

気象センサネットワークを活用した 災害情報提供による高校生への防災教育

廣井 慧^{1,3,a)} 妙中 雄三² 横山 仁³ 中谷 剛⁴ 三隅 良平⁴ 中山 雅哉² 砂原 秀樹¹

概要：近年、都市部において短時間強雨等、局地的な極端現象の発生が増加傾向にあることが指摘されている。突発的に発生する短時間強雨は、事前の予測が難しく高い危険回避能力が求められる。本研究では高校生を例にとり短時間強雨のような水害の危険回避のための情報伝達を行う。情報伝達には降雨現象を数値化するシステムを活用し、高校生がリアルタイムで情報を入手する環境を構築する。実際に降雨が発生している状況下で短時間強雨の観測値と被災状況を比較することで、観測値に対する理解と水害の危険に関する認識を高めさせる。その結果、危険回避をする防災対応能力の向上させ、本研究で目的とする防災教育の実施が可能となる。本稿では降雨の現象をリアルタイムで数値化するシステムを用いて、高校生が部活動中や帰宅中に数値情報を入手するための受信機器や提示する情報内容、提示方法の検討を行う。選定した受信機器にリアルタイムで数値情報を送信するためのシステムを構築し、高校生に対する情報提供の影響に関する分析結果を示す。

A Study on Sensor Networks for Efficient Scheme of Local Heavy Rains: Communication Environment for High School Students

KEI HIROI^{1,3,a)} YUZO TAENAKA² HITOSHI YOKOYAMA³ TSUYOSHI NAKATANI⁴ RYOHEI MISUMI⁴
MASAYA NAKAYAMA² HIDEKI SUNAHARA¹

1. 背景

近年、都市部において短時間強雨等、局地的な極端現象の発生が増加傾向にある [1][2]。直径 10km にも満たない極めて狭い範囲で急速に発生する短時間強雨が都市域に及ぼす影響は大きく、2008 年 8 月の東京都豊島区での下水道死亡事故や、2010 年 7 月の板橋区や北区での浸水被害等、毎年人的被害を含む被害が起き、早急な対応策が求められている。

そこで本研究では、短時間強雨に対する防災対応能力の

向上を目指した防災教育を実施している。現状、携帯電話、インターネット等から気象に関する情報が数値情報として提供されている。短時間強雨をはじめとする水害への防災対応能力を身につけるためには、提供される数値情報を理解して、発生する現象と危険を予想し、身を守る行動をとる必要がある。そのため、数値情報を理解し、身を守る行動へ繋げることを目的とし、数値情報から発生する現象を予想できるようにするため、現象を適切に表現した数値情報を提供することで短時間強雨の現象とその影響の理解を促す防災教育を行っている。数値情報に対する認識能力を高めることによって、目的とする、身を守る行動へつながる防災教育の実施が可能になると考えられる。本稿では、現象にあわせた数値情報を適切なタイミングで提供する方法について検討を行う。

2. 防災教育の目的

本研究では、短時間強雨に対する防災対応能力を高め、人々が提供される数値情報を理解して、発生する現象と危

¹ 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Graduate School of Media Design, Keio University

² 東京大学 情報基盤センター
Information Technology Center, The University of Tokyo

³ 公益財団法人 東京都環境公社 東京都環境科学研究所
Tokyo Metropolitan Research Institute for Environmental Protection

⁴ 独立行政法人 防災科学技術研究所
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

a) k.hiroi@kmd.keio.ac.jp

険を予想し、身を守る行動をとるための防災教育を目指している。この防災教育を実施するため、提供される数値情報を理解して発生する現象を予想するまでの情報認識能力の向上に着目した。

現状、人が数値に対して感じる降雨の影響と実際の現象には相違がある。実際に現象を見ながら数値情報を理解することで、数値情報の示す意味を正しく認識し、短時間強雨の及ぼす影響や危険を予想する訓練を行うことが目的である。はじめに数値情報を提示し、高校生に A. 数値情報の内容を把握させる（図 1）。数値情報を把握した上で次に実際に起きている B. 数値現象を体験させる。C. 数値情報と行った体験を比較することで、現象と数値情報の適切な組み合わせを理解することが可能となる。高校生が数値情報や現象に対する興味を持てるように D. 興味を喚起し、ここまでの 3 つの教育項目を繰り返し実施する。図 1 に示す教育項目を繰り返すことで、高校生は数値情報と現象をあわせて理解することが可能となり、情報の認識能力が向上すると考える。

