

用离散相关函数方法分析 Blazar 天体的 γ 射线 和射电辐射的相关性*

程 勇 张 雄[†] 伍 林 毛慰明 尤莉莎

(云南师范大学物理与电子信息学院, 昆明 650092)

(2005 年 3 月 24 日收到, 2005 年 6 月 10 日收到修改稿)

收集了 119 颗有 γ 射线噪声的 Blazar 天体样品(97 个平谱射电类星体和 22 个 BL Lac 天体), 用离散相关函数(DCF)方法分析了 1 GeV γ 射线辐射流量(最大值、最小值和平均值)与 8.4 GHz 射电辐射流量之间的相关性. 获得的主要结果为: 在 119 个 Blazar 天体和 97 个平谱射电类星体中, γ 射线辐射流量的最大值以及平均值和射电辐射流量之间有相关性, 而 γ 射线辐射流量的最小值和射电辐射流量之间没有相关性. 本文结果表明, γ 射线和射电辐射都来自喷流, γ 射线很可能产生于同步自康普顿(SSC)过程.

关键词: Blazar, γ 射线, 射电辐射, 流量密度

PACC: 9760L, 0420

1. 引 言

康普顿 γ 射线空间天文台(CGRO)EGRET 的最重大的发现之一是 BL Lac 天体和平谱射电类星体(FSRQs)都有强的 γ 辐射^[1]. 另外, Whipple 天文台探测到三个 BL Lac 天体的能量超过 300 GeV, 它们分别为: Mrk 421^[2], Mrk 501^[3], PKS 2344 + 514^[4], 其中 PKS 2344 + 514 还未被 EGRET 探测到. 超过 100 MeV 的 BL Lac 天体的亮度范围在 3×10^{37} J/s 到 10^{42} J/s 之间, 这些天体在 γ 波段的时标变化幅度都非常明显. 但是, 辐射机理还不清楚. 有人^[5-10]对 γ 辐射提出了几种模型: 1) 外围光子的逆康普顿散射模型(ECS), 在这种模型中软光子直接来自附近的吸积盘^[5]或者来自 AGNs 某些区域的盘辐射过程^[6]; 2) 同步康普顿模型(SSC), 在这种模型中, 软光子来自喷流中的同步加速辐射^[7]; 3) 质子的级联模型(PIC), 在这种模型中, 极端相对论电子和在质子引起的喷流中产生正电子的同步辐射^[8-10]. 但在解释 γ 辐射机理的模型中, 没有哪一种模型占主导地位. 大家唯一认同的一点就是 γ 辐射来自喷流.

众所周知, 不同波段的辐射流量变化暗示着不

同波段之间可能存在各种不同的关系, 这些关系可以用来区别各种不同的辐射机制. Dondi 等^[11]对 EGRET 探测到的 Blazar 天体研究后认为, γ 射线辐射和射电辐射的相关性比其与光学、X 射线亮度之间的相关性要好的多. 1997 年, Xie^[12]收集了 16 个具有 γ 射线噪声的 Blazar 天体(7 颗 BL Lac 天体 9 颗 FSRQs), 得出近红外光度与 γ 射线光度有较好的相关性, 并且 γ 射线光度与近红外光度的相关性比 γ 射线光度与 X 射线光度的相关性好. Fan^[13]用多元线性回归方法研究了 γ 射线和低能波段之间的相关性后认为, γ 射线辐射流量和射电辐射流量之间有相关性, 而在 γ 射线辐射流量和光学辐射流量之间以及 γ 射线流量和 X 射线辐射流量之间没有相关性. Mücke^[14]认为 γ 射线辐射流量和射电波段辐射流量之间没有相关性. 研究表明, 多波段辐射流量之间的相关性是很重要的, 但是开展同时性对多波段的观测很困难. 因此, 我们用准同时性的数据来研究 γ 射线和射电辐射之间的相关性. 研究多波段流量之间相关性的数学方法很多, 但各有特点^[15]. 在本文中, 我们用离散相关函数(DCF)方法研究了 119 个 γ 噪 Blazar 天体(其中 97 个为平谱射电类星体, 22 个为 BL Lac 天体)的相关性, 对计算结果进行分

* 国家自然科学基金(批准号: 10363002) 教育部科学技术研究重点项目(批准号: 02142) 和云南省自然科学基金(批准号: 2004A0027M)资助的课题.

