

通識教育、科學教育與數學教育(上)

——理性的叛逆與解放

黃武雄

”In the institute in Copenhagen, we used often to comfort ourselves with jokes, among them the old saying of the two kinds of truth. To the one kind belong statements so simple and clear that the opposite assertion obviously could not be defended. The other kind, the so-called “deep truths”, are statements in which the opposite also contains “deep truth”.

—Niels Bohr, “Discussion with Einstein”

引言

本文要從認知發展的角度，去探討科學在通識教育中的定位。批判理論 (Critical Theory) 對於科學的工具理性與技術意識，有深刻的批判。對於科學的研究計劃與其行政體系，更有嚴厲的指控。法蘭克福學派，不斷的在責難科學實證論的獨斷，科學對人與自然的宰制，以及它對現體制的維護。如果這些是科學的本質，是科學唯一的面向，那麼科學教育不是與通識教育為求得人自主與解放的目標相違背？在第一節我們粗略介紹批判理論的這種觀點。

從這衝突點出發，我們在第二節介紹有關通識教育的一些論述。在第三節中，我們開始提出本文的主要論點之一，說明人的認知發展中有整體性了解與分析性認識的兩種發展軌道。我們所謂的整體性了解不是曖昧神

秘的直覺，藉 Piaget 與 Chomsky 未有定論的爭議，我們指出整體性了解與人類幼兒學習語言的關聯。這項解釋，在本文作者的其他文章中有較詳細的論述^[6]。用語言學習，佐證整體性了解的動態運作及其本身的存在之後，我們便著手探討工具理性此架構下的內涵，指出除科學（以下皆專指自然科學）之外，社會科學與人文學的其他領域，也有整體性了解與分析性認識。任何一個領域的知識，若抽離了整體性了解，尤其把分析性認識再加以化約為操作性訓練時，必然只剩技術意識。科學如此，法律、經濟、語言、文字訓詁亦然，連詩詞歌賦也莫不如是。這是大學教育最大的困境，也是通識教育真正該做的事。人不會因為讀了荷馬史詩、莎士比亞，懂了巴哈、克雷 (Paul Klee) 就有人文素養。其實人文素養蘊藏於人對世界 (自然、社會與人) 的整

體性了解之中。科學裡頭有人文素養，文學藝術中亦有人文素養，因為知識便是人與世界的活動。科學在這種意義下，可以視為人與自然對話活動，它不只含有 Habermas 所說的技術趣向，也含有他所強調在人文學科中，以語言為特徵的實踐趣向，及以批判為特徵的解放趣向。在第四節中，我們交代了這些，並提出科學美麗與醜陋的兩個面向，借用 Freeman Dyson 的話，我們應該引領學生，同時看到這兩個面向，然後由學生自己去探察其美麗與醜陋。

在第五節，我們再將前述的理論加以重申與補充，然後回到實施通識教育，在台灣現體制中的根本困難；只有8個學分，Alas!

Alas! 如果我們
有七色的夢 在飢寒的夜晚
那是因為祂的恩賜；
祇有祂能佈施
美麗的彩虹 在風雨過後
黑暗來臨之前

—beyond Treasury of
Great Poems

一、批判理論對科學的批判

二十世紀三〇年代以來，批判理論學派對於科學主義 (scientism) 之宰制現代資本主義社會，提出嚴厲的批判。Max Horkheimer 指責孔德以來的科學實證論 (1) 把具有活動能力的人類看成機械決定中的事實與對象，(2) 只從呈現在直接經驗中的現象來理解世界，未能區分本質與現象，(3) 在事

實與價值之間，設立了絕對的分界，也因此把知識與人類趣向 (human interests) 隔離開來^[3]。

Horkheimer 在他著名的一篇文章「對形而上學的最新攻擊」中，寫道：

形而上學向人類提供一些無法以科學方法證實其存在的東西，卻企圖以它們作為未來的希望來餵養人類，這當然是錯誤的；但當科學自以為是的，認定自己是唯一的知識與理論時，它本身便落為它所蔑視的形而上學。

與今天人類能夠達到的知識水準來作比較，科學所涵有的那部份“實在”，不論就廣度或深度，都是有限的。正如通不過實驗檢證的科學結果不能成立一樣，只用科學語言思考與表達，是膚淺而偏狹的^[9]。

而在「啓蒙的辨證」中，Horkheimer 的批判逐漸深化。他批判的重點，已經不只在於反對把科學主義當做科學哲學，而直接責難科學及技術本身。批判科技注入在資本主義社會中的「技術意識」(technological consciousness) 及「工具理性」(instrumental reason)。尤其對於工具理性的批判，成為法蘭克福學派對科技最切中要害的批判。六〇年代青年反叛哲學的貢獻者 Herbert Marcuse 進一步指出：

自然科學認為自然含有潛在的工具性 (potential instrumentality)。在這種科技的先驗觀念

之下發展，一旦對自然的改造包涵了對人的改造，一旦人造的產物出自而且返回社會，則科技的先驗 (technological à priori) 便成為政治的先驗 (political à priori)。最後技術理性是在維護 (統治階級) 宰制社會的合法性，而不是在取消其合法性^[11]。

Tom Bottomore 解釋道：

由科學與理性的行政系統所產生的體制，有它內在的邏輯。這一內在邏輯能在個人或特殊的社會群體背後，自己運作起來。而且這一情形可以出現在任何一種型態的現代社會之中——不論資本主義、社會主義、極權主義或民主主義的社會之中^[4]。

Marcuse則又說明：

不但科技的應用，而且科技本身，都是對自然與人的宰制。這種宰制包含方法性、科學性、數量性以及數量的控制效果。而宰制的目的與趣向，並不是「後來」才從外面附加於科技之上的，而是科技在建構它自己的內容之初，便已經進駐其自身。

