



摘要

數位科技的快速發展對於我們日常生活的影響相當大，在影音方面，從傳統的類照片、錄音帶與錄影帶，到現在的手機等隨身設備，讓我們隨時隨地一舉手就可將周遭的人事物記錄下來；而在網路方面，結合通訊技術與資訊科技的網路環境，更是帶給我們各式各樣無處不在的雲端服務，這些技術不僅讓我們能更容易保存資料，更重要的是可讓我們隨時隨地搜尋、存取、並與別人分享所需的資訊。此外，因數位科技所延伸的多樣性的應用，更是讓人眼花撩亂，例如：3D技術、虛擬實境(virtual reality)、無人機(drone)、物聯網(Internet of Things, IoT)、大數據(big data)、深度學習(deep learning)與人工

智慧等等，這些技術的出現不僅改變了人們的生活，更帶來了犯罪偵查與鑑識人員的挑戰。

鑑識科學的發展隨著各式各樣實體物證的鑑定需求（例如：指紋比對），已有相當豐富的知識與成熟的技術，然而，對於以數位資料為分析主體的鑑識技術，仍有相當大的進步空間。

本文將從最基本的數位化技術開始介紹，接著說明鑑識科學領域的數位科技分類方式、數位鑑識實驗室認證、數位科技輔助鑑識工作等，之後討論幾項數位技術對於鑑識科學可能帶來的影響與挑戰。



數位科技發展對於 鑑識科學的影響與挑戰

溫哲彥 / 中央警察大學鑑識科學學系教授

前言

Google在2018年的I/O大會上，展示了Duplex人工智慧語音技術，利用此技術以假亂真地打電話給店家，並成功地預約了服務^(1,2)，這個新聞提醒我們一件事，在不久的將來，你可能無法確定跟你講電話的對象是否真的是「人類」。雖然這聽起來有點像科幻電影，但它似乎正在發生中。

科技的發展雖非一日千里，但發展的速度也夠讓人目不暇給。約二十年前，當幾乎所有的相片都是以底片的方式來獲得時，數位照相技術正開始如雨後春筍般地普及，而傳統類比式的監視錄影系統也逐漸被數位式系統所取代。當時，許多執法人員注意到此現象，開始討論一個重要的課題——「數位資料是否可當作證據」。然而，以今日時事觀之，這個問題應改變為——「如何將數位資料轉換成為證據」。科技的發展不僅影響了我們的日常生活，更是擴大了鑑識科學的領域。

在數位科技的發展中，影像（image）、聲音（audio）與視訊（video）

等多媒體影音技術可說是最重要的項目，其發展是多元化的，在日常生活中的應用也最廣，因此在鑑識實務上遇到的問題也是最多的。因此，在鑑識科學的領域分類中，為了與傳統項目做區別，專門為數位資料的鑑識項目獨立列為一類，由此可見其重要程度。

鑑識科學基本上是屬於應用性的科學（或者應該說是科學技術的應用），然而，如同其他的科學與技術，鑑識科學是需要有堅實的理論基礎作為後盾，否則鑑定結果是無法讓人信服的，尤其是作為法庭上的證據，其結果往往影響當事人的權益，絕對是需要嚴謹的科學理論（當然，豐富的實務經驗絕對是有加乘的效果，但還是必須建立在科學理論之上）。

