

# 気候変動に植生はどのように応答しているのか

今年は暖かかった、雨が多かった、といった気候変動は植生の成長に影響を及ぼし、その年々変動は大気CO<sub>2</sub>濃度変動にも現れるだろうか？

- ・ 植生の成長の年々変動は衛星リモートセンシングで捉えることができるのだろうか？
- ・ それは気候の年々変動とどのような関係にあるのだろうか？
- ・ それは大気CO<sub>2</sub>濃度にどのような影響を与えているのだろうか？

植生・気候・大気CO<sub>2</sub>濃度の年々変動に注目し、これらの間の関係について検討を行ってみる

# 使用したデータ

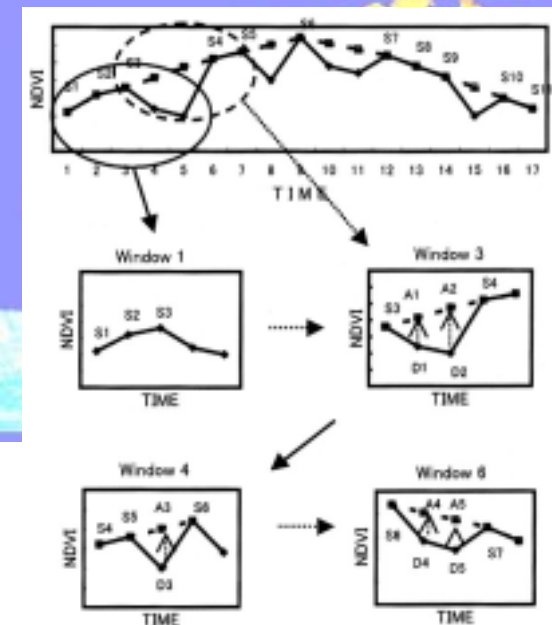
## CD-ROMで建石研から提供可能

**PAL** Pathfinder Global 10 day composited 8km AVHRR NDVI data (<http://daac.gsfc.nasa.gov/>)を元に、緯度・経度(Plate Carree)への投影変換、およびTWO(Temporal Window Operation)法(朴ほか、1999)によるノイズ除去を行った新しいデータセット。作成期間は1982年～2000年であり、空間分解能は4分である。

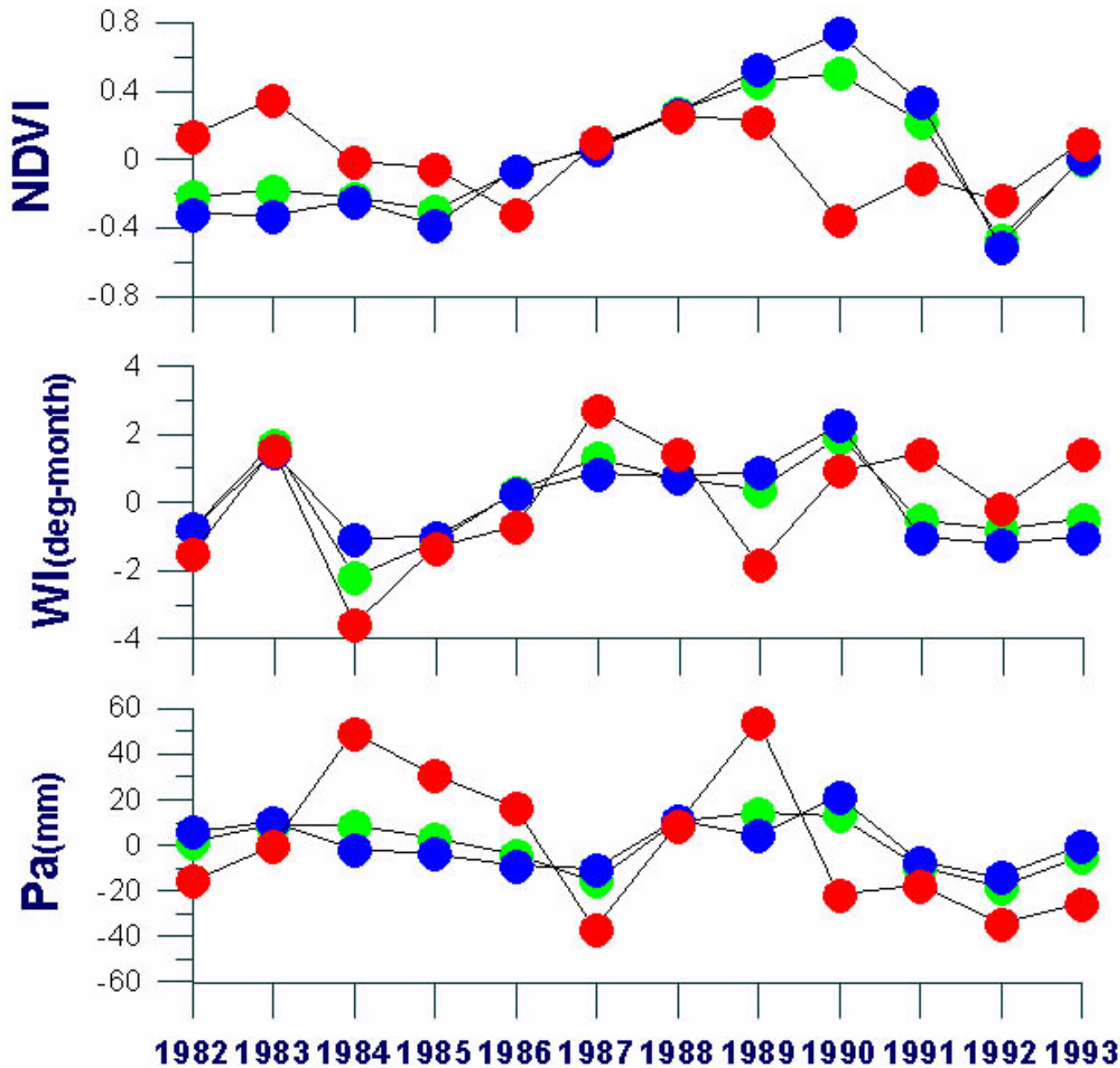
**CRO05** Climatic Research Unit(CRU), School of Environmental Sciences, University of East Anglia が作成した0.5°グリッドの月平均の気象要素データセット(New et al., 1998, 1999)

