恒星物理學最近の研究（I）

(Proc, Phys. Soc. London 36 (1924)より)

英國劍橋大學教授　E. A. ミルン

恒星に巨星及び倭星の二大別ある事は1906年 Hertzsprung により發見されました。併しこれが印象的な事實以上となつたのは1918年の事でした。其の年、王立天文學會集會の席上に於いて、H.N. Russel 教授は巨星及び倭星に關して彼の考察になる理論を呈出しました。同年 Niel Bohr 教授はスペクトルに關する彼の說を公にしました。この兩說は人の心に强く訴うる所あり、その著者及びその他の人々の手で解明への力强き武器となりました。一見二つの說は甚だ異つた材料を取扱つて居た。Bohr の理論は原子を論じ、當時は二三の鮮明事實及び精確な波長の測定の上に立ち、電氣力學及び熱力學的理論の結果と結ばれてありました。Russel の說は恒星を論じて居り、大部は測定の確かでない量、例へば星の質量、密度、表面光度及び視差から成つて居る統計を基として居りました。が併しながら、兩つの說は何れもスペクトルに關して居ります。

Russel のなした大きな進步は、只今申した星に關する諸々の量を、觀測さるゝの星のスペクトル、卽ち單なる叙述的變數、スペクトル・タイプと系統的に關係付けた點であります。元素の×線スペクトルは原子番號の順に直線的に並べられます。元素の光線スペクトルはお互に斯くの如き簡單な直線的關係を示しません。だのに星のスペクトルは一元的な關係を示して居るのです。その間には“betweeuness”の關係があります 非常に數多い星のスペクトルが一端より他端へ連續的に順を追うて一つの系列に並べられます。光線スペクトルの複雜な旣知關係より見てこれは著しい事であります。星のスペクトルにある差異が化學的構成の差異より來るとの昔の說は信じられなくなつて參ります。スペクトルのタイプは大體より見て一つの變數の函數である樣に思はれます、そして目に見ゆるスペクトルは、星の大氣に於ける物理的條件を定むる量の一つの變化によつて異るものと假定せねばならぬ樣になります。二つの主變數——温度及び壓力——が暗示されます。

併しながら、この二つは何れも直接に測定する事は出來ません。而も、より以上の嚴密な表現を用ゐないで、星の大氣の温度や壓力を云々するのは地球の氣温や氣壓を語る以上に意味のない事であります。地球の大氣中の壓力や温度は高さにより著しく異ります。星の大氣に於いてもそうでありませう。が併し少くとも地球大氣の平均温度、平均壓力については云々する事が出來ます。瓦斯狀恒星の場合には——而も大まかに云へばすべての恒星は瓦斯狀と見做してよ

いのですが——その大氣が何れに終り、星が何れに始るかは誰か知る事が出來るでせうか。

星の大氣に於ける物理的條件の直接決定は斯くの如く我々より遠のいて居ります。併しこゝに一つ直接に測定し得る變數があります。卽ち星の有效温度です。大氣中の壓力及眞温度ニは異り、星の表面を去つて行く——卽ち星の大氣の上層を通過して外部に出づる——單位面積每の輻射の量及びスペクトル構造は決定的であります。彼等はそれぞれ、或る與へられた温度に於いて熱力學的平衡にある輻射の量及びスペクトル構造ニ比較する事が出來ます。この比較の何れからも相當する黑體温度を決定し得ます。この温度は、單に便宜上の坐標でありますが、星の有效温度ニ呼ばれます。太陽については、輻射の量より決定せる有效温度が、連續スペクトルの强度分布より決定せる有效温度ニよく一致して居るのは我々の知る所であります。星の大氣に於ける眞温度が有效温度ニ密接に關係して居るであらうニ假定するのは眞らしく思はれます。

