

代表的な流星スペクトルのカタログの 輪読

Catalogue of representative meteor spectra

V. Vojáček^{1,2}, J. Borovička¹, P. Koten¹, P. Spurný¹ and R. Štork, A&A 580 (2015) A67.

DOI:10.1051/0004-6361/201425047

4. スペクトルの説明と分類 4.1. スペクトルの説明

海老塚 昇
理化学研究所・日本流星研究会

観測されたスペクトルは、通常、連続スペクトル、加熱された大気からの輝線（具体的には、酸素と窒素の輝線と窒素分子のバンド）、および流星体の蒸発した物質に起因する放射から構成されます。

表2. 3800-8700Åにおいて流星スペクトルに寄与する輝線。

λ (Å)	Chemical species	Multiplet	Wake lines		
			4376, 4427, 4462, 4482	Fe I	2
			4571	Mg I	1
			5169, 5205	Fe I	1
Low-temperature lines			Atmospheric lines and bands		
3831	Mg I	3	5330	O I	12
3859, 3885, 3926	Fe I	4	5700–6000	N ₂ 1st. positive	$\Delta\nu = 4$
4045, 4066, 4143	Fe I	43	6200–6800	N ₂ 1st. positive	$\Delta\nu = 3$
4201, 4273, 4308, 4326	Fe I	42	7000–7500	N ₂ 1st. positive	$\Delta\nu = 2$
4226	Ca I	2	6157	O I	10
4255	Cr I	1	6455	O I	9
4384, 4405	Fe I	41	6484	N I	21
4703	Mg I	11	7424, 7442, 7468	N I	3
4872, 4891, 4920, 4957, 5008	Fe I	318	7774	O I	1
5182	Mg I	2	8186, 8218, 8143	N I	?
5269, 5328, 5371, 5404, 5431, 5449	Fe I	15	8446	O I	4
5892	Na I	1	8682	N I	1
High-temperature lines			Train lines		
3934, 3969	Ca II	1	5577	[O I]	3F
4481	Mg II	4			
6347, 6371	Si II	2			

注. これらの輝線はビデオスペクトルで十分に分離される多重線を含む。多重線の本数はMoore (1945)による。

観測されたスペクトルは、通常、連続スペクトル、加熱された大気からの輝線（具体的には、酸素と窒素の輝線と窒素分子のバンド）、および流星体の蒸発した物質に起因する放射から構成されます。

表2. 3800-8700Åにおいて流星スペクトルに寄与する輝線。

λ (Å)	Chemical species	Multiplet
Low-temperature lines		
3831	Mg I	3
3859, 3885, 3926	Fe I	4
4045, 4066, 4143	Fe I	43
4201, 4273, 4308, 4326	Fe I	42
4226	Ca I	2
4255	Cr I	1
4384, 4405	Fe I	41
4703	Mg I	11
4872, 4891, 4920, 4957, 5008	Fe I	318
5182	Mg I	2
5269, 5328, 5371, 5404, 5431, 5449	Fe I	15
5892	Na I	1
High-temperature lines		
3934, 3969	Ca II	1
4481	Mg II	4
6347, 6371	Si II	2

- ・ 1番目の輝線のグループは低温 (≈ 4500 K) スペクトルグループの一部。
- ・ 2番目の輝線のグループは高温 ($\approx 10,000$ K) スペクトルグループ。通常、明るい高速流星で見られる。

注. これらの輝線はビデオスペクトルで十分に分離される多重線を含む。多重線の本数はMoore (1945)による。

観測されたスペクトルは、通常、連続スペクトル、加熱された大気からの輝線（具体的には、酸素と窒素の輝線と窒素分子のバンド）、および流星体の蒸発した物質に起因する放射から構成されます。

表2. 3800-8700Åにおいて流星スペクトルに寄与する輝線。

- 他の輝線をなすグループは流星体の直後で光り、流星軌跡中に突出する。

これらの輝線は、ほんの一瞬しか持続せず、低エネルギー励起の相互結合の起源であり、熱モデルでフィットできない。衝突緩和率が低い場合、流星の衝突前面でも見られる。→後半で紹介。