**大気CO<sub>2</sub>濃度** The Carbon Dioxide Information Analysis Center(CDIAC)が提供するデータベース ("<http://cdisc.esd.ornl.gov/trends/co2/contents.htm>")

**TWO法** TWO(Temporal Window Operation)法は、雲の影響を除去するために一定期間NDVIのプロファイル変化を追跡し、NDVIが植生の季節変化に合わせてスムーズに変動するように補正する手法である。その手順は、高い値を持つノイズの検出と除去、NDVIプロファイル凸部の補正、NDVIプロファイルの凹部の補正、から成る。詳細は朴ほか(1999)を参照願いたい。



**TWOの処理により、Phenologyの定量的な解析が可能になった**



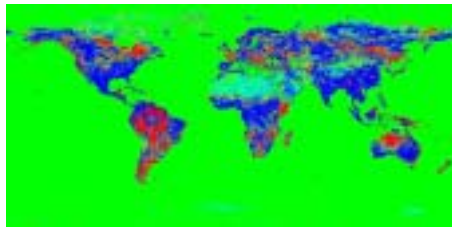
植生活動の指標としては年間のNDVIの積算値(NDVI)、温度条件は温量指数(WI)、水条件は年降水量(Pa)で検討を行った。

NDVI偏差は全球平均で見ると、85年から増加傾向にあり、90年に極大に達した後、92年に解析期間の最小値を記録した。このような変動は北半球のみの変動とほぼ一致しており、90年の極大値は北半球で最高値を記録した。一方、南半球では全球平均あるいは北半球平均とは異なる変動をしており、83年、88~89年に極大値、86年、90年に極小値をとっている。

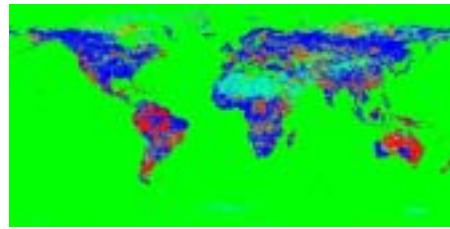
温量指数においても全球平均と北半球はほぼ同様な変動傾向にあるが、南半球は異なる変動を見せている。全球平均および北半球では83年、90年が温暖な年であり、84年が比較的寒冷な年であった。南半球では84年、89年の寒冷と83年、87年の温暖が特徴的である。

年降水量も、北半球は全球平均とほぼ同じ変動を示すが、南半球は特徴的な変動を示す。南半球では年降水量の年々変動が全球平均より大きく、84年、89年の多雨、87年および90年以降の寡雨が特徴的である。南半球では温暖(寒冷)な年は寡雨(多雨)という対応関係が明瞭である。

