



ウェーブレット変換を用いた チベット高原上における熱輸送の 時間一スケール特性の評価

青木幸子(構造計画研究所)

浅沼順(筑波大学陸域環境研究センター)

早川典生(長岡技術科学大学)

GAME-Tibet境界層グループ

背景

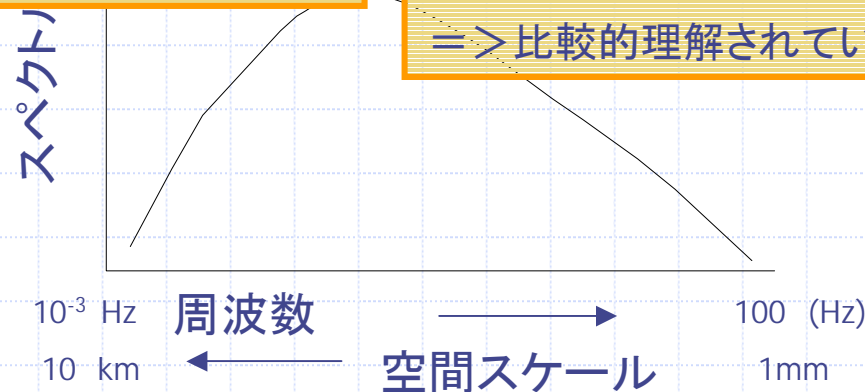
◆ 地表面における熱・水・CO₂輸送

⇒ 様々な(長さ・時間)スケールで起こる現象

低周波側: 理論の欠如

高周波側: 慣性小領域(等方性乱流)

⇒ 比較的理解されている



◆ 長周期(長スケール)運動

- 乱流特性へ大きな影響を及ぼす(岐阜大玉川氏)
- 渦相関法の平均化時間の問題(インバランス問題)

$$Rn > H + E + G$$

研究の目的

- ◆ チベット高原上における乱流輸送の長周期(長スケール)における特性を調べる。
 - 長周期運動: 非定常性が強い
フーリエ変換(三角関数)ではなく、ウェーブレット変換(局在化ウェーブレット)を利用
 - チベット高原における乱流データ
強い顕熱フラックス
⇒ 温度変動が激しい(SN比の良いデータ)
活発な対流活動、大きな日気温較差
⇒ 強い長周期運動(?)



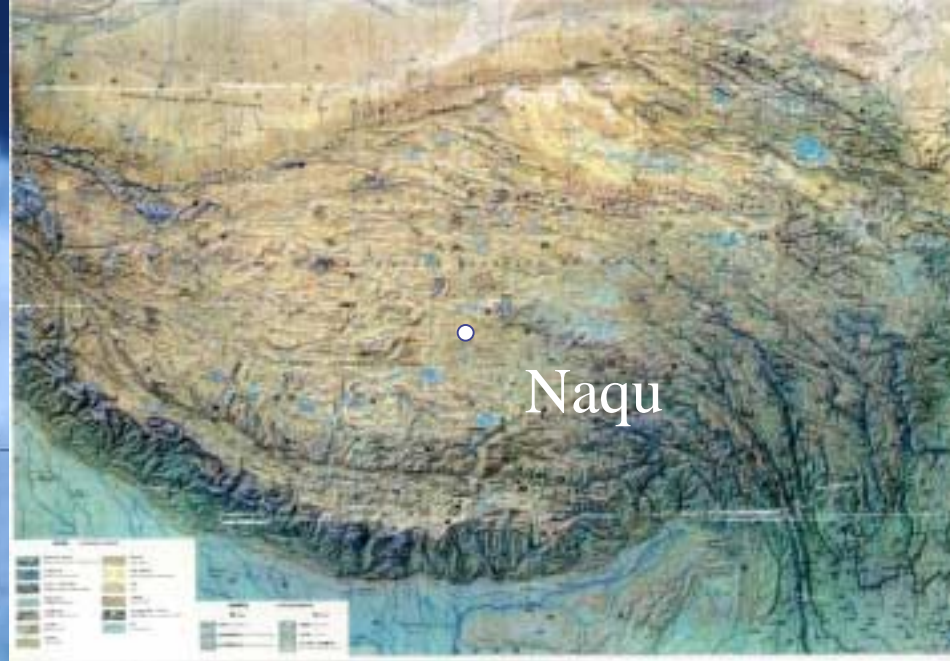
解析データ

- ◆ GAME-Tibet IOP '1998
- ◆ ナチュ近郊 (BJ サイト)
 - 海拔4580m, 31N, 92E
 - 期間: 1998.5.14～9.15
 - 日中韓共同観測.
 - 熱収支各項目の観測
 - 乱流観測
 - 9つの長時間Run

解析Run

Run	Date	Time in BST
1	7/28	10:10 — 17:17
2	8/03	10:07 — 17:24
3	8/16	10:09 — 17:25
4	8/22	10:09 — 17:25
5	8/30	09:59 — 17:16
6	9/06	10:01 — 17:18
7	9/12	08:01 — 15:18
8	9/13	10:09 — 17:25
9	9/14	10:07 — 17:24

