

接触電流についての 電波防護指針, ICNIRPガイドラインの 基準値等について

宇都宮大学大学院
上村佳嗣

2014/5/27 • 1

接触電流とは

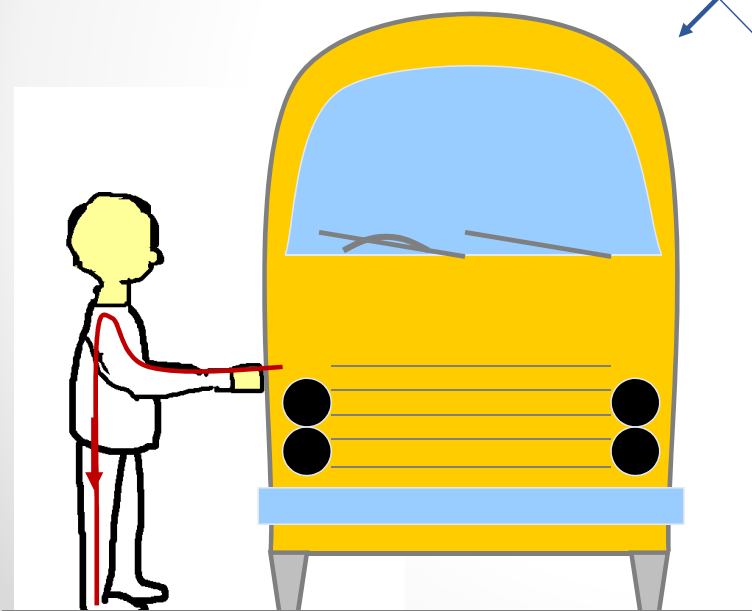
近くのアンテナなど
から電磁波が発生



接地していない
大きな金属物
(車など)に接触

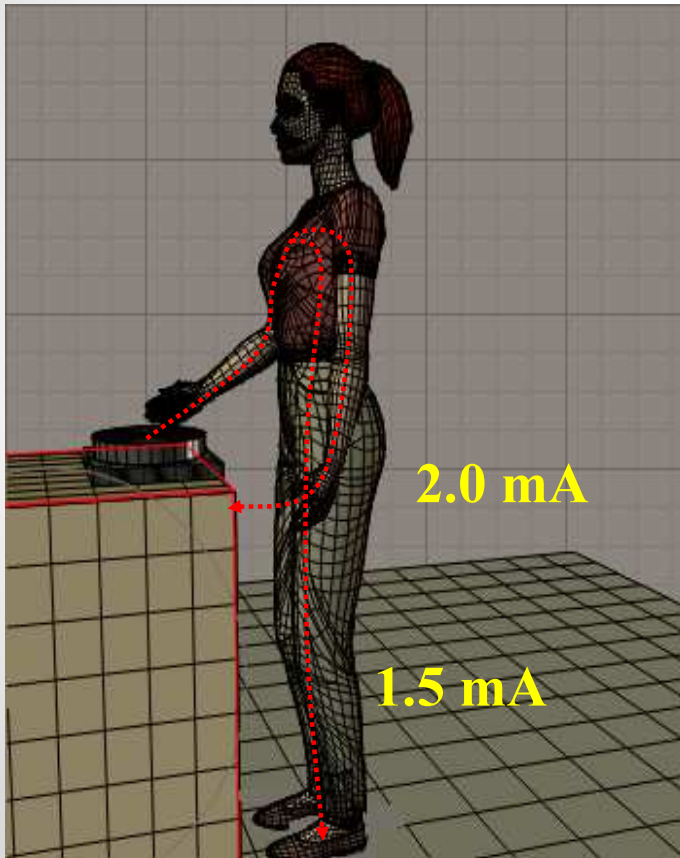


人体に電流が流入



2014/5/27 • 2

IH調理器における接触電流



「IH調理器」において、調理器具や調理台に接触すること等により、体内に電流が流れる。

「無線電力伝送装置」においても、同様の問題が発生しうる。

2014/5/27 ● 3

WHO/環境保健クライテリア 137(1993)

- 100 MHz 以下で発生。車，トラック，クレーン，ワイヤ，フェンスなどへの誘導電荷による
- 2種類の作用
 - a. 接触前の火花放電
 - b. 接触中の大地への電流通過；周波数，電界強度に依存
- 100 kHz以下は電流知覚(ピリピリ，チクチク)，それ以上は熱感。高レベルで重篤なショック
- 閾値は周波数，接触面積と人に依存。一般に女性や子どもよりも男性のほうが高め