流星スペクトルの重要な部分は大気起源（OとN, $\approx 10,000$ K）の輝線とバンドです。

- 最後のグループはたった1本の輝線で5577Åの緑の酸素禁制線です。この輝線は流星本体が消滅してから1秒近く継続し、短痕を形成します。この輝線は高速流星でよく見られます。

Wake lines		
4376, 4427, 4462, 4482	Fe I	2
4571	Mg I	1
5169, 5205	Fe I	1
Atmospheric lines and bands		
5330	O I	12
5700–6000	N ₂ 1st. positive	$\Delta\nu = 4$
6200–6800	N ₂ 1st. positive	$\Delta\nu = 3$
7000–7500	N ₂ 1st. positive	$\Delta\nu = 2$
6157	O I	10
6455	O I	9
6484	N I	21
7424, 7442, 7468	N I	3
7774	O I	1
8186, 8218, 8143	N I	2
8446	O I	4
8682	N I	1
Train lines		
5577	[O I]	3F

観測されたスペクトルは、通常、連続スペクトル、加熱された大気からの輝線（具体的には、酸素と窒素の輝線と窒素分子のバンド）、および流星体の蒸発した物質に起因する放射から構成されます。

表2. 3800-8700Åにおいて流星スペクトルに寄与する輝線。

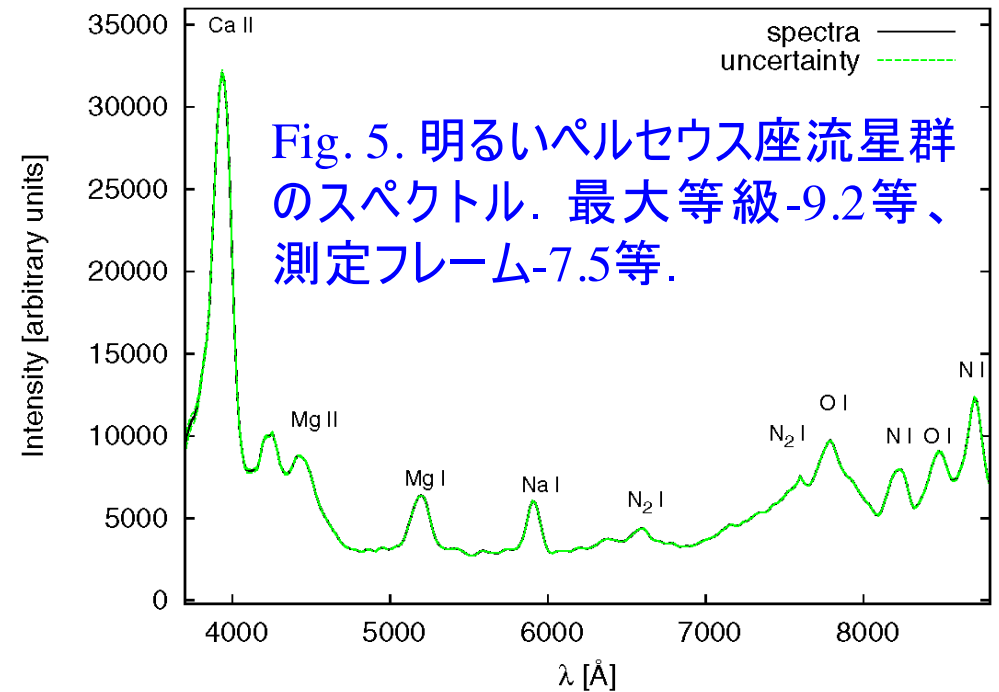
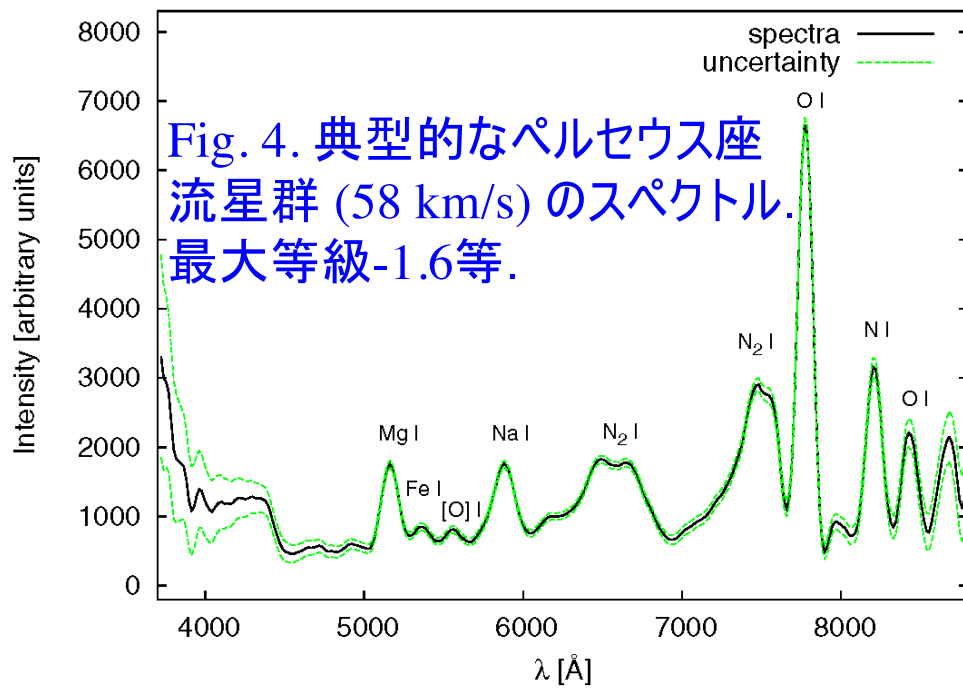
λ (Å)	Chemical species	Multiplet
Low-temperature lines		
3831	Mg I	3
3859, 3885, 3926	Fe I	4
4045, 4066, 4143	Fe I	43
4201, 4273, 4308, 4326	Fe I	42
4226	Ca I	2
4255	Cr I	1
4384, 4405	Fe I	41
4703	Mg I	11
4872, 4891, 4920, 4957, 5008	Fe I	318
5182	Mg I	2
5269, 5328, 5371, 5404, 5431, 5449	Fe I	15
5892	Na I	1
High-temperature lines		
3934, 3969	Ca II	1
4481	Mg II	4
6347, 6371	Si II	2

