

# バルマー不連続から求めたA型およびF型星の表面重力

黒田武彦

兵庫県立西はりま天文台

## Empirical Surface Gravities of Normal A and F Stars

Takehiko Kuroda

Nishi-Harima Astronomical Observatory, Sayo-cho, Hyogo 679-53

### Abstract

Surface gravities  $\log g$  of 152 normal A and F stars have been derived by comparing observed and computed Balmer decrements. The Balmer decrements measured by the spectrophotometric data and (B-V) color indices, and effective temperatures have been calibrated to derive the surface gravities. These surface gravities agree well at (B-V) > 0.00 and/or  $T_{\text{eff}} < 10000\text{K}$ . Mean surface gravities estimated by the two surface gravities slightly deviate from recent determinations towards low values.

**Key words:** Surface gravity; Balmer decrement; A and F stars

### 1. はじめに

恒星大気の構造を知る上で重要かつ基本的な物理量は、恒星の有効温度  $T_{\text{eff}}$  および表面の重力加速度  $\log g$  である。有効温度については極めて多くの研究があるが、それに比して重力加速度の研究は決して多いとは言えない。例えば、分光連星を使って直接的に  $\log g$  を求めた Habets and Heintze (1981) の研究、測光値から半経験的に算出した Kobi and North (1990) や HR 図上の位置と進化の比較から求めた Malagnini and Morossi (1990) の研究などがあり、バルマー不連続を用いて  $\log g$  を決定する方法は Hack and Struve (1969) が紹介した。黒田・加藤 (1984, 1986) は、Kurucz (1979) のモデル大気を用いて、Breger (1976) などの分光測光値との重ね合わせ法により、パッシェン連続から  $T_{\text{eff}}$  を、バルマー不連続から  $\log g$  を求めた。ところが、バルマー不連続として 3636A

と 4016A の等級差を用いて得た  $\log g$  は分光連星の観測から得られた結果と比べて小さな値となった。その原因を探るため、今回再度、 $\log g$  を求めなおすことにした。

### 2. 観測資料

観測資料は、以下の7つの可視域分光測光値から得た。

Adelman (1978)

Adelman et al. (1980)

Ardeberg and Virdefors (1980)

Bohm-Vitense and Johnson (1977)

Breger (1976)

Cochran (1980)

Trodahl et al. (1981)

これらの資料から 152 の星を選択し、解析に用いた。その採用基準は以下の通りである。

- スペクトル型はA、F型とし、一部晩期B型星、早期G型星を含む。
- 光度階級はⅢ（巨星）からⅤ（主系列星）とする。
- 特異星を含めない（一部の例外はある）。
- 色超過  $E(B-V)$  が 0.05 より小さな、あまり星間吸収を受けてない星とする。

### 3. 表面重力加速度の決定

モデル大気として、Kurucz(1979)を用いた。波長ごとの放射強度を $5000A(\lambda^{-1}=2.0 \mu m^{-1})$ に規格化し、 $T_{\text{eff}}$ 、 $\log g$  に対する理論的なエネルギー分布を作成する。これにJohnson(1977)の減光則を適用して補正した観測値を重ね合わせると、バルマー不連続から $\log g$ を求めることができる。バルマー不連続としては、 $3650A(\lambda^{-1}=2.74 \mu m^{-1})$ 位置の等級差 $D$ を用いた。

モデル大気から得られた $(B-V)$ と $D$ の関係図をFig.1に、同じく $T_{\text{eff}}$ と $D$ の関係図をFig.2に示した。また観測値の $(B-V)$ と $D$ をプロットしたものをFig.3に、同じく $T_{\text{eff}}$ と $D$ をプロットしたものをFig.4に示した。これらを重ね合わせることで、それぞれの表面重力加速度が得られる。

### 4. 結果

Table 1 は個々の星の結果を示したものである。第1欄はHDカタログの番号、第2欄は星の固有名またはHRカタログ番号、第3欄、第4欄はスペクトル型、色指数 $(B-V)$ でエール輝星カタログ(Hoffleit 1982)の値、第5欄は、Kato and Kuroda(1992)による $T_{\text{eff}}$ である。第6欄は求められたバルマー不連続の等級差、第7欄、第8欄はそれぞれ $(B-V)$ と $D$ 、 $T_{\text{eff}}$ と $D$ から求めた表面重力加速度、第9欄はこれら2つの表面重力加速度の単純平均である。第10欄、第11欄はそれぞれ

rossi(1990)が得た表面重力加速度である。第12欄は使用した分光測光値の文献を示している。

### 5. 考察

前節で求めた2つの表面重力加速度の単純平均 $\log g$ と $(B-V)$ の相関をFig.5に示す。光度階級Ⅳ、Ⅴに限定しているが、ほとんど相関関係はないように見える。参考のためにMalagnini and Morossi(1990)が得た表面重力加速度 $\log g_{\text{MM}}$ と $(B-V)$ の関係をFig.6に示したが、顕著な相関関係があるとはいえない。これは、 $\log g$ と $T_{\text{eff}}$ の関係でも同じことがいえる。また、 $\log g$ とKobi and North(1990)が得た表面重力加速度 $\log g_{\text{KN}}$ との比較をFig.7に、 $\log g_{\text{MM}}$ との比較をFig.8に示した。これらはいずれも今回得た値が、最近の他の結果と比較して小さく出ていることを示している。

