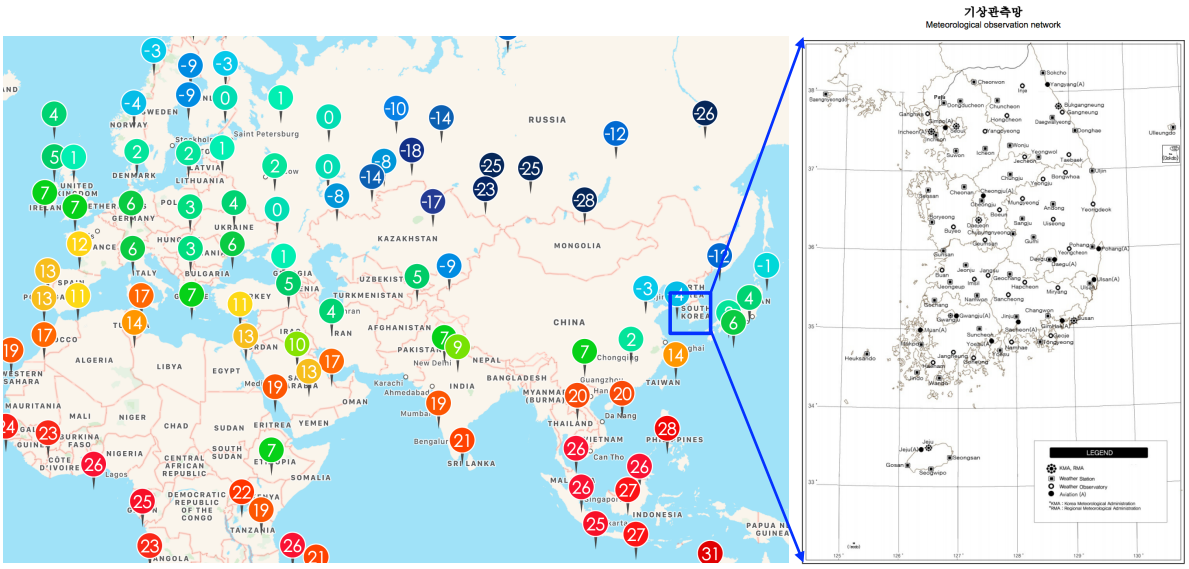
기상•기후자료와 빅데이터

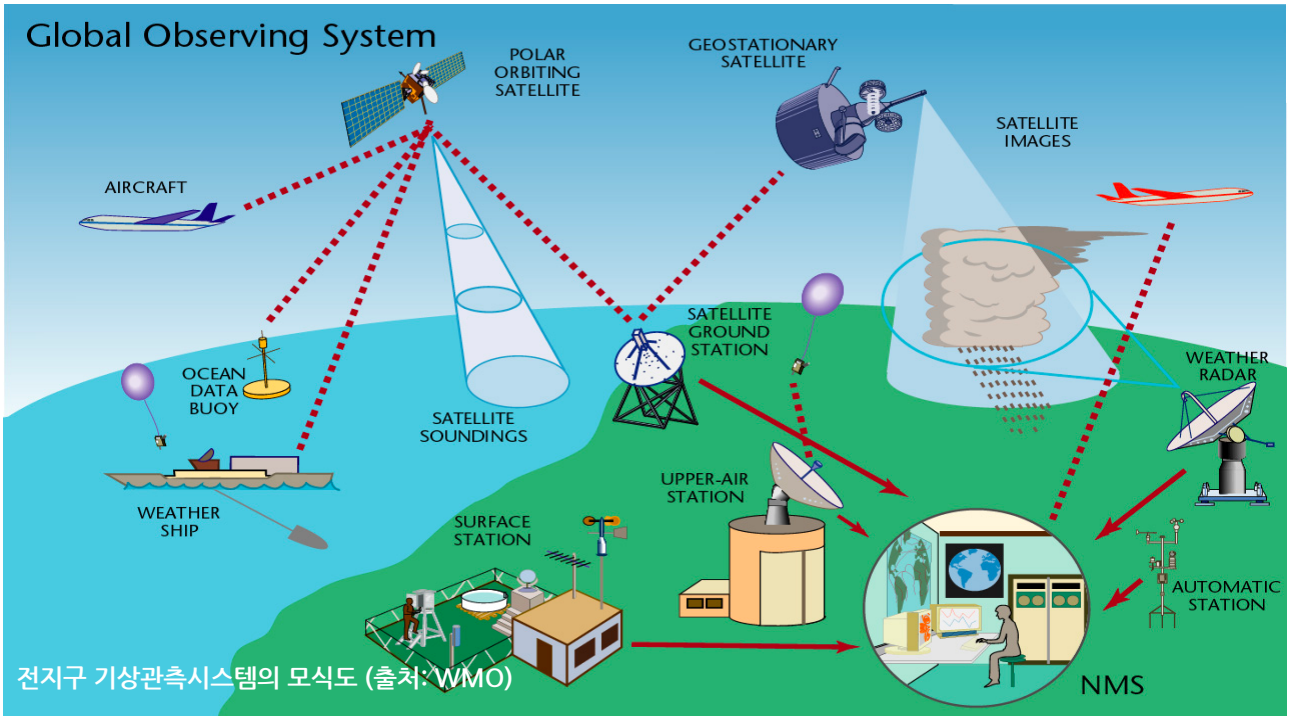
기상 및 기후는 우리의 삶과 매우 밀접하게 연결되어 있다.

소주제: 기상 관측 자료



각 국가들은 기상관측 네트워크를 구성하여 실시간으로 기상상태를 관측하고, 이 자료는 세계기상기구(WMO)를 통해서 공유된다. 그림: 세계 중요 도시의 온도(왼쪽, 출처:weather map), 한반도의 기상관측망(오른쪽, 출처:기상청).

기상 정보의 중요성으로 인해 각 국가들은 실시간으로 기상상태를 관측하고 이를 공유한다. 이러한 과정을 통해 방대한 양의 자료가 생산된다.

