

変化する降雨状況を静止画で表す可視化手法の開発

兵吾 勇貴^{1,a)} 鈴木 浩子² 古川 忠延² 三末 和男^{3,b)}

概要: 甚大な被害をもたらす降雨災害を防ぐためには、現況の把握ならびに降雨地域の拡大を見極めることが重要である。我々は降雨メッシュデータに基いて、降雨を受けた地域および当該地域が移動する方向を静止画によって表現する手法を開発した。開発した手法は、矢印により降雨地域の移動の方向を表し、同時に現時点で雨の降っている地域と累積の雨量を色によって表現する。そのため、アニメーションに頼らずに位置情報付き時系列データである降雨データを静止画によって表現できる。本手法により消防団員の意思決定や情報伝達を行うことが容易になる。

キーワード: 可視化, 地理空間情報, 気象データ

Development of visualization technique expressing rainfall changing conditions with a still picture

YUUKI HYOGO^{1,a)} HIROKO SUZUKI² TADANOBU FURUKAWA² KAZUO MISUE^{3,b)}

Abstract: In order to prevent rain disasters bringing serious damage, it is important to grasp the situation and understand the expansion of the rain area. We developed a technique of expressing the area where rain falls and the direction of movement of the affected area. This technique is based on rain mesh data and uses a still image. The developed technique expresses the direction with arrows and shows the values of rainfall or rainfall accumulation with colors. Therefore, it is possible to express the rain data (which is time-series data with location information) using a still picture, without being dependent on animation. Using this technique, it becomes easy to perform decision-making and communication of information between fire brigade members.

Keywords: visualization, geospatial information, meteorological data

1. はじめに

これまで降雨災害は多くの被害をもたらしてきた。これらの発生を防ぐためには、河川の改修とともに、自治体や消防団、地域住民による適切な河川管理や避難指示もあわせて重要である。河川管理や緊急時の対応には各地域の消

防団（水防団）や、近年の改正水防法に基づく地域の企業やボランティア団体が従事している。こうした背景から、日常的に水防の業務に携わっていない人々が刻々と変化する降雨状況を適切に把握する必要が生じている。

水防の観点から利用されるデータには河川の水位の他に、降水量やその累積量がある。この降水量のデータを分析するには、降水量の空間的広がりとその時間的経過に着目し、降水量の推移を見極めることが重要である。しかしながら膨大な観測データから値の推移を見極めることは人間にとって難しい。さらに日頃からこうした数値データを見慣れていない人にとっては誤った判断の原因ともなる。

我々は、降雨データの読み取りを専門的に行っていない人に対して、降雨データを元に降雨の起きている場所と降

¹ 筑波大学大学院システム情報工学研究科
Graduate School of Systems and Information Engineering,
University of Tsukuba

² 富士通研究所
Fujitsu Laboratories Ltd.

³ 筑波大学システム情報系
Faculty of Engineering, Information and Systems, University
of Tsukuba

a) hyogo@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

b) misue@cs.tsukuba.ac.jp

雨がどの方向へ向かって移動してきたのかを静止画像によって提示する可視化手法を開発した。静止画を用いて降雨地域の移動方向を表すことによって、アニメーションによる表現と比べて、読み取りに要する時間を短縮し、印刷物などによって情報共有することが可能となる。開発した手法は、過去の降雨データを元に降雨地域が移動してきた方向を推測し、推測した移動方向を矢印によって表現する。矢印は地図上にメッシュ状に配置され、同時に矢印の色は累積雨量を表現している。またこの移動方向の情報とあわせて、現在降雨が起きている地域と降雨量の情報を色を用いて表現する。この論文において、降雨観測を行うレーダで得られる情報を模した擬似データを利用した。

2. 関連研究

これまで気象情報の可視化は専門家がデータを分析するツールとして用いられてきた。表現方法としては3次元的な表現が用いられ、雲を色の濃淡、風向きを矢印、温度を色相によって表現している。また、流れの描画には流れを表すシンボルの配置や線を用いた流れの表現法が研究されている。

