

天文学

[日] 萩原雄祐 著

科学出版社

内 容 简 介

本书于1977年由日本岩波书店发行第二版。初版时从恒星、月球、行星、太阳、天体大气、银河系和宇宙演化等领域概括了当时的天文学现况。再版书中增写了恒星演化的理论,以及微波背景辐射、类星体、脉冲星和X射线星等相对论天体物理的内容,是一本较好的著作。可供天文工作者和具有高中文化程度的青年阅读。

萩原雄祐 著

天文学第二版

天 文 学

〔日〕萩原雄祐 著

赵仲三 卢汉璽 译

责任编辑 黎昌颢 彭 英

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

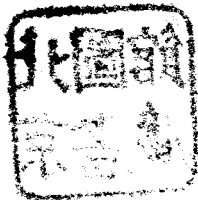
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1985年9月第一版 开本: 787×1092 1/32
1985年9月第一次印刷 印张: 10 1/4
印数: 0001—3,200 字数: 198,000

统一书号: 13031·2989

本社书号: 4009·13—5

定 价: 1.90 元



再版的话

本书已出版二十余年，其间由于电子计算机、人造卫星、飞向火星及金星的宇宙飞船的到达，以及由于无线电接收装置和 X 射线接收装置的发展，天文学，特别是射电天文学，获得了显著的发展和进步，所以迫切需要再版。除对各章节有少许增补外，靠了海野和三郎的帮助，增写了第 82 节，关于恒星演化的最新理论，以及增写了第十一章，涉及最新的广义相对论的射电星、X 射线星以及中子星、脉冲星、类星体、黑洞等有关的研究内容。这其中海野博士还把他本人在这方面的独到的研究成果也写了进去。在此，谨向海野博士及东京天文台、东京大学理学部天文学教研室的各方面、岩波书店表示深切的谢意。

萩原雄祐

1977 年 3 月

序(第一版)

现代的天文学,由于新建设了5米(约200英寸)口径的大望远镜、120厘米(约48英寸)口径的施密特照象机,加以把电子学应用到精巧的分光器、测光器,以及高频工学及无线电技术应用于天体,不仅取得了从来梦想不到的堆积如山的观测资料,还由于从原子物理学到量子物理学的革命的跃进和相对论的发展,对于这些观测资料的解释和理论正以惊异的步伐前进着。将把历来的假说和理论的疑念消失,而新鲜的、泼辣的理论诸说相继问世,新论凝集,竞相关联,或萌芽初生,或新苞育成,正期望着绚丽春天的到来。

本书作为介绍正在发展中的天文学现状的概说,是著者几年来在东京大学讲述天文学的笔记中,特对最近的研究现状进行了增补而编成的。是作为新制大学的天文学概论课本,或作为师范科编著的天文学参考书而编写的。只不过是最新的天文学的一幅鸟瞰图。详细的请参照著者所写的“天文学概论”一书。这里所列举的诸说之中,也有些是目前正在发展中,迟早将有所改变的。但以此掌握正在波涛澎湃的、跃进的天文学现状、认识天文学,特别是理解天文学与最新的物理学发展之间存在着何种依存关系,天文学如何壮观与伟大,能为一般读者了解情况即为幸事了。本书草稿蒙藤田良雄博士、

畑中武夫博士、海野和三郎博士、小尾信弥氏读后赐以忠言，
为之校正而偏劳的石田五郎博士、青木信仰氏、河端公昭氏，
为之复写版图的市村喜八郎氏，经常给以协助的矶田幸子、高
桥千惠两位女士特致以深厚的谢意。

荻原雄祐

1955年4月

目 录

绪言	1
第一章 恒星的位置	4
§ 1 天球	4
§ 2 子午环 中星仪	5
§ 3 大气折射	7
§ 4 地心视差	8
§ 5 掩星与地球的形状	9
§ 6 光行差	11
§ 7 岁差与章动	13
§ 8 经纬度变化	14
§ 9 星表	18
§ 10 时间	19
第二章 月球和行星的运动	23
§ 11 椭圆运动	23
§ 12 玻得法则	26
§ 13 小行星	28
§ 14 轨道的确定	29
§ 15 流星	30
§ 16 摄动的计算	33
§ 17 小行星的分布与族	36
§ 18 月球的运动	39
§ 19 卫星的运动	41
§ 20 三体问题	43

