

## 様式 C-19

# 科学研究費補助金研究成果報告書

平成 21 年 9 月 30 日現在

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18360239

研究課題名（和文）降水レーダを用いた次世代土砂災害予警報システムの構築とその応用

研究課題名（英文）Development a next generation of system for Prediction and Warning of Debris Flow and Landslide and its Application using Precipitation Radar

研究代表者

森山 聡之 (MORIYAMA TOSHIYUKI)

崇城大学・工学部・准教授

研究者番号：50136537

研究成果の概要：

リアルタイムに国土交通省九州地方整備局から送られてくる5分間隔1kmメッシュの雨量データをもとに土砂災害危険度マップを作成し、簡易GIS(地理情報システム)機能を備えたSNS(社会的人脈サービス)であるgiSightを開発し、これに表示する事に成功した。これを、水俣電線プロジェクトサイトとして、水俣住民に提供するとともに、デモサイトを本システムに興味がある方へ提供し、さらに開発用サイトをインターネットで提供している。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2007年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
年度			
年度			
総計	7,500,000	2,250,000	9,750,000

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：水工水理学

キーワード：防災情報システム、土石流発生限界降雨、防災無線ネットワーク  
降水レーダ、インターネットラジオ、土砂災害危険度マップ

### 1. 研究開始当初の背景

2003年の水俣土石流をうけて、降雨レーダを用いて土砂災害予測を行い、個人に警報を送るシステムを開発構築検証中である。その後も垂水や山口の土石流で避難勧告の遅れが指摘されている。

### 2. 研究の目的

本研究では、災害における「自助」を促すとともに、「共助」にあたる情報共有型の防災情報システムを試験構築検証するとともに、PCや携帯電話が使えない「情報弱者」に対応するため、インターネットによる防災ラジオを開発することを目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 防災情報システムの構成

①防災情報システムの概要 図1に次世代型防災情報システムの基本構成を示す。国土交通省のレーダ雨量情報をもとに、土砂災害危険度マップが作成され、各種端末に順次伝達されている様子を示している。レーダデータの受信は国土交通省九州地方整備局（以下九地整）と崇城大学に光ファイバー回線であるBフレッツ回線を設置し、セキュリティが高いフレッツグループというVPNを介して接続している。送られてくるデータは九州地方を中心に、国土地理院の1次メッシュで95個分であり、降雨強度が5分毎に配信されている。このデータは地上雨量計でキャリブレーション済みのものである。レーダデータ受信サーバでXMLで保存されたデータは、さらに、受信サーバからイントラネットを介してXMLデータベースに保存される。

②Webクライアント 現在のインターネットでは、時間とともに変動する防災マップのような画像を表示する場合は毎回新しい画像を送り込む必要があり、これはインターネットの回線を圧迫するし、かなり動作が遅くなってしまう。これに対して例えばサーバから地図のデータだけ先に送って、変化した部分のデータを時間の経過に従って送って表示する事で改善する事が可能である。特に災害時はサーバや回線に負荷が集中するので、クライアントマシン上で出来る限り処理するクライアントーサーバ方式がエネルギー効率からも望ましい。このクライアントーサーバ方式に対応可能な仕組みとしては、Adobe(旧Macromedia) Flashがある。本研究では、一般に普及しているFlash 9および10 Playerで動作するWebクライアントをFlex 2を用いてWebクライアントを開発した。

#### (2) 土砂災害危険度マップ

①土砂災害危険度マップの生成 従来の研究<sup>1)</sup>において、斜面A層に特性曲線法を適用し、表面流発生を土砂流の発生条件とすると、土砂流の発生限界降雨 $r_T$ は、

$$r_T(t) \equiv \frac{1}{T} \int_{t-T}^t r(\tau) d\tau \geq \frac{Dk}{l} \tan \theta$$

となる。

ここに、 $D$ は斜面の厚さ、 $\lambda$ は空隙率、 $r(t)$ は時刻 $t$ における降雨強度、 $k$ は透水係数、 $\theta$ は斜面の傾斜角、 $T$ は斜面を流下する時の到達時間である。