[†] 通讯联系人. E-mail: hb_cy@163.com

析讨论并和文献 [16] 得出的结论进行比较,得出了一些有重要意义的结论.

2. 用离散相关函数 DCF 方法计算相关系数

相关系数是两个随机变量之间线性相关程度的度量.对两个连续的随机变量 $a(t), b(t)$ 相关系数的定义为

$$CF(\tau) = \frac{E\{[a(t) - \bar{a}][b(t + \tau) - \bar{b}] \}}{\sigma_a \sigma_b} \quad (1)$$

其中 $E\{f\}$ 为函数 f 的数学期望, τ 为 t 的变化量, \bar{a}, \bar{b} 分别为 $a(t), b(t)$ 平均值, σ_a, σ_b 分别为 $a(t), b(t)$ 的标准偏差.

天文观测的数据都是一些离散的样品点 (1) 式中的 $a(t)$ 和 $b(t)$ 应该取一些离散的点 $\{t_j; j = 1, 2, \dots, N\}$. 如果这些点的区间间隔都为 Δt , 我们就可以根据实际的样品点计算出 $CF(\tau)$. 对任意的 $\tau = m\Delta t$, 有 $N - m$ 个点 t_k , 并且 $t_k + \tau$ 也在样品点集合中, 只要 $(N - m) \gg 1$, 我们就可以得到一个好的期望值. 然而, 天文学上的数据一般都不是等区间间隔, 因此, 一般情况下找不到一个合适的 τ 值使得 t_k 和 $t_k + \tau$ 都在集合 $\{t_j\}$ 中. 若采用经典的相关方法, 必须对一个或对两个观测序列在区间上进行均匀插值. 由于这种插值方法对区间数据均匀取权, 其结果是至少有一个数据序列将受插值数据点所支配, 通过这种方法得到的相关结果是值得怀疑的, 除非有特殊的理由能对此作出解释 [17]. 另外, 插值方法不能对在计算互相关中的不确定性作出说明.

为了克服这些困难, 本文应用离散相关函数 DCF 方法用来处理多波段流量之间的相关性. DCF 方法是 Edelson [18] 研究时间延迟时引入的, 这种方法一般用来计算时间延迟 [19], 通过计算时间延迟来研究天体的结构和其他性质 [20]. 在离散相关分析方法中, 不需要对数据样本进行线性插值, 因此不需要人为的加入数据. 另外, 这种方法还可以获得可靠的误差估计量, 并可减少由相关误差引起的虚假特征.

DCF 相关函数方法的定义为 [18]: 对任意两个离散数据序列 a_i 和 b_j , 任意一数据对 (a_i, b_j) 可以得到

$$\text{UDCF}_{ij} = \frac{(a_i - \bar{a}) \times (b_j - \bar{b})}{\sigma_a \times \sigma_b}, \quad (2)$$

\bar{a} 和 \bar{b} 分别为数据序列 a_i 和 b_j 的平均值, σ_a 和 σ_b

分别为相应的标准偏差. 而对于那些有噪的数据我们可以用 $\sqrt{(\sigma_a^2 - e_a^2) \times (\sigma_b^2 - e_b^2)}$ 来代替 (2) 式中的 $\sigma_a \sigma_b$, 这样我们可以保持标准化. 另外, 每一数值 UDCF_{ij} 都代表了真实的信息. 在本文中, a_i 和 b_j 分别为 γ 射线辐射流量和射电辐射流量, \bar{a} 和 \bar{b} 分别为 a_i 和 b_j 的平均值, σ_a 和 σ_b 分别为相应的标准偏差. 每一个数值 UDCF_{ij} 与射电流量差值 $I = \Delta I = I_j - I_i$ 有关 (流量单位: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-1}$). 然后, 对同样的射电流量对 UDCF_{ij} 区间划分, 对每个射电流量的区区间隔 ΔI , 得到待测函数 DCF 值, 称为离散相关函数. 对在区间 $I - \Delta I/2 \leq I_j < I + \Delta I/2$ 内的 M 个相关数值求平均后可以得到