黒田・加藤(1984,1986)が採用したバルマー不連続の測定法を今回は根本的に見直し、理論と観測におけるバルマー不連続の値を全く同一の方法で求めたが、少なくとも $\log g$ を小さく見積もっていることは事実である。バルマー不連続法の限界なのかもしれない。

本研究は、1984年以来大阪市立科学館、加藤賢一主任学芸員と共同で進めてきたA型、F型星の有効温度に関する研究の延長上にあるものである。しかし今回、筆者自身ですべての資料を見直し、新たな方法で解析なおしたことから単独名の発表とした。もちろん、加藤氏との共同がなければ本研究は進まなかったはずで、氏に対し心より感謝するものである。

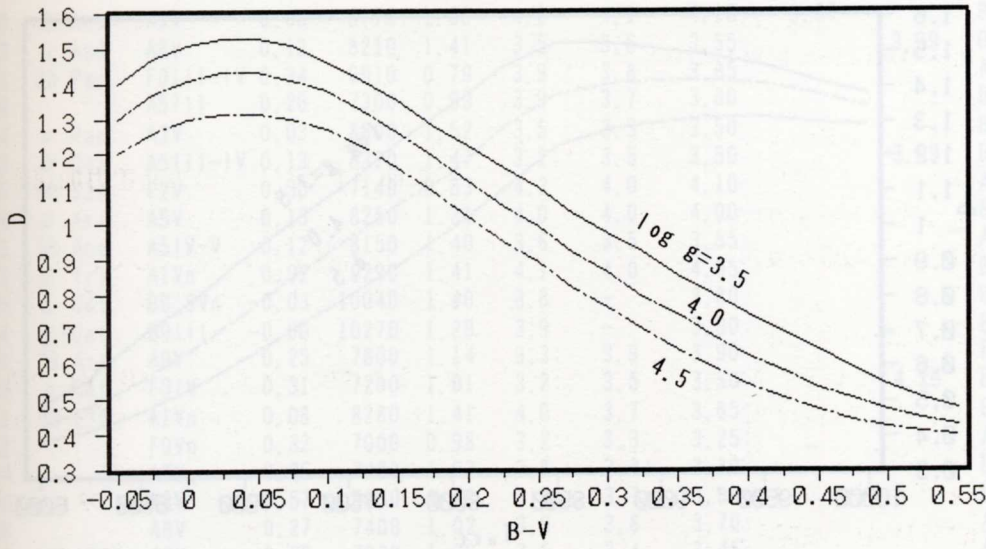


Fig.1 The relation between the color index B-V and the Balmer decrement D computed from the Kurucz's(1979) models.

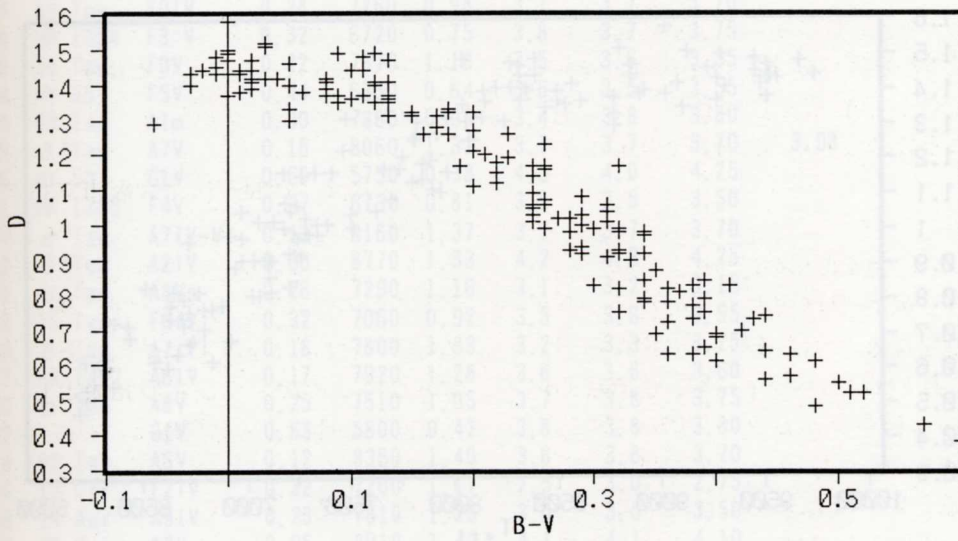


Fig.2 The (B-V)-D diagram for the adopted stars.