放射さるゝ光のスペクトルの構造が星每に異つて居るのは目には色の變化ニして映ります。赤星は低い有效温度を持つて居らうし、白星や白青い星はより高い温度を持つて居りませう。所で色の分類は、吸收線より分てるスペクトルタイプの分類ニ著しく一致して居り、有效温度の測定はその間の關係を確めて居ります。斯くの如く、叙述的なスペクトル・タイプが主ニしてその函數である只一つの變數は有効温度であります。

光度及び密度ニスペクトルタイプニの Russel の關係は、そこで、有效温度ニの關係ニなります。有效温度が單位面積每の輻射の量の準度である以上、それは又表面光度の準度であり、從つてその關係は又表面光度ニの關係だつたのです。そして、觀測事實が齋整されたのはこの表面光度によつてでありました。實際に非常に光の弱い星ニ同じスペクトル・タイプに屬する眞光度の極めて强い星は殆んご同じ表面光度を持つて居りませうから大きな面積を持つて居るに相違ありません。併しながら恒星の質量は極めて同等のものですので、明るい巨星の密度は暗い倭星の密度よりも小さく——百萬倍も小さくあるに相違ありません。我々はこゝに、一双の章句の中に、巨星及び倭星への觀測された分岐に對する解釋を持つて居ります。

この解說に於いては、叙述的なスペクトル・タイプは殘されて居りました。併しながら Russel 等により集められた統計は觀測された星のスペクトル・タイプに關して居つたニ云ふ事は記憶さるべきであります。タイプの有效温度に對する關係に關する證左は決定的ではあつたが貧弱だつたのです。更に、スペクトル・タイプニ有效温度ニの間の連鎖は殆んご全く說明されずに殘つて居りました。或るスペクトル線は、實驗室では、只高温に於けるか又は强い放電の下にのみ生ぜしめ得、而してかゝる線は高い有效温度を持つた星にのみ見出される

に過ない事を知つて居りました。併しながら何が故然かあるか、或は何が故に同じ線がより高温の星に於いては消失する傾向があるのかは知られて居りませんでした。且量的の説明に至つては皆無でした。有效温度ミスペクトルのタイプミの間に或る決定的な關係がある樣に思はれました。が併しその連結は實驗的でした。論理的な論證には罅隙がありました。

Bohr のスペクトル論は、恒星に關する理論にあるこの罅隙に橋架するのを可能ならしめました。觀測された星のスペクトルより、恒星大氣に於ける種々の層の眞温度に關し何物かを誘導し、而して眞温度が一般に有效温度ミ一致して居る事を確める爲に、このスペクトル論を用ふ事が出來る樣になりました。只今では我々は、觀測されたスペクトルは正に種々の有效温度に於いて現るべきスペクトルであるのを知つて居ます。卽ち假令星の大氣中に全べての元素が存在して居らうミも、Bohr の理論によれば、或る與へられた温度に於いてはその中或る若干のみがその吸收スペクトルによつてその存在を示すに過ぎず、且又温度の上昇につれて線の逐次的に現れたり消えたりする事も豫想されるのであります。

Bohr の理論は又、スペクトル・タイプの一元的系列を横に切つて居るものミ知られて居る、著るさに於いては劣つても大いに意義深き變化、卽ち各々のタイプに於いて、巨星より倭星を區別するのみならず、明るい巨星より暗い巨星を、又明るい倭星より暗い倭星を區別して居る變化を説明します。我々はスペクトル系列を支配して居る主變數が温度である事を見ました。が併し今一つの可能的變數が壓力である事を忘却して居つたのではありません。で今主系列の或る區分内に於けるスペクトルが、横の變化の證左を見せて居るのを知つたからには、新變數が壓力であらうミ思惟するミよいでありませう。Bohr の理論を發展すれば何が故にかゝらんかを示して吳れます。

Bohr のスペクトル論の恒星大氣へのこれら基礎的應用は常に Megh Nad Saha 博士の名に結ばれます。

私は星のスペクトル及び星の温度に關する我々の直接の知識への最近の添加の若干を努めて回顧し、而して後之等及び古くから積まれた恒星スペクトルに關する觀測結果が何れも最近の原子説の光明を借つて如何に説明さるゝやを簡單に示して見ませう。

