

我が国における 過去30年間の パン蒸発の長期トレンドに ついて



筑波大学陸域環境研究センター 浅沼 順
長岡技術科学大学大学院
エネルギー環境工学専攻 上米良 秀行

気候変動と水資源・水防災

- 過去50年間の温暖化に関しては、多くの検証結果がある。
- 水資源・水防災という観点からは、気候変動に伴って、**水循環の各過程の変動について、現状把握と将来予測が必要。**
 1. **降雨**については、現業データや再解析データをもとにした解析結果が豊富。
 - 全球で**降雨および雲量**が増加傾向。(ただし、反証もあり)
 2. **蒸発量**については、現業データに乏しく、今後の課題。
 - 実蒸発量の長期観測は少ない。
 - 原理が単純で長期観測が行われている、**パン蒸発量**を用いた解析が有望視されている。

本研究の目的・手法

● 目的

- 我が国における過去のパン蒸発量および気象要素データの**トレンド解析**を行い、北西太平洋における気候変動に伴う**水循環過程の変動**について、考察する。

● 手法

1. 各気象要素の線形トレンドを計算する
2. t検定、Kendall検定を用いて、各気象要素の線形トレンドの有意検定を行い、トレンドの有無を判定する
3. パン蒸発量と各気象要素のトレンド間の関係から、パン蒸発量のトレンドに影響のある因子を抽出する。

解析データ

- 気象庁管轄の気象官署における気象データ

期間： 1967-1996年

地点： 日本全国14地点

解析項目：

- パン蒸発量、日降水量
- 日平均気温、気温日較差、
- 日平均湿度、日平均飽差、
- 日平均風速

注) 気象庁のパン蒸発量観測は、1965年前後を境に、それまでの小型蒸発計からWMO Class Aパンへの移行とともに、多くの地点で観測が廃止になっている。

解析対象の気象官署(14地点)

根室

札幌

秋田

宮古

松本

東京

輪島

米子

潮岬

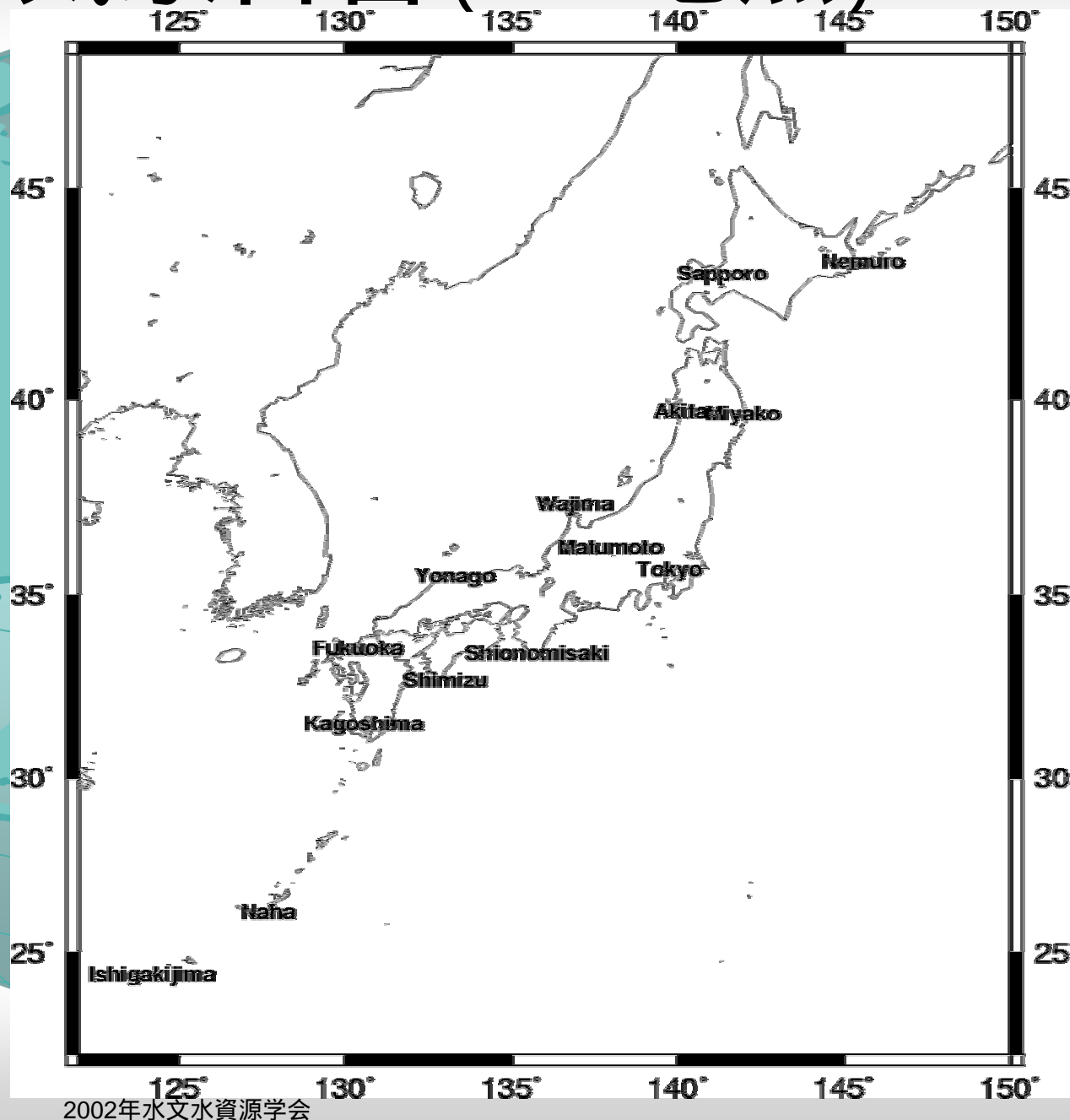
福岡

清水(土佐清水)

