

行政院原子能委員會
委託研究計畫研究報告

數位斷層合成影像品質評估方法及允收標準之研究

Assessment of image quality for digital tomosynthesis imaging

計畫編號：1032001INER010

受委託機關(構)：臺大醫學院光電醫學研究中心

計畫主持人：曾文毅 教授

聯絡電話：02-23123456 #88758

E-mail address：wytseeng@ntu.edu.tw

核研所聯絡人員：曾繁斌

報告日期： 103 年 11 月 28 日

目 錄

目 錄.....	I
中文摘要.....	1
英文摘要.....	2
壹、計畫緣起與目的.....	4
貳、研究方法與過程.....	4
參、主要發現與結論.....	7
肆、參考文獻.....	15

中文摘要

上位計畫配合「黃金十年、國家願景」政策，結合國內資通訊電子產業優勢，產學研醫合作，開發市場導向之高階影像醫療器材技術，以一旗艦產品原型機開發，期達到全面關鍵技術提升，填補當前我國主導產業轉型發展的缺口，帶動傳統產業技術升級及創新加值。醫用 3D 放射造影儀系統成像性能受系統軟硬體設計製造，包含組件選用等影響，會受到不同來源的雜訊干擾。造影系統輻射劑量高則訊號強，雜訊影響相對較小。但因上位計畫預建置低輻射劑量造影系統，訊號小雜訊影響相對大，進而影響影像品質。本計畫將建立一適用於 3D 放射造影儀系統之影像品質評估標準，首先將建立定量指標，包含量測模量傳遞函數(Modulation transfer function, MTF)及雜訊功率頻譜(Noise power spectrum, NPS)之方法，評估原型機產生之影像及找尋最佳化造影參數。此外，此研究將透過影像醫學部臨床醫師經驗及專長，透過與核研所合作討論，建立影像品質定性指標及允收標準。結合此定量及定性指標，期能兼顧影像品質並將劑量合理抑低，達到低劑量及高訊雜比 3D 放射造影之目的。最後將建立影像品質控制程序，做為未來臨床使用之標準。

Abstract

Three-dimensional medical radiological imaging system suffers from different noises from different sources according to the design and manufacturing of software and hardware, including component selection and other factors. If the radiation dose of angiography system is high, the signal intensity will be high and the impact of noise will be relatively small. However, the superior project aims to establish an angiography system using low radiation dose. The signal intensity will be low and the impact of noise will relatively be large, thereby affecting image quality. This project aims to establish a suitable standard 3D image quality assessment system of radiological imaging instrument. Firstly, we will establish quantitative indicators, including the modulation transfer function (MTF) and noise power spectrum (NPS). These methods will be performed to assess the image quality of prototype and find the best parameters of imaging acquisition. In addition, in this study, we will collect the suggestions from clinicians who have experience and expertise of medical imaging and discuss with the cooperators of Institute of Nuclear Energy research. We aim to establish the qualitative indicators of image quality acceptance criteria. Combining these quantitative and qualitative indicators, we aim to find a

balance between image quality and radiation dose to achieve the goal of 3D radiological imaging, low-dose and high signal to noise ratio. Finally, we will provide the suggestions of the image quality control procedures of the 3D radiological imaging system, as the future standard for clinical use.

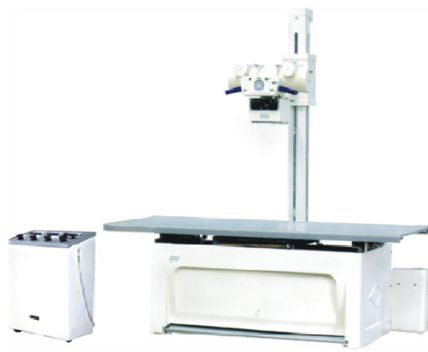
壹、計畫緣起與目的

上位計畫配合「黃金十年、國家願景」政策，結合國內資通訊電子產業優勢，產學研醫合作，開發市場導向之高階影像醫療器材技術，以一旗艦產品原型機開發，期達到全面關鍵技術提升，填補當前我國主導產業轉型發展的缺口，帶動傳統產業技術升級及創新加值。規劃以次世代泛用型放射 3D 造影儀原型機開發、放射醫材檢測驗證、醫用輻射劑量評估、產業推廣等四分項分工執行，並藉由橫向連結達到於原型機開發歷程期間即考量組件/系統規格界定與效能評估、影像品質與輻射劑量最佳化、國內產業參與。齊步進行技術建立，透過檢測驗證與劑量評估能量回饋原型機設計開發。