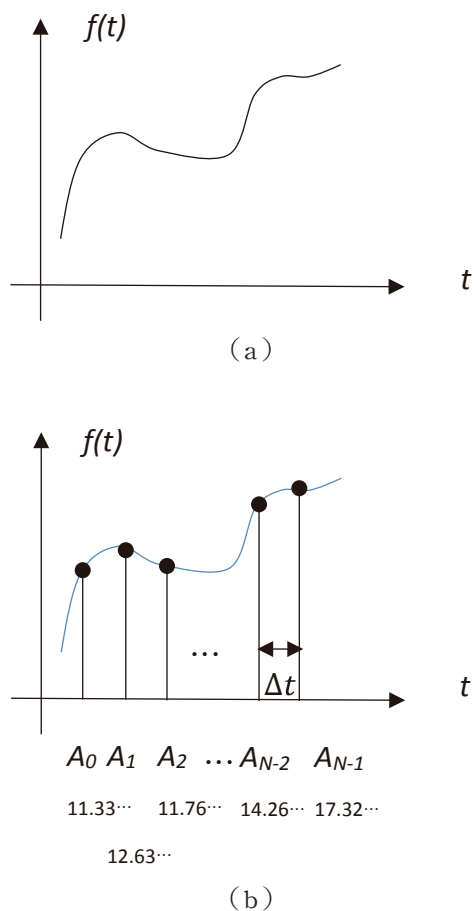
本文從最基礎的「何謂數位化」開始介紹，讓讀者了解類比與數位資料表示法間的差異處。接著說明在鑑識科學的領域中，對於數位鑑識科技的分類方式，本文將以美國商務部（United States Department of Commerce）所屬的美國國家標準暨技術研究院（National Institute of Standards and

Technology, NIST) (3), 其下所成立的組織 OSAC for Forensic Science (The Organization of Scientific Area Committees) 的分類方式做說明 (4)。認證是確保實驗室品質的一種重要方法, 本文也將描述目前在台灣數位鑑識實驗室認證的狀況。人類發展科技有一個主要的原因, 就是改善與提升我們的生活, 同樣地, 數位科技也能用來輔助鑑識工作的進行, 我們也針對幾項技術做說明。最後, 我們討論了幾項數位技術對於鑑識科學可能帶來的影響與挑戰, 作為本文的結尾。

何謂「數位化」?

所謂的「數位化」, 即是使用有限的符號來表示資料, 一般來說, 我們只使用兩個符號“0”與“1”(當然也可使用兩個以上的符號), 而每個用來表示“0”或“1”的最小單位即被稱為位元(bit)。我們使用一個例子來說明如何將類比訊號(analog signal, 也就是我們所謂的連續訊號)轉換為數位訊號(digital signal)。假設圖1(a)為一個類比訊號, 我們要將其轉換成4位元(bits)的數位正整數訊號。其步驟如下: (一) 取樣(sampling), 如圖1(b)。我們以 Δt 的時間間隔(取樣週期)選取 $A_0 (= 11.33\dots)$, $A_1 (= 12.63\dots)$, \dots , $A_{N-1} (= 17.32\dots)$ 共 N 個資料。(二) 量化(quantization), 如圖1(c)。由於我們只能用有限的符號來表示每個 A 的資料, 因此必須將資料做進一步的簡化處理, 在此例子中, 我們將每個 A 的資料以使用四捨五入的方式變成整數, 亦即 $A_0 (= 11)$, $A_1 (= 13)$, \dots , $A_{N-1} (= 17)$ 。此外, 由於4個位元表示正整數的範圍為0~15(亦即二進位0000~

1111), 因此我們必須將 A_{N-1} 的值由17改為15, 此動作稱為「溢位處理」(對於溢位的處理方式不只一種, 在此我們採用最常見的方式, 亦即超過15時就以15作為取代)。(三) 二值化(binanzation, 十進位轉二進位), 如圖1(d)。在此步驟中, 我們將數字從以十進位表示改以二進位表示, 並獲得數位「原始資料(raw data)」。為何稱為「原始資料」? 這是因為在實際記錄數位資料時, 我們經常會將資料進行壓縮(compression), 以減少我們記錄資料所需的儲存空間, 例如: 影像檔(jpeg)與影音檔(mp4)。



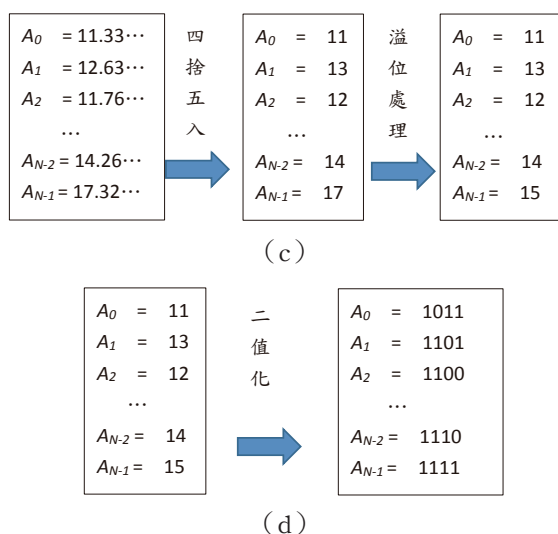


圖1、一個將類比訊號轉換為4位元數位正整數訊號的例子：
(a)類比訊號；(b)取樣；(c)量化；(d)二值化
(十進位轉二進位)

