

## 資訊巨人Vannevar Bush (1890-1974)

Vannevar Bush (1890-1974), the Information Giant

李德竹

Lucy Te-Chu Lee

國立臺灣大學圖書資訊學系教授

Professor, Department of Library and Information Science, National Taiwan University

### [摘要 Abstract]

邁入資訊社會時代之今日，個人電腦、網路及多媒體已廣被人們使用，成為每個人生活與工作上不可或缺的重要工具；國內外圖書館亦已完成自動化作業，利用網路與電腦提供讀者各項線上資訊檢索服務。現代人每天經由電腦與網路設備所接收與處理之資訊更常以上億萬個字元來計算，故快速而有效掌握資訊，成為當前資訊社會的特色。現今資訊科學與技術的進步實非一蹴可及，其影響之源可追溯自西元1945年Vannevar Bush(1890-1974)所發表之文章「思維之際(As We May Think)」及其Memex之設計理念，成為影響現代資訊科學與技術發展之關鍵。因此撰文介紹這位資訊巨人Vannevar Bush的生平、著作與記事，以及其對資訊社會之重要貢獻與影響。

Vannevar Bush (1890-1974), The Information Giant, during his lifetime, had made many great and influential contributions in science and engineering, in proposing the establishment of the National Science Foundation (NSF), and in re-shaping the institutions of research and development in America and the World. Yet it is in information science and technology that Bush has become a mythic hero. He was also hailed as “the father of information science”, “the father of modern computer”, and “the grandfather of hypertext”, the beginning of which is often recognized to be 1945 when Bush’s seminal paper “As We May Think”, with its conceptual design of a desktop personal information machine called the “Memex”, was published in Atlantic Monthly. This classical paper “As We May Think” and the “Memex”, along with Bush’s “Rapid Selectors” and “Comparators” machines, have had a highly inspirational and significant impact on the important developments of modern information science and technology and the emergence of the Information age. Thus, it is the purpose of this paper to introduce this outstanding information scientist, his biographical data, major publications, important contributions and lifetime events.

關鍵詞：Vannevar Bush、Memex、資訊科學、資訊技術、資訊檢索、超文件

Keyword: Vannevar Bush, Memex, Information science, Information technology, Information retrieval, Hypertext

## 壹、前言

近五、六十年來，資訊科技的發展可謂一日千里，因Vannevar Bush對資訊社會的建立居功厥偉，後人尊稱為「資訊科學之父」(註2)、「現代電腦之父」(註3)及「超文件之始祖」(註4)；且因Bush倡議建立美國國家科學基金會(National Science Foundation, 簡稱NSF)，故又稱其為「NSF之父」(註5)，該基金會於1980年起設置Vannevar Bush Award以紀念之(註6)；而Memex設計之理念，則成為影響資訊技術發展方向之關鍵。綜觀言之，Bush對資訊時代的影響與貢獻，實不容忽視，因而撰文介紹。

## 貳、生平

布希(Vannevar Bush)生於1890年3月11日美國麻省(Massachusetts)波士頓(Boston)鄰近的Everett鎮，父親是教會牧師，兄姊各一人。幼年深受父親個性堅毅及姊姊熱愛科學的影響，而養成追求事實及熱愛真理的人格特質。1913年由塔福次學院(Tufts College)以優異成績先後獲得學士及碩士學位。妻Phoebe Davis，育有二子Richard Davis和John Hathaway。(註7)

Bush 22歲(1912年)時已設計profile tracer，並獲得專利，次年入通用電子公司(General Electric Company)任職，因為Bush深感自己較適合學術研究工作而返母校任教。1915年，Bush同時入麻省理工學院(Massachusetts Institute of Technology，簡稱MIT)電機系和哈佛大學(Harvard University)二校攻讀博士學位，由於成績優異，次年即獲兩校學位，Bush隨即應聘至麻省理工學院電機工程學系任教。為協助教學，Bush於1922年出版專書*Principles of Electrical Engineering*，任教麻省理工學院期間，深受該校校長Karl Compton之賞識，於1932年聘其為副校長兼電機學院院長，因而也開啟後來二人長期合作與政府研究計畫之關係。(註8)