2.1 気象情報の可視化

気象予測や航空機の安全確保のためには大気の立体的な把握が欠かせない。そのため、気象情報の可視化には3次元的な表現が多く用いられている。新井 [1] は、航空機の安全運航のために数値予報の情報を3次元的に可視化するツールを開発した。数値予報は気象庁が提供する情報で、新井が開発したツールでは風向・風速、気温、湿域、露点温度など様々な情報を切り替えて表現できる。表現において風向・風速の表現には矢印を用い、その向きで風向を、色と大きさを用いて風速を表している。またアニメーションを用いて風の状況を把握することを支援している。しかしながら、このツールが対象とする情報は専門家以外にとっては今後の気象状況を判断しにくい。

専門家でない人が見慣れた気象情報の可視化として、藤崎ら [2] は、AMeDAS の情報から地図上に等温線・等圧線を自動で描画するシステムを開発した。しかしながら、藤崎らの開発したシステムは1時刻に対して1枚の静止画像を作成するため、時間的な気象状況の変化を読み解くことが難しい。

2.2 流れの可視化

風や水の流れの表現には、2次元ベクトル空間の可視化手法が用いられており、流れを表す矢印などのシンボルの配置方法や、線を用いた流れの表現方法が提案されている。Field ら [3] は流れの方向を表す矢印が連続的に描画されていると流れの認識が容易となることを示した。更に Turk ら [4] は、矢印ではなく Streamline と呼ぶ線を用いて効果

的に流れの場を表した。また、Laidlaw ら [5] は、流れを表す図形の配置方法や表現方法の異なる手法についてユーザスタディを行った。その結果から Laidlaw らは、それぞれの手法で異なる長所・短所があり、どれを選ぶかはトレードオフ関係にあることを示した。これらの流れの可視化手法は、全体的な流れの方向を表しており、ある領域に絞ったときの流れの方向を表すことを目的としていない。

3. 問題の整理

我々は消防団が水防活動を行う上で必要な情報と、その情報へアクセスする際に生じる問題および考慮すべき事項を整理した。

3.1 水防上必要と考えられる情報

河川管理などのために必要な情報の一つは、降雨地域の移動方向と各地域での降雨量である。強い雨が消防団の管轄する地域に接近するとの情報がわかったとき、状況に応じた資材の準備や団員の召集を迅速に行うことができる。また、どれくらいの雨が降ったのかを示す累積雨量の情報も重要である。

3.2 情報へのアクセスで生じる問題

消防団員らが降雨データから水防上必要と考えられる情報を直接知る際に生じる問題には以下の2つが存在する。

問題1：降雨地域の移動方向を知ることが難しい

問題2：情報伝達において読み誤りが生じる

3.2.1 降雨地域の移動方向を知ることが難しい問題

数値で表される降雨観測データから直接的に降雨地域の移動方向を知るとは、時空間的な広がりを持った情報を幾度も参照する必要があり、人間にとって難しい作業である。降雨地域の移動方向を知るためには空間的広がりを持った複数の観測点の雨量に対して、その時間的な変化を知る必要がある。雨量のデータは主に各地点の雨量計やレーダ観測の結果から得られ、これらは一定時間ごとに計測される。よって2つの時刻で降雨データを見比べれば降雨地域の移動方向がわかるが、そのためには観測地点の空間的な広がりを理解しながら数値情報を見比べる必要がある。この作業は短期的に複数地点の情報を記憶する必要があり、人間に負担を強いる作業である。

3.2.2 情報伝達において読み誤りが生じる問題

消防団員への情報を提示する際には、情報のわかりやすさとその情報の共有のしやすさが重要である。消防団員は非常勤の公務員であり、日頃から降雨データを閲覧していないことが考えられる。そのため降雨データから水防上必要と考えられる情報を読み取ることがうまくできないと考えられる。また、水防活動を行う状況下では団員同士の意思疎通が必要であり、その中には現在の降雨状況の共有も含まれる。状況が共有されなければ、作業指示を行う人と