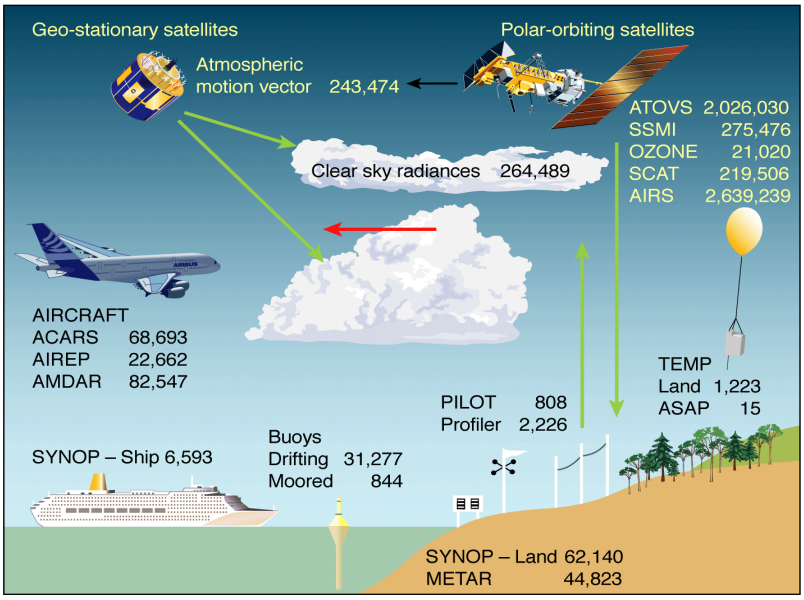


전지구 기상관측시스템의 모식도 (출처: WMO)

기상관측은 다양한 기술을 활용하여 이루어지며 크게
1) **지상**관측소 하층 및 상층 대기 관측
2) **항공기**를 이용한 상층 대기 관측,
3) **선박 및 부이(buoy)**를 이용한 해상에서의 관측,
4) **인공위성**을 이용한 관측 등으로 나눌수 있다.

또한 대기의 상태는 해양에도 큰 영향을 받으으므로, 다양한 해양 관측도 함께 이루어진다.

소주제: 기상 관측 자료



대기의 상태를 추정하기 위해 활용되는 관측 자료의 양 (출처: ECMWF)

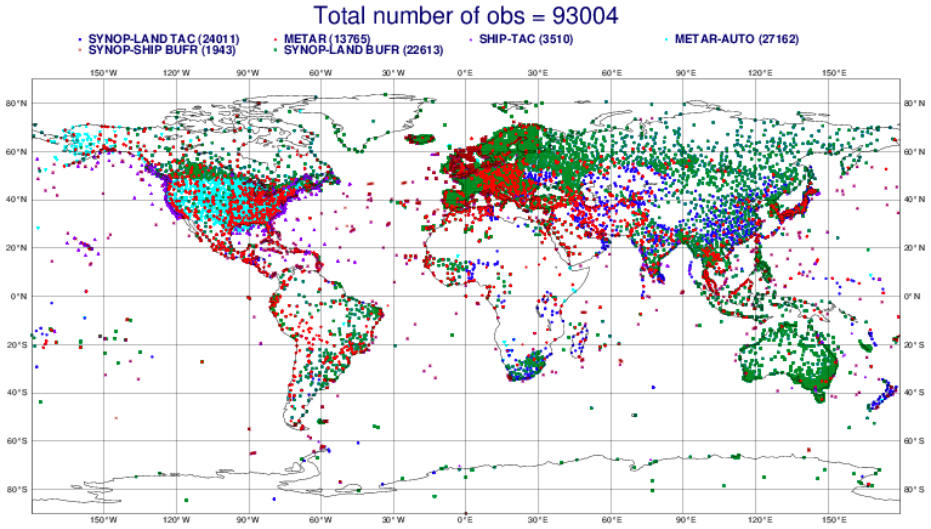
전통적으로 기상관측은 지상 관측소에서 많이 이루어졌으나, 기상위성의 발달로 현재는 기상위성 자료가 더 많이 사용된다.

하지만, 지상관측소자료는 표준자료로서 기상/기후 분석에서 여전히 매우 중요한 역할을 한다.

기상위성의 발달로 위성을 이용한 관측자료가 증가하고 있다.

소주제: 기상 관측 자료

지상관측소 및 선박 자료의 공간 분포
(지상관측소에서는 지속적으로 대기의 상태를 관측하고 이를 실시간으로 보고한다.)

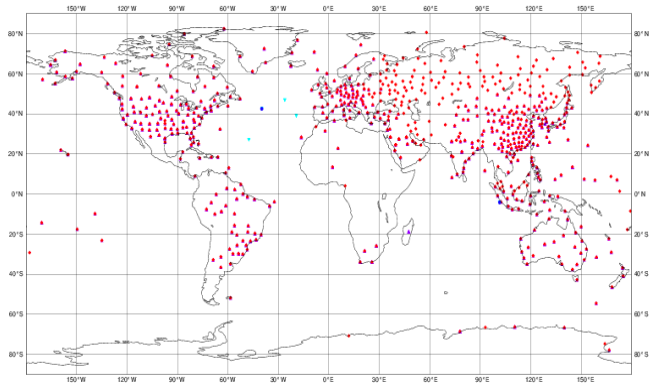


지상관측소 및 선박 자료의 공간 분포 (2017년 12월 27일 00UTC; 출처: ECMWF)

각 국가들은 지상 관측소에서 기상을 관측하며, WMO를 통해서 자료를 공유한다.

소주제: 기상 관측 자료

라디오존데 자료의 공간 분포
(풍선을 이용하여 대기 상층의 온도, 습도, 바람을 약 20-30km 높이까지 관측할 수 있으며, 이러한 관측은 매일 최소 2번 이상 이루어진다.)



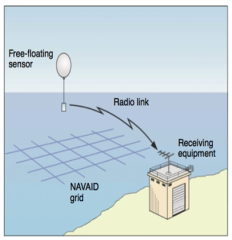
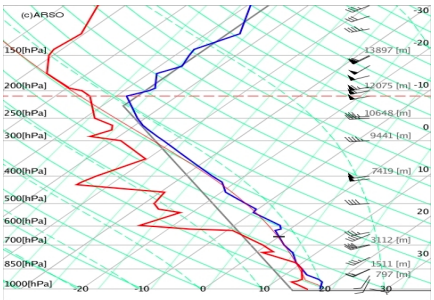


Figure 6 NAVAID retransmission system.