1930年代，Bush專心於電子計算機械的各種設計工作，其中尤以1934年為麻省理工學院設計的微分分析儀(Differential Analyzer)最為有名。該分析儀則遠較機械加法機進步，是第一臺類比式電子計算機之雛型，曾用於第二次世界大戰期間協助解決原子物理方面問題，該機器實為數位電子計算機奠定基礎，故後人稱Bush為「電腦之父」。此外，Bush協助美國聯邦調查局設計檢視指紋機器(Fingerprint Machine)，並與美國海軍合作設計Rapid Analytical Machines，以及比較器(Comparator)等工作。1939年，Bush除接任美國航空顧問委員會(National Advisory Committee for Aeronautics，簡稱NACA)主席外，又被聘為華盛頓卡內基研究院(Carnegie Institute of Washington)院長，整頓該院財政及運作問題。同年，Bush向美國聯邦調查局局長J. Edgar Hoover提出空戰武器計畫報告，建議使用雷達協助戰機偵測敵情。(註9)

1940年，Bush預測美國將會捲入第二次世界大戰，而向羅斯福總統建議將國家防衛研究委員會(National Defense Research Committee,簡稱NDRC)更名為國防委員會(National Defense Committee,簡稱NDC)，該委員會應由軍事、科學、商業方面之專家組成，經費由政府提供，以研究武器設備為宗旨，協助戰爭及三軍間互相合作。總統接受其建議並任命Bush為該委員會主席，負責整合全國之科學研究，為未來參戰作準備。同年，Bush又擔任鈾礦顧問委員會(Advisory Committee on Uranium)召集人，推動發展原子彈之曼哈頓計畫(Manhattan Project)。翌年，美國羅斯福總統為擴大國防委員會而成立科學研究發展處(Office of Scientific Research and Development,簡稱OSRD)，邀請Bush擔任首長，負責結合工業界與學術界共同研究發展早期原子彈技術，其間Bush又成立雷達實驗室。1940年12月7日日本偷襲美國珍珠港，美國正式捲入第二次世界大戰。(註10)

第二次大戰期間，Bush從事軍事方面之研究，研究項目包含火箭、戰車、雷達、爆破和通訊等，對美國軍事上的協助甚大，使美國能克服德國的U-boat及V-1武器之威脅，Bush後被譽為「縮短戰爭的關鍵人物」(註11)。1941年，Bush又積極尋求政府支援原子彈(Atomic Bomb)研究計畫，向美國總統羅斯福報告其重要性，獲其同意執行，使美國得以於日本東京及廣島投下原子彈而結束第二次世界大戰。1944年，時代雜誌讚頌Bush對大戰的貢獻而稱其為物理將軍(General of Physics)，以別於第二次大戰英雄Dwight D. Eisenhower與Douglas MacArthur將軍。(註12)同年，Bush出版*Science: The Endless Frontier*，該書內容強調科學是沒有止境的，雖如此，但人類最終的成就並非科學而在提昇人文素質。

1945年Bush於大西洋月刊(*The Atlantic Monthly*)發表影響後世資訊科學技術最深切重要的經典之作「思維之際」(As We May Think)一文，二次大戰後，各學科之蓬勃發展，研究成果豐碩而致出版量急增，Bush認為如能對人類的知識作適當的處理及掌控，以及如何有效的儲存、檢索，利用這些研究資料/訊，才是科學研究人員責任與任務。並提出Memex(memory & index)之設計構思，Memex為一個人以機器判讀資料之資料庫系統，透過建立聯結路徑、搜尋、處理及整合等技術，供研究人員蒐集、分析各類資料並加以應用，可說是後世個人電腦、超文件、超媒體等科技發展之濫觴。(註13)1946年艾森豪將軍深受Bush影響對全國發表「軍事備忘錄」，內容含

1.陸軍應支援軍事計畫；2.政府應給予科學家及工業界最大之研究發展空間；3.查驗解密後之軍事成果應可用於工業技術；4.軍中應設置獨立之研究發展部門，以及5.政府武器製造部門應與軍隊計畫密切整合等五項原則。(註14)同年，Bush又出版*Endless Horizons*專書。(註15)1949年，美國杜魯門總統公開表揚Bush，並稱之為自1940年來美國最重要的軍事及技術導師，同時，Bush之著作*Modern Arms and Free Men: A Discussion of the Role of Science in Preserving Democracy*亦成為當年暢銷書，對美國政治及軍事政策影響甚巨。(註16)

Bush平時特別關心國家安全問題，而大力鼓吹美國切勿與蘇俄競相發展核子與氫彈武器，危害到人民的生命與福祉。(註17)1940年代，Bush積極推動人民安全及福祉之工作，建議美國政府成立國家科學基金會(National Science Foundation, 簡稱NSF)，政府應資助民間之科學研究，以廣泛支持戰後美國基礎研究及科學教育，同時又建議政府應成立健康與教育福利委員會(Health, Education Welfare Commission)。1955年，Bush因健康問題自華盛頓卡內基研究院(Carnegie Institution of Washington)退休返回麻省。退休後，Bush仍本其對周遭事物關懷之熱誠，除設計改良汽車引擎、觀察分析鳥翼行動、設計推動軍用船隻之螺旋葉(Hydrofoil)、研究適用腦部與心臟疾病的微小型醫療瓣膜(Valve)等外，並經常至各地演講。1957年蘇俄先美國而發射第一顆人造衛星Sputnik號，Bush認為當時美國研究人造衛星落後蘇俄之主要因素，追究於美國陸海空三軍未能密切合作之故。(註18)

