

モンゴル草原における 大口径シンチロメータによる 広域顕熱フラックスの観測

浅沼 順

筑波大学陸域環境研究センター



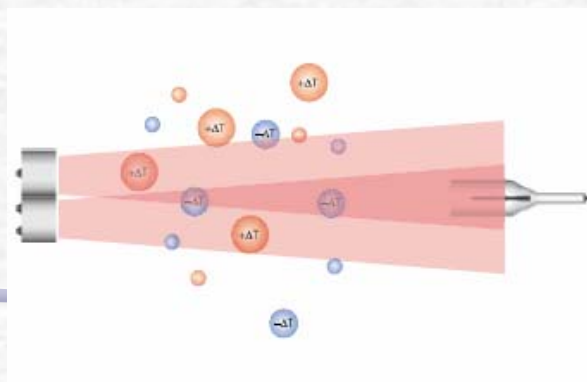
大口径シンチロメーター

- 顕熱フラックス計測用の光学器械
- 送信機から赤外光を発信，受信機で**光強度の変動**（“ゆらぎ”、シンチレーション）を計測
- **気温（大気密度）の空間変動**が、大気中の**光の屈折**、そして“ゆらぎ”を引き起こす。
- **気温の空間変動**は、**顕熱フラックス**に由来する
- パス平均（0.5～5km）の顕熱フラックスが計測可能。



