Spectroscopy of SMC Wolf-Rayet Stars Suggests that Wind Clumping dose not Depend on Ambient Metallicity

S.V.Marchenko[1] et al. [1]Department of Physics and Astronomy, Western Kentucky University, USA

ABSTRACT

・hot, massive & luminousな大質量星のmass-loss
　：その進化過程および銀河スケールでの星間物質を考える上で重要なパラメータ.
・small-scale structure = clump：mass-loss rateを経験的に小さくする効果あり. （Moffat & Robert 1994)
・これまで低金属量環境での直接的なクランピングの観測の証拠はない.
・SMCにある３つのWRについて、時間分解（変動）した分光データを取得.
・外側へのsmall-scale emission peakを検出.
・そこから得られる特徴 （velocity dispersions, emissivity, average accelerations）は系内WRの特徴と一致.

1. INTRODUCTION

・WRの恒星風は、多種の重元素の輝線が作用する放射圧で起こる.
・WRの質量放出率は、ローカルは恒星風の科学組成と同じように周囲のmetallicityに敏感.
・これまでは、スムースで均一は恒星風のモデル → 分光観測で詳細がわかってきた現在はクランプモデルが考慮されている.
・etc…

2. OBSERVATIONS

＊ターゲット
　・3 WNE @SMC (WR1 (WN3ha), WR2 (WN5ha), WR4 (WN6h))
＊観測
　・VLT-UT2 / UV-Visual Echelle spectrograph
　・August 2006
　・3927-6021A
　・spectral resolution < 0.5 A/pix
　・exposure 40/30/20min, S/N=120/140/160(+/-20) for WR1/WR2/WR4

3. Properties of the Clumps

・クオリティの高いスペクトル → ラインプロファイル変動性（図１）
・continuum部は内挿で補間 → HeII 4686、4859、5412A
・平均的なプロファイルを作成 → これらの平均を個々のプロファイルから引き算
・instrumental noise以上の変動成分を検出

(1)スペクトルの時間変化
・ギャップを埋めるために、適当にシフトさせて、Gaussian filterでsmooth化して時間方向にプロットしたのが図１
・**V-shaped structure**
　----> 小さいスケールで不均一なモノが外側へと広がっている様子がわかる.

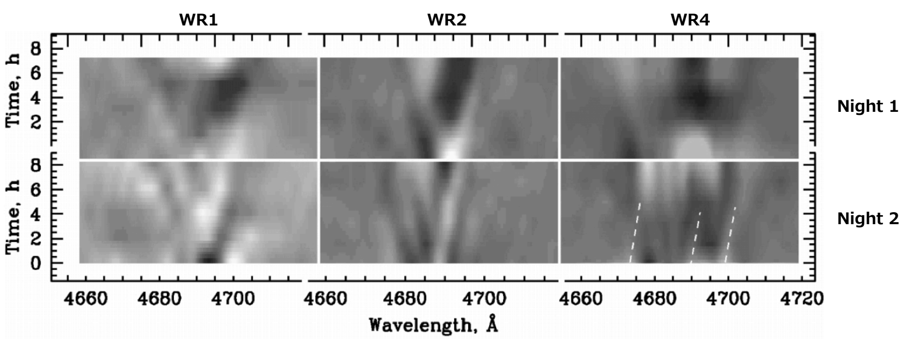
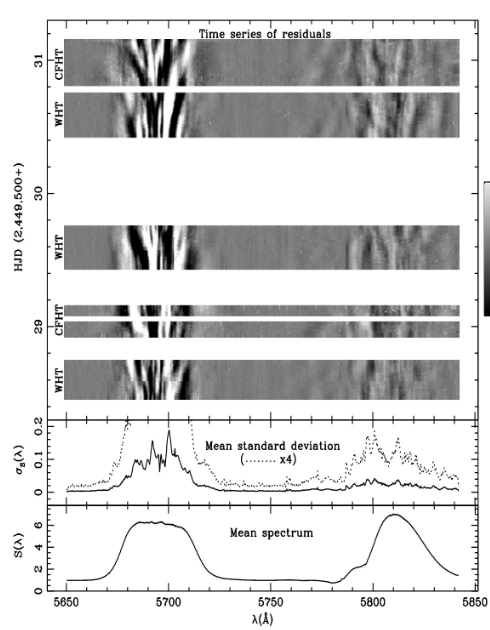


Figure 1 : time-interpolated and smoothed difference spectra
-0.03 (black) --- +0.03 (white) : local continuum unit = 1



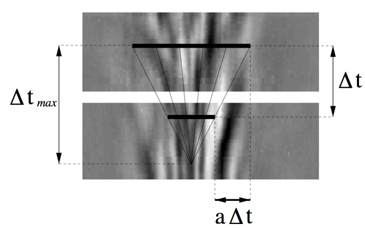


Figure 2&3 : Lepine et al. 2000

(2) Degradation function

(3)物理量のGalacticなWRの値との比較
・Galactic sampleとは区別できず…（差異なし？）

4-1. Discussion

・intrinsic line variability → **optical depth effect**

●WR1, WR2

・この傾向は小さい　→ low optical depth

(a) 全ての遷移に関して、optical depth大＋filling factorが小さい

(b) 全てのクランプがoptical depthが小さい

・どちらかはわからない….

