

萬有文庫

第二集七百種

王雲五主編

實驗心理學史

(二)

波林著

高覺敷譯

商務印書館發行

實驗心理學史

(二)

著 林 波

譯 高 覺 數

漢 譯 世 界 名 著

第八章 人差方程式

當生理學家研究神經傳導，及腦機能分區和感覺，而醫學家力駁催眠之麻醉和治療的效力的時候，天文學家方注意於其觀察的一種生理的或心理的差誤的原因，申言之，即注意於觀察星體運行時間的天文學家和天文學家之間的個別的差異。格林維基天文台 (the Greenwich Observatory) 的皇家天文學者馬斯刻林 (Maskelyne) 雖曾於一七九五年從事於這種差異的觀察和記載，但人差的發見究應首推柏塞爾 (Bessel)。柏塞爾爲哥甯斯堡 (Königsberg) 的天文學家，他知道了格林維基的事件的重要，於一八二〇餘年間，繼續研究其事。結果，到一八三〇年間，天文學者遂從事於人差的測量，而設法糾正。至一八四〇年間，他們且設法消滅由人差而起的差誤。一八五〇年間，測時器 (Chronograph) 和其他消滅人差的方法都逐漸改良，然而一八六〇年間，天文學雜誌中關於人差的記載，尙比任何時爲多，即至一八七〇年和一八八〇年間，關於

此事的興趣尙未衰歇。

馬斯刻林與柏塞爾

這也許是心理學家誰都知道的一回事：一七九六年馬斯刻林辭退了他的助手啓內布魯（Kinnebrook），因為啓內布魯觀察星體通過（stellar transits）的時間，比馬斯刻林遲約一秒鐘。馬斯刻林深信一七九四年間，他們倆的觀察從未相歧。一七九五年八月，啓內布魯所記錄的時間比馬斯刻林遲二分之一秒。他對此種差誤大加注意，且似曾力求糾正。然而其後數月，這種差誤仍復增加無已，至一七九六年正月，竟達十分之八秒，於是馬斯刻林乃將他辭退。蓋鐘表的準確繫於天象的觀察，而他種時空的觀察又繫於鐘表，所以馬斯刻林認此種差誤所關至巨。

那時觀察星體通過的方法爲卜拉德齊（Bradley）的「眼耳」法。望遠鏡的視野因測鏡網內平行的交叉線而劃分。觀察者須記錄某星跨過某線的時間，以十分之一秒爲度。其手續可略述如下：（一）先看鐘表，（二）注意其時間的秒數，（三）依其所聽得的鐘擺之聲而計秒，（四）

守候某星跨過望遠鏡的視野，而這個手續又可分爲下列各點：（a）注意其聞鐘擺之聲於某星未到某主要線之前，該星所占據的位置，（b）注意其聞次一鐘擺之聲於該星跨過該線之後，該星所占據的位置，（c）以兩種位置之間的總距離的十分之一，估計該兩位置之間的銅線的地位。（五）將這些十分之一秒的數目加上該星未到銅線之前，他依鐘擺默計而得的秒數。這顯然是一種很繁難的判斷。不僅眼耳須互相合作，且須根據一個固定的位置（銅線），一個動體剎那間所占的位置，及一個不復存在於實際而僅存在於記憶之中的位置，而下一空間的判斷。然而天文學者都深信卜拉德寶法爲精確的方法，至多也只能有十分之一秒或十分之二秒的差誤。因爲有這個信仰，所以啓內布魯的十分之八秒的差誤可爲一重大的差誤，而馬斯刻林說他師心自用，而將他辭退，也未始沒有相當的理由。

