# 星取県の分光観測用波長較正ユニット

# TORIHICO

## 操作マニュアル(Ver.0.0)

## 2024年8月29日

米子高専科学部

目次

## 1. TORIHICO について

- 1.1 TORIHICO の構造
- 2. 観測方法
  - 2.1 スペクトルの撮像
  - 2.2 波長較正用スペクトルの撮像
  - 2.3 フラットの撮像
  - 2.4 分光標準星の撮像
- 3. 解析方法
  - 3.1 波長較正
  - 3.2 分光感度補正
- 4. 付録
  - 4.1 分光標準星一覧
  - 4.2 Ne-Xe ランプ輝線一覧

#### 1. TORIHICO について

星取県の天体分光観測用波長較正ユニット「TORIHICO」は、鳥取県教育委員会の令和6年度と っとり夢プロジェクト事業補助金の交付を受けて、米子高専科学部が製作した波長較正ユニット であり、以下の特徴を持っている.

- ・アマチュア天文家が簡単に自作できるよう, 3D プリンタで製作したパーツ(CAD データは公開) と既製パーツを多用し,工作を最小限にとどめたこと.
- ・市販の Ne-Xe ランプを波長較正用光源とし、天体分光観測時に極めて容易に波長較正用スペクトルの撮像ができること.
- 市販の白熱電球をフラット光源に、因州和紙をディフューザーとし、簡単な関数で分光感度補 正関数が表せるようにしたこと。
- ・既製パーツを利用しているため、米子高専科学部が令和 5 年度に開発した天体観測用分光器 「TORIHIME」だけではなく他の分光器にも接続可能であること.

以上の特徴により、TORIHICOを利用するとスペクトルの波長較正や分光感度補正が極めて容易 となり、天体分光観測の効率が向上すると考えられる.

#### 1.1 TORIHICO の構造

図 1.1.1 に TORIHICO の外観を,図 1.1.2 に TORIHIME と接続して分光観測を行う場合の写真を 示す. TORIHICO はビクセンのフリップミラーを利用して,Ne-Xe ランプやフラットランプの光を 分光器の光軸上に導くものである.そのため,波長較正用スペクトルやフラット撮像が簡単に行 えるだけではなく,VEGA や DSS-7 といった TORIHIME 以外の分光器にも接続して使用することが できる.



図 1.1.1 TORIHICOの外観



図 1.1.2 TORIHICO を TORIHIME に接続

#### 2. 観測方法

#### 2.1 スペクトルの撮像

まず,スペクトルを0次のスペクトルに切り換え,スリットをスリットビュワーとする.そして,図 2.1.1のように観測天体を視野内に導入し,ヘアライン上の視野中央に合わせる.次に, スリットを250μmスリットとし,天体がスリットの中央にとらえられていることを確認する.



図 2.1.1 スリットビュワー画像 中央の縦線がヘアライン

このとき、もしスリットが傾いていたら、カメラを回転させてスリットが画角の縦軸方向と平行 になるように調整する.続いて、スペクトルを1次のスペクトルに設定し、観測に適したスリッ トを選択する.

・50µmスリット: 天体が暗く,長時間露光が必要な観測で使用

・30 µm スリット: 50 µm と 15 µm スリットの中間的な観測で使用

・15µmスリット:視線速度を正確に求めるなど,精度が必要な観測で使用

観測天体のスペクトルを撮像する(図 2.1.2). このとき,もしスペクトルの波長の分散方向が画 角の横軸に対して傾いていたらスリットと回折格子の溝が平行になっていない証拠である. そこ で,スリットに対して回折格子を回転させてスペクトルの分散方向が画角の横軸方向と平行にな るように設定する. 観測天体のスペクトルの撮像後望遠鏡に蓋をして,同じ露光時間でそのダー ク画像を撮像する.



スペクトルの波長の分散方向が画角の横 軸に対して傾いていたらスリットに対し て回折格子を回転させてスペクトルの分 散方向が画角の横軸方向と平行になるよ うに設定する(実際は観測前に地上の風 景や青空で設定しておく)

図2.1.2 月のスペクトル画像

#### 2.2 波長較正用スペクトルの撮像

天体のスペクトル撮像後,波長較正用スペクトルを撮像する.なお,小型望遠鏡の場合望遠鏡の 方向が変わると接眼部のたわみも変化するため,天体ごとに波長較正用スペクトルを撮像する必 要がある.具体的には,望遠鏡の駆動装置を一旦停止して,図2.2.1のようにTORIHICOの接眼部 に Ne-Xe ランプを入れ,ミラーの角度を 45°にして撮像する.もちろんダークも撮像する.図 2.2.2に Ne-Xe ランプのスペクトルを示す.中央の山より短波長側が Xe の,長波長側が Ne の



図 2.2.1 左: Ne-Xe ランプ 右: TORIHICO に Ne-Xe ランプを取りつけた写真



輝線である.3.1節の波長較正では、すべての輝線を使うと正確に波長較正が行えるが、短波長側 3本、長波長側4本程度の輝線を選んで波長較正を行っても十分な精度で波長較正が行える.

#### 2.3 フラットの撮像

小型望遠鏡の場合,接眼部のたわみの問題により,フラットも天体ごとに撮像する必要がある. 具体的には,図2.2.3のようにTORIHICOのフラット光源を入れ、ミラーの角度を45°にして撮 像し,その後フラットダークも撮像する.フラット光源のスペクトルを図2.2.4に示す.図2.2.4 のように,フラット光源は白熱電球であるため,そのスペクトルは2~3000Kのプランク関数に近 いものになると考えられる.その結果,長波長側の明るさは十分だが短波長側の明るさが暗く,



図2.2.3 左:フラット光源 右:TORIHICO にフラット光源を取りつけた写真



図 2.2.4 フラット光源のスペクトル

分光感度補正の際の誤差の原因となる.そこで、短波長側での誤差の発生を軽減するためフラットは十分な明るさで撮像し、さらに複数コマ撮像して平均をとったほうが良い.

#### 2.3 分光標準星の撮像

観測天体からの光は地球大気を通過しており、そこで吸収・散乱を受けている.地球大気によ る吸収・散乱は天体からの光が通過した距離、つまり天体の地平高度に依存する.そのため、厳 密な分光観測では(特に観測天体の地平高度が低い場合は)、観測天体より地平高度が高い分光標 準星と低い分光標準星といったように、複数の分光標準星を選択する必要がある.しかし、大ま かなスペクトルの形状がわかれば十分な観測では、観測天体と地平高度が同程度の分光標準星を 一つ選択するだけでも良い.

分光標準星のスペクトルの撮像は観測天体の撮像と同じように行う. つまり, スリットをスリ ットビュワーとして 0 次のスペクトルに設定する. そして, 分光標準星を視野内に導入し, ヘア ライン上の視野中央に合わせる.次に,スリットを250µmスリットとし,分光標準星がスリットの中央にとらえられていることを確認する.

続いて、スペクトルを1次のスペクトルとし、観測天体と同じスリットを選択して分光標準星 のスペクトルを撮像し(図 2.2.5)、スペクトルのダーク画像を撮像する.なお、一般に観測天体と 分光標準星の方向は相当異なるので、撮像時の接眼部のたわみも異なると考えられる.そのため、 分光標準星においても観測天体と同様に波長較正用光源のスペクトルやフラット画像を撮像する 必要がある.

#### 図 2.2.5 分光標準星ベガのスペクトル

#### 3. 解析方法

#### 3.1 波長較正

通常,天体のスペクトル画像は,図 2.1.2 のように横軸を波長の分散方向,縦軸をスリットの 長さ方向にとって撮像する.したがって,横軸のピクセル座標 nx が波長の何Åに相当するかを表 す換算式を求める必要がある.この換算式を求める操作を「波長較正」という.



図 3.1.1 Ne-Xe ランプのスペクトル

波長較正は図 3.1.1 のような観測時に撮像された波長較正用光源のスペクトルを利用して行う が、このスペクトル画像を詳しく見ると光源の輝線がわずかに短波長側に凸に湾曲している.こ れは画像の上下端では天体から来た光がスリットに対して斜めに入射することによって生じる現象である.つまり、ピクセル座標を波長λに換算する式は、横軸 nx だけではなく縦軸のピクセル 座標 ny にも依存した関数となる.

以下ではマカリィとエクセルを使って、まずスペクトル線の湾曲を無視した平均的な波長較正 の換算式を求め、続いて湾曲も考慮した厳密な換算式を求める方法について記述する.

#### ① 波長較正用の輝線の選択

図 2.2.2 のように、Ne-Xe ランプの輝線は多数存在する. すべての輝線を使うと波長較正は正確に行えるが作業が煩雑になる. 一方,経験によれば TORIHIME の波長較正の換算式は nx の 2 次関数で精度良く表せる. したがって,適当な間隔をあけて,短波長側,長波長側それぞれ 4 本程度の輝線を選べば十分な精度で波長較正が行える. なお,通常は画像の左側が短波長,右側が長波長であるが,ここでは練習のために左右が逆になった場合の例を示す.

