

# 頭部SAR值之模擬與分析比較

陳怡蓁、林漢年

E-mail: 9315044@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

無線通訊設備的普遍使用，生活環境中充滿大量的電磁輻射，使得民眾對電磁輻射可能造成的傷害益發重視。目前世界上最為普遍採用的標準或指引有美國FCC OET65 Supplement C、IEEE/ANSI C95.1、IEEE Std-1528及歐洲CENELEC prEN50360、prEN50361、ES59005等，國內亦已制訂1.6 W/Kg為局部曝露之SAR限制值。為瞭解手機輻射出的電磁能量在頭部內的儲存情況，本論文將利用不同外型、大小的簡化頭部模型，改變模型的內部結構、組織介電特性、模型大小、外型及手持裝置與頭部模型的相對距離並觀察其SAR值及吸收功率的變化，藉以探討頻率為900MHz時RF源極接近頭部時電磁能量在人類頭部內的吸收機制。

關鍵詞：特定吸收率；電磁能量；頭部模型

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 . . . . .	iii	中文摘要 . . . . .	
. . . . . iv		英文摘要 . . . . . v	
. . . . . vi		目錄 . . . . . vii	
. . . . . x		表目錄 . . . . . xii	
第一章 緒論 1.1 研究動機與目的 . . . . . 1		1.2 研究內容 . . . . .	
. 3		第二章 特定吸收率 2.1 前言 . . . . . 4	
. . . . . 4		2.2 特定吸收率SAR . . . . . 6	
. . . . . 4		2.3 與SAR有關的參數 . . . . . 6	
. . . . . 7		2.3.1 極化 . . . . . 8	
. . . . . 7		2.3.2 頻率 . . . . . 8	
. . . . . 8		2.3.3 大小及外型 . . . . . 8	
. . . . . 8		2.3.4 組織的電氣特性 . . . . . 9	
. . . . . 9		2.4 放射量測定理論 . . . . . 9	
. . . . . 10		2.4.1 分析方法 . . . . . 10	
. . . . . 10		2.4.2 數值方法 . . . . . 11	
. . . . . 11		2.4.2.1 矩量法 . . . . . 12	
. . . . . 12		2.4.2.2 有限時域差分法 . . . . . 12	
. . . . . 12		2.4.2.2 有限元素法 . . . . . 13	
. . . . . 14		2.6 吸收功率計算 . . . . . 15	
. . . . . 17		第三章 有限時域差分法 3.1	
. . . . . 17		馬克斯威爾方程式與有限時域差分法 . . . . . 25	
. . . . . 31		3.2 三維有限時域差分理論 . . . . . 25	
. . . . . 31		3.3 Courant 穩定準則 . . . . . 32	
. . . . . 33		3.4 吸收邊界條件 . . . . . 32	
. . . . . 33		3.4.1 Mur吸收邊界條件 . . . . . 34	
. . . . . 34		3.4.2 Berenger的PML吸收邊界條件 . . . . . 34	
. . . . . 37		第四章 頭部SAR之模擬 4.1 模擬結構 . . . . . 37	
. . . . . 38		4.1.1 均勻頭部模型 . . . . . 37	
. . . . . 38		4.1.1.1 一般多層頭部模型 . . . . . 39	
. . . . . 39		4.1.1.2 改變模型組織電氣特性 . . . . . 41	
. . . . . 41		4.1.1.3 改變模型組織結構 . . . . . 42	
. . . . . 42		4.2 其他說明 . . . . . 43	
. . . . . 43		4.3 模擬結果 . . . . . 45	
. . . . . 45		4.3.1 均勻頭部模型 . . . . . 45	
. . . . . 45		4.3.1.1 均勻球體頭部模型 . . . . . 46	
. . . . . 46		4.3.1.2 均勻立方體頭部模型 . . . . . 49	
. . . . . 49		4.3.2 不均勻頭部模型 . . . . . 50	
. . . . . 50		4.3.2.1 多層頭部模型 . . . . . 50	
. . . . . 50		4.3.2.2 多層立方體頭部模型 . . . . . 52	
. . . . . 52		4.3.3 改變組織電氣特性之模擬結果 . . . . . 54	
. . . . . 54		4.3.4 改變模型組織內部結構之模擬結果 . . . . . 55	
. . . . . 55		4.4 綜合討論 . . . . . 57	
. . . . . 57		第五章 結論 圖目錄 圖1.1 (a) E極化；(b) K極化；(c) H極化 . . . . . 7	
. . . . . 18		圖3.1 一次差分 (a) 前差分近似法；(b) 後差分近似法；(c) 中間差分近似法 . . . . . 18	
. . . . . 21		圖3.2 電磁場時間配置 . . . . . 21	
. . . . . 24		圖3.3 單胞上的電磁場分布 . . . . . 24	
. . . . . 25		圖3.4 格點附近的電磁場配置 . . . . . 25	
. . . . . 29		圖3.5 邊界附近的單胞 . . . . . 29	
. . . . . 30		圖3.6 位於四種各互不相同介電體邊界附近的單胞 . . . . . 30	
. . . . . 35		圖3.7 有限體積之計算空間示意圖 . . . . . 33	
. . . . . 35		圖3.7 平面波垂直入射於具磁場和電場損耗性的介質 . . . . . 35	
. . . . . 38		圖4.1 (a) 球體頭部模型之模擬結構；(b) 模擬軟體所繪之模擬結構 . . . . . 38	
. . . . . 38		圖4.2 (a) 立方體頭部模型之模擬結構；(b) 模擬軟體所繪之模擬結構 . . . . . 38	
. . . . . 39		圖4.3 球體多層模型結構 (a) 模型內部結構圖；(b) 模擬軟體所繪之剖面圖 . . . . . 39	
. . . . . 40		圖4.4 立方體多層模型結構 (a) 模型內部結構圖；(b) 模擬軟體所繪之剖面圖 . . . . . 40	
. . . . . 45		圖4.5 球體R=100, d=0mm之SAR值關係圖 . . . . . 45	
. . . . . 46		圖4.6 立方體S=200mm, d=0mm之SAR值關係圖 . . . . . 46	
. . . . . 46		圖4.7 球體R=100, d=10mm之 (a) SAR值對x軸關係圖；(b) 頭部模型內垂直切面 (y平面) SAR分佈圖 (單位為dB) . . . . . 46	

