科學教育學刊
2005, 第十三卷第二期, 141-168

Chinese Journal of Science Education
2005, 13(2), 141-168

創造進化觀[1]及其在科學教育上的一些應用

林財庫
高雄師範大學 物理系

（投稿日期：民國 92 年 5 月 24 日，修訂日期：92 年 12 月 8 日，接受日期：93 年 10 月 15 日）

摘要：本文首次以系統科學及其廣義進化的綜合理論來詮釋創造，嘗試以各種不同領域及不同組織層次之進化論的共同過程、模式和機制（即遺傳、變異、選擇、新遺傳的反饋迴環）來聯繫創造的本質（「新且有用之理念、行動與成果」），建立「創造與進化」兩概念在此聯繫上的錨碇（anchor）關係，使得不同知識領域及不同組織層次的進化論，或可經由這種聯繫被自覺的用來建構不同類型及不同等級之「創造的理論、邏輯、技法和教學課程」。並建議以各不同領域及組織層次之進化論的範疇、模式、理論、方法、邏輯等為主要脈絡來設計和發展部分的自然科學各學科的統整教材及教學活動，以培養學習者與進化論相關之各種不同類型及等級的創造力。

關鍵詞：創造、進化、統整課程、平行同構、系統典範。

[1] 本文把生物學中中性的 evolution（演化）詮釋為似乎含有主觀價值判斷的進化（進化≠進步），有如下幾點客觀的理論根據：1.系統科學的耗散結構論把時間視為是系統在遠離平衡態時內部進化的度量（即遠離平衡態的演化就是進化，而創造是人之思維系統遠離平衡態（遠離既有人之思維定勢）的演化且此創造（新且有用之理念、行動和成果）是一種進化）。Prigogene（1987）以此理論來統一線性動力學的幾何時間（把時間視為是描述運動的幾何參量）、平衡態及線性非平衡態熱力學的熵增時間（把時間視為是不可逆的熵增方向）和非線性非平衡態之耗散結構的歷史時間或進化時間（時間與系統過去的歷史有繼承（記憶）和發展的關係），也統一了動力學定律的時間可逆性、熱力學定律的時間不可逆性、以及遠離平衡態系統的時間非線性不可逆性（進化），建立了物質世界之進化與生命世界之進化間的層次聯繫關係。他以此理論獲頒 1977 年化學諾貝爾獎。除此之外，同屬系統科學的協同論、突變論、超循環論、分叉論、渾沌論、分形學等也從不同角度，提出各種系統自組織演化的數學模式（林財庫, 2004），本文指出這些模式或可作為「把人之創造（進化）化約到自然科學層次時的原型（prototypes）」。2.系統科學的廣義進化論指出「自覺的聯繫和交流之自組織的演化就是一種進化」。以意識（consciousness）、聯繫（connection）和交流（communication）的有無和層次的高低來識別各不同組織層次的演化是不是就是進化，並嘗試以可量化的秩序度、組織程度、複雜度、調控等級等的高低來判斷各組織層次之進化水平的高低和進化速率的快慢，以此來聯繫和統一各種不同組織層次的演化及進化的理論（參本文圖 1、圖 2、表 1、表 2）。人類的創造以高層次的自覺意識為基礎，因此根據這個理論「人的創造活動就是一種進化的過程」。今若在教育中提升人之自覺創造的意識，由本能的自發創造到自覺的去加強學科與人之間的交流與聯繫，進行多元的創造活動（參下），那麼人之進化就可以被加速，這就是本文所稱「自覺創造的時代就是自覺進化的時代」的理論基礎（參本文壹，研究目的、背景及重要性）。3.以

系統科學的思維模式（系統典範）來看世界，人之自由意志是真實的存在，以之進行選擇來適應和改造現在的環境就是自覺的創造，也就是一種進化。根據傳統機械典範的觀點，世界是一部巨大的精密機器，人無非是這巨大機器上的一個齒輪和發條。人的一切行為和思想都像機器所預定的程序一樣早已決定好了，自由意志只是假象。因而創造性、責任、人的選擇等等都沒有實質意義。此與我們的真實感覺和經驗不符。系統典範認為自由意志和創造性是人之生活的一個基本條件，人的自由和由此產生的責任是實實在在的東西（不是幻象）。客觀世界本身具有無法完全消除的不確定性（這是系統典範的基本假設也是目前所知的客觀事實），因此人可以根據現在的客觀情況從不確定中進行多元的選擇以適應和改造現在的環境，而這些多元選擇（人擇）不是早已預定好了的（如機械典範所稱的單一或沒有選擇），而是具有人之自由意志的一種獨特的多元創造性活動。既然現代和未來都具有不確定性，以能否適應未來的環境作為進化的判準是不切實際的，系統典範認為能適應和改造現在的環境就是進化，因此自覺的創造（人及其群體之自由的、獨特的選擇以適應和改造現在環境之較長時間尺度的演化）就是一種進化。

壹、研究背景、目的及重要性

我國正在推動之知識（智能）經濟時代的教育改革強調把知識轉化為能力、把能力轉化為創造力，把提升每位國民的個人創造力和群體創造力作為提升個體和群體之生產力和經濟力的主要手段。並且在達成這個遠大目標的實踐過程中，同時嘗試提供積極進取的實踐環境和條件，使參與教改者之間能形成緊密的伙伴關係，希望每個參與者能提升其個人的生命願景而與群體（教學小組、學校、社區、社會、國家等）的共同願景相結合。而達成這種素質的終身學習、智能之擴展提升和整體永續發展之理想願景的具體實踐策略和行動綱領，個人認為就是教育部（1998）「國民教育階段九年一貫課程總綱綱要」中所提出的「課程（教材）統整與教學協同」。如何把這兩個關鍵策略和綱領的實踐與每位國民之創造力的培養成功的結合起來，形成一種有效率之組織和成長的核心，個人認為是此策略能否成功，教育改革的理想願景能否能在較短的時間內見到成效的重要關鍵。本文首次嘗試以系統科學的廣義進化論來建構「創造的本質與廣義進化之過程、模式與機制間的等同關係」，希望能以不同領域及不同組織層次之發生、發展和進化的共同範疇、模式、理論、規律和邏輯等來協助建構創造的理論、創造的邏輯以及與之相應的各種創造技法，作為發展九年一貫自然與生活科技學習領域之「統整教材」和「創意教學活動」的模式與策略、以及實踐「協同教學」之實務的理論基礎和組織及成長的核心。期能經由這種「廣義進化之統整進程」的實踐，建立各種不同領域、不同類型、不同層次之創造間的具體聯繫關係，把這些豐富多元之創造力的培養統合起來成為一個能持續進化的整體，期使創造力的培養能轉變成自覺進化的努力，使培養創造力的智能經濟時代成為自覺進化的時代。

貳、文獻探討及分析

創造力（或創造學）的研究是當代眾多學術領域（例如藝術、心理學、教育學、人才學、行為科學、腦科學、人工智能、科學史哲、經濟學、管理科學、運籌學等領域）的顯學。據估計近 50 年來全世界所發表的有關創造學的論文約有六萬二千多篇，提出創造技法 340 多種，發展了 100 多種創造力的評估量表，以及 10 多種培養創造力的教學課程（引自嚴智澤等, 2002）。聯合國教科文組織把 1970-80 年命名為創造性學習的十年，1990-2000 年為腦科學的世紀，未來學

的學者預言 21 世紀是「創造學教育」的世紀，也應該是「人類自覺進化」的世紀。這個預言與美國創造學之父 A.F. Osbern（1953）在其名著<<運用想像力>>一書中的遠見一致，他說：「在現代的社會中我們的前途和命運很可能主要取決於教育與用創造性的觀念來考察一切之能力的競爭。未來的時代必將是人類整體進行自覺創造的時代」。他用自己的理論和實踐，揭示了創造學的兩個基本原理，一是「創造力是人類從實踐中獲得的一種能力，是人人都具有的一種潛在能力」；二是「創造力和其他技能一樣是可以通過教育或訓練在課堂裡學習而激發出來的，並且可以在實踐和鍛鍊中不斷提高和增強」。

本文以下從心理學的創造觀來說明創造的本質是「新且有用（有價值）的理念、行動與成果」；從各種不同領域的進化理論（依組織層次（或複雜度及調控等級）的不同，由低至高依序是物種進化論、發生認識論、科學哲學各主要流派的知識發展觀、進化認識論、系統科學的廣義進化論等來說明各種不同組織層次之進化的共同過程、模式和機制是「遺傳、變異、選擇、新遺傳等的反饋過程」。由創造的本質及進化的共同過程、模式和機制間的聯繫關係[2]來建立創造與進化兩概念在此聯繫上的等同關係。由此建議各種不同領域和組織層次的進化觀或許可被用來更深入的瞭解創造的本質；進化論的範疇、模式、理論、規律和邏輯等或許可被用來建構各種不同類型及等級之創造的理論、邏輯、技法和教學課程，以培養各種不同類型和等級的創造力。本文進一步假設，各種不同組織層次之系統的進化有如一系列進化的階梯（參圖 4），彼此間具有「平行同構的關係」（參圖 1），可經由「異中有同、同中有異、層層嵌套、局部耦合、整體協同之廣義進化的成長機制（參下）」組織而成為一個具有持續進化之潛力的連續統一體。這種成長機制對建構不同類型和不同層次之創造階梯（與進化階梯對應）之連續成長的理論、邏輯、技法和教學課程等或許可以提供啟發。整篇論文之架構及發展流程如圖 1 所示。

一、心理學的創造觀概要

(一)創造的本質

前述之各個不同領域對於創造學的研究，其哲學層次的指導思想、理論、模式和著重點等雖有不同（此可由「創造」之近百個不同定義得到佐證（引自日本創造學會 1983 年會刊），但對於創造的本質卻有某種程度的共識。以心理學的研究領域為例，影響最大的有 Gardner（1983, 1993, 1999）的多元智慧論、Sternberg（1986, 1988, 1995, 1997）的智能三合一學說，以及 Csikentmihalyi（1990, 1993, 1996）的系統模式。這三種心理學的現代主流理論都把人的創造力與人解決其所遭遇之問題、提出或識別新且有價值（參下）之問題並加以解決的智能（或稱智慧）相連結；都認為創造力是「智力活動的一種表現，是人在既有知識和經驗的基礎上，通過一定程度的重新組織和獨特加工這些知識和經驗，在頭腦中形成新產品（或新問題）的意象圖式，並通過一定的行動把這些圖式轉化為新產品（或解決（新）問題）的能力」。它受到個人所在之環境的影響，並在很大程度上依賴於個人的人格特質和科學共同體的評價標準（參下）。例如 Csikentmihalyi（1996）把創造看做是一個系統，

[2]「新」與「變異」對應；「有價值（有用）」與「選擇的判準（從不同的變異中選擇能適應和改造環境的新特徵、新結構、新功能、新種等）」對應；「（有用的）理念、行動與成果」與「（能適應和改造環境之新種等之）遺傳」對應。遺傳後又產生新的變異、進行新的選擇、新的遺傳，循環反覆）。

