

機関番号：52604
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2009～2010
 課題番号：21700725
 研究課題名（和文） 都市水辺をモデルとしたユビキタスネットワーク—こどもの水難事故対策を中心として—
 研究課題名（英文） The ubiquitous network which made the city waterside the model—A subject is a measure against a child's damage-at-sea accident—
 研究代表者
 吉田 将司（YOSHIDA MASASHI）
 サレジオ工業高等専門学校 講師
 研究者番号：50446201

研究成果の概要（和文）：我々の研究目的は、都市に居住する子供が積極的に親しむための水辺環境の整備と安全性が両立可能なユビキタス情報社会に即したシステムを実験的に評価することであった。児童に対してアンケートを分析した結果、事故認識が居住場所や年齢によって異なっていた。また公共機関の調査統計に表れない事故が確かめられた。これらの調査結果を元に、我々はフィールドサーバと呼ばれる屋外センサネットワークの構築手法で観測システムを試作した。試作システムはメッシュネットワークを構成し、センサ情報の取得に成功した。

研究成果の概要（英文）：The object of studying us was to evaluate experimentally the system adapted to the ubiquitous information society with which a maintenance and safety of waterside environment for the child who resides in a city to be familiar positively are compatible. As a result of analyzing a questionnaire to a child, the accident acknowledge changed with a habitation location or age. Moreover, the accident which does not appear in survey statistics of a public institution was confirmed. Based on these results of an investigation, we made the observation system as an experiment by the Build approach of the outdoor sensor network called a field server. The trial production system constituted the mesh network and succeeded in the acquisition of the sensor information.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・生活科学一般

キーワード：都市水辺、児童、ユビキタス、事故防止・早期発見、環境観測

1. 研究開始当初の背景

平成11年の文部省生涯学習審議会答申[1]で「生活体験や自然体験などが豊富な子どもほど、道徳観・正義感が充実している傾向が見られる」と指摘されているように、自然体験の重要性が再認識され、特に都市部を中心に水辺を自然体験の場として活用されてい

る。しかし子供が水辺との関わりを積極的に持つと水難事故の危険性も増大する。例えば平成20年夏季（6月～8月）における河川、湖沼、海などで発生する水難事故は739件（869人）あり、そのうち21.6%が子供である[2]。また子供を救助しようとした大人が死傷する二重事故も発生しており、無視できな

い問題である。水難事故発生場所は海と河川、発生時の行為では遊泳中と釣りがその多くを占めている。これはプレジャーボートに乗船した場合と比較して、海岸での釣りや遊泳中はほとんど救難のための装備をしてないことが事故につながると考えられる[3]。

このような背景から、都市においても子供が積極的に親しめる水辺環境整備と、安全性を両立させる研究が従来から行われてきた[4][5][6][7]。これら水難事故に対して、海水浴場における溺水事故の研究[8]や、漂流事故の原因である離岸流に関する研究[9]が進んでいる。ただし上記に挙げた理由により、通報を受けてからの救助行動に関する研究が多く、予防施策や早期発見に向けた対策が望まれている。

一方、近年ユビキタス情報化社会へ向けた動きは目覚ましいものがあり、総務省が公表している u-Japan 政策パッケージに見られるように、2010 年達成を目標に無線タグや次世代無線アクセスなどのインフラストラクチャが着実に整いつつある[10][11]。また港湾や沿岸域を対象とした研究は進められているが[12]、対象は環境調査やセキュリティなどである。将来の事故防止もしくは早期発見のための対策を考えた場合、ユビキタス社会に対応したシステムを構築することが望ましいと考えられる。

2. 研究の目的

過去の研究においては「なぜ事故が起きたか」という体育科学の見地からの事例研究、「どのように防ぐか」という社会学もしくは土木工学的な環境整備の視点が多い。そこで本研究では「事故をできるだけ未然に防ぐことができるか、または早く発見するか」を目的とし、ユビキタス情報社会に即した視点に重点を置く。

