1. エル・ニーニョの実態

見延　庄士郎（海洋気候物理学）

予習課題1.

今週の授業の前に，「エルニーニョ」「ラニーニャ」でニュース検索(google news検索など)を行い，また以下のサイト気象庁のサイトで今後の予測を確認しましょう．.

気象庁エルニーニョ監視速報

現在JAMSTECのネットワークトラブルのためサービス停止していますが，以下のサイトも大変有用です

JAMSTECの季節ウォッチ（エルニーニョを含む季節予報の解説です）

予習課題2. 2枚目のスライドを読み，空白に適切な語を入れること.

予習課題はともに提出不要です

注) この二つのハイライトにある極端な(extreme)は，極端に大きなという意味である.

極端なエルニーニョ現象の頻度が高まる恐れ

Nature Climate Change

2014年1月20日

El Nino extremes

このほど極端なエルニーニョ現象の頻度に対する気候変動の影響を調べる研究が行われ、その結果を報告する論文が、今週オンライン版に掲載される。

nature climate change

エルニーニョは、非人為的な気候変化の特徴の1つであり、その影響は全世界に及ぶ。極端なエルニーニョ現象が起こると、気象パターンが全球的に崩壊し、降水量の変化を通じて生態系と農業が影響を受ける。

今回、Wenju Caiたちは、気候モデルを用いて、東部赤道太平洋での海面温暖化の進行によって、極端なエルニーニョ期の頻度が倍増することを明らかにした。東部赤道太平洋は、周辺水域より温暖化のペースが速く、海面水温勾配が小さくなっており、その結果、極端なエルニーニョ期の発生に必要とされる大気の対流層の移動が起こる。これまでの研究では、エルニーニョの変化に関して一貫した結論が得られていなかったが、今回は、それとは対照的な結果となった。Caiたちは、エルニーニョ期の頻度が高まることで、今後、壊滅的な気象事象の頻度も高まると考えている。

http://www.natureasia.com/ja-jp/nclimate/pr-highlights/9023

極端なラニーニャ現象が増えるという予測

Nature Climate Change

2015年1月27日

Extreme La Nina events expected to increase

太平洋の両岸に影響を及ぼす極端なラニーニャ現象の発生頻度がこれまでの約2倍になるという予測についての報告が、今週のオンライン版に掲載される。ラニーニャに伴う大気循環は、世界の多くの地域で極端な気象を引き起こしている。例えば、米国南西部での干ばつ、西太平洋諸国での洪水、太平洋西部のサイクロンと大西洋のハリケーンの上陸頻度の上昇などである。

nature climate change

エルニーニョ現象とラニーニャ現象は、エルニーニョ／南方振動という自然の気候現象の正反対の位相だ。極端なラニーニャ現象は、太平洋中部の海面水温が低下し、それと対照的に東南アジアの沿海部の陸地が温暖化して、強い温度勾配が形成された時に発生する。

この論文で、Wenju Caiたちは、海域と比べて陸域での温度上昇が急激に進み、極端なエルニーニョ現象の頻度が上昇すると、極端なラニーニャ現象の発生頻度が23年に一度から13年に一度に上昇するという結論を示している。今回の研究で、Caiたちは、極端なラニーニャ現象のシミュレーションができることで選ばれた一連の全球気候モデルを使って、極端なラニーニャ現象の発生頻度が地球温暖化とともにどのように変化するのかを調べた。その結果、極端なラニーニャ現象の発生頻度が上昇し、この上昇分の約75%が極端なエルニーニョ現象の直後に起こることがわかった。このことは、極端な降雨と乾燥が交互に起こる気象パターンへの移行を意味している。

このテーマに関連したAntonietta CapotondiのNews and Views記事では、「世界の気候と経済に対する破壊的な影響に関連する現象が、その発生頻度を高めているだけでなく、逆向きのもう1つの破壊的な影響の直後に起こる可能性が生じている」ことが指摘されている。Capotondiは、「我々が地球温暖化の影響に立ち向かう準備をする中で、破壊的な影響を及ぼすラニーニャ現象の発生頻度が高まる可能性を真剣に検討しなければならない」と結論づけている。

http://www.natureasia.com/ja-jp/research/highlight/9704

地球温暖化にともなって，極端に大きなエル・ニーニョの頻度は□し，極端に大きなラ・ニーニャの頻度は□する.