47	圖4.8 立方體 $S=200\text{mm}$ , $d=10\text{mm}$ 之 ( a ) SAR值對x軸關係圖 ; ( b ) 頭部模型內垂直切面 ( y平面 ) SAR分佈圖 ( 單位為 dB )	48	圖4.9 多層球體頭部模型 $R=100\text{mm}$ , $d=10\text{mm}$ 之 ( a ) SAR值對x軸關係圖 ; ( b ) 頭部模型內垂直切面 ( y平面 ) SAR分佈圖 ( 單位為dB )
50	圖4.10 多層立方體頭部模型 $S=200\text{mm}$ , $d=10\text{mm}$ 之 ( a ) SAR值對x軸關係圖 ; ( b ) 頭部模型內垂直切面 ( y平面 ) SAR分佈圖 ( 單位為dB )	52	表目錄 表4.1 人體各組織之介電參數
41	表4.2 球體及立方體多層模型各大小結構表	41	表4.3 改變後之組織結構模型與原始模型比較
43	表4.4 $R=100\text{mm}$ 之球體頭部模型之SAR值整理表	47	表4.5 $R=75\text{mm}$ 之球體頭部模型之SAR值整理表
48	表4.6 $R=60\text{mm}$ 之球體頭部模型之SAR值整理表	48	表4.7 $S=200\text{mm}$ 之立方體頭部模型之SAR值整理表
49	表4.8 $S=150\text{mm}$ 之立方體頭部模型之SAR值整理表	49	表4.9 $S=120\text{mm}$ 之立方體頭部模型之SAR值整理表
50	表4.10 $R=100\text{mm}$ 之多層球體頭部模型之SAR值整理表	51	表4.11 $R=75\text{mm}$ 之多層球體頭部模型之SAR值整理表
51	表4.12 $R=60\text{mm}$ 之多層球體頭部模型之SAR值整理表	52	表4.13 $S=200\text{mm}$ 之多層立方體頭部模型之SAR值整理表
53	表4.14 $S=150\text{mm}$ 之多層立方體頭部模型之SAR值整理表	53	表4.15 $S=120\text{mm}$ 之多層立方體頭部模型之SAR值整理表
54	表4.16 多層球體頭部模型改變組織電氣特性 ( 高含水量 ) 之SAR值整理表	54	表4.17 多層立方體頭部模型改變組織電氣特性 ( 高含水量 ) 之SAR值整理表
55	表4.18 多層球體頭部模型改變模型組織內部結構 ( 改變脂肪組織厚度 ) 之SAR值整理表	56	表4.19 多層立方體頭部模型改變模型組織內部結構 ( 改變脂肪組織厚度 ) 之SAR值整理表
56	表4.20 SAR值總整理表	59	

