

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：25403

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560464

研究課題名(和文) 地上デジタルテレビ放送波を用いたヒト検知システムの実用化に関する研究

研究課題名(英文) Development on Human Detection System using Digital Terrestrial TV Waves

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、我々の研究グループが提案しているテレビ放送波を用いたヒト検知システムの実用化を目指し、主に以下の3つの検討を行った。(1)地上テレビ放送波のデジタル化に伴い、新たに取得できるようになったCNR(信号対雑音電力比)やBER(ビット誤り率)の指標を用いたマルチプルディテクションを提案した。(2)屋外要因による誤検知を低減するため、屋内外にアンテナを設置する協調検知手法を提案した。(3)ヒト検知システムの長期安定稼働を実現するため、受信品質に影響を与える県外からのテレビ放送波オーバーリーチ伝搬の特徴を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：In order to develop our proposed human detection system using terrestrial TV broadcasting waves, this study evaluated following main three subjects; (1)The multiple detection method was proposed and developed, which simultaneously monitored CNR (Carrier to Noise power Ratio) and BER (Bit Error Rate) obtained in the digital TV demodulation, for the purpose of improving detection performance.(2) To reduce false detection caused by outdoor disturbance, the cooperated detection method was proposed and developed, in which the antennas were set up both indoor and outdoor. (3) This study clarified characteristic s of overreach propagation in TV waves from next prefectures, to realize stable operation of the human detection system.

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：ヒト検知 地デジ 高性能化 CNR BER 誤検知低減 協調検知 オーバーリーチ伝搬

1. 研究開始当初の背景

近年、安心で安全な生活および社会の実現への期待が高まってきている。特に、一戸建ての家屋およびマンションやアパート等への不正侵入に対する防犯意識が高まりつつある。これらの要求を満足させるためには、ヒトの侵入を確実に検知できるシステムが必要となる。

我々はこれまでも、UHF 帯テレビ放送波を用いたヒト検知システムの研究に取り組んできた。一般にマルチパス電波伝搬環境では、ヒトの動きなどによって周囲の環境が変化することに伴って、受信レベルの変動が生じる。この受信レベル変動の主な原因はマルチパスフェージングやシャドウイングである。我々が提案しているヒト検知システムは、ヒトの動きによって必然的に生じるマルチパスフェージングやシャドウイングを積極的に利用し、動いているヒトの有無を受信レベルの変動から検出するものである。本提案システムは、既存の放送局を送信源として利用するため、テレビ放送波が受信される場所ならどこでも、受信機のみで、ヒト検知システムを構成できるという特徴を有している。またマルチパス電波伝搬環境の乱れを検出しやすくするため、指向性の広いモノポールアンテナを利用する。このためシステムをシンプルに構成することが可能である。

従来の無線システムの研究開発では、必然的に生じるフェージングによる受信レベル変動に対して、その影響をいかに低減させるかということに主眼が置かれてきた。一方、本ヒト検知システムは、悪影響を及ぼしていた受信レベル変動を積極的に利用するものである。このように本システムは逆転の発想に基づいており、新規性・独創性の高いシステムである。

研究開始当時、地上テレビ放送システムのデジタル化が進められており、2011年にはアナログ放送は完全に停止される予定であった。地上デジタル放送では、遅延波に強い OFDM の変調方式を用いることにより、複数の放送局が同一周波数にて放送する SFN が導入されている。SFN 化に伴い、アナログ放送時とは異なる伝搬環境となるため、SFN 環境下でのヒト検知システムへの影響を検討する必要がある。また、ヒト検知システムを長期に安定稼働させるためには、気象変化や車両等の屋外における移動物体といった屋外要因による伝搬への影響を定量的に評価し、これらによる影響を回避もしくは低減させる手法を確立させる必要があった。

