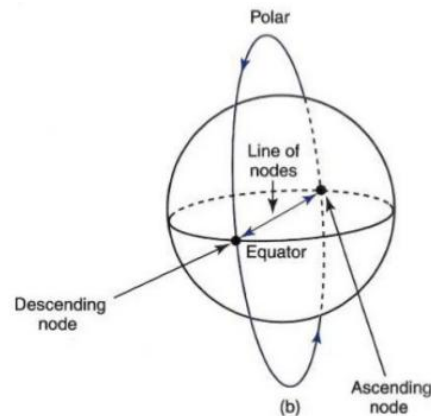


Figure 1. The Iumbiara hydroelectric reservoir and their bathymetry shows the location of SIMA buoy, meteorological station and the samples of water surface temperature time series (p1, p2 and p3).

Descending

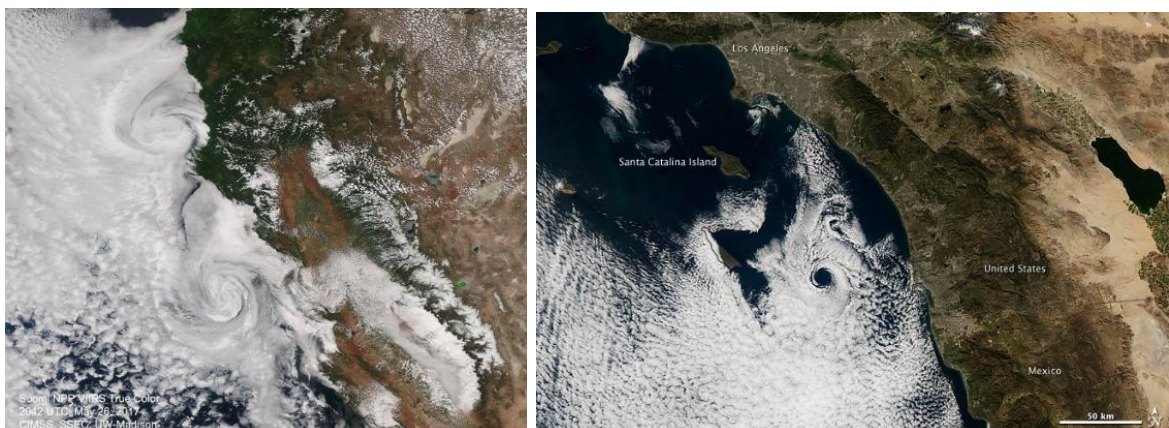
วิถีโคจรของดาวเทียมในช่วงการโคจรจากซีกโลกเหนือสู่ซีกโลกใต้ซึ่งเรียกว่า “ช่วงขาล่อง” (ใช้กับดาวเทียมชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก)



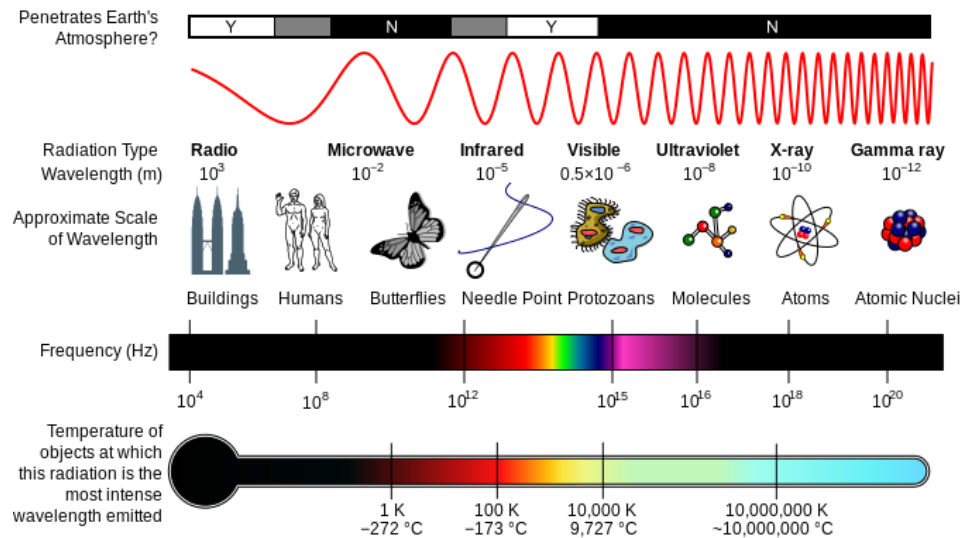
DN (Descending Node) จุดที่วิถีโคจร “ในช่วงขาล่อง” ของดาวเทียมตัดกับเส้นศูนย์สูตรการกำหนดค่าของจุดนี้ใช้ค่าของลองกิจูดซีกตะวันตกของเส้น Greenwich Meridian (ใช้กับดาวเทียมชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก)

Digital Form ข้อมูลที่ส่งในลักษณะเป็นค่าตัวเลข

Eddies (Eddy Pattern),(Bow waves),(Lee Waves) เมฆรูปโค้งที่เกิดจากลมวนทางด้านหลังลมของสิ่งกีดขวางทางลม

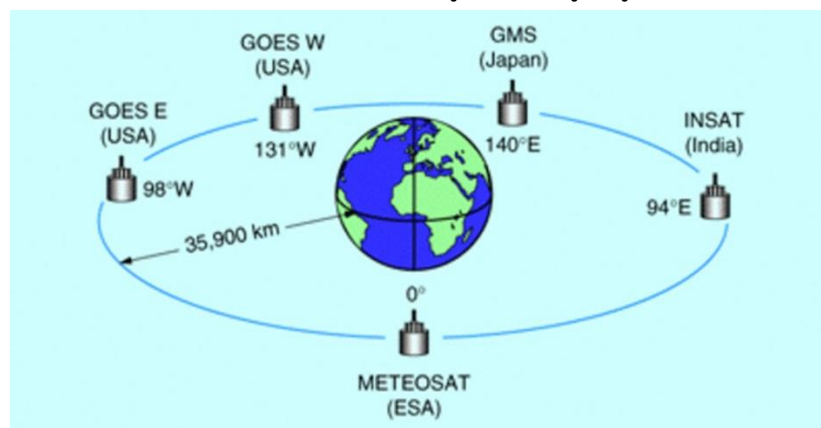


Electromagnetic Radiation พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจากดวงอาทิตย์ มีขนาดคลื่นต่างๆ



Equator orbiter

หมายถึงดาวเทียมชนิดโคจรประจำที่ (อยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร)

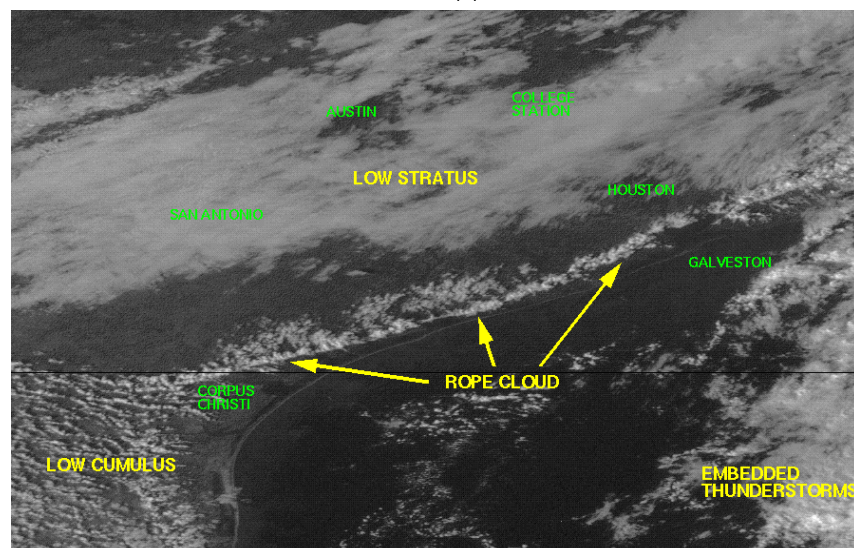


Floating Sector

เขตภาพไม่ตายตัว เป็นพื้นที่นอกเหนือจากที่กำหนดให้เป็นเขตภาพตายตัว รายละเอียดต่างๆ เกี่ยวกับภาพจะแตกต่างออกไปจากมาตรฐานที่กำหนดไว้

