

Lynds 315 における牡牛座 T 型星探査

篠原正雄

1 序 論

本論は、筆者が巨大分子雲・星生成領域で行ってきた T Tau 型星の光学的な探査についての報告の一環である。筆者は、以前の論文 (Shinohara and Ogura 1987) で、巨大分子雲 M17-SW における T Tau 型星探査の結果につき論じた。今回、筆者は、国学院大学の小倉助教授を通して、Indonesia の Bandon 工科大より、M17-SW の南に広がる Lynds 315 周辺の暗黒星雲群を撮影した写真乾板を借りることができ、筆者自身の観測を加えてこの領域を探査し、注目すべき星生成領域であることを明らかにした。その観測と結果について報告し、さらなる観測の必要を論ずる。

T Tau 型星の光学的な探査は、星生成領域の観測研究に欠かせない重要な手段の一つである。一般に一つの巨大分子雲での星生成活動の期間は 1 億年のオーダーにおよび、星生成領域には、1000 万年以上にわたる様々な年代の星生成活動の結果が重なりあって見られる。星生成は分子雲の奥深くで起こり、高密度の星間物質が光を吸収・散乱するので、星生成領域の観測は、可視光よりも波長の長い散乱されにくい赤外線や電波が主役である。星生成の母胎となる巨大分子雲自体は、可視光では不透明な暗黒星雲であるが、CO 分子線などの電波観測により密度・温度構造を知ることができる。また、生まれたの原始星は赤外線点源として観測される。しかし、分子雲のやや密度の低い部分では、原始星の進化の後期の段階にある T Tau 型星やハービッグ・ハロー天体が、可視光で観測される。電波や赤外の観測で目だつのは、エネルギー的には重要だが数では少数の大質量星である。一方、T Tau 型星は、主系列星へと進化する直前の段階にある中小質量の原始星である。理論的には以前から、中小質量の生成が大質量星の生成に先行すると考えられてきた。さらに最近、T Tau 型星やハービッグ・ハロー天体の高い活動度

が注目されている。これらの天体から分子雲に供給される乱流のエネルギーは、星生成のモデルを考える上で無視できない。大質量星の生成と、中小質量星の生成との関連を探る意味でも、T Tau 型星の探査は重要である。従って、星生成領域の空間構造と時間的な進化を明らかにするためには、可視光を含む様々な波長域での観測を総合して、物理的モデルと比較する必要がある。

今回とりあげる Lynds 315 のように光学的に薄く、相対的に低密度な暗黒星雲では、T Tau 型星の光学的探査は星生成領域そのものの発見の手段でもある。T Tau 型星は単独が存在することは稀で、通常はTアソシエーションとよばれるまばらな群れをなしている。その存在は、中小質量星の星生成活動の存在を示す直接証拠である。また、電波観測の角分解能は1"をきり、光学観測をしのぐようになったが、同時に観測できる範囲は限られている。広い範囲を高い分解能で同時に観測する探査の能力では、光学観測に及ばない。むしろ、光学的に発見された T Tau 型星を電波で観測することにより、原始星特有の双極分子流などの活動に新たな知見が加えられているのである。

Lynds 315 を中心とする暗黒星雲群は、Shinohara and Ogura (1987) で T Tau 型星の探査について報告した M17-SW 巨大分子雲の南に位置する。周辺には多くの暗黒星雲や小H II 領域が散在している。図1にこの領域のESO・SRC プリントを示す。

図1の上端の暗黒星雲が M17-SW である。図を斜めに横切る直線は銀河赤道であり、数字は銀経を表す。図にみられるように、Lynds 315 暗黒星雲群は、全体として「く」の字を裏返した形をしている。Lynds のカタログ (Lynds 1962) では、一群の暗黒星雲には複数の番号がつけられている。ここでは、この暗黒星雲の中心部にあたる最も広い部分が Lynds 315 であるので、全体を Lynds 315 暗黒星雲群と呼ぶことにする。屈曲部にH II 領域 S37 がある。また、S37 の南東には、反射星雲 vdB 118, vdB 119 がある。

S37 付近にある分子雲については Kutner et al. (1980), Evans et al. (1982) による CO 他の分子線及び赤外線による観測がある。しかし領域全体についての星生成に関する探査は行われていない。