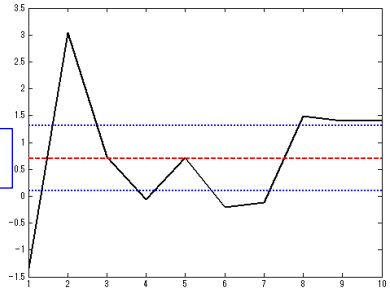
本日の内容

- まず準備に，平均・標準偏差・相関を復習する.
- 代表的な気候変動モードである，エルニーニョの特徴を，一連のデータを検討することで明らかにしよう.
- 最後に皆さんに模式図を作ってもらいます.

平均と標準偏差（一つの変数の特徴）

- 平均($\bar{x}$, μ)：

$$\bar{x} = \square$$



- 標準偏差(s, σ)：□具合，□を表す.

$$x'(n) = x(n) - \bar{x}$$

$$s = \square$$

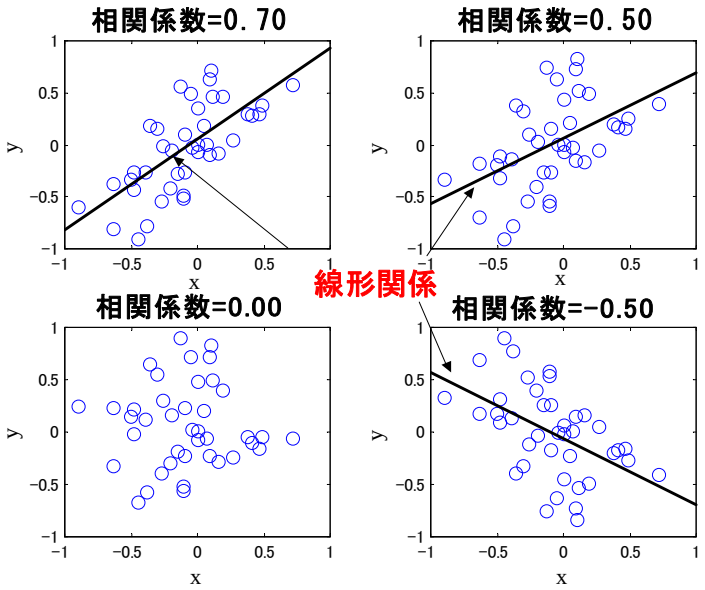
ちなみに

$$偏差値 = \frac{値 - 平均}{標準偏差} 10 + 50$$

偏差値が60なら，平均よりも□標準偏差大きい

相関

相関係数＝線形関係で説明される程度



相関（2つの変数の間の関係）

* 相関 (r)：[　　]を表す[　　].
* [　]≤ r ≤[　].
  * 相関が1または－1で完全1対1対応，相関がゼロで完全に無関係.

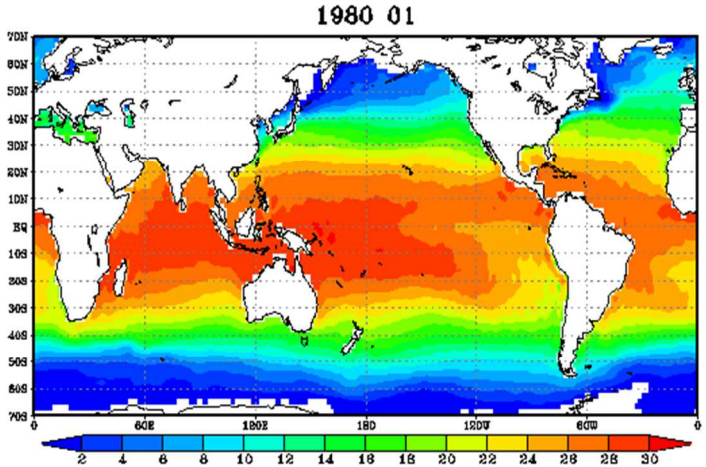
$r =$ [　　]

気候変動と偏差

気候変動とは？

* [　　]([　　], [　　])
  * [　]＝[　　]での大気・海洋・陸面・雪氷などの状態
  * [　　]は，気候が変動すること.[　　]考える.
    * 札幌の夏が暑くて，冬に雪が降ること自体は気候変動とは言わない.
  * Climate change は，多くの場合地球温暖化にともなう気候変化を意味する.

