

電力線搬送通信(PLC) ARIB/JARL 合同実験 実験データ

社団法人 日本アマチュア無線連盟

電磁環境委員会

平成 14 年 4 月 3 日

概 要

本文書では、平成 14 年 1 月 26 日に（財）電力中央研究所 赤城試験センターで行われた電力線搬送通信（PLC）JARL/ARIB 合同実験（略称「赤城実験」。以下、本実験と略す）のうち、JARL が測定したデータについて報告する。

1．実験の目的

1.7MHz～30MHz 帯の周波数を利用する電力線搬送通信設備から漏洩する電磁界がアマチュア無線帯域に与える影響について実験し、測定法、測定データについての情報を共有することを目的とする。

2．実験者

社団法人日本アマチュア無線連盟（以下 JARL と略）

社団法人電波産業会（以下 ARIB と略）

3．実験場所・日時

財団法人電力中央研究所 赤城試験センター

平成 14 年 1 月 26 日

4．実験項目

アマチュア無線機での受信状況の確認

環境電磁界スペクトルの測定

漏洩電磁界スペクトルの測定

5．実験方法

電力線に供試モデム（4 種類）を接続し、近傍に設けたアンテナで漏洩電波を受信し、モデムを動作させたときと停止させたときの差異を測定する。

6．実験内容

図 1 に示す系統にて漏洩電波をアマチュア無線機およびスペクトラムアナライザーで測定した。

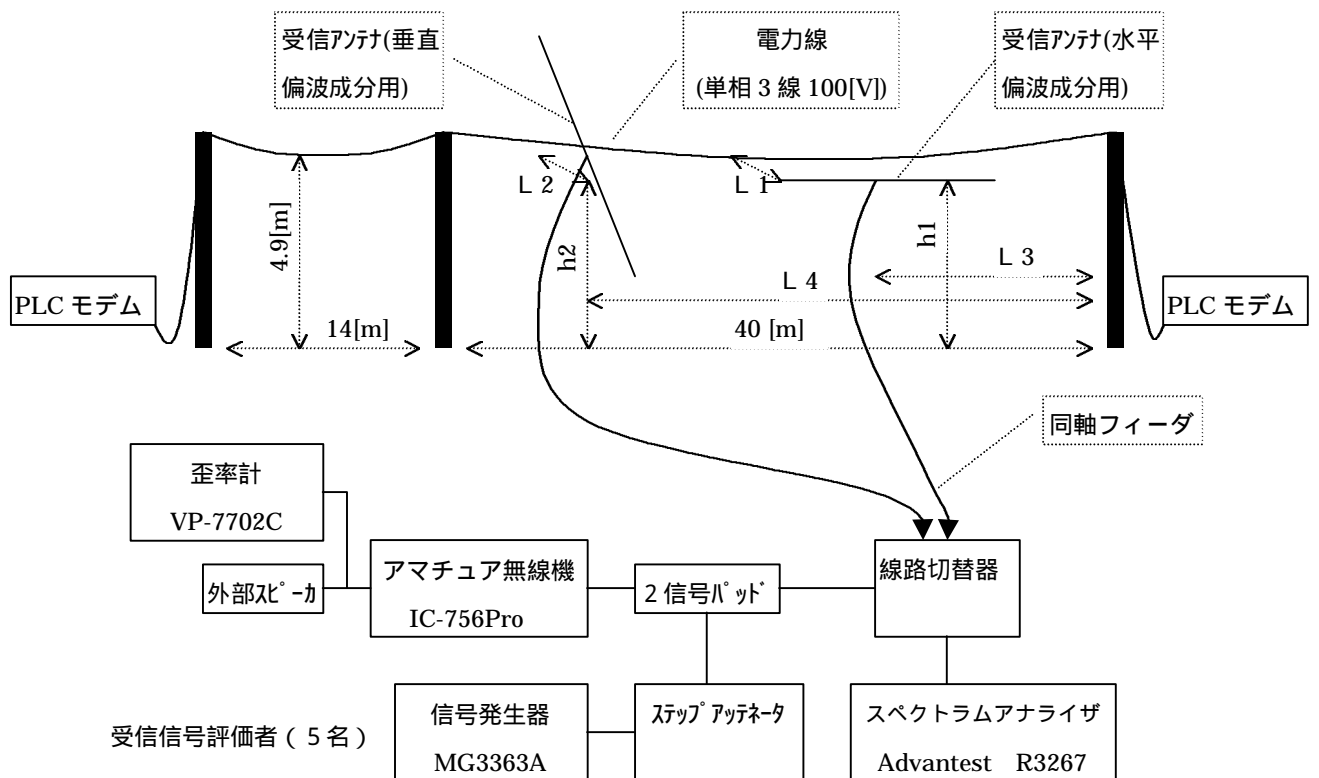


図1 実験系統

アマチュア業務においては、測定器の測定限界以下となる微弱電波の受信を行う機会が多いため、測定はオピニオン評価法にもとづいて人間の聴感に頼る方法を採用した。すなわち外界からの信号と信号発生器（以下 SG と略）からの信号を同時にアマチュア無線機に注入し、受信音を評価者に聴取させる。ついで SG の出力を徐々に上昇させてゆき、評価者が SG の信号を確認できたときの SG 出力を記録する。PLC モデムが動作していないときの SG 出力を P_{off} [dBm]、PLC モデムが動作しているときの SG 出力を P_{on} [dBm] とすると、漏洩する電波による影響（受信可能な最低電界強度の劣化） D_x [dB] は次の(1)式から求められる。

