

卒業論文

即時性の伴うイベントを
可視化・共有する Web サービス群

Web Services Enabling Real-time Visualization and Sharing of
Information from Real-World Events

2016年1月22日提出

指導教官 岩井将行 准教授

未来科学部 情報メディア学科

12FI091 高橋 洋人

卒業論文要旨 2015年度（平成27年度）

即時性の伴うイベントを 可視化・共有する Web サービス群

概要

Twitter に代表されるマイクロブログの広まりやスマートフォンの普及により、ソーシャルメディアに人々の自発的で自然な反応が多く含まれていることが可能になった。本研究においても、リアルタイムの個別ユーザからの実世界のイベントに関する反応入手し、トレンド分析やイベントの整理、共有などを行う様々なサービスを最新のサーバ技術を用いて構築した。リアルタイムな情報共有に注目し、複数のアプリケーションの作成を通じ共通基盤を構築したことについて述べる。

キーワード:

ブラウザネットワーキング, マイクロブログ, 人流

東京電機大学院未来科学研究科情報メディア学専攻

高橋 洋人

Bachelor's Thesis Academic Year 2015

Web Services Enabling Real-time Visualization
and Sharing of Information
from Real-World Events

Abstract

With the spread of the spread and smartphones microblogging represented by Twitter, it has made it possible that contain many spontaneous and natural reaction of people in social media. In the present study, to obtain a reaction related to real-world events from the real-time of the individual user, organizing of trend analysis and events, was constructed using the latest server technology a variety of services to perform the share such. It focuses on real-time information sharing, we describe that was constructed a common infrastructure through the creation of multiple applications.

Keyword:

Browser Networking,Microblogging,People Flow

Department of Information and Media Engineering,
Tokyo Denki University

Hiroto TAKAHASHI

目 次

第 1 章 序論	1
1.1 背景	2
1.2 本研究の目的	2
1.3 本論文の構成	2
第 2 章 位置情報付きツイート解析による 経路・イベント検出と可視化	3
2.1 システム概要	4
2.1.1 移動経路可視化	4
2.1.2 イベント検出	5
2.2 システム構成	6
2.2.1 Twitter APIについて	6
2.2.2 移動経路可視化	6
2.2.3 イベント検出	7
2.2.4 Geo Tweet 収集クライアント	11
2.3 本章のまとめ	12
第 3 章 即興的及び人数チームプレイが可能な ブラウザネットワーキングゲーム基盤	13
3.1 背景と関連研究	14
3.2 システム概要	14
3.2.1 ゲームシステム	14
3.3 システム構成	16
3.3.1 構成図	16
3.3.2 通信の流れ	17
3.4 本章のまとめ	19

第4章 Twitter のローカルトレンドの抽出	21
4.1 背景と関連研究	22
4.2 システム概要	22
4.3 アルゴリズム	22
第5章 結論	25
5.1 まとめ	26
5.2 今後の課題	26
謝辞	27
学外発表	28
参考文献	29

図 目 次

1	アプリケーション画面	4
2	イベント検出アプリケーション画面	5
3	花火ツイート解析の流れ	6
4	左から順に朝, 昼, 夜の時間帯のマーカー	7
5	イベント検出と可視化の流れ	8
6	5月10日のプロット結果	9
7	神田祭ツイートのプロット	10
8	nkfes ツイートのプロット	10
9	Tweet 収集アプリケーション UI	11
1	認証 QR コード	15
2	コントローラ, コントローラの説明	16
3	プレイヤー・ショット	16
4	ゲームプレイ画面	16
5	FPS グラフ	17
6	システム構成図	17
7	システム構成図2	17
8	メインページ接続時の通信	18
9	コントローラ接続時の通信	19
10	ゲーム時のコントロールクエリの同期	20
11	プレイの様子	20
1	実験で作成した Twitter bot アカウント	23
2	トレンドの解析のフロー	23
3	学内で発生した突発的な情報を含む例	24
4	Twitter 公式のトレンドと重複した例	24
5	トレンド集計 Web ページ	24

表 目 次

1	花火-サンプルツイート数	7
2	イベント検出 - クラスタ数	9
3	イベント検出 - 5月10日	10

第1章

序論

本章では、本研究の背景と目的および、本論文の内容構成について述べる。

1.1 背景

Twitter に代表されるマイクロブログの広まりやスマートフォンの普及を背景に、ソーシャルメディアに人々の自発的で自然な反応が多く含まれるようになり、容易に取得ことが可能になった。

1.2 本研究の目的

本研究においても、リアルタイムの個別ユーザからの実世界のイベントに関する反応入手し、トレンド分析やイベントの整理、共有などを行う様々なサービスを最新のサーバ技術を用いて構築した。リアルタイムな情報共有に注目し、複数のアプリケーションの作成を通じ共通基盤を構築したことについて述べる。

1.3 本論文の構成

本論文の以下の構成は次のようになっている。

第2章では、本論文で使用する諸概念について述べる。

第3章では、即興的なブラウザ通信のシステムを提案し。

第4章では、マイクロブログを用いた経路やイベントの検出と可視化について述べる。

最後に、第6章で本論文の結論を述べる。

第2章

位置情報付きツイート解析による 経路・イベント検出と可視化

本章では位置情報付きツイートに着目し、イベント参加者と予測される人の移動経路の Web アプリケーションによる可視化手法について述べる。

2.1 システム概要

本研究では、位置情報付きツイートに着目しイベント参加者と思われる人の移動経路の可視化とアプリケーションの作成を行った。また、ツイート内容と位置情報からクラスタリングしイベントの検出と可視化を目的とし作成したWebアプリケーションについて述べる。

2.1.1 移動経路可視化

研究のサンプルとして2014年10月18日に行われたふじさわ江の島花火大会[10]からツイートを収集し移動経路の可視化を行った(図1)。イベント参加者と思われるユーザとして花火大会当日に半径10km以内でツイートしたユーザ及び「花火」、「ふじさわ」、主要駅名でのツイートを行ったユーザで絞り込んでデータを収集した。