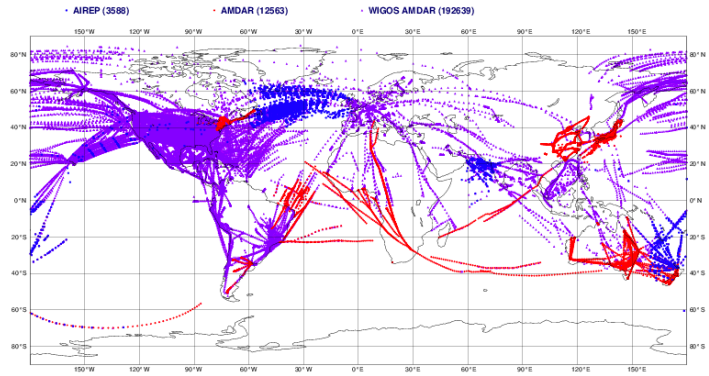


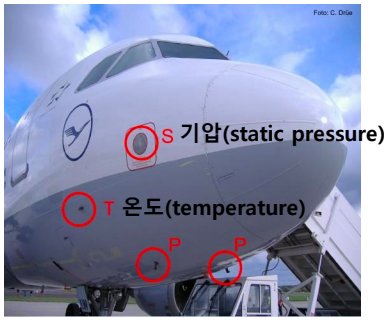
라디오존데 관측소의 공간분포(왼쪽)와 라디오존데를 이용한 관측원리 및 자료(온도, 습도, 바람)
(출처: ECMWF, UMETTRAIN, Shallhorn et al. 2003)

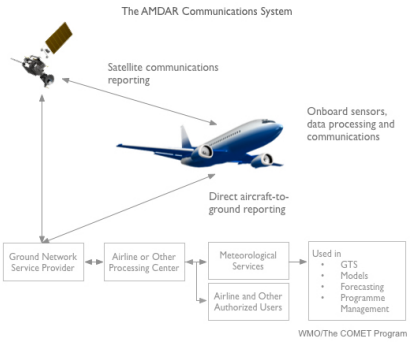
라디오존데 관측은 대기의 연직구조 파악에 매우 중요한 자료이다.

소주제: 기상 관측 자료

항공기 관측자료
항공기에 내장된 온도와 기압센서로 부터 얻어진 대기의 상태는 위성과 지상 기지국에 보고되고 수집되어 기상자료 생산에 활용된다. 아래 그림은 2017년 12월 27일에 보고된 항공기 자료의 분포이다



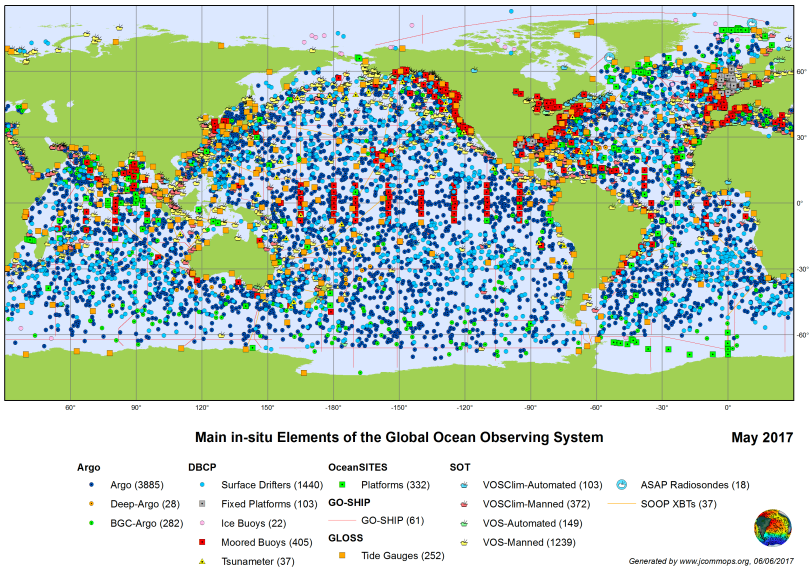




항공기 관측자료의 공간분포와 자료 송수신 원리
(출처: ECMWF, Univ Trier, METED)

항공기 관측은 상층대기의 상태를 알 수 있는 중요한 자료이다.

소주제: 기상 관측 자료



다양한 형태의 해양 부이 관측 위치 (출처: www.jcommops.org)

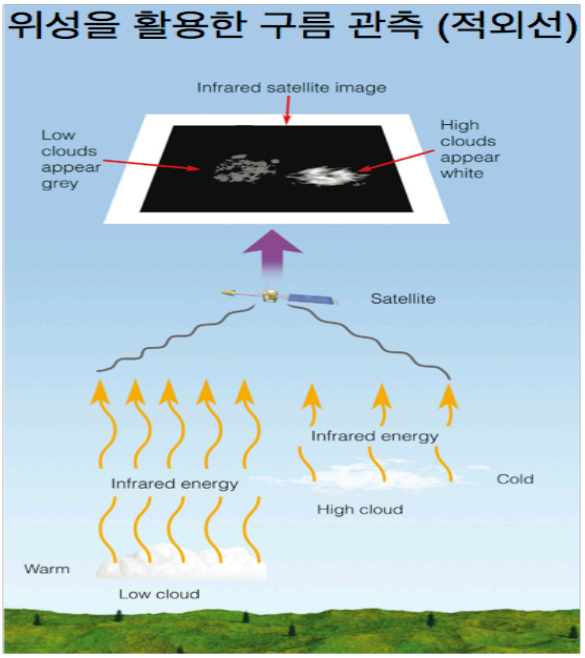
이 밖에도 자료가 부족한 해상에서의 관측을 위해서 해양 부이(buoy) 관측을 수행한다.

해양의 상태는 대기에 큰 영향을 미치므로 해양 부이는 대기 관측 이외에도 해양의 상태를 다양한 방법으로 관측한다.

해양은 기상/기후에 큰 영향을 미치므로 해양에서도 매우 많은 관측이 이루어진다.

인공위성 관측 자료

소주제: 인공위성 관측 자료



인공위성을 이용한 관측은 기본적으로 대기에서 방출(혹은 반사)되는 복사량을 이용하여 이루어진다.

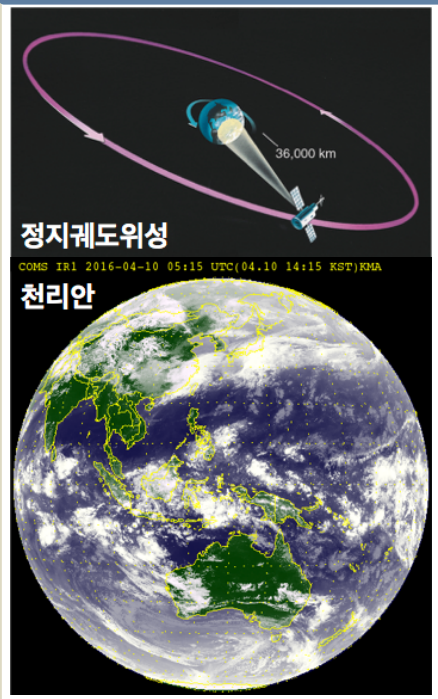
위성이 탑재한 장비에 따라서 다양한 파장대의 복사 에너지를 측정하며 이를 활용하면 온도/습도/대기조성 등을 측정할 수 있다.