經過上述的說明，讀者應可了解何謂數位資料。在幾年前（相信至今仍有讀者會有此困擾），我們常會遇到許多人提出一個問題：「數位資料經過壓縮後，不就會造成資料失真的問題，那是否有可當成證據的疑慮？」在回答此問題之前，我們必須瞭解兩個名詞的差異，「資料（data）」與「資訊（information）」。以我們目前常用的問卷調查來說，當我們發出1000份問卷後，若回收了900份，並從中獲得了某某人比較可能在選舉中當選，這「900份問卷」就是資料，而「某某人比較可能在選舉中當選」就是我們所獲得的資訊。然而，若是我們只回收了800份，但仍從中獲得了同一人比較可能在選舉中當選的相同結果。這時，我們就可說是資料不同，但所獲得的資訊仍相同。數位資料壓縮亦是以類似的觀念進行的，它可大致分為兩大類：「非失真壓

縮（lossless compression）」與「失真壓縮（lossy compression）」。簡單地說，使用非失真壓縮可完全地回復原始的資料，我們只是以更有效率的方式儲存資料；而使用失真壓縮雖然無法完全地回復原始資料，卻仍可重建並估算原始的資料，此類方法的目的是為更有效率地節省資料儲存空間（此為目前一般商用軟體所採用的方式）。上述兩類方法儲存資料的方式雖不同，但其目的均是保留我們所需要的資訊。回到我們的問題，只要數位資料仍能完整地表現我們所需的資訊（例如：影像中指紋的紋路），無論它是否經過壓縮，仍能成為法庭上的證據。

鑑識科學領域的數位科技分類

數位科技的發展不僅擴大了鑑識科學的領域，同時也帶來了更大的挑戰，因此，美國商務部（United States Department of Commerce）所屬的美國國家標準暨技術研究院（National Institute of Standards and Technology, NIST）⁽³⁾，成立了專門處理鑑識科學事務的組織OSAC for Forensic Science（The Organization of Scientific Area Committees）⁽⁴⁾，此組織的架構如圖2所示，包括「生物與DNA（Biology/DNA）」、「化學與儀器分析（Chemistry/Instrumental Analysis）」、「現場與死亡調查（Crime Scene/Death Investigation）」、「物理與型態解析（Physics/Pattern Interpretation）」、以及「數位多媒體（Digital/Multimedia）」等五大類，我們可由此架構圖了解到鑑識各領域間的關係與類

別。其中值得我們注意的是在「數位多媒體 (Digital/Multimedia)」領域中，為了能針對不同的主題提供相關「標準 (standards)」與「規範建議 (guidelines)」，更細分為四個次委員會，分別為：

- ▶ 「視訊/取像技術與分析 (Video/Imaging Technology and Analysis)」，此委員會探討的主題是針對為了分析從各種系統所獲得之鑑識影像資料所需之相關方法與技術。
- ▶ 「語者辨識 (speaker recognition)」，此委員會探討的主題包括語者辨識、以及語音資料收集、量測、傳遞與檢索相關問題。
- ▶ 「人臉比對 (facial identification)」，此委員會探討的主題是針對人臉影像之特徵比對。
- ▶ 「數位證物 (digital evidence)」，此委員會探討的主題是針對以二元形式所儲存或傳遞之數位化資料，其所具有之證據資訊相關問題。