#### ② 波長較正(輝線の湾曲を無視する場合)

波長較正用光源のスペクトル画像は、図 3.1.1 のようにわずかに短波長側に凸に湾曲している. したがって、精密な測定ではこの湾曲も考慮した波長較正を行う必要がある.しかし、その作業 は多少煩雑であるため、ここでは第1ステップとしてスペクトル画像の平均的な波長較正の換算 式を求める.



図3.1.2 マカリィのグラフコマンドでグラフの数値をCSVファイルにエクスポートする

2 自動保存 ● 17 日 り、ペーマ NeXe波長校正 ② ラベルはし >									4	1 竹内 #	彩継_米子		) -	0	×				
ファー	イル <b>ホーム</b>	挿入 /	ページ レイアウ	ト 数式	データ 校	閲 表示	自動化	ヘルプ									RDX	2F 🖻	共有。
「 貼 ク	☆ & り付け □ ~ ~ ダ リップポード 5	游ゴシック B I	u ⊻ ~ ⊞ ⊃:	-)[1] -	1		) = ≫ • = = = ®≣	ی ج 🖽 =	標準 <b>202 ~ %</b> 58 ÷80 数値	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	■ 条件付き書式 テーブルとして書 マルのスタイル・ スタイル	、 (式設定 ~ 、	<ul> <li>         通 挿入 ~     </li> <li>         题 削除 ~     </li> <li>         計書式 ~     </li> <li>         セル     </li> </ul>	∑ ~ ↓ ~ ♦ ~	£∇ ~ _O ~	<ul> <li>秘密</li> <li>秘密度 &gt;</li> <li>秘密度</li> </ul>	アド イン アドイン	データ 分析	
K1	~	: × ~	$f_x \lor f$	ウント値															~
	A	В	С	D	E	F	G	н	Ι	J	к	L	М	N	0	Р		Q	R 🔺
1	X座標	Y座標	30	80	130	180	230	280	330	380	カウント値								
2	1	30	146.4878	160.6585	147.6829	139.0488	149.3171	138.3659	208.6829	230.585	4 200.0488								
3	2	30	166.0732	140.6098	155.3902	146.3659	154.3415	145.3659	210.7317	226.146	3 200.8781								
4	3	30	162.561	156.1463	138.2439	152.9268	175.9756	145.2683	226.1707	230.780	5 210.4878								
5	4	30	199.3171	184.3171	147.2927	137.7317	178.9268	159.9512	210.5366	237.341	5 231.7073								
6	5	30	254.0732	198.1219	186.2195	174.0244	189.0976	170.2927	221.6341	257.414	6 227.2927								
7	6	30	302.8049	256.1219	197.2439	199.2927	218.4146	215.1951	243.8537	269.658	5 280.7073								_
8	7	30	326.7561	338.8049	281.0244	229.9268	229.3902	221.1219	297.8537	343.56	1 354.6585			- 1º	,	1 . 74	20 -		
9	8	30	702.0244	382.7805	352.7073	331.2439	332.4634	323.2683	396.2683	401.609	7 378.0976		エク	スホ	- 1	した	27	770	
10	9	30	1561.756	818.1219	362.9268	333.9512	330.8049	361.1707	404.8781	427.536	6 473.0244			2. 1.1-**		20.11			
11	10	30	2480.658	1776.756	833.1464	460.5122	405.9512	387.6829	511.4634	726.341	5 1044.61		数值	を順	に張	り付	ける		
12	11	30	2674	2634.976	1971.829	1242.244	962.4146	881.1707	1109.61	1425.68	3 2092.61					_			
13	12	30	2055.488	2776.268	2792.342	2366.366	2024.512	1941.878	2188.634	2407.75	6 3013.707								
14	13	30	1193.171	2149.561	2767.098	2963.39	2818.488	2913.415	3170.878	286	8 3011.293								
15	14	30	616.7561	1188.634	2019.341	2599.122	2787	3063.146	3002.415	2399.53	7 2192.61								
16	15	30	280.2927	553.4878	1113.756	1630.244	2002.683	2222	1972.781	1481.73	2 1135.317								
17	16	30	155.6829	236.2439	455.3658	713.4634	976.2683	1057.268	916.6585	735.146	4 490.5854								
18	17	30	171.2927	177.2439	217.7317	296.9268	377.9512	436.9268	480.9024	385.878	1 214.9024								
19	18	30	186.7317	200.0244	185.9024	190.6585	197.1219	236.5854	261.1463	270.512	2 183.7561								Ŧ
<	>	SptAlp	haLyrXe_	2_2_ExpT	60_D-2DG	r	+				E (1	_	_	-		-	-	_	
כאכ	先を選択し、Er	nter キーを排	申すか、貼り付け	けを選択します。	•				平均: 2	854.66380	)5 データの個数	:681 合	#†: 1941171.38	8 🆽		四	-		- 100%
4	P			Q 8	<b>炙索</b>			-	C 📮		° 📀	¥!	<u> </u>	~	A	<u>。</u> (1)) <b>加</b>	2024/0	1:19 8/29	-