到寫「工業化與資本主義」時，他更直截了當的說：

科技往往是一個歷史的與社會的計劃 (a historicalsocial

project)。在那裡頭一個社會及其趣向的主線，如何面對人與事物，也落在計劃之中^[11]。

法蘭克福學派晚期的代表人 Jürgen Habermas，乾脆重建知識論，把知識根據人類趣向，劃分成三類^[8]。將科學知識及方法歸之於其中第一類：即根據物質需求而勞動發明的所謂「技術趣向」(technical interests)。這一趣向的知識特徵為「經驗與分析」(empirical-analytic)。

Habermas 所分類的三類知識形式，對應於社會生活的三種基本特質，即勞動 (labour)，互動 (interaction) 及宰制 (domination)。由互動產生的知識為其第二類：即根據人類語言與溝通的實踐趣向 (practical interests) 所構成的歷史與解釋 (historical-hermeneutic) 的知識領域。

而第三類知識則為源自社會階級與人的宰制及被宰制的解放趣向 (emancipatory interests) 所構成的反省與批判的知識領域。

在這種知識分類之下，Habermas 把 (自然) 科學局限於單純技術趣向下的知識，從而與人文學、社會科學等其他領域的知識分隔開來，把十九世紀孔德、斯賓塞以迄維也納學派統一科學 (unified science) 的科學實證論或科學主義壓縮於一個角落，也把科學貶抑於技術探索與物質需求的層次。

二、通識教育的意義

在通識教育中討論科學教育，不得不面對像批判理論學派所提的批判科學的觀點。

二十世紀的科學如果只是局限於物質需求下衍生的技術，一如 Habermas 所言，那麼科學教育應該排除在通識教育的課程之外，而歸併於職業或專業教育。

又如果科學灌輸給社會的，果真像 Horkheimer 與 Marcuse 所說，是工具理性與技術意識，而且一味在維護社會宰制的合法性，加深人在威權與經濟控制中的束縛，那麼科學教育不只是應該排除在通識教育之外，而且科學教育的本質，便違反了實施通識教育以達成人的自我且全面解放的目標。

面對批判理論的批判觀點，我們將採取辯證的分析方法，來探討科學與科學教育在通識教育中的位置。例如，我們不能無視於事實，否認工具理性與技術意識的存在及其影響。可是我們將探討其來源。同時也將指出科學的其他有利於人的自主與解放的趣向，指出 Habermas 的偏見。事實上科學也是一種語言，是人與自然對話的語言，它是實踐趣向下的產物，甚至也兼含解放趣向。

在做此分析之前，我們須先回來論述通識教育的意涵，才能定好科學教育在其中的位置。

Howard Lee Nostrand 在替 Jose Ortega y Gasset 所著「Mission of the University」(1946) 一書作序時，說：

通識教育意指人的全面發展，而這種全面發展是在專業訓練之外的。它包含了把人的生活目標用文化來充實 (civilizing of life purposes)，把人的情感反映加以細緻化 (refining of emotional

reactions)，也包含了使人對事物的理解趨於成熟，而這理解卻應該依據當代最佳的知識。

John Buchan 的看法，則另有旨趣：

我們生活在一個令人沮喪而混亂的世界。這是一個沒有人能夠預見其未來的世界，也是一個基礎已經動搖的世界。在這個世界裡，我們曾經替它命名為文明的諧和已經陷入嚴重的危機。生在這種時代，受過通識教育的人應該如何面對這種世局？設若教育不能在此一時刻給予我們一點引導，那麼教育又做什麼用？^[1]。

Nostrand 與 Buchan 的看法，多少已經指出通識教育的方向，不限於專業訓練，而是為要培養人全面觀照的能力，以應付生活中的變局，參與建立世界的新秩序。Buchan 更指出通識教育 (liberal education) 應賦以人三種品格：humility, humanity 與 humor。為什麼成功的通識教育會帶來人的謙遜？因為：「如果我們是受過良好教育的人，我們必然走過人類思想的寶庫，我們當然不可能太高估自己，一心想為自己手上的工作爭取回報，而奢求太多」。至於人性化，他說：「我們需要一種對人的本性深度的尊重，在那些用國家機器來抹煞個性，使每個人都變得沒有險孔的人身上，是沒有這種尊重的」^[1]。在這樣的意味下，通識教育薰陶人品格的方式，不僅僅透過個人的生活教育，而是進一步與人類文化、政治、社會、歷史的大領域溶合，在這

種知性的溶合中培育人格。而關於爲什麼要有幽默, Buchan 的回答是:

在今天這樣的年頭, 當宗教的繩結, 叫人憂傷的已經鬆解, 空隙中出現了一些大眾領袖, 他們把自己抬高到聖者的地位, 把自己膚淺的言語當做神聖的福音。面對這類愚蠢, 我們唯有用笑來回答。

Buchan 寫這些話的時間是 1938 年, 正值納粹氣焰高張之時。但他的感嘆則迴溯於西方自雅典時期以來, 歷經中世紀教會一直實施的博雅教育的傳統。西方博雅教育 (liberal education) 事實上是菁英教育。在古希臘, 博雅教育對象更僅限於「自由人」, 不包含工匠與奴隸^{[17][2]}。這種教育計劃的來源, 較具規模的應始於柏拉圖。柏式教育分: 初級部: 含體操、音樂實習與學習字母, 與高級部: 含算術、幾何、音樂原理與天文學。經過希臘末期 sophists 哲學的影響, 到了基督紀元已分成: 文法 (Grammatica)、修辭 (Rhetorica) 與辯學 (Dialectica) 的三支 (trivium), 加上幾何 (Geometrica)、算術 (Arithemtica) 和聲學 (Harmonia) 與天文學 (Astronomia) 的四支 (quadrivium), 加起來, 合稱爲七通藝 (seven liberal arts)。

與中國「禮樂射御書數」的儒家教育相比較, 西方博雅教育顯然多出理性教育的部份。這一部份表現在柏拉圖計劃中的「幾何」。當時的幾何學所傳授的主要是 Euclid「幾何原本」(The Elements) 的內容。「原本」呈現的是西方古代數學思想的總結, 卻以超越