假使沒有柏塞爾（Bessel, 1784-1846），則此一段公案，雖曾載於格林維基的天文觀察報（*Astronomical Observations at Greenwich*）的篇幅之上，恐也不免從此埋沒。一八一六年，林特諾（von Lindenau）著格林維基天文台史述及此事，而刊布於天文學報（*Zeitschrift für Astrono-*

me)之內，因此乃引起柏塞爾的注意。他是哥甯斯堡的天文學家，一八一三年，該處設一新天文台而以他爲主任。他爲人異常聰敏，爲近代天文學較精確的測量的導師，而尤注意於測量因儀器而致的差誤。偉大的人物本不受傳統觀念的制束，所以馬斯刻林和啓內布魯的事件，在他看來，或許是非卜拉德實法所能避免的一種個人觀察的差誤。他以爲啓內布魯既自知其差誤，必曾力求糾正，然而終至失敗而無成，可見其差誤或非人力所可改。有高斯（Gauss）者前任職於格丁根天文台，於一八〇九年，曾創一學說以解釋觀察的差誤，柏塞爾也許曾受此說的影響。他終於通函英國索閱馬斯刻林的觀察的案卷，研究了這些案卷之後，他乃欲考察這種個人的差異，就方法的精確性以觀，雖甚可驚怪，但可否也見於比啓內布魯而更有經驗的天文學家之間。

一八一九年往訪恩刻（Encke）和林特諾，這是他的第一次試驗，爲陰晴的氣候所阻，致未遂願，但一年之後，即得有機會將他自己和哥甯斯堡發爾柏（Walbeck）的觀察作一比較。他們選定十個星；各於某夜觀察五個星的軌道，次夜觀察其他五星的軌道，如此輪流至五夜爲止。結果柏塞爾的觀察常較早於發爾柏。其平均的差異爲1.041秒，其他各數和此平均數相差不遠。假使啓

內布魯的○·八秒的差誤爲不可信，則此差異爲尤甚，雖然據柏塞爾說：「我們觀察的結果，深信雙方都沒有相差十分之一秒的可能。」

微倖的很，差異既如此其大，於是柏塞爾乃引起繼續研究的興趣，其結果刊布於一八二二年時，立即吸引學者的注意。在實際上，這個差異的數目之大也曾爲人所置疑。估計相隔一秒的鐘擺之間的微少的時距，究如何能差異至一秒以上呢？有人以爲柏塞爾和發爾柏的計擺之法必不相同。當指針由此秒移至次一秒時，鐘擺便從而發聲，也許是此人以鐘擺記指針所已離開的一秒，另一人則以鐘擺記指針所將至的一秒。還有些人以爲這個差異在記錄上雖幾爲一最大的數目，究竟只是個人差異由○而至一秒的極限。此說的理由就是：以爲此精於觀察的柏塞爾決不至疏忽了計算方法的差異。無論如何，柏塞爾因此繼續其研究，總不能不算是學術史上的幸事。

一八二三年，他得和阿革蘭得（Argelander）共同觀察。此次柏塞爾可要請阿革蘭得觀察七個星，他自己則注意鐘表的準確。一八二一年，柏塞爾觀察星體而兼注意時間的準確，那時對於這七個星，曾有觀察的記載，現在便以這個記載和阿革蘭得的計算作一比較。二人之間的人差以

等式表之如下： $B-A=1.223$ 秒（按B即柏爾塞，A即阿革蘭得。）柏塞爾既以此等式表示這種差異，於是兩個觀察者之間的差異遂稱「人差方程式」。

柏塞爾次復欲間接以第三個觀察者決定人差方程式。他尤欲和多爾巴得（Dorpat）的斯特魯味（Sturve）作一比較，因為斯特魯味和他自己相同，都比發爾柏及阿革蘭得二人更精於星道的觀察。直接的比較一時苦無機會，但發爾柏於一八二一年經過多爾巴得時曾和斯特魯味互相比較，阿革蘭得於一八二三年也因遊多爾巴得而得和斯特魯味相比。因此，下列的前四個等式是已知的，據代數的方法，將發爾柏及阿革蘭得（案原書作斯特魯味，誤）消去，結果便可不必有直接的觀察，也可得柏塞爾和斯特魯味的關係，例如：

據直接的比較： $B-W=-1.041$ secs. (1820)

據直接的比較： $S-W=-0.242$ sec. (1821)

因此，間接的： $B-S=-0.799$ sec.

