

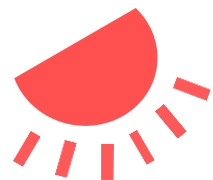
熱パルスセンサーを用いた地表面近傍における土中熱フラックスの測定



土壌圏循環学教育研究分野

515315 尾関健吾

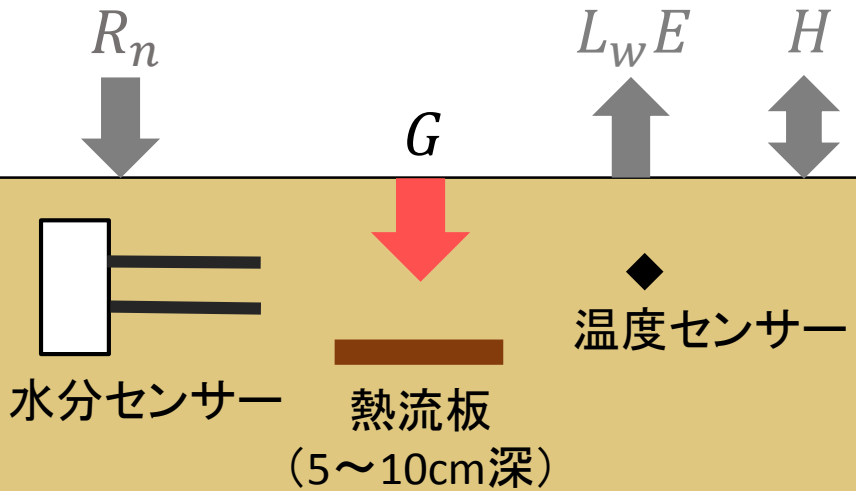
はじめに



気象条件から地温変化を予測するには
地表面における土中熱フラックス G が重要

$$R_n = L_w E + H + G$$

純放射 蒸発潜熱 顕熱



熱流板の特徴
・耐久性に優れる
・サイズが大きい(φ 10 cm程度)

