

小電力データ通信の EMC に関する実験調査

林 達郎 ^{*1)}

Experimental Investigation of EMC Characteristics of Small Electric Power Data Communication System

HAYASHI Tatsuro ^{*1)}

小電力データ通信のモデルとして IEEE802.15.4 規格による ZigBee 通信システムに着目し、外部から与えられる電磁ノイズに対する耐性や、無線 LAN との相互干渉について実験調査を行った。

通信システムに対して 80-1000MHz の放射電磁界ノイズを印加する耐性試験の結果は良好であったが、無線 LAN との相互干渉実験では、双方が重複或いは近接する周波数で稼働する場合において、ZigBee 通信システムの通信成功率が低下し、通信不良が発生する状況が確認された。

1. 緒言

高度情報通信時代を迎え、無線 LAN をはじめとする各種のデジタル通信システムが普及している。

なかでも、近距離用途向けの小電力データ通信システムは電源負荷が小さいことから長時間の電池駆動が可能であり、このことが持ち運びの利便性につながって、パーソナルエリアネットワーク ¹⁾ を実現する中核技術として家庭から、医療、ヘルスケアなどのいたるところに利用されつつある。

本資料では小電力データ通信の一例として IEEE802.15.4 規格による ZigBee 通信システム ²⁾ に着目し、その安定性や信頼性を EMC の観点から実験的に調査した結果を紹介する。

2. 実験方法

ZigBee 通信システムの EMC について、①外部から与えられる電磁ノイズに対する耐性、②無線 LAN との相互干渉の 2 つの視点から実験調査を実施した。

2.1 実験用の ZigBee 通信システム

実験には図 1 に示す小型アンテナと通信チップを実装したモジュール基板による ZigBee 通信システムを用いた。

通信は基地局と端末間の 1 対 1 で行い、基地局と端末間の通信制御は、基地局の USB ポートに接続した外部の PC により行う。

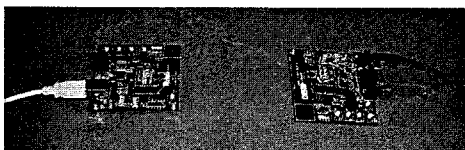


図 1 実験用通信システム

ZigBee 通信システムが使用する周波数は 2400MHz 帯であり、複数のチャンネルが利用可能であるが、実験では条件を統一するため、中心周波数が 2450MHz のチャンネルのみを使用するよう設定した。

ZigBee 通信システムの通信波形を小型モノポールアンテナにより受信し、スペクトラムアナライザにより周波数観測した結果を図 2 に示す。

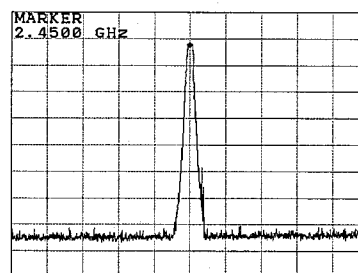


図 2 実験用の ZigBee 通信システムの周波数観測結果 (中心周波数 2450MHz, 横軸スパン 100MHz)

2.2 外部から与えられる電磁ノイズに対する耐性

ZigBee 通信システムの電磁ノイズ耐性を調べる方法として、日本工業規格の JISC61000-4-3³⁾ に準拠した放射電磁界ノイズの印加を行い、ノイズ耐性を確認した。

この試験規格は、1kHz の正弦波で 80% の振幅変調を加えた周波数 80-1000MHz の電磁ノイズを空間経由で対象物に与え、その際の誤動作や故障の有無を調べるものである。

実験では、PC の制御により ZigBee 通信システムが連続的なパケット送受信を行う状態にしたうえで、これを図 3 に示すような EMC 試験セル内に設置し、放射電磁界ノイズを与えたときの通信成功率を調査した。

