

孔井内温度からの地表面温度の復元

Estimation of the past ground surface temperature change
from borehole temperature data

濱元栄起 (産業技術総合研究所)
(東京大学地震研究所)

後藤秀作 (産業技術総合研究所)

Vuthy Monyrath (千葉大学大学院)

上岡 慎 (九州大学大学院)

山野 誠 (東京大学地震研究所)

Hideki Hamamoto (AIST and Univ. Tokyo)

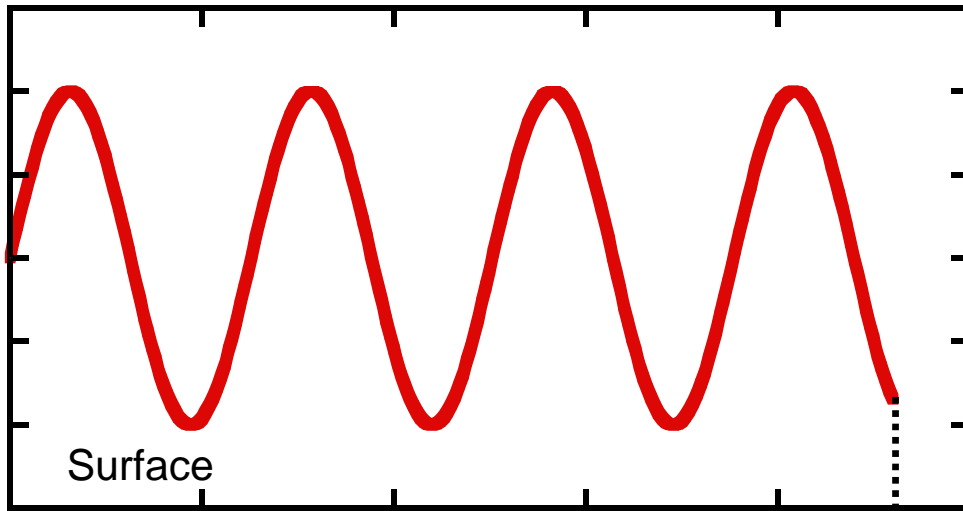
Shusaku Goto (AIST)

Vuthy Monyrath (Chiba Univ.),

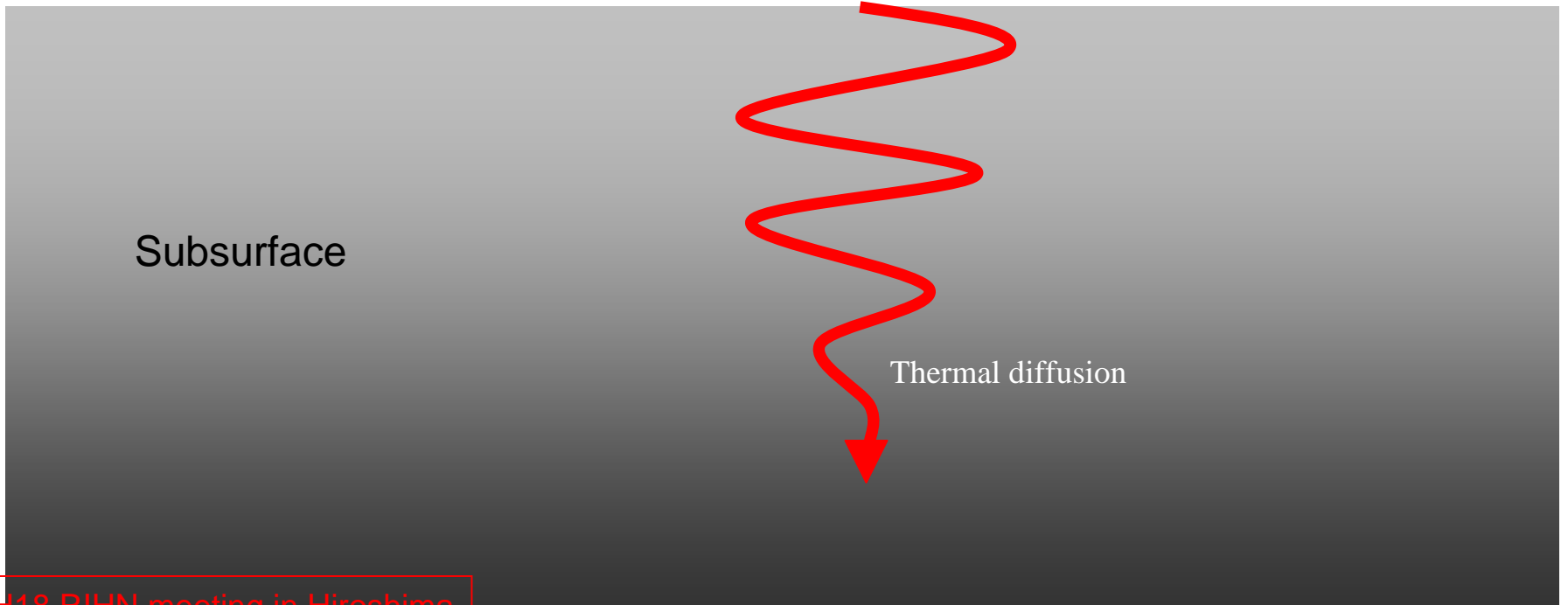
Shin Kamioka (Kyushu Univ.)

Makoto Yamano (Univ. Tokyo)

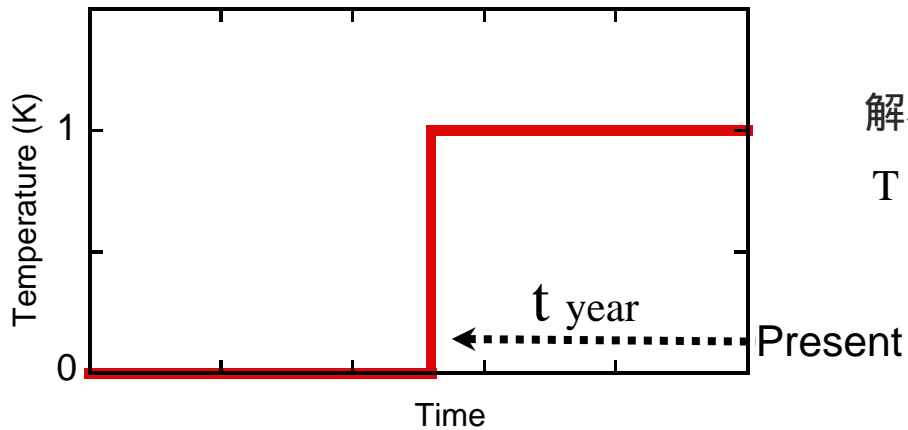
温度変動の伝播



地下へ熱拡散によって伝播

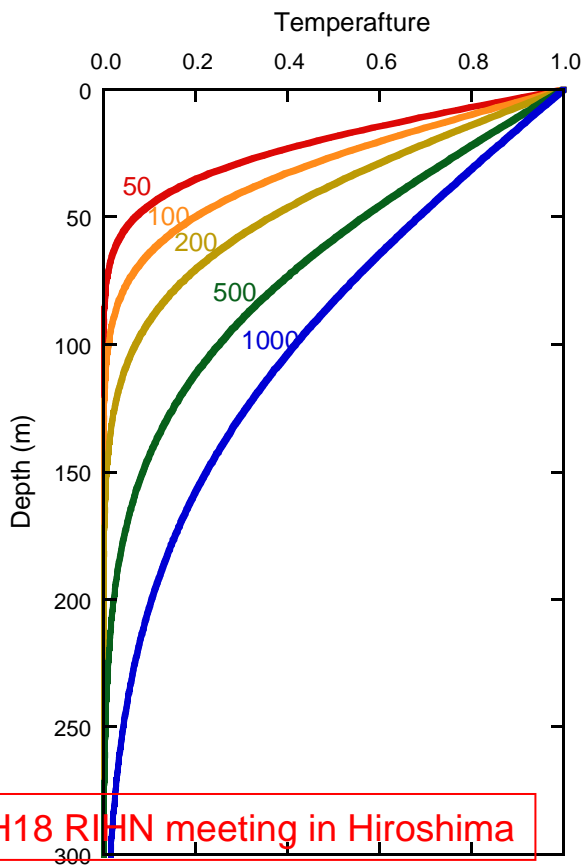


シンプルな例

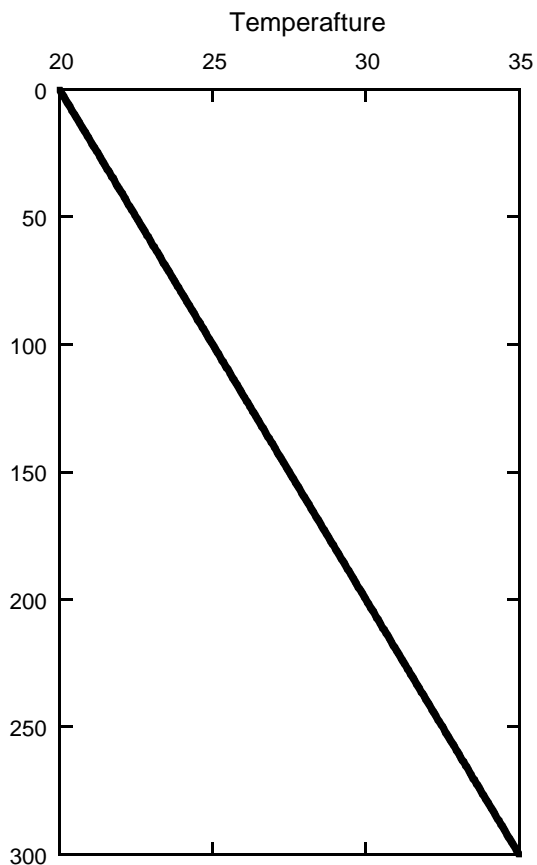


解析解

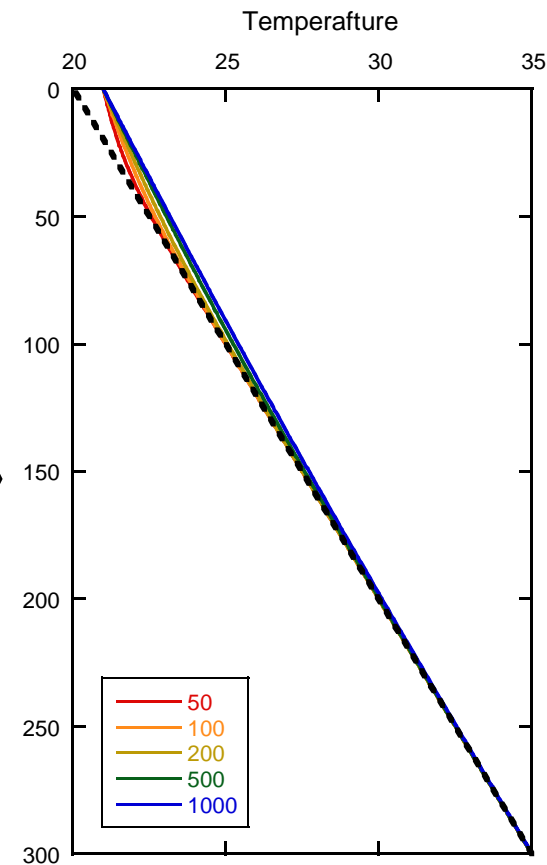
$$T(z, t) = T_0 + (T_s - T_0) \times \operatorname{erfc} \frac{z}{2\sqrt{\kappa t}}$$



