

**「医療機関における安心・安全な
携帯電話利用環境構築に関する調査」
報告書**

平成 29 年 3 月

総務省

目 次

第1編 目的	1
第2編 医用電気機器への影響を考慮した携帯電話端末の電波の送信電力 に関する調査	2
第1章 携帯電話端末の電波受信強度と送信電力の相関に関する調査	2
第2章 電波環境協議会における調査報告	3
2.1 調査方法	3
2.2 スクリーニング測定による影響の評価結果	4
2.3 実機測定による影響の評価結果	7
2.4 無線アクセス方式を変えた時の影響状況(実機測定による影響の評価)	8
2.5 評価結果	8
2.6 推奨離隔距離	8
2.7 携帯電話端末の電波の送信電力と離隔距離の考察	10
第3章 その他の調査報告	11
第4章 結論	12
第3編 医用電気機器への影響を考慮した携帯電話の電波の受信強度値に 関する調査	13
第1章 携帯電話端末の電波受信強度と送信電力の相関に関する調査	13
1.1 調査用携帯端末	13
1.2 無線アクセス方式、通信モード及び周波数帯域	13
1.3 調査方法及び計測データ	14
1.4 電波暗室における模擬環境調査	24
1.5 実環境調査	33
第2章 医用電気機器への電波の影響を考慮した電波の受信強度値の調査 ..	53
2.1 LTE の考察	53
2.2 W-CDMA 方式の考察	58
第4編 まとめ	61
第5編 参考文献	63

第1編 目的

医療機関では、携帯電話等の電波を利用する機器の活用が進んでいる。特に、スマートフォンを含む携帯電話等については、医療従事者だけではなく、患者やお見舞いなどで病院を利用する者も病院内で利用したいというニーズが高まっている。

このような中、医療機関での携帯電話等の使用については、電波環境協議会において、平成 26 年 1 月に「医療機関における携帯電話等の使用に関する作業部会」が設置され、平成 26 年 8 月に「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」が策定されている。同指針では、医療機関において携帯電話等の利用者に向けてエリア毎の携帯電話端末等の使用ルールを制定する際の考え方等を示しており、携帯電話等を使用可能な場所では、医用電気機器の電磁両立性に関する国際規格等を参考に、医用電気機器との離隔距離として 1m 程度を目安とするとともに、各医療機関における独自の試験結果等を基として、より短い離隔距離を設定できるとしている。

また、電波環境協議会では、医療機関における適正な電波利用の実現に向けた検討を行うため、平成 27 年 9 月に「医療機関における電波利用推進部会」が設置された。同部会での検討の結果、携帯電話等の電波利用機器に関するトラブル事例や対応策等を分かりやすく取りまとめた「医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き」等が平成 28 年 4 月に策定されている。同手引きにおいては、医療機関における携帯電話等の利用ニーズは高いものの、医用電気機器への電波の影響を懸念し、活用が進んでいない医療機関があること、また、携帯電話の通信インフラを整備し、受信状況を改善することが電波の医用電気機器への影響低減に有効であることが示されている。

これらを参考に、各医療施設における携帯電話の電波の電波環境改善対策に取り組むことが求められるが、具体的な方法については確立されていない。そこで、本調査により、医療施設における良好な携帯電話利用環境を構築する方法等を確立するとともに、医療機関における安心・安全な電波利用環境の構築に寄与する。

第2編 医用電気機器への影響を考慮した携帯電話端末の電波の送信電力に関する調査

これまで、携帯電話等から放射される電波が医療機器へ与える影響については、多くの調査研究がこれまでに実施されてきている。これらの調査研究において、医療機器に影響を与える要因としては、携帯電話等のピーク電力対平均電力比（PAPR：Peak to Average Power Ratio）よりも、送信電力が主であることが明らかとなっている¹ことから、携帯電話の電波からの医療機器への影響を最小限に抑えるためには、その最大送信電力に着目して検討を行うことが必要である。

第1章 不要電波問題対策協議会における調査報告

不要電波問題対策協議会「携帯電話端末等の使用に関する調査報告書（平成9年4月）」において、366機種の医療機器を対象とした調査の結果、アマチュア無線機器、携帯電話（当時の最大送信電力は0.6W, 0.8Wと、現行規格に比して高い出力）を除き、PHS(80mW)²、無線LAN(10mW/1MHz)、構内ポケベル(10mW)、コードレス電話(10mW)、テレメータ(10mW)などによる影響は極めて少ないことが報告された。

また、PHSについては、長年医療機関において多く用いられているものの、その使用に伴う医療機器への深刻な影響については、報告がなされていない。

¹ Keisuke Nagase, Satoshi Ishihara, Junji Higashiyama, Teruo Onishi, and Yoshiaki Tarusawa, "Electromagnetic interference with medical devices from mobile phones using high-speed radio access technologies", IEICE, ComEX, vol.1, no. 6, 2012

² 医療機器への電波の影響は、電波の強さの最大値が大きな要因となるため、PHSについては、空中線への最大入力電力で規定することが妥当と考えられる。

表 1 各無線システムからの影響に関する実験調査の結果

種類			構内ポケベル基地局	テレメータ	無線LAN	コードレス電話	PHS端末	携帯電話	アマチュア無線		
周波数帯			420MHz	420MHz	2.4GHz	380/250MHz	1.9GHz	800MHz, 1.5GHz	144MHz	430MHz	1.2GHz
出力			10mW	10mW	10mW/1MHz	10mW	80mW	0.6W, 0.8W	1.5W	1.5W	0.8W
変調方式			2値FSK	2値FSK	直接拡散	FM	$\pi/4$ QPSK	FM, $\pi/4$ QPSK	FM		
実験機種数			108	108	108	108	108	108	108	108	108
干渉を受けなかった機種数			106	107	106	101	104	51	35	38	60
干渉を受けた機種数	不可逆	機種数	0	0	0	2	1	11	16	12	10
		最大干渉距離	－	－	－	3cm	1cm	20cm	100cm	120cm	100cm
	可逆	機種数	1	1	2	5	3	46	57	58	38
		最大干渉距離	5cm	5cm	15cm	15cm	60ccm	150cm	135cm	280cm	140cm
	合計機種数 (%)		1 (0.9)	1 (0.9)	2 (1.9)	7 (6.5)	4 (3.7)	57 (52.7)	73 (67.6)	70 (64.8)	48 (44.4)

引用：不要電波問題対策協議会「携帯電話端末等の使用に関する調査報告書（平成 9 年 4 月）」を基に作成

第2章 電波環境協議会における調査報告

平成 26 年 8 月 19 日発行の「医療機関における携帯電話等の使用に関する報告書」において、9 種類の医用電気機器 25 モデルの実機に対して、携帯電話端末の電波が与える影響が以下の通り調査されている。

以下その調査方法・評価結果の概要を 2.1 項から 2.5 項に抜粋し、その内容を踏まえ 2.6 項以下に、医用電気機器への影響を考慮した、携帯電話端末の送信電力と離隔距離の考察を行った。

2.1 調査方法

今回の調査は下記の 2 種類の無線アクセス方式（表 2、表 3 参照）の送信電波に対して行った。半波長ダイポールアンテナを電波発射源とした模擬システムによるスクリーニング測定を行い、スクリーニング測定で電波による影響が発生した医用電気機器に対して携帯電話端末実機を用いて調査された。

表 2 調査された無線アクセス方式(W-CDMA)

ARIB 標準規格名	STD-T63 IMT-2000 DS-CDMA and TDD-CDMA System
方式名	W-CDMA
送信周波数帯域	800MHz 帯, 1.5GHz 帯, 1.7GHz 帯, 2GHz 帯
アクセス方式 デュープレクス	CDMA FDD
キャリア占有帯域幅	5MHz
変調方式	1 次変調 : QPSK 2 次変調 : 直接拡散
最大空中線電力	250mW

表 3 調査された無線アクセス方式(LTE) : 実機のみ

ARIB 標準規格名	IMT-2000 DS-CDMA and TDD-CDMA System ARIB STD-T63 (Release9)
方式名	3GPP Release9
送信周波数帯域	800MHz 帯, 1.5GHz 帯, 1.7GHz 帯, 2GHz 帯
アクセス方式 デュープレクス	SC-FDMA、FDD
キャリア占有帯域幅	10MHz
変調方式	1 次変調 : 16QAM
最大空中線電力	200mW

2.2 スクリーニング測定による影響の評価結果

電波発射源が半波長ダイポールアンテナのスクリーニング測定によって影響が発生した医用電気機器が、3 項目のチャート図で示されている。

チャートでは、影響が発生する距離の最大値とその時のカテゴリ(注 1)を示す線、カテゴリの最大値とそのカテゴリが発生する距離を示す線の両方が記載されている。半波長ダイポールアンテナへの入力電力が 250mW 時の影響チャートを図 1、入力電力が 10mW 時の影響チャートを図 2 に示す。

(注 1) このカテゴリとは、医用電気機器の電波による影響状況のカテゴリ分類である。

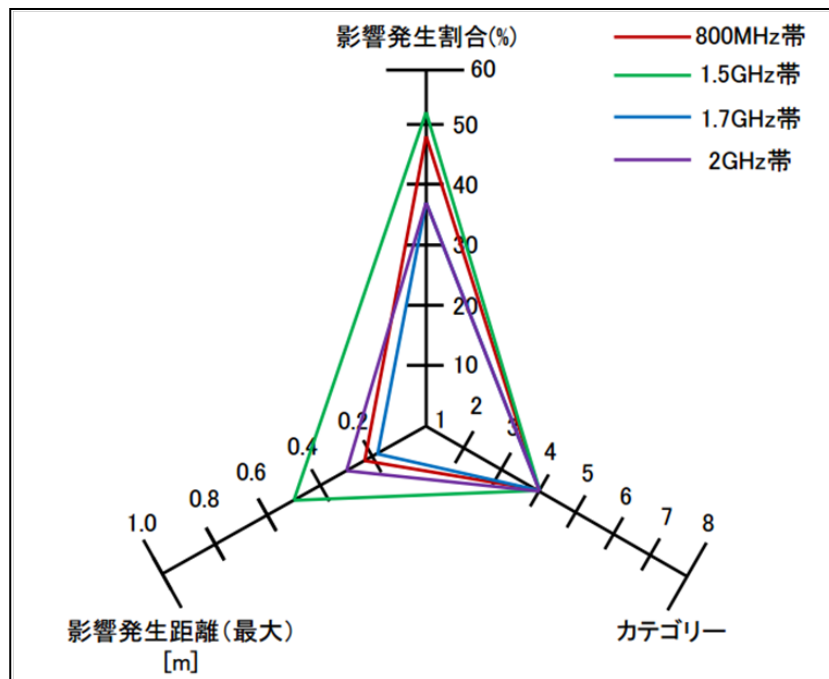


図 1 送信電力 250mW 時の影響発生距離が最大となる医用電気機器

理論上最大レベルの送信電力 250mW に対し、影響を受けた医用電気機器の最大距離は 50cm であった。使用された送信用ダイポールアンテナのアンテナゲイン 2dBi に対し実際の携帯電話端末では絶対利得が-2dBi 程度であることを考慮すると、実際の携帯電話端末の EIRP はこのスクリーニング測定 の EIRP の半分以下のレベルに相当する。(注 1)

上記最大距離 50cm は、電力の平方根に比例するので、実際の携帯端末に置き換えると、約 32cm に相当する。(注 2)

(注1) 送信用ダイポールアンテナのアンテナゲイン 2dBi、に対して、実際の携帯電話端末の絶対利得が-2dBi によって、 $2\text{dBi} - (-2\text{dBi}) = 4\text{dB}$ ダイポールアンテナに対して小さくなる。

4dB 小さいということは、 $1/10^{(4\text{dB}/10)} = 0.4$ 倍になるので、半分以下のレベルに相当する。

(注2) $50[\text{cm}] \times \sqrt{0.4} \cong 32[\text{cm}]$

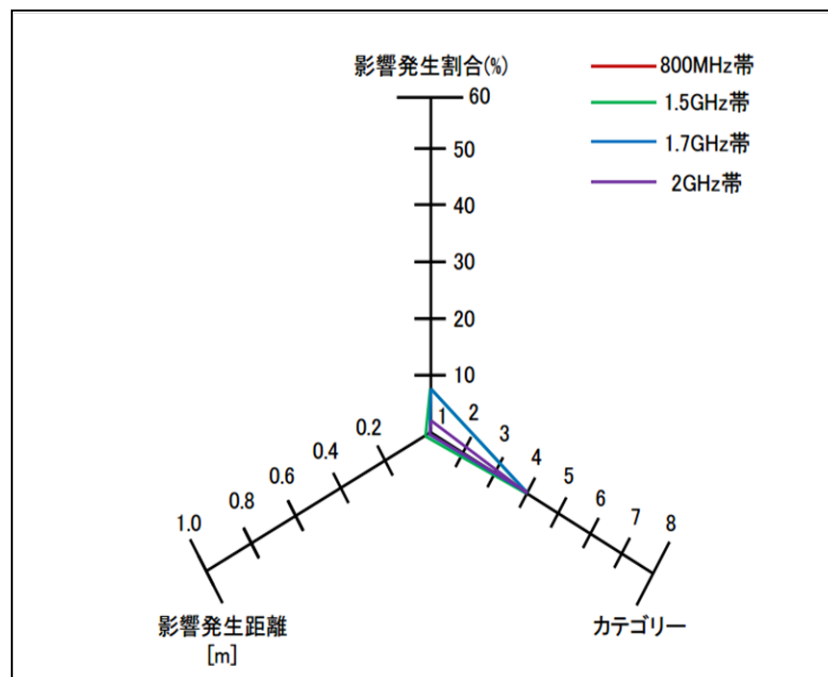


図 2 送信電力 10mW 時の影響発生距離が最大となる医用電気機器

半波長ダイポールアンテナへの入力電力を 10mW とした時に、影響が発生した医用電気機器の最大距離は 2cm であった。

前記と同様に、実際の携帯電話端末の EIRP はこのスクリーニング測定 of EIRP の半分以下のレベルに相当するので、さらに近傍でも影響が出ないことが予想される。

2.3 実機測定による影響の評価結果

携帯電話端末実機での影響測定の結果を周波数別に図 3 に示す。チャートでは、影響が発生する距離の最大値とその時のカテゴリーを示す線、カテゴリーの最大値とそのカテゴリーが発生する距離を示す線の両方が記載されている。

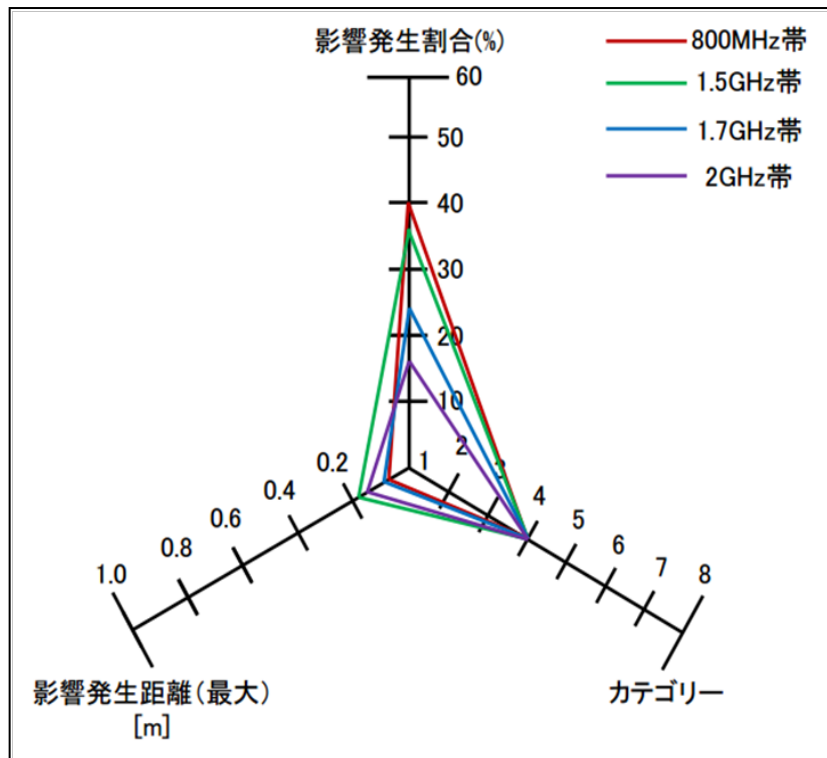


図 3 実機試験による影響発生距離が最大となる医用電気機器

実機測定による医用電気機器の影響発生距離の最大は 18cm であった。
前記 2.2 項でのスクリーニング測定結果に実際の携帯電話端末のアンテナゲインを考慮した理論値の 32cm よりさらに短い距離であった。

2.4 無線アクセス方式を変えた時の影響状況(実機測定による影響の評価)

W-CDMA 方式の実機試験で、影響が発生した医用電気機器の最大距離が 18cm であったのに対し、LTE の実機ではその最大距離は 4cm であった。また、他の医用電気機器においても影響を受ける最大距離は小さくなっている。

これは LTE の最大送信電力が 200mW に対して、W-CDMA 方式の 250mW より小さいことから推察される。

2.5 評価結果

携帯電話等が医療機器へ与える影響の結果は以下のとおりとなり、送信電力が 10mW となる場合には、影響が大幅に低減することが確認された。

表 4 携帯電話等が医療機器へ与える影響の調査結果

	スクリーニング調査		実機調査 (250mW/200mW)
	250mW	10mW	
影響が発生した台数 (台)	18	5	13
割合 (%)	72	20	52

2.6 推奨離隔距離

JIS T 0601-1-2:2012 では、医用電気機器から放出される電波による電磁妨害の抑制に対してエミッション試験、医用電気機器の周辺の電磁妨害からの耐性に対してイミュニティ試験を実施し、規格で定める基準に対する適合性を確認することが求められている。

特に携帯電話等の電波に対する耐性はイミュニティ試験の一つである放射 RF 電磁界試験によって評価され、非生命維持機器及びシステムに関しては試験レベル 3V/m(80MHz～2.5GHz)、生命維持機器及びシステムに関しては試験レベル 10V/m(80MHz～2.5GHz)において、医用電気機器が基本性能を保ち、かつ安全を維持することが求められる。

更に、JIST0601-1-2:2012 では、RF 電磁界に対するガイダンスとして、携帯型及び移動形 RF 通信機器(携帯電話等)を医用電気機器に対して、計算式により定義された推奨離隔距離より近づけて使用しないことを推奨している。推奨離隔距離は、非

生命維持機器及びシステム、生命維持機器及びシステムに対してそれぞれ以下のように計算される。

(1) 非生命維持機器及びシステム

P : 送信機の最大定格出力電力(W)

d : 推奨分離距離(m)(JIST0601-1-2:2012 の表記を使用した)

E_1 : 放射 RF 電磁界の適合性レベル(V/m)

$$d = \left[\frac{3.5}{E_1} \right] \sqrt{P} \quad (80 \text{ MHz} \sim 800 \text{ MHz})$$

$$d = \left[\frac{7}{E_1} \right] \sqrt{P} \quad (800 \text{ MHz} \sim 2.5 \text{ GHz})$$

(2) 生命維持機器及びシステム

$$d = \left[\frac{12}{E_1} \right] \sqrt{P} \quad (80 \text{ MHz} \sim 800 \text{ MHz})$$

$$d = \left[\frac{23}{E_1} \right] \sqrt{P} \quad (800 \text{ MHz} \sim 2.5 \text{ GHz})$$

注 1) 800MHz においては、高い周波数範囲を適用する。

注 2) これらの指針は、全ての状況に対して適用するものではない。建築物・物・人からの吸収及び反射は、電磁波の伝搬に影響する。

注 3) 700MHz 帯域の LTE は、80MHz～800MHz の計算式が適用されるので、800MHz～2.5GHz 帯で使用される携帯電話端末のおおよそ半分の推奨離隔距離となる。

非生命維持機器及びシステム(適合確認された放射 RF 電磁界試験のイミュニティレベルが 3V/m)、現行の携帯電話の無線アクセス方式(最大の出力電力は 250mW)、周波数帯 800MHz 以上の場合、推奨離隔距離の計算式 $d=2.3\sqrt{P}$ の P に携帯電話端末の最大出力電力として $P=0.25\text{W}$ を代入し、計算すると推奨離隔距離 d は 1.15m(絶対利得 0dBi で計算)となる。

実際の携帯電話端末では絶対利得が -2dBi 程度であることを考慮すると推奨離隔距離が 0.92m となる。また、 $P=10\text{mW}$ とすると、推奨離隔距離 d は 0.23m となり、同様に実際の携帯電話端末では 0.19m となる。

生命維持機器及びシステム(適合確認された放射 RF 電磁界イミュニティレベルが 10V/m)も試験されるイミュニティレベルを適用すると、非生命維持機器及びシステムの場合と同様の離隔距離となる。