・ビデオ分光では4本の流星輝線：マグネシウム (Mg I)、ナトリウム (Na I)、鉄 (Fe I)、およびカルシウム (Ca I) が、確認できる。

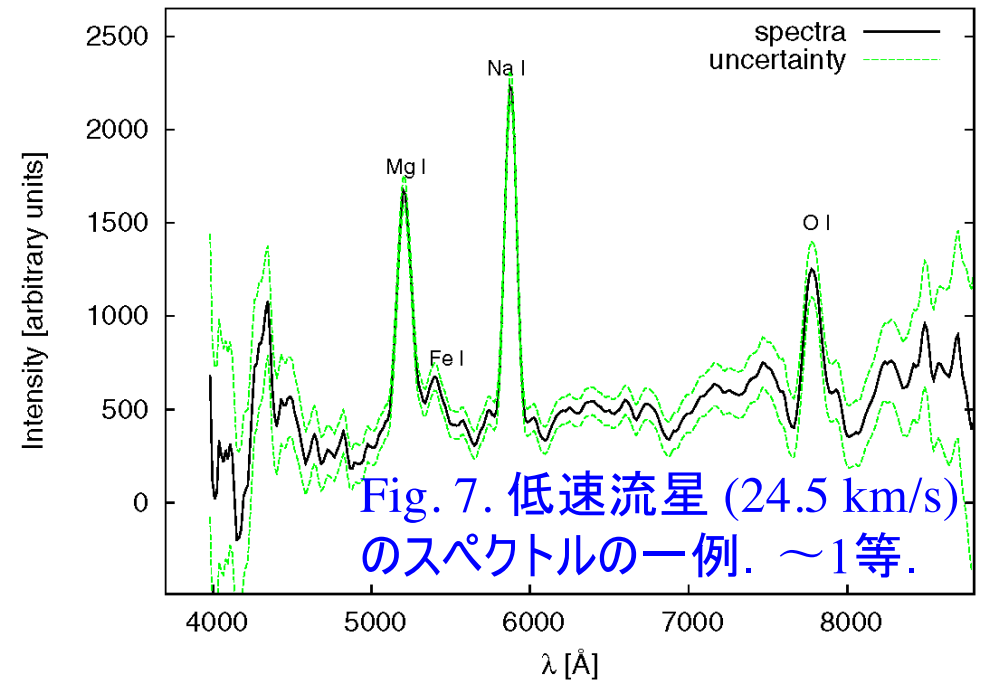
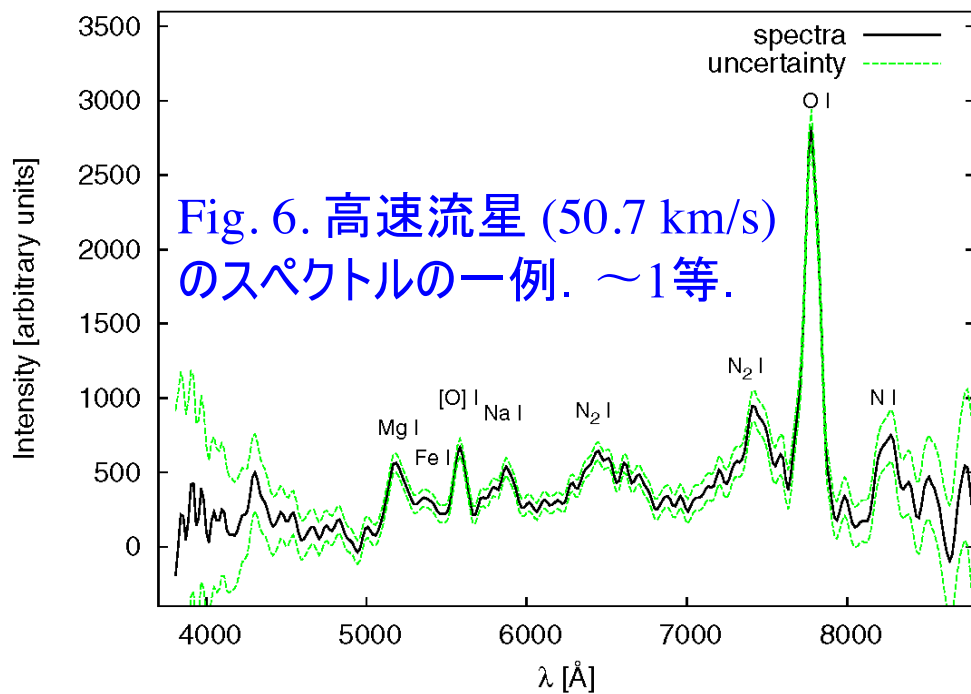
しかし、我々のインテンシファイアが青側の感度が低いためにカルシウムは明るい流星しか十分な強度を得られない。

Cr I (クロム)の輝線はFe Iと混ざり、計測不能。

注. これらの輝線はビデオスペクトルで十分に分離される多重線を含む。多重線の本数はMoore (1945)による。




- 明るくて十分に速い流星では、高温成分（Ca II、Mg II、およびSi II）の輝線が現れるのであろう。異なる明るさの2つのペルセウス座流星群（ $\approx 60\text{km/s}$ ）のFig. 4および5スペクトルを比較する。
- Fig. 4の絶対等級-1.6等の流星では分離できる流星輝線は低温成分線 Mg IとNa I、Fe Iだけである。
- Fig. 5の絶対等級-9.2等の明るいペルセの流星では低温の原子輝線の Mg IとNa I、Fe Iが見られるが、この場合、高温の原子輝線（Mg II、Ca II）も十分に明るい。