全てのRunとも7.3 時間

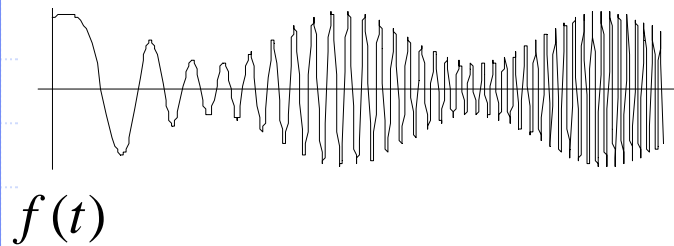


放射収支: Q_7 地中伝導熱: flux plates
乱流: Campbell CSAT3 and Krypton Hygro
ボーエン比、風速プロファイル

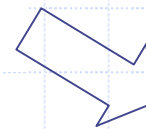


ウェーブレット変換

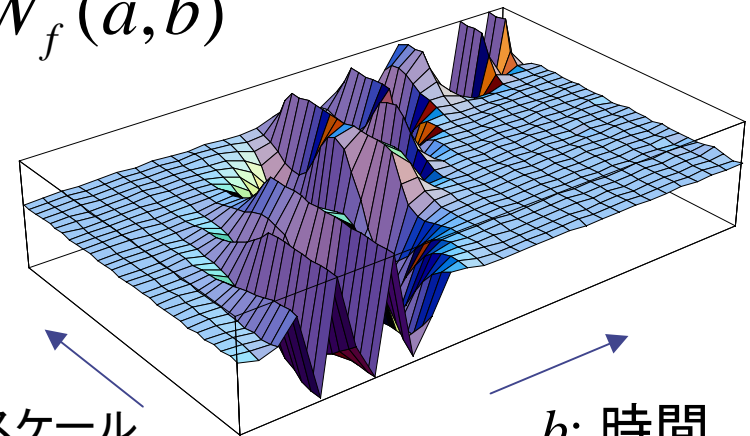
◆ 定義



時系列データがスケール (a) と
時間 (b) の関数として分解される



$$W_f(a, b)$$



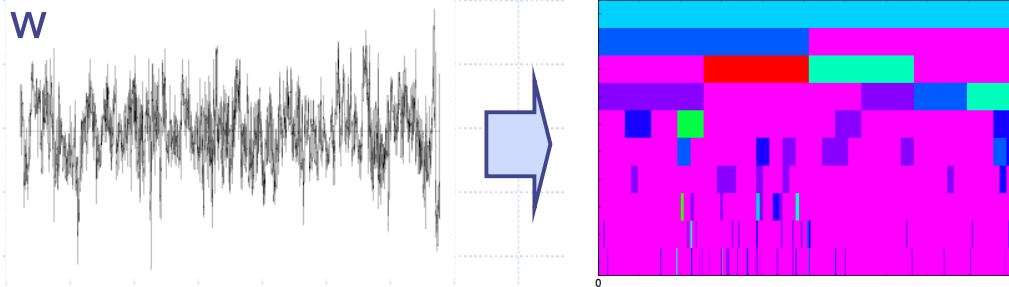
手法その1

◆ 顕熱フラックスのスケール解析

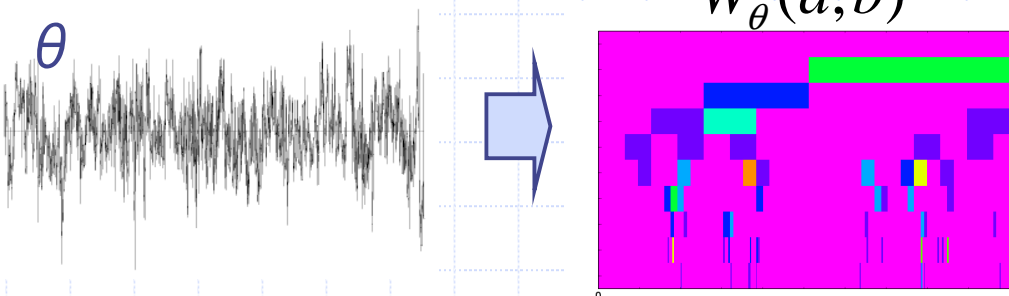
$$H = \rho C_p \overline{w'\theta'}$$

◆ Howell and Mahrt(1994) による直交スキーム

時系列

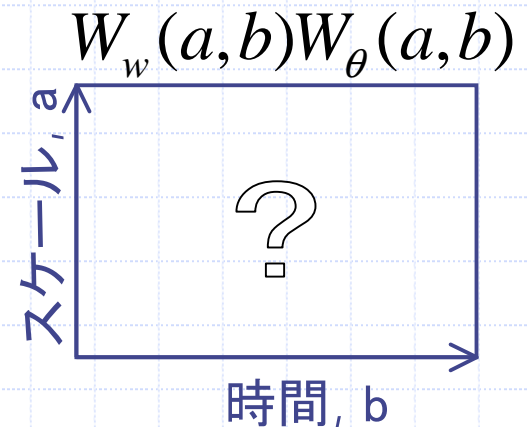


ウェーブレット変換



$W_\theta(a,b)$

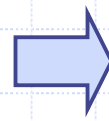
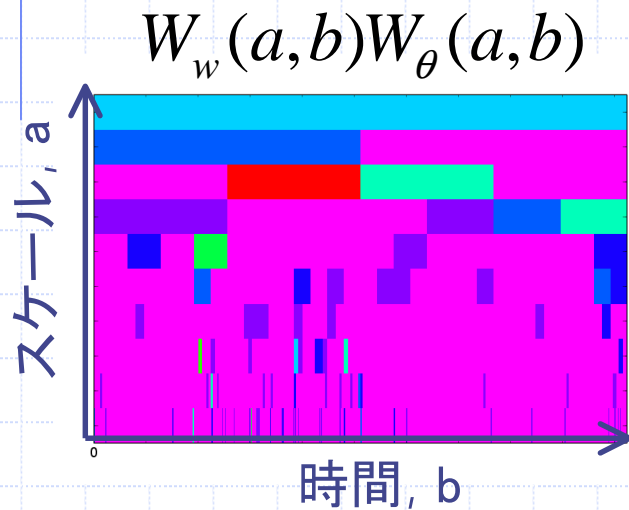
積を取る



