

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 17 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23360174

研究課題名(和文) 地上デジタルテレビ放送波の見通し外オーバーリーチ干渉特性の研究

研究課題名(英文) Research on Over-reach Interference Propagations for Non-line-of-sight Terrestrial Digital Television

研究代表者

吉田 彰顕 (Yoshida, Teruaki)

広島市立大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：50316139

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,500,000円、(間接経費) 3,150,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、地上デジタルテレビ放送の近隣圏混信問題について、オーバーリーチ電波干渉に着目し、高層大気中の電波屈折率との関連に取り組んだ。広島市立大学、広島大学(盆地)、阿蘇山(山岳地)に観測系を構築し、3年間テレビ放送波の受信品質を観測した。その結果、上空数kmに電波ダクトが発生した場合、電波混信となること、またFM放送波の受信レベル変動の同時観測からその混信源を特定できることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：A terrestrial television broadcasting service system was digitalized in 2011. Then, it was a high frequency-utilization-system. Over-reach interference problems on the system have been sometimes occurred around neighbor prefectures. It has been investigated on our study to research the over-reach interference problems due to diurnal and seasonal atmospheric conditions. The terrestrial digital television broadcasting performances have been observed at three different observatories for three years. It was confirmed that the broadcasting performances were degraded by over-reach interferences affected by the atmospheric radio wave index and the interference origins were identified by monitoring the FM radio waves broadcasted near the TV stations.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：地上テレビ放送 オーバーリーチ干渉 ダクト伝搬 UHF帯 VHF帯 FM放送 見通し外 電波屈折率

1. 研究開始当初の背景

(1) 国内外の研究動向

2011年7月24日、我が国のUHF帯地上テレビ放送はアナログ方式からデジタル方式に移行した。地上デジタルテレビ放送(以下、地デジと略記)は、OFDM方式の採用により、マルチパスフェーディングに強く、優れた受信品質が期待されている。またSingle Frequency Network (SFN)方式により放送されるため、周波数利用効率の高い方法方式となっている。しかしSFNでは同じ周波数が近隣圏で繰り返し使用されるため、ダクト伝搬の発生時には、近隣圏からの放送波が混信するという干渉問題が懸念される。

オーバーリーチ干渉の電波伝搬研究は、国内外において1960年代から1970年代に精力的に進められ、先人達により多くの知見が得られた。しかしその後は、移動通信の目覚ましい進展に押され、電波伝搬の研究は移動通信に関連した研究が主流となった。本研究が対象とする“見通し外伝搬特性”の研究は、近年ほとんど実施されていない。

(2) 着想に至った経緯

1995年の兵庫県南部地震の際に、テレビやラジオ放送に雑音が混入する等、多くの電磁波異常が報告され、本研究申請者は「地震と電磁波の関係」に興味を持ち、1997年以降VHF帯において見通し外FM放送波の観測を行ってきた。これまで科学研究費補助金等により、図1に示すように、全国11ヶ所に観測系を構築し、現在も観測を継続している。これまでの観測において、見通し外にもかかわらず、通常より10~20dB高い受信レベル上昇が頻繁に発生することを観測した。このレベル上昇の原因は、大気ダクト発生によるオーバーリーチ伝搬であることを明らかにしてきた。

これまでの私たちの電波伝搬に関する知見を活かすことができれば、上記、オーバーリーチ伝搬に起因した近隣圏からの地デジ波干渉問題について、その干渉源を特定し、その解決法を提示できるのではと、本研究の着想に至った。

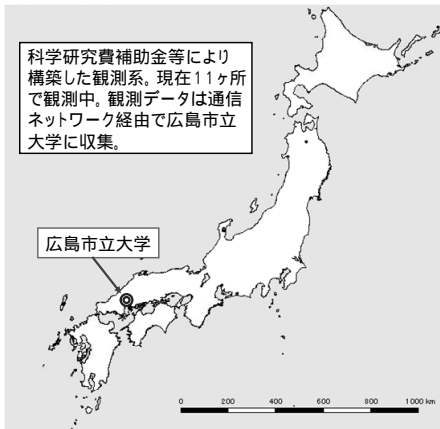


図1 観測系運用中の観測点

2. 研究の目的

本研究の目的はJHF帯地デジ放送波とVHF帯FM放送波を同時計測するという私たちの独自アイデアをもとに、地デジ放送波の近隣圏から到来する混信要因の解明と混信源を特定することである。