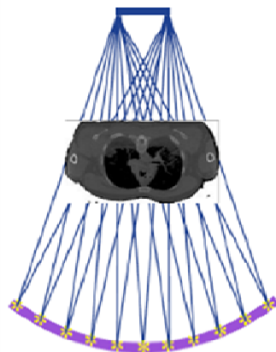


圖一、醫用 3D 放射造影儀系統技術架構

醫用 3D 放射造影儀系統成像性能受系統軟硬體設計製造，包含組件選用等影響，會受到不同來源的雜訊干擾。造影系統輻射劑量高則訊號強，雜訊影響相對較小。但因上位計畫預建置低輻射劑量造影系統，訊號小雜訊影響相對大，進而影響影像品質。



臨床用X光機



TomoDR



臨床用CT

本計畫將建立一適用於 3D 放射造影儀系統之影像品質評估標準，首先將建立定量指標，包含量測模量傳遞函數 (Modulation transfer function, MTF) 及雜訊功率頻譜 (Noise power spectrum, NPS) 之方法¹⁻³，評估原型機產生之影像及找尋最佳化造影參數。此外，此研究將透過影像醫學部臨床醫師經驗及專長，透過與核研所合作討論，建立影像品質定性指標及允收標準⁴。結合此定量及定性指標，期能兼顧影像品質並將劑量合理抑低，達到低劑量及高訊雜比 3D 放射造影之目的。最後將建立影像品質控制程序，做為未來臨床使用之標準。

貳、研究方法與過程

建立基礎影像品質評估參數及方法

- 建立影像品質定量指標：

量測及計算模量傳遞函數(Modulation transfer function, MTF)

及雜訊功率頻譜(Noise power spectrum, NPS)[1-3]。

- 建立影像品質定性評估指標：

定性指標主要將建立信度評估(Reliability)及效度評估(Validity)

