

科學議題資訊圖像呈現對閱聽人閱讀經驗 與閱讀理解之影響

黃子芸 黃惠萍*

國立交通大學 傳播研究所

摘要

資訊科技的進步與閱聽人生活型態的改變，使資訊的呈現不再限於單一型式，科學議題的訊息也不限於文字或圖像，可包含聲音和互動點擊，協助閱聽人瞭解議題或事件的脈絡。本研究將資訊圖像的呈現，分為靜態式、動態式與互動式三種型態，並採用準實驗法探討科學議題以不同的資訊圖像呈現時，對閱聽人閱讀經驗與閱讀理解的影響。本研究以基因改造作物為主題，設計四種型態的文本，含控制組的純文字及三組實驗組的資訊圖像，再比較四組受試者對文本的整體評價及對內容主題的瞭解。本研究招募大學以上學生計840位參與線上實驗。研究發現，靜態式和動態式資訊圖像予閱聽人較佳的閱讀經驗，但純文字和互動式資訊圖像較能提升其閱讀理解。這指出，當科學議題以視覺圖像或聲音影像呈現時，確實對閱聽人較具吸引力，但欲提高閱聽人對文本主題的理解，仍需借重文字及互動式介面的設計。本結果可應用於科學議題的資訊呈現，協助公眾瞭解科學知識。

關鍵詞：多媒體學習認知理論、科學議題、資訊圖像、閱讀理解、閱讀經驗

壹、研究背景與目的

資訊設計與視覺化作為科學界的溝通工具，已有長遠的歷史(Lankow, Ritchie, & Crooks, 2012)，主要目的是希望最佳化處理及呈現資訊，以輔助閱聽眾閱讀。根據調查，約65%的閱聽眾是藉由視覺學習，並透過視覺化的圖像接收資訊(Smiciklas, 2012)；以圖像或照片重複文字中的重要資訊，應更能協助人們瞭解所欲表達的訊息。由於科學文章常出現科學詞彙與專門術語，其文句

間的陳述與因果關係，往往令普羅大眾難以理解(Yore & Shymansky, 1991)，使視覺呈現在科學性文章中的角色益形重要(Trumbo, 1999)。因此，媒體或科學性期刊如美國的科普雜誌《科學人》(Scientific American)、《國家地理》(National Geographic)雜誌及日本著名的科學月刊《牛頓》(ニュートン)等，早於1970年代即開始運用照片、圖像及插畫等，輔助說明文章中的知識概念，以協助讀者理解內容。

*通訊作者：黃惠萍，hphuang@nctu.edu.tw

(投稿日期：民國107年2月6日，修訂日期：民國107年6月26日，接受日期：民國107年7月11日)

隨著閱讀習慣的改變，以圖像和文字相互輔助可能發揮更大的傳遞效果，資訊圖像(informational graphics or infographics)也因應而生。為使大眾能更清楚地理解科學，科學議題結合資訊圖像、內容融合文字與圖片，在不影響正確性的原則下，可藉由各種圖示、符號拉近與大眾的距離。閱聽人透過資訊圖像對科學新知也可能更一目瞭然、並增加趣味性。

資訊科技的進步，現今資訊圖像已不再局限於單一的表達方式，早已跳脫平面與靜態的圖像設計，並增加動態影片和互動網頁兩種不同的表現型態(木村博之，2010／楊宗訓譯，2012；Lankow et al., 2012)。換言之，資訊的呈現已不受限於文字和圖像，而是可包含聲音說明與互動點擊，以協助閱聽人釐清事件或議題的脈絡。許多研究指出，即使是相同的知識內容，使用不同的資訊呈現方式，也可能使閱聽人產生知識吸收上的差異；其中，又以圖文、動畫及互動點擊等方式，對閱聽眾的資訊吸收效果較好(Baek & Layne, 1988; Chanlin, 1997; Hays, 1996; Rieber, 1995; Willis, 1999)。

過去Paivio (1986)提出的雙碼理論(Dual-Coding Theory, DCT)即主張，語文與非語文的資訊同時呈現時，更能吸引閱聽人的目光。資訊的吸引力為過去研究常用以評量閱聽人閱讀經驗的重要面向(Tankard, 1989; Wanta & Gao, 1994)，而結合語文與非語文的資訊不僅能使閱聽人獲得最佳的閱讀經驗，亦能促使其閱讀理解達到最佳狀態。Mayer (1997)承攬雙碼理論及其他研究進一步提出的多媒體學習認知理論也認為，在多媒體環境下，愈多樣的感官刺激愈能提高注意力，進而提升閱聽人資訊接收的程度。這指出，互動網頁的呈現方式可能優於動畫影音、又

優於圖文並呈及純文字的敘述。雖然根據多媒體學習認知理論，對閱聽人的資訊接收成效可能依序為互動網頁、動態影音、靜態圖文及純文字，但現有文獻其實缺乏同時比較此四種資訊呈現方式對閱聽人影響的實證研究。基於科學議題更需以視覺型式呈現，本研究將以一科學議題為例，探討不同的資訊呈現方式對閱聽人閱讀經驗與閱讀理解的影響，希望能發現促進閱聽人吸收的文本特質，以協助公眾理解科技與科學相關議題。

本研究將運用準實驗法、並以基因改造(以下簡稱基改)作物為主題進行檢視。基改作物議題是科學文章的一種類型，與公眾生活息息相關，亦為國內報章媒體最常報導的科學議題之一(黃俊儒、簡妙如，2006)。考量基改作物對公眾的重要性，本研究乃以此為實驗主題，探討及比較不同型態的資訊呈現，包括靜態、動態與互動式三種資訊圖像及純文字的呈現方式，對閱聽人閱讀經驗與閱讀理解之影響。

貳、文獻探討

一、資訊圖像的定義與型態

自1993年國際新聞設計協會(Society for News Design, SND)於西班牙舉辦Malofiej資訊圖像設計獎後，資訊圖像一詞逐漸廣為所知(木村博之，2010／楊宗訓譯，2012)。90年代以來，電腦科技與網際網路的蓬勃發展與普及，也為具有分享特性的資訊圖像提供了有利環境(Smiciklas, 2012)。透過電腦的輔助，製圖技能從專業人士轉移到一般大眾，這些因素皆使資訊圖像愈來愈普遍化。資訊圖像與其他視覺呈現的型式，也成為愈發熱門的資訊傳遞方式。

資訊圖像為資訊設計中將資訊具體化呈

現的一種方式(木村博之, 2010/楊宗訓譯, 2012)。當設計者將資訊設計進一步概念化, 使其富有故事性、關聯性, 且能傳達完整訊息時, 即稱為資訊圖像(Krum, 2013/胡為君譯, 2014)。資訊視覺化則是資訊圖像的一部分(禹錫晉、金美利, 2012/郭淑慧譯, 2016), 是指將多項數列重置, 並以視覺圖表如圓餅、長條、柱狀或趨勢圖等呈現, 以供閱聽人對照彼此間的關聯, 因此又稱為數據可視化或數據視覺化。

基本上, 資訊圖像具備圖像設計和圖表兩大元素, 並結合文字與圖示, 以視覺呈現及傳遞訊息(Harrower & Elman, 2012), 其主要目的是傳遞特定事實(Cairo, 2013), 具有幫助閱聽人快速理解的功能。基本的圖像設計如字體、色彩、編排及圖片等, 皆是製作資訊圖像過程的重要元素; 另外, 也可適當運用影音及互動等形式, 吸引及維持閱聽人的注意、使其產生興趣(木村博之, 2010/楊宗訓譯, 2012; Lankow et al., 2012)、帶來美感效果(Smiciklas, 2012)或引發看待資訊的不同角度。換言之, 資訊圖像是將語言與非語言的系統整合, 適當使用插圖和視覺意象強調資訊的主題與重點, 達到指導、解釋與說明的功效(Rendgen et al., 2012), 因此, 多出現在內容較複雜的科學著作或知識性期刊中(陳百齡, 1993), 以利讀者瞭解內容。近期研究也發現, 資訊圖像亦運用於基層學校的科學教科書中, 特別是在生物學與地球科學, 以及概念的解釋部分(Jung & Lim, 2018); 另外, 科學教材的設計過程中, 運用資訊圖像也有助於師資生的科技學習與參與(Fadzil, 2018)。除了教育領域, 運用資訊圖像呈現工程設計, 亦可協助設計專家更加瞭解及辨識設計決策可能帶來的健康與安全問題(Lingard et al., 2018)。以上說明, 資訊圖像的運用已