3. 研究の方法

初めに広島市立大学に観測系を設置し観測を開始した。さらに電波伝搬条件の異なる広島大学(盆地)、野呂山(山頂)において観測を行った。一例として広島都市圏における地デジの放送環境を図2に示す。広島都市圏では地デジのD(Desire)局は広島局となり、14ch、15ch、18ch、19ch、22ch、23chで放送される。この内、近隣の地デジ局のチャンネルプランを検証すると、山口局と岡山局が18chで、大分局が14chで放送しており、混信の可能性のあるU(Un-desire)局となる。

このように広島市立大学観測点では、14chと18chについて混信の可能性があり、混信有無は符号誤り率(BER)により検出が可能である。しかし、近隣の地デジ局から、同じ周波数により放送されたチャンネル(14ch、18ch)については、混信があった場合にも、どの放送局からの干渉なのか、識別が困難となる。そこで、本研究では図2に示すように、地デジ局と同じ場所から送信されているFM放送波を同時に観測することで、その混信がどの伝搬経路に因るものか判定を試みた。

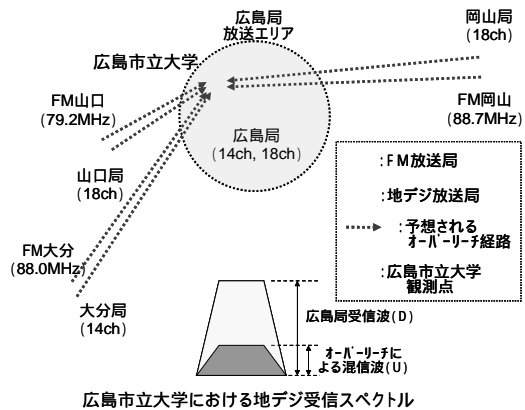


図2 広島市立大学を観測点とした場合に広島局と同じチャンネルで放送される近隣の地デジ放送局、および各放送局に近接したFM放送局とその周波数

図2に示した観測ルートを対象に、電波観測を行うための機器接続図を図3に示す。各観測点とも同じ構成となる。ただし、広島市立大学以外の観測点ではデータ収集のため、通信ネットワーク機器が付加される。地デジ受信用アンテナには同時に複数局(山口局と岡山局の18ch)からの放送波を受信できるようモノポールアンテナを使用した。14chと18chの受信品質はBER評価ボードにより、受

信レベルは UHF 帯 TV 受信機によりそれぞれ計測した。

また FM 放送波については、山口と大分方向および岡山方向をそれぞれ受信するため、FM 受信用アンテナを2本設置し、VHF 帯 FM 受信機によりレベルを計測した。得られた観測データは観測用パソコンに記録した。観測時刻を正確に記録するため GPS を用いた。

