

## 數 理 組

姓名：王名儒

學歷：

美國愛荷華大學物理博士 (1993)

台灣大學物理系學士 (1984)

現職及經歷：

台灣大學物理系副教授 (1997-)

高雄師範大學副教授、講師 (1995-1997)



著作名稱：

Observation of  $B^+ \rightarrow p\bar{p}K^+$

物質。然而時至今日，冷卻下的宇宙但見物質，卻找不到反物質。這種一比一對稱性的完全破壞，實在令人著迷。

中文簡介：

基礎科學的重大突破，往往是築基於一些簡單基本的問題上面，例如像：宇宙中的反物質到那裏去了？在實驗室中，科學家發現了可用能量產生成對的物質及反物質，如質子-反質子、中子-反中子、電子-正電子等。如果在百億年前宇宙是藉大爆炸而產生，那麼應該在爆炸之初有一半的粒子是反

類似這種完美的對稱，大自然卻偏不依循，早有先例。如宇稱（即照鏡子的對稱性）在弱作用力造成的原子核  $\beta$  衰變中，完全破壞了。這也是李政道、楊振寧於 1957 年得諾貝爾獎的原因。由於物質-反物質可藉電荷宇稱(CP)來做變換，電荷宇稱被破壞，便可用來代表物質-反物質的不對稱性。在 1980 年，J.W. Cronin 和 V.L. Fitch 因為 1964 年

發現了在K介子-反K介子系統中有千分之二  
的微弱不對稱，獲得諾貝爾獎。由於過去三  
十多年許多人的努力驗證，基本粒子的標準  
模型被建立了，是現在物理學家公認的主  
泉。它可用來解釋宇宙最基本的組成及其交  
互作用力，而它也預測在B介子-反B介子的  
某些衰變管道中，應有極大的電荷宇稱不對  
稱性。

為了驗證人類對這基礎知識的了解，兩  
個跨國合作團隊成立了。一在美國加州的史  
坦福直線加速器中心(BaBar)，一在日本筑波  
的高能研究機構(Belle)，它們被稱為B介子  
工廠。因為這兩個實驗擁有人類所建迄今最  
亮的加速器，目標是要年產數千萬甚至近億  
的B介子-反B介子對，用以搜尋電荷宇稱的  
破壞現象。

台灣研究團隊在國科會資助下，加入了  
由十三個國家、超過三百位物理學家所組成  
的Belle國際合作研究團隊。由台大負責建造  
一前置量能器，用以即時監測加速器的亮  
度。這是台灣在大型的國際合作高能團隊  
中，首次擁有自己的完整子系統。

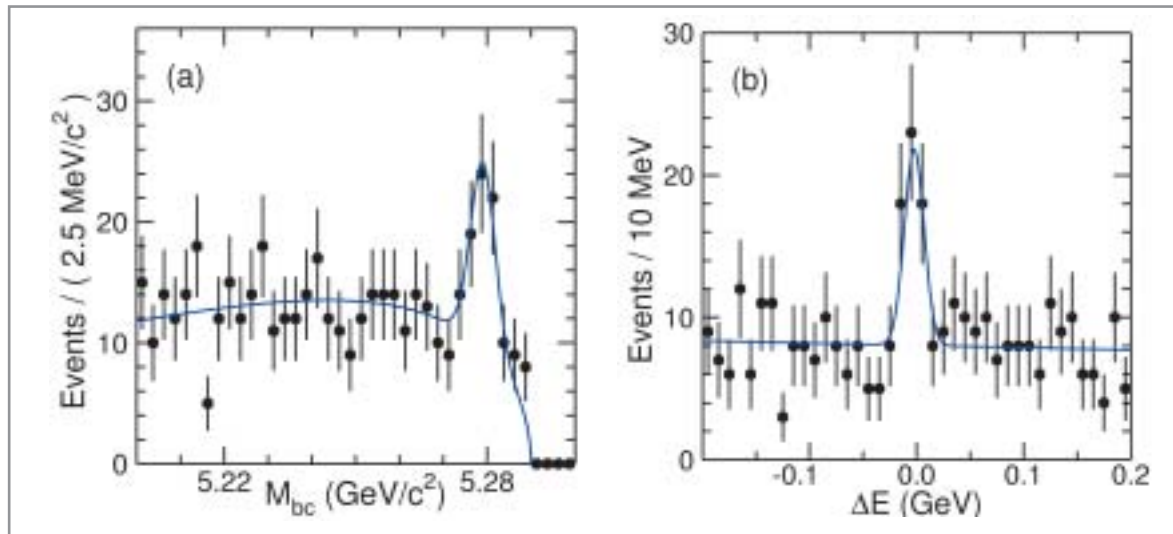
在物理數據分析上面，我們的入手點是  
B介子的稀有衰變上面。所謂物以稀為貴，不  
少專家預期在尚未發現的B介子稀有衰變管  
道上，可能有極顯著的電荷宇稱破壞現象。  
台大的侯維恕教授為此分析方向的二召集人  
之一。他個人亦為理論學家，並曾跟A. Soni  
合作，發表過對B介子衰變到終態含重子對  
的理論文章。由於此類型B介子衰變成重子  
對的稀有衰變從未被發現過，而B介子衰變