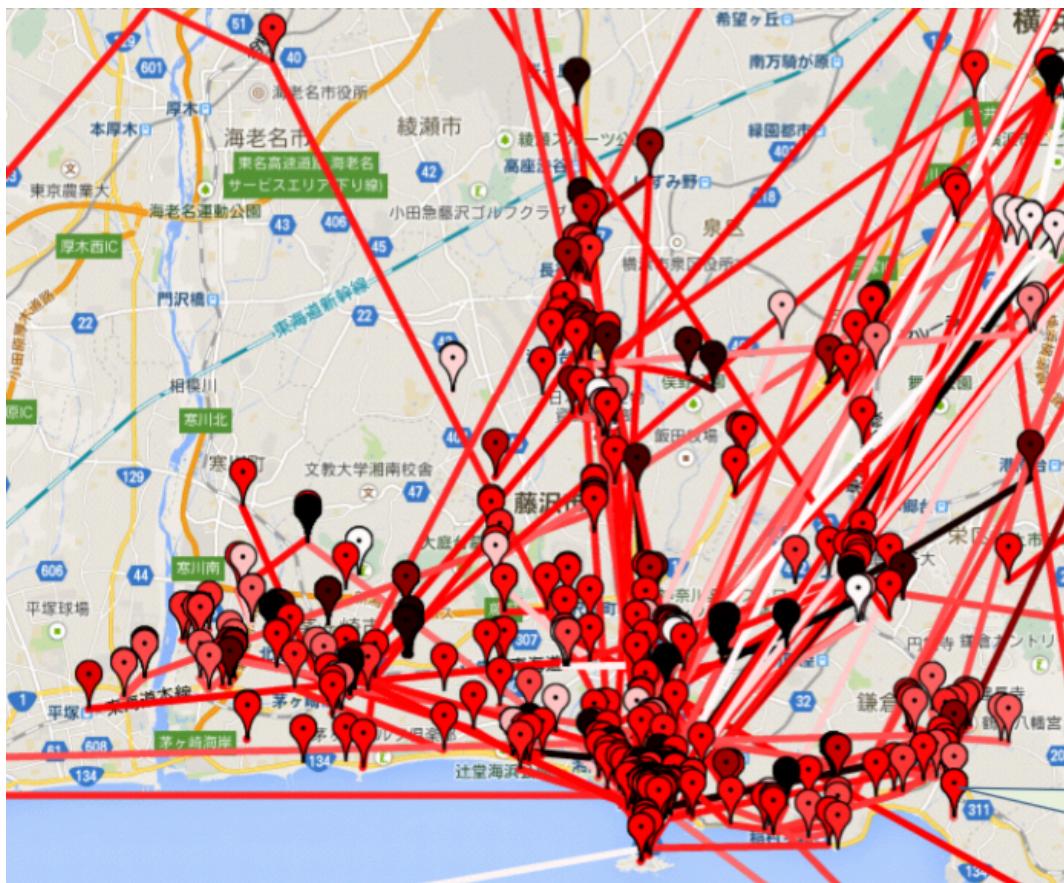


図1: アプリケーション画面

2.1.2 イベント検出

研究のサンプルはシステムを開発した周辺の2015年5月9日から5月12日の間のツイートを収集した。ツイートのキーワードと緯度、経度をパラメータにクラスタリングを行いクラスタ毎に色分けをしまップ上に可視化をした。またクラスタリング結果のマップ閲覧と管理が行えるWebアプリケーションの作成した(図2)



図2: イベント検出アプリケーション画面

2.2 システム構成

2.2.1 Twitter APIについて

Twitter APIについて

本研究のツイート収集には Twitter API を用いた。主に <https://api.twitter.com/1.1/search/tweets.json> と <https://stream.twitter.com/1.1/statuses/filter.json> を使用しツイートの収集を行った。search/tweets API はツイートのフィルタリングとしてキーワード指定での過去のツイートの検索や緯度経度と半径で指定した範囲の過去のツイートの取得が可能である。また、search/tweets による過去のツイートは1週間前までの制限がある。

2.2.2 移動経路可視化

以下(図3)の手順で解析を行う。



図3: 花火ツイート解析の流れ

サンプルの取得

ふじさわ江の島花火大会の花火打ち上げ地点から周囲 10km 圏内に絞って取得した。花火打ち上げ地点は緯度 35.307061, 経度 139.478704 とした。さらに取得したツイートのユーザについて当日前後の 17 日から 19 日までのツイートを取得した(表 1)。

日付	サンプルツイート数
10月17日	5052
10月18日	26723
10月19日	20227

表 1: 花火-サンプルツイート数

可視化 Web アプリケーション

可視化には Google Maps API [11] を使用した。各ツイート地点にマーカーの表示を行い、同一のユーザはポリラインを使い前後のツイートと線で結んで表示し、直線であるが経路の可視化を試みた。マーカーの色は時間に伴って明度を変えて、朝から夜にかけて明るい赤から暗い赤で表示をした(図 4)。

