

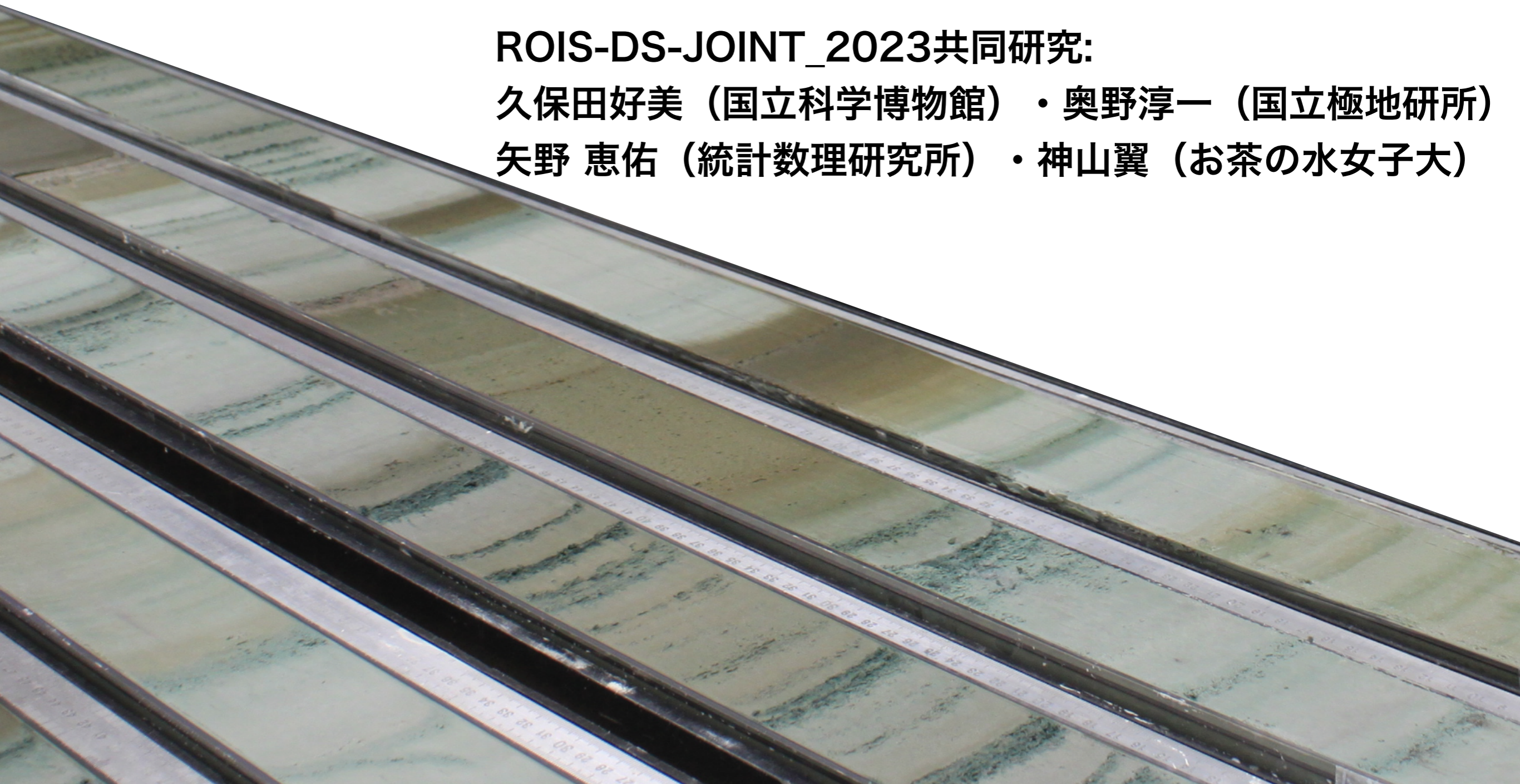
古水温データの季節バイアスと氷期・間氷期変動

ROIS-DS-JOINT_2023：後期更新世における全球表層水温データベースの構築と水温変動の要因解明

ROIS-DS-JOINT_2023共同研究:

久保田好美（国立科学博物館）・奥野淳一（国立極地研所）

矢野 恵佑（統計数理研究所）・神山翼（お茶の水女子大）



自己紹介

国立科学博物館 地学研究部 久保田好美 (研究主幹)

有孔虫化石



- 堆積物（岩）や小さな化石（微化石）から過去の地球環境を明らかにする研究

2007~現在：東アジア縁辺海、北西太平洋の
第四紀の気候変動

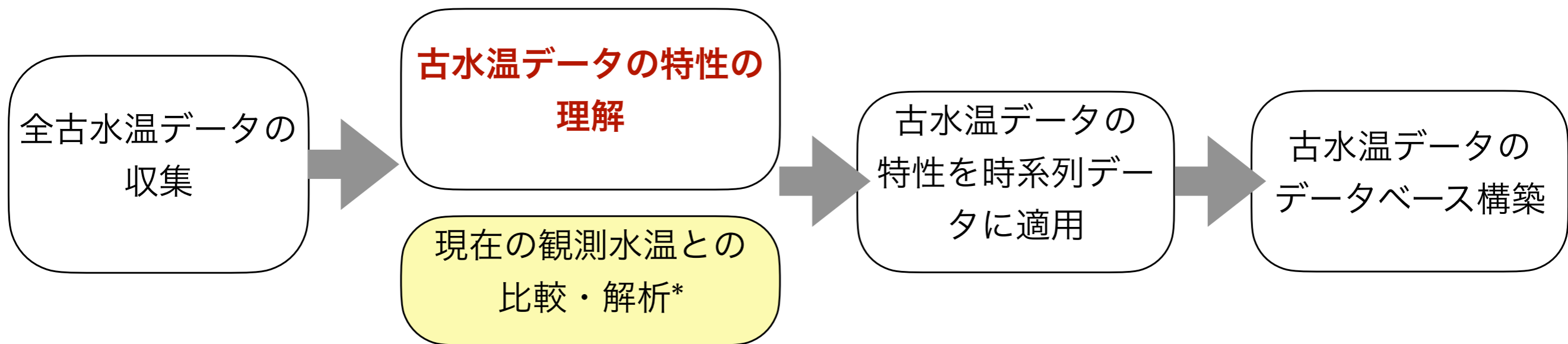
有孔虫化石の酸素同位体比・Mg/Caを用いた水温換
算式の構築や古水温・塩分復元

2018~2019：🇺🇸 ブラウン大学に滞在
MATLABを用いて古水温データの解析を
始める

研究の概要：背景・目的

- **背景**：将来予測の高精度化のために過去の長期スケールの気候・海洋変動への関心が高まる。プロキシへの深い理解が必要
- **目的**：古水温データの特徴の理解
過去40万年間の表層水温データベースの構築