第一個委員會處理的問題範圍較廣泛，除了在獲取影音資料時所可能遇到的問題外，一般常見的影像與視訊內容分析技術，包括潛伏指紋影像 (latent fingerprint image)、影像偽變造 (image authentication)、資料檢索 (data retrieval) 等，都是探討的重點。而第二與第三個委員會則是分別針對語音資料處理與人臉比對這兩個在影音鑑定中常見的問題做探討。以上三個委員會主要處理的目標物屬於人類感

知較能「直觀理解」的多媒體內容，因此一般在鑑定報告的撰寫上相對直接，也比較能讓不同領域的人了解所要表達的重點。不同於以上三者，第四個委員會要處理的目標物就比較接近於數位機器設備所使用的二元形式資料，以及這些資料所代表的資訊，例如：還原被刪除的數位文件、擷取通訊軟體中的對話、分析手機資料內容等。雖然第四個委員會與其他三個專注的重點有所差異，但在實務執行鑑定工作時，卻是息息相關，例如：當我們要鑑定影像是否有經過偽變造時，除了檢視影像所表現的內容外，就經常要同時分析檔案表頭 (header) 的二元資料內容，藉此可獲得此檔案形成時的相關資訊；又如當我們將電腦硬碟中被刪除的影像資料還原後，仍然要藉由影像分析的技術了解其內容所代表的資訊為何。因此，數位分析技術與執行單位雖有著重點的不同，但必須分工合作，才能發揮最大的效能。

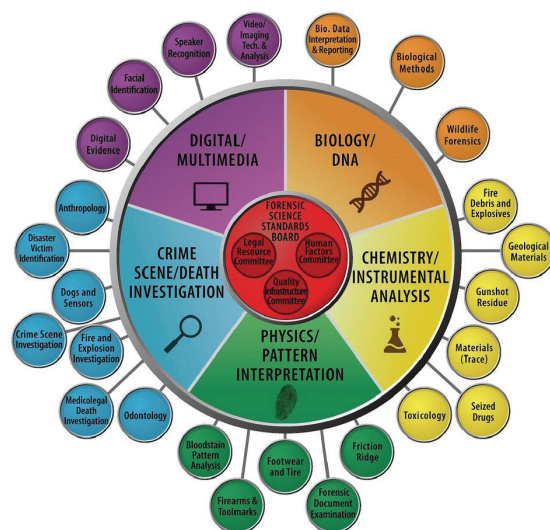


圖2、OSAC Organizational Structure (4)

數位鑑識認證

在實務工作上，對於數位證物的處理，依照使用目的可大致區分為「數位偵查(digital investigation)」與「數位鑑識(digital forensics)」。前者類似於一般的「犯罪偵查」，而後者較接近於「鑑識科學」。簡單地說，數位偵查主要是要發掘數位資料（可能來自於硬碟、手機、以及雲端設備等）中與犯罪事實有關的資料，以了解事情發生的「真相(truth)」，在處理時「時效」往往是要重點；而數位鑑識主要是要確認事情發生過程中的「事實(fact)」，如何讓這些事實成為法律上的「證據」則是在處理時要求的重點，而所產出的結果常以鑑定報告為主。

不同於偵查工作，許多鑑識的過程都是在實驗室內完成，而實驗室的品質則會直接影響鑑定報告的內容，因此近年來，對於鑑識實驗室的認證成為維持實驗室品質的一種重要方式。

在介紹數位鑑識認證之前，我們要先了解「驗證(certification)」與「認證(creditation)」是不同的概念^(5,6)。

「驗證」是指對某單位管理系統（包括產品、過程、服務、系統或人員）符合標準之認可。簡單地說，驗證是由公正獨立之第三方驗證機構，對單位出具書面保證其某產品、過程或服務等項目能符合規定要求之程序，例如：ISO 27001 資訊安全管理系統驗證。

「認證」是指實驗室為了證明其執行測試之能力與其所出具報告之可信度，向認證機構申請認證，由認證機構依據國際標準（目前鑑識科學實驗室主要是根據ISO/IEC 17025）對該實驗室之能力及品質系統進行評鑑。通過認證之實驗室即可在其認證範圍內所出具的報告上使用認證機構之認證標誌，以證明其能力，例如：財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)測試實驗室認證標誌（如圖3）⁽⁷⁾。簡單地說，所謂通過認證是對實驗室測試能力之認可。雖然「認證」與「驗證」是不同的，但兩者都是為了與世界接軌的重要步驟。