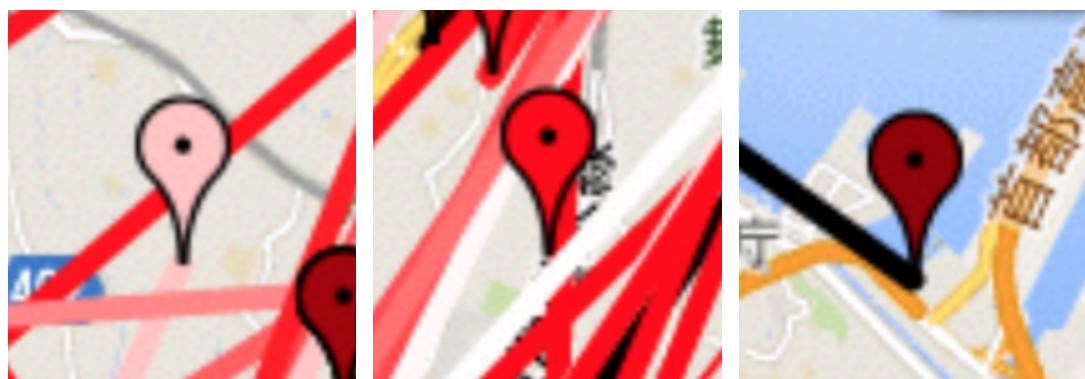


図 4: 左から順に朝、昼、夜の時間帯のマーカー

2.2.3 イベント検出

(図 5) の手順で解析を行う。

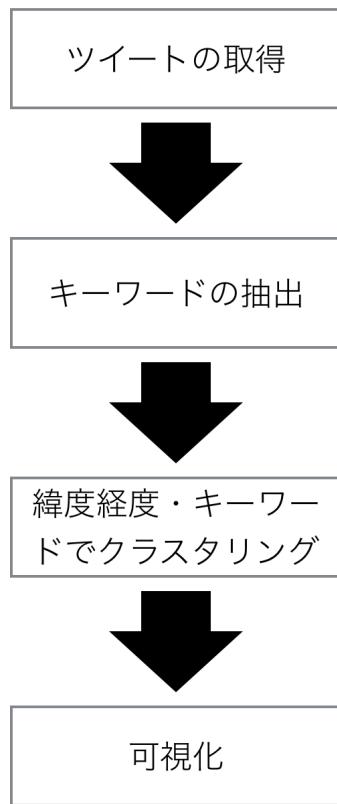


図 5: イベント検出と可視化の流れ

ツイート収集

ツイートは移動経路の可視化と同様に取得した。今回は東京都内のツイートをサンプルとした。東京都心の緯度を 35.673343, 経度を 139.710388 から 100km 圏内、収集日時は 5月 9 日～5月 12 日の 4 日間とした。

クラスタリング

キーワード・緯度経度を軸に K-means を用いてクラスタリングを行った。結果、各日付について(表 2)のクラスタ数に分類ができた。また、時間帯を含めて K-means を試みた結果望ましい結果は得られなかつたので手法の検討が必要である。

第2章 位置情報付きツイート解析による 経路・イベント検出と可視化

日付	クラスタ数
5月09日	10
5月10日	12
5月11日	7
5月12日	7

表 2: イベント検出 - クラスタ数

可視化 Web アプリケーション

経路可視化と同様に GoogleMap を使用した。 クラスタ毎にマーカーの色を変更している。可視化の結果 10 日の結果で良い結果が得られたので取り上げる(図 6)。10 日のクラスタは以下の様な一覧(表 3)になった。



図 6: 5月10日のプロット結果

第2章 位置情報付きツイート解析による 経路・イベント検出と可視化

キーワード	ツイート数
imacoconow	264
kawaguchi	76
神田祭	65
photo	43
横浜	41
週末限定	38
神田明神	35
東京	30
天気	28

表 3: イベント検出 - 5月10日

可視化によって発見できたイベント

5月10日には実験前から把握していたイベントの神輿宮入が終日行われていた[12]。実際にイベント周辺でのツイートを検出する事ができた(図7)。また、同日に事前に走らなかつた「野外音楽フェスティバル 人間交差点 2015 [13]」というイベントも行われており、こちらもイベント周辺でのツイートとして検出することが出来たと言える(図8)。



図 7: 神田祭ツイートのプロット

図 8: nkfes ツイートのプロット

2.2.4 Geo Tweet 収集クライアント

今回の研究でTweetを収集するためにツールとして位置情報付きのツイートをAPIを使用して一括で収集するWebアプリケーションを作成した(図9)。最近のツイートを取得する用途で、今後の研究で活用が期待される。

GEO Tweet Collector

ツイート収集フォーム		
ラベル	Geocode	日付
label	35.673343,139.710388,100km	2015年11月12日
all_move3	35.673343,139.710388,100km	2015年09月22日
all_move2	35.673343,139.710388,100km	2015年09月14日
all_move	35.673343,139.710388,100km	2015年09月06日
hanabi_adachi	35.673343,139.710388,100km	2015年07月20日
rain_back	35.673343,139.710388,100km	2015年05月10日
rain	35.673343,139.710388,100km	2015年05月22日
cl	35.673343,139.710388,100km	2015年05月14日
reitai	35.673343,139.710388,100km	2015年05月14日
first	35.689634,139.692101,100km	2015年04月22日

図9: Tweet 収集アプリケーション UI

2.3 本章のまとめ

結果として、可視化から主要に使用されている駅の推測などはできるが、収集で得られた情報だけでは各ユーザの参加までの移動元や人の流れは大まかにしか予測できなかった。

関連研究として、位置情報をもたないツイートへの情報付加手法が提案されており [1]、活用することで情報の増加とユーザに対する分析が望める。

現在はユーザの属性づけができていないため、今後は付加情報とその可視化で意義を見出せないか試みたい。時間軸を含めたクラスタリングもイベントの検出精度に関わると考えられる。アニメーションを用いたビジュアライズも表現方法の可能性が広がると思われる。

第3章

即興的及び人数チームプレイが可能な
ブラウザネットワーキングゲーム基盤

本章では、作成した即興的な多人数プレイが可能なブラウザネットワーキングゲームについて述べる。

3.1 背景と関連研究

近年, WebSocket[19] によるリアルタイムな通信技術が注目されている。多くの技術職ではコミュニケーションツールを使い効率的に作業する需要がある。それを背景に、共同研究における WebSocket を用いた WebGL のリアルタイム同期手法の提案 [14] や Web デスクトップ共有の研究が行われている [15]。さらに、スマートフォンの普及 [17] を背景に、QR コード [18] の活用も浸透しており、QR コードリーダーの認知率は 9 割超であり、使用経験率は約 7 割であるという調査結果が出ている [16]。