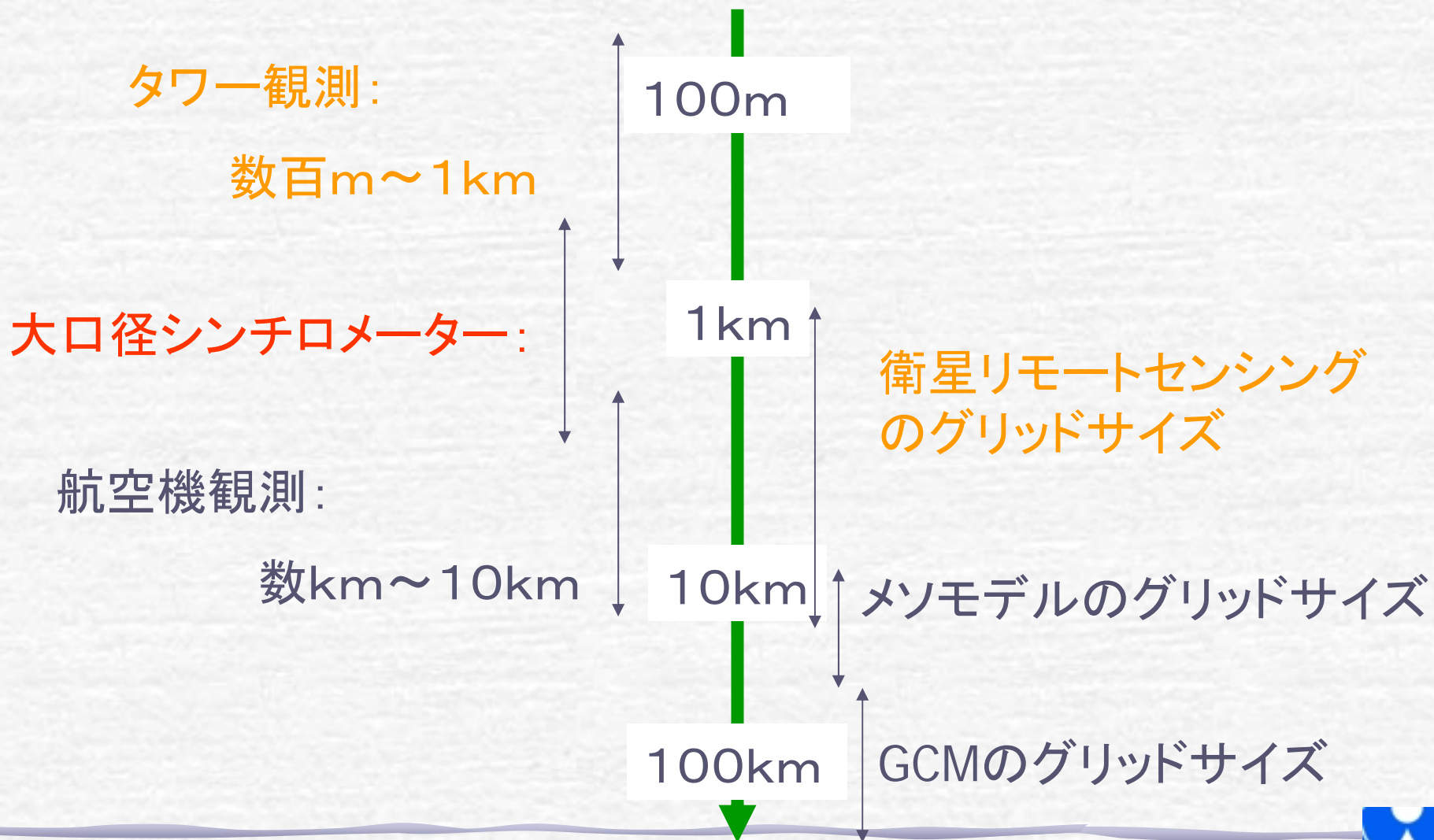
送信機

← 0.5～5km →



受信機

広域・流域地表面熱収支(蒸発散) 観測のスケール



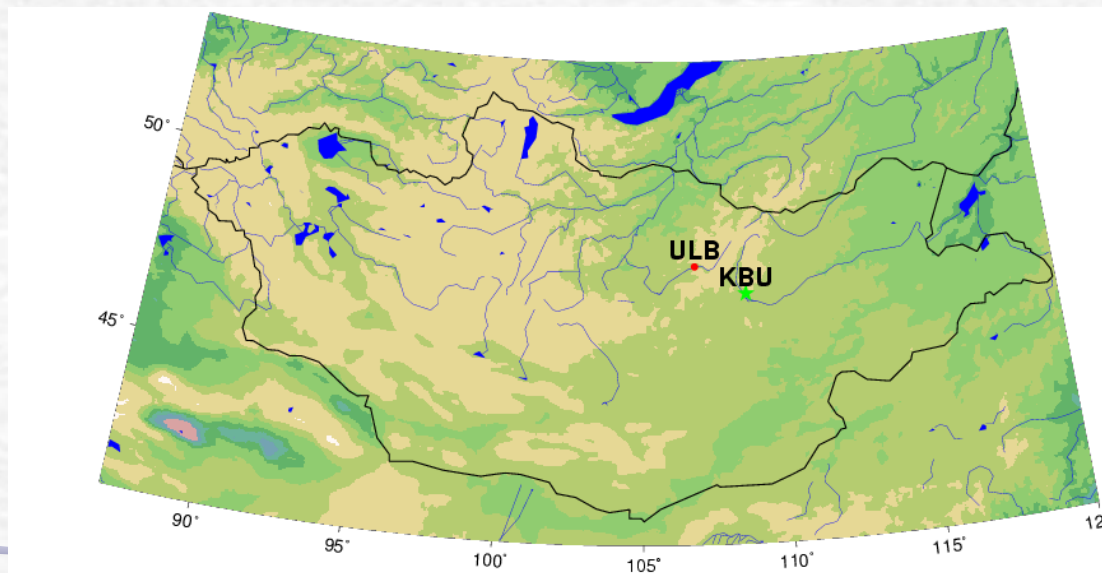
シンチロメーター観測概要

集中観測

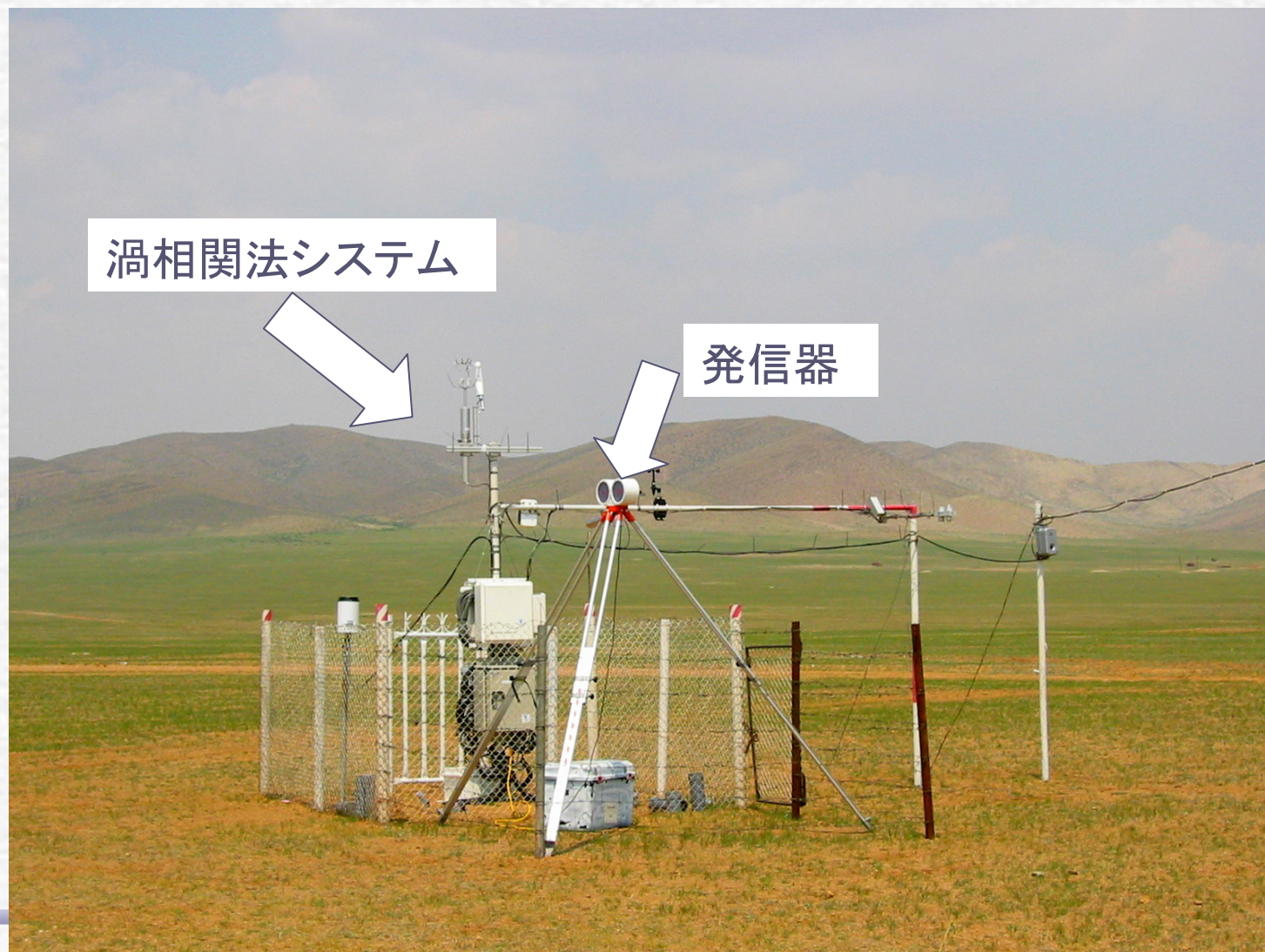
- 期間： 2003年6月－10月
- 場所： モンゴル国ヘルレン川流域

シンチロメーター観測

- 各月1週間程度
- ヘルレン・バヤン・ウラン村(KBU)近辺