愈廣泛, 並具有促進認知與理解科學素材的潛力。

隨著時代與科技的發展, 網路型的資訊圖像亦已成趨勢(Krum, 2013/胡為君譯, 2014), 並有更多樣化的表現形式。Pimenta與Poovaiah (2010)曾針對不同視覺敘事進行分析並將之分為三大類, 含靜態視覺敘事(Static Visual Narrative, SVN)、動態視覺敘事(Dynamic Visual Narrative, DVN)與互動視覺敘事(Interactive Visual Narrative, IVN)。若依視覺化的呈現及表現形式, 資訊圖像可分為靜態式、動態式與互動式三大型態(Lankow et al., 2012)。依此, 本研究中的資訊圖像也分為靜態式、動態式與互動式三大類, 詳述如下。

(一)靜態式資訊圖像(static infographics)

靜態式資訊圖像以較簡單的圖像說明資訊內容, 由圖像提供最直接的解釋(Duchastel & Waller, 1979)。此型態資訊圖像的敘事結構含標題、獨立內文、圖像註解與數據。靜態式資訊圖像應用於平面設計時, 構成元素包含文字、圖像、色彩與點線面, 設計者需要適當編排, 才能呈現適切的資訊圖像。Lankow等(2012)認為, 在閱讀靜態式資訊圖像的過程中, 閱聽人是依照設計者的邏輯觀看並接收資訊, 因此閱聽人與圖像的互動方式是由觀看與閱讀組成。

(二)動態式資訊圖像(motion infographics)

動態式資訊圖像是以快速度連續展示一連串的靜態圖片(陳彙芳、范懿文, 2000), 再加入音效、旁白及時間軸概念, 運用線性方式傳遞資訊, 並以預先設定的速度播放(Lankow et al., 2012)。Park與Hopkins (1992)指出, 動態視覺效果有五個重要指導作用, 分別是引導注意力、協助說明關係、呈現領

域知識、形成心理圖像及解說抽象概念。在觀看動態式資訊圖像的過程中，閱聽人依照時間順序及旁白聆聽並接收資訊。相較於靜態式資訊圖像能控制閱讀的速度，閱聽人觀看動態式資訊圖像時，只能控制開始播放、結束及暫停等按鍵，閱讀速度較受限制，認知也處於較被動的資訊接收模式(Lankow et al.)。

(三)互動式資訊圖像(interactive infographics)

此類型結合程式設計與視覺設計，將大量數據整合歸納、並提供閱聽人直接與訊息互動的平臺，以提高對資訊的接收程度。閱聽人在互動式資訊圖像上可主動點擊，並以非線性的方式蒐集特定資料，是三種型態中最具主控性的資訊閱覽方式。Tidwell (2010)將操控與瀏覽互動視覺資訊的技術分為滾動(scroll)與平移(pan)、縮放(zoom)、打開(open)與關閉(close)、排序(sort)與重新排列(rearrange)及搜尋(search)與過濾(filter)等。互動的視覺設計往往需具備適當的導覽機制、易於操作的版面及標準按鍵組合等，才能使閱聽人有良好的閱讀過程。互動式資訊圖像的作法有三種，分別為固定式、儀表式和即時性(Lankow et al., 2012)。固定式作法為，如有具體的順序引導閱聽眾，可設計簡單的「下一步」或「知道更多」等按鍵，常見於媒體的網頁報導設計。儀表式作法指，使用同樣模板但呈現不同的資訊，運用時載入新數據即可，常見於描述人口或天氣變化的數據等。即時性作法屬更新、且需要高端設計的網頁程式，但輸入程式即可自動載入最新數據至動態介面。

二、雙碼理論與多媒體學習認知理論(cognitive theory of multimedia learning)

除了三種資訊圖像型態，本研究也將以純文字作為對照組，比較四種科學議題呈現方式對閱聽人接收的可能差異。前述指出，本研究的立論基礎為Paivio (1986)的雙碼理論與Mayer (1997)的多媒體學習認知理論。Paivio (1971, 1986)主張，人類在接收訊息時，是經由語文和非語文兩套不同的認知系統處理訊息，以組織視覺、聽覺等形式的語文編碼(verbal codes)，並從中進行鏈結。語文系統將語言性刺激具象化，依序編碼並儲存，進而產生訊息反應；非語文系統將非語文性刺激加工，以整體處理符號、圖像、照片或聲音等，再形成心理意象。兩套獨立系統又存在關聯，彼此相互輔助以提升記憶效果，此即參照性鏈結(referential connection)。當個體接受到語文和非語文刺激時，會依照刺激的原本形式編碼，透過表徵性鏈結(representational connection)，語文刺激轉為語意碼(logogen)，非語文刺激轉為意象碼(imagen)，兩個系統各自有關聯性鏈結(associative connection)，串連字與字、圖與圖間的關係，兩個不同類型的系統則透過參照性鏈結，使文字與圖像結合，構成完整的訊息。

Paivio (1986)認為，語文與非語文間需有強而有力的參照性鏈結，因為這是輔助閱聽人建立記憶的主要因素。也就是說，文字與圖像間必須易於聯想，達到互補作用才能產生記憶效果。Mayer與Sims (1994)也發現，文字與圖像同時呈現，比單獨先後呈現圖文，更能有效建立參照性鏈結，提升資訊的快速理解。由此可知，圖文的關聯性愈高，愈能加強個體組織訊息和記憶的能力(Clark

& Paivio, 1991; Mayer, 1997; Mayer & Moreno, 2003)。亦即，從雙碼理論的觀點，閱聽人需要同時使用「語文系統」與「非語文系統」，促進鏈結的建立才能有效提升知識的吸收(Mayer; Mayer & Moreno)。這也指出，相較於純文字的文本，於文字外同時搭配圖片或聲音等非語文元素的文本，應更可能協助閱聽人吸收知識。

隨著電腦科技的進步，語言與非語言形式不再局限於平面圖像，更增加了動畫影音、連結點擊等特性，因此，Mayer (1997)進一步提出電腦中介環境中的整合性理論，即多媒體學習認知理論，並將其定義為，透過文字與圖像在多媒體環境下的知識吸收，文字包含口語和書面文字，圖像則含括插圖、圖表、照片或動畫等。同時，多媒體輔助學習系統應能協助閱聽人建立三種認知處理過程，分別是選擇、組織與整合(Mayer, 2009)。當閱聽人受到外在刺激，經過眼、耳進入訊息工作系統後，即選擇性地儲存在語文與圖像的記憶中；而訊息在工作記憶庫裡會重新組織，加以排列組合，形成一套合乎邏輯的整體，並建立鏈結結構；最後再確認語文與圖像間的關聯，並與先備知識整合，形成一個新的認知基模，儲存至長期記憶中。

若各媒體所呈現的內容具一致性，則搭配使用語文和非語文的訊息刺激，對資訊的接收、處理和儲存可具有正面影響。易言之，若人們接觸到二種以上的媒體，如動畫、語音與連結點擊等相互配合的資訊，會對其內容的回想有正向幫助(Clark & Paivio, 1991; Mayer & Anderson, 1991)，此與雙碼理論呼應。一如Park與Gittelman (1995)在探討心智模式的表現形式時所言，動態表現形式在知識吸收的效果上，優於靜態表現形式。

靜態圖像因缺乏時間資料，未能完整表達一系列事件如何發生及演變，需依靠閱聽眾自行轉換及推論內容。相較於圖像，動畫能提供空間與時間的訊息，更有助於閱聽人的聯想與吸收。多媒體學習認知理論也指出，閱聽人接收的感官刺激愈多，愈能提高注意力並增進資訊的接收。除了平面圖示與動畫影音，網頁上的互動點擊、連結拖曳及放大縮小等超連結的互動型式，更能讓閱聽人自行掌握閱讀的步調、次序與內容(Eveland & Dunwoody, 2001)。雖然非線性的閱讀使閱聽眾需付出更多的心智去瞭解，但也因此可能有較深入的認知過程，並加強記憶。亦即，高互動性的媒體能使閱聽人根據自身需求，連結新資訊與舊資訊的認知，幫助選定閱讀方向、達到精緻化的認知，以進一步獲取知識(Tremayne & Dunwoody, 2001)。

本研究擬比較的四種資訊呈現方式，以純文字的感官刺激最為單一；文字搭配圖片的靜態式資訊圖像，對感官的刺激已增加；動態式資訊圖像則是在文字及連續圖片呈現上，搭配音效或旁白輔助說明，對閱聽人感官的刺激更加多元；而互動式資訊圖像則可涵蓋靜態和動態式資訊圖像的表現形式，並提供閱聽人直接與訊息互動的平臺。在三種資訊圖像類型中，互動式給予閱聽人最具主動性的資訊閱覽方式，並可能因而形成更多感官刺激而促進學習。據此推論，互動式資訊圖像對閱聽人的資訊吸收可能優於動態式資訊圖像，後者又優於靜態式，而此三種類型的資訊圖像都優於純文字的敘述。