現場で作業を行う人の中で作業目的のズレが生じてしまい、作業の優先順位付けミス等の原因となる。

4. 対象データ

本研究で用いた気象データは、XバンドMPレーダ^{*1}で得られる情報を模した降雨擬似データである。XバンドMPレーダとは降雨状況を観測するレーダで、従来のCバンドレーダに比べ高頻度（1分間隔の観測が可能）、高分解能（250mメッシュ）での観測が可能である。このレーダから得られる情報は、雨の強さを表す降水強度 [mm/h] のメッシュデータである。

作成した降雨擬似データは、降水強度、時刻、メッシュ位置 (X, Y) の組からなるデータである。このうち時刻は time count とよぶ通し番号によって区別し、そして降雨の位置はメッシュの行 (x)、列 (y) の番号によって指定している。以降、time count = t 、 i 行、 j 列目のメッシュの降水強度を $r_{i,j}(t)$ と表す。これらのデータに対して、任意の time count が指定されたとき、それ以前の降雨状況と降雨地域の移動方向を各メッシュごとに可視化する。実際に研究で用いたデータでは、メッシュサイズを 16×16 とし、60time count 分作成した。また1 time count は実時間における3分として扱った。

5. 提案手法

我々は、水防上必要と考えられる降雨地域の移動方向と降水量を静止画で表現する可視化手法を開発した。問題1を解決するために、降雨データから降雨地域の移動方向を推定するアルゴリズムを作成した。またアルゴリズムによって得られた移動方向や雨量の値を提示する際に生じる問題2を解決する可視化手法を設計した。

5.1 降雨地域の移動の解析と累積雨量の計算

降雨擬似データには降雨地域の移動方向は直接的に記述されていないため、数値情報をもとに移動方向を計算する必要がある。本研究では、過去に降雨のあった地域に対して降雨終了時からの経過時間を用いて移動方向を推測した。 i 行 j 列目のメッシュ領域における降雨終了時からの経過時間 $L_{i,j}(t)$ は以下の式で求められる。

$$L_{i,j}(t) = t - \max\{s | r_{i,j}(s) > 0, s \leq t\} \quad (1)$$

式1で求められた経過時間 $L_{i,j}(t)$ を用いて、降雨地域の移動方向を以下の式によって求める。この式で得られるベクトル $\mathbf{V}_{i,j}(t)$ の方向を降雨地域の移動方向とした。

$$\mathbf{V}_{i,j}(t) = \sum_{k=-w}^w \sum_{l=-w}^w \frac{(L_{i,j}(t) - L_{i+k,j+l}(t))}{\sqrt{k^2 + l^2}} \begin{pmatrix} k \\ l \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで w は計算を行うウィンドウサイズで、 $(i \pm w, j \pm w)$