海洋表面水温のアニメーション(1980-2005)



季節変化に隠されて，年々の違いである[　　]の特徴がよく分からない．⇒どうしたらいい？

偏差

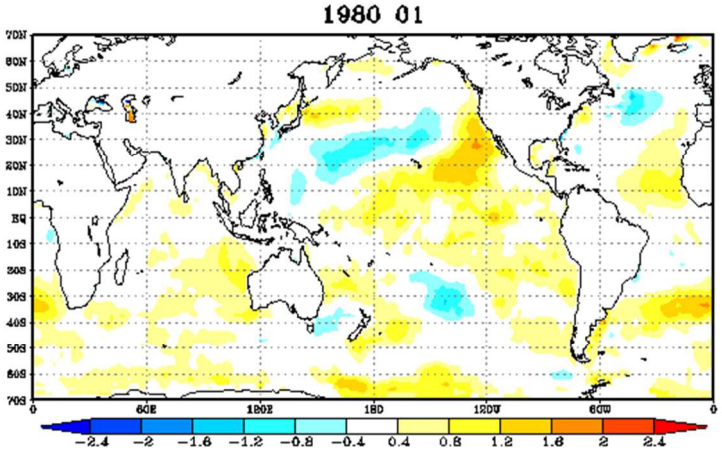
* エルニーニョについて話を進めるために，気候変動の議論に必須の考え方である，[　　]導入する．
* 偏差とは，観測値の季節変化（中緯度なら夏暑く，冬寒い）を含む通常の状態からのずれである．
* そこでまず通常を，[　　]として定義する．たとえば気象庁の月データに対する平年値は，過去30年の[　　]で定義されている．

[　　]

* したがって[　　]である．

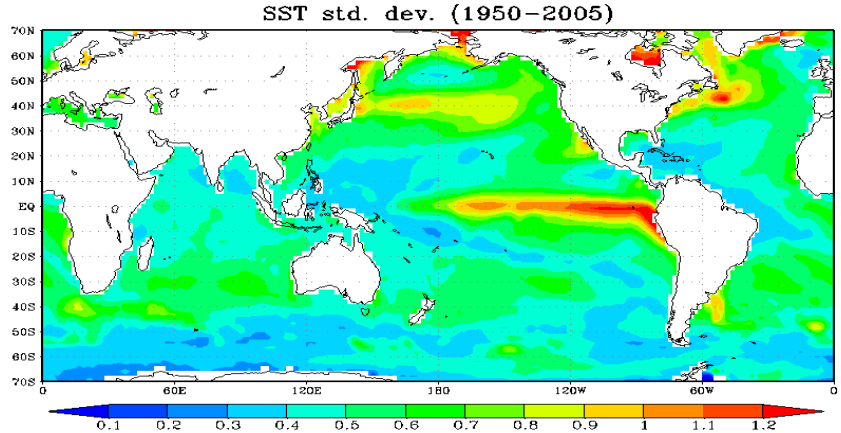
[　　]

海洋表面水温偏差のアニメーション(1980-2005)



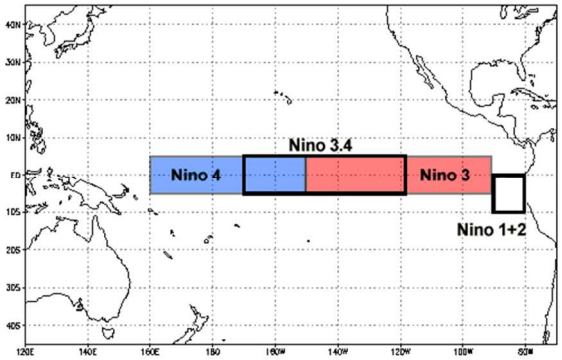
生データに含まれていた経年変動がはっきり見える．
経年変動が大きいのはどこ？→偏差の[　　]を求めよう．