$$D_x = P_{on} - P_{off} \quad (1)$$

図1に示す系統は、この数値を測定するためのものである。

スペクトラムアナライザによる測定は、上記測定結果を補完するために行った。あらかじめ測定周波数において図1の PLC モデムの代わりに SG を接続し、スペクトラムアナライザで測定した電界強度を記録して系全体の損失を求めた。

本実験で使用した供試 PLC モデムの動作監視（測定中の連続動作および出力）については ARIB に依頼した。

受信に使用したアンテナは、広帯域の T2FD アンテナ（第一電波工業製 WD330S）を用い給電フィーダとの整合を保ち、実験作業の迅速化をはかった。

漏洩電界には水平成分および垂直成分の双方が想定されるため、可能なかぎり水平・垂直両成分で測定を行った。

歪率計は、アマチュア無線機の低周波出力レベルの監視のために用いた。

電力線と受信アンテナの間隔（図 1 の L1 及び L2）は、アマチュア局において設置される状況を想定して 3[m]とした。受信アンテナ高（図 1 の h1 及び h2）についても同様に電灯線の高さ同等の 5[m]とした。

測定する周波数は、供試モデムから発生する周波数帯域およびその近傍と、アマチュア業務に関連する周波数（電波法施行規則第 13 条に定める「アマチュア局が動作することを許される周波数」および同規則第 12 条に定める「非常通信を行う無線局」の周波数および標準電波の周波数）の双方が重複する周波数とした。また受信帯域は、アマチュア局が電信信号を受信するときに通常使用する帯域である 600[Hz]とした。SG には変調を加えず、受信機は電信モードで受信させ、受信音の高さを約 800[Hz]とした。

電力線の水平方向の位置によって漏洩電界の強度が変わるため受信周波数ごとに受信アンテナの設置位置（図 1 の L3 及び L4）を決定した。この決定は、測定に先立ち、図 1 に示す PLC モデムに替えて SG を接続し受信周波数で信号を電灯線に注入し、漏洩する電界強度を可搬の微小ダイポールアンテナとアマチュア無線機（FT-817）を用いて測定し、電界強度が最大となる場所を受信アンテナの設置場所とした（写真 1）。アンテナの設置位置を表 1 に示す。

