



モンゴル草原における 大口径シンチロメータを用いた 広域平均フラックスの測定について

浅沼 順

筑波大学陸域環境研究センター

シンチロメーター

- ☞ 顕熱フラックス計測用の光学器械
- ☞ 赤外光を送信機で発光，受信機で光強度の変動(“ゆらぎ”)を計測
- ☞ マイクロ波シンチロメーター：蒸発量の計測

送信機



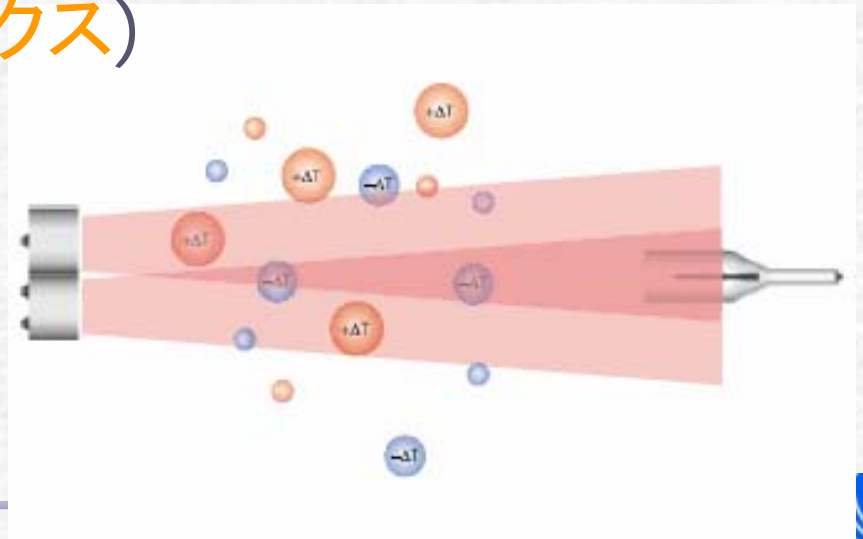
受信機



原理

- 光強度の変動“**ゆらぎ**(シンチレーション)”は、大気中の**光の屈折**によって引き起こされる
- 光の屈折**は大気**密度の空間変動**によって引き起こされる. 密度変動 \div 温度変動
- (強い光の**ゆらぎ**) = (強い**温度の空間変動**)
= (強い**顕熱フラックス**)

パス平均の顕熱フラックス
計測が可能



大口径シンチロメーター

- Scintec製 (独): BLS900
- 送信機: LED ディスク
- パス間距離: 500-5000m
- 数kmスケールでの顕熱
フラックス計測が可能