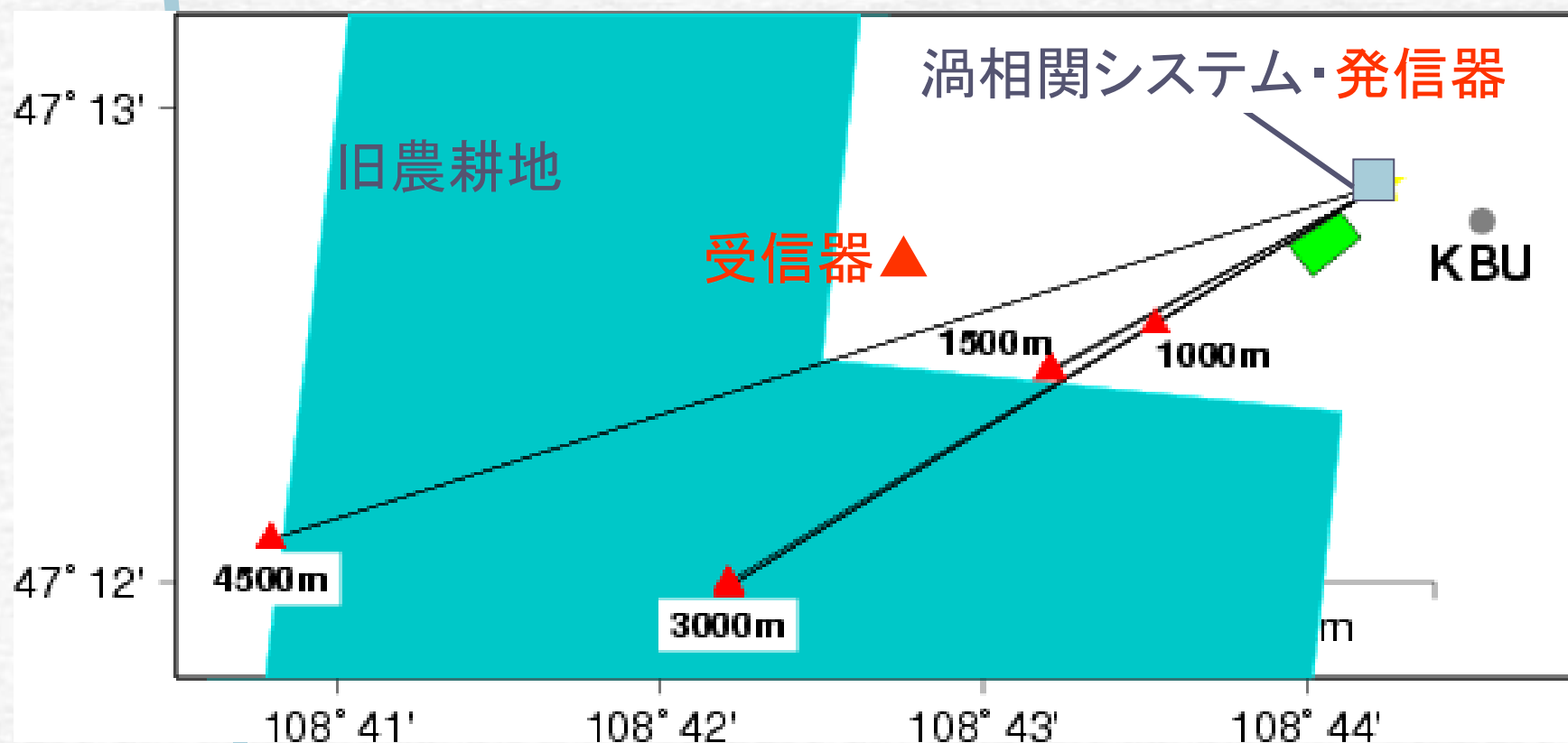


KBUフラックスサイト



シンチロメーター観測概要

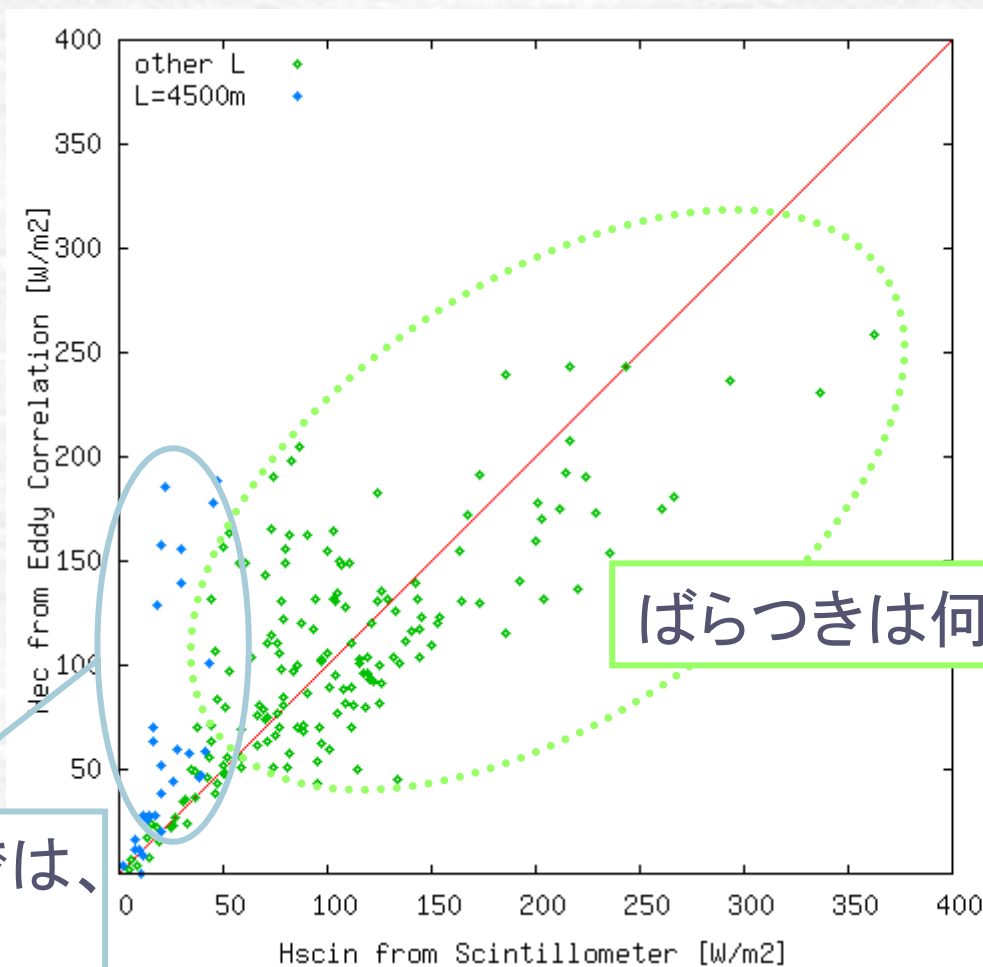
受信器の位置を毎日変更



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？

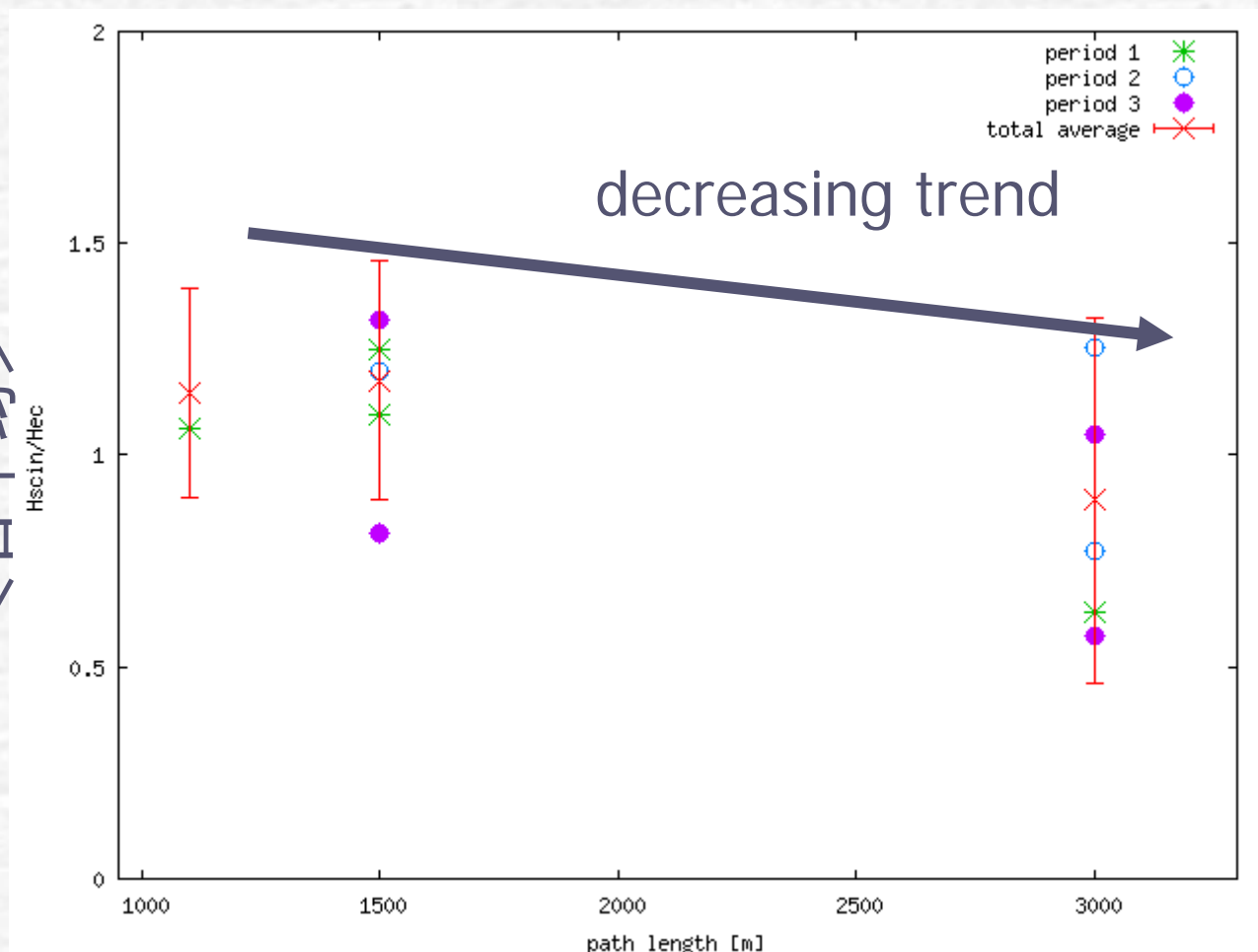
パス長さ4500mでは、
極端な過小評価
→おそらく蜃気楼

シンチロメータ H



