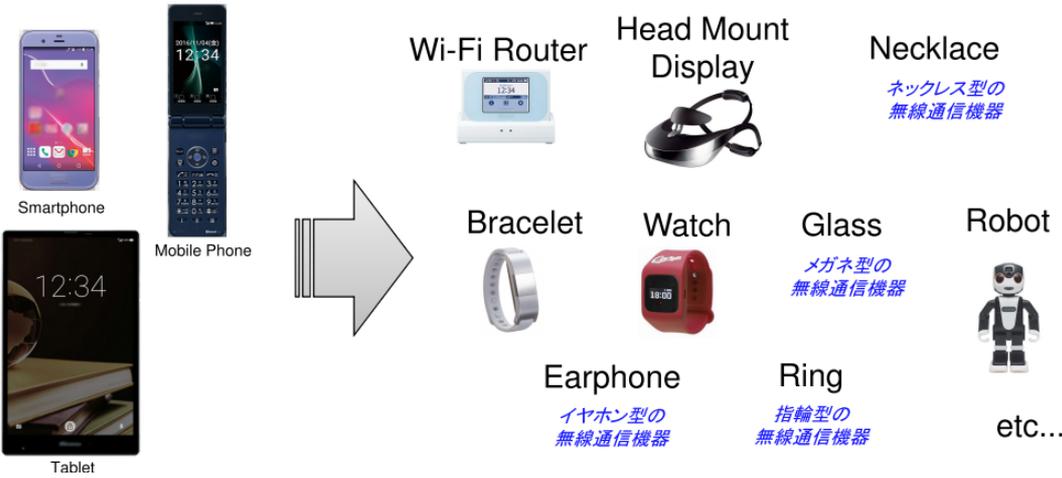


平均化面積について

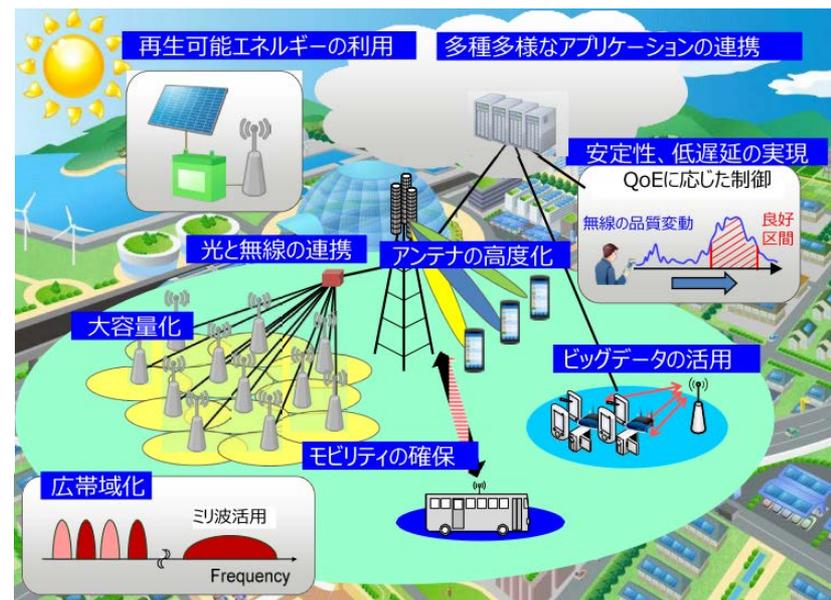
平田 晃正
名古屋工業大学

✓ 電波利用、無線通信機器の多様化

デバイスの多様化(先進WG資料6-4より)