この斜面要素確率分布モデルを用い、到達時間内の累

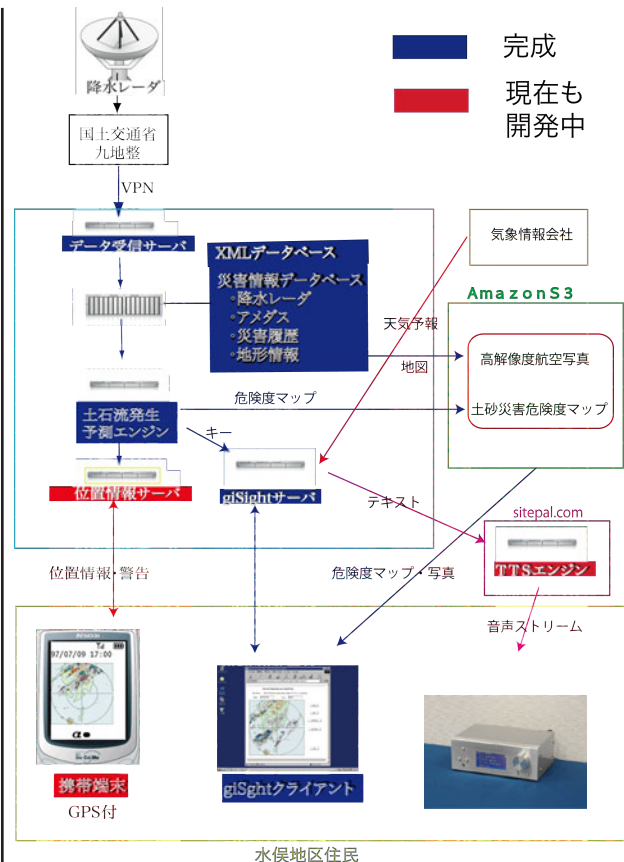


図1 防災情報システムの基本構成

加雨量の最大値から土砂災害の発生の上下限および土石流の発生の上下限を表示する土砂災害危険度マップを開発した。

2005年の9月5日に九州地方を通過した台風14号（以下T0514）のレーダ雨量データを用いてT0514の豪雨により引き起こされた土石流の発生予測に有効であったかどうか検証を行った<sup>2)</sup>。さらに、平成18年7月豪雨（2006年）では水俣・阿久根・出水地区で同様の検証を行った<sup>3)</sup>。2008年7

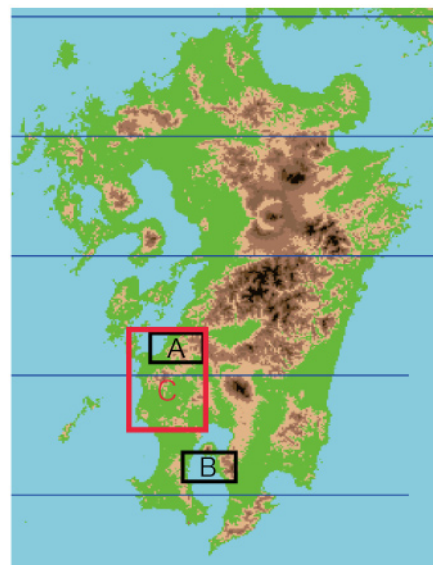


図2 土砂災害危険度マップの作成範囲

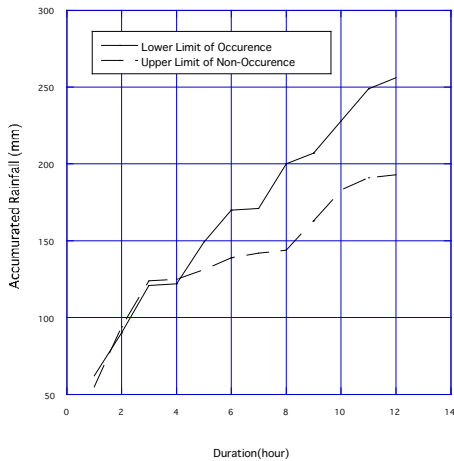


図3 阿久根出水地区の阿久根出水地区の土石流発生限界降雨

月よりリアルタイムの降水情報を用いた土砂災害危険度マップの配信を開始した。図2にその範囲を示す。Aは水俣市、Bは垂水市、C水俣・阿久根・出水地区である。ここで、流域の到達時間Tを求める必要があるが、従来の研究<sup>4)</sup>から、図3に示すような結果が得られ、水俣・阿久根・出水地区では、土砂災害の発生危険度が100%となるのは、到達時間3時間で88mm、土石流発生危険度が100%となるのは到達時間3時間で121mmとなっているため、これを利用している。

