

# 醫用超音波專題進度報告

## Ultrasound Computed Tomography

2002/5/15 何祚明 陳彥甫

### 一、簡介：

電腦斷層 (Computed Tomography, CT), 是在 1972 年由英國人 G. N. Hounsfield 所發展出來的一種影像技術, 當時叫做 Computerized Axial Transverse Scanning, 簡單的原理是利用一個點波源與單一偵檢器, 來偵測穿透病人之 Gamma 射線 (或 X-ray、超音波等等) 總量, 稱為投影量 (projection), 在取得每一個角度與位置的投影量之後, 即可利用電腦進行反投影而重組影像, 以得到物體的切面影像, Hounsfield 先生也因為發明了 CT 這種影像技術而得到 1979 年的諾貝爾醫學獎。

### 二、原理：

在 CT 上最重要的定理應該就屬 Central Section Theorem 了 (也叫做 Projection Slice Theorem), 其在說明把我們使用斷層掃描方式取得在不同角度的投影量  $g_\theta(r)$ , 做一維的 Fourier Transform, 會等於把原來物體的空間分佈  $f(x,y)$  做二維 Fourier Transform 後在  $r$  方向的值。把投影量做一維的 Fourier Transform, 我們可以得到：

$$\begin{aligned} G_\theta(\rho) &= F_{1D(R)}\{g_\theta(R)\} = \iiint f(x,y)\delta(x\cos\theta + y\sin\theta - R)\exp(-i2\pi\rho R)dx dy \\ &= \iint f(x,y)\exp(-i2\pi\rho(x\cos\theta + y\sin\theta))dx dy \\ &= \iint f(x,y)\exp(-i2\pi(\rho\cos\theta x + \rho\sin\theta y))dx dy \end{aligned}$$

又將  $f(x,y)$  做二維 Fourier Transform 可得：

$$F(u,v) = \iint f(x,y)\exp(-i2\pi(ux + vy))dx dy$$

而  $(u,v)$  表示在極座標上為  $(\rho\cos\theta, \rho\sin\theta)$ , 所以我們可以發現：

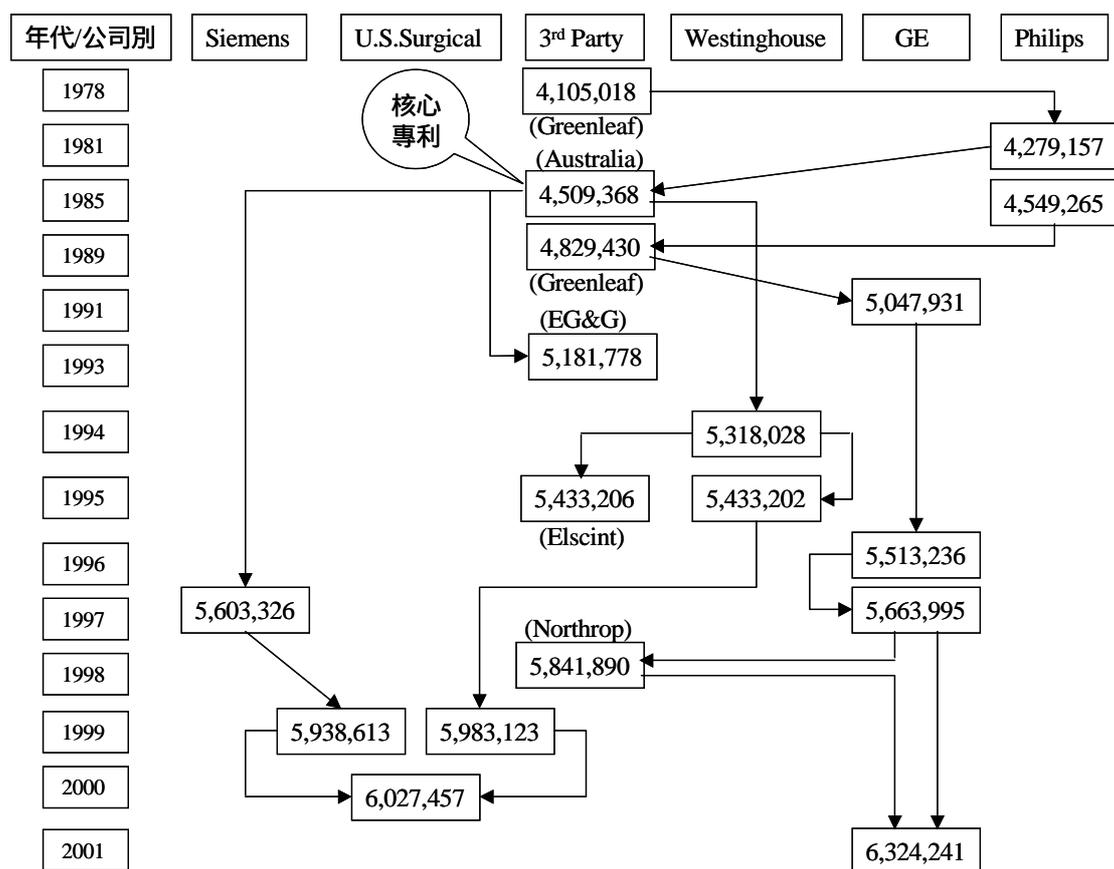
$$G_\theta(\rho) = F(u,v)\Big|_{u=\rho\cos\theta, v=\rho\sin\theta} = F(\rho, \theta)$$