Scintec BLS900 transmitter

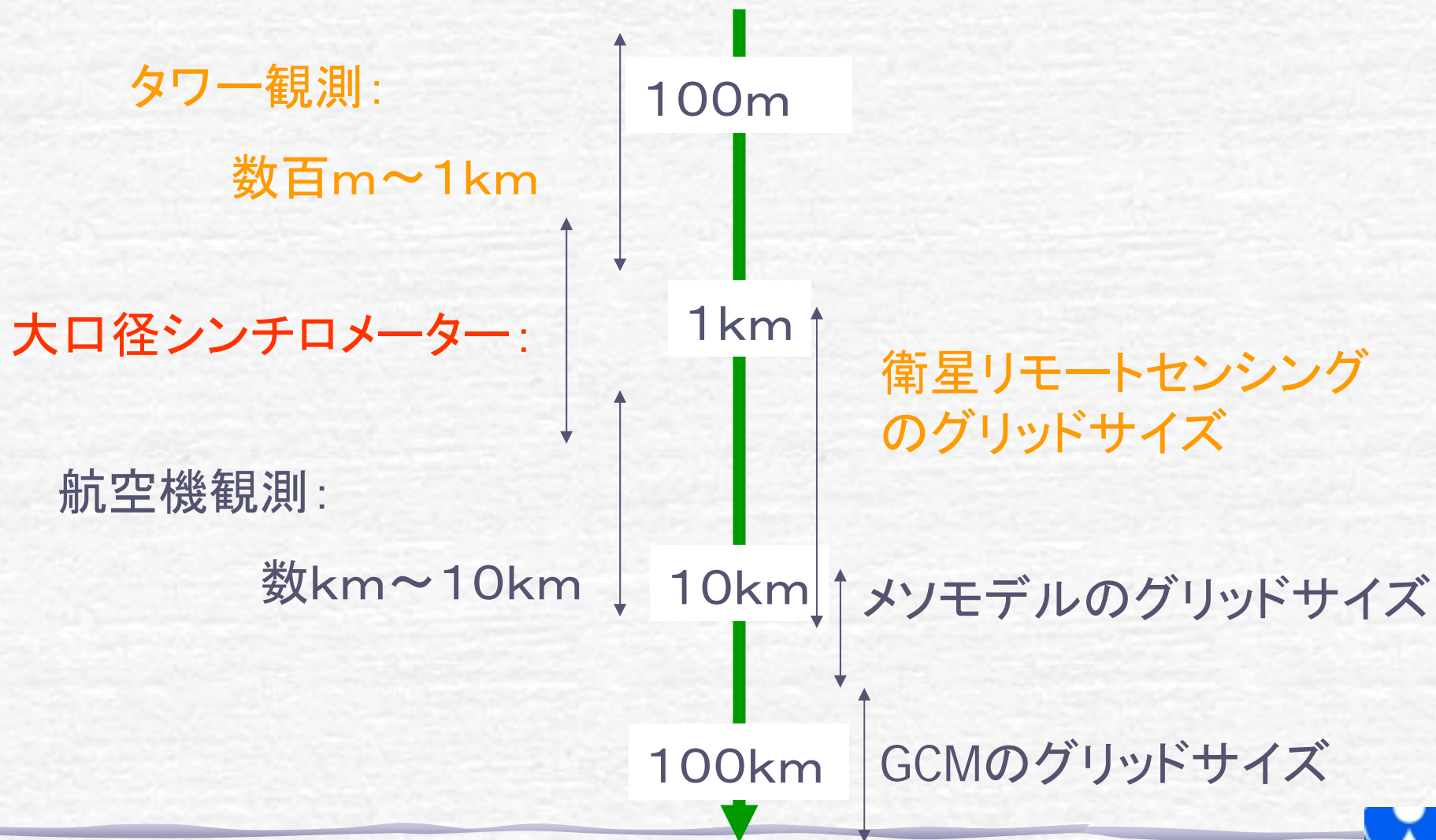


Scintec BLS900 receiver

従来型: レーザー型 (~数百m)

