

生態環境計測学 2019.06.05 の質問・補足

回答者 : 植山

1. 最大コンポジット法により雲を除去する方法についての説明をもう一度してほしい。

[Answer]

衛星リモートセンシングは宇宙空間から地表面の反射率、放射率を計測するため、エアロゾルなどの大気を混濁する物質や雲などの影響を受ける。特に、可視反射赤外リモートセンシングでは、対象領域に雲がかかると、雲の下の状態を評価することができない。人工衛星は周期的に同じ場所を計測していることが多い（例えば、MODISであれば、毎日の朝夕2回について地球上の全ての場所を計測している）、異なる日や時間に取得した雲のないデータを合成することで雲の影響のない画像を作成することができる。NDVIは、植物の量が多く活性度が高い場所ほど高い値を示す。一方、雲があるとNDVIの値は小さくなる。このことを利用して、最大コンポジット法では、ある期間においてNDVIが最大となっている部分を抜き出して合成画像を作成して雲の影響を除去する。ここで、コンポジットを作成するための期間は、植生が大きく変化しない程度に短くあり、雲の影響が除去できる程度に長くある必要がある。一般に、1週間から1月程度のコンポジットが作成されることが多いが、熱帯域のように季節を通して雲が多い地方では、最適なコンポジット期間を決めることが容易でない。

雲が多い地域・季節における植生評価をするためには、撮像時間が異なる複数の衛星データを用いたり、気象衛星などの静止衛星のデータを用いることが検討されている。例えば、日本の気象衛星ひまわり8号は、可視、近赤外バンドを有しているため、大気補正や地表面反射率の異方性を考慮できればNDVIなどの植生指数を計算することが可能であり、今後の利用に向けて検討が進められている（林ら、2019）。

引用文献

Hall, D., Riggs, G. A., Salomonson, V. V., DiGirolamo, N. E., Bayr, K. J. 2002: MODIS snow-cover products, *Remote Sensing of Environment*, **83**, 181-194.

林航大・市井和仁・吉岡博貴・村上和隆・井手玲子・奈佐原顕郎・秋津朋子・三浦和昭 2019. ひまわり8号による広域植生モニタリングの実現性評価, 日本地球惑星科学連合2019年大会講演要旨.

2. MODIS 撮像時間がおおむね10時半、13時半、22時半、1時半である理由はなにか。

[Answer]

NASAのEOS計画により、2機の衛星により地球観測なされることになったために1日に4回の衛星観測がなされるようになった。Terra衛星に搭載されるMODISでは、夜間（22時半）の観測は北極から南極方向に観測軌道（descending）をとり、日中（10時半）の観測は南極から北極方向に地球を北上しながらの観測軌道（ascending）をとり、1日で地球を1周するため昼夜の2回の観測となる。Aqua衛星に搭載されるMODISでは、この逆で日中がascending起動をとり、夜間にdescending起動を取る。

午前中は対流性の雲が午後より生じにくいいため、10時半の観測が行われていると思われる。高緯度では冬に夜間が長い時間帯が早すぎると観測頻度が落ちてしまうため、10時半ごろに観測しているのではないかとされる。加えて、正午ごろに観測することで、太陽高度が高く観測条件が良く、かつ衛星自体が影になることが低減できる利点が考えられる。午後の最高気温を記録する時間帯に計測することで、表面温度などの物理量の日中の変化が評価できる。夜間に関しては、日中の観測の12時間後に衛星が同じ場所を飛来するために、22時半、2時半ごろの観測となっているものと思われる。本解答は、私の推測に基づくものであるため情報が不正確である可能性があることに留意してほしい。

3. 光利用効率(LUE; Light Use Efficiency)モデルについて、再度、説明をしてほしい。

[Answer]

LUEモデルとは、植物が吸収した光合成有効放射(APAR; Absorbed Photosynthetically Active Radiation)とLUEの積から光合成量を推定するためのモデルである。

$$\begin{aligned} \text{光合成量} &= \text{LUE} \times \text{APAR} & (1) \\ &= \text{LUE} \times \text{FPAR} \times \text{PAR} \end{aligned}$$