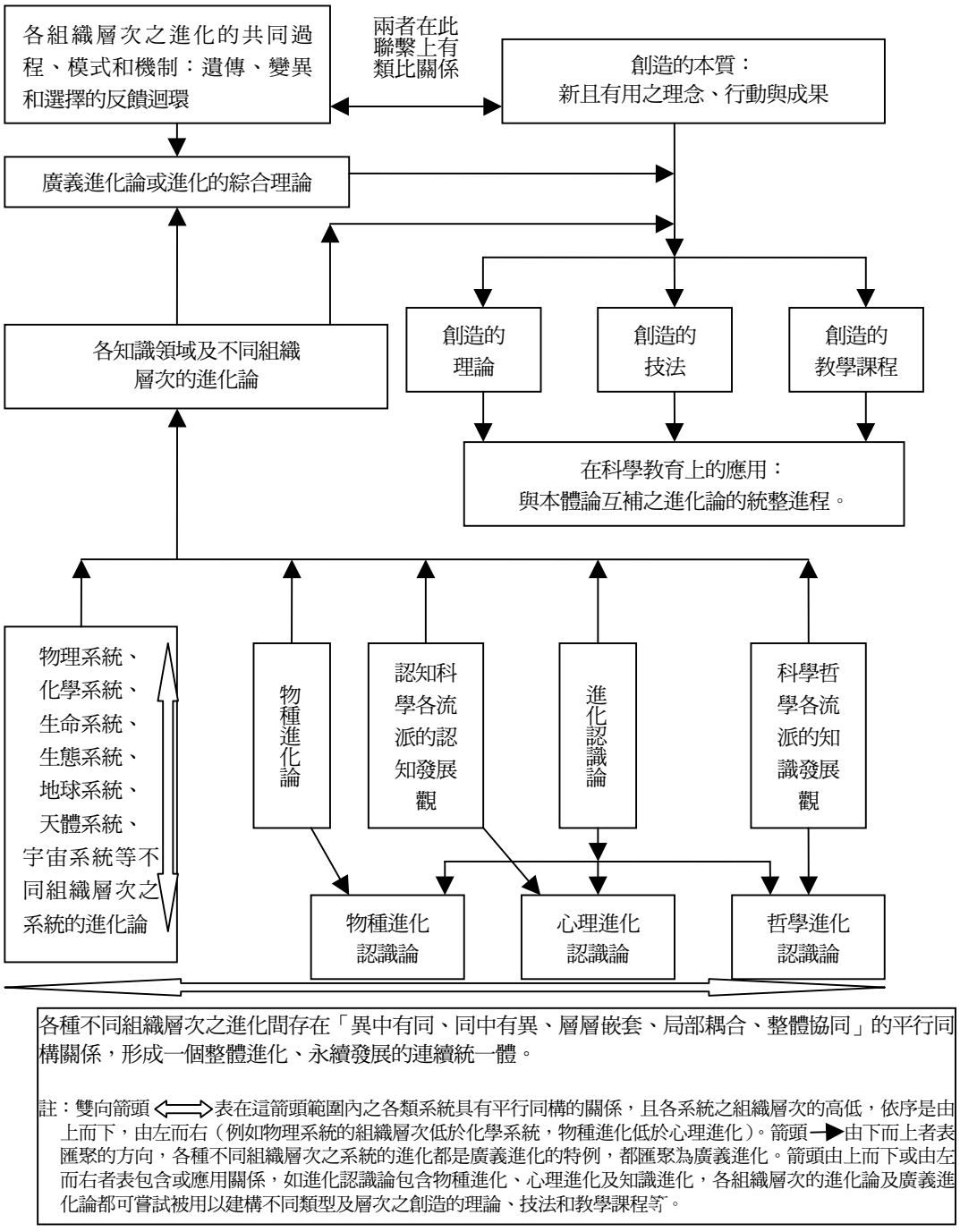


圖 1：本文之理論架構及流程圖

它包含三個要素，分別是：1.領域（domain。一套抽象的規則與步驟所構成，是某特定社會或人類全體共用的象徵知識。例如自然科學的典範）；2.學門（field）守門人（判定一

項理念或產品是否能被納進某領域的守門人。例如熟悉典範的科學共同體）；3.個人（運用領域所附予的符號把新概念或新模式等引入領域之中。如果被引入的新概念或新模式等被領域的科學共同體吸收，並恰當的納入領域之相關部分之中，則個人的創造產品就變成是領域之內可遺傳的新信息（稱為"秘因（memes[3]"），以與物種進化之遺傳基因相類比參表 1 及表 2）。根據這個模式，創造可做如下的定義：創造是改造既有領域，或是將既有領域轉變成新領域的任何作為、理念或產品，簡言之就是『新且有價值（其判準參下）的理念、行動與成果』。這個模式包含幾個信念（1）個人要是未受領域的薰陶就不可能擁有對該領域有價值的持續創造力；（2）創造力只有在既有的領域與學門中方能彰顯出來；（3）創造力不能脫離社會的認定（即科學共同體的評價）。因此創造力應是個人思維與社會文化互動的結果，是一種系統性的整體（而非個別）現象，而創造力的等級也非僅取決於個人創造的類型與數量，與相應領域及學門的契合以利新概念、新模式、新理論、新原則、新方法等的認定與傳播，也同等重要。

(二)檢驗創造的判準（評價標準）

前述心理學認為創造的本質是「新且有用的理念、行動與成果」。然而「新且有用」的判準（criteria）是什麼？一般認為是「新穎性或獨創性（newness or originality）以及適當性或有用性（appropriateness or usefulness）」；而最常被使用的判準則是 Torrance 創造力量表之五項能力指標，分別是「流暢性（fluency）、變通性（flexibility）、原創性（originality）、精緻性（elaboration）、敏感性（sensitivity）」（Torrance, 1974）。歷來在培養學生之創造力的教學及評量時，常把有用（或有價值）的判準分為兩個層次，一是鼓勵性的個人標準（學習者或評量者認同即可）），另一是較嚴格的社會標準（必須「科學共同體」的認可）。本文則建議以不同領域及不同組織層次之進化的判準作為不同類型及不同等級之創造的判準，以廣義進化的判準作為整體創造的判準，概要如下。

二、物種進化論的創造觀概要

(一)Spencer 及 Bergson 之「進化創造觀」（即進化的本質就是自發的創造）

進化（evolution）一詞源於拉丁文 evolvo-和 evolutis，原意為「展開」（即把捲藏的東西（例如布匹、書卷）等展開）。H. Spencer（1820-1903）在其名著<<第一原理>>一書中給它下了一個很有前瞻性的定義，即「進化是指物質（或機體）從無序到有序、從同質到異質、從簡單到複雜的有向變化（不可逆）過程」，這個定義以（物質或生命）系統之秩序的有無（或高低）、質的同異、組織程度的簡繁、以及過程是否可逆等來刻畫進化，超越了當時的認知水平（機械論、神創目的論、活力論、和物種進化論），為現代廣義進化論（聯繫和統一物質系統、生命系統、社會系統的進化理論）的建構提供啟發。不過在進化的過程與原因方面 Spencer 卻認為「進化是蘊藏於宇宙結構中之既定程序（或秩序）的莊嚴展現過程，是一種大自然預先設定好的目標（先驗目的論），是一種使自然界向上提升的"力"。由於這種力的引導，自然界或生命的進化就具有某種因果必然性」（引自陳蓉霞, 1996）。顯然的，Spencer

[3] Memes 一詞為生物學家 R. Dawkins 所創，他以進化論的觀點來解釋文化的進化，認為文化的進化也如物種進化一般存在一種遺傳的基本單位，他稱此文化進化之遺傳的基本單位為 memes，以與物種進化之遺傳基因（genes）相對應。在本文中「秘因」的意義在不同領域被具體化（參表 1 及表 2）。

表 1：科學哲學各主要流派之知識發展觀的進化論詮釋

科學哲學的主要流派	遺傳、分類、進化的基本單元（秘因）	知識的增長與創造（或進化）之間的關係	知識增長（進化）的過程、模式和機制：遺傳、變異及選擇的反饋迴環過程（不斷提升有序度的組織過程）。	變異（創新）的機制	選擇（評價）的判準：理性與合理性
機械典範（歸納 - 演繹）	單一假說或理論	創造（發散）= 假說之適用範圍的擴展	(新)觀察、測量、實驗→假說(歸納)→驗證 ↖ ↖ ↖ ↓ 解題、推理、演繹←←←←←←←理論	新觀測、新實驗、新經驗事實和新假說、新理論等（量之累積的漸變）	驗證假說和理論就是對其進行批判與選擇
邏輯實證主義 邏輯經驗主義	單一假說或理論	創造（發散）= 歸納確認之範圍的擴展	(新)觀察、測量、實驗→假說(歸納)→驗證 ↖ ↓ 解題、推理、演繹←←←←←←←理論	新觀測、新實驗、新經驗事實和新假說、新理論等（量之累積的漸變）	可證實原則和邏輯一致性、簡單性、統一性原則。
K.R. Popper（1968, 1987） 證偽主義	單一假說或理論	創造 = 理性的批判 = 進化[20]	P_1（問題 1）→→ TS（試驗性假說，變異） ↗ ↓ P_2（問題 2）←← EE（檢驗假說，選擇）	各種猜想、假說（試誤法）（一次證偽就拋棄的突變）	理性[21]的批判與反駁（可證偽原則）。
T.S. Kuhn (1968, 1991) 歷史主義	典範（一群假說或理論）	創造 = 革命 = 典範的轉移	前典範→常規典範→危機與革命→新典範 ↑_____↓	各種解決疑難（解題）之創造性企圖的相互競爭（典範轉移的突變）	前期：精鍊和特化程度增加 後期：合理性或實踐理性[22]。
P. Feyerabend 多元理論(周昌忠譯, 1996）	單一假說或理論	創造 = 增生 = 多元變異	（新）觀點、理論、方法等的增生→韌性 ↑ ↗ ↗ ↓ ←←←←←社會選擇←自由選擇	增生原則與韌性原則（觀點,理論,方法等增多）（研究有法、法無定法、至法無法）	以反省為基礎的標新立異（反對方法、反歸納、反典範、反主流）
S. Toulmin（1972） 演化模式	單一假說或理論	創造 = 演化 = 進化	創新→競爭→選擇→遺傳→積累 ↑_____↓	表徵的多元變異與聯繫（積漸變而突變）	內在理由與外在原因[23]
I. Lakatos 科學研究綱領（蘭征譯, 1999）	研究綱領（一群理論）	創造 = 研究綱領的進化與進步	(新)研究綱領→多元競爭→選擇→進化→退化 ↑_____↓	正反啟發法（調整、修改、提出新保護帶）。（積漸變而突變）	合理性：解釋力和預測力的提升，以及調控機制的完善

D. Shapere（1984）科學實在論	「域」(具有自組織功能且可分可合的信息包)	創造 =「域」[24]的分合與進化	(新)背景知識、信念、理由→域的分合→推理連結鏈 ↑ ↑ ↑ ↓ ←←←←←←← 域的成長和進化	「域」的分化與整合（自組織：漸變 + 突變）	不同時期或不同組織層次之合理性的推理連結鏈
F. Wallner 建構實在論 王榮麟等譯 1997	異質單元間的成功聯繫	創造 = 成功的外推與統整	（新）情境→對話→外推→建構意義 ↑ ↗ ↓ ←←←←←←←←←←←	對話、聯繫、滲透、移植、整合（漸變 + 突變）	成功的整合（新且有用）

[20] Popper（1987）自述他的知識增長模式從根本上說是達爾文主義的進化，不是拉馬克主義的進化。因為他的模式著重的是「知識之質的改變」，不是邏輯實證主義者所稱「量的累積」。他認為生物學中強調自然選擇的達爾文主義與強調適應環境的拉馬克主義的對立，類似於強調證偽和批判的試誤法與強調觀察和證實的歸納法之間的區別。

[21] Popper（1971）所稱之理性 ≠ 邏輯，而是進化論之人擇的判準，凡是符合進化的選擇就是理性的選擇，而檢驗理性的判準就是批判與證偽。

[22] Kuhn 自述他的實踐理性有幾個特點 1.它是非邏輯的信念；2. 它受科學共同體之社會實踐所制約；3. 它是一種（或一組）價值信念，不是理論規則（程樹德等譯, 1994）。

[23]「理由」是來自于學門發展的內部歷史，學門的科學共同體根據內在的理由對不同的創意（變異）進行批判、評價和選擇，就是內在理性的評價歷程。另外，「原因」是來自于學門之外的發展歷史，包括與社會文化相關的眾多因素，它有時會壓制內在理性的評價歷程，成為塑造學門內涵的非理性根源。

[24]「域」可以是經驗事實、模式、理論、方法、原則、學科、課題、領域、信念、以及它們之間的有自組織功能的穩定聯繫等。識別「域」的主要標誌是「問題」，尤其是「域」發生變化後所產生的問題。