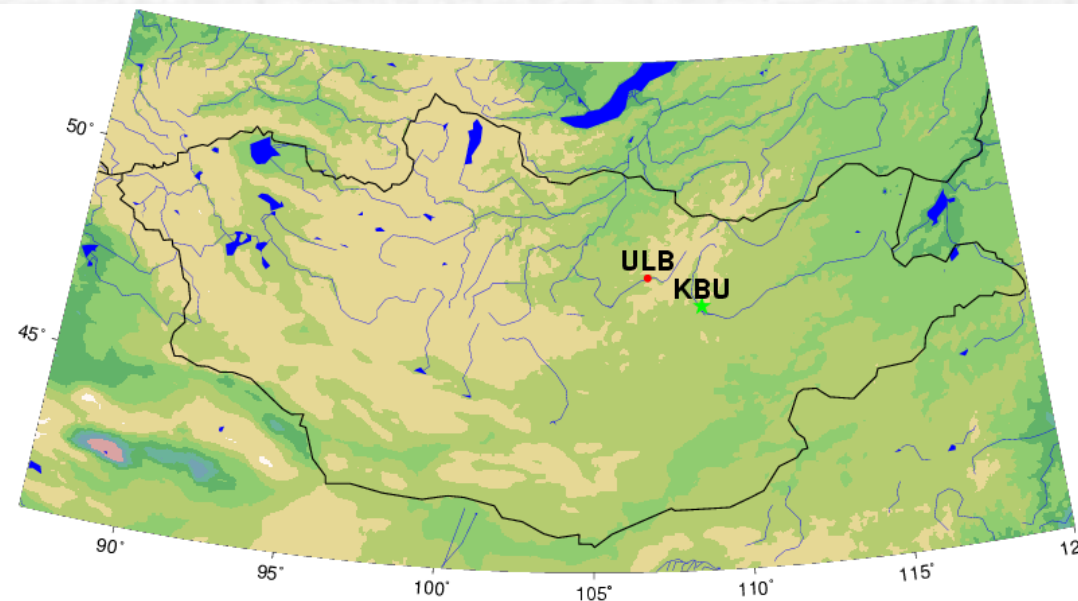


広域・流域地表面熱収支(蒸発散) 観測のスケール

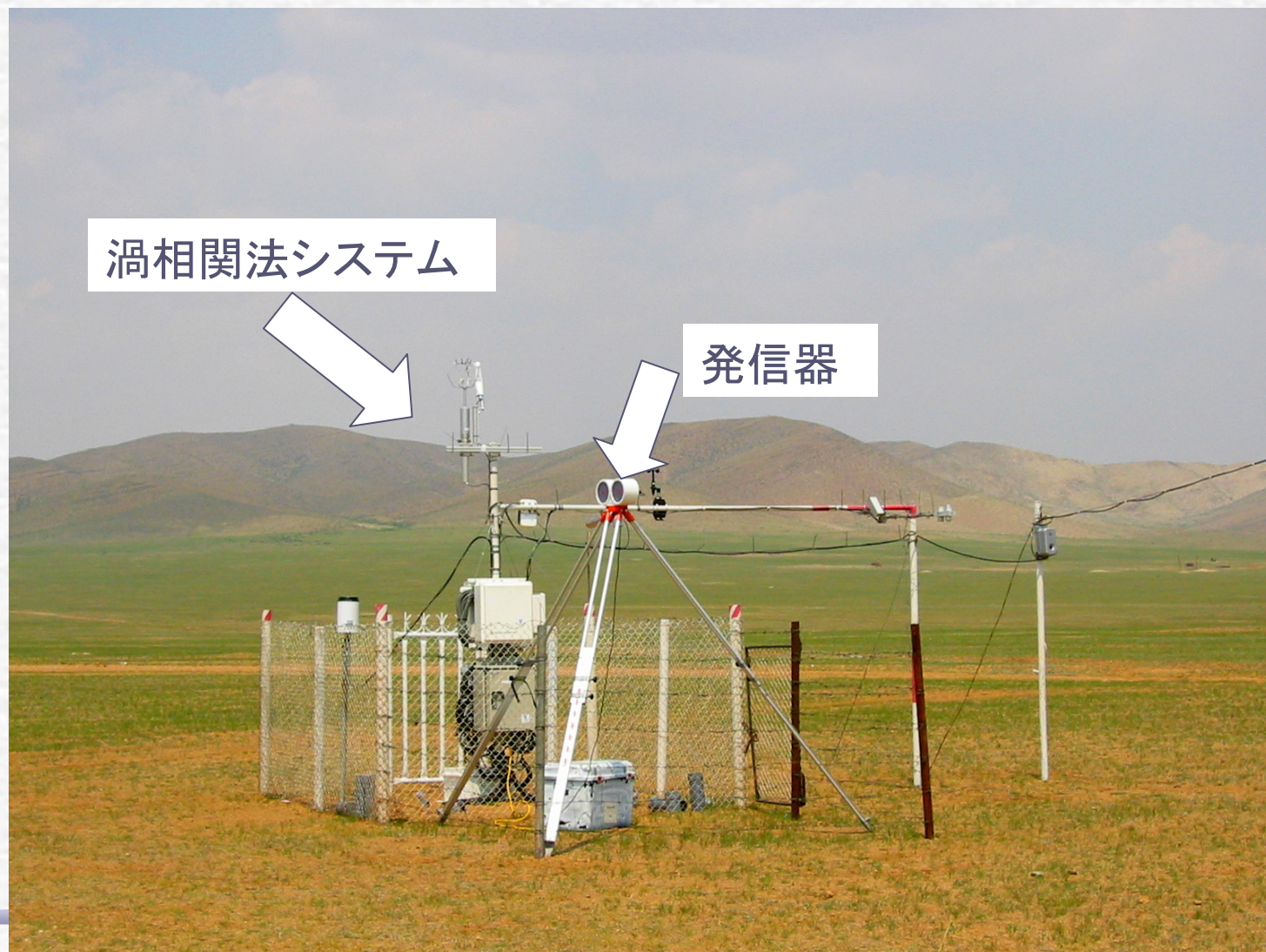


シンチロメーター観測概要

- 期間： 2003年6月ー10月
 - 各月1週間程度
- 場所： モンゴル国ヘルレン川流域
 - ヘルレン・バヤン・ウラン村(KBU)近辺

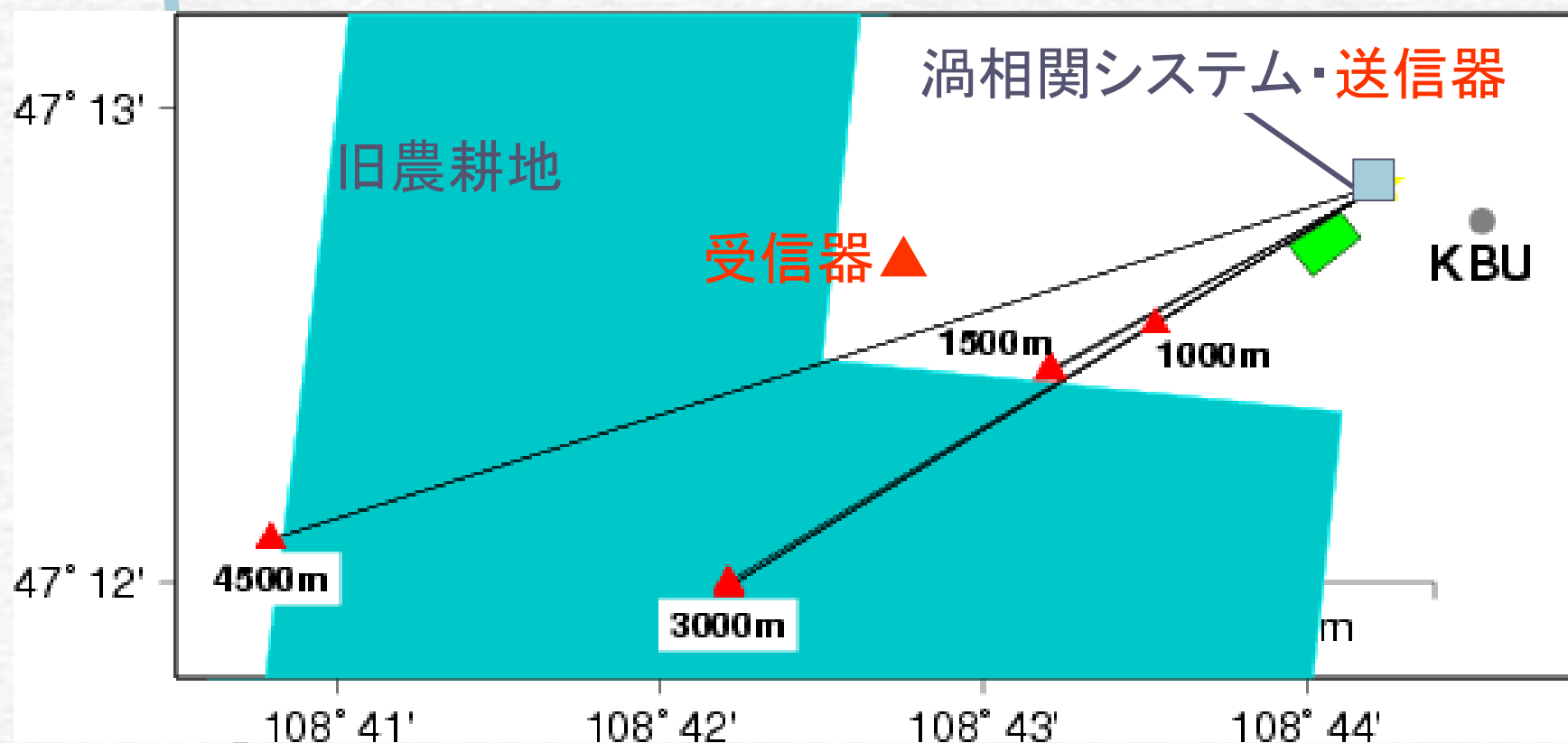


KBUフラックスサイト



シンチロメーター観測概要

受信器の位置を毎日変更



RAISE 2003集中観測におけるシンチロメータ観測

Date	Path (m)	Duration (hrs)	Wind direction	Date	Path (m)	Duration (hrs)	Wind direction
Period 1				Period 2			
2003/7/22	4570	2.5	E to S	2003/8/18	4570	6.5	NW
2003/7/26	4570	2.5	NW	2003/8/19	3008	9.0	NE to S
2003/7/27	3001	1.5	NW	2003/8/22	1495	8.5	W to NW
2003/7/28	1505	6.0	NW	2003/8/23	3008	9.0	W to N
2003/7/31	3006	8.5	W to NW	Period 3			
2003/8/1	1505	9.0	W to N	2003/9/30	1490	3.0	NW
2003/8/2	1050	10.0	NW to NE	2003/10/1	3004	8.5	NW to N