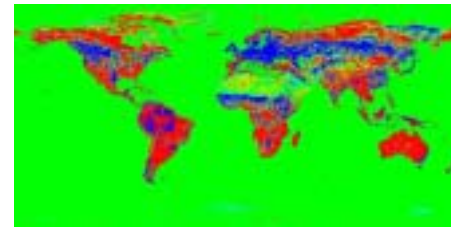
NDVI、WI、Paの1982～1993年の平均に対する偏差の変動。  
 ●:全球平均、●:北半球平均、●:南半球平均。



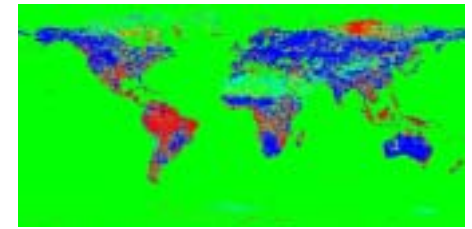
1982



1983



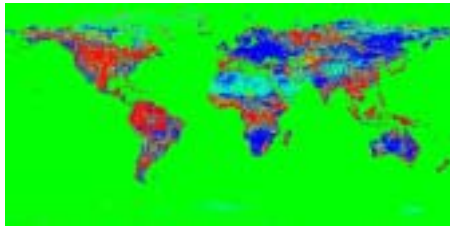
1984



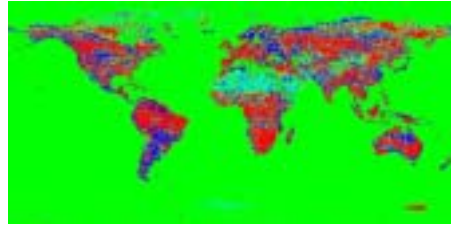
1985



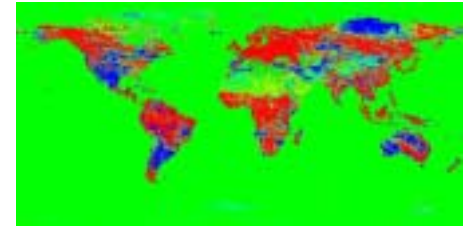
1986



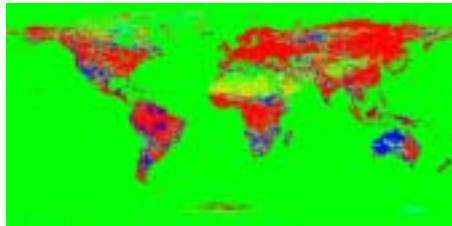
1987



1988



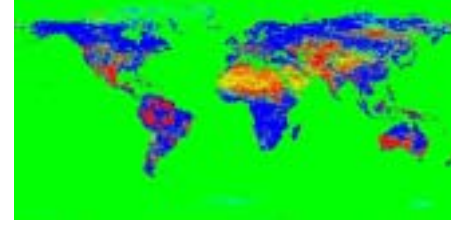
1989



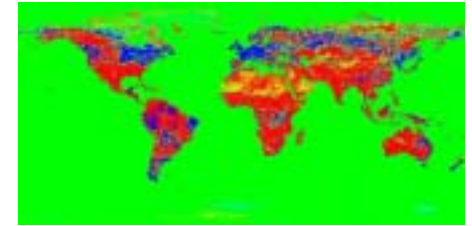
1990



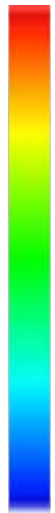
1991



1992



1993



+0.9

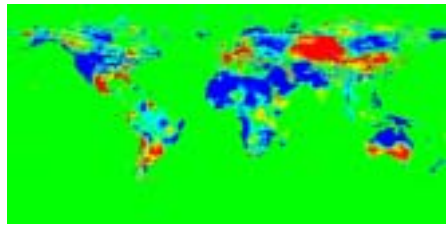
変化なし  
(海域)

-0.9

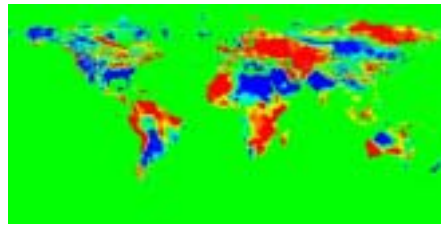
### 1982年から1993年の平均 NDVIからの偏差

全体的な画像の明るさの違いは全球(半球)平均の NDVI偏差の変動と一致しているが、画像からは地域ごとの偏差の違いを読み取ることができる。解析期間で全体的に NDVI偏差が大きな(明るい)年は1990年、小さな(暗い)年は1992年である。