図3.1.3 エクスポートしたグラフの数値をエクセルファイルに順に張り付ける

ファイ [ 胆 の」	ル <u>ホーム</u> 入 付け 、 ダ ップポード 「	挿入 / 游ゴシック B I	-> V7P\$       	ット 数式 ~_11  ~  <u>タ</u> ~ , オント	データ 校 マ A^ A A ~   弾 ~		自動化 ) = ≫ ~ 吾 ☲ ヨ 配直	~ 100k ヘルプ 三 回 ~	標準 <b>11日 ~ %</b> 5.00 →00 5.00 →00 5.00 →00	, III 5 9 II 5	■ 条件付き書す ■ テーブルとして ■ セルのスタイル スタイル	t ~ 書式設定 ~ . ~	2 通挿入 ~ 証書式、 セル	Σ ~ 	- 2∇ ~ 2∇ ~ 0 ~	Name 秘密 度。 秘密度	ロコン アド イン アドイン	レト ビ データ 分析	大 共有 ~
L13	~	: × ~	$f_X \sim 3$	002.31713	867														~
	А	В	с	D	E	F	G	н	I	J	К	L	М	N	0	Р		Q	R
1	X座標	Y座標	30	80	130	180	230	280	330	380	430	480							
2	1	30	146.4878	160.6585	147.6829	139.0488	149.3171	138.3659	208.6829	230.5854	4 200.0488	121.3902							
3	2	30	166.0732	140.6098	155.3902	146.3659	154.3415	145.3659	210.7317	226.1463	3 200.8781	133.7317							
4	3	30	162.561	156.1463	138.2439	152.9268	175.9756	145.20											
5	4	30	199.3171	184.3171	147.2927	137.7317	178.9268	159.9	波長	較正月	目光源	の輝約	泉(Ne	703	32.4	1Å)	ЮĿ	<u>^°</u>	
6	5	30	254.0732	198.1219	186.2195	174.0244	189.0976	170.29		· · · ·			• · · ·			, í			
7	6	30	302 80/19	256 1210	107 2/20	100 2027	010 4140	015 14	2. / 1. 5			H Z	- 1.1	12.	in d	_ 1_ >	レイ		
		00	302.0045	200.1215	191.2435	199.2927	218.4140	215.19	ク伝言	重の1	ヒルに	色をイ	つけてえ	りか	1)	ってく	する	)	
8	7	30	326.7561	338.8049	281.0244	229.9268	229.3902	215.19	ク位前	直の1	セルに	色を	つけてる	1071-	りそ	すく	する	) <sub>0</sub>	
8 9	7 8	30 30	326.7561 702.0244	338.8049 382.7805	281.0244 352.7073	229.9268 331.2439	218.4146 229.3902 332.4634	215.11 221.12 323.2683	2位	<u>置の</u> 1	214(2	色を~ 78	$\mathcal{O}(\mathcal{F}^{\mathcal{C}})$	1071	94-	J T	する	) <sub>0</sub>	
8 9 10	7 8 9	30 30 30	326.7561 702.0244 1561.756	230.1219 338.8049 382.7805 818.1219	281.0244 352.7073 362.9268	229.9268 331.2439 333.9512	229.3902 332.4634 330.8049	215.15 221.12 323.2683 361.1707	ク位 <sup>396.2683</sup> 404.8781	<u>者の</u> 、 401. 427.536		色を~ <sup>78</sup> <sup>54</sup>	$\mathcal{O}(\mathcal{F}^{2})$	1070-1 1070-1	9×-	s d <	する	) <sub>0</sub>	
8 9 10 11	7 8 9 10	30 30 30 30	326.7561 702.0244 1561.756 2480.658	230.1219 338.8049 382.7805 818.1219 1776.756	281.0244 352.7073 362.9268 833.1464	229.9268 331.2439 333.9512 460.5122	229.3902 332.4634 330.8049 405.9512	215.15 221.11 323.2683 361.1707 387.6829	ク 1 396.2683 404.8781 511.4634	<u>401</u> 427.536 726.341	EJU (C 5 1044.0		$\mathcal{D}(\mathcal{T}^{*}(\mathbf{x}))$		9 <del>~</del>	s - C	する	) o	
8 9 10 11 12	7 8 9 10 11	30 30 30 30 30 30	326.7561 702.0244 1561.756 2480.658 2674	230.1219 338.8049 382.7805 818.1219 1776.756 2634.976	281.0244 352.7073 362.9268 833.1464 1971.829	229.9268 331.2439 333.9512 460.5122 1242.244	229.3902 332.4634 330.8049 405.9512 962.4146	215.15 221.12 323.2683 361.1707 387.6829 881.1707	ク 1 396.2683 404.8781 511.4634 1109.61	<u>401</u> 427.5366 726.341 1425.68	6 5 1044.0 3 2092.61	色を 78 554 265 146			9 ~	2 J C	する	) <sub>0</sub>	
8 9 10 11 12 13	7 8 9 10 11 12	30 30 30 30 30 30 30	326.7561 702.0244 1561.756 2480.658 2674 2055.488	230.1213 338.8049 382.7805 818.1219 1776.756 2634.976 2776.268	197.2439 281.0244 352.7073 362.9268 833.1464 1971.829 2792.342	229.9268 331.2439 333.9512 460.5122 1242.244 2366.366	218.4146 229.3902 332.4634 330.8049 405.9512 962.4146 2024.512	215.15 221.12 323.2683 361.1707 387.6829 881.1707 1941.878	2 1 1 1 396.2683 404.8781 511.4634 1109.61 2188.634	401 427.5366 726.341 1425.68 2407.756	2) 5 1044.0 3 2092.61 6 3013.707	色を~ 78 354 902 2635146 3002.317		() <i>(</i> ) 4	9 ~	5 T	する		
8 9 10 11 12 13 14	7 8 9 10 11 12 13	30 30 30 30 30 30 30 30 30	326.7561 702.0244 1561.756 2480.658 2674 2055.488 1193.171	338.8049 382.7805 818.1219 1776.756 2634.976 2776.268 2149.561	281.0244 352.7073 362.9268 833.1464 1971.829 2792.342 2767.098	229.9268 331.2439 333.9512 460.5122 1242.244 2366.366 2963.39	218.4146 229.3902 332.4634 330.8049 405.9512 962.4146 2024.512 2818.488	215.14 221.12 323.2683 361.1707 387.6829 881.1707 1941.878 2913.415	2 1 1 1 396.2683 404.8781 511.4634 1109.61 2188.634 3170.878	401: 427.5366 726.341 1425.68 2407.756 2868	212 (C 5 1044.0 3 2092.61 6 3013.707 8 3011.293	2685-146 3002.317 2449.317	<b>DIT (</b> 2	1771¥	9 ~	3 T <	J		
8 9 10 11 12 13 14 15	7 8 9 10 11 12 13 14	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30	326.7561 702.0244 1561.756 2480.658 2674 2055.488 1193.171 616.7561	338.8049 382.7805 818.1219 1776.756 2634.976 2776.268 2149.561 1188.634	281.0244 352.7073 362.9268 833.1464 1971.829 2792.342 2767.098 2019.341	229.9268 331.2439 333.9512 460.5122 1242.244 2366.366 2963.39 2599.122	218.4146 229.3902 332.4634 330.8049 405.9512 962.4146 2024.512 2818.488 2787	215.13 221.11 323.2683 361.1707 387.6829 881.1707 1941.878 2913.415 3063.146	2 1 1 1 396.2683 404.8781 511.4634 1109.61 2188.634 3170.878 3002.415	401 427.5360 726.341 1425.68 2407.756 2866 2399.53	212 (C 5 1044.0 3 2092.61 6 3013.707 8 3011.293 7 2192.61	1399.805			9~	3 J C	する		
8 9 10 11 12 13 14 15 16	7 8 9 10 11 12 13 14 15	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30	326.7561 702.0244 1561.756 2480.658 2674 2055.488 1193.171 616.7561 280.2927	230.1219 338.8049 382.7805 818.1219 1776.756 2634.976 2776.268 2149.561 1188.634 553.4878	281.0244 352.7073 362.9268 833.1464 1971.829 2792.342 2767.098 2019.341 1113.756	229.9268 331.2439 333.9512 460.5122 1242.244 2366.366 2963.39 2599.122 1630.244	218.4146 229.3902 332.4634 330.8049 405.9512 962.4146 2024.512 2818.488 2787 2002.683	215.13 221.13 323.2683 361.1707 387.6829 881.1707 1941.878 2913.415 3063.146 2222	2 1 1 1 396.2683 404.8781 511.4634 1109.61 2188.634 3170.878 3002.415 1972.781	401 427.5366 726.3411 1425.68 2407.756 2866 2399.53 1481.73	2 / V (C 5 1044.0 3 2092.61 6 3013.707 8 3011.293 7 2192.61 2 1135.317	2685 146 3002.317 2449.317 1399.805 582.5854			94	3 J C	J 4	) 0	
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30	326.7561 702.0244 1561.756 2480.658 2674 2055.488 1193.171 616.7561 280.2927 155.6829	230.1219 338.8049 382.7805 818.1219 1776.756 2634.976 2776.268 2149.561 1188.634 553.4878 236.2439	281.0244 352.7073 362.9268 833.1464 1971.829 2792.342 2767.098 2019.341 1113.756 455.3658	229.9268 331.2439 333.9512 460.5122 1242.244 2366.366 2963.39 2599.122 1630.244 713.4634	218.4146 229.3902 332.4634 330.8049 405.9512 962.4146 2024.512 2818.488 2787 2002.683 976.2683	215.13 221.1 323.2683 361.1707 387.6829 881.1707 1941.878 2913.415 3063.146 2222 1057.268	2 1 1. f 396.2683 404.8781 511.4634 1109.61 2188.634 3170.878 3002.415 1972.781 916.6585	<b>直</b> の1 401: 427.5360 726.3411 1425.68 2407.756 2399.53 1481.732 735.146	2 JU (2 5 1044.0 3 2092.61 6 3013.707 8 3011.293 7 2192.61 2 1135.317 4 490.5854	2650 146 3002.317 2449.317 1399.805 582.5854 233.3415			94-		J 4		
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30	326.7561 702.0244 1561.756 2480.658 2674 2055.488 1193.171 616.7561 280.2927 155.6829 171.2927	230.1219 338.8049 382.7805 818.1219 1776.756 2634.976 2776.268 2149.561 1188.634 553.4878 236.2439 177.2439	281.0244 352.7073 362.9268 833.1464 1971.829 2792.342 2767.098 2019.341 1113.756 455.3658 217.7317	199.2927 229.9268 331.2439 33.9512 460.5122 1242.244 2366.366 2963.39 2599.122 1630.244 713.4634 296.9268	218.4146 229.3902 332.4634 330.8049 405.9512 962.4146 2024.512 2818.488 2787 2002.683 976.2683 377.9512	215.13 221.12 323.2683 361.1707 387.6829 881.1707 1941.878 2913.415 3063.146 2222 1057.268 436.9268	2 1 f 396.2683 404.8781 511.4634 1109.61 2188.634 3170.878 3002.415 1972.781 916.6585 480.9024	401 427.5360 726.3411 1425.683 2407.756 2866 2399.533 1481.733 735.1464 385.878	2 JU (C 5 1044.6 3 2092.61 6 3013.707 8 3011.293 7 2192.61 2 1135.317 4 490.5854 1 214.9024	2680 146 3002.317 2449.317 1399.805 582.5854 233.3415 159.2195		÷ (7 (2)	94-		J 4		
8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 3	326.7561 702.0244 1561.756 2480.658 2674 2055.488 1193.171 616.7561 280.2927 155.6829 171.2927 186.7317	230.1219 338.8049 382.7805 818.1219 1776.756 2634.976 2776.268 2149.561 1188.634 553.4878 236.2439 177.2439 200.0244	281.0244 352.7073 362.9268 833.1464 1971.829 2792.342 2767.098 2019.341 1113.756 455.3658 217.7317 185.9024	199.2927 229.9268 331.2439 333.9512 460.5122 1242.244 2366.366 2963.39 2599.122 1630.244 713.4634 296.9268 190.6585	218.4146 229.3902 332.4634 330.8049 405.9512 962.4146 2024.512 2818.488 2787 2002.683 976.2683 377.9512 197.1219	215.13 221.14 323.2683 361.1707 387.6829 881.1707 1941.878 2913.415 3063.146 2222 1057.268 436.9268 236.5854	2 1	<b>401</b> 427.5360 726.3411 1425.683 2407.756 2866 2399.53 1481.733 735.1464 385.878 270.5122	<ul> <li>2 / U (2)</li> <li>2 092.61</li> <li>3 2092.61</li> <li>3 0313.707</li> <li>8 3011.293</li> <li>7 2192.61</li> <li>2 1135.317</li> <li>4 490.5854</li> <li>1 214.9024</li> <li>2 183.7561</li> </ul>	1         78           78         78           854         902           268         146           3002.317         2449.317           1399.805         582.5854           233.3415         159.2195           150.9756         150.9756			94				
8 9 110 111 12 13 14 15 16 17 18 19 <	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 3	326.7561 702.0244 1561.756 2480.658 2055.488 1193.171 616.7561 280.2927 155.6829 171.2927 186.7317 yhaLyrXe_	230.1119 338.8049 382.7805 818.1219 1776.756 2634.976 2776.268 2149.561 1188.634 553.4878 236.2439 177.2439 200.0244 2.2.ExpTr	281.0244 352.7073 362.9268 833.1464 1971.829 2792.342 2767.098 2019.341 1113.756 455.3658 217.7317 185.9024 50_D-2DG	229.9268 331.2439 333.9512 460.5122 1242.244 2366.366 2963.39 2599.122 1630.244 713.4634 296.9268 190.6585 r	218.4146 229.3902 332.4634 330.8049 405.9512 962.4146 2024.512 2818.488 2787 2002.683 976.2683 377.9512 197.1219 +	215.13 221.14 323.2683 361.1707 387.6829 881.1707 1941.878 2913.415 3063.146 2222 1057.268 436.9268 236.5854	2 1	<ul> <li>401.</li> <li>427.536i</li> <li>726.341i</li> <li>1425.68i</li> <li>2407.75i</li> <li>286i</li> <li>2399.53i</li> <li>1481.73i</li> <li>735.146i</li> <li>385.878i</li> <li>270.512i</li> </ul>	6 5 1044.0 5 2092.61 6 3013.707 8 3011.293 7 2192.61 2 1135.317 4 490.5854 1 214.9024 2 183.7561 i	<ul> <li>1000 - 10000 - 1000 - 1000 - 1000 - 1000 - 1000 - 1000 - 10</li></ul>			94		9 4		