スペクトルの出現は、温度だけでなく、流星の速度にも依存する。図6に高速流星 (50.7 km/s)、図7に低速流星 (24.5 km/s) のスペクトルを示す。いずれも、ほぼ同じ眼視等級 (~1等) である。

高速流星ではOとNと窒素分子バンドN₂、および緑色酸素禁制線[OI]の大気輝線が明るく、低速流星よりも赤くなり、スペクトルの赤外線部分を明るくする。

低速流星で卓越する唯一の大気輝線は、スペクトル中で最も明るい7774Åの酸素輝線である。



暗い流星
ペルセ群は緑色。
ふたご群は青白い。

ふたご座流星群

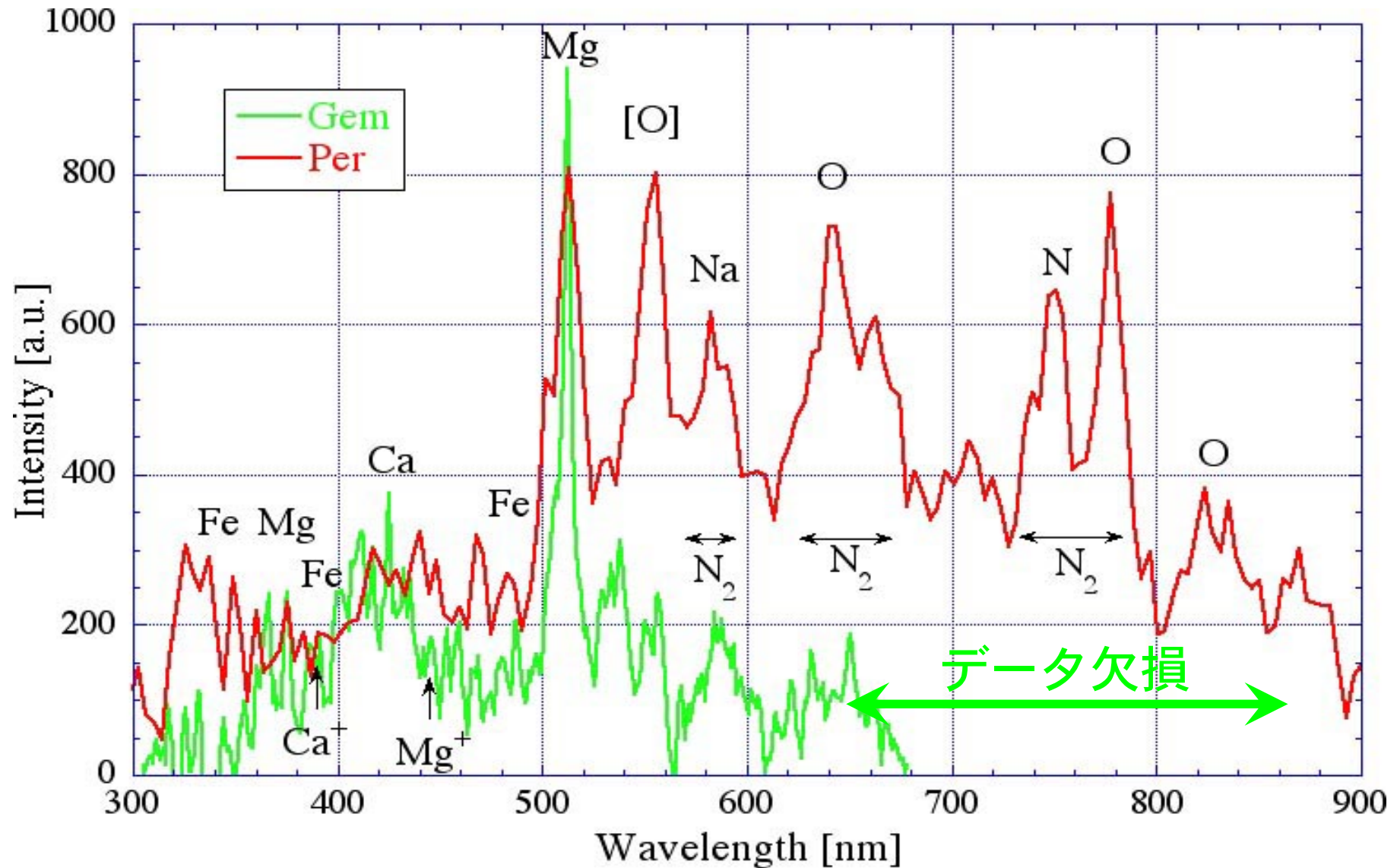
ペルセウス座流星群

© Fred Bruenjes

