

SATELLITE PHENOLOGY

Importance to Hydrobiogeochemical Processes

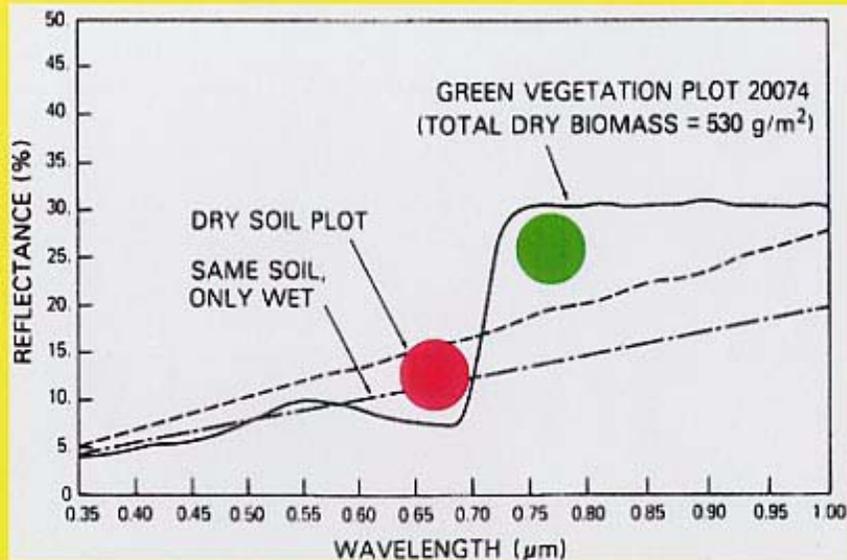


Dr. Akihiko Kondoh

Center for Environmental Remote Sensing

Chiba University

What is Satellite Phenology ?

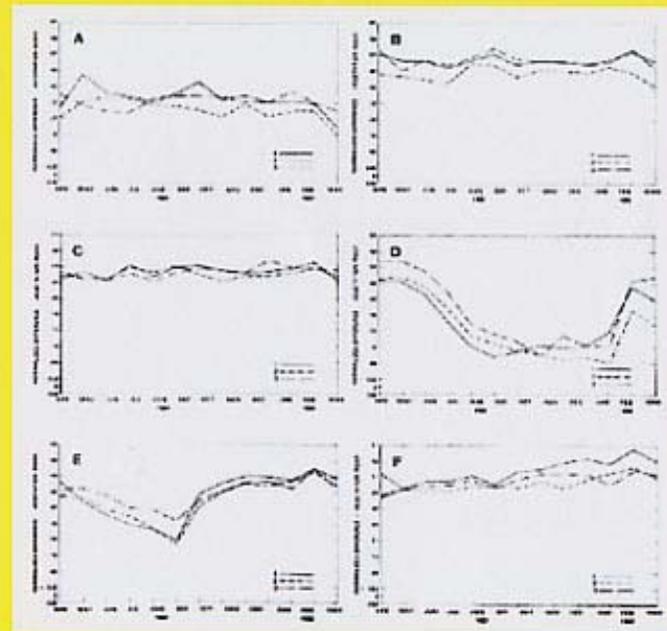


Spectral Reflectance for dry soil, wet soil, and asymptotic green reflectance (Tucker and Miller, 1977)

NOAA(TIROS) 1978-
LANDSAT 1972-

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

Rouse et al. (1973, 1974)



Justice et al. (1985)

植生指標とは

緑色の葉に含まれるクロロフィルの反射率は、 $0.5 \sim 0.7 \mu\text{m}$ で20%未満であるのに対して、 $0.7 \sim 1.3 \mu\text{m}$ の近赤外域では60%を越える

緑色植生の観測密度や活力を表すことができる

春から夏の植生の生育期には緑葉は可視光、特に赤の光をより強く吸収し、近赤外の光はより強く反射するようになる。また、植被率が増加すると全体として近赤外の反射率が増加する。したがって、赤と近赤外の波長帯の反射率、あるいはセンサーで計測された反射輝度ないしデジタル値の差、あるいは比は植生の活性、植被率、葉面積指数(LAI)といった植生パラメーターと相関を持つようになる。

ランドサット1号が打ち上げられた1970年代以降、赤と近赤外の波長域の衛星データを用いて様々な植生指標が提唱された。

赤と近赤外の反射輝度の差あるいは比を用いる植生指標

Benson(1973)やMaxwell(1974)はMSSを用いて比植生指数、RVI、を求め、それがグリーンバイオマス量および植被率を与えることを示した。また、Kanemasu et al.(1974)はRVIが葉面積指数(LAI)を与えることを示した。

$$RVI=NIR/Red$$

Wiegand(1973)は差植生指数、DVI、を提唱し、それが葉面積指数を与えることを示した。Richardson et al.(1977)は $DVI=2.40 \times MSS7 - MSS5$ を提案した。ここで、2.40は後述のSoil Lineの勾配で、裸地の時は $DVI=0$ となる。

$$DVI=NIR - Red$$

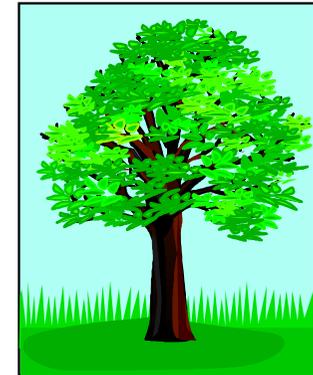
Rouse et al.(1973,1974)はその後広く利用されるようになる正規化差植生指標(Normalized Difference Vegetation Index)を提案した。正規化することによって場所、季節、大気効果等の観測条件の違いによる影響を小さくすることができる。

$$NDVI=(NIR - Red) / (NIR+Red)=(RVI - 1) / (RVI+1)$$

その他の差あるいは比を用いた植生指標

$$TVI=(NDVI+0.5) * 0.5$$

$$IPVI=NIR / (NIR+Red)=(NDVI+1) / 2$$



その他の植生指標

多次元空間指標を用いるもの

PVI (Richardson and Wiegand,1977)

Tasseled Cap Transformation

n-dimension indices (Jacson,1983)

バックグラウンドの土壌の効果を除去できるもの

SAVI=(NIR - red)/(NIR+red+L) × (1+L) (Huete,1988)

TSAVI (Baret et al.,1989 and Guyot,1991)

MSAVI (Qi et al.,1994)

MSAVI2 (Qi et al.,1994)

GVI(Global Vegetation Index)