海洋表面温度偏差の標準偏差



* 熱帯では圧倒的に[　　]で変動が大きい．
* 赤道太平洋の水温偏差の時間変化を[　　]で見てみよう．⇒具体的にはどの領域で？

Nino領域



気象庁のエルニーニョ監視領域

Nino3: [　　], 5°S-5°N

Nino3.4: [　　], 5°S-5°N

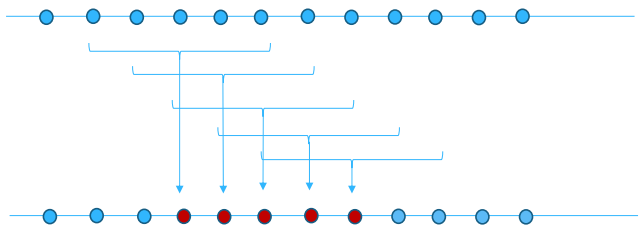
国際的にはNino 3.4が最もよく利用される.

https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/enso/indicators/sst.php 2017/10/2

気象庁のエルニーニョの定義

* 気象庁のエルニーニョの定義は,「エルニーニョ監視領域の表面水温の5か月移動平均値が+0.5℃以上(-0.5℃以下)の状態で6か月以上持続した場合にエルニーニョ(ラニーニャ)現象の発生としている」
* 5か月移動平均とは, ある月の前2か月から後2か月までの値を平均して, その月の値に置き換える平滑化方法である.
* 予測データを用いず観測データからエルニーニョ, ラニーニャの発生を宣言できるのは, その発生から[　]か月後である. →そのため「発生したとみられる」

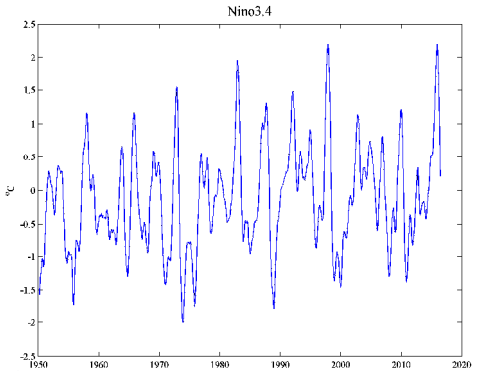
移動平均



* 5点移動平均は, 前2点, 中央の点, 後2点の5点を平均して, 中央の位置の移動平均値とする, 平滑化方法である.

赤道東太平洋の海洋表面水温の偏差

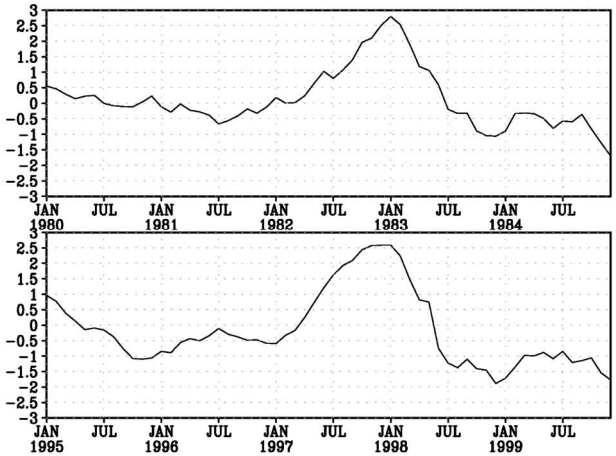
5ヶ月[　　]で平滑化している. たとえば, 2016年4月の値として表されているのは, 2ヶ月前の2016年2月から2ヶ月後の2016年6月までの5ヶ月間の平均である.