三、相關實證研究

根據雙碼與多媒體學習認知理論，愈具多元感官刺激元素的文本，愈能吸引並促進閱聽人的學習。以科學相關主題而言，由

於其中的科學知識是由科學研究累積而成，多具複雜性、多元性與不確定性(Trumbo, 1999)，使訊息本身具備難度。同時，科技的日新月異，使科學議題的內容常融合多方面領域，更需以深入淺出的方式將資訊統合並呈現，才能促進公眾瞭解。圖片、影音或互動元素的應用，可協助將複雜的事物簡化，提高閱聽人對議題的興趣與理解。就此，除了前述理論，許多研究也提供了實證支持。例如，一項有關健康行為評估的線上實驗發現，整體而言，相較於純文字內容，有圖表的靜態資訊圖像更能增進受試者的理解與參與(Comello et al., 2016)。另一項有關環保訊息的實驗也發現，結合圖文的靜態資訊圖像，相較於僅有文字或僅有圖表的文本，更能激發閱聽人對文本內容的思考(Lazard & Atkinson, 2015)。也有研究發現，具影音的動態資訊圖像相較於靜態資訊圖像，更能傳達乳癌防治的訊息(Occa & Suggs, 2016)。此外，研究也指出，互動式資訊圖像雖較靜態式資訊圖像複雜，但能帶給閱聽人較佳的觀看經驗(Locoro, Cabitza, Actis-Grosso, & Batini, 2017)。

不過也有研究有不同發現。儘管資訊圖像能解構視覺上複雜的資訊，並使資訊依脈絡展現在一個故事中，給予大腦識別其間關係及進行比較的能力(Hullman, Adar, & Shah, 2011; Tryon, 2008)，仍有文獻指出，過多數據或細碎的資料呈現在圖示上，也會影響閱聽人的閱讀、甚至抑制其訊息的吸收(Roller, 1980)。例如，Ward (1992)以文字及文字搭配側欄或各類圖表計五種類型供閱聽人閱讀，再比較各組受試者對原油分布、國家蘊藏量等的理解與認知，結果發現，以簡單文字側欄輔助說明主題的理解效果最好，搭配圖表的效果並未更佳。Wanta與Gao (1994)探討報

紙版面設計與寫作風格對閱聽人的影響時也發現，圖片與理解效果及閱報愉悅感都無顯著關聯。

另有研究發現，靜態圖片和電腦動畫對閱聽人的知識吸收並無顯著差別(Rieber & Hannafin, 1988)。Tversky, Morrison與Betrancourt (2002)回顧科學於各領域使用圖片與動畫的研究也指出，動畫對知識的吸收效果不比靜態圖片好。Tversky等認為，動畫提供的資訊量較圖片多，容易造成觀念混淆、錯誤解讀及模糊焦點等情況，因而增加認知錯誤或認知負荷的情形；而播放速度快或呈現內容複雜，也可能使閱聽人對動畫的理解效果不佳。

此外，雖然互動性高的媒體能使閱聽人根據自身需求選定閱讀方向、精緻化認知過程，並因付出更多心智努力而有助於知識吸收(Tremayne & Dunwoody, 2001)，但也有學者認為，互動可能造成閱聽人更大的閱讀負擔。從點擊連結的過程來看，整合文本資源可能產生一種認知成本，衝擊到主文論述的接收，並干擾閱聽人對訊息的整體理解，因而對知識的吸收產生負面影響(DeStefano & LeFevre, 2007; Lee & Kim, 2016)。亦即，在非線性的文本中，閱聽人只要遇到超連結，就需要停頓思索是否進入超連結頁面，而此決策行為可能干擾閱聽人瞭解整體內容的涵義，影響情境模式的形成。

除了文本的呈現型態對閱聽人可能產生的不同效應，從過去相關文獻也可得知，許多研究在觀察閱聽人資訊接收的情形時，常聚焦於閱讀經驗與閱讀理解二個概念。閱讀經驗是指，閱聽人觀看資訊文本後，對文本的整體主觀評價。早期研究主要探討閱聽人對平面媒體如報紙的閱讀經驗。本文回顧過去有關閱報經驗的研究後發現，過去觀

察讀者閱報經驗時，曾探討文本(如寫作風格或圖表等)的吸引力(Tankard, 1989; Wanta & Gao, 1994)、易讀性(Burgoon, Burgoon, & Wilkinson, 1981)與專業性(Pasternack & Utt, 1990; Smith, 1989)等特質。這些研究發現，卡通型態的資訊圖表(chartoons—cartoon-like informational graphics)較一般的圖表更能吸引讀者(Tankard)；報紙的照片愈多、圖片愈大對讀者也愈具吸引力 (Wanta & Gao)；寫作風格愈簡潔則愈易讀(Burgoon et al.)；至於讀者使用資訊圖像則主要為了快速獲取資訊 (Pasternack & Utt)。

近期因應手機、平板及電子書等科技產品的普及，有愈多研究探討互動裝置及電子書等對閱聽人閱讀經驗的影響。一項研究曾觀察使用者專注或沉浸於互動平臺的經驗 (Chang, 2018)，此經驗可反映平臺對使用者的吸引力。也有研究觀察讀者閱讀電子書時獲得的樂趣，及電子書各項工具(如電子字典、字型變化等)對理解內容及增加專注力的助益(Colombo, Landoni, & Rubegni, 2012; Larson, 2015)。整體而言，這些觀察不外與吸引力、易讀性及專業性的評估有關。綜合過去文獻，吸引力是指文本對閱聽人具吸引力、能使其感興趣及注意的程度，易讀性指閱聽人認為文本容易閱讀及瞭解的程度，專業性則指文本具備專業性及正確可信的情形，能幫助讀者瞭解內容、掌握重點獲取資訊，使理解上更簡單。由於此三項特性仍可適用於觀察閱聽人對多媒體文本的觀看經驗，因此，本研究也將以之觀察閱聽人閱讀不同型態的科學議題文本後，整體的主觀經驗。

另一閱讀理解概念，則旨在評估閱聽人將所接收知識結合成一有意義系統的情形 (Tremayne & Dunwoody, 2001)。根據Pressley

(2000)，閱讀理解包含兩個層次，字彙和文本的理解，前者強調字彙的解碼與數量，後者強調句與句間、段落與段落間或整篇文章的理解。亦即，閱讀理解不僅需能理解字彙的意思，也需能結合前後句推論出其意義 (Pearson & Johnson, 1978)。本研究後續觀察閱讀理解時，也將涵蓋字義與推論理解兩個面向。字義理解指閱聽人能理解文本所陳述的內容，並直接從文本中提取訊息；推論理解指閱聽人能組織文本中的訊息，並根據對主題與內容的瞭解作合理推論。基於過去文獻觀察文本型態對閱聽人的影響時，常聚焦於閱讀經驗與閱讀理解，本文也將以此二變項作為依變項，觀察不同型態資訊呈現對閱聽人的影響。

綜合上述，電腦科技的蓬勃發展，已使各類型媒體素材與型態經常出現於大眾生活中。為促進公眾對科學議題的興趣與理解，值得探索何種資訊呈現的類型對閱聽人更能發揮效果，但目前缺乏同時比較純文字、靜態、動態及互動式資訊圖像對閱聽人影響的研究。回顧過去文獻，從雙碼與多媒體學習認知理論的核心概念得知，愈多樣的感官刺激，應有助於閱聽人對文本的注意與瞭解，使閱聽人的閱讀經驗與閱讀理解有所增進。然而，實證研究的觀察至今仍未完全一致。雖然多數研究者認同，愈具多元感官刺激的資訊圖像，愈能增加閱聽人的興趣、並促進其知識吸收，但仍有部分研究指出不同結果。不過，基於前述理論與現有的實證支持，本文在此仍推論，互動式資訊圖像的閱讀經驗與理解可能優於動態式，動態式又優於靜態式資訊圖像，而靜態式資訊圖像則優於純文字的敘述。

基於以上，本研究將以文字敘述為對照組，比較科學議題以三種資訊圖像呈現時，

對閱聽人閱讀經驗與閱讀理解之影響。以下提出兩組研究假設：

- H1a：觀看靜態式科學議題資訊圖像者之閱讀經驗，高於觀看純文字科學議題者。
- H1b：觀看動態式科學議題資訊圖像者之閱讀經驗，高於觀看靜態式科學議題資訊圖像及純文字科學議題者。
- H1c：觀看互動式科學議題資訊圖像者之閱讀經驗，高於觀看動態式、靜態式科學議題資訊圖像及純文字科學議題者。
- H2a：觀看靜態式科學議題資訊圖像者之閱讀理解，高於觀看純文字科學議題者。
- H2b：觀看動態式科學議題資訊圖像者之閱讀理解，高於觀看靜態式科學議題資訊圖像及純文字科學議題者。
- H2c：觀看互動式科學議題資訊圖像者之閱讀理解，高於觀看動態式、靜態式科學議題資訊圖像及純文字科學議題者。