表 1 受信アンテナの設置位置

周波数帯	水平偏波アンテナ位置(L3) [m]	垂直偏波アンテナ位置(L4) [m]
3.5[MHz]	30	45
4630[kHz] (非常通信)	30	45
5[MHz] (標準電波)	30	45
7[MHz]	13	45
10[MHz] (標準電波)	30	45
10[MHz] (標準電波)	30	45
14[MHz]	13	45
15[MHz] (標準電波)	13	45
18[MHz]	30	45
21[MHz]	30	45
24[MHz]	30	45



写真 1 受信アンテナの位置決定

評価者は当日の実験参加者（JARL 電磁環境委員等）より選択した5名で、10～30年のアマチュア無線経験を持つ20～60歳代の男性とした。

聴感評価の実施では、目的の測定周波数近辺で他の無線局からの電波が受信できない周波数を選定し、進行担当者の合図によりSGの出力レベルを徐々に上昇してゆく。評価者はSGの信号が判明した時点で手元のスイッチを入れ進行担当者に報告する。評価者ごとに信号が判明したときのSGの出力レベルを記録した。測定中のようすを写真2～4に示す。



写真2 水平偏波受信アンテナ



写真3 垂直偏波受信アンテナ



写真4 聴感による評価(同一室内で機器操作指示を行った)

実験施設の制約により、同一室内において機器操作指示（モデム接続等の口頭指示）と評価者による聴感評価を行った。

聴感評価と同時に、スペクトラムアナライザを用いて受信周波数を含む近傍領域の電力スペクトルを測定した。

モデム諸元を表2に示す。なお、今回の実験ではこれらのモデムは高周波利用設備として免許を受けた。

表2 実験に使用したモデム

モデム種別	変調方式	周波数帯域	ノッチ周波数 (MHz)
モデム A	OFDM 方式	4.3MHz ~ 20.9MHz	1.710 ~ 2.000
			3.500 ~ 4.000
			7.000 ~ 7.300
			10.100 ~ 10.150
			14.000 ~ 14.350
			18.068 ~ 18.168
			21.000 ~ 21.450
モデム B	SS 方式	4.0MHz ~ 21.0MHz	7.000 ~ 7.300
			9.800 ~ 10.300
			13.900 ~ 14.400
			17.850 ~ 18.350
モデム C	シングルキャリア方式	4.158MHz ~ 5.058MHz	3.500 ~ 3.575
			3.747 ~ 3.754
			3.791 ~ 3.805
			4.630 ± 10kHz
			7.000 ~ 7.100
			10.100 ~ 10.150
モデム D	マルチキャリア方式	2.0MHz ~ 18.0MHz	3.500 ~ 3.805
			7.000 ~ 7.100
			10.100 ~ 10.150
			14.000 ~ 14.350
			18.068 ~ 18.168

7. 測定結果

PLC モデム非動作時の SG 出力レベル

水平偏波受信アンテナおよび垂直偏波受信アンテナで測定を行った。この結果を環境電界として基準とする。

表3 水平偏波アンテナで受信したときの SG 出力(測定時刻 11:17~13:10)

周波数帯	測定周波数[kHz]	評価者ごとの検出値[dBm]					平均
		A	B	C	D	E	
3.5MHz	3537	-131	-128	-124	-131	-131	-129.0
4630kHz(非常通信)	4630	-124	-124	-118	-124	-124	-122.8
5MHz(標準電波)	5080	-138	-135	-125	-135	-138	-134.2
7MHz	7014	-133	-131	-126	-132	-133	-131.0
10MHz(標準電波)	9990	-138	-138	-132	-135	-133	-135.2
10MHz	10100	-136	-133	-133	-136	-133	-135.2
14MHz	14030	-130	-130	-130	-131	-133	-130.4
15MHz(標準電波)	15050	-135	-135	-126	-132	-133	-132.6
18MHz	18080	-133	-130	-130	-133	-133	-131.8
21MHz	21170	-132	-134	-126	-134	-133	-132.0
24MHz	24900	-139	-139	-128	-128	-133	-132.4

表4 垂直偏波アンテナで受信したときの SG 出力(測定時刻 14:35~15:25)