在台灣，目前通過數位鑑識的實驗室已經接近10家，而數位鑑識實驗室的認證主要是根據「ISO/IEC 17025 測試與校正實驗室能力一般要求」（目前最新版本為ISO/IEC 17025:2017）與「TAF-CNLA-T11 鑑識科學實驗室認證技術規範」，認證領域為「測試領域」，申請認證的試驗項目為「Z078 資訊重現(recovery of information)」⁽⁸⁾，目前認證範圍主要包括刪除資料復原及關鍵字搜尋兩項。在認證的過程中，對於人員、設施與環境條件、設備、方法、結果報告、以及紀錄等等，都有一定的要求與規範。雖然通過認證的實驗室並不就代表完美，然而可確保實驗室有一定的品質。





圖3、財團法人全國認證基金會
測試實驗室認證標誌⁽⁷⁾

數位科技輔助鑑識工作

數位科技已展現其改善人類生活與提升管理效率的功能，例如：車牌比對系統目前已經廣泛地應用在停車場，讓進出停車場的過程更順暢；而指紋、人臉、虹膜等比對系統，不僅已用在差勤管理，更成為許多智慧型手機的解鎖功能。同樣地，這些數位科技也能改善鑑識工作的效能。

目前在鑑識實務上已經有應用相當成功的數位比對系統，例如：「指紋比對系統（Automated Fingerprint Identification System, AFIS）」、「整合彈道辨識系統（Integrated Ballistics Identification System, IBIS）」，「鞋印痕比對暨建檔系統」（SICAR）」等。這些系統大量減低人工比對的負擔，能快速將比對結果提供給鑑識人員，並作為進一步確認的參考。

人臉比對一向是影像鑑定中的重要工作項目之一，近年來，人臉自動比對系統的效能更是大幅進步，移民署自2012年起所啟用的e-Gate系統即是採用臉部與指紋辨識技術⁽⁹⁾，在該系統的輔助下，可加快通關速度。美國國家標準暨技術研究院（NIST）在

2018年進行了一項結合了鑑識科學、心理學、與電腦視覺專家的實驗⁽¹⁰⁾，初步的實驗結果顯示，兩位人臉辨識專家的比對結果會比只有一位專家進行比對時好。但若一位人臉辨識專家在該實驗中最好的電腦辨識演算法輔助下，其比對結果似乎就又比兩位人臉辨識專家好。這個實驗的結果並不是要告訴我們電腦比人強（至少目前的狀況還是需要一位人臉辨識專家），但不可否認的，善用數位科技的協助，我們將能更有效率地進行我們的工作。另一個重要的例子是3D技術的應用與發展。

3D技術包含的範圍非常廣泛，有些只是為了讓人產生立體的視覺感，而有些則是可產生具有量測功能的資料⁽¹¹⁾。在使用3D技術之前一定要先了解該技術的特性，並選擇適合的工具。舉例來說，點雲（point cloud）是最常用的3D資料之一⁽¹²⁾，我們可藉由它記錄單一物體表面的幾何形狀資訊，甚至是現場環境中各物體之間的相對關係，許多3D掃描器是以雷射測距的原理獲得點雲資料，並以網格（mesh）的方式呈現，有些設備亦能讓其具有顏色資料（如圖4），因此其所記錄的空間資訊就相對接近實際的狀況。當我們需要對於物體或現場空間進行測量時，此類的資料就比2D影像更能發揮功能。然而，目前3D掃描器屬於價格較昂貴之儀器設備，需要較大的儲存空間與具有較高運算效能的電腦，一般單位無法負擔，此外，對於操作與處理人員所需之相關知識與訓練亦有較高的要求，由於上述的條件限制，造成目前3D技術在鑑識實務單位無法普及。