$$\text{DCF}(I) = \frac{1}{M} \sum \text{UDCF}_{ij}. \quad (3)$$

将 UDCF_{ij} 的值代入即可以得到

$$\begin{aligned} \text{DCF}(I) &= \frac{1}{M} \sum \frac{(a_i - \bar{a}) \times (b_j - \bar{b})}{\sigma_a \sigma_b} \\ &= \frac{1}{\sigma_a \sigma_b} \left(\frac{1}{M} \sum a_i b_j - \bar{a} \bar{b} \right) \\ &= \frac{E(a_i b_j) - \bar{a} \bar{b}}{\sigma_a \sigma_b}, \end{aligned} \quad (4)$$

将 $CF(I)$ 的值化简变形, 经过化简后和 (4) 式进行比较, 可以得到

$$\text{DCF}(I) = CF(I), \quad (5)$$

由 (5) 式可知, $\text{DCF}(I)$ 的值正是反应了在流量差值 I 处的相关系数. 这样就可以通过计算 $\text{DCF}(I)$ 的值, 从而得到 M 个相关系列的相关系数 $CF(I)$, 它正好描述了 M 个相关系列线性相关的程度. 对于没有数据点的某个区间, 则 $\text{DCF}(I)$ 不取值. 当两个待相关序列相同时可得到离散自相关函数, 不同时可得到离散互相关函数. 在某一区间 ΔI 内, 其标准偏差可表示为 [18]

$$\alpha(I) = \frac{1}{M-1} \left\{ \sum [\text{UDCF}_{ij} - \text{DCF}(I)]^2 \right\}^{1/2}. \quad (6)$$

3. 数据处理及相关分析讨论

3.1. γ 射线和射电流量之间的相关性分析

为了进行流量相关的可靠性比较分析, 同时也便于 DCF 方法在天文学中推广应用, 我们两次引用了参考文献 [16] 中的全部原始数据. 用 C 语言编程, 计算出了 DCF 方法中的各组参数, 具体结果见表 1

和表 2. 其中表 1 中的第 1 栏为序列号, 第 2 栏为流量差值 $I = \Delta I = I_j - I_i$, 第 3, 5, 7 栏分别为 119 个 γ 噪 Blazar 天体的在 1 GeV γ 射线辐射流量(最大值、平均值、最小值)与 8.4 GHz 射电辐射流量之间的相关系数 r , 由公式 (3) 得出, 第 4, 6, 8 栏分别为 3, 5, 7 栏相应的偏差 err , 由公式 (6) 计算得出. 表 2 中的 1, 2 栏和表 1 中 1, 2 栏相同, 第 3, 5, 7 栏分别为 97 个 FSRQs 在 1 GeV γ 射线辐射(最大值、平均值、最小值)与 8.4 GHz 射电辐射之间的相关系数 r , 由公式 (3) 得出, 第 4, 6, 8 栏分别为 3, 5, 7 栏相应的偏差 err , 由公式 (6) 计算得出. 图 1 至图 3 分别由表 1 中的相关系数及其误差所作的图, 图 4 至图 6 分别是由表 2 中的相关系数及其误差所作的图.