其它各民族文明的公理系統來表達。同時理性教育也表現在 sophists (詭辯學派) 所注入的「辯學」(Dialectica)。

但西方博雅教育與中國儒家教育共通之處, 則爲施教的對象都是少數的社會菁英, 基本上都是貴族教育。統治階級要代代傳承的, 不只是生產技術, 也要有典雅的言行, 鑑賞音樂與運用文字的能力^[17]。

經過十九世紀末與二十世紀前葉, 工業革命、社會主義運動以及納粹主義的橫行, 人類社會承受到世紀的動盪, Buchan 的感慨成爲古典菁英教育最後回音。二次大戰後期, 美國 Educational Policies Commission 報告, 提出“Education for All American Youth” (1994), 強調拓廣視野的文化素養教育, 應擴及所有青年, 而不是把平民學生當做技術人員與生產工具來培養。EPC 的許多教育觀點源自杜威的教育哲學, 而帶來了進步的氣象。與 EPC 報告相呼應的, 有 Harvard 同年 (1944) 的報告“Education in a Free Society”^[7]。

在冷戰期間, 這樣的進步觀點沉寂了一段時日。七十年代之後 Harvard 的文理學院院長 Henry Rosovsky 接掌哈佛通識教育核心課程的規劃, 發動了一場較大的大學教育改育。他對於通識教育的基本看法是: 一個受過教育的人,

(1) 應當能明晰流暢的思想與表達;

(2) 對於人類求取知識, 理解自然, 社會與自己的方法, 應當有批判性的鑑賞力;

(3) 處在二十世紀末期, 已不能像以前西方的知識份子一樣還偏執於西方自我中心的意識與思維, 而應當了解其他分支的人類文化, 了解其他的時代;

(4) 對於道德性的與倫理性的價值問題, 應當有些理解, 也有思考它們的一些經驗;

(5) 對於某些領域的知識, 應當有深入的解與研究^[15]。

這樣的看法, 使構成 Harvard 核心課程的基礎, 把如何達成 Nostrand 所說追求「人全面發展」的目標, 進一步具體化; 把柏拉圖以來的博雅教育平民化; 也把 Buchan 一心想使人「透過通識教育如何面對世界與生活中的變局」的企圖, 加以現代化。事實上 Rosovsky 的看法透露了強烈的西方自由主義的精神。他強調: 方法、批判與吸取異民族的文化, 對於道德與人格教育, 他沒有忽略, 但並沒有要讓教師扮演起教導學生人格與道德的主導地位。相反的學生仍然是主體, 教育者只提供學習與討論的環境, 讓學生「有些理解」, 也「有些思考」道德與倫理問題的經驗。

三、從認知發展看通識教育

從 Rosovsky 的基本看法中, 看不出為何通識教育中, 不能排除科學教育, 至少他沒有給出較深刻的理由。Rosovsky 本人是經濟學家, 一方面他認為科學是人類獲取知識

的重要方法, 另一方面由於現代生活中脫離不開科學, 一般人不能不了解科學, 同時也對科學如何與社會發生關係: 例如核子武器與遺傳工程等這類攸關人類共同命運的問題, 參與抉擇。這種觀點是一般通俗的觀點。

反對 EPC report 的 Morris Shamo^[16], 則認為「透過理解科學, 學生最能夠學得美學與知性價值」。這是有趣的觀點, 這點在後文我們要再回來探討。(待續)

不管是 Rosovsky 或 Shamo 都把科學當做知識的一個可以抽離或割裂的部門。這類觀點比較無法突顯出, 在通識教育中知識應視為一整體的精神。

主張「知識為一整體」最力的是 Krishnamurti^[10], 他認為人之了解世界, 是把世界作一整體看待。只有這樣, 人的心靈才能平靜。他認為教育的目的, 便是要去除人的恐懼, 使人自在。而分割的知識, 卻造成人的恐懼, 沒有對世界整體了解的專業教育, 激發的是人擁有外在利益的欲望, 與人擔心失去它的恐懼, 這是世間紛擾的根源。

Krishnamurti 的觀點, 源於宗教精神對物質文明的批判, 有它令人深思的涵義。可是亦由於這種對物質文的反動, 使 Krishnamurti 到了晚年, 完全陷入神秘主義的深淵。

本文不從 Krishnamurti 的看法, 去強調「知識為一整體」的觀點。卻改從認知發展去建立知識的整體性。又由於每一個人都曾經是小孩, 如果把通識教育定位於小孩整體認識世界的延伸與發展, 那麼通識教育便也施用於每一個人, 擺脫了貴族式博雅教育的格局。

同時，本文也將一步步回應前兩節所提出的問題。我們先簡扼的提出幾個關鍵性的論點^[6]：

(一) 人的幼兒所面對的世界是整體的，這世界的內容是：自然、社會與個人。這三部門對他來說是一體的。如果把現有的知識分成相應的三個主要領域：自然科學、社會科學與人文學，那麼對小孩來說，這三個領域原本是一個整體。直到長大之後，由於專業分工的需要，也由於教學上的方便及教師本身專業訓練的限制，小孩才慢慢意識到各領域之間的分野，且更進一步也隨著選擇自己的專業或職業。

人對世界整體了解的特徵，尤其顯現在幼年的兒童身上。人的認知發展是雙軌的：一為進入文明的軌道，它的脈絡，基本上是依循 Piaget 的發展階段理論，由具體而抽象，由特殊而普遍，由簡單而繁複；另一則為自然能力的軌道，兒童擅於辨認事物的整體特徵，對週遭世界的理解是整體的。所有知識都有利於他的生存，因此對於知識他沒有偏見，也沒有挑食的排斥其中的某一部門。對於天地萬物，人世風情，他無一不好奇。而且他認識世界的方式是訴諸直接的體驗。複雜詭譎，富於變化，最適合幼兒整體性的理解。在自然能力的軌道上，人的認識一開始便是尺度空間 (metric)，是三維或更高維 (high dimensions)，具體、特殊、複雜、多變是它的主軸。只有在文明能力的軌道上，Piaget 從拓樸而尺度，從一維、二維，才三維、高維的觀察，才是對的。