© 2005 Fred Bruenjes - All Rights Reserved

© 2004 Fred Bruenjes - All Rights Reserved

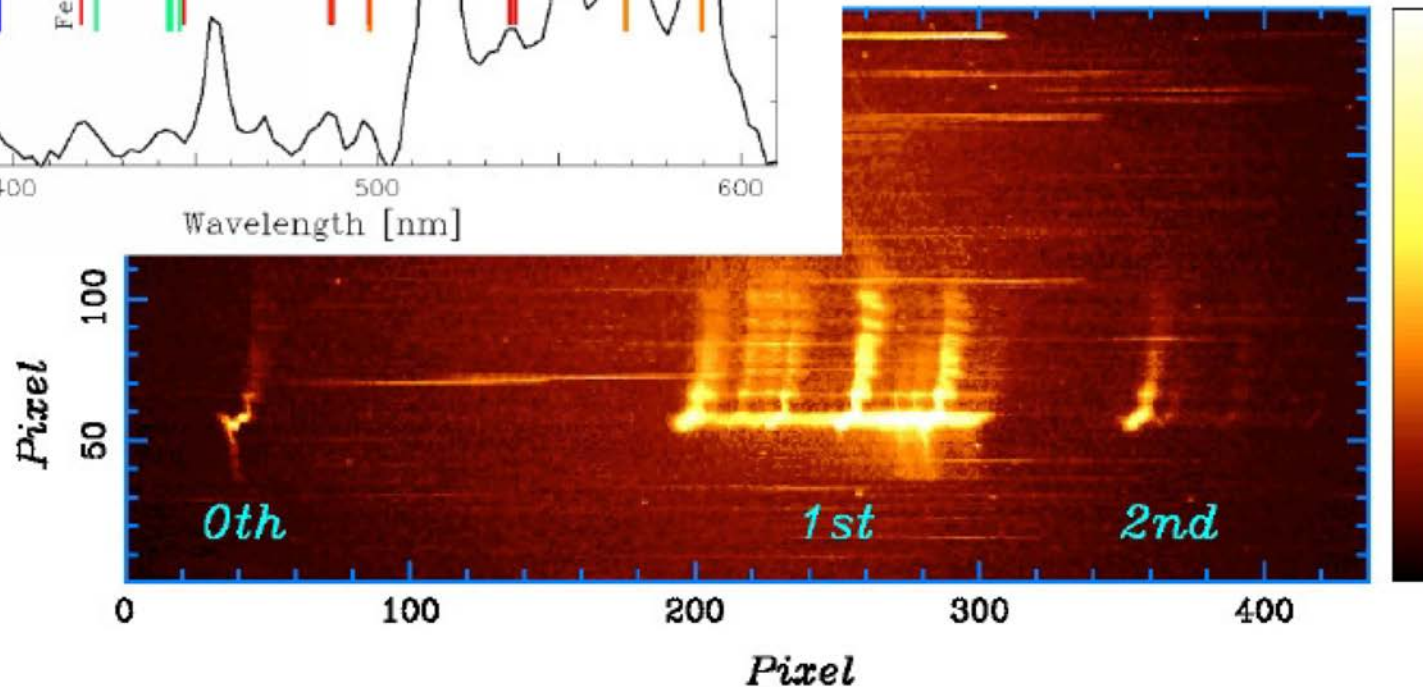
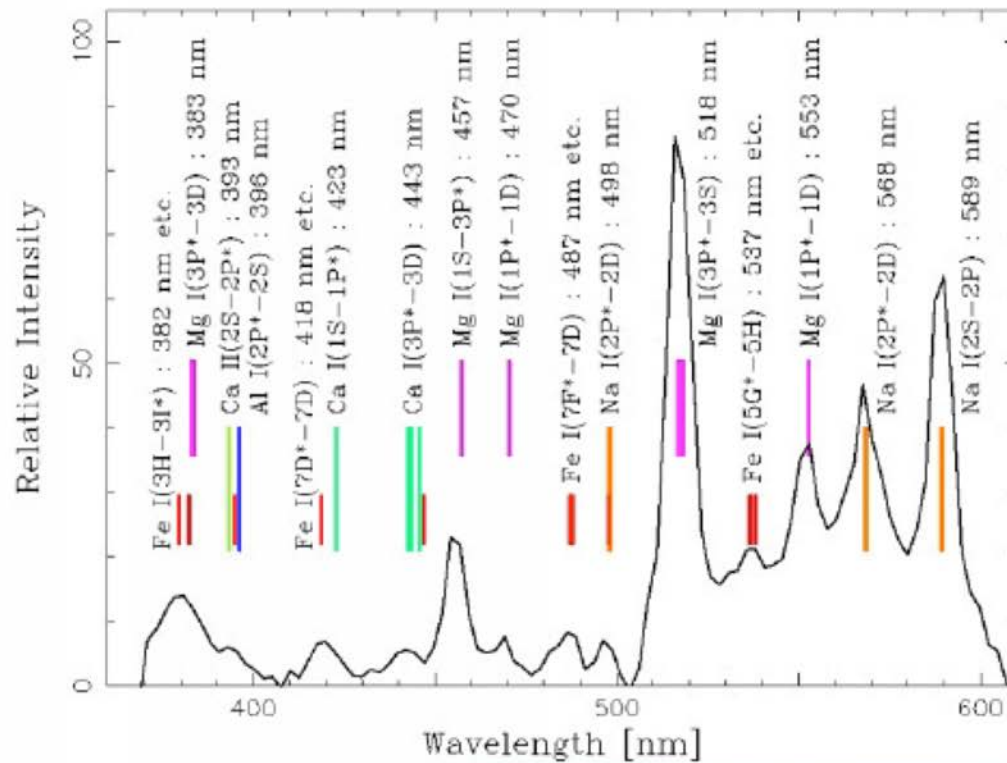
ペルセウス座とふたご座流星群のスペクトル