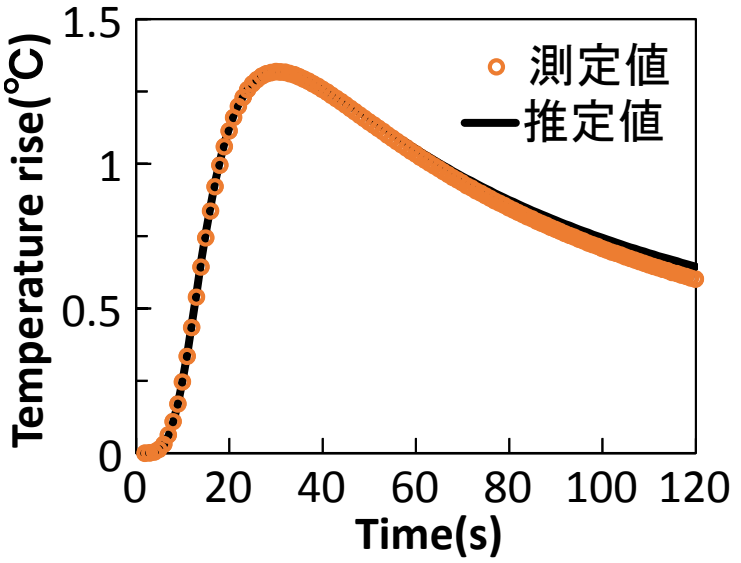
$$G = G_z + \Delta S$$

G_z : 深さ z の熱フラックス
 ΔS : 熱貯留量

- ・水分移動を阻害する可能性
- ・他のセンサーで測定が必要
- ・熱特性の把握が困難

熱パルスセンサーによる熱フラックスの測定

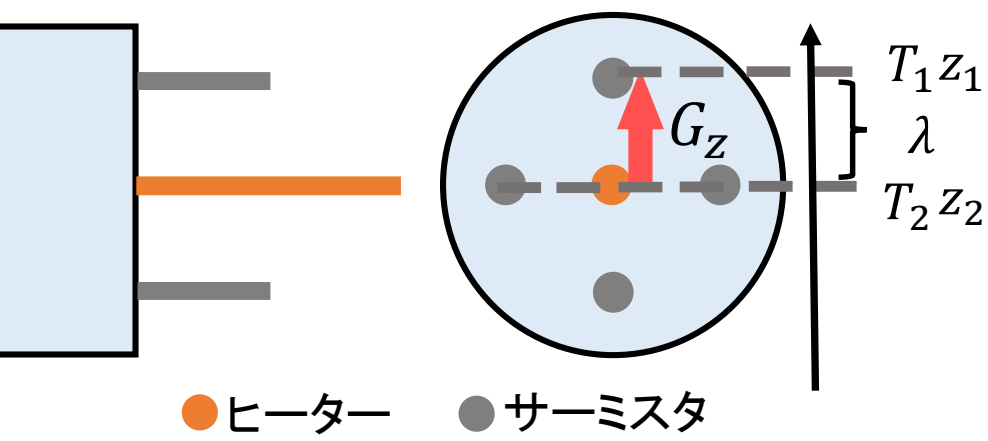
熱特性(熱伝導率 λ 、熱拡散係数 κ 、体積熱容量 C_s)を推定



$$T(r, t) = \frac{q'}{4\pi\lambda} \int_0^t s^{-1} \exp\left[-\frac{r^2}{4\kappa s}\right] ds \quad (0 < t \leq t_0)$$

$$T(r, t) = \frac{q'}{4\pi\lambda} \int_{t-t_0}^t s^{-1} \exp\left[-\frac{r^2}{4\kappa s}\right] ds \quad (t > t_0)$$

r : サーマスタまでの距離
 q' : 単位長さあたりの入力熱
 T : 温度上昇
 t : 経過時間
 t_0 : 熱パルス入力時間



$$G_z = -\lambda(\theta) \frac{\Delta T}{\Delta z}$$

$$= -\lambda(\theta) \frac{T_1 - T_2}{z_1 - z_2}$$

G_z : 熱フラックス T : 地温 z : 位置

- ・ニードル状のセンサーで水分移動への影響小
- ・ $\lambda(\theta)$ を原位置で決定

熱パルスセンサーを用いた地表面近傍の 土中熱フラックスの測定について検討

5cm深の熱フラックスの測定

熱パルスセンサーと熱流板の測定値の比較

1cm深の熱フラックスの測定

地表面近傍の測定について検討

現場測定

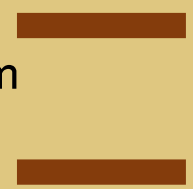
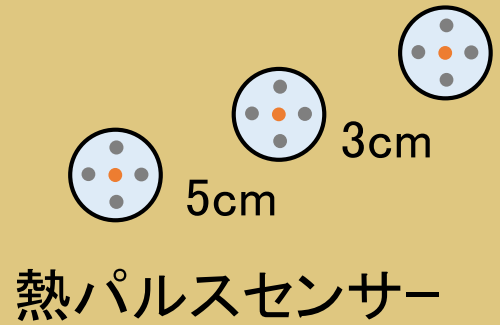
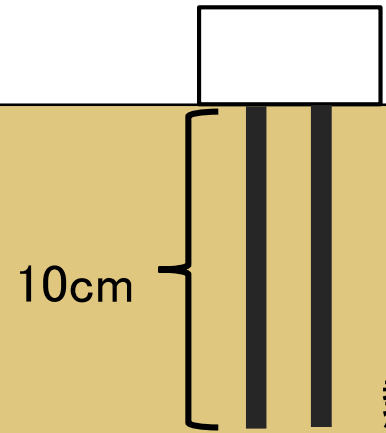
三重大学附属農場ダイズ栽培畑

2018/6/5~1/10

(本発表では収穫後の裸地条件下に注目)