顕熱フラックスの空間変動 (日平均値)

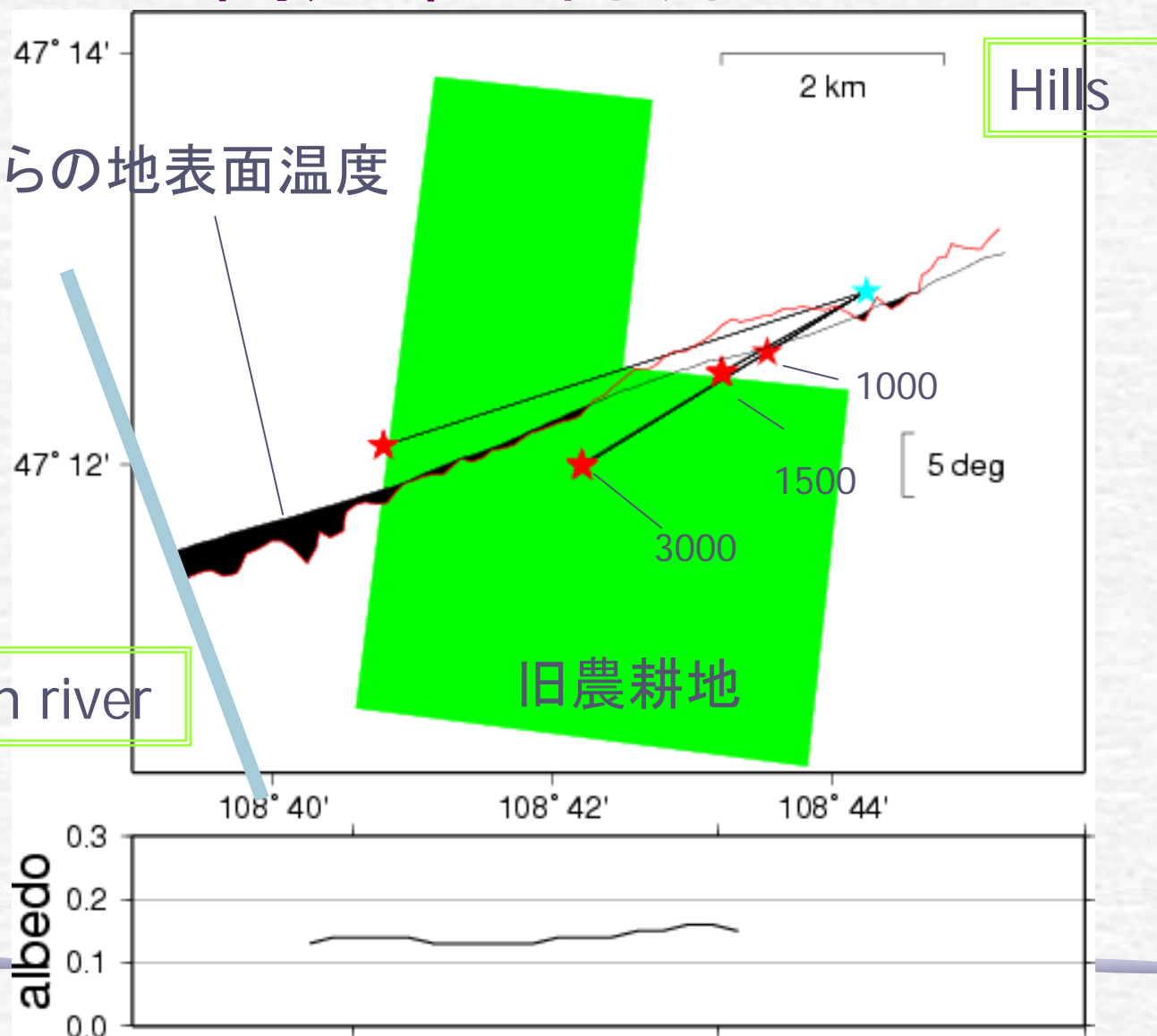
H(シンチロメーター) / H(渦相関)
＜日平均＞



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



Aug 23

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？
- 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。