2.7 携帯電話端末の電波の送信電力と離隔距離の考察

表 5 に携帯電話端末の送信電力と平成 26 年の調査結果及び推奨離隔距離の一覧を示す。最大送信電力が 250mW(W-CDMA 方式)で推奨離隔距離は安全を考慮して 1.15m となるが、実際の医用電気機器に対するスクリーニング測定(最悪と考えられる条件)において、影響が発生した最大距離は 0.5m であり、推奨離隔距離の半分以下となっている。

送信電力が 10mW の場合を考察すると、推奨離隔距離は 0.23m となるが、スクリーニング測定におい送信電力 10mW で、影響を受けた最大距離は 0.02m であり、推奨離隔距離の 10 分の 1 となっている。

以上のことより、携帯電話端末の送信電力が 10mW 以下になる電波環境では(約 0.2m の推奨離隔距離：実機の携帯電話端末の利得を考慮する場合)であれば、実際の医用電気機器が携帯電話の電波の影響を受ける可能性は少ないものと推測される。

しかし、医療機関内の古い医用電気機器(現行の携帯電話で使用されている全ての周波数では試験評価をされていない JIS T 0601-1-2:2002 適合製品や、JIS 規格が存在しない更に古い時期の製品)は、注意が必要であろう。

・JIS T 0601-1-2:2002 (放射 RF 電磁界試験周波数範囲 26MHz~1GHz)

表 5 医用電気機器に影響が発生した最大距離(注 1)と推奨離隔距離

最大出力電力 (mW)	医用電気機器に影響が発生した 最大距離(m) [注 1]		推奨離隔距離(m)	
	スクリーニング 測定	実機測定	絶対利得 0dBi [注 2]	絶対利得 -2dBi [注 2]
250(W-CDMA)	0.50	0.18	1.15	0.92
200(LTE)	測定なし	0.04	1.03	0.82
10(W-CDMA)	0.02	測定なし	0.23	0.19

[注 1] 平成 26 年 8 月 19 日発行の「医療機関における携帯電話等の使用に関する報告書」の結果より

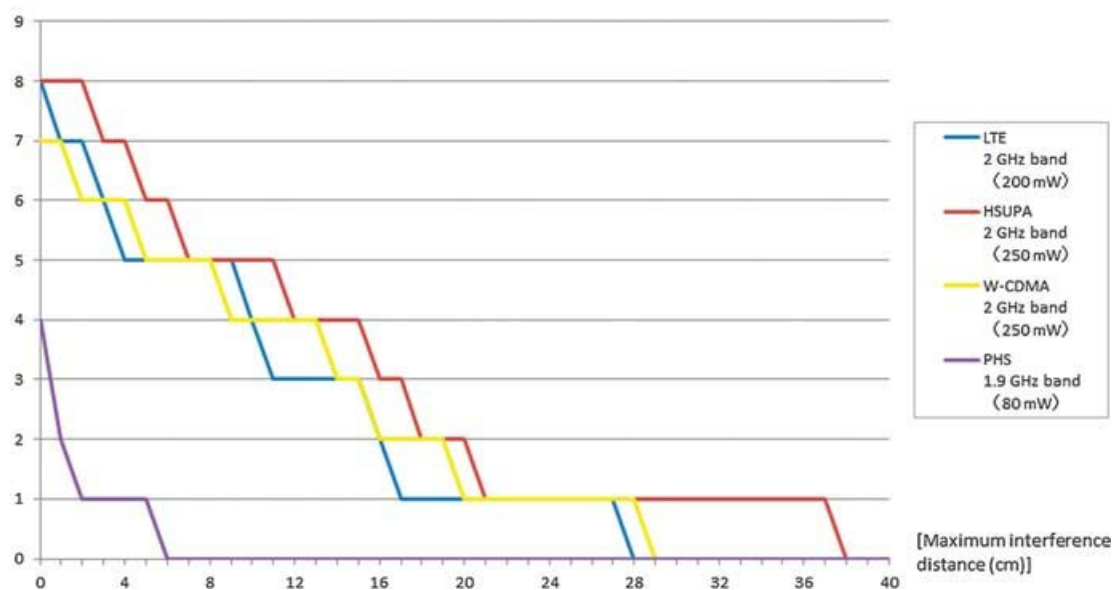
[注 2] 絶対利得 0dBi で推奨離隔距離は計算されるが、実際の携帯電話端末は絶対利得が-2dBi 程度である。

第3章 その他の調査報告

上記報告以外にも、携帯電話端末等の電波が医療機器へ与える影響については多くの調査研究報告がなされている。

Takao ら³によれば、近年一般的に用いられている LTE、HSUPA、W-CDMA、PHS を対象とした調査の結果、LTE、HSUPA、W-CDMA からはいずれも同様な影響が確認された一方で、PHS からの影響はそれらに比べて少ないことが確認(下図)されている。

[Number of EMI events occurring in medical equipment]



Number of EMI events occurring in medical equipment as a function of separation distance for the maximum transmission power level. Electromagnetic interference diminished at a minimum distance of 38 cm for mobile phones and 6 cm for PHS.

³ Hiroyuki Takao, Yu chih Yeh, Hiroyuki Arita, Takumi Obatake, Teppei Sakano, Minoru Kurihara, Akira Matsuki, Toshihiro Ishibashi, and Yuichi Murayama, "PRIMARY SALVAGE SURVEY OF THE INTERFERENCE OF RADIOWAVES EMITTED BY SMARTPHONES ON MEDICAL EQUIPMENT", Health Physics, vol. 111, no. 4, 2016

第4章 結論

これらの調査研究の結果を踏まえると、医療機器への影響を最小限に抑えるためには、携帯電話端末の送信電力が 10mW～80mW 程度以下となる環境を構築することが望ましいと考えられる。

80mW の送信電力については、PHS は多くの医療機関で使用されている実績があり、その一方で、PHS による医療機器への影響については報告がなされていないことから、妥当な閾値であると考えられる。

ただし、10mW～80mW 程度以下の送信電力であったとしても、影響が皆無ではないことに留意が必要である。

また、複数の端末が同時に医療機器の近傍で電波を発射する場合もあり得ることにも一定の配慮が必要である。

第3編 医用電気機器への影響を考慮した携帯電話の電波の受信強度値に関する調査

第1章 携帯電話端末の電波受信強度と送信電力の相関に関する調査

1.1 調査用携帯端末

調査用携帯端末(以下「調査端末」と記す。)は、3つの通信事業者(A社、B社及びC社とする)から、それぞれ以下の5モデル(製造業者X社及びY社)とする。

表 6 調査端末及び通信事業者

製造業者	通信事業者		
	A 社	B 社	C 社
X 社	Model-AX	Model-BX	Model-CX
Y 社	Model-AY	---	Model-CY

1.2 無線アクセス方式及び通信モード

無線アクセス方式は W-CDMA 方式及び LTE とし、W-CDMA 方式については音声通話モードとデータ通信モードの比較調査を行う。LTE については、データ通信モードについて調査を行う。

W-CDMA 方式:

A 社及び C 社の計 4 モデルの調査を行う。

表 7 W-CDMA 方式の調査端末

製造業者	通信事業者	
	A 社	C 社
X 社	Model-AX	Model-CX
Y 社	Model-AY	Model-CY

LTE:

実環境と電波暗室でのデータとの対比を目的とし、各通信事業者の1モデルに対して調査を行う。

表 8 電波暗室の調査端末

製造業者	通信事業者	
	A 社	C 社
X 社	Model-AX	Model-CX

表 9 実環境の調査端末

製造業者	通信事業者		
	A 社	B 社	C 社
X 社	Model-AX	Model-BX	Model-CX

1.3 調査方法及び計測データ

1.3.1 測定系及び調査端末の受信レベル表示の検証(電波暗室にて確認)

適切な「測定用台車と調査端末の測定用受信アンテナの測定距離及び高さ」を検証する。測定系の確認なので任意に選んだ、A 社の端末“Model-AX”を用いて、自由空間における調査端末の送信電力の基準レベルをもとめる。測定系の構成は図 4 及び図 5 の測定構成図を、測定機器は表 10 の機器リストを参照。

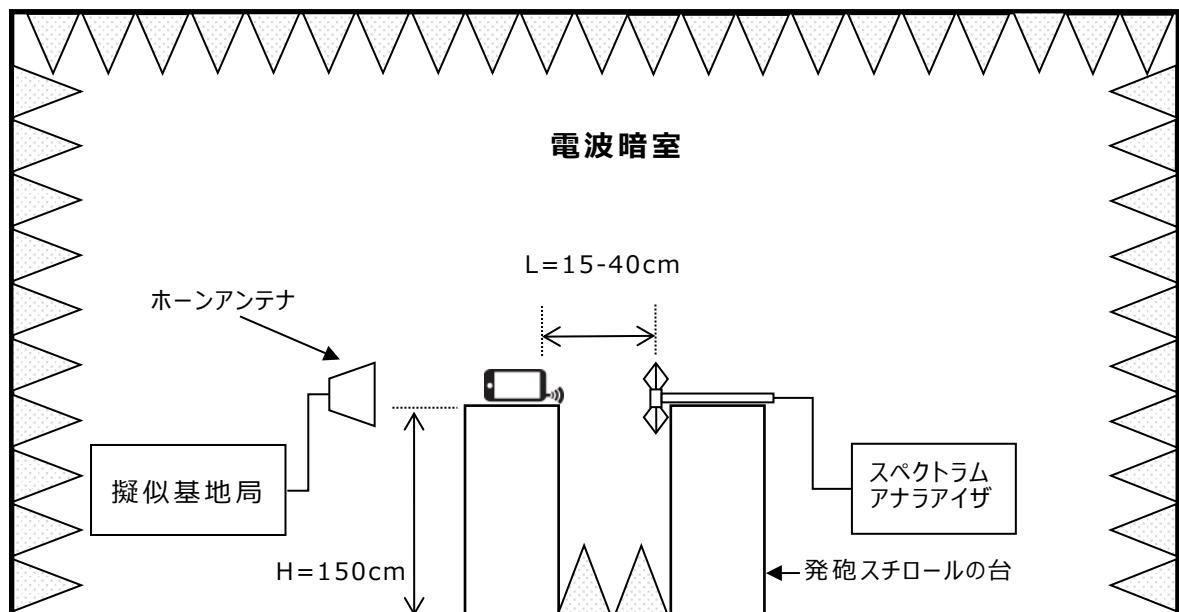
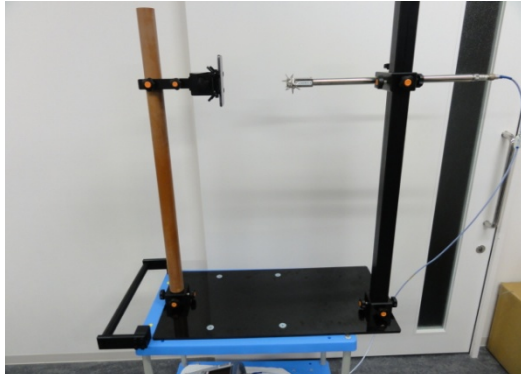


図 4 測定構成図(自由空間における端末の送信電力)

表 10 機器リスト

機器名称	製造業者	型名	備考
バイコニカルアンテナ (写真 1)	SCHWARZBECK	SBA 9113	0.5~3GHz 調査端末送信電力 測定用
スペクトラムアナライザ (写真 2)	ROHDE & SCHWARZ	FSH13	9kHz~13.6GHz
擬似基地局 (写真 3)	アンリツ	MT8820C	LTE/W-CDMA
ホーンアンテナ	EATON	91888-2	擬似基地局信号送 信用
TEST SIM	アンリツ	P0135B6 P0250B6 P0260B6	擬似基地局との通 信リンク確立用の SIM
測定台車 (写真 4)	日本シールドエンクロージャー	---	実環境調査用

測定機器写真

	
写真 1 バイコニカルアンテナ	写真 2 スペクトラムアナライザ
	
写真 3 擬似基地局	写真 4 測定台車

[自由空間における測定]

電波の反射がない環境で調査端末の送信電力を測定する。

- 1) 調査端末に A 社に対応した TEST SIM をセットして、図 4 のように高さ 150cm の発砲スチロール製の台にセットする。

注) 高さ 150cm は周波数の高い電波の測定で用いられる一般的な高さなので、調査端末の設置高は 150cm とした。

- 2) 擬似基地局の無線アクセス方式、周波数帯域(以下「バンド」という。)、帯域幅等は以下の表 11 “擬似基地局の設定条件”の通り設定する。

測定は LTE から開始し、LTE が終了したら W-CDMA 方式を行う。

表 11 擬似基地局の設定条件

無線方式	バンド(注)	周波数	送信帯域幅	リソースブロック
LTE	Band1(2GHz)	1.95GHz	5MHz	25
W-CDMA	BandXIX(800MHz)	835MHz	---	---

(注) バンドは、LTE はアラビア数字で表記し、W-CDMA 方式はローマ数字で表記する。

- 3) 調査端末の出力レベルが最大になるよう擬似基地局のパラメータをセットして通信リンクを確立する。(LTE は 200mW、W-CDMA 方式は 250mW)
- 4) 調査端末を X 軸(平置き)、Y 軸(横置き)、Z 軸(縦置き)の 3 軸について 360 度回転させてスペクトラムアナライザに表示される信号のレベルが最大となるように調査端末を固定する。スペクトラムアナライザの設定は実効値検波で、最大値保持機能を用いて計測する。
- 5) 調査端末とバイコニカルアンテナの間隔 L を 15cm から 40cm まで 5cm 刻みで間隔を変化させて測定し、その時の送信電力を記録する。
調査端末の出力電力は以下の(式 1)により求められる。
送信電力と距離 r の地点の電界強度の関係は次式であらわされる。

$$E = \frac{\sqrt{30 \cdot Pt \cdot Gt}}{r}$$

よって、バイコニカルアンテナで受信した電界強度から、調査端末が送信した電力 Pt は次式より求められる。

$$Pt = \frac{E^2 \cdot r^2}{30 \cdot Gt} \quad \text{-----(式 1)}$$

ここで、
 Pt: 送信電力[W]
 E: 電界強度[V/m]
 Gt: 送信アンテナゲイン
 (調査端末のアンテナゲインを 0.5 として計算する)*
 r: 距離[m]

*) 実機でのアンテナゲインを 0.5(-3dBi)と想定した。

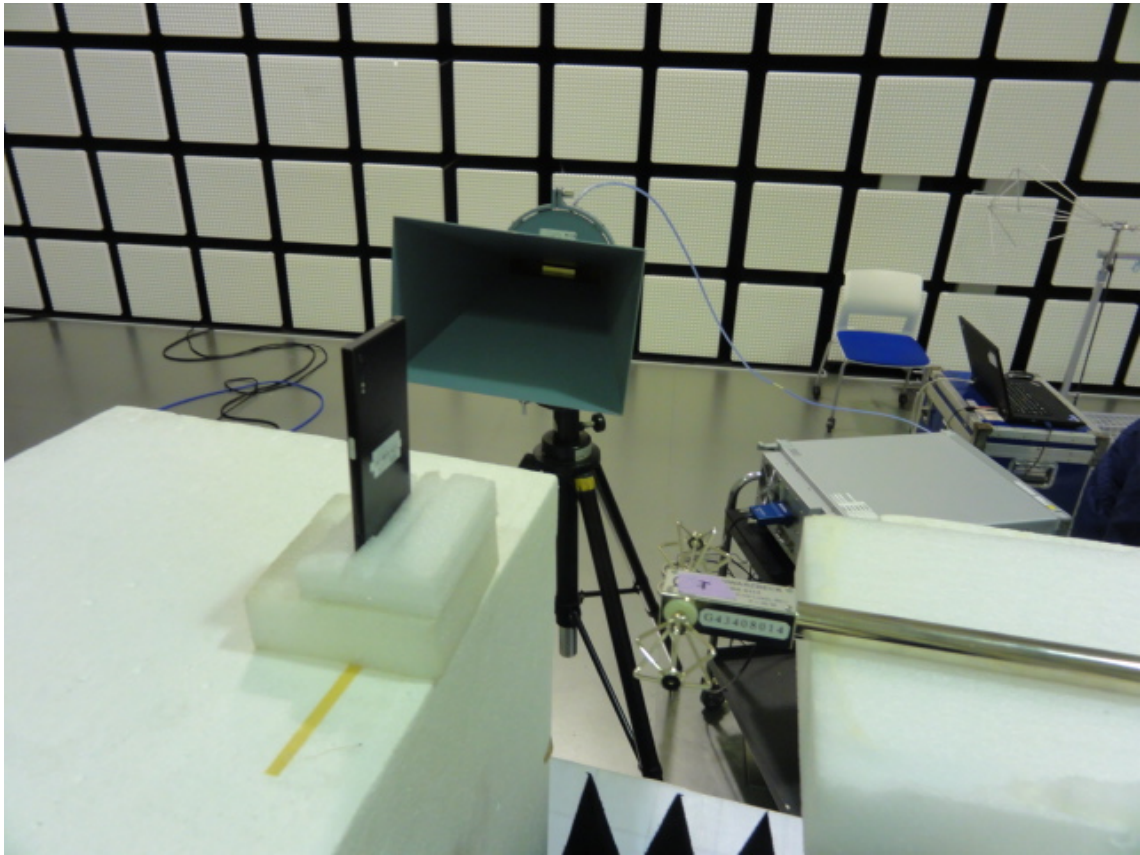


写真 5 測定系の確認と検証 [自由空間における測定]

[測定用台車における測定]

実環境調査で使用する測定台車の影響（反射及び近接測定の影響）を確認し、最適な測定距離を決める。

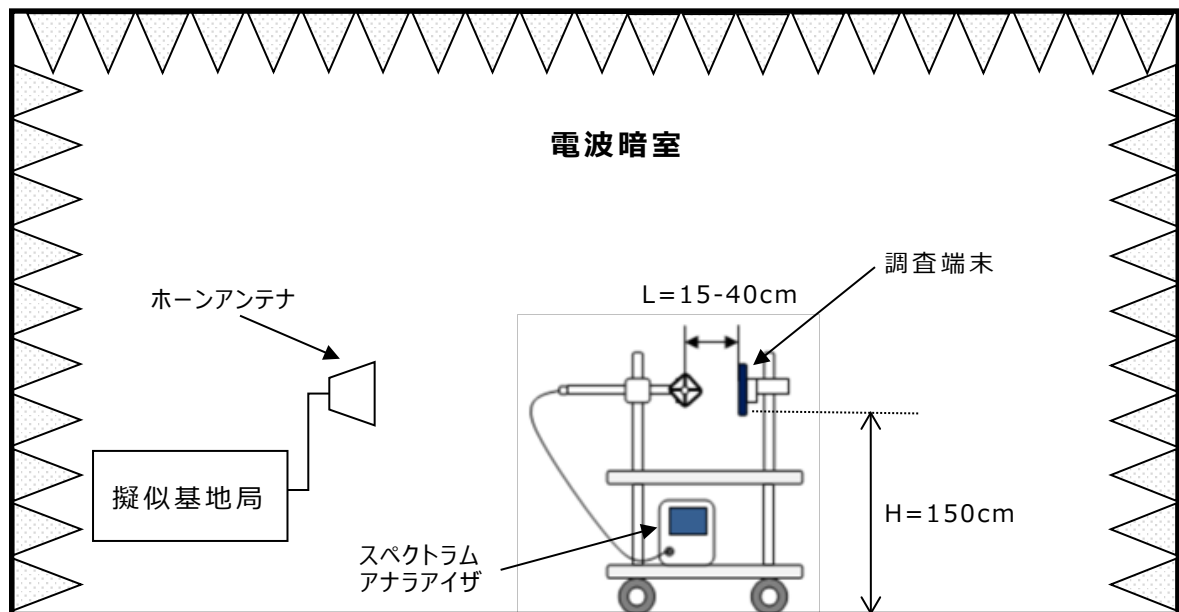


図 5 測定構成図(測定台車における端末の送信電力測定)

- 1) 図 5 測定構成図に従って、配置する。
- 2) 前記、自由空間における測定と同様に測定を行うが、ここではバイコニカルアンテナの偏波面及びその高さを調整して、調査端末からの送信電力が最大になるように調整・固定する。
- 3) 自由空間の測定で求めた各間隔 L のデータと、ここで求めたレベルで最も整合がとれる距離を求める。