2. 研究の目的

本研究では、地上デジタル放送波を対象とし、SFN 環境下において屋外要因のテレビ放送波伝搬への影響を長期的に調査し、実測

データに基づいて本ヒト検知システムの高性能化を図り、実用化に向けてロバストネスの高いシステムを開発することを目的とし、以下の課題に取り組んだ。

(1) 地上デジタル放送波の受信品質によるヒト検知高性能化

地上テレビ放送のデジタル化により、ヒトの検知において、これまでの受信レベルのみならず BER や CNR といった受信品質データも利用できるようになった。また SFN 化に伴い、同一周波数の電波が複数の放送局から送信されるため、アナログ放送時とは異なる伝搬環境となっている。そこで本研究では、長期的にかつ複数個所における測定により、SFN 環境下でのヒトの動きに伴う受信品質の変動特性を明らかにすることを目的とした。そして複数の受信品質データをマルチプルディテクションすることでヒト検知システムの高性能化を行った。

(2) 協調検知手法による屋外要因の影響回避

屋外要因の影響を回避する手法の一つとして、本研究では、屋内のみならず屋外にもアンテナを設置して、それぞれの受信レベル変動を同時にモニターする協調検知手法を検討した。本手法では、その受信レベル変動が屋外要因の場合、屋内および屋外どちらにも反応し、屋内要因の場合には屋内のみに反応するといった伝搬特性を利用する。協調検知手法の適用により、誤検知（屋内にヒトがいないにもかかわらずいると判定）を回避できることを実測により明らかにすることを目的として研究を行った。

(3) 実用化に向けたシステム開発と実環境における性能評価

長期安定稼働、地上デジタル放送 SFN 環境下における高性能化、協調検知手法による屋外要因の回避のそれぞれの技術を実現することにより、ロバストネスの高いヒト検知システムを開発することを最終的な目的とした。現在、PC に USB 接続できるテレビチューナが市販されており、本研究では、高い汎用性を考慮して、市販の地デジチューナにヒト検知機能を付加したシステムを PC 上へ実装することを目指して研究開発を行なった。また検知性能劣化を引き起こす要因等を明確化するために、テレビ放送波の長期連続測定も行った。

3. 研究の方法

(1) 地上デジタル放送を用いたヒト検知システムの性能評価を目的として、図 1 に示す広島市近郊における SFN 環境下にて測定を実施した。図 1 に示すように、広島市近郊では、テレビ放送波が複数の放送局から同一周波数（ここでは Ch.22 に着目）にて送信されている。本研究では、SFN 環境下において、単一の放送波の受信レベルが支配的な

Location1 と、二つの放送波の受信レベルが同程度となる Location2 を測定場所として選定した。また各場所では、木造一戸建てのリビングルームにてヒトが動いた場合の、受信レベル、CNR、BER を同時に記録した。

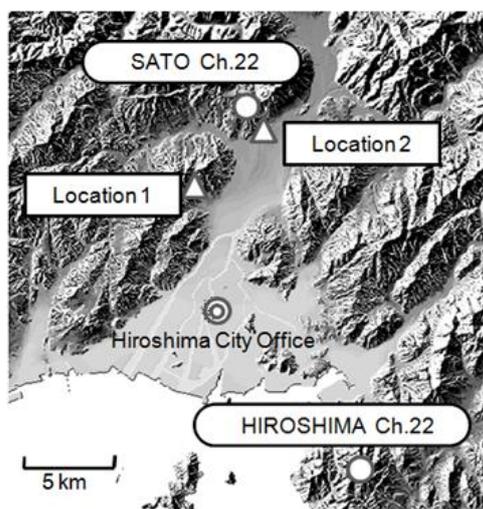


図 1 地上デジタル放送波の測定環境

(2) 屋外要因の影響を回避するための協調検知手法の有効性を実測により評価するため、図 1 で示した Location1 に位置する木造一戸建てに測定システムを構築した。図 2 にその測定方法を示す。協調検知手法では屋内のみならず屋外にもアンテナを設置して屋外要因の受信レベル変動への影響を同時にモニターした。今回の測定では、屋外に 4 箇所アンテナを設置し、その周辺を 1 平方メートル内でヒトが動く場合、もしくは道路において一般の乗用車が動く場合を想定して検討を行った。