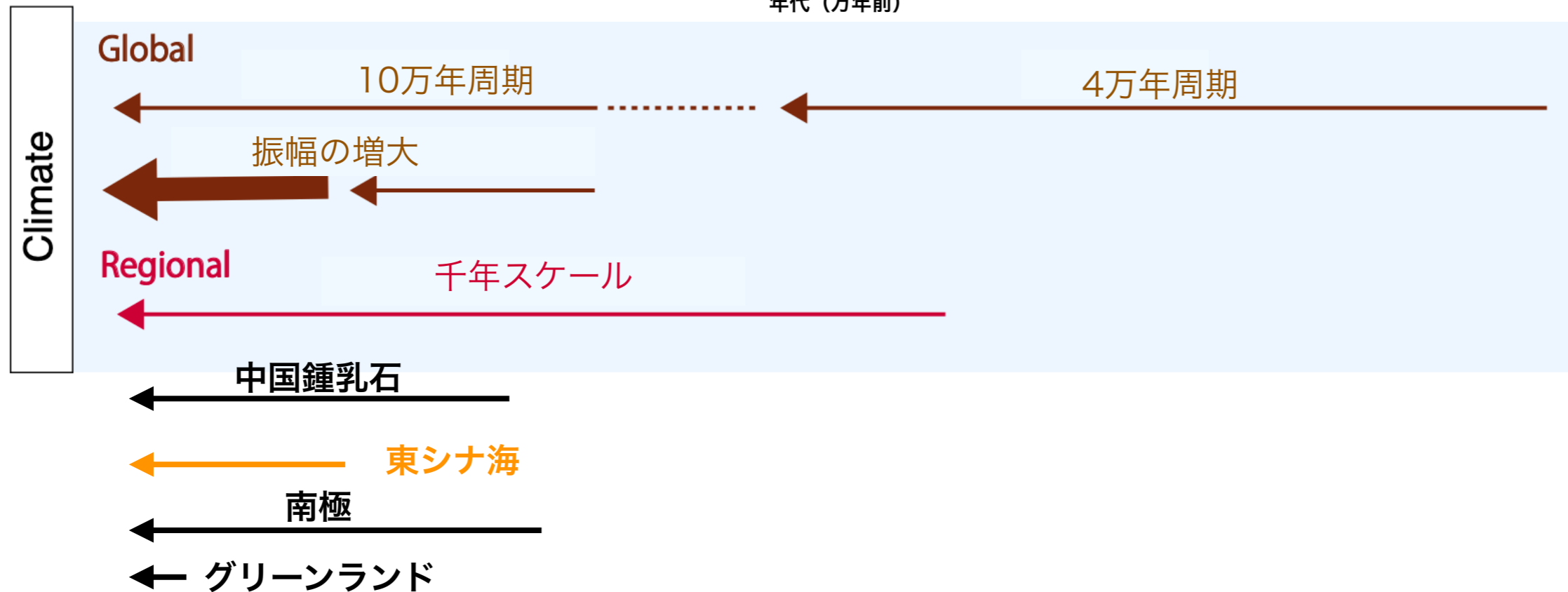
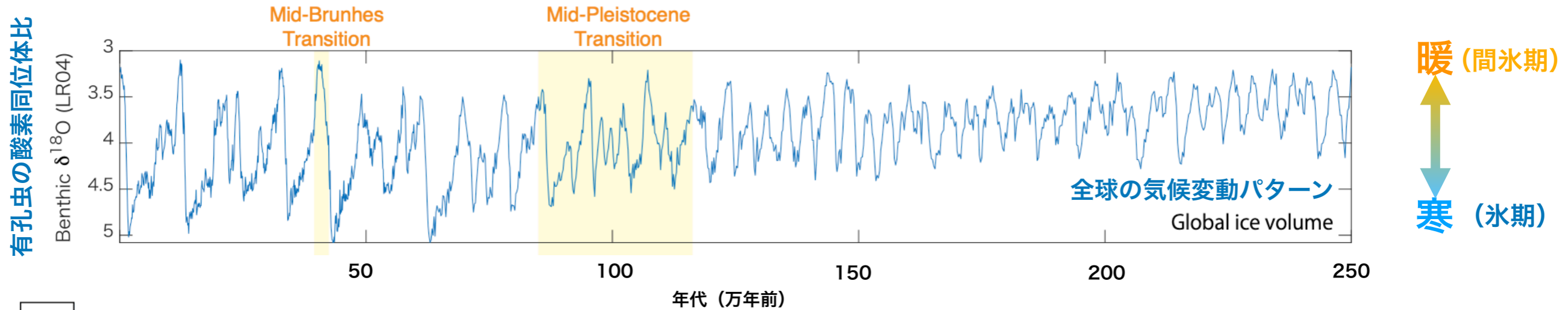
本ROIS-DS-JOINT課題の流れ



*個別のサイトでは議論されている
が俯瞰的な解析・議論はない

第四紀の気候変動

大陸配置や氷床量等、気候の境界条件が現在と共通するため、気候変動の自然変動幅を理解する上で重要な時代



気候変動を地質証拠から知る手掛かり

海底にたまった過去の記録

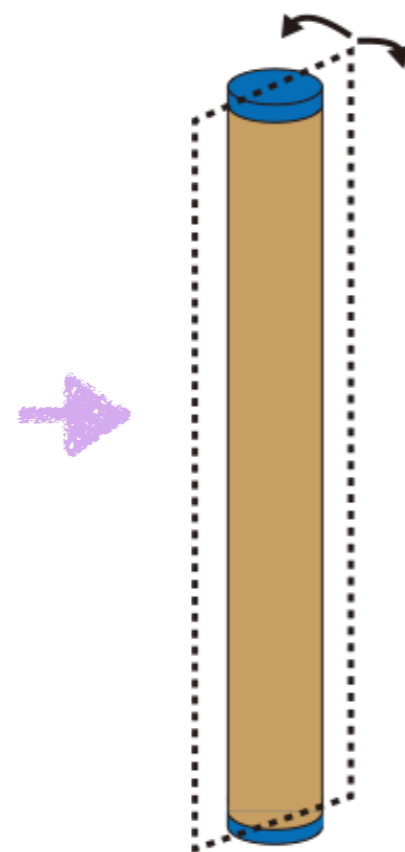
- 海域や水深によって、数cm/ky, 数十cm/kyと堆積速度が異なり、ターゲットを明確にした上で目的にあった掘削が行われる



カッティングシュー 一番下に取り付け、海底に突き刺さる部分



デッキに並べられたコア



堆積物試料
(コア)



船上ラボでの微化石の処理



日本海堆積物
©IODP(B. Crawford)