スペクトルに關しては分光器的視差に就いてのみお話して置きませう。夙に1913年 Adams 及び彼の共同研究者達は井ルソン山に於いて、同じスペクトルタイプに屬する星の間に固有運動の小さいものは固有運動の大きな星よりも紫の部分に於いて比較的光の弱い事を發見しました。統計的には固有運動の小なるものは距離の遠く從つて或る與へられた見掛けの光度に對しては直眞光度の强い事を意味します。斯くの如く巨星は同じタイプの倭星よりも紫部に於いて

弱いスペクトルを持つ樣に見えたのです。これ只今では全く確立された事實、卽ち同じスペクトル、タイプに對して巨星は倭星よりも低い有效溫度を持つて居るのを示す昔の指標の一つでありました。更に觀測を線スペクトルに迄擴張し、Adams は或る與へられたタイプ内では眞光度の進むにつれ或る線はその强さを增し、或る他の線は減少する事を見出しました、λ4216Sr⁺の如き火花スペクトルは眞光度の最も高い星に於いて最も强く、λ4607Srの如き"低溫"線は眞光度の最も低い星に於いて最も强くありました。眞光度の知られた星を取つて、種々の線に對し强さと光度とを結ぶ實驗的曲線を作りこの曲線を用る他の星のスペクトルの線の强さを見積つてその星の光度を誘導する事を得ました。斯くの如くして見出した眞光度を見掛けの光度と比較すれば距離を知ります。この方法によつて數百の星の距離がそのスペクトルより見出されました。決定方法の根據は實驗的であります、が併し恒星スペクトルに關する何れの說も、或るスペクトル・タイプ内に於ける線の强さと眞光度とのこの關係、及び種々の線の此の點に關する異れる所作を說明しなくてはなりません。

星の連續スペクトルに於ける光の分布に就いての、或る概念はその色指數(Colour index)より得られます。色指數は見掛けの寫眞等級が見掛けの肉眼等級を超ゆる過剩として定義されます。星が赤ければ赤い程、肉眼では同じ强さの輻射に對しても寫眞に撮れば比較的に弱く感じます。大まかに云へば、この二つの光度等級はスペクトルの異れる二部(例へば λ4250 と λ5700)に於ける强さの準度となります。で强度曲線が Planck の法則に從ふものと假定すればこの二つの波長に於ける觀測された强さの比から有效溫度を誘導し得ます。次表は近く井ルソン山で發表された若干の色指數であります。

スペクトル	巨星		倭星	
	C. I.	T.	C. I.	T
B_0	−0.32	10.500°	—	—
B_5	−0.17	10.000	—	—
A_0	0.00	9.230	—	—
F_0	0.38	7.000	—	—
G_0	0.86	5.300	0.72	5.770
G_5	1.15	4.610	0.83	5.500
K_0	1.48	3.860	0.99	4.880
K_5	1.84	3.270	1.26	4.120
M_a	1.88	3.080	1.76	3.330

同じタイプの倭星に比して、巨星の色指數の大きい從つて有效溫度の低い事はよく示されて居ります。(併しこゝに一言すべきは、此の表中の溫度は直接

色指數から誘導されたのではなく、巨星に對する Wilsing の温度決定より採りました。これは高温の星に對しては、恐らく餘りに低過ぎる樣に思はれます。)

近年大いに測定された今一つの量は有效波長 (effective wave length) であります。粗な回折格子を望遠鏡の objective の上に置けば、寫眞に撮つた各々の星は中心像と、之に伴つて、實は細かいスペクトルである、側面像とを與へます。各側面像の重心は星の光に於ける强さの分布により左右されます。で例へば側面像の最初の一双間の距離を測れば、用ゐられた特別の光學並びに寫眞裝置に對して有效波長を知ります。有效波長はスペクトル・タイプの若くなる程減少し又巨星に對しては、同じタイプの倭星に對してよりも長くあります。

