

衛星で黄河プロに貢献できるのは何か？

樋口篤志 (名古屋大学地球水循環研究センター)

1. はじめに

現在、名大 HyARC 主導で“雲につながる大気境界層研究”として、CREST/LAPS(駐：略語は本稿末にまとめて表示)での中国・淮河流域での3点(Shouxian: 寿県, Feixi: 肥西, Xiaoxian: 肅県)での連続計測が本年度夏よりスタートしている。さらに本黄河プロジェクトでは、LAPS の super site である Shouxian とほぼ同様の計測機器群が今年度末に導入予定である(図1および図6, 本レポート群の檜山ほかを参照のこと)。



図1 CREST/LAPS 及び YRIS での ABL 計測サイト

ここで図1に、千葉大 CEReS で受信されている AVHRR データの受信範囲(図中四角で囲われた範囲・Original データでは日本も含むが、使用しているデータセットは中国のみでカットされている)を示す。ここから分かるように、CREST/LAPS 観測地点は全て CEReS 受信データでカバーできるが、Changwu はカバーできないことが分かる。HRPT data あるいは GAC data であれば、EOS データセンターからフリーで download できるが、画像変換の手間(radiometric 補正は大した手間ではないが、幾何補正は手間がかかる)を考えると積極的に作業を行う、という気にはなれない。そこで、本稿では;

- できるだけ Free で手に入る衛星データは何か？
- かつ扱いやすいデータセット(緯度経度情報がしっかりしている・変換の手間ができるだけ少ないもの)に焦点を当てて報告する。

2. できるだけフリーで得られる衛星データセットは何か？

フリーで手に入る衛星データの代表格として、PAL が挙げられる。これは1981-2001年まで、GAC データを元に、 1° グリッドデータセット及び8km データセットが提供されている^{*1}。8km データセットに関しては図法がグード図法(Goode Interrupted Homolosine Projection)であること、大気補正が中途半端に行われている、長期解析を行う際にセンサーの drift 補正がかかっていない(とはいえ、未だに drift noise 除去の決定打は出ていないため、補正をかけるにはムリがある)等々の問題点があるが、現時点で global に長期解析を行う際にはこのデータセットしか有り得ない。

このデータセットを用いて、黄河流域あるいは黄河流域の一部の長期変動解析を行う際に問題となるのが、空間解像度である。Original データセットが8kmであるため、これを緯度経度直交座標系(lat-long)に変更した(0.1° : 中緯度帯で約10kmに相当、 0.2° : 同じく約20kmに相当)際の2000年年平均NDVI分布を図2(a)及び図2(b)に示す。

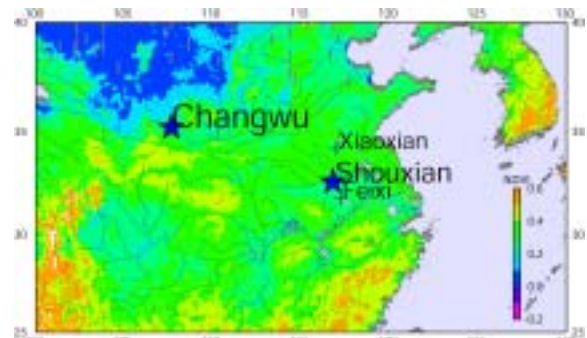


図2(a) PAL から緯度経度直交系座標(0.1°)に変換した画像。高緯度帯で見かけ上のデータの抜けが発生する

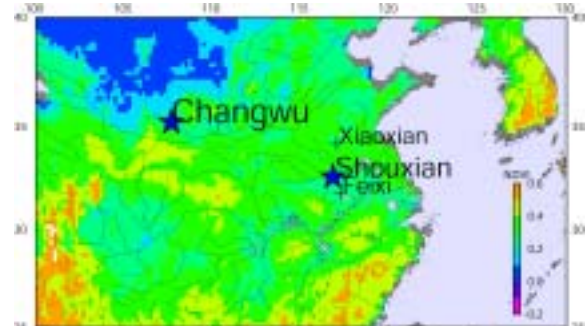


図2(b). 図2(a)と同様。ただし、 0.2° 。データの抜けは見られなくなるが、海岸付近のデータが表現できない

図2(a), (b)に示すように、空間分解能の違いによって、表現方法が大きく異なることが分かる。特に沿岸地域では、original の8kmでも不十分であることが分かる。