化石として堆積物中に残るプランクトン

有孔虫

- 炭酸カルシウム殻
- 炭酸カルシウムが化学的に扱いやすい
- 砂サイズで種ごとのピックアップが可能



多数のプランクトン

- 有機質の殻
- 化石として残らない



円石藻

- 炭酸カルシウム殻
- アルケノンを合成→堆積物に残る



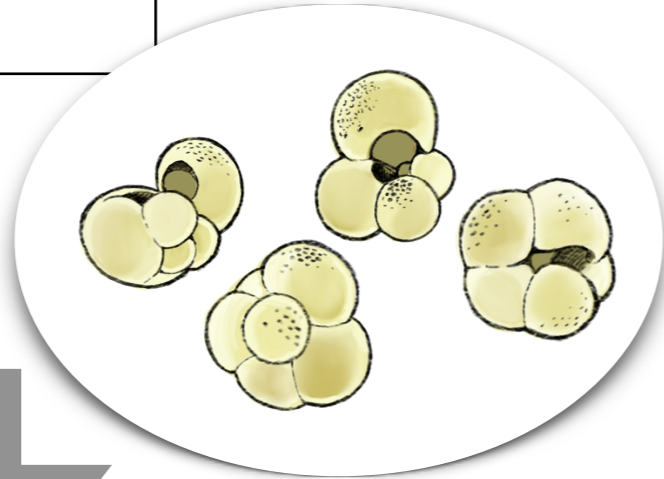
その他 微化石

- 珪酸質の殻
- 小さすぎて扱いにくい



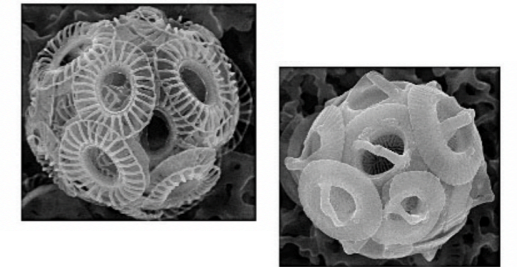
古水温を復元する2つの手法

有孔虫



生体鉱物 CaCO_3 中の
 Mg/Ca

円石藻



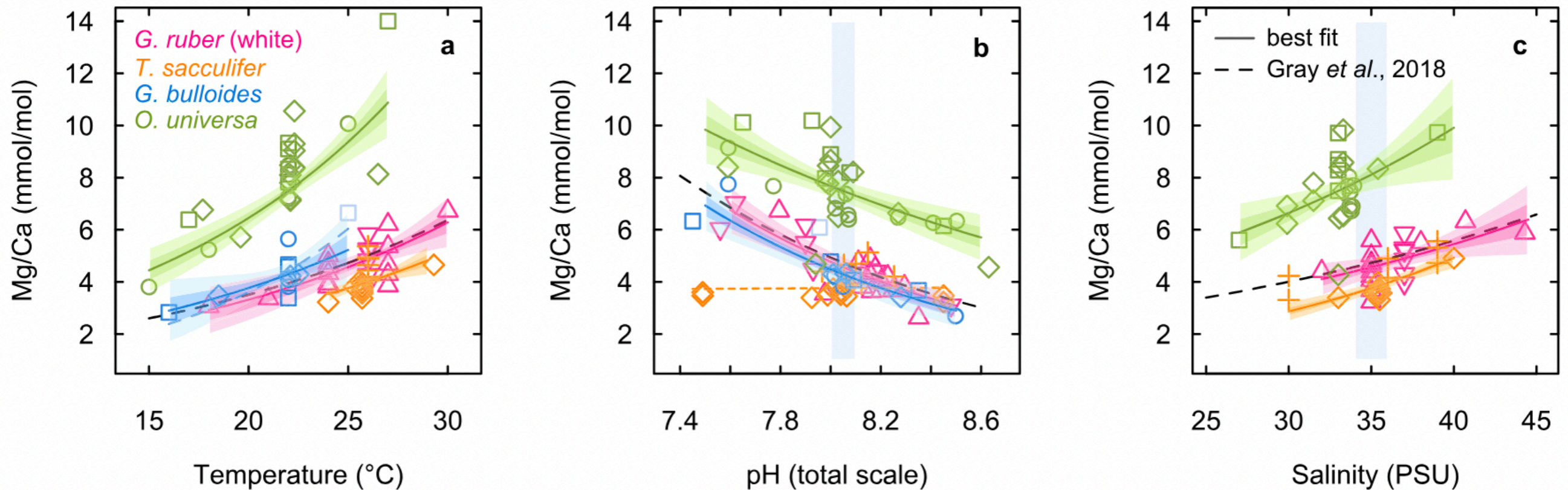
生体脂質 アルケノンの
不飽和度

復元された水温もそれぞれの生物の生態学的な特徴に依存する
群集から求める古水温もあるが今回は地球化学的なデータのみを用いる

古水温の復元方法：有孔虫

有孔虫の炭酸カルシウム殻のMg/Ca

Gray et al. (2019)



無機的な沈殿実験（ただし感度は異なる）と飼育実験で水温依存が確かめられている

- 生育水温に依存
- pHや塩分にも影響を受けるが影響は小さい

$$\text{Mg/Ca} = \exp\{0.036 (S-35) + 0.064T - 0.87(\text{pH} - 8) - 0.03\}$$

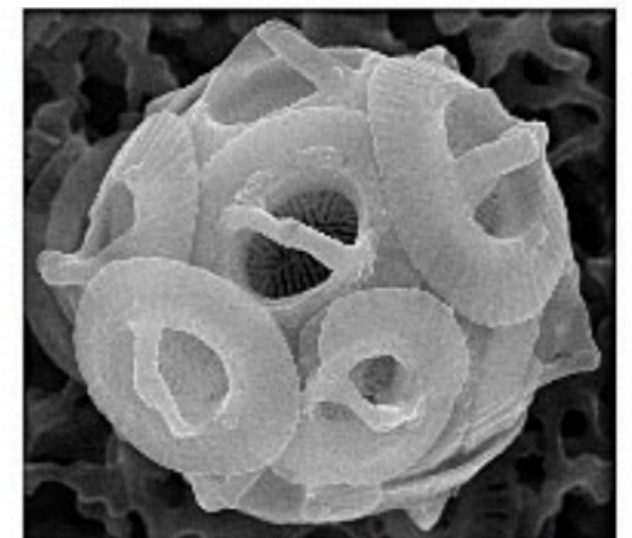
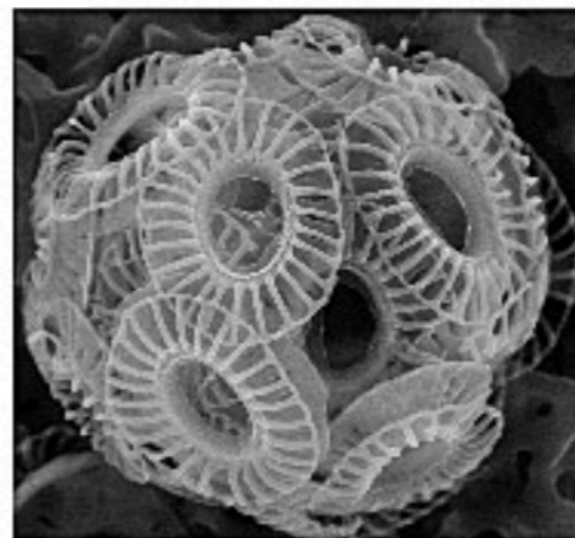
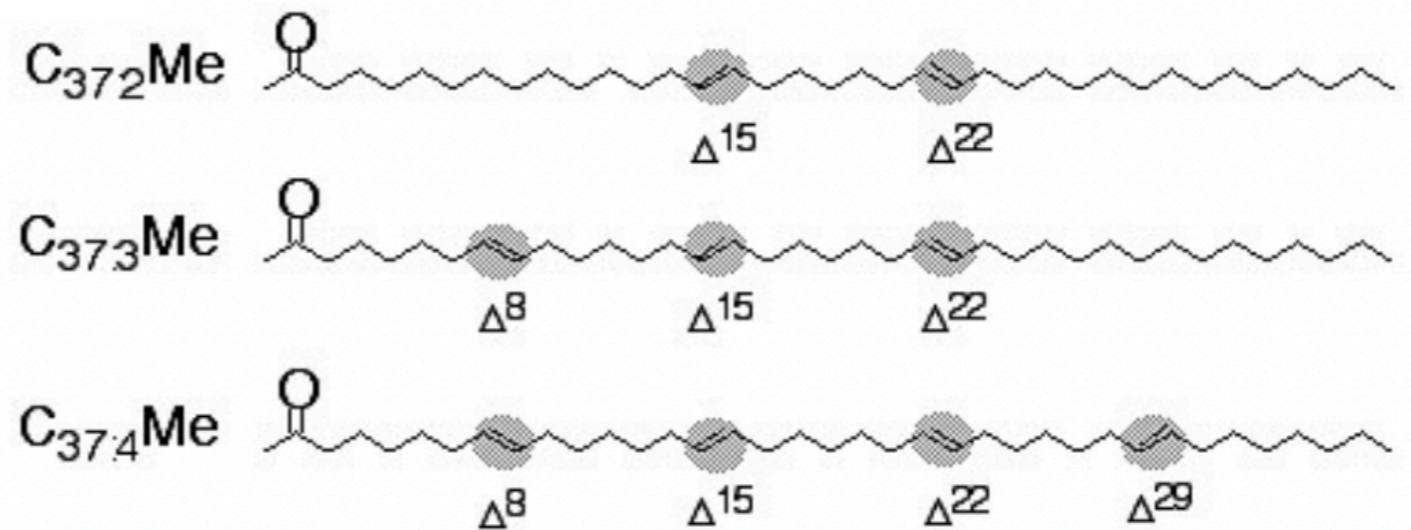
(*G. ruber*)

古水温の復元方法：アルケノン

分子化石として残るアルケノンの不飽和度を用いる

- 堆積物中の有機物は数%
- 海洋プランクトンが生産した有機物（アルケノン：生体脂質）が残る
- アルケノンの不飽和数の異なる分子の比が生育温度に依存することを利用