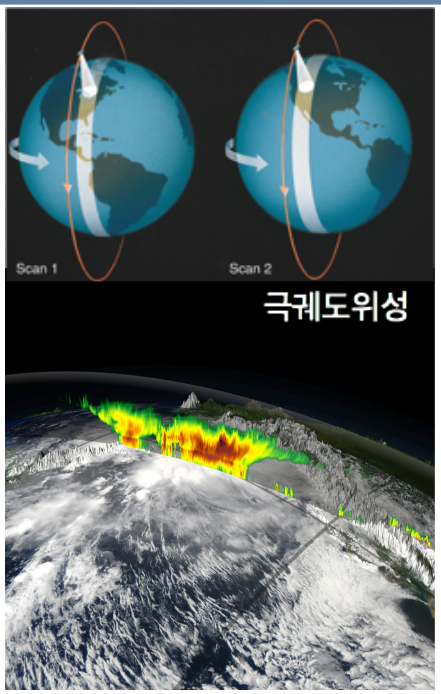
위성자료는 대기의 상태를 복사량으로부터 "**추정**"하기때문에 직접 관측보다 상대적으로 오차가 큰 편(단점)이나, 공간적 위치의 제약이 적어 지구 전체를 관측할 수 있다는 큰 장점이 있다.

따라서 지구의 상태를 모니터링 하는데 많이 활용되고 있으며, 방대한 양의 자료를 산출하고 있다

인공위성 관측은 공간적 위치의 제약이 적어 지구 전체를 관측할 수 있다는 큰 장점이 있다.

소주제: 인공위성 관측 자료

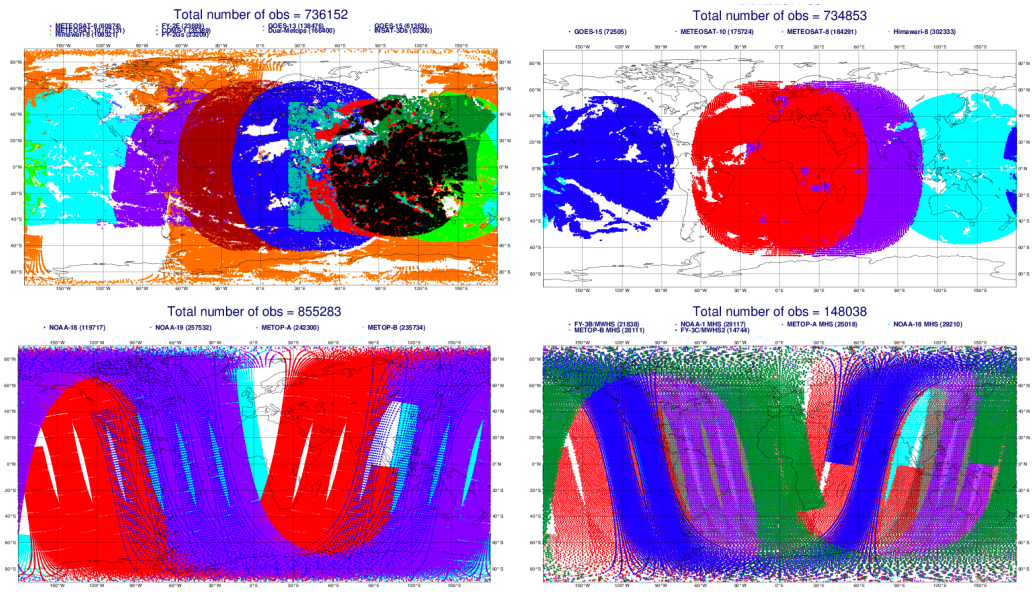




(왼쪽)정지궤도위성과 (오른쪽)극궤도위성의 궤도와 관측 자료 예시, (출처: KMA, NASA)

기상위성의 종류에는 지구와 함께 돌며 지구의 한면만을 관측하는 "정지궤도위성"과 남/북극을 지나면서 빠르게 회전하는 "극궤도위성" 이 있다.

소주제: 인공위성 관측 자료



(위)정지궤도위성과 (아래)극궤도위성의 관측 자료 분포, 그림 상단의 숫자는 관측자료의 양을 나타낸다 (출처: ECMWF)

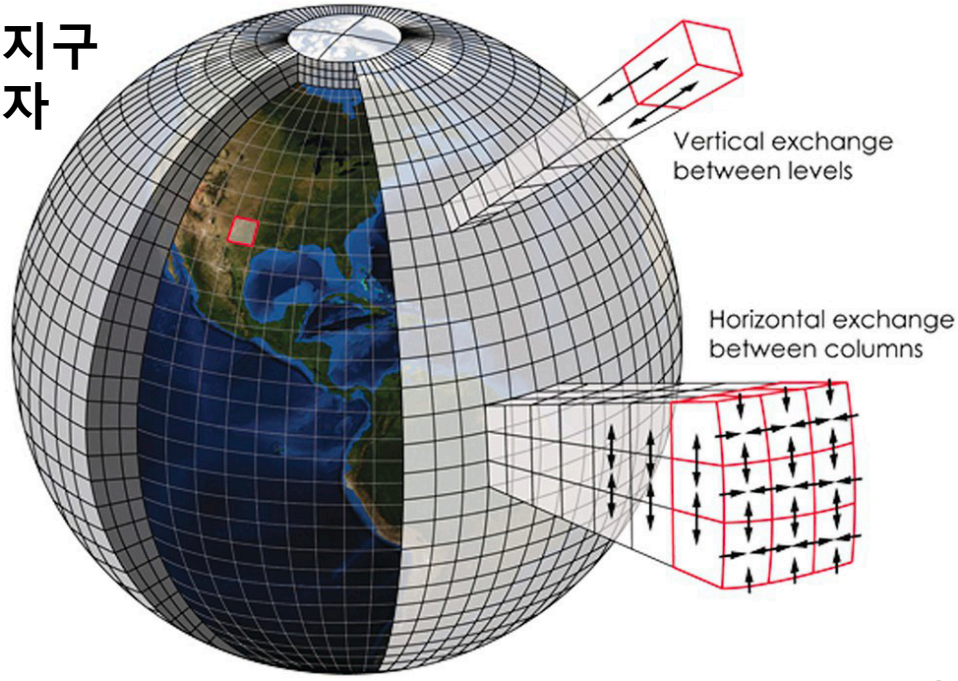
인공위성 관측은 지구의 상태를 모니터링 하는데 많이 활용되며, <u>방대한 양의 자료를 산출한다.</u>