●WR4

・He II 4686 : dense wind

・この輝線のピークがblueシフトしている → high optical densityの存在

4-2. Conclusions

(1) 金属量の違いがあるにもかかわらず、SMCのWRからもGalactic同様、恒星風に小規模な構造
（small scale structure = clump)の明確な存在を示唆.

(2) これらの構造（平均加速率、平均的な個々のラインのフラックス、および塊内部の平均速度分散）の一般的な特性は類似.

(3) 恒星風の強さ（→ instability）はheavy elementに強く依存.

(4) the first population of stars in the early universe, mostly all very massive ......　← low-Z environment

・wind-clumping factor @ SMC/LMC : f=0.01-0.06

・cf : Galactic WR : f=0.1-0.3

・最近の研究ではf<<0.1もあるので何とも言えない。

・モデルに依存するところが大きい。（radial dependenceとか）

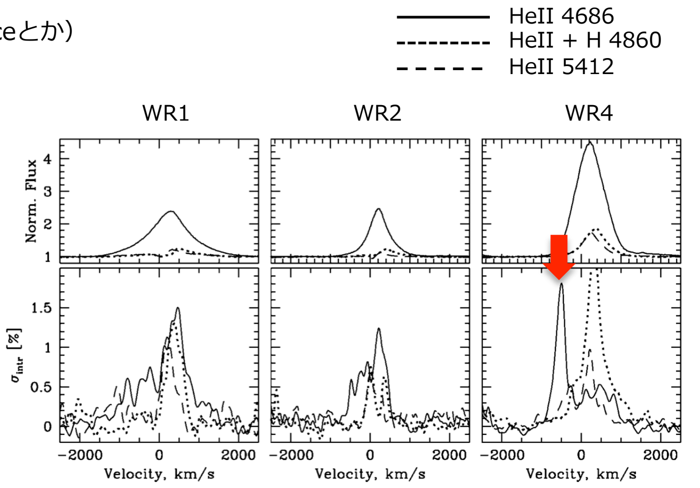


Figure 3 : Intrinsic variability

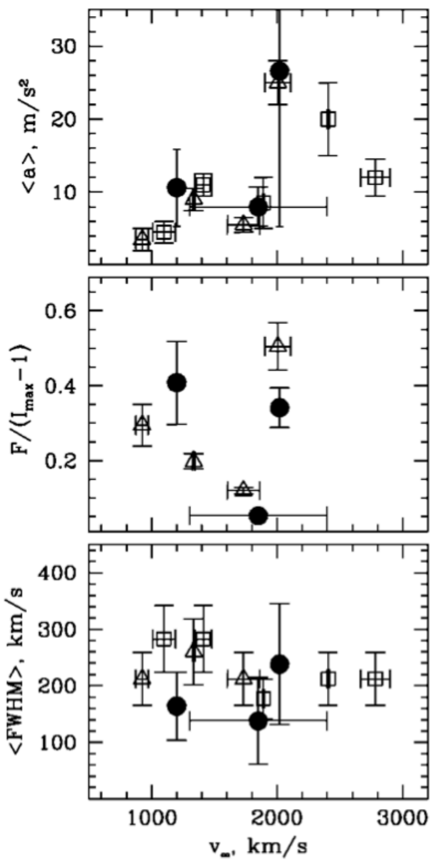


Figure 2 :
（上）average accelerations of outmoving clumps
（中）average flux
（下）average FWHM

● : SMC
□ : Galactic WC
△ : Galactic WN

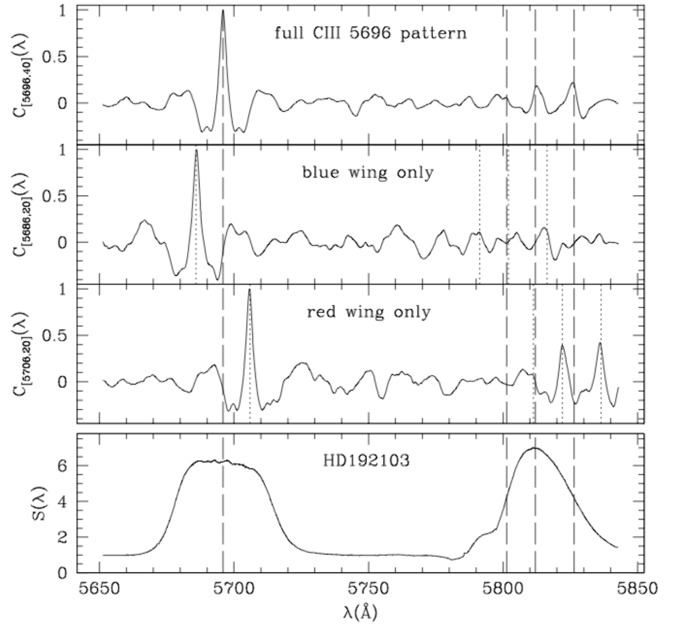


Figure 7 : Cross-correlation function of the variability pattern in the CIII 5696. (Lepine et al. 2000)