Sensor height=2.6m				2003/10/2	1490	7.0	W to NW
				2003/10/4	3004	2.5	W to NW

15days of operations in 3 seasons

シンチロメーター計測からの顕熱フラックス の計算1

- 計測値：屈折率 n の構造係数, C_n^2 (n の空間変動の指標).

$$C_n^2 = \frac{\overline{\{n(x+r) - n(x)\}^2}}{r^{2/3}}$$

- 大気中の光の屈折は、温度の空間変動に起因する。 C_n^2 を、温度 T の構造係数 C_T^2 (T の空間変動の指標)に変換する

$$C_T^2 = \frac{\overline{\{T(x+r) - T(x)\}^2}}{r^{2/3}}$$

シンチロメーター計測からの顕熱フラックス の計算2

- モニン=オブコフ相似則を用いると、無次元化 C_T^2 は、安定度パラメータ z/L のみの関数になる。

$$\Phi_{CT}\left(\frac{z}{L}\right) = \frac{z^{2/3} C_T^2 u_*^2}{\{H / (\rho C_p)\}^2} = 3.4 \left[1 - 7 \frac{z}{L} + 75 \left(\frac{z}{L} \right)^2 \right]^{1/3}$$

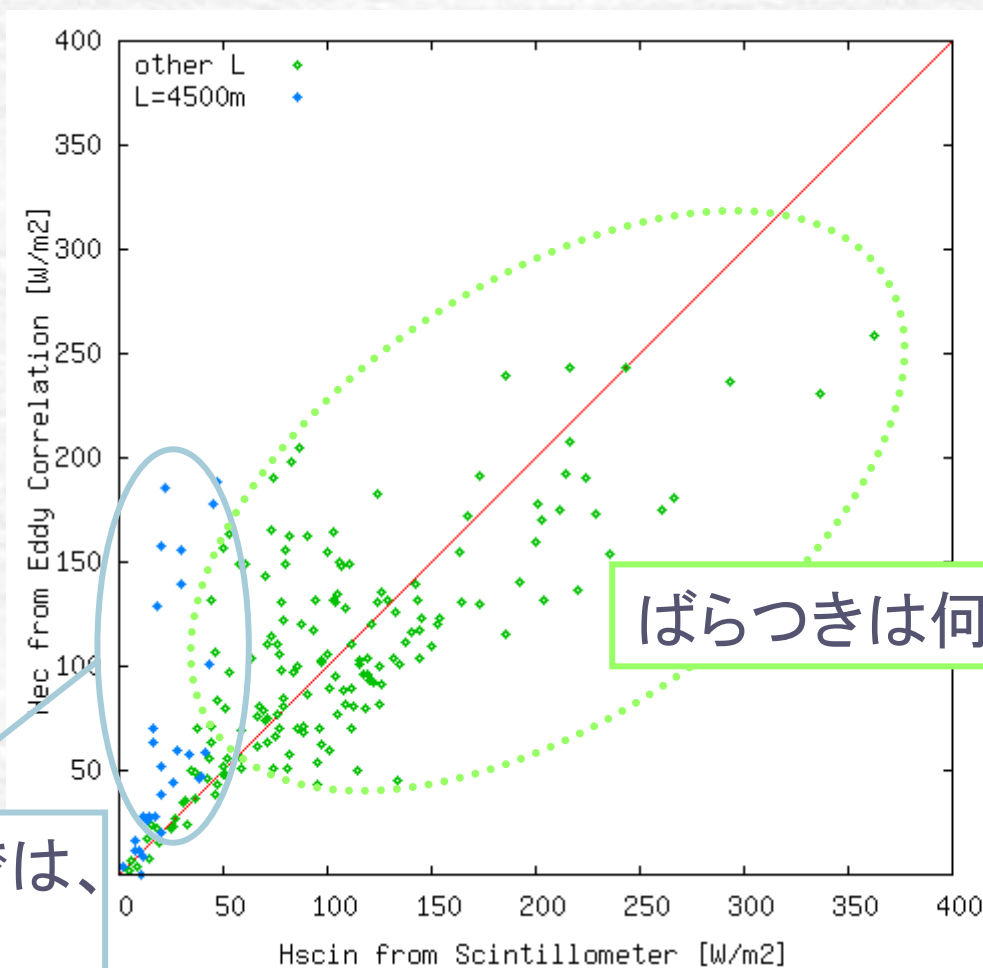
$$\frac{z}{L} = - \frac{kgzH}{\rho C_p T u_*^3}$$