ウェザーステーション

降水量・純放射量・気温



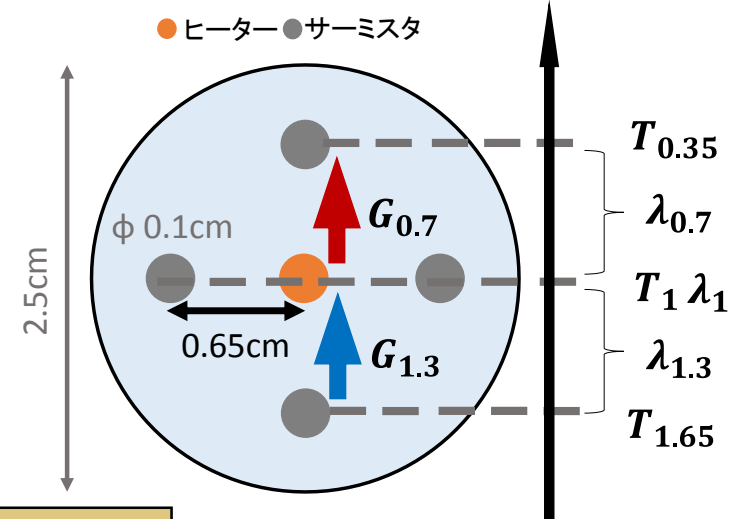
水分センサー
水分量 θ

熱パルスセンサー
地温 T
熱伝導率 λ
(1時間間隔)