#### ②土砂災害危険度マップの保存とキーの伝達

土砂災害危険度マップは、eXistから抽出した5分間雨量データを到達時間分遡って累加計算している。この累加雨量は1次メッシュごとにXML形式でファイルに格納することが可能であるが、ここでは、キー付きかつ期限付きで順次ストレージサービスAmazonS3に送信して保存している。これにより、WebクライアントはDrupalサーバからはキーを受け取るだけで、土砂災害危険度マップはAmazonS3からデータを受け取るためDrupalサーバの負荷は低くなる。

(3) 地理情報システム (GIS) 情報共有型防災情報システムとして、後述するソーシャルネットワークサービス (Social Network Service: 以下 SNS) に地理情報システム (GIS) を組み込んだ giSight を構築した。WebGIS は、一般には、Google Map が良く利用されている。しかし Google Map は公開されている Web サイトでしか利用を許諾されていないという問題が存在し、後述する SNS のように、ログインして利用する事は出来ない。そこで、GIS に用いる電子地図は、熊本県や鹿児島県から入手した数 10 cm/pixel の精度の高解像度航空写真を用いて電子地図を作製し、住民に状況を正確に把握して貰う事を試みた。高解像度航空写真を適切に切断した Map-Chip にすることにより、giSight に

組み込んだ。Map-Chip の画像ファイルも AmazonS3 に保存した。図4の上部には、たまたまブラウザの

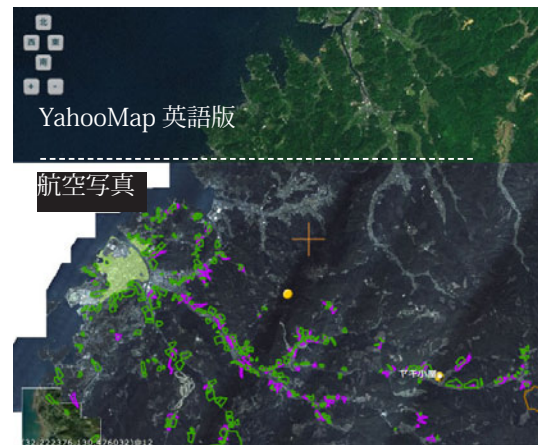


図4 高解像度航空写真の表示 (水俣)

キャッシュに残った Yahoo!Map の画像があるが、これとほぼ継ぎ目無しに表示されている。

giSight のバックエンドサーバとして Drupal を採用し、3種類のマーカである「まちなみ」「ライン」「ポリゴン」

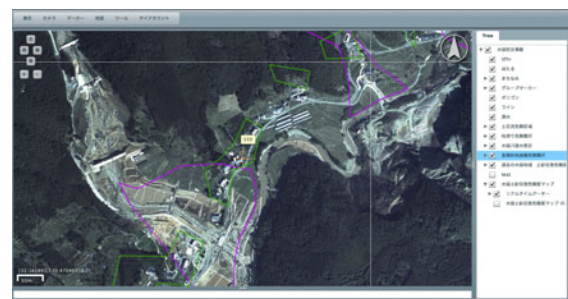


図5 giSight の表示およびコントロールの状況

のデータを格納し、地図の上に表示させるた。図5にDrupal内での giSight による表示状況を示す、図6にマーカの利用例とポップアップによるマーカの説明例を示す。各種静止画や Flash 動画を埋め込み可能である。図7に土砂災害危険度マップを表示した例を示す。高解像度航空写真の上に土砂災害危険度マップが表示され、マウスが静止した3次メッシュに該当する緯度・経度・日付と時間・到達時間・到達時間内の累加雨量がポップアップで表示されている。さらに、水俣市の土石流危険渓流、地滑り危険箇所、急傾斜地崩壊危険箇所および浸水想定図の静的ハザードマップも同時に表示する事が可能であり、これを順次拡大してゆくと、リアルタイムの危険度マップで危険度が高い部分と土石流危険渓流等の対応関係が明確になり、住民に避難を促すものとなっている。