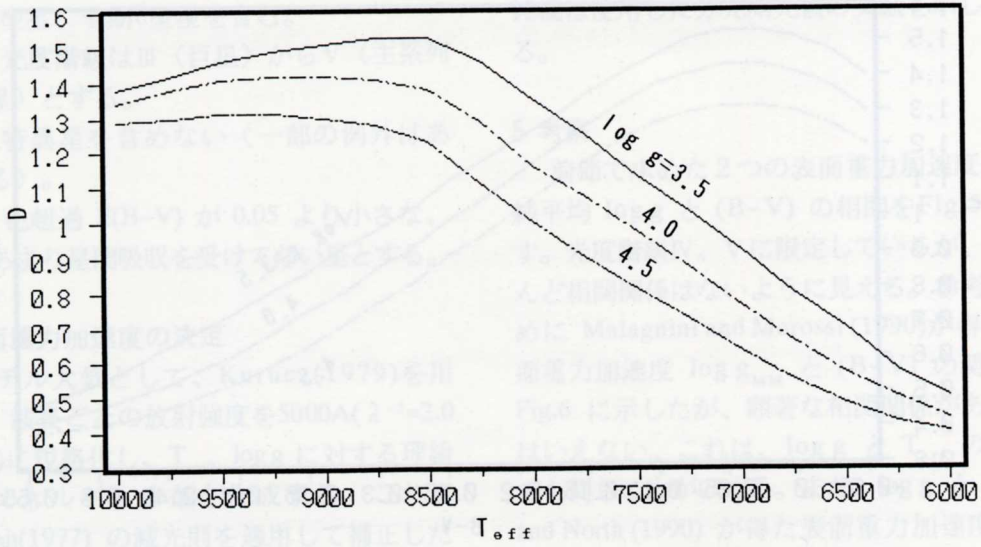


Fig.3 The relation between the effective temperature  $T_{eff}$  and Balmer decrement  $D$  computed from the Kurucz's(1979) models.

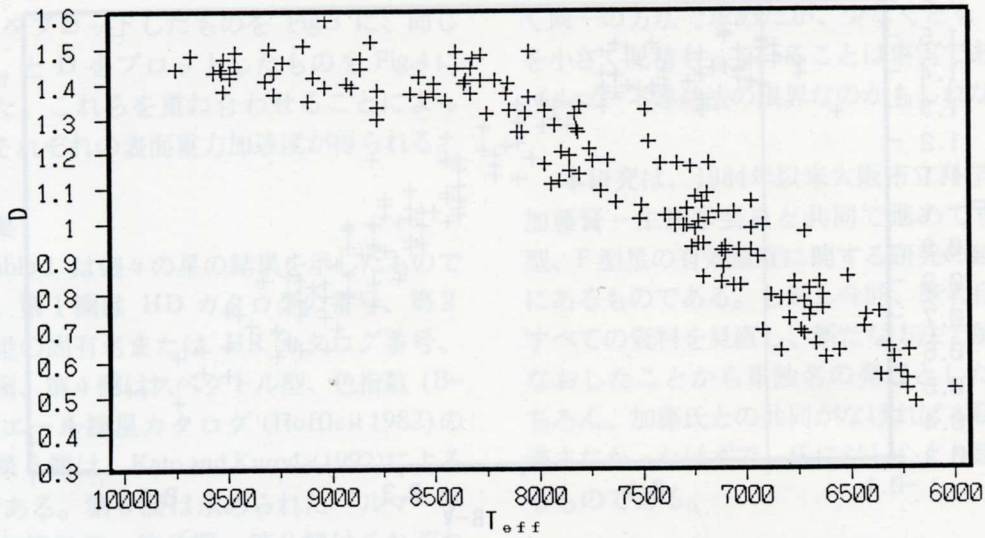


Fig.4 The  $T_{eff}$ - $D$  diagram for the adopted stars.