研究内容は大きく 3 つに分かれる。

(1) 水難事故に関する要因分析

児童が関わる水難事故を統計資料及び独自アンケートから調査し、要因や傾向の分析を実施する。

(2) 事故防止策及び早期発見システムの提案と設計

分析結果を元に、事故防止並びに早期発見システムへのユビキタス技術の適用を提案、設計する。

(3) 実証実験

提案したシステムのプロトタイプを試作開発する。プロトタイプシステムについて実証実験を実施した後に実用化に向けて評価検討する。

3. 研究の方法

(1) 水難事故に関する要因分析

都市部の児童の具体的な親水行動と事故の内容を調査するため、アンケートを平成 21 年の 1 月から 2 月にかけて実施した。アンケートは水辺環境の近さと都市・郊外に分け実施した。さらに年齢別の差異を知るために小学 2 年生と 5 年生の児童に対して実施した。調査対象は東京都町田市（以下町田）の小学校（有効回答数 2 年生 36 名、5 年生 36 名）と千葉県南房総市（以下房総）の小学校（有効回答数 2 年生 10 名、5 年生 18 名）各 1 クラスである。前者は都市部でため池のある公園を除き河川や海から遠い場所、後者は郊外で歩くとすぐに海岸に出られる場所である。他にも東京都港区の小学校（都市部で海に近い場所）にも依頼したが断られた。なお回答は Q 2 を除き複数回答可としている。

アンケートの質問項目を表 1 に示す。Q 1 から順に利用する場所、利用頻度、同行者の有無、活動時間帯、活動目的、事故内容を尋ねている。Q 1 から Q 6 までは 2 年生と 5 年生共通である。特に Q 6 では怪我や転落など体験した具体的な事例を自由記述で収集した。最後に Q 7 では 5 年生のみに対して、利用する水辺環境に対する要望を自由記述で尋ねた。

表 1 アンケート質問項目

質問項目/施設	1	2	3	4	5	6
Q1 水辺利用場所	海	川	プール	公園	池	その他
Q2 利用頻度(回/月)	0	1~5	6~10	11~		
Q3 同行者	親	兄弟	友人	なし	その他	
Q4 活動時間帯	6~9時	9~12時	12~15時	15~18時	18時~	
Q5 活動目的	遊泳	水遊び	釣り	ボート遊び	散歩	その他
Q6 事故内容(自由記述)						
Q7 水辺環境に対する要望						

(2) 事故防止策及び早期発見システムの提案と設計

① 統計並びにアンケート分析結果のまとめ

都市部児童からの積極的な親水行動のための環境浄化と安全性向上に関する要求に対して、河川の環境整備に関しては「水辺環境指標（みずしるべ）」が水質や親水性の評価基準として存在しており、また河川財団を中心に情報収集やモニタリングなどが実施されている。これらを公園等に適用し、水辺環境の実時間モニタリングなど都市部の児童がより積極的に親水行動を行える環境を整備する。また安全性の観点では、夕方（薄暮～日没）の時間帯に特化した事故防止及び早期発見システムが考えられる。特に、「池への転落」「ごみで切り傷」という事故が都市部の児童は高学年でも比較的多く発生している。システムの自動化には昼間・夜間の省電力化、転落検知にはセンサを多数配置することが必要であることがわかった。

②ユビキタス技術の適用検討と具体化

①の結果から、センサの多数配置や省電力化といった要求仕様が挙げられた。そこで代表者らは"フィールドサーバ"と呼ばれるユビキタスネットワーク技術の適用を検討した。このシステムは、多数のセンサノードをアドホックネットワークに接続してセンシングする技術であり、通信インフラや電源獲得手法の発達により実用化され始めている。そこで、配置用のセンサノードの試作開発とセンサノードのアドホックネットワーク化を検討した。

(3)実証実験

センサノードの開発とアドホックネットワークの実証実験にあたって、水辺地域での適用例を調査したところ、富山新港及びその周辺に立地するマリナー等の親水区域で継続的な環境観測の要望があることがわかった。この地域は我々が当初想定していた都市周辺の親水公園ではないが、実験環境の利便性などを考慮した結果、本研究課題のプロトタイプ開発を海上近くのセンサネットワーク構築場所として決定した。環境観測を既に実施している富山高専の千葉准教授との共同で実験を実施した。

①センサノードの開発

まずセンサノードモジュールに要求される動作や性能を検討した。動作は水温や導電率などのセンサの測定値を基地局に送信する機能と、他のノードからの送信データを中継する機能に分けられる。また性能としては防水機能や省電力化、小型化など様々な要求が挙げられたが、本研究はプロトタイプの開発であることを踏まえて通信性能以外の要求は最低限に抑えることとした。