図3.1.4 波長較正用光源の輝線のピーク位置のセルに色をつける

この例では,波長較正用光源のスペクトル画像の縦軸のピクセル数が 512 ピクセルなので,縦 軸のピクセル範囲が,10~50(中心 30),60~100(中心 80),110~150(中心 130),…,410~450(中 心 430), 460~500(中心 480)と10 組の範囲のグラフを作成し,その数値をCSV ファイルにエクスポートする(図 3.1.2).

X	自動保存(		5-6	~ <b>~</b> N	leXe波長較正	⑦ ラベルな	L~	♀ 検索				
ファイ	()1 <u><b>t-L</b></u>	挿入 ペ	ニージ レイアウ	ト 数式	データ 杉	週 表示	自動化	ヘルプ グ	ラフのデザイン	書式		
				~	~ A^ A	= =	= % -	ab	標準	~	条件付き書う	式 ~
貼	り付け 🗈 ~	BI	U ~ .	~ <u>~</u> ~	A ~ 7 .	= =	= = = =	) = = - ~	r ~ %	6 <b>9</b> [	夏 テーブルとして	書式設定 >
	× 🖑	_				_	27 88		0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,	_	2 セルのスタイル	L ~
	リッノホート		Ja	21		17	配直	1:	到 数10	121	791	1
グラ	771 ×	$  \times \vee$	$f_x \sim$									
	L	М	N	0	Р	Q	R	S	Т	U	V	W
1	波長	30	80	130	180	230	280	330	380	430	480	平均
2	7032.41	11	12	12	13	13	14	13	13	12	12	12.5
3	6402.25	137	139	139	140	140	140	140	140	139	138	139.2
4	5944.83	232	233	234	234	235	235	234	234	233	232	233.6
5	5852.49	251	252	253	253	254	254	253	253	252	251	252.6
6	4844.33	465	467	468	468	469	469	468	467	466	465	467.2
7	4671.23	503	505	506	506	506	506	506	505	504	503	505
8	4215.6	605	606	607	608	608	608	607	606	605	604	606.4
9	4078.82	635	637	638	638	638	639	638	637	636	635	637.1
波	波長較正用光源の輝線 波長較正用光源の輝線の位置をまと 波長較正用光源の輝線											
の	波長			めた	表				の{	立置の国	∑均值	

図3.1.5 波長較正用光源の輝線のピーク位置を表にまとめてその平均値を求める



図 3.1.6 輝線の位置の平均値を横軸に、その波長を縦軸にとったグラフ このグラフから本分光器の波長分散がほぼ線形であることがわかる

続いて、エクセルのファイルを開き、それに先程エクスポートした 10 組のファイルを順に貼り つける(図 3.1.3).そして、エクセルファイルを見て波長較正用光源の輝線の位置(横軸でのピク セル位置)を探し出し、その場所のセルを着色する(図 3.1.4).本来ならば輝線の位置はその線輪 郭にガウス関数などをあてはめて求めるのが正しいが、ここでは単に最大値の場所を「輝線の位 置」とした.

図 3.1.4 より,明らかに輝線の位置は短波長側(この例では横軸のピクセル座標 nx の大きい 側)に凸に湾曲している.そこで,各波長較正用光源の輝線の位置を表にまとめ,その平均値を 求める(図 3.1.5).次に,先程求めた輝線の位置の平均値を横軸に,その波長を縦軸にとってグラ フ化する.するとほとんど直線状のグラフが得られるが,これがスペクトル画像の平均的な波長 較正の換算曲線である.このことから本分光器の波長分散がほぼ線形であることがわかる(図 3.1.6).グラフが右下がりなのは画像の左側が長波長,右側が短波長の画像を解析したためであ る.なお,このグラフを詳細に調べると,わずかだが直線からのずれが存在することがわかる. そこで,換算式を nx の1次方程式から2次方程式に次数を上げると,そのずれは画期的に減少 し,十分な精度で波長と横軸のピクセル座標 nx の関係を表すことができる.これが平均的な波長 較正の換算式である.今回求めた平均的な波長較正の換算式を(1)式に示す.

 $\lambda = An_x^2 + Bn_x + C \quad \cdots \quad (1)$ 

ただし, A=0.000484Å, B=5.0434Å, C=7095.5Åである.

#### ③ 波長較正(輝線の湾曲を考慮する場合)

(1)式はあくまでスペクトル画像の平均的な波長較正の換算式にすぎない。図 3.1.1 を見ても, 明らかに波長較正用光源のスペクトルは短波長側に凸に湾曲している.

▲ 自動保存 ● オフ 日 り ~ ペ ~ マ NeXe波長較正 ⑦ ラベルなし ~											
ファイル <u>ホー</u>	4 挿入 ペ	ージ レイアウト	、 数式	データ 校	閲 表示	自動化	ヘルプ				
波長較正用光源の輝線の位置からその平均値を引いた値 の表 の表 の 位置の平均値											
W12	~ ~	12.	.5								
L	М	$>$ \	0	Р	Q	R	S	Т	U	V	V w
11 波長	30	80	130	180	230	280	330	380	430	480	平均
1	l -1.5	-0.5	-0.5	0.5	0.5	1.5	0.5	0.5	-0.5	-0.5	12.5
輝線の	5 -2.2	-0.2	-0.2	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	-0.2	-1.2	139.2
湾曲の	<mark>3</mark> -1.6	-0.6	0.4	0.4	1.4	1.4	0.4	0.4	-0.6	-1.6	233.6
	9 -1.6	-0.6	0.4	0.4	1.4	1.4	0.4	0.4	-0.6	-1.6	252.6
半均値	3 -2.2	-0.2	0.8	0.8	1.8	1.8	0.8	-0.2	-1.2	-2.2	467.2
	<mark>3</mark> -2	0	1	1	1	1	1	0	-1	-2	505
18 4 5.6	<mark>6</mark> -1.4	-0.4	0.6	1.6	1.6	1.6	0.6	-0.4	-1.4	-2.4	606.4
19 4078 82	2 -2.1	-0.1	0.9	0.9	0.9	1.9	0.9	-0.1	-1.1	-2.1	637.1
20 平均	-1.825	-0.325	0.425	0.8	1.175	1.425	0.675	0.175	-0.825	-1.7	

図3.1.7 波長較正用光源の輝線の位置からその平均値を引いた値の表

そこで,第2ステップとしてスペクトル線の湾曲も考慮した換算式を求める.まず,図3.1.7 のようにエクセルで波長較正用光源の輝線の位置からその平均値を引いた表を作成し、そのグラ フを描く(図3.1.8).すると,図3.1.8の横軸は画像のスリット方向のピクセル座標 ny で縦軸は 各波長較正用光源の輝線スペクトルの湾曲(平均値からのずれ)のグラフとなっている.