Empirical Surface Gravities of Normal A and F Stars

Table 1. Derived Stellar Surface Gravities

HD	Name	Sp type	B-V	T	D	log g'	log g''	log g	log g <sub>KN</sub>	log g <sub>MM</sub>	Ref
1280	θ And	A2V	0.06	8770	1.38	4.2	4.1	4.15	3.97		B, A8
5448	μ And	A5V	0.13	8210	1.41	3.5	3.6	3.55		3.99	B
6763	80 Psc	F0III-IV	0.34	6910	0.79	3.9	3.8	3.85			A, BJ
6870		A5III	0.26	7300	0.99	3.9	3.7	3.80			B
7964	ν Psc	A3V	0.03	8800	1.52	3.5	3.5	3.50			B
8538	δ Cas	A5III-IV	0.13	8320	1.47	3.2	3.5	3.50		3.59	B
11257	HR 534	F2V	0.30	7140	0.83	4.2	4.0	4.10			A, BJ
11636	β Ari	A5V	0.13	8250	1.31	4.0	4.0	4.00			B, C
13041	58 And	A5IV-V	0.12	8150	1.40	3.6	3.5	3.55			A7
14055	γ Tri	A1Vn	0.02	9290	1.41	4.1	4.0	4.05			B, A7
15130	ρ Cet	B9.5Vn	-0.03	10040	1.40	3.8	-	3.80			B
15318	ξ <sup>2</sup> Cet	B9III	-0.06	10270	1.29	3.9	-	3.90			B
15550	26 Ari	A9V	0.25	7800	1.14	3.3	3.9	3.90			B
17049	μ Cet	F0IV	0.31	7200	1.01	3.2	3.5	3.50		4.26	B
18331	HR 875	A1Vn	0.08	8280	1.41	4.0	3.7	3.85			B
19767		F0Vn	0.32	7000	0.98	3.2	3.3	3.25			A, BJ
19954		A7V	0.25	7080	1.03	3.8	3.3	3.80			BJ
20430		F8V	0.57	5850	0.43	3.9	3.7	3.80			B
23246		A8V	0.27	7400	1.02	3.6	3.8	3.70			A
23791	HZ 1993	A8V	0.26	7230	1.06	3.5	3.4	3.45			A
23863		A7V	0.22	7900	1.12	3.8	4.0	3.90			A
24132		F2V	0.38	6750	0.77	3.6	3.7	3.65			A
24167	HR 1197	A5V	0.20	7500	1.32	3.0	3.0	3.00	3.95		B
24357	HR 1201	F4V	0.34	6860	0.78	3.9	3.8	3.85			A, BJ
26322	44 Tau	F2IV-V	0.34	7000	0.98	3.1	3.4	3.40			B
26462	45 Tau	F4V	0.36	6820	0.78	3.7	3.8	3.75			B, BJ, A
26784	HY 19	F8V	0.51	6050	0.52	3.5	3.5	3.50			B
26911	48 Tau	F5V	0.40	6770	0.69	3.7	4.0	3.85			BJ, A
27176	51 Tau	F0V	0.28	7360	1.02	3.5	3.7	3.60	3.94		A7
27397	57 Tau	F0IV	0.28	7260	0.98	3.7	3.7	3.70			B, A, BJ
27429	HR 1354	F3:V	0.32	6720	0.75	3.8	3.7	3.75			A, BJ
27459	58 Tau	F0V	0.22	7670	1.18	3.5	3.6	3.55			B
27524	HY 35	F5V	0.44	6350	0.64	3.6	3.5	3.55			B
27749	63 Tau	A1m	0.30	7360	0.99	3.4	3.8	3.80			B
27819	δ <sup>2</sup> Tau	A7V	0.15	8060	1.31	3.7	3.7	3.70	3.98		B, A8
27836	HY 50	G1V	0.60	5750	0.38	4.5	4.0	4.25			B
27901	HR 1385	F4V	0.37	6730	0.81	3.5	3.5	3.50			B
27934	κ <sup>1</sup> Tau	A7IV-V	0.13	8160	1.37	3.7	3.7	3.70			B
27962	δ <sup>3</sup> Tau	A2IV	0.05	8770	1.33	4.2	4.3	4.25			B
28024	ν Tau	A8Vn	0.26	7290	1.16	3.1	3.2	3.15			A, BJ
28294	76 Tau	F0IV	0.32	7060	0.92	3.5	3.6	3.55			B
28319	θ <sup>2</sup> Tau	A7III	0.18	7800	1.33	3.2	3.3	3.25			B
28527	HR 1427	A6IV	0.17	7920	1.28	3.6	3.6	3.60			A7
28910	ρ Tau	A8V	0.25	7510	1.05	3.7	3.8	3.75			A7, BJ, A
28992		G1V	0.63	5800	0.42	3.8	3.8	3.80			B
29388	90 Tau	A6V	0.12	8360	1.40	3.6	3.8	3.70			B
33276	15 Ori	F2IV	0.32	7200	1.17	2.5	3.0	2.75			B
33959	14 Aur	A9IV	0.23	7810	1.26	3.0	3.5	3.50			B
36777	38 Ori	A2V	0.05	8910	1.40	4.1	4.1	4.10			B
38678	ξ Lep	A3Vn	0.10	8540	1.36	4.1	4.1	4.10	4.13	4.41	B, TSG, A7
40535	1 Mon	F2IV	0.29	7220	0.94	3.8	3.7	3.75			B
42818	HR 2209	A0Vn	0.03	9070	1.42	4.0	4.0	4.00			A8
47105	γ Gem	A0IV	0.00	9430	1.49	3.6	3.3	3.60		3.63	B, C, A8
56986	δ Gem	F0IV	0.34	7000	0.92	3.3	3.5	3.50			B
58946	ρ Gem	F0V	0.32	7080	0.82	4.0	4.0	4.00		4.36	B, A7

