

程式、系統與數學邏輯—談 60 年代之電腦藝術創作
**Program, System and mathematics –
Computer Art in the 1960s**

關鍵字：電腦藝術(Computer Art)、電腦衍生圖像(Algorithmic Art)、資訊美學
(Information Aesthetic)、60 年代(1960')

曾鈺涓 Tseng, Yu-Chuan

交通大學應用藝術研究所博士候選人

台北縣新店市禾豐六路 35 號

02-22163022

t.yuchuan@gmail.com

前言

50、60 年代電腦科技發展尚處於萌芽階段，當時電腦需以複雜難懂的程式語言操控，然而，人、藝術與科技的緊密關係卻也由此萌芽。第二次世界大戰中，原為計算彈道而設計的電腦，在戰爭結束後，轉變成為發展航太工業與商業之工具，工程師與藝術家對於透過數學演算(mathematical algorithm)、系統架構(systematic structure)與程式邏輯(program logic)的電腦繪圖功能(computer graphics)、影像介面與互動控制之可能性模式產生極大的興趣，並進行創作研究與發表，此時期多以「電腦藝術」(Computer Art) 稱此藝術形式，亦稱之為「電腦衍生藝術」(Computer Generated Art)、數理運算藝術(Algorithmic Art)。參與創作之藝術家與工程師，有的受到數理運算邏輯所產生之圖形所吸引，呈現由方程式運算之幾何與自然形態之重複圖形；有的以電腦做為實踐與驗證物理理論之工具，呈現物體運動之美感形態；有的則視電腦為取代手繪創作的工具，善用電腦快速準確功能。他們受到資訊美學(Information Aesthetic)、構成主義(Constructivism)影響，以視覺實驗為主要創作方向，以格式塔觀念(Gestalt idea)為宗，承續歐普藝術(OP Art)的視覺特色，透過系統程式邏輯架構，呈現數學運算描繪之電腦繪畫，並在程式撰寫與系統軟硬體研發過程中，實驗電腦創作之多變化特質。

此創作風潮在美國、德國與英國各地之實驗室、學校與團體間陸續蔓延，科學家與藝術家紛紛投入，籌辦展覽與研討會互相交流與觀摩，同時也出版了刊物作為整合各地資源、提供新科技研發資訊與展覽徵件訊息發佈之電腦藝術訊息平台。此一波電腦藝術運動，雖然並未受到藝術界之真正重視，成為藝術史中之重要章節。然而隨著電腦科技的快速發展，數位科技成為藝術創作之重要創作媒材，面對此藝術潮流，藝評家、史學家、藝術家與研究者開始反思數位藝術創作之美學基礎，並認知必須從歷史脈絡中，重新塑造數位藝術美學。

壹、Max Bense 與電腦衍生藝術(Computer Generative Art)

1952 年美國 Ben F. Laposky 使用示波器(oscilloscope)作出一個抽象的圖像〈Oscillons〉，被視為電腦藝術的開始(Mike King, 2002)。歷史記載的第一個電腦藝術展則是 1965 年 2 月 Georg Nees 於德國斯圖佳科技大學畫廊(Studiengalerie der Technischen Hochschule Stuttgart)的展覽。同年 5 月 Frieder Nake 與 Georg Nees 又於斯圖佳科技大學畫廊再次舉辦電腦藝術展(Nake, 2005)。其後 Nees 以衍生電腦繪圖(Generative Computer Graphics)為研究主題，成為第一位獲得電腦藝術博士學位者，其作品〈Schotter〉(圖 1)以系統邏輯、隨機數串控制方形圖像位置與旋轉角度，產生方形物件的畫面構成，呈現出有序與無序結構的關係(Nees)。1963 年 Nake 開始為自動化平版繪圖機(flatbed drawing machine)「the Zuse Graphomat Z64」撰寫軟體，此機器在基本的 2D 繪圖軟體控制下，由電腦產生的磁帶控制繪圖(Nake, 2005)。二人皆在哲學家 Max Bense¹之人工智慧藝術(artificial art)²與衍生美學(generative aesthetic)觀念影響下，走入電腦衍生繪圖創作領域。