我々は、スマートフォンをコントローラとしたコネクションの即時的な確立に着目した。そして即時参加が可能なブラウザアプリケーションの作成による、QR コードと WebSocket を用いたスマートフォンによる情報共有手法の提案をについて述べる [24]。

3.2 システム概要

ゲームプラットフォームの作成とともに一例として、多人数対応のブラウザシューティングゲームの作成をした。サーバーを起動してモニタとなる端末からブラウザでゲームページへアクセスすると(図 1)のように QR コードが表示される。同じ画面で遊ぶプレイヤーはスマートフォン端末で QR コード読み取りをするとコントローラ用の URL へアクセスすることができプレイに参加が出来る。

コントローラはスマートフォンを横持ちで、シェイク(スマートフォンを振る)動作なども入力としてゲームに入れた(図 2)。socket 通信 [8] を用いることでスマホで即時参加が可能でリアルタイムにプレイヤーの操作が出来る。

3.2.1 ゲームシステム

ゲームの内容について説明する。

ゲームは平面のシューティングゲームを作成した。ステージ上をプレイヤー(図 3)が移動できて壁で構成される部分はオブジェクトが通過できない(図 4)。

プレイヤーは HP(Hit Point), MP(Hit Point) を持っていて、ショット攻撃に MP を消費し、消費した MP はマップに散らばり取得すると MP が回復するという特徴のルールを加えた。



図 1: 認証 QR コード

プレイヤーのアクションは移動とショット攻撃とダッシュの3つが行える。コントローラ右でショット、コントローラ左でショット攻撃、シェイクでダッシュが出来る。

プレイヤー数に対する処理速度の考察を行った。作成したゲームについて接続人数と FPS を取って回帰分析を行った(図 5)。7台の接続時の 28.28fps で若干表示が重い状態であった

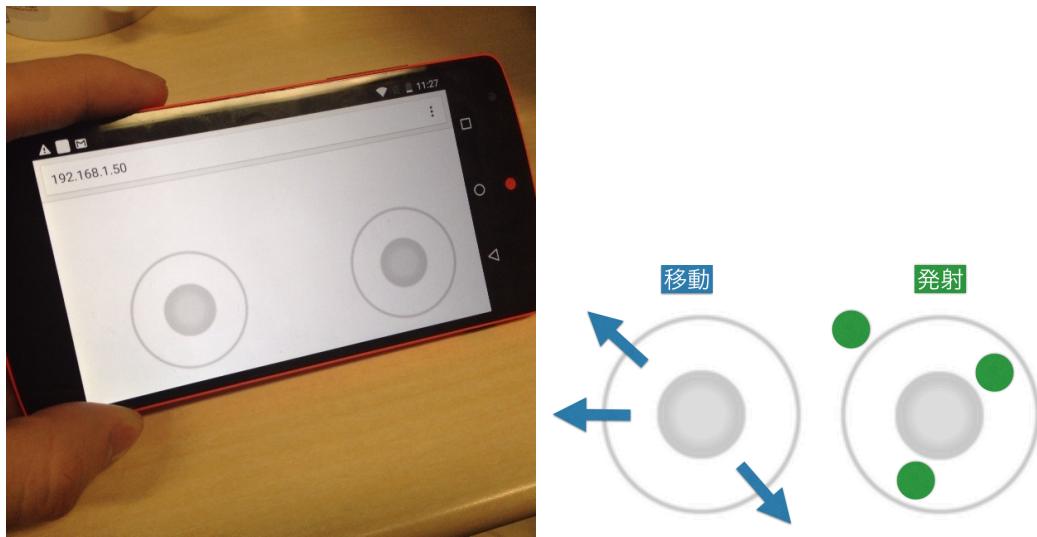


図 2: コントローラ, コントローラの説明

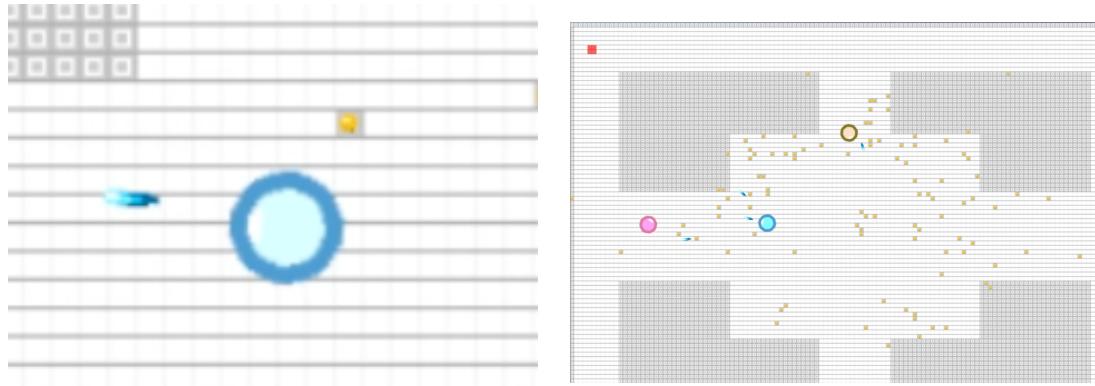


図 3: プレイヤー・ショット

図 4: ゲームプレイ画面

3.3 システム構成

3.3.1 構成図

システムの構成は 2 つを想定し、オンラインサーバを運用して動かす(図 6)に示す構成と、サーバを PC で立てることによりローカルネットワークのみでのプレイが出来る(図 7)で示す構成を。