^{*1} www.river.go.jp/xbandradar/

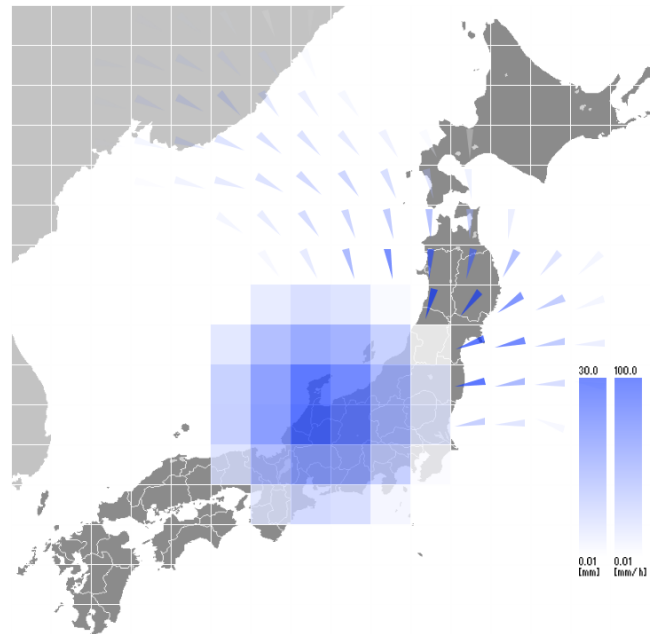


図1: 作成した視覚表現の一例

の範囲のメッシュの情報を用いる。実装上では $w = 2$ とした。また、 $L_{i+k,j+l}(t)$ が0や一定の値を超える場合にはそのメッシュ (k, l) を計算から外す。

また累積雨量 $A_{i,j}(t)$ は以下の式から求めた。

$$A_{i,j}(t) = \sum_{i=t-l}^t r_{i,j}(i) \cdot \frac{u}{60} \quad (3)$$

ここで u は降雨データのサンプリング周期で、研究に用いた擬似データの場合は $u = 3[\text{min}]$ である。

5.2 視覚的表現

各メッシュにおける降雨地域の移動方向および雨量値を、問題2に示した読み取りの誤解が生じないように表す視覚表現を設計した。作成した視覚表現の一例を図1に示す。

作成した視覚表現は、地図上に重畳表示される図形で、time count = t における降水強度 $r_{i,j}(t)$ を表すメッシュと降雨地域の移動方向 $\mathbf{V}_{i,j}(t)$ と累積雨量 $A_{i,j}(t)$ を表す図形の2種類の視覚表現を含んでいる。

5.2.1 降雨地域の可視化

指定された time count において降雨が起きている地域に対して、色によってメッシュの降水強度を表した。図1の中央に見られる各メッシュが塗りつぶされた部分が降雨地域である。各メッシュを右側の凡例に示す色によって塗ることで降水強度を表す。

我々はどういう人でも降水量を適切に読み取ることができるように、以下に示す3種類の配色パターンを用意した。これらの配色で用いる色を図2に示す。

- (1) MONOCHROME
- (2) COPYSAFE
- (3) JMA

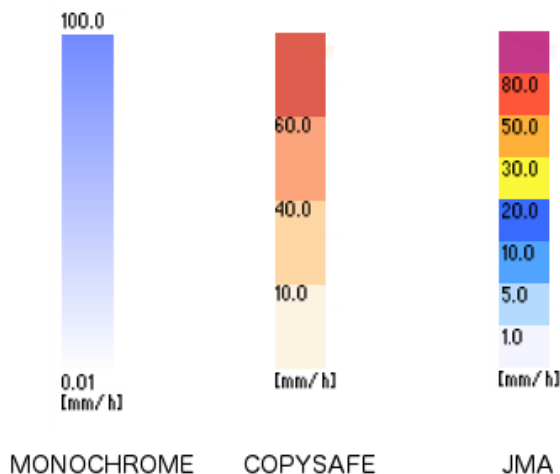


図 2: 表現に用いた 3 種類の配色

MONOCHROME は、降雨強度 0.01[mm/h] から 100[mm/h] までを青色単色の彩度変化によって表現する手法である。ここで、青色は HSB 形式 (値域: 0~360) の色相 230, ブライトネス 360 で、降雨強度によって彩度を 0 から 360 まで変化させた。この表現は、降雨強度を連続的に表現することが可能である。また、単色の変化を用いることで量の大小を見誤ることがすくなくと期待される。COPYSAFE は、色覚異常者でも区別が可能であり、印刷物・液晶ディスプレイ等でも区別しやすい色を用いた表現である。量を 10[mm/h] 以下 (254, 240, 217), 40[mm/h] 以下 (253, 204, 138), 60[mm/h] 以下 (252, 141, 89), 60[mm/h] を超える (215, 48, 31) の 4 通りに表現した (括弧内は RGB 値)。メッシュを塗る際には、背景の地図による影響がある。白黒印刷時には背景と表現が同化する場合があるので、印刷時には背景画像は線画に直すなどの配慮が必要である。JMA の配色は、「気象庁ホームページにおける気象情報の配色に関する設定指針」(平成 24 年 5 月)*2 の表 2-1 (降水量) に示される配色である。この配色はデータを 8 段階で表現する。