②アドホックネットワークの実証実験

提案するシステムは複数のセンサでネットワークを構築する。ネットワークの構成は図1に示すようにStar型、Mesh型、Tree型と大まかに分けられる。Star型は中心が基地局となり、全てのブイが基地局と直接通信する。Tree型は階層構造であり、ノード-基地局間だけでなくノード間通信が生じる。Mesh型はTree型と同様ノード間通信が生じるが、階層構造をもたない構成が可能である。このネットワークをMesh型で構成すれば、ノードの故障や流失が生じてても他の観測データ送信が維持される利点がある。

本研究課題では、まず初年度に最小限のネットワーク構成要素であるノード-基地局間通信の受信率や通信距離を調査し、次年度に1ホップでの中継実験を実施した。その結果を考慮して、最後にMesh型を試行することとした。これらの実験はまず計算により理

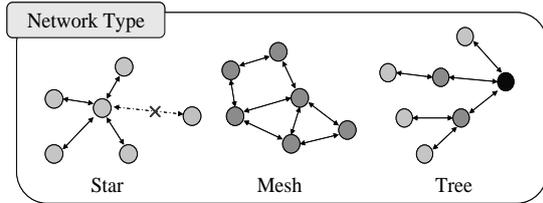


図1 Network Type

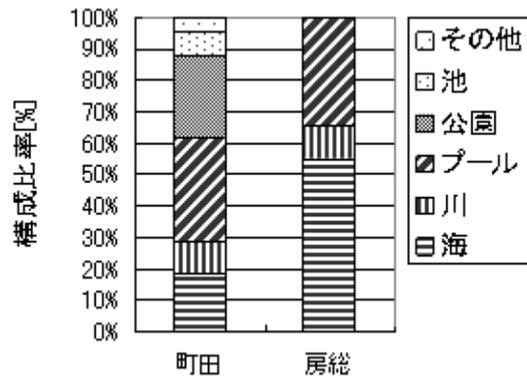


図2 Q1の回答結果

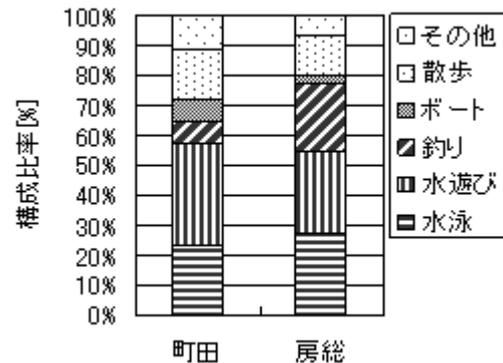


図3 Q5の地域による比較結果

想的な通信距離を求め、実際に富山新港周辺の海域を用いてデータを取得し、その差を比較した。

4. 研究成果

(1)水難事故に関する要因分析

図2にQ1の回答比較を示す。房総は海が最も高く、次にプールであった。町田はプール、公園の順であった。このように児童は近くの水辺環境を利用しているが、自然の水辺環境ではないプールの利用率がどちらも30%近くを占めていた。Q2は実施時期の関係で1月以降として回答したクラスがあり、比較できなかった。Q3では町田の2年生は親が多く、5年生は友人、房総の2年生は兄弟、5年生は一人の割合が比較的高かった。Q4では房総に対して町田は活動時間帯が2年、5年共に遅かった。