at 3000m



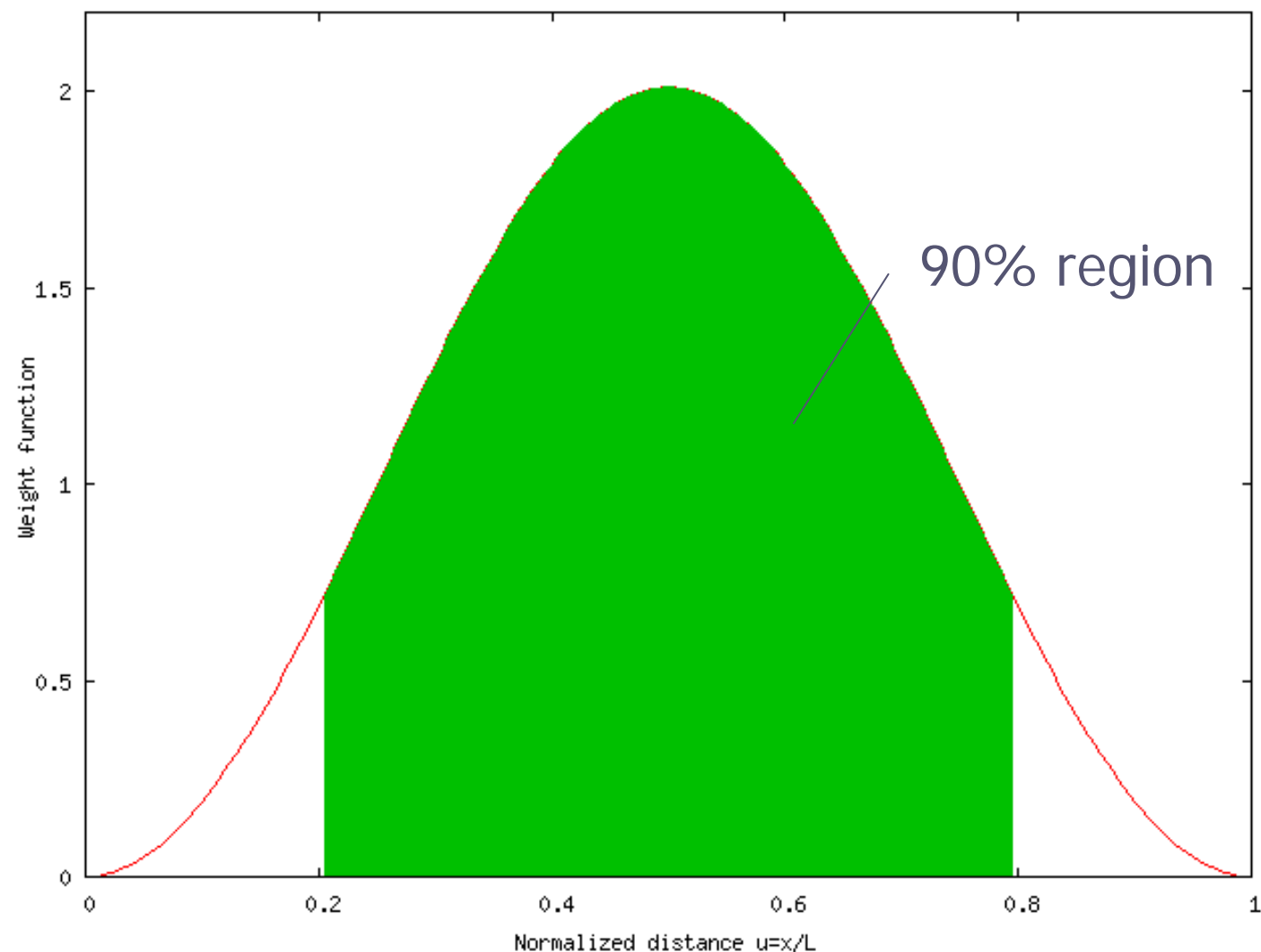


at Transmitter

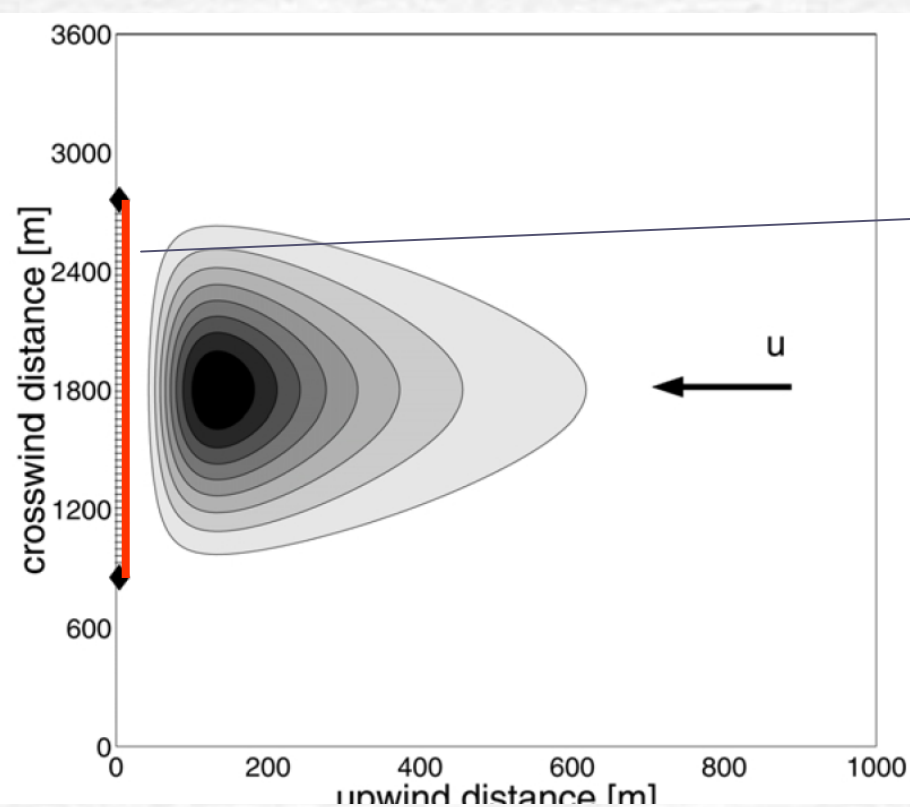


シンチロメータのソースエリア

- C_T^2 計算での重み付け関数

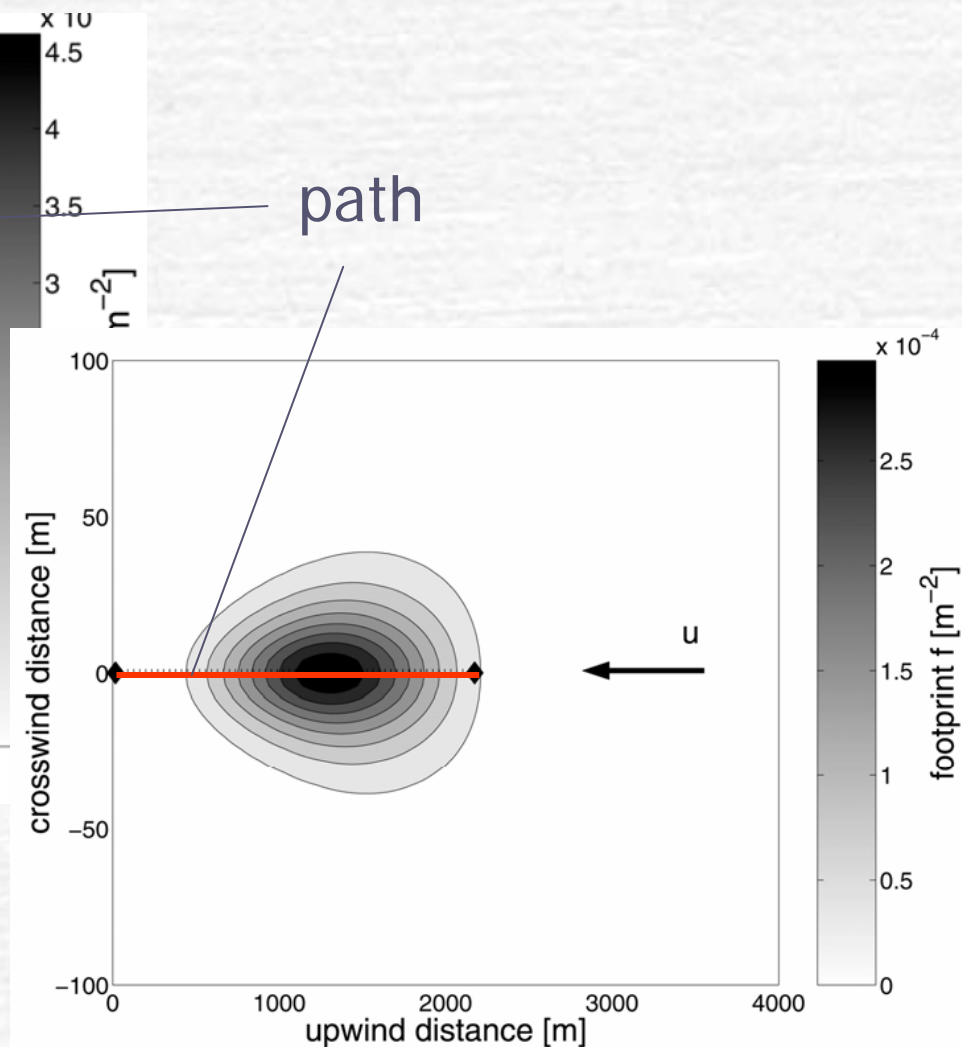


シンクロメータのソースエリア



for $z_m = 11\text{m}$

Meijninger et al(2002)



無次元関数の影響

Wyngaard et al.(1971)