これらの諸天体は見かけ通り互いに関連した天体であるのであろうか。銀河面に近く、銀経も小さいことを考えると、我々からの距離の異なる天体が重なって見えている可能性を否定できない。しかし、Evans et al. (1982)

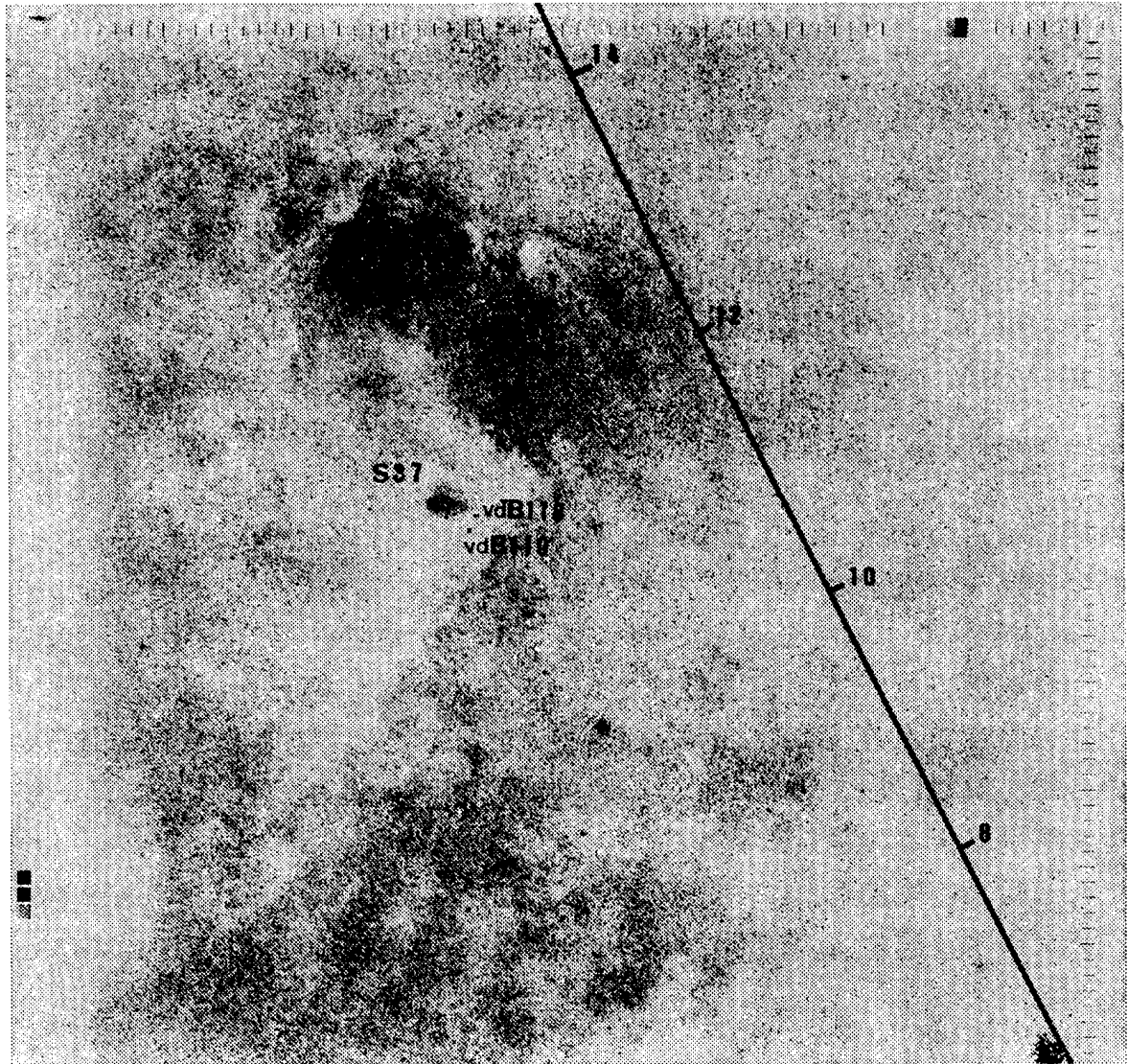


図 1 Lynds 315 暗黒星雲群 (ESO SRC Print)