之方法[4]，將透過有經驗之臨床人員對影像評估其興趣區域

之辨識力，同時採取人際信度(Intra rater reliability)及人內信度

(Inter rater reliability)之評估。效度評估將與傳統 X 光影像進度

比較，針對假體影像興趣區域位置之深淺做為目標來評估其效

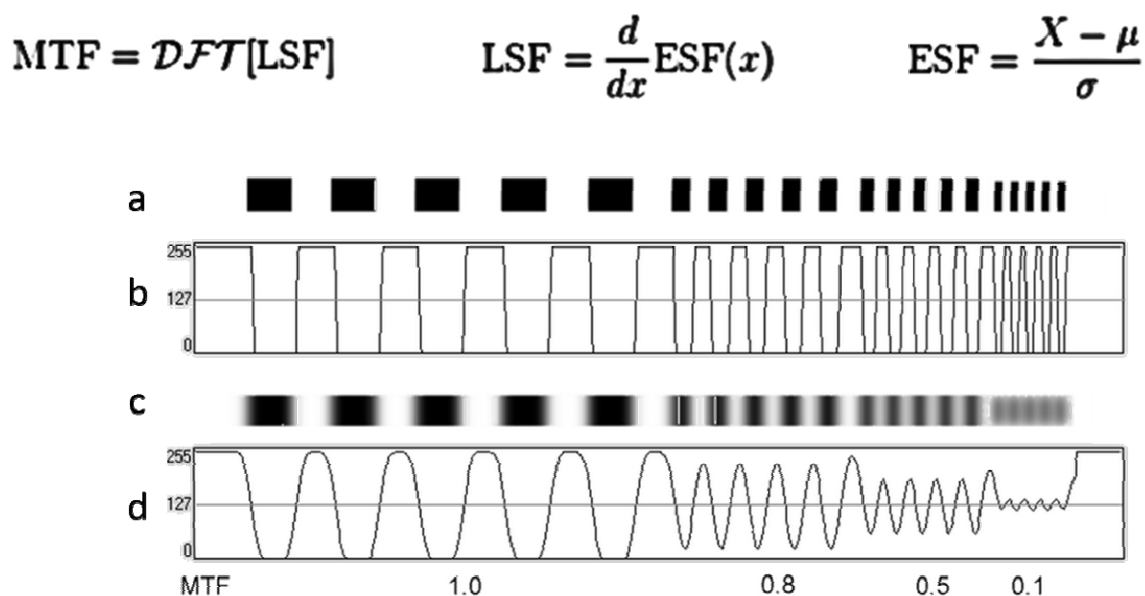
度。

- 參與原型機掃描策略之訂立。

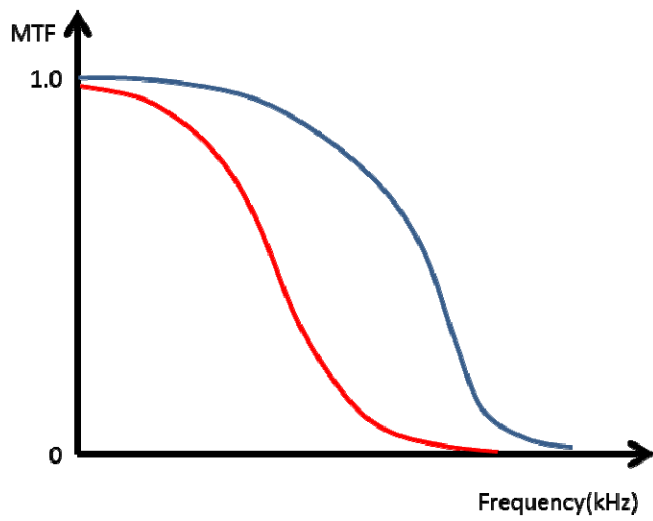
進行討論可以先針對的臨床症狀並進行假體測試，訂立主要可測試的方向。一般來說，骨折以及常利用 X 光來診斷的氣胸等將會是主要的測試方向。

參、主要發現與結論

已在程式上利用模擬影像建立 Modulation Transfer Function or (MTF) 參數之計算(如圖一)。其中(a)為模擬影像，將影像設定擁有不同間距之對比訊號，其產生之 MTF 在理想狀態下將會是 1.0 如(b)。若將影像利用高斯模糊化(c)，則其計算之 MTF 值將如(d)所示。一般影像的評估作業會計算其影像中不同位置或不同對比訊號頻率的 MTF 值變化，如圖二所示。藉由此 MTF 曲線，將有效衡量在不同模糊化下及不同雜訊影響下之曲線。

