

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 26 日現在

機関番号：37112

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24656298

研究課題名(和文) 市民共働のための雨水グリッドの開発

研究課題名(英文) Development of Rainwater Grid for Citizen Co-working

研究代表者

森山 聡之 (MORIYAMA, Toshiyuki)

福岡工業大学・社会環境学部・教授

研究者番号：50136537

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：雨水タンクの水位、タンクの水の使用量等をモニタリングするためのセンサーノード基板、ポンプで雨水を排出するアクチュエータノード基板、これらノードと無線接続しデータを収集制御するためのコントローラノード基板を開発し、まず水位センサーノードを雨水タンクに設置、Webを用いた可視化を行った。コントローラノード基板をインターネットに接続表示するため、スマートTVスティックを利用可能なソフトウェアを開発した。クラウド上で、オンラインデータから豪雨を予測するための豪雨発生診断予測ソフトを開発し、2009年7月23日の気象データを与え、北部九州での豪雨発生するとの診断を確認した。

研究成果の概要(英文)：The use of smart rainwater tanks (SRTs) will be connected via a network that will make it possible to collect monitoring data and issue pump control commands to individual tanks. These connected tanks will make up a rainwater grid system (RGS). When a flood warning is issued by self-organized map, which is one of pattern recognition techniques, issues a flood warning, a pre-discharge command is sent to this RGS after which the pumps of each smart tank will automatically begin discharging stored water to free up space for impending rainfall. A prototype SRT system has been installed at Oginoura Garden Suburb, which is a housing complex, where its functions are now being tested. The SRT system makes it possible to monitor the water level of rainwater tanks, used water quantities, and water discharge amounts. The SRT system can also control water discharge amount by operating pumps via the Internet.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学 水工学

キーワード：流域治水 スマート雨水タンク 雨水グリッド 市民ダム 各戸貯留 スマートメータ 雨水利用 洪水制御

1. 研究開始当初の背景

(1) 概要

福岡市内を流れる二級河川樋井川において2009年7月1時間に96mmの豪雨が生じ、外水と内水氾濫が発生した。さらに2013年にも福岡市中央区付近が局所的な豪雨に襲われ、内水氾濫（後述）が発生した。2009年の洪水後結成された市民主導の樋井川流域治水市民会議（以下市民会議）¹⁾では、大学や行政も協力し、福岡市長、福岡県知事への提言等を行って来た。原稿執筆時点で福岡県の河川整備計画とそれに基づいた樋井川水系河川整備計画（原案）が示されている。前者によれば流域貯留をピーク流量の10%程度見込んでおり、仮に雨水タンクによる各戸貯留をこれに充当するためには、各戸に数10トンの巨大なタンクを用意して大部分の雨を貯留するか、あるいは6トン程度のタンクを用い豪雨の前に自動放流する必要がある。

市民会議に参画するNPO南畑ダム貯水する会と福岡大学渡辺研究室により樋井川流域の住民の自宅等に200リットルのタンク約100基が設置されている（図1）。しかし、洪水防止目的で配布されているにもかかわらず、豪雨前にタンクからの事前放流をお願いしても、29%の住民しか実行していない事が分かった。本研究では、実行されない事前放流を自動化するため、雨水タンクをスマート化し、それぞれを無線接続して貯留量等のデータを収集するとともに、事前放流をインターネットを介してコントロールする雨水グリッドを構築するため、スマート雨水タンクを開発した。また雨水グリッドは、雨量を正確に測定する事も可能であり、国土交通省のXバンドMPレーダ（以下XRAIN）が降雨減衰により使えない極端に強い豪雨²⁾でも、問題なく使用可能である事からも、XRAINを補完するものと思われる。

(2) 市民会議の経緯

2009年7月の樋井川の出水を契機に発足以降議論を重ね、2010年1月28日には議論をまとめて、福岡市長および福岡県知事（県土整備部長）に対して提言書を提出した¹⁾が、2012年3月には福岡市に対してさらに追加提言を行った。