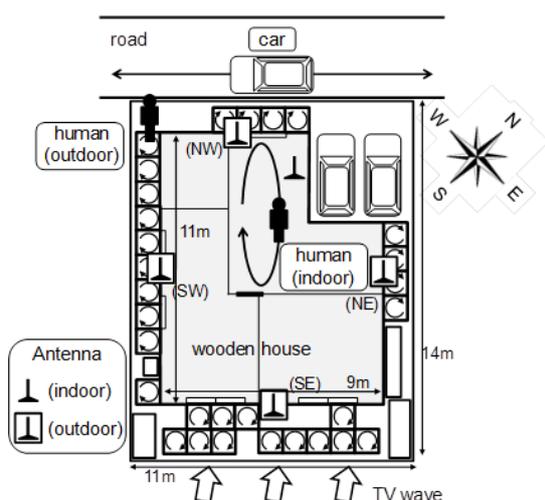


図 2 協調検知手法有効性評価の測定環境

(3) 実環境におけるヒト検知システムの性能評価に関しては、主に、隣接県からのテレビ放送波のオーバーリーチ伝搬による干渉に関する検討を行った。地上テレビ放送波のデ

ィジタル化移行に伴い、隣接県においても同じ周波数が利用されることとなり、気象条件等により生じる大気ダクトにより電波が閉じ込められより遠方まで届くオーバーリーチ伝搬が発生する可能性がある。このオーバーリーチ伝搬は、受信品質を劣化させることとなり、デジタル放送波を用いるヒト検知システムにおいて影響を及ぼすものとなる。本研究では、その伝搬の特徴を明らかにするため、県外からのテレビ放送波の長期連続測定を実施した。図 3 に広島県において山口県および岡山県からの地上デジタルテレビ放送波の測定環境を示す。広島県のキー局である HRS のサービスエリアエッジに位置する広島大学 (HU) にて測定を行った。山口県の YMG および岡山県の OKY においては同一の周波数が用いられている。本研究では、オーバーリーチ伝搬の送信源を特定するため、各県からの FM 放送波も同時に測定した。

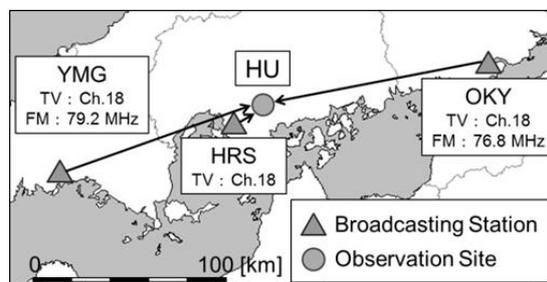


図 3 広島県における山口県および岡山県からのテレビ放送波オーバーリーチ伝搬の測定環境

4. 研究成果

(1) 地上デジタル放送を用いたヒト検知システムの性能評価においては、受信レベル (RSSI)、CNR、BER を同時にモニターするマルチプルディテクション (MD) と、それぞれの変動レベルのみを用いる手法との比較を行った。本研究では、検知確率として、あるモニター時間間隔にて受信品質値が 1 サンプルでも設定した閾値を超える確率として定義した。ここで閾値には、ヒトのいない場合の各受信品質値における変動の最大値を用いた。MD 法においては 3 つの品質値のうち 1 つでも閾値を超えた場合に検知と判断した。

図 4 および図 5 に、Location1 および Location2 におけるモニター時間に対する検知確率を示す。図 4 より、Location1 の単一波到来環境においては、RSSI のみの検知確率においても、10 秒のモニター時間があれば検知確率は 100% に近づくことが分かる。一方、図 5 より、Location2 の複数波到来環境においては、RSSI のみのモニターでは、Location1 に比べて検知確率が小さいことが分かる。これらの考察として、複数波到来環