周波数帯	測定周波数[kHz]	評価者ごとの検出値[dBm]					平均
		A	B	C	D	E	
3.5MHz	3533	-132	-111	-116	-132	-135	-125.2
4630kHz(非常通信)	4627	-132	-134	-121	-129	-131	-129.4
5MHz(標準電波)	4996	-130	-128	-117	-124	-128	-125.4
7MHz	7010	-135	-118	-135	-119	-135	-128.4
10MHz(標準電波)	9990	-134	-136	-122	-132	-132	-131.2
10MHz	10100	-129	-129	-125	-132	-132	-129.4
14MHz	14028	-124	-120	-117	-125	-125	-122.2
15MHz(標準電波)	15050	-127	-117	-118	-129	-126	-123.4
18MHz	18080	-119	-120	-108	-123	-115	-117.0
21MHz	21145	-120	-116	-117	-125	-121	-119.8
24MHz	24900	-126	-128	-123	-135	-135	-129.4

モデムA動作時のSG出力レベル

評価者ごとにSG信号を確認したときのSGの出力レベルを示す。環境電界との差異は表3および表4との差分であり、この数値が式(1)のDx(劣化値)に相当する。

表5 モデムA 水平偏波アンテナ使用時のSG出力(測定時刻 11:55~13:10)

周波数帯	測定周波数[kHz]	評価者ごとの検出値[dBm]						環境電界との差異[dB]					
		A	B	C	D	E	平均	A	B	C	D	E	平均
3.5MHz	3537	-132	-132	-126	-128	-132	-130.0	-1	-4	-2	3	-1	-1.0
4630kHz(非常通信)	4630	-129	-129	-122	-122	-129	-126.2	-5	-5	-4	2	-5	-3.4
5MHz(標準電波)	5080	-128	-128	-128	-113	-127	-124.8	10	7	-3	22	11	9.4
7MHz	7014	-126	-126	-122	-128	-130	-126.4	7	5	4	4	3	4.6
10MHz(標準電波)	9990	-134	-135	-114	-131	-114	-125.6	4	3	18	4	19	9.6
10MHz	10100	-127	-119	-124	-127	-128	-125.0	9	14	9	9	10	10.2
14MHz	14030	-131	-131	-131	-128	-131	-130.4	-1	-1	-1	3	0	0.0
15MHz(標準電波)	15050	-121	-120	-108	-118	-121	-117.6	14	15	18	14	14	15.0
18MHz	18080	-128	-127	-127	-129	-129	-128.0	5	3	3	4	4	3.8
21MHz	21170	-134	-126	-137	-134	-137	-133.6	-2	8	-11	0	-3	-1.6
24MHz	24900	-132	-138	-134	-130	-132	-133.2	7	1	-6	-2	-4	-0.8

表6 モデムA 垂直偏波アンテナ使用時のSG出力(測定時刻 14:35~15:25)

周波数帯	測定周波数[kHz]	評価者ごとの検出値[dBm]						環境電界との差異[dB]					
		A	B	C	D	E	平均	A	B	C	D	E	平均
3.5MHz	3533	-129	-113	-116	-120	-126	-120.8	3	-2	0	12	9	4.4
4630kHz(非常通信)	4627	-119	-114	-99	-108	-119	-111.8	13	20	22	21	12	17.6
5MHz(標準電波)	4996	-124	-123	-104	-110	-125	-117.2	6	5	13	14	3	8.2
7MHz	7010	-128	-115	-121	-112	-128	-120.8	7	3	14	7	7	7.6
10MHz(標準電波)	9990	-106	-106	-97	-97	-108	-102.8	28	30	25	35	24	28.4
10MHz	10100	-125	-125	-115	-121	-125	-122.2	4	4	10	11	7	7.2
14MHz	14028	-127	-121	-120	-120	-128	-123.2	-3	-1	-3	5	-3	-1.0
15MHz(標準電波)	15050	-118	-106	-99	-111	-116	-110.0	9	11	19	18	10	13.4
18MHz	18080	-120	-123	-113	-116	-121	-118.6	-1	-3	-5	7	-6	-1.6
21MHz	21145	-123	-127	-117	-123	-126	-123.2	-3	-11	0	2	-5	-3.4
24MHz	24900	-128	-123	-123	-135	-135	-128.8	-2	5	0	0	0	0.6