2013年4月には河川管理者の福岡県より「樋井川水系河川整備基本方針」³⁾が公表され、2014年1月には「樋井川水系整備計画原案」⁴⁾が示されて、同月末には公聴会を行っている。ここで、基本方針および整備計画で流域治水の考え方が導入されてい

る。流域治水としては、防災及び農業用ため池、公園・学校あるいは各戸貯留が挙げられているが、整備計画原案から、各戸貯留については数値が担保出来ないため、将来の見直し時に算定に含めるかどうか検討するものと思われる。

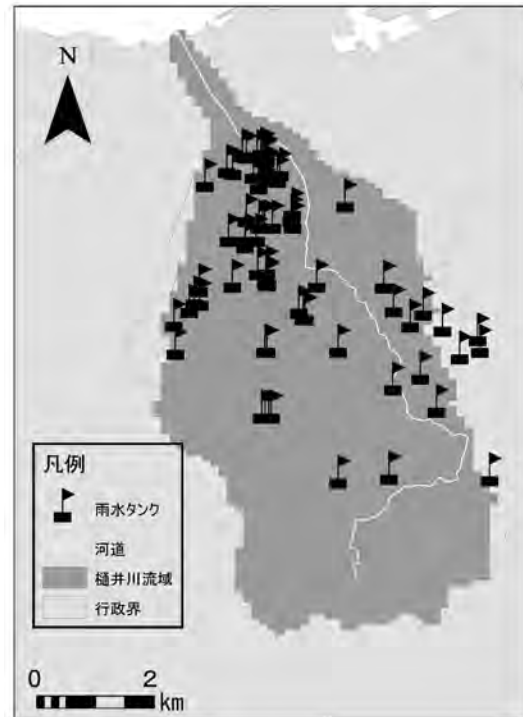


図1 樋井川流域近辺における雨水タンクの配置

2. 研究の目的

各戸貯留のための雨水タンクに関しては、既に市民会議に参画するNPO南畑ダム貯水する会と渡辺が樋井川流域に防災目的で200リットル型の雨水タンクが100基ほど配布設置している。これは防災目的であるにも関わらず、「捨てるのはもったいない」と考える住民が多く、豪雨前に手動で事前放流するのは貸与された住民の29%であった⁵⁾。

そこで豪雨が予測される場合は、貯留している雨水を事前に排出する必要があると考えられる。あわせて、タンクへの流入量と流出量を測定する事により、屋根に降る降雨量を正確に測定する事が可能であると考えられる。このようなスマート雨水タンクを多数設置し、これらを無線回線で相互接続する事により、インターネットに接続するコストを下げるとともに、データの収集や予備放流を、インターネットを経由してクラウドと接続することにより可能になる。また大規模災害時には低速ではあるが独立系のネ

ネットワークとしても利用可能である。

3. 研究の方法

(1) 概要

(株)大建が開発した集合住宅である荻浦ガーデンサバーク(図3)に設置されている110tの雨水タンクをスマート化することにした。具体的には、図2に示すように水位計、流量計の各センサーからウッドデッキの下に110tのタンクが設置されている。

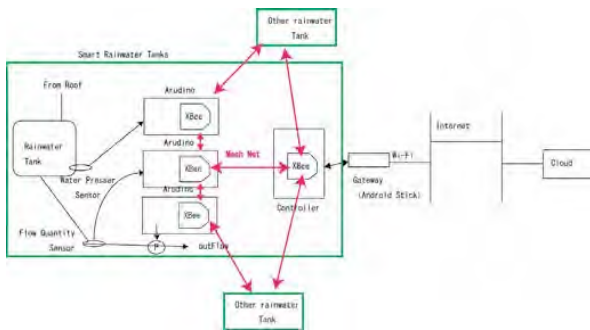


図2 雨水グリッドの全体概要図¹⁾



図3 荻浦ガーデンサバーク

このデータ取り込みと放流用のポンプのコントロールに Arduino Mega 基板を用い、XBeeを用いて 2.4GHzの無線PANで相互接続する。インターネットとの接続のためのゲートウェイは Android OS が動作する HDMI ステイック等を利用し WiFi 等を用いる。なお、洪水抑制には 300 リットルタンクでは不十分であり、最近建築学会では 100 m²当たり 6 トンの貯留を推奨している。これは降雨量 60mm に当り、提言の 1 時間 100mm の降雨に対応した河川・流域整備目標の 60%をカバーすることに相当する。