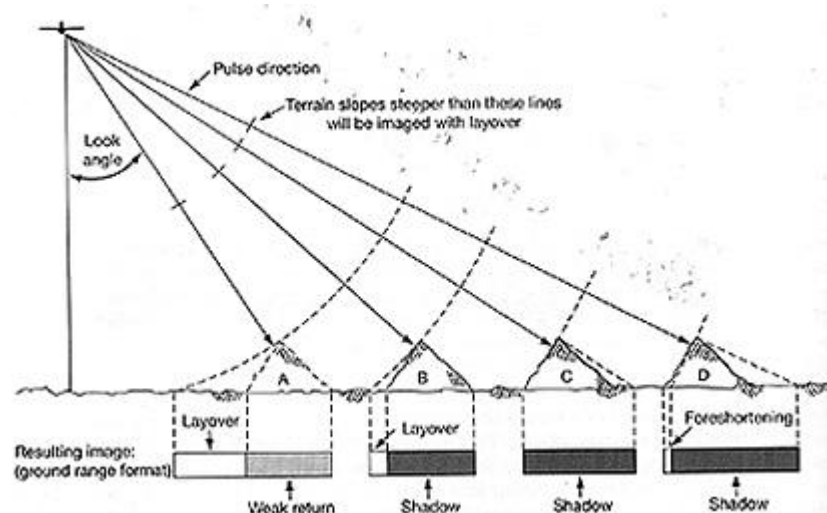
Frontal Rope Cloud

แนวของเมฆ Sc, Cu, หรือ Tcu ก้อนเล็กๆ รวมกัน เกิดอยู่ข้างหน้าแนวปะทะอากาศเย็น ชนิดเคลื่อนตัวช้า มองจากภาพดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาคล้ายเส้นเชือก



Foreshortening

ผลจากมุมกล้องใน Sensor ที่ทำให้ภาพของเมฆตามบริเวณริมๆ เกือบสุดขอบภาพมีลักษณะร่นเข้าไปชิดกันกว่าระยะจริง



Full disc (Complete earth disc) ภาพเต็มซีกโลกด้านที่หันหน้าเข้าหาดาวเทียม ปรากฏเป็นวงกลมเต็มดวงในสภาพสองมิติ (GMS) Geostationary Meteorological Satellite ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยานิตโคจรประจำที่



GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) ดาวเทียมปฏิบัติการเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อม เป็นดาวเทียมชนิดโคจรประจำที่ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีชื่อเรียกหลายชื่อ เช่น

Geosynchronous Equatorial Orbiter

Synchronous Meteorology Satellite

Geosynchronous Satellite Systems

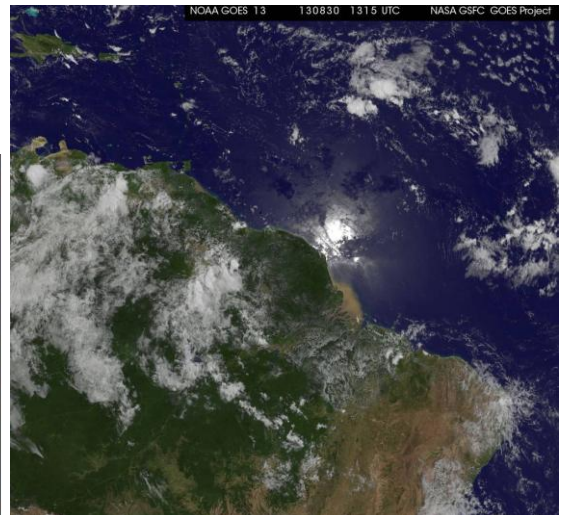
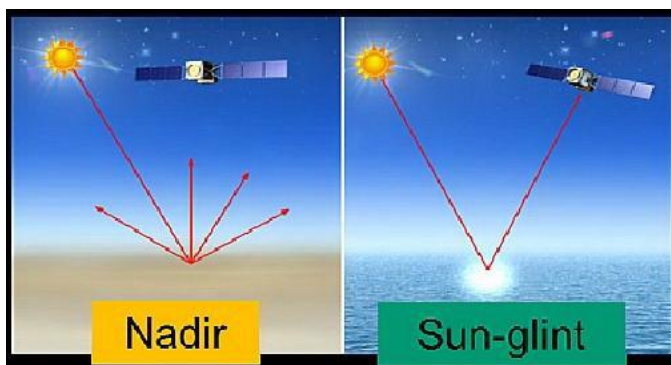
Synchronous Meteorological Satellite (SMS)



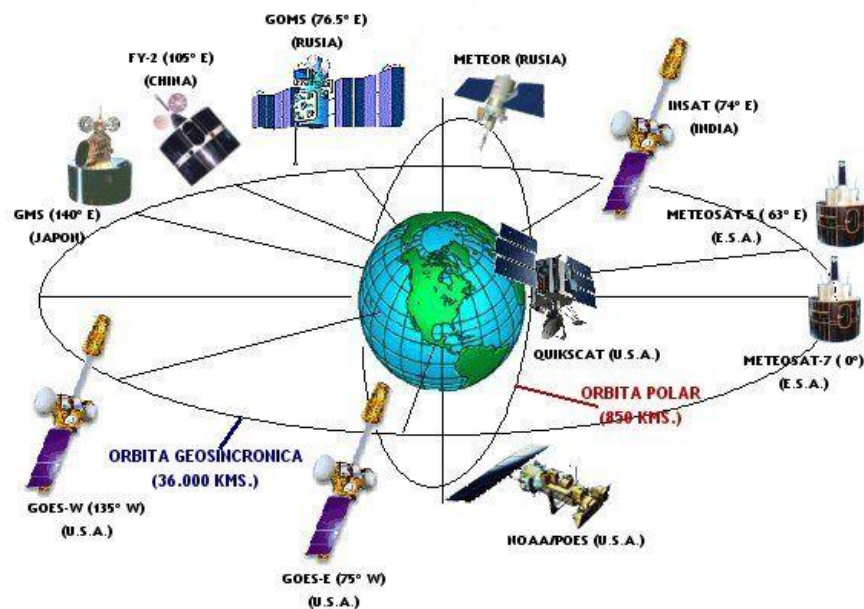
(สหรัฐอเมริกาส่งดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชินี้ขึ้นร่วมโครงการดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชินิตโคจรประจำที่ 2 ดวง คือ GOES East อยู่เหนือบริเวณมหาสมุทรแอตแลนติก และ GOES West อยู่เหนือบริเวณมหาสมุทรแปซิฟิก)

Glint

รูปร่างทรงกลมของวงแสงสะท้อนจากผิวน้ำ เกิดเมื่อดาวเทียมอยู่ในตำแหน่งเหมาะสมที่แสงอาทิตย์ซึ่งตกกระทบพื้นน้ำจะ สะท้อนขึ้นมาได้ตรงพอดี กรณีนี้เรียกว่า “Sun Glint” (หากวงแสงนี้เกิดจากแสงของดวงจันทร์เรียกว่า Moon Glint)



GOMS (Geostationary Operational Meteorological Satellite) ชื่อดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชินิตโคจรประจำที่ของรัสเซีย



Identical Channel อุปกรณ์ตรวจจับข้อมูล (หรืออุปกรณ์แยกแยะรายละเอียดของเป้าหมาย) ประกอบอยู่ในชุด Sensor



ITOS (Improved Television Operational Satellite) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยารุ่นแรก ซึ่งใช้กรรมวิธีการผลิตภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาด้วยเทคนิคการถ่ายภาพระยะไกล ภาพที่ได้จากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชุดนี้ รวมทั้งจากชุด ESSA เป็นรูปถ่ายจริง ๆ