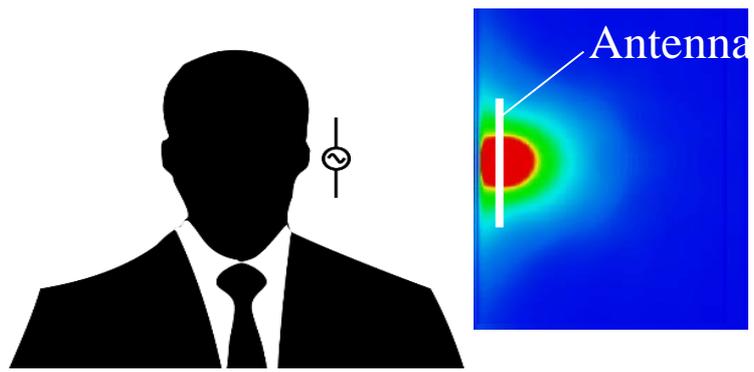
多様な電波利用(先進WG資料6-6より)



中間周波数帯を用いるワイヤレス電力伝送 (WPT)、超高周波帯を用いる超高速無線LAN や第5世代移動通信サービス (5G) 等のこれまでにない新たな電波利用システムの実用化・普及に向けた取組が国内外で急速に進展しています
出典) C I A J 会員企業の資料をもとに C I A J にて

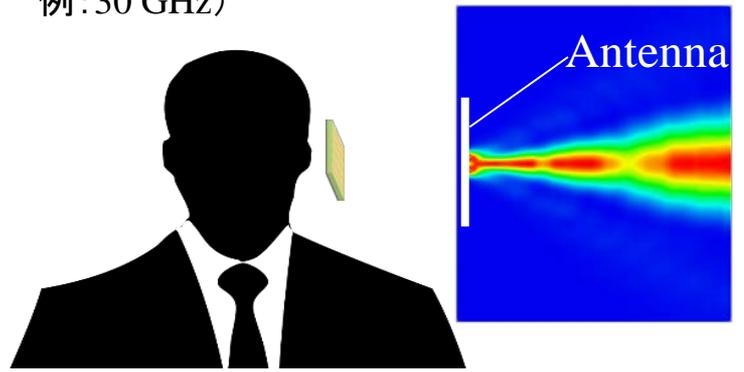
ダイポールアンテナ

(既存周波数. 例: 3 GHz)

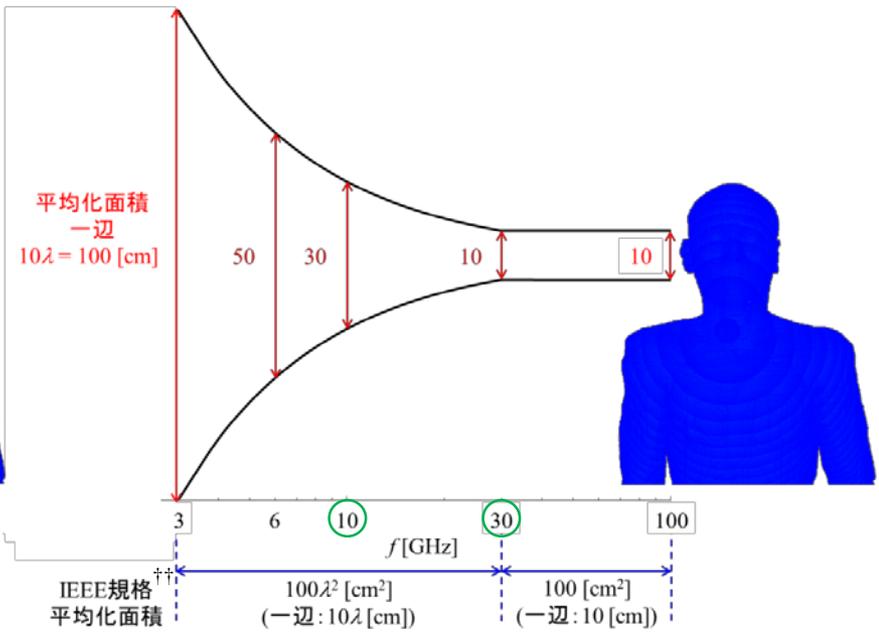
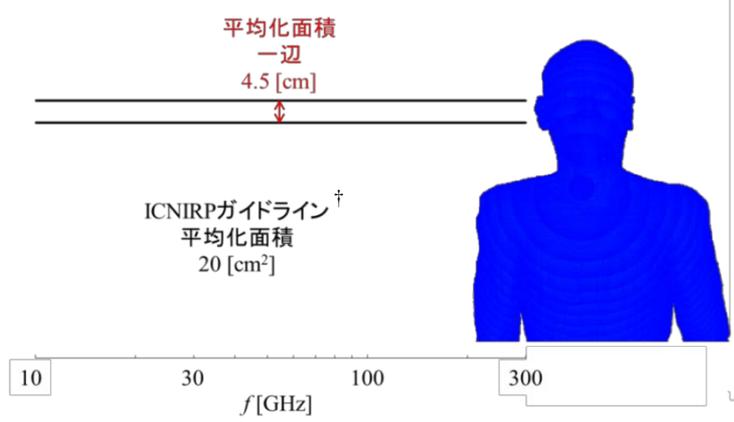