(4) SNS ソーシャルネットワークサービス (Social Network Service; 以下 SNS) のユーザは一般に





図 6 マーカの利用例

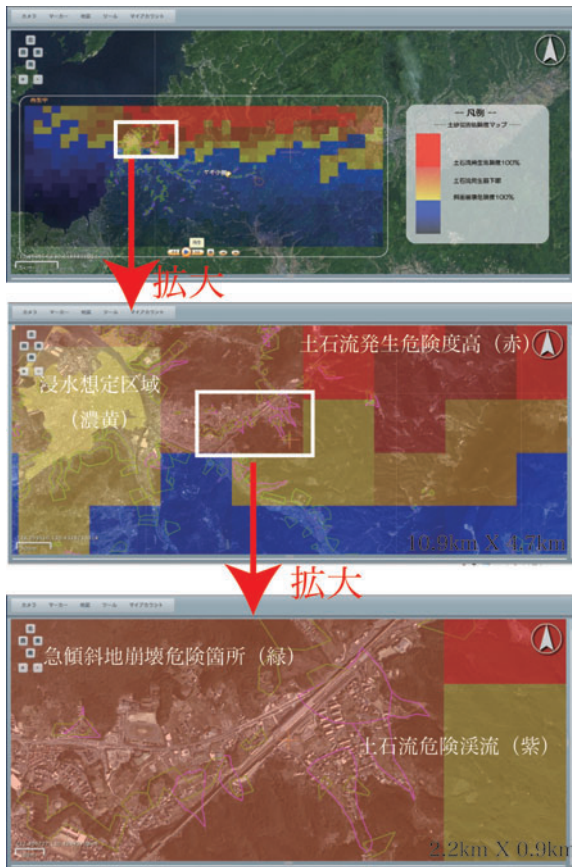


図 7 静的ハザードマップと動的ハザードマップ

紹介による登録制であるため、情報の信頼性はユーザの友人を調べることにより担保される。SNSを地域に提供し、常時その地域においてコミュニケーションが行われるようになれば、災害時の情報共有がスムーズに行われ、地域防災に寄与することが期待できる。SNSを行なうには、通常認証を行わないと「登録のユーザのなりすまし」が発生する。また、地域の情報を発信する場合は、個人情報も含まれる可能性もあり、不用意にSNSのユーザ以外には公開したくない情報も少なくないと考えられるため、ログインして認証のは必須である。図8にユーザリンクを示す画面を示す。

(5) 防災ラジオ PCや携帯電話が使えない「情報弱者」に対応するため、また、実際のアンケート調査



図 8 ユーザリンク

でも災害時に防災用のホームページにパソコンや携帯電話にアクセスする住民は少ないと報告されている。この問題に対応するため、本研究では平時において土砂災害に関する防災情報がない場合は、SNSに表示されたニュースを読み上げたり、気象情報会社から提供を受けたXMLファイルによる天気予報を流すことを想定した。水俣久木野地区に設置予定の防災ラジオの概念図を図9に示す。本研究では sitepal.com というサービスのテキスト読み上げエンジンを試みた所、かなり自然な音声であったため、これを採用することとした。SitepalはFlex2で動作させることも可能なので、現在giSight内の情報を読み上げさせるプログラムを開発中である。インターネットラジオは、電波を使う必要がないため、放送局の免許がなくてもラジオ局と同じような放送局が開設可能である。本研究では、図9に示す各ノードがバッテリー式に音声を送送することで帯域幅を少なくすることが可能なピアツーピア方式を実装したPeerCastを転送方式とする実験を進めた。FMラジオは単3電池2本で500時間利用可能な製品が1580円程度で市販されており、1台5万円程度の防災無線の個別受信機に比べて圧倒的なコストパフォーマンスを発揮する。しかしながら、免許無しで使えるFM送信機の到達距離が最大100メートルと狭いので、特定小電力の送受信機や簡易無線などを使った中・長距離のアナログ中継が必要となる。そこで、アナログ系の簡易無線の例として図10に、simxにより水俣愛林館に設置し

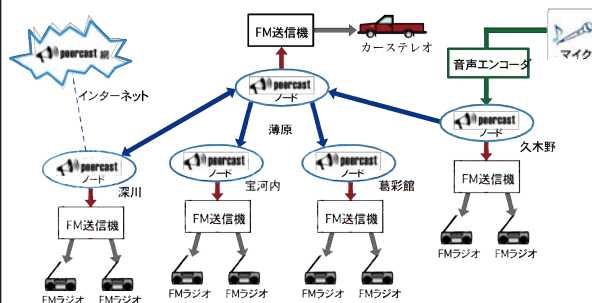


図 9 防災ラジオの概念図

た 465MHz/5W 送信機での伝搬シミュレーションを行った結果を示す。久木野地区の中央部は問題なく伝搬する事がわかる。simx は直接波のみの簡易なシミュレーションであり、実際は直接波以外に、地表波や回