の観測は、彼らが S37 分子雲と命名した分子雲のプロファイルが、可視光で見える暗黒星雲 Lynds 315 と一致することを示している。さらに彼らは分子雲の速度成分の分析から、この分子雲が S37 や、二つの反射星雲と物理的に結びついていることを明らかにした。このことから、ここで扱う Lynds 315 暗黒星雲群の少なくとも主要な部分は、空間的にも一つの領域を占めていると考えて良い。

Lynds 315 の距離については問題が残る。Evans et al. (1982) の議論によれば、反射雲の中心星から求められた距離指標は 11.0 であり、この付近の OB アソシエーションの距離指標と一致する。しかし、S37 の中心星のように見える早期型星の距離指標は 9 である。S37 が反射星雲と同じ距離にある

ものならば、この星はずっと手前にあって偶然重なって見えているということになる。S 37 の本当の励起星は分子雲の陰にあって、大きな空間赤化を受けているのであろう。一方、Herbst-Sawyer 法によれば、この領域の距離指標は12.2となる。結局 Evans らは、分子雲の距離として1.5 kpc を一応採用しながら、2.5 kpc の可能性をも残している。Shinahara and Ogura (1987) でとりあげた M17-SW の距離は2-2.5 kpc とされている (Elmegreen et al. 1979)。従って、Lynds 315 は M17-SW より手前にある可能性が強いが、両者が物理的に関連している可能性も否定できない。

2 観測と整約

観測は、Indonesia の Bosscha 天文台 51/71/127 cm Schmidt 望遠鏡を用いて国学院大学の小倉助教授により1985年に行なわれた。まず、同望遠鏡に6°対物プリズムを装着してH α 帯で6枚の乾板を得た。また、Kodak 103aO 乾板を用いて、短波長域のスペクトル写真も得た。これは、T Tau 型星の特徴であるCa II H, K 輝線を検出するためである。T Tau 型星は、この線を輝線として示すことが特徴的で、これにより、[他の型のH α 輝線星と区別できる。さらに、対物プリズム無しで、測光用の直接写真を得た。ただしU帯の直接写真は、同望遠鏡の構造上撮影が不可能なので、筆者が東京天文台木曾観測所の105/130/330 cm Schmidt 望遠鏡を用いて1986年に行った。

表1に撮影した乾板のリストを示す。表の第1項は乾板番号、第2項は撮影日、第3項は撮影場所、第4項は使用乾板の乳剤の種類、第5項はフィルターの種類、第6項は対物プリズムの種類、第7項は分を単位として露出時間を示す。

H α 輝線を持つ星を捜すために、双眼顕微鏡を用いてこれらの乾板を眼視調査し、17の輝線星を検出した。検出限界に近いところでの作業であるため、乾板の粒子などによるノイズが無視できない。複数の乾板の像を比較して、輝線星の確からしさを評価し、確実またはほぼ確実なものだけを選んだ。また、2重星のスペクトル像が重なると見かけ上、輝線星と似た像となる。直接写真の星像を参照することでこれらを除いた。

輝線検出の限界等級は、星の等級と輝線の強度の双方が関係するため正確な定義は難しいが、今回実際に輝線が十分な確からしさを検出された星の示す限界等級はV帯でおおよそ15等である。

表 1 撮影乾板リスト

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
2172	1985/08/08	Bosscha	IIaO	GG13	—	21
2173	1985/08/08	Bosscha	103aD	OY50	—	15
2174	1985/08/08	Bosscha	103aD	OY50	—	10
2175	1985/08/08	Bosscha	IIaO	GG13	—	15
2176	1985/08/09	Bosscha	IIaO	GG13	—	5
2177	1985/08/09	Bosscha	IIaO	GG13	—	8
2178	1985/08/09	Bosscha	103aD	OY50	—	5
P 1238	1985/08/10	Bosscha	103aE	RG2	6°	19
P 1239	1985/08/11	Bosscha	103aE	RG2	6°	60
P 1240	1985/08/11	Bosscha	103aE	RG2	6°	60
P 1241	1985/08/11	Bosscha	103aE	RG2	6°	30
P 1242	1985/08/11	Bosscha	103aE	RG2	6°	30
P 1243	1985/08/12	Bosscha	IIIaF	RG2	6°	60
P 1244	1985/08/12	Bosscha	103aE	RG2	6°	60
P 1245	1985/08/16	Bosscha	IIaO	—	6°	21
P 1246	1985/08/16	Bosscha	IIaO	—	6°	15
P 1247	1985/08/16	Bosscha	IIaO	—	6°	10
KL 5083	1986/05/15	Kiso	IIaO	UG1	—	12
KL 5084	1986/05/16	Kiso	IIaO ⁺	UG1	—	120
KL 5085	1986/05/17	Kiso	IIaO ⁺	UG1	—	90

(1) Plate No.