第三章 太阳表面的现象	50
§ 21 光球	50
§ 22 色球层	53
§ 23 太阳塔	55
§ 24 太阳单色光摄影仪	59
§ 25 日冕	64
§ 26 爱因斯坦效应	70
§ 27 太阳的磁场	72
§ 28 太阳射电	75
§ 29 太阳与地球现象的关系	79
§ 30 磁流体力学波	83
第四章 恒星的辐射	86
§ 31 恒星的亮度	86
§ 32 赤道仪	90
§ 33 双星	92
§ 34 食双星	94
§ 35 光谱型	96
§ 36 赫罗图	98
§ 37 变星与新星	99
第五章 天体中的量子结构	107
§ 38 大气中的电离	107
§ 39 量子状态	110
§ 40 巨星与矮星	112
§ 41 大气的连续吸收	114
§ 42 吸收线	117
§ 43 光谱线的轮廓	120
§ 44 引起轮廓改变的各种原因	125
第六章 天体大气的构造	132

§ 45	大气的辐射平衡	132
§ 46	吸收线的辐射平衡	134
§ 47	太阳外层的温度分布	136
§ 48	膨胀的大气	141
§ 49	行星状星云	147
§ 50	星际物质	151
§ 51	彗星和行星的带光谱与生物	153
第七章 恒星的内部结构		160
§ 52	质光关系	160
§ 53	物态方程	165
§ 54	吸收系数	166
§ 55	恒星的能源	168
§ 56	脉动星	175
§ 57	内部结构论的观测研究	177
§ 58	白矮星	179
§ 59	非均质模型	183
第八章 银河的结构		189
§ 60	太阳向点与星流	189
§ 61	天体的分布	192
§ 62	星际吸收	196
§ 63	星团	198
§ 64	银河的自转	206
§ 65	银河的旋涡结构	210
§ 66	银河内的射电源	213
§ 67	银河内的磁场	222
§ 68	星系动力学	223
§ 69	星系的驰豫时间	226
§ 70	恒星的起伏场	229

§ 71	布朗运动与力学的摩擦	231
第九章	宇宙的构造	235
§ 72	河外星系	235
§ 73	旋涡状星系形状的理论	241
§ 74	星系团	246
§ 75	速度距离关系	250
§ 76	相对论的宇宙论	253
§ 77	爱丁顿的基础理论	261
第十章	宇宙的演化	265
§ 78	宇宙演化论	265
§ 79	旋转流体的平衡状态	266
§ 80	太阳系的成因	269
§ 81	恒星的演化过程	275
§ 82	最新的恒星演化学说	286
§ 83	星云的演化	291
第十一章	相对论天体物理学的进步	297
§ 84	3K 宇宙辐射	297
§ 85	类星体	300
§ 86	脉冲星和 X 射线星(中子星与黑洞)	307

绪 言

自古以来,人们就对星球的分布、行星的运行、月的圆缺进行了调查。结合原始的信仰,考虑了宇宙的构造及演化。不久,进而以地上实验为根据去了解星球、宇宙的状态,进入本世纪后,伴随量子物理学的划时代的进步,天文学遂惊异地向前发展,我们对天体和宇宙的知识也迅速地增加而且更加精密化起来。

为了使天文学向前发展,首先观测的精密化是重要的。关于星球的分布的观测,从来只有粗糙的六分仪。近来不仅用望远镜观测,还应用了照象机和光电管等。甚至测光的强度不仅用眼,也同样应用了照象机和光电管等。还扩大了能够测量光的波长范围。在观测精密化的同时,扩大观测的部面也是必不可少的要素。例如,不仅应用了可见光,也应用了X光及紫外光的摄影。太阳光谱的紫外部分的摄影,因在地面附近,紫外光几乎全部被地球大气吸收,所以要发射火箭并当它上升到最高点时,开启照象机快门才能进行拍照。至于红外部分的摄影,需用特殊的底片或PbS管,应用特殊装置的太阳塔进行研究。现代最显著的发展是应用比光波更长的无线电波。最近各国无线电技术都非常进步,自太阳或天空领域传来的从几米到几厘米的各种波长的射电波都可以进行研