소주제: 인공위성 관측 자료

지구의 상태를 모니터링하는 기상/환경 위성 및 참여국가 (출처: NESDIS)

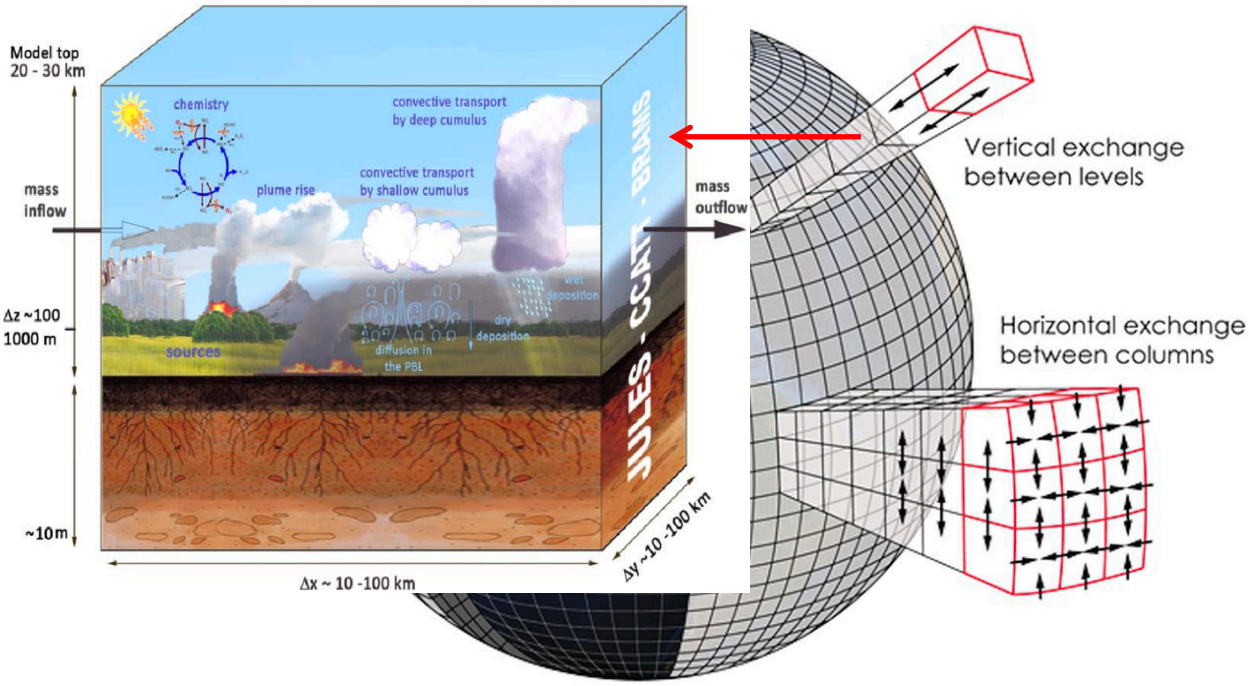
분석 및 수치모델 자료

일반적인 전지구 수치모델 격자



전지구 모형의 격자 구조와 각 격자별로 계산되는 모델의 과정. 모델 과정이 복잡해질 수록 격자당 저장하는 자료의 양이 증가한다 (출처: www.earthmagazine.org)

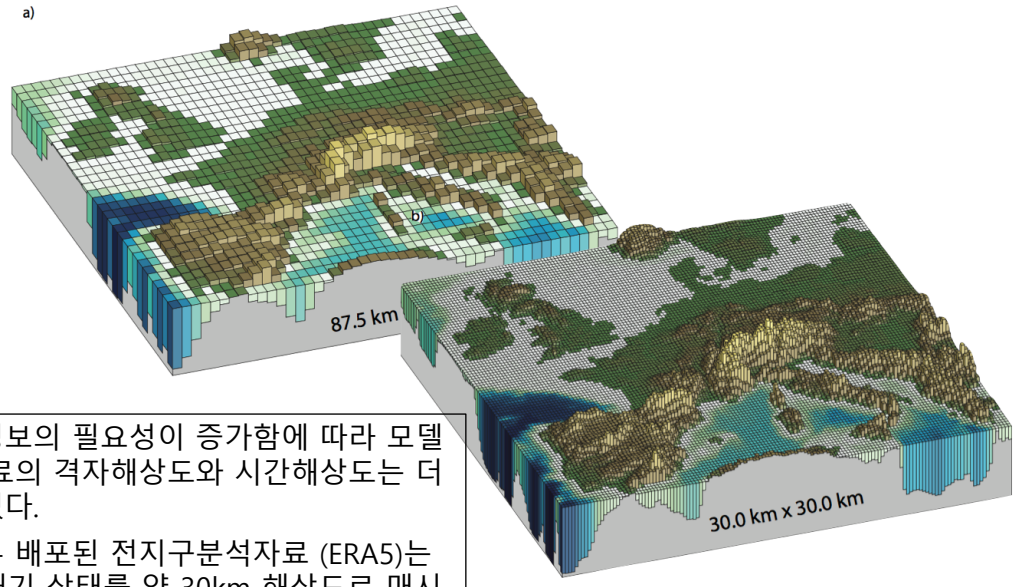
다양한 형태의 관측자료를 쉽게 활용하기 위해 격자형태의 자료를 생산한다.



전지구 모형의 격자 구조와 각 격자별로 계산되는 모델의 과정. 모델 과정이 복잡해질 수록 격자당 저장하는 자료의 양이 증가한다 (출처: www.earthmagazine.org, Moreira et al. 2013)

다양한 형태의 관측자료를 쉽게 활용하기 위해 격자형태의 자료를 생산한다.