Table 1. — Continued

HD	Name	Sp type	B-V	T	D	log g'	log g''	log g	log g <sub>KN</sub>	log g <sub>MM</sub>	Ref
59037	64 Gem	A4V	0.11	8330	1.37	3.9	3.9	3.90	3.98		A7
61421	$\alpha$ CMi	F5IV-V	0.42	6470	0.70	3.5	3.5	3.50	4.06	4.03	B, C
67006	27 Lyn	A2V	0.05	9210	1.46	3.8	3.7	3.75			A7
73430		A9V	0.23	7850	1.19	3.3	3.8	3.80			A
73450		A7V	0.25	7630	1.06	3.7	3.9	3.80			A
73746		A9V	0.29	7250	0.94	3.8	3.8	3.80			A
73854		F0V	0.36	7050	0.82	3.5	3.9	3.70			A
73937		F2III	0.39	6700	0.65	4.0	4.0	4.00			A
74028		A7III	0.21	7890	1.20	3.5	3.8	3.65			A
74198	$\gamma$ Cnc	A1IV	0.02	9450	1.42	4.0	3.9	3.95			A7
75811	HR 3526	A5V	0.12	8050	1.49	3.2	3.2	3.20			A8
76644	$\iota$ UMa	A7IV	0.19	7970	1.17	3.9	4.0	3.95		4.40	B, A8
78362	$\tau$ UMa	A m	0.35	7130	0.87	3.5	3.9	3.70			B
80007	$\beta$ Car	A2IV	0.00	9010	1.58	3.2	3.2	3.20		3.33	B
81937	23 UMa	F0IV	0.33	6970	0.90	3.5	3.5	3.50			A8
82328	$\theta$ UMa	F6IV	0.46	6300	0.57	3.8	3.7	3.75		3.83	B
82621	26 UMa	A2V	0.01	8850	1.44	3.9	3.9	3.90	3.81		A8
84999	$\nu$ UMa	F2IV	0.29	7210	1.08	3.2	3.4	3.40			B
89021	$\lambda$ UMa	A2IV	0.03	9110	1.51	3.6	3.5	3.55		4.08	B
90277	39 LMi	F0V	0.25	7430	1.17	3.2	3.4	3.40			A, BJ
95418	$\beta$ UMa	A1V	-0.02	9710	1.44	3.7	-	3.70		4.09	B
95608	60 Leo	A1 m	0.05	8770	1.30	4.5	4.4	4.45			B
97603	$\delta$ Leo	A4V	0.12	8500	1.40	3.6	3.9	3.75		3.91	B
97633	$\theta$ Leo	A2V	-0.01	9640	1.48	3.6	-	3.60			B, A8
99028	$\iota$ Leo	F2IV	0.41	6680	0.83	3.0	3.3	3.15		4.00	B
102647	$\beta$ Leo	A3V	0.09	8610	1.37	4.1	4.0	4.05		4.27	B, C
103287	$\gamma$ UMa	A0Ve	0.00	9480	1.47	3.7	3.5	3.60			B, A8
103578	95 Leo	A3V	0.11	8400	1.44	3.5	3.7	3.60			B, A8
106591	$\delta$ UMa	A3V	0.08	8890	1.39	4.1	4.1	4.10	3.73	4.49	B, A8
106691		F3V	0.40	6650	0.61	4.0	4.0	4.00			A, BJ
106946		F3V	0.35	6950	0.69	4.3	4.2	4.25			A, BJ
107131	HR 4684	A5-7IV	0.18	8100	1.26	3.5	3.9	3.70			B
107259	$\eta$ Vir	A2IV	0.02	8850	1.47	3.8	3.8	3.80			B
107326	HR 4694	F0IV	0.30	7320	0.99	3.5	3.7	3.60			B
107513		A9V	0.28	7280	0.93	3.9	3.9	3.90			A, BJ
107966	13 Com	A3V	0.08	8570	1.42	3.9	3.9	3.90			A, BJ
113139	78 UMa	F2V	0.36	6820	0.72	4.0	3.9	3.95			A, BJ
114330	$\theta$ Vir	A1IV, Am	-0.01	9430	1.45	3.7	3.7	3.70			B, C, A8
115308	HR 5005	F1IV	0.31	7300	1.04	3.2	3.5	3.50			B
116842	80 UMa	A5V	0.16	8080	1.26	3.9	3.9	3.90		4.33	B, A8
119765	HR 5169	A1V	0.00	9250	1.37	4.2	4.2	4.20			A8
120136	$\tau$ Boo	F6IV	0.48	6330	0.61	3.4	3.5	3.50		4.29	B
122408	$\tau$ Vir	A3V	0.10	8330	1.44	3.6	3.6	3.60			B, A8
124675	$\kappa^2$ Boo	A8IV	0.20	7820	1.27	3.3	3.5	3.50			B
124850	$\iota$ Vir	F6III	0.52	6270	0.52	3.5	4.0	3.75		3.81	B
125161	$\iota$ Boo	A9V	0.20	7940	1.11	4.0	4.1	4.05		4.80	B, A, BJ
125337	$\lambda$ Vir	A2 m	0.13	8050	1.36	3.7	3.5	3.60			B
126660	$\theta$ Boo	F7V	0.50	6270	0.55	3.5	3.7	3.60		4.12	B
128167	$\sigma$ Boo	F2V	0.36	6860	0.63	4.4	4.3	4.35			B, A, BJ
129502	$\mu$ Vir	F2III	0.38	6730	0.73	3.8	3.8	3.80		4.04	B
137006	8 Ser	F0V	0.25	7520	1.01	3.9	3.9	3.90			A, BJ
137391	$\mu^1$ Boo	F0IV	0.31	7120	0.91	3.7	3.7	3.70			B, A, BJ
142860	$\gamma$ Ser	F6V	0.48	6230	0.48	4.1	4.1	4.10	4.00	4.23	B
143466	HR 5960	F0IV	0.26	7260	1.07	3.5	3.4	3.45			B
143584	HR 5964	F0IV	0.29	7250	1.00	3.5	3.6	3.55			B