+



→

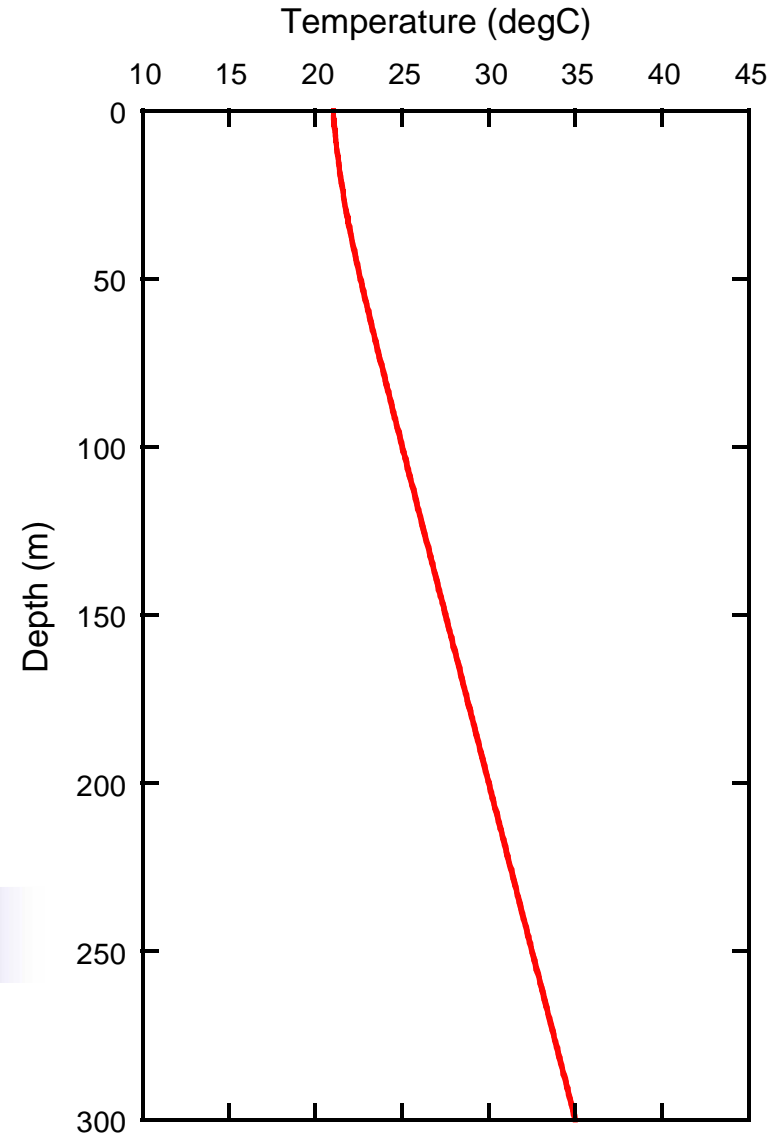
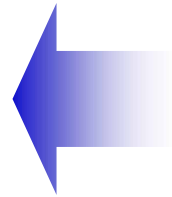


H18 RIHN meeting in Hiroshima

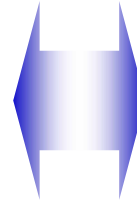
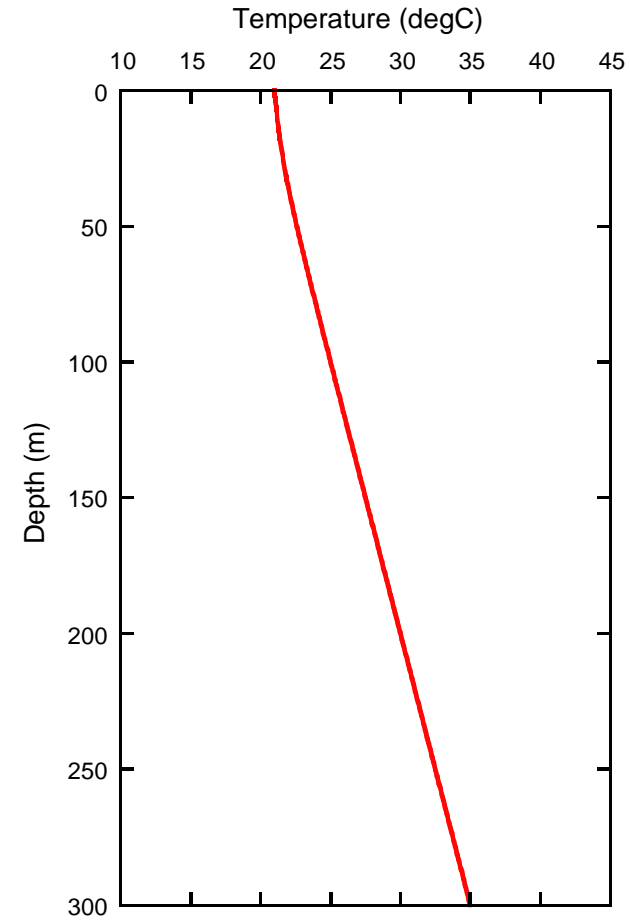
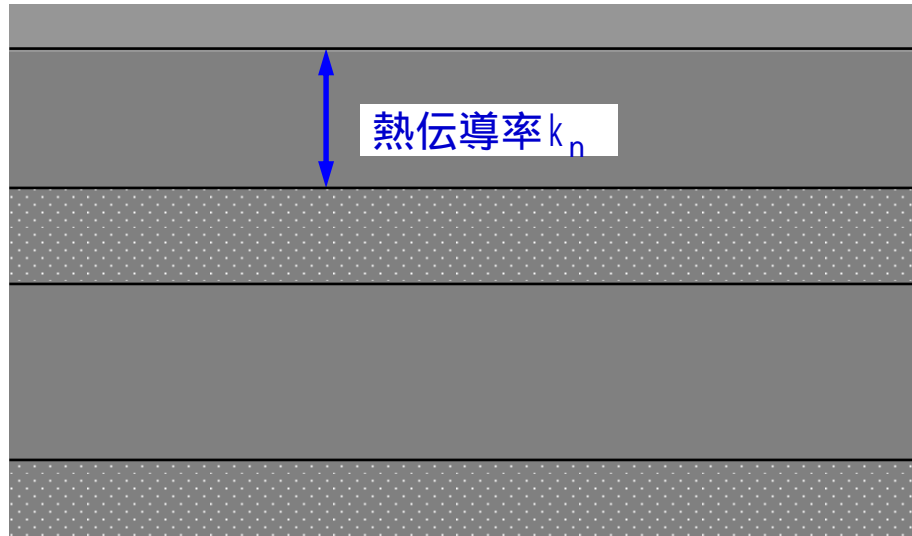
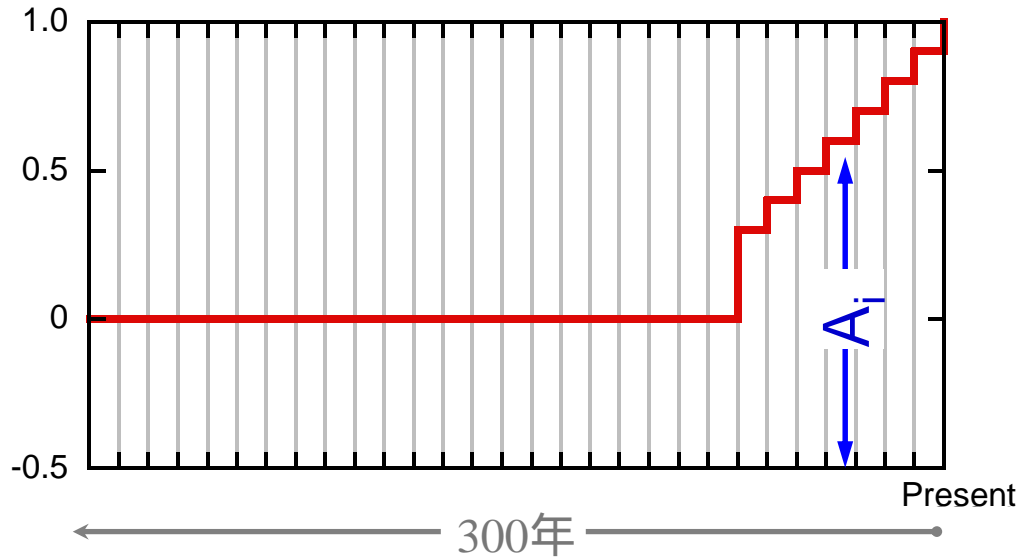
過去の気候変動復元