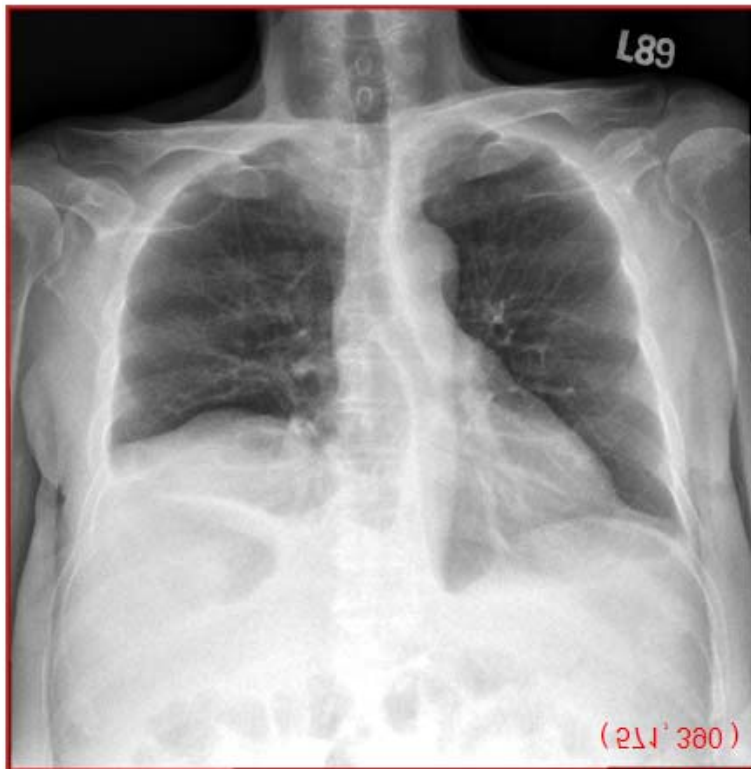


圖一、MTF 之計算方式



圖二

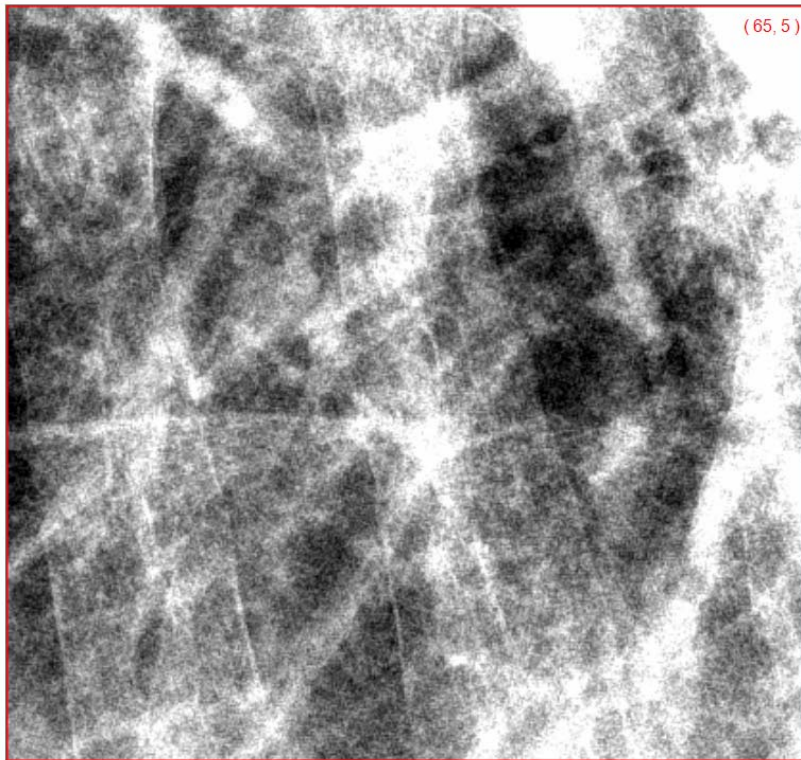
MTF 是目前在評量影像品質上最常利用之指標之一，利用模擬影像建立起 MTF 參數的計算將能確保後期在實驗影像上的品質評估