Empirical Surface Gravities of Normal A and F Stars

Table 1. — Continued

HD	Name	Sp type	B-V	T	D	log g'	log g''	log g	log g <sub>KN</sub>	log g <sub>MM</sub>	Ref
147449	σ Ser	F0V	0.34	7220	0.84	3.7	4.0	3.85		4.36	B
154494	60 Her	A4IV	0.12	8450	1.35	3.9	4.0	3.95			B
156164	δ Her	A3IV	0.08	8500	1.37	4.2	4.0	4.10		4.12	B, A8
157950	HR 6493	F3V	0.39	6670	0.75	3.6	3.6	3.60		3.91	B
159561	α Oph	A5III	0.15	7970	1.32	3.6	3.5	3.55	3.77	3.91	B, C
159876	ξ Ser	F0IV	0.26	7350	1.17	3.0:	3.3:	3.15:			B
161868	γ Oph	A0V	0.04	9450	1.42	4.0	4.0	4.00		4.27	B, A8
162515	HR 6652	B9.5V	0.02	9500	1.44	3.9	3.7	3.80			B
164577	68 Oph	A2Vn	0.02	9010	1.39	4.2	4.1	4.15			B
166014	ο Her	B9.5V	-0.03	9450	1.43	3.7	3.8	3.75			B
173667	110 Her	F6V	0.46	6260	0.63	3.4:	3.4:	3.40:		3.97	B
173880	111 Her	A5III	0.13	8450	1.35	3.8	4.0	3.90			B
177724	ξ Aql	A0Vn	0.01	9250	1.43	3.9	4.0	3.95		4.17	B, A8
181333	28 Aql	F0III	0.26	7480	1.23	2.8:	3.3:	3.15:			B
182640	δ Aql	F3IV	0.32	7120	0.93	3.5	3.6	3.55		4.17	B, C
185395	θ Cyg	F4V	0.38	6590	0.63	4.2	3.9	4.05		4.31	B, A, BJ
187642	α Aql	A7V	0.22	7850	1.15	3.6	3.9	3.75		4.29	B, C
189849	15 Vul	A4III	0.18	8140	1.32	3.3:	3.8	3.80			B
194943	ρ Cap	F2IV	0.38	6800	0.83	3.3:	3.5	3.50		4.38	B
196180	ξ Del	A3V	0.11	8280	1.48	3.4:	3.5	3.50			B
196524	β Del	F5IV	0.44	6400	0.74	3.1:	3.3:	3.20:		3.47	B
198001	ν Aqr	A1V	0.00	9270	1.50	3.5	3.5	3.50			B, C, TSG
202444	τ Cyg	F2IV	0.39	6670	0.79	3.4:	3.5	3.50			B
203280	α Cep	A7V	0.22	7740	1.18	3.5	3.7	3.60		3.99	B, AB
203803	HR 8190	F1IV	0.32	6950	0.99	3.3:	3.3:	3.30:			B
203925	HR 8198	A8III	0.31	7000	1.06	3.0:	3.1:	3.05:			B
205767	ξ Aqr	A7V	0.17	7830	1.31	3.4:	3.4:	3.40:			A, BJ
205924	4 Peg	A9IV-Vn	0.25	7700	1.09	3.5	3.9	3.70		4.52	B
206901	κ Peg	F5IV	0.43	6460	0.73	3.3:	3.4:	3.35:			B
209166	20 Peg	F4III	0.34	6750	0.97	3.1:	3.0:	3.05:			B
210027	ι Peg	F5V	0.44	6390	0.56	3.9	4.0	3.95			A, BJ
213558	α Lac	A1V	0.01	9480	1.38	4.2	4.2	4.20			B
214279	HR 8607	A3V	0.12	8350	1.41	3.5	3.8	3.65	3.78		A7
214994	ο Peg	A1IV	-0.01	9490	1.43	3.8	3.8	3.80			B, C, A7
216048	HR 8681	F0IV-V	0.29	7150	1.03	3.4:	3.4:	3.40:			B
216735	ρ Peg	A1V	0.00	9530	1.43	3.9	-	3.90			B
216956	α PsA	A3V	0.09	9090:	1.35	4.2	4.3	4.25	4.31	4.43	B, C
217782	2 And	A3Vn	0.09	8400	1.49	3.5	3.5	3.50			B
217926	HR 8776	F2V	0.39	6550	0.84	3.2:	3.1:	3.15:			B
219080	7 And	F0V	0.29	7140	0.92	3.9	3.7	3.80			A
219487	HR 8845	F5V	0.40	6750	0.68	3.8	4.0	3.90			B
222603	λ Psc	A7V	0.20	7760	1.21	3.5	3.6	3.55			B