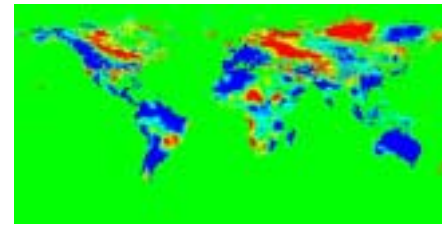
南北両半球の変動傾向の違いも認めることができる。1991年は北半球で正の偏差が大きく、南半球では負の偏差が大きい。一方、1993年は南半球で正偏差の地域が多く、北半球のハドソン湾周辺およびヨーロッパからシベリアにかけて負の偏差の地域が広がっている。



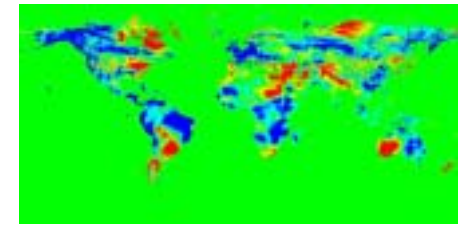
1982



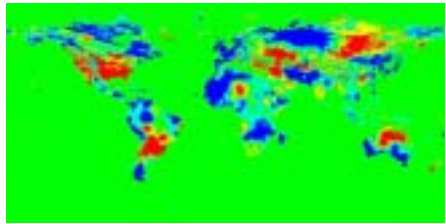
1983



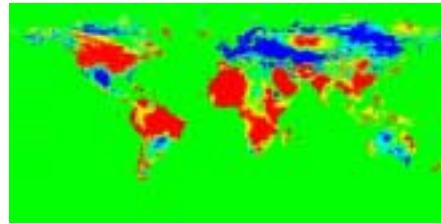
1984



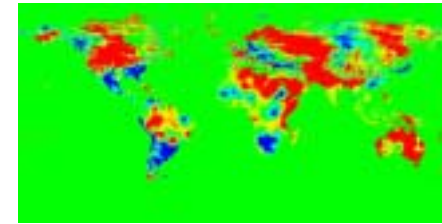
1985



1986



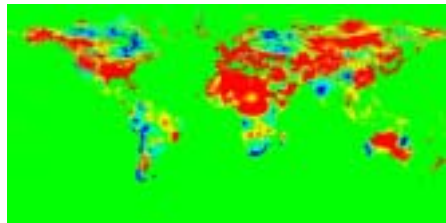
1987



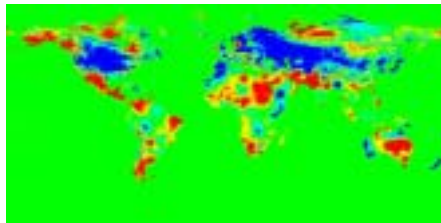
1988



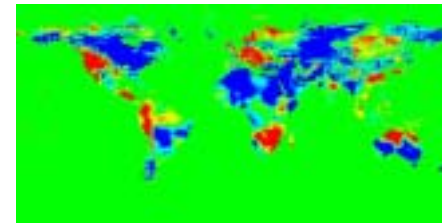
1989



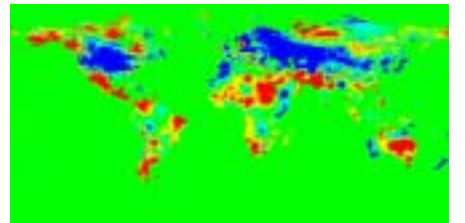
1990



1991



1992

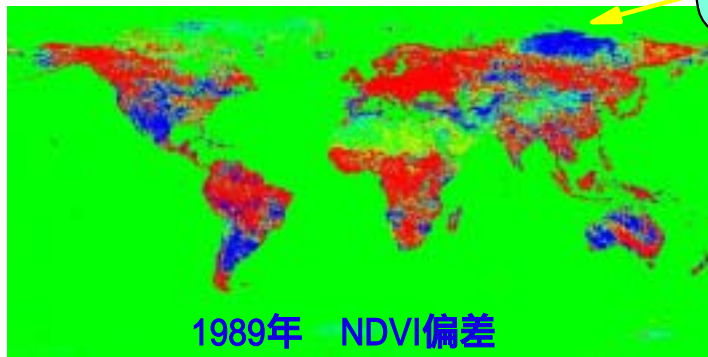


1993

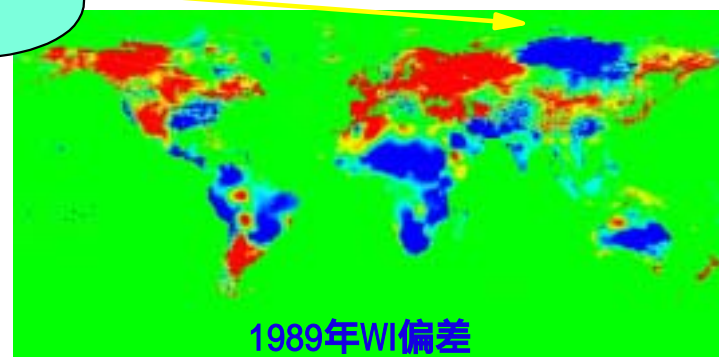


