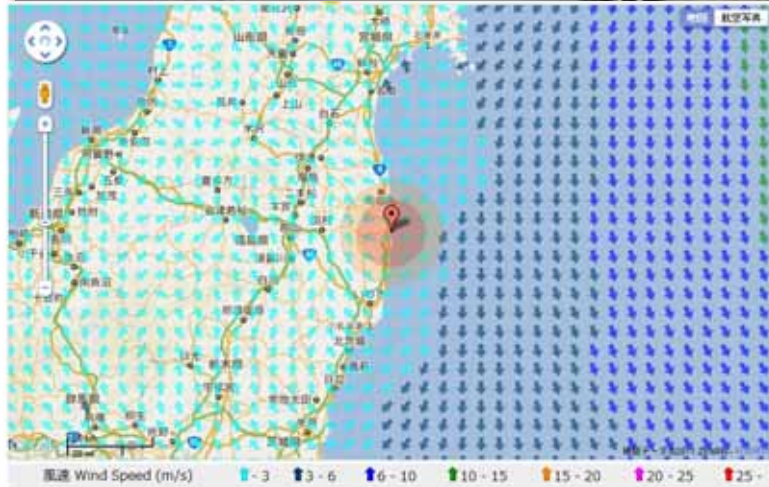
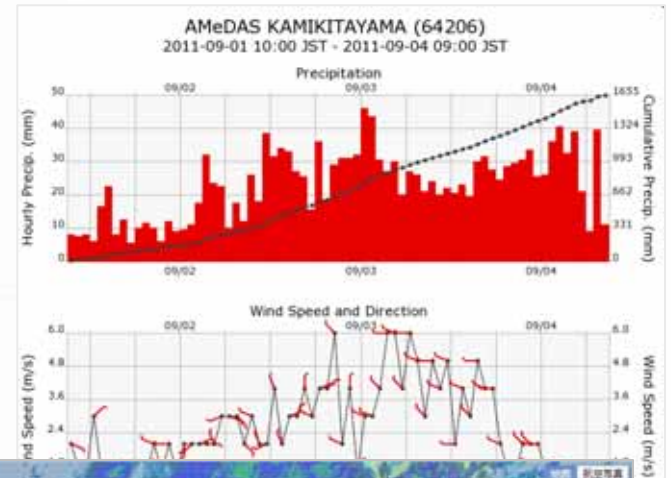


デジタル台風： 気象現象のリアルタイム認識・理解 に向けた 大規模データの統合と分析

国立情報学研究所／JSTさきがけ
北本 朝展 (KITAMOTO Asanobu)
<http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>
<http://goo.gl/xOEbN> (資料掲載予定)

2011年の日本は災害の年



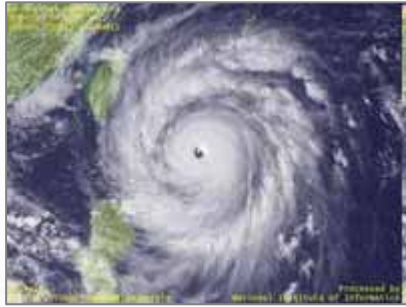
2011/10/06

Webスケール時代のパターン認識

台風情報の特徴

- 気象庁が業務の一環として、**中心位置や勢力に関するメタデータ**を付与。
- 同じく業務の一環として、**台風発生時からユニークな名前**を付与。
- 各種の情報源で**気象庁の名前**を統一的に利用する**慣習**が存在。
- 社会的にインパクトが大きいため、様々な特徴を持つ**多種のデータ**が存在。

多種データの統合が必要



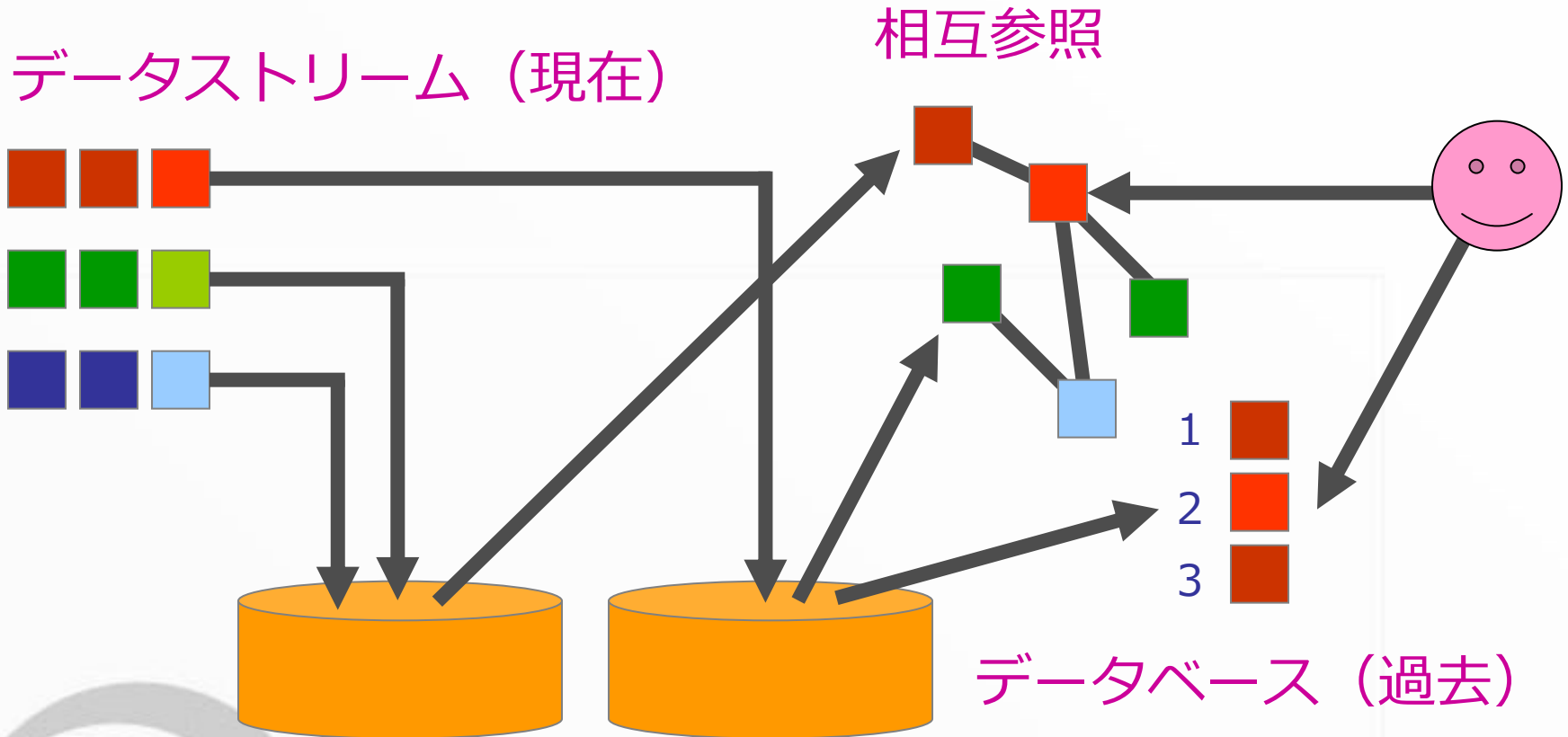
- **気象衛星**では宇宙からの雲の状況はわかるが、地上の気象状況はわからない。
- **アメダス**では雨の状況はわかるが、雨で何が起きているかはわからない。
- **マスメディア**では大きな災害現場はわかるが、それ以外の場所はわからない。
- **参加型メディア**では人の周囲の状況はわかるが、情報の信頼性はわからない。



200423	2242	京都	兵庫	舞鶴	宮津	災害
200422	251	静岡	伊東	上陸	千葉	神奈川
200421	489	三重	宮川	愛媛	海山	新居浜



情報学の貢献：緊急情報システム



- 多種のリアルタイムデータを統合し、情報の相互参照ネットワークを動的に更新。

PRMU分野が果たせる役割

- 実世界の観測（特に画像、映像形式で）
- データの分析（特徴抽出、分類、異常検知）
- データの検索（非構造化データ）
- データのモデル化（3次元モデル）
- データから情報へ（ランキング、言語化）
- 情報の可視化（CG, VR, AR, ..）

PRMU研究会での発表（一部）

- “Holistic Analysisを用いた台風雲パターンの解析”, Vol. PRMU2000-240, pp. 129-136, 2001年03月
 - 研究の基本構想と予備的な実験結果の報告。この時点で述べていた構想が、10年経ってまだ実現できていない（泣）。
- “台風時系列画像のマルチプルアラインメントに基づくデータマイニング”, Vol. PRMU2002-159, pp. 79-84, 2002年12月
 - 時系列画像の比較による検索・マイニング手法の提案。
- “リモートセンシング：画像情報処理から時空間情報処理へ”, Vol. PRMU2002-255, pp. 73-80, 2003年03月
 - 気象衛星画像などリモートセンシング研究のサーベイ。
- “データマイニングのためのデータ再配列エンジン”, Vol. PRMU2003-78, pp. 19-24, 2003年09月
 - 画像データマイニングを問い合わせ言語の立場から再検討。

