

南京大學

河外源的不同波段光心位置差异研究

刘牛

南京大学 天文与空间科学学院

niu.liu@nju.edu.cn

2022 年 6 月 29 日

江苏省天文学会 2021–2022 年学术年会, 6 月 28 日–30 日 江苏南京

1. 背景介绍

2. 河外源多波段位置的比较

- (1) 多波段天球参考架的比较
- (2) 河外源多波段位置差异的物理成因
- (3) 河外源多波段光心位置的空间分布

3. 总结

背景介绍



On the Gaia Celestial Reference Frame

Proposed by the IAU Division A WG 'Multi-waveband Realizations of the International Celestial Reference System'

The XXXI General Assembly of the International Astronomical Union,

noting

1. that Resolution B2 of the XXIIIrd General Assembly (1997) resolved “that, as from 1 January 1998, the IAU celestial reference system shall be the International Celestial Reference System(ICRS)”;
2. that Resolution B2 of the XXIIIrd General Assembly (1997) resolved ‘that the Hipparcos Catalogue shall be the primary realization of the ICRS at optical wavelengths’;
3. that Resolution B2 of the XXXth General Assembly (2018) resolved “that, as from 1 January 2019, the fundamental realization of the International Celestial Reference System (ICRS) shall be the Third Realization of the International Celestial Reference Frame (ICRF3), as constructed by the IAU Working Group on the Third Realization of the International Celestial Reference Frame”;

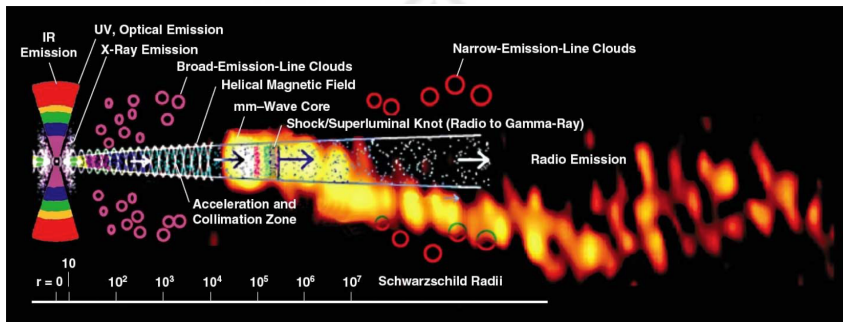
recognizing

4. that since the establishment of the ICRF3, the ESA space telescope Gaia has conducted relevant optical observations of extragalactic sources and made available a high quality astrometric catalogue for these sources;
5. that the observational principles of Gaia regarding the extragalactic sources meet the ICRS requirements;
6. that the Gaia reference frame in the visible (Gaia-CRF3) and the radio ICRF3 are aligned to each other thanks to a set of common sources in the optical and radio bands;

接近微角秒精度水平的多波段天球参考架时代已经到来!



活动星系核的标准模型



$R \sim 0.1 - 1 \mu\text{as}$

1 mas

Features of AGN: Note the Logarithmic length scale.

"Shock waves are frequency stratified, with highest synchrotron frequencies emitted only close to the shock front where electrons are energized. The part of the jet interior to the mm-wave core is opaque at cm wavelengths. At this point, it is not clear whether substantial emission occurs between the base of the jet and the mm-wave core."

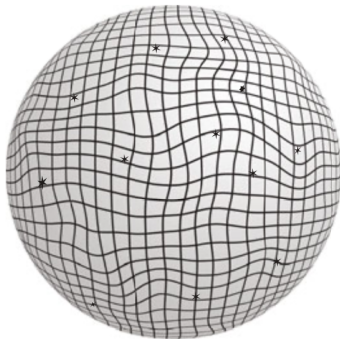
Credit: Alan Marscher, 'Relativistic Jets in Active Galactic Nuclei and their relationship to the Central Engine,' Proc. of Science, VI Microquasar Workshop: Microquasars & Beyond, Societa del Casino, Como, Italy, 18-22 Sep 2006. Overlay (not to scale): 3 mm radio image of the blazar 3C454.3 (Krichbaum et al. 1999)