スケールaの渦による
時刻bにおける顕熱フラックス

手法その2

◆ ウェーブレット共分散



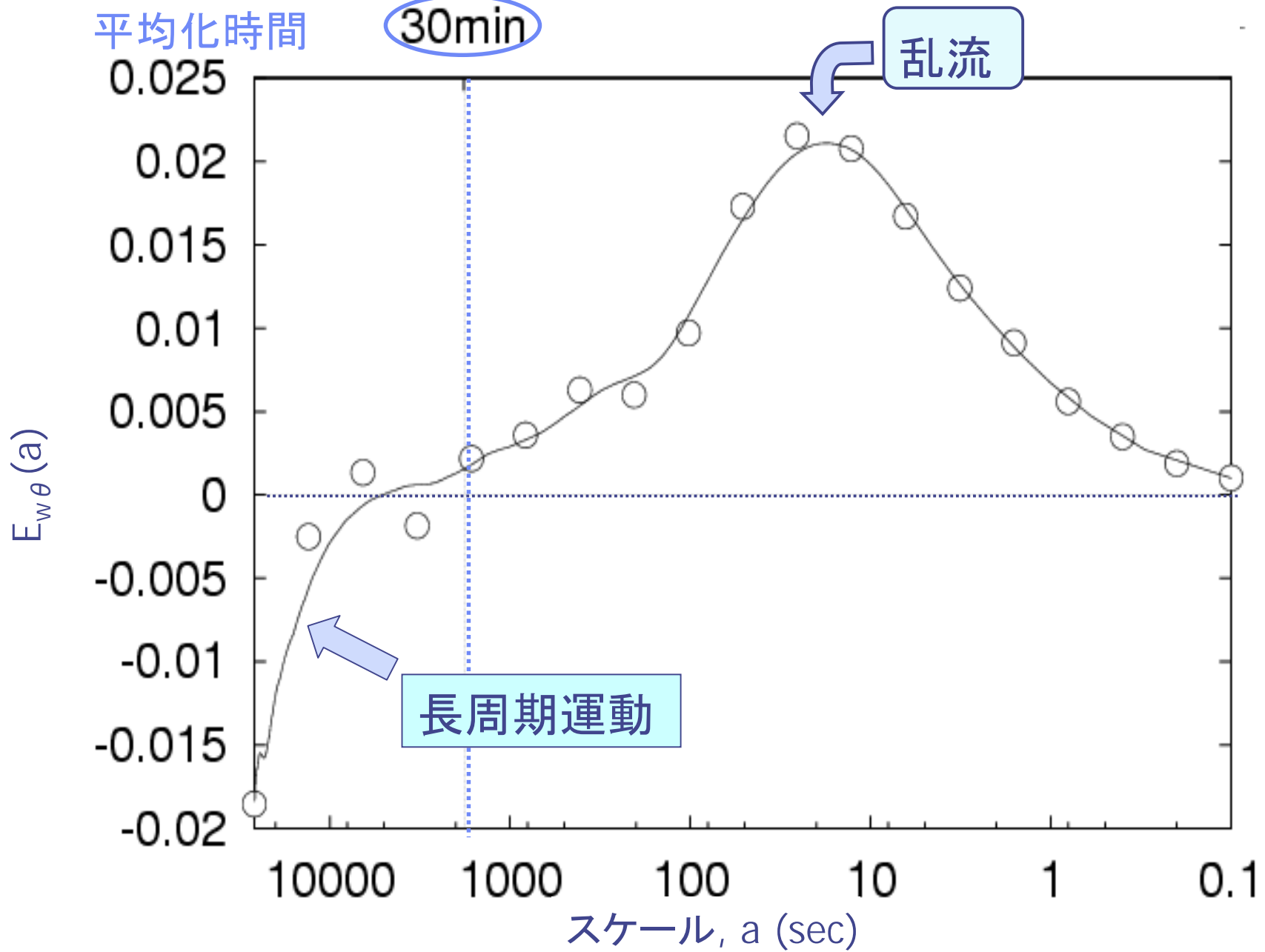
$E_{w\theta}(a)$: ウェーブレット共分散



時間方向に積分

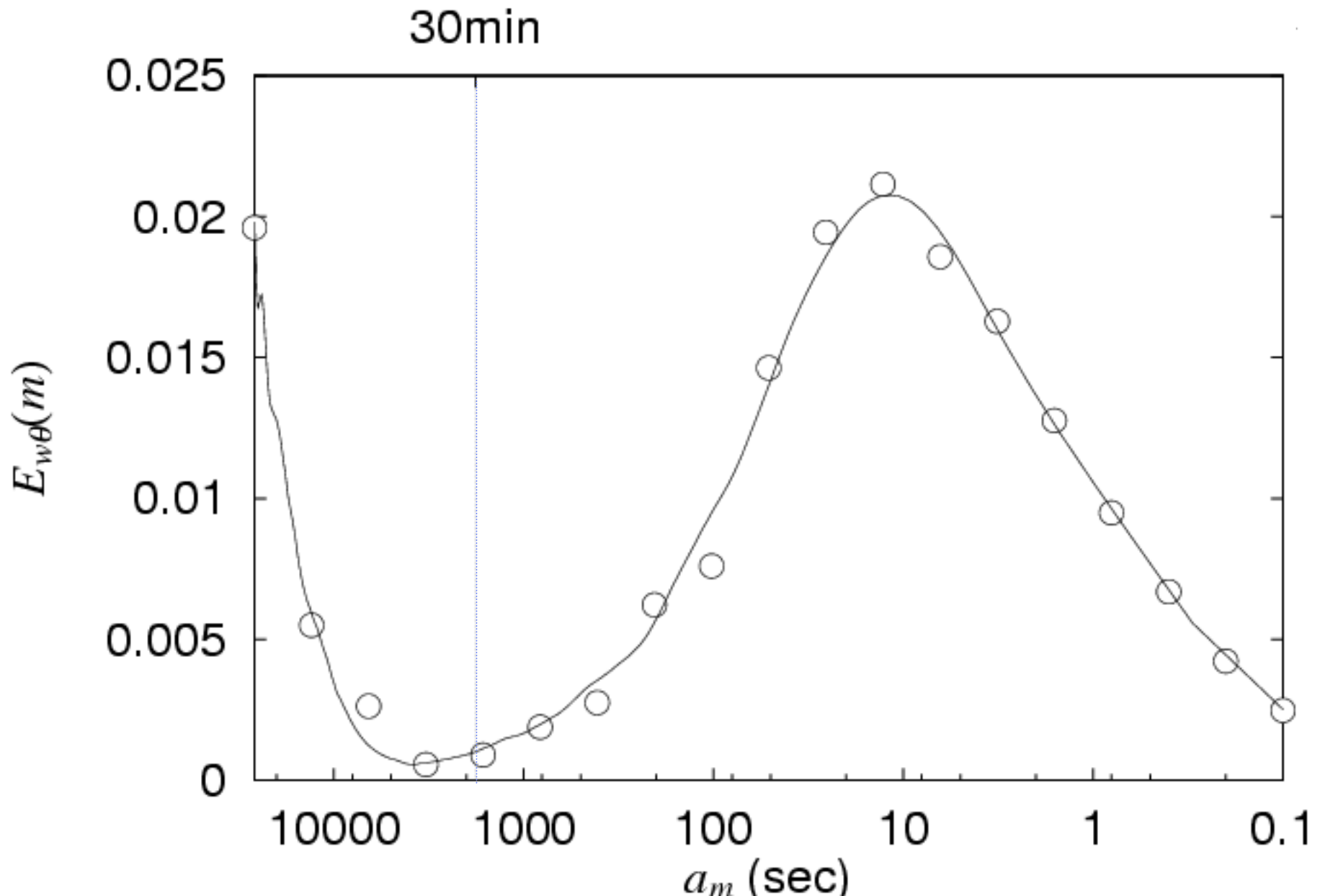
スケール, a

顕熱フラックスのウェーブレット共分散 (Run4)





顕熱フラックスのウェーブレット共分散 (Run3)