對進化之原因和過程的觀點既帶有機械論的色彩（既定程序的必然展現和力），也有先驗目的論的影子。H. Bergson（1859-1941）對此進行批判，他在<<創造的進化>>（1907）一書中稱：「進化是自然界在其自身的基本生命力（elan vital）或生命衝動的影響下自發發展的創造性過程。這種本能的生命衝動總是把自身推進到一種新的組織結構型態，這種新組織結構蓄積且利用能量，以保持自身在所處之環境的作用下仍擁有生長和適應環境之改變的能力」，所以進化既不是事先存在之既定計畫（或程序）的展現，也不是先驗目的的達成，而是一種自發發展、組織層次不斷提升的創造過程。由此知，Bergson 相信進化的本質就是自發的創造，進化的過程就是自發創造的過程。既然對人類的存在而言，物種的進化是大自然最偉大、最活躍的創造（即人類是目前地球上物種自發進化之最神奇的創造成果），因此為理解人類個體與群體之創造的類型與等級與各種不同組織層次之進化的類型及等級之間的聯繫關係，物種進化論應是尋找這種聯繫的適當起點。

(二)物種進化的過程、模式和機制

物種進化之主流理論的建構者是達爾文（H. Darwin, 1809-1889），(新）達爾文主義者宣稱：「現代所存在的生物都是由簡單的原始物種進化而來的。這種進化的產生源於自然選擇作用於物種族群的變異，而物種族群的變異則是源於個體基因和染色體的突變或重組」（謝蘊貞譯, 1972），由此知物種進化的過程、模式和機制就是「遺傳、變異（基因突變或重組）與天擇」。其中天擇是達爾文物種進化論的核心思想，他說：「變異為

天擇提供對象，繁殖過剩為天擇提供必要性和可能性，生存競爭是天擇的手段，適者生存是天擇的標準，生物進化是天擇的結果」(謝蘊貞譯, 1972)。變異的來源除了「新達爾文主義」者所稱「親代（父母親）之染色體或基因的隨機組合和突變之外，另一種重要的來源是由環境所誘發的（即生物體為適應外界環境的變化而產生的）變異。後一種變異也有可能遺傳給下一代，稱為「後天獲得性遺傳」(有用的性狀遺傳下去，無用的退化，即所謂「用進廢退」)。首先提出這種重要變異之根源與機制的生物學家是法國的拉馬克（C. de Lamarck, 1744-1829)，他是物種進化論的先驅，他的學說雖然沒有得到學門（科學共同體）的賞識，但主流的達爾文進化論也接受他對「後天獲得性遺傳」的部分看法。例如，達爾文在其「泛生論」中假設有機體的每一部分都可以產生"微芽"（又稱「泛基因」，是一種體細胞而非生殖細胞)，且這些微芽可以經由循環系統進入性器官而與生殖細胞結合，當環境改變時有機體為適應新環境將導致相應之微芽的變異（用進廢退)，並把這種變異經由生殖細胞傳給下一代。

除了適應環境所產生的變異之外，拉馬克的進化論（沐紹良譯, 1933）還有很多與（新）達爾文進化論不同，但為系統哲學之廣義進化論（參下）所吸收和發揚的重要特點，概要如下：

1. 生物的進化能力主要是與生俱來的（本能的、自發的)，不是外在賦予的（被動的、強加的)。生命體做為大自然的一個特殊創造物，它所具有的特殊稟性不同於一般的無機物，即它具有一種「整體協調」的本能，並在此基礎上獲得「自我進步」的能力，這是生命之所以能進化的根本原因。這個觀點與上述 Spencer 的機械論和目的論不同，而 Bergson 之<<創造的進化>>思想則顯然受此觀點所影響。
2. 物種的進化具有立體性。即物種的進化是垂直進化（由簡單到複雜的歷時性發展過程）和水平進化（共時性的多樣性分化過程）相互支撐、彼此建構、協同進化的結果（水平進化以垂直進化為基礎，水平進化的產物又成為未來之垂直進化的基礎，如此交替成長)。例如，生物在垂直進化的過程中，會碰到各種不同的生態環境與條件，為了適應這些多元的環境和條件，生物體就會分化出具有各種不同功能的結構來適應新環境，這就形成各類變種（水平進化)，變種的逐步演化就產生了更能適應環境的新種。拉馬克以生物自我進步的潛在能力作為垂直進化的根源與機制，以環境的影響作為水平進化的根源與機制。
3. 物種的進化具有多元性(多元發生論)。即每一物種都分別有它自己的發生史，不同的物種只有縱向（歷時性）維度上的聯繫（同源或親緣關係)，而無橫向（共時性）親源關係上的聯繫（即共時存在之類似的物種之間一般沒有親緣關係，其相似性是「同功不同源之趨同進化」的結果)。每一物種都從造物主手中直接或間接獲得主動進化的能力。
4. 人類的進化（包括個體之認知、思維，以及群體之知識、社會、文化等的進化）是宇宙進化之整體網絡中不可或缺的一部份（即與人類相關之各種進化都是宇宙整體進化的一個部分，人類的各種創造在某種程度上也會影響宇宙的進化)。

(三)物種進化論對創造進化觀的啟發

上述的物種進化論對於本文所稱之創造進化觀(創造是自覺的進化)具有如下的啟發：

1. 物種進化的過程、模式和機制與創造的本質一致。

上述物種進化的過程、模式和機制是「遺傳、變異與天擇」，此與前述創造之本質具有對應關係，即「新」與「變異」對應；「有用」與「選擇的判準」對應（由選擇的判準來決定）；「（有用的）理念、行動與成果」與「（適者之）遺傳」對應（參註 1）。

2. 物種進化的過程、模式和機制可作為人之創造的一種過程、模式和機制。

人的既有知識是人類群體之社會文化的遺傳（繼承），人在此遺傳（繼承）基礎上的創新相當於物種的變異，個人的人格特質（例如嗜好、情感、信念、意志、智慧、氣質、風格、價值觀等（Penick, 1997））和科學共同體的評價標準相當於「選擇的判準」，因此人之創造的過程、模式和機制與物種進化的過程、模式和機制具有某種相似性（參下「平行同構關係」）。不過兩者間也存在明顯的不同點，例如物種進化是由「天擇」來決定，而人的創造則主要是由「人擇」來決定；物種的進化是自發的創造，人的進化應是自覺的創造。

3. 物種進化之變異來源與機制對人之創新的啟發

物種進化之變異的主要來源有二，一是個體基因的突變和隨機重組（基因型變異），另一是環境的誘發所產生的基因變異（表現型變異）。這些變異的來源與機制對於人應如何去創新具有啟發性。例如，如果接受 Dawkins 秘因（例如「認知或知識的遺傳單元」，參註 2 及表 1 與表 2）的假說，則如何自覺的使秘因產生變異、自覺的對秘因群進行各種排列組合、自覺的利用環境來強化秘因和秘因群的結構等（即自覺的使秘因產生有如物種進化之基因型變異和表現型變異，並使兩種變異以反饋迴環的方式來協同成長），對於人之自覺的創造都具有一定程度的參考價值。

4. 物種進化的遺傳機制對人之創造的啟發

物種進化的基本遺傳機制主要有二，一是達爾文的先天獲得性遺傳（基因型變異的遺傳），另一是拉馬克的後天獲得性遺傳（表現型變異的遺傳）。這兩種遺傳機制對於人之創造所需的基礎提供啟發，例如秘因的繼承是長遠、有價值之自覺創造的必要基礎。

5. 物種進化的選擇機制對人之創造的啟發

物種進化的選擇機制主要有兩種基本類型，分別是「天擇」與「自擇（自我進步的本能）」。此對人之創造的啟發是應自覺的去尋找、學習、創造能適應和改造現在及未來環境的秘因和潛在秘因。

6. 拉馬克物種進化論對於人之創造的啟發

除了後天獲得性遺傳外，拉馬克進化論的主要特點是強調進化的自發性、立體性、多元性、層次關連性等（如上述），這些特點對於人之創造具有重要的啟發，也應該成為人之創造的特點。即人類（個體及群體）應該自覺的、主動的去積極進行創造活動，開發「整體協調、自我進步」的潛在創造本能，在繼承社會文化之遺傳秘因（垂直進化）的基礎上，求新、求變（水平進化）以適應和改造環境，並能欣賞、尊重其他個體或群體的創造（多元），且相信宇宙大系統中各不同組織層次之子系統（包括人類世界）的進化具有階層性，彼此間存在緊密的連鎖關係（Aristotle 所稱「進化的階梯」，參圖 4），因此人類的整體進化是宇宙大系統之整體進化的一個有機組成要素。另外，創造應具有立體性的觀點與上述心理學家對於創造的看法一致，例如 Gardner，Sternberg 及 Csikentmihalyi 等人的理論都認為「新且有價值的創造必須以熟悉領域為前提」（即創新（水平進化）應在熟悉領域（秘因的繼承，垂直

表 2：不同組織層次之創造進化觀的平行同構關係

組織層次	遺傳，分類，選擇，進化的單元（基因與秘因[25]）	（基因與秘因的）變異	選擇的判準（適應、存在、穩定）	進化的機制：自舉自助[26] (boot-strapping)	進化的過程、模式與機制： 遺傳、變異、選擇的反饋迴環
拉馬克物種進化（Lamarck, 1744-1829; 沐紹良譯, 1933）	種	垂直變異（基因型） 水平變異（表現型）	自我進化的潛能（整體協調、自我進步）	垂直進化與水平進化的自舉自助（立體進化）。	（新）種（遺傳）→變異（垂直變異及水平變異） ↑ ↓ 演（進）化←適應←選擇（自我進步及適應環境）
（新）達爾文物種進化（Darwin, 1809-1889; 謝蘊貞譯, 1972）	種、基因（信息包[27]）	隨機的基因型變異與表現型變異	無意識的天擇（親擇[28]、群擇）	基因型變異與表現型變異的自舉自助	（新）種或基因（遺傳）→變異（垂直變異） ↑ ↓ 演（進）化←適應←選擇（天擇、親擇、群擇）
物種進化認識論（Riedl, 1977）	認知單元	內源型變異與外源型變異	內源型認知與外源型認知的平衡	內源型認知與外源型認知自舉自助	（新）認知單元→變異（內源型+外源型）→選擇 ↑ ↓ ←←演（進）化（多元、複雜）←適應（穩定、效率）
心理進化認識論（Piaget, 1972）	Schema（認知圖式）	同化（量的累積）與順應（質的改變）	同化與順應的平衡（穩定態）	同化與順應失衡（發展態）	活動 ↔ 圖式 ↔ 同化 ↔ 順應 ↔ 平衡 ↔ 失衡 ↑←↓ ↓ ↓ ↓
（哲學）進化認識論（Campbell, 1974）	個體及群體的認識單元	以既有知識為基礎的增生	變異間的競爭勝出者（群擇）成為可遺傳之知識單元	個體發育與整體發育的自舉自助	(新) 個 (群) 體認識單元 (遺傳，潛在知識) →變異 (增生) ↑ ↓ ↑ 選擇（檢驗、競爭） ↑ ↓ ←←演（進）化（有序化、形式化）←適應（現實知識）
（科學）知識發展觀（參表1）	知識[29]單元（參表1）	創新（參表1）	理性和合理性（參表1）	理性與合理性的進化（參表1）	參表 1
廣義進化論（Laszlo, 1997）	組織單元[30]	有方向性的內反饋與外反饋變異	自穩態（路徑1，負反饋迴環）	自組織（路徑2，正反饋迴環）判準：組織度及調控等級的提升	參圖 3
廣義進化的一種數學及形象模型 林財庫, 98, 2001	對象指代物[31]（認知與思維的要素）	輸入（可觀察變量）；輸出（可控制變量）	內反饋與外反饋皆為負反饋迴環內穩態、本徵態[32]	內反饋與外反饋至少有一為正反饋迴環	參圖 4