表 1 119 个 γ 噪 blazars 天体的相关性及其误差

(1) No.	(2) $I(W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1})$	(3) r	(4) err	(5) r	(6) err	(7) r	(8) err
0	-0.625	0.658	0.390	0.706	0.492	0.206	0.080
1	-0.600	0.924	0.488	0.631	0.379	0.131	0.076
2	-0.575	0.854	0.297	0.960	0.249	0.106	0.067
3	-0.550	0.725	0.341	0.864	0.478	0.137	0.076
4	-0.525	0.865	0.539	0.693	0.455	0.163	0.083
5	-0.500	0.595	0.425	0.802	0.469	-0.019	0.069
6	-0.475	-0.759	0.350	0.569	0.398	0.149	0.076
7	-0.450	0.712	0.241	0.764	0.339	0.034	0.074
8	-0.425	0.658	0.450	0.840	0.677	0.025	0.074
9	-0.400	0.723	0.404	0.843	0.530	0.151	0.072
10	-0.375	0.593	0.378	0.905	0.363	0.148	0.071
11	-0.350	0.947	0.491	0.824	0.338	0.107	0.073
12	-0.325	0.646	0.309	0.740	0.314	0.122	0.075
13	-0.300	0.806	0.470	0.885	0.647	0.089	0.074
14	-0.275	0.670	0.327	0.910	0.485	0.095	0.063
15	-0.250	0.794	0.282	0.580	0.161	0.130	0.072
16	-0.225	0.532	0.391	0.594	0.223	0.116	0.079
17	-0.200	0.701	0.469	0.579	0.496	0.013	0.074
18	-0.175	0.627	0.161	0.739	0.461	0.177	0.073
19	-0.150	0.833	0.481	0.536	0.237	0.201	0.073
20	-0.125	0.679	0.471	0.848	0.452	0.144	0.080
21	-0.100	0.605	0.318	0.524	0.404	0.200	0.071
22	-0.075	0.757	0.262	0.831	0.473	0.200	0.073
23	-0.050	0.665	0.267	0.693	0.330	0.150	0.069
24	-0.025	0.780	0.283	0.554	0.192	0.170	0.070

续表 1

(1) No.	(2) $I(W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1})$	(3) r	(4) err	(5) r	(6) err	(7) r	(8) err
25	0.000	0.644	0.198	0.770	0.341	0.201	0.055
26	0.025	0.664	0.454	0.689	0.464	0.105	0.073
27	0.050	0.872	0.285	0.946	0.647	0.150	0.065
28	0.075	0.854	0.635	0.631	0.348	0.160	0.070
29	0.100	0.574	0.420	0.642	0.290	0.105	0.068
30	0.125	0.902	0.390	0.529	0.210	0.087	0.074
31	0.150	0.561	0.202	0.646	0.179	0.197	0.073
32	0.175	0.807	0.470	0.806	0.243	-0.004	0.077
33	0.200	0.672	0.386	0.582	0.257	0.109	0.082
34	0.225	0.732	0.467	0.865	0.552	0.131	0.078
35	0.250	0.843	0.293	0.905	0.184	0.095	0.074
36	0.275	0.865	0.479	0.747	0.369	0.107	0.081
37	0.300	0.760	0.463	0.603	0.232	0.259	0.081
38	0.325	0.870	0.480	0.911	0.486	0.067	0.084
39	0.350	0.611	0.243	0.709	0.267	0.241	0.077
40	0.375	0.857	0.477	0.643	0.448	0.143	0.086
41	0.400	0.771	0.367	0.825	0.313	0.112	0.080
42	0.425	0.624	0.423	0.593	0.178	0.044	0.084
43	0.450	0.805	0.512	0.662	0.288	0.138	0.088
44	0.475	0.869	0.344	0.544	0.314	0.123	0.073
45	0.500	0.872	0.285	0.670	0.452	0.103	0.090
46	0.525	0.797	0.469	0.673	0.511	0.181	0.079
47	0.550	0.853	0.551	0.957	0.568	0.150	0.083
48	0.575	0.938	0.572	0.855	0.535	0.093	0.085
49	0.600	0.639	0.404	0.829	0.423	0.082	0.084
50	0.625	0.937	0.490	0.753	0.400	0.339	0.081

表 2 97 个平谱射电类星体的相关性及其误差

(1) No.	(2) $I(W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1})$	(3) r	(4) err	(5) r	(6) err	(7) r	(8) err
0	-0.625	0.742	0.240	0.238	0.206	0.205	0.111
1	-0.600	0.732	0.460	0.708	0.300	0.015	0.089
2	-0.575	0.833	0.271	0.756	0.390	0.109	0.085
3	-0.550	0.633	0.433	-0.079	0.237	0.050	0.104
4	-0.525	0.473	0.291	0.722	0.224	0.078	0.101
5	-0.500	0.799	0.456	0.885	0.209	-0.007	0.072
6	-0.475	0.733	0.258	0.824	0.545	0.019	0.085