1982～1993年の温量指数(WI)の平均に対する偏差。北米、ヨーロッパ～シベリア域ではNDVIの正(負)偏差が、温量指数(WI)の正(負)偏差に対応している。下の1989年の拡大図では、北シベリア低地、タイミル半島付近のNDVI負偏差とWI負偏差が見事に対応している。

ここに注目



1989年 NDVI偏差



1989年WI偏差



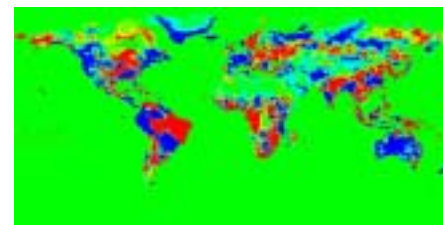
1982



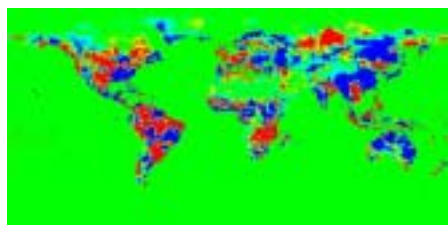
1983



1984



1985



1986



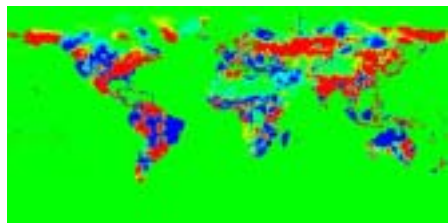
1987



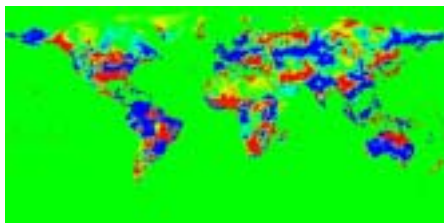
1988



1989



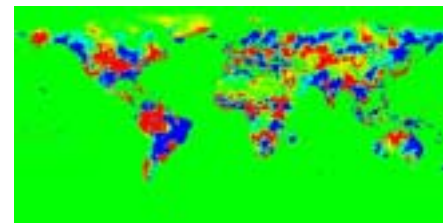
1990



1991



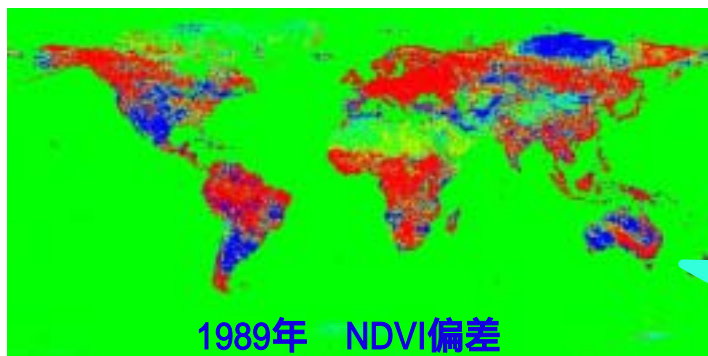
1992



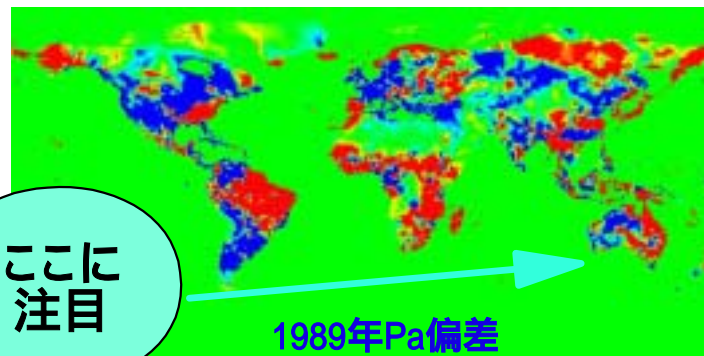
1993



1982 ~ 1993年の年降水量(Pa)の平均に対する偏差. オーストラリア大陸では NDVIの正(負)偏差とPaの正(負)偏差が見事に対応している。アフリカや南アメリカでも NDVIとPaの偏差の相関は高い。