參、研究方法

本研究採用受試者間設計(*between-subjects design*)的準實驗法，以減低受試者對題項的敏感，並運用線上平臺蒐集資料。本研究透過SurveyMonkey平臺執行線上實驗，該平臺可設計由系統隨機分派受試者至各組瀏覽不同類型的文本。其隨機分派的方式是，受試者如被系統隨機分派閱讀一類型的文本，就無法再閱讀其他類型的文本。受試者閱讀完文本後，只要按「下一頁」，就會開始回答後測的題項。此機制可確保受試者只閱讀一種文本類型，即只接收一種資訊型態的刺激，之後即回答相關問題。

有關線上實驗，過去許多研究者已認可此一方法的優點。例如，Hewson (2003)曾指

出，線上實驗能於短時間內蒐集比實驗室實驗更多的樣本，同時，在無研究者的指引與監督下，受試者反而能更坦率地填答問卷，獲得更準確的結果。Birnbbaum (2004)也指出，線上實驗除了能在相對低額的花費下，招募更多樣化的受試者，每份問卷程序也能準確地複製，剔除研究者操作偏見的可能。而Ryan, Wilde與Crist (2013)在比較實驗室實驗與線上實驗的結果後也發現，雖然線上實驗增加外在干擾的風險及受試者本身動機的影響，但藉由大量的樣本，不僅可減少實驗誤差，達到與實驗室實驗相似的結果，甚至還發現實驗室實驗未發現的顯著作用。基於這些優點及本研究於時間與資源的考量，作者決定採用線上實驗法，以蒐集更廣泛和大量的樣本，使研究結果更準確。

一、實驗刺激物

本研究以基改作物的發展和爭議作為實驗文本主題，內容含標題和主要內文兩部分。標題為「紛擾20年，基改作物大解密」，主要內文包含基改作物的概念與現況、世界各國基改作物的分布比例、臺灣對基改作物的措施和基改比例，以及基改作物目前的爭議。本研究共設計純文字、靜態式資訊圖像、動態式資訊圖像與互動式資訊圖像四種型態的文本。各型態文本的內容知識皆一致，都有提供前述資訊，細項則涵蓋基改作物之定義、全球基改作物種植面積近二十年的變化、2015年全球四大基改作物種植面積比例、全球基改作物的分布情形、臺灣有無種植及進口情形，及基改作物對農作物增產、生態環境、農民生計與人體健康等影響的爭議。四種類型的文本差別僅在於靜態式含有圖片、動態式有圖片影像和聲音，互動式則有圖片和點擊連結。因此，即使呈

現的型態不同，基於內容知識的一致性，各類文本的概念架構及呈現的爭議點都能相同。以下進一步說明四種型態文本的設計與操作。

(一)純文字

為與其他三種資訊圖像型態的文本內容呼應，本研究基改作物議題的純文字本文以數據描述為主，內容參考官方及媒體的資訊製作而成。參考資料來自2014年臺灣衛生福利部食品藥物管理署及行政院農業委員會對基改作物的公告，以及2014至2016年間，《聯合報》、《自由時報》、《蘋果日報》及《食力FoodNext》等媒體的報導。整體文章共分三段，總計645個字。本實驗純文字文本的網址為<https://www.pixnet.net/pcard/infographic2018/article/fb046b20-915b-11e8-96fc-4f21ce5b6af2>。

(二)靜態式資訊圖像

靜態式資訊圖像與純文字的差異在於，加入了圖像設計，並賦予色彩、排版等元素。本研究參照純文字的內容製作靜態式資訊圖像，內文結合色彩、編排與圖片，並具有標題、獨立內文、圖像註解與統計圖表等，在網路上的設計為垂直上到下的瀏覽方式。本研究以亮色為底、深色為字或深色為底、淺色為字交叉設計，以凸顯所傳遞的資訊；圖像以相關基改圖示、幾何圖形和數據圖表為主要元素，並以清楚、留白作為編排原則。製作工具為電腦軟體Photoshop和Keynote。本實驗靜態式資訊圖像的網址為<https://www.pixnet.net/pcard/infographic2018/article/7f4e4ce0-915d-11e8-815c-9ffc291b3d24>。

(三)動態式資訊圖像

動態式資訊圖像與靜態式資訊圖像同樣具有圖像設計、色彩與排版等元素，內文結構亦具有標題、獨立內文、圖像註解與統計圖表等。二者差異在於，動態式資訊圖像加入了聲音旁白，並賦予一連串的動態影像。本研究參照純文字與靜態式資訊圖像的內容，製作約2分鐘的動態式資訊圖像。製作工具為電腦軟體iMovie，影片解析度為標準畫質360p，並上傳至YouTube以利問卷設計的嵌入。本實驗的影片點擊後即可播放，可自由點擊播放、重播或暫停。本實驗動態式資訊圖像的網址為https://youtu.be/_d11l-6Avnc。

(四)互動式資訊圖像

互動式資訊圖像幾乎涵蓋了靜態式和動態式資訊圖像的表現形式，其差異在於互動式資訊圖像具有上下滾動、放大、打開與關閉等互動按鍵(Tidwell, 2010)。本研究參照純文字、靜態式及動態式資訊圖像的內容，再透過Wix.com的平臺設計互動式資訊圖像。稍早指出，互動式資訊圖像的設計可分三種，包括固定式、儀表式和即時性作法，其中固定式的作法是，如具有具體的順序引導閱聽眾，可於網頁上設計簡單的「下一步」或「知道更多」等鍵(Lankow et al., 2012)。由於本實驗的互動式資訊圖像已規劃了具體步驟引導閱聽眾，故採用固定式作法。例如，在首頁上方顯示各段的子題名稱，包括「關於基改作物」、「臺灣的基改作物」和「基改作物的爭議」，點擊各子題後即可直接連結至該頁面。基改作物的現況也可於基改作物的概念頁點擊「知道更多」之後顯示。整體而言，本實驗互動式資訊圖像的互動方式包括：主題連結、提供更多資訊的點擊按鈕、上下滑動、打開與關閉視窗等互動按鍵，符

合文獻建議的設計原則。本實驗互動式資訊圖像的網址為<http://zagbee777.wixsite.com/gmotext>。

二、問卷內容

本研究的問卷內容主要包括實驗所觀察的兩個依變項，一為閱讀經驗，另一為閱讀理解。以下依序說明變項的測量。

(一)閱讀經驗

閱讀經驗指閱聽眾對觀看文本的整體評價。本研究參考過去相關文獻，先統整出此概念的三項特性，包括吸引力(Tankard, 1989; Wanta & Gao, 1994)、易讀性(Burgoon et al., 1981)及專業性(Pasternack & Utt, 1990; Smith, 1989)。設計閱讀經驗的測量題項時，除了參考過去文獻，本研究也加入項目探索閱聽眾對文本呈現的期望需求。同時，因應實驗時各組受試者閱讀的文本型態不同，部分題項亦依文本型態而於語詞上略作調整。首先，吸引力的題項包括，整體而言此文本是「激起我的興趣的」、「是吸引人的」及「是抓住我的注意力的」，計三項。易讀性題項則於前半部先點出文本類型的特徵，再請受試者回答，項目包括，文本的文字／圖像／聲音／點擊，「增加了我的閱讀興趣」、「使我更想瞭解其內容」、「使我更快速地理解」、「吸引我的注意力」、「幫助我瞭解每一個重點」及「使我更有意願理解其內容」，計六項。專業性的題項包括，整體而言文本是「可信的」、「專業的」、「客觀的」、「可以幫助我瞭解內容的」、「可以幫助我掌握重點的」及「簡單的」，計六項。另外，為探索受試者對文本呈現型態的需求，本研究新增六題探索受試者對文本之視覺、聽覺或互動上的需求。此六題為，

「若能加入圖像／聲音／點擊，我會更有興趣閱讀」、「若能加入圖像／聲音／點擊，我會更想要閱讀」、「若能加入圖像／聲音／點擊，我會更專注於閱讀」、「若能加入圖像／聲音／點擊，我更能輕鬆的閱讀」、「若能加入圖像／聲音／點擊，我更容易瞭解」以及「若能加入圖像／聲音／點擊，我更能掌握其重點」。以上測量共計21題，皆採李克特七點量表(Likert scale)設計，1代表非常不同意，7代表非常同意。