续表 2

(1) No.	(2) $I/\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{Hz}^{-1}$	(3) r	(4) err	(5) r	(6) err	(7) r	(8) err
7	-0.450	0.839	0.590	0.576	0.462	-0.038	0.087
8	-0.425	0.900	0.469	0.917	0.332	0.070	0.085
9	-0.400	0.720	0.367	0.933	0.647	0.156	0.082
10	-0.375	0.565	0.272	0.878	0.503	-0.014	0.081
11	-0.350	0.603	0.248	0.735	0.460	0.092	0.089
12	-0.325	0.767	0.566	0.685	0.454	0.157	0.091
13	-0.300	0.691	0.374	0.589	0.442	0.076	0.087
14	-0.275	0.830	0.180	0.871	0.511	0.005	0.070
15	-0.250	0.850	0.533	0.577	0.211	0.129	0.091
16	-0.225	0.805	0.300	0.862	0.538	-0.046	0.088
17	-0.200	0.607	0.352	0.609	0.330	-0.000	0.087
18	-0.175	0.796	0.468	0.715	0.467	0.102	0.087
19	-0.150	0.667	0.455	0.930	0.489	0.150	0.092
20	-0.125	0.752	0.485	0.779	0.271	0.114	0.097
21	-0.100	0.244	0.231	0.786	0.467	0.181	0.081
22	-0.075	0.796	0.468	0.681	0.251	0.105	0.092
23	-0.050	0.915	0.565	0.908	0.544	0.155	0.080
24	-0.025	0.859	0.616	0.777	0.300	0.145	0.081
25	0.000	0.684	0.311	0.568	0.167	0.225	0.065
26	0.025	0.605	0.210	0.819	0.472	0.146	0.085
27	0.050	0.641	0.523	0.677	0.205	0.223	0.080
28	0.075	0.711	0.354	0.908	0.319	0.177	0.079
29	0.100	0.506	0.393	0.738	0.237	0.133	0.078
30	0.125	-0.312	0.268	0.831	0.524	0.175	0.091
31	0.150	0.619	0.225	0.784	0.504	0.217	0.088
32	0.175	0.592	0.407	0.874	0.223	0.118	0.084
33	0.200	0.662	0.309	0.912	0.260	0.123	0.088
34	0.225	0.904	0.622	0.824	0.555	0.210	0.091
35	0.250	0.540	0.298	0.925	0.296	0.130	0.083
36	0.275	0.619	0.393	0.661	0.452	0.096	0.097
37	0.300	0.822	0.527	0.744	0.226	0.310	0.091
38	0.325	0.944	0.249	0.738	0.412	0.054	0.103
39	0.350	0.808	0.248	0.682	0.152	0.431	0.087
40	0.375	0.514	0.382	0.885	0.482	0.120	0.100
41	0.400	0.639	0.221	0.638	0.207	0.199	0.097
42	0.425	0.825	0.575	0.933	0.291	0.237	0.104
43	0.450	0.855	0.215	0.930	0.489	0.364	0.099
44	0.475	0.491	0.251	0.737	0.323	0.265	0.085
45	0.500	0.872	0.305	0.842	0.475	0.245	0.110
46	0.525	0.822	0.279	0.919	0.395	0.375	0.085
47	0.550	0.888	0.248	0.730	0.247	0.319	0.093
48	0.575	0.929	0.492	0.932	0.639	0.280	0.095
49	0.600	0.636	0.600	0.854	0.477	0.289	0.097
50	0.625	0.830	0.524	0.916	0.562	0.470	0.092