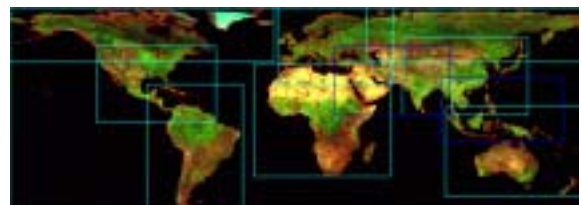


図3 SPOT VEGETATION で扱えるデータ範囲(画像中枠で示された地域)

長期解析が必要ではなく、“急激な都市化”をキーワードにして、近年の変動“のみ”を衛星で捉える、という観点で考えると複数の Free なデータセットを扱うことが可能である。例えば、図3に示した、SPOT VEGETATION データセット^{*2}が挙げられる。このデータセットの空間分解能はHRVを平均化したもので1kmで、1998年4月~である。データセットは当然緯度経度情報も含まれ、NDVI 及び radiometric データセット(大気補正済かどうかは現在調査中)からなる。Radiometric データだが、HRV データを使うため、可視[2ch: 緑・赤]・近赤外(780-890nm)・および中間赤外(1580-1750nm)のみである。近赤外の波長域が狭いため、AVHRR を扱う際に必ず問題となる水蒸気のコンタミ(AVHRR の ch.2 は水蒸気の吸収帯も含む)を気にする必要が無い、というメリットはあるが、熱バンドを含んでいないため、植生と熱、という解析(例えばVI-Ts 関係を用いた地表面湿潤度解析)は行えない点がデメリットではある。

一方、1999年に打ち上げられた terra に搭載された MODIS センサーからは、現在多くのプロダクトが出さ

れ、そのほとんどが Free で提供されている*3。陸域プロダクトに関する限りでも以下のプロダクトを挙げることができる：

MODIS/TERRA SURFACE REFLECTANCE 8-DAY L3 GLOBAL 500M SIN GRID V004 ... MOD09A1: 分光反射率。500m, 8日。

MODIS/TERRA LAND Ts / ε DAILY L3 ... MOD11A2: 陸面温度・放射率。1km, 毎日。

MODIS/TERRA LAND COVER TYPE 96-DAY L3 GLOBAL 1KM ISIN GRID V003 ... MOD12Q1: 土地被覆分類図。1km。

MODIS/TERRA VEGETATION INDICES 16-DAY L3 GLOBAL 1km SIN GRID V004 ... MOD13A2: 植生指標 (NDVI・EVI)。1km, 16日。

MODIS/TERRA LEAF AREA INDEX/FPAR 8-DAY L4 GLOBAL 1KM SIN GRID V004 ... MOD15A2: 葉面積指数 (LAI)・光合成有効放射吸収率 (FPAR)。1km, 8日。

MODIS/TERRA NET PHOTOSYNTHESIS 8-DAY L4 GLOBAL 1KM ISIN GRID V003 ... MOD17A2: 純一次生産量 (NPP)。1km, 8日。

MODIS プロダクトを処理するためには、同じく Free で提供されている解析 tool (ModisTool)を用いて、data format である eos-hdf を解読し、Mosaic あるいは format 変換を行うことが可能である。ただし、図 4 に示すように、MODIS プロダクトは sub-region でタイル (cut-data) で管理され、その図法も独自である。そこで、この図法を緯度経度直交系に ModisTool を使って単純な 2byte バイナリに変換し、図示した例 (MOD09A1: ch.1[赤]) を示す。Original のデータセットが 500m であるため、 0.01° (1km 相当) に変換した。表現力の差は図 1 と見比べるまでも無く強力で、しかも大気補正・エアロゾル補正も済んでいる。また、定性的には図 1 で NDVI の低い地域 (黄土高原北部) では赤の反射率が高い、黄河からの濁水の流出 (河口を越えて若干高い反射率が認められる) 等々の特徴が認められ、より高い精度の解析が可能でありそうな期待を持つことができる。