図 3.1.8 から,各波長較正用光源の輝線の湾曲には(nxに依存した)系統的なずれはなく,それらの位置は同じ ny の 2 次曲線上にあり,その曲線からのずれはあくまで輝線位置の読み取り誤差で,±0.5 ピクセル程度と推測できる<sup>※</sup>.(※波長に換算すると±2.5 Å程度の誤差)



図3.1.8 スリットの長さ方向のピクセル座標を横軸に輝線位置の湾曲を縦軸にとったグラフ

したがって、輝線位置の湾曲 n'x は(2)式のようにあらわせる.

$$n'_{x} = an_{y}^{2} + bn_{y} + c \quad \cdots \quad (2)$$

ただし, a=0.000059, b= - 0.02959, c=2.4993 である.

以上のことから,スペクトル画像の平均的な波長較正の換算式は(1)式で与えられ,平均からの ずれ(すなわちスペクトル線の湾曲)は(2)式で与えられることから,求める波長較正の換算式は, (3)式と(4)式で与えられることが分かる.

$$n'_{x} = n_{x} + an_{y}^{2} + bn_{y} + c \quad \cdots \quad (3)$$
$$\lambda = An'_{x}^{2} + Bn'_{x} + C \quad \cdots \quad (4)$$

ただし, *A*=0.000484Å, *B*=5.0434Å, *C*=7095.5Åであり, *a*=0.000059, *b*= - 0.02959, *c*=2.4993 である.

#### 3.2 分光感度補正

撮像された天体のスペクトルは、ダーク画像を減算することにより CCD の暗電流を除去し、フ ラット画像で割り算することにより光学系の周縁減光や CCD の感度むらなどを補正する.

しかし、フラット画像は通常ハロゲンランプなどの光を白板に反射させて撮像するため、天体 のスペクトルの波長依存性がその影響を受けることになる.そのため、天体のスペクトルの波長 依存性を正しい分布に補正する必要がある.この補正のことをスペクトルの「分光感度補正」と いう.

スペクトルの分光感度補正は,観測時に観測対象となった天体の近傍にある「分光標準星」を 撮像し,それを既知のスペクトル強度と比較して波長ごとの補正係数を求め,その補正係数を観 測対象の天体のスペクトルにかけることによって行う.

なお、分光標準星とは長年の観測でスペクトルが時間変動しないことが分かっていて、波長ご とのスペクトルの強度が精密に測定され数値化されている恒星のことであり、そのスペクトルデ ータは、例えば ESO(European Southern Observatory)の分光測光標準星スペクトルデータベー ス

<u>https://www.eso.org/sci/observing/tools/standards/spectra/stanlis.html</u> を利用すると入手できる.

しかし,分光標準星のデータベースに掲載されているスペクトルデータと我々が観測で波長付 けしたスペクトルでは一般に波長の値も波長のステップも異なっている.そのため,波長ごとの 補正係数を求める際に相当煩雑な作業を行わねばならなくなる.

このとき、グラフを自動で読み取り数値化するソフト「Graphcel」を利用するとスペクトルの 分光感度補正が非常に簡単に行える. Graphcel はフリーのソフトであり、簡単に入手できる. そ こで、以下では Graphcel を用いたスペクトルの分光感度補正について紹介する.

①ESOの分光測光標準星のデータベースを開く.



②ESO の分光測光標準星データベースから適当な分光標準星を選択する.



④おおぐま座 γ 星のスペクトルデータが表示される.



![](_page_14_Figure_0.jpeg)

⑤数値表をWindows アクセサリの「メモ帳」にコピー,保存する.

図 3.2.5 おおぐま座γ星のスペ クトルを「メモ帳」にコ ピー

Carronal Ma - Parel Т ПС-10 000-10 000-10 000-10 0 P Q R S T U V W X Y Z 500.0001 0.00E+00 0.00E+00 500.3347 0.00E+00 0.00E+00 501.5707 0.00E+00 0.00E+00 502.5081 0.00E+00 0.00E+10 503.3468 0.00E+00 0.00E+00 図 3.2.6 メモ帳で保存したテキ ストファイルをエクセ ルで開く

⑥「メモ帳」で保存したテキストファイルをエクセルで開く.

Р 22КАЛЬТИНЯ

0 🛢 😨 🍓 🗿

⑦エクセルで横軸が波長,縦軸がスペクトル強度のグラフを描く.このとき,横軸の波長の範囲 は観測での波長の範囲に合わせておく.

![](_page_14_Figure_6.jpeg)

図 3.2.7 エクセルでスペクトル データのグラフを描画

![](_page_15_Figure_0.jpeg)

⑧描いたグラフを Windows アクセサリの「ペイント」に張り付ける.

⑨ペイントの「図形の選択」で「四角形選択」を選び、下図のようにグラフの部分だけを選択し、

![](_page_15_Figure_3.jpeg)

⑩保存した jpg ファイルを Graphcel で開く. グラフの横軸の「最大値(Å)」,「最小値(Å)」,「横軸方向の分割数」,「縦軸の最大値」,「最小値」を入力し、グラフを数値化する.

![](_page_15_Figure_5.jpeg)

1)数値は自動でエクセルファイルにエクスポートされるので、そのファイルに適切な名称(ここでは GammaUMaESO.xls)を付けて保存する.

![](_page_16_Figure_1.jpeg)

②続いて、観測時に撮像し、ダーク・フラット処理を行った分光標準星のスペクトルのグラフを

![](_page_16_Figure_3.jpeg)

③描いたグラフを「ペイント」の画面に張り付ける

![](_page_17_Figure_1.jpeg)

(4)ペイントの「図形の選択」で「四角形選択」を選び、下図のようにグラフの部分だけを選択し、

![](_page_17_Figure_3.jpeg)

(⑤jpg ファイルを Graphcel で開き, グラフの横軸の「最大値(Å)」,「最小値(Å)」,「横軸方向の分 割数」,「縦軸の最大値」,「最小値」を入力し, グラフを数値化する. ただし, 横軸の最大値, 最 小値, 横軸方向の分割数は先程と同じ値にする.

![](_page_17_Figure_5.jpeg)

図 3.2.15 Graphcelの操作画面

⑥数値は自動でエクセルファイルにエクスポートされるので、そのファイルに適切な名称(ここ)

![](_page_18_Figure_1.jpeg)

⑦GammaUMaESO.xls と GammaUMaObs.xls を合体させて、スペクトル強度の比をとり、波長ごとの補正係数、つまり分光感度補正関数を求める。

![](_page_18_Figure_3.jpeg)

図3.2.17 補正係数の波長依存性 赤線は近似曲線

18分光感度補正の例

以下,分光感度補正の例を示す.図 3.2.18 は撮像したアークトゥルスのスペクトルに分光感度 補正を行ったものである.アークトゥルスは K0 型の巨星で表面温度は約 4300K とされている. 一方,太陽の表面温度は約 5800K でスペクトルのピークは 5000Å付近にある.そこで,単純にウ ィーンの変位法則を適用するとアークトゥルスのスペクトルのピークは 6700Å付近にあること になるが図 3.2.18 ではピークは 6400Å付近にあり,温度は 4500K になり,ほぼ正しい値が求ま った.このことから分光感度補正が正しく行われていることが分かる.

![](_page_19_Figure_2.jpeg)

図 3.2.18 アークトゥルスのスペクトル.スペクトルのピークは 6400 Å付近にあり,表面温度は 4500K と推測され,現実の 4300K に近い値が求まった.