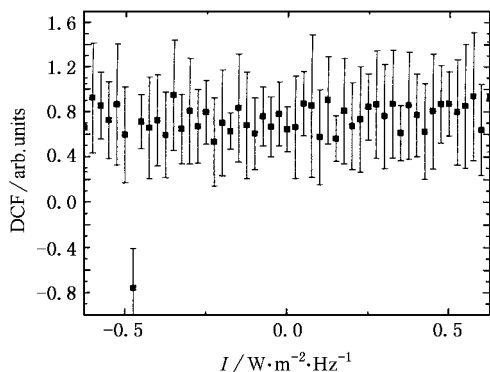
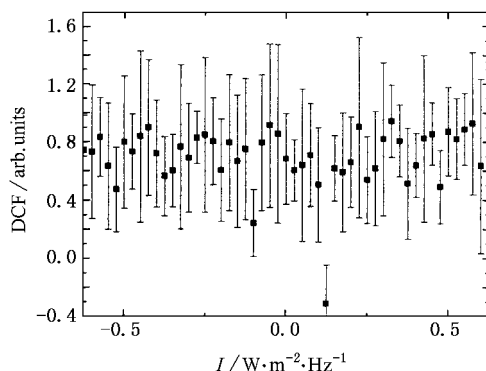
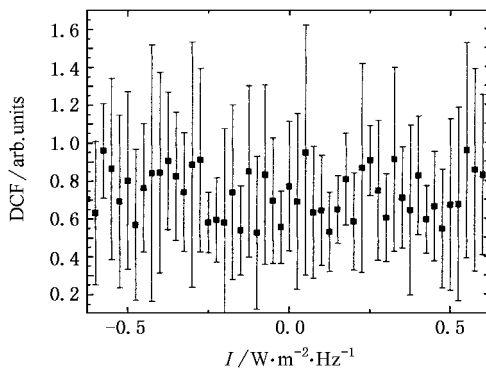
图 1 119 个 γ 射线噪声 Blazar 天体高态时的离散相关函数

图 2 97 个平谱射电类星体高态时的离散相关函数

图 3 119 个 γ 射线噪声 Blazar 天体平均值的离散相关函数

计算结果及图 1 至图 6 表明:

1) 在高态, 整个 Blazar 样品有较好的相关性(见图 1 和图 2), 其相关系数一般大于 0.5, 最大值为 0.947, 误差为 0.491; 而对 97 个 FSRQs, 相关性也很好, 相关系数一般也大于 0.5, 其最大值为 0.944, 误差为 0.249.

2) 取平均值时, 相关性较好(见图 3 和图 4), 对

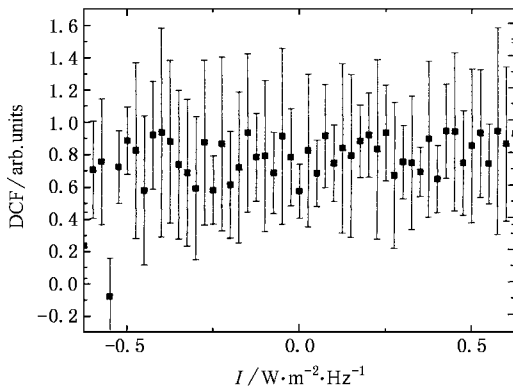


图 4 97 个平谱射电类星体平均值的离散相关函数

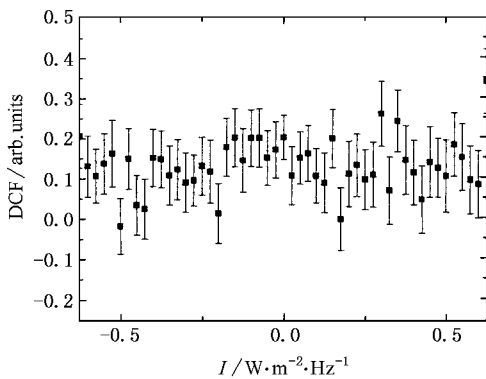
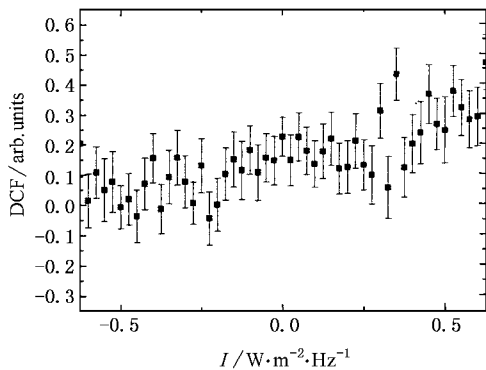
图 5 119 个 γ 噪 Blazar 天体低态时的离散相关函数

图 6 97 个平谱射电类星体低态时的离散相关函数

整个 Blazar 样品, 相关系数最大值为 0.960, 误差为 0.249; 而对 97 个 FSRQs, 相关系数最大值为 0.933 差为 0.291.

3) 在低态, 整个 Blazar 样品和 FSRQs, 其相关性都较差 (见图 5 和图 6); 对整个 Blazar 样品, 相关系数的最大值为 0.339, 误差为 0.081, 而对 97 个 FSRQs, 相关系数的最大值为 0.470 差为 0.092.