プロジェクトの経緯

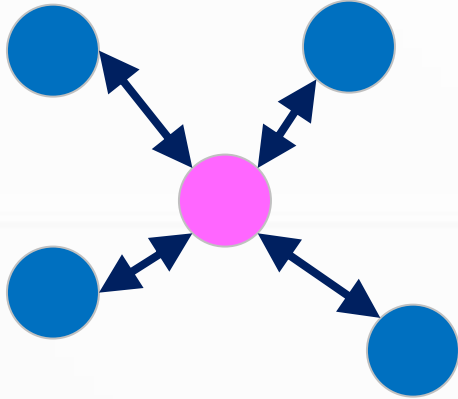
1999年 画像内容検索のテストコレクション作成と検証を問題意識として開始。

2003年 リアルタイムデータをウェブ公開。

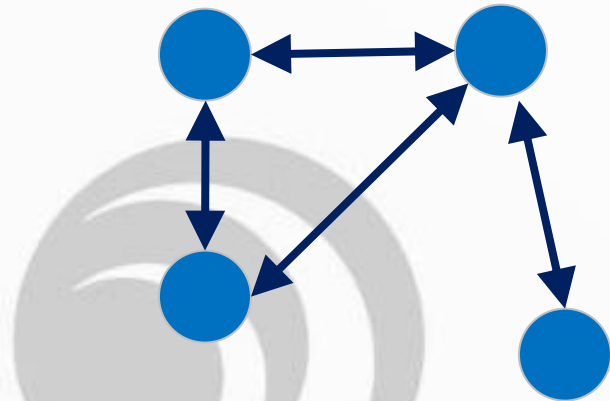
2006年 「台風前線」公開。その後、ソーシャルな機能（ツイッター等）も追加。

当初の目的から足を踏み外し（？）、台風データそのものに関する研究にシフト。

画像検索の二つの種類



- 非一致マッチング(inexact matching)：自明な「正解」が存在する。
 - ○○さんの顔を探す。



- 類似検索(similarity-based retrieval)：自明な「正解」が存在しない。
 - 私が好みの顔を探す。

研究開始当初の問題意識

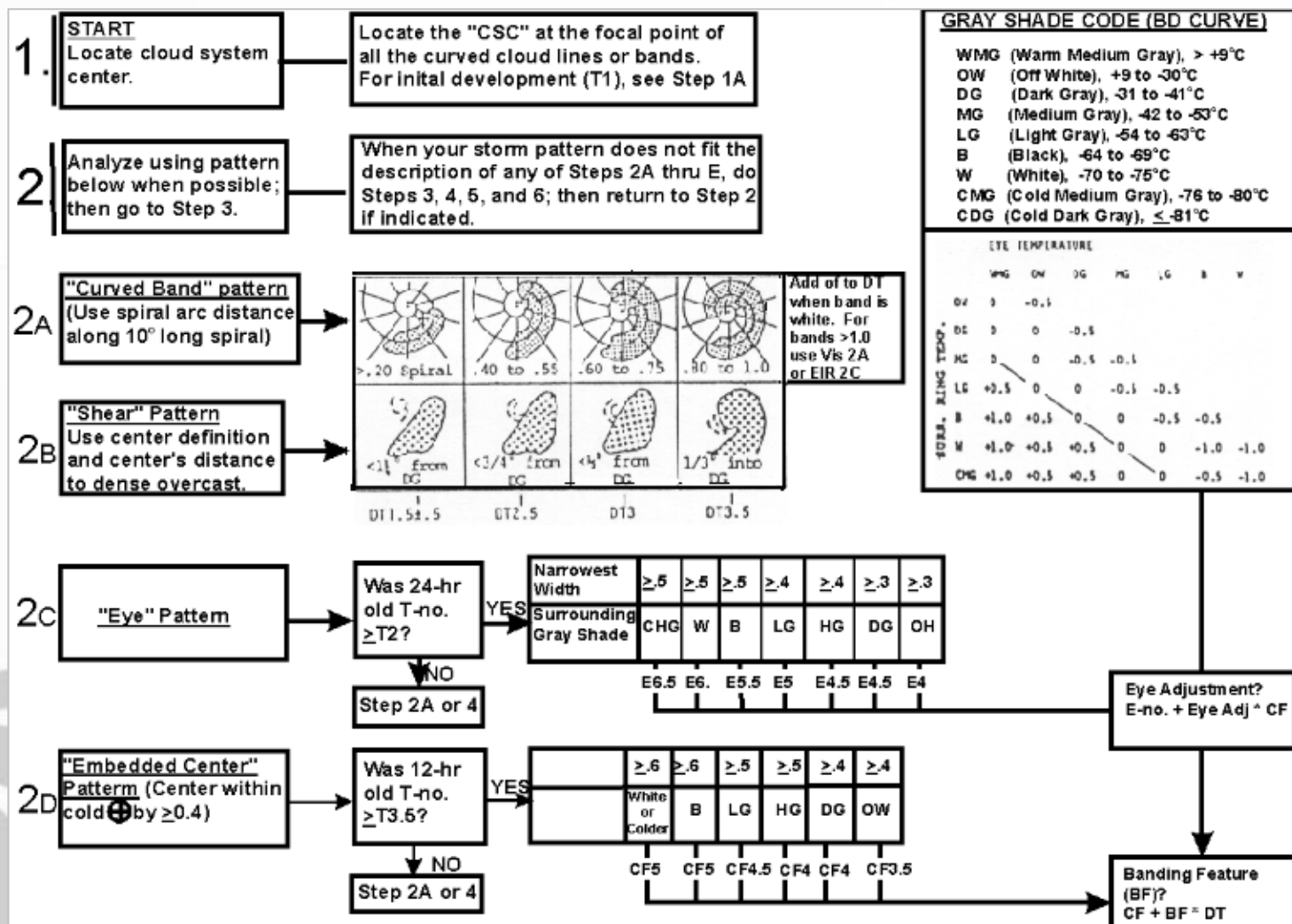
- 画像内容検索の研究では「評価」が難問（今でも事情は同じ？）。
- 主観アンケート（良い・悪い）では評価の信頼性が低い。
- テスト用データセットではデータの「選択」と検索の「正解」が恣意的である。
- 物理的な基準で客観的な評価ができるようなデータセットを作れないか？

台風画像による検索評価の構想

1. ある台風画像をクエリとして、過去の台風から類似画像集合を得る。
2. 類似画像集合から、クエリに用いた台風を予測する（事例ベース予測）。
3. もし予測が正しければ、類似画像集合は気象学的に意味があるはず。
4. ゆえに類似画像検索は成功と言える。

台風解析（ドボラック法）

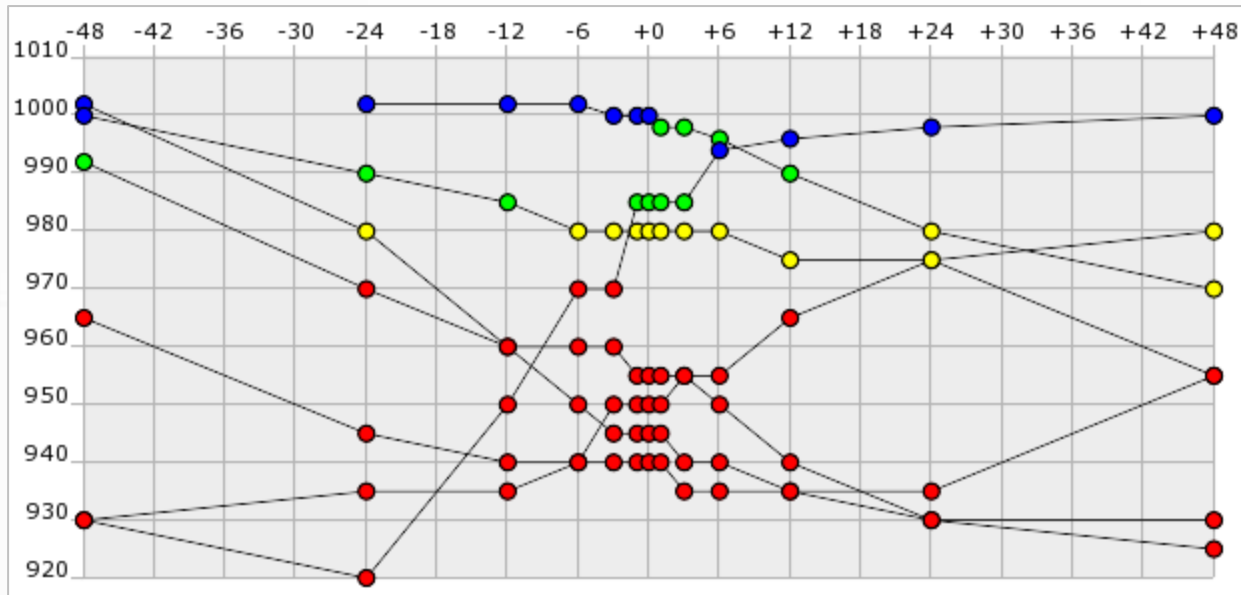
Source: Bureau of Meteorology, Australia



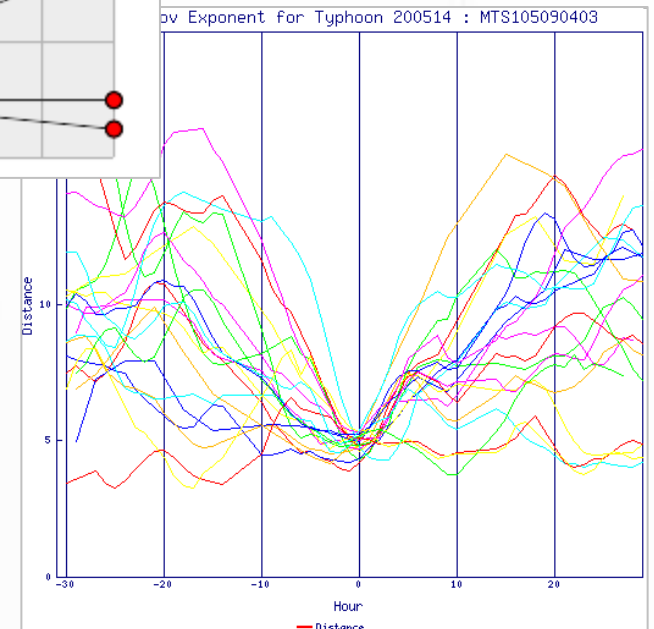
類似画像の時間発展

	-48	-24	-12	-6	-3	-1	+0	+1	+3	+6	+12	+24	+48
200514 (Query 1)													
200122 (Result 1)													
199809 (Result 2)													
200010 (Result 3)													
198223 (Result 4)													
200018 (Result 5)													
200401 (Result 6)													

類似事例の時間発展



- 類似事例も時間の経過とともに類似度が低下する（カオス）。



問題設定

$$\text{Intensity} = f(\text{Image})$$

- 画像を説明変数、勢力を目的変数とする回帰モデルを作ればよい？ただし画像は超高次元で、関数形も未知。
- 現在は、**専門家の目視パターン認識**によって推定している。
- このパターン認識問題をコンピュータで改善できないか？

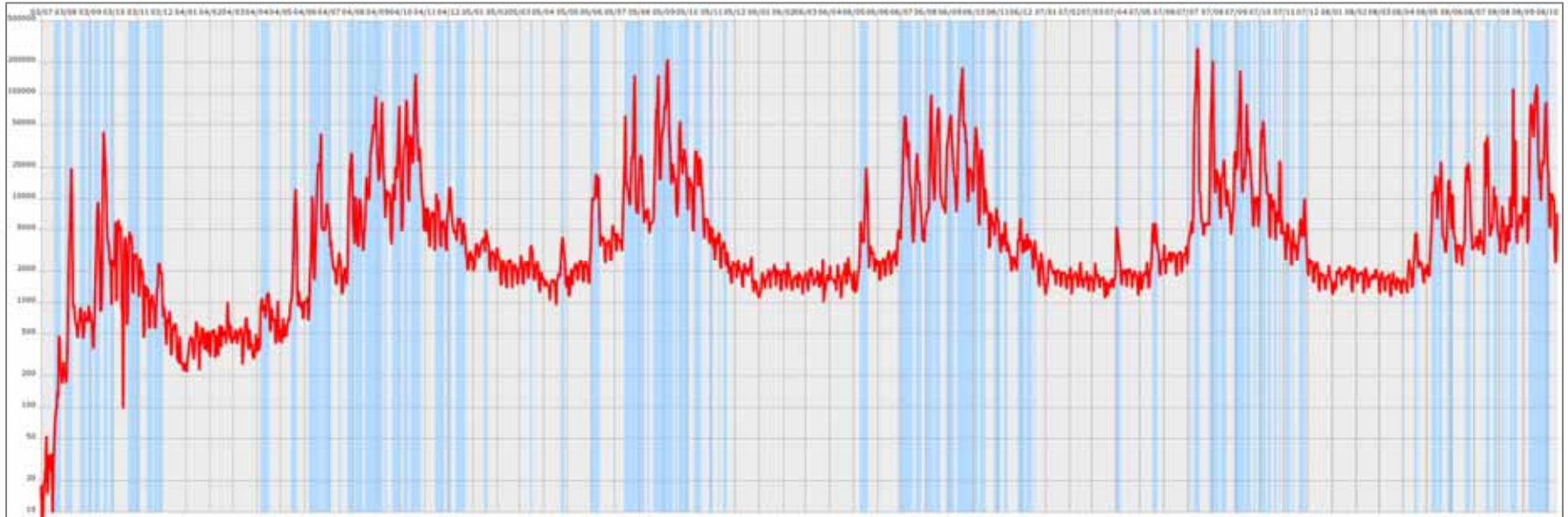
デジタル台風

<http://www.digital-typhoon.org/>

The screenshot shows the Digital Typhoon website. The main header is 'デジタル台風：台風画像と台風情報'. Below it, there's a navigation bar with 'ホーム', 'Earth', and 'デジタル台風'. A search bar is on the right. The main content area is divided into sections: 'リアルタイム台風情報' (Real-time Typhoon Information) on the left, which includes a typhoon image and details like 'HTS211100506', '201119 (WHP)', '1004 hPa / 9 kt'; '台風発生数' (Typhoon Frequency) on the right, showing '現在 = 19個' and '平均 = 19.6個 (1951-2010)'; and a '最新台風情報' (Latest Typhoon Information) section with links to news, data, and maps. At the bottom, there's a '台風データベース' (Typhoon Database) with search criteria and a '静止気象衛星画像 (地球)' (Static Meteorological Satellite Image of Earth) showing a satellite view of the Earth with a typhoon over the Pacific.