インバージョン解析



インバージョン解析の方法

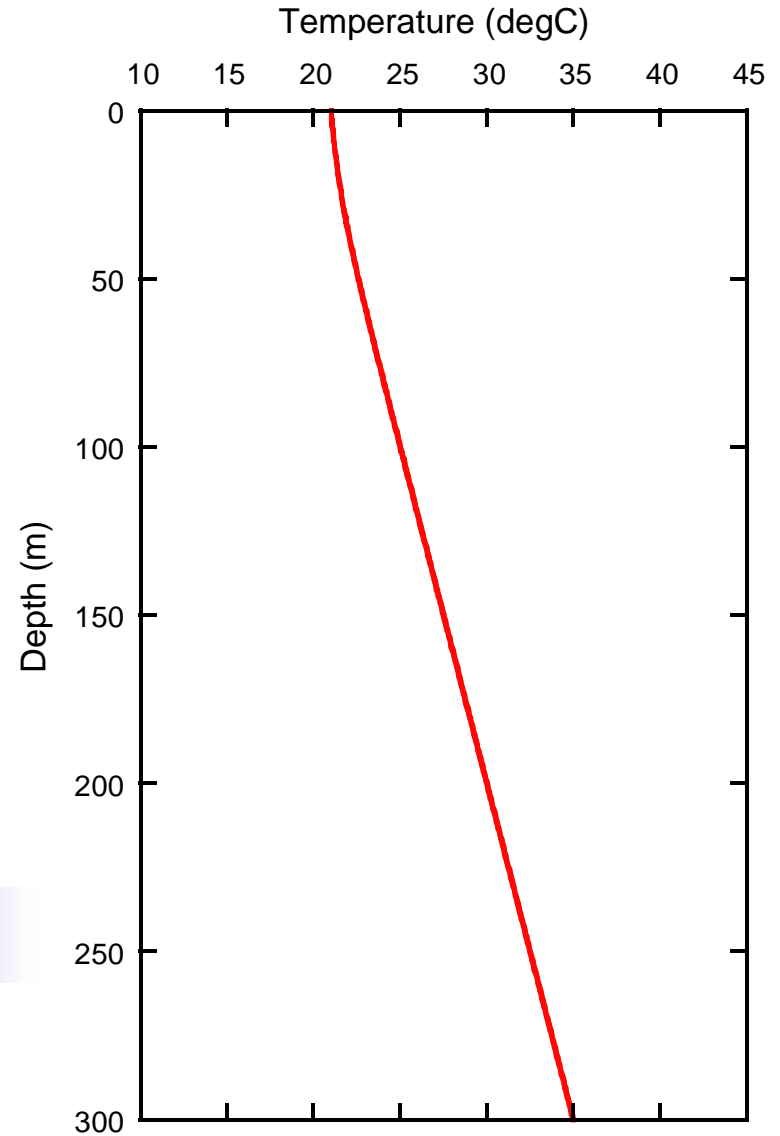
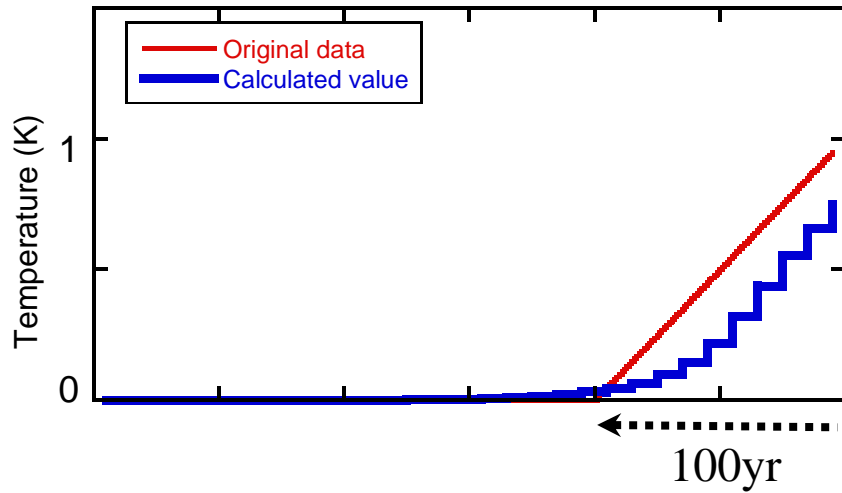


H18 RIHN meeting in Hiroshima 熱流量 Q



ベイズのインバージョン解析の方法を利用
計算は後藤ほか(2004)のFortranプログラムによる

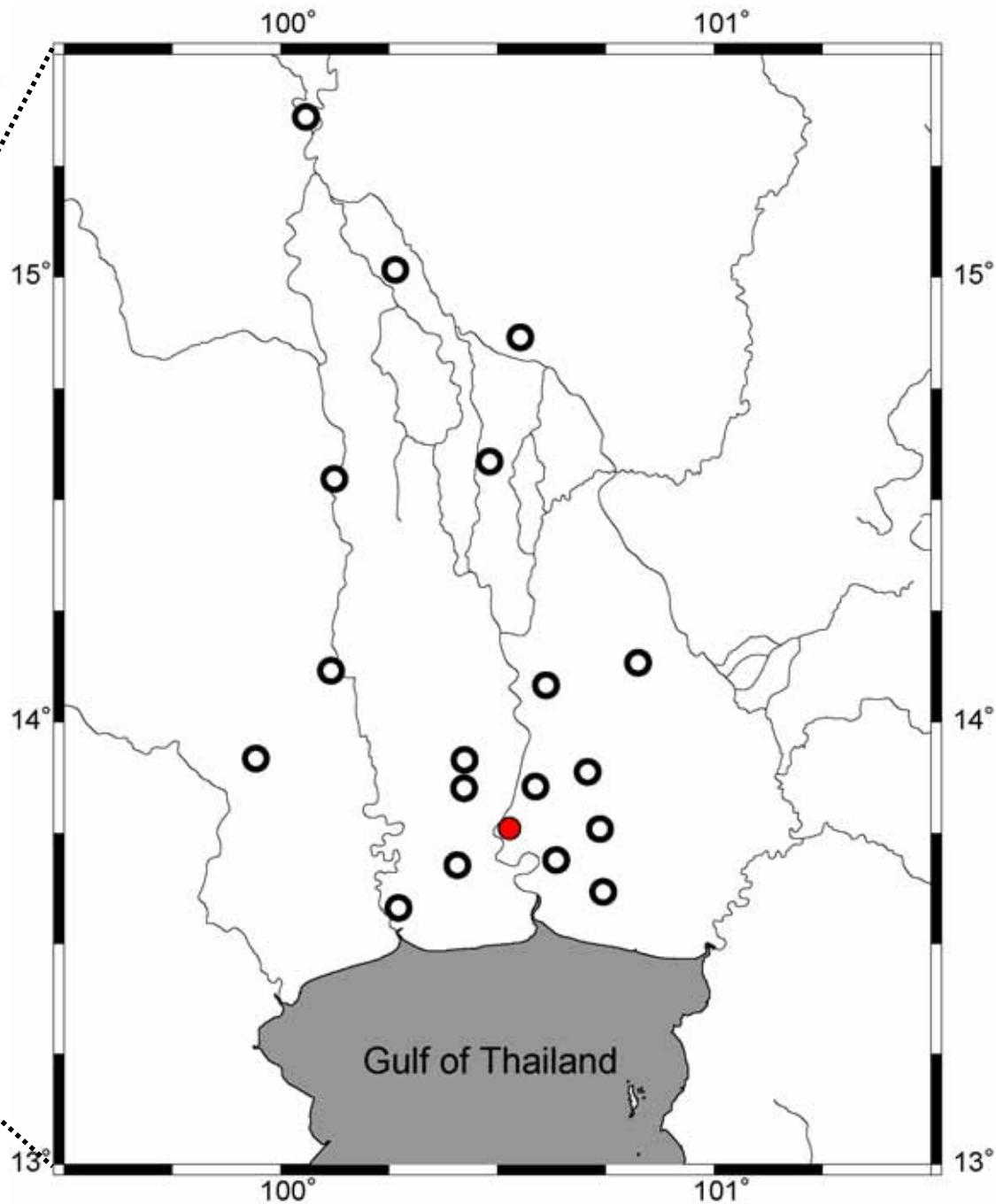
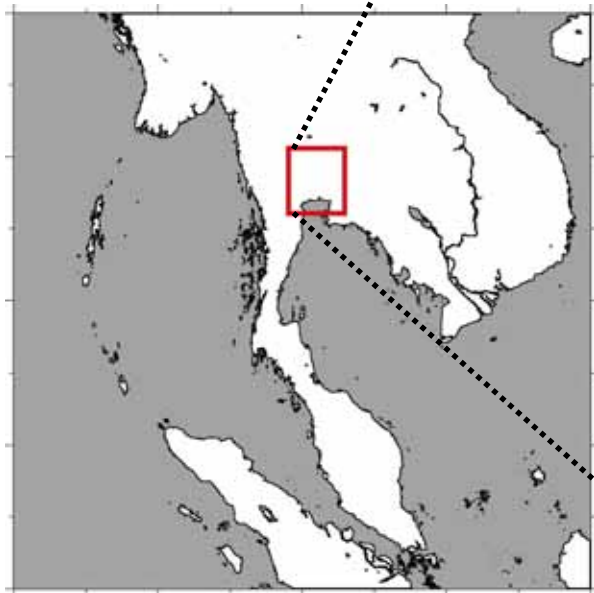
過去の気候変動復元