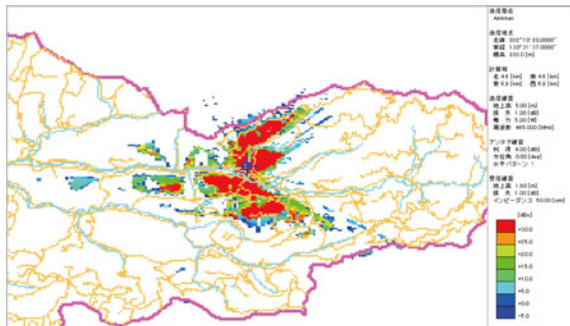


図 10 エリヤトークによる直接波のカバーエリア

折波などの弱い伝搬もあるためさらに伝搬距離は伸びるものと思われる。

(6) 電縁プロジェクト 防災情報システムは、各種専用のものが提供されているが、認知度が低く、いざ災害となっても使われない事が多い。それは「日頃から使っていないものは、いざというときには使えない」からである。

一方、中山間部では、過疎化の状況が深刻で、地域を活性化しない事には防災どころではないという事がひしひしと感じられる。そこで、本研究のリソースを防災だけではなく地域活性化にも活用し、日頃使っていただけの防災情報システムを目指す事にした。これらの総称を「電縁プロジェクト」とし、水俣防災無線ネット、giSight による地域活性化情報システムおよびインターネットビデオ中継を行った。

まずは図 11 に示すような無線 LAN を利用した水俣防災無線ネットを構築した。6 台の無線ルータで中継を行い、さらに無線 LAN アクセスポイントを利用した結果、上り下りとも 1.5Mbps 前後を実質的に確保

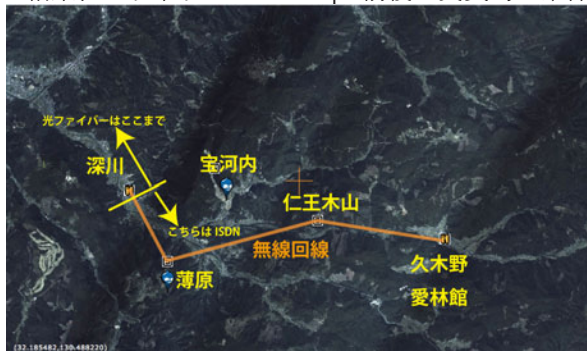


図 11 水俣防災無線ネットのリンクの状況している。平成 20 年 6 月 28 日には地元のフォレストモンキーバンドのコンサートを、同年 7 月 28 日には棚田食育土中級講習会の中継も行った。

#### 4. 研究成果

- (1) 土砂災害危険度マップを 5 分ごとに配信するシステムを構築した
- (2) giSight により、防災情報と電子地図を用いた情報、土砂災害危険度マップや静的ハザードマップを表示する事が可能になった
- (3) 地域の情報を共有する SNS を giSight に組み込んだ。
- (4) 防災ラジオの開発を進め、水俣地区で利用可能と考えられることがわかった
- (5) 今後、水俣久木野地区のコンテンツを動画でリアルタイムに発信する事が可能になった。

#### 参考文献

- 1) 平野宗夫・疋田誠・森山聡之：活火山流域における土石流の発生限界と流出規模の予測、第 30 回水理講演会論文集、181-186、1986
- 2) 森山聡之、疋田誠：降水レーダを用いたリアルタイム土石流危険度マップ、第 3 回土砂災害に関するシンポジウム論文集、2006
- 3) 森山聡之、田中健路、北村良介、杉尾 哲：降水レーダから観測した平成 18 年 7 月豪雨、河川災害シンポジウム予稿集、2007
- 4) 森山聡之・疋田誠：水俣における防災無線ネットの構築、第 60 回土木学会全国大会講演概要集、CD-ROM 版、2005
- 5) 森山 聡之：水俣における防災情報システム構築の現状、不知火海・球磨川流域圏学会誌、第 1 巻、2006
- 6) 発表論文①に同じ
- 7) 学会発表①に同じ
- 8) 森山 聡之、松本健一、中山比佐雄、今 匡太郎、平野宗夫、疋田 誠、水俣久木野地区を中心とした地域情報共有システムの構築、不知火海・球磨川流域圏学会誌、第 3 巻、2009