- 多種の台風データを統合した検索や参照が可能。
- 台風に関する「あらゆるデータ」を整理した世界有数の大規模データ。
- 研究者、一般の人々、子どもなど、多様な人々が利用。

ウェブサイト利用実績



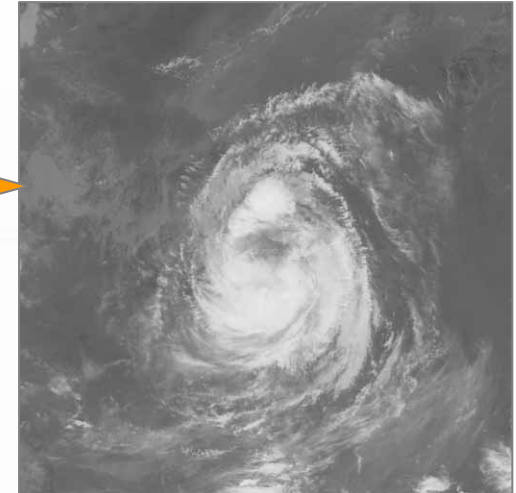
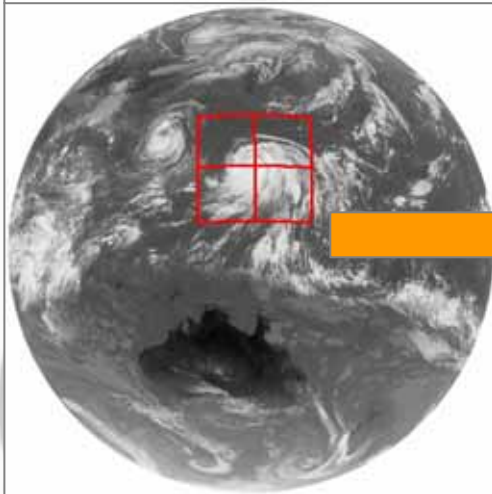
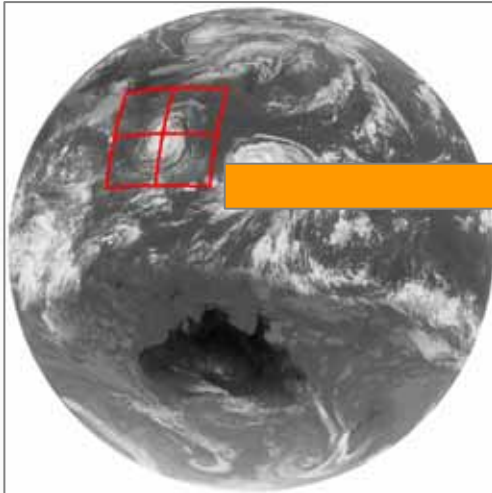
- 2003年から累計：サイト全体約9500万PV+ブログパーツ約2000万PV+ソーシャルサイト約500万～約2000万PV = 全体として1億数千万PV
- ピーク時：約100万PV / 日

台風画像の生成

T 200513
970hPa

ランベルト正積方位
図法によって、面積
を保存しつつ、円形
の歪みを少なくする。
縦横2600km。

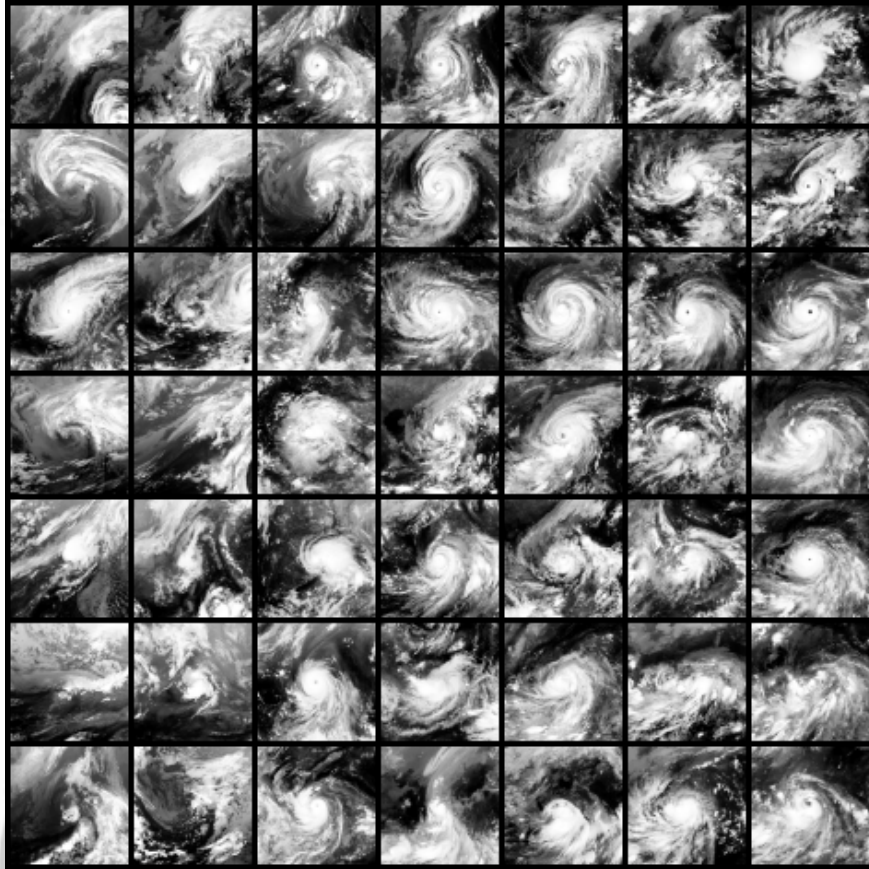
T 200514
935hPa



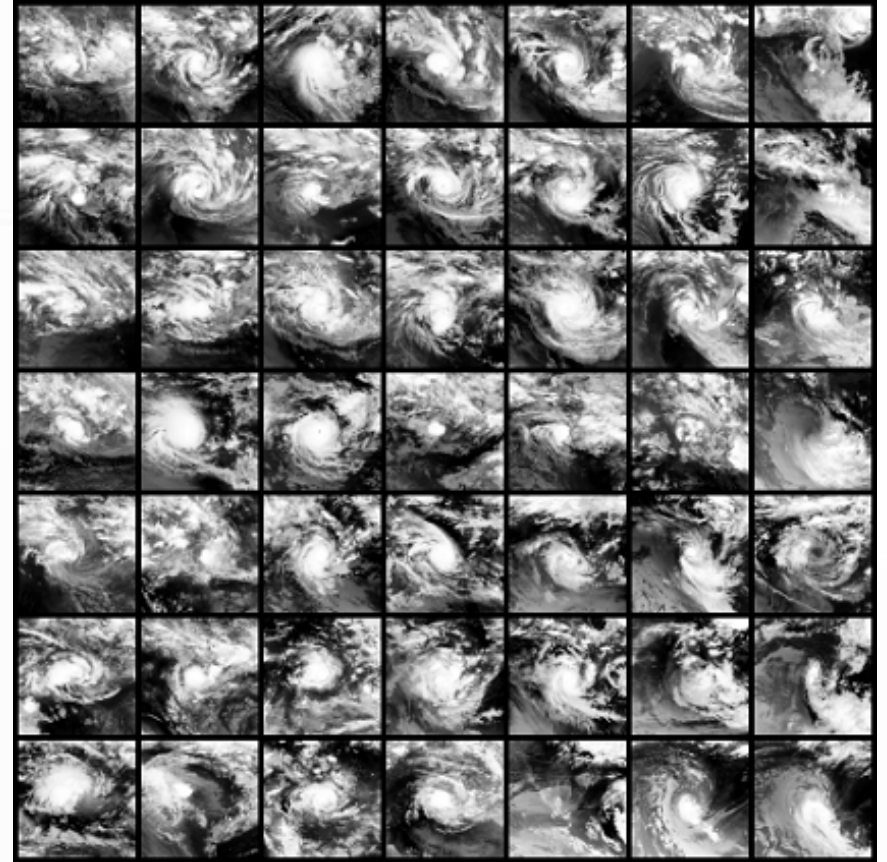
2011/10/06

Webスケール時代のパターン認識

台風画像コレクション



北西太平洋「台風」



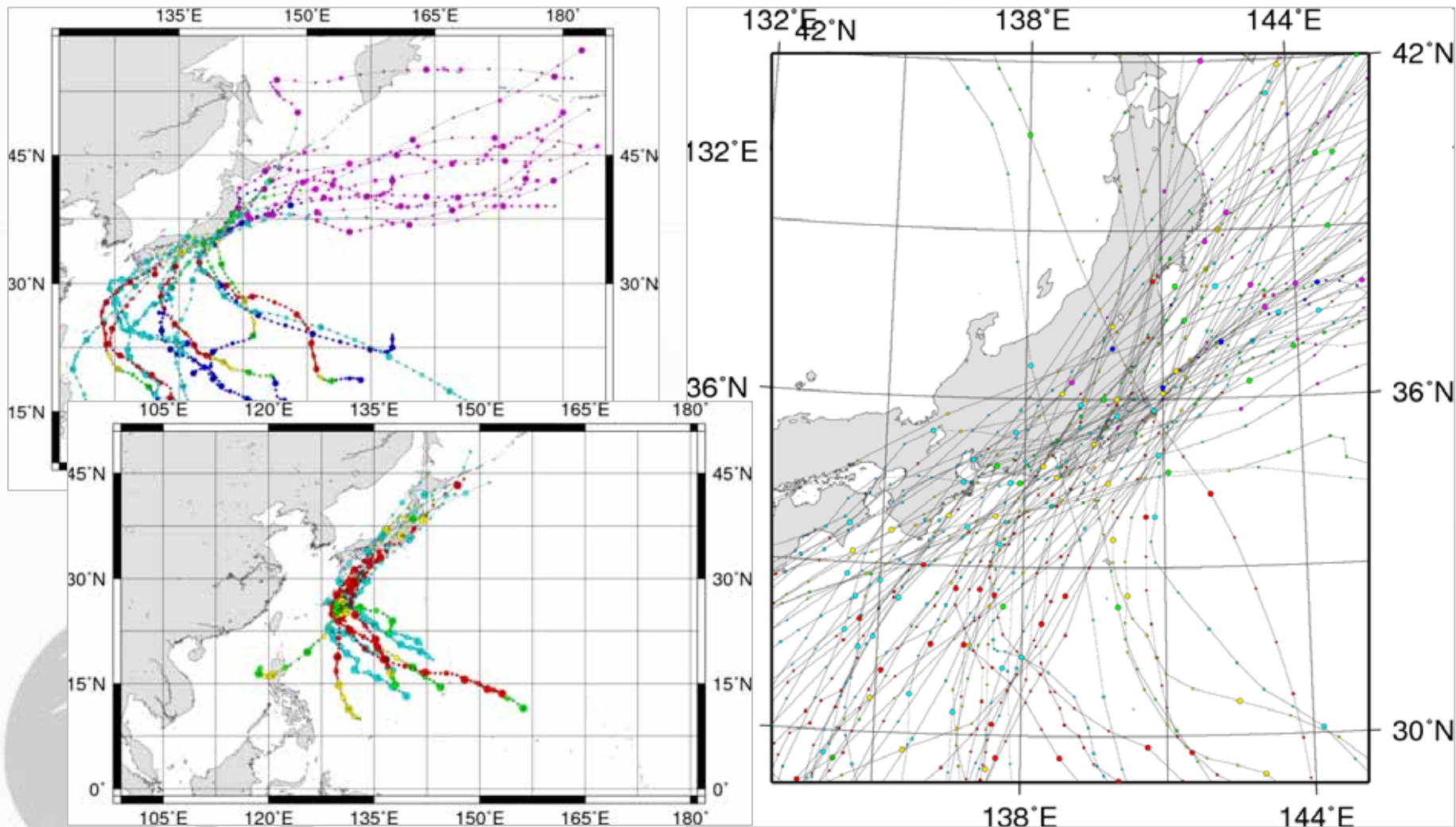
オーストラリア「サイクロン」

大規模台風データアーカイブ

気象衛星画像（ひまわり）	1978-	226,000
台風画像コレクション	1979-	167,000
台風ベストトラック	1951-	2,500
アメダスデータ	1976-	約4億
オンラインニュース記事	2003-	18,400
気象災害報告	1971-	15,500