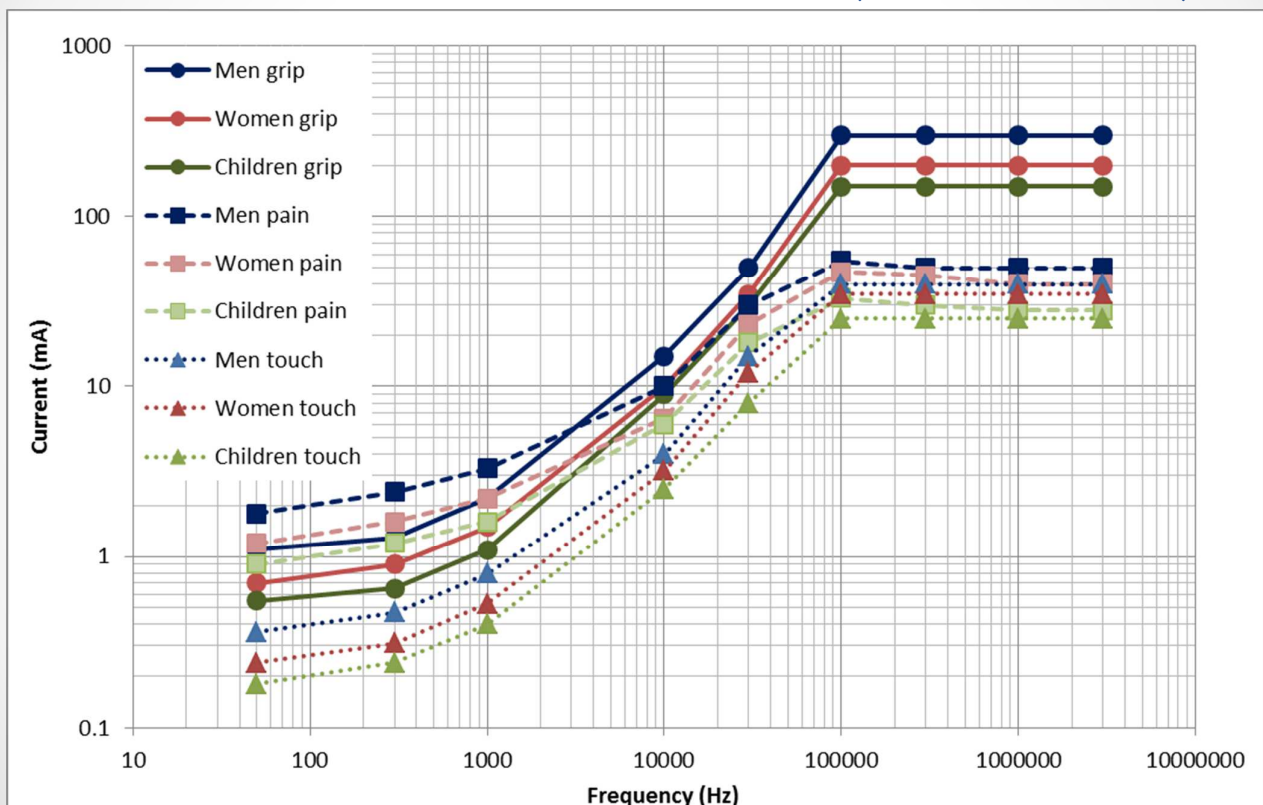
2014/5/27 ● 4

WHO/環境保健クライテリア 137(1993)

- 誘導電荷による作用は以下の順で次第に重篤
 - 知覚
 - 不快感
 - ショック
 - 離脱不可
 - 呼吸困難
 - 心室細動
- 50 Hz~3 MHzでの閾値：Chatterjeeら(1986)等の実験結果より

2014/5/27 ● 5

接触電流の閾値(50%値)



2014/5/27 ● 6

知覚閾値電流と離脱電流の個人差

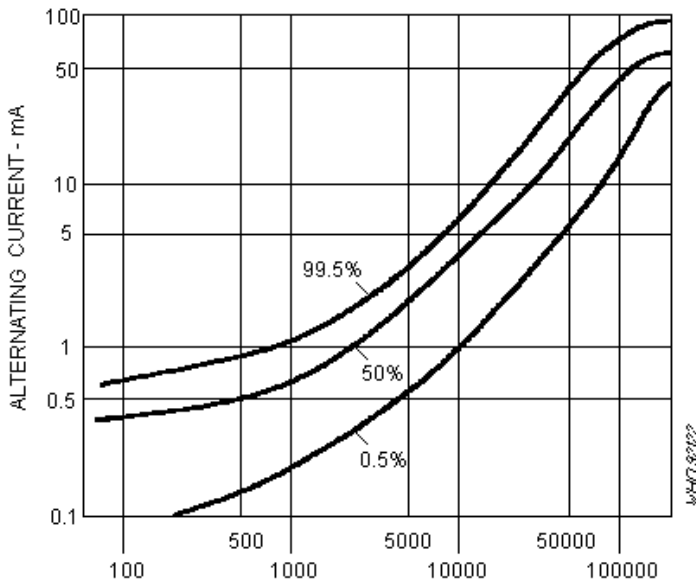


Fig. 14. Threshold currents for perception by various percentages of the population. From EPRI (1979).