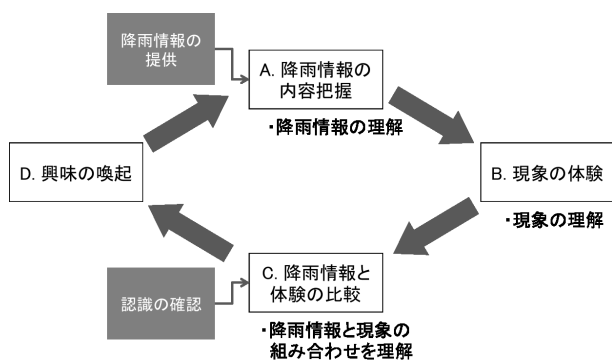


図 1 防災教育の教育項目

本研究ではこれまでに、発生する現象を的確に数値化し、高校生に情報提示をするための取り組みを行ってきた [4]。気象センサネットワークや気象レーダの観測値は、観測対象、位置のずれにより実際の現象とずれがある。そのため、高密度に設置された雨量計による地上気象観測網と高精度レーダによる降雨強度分布観測網を組み合わせることで、実際の現象と一致した数値情報を生成し、目的とする防災教育の実施ができるようになった。

3. 数値情報の提示に関する問題

実際の現象と数値情報を合わせて提示することで、数値情報の示す意味を正しく認識し、短時間強雨の及ぼす影響や危険の予想に繋げる。本研究では、携帯電話からメール、Twitter 等の SNS サービスを通じて、生成した数値情報を入手することを想定してきた。2013 年度現在、専用の携帯電話を保有している高校生は全体の 97.6 % にのぼり、ほとんどの高校生が携帯電話を活用して数値情報を入手することが可能であると考えたことが理由となる。しかし以下の

問題点により、これらのツールでは現象に合わせた数値情報を受け取ることが難しく、想定していた防災教育の実施に繋がらないと考えられる。

3.1 リアルタイムでの情報入手の難しさ

当初、本研究では高校生が通学中に降雨が発生した際の情報提示を想定していた。その理由として、通学時間帯に降雨が発生した場合、先生等の教育者からの指示が得にくく、高校生が自主的に危険回避行動をとる必要があり、通学中における危険を想定することが重要であると考えたためである。しかし、降雨は通学中だけではなく、授業時間帯においても観測される。校舎外のグラウンドで実施される体育や部活動中においても降雨に遭遇する可能性はある。そのため、通学中に留まらず、校内での活動中においても本研究の防災教育を実施する必要があると考えた。

しかし、文部科学省では 2009 年に、学校の携帯電話の取扱いについて、小・中学校では原則持ち込み禁止、高校では校内での使用制限等を行う方針を発表している。そのため、校内にいる際に降雨が観測された場合、携帯電話を通じた情報提供では降雨が発生した時間と情報を閲覧する時間にずれが生じる可能性がある。つまり本防災教育で想定していた気象現象と数値情報を合わせて提示することが難しい。

3.2 携帯電話の使用に関する制限

携帯電話を使用することによる制約が、本防災教育を展開する上で問題となる。はじめに、携帯電話を活用した情報提示では、数値情報の受信登録や管理が必要となる。そのため、今後、本防災教育を様々な高校へ導入する場合、数値情報を受信するかどうか、受信した数値情報を目にするかどうかの判断が高校生に委ねられることとなる。つまり受信登録の可否や管理状況が防災教育の効果に影響する可能性があり、本防災教育を多くの高校に導入するうえで、問題になると考えられる。