$$UK'37 = [C37:2Me]/([C37:2Me] + [C37:3 Me])$$



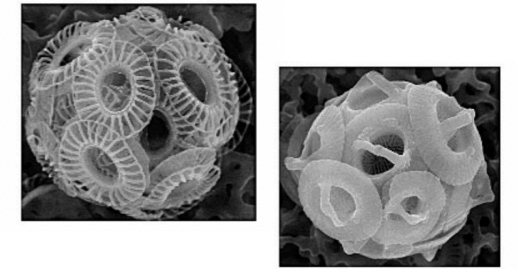
古水温を復元する2つの手法

有孔虫



生体鉱物 CaCO_3 中の
Mg/Ca

円石藻

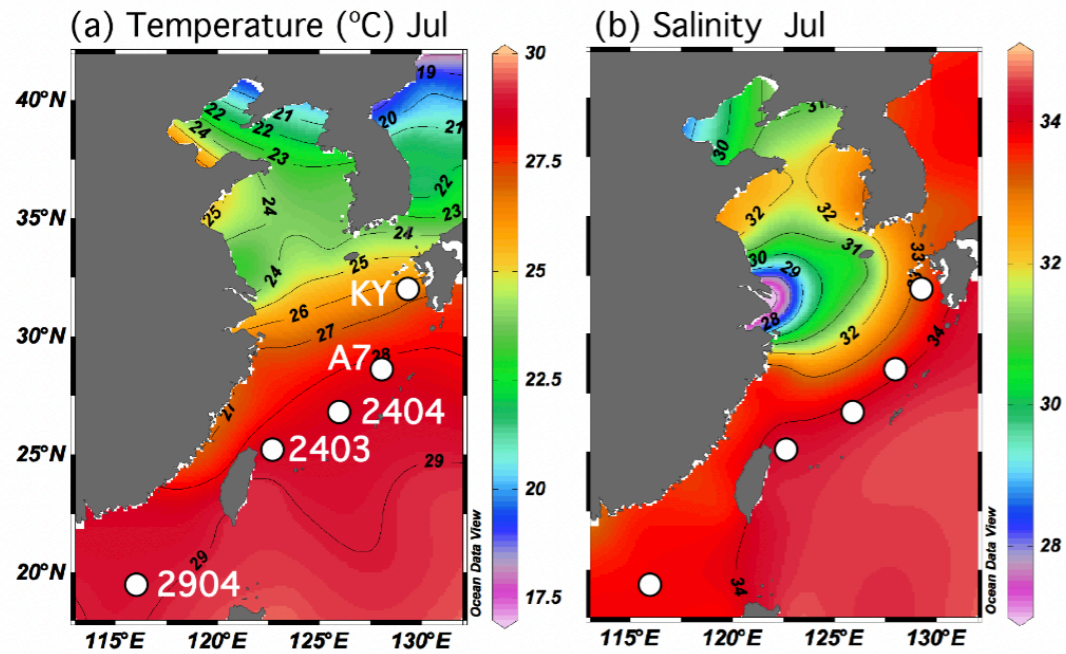


生体脂質 アルケノンの
不飽和度

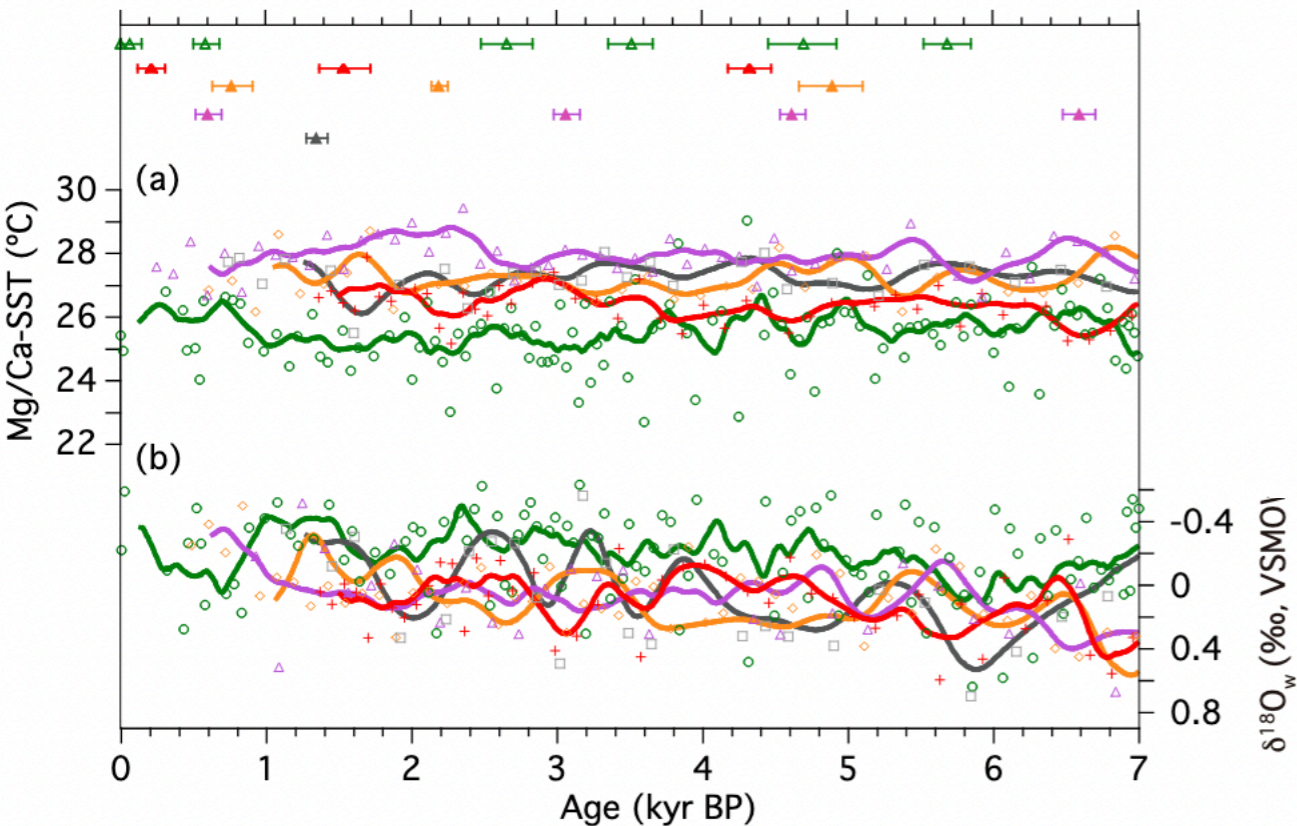
寿命が数週間～1ヶ月程度
ブルーミングの季節に偏りがある

復元された古水温にも必然的に季節性が存在する

古水温復元における季節バイアス

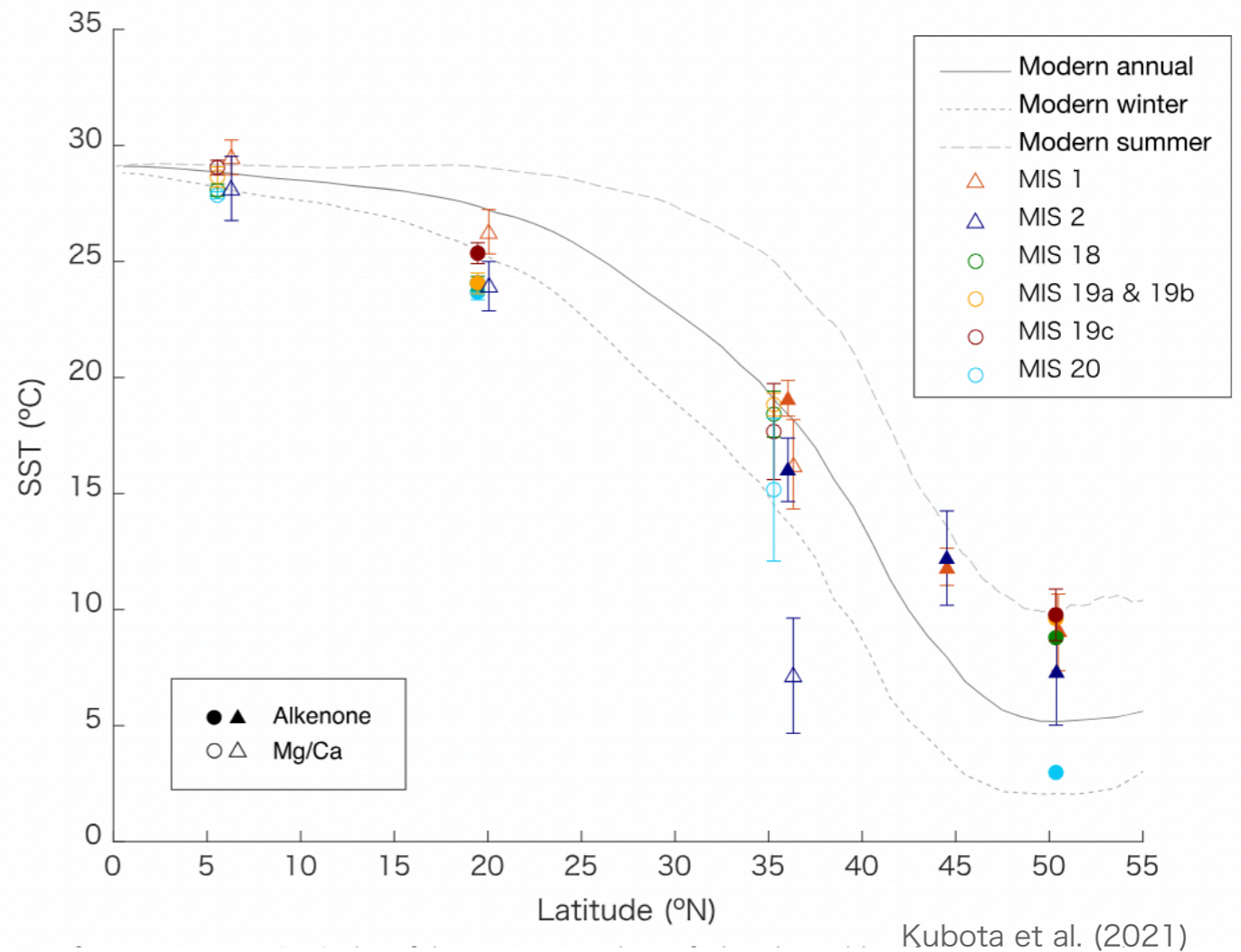


— 2404 — KY (this study)
— 2403 — A7
— 2904



Kubota et al. (2015)