インバージョン解析

バンコクの温度計測

- 19地点 (20本)で孔内温度計測
- 3地点で長期温度計測装置の設置



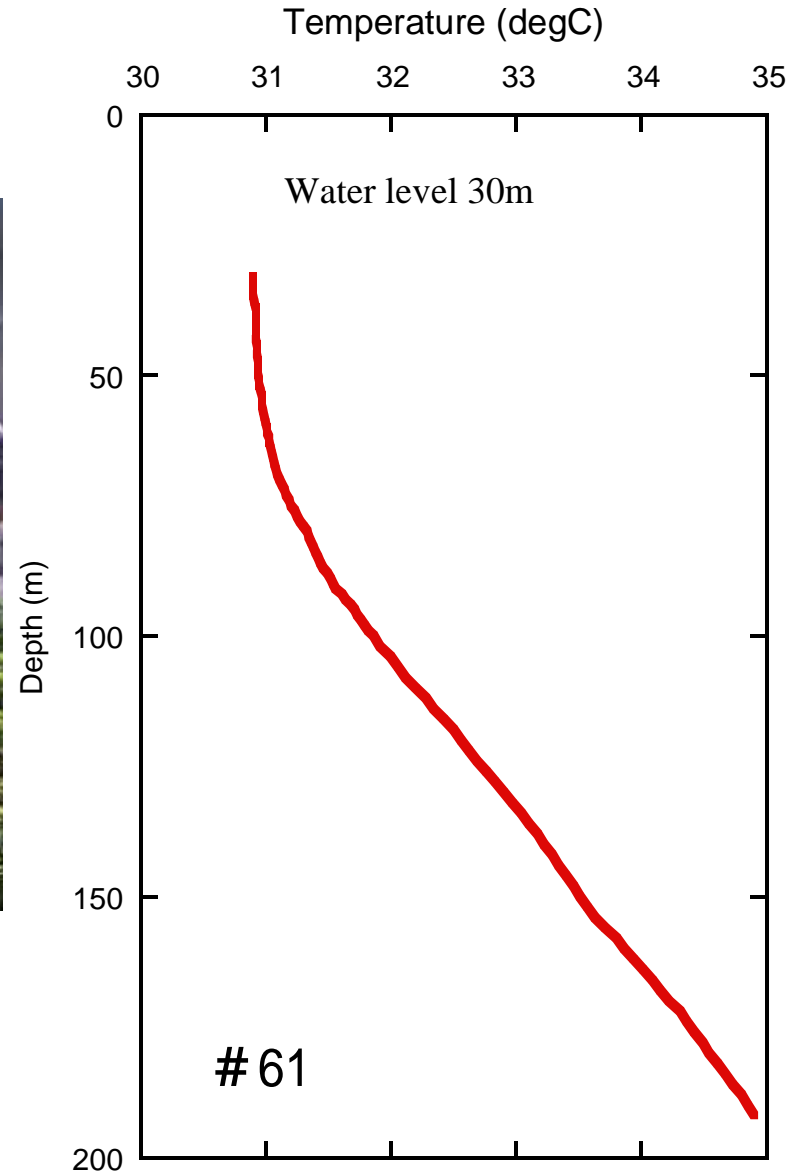
衛星画像



Google earth

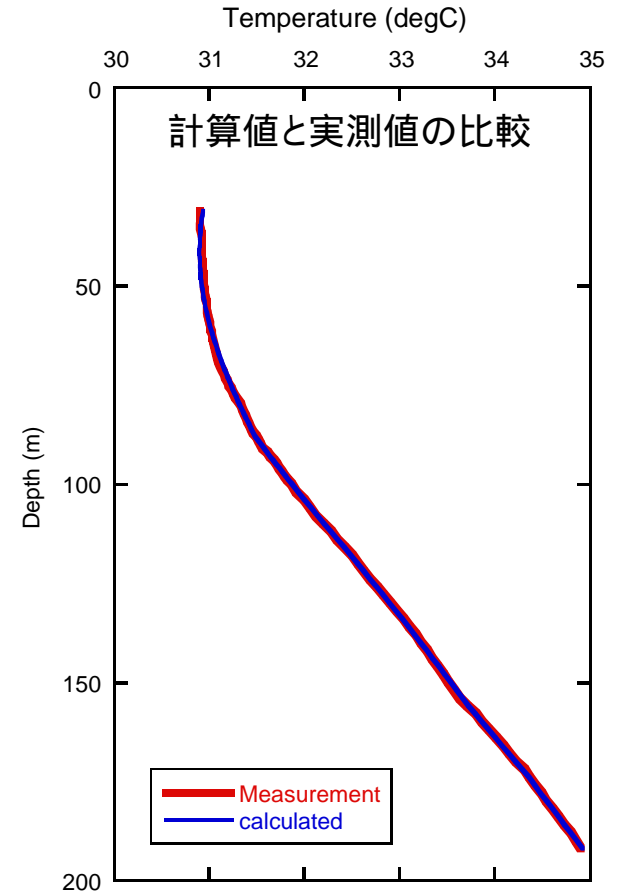
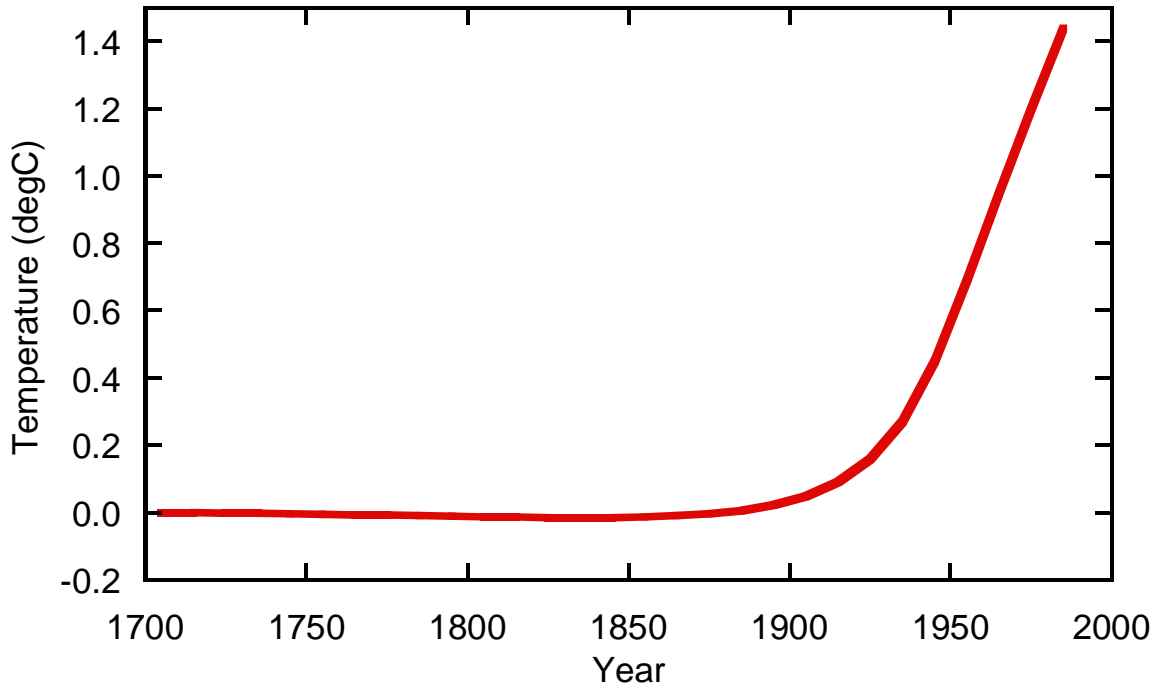
H18 RIHN meeting in Hiroshima

温度測定結果(都心部)



解析(都心部)

#61の過去の気候変動の推定

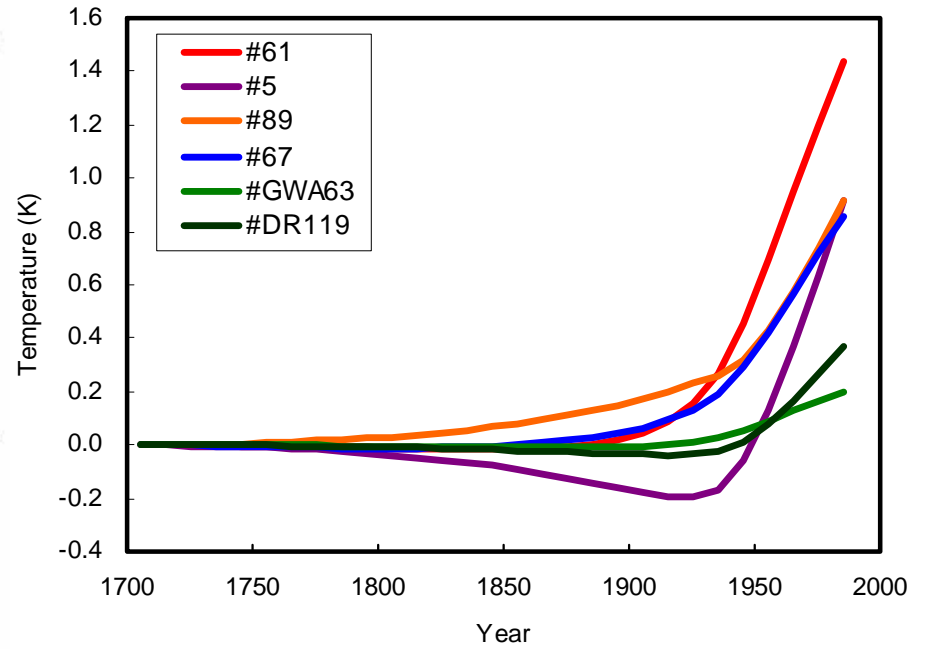
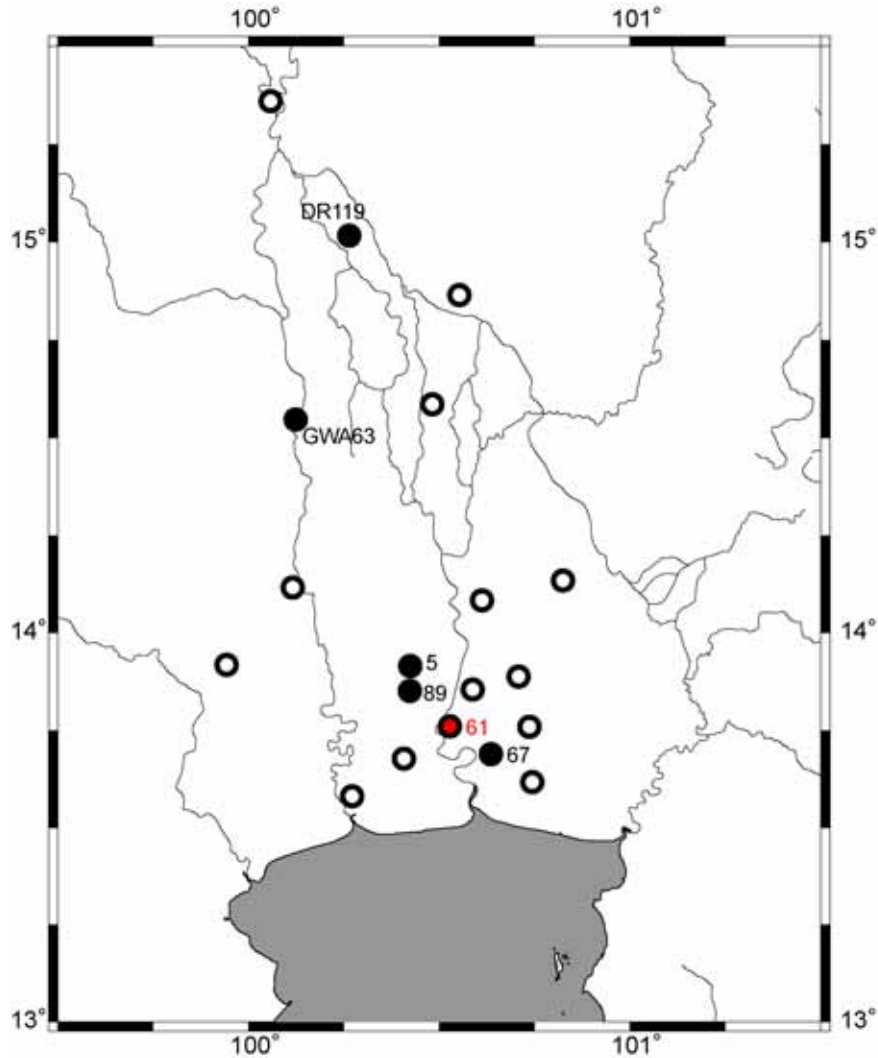