境の場合、一方の放送波の受信レベルには変動が生じた場合においても、もう片方の放送波の受信レベルが同時に変動している可能性が低く、同時に受信している環境であれば受信レベルの変動が生じにくいことを理論的に明らかにした。

また、Location2 においては、受信レベルが変動しない状態にもかかわらず、干渉により受信品質である CNR や BER が大きく変動していることが分かった。これらの変動レベルを有効活用する MD 法では、Location2 のみならず、Location1 においても、検知確率が高くすることができたと考える。これらの結果より、SFN 環境下のどのような場所においても MD 法が効率よくヒトを検知できることを明らかにした。

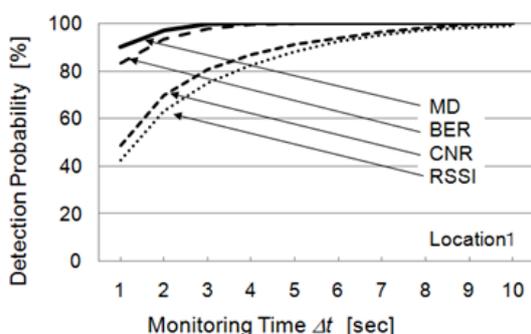


図 4 Location1 におけるモニタ時間に対するヒト検知確率

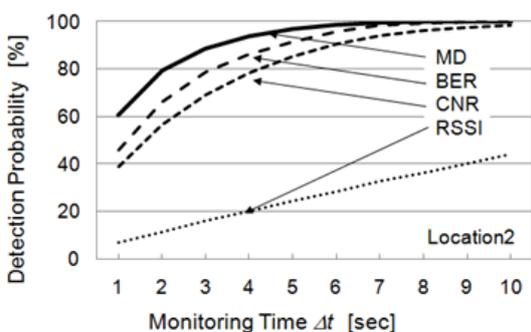
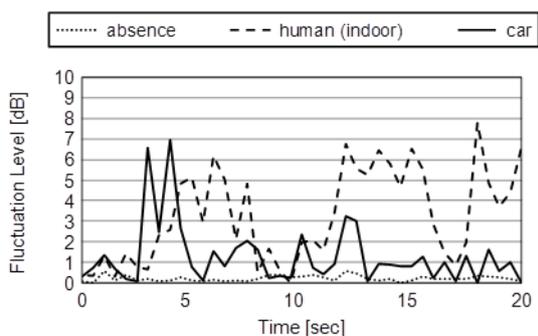


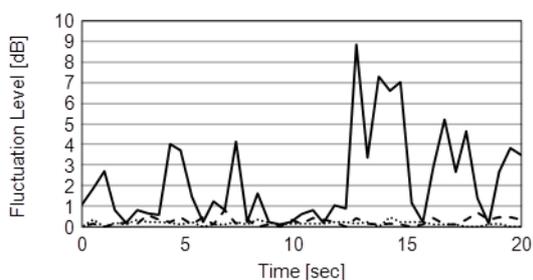
図 5 Location2 におけるモニタ時間に対するヒト検知確率

(2) 屋外要因の影響を回避するための協調検知手法の有効性評価においては、まず屋内アンテナと屋外アンテナへの屋外要因（車）および屋内のヒトの影響を比較した。図 6 に受信レベルの変動（1 秒差分）を示す。図 6(a) に示すように、屋内アンテナの場合、屋内のヒトのみならず、屋外の車の影響も大きく受けており、屋内アンテナの変動レベルのみからでは、どちらの影響を受けた結果かが判別できないことが分かる。つまり屋内のヒトの動きを検知しようとする、屋外の車の影響で誤検知が生じる可能性があるわけである。