鹿児島

那覇

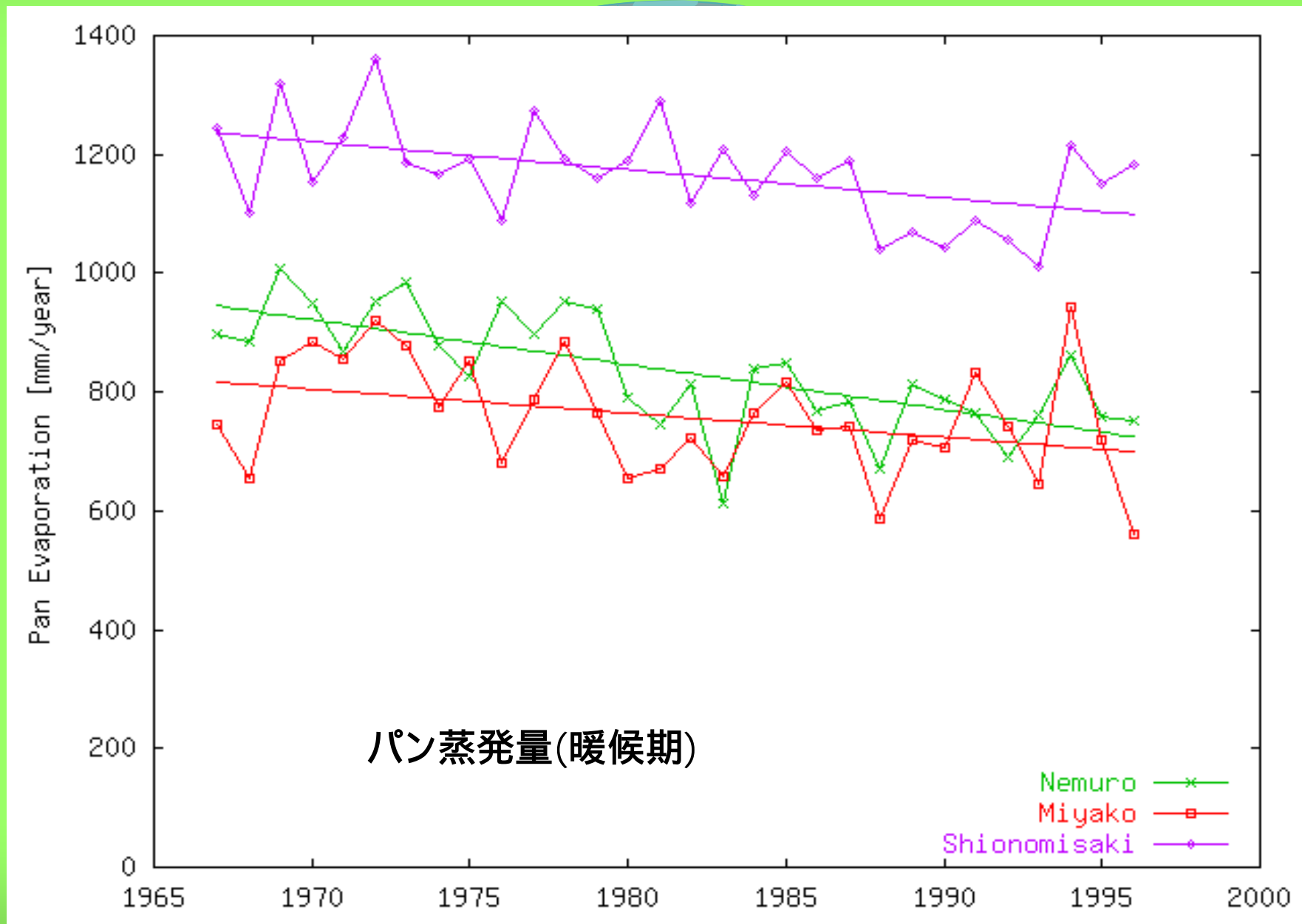
石垣島



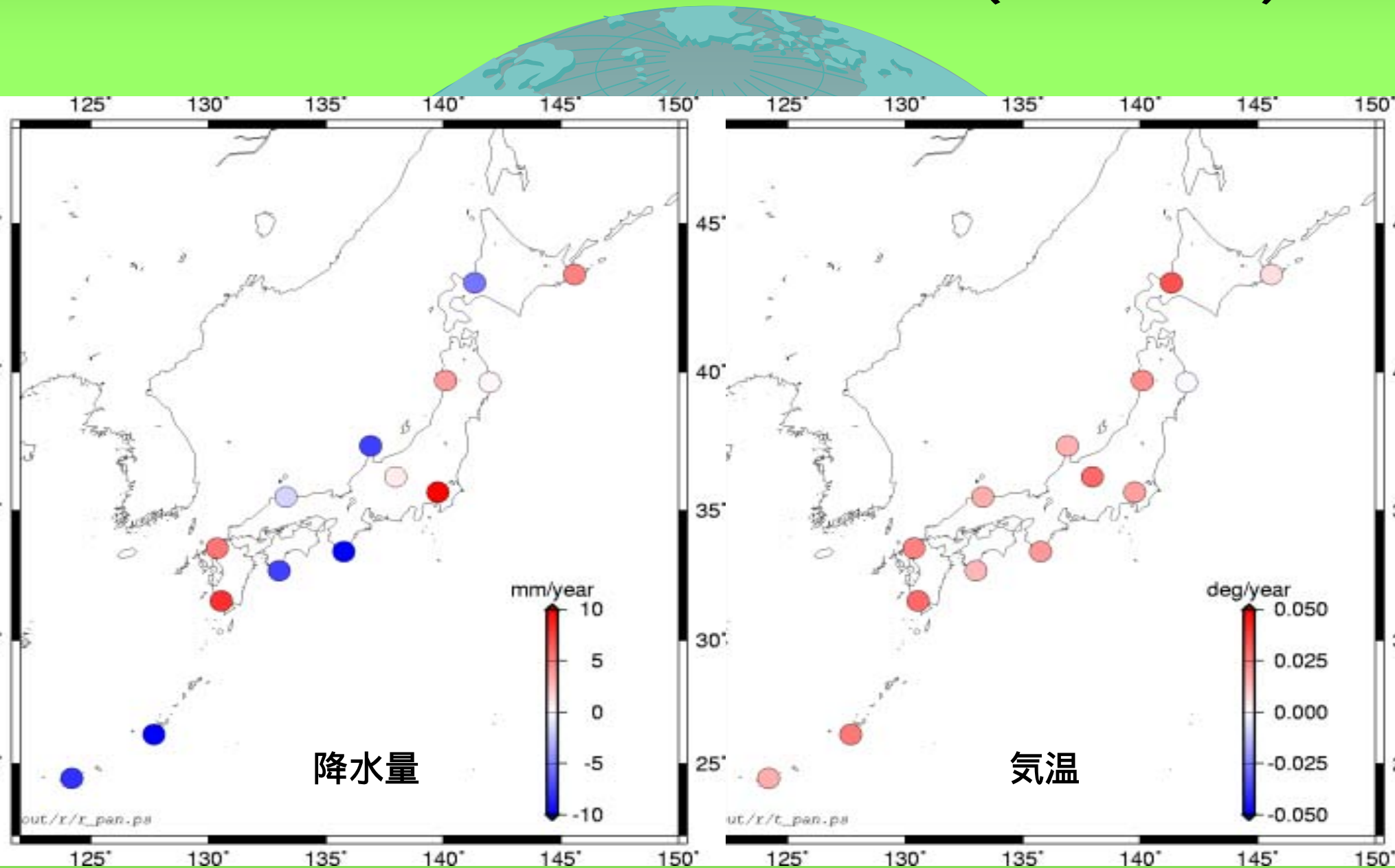
解析の流れ

- A) 対象とする日データを年毎に、季節平均を取る
- 暖候季(5-10月)、春季(3-5月)、夏季(6-8月)、秋季(9-11月)、冬季(12-2月)
- B) 各季節毎の年々変動について、線形回帰分析により、線形トレンド(a)を決定する
- $y(t) = a \times n + b$ (n:年)
- C) 線形トレンド(a)について、 $t = a/\sigma_a$ としてt検定を行い、上昇/下降トレンドの有意性について判定する
- D) また、同様にKendall検定を行う
- E) パン蒸発量のトレンドと他の気象要素のトレンドとの関係を調べる。