北西太平洋の古水温記録

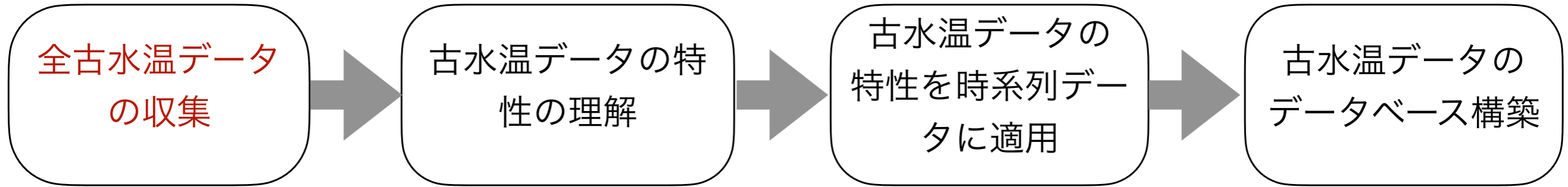


Kubota et al. (2021)

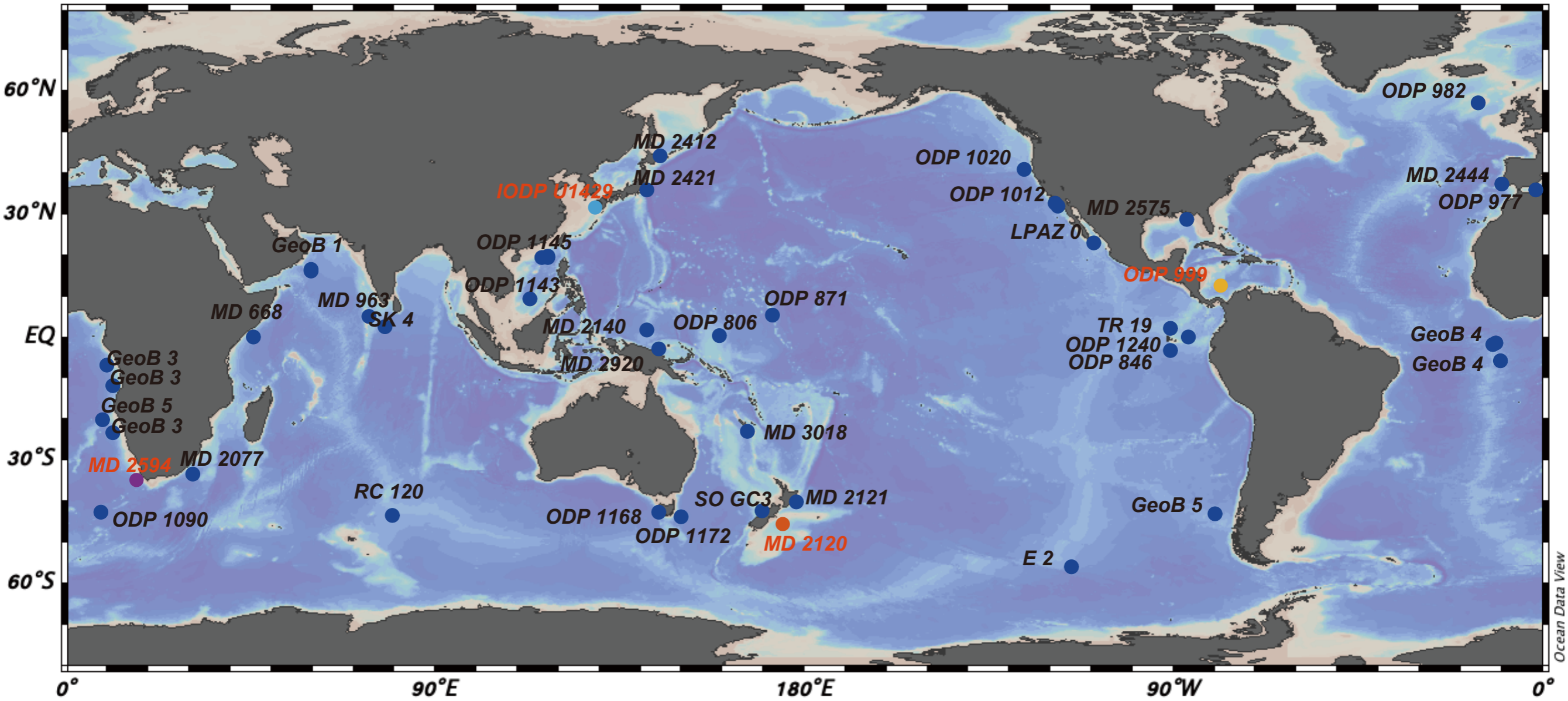
作業仮説：

高緯度ほど季節性が高い