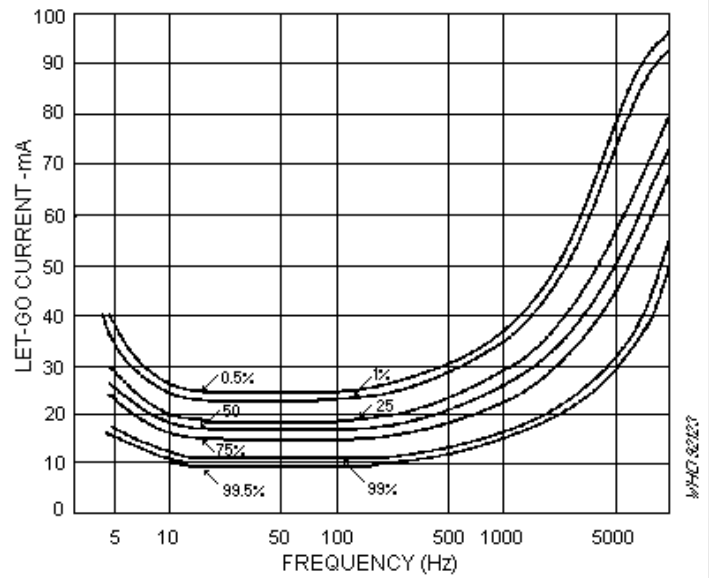


Fig. 15. Let-go currents for different percentages of the population. From: EPRI (1979).

知覚と痛みの閾値電流(指接触)

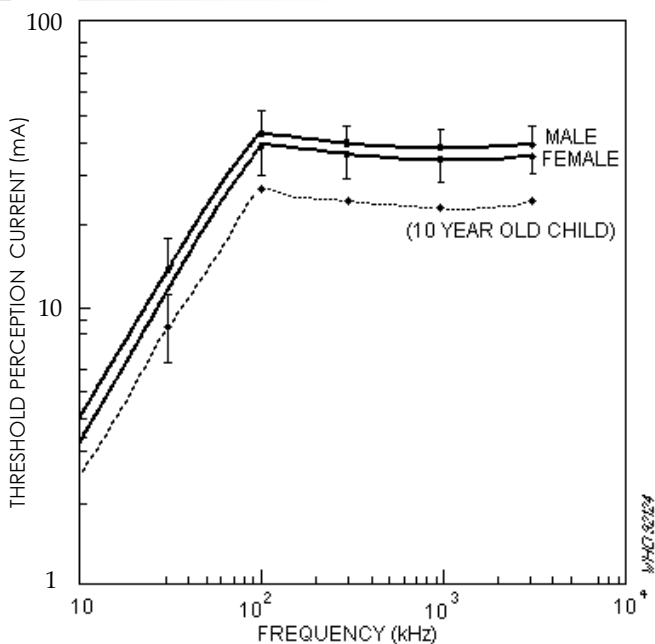


Fig. 16. Average threshold current for perception, finger contact, for adult males, females, and 10-year-old children (estimated). From: Chatterjee et al. (1986).

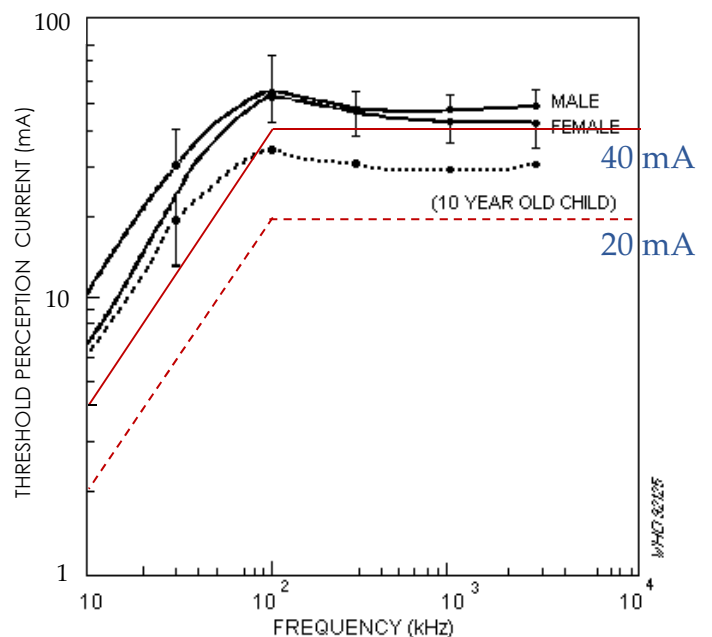


Fig. 17. Average threshold current for pain, finger contact. From: Chatterjee et al. (1986).

知覚閾値電界(指接触)