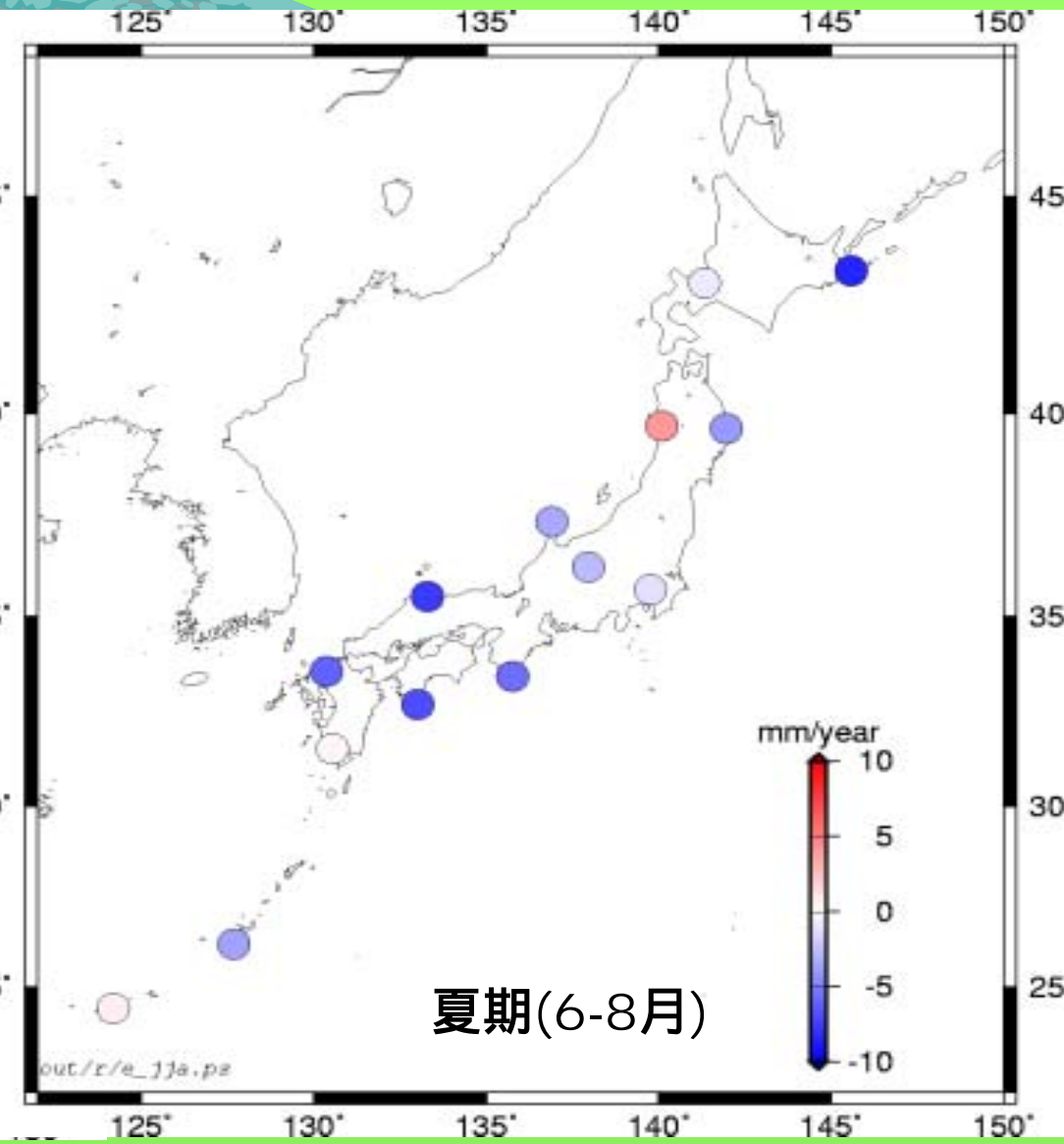
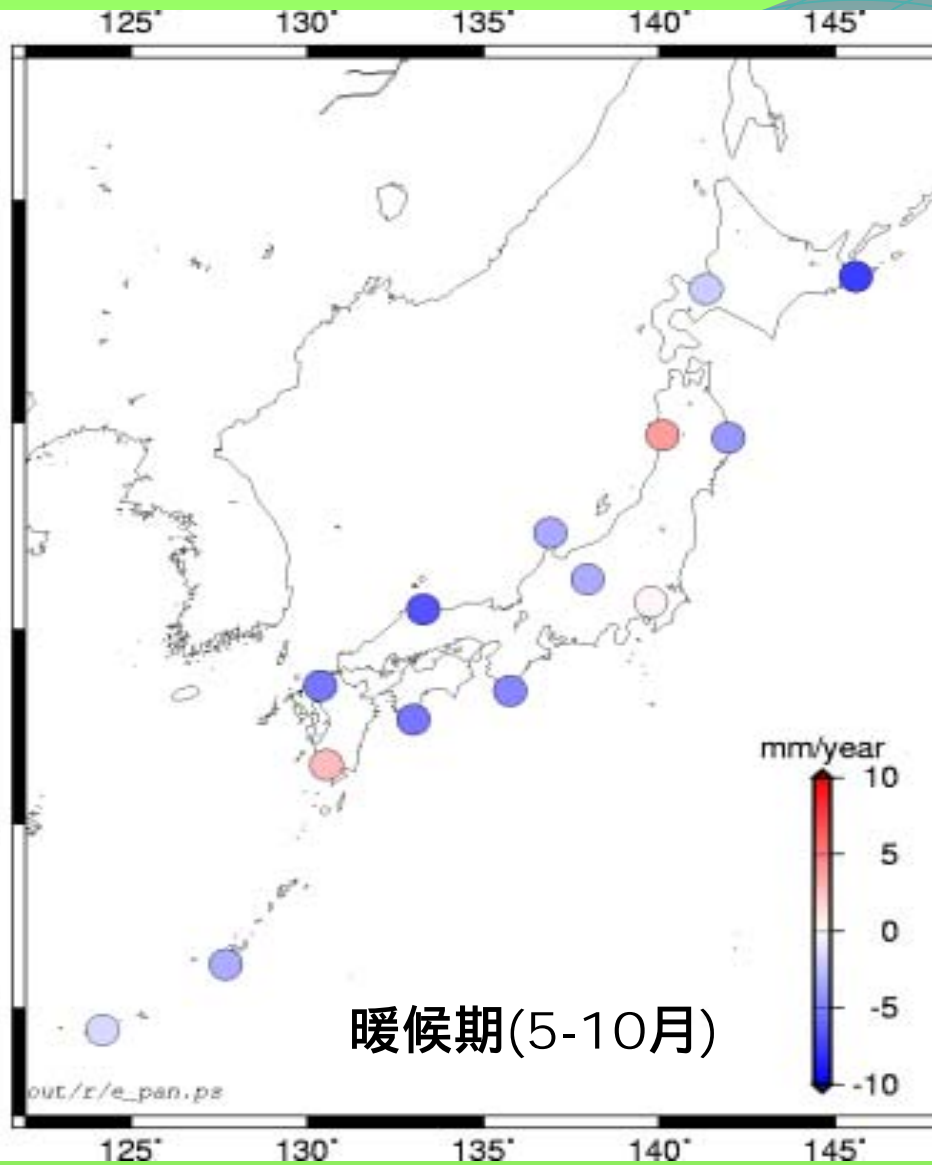
B)トレンドの決定