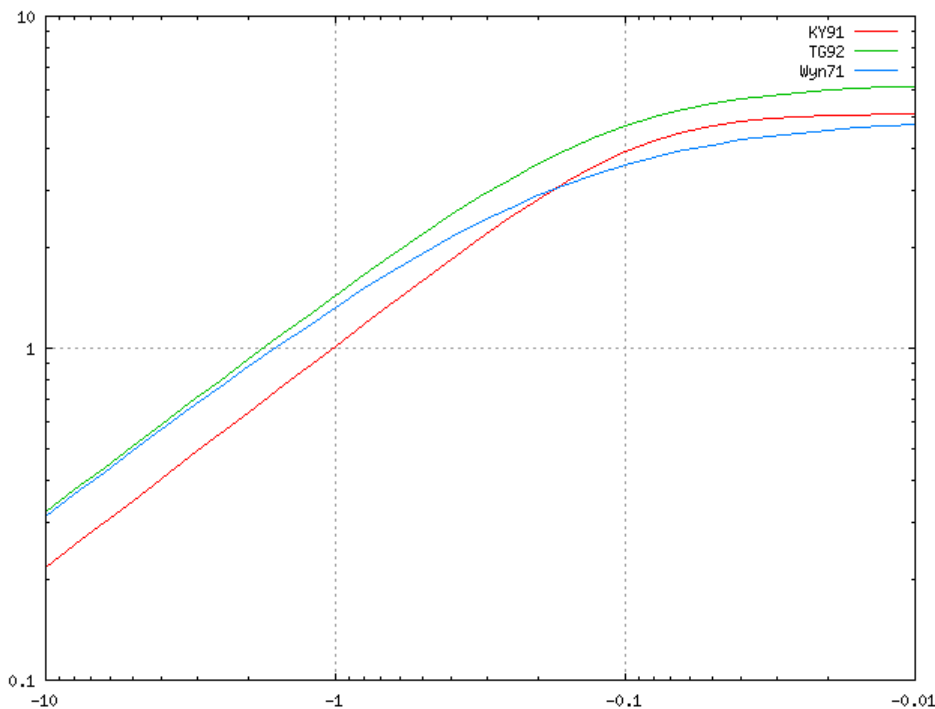
$$\Phi_{CT}\left(\frac{z}{L}\right) = 2.7 \left[1 - 6.1 \frac{z}{L} \right]^{2/3}$$

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)

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

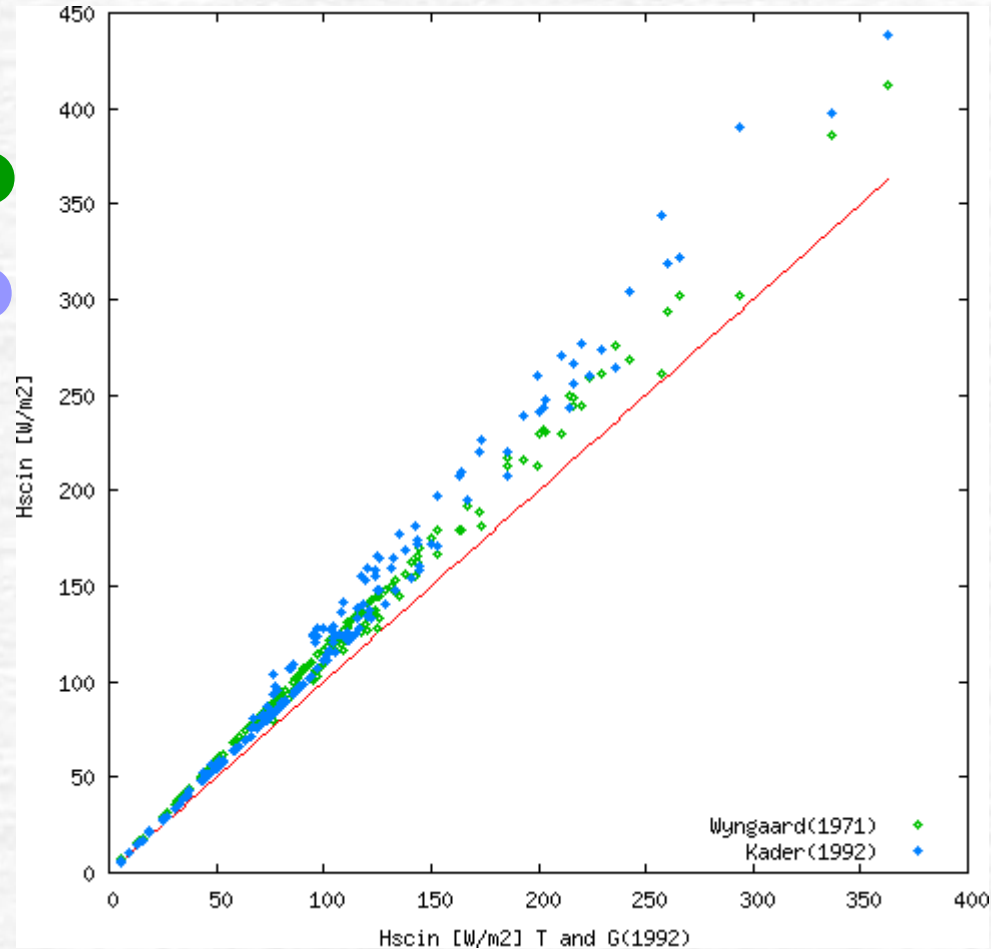


無次元関数の影響

Wyngaard(1971)