Bush之專書科學貧乏(*Science is Not Enough*)於1969年出版。1972年又出版*Pieces of the Action*，該書集合Bush多年來所發表的文章、備忘錄及其生活和思想記錄，是Bush的自傳，文中Bush表示人生如能重來一次，他仍會作相同的事。Bush於1974年6月30日去世，享年84歲。當時紐約時報及華盛頓郵報追悼並讚譽Bush在第二次世界大戰中的卓越貢獻。(註19)歸納Bush對現代科技的貢獻如Memex、資訊檢索、原子彈、飛彈發展、人造衛星、氫彈及登月計畫等，明顯的，Bush是位成功的工程師、科學家、教師、發明家、作家、企業家及人道主義者，實為一位全方位的時代巨人。

## 參、重要貢獻及影響

Bush是第一位設計並使用電算機械解決數學與工程問題的美國學者。1945年影響後世深遠的重要文獻“思維之際”(As We May Think)刊在大西洋月刊，該文認為人類所有之創造及發明，僅能增強和延伸人類體力面而非其心智面，所提出Memex系統之構想為個人儲存資料及與外界聯繫設計的機器，類似人腦，可幫助人類記憶和組合檔案。該文內涵除使1950年後資訊科學蓬勃發展外，進而促使超文件(Hypertext)及電腦輔助教學(CAI)技術的產生，文中並預言未來世界將出現乾式攝影(Dry Photography)技術，類似現今的拍立得技術、利用微捲(Microfilm)儲存大量資料、記錄人類語音之機器(Vocoder)、傳真技術(Facsimile)以及可自動進行邏輯運算的思想機器(Thinking Machine)等。(註20)上述預言對學術貢獻、後世科學、超文件(Hypertext)、電子圖書館(Electronic Libraries)、資訊檢索(Information Retrieval)等之研究與發展有無限之啟發，以下詳述Bush的影響及貢獻。

### 一、一般科學技術影響及貢獻

Bush於1933年發表“The Inscrutable Past”一文，該文以大學教授日常生活中使用各項自動化設施為研究對象，印證人類不需要瞭解所用機器的複雜結構方可使用，並預測人類未來生活之條件會更好。(註21)1941年，Bush希望能改變人們對科學的認知，也就是科學並非僅應用於戰爭之觀念，其在傳輸、食物、衣著和其他方面，皆有其更重要之用途，遠較製造武器更能造福人類。同時並強調應用科學可以創造無數契機，善用科學可解決人類疾病問題、增進生活水準及品質、追求人類快樂幸福。(註22)1945年，Bush答覆羅斯福總統之報告書*Science: the Endless Frontier: A*

*Report to the President*，其內容詳釋科學與政府之關係、戰爭期間疾病問題、科學和公共福利關係如國家安全、人民工作、基礎研究，以及培養美國青年人之科學研究等方面，並強調政府應延續二次大戰期間對醫藥和相關科學之研究以及協助公私立組織機構進行科學研究工作。(註23) Bush深感科學研究對國家重要性，於次年建議政府應長期提供研究環境及經費，以鼓勵年輕人培養其科技創造力，以及網羅各界學者專家組成基金管理委員會，以合約或獎助金方式贊助政府以外的組織進行研究，支援公私立學校之基礎研究並將研究成果呈報總統。此外，為發展和鼓勵國家科學研究及科學教育，建議成立國家科學基金會(National Science Foundation, 簡稱NSF)，以支援基礎研究，同時並規畫該會之成員、組織、任期及功能，故Bush被稱為「NSF之父」。(註24) 1949年，Bush專書*Modern Arms and Freeman*出版，內容強調科學在民主政治國家所扮演的角色，呼籲美國民主政治和科學研究應不因世界局勢轉變而受影響。(註25) Bush於1964年闡述科學設計之各種機器，但科學並非萬能，仍有其不足之處，認為人類應同時重視信仰和哲學以補其不足。(註26)