- u_* にタワーでの渦相関法による観測を用いると、上式は H について解くことができる。

シンチロメータによる顕熱フラックス 渦相関法との比較



渦相関法 H



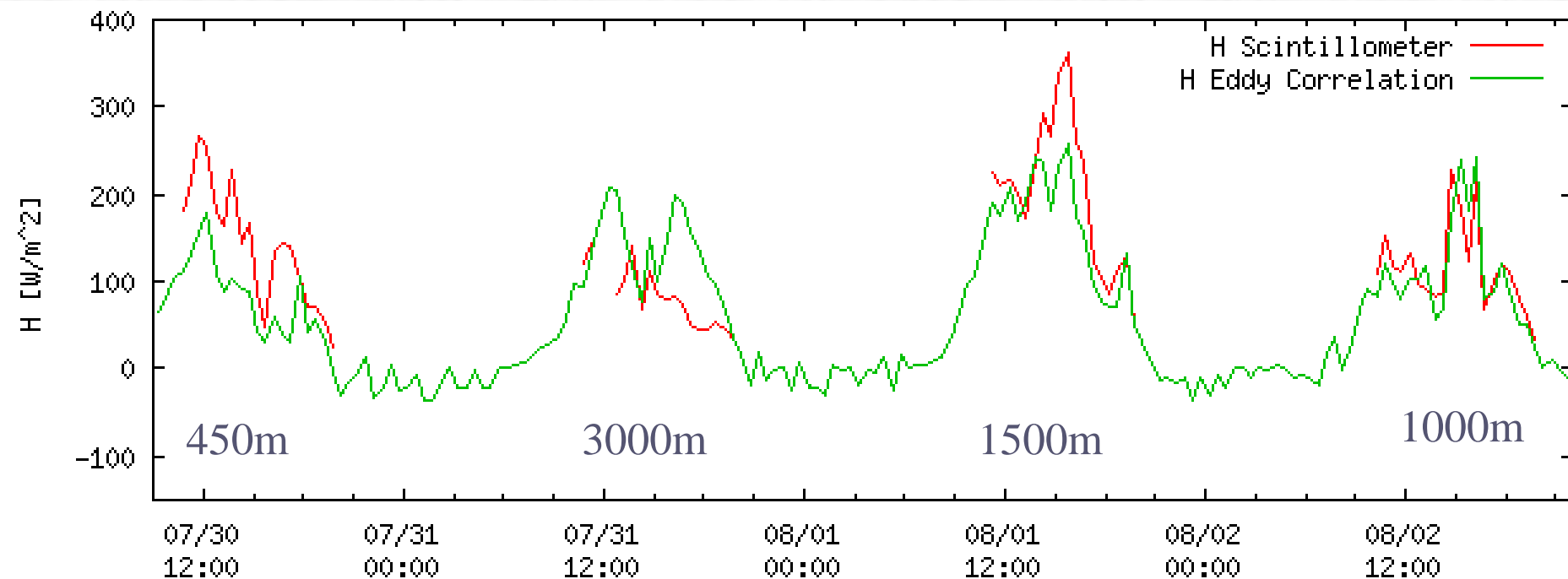
ばらつきは何か？

パス長さ4500mでは、
極端な過小評価
→おそらく蜃気楼

シンチロメータ H