さらに携帯電話を所持していない学生に対する情報提示が行えないという問題がある。本防災教育を高校生以外の学生に拡大する場合、携帯の所有率は中学生、小学生で、46.2 %、24.1 % であり、携帯電話を活用した本防災教育を実施することが難しい。そのため、携帯電話での情報提示は、他の世代への拡大する障壁となる可能性がある。

ここまでに挙げた問題により、携帯電話を用いた場合、目的としている気象現象に合わせた情報の提示が難しい。そのため、本研究で目的とする防災教育を実施するためには、携帯電話以外での情報機器を用いた情報提示を行うことが必要となる。そのため本稿では、携帯電話のような個人に対して情報提示できる情報機器に捉われず、高校のような教育施設でもリアルタイムに情報を入手できる環境の構築を行う。本稿の防災教育環境により、気象現象に合わ

せたタイミングで情報を受け取ることができるようになり、本防災教育の推進を図ることができると考えられる。

4. 数値情報の情報提示システムの提案

気象センサネットワークを活用した高校生への防災教育を実現するために、高校の教育設備を活用した情報提供環境の構築を行う。情報提供環境の構築にあたり、はじめに高校生にヒアリング調査を行い、高校生が情報提供に求める事項の整理を行った。次に学校における高校生の行動を分類し、数値情報を提示するために活用できる情報機器の選定を行った。これらの結果をもとに、数値情報を提示するための情報提示システムを構築するとともに、情報提示システムを用いた防災教育の流れについてまとめた。

4.1 情報提示によって得られる防災教育効果と測定事項

本防災教育の目的は、2章で示したように短時間強雨に対する防災対応能力を高めることであり、数値情報を提供し、現象との認識を高め危険回避行動を促進する。そのために、本稿では情報提示によって高校生が以下の効果を得ることを目標とした。

- 気象現象と数値情報の関係を理解する
- 気象現象と発生する危険の関係を理解する

以上より、情報提示により高校生の数値情報に対する理解の変化、危険回避行動の変化を測定する。

4.2 数値情報を提示するための情報機器

高校生に数値情報を提示する情報機器を決定するために、被験者である高校生の短時間強雨に対する意識を調査し、数値情報の提示に適した情報機器の選定を行う。調査対象は、短時間強雨の発生が多い地域の高校生に対して多段抽出法を用いた無作為抽出を行って抽出した。ただし短時間強雨にあった経験のない学生のみを対象としている。

4.2.1 高校生の数値情報の受信に対する意識

高校生を対象に現状、数値情報の受信に対して抱いている意識を調査した。聞き取りは質問紙を用いた集団調査で行い、高校第1学年の男女22名を対象とした。聞き取りは複数回答で以下の項目とした。

- 数値情報を受け取るために適している情報機器/ツール
- 上記の情報機器/ツールが適していると考えた理由

聞き取りの結果、表1の情報機器/ツールがあがった。最も多かった回答は携帯電話のメールだった。その理由として、「移動中に情報が確認できる」という回答があった。次に回答が多かった情報機器/ツールはテレビだった。テレビを挙げた理由として「テレビの情報は安全だから」という回答が得られた。

以上のことから、高校生に情報提示を行うために

- (1) 携帯電話を使えない校舎内での移動中に情報を確認できること

表 1 数値情報の受信に適している情報機器/ツール

情報機器	回答者数
携帯電話のメール	13
テレビ	7
SNS	3
Webのニュース	1
公共施設の電光掲示板	1

- (2) 信頼できる情報提供手段を活用することを条件として挙げる。

4.2.2 使用する情報機器の選定

数値情報のような気象、災害に関わる情報を提示するための方法として、音声、サイン、テキスト、画像（地図情報）等が考えられる。条件1のような移動中でも場所に捉われず使用できる提示方法として、音声による情報提示を選択することとした。条件2に挙げた信頼できる情報源とするために、先生や生徒同士でのリアルタイムでの情報提示を想定している。また、授業中のような音声による情報提示を行いきにくい状況や、長時間、情報提示を行わなければならない状況を想定し、高校生の行動拠点に情報提示システムを設置することとした。