NOAA/AVHRRを用いたGVIは、NDVIをスケーリングしたものであり、グローバルな植生の監視に使われている。1981年以降のデータセットが公開されている

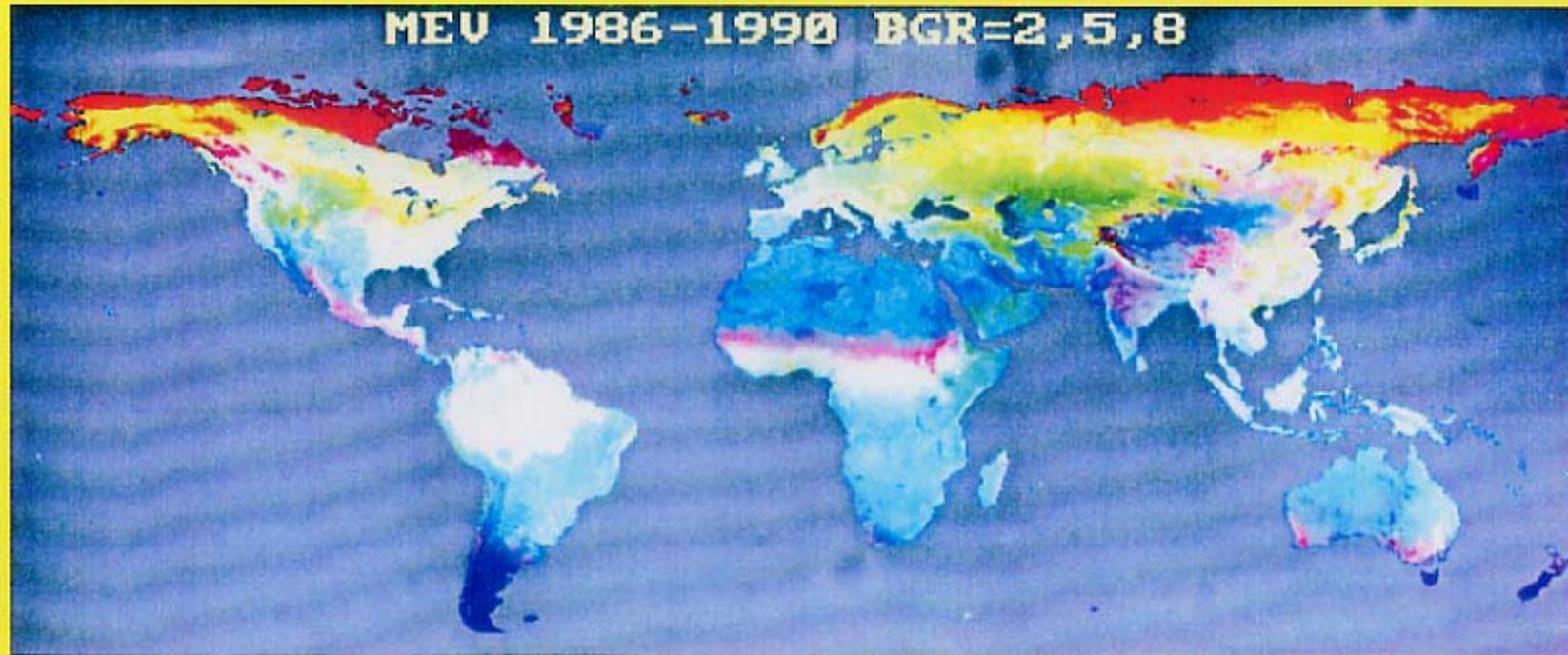
Pathfinder NOAA/AVHRR

全球を8 kmの分解能でカバーするAVHRRのデータセット。10日コンポジットで作成されており、1981年以降現在までのデータセットがインターネットで公開されている

<http://daac.gsfc.nasa.gov/>

過去20年間の植生の変動に関して重要な成果を得ている
北半球ボREAL林が活発化

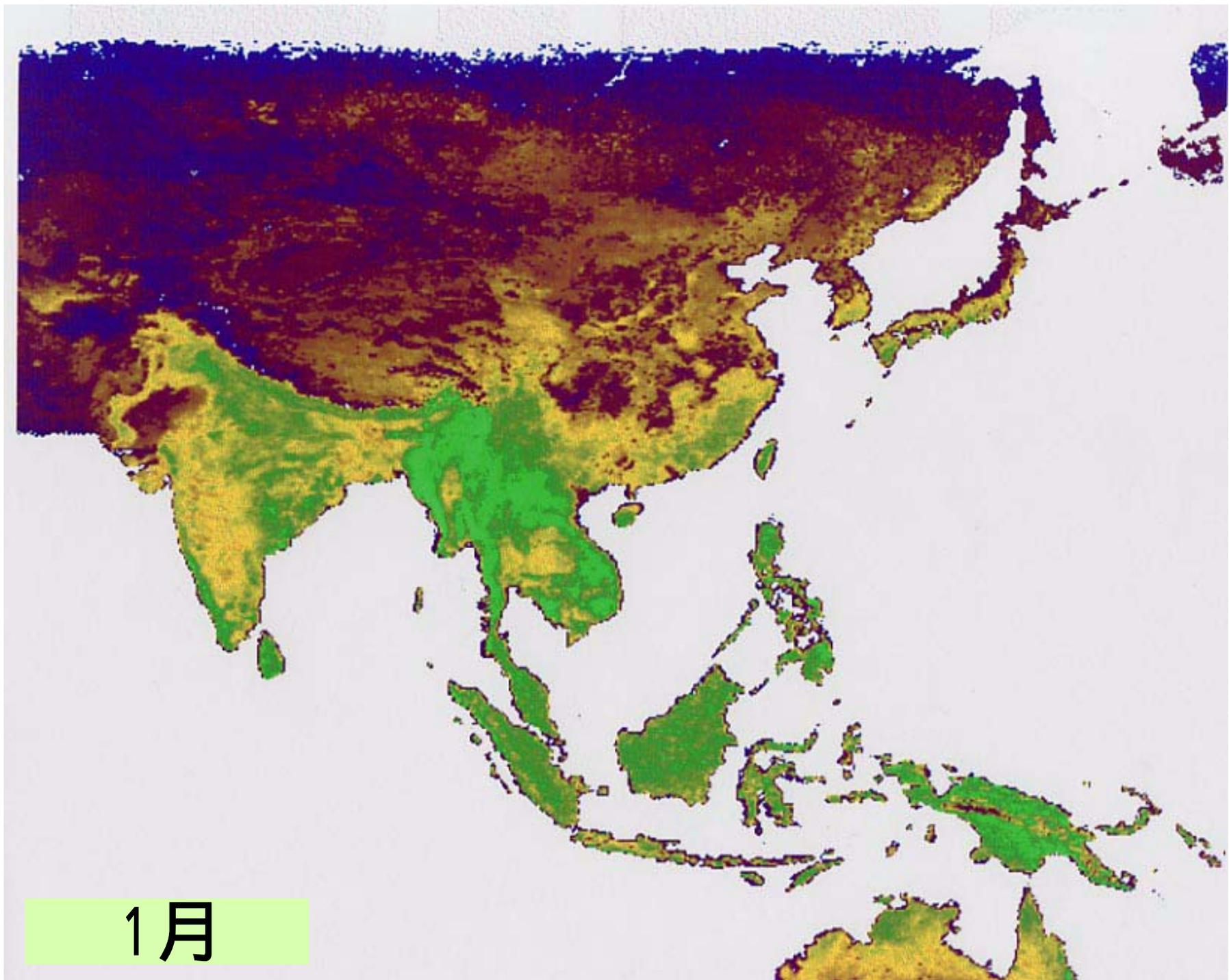
Global Vegetation Index



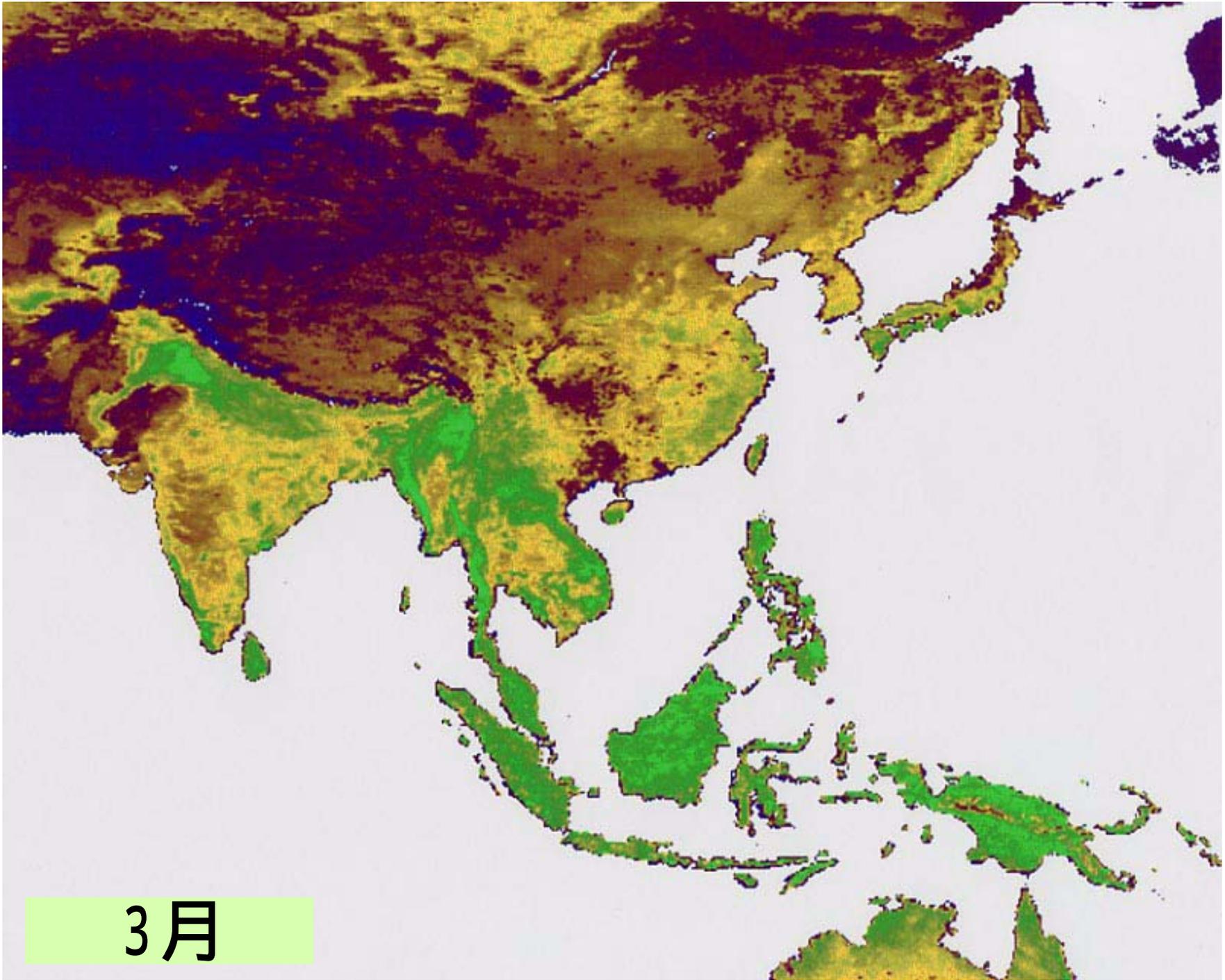
B:February **G**:May **R**:August

The different colors denote various vegetation formations.