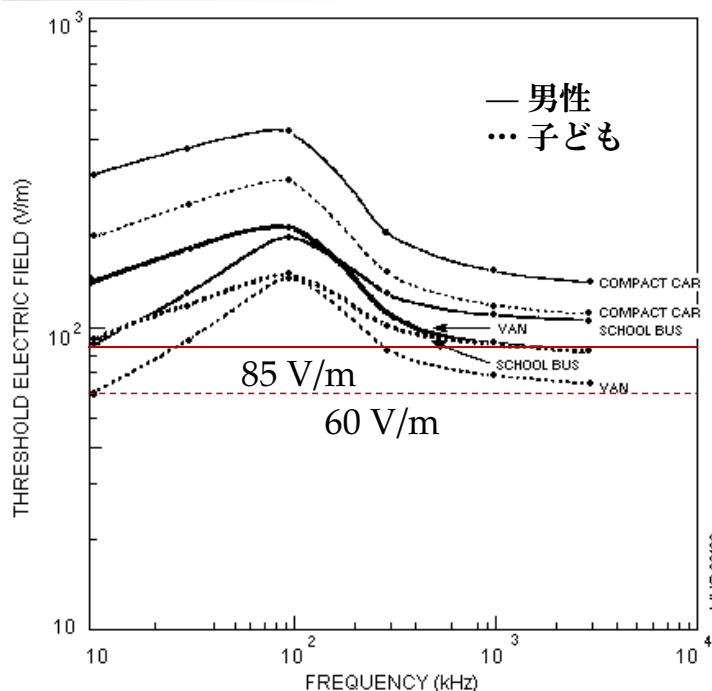


Fig. 18. Average threshold electric field for perception for grounded adult males (solid lines) and 10-year-old children (dashed-line) in finger contact with various vehicles. From: Chatterjee et al. (1986).

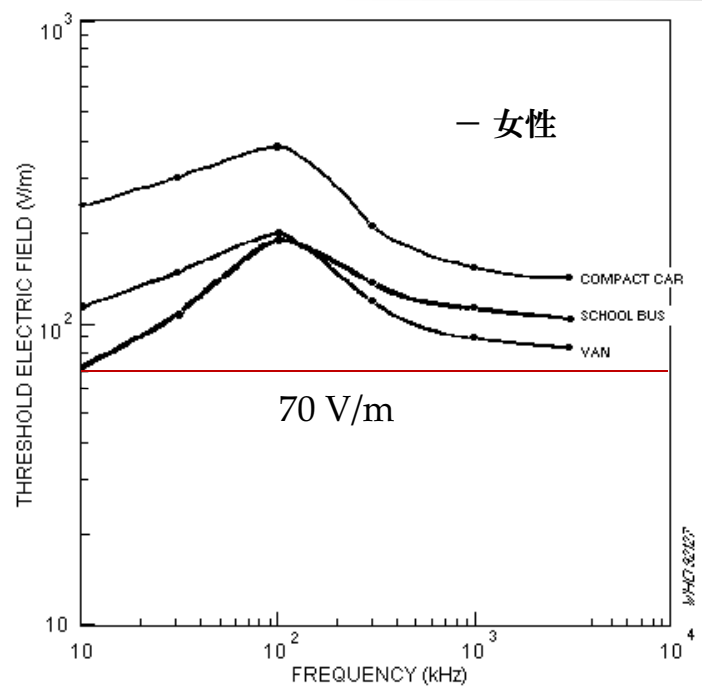


Fig. 19. Average threshold electric field for perception for grounded females in finger contact with various vehicles. From: Chatterjee et al. (1986).