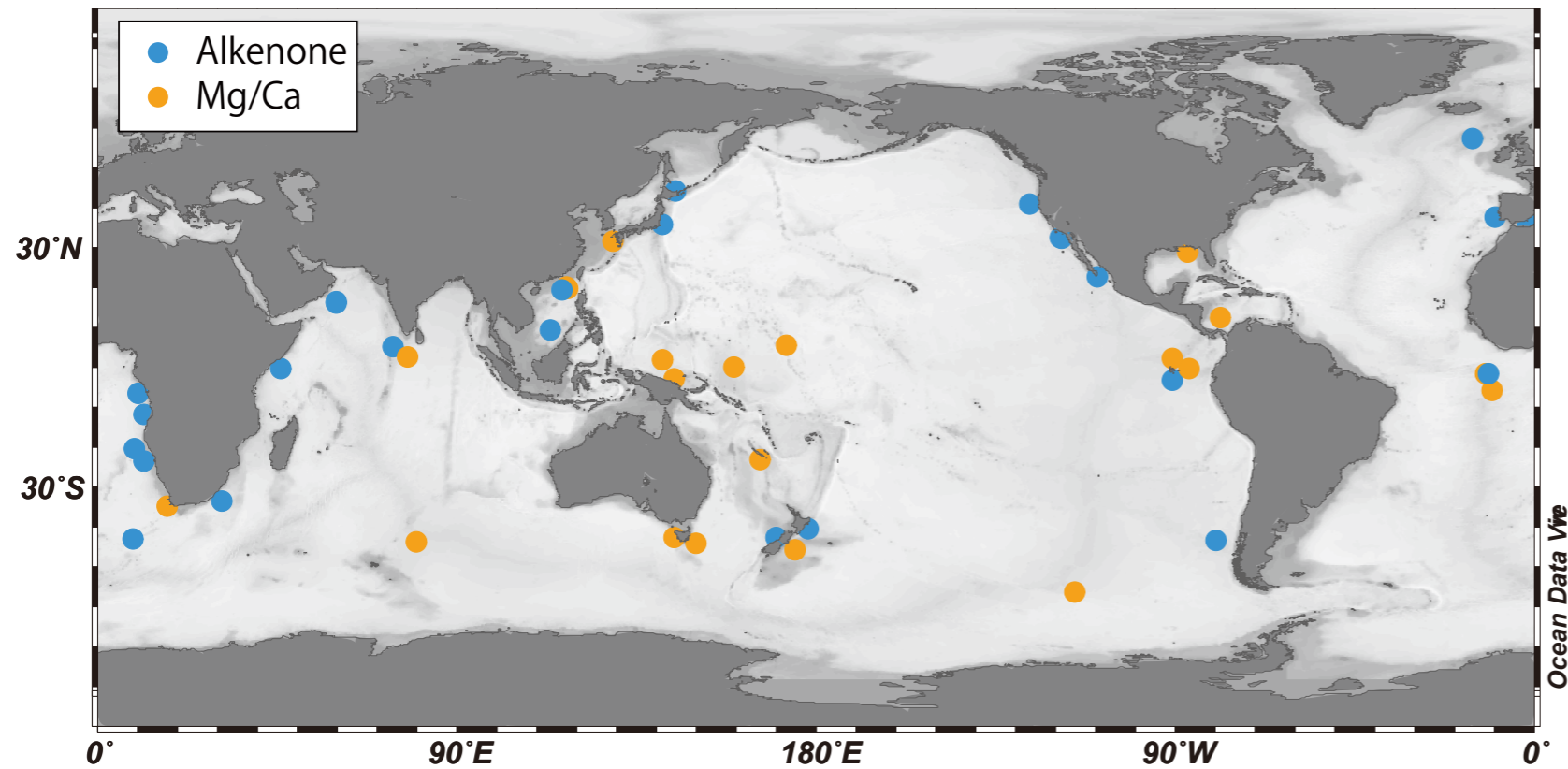
40万年間の表層水温データ



43 サイト



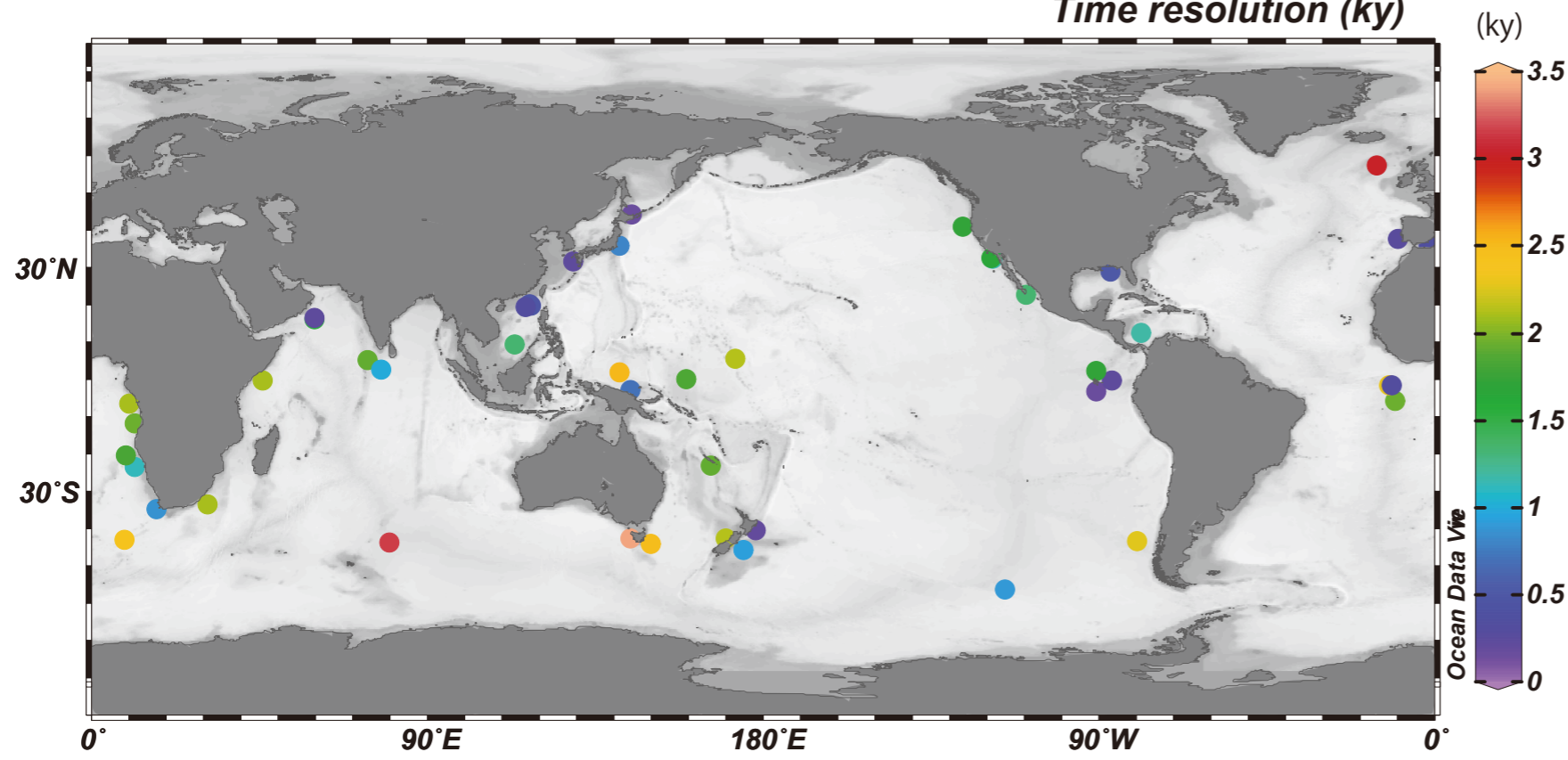
水温データの特徴



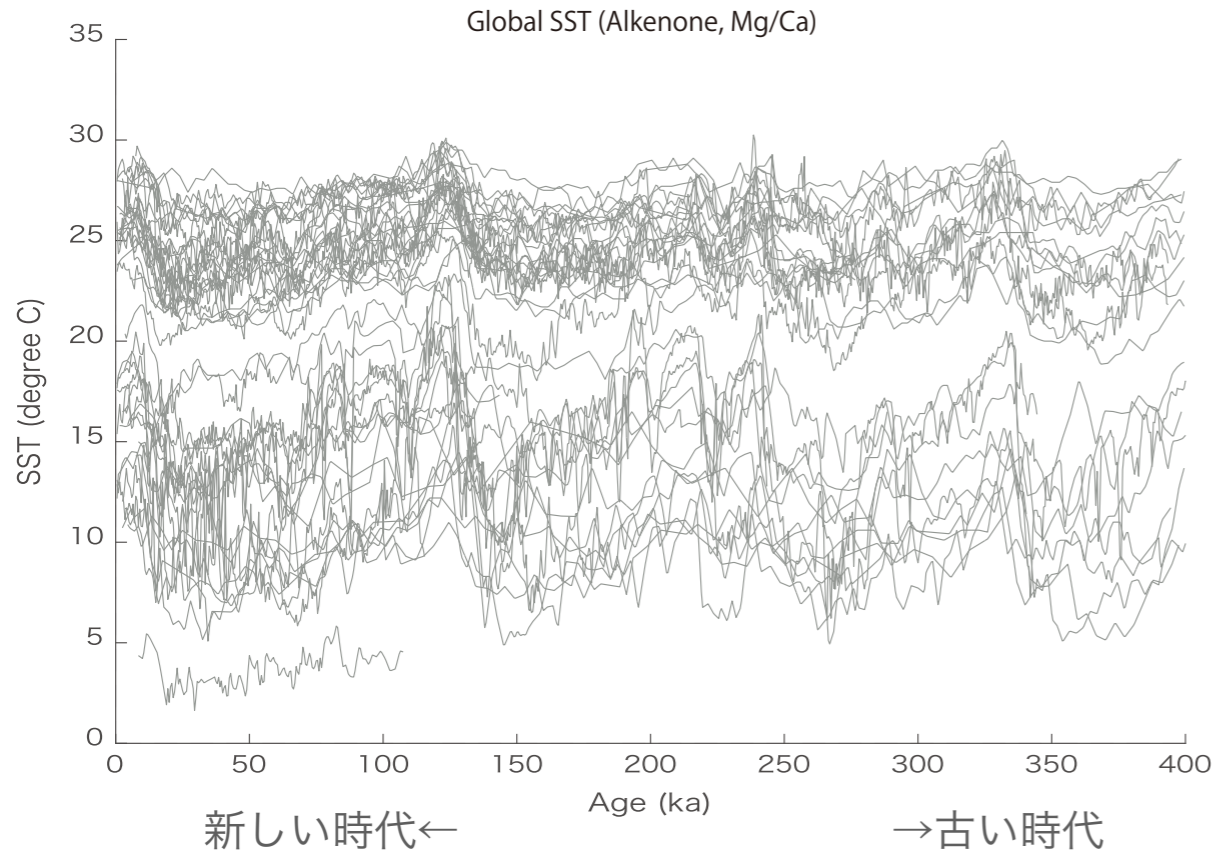
古水温データ収集の基準