全体的に水温が[　　]する傾向も見て取れる

- エル・ニーニョは,
- [　　]
- 特に強い: [　　]年, [　　]年 [　　]年

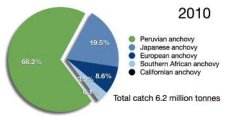
エルニーニョの季節依存性



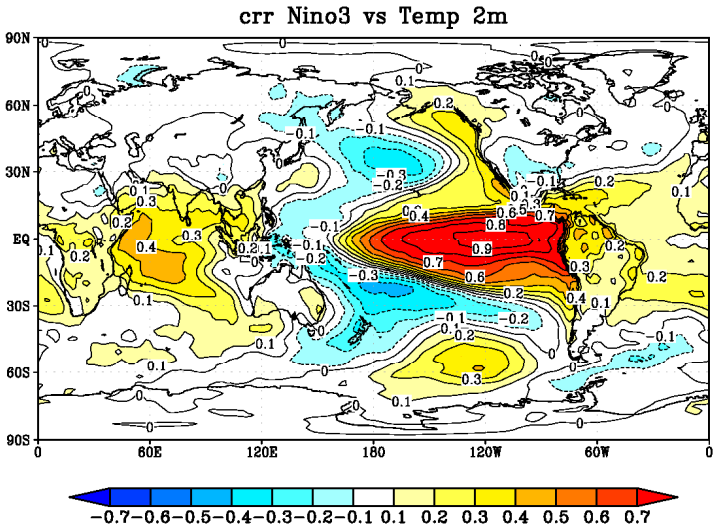
- エル・ニーニョは，北半球の［　　］に最盛期となることが多い．

エル・ニーニョ（El Nino=The Son）の名前の由来

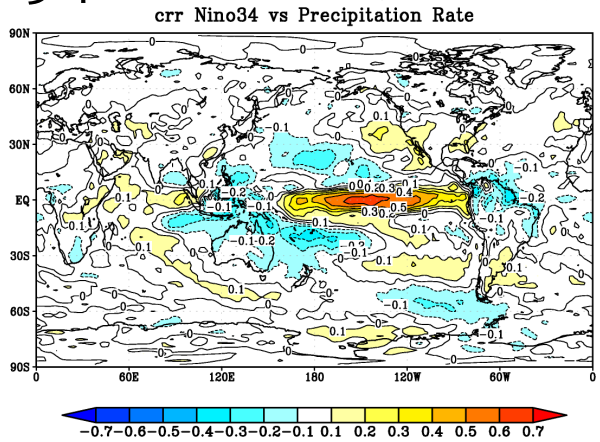
- エル・ニーニョとはもともとは，季節変動を示す語
  - ペルー沖では，栄養分に富んだ海水が，水深100m付近から表面に湧き上がっている（［　　］）．
  - このため，［　　］（［　　］）の好漁場となっている．
  - 毎年12月のクリスマス頃には水温が上昇し，カタクチイワシもいなくなるので，漁も休みになる．
  - この毎年生ずる水温上昇を，クリスマスに生まれたキリストになぞらえて，ただ一人の（神の）子のスペイン語であるEl Niño(英語ならThe Boyの)と呼んだ．
- やがて，毎年の変化からのずれである，気候変動にも12月頃に（例年に比べて）異常な水温上昇が生ずることが見出され，この気候変動もエル・ニーニョと呼ばれるようになった．