到輕介子態的稀有衰變理應較易發現，所以  
當我完成硬體工作，加入數據分析行列時，  
搜尋稀有重子對衰變，便成為我的研究課  
題。當時這是一個人獨自的工作，略嫌寂  
寞。

作這類研究，最困難的部分是如何在大  
量的背景之下，找到所要的訊號。由於在質  
心系，加速器的總能量是調在恰可產生B介  
子-反B介子對的 $\gamma(4S)$ 的靜止質量處，只要我  
們搜尋某類B介子衰變模式，重建終態粒子  
的四維矢量，若其能量和恰為加速器能量和  
之半且質量為B介子質量，則可宣稱發現。  
我由B介子衰變到重子對的二體衰變著手並  
漸進到三體、四體衰變，大約換了近二十種  
衰變模式皆一無所獲。尤其理論學家所預測  
有較大可能衰變率的都是先搜尋的對象，真  
是感到有些氣餒。由於背景事件的原故，在  
1999-2001年累積的 $29\text{fb}^{-1}$ 的資料中，每次搜  
尋約要在一億個事例中尋找，每次所見總僅  
是背景圖像而非訊號的結果。不過，還是皇  
天不負有心人，經一、二十次失敗後，在 $B^+$   
介子衰變到質子，反質子加一 $K^+$ 介子的管道  
上終於成功發現了訊號，見圖一。

當時那種感覺，真是像中獎一樣，幸運  
而又甜美。一種B介子的全新衰變模式被發  
現了！所謂有一必有二，無三不成理，迄今  
(2003年中)，已有五種類似的衰變管道被找  
到。