創造進化論（上述模型的定性應用）	有序、樣式[33]、模式、結構、組織、定律、理論、典範等	收斂思維創新（垂直思維） 發散思維創新（水平思維）	收斂與發散的平衡（自覺的以反饋迴環的方式積極追求多樣性的統一（有意識的自擇、親擇、群擇）	收斂與發散的自舉自助。	(低)序→（活動，實踐）互動 組織熵增加 湧現新結構、新組織 有序 樣式 模式 結構 組織

[25] 本表中秘因（memes）的意義指「廣義進化之遺傳、分類、選擇、進化等的基本單元」，例如本表之「個體及群體之認知單元、認識單元、知識單元、結構單元（包括認知圖式）、組織單元等」（參下），就是秘因在各不同組織層次的具體內容。

[26] 對立雙方之相互支持、彼此建構、協同成長。

[27] G.C.Williams 強調指出「基因是信息包，而不是實體。在生物學的領域，當您在談論基因、基因型和基因庫這類事情時，您就是在談論信息，而不是實體。它們是兩種不同的思維模式」（引自 Brookman, 1995）

[28] W.D.Hamilton:「不同家族間的自然選擇有一種模式，即血緣越近者越能合作」

[29] 本文定義「認知 = 經識別而知（知道）的狀態與過程整體，認識 = 經識別而識（理解）的狀態與過程整體，知識 = 認知和認識的結果，結構 = 要素 + 聯繫，組織 = 功能耦合之子系統（要素或結構）所組成的整體」。在此要素可以是動作、意象、符號、數字、圖形、語言、文字、概念、範疇等；聯繫則是要素間的穩定關係。

[30] 本文定義「組織單元 = 具有自組織功能之結構單元」，是「結構單元間功能耦合的整體」。

[31] 對象指代物是認知或思維的要素（參前述）。

[32] 量子力學以波函數來表徵認識的對象（客體），在主體未運用儀器對客體進行觀測或度量時波函數可以處於任意狀態，但在主體對客體進行觀測或量度之後，主體只能得到波函數之某一特徵值（eigen value）所對應的本徵態（eigen state。即控制論中功能耦合系統的內穩態）。因為觀測或度量時，儀器對客體的作用會改變客體的微觀狀態，而客體微觀狀態的改變又會反饋影響原處於同一狀態的儀器使其產生變化。這樣的反饋過程不斷重覆直到與觀測儀器相互適應之本徵態（內穩態）被找到為止。此說明在受控實驗中量子力學中所稱之本徵態與認知結構的本徵態是等價的。

[33] 本文定義「樣式 = 自發（沒有明晰之理論根據）的有序整體」，「模式 = 自覺（有明確理論根據）的有序整體」。

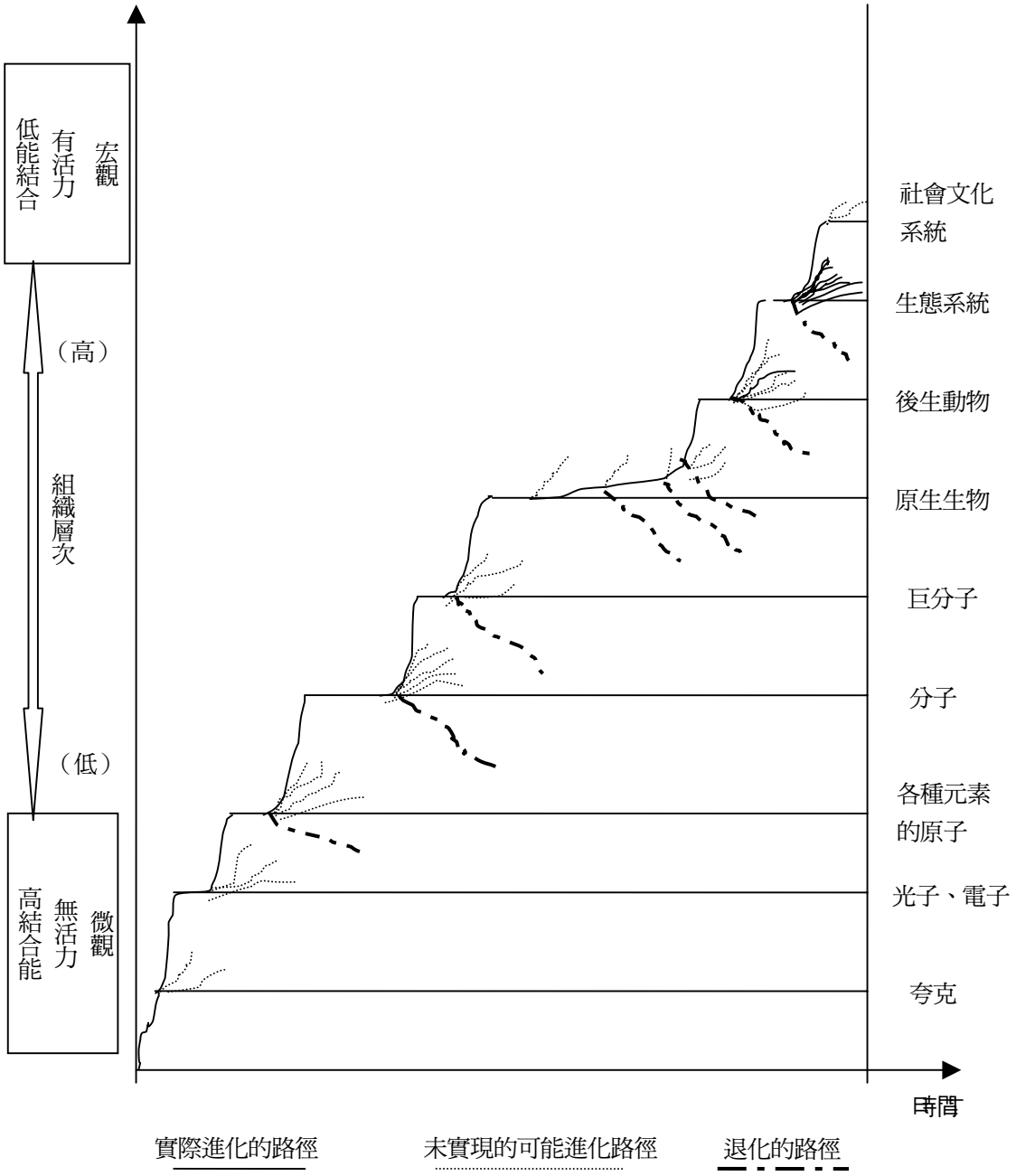
進化）的基礎上來進行才易成為是有價值的創造）。

(四)不同組織層次之進化間的平行[4]同構[5]假說

為何與人類相關的各種進化（創造）與物種的進化和宇宙的進化等之間可能存在緊密的聯繫關係？而這種關係的本質是什麼？以及不同組織層次的進化（或創造）以怎樣的方式連鎖而成為一個可持續進化的整體？這些問題可用「平行同構假說」做出起點去來進行探索：即「進化具有普遍性，可以在各種不同組織層次的系統中發生，且不同組織層次之系統的進化，其過程、模式、機制、理論、邏輯運演規則等，存在某種平行同構關係」。在此的所謂「平行同構關係」是指在各種不同組織層次之系統中的進化，其過程、模式、機制、理論、邏輯規則等具有某種相似性（異中有同），組織層次相近之兩系

[4] 「平行」原為幾何學術語指不相交的兩線，本文所稱的平行是指不同組織層次

[5] 「同構（isomorphism）」是數學上的概念，其原來的意義是「以任何兩個數學對象為元素的兩個集合，若元素間有一對一的函數對應關係，則此兩集合互稱同構」。G.Polya（1984）把同構的意義擴大為「一種意義完全明確的類比」，本文引用這個定義，視同構為相同或相似的結構。因此「平行同構假說」簡單的說就是「假設不同組織層次的系統存在同構（或類比）關係」



註：由基本粒子的夸克（quarks）到巨分子的進化階梯都屬於物理進化的範圍（參圖 1），由巨分子到原生生物屬化學進化的範圍，此後到生態系統，屬物種進化的範圍。社會文化系統的進化包含正在進行中之人類的認知進化（心理進化）、知識進化、社會進化、文化進化，未來還可能與行星的進化、太陽係、銀河系及宇宙系統等的進化相聯繫。

圖 2：不同組織層次之進化的階梯通過局部耦合、整體協同之成長機制所組織而成的一個具有持續進化潛能之連續統一體的示意圖（Laszlo, 1988）

統間具有彼此嵌套及耦合成長的關係，非鄰近層次之系統間具有整體的協同成長關係（或協同進化，co-evolution，參下），且不同組織層次的系統之間必存在顯著的差異（同中有異）。這種「異中有同、同中有異、層層嵌套、局部耦合、整體協同」（參圖 2、圖 3、圖 4）的平行同構假說，有何理論或經驗的證據可提供支持？除前述物種進化與人之創造的平行同構關係外，還可由 Vollmer 在<<進化認識論>>一書中所進行的概括而得到更多的佐證。他在豐富的舉例、論證之後指出：「前面數章的考察已清楚的表明，進化的原理是普遍的。它既適用於作為整體的宇宙，也同樣適用於漩渦星系、恆星系、地球、植物、動物和人；既適用於動物的行為和高級能力，也適用於人類的語言、文字、歷史、社會、文化、以及信仰體系和科學等。當然，不同組織層次之系統的進化其要素和法則可能是相似不同的，（因此不同組織層次之系統的進化原理）只能用作類比，有些甚