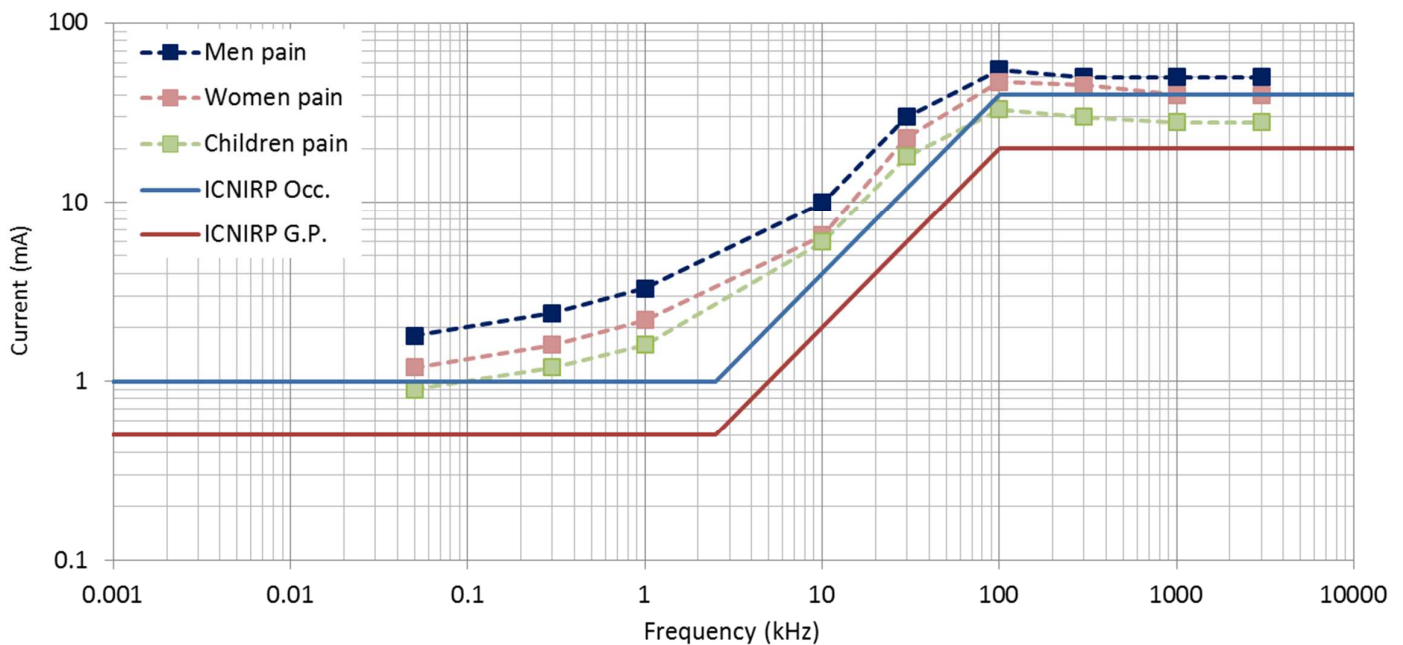
2014/5/27 ● 9

ICNIRPの指針値

- 参考レベル
- 2010版は10 MHzまで(1998版は110 MHzまで)
- 2010版は痛みのある電撃の閾値(1998版は感電と熱傷の閾値)
- 公衆のばく露は子どもの閾値(成人男性の1/2)
- 平均時間
 - 2010版は10 MHzまで瞬時
 - 1998版では10 MHzまでの刺激作用は瞬時, 100 kHz以上の熱作用は6分間?

2014/5/27 ● 10

ICNIRPの指針値



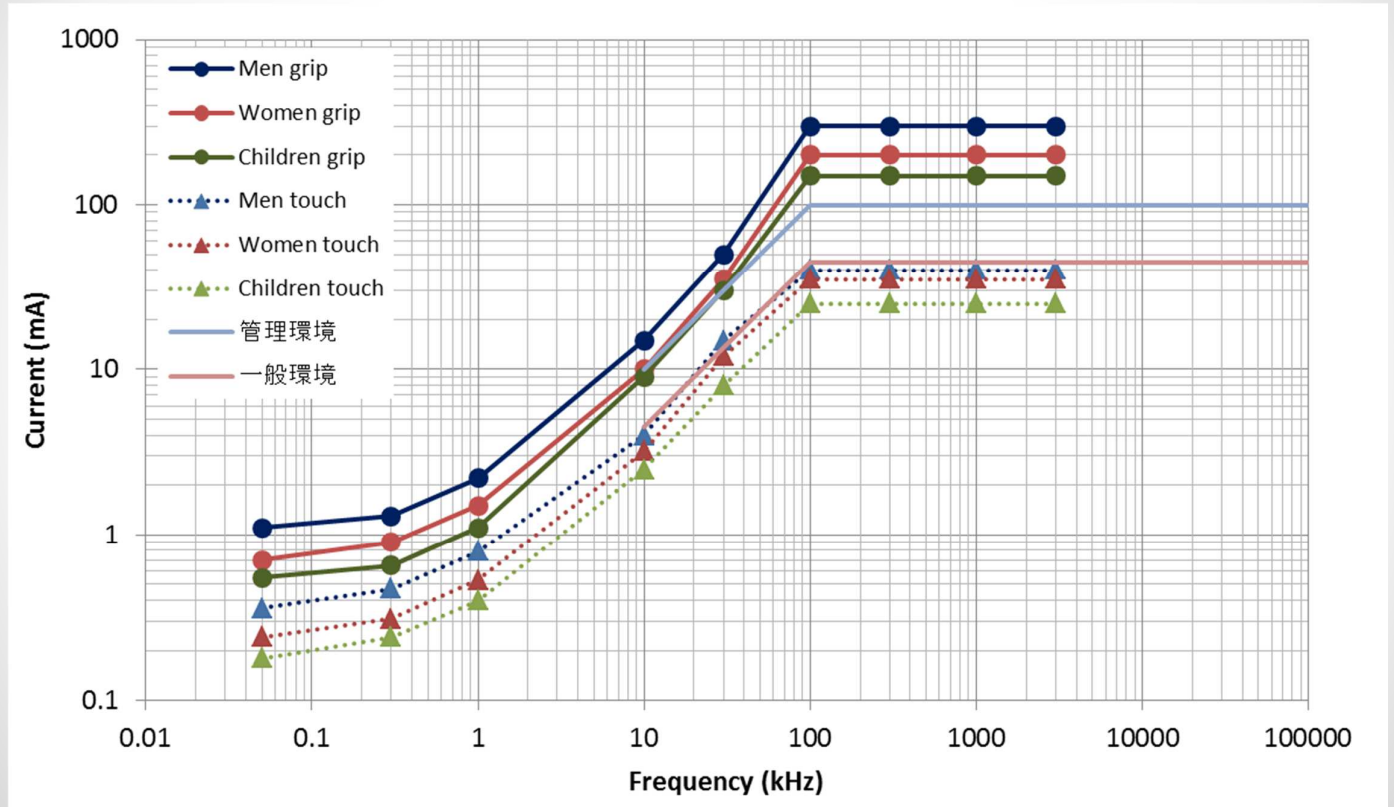
2014/5/27 • 11

電波防護指針の指針値

- 主にChatterjeeら(1986)の実験結果より
- IEEE/ANSI C95.1 との整合
- 基礎指針 3
 - 10 kHz~100 kHz : $10^{-3} f_{\text{Hz}}$ mA (1秒未満)
← 握り接触の知覚閾値の1/2
 - 100 kHz~100 MHz : 100 mA (6分平均)
← 高周波熱傷の閾値の1/2
- 管理指針 - 補助指針(2), 局所吸収指針
 - 管理環境 : 基礎指針と同じ
 - 一般環境 : 基礎指針の $1/\sqrt{5}$, 指接触の知覚閾値