所以當我們要重建影像時,即可把在各個角度取到的投影量做一維的 Fourier Transform 以填滿  $F(u,v)$ , 再對整個  $F(u,v)$  做二維的 inverse Fourier transform, 即可得到重建後的原始影像  $f(x,y)$ 。

### 三、專利分析：

關於超音波在電腦斷層掃描上的應用,在專利分析方面,雖然從 USPTO 網站搜尋到跟各式各樣 Tomography 有關的專利相當多,但直接跟 Ultrasound Computed Tomography (UCT) 有關的專利則不是很多,不過 UCT 跟其他醫學影像技術的斷層掃描,在架構及重建方法上有不少相似之處,所以並非要直接論及 UCT 的專利才具有參考價值。

關於 Tomography 的專利可以往上追溯至 70 年代中期,整個 CT 的發展,是如何以最少的時間而得到更好的影像為出發點。我們在整理跟 UCT 相關的專利之後可以得到以下的專利圖譜：



從專利圖譜中可以發現,早期 UCT 的發展並不侷限於在大的醫療儀器公司,而分析專利圖譜後得知核心技術為一篇在 1985 年所發表, Assignee 為澳洲政府 (The Commonwealth of Australia) 的專利,內容主要是在建立一套 UCT 的

掃瞄裝置及方法，包括了數對可以在 transmission 或是 reflection 模式下使用的超音波探頭，此架構之後也陸續被其他許多篇專利所引用。

又下表為專利的標的分析統計表：

Method/ Process	Device/ Apparatus	System	合計
17	11	7	35

由上表得知研究的重點多在提出新的影像重建方法及演算法 ( Method/Process )，或是發展新的掃瞄技術及裝置 ( Device/Apparatus ) 等等，包括了超音波界的權威 James F. Greenleaf 博士早在 1978 年就提出經由測量聲波訊號的 time-of-flight，來重建出被影像物體的空間分佈情形；在 1989 年也進一步提出如何減少取到的數據受 artifact 的影響。其他如美國西屋公司 ( Westinghouse ) 提出使用超音波陣列探頭的掃瞄及重建方式；GE 則提出一系列特殊的掃瞄方式及重建方法，包括了近來相當熱門的 spiral ( or helical ) CT，以及 3D reconstruction；Northrop Grumman 公司提出使用 wavelet 方式的斷層影像；最近幾年也有醫療器材公司 U.S. Surgical 提出結合 Ultrasound 和 X-ray 兩種影像方法的 mammography 技術。

CT 雖然已經有一段不算短的發展歷史，但超音波斷層掃瞄一直不是其中的主流，不過未來在結合其他影像技術後，UCT 應該還會有更多應用的空間。