1. 時間解像度 >3ky
2. 最も古い年代 >10万年前
3. 化学的なデータ

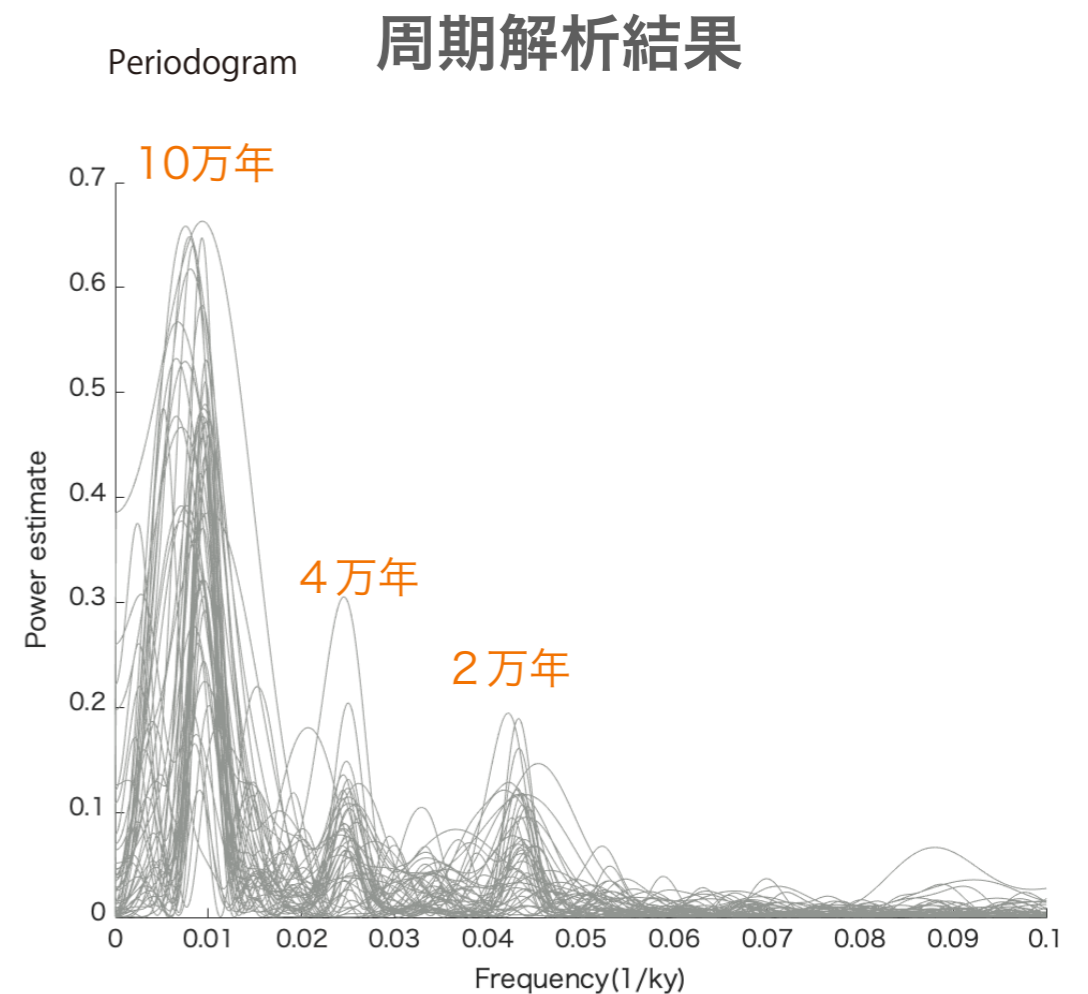
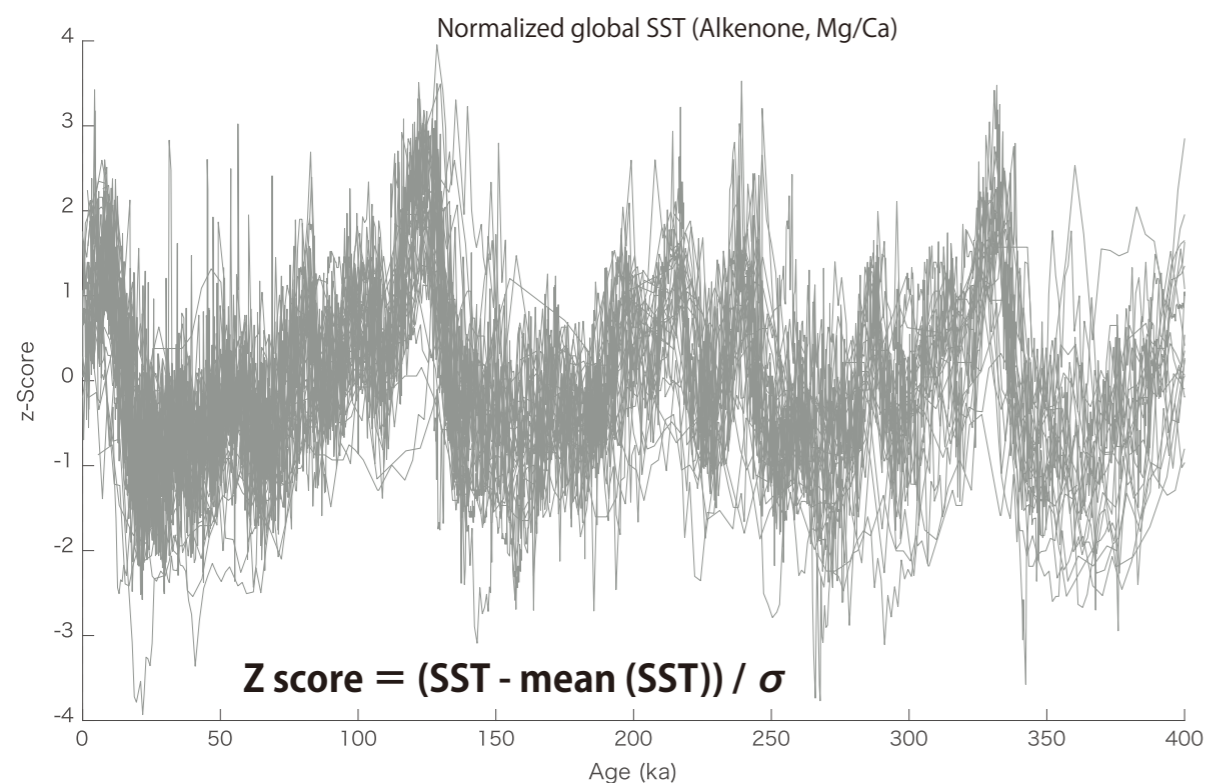
Time resolution (ky)