據直接的比較： $B-A=-1.223$ secs. (1823)

據直接的比較 $S - A = -0.202 \text{ sec.}$ (1823)

因此，間接的 $B - S = -1.201 \text{ secs.}$

由 $B - S$ 的兩值的差異看來，可見人差方程式也復爲一變數。柏塞爾終證明此變數之爲事實。一八二五年，諾阿 (Knorre) 對於多爾巴德和哥甯斯堡的訪問予 $B - S$ 以另一間接的價值。只是到了一八三四年，柏塞爾和斯特魯味纔有直接相比的機會，但一八一四年，在柏塞爾聽到啓內布魯的辭退之前，也曾和斯特魯味作共同的觀察，那時比較的結果又予他以一精確的數目。因此，從一八一四年至一八三四年 $B - S$ 計共有五個數值，間接的三個，直接的兩個。以秒計，其值如下：

直接的	間接的	間接的	間接的	直接的
(1814)	(1821)	(1823)	(1825)	(1834)
-0.044 sec.	-0.799 sec.	-1.021 secs.	-0.891 sec.	-0.770 sec.

因此，柏塞爾可說是不僅發見了人差方程式，且復發見了此式的變數。他於這些變數中，見會

有一秒以上的差誤，所以他以為無論何人都不能自信地糾正其他觀察者的差誤。

柏塞爾的興趣可不以此爲止。他復發見了下列二事：（一）他的差誤可因採用半秒發聲的時鐘而減小，（二）一個星的運動速率不足使差誤受其影響。但第二點未經證實。他又討論『眼耳』法的觀察的性質，但關於此事，可待後文再述。

柏塞爾的第一種結果，顯然可使天文學家從事於人差方程的決定而加以糾正。我們決沒有理由可以相信人差方程的變數太大以致無從糾正。就一八二一年至一八三四年，Bessel的四種價值以觀，可見柏塞爾的觀察常較早於斯特魯味，至 0.770 或 1.021 秒之多。現在若欲加以糾正，當然不能減少而爲十分之一秒，但欲由一秒左右減爲四分之一秒，則似屬可能。

人差方程式在天文學上的應用

一八三〇年左右，愛爾蘭的亞爾馬天文台（the Armagh Observatory）主任魯濱孫（Robinson）測定太陽邊（the sun's limbs）的觀察所有的概誤差，其後刊布其報告，測定人

差方程的數值。一八三三年，德國高斯所主持的格丁根天文台中，有天文學家服爾佛（Wolfers）及尼胡（Nehus）二人測定其比較的差異，而糾正其觀察。一八三七年，馬爾堡天文台主任革林（Gerling）和格丁根的高斯及曼亥謨（Mannheim）的尼高來（Nicolai）共同計畫研究他們三個天文台經度的差異，而這些天文台的位置則適成一三角，其一處所有附近的高山爲其他兩處所可見。他們白天要觀察日光反射信號機的信號，入夜則觀察火藥的發光。革林於計算其結果之前，先往訪問其他兩天文台，測定他和高斯及尼高來觀察光和星的通過時所有人差方程式。除了三個主任之外，還有高斯的助手和革林的助手也加入觀察；因此，他們計共有五人，而革林和其他四人之間的人差方程可將一切觀察的結果化成革林的時間。一八三八年，格林維基的皇家天文學者亞立（Airy）從事於記載各人觀察星通過時的差異，其計算方法和馬斯刻林同。到一八五三年，他遂求得美因和洛革孫（Main-Rogerson）十四年來差異的變數，及美因和亨利（Main-Henry）十三年來的差異的變數。此外在一八四〇年的初期中，爲矯正起見而測定的人差方程也有三項：成於刻特雷（Quetelet）的，係關於布魯塞爾（Brussels）和格林維基的經度