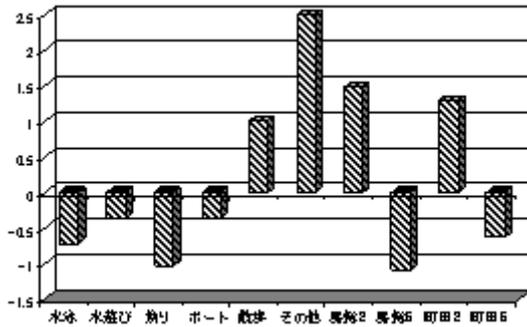


図4 第1軸のカテゴリースコア

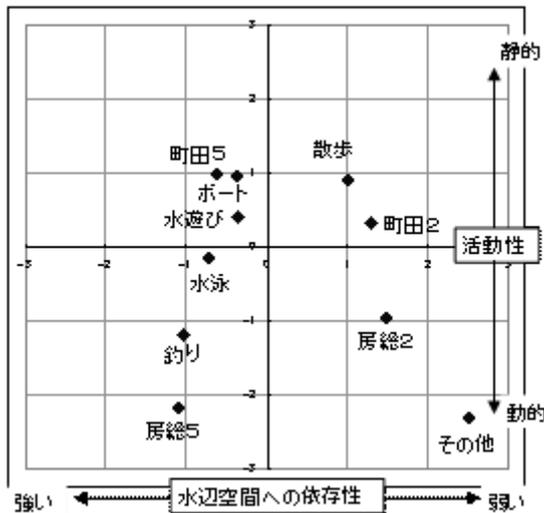


図5 第2軸を加えたカテゴリースコア

Q5は図3に活動内訳を示すように、房総は「水泳」「釣り」が多く、町田は「水遊び」「ボート遊び」が多かった。Q5についてはさらに場所と学年に関して数量化Ⅲ類による分析を試みた。図4に第1軸のカテゴリースコアを示す。グラフの正側に「散歩」「その他」、負側に「水泳」「水遊び」「釣り」「ボート」と項目が分かれており、これは活動の水辺空間への依存性の強さを示していると考えられる。なお「その他」の記入内容は「探検ごっこ」や「水切り」がそのほとんどであり、分析を覆す内容ではない。また学年・地域でみると正側に「房総2年」「町田2年」、負側に「房総5年」「町田5年」と項目が分かれたことから、地域ではなく学年によって親水行動が変わることを示している。図5はさらに第2軸を加えた分析結果である。第1軸の相関係数は0.816、第2軸は0.698であった。第2軸は第1軸ほど顕著な傾向ではないが、正側が比較的体を動かさない項目が多く、負側が比較的体を動かす項目が多いことから活動特性を示していると考えられる。学年・地域を当てはめると、「房総2年」「房総5年」は負側、「町田2年」「町田5年」

は正側にあり、学年ではなく地域によって活動特性が変わることを示していると考えられる。

Q6は、自由記述で事故事例を挙げてもらった。房総に対して町田の事例が多かった。事故の種類は主に転落、転倒、溺水、外傷に分けられるが、記述からは「池・川に転落」「ごみなどで切り傷」等が多く見られた。ただし房総では2年生で3件記述があったが5年生では記述がなかったため、町田で記述されたような事例に関しては事故として認識していない可能性も考えられる。Q7は房総では「ごみをなくして欲しい」という回答が多く、町田では「遊べるようにきれいにして欲しい」「安全に遊びたい」という要求に分かれた。

今回は小学生を対象にアンケートを実施したが、この対象を保育園や幼稚園など未就学児の保護者に広げることで、さらに複合的な視野から具体的な要求が挙がってくるものと考えられる。

(2)事故防止策及び早期発見システムの提案と設計

アンケート結果から、郊外と比較して都市部の児童にとっての水辺環境とは、多目的な遊び場所としての「池のある公園」か「河川」であり、一般的には水辺環境とはいわないが、「プール」もその利用率から対象として考える必要がある。ただし親水行動の特徴としては、一人で行くことは稀であり、ほとんどが親や友達と行っている。また夕方遅くまで活動しているが、図5に示すように比較的静的な活動が多かった。一方、水辺環境に対する要求は、積極的な親水行動のための環境浄化と安全性向上に関する項目が多かった。これは従来から研究されている、環境整備と安全性施策の必要性と一致していた。