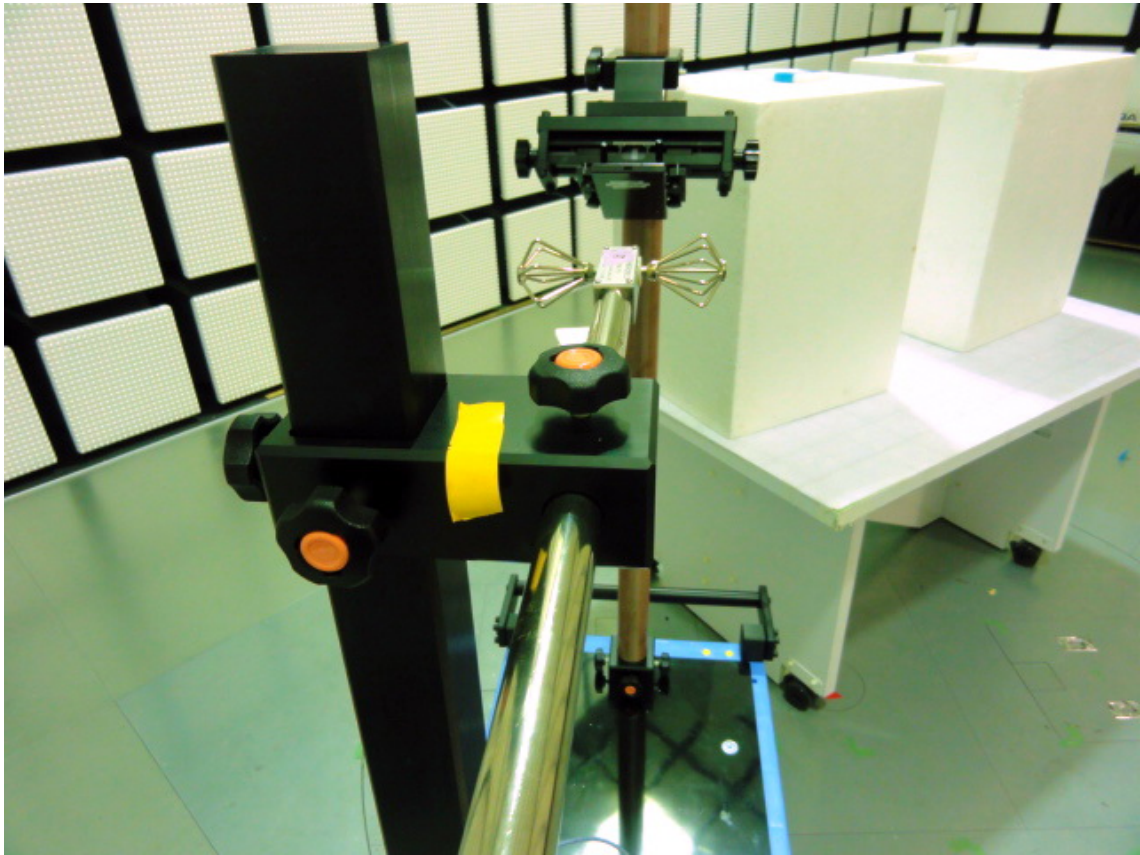


写真 6 測定系の確認と検証 [測定台車における測定]

測定系の確認と検証結果

LTE Band1/ W-CDMA 方式 BandXIX 双方において、バイコニカルアンテナと調査端末の間隔が 20cm の時に最も反射や近接測定の影響が少なかった。よって、実環境の測定はこの条件で行うこととした。

1.3.2 調査端末の受信レベルの確認及び検証

表 12 の無線方式と調査端末について、調査端末が表示する受信レベルの妥当性を確認する。

表 12 受信レベルを確認する無線方式と調査端末

無線方式	通信事業者	
	A 社	C 社
LTE	Model-AX	Model-CX
W-CDMA	Model-AX	Model-CX
	Model-AY	Model-CY

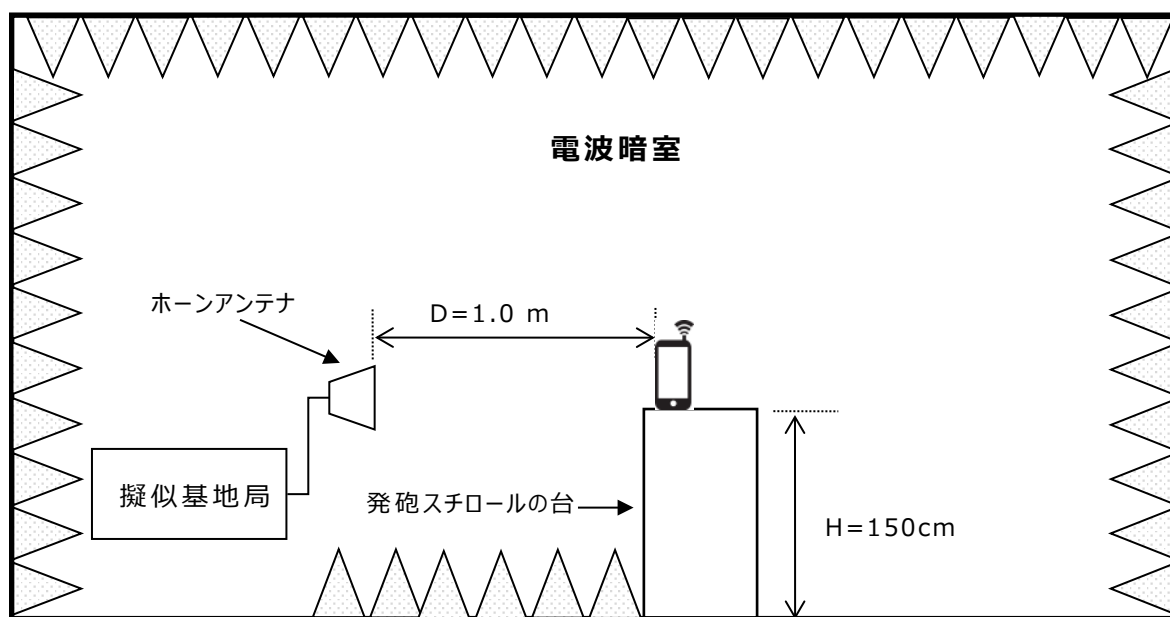


図 6 測定構成図(自由空間における調査端末の受信レベルの検証)

- 1) 調査端末に該当する通信事業者に対応した TEST SIM をセットして、図 6 の測定構成図のように、調査端末と擬似基地局信号の送信用ホーンアンテナを配置する。
- 2) 擬似基地局の無線アクセス方式、バンド、帯域幅等は以下の表 13 “擬似基地局の設定条件”の通り設定する。
測定は LTE から開始し、LTE が終了したら W-CDMA 方式を行う。

表 13 擬似基地局の設定条件

無線方式	バンド	周波数	送信帯域幅	リソースブロック
LTE	Band1(2GHz)	1.95GHz	5MHz	25
W-CDMA	BandI(2GHz)	1.95GHz	---	---

- 3) D=1m の距離において、調査端末の受信レベルが理論上 -100dBm になるよう、擬似基地局の信号レベルをホーンアンテナで送信し、通信リンクを確立する。

この時の擬似基地局の送信信号レベルは下記の(式 2)によって求められる。

$$Pr = \frac{Pt \cdot Gt \cdot Gr \cdot \lambda^2}{(4 \cdot \pi \cdot r)^2}$$

よって、擬似基地局の
送信信号レベル Pt は

$$Pt = \frac{Pr \cdot (4 \cdot \pi \cdot r)^2}{Gt \cdot Gr \cdot \lambda^2} \text{ -----(式 2)}$$

ここで、

Pr: 受信電力[W], Pt: 送信電力[W]

Gt: 送信アンテナゲイン, Gr: 受信アンテナゲイン

λ : 波長[m] = (300/f:周波数[MHz])

r: 距離[m]

- 4) 調査端末を X 軸(平置き)、Y 軸(横置き)、Z 軸(縦置き)の 3 軸について 360 度回転させて、調査端末が表示する受信レベルが最大となるように調査端末を固定する。

- 5) 調査端末の実際のアンテナゲインは、

(受信レベルの理論値) - (実際に表示された調査端末の受信レベル)

で求められるので、その値が妥当か確認する。

調査端末の受信レベル表示の確認及び検証の結果

表 14 受信レベル表示から推定される調査端末のアンテナゲイン

無線方式	A 社/ 推定値	C 社/ 推定値
LTE	Model-AX/ -2dBi	Model-CX/ -3dBi
W-CDMA	Model-AX/ -2dBi	Model-CX/ -4dBi
	Model-AY/ 1dBi	Model-CY/ -4dBi

表 14 の通り、受信レベル表示から推定される調査端末のアンテナゲインはそれぞれ 1dBi から-4dBi の間に収まっており、実際の携帯端末のアンテナゲインが-2dBi 前後とされているので、調査端末に表示されている受信レベルは妥当と考えられる。

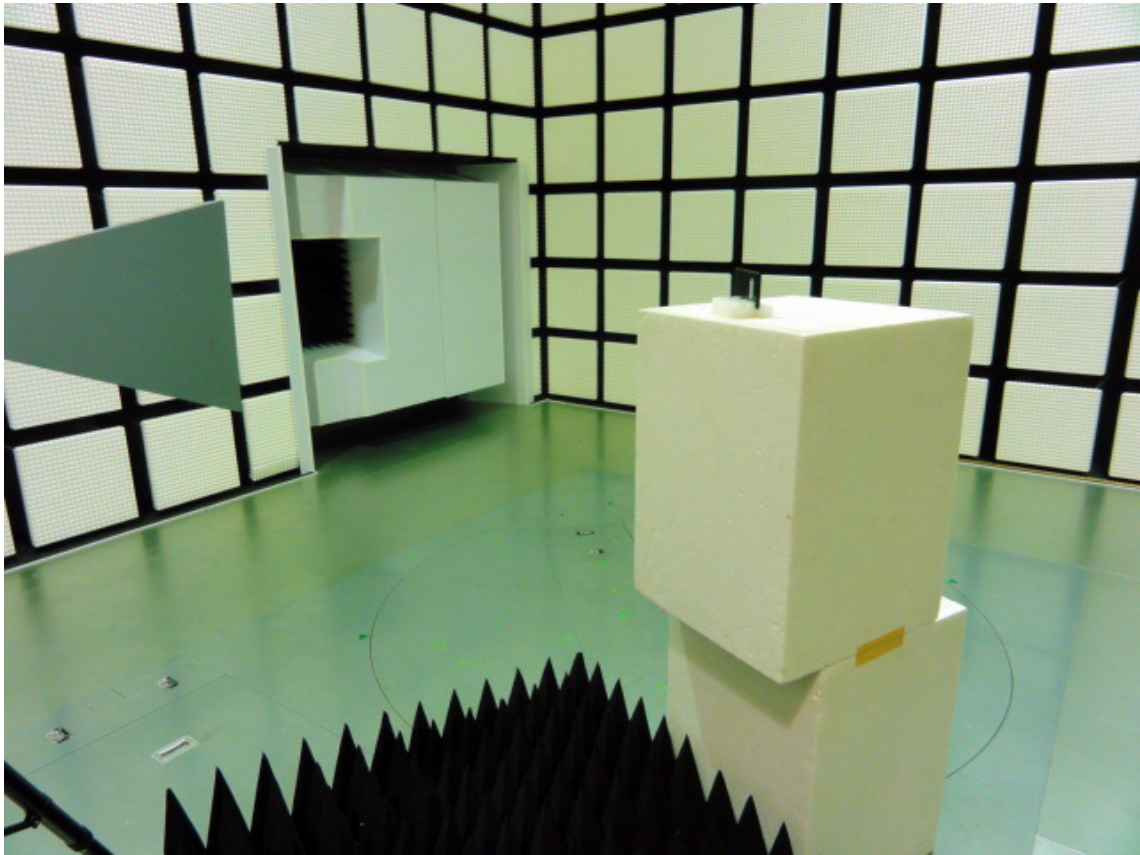


写真 7 調査端末の受信レベルの確認及び検証

1.4 電波暗室における模擬環境調査

実環境調査との比較データ取得のため、電波暗室において、擬似基地局を用いて調査端末の受信レベルと送信レベルの関係を LTE に対して調査した。

調査は以下 表 15 のそれぞれの条件についてデータ通信モードで行った。

注) W-CDMA 方式は、擬似基地局のパワーコントロールが対応できないため、今回の検討から除外した。

1.4.1 調査条件

表 15 LTE の調査条件

バンド	Band1 (2GHz)		Band19 (800MHz)		Band8 (900MHz)	
調査端末	Model-AX/Model-CX		Model-AX		Model-CX	
送信帯域幅	5MHz	20MHz	5MHz	15MHz	1.4MHz	10MHz
リソースブロック	1/12/25	1/50/100	1/12/25	1/36/75	1/3/6	1/25/50

調査周波数帯域は Band1(2GHz)、Band19(800MHz)及び Band8(900MHz)の 3 バンドに対してそれぞれ調査を行う。

また、送信帯域幅は各バンドの最大及び最小の帯域幅で確認し、リソースブロックについては最小、中間及び最大の 3 種類について調査を行う。

各バンドの調査周波数はそのバンドの中心で行い、変調方式は代表し QPSK とする。

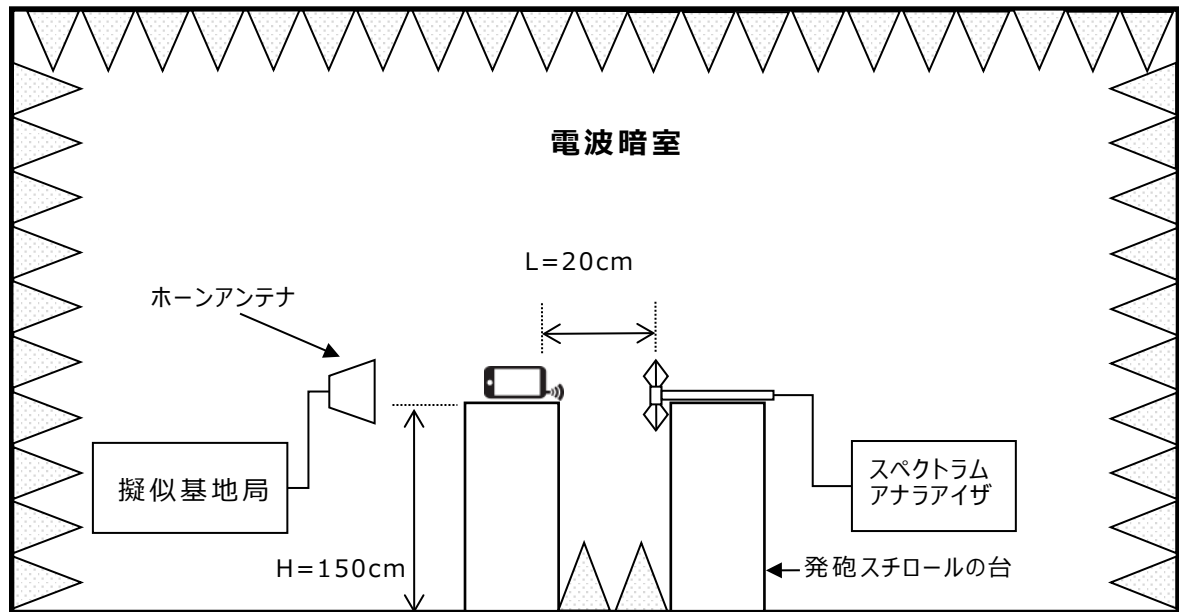


図 7 測定構成図(電波暗室における模擬環境調査)

1.4.2 調査手順

- 1) 調査端末に該当する通信事業者に対応した TEST SIM をセットして、図 7 測定構成図のように、調査端末とバイコニカルアンテナを 20cm の距離で地上高 150cm の高さに配置する。
電波の反射の影響がないように、発砲スチロール上に配置する。
- 2) 擬似基地局の無線方式、バンド、帯域幅等は前記 表 15 の調査条件に合わせて設定する。
- 3) 調査端末の送信出力が自動電力制御になるように擬似基地局のパワーコントロール設定を行う。
- 4) 調査端末を X 軸(平置き)、Y 軸(横置き)、Z 軸(縦置き)の 3 軸について 360 度回転させてスペクトラムアナライザに表示される信号のレベルが最大となるように調査端末を固定する。スペクトラムアナライザの設定は実効値検波で、最大値保持機能を用いて計測する。
- 5) 表 15 に従って送信帯域幅を最小に設定する。
例) Band1 の場合、送信帯域幅 5MHz に設定する。

- 6) 表 15 に従ってリソースブロックを最小に設定する。
例) Band1、送信帯域幅 5MHz の場合、リソースブロック 1 に設定する。
- 7) 調査端末の受信レベルが-120dBm になるように擬似基地局の送信レベルを調整する。その際の受信レベルは端末 OS の内部機能を用いる。
- 8) 調査端末に表示される受信レベル(最初は-120dBm)と調査端末の送信電力を記録する。
送信電力は、調査端末から放射された電界強度とその測定距離から前記 1.3.1 項 (5)の式(1)に従って、理論計算より算出する。
- 9) 調査端末の受信レベルを前の値よりおおよそ 5dB 大きくなるよう、擬似基地局の送信レベルを調整し、調査端末の受信レベルが-80dBm になるまで繰り返す。
(送信レベルが 10dBm 近辺ではステップを細かく計測し、受信レベルを変えて 12 回の計測を行う)。
- 10) 続いてリソースブロックの中間及び最大の設定に対して、(7)-(9)を繰り返す。
- 11) 帯域幅を最大に対して(6)-(10)を繰り返す。
- 12) 上記 表 15 に従って、Band1(2GHz)に対しては 2 モデル、
Band19(800MHz)及び Band8(900MHz)については各 1 モデルについて計測を行う。

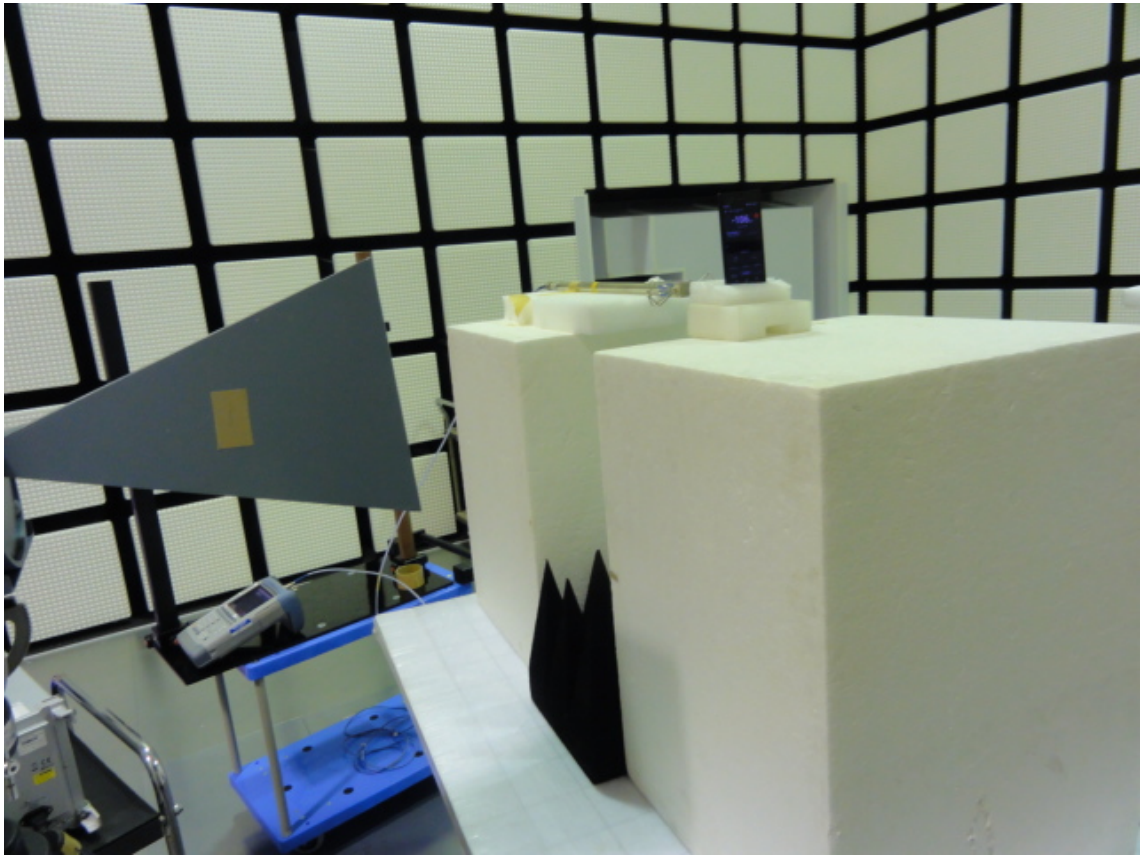


写真 8 模擬環境調査の配置

1.4.3 電波暗室における模擬環境調査データ

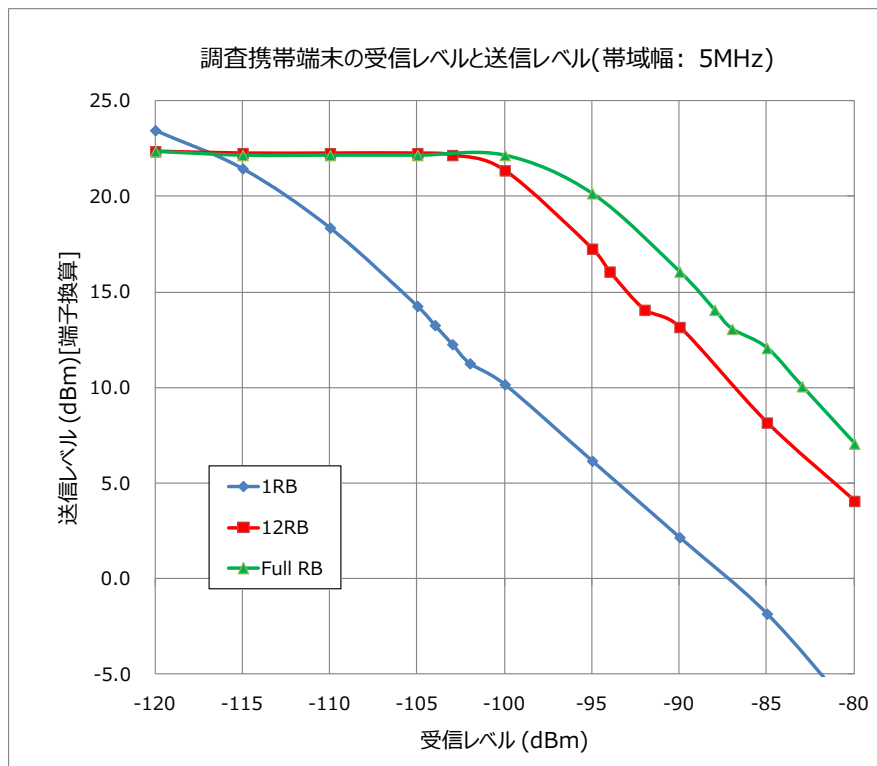
表 16 模擬環境調査のデータ一覧

バンド	Band1(2GHz)		Band1(2GHz)	
調査端末	Model-AX		Model-CX	
送信帯域幅	5MHz	20MHz	5MHz	20MHz
グラフ番号	グラフ 1	グラフ 2	グラフ 3	グラフ 4