的比較；成於斯特魯味的，係關於普爾可凡（Pulkova）和亞爾多納（Altona）的經度的比較；成於谷戎（Gonjon）的，係關於太陽直徑的測定。假使人差和其他觀察的差誤相同，也鮮有變化那麼其測定和糾正的事業，當已完成無疑。然而由屢次測定的結果，可知其隨時變異，於是天文學家遂轉而注意於其控制和消滅的方法了。

研究人差或測定人差的種種方法，早就有人提倡了。革林於上述的研究之中，不觀察星，而觀察一個彈簧擺子的通過，以測定人差，此法固兼可測定實在的時間和觀察而得的時間，但此問題至後來測時器完成時，纔有解決。一八四三年，阿刺各（Arago）要打破「眼耳」法的注意分散所引起的困難。他遂囑一觀察者在望遠鏡中看見星跨銅線時，發一銳敏之聲，另一觀察者要估計此聲在時鐘兩擺之間的時間的位置。因此，第一個觀察者只須注意視覺的刺激，第二個觀察者只須注意聽覺的刺激。在這種情形之下，人差固可因而消滅，但此法終未流行。阿刺各不以此自足，且更欲將第二個觀察者根本取消。他創行一法，使觀察者在望遠鏡中見星通過時，立即拉機，而使時計上的指針在日晷上畫一符號，於是一秒的幾分之幾後便可一覽而知。一八四九年，費夷（Faye）

述一法，稱攝影法，尤可用以測日（因為日光富於光量）望遠鏡中的視野及交叉銅絲一刹那間即可攝入，因此，即觀察者也可完全取消。一八五二年，有人在格林維基，造成一種兩眼鏡片可使兩個觀察者同時觀察同一個星的通過。此法不必以時鐘的準確為要素，因為時鐘縱有乖錯，而當兩人聽同樣的鐘擺，則估計十分之一秒時的人差也即可顯見。但此時適有一種完滿的測時器可供應用，於是天文學家遂不復注意於這些新的方法了。

一八二八年，勒普沙（Repsold）在漢堡天文台中試創一記時器（chronograph），但其運動的速率時有快慢，兩年之後，其器尚未完成，勒普沙便作古了。至一八五〇年左右，合衆國海岸測量局職員始造成一比較完善的記時器。該局局長貝赤（Bache）主持此項工作，但其事之完成，則其六個屬員的合作之功也不可埋沒。

一八五四年，記時法（the chronographic method）採用於格林維基。記時器蓋僅為現代的記紋器（Kymograph）的先驅，係一鼓形之物，以一指針於其上畫一細長的螺旋線。另有一電磁石，和一報秒鐘相連，使指針每一秒中在線上畫一鉤形。觀察者於看見星之通過時，以手指擊一

鍵，使另一指針在鼓上畫一線和第一線平行，也成一鉤形。天文學家比較此兩線，便可記錄星之通過的時間，而測量至一秒的幾分之幾。觀察者手續的簡單和阿拉各拉機以使時計的指針於秒分區間的日晷之上畫一符號，不相上下。格林維基天文台於採用記時器的頭兩年內，即發見此器可將人差減少而為十分之一秒弱，這就是天文學家原來所懸擬的目標了。

但是記時器可使絕對的人差易於測量。從前天文學家只能測量兩個觀察者的比較的差異，可不能指出此二人到底和真實相差幾許。到了電磁法發明之後，其手續既甚敏速，乃可列一人造的星體或光點通過望遠鏡的視野，且當其為有關的交叉銅絲所等分時，能自動地記載於記時器之上。而天文家也可用任何方法以觀察此人造星的通過。他可用「眼耳」法，也可於看見通過時擊鍵以畫一符號於記時器上。自是而後，一個天文學家可自記其人差，而不必和他人比較，且復可將各種觀察化為實在的價值，而不必化為以一人為根據的時間數。