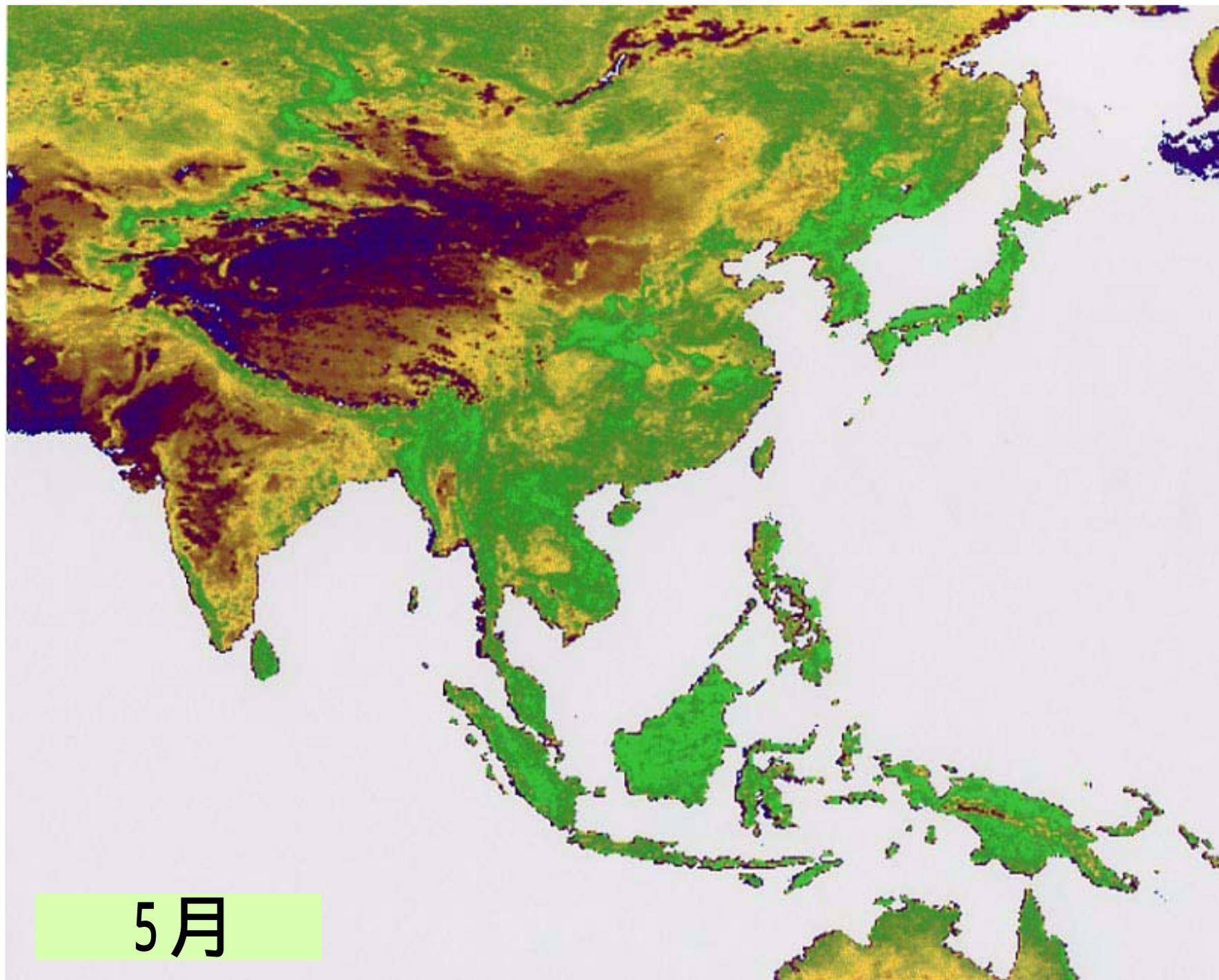
NOAAは1981年以降のNOAA衛星によるNDVIをコンポジットして、全球のNDVI分布画像を作成