- 測定した温度データは、地表面の温度変動が**熱拡散で伝播**したと考えるとよく説明できる
- 1900年以降、約**1.5** 温度上昇
- 水位が地表面から30m下のため、最近の10~20年については解析困難
- 熱伝導率の推定値も**一般的な堆積物**の値

(80m以浅についてはやや高い)

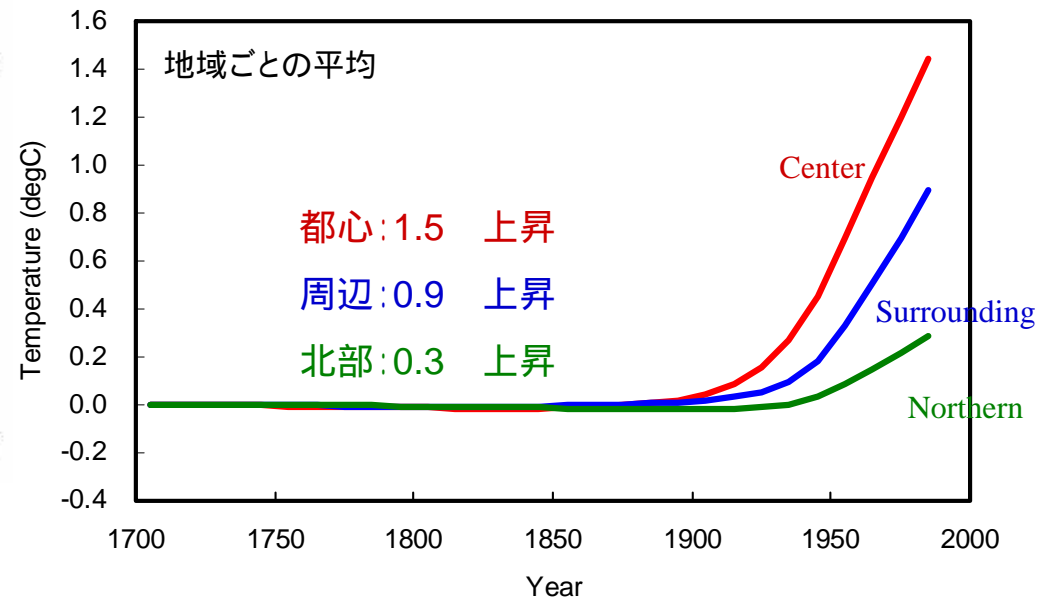
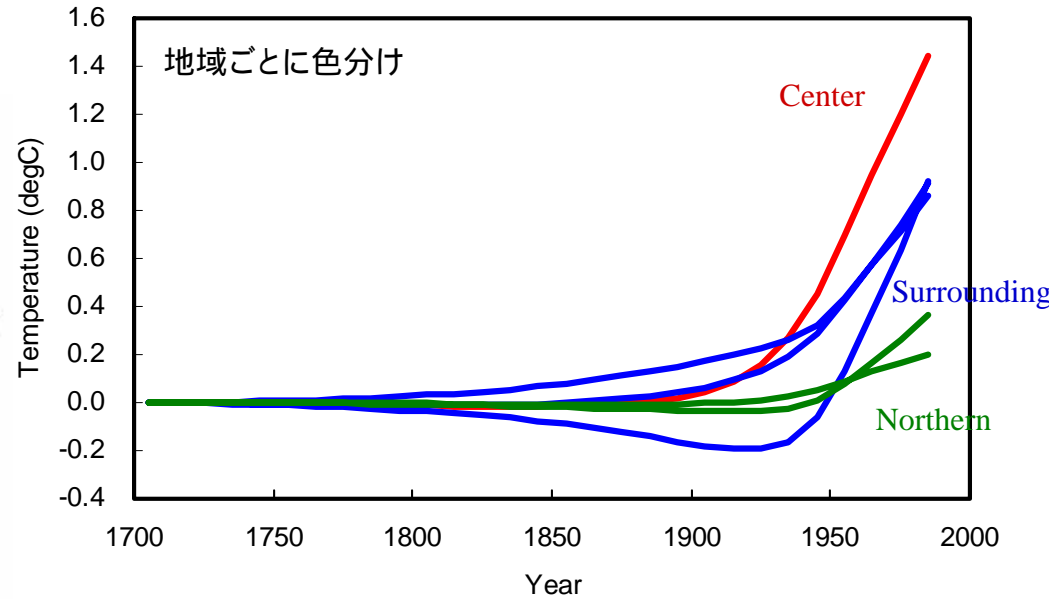
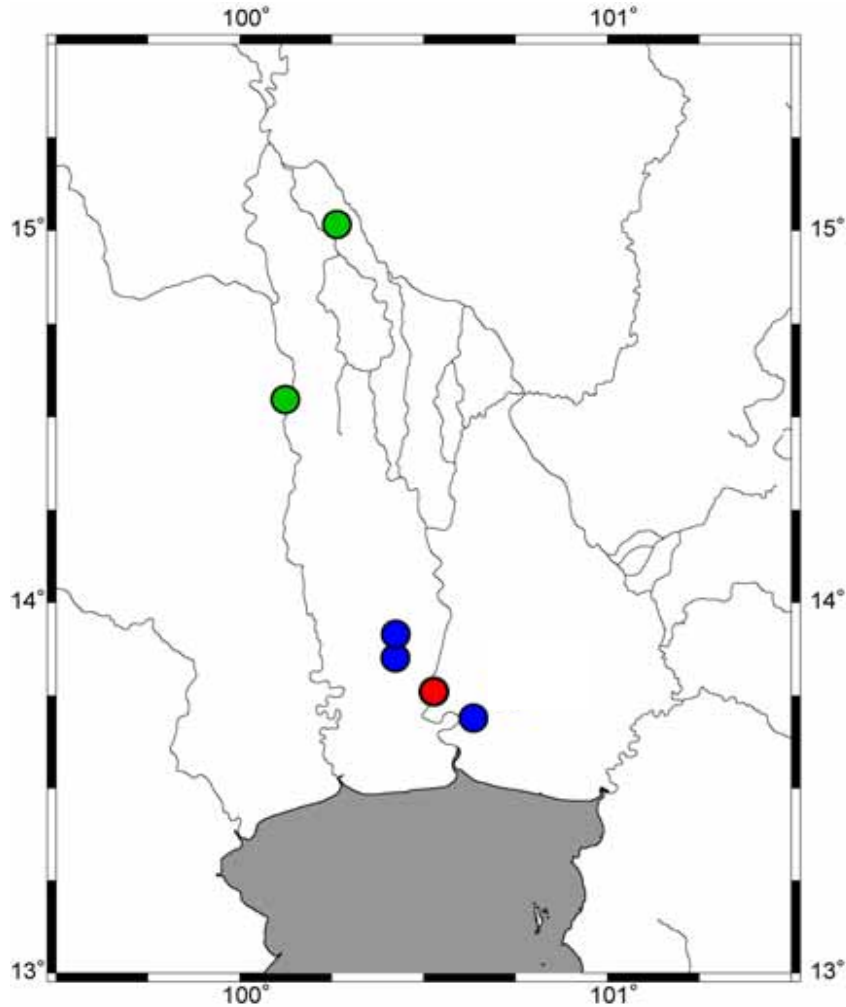
H18 RIHN meeting in Hiroshima