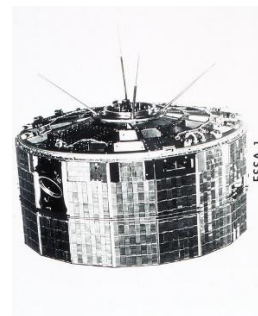
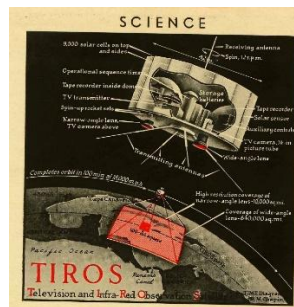
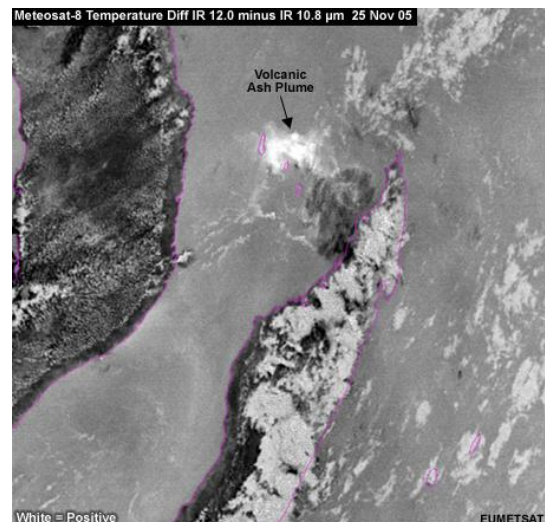
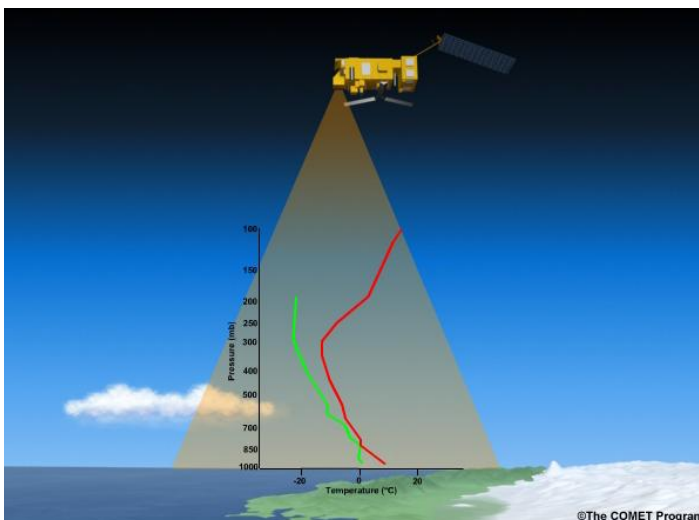
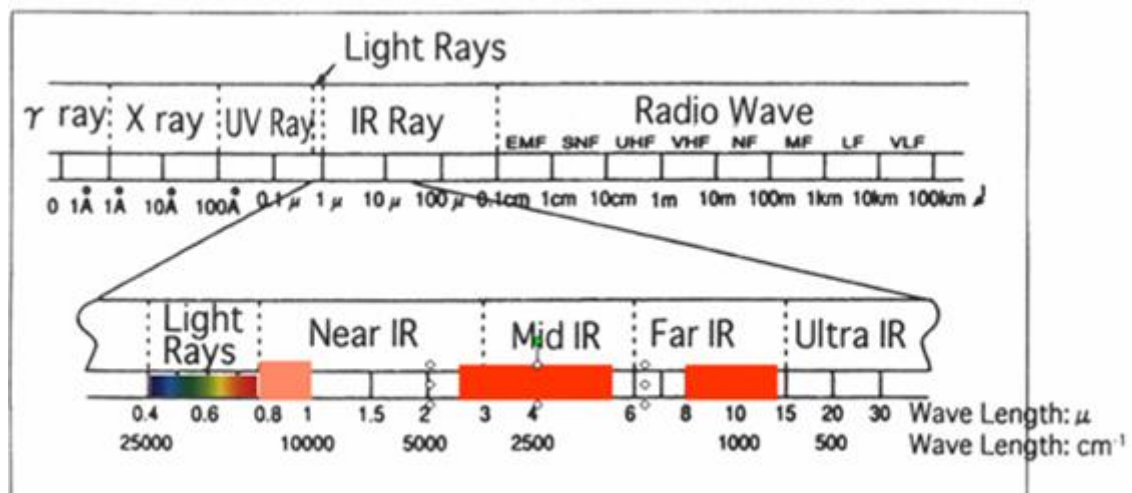
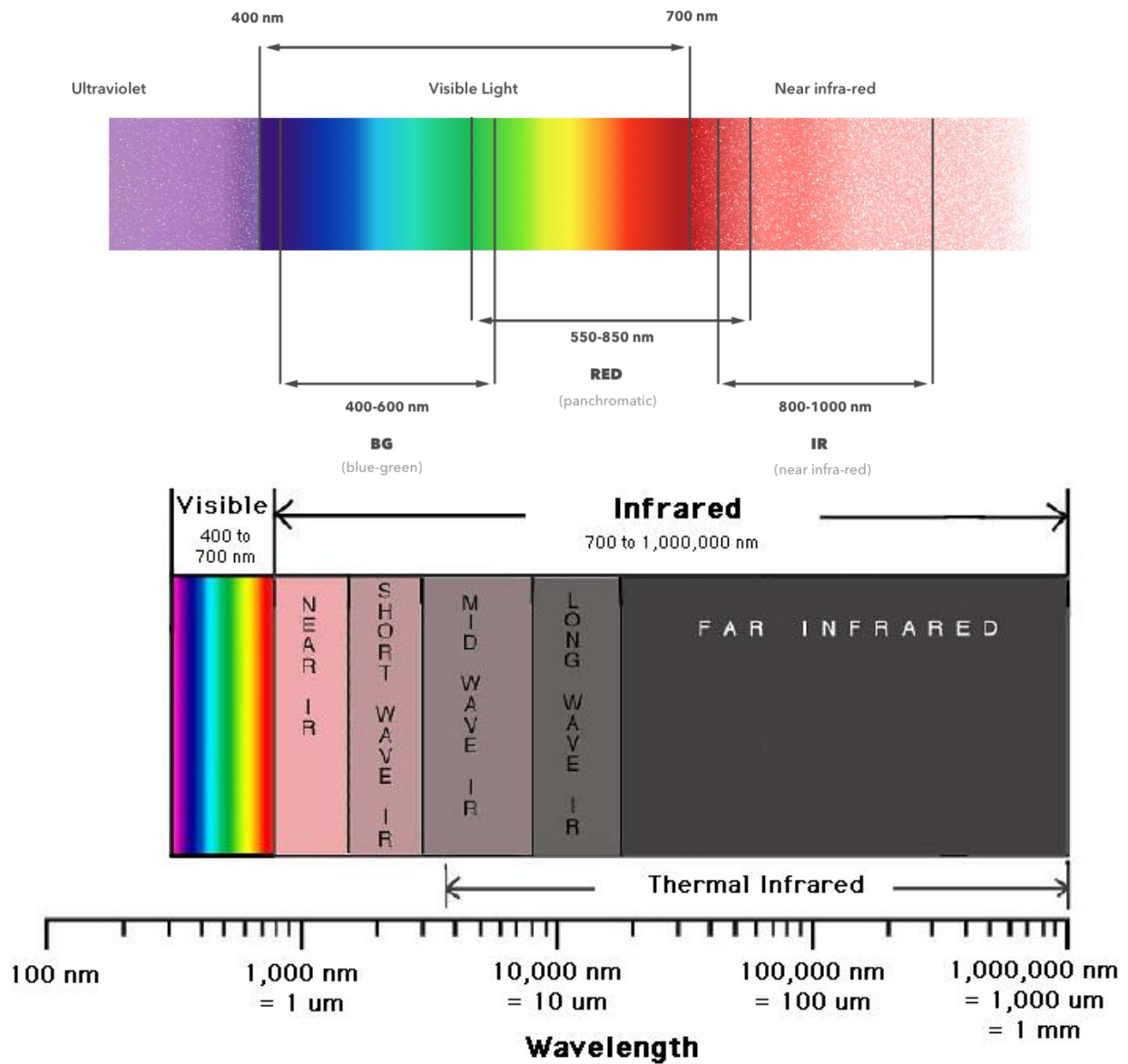


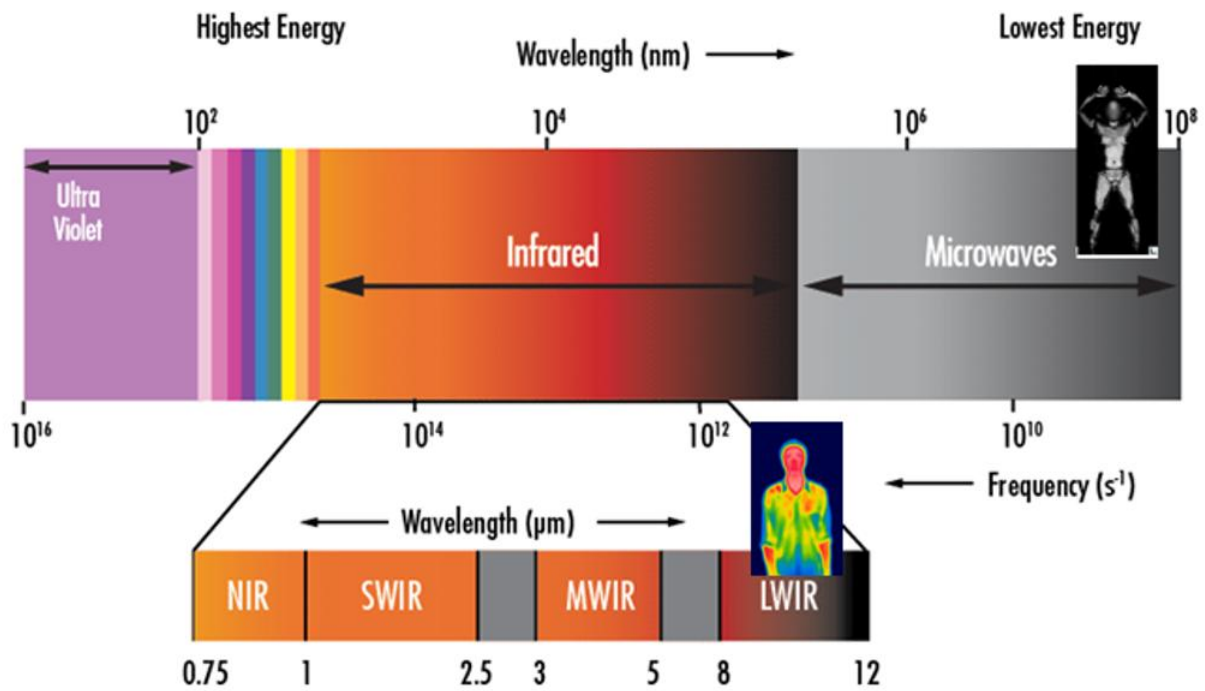
Image ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาในรุ่นหลัง (หลังจากชุด ESSA) จนถึงปัจจุบันซึ่งได้เปลี่ยนเทคนิคการจับภาพมาเป็นการใช้ Sensor ตรวจจับปริมาณพลังงาน, ส่งค่าที่ได้เข้าคอมพิวเตอร์ แล้วผลิตออกมาเป็น “ภาพเสมือน”