モデムB動作時のSG出力レベル

評価者ごとにSG信号を確認したときのSGの出力レベルを示す。なお当該モデムは水平偏波アンテナでのみ測定した。

表7 モデムB 水平偏波アンテナ使用時のSG出力(測定時刻 18:20~18:35)

周波数帯	測定周波数[kHz]	評価者ごとの検出値[dBm]					平均	環境電界との差異[dB]					平均
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	
3.5MHz	3502	-126	-126	-123	-118	-127	-124.0	5	2	1	13	4	5
4630kHz(非常通信)	4627	-122	-117	-112	-127	-127	-121.0	2	7	6	-3	-3	1.8
5MHz(標準電波)	5080	-114	-111	-113	-108	-118	-112.8	24	24	12	27	20	21.4
7MHz	7003	-126	-126	-124	-122	-124	-124.4	7	5	2	10	9	6.6
10MHz(標準電波)	9989	-123	-119	-117	-123	-121	-120.6	15	19	15	12	12	14.6
10MHz	10099	-123	-124	-114	-115	-124	-120.0	13	9	19	21	14	15.2
14MHz	14131	-127	-122	-127	-124	-123	-124.6	3	8	3	7	8	5.8
15MHz(標準電波)	15018	-127	-121	-116	-123	-122	-121.8	8	14	10	9	13	10.8
18MHz	18085	-131	-130	-130	-131	-132	-130.8	2	0	0	2	1	1
21MHz	21168	-127	-125	-118	-132	-127	-125.8	5	9	8	2	7	6.2
24MHz	24904	-127	-125	-123	-129	-129	-126.6	12	14	5	-1	-1	5.8

モデムC動作時のSG出力レベル

評価者ごとにSG信号を確認したときのSGの出力レベルを示す。なお当該モデムは水平偏波アンテナでのみ測定した。

表8 モデムC 水平偏波アンテナ使用時のSG出力(測定時刻 18:35~18:55)

周波数帯	測定周波数[kHz]	評価者ごとの検出値[dBm]					平均	環境電界との差異[dB]					平均
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	
3.5MHz	3502	-130	-130	-130	-130	-127	-129.4	1	-2	-6	1	4	-0.4
4630kHz(非常通信)	4627	-132	-121	-128	-132	-130	-128.6	-8	3	-10	-8	-6	-5.8
5MHz(標準電波)	5003	-122	-118	-118	-122	-118	-119.6	16	17	7	13	20	14.6
7MHz	7003	-125	-122	-120	-122	-122	-122.2	8	9	6	10	11	8.8
10MHz(標準電波)	9988	-131	-124	-113	-131	-129	-125.6	7	14	19	4	4	9.6
10MHz	10095	-130	-134	-122	-132	-129	-129.4	6	-1	11	4	9	5.8
14MHz	14067												
15MHz(標準電波)	15050												
18MHz	18080												
21MHz	21168												
24MHz	24906												

モデムD動作時のSG出力レベル

評価者ごとにSG信号を確認したときのSGの出力レベルを示す。

表9 モデムD 水平偏波アンテナ使用時のSG出力(測定時刻 16:55~17:29)