熱流板
熱フラックス G_z

5線式熱パルスセンサー

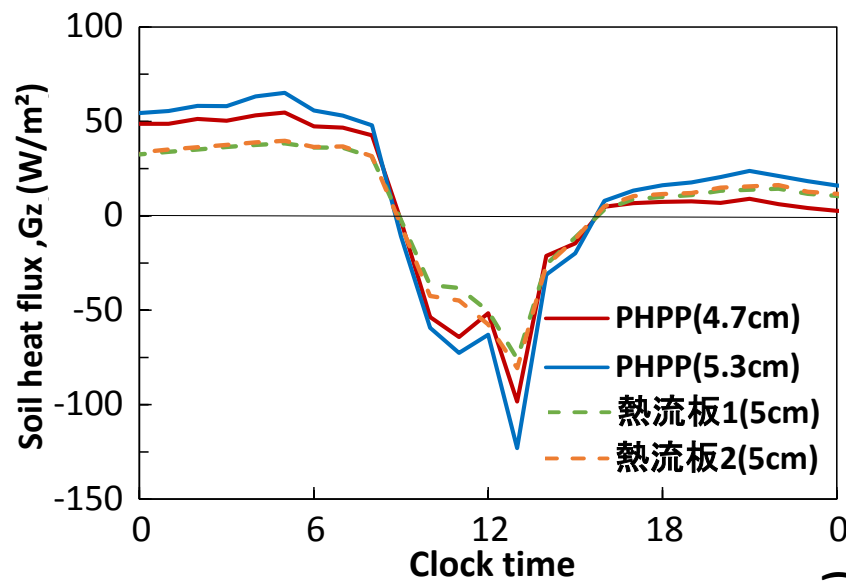
PHPP: Penta-needle Heat Pulse Probe



1cm深: $G_{0.7}$ ・ $G_{1.3}$
5cm深: $G_{4.7}$ ・ $G_{5.3}$

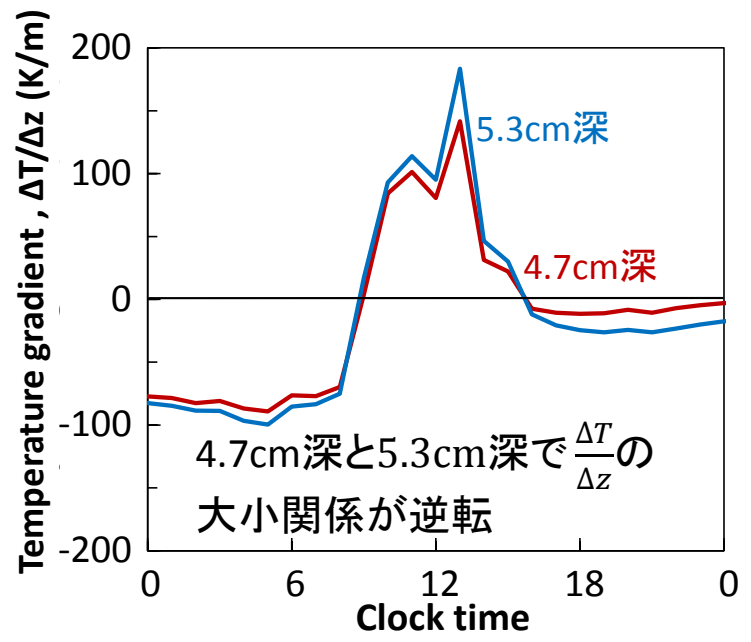
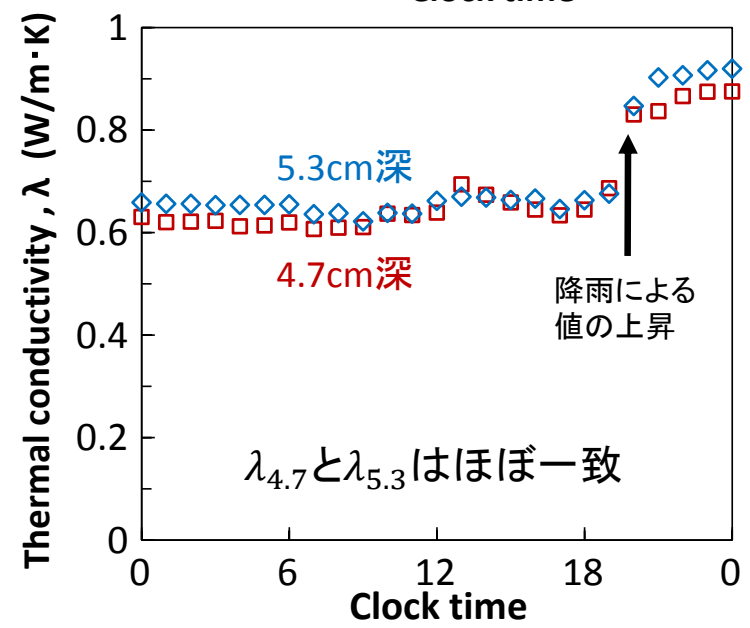


5cm深における熱フラックスの変化 12/11 ($\theta = 0.17$, 21時の降雨で $\theta = 0.23$)



熱流の日変化を表現
(熱流板とほぼ一致)