(二)閱讀理解

閱讀理解指閱聽眾將所接收知識結合成有意義系統之情形，含字彙與文本的理解(Pearson & Johnson, 1978; Pressley, 2000; Tremayne & Dunwoody, 2001)。參考前述文獻，本研究編製了兩大題型，分別為字義理解與推論理解。前者指受試者能理解文本內容，並從中汲取訊息；後者指受試者能組織文本中的訊息，並根據主題與內容作合理推論。閱讀理解的題項設計為選擇題，皆單選，總計八題。選擇題相較於是非題，猜測機會較小，信度較高，也能避免零碎知識，專注於科學議題中的重要概念。本研究測量閱讀理解中字義理解的題項計四題(選項列於括弧中)，題目包括，「請問目前全世界種植基改作物的面積以哪兩種最多」(棉花與油菜、黃豆與玉米、黃豆與棉花、不確定)、「請問基改作物發展至今約幾年」(20年、30年、40年、不確定)、「請問臺灣基改黃豆多來自」(美國與巴西、美國與日本、美國與阿根廷、不確定)、以及「請問四大基改作物從開始到至今已是最初種植面積的幾倍」(30倍、40倍、50倍、不確定)。本研究測量推論理解的題項亦有四題(選項亦列於括弧中)，包括，「請問剛才看的內容主要在探討」(基改作物的現況與爭議、基改作物的現況與未

來、基改作物的政策與爭議、不確定)、「請問目前基改作物多為」(經濟作物、花藝園物、糧食作物、不確定)、「請問下列何者是基改作物帶來的好處」(使用殺蟲劑量下降、基改種子價格下降,農民負擔減輕、農民減少使用除草劑、不確定)、以及「請問下列何者為基改作物帶來的壞處」(使用殺蟲劑量下降、農產值提高、產生有抗藥性的超級雜草、不確定)。以上題項答對一題可得1分,答錯或選擇不確定則以0分計算,八題相加即為閱讀理解的總分。

三、預試與統計檢定

為確認實驗操作達到效果及問卷題項具有一定的可靠性,本研究將問卷設置在網路上進行小型預試,並獲得有效問卷80份。為檢驗各組實驗操作具有差異性,本研究請受試者觀看文本後,針對文本內容填寫四個題項,包含「內容只有文字敘述」、「內容只有文字和圖片」、「內容只有文字、圖片和聲音(例如旁白)」,以及「內容只有文字、圖片和點擊按鈕(例如多個視窗連結)」。以上題項皆採李克特七點量表設計,1代表非常不同意,7代表非常同意。接著以獨立樣本 t 檢定,分析各組看完文本後,對其相應題項的同意程度與觀看其他文本者相較,是否有顯著差異。結果發現,純文字組在第一個題項的平均數($M = 4.39, SD = 0.77$)顯著高於觀看其他文本者($M = 1.62, SD = 0.54, t = 17.64, p < .001$);靜態組在第二個題項的平均數($M = 3.62, SD = 0.62$)也顯著高於觀看其他文本者($M = 2.37, SD = 0.96, t = 5.49, p < .001$);動態組在第三個題項的平均數($M = 3.84, SD = 0.79$)亦顯著高於觀看其他文本者($M = 3.23, SD = 0.71, t = 3.25, p < .01$);而互動組在第四個題項的平均數($M = 3.83, SD = 0.77$)亦顯著

高於觀看其他文本者($M = 3.48, SD = 0.57, t = 2.17, p < .05$)。以上顯示,各型態文本的特色操作成功,對閱聽人而言具有差異性,能於正式實驗中使用。

另外,本研究主要觀察的兩個依變項,其中的閱讀理解是積分題,而閱讀經驗經因素分析後,分為六個因素,信度分別為.964、.886、.942、.796、.721、.702 (Cronbach's α 係數),因素層面的 α 係數以.700以上最佳(邱皓政,2010),六個因素都超過.700,表示信度水準高。而閱讀經驗與閱讀理解經變異數分析後, F 值分別為3.30 ($p < .05$)和1.55 ($p < .05$),表示四種不同型態的文本在閱讀經驗和閱讀理解上,皆有顯著差異。因此,兩個依變項的題項可於正式實驗中使用。

四、實驗對象與抽樣方法

本研究的實驗對象為在學大學生及研究生,因此於臉書(Facebook)社團、批踢踢實業坊(PTT)問卷版及狄卡(Dcard)各版等目標受試者常用之平臺招募參與者,並提供20份抽獎禮作為誘因。進行正式實驗時,本研究即預計收集約800 ~ 1,000個成功樣本。本實驗依文本的呈現方式分為四組,並透過線上平臺隨機分派參與者至各組。為使所規劃的四組參與人數一致,作者在資料收集期間須密切觀察四組受試者的人數,以期在趨進成功樣本數及各組人數相當時結束實驗。本研究正式實驗的執行期間為2017年1月1日至1月7日,前後計七天,總計蒐集840個有效樣本,整體樣本於各組的分配比例皆為25%。

五、實驗程序

實驗開始前,網路頁面先向受試者說明研究主題與步驟,接著,由電腦隨機將受試者

分配至四種型態的文本。由於SurveyMonkey目前未提供設定畫面停留時間的功能，故在文本前的說明頁上都請受試者以約3分鐘時間自由閱覽，並提醒受試者看完後才能按「下一頁」，且按「下一頁」後將無法返回文本頁面。受試者閱覽完文本後，先填寫對文本的理解題項，接著填寫閱讀後的經驗感知題項，最後再填寫人口背景資料。

肆、研究結果

一、描述性統計

本研究正式實驗在剔除填答不完整和僅填答單一數值的問卷後，計蒐集有效問卷840份，各組樣本數皆為210份。純文字、靜態式、動態式及互動式資訊圖像四組樣本的大學生分別占97.1%、96.2%、98.6%和97.6%，皆達九成以上，其他為研究生。女性在前述四組中各占78.6%、80%、82.4%和84.8%，男性則各占21.4%、20.0%、17.6%和15.2%。樣本的年齡多集中於20～25歲，各占前述四組的57.6%、74.8%、59.5%和58.6%，其次為19歲以下，接著為26～30歲。

二、因素分析及信度檢驗

本研究先針對實驗問卷中之閱讀經驗量表進行因素分析與信度檢驗。本研究閱讀經驗之因素分析先萃取出六個因素，但其中三個因素各只含兩個題項，故予以刪除再重新分析。分析結果指出，取樣適切性量數(Kaiser-Meyer-Olkin, KMO)值為.917 ($p < .001$)，KMO值愈接近1，表示抽樣適切性愈高；總變異量為71.28%。最後萃取的三個因素，信度分別為.928、.798、.941 (Cronbach's α 係數)，皆在.700以上，表示信度水準高(見表1)。

本研究再根據各因素題項之組成及參考過去文獻為其命名。因素一計含六題，分別指所觀看的科學議題文本(一)有文字／圖像／聲音／點擊，增加閱讀興趣、(二)有文字／圖像／聲音／點擊，故更想瞭解其內容、(三)有文字／圖像／聲音／點擊，可更快速理解內容、(四)有文字／圖像／聲音／點擊，能吸引注意力、(五)有文字／圖像／聲音／點擊，能幫助瞭解其重點，以及(六)有文字／圖像／聲音／點擊，使人更有意願理解其內容。上述題項皆先依受試者所觀看的文本類型呈現其主要特性，故旨在表示受試者對文本所具備功能於閱讀上帶來的助益，與本研究所建構「易讀性」面向之項目一致。因素二亦含六題，分別指整體而言，所觀看文本是客觀的、專業的、可信的、可幫助瞭解內容的、可幫助掌握重點的及簡單的。以上表示受試者對科學文本專業性及協助性的評估，亦與本研究所建構「專業性」面向的項目一致。因素三包含三題，分別指文本整體而言，能抓住受試者的注意力、激起其興趣及吸引人。此三個題項旨在評估整體而言文本所具備的吸引力特質，亦與本研究所建構「吸引力」面向的項目一致。本研究接著再將此三個面向加總，以比較各組受試者的整體閱讀經驗。

三、各型態科學議題資訊呈現對閱讀經驗之影響

為瞭解各型態的科學議題資訊呈現對閱聽人整體閱讀經驗的影響，本研究以單因子變異數分析(one-way ANOVA)進行檢驗。本研究將控制組的純文字編碼為1，靜態式資訊圖像編碼為2，動態式資訊圖像編碼為3，互動式資訊圖像則編碼為4。從表2可知，四種型態科學文本的閱讀經驗平均值各為4.96、

表1：閱讀經驗之因素分析

題項	因素負荷量		
	易讀性	專業性	吸引力
有文字／圖像／聲音／點擊			
吸引注意力	.832		
更快速理解	.813		
更想瞭解	.818		
增加閱讀興趣	.825		
更有意願理解	.843		
幫助瞭解重點	.783		
整體而言是客觀的		.730	
整體而言是幫助瞭解內容的		.695	
整體而言是專業的		.672	
整體而言是可信的		.591	
整體而言是幫助掌握重點的		.579	
整體而言是簡單的		.601	
整體而言是激起興趣的			.819
整體而言是吸引人的			.774
整體而言是抓住注意力的			.765
特徵值	5.045	3.782	2.451
解釋總變異量(%)	34.080	14.630	11.080
累積解釋總變異量(%)	34.080	59.800	71.280
Cronbach's α 值	.928	.798	.941