ふたご群 (35Km/s) は紫外線から青側の金属輝線が強い。
ペルセ群 (58Km/s) は酸素輝線や窒素分子バンドが強い。

日本女子大学および甲南大学の卒業研究。

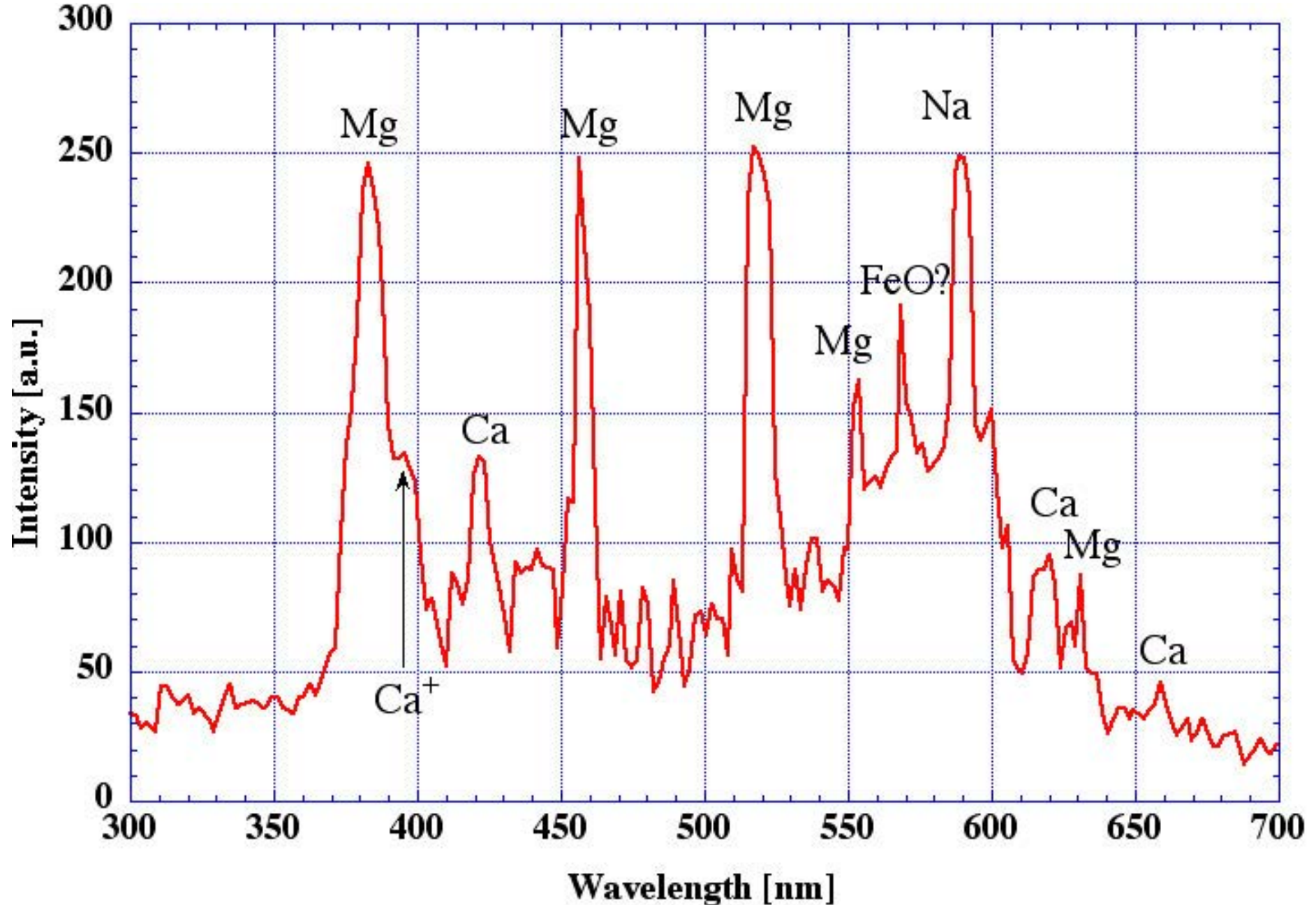
Spectrum of Persistent Train (Leonids 1998)



伊豆上空に出現した大火球に伴う流星痕のスペクトル
(撮影：村山氏@日本火球ネットワーク、長野県臼田町)

阿部 他, “流星に生命の起源を求めて,” 天文月報 95 (2002) 515-528.
http://www.asj.or.jp/geppou/archive_open/2002/pdf/20021103c.pdf

しし座流星群の流星痕スペクトル



アフターグロー、永続痕の発光

- 1.5秒後の「アフターグロー」発光高度: 120-86km。
高度110km以上が短痕と同じ[O] (禁制線, 557nm, 緑)。
高度105km近傍、Fe, Fe⁺ (368-546nm, シアン), Ca (423nm, 青紫) やCa⁺ (394, 397nm, 紫外) 等が強い。
高度95km近傍、Na (589nm, 橙)やN₂ (610-670nm, 赤)? が強い。
- 10-20秒の「アフターグロー」発光高度: 86-110km。
Mg (383nm: 紫外, 457nm: 青, 517nm: 青緑)と Na (589nm, 橙)が強く、Ca (423nm, 青紫), Fe (537nm, 緑), Mg (553nm, 緑), FeO? (568nm, 黄) などが見られる。
- 30秒以降の「永続痕」発光高度: 86-95km。
同上。