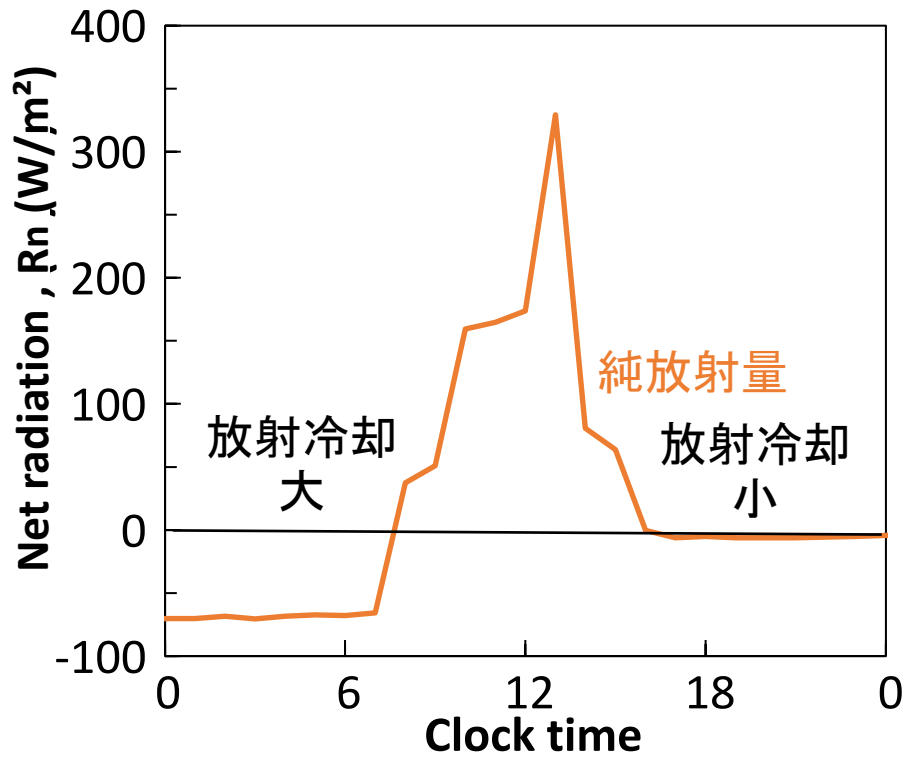
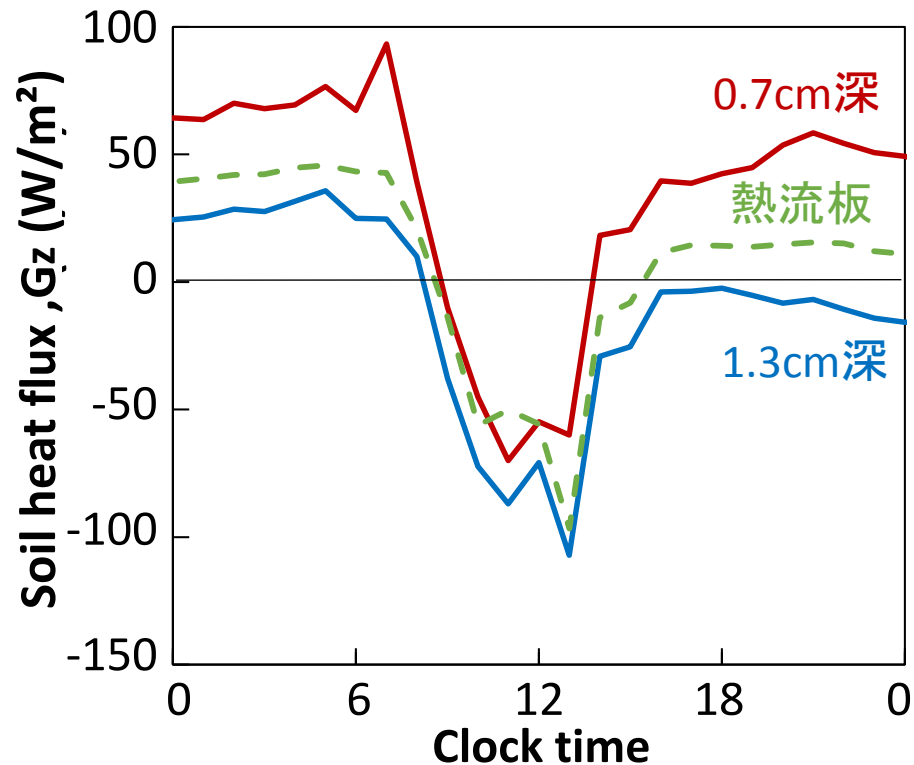
詳細には、 $G_{4.7}$ と $G_{5.3}$ の
大小関係が逆転



