A spectroscopic multiplicity survey of Galactic Wolf-Rayet stars

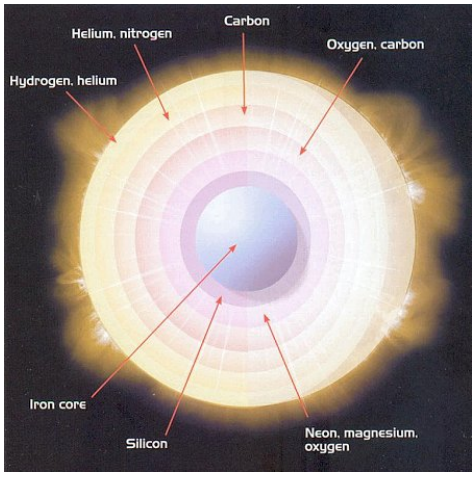
I. The northern WC sequence — Dsilva[1]+ A&A, 641, 2020
II. The northern WNE sequence — Dsilva[1]+ A&A, 664, 2022
III. The northern late-type nitrogen-rich sample — Dsilva[1]+ 2023?

[1] Université Libre de Bruxelles, Belgium

Abstract

・大質量星の進化に関する「伴星」との関係性
・Galactic late-type Wolf-Rayet Stars（WC+WNE+WNL） 12+16+11=39個
・連星率と軌道周期 → 他のタイプのWRと比較
・WNLの周期分布のピークはP=1-10days
・WCの周期分布のピークはP~5000days
・WNL連星系の合体？
・進化シナリオは？

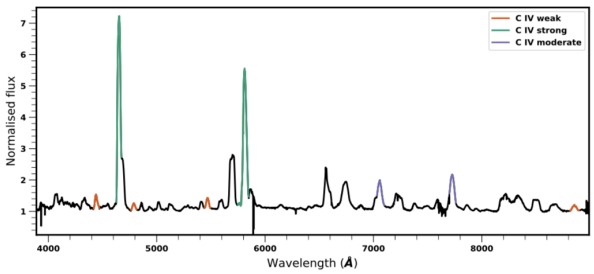
● WRのbinary率（multiplicity）について
・40%は連星（以上）系を成していると考えられている（現在は>60%）。
・WR系はダストに埋もれていることが多いので、そもそもsingle/binaryはダイレクトにはわからないことが多い。
・高空間分解能＋高波長分解能観測で、輝線の速度とその時間変化を観ることで回転（連星）情報を得る。
・星からの星風と伴星（O型星）の星風の衝突によるX線の放射も連星系の傍証。