結論とまとめ

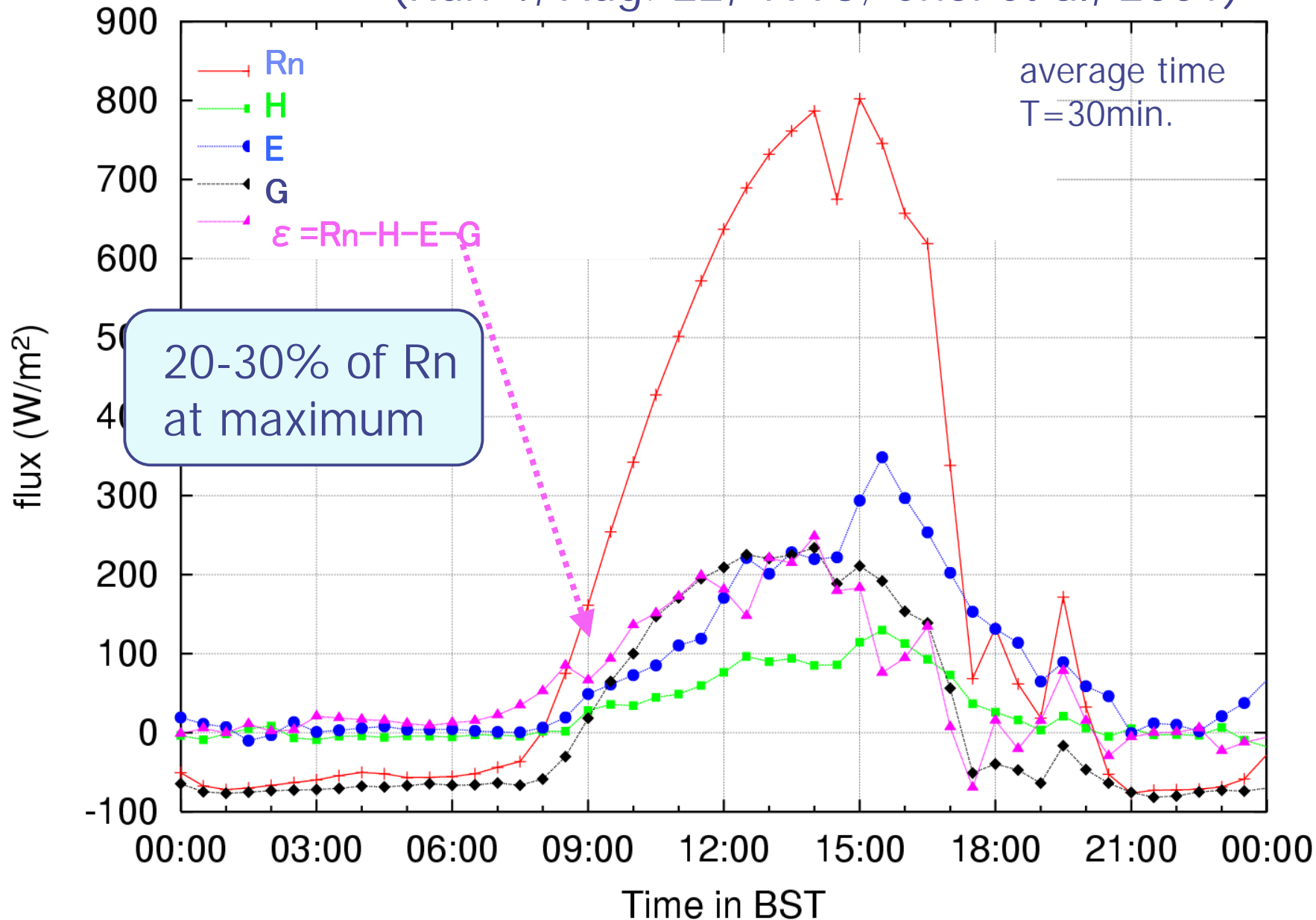
- ◆ ウェーブレット変換によって、地表面フラックスの時間スケール特性が調べられる
- ◆ 1～3時間のスケールにおいて、乱流とそれよりも長周期の運動に、明白なギャップが見られた。
 - 30分の平均化時間は短すぎる
 - 平均化時間を1～3時間にしても数%の差異
- ◆ 長周期運動による顕熱輸送が認められた
 - 局地循環？積雲活動？
 - インバランスの原因の一部？⇒全てではない。



以降、予備のスライド

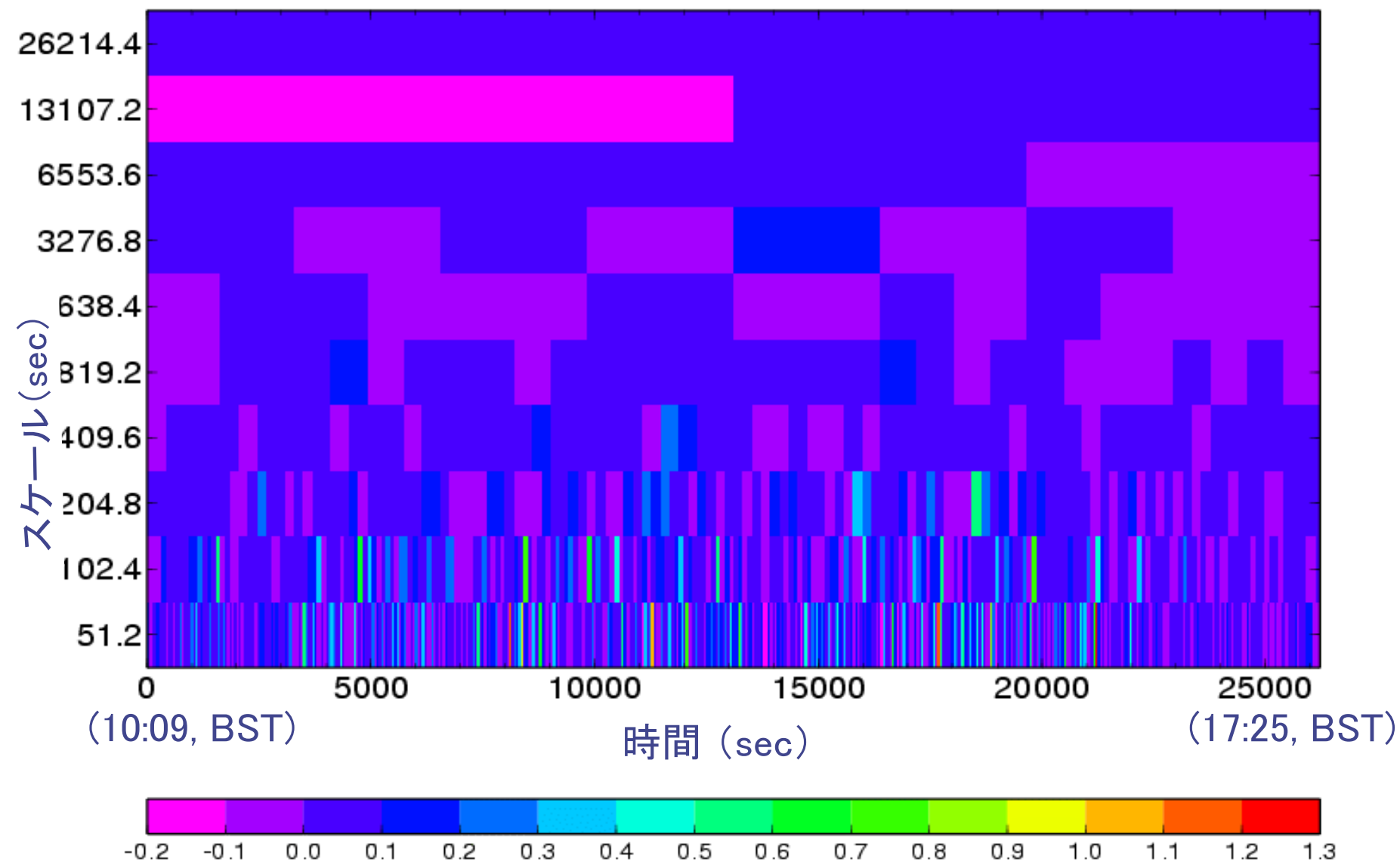
ナチュサイトにおける熱収支の日変化

(Run 4, Aug. 22, 1998; Choi et al, 2001)