0.65cmという微小範囲で $\frac{\Delta T}{\Delta z}$ の正確な測定が困難

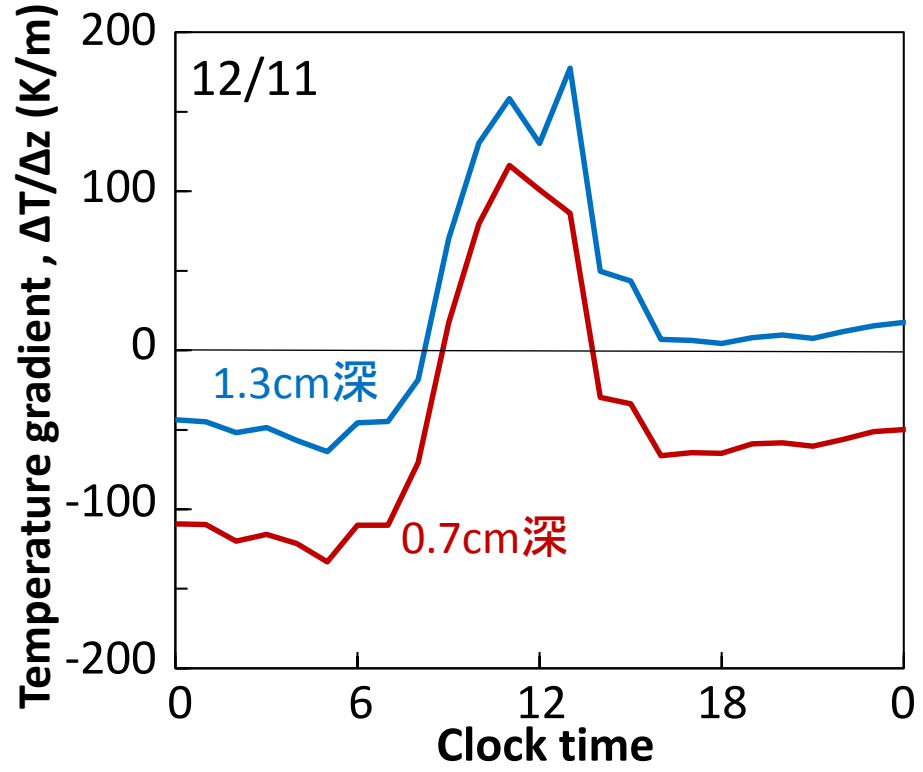
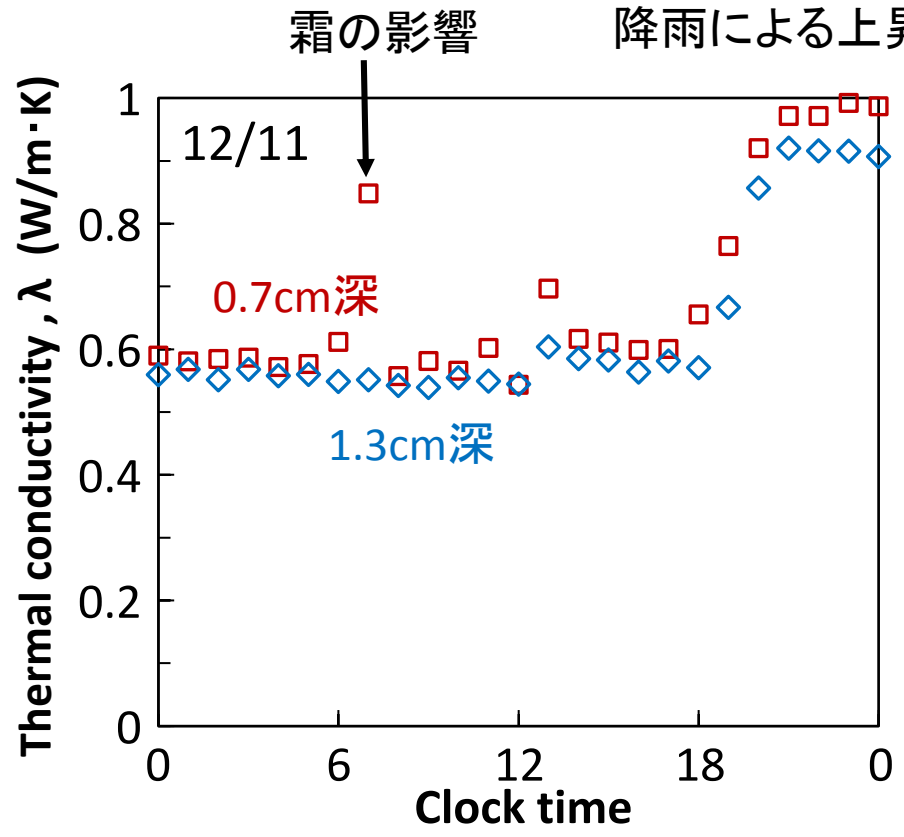
1cm深における熱フラックスの変化

12/11 ($\theta = 0.17$ 、21時の降雨で $\theta = 0.23$)