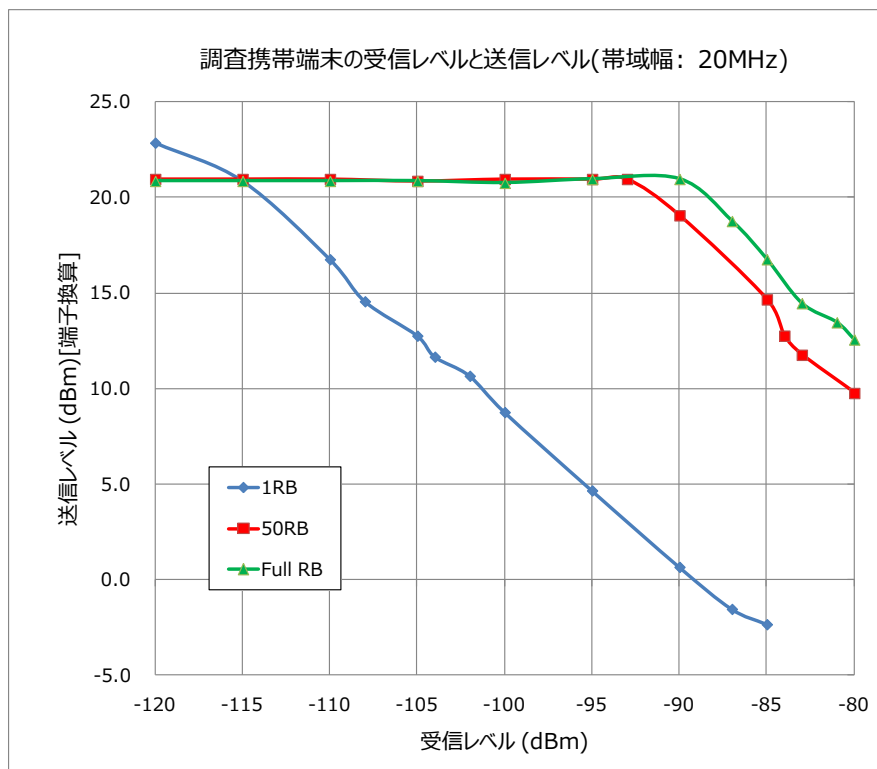
バンド	Band19(800MHz)		Band8(900MHz)	
調査端末	Model-AX		Model-CX	
送信帯域幅	5MHz	15MHz	1.4MHz	10MHz
グラフ番号	グラフ 5	グラフ 6	グラフ 7	グラフ 8

注) グラフ中のリソースブロックの表記については「RB」で表す。

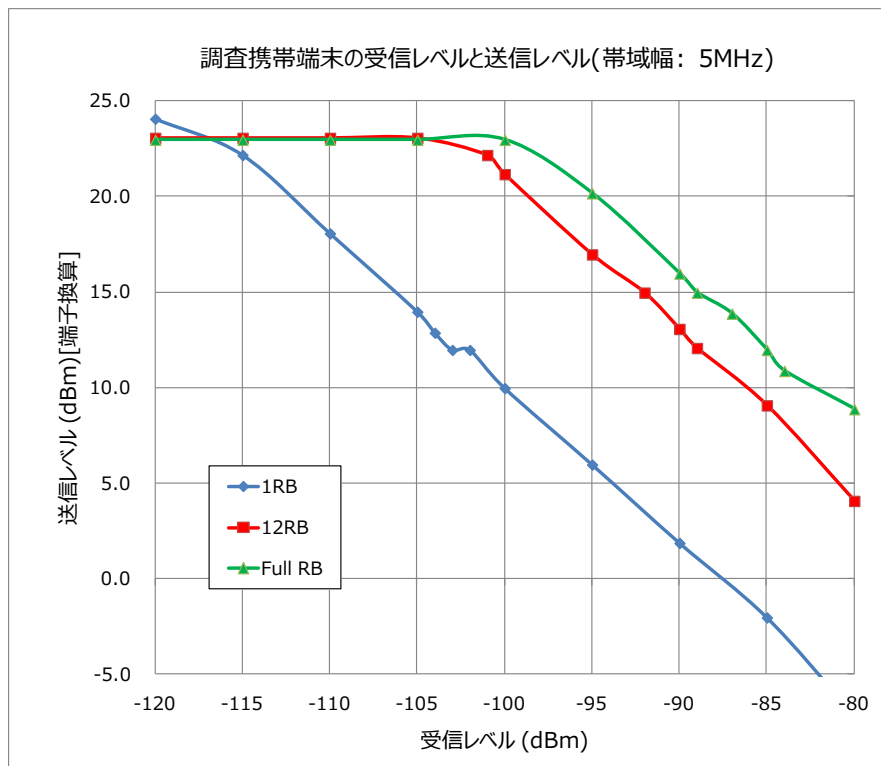
【グラフ 1】 A 社/ Model-AX/ Band1(2GHz)



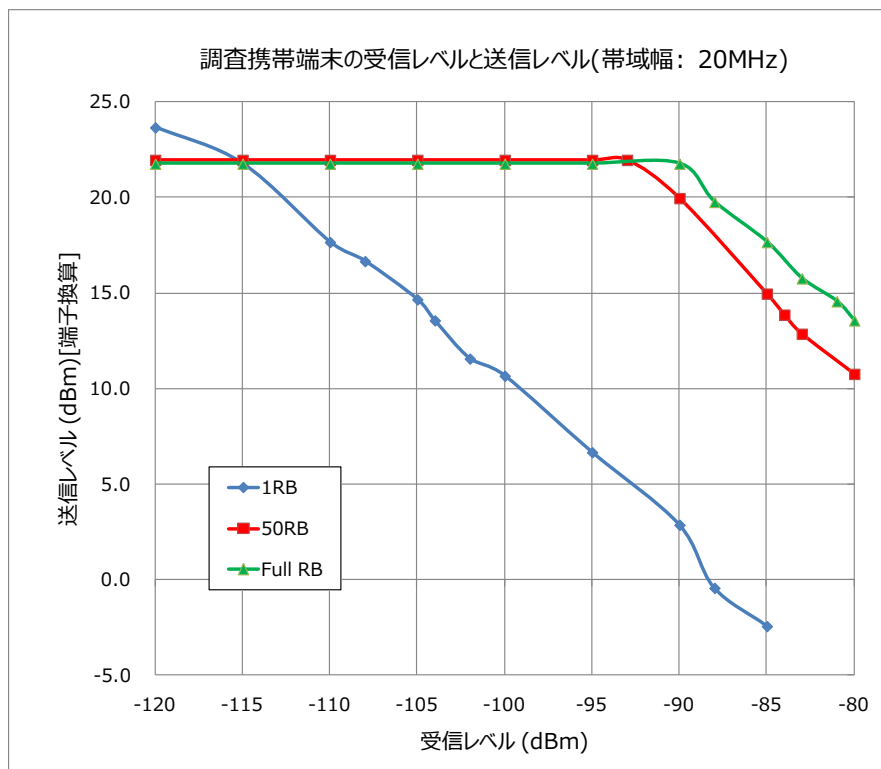
【グラフ 2】 A 社/ Model-AX/ Band1(2GHz)



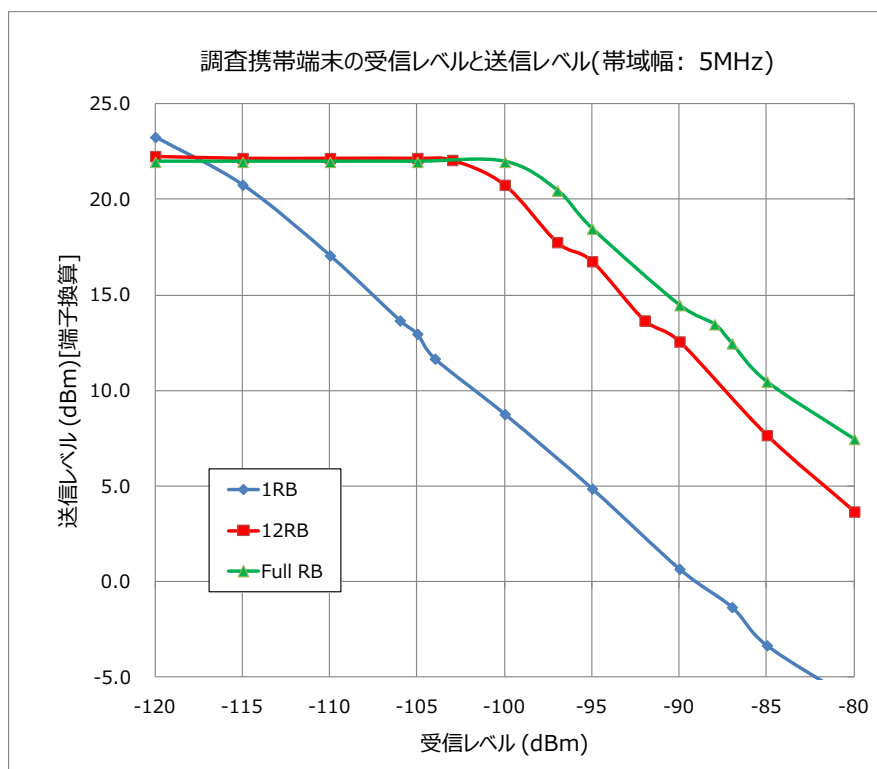
【グラフ 3】 C 社/ Model-CX/ Band1(2GHz)



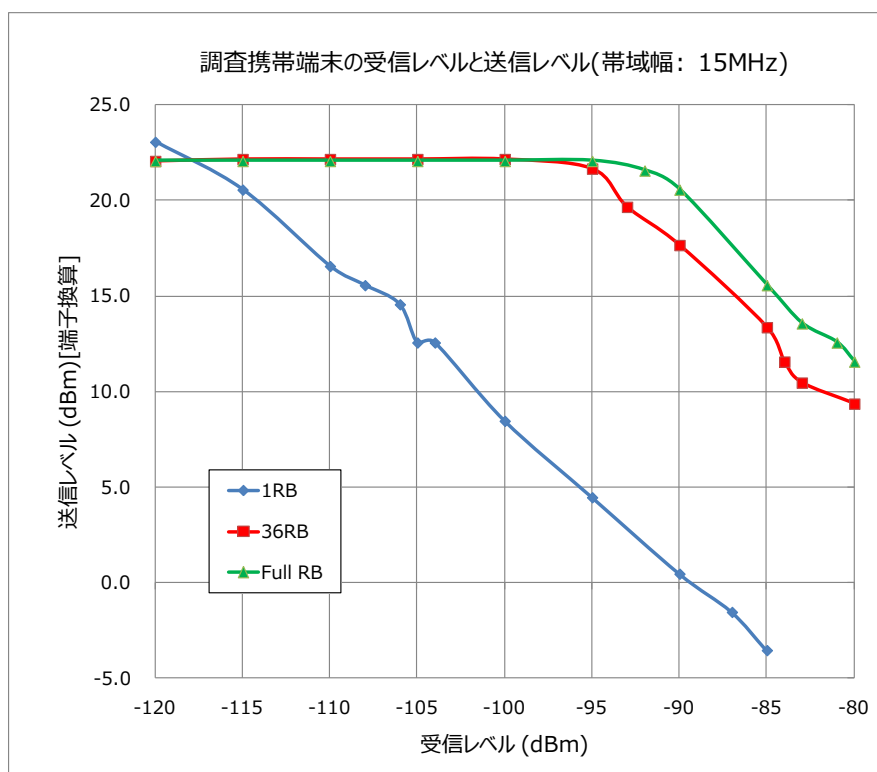
【グラフ 4】 C 社/ Model-CX/ Band1(2GHz)



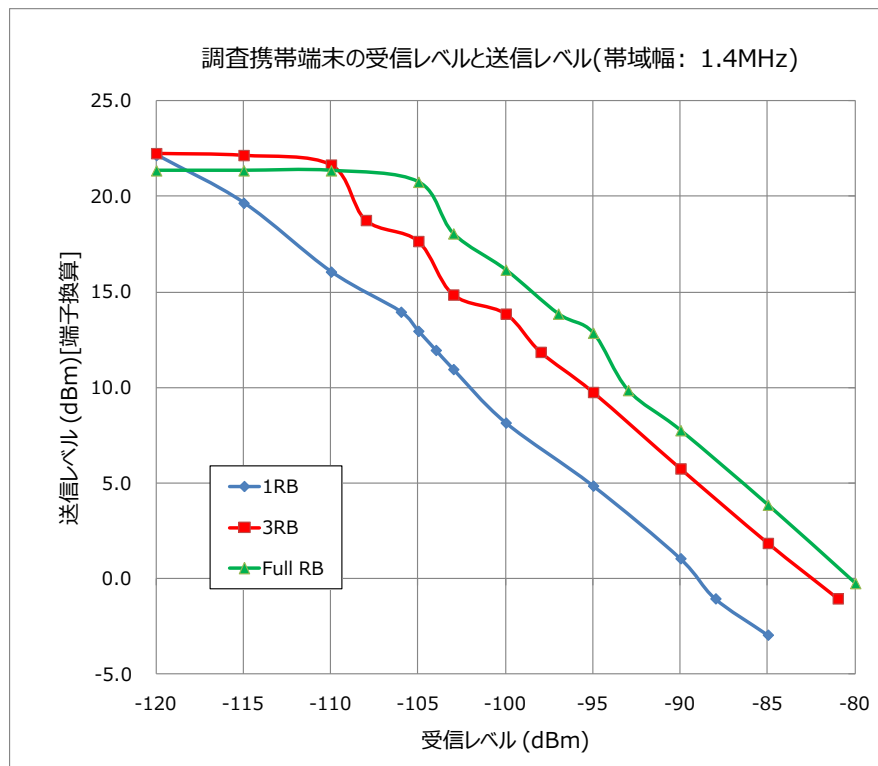
【グラフ 5】 A 社/ Model-AX/ Band19(800MHz)



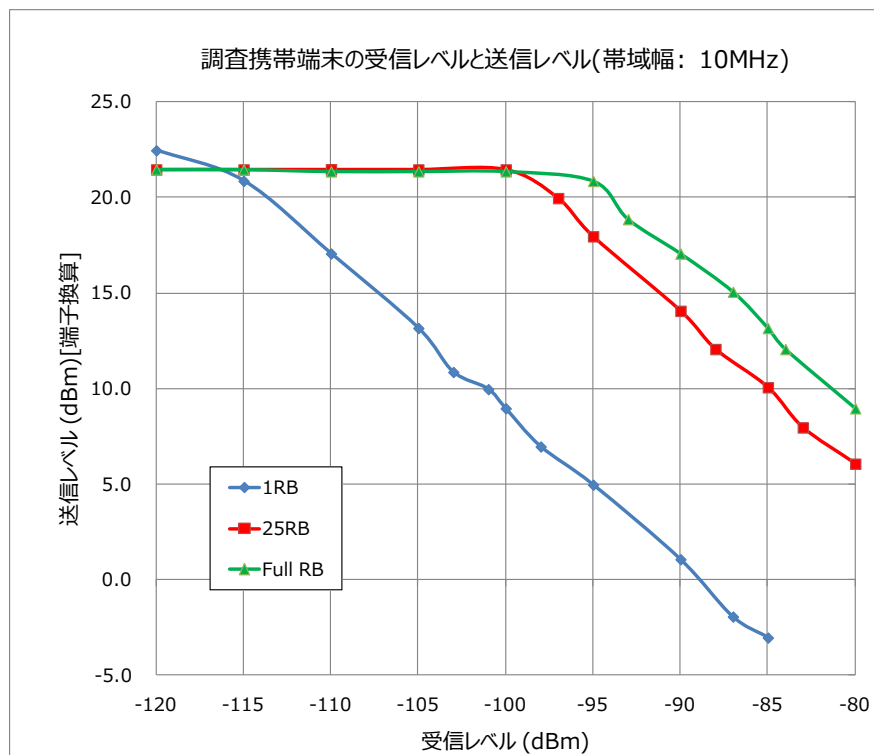
【グラフ 6】 A 社/ Model-AX/ Band19(800MHz)



【グラフ 7】 C 社/ Model-CX/ Band8(900MHz)



【グラフ 8】 C 社/ Model-CX/ Band8(900MHz)



電波暗室における模擬環境調査の結果

1 リソースブロックの場合、調査端末の送信レベルと受信レベルがほぼ直線的(デシベル単位において)な関係となり、調査端末の受信レベルがおおよそ-100dBm~-105dBmで調査端末の送信レベルは 10dBm(10mW)近辺になっている。また調査端末の受信レベルが-110dBm~-115dBm で調査端末の送信レベルは 19dBm(80mW)近辺になっている。

フルリソースブロックの場合、調査端末の送信帯域幅が最大の 20MHz のときが、受信レベルに対する調査端末の送信レベルが最大となり、調査端末の受信レベルが-80dBm の場合でも、調査端末の送信レベルは 10dBm(10mW)以上となっている。また調査端末の受信レベルが-85dBm~-90dBm で調査端末の送信レベルは 19dBm(80mW)近辺になっている。

1.5 実環境調査

3 通信事業者の市販の携帯端末を購入し、実使用状態において調査した。

3 地点の実際の環境条件において、調査端末の受信レベルと送信レベルの関係を LTE 及び W-CDMA 方式の無線方式に対して調査した。

1.5.1 調査条件

下記、表 17 の調査条件で、表 18 に示す 3 地点でそれぞれ計測を行った。

表 17 実環境の無線方式と調査端末

無線方式	通信事業者		
	A 社	B 社	C 社
LTE	Model-AX	Model-BX	Model-CX
W-CDMA	Model-AX Model-AY	---	Model-CX Model-CY

LTE は、各通信事業者の 1 モデル、計 3 モデルについて調査を行った。

W-CDMA 方式は、A 社 2 モデル、C 社 2 モデルの計 4 モデルについて調査を行った。

実環境調査は、一般財団法人 日本品質保証機構の以下の 3 事業所で実施した。

表 18 実環境調査の調査実施場所

調査場所の表記	調査場所の名称	住所
調査地点 1	彩都電磁環境試験所	大阪府茨木市彩都あさぎ 7-3-10
調査地点 2	関西試験センター	大阪府東大阪市水走 3-8-19
調査地点 3	北関西試験センター	大阪府箕面市石丸 1-7-7

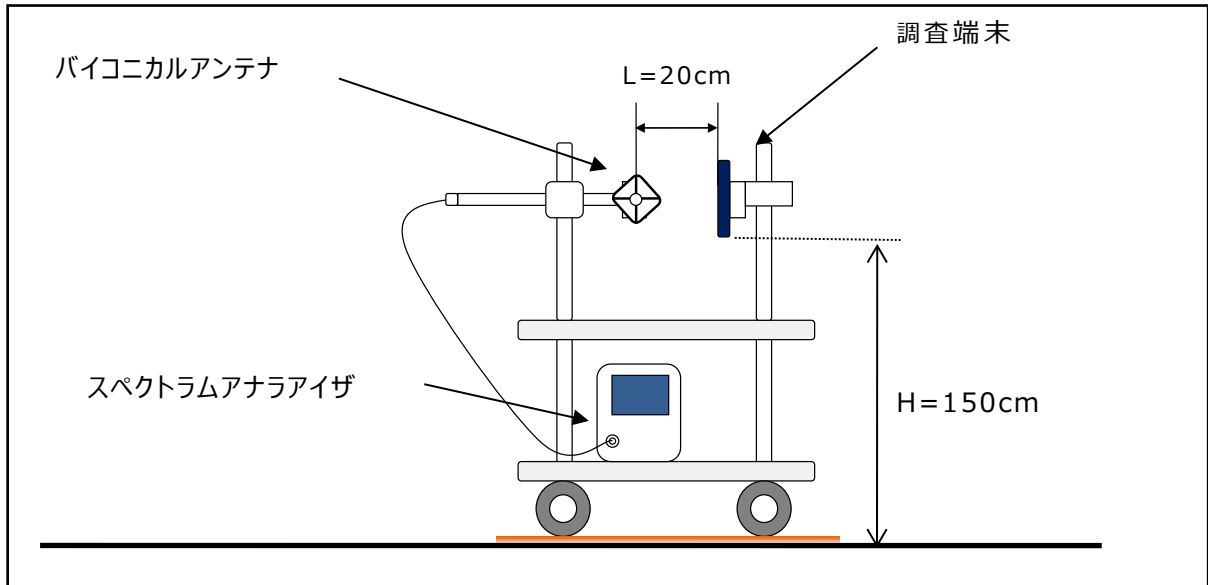


図 8 測定構成図

1.5.2 調査手順

[事前調査]