(2) Observation : Date

(3) : Observatory

(4) Emulsion

+ : hypersensitized

(5) Filter

— : none

(6) Objective Prism

— : none

(7) Exposure (minutes)

検出された輝線星の全てについて、直接撮影した乾板上の位置を東京天文台木曾観測所の XY 座標測定機により測定した。このとき、20個の SAO カタログの星も同時に測定した。次に、この SAO 星を座標の準拠星として同観測所の FACOM S-3500 電子計算機を用いて、標準座標法により 1950.0 分点の赤経・赤緯を求めた。

得られた座標を、木曾観測所の上記の計算機により IRAS 点源カタログと照合したところ、30" の範囲で 4 天体が IRAS 天体と一致した。うち 1 つ

は、nebulosity を伴っている。これらの天体の赤外スペクトルはすべて、T Tau 型星などの原始星の特徴を示している。

3 結果と議論

表 2 及び図 2 に結果を示す。表の第 1 項は図 2 との同定のために我々がつけた星の番号である。次の二つの項に、1950.0 分点の赤道座標を示す。第 4 項の*印は輝線の確からしさの評価のやや低いものを示す。また、「IRAS」とあるのは、IRAS 天体と同定された輝線星である。

我々の主な関心は、表 2 の H α 輝線星のうち幾つが実際に Lynds 315 暗黒星雲群に物理的に関連しているのか、また、幾つが T Tau 型星であるのかということである。

簡単な統計的見積りから、半分以上が実際に Lynds 315 と関連していると考えられる。Lynds 315 領域内と領域外での輝線星分布の表面密度の差を比較するために、同じ乾板上で銀緯の等しい比較星野をとり、同様の方法で輝線星を探查した。結果は、輝線星の表面密度は比較星野の方が約 1.5 倍大きい値となった。しかし、星全体の表面密度は比較星野の方が Lynds 315 内部より約 3 倍大きい。このことから、輝線星の星全体に占める割合は、Lynds 315 内で外部のおよそ 2 倍であるといえる。

図 2 にみられるように、今回検出された輝線星の多くは、Lynds 315 の中でも、分子雲の北側に集中している。この部分に限って言えば、輝線星の表面密度自体が比較星野よりも大きな値を持っている。さらに、原始星型の赤外スペクトルをしめす IRAS 天体もこの付近に多く分布している。これらの事実は、S 37 分子雲の北側のかなり広い範囲で星生成活動が生じていることを示している。

今回の探查はおもに Lynds 315 暗黒星雲群における T Tau 型星の候補の検出であった。これらの候補天体の本性を明らかにし、他の型の H α 輝線星、とりわけ赤化した Be 星と区別するためには、スリット分光写真観測が必要である。また、T Tau 型星の特徴である不規則な変光を検出するための、光電測光観測を行うことが望ましい。

しかし、個々の星の本性はともかく、全体としてみれば、Lynds 315 領域の北側が星生成領域であることは明らかである。一方、南側で検出された輝線星は、1 つを除いて外部との境界線上にある。これらは、暗黒星雲の薄い部分を通して見えている一般星野の星である可能性が強い。ただし、仮に光