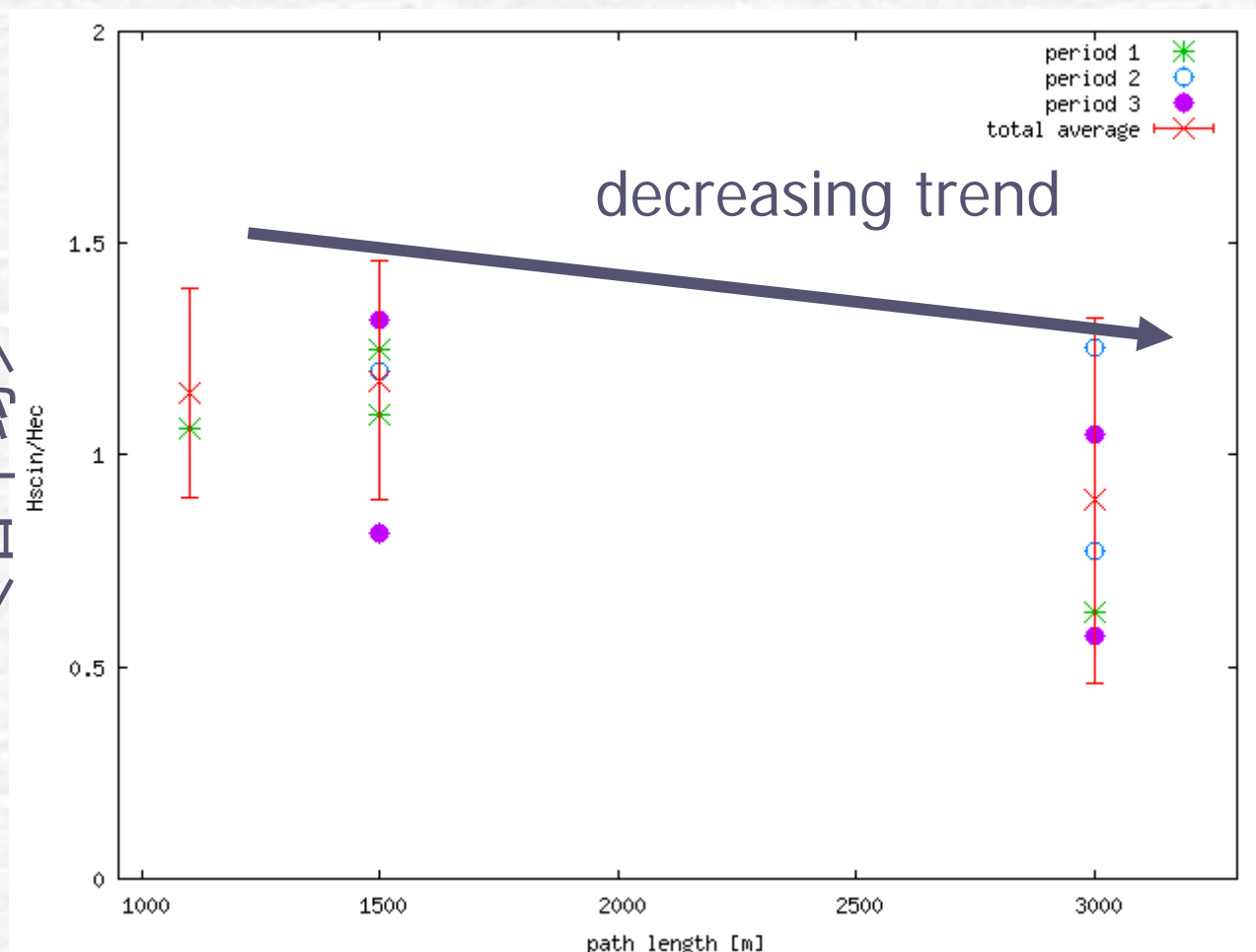
シンチロメータによる顕熱フラックス 時系列



パスの長さによる？ → H の空間分布

顕熱フラックスの空間変動 (日平均値)

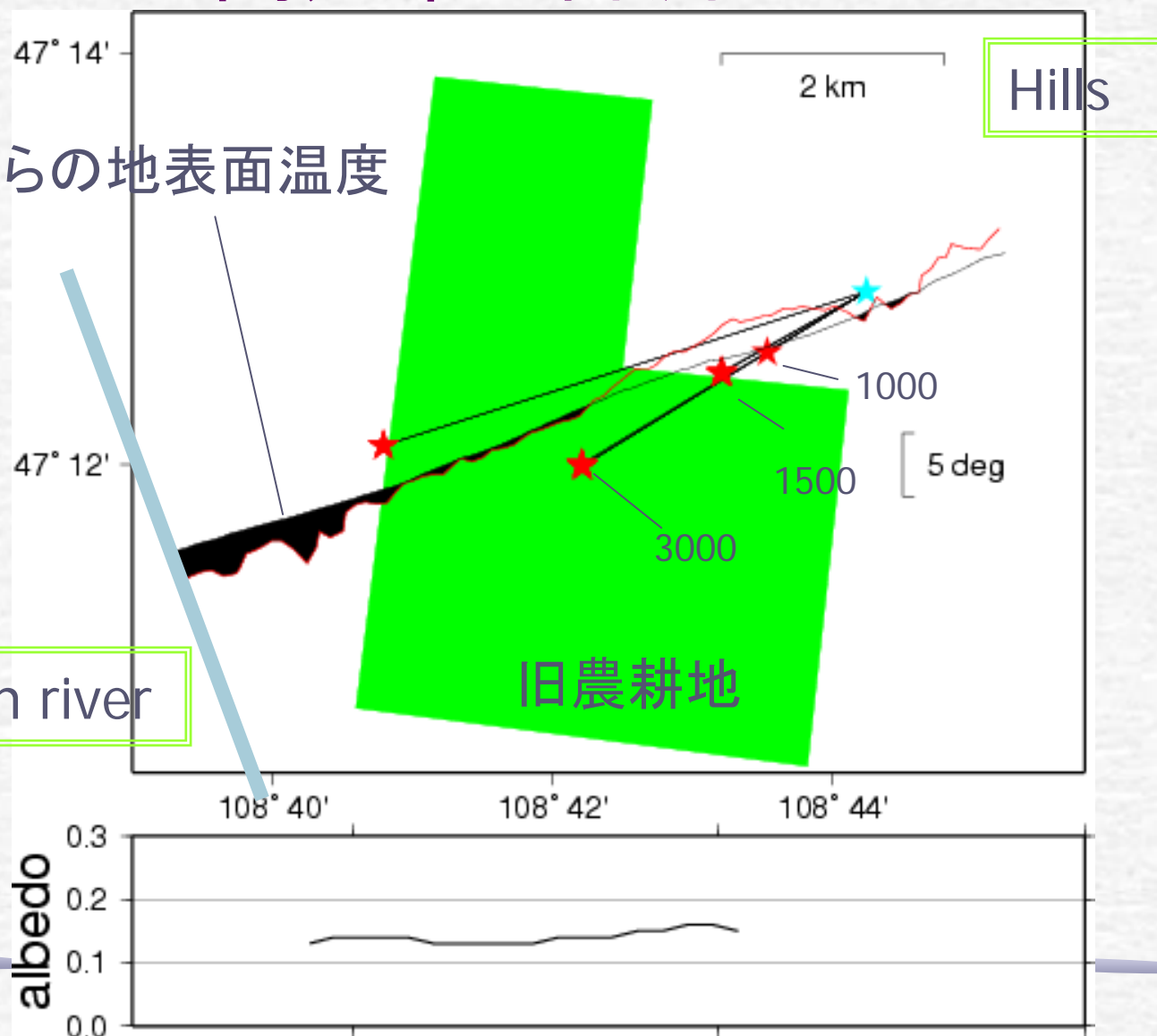
H(シンチロメーター) / H(渦相関)
〈日平均〉



パス長さ (m)