Gaia 观测到的光心位置靠近中心黑洞，射电 VLBI 观测到的光心位置沿喷流由高频到低频依次排列，即 *X/Ka* 波段 (32 GHz)、*K* 波段 (24 GHz)、*S/X* 波段 (8.4 GHz)。

河外源多波段位置的比较

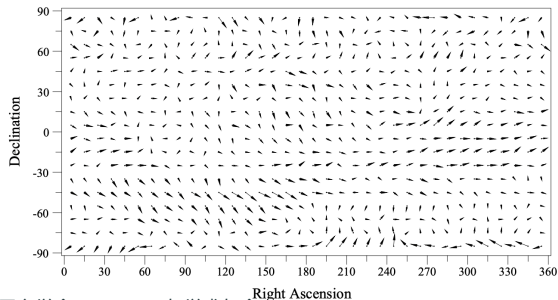
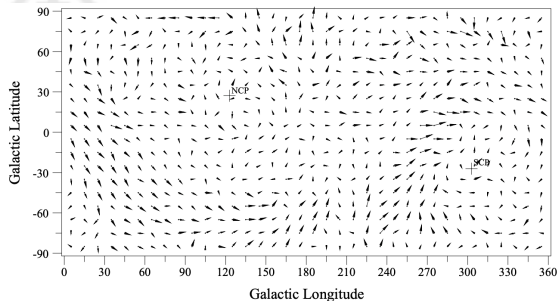


参考架的系统误差

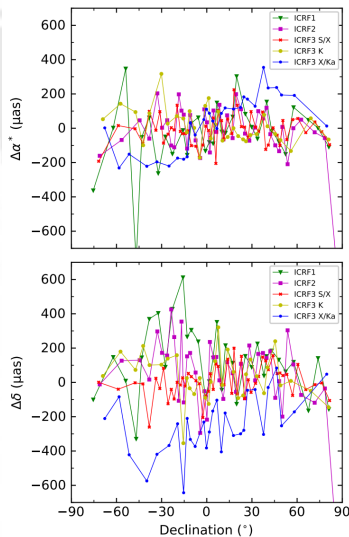
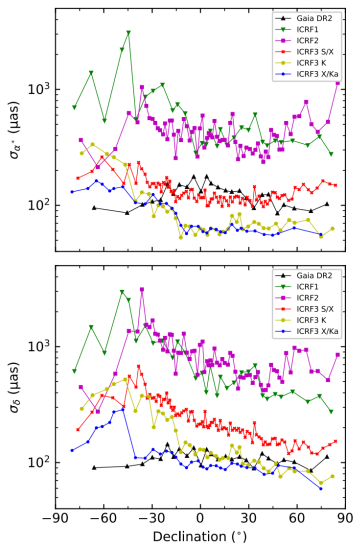


参考架的“扭曲”会导致区域误差

FK5 vs. Hipparcos $\Rightarrow$
(Zi Zhu 2000 *PASP* 112 1103)

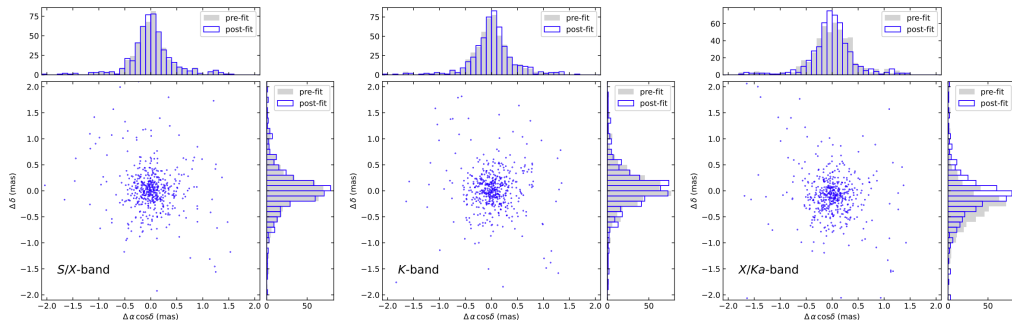


射电 ICRF 参考架相对于光学 Gaia-CRF2 的位置偏差



射电参考架存在依赖于赤纬的系统误差，以 ICRF3 X/Ka 波段最为明显，量级约为 -0.3 mas 。

射电 VLBI 位置相对于光学 *Gaia* 位置的偏差



Liu et al, A&A 652, A87 (2021)