5.2.2 降雨地域の移動の可視化

time count = t で、メッシュ $\{(i, j) | r_{i,j}(t) = 0, L_{i,j}(t) \leq B\}$ に対して、降雨地域がどこへ向かって移動していったのかを楔形の図形によって表現した。B は降雨終了からの経過時間の最大値として予め決められた値である。図 1 において降雨地域の右上部分に表示されている楔形の図形が移動方向を表す図形である。ここで、移動の方向は 5.1 節で示した方法によって推測されている。表現に用いている楔形の図形は、細くなっている先端部分の方向が降雨地域の移動している方向である。また楔形の図形の不透明度は

*2 www.jma.go.jp/jma/press/1205/24a/120524hpcolor.html

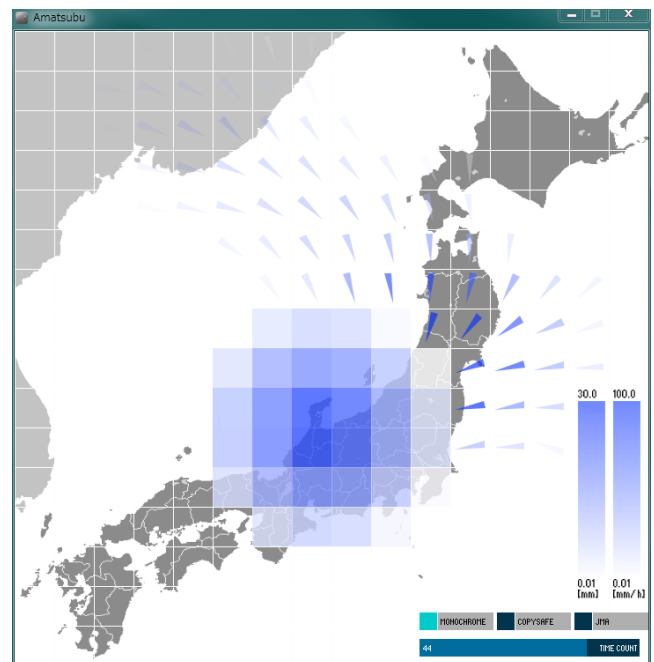


図 3: 作成したツールの外観

降雨終了からの経過時間 $L_{i,j}(t)$ を表し、色相は累積雨量 $A_{i,j}(t)$ を表している。不透明度は降雨終了からの経過時間が長くなるほど小さな値となり、一定時間経過後は完全に透明となる。また、色相による累積雨量の表現には、降雨強度の表現と同じ配色 (図 2) を用いた。

楔形の図形による移動方向の可視化では、1 つの図形で 4 次元の情報を表している。すなわち楔形のシンボルが、平面上の移動の方向 (2 次元)、累積雨量、降雨終了からの経過時間の 4 次元の情報を表している。これは 2 次元ベクトル空間の可視化手法との大きな違いである。