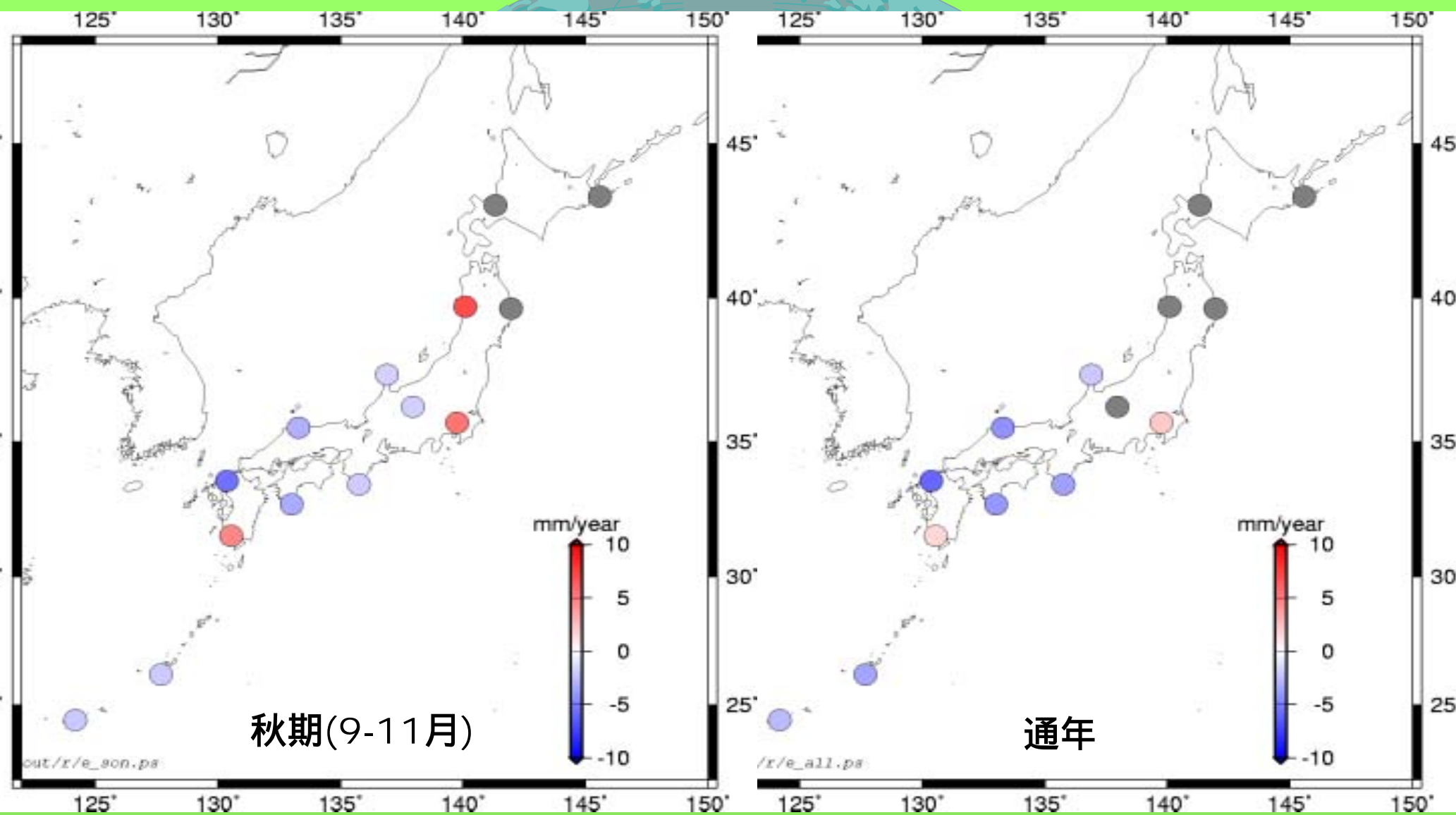
気象要素の長期トレンド(暖候期)