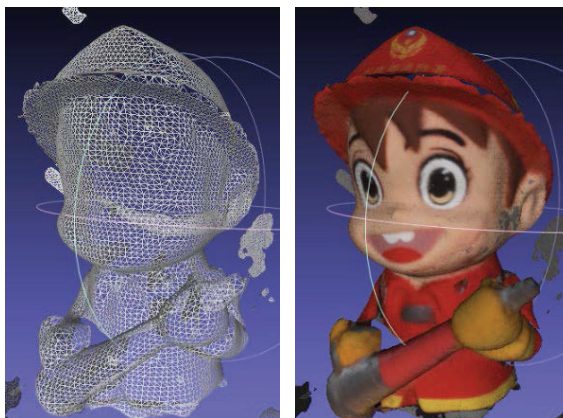


圖4、一個3D點雲的例子，左邊是點雲所構成的網格資料，右邊是其相對的顏色資料圖

近年來，隨著「精靈寶可夢GO遊戲」的風行⁽¹³⁾，許多遊戲玩家享受著虛擬神奇寶貝所帶來的樂趣，有些智慧型手機也提供使用者在拍照或視訊通話時，讓自己變身為卡通或漫畫中人物的功能，當然也有許多電影描述虛擬與現實世界間的關係（例如：2018年的「一級玩家」），這些虛擬技術漸漸被大眾接受與使用。依照使用方式與原理的不同，相關虛擬技術又大致可區分為三類：虛擬實境（Virtual Reality, VR）、擴增實境（Augmented Reality, AR）、混合實境（Mixed Reality, MR）⁽¹⁴⁾。

虛擬實境（VR）就如同其文字所示，所看到的一切都是由電腦所產生的虛擬環境，而此環境是由獨立的資料所組成，無法與現實世界互動，使用者完全是進入虛擬的世界（即使是模擬現實場景，資料還是由電腦所產生的），目前已有數種商用產品上市，例如：HTC Vive⁽¹⁵⁾。

擴增實境（AR）是將虛擬資訊加入到現實場景中，但兩者間並無互動的關係，

例如：在玩精靈寶可夢GO遊戲時，雖然可藉由全球定位系統（Global Positioning System, GPS）讓神奇寶貝出現的地點與現實世界有關，然而在遊戲中，神奇寶貝只能與遊戲者互動，而與現實場景無關聯。上述智慧型手機讓使用者在拍照或視訊通話時，變身為卡通與漫畫中人物的功能，亦是屬於AR技術。

混合實境（MR）不僅是將虛擬資訊加入到現實場景中，而更是讓兩者間產生互動的關係，例如：Microsoft HoloLens⁽¹⁶⁾。混合實境亦可讓虛擬的遊戲動作藉由設備讓身體實際感受到動作帶來的回饋力，簡單地說，就是將虛擬與現實做結合。雖然混合實境與擴增實境都是將虛擬資訊加入到現實場景中，然而兩者最大的差別就是所加入的虛擬資訊與使用者的相對位置是否會隨使用者的動作而改變，舉例來說，假設實體牆上有一幅以投影方式出現的虛擬電視畫面，若是使用擴增實境時，當我們轉動頭部，此電視畫面會隨之移動，跟我們的眼睛之間的相對位置不會改變；若是使用混合實境時，則此電視畫面會固定保持在原來牆上的位置，也就是虛擬資訊與我們的相對位置會改變。

結合3D與虛擬技術是非常直覺與自然不過的事，然而，如我們以上所討論的，在使用任何工具前，一定要對該工具的原理與限制有所了解，以免產生誤解或誤用的狀況。以3D點雲來說，若要使用較完整的現場環境紀錄，資料是相當龐大的；而高畫質的VR系統，也有相同的問題。若要將現場3D點雲轉換成VR系統所使用的資料，其所

需的計算量相當可觀，現今仍有其困難度。也許降低解析度、僅做局部資料、或是輔以其他人工後製資料（當然，資料必須是來自於現場客觀的量測）是現階段妥協的作法⁽¹⁷⁾。

當我們應用任何工具或技術於鑑識科學工作時，除了要清楚偵查與鑑識本質上的差異外，務必要了解這些科技的原理與限制、數據資料獲得的方式、資料處理的結果是僅能作為示意還是可作為量測之用等等，才不至於陷入華而不實的窘境。畢竟鑑識科學的本質是探討事實，而不是臆測（讀者必須了解「臆測」與「根據事實的專家意見」不同）。