学的に T Tau 型星が検出されなくても、分子雲の深い部分での星生成が生じている可能性までは否定できない。

S 37 自体は HII 領域であるから、励起星が同定されていないとはいえ、過去の大質量星の星生成活動の産物であることは確実である。系列的星生成の

表 2 輝線星の座標

No.	α (1950.0)	δ	Comment
1	18 ^h 12 ^m 21 ^s 8	-19° 32' 54"	*
2	18 ^h 12 ^m 24 ^s 5	-19° 32' 41"	
3	18 ^h 12 ^m 35 ^s 4	-19° 45' 14"	*
4	18 ^h 13 ^m 17 ^s 4	-19° 26' 46"	IRAS
5	18 ^h 13 ^m 36 ^s 8	-19° 35' 03"	*
6	18 ^h 14 ^m 33 ^s 3	-19° 29' 43"	*
7	18 ^h 15 ^m 30 ^s 2	-18° 56' 30"	* IRAS
8	18 ^h 15 ^m 32 ^s 0	-19° 16' 05"	IRAS
9	18 ^h 15 ^m 41 ^s 3	-19° 32' 29"	
10	18 ^h 16 ^m 02 ^s 4	-18° 50' 55"	
11	18 ^h 16 ^m 02 ^s 6	-19° 23' 46"	*
12	18 ^h 16 ^m 11 ^s 3	-20° 48' 16"	* IRAS Nebulosity
13	18 ^h 16 ^m 24 ^s 1	-20° 55' 38"	
14	18 ^h 17 ^m 21 ^s 2	-20° 42' 46"	
15	18 ^h 17 ^m 44 ^s 3	-18° 58' 34"	*
16	18 ^h 19 ^m 25 ^s 1	-19° 36' 46"	
17	18 ^h 20 ^m 22 ^s 5	-20° 29' 45"	*

仮説を Lynds 315 にあてはめれば、暗黒星雲群の我々に近い側で見かけ上の中央にある HII 領域 S 37 から S 37 分子雲へと星生成活動が伝播しつつあるところで、Lynds 315 の他の部分では星生成はまだ起こっていないはずである。しかし、今回の結果は、少なくとも中小質量星の星生成が、S 37 からの衝撃波の伝播を待たずにすでに起こっていることを示している。系列的星生成は主に大質量星生成のトリガーについての仮説であるが、中小質量星の生成もトリガーになり得ることを思えば、S 37 の近辺を除いて、Lynds 315 全体には系列的星生成はあてはまらないようである。Shinohara and Ogura (1987) では、系列星生成の典型的な例とされる M17-SW でも同様の現象があることを示した。さらに M17-SW では、HII 領域 M17 からの衝撃波