パッチアレイアンテナ

(今後の無線通信利用のイメージ(可能性). 例: 30 GHz)

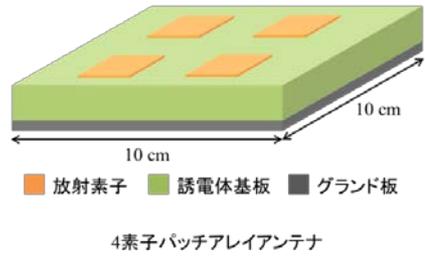
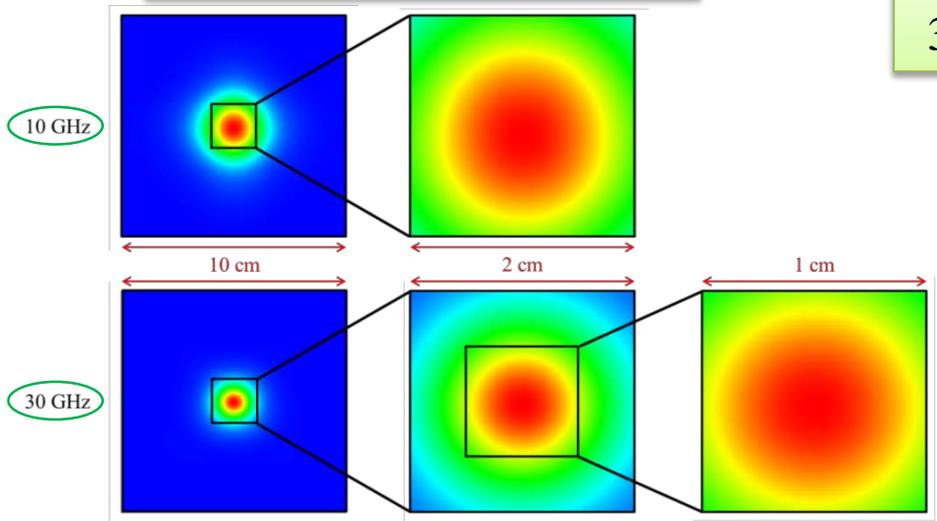


✓ 入射電力密度の平均化面積(1)



ICNIRPガイドライン†
周波数に依存せず一定

IEEE規格††
3 ~ 30 GHzにおいて周波数に依存



入射電力密度の平均化面積
周波数に依存せず、温度上昇と相関のある平均化面積を検討する必要性

4素子パッチアレイアンテナの電力密度分布と平均化面積

† ICNIRP: "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300GHz)", Health Phys., vol.74, pp.494-522, 1998.

†† IEEE C95-1: "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Radio Frequency Electromagnetic Fields, 3kHz to 300GHz", 2005.