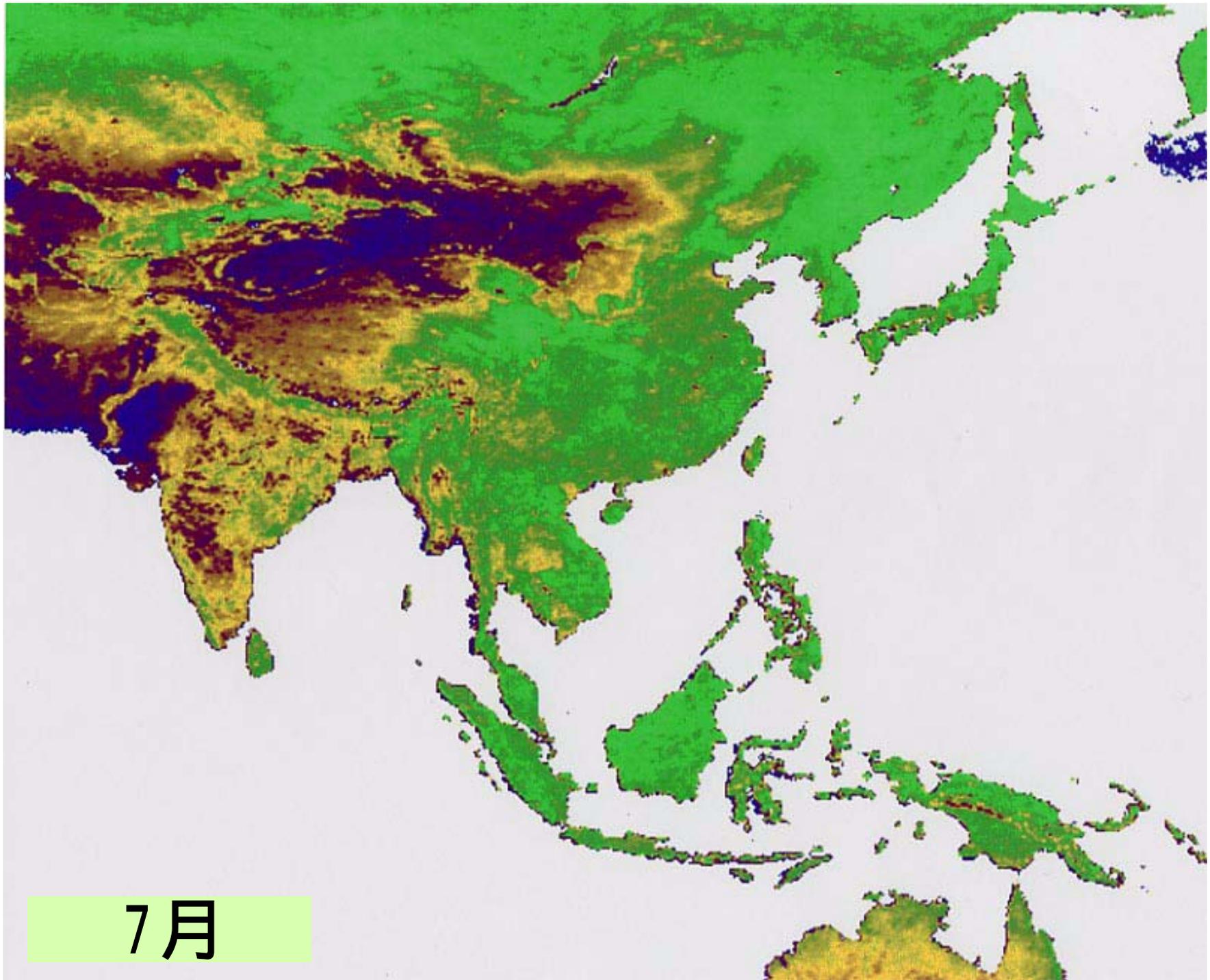
1月

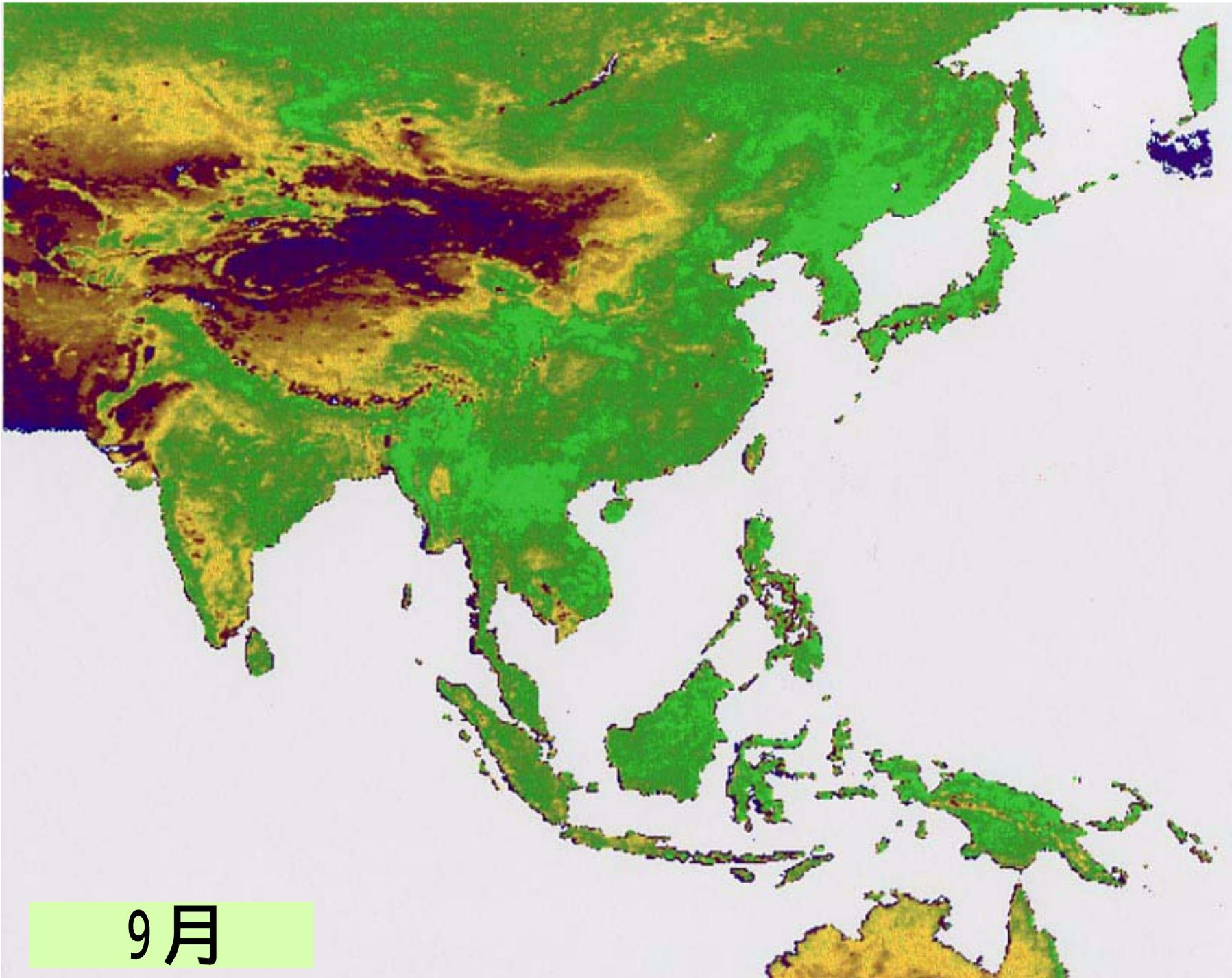


3月

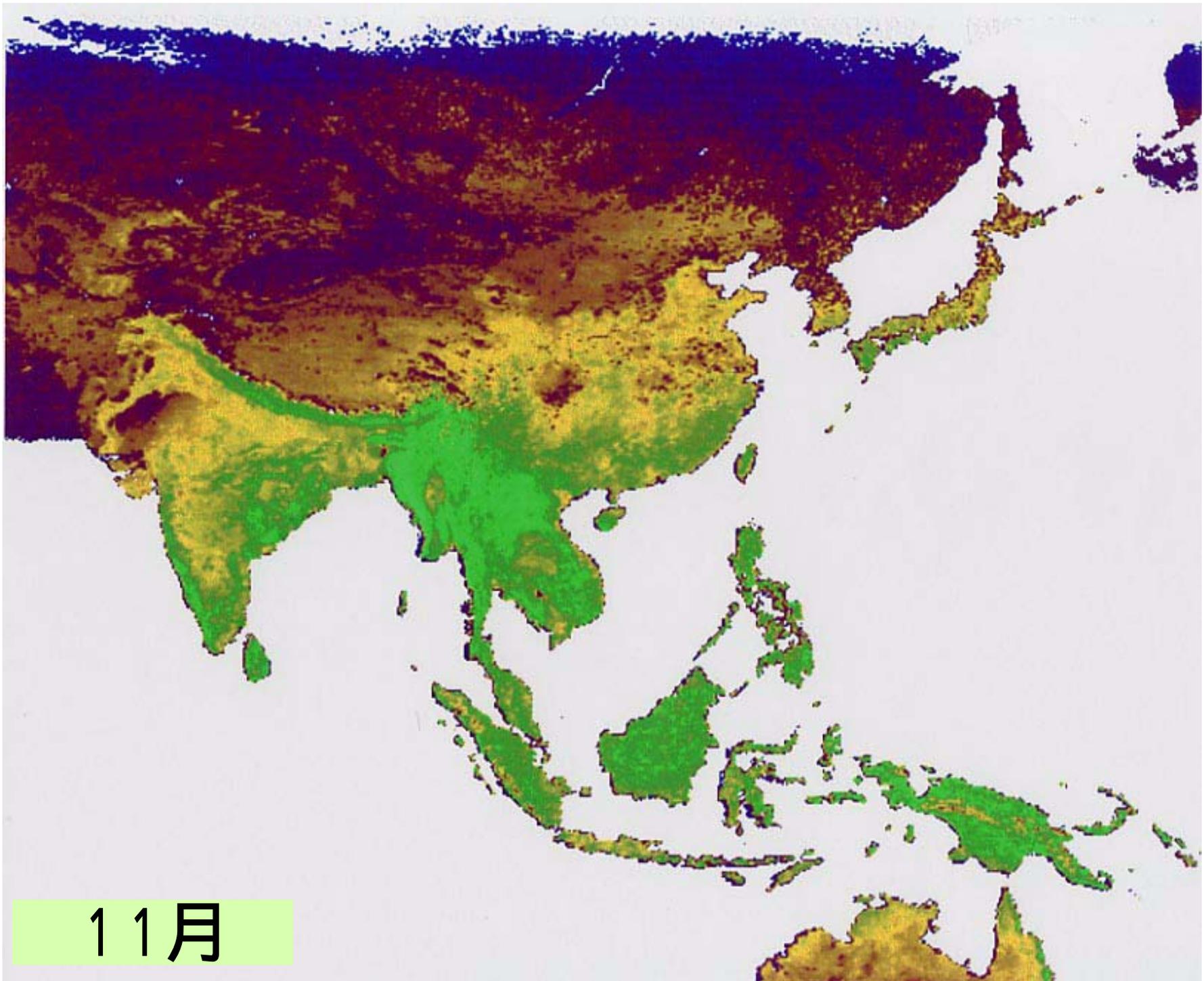


5月



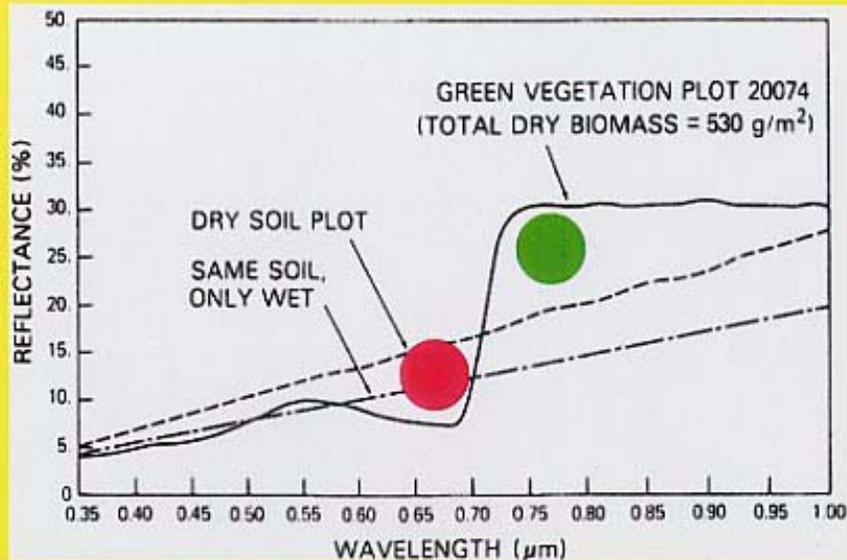


9月



11月

What is Satellite Phenology ?