1992年，James M. Nyce 和 Paul Kahn分析Bush1930年在MIT設計製造的Rapid Selector機器，推論其係依Machine Intelligence原理而製造，可檢索經編碼過之縮影資料，並具備複製和列印功能。當年，美國農業部圖書館館員Ralph R. Shaw修改Bush設計之Rapid Selector功能並使其能適用於圖書館之作業。(註27)同時，Colin Burke則認為Bush之Memex構想源自於Rapid Selector，但因Rapid Selector組件過於龐大、處理速度慢、價格昂貴、未取得專利、市場導向不明、及類碼表問題等皆尚未解決，而無法進一步發展。(註28) Bush博學多聞，不僅在科學與技術方面為人類開啟新頁，其他如醫學、公共福利及軍事方面亦對美國及全人類貢獻良多。由於Bush認為醫學與科學具有密切關係，陸續發表此類文獻，期能影響政府運用既有的科學技術促進醫學研究。

## 二、Memex方面

Bush的Memex是現代個人電腦的雛型，也是首次為協助人類思考和管理資訊而設計的理想機器。1939年在“Mechanization and the Record”中，Bush詳述Memex的功能，此理念於六年後才撰寫成“*As We May Think*”，該文綜論Memex具有增強人類控制資訊環境、增加自行控制處理資訊能力、增進人類福祉與支援以及加強人類思想處理能力等四方面影響。當時Memex被Bush視為個人檔案和私人圖書館，強調其獨特性質，為一類似人腦的機器，其功能遠超越當時以發展之數位電腦(digital computer)。(註29)1945年的Memex是為伸展人類體能而設計，並無法加強智慧能力，後世研究者於Memex加入索引及連接等功能，以擴增其為人類提供資訊相關服務之能力。1959年，Bush提出MemexII理念，對首次提出之Memex設計概念作進一步解釋及修正。(註30)

Douglas C. Engelbart，美國加州史丹福研究所(Stanford Research Institute)高級研究員於1962年讚譽Bush學術成就，認為Bush的Memex與其本人所研究之人類智慧效能計畫相關，因此將該計劃函寄Bush並請其指導。(註31)1967年，Bush估計當時全世界每週產生之印刷資料，可以數噸計算，這些資料隨著時間的流逝，或遺失或內容重覆，因此需要對資料之製作、儲存和檢索採取革命性的改良措施，以經濟人類的資源，因此發表“*Memex Revisited*”一文以修正1945年所提出之Memex理念。(註32) 1970年，Bush說明於1934年設計Differential Analyzer的架構及功能，同時分析其與Memex的設計理念之異同。(註33)Theodor H. Nelson於1972年深入分析Bush Memex所具備之展現形式、全文編輯檔案以及數位式傳輸文件等功能，啟發Nelson發展超文件(hypertext)之理念，如設計全文編輯方式之接收與傳送資料等，因此，於1989年Nelson稱Bush為“超文件始祖”(註34)，而Nelson則被稱為“超文件之父”。

1981年，Linda C. Smith曾研究學者引用“*As We May Think*”一文對現代資訊科學之影響，將所蒐集之引用文獻內容整理成歷史背景、硬體、軟體、資訊儲存及個人資訊系統等五方面詳加分析，發現Memex具有縮小儲存空間、增快檢索速度、擴大記憶體等特性。(註35) 年後Linda Smith再次與Paul Kahn研究1980年至1990年間引用“*As We May Think*”之情形，將引用文獻內容依硬體說明、資訊儲存、歷史背景、關聯與選擇及個人資訊系統等五方面影響分別討論，再次證

實Bush的Memex對資訊檢索系統的貢獻，並建議對建立檢索、分享資訊及連結功能等做進一步研究。(註36) 1999年李德竹教授延續研究1991年至1998年間"As We May Think"被引用之情形，根據引用文獻之內容，分析結果顯示個人電腦、超文件與超媒體、線上公用目錄、網際網路、全球資訊網、數位圖書館及神經系統等技術，皆根據Memex之構思研發而成。(註37)

Larry Owens之博士論文詳細探討Bush之微分分析儀(Differential Analyzer)之設計理念及製造方式，認為微分分析儀實為美國戰後最重要的機械，可視為早期的電子計算機之雛型。(註38)綜合Bush之貢獻，Bush不但是位具有工程師、發明家、教師、作家和行政管理專家等專長的偉大學者，其重要的經典之作"As We May Think"視為是應用機器處理資訊和知識的先驅，所提出的Memex設計理念影響後世超文件(Hypertext)、多媒體(Multimedia)、資訊檢索(Information Retrieval)、人工智慧(Artificial Intelligence)及電子圖書館(Electronic Library)等技術的演進與發展。