色指數、或は有效波長、何れに關する研究も、スペクトルを通じての强度分布の詳細な研究を代用するものとは考へられません。此の種の研究には Wilsing Scheiner 及び Münch が肉眼でなした分光光度計的觀測、並ひに Rosenberg が寫眞に撮つた分光光度計的觀測がありますが、何れも達し得べきスペクトルの全範圍に亙つて一系の波長でなされました。これらの觀測は近く Brill により再ひ研究されました。下に彼の出した値を抄記します。

Spectrum	Wilsing	Rosenbe.rg	Spectrum	Wilsing	Rosenberg
B_0	12,300°	30,000°	G_0	5,980	6,000°
B_5	11,480	18,000	G_5	5,280	5,300
A_0	10,250	12,000	K_0	4,570	4,570
A_5	9,000	9,000	K_5	4,000	3,840
F_0	7,950	7,850	M_a	3,500	3,580
F_5	6,880	6,930			

出し方が異れば異る尺度を與へます。殊に若いタイプの星についてそうでありますが、A 型以上の星に對しては Rosenberg の温度は Wilsing の値よりも、不變的に甚だ高い。Wilsing の觀測がB型の星に關しては餘りに低過ぎる温度を與へるとこ云ふ事は一般の認むる所で、眞値は恐くこの二つの尺度の間に横つて居るのでせう。

星のスペクトルに於ける强度分布を測定する爲に、光電電池 (photoelectric cell) を用ゐ、Sampson 教授は興味深い結果を得て居ります。カペラ(5,500°)と比較して彼の得た温度を若干下に揭げます。

γ Cass.	B_0	16,900°
α Lyrae	A_0	11,200
α Aquilae	A_5	10,000
β Cass.	F_5	8,800

Polaris	F_8	6,800
ε Cygni	K_0	5,100
α Cass.	K_0	4,700
β And.	M_a	3,500

分光光度計の使法によつて測定された若干の星の温度が極く近頃 H.H. Plaskett によつて公にされました。次の如し。

γ Cass.	B_0	15,000°
ε Persei	B_5	15,000
α Cygni	A_2	9,000
δ Cass.	A_5	9,000
α Aurigae	G_0	5,500—6,000
β Gem.	K_0	5,000—5,500

彼は又細いスリットを使つて太陽の連續スペクトルを研究し、以前考へられて居つたよりも餘程黑體のスペクトルに近い事を發見しました。

過去數年の間に、直接星の熱を測定する上に目覺しくも結果よき企が行はれました。螢石窓を備へた眞中室の中に裝置した Thermocouple より成れる、撰澤的でない一型の受熱器(Receiver) が Coblentz によつて工夫されました。此は嘗て說計された Stellar radiometer の何れと比しても數百倍も感じよく α Orionis の如き明るい赤星に對しては15糎の電流計 (Galvanometer) の振れが得られ、B 型の四等星に對してすら1粍の振れが得られます。恒星に對して最初の測定は1914年リック天文台に於いて行はれ、近く多數の觀測がローエル天文台及び井ルソン山でなされました。適當な Transmission screen の使用によつてスペクトルを通じてのエネルギー分布が得られます。而もこれは、光度計的觀測に於いて要求される樣な目盛りをする事なく、直接エネルギーの單位で得られるのです。次に示すのは Coblentz が彼の觀測より誘導した温度の若干であります。

Temperature from Thermo-couple Observation

ε Orionis	B_0	13,000°— 14,000°
β Orionis	$B8_p$	10,000 — 12,000
α Can. Maj.	A_0	8,000 — 11,000
α Can. Min.	F_5	5,500 — 7,500
α Aurigae	G_0	5,300 — 6,500
α Boötis	K_0	3,500 — 4,500
α Tauri	K_5	2,800 — 4,500
α Orionis		2,800 — 3,300