Max Bense 是 60 年代推動電腦藝術的重要哲學家，自 1949 年起，他任教於德國斯圖佳科技大學，教授科技、科學哲學與數學邏輯(the philosophy of technology, scientific theory, and mathematical logic) 並負責該校畫廊運作，60 年代開始推動「電腦藝術」創作，同時出版刊物「Rot」作為倡導資訊美學(information aesthetics)之平台。Bense 於 Rot 第 19 期發表了《衍生美學的計畫》(Projects of generative aesthetics, 1971)，精闢地闡明其資訊美學觀點，此文章可視為「電腦藝術」之宣言(Nake, 2005)。文中 Bense 提出數學美學原則不僅包含物質性與感官性，也包括語義語法之數學再現，也因此衍生美學是操控、規則與定理的綜合體，可以有效的進行美學類別與型態描述，使得美學陳述得以有條理的描述，分析出公式步

¹ 資訊美學對於早期的電腦藝術有極大的影響，主要兩個人物Max Bense與Abraham A. Moles。參見Nake, F. (2005). 'Computer Art. A Personal Recollection' "Proceedings of the 5th conference on Creativity & cognition", 2005. p60

² Max Bense定義人工智慧藝術(artificial art)為由機器繪製的藝術，機器由電腦程式計算控制。參見Nake, F. (2005). 'Computer Art. A Personal Recollection' "Proceedings of the 5th conference on Creativity & cognition", 2005. p54

驟，同時以具衍生性的數學描述方式，建構系統語法架構並完成美學結構。衍生美學作品是必須先被分析，並以數學方式描述實踐，且必須以符號學(the semiotic method)、詩韻學(the metrical method)、統計學(the statistical method)、拓撲學(topological method)的方法去建構此抽象描述。而其美學意義並非在於結果的呈現，而是在於衍生的程式原則，基於物質性判斷(material determinations)（如距離、句子的長度），統計判斷(statistical determinations)（詞語的順序、位置）與拓撲判斷(topological determinations)（組合與變形）以決定結果的訊息呈現。

延續 Bense 的資訊美學理論，Nake(2005)提出 60 年代的電腦藝術史是「隨機」(randomness)的歷史，透過隨機時間、隨機數值與隨機順序，產生無人能重複描繪的圖像。電腦所產生的簡單圖像與構成，雖然並不討喜，然而卻因為透過程式語法的繪畫方式，將藝術模組化、結構化並以語法描述，並將藝術家的工作改變成為作品之元素之一。當時電腦藝術不僅僅是科學家與工程師實驗電腦功能與理論之視覺化圖像，也漸漸吸引藝術家參與，如 Charles Csuri、Ruth Leavitt...等藝術家。

貳、貝爾實驗室與 A. Michael Noll

美國紐澤西之貝爾實驗室(Bell Lab, New Jersey)是電腦藝術重要發展中心之一，不僅發展了許多電腦 2D、3D 立體繪圖與人機介面控制(man-之技術，並提供藝術家與音樂家探索電腦創作之機會，孕育了許多使用電腦創作之藝術家，如 Nam June Paik 於此學習了控制電視影像之特效處理；A. Michael Noll 以隨機產生的電腦衍生影像，創作具立體派與抽象主義特質之 3D 與 4D 立體影像投影；Bela Julesz 使用電腦與繪圖機去創作偶發點描繪的 3D 立體圖(random-dot stereograms)，作為研究人類的視覺認知之心理學研究基礎；Kenneth Knowlton 則與動畫家 Stanley Van Der Beek 合作創作一系列之電腦動畫電影(generate computer-animated movie)；Max V. Mathews 使用電腦產生音樂聲響(musical sounds)；Frank W. Sinden 與 Edward E. Zajac 創作了第一個電腦影片 "Simulation of a two-giro gravity attitude control system"，模擬衛星繞著地球轉動的狀態，將科學與科技控制論

(cybernetics)理論視覺化(Noll, 1994)。

1965 年 4 月 A. Michael Noll 與 Bela Julesz 於紐約 Howard Wise Gallery 展出「Computer-Generated Pictures」，是美國的第一個電腦藝術展。作品包括以相紙放大之電腦圖像與偏光技術(polarized technology)所製作之立體影像(stereoscopic images)，觀眾必須用偏光鏡觀看以達到立體成像的效果。然而大眾與媒體對此展覽的回應並不佳，貝爾實驗室所屬之 AT&T 亦不支持這樣的電腦藝術展，此使得 AT&T 同意 Noll 與 Julesz 以自己的名義發表而非以貝爾實驗室亦或 AT&T 名義發表。(Noll, 1995)