### 三、現代化影響與貢獻

Bush的Memex是模仿人腦細胞之結構，也就是非直線之特性，設計資訊儲存、處理及檢索之運作路徑(Trail)，因此直接影響後世之超文件(Hypertext)、光碟技術(Optical Technology)之發展。但研發之技術似乎仍無法與人腦功能完全相同。以上三項技術中，超文件技術則有Theodor Nelson積極發展，而提出國際知名Xanadu Hypertext Systems；光學技術促使光學媒體之開發；而資訊儲存技術則朝向線上檢索及全文資料庫方面快速進展。(註39)

1989年，Noman Meyrowiz依據Memex設計構想討論超文件，認為當時超文件技術包含無線電網路、掃描器及儲存功能，以及處理圖片、聲音、手稿外，但未來尚須解決內容檢索、連結、查尋、影像、編輯與輸出入技術、展現品質、應用目標導向、超媒體資訊、著作權及作業標準化等方面技術及相關實務問題。(註40)為紀念並發揚Vannevar Bush於"As We May Think"一文中的Memex機器理念，Dr. Edwin Brownrigg資助成立Memex Research Institute，網羅各方專家學者從事資訊技術的相關研究，以作為建構新一代全球性共用資訊系統的研發機構，尤其著重電子圖書館與電子館藏之開發，以求實現Bush Memex之理想。(註41)

1992年，有學者認為Memex是個有機體，如能繼續延伸超文件特質，更具有創新發展。(註42)Randall H. Trigg認為利用Memex中路徑(Trailblazing)與連結(Linking)功能，建立有效的檢索路徑，可查尋大量資料及訊息記錄，但仍無法解決超文件易使人迷失的問題，因此建議超文件系統中設計指引(Guide)之必要性。(註43)同時又分析超文件功能之所以尚未實現的主要原因是因為安全保密、著作權問題、光學掃描暨儲存資訊媒體技術尚未成熟、多樣性的硬體環境及封閉性系統、編輯作業以及缺乏適切標準，而使得不同資訊來源不易整合，(註44)換言之，超文件技術仍有待繼續開發。美國麻省理工學院和布朗大學為"As We May Think"發表五週年，於1995年舉辦紀念研討會，再次發揚Bush的Memex理想及影響，以激勵啟發後人。(註45)1999年，麻省理工學院電腦科學實驗室推出之「活氧計劃」(Oxygen Plan)，該計劃之目的與Bush於1945年所建構之Memex系統構思更是不謀而合。(註46)Memex的直接或間接影響方面，可由網際網路上設有無數的以Memex為名之網站證實，Memex之影響層面將繼續對未來資訊科學與技術之研發更是息息相關，永無止息。

### 肆、結語

總而言之，Bush之As We May Think文獻及Memex之設計構思影響力久而彌新，雖然Memex之設計僅是一個理念並未實現，但已成為科技研發所追求之理想境界，後世學者立其為研究之目標，對不同學科產生不同內涵，追本溯源仍為Bush當時所提出之創見而致。因此，相關研究及技術隨著時代演進不斷有新的創意及設計產生。明顯的，從豐富的Bush著作及學者專家引用文獻

中(註47, 註48, 註49, 註50, 註51, 註52), 顯示其成就及貢獻並不因時間流逝而遞減, 相反的, 仍將會持續不斷的導引人類開創嶄新的技術境界和面向。這證實了牛頓之名言: 「站在巨人的肩膀上, 會看得更高、更遠」!

## Bush生平的重要著作及記事

### 一、重要記事

#### Vannevar Bush生平重要記事一覽表

日期	生平重要記事
1890	出生
1912	設計Profile Tracer獲美國專利
1913	} 獲Tufts College學士與碩士學位。
	} 任職General Electric公司
1914	至Tufts College任教
1915	入美國麻省理工學院Electrical Engineering Department及哈佛大學攻讀博士學位
1916	} 獲得麻省理工學院及哈佛大學博士學位
	} 加入AMARD(American Radio and Research Corp.)
1919	離開Tufts College, 轉入麻省理工學院任教
1922	出版 <i>Principles of Electrical Engineering</i> , 為麻省理工學院電機系教科書
1923	任麻省理工學院電子工程學系教授
1932	} 任職麻省理工學院電子工程學系系主任
	} 參與麻省理工學院主持之計算機器Differential Analyzer的設計和製作計畫
1934	修正Differential Analyzer之設計, 因造價昂貴麻省理工學院負擔不起, 轉向洛克菲勒基金會尋求經費贊助, 以持續該計畫
1936	} 協助美國聯邦調查局建立指紋檢視器
	} 與美國海軍(NAVY)合作設計Rapid Analytical Machine
	} 開始設計Comparator.
1938	開始擔任政府職務, 聘為美國航空顧問委員會(National Advisory Committee for Aeronautics, NACA)委員
1939	} 任美國航空顧問委員會主席
	} 擔任華盛頓卡內基研究院(Carnegie Institute of Washington)院長
	} 向美國聯邦調查局局長胡佛(F. Edgon Hooven)提出空戰計畫武器報告
1940	} 任國家防衛委員會(National Defense Research Committee, NDRC)主席
	} 任鈾礦顧問委員會(Advisory Committee on Uranium) 主席
	} 向美國政府推薦規畫Manhattan Team以發展原子彈
	} 與羅斯福總統見面, 達成設立國家防衛部共識
1941	} 美國總統任命Bush為科學研究發展處(Office of Scientific Research and Development, OSRD)首長