究。根据两个放在不同地点间的接收装置接收到的同一方向上的射电波的干涉可以精确地确定射电波发射源的位置。为了明了射电源是什么，启用现在最有效的美国帕洛马山的5米口径的反射望远镜和120厘米的施密特照象机后，了解到从过去的超新星现在残存的气壳物质、或被认为是河外星系的中心核的爆发等所在会发射射电波。且可知氢气会发出21厘米波长的射电波。为了研究我们银河系的构造，对整个天空以21厘米波长的射电波进行扫描搜索，发现了氢气的旋涡状分布，这是与用大反射望远镜研究高温恒星的分布所获得的结果完全一致的。从对许多恒星的偏光测定，可对银河系中磁场的分布进行研究。由于这种观测面的扩大，使得当今对宇宙的认识更加深入，更加丰富起来。把射电波、红外线、可见光、X射线及宇宙线等综合起来，再把相对论也考虑进去，对宇宙的构造及其运行机构即宇宙初期，恒星状射电源、红外线星、中子星、黑洞等，进行研究。人造天体不仅环绕地球飞行，还达成了登月着陆以研究月球上的岩石及其物理学的手段，且能把飞船送入太阳系的其他星体研究其性状。此外由于在星际云中发现了许多复杂的星际分子，可以期望会在论述太阳系的起源及生命的起源方面获得划时代的进步。

作为促使天文学理论前进的基础的是在地上实验室中得到的概念和法则。由于量子物理学、原子核物理学的进步，不仅可得知以它们为基础的宇宙现状，更进一步还可推论长远的过去与未来。从恒星所出现的未知光谱而发现了氦而知晓了原子的构造，从而建成了量子力学的基础概念，再从同一概

念出发论述原子核的构造。在地面实验室得到的概念法则与天文学观测不相符合时，就必须给以修正补充或作根本的革新。因为我们的物理学不应只限于地面上的各种现象。人们从牛顿力学不能说明的天文学现象出发而产生了对时间、空间、万有引力等概念为之一新的爱因斯坦的相对论，现在人们更进而提倡宇宙膨胀之说，以至黑洞的论述。在稀薄天体中物质与辐射之间按照与黑体辐射理论不同的机致进行着相互作用。实验室中不可能得到的高压、高温之下的长时间的原子核反应，大规模地活跃于天体内部。以大望远镜对准遥远的河外星系进行光谱摄影，以及观测暗弱恒星时为了精密操作大望远镜要有特殊的装置。为了灵敏地感受微弱的星光必须改进照象底片、光电管以及电子管。从前曾使用真空石英晶振计时器，后改用原子计时器，可达到 10^{-11} 秒的精确度。因为天文学是与物理学、数学、化学、生物学、理工学的进步共同发展起来的，所以从某一国家的天文学的发展阶段，即可推断其文化发展的程度如何了。

第一章 恒星的位置

§1 天 球

表示恒星的名称，历来的习惯是按星座划分全天为若干区域。所谓星座，是古人为了体现恒星间的相互排列位置而适当地将它们分群并冠以神话中的神、人、动物及器物等名称。特别是太阳视运动轨道附近称作兽带而知名的 12 个星座。考虑以观测者为中心的半径很大的球，所有的天体均投影到这个球面上，称为天球。我们在天球上可以看到所有的天体。太阳以观测者为中心在天球的一个大圆上，每年绕行一周。这个大圆称为黄道。月球运行的圆周称为白道也几乎为天球上的一个大圆。黄道对赤道的倾斜度约为 23.5° 。地轴的延长与天球相交的点称为天球的北极与南极，与此轴垂直的大圆称为赤道。天球看起来好象是在围绕此轴旋转。每旋转一周的时间称为一个恒星日。赤道与黄道的交点叫分点，太阳在赤道由南向北移动而经过的分点为春分点，春分点 180° 的另侧太阳在赤道由北向南移动而经过的分点为秋分点。黄道上相对于赤道来说的最北点为夏至点，最南点为冬至点。星球的命名如大熊座 α 星，是在所属星座名的所有格之前附以 $\alpha, \beta, \dots, a, b \dots$ 或 $1, 2 \dots$ 等为顺序表示该星在星座中的亮暗顺序。有时也以星表中的序号来表示。如在亨利·