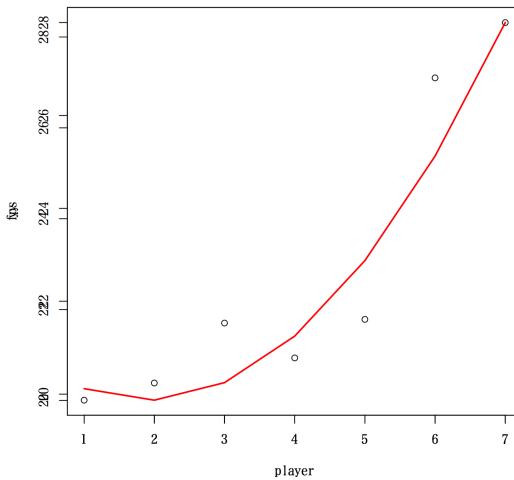


図 5: FPS グラフ

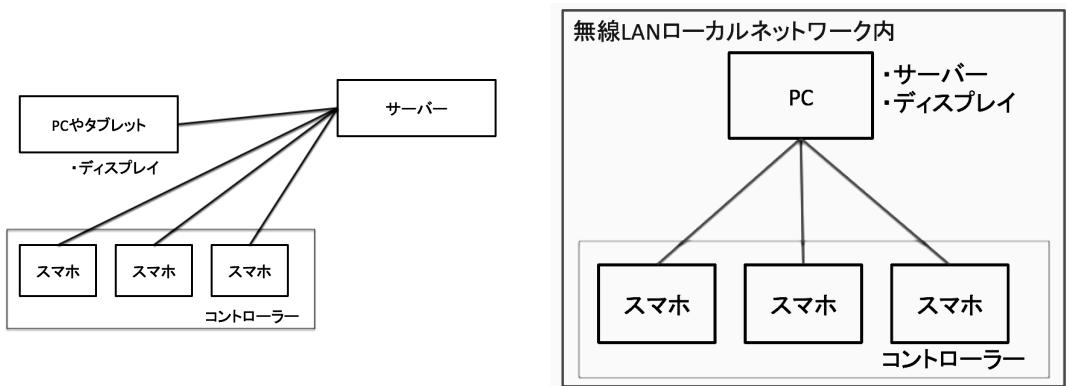


図 6: システム構成図

図 7: システム構成図 2

3.3.2 通信の流れ

まずディスプレイとなる端末からメインページ(ドキュメントルート/)にアクセスする(図 8)-1, 2. レスポンス時に socket のコネクションを確立する(図 8)-3, 4.

その後、コントローラとして使う端末からチーム選択ページ(ドキュメントルート/con)にアクセスする(図 9)-1, 2. チームの選択によりコントローラページ(ドキュメントルート/con?team=[num])に飛び、socket コネクションの確立(図 9)-3, 4, 5, 6とともに、ディスプレイ端末へプレイヤー追加のイベントを送信も行う(図 9)-7.

ゲーム時の通信は(図10)に示すようにコントローラの入力をsocketを通してメインページを開いているクライアントへ送信し、プレイヤーのアクションへと同期している。