- 気象庁GPV (Grid Point Value) GSM / MSM 2002-
- 合成レーダー 2004-、レーダーアメダス 1988-
- 天気図 1883-（近日中に公開予定？）
- ソーシャルメディア（ブログ 2004-、ツイッター2009-）

台風経路検索

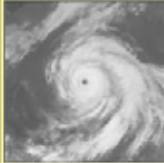
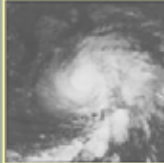
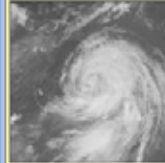
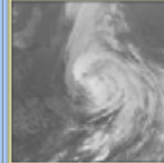
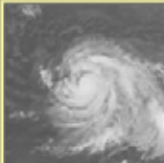
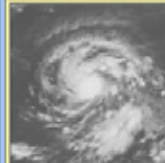
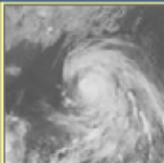
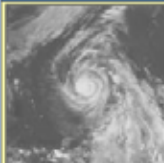
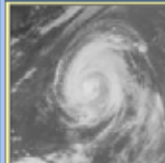


2011/10/06

Webスケール時代のパターン認識

21

台風画像の検索

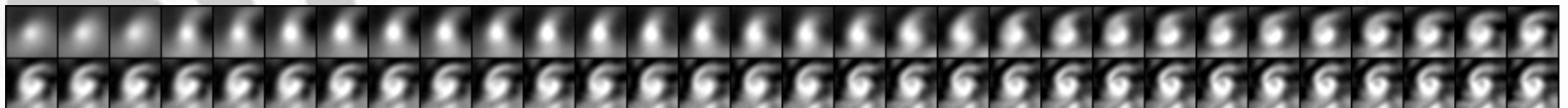
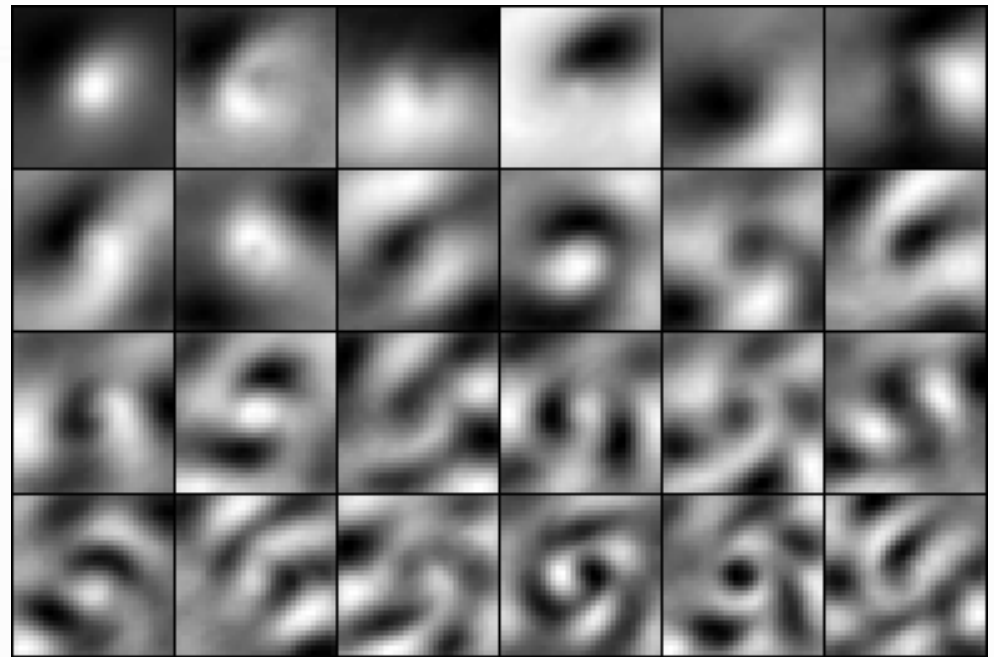
Query 1	1	2	3	4
				
MTS105090403	GM5501102219	GM5598092723	GM5500082307	GM5282102109
200514 (WNP)	200122 (WNP)	199809 (WNP)	200010 (WNP)	198223 (WNP)
(N25.5, E132.0)	(N14.8, E157.4)	(N22.9, E122.1)	(N25.3, E117.7)	(N30.3, E151.5)
940 hPa / 85 kt	955 hPa / 75 kt	1000 hPa / 0 kt	985 hPa / 45 kt	950 hPa / 80 kt
5	6	7	8	9
				
GM5500092009	GOE904040606	GM5501081902	GM5502051621	GOE905011608
200018 (WNP)	200401 (WNP)	200111 (WNP)	200203 (WNP)	200501 (WNP)
(N20.6, E167.7)	(N9.2, E146.2)	(N25.7, E134.2)	(N13.0, E141.0)	(N12.8, E146.6)
945 hPa / 85 kt	980 hPa / 50 kt	960 hPa / 70 kt	996 hPa / 40 kt	992 hPa / 40 kt
10	11	12	13	14
				
GM5282082421	GM5501092213	GM5387091021	GM5597081808	GM5181082021
198213 (WNP)	200118 (WNP)	198715 (WNP)	199713 (WNP)	198115 (WNP)
(N25.7, E131.4)	(N22.8, E148.8)	(N21.8, E155.9)	(N27.4, E122.3)	(N27.3, E136.5)
945 hPa / 90 kt	965 hPa / 70 kt	920 hPa / 100 kt	960 hPa / 75 kt	960 hPa / 70 kt