6. 開発したツール

6.1 ツールの概要

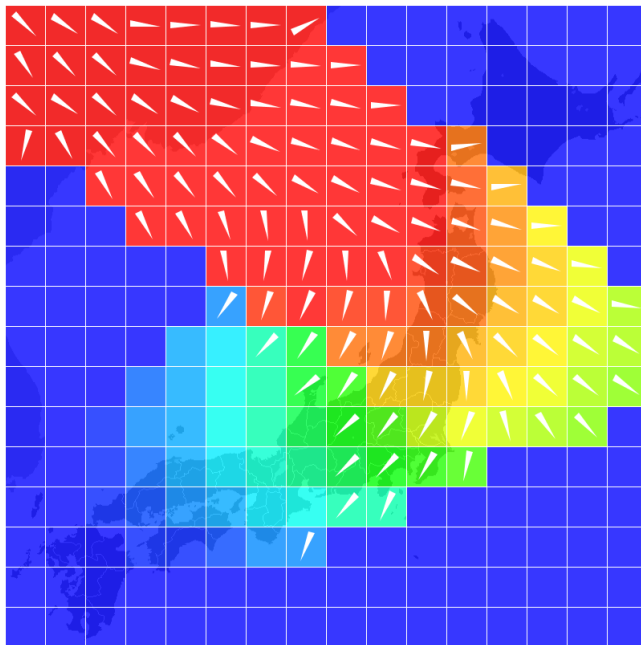
4 章に示す形式の擬似降雨データのファイルを読み込み、提案手法を用いたツールを作成した。ツールの外観を図 3 に示す。ツールは Processing 2.0.1*3 を用いて作成し、スライダーやラジオボタンの部分には controlP5*4 の Library を用いた。

6.2 基本操作

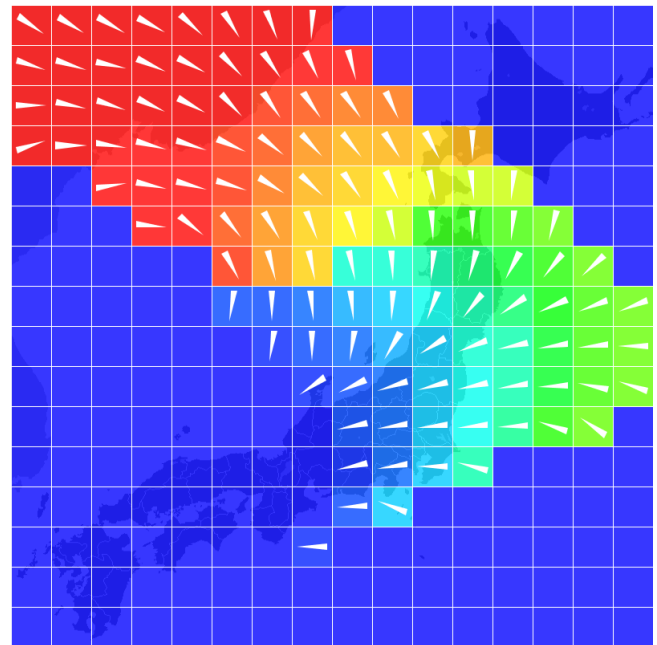
まず、ツールを起動するとファイル選択画面が表示される。ここで、ファイルを選択する。選択が終了すると、選択されたデータに対して time count = 0 の状況が MONOCHROME 配色によって提示される。表示されたデータに対して、右下に提示されている TIMECOUNT のスライダを操作することによって任意の time count の状況が可視化される。

*3 <http://www.processing.org/>

*4 <http://www.sojamo.de/libraries/controlP5/>



(a) 降雨開始時からの経過時間を用いた場合



(b) 降雨終了時からの経過時間を用いた場合

図 4: 降雨地域の移動方向の推定

ツールにはキーボードコマンドが利用でき、's'を打鍵する度に右下の操作ツールの表示/非表示が切り替わる。また'p'を打鍵すると画面のコピーが保存される。ファイル名は"ImgXXXXXXXXX.png"の形式で保存され、Xの部分にはランダムな数値が記述される。画面のコピーには操作ツールは含まれない。

6.3 視覚表現の変更

降雨強度と降雨地域の移動を表す図形について、その配色を変更することが可能である。右下のラジオボタンから、MONOCHROME, COPYSAFE, JMAの3通りに変更できる。配色は降雨強度と降雨地域の移動を表す図形の両方が同時に切り替わる。その際、左下に2つの図形配色の凡例が表示される。右側の凡例が降雨強度、左側が累積雨量の凡例である。