## 4. 付録

### 4.1 分光標準星一覧表

G158-100       00 33 54.32       -12 07 57.1       14.89       d9-K         R153       00 36 55.30       +53 53 48.9       3.66       B2UV       ÇCas         CD-34d241       00 41 46.92       -33 39 08.5       11.23       F       r         BPM16274       00 50 03.18       -52 08 17.4       14.20       DA2       Mod.         LTT1020       01 54 49.68       -27 28 29.7       11.52       G       G         HR718       02 28 09.54       +08 27 36.2       4.28       B9III       G       G         G050       03 48 50.06       -00 58 30.4       14.06       DA2       A         SA95-42       03 53 43.67       -00 04 33.0       15.61       DA       A         H24       03 55 21.70       +09 47 18.7       14.52       DA4       A         H22       04 12 43.51       +11 51 50.4       13.86       DA3       A <sup>2</sup> Ori         GD71       05 52 27.51       +15 53 16.6       13.03       DA1       A         G191-528       05 05 30.62       +52 49 54.00       17.8       DA1         H1896       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17<09V       Mod.         LTT2415       05 65 44.30       -27 51 28.8	HR9087	00 01 49.42	-03 01 39.0	5.12	B7III		
HR153       00 36 58.30       +53 53 48.9       3.66       B2IV       ζ Cas         CD-34d241       00 41 46.92       -33 39 08.5       11.23       F       T         BPM16274       00 50 03.18       -52 08 17.4       14.20       DA2       Mod.         LTT1020       01 54 49.68       -27 28 29.7       11.52       G       #         HR718       02 28 09.54       +08 27 36.2       4.28       B9III       \$\$       \$\$^2 Cefi         E021       03 10 30.98       -68 36 02.2       11.38       DA       \$\$	G158-100	00 33 54.32	-12 07 57.1	14.89	dG-K		
CD-34d241       00 41 46.92       -33 39 08.5       11.23       F       T         BPM16274       00 50 03.18       -52 08 17.4       14.20       DA2       Mod.         LTT1020       01 54 49.68       -27 28 29.7       11.52       G       \$\$\$\$       \$\$\$\$       \$\$\$\$       \$\$\$       \$\$\$       \$\$\$\$       \$\$\$\$       \$\$\$\$       \$\$\$\$       \$\$\$\$       \$\$\$\$       \$\$\$\$\$       \$\$\$\$       \$\$\$\$\$       \$\$\$\$\$       \$\$\$\$\$       \$\$\$\$\$       \$\$\$\$\$       \$\$\$\$\$       \$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$\$       \$	HR153	00 36 58.30	+53 53 48.9	3.66	B2IV		ζ Cas
BPM16274       00 50 03.18       -52 08 17.4       14.20       DA2       Mod.         LTT1020       01 54 49.68       -27 28 29.7       11.52       G         HR718       02 28 09.54       +08 27 36.2       4.28       B9III       \$	CD-34d241	00 41 46.92	-33 39 08.5	11.23	F	t	
LTT1020       01 54 49.68       -27 28 29.7       11.52       G         HR718       02 28 09.54       +08 27 36.2       4.28       B9III       \$\$\frac{2}{2}\$ Cetil         EG21       03 10 30.98       -68 36 02.2       11.38       DA         LTT1786       03 48 22.17       -39 08 33.6       13.16       F         GD50       03 48 50.06       -00 58 30.4       14.06       Da2         SA95-42       03 53 43.67       -00 04 33.0       15.61       DA         HZ4       03 55 21.70       +09 47 18.7       14.52       DA4         LB227       04 09 28.76       +17 07 54.4       15.34       DA4         HZ2       04 12 43.51       +11 51 50.4       13.86       DA3         RR1544       04 50 36.69       +08 54 00.7       4.36       AIV       \$\$\pi^2\$ Ori         GD71       05 52 27.51       +15 53 16.6       13.03       DA1       \$\$         HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       09V       Mod.         LT12415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21       \$\$       \$\$         HL1600       06 45 13.33       +02 08 14.1       10.44       B1       \$\$         HD497	BPM16274	00 50 03.18	-52 08 17.4	14.20	DA2	Mod.	
HR718       02 28 09.54       +08 27 36.2       4.28       B9III       ξ² Ceti         EG21       03 10 30.98       -68 36 02.2       11.38       DA         LTT1788       03 48 22.17       -39 08 33.6       13.16       F         GD50       03 48 50.06       -00 58 30.4       14.06       DA2         SA95-42       03 53 43.67       -00 04 33.0       15.61       DA         HZ4       03 55 21.70       +09 47 18.7       14.52       DA4         LB227       04 09 28.76       +17 07 54.4       15.34       DA4         HZ2       04 12 43.51       +11 51 50.4       13.86       DA3         IR1544       04 50 36.69       +08 54 00.7       4.36       AIV       \$\pi^2 Ori         GD71       05 52 27.51       +15 53 16.6       13.03       DA1         HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       09V       Mod.         LTT2415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21       H       H         HL49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         HD49798	LTT1020	01 54 49.68	-27 28 29.7	11.52	G		
E621       03 10 30.98       -68 36 02.2       11.38       DA         LTT1788       03 48 22.17       -39 08 33.6       13.16       F         GD50       03 48 50.06       -00 58 30.4       14.06       DA2         SA95-42       03 55 21.70       +09 47 18.7       14.52       DA4         H24       03 55 21.70       +09 47 18.7       14.52       DA4         LB227       04 09 28.76       +17 07 54.4       15.34       DA4         HZ2       04 12 43.51       +11 51 50.4       13.86       DA3         HR1544       04 50 36.69       +08 54 00.7       4.36       AUV       \$\$\pi^2\$ Ori         GD71       05 52 27.51       +15 53 16.6       13.03       DA1         G191-B28       05 05 30.62       +52 49 54.0       11.78       DA1         HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       09V       Mod.         LTT2415       05 62 44.30       -27 51 28.8       12.21       H       H         HL9978       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         HD60753       07 33 27.26       -50 35 03.7       6.70       B3IV       Mod.         LTT3218       08 43 13.46<	HR718	02 28 09.54	+08 27 36.2	4.28	B9III		ξ <sup>2</sup> Ceti
LTT1788       03 48 22.17       -39 08 33.6       13.16       F         GD50       03 48 50.06       -00 58 30.4       14.06       DA2         SA95-42       03 53 43.67       -00 04 33.0       15.61       DA         HZ4       03 55 21.70       +09 47 18.7       14.52       DA4         LB227       04 09 28.76       +17 07 54.4       15.34       DA4         HZ2       04 12 43.51       +11 51 50.4       13.86       DA3         HR1544       04 50 36.69       +08 54 00.7       4.36       AIV       π² Ori         GD71       05 52 27.51       +15 53 16.6       13.03       DA1         HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       OPV       Mod.         LTT2415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21       HILT600       06 45 13.33       +02 08 14.1       10.44       B1         HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       05p         LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       <	EG21	03 10 30.98	-68 36 02.2	11.38	DA		
GD50         03 48 50.06         -00 58 30.4         14.06         DA2           SR95-42         03 53 43.67         -00 04 33.0         15.61         DA           H24         03 55 21.70         +09 47 18.7         14.52         DA4           LB227         04 09 28.76         +17 07 54.4         15.34         DA4           H22         04 12 43.51         +11 51 50.4         13.86         DA3           HR1544         04 50 36.69         +08 54 00.7         4.36         AIV         π² Ori           GD71         05 52 27.51         +15 53 16.6         13.03         DA1           HR1996         05 45 59.92         -32 18 23.4         5.17         09V         Mod.           LT72415         05 56 24.30         -27 51 28.8         12.21         Mod.         H           HD49798         06 48 04.64         -44 18 59.3         8.30         06         Mod.           BD60753         07 33 27.26         -50 35 03.7         6.70         B3IV         Mod.           BD475d325         08 10 49.31         +74 57 57.5         9.54         05p           LT73218         08 41 32.37         -32 56 32.9         11.86         DA           HR3454         08 43 13.46 </td <td>LTT1788</td> <td>03 48 22.17</td> <td>-39 08 33.6</td> <td>13<b>.1</b>6</td> <td>F</td> <td></td> <td></td>	LTT1788	03 48 22.17	-39 08 33.6	13 <b>.1</b> 6	F		
SR95-42       03 53 43.67       -00 04 33.0       15.61       DA         H24       03 55 21.70       +09 47 18.7       14.52       DA4         LB227       04 09 28.76       +17 07 54.4       15.34       DA4         HZ2       04 12 43.51       +11 51 50.4       13.86       DA3         HR1544       04 50 36.69       +08 54 00.7       4.36       AIV       π² Ori         GD71       05 52 27.51       +15 53 16.6       13.03       DA1         HR1986       05 05 30.62       +52 49 54.0       11.78       DA1         HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       O9V       Mod.         LT72415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21       H       HL4979E       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         HD4979E       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         G193-74       07 53 27.40       +52 29 35.7       15.70       DA0         BD+75a325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       05p         LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1	GD50	03 48 50.06	-00 58 30.4	14.06	DA2		
H24       03 55 21.70       +09 47 18.7       14.52       DA4         LB227       04 09 28.76       +17 07 54.4       15.34       DA4         H22       04 12 43.51       +11 51 50.4       13.86       DA3         HR1544       04 50 36.69       +08 54 00.7       4.36       AUV $π^2$ Ori         GD71       05 52 27.51       +15 53 16.6       13.03       DA1         HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       O9V       Mod.         LT72415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21       H       H         HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         G193-74       07 53 27.40       +52 29 35.7       15.70       DA0         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       05p         LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         NR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       η Hyd         AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       sd0       GD108       10 32 13.90       -35 37 42.4       12.17       F         Feige34       10 32 35.51	SA95-42	03 53 43.67	-00 04 33.0	15 <b>.</b> 61	DA		
LB227       04 09 28.76       +17 07 54.4       15.34       DA4         HZ2       04 12 43.51       +11 51 50.4       13.86       DA3         HR1544       04 50 36.69       +08 54 00.7       4.36       AIV $\pi^2$ Ori         GD71       05 52 27.51       +15 53 16.6       13.03       DA1         G191-B2B       05 05 30.62       +52 49 54.0       11.78       DA1         HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       O9V       Mod.         LT72415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21       HIL       HIL600       06 45 13.33       +02 08 14.1       10.44       B1         HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         G193-74       07 53 27.40       +52 29 35.7       15.70       DA0         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       05p         LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       ¶ Hyd         AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       sd0       GD108       10 32 13.90       -35 37 42.4       12	HZ4	03 55 21.70	+09 47 18.7	14.52	DA4		
HZ2       04 12 43.51       +11 51 50.4       13.86       DA3         HR1544       04 50 36.69       +08 54 00.7       4.36       AIV       π² Ori         GD71       05 52 27.51       +15 53 16.6       13.03       DA1         G191-B2B       05 05 30.62       +52 49 54.0       11.78       DA1         HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       O9V       Mod.         LTT2415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21       HIL         HIL600       06 45 13.33       +02 08 14.1       10.44       B1         HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       O6       Mod.         G193-74       07 53 27.26       -50 35 03.7       6.70       B3IV       Mod.         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       O5p       9         LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA       9       4         GD108       10 00 47.33       -07 33 31.2       13.56       sdB       1       9         LTT3864       10 39 36.71       +43 06 10.1       11.18       D0       9       9       1         HD93521       10 48 23.51	LB227	04 09 28.76	+17 07 54.4	15.34	DA4		