左: S/X vs. *Gaia*

中: K vs. *Gaia*

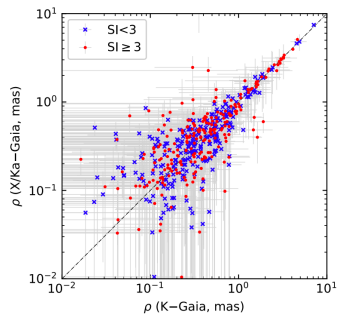
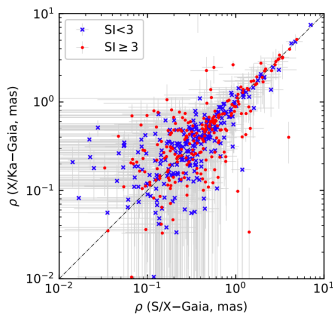
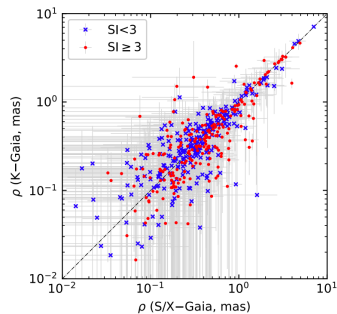
右: X/Ka vs. *Gaia*

灰色: 改正系统误差前的位置差分布

蓝色: 改正系统误差后的位置差分布

⇒ X/Ka 波段的赤纬常数偏差得到改正

高频 VLBI 位置更接近于光学 *Gaia* 位置?



Liu et al., A&A 652, A87 (2021)

左: K vs. S/X

中: X/Ka vs. S/X

右: X/Ka vs. K

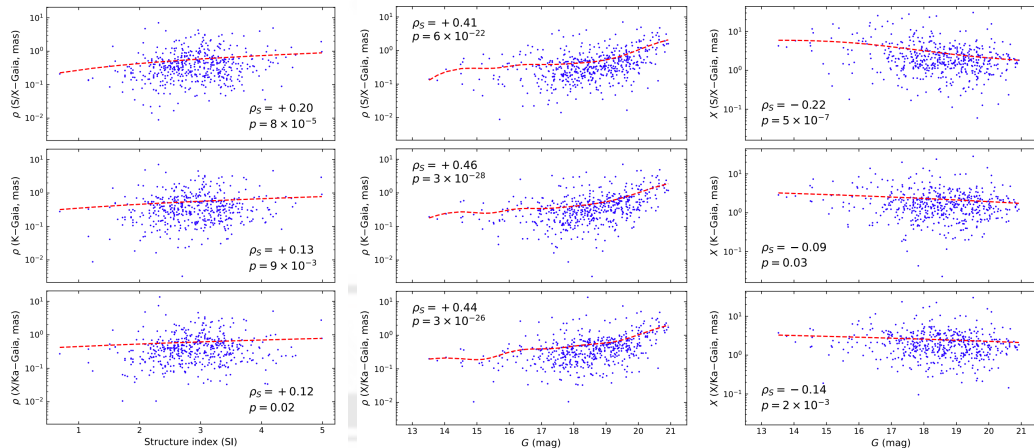
蓝色: 射电结构致密的河外源

红色: 射电结构延展的河外源

⇒ 高频 VLBI 位置更靠近 *Gaia* 位置的零假设在超过 90% 的显著水平上被拒绝。

⇒ 对于射电结构延展的河外源, 高频 K 波段位置比 S/X 波段位置更靠近 *Gaia* 位置。

光学与射电位置差与哪些因素相关？



Liu et al., A&A 652, A87 (2021)