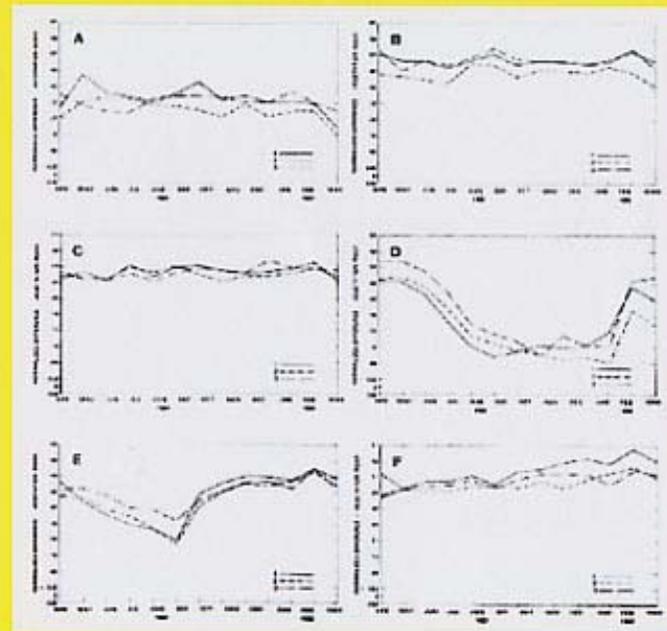


Spectral Reflectance for dry soil, wet soil, and asymptotic green reflectance (Tucker and Miller, 1977)

NOAA(TIROS) 1978-
LANDSAT 1972-

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Rouse et al. (1973, 1974)

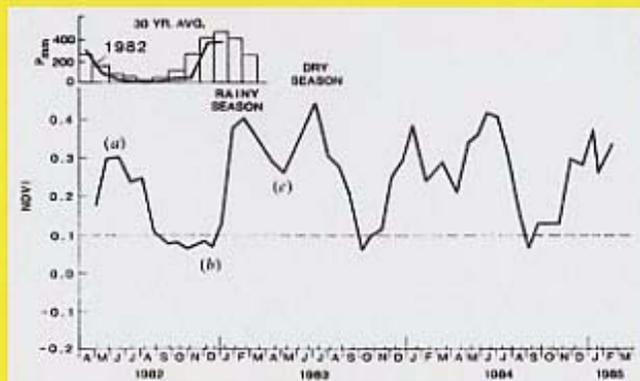


Justice et al. (1985)

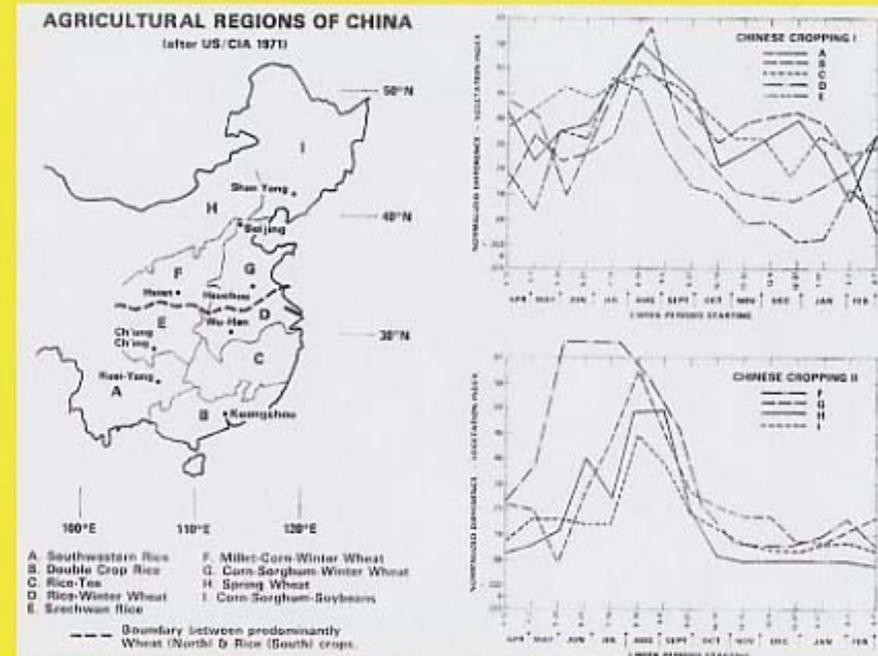
VEGETATION/LAND COVER CLASSIFICATION

- Tucker(1985) Africa
- Justice et al.(1985) World
- Malingreau(1986) Asia
- Townshend et al.(1987) South America

.....

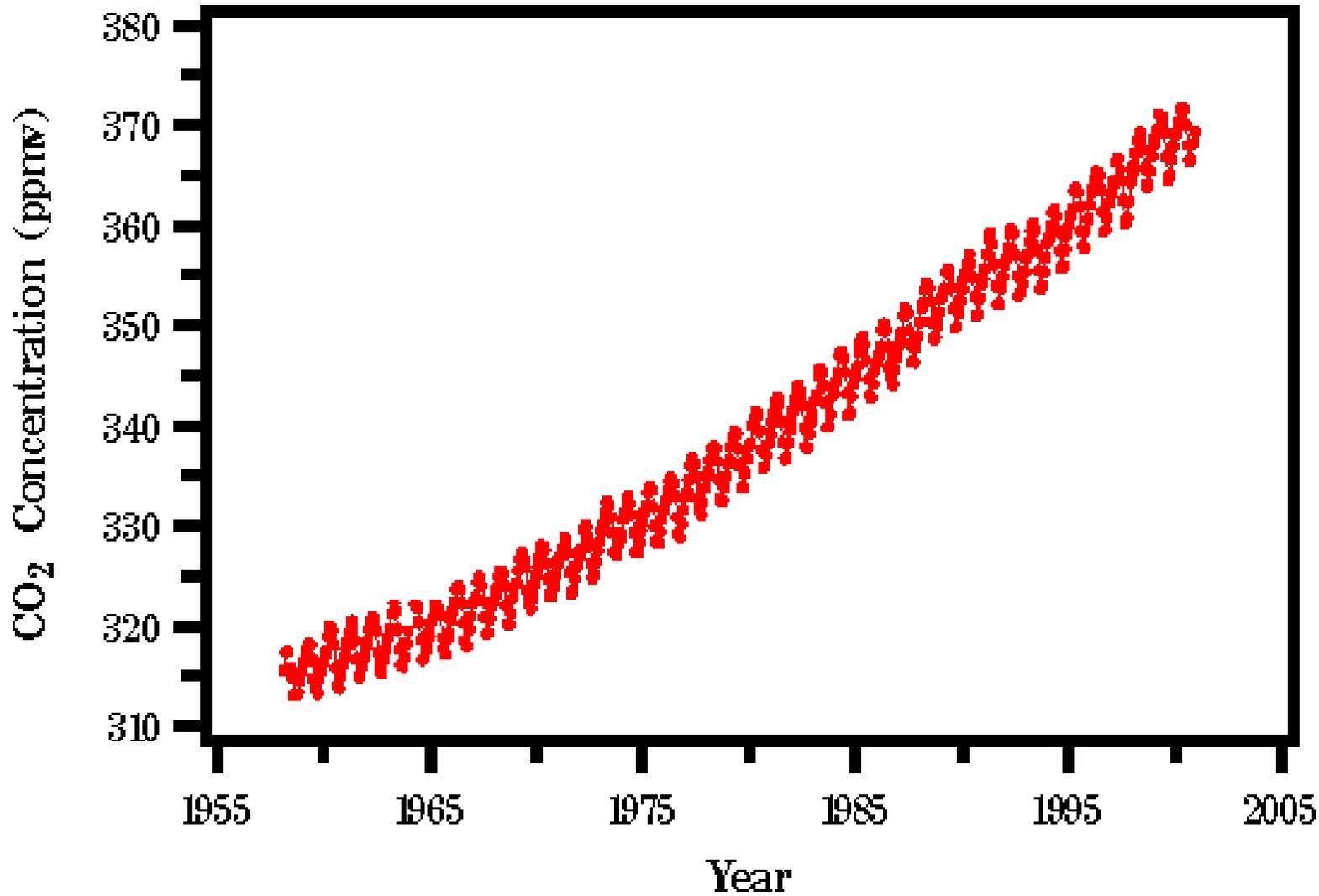


NDVI development curve for wetland rice in western Java(Malingreau, 1986)