Column 1:HD number, column 2:other designation, column 3:spectral type (from "The Bright Star Catalogue" (Hoffleit 1982)), column 4:color index B-V(from "The Bright Star Catalogue" (Hoffleit 1982)), column 5:effective temperature T[°K] (Kato and Kuroda 1992), column 6: Balmer decrement D[mag.], column 7:surface gravity log g' derived from D and B-V, column 8 :surface gravity log g'' derived from D and T, column 9:mean surface gravity log g, column 10:surface gravity log g<sub>KN</sub> from Kobi and North(1990), column 11: surface gravity log g<sub>MM</sub> from Malagnini and Morossi(1990) and the last column indicates the reference of the visual data:

- A =Ardeberg and Virdefors(1980);
- A8=Adelman et al.(1980);
- BJ=Bohm-Vitense and Johnson(1977);
- TSG=Trodahl et al.(1981).
- A7=Adelman(1978);
- B =Breger(1976);
- C =Cochran(1980)

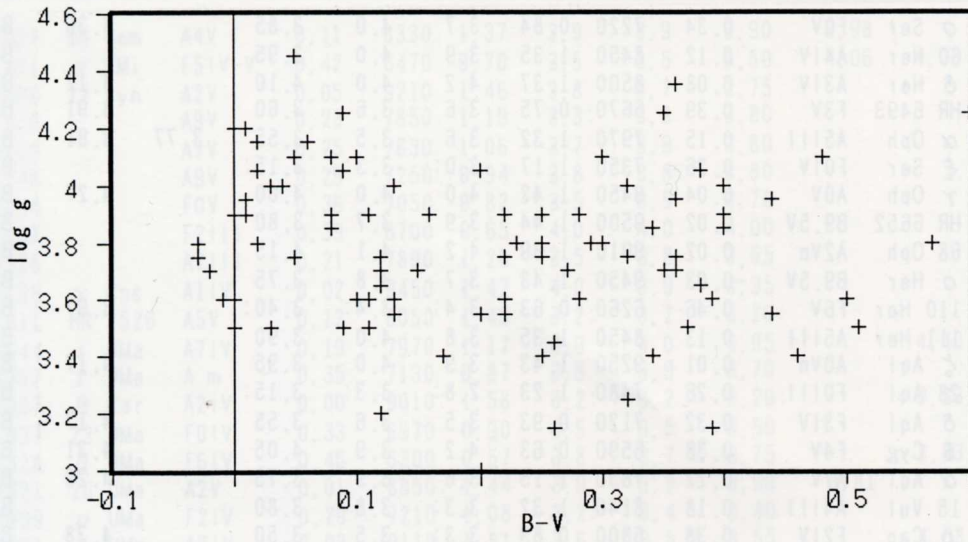


Fig.5 The (B-V)-log g diagram.

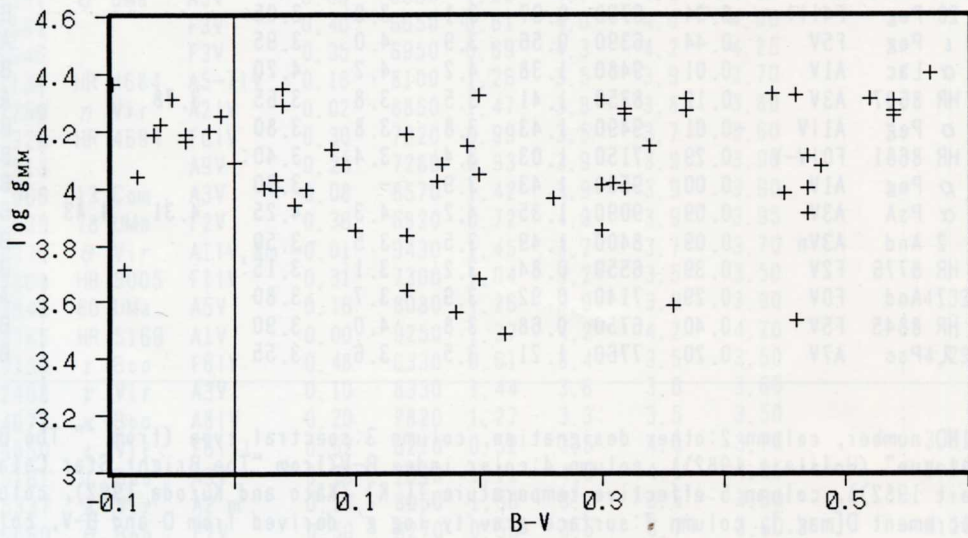


Fig.6 The (B-V)-log g<sub>MM</sub> diagram.