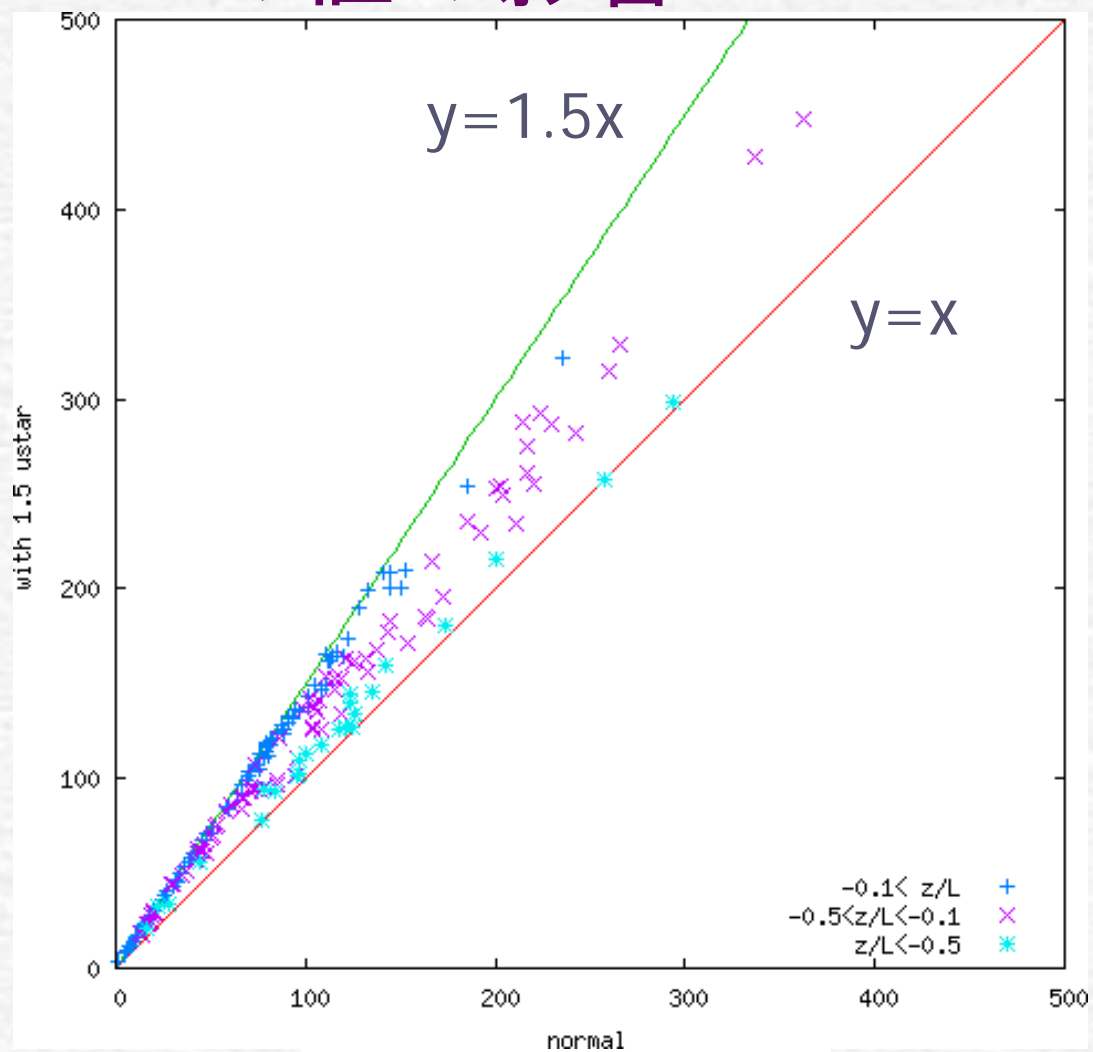
Kader(1992)



Thiermann and Grassl(1992)

u^* の値の影響

Hscin with $1.5u^*$



Hscin (normal)