✓ 入射電力密度の平均化面積の相違

ICNIRPガイドライン

20cm²(許容電力10 W/m²). 但し, 1cm²では許容電力20倍(200 W/m²)。

IEEE規格

3-30 GHz: 100λ² [cm²] (λ : 自由空間での波長[cm])

30 GHz以上では100 cm²

近年の研究成果

30 GHzまで: 4 cm², より高い周波数では1 cm²程度[†]

1.5 cm × 1.5 cm 程度(生体内における熱の拡散長)^{††}

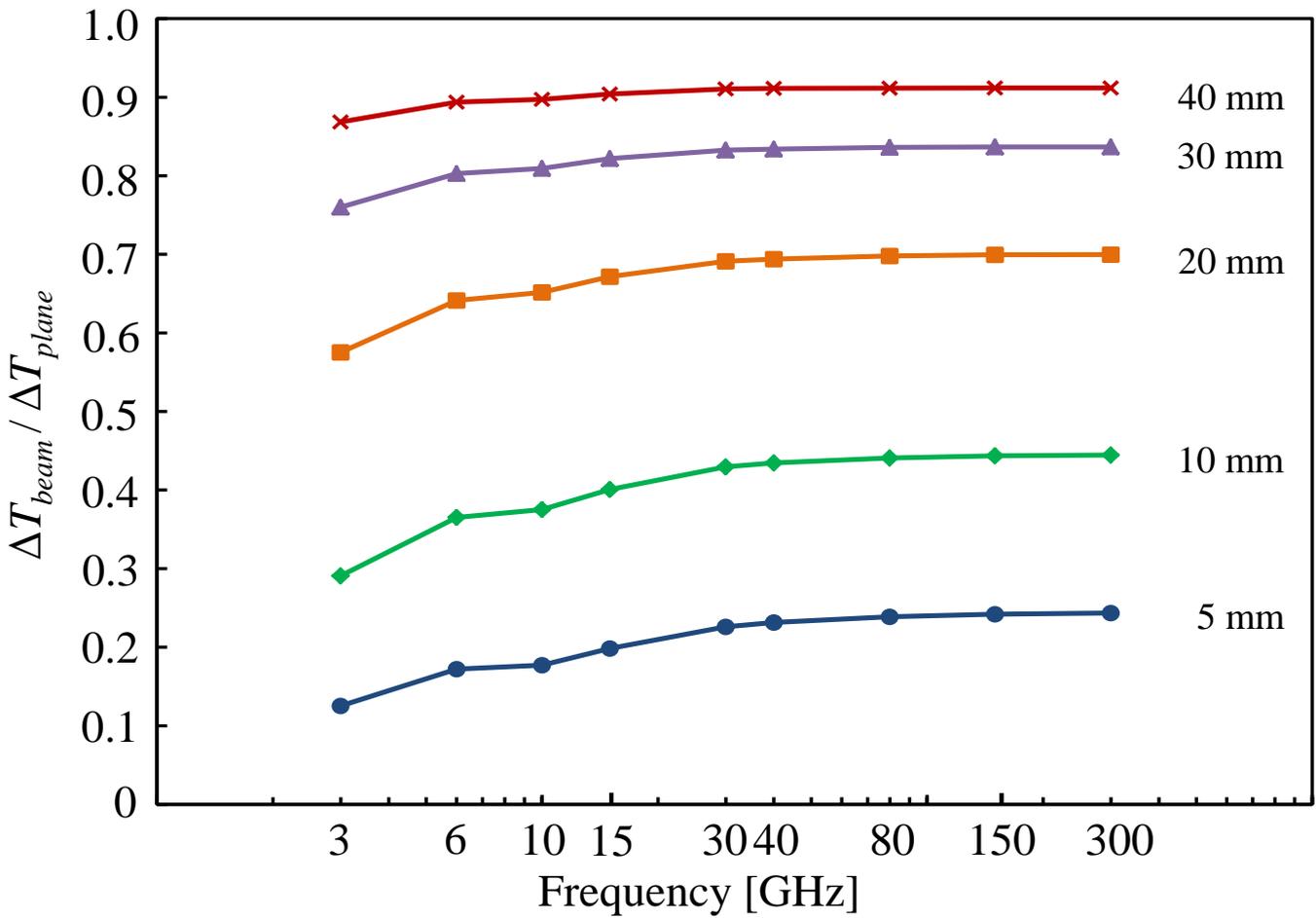
入射電力密度の平均化面積:

国際ガイドライン, 近年の研究より, 1 – 20cm²程度の大きさが示唆

[†] Hashimoto Y, Hirata A, Morimoto R, Aonuma S, Laakso I, Jokela K, Foster K R. On the averaging area for incident power density for human exposure limits at frequencies over 6 GHz. Phys. Med. Biol. 2017; 62(8): 3124-38.

^{††} Foster K R, Ziskin M C, Balzano Q. Thermal modeling for the next generation of radiofrequency exposure limits: commentary. Health Phys. 2017; 113(1): 41-53.

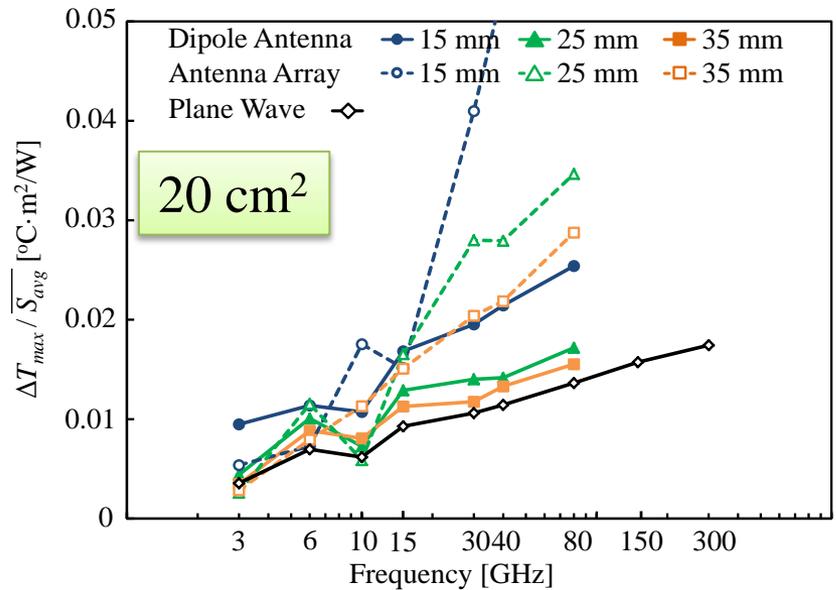
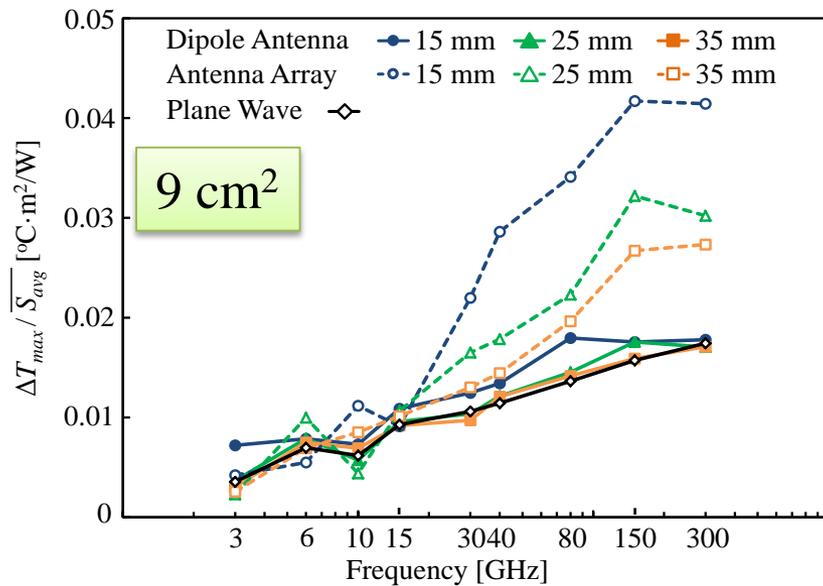
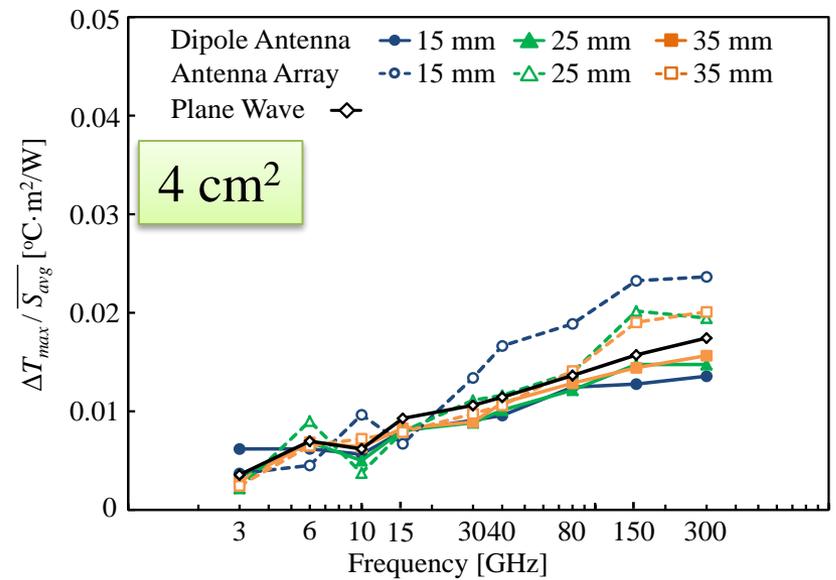
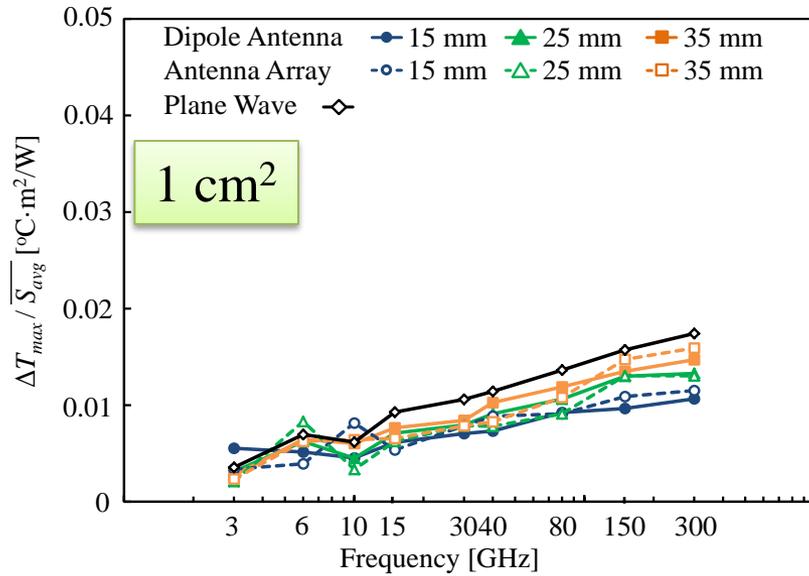
✓ 平面波ばく露とビームによるばく露の温度上昇値の比(ビーム直径 d mm)