3.2. DCF 方法和线性回归方法的比较

比较由 DCF 方法和线性回归方法得到的结果^[16]可知: 1) 在高态, 两种方法得到的结果相近, 相关性都比较好; 2) 平均值的相关性也相似, 有好的相关性, 但是相关性比高态差; 3) 在低态, 相关性就比较差, 或者说它们之间没有相关性. 这与用线性回归方法得出的结果一致. 从以上分析可以得出: 1) 用 DCF 方法可以看出相关系数 r 的数值随射电辐射流量差值 ΔI 的变化关系, 而用线性回归方法只能得出射电辐射流量和 γ 射线辐射流量之间整体的相关系数, 看不出它们的变化. 如果实际在某个区间有相关性, 则这种方法就很可能将这个区间的相关性掩盖掉. 2) 用 DCF 方法计算时需要大量的样本点, 而用线性回归方法时, 样本点受的限制要小的多. 因此在这里没有对 22 个 BL Lac 天体用 DCF 方法处理. 3) 用 DCF 方法可以获得可靠的误差估计量, 并可减少由于相关误差引起的虚假特征, 而线性回归方法则不能. 在天文数据处理时, 用 DCF 方法计算相关系数可以研究两个观测系列的相关系数随着一个物理量的变化. 随着我们观测样品的增多, 线性回归方法逐渐暴露出它的不足和缺陷, 与此同时, DCF 方法逐渐显示了它的优势, 可以更科学的反应真实现象. 因此 DCF 方法比线性回归方法更科学, 适用性更广.

4. 讨 论

许多人对 γ 射线噪声 Blazar 天体的 γ 射线辐射流量和射电辐射流量之间的相关性进行过研究, 发现 γ 噪 Blazar 天体在射电和 γ 射线流量之间有好的相关性. 1997 年, Zhou^[21] 发现 γ 射线辐射和射电辐射之间有相关性. 1998 年, Fan^[22] 研究了 γ 射线和 230GHz 射电流量之间的关系, 发现 γ 射线辐射和高频射电辐射 (1.3mm, 230GHz) 的最大值之间的相关性比 γ 射线辐射和低频射电辐射 (5GHz, 6cm) 之间的相关性要强. Dondi 等^[11] 在 1995 年研究 γ 噪 Blazar 天体时发现射电和 γ 射线亮度之间有好的相关性. 然而, 1997 年 Mücke^[14] 分析并得出了射电和 γ 射线亮度之间没有相关性. 2002 年, Cheng^[23] 和 Zhang^[24] 又发现它们二者之间有相关性. Zhang^[25] 分析并发现了 18 个具有 γ 噪 BL Lac 天体 γ 射线辐射流量和多波段辐射流量之间的相关性, γ 射线辐射流量与射电辐射流量之间在高态和低态都没有相关性. 在 γ

射线和射电波段之间的相关性得出了不同的结论, 主要理由^[16]: 1) 样品很小 2) γ 射线和射电波段没有同时观测的数据, 因此对辐射数据的不同选择自然会产生不同的结果. 但是用 DCF 方法可以求出相关系数 r 的数值随 γ 射线辐射流量差值的变化关系, 可能比线性回归方法更真实的反应了它们之间的相关性.

对 Blazar 天体, 在高态时有大的光变, 这是由于成束效应所致. 因此, 在高态时 γ 射线和射电都与成束效应有关, 正是这种强的成束效应导致了 γ 射线辐射流量和射电辐射流量之间有明显的相关性. 因此, 如果 γ 射线辐射来自康普顿过程 (SSC), γ 射线

和射电辐射应该有相关性.

γ 射线源在比较亮的情况下探测到的, 因此, 平均值应该与高态时一致. 从上面数据处理结果可以看出, 处在高态以及平均值时的 γ 射线与射电辐射之间的相关性比处在低态时的相关性要好的多. 这表明 γ 射线很可能产生于同步康普顿过程.

1998 年, Fan^[22] 分析了 44 个 γ 射线噪 AGNs 的样品, 发现射电和 γ 射线辐射有相关性^[19]. 本文的研究结果和他的一致. 本文的研究表明: 1) γ 射线和射电辐射都来自喷流; 2) γ 射线很可能产生于 SSC 过程; 3) 开展同时性对多波段的观测对相关分析是很重要的^[16].

