

修士論文

オンラインゲームのマッチメイクに対する
マイクロブログ情報の応用の検討

山下 明日輝

2012年2月2日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報処理学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
修士(工学)授与の要件として提出した修士論文である。

山下 明日輝

審査委員：

山口 英 教授 (主指導教員)

伊藤 実 教授 (副指導教員)

門林 雄基 准教授 (副指導教員)

オンラインゲームのマッチメイクに対する マイクロブログ情報の応用の検討*

山下 明日輝

内容梗概

2人以上のユーザが1つのゲームで遊ぶマルチプレイヤーゲームでは、ゲームのユーザ同士をゲームに必要な人数に過不足なく出会わせる必要がある。そのためにユーザを同時に出会わせることをマッチメイクと呼び、マッチメイクを行う機能を提供することをロビーサービスと呼ぶ。他のマッチメイクの方法は、ユーザ同士のゲームで遊べる時間を合わせる同時性の役割について考えられていない。一方で近年、短い文章や自身の行動を投稿可能なマイクロブログサービスが利用されている。マイクロブログの情報は、ユーザがサービスを利用可能なときに情報を投稿するため、ユーザの実世界の状況や行動を示すものと考えられる。本研究では、マイクロブログの情報からゲーム可能な時間を推測することが可能であるか検討を行った。マルチプレイヤーゲームのマッチメイクは、同時性の有無に関わらずユーザ同士がゲーム可能な時間を合わせることが重要であることを示し、マッチメイクのためにユーザが実際にゲーム可能な時間を知ることを目的とした。目的の実現のため、マイクロブログとして twitter を用い、twitter のタイムラインと実際にユーザがゲームを行った時間を記録するロビーサービス TwitAOE を実装した。得られたデータセットに対し、単位時間におけるつぶやいた回数、つぶやいた文字数及びつぶやいた時刻の間隔に注目し、実際にゲームを行った開始時刻・終了時刻との相関の算出を試みた。実験を通し、twitter のタイムラインの情報のうち単位時間におけるつぶやいた回数や文字数と実際のゲーム時刻との間に位相の相違が認められた。ユーザごとにこの位相差を特定することで、多数のユーザに対して強い相関を確認したため、twitter のタイムラインの情報をオンラインゲームのマッチメイクに応用する事が可能であると結論づけた。

キーワード

オンラインゲーム, ロビーサービス, マッチメイキング, マイクロブログ, つぶやき情報

* 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報処理学専攻 修士論文, NAIST-IS-MT0951130, 2012年2月2日.

A Study on Applicability of Microblogging to Matchmaking in Online Game*

Asuki Yamashita

Abstract

In an ordinary multiplayer online game, in which two or more players play the same game at a same time, players need to meet required number of players. Matchmaking is to meet a player to other players for the multiplayer game and the lobby service performs such a role. It is important to take into account players' vacant time to matchmaking. On the other hand, the microblogging such as twitter is popular for many people. Posts to the microblogging service indicate users' activity and circumstances because the posts are sent by users when they have enough time to post. In this study, we set a goal to investigate applicability of information acquired from microblogging to estimate users' free time available to play online game. In this paper, we implemented a lobby service called "TwitAoE", which can record the time the game starts and ends, along with the users' timeline in twitter. TwitAoE collects the number of tweets and characters in the specified period of time, intervals of each tweets, and pairs of start and end time of a game. It enables us to calculate correlation between time of game and tweets. We concluded that information acquired from microblogging are usable to estimate users' free time available to play online game by applying phase shifts to user's timeline.

Keywords:

Online Games, Lobby Services, Matchmaking, Microblogging, Tweet Information

*Master's Thesis, Department of Information Processing, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIIST-IS-MT0951130, February 2, 2012.

目次

1. はじめに	1
1.1 中央集権型のマルチプレイヤーゲームの概要とマッチメイクの形態	1
1.2 P2P 型のマルチプレイヤーゲームの概要とマッチメイクの形態	2
1.3 ロビーサービスにおけるマッチメイクの問題	4
2. マルチプレイヤーゲームにおけるマッチメイクの問題分析	5
2.1 利用者各自におけるマッチメイクの手段	5
2.2 マッチメイクの問題が解決しない理由と解決方針	6
3. 関連研究	9
3.1 マルチプレイヤーゲームに関する研究	9
3.2 マイクロブログやソーシャルネットワークに関する研究	9
3.3 マッチメイクに関する研究	12
3.4 SNS 情報を用いたユーザ状況の推測に関する研究	13
4. マイクロブログのつぶやき情報を用いたゲーム可能時間の推測手法	14
5. ゲーム可能時間とタイムライン情報取得システムの実装	18
5.1 認証とタイムライン取得機能	19
5.2 ゲーム時間の取得	20
6. タイムラインとゲーム時間の分析	25
6.1 データセットと前処理	25
6.2 タイムラインとゲーム時間の相関関係に関する仮説	26
6.2.1 仮説 1: つぶやいた回数	27
6.2.2 仮説 2: つぶやいた文字数	27
6.2.3 仮説 3: つぶやいた間隔	28
6.3 相関関係の仮説に対する分析手順	28
6.4 相関関係の分析結果及び考察	30
6.5 結果に基づく考察	32
7. タイムラインとゲーム可能時刻の位相ずれに関する検討	35
7.1 タイムラインの位相ずれに関する仮説	35

7.2 タイムラインの位相変化による結果と考察	35
8. twitter のタイムラインからゲーム可能時間の推測可能性に関する考察	38
9. おわりに	40
謝辞