Noll 與 Julesz 於紐約 Howard Wise Gallery 的展覽雖然並未獲得矚目，但是 Noll 以工程師背景，受邀至德國、英國等各地參與電腦藝術展，成為 60 年代重要的電腦藝術家。他自 1961 年進入貝爾實驗室進行基礎研究，研究領域包括：人與人溝通之媒體影響(the effects of media on interpersonal communication)、3D 電腦繪圖、人機觸控溝通(human-machine tactile communication)、口語訊號控制(speech signal processing)，並主導許多重要的多媒體科技研發。受到歐普藝術的影響及對藝術創作的熱誠，他也跨越領域與其他類型之藝術家合作。1966 年以電腦衍生系統為技術基礎，研究 Mondrian 與 Bridget Riley 的作品，創作一系列具歐普視覺特色的電腦衍生作品。也因為對於立體鏡的興趣，而進行立體影像投影技術研究，並創作了一系列的立體影像投影之 3D 動畫電影，其 3D 動畫以隨機產生的物件，並隨機的改變物件形狀在四度空間裡旋轉。之後更進一步發展出以 3D 技術與編舞者合作，創作了以立體眼鏡觀看之 3D 立體電腦衍生芭蕾舞影片(Computer Generative Ballet)。1970 年代初期，則發表了互動 3D 輸入裝置「Feelie」，呈現可觸碰的 3D 影像之強制回饋裝置，此系統提供使用者以電動操縱桿去觸碰控制並對電腦中的虛擬物件進行塑型，可稱之為今日虛擬實境系統的先驅者之一。(Noll, 1995)

參、Charles Csuri 與電腦藝術

“Computers and Automation”期刊主編Edmund C. Berkeley爲了鼓勵新藝術領域的探索，自1963年開始舉辦非正式電腦藝術競賽，邀請讀者送件參選，獲選者可被選爲期刊封面並發表於期刊中。1967年Berkeley於期刊中爲文預言「未來的藝術會受到電腦的巨大影響，就如同任何其他的媒體表現。」並進一步以「Computer art: the Turning Point」爲主題進行徵件。

1965年Noll以〈Computer Composition with Lines〉³獲獎，成爲此獎項第一位具名發表的工程背景之藝術家。1966年，Frieder Nake也以作品〈Distributions of Elementary Signs〉獲獎。1967年Charles Csuri以〈Sine Curve Man〉(圖2)獲得第一名，成爲第一位以藝術家專業背景獲得此獎項者。Csuri之藝術背景，象徵電腦藝術創作非僅是工程師的專利，越來越多藝術家參與創作之趨勢。1970年電腦藝術被選入參加第35屆威尼斯雙年展 (the 35th Biennale at Venice, Italy)，似乎象徵電腦藝術漸爲藝術主流所接受。(Nake, 2005)

受傳統藝術訓練之Charles Csuri，於美國俄亥俄州立大學(The Ohio State University)獲得藝術碩士學位，也曾多次於紐約畫廊展覽。然而當他自1960年接觸電腦後，從排斥、參與到研究電腦爲創作媒材，成爲推動俄亥俄州立大學成爲世界電腦繪圖與動畫研發中心之推手。1964年開始與電腦工程師James Schaffer合作創作電腦衍生圖像，“Computers and Automation”電腦藝術競賽獎獲獎作品〈Sine Curve Man〉(1967)以男性的臉孔爲主題，由程式重新給予線條座標值，使得線條呈現出不同傾斜狀態的正弦波型態。〈Hummingbird〉(1968)以電腦描繪蜂鳥飛行動態圖像，完成了14000影格之16釐米影片，此作品於同年爲紐約現代美術館(Museum of Modern Art, MOMA)所購藏。1969年Csuri更以藝術家身份，獲得美國國家科學基金會獎(the National Science Foundation)。Csuri不僅是一位傑出的電腦藝術家，同時也重視電腦繪圖教育。他體認到藝術相關科系學生學習電腦藝術之重要性，1971年於俄亥俄州立大學藝術學院(The College of the Arts,

³ 此作品曾於1965年4月紐約Howard Wise Gallery展出。參見Nake, F. (2005). Computer Art. A Personal Recollection. Proceedings of the 5th conference on Creativity & cognition 2005. pp54-62.