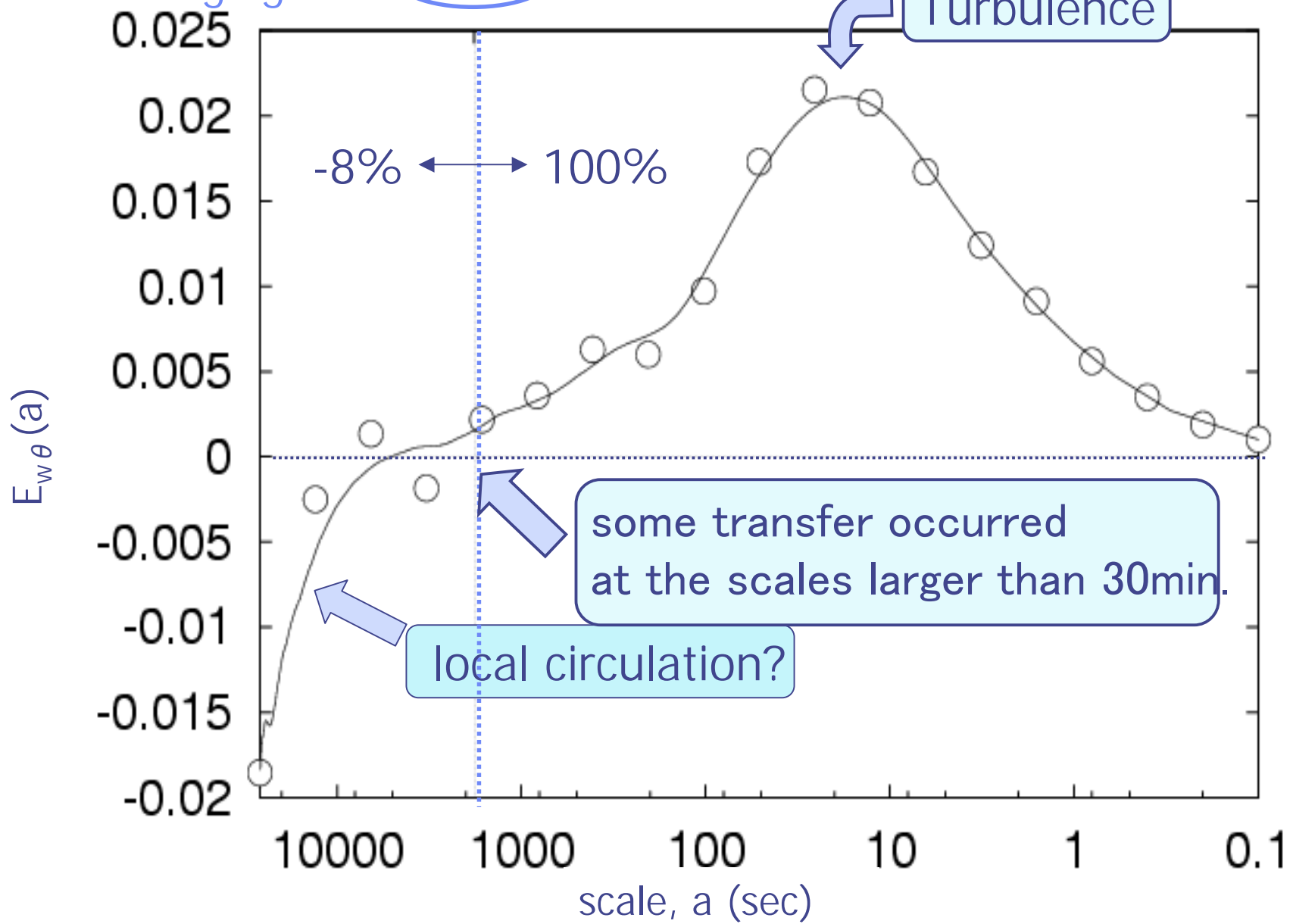


顕熱フラックスの時間スケール ダイアグラム (Run 4)



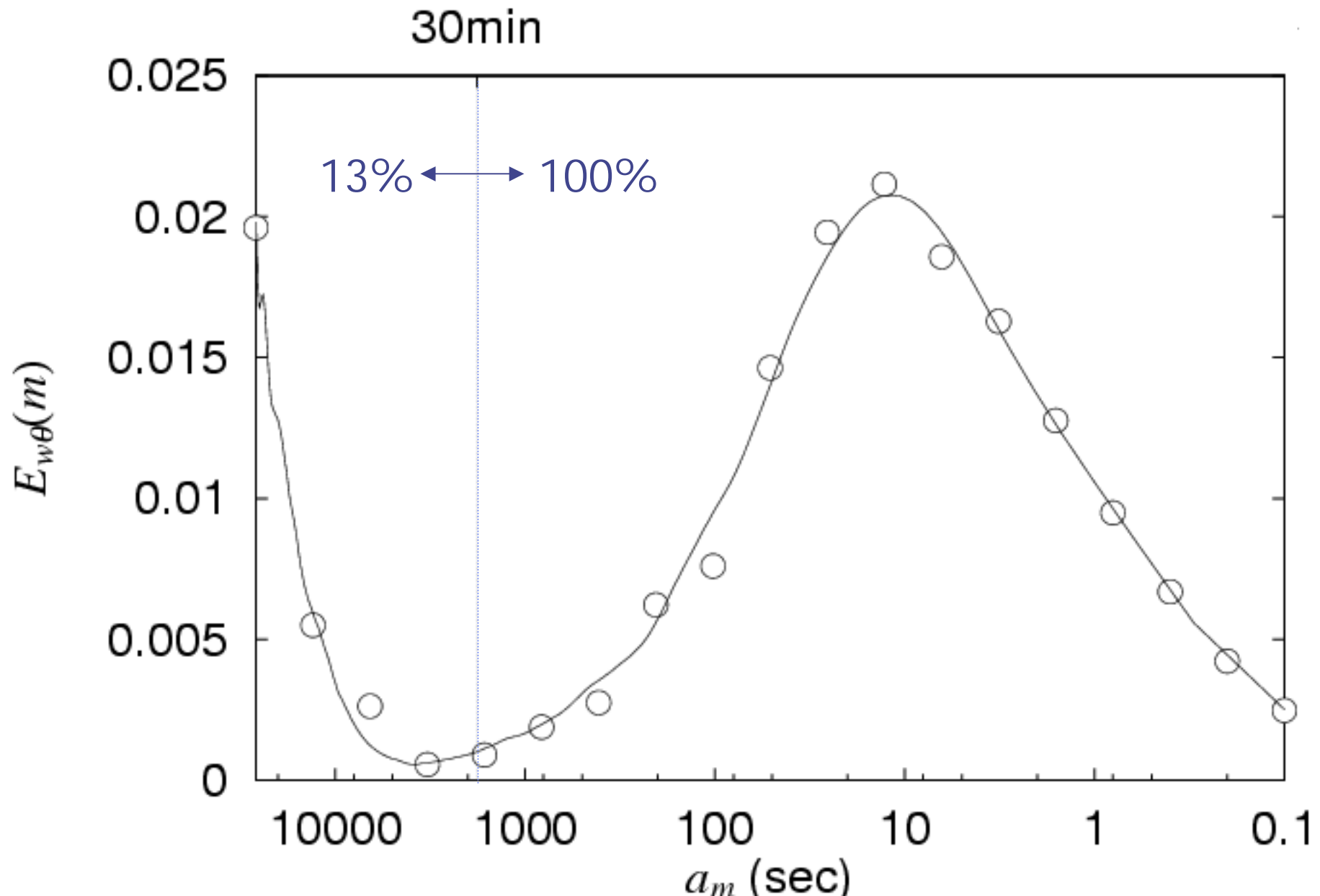
Wavelet covariance of sensible heat flux (Run4)