Agricultural regions of China(Justice et al., 1985)

Mauna Loa, Hawaii

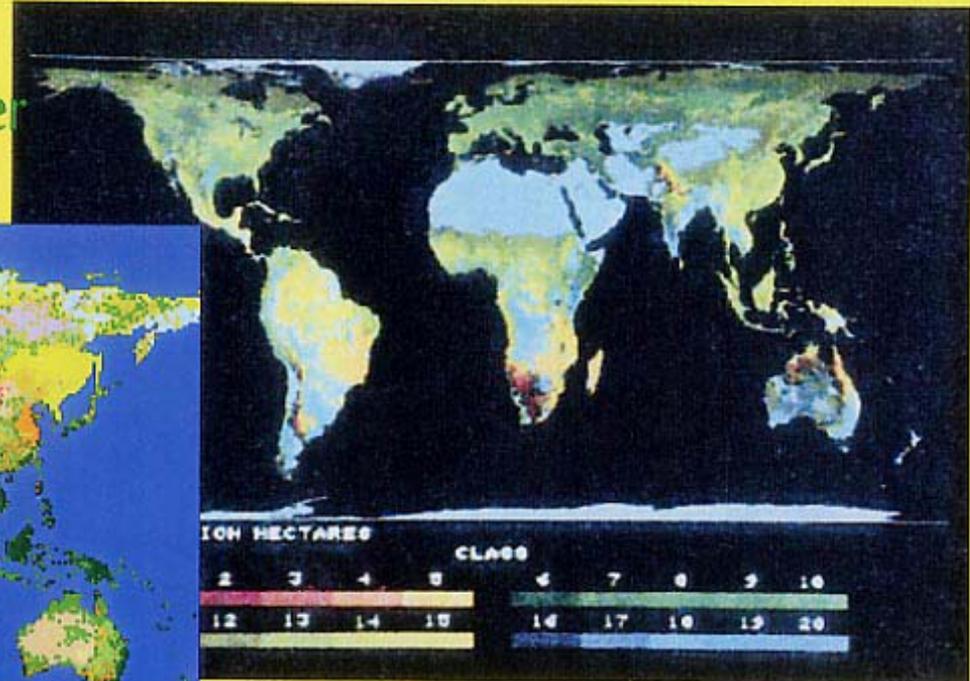
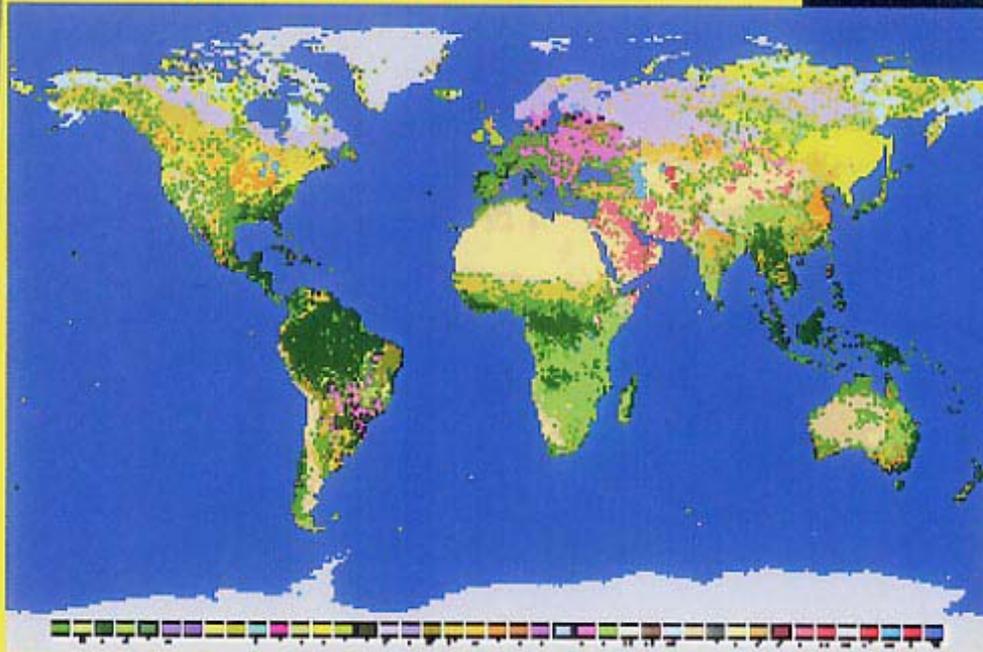


北半球におけるGVI
(NDVI)変動と大気
CO₂濃度変動の間
に見事な相関
(Tucker et al.,1985)

Source: Dave Keeling and Tim Whorf (Scripps Institution of Oceanography)

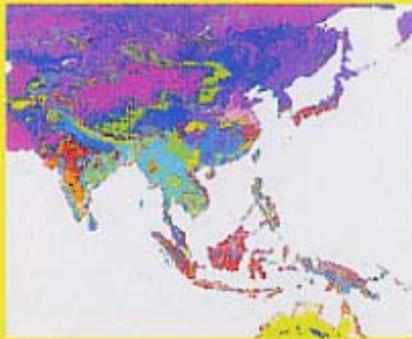
VEGETATION/LAND COVER CLASSIFICATION

AARS global-4minute land cover
(Courtesy Tateishi,R.)

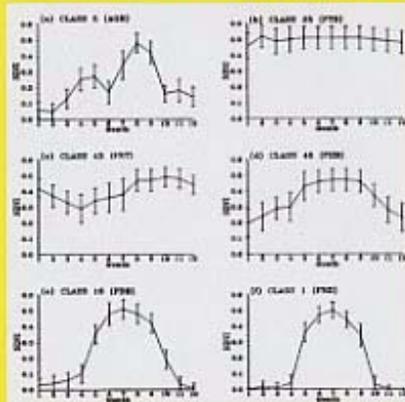


Lloyd(1990)

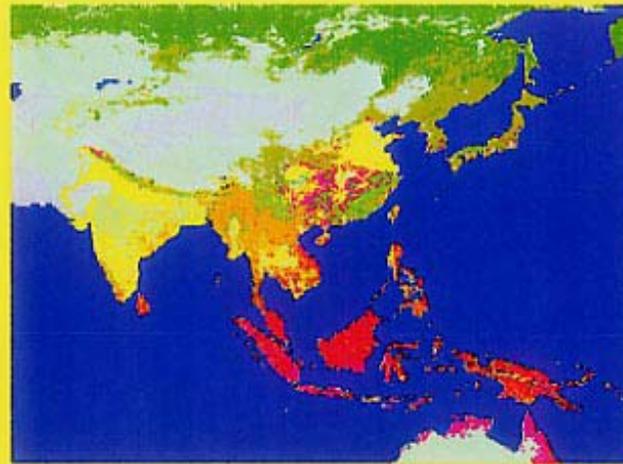
Vegetation and Land Cover in Monsoon Asia (Kondoh, 1995)