IR (Infra-red)

พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วงที่มีขนาดความยาวคลื่นแสงสีแดง(ตั้งแต่ 0.7–100 μm)
(เป็นรังสีคลื่นยาวที่สิ่งต่างๆ บนโลกแผ่ออกจากตัวเช่นกัน)





IR Sensor

วัดปริมาณพลังงานความร้อนที่แผ่ออกจากสิ่งต่างๆ

IR Image

ภาพถ่ายดาวเทียมอุณหภูมิจา IR Sensor ได้ทั้งกลางวัน, กลางคืน

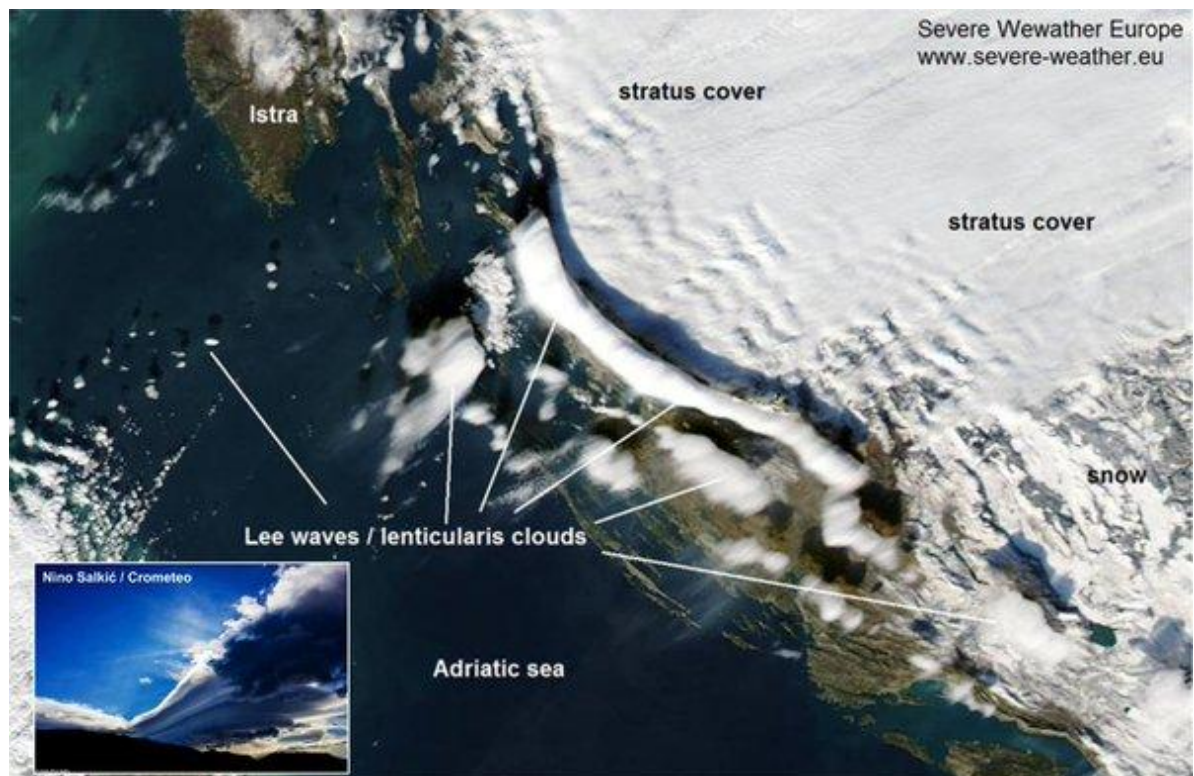
Lamda (λ อักษรกรีก)

ใช้เป็นสัญลักษณ์แทน “Wavelength” (ความยาวคลื่น)

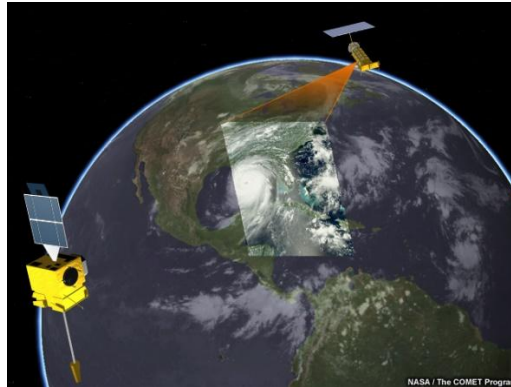
Lee Waves

ดู Bow

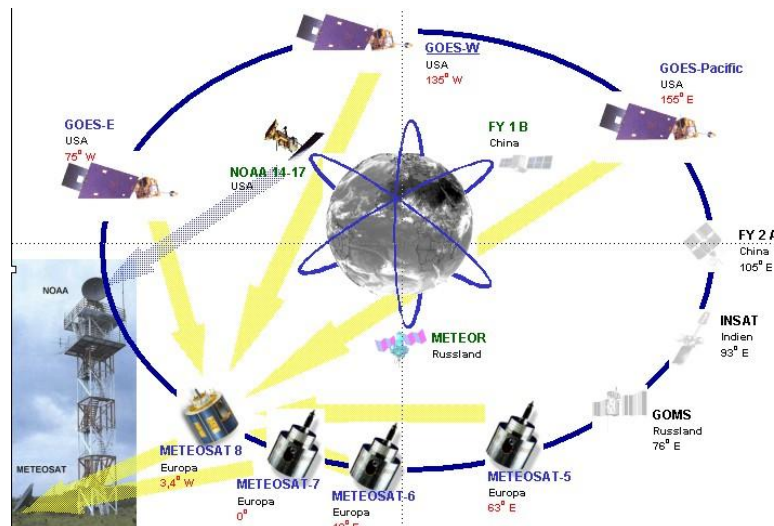
Waves



Limited scan mode (Rapid scan mode) การบังคับให้ Sensor หมุนกวาดเป็นมุมที่กำหนดแทนที่จะปล่อยให้หมุนครบรอบตามปกติ ใช้เมื่อต้องการจับภาพของบริเวณที่เกิดสภาพอากาศสำคัญ เช่น บริเวณที่กำลังเกิดพายุหมุน การใช้ Mode นี้จะทำให้ได้รับภาพเร็วขึ้น

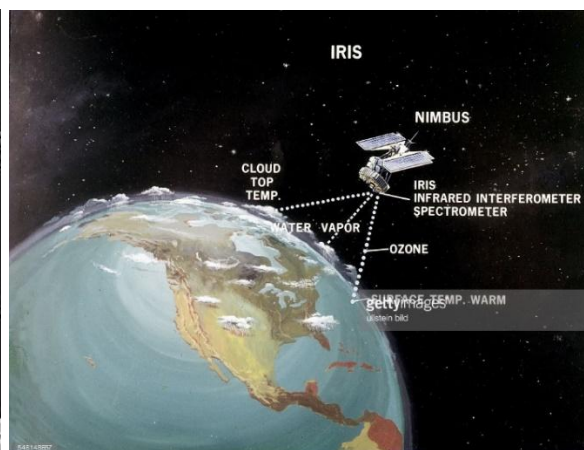
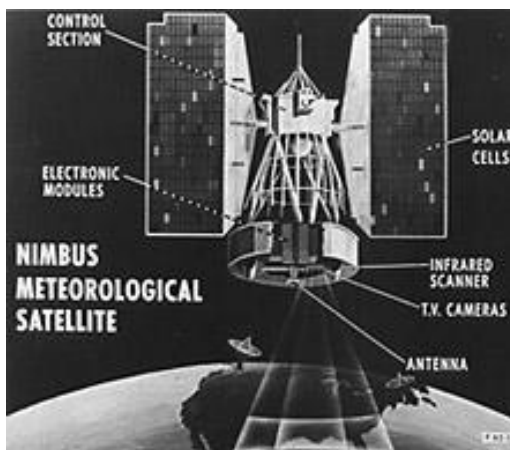


METEOSAT (Meteorological Satellite) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรประจำที่ ซึ่งองค์การค้นคว้าวิจัยด้านอวกาศของกลุ่มประเทศในยุโรปส่งขึ้นสู่วงโคจร ร่วมในโครงการดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรประจำที่ (NOAA) National Oceanic and Atmospheric Administration องค์การดำเนินงานด้านสมุทรศาสตร์และบรรยากาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา



NASA (National Aeronautics and Space Association) องค์การดำเนินงานด้านการบินและอวกาศแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา

NIMBUS เป็นชื่อเต็ม (ไม่ใช่อักษรย่อ) ของดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก



Normal scan mode การหมุนกวาดจับภาพในภาคปกติของ Sensor ในตัวดาวเทียมซึ่งหมุนไปกับตัวดาวเทียม เป็นวงรอบตัว 360 องศาการใช้ mode นี้สามารถผลิตภาพเต็มซีกโลกได้ในเวลา 18.2 นาที



NVA (Negative Vorticity Advection) การเคลื่อนที่แนวระนาบ (advection) ของสภาพการหมุนแบบ Anticyclonic (ในวิชาไดนามิกส์ ถือว่าการหมุนแบบ Anticyclonic นั้นมีค่าเป็นลบ) เกิดร่วมกับสภาพ **divergence** หรือการจมนตัวของมวล) ดังนั้นเมื่อสภาพ NVA เคลื่อนเข้าสู่พื้นที่ใดก็อาจกล่าวได้ว่า โดยทั่วไปแล้วสภาพอากาศจะดี

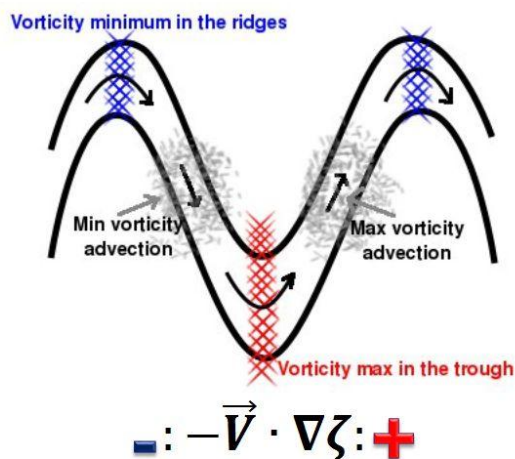
Vorticity in the Upper Troposphere

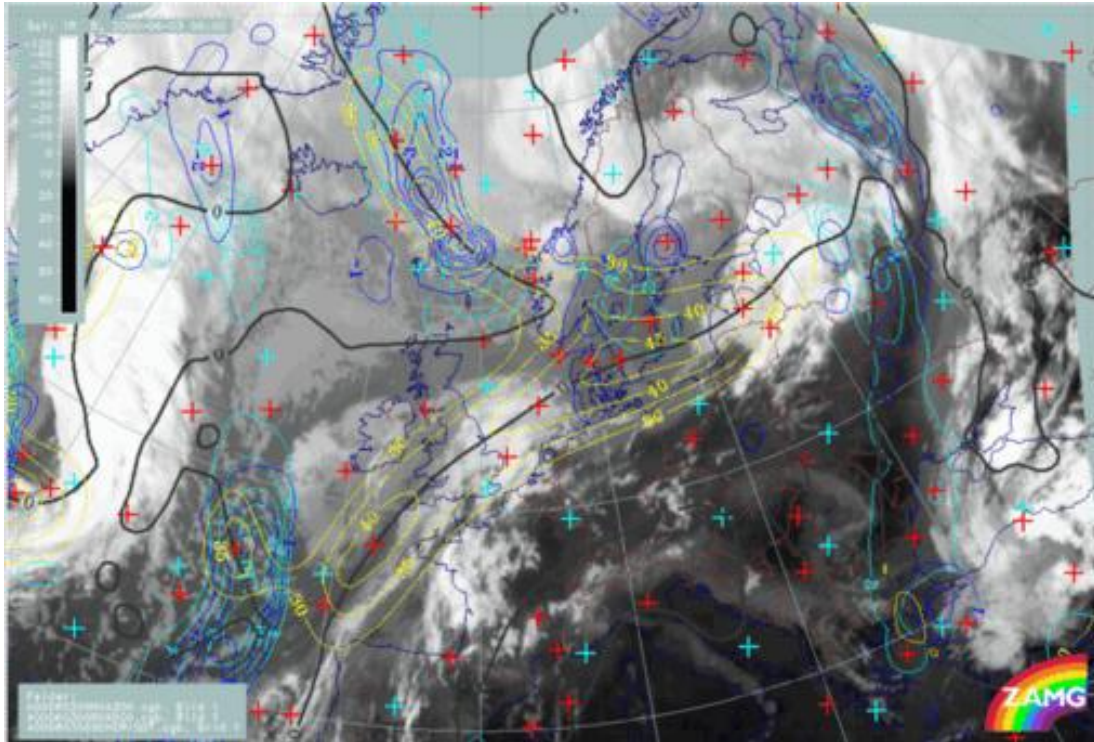
Vorticity advection: where and what kind?

Pinpoint vorticity **minima** and **maxima**

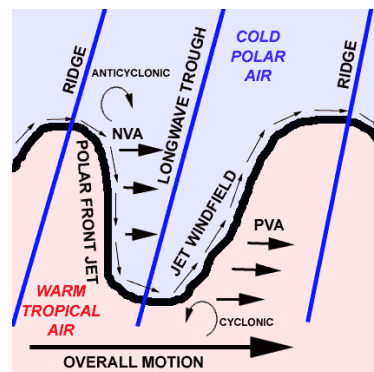
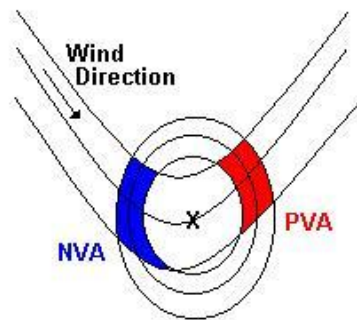
Negative vorticity advection (**NVA**) occurs just "downstream" from a ridge axis (vorticity minimum)

Positive vorticity advection (**PVA**) occurs just "downstream" from a trough axis (vorticity maximum)

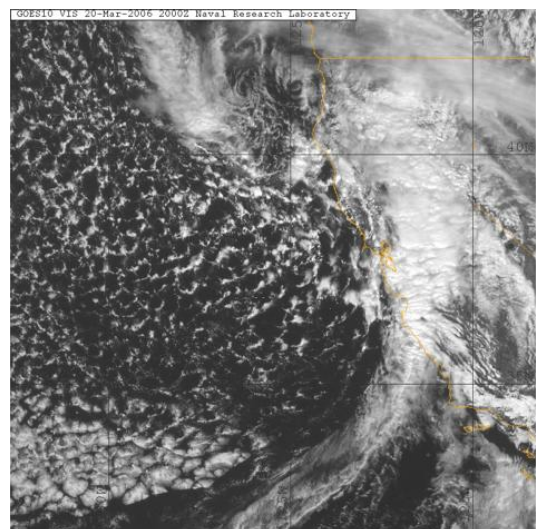




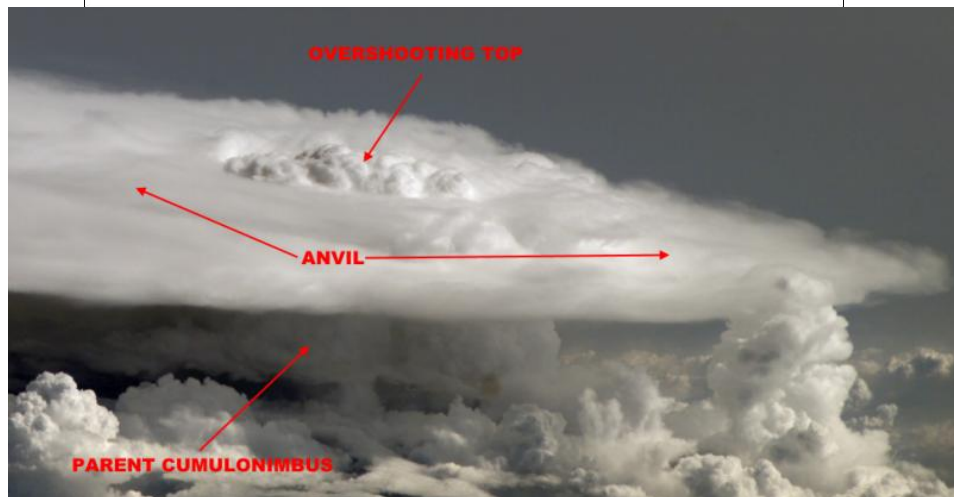
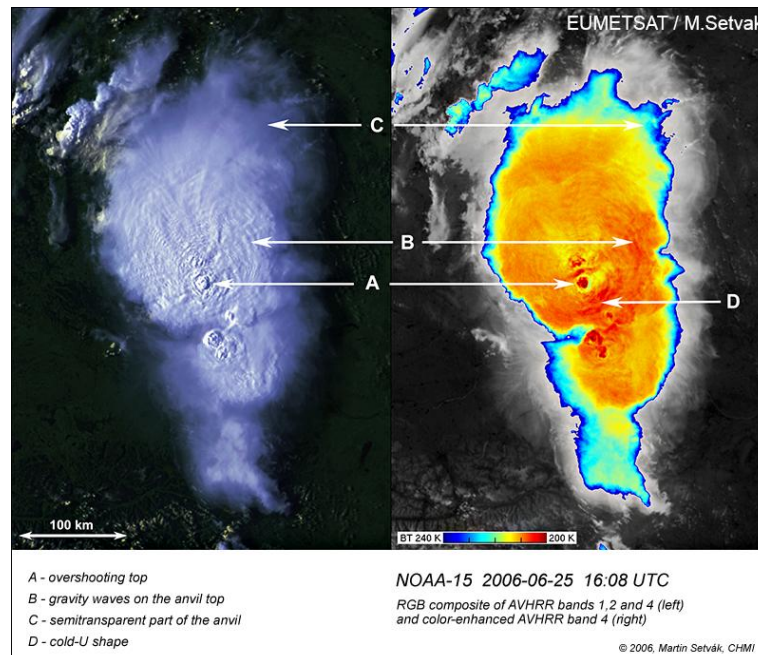
03 June 2000/06.00 UTC - Meteosat IR image; blue: negative vorticity advection (NVA) 500 hPa, cyan: negative vorticity advection (NVA) 300 hPa, yellow: isotachs 300 hPa, black: shear vorticity 300 hPa