Nino3.4と海面・地表面(2m)気温との相関係数



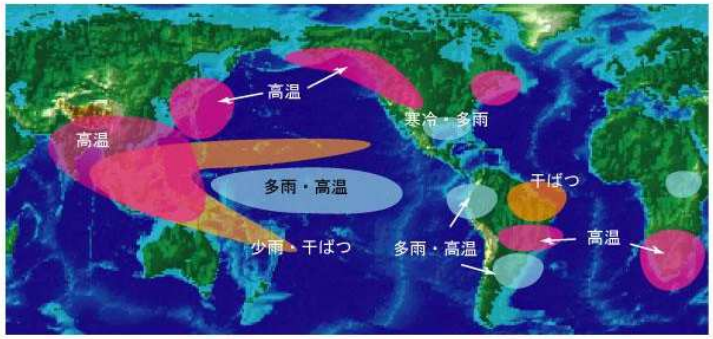
Nino3.4と降水量との相関係数分布



［　　］［　　］フィリピン・インドネシアなどの領域）と［　　］で減少．

エルニーニョ現象に伴う天候の特徴

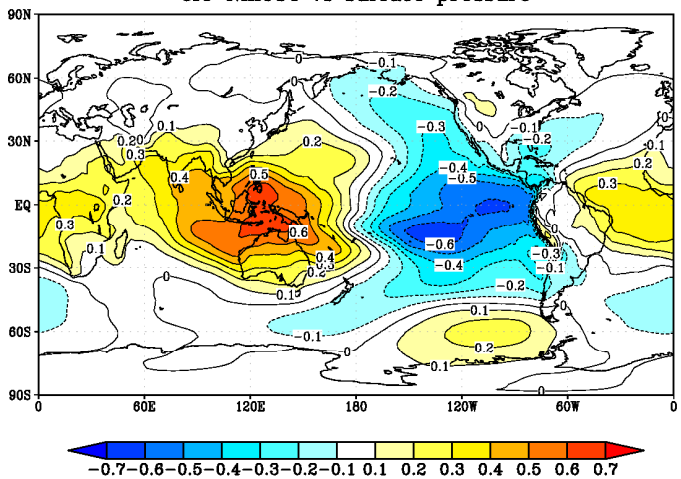
エルニーニョ現象による気候への主な影響



* エルニーニョ現象によるテレコネクションに伴い、世界各地の気温や降水量という人間活動にとって重要な気候要素が平年の状態から大きく変化する.
* 特に、日本においては、暖冬の傾向となります。

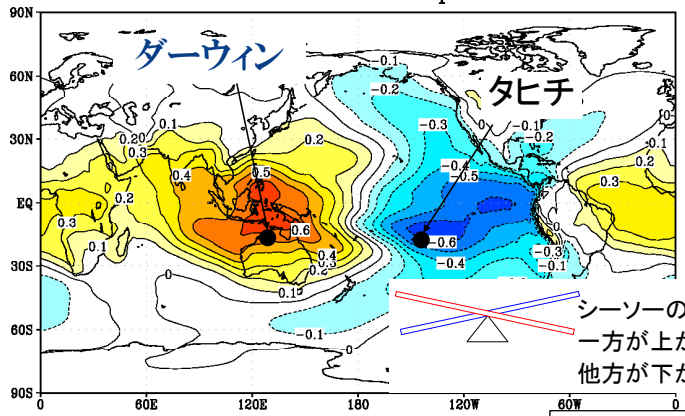
Nino3.4と表面気圧との相関係数分布

crr Nino34 vs surface pressure



Nino3.4と気圧の相関係数

crr Nino34 vs surface pressure



シーソーのように,
一方が上がれば,
他方が下がる

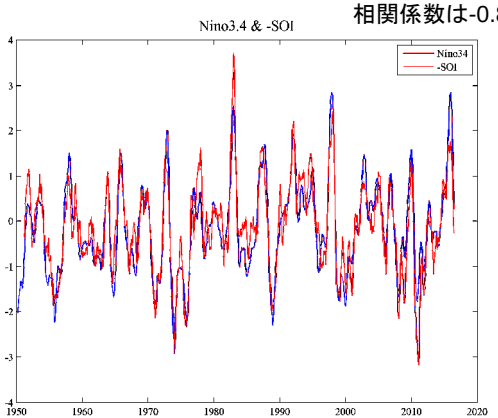
この熱帯太平洋の，気圧のシーソーを［　　］と呼ぶ. ［　　］指数＝［　　］と［　　］の［　　］.

Nino34と南方振動指数

南方振動指数＝タヒチの気圧 ー ダーウィンの気圧

5ヶ月 移動平均 で平滑化している. また，異なる物理量を比較するために，それぞれ変数をそれぞれの標準偏差で割る［　　］を行っている.

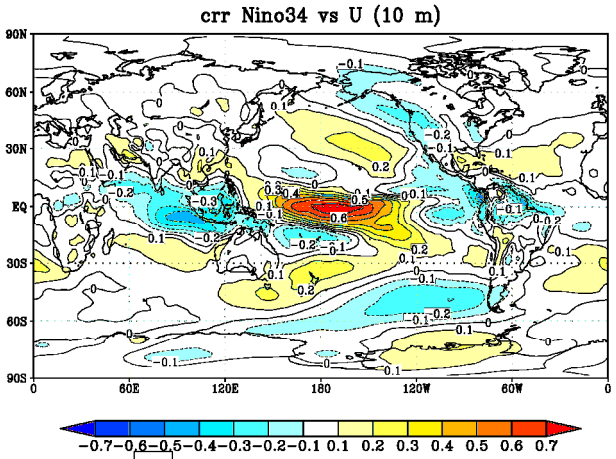
相関係数は-0.88



2015-16年のエルニーニョはSOIでは，それほど強くない. 最強は1982/83, 1997/98の二つが妥当か.