周波数帯	測定周波数[kHz]	評価者ごとの検出値[dBm]					平均	環境電界との差異[dB]					平均
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	
3.5MHz	3533	-118	-112	-102	-119	-123	-114.8	13	16	22	12	8	14.2
4630kHz(非常通信)	4630	-125	-118	-123	-121	-123	-122.0	-1	6	-5	3	1	0.8
5MHz(標準電波)	5080	-127	-127	-125	-123	-125	-125.4	11	8	0	12	13	8.8
7MHz	7003	-130	-131	-130	-125	-131	-129.4	3	0	-4	7	2	1.6
10MHz(標準電波)	9990	-127	-130	-126	-126	-128	-127.4	11	8	6	9	5	7.8
10MHz	10099	-124	-125	-127	-127	-128	-126.2	12	8	6	9	10	9.0
14MHz	14067	-126	-127	-122	-124	-122	-124.2	4	3	8	7	9	6.2
15MHz(標準電波)	15050	-124	-124	-121	-120	-125	-122.8	11	11	5	12	10	9.8
18MHz	18080	-125	-125	-126	-122	-121	-123.8	8	5	4	11	12	8.0
21MHz	21168	-128	-128	-120	-123	-127	-125.2	4	6	6	11	7	6.8
24MHz	24906	-128	-126	-119	-128	-130	-126.2	11	13	9	0	-2	6.2

表10 モデムD 垂直偏波アンテナ使用時のSG出力(測定時刻 16:00~16:30)

周波数帯	測定周波数[kHz]	評価者ごとの検出値[dBm]					平均	環境電界との差異[dB]					平均
		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E	
3.5MHz	3530	-121	-125	-115	-116	-110	-117.4	11	-14	1	16	25	7.8
4630kHz(非常通信)	4630	-117	-117	-98	-102	-105	-107.8	15	17	23	27	26	21.6
5MHz(標準電波)	5080	-124	-112	-106	-117	-108	-113.4	6	16	11	7	20	12.0
7MHz	7008	-126	-124	-125	-118	-126	-123.8	9	-6	10	1	9	4.6
10MHz(標準電波)	9990	-123	-130	-123	-123	-120	-123.8	11	6	-1	9	12	7.4
10MHz	10099	-120	-120	-120	-120	-124	-120.8	9	9	5	12	8	8.6
14MHz	14030	-117	-113	-101	-115	-113	-111.8	7	7	16	10	12	10.4
15MHz(標準電波)	15022	-119	-116	-116	-119	-119	-117.8	8	1	2	10	7	5.6
18MHz	18080	-117	-115	-114	-119	-119	-116.8	2	5	-6	4	-4	0.2
21MHz	21169	-124	-125	-119	-112	-124	-120.8	-4	-9	-2	13	-3	-1.0
24MHz	24900	-127	-117	-125	-121	-123	-122.6	-1	11	-2	14	12	6.8

スペクトラムアナライザによる電力スペクトル測定

本実験における受信周波数近傍の電力スペクトルをスペクトラムアナライザで測定した。受信アンテナはオピニオン評価と同じ T2FD アンテナを用いている。

スペクトラムアナライザの設定は

- ・ RBW : 3kHz
- ・ VBW : 3kHz
- ・ MAX HOLD 1 分間

とした。

別紙 1 「水平成分スペクトル測定結果」及び別紙 2 「垂直成分スペクトル測定結果」に観測データのグラフを示す。

各グラフはモデムがオフの状態 (Environment) とオンの状態 (Modem X) のスペクトルをプロットしている。

なお各グラフには実際の無線業務のスペクトル (放送・通信等) も含む。

8 . 測定時における補足事項

評価者より、PLC モデム動作時には SG 信号の確認レベルに時間的変動がある旨報告が出された。通常、信号強度と聴感レベルは一定の関係にあるが、確認レベル限界近くの状態では SG 出力を増加しても聴感レベルが上昇せず、かえって低下 (確認レベル以下) する現象が発生していた。

実験施設の制約により、機器操作指示と聴感評価を同一室内で行ったため、評価者に測定進行状況を予見として与えていた可能性がある。

測定進行の都合から、環境電界の測定時点とモデム動作時の測定時点に時間的な隔たりが生じていることがある。

測定時における天候変化により、モデム B およびモデム C の測定については水平偏波アンテナでのみ測定し、垂直偏波アンテナでの測定は省略した。また水平偏波アンテナの設置位置は表 1 によらず、すべて 30[m]地点にて行った。

添付書類

- 1 別紙 1 「水平成分スペクトル測定結果」
- 2 別紙 2 「垂直成分スペクトル測定結果」

平成 14 年 4 月 3 日 初版作成