- 1) 以下の手順に従って W-CDMA 方式の音声通信モード(通話状態)とデータ通信モード(IP アプリケーションの Video 通話機能)で調査を行い、その差異を確認する。
以降の実環境調査は調査端末の送信レベルが大きい通信モードに対して調査を行う。
また、LTE については VoLTE 対応機種の場合、データ通信モードと同等と推察されるので、データ通信モードに対して調査を行う。
- 2) 調査端末に録画した動画ファイルの転送状態と IP アプリケーションの Video 通話状態で差異があるか確認する。実環境調査はこの事前調査で確認された調査端末の送信レベルが大きい状態のデータ通信モード(動画ファイルの転送状態又は IP アプリケーションの Video 通話状態)で行う。

[本調査]

- 1) 調査端末に通常使用状態の SIM (各通信事業者の SIM) をセットする。
- 2) 図 8 測定構成図のように、調査端末とバイコニカルアンテナの距離を 20cm、地上高 150cm の高さに配置する。

- 3) 調査端末を LTE で通信リンクを確立させる。
- 4) 調査端末の受信レベルが-120dBm 前後になるように測定用台車を移動させ、適切な場所を探し固定する。受信レベルが-120dBm まで下がらない場合は、可能な限り受信感度の低いところを調査する。
- 5) バイコニカルアンテナの偏波面及びその高さを調整して、スペクトラムアナライザに表示される信号のレベルが最大になるように調整・固定する。
- 6) スペクトラムアナライザの設定は実効値検波で、最大値保持機能を用いて計測する。スペクトラムアナライザの表示レベルが安定するまで観測を続け、調査端末の受信レベル、調査端末の送信電力レベル及び送信周波数を記録する。
- 7) 6)の測定を同じ場所で 5 回繰り返し同様に記録し、その場所における測定値の偏差とする。
- 8) 調査端末の受信レベルが大きくなる場所に移動して、調査端末の受信レベルがおおよそ-80dBm になるまで(5)～(7)を繰り返す。
- 9) 調査端末の送信レベルが 10dBm(10mW)近辺を重点的に計測し、調査端末の受信レベルが異なる 12 地点のデータを取得する。
- 10) 調査端末の接続設定を 3G に制限して、W-CDMA 方式のデータ通信モードで通信リンクを確立する。この状態で、(4)～(7)を繰り返す。
- 11) LTE については、3 通信事業者それぞれ 1 モデル、W-CDMA 方式については A 社と C 社の計 4 モデルを調査対象として上記の計測を行う。

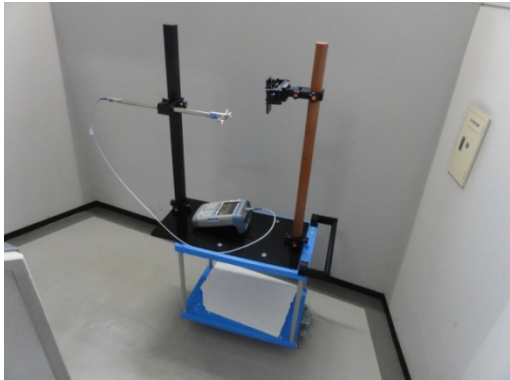
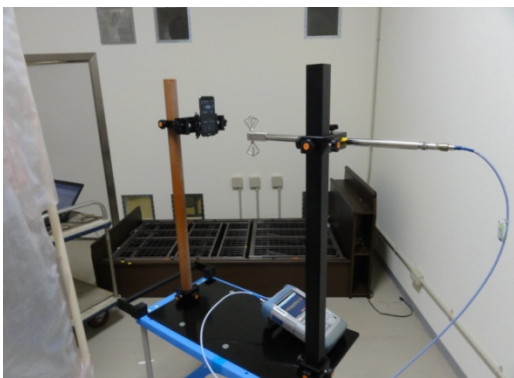
	
調査地点 1 入口	調査地点 1 屋外
	
調査地点 2 階段踊場	調査地点 2 2F 廊下
	
調査地点 3 1F 試験室	調査地点 3 2F 会議室入口

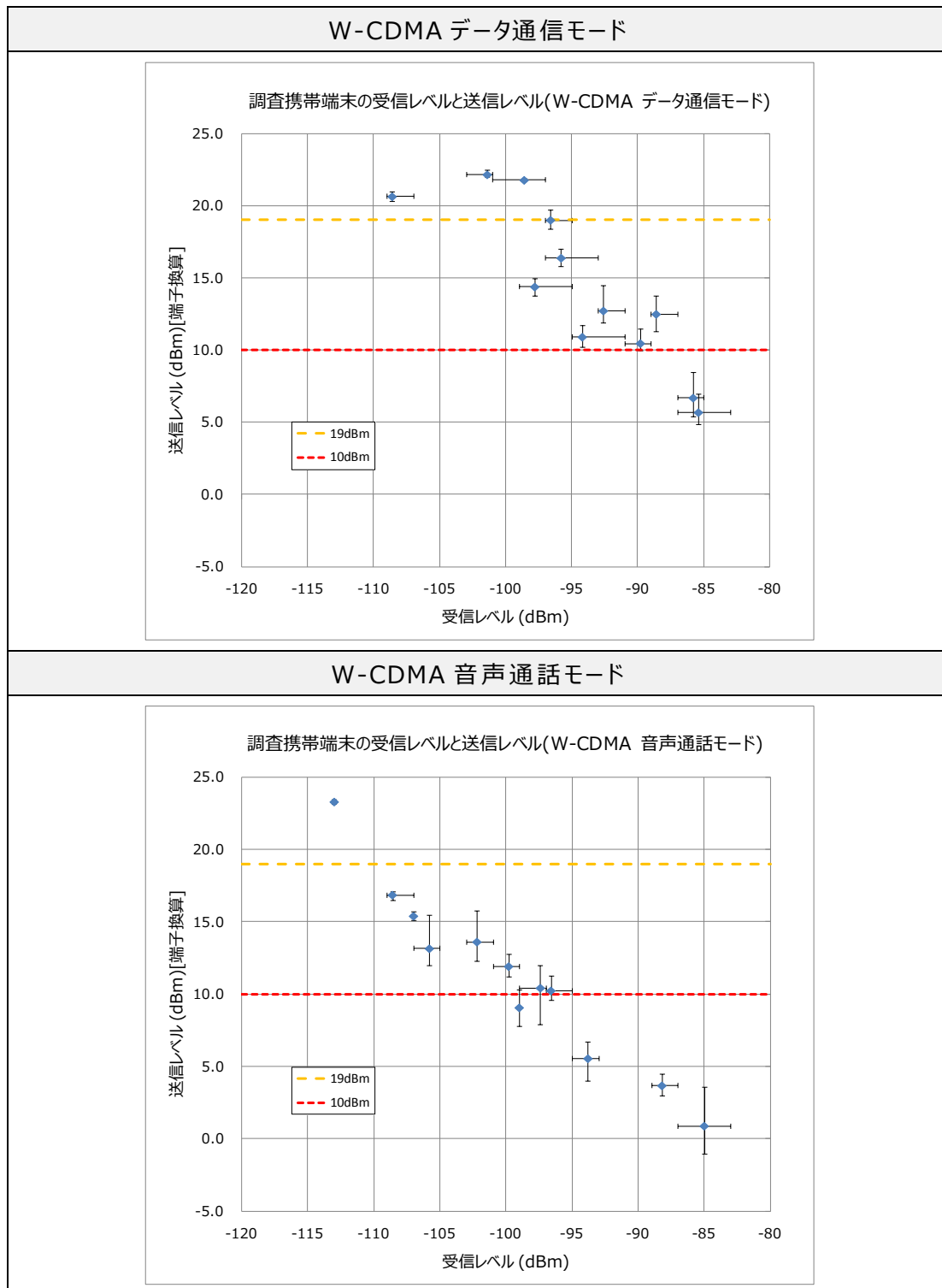
写真 9 実環境調査状況写真

1.5.3 実環境調査データ

[事前調査]

1) W-CDMA 方式における音声通話モードとデータ通信モードの比較

彩都電磁環境試験所において、A社のmodel-AXにて比較調査を行った。



実環境の事前調査の結果

音声通話モードのデータについては、明らかにデータ通信モードより送信レベルが小さいことが確認できた。以降の実環境の本調査はデータ通信モードで行うこととした。

2) 動画ファイルの転送状態と IP アプリケーションの Video 通話状態の比較

調査地点 1 において、A 社の Model-AX にて比較調査を行った。調査端末の受信レベルが -100dBm において、録画した動画ファイルのデータの送信と IP アプリケーションの Video 通話状態のそれぞれで、調査端末の送信レベルを確認した。

結果はほぼ同じか、IP アプリケーションの Video 通話状態の方が多少大きかった。よって、以降の実環境の本調査はデータ通信モードの IP アプリケーションの Video 通話状態で行うこととした。

[本調査]

表 19 実環境調査のデータ一覧

LTE

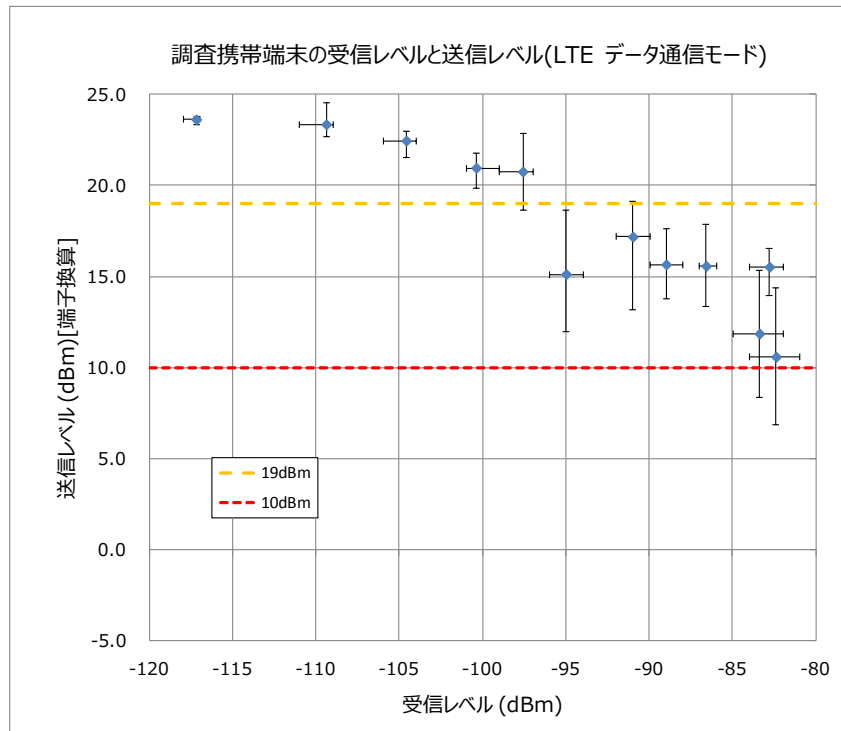
通信事業者	A 社	B 社	C 社
調査端末	Model-AX	Model-BX	Model-CX
調査地点 1	グラフ 9	グラフ 12	グラフ 15
調査地点 2	グラフ 10	グラフ 13	グラフ 16
調査地点 3	グラフ 11	グラフ 14	グラフ 17

W-CDMA 方式

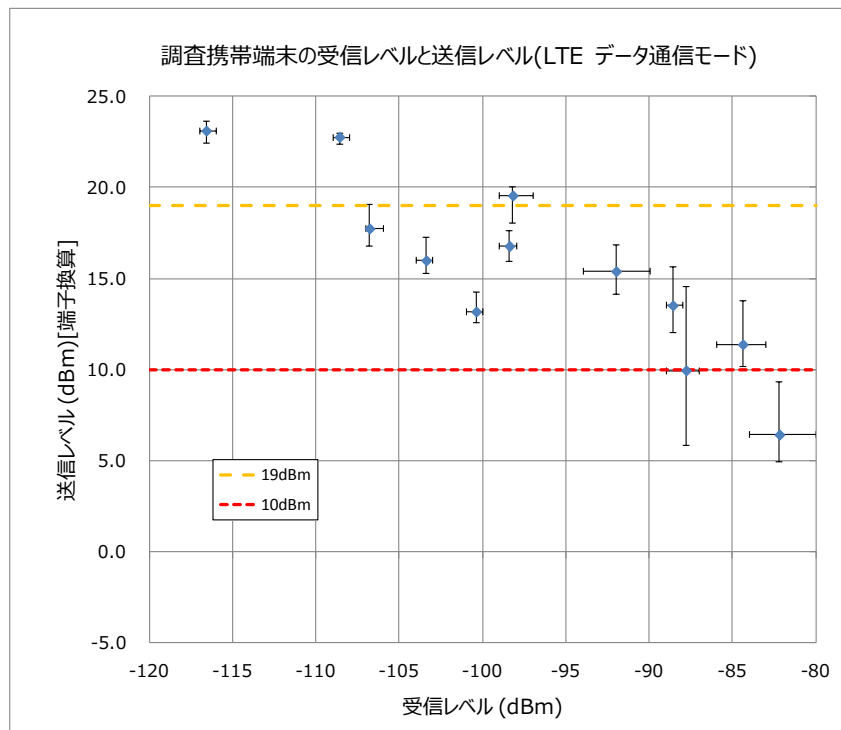
通信事業者	A 社		C 社	
調査端末	Model-AX	Model-AY	Model-CX	Model-CY
調査地点 1	グラフ 18	グラフ 21	グラフ 24	グラフ 27
調査地点 2	グラフ 19	グラフ 22	グラフ 25	グラフ 28
調査地点 3	グラフ 20	グラフ 23	グラフ 26	グラフ 29

以下、グラフ中の上下線は、調査端末の送信電力を 5 回計測した結果の最大値と最小値を示し、中心の点は平均値を示す。同様に横の線は、調査端末の受信レベルを 5 回計測した結果の最大値と最小値を示し、中心の点は平均値を示す。