u^* の値の影響

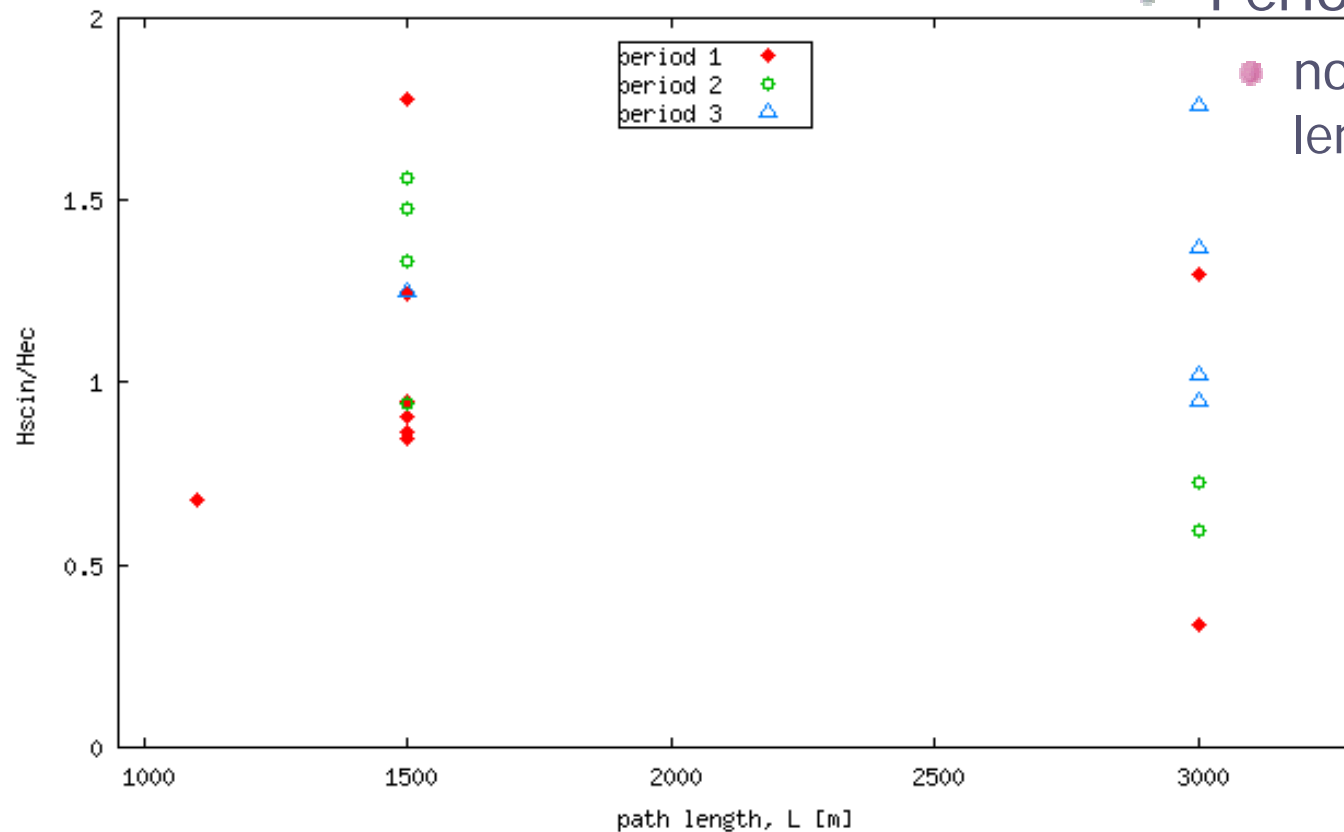
- 自由対流のみを用いた計算

Period 1, 2

decreasing with path length

Period 3

no relation with path length



シンチロメータ観測の課題 —今後の予定

- モンゴルでは、自由対流時に限定した解析
- 無次元関数が矛盾している(?)
 - KBU渦相関での C_T^2 (乱流データより)との比較
 - 複雑地表面上での無次元関数のモデル(?)
- パス平均フラックス観測のソースエリア・モデル
- パス長さの確認

RAISE、その他での教訓

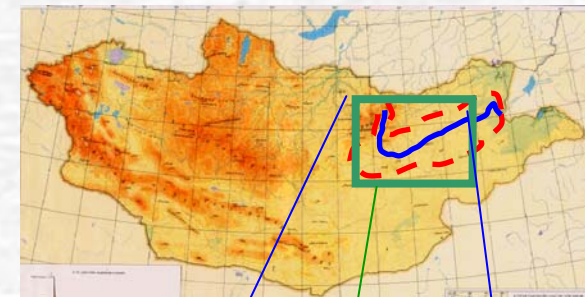
- 土地被覆毎の u^* あるいは領域平均が必要、あるいは自由対流時のみを使用する。
 - ⇒ 測定高度が高いほど有利
 - 広域の代表性、Blending Height
- デジタルADのレンジが狭いので、調整が少し難しい。⇒ 欠測が多いので、計測時間を長く取る。
- 正確なパス長さが必要。

今後の予定

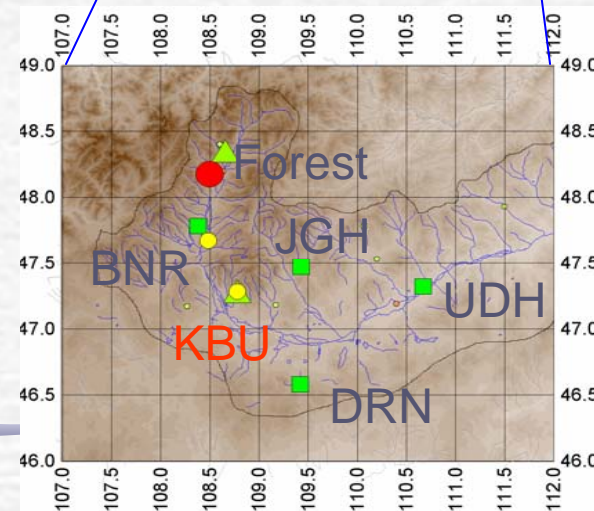
RAISEプロジェクト

The **R**angelands **A**tmosphere-Hydrosphere-Biosphere
Interaction **S**tudy **E**xperiment in Northeastern Asia

- プロジェクト: 2001-2006年
- 観測; 2002年～(集中観測2003年)
- 研究内容
 - 熱・水・炭素フラックス
 - 草原、森林各1サイト、現在も継続中
 - 生態観測、生態モデル
 - 大気モデル研究、解析研究
 - 地下水流動過程
 - 同位体による水循環トレース
 - 水文モデル



ヘルレン川流域



大口径シンチロメーター: BLS900

- Scintec社製 (独)
- 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

レーザー型(～数百m)



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

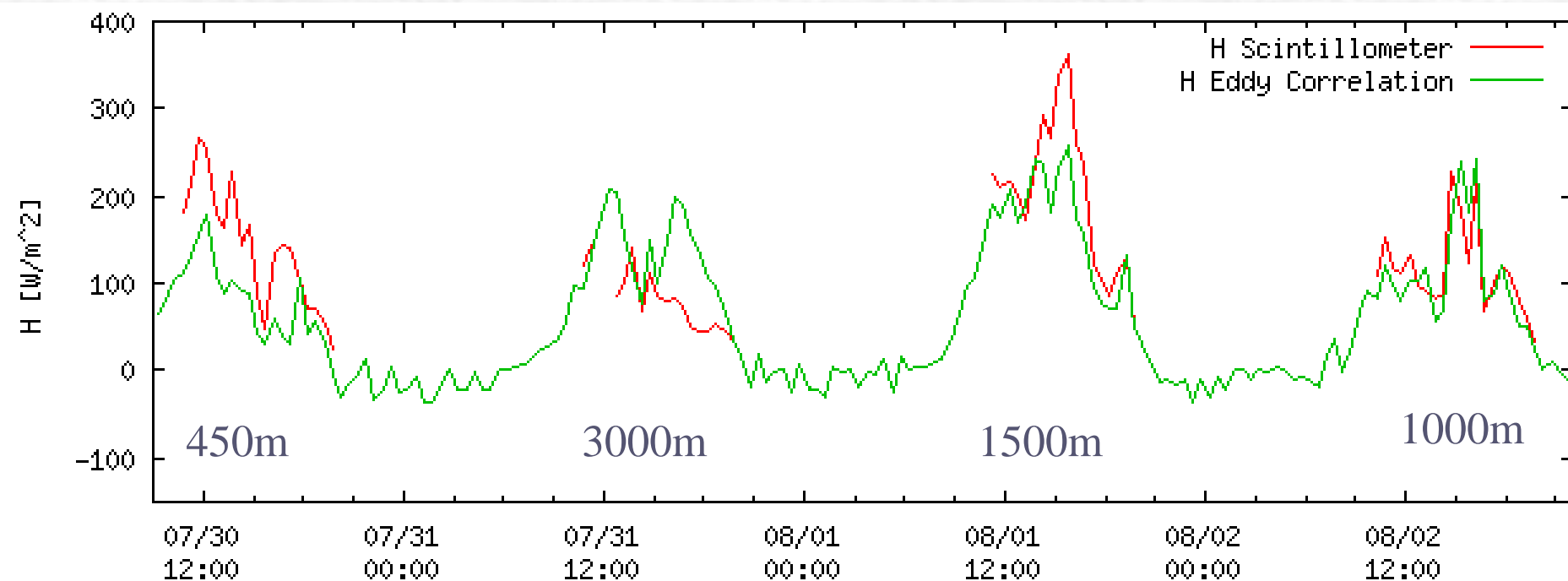
- モニン=オブコフ相似則を用いると、無次元化 C_T^2 は、安定度パラメータ z/L のみの関数になる。

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

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

- 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 時系列



パスの長さによる？ → H の空間分布