一方、図 6(b) に示すように、屋外のアンテナにおいては、屋内のヒトの影響はほとんど受けず、屋外の車だけに反応し、変動レベルが大きくなっており、誤検知が生じることが分かる。



(a) 屋内アンテナ

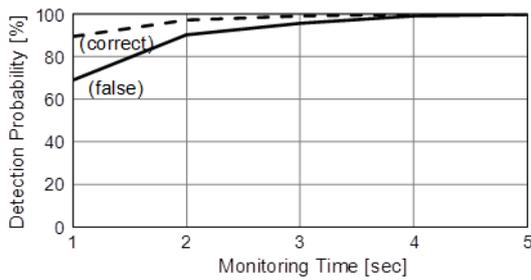


(b) 屋外アンテナ

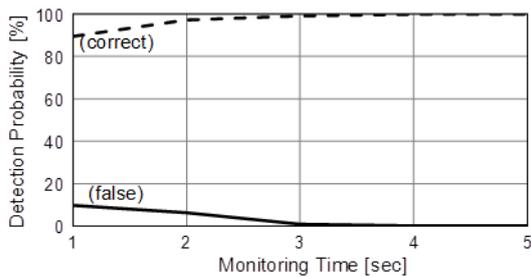
図 6 屋内および屋外アンテナにおける受信レベル変動例

これらの特徴を活かし、本研究では、屋内のアンテナにて受信レベル変動を検知した場合に、屋外の受信レベル変動を確認し、もし変動があれば屋外要因に起因するもの、一方、変動がなければ屋内のヒトを検知したものと判定する協調検知手法を適用した際の検知確率を評価した。図 7 に協調検知手法を適用しない場合とした場合におけるモニタ時間に対する検知確率を示す。図 7(a) に示すように、屋内のみにアンテナを設置した協調検知手法を適用しない場合には、屋内のヒトを正しく検知する確率は高くできるが、誤検知確率も高くなってしまいうことが確認できる。一方図 7(b) に示す協調検知手法では、屋外要因を回避できており、屋内のヒトを検知する確率を高く保ちながら、屋外要因による誤検知を低くできていることが分かる。

また屋外アンテナの設置場所についても検討を行い、屋外要因（ヒトや車）が通過する面に 1 本のアンテナを設置することで、その面における屋外要因を回避できることも明らかにした。



(a) 従来手法



(b) 協調検知手法

図 7 従来手法と協調検知手法における検知・誤検知確率

(3) 実環境におけるヒト検知システムの性能評価においては、隣接県からのテレビ放送波のオーバーリーチ伝搬の影響を定量的に評価することができた。図 8 に広島大学 HU において 2013 年 5 月 9 日に測定した例を示す。図 8 には、広島、山口、岡山にて同時に使用されている周波数である Ch.18 のテレビ放送波の受信レベル (RSSI) および CNR、岡山および山口から送信されている FM 放送波の RSSI が示されている。この図より 6 時～9 時の間に CNR が低下していることが確認できた。この日には、高層気象データから大気ダクトが発生していることが推定できており、この CNR の低下は、隣接県からのテレビ放送波のオーバーリーチ伝搬が原因であると考えられる。また FM 放送波の RSSI に着目すると、岡山からの放送波の RSSI はほとんど変化していないが、山口からの放送波の RSSI が同じ時間帯に上昇していることが確認できる。これまでの測定により、FM 放送波とテレビ放送波はダクトにより同時にオーバーリーチ伝搬することが確認されており、これらの結果から、テレビ放送波の CNR を劣化させた干渉波は、山口から届いたテレビ放送波であると特定できた。

また本研究では実用化を目指し、タブレット端末上にヒト検知システムを実装し、防犯目的のみならず、高齢者見守りの観点からの検知性能の検証を行った。我々の提案しているテレビ放送波を用いたヒト検知システムでは、市販されているフルセグチューナおよびワンセグチューナを利用できるが、タブレ