-
- [1] Von Montigny C , Bertsch D L , Chiang J *et al* 1995 *AJ* **440** 525
- [2] Punch M , Akerlof C W , Cawley M F *et al* 1992 *Nature* **358** 477
- [3] Quinn J , Akerlof C , Biller S *et al* 1996 *ApJ* **456L** 83
- [4] Catanese M , Akerlof C W , Badran H M *et al* 1998 *ApJ* **501** 616
- [5] Dermer C D , Shchlickeiser R , Mastichiadis A 1992 *A&A* **256L** 27
- [6] Blandford R D , Levinson A 1995 *ApJ* **441** 79
- [7] Zdziarski Andrzej A , Krolik Julian H 1993 *ApJ* **409L** 33
- [8] Mannheim K , Biermann P L 1992 *A&A* **253** L21
- [9] Cheng K S , Ding W K Y 1994 *A&A* **288** 97
- [10] Lu J L 2005 *Chin. Phys.* **14** 263
- [11] Dondi L , Ghisellini G 1995 *MNRAS* **273** 583
- [12] Xie G Z , Zhang Y H , Fan J H 1997 *ApJ* **477** 114
- [13] Fan J H 1997 *Ap&SS* **246** 119
- [14] Mücke A Pohl M , Reich P *et al* 1997 *A&A* **320** 33
- [15] Zhang X , Xie G Z , Zhao G , Ma L , Bai J M 2000 *Acta Phys. Sin.* **49** 379 (in Chinese) 张 雄、谢光中、赵 刚、马 力、白金明 2000 物理学报 **49** 379]
- [16] Yang J H , Fan J H 2005 *ChJAA* **5** 229
- [17] He J , Xie G Z 1997 *Ap&SS* **254** 223H
- [18] Edelson R A , Krolik J H 1988 *ApJ* **333** 646
- [19] Qian B C , Tao J , Fan J H 2000 *PASJ* **52** 1075
- [20] Peterson B M , Alloin D , Axon D *et al* 1992 *ApJ* **392** 470
- [21] Zhou Y Y , Lu Y J , Wang T G , Yu K N , Young E C M 1997 *ApJ* **484L** 47
- [22] Fan J H , Adam G , Xie G Z , Cao S L , Lin R G , Copin Y 1998 *A&A* **338** 27
- [23] Cheng K S , Zhang X , Zhang L 2000 *ApJ* **537** 80
- [24] Zhang L , Fan J H , Cheng K S 2002 *PASJ* **54** 159
- [25] Zhang X , Zhao G , Cheng K S , Zhang L 2003 *Chin. Phys. Lett.* **20** 1183

Analysis of the correlation between γ -ray and radio emissions from γ -ray loud Blazar using the discrete correlation function^{*}

Cheng Yong Zhang Xiong[†] Wu Lin Mao Wei-Ming You Li-Sha
(College of Physics and Electronics , Yunnan Normal University , Kunming 650092 ,China)

(Received 24 March 2005 ; revised manuscript received 10 June 2005)

Abstract

In this paper , we collect 119 γ -ray-loud Blazar(97 flat spectrum radio quasars(FSRQs) and 22 BL Lacertae objects(BL Lac)) and investigate respectively the correlation between the γ -ray emission(maximum , minimum , and average data) at 1 GeV and the radio emission at 8.4GHz by discrete correlation function(DCF) method . Our main results are as follows : there is good correlation between the γ -ray in high state and average state and radio emissions for the whole 119 Blazar and 97 FSRQs . And there are no correlation between γ -ray emission and radio emission in low state . Our result shows that the γ -rays are associated with the radio emission from the jet , and that the γ -ray emission is likely to have come from the synchrotron self-Compton model (SSC) process in this case .

Keywords : Blazar , γ -ray , radio emission , correlation

PACC : 9760L 0420

^{*} Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. 10363002) , the Science and Technology Foundation of Education Ministry of China (Grant No. 02142) , and the Natural Science Foundation of Yunnan Province , China (Grant No. 2004A0027M) .

[†] Corresponding author. E-mail : hb_cy@163.com