5.07、5.83、4.98，Levene的變異數同質性檢定未顯著(Levene = 1.659, $p > .05$)。整體檢驗結果指出，觀看不同呈現方式的文本，閱讀經驗也不同($F = 23.96$, $p < .001$)，亦即，在知識內容相同的情況下，受試者的閱讀經驗的確會因觀看不同的資訊呈現型態而有差異。

為檢驗第一組假設中各型態科學文本對閱讀經驗之差異，需比較各組間平均值之相互差異情形。經雪費法(Scheffe's method)事後比較發現，靜態式科學議題資訊圖像在閱讀經驗上($M = 5.07$)顯著高於純文字($M = 4.96$)及互動式資訊圖像($M = 4.98$)，其平均值差異分別為0.11 ($p < .001$)及0.09 ($p < .001$)。觀看

動態式資訊圖像之閱讀經驗($M = 5.83$)亦顯著高於純文字($M = 4.96$)及互動式資訊圖像($M = 4.98$)，其平均值差異分別為0.87 ($p < .001$)及0.85 ($p < .001$)。而動態式資訊圖像之平均值($M = 5.83$)雖高於靜態式資訊圖像($M = 5.07$)，但平均值差異未達顯著性。綜合上述，第一組研究假設中，H1a提出看靜態式科學議題資訊圖像者之閱讀經驗高於看純文字者，獲得支持；H1b提出看動態式科學議題資訊圖像者之閱讀經驗高於靜態式資訊圖像及純文字者，獲得部分支持；H1c提出看互動式科學議題資訊圖像者之閱讀經驗，高於動態式、靜態式科學議題資訊圖像及純文字者，則未獲支持。

表2：各型態科學議題文本對閱讀經驗之變異數分析

各型態文本	閱讀經驗			
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	事後比較
純文字1	210	4.96 (1.12)	23.96	2 > 1; 2 > 4; 3 > 1; 3 > 4
靜態式2	210	5.07 (1.06)		
動態式3	210	5.83 (1.07)		
互動式4	210	4.98 (1.22)		

註：括號內為標準差。事後比較一欄呈現各組閱讀經驗平均值比較後達顯著差異者，該欄中1表純文字、2表靜態式資訊圖像、3表動態式資訊圖像、4表互動式資訊圖像。

四、各型態科學議題資訊呈現對閱讀理解之影響

為瞭解各型態的科學議題資訊呈現對閱讀理解的影響，本研究同樣以單因子變異數分析檢驗。從表3可知，四種型態科學文本(含純文字、靜態、動態及互動式資訊圖像)的閱讀理解平均值分別為5.01、4.76、4.21、4.86，Levene的變異數同質性檢定未顯著(Levene = 2.35, $p > .05$)。整體考驗結果發現，觀看不同的科學文本呈現，受試者的閱讀理解亦不相同($F = 14.24$, $p < .001$)，亦即，即使文本的知識內容相同，閱聽眾的閱讀理解也會因不同的資訊型態而有差異。

為檢驗第二組假設有關於各型態科學文本對閱讀理解之差異影響，亦需比較各組間平均值之相互差異。經雪費法事後比較發現，純文字在閱讀理解上($M = 5.01$)顯著高於動態式資訊圖像($M = 4.21$)，其平均值差異為0.80

($p < .001$)；靜態式資訊圖像之閱讀理解($M = 4.76$)亦顯著高於動態式資訊圖像($M = 4.21$)，其平均值差異為0.55 ($p < .01$)，以上有別於預期。不過，互動式資訊圖像之閱讀理解($M = 4.86$)顯著高於動態式資訊圖像($M = 4.21$)，其平均值差異為0.65 ($p < .001$)，且互動式資訊圖像之閱讀理解平均值($M = 4.86$)亦大於靜態式($M = 4.76$)，雖然後者的平均值差異未達顯著。整體而言，第二組研究假設中，因看靜態式科學議題資訊圖像者之閱讀理解並未高於看純文字者，故H2a未成立；H2b提出看動態式科學議題資訊圖像者之閱讀理解高於靜態式資訊圖像及純文字者，也未獲得支持；H2c提出看互動式科學議題資訊圖像者之閱讀理解，高於動態式、靜態式資訊圖像及純文字者，則獲部分支持。

表3：各型態科學議題文本對閱讀理解之變異數分析

各型態文本	閱讀理解			
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>F</i>	事後比較
純文字1	210	5.01 (1.46)	14.24	1 > 3; 2 > 3; 4 > 3
靜態式2	210	4.76 (1.39)		
動態式3	210	4.21 (1.41)		
互動式4	210	4.86 (1.59)		

註：括號內為標準差。事後比較一欄呈現各組閱讀理解平均值比較後達顯著差異者，該欄中1表純文字、2表靜態式資訊圖像、3表動態式資訊圖像、4表互動式資訊圖像。

伍、討論與建議

一、靜態式與動態式科學議題資訊圖像的閱讀經驗較佳

本研究結果與多媒體學習認知理論的部分論述一致，當閱聽人接觸愈多樣的感官刺激時，接觸資訊的興趣也愈高(Mayer, 1997)。其中，以動態式科學議題資訊圖像的閱讀經驗最佳，然而，互動式資訊圖像的閱讀經驗並未高於其他兩種資訊圖像。本文推論，網頁互動的點擊方式仍屬較新型態的閱讀形式(Lankow et al., 2012)，閱聽人對此類需要更多自身主動性的閱讀方式，可能仍不熟悉，且由於須付出相對較多的認知努力，因此影響了閱讀經驗。過去文獻也指出，互動性確實可能造成閱聽人更大的閱讀負擔，互動的非線性閱讀方式對閱聽人是較新的任務，可能因增加其工作記憶容量的需求(DeStefano & LeFevre, 2007)，而影響了閱讀時的樂趣與注意力。這也使靜態及動態式資訊圖像帶給閱聽人較佳閱讀經驗的效果更為凸顯。特別是動態的資訊圖像，不僅提供一連串의影像連結，聲音旁白更能引領閱聽人進入文本的情境，這也透露，相較於互動網頁、靜態圖像或純文字敘述，含有影音的動態資訊圖像更能使科學議題資訊變得生動而具吸引力，也更能有效地提升閱聽人的閱讀經驗。

二、純文字與互動式科學議題資訊圖像的閱讀理解較佳

依照雙碼理論與多媒體學習認知理論的解釋，圖像與文字結合能提高閱聽人的理解效果(Paivio, 1986)，同時，動畫影音或互動點擊等多樣的感官刺激，也能促進閱聽人的閱讀理解與記憶(Mayer, 1997)。本研究的部分結果與前述理論的預期有別，四種文本

中，以純文字的閱讀理解效果最佳。推估可能原因是，科學議題本身的資訊較複雜，對閱聽眾而言閱讀負擔較重，若加入更多的圖像或影音可能增加其認知負荷，因而降低閱讀理解的效果。過去相關研究也有類似看法。Ward (1992)以原油分布及蘊藏量為題設計不同類型文本，發現搭配簡單側欄說明的文字文本對閱聽人的理解最有幫助。Ward因此建議，圖表的設計應以簡單、能提供解釋為原則。

另外，在三種科學議題資訊圖像型態中，則以互動式資訊圖像的閱讀理解效果最好，其次為靜態式和動態式。互動連結可使閱聽人不再被動地接收資訊，而能主動地控制及選擇資訊的呈現(Lankow et al., 2012)。文獻也指出，透過點擊的互動，可提高閱聽人對知識的理解。Tremayne與Dunwoody (2001)也肯定互動式媒體的效果，認為高互動性的媒體能讓閱聽眾根據自我的需求接觸資訊，因而更能協助閱聽眾獲取知識。

本研究之動態式資訊圖像的閱讀理解效果最低。推估可能是閱聽人觀看動態式資訊圖像時，處於較被動的資訊接收情況(Lankow et al., 2012)，即聆聽文本聲音並隨著動態影片前進，相較於靜態或互動式的閱讀模式，動態式資訊圖像只能控制開始播放及結束等按鍵，對資訊吸收處理的自主性較受限制。此一發現亦與部分文獻相同，Tversky等(2002)也指出，動畫對知識的吸收並未優於靜態圖片，前者資訊量(含影音)較後者多，可能易造成認知上的錯誤或增加負荷，因而影響理解效果。Mayer (2009)也曾指出，人類大腦的工作記憶區有限，當大量訊息出現時，也可能使內容無法被理解而影響閱聽人的吸收。