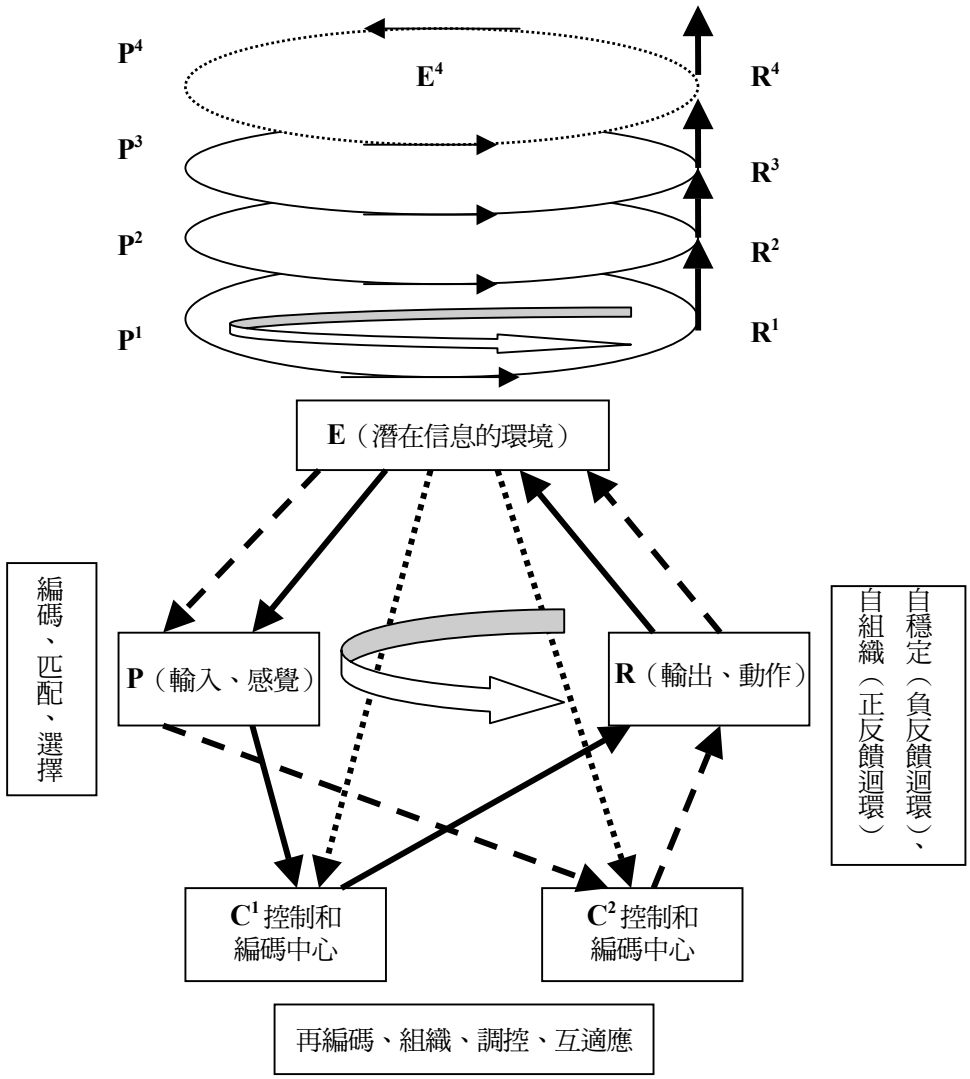
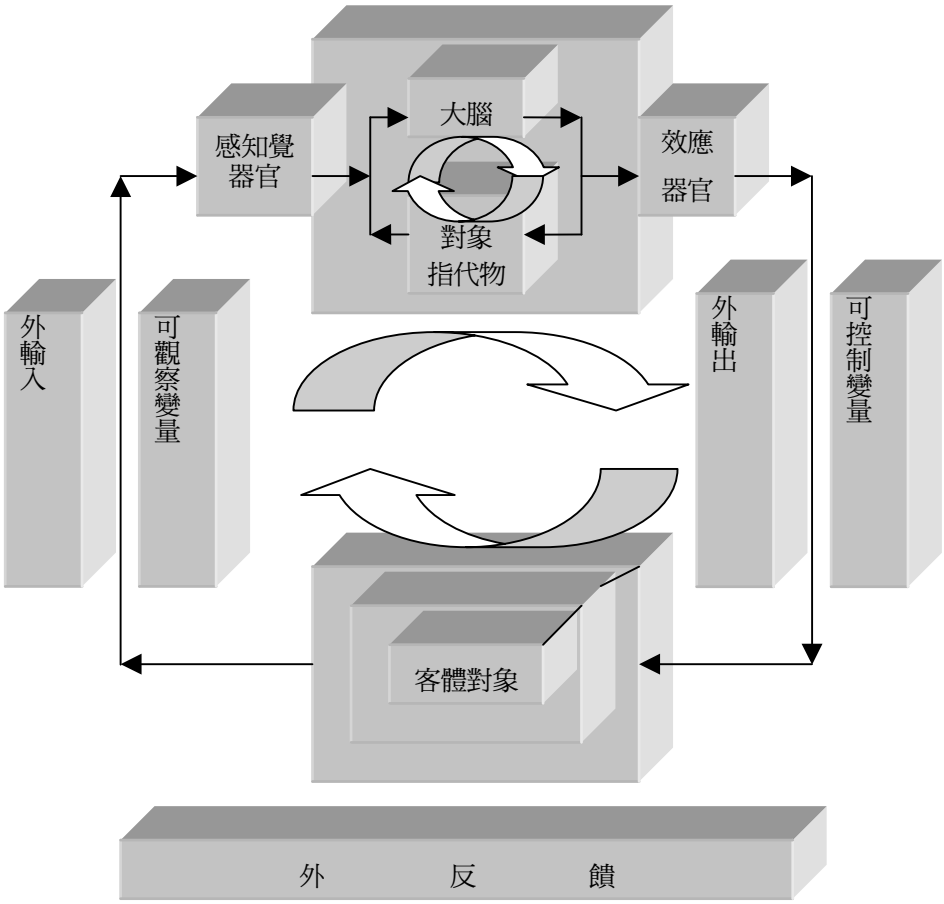


圖 3：系統與其環境相互適應之進化的元模型（Laszlo, 1963）



對象指代物＝思維的要素＝動作、意象、符號、語言、文字、數字、概念、範疇。
思維活動的本質特徵和機制是反饋（內外反饋、正負反饋、不同組織層次間的耦合反饋）。
思維過程的決定因素，對外反饋而言是實踐（主體對客體的認知行動）和交往（主體間的交流），對內反饋而言是「動機和目標」。
內反饋與外反饋有同構對應關係：內反饋所設計的活動目標及其行動的步驟和外反饋中實際的活動目標及其行動步驟基本上是一致的。

圖 4：認知（思維）之內反饋和外反饋的同構示意圖（林財庫, 2001）

至必須做出全新的界定」（舒遠招譯, 1994）。

(五)物種進化與文化[6]進化間的平行同構關係

E. Haeckel（1834-1919）的生物重演律（Recapitulation Law）稱：「個體的胚胎發育過程是其種系長期進化過程的一個縮影」，例如所有的脊椎動物（包括人類）在其早期胚胎的發育階段都出現尾巴和鰓囊。這個假說可擴大為「不但個體胚胎的發育過程在某種程度上是種系進化過程的簡單重演，人類個體的學習和創造過程在某種程度上也是人類整體知識和文化之進化過程的簡單重演」，且兩者（生物的重演和人類知識與文

[6]文化：「人類之創造活動及其成果的總和」

化的重演）間具有平行同構的關係。首先在這個思考方向得到進展的生物學家是 Wilson（1998）。他在 1983 年提出 “基因—文化協同進化（gene-culture co-evolution）”的概念，以之說明生物之個體進化與人類之文化進化間的聯繫關係。他指出「人類的遺傳基因通過個體的發育過程決定其神經系統的結構與功能，神經系統又制約或影響個體的學習和認識過程以及其行為特徵。而由個體組成的社會創造出一定的文化，在這個文化背景之下，通過自然選擇作用又影響人類種群之基因組成的改變。如此構成了一個基因與文化協同進化之反饋迴環的圖景[7]」。這種觀點挑戰長久以來以「種」作為進化、遺傳、生殖、分類等之基本（甚至是唯一）單元的傳統看法，強調「種」之下（例如分子層次的化學進化、基因、DNA、細胞、個體等層次的進化）及「種」之上（例如族群、群落、社會系統、文化系統、生態系統、地球系統等）之各不同組織層次的進化間存在上述「平行同構關係」。這種觀點強調人類在自身的進化中創造了可以不斷進化的文化，這種可以進化的文化又反過來促進了生物進化的進程（例如現代的生物科技），使人類適應和改造環境的能力可以不斷的提升，甚至有能力創造全新的人工環境。

本文以下再以 Ridel 的物種進化認識論，Piaget <<發生認識論>> 的平行主義、進化認識論、科學哲學各主要流派的知識發展觀、系統科學的廣義進化論等眾多不同領域及組織層次之各種創造進化觀的異同點，以及彼此間的嵌套、耦合和協同成長關係等，來進一步檢驗「平行同構假說」（同時也是本文創造進化觀之各種根據）的真實性。

三、進化認識論的創造觀概要

早在 19 世紀末西方就有哲學家在達爾文進化論思想的影響下，試圖用進化的觀點來研究認識論。但直到 20 世紀中葉 Popper 才明確的把人類知識當作是生物應付環境的一個特例，把知識的發展看做是一個生存競爭和自然選擇的進化過程，把科學方法論當作是物種進化論的應用與延伸（參表 1）。到了 60 年代 Campbell（1960）首次明確提出「進化認識論」（Evolutionary Epistemology）的概念，並運用這個概念來研究人類個體知識的發展（進化）和群體知識之發展（進化）間的區別與關連（平行同構關係）。Vollmer 的回顧指出（舒遠招譯, 1996），進化認識論的發展可大略分為三個階段，第一階段是以 Riedl 和 Lorenz（1977）等人的思想為基礎的物種進化認識論；第二階段是以 Piaget（1972），Chomsky（1975）等人為代表的心理進化認識論；第三階段是以 Popper（1971），Campbell（1974）等人的觀點為基礎的哲學進化認識論。概要如下：

(一)物種進化認識論的認知發展觀（創造觀）概要

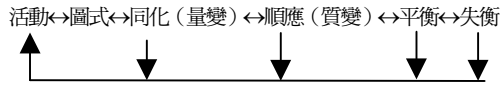
Riedl（1977）以物種進化論來類比人的認知發展，把人的認知也如生物的表現型變異和基因型變異一般，分為由外在感覺經驗中所得到的外源型（表現型）認知，以及由主體動作內化而得的內源型（基因型）認知。這兩種認知也如前述之表現型變異和基因型變異一般，具有相互支持、彼此建構、協同成長的關係。人的認知可以說就是其基因型認知在表現型認知之影響下的重構結果，它

[7] Wilson（1998）指出基因—文化系統之整體進化的反饋迴環過程可進一步概括如下：「基因決定漸成規則，漸成規則調節感覺的接受和心理發育，而次成規則又推進和疏通文化的獲得。文化幫助決定哪些指令基因可以從一代傳到另一代，並表現出更大的活力。成功的新基因改變群體中的漸成規則。變化了的漸成規則改變文化獲得途徑的方向和效力」。

使主體的認知結構產生「質的變化」，朝向更加複雜、靈活、豐富之有序結構的方向發展。Riedl 的這種觀點與前述物種進化論的創造觀一致，所以人之認知的發展過程也是人自發創造的過程，物種的進化、人的創造、以及人之認知發展的過程、模式與機制等都具有平行同構的關係（參表 2）。

(二)Piaget 發生認識論的認識發展觀（創造觀）概要

Piaget（1972）的<<發生認識論>>以平行主義[8]作為基本假設，指出人類之認識的發生和發展的過程，模式與機制是



簡言之，在主體認識客體事物的過程中，如果事物所顯示出來的信息可以被納入主體的既有認識圖式（schema），使得認識圖式發生「量的變化」，稱為「同化」；反之，如果事物所顯示出來的信息無法被納入主體的既有認識圖式，促使主體調整原有的認識圖式或建立新的圖式，使得認識圖式發生「質的改變」，稱為「順應（或調適）」。認識結構在調適之後又可以反饋回去，使主體能同化更多的客體信息，對客體有更深層次的理解，使主體與客體處於相互調適的狀態，稱為是「同化與順應的平衡」。在主體成長的每一不同階段，其「圖式↔同化↔順應」之平衡狀態的特徵各不相同，表現為主體對環境的不同適應階段。如果這種平衡失去了（失衡），則新的活動將建立新的「圖式↔同化↔順應」的階段性認知圖式，再經由新的同化和順應達成新的平衡。一個較低層次的認識平衡狀態，通過主體與環境的不斷相互作用，就可經由不斷同化與調適的交替運作過程，把認識平衡狀態提升到較高的層次。類似的過程循環反覆，認識就能不斷的成長和進步。Piaget 的這種認識的發生和發展觀點，顯然是一種認識的進化觀（新平衡狀態較舊平衡態具有更高的複雜度、更高的組織和調控等級、更多可能的穩定平衡態），其過程、模式與機制與上述的物種進化、物種進化認識論等的過程、模式與機制有平行同構的關係（參表 2）。

(三)進化認識論（哲學進化認識論）概要

Campell（1974）的進化認識論認為認知是主體通過認識活動而獲得的認識結果。這些結果作為潛在的知識成分可看成是已有知識之遺傳和變異，但它們在被人接受和使用之前，也就是在它們發揮促進認識主體之生存適應的功能之前，它們僅僅是潛在的知識，而不是現實的知識。當認識主體將自己的認識結果放入環境中去經受檢驗、經受選擇時，往往會碰到其他主體所產生之各種同類變異的競爭。各種變異只有通過了競爭和選擇的考驗，才有可能成為正式的知識單位（可能的秘因）在知識系統中留存下來（或遺傳下去），否則就會被淘汰。正是各種變異間的相互競爭和自然選擇使知識系統本身不斷發展和進步。另外，他以生物重演律作為類比，認為知識的發生和發展也有個體發育和整體發育兩種基本類型。知識系統的整體發育，主要是指某一具體門類之知識整體的進化情形；知識的個體發育則主要是指各個具體之知識要素如何在人們的認識和實踐活動中由初級的觀念進化為較高級的知識體系（例如有序化、邏輯化、形式化程度提高）。進化認識論認為知識的個體發育是整體發育的基礎和前提，在知識的系統發育過程中，舊的知識如果能夠促進人類的進化，就會被保存下來，形成知識自身的遺傳。但在這種