(3)実証実験

①センサノードの開発

図6で示すようなノードモジュールを製

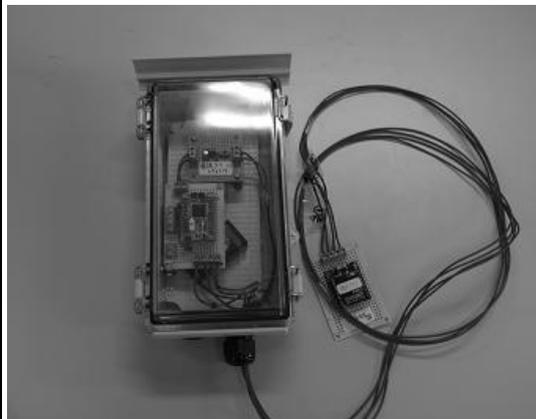


図6 センサノードモジュール

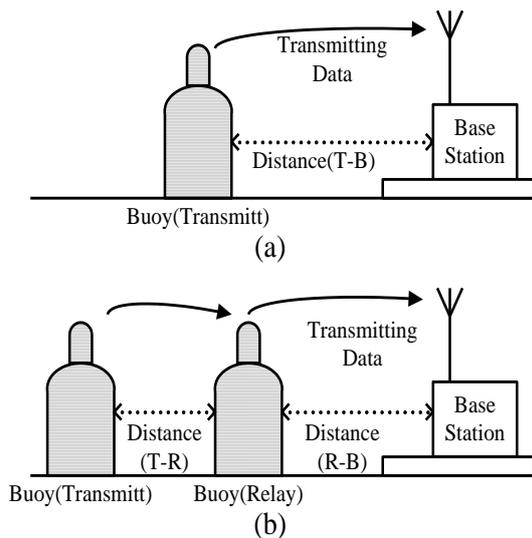


図7 実証実験の方法

(a) 直接通信 (b) 中継通信

作した。このノードモジュールはデータ送信機能と中継機能を実装するため、H8 マイコン 3694F と XBee-Pro を搭載した。なおこのセンサノードモジュールは電源を外部から供給するように設計されている。また IEEE802.15.4 規格の無線機の中で XBee-Pro を採用した理由は、ZigBee と同様に間欠送信により消費電流を低減できるだけでなく、ネットワーク構成可能なノード数が多く、使用帯域も無線 LAN と干渉しないよう設計されている点が挙げられる。さらに「Digi-Mesh」と呼ばれるモードを使用すれば階層構造のない Mesh 型ネットワークが構成可能である。

本研究の成果として、耐候性及び柔軟性の高いセンサノードモジュールを試作し、今後のシステム開発が容易となった。

②アドホックネットワークの実証実験

製作したノードモジュールを用いて、富山港内にある富山高専射水キャンパスの臨海実習場を基地局として平成 22 年 9 月の晴天時に評価実験を実施した。温度センサデータを送信するブイ（送信ブイ）とそのデータを中継するブイ（中継ブイ）をそれぞれ用意した。まず我々は図 7 (a) で示すように、送信ブイと基地局間の通信距離を測定した。富山高専所属の実習船「わかしお 3 号」で曳航した送信ブイからデータを送信した。送信データは ASCII コードにタイムスタンプと測定データを 18 文字で表現した。このデータ送信は毎秒 4 回、9600 [bps] で 5 分間実施した。この測定を基地局でデータが受信できなくなるまで繰り返した。次に図 7 (b) で示すように送信ブイを固定した中継実験を実施した。固定点は、(a) の実験で受信率が 0 [%] と

なった場所とした。

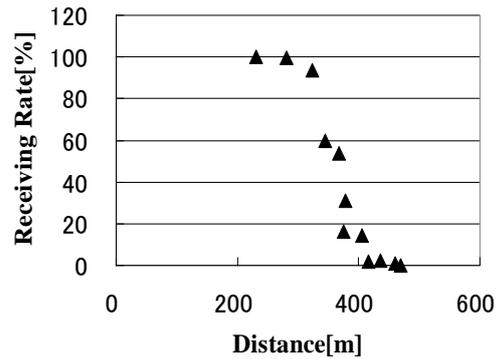


図8 受信率特性（送信ブイ-基地局間）

図 8 は送信ブイ-基地局間の受信率を示す。縦軸は受信率、横軸は通信距離を示す。なお、通信距離は送受信点の測位結果から求めた。受信率は 300 [m] までほぼ 100% であるが、400 [m] 付近で急激に低下し、470 [m] 付近で受信できなくなった。そこで送信ブイは基地局から 480 [m] 離れた地点で固定した。次に中継ブイを用いて受信率を測定した。送信ブイ-中継ブイ間の距離が 100~180 [m] のときに受信率が向上したが、その前後の距離では受信できなかった。この理由は 100 [m] 未満の場合は中継ブイ-基地局間の距離が長く、180 [m] 以上では送信ブイ-中継ブイ間の距離が長くなりデータが届かなかったものと考えられる。この (a) (b) 2 つの実験結果から、XBee-Pro の最大受信感度と実験値との差が約 20 [dB] で一致した。従って、この値を回線マージンとして通信回線設計ができると考えられる。また中継ブイを設置すれば通信距離が延長されることが (b) の実験で確認でき、中継の効果を実証できた。

この実証実験により海上センサノードのアドホックネットワーク化に大きく近づいた。屋外でのネットワーク化が必要な当初の提案システム構築を目指し、Mesh 型ネットワークの構成を試みた。