本当の空間分布が計測されているか？

航空機からの地表面温度



Kherlen river

旧農耕地

Aug 23



at 3000m





at Transmitter



フラックス計算の妥当性に関する検討 —無次元関数の影響—

Wyngaard et al.(1971)

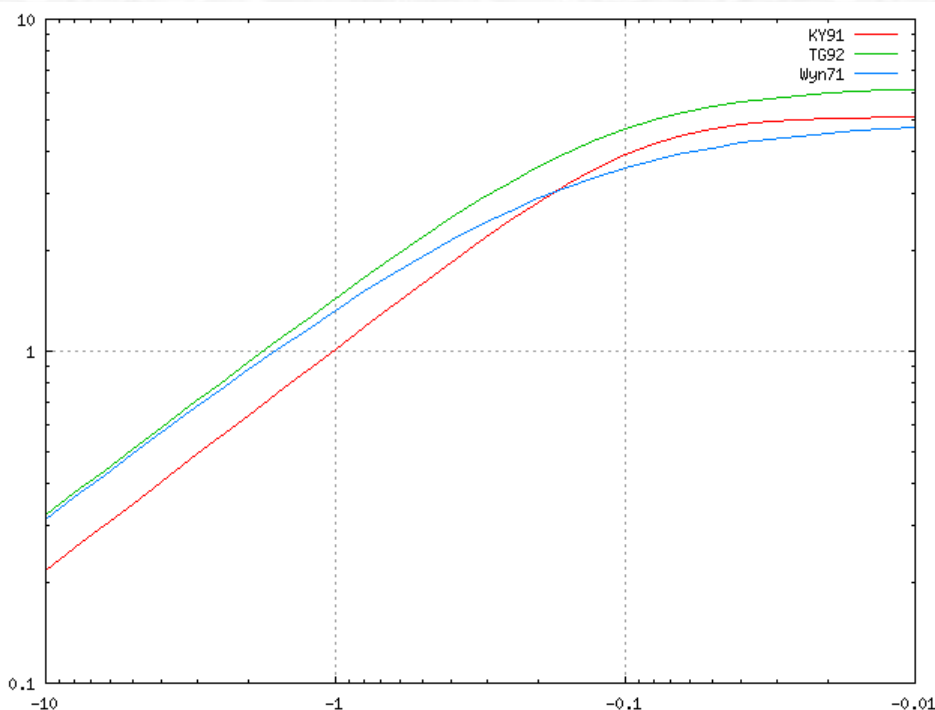
$$\Phi_{CT}\left(\frac{z}{L}\right) = 2.7 \left[1 - 6.1 \frac{z}{L} \right]^{2/3}$$

Thiermann and Grassl(1992)

$$\Phi_{CT}\left(\frac{z}{L}\right) = 3.4 \left[1 - 7 \frac{z}{L} + 75 \left(\frac{z}{L} \right)^2 \right]^{1/3}$$

Kader(1992)

$$\phi_{CT^2}(\zeta) = 3.2 \left(\frac{4 - 3\zeta + 2.5\zeta^2}{4 - 2.5\zeta} \right)^{-\frac{1}{3}} \left(\frac{10 - 7.5\zeta + 6.25\zeta^2}{1 + 125\zeta^2 - 78.125\zeta^3} \right)$$