The Ohio State University)推動成立了「電腦繪圖研究團體」(The Computer Graphics Research Group, CGRG)，邀請電影、電腦、資訊科學、數學領域之教授參與，讓藝術系所學生可以進行電腦動畫創作。1987 年更擴大為「進階藝術與設計電腦運算中心」(Advanced Computing Center for the Arts and Design, ACCAD)，提供全校完善的電腦動畫教學、研究與製作中心。

肆、研討會、刊物與運動

60 年代南斯拉夫的札格拉布(Zagreb)為共產統治下，唯一接受西方文化的地方。1961-1973 年間由當代藝術畫廊(Contemporary Art Gallery, Zagreb)⁴策劃以“New Tendencies”命名之五個國際展覽，將包浩斯(Bauhaus)與構成主義、歐普藝術、機動藝術(Kinetic Art)等藝術家串連，組織成一個具實驗性質的先鋒派運動(Avant-Garde)(Nake, 2005)。1961 年第一屆展覽，展出單色與重複繪畫，與視覺研究作品。1963 年第二屆展出以控制論為基礎之作品及機動藝術創作。1965 年第三屆展覽，檢視了控制論與藝術的關係。其後，在參與成員的多次討論認為電腦，藝術家與機械的距離將不存在，藝術與社會將會徹底的改變的信念下，深信未來藝術發展趨勢的重點為電腦藝術(Matko MeötroviE, 1998)，決定聚焦於資訊美學並於 1968 年 8 月宣告了第四屆札格拉布國際研討會(the Zagreb international Colloquy)主題為「電腦與視覺研究」(Computers & Visual Research)，舉辦了國際展覽、國際競賽與四場國際研討會，並創刊了雜誌"Bit international"，以電腦圖像視覺研究、控制論與資訊美學為主題，在 1968 年至 1972 年之間出刊了九期，並持續於 1973 第五屆展覽繼續此電腦視覺研究與觀念藝術創作主題⁵。

藝術家與工程師們各自在其國家與領域裡努力創作與研發，並無法瞭解彼此的成果，因此 60 年代中期開始，電腦藝術相關之展覽與研討會紛紛展開，以分享彼此之藝術創作成就。此時期重要事件有 1966 年 6 月，加拿大滑鐵盧大學(University

⁴ 今日的 Museum of Contemporary Art 位於克羅埃西亞共和國首都札格拉布。

⁵ 2000 年 Darko Fritz 於札格拉布 PM gallery 策展了 “I am Still Alive”，展出 60 年代的札格拉布電腦藝術作品。他認為研究早期電腦藝術史可以幫助我們反思網路、互動藝術科技與媒體藝術在社會活動角色。參見 Fritz, Darko. “Amnesia International early computer art and the Tendencies movement”. Accessed July .7, 2003. <<http://www.mi2.hr/alive/eng/amnesia.htm>>.

of Waterloo) “Design and Computer”研討會；1966年12月12日，法蘭克福 D 畫廊(Galerie d)舉辦了研討會同時展出“Programming in Fine Arts and Industrial Design”；1967年11月3日至12月15日德國法蘭克福哥德大學(Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt)舉辦“Constructive Tendencies from Czechoslovakia”研討會，同時展出六位捷克電腦藝術家作品；同年 M. Krampen 於 Stuttgart 與德國烏姆(Ulm)之工作室 f (the Studio f)推出“Computergrafik”展覽。1968年 Jasia Reidhardt 於英國 ICA 策展了“Cybernetic Serendipity”。Frank Malina 於1968創刊學術期刊“Leonardo”，成為目前最具權威性之數位藝術期刊。1969年4月英國 Computer Arts Society 由 Gustav Metzger 任總編輯出版了「PAGE」雙月刊，作為電腦科技與藝術創作之作品、展覽、活動、研討會、徵件訊息之平台，同時也刊登邀請撰寫評論文章，此刊物停刊於1986年，至2004年才又復刊並不定期出版。

伍、電腦藝術特質探討

在藝術史裡，60年代是一個創造力豐富的年代，許多藝術流派在此時發生或茁壯，藝術家嘗試以各種各種創作方式，打破固有的藝術觀念與藝術疆界，如普普藝術(POP Art)、集合藝術(Assemblage)、極限主義(Minimalism)、觀念藝術(Conceptual art)、地景藝術(Land Art)、表演與身體藝術(Performance and Body Art)、裝置藝術(Installation Art)...等⁶，藝術家使用各種材質，如廢棄物、泥土、現成物等各種材質，進行各種創作實驗。當藝術家受到新媒體觀念如系統理論、資訊理論、控制論之影響時，對於新科技的應用，自然地產生極大的興趣，除了電腦藝術，純以視覺表現為主之呈現，一些重要並具領導地位的藝術家如Nicolas Schoffer⁷、Jean Tinguely⁸、Robert Rauschenberg⁹等，從60年代初期開始與工程