*1) 機械・電子・情報技術チーム

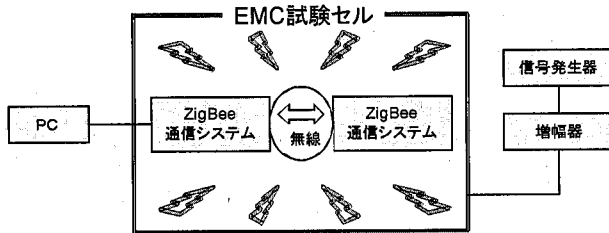


図3 電磁ノイズに対する耐性の実験環境

2.3 ZigBeeと無線LANの相互干渉実験

ZigBee通信システムが稼働している空間に、近接周波数を利用する他の通信システムが同時に稼働したとき、相互干渉による通信不良が発生する可能性が考えられる。

今回の実験調査では、普及率が高い無線LANを用いてZigBee通信システムとの相互干渉の影響を調べた。

2400MHz帯を利用するIEEE802.11g規格の無線LANには図4に示すように中心周波数が異なる13の通信チャンネルが設けられており、各チャンネルあたりの帯域幅は22MHzでチャンネル間隔は5MHzである。

実験用のZigBee通信システム
中心周波数: 2450(MHz)

無線LANチャンネル	ch1	ch2	ch3	ch4	ch5	ch6	ch7	ch8	ch9	ch10	ch11	ch12	ch13
中心周波数(MHz)	2412	2417	2422	2427	2432	2437	2442	2447	2452	2457	2462	2467	2472

無線LAN ch5~ch12を対象に相互干渉実験

図4 対象とした無線LANチャンネル

実験ではZigBee通信システム(通信の中心周波数を2450MHzに固定)を予め稼働させておき、次に周波数が重複あるいは近接するチャンネルch5~ch12を使用する無線LANを順次稼働させて、ZigBee通信システム側の通信成功率の変化を調査した。

実験環境には奈良県工業技術センター内のイベントホールを利用し、図5に示すように空間内の1点にZigBee基地局を設置した後、移動できるZigBee端末の設置箇所として地点A~H(Hのみ室外)を定めた。

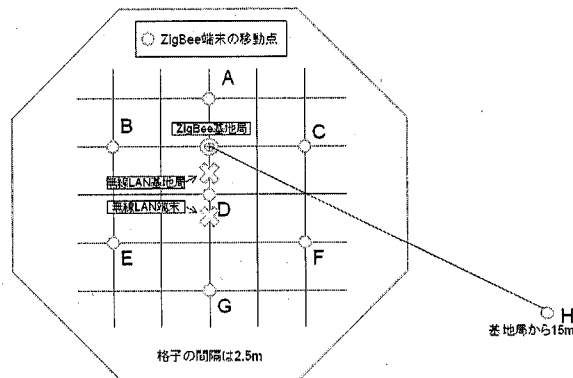


図5 実験環境とZigBee端末の設置地点

また、無線LANの基地局と端末は図5のD地点を挟んでそれぞれ1m離れた位置に設置し、実験用のダミーデータを連続的に送受信するプログラムを用いて無線LANの利用者が大容量ファイルのダウンロードを行っているときと同等の通信状態に設定した。

3. 結果及び考察

3.1 外部から与えられる電磁ノイズに対する耐性

ZigBee通信システムに与える放射電磁界ノイズの電界強度を1V/m, 3V/m, 10V/mと変化させたときの通信成功率を調査した結果を表1に示す。

結果より、実験用のZigBee通信システムに対して最大電界強度10V/mの電磁ノイズを与えたときでも通信成功率は100%であり、この試験方法で求められるノイズ耐性は備わっていることがわかる。

表1 放射電磁界ノイズの電界強度と通信成功率

80-1000MHz 電界強度(V/m)	通信成功率(%)
1	100
3	100
10	100

3.2 ZigBeeと無線LANの相互干渉実験

まず、相互干渉が無い状態におけるZigBee通信システムの通信状態を確認するため、予備実験として図5の実験環境において、無線LANを停止したときの通信状態を確認した。

ZigBee通信システムが連続的なパケット送受信を行う状態に設定したのち、端末を図5に示す8つの地点A~H(Hのみ室外)に移動したときの通信信号強度と、通信成功率を測定、調査した結果をそれぞれ図6、図7に示す。