4.3 情報提示環境の構築

4.3.1 高校生の行動の分類

高校での高校生の活動は、授業時間内（屋内授業、屋外授業）、授業時間外（休み時間、部活動、下校時）に分けられる。この中から移動に着目し、高校生の一般的な行動を3つに分類した。

- 校舎内にいる高校生
- 校舎から出ようとしている高校生
- 校庭にいる高校生

以上の3つの行動を行っている高校生に対し、情報提示を行う。

4.3.2 情報提示システムの設置場所

次に前項で述べた行動をとっている高校生に対し、情報提示をする地点についての検討を行う。まず、校舎内にいる高校生は屋内授業時、もしくは休み時間であると考えられる。この場合、提示する情報について内容理解のための時間を多く取ることができると考えられるため、テキスト、画像（地図情報）での情報提示を行う。また、授業や校内での活動の妨げとなる可能性があるため、音声による情報提示は行わない。そのため、校舎内にいる高校生に対しては教室や図書室等、情報提示を行う場所を数カ所設けることとした。

次に、校舎から出ようとしている高校生は、下校時、もしくは屋外授業への移動が考えられる。下校時の高校生は、高校から離れた場所への移動を行うため、画像を用いて地図情報での情報提示を行う。また、移動中の高校生に対しては、迅速に情報を提示するために、サインを用いた情報

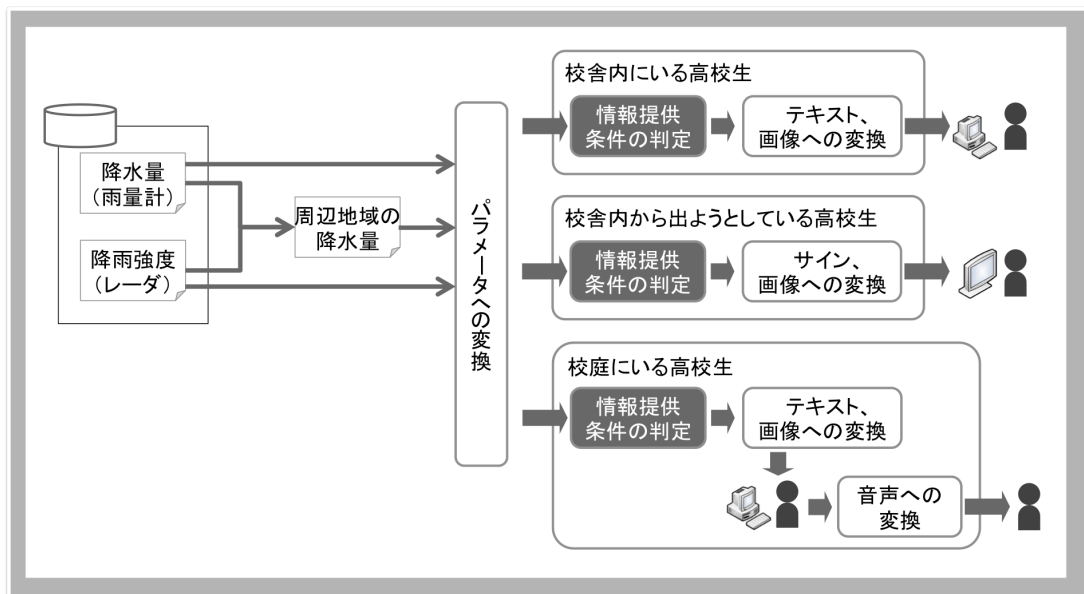


図 2 情報提示システムの構造

提示を行うこととする。これらの高校生は外へ出るために下駄箱で靴を履き替える。そのため、下駄箱が設置してある玄関や通用口付近への設置を行う。

最後に校庭にいる高校生に対しての情報提示方法について述べる。校庭にいる高校生は体育の授業、部活動を行っていると考えられる。そのため、校庭内を移動していることが多く、視覚を用いた情報提示により情報を確認することは難しいと考えられる。また、校舎外にいる高校生は特に屋内への退避のような危険回避行動をとる必要がある。そのため、校庭にいる高校生に対しては音声を用いて、情報提供手段として様々な災害発生時に特に有効である、人による声かけを活用することとした [5][6]。人を介した情報伝達を行うことによって、情報に対し信頼することができ、気象現象、発生する危険の理解や危険回避行動を促進することが可能となる。