소주제: 분석 및 모델 자료



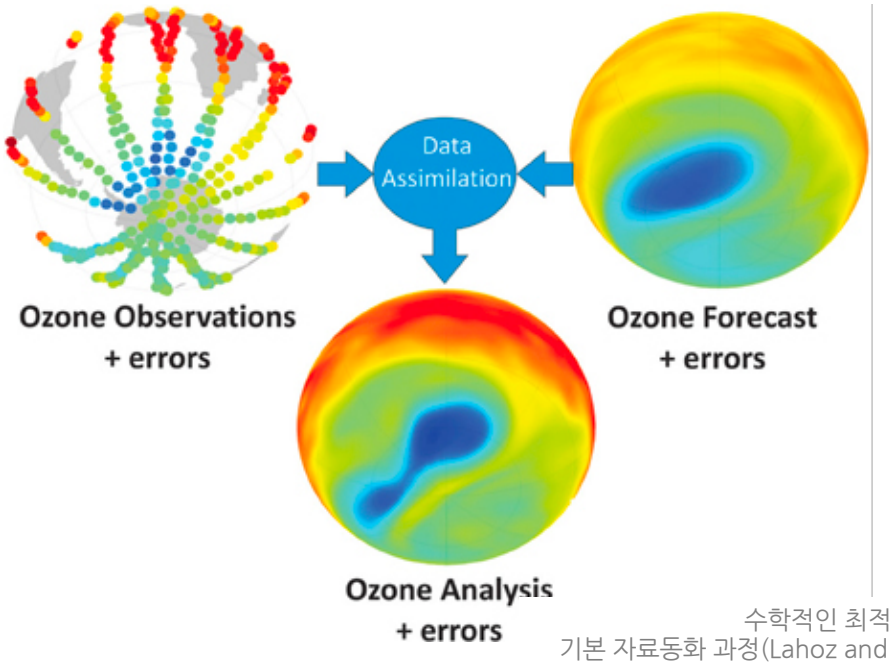
고해상도 정보의 필요성이 증가함에 따라 모델 및 분석 자료의 격자해상도와 시간해상도는 더 높아지고 있다.

최근에 일부 배포된 전지구분석자료 (ERA5)는 50년간의 대기 상태를 약 30km 해상도로 매시간 생산할 계획이다. **이는 1TB 하드디스크 2000개에 해당하는 양**이다.

전지구 모델의 해상도 변화에 따른 지형상 세화 (출처: IPCC)

고해생도 정보의 수요에 따라 기상/기후자료의 양은 더 방대해지고 있다

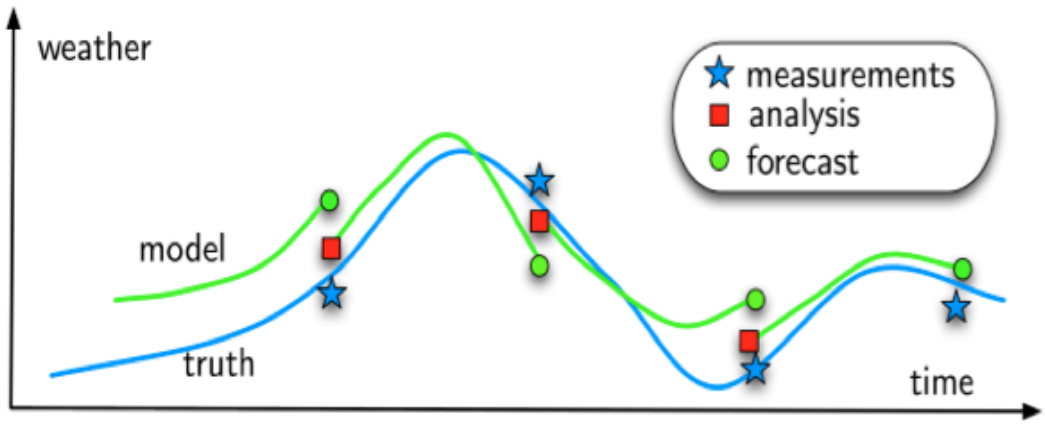
소주제: 분석 및 모델 자료



수학적인 최적 추정기법을 활용한
기본 자료동화 과정(Lahoz and Schneider, 2014)

수치모델과 관측자료를 결합해서 더 정확한 자료를 생상할 수 있다.

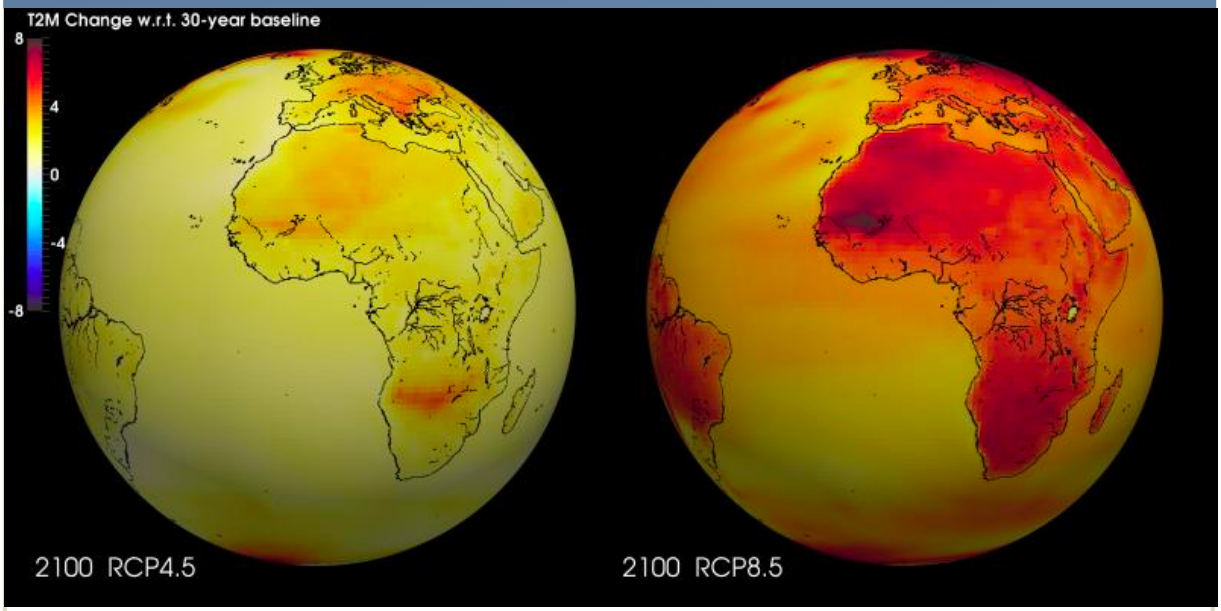
소주제: 분석 및 모델 자료



최적의 격자자료를 만드는 과정(자료동화)의 모식도
http://pedagotech.inp-toulouse.fr/)

수치모델과 관측자료를 결합해서 더 정확한 자료를 생상할 수 있다.