⁶ 1960年，普普藝術(POP art)大師安迪·沃荷(Andy Warhol)繪製了第一幅以卡通人物為主角的作品《迪克·崔西》(Dick Tracy)，克萊斯·歐登柏格(Claes Oldenburg)發表了著名的軟雕塑作品《街》(Street)。Archer, Michael.(2002) *Art Since 1960*. (new Ed.). UK:Thames & Hudson. p245.

⁷ Nicolas Schoffer於1954與Pierre Henry、Philips公司合作，cybernetic sculpture。CYSP1於1956年創作出，一個敏感的雕塑在黑暗與安靜中活動，而當光亮與吵雜時則呈現安靜不動。具有個性的雕塑作品。參見Dinkla, Soke. ‘From Participation to Interaction-Toward the Origins of Interactive Art’. Leeson, Lynn Hershman (ed. 1996) “Clicking In: Hot Links to a Digital Culture”Seattle: Bay.

師合作，以電腦、感應器、控制器等新科技從事實驗性創作。然而遺憾的是，以電腦作為創作媒材之藝術形式，卻未在藝術史脈絡裡佔有一席之地，被歸類為一種藝術類項。對於藝評家拒絕接受電腦藝術成為一種流派，研究者從工具、媒材、特質等面向提出各種觀點。

Nake(2005)認為因為數學邏輯概念與程式系統架構將藝術模組化、結構化，導致藝術家感覺電腦的威脅，並憂慮藝術的存在價值，也因為藝術家認為電腦藝術對藝術家是一種攻擊與挑釁。Edward Shanken(2001)認為藝術家對於科技媒材的不熟悉且難以接觸到最新科技，因此排斥接受科技設備做為藝術裝置物件外觀；同時當藝術家創作內容過於偏重科技時，則被批判不夠具藝術觀念，但如果作品偏重藝術性則被批判未善用科技，而使得藝術家對於新科技的使用陷入兩難之困境。Mike King(2002)引述Jasia Reichardt¹⁰之觀點提出，電腦藝術雖具有獨特的社會性與藝術性，卻沒有出現偉大的大師，去促使電腦藝術創作潮流成為一種藝術運動。Pierre Francast(2000)則認為藝評家與哲學家，因為不瞭解而拒絕接受科技所帶來的文化改變，他們只關注藝術的力量，卻忽略藝術因為科技與社會時代的影響所帶來的創造性與價值。

P283. 1974 年此作品已獲當時法國總理George Pompidou邀請，於巴黎拉德芳斯圓環(the Rond-Point de la Defense)設置此公共藝術作品，後來因Pompidou去世而計畫終止。參見網站<http://www.earthportals.com/Portal_Messenger/paris75-88.html>, Accessed 2006.5.30

⁸ 1960年3月17日Billy Kluver協助了Jean Tinguely於紐約現代美術館(the Museum of modern art of New York)發表了〈Homage to New York〉。此作品包括八個電子封閉迴路，是一座具自毀能力的機動雕塑，以破舊的廢鐵拼裝物、腳踏車輪、鋼琴及無數零件、發出嘎嘎作響的聲音來回轉動，並在觀眾前，以馬達驅動，讓機動雕塑進行自我摧毀的荒謬的行為，以嘶啞的聲音與物體的耗損摧毀，呈現科技的誤謬與荒誕。參見ArtMusuem.net, Pioneer. Accessed June.27.2005
<<http://www.artmuseum.net/w2vr/timeline/Kluver.html>> (2002.12.5)，及Schilling, Jurgen. 吳瑪琍譯。“行動藝術”。1996。台北：遠流出版事業股份有限公司。p191-192

⁹ 1966年Billy Kluver與Robert Rauschenberg籌畫了“9 Evenings: Theatre and Engineering”，於10月13日至23日在紐約軍械庫(Regiment Armoury)舉行，十位藝術家與30位工程師組成的團隊，吸引了超過10000名觀者參與、同年他們於紐約成立“Experiments in Art and Technology (E.A.T.)”作為藝術與科技合作創作之平台。參見Oppenheimer, Robin.(2005) ‘A strange dance: the creative collaborative origins & processes of ‘9 evenings: theatre & engineering’’. “Proceedings of the 5th conference on Creativity & cognition”. United Kingdom London. P138