(2) 設置したセンサーと可視化

今回設置したセンサーは水位センサーおよび流量センサーである。図4に示す10tのタンクに図5に示すように投入式のセンサーを設置し、センサーノードから Arduino に内蔵の 10bitA/D 変換器を用いてテストした

所、最小分解能が 1 cmであった。これは小型で水位変動が大きな小型の雨水タンクでは十分な精度であるが、本研究の 110tタンクでは、わずかな水位でも貯留量の変動が大きいため、mm単位の精度の確保を目標とし、16bitA/D 変換器を搭載したオリジナルシールドを付設した Arduino 基板(図6)を用いる事にした。Arduino から XBee 経由でゲートウェイとして利用している Android Tablet の Nexus7 を図7に示す。

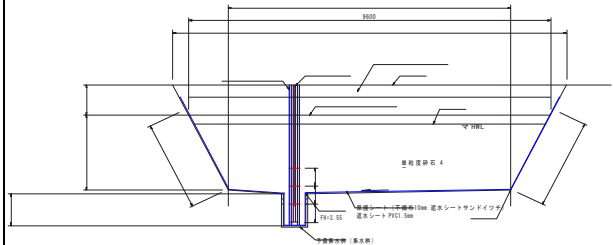


図4 110t 雨水タンクの断面図



図5 水位センサーの雨水タンクへの投入



図6 16bit A/D 変換シールドを搭載した Arduino およびXBees シールドによる水位センサーノード



図7 Android タブレットによる各ノードのコントロール



図8 流量センサーモジュール

(3) それ以外のセンサーノード

① 流量センサーノード

トイレや庭の散水でどれだけの量が消費されているかを計測するために、図8に示す流量センサーノードを設置した。この流量センサーは1リットル流れるごとに積算するとともにパルスを発生するのでこれを流量センサーノードでカウントする。

② 流量センサーノード2

ポンプで排出される量を計測するには、前述の流量センサーでも容量が不足するため、三角堰を特注し、その貯留側水位を水位センサーで検出し、JIS公式を用いて流量を計算する。このため、水位検出の精度は1mm単位で必要なため、16bitA/D変換器搭載のノードを用いることにする。

(4) アクチュエータノード

タンクが豪雨で満杯になるのを避けるため事前放流用のポンプを動作させるモーターシールドを追加したアクチュエータノードを図9に示す。またDC12Vで動作する水中ポンプを図10に示す。毎分189リットルとポンプの容量が小さいのはバッテリーバックアップを容易にするためで、これを最終的に4本束ねて運用する予定である。

(5) 豪雨の発生診断

過去の情報を有効に利用可能にするツールとして、自己組織化マップを利用して、台風や前線活動に伴った当時の気象状況と豪雨や災害の状況を有機的に結びつけ、豪雨の発生を診断し、その気象状況 (NCAR/NCEP再解析データ利用) と類似する過去の気象状況と当時の豪雨災害履歴を検索するシステムを考案した⁶⁾。