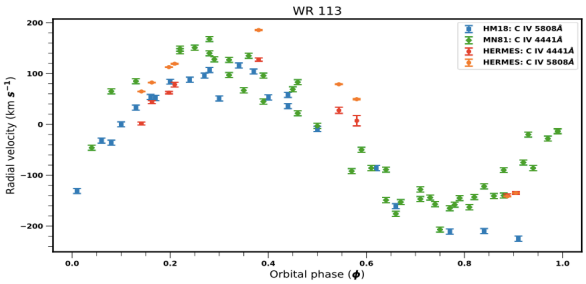


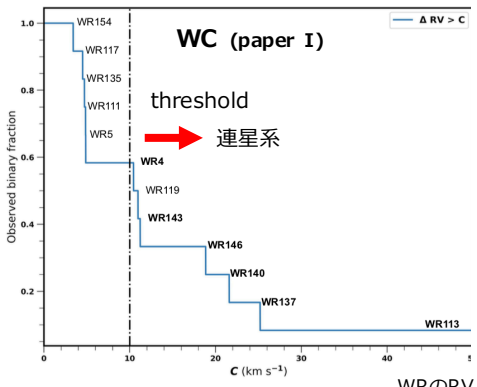
Observation

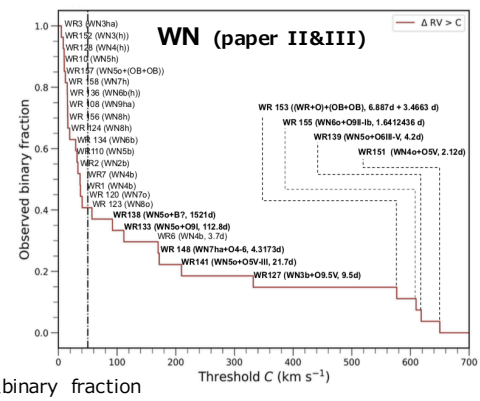
● **Instrument**
- High-Efficiency and high-Resolution *Mercator* Echelle Spectrograph (HERMES)
- 1.2 m Flemish *Mercator* Telescope on La Palma
- 3800 A to 9000 A,
- R ~ 85000

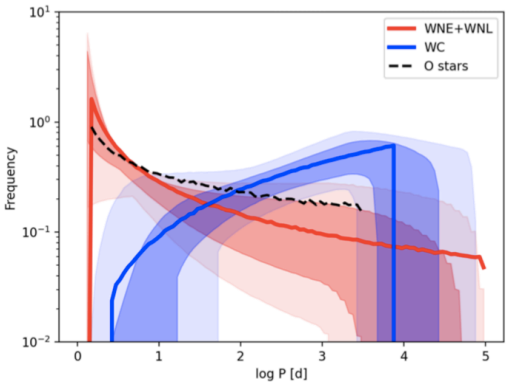
● **Samlpes**
・paper I : WC (12)
・paper II : WNE (16)
・paper III : WNL (11)











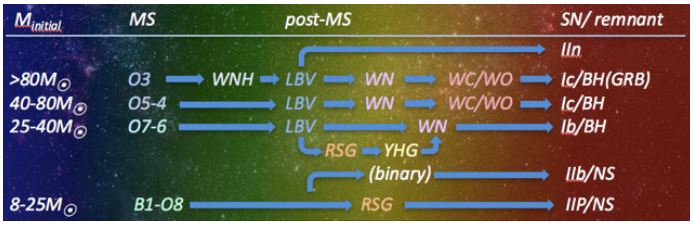
WRのRVとbinary fraction

Results

◉**Paper I**
・paper Iのサンプルの WC連星系率＝0.58
（観測の偏りを補正 → ~0.72）、cf：＞0.4（過去の文献）
・短周期WC連星系が少ない。

◉**Paper II**
・paper IIのサンプルのWNE連星系率＝0.44（~0.56）
・O型連星系のmultiplicityに似ている。
・短周期。

◉**Paper III**
・11個のWN（WNL）星について同様の調査。
・タイプ別のmultiplicityの比較。
・multiplicity＝0.36（~0.62）~WNE （paper II）



● 大質量星後期の進化シナリオ
・O→LBV→WN→WC→WO
・短周期O型連星系から長周期WC連星系への進化過程は？
・LBVのmultiplicity~長周期のO, WN, WC連星系のmultiplicityと一致。
→長周期では、O (→LBV)→WN→WCという進化チャンネルが存在？

◉長周期連星を作るシナリオ1 ：**RLOF**
：伴星は主星の水素外層を剥ぎ取り、WN星を形成。
：一方の質量が減少。
：軌道の幅が広がる。
：WN期とWC期の初期に星風によって質量が失われて、軌道の広がりに拍車がかかる。

◉長周期連星を作るシナリオ2
：**common-envelope evolution and the merger**
：コモンエンベロープ進化により軌道が縮小し、超短周期の連星系。
：合体した場合、連星系は消滅し、単一のWC星に。

◉長周期連星を作るシナリオ3 ：**階層的な三重系**
：外側の重たい星が恒星風でWRに進化 → 長周期連星系
：内側の連星系が合体、WRの形成 → 外側の星と連星系になる
：さらに内部星系の膨張で、外側の伴星のexpulsion（弾き飛ばし）