2014/5/27 • 12

電波防護指針の指針値



2014/5/27 • 13

電波防護指針の指針値

- 管理指針 - 電磁界強度指針 - 注1 (15 MHz以下)
 - 管理環境：137 V/m (平均1秒未満)
 - ← 成人女性の電撃知覚閾値電界(握り接触)
 - 一般環境：61.4 V/m (平均1秒未満)
 - ← 子どもの電撃知覚閾値電界(指接触)

握り接触	電界 [V/m]	電力密度 [mW/cm ²]	接触電流 [mA]
男性	200		260
女性	170	7.7	220
子ども	150		180
	<u>137</u>	5	

指接触	電界 [V/m]	電力密度 [mW/cm ²]	接触電流 [mA]
男性	85		40
女性	70		35
子ども	60		25
	<u>61.4</u>	1	26

2014/5/27 • 14

知覚閾値電界(握り接触)

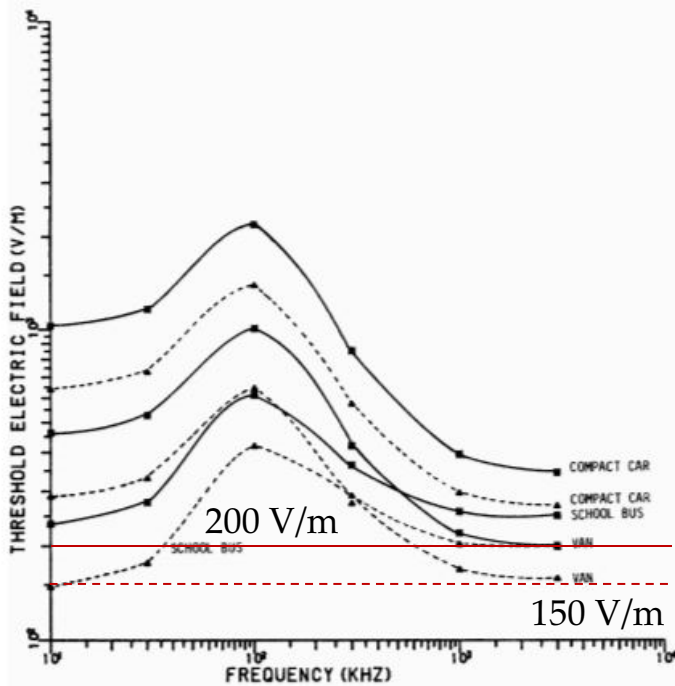


Fig. 10. Average threshold electric field for perception for grounded adult males (solid lines) and ten-year-old children (dashed lines) in grasping contact with various vehicles.