スペクトル分布の觀測に於いても變光星觀測に於いても Stellar radiometer は未來多きものゝ思はれます。

Michelson の工夫した或る型の干渉計によつて、近頃井ルソン山でなされた恒星の角直徑の測定は、全世界の聽を集めました。本講演の立場から見て、此の偉業の重要なのは表面光度の從つて有效温度の直接測定を可能ならしめた點にあります。ゝ申すのは、衆知の法則によつて、光體より受ける輻射は次の公式によつてその眞表面光度ゝ結ばれて居ります。

受けた輻射＝(表面光度)×(觀測者に結ぶ立體角)

一つの星に對してはこれは

$$表面光度 = \frac{見掛けの光度}{(角直徑)^2}$$ ゝなります

星の等級はその表面光度を與へます。比例常數は光度等級の燭光當量を知る事により、或は又太陽の如き角直徑及び表面光度の知られた星ゝの比較によつて見出されます。α Orionis の角直徑の測定値、0.047″ はこの樣にして、太陽の表面光度を零等ゝして比ぶれば、4·6等の表面光度を與へます。これは3,000° の温度を許し其のタイプ Ma ゝよく一致して居ります。同樣にして、α Boötis (Ko) は 0.022 の角直徑を持ち、これは 2.2 等の表面光度及び 4100″ の温度を與へます。

これら諸種の研究は一致して、スペルトルタイプが主ゝして有效温度の函數である事を見出して居ります。彼等は温度の大きさの程度に關しても一致し若型の星については數値に關しても揃つて居ります。老型の星に對しては稍々異つて居ります。

更に詳細に注意を拂へば、彼等は又一致して、有效温度はスペクトルタイプゝ同樣に眞光度の函數たる事を見出して居ります。或る與へられたスペクトルタイプに對して、連續スペクトルに關しては眞光度の大きい程、有效温は低くありますが、線スペクトルに關しては眞光度の大きい程火花スペクトルは著しく顯れます。これはパラドサシカルであります。主スペクトルクラス内に於いては——卽ちスペクトルの同じ一般型を持つグループの中—巨星はより低い有效温度を持ちますが所謂高温線はより著しく顯れるのです。

連續スペクトルの二部に於ける相對强度より有效温度を決定するのには何れもPlanck の式を應用して得られます。連續スペクトルが黑輻射のそれでなければ異れる一双の場所は同一の温度を與へません。大まかに云へば、星の連續スペクトルは黑輻射のスペクトルゝ一致しますが如何なる正確さを以てかは判りません。吸收線によつては明かに問題は複雜になります。線の間の强さを測るのが必要であります。がこれは線が相接近して居る場合には困難でありませう。又或る程度は吸收線の存在は連續スペクトルのエネルギー分布を變へるゝ

豫想されるでありませう。何ごなれば吸收線を生ずる瓦斯の層はその吸收するエネルギーを蓄積することは考へられません。定常狀體では瓦斯はエネルギーを外方にも內方にも放射します。外方放射は線に觀測する殘りの强さであり、內方放射は星に向つて戻り、そして線のない時よりも稍や星を高温ならしめる傾向があります。斯くの如く吸收線の爲に連續スペクトルに於ける强さの分布は輻射の全量により與へられるであらうよりも高い温度に相當し勝であります。我々は特別な場合からは、吸收線の存在が連續スペクトルに何等かの影響を持ち易いこ云ふ事を見る事が出來ます。何ごなれば、若しスペクトルが線で滿ちて連續スペクトルが殘らない樣になつたこ想像するならば、我々は吸收線が全くない場合こ宛然同じ樣子を持つでありませう。星の表面を去るエネルギーの總量は恐らく殆んご全く、星の內部に於いてごうなつて居るかに左右され、表面附近の構造には殆んご左右されないでありませう。でそれはスペクトルのごの部かをつき破つて出るに相違ありません。