- クエリ画像に対して、各系列から最も類似した画像を選び出し、さらに全体をランキングして表示。
- 雲パターンの類似度のみを利用。

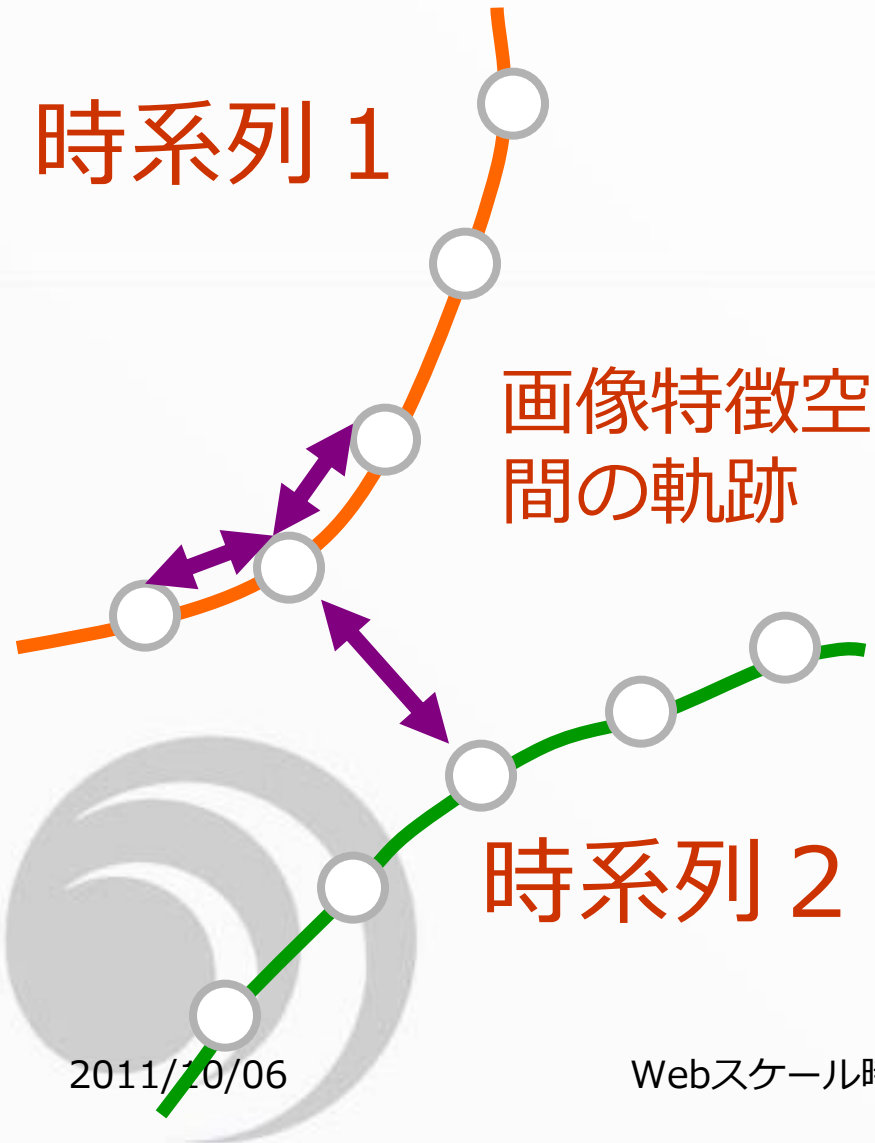
固有台風

- 赤外画像の雲頂温度を成分としたベクトルを生成。
- 主成分分析で固有ベクトルを算出。
- 寄与率を基準に次元削減し、特徴ベクトルを生成。

北半球の台風の上位固有ベクトル



時系列画像に対する類似検索

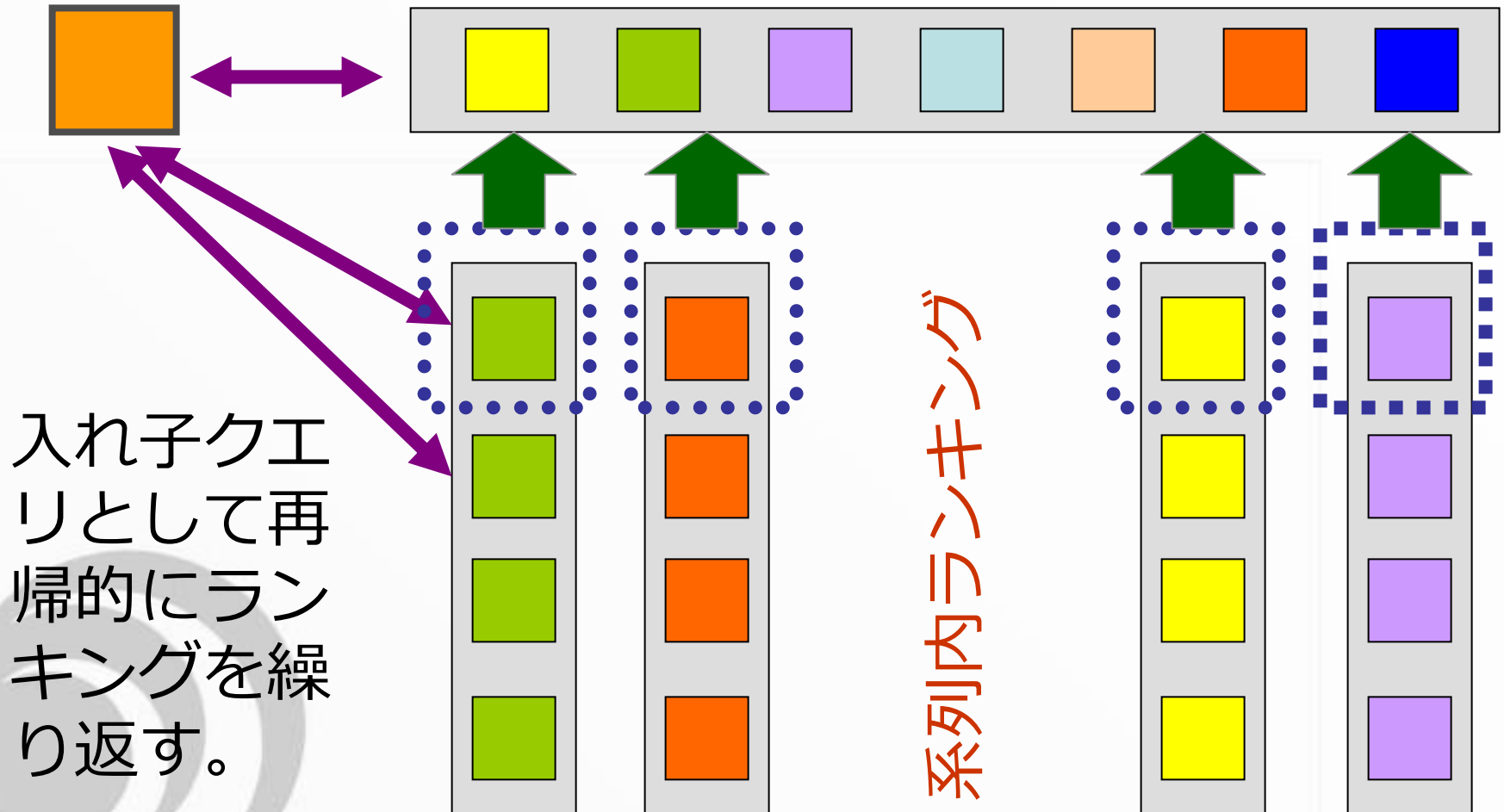


- 系列間距離よりも、系列内距離の方が小さい。
- 全画像の単純なランキングは、系列内類似度を反映。
- 階層的ランキングを組み込んだ画像検索エンジン。

階層的ランキング

クエリ

系列間ランキング



入れ子クエリとして再帰的にランキングを繰り返す。

2011/10/06

Webスケール時代のパターン認識

テキストデータの検索

<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/topics/>

- Yahoo! Newsから台風関連記事を抽出する（現在約18,400件）。
- 形態素解析（茶筌）で主要品詞を抽出し、頻度を台風ごとに集計する。
- 記事から台風番号に関する固有表現を抽出し、台風との対応付けを行う。
- 台風ごとの重要キーワードをtf-kli指標で選定し、台風の特徴を表現する。

固有表現抽出

富士小目井線：2年8カ月ぶり、観光ロード復旧――日南の市道 / 宮崎
<http://headlines.yahoo.co.jp/hl?a=20070628-00000300-mailo-l45>

04年10月の**台風23号**の豪雨による大規模な地滑りで崩壊した日南市富士の市道富士小目井線がこのほど、2年8カ月ぶりに復旧した。富士トンネルが開通するまで国道220号として使われ、沿線に観光名所のサボテンハーブ園（休園中）がある風光明媚（めいび）な道路として知られていた。市道は総延長約4キロ。このうち園から日南方向に岬を曲がった所で地滑りが発生し、橋げたを含む約400メートルが土砂に埋まった。当初の査定では崩壊した橋げたの撤去費用など13億7000万円の工事費が見込まれたが、**翌年**9月の**台風14号**の豪雨で橋げたがさらに海側に押し流されて復旧工事の邪魔にならなくなり、工事費は4億5000万円に縮小された。（以下略）

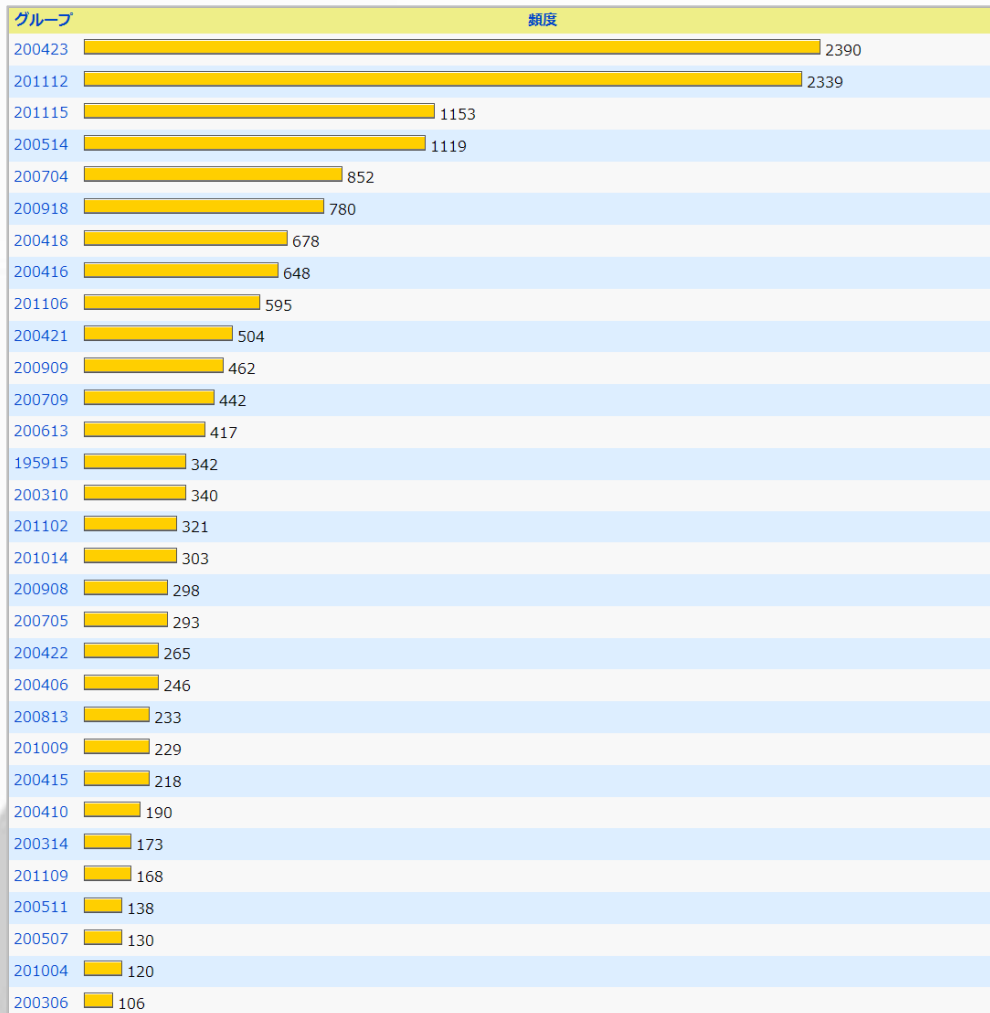
- 台風200423号の抽出は容易だが、台風200514号の抽出はなかなか難しい。

台風ごとの重要キーワード

台風番号	記事数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
200429	1	最大風速	発生	半径	中心付近	南鳥島	中心気圧	マリアナ諸島	になう	中心	近海
200428	3	大股	ガッツ	王座	フライ	マーシャル諸島	wbc	挑発	たる	発生	認める
200427	29	夏日	東京	低気圧	渡し船	強風	温帯低気圧	瀬	大雪	師走	異常気象
200426	1	発生	になう	ルソン島	西南西	近海	熱帯低気圧	時事通信	気圧	中心付近	時速
200425	2	南沙	諸島	木切れ	漁民	つかまる	漂流	生還	無事	発生	気象庁
200424	32	与那国島	座間味	南岸	北東	土のう	ウミウ	捕獲	温低	付近	東シナ海
200423	2390	京都	舞鶴	宮津	兵庫	災害	豊岡	福知山	復旧	大江	由良川
200422	265	静岡	上陸	伊東	千葉	被害	関東	神奈川	伊豆半島	宇佐美	横浜
200421	504	三重	宮川	愛媛	海山	新居浜	被害	西条	伊勢	鳥取	不明
200420	2	発生	先島	強風域	地方	与那国島	南西	速い	石垣	気象台	注意
200419	15	上陸	北上	朝	時速	屋久島	日本海	西	留萌	宗谷海峡	北東
200418	678	被害	北海道	広島	厳島神社	山口	座礁	ボブラ	リンゴ	札幌	強風
200417	38	台湾	台北	石垣島	暴風域	宮古島	宮古	中国	域内	石垣	北
200416	648	香川	被害	高潮	高松	岡山	九州	倉敷	熊本	浸水	農作物
200415	218	秋田	愛媛	新居浜	被害	山形	東北	青森	塩害	大川	水稻
200414	19	昨年	良	中国	協定	前年	作況指数	旅団	手取り	下地	大幅
200413	39	宮古島	暴風域	宮古	浙江	北上	沖縄	地方	離島便	強める	超大型
200412	8	兄	嵐	回る	ぶっつける	桃加	痛める	妹	山古志	公演	熱狂
200411	50	熱低	大台ヶ原	下北山	熱帯低気圧	流れ橋	奈良	四国	徳島	近畿	伝習
200410	190	徳島	四国	上陸	木沢	恐れ	大雨	八丈島	高知	西北西	西進
200409	8	佐用	佐用川	誉大	前	遺体	広島	弔慰金	西脇	場所	恩返し
200408	21	落雷	小笠原諸島	父島	高波	伊豆諸島	日本の東	静岡	記録的	アコー	暴風域
200407	20	温低	ブーメラン	朝鮮半島	台北	方面	上げ	気象庁	案回	北上	速度
200406	246	欠航	上陸	架線	四国	午後	午前	西日本	影響	日本海	相次ぐ
200405	1	太平洋	温帯低気圧	午後	西日本	恐れ	大雨	中心	種子島	気圧	北東
200404	45	温帯低気圧	大雨	北東	恐れ	南部	九州	沖	午後	予測	上陸
200403	1	低気圧	嵐	呼び掛ける	注意	強い	変わる	温帯低気圧	海上	気象庁	三陸
200402	49	恐れ	関東	大雨	朝	接近	南大東島	太平洋	うかがう	台風情報	北北東
200401	4	発生	カフウソ	連邦	カロリン諸島	ミクロネシア	小笠原諸島	遅い	韓国	今夕	昨年

- 2004年の台風
- 23号は京都
- 22号は静岡
- 21号は三重
- 18号は北海道
- 17号は台湾
- 16号は香川
- 15号は秋田
- 10号は徳島

台風記事数ランキング



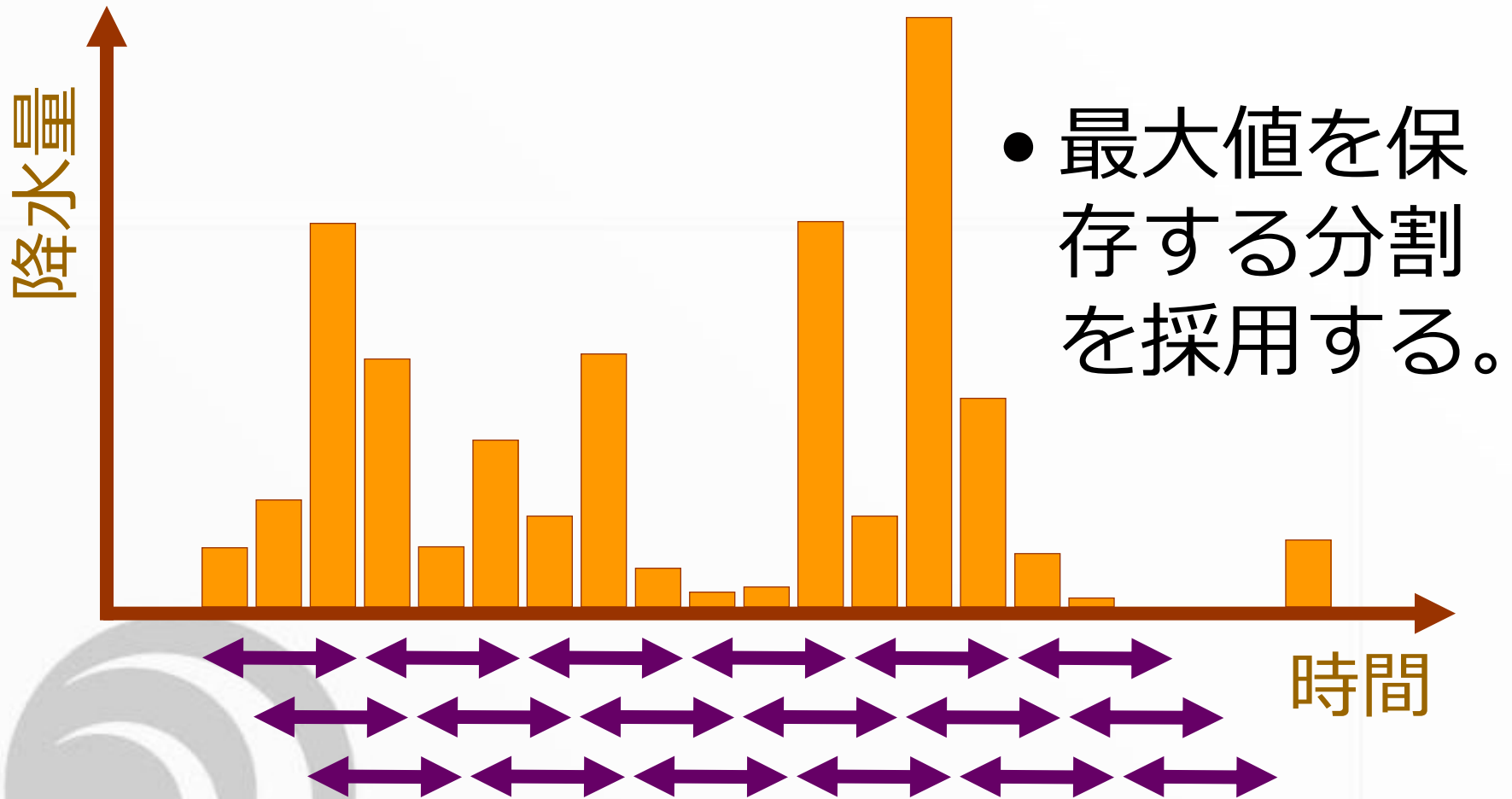
- 台風が社会に与えたインパクトを反映する指標。
- これまでは台風200423号が最大だったが、台風201112号がまもなく最大になりそう。