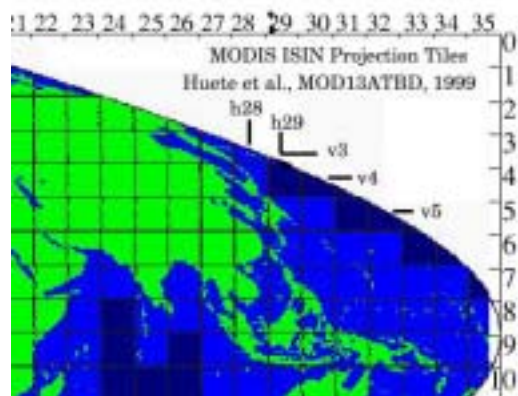


図 4 MODIS でのアジア域のタイル構成。MODIS 独自の図法を使っているため、混乱を招いている。

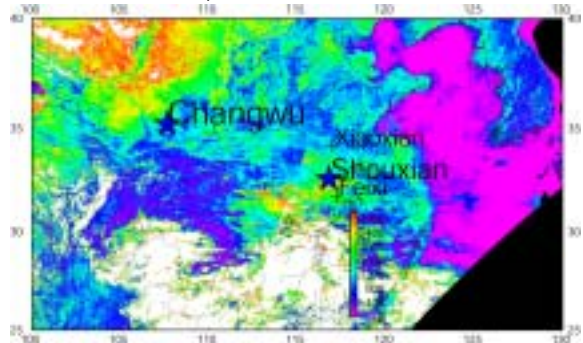


図 5 MOD09A1 データをモザイクし、緯度経度直交座標系に変換した画像例 (0.01°)。

ただし、問題点もある。現時点では、eos-hdf 自身に 16bit の記載が多いため (hdf version 5 になり、解消されたという話もあるが、eos-hdf は version4 系に多くを未だに依存している)、1file で 2Gbyte を超えることができない。これは大した問題では無いように思えるが、mosaic 画像を作成し、黄河領域・もっと大きくモンスーンアジア全体を一気に解析を行う際には上記の file size の制限によって分割せざるを得なくなる (図 5 は mosaic するタイル数をチューニングすることによって作成可能)。ただし、これは解析ツールが version up することによって解決と思われる。

なお、MODIS データで得られる、より細かな波長分解能データで得られた知見が地上で何を示しているのかを検証するために、Changwu site では CREST/LAPS Shouxian site では計測されていない分光放射計を上下方向に向け設置する。このデータは現象理解のみならず、衛星検証データとしても役立つと思われる (同セットは筑波大 TERC 実験圃場にも今年度設置する)。

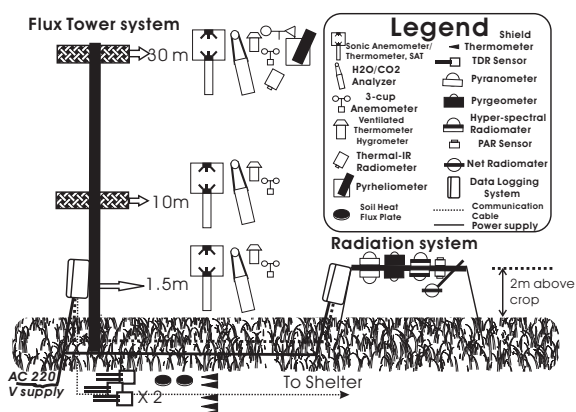


図 6 Changwu に設置するフラックス・放射計測システム

3. まとめ

まとめると以下の通りになる：

- ・長期解析は PAL でするしかない。解像度が流域ベースで考えると粗すぎる。・“急激な”という観点では、SPOT VEGETATION が使える。ただし、熱バンドがない。
- ・MODIS はさすが新世代衛星だけあって、見事な空間表現力を持つ。Path 毎の差もきれいに補正されており、可視光内の“差”でも議論ができるレベルにある。ただし、大きなファイルが“現状”では作れないため、source を弄るなどの処理が必要。時間が解決？

略語説明

AVHRR: Advanced Very High Resolution Radiometer
CEReS: Center for Environmental Remote Sensing
CREST: Core Research for Evolutional Science and Technology
GAC: Global area coverage
HRPT: High-resolution picture transmission
HRV: High Resolution Visible
HyARC: Hydrospheric Atmospheric Research Center
LAPS: Lower Atmospheric and Precipitation Study
MODIS: MODerate Resolution Imaging Spectrometer
NDVI: Normalized Difference Vegetation Index
PAL: Pathfinder AVHRR Land
SPOT: Systeme Probatoire d'Observation de la Terre
TERC: Terrestrial Environment Research Center
YRIS: Yellow River Studies

*1: <ftp://daac.gsfc.nasa.gov/data/avhrr> (anonymous ftp)

*2: <http://free.vgt.vito.be/> (registration 必要)

*3: <http://redhook.gsfc.nasa.gov/~imswwww/pub/imswel come/> (NASA Earth Observing system data gateway, HRPT 等の他の衛星データも手に入る。Registration 必要)