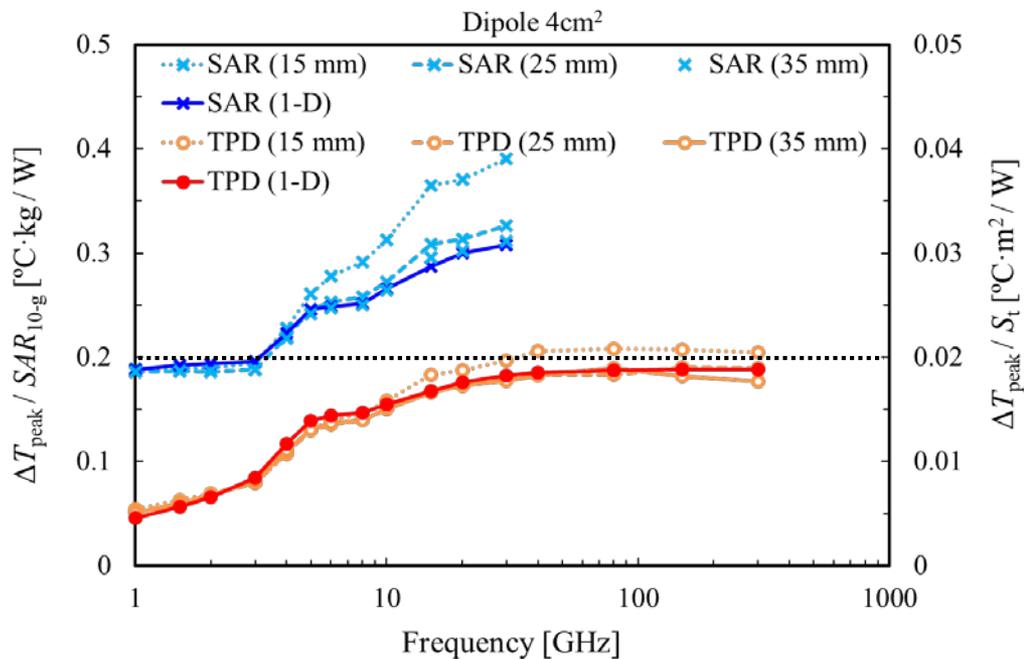
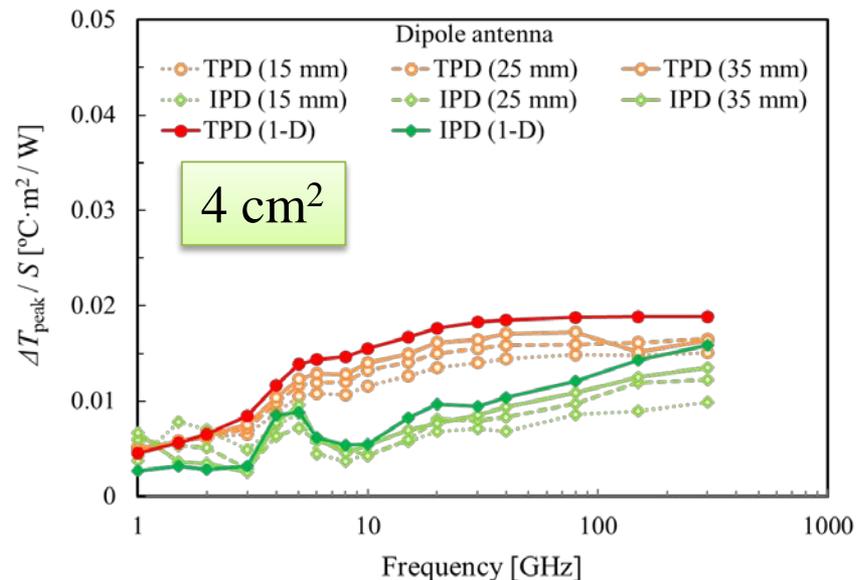
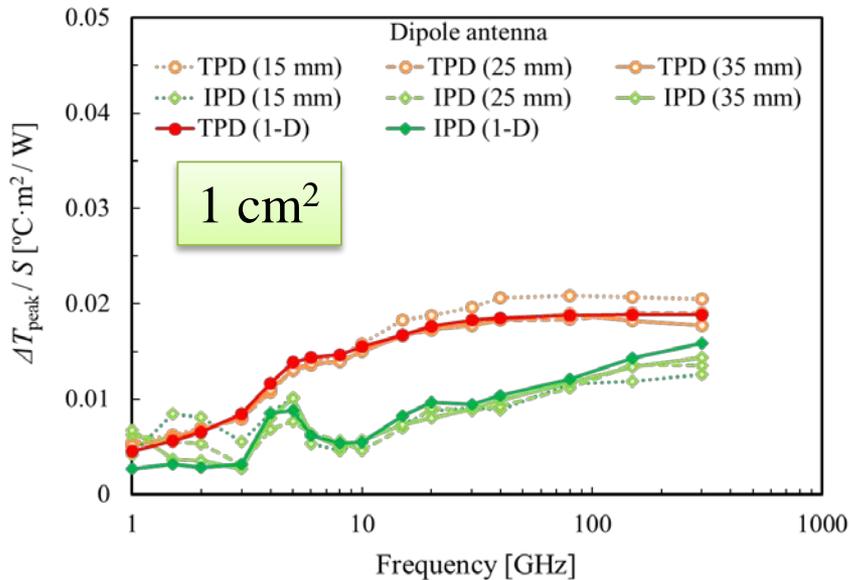
直径20 mm、40mmのビームを想定した場合、平面波と比べて70%、90%の温度上昇。