德利伯星表中, 写为 HD 160641 等。变星则附以罗马字母 A、B、... 如双子座 PX 星即是。星表中如梅叶星表的序号, 即以 M31, M33 来表示。梅叶星表中包含星云与星团。单独收载星云与星团的星表有 New General Catalogue (NGC)。NGC 224 与 M31 同为仙女座大星云。波恩星表记为 BD。射电星, X 射线星, 类星射电源脉冲星等使用特定的符号。

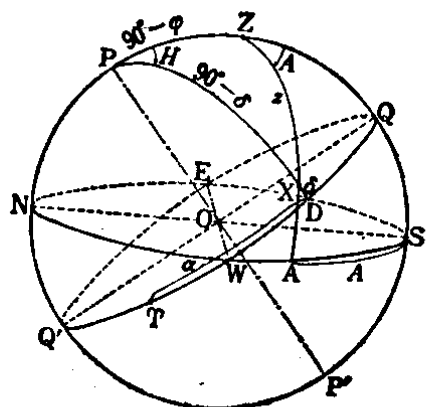


图 1-1 天球

研究恒星的位置，以采用固定于天球的赤道坐标表示其位置为方便。取经度与纬度的方法与取地球的地理学的经纬度相同，且纬度叫赤纬，天球每 24 小时旋转一周，每小时相当于 15° 。如果采用黄道坐标则称为黄经、黄纬。

§2 子午环 中星仪

位于我们头顶与地平面垂直的线,即铅垂线,它与天球相交的点称为天顶。通过天顶与天球南北两极的大圆称为子午线。用子午环来测定星球的位置,望远镜光轴在子午线内移动,即望远镜的视场任何时刻都置于子午面内,在子午面内与望远镜的旋转轴成直角安装度盘圆环。望远镜对准了所测的星球,读出圆环度盘的读数,定出观测地点的纬度,然后确定星球的赤纬。确定赤经时,要测出从春分点通过子午线,到星

球通过子午线之间所经过的时间。这种望远镜的口径一般有6—7英寸。最近在华盛顿制成的为7英寸，格林威治的也与此相近。一般考虑此圆环不是完全的刚体，所以要六处放置显微镜看取读数，但因度盘刻度过粗、不精确，所以圆环的材料及刻度都需要改进。东京大学天文台的一台为本世纪初巴黎的哥徹所制造，器械本身过重，刻度不细，安田等作了必需的各方面的改进，现在仍在使用。读出星球通过子午线的时间，历来在望远镜的视野中装有如图1-3那样的蜘蛛丝，调整望远镜使所测星球在中央的两条横向的平行线之间通过，当它通过每条纵线时，按动电键记录并求出时间。如此窥视望远镜的视场，从目视所测结果，以指头按键记录时刻，无论如何也会产生人差。使用无人差的测微器可消除人差。在视场中装有与测微尺一起运动的线条，这些线条的运动与所测星球的运动一致，当线条通过视场中某些确定的地点时就自动的接通电流记录时刻。由于测微器右转或左转所测结果会各不相同，因此必须经常向同一方向旋转。如水泽纬度观测所的