Cluster analysis



Seasonal changes in NDVI



CURRENT VEGETATION, LAND COVER

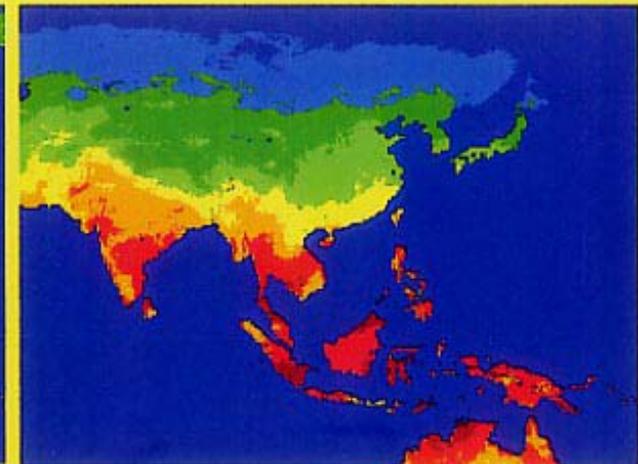
240< Tropical Rain Forest

180-240 Subtropical Forest

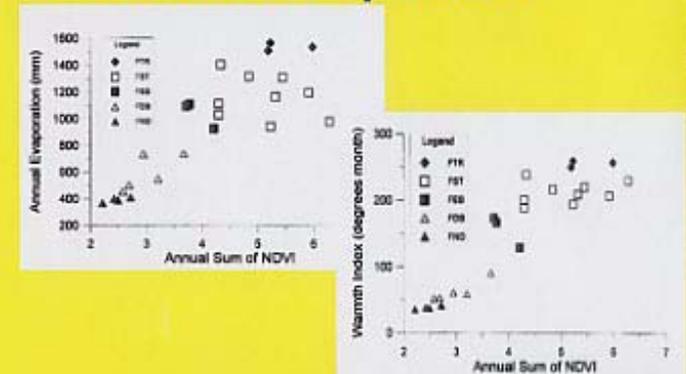
85-180 Evergreen Broadleaf Forest

45- 85 Deciduous Broadleaf Forest

<45 Coniferous Forest



Potential Evaporation



植生指標は、バイオマス、NPP、蒸散量、等と高い相関

グローバルスケールで上記の物理量を推定する重要な
指標



グローバル: 単純なモデルによる広域推定

例えば、 $NPP = f(NDVI)$

流域: グローバルとローカルの間

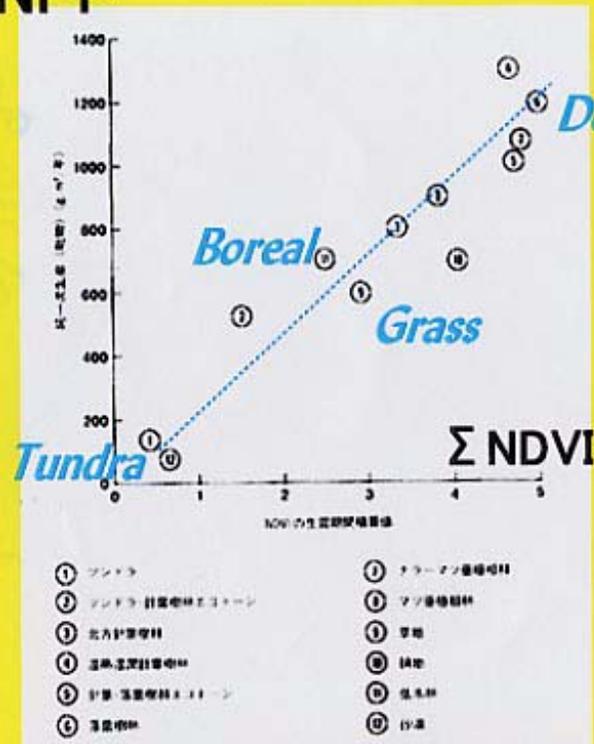


プロット: 詳細な観測と複雑なモデル

例えば、SVATモデル

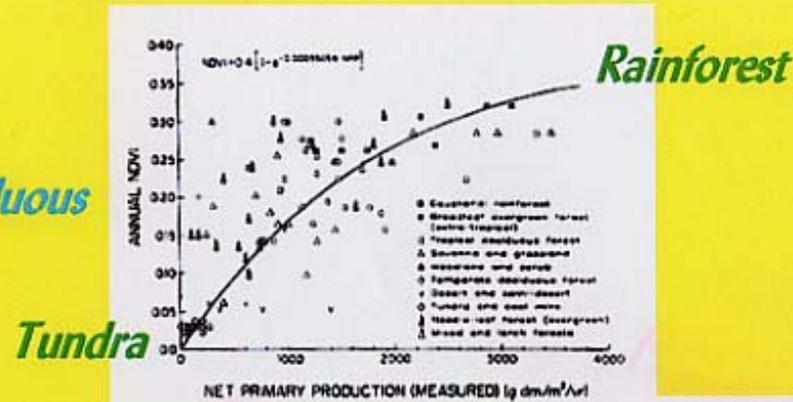
NDVI and Vegetation Formation

NPP



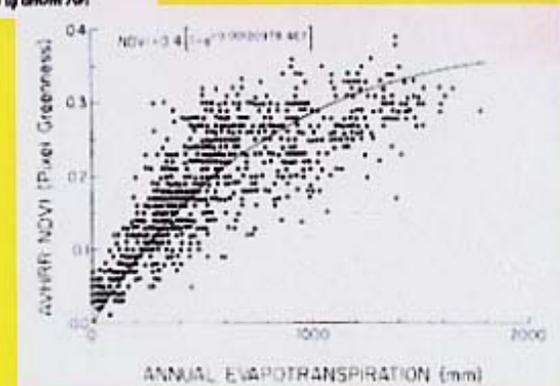
Goward et al.(1985)

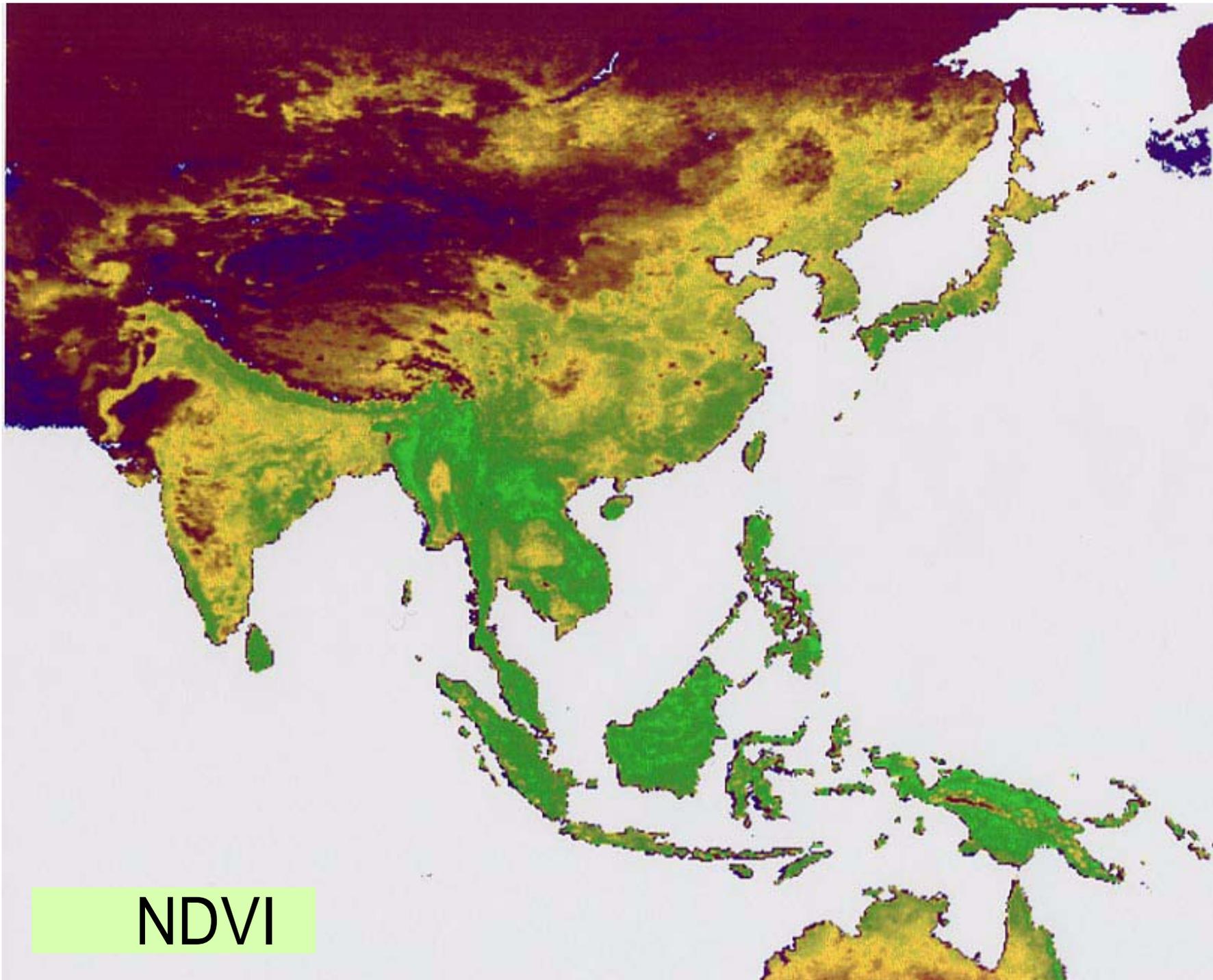
NDVI integrated in growing season and NPP in North America