結果より、基地局から端末までの距離が遠くなると信号強度が低下する様子が観察されるが、基地局からの距離が15m離れたH地点においても通信成功率は100%であった。

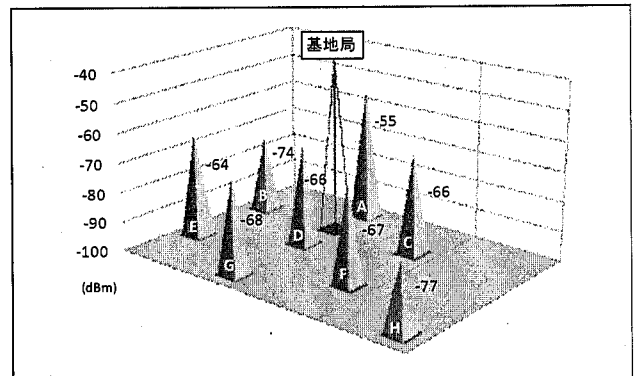


図6 ZigBee通信システムの通信信号強度

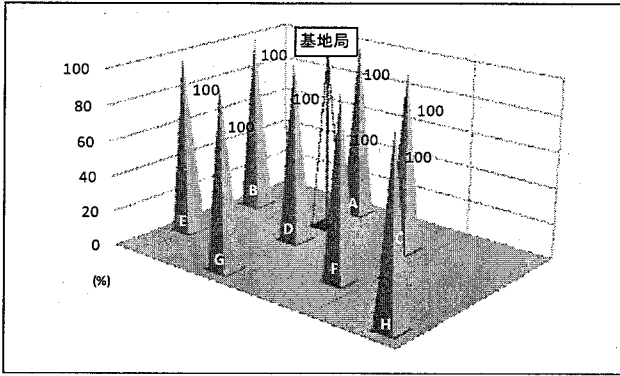


図 7 ZigBee 通信システムの通信成功率
(相互干渉がない状態)

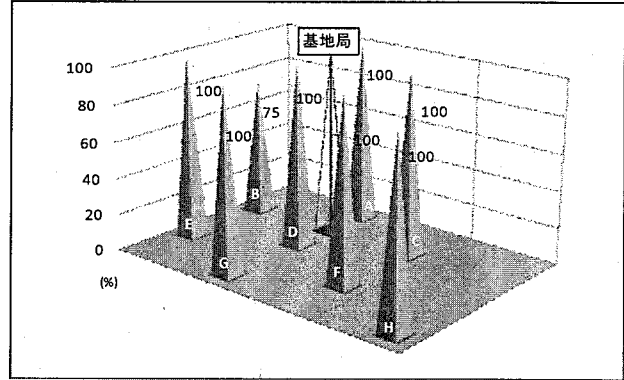


図 9 ZigBee 通信システムの通信成功率
(無線 LAN ch6 稼動時)

次に、相互干渉の原因となる可能性がある無線 LAN をチャンネル ch5~h12 の間で順次稼働させた時に、ZigBee 通信システム側の通信成功率が変化する様子を調査した結果を図 8~15 に示す。

これより、双方が使用する周波数が重複しないとき、即ち無線 LAN のチャンネルが ch5, ch12 のときには ZigBee 通信システムの通信成功率がいずれも 100%であるのに対して、無線 LAN が ch8, ch9 のようにほぼ重複する周波数で稼働した場合には、通信成功率が個別地点で 40%まで低下する状況がみられ、相互干渉に起因すると考えられる通信不良が認められた。

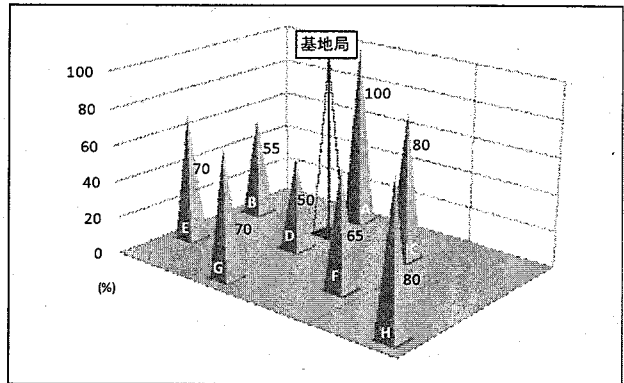


図 10 ZigBee 通信システムの通信成功率
(無線 LAN ch7 稼動時)

また、双方が使用する周波数が近接する場合、即ち無線 LAN のチャンネルが ch6, ch7, ch10, ch11 のときでも、ZigBee 通信システムの通信成功率は 50%まで低下する地点がみられ、相互干渉の影響を受けたものと考えられる。