HR1544       04 50 36.69 +08 54 00.7       4.36 AIV       π² Ori         GD71       05 52 27.51 +15 53 16.6       13.03 DA1         G191-B2B       05 05 30.62 +52 49 54.0       11.78 DA1         HR1996       05 45 59.92 -32 18 23.4       5.17 09V Mod.         LTT2415       05 56 24.30 -27 51 28.8       12.21         HILT600       06 45 13.33 +02 08 14.1       10.44 B1         HD49798       06 48 04.64 -44 18 59.3       8.30 06 Mod.         HD60753       07 33 27.26 -50 35 03.7       6.70 B3IV Mod.         G193-74       07 53 27.40 +52 29 35.7       15.70 DA0         BD+75d325       08 10 49.31 +74 57 57.5       9.54 05p         LTT3218       08 41 32.37 -32 56 32.9       11.86 DA         HR3454       08 43 13.46 +03 23 55.1       4.30 B3V       ¶ Hyd         AGK+81d266       09 21 19.06 +81 43 28.6       11.92 sd0       ¶         GD108       10 00 47.33 -07 33 31.2       13.56 sdB       J         LTT3864       10 32 13.90 -35 37 42.4       12.17 F       ¶         Feige34       10 39 36.71 +43 06 10.1       11.18 D0       M         HD93521       10 48 23.51 +37 34 12.8       7.04 09Vp       ¶ Crt         HR4468       11 36 40.91 -09 48 08.2       4.70 B9.5V	HZ2	04 12 43.51	+11 51 50.4	13.86	DA3		
GD71       05 52 27.51       +15 53 16.6       13.03       DA1         G191-B2B       05 05 30.62       +52 49 54.0       11.78       DA1         HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       O9V       Mod.         LTT2415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21       HIL         HILT600       06 45 13.33       +02 08 14.1       10.44       B1         HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       O6       Mod.         G193-74       07 53 27.40       +52 29 35.7       15.70       DA0         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       O5p         LTT3218       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       M         AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       sdo         GD108       10 30 47.33       -07 33 31.2       13.56       sdB         LTT3864       10 32 13.90       -35 37 42.4       12.17       F         Feige34       10 39 36.71       +43 06 10.1       11.18       DO         HD93521       10 48 23.51       +37 34 12.8       7.04       O9Vp         HR4468       11 36 40.91       -09 48 08.2 </td <td>HR1544</td> <td>04 50 <mark>36.6</mark>9</td> <td>+08 54 00.7</td> <td>4.36</td> <td>A1V</td> <td></td> <td>π<sup>2</sup> Ori</td>	HR1544	04 50 <mark>36.6</mark> 9	+08 54 00.7	4.36	A1V		π <sup>2</sup> Ori
G191-B2B       05 05 30.62 +52 49 54.0       11.78       DA1         HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       O9V       Mod.         LTT2415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21       HIL       HIL       B1         HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         HD60753       07 33 27.26       -50 35 03.7       6.70       B3IV       Mod.         G193-74       07 53 27.40       +52 29 35.7       15.70       DA0         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       O5p         LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       Pt Hyd         AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       ad0         GD108       10 00 47.33       -07 33 31.2       13.56       adB         LTT3864       10 32 13.90       -35 37 42.4       12.17       F         Feige34       10 39 36.71       +43 06 10.1       11.18       D0         HD93521       10 48 23.51       +37 34 12.8       7.04       O9Vp         HR4468	GD71	05 52 27.51	+15 53 16.6	13.03	DA1		
HR1996       05 45 59.92       -32 18 23.4       5.17       09V       Mod.         LTT2415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21       HILT600       06 45 13.33       +02 08 14.1       10.44       B1         HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         G193-74       07 53 27.26       -50 35 03.7       6.70       B3IV       Mod.         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       05p         LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       ¶ Hyd         GD108       10 00 47.33       -07 33 31.2       13.56       adB       HT3864       10 32 13.90       -35 37 42.4       12.17       F         Feige34       10 39 36.71       +43 06 10.1       11.18       D0       HD93521       10 48 23.51       +37 34 12.8       7.04       O9Vp       Ø Crt         HT4468       11 36 40.91       -09 48 08.2       4.70       B9.5V       Ø Crt         HT4554       11 53 49.83       +53 41 41.1       2.44       A0V       Mod.       Y UMa	G191-B2B	05 05 30.62	+52 49 54.0	11.78	DA1		
LTT2415       05 56 24.30       -27 51 28.8       12.21         HILT600       06 45 13.33       +02 08 14.1       10.44       B1         HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         HD60753       07 33 27.26       -50 35 03.7       6.70       B3IV       Mod.         G193-74       07 53 27.40       +52 29 35.7       15.70       DA0       HT13218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       ¶ Hyd         AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       ad0         GD108       10 00 47.33       -07 33 31.2       13.56       adB         LTT3864       10 32 13.90       -35 37 42.4       12.17       F         Feige34       10 39 36.71       +43 06 10.1       11.18       D0         HD93521       10 48 23.51       +37 34 12.8       7.04       OVp       Ø Crt         HR4468       11 36 40.91       -09 48 08.2       4.70       B9.5V       Ø Crt         HR4468       11 45 42.92       -64 50 29.5       11.50       C2       Y UMa	HR1996	05 45 59.92	-32 18 23.4	5.17	09V	Mod.	
HILT600       06 45 13.33       +02 08 14.1       10.44       B1         HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         HD60753       07 33 27.26       -50 35 03.7       6.70       B3IV       Mod.         G193-74       07 53 27.40       +52 29 35.7       15.70       DA0       HD40         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       O5p       O5p         LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA       MHyd         AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       sd0       MHyd         GD108       10 00 47.33       -07 33 31.2       13.56       sdB       MHD4         HD93521       10 48 23.51       +37 34 12.8       7.04       O9Vp       OCrt         HR4468       11 36 40.91       -09 48 08.2       4.70       B9.5V       Ø Crt         HR4468       11 45 42.92       -64 50 29.5       11.50       C2       Y UMa	LTT2415	05 56 24.30	-27 51 28.8	12.21			
HD49798       06 48 04.64       -44 18 59.3       8.30       06       Mod.         HD60753       07 33 27.26       -50 35 03.7       6.70       B3IV       Mod.         G193-74       07 53 27.40       +52 29 35.7       15.70       DA0       DA0         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       05p       TTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       ¶ Hyd         AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       sd0       9         GD108       10 00 47.33       -07 33 31.2       13.56       sdB       9       9         HD3521       10 48 23.51       +37 34 12.8       7.04       09Vp       9         HR4468       11 36 40.91       -09 48 08.2       4.70       B9.5V       Ø Crt.         HR4468       11 45 42.92       -64 50 29.5       11.50       C2       7       7         HR4554       11 53 49.83       +53 41 41.1       2.44       A0V       Mod.       7	HILT600	06 45 13.33	+02 08 14.1	10.44	B1		
HD60753       07 33 27.26       -50 35 03.7       6.70       B3IV       Mod.         G193-74       07 53 27.40       +52 29 35.7       15.70       DA0         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       O5p         LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       ¶ Hyd         AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       ad0       9         GD108       10 00 47.33       -07 33 31.2       13.56       adB       9 <td>HD49798</td> <td>06 48 04.64</td> <td>-44 18 59.3</td> <td>8.30</td> <td>06</td> <td>Mod.</td> <td></td>	HD49798	06 48 04.64	-44 18 59.3	8.30	06	Mod.	
G193-74       07 53 27.40       +52 29 35.7       15.70       DA0         BD+75d325       08 10 49.31       +74 57 57.5       9.54       O5p         LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       ¶ Hyd         AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       ad0       9         GD108       10 00 47.33       -07 33 31.2       13.56       adB       9       9         LTT3864       10 32 13.90       -35 37 42.4       12.17       F       9       9       9         HB3521       10 48 23.51       +37 34 12.8       7.04       09Vp       9       9       9       0       0       9	HD60753	07 33 27.26	-50 35 03.7	6.70	B3IV	Mod.	
BD+75d325       08 10 49.31 +74 57 57.5       9.54 05p         LTT3218       08 41 32.37 -32 56 32.9       11.86 DA         HR3454       08 43 13.46 +03 23 55.1       4.30 B3V       ¶ Hyd         AGK+81d266       09 21 19.06 +81 43 28.6       11.92 adO         GD108       10 00 47.33 -07 33 31.2       13.56 adB         LTT3864       10 32 13.90 -35 37 42.4       12.17 F         Feige34       10 39 36.71 +43 06 10.1       11.18 DO         HR4468       11 36 40.91 -09 48 08.2       4.70 B9.5V       θ Crt         LTT4364       11 45 42.92 -64 50 29.5       11.50 C2       Y UMa	G193-74	07 53 <mark>27.4</mark> 0	+52 29 35.7	15.70	DA0		
LTT3218       08 41 32.37       -32 56 32.9       11.86       DA         HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V <b>q Hyd</b> AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       sdO       Image: sdO       Image: sdO         GD108       10 00 47.33       -07 33 31.2       13.56       sdB       Image: sdO       Image: sdO         Feige34       10 39 36.71       +43 06 10.1       11.18       DO       Image: sdO       Image: sdO         HR4468       11 36 40.91       -09 48 08.2       4.70       B9.5V       Ø Crt         ITT4364       11 45 42.92       -64 50 29.5       11.50       C2       Image: sdO         HR4554       11 53 49.83       +53 41 41.1       2.44       A0V       Mod.       Y UMa	BD+75d325	08 10 49.31	+74 57 57.5	9.54	05p		
HR3454       08 43 13.46       +03 23 55.1       4.30       B3V       η Hyd         AGK+81d266       09 21 19.06       +81 43 28.6       11.92       sd0       50         GD108       10 00 47.33       -07 33 31.2       13.56       sdB       50       50         LTT3864       10 32 13.90       -35 37 42.4       12.17       F       50       50         Feige34       10 39 36.71       +43 06 10.1       11.18       D0       50       60 Crt         HR4468       11 36 40.91       -09 48 08.2       4.70       B9.5V       60 Crt         HR4554       11 53 49.83       +53 41 41.1       2.44       A0V       Mod.       Y UMa	LTT3218	08 41 32.37	-32 56 32.9	11.86	DA	ŗ	
AGK+81d266       09 21 19.06 +81 43 28.6       11.92 sd0         GD108       10 00 47.33 -07 33 31.2       13.56 sdB         LTT3864       10 32 13.90 -35 37 42.4       12.17 F         Feige34       10 39 36.71 +43 06 10.1       11.18 D0         HD93521       10 48 23.51 +37 34 12.8       7.04 09Vp         HR4468       11 36 40.91 -09 48 08.2       4.70 B9.5V       θ Crt         LTT4364       11 53 49.83 +53 41 41.1       2.44 A0V       Mod.	HR3454	08 43 13.46	+03 23 55.1	4.30	B3V		η Hyd
GD108       10 00 47.33 -07 33 31.2       13.56 sdB         LTT3864       10 32 13.90 -35 37 42.4       12.17 F         Feige34       10 39 36.71 +43 06 10.1       11.18 D0         HD93521       10 48 23.51 +37 34 12.8       7.04 O9Vp         HR4468       11 36 40.91 -09 48 08.2       4.70 B9.5V       0 Crt         LTT4364       11 45 42.92 -64 50 29.5       11.50 C2       7 UMa	AGK+81d266	09 <mark>21 19.06</mark>	+81 43 28.6	11.92	sdO	l	
LTT3864       10 32 13.90       -35 37 42.4       12.17       F         Feige34       10 39 36.71       +43 06 10.1       11.18       DO         HD93521       10 48 23.51       +37 34 12.8       7.04       O9Vp         HR4468       11 36 40.91       -09 48 08.2       4.70       B9.5V       θ Crt         LTT4364       11 45 42.92       -64 50 29.5       11.50       C2         HR4554       11 53 49.83       +53 41 41.1       2.44       A0V       Mod.       Y UMa	GD108	10 00 47.33	-07 33 31.2	13.56	sdB		
Feige34       10 39 36.71 +43 06 10.1 11.18 D0         HD93521       10 48 23.51 +37 34 12.8 7.04 O9Vp         HR4468       11 36 40.91 -09 48 08.2 4.70 B9.5V         HR4464       11 45 42.92 -64 50 29.5 11.50 C2         HR4554       11 53 49.83 +53 41 41.1 2.44 A0V       Mod.       Y UMa	LTT3864	10 32 13.90	-35 37 42.4	12.17	F		
HD93521       10 48 23.51 +37 34 12.8       7.04 O9Vp       θ Crt         HR4468       11 36 40.91 -09 48 08.2       4.70 B9.5V       θ Crt         LTT4364       11 45 42.92 -64 50 29.5       11.50 C2       γ UMa         HR4554       11 53 49.83 +53 41 41.1       2.44 A0V       Mod.       γ UMa	Feige34	10 39 36.71	+43 06 10.1	11.18	DO		
HR4468       11 36 40.91 -09 48 08.2       4.70 B9.5V       θ Crt         LTT4364       11 45 42.92 -64 50 29.5       11.50 C2       7 UMa         HR4554       11 53 49.83 +53 41 41.1       2.44 A0V       Mod.	HD93521	10 48 23.51	+37 34 12.8	7.04	09Vp		
LTT4364 11 45 42.92 -64 50 29.5 11.50 C2 HR4554 11 53 49.83 +53 41 41.1 2.44 A0V Mod. γ UMa	HR4468	11 36 40.91	-09 48 08.2	4.70	89.5V		θCrt
HR4554 11 53 49.83 +53 41 41.1 2.44 AOV Mod. γ UMa	LTT4364	11 45 42.92	-64 50 29.5	11.50	C2		
	HR4554	11 53 49.83	+53 41 41.1	2.44	NON	Mod.	γ UMa