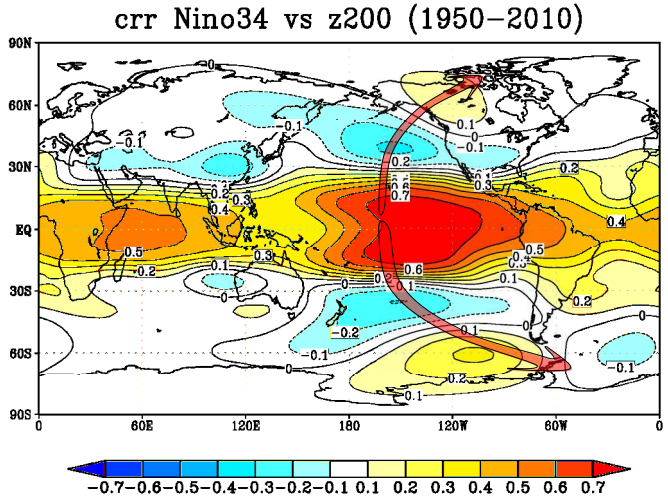
大気と海洋が一体となって変動＝［　　］

Nino3.4と10 m東向き風速との相関



□気圧偏差から□気圧偏差に吹き込む.
この風が降水に重要な,□を輸送.