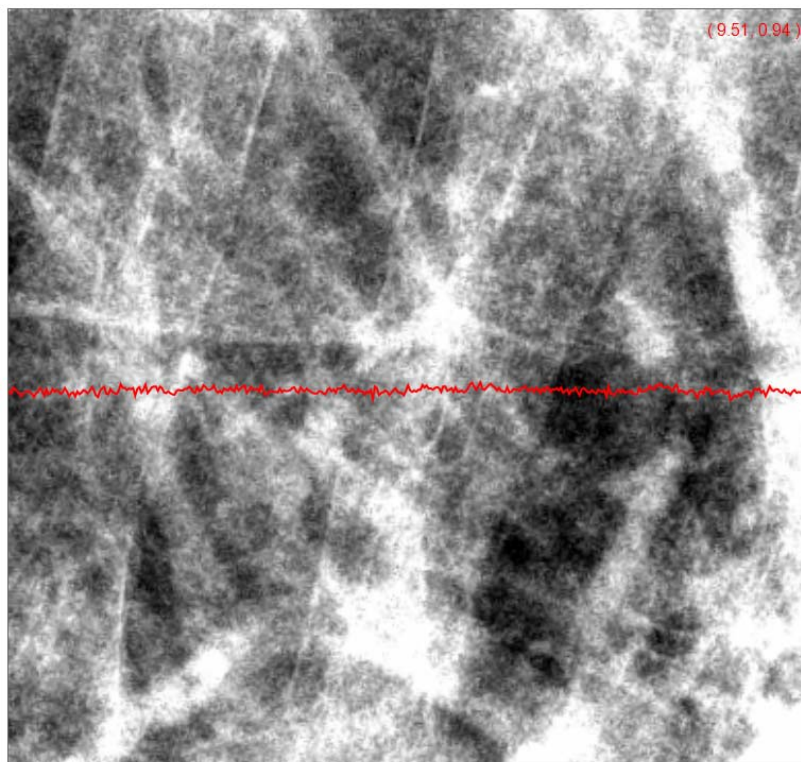
圖三 臨床用 X 光機所得數位胸腔影像 (110kV X-ray image)

Dimensions: 2647*2661 Pixel size: 0.14 * 0.14 mm²

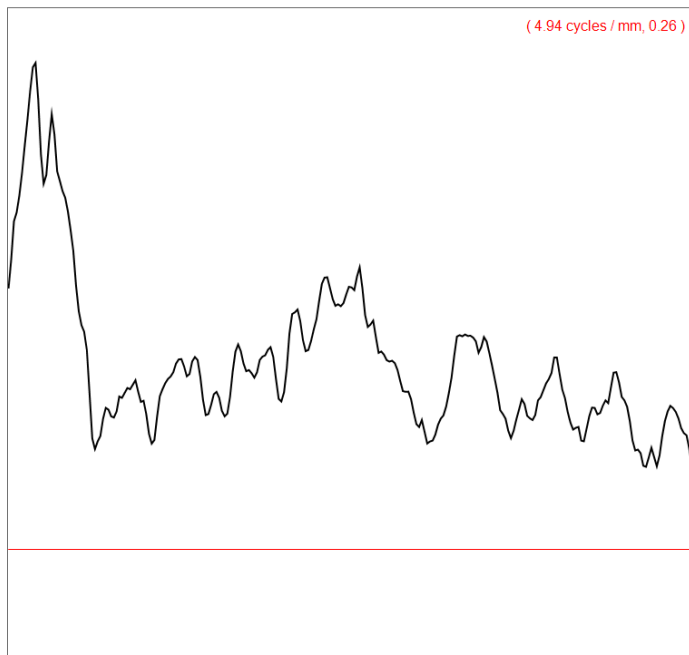
檢視其細節興趣範圍



圖四、圈選一興趣範圍(此圈選範圍為肋骨區域)