- } 成立雷達實驗室
- } 發表第一份原子彈報告，提出鈾元素對原子彈的影響
- } 遊說政府支持原子彈發展計畫
  
- 1942 } 協助美國政府成立新武器研發部門
- } 向美國總統報告控制原子能力量之研究結果
- 1943 研發新武器，迫使德國U-Boat戰艦撤離北大西洋，維護歐洲安全
- 1944 } Time雜誌撰文稱讚Bush為「物理將軍」，以表揚其對國家多方面之貢獻。
- } 羅斯福總統針對美國國家研究科學之多項發展問題，向Bush請教
- 1945 } Bush於The Atlantic Monthly發表*As We May Think*一文，提出Memex設計構思對後世資訊科學影響深遠
- } 發表論文“Mechanization and the Record”
- } 出版*Science: the Endless Frontier*強調科學研究沒有止境，討論本質及冷戰期間科學與公共政策所引起問題，並分析科學對人類的貢獻及影響，以及科學與社會間之複雜關係，要求美國政府大力支持基礎研究，因而促使美國政府於1950年成立國家科學委員會(National Science Foundation, 簡稱NSF)
- 1946 } 艾森豪總統受其影響發表軍事備忘錄
  
- } *Endless Horizons*出版，內容包含科學、Memex、軍事、公共利益及戰爭的主題
- 1947 擔任美國防部秘書處下設之研究發展委員會 (Research Development Board, 簡稱RDB)的負責人
- 1948 Bush因疑患帕金森病及腦瘤而離開RDB
- 1949 } *Modern Arms and Freeman*出版，論述科學在民主政治所應有之角色，影響美國政治及軍事甚巨
  
- } 杜魯門總統公開表揚並稱Bush為美國1940年來最重要之軍事及技術的導師
- 1950 美國國家科學委員會(National Science Foundation, 簡稱NSF)成立
  
- 1952 } *Coronet*雜誌專文報導Bush其人其事，並讚揚其人格特質
- } Bush對美國政府建議已久之Health, Education and Welfare部門終於成立
- 1955 自Carnegie Institute退休返回故鄉麻省
- 1959 Bush為Memex再次作一更詳盡描述，而提出Memex II草稿，但未正式發表
- 1964 出版*Science Pauses* 闡明科學技術輔助人類設計各項機械設備而改善其生活；哲學是夢想，但科學則可實現夢想，二者關係相輔相成
- 1965 麻省理工學院為紀念*As We May Think*一文發表二十年而舉辦研討會
- 1969 } 任麻省理工學院為客座教授
- } 出版*Science is not Enough*
- 1970 美國原子能委員會(U. S. Atomic Energy Commission)讚譽Bush為原子能先驅者
- 1972 *Pieces of the Action*出版為Bush論文、備忘錄及其生活與思想之記



## 錄論集

- 1974 Bush於家中去世，享年84歲
- 1989 Memex Research Institute成立
- 1995 麻省理工學院和布朗大學為紀念*As We May Think*一文發表五 年而舉辦研討會
- 2000 Internet中以Memex命名之網站甚多，可證實V. Bush對後世之影響