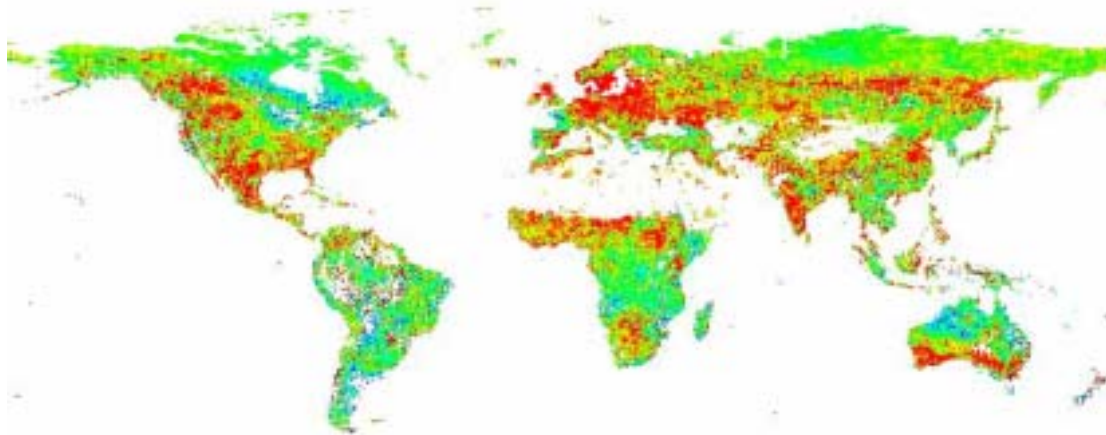


1989年 NDVI偏差

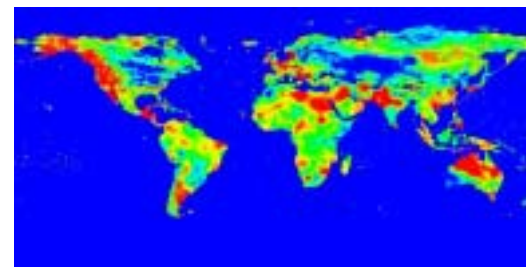


1989年Pa偏差

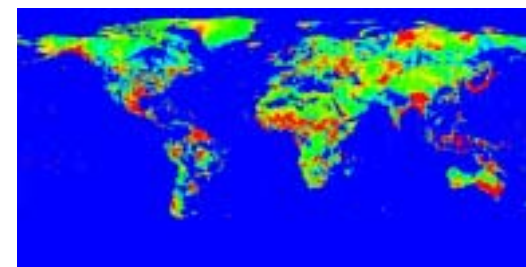
ここに注目



NDVIの13年間トレンド

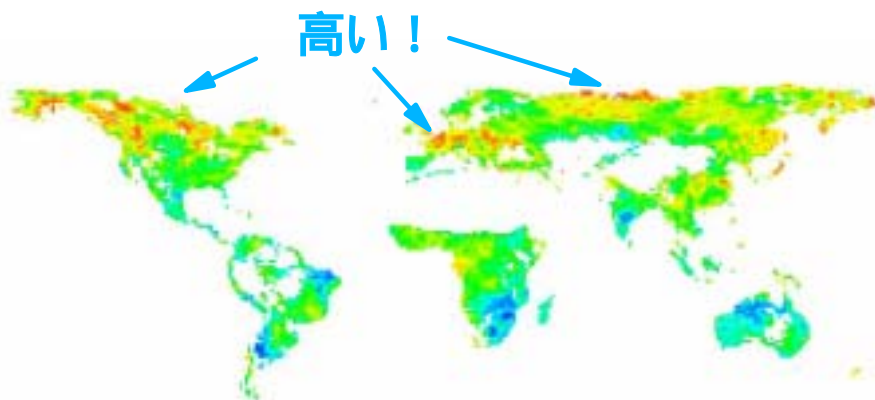


温量指数(WI)のトレンド

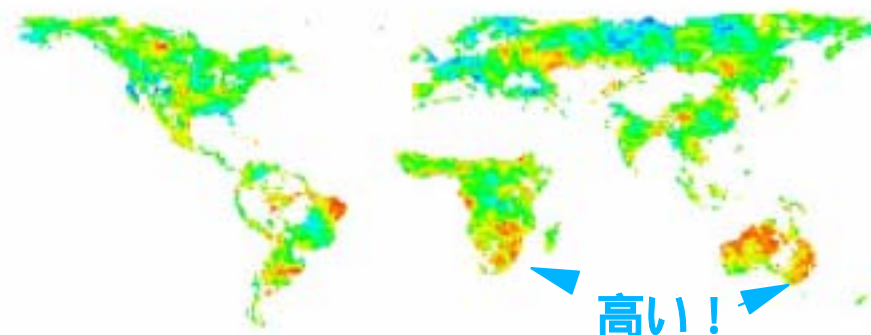


年降水量(Pa)のトレンド

NDVI、WI、Paの変化傾向。解析期間の13年間で NDVIが増加傾向にある地域、変わらない地域、減少傾向にある地域がある。シベリアの増加傾向にある地域は北方林に対応。NDVIについては-0.2 ~ +0.2、WIとPaについては-0.8 ~ +0.8がカラー・パレットに対応。