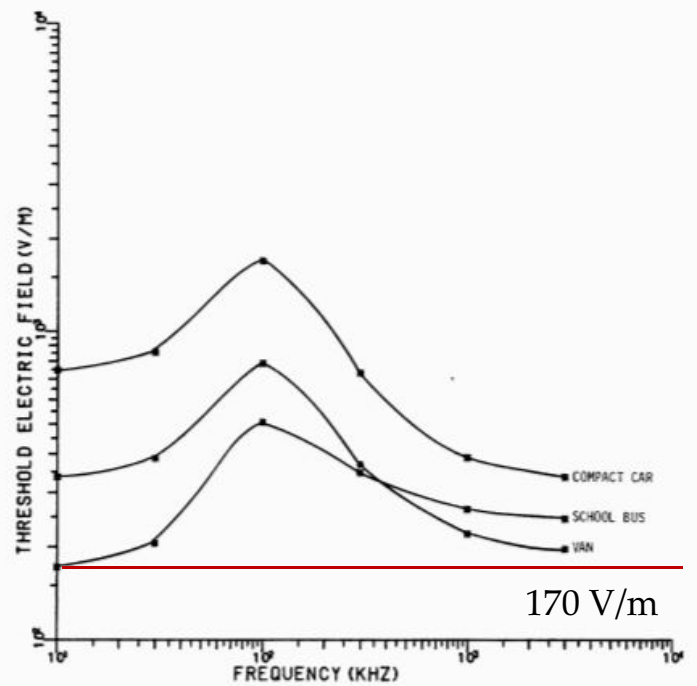
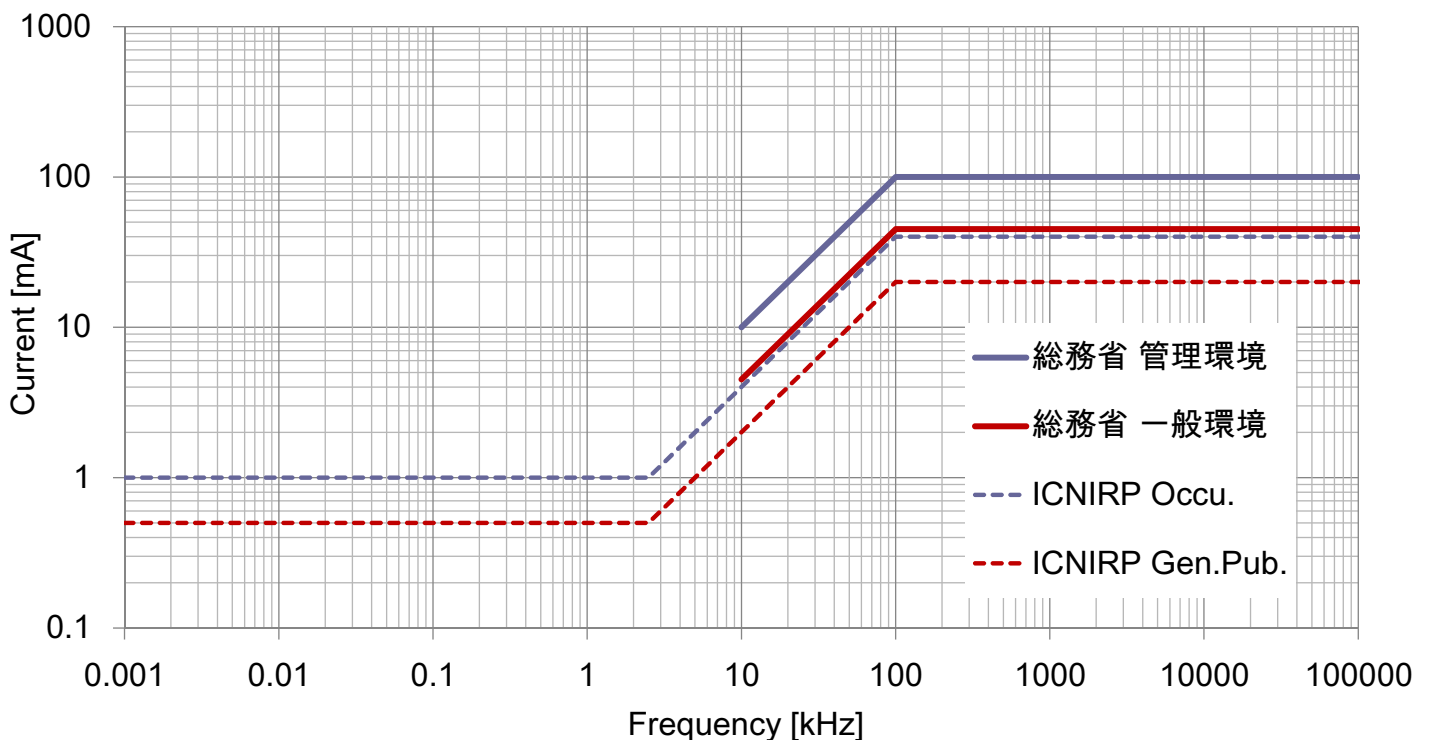


Fig. 13. Average threshold electric field for perception for grounded adult females in grasping contact with various vehicles.