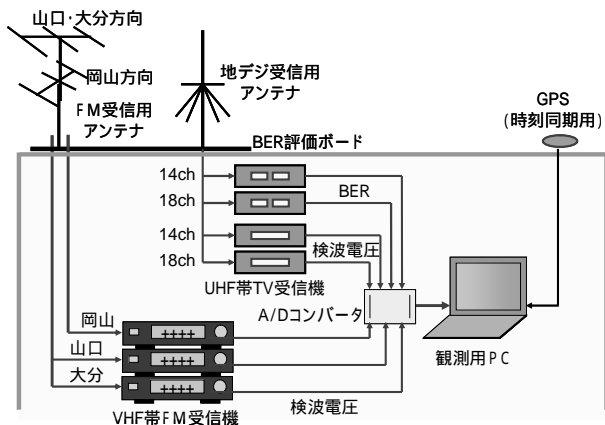


図3 VHF帯・UHF帯見通し外電波の観測系構成図

4. 研究成果

(1) 盆地（広島大学観測点）での観測結果

図4に盆地（広島大学観測点）での観測ルート図を示す。広島大学(HU)における測定では、TV放送波の測定周波数は503MHz(Ch.18)であり、希望波は広島放送局(HRS)からの放送波となる。この周波数はHRSのみならず、山口放送局(YMG)および岡山放送局(OKY)においても用いられている。また、FM放送の測定周波数は76.8MHz, 79.2MHzであり、それぞれOKY, YMGにおいて放送されている。この周波数は近隣エリアでは利用されていないことを確認している。

観測期間中に確認されたオーバーリーチ干渉特性を示す前に、干渉の発生しない定常時の観測事例(2013年11月28日)を図5に示す。

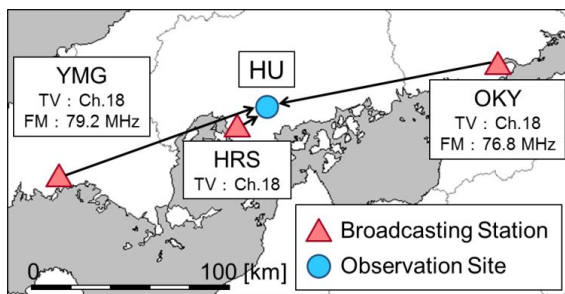


図4 広島大学観測点での観測ルート図

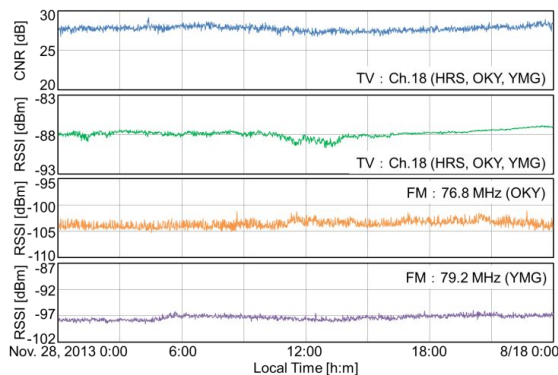


図5 HUにおけるRSSIとCNRの定常時の変動例(2013年11月28日)

図5より、Ch.18のCNRとRSSIは一日を通して約数dB以内の変動に留まっていることがわかる。また同日のFM放送波76.8MHz, 79.2MHzのRSSIも、一日を通して変動が安定していることが確認できた。

次に観測期間中に確認されたオーバーリーチ干渉時の観測事例(2013年5月9日)を図6に示す。

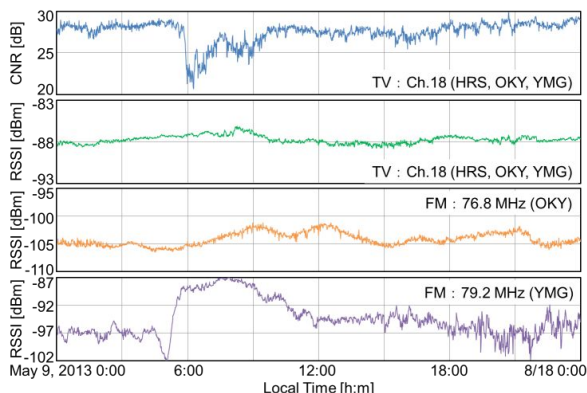


図6 HUにおけるRSSIとCNRのオーバーリーチ干渉時の変動例(2013年5月9日)

図6を詳細に観ると、6時から11時までの5時間について、Ch.18のRSSIが変動していないにもかかわらず、CNRが最大7dB低下する変動を確認できた。このCNRの劣化は、オーバーリーチ干渉(近隣圏からの混信)により、CNRのノイズ成分が増加したためであると考えられる。このことから2013年5月9日にはYMG-HU間でFM放送波およびTV放送波にとって伝搬しやすい経路が構成されていたと考えられる。