## 二、重要著作(完整著作請參考李德竹教授之國科會研究報告NSC88-2413-H-002-029，以書目計量學方法探討資訊科學之父Vannevar Bush對資訊時代的重要影響和貢獻)

1. Bush, V. and William Henry Timbie. Principles of Electrical Engineering. New York: Wiley, 1922. 513p.
2. Bush, V. The Differential Analyzer: A New Machine for Solving Differential Equations. [Philadelphia] : [n.p.], 1931.
3. Bush, V. and Karl Taylor Compton etc. Scientists Face the World of 1942 New Brunswick:Rutgers University Press, 1942. 80p.
4. Bush, V. "As We May Think." *The Atlantic*. 176:1(1945):101.
5. Bush, V. Science, the Endless Frontier. North Stratford, N. H.:Ayer Company Publishers.1945.
6. Bush, V. Endless Horizons. New York:Arno Press, 1946, 182p.
7. Bush, V. and etc. The Individual and Liberal Education. Paper Delivered at the Dedication of Johnston Hall, April 19-21, 1951. [Minneapolis]: University of Minnesota Press, [1952]. 102p.
8. Bush, V. Modern Arms and Free Men: A Discussion of the Role of Science in Preserving Democracy. London : Scientific Book Club, 1949.
9. Bush, V. Memex II. MIT Archives, MC78, Box 22, 1959.
10. Bush, V. Man's Thinking Machines. MIT Archives, MC78, Box 21, 1963.
11. Bush, V. Science Pauses. MIT Archives, MC78, Box 22, 1964.
12. Bush, V. Project Intrex. MIT Archives, MC78, Box 20, 1965.
13. Bush, V. Science is not Enough.: Reflections for the Present and Future. Bombay: Vakils, Feffer, and Simons Private, Ltd., 1969.
14. Bush, V. Pieces of the Action. New York : Morrow, 1970. 366p.
15. Bush, V. and etc. From Memex to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's



Machine. Boston: Academic Press, 1991. 367p.

16. Bush, V. and etc. Vannevar Bush II : Science for the 21<sup>st</sup> Century : Current and Future Challenges for Federal Support : A Report. Research Triangle Park, NC :Sigma Xi, The Scientific Research Society,1995.

釋

註1 : Vannevar Bush, “As We May Think,” Atlantic Monthly 176:1(1945):101-108.

註2 : D.B. Lilley & R. W. Rice, A History of Information Science 1945-1985 (San Diego, CA: Academic Press, 1989).

註3 : 林富松, 「評介『科學的貧乏』」, 書評書目60期(民國67年4月), 頁126。

註4 : <<http://www.lei.dlo.nl/projects/MOOK/Knowledgebase/Artikelen/paradigm/Bush.html>>.

註5 : 同註2。

註6 : <<http://www.nsf.gov/nsb/awards/bush/start.htm>>.

註7 : Emily J. Ncmurry, Jane Kelly Kosek, Roger M. Valade ed. Notable Twentieth Century Scientists, v.1. (Detroit :Gale Research, 1995), p.285.

註8 : G. Pascal Zachary. Endless Frontier : Vannevar Bush Engineer of the American Century. (New York : The Free Press, 1997), p. 41.

註9 : 龐君豪主編, Our Times : 20世紀史, (臺北:貓頭鷹, 民國87年), 頁222。

註10 : 同註7, 頁287.

註11 : 同註8, 頁149.

註12 : 同註8, 頁183.

註13 : Vannevar Bush. “As We May Think, ” Atlantic Monthly 176:1(1945):641-649.

註14 : 同註2, 頁315-316.

註15 : Vannevar Bush. Endless Horizons (Washington, D. C., 1933).

註16 : Vannevar Bush. Modern Arms and Free Men : A Discussion of the Role of Science in Preserving Democracy. (London : Scientific Book Club, 1949)

註17 : 同註13。

註18 : 同註15, 頁1-15.