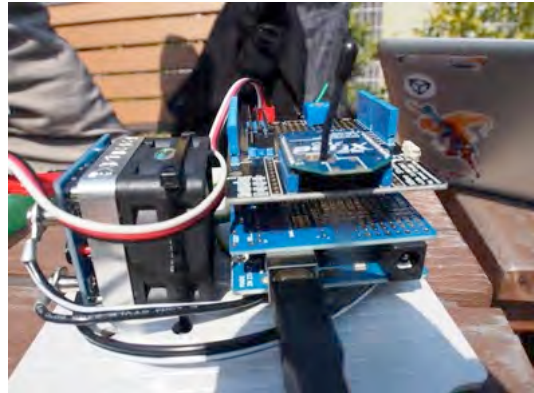


図9 モーターをPWM制御するモジュールを追加したアクチュエータノード



図10 排出用ポンプ

4. 研究成果

(1) センサーモニタリングとアクチュエータの動作

水位センサーノード、流量センサーノードから受信したデータは、WiFiおよびインターネット回線を経由してクラウドであるAWSのBeanstalkに送られる。送られたデータはCakePHPで構成された受信プログラムを介しMySQLデータベースに格納される。それと同時に、JavaScriptにより図11のようにほぼリアルタイムに表示される。PCのWebだけでなくスマホやタブレットでも表示可能である。またポンプのリモート動作も確認し

た。

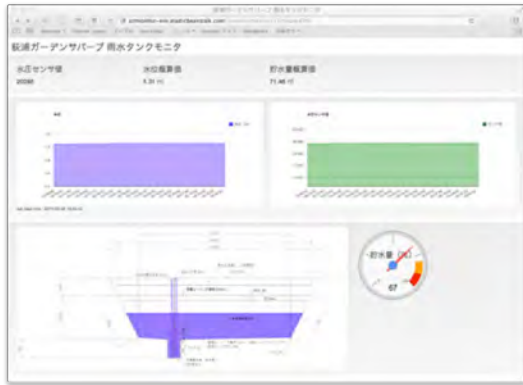


図 11 センサーモニタリングデータの Web 表示画面

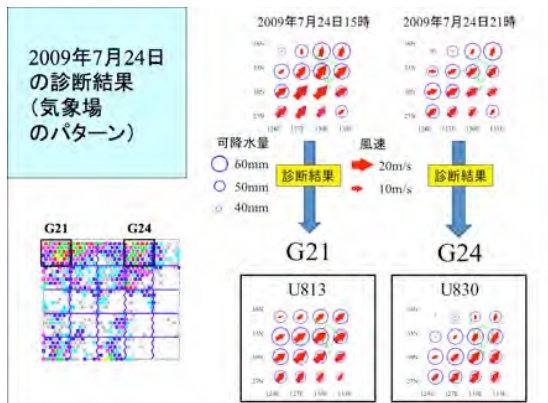


図 12 SOM による豪雨発生診断結果 (2009年7月24日対象)

(2) 豪雨の発生診断

具体的に、2009年7月24日福岡都市圏に豪雨をもたらした事例をSOMによって診断すると、類似事例として1999年6月29日の福岡豪雨が含まれていることがわかり、当時の豪雨や災害の特徴を抽出することができた(図12)。その結果、時間雨量50mm以上を記録した地点は延べ139地点あり、U813パターンで67地点中60地点(89.6%)、U830パターンで72地点中51地点(70.8%)が熊本県以北で豪雨が発生していたことがわかった。特にU830パターン(玄界灘上の前線上を小低気圧が通過するようなパターン)では時間雨量70mm以上の豪雨を警戒する必要がある。

従って、豪雨が発生すると予想される際には、このシステムを利用することによって、気象場のパターンを診断し、どの地域に、過去のどの程度の雨量をもたらしたかを知ることができる。

(3) まとめ

現在開発中のスマート雨水タンクを多数接続した雨水グリッドは市民のサポートが

あって初めて成立するため、大型雨水タンクの市民への浸透が課題である。その先駆として萩浦ガーデンサバールは極めて重要であると考えられる。

今後は残るノードを梅雨までに設置し、実際の豪雨に対してスマート雨水タンクが、どの程度有効であるかを検証したい。

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)

①Development of Smart Rainwater Tanks, Toshiyuki Moriyama, Shinobu Izumi, Katsuhiro Morishita, Koji Nishiyama, Yasuo Musashi, Ryoichi Watanabe, Yukihiro Shimatani, Sampei Yamashita, Tomoko Minagawa, Hironori Hayashi, Hiroki Iyooka, Proc. of IAHR, 2013, 電子版

②Nishiyama, K., Diagnosis of climate and weather, Climate Change Modeling, Mitigation, and Adaptation, Chapter 17, pp.471-493, ASCE books, American Society of Civil Engineers, 2013.1.