Nino3.4と200 hPa等圧面高度の相関

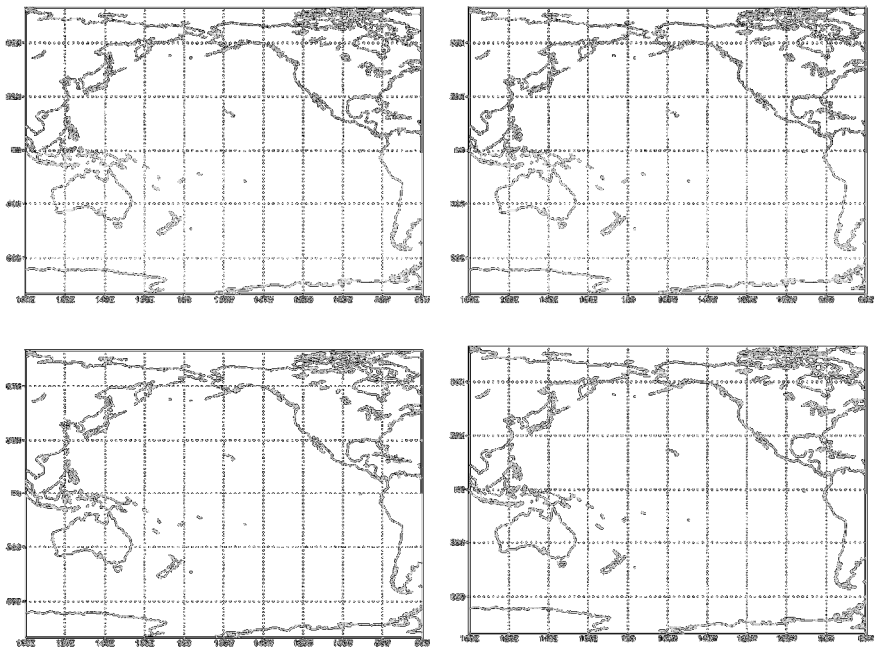


エルニーニョの影響は中高緯度に及ぶ

第一回, 問題1

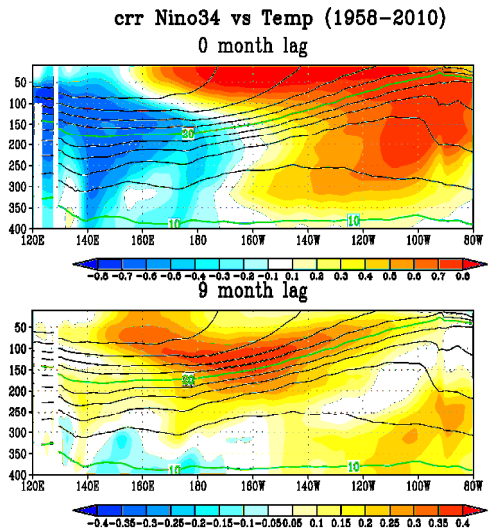
- エルニーニョで生じる表面水温, 表面気圧, 表面(10 m)東西風, 降水, 200 hPaでの等圧面高度の各偏差の関係を模式図にまとめよ. 東西風速と降水は赤道のみでよい. 200 hPaの等圧面高度のみ中高緯度への影響を示すために熱帯以外も示し, それ以外は赤道～熱帯のみでよい. 適宜カラーを使うなり, 複数のパネルを使うなりして(次のスライドに4枚地図を貼ってある), 異なる変数間の関係がわかるようにせよ.
- 面的な図は等値線を使うのが基本です. 風については矢印を使うのがいいでしょう.

第一回、問題1回答用



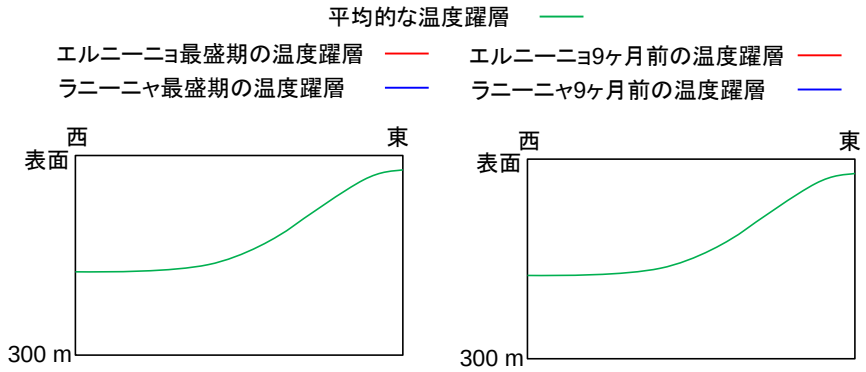
Nino3.4と赤道での海水温との相関

- エルニーニョの最盛期は，温度躍層(20C等温線付近)で，東で［　　］偏差，西で［　　］偏差
  - ラニーニャならこの逆
- エルニーニョの9ヶ月前は，赤道中央太平洋で［　　］偏差



第一回、問題2

- エルニーニョとラニーニャの最盛期，およびそれぞれの9ヶ月前の温度躍層の概形の線を下に描き込め



第1回まとめ1／2

- 二つの変数の関係の強さを表す統計量は［　　］であり，最小値は［　］最大値は［　］無相関は［　］である．
- 過去数十年間の（気象庁は30年）月ごとの平均値を，月平均データの［　　］または［　　］という．
- 観測値から平年値を引いたものが，［　　］である．
- 連続するn個のデータを平均して，中央のデータの値に置き換える平滑化が，［　　］である．
- 異なる物理量を比較する際には，それぞれの標準偏差で割る，［　　］がよく用いられる．
  - エル・ニーニョは，［　　］年に一度熱帯東太平洋の海洋表面水温が異常に上昇する現象で，北半球の［　］季に最盛期．
  - 特に強かったのは，19［　　］年，19［　　］年，20［　　］年
- 地球温暖化で，極端に強いエルニーニョが［　　］予想．

第1回まとめ2／2

- エルニーニョの最盛期の特徴
  - 海洋表面水温は，赤道東太平洋で［　］くなる．
  - 降水は，赤道東太平洋で［　　］する．
  - 気圧は，熱帯東太平洋で［　］気圧偏差，海大陸付近で［　］気圧偏差となる．このような東西の気圧のシーソーを，［　　］と呼ぶ．
  - 東西風速は，赤道中央太平洋で，［　］風偏差（［　］向きの風速偏差）となる．
  - 上空200 hPaの等圧面高度は，熱帯東太平洋で［　］気圧偏差，そのすぐ南北で［　］気圧偏差，さらにその先の北米北西部と南大洋の60S, 110W付近に［　］気圧偏差を示す．
  - 水温躍層での水温は，赤道東太平洋で［　］く，赤道西太平洋で［　］くなる．
- エルニーニョの9ヶ月前の特徴
  - 水温躍層の水温は，赤道中央太平洋で［　］くなる．