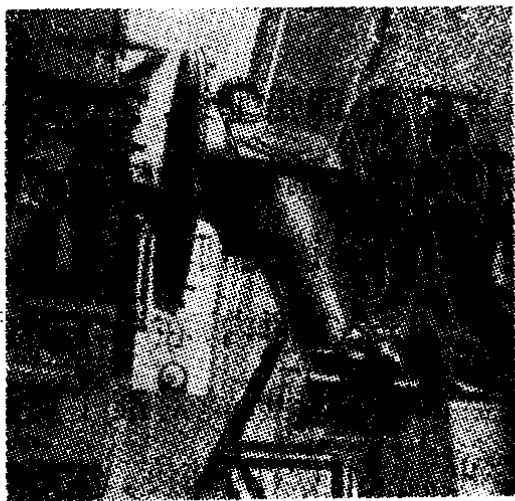


图 1-2 子午环(东京天文台)

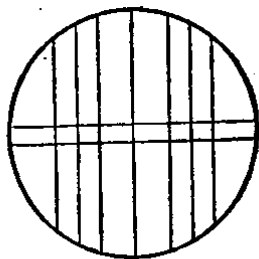


图 1-3 望远镜的视场

天顶仪望远镜的测微器因磨损使测定结果产生变化，要经常对其进行校正。目前多数装置已经自动化而不会产生人差了。

此外，望远镜的装置不一定能使光轴完全正确地在子午线内移动，所以必须观测若干个星球，以校正掉安装误差。仅仅只要求测定时刻的时候，以较简单的小型中星仪来测定恒星通过子午线的时刻，它不需刻度圆盘。由已知星球的赤经、赤纬，及星球通过子午线的时刻就可测出准确的时间，但现在多用照相天顶筒。

§3 大气折射

当需要综合利用广泛地分布在地球上不同地点的各台站，在漫长的岁月中积累起来的大量观测资料时，资料的一致性是十分必要的。为此，必须把所有的观测资料都归算到某个假想中的观测者，在某一标准地理位置上在某一标准时刻所观测到的天体位置上去。

进行观测时，星光为地球大气所折射，所见星球的位置比实际的更靠近天顶。这种大气所造成与天顶的距离的差别称为大气折射。大气折射影响着星球的高度。从天顶到星球之间的角距离称为天顶距。高度是通过星球与天顶的大圆上从地平线向天顶方向量到星球所测得的角度，高度与天顶距之和为 90° 。这个大圆与子午线间的夹角，从南向西测量方位角。有时也要考虑到由气压分布引起的大气折射对方位角的影响。若已知地球大气折射率随地面海拔高度的变化比例就

可计算大气折射,因为大气密度变化折射率也随之变化,所以若知高度就可以知道大气密度的变化。当大气为静力学平衡状态时,它所受到的重力就与包含了水蒸气在内的大气压相平衡。要想弄清密度与压力的关系,必须知道大气的状态方程式。为此就必须知道温度随高度的变化。关于温度随高度的分布可以利用最近萩原和须川利用气球、火箭进行的观测结果。地球各区域的气压分布的变化对纬度变化有哪些影响早就有人考虑过。地面观测者直接观测得到的只是该处的压力、温度和水气压,要测该处的各个量的梯度,则可能成问题的是不能知道大气密度的变化。大气上层密度小的地方对大

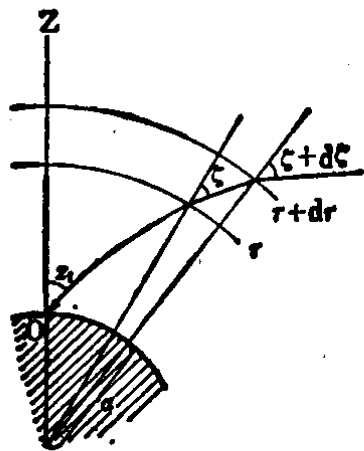


图 1-4 大气折射

气折射无显著影响;影响最大的是下层的几公里。一般说来在天顶距大于 $60-70^\circ$ 的地方对天体进行观测就容易不准确了,因为随着星球的颜色不同大气折射的值也多少会有所不同。

装置望远镜子午环的屋顶要具有特殊形状。以此清除掉一部分室内的大气折射。引起室内大气折射的原因多为黄昏时刻西侧墙壁被晒热所致。星球的象或太阳的边缘瞬间的抖动即空气的抖动所引起。

§ 4 地 心 视 差

一般所谓视差是指随着观测者的位置不同他所看到的物