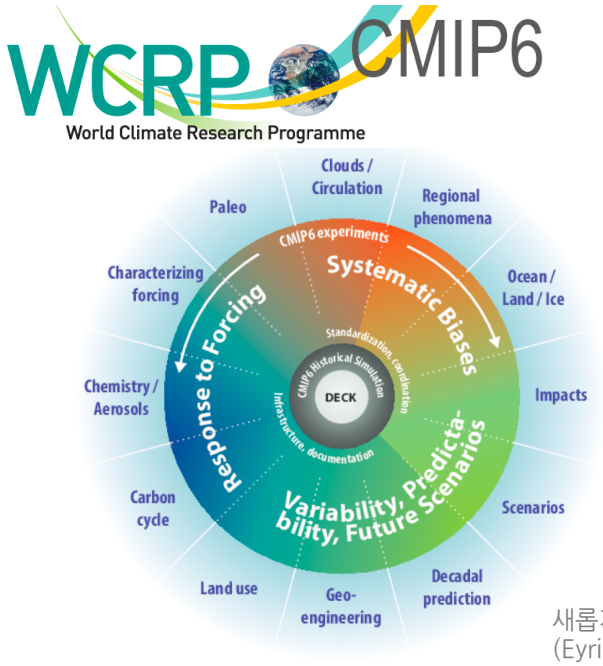
소주제: 분석 및 모델 자료 (미래 예측)



기후변화 시나리오를 따라 예측된 2100년의 지표면 대기 온도. 왼쪽은 이산화탄소 배출의 저감이 적당한 수준으로 이루어졌을 때, 오른쪽은 이산화탄소 배출의 저감이 이루어지지 않았을 때를 나타낸다(출처: IPCC).

기후변화예측은 참여기관별로 100년이 넘는 실험을 수행한다.

소주제: 분석 및 모델 자료 (미래 예측)



현재 계획중인 기후변화예측은 약 100-500년 기간동안 대기 및 해양의 상태를 모의하며, 기후변화에 대한 과학적 이해를 돕기위해 20개 이상의 실험을 수행한다.

또한 정보의 불확실성을 줄이기 위해 약 30개 이상의 기관이 독립적으로 동일한 실험을 수행한다. 때로는 하나의 실험을 여러 차례 수행하는 경우도 많아서 방대한 양의 정보가 생산될 예정이다.

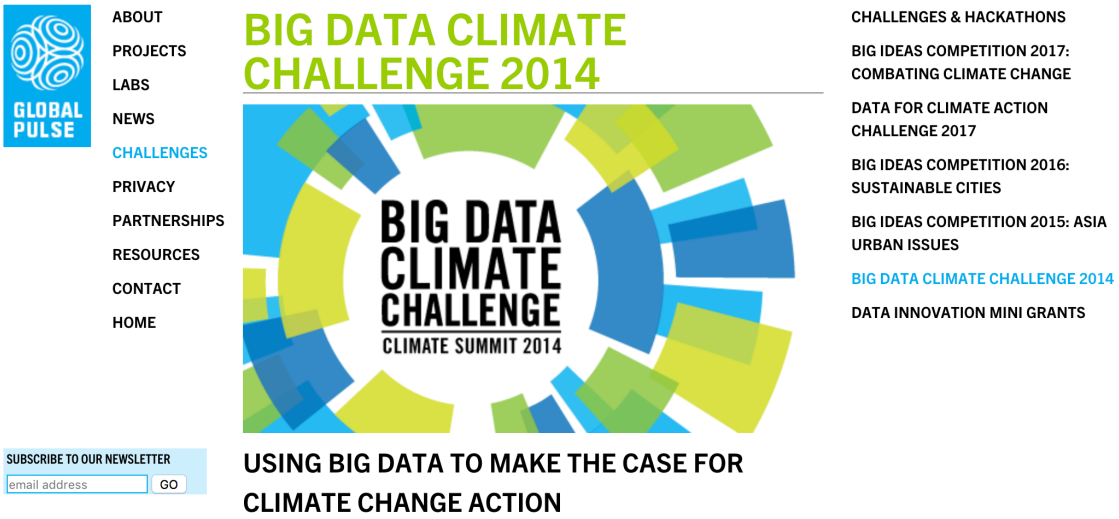
따라서, 이러한 **빅데이터 자료를 효율적으로 공유하고 활용하는 방법론이 새로운 문제로 떠올랐다**.

새롭게 계획된 기후변화 실험의 과학적 테마들 (Eyring et al. 2016)

현재 계획된 기후변화예측은 방대한 양의 자료를 산출하며, 이러한 자료를 효과적으로 정리하고 활용하는 방법이 새로운 문제로 떠올랐다.

빅데이터로서의 기상•기후자료

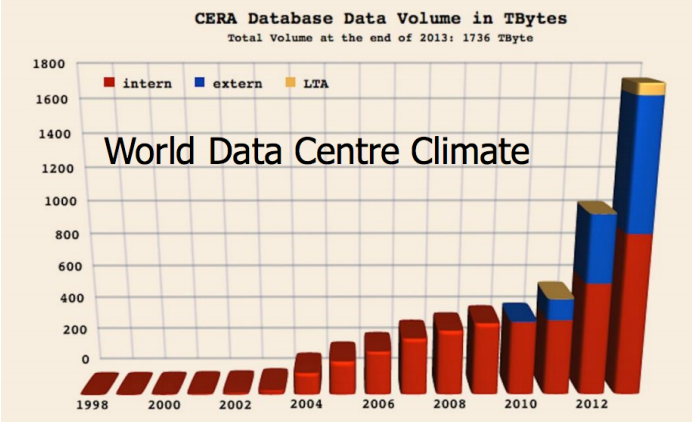
소주제: 분석 및 모델 자료



UN은 국제적인 개발과 원조를 효율적으로 지원하기 위해서 2009년부터 사무총장 산하의 Global Pulse 프로그램을 기획하여 운영하고 있다. **빅데이터를 활용한 기후변화의 이해와 대응은 UN Global Pulse 의 핵심 과제**이다.

빅데이터의 활용을 통한 기후변화 대응은 국제사회의 큰 이슈이다.