(二) Chomsky 與 Piaget 爭論的焦點，在於兒童如何在三歲之前，還處於 Piaget 前操作期的幼稚階段時，便學會一套複雜的語言？語言據 Chomsky 是遠比一般人所想像的還複雜，本身還潛藏著所謂「深層結構」(deep structure)。一個小孩連一、二、三的數目意義，都混沌無知的時候，怎麼能駕馭且運用一套語言，說出一口精確流利的母語？Chomsky 因此把語言能力歸之於人類這一物種早經演化完成的遺傳程式，認為人天生便有語言的普同設計 (universal device)，就像許多鳥類生來便會築巢一樣。

Piaget 當然不同意這種說法，那麼問題出在哪裡？

問題似乎可以拉回到兒童有掌握整體特徵的自然能力，這一件事上面。幼兒可以很快把他(她)所聽到的語音串 (sequence of sounds) 與那一刻的情境關連起來，掌握到情境的整體特徵，然後用成套 (package) 與取代 (substitution) 的方法來學得語言。這過程須輔以不斷的嘗試錯誤^[6]。至於成人學習新的語言，所用的方法則為分析 (analysis) 與組合 (combination)。兩相比較，幼兒學習語言的整體性方法，比起成人的分析性方法，遠為優越。後者屬文明能力，是符合 Piaget 的軌道發展起來的：前者則屬自然能力，是人天生擁有的能力。語言能力只是自然能力高度表現出來的一環。

(三) 文明能力是分析性的，為人類發展文明最重要的手段。從具體中抽象，在特殊中尋找普遍，透過微觀追求規律，復以組合去拼湊宏觀。科學連同人的文明是這樣建立起來

的。但嚴謹的分析訓練中，人時常失去了整體觀，失去了創造與浪漫。整體並不等於部份的總和。

自然能力則是整體性的，是人創造力的基礎。尤其是文學藝術的源泉。在語言學習上，整體性方法遠比分析性方法優越。如果不借助分析，人無法從鳥類的飛翔中找到飛行原理，製造出飛機，人進不了分子原子與粒子的世界，人永遠不知道 DNA 如何在左右自己的生物性行爲，不知道能量可以轉換，也無法探討哲學，無法建立起近代世界中，以理性爲基礎的法律、政體與典章制度。

通識教育與其說是在調和「科技」與「人文」兩種文化間的對立，不如說如何在經驗的拓廣上，維持「自然」與「文明」這兩種能力同時保留在人的身上，使人在兩方面都有較健全的發展。

(四) 在人的認知發展上，早期運用的是整體性的自然能力。這種認識世界的方式，帶著好奇，體驗與沒有偏見的態度，使人的幼兒能在幾年之內從不及於蚯蚓、螞蟻的智力水準，發展到人類智力的水平。說得出一口流利的母語，甚至微妙的避免了父母的語法錯誤。這段時期，幼兒的學習特點是整體的，不斷嘗試錯誤的，與成套的，同時也是最具創造性的學習，因爲他所面對的是對他完全陌生而且處處是陷阱的世界。如果允許把人個體的心智發生 (genesis) 史與人類物種的演化史來作某一程度的比擬時，我們可以看到原始部落族人有著一些相同的特點^[6]。

事實上，幼兒在發展與運用自然能力的同時，也同時在發展他的文明能力。關鍵

在於它如何逐步脫離天生認知上的自我中心，從別人的角度或其他不同的觀點去看世界。循此發展下去，開始認識「不變性」(invariants)，從而建立起客體世界與普遍規律的觀念，也因而從具體進入抽象，從整體進入分析。這便也步了 Piaget 的軌道。

但當教育過份強調分析性學習的時候，人的創造力會衰竭。這是因爲早年整體性的自然能力消失的緣故。一個研究所的學生，也許很擅於從事操作性的專業工作。但做研究時，卻無法面對變化或生疏情況，而想出因應的對策，或從更宏觀的角度重新檢討問題的提出 (formulation) 是否恰當。這種現象，常與整體性的自然能力，在過度、或重複、或規格化的分析性訓練之後，早已消失有關。

(五)「工具理性」事實上也是這種情況下的產物。「工具理性」不僅僅在科技訓練中發生，也在狹隘的法律或管理的專訓練中發生。固然工業革命之後，百年之間科技飛達，催生了超大企業的組織，也使人類生活在工商體系的宰制下，逐漸單元化，衣食語言皆失去原有地域與族群的特性；固然科技訓練中蘊藏著工具理性的灌輸，但工具理性的根源還是來自壓抑整體性的理解，只側重分析性訓練的一種工商價值與教育制度。

換句話說，科學中的「概念理性」倘若抽掉對世界整體性的理解，很容易淪爲 Habermas 所稱第一種純技術與物質趣向的奴隸，變成「工具理性」。

(六) 通識教育的意義，是使人在靈活而交迭的運用「整體—創造的自然能力」及「分析—抽象的文明能力」的基礎上，打開人的知

識視野，拓廣人的經驗網絡，以求得知性的成熟，再由人本身將知性的成熟，過渡成人格的成熟。

Rosovsky 講過一句重要的話：「受教育與未受教育者，最關鍵的差別便是一個人的生活經驗是否足夠拓廣」。他提出這見解，為的是要強調在通識教育中接觸異民族文化的重要。可惜他未曾進一步引申，去發展此一見解。

事實上，以人本主義者的觀點來看，人對知識的認知，不過體現為人的經驗網絡。未受教育者的經驗網絡或許非常牢實，但卻狹窄，因為他得來的每一件知識都透過他自身的觀察思索與體驗，可是他的世界終究只限於他生活的範圍。