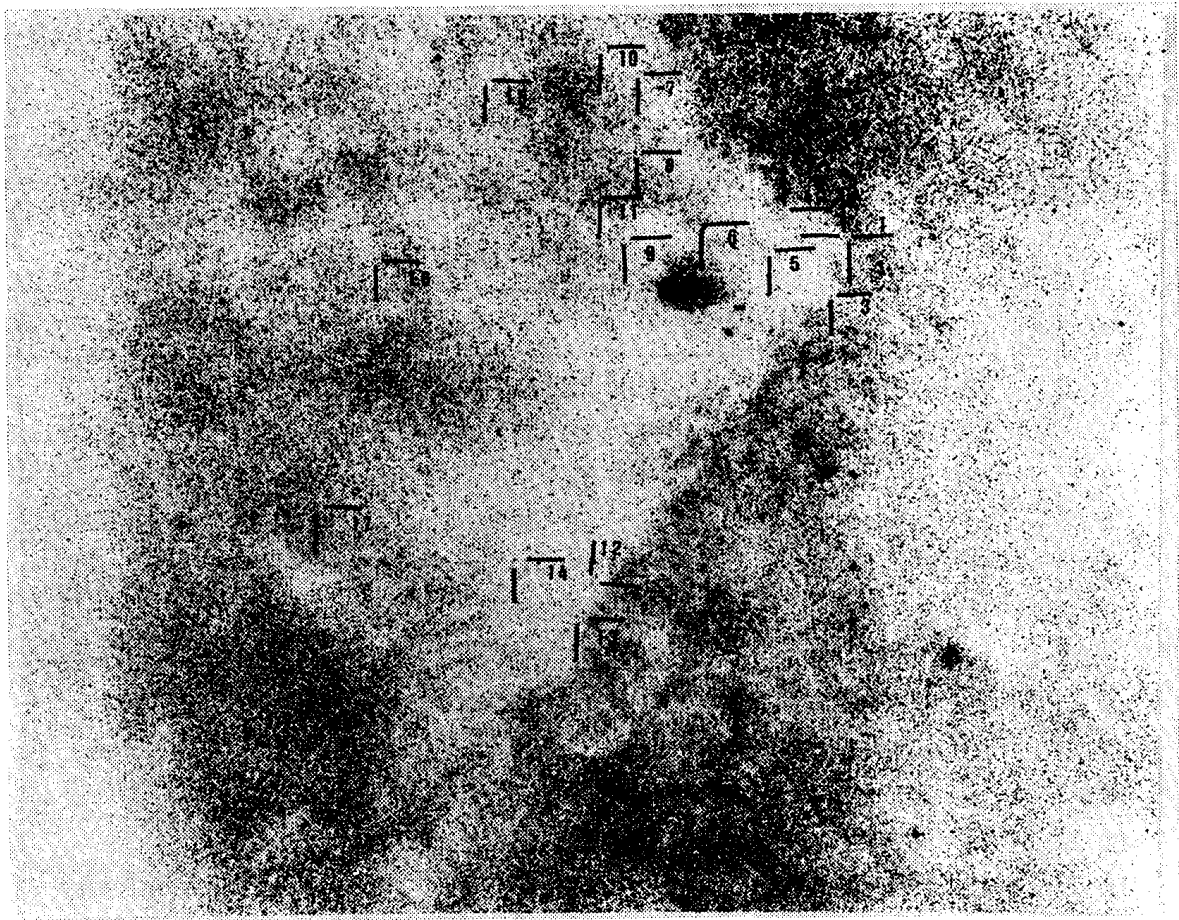


図 2 Lynds 315 領域の $H\alpha$ 輝線星

が伝播して大質量星の生成が始まっている北西部の領域からはるかに離れた部分でもすでに大質量星の星生成が始まっていることを示唆する赤外観測があった。Lynds 315 でも同様の可能性は十分ありうることである。

序論で述べたように、T Tau 型星の光学的研究はそれだけで完結するものではなく、最終的には、他の波長域のデータと共に考察されるべきである。M17-SW のように電波や赤外の観測が揃っている星生成領域では、そのような議論が展開されている。Lynds 315 の場合は今日までに詳しい電波観測が行われたのは S37 周辺部だけであるが、今回の研究で存在が示された北側の星生成領域や、さらには南側の部分も含む広い範囲の電波・赤外観測が必要である。

M17-SW の星生成に関して銀河衝撃波との関係が論じられている。銀河衝撃波は個々の星生成領域を超える銀河系の大規模な構造に関わる問題であ

るから、M17-SW と Lynds 315 のように隣あった星生成領域の進化を併せて考察することが、銀河衝撃波と星生成領域の進化との関係を明らかにする上で重要である。このためには、まず Lynds 315 と N17-SW の空間的位置関係を明らかにすること、すなわち、Lynds 315 の距離を確定することであり、次に、Lynds 315 での星生成活動の年代別の分布を明らかにすることである。その上で興味深いことは、Lynds 315 北部の星生成領域と M17-SW との間に、赤外スペクトルが原始星の特徴を示す IRAS 天体を多く含む暗黒星雲のフィラメントが存在することである。CO 分子線などによる観測が望まれる。

この研究は駒沢大学特別研究助成及び学術振興会の東南アジア国際交流の援助を受けました。Bandon 工科大学の Bambang Hidayat 教授には、貴重な乾板を提供していただきました。1986年には筆者自身も、Bosscha 天文台の Schmidt 望遠鏡による観測につき同教授より直接の御指導を受け、この説明は今回のデータの整約に大いに役立ちました。心より感謝致します。国学院大学の小倉助教授から、乾板の撮影者としての優先使用権を譲っていただき、また、多くの有益な御助言をいただいた事に感謝致します。最後に観測及び整約にあたって協力をいただいた東京天文台木曾観測所（現東京大学理学部天文学教育センター木曾観測所）の石田恵一教授以下スタッフの方々に心より感謝致します。

参考文献

- (1) Elmegreen, D.M., and Elmegreen, B.G. 1979, *Astron. J.* **84**, 615.
- (2) Evans, N.J., Blair G.N., Naceau D., and Vanden Bout p. 1982 *Astrophys. J.* **253**, 115.
- (3) Kutner, M.L., Machnik, D.E., Tucker, K.D., and Dickman, R.L. 1980, *Astrophys. J.* **237**, 734.
- (4) Lynds, B.T., 1862, *Astrophys. J. Supple.*, **7**, 1.
- (5) Sninohara, M., and Ogura, K., 1987, *IAU Symposium No. 115*, p. 62.