ここで、FPARは光合成有効放射吸収率(Fraction of PAR)を表す。一般に、FPARとNDVIの間には関係性があることが分かっているため、NDVIからFPARを推定することができる(ただし、近年では、より高度な手法を用いてFPARが計算されることが多い)。また、衛星データからPARを推定することも可能であるため、衛星リモートセンシングから1式のLUE以外を評価することができる。LUEは、植物種毎に異なること、また環境要因によって光合成活性が変化することを考慮してモデル化すると、LUEモデルと衛星データを用いた広域的な光合成量の評価が可能となる(Sasai et al., 2005)。例えば、植物機能型(Plant Functional Type)毎にLUEの潜在最大値を決めておき、気温、飽差、土壌水分、CO₂濃度などに対するLUEの応答関数を用いて潜在条件からの低下量を表現することで、LUEの時間変動や地理的変動を評価することができる(Heinsch et al., 2006)。観測データが豊富にある生態系を対象にLUE潜在最大値や応答関数のパラメータリゼーションを行うことで光合成速度を類推することが可能であるが、十分な検証や調整がなされていない場合、モデルの精度が保証できないことに注意が必要である。すなわち、LUEモデルでは衛星データで光合成を直接観測しているわけではなく、衛星データを用いて光合成を推定していることに注意が必要である。

引用文献

Heinsch, F. A. et al. 2006. Evaluation of remote sensing based terrestrial productivity from MODIS using regional tower based eddy flux network observations. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **44**, 1908-1925.

Sasai, T., Ichii, K., Yamaguchi, Y. and Nemani, R. 2005: Simulating terrestrial carbon fluxes using the biosphere model “biosphere model integrating eco-physiological and mechanistic approaches using satellite data” (BEAMS), *Journal of Geophysical Research*, **110**, 493-503. G02014, doi:10.1029/2005JG000045.

4. モデルを使用する際の外挿性能の悪さとは。

[Answer]

経験式により関係をモデル化する場合、経験式の構築に利用した条件においては、高い精度を得ることができるが、経験式の構築に利用されていない条件においては著しく精度が悪くなることがある（図1）。このように、経験式の構築に用いたレンジを越えて外挿して適用する際には、大きな不確実性が伴うことに注意が必要である。図1では、説明変数 x の範囲が外挿になった例を示しているが、説明変数 x が内挿となる範囲であってもそのほかの条件が経験式を作った条件と著しく異なっている場合も経験式はうまくいかない場合がある。例えば、ある森林で気温が $20\sim 25^{\circ}\text{C}$ の環境で作った光-光合成曲線は、同じ森林の $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ の環境や、別の森林の同じ温度環境下で成り立つとは限らない。

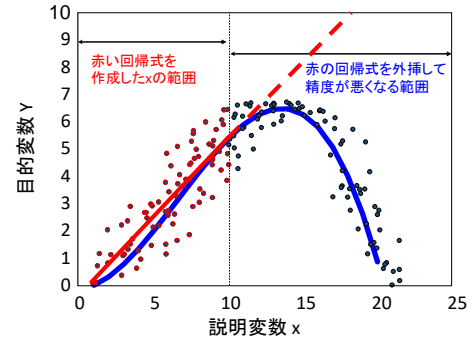


図1 赤い点を元に作成された直線回帰式と説明変数 x がとりうる全ての範囲で目的変数 Y がとる関係（青点、青線）。限られた範囲で作成された経験式は、その範囲においては現象を近似できているが、経験式の構築に用いていない条件では、関係を正しく記述できおらず回帰式の外挿性能が悪いことが分かる（赤い破線）。

5. コンセプトモデルとは？

[Answer]

コンセプトモデルとは、ある現象に対して原因と結果を概念的に記述したモデルである。ある現象に影響する要因やその影響度を整理するのに役立つ。例えば、図2は、一次生産量を決定する要因を説明したコンセプトモデルである。影響度が強いほど、太い矢印で記述されている。

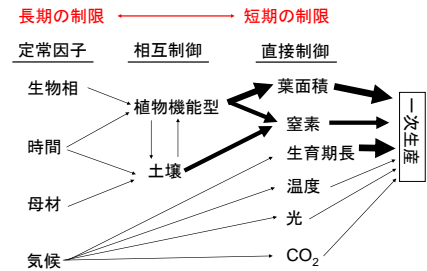


図2. 生態系の一次生産と環境要因との関係を整理したコンセプトモデル (Chapin et al., 2002)

引用文献

Chapin III, F. S., Matson, P. A., and Mooney, H. A. 2002: Principles of terrestrial ecosystem ecology, Springer-Verlag Press, New York, 436 pp.

6. モデルを用いた要因分析（アトリビューション分析）について補足がほしい。

[Answer]

ある程度、現実を再現できると判断されるモデルを有している場合、モデルの入力データを変化させることで結果がどのように変わるかを評価することができる。特異な変動が観測された場合、その変動を再現できるモデルの入力データをさまざまに変化させることで、どの入力により特異的な変動が生じていたかを推測することができる。例えば、気温、湿度、日射、降水量などの入力データうち、気温のみにバイアスを与えてモデルを実行することで、特異的な変動が出力されなくなれば、特異的な変動が気温によって生じていたと推測できる。このような解析は、アトリビューション分析と呼ばれる。