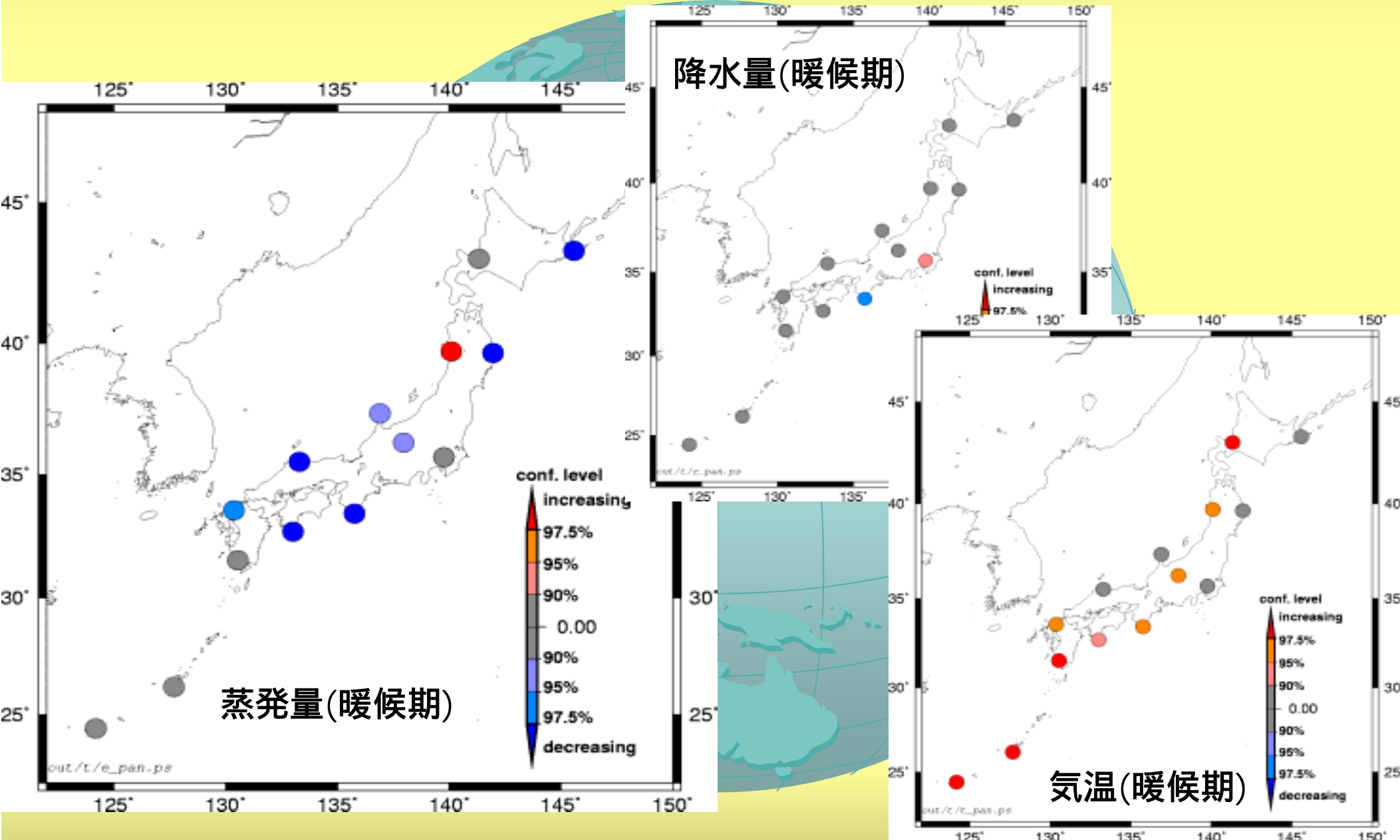
パン蒸発量の長期トレンド



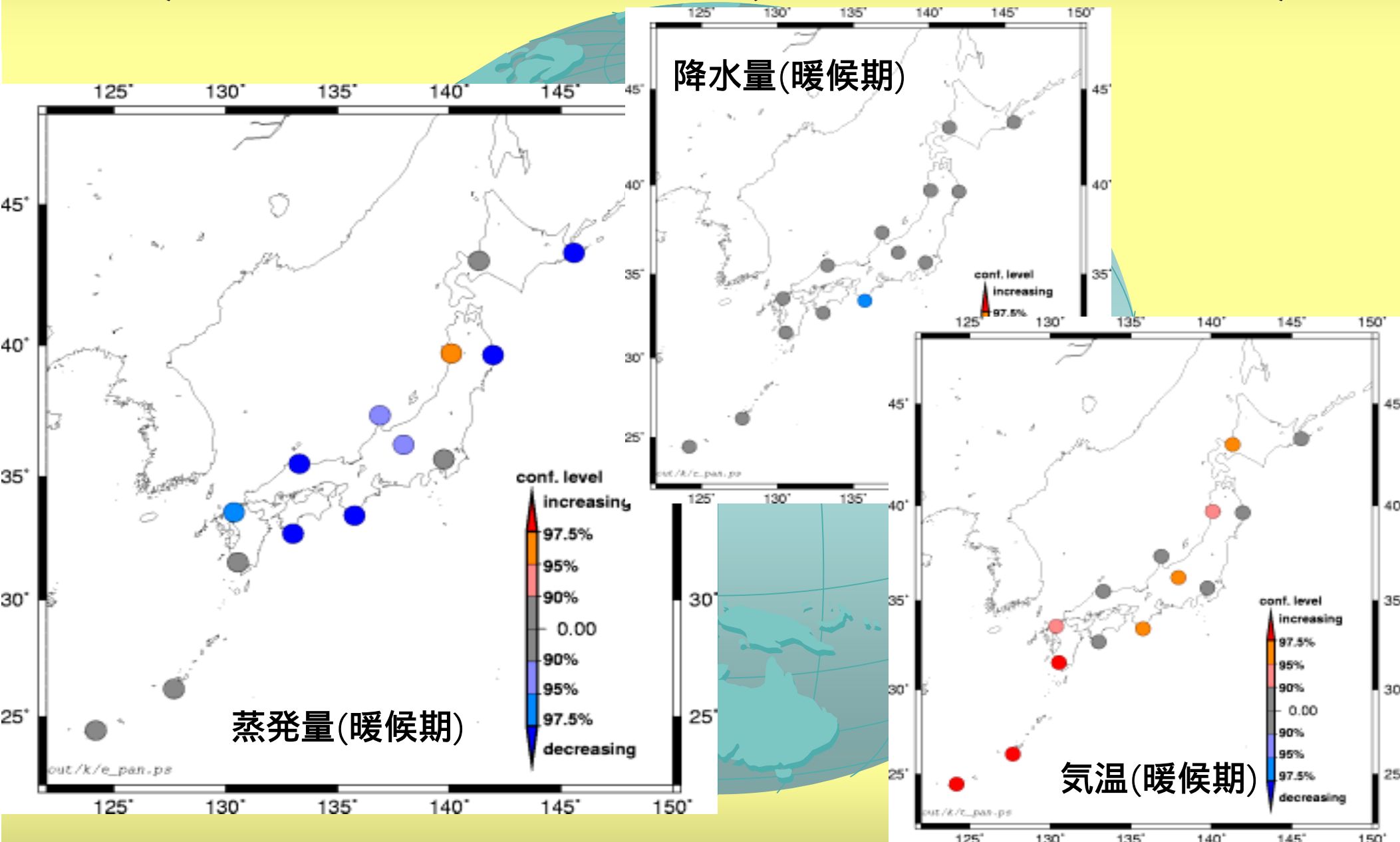
パン蒸発量の長期トレンド



C)トレンドの検定(t検定)