另一方面，受教育者的經驗網絡或許較大，卻可能鬆散。因為他可能被灌輸許多不同時空下知識，認識幾個世代前人名及其事跡，熟悉幾千里外發生的事件及其始末。可是這些增加的見聞，並沒有透過體驗、思辯與批判，沒有與自己切身的的生活經驗相互印證，所以他的經驗網絡，大而鬆散。

太狹窄或大而鬆散的經驗網絡，都無法促發人的知性成熟。受教育者，在受教育的過程中，如果很快便由特殊跳入普遍，由具體躍進抽象，沒有經過直接體驗，又未經印證消化，他的經驗網絡會處處呈現斷層。未經批判、思考以決定取捨的普遍原理與規律，不論屬於科學或人文，都會使人在知識中異化。

通識教育不是要拉大一張張鬆散的經驗網絡，增添無法消化的知識。正好相反，通識教育要做是透過各個知識領域批判性的思辯，

相互印證，觸類旁通，去填補經驗的斷層，去發展成熟的知性。

至於人格教育，不應該直接教導。依靠外加的教誨，無法培養出成熟與自主的人格。尤其在大學，教育者沒有也不應該去負起人格教育的直接任務。人格的成熟要由知性成熟去過渡而完成。在東方專制文化仍然宰制著眾人思想的東方社會，讓通識教育直接去擔負起人格教育的工作，會扭曲通識教育的目的。

(七) 通識教育不是要表面的全面化，不是要道德化，也不是要膚淺化，庸俗化。人對於知識的兩三支，有忘情的投入與深入研究的經驗，才能領悟創新與工作的意義，才能溶入人類文明的艱鉅創造中，也才能深刻體會知識的內涵，而趨於成熟。又由於這個緣故，通識教育與專業教育並非對立。相反的，兩者是相輔相成的。

同時通識教育本身並非概論式的教育，也非止於一般性的介紹。對於散置在不同領域的點做深入的了解，可以促發學習者本身，自己將知識聯結成線或面。在哈佛的核心課程中，像「法國文學中以幽默呈現的社會批判」、「非洲資本主義的出現」、「浪漫主義與視覺藝術」、「悲劇與人類衝突」、「蘇聯革命」、「自主與異化」等皆為典型的通識科目。在科學方面，「機率、必然性與秩序」、「運動、動力學與能量」、「變動中地球」、「宇宙中的物質 (matter)」、「演化論」、「能源與環境」等課程，也透過特殊深入的論題，去談論自然界的普遍原理。在哈佛核心課程的說明中，有一段關於科學核心課程的話：

這些課程不只談論科學家所相信的事實，也探討這些事實如何被發覺被承認，如何因此建立起科學的法則與原理。此一過程中，觀察與實驗的批判性角色，將要被強調。

在通識教育的科學課程中，強調科學知識的發展、批判、整體性創造與自我修正的面向，將有助於消除科學分析性訓練所帶來的工具理性的影響。事實上，這些被人忽略的面向，才是科學的精神。

(八) Caleb Nelson 曾就此核心課程，抨擊哈佛的改革。Nelson 從哈佛核心課程科目表中，自六個領域中各取一二較偏窄的科目，如從外國文化中取「十六世紀幕府政治」，從歷史中取「中古歐洲的權力與社會」等列出一張科目清單，指責哈佛學生所受的教育偏頗不全。事實上，Nelson 沒有注意到核心課程只佔去學生一至二年的時間，其他時間仍有選修與主修科目的要求。到底全面的灌輸所有領域當代的精華知識比較有教育效果，還是由點、線、面去學習，其實是他們爭論的焦點。

四、科學作為通識教育的一個領域

人的幼兒出生之後，環繞於他週遭的世界是自然、社會與個人。小孩對日月雲雨、蟲魚鳥獸的好奇與親近，有益於他對周遭世界的認識，也有助於他的生存。人類作為地球上

的一個物種來說，也是這樣。好奇且親近自然，與自然對話，從自然中學到是非曲直，同時利用自然的蘊藏，發展生產技術，使自己與整個物種存活並發達起來。這便是科學的活動。

(一) 科學不單單是只有 Habermas 所批評的技術趣向，科學其實也是人與自然對話的活動，它具有語言的形式與實質，滿足了 Chomsky 對語言的定義。只是這時由人與自然對話的語言延伸到科學社群內部與對外之間的語言。像 Chomsky 把人文語言當作一個由語音串對應到意義 (meanings) 的函數，科學的自然語言亦從科學符號語彙對應到意義。人文語言中的語法結構，則相應於自然語言中的方程或自然規律所界定的運算—陳述的結構，同時科學的自然語言，也有人文語言串溝通 (communication) 與解釋 (hermeneutic) 的功能。關於人文語言會有深層結構出現，源自下列幾個原因：

- (1) Chomsky 的語言函數的定義太過簡略。把語言函數的定義域視為語音串的集合，其實太簡化語言。每一個語音串皆有它的屬性。如同樣是名詞，cannibals 表人，midnight 表時間，略掉這些屬性，便使得語意變得曖昧。因問題表述 (formulation) 的曖昧，而歸之於人先天有辨識語意的深層結構，是不恰當的，事實上語言不是單一的函數，而是一串函數的合成 (composition of function; iteration of functions)。
- (2) 人認識世界與運用文字材料的方式，依賴於整體與分析的兩種能力。語法結構

(Grammer) 屬於分析。但整體性的直覺先於分析形式。後者夠用而不至引起混淆時，就不一定要再訴諸分析的形式去加以區別。深層結構其實便是這種整體性的直覺。所以，Chomsky 所訝異的深層結構，其實便是這種整體性的直覺，這種直覺是基於人秉乎自然的一種辨認整體特徵的能力。科學，作為自然語言來說，當然也有這種整體性的直覺。這種整體性直覺，在運用自然語言的科學社群中，潛藏於其中少數或多數人的身上。有些時候只限於 Einstein, Bohr 及 Poincare 這小圈子的人物，有些時候則普及於科學大眾。