センサーデータの検索

- 1976年以来蓄積されたアメダス観測データ約4億件を解析。
- ヒストグラムを用いて、リアルタイムでN時間降水量ランキングを計算。
- 「最近30年で1位の1時間降水量」といったランキング情報は、絶対値に関する理解を必須としない。

N時間降水量ランキング

http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/heavy_rain/



アメダス・ランキング・サービス

<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/amerass/>

■ 史上ランキング（その地点で史上何位の降水量か？）

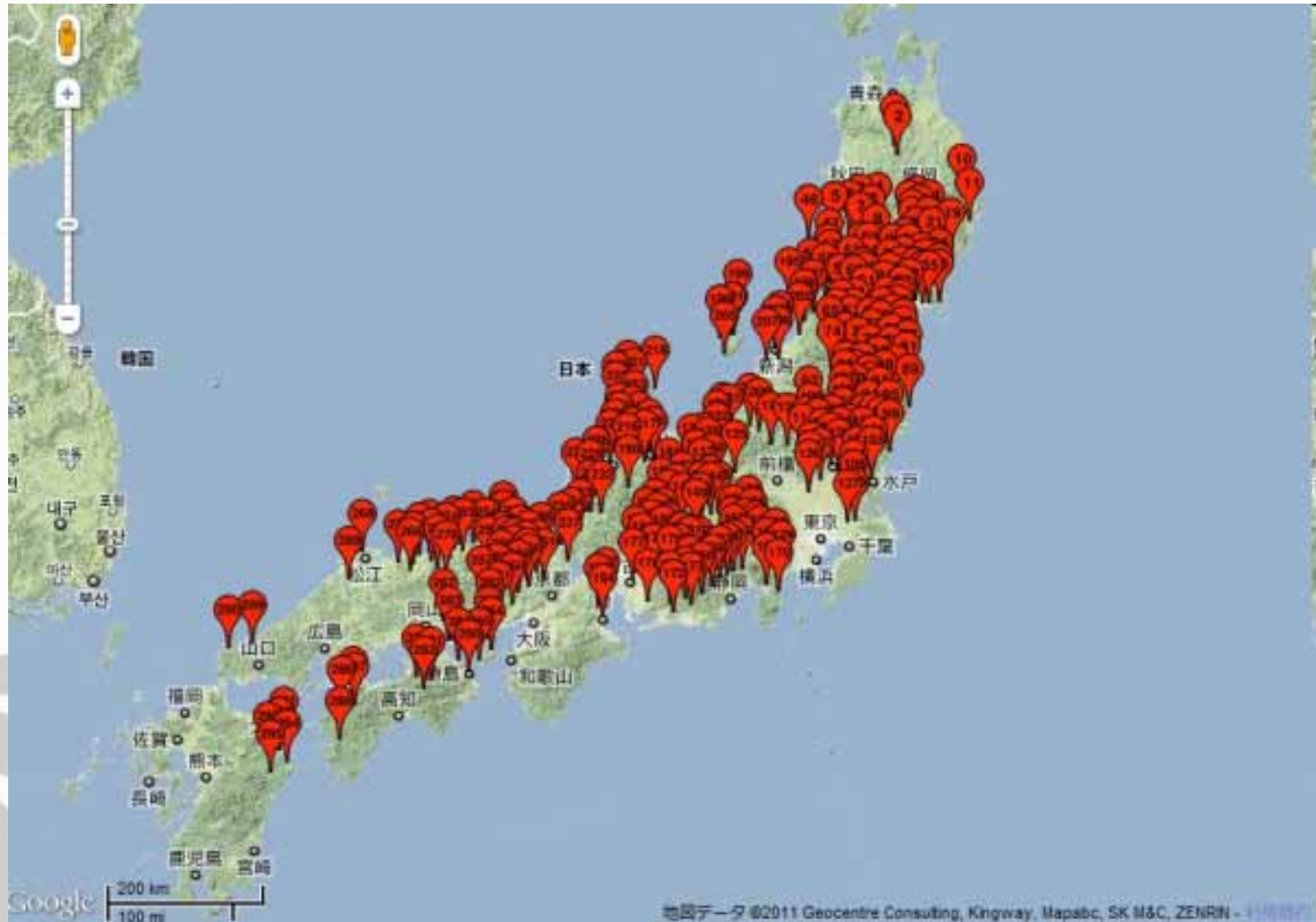
番号	名前	所在地	観測値	ランキング
92006	北大東	沖縄県島尻郡北大東村	119.5	3位(182件中)
11176	豊富	北海道天塩郡豊富町	42.5	129位(2,575件中)
21276	鵠川	北海道勇払郡むかわ町	45	145位(2,095件中)
12011	中川	北海道中川郡中川町	35.5	199位(2,591件中)
92012	旧東	沖縄県島尻郡南大東村	53	15位(180件中)

■ 同時ランキング（その時点で全国何位の降水量か？）

番号	名前	所在地	観測値	ランキング
92006	北大東	沖縄県島尻郡北大東村	119.5	1位(1,321件中)
92012	旧東	沖縄県島尻郡南大東村	53	2位(1,321件中)
92011	南大東	沖縄県島尻郡南大東村	49	3位(1,321件中)
23321	知内	北海道上磯郡知内町	47	4位(1,321件中)
31482	酸ヶ湯	青森県青森市	45.5	5位(1,321件中)

アメダスイベント検出

<http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/ameraras/event/>



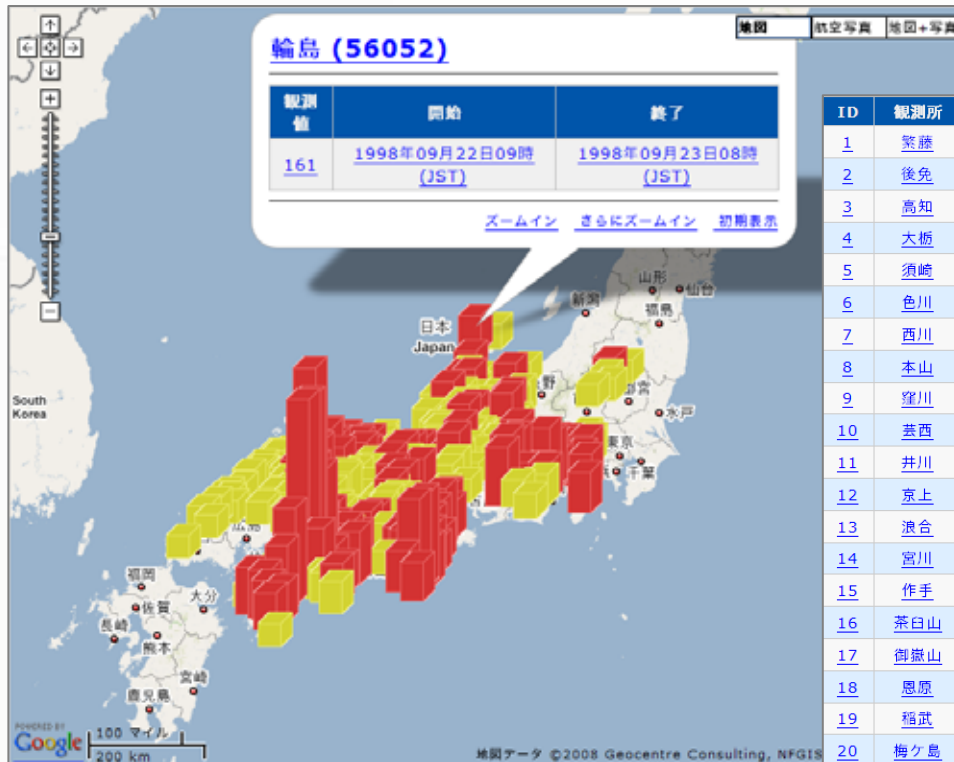
2011/10/06

Webスケール時代のパターン認識

33

豪雨イベントクラスタリング

http://agora.ex.nii.ac.jp/digital-typhoon/heavy_rain/clustering/

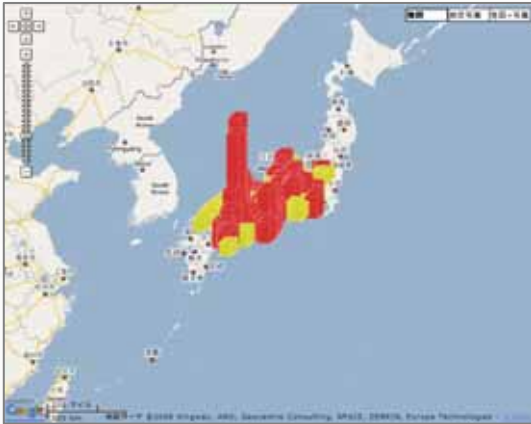


1998/09/20-1998/09/25

ID	観測所	都道府県	降水量	開始日時	終了日時	グラフ
1	笠藤	高知	979	1998年09月24日07時 (JST)	1998年09月25日06時 (JST)	描画
2	後免	高知	862	1998年09月24日07時 (JST)	1998年09月25日06時 (JST)	描画
3	高知	高知	861	1998年09月24日06時 (JST)	1998年09月25日05時 (JST)	描画
4	大板	高知	516	1998年09月24日09時 (JST)	1998年09月25日08時 (JST)	描画
5	須崎	高知	433	1998年09月24日09時 (JST)	1998年09月25日08時 (JST)	描画
6	色川	和歌山	413	1998年09月23日04時 (JST)	1998年09月24日03時 (JST)	描画
7	西川	和歌山	400	1998年09月23日05時 (JST)	1998年09月24日04時 (JST)	描画
8	本山	高知	335	1998年09月24日06時 (JST)	1998年09月25日05時 (JST)	描画
9	窪川	高知	311	1998年09月24日10時 (JST)	1998年09月25日09時 (JST)	描画
10	芸西	高知	292	1998年09月24日08時 (JST)	1998年09月25日07時 (JST)	描画
11	井川	静岡	283	1998年09月21日18時 (JST)	1998年09月22日17時 (JST)	描画
12	京上	徳島	282	1998年09月24日07時 (JST)	1998年09月25日06時 (JST)	描画
13	浪合	長野	278	1998年09月21日19時 (JST)	1998年09月22日18時 (JST)	描画
14	宮川	三重	271	1998年09月21日15時 (JST)	1998年09月22日14時 (JST)	描画
15	作手	愛知	265	1998年09月21日16時 (JST)	1998年09月22日15時 (JST)	描画
16	茶臼山	愛知	260	1998年09月21日17時 (JST)	1998年09月22日16時 (JST)	描画
17	御嶽山	長野	258	1998年09月21日21時 (JST)	1998年09月22日20時 (JST)	描画
18	恩原	岡山	253	1998年09月24日10時 (JST)	1998年09月25日09時 (JST)	描画
19	稲武	愛知	251	1998年09月21日17時 (JST)	1998年09月22日16時 (JST)	描画
20	梅ヶ島	静岡	248	1998年09月21日18時 (JST)	1998年09月22日17時 (JST)	描画