4.4 高校生に対する情報提示システムの構成

高校生に対する情報提示システムの構造を図2に示す。本防災教育で生成した数値情報を提供することとした [4]。一般的な降水の観測値は、地上での実測値とずれが生じることが多いが、この数値情報を用いることで、地上で起きている気象現象を的確に数値化することが可能となる。生成した数値情報は、それぞれ情報提示システムの設置箇所に応じて、情報提供の実施の判定を行う。校舎内から出ようとしている高校生、校庭にいる高校生に対しては、雨が降る前、雨の降り始めから数値情報を提示することが求められる。数値情報によって、高校生が校舎内に留まったり、傘を持って外出する等、危険回避行動に繋がる行動を行うことができる。一方で校舎内にいる高校生に対しては、授業等の他活動を行っている可能性があるため頻繁な情報提

示より、雨が極大値に達する前後で数値情報の提示を行うことが適していると考えた。以上のような、設置場所や高校生の行動によって、情報提供を行う条件を設定した。情報提供の判定を行った後はそれぞれの情報提示システムに合わせた情報形式へと数値情報を変換し、高校生への提示を行う。校庭にいる高校生に対しては、先生への情報提示を行い、先生たちから校舎内の放送システムを用いて高校生へ情報提供することとした。

4.5 情報提示システムの例

図3に実際の情報提示システムの例を示す。この情報提示システムは校舎外へ出ようとしている高校生に対して行うサイン、画像での情報提示となる。サインは簡易な信号を用いることとし、降雨があるときもしくは降雨の可能性があるとき、降雨がないときの2つのパターンで提示を行った。これは簡易な信号で表現することで、歩行中の高校生が迅速に情報内容を理解することを目的とした。また、信号の示している情報の根拠として画像を用いて周辺の降雨の様子を提示することで、高校生が現状、学校周辺がどのような降雨の状況にあるか判断するための情報とした。

4.6 情報提示システムを用いた防災教育の流れ

情報提示システムを用いた防災教育の流れは3つに分類できる(図4)。校舎内にいる高校生に対しては、雨が極大値に達する前後に情報提示を行い、図1で示したA.数値情報の内容把握、B.現象の体験、C.数値情報と体験の比較を行う。雨が極大値に達する前後に、現状の降水量の数値情報を提示する。高校生は提示された数値情報により現状、降っている雨の強さを理解する。次に、校舎内から屋外の雨の様子を観察することによって、現在どの程度雨