③Mesh 型ネットワークの実証実験

最後に平成 23 年 3 月に陸上にて Mesh 型ネットワークの試験を実施した。XBee-Pro を Digi-Mesh モードに変更し、ノードモジュールを基地局も含めて 4 つ (A, B, C, D) サレジオ高専校内グランド周辺に配置した。マイコン内のソフトウェアは通信履歴を確認できるように変更し、センサノード (A, B, C) から送信した温度データを基地局 (D) で受信した結果について解析した。その結果、(A→B→A→D) や (A→B→D) などノード相互間でのデータの送受信が行なわれたことを確認した。

以上の結果から、研究当初に想定していたユビキタス技術の一つである、Mesh 型フィー

ルドサーバシステムのプロトタイプ開発が成功した。今後はプロトタイプシステムの実用化に向けてセンシング対象を絞り、ノードモジュールの小型化、汎用化を目指す。その後親水公園等に試験的に配置し、環境監視や転落検知などに適用する予定である。

参考文献

[1] 生活体験・自然体験が日本の子どもの心をはぐくむー「青少年の[生きる力]をはぐくむ地域社会の環境の充実方策について、文部省生涯学習審議会答申、1999.

[2] 平成20年夏期における水難・山岳遭難発生状況について、警察庁生活安全局地域課統計資料、2008.

[3] 平成19年における海難及び人身事故の発生と救助の状況、海上保安庁警備救難部救難課・交通部企画課、2008.

[4] 水辺にみられる子供の活動特性に関する研究、田中、畔柳、日本建築学会学術講演梗概集、2000.

[5] 海水浴場の環境整備に関する研究ーその2 人間の行動範囲と行動内容の多様さの把握ー、中村、畔柳、近藤、日本建築学会学術講演梗概集、1990.

[6] 子どものための水あそび空間と事故防止対策のあり方に関する提案-都市の自然的な空間に関する研究(2)-、都市計画学術講演梗概集計画系59(計画系)、2085-2086、社団法人日本建築学会、1984.

[7] 相良海水浴場における安全管理システム、堀口、松本、中見、東海大学紀要 海洋学部一般教養 26,25~39、東海大学海洋学部編、2000.

[8] 海水浴場における溺水事故に関する研究ーライフセーバーによるレスキューレポートの分析からー、深山、小峰、山本、荒井、体力科学、Vol.46, No.6(1997)1201 p. 779、日本体力医学会、1997.

[9] 水難事故予防のための離岸流調査に関する基礎的研究、西、萩尾ら、海岸工学論文集 No.50,156-160、土木学会、2003.

[10] u-Japan 政策パッケージ「ユビキタスネットワーク整備：実物系ネットワークの整備」、総務省情報通信政策局総合政策課.

[11] 実空間指向ユビキタスネットワーク、森川、南、電子情報通信学会論文誌 VolJ-88B No.11、2005.

[12] 港湾エリアにおける海洋ユビキタスセンサネットワーク、北條、安田、吉田他3名、科研費研究課題基盤 B17360184、2005-2007.

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2件)

- ① 吉田将司、沿岸環境観測ネットワークの基礎的検討、サレジオ工業高等専門学校研究紀要、査読無、35巻、2009、77-81
- ② 吉田将司、千葉元、北條晴正、富山湾における環境観測用センサネットワークの構築ーシステム提案とノードブイの試作ー、査読有、123巻、2010、103-110

[学会発表] (計4件)

- ① 吉田将司、沿岸環境観測ネットワークの基礎的検討、電子情報通信学会ソサイエティ大会、2009年9月15日、新潟大学
- ② 千葉元、吉田将司、小型船舶・ラジオブイによる富山湾の海洋環境調査、日本建築学会2010年度大会、2010年9月11日、富山大学
- ③ 吉田将司、千葉元、北條晴正、沿岸環境観測ネットワーク用ブイの中継機能の評価、電子情報通信学会総合大会、2011年3月15日、東京都市大学
- ④ 吉田将司、千葉元、北條晴正、富山湾における環境観測用センサネットワークの構築-IIー中継ブイを考慮した回線設計ー、2011年5月26日、神戸

○出願状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 将司 (YOSHIDA MASASHI)
サレジオ工業高等専門学校・講師
研究者番号：50446201