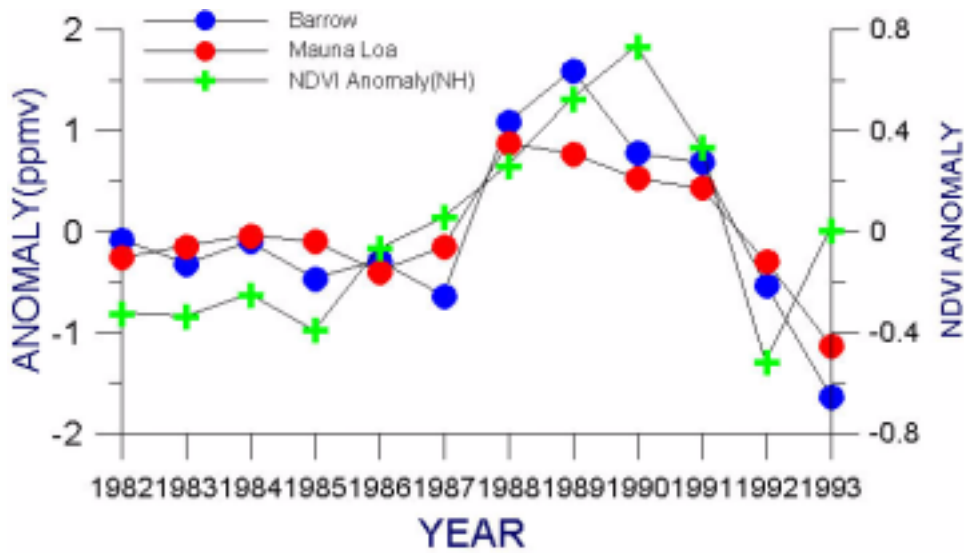


NDVIと温量指数(WI)の相関係数

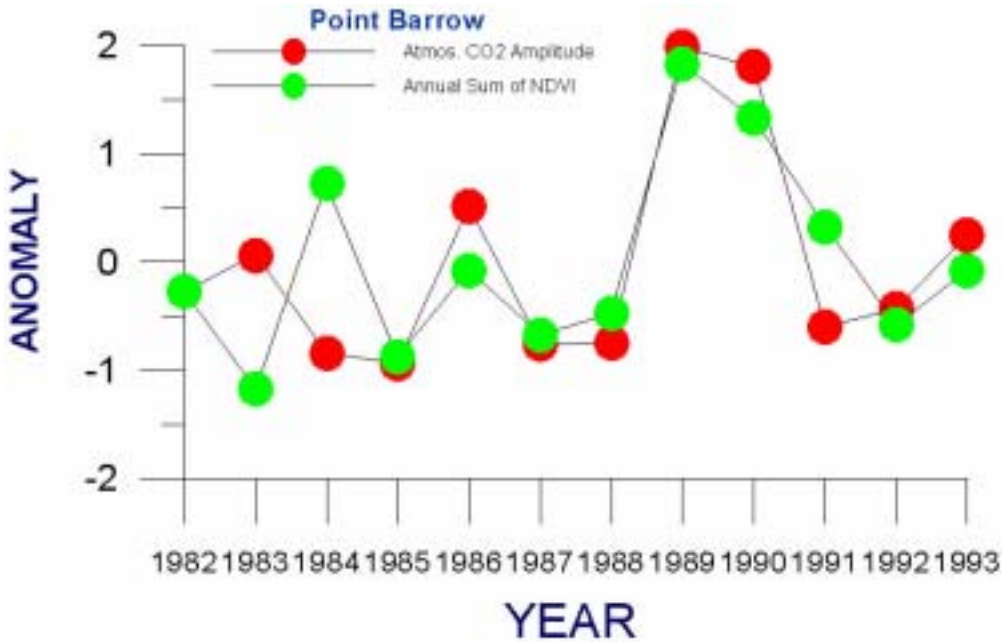


NDVIと年降水量(Pa)の相関係数

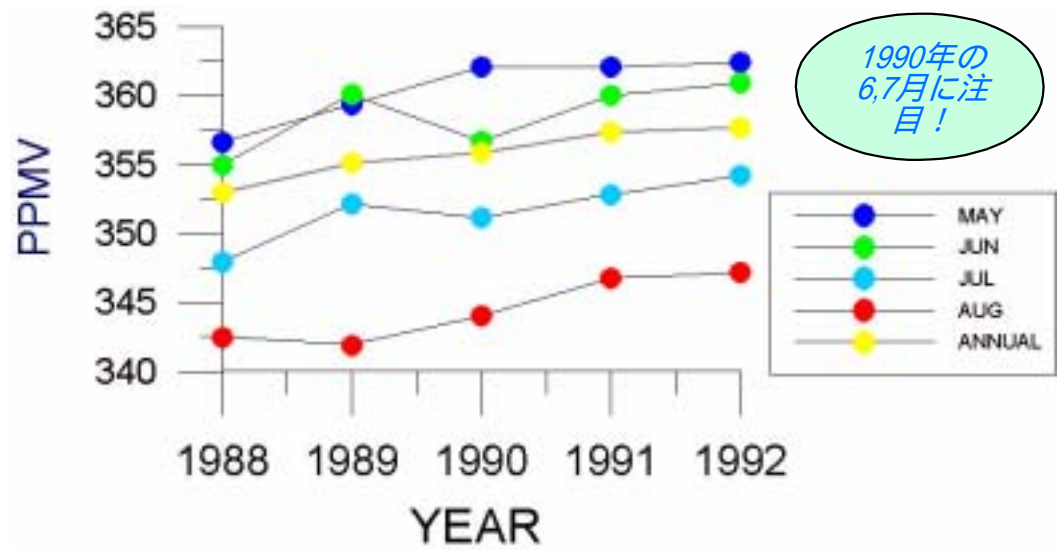
地域の植生変動と温度条件、水条件とはどのような関係にあるのだろうか。NDVIと温量指数(左)および年降水量(右)の相関係数の分布を見ると、北半球ではWIとの相関が高い地域が多く、南半球ではPaと相関が高い地域が多い。北半球でも黒海、カスピ海北部の穀倉地帯はPaとの相関が高い...



アラスカ、ポイント・バローとハワイ、マウナ・ロアにおける大気中のCO<sub>2</sub>濃度の偏差と NDVI(北半球)の偏差。



大気CO<sub>2</sub>濃度の春先から夏にかけての低下量(振幅)は、その年の植生の成長の程度を表す。そこで、各年の振幅と、観測地点における NDVIの解析期間の平均に対する偏差をグラフで示した



アラスカ、ポイント・バローにおける5～8月の月平均大気CO<sub>2</sub>濃度の経年変化。

単回帰分析で求めた1982～1993年の大気CO<sub>2</sub>濃度の上昇トレンドに対する各年の偏差(左上)は NDVIの偏差(3枚目)と似ていないか？

1990年は全球的暖かい年だった。この年、ポイント・バローでは植生の成長が活発になる始まる6月、7月に大気CO<sub>2</sub>濃度が下がった(上)。

ポイント・バローでは大気CO<sub>2</sub>濃度の年間の振幅の偏差と、その場所の NDVIの偏差のグラフの形が非常に良く合う。



植生活動と大気CO<sub>2</sub>濃度の関係を示唆。それは衛星リモートセンシングでモニタリングが可能！



グローバル植生リモートセンシングについてもっと学びたい人は、モンタナ大学およびボストン大学のホームページを訪れるとよい  
(CEReSホームページ、リンクページの大学欄にリンクあり)

モンタナ大学 Numerical Terradynamic Simulation Group

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

ボストン大学 Climatic and Vegetation Research Group

<http://cybele.bu.edu/>

## スケール問題

- ・例えば、日本列島の植生図と、ある山地斜面の植生図では表現するものが異なる
- ・グローバルな視点とローカルな視点では見えるもの、見るべきものが異なる
- ・スケールによって得られる情報の質が異なる？
- ・細かく見ることが唯一の解決方法か？
- ・演繹的、微分的、スケールダウン的手法と、帰納的、積分的、スケールアップ的手法は相補関係にある