まとめとして、無線 LAN が利用したチャンネルと ZigBee 通信システムの通信成功率 (全地点平均値) の相関をグラフにした結果を図 16 に示す。

これより、ZigBee 通信システムが使用する周波数を含む前後計 5 チャンネルのいずれかで無線 LAN が稼働したとき、相互干渉に起因すると考えられる通信不良が確認された。

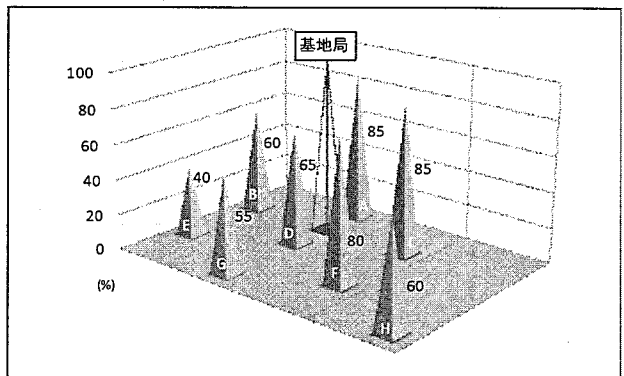


図 11 ZigBee 通信システムの通信成功率
(無線 LAN ch8 稼動時)

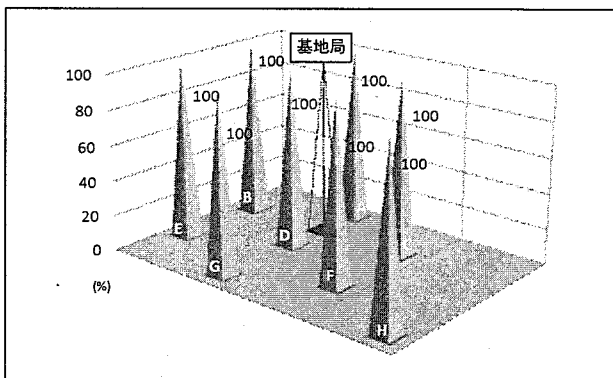


図 8 ZigBee 通信システムの通信成功率
(無線 LAN ch5 稼動時)

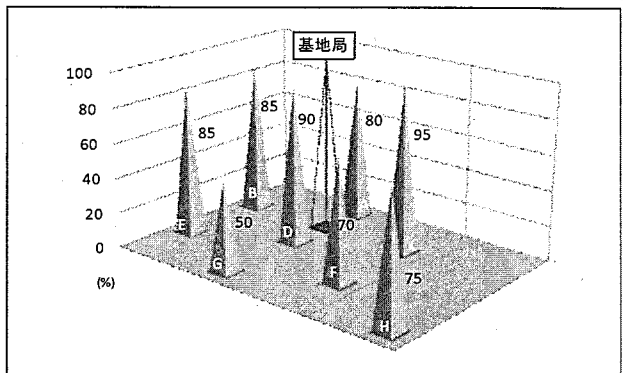


図 12 ZigBee 通信システムの通信成功率
(無線 LAN ch9 稼動時)

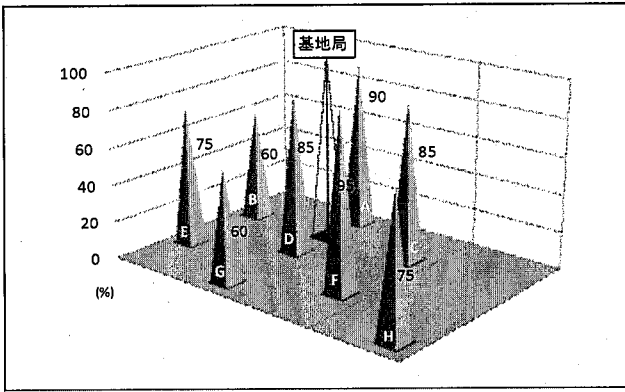


図 13 ZigBee 通信システムの通信成功率 (無線 LAN ch10 稼動時)