左：位置差 vs. 射电结构

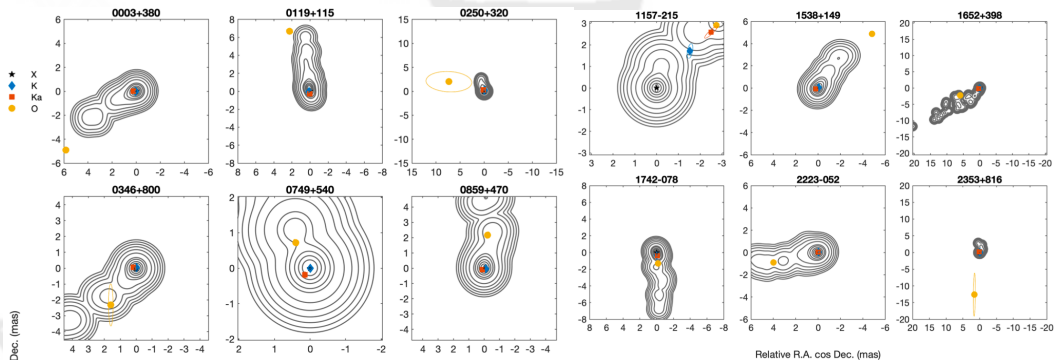
中：位置差 vs. G 星等

右：归一化位置差 vs. G 星等

⇒ 光学与射电位置差与河外源的射电结构相关

⇒ 光学与射电位置差与河外源的星等相关，但不能反映真实的光心位置偏差

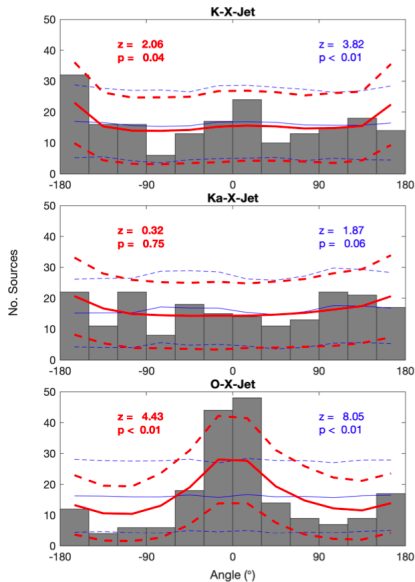
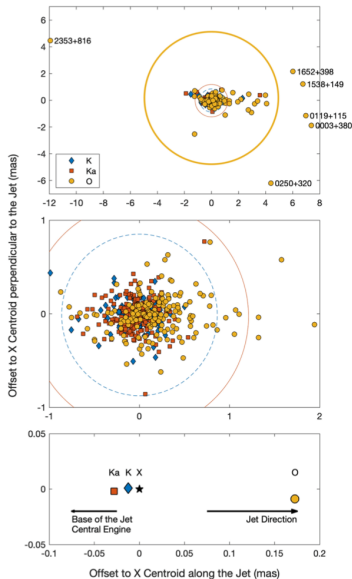
河外源多波段光心位置的空间分布



Lambert, Liu, et al., A&A 651, A64 (2021)

⇒ 部分河外源的多波段光心位置呈直线排列，且与射电喷流结构有关。

河外源多波段光心位置的空间分布



Lambert, Liu, et al., A&A 651, A64 (2021)

总结



建立多波段天球参考架时需要解决的核心问题：

1. 不同波段的光心位置是否一致？
2. 不同波段的天球参考架是否等价？
3. 不同波段的天球参考架之间如何进行连接？

针对上述问题，我们开展了以下研究：

1. 将历代射电 ICRF 参考架与光学 *Gaia* 参考架进行比较，发现了 X/Ka 波段参考架存在的系统性误差问题。(Liu et al., A&A 634, A28)
2. 从统计上比较了不同射电波段位置与光学位置的差异以及分析了造成这些差异的物理原因，发现：(1) 光学与射电的位置差与射电结构有关；(2) 现有的数据无法体现出高频 VLBI 观测的优势，因此仍需要加强高频 VLBI 观测。(Liu et al., A&A 652, A87)
3. 综合了射电成图资料和天体测量资料，发现部分河外源的多波段位置沿喷流方向呈直线排列，一方面解释了多波段位置差的成因，另一方面也提供了一种利用多波段位置确定喷流方向的天体测量方法。(Lambert, Liu, et al., A&A 651, A64)

感谢国家自然科学基金重点项目（11833004）和青年项目（12103026）以及中国博士后科学基金面上项目（2021M691530）的资助。