未來的挑戰

從傳統類比時代，偽變造影像的鑑定問題就已經是影像鑑識的重要工作之一，而進入數位時代後，偽變造影像變得更加容易，使用一般商用軟體就可輕易修改數位影像。同樣地，語音也成為另一個鑑識的重要挑戰，近年來人工智慧技術的快速發展，更加速語音偽變造技術的進步。Google在2018年的I/O大會上所展示的Duplex人工智慧語音技術就是最好的例子^(1,2)。與以往聽起來就像機器所產生的人工語音不同，利用Duplex技術所產生的語音，聽起來非常自然，說話的聲音（包括語調）幾乎與平常人類無異，甚至會發出一般口語對話時「Um...（嗯...）」、「Uh huh（嗯哼）」等語助詞。雖然相關技術仍在開發中，尚未成熟到能普遍應用，但以目前所展示的例子，

仍能看出其發展潛力。

無人機（Unmanned Aerial Vehicle, UAV, 或稱為Drone）是指無人飛行載具⁽¹⁸⁾，它包含的種類非常多，應用的領域也很廣，而我們一般常稱為「空拍機」的設備是屬於其中一種內建（或外掛）照相機、攝影機的無人飛行載具。然而，正如同其他科技發展的過程，無人機亦製造了一些危害社會安全的事件，例如：無人機入侵倫敦蓋威克機場⁽¹⁹⁾、台北101大樓亦發生數起被無人機撞擊的事件⁽²⁰⁾等。而在2018年，甚至發生委內瑞拉總統在演說時，遭無人機炸彈攻擊的事件⁽²¹⁾。

我們可想像一種情境，當接到詐騙電話時，與你對話的是經「詐騙資料庫」訓練過的人工智慧語音系統，而「他（或她）」說話的語調讓你誤以為與你對話的是真人，而來跟你收款的是一架上面裝了數個監視攝影機的無人機（對方可掌握你的狀況，而你卻不知此無人機從何而來，也不知將飛往何處），而你就只能將錢交給它並目送它離開，像這種類似電影情節的狀況，其相關技術都已經是現成的，也可能在不久的將來發生。

關於語音與語者辨識的技術已經有不少的研究與實務工作進行中（包括使用深度學習的方法^(22,23)），而關於無人機鑑識的研究也已引起學者的注意^(24,25)。然而，隨著數位科技的快速進展，還有許許多多五花八門的科技應用將影響我們的生活，例如：機器人（例如：Boston Dynamics⁽²⁶⁾）與物聯網（Internet of Things, IoT）⁽²⁷⁾。這兩項科技在

使用時，都已經將真人參與的比例降低，甚至是以無人操作的狀態，而由機器自行運作，如何將機器與人的關係做連結，在可預見的將來，相關鑑識工作所面臨的挑戰絕對不可小覷。

結語

以往鑑識科學較著重在尋找與確認生物特徵（包括生理特徵與行為特徵）與個人之間的連結關係；而在數位的世界，鑑識科學則是著重在尋找與確認數位資料（或特徵）與個人之間的連結關係。希望藉由本文的拋磚引玉，能讓更多從事鑑識工作的專家學者將傳統以實體物證為主的知識與研究，延伸至以資訊內容為主的鑑識科學。FACT