[学会発表] (計3件)

①市民共働による雨水グリッドの開発、森山聡之、和泉信生、森下功啓、西山浩司、武藏泰雄、島谷幸宏、山下三平、渡辺亮一、伊豫岡浩樹、角銅久美子、山下輝和、河喜多勝、日本災害情報学会第13回学会大会予稿集、2013年10月27日～28日、pp328-331群馬大学(桐生市)

②雨水グリッドの開発について、森山聡之、和泉信生、森下功啓、西山浩司、武藏泰雄、渡辺亮一、河喜多勝、電気通信情報学会ソサエティ大会、2013年9月17日～20日、福岡工業大学(福岡市)

③スマート雨水タンクの実験的研究～分散型多目的市民ダムを目指して～、森山聡之、和泉信生、森下功啓、西山浩司、渡辺亮一、島谷幸宏、河喜多勝、武藏泰雄、電子通信情報学会知的環境とセンサーネットワーク研究会(ASN)、2014年5月29日～30日、東京大学(東京都)

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況（計0件）

〔その他〕

ホームページ等：萩浦スマート雨水タンクの
モニタリング Web ページ

<http://oginoura.bit.ly/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森山 聡之 (MOROYAMA, Toshiyuki)
福岡工業大学・社会環境学部・教授
研究者番号：5 0 1 3 6 5 3 4

(2) 研究分担者

和泉 信生 (IZUMI, Shinobu)
崇城大学・情報学部・助教
研究者番号：6 0 5 5 3 5 8 4

渡邊 亮一 (WATANABE, Ryouichi)
福岡大学・工学部・准教授
研究者番号：5 0 2 9 9 5 4 1

西山 浩司 (NISHIYAMA, Kouji)
九州大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号：2 0 2 6 4 0 4 7

武蔵 泰雄 (MUSASHI, Yasuo)
熊本大学・学内共同利用施設等・准教授
研究者番号：1 0 2 7 1 1 3 1

(3) 連携研究者

なし

参考文献

- 1) 樋井川流域治水市民会議：ホームページ
<https://sites.google.com/site/hihikawashiminkaigi/> 2014.2.1現在
- 2) 森山 聡之、和泉 信生、森下 功啓、
渡辺 亮一、武蔵 泰雄、河喜多 勝、
スマート雨水タンクと降水レーダを用
いた防災情報システムの開発、福岡工業
大学環境科学研究所所報、第7巻、2013.3
- 3) 福岡県、樋井川水系河川整備基本方針、
2013
- 4) 福岡県、樋井川水系河川整備計画原案、
2013
- 5) 家庭用雨水貯留タンクによる流出抑制効
果の確認と使用状況に関する研究、木原
玲央、渡辺 亮一、山崎 惟義、伊豫岡
宏樹、角銅 久美子、坪井 将代、土木

学会西部支部研究発表会、2013.3

- 6) Nishiyama, K., Diagnosis of climate
and weather, Climate Change Modeling,
Mitigation, and Adaptation, Chapter
17, pp.471-493, ASCE books, American
Society of Civil Engineers, 2013.1.
- 7) Development of Smart Rainwater Tanks,
Toshiyuki Moriyama, Shinobu Izumi,
Katsuhiko Morishita, Koji Nishiyama,
Yasuo Musashi, Ryoichi Watanabe,
Yukihiro Shimatani, Sampei Yamashita,
Tomoko Minagawa, Hironori Hayashi,
Hiroki Iyooka, Proc. of IAHR, 2013, 電
子版

謝辞

本研究は（株）大建から全面的に協力を
頂いた。NCAR/NCEPデータはNCEPWebからダ
ウンロードし、AMeDASデータは気象庁Web
から転記した。記して謝意を表す。