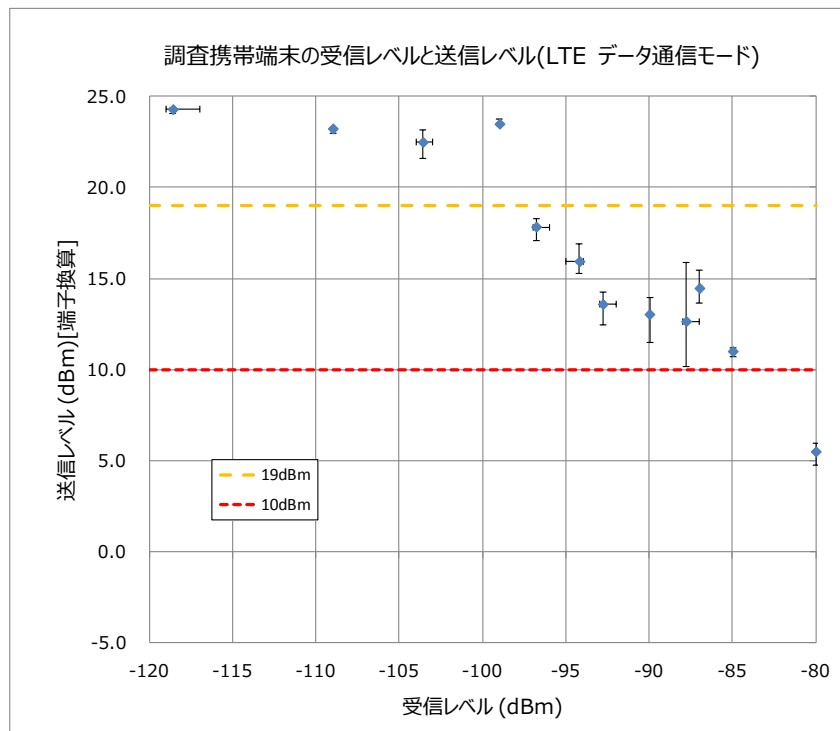
【グラフ 9】 LTE/ 調査地点 1/ A 社/ Model-AX



【グラフ 10】 LTE/ 調査地点 2/ A 社/ Model-AX



【グラフ 11】 LTE/ 調査地点 3/ A 社/ Model-AX



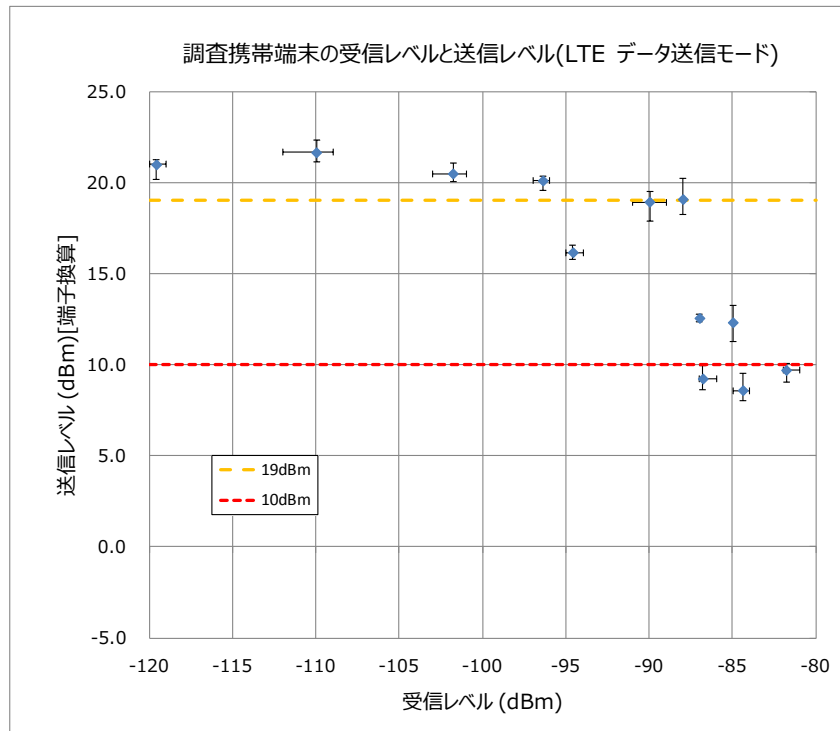
備考 : LTE/ A 社/ Model-AX

【グラフ 9】調査地点 1 は Band1, 2GHz 帯で計測された。

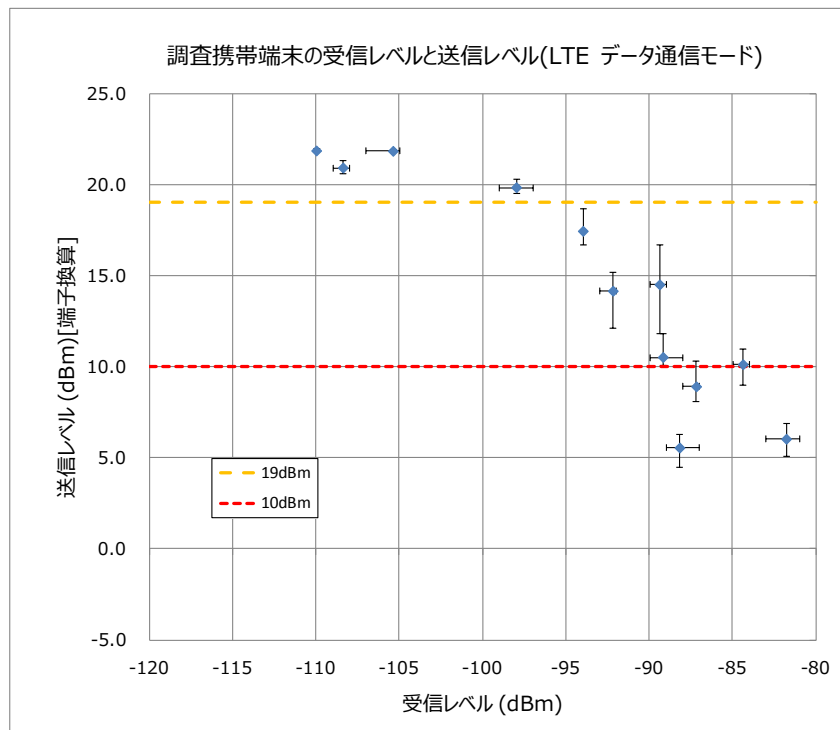
【グラフ 10】調査地点 2 は Band1, 2GHz 帯で計測された。

【グラフ 11】調査地点 3 は Band19, 800MHz 帯で計測された。

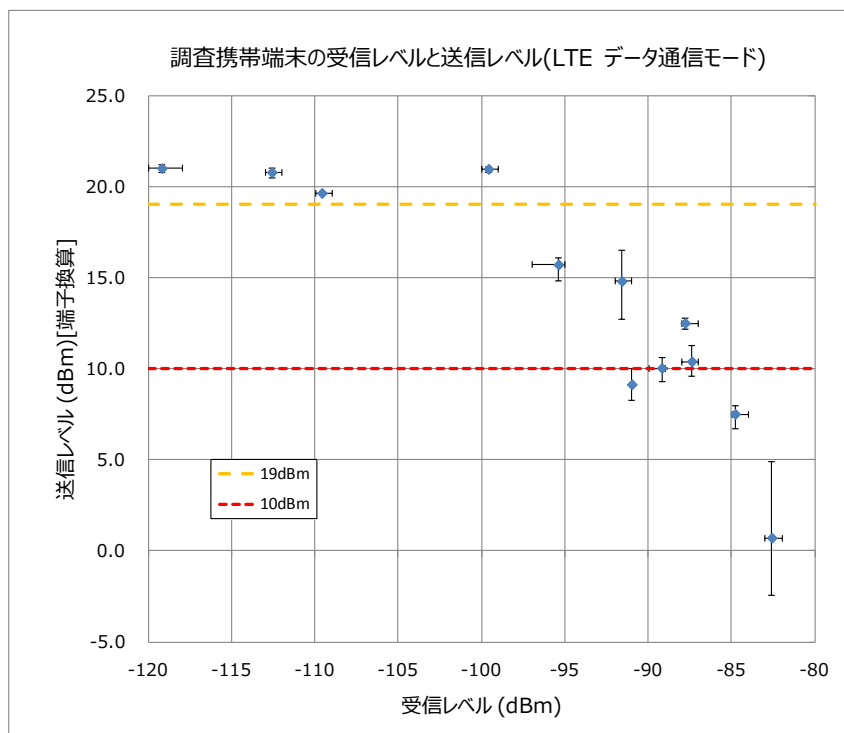
【グラフ 12】LTE/ 調査地点 1/ B 社/ Model-BX



【グラフ 13】LTE/ 調査地点 2/ B 社/ Model-BX



【グラフ 14】LTE/ 調査地点 3/ B 社/ Model-BX



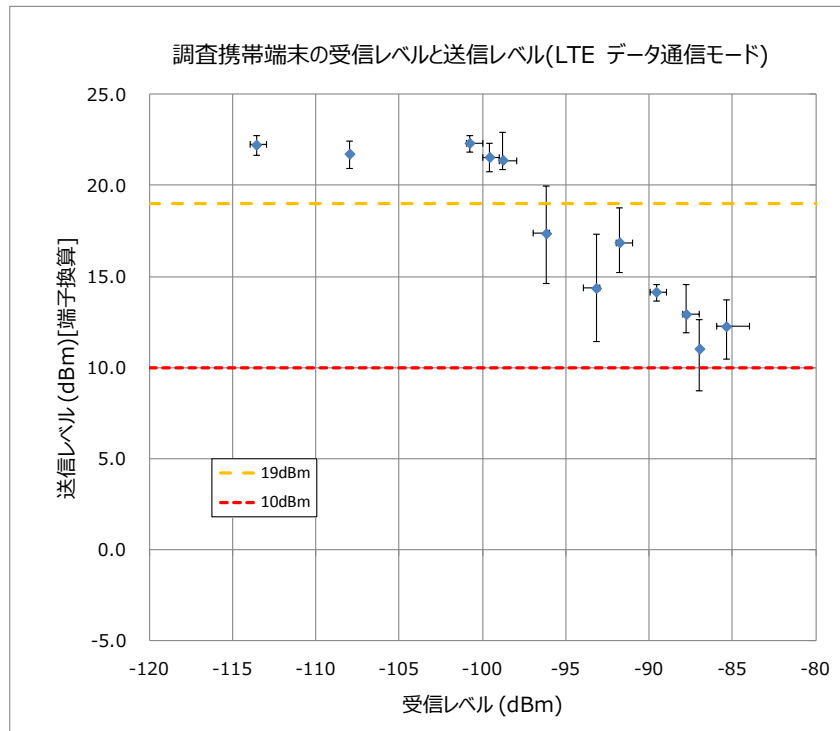
備考 : LTE/ B 社/ Model-BX

【グラフ 12】調査地点 1 は Band18, 800MHz 帯で計測された。

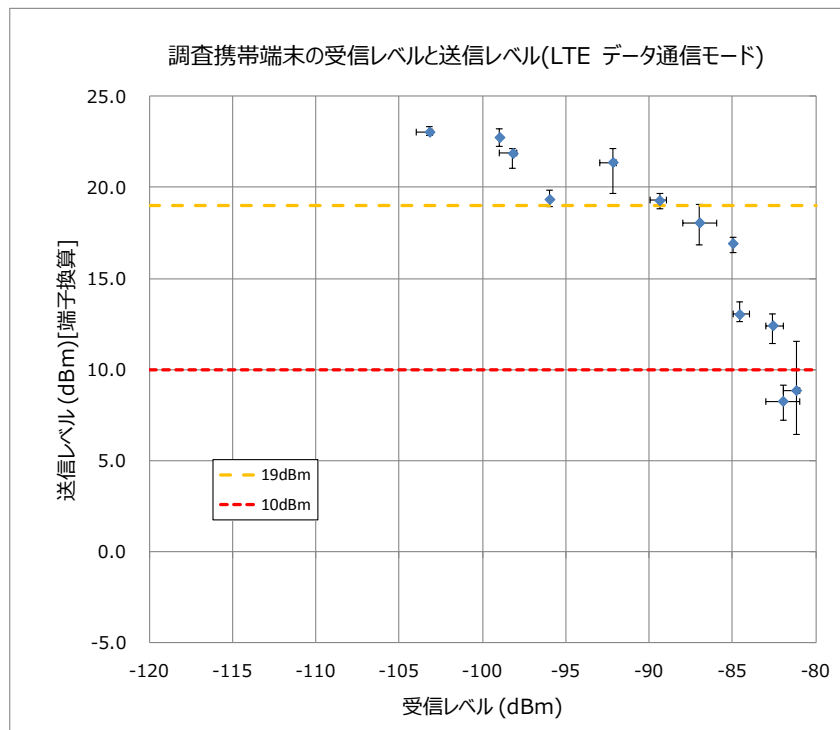
【グラフ 13】調査地点 2 は Band18, 800MHz 帯で計測された。

【グラフ 14】調査地点 3 は Band18, 800MHz 帯で計測された。

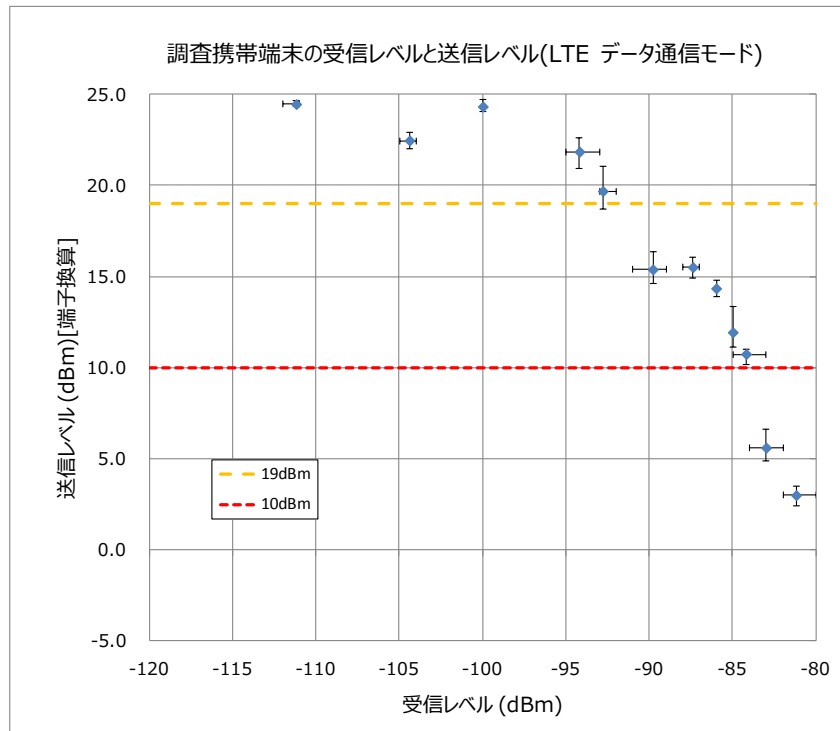
【グラフ 15】LTE/ 調査地点 1/ C 社/ Model-CX



【グラフ 16】LTE/ 調査地点 2/ C 社/ Model-CX



【グラフ 17】 LTE/ 調査地点 3/ C 社/ Model-CX



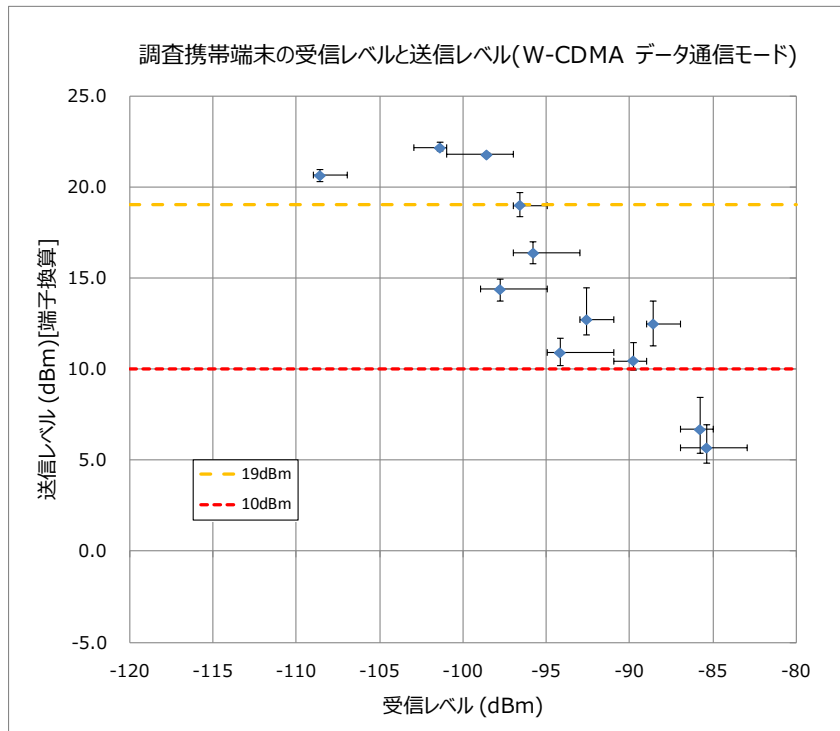
備考 : LTE/ C 社/ Model-CX

【グラフ 15】調査地点 1 は、受信レベルが-100dBm 以下は Band8, 900MHz 帯で、それ以外は Band1, 2GHz 帯で計測された。

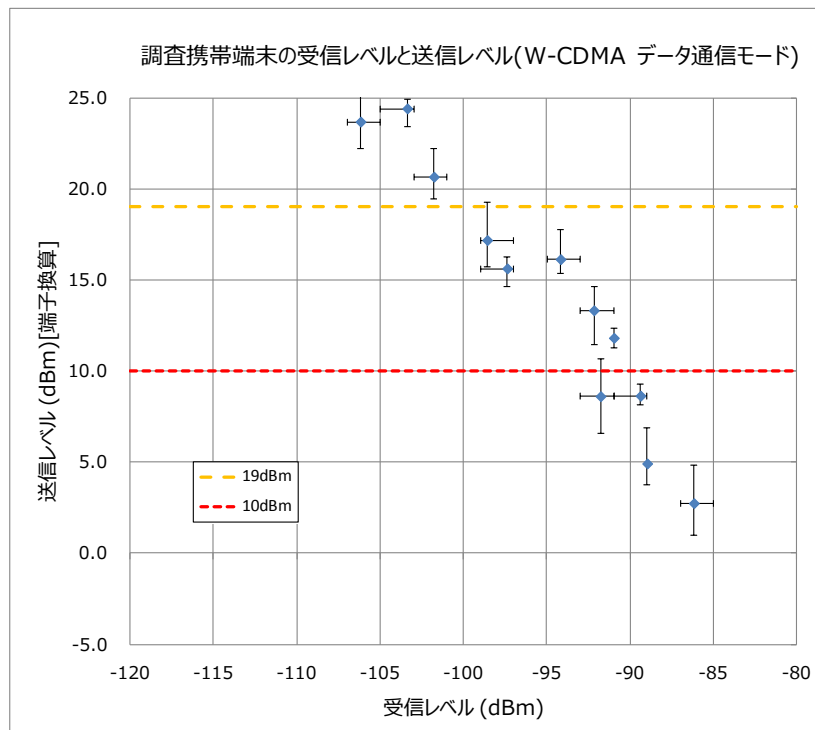
【グラフ 16】調査地点 2 は Band1, 2GHz 帯で計測された。

【グラフ 17】調査地点 3 は、受信レベルが-85dBm 以下は Band8, 900MHz 帯で、それ以外は Band1, 2GHz 帯で計測された。

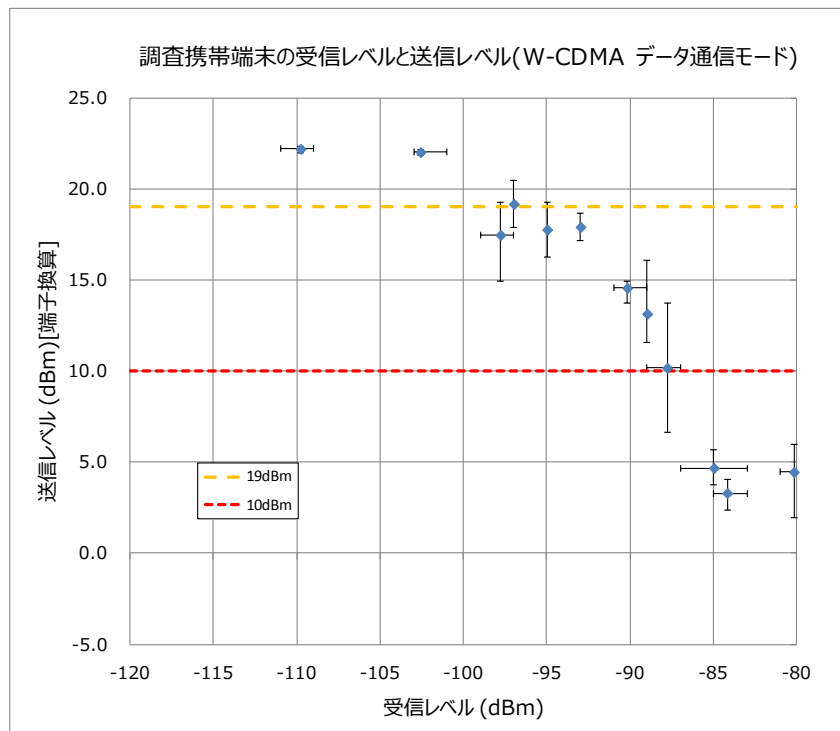
【グラフ 18】 W-CDMA/ 調査地点 1/ A 社/ Model-AX



【グラフ 19】 W-CDMA/ 調査地点 2/ A 社/ Model-AX



【グラフ 20】 W-CDMA/ 調査地点 3/ A 社/ Model-AX



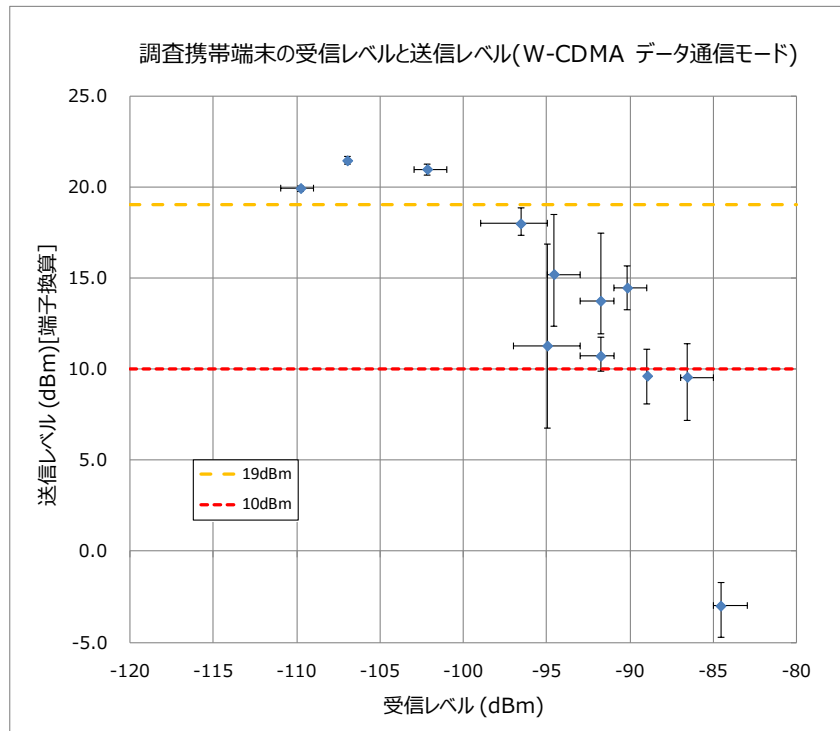
備考 : W-CDMA/ A 社/ Model-AX

【グラフ 18】調査地点 1 は Band VI, 800MHz 帯で計測された。

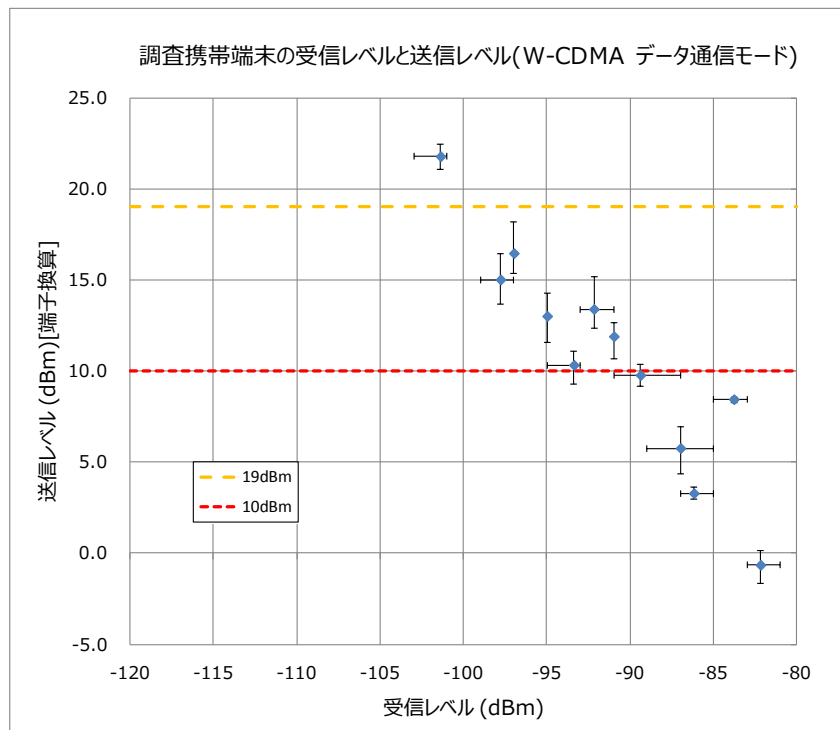
【グラフ 19】調査地点 2 は、受信レベルが-98dBm 以下は Band I, 2GHz 帯、それ以外は Band VI, 800MHz 帯で計測された。