黑體スペリトルよりの外れの今一つの可能的原因は外層のに於ける温度傾斜に在ります。表面を去る輻射は種々の深さに於いて放射され、各々が通過し行く各層に於ける吸收によつて弱められた輻射束の重疊から成立つて居りませう。各波長に對しては、其波長に於ける透明度に依つて、我々の見る或る平均の深さがあるでせう。で表面を去る輻射はこの平均の深さに源するこ考へてよい。若しも平均の深さがスペクトルの全べての部に對してよく一致して居るならば、スペクトルの異なる部に於ける輻射は同じ温度、卽ち平均の深さのレベルに於ける温度に相當するでありませう。そして、かくして成れる連續スペクトルは黑體のスペクトルに近くありませう。併しながら若しも透明度が種々の部分で異つて居るならば輻射は種々の平均の深さから出て來ます。透明度が平均よりも大きい所では、輻射はより深い所から卽ちより高い温度から來て、より强いでせうし、その結果する連續スペクトルは黑體のそれではないでありませう。

更に星の大氣に於ける瓦斯の分散はスペクトルを壞すかも知れません。こ申すのは瓦斯の分散は波長の四乘に逆比例して變るので紫及び紫外の部に於ける强さを低下するでありませう。恒星大氣に於ける分散が認め得る程であるか否かは單に一般吸收及び分散の係數の相對的の大きさに左右されます。若しも吸收が相對的により著しくあるならば、內部より外方に進むにつれ、感知し得べき吸收及び放射の區域を脫する前に密度が餘りに小さくなつて何等感知し得べき分散を讓さない樣なレベルに到達するでありませう。太陽の場合には此の樣である或る證左があります。

我々は黑さからの外れを釀す事情の若干を述べて來ました。證明の本分は別道でがるこ批難されるかも知れません。卽ち何故に連續スペクトルは少しでも

黑輻射のスペクトルに近いと豫想すべきであらうか。答はかうであります。任意の充分に大きな一塊の物質は、瓦斯であつても、均一温度にあれば分散から離れて黑體スペクトルを與へる事を理論は示します。で求むべきは單に温度傾斜の結果を吟味する事であります。外方から星に投射される外部輻射の光線が部分的にそして完全には吸收されない程度に於いてのみ、温度傾斜のない場合にはスペクトルは黑體から外れるでありませう。

此の種の熱力學的考案は、併しながら、連續スペクトルの起源を換定外に殘して居ります。輻射エネルギーの放射は、原子論に從へば常に單色であり、連續スペクトルは單に種々の振動數を持てる數多き量子が重疊して作られます。これが一例として我々は光線系列の極限を超えて存在して居る連續スペクトルを持つて居ります。放射スペクトルとして、それはイオン化せる原子がエレクトロンを捕へる時生じます。放射される振動數はエレクトロンの始めの運動のエネルギー並びに考へて居るエネルギー・レベルに對する原子の電離電壓(Ionization potential) により異ります。吸收スペクトルとしてそれは(連續スペクトル)エレクトロンの光電放射 (Photoelectric emission) によつて作られ、其の結果原子をイオン化します。斯くの如くして生ぜる、Balmer Series を越えてある連續スペクトルは天體のスペクトルに於いて知られて居ります。放射スペクトルでは太陽の閃光スペクトルに於いて知られ、吸收スペクトルでは高温星の或るものに於いて知られて居ます。星の內部に於いては殆んど全べての輻射が Eddington 教授により、斯の如き光電的なイオン化及び捕獲に歸せられて居ります。視線部の連續スペクトルも斯くの如く、多くの連續スペクトルの斷片によつて形成さるゝや否やは、未だ語る事が出來ません。原子の最低の光線水平 (Optical level) は寧ろ遙か紫外の方に在りますし、外部水平への捕獲が充分に頻繁にあると豫想する事は出來ないのであります。一方多くの輻射は、捕へられずに、衝突の間に、或る雙曲軌道から他軌道へ飛ぶエレクトロンによつて放射されるかも知れません。