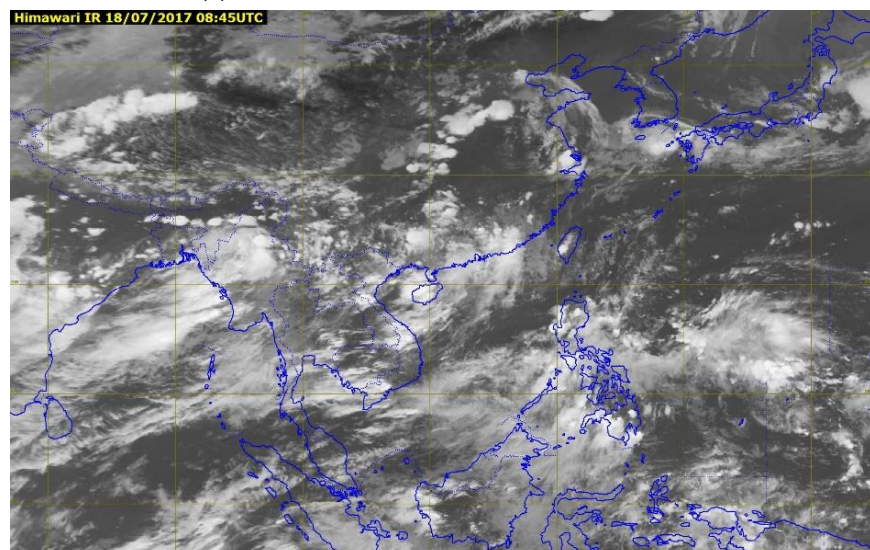
Open Cell โดยทั่วไปเป็นเมฆ Cu ที่มองจากภาพถ่ายดาวเทียมแล้วมีเนื้อเมฆเฉพาะตามขอบ บริเวณตรงกลางกลวงว่างเปล่า อาจมีรูปคล้ายเกือกม้า หรือเป็นวงค่อนข้างกลมก็ได้



Overshooting top ยอดของ Cb ที่มีอากาศ convection แรงจัด (ยอดเมฆส่วนนี้ มักพุ่งล้าเข้าไปในบรรยากาศชั้น Stratosphere)

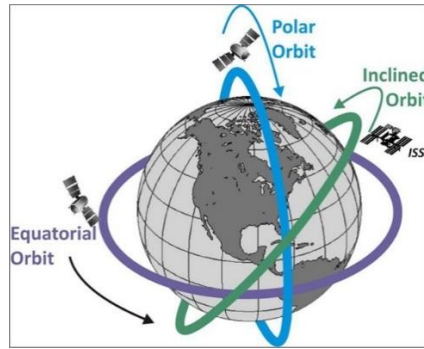


Partial disc ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาเฉพาะบางส่วน (ไม่เต็มซีกโลก)



Polar orbiter

หมายถึงดาวเทียมชนิดที่มีวิถีโคจรผ่านใกล้ขั้วโลกเหนือ-ใต้



PVA (Positive Vorticity Advection) การเคลื่อนที่แนวระนาบ (advection) ของสภาพการหมุนแบบ Cyclonic (ในวิชาไดนามิกส์ ถือว่าการหมุนแบบ Cyclonic นั้นมีค่าเป็นบวก เกิดร่วมกับสภาพ Convergence หรือ การยกตัวขึ้นทางตั้งของมวล) ดังนั้น เมื่อสภาพ **PVA** เคลื่อนเข้าสู่พื้นที่ใด อาจกล่าวได้ว่าจะเกิด**สภาพอากาศเลว** (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน **NVA**)

Rapid scan mode

การบังคับให้ Sensor หมุนกวาดในมุมจำกัด (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน

Limited scan mode)

Resolution

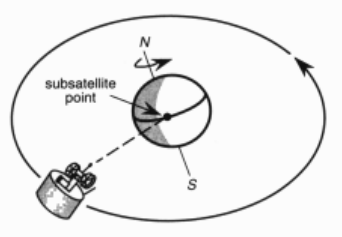
ความคมชัด หมายถึง ความสามารถของ sensor ในการแสดงรายละเอียดของเป้าหมาย

Range Resolution

ค่าของความคมชัดที่เป็นปฏิภาคกลับกับค่าระยะทาง (ความคมชัดมากใช้ระยะทางน้อย)

Satellite Sub-point

(หรือ Subsatellite point) หมายถึงตำบล (บนผิวโลก) ณ จุดที่จะถูกลากผ่านได้โดยเส้นแกนเดียวกันตรงตลอดจากตัวดาวเทียมผ่านพื้นระนาบของบริเวณภาพ (Image plane) สู่จุดศูนย์กลางของโลก



Scanning Radiometer (Sensor) เครื่องมือตรวจวัดปริมาณพลังงาน ติดตั้งในดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา รุ่นใหม่ๆ สามารถหมุนกวาดได้รอบตัว

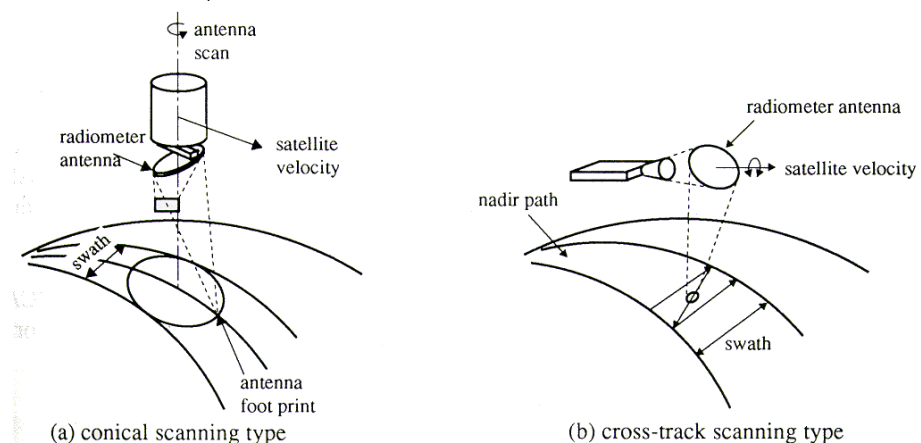
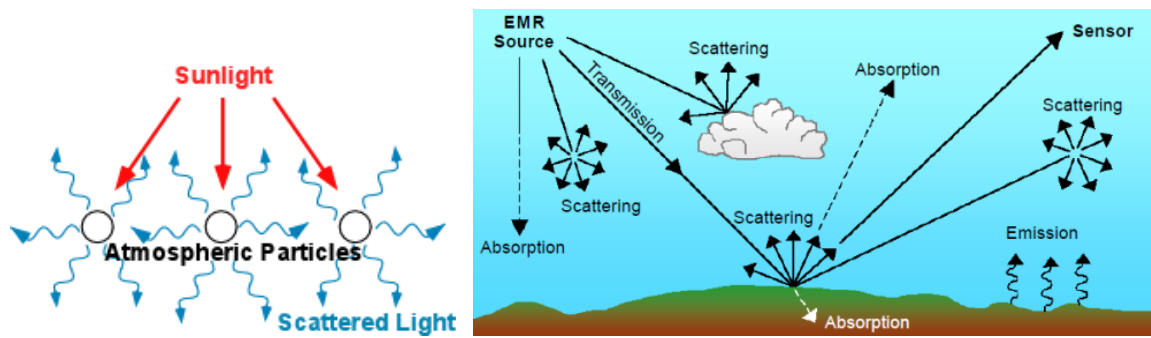