【グラフ 20】調査地点 3 は Band VI, 800MHz 帯で計測された。

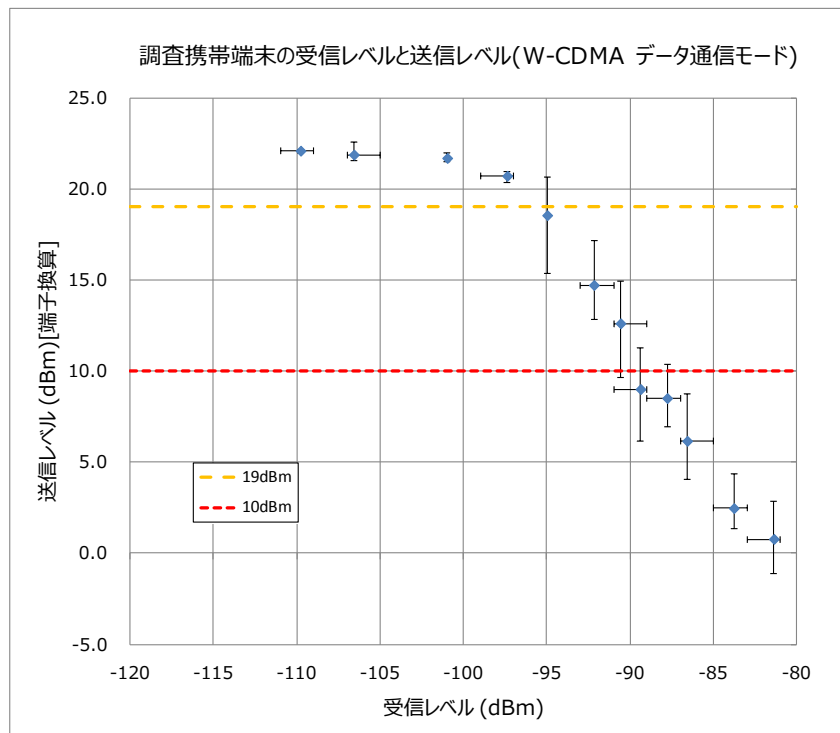
【グラフ 21】 W-CDMA/ 調査地点 1/ A 社/ Model-AY



【グラフ 22】 W-CDMA/ 調査地点 2/ A 社/ Model-AY



【グラフ 23】 W-CDMA/ 調査地点 3/ A 社/ Model-AY



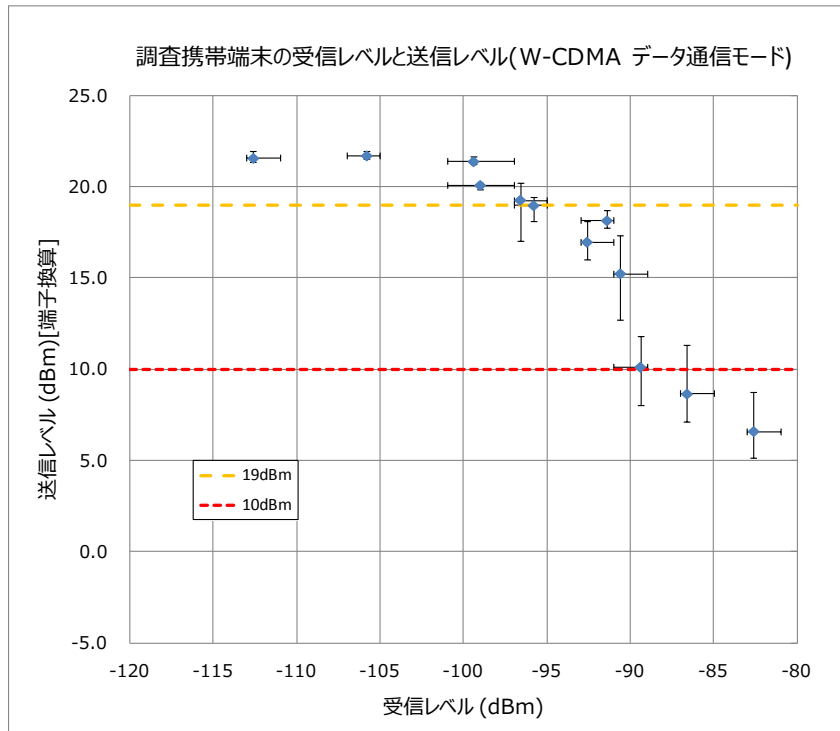
備考 : W-CDMA/ A 社/ Model-AY

【グラフ 21】調査地点 1 は Band VI, 800MHz 帯で計測された。

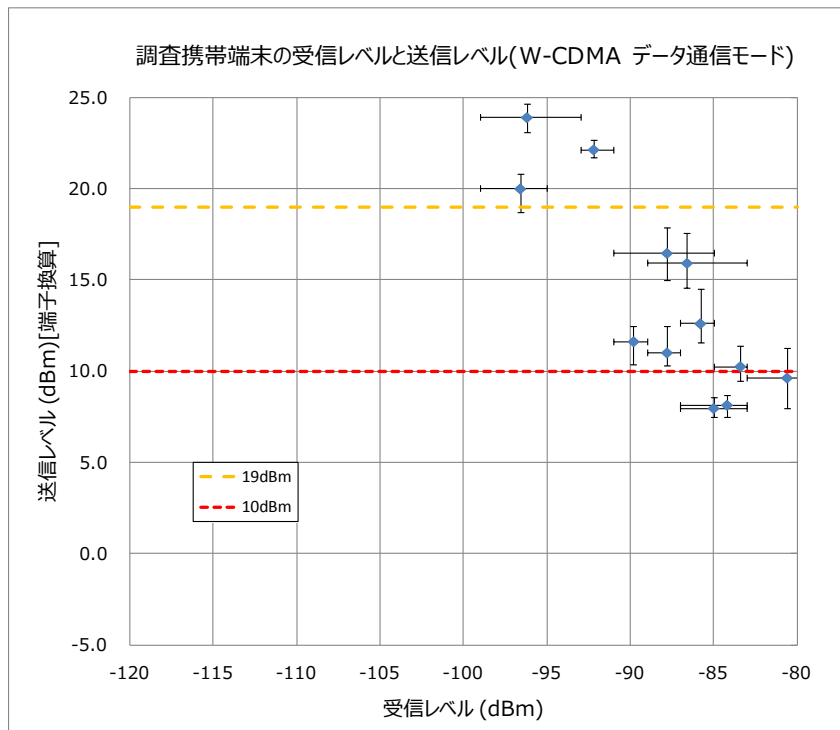
【グラフ 22】調査地点 2 は Band VI, 800MHz 帯で計測された。

【グラフ 23】調査地点 3 は Band VI, 800MHz 帯で計測された。

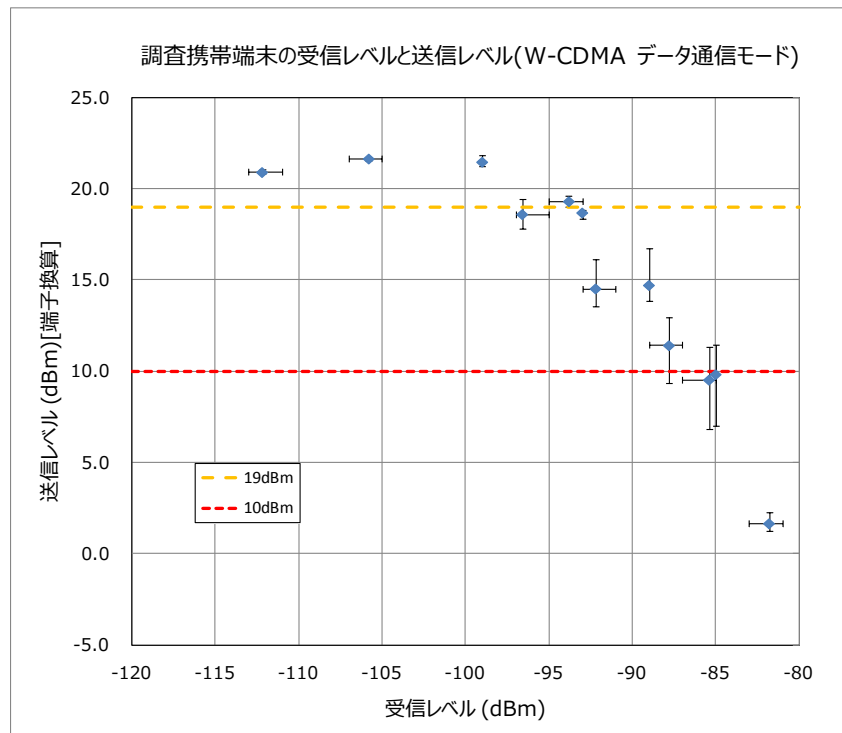
【グラフ 24】 W-CDMA/ 調査地点 1/ C 社/ Model-CX



【グラフ 25】 W-CDMA/ 調査地点 2/ C 社/ Model-CX



【グラフ 26】 W-CDMA/ 調査地点 3/ C 社/ Model-CX



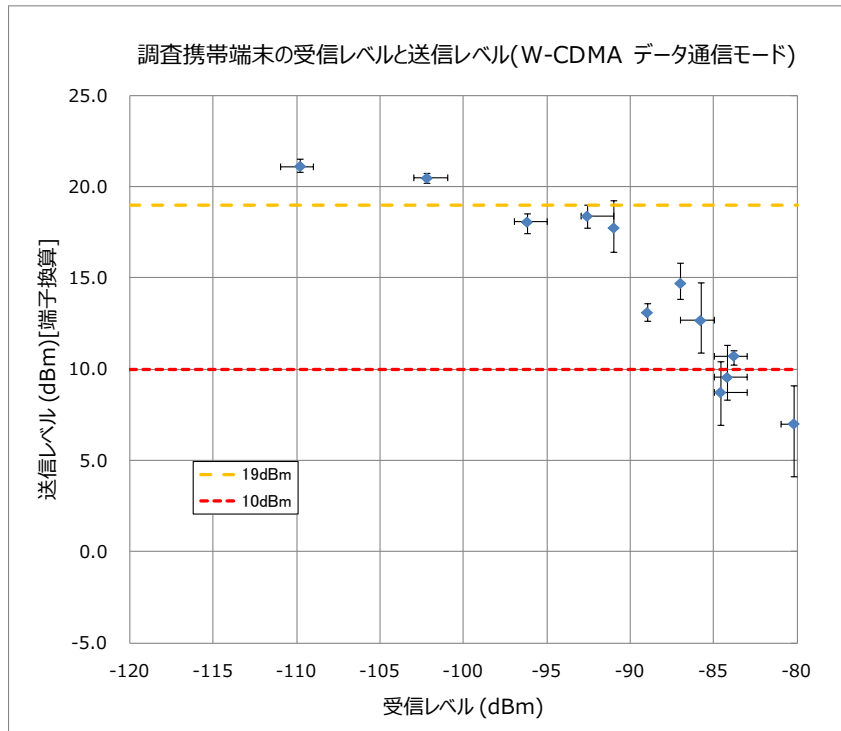
備考 : W-CDMA/ C 社/ Model-CX

【グラフ 24】調査地点 1 は Band VIII, 900MHz 帯で計測された。

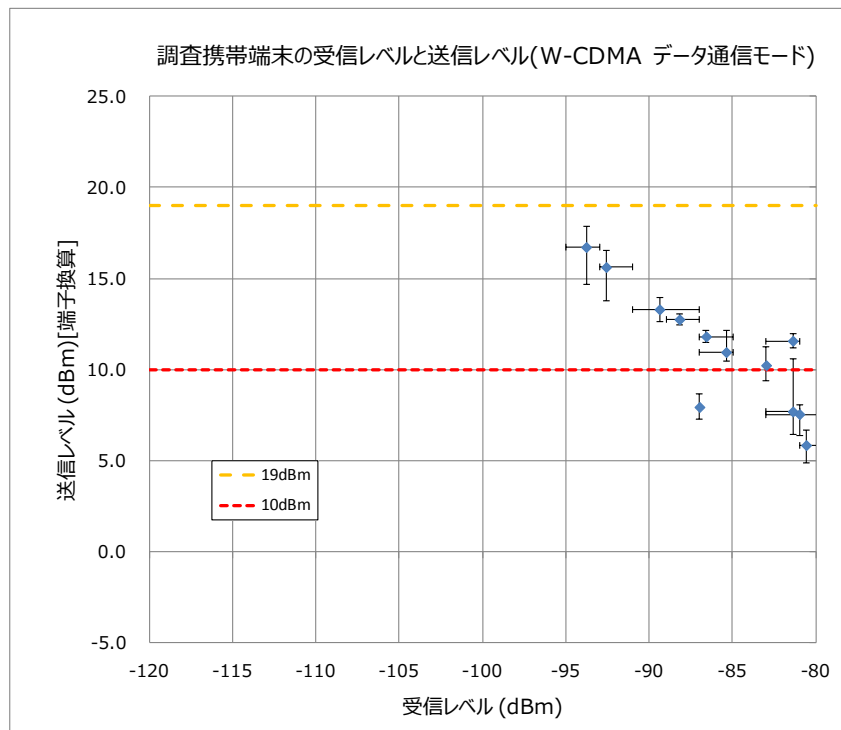
【グラフ 25】調査地点 2 は Band I, 2GHz 帯で計測された。

【グラフ 26】調査地点 3 は Band VIII, 900MHz 帯で計測された。

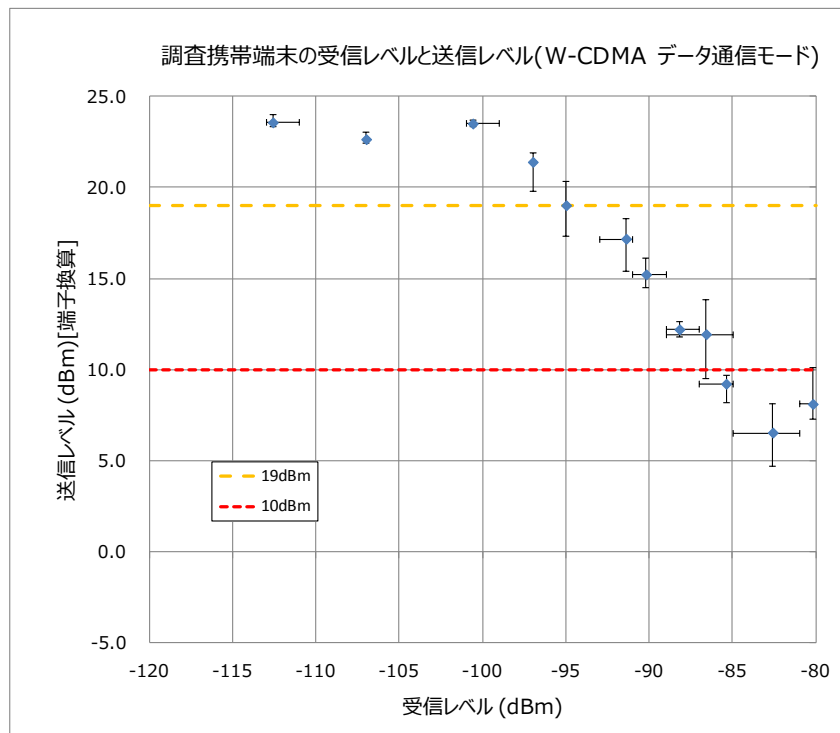
【グラフ 27】 W-CDMA/ 調査地点 1/ C 社/ Model-CY



【グラフ 28】 W-CDMA/ 調査地点 2/ C 社/ Model-CY



【グラフ 29】 W-CDMA/ 調査地点 3/ C 社/ Model-CY



備考 : W-CDMA/ C 社/ Model-CY

【グラフ 27】調査地点 1 は Band VIII, 900MHz 帯で計測された。

【グラフ 28】調査地点 2 は Band I, 2GHz 帯で計測された。

【グラフ 29】調査地点 3 は Band VIII, 900MHz 帯で計測された。

第2章 医用電気機器への電波の影響を考慮した電波の受信強度値の調査

第2編 第4章において、医療機器への影響を最小限に抑えるための、携帯電話端末の送信電力が10mW(10dBm)～80mW(19dBm)程度以下であることに着目して、携帯電話端末の受信レベルと送信レベルを考察した。

2.1 LTE の考察

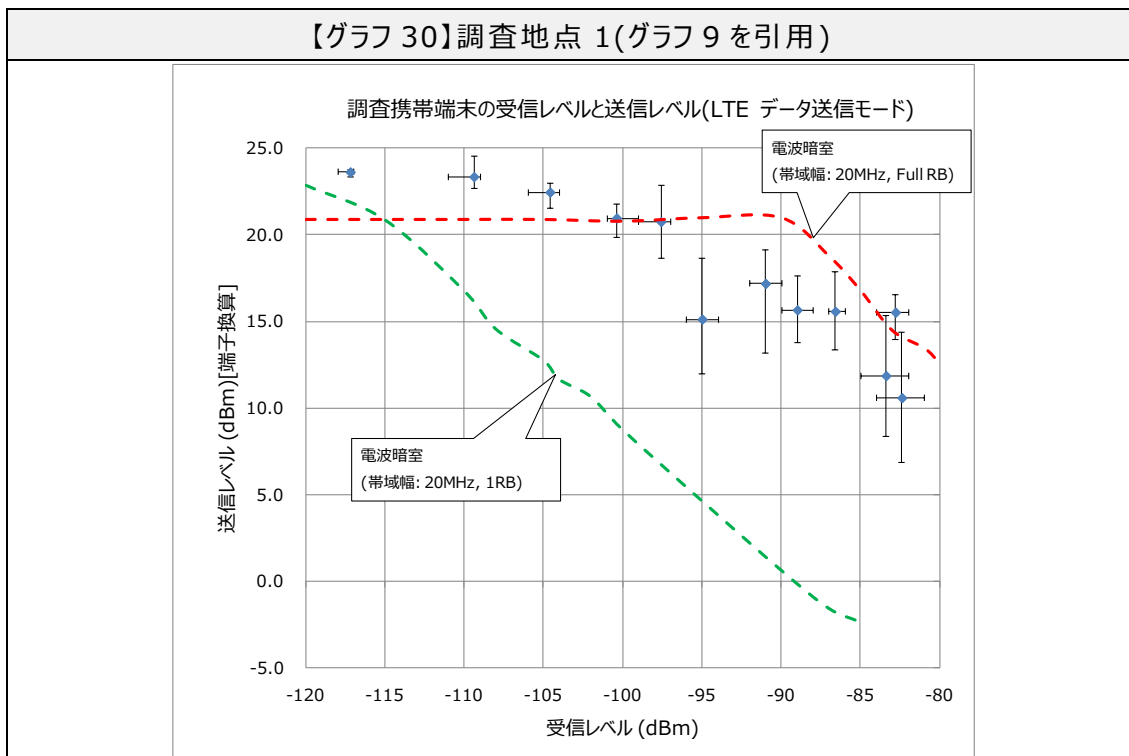
2.1.1 電波暗室の模擬環境調査と実環境調査の比較

電波暗室における模擬環境調査において、携帯電話端末の受信レベルに対して、送信レベルが最大になるのは、送信帯域幅が最大の20MHzでフルリソースブロックを使用した場合（データを最大で送った場合）であることが確認できた。

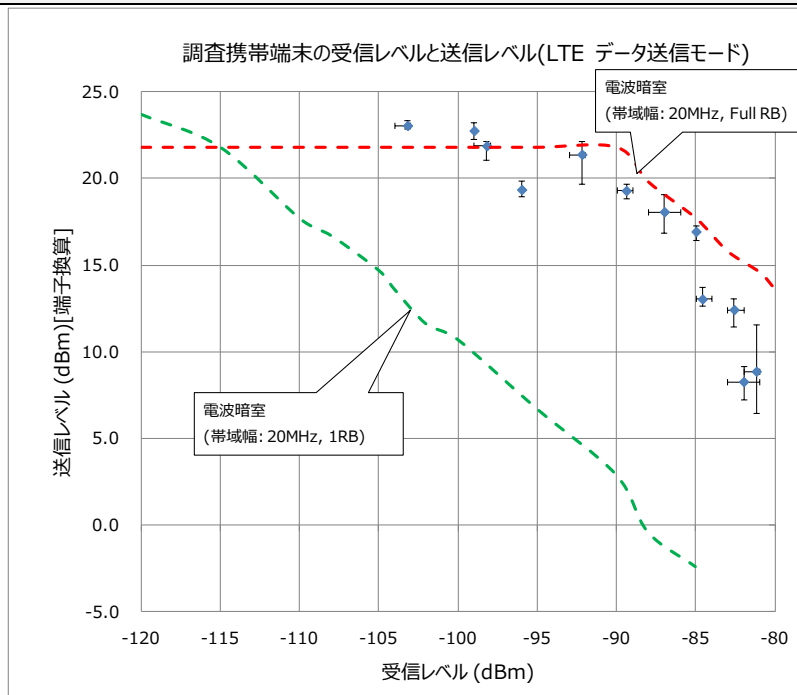
実環境の調査結果と電波暗室の調査結果比較：

実環境：各調査地点における、受信レベルに対して送信レベルが最も高い機種種のデータ

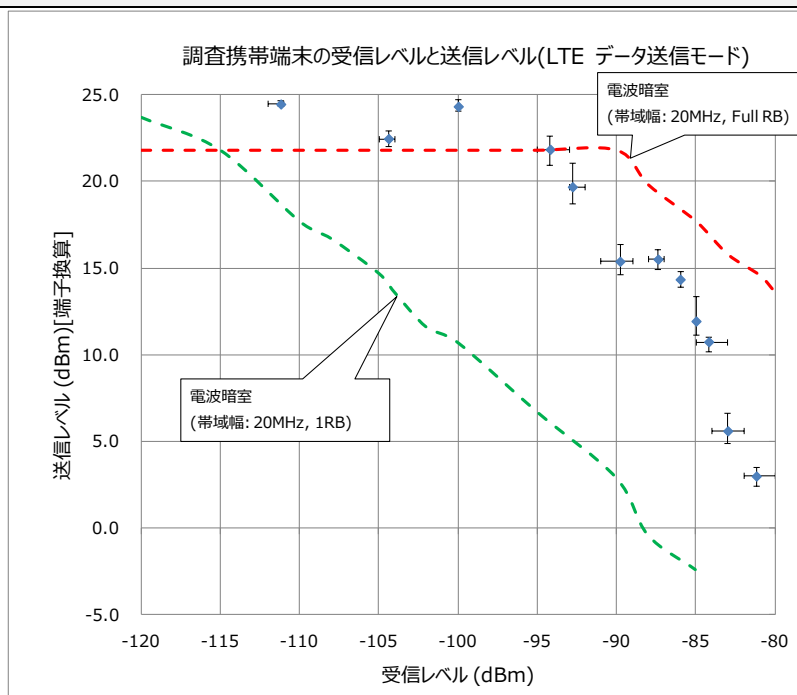
電波暗室：送信帯域幅 20MHz, フルリソースブロックのデータ



【グラフ 31】調査地点 2(グラフ 16 を引用)