その他の地点

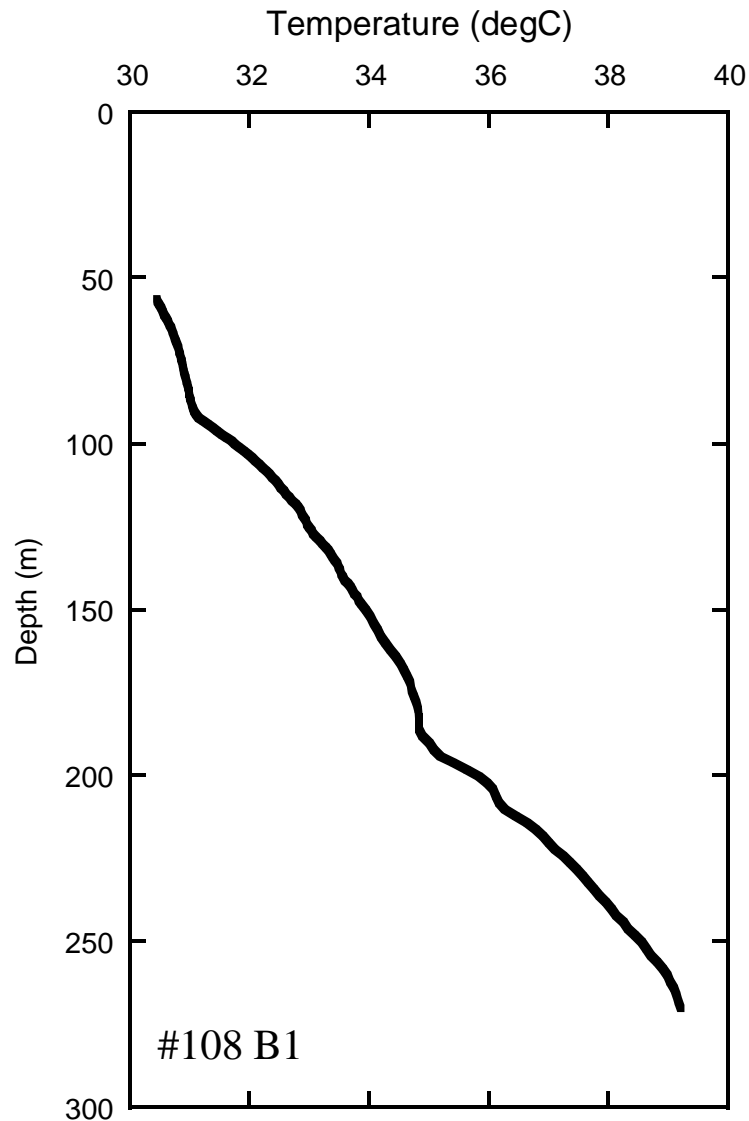


H18 RIHN meeting in Hiroshima

地域別の特徴



考慮すべき影響



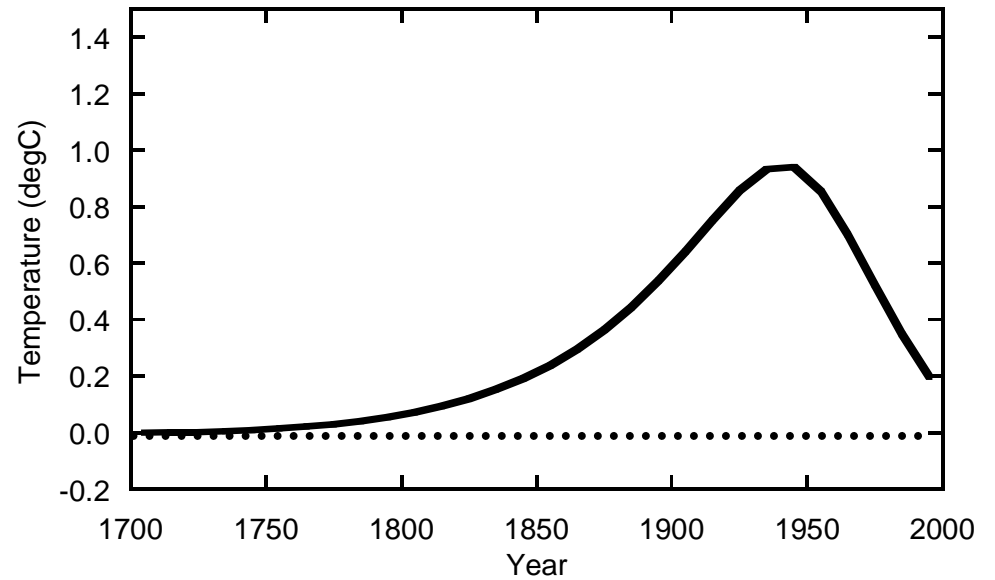
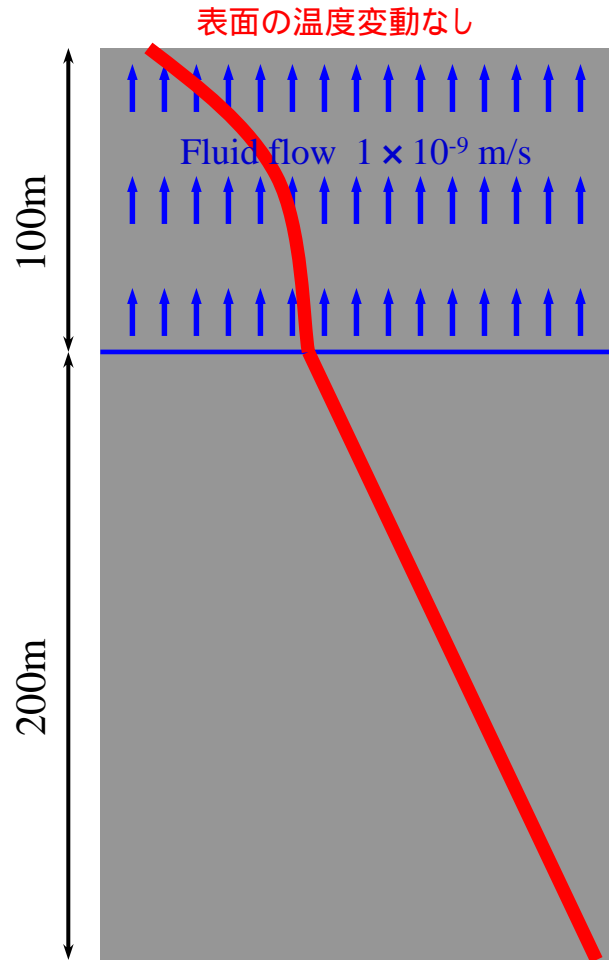
- ・地下水流動
- ・地下の物性の変化
(熱伝導率など)



推定の際のノイズ

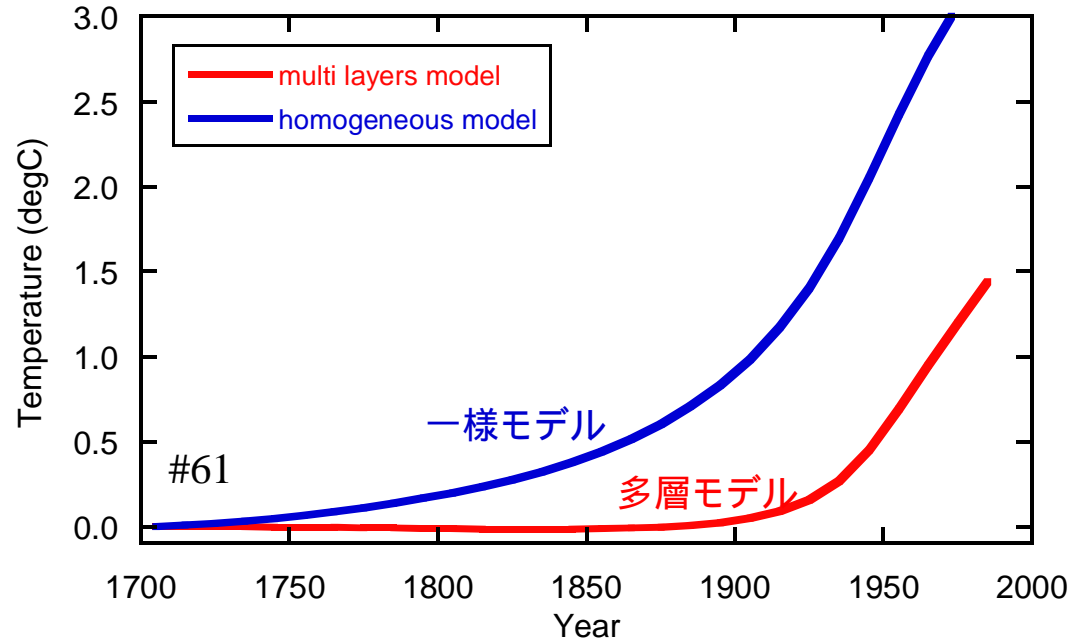
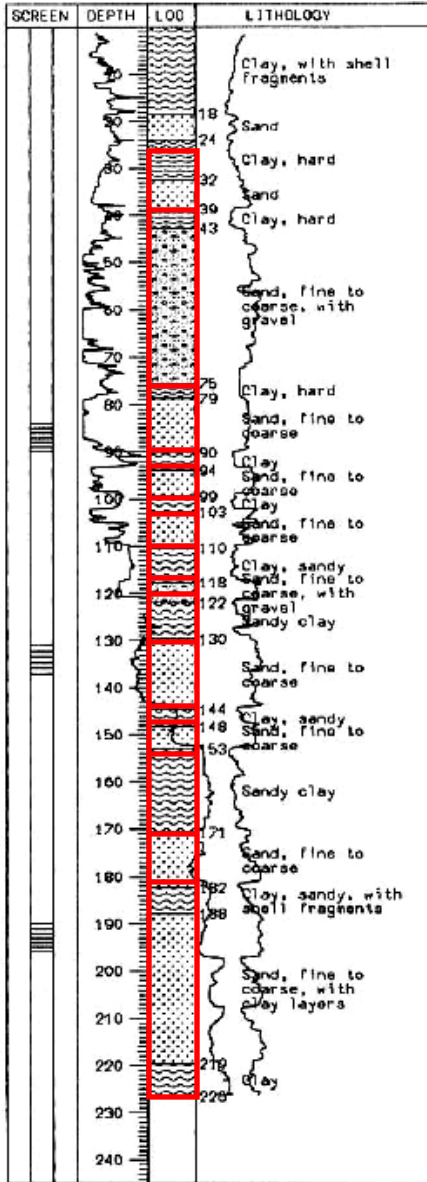
信頼性のある見積もりをおこなうためにはこれらの影響を考慮する必要あり

地下水流動の影響



- 地下水流動のないところで測定(最善)
- 地下水流動のパターンをあきらかにして解析

物性変化による影響



物性変化による影響は大きい

- 鉛直方向の熱物性を測定 (最善)
- 層境界をあきらかにする(柱状図など)