我在2001年秋季的Belle大會上報告此  
項發現，不到數天便遭遇到Belle組內夏威夷  
大學研究團隊的強力競爭。他們是做時間相

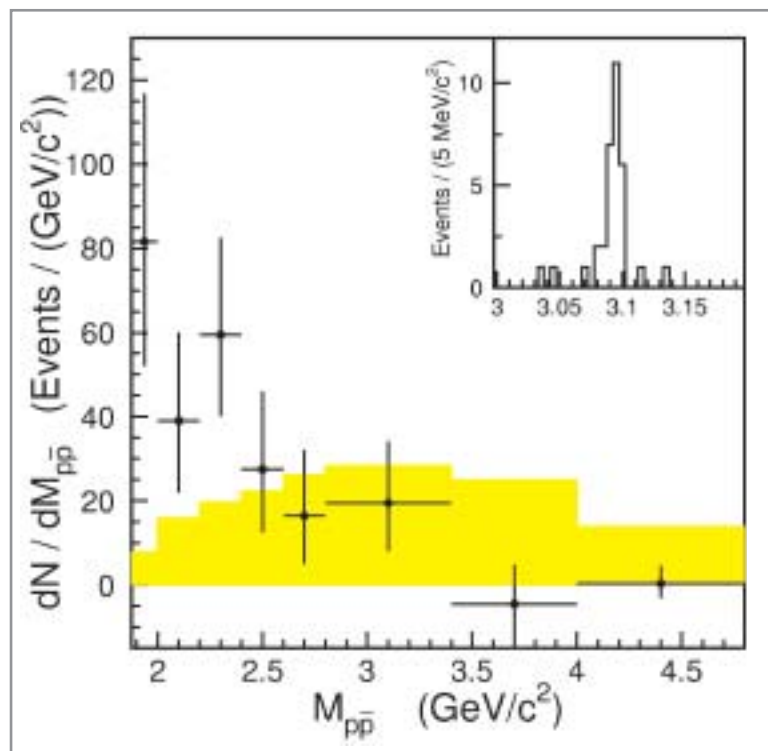


圖一：重建的 B 介子質量譜與能量差譜。B 介子的質量為  $5.279\text{GeV}/c^2$  而能量差為 0。

關的電荷宇稱不守恆，其中  $B^0 \rightarrow J/\phi K_s$  為主要研析衰變管道，而  $B^+ \rightarrow J/\phi K^+$  則為對照管道。由於  $J/\phi$  亦可衰變成質子-反質子對，所以  $pp\bar{b}K^+$  事例是早就存在於他們所累積的質料檔中，只是他們僅選取質子-反質子對的質量要與  $J/\phi$  質量一致的事例，而錯失發現  $B^+$  直接衰變成質子、反質子及  $K^+$  介子的特殊型式。

此類衰變在相空間之分佈十分特殊，質子及反質子對的靜止質量不是均勻分佈在相空間，如圖二黃色區間所示，而是聚集在質子、反

質子最小臨界質量處。此特性，引發了關於「膠球」的探討。當然，以現在的統計數量，尚不足以證實膠球之假說是否正確。不



圖二：B 介子每單位質量的產量對質子-反質子質量的分佈圖。黃色區域代表理想的相空間分佈，B 介子經 charmonium 衰變至質子-反質子的事例已先移除。

過膠球是量子色動力學中很重要的推論，至今還未被發現，我們還是會繼續注意後續的發展。

在 Belle 組內的競爭中，黃宣誠博士立即作了獨立的分析，提出我所量測的結果較夏威夷組正確。夏威夷的結果在質子 - 反質子高質量處尚有另一聚集現象，而黃博士證實那些皆為由背景的假訊號所組成。台大博士生陳凱風利用  $\Lambda \rightarrow p\pi^-$  的事例，做了極完整的質子鑑別系統誤差分析，亦是夏威夷大學所不及的。最後，終究由於我的發現最早且較完整深入的分析，Belle 組內指定我為論文負責人（亦即實際的第一作者）並採用我的數據及圖表。此項成果在 2002 年發表於 *Physical Review Letter*，Volume 88，181803。爾後陸續許多相關的重子衰變研究皆成為期刊文章並在國際會議發表。而國內外理論學家亦提出了許多相關的研究成果，建議可能的物理新現象或預測可能的量測結果。

現在此領域百分之百由台灣所獨佔，而今夏的「輕子與光子」國際議中，我們的對手 BaBar 才首次宣布他們所量測到  $B^0 \rightarrow p\bar{p}$  的上限。現在除了我本人外，尚有李彥頡、張敏娟、郭姿玲以及徐百嫻等學生投入在 B 重子對衰變的領域當中，期盼在不久的將來能有更豐碩的研究果實與國人分享。

### 評審簡評：

申請人首先觀測到 B 介子至 K 介子及一對重子之稀有衰變模式，使台灣團隊在世界上眾多之競爭團隊中脫穎而出，難能可貴。實驗量測之結果與先前理論之預測不符，可能導致新物理現象的發現。此觀測結果並將

引導 B 介子至輕介子及重子對的稀有衰變之系列研究，開啓物質 - 反物質對稱破壞探索之另類管道。申請人之研究踏實，代表作具有相當之重要性，特推薦其為中研院年輕學者研究著作獎得獎人。