這個新方法雖未為普刺莫斯基（Prazmowski）所應用，但似於一八五四年為他所始創。一八五八年，米恰爾（Mitchel）報告其由一八五六年以來的類似的實驗，而據其實驗的結果，絕

對的人差量約在十分之一秒和十分之二秒之間。除測定了他所稱的「眼之絕對人格」(the "absolute personality of the eye")外，復以聽覺和觸覺的刺激，研究「耳之絕對人格」和「觸之絕對人格」。同年(一八五八年)，哈特曼刊布其以同一方法所得的結果。

在記時器尚未通用爲天文的儀器之前，萊丁 (Leyden) 的愷撒 (F. Kaiser) 已早以另一方法測量絕對的人差。他於一通常的標準鐘之外，另置一鐘，其鐘擺的速率略有異於標準鐘。人造星因鐘的機械而動，使附屬的鐘擺，於星之通過的時候，自動地開始搖擺，另有助手一人，計算兩鐘擺聲完全相合之前所有此鐘搖擺的次數。因爲較快的擺子在一擺中比較慢的擺子的速度究大幾許，是實驗者所已知的，所以在完全相合前所有搖擺的次數若也屬已知，則此擺開始搖動究在彼擺發聲後的幾分之一秒，便不難推算而知。就愷撒的實驗而言，星之通過的真時間可得自這種推算的結果，而這個時間則用以和由「眼耳」法所得的時間互相比較。愷撒的實驗始自一八五一年，止於一八五九年，四年之後始刊布於世。

一八六〇至一八七〇年間，關於人差方程的研究方登峯造極，學者常以人造星的通過和記

時器或測速器從事於絕對人差的測量。希普的測速器 (the Hipp Chronoscope) 可用以測量千分之一秒的時間，是心理學家誰都熟悉的儀器，希爾士 (Hirsch) 和 普蘭塔摩 (Plantamore) 在一八六二年，也曾用以測量人差。但那時研究的興趣已集中於人差方程的變化。以新方法的幫助，此種變數固已大為減少；但科學測量的精進本無止境，所以天文學家仍欲發見此變化的原因，而求所以消除或解釋之道。

一八六〇至一八八〇年間，學者研究的對象多集中於人差和各種天文事件的關係。據研究的結果，人差方程式隨日月或星，日月的第一邊和第二邊，星之大小，運動的方向，及速率和其他較欠重要的差異而不同。

變化的條件既若是其多，或且更多於此也未可必，所以一一加以測量似不可能，且這種變數與其說需要天文學的分析，不如說需要心理學的分析。假使人差方程式隨日星或竟隨星之大小而不同，那麼牠必以視覺的光度為其要件了。又假使牠隨星之運動的速率而變異，那麼時間的原素究如何侵入觀察的本身，也為我們所欲知之事了。我們已知道柏塞爾曾認這些差異所以隨人

而異的重要，因此乃定此問題爲一心理學的問題。四十年後，當實驗心理學方可獨立存在的時候，學者乃逐漸明白這個問題非將各種有關的觀察作心理學的分析便無解決的可能。這種分析雖爲天文學家所始創，但由生理心理學家續竟其志。爲了這個緣故，所以我們可以說，實驗心理學半起原於天文學；天文學始予實驗心理學以一個問題，一個方法，若干事實和若干儀器。

人差方程式之心理生理學

天文學者對於人差之心理生理學的解釋，早就感有相當的興趣。柏塞爾於一八二二年討論此問題如下：『假使加於眼耳之上的兩種印象在一剎那間不能互相比較，又假使觀察者二人用不同的時間使此一印象加於彼一印象之上，那便爲人差之所由起；倘更使一人由視而聽，他一人由聽而視，則此差異更從而增大。假使僅有兩種感覺器之一所受的一個印象，可於其發生之時的左右，爲觀察者所覺知，復假使只有第二個印象的加入可隨其性質的不同而引起不同的騷擾；那麼，不同種的觀察，其所以能變化此差異者，便似不足深怪了。』