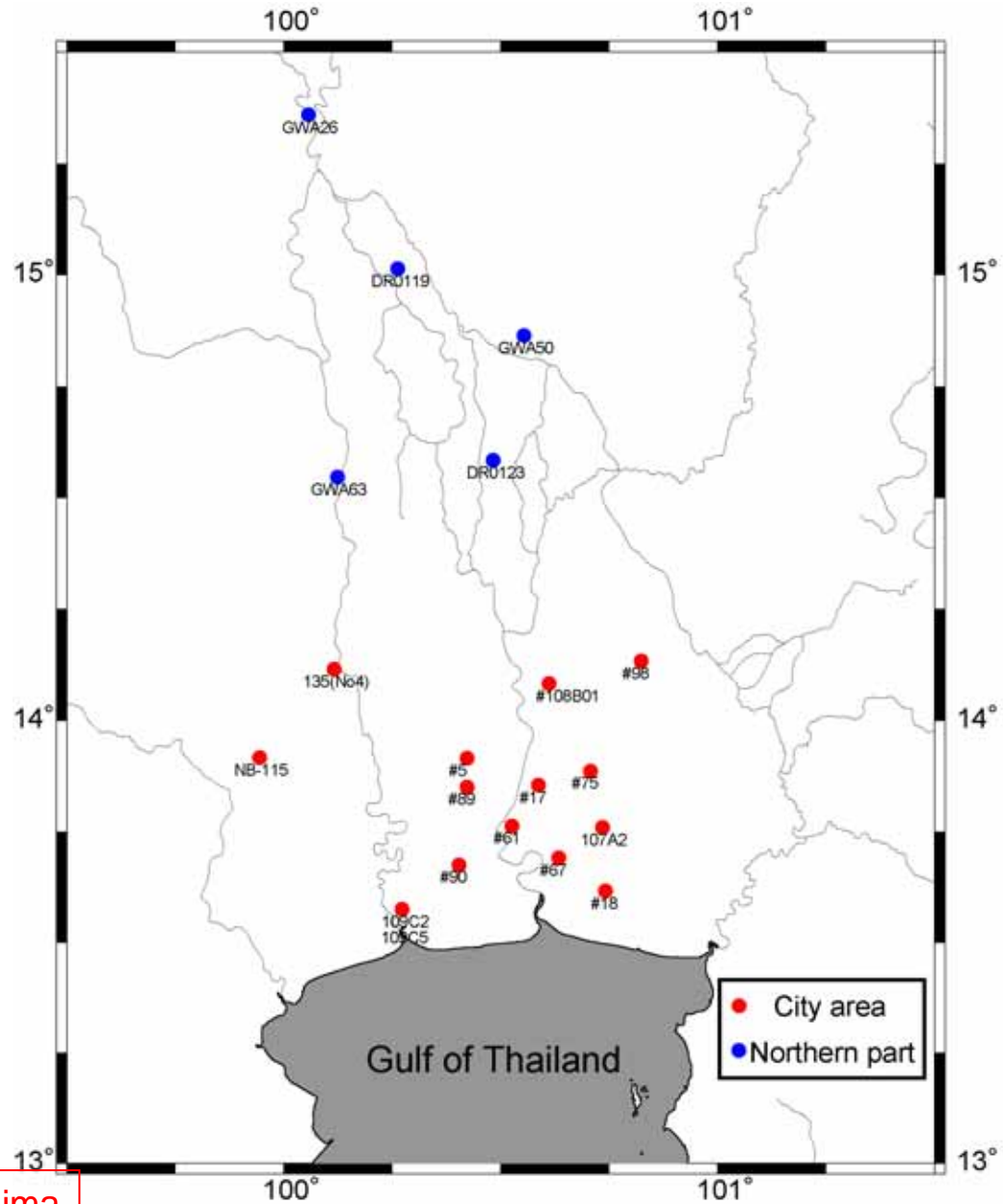
多層モデルによる解析

まとめ

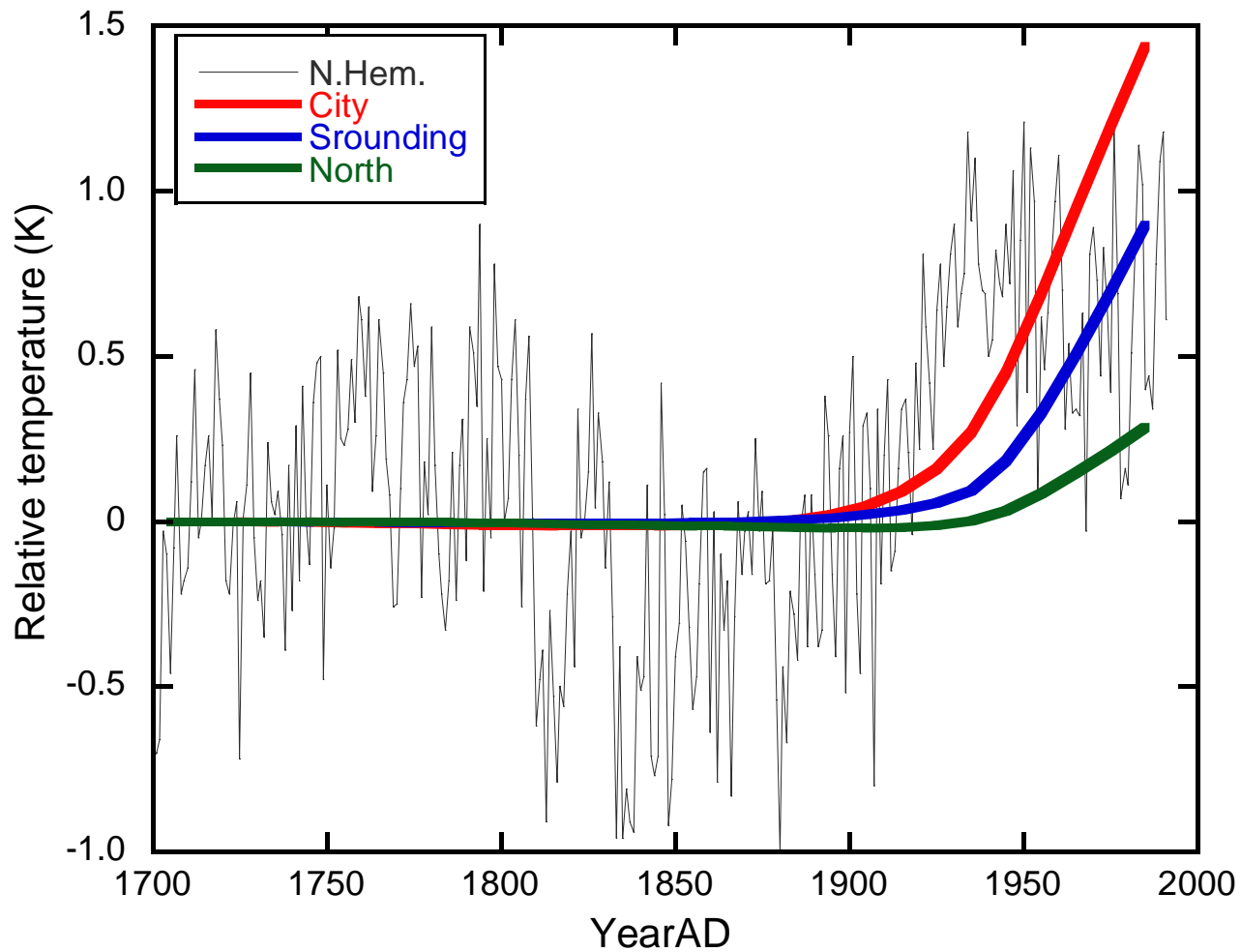
- 過去の地表面温度を知るために孔井の温度から情報を引き出すことができる。
- バンコクで孔内温度計測をおこない、温度データを解析し、6地点の過去の地表面温度の変遷を推定した。
- バンコクの地域ごとの特徴をあきらかにした。

都心	1900年以降	約1.5	上昇
周辺		約0.9	上昇
北部		約0.3	上昇
- 地下水流動や物性変化の影響を考慮する必要がある

観測点の地図

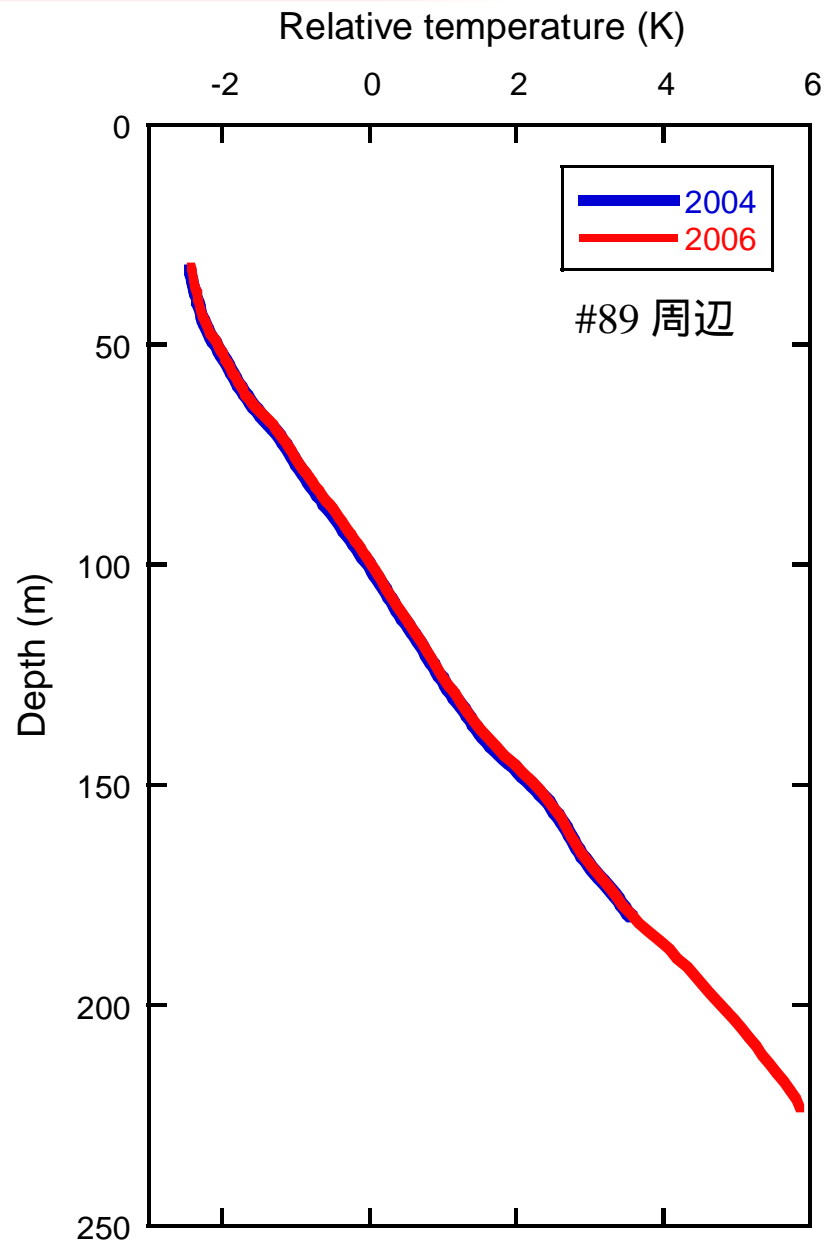
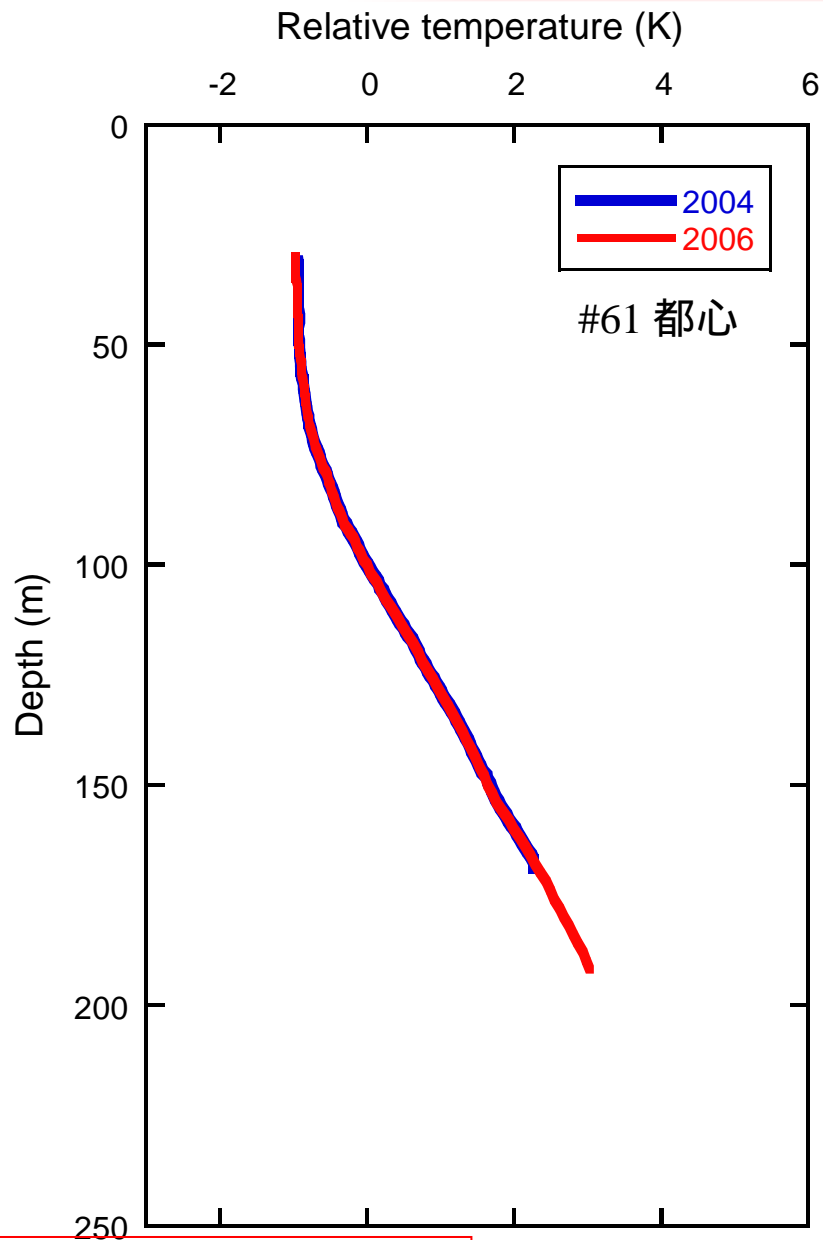