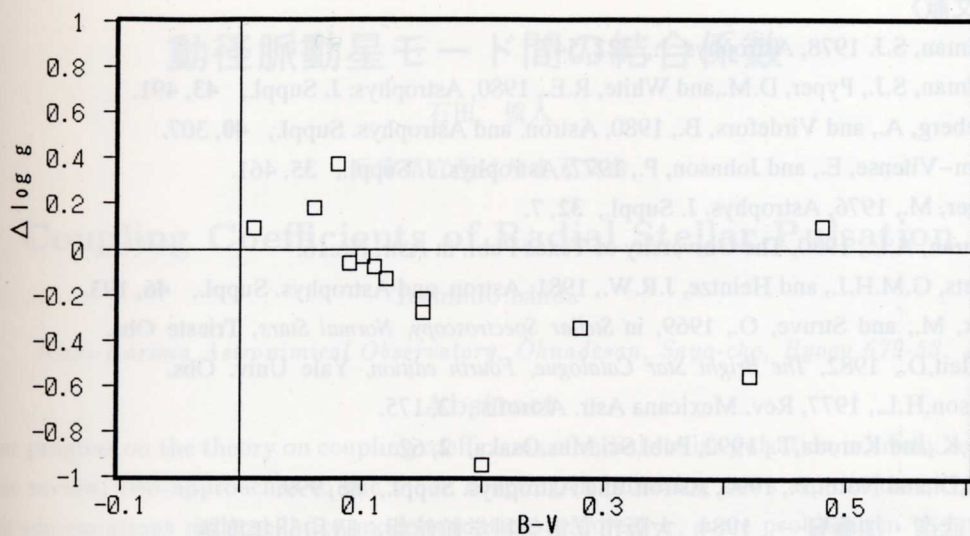


Fig.7 Comparison of log g with those of Kobi and North(1990).

The difference  $\Delta \log g = \log g - \log g_{KN}$  is plotted as a function of B-V.

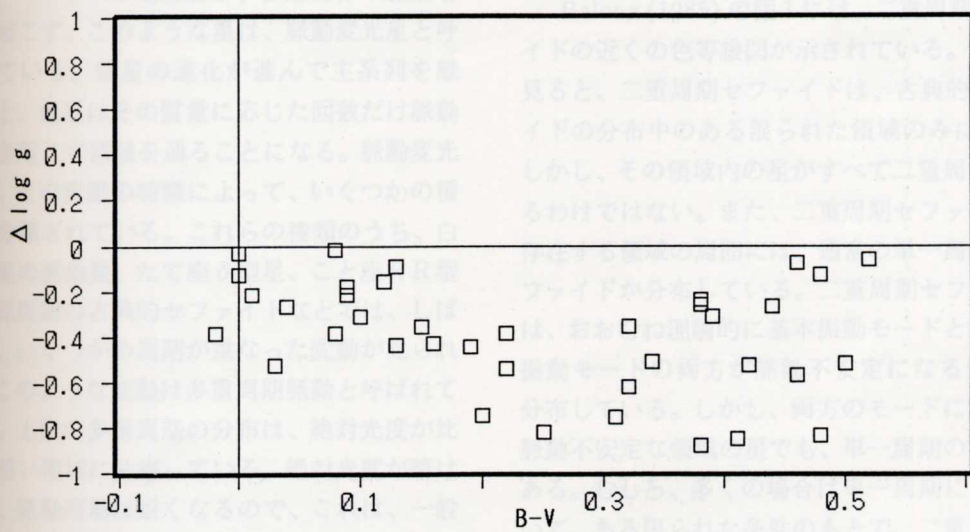


Fig.8 Comparison of log g with those of Malagnini and Morossi(1990).

The difference  $\Delta \log g = \log g - \log g_{MM}$  is plotted as a function of B-V.

## 《参考文献》

- Adelman, S.J. 1978, *Astrophys. J.*, **222**, 547.
- Adelman, S.J., Pyper, D.M., and White, R.E., 1980, *Astrophys. J. Suppl.*, **43**, 491.
- Ardeberg, A., and Virdefors, B., 1980, *Astron. and Astrophys. Suppl.*, **40**, 307.
- Bohm-Vitense, E., and Johnson, P., 1977, *Astrophys. J. Suppl.*, **35**, 461.
- Breger, M., 1976, *Astrophys. J. Suppl.*, **32**, 7.
- Cochran, A.L., 1980, *The University of Texas Publ. in Astr.* No.16.
- Habets, G.M.H.J., and Heintze, J.R.W., 1981, *Astron. and Astrophys. Suppl.*, **46**, 193.
- Hack, M., and Struve, O., 1969, in *Stellar Spectroscopy, Normal Stars*, Trieste Obs.
- Hoffleit, D., 1982, *The Bright Star Catalogue, Fourth edition*, Yale Univ. Obs.
- Johnson, H.L., 1977, *Rev. Mexicana Astr. Astrofis.*, **2**, 175.
- Kato, K., and Kuroda, T., 1992, *Publ. Sci. Mus. Osaka*, **2**, 62.
- Kobi, D., and North, P., 1990, *Astron. and Astrophys. Suppl.*, **85**, 999.
- 黒田武彦・加藤賢一, 1984, 大阪市立電気科学館館報、昭和58年度版
- 黒田武彦・加藤賢一, 1986, 三澤邦彦教授退官記念集、p. 50.
- Kurucz, R.L., 1979, *Astrophys. J. Suppl.*, **40**, 1.
- Malagnini, M.L., and Morossi, C., 1990, *Astron. and Astrophys. Suppl.*, **85**, 1015.
- Trodahl, H.J., Sullivan, D.J., and Gibb, R.G., 1981, *Monthly Notices Roy. Astron. Soc.*, **197**, 941.