¹⁰ 1966年英國ICA首次大型電腦藝術展覽「Cybernetic serendipity」策展人

電腦藝術的美學特質，亦是常被提出與討論的焦點。當長期以來支持電腦藝術的 Leonardo 期刊編輯 David Carrier(1989) 提出「我不確定是否任何以電腦創作的藝術都是真的有意義的..」時，引起諸多討論，同時也使得眾人重新思考電腦繪圖之軟硬體技術對電腦藝術創作之影響。電腦藝術承續數理運算、衍生美學、構成主義與長久以來的藝術與數學關係之觀念，在視覺表現上，受到抽象幾何繪畫、立體派、未來派、構成主義與歐普藝術的風格影響，也因此概念與視覺風格上，並未跳脫藝術流派的框架¹¹，被視為僅以科技實驗已存在之觀念與藝術，也因此並不被認為是具原創觀點的藝術，而當軟硬體技術成熟，電腦容易操作並成為減少勞力工作的工具，可以快速的模仿傳統藝術創作呈現更真實、更夢幻的風景，此類作品僅為實驗作品並非創新嘗試(King, 1988)。Malina(1990)認為評論電腦作品，必須去考量此作品是否不需要電腦即可完成，並且需考慮作品是否善用了新科技的獨特性，因為電腦不僅是一種工具，而是一種後設工具，可以引導出新的藝術模式。以「電腦藝術」稱此藝術形式之誤謬，導致電腦只是另一種畫布之技術與工具，也使得以電腦為媒材創作之藝術形式，缺乏強而有利之藝術概念(Rosebush, 1989)。因為「電腦藝術」一詞僅是以技術概念定義以電腦創作的藝術，卻無法涵蓋所有的面向。電腦可以延伸人類的肢體、思想的可能性，所提供的不僅僅是計算、控制輸出的功能。(Mallary, 1976)

Judson Rosebush(1989)提出程序主義(Proceduralism)概念，定義以電腦創作之藝術必須具下述兩種特質：一、藝術是使用指令與控制結構產生，非使用現成工具去模擬傳統繪畫方式，而是新工具與程序工具的創新使用，並且去延伸藝術的程序性可能性。二：以模組、指令與公式，去描述觀念與行為模型以產生影像。Robert Mallary(1976)則認為提出「控制論」的重要性，「控制」構成電腦功能、藝術型式與衍生系統，呈現出各種不同的作用，且涵蓋比控制論更複雜的概念「腦」，

¹¹ Laposky也曾宣稱受到抽象幾何繪畫、立體派與未來派的觀念啟發，以及歐普藝術的視覺形式之影響。參見King, Mike. 'Computers and Modern Art: Digital Art Museum'. "Proceedings of the 4th Creativity and Cognition Conference, Loughborough University", Candy, Linda and Edmonds, Ernest (Eds.)(2002). New York: ACM Press 2002.p 92

此對藝術更具有長遠的影響。King(1988)更直言卓越的電腦藝術作品必須能善用媒體的獨特性，而此獨特性即是互動性、虛擬性與智慧性。

陸、結語

60 年代的電腦藝術一詞，代表的是以數理運算之衍生圖像。之後，電腦藝術一詞代表以電腦創作之各種類型作品。今日，電腦藝術已無法完整呈現此藝術類別，各種名詞如科技藝術(Technological Art)、數位藝術(Digital Art)、虛擬藝術(Virtual Art)或新媒體藝術(New Media Art)等取代了電腦藝術。並以軟體藝術(Software Art)、聰明藝術(Smart Art)與編碼藝術(Code art)等稱呼以程式邏輯與數理運算為表現之藝術形式。但是，無論以何種定義稱呼，60 年代電腦藝術先驅者所提出之資訊美學與系統美學概念，直至今日仍能貼切的描述今日電腦、人、藝術與社會之間的關係。電腦藝術的美學意義並非在於圖像所呈現的視覺表象，而是在將創作者的概念以程式系統與數學邏輯表現出的過程，以及透過電腦所呈現之人、科技與藝術之間的文化與生命。Leavitt(1976) 闡述他對電腦藝術的看法，他認為「藝術家與電腦的關係是非常重要的，不僅是在於人類與藝術科技的關係，也在於人類於社會的整體關係。藝術與科學透過電腦藝術的結合反應我們存在的時代性，我們處於科技社會，需要藉由跨領域合作共同找出解決問題的辦法，我們的生命是緊密相連的，也因此我們必須相互溝通。」¹² 檢視 60 年代的電腦藝術活動、觀念與創作，可以激起我們重新思考電腦作為工具、媒材亦或伙伴之意義，以及電腦所形塑的藝術美學與特質。