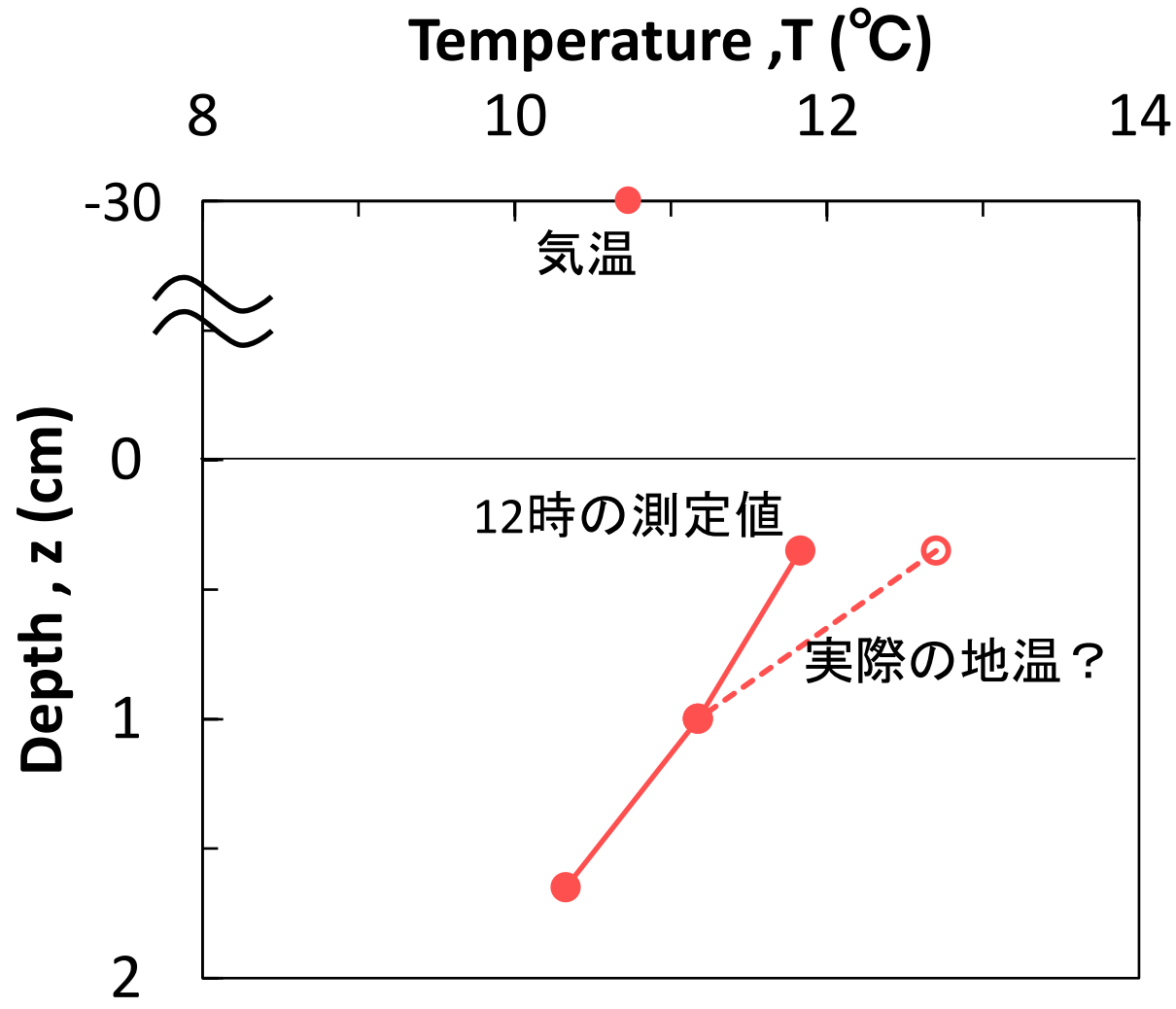
- ・ $G_{0.7}$ は夜間の放射冷却による熱流をよく表現
- ・ 詳細を見ると、日中は $G_{0.7}$ と $G_{1.3}$ の大小関係が逆転

1cm深における熱伝導率と温度勾配の変化



- $\lambda_{0.7}$ と $\lambda_{1.3}$ はほぼ一致
- 日中に0.7cm深と1.3cm深で $\frac{\Delta T}{\Delta z}$ の大小関係が逆転

12時の地表面近傍における地温分布



0.35cmの地温が低く測定されている可能性
→地表面付近の凹凸や隙間により、低い気温が影響

熱パルスセンサーを用いた地表面近傍の 土中熱フラックスの測定について検討

5cm深の熱フラックスの測定

- 熱流の日変化を表現(熱流板とほぼ一致)
- 詳細には、 $G_{4.7}$ と $G_{5.3}$ の大小関係が逆転

0.65cmという微小範囲で $\frac{\Delta T}{\Delta z}$ の正確な測定が困難？

1cm深の熱フラックスの測定

- $G_{0.7}$ は夜間の放射冷却による熱流をよく表現
- 詳細には、日中は $G_{0.7}$ と $G_{1.3}$ の大小関係が逆転

地表面付近の凹凸や隙間0.35cmの地温が低く測定されている可能性？