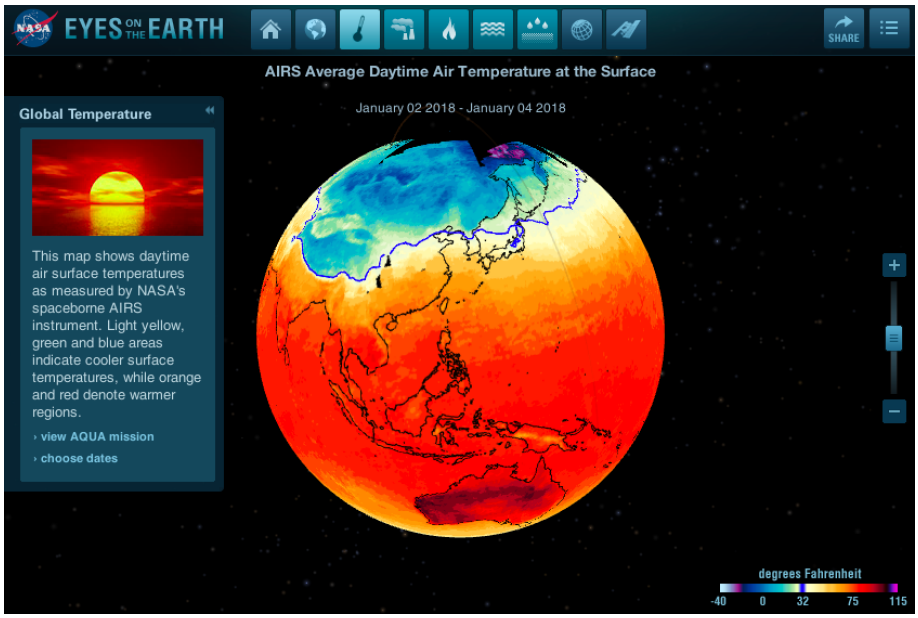
소주제: 빅데이터의 활용



시간에 따른 기후변화예측자료의 양은 크게 증가하는 추세이고, IPCC는 자료의 저장 및 공유를 효율적으로 수행하기 위해서 기후자료를 위한 국제데이터센터를 구성 중에 있다(출처: DKRZ)

기후변화예측 자료의 효율적인 활용을 위해 국제데이터센터를 구성 중이다.

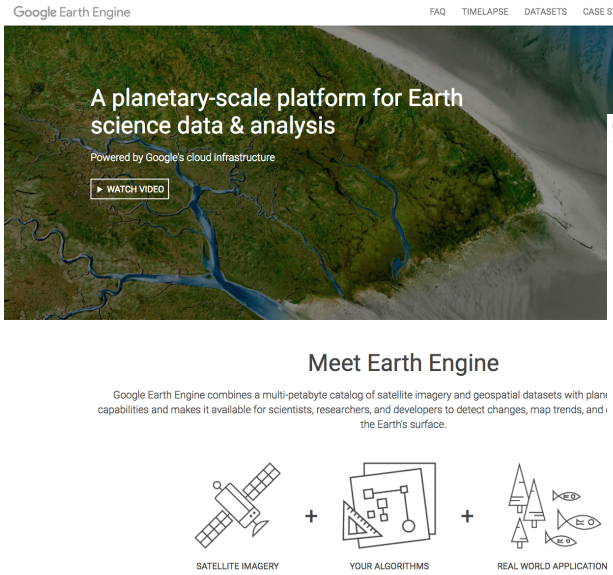
소주제: 빅데이터의 활용

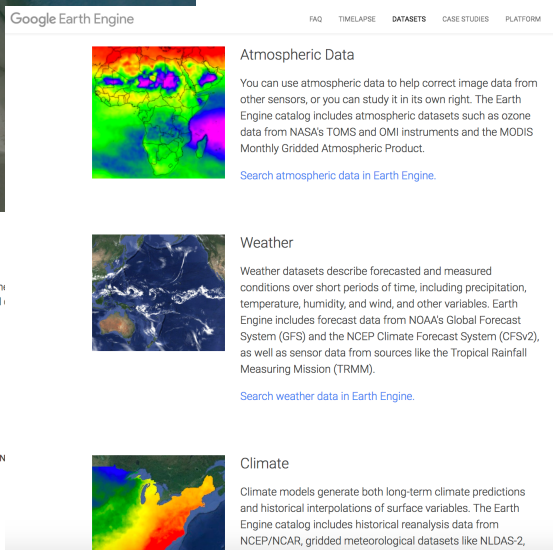


방대한 위성 관측자료의 표출을 간편화하는 NASA Eyes on the Earth

위성관측 및 모델은 방대한 양의 자료를 산출하며, 이러한 자료의 표출 및 활용을 위해 다양한 소프트웨어들이 개발되고 있다.

소주제: 빅데이터의 활용



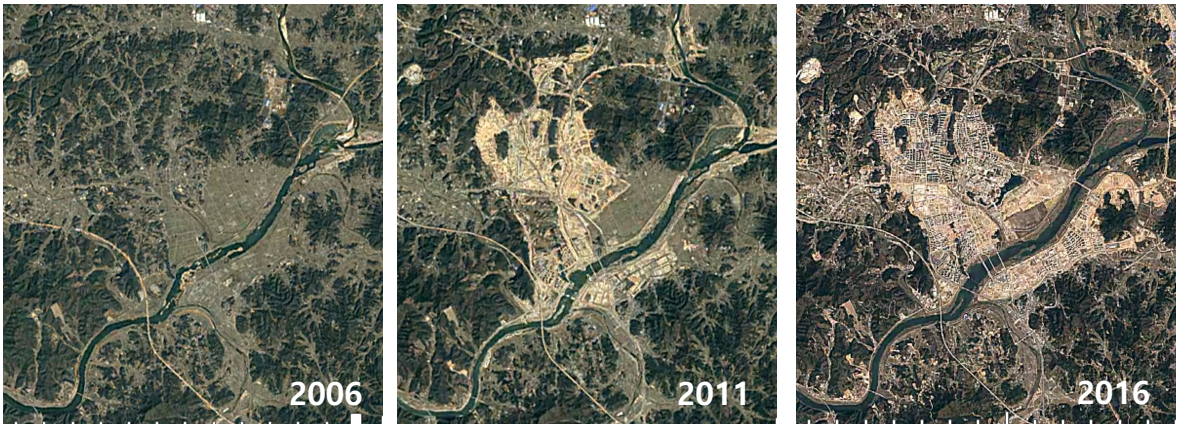


방대한 위성 관측자료의 표출을 간편화하는 Google Earth Engine

위성관측 및 모델은 방대한 양의 자료를 산출하며, 이러한 자료의 표출 및 활용을 위해 다양한 소프트웨어들이 개발되고 있다.

소주제: 빅데이터의 활용

Google Earth Engine 을 이용하여 살펴본 세종시 지역의 토지 이용 변화 (자료: LandSat)



(출처: https://earthengine.google.com/timelapse/)

위성관측 및 모델은 방대한 양의 자료를 산출하며, 이러한 자료의 표출 및 활용을 위해 다양한 소프트웨어들이 개발되고 있다.