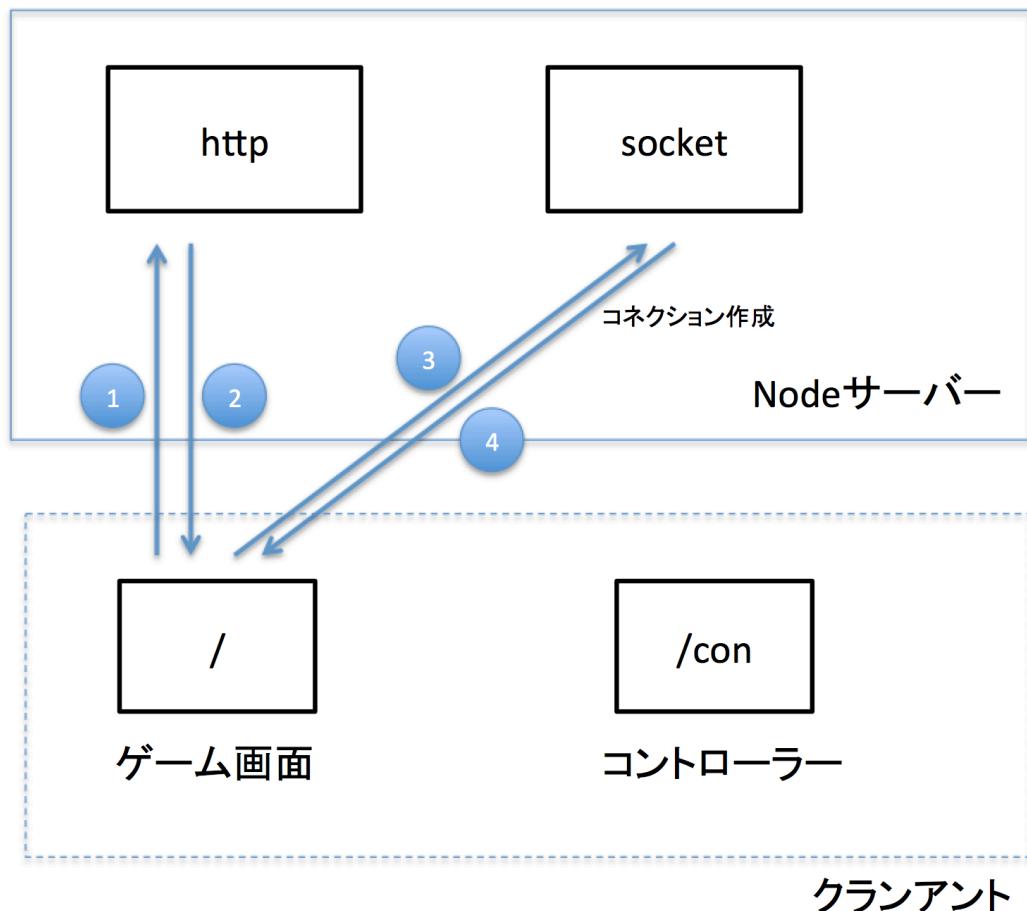


図 8: メインページ接続時の通信

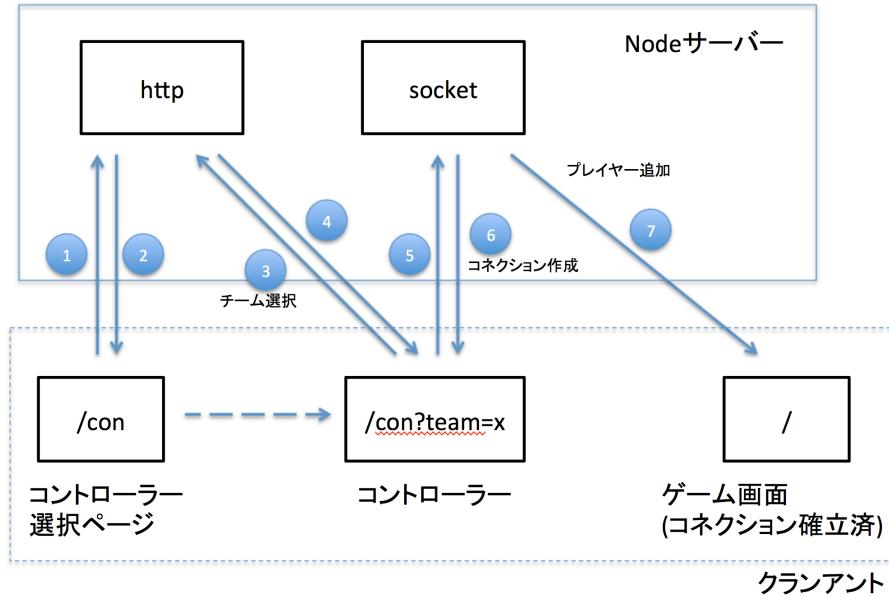


図 9: コントローラ接続時の通信

3.4 本章のまとめ

ゲームをプレイしている様子を(図 ??)に示す。今回作ったゲームは4人で接続で20秒に一度ほどゲームのフリーズが発生、8人での接続だと常時カクつきが見られた。ソケットで扱うデータが単純であれば性能の向上ができると考えられる。

本システムは本学のオープンキャンパスや学会でデモやポスターセッション発表を行った。参加者の多くは自身のスマートフォンでの参加ができたが、QRコードリーダーアプリが端末に入っていないケースが一割以下で発生した。今後の発展としてゲームフレームワークなどを始点としてパッケージ化やネットワーク負荷の評価などを考えられる。

このシステムの応用としては、サーバーサイドの汎用化、ライブラリ化が望める。RaspberryPIへの移植も行えればWifiを吹くことでネットワーク環境のない被災地などでもモバイル端末への通信の可能性も広がると思われる。