## 參考文獻

- 參考文獻 [1] Q. Balzano, O. Garay, and J. T. Manning, " Electromagnetic energy exposure of simulated users of portable cellular telephones, " IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 44, no. 3, pp.390-403, Aug. 1995.
- [2] T. Schmid, O. Egger, and N. Kuster, " Automated E-Field scanning system for dosimetric assessments, " IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 44, no. 1, pp.105-113, Jan. 1996.
- [3] N. Kuster and Q. Balzano, " Energy absorption mechanism by biological bodies in the near field of dipole antennas above 300MHz, " IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 41, no. 1, pp.17-23, Feb. 1992.
- [4] N. Kuster, Q. Balzano and J. C. Lin, " Experimental and Numerical Dosimetry, " Mobile Communications Safety, pp.13-85, Chapman & Hall, London, UK, 1997.
- [5] W. Y. Habash, " Electromagnetic Fields and Radiation: Human Bioeffects and Safety, " Marcel Dekker, Inc., 2002.
- [6] IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3 kHz to 300 GHz, IEEE Standard C95.1-1999, IEEE, New York, 1999.
- [7] M. A. Stuchly, M. Rahmam, M. Potter, and T. Williams, " Modeling Antenna Close to the Human Body, " Aerospace Conference Proceedings, 2000 IEEE , Volume: 5 , 18-25 Mar., 2000.
- [8] H. Tamura, Y. Ishikawa and T. Kobayashi, " A Dry Phantom Material Composed of Ceramic and Graphite Powder, " IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, vol. 39, 1997.
- [9] K. S. Yee, " Numerical Solution of Initial Boundary Value Problems Involving Maxwell ' s Equations in Isotropic Media, " IEEE Trans. Antennas propagation, 14, 4, pp.302-207, 1966.
- [10] 林振華,電磁場與天線分析使用時域有限差分法(FDTD), 全華科技圖書股份有限公司發行, 民國八十八年。
- [11] A. Taflove and M. E. Brodwin, " Numerical solution of steady-state electromagnetic scattering problems using the time dependent Maxwell ' s equation, " IEEE Trans Micro-wave Theory Tech., vol. MTT-23, pp. 623-630, Aug, 1975.
- [12] G. Mur, " Absorbing boundary conditions for the finite-difference approximation of the time-domain electromagnetic field equations " , IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol.23, pp.377-382, Nov. 1981.
- [13] J. P. Berenger, " A perfectly matched layer for the absorption of electromagnetic waves. " J. Computational Physics, 114(2):185-200, Oct. 1994 [14] K. Ito, Y. Okano, A. Hase and I. Ida, " A tissue-equivalent solid phantom for estimation of interaction between human head and handset antenna, " Antennas and Propagation for Wireless Communications, 1998 IEEE-APS Conference on , 1-4 Nov., 1998.
- [15] Y. Kamimura, E. Murata, Y. Yamada, " Frequency dependence of energy deposition in the multilayered spherical model of a human head near a half wavelength dipole, " Electromagnetic Compatibility, 1999 International Symposium on, pp.329 - 332 , 17-21 May 1999 [16] K. W. Kim, Y. Rahmat-Samii, " EM interactions between handheld antennas and human: anatomical head vs. multi-layered spherical head, " Antennas and Propagation for Wireless Communications, 1998 IEEE-APS Conference on , Pages:69 — 72, 1-4 Nov. 1998 [17] V. Hombach, K. Meier, M. Burkhardt, E. Kuhn and N. Kuster, " The dependence of EM energy absorption upon human head modeling at 900 MHz, " Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on , Vol. 44 , Issue. 10 , Oct. 1996.
- [18] IEEE Recommended Practice for Determining the Peak Spatial-Average Specific Absorption Rate (SAR) in the Human Head from Wireless

Communications Devices: Measurement Techniques, IEEE Standards Coordinating Committee 34, 2003.

[19] EN 50361:Basic Standard for the Measurement of SAR Related to Human Exposure to Electromagnetic Field from Mobile Phones ( 300MHz-3GHz ) .

[20] FCC OET Bulletin 65,Version 97-01:Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields.

[21] J. Wiart, R. Mittra, S. Chaillou, and Z. Altman, " The analysis of human head interaction with a hand-held mobile using the non-uniform FDTD, " Antennas and Propagation for Wireless Communications, 1998 IEEE-APS Conference on, pp.77 — 80, 1- 4 Nov. 1998.