averaging time 30min





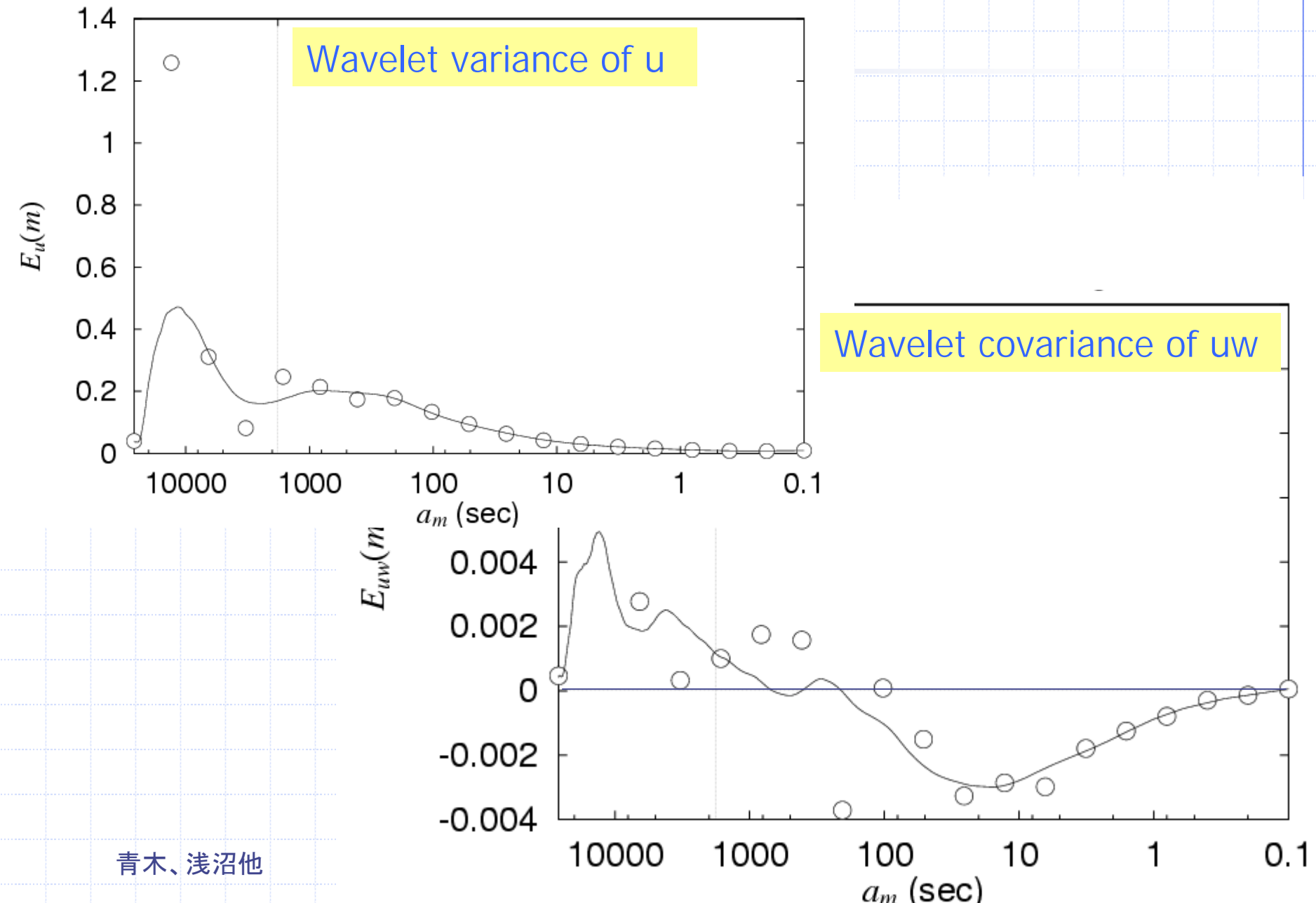
Wavelet cospectrum of sensible heat flux (Run3)