- 時間的・空間的に近接する大雨イベントをクラスタリングして豪雨事例IDを付与。

豪雨事例の類似検索



1998/09/20-1998/09/25



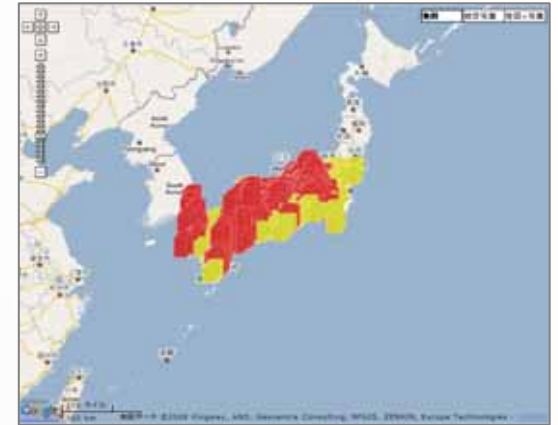
2004/10/18-2004/10/21

2011/10/06

- 大雨地点分布をキーとして、類似豪雨事例を検索する。
- 豪雨事例期間をキーとして、気象災害記録を検索する。



1998/10/14-1998/10/18



1983/09/25-1983/09/29

Webスケール時代のパターン認識

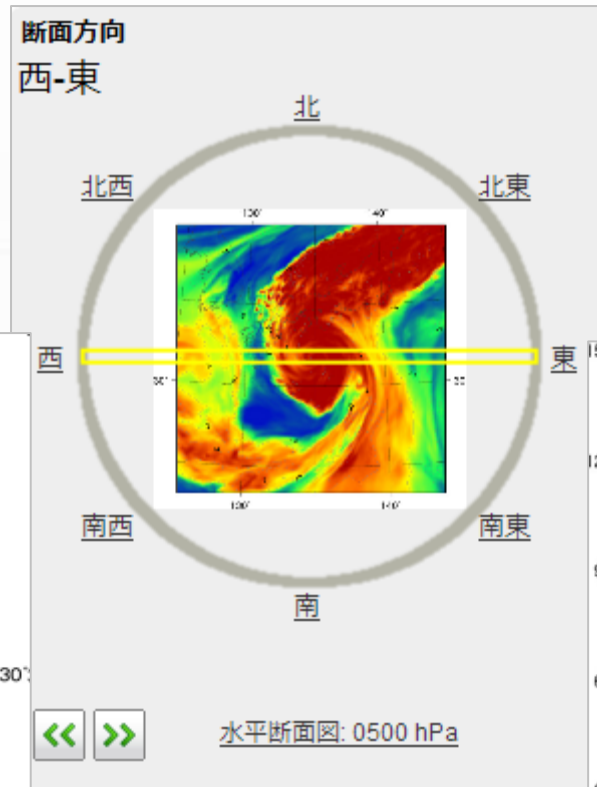
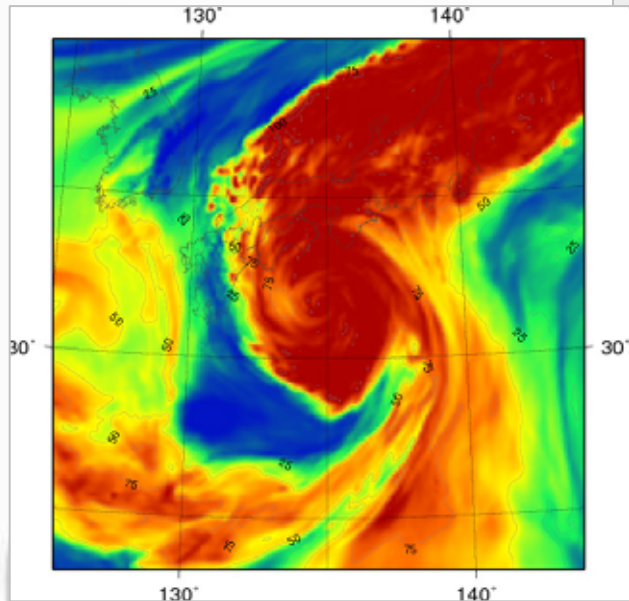
シミュレーションデータの検索

- 気象庁の**数値予報モデルGPV**（GSM or MSM）から台風中心の周辺領域を抽出。
- 気象要素ごとの**水平断面図**を、各気圧面に対して生成。
- 各気圧面の高度をもとに、気象要素ごとの**鉛直断面図**を生成。
- 特徴ベクトルを抽出して類似3次元構造の台風を検索（今後の課題）。

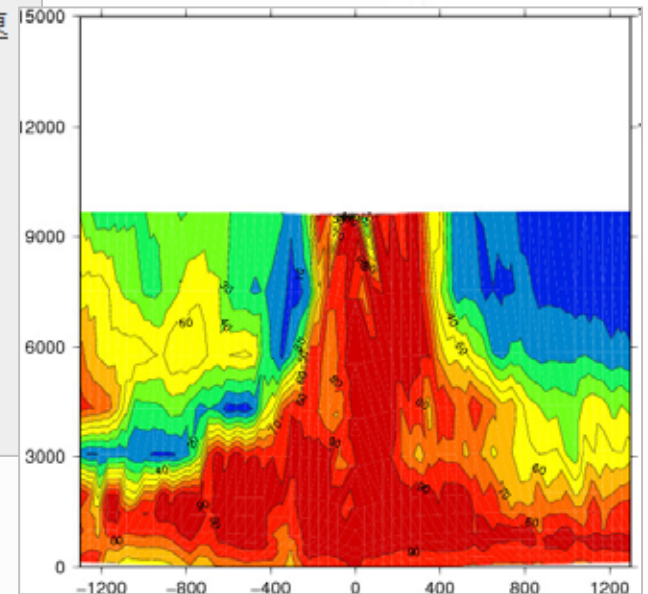
鉛直台風

<http://earth.nii.ac.jp/atmosphere/vertical-typhoon/>

水平構造



鉛直構造



MSM相对湿度

ソーシャルメディア

- 「うは、家が揺れてる」、「川が溢れそう」、「今度の台風はやばい」など、**現地からの報告には、他の「客観的」情報にない臨場感がある。**
- **現地の自発的参加者が発信した情報を共有する仕組みを構築する。**
- **地域性・多様性に富んだメディアを作り出す。**

台風前線

<http://front.eye.tc/>

- ユーザ生成情報を地理・時間情報つきで収集し、**時間軸をもつアニメーション地図**の上に表示する。
- 情報発信の分布を台風の動きと同期させることで、**台風と現地の人々との関係性**を見ることができる。
- 平成19年度文化庁メディア芸術祭
アート部門審査委員会推薦作品。