Figure 4.8.2 Microwave scanning radiometer 2)

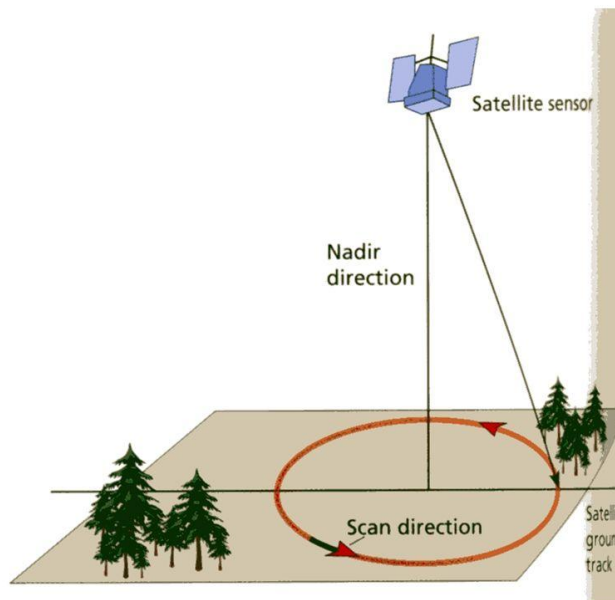
Scattering

การกระจายตัวของรังสีไปในทิศทางต่างๆ หลังจากตกกระทบอนุภาคต่างๆ



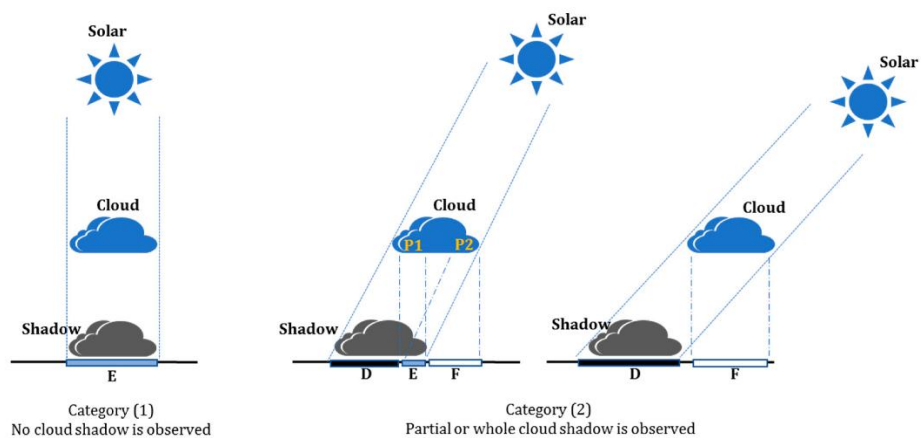
Sensor

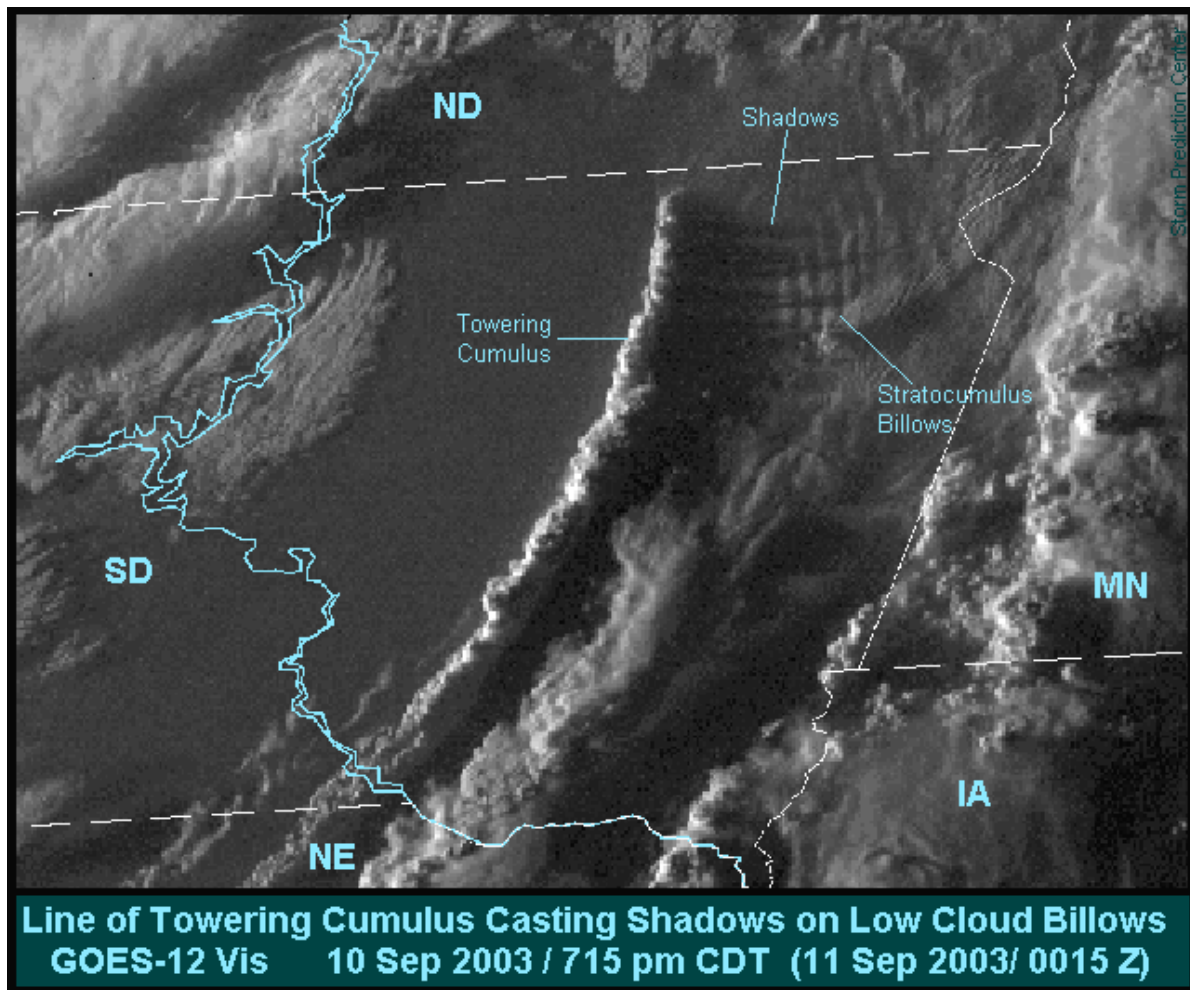
เครื่องมือตรวจวัดปริมาณพลังงาน ติดตั้งในดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา รุ่นหลังๆ สามารถหมุนกวาดได้รอบตัว ตัวกวาดจับพลังงาน = Visible and Infra-red Spin Scan Radiometer (VISSR)