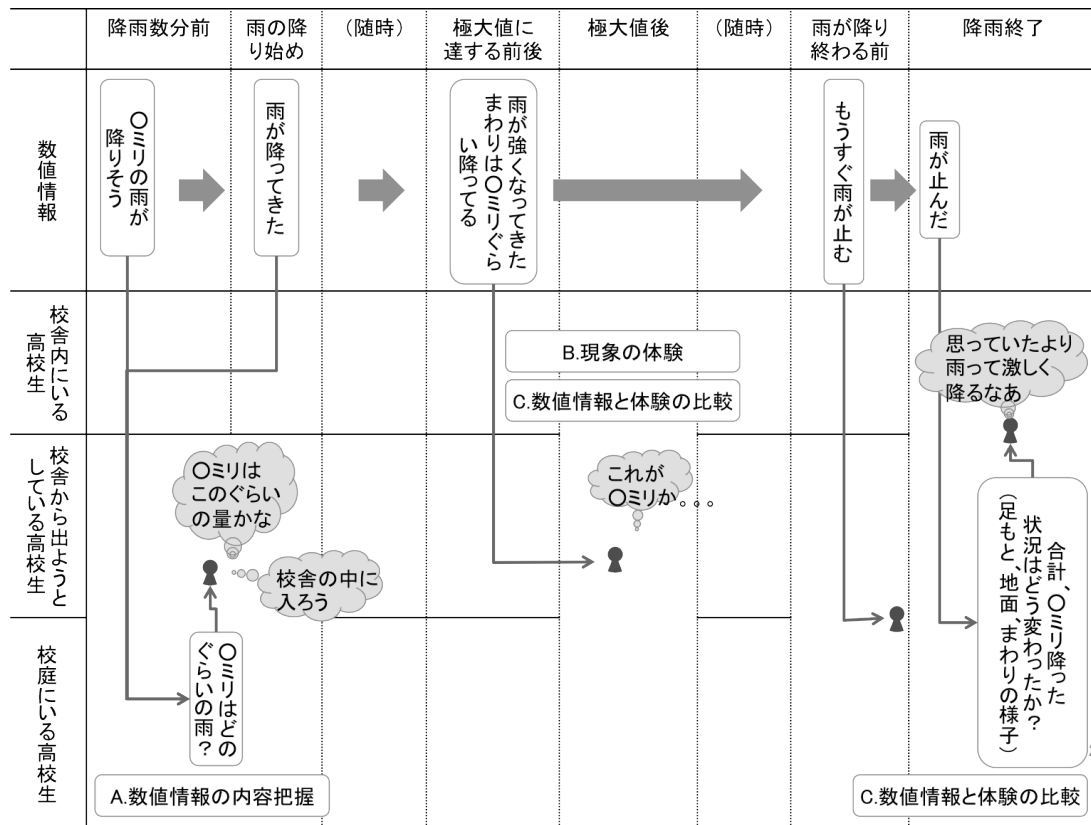


図 4 情報提示システムを用いた防災教育の流れ



図 3 情報提示システムの例 (サイン、画像)

が降っているのか、降雨について現象の体験を行う。理解した数値情報と実際に体験した現象を比較することによって、数値情報と現象の正しい組み合わせを理解する。

校舎から出ようとしている高校生、校庭にいる高校生に対しては、降雨前、雨の降り始めから情報提示を行い、実際の降水量を予想させ、極大値前後での情報提示による A. 数値情報の内容把握、B. 現象の体験、C. 数値情報と体験を促進する。降雨前や雨の降り始めに降雨があることを知らせ、予想される降水量を数値情報として提示する。高校生は、提示された降水量から実際に発生する降雨の現象について予想を行う。降水量が大きい場合、校舎から出ようとしている高校生に対し、校舎内へ留まること、もしくは

傘を持って屋外へ出るよう伝える。校庭にいる高校生には屋内への退避を促す。このことで高校生に対し、提示された降水量に対して、どのような行動をとればよいのか予想をさせる。さらに、降雨が極大値に達する前後に数値情報を提示することで、校舎内にいる高校生と同様に数値情報と現象の正しい組み合わせを理解させる。

最後に雨が降り終わる前、降雨終了のタイミングで、校舎内、校庭にいるすべての高校生に対し、情報提示を行う。このとき実際に降った降水量を数値情報として提示することで、実際に体験した現象との比較を行い、現象との組み合わせを理解させる。以上の流れで、4.1 節で目的とした気象現象に対する理解を深め、自主的な危険回避行動を促進する。

5. 考察

本防災教育は図 1 に示した A から D までの項目を高校生に行うことによって、危険回避をする防災対応能力を向上させることが目的となる。図 4 で示した防災教育の流れで、A、B、C にあたる項目を実施する。さらに、継続的に A から C までの項目を繰り返すためには D の高校生の興味を喚起することが必要となる。数値情報を提示するのみであれば、慣れや飽きが生じて提示された情報に対する注目が薄れてしまう恐れがある。そのため、本稿では降雨のような気象現象に対して高校生が関心を持てる情報を与え

ることによって高校生の数値情報に対する興味を喚起し、継続的な防災教育の実施を図ることとする。気象現象に関する出前授業を定期的実施し、提示される数値情報の理解促進を検討している。出前授業の内容については高校生が気象に対して関心を持っている項目について聞き取り調査を行い、調査結果に基づいて実施する。具体的には、降雨が発生する仕組み、降雨と数値情報の関係、降雨と交通のような社会生活との関係についての授業を予定している。