儘管本研究的三種型態資訊圖像對閱聽

人閱讀理解的效果皆未高於純文字文本，但互動式資訊圖像的閱讀理解效果，確實顯著高於動態式資訊圖像，其平均值也略高於靜態式資訊圖像。這指出，在網路日益普及的今日，除了傳統的文字報導，透過網路的互動功能設計及呈現科學議題，也是促進公眾理解科學的一項有效途徑。

三、理論與實務意涵

綜合上述，本文發現，各型態科學文本的效果，以動態式資訊圖像的閱讀經驗最佳，其次為靜態式、互動式及純文字；而閱讀理解則相反，以純文字的理解效果最佳，其次為互動式資訊圖像、靜態式及動態式。此研究結果如前述，與理論略有不同。儘管靜態式和動態式資訊圖像能抓住閱聽人的目光、並激起其對文本的興趣，但文字及互動式資訊圖像具有的功能，才是主要促進閱聽眾理解的因素。如前述，過去研究者已指出，在同一時間內，個體所能處理的訊息有限，當閱聽人同時接收圖片、動畫或聲音刺激時，文字的記憶也會相對減少(Mayer, 2009)。易言之，具有視覺或聽覺刺激的文本，雖能有效提升閱聽人的注意力，但提升注意力未必能達到理解效果，藉由文字或互動反而較能增加閱聽人對科學主題的理解。

在理論貢獻上，本研究同時比較純文字及三種資訊圖像類型對閱聽眾觀看經驗及理解科學文本的影響，提供了較完整的實證觀察作為參照，對於理論也有所反饋。雙碼與多媒體學習認知理論認為，結合語文與非語文的資訊元素，以及予感官愈多元的資訊刺激，能有助於吸引閱聽人並促進其資訊吸收(Mayer, 1997; Mayer & Moreno, 2003)。而本研究的發現指出，當科學議題以靜態與動態式資訊圖像呈現時，相較於純文字版本，確

實更能吸引及激發閱聽人的觀看興趣，但欲提升閱聽人對具有較複雜內涵之科學議題的理解，純文字之單一資訊刺激所發揮的效果仍是可期的。同時，互動式資訊圖像對閱聽人主動性的要求，也能促進其學習議題的內涵。亦即，雙碼與多媒體學習認知理論的觀點，可能未必適用於所有的學習主題。以科學議題而言，基於其資訊的多面性與不確定性，結合影音或圖文的資訊圖像未必更有利於資訊的吸收。相對的，更能讓讀者專注的文字敘述、或能使個人依其需求掌控學習進程的互動式介面，可能更有潛力促進科學知識的理解。基於目前不同主題資訊呈現的比較研究仍十分有限，未來研究可就此再深入探討。

另外，本研究的實證發現亦具實務意涵，可供科學文本的產製參考。實務工作者如欲促進公眾對科學議題的理解，可先透過視覺圖像及動態影像刺激閱聽人的感官，例如，運用輕鬆有趣的文本型態先吸引閱聽人的注意，再藉由文字及互動的功能，增加閱聽人的資訊吸收，以提高其對文本主題的瞭解，達到學習的效果。換言之，欲推廣科學知識，首先仍需引起公眾的注意與興趣，才能達到最終知識吸收的作用。而知識的吸收效果因取決於閱聽人對文本資訊的理解，因此，科學文本的設計仍需涵蓋文字說明。若透過網路呈現，則可進一步設計互動功能，以促進閱聽人對科學議題內容的吸收與瞭解。

四、研究限制與未來研究建議

本研究雖依據文獻將資訊圖像分為三類，但各型態資訊圖像的呈現也有不同的變化。例如，靜態式資訊圖像的編排、動態式資訊圖像的動畫速度與互動式資訊圖像的版

面設計等，各種設計元素的應用方式多元，並可能因設計的不同而產生不同效應。未來研究可再針對各型態不同的設計方式、功能與意義，進行更廣泛的探究，以瞭解不同設計元素對閱聽眾的影響。

在實驗主題方面，因本研究以科學議題作為實驗文本的主題，科學議題本身的資訊較複雜，本研究所選的基改作物議題亦具爭議性，如前述，此可能凸顯純文字文本對閱讀理解的作用。因為相較於其他三種資訊圖像，純文字可能較不會增加閱聽人的認知負擔，從而增進其對文本內容的理解。本研究的發現應可適用於科學議題的呈現，但針對不同性質的議題，例如較不具複雜性的議題，可能會有不同結果。如先前建議，未來可再就不同主題與性質的議題，進行檢驗與比較。同時，本研究僅觀察不同型態文本對閱讀經驗與閱讀理解的影響，並未包含閱聽人批判思考面向的評估。建議未來研究亦可探討文本型態對閱聽人閱讀素養之影響，此概念除了內容理解，也涵蓋閱聽人對文本內容或型式的反思與評價等批判思維(陳柏霖、洪兆祥、余民寧，2013；Organization for Economic Co-operation and Development [OECD], 2006)，估計可使研究發現更豐富。

在研究方法方面，受限於時間、資源及樣本質量的考量，本研究的實驗透過線上平臺實施。稍早說明，線上實驗法可於短期內獲得較大而廣泛的樣本，但受試者填寫問卷及閱覽文本的情境，則無法觀察。另外，目前線上平臺無法設定觀看文本的時間，要求受試者於一定時間內看完才能進行下一步驟。本研究雖已指示參與者以約三分鐘閱覽文本，但無法實際觀察其觀看速度與情況。雖然過去文獻指出，線上實驗可獲得與實驗室實驗一致甚至更符合預期的結果，未來相關研究如資源足夠，也可考量同時進行實驗室實驗，邀請受試者至實驗室參與研究，以減低外在干擾因素，再比較兩者結果，以獲得更豐富的資訊。不過，即使是實驗室實驗，也無法完全令所有受試者都以相同的速度觀看文本，因為受試者還是能在規定的時間內自行掌控速度，這也是研究人員須注意者。最後，本研究的樣本為在學大學生及研究生，為提升研究的外在效度，未來可將研究對象擴展至一般大眾，或針對不同背景者做更深入的探討，以瞭解各型態科學議題文本對一般閱聽眾的影響。研究結果的相互參照也能更有利於科學教育的推廣與發展。

參考文獻

1. 邱皓政(2010)。量化研究與統計分析：SPSS/PASW資料分析範例與解析(第五版)。臺北市：五南。
2. 陳百齡(1993)。圖像、基模、學與術：報紙圖像設計的理論和實踐。收錄於臧國仁(編著)，新聞學與術的對話(頁89-108)。臺北市：國立政治大學新聞研究所。
3. 陳柏霖、洪兆祥、余民寧(2013)。網路閱讀態度、網路閱讀行為及網路閱讀素養之橫斷面研究。教育科學研究期刊，58(3)，23-50。
4. 陳彙芳、范懿文(2000)。認知負荷對多媒體電腦輔助學習成效之影響研究。資訊管理研究，2(2)，45-60。

5. 黃俊儒、簡妙如(2006)。科學新聞文本的論述層次及結構分布：構思另個科學傳播的起點。《新聞學研究》，86，135-170。
6. 木村博之(2012)。設計的邏輯：INFOGRAPHICS 深入人心的視覺法則(インフォグラフィックス：情報をデザインする視点と表現；楊宗訓譯)。臺北市：旗標科技。(原作出版於2010年)
7. 禹錫晉、金美利(2016)。解構單頁式視覺資訊圖表設計與應用(One Page 인포그래픽스；郭淑慧譯)。新北市：博誌。(原作出版於2012年)
8. Krum, R. (2014)。資訊視覺圖表：讓資料變好看的大數據時代資料表達術(*Cool infographics: Effective communication with data visualization and design*；胡為君譯)。新北市：基峰。(原作出版於2013年)
9. Baek, Y. K., & Layne, B. H. (1988). Color, graphics, and animation in a computer-assisted learning tutorial lesson. *Journal of Computer-Based Instruction*, 15(4), 131-135.
10. Birnbaum, M. H. (2004). Human research and data collection via the Internet. *Annual Review of Psychology*, 55, 803-832.
11. Burgoon, J. K., Burgoon, M., & Wilkinson, M. (1981). Writing style as predictor of newspaper readership, satisfaction and image. *Journalism Quarterly*, 58(2), 225-231.
12. Cairo, A. (2013). *The functional art: An introduction to information graphics and visualization*. Berkeley, CA: New Riders.
13. Chang, Y.-S. (2018). The effect assessment of reading experience and use intention for AR interactive device. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(1), 531-542.
14. Chanlin, L.-J. (1997). The effects of verbal elaboration and visual elaboration on student learning. *International Journal of Instructional Media*, 24(4), 333-339.
15. Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3(3), 149-210.
16. Colombo, L., Landoni, M., & Rubegni, E. (2012). Understanding reading experience to inform the design of eBooks for children. In H. Schelhowe (Ed.), *Proceedings of IDC 2012: The 11th international conference on interaction design and children* (pp. 272-275). New York: ACM.
17. Comello, M. L., Qian, X., Deal, A., Ribisl, K. M., Linnan, L. A., & Tate, D. F. (2016). Impact of game-inspired infographics on user engagement and information processing in an eHealth program. *Journal of Medical Internet Research*, 18(9), e237.
18. DeStefano, D., & LeFevre, J.-A. (2007). Cognitive load in hypertext reading: A review. *Computers in Human Behavior*, 23(3), 1616-1641.
19. Duchastel, P., & Waller, R. (1979). Pictorial illustration in instructional texts. *Educational Technology*, 19(11), 20-25.