Ceti

Ori

Hyd

Feige56	12 06 47.25	+11 40 12.7	11.06	B5p
HZ21	12 13 56.42	+32 56 30.8	14 <b>.6</b> 8	D02
Feige66	12 37 23.55	+25 04 00.3	10.50	sd0
LTT4816	12 38 50.94	-49 47 58.8	13.79	DA
Feige67	12 41 51.83	+17 31 20.5	11.81	sd0
GD153	12 57 02.37	+22 01 56.0	13.35	DA1
G60-54	13 00 09.53	+03 28 55.7	15.81	DC
HR4963	13 09 56.96	-05 32 20.5	4.38	Aliv
HZ43	13 16 21.99	+29 05 57.0	12.91	DA1
HZ44	13 23 35.37	+36 08 00.0	11 <b>.6</b> 6	sd0
GRW+70d5824	13 38 51.77	+70 17 08.5	12.77	DA3
HR5191	13 47 32.44	+ <b>4</b> 9 18 <b>4</b> 8.0	1.86	B3V Mod.
CD-32d9927	14 11 46.37	-33 03 14.3	10.42	AO
HR5501	14 45 30.25	+00 43 02.7	5.68	B9.5V
LTT6248	15 39 00.02	-28 35 33.1	11.80	A
BD+33d2642	15 <mark>51 59.86</mark>	+32 56 54.8	10.81	B2IV
EG274	16 23 33.75	-39 13 47.5	11.03	DA
G138-31	16 27 53.59	+09 12 24.5	16.14	DC
LTT7379	18 36 26.29	-44 18 33.0	10.23	GO
HR7001	18 36 56.33	+38 47 01.1	0.00	AOV
HR7596	19 54 44.80	+00 16 24.6	5.62	AOIII
LTT7987	20 10 57.38	-30 13 01.2	12.23	DA
G24-9	20 13 56.05	+06 42 55.2	15.72	DC
HR7950	20 47 40.55	-09 29 44.7	3.78	A1V
LDS749B	21 32 15.75	+00 15 13.6	14.67	DB4
BD+28d4211	21 51 11.07	+28 51 51.8	10.51	Op
G93-48	21 52 25.33	+02 23 24.3	12.74	DA3
BD+25d4655	21 59 42.02	+26 25 58.1	9.76	0
NGC 7293	22 29 38.46	-20 50 13.3	13.51	V.Hot
HR8634	22 41 27.64	+10 49 53.2	3.40	B8V
LTT9239	22 52 40.88	-20 35 26.3	12.07	F
LTT9491	23 19 <mark>34.9</mark> 8	-17 05 29.8	14.11	DC
Feige110	23 19 58.39	-05 09 55.8	11.82	DOp
GD248	23 26 06.69	+16 00 21.4	15.09	DC

θVir

η UMa

a Lyr

ε Aqu

**ζ Peg** 

![](_page_22_Figure_0.jpeg)

![](_page_22_Figure_1.jpeg)

![](_page_23_Picture_0.jpeg)