

シャドーイングとDuty Cycleの干渉検討に与える影響について

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会
60GHz帯無線設備作業班(第2回)

2019.6.14 株式会社ディーエスピーリサーチ

ミリ波帯センサーシステムにおける人体シャドーイング等の考察

- ミリ波帯センサーシステムと被干渉側デバイス間に人体が介入することで伝搬損失が発生する。
- 人体によるシャドーイング特性について、人体を楕円体とし、一枚のナイフエッジとして回折損失を近似する計算モデルが提案されている[1]。
- ナイフエッジ回折損失は、フレネルゾーン内に遮蔽物が介入した際の回折損失と同等と考えられる。
- 第1フレネルゾーンが全遮蔽された際の減衰量は約16dB[2]。
- 表1にミリ波帯センサーシステム(TX)と人体の距離を20, 50, 100cmと可変した場合の、被干渉側システム(RX)との離隔距離を屋内環境(5, 10, 15, 20m)及び屋外環境(56, 100, 300, 500m)に設定した場合のフレネル半径(r_1)の計算結果を記載する。
- 人体から1m以内の距離にミリ波帯センサーシステムを設置した場合の第1フレネルゾーンの大きさを考慮すると、人体頭部から胸部によって全遮蔽された状態と考えて差し支えないと考えられる。

表1 設定離隔距離別のフレネル半径の計算結果 (Unit: cm, TX Freq. @ 60.5 GHz)

d_1 (cm) \ $d_1 + d_2$ (m)	5	10	15	20	56	100	300	500
100	6.3	6.7	6.8	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0
50	4.7	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0
20	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1

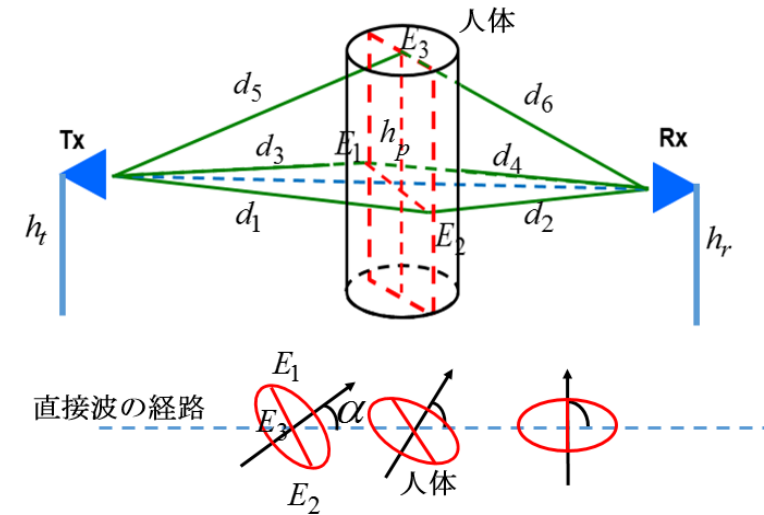
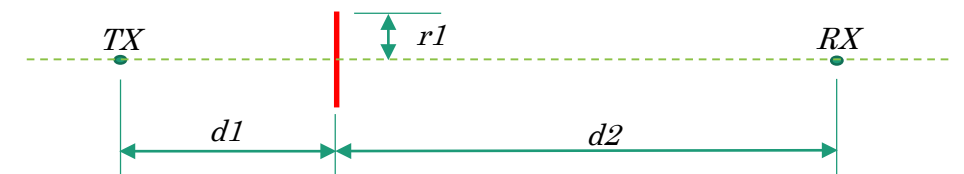


図1 楕円体モデル [1]



$$r_1 (m) = \sqrt{\lambda * ((d_1 * d_2) / (d_1 + d_2))}$$

図2 フレネルゾーン模式図

[1] 王挺, 梅比良正弘, 武田茂樹, 宮嶋照行, 鹿子嶋憲一, “60GHz帯における移動する人体によるシャドーイングの計算モデルと実験による検証”, 信学技報, RCS2014-211, pp.85-90, Nov. 2014

[2] 高田潤一, “電波伝搬の基礎理論”, 映像情報メディア学会誌, 2016, vol.70, no.1, pp.142-148, Jan. 2018

ミリ波帯センサーシステムにおけるDuty Cycleとシャドーイングの関係等

- 図3に示す $d1$ を1m、 $r1$ を15cmとすると、 θ は約8.5度となる。この角度の意味は、8.5度以内であれば人体による遮蔽が期待でき、8.5度より広い場合は人体による遮蔽効果が薄いことを示す。
- ミリ波帯センサーシステムのアンテナ半値角を120度とすると、 θ との間には次の関係がある。
 - $0 \sim \theta$ (度): 人体による遮蔽効果あり
 - $\theta \sim 60$ (度): 人体による遮蔽効果が期待できない
- ミリ波帯センサーシステムのアンテナに対する、人体遮蔽率を表2に示す。
- Google Soliのユースケースから、ミリ波センサーシステムを見ながら指によるジェスチャー操作を行うときの人体からの距離は、肩から肘までの長さに近似すると仮定すると、25cm程度と考えられる。
- $D1$ が25cmの時は表2より人体遮蔽率は50%程度である。
- Google SoliのDuty Cycleは、指の動作をセンシングしているHigh modeとStand-by状態のLow modeに分けられる。表3にDuty Cycleを含む送信時間率を示す。
- ミリ波帯センサーシステムは使用状況によっては被干渉側システムに干渉を与える可能性がゼロではないが、送信時間率、周波数のオーバーラップ率、アンテナ指向性による干渉軽減率にシャドーイング効果が加わることで、干渉影響が小さくなることが確認された。
- また、ミリ波帯センサーシステムのユースケースから、屋外においては固定設置される可能性は低く、移動するものとしてとらえれば、共有可能と考えることができる。

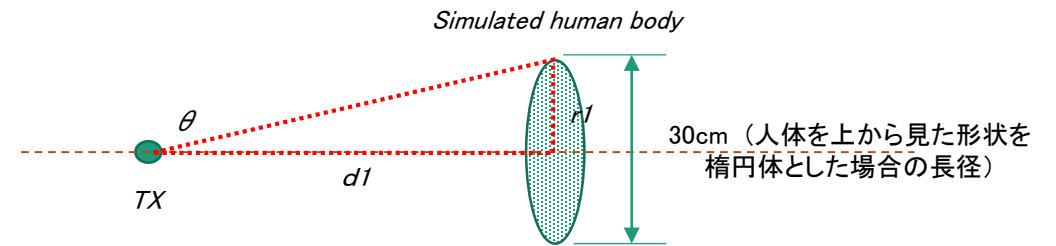


図3 人体により遮蔽される面と遮蔽角(θ)の関係

表2 TX～人体間の距離の変化による人体遮蔽率 ($r1 = 0.15$ m)

$d1$ (m)	θ (deg.)	アンテナ半値角: 120度に対する 人体遮蔽率 (%)
1	8.5	14
0.5	16.7	28
0.26	30	50
0.2	36.9	61
0.15	45.0	75

表3 実動作状態におけるDuty Cycle別の送信時間率

	Duty Cycle High mode	Duty Cycle Low mode	Note
Transmission Duty (%)	10.0	1.8	
Frequency Overlap (%)	30.86	30.86	2.16GHz(WiGig) / 7GHz (Soli)
Antenna Directivity (%)	33.3	33.3	120 / 360 deg.
Total (%)	1.03	0.18	