(二) 科學的研究，不單單是實驗、觀察、歸納、演繹的分析性過程或操作性工作。Root-Bernstein 在「科學中的藝術」一文存^[14]提到：

一般人認為科學家只是邏輯問答中的機器，他們作經驗的觀察，提出並檢證假說，然後簡潔地導出解答。有人或許要說：科學便是要消除個人的，直覺的或是主觀的預設，使世界的客觀分析不致受到干擾。但這種對科學的印象，其實是因科學的直觀必須要表達與溝通，(只好訴諸科學的符號、方程及語言) 所造成的結果，可是這中間卻擦拭了科學研究的真實過程。

事實上，科學研究中重要的是整體的敏感與創造。科學研究者時常會有一種經驗：陷在符號、方程式的計算中，一無所得。如果

一直待在那分析的叢林中，檢查、思考與徘徊，人將困頓萎縮。這時候退回一步，讓整體的感覺慢慢升起，或許會有偶然的亮光閃過，問題便豁然開朗了，或至少人已走出那叢林。叢林中的所有細節一剎那也都清楚其輕重。換句話說，分析的困頓被整體的直覺解決了。Shamo 談科學中的美學時，強調「科學的理解，最能使人學到美學與知性的價值」指的便是科學研究的一連串創造活動，使自然界蘊涵的最美麗的結構展現，使人在與自然的對話中，表露了獨特的手法、語言與詮釋。而這正是文學藝術的本質。只是科學研究受自然的制約，游走在自然所界定的邊緣，人要發揮最大的想像力與創造力，才能把人類理解自然的已知疆域往外拓展。

Root-Bernstein 在前述的文章^[14]中，收集了許多著名科學家對科學創造的親身經驗，所作第一手的描述。Root Bernstein 指出「最好的科學，源於分析心智與美學敏感的結合，對這一結合我們或可以稱之為 sensual science，教育者應該授與學生的便是科學的這種帶著人主體色彩的面向」。

歷史上一長系列的科學家，Euclid, Archimedes, 祖沖之, Fermat, Newton, Laplace, Gauss, Bohr, Einstein, Gödel, Cartan, Weyl, Poincarè, Smale, Griffith, Feynman 等人的研究與他們認識世界的態度，無一不具有他們個人的風格。他們每個人在研究工作風格上的獨特性，與巴哈、莫札特、梵谷、貝多芬、克雷、畢卡索從他作品所散發出來的，並無二致。

(三) 由於科學是人與自然對話的活動。自然本身雖然奧秘詭譎，但它在複雜豐富的

演化脈絡之中，蘊涵一種叫人驚歎的一致性 (consistency)。人的理性孕育於自然，人在自然中生活，從自然的回應中建立是非。古代的傳說與近世的歷史不斷的揭示一條普世的原則：大自然的規律，不因王侯將相的意志而轉移。從人的社會組織逐漸嚴密之後，統治者的威權便也隨之樹立在人之上。統治者的神話，時常蒙蔽自然的是非。科學社群在統治者餵養之餘，會對神話質疑。在這意義下，科學會具有批判反省的解放趣向。伽俐略被判刑之後所說：「可是地球確實在轉啊！」的名句，標誌著科學社群對威權的抗爭，這是科學的本質使然。

(四) 科學的解放趣向，表現於啓蒙時期的概念理性。盧梭「論人類不平等的起源」、伏爾泰「論容忍」及狄德羅的百科全書，對教會與君王的專制逐步崩解，有正面作用。即使在孔德的實證論之後，科學的重要結果，進化論、非歐幾何、或然率論、測不準原則、不可辨偽的數學敘述 (Gödel)、相對論、混沌理論等，皆對 Laplace 的古典決定論，對絕對真理以及先驗的上帝信仰提出質疑，使人的思想逐步解放。另一方面科技發達之後，生產力大幅提高，才促使個人從封建的生產體制中釋放出來，間接激發人道主義、自由主義甚至女性主義的興起。Bertrand Russel 對科學的解放趣向，作過細緻的探討。關於思想方面的解放，在“The Impact of Science on Society”一書中，他指出因為科學的興起，使人類慢慢相信自身的觀察重於世俗的權威，使人類對自然世界的理解首次得以自主，使人類捨棄了亞里斯多德的目的論，也使人類知

道本身在宇宙中的定位。而談到生產力對人生活的解放時，他指出在英格蘭即使到十九世紀末期，

兒童一天工作十二到十七小時，他們常在六歲或七歲便開始工作。爲了不讓他們因疲困而「怠惰」，他們時常被鞭打，儘管如此，許多兒童仍因工作過度，瞌睡而掉落機器中，斷肢殘廢或因而死亡。父母明知這種慘劇的威脅，也不得已送子女去工作，因為他們自己生活在悲慘的絕望之中。^[13]。

這段描述是工業革命之後，生產力尚未大幅提高時的情景。而在這時期之前，瘟疫、貧困、飢餓、死亡隨時在威脅著人類的生存，許多原始部落的民族，一家八個小孩，夭折五六個是常有的事。在工業革命之前，歐洲婦女因生產而死亡的比率，遠比今日高過十倍以上。

事實上在物質條件方面，技術趨向的發展使生產力大幅提高，也含有解放趣向的功能。至於工業革命之後，人自身在生產線上異化，被一波波的商品吞噬掉自主性，則又是二十世紀的「後現代」問題。

(五) 前述的說明，我們企圖在指出：科學事實上不像 Habermas 所說那樣，只限於物質需求下的技術趣向。科學亦具有以語言爲特徵的溝通趣向，也具有反省批判的解放趣向。這是科學原有的面目，也是科學美麗純潔的一面。在通識教育中，我們應引領學生看到科學這美麗純潔的一面，甚至看到科學創造的美學內涵。