Box et al.(1989)

Annual integrated NDVI, NPP, and Et

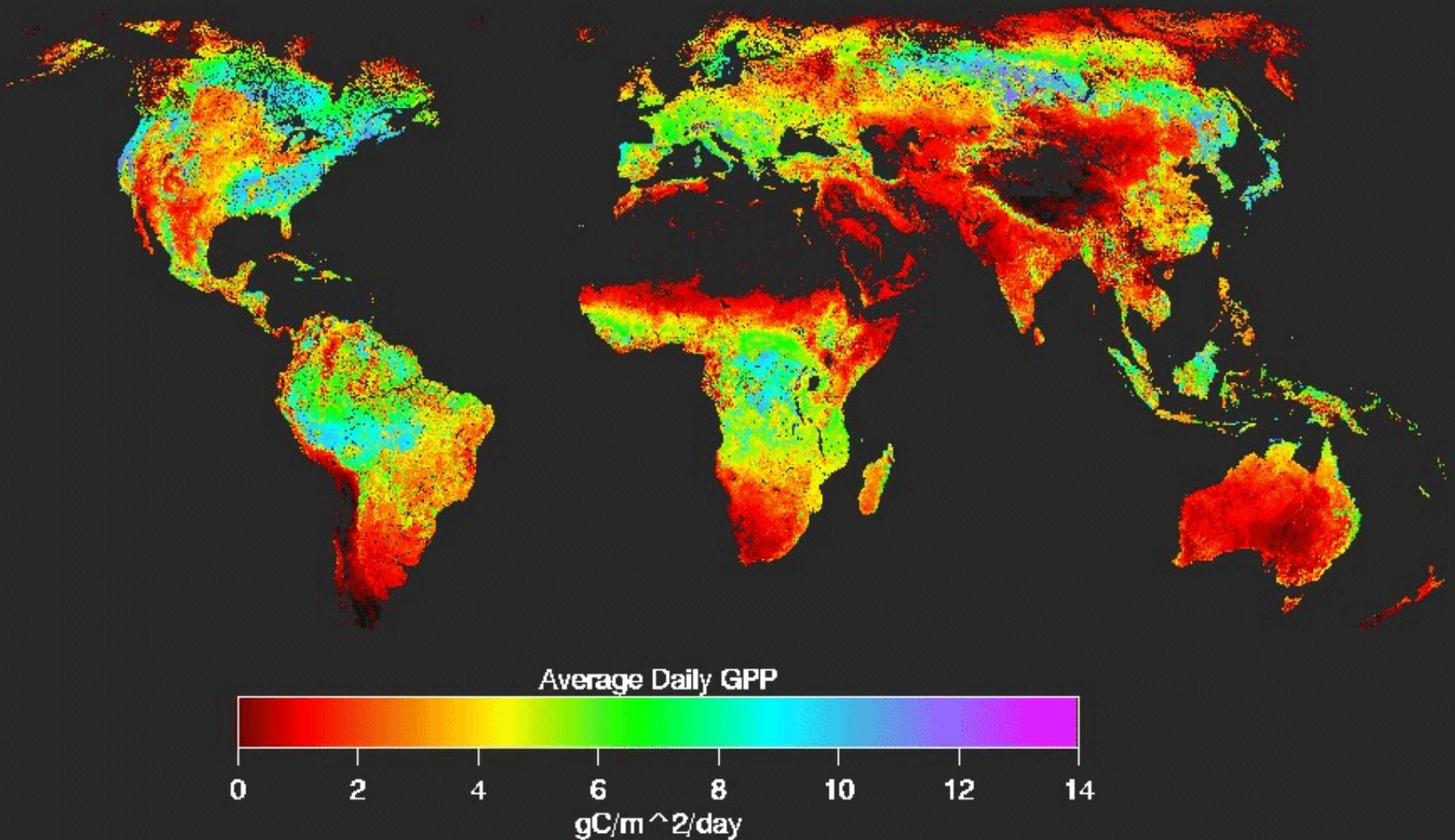




NDVI

Gross Primary Production (GPP) 1km from MODIS: May 23 - May 30, 2001

MODIS Land Science Team / University of Montana



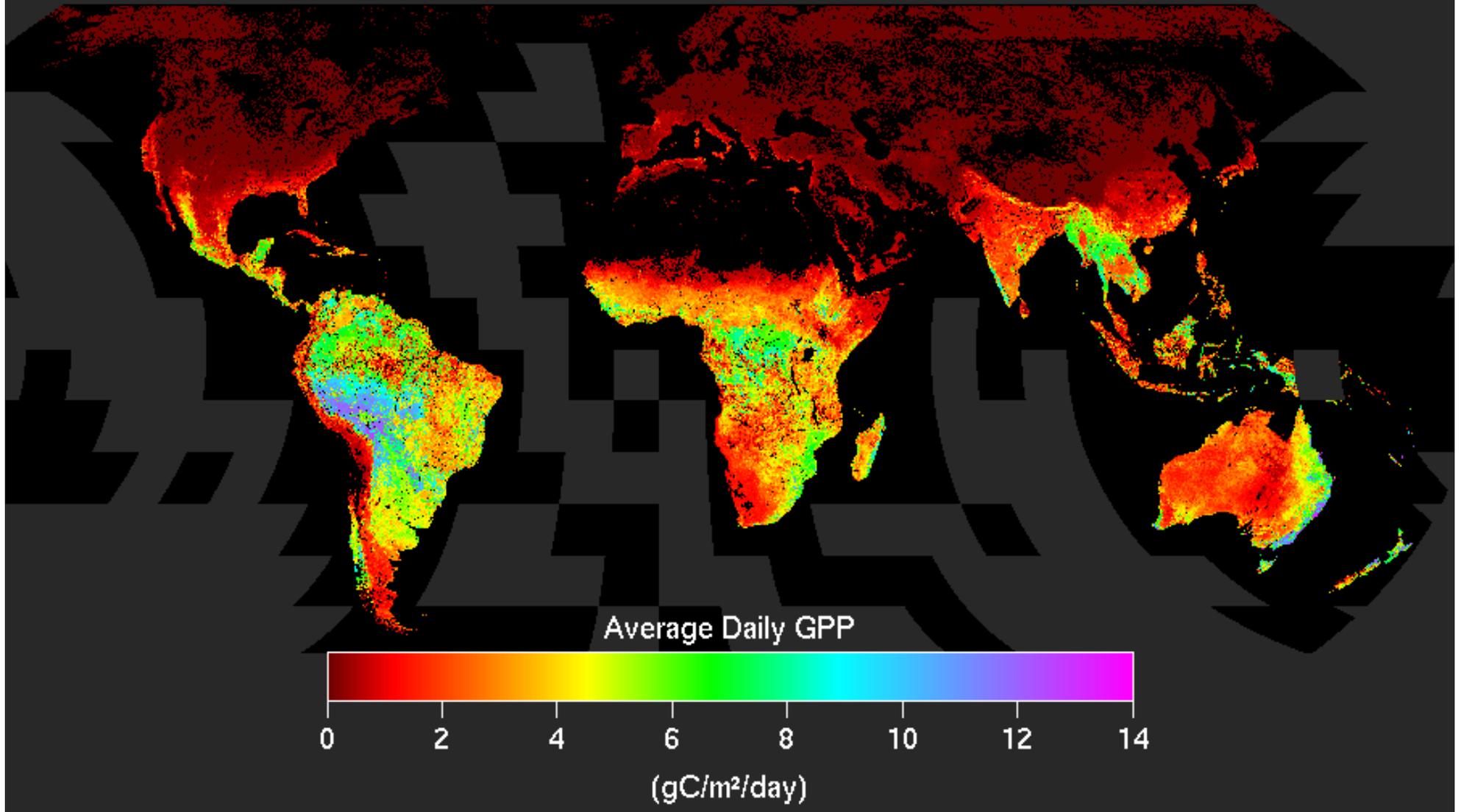
モンタナ大学Numerical Terradynamic Simulation Group

<http://www.forestry.umt.edu/ntsg/>

PSN,NPP,FPAR,LAI等の画像

Gross primary production (GPP) from MODIS: Dec. 18 – Dec. 25, 2000

MODIS Land Science Team / University of Montana



- ・グローバルスケールでわかる現象
- ・ローカルスケールでしかわからない現象