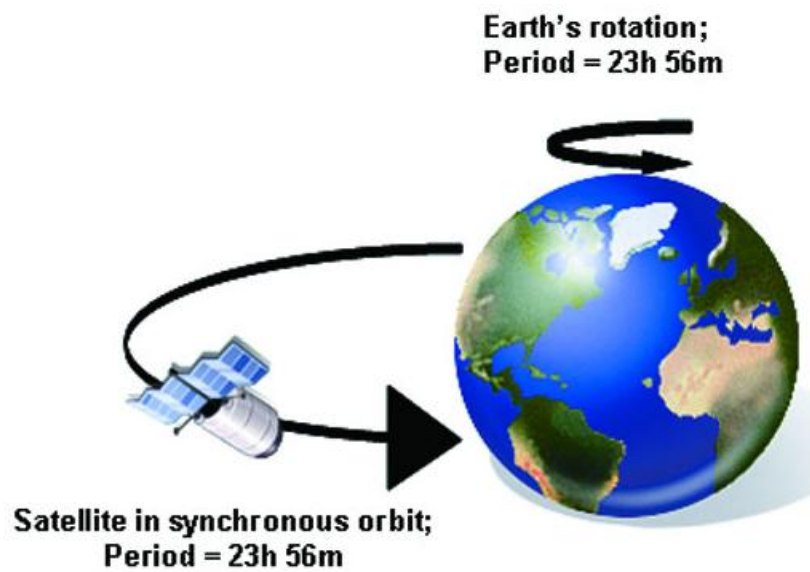
Shadow

หมายถึงขอบของเงาจากเมฆในระดับสูงกว่า ที่ทาบบนเมฆระดับต่ำกว่า



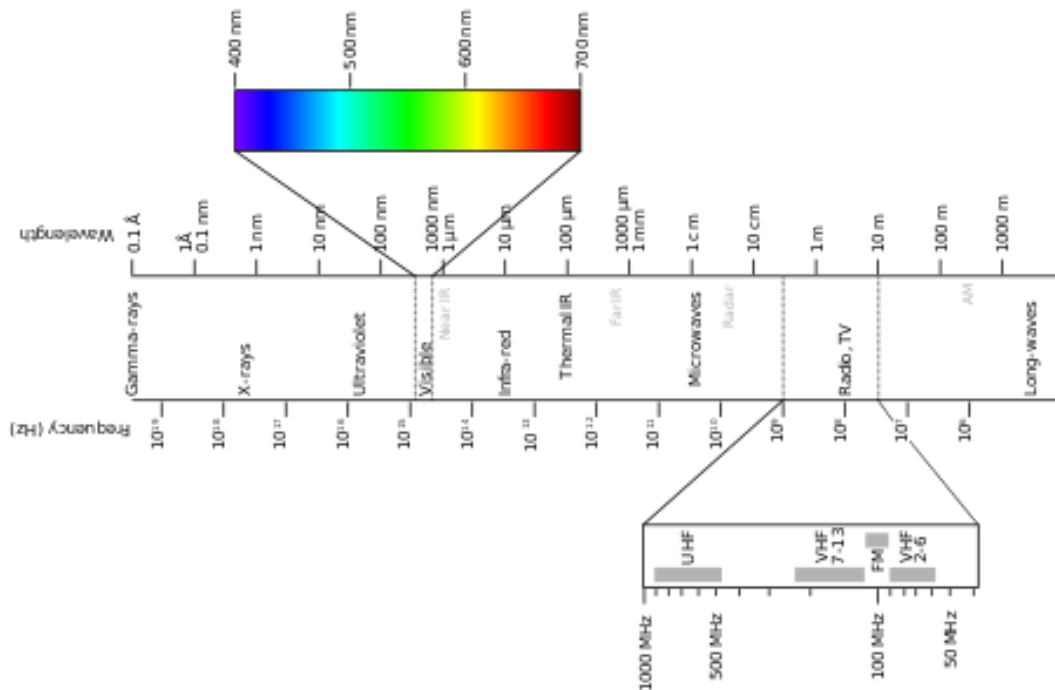


SMS (Synchronous Meteorological Satellite) คือชื่อหนึ่งที่ใช้เรียกดาวเทียมชนิดโคจรประจำที่ (โคจรไปด้วยความเร็วเดียวกับโลก ทำให้ดาวเทียมอยู่ในตำแหน่งเดิมเมื่อเทียบกับโลก)



Spectrum

รังสีแถบคลื่นความถี่ต่างๆ จากดวงอาทิตย์



0.4 - 0.74 μm = Visible

0.74 - 2 μm = near IR (DMSP, NOAA 7, NOAA 8 และ METEOSAT ใช้ย่าน near IR ด้วย)

2 - 6 μm = mid IR

6 - 15 μm = far IR (GOES กับ SMS ใช้ย่าน far IR)

15 - 100 μm = far far IR

Standard Sector เขตภาพมาตรฐานตายตัว รายละเอียดต่างๆ ของภาพถ่ายเขตนี้นี้ (เช่น ตำแหน่งพื้นที่, ค่าความคมชัด) ถูกกำหนดไว้เป็นมาตรฐานตายตัว

This first-ever 30 cm imagery pushes beyond the industry gold standard set by 50 cm TRUE imagery

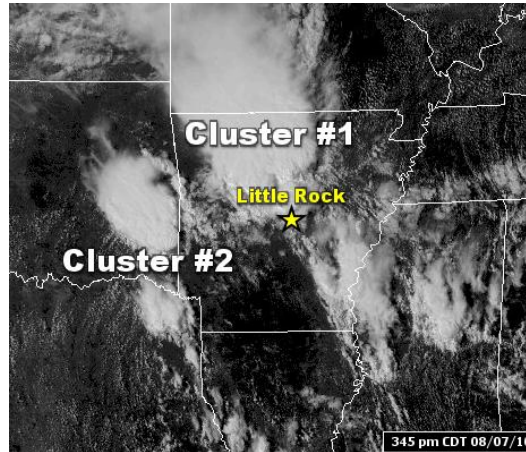


Stereographic

เป็นเทคนิคในกรรมวิธีการผลิตภาพให้ได้ค่าความถูกต้องของตำแหน่งตัวการต่างๆ ปกคลุมอยู่จริงๆ ด้วยการนำผลการเก็บข้อมูลของดาวเทียมมากกว่า 1 ดวง ของพื้นที่เดียวกันมาเปรียบเทียบกัน เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ตรงต่อความจริงที่สุด

Sun Synchronous Satellite (เป็นชื่อที่ใช้เรียกดาวเทียมชนิดโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก) แต่ความหมายของชื่อคือ ดาวเทียมที่มีวิถีโคจรผ่านตำบลหนึ่งๆ พร้อมกับการโคจรผ่านตำบลนั้นของดวงอาทิตย์ (ในช่วงใดช่วงหนึ่งของวงวิถีโคจรหนึ่งๆ ของมัน)

Thunderstorm Clusters กลุ่มของพายุฝนฟ้าคะนอง



TIROS (Television Infrared Observation Satellite) ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดที่มีวิถีโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก เป็นดาวเทียมอุตุนิยมวิทยารุ่นแรก ซึ่งยังใช้ระบบถ่ายภาพด้วยกล้อง

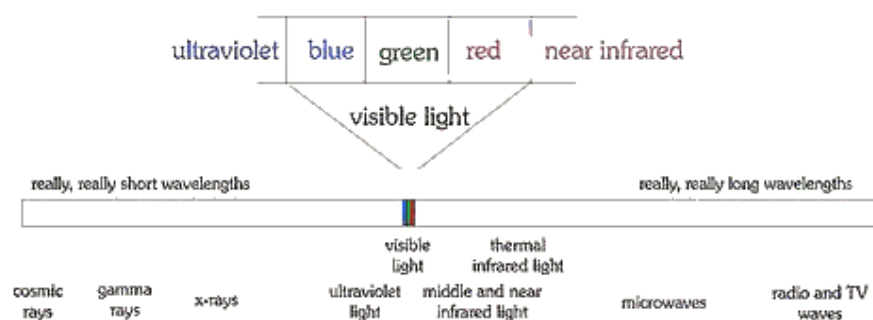


TOS (TIROS Operational System) ระบบปฏิบัติการที่ใช้กับดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาชนิดที่มีวิถีโคจรผ่านใกล้ขั้วโลก

VIS (Visible) (การปฏิบัติงานของดาวเทียม) ในย่านของคลื่นแสงช่วงที่สายตาสถาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้

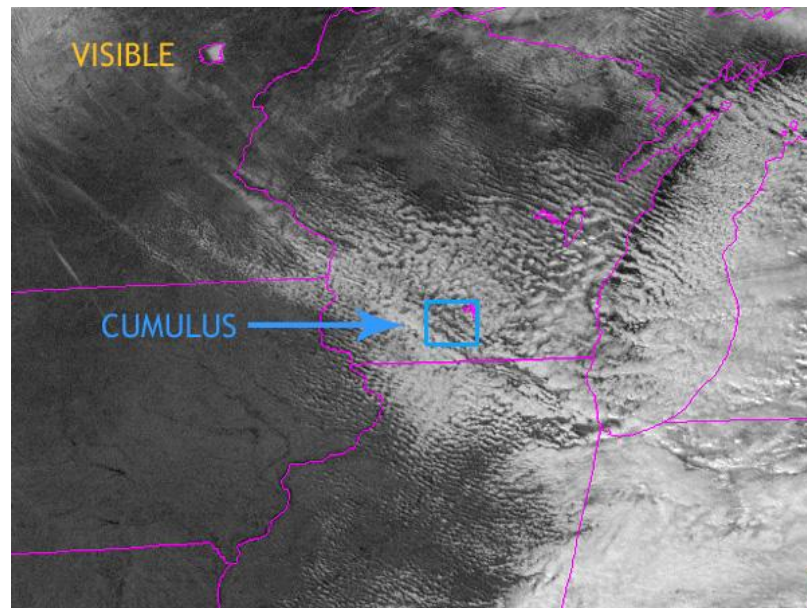
Visible Light คลื่นแสงช่วงที่สายตามนุษย์สามารถเห็นได้ ซึ่งอยู่ในย่านช่วงคลื่นตั้งแต่ $0.4 - 0.74 \mu\text{m}$

The Electromagnetic Spectrum



Visible Sensor เครื่องตรวจวัดปริมาณพลังงานแสงที่สะท้อนจากสิ่งที่กระทบแสง

Visible Image ภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งได้จากการใช้ Visible Sensor (ได้รับเฉพาะในเวลากลางวัน)



Water Vapor Channel เป็นช่องหนึ่งใน Sensor สร้างขึ้นเพื่อใช้ตรวจจับพลังงานที่แผ่ออกจากความชื้น (ที่ยังไม่มีมูลเหตุให้กลั่นตัวเป็นเมฆ)