7. 考察

7.1 降雨地域の移動方向の推定に関する考察

降雨地域の移動の方向の推定には、降雨終了時からの経過時間を用いた。推定に当たっては降雨開始時からの経過時間を用いて計算を行うことも可能である。実際にこの両者の方法を用いて降雨地域の移動方向を推定したものが図4である。図中のメッシュの色が寒色系から暖色系へ変化するにつれて、そのメッシュの降雨開始もしくは終了からの経過時間が新しいことを示している。白色の楔型が示す方向が、2つの方法で推定された降雨地域の移動方向である。図で見て取れるように、この両者において得られる結

果は異なっており、これは降雨地域の形に依存している可能性がある。具体的には、降雨開始時からの経過時間を用いて推定を行った図4aの場合、推定結果は降雨地域の進行方向の輪郭の形に依存し、反対に降雨終了時からの経過時間をもちいた図4bの推定では、降雨地域の進行方向と逆側の輪郭の形に依存しているようである。

実際の降雨データに対してどちらの推定手法がよいか判断が難しいと考えられる。開始時と終了時の平均時からの経過時間を用いて移動方向を推定するなどの工夫が好ましい。

7.2 移動方向を表す視覚表現に関する考察

地図上に描画される楔型の図形は、風向・風速を表していると誤って受け取られる可能性がある。一般に、ニュースの気象情報などの場合、地図上に描画される矢印の多くは風向・風速を表していることが多い。実際に気象庁HPのAMeDASの情報において、風向・風速は矢印を用いて表現されている。降雨地域の移動方向の情報は多くのメディアにおいて目にする事のない情報であるため、読み手の背景知識からも降雨地域の移動方向を矢印が表していると受け取られる可能性は低いと考えられる。しかしながら、メッシュ領域の視覚表現を工夫することによって、その領域が過去に降雨のあった地域であることが読み手に伝われば、より誤解なく情報を伝えられる可能性がある。この点には今後若干の改良の余地があると考えられる。

8. まとめ

各地点の降雨観測データをもとに、降雨地域とその地域の移動方向を静止画によって表す可視化手法を開発した。本手法では、降雨が生じた時刻の違いに着目し移動方向の推定を行った。この推定方法は降雨データに限らず、時刻データをもつ事象に対して、その事象の空間的な移動方向を推測できる方法である。また、可視化手法においては、移動方向を表すとともに、図形の持つ色を用いて各地点の情報を表現した。開発した手法では降雨状況の時間的な変化を静止画で表すことで、情報の読み取りに要する時間の短縮や、情報共有のしやすさの向上を可能とした。

参考文献

- [1] 直樹新井：航空気象情報の見える化について：航空気象情報可視化ツール AWvis の開発 (<特集>航空・宇宙システムの安全性, 信頼性), 日本信頼性学会誌: 信頼性, Vol. 35, No. 5, pp. 303–306 (2013).
- [2] 研爾藤崎, 誠 大谷, 健次渡辺: GMT を用いた気象情報の可視化システム (インターネットと環境・エコロジー, インターネットと環境・エコロジー, 一般), 電子情報通信学会技術研究報告. IA, インターネットアーキテクチャ, Vol. 109, No. 351, pp. 17–20 (2009).
- [3] Field, D. J., Hayes, A. and Hess, R. F.: Contour integration by the human visual system: Evidence for a local “association field”, *Vision research*, Vol. 33, No. 2, pp. 173–193 (1993).
- [4] Turk, G. and Banks, D.: Image-guided streamline placement, *Proceedings of the 23rd annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, ACM, pp. 453–460 (1996).
- [5] Laidlaw, D. H., Davidson, J. S., Miller, T. S., da Silva, M., Kirby, R., Warren, W. H. and Tarr, M.: Quantitative comparative evaluation of 2D vector field visualization methods, *Proceedings of the conference on Visualization'01*, IEEE Computer Society, pp. 143–150 (2001).