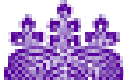


Underestimates due to the selection of averaging time

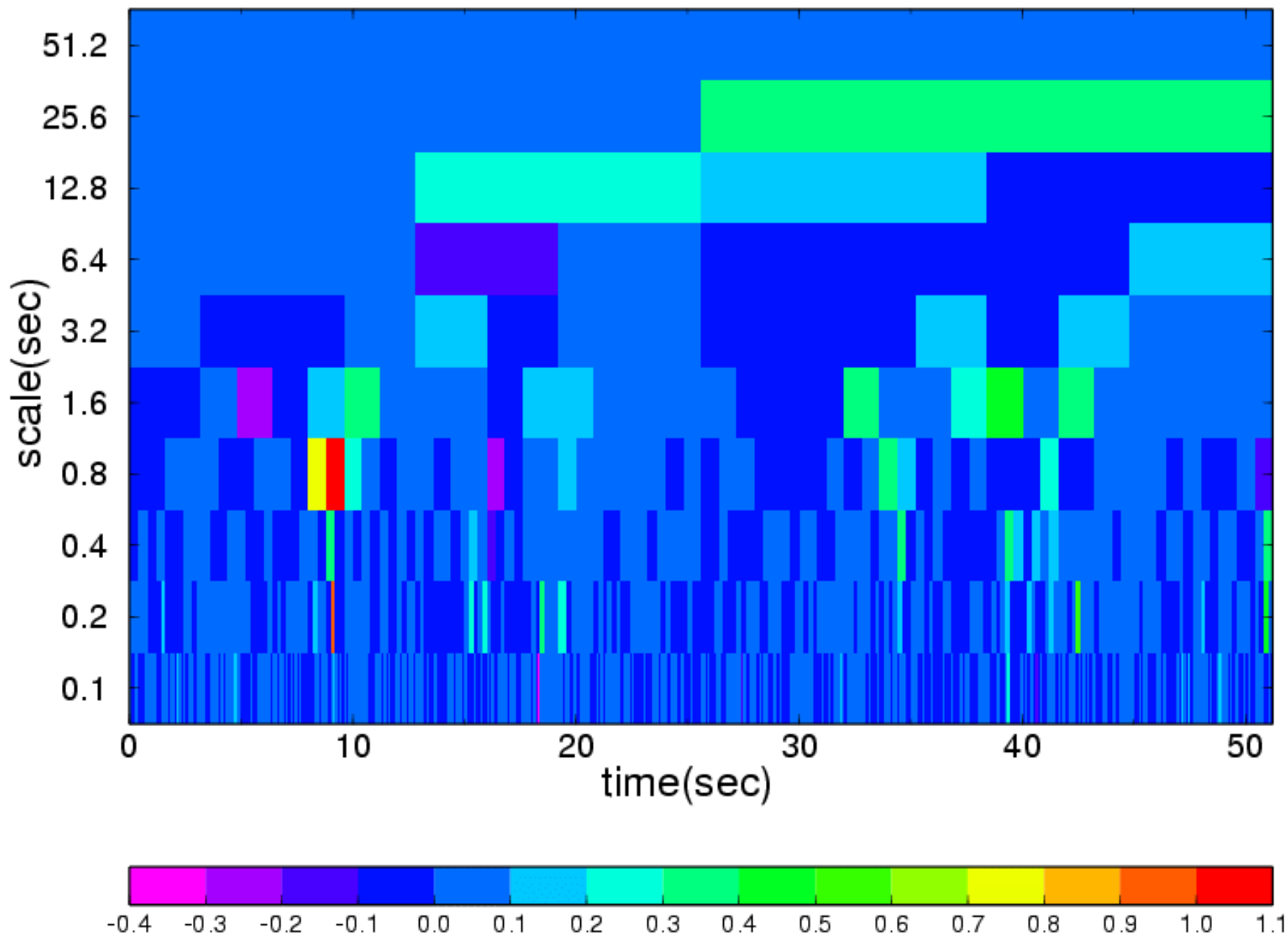
Run	(above 30min)/ (below 30min)
1	1%
2	-2%
3	13%
4	8%
5	-11%
6	4%
7	-14%
8	-4%
9	-6%

Wavelet variance and covariance (Run1, Jul. 28)



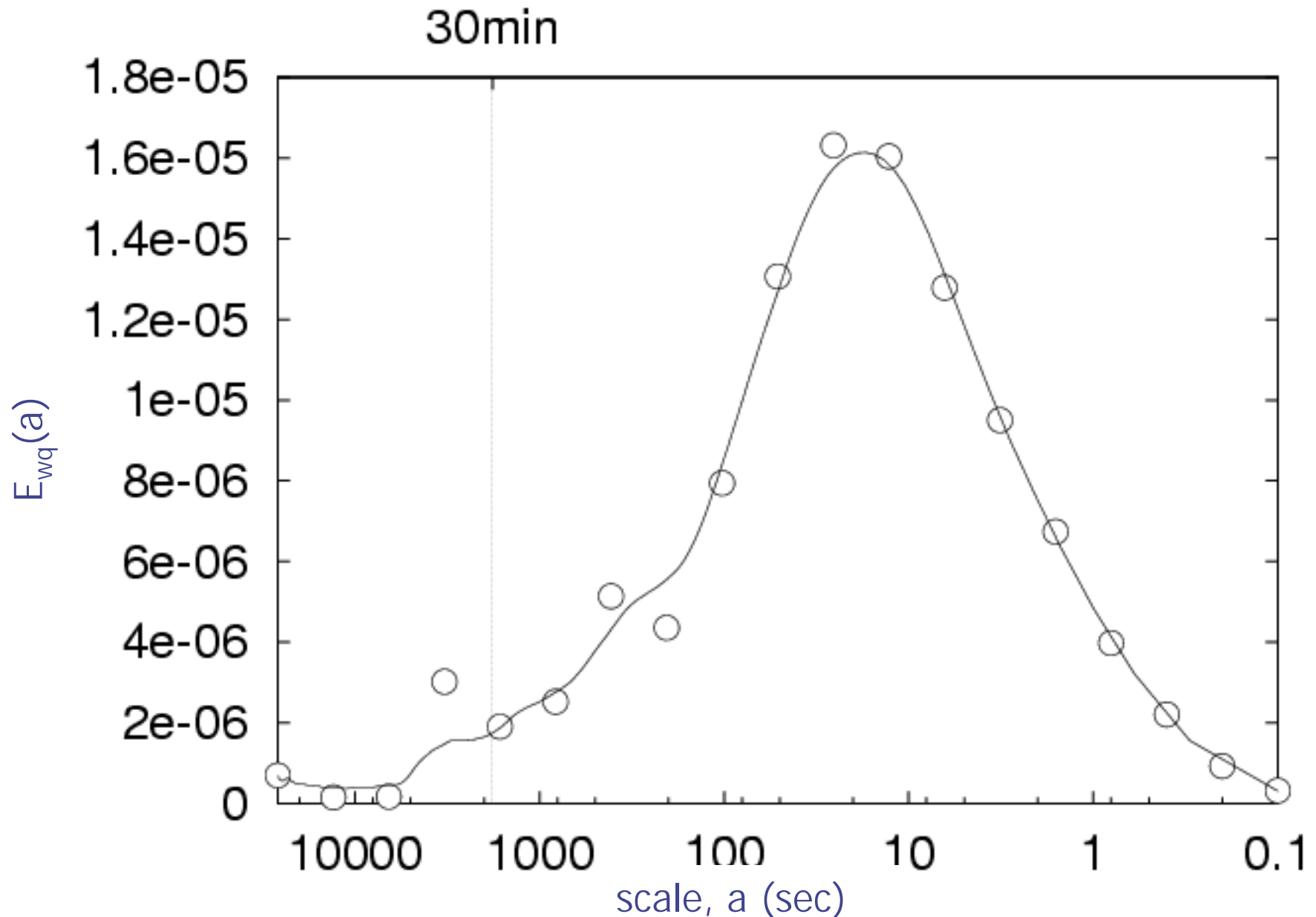


Time-scale diagram of sensible heat flux (Run4)