《參考文獻》

專書

吳瑪琍譯(1996)，Schilling, Jurgen (原著)。行動藝術。台北：遠流出版事業股

¹² 1976 年Ruth Leavitt主編了“Artist and Computer”一書，書中收錄 35 位活躍於 60、70 年代的策展人、藝術史學家、電腦藝術家之作品與論述。參見Leavitt, Ruth.(ed) (1976). Artist and Computer. NY: Harmony Books.. <www.atariarchives.org/artist/>. Accessed March. 23, 2006

份有限公司。

- Archer, Michael.(2002) *Art Since 1960* (new Ed.). UK:Thames & Hudson.
- Bense, Max. (1971). The projects of generative aesthetics. Reichardt, Jaisa.(ed.). *Cybernetics, art and ideas*. London: Studio Vista.
- Dinkla, Soke(1996). From Participation to Interaction-Toward the Origins of Interactive Art. Leeson, Lynn Hershman (ed.) *Clicking In: Hot Links to a Digital Culture*. Seattle: Bay. P283.
- Francastel, Pierre. (2000). *Art & Technology*. NY:Zone Books

網站

- A History of CGRG/ACCAD at The Ohio State University.
<<http://accad.osu.edu/~waynec/history/ACCAD-overview/overview1.html>>.
Accessed Jan. 4, 2007
- ArtMusuem.net, Pioneer. (2002.12.5)
<<http://www.artmuseum.net/w2vr/timeline/Kluver.html>> Accessed June.27.2005
- Fritz, Darko. “Amnesia International early computer art and the Tendencies movement”. <<http://www.mi2.hr/alive/eng/amnesia.htm>>. Accessed July .7, 2003.
- Leavitt , Ruth.(ed) (1976). *Artist and Computer*. NY: Harmony Books..
<www.atariarchives.org/artist/>. Accessed March. 23, 2006
- Meötrovic, Matko. ‘Art and Technology - Yesterday and Today’.
<<http://darkofritz.net/curator/alive/eng/mestrovic.htm>> Accessed Nov.16.2005
- Nees, Georg. ‘Schotter’. <http://www.medienkunstnetz.de/works/schotter/>
- Nicolas Schöffer, Cybernetic Sculptor, Paris, France. 1912-1992.
http://www.earthportals.com/Portal_Messenger/paris75-88.html>, Accessed 2006.5.30

論文、研討會

- King, Mike. (2002)Computers and Modern Art: Digital Art Museum. Proceedings of the 4th Creativity and Cognition Conference, Loughborough University., Candy, Linda and Edmonds, Ernest (Eds.). New York: ACM Press. 88-94
- King, Robin G. (1988).Computer Graphic and Animation as Agents of Personal Evolution in the Arts. Leonardo. Electronic Art. 43-46
- Nake, F. (2005). Computer Art. A Personal Recollection. Proceedings of the 5th conference on Creativity & cognition 2005. 54-62
- Noll, A. Michael. (1994). The beginnings of computer art in the United States: A memoir. Comput. & Graphics. Vol. 19, No. 4. 195-503
- Malina, R. F. (1989). Computer Art in the Context of the Journal Leonardo. ACM SIGGRAPH, Leonardo, Supplemental Issue. Mark Resch(ed.). 67-70
- Oppenheimer, Robin.(2005) A strange dance: the creative collaborative origins & processes of "9 evenings: theatre & engineering. Proceedings of the 5th conference on Creativity & cognition. United Kingdom London. 37-143

- Rosebush, Judson. (1989). The Proceduralist Manifesto, ACM SIGGRAPH, Leonardo, Supplemental Issue. Mark Resch(ed.). 55-56
- Shanken, Edward A. (2001). Art in the information age: Cybernetics, software, telemetric, and the Conceptual Contributions of Art and Technology to Art History and Theory. Unpublished Doctoral Dissertation. MI:Duck University