第4章 即興的及び人数チームプレイが可能な
ブラウザネットワーキングゲーム基盤

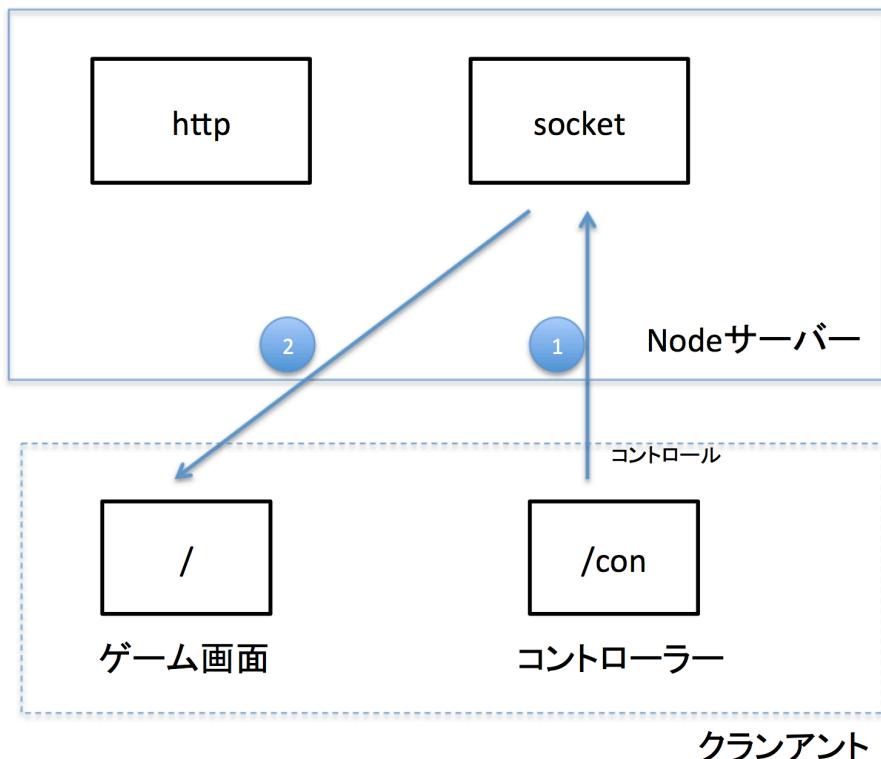


図 10: ゲーム時のコントロールクエリの同期

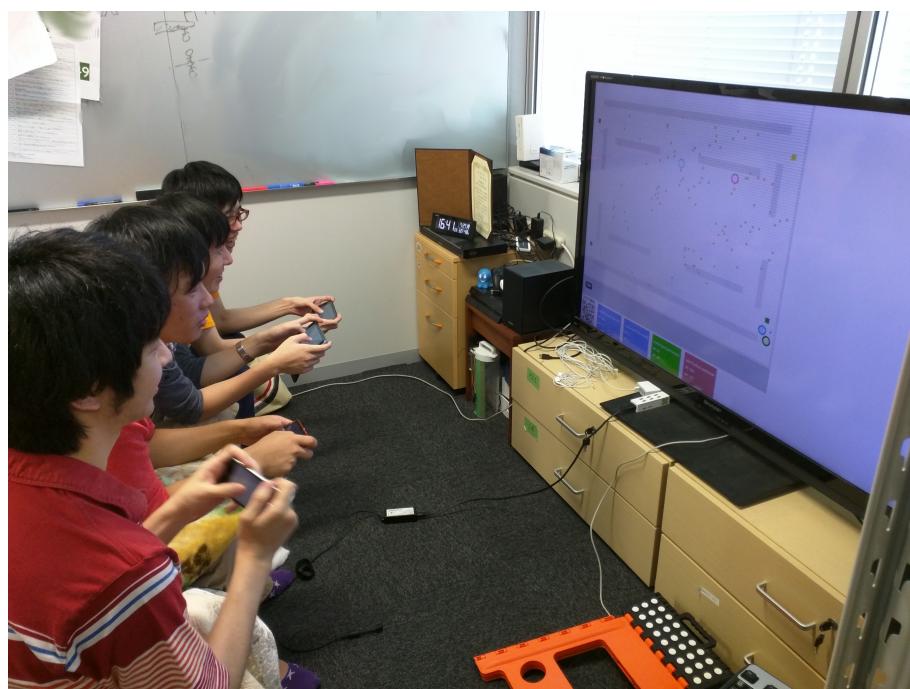


図 11: プレイの様子

第4章

Twitter のローカルトレンドの抽出

本章では特定のクラスタ内でのリアルタイムなトレンド解析手法の検討について述べる

4.1 背景と関連研究

社会には様々な組織やグループがあり、その内部でのニュースやトレンドが存在する。また、Twittr はリアルタイムな情報や進行中のイベント取得のためのツールとして活発に使用されている。関連研究として、ツイート解析によるイベントの混雑状況把握の提案 [20] や、トレンドの予測やトリガーとなる事柄の分析手法の提案 [21] などがされている。今回は本学学生によるツイートの解析によりローカルなトレンドキーワードの抽出を試みた。

4.2 システム概要

サンプルとして、自己申請されたユーザ及び手動での登録を行った、本学学生の Twitter ユーザ合計約 600 ユーザのツイートを対象に集計し、直近の時間帯に流行しているキーワードの抽出をするアプリケーションを実装した。1 時間毎に統計を行い、上位キーワードをトレンドとして Twitter の bot¹ から投稿をする(図 ??)[22]。

4.3 アルゴリズム

トレンドの評価には(図 2)に示す独自のアルゴリズムを使用した。まず単純にキーワードの出現頻度を計算し、ユーザの人数によりポイントの調整を行い、最近一日間の記録したトレンドと累積した単語のポイントをマイナス評価としてノイズの除去を行う。結果の上位 6 件をツイートし、ポイントは次の評価のためにログと累積に分けてデータベースに記録を残す。

トレンドのコンテンツとしての配信についても考察し以下に示す複数の機能を実装した。

- 一日や一週間のトレンドの配信
- リプライによるキーワード辞書の追加機能

今回の手法でトレンドの抽出を実験した結果、(図 3)で示すように実際に学内で突発的に発生し Twitter 上で話題になった情報を抽出することができた。Twitter

¹インターネット・ボットとして動いている Twitter アカウント



図 1: 実験で作成した Twitter bot アカウント

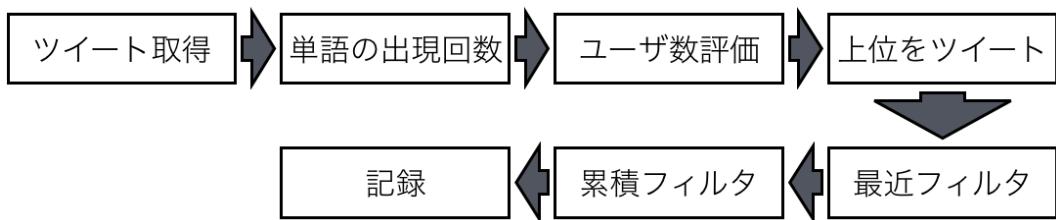


図 2: トレンドの解析のフロー

公式でトレンドとして掲示される単語に重複する結果も多く見られた(図 4). また, くだけた文章の分から書き精度の甘さから特殊な固有名詞などが抽出されにくく, 反対に確実に抽出されるハッシュタグのキーワードはポイントが高く偏る傾向があり改善点である.

bot での配信では表現が限られるため, (図 5) のように web サイトの実装も行つた[23]. クラスタ内だけでなくローカルの特徴的なキーワードに重きをおく評価の導入, 感情の評価による統計, Web サイトでの結果表示などの発展が考えられる.

メディセン■■■■■
ガラス■■■■■
階段■■■■■
(△`△)■■■■■
メディ■■■■■
うに■■■■

19:00 - 2014年4月29日

エイプリルフール■■■■■【7連続】
嘘■■■■【6連続】
#エイプリルフール■■■【5連続】
新入■
勧誘■【4連続】
社員■
trend.elzup.com/log/2015040113

13:00 - 2015年4月1日

図 3: 学内で発生した突発的な情報を含む例

図 4: Twitter 公式のトレンドと重複した例



図 5: トレンド集計 Web ページ

第5章

結論

本章では、本研究で得られた結果をもとに、結論を述べる。

5.1 まとめ

Twitter に代表されるマイクロブログの広がりやスマートフォンの普及により、それらをインフラとして人々の生活を変えより利便性を向上していくにはサーバサイドの技術が必要不可欠である。本研究においても、リアルタイムの個別ユーザからの実世界のイベントに関する反応入手し、トレンド分析やイベントの整理、共有などを行う様々なサービスを最新のサーバ技術を用いて構築した。

5.2 今後の課題

我々は本稿で紹介した、即時スマートフォン参加アプリケーション、トレンド配信 bot、参加型センシングサーバ API を拡張し実運用やユーザ評価などを通じて Web サービス群の最新の情報可視化共有基盤をさらにオープンソースなどを通じて広めていく。

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究指導をはじめあらゆる面でご協力して下さった東京電機大学未来科学部情報メディア学科岩井将行教授に深く感謝致します。
最後に研究の日々を共にした、東京電機大学未来科学部情報メディア学科ユビキタスネットワーキング研究室の友人達、私が今ではもう触る機会の少ないWindowsを吹っ飛ばした際に激励の言葉をかけてくれた方々、4年間の大学生活を支えてくれた家族に心から感謝の意を表します。

2016年3月31日

高橋洸人

学外発表

1. 高橋洸人, 岩井 将行, ”即興的な多人数チームプレイが可能なブラウザネットワーキングゲーム基盤”, 情報処理学会 エンタテインメントコンピューティング研究会 (SIG-EC). 2015 年 10 月.