[8] Piaget（1972）稱：『人類知識之邏輯和理性的組織進程（由認知或感覺經驗上易知到邏輯和理性上易知）和與其對應之形式邏輯的發展進程有平行關係"』。

遺傳過程中，由於人們與環境不斷的相互作用，既有的知識就會不斷的被用來把握新的事物和適應新的環境，從而在人腦中萌發出新的思想和觀念，這種新的思想觀念可以看成是既有知識的變異。這些變異作為潛在的知識在主客體的進一步互動中得到進化和完善（組織和調控層級提升），逐漸形成獨立的知識單位。這些知識單位再不斷的繁衍出新的知識單位，直到進化為一種新的門類。知識的增長或進化就是在這種遺傳、變異和選擇的反饋迴環中實現的。由此可見，無論在知識單位之個體發育的意義上，還是在系統整體發育的意義上，知識的進化都是遺傳、變異和選擇的統一過程（反饋迴環）。這與物種的進化十分類似（平行同構關係），不同的是物種進化是通過有機體自身之基因的重組和突變實現的，而知識的進化則離不開主體的參與（行動、互動、創造、反思、選擇等），是靠著人擇機制實現的。凡是符合認識主體之需要，能發揮實際效用，有利於主體生存和發展的知識單位（秘因）（新且有價值的創造），會在不斷運用的過程中得到深化和加強；相反，其他缺乏生命力和效用的知識單位就會被淘汰。

四、科學哲學各主要流派的知識發展觀對創造進化觀的啟發

科學知識具有人類知識的典型形式（例如趨向有序化、邏輯化、公理化、形式化），所以可嘗試以「科學知識如何發生和發展的個別性和特殊性問題來說明整個人類知識之發生和發展的一般性問題」，嘗試以「科學知識之進化的過程、模式和機制來說明人類知識之整體的進化過程、模式和機制」，並嘗試以「科學知識的選擇問題（主要是人擇，即上述創造或進化的個人與社會判準）來說明整個人類知識的選擇問題（評價與辯護判準）」。以下本文簡要的概括科學哲學各主要流派的知識發展觀（即科學知識之發生和發展的過程、模式和機制），指出它們與上述之物種進化論的平行同構關係，並比較各流派之知識發展觀中各種「變異」的不同特徵，以及各種「選擇」的不同判準，及其對人之創造的啟發，簡要概括如表 1 所示。

(一)機械典範之創造觀概要

西方傳統之機械典範所採用的科學方法主要是「歸納法與演繹法」。這兩種方法的本質是一種「假設與驗證」的問題解決過程。以進化論的觀點來看，從客觀的觀察、測量與實驗的原始經驗材料中所歸納出來的各種假設就是在創造各種變異，而驗證假設或理論的演繹推論結果是否與已知的經驗事實（或背景知識的總體）一致，就是對假說或理論進行批判與選擇。因為歸納法的推理是由個別層次、到特殊層次，再嘗試擴展到一般（普遍適用）層次，其推論的適用範圍超過前提（普遍 > 特殊 > 個別），因此具有發散（或創新）的特性。不過因為這種擴散或創新沒有必然可靠的邏輯可以遵循（愛因斯坦（1976）稱：「由個別、特殊到一般（普遍）沒有邏輯的通道」），所以在機械典範中「創造（歸納擴展）是一種非邏輯、非科學理性的活動」，由此推論「創造沒有理論，創造不可教，創造的能力無法在課堂上培養」（參下）。

(二)邏輯實證和邏輯經驗主義的創造觀概要

邏輯實證（或邏輯經驗）主義繼承機械典範之「假說和驗證的解題傳統」，只強調科學知識和理論的假說和驗證方法，避談科學知識和科學理論的根源與建構過程。把科學知識或科學理論之基礎的基本公設視為是非邏輯、非科學理性的直覺、靈感、頓悟、自由聯想、天才的猜測和機遇等等的產物，認為它們都是不可被檢驗之形上學的假設，不是正統科學的研究內容（正統科學 = 邏輯

=（機械典範的）理性）。因此科學的發現和發明（創造）[9]無法則可尊、無規律可循、無方法可依、無理論可釋，無邏輯可套用（即不存在「科學創造的邏輯」），所以在邏輯實證（或經驗）主義中，創造的研究只侷限於「歸納確認法」的範圍（與機械典範的「歸納擴展」相似），所有的科學創造活動都因而只能是偶然的、零散的、局部的和被動的，科學典範的轉移（科學思維的革命）也因而只能是緩慢的、量之逐漸累積的漸變過程。

(三)科學哲學其他主要流派的知識發展觀（創造觀）概要

除邏輯實證和邏輯經驗主義者外，西方科學哲學各主要流派的共識之一是「反機械論的知識發展觀」，認為人類知識的發展是一種相對真理之演化的動態過程，不是一種絕對真理之累積的靜態存在。在表 1 中我們以進化的觀點來詮釋科學哲學各主要流派的知識發展觀（知識發展的過程、模式與機制），發現它們都隱含進化論的脈絡，只是各流派對知識的遺傳單元（秘因）、知識變異的機制和知識選擇的判準等有明顯差異。例如科學知識之遺傳、分類和進化等的基本單元是什麼（即與生物的「種」或「基因」對應的知識單元（即 Dawkins 所稱之「秘因」）是什麼）？對機械典範、邏輯實證（經驗）論、Popper、Feyeraband 及 Toulmin 等的理論而言是單一假說或理論；對 Kuhn 而言是一個典範（一群假說和理論）；對 Lakatos 而言是一個研究綱領（一群理論）；對 Shapere 而言是「域」[10]；對建構實在論者而言是「異質元素間的成功聯繫」。在變異的機制方面，雖然有些流派偏向漸變（例如機械典範、邏輯實證及邏輯經驗主義等），有些流派偏向突變（catastrophe。例如 Popper 的一次證偽就拋棄、Kuhn 的典範轉移（科學革命）），有些流派偏向積漸變而突變（例如 Toulmin, Lakatos），有些則強調自舉自助（bootstrapping）或自組織（self-organization, Shapere）。另外，在進化所需之選擇判準方面，雖然都可用「科學的理性」或「合理性」等來概括，但不同流派所指稱之理性和合理性的內容並不相同（參表 1 最右欄），因此科學思維（典範）的變革，事實上也是科學理性和合理性之判準的重大變革。例如機械論（機械典範、邏輯實證主義、邏輯經驗主義）的理性和合理性[11]是一種建立在邏輯運演之基礎上的認識方法，它透過肯定經驗事實對檢驗邏輯內部一致性的優先性，來與中世紀之經院哲學的理性和合理性劃清界限（中世紀的經院哲學阻止任何依靠經驗行為的理性和合理性）。機械論的理性是一種絕對的、封閉的、自足的理性，它完全排除相對、無序、隨機、偶然、主觀、辯證、靈感、直覺等無理性、非理性或超理性的觀點（即機械理性具有強烈的排他性），這種理性隨著技術與理性主義[12]之世界觀的發展，成為工業社會、經濟主義和工業文明的主流理性。科學哲學的其他流派都一致的反對這種觀點，例如 Popper 認為理性不是封閉、自足的，而是需要批判和反省的；Kuhn 早期認為理性是相對的；Feyerabend 認為反機械理性才是理性；Toulmin，Lakatos，

[9] 實證論認為發現、發明與創造三者的意義並不相同。創造指的是科學家所建構的新理論；發現指的是找到早已存在但之前未被發現的事實或現象；發明是指產生新技術。但從進化論的觀點來看，發現新事實、新現象或發明新技術、建構新理論等，都符合進化的判準（新且有價值），因此都是一種創造。

[10] 「域」是可小（可分）、可大（可合）之知識的自組織核心。域的變化和發展（例如學科本身的分化、學科間的交叉、綜合、重建、統整等）就是科學知識本身的變化和發展。

[11] 在此合理性是指邏輯的內部一致性（不管是描述性的或解釋性的）以及其與經驗事實相符的程度。

[12] 一種認為科學理性與宇宙現實完美相符的世界觀；或一種主張個人和社會的行動都應該在原則、行為和目標上合乎理性的倫理學。

Shapere 和晚期的 Kuhn 等都認為理性不是絕對的靜態存在，而是一種相對的動態演化過程，相信「理性本身會進化」。

既然創造是一種進化（如前述），因此表 1 中之科學哲學各主要流派的知識發展觀（或科學知識之進化的過程、模式與機制）也與前述物種進化論、認知進化論、和進化認識論一般，應可被用來建構「不同類型和等級之創造的科學理論」以及「設計和發展培養相應之創造力的科學教學課程」。

叁、系統科學廣義進化論之創造觀概要

一、各個不同知識領域及組織層次之進化的連續統一體

進化認識論建議把人類個體之認知、思維、以及人類群體之知識、社會、文化等的增長（即上述進化認識論之第二及第三階段的進化）放在人類種系（人種）之進化過程中去理解（即人類也是一種生物，也有其物種進化史），認為人類心理進化的個別層次和哲學進化的普遍層次與較低層次之人類的物種進化有上述之「平行同構關係」，其進化的過程、模式和機制都可用「遺傳、變異和選擇相統一」的原則來進行概括。這個平行同構的假設也是系統哲學[13]廣義進化論的基本信念，它把各種不同組織層次的研究對象（例如量子真空場、基本粒子、原分子、物質、細胞、原生生物、生物有機體、人的認知、心靈、社會、生態、世界、行星、恆星、星團、星系、星系群、宇宙等）通稱為「系統」（Laszlo, 1972），指出它們都至少包含四個基本的共同範疇，分別是元素（或稱功能子系統）、結構、功能與環境。元素是「構成系統的各種不同功能單元」；環境是「存在於系統之外直接影響系統存在和發展的種種因素；結構是「系統內諸元素的聯結方式或組織方式」；功能是指「系統在與外部環境的相互作用過程中所呈現出來的能力和特性」。系統因而可定義為「由相互作用（聯繫）之元素組織而成，具有與其結構相對應之功能的整體」。Laszlo（1972, 1996, 1997）認為

(一)「宇宙中任何組織層次的系統，只要它們是在時間過程中形成的，它們就必然經歷了一個進化的過程」或「系統能自發的向更高的組織化狀態進化」（即只要時間夠久任何系統的發展、演化都是一種進化（組織和調控層級的提升）。因此進化具有普遍性及必然性，不過不同組織層次之進化其速率有很大的差異）；

(二)「各種不同組織層次之系統的進化存在一般的規律，它們雖然不完全一樣，但其基本的動態特徵和形式特徵是相同的」（即「同中有異、異中有同」）；

(三)「不同組織層次的系統之間存在彼此嵌套、耦合成長及協同進化的關係，它們能自發的形成一個多層次等級結構的連續統一體」（即「同異交得」，參圖 2）。

這些信念正是本文所稱的「平行同構假說」。

二、系統廣義進化論的元模型

Laszlo（1963）提出一個系統進化（從混亂到有序再到更高級之組織秩序）的元模型（參圖 3），這個元模型的最簡單情形包含四個環節，分別是系統環境的噪音 E（無序或具有潛在信息的環境）、輸入 P（例如人的