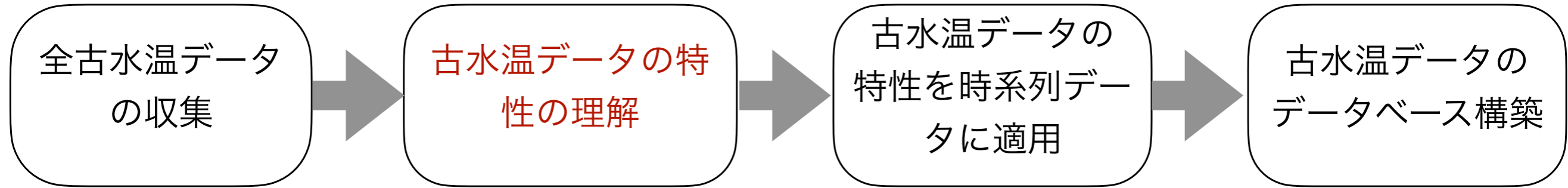
水温データの変動傾向



亜熱帯・亜寒帯境界に相当する水温の急勾配がある海域のデータが少ない



現在の観測データとの比較



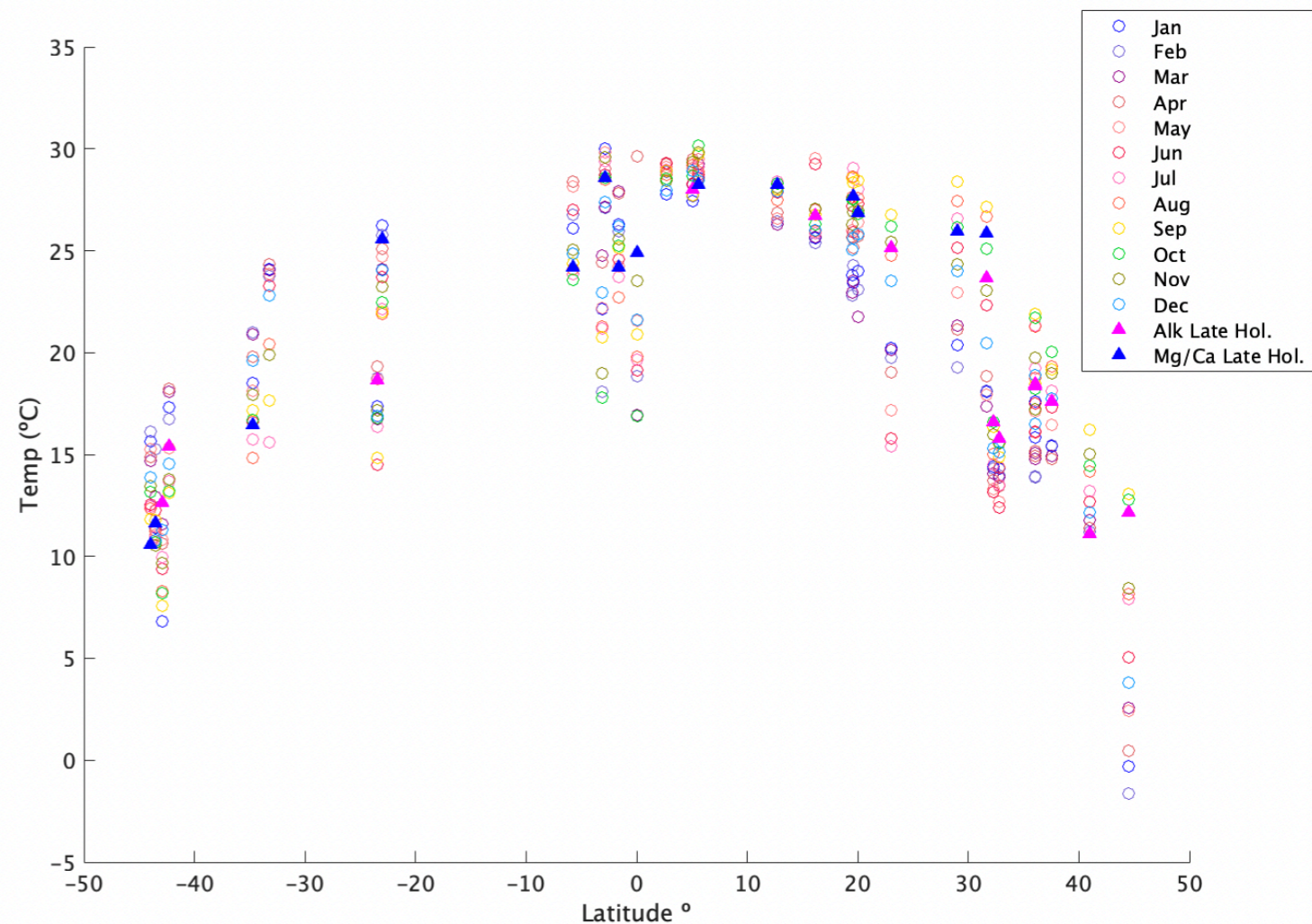
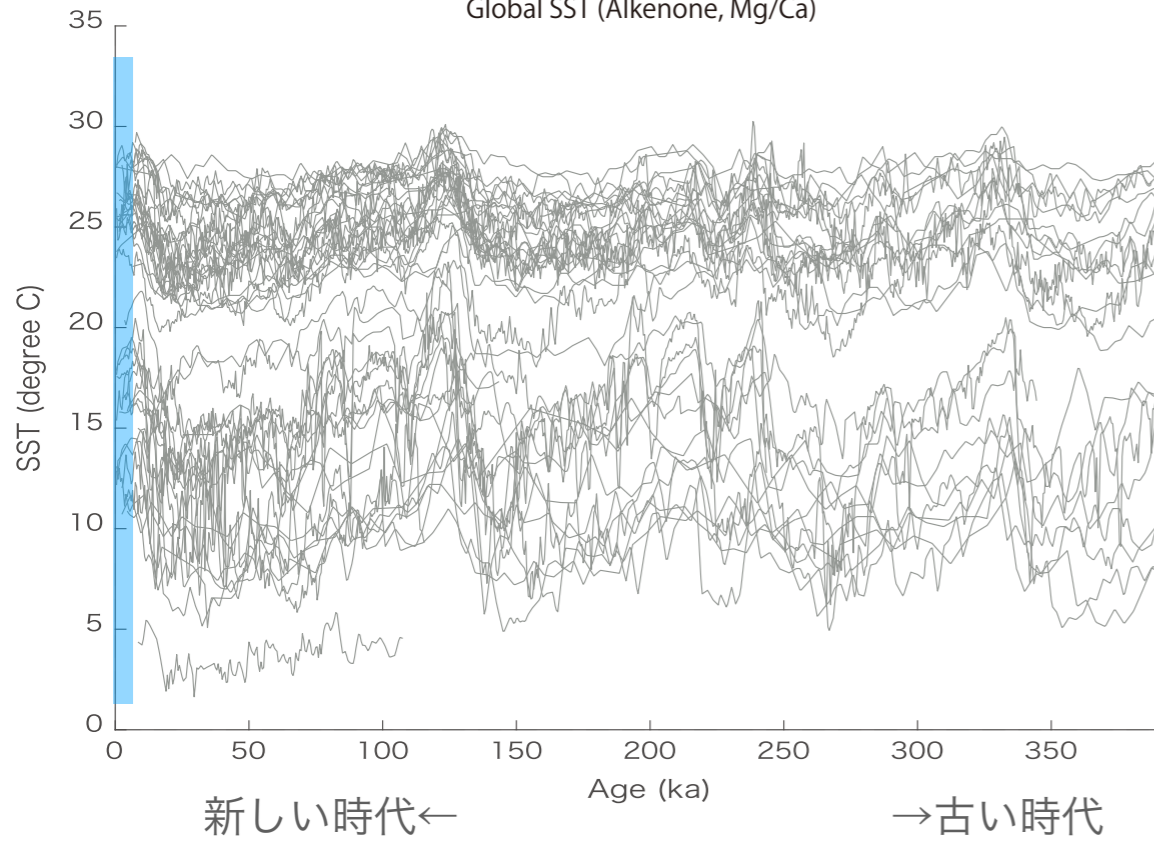
観測データ WOA18 (1955-2017) Statistical mean @水深 30m

VS

古水温データ (0 - 5 ka) Mean

40万年間の古水温データ

Global SST (Alkenone, Mg/Ca)



まとめ・今後の課題

- 季節性は緯度方向に一様ではなく、年間の水温変動幅や水温の最大値（例. 10°C以下は生育できない）に依存している可能性がある

$$\text{Annual_mean_paleotemp} = \text{proxy_temp} + \Delta T_{\text{stdev}} + \Delta T_{\text{mean_temp}} + \Delta T_{\text{max_temp}}$$

- 実測（観測）データでは、データの欠損が目立った **再解析データ** を用いて、水深に対しても水温の変動幅を検討する

- 傾向を抽出するにはより多くのデータが必要 **表層堆積物の古水温データ** を用いて多くのデータを用い統計的な解析を実施する

- 塩分、pH等の考慮