最新の情報に更新



PROFILE



TRACKBACK



CONTENT

HISTORY

FEEDBACK

2014年10月14日

トラックバックを読む

コメントを読む

ケータイメールを読む

TYPHOON

14号

> HISTORY



TYPE

SATELLITE

RECORD

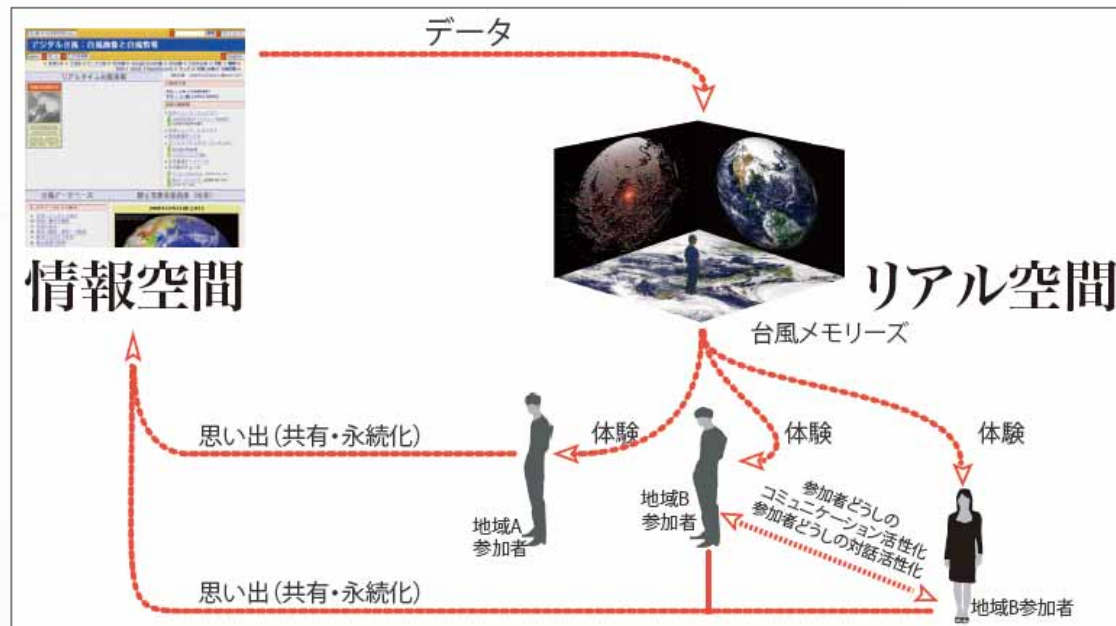
ACCESS

30000

2 台風前線

台風メモリーズ

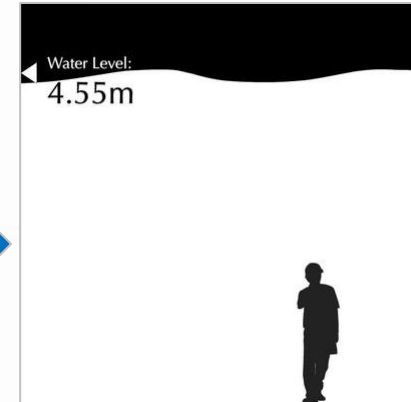
<http://memories.eye.tc/>



- 過去の台風を、観測データに基づく画像と音像・映像で体験できる空間を構築。

伊勢湾台風メモリーズ2009

<http://memories.eye.tc/isewan-typhoon-2009/>



実寸大の高潮

伊勢湾台風高潮マップ

実写型ハザードマップ

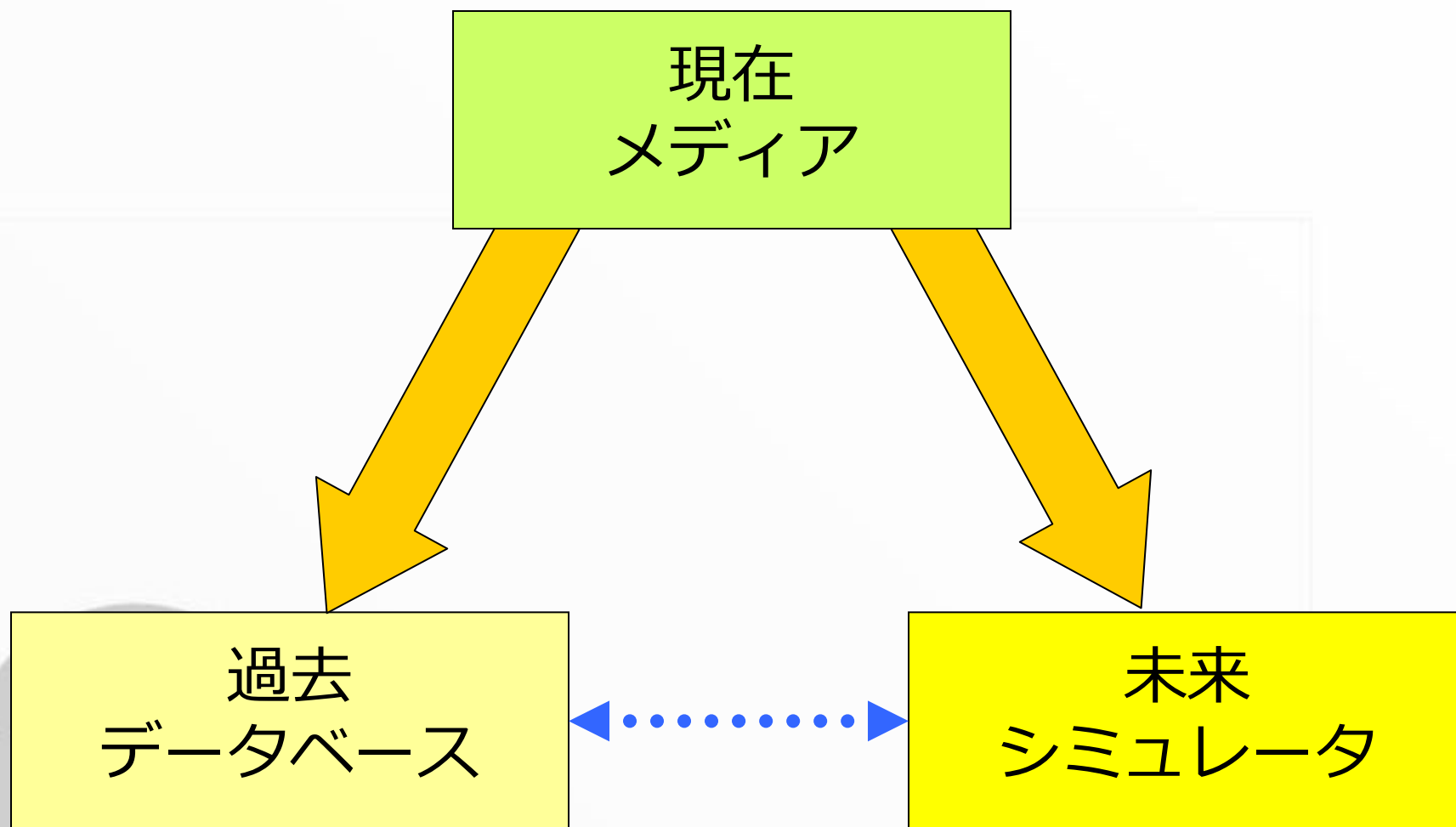


2011/10/06

Webスケール時代のパターン認識

42

現在・過去・未来



現在・過去・未来の結合

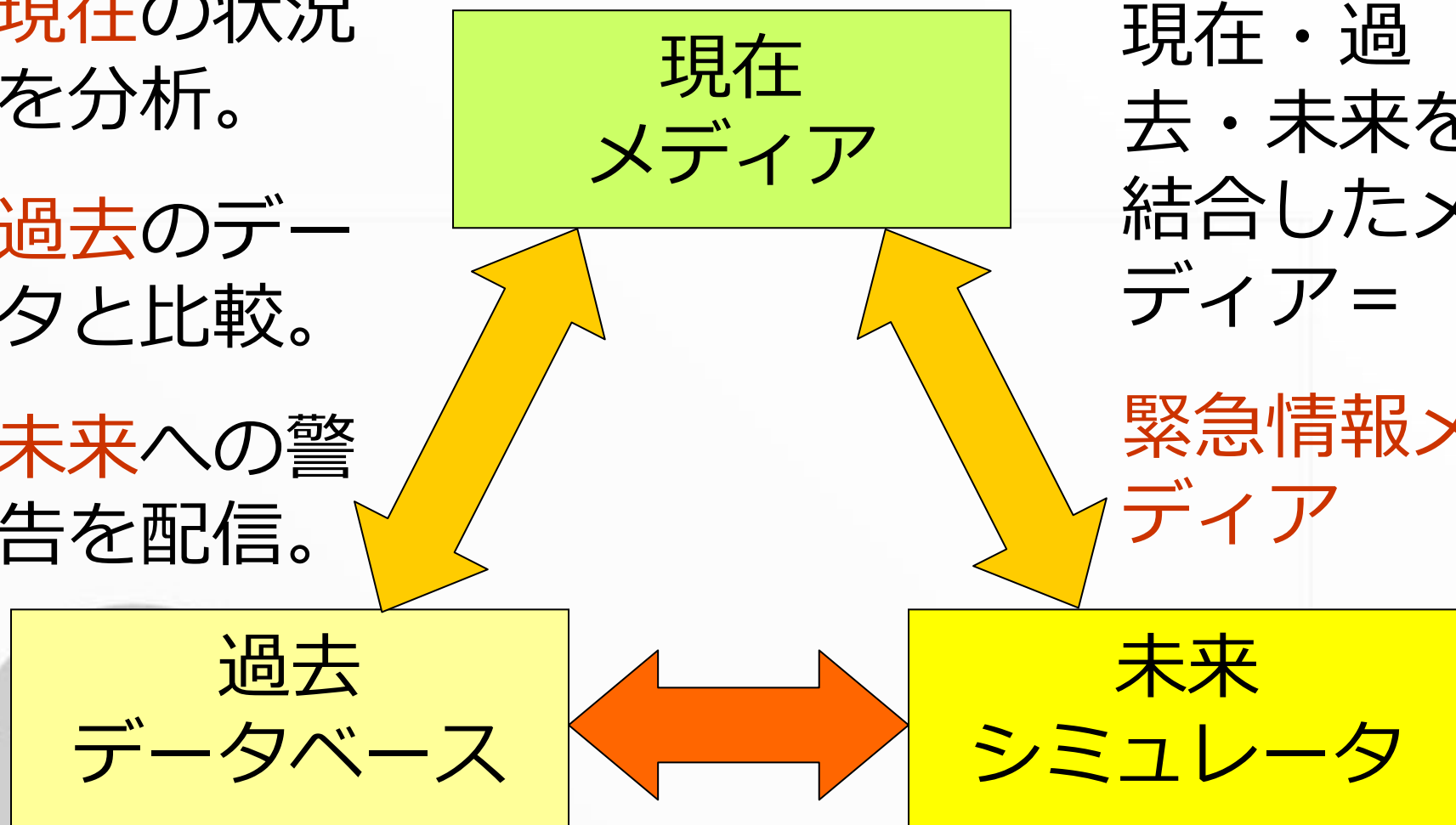
現在の状況
を分析。

過去のデー
タと比較。

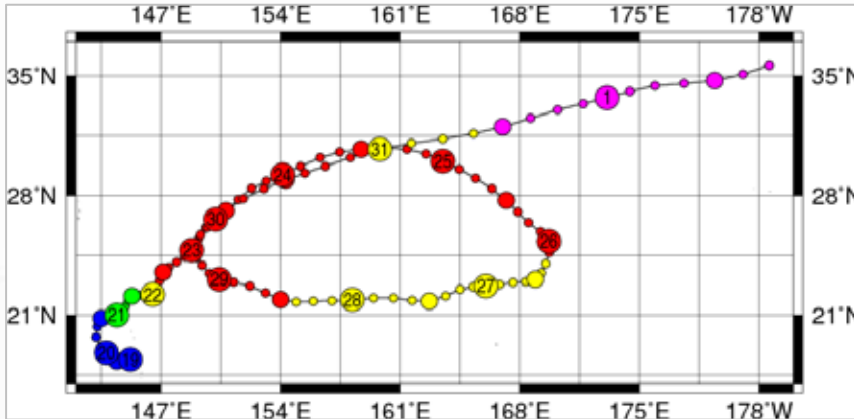
未来への警
告を配信。

現在・過
去・未来を
結合したメ
ディア＝

緊急情報メ
ディア



Big Dataとシミュレーション



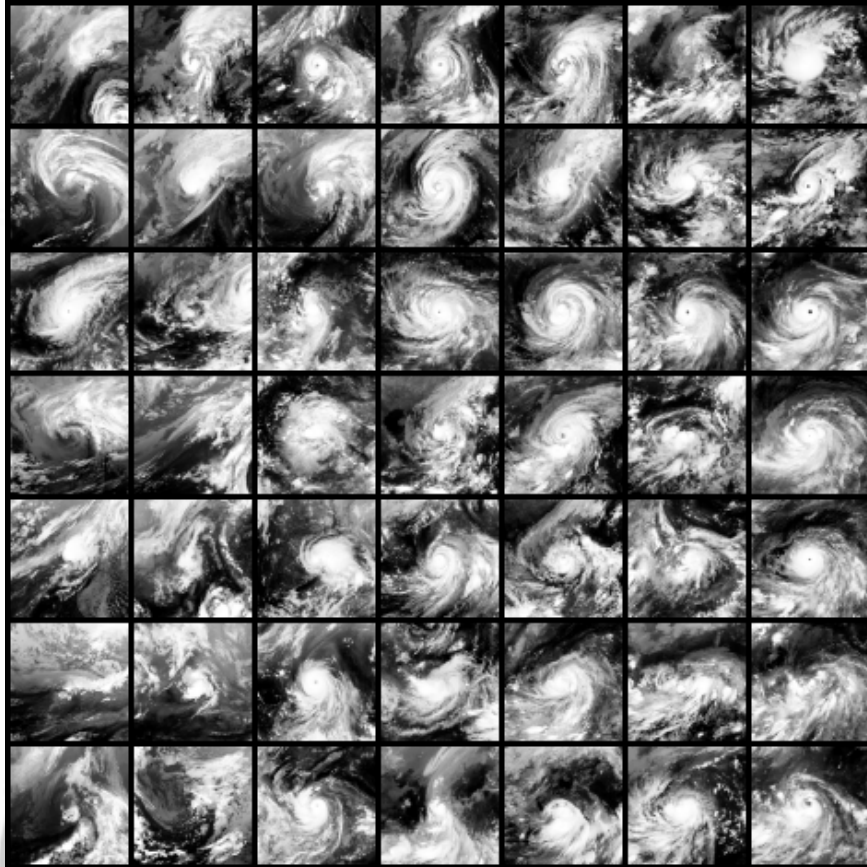
気象は物理現象なのでシミュレーションで予測可能。



たとえBig Dataでも、単純な予測で勝つのは困難。

1. Big Dataはシミュレーションを改善できるか（データ同化）？
2. シミュレーションデータというBig Dataに対して、何を認識・理解できるか？

データセットの公開



- 右のような画像が13万枚、中心気圧等のメタデータつきで存在する。
- 複数の衛星間でのキャリブレーションが最大の問題。
- **研究に使いたい
ですか？**

講演のまとめ

- 「デジタル台風」プロジェクトの出発点、目的および概要を紹介した。
- 台風画像コレクションを中心とする大規模台風データアーカイブを概観した。
- データ種類ごとの検索・ランキングのためのアルゴリズムを説明した。
- Big Dataとのかかわりなど、今後の研究の方向性を論じた。

謝辞

- 気象衛星画像の一部には、東京大学生産技術研究所、および東京大学地震研究所で受信・アーカイブされている画像を利用しています。
- 台風ベストトラックデータ、気象衛星画像、アメダス等には気象庁のデータを利用しています。
- 本研究はJSTさきがけ「知の創生と情報社会」から支援を受けています。
- 参加型メディアでは多数のブロガー、自発的参加者の協力を得ています。
- その他、多数のオープンソースソフトウェアやデータ集を利用しています。

関連ウェブサイト

- デジタル台風
 - <http://www.digital-typhoon.org/>
- ソーシャル台風
 - <http://www.eyecatch.jp/>
- 研究内容等
 - <http://agora.ex.nii.ac.jp/~kitamoto/>
- 本日の発表資料掲載予定
 - <http://goo.gl/xOEbN>