北半球の平均との比較



北半球の平均は, Jones et al.,1998の推定による

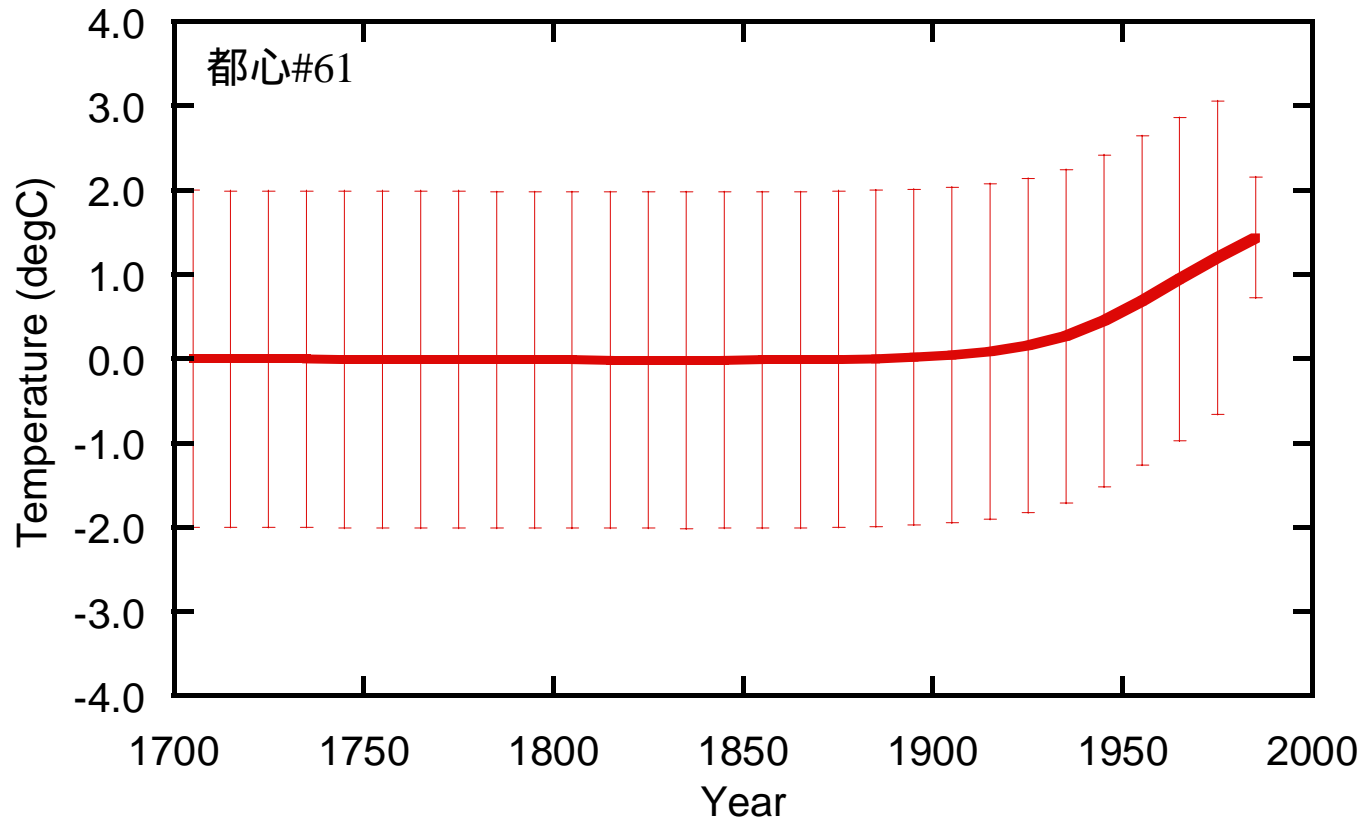
過去の温度データとの比較



H18 RIHN meeting in Hiroshima

2004年は西島先生のデータによる

誤差評価



推定値の誤差は, 数値計算の初期値に依存

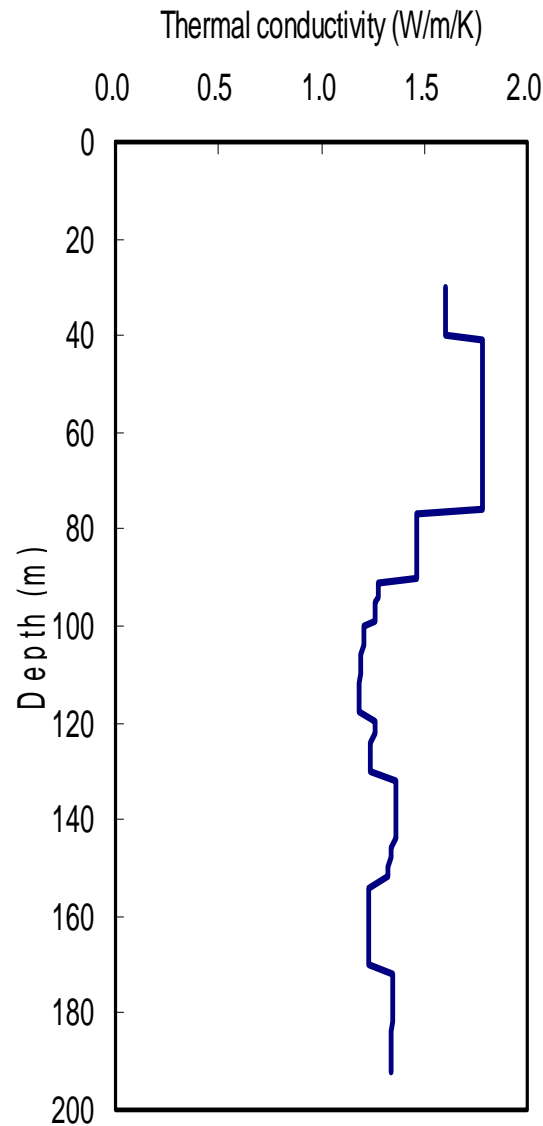
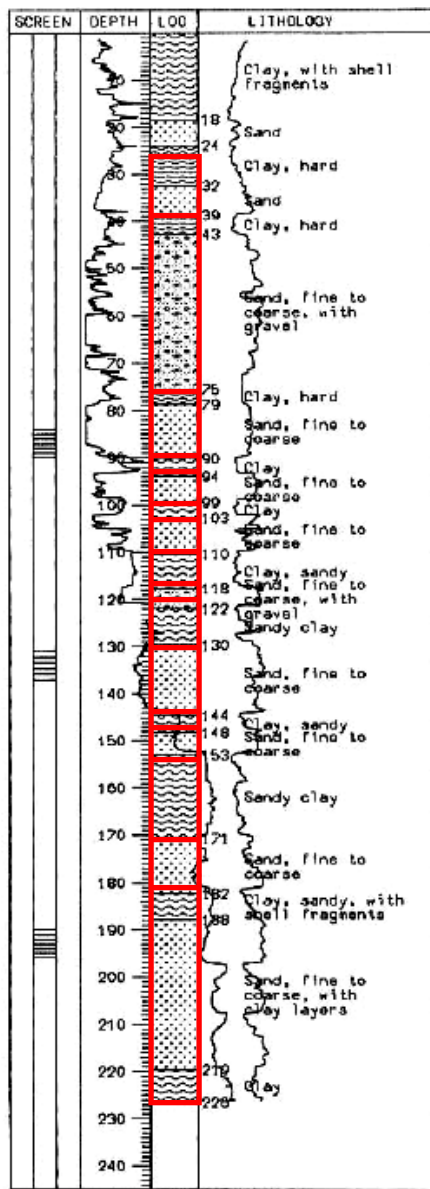
先験情報を考慮することにより誤差を小さくできる

Ex) 熱伝導率の測定値など

他の地域との比較

- 北米 2 上昇 (地下温度データからの推定)
- 日本 1.06 (気象庁)
- 全世界 0.74 (気象庁)

都心部(#61)の熱伝導率



地下水流動の影響