なぜ伝搬しやすい経路が形成されたのか、その原因を電波の大気屈折指数にあると推測し、伝搬経路に最も近い福岡高層気象データから大気屈折指数を求めた。その結果、2013年5月9日には、上空500mから1,000mにかけて大気屈折指数に逆転現象が形成されていたことが判明した。

さらに、この混信源の可能性は、広島局と同じ周波数で放送されている山口局(YMG)と岡山局(OKY)が考えられ、図6について両者を比較した。その結果 OKY の 76.8MHz の RSSI が 4dB 程度の上昇にとどまる一方、YMG の 79.2MHz の RSSI には 10dB を超える大きなレベル上昇が確認できた。

この結果、本研究手法により、オーバーリーチ干渉要因の解析と、混信源の特定が可能であることを確認することができた。

(2)山頂(野呂山観測点)での観測結果

図7に山頂(野呂山観測点)での観測ルート図を示す。野呂山観測点(NRO)における測定では、TV 放送波の測定周波数は 479MHz(Ch. 14)であり、この周波数は広島局(HRS)のみならず、大分放送局(OIT)においても用いられている。また、FM 放送波の測定周波数は OIT において放送されている 88.0MHz である。

NRO において観測された定常時の観測事例(2013年6月18日)を図8に示す。

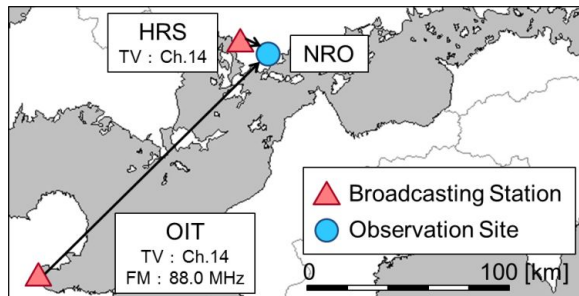


図7 野呂山観測点での観測ルート図

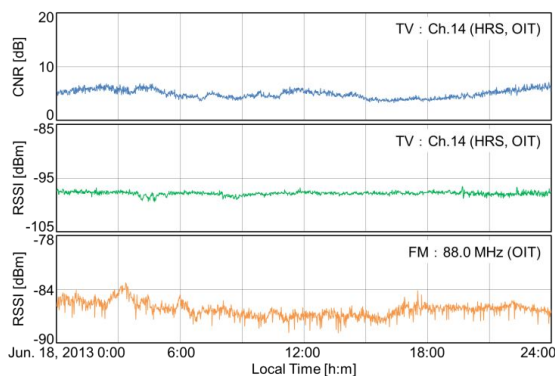


図8 NROにおけるRSSIとCNRの定常時の変動例(2013年6月18日)

図8より、Ch. 14のCNRとRSSIは一日を通して約数dB以内の変動に留まっていることがわかる。また同日の大分からのFM放送波88.0MHzのRSSIも、一日を通して変動が安定していることが確認できた。

次に観測期間中に確認されたオーバーリーチ干渉時の観測事例(2013年3月19日)を図9に示す。

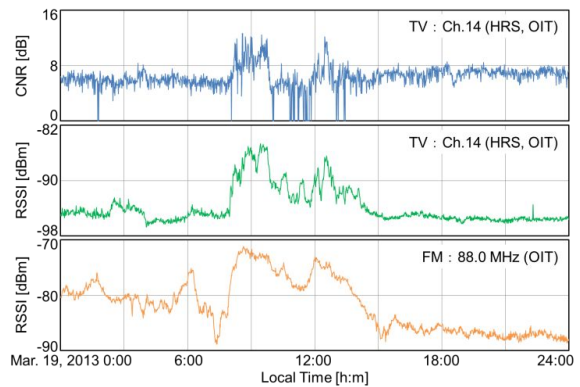


図9 NROにおけるRSSIとCNRのオーバーリーチ干渉時の変動例(2013年3月19日)