20. Eveland, W. P., & Dunwoody, S. (2001). User control and structural isomorphism or disorientation and cognitive load? Learning from the web versus print. *Communication Research*, 28(1), 48-78.
21. Fadzil, H. M. (2018). Designing infographics for the educational technology course: Perspectives of pre-service science teachers. *Journal of Baltic Science Education*, 17(1), 8-18.
22. Harrower, T., & Elman, J. M. (2012). *The newspaper designer's handbook* (7th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
23. Hays, T. A. (1996). Spatial abilities and the effects of computer animation on short-term and long-term comprehension. *Journal of Educational Computing Research*, 14(2), 139-155.
24. Hewson, C. (2003). Conducting research on the internet. *The Psychologist*, 16(6), 290-293.
25. Hullman, J., Adar, E., & Shah, P. (2011). Benefitting info Vis with visual difficulties. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 17(12), 2213-2222.
26. Jung, H., & Lim, H. (2018). Types and roles of visualization materials in elementary science textbook focusing on infographics. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 37(1), 80-91.
27. Lankow, J., Ritchie, J., & Crooks, R. (2012). *Infographics: The power of visual storytelling*. Hoboken, NJ: Wiley.
28. Larson, L. C. (2015). E-books and audiobooks: Extending the digital reading experience. *The Reading Teacher*, 69(2), 169-177.
29. Lazard, A., & Atkinson, L. (2015). Putting environmental infographics center stage: The role of visuals at the elaboration likelihood model's critical point of persuasion. *Science Communication*, 37(1), 6-33.
30. Lee, E.-J., & Kim, Y. W. (2016). Effects of infographics on news elaboration, acquisition, and evaluation: Prior knowledge and issue involvement as moderators. *New Media & Society*, 18(8), 1579-1598.
31. Lingard, H., Blismas, N., Harley, J., Stranieri, A., Zhang, R. P., & Pirzadeh, P. (2018). Making the invisible visible: Stimulating work health and safety-relevant thinking through the use of infographics in construction design. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(1), 39-61.
32. Locoro, A., Cabitza, F., Actis-Grosso, R., & Batini, C. (2017). Static and interactive infographics in daily tasks: A value-in-use and quality of interaction user study. *Computers in Human Behavior*, 71, 240-257.
33. Mayer, R. E. (1997). Multimedia learning: Are we asking the right questions? *Educational Psychologist*, 32(1), 1-19.
34. Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

35. Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1991). Animations need narrations: An experimental test of a dual-coding hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 83(4), 484-490.
36. Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52.
37. Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 389-401.
38. Occa, A., & Suggs, L. S. (2016). Communicating breast cancer screening with young women: An experimental test of didactic and narrative messages using video and infographics. *Journal of Health Communication*, 21(1), 1-11.
39. Organization for Economic Co-operation and Development. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: A framework for PISA 2006*. Paris, France: Author.
40. Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. Oxford, UK: Holt, Rinehart & Winston.
41. Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
42. Park, O.-C., & Gittelman, S. S. (1995). Dynamic characteristics of mental models and dynamic visual displays. *Instructional Science*, 23(5-6), 303-320.
43. Park, O.-C., & Hopkins, R. (1992). Instructional conditions for using dynamic visual displays: A review. *Instructional Science*, 21(6), 427-449.
44. Pasternack, S., & Utt, S. H. (1990). Reader use & understanding of newspaper infographics. *Newspaper Research Journal*, 11(2), 28-41.
45. Pearson, P. D., & Johnson, D. D. (1978). *Teaching reading comprehension*. New York: Holt, Rinehart and Winston.
46. Pimenta, S., & Poovaiah, R. (2010). On defining visual narratives. *Design Thoughts*, 3, 25-46.
47. Pressley, M. (2000). What should comprehension instruction be the instruction of? In M. L. Kamil, P. B. Mosenthal, P. D. Pearson, & R. Barr (Eds.), *Handbook of reading research* (Vol. 3, pp. 545-561). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
48. Rendgen, S., Wiedemann, J., Ciuccarelli, P., Wurman, R. S., Rogers, S., & Holmes, N. (2012). *Information graphics*. Köln, Germany: Taschen.
49. Rieber, L. P. (1995). A historical review of visualization in human cognition. *Educational Technology Research and Development*, 43(1), 45-46.
50. Rieber, L. P., & Hannafin, M. J. (1988). Effects of textual and animated orienting activities and practice on learning from computer-based instruction. *Computers in the Schools*, 5(1-2), 77-89.
51. Roller, B. V. (1980). Graph reading abilities of 13-year-olds. In P. A. Kolers, M. E. Wrolstad, & H. Bouma (Eds.), *Processing of visible language* (Vol. 2, pp. 305-314). New York: Plenum Press.

52. Ryan, R. S., Wilde, M., & Crist, S. (2013). Compared to a small, supervised lab experiment, a large, unsupervised web-based experiment on a previously unknown effect has benefits that outweigh its potential costs. *Computers in Human Behavior*, 29(4), 1295-1301.
53. Smiciklas, M. (2012). *The power of infographics: Using pictures to communicate and connect with your audience*. Indianapolis, IN: Que.
54. Smith, R. F. (1989). Black & white. Unread all over? How design & color affect reader judgement of newspapers. *Newspaper Research Journal*, 10(2), 75-85.
55. Tankard, J. W., Jr. (1989). Effects of cartoons & three-dimensional graphs on interest & information gain. *Newspaper Research Journal*, 10(3), 91-103.
56. Tidwell, J. (2010). *Designing interfaces: Patterns for effective interaction design*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.
57. Tremayne, M., & Dunwoody, S. (2001). Interactivity, information processing, and learning on the World Wide Web. *Science Communication*, 23(2), 111-134.
58. Trumbo, J. (1999). Visual literacy and science communication. *Science Communication*, 20(4), 409-425.
59. Tryon, K. (2008). *An examination of print and web graphics' effect on readers' recall*. Unpublished master thesis, Ball State University, Muncie, IN.
60. Tversky, B., Morrison, J. B., & Betrancourt, M. (2002). Animation: Can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies*, 57(4), 247-262.
61. Wanta, W., & Gao, D. (1994). Young readers and the newspaper: Information recall and perceived enjoyment, readability, and attractiveness, *Journalism Quarterly*, 71(4), 926-936.
62. Ward, D. B. (1992). The effectiveness of sidebar graphics. *Journalism Quarterly*, 69(2), 318-328.
63. Willis, D. (1999). Effects of using enhancing visual elements in web site design. *American Communication Journal*, 3(1). Retrieved June 25, 2016, from https://www.researchgate.net/publication/286982069_Effects_of_using_enhancing_visual_elements_in_Web_site_design
64. Yore, L. D., & Shymansky, J. A. (1991). Reading in science: Developing and operational conception to guide instruction. *Journal of Science Teacher Education*, 2(2), 29-36.

The Impact of Science Issue Infographics on Reading Experience and Comprehension

Zi-Yun Huang and Huiping Huang*

Institute of Communication Studies, National Chiao Tung University

Abstract

Along with the development of information technology and changes of people's lifestyle, science issue information is no longer confined to words and pictures, but containing sounds and interactive clicks to help the audience comprehend issues or events. To understand this phenomenon, this study conducted an online experiment to compare the impact of different types of information, including three infographic types which are static, dynamic and interactive, as well as text-only version, on the audience. This study adopted genetically modified crops (GMC) as the topic to design science issue texts. Subjects for the web-based experiment were university students. In total, 840 students participated in the experiment. Results showed that those who read static and dynamic infographics had better reading experience than the others, but those who read text-only and interactive infographic had better reading comprehension than the others. Overall, the findings suggest that science issue infographics including pictures and voices are more appealing to the audience, but text-only and interactive infographic are still important for the audience to comprehend the content. Results from this study can be applied to the presentation of science issues to help promote public understanding of science.

Key words: Cognitive Theory of Multimedia Learning, Science Issues, Infographics, Reading Comprehension, Reading Experience

* Corresponding author: Huiping Huang, hphuang@nctu.edu.tw