Lindemann 等によつて、Stark effect が原因であらうと暗示されました。原子がもつと、しつかりと包まれて居る所、卽ち、更に深層に於いては、原子はお互に、亂性の大きな電場を働かすでせう。これはエネルギー水平に動搖を來し、從つて線の巾を廣めるでありませう。而してこの廣まつた放射が數多く疊重つて連續スペクトラルが起る。現象は壓力の下に線の廣まるのと一般であります。併しながら一言さるべきは、太陽のスペクトルに於ける弱い線は、その中或るものは多分甚だ深い所に源して居るのですが、暫々極めて細いのであります。

若しも星の連續スペクトルが近似的に黑體のスペクトルであるならば、出づる輻射の源して居る平均の深さの眞の温度は、有效温度と殆んど同一でなけ

ればならないと云ふ事は明かであります。更に進んで、我々は輻射を生ずる層に於ける温度傾斜に關し何ものかを知りたいと思ひます。星の外部が定常狀體にあると假定すれば、空間に放射されるエネルギーはより深部より表面に傳達されなければなりません。大部以前から對流は不適當であると認められて居ります。一つの可能的な狀體はエネルギーの全べての交換が輻射的である狀體であります。卽深部は表面部に輻射し、今度は表面部が空間に輻射します。任意の高さを横ぎる、內方輻射を超ゆる外方輻射の差額は一定であり、表面より空間への輻射に等しい。かゝる狀體に於ては各々の高さは輻射すると同量だけ吸收します。卽ち下層より昇る外方光線からも、上層より內部に戻る輻射からも吸收をします。で各高さに於けるエネルギーの吸收は主として、遙かに强烈な外方光線よりなされますが一方其高さの放射は外方及內方に一樣に行はれます。從つて定常狀體に對しては、輻射の强さに內方に正なる或る傾斜存在し、必從的温度傾斜を伴ひます。其傾斜は甚だ簡單に純輻射と結ばれて居り、Schwarzschild が始めて示した樣に、表面層の眞温度は、輻射の全量より判じた有效温度よりも約二割小さくなるわけです。我々は斯くの如く單なる坐標的温度より眞温度を導きます。更に不透明度を全べての波長に對し同一なりとすれば、輻射のスペクトル構造は有效温度よりも約三パーセント高い温度に相應すべきであります。

太陽盤は中心に於けるよりも緣邊に向つて暗い。恐らく恒星一般に對しても同樣でありませう。この暗くなつて行くのは單に温度傾斜の結果であります。卽ち緣邊では、切線的に出て行く輻射は必然的に、温度の低い淺部に源し、從つて弱くあります。太陽上の温度分布の觀測から、連續スペクトルを生ずる各層の温度傾斜を導けます。これは、輻射平衡の假說に立つて計算したものと實によく一致して居ります。されば、中心緣邊觀測は、輻射平衡說に立つて有效温度よりの境界温度の透導を確めて居ります。（竹田新一郎譯）

編輯話　のエスペラントに就て　今年七月號以後の天文通俗講話には重な言葉に對して括弧で横文字を挿入してあるが二つ、並べてある言葉のうち前の方は英語で後の方はエスペラント語である。これは重な言葉に英語を添へて欲しいといふ讀者の希望に應じたのであるが、それと同時に只英語丈を添えることは何としてもと思つてエスペラントを附加へることにしたのである。しかしお斷りして置かねばならぬことはこゝに用ゐてあるエスペラントがまだ世界中で一般に認容せられてゐる譯ではないといふことで其點は甚だ讀者諸君に相濟まぬことゝ思ふし又御諒恕を仰ぐところである。が多くは既成の辭書にあるものを用ひ、又幾つか言葉があれば成る丈各國語（と申しても歐洲語ではあるが）に共通な語原から出來てゐるものを採ることにした。尙ほ辭書に見當らない樣な場合には他の言葉と同系の語を使用することにしてゐる。畢竟添附してあるエスペラントは一つの私案であると見て頂きたい。しかし敢て此樣な途に出たといふ自分の小さい意圖は天文愛好の諸君は必ずや許容して下さるものと考へてゐる。（上田）