#### 5. 主な発表論文 (計 5 件)

- ① 牛山素行ほか 4 名 (一番目)、非居住者を対象とした防災ワークショップの参加者に及ぼす効果の分析 自然災害科学 27-4、375-385、2009、査読有
- ② 牛山素行ほか 2 名 (一番目)、豪雨防災情報に対するインターネット利用者の認識、水工学論文集、52 巻、445-450、2008、査読有
- ③ 森山聡之・中山比佐雄ほか 3 名 (一番目)、Distribution of aerial hazard maps of debris flow on a social network service、Debris Flow 2008、33-40、2008、査読有
- ④ 牛山素行、2004 ~ 2007 年の豪雨災害による人的

被害の原因分析、河川技術論文集,14巻,175-180, 2008, 査読有

⑤ 中北英一・寺園正彦(一番目)、地形性降雨の非地形性降雨に対する非線形効果を考慮した短時間降雨予測手法、土木学会水工学論文集,第52巻、331-336、2008 査読有

[学会発表](計3件)

① 山邊洋之・中北英一ほか1名(二番目)、ゲリラ豪雨の早期探知と予測に向けたレーダー情報による都賀川豪雨事例の解析、平成21年度水文・水資源学会総会・研究発表、2009.8.20、石川県立大学

② 森山聡之・中山比佐雄ほか3名(一番目)、giSightを用いた防災システムの開発、日本災害情報学会大会2008年10月27日、東京大学本郷キャンパス

③ 牛山素行・ほか2名(一番目)、防災ワークショップにおける地形情報活用の試み、水文・水資源学会2008年研究発表会、2008年8月26日、東京大学駒場キャンパス

[産業財産権]

○出願状況(計1件)

名称:降雨による河川氾濫情報を導出する端末およびプログラム

発明者:森山聡之ほか2名(一番目)

権利者:崇城大学

種類:特許

番号:特願2009-081790

出願年月日:2009年3月30日

国内外の別:国内

○取得状況(計1件)

名称:降雨による河川氾濫情報を導出する端末およびプログラム

発明者:森山聡之ほか2名(一番目)

権利者:崇城大学

種類:特許

番号:特許第4323565

取得年月日:2009年6月12日

国内外の別:国内

[その他]ホームページ等

<https://demo.gisight.org/> giSight デモサイト

<https://www.gisight.org/> giSight 開発サイト

<https://minamata.gisight.org/> 水俣電縁プロジェクト

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

森山 聡之 (MORIYAMA TOSHIYUKI)

崇城大学・工学部・准教授

研究者番号:50136537

(2) 研究分担者

牛山 素行 (USHIYAMA MOTOYUKI)

岩手県立大学・総合政策学部・准教授

研究者番号:80324705

高橋 和雄 (TAKAHASHI KAZUO)

長崎大学・工学部・教授

研究者番号:30039680

原田 和典 (HARADA KAZUNORI) (2007,2008)

崇城大学・芸術学部・講師

研究者番号:70331072

中北 栄一 (NAKAKITA EIICHI) (2006,2007)

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号:70183506

武蔵 泰雄 (MUSASHI YASUO) (2006,2007)

熊本大学・総合情報基盤センター・准教授

研究者番号:10271131

小川 滋 (OGAWA SHIGERU) (2006,2007)

福岡工業大学・社会環境学部・教授

研究者番号:30037973

疋田 誠 (HIKIDA MAKOTO) (2006,2007)

鹿児島高専・土木工学科・教授

研究者番号:90044619

溝口 佳寛 (MIZOGUCHI YOSHIHIRO) (2006,2007)

九州大学・院理数学院・准教授

研究者番号:80209783

(3) 連携研究者

中北 栄一 (NAKAKITA EIICHI) (2008)

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号:70183506

武蔵 泰雄 (MUSASHI YASUO) (2008)

熊本大学・総合情報基盤センター・准教授

研究者番号:10271131

小川 滋 (OGAWA SHIGERU) (2008)

福岡工業大学・社会環境学部・教授

研究者番号:30037973

疋田 誠 (HIKIDA MAKOTO) (2008)

鹿児島高専・土木工学科・教授

研究者番号:90044619

溝口 佳寛 (MIZOGUCHI YOSHIHIRO) (2008)

九州大学・院理数学院・准教授

研究者番号:80209783