† Hashimoto Y, Hirata A, Morimoto R, Aonuma S, Laakso I, Jokela K, Foster K R. On the averaging area for incident power density for human exposure limits at frequencies over 6 GHz. Phys. Med. Biol. 2017; 62(8): 3124-38.

異なる平均化面積に対する入射電力密度と皮膚温度上昇値の関係



✓ 透過電力密度と最大温度上昇値の関係 (入射電力密度・SARとの比較)



✓ SAR10gと平均化面積4cm²の関係性(境界周波数において)

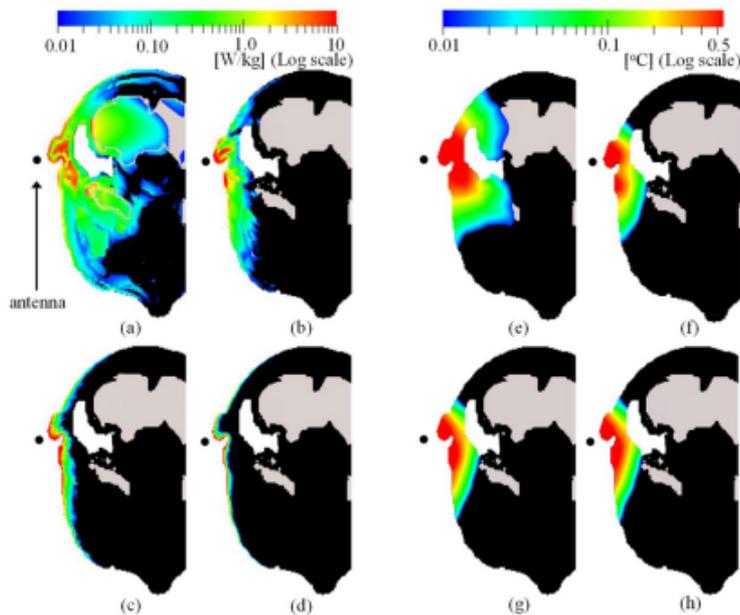


Figure 4. Distribution of the SARs and temperature elevations in the anatomical model TARO resulting from dipole antenna: the SAR distribution at (a) 1 GHz, (b) 6 GHz, (c) 15 GHz, and (d) 30 GHz, and the temperature elevation distribution at (e) 1 GHz, (f) 6 GHz, (g) 15 GHz, and (h) 30 GHz. The antenna output power was normalized at 1 W.

- 10g SAR = 一辺22mmの立方体. 皮膚温度および脳内温度の上昇を防護.
- 吸収電力密度2cm × 2cmは, 22mm*22mmを面とする立方体とほぼ等価
- 3-10GHz以上では電波の浸透深さが小さくなり, 吸収は体表面(皮膚)に集中. 吸収電力密度は, 皮膚温度上昇の防護