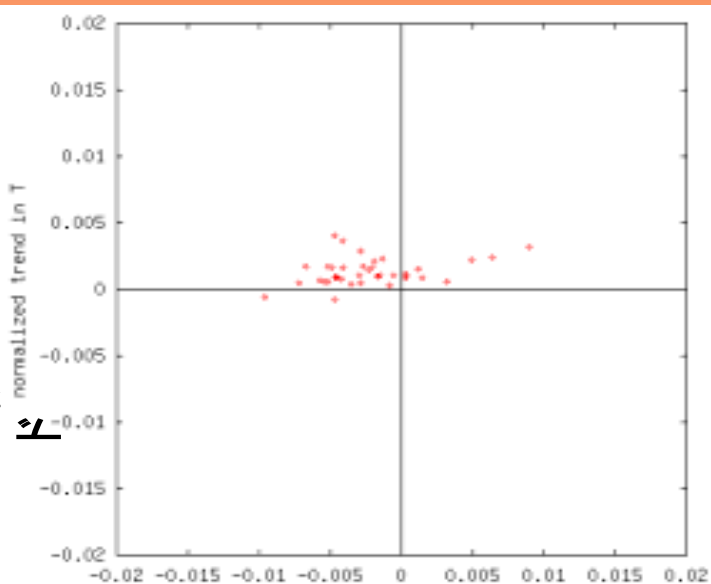


¹² D)トレンドの検定 (Kendall検定)