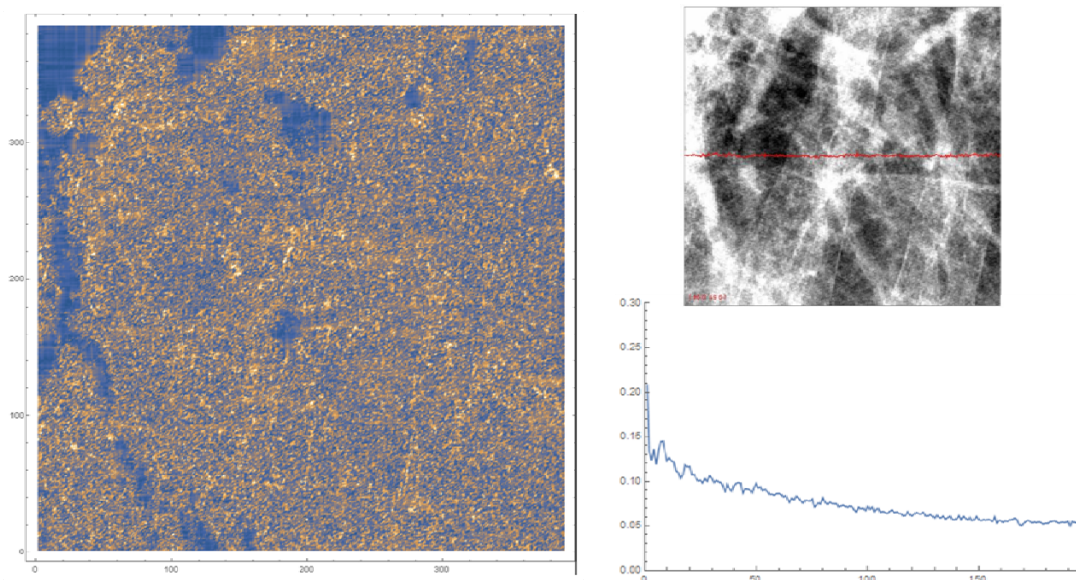


圖五、Line spread function (LSF) of the ROI of the X-ray image



圖六、Modulation Transfer function (MTF) of the ROI of the X-ray image

Noise power spectrum (NPS)



圖七、同一興趣區域的 noise power spectrum (NPS)可透過傅利葉轉換計算。

經過影像醫學部專業醫師的評估，先擬定一些臨床 X 光機較不易診斷的症狀做為指標，

胸腔 X 光影像解剖檢查項目亦有可機會利用 TOMO 機改善影像判讀的項目(用紅色標註)：

Lungs	Opacities with volume loss	Atelectasis
	Opacities without volume loss	Pneumonia Tumor Hemorrhage Pulmonary edema
	Focal hyperlucency	Pneumothorax Bullae/blebs (COPD) Absence of structures (e.g mastectomy)
	Shift (towards pathology)	Atelectasis Postoperative volume loss Pneumothorax
	Shift (away from pathology)	Pleural effusion Tension pneumothorax Tumor
Mediastinum	Widening (>8cm)	Vascular ectasia/aneurysm Tumor Hematoma (post traumatic) Abscess Lymphadenopathy
Hila	Enlarged	Lymphadenopathy Pulmonary arterial congestion (COPD) Pulmonary venous congestion

		(CHF)
Heart	Enlarged cardiac silhouette	Cardiomegaly Pericardial effusion/tamp.
Pleural space	Blunted costophrenic angles	Pleural effusion Pleural thickening
Chest wall	Fracture, dislocation	
Diaphragm	Elevation	Subpulmonic abscess Atelectasis Diaphragmatic rupture Phrenic nerve paralysis

結論:

目前已可將 MTF 及 NPS 的計算套用至臨床數位 X 光影像 (DICOM 影像)，評估任意區域範圍或興趣範圍之影像品質，由圖六所得 MTF 曲線可以說明此臨床 X 光影像在所挑選之興趣區域範圍中，影像在最細微的對比情況(5p/mm)的解析能力都能達到 MTF 10%以上 (仍達到可區辨的程度)，可概略地表示在定量的影像品質評估下，此影像品質是相當好的，此方法能應用在下一階段，將此計劃之原型機影像和臨床 X 光影像做比較，並將臨床用之品 X 光影像品質做為一參考標準。

另一方面，目前已擬定部份臨床症狀，屬於傳統 X 光機較容易出現誤診之情況，接下來將透過 TOMO 機的測試影像規劃，評估其判斷能力是否可較傳統 X 光機為佳。

肆、参考文献

1. A method for modifying the image quality parameters of digital radiographic images. R.S. Saunders, et al. Medical Physics 2003.
2. Intercomparison of methods for image quality characterization. I. Modulation transfer function. E. Samei, et al. Medical physics 2006.
3. Intercomparison of methods for image quality characterization. II. Noise power spectrum. E. Samei, et al. Medical physics 2006.
4. Reliability and validity assessment. E.G. Carmines, et al, Sage Publications, c1979.