ICNIRPと電波防護指針の比較

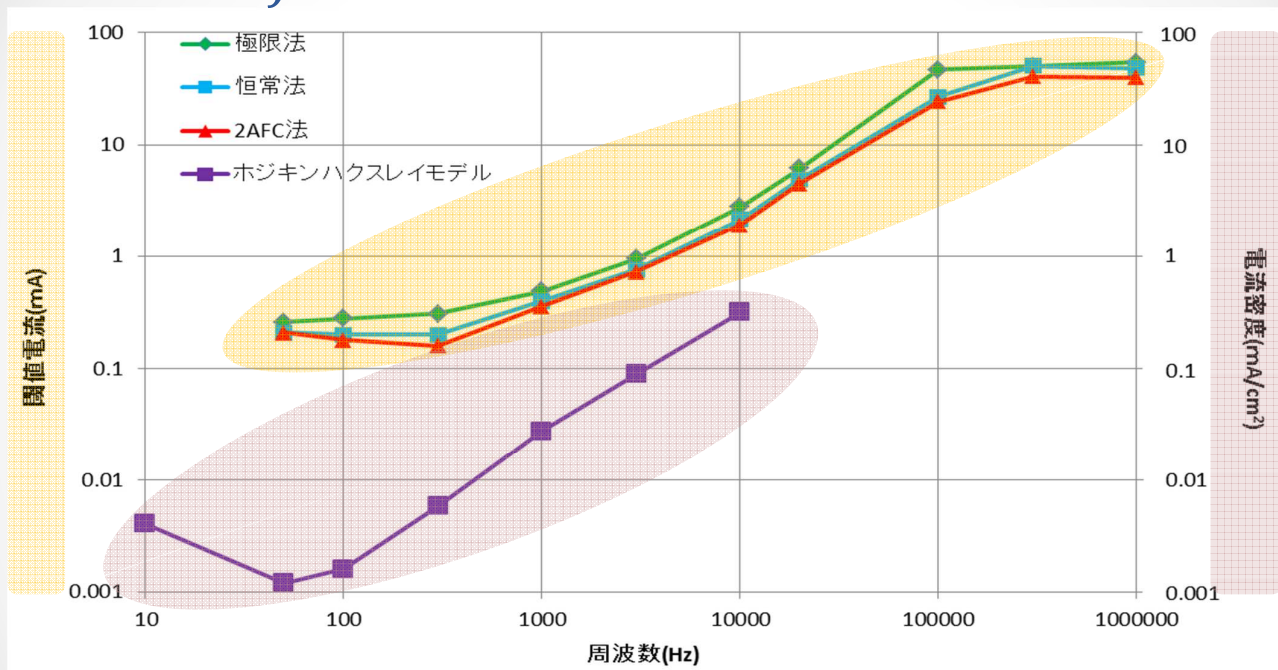


最近の研究

- Chatterjeeらの実験の追試
 - 極限法のほかに恒常法, 2AFC法を試みた
- ホジキン - ハクスレイモデルとの比較
- 指先の電流密度のドシメトリ
- 接触電流測定器の開発

2014/5/27 • 17

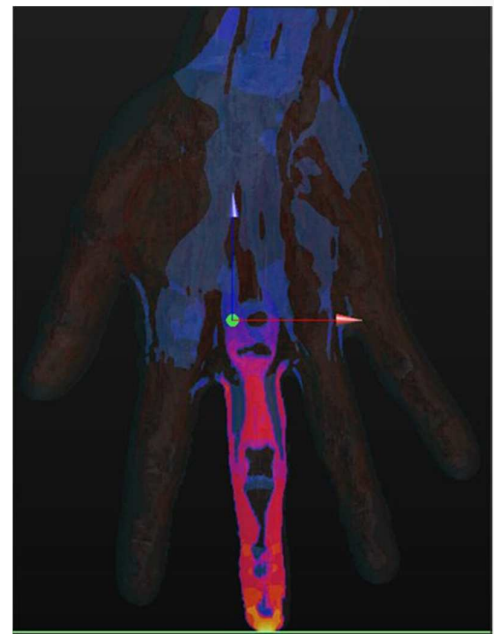
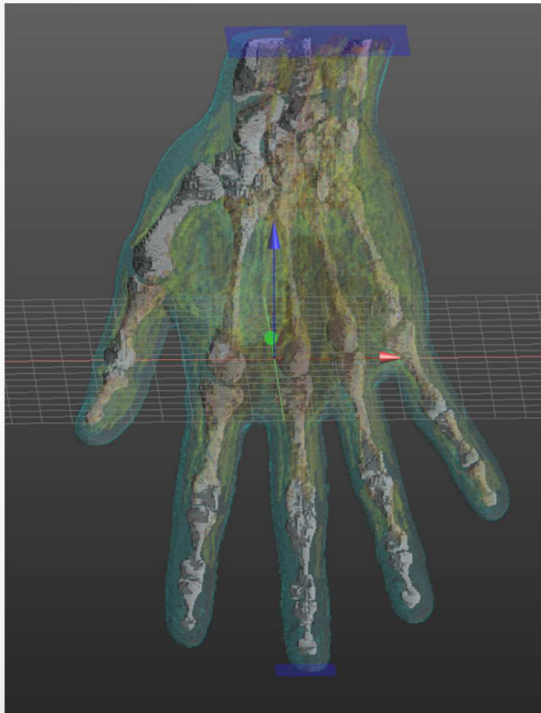
Chatterjeeらの実験の追試とHHモデル



周波数	10	50	100	300	1 k	3 k	10 k
電流密度閾値 [$\mu\text{A}/\text{cm}^2$]	4.1	1.2	1.6	5.9	28	90.1	318

2014/5/27 • 18

指先の電流密度分布のシミュレーション



2014/5/27 ● 19

試作した接触電流測定器



2014/5/27 ● 20

論点整理表

- 2-8 「接触ハザードが防止されている状態」の定義
- 2-9 表2注1，表3注1の電界強度による指針値
- 2-10 接触電流の指針値が ICNIRP より高い
- 2-11 経済産業省で独自のデビエーション？
- 2-12 平均時間が ICNIRP と異なる

2014/5/27 ●21

2-8 「接触ハザードが防止されている状態」の定義

- 接触ハザードの危険性について熟知している
- 接触の可能性のある金属部分が絶縁物でカバーされ，人体との距離が十分保たれる
- 床が十分な厚さの絶縁物で覆われている
- 絶縁手袋の着用が義務づけられている
- 絶縁シューズの着用が義務づけられている
- 作業服の着用が義務づけられている

2014/5/27 ●22

2-10 接触電流の指針値

- IEEE C95.1 (1999) 100 kHz~100 MHz
 - Controlled environments: 100 mA ← grasp
 - Uncontrolled environments: 50 mA ← ½
- IEEE C95.1 (2005) 100 kHz~100 MHz
 - Controlled environments (grasp): 100 mA
 - Controlled environments (touch): 50 mA
 - Action level (general public): 16.7 mA

2-10 接触電流の指針値

- 現行の指針 (100 kHz~100 MHz)
 - 管理環境：100 mA ← grasp
 - 一般環境：40 mA ← $1/\sqrt{5}$, touch
- 提案 (100 kHz~100 MHz)
 - 管理環境(握り接触)：100 mA
 - 管理環境(指接触)：45 mA
 - 一般環境：20 mA