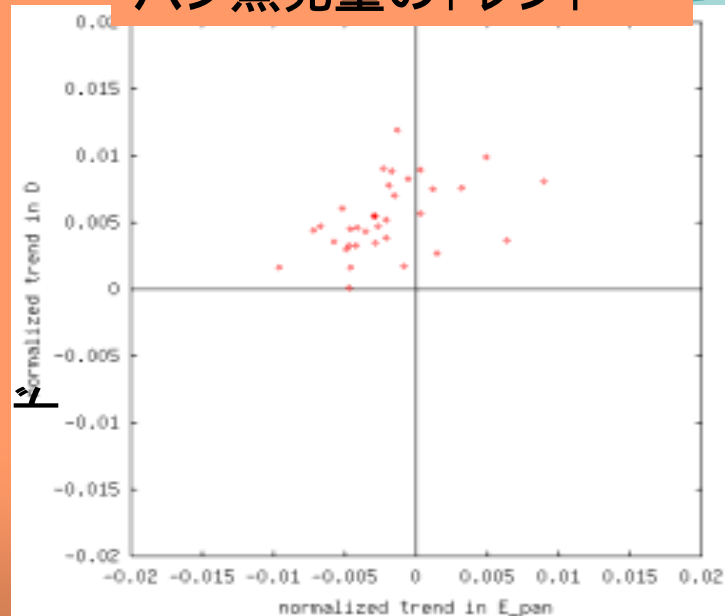
E) パン蒸発量と気象要素の関係

気温のトレンド

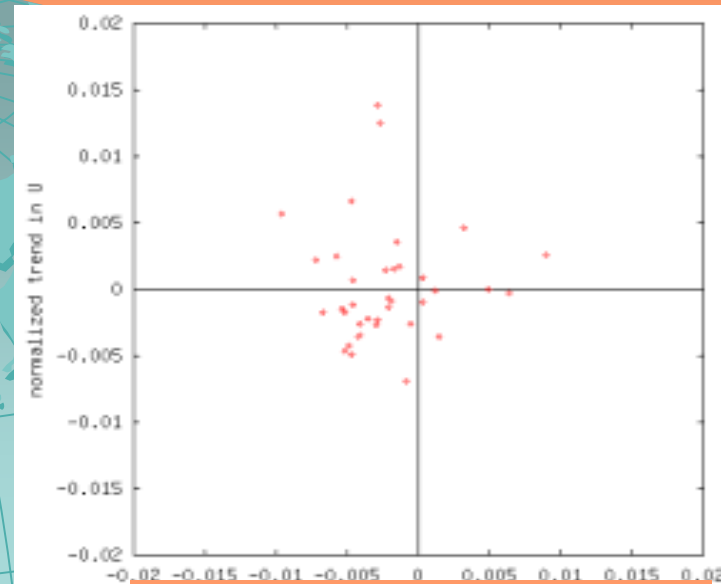


パン蒸発量のトレンド

飽差のトレンド

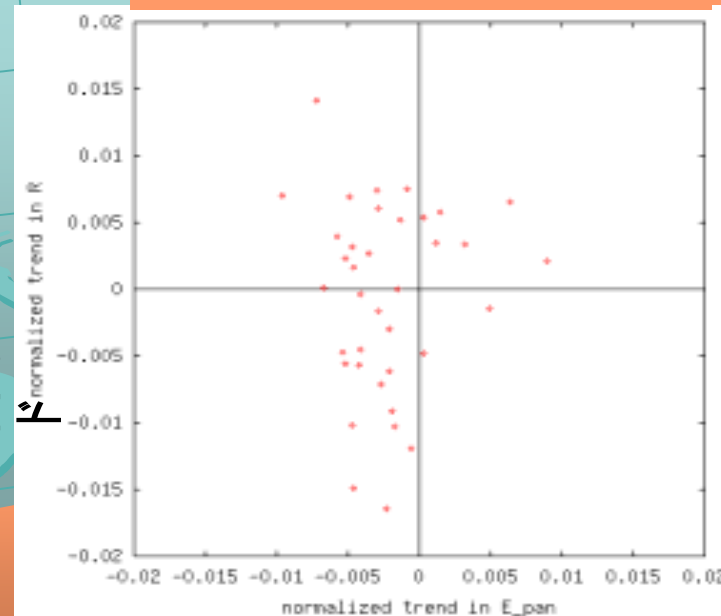


風速のトレンド



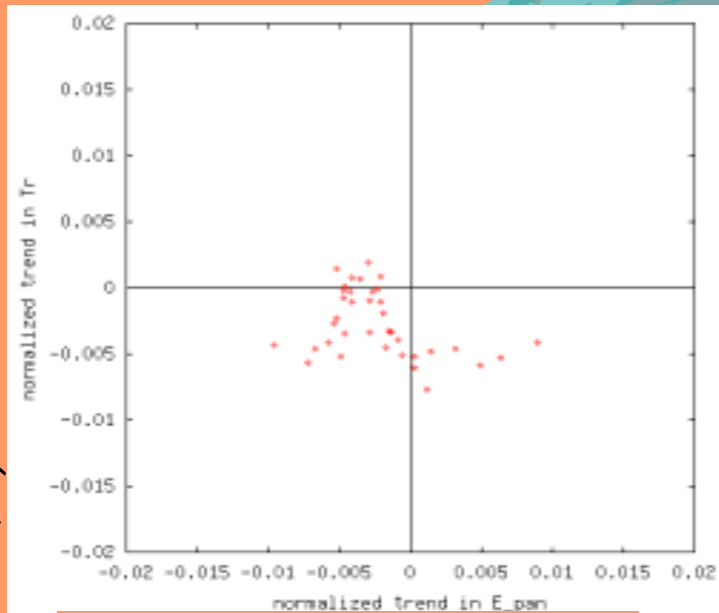
パン蒸発量のトレンド

降水量のトレンド



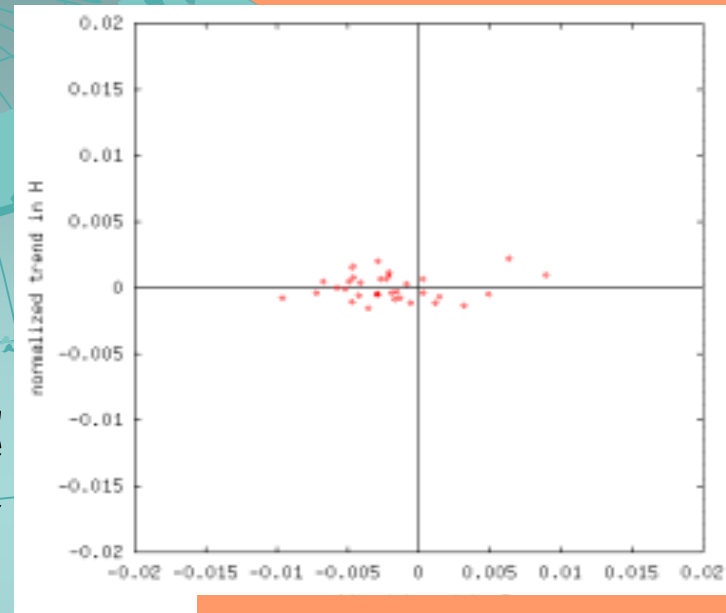
E) パン蒸発量と気象要素の関係2

(最高気温-最低気温)のトレンド



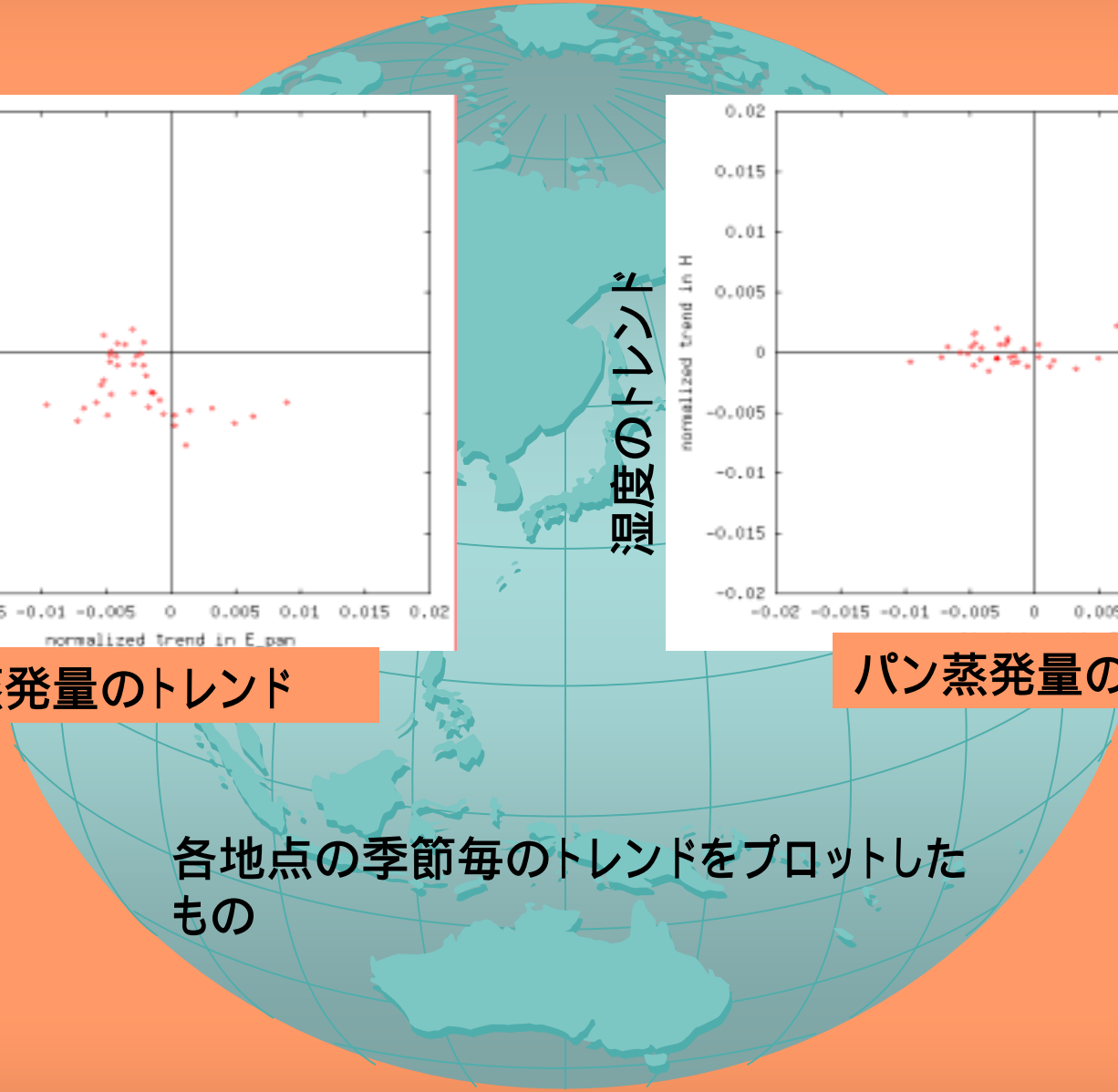
パン蒸発量のトレンド

湿度のトレンド



パン蒸発量のトレンド

各地点の季節毎のトレンドをプロットしたもの



解析結果まとめ

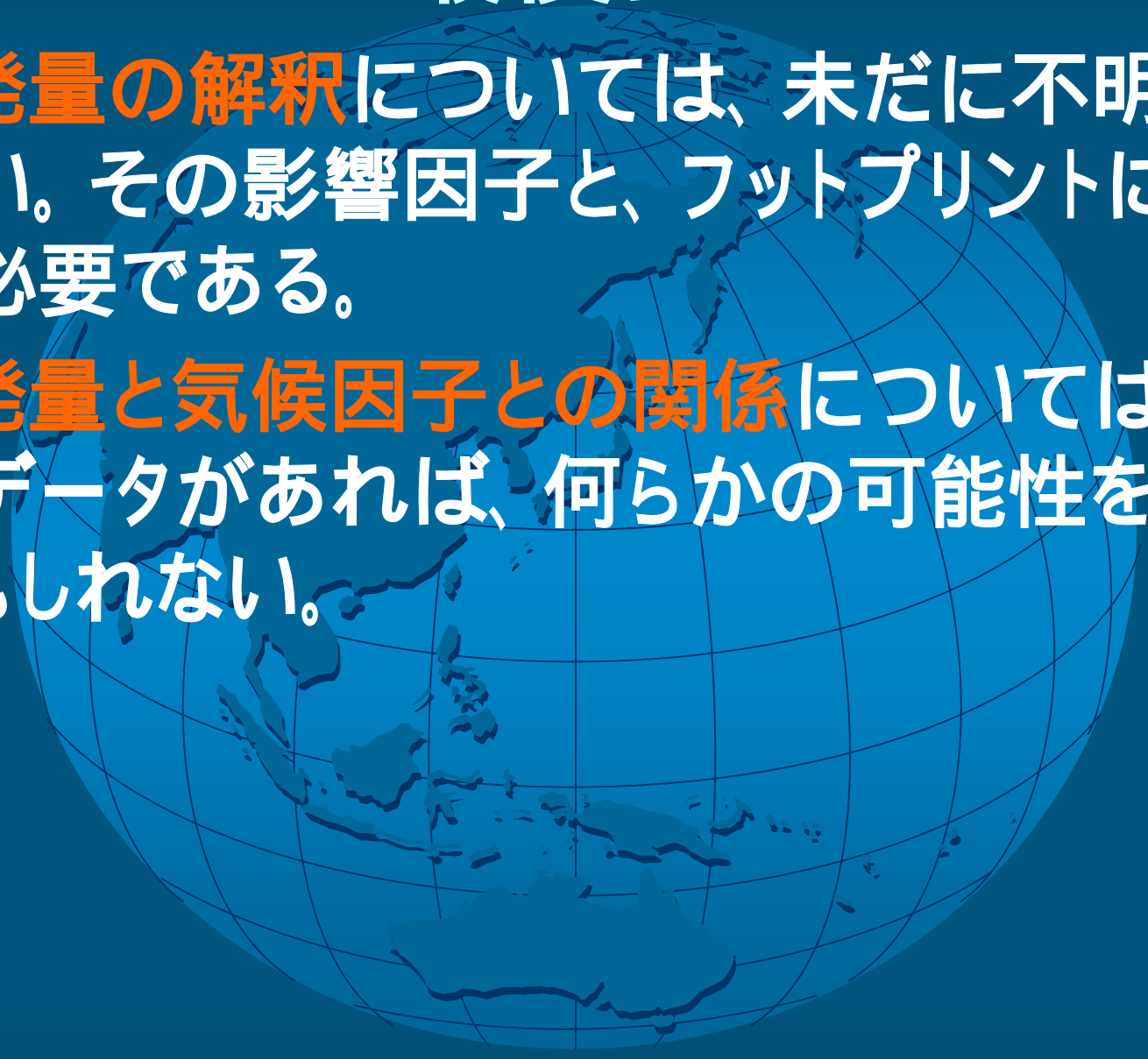
- パン蒸発量の長期変動
 - 解析に用いたデータ全般から、年間を通して**パン蒸発量の減少トレンド**が認められた。
 - 特に、根室、宮古、潮岬、土佐清水などの**太平洋側で強い減少トレンド**見られた。
 - 季節毎に見ると、減少トレンドは夏季に強く見られた。
 - 都市域では、傾向が季節毎に変動し、不確定要素が大きい。よって、上記の減少トレンドは、**都市化とは無関係である可能性が高い**。

解析結果まとめ2

- 降水量のトレンド
 - 降水量には、地域により増加・減少トレンドが見いだされたが、これらは統計的に有意では無かった。これは降水量の年々変動が大きいことによると思われる。
- パン蒸発量と他の気象要素のトレンド
 - パン蒸発量のトレンドと他の気象要素のトレンドの間には、明確な相関は見られなかった。
 - 降水量とパン蒸発量のトレンドが一致しないことは、それぞれの地点で水収支が1次元的に閉じていないことを意味する。これは、我が国の陸上の降水の起源が主に海水にある事に関係する。

最後に

- **パン蒸発量の解釈**については、未だに不明瞭な部分が多い。その影響因子と、フットプリントについて議論が必要である。
- **パン蒸発量と気候因子との関係**については、さらに長期のデータがあれば、何らかの可能性を見いだせるかもしれない。



パン蒸発量の長期トレンドに関する研究1

- Peterson(1995, Nature)