[13] 系統哲學：以橫斷科學為基礎的一種科學哲學，其與傳統的機械論哲學有對立互補的關係。

感覺器官）、控制和編碼中心 C（Control-coding，例如人的大腦）、輸出 R（例如人的動作或效應器官）。P 的功能有如過濾器（filter），接受並過濾（編碼、匹配、選擇等）來自 E 的信息，被過濾後的信息經由 C 的再編碼、組織、調控、相互適應等之後再傳到 R，因此 R 所輸出的內容就是從 E 輸入之信息流，經由 P 和 C 相互協調後的反應。協調後輸出的信息流又回到 E，不過有序化、組織化或自我調控的等級（或系統與環境（例如主客體）相互適應的等級）已經提高稱為 E^1。E^1 再經由相似的反饋迴環的自穩定或自組織過程（參下），不斷的把系統內在的秩序度、組織化程度、和調控的等級再提高，整個模型有如螺旋上升的成長曲線，如圖 3 所示。在此的「自穩定」是指系統的輸出設定了條件以限制新輸入的信息內容，以此來增強系統的外在環境信息與系統內部密碼（例如主體之既有概念圖式）之相互適應的程度，這是一種有目的（相互適應（或互成整體的和諧）就是目的）的負反饋[14]過程。另外「自組織」與「自穩定」過程相似，但目標與機制不同。自組織以提高系統內外相互適應的秩序度、組織度與調控等級等為目標（不是只求穩定還尋求發展與進化），其機制是正反饋[15]（不是自穩定的負反饋）。Laszlo（1963）稱：「P 輸入的不適應信息會引發系統進行探索性的反應，而不是無能為力的反應。當輸入的信息與系統內部的密碼相配時，它以路徑 C^2（負反饋迴環）來達成相互適應的自穩定狀態；反之，不相配時就需啟動 C 的備用密碼，經由路徑 C^1（正反饋迴環）來改變輸入進行相互適應的自組織過程。正是自穩定和自組織的這兩種系統功能導致了系統密碼與其環境間的持續聯繫。就外部特徵而言，這種功能似乎是某種有目的活動，但是就內部特徵而言，則沒有什麼本質的和神秘的目的特徵（即主客體相互適應度的不斷提高，是系統進化過程中湧現出來的目的，不是早就存在的先驗目的）」。Laszlo 相信這個自穩定和自組織之系統的簡化元模型「在原則上，可適用於任何具有通訊功能（可收受信息）的控制系統，不管此系統的組成元素及各元素的性質為何，不論是物質系統、生物系統（有機體）、或者是人類之經驗或思維領域的結構和信息流過程」。

三、系統演化的一種數學模型及形象模型

我們曾嘗試把此「系統自穩定和自組織進化的元模型」轉化為數學模型（林財庫, 1998），並以此數學模型來詮釋人之認知的成長過程，其形象的示意圖如圖 4 所示（林財庫, 2001）。此模式指出「認知是主客體互成整體的結果（自穩態或自組織）」，是主體藉由中介工具（例如感覺經驗、儀器等）作用於客體（相當於元模型的環境 E），把客體反應出來的可認知特徵（以一組變量來表示，稱為「可觀察變量」（相當於輸入 P））轉換成主體可認知的信息，根據認知的目的（例如解釋、預測、規劃、決策、解決問題等）在主體之「認知系統」內對這些輸入信息進行加工和變換（例如編碼、匹配、選擇、組織、轉化、儲存、提取，並以之進行判斷、推理等。相當於 C），然後做出「反應」。主體對客體的初步反應再通過人的外顯行為（動作）作用於客體（以一組變量來表示，稱為「可控制變量」（相當於輸出 R），客體則以其「可觀察變量的變化」來顯示作用的

[14] 負反饋：指每次反饋的結果都使系統的現有狀態與預定的目標狀態更加接近的反饋過程。

[15] 正反饋：每次反饋的結果使系統更加遠離現有平衡態的反饋過程。

結果。把這些「可觀察變量」的相應變化作為「新的輸入」，反饋到主體的「認知系統」中，重複信息的加工和變換，再做出新的反應作用於客體，再把客體之「可觀測變量的相應變化」轉化為信息，再輸入主體的認知系統。如此的反饋循環過程不斷的進行，就可以在目標導向下，使主客體處於相互適應（自穩定）或相互支撐不斷成長（自組織）的狀態（參圖 4）。

與上述的元模型相較，圖 4 的模型有幾個明顯不同的特點：

(一)把主體所能認知之客體或環境的信息以一組變量（可觀察變量）來表示，這些變量經感知覺系統轉化為認知和思維的要素或結構單元（例如動作、意象、符號（包括數字、圖形、語言、文字）、概念、範疇等客體或環境對象的指代物）。

(二)把元模型中的控制和編碼中心 C 以內反饋迴環來取代，元模型中的反饋改稱外反饋。明確指出外反饋主要是通過**有目的**的認知活動，在實踐過程中完成的；而內反饋則主要是通過主體的內在認知系統來完成。在外反饋中，對象是客觀的、實在的，信息的輸入和輸出也都是外顯的，可以觀察的；在內反饋中，對象則是指代的、抽象的，信息的輸入和輸出也都是內隱的、觀念的、不能直接觀察的。內外反饋的過程環節和組織層次雖有不同，但就整個認知過程而言，它們卻存在「相互嵌套、協同成長的平行同構關係」（即兩者之組織層次不同（平行），組織的過程結構相似（同構），內反饋是外反饋的一個組成部份（嵌套），且彼此間有整體與部分的協同成長關係）。

(三)明確指出認知或思維活動的本質特徵和成長的過程、模式與機制是反饋（內外反饋、正負反饋、和協同成長的反饋）。認知或思維的發生是反饋的發生、穩定和內化的結果，思維的變化和發展則是協同成長之正反饋所造成的。

(四)明確指出認知和思維活動的主要動力，對外反饋而言是實踐（主體對客體或環境的認知行動）和交流（主體間的社會交流），對內反饋而言是「動機和目標」，且這些動機和目標是主體從實踐當中湧現出來的。本模式強調內反饋所設計的活動目標及其行動的步驟和外反饋中實際的活動目標及其行動步驟基本上是一致的，且內及外反饋的行動步驟和活動目標不是現成的（機械的）也不是既定的（先驗的）(即不是前述的機械論或目的論)，而是在實踐（行動）當中，經由不斷的交流、互動、耦合，從相互適應的穩態中，湧現（創造、新生）出來的（內外相互適應和互成整體的湧現目的論）。

肆、創造進化觀在科學教育上的一些應用

一、進化的理論和邏輯可作為超越機械典範之創造的理論和邏輯

在建立起創造的本質與進化機制兩者間的等同關係之後，我們就可以嘗試把上述各種不同知識領域、不同組織層次之進化論的內涵（例如與進化論相關的範疇、模式、過程、理論、方法、機制、邏輯與推理規則等等）（參表 1、表 2、圖 2、圖 3、圖 4）用來建構不同類型及等級之創造的理論和技法。創造就不再是如機械典範所稱「無理論可釋、

無方法可依、無法則可尊、無規律可循」。藉助在各個知識領域之逐漸豐富、成熟的進化理論以及進化的邏輯，創造力的開發和培養（或個體與群體的自覺進化）就具有在進化邏輯之推理範圍內必然有效之「工（編）程上的可實現性」，而可被嘗試用來設計和發展自然科學的統整教材和教學活動以開發和培養各種不同類型及等級的創造力。因此在廣義進化論的適用範圍內，超越機械典範的創造有理論可教、創造力的培養有邏輯可用。不過廣義進化論雖然認為進化的進程是合乎邏輯的，是可以理解的，但卻不是預先決定的（即非機械論或先驗論）。從進化論的範疇中所概括出來的規律並不是決定論的或者是指令性的，它們並不唯一的確定進化的過程，而是闡明進化過程得以發展的全部概率，因而就具有某種不可預見性（突現目的論），必須要從實際的實踐當中才能具體的掌握未來發展的可能趨向。

二、以進化論為主軸來發展統整課程以融通知識培養科學思維能力

以進化論為主軸來設計和發展自然科學的統整教材和教學活動，有如下兩個重要特點（1）它把各學科中與進化論相關的「範疇、範疇間的連繫、結構、以及進化的模式、理論、規律、數理邏輯」等重複的運用於自然科學各學科之不同章節、單元或主題的教材和教學活動的設計和發展之中。因此它不但能在各章節（或單元、主題）中保有各學科之邏輯體系的基本架構（縱向聯繫），又能在橫向上聯繫各學科，並從整體上把自然科學各學科統整起來，形成如上廣義進化所稱「有持續進化之潛力的連續統一體」。這個特點正如 Csikentmihalyi（1996）所稱既保存每一獨特領域的完整性，又可讓各學科有創造性的交流和互動的機會；不但有利於培養創造力[16]，也有利於培養與進化論之邏輯結構體系相關的邏輯思維能力；（2）因為進化可以在物質系統、生物系統、生態系統、地球系統、天體系統、知識系統、認知和思維系統等發生，所以這一條融通知識以培養相應之科學思維能力（包括邏輯思維與創造性思維能力）的統整進程具有相對客觀的合理性[17]。因為西方傳統之本體論認為系統之基本組成元素或結構單元是物質實體，具有變中之不變（不演化）的本質特徵，因此把系統之組成元素或結構單元（不一定是物質實體，也可以是“關係實在（例如 Williams 所稱之信息包，參表 2）”）及其間的聯繫、結構和整體等視為可演化（或可進化）之系統進化論的統整進程，就具有與本體論之統整進程（林財庫, 2001）互補的功能。

三、創造與進化的區別及其在科學教學上的意義

「創造與進化」雖然緊密相關，且在創造的本質與進化的機制之聯繫關係上兩者有等同關係，但彼此間仍有關鍵的不同點（同中有異）。這種不同點將使得創造的理論和創造力的培養還可以在未來超越進化的理論和邏輯，使得人類的終身學習和永續發展的目標可以無限提升。創造與進

[16] Penick（1997）的回顧指出：「把（統整的）知識、策略、技能和態度等在不同的領域重複應用，可以增強創造力」。這個發現支持本文所稱「統整就是創造」的觀點。

[17] 廣義進化論的「理性和合理性」與上述科學哲學各流派的理性和合理性不同。它相信「多中有一（系統是由多種異質功能的元素所組成；從多樣性出發構成統一）、一中有多（系統整體從統一性出發組織而生成內在多樣性；多元分叉進化）、對立反饋統一」之整體進化的信念，自覺的從多樣性（尤其是具有對立本性的多樣性）中去追求統一，是廣義進化論的信念，也是其理性和合理性的基礎。

化的主要區別，其根源之一是「理性具有相對性（不存在絕對、終極的理性）」。概要討論如下：前述各種進化機制之選擇的判準可簡要的用「理性」來概括（參表 1）。人類（個體或科學共同體）根據其理性從各種不同的創新中進行選擇，但因為理性都是相對的、有侷限性，所以不管是個人或科學共同體所做的理性選擇，都不能保證選擇的結果一定比先前的更好或更進步，此與物種進化論的結論是一致的。達爾文稱：「自然選擇（適者生存的進化判準）不一定包含進步性的發展。因為自然選擇只涉及保留生物在複雜生活環境中所產生的那些有利變異」（謝蘊貞譯, 1972）。因此雖然在多數情況下能適應環境者（適者）一般是強者或優者，但例外的情形也非少見，所以進化（適者生存）不必然代表進步（強者或優者的存留）。由此觀之，如果我們只強調創造的創新面向（即不特別強調是否有用），那麼創造就包含進化（不是原來的等同關係），且也有可能包含進步（如果創新的成果包含「可能的強者或優者」而不只是「現實的強者」）。因此鼓勵個體與群體不斷創新，且遵循 Feyeraband 科學知識發展觀的多元增生原則和韌性原則（不是一次證偽就拋棄，參表 1），是人類能適應和改造環境的最佳保證[18]。在教學與課程的設計和發展上，此表示在保持各學科之邏輯體系的基本架構、以及各學科之交叉和統整的邏輯聯繫之外，還需預留空間以容納個人信念的創意聯繫（超越進化典範之邏輯的聯繫），以培養更多具有多元變異（創新）能力的個體，為人類群體的未來成長建構更為豐富多元的可能性空間。