但是我們也能不揭示科學醜陋的其他面向。Marcuse 認為「科技本身在建構它自己內容之初，便把其宰制自然與人的目的與趣向，一起進駐科技自身。」這樣的批評，至少在科技與帝國主義，與獨裁政權，與集體主義，或與資本主義的經濟體制相結合的時候，是千真萬確的。十九世紀之後，科技從伽俐略時代思想解放者的角色，從盧梭啓蒙時期人道主義的塑像，搖身一變，變成了宰制者的角色。

Freeman Dyson 有一段關於科學與教育的話，說得平易感人：

年輕的這一世代有三個很好的理由，叫他們轉身走開，把科學丟在他們身後。他們所目睹的科學，是僵化威權的紀律，與企業及營利的目的掛勾，又儘在幫忙製造集體殺人的武器。這三個恨科學的理由，是真實而嚴肅的。對我們的小孩假裝科學沒有這三個醜陋面，是沒用的。我們騙不了小孩。作為教育者，我們該做的是告訴他們，科學是一座六面山，醜陋的三面之外，還有美麗的三面：對威權的顛覆，有藝術的姿顏，而且跨越國界人類一家，要吸引青年進入科學領域，只有讓他們看到科學這所有的六個面，而給他們完全的自由，去探察它的美麗與醜陋。^[5]

五、從理論到現實

今天通識教育的呼聲，固然是來自長久以來的大學專業分科教育所造成的流弊，需要面對且積極改進的龐大壓力。但通識教育的意涵，似乎遠比調和「科學」與「人文」兩種文化的對立，還要深刻。我們無法相信學科學的人去修些莎士比亞、巴哈、托爾斯泰或紅樓夢，便會有人文素養，我們也很難相信學人文的學生去修些物理化學概論的課，便理解科學的精神。但是我們相信這是起碼該跨出的第一步，至少要打開眼前狹隘的分科職業訓練的格局，去接觸其他領域中一些較深刻的感悟或思潮。

這就像小孩接觸他周遭的自然、社會與個人一樣，三種領域對他來說是一個整體，也許他常看到蝸牛、蝴蝶，看不到熊與水獺，也許他住的是小鎮，從不知大都會的人怎麼生活，但自然與人文對他來說，是整體的。牆角的蝸牛，小鎮的風情與母親，這是一體的，是他生活的世界，是不能相互分割的。

但打開學生的知識視野，並不是要灌輸或單向的介紹各領域的知識。我們不是要每一個學生走過每一扇知識的大門，我們只是要他不致太早便關在一個小房間裡，在計算他的出路；只是要他像兒時的情景一樣，同時喜愛自然、社會與人，每一領域總有一兩道門他有相當深入的涉獵。他不是要懂得所有的東西。我們只希望有一天他想懂什麼東西的時候，他知道怎麼去弄懂，然後可以真的弄懂，這便是知性的成熟。也就是說，我們希望透過打開學生的知識視野，去促發他知性的成熟。

人可以依靠浸淫在某一領域中，深度的投入與耕耘，達成相當程度的知性成熟。科學

中有分析性訓練，也有整體性的創造，(台灣的科學教育最大的問題是，連分析性訓練都降格為操作性訓練，這使得工具理性更露骨地淹沒了科學工作者的思維。)科學不只是技術、原理、也有直觀與意義，有對話與風格，甚至有它的美學與哲學。如果一個人浸淫科學，能從其分析性訓練到整體性創造，從技術面到科學本身的哲學(指其內在的反省，不限於時下外造的「科學哲學」)都有所領悟，那麼，他同樣會達到一定的知性成熟，會取得一定的人文素養—因為科學事實上是人與自然對話的活動，本身自然有人文的意涵。

與科學相仿，人文中有整體性的創造，也有分析性的訓練，文學藝術中固然有體驗，感悟與文化作為創作的背景，但同時也有文字或手法上的技術，甚至還有結構與理性。終生浸淫文學藝術，也可以取得一定的知性成熟。

但以人類取得知識與創造作品的方法來說，幾個主要領域，各有旨趣與特色。連結幾個領域中的一些較深刻的題材，會拓展人的知性驗，靈活人的心智，更催化進一步的知性成熟。

科學的分析性訓練，尤其陷於其操作性訓練或陷於其組織性的研究計劃之中時，工具理性與技術意識會抬頭，使科學工作者變成了宰制者，而協同「維護宰制社會的合法性」(Marcuse^[11])，使科學工作者從人類的解放趣向中分離出來，變成維護宰制體制的工具。

這是因為前述科學整體性理解的成分，在科學的認識與研究中被抽除。同樣的技術意識(與工具理性)也可能出現在法律、經

濟、社會學與政治學的社會科學領域之中。一個不從整體性理解，去研究法律的人，時常會落入條文的陷阱，致使從法律的訓練中產生技術意識與類似於科學操作與組織中的工具理性。

文學藝術，亦無例外。人文素養無法從文法、修辭學、拉丁文、八股、或訓詁學中的分析性訓練中得到。連詩詞歌賦，如果剝離其整體性的了解，所剩的也只是技術意識。

無疑的，各門知識領域的技術或分析方法，是知識的骨架。但沒有血肉，沒有整體性的了解，該一領域便只製造出技術意識。(自然)科學中的理性，便在這樣的脈絡裡，從伽俐略變成泰勒，從概念理性萎縮為工具理性，也因此使理性背棄了它叛逆與解放的傳統。

可是這樣的現象，也發生在其他任何領域，使得技術意識變成所有知識工作者身上共有的標誌。今日談通識教育，不是要知識份子迴溯於過去博雅教育中，去裝飾起典雅的言行與鑑賞古典文學藝術的品味，而認同於統治階級；也不是要使知識份子變成勞動力的一部份，變成了國家社會的工具，使他失去了對世界的整體了解，而只剩技術意識，留存在他的身上。