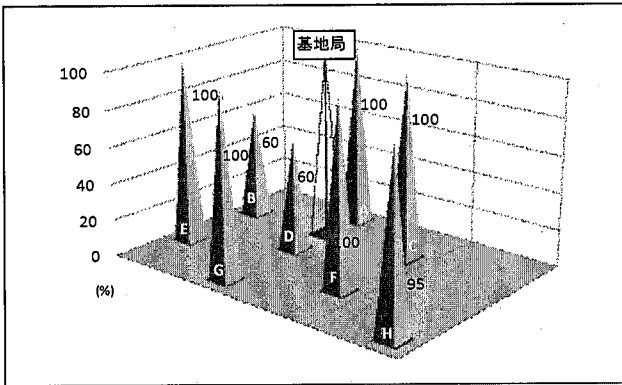


図 14 ZigBee 通信システムの通信成功率 (無線 LAN ch11 稼動時)

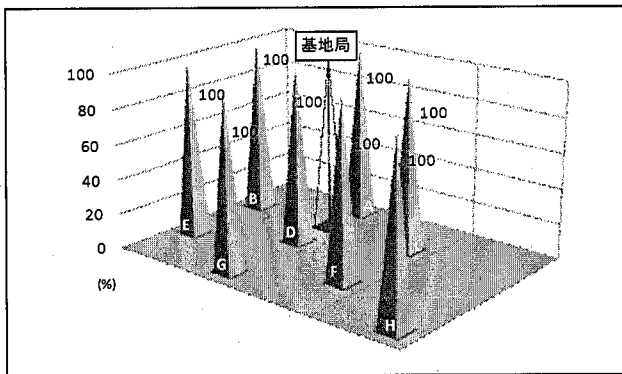


図 15 ZigBee 通信システムの通信成功率 (無線 LAN ch12 稼動時)

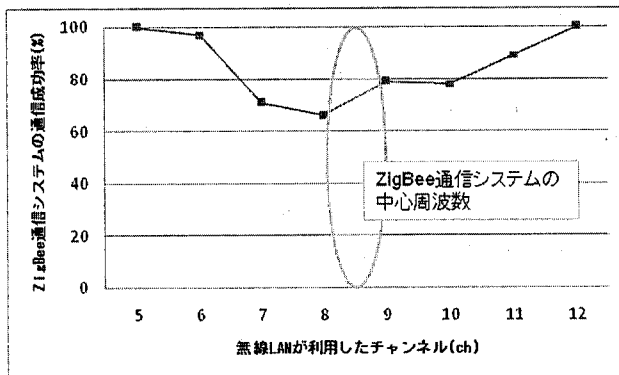


図 16 無線 LAN が利用したチャンネルと ZigBee 通信システムの通信成功率の相関

4. 結言

実験用の ZigBee 通信システムを用いて 2つの視点から EMC を検証し、以下の結果を得た。

①EMC 規格(JISC61000-4-3)に準拠した放射電磁界ノイズに対する耐性は良好で、実験に用いた ZigBee 通信システムが、外部から与えられる電磁ノイズに対して一定の耐性をもつことが確認された。ただし、今回の実験方法は通信モジュール全体に放射電磁界ノイズを与えていることから、通信システムの基板設計や部品、アンテナまたその配置などの諸条件が異なる場合には当然ながら結果に相違が生じることが考えられる。

② 無線 LAN との相互干渉実験から、双方が重複或いは近接する周波数で稼働した場合に ZigBee 通信システムの通信成功率が約 66% (全地点平均値)まで低下し、相互干渉に起因するとみられる通信不良が確認された。また、その影響は ZigBee 通信システムが使用する周波数と重複する無線 LAN チャンネルを含めて前後計 5 チャンネルの範囲に及んだ。

今回の実験は、予め ZigBee 通信システムが稼働している空間に無線 LAN を導入するもので、ZigBee 通信システム側に利用チャンネルの選択機会を与えない限定的な条件下によるものである。したがって、ZigBee 通信システムがあらゆる条件下で、常に同様の通信不良を起こすことを示すものではなく、相互干渉のより正確な把握には、さらに多角的かつ定量的な実験調査が望まれることを付記する。

参考文献

- 1)阪田史郎：パーソナルエリアネットワークとその動向，電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン，No.2，44-54，2007
- 2)福永茂：パーソナルエリアネットワークを実現する技術，電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン，No.2，62-73，2007
- 3)JISC61000-4-3：電磁両立性—第 4-3 部：試験及び測定技術—放射無線周波電磁界イミュニティ試験，日本工業標準調査会，2005