四、「課程統整、教學協同」是培養創造力以永續發展的有效策略

前述（背景、目的及重要性一節）智能經濟時代強調以培養創造力做為教育改革的最主要目標，然而其具體的實踐策略及行動綱領是什麼？對於這個問題上述的建構實在論和廣義進化論提供了一種有理論基礎的答案。建構實在論認為不同學科間的成功聯繫和統合就是一種創造（Wallner, 1995），而廣義進化論則指出穩定的聯繫產生意義，穩定聯繫之有序度（包括複雜度、組織度、調控等級等）的整體提升就是一種進化（也是一種創造），因此「不同學科的課程（或教材）統整、教學協同」（即學科知識及教師之間在知識、技能、經驗、價值觀等方面的交流、互動、協作、反饋、組織、成長，參表 2 最後一列）正是開發和培養學習者個體及群體之創造力的具體實踐策略和行動綱領，也是學習者及其群體自覺進化的具體實踐策略和行動綱領。這種行動策略和綱領是否有效，很多學者已做了深度的觀察，例如 Csikentmihalyi（1996）指出：「大多數的突破都是建立在通常不被認為有任何關連之訊息的連結上。不同範疇間和同一範疇內的整合、綜合、與其說是例外，倒不如把它視為是一種規範會來得更有意義。跨領域的興趣是創造的最重要特質之一，而當前的學校教育和社會化趨勢（本位主義的傾向）正陷於根絕這種跨領域創造的危機中。狹義的專門化不但對心靈有害，也使完成創造性貢獻以豐富文化的可能性降低。不論一個人多麼有天賦，除非學門提供的條件恰到好處（例如提供課程統整與教學協同的實踐環境和條件），否則他們就沒有機會有任何成就」。又「創造力的教學應能融入各學科的統整課程

[18] 這是對 Feyeraband<<反對方法>>之哲學主張的一種具建設性的詮釋，即「創造（或研究）有法、法無定法、至法無法」，如此可使人類的創新有可能在未來超越進化的邏輯、進化的典範。

之中，每一學科都可以培養創造力，也都需要培養創造力。所以每一學科的教學都可以包含創造力作為教學的目標和要求。規劃一些統整課程，一方面可以保存每一個獨特領域的完整性，另一方面可以試著讓這些領域有相互交流互動的機會」。既然「課程統整和教學協同」有可能是開發和培養學習者及其群體之創造力的有效實踐策略，也符合 Laszlo 廣義進化論永續發展之大教育觀的目標（即經由終身學習來達到不斷提升和完善人之各種素質，以獲得個人及群體之全面發展（進化）的目標）。因此如何運用上述各種不同知識領域及組織層次之進化論及系統哲學的信念和價值觀點指導思想來發展自然科學的統整課程和規劃協同教學的進行，就變成是達成教育改革之自覺進化（創造）和永續發展目標的一個可能方向。

伍、結論與討論

一、不同領域之進化論是不同類型及等級之創造的理論基礎

進化的本質是自發的創造，創造的本質是自覺的進化。創造的本質與各種不同組織層次之進化的共同的過程、模式與機制等存在一般層次的等同關係，但也存在重要的不同點。以共同點做為橋樑使兩者能彼此滲透、相互檢驗，對於建構創造的理論、邏輯、技法、及教學課程等意義重大。表 1、表 2、圖 2、圖 3、圖 4 等有關進化的範疇、過程、模式、機制、理論等都可作為建構不同類型及不同等級之創造的重要根據。

二、各種不同領域及組織層次的進化之間存在平行同構關係

人類所創造出來的知識和認知的發展理論，事實上也是人類知識和認知的進化理論，它們都遵守與物種進化相似的共同成長過程、模式和機制，即都是「遺傳（繼承）、變異（創新）和選擇（評價）之間自舉自助的循環反饋過程」（或有序度、複雜度、組織度、調控效率等不斷提升的自組織進化過程），且各種不同組織層次之進化間存在「同中有異、異中有同、層層嵌套、局部耦合、整體協同」的平行同構關係。這個假說對於個體及群體之協同進化、永續發展指出一個具體的實踐方向。

三、「同中有異、異中有同、同異交得」是生成和演化的常態

任何系統之內容、狀態、結構、以及演化的過程、模式和機制等，不論如何相似也必然存在不同點。這種既有關連又有區別的非等同關係，只是顯示「大自然以多元突現的不確定方式（不是機械同一律或先驗目的論的方式）來保持自身之自相一致（或整體各組織層次間之相互調適）的自我進化（或自我創造）」的事實。此顯示，應用各不同知識領域及不同組織層次之進化論來建構創造的理論、技法、以及設計和發展教學課程，將具有豐富之多元變異的統一性，可使學習者在某種共性（進化論之統整進程）的基礎上培養有自己個性之多元變異的個體創造力和有群體伙伴特徵的群體創造力。

四、進化論的統整進程與本體論的統整進程存在對立互補的關係

本體論的統整進程著重各類系統之基本組成要素和結構單元，並且強調這些組成元素和結構單元在運動變化的過程中具有不變性（尤其是西方傳統的本體論），以及整體與部分之間具有簡單的加和性（整體等於部分之和）。進化論的統整進程則強

調各類系統之要素和結構都不是靜態（不變）的存在，而是處於動態的組織、成長和進化之中，且整體與部分之間的關係也變得豐富多元[19]。既然本體論和進化論都是過去人類知識發展的主流脈絡，因此為了有效繼承過去的知識、經驗和智慧以加速人類自覺創造（或進化）的歷程，這兩種既對立又互補的統整進程都應當同時被關注。這種努力的另一個可能的重要成果是，能局部消解西方傳統強調「變中之不變」的本體論與強調「凡物皆流（變）」之認識論間的尖銳對立。

陸、誌謝

本文感謝多位前輩先進的斧正以及國科會計畫編號 NSC92-2511-S-017-021 的經費補助。

柒、參考文獻

1. 王榮麟、王超群等譯（1997）：建構實在論。台北：五南出版。
2. 沐紹良譯（1933）：動物哲學。上海：商務印書館。
3. 周昌忠譯（1996）：反對方法。台北：時報文化出版。
4. 林財庫（1998）：科學與哲學與科學教材結合的自組織機制。國科會專題研究計畫報告，311-316（NSC86-2511-S017-013）。
5. 林財庫（2001）：周易及系統典範之思維方式對認知科學及科學認識的啟發，高師大學報, **13**, 30-50。
6. 林財庫（2001）：統整理論論叢（**II**）：自然科學與範統整之本體論進程與資培育教材。國科會專題研究計畫報告（NSC90-2511-S017-010）。
7. 林財庫（2004）：近代物理學導論。台北：藝軒出版。
8. 教育部（1998）：國民教育階段九年一貫課程總綱綱要。台北：教育部。
9. 舒遠招譯（1994）：進化認識論。武漢：武漢大學出版。
10. 程樹德等譯（1994）：科學革命的結構。台北：遠流出版。
11. 蘭征譯（1999）：科學研究綱領方法論。上海：譯文出版。
12. 謝蘊貞譯（1972）：物種起源。上海：科學出版。
13. 陳蓉霞（1996）：進化的階梯。上海：中國社會科學出版。
14. 愛因斯坦（1976）：愛因斯坦文集。上海：商務出版。
15. 嚴智澤、余倫信、尹全忠、張進英（2002）：創造學新論。武漢：華中科技大學。
16. Bergson, H. (1907). *Creative evolution.* New York: Camelot Press.
17. Bertalanffy, I. V. (1968). *General system theory.* New York: George Braziller.
18. Campbell, D. T. (1960). Blind variation and selective retention in creative thought as in other knowledge processes. *Psychological Review, 67*, 380-400.
19. Campbell, D. T. (1974). Evolutionary epistemology, in G. Radnitzky, & W. W. Bartley, III. (Eds., 1987). *Evolutionary epistemology, rationality, and the sociology of knowledge.* London: Open Court.
20. Chomsky, N. (1975). *Reflections on Lagrange.* New York: Pantheon Books.
21. Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psy-*

[19] 例如整體大於部分之和、整體小於部分之和、整體等於部分、整體小於部分、部分大於部分等

chology of optimal experience. New York: Harper & Row.
22. Csikszentmihalyi, M., Rathunde, K., & Whalen, S. (1993). *Talented teenagers: The roots of success and failure*. Cambridge: Cambridge University Press.
23. Csikszentmihalyi, M. (1996). *Creativity: Flow and the psychology of the discovery of invention*. Cambridge: Cambridge University Press.
24. Gardner, H. (1983). Frames of minds: The theory of multiple intelligence. New York: Basic Book.
25. Gardner, H. (1993). *Creating minds*. New York: Basic Books.
26. Gardner, H. (1999). Intelligence reframed: Multiple intelligences for 21st century. New York: Basic Books.
27. Kuhn, T. S. (1991). The essential tension: Tradition and innovation in scientific research. In R. Boyd, P. Gasper, & J. D. Trout, (Eds.), *The philosophy of science*. Cambridge: MIT Press.
28. Laszlo, E. (1963). *System, structure & experience*. New York: Gordon & Breach Science Publishers.
29. Laszlo, E. (1972). *Introduction to system philosophy*. New York: Gordon & Breach.
30. Laszlo, E. (1997). *Evolution: The general theory*. Cresskill: Hampton Press.
31. Laszlo, E. (1996). *The whispering pond*. Rockport, Shaftesbury and Brisbane: Element Books.
32. Masterman, M. (1970). The nature of paradigm. In I. Laktos, & A. Musgrave, (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge,* 83-125. Cambridge: Cambridge University Press.
33. Morgon, L. (1923). *Emergent evolution*. London: Henry Holt and Company.
34. Osborn, A. F. (1953). *Applied imagination*. New York: Charles Scribner's & Sons.
35. Penick, J. (1997). 創造性思考教學研討會。台北：國科會科教處，台灣師大。
36. Piaget, J. (1972). *The principle of genetic epistemology*. London: Routledge and Kegan.
37. Popper, K. R. (1987). Evolutionary epistemology. In G. Radnitzky, & W. W. Bartley, III. (Eds.), *Evolutionary epistemology, rationality, and the sociology of knowledge*. London: Open Court.
38. Popper, K. R. (1968). *The logic of scientific discovery*. 2nd ed. London: Hutchinsion.
39. Popper, K. R. (1971). *Objective knowledge*. Clarendon: Oxford.
40. Prigogene, I. (1987). *From Being to Becoming*. San Francisco: Freeman and Comp.
41. Riedl, R. (1977). A systems-analytical approach to macro-evolutionary phenomena. *The Quart. Rev. of Biol., 52*, 351-370.
42. Shapere, D. (1984). *Reason and the search for knowledge*. Dordrecht, Holland: D. Reidel Publishing.
43. Sternberg, R. J. (1986). *A Triarchic theory of human intelligence*. New York: Cambridge University Press.
44. Sternberg, R. J. (1988). *The nature of creativity*. Cambridge: Cambridge University Press.
45. Sternberg, R. J., & Lubart, J. E. (1995). *The nature of insight*. Cambridge: MIT Press.
46. Sternberg, R. J. (1997). *Thinking styles*. Cambridge: Cambridge University Press.
47. Torrance, E. P. (1974). Torrance tests of creative thinking: Norms-technical manual. Lexington: Ginn.
48. Toulmin, S. (1972). *Human understanding, V1*. Princeton: Princeton University Press.
49. Wilson, E. O. (1983). Sociobiology and the Darwinian approach to mind and culture. In D.

S. Bendall, (Ed.), *Promethean fire* (pp. 545-553). Cambridge: Harvard University Press.

50. Wilson, E. O. (1998). *Consilience: the unity of knowledge.* New York: Alfred A. Knopf, Inc.

Grand Synthesis of an Evolution Theory of Creativity and Its Implications in Science Education

Tsai-Ku Lin
Department of Physics, National Kaohsiung Normal University

Abstract

This article has tried to build a concrete anchor between the concepts of evolution and creativity from several different fields of knowledge, e.g., psychology, theory of evolution, genetic epistemology, philosophy of science, evolutionary epistemology, and system theories. By ways of this anchor and the hypothesis of parallel isomorphism, the categories, model, theories, laws and logics of evolution in many different fields might be able to be implanted consciously to construct the theory and logics of creativity. In this way creativity will have its own concrete theories and logics, which might be helpful for curriculum writers and science teachers to develop and teach the integrated curriculum of natural science and to cultivate the pupils' abilities of logical thinking and creativity.

Key word: Creativity, Evolution, Integrated Curriculum, Parallelism, Isomorphism.