- 米国東部、米国西部、旧ソ連欧州部、シベリアの4地域で、1950-1990年のパン蒸発量が減少。
- これは、実蒸発量の減少を意味し、旧ソ連欧州部と米国北部での河川流出量の増加と関連がある。
- パン蒸発量の減少は、気温の日較差と最も相関がある。

その他、インド (Chattopadhyay and Hulme, 1997, Ag. For. Met.), ベネズエラ (Quintana-Gomez, Proc. Intl. Meet. Stat. Clim., 1997)などでも、同様(パン蒸発量の減少)の報告がある。

パン蒸発量の長期トレンドに関する研究2

- Brutsaert and Parlange(1998, Nature)
 - パン蒸発量の減少 = 可能蒸発量の減少 = 実蒸発量の減少と考えると、降水量の増加トレンドと矛盾する。
 - **パン蒸発量と実蒸発量の補完関係**を考えれば、パン蒸発量の減少は**実蒸発量の増加**を意味する。
 - パン蒸発量の減少を実蒸発量の増加ととらえれば、**降水量の増加と矛盾しない**

可能蒸発量と実蒸発量の補完関係：

ある種の可能蒸発量(パン蒸発量など)は、実蒸発量と逆相関にあり、一方の減少は他方の増加につながる。これを補完関係という。



パン蒸発量の長期トレンドに関する研究3

- Lawrimore and Peterson (J. Hydrmet., 2000)
 - 米国の過去約50年間の暖候期の降水量・蒸発量の解析から、米国のほぼ全域で**パン蒸発量の減少と降水量の増加**が見られる。
 - 米国のほぼ全域で、パン蒸発量と降水量のトレンドに逆相関関係が見られ、Brutsaert and Parlange(1998)の仮説をサポートする。
- Golubev et. al. (Geo. Resear. Letter, 2001)
 - 旧ソ連、米国のデータから、長期的なスケールで、**パン蒸発量と実蒸発量が補完関係を持つ**ことを確認した。
 - この補完関係を用いて、旧ソ連および米国のほぼ全域で、**実蒸発量の増加傾向**があることを見いだした。

パン蒸発量の長期トレンドに関する研究4

- 徐 (2001, 水文学会誌)

- 日本および中国における気象要素のトレンドを調べ、乾燥地域でパン蒸発量が増加傾向、湿潤地域で減少傾向を示すことを見いだした。
- 湿潤地域でのパン蒸発量の減少傾向は、インドでの報告と一致し、湿潤モンスーン地域の一般傾向である可能性を示唆した。
- 解析した半数の地点で、パン蒸発量と降雨量のトレンドが逆相関になった。