參考文獻

1. Google I/O, 2018, <<https://events.google.com/io2018/>> , (2019/02/22) 。
2. iThome新聞「Duplex太逼真嚇壞人，Google將讓AI語音助理表明「我是機器人」」：<<https://www.ithome.com.tw/news/123082>> , (2019/02/22) 。
3. 美國國家標準暨技術研究院（National Institute of Standards and Technology，簡寫為NIST）：<<https://zh.wikipedia.org/wiki/國家標準技術研究院>> , (2019/02/22) 。
4. The Organization of Scientific Area Committees (OSAC) for Forensic Science：<<https://www.nist.gov/topics/organization-scientific-area-committees-forensic-science/osac-organizational-structure>> , (2019/02/22) 。
5. 經濟部標檢局，管理系統認證與驗證有何差別？<<https://www.bsmi.gov.tw/wSite/ct?xItem=50131&ctNode=4801&mp=1>> , (2019/02/22) 。
6. 財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)，常見問答<<https://www.taftw.org.tw/wSite/ct?xItem=827&ctNode=445&mp=1>> , (2019/02/22) 。
7. 財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)，TAF認證標誌<<https://www.taftw.org.tw/wSite/lp?ctNode=285&CtUnit=387&BaseDSD=7&mp=1>> , (2019/02/22) 。
8. 財團法人全國認證基金會(Taiwan Accreditation Foundation, TAF)，實驗室認證，<<https://www.taftw.org.tw/wSite/ct?xItem=25&ctNode=33&mp=1>> , (2019/02/22) 。
9. 移民署啟用臉部辨識閘門，通關只要12秒，<<https://www.ithome.com.tw/node/71620>> , (2019/02/22) 。
10. NIST Study Shows Face Recognition Experts Perform Better With AI as Partner, <<https://www.nist.gov/news-events/news/2018/05/nist-study-shows-face-recognition-experts-perform-better-ai-partner>>, (2019/02/22).
11. 哲彥，3D影像簡介，社團法人臺灣鑑識科學學會第12期會刊，P.3-6, <<http://tafs.cid.cpu.edu.tw/>> , (2019/02/22) 。
12. Point cloud, <https://en.wikipedia.org/wiki/Point_cloud> , (2019/02/22) 。
13. 維基百科，精靈寶可夢GO遊戲，<<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%B2%BE%E9%9D%88%E5%A>

- F%B6%E5%8F%AF%E5%A4%A2GO> , (2019/02/22)。
- 14.中時電子報，科技大哉問》AR／VR／MR／CR有何不同<<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20160420005364-260412>> , (2019/02/22)。
 - 15.HTC Vive, <<https://www.vive.com/tw/>> , (2019/02/22)。
 - 16.Microsoft HoloLens, <<https://www.microsoft.com/en-us/hololens>> , (2019/02/22)。
 - 17.方圓與李承龍，虛擬實境與3D動畫應用於犯罪現場重建支初探，2018年犯罪偵查與鑑識科學研討會，p.109-p.115，2018/09/21。
 - 18.Unmanned aerial vehicle (UAV, or Drone), wiki ,<https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle> , (2019/02/22)。
 - 19.Udn新聞轉角國際，無人機入侵！倫敦蓋威克機場癱瘓3日，12萬旅客航班受困，<https://global.udn.com/global_vision/story/8662/3550260> , (2019/02/22)。
 - 20.中時電子報，第5起！又有空拍機撞101，<<https://www.chinatimes.com/newspapers/20151030001406-260106>> , (2019/02/22)。
 - 21.聯合新聞網，委內瑞拉總統演說 遭無人機炸彈攻擊，<<https://udn.com/news/story/6809/3291529>> , (2019/02/22)。
 - 22.Y. Lukic, et al., Speaker identification and clustering using convolutional neural networks, 2016 IEEE international workshop on machine learning for signal processing, Sep. 13–16, 2016, Salerno, Italy.
 - 23.S. Tirumala and S. Shahamiri, A review on Deep Learning approaches in Speaker Identification, Conference Paper, Nov. 2016, DOI: 10.1145/3015166.3015210.
 - 24.G. Horsman, Unmanned aerial vehicles: A preliminary analysis of forensic challenges, Digital Investigation 16 (2016), pp.1~11.
 - 25.施並承與王旭正，UAV forensics with mobile connection probing record evidence，2018年犯罪偵查與鑑識科學研討會，p.225-p.230，2018/09/21。
 - 26.Boston Dynamics, wiki, <https://en.wikipedia.org/wiki/Boston_Dynamics>, (2019/02/22)。
 - 27.Internet of things, wiki, <https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things>, (2019/02/22)。