【グラフ 32】調査地点 3(グラフ 17 を引用)



グラフ 30 からグラフ 32 より、各地点の実環境調査結果は、電波暗室での擬似基地局を使用した結果(送信帯域幅 20MHz, フルリソースブロック)より概ね低い値に入っていることがわかる。実環境調査では、フルリソースブロックで送信している場合はほとんどないが(通常は数リソースブロック)、送信レベルは、電波暗室の最大値に近い値も観測され

た。

2.1.2 送信レベルが 19dBm/10dBm を下回る実環境の調査結果

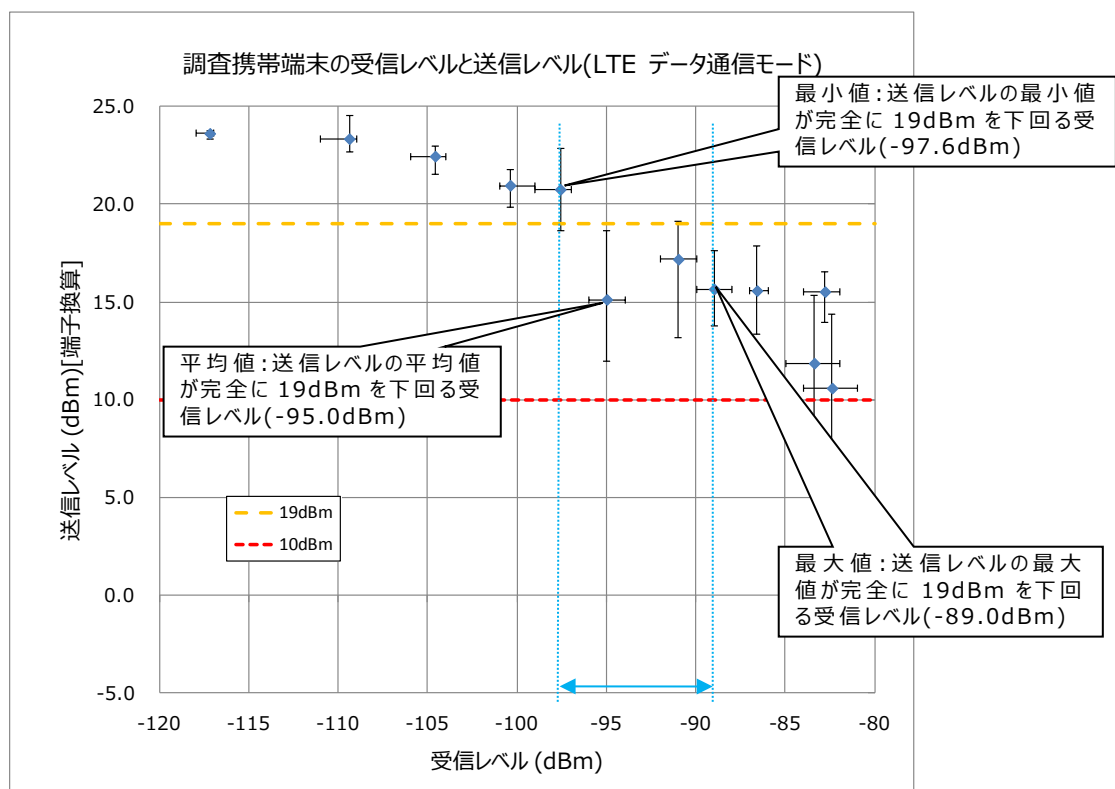
表 20 調査端末の送信レベルが 19dBm を下回った時の受信レベル

場所	通信事業者	モデル名	最大値 [dBm](注 1)	平均値 [dBm](注 2)	最小値 [dBm](注 3)
調査地点 1	A 社	Model- AX	-89.0	-95.0	-97.6
	B 社	Model- BX	-87.0	-87.0	-94.6
	C 社	Model- CX	-93.2	-96.2	-96.2
調査地点 2	A 社	Model- AX	-92.0	-92.0	-106.8
	B 社	Model- BX	-94.0	-94.0	-94.0
	C 社	Model- CX	-85.0	-87.0	-89.4
調査地点 3	A 社	Model- AX	-96.8	-96.8	-96.8
	B 社	Model- BX	-95.4	-95.4	-95.4
	C 社	Model- CX	-89.8	-89.8	-92.8
平均			-91.4	-92.6	-96.0

注1) 最大値は同一測定地点で 5 回計測した最大値が 19dBm 以下になった時の受信レベルの平均

注2) 平均値は同一測定地点で 5 回計測した平均値が 19dBm 以下になった時の受信レベルの平均

注3) 最小値は同一測定地点で 5 回計測した最小値が 19dBm 以下になった時の受信レベルの平均



参考) 調査地点 1、A 社、Model-AX の場合

表 21 調査端末の送信レベルが 10dBm を下回った時の受信レベル

場所	通信事業者	モデル名	最大値 [dBm](注 1)	平均値 [dBm](注 2)	最小値 [dBm](注 3)
調査地点 1	A 社	Model-AX	> -82.4	> -82.4	-82.4
	B 社	Model-BX	> -81.8	-84.4	-84.4
	C 社	Model-CX	> -85.4	> -85.4	> -85.4
調査地点 2	A 社	Model-AX	-82.2	-82.2	-82.2
	B 社	Model-BX	-81.8	-81.8	-88.2
	C 社	Model-CX	> -81.2	-82.0	-82.0
調査地点 3	A 社	Model-AX	-80.0	-80.0	-80.0

	B 社	Model-BX	-84.8	-84.8	-87.4
	C 社	Model-CX	-83.0	-83.0	-83.0
平均			-82.4	-82.6	-83.7

注1) 最大値は同一測定地点で5回計測した最大値が10dBm以下になった時の受信レベルの平均

注2) 平均値は同一測定地点で5回計測した平均値が10dBm以下になった時の受信レベルの平均

注3) 最小値は同一測定地点で5回計測した最小値が10dBm以下になった時の受信レベルの平均

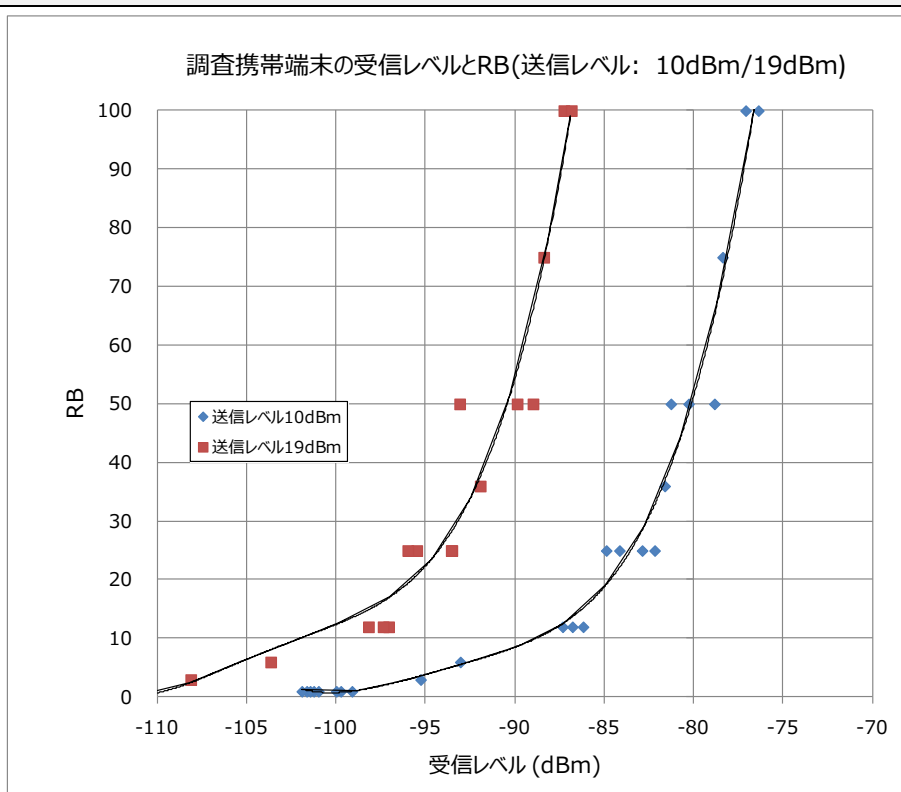
注4) 表中のデータで“>”の数値は、平均処理から除外した。

上記表 20 に示すように、3 調査地点、3 モデルで合計 9 種の調査データから、調査端末の送信レベルが 19dBm を下回った時の受信レベルを確認すると、受信レベルの平均は-91.4dBm から-96.0dBm であった。また上記表 21 に示すように、調査端末の送信レベルが 10dBm を下回った時の受信レベルを確認すると、受信レベルの平均は-82.4dBm から-83.7dBm であった。

以下のグラフ 33 は電波暗室での擬似基地局を使用した全ての調査結果で得られた送信レベルが 10dBm 及び 19dBm になる場合の、受信レベルとリソースブロックの関係を表したグラフである。(グラフ中の曲線は近似曲線、データのプロットは調査結果で得られた送信レベル 10dBm 及び 19dBm になる時の受信レベルとリソースブロックの数)

このグラフ 33 より、10dBm 以下になる最大の受信レベルはほぼ-77dBm、また 19dBm 以下になる最大の受信レベルはほぼ-87dBm であることが確認できる。

【グラフ 33】受信レベルとリソースブロックの数



2.2 W-CDMA 方式の考察

表 22 調査端末の送信レベルが 19dBm を下回った時の受信レベル

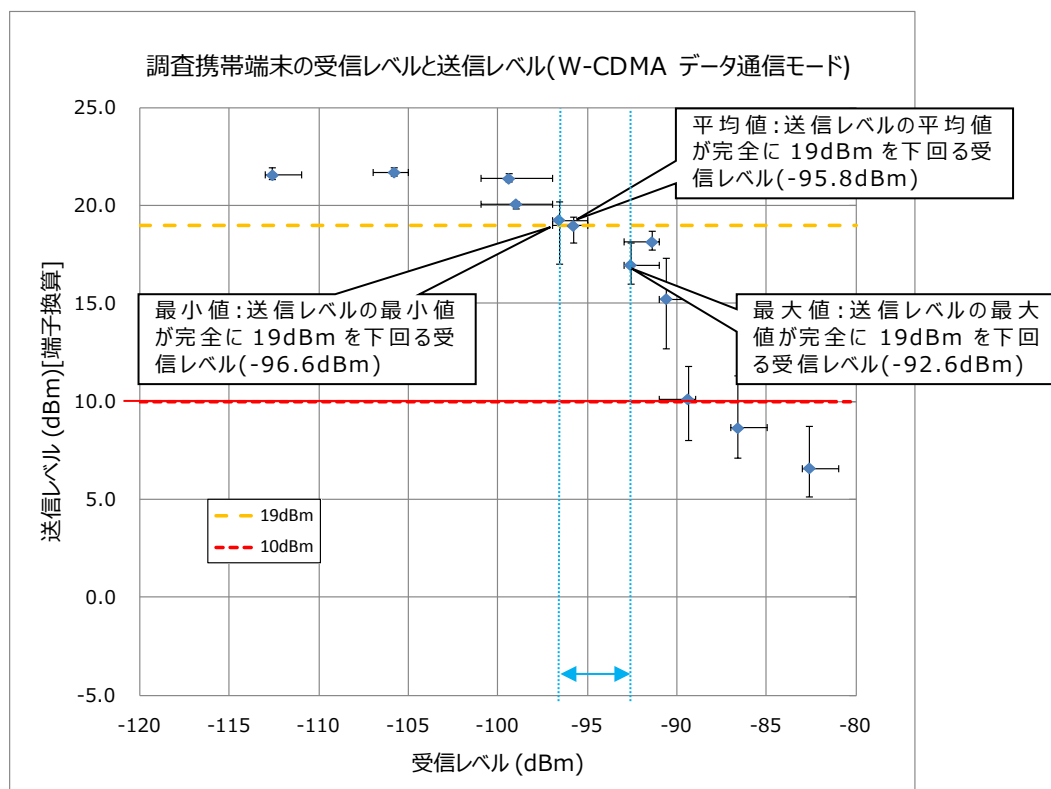
場所	通信事業者	モデル名	最大値 [dBm](注 1)	平均値 [dBm](注 2)	最小値 [dBm](注 3)
調査地点 1	A 社	Model-AX	-95.8	-96.6	-96.6
		Model-AY	-96.6	-96.6	-96.6
	C 社	Model-CX	-92.6	-95.8	-96.6
		Model-CY	-89.0	-96.2	-96.2
調査地点 2	A 社	Model-AX	-97.4	-98.6	-98.6
		Model-AY	-97.8	-97.8	-97.8
	C 社	Model-CX	-89.8	-89.8	-89.8
		Model-CY	<-93.8	<-93.8	<-93.8
調査地点 3	A 社	Model-AX	-93.0	-95.0	-97.8
		Model-AY	-92.2	-95.0	-95.0
	C 社	Model-CX	-93.0	-93.0	-93.0
		Model-CY	-91.4	-91.4	-95.0
平均			-93.5	-95.1	-95.7

注 1) 最大値は同一測定地点で 5 回計測した最大値が 19dBm 以下になった時の受信レベルの平均

注 2) 平均値は同一測定地点で 5 回計測した平均値が 19dBm 以下になった時の受信レベルの平均

注 3) 最小値は同一測定地点で 5 回計測した最小値が 19dBm 以下になった時の受信レベルの平均

注 4) 表中のデータで“<”の数値は、平均処理から除外した。



参考) 調査地点 1、C 社、Model-CX の場合

表 23 調査端末の送信レベルが 10dBm を下回った時の受信レベル

場所	通信事業者	モデル名	最大値 [dBm](注 1)	平均値 [dBm](注 2)	最小値 [dBm](注 3)
調査地点 1	A 社	Model-AX	-85.8	-85.8	-85.8
		Model-AY	-84.6	-89.0	-89.0
	C 社	Model-CX	-82.6	-86.6	-89.4
		Model-CY	-80.2	-80.2	-80.2
調査地点 2	A 社	Model-AX	-89.4	-89.4	-89.4
		Model-AY	-87.0	-89.4	-89.4
	C 社	Model-CX	>-80.6	-80.6	-83.4
		Model-CY	-81.0	-81.4	-81.4
調査地点 3	A 社	Model-AX	-85.0	-85.0	-87.8
		Model-AY	-86.6	-89.4	-90.6
	C 社	Model-CX	-81.8	-85.4	-85.4
		Model-CY	>-80.2	-85.4	-86.6
平均			-84.4	-85.6	-86.5

- 注1) 最大値は同一測定地点で 5 回計測した最大値が 10dBm 以下になった時の受信レベルの平均
 注2) 平均値は同一測定地点で 5 回計測した平均値が 10dBm 以下になった時の受信レベルの平均
 注3) 最小値は同一測定地点で 5 回計測した最小値が 10dBm 以下になった時の受信レベルの平均
 注4) 表中のデータで“<”の数値は、平均処理から除外した。

3 調査地点、4 モデルで合計 12 種の調査データから、上記表 22 に示すように、調

査端末の送信レベルが 19dBm を下回った時の受信レベルを確認すると、受信レベルの平均は-93.5dBm から-95.7dBm であった。また上記表 23 に示すように、調査端末の送信レベルが 10dBm を下回った時の受信レベルを確認すると、受信レベルの平均は-84.4dBm から-86.5dBm であった。

第4編 まとめ

今回調査を実施した LTE 方式と W-CDMA 方式の結果について整理する。

第 2 編第 4 章のとおり、携帯電話端末からの送信電力が 10dBm(10mW)～19dBm(80mW)程度以下となり、医療環境において電波が医療機器へ与える影響を低減することが可能となる受信レベルの閾値の検討を行う。なお、本調査では最大保持機能を用いて、そのレベルの安定を待って計測が行われているので、実際の環境においては最大レベルの発生頻度を考慮すると、受信レベルの閾値を以下に示す値より低いレベルに設定することも可能であると推察される。

LTE 方式では、送信帯域幅が 20MHz でリソースブロックがフルに使用される状況(アップリンクで大量のデータを遅延なく送信されるような状況)が実際の環境下で発生するケースは非常にまれであると推察される。また、表 21 より送信レベルが 19dBm を下回る受信レベルが-96dBm～-91dBm であることから、-96dBm～-91dBm を閾値とすることが適切である。

W-CDMA 方式のデータ通信モードでは、表 23 より送信レベルが 10dBm～19dBm になる受信レベルが-96dBm～-93dBm 程度であること、さらに実環境での使用頻度が一番高い音声通話モードでは 1.5.3(1)より送信レベルが 10dBm～19dBm になる受信レベルが-108dBm～-100dBm 程度である。しかしながら、医療機器への影響を低減するために-96dBm～-93dBm を閾値とすることが適切である。

以上を総合的に勘案し、医療環境において電波が医療機器へ与える影響を低減することが可能な環境を構築するためには、LTE 方式及び W-CDMA 方式の双方において、受信レベルが-96dBm より低い環境については、通信インフラの整備を図るなどにより、改善されることが望ましいと考えられる。

ただし、各社 NW の実装の状況、端末の在圏数、個々の端末のアンテナ利得などに応じて基地局信号の端末受信電力と端末の送信電力の関係性は異なると考えられることから、環境によりこの値が変動する可能性への留意が必要である。

調査における検討課題

- 実際の通信で使用されるリソースブロックの数がどの程度か見積もることができるか。
- W-CDMA 方式の暗室における擬似環境調査と実環境調査との比較。
- リソースブロック以外の要素による送信レベルの変化(Fractional 送信電力制御の影響等)
- 実環境調査における特定の受信レベルにおける送信レベル分布確率の影響(たとえば、-100dBm の受信レベルの時の送信レベルを時間軸でみた場合、最も頻度の高い送信レベルはどれくらいか。今回は最大レベル保持機能で測定しているので、この中の最大の送信レベルで評価されている)。

第5編 参考文献

- [1] 総務省、「電波の医療機器等への影響に関する調査報告書」、平成 28 年 3 月
- [2] 総務省、「電波の医療機器等への影響に関する調査報告書」、
平成 26 年 3 月
- [3] 総務省、「電波の医用機器等への影響に関する調査研究報告書」、
平成 14 年 3 月
- [4] 総務省、「電波の医用機器等への影響に関する調査結果」、平成 14 年 7 月 2 日
(仕様書“電波の植込み型以外の医療機器等への影響の調査研究”より参照)
- [5] 電波環境協議会、「医療機関における携帯電話等の使用に関する報告書」、
平成 26 年 8 月(仕様書“電波の植込み型以外の医療機器等への影響の調査研究”より参照)
- [6] 電波環境協議会、「医療機関における電波利用推進部会平成 27 年度報告書」
平成 28 年 4 月
- [7] 電波環境協議会、「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」
平成 26 年 8 月 19 日
(仕様書“電波の植込み型以外の医療機器等への影響の調査研究”より参照)
- [8] 電波環境協議会、「医療機関において 安心・安全に電波を利用するための手引き」
平成 28 年 4 月
- [9] NTT 技術ジャーナル 2008.11 「Super 3G(LTE)の方式概要および実験結果」
- [10] 不要電波問題対策協議会「携帯電話端末等の使用に関する調査報告書」
平成 9 年 4 月

- [11] Keisuke Nagase, Satoshi Ishihara, Junji Higashiyama, Teruo Onishi, and Yoshiaki Tarusawa, "Electromagnetic interference with medical devices from mobile phones using high-speed radio access technologies", IEICE, ComEX, vol.1, no. 6, 2012
- [12] Hiroyuki Takao, Yu chih Yeh, Hiroyuki Arita, Takumi Obatake, Teppei Sakano, Minoru Kurihara, Akira Matsuki, Toshihiro Ishibashi, and Yuichi Murayama, "PRIMARY SALVAGE SURVEY OF THE INTERFERENCE OF RADIOWAVES EMITTED BY SMARTPHONES ON MEDICAL EQUIPMENT", Health Physics, vol. 111, no. 4, 2016