註19 : 同註8, 頁391-407

註20 : 同註13。

註21 : 同註15, 頁1-15。

- 註22 : Vannevar Bush. “Memorandum Regarding MEMEX.” in James M. Nyce and Paul Kahn ed. From MEMEX to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind’s Machine. (San Diego:Academic Press, 1991): p.81-84.
- 註23 : Vannevar Bush. Science : the Endless Frontier : A Report to the President on a Program for Postwar Scientific Research.(Washington,D.C.:National Science Foundation, 1945), 220p.
- 註24 : Vannevar Bush. Endless Horizons. (New York : Arno Press, 1946), 182p.
- 註25 : Vannevar Bush. Modern Arms and Free Men : A Discussion of the Role of Science in Preserving Democracy. (London : Scientific Book Club, 1949).
- 註26 : Vannevar Bush, Science Pause. MIT Archives, MC78, Box 22,1964.
- 註27 : James M. Nyce and Paul Kahn, A Machine for the Mind : Vannevar Bush's MEMEX. (Boston : Academic Press , 1992).
- 註28 : Colin Burke, “A Practical View of MEMEX: The Career of the Rapid Selector. “ in James M. Nyce and Paul Kahn ed. From MEMEX to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind’s Machine (San Diego : Academic Press, 1991), p.145-164.
- 註29 : Bush, V. “Mechanization and the Record” [Vannevar Bush Papers Library of Congress], Box 138.
- 註30 : Vannevar Bush. MEMEX II. MIT Archives, MC78, Box 22,1959.
- 註31 : Douglas C. Engelbart. “Letter to Vannevar Bush and Program on Human Effectiveness.” In James M. Nyce and Paul Kahn ed. From MEMEX to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind’s Machine. (San Diego : Academic Press, 1991), p.235-244.
- 註32 : Vannevar Bush, “MEMEX Revisited.” in Science is Not Enough. (New York, 1967), p.75-101.
- 註33 : Vannevar Bush, “From “Of Inventions and Inventors” in Pieces of the Action . (New York, 1970):181-195.
- 註34 : Theodor H. Nelson, “As We Will Think” in James M. Nyce and Paul Kahn ed. From MEMEX to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind’s Machine. (San Diego : Academic Press, 1991), p.245-260.
- 註35 : Linda C. Smith, “MEMEX as an Image of Potentiality in Information Retrieval Research and Development” in R. N. Oddy etal. ed. Information Retrieval Research (London : Butterworth, 1981), p.345-369.
- 註36 : Linda C. Smith, “MEMEX As An Image of Potentiality Revisited.” in James M. Nyce and Paul Kahn ed. From MEMEX to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind’s Machine. (San Diego : Academic Press, 1991), p.261-286.
- 註37 : 李德竹，以書目記量學方法探討資訊科學之父Vannevar Bush對資訊時代的重要影響和貢獻，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(臺北：臺大圖書資訊學系，民88年) NSC 88-2413-14-H-002-029

- 註38 : Larry Owens, "Vannevar Bush and the Differential Analyzer : The Text and Context of and Early Computer." Technology and Culture 25:1(Jan 1986):63- 95.
- 註39 : Tim Oren, "MEMEX : Getting Back on the Trail," In James M. Nyce and Paul Kahn ed. From MEMEX to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine.(San Diego : Academic Press, 1991), p.261-286.
- 註40 : Noman Meyrowitz, "Hypertext : Does it Reduce Cholesterol, Too?" In James M. Nyce and Paul Kahn ed. From MEMEX to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine. (San Diego : Academic Press, 1991), p.287-318.
- 註41 : Brett Butler, "The Electronic library Program : Developing networked Electronic Library Collections," Library Hi Tech 9:2(1991) : 21-30.
- 註42 : Gregory Crane, "Aristotle's Library : MEMEX as Vision and Hypertext As Reality," In James M. Nyce and Paul Kahn ed. From MEMEX to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine. (San Diego : Academic Press, 1991), p.339-352.
- 註43 : Randall H. Trigg, "From Trailblazing to Guided Tours: The Legacy of Vannevar Bush's Vision of Hypertext Use," In James M. Nyce and Paul Kahn ed. From MEMEX to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine. (San Diego : Academic Press, 1991), p.353-367.
- 註44 : Paul Kahn and James M. Nyce, "The Idea of Machine: the Later MEMEX Essays." in James M. Nyce and Paul Kahn ed. From MEMEX to Hypertext : Vannevar Bush and the Mind's Machine. (San Diego:Academic Press, 1991), p.113-144.
- 註45 : Memex and Beyond, <<http://www.cs.brown.edu/memex/>> (9 Jan.1998).
- 註46 : 王志仁 , 「活氧計畫」 , 數位時代 創刊1號(民88年1月) : 232-236.
- 註47 : H. Bornman and S. H. Vonsolms, "Hypermedia, Multimedia and Hypertext: Definitions and Overview." Electronic Library 11:4-5(Aug/Oct 1993):259-268.
- 註48 : R. P. C. Rodgers, "Automated Retrieval from Multiple Disparate Information Sources: the World Wide Web and the NLMs Sourcer Project." Journal of the American Society for Information Science 46:1(1995):755-764.
- 註49 : H. Schmondt, "Hyperfiction, the Romanticism of the Information Revolution." Southern Humanities Review 29:4(Fall 1995):309-321.
- 註50 : H. Baptist, H. Primas and H. Schadler, etc."The Hypercatalog Graz: Budapest (HyperKGB)." Proceedings of the ASIS Annual Meeting 34(1997):196-201.
- 註51 : N. J. Davis, R. S. Stewart and R. Weeks, "Knowledge sharing Agents over the World Wide Web." BT Technology Journal 16:3(1998):104-109.
- 註52 : Saracevic Tefko, "Information Science." Journal of the American Society for Information Science. 50<sup>th</sup> Anniversary 50:12(Oct. 1999):1051-1063.