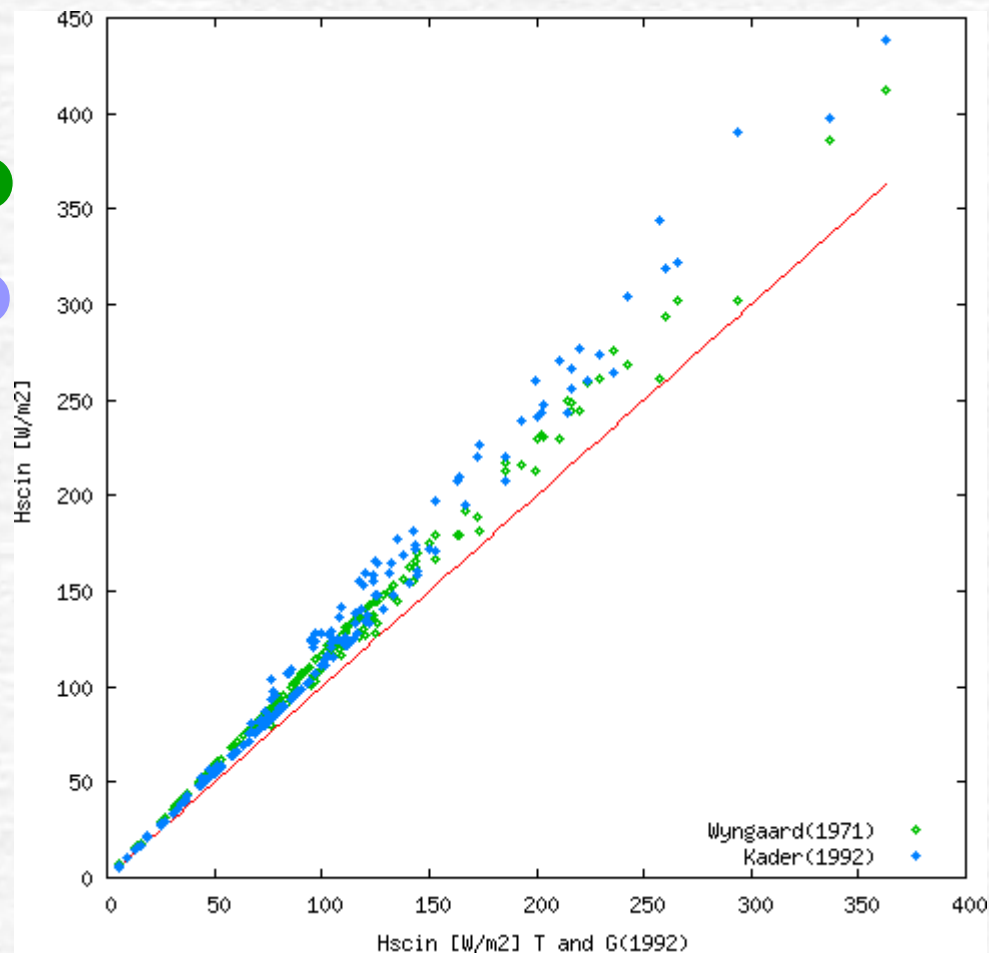


フラックス計算の妥当性に関する検討 —無次元関数の影響—

Wyngaard(1971)



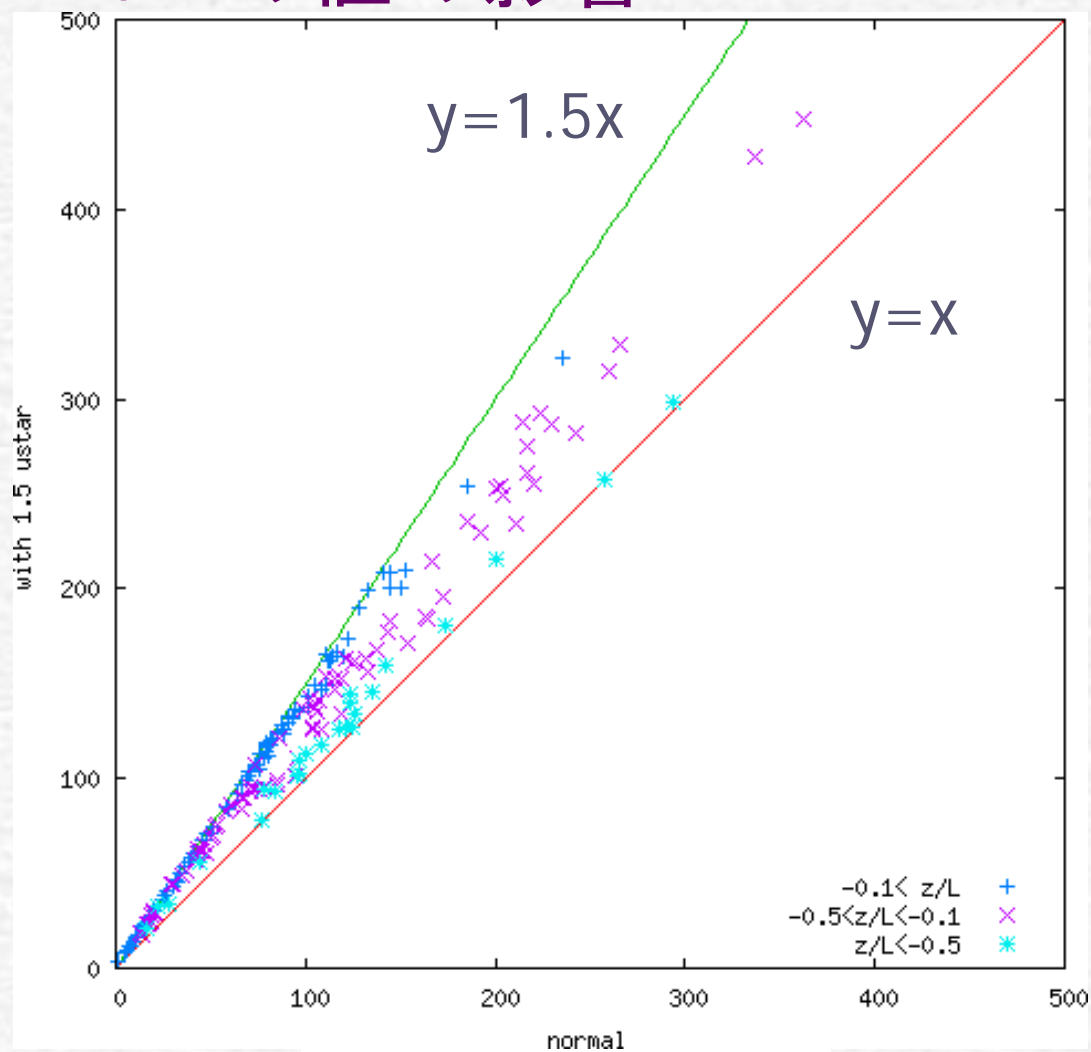
Kader(1992)



Thiermann and Grassl(1992)

フラックス計算の妥当性に関する検討 — u^* の値の影響—

Hscin with $1.5u^*$



Hscin (normal)

まとめ

- シンチロメータによるHは渦相関によるHと同じ程度。大まかな一致。
- 両者の差異は、土地被覆による地表面熱収支の違いによるものと考えられる。
 - 顕熱フラックスの空間分布をとらえている
- 問題点： 一様な地表面に適用可能な方法が、一様でない地表面にどの程度適用可能か？
 - 特に、 u^* の影響は？
- 本研究は科学技術振興機構(JST)の戦略的創造研究推進事業(CREST)によるRAISE(The Rangelands Atmosphere-Hydrosphere-Biosphere Interaction Study Experiment in Northeastern Asia)プロジェクト(代表:杉田倫明)の成果である。