構築した情報提示システムは、音声、サイン、テキスト、画像を用いて降雨の数値情報を提供し、リアルタイムで高校生が情報を入手するためのシステムとなる。しかし、音声以外の情報では情報が提供された際に、情報が提示されたことに気がつくための工夫が必要となる。特に、本研究で用いた先生のような人間が介在する情報提示システムを用いた場合、先生が情報に気づくまでに時間がかかった方場合、高校生が情報を入手するまでの時間に遅延が生じる可能性がある。そのために、降雨の開始前は音声を活用する等、情報が提示されたことに気づかせる仕組みを取り入れる必要がある。

謝辞 本研究の一部は、環境省の環境研究総合推進費(S-8)、科学技術戦略推進費(科学技術振興機構/文部科学省)「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」によるものである。ここに記して謝意を表す。本研究に全面的なご協力を頂いた東京都環境科学研究所の安藤晴夫氏、松本太氏、瀬戸芳一氏に深謝する。

参考文献

- [1] 鈴木由人, 甲斐憲次: 関東地方におけるヒートアイランドと夏季雷雨に関する研究-1995年8月2日の事例解析, 日本気象学会大会講演良予稿集 89, 2006
- [2] 小林 文明: ヒートアイランドが降水におよぼす影響-東京周辺における積乱雲の発達-日本気象学会 2003 年度春季大会シンポジウム「ヒートアイランド-熱帯夜の熱収支」, 2004
- [3] 藤部文昭, 戸川裕樹, 阪田 正明: 東京都心における暖候期午後の短時間降水の増加傾向-118 年間の毎時資料による解析-, 日本気象学会大会講演予稿集 94, 2008
- [4] 廣井慧, 横山仁, 中谷剛, 瀬戸芳一, 安藤晴夫, 三隅良平, 妙中雄三, 中山雅哉, 砂原秀樹: 短時間強雨等の局地的極端現象に対する高校生の防災意識向上に向けた気象センサーネットワークの活用, 情報処理学会論文誌コンシューマ・デバイス&システム, Vol.3, No.1, pp.10-20, 2013
- [5] 日本災害情報学会 2008 年 8 月末豪雨等調査団 (赤石一英, 厚田大祐, 天野篤, 板井秀泰, 宇田川真之, 大原美保, 小野田恵一, 川口和哉, 蔡垂功, 須見徹太郎, 関谷直也, 高橋淳夫, 武居信介, 田中純一, 谷原和憲, 中村功, 中村信郎, 新堀賢志, 布村明彦, 廣井慧, 松尾一郎, 三島和子, 水上知之), 2008 年 8 月末豪雨災害等に関する調査報告, 災害情報, No.7, 日本災害情報学会, 2009
- [6] 廣井慧, 妙中雄三, 砂原秀樹: 水害発生時における災害情報の到達率向上を目的とした情報共通インタフェースの提案, 平成 25 年度第 1 回情報処理学会インターネットと運用技術研究会 (IOT), 2013
- [7] 白木洋平, 樋口篤志, 近藤昭彦: 東京都周辺域における都市環境が降水に及ぼす影響, 環境科学会誌, 22 (3), 2009
- [8] 東京都豪雨対策基本方針, <http://www.metro.tokyo.jp/INET/KEIKAKU/2007/08/DATA/70h8s100.pdf>, 東京都, 2007
- [9] X バンドマルチパラメータレーダ, <http://mp-radar.bosai.go.jp/>, 防災科学技術研究所 (2013.05.01)
- [10] 東京都建設局, 東京水防災総合情報システム, <http://www.kasen-suibo.metro.tokyo.jp/im/tsim0101g.html>, 東京都 (2013.05.01).
- [11] Live E!, <http://www.live-e.org/>, Live E! プロジェクト (2013.05.01).
- [12] レーダ・ナウキャスト, <http://www.jma.go.jp/>, 気象庁 (2013.05.01).
- [13] 東京アメッシュ, <http://tokyo-ame.jwa.or.jp/>, 東京都下水道局 (2013.05.01).