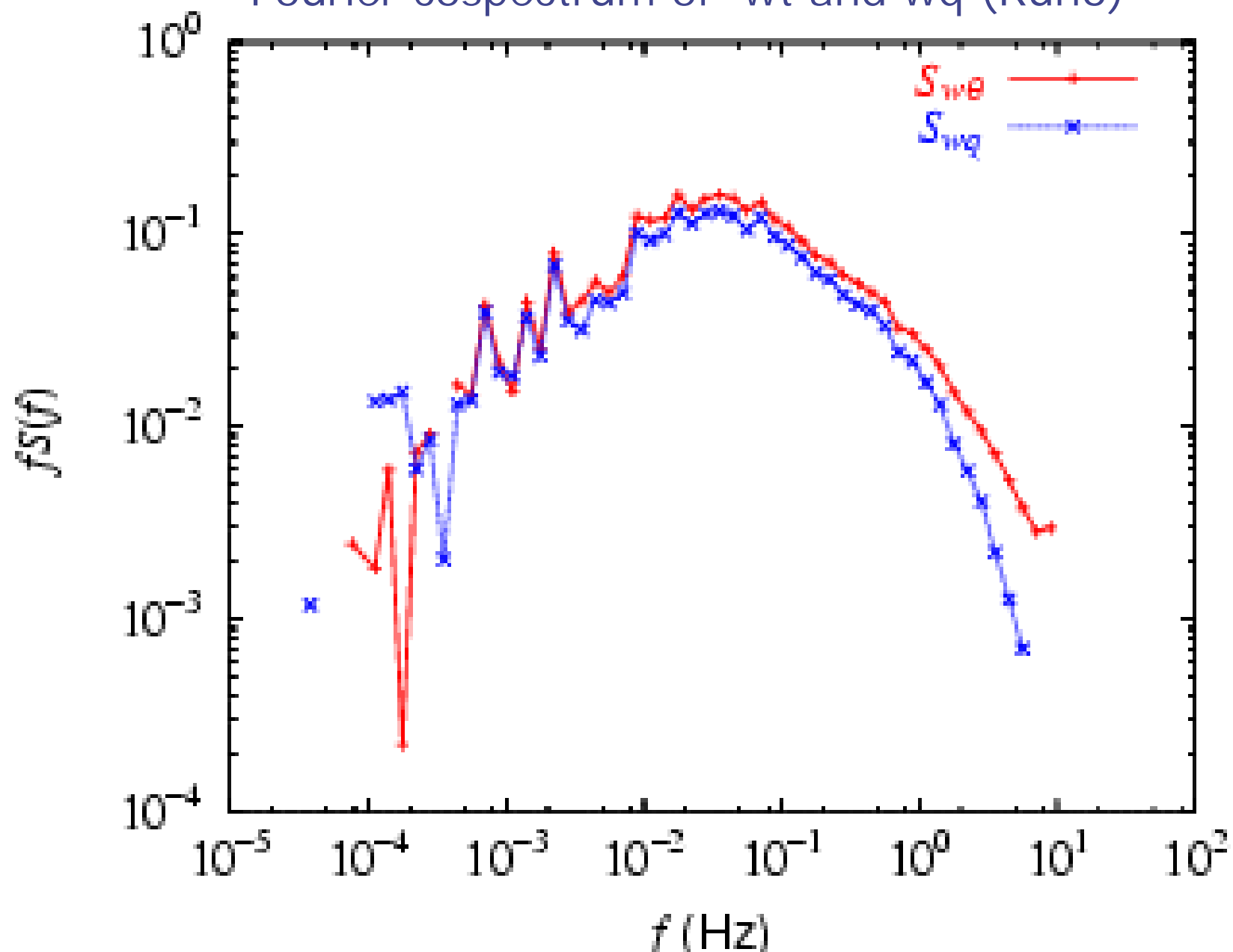


Wavelet covariance of latent heat flux (Run4)



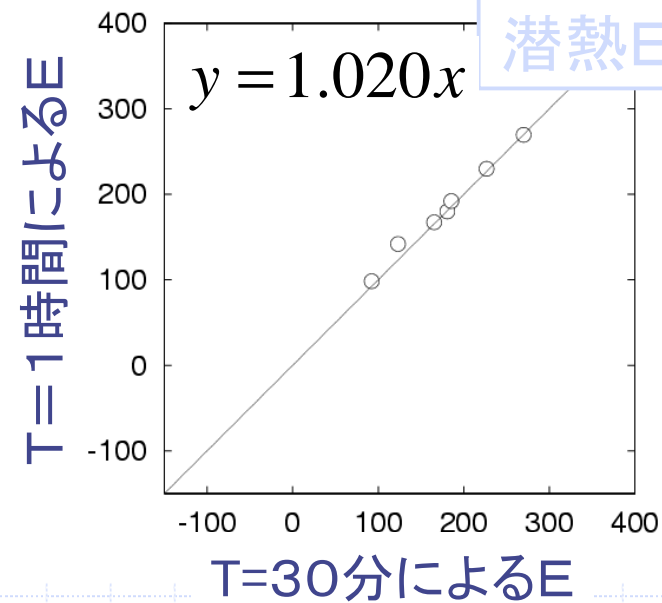
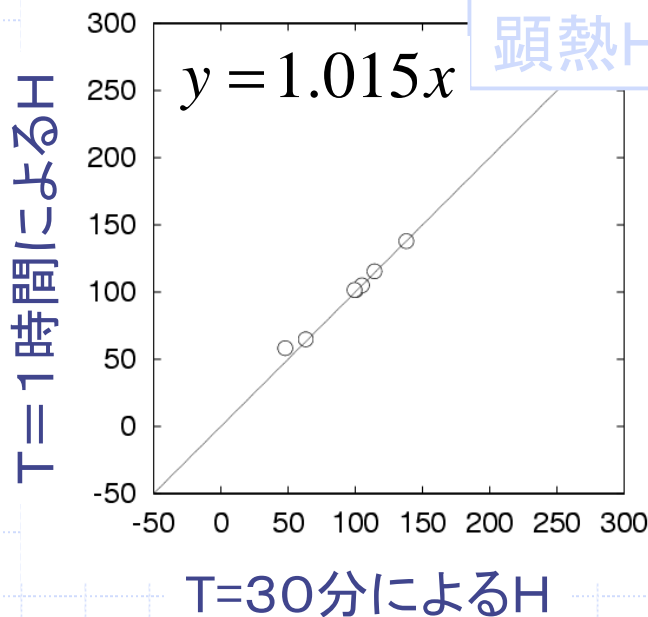


Fourier cospectrum of wt and wq (Run6)



平均化時間の検討

- 平均化時間以上のスケールでの輸送が考慮されていない
➡ 平均化時間30分と1時間の輸送量と比較



顕熱で1.5%、潜熱で2.0%の増加

Haar wavelet
 $\varphi(t)$