参考文献

- [1] 渡辺一史, et al. "Twitter を用いた実世界ローカルイベント検出." 第 4 回楽天研究開発シンポジウム予稿集 (2011). <http://rit.rakuten.co.jp/conf/rrds4/papers/RRDS4-030.pdf>.
- [2] 重田航平, 青木俊介, 劉廣文, 岩井将行, 濱崎薰, “モバイル端末を用いたユーザ参加型環境センシングにおける誤計測地点の検知・修正手法”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウム, セッション 2A-3 (2013). https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/index.php?action=pages_view_main&active_action=repository_action_common_download&item_id=97168&item_no=1&attribute_id=1&file_no=1&page_id=13&block_id=8
- [3] 三浦麻子, 鳥海不二夫, 小森政嗣, 松村真宏, 平石界, “ソーシャルメディアにおける災害情報の伝播と感情: 東日本大震災に際する事例”, 人工知能学会論文誌 0 (2016). <http://ci.nii.ac.jp/naid/40020080340>
- [4] 小久江 卓哉、中村 貴洋、宮下 芳明: WebSocket を用いた Web ブラウザ間 P2P 通信の実現とその応用に関する研究. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110008675481>.
- [5] 中村智之、金子晃介、岡田義広: 携帯端末をデータ放送コンテンツの直観的な入力装置として利用可能とするフレームワークの提案. <http://ci.nii.ac.jp/naid/110009784022>.
- [6] 坂井成道, 峰松美佳, 会津宏幸: HTML5 構成変換技術を用いた複数端末への Web ページ分割表示システム http://www.toshiba.co.jp/tech/review/2013/12/68_12pdf/f01.pdf.
- [7] 渡辺 一史, 大知 正直, 岡部 誠, 尾内 理紀夫: Twitter を用いた実世界ローカルイベント検出 <http://rit.rakuten.co.jp/conf/rrds4/papers/RRDS4-030.pdf>.

- [8] Socket.IO(閲覧日: 2016年1月22日): <http://socket.io/>.
- [9] enchant.js - A simple JavaScript framework for creating games and apps.(閲覧日: 2016年1月22日): <http://enchantjs.com/ja/>.
- [10] ふじさわ江の島花火大会(閲覧日: 2016年1月22日): <http://www.fujisawa-kanko.jp/event/fujisawahabi.html>.
- [11] Google Maps API — Google Developers(閲覧日: 2016年1月22日): <https://developers.google.com/maps/?hl=ja>.
- [12] 平成27年度 神田祭／ご遷座四百年奉祝大祭の年(閲覧日: 2016年1月22日): <http://www.kandamyoujin.or.jp/kandamatsuri/>.
- [13] RHYMESTER presents 野外音楽フェスティバル 人間交差点 2016(閲覧日: 2016年1月22日): <http://www.nkfes.com/>.
- [14] Pimentel, Victoria, and Bradford G. Nickerson. "Communicating and displaying real-time data with WebSocket." Internet Computing, IEEE 16.4 (2012): 45-53. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6197172&url=http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6197172
- [15] 鈴木啓真, and 兼子正勝. "WebSocket を用いたリアルタイムな Web デスクトップ共有." 情報処理学会第 77 回全国大会 1 (2015): 02. http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6197172&url=http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=6197172
- [16] 「二次元コード (QR コード) の使用」に関するアンケート結果 (DO HOUSE) <http://www.dohouse.co.jp/news/research/20140717/>
- [17] 総務省 | 平成 24 年版 情報通信白書 <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/html/nc122110.html>
- [18] QR コードドットコム | 株式会社デンソーウェーブ <http://www.qrcode.com/>
- [19] WebSockets <https://ajf.me/websocket/>

- [20] 渡辺大貴, and 相場亮. "Twitter を用いた開催中のソーシャルイベントの状況把握に関する研究." 情報処理学会第 77 回全国大会 2 (2015): 05. https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/index.php?action=pages_view_main&active_action=repository_action_common_download&item_id=144025&item_no=1&attribute_id=1&file_no=1&page_id=13&block_id=8
- [21] Zubiaga, Arkaitz, et al. "Real - time classification of Twitter trends." Journal of the Association for Information Science and Technology 66.3 (2015): 462-473. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/asi.23186/full>
- [22] 電大トレンド君 ver2.99(@TDU_Trend) さん — Twitter https://twitter.com/TDU_Trend
- [23] 電大トレンド君 on Web <http://trend.elzup.com/>
- [24] 高橋洸人, and 岩井将行. "即興的な多人数チームプレイが可能なブラウザネットワーキングゲーム基盤." エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集 2015 (2015): 220-223. https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/index.php?action=pages_view_main&active_action=repository_action_common_download&item_id=145268&item_no=1&attribute_id=1&file_no=1&page_id=13&block_id=8
- [25] 高橋洸人, 岩井将行, “東京エリアストレー都市エリア毎の感情可視化ツール”, CSISi 第 12 回公開シンポジウム アーバンデータチャレンジ 2015 <http://aigid.jp/?p=1248>