ット端末にはワンセグチューナを USB 接続してヒト検知システムを実現した。本システムでは、防犯機能を充実するため、電源コントローラを新たに開発し、室内で動くヒトを検知した場合に、AC100V 電源を制御して、アラームとしてライトを点灯させる機能を付加した。

また、高齢者見守りへの本ヒト検知システムの応用を検討するため、老人介護施設でのヒアリングを行った。介護施設では、介護者が深夜に見回りを定期的に行っているが、高齢者が無理に移動するなどして転倒することが最も危険であり、予期せぬ行動を検知する需要が高いことが分かった。そこで本研究では、室内の動きのみならず、室外の廊下でのヒトの移動を検知する性能評価を行い、廊下といった室内とは異なる空間においても、ヒトを検知できることを示した。実用化検討においては、地元の企業にも関心を持っていただき、共同研究を始めることができた。共同研究では、介護施設での介護者の負担軽減を目的として、ベッドから起き上がり移動した動きに対して、ヒト検知システムの検知性能を定量評価することを計画している。また、本システムは介護施設のみならず、地域の高齢者住宅にも適用でき、元気に暮らしているか否かを簡易に検知することの実用化検討も今後の研究展開として計画している。

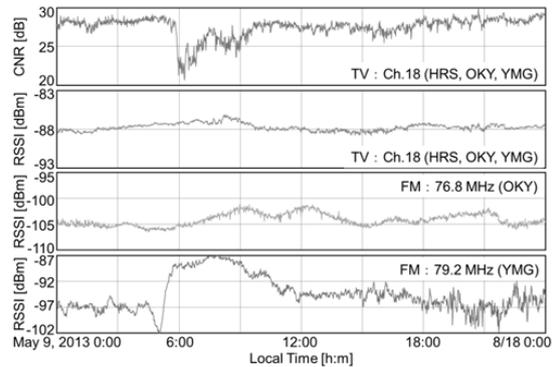


図 8 隣接県からのテレビ放送波および FM 放送波のオーバーリーチ伝搬測定例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

[1] 西正博, 吉田彰顕, “テレビ放送波を用いたヒト検知システムの研究開発 ～安心・安全な社会を目指した防犯や高齢者見守りへの応用～”, 電波技術協会会報誌 FORN, 2014 年 5 月号, pp.40-43, 2014. 査読無

[2] 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

[3] 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

[4] 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

[5] M. Nishi, K. Kawahara, T. Maeda and K. Shin, “Performance Improvement on Human Detection System around Detached House using UHF Band Transmitters”, Proc. of WPMC2011, pp. 314-318, 2011. 査読有

〔学会発表〕(計 10 件)

[1] 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”, 電子情報通信学会技術研究報告(信学技報), vol. 113, No. 384, AP2013-161, pp. 157-162, 2014.

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 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.

[8] 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.

[9] 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.

[10] 小森弘貴, 西正博, 新浩一, 吉田彰顕, “VHF 帯・UHF 帯見通し外電波のオーバーリーチ伝搬特性の研究”, 第 13 回 IEEE 広島学生シンポジウム, pp. 290-293, 2011.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 1 件)

名称: ヒト検知装置

発明者: 西正博, 吉田彰顕, 新浩一

権利者: 公立大学法人広島市立大学

種類: 特許願

番号: 特願 2011-158417

出願年月日: 平成 23 年 7 月 19 日

国内外の別: 国内

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

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

(環境メディア研究室・テレビ放送波を用いたヒト検知システムの概要)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西 正博 (NISHI MASAHIRO)

広島市立大学大学院・情報科学研究科・准教授

研究者番号: 30316137

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者

吉田彰顕 (YOSHIDA TERUAKI)

広島市立大学大学院・情報科学研究科・教授

研究者番号: 50316139

新 浩一 (SHIN KOICHI)

広島市立大学大学院・情報科学研究科・講師

研究者番号: 10509053