正好相反，通識教育是要透過多樣知識領域的深度涉獵，去回復人對世界的整體了解，使他拓廣他的經驗網絡，促發他的知性成熟，或更進一步說，從知性成熟過渡到人格成熟，使人得到解放—但注意是由他自己去過渡，由他自己去解放自己，不是要由教師去教導他過渡，也不是要由教師去解放學生。

最後我們回來就台灣的大學通識教育，尤其其中的科學教育，如何實施的幾個現實問題，試加以探討：

(一) 科學教育中的整體理解與創造，是在通識教育中實施科學教育最重要的部份，不論對人文或科學院系的學生，都應強調這一部份。強調的方式可考慮

(1) 探討該課程的題材與文明發達的關聯，例如討論與閱讀相關歷史。

(2) 用批判的觀點去看相關思想的演進，例如從「物理學的進化」(Einstein-In-feld)去談物理，而不是講「物理學概論」，同樣與其開「生命科學概論」，不如談「演化論與遺傳」。

(3) 用問題中心的觀點，去回溯於理論及已知知識，例如從「恐龍為什麼滅絕？」(許晴華著)，去引入古生物與地質的知識，並展現前人獲取知識，解決問題的方法。

(4) 用閱讀、寫報告、思辨與討論的方式，讓學生主動去接觸相關知識。講演的授課方式，最容易使學生落入分析性訓練，甚至只停留在操作性訓練。只有從批判、思辨與克服困難中，學生才會激發其整體思維的能力，也才能縫補前述經驗網絡的斷層。

(二) 在今天台灣的大學教育體制下，教育部仍掌握課程與文憑的核定權。大學畢業的必要條件是修完128學分的課程，其中只有8個學分是通識課程。這是杯水車薪，極為荒謬的事。另外教育部仍規定其他共同必修科20學分(6,6,4,4)的課程內容。教育部應立即放棄對這些共同必修科的規定，使它併入通識教育的課程中，由各大學自行規劃，通識

教育才可能有一點起碼的發展。同時各科系教授應共同體認大學教育負有專業教育以及養成教育的雙重任務。培養稍具全面觀點的能力，而有一定知性成熟的現代公民，是大學不可推卸的責任。真正的專業研究教育，應由研究所去擔負。這是現代潮流所趨，在此一共同體認下，各科系應同意放出一些必修或選修學分，供做通識教育之用。這是目前大學教育的課程結構，亟需轉型的方向。

(三) 在目前大學課程結構不健全，而且通識師資質量上皆明顯不足，且意願偏低的情況下，要推行通識教育，困難重重。雙軌制是必要的，一方面要規劃一些新的、有思辨性的核心課程，作為實驗。待條件慢慢成熟後，再擴大實施。另一方面應藉目前各學院正式課程(如經濟學原理、哲學概論等)，經過濾後，提供學生跨學院去修課。像在台大，眼前許多於1984年通識課程命令頒佈理後出籠的拼盤課程，應大量淘汰，只保留其中少數，加以改造，而併入新通識課程表中。通識師資要逐年提升，使通識教育的目標一步步達成，教育部應：(1) 增加各校師資名額，自海外大量延聘優異的專業人才回來，逐年汰舊換新。專業好，通識師資才能提高。通識教育不是膚淺庸俗的教育。正好相反，只有很透徹的掌握專業知識的教授，才能真正教好通識課程。(2) 設計大學入學考試制度時，應一併把延後分科的辦法確立，學生入學之後可以不分院系，到第三年之後才選擇主副修科系。

我們用 Freeman Dyson^[5]的一段文字來結束本文：

To be a scientist means to take a hand in pushing (Niels) Bohr's dream along toward its final goals; the open world, the abolition of weapons of mass murder, the obsolescence of war. What the kids in the ghetto need, to open their minds to science, is not more hours of physics and chemistry, but a vision of a future that will be different from the past. A dream of a better future; that is what our kids need. And that is what science, if we don't confuse science with SAT scores, can give them.

參考資料

1. Havard Alumni Bulletin, vol.40, July, 1938. p1143.
2. Brubacher, J. S., *On the Philosophy of Higher Education*, Jossey-Bass. (1982), 2nd Ed..
3. Tom Bottomre, *The Frankfurt School*, Tavistock(1984), 中譯本廖仁義, 桂冠, 頁 10.
4. 參見 [3] p.44.
5. Freeman J. Dyson, *To Teach or Not to Teach*, Amer. J. Phys., June 1991, vol.59, No.6, p495.
6. 黃文雄,「人與世界」,人本教育札記「教育與思想系列」(1989-1990)
7. Hlebowitsh & Hudson, *Science Education and the Reawakening of the General Education Ideal*, Science Education 75(5), pp.563-576 (1991)
8. Jürgen Habermas, *Knowledge and Human Interests*, trans. J. Shapiro, London: Heinemann (1971).
9. Max Horkheimer, *The Latest Attack on Metaphysics*, in his *Critical Theory*, trans. M. J. O'Connell (New York)
10. Krishnanmurti, *Education and significance of Life*.
11. Herbert Marcuse, *One Dimensional Man*, Boston, Beacon Press (1964), pp.140-172.
12. Herbert Marcuse, *Industrialization and Capitalism in the Work of Max Weber*, *Negations* (1964), pp.66.
13. Bertrand Russel, *The Impact of Science on Society* (1952), Unwin Paperbacks (1976), p.32.
14. Robert S. Root-Bernstein, *Discovering the Art in Science*, *The Sciences*, Sept/Oct (1990), pp.44-47.
15. Rosovsky, H., *The University-An Owner's Manual*, (1990) W. W. Norton.
16. Morris Shamo 的這段話, 參見 [13]p.117。
17. 葉啓政:「通識教育的內涵及其可能面臨的一些問題」, 清大。

—本文作者任教於台大數學系—