図9より、8時から15時までCh. 14のCNRでは最大5dBの上昇、RSSIでは最大11dBの上昇が確認できた。さらに、Ch. 14のCNRが大きく上昇する前後に、CNRの値が0dBになるという現象が確認できた。この現象は、オーバーリーチによる干渉波が本来受信するはずのHRSからの希望波と同レベルまで上昇したため、希望波と干渉波の比として現われるCNRが0dBになったと考えられる。

さらに、干渉波が希望波のレベルを上回ったため、干渉波対希望波となるCNRが上昇して測定されたものと考えられる。この時、OITの88.0MHzのRSSIに10dBを超える大きなレベル上昇が確認できた。よって海上伝搬が支配的なOIT-NRO間においても、図6で示した盆地の陸上传搬と同様、異常変動時にTVおよびFM両放送波に対して、オーバーリーチ伝搬しやすい経路が形成されていたことが考えられる。

この伝搬しやすい経路の形成について、伝搬経路に最も近い福岡高層気象データから大気屈折指数を求めた。その結果、2013年3月19日には、上空800m付近に大気屈折指数の逆転現象が形成されていたことが分かった。

また大分からのTV-14chとFM放送波88.0MHzのRSSIがともに類似のレベル変動をしていることから、その混信源は、広島局と同じ周波数で放送されている大分局(OIT)であると確認できた。

このように、盆地(広島大学観測点)での観測のみならず、山頂(野呂山観測点)での観測においても、本研究手法の有効性を確認できた。

(3)FM放送波とTV放送波のレベル変動相関

上記研究成果(1),(2)に示したように、HUにおいてはYMG、NROにおいてはOITからのオーバーリーチ伝搬が発生しやすいことがわかった。本研究では、それらのTV放送波CNRの変動量とFM放送波RSSIの変動量の相関を調べた。ここで、TV放送波CNRの変動量はHUにおいては、定常値からの劣化量とし

て、また、NRO においては、定常値からの上昇量として定義し、それぞれ 3 時間毎の 1% 値および 99% 値と 1 ヶ月の中央値との差分として求めた。また、FM 放送波 RSSI の変動量としては、HU と NRO とともに 3 時間毎の 99% 値と 1 ヶ月の中央値との差分で求めた。HU における、オーバーリーチ伝搬発生時の TV 放送波の CNR 変動量と FM 放送波の RSSI 変動量の散布図を図 10 に示す。また、NRO における、オーバーリーチ伝搬発生時の TV 放送波の CNR 変動量と FM 放送波の RSSI 変動量の散布図を図 11 に示す。本研究期間中、HU では 94 回、NRO では 71 回のオーバーリーチ伝搬の発生を観測した。

観測した散布図から最小 2 乗法を用いて

$$y = ax + b$$

となる 1 次直線を求めた。y は TV 放送波の CNR 変動量、x は FM 放送波の RSSI 変動量を示す。HU では、回帰直線の傾き a の値は 0.5228、切片 b の値は -0.9239 となった。また NRO では、回帰直線の傾き a の値は 0.5408、切片 b の値は -1.5873 となった。さらに、FM 放送波の RSSI 変動量に対する、TV 放送波の CNR 変動量のばらつく範囲を評価した。回帰直線に対して ± 3 dB の範囲に変動が収まる確率を求めた結果、それぞれ 91.5%、85.9% となり、FM 放送波の受信レベル変動と TV 放送波の受信レベル変動には強い相関があることを明らかにした。

(4) レイトレース法によるオーバーリーチ伝搬特性の推定

見通し外の TV 放送波が、近隣圏にオーバーリーチ伝搬する要因は、対流圏に発生する電波ダクトであることは、高層気象データとの比較により、上記(1)、(2)に示した通り、明らかとなった。そこで本研究において、高層気象データから、オーバーリーチ伝搬特性の推定するため、レイトレース法を開発した。電波の大気による屈折率 (N) は次のように求めることができる。

$$N = \frac{77.6}{T} \left(P + \frac{4810 P_w}{T} \right)$$

N : 電波屈折率

P : 大気圧 [hPa]

P_w : 水蒸気圧 [hPa]

T : 大気の絶対温度 [K]

さらに地球の湾曲に沿って伝搬する電波を水平伝搬として扱えるよう修正屈折指数 (M) に変換する。

$$M = N + h / R \times 10^6$$

M : 電波の修正屈折指数

h : 標高 [km]

R : 地球の半径 [km]

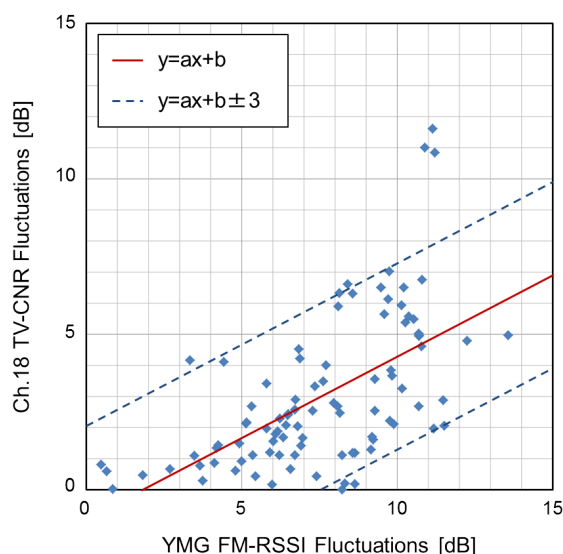


図 10 HU における TV 放送波の CNR 変動量と FM 放送波の RSSI 変動量

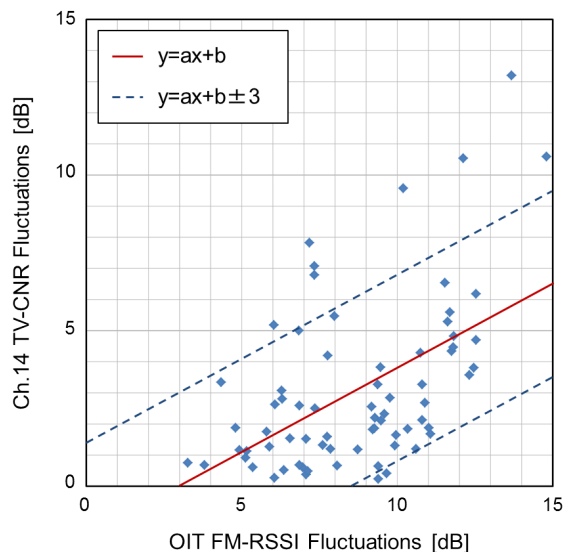


図 11 NRO における TV 放送波の CNR 変動量と FM 放送波の RSSI 変動量

(5) 韓国からの地上テレビ放送波の混信問題

研究期間中、韓国からの地上デジタルテレビ放送波の混信が問題となり、九州大学、九州工業大学の 2 か所に新たな電波観測系を設置し、その干渉特性と高層大気との関連を調査した。その結果、高層大気中に電波の逆転層が発生すると、韓国からのテレビ放送波が九州地区まで伝搬することを確認した。韓国からの FM 放送波の受信レベル変動を同時観測することにより、その混信源を特定できることを明らかにした。

さらに、オーバーリーチ伝搬特性について、高層大気のみならず、電離層反射の影響が問題となり、MF 帯ラジオ放送および LF 帯電波時計標準電波の観測系を広島市立大学、美里町、横須賀、および北極圏のキルナに構築し、

中緯度と高緯度における比較観測を行った。その結果、電離層擾乱に伴い、ラジオ放送波の受信レベルが大きく変動し、その変動は中緯度より高緯度の方がより顕著であることを明らかにした。これらは本研究開始当初は予想もしなかった研究成果であり、今後も引き続き研究を継続し、新たな研究成果を期待したい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

小森弘貴, 坪島知也, 西正博, 新浩一, 吉田彰顕, “FM 放送波を用いた地上デジタル TV 放送波オーバーリーチ伝搬特性の推定”, Journal of Atmospheric Electricity, Vol.33, No.1, pp.1-8, 2013. 査読有

前田貴博, 西正博, 新浩一, “テレビ放送波を用いたヒト検知システムにおける誤検知低減のための協調検知手法の提案”, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J95-B, No.10, pp.1353-1363, 2012. 査読有

M. Nishi, K. Shin, T. Yoshida, “Proposal of Multiple Detection Method in Human Detection System using Terrestrial Digital TV Waves”, IEEJ Trans. on Electronics, Information and Systems, Vol. 132, No. 4, pp.500-508, 2012. 査読有

新浩一, 西正博, 吉田彰顕, “広島および阿蘇におけるスプラディック E 層反射波と大気ダクト波の長期観測” Journal of Atmospheric Electricity, Vol.32, No.1, pp.25-33, 2012. 査読有

〔学会発表〕(計11件)

高橋幸司, 新浩一, 西正博, 吉田彰顕, “ダクトによる地上デジタル TV 放送波のオーバーリーチ伝搬特性の検討”, 信学技報, vol. 113, No.384, AP2013-161, pp.157-162, 2014.

松谷龍一, 新浩一, 西正博, 吉田彰顕, “北極圏における MF 帯放送波の電離層伝搬特性の検討”, 信学技報, vol.113, No.384, AP2013-160, pp.151-156, 2014.

高橋幸司, 新浩一, 西正博, 吉田彰顕, “地上デジタル TV 放送波のオーバーリーチ伝搬特性の検討”, 第15回 IEEE 広島学生シンポジウム, A-10, (4pages), 2013.

西正博, 原田洋輔, 新浩一, 吉田彰顕, “ダクト伝搬を考慮したテレビ放送波オーバーリーチ伝搬損失の検討”, 電子情報通信学会総合大会, B-1-35, 2013.

新浩一, 坪島知也, 高橋幸司, 西正博, 吉田彰顕, “オーバーリーチ地上デジタル放送波の観測”, 電子情報通信学会総合大会, B-1-36, 2013.

M. Nishi, R. Matsutani, K. Shin, T. Yoshida, “Observations of Ionospheric Radio Propagations in the Arctic and the Mid-latitude Regions”, Proc. of ISAP-2012, pp.1477-1480, 2012.

原田洋輔, 新浩一, 西正博, 吉田彰顕, “レイトレース法による見通し外ダクト伝搬特性の評価”, 第14回 IEEE 広島学生シンポジウム, pp.64-67, 2012.

坪島知也, 高橋幸司, 新浩一, 西正博, 吉田彰顕, “地上デジタル放送波のオーバーリーチ伝搬特性”, 第14回 IEEE 広島学生シンポジウム, pp.344-347, 2012.

高橋幸司, 新浩一, 西正博, 吉田彰顕, “地上デジタル放送波の受信品質特性変動要因の検討”, 第63回電気・情報関連学会中国支部連合大会講演論文集, RENTAI2012, p.139, 2012.

小森弘貴, 原田洋輔, 新浩一, 西正博, 吉田彰顕, “FM 放送波による地上デジタル TV 放送波のオーバーリーチ特性の推定”, 電子情報通信学会技術研究報告資料(信学技報), Vol.111, No.429, AP2011-185, pp.1-6, 2012.

坪島知也, 高橋幸司, 新浩一, 西正博, 吉田彰顕, “受信品質測定による地上デジタル TV 放送波のオーバーリーチ伝搬の検討”, 電子情報通信学会技術研究報告資料(信学技報), Vol.111, No.429, AP2011-186, pp.7-12, 2012.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.wave.info.hiroshima-cu.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉田 彰顕 (YOSHIDA TERUAKI)
広島市立大学・情報科学研究科・教授
研究者番号: 50316139

(2)連携研究者

西 正博 (NISHI MASAHIRO)
広島市立大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号: 30316137

(3)連携研究者

新 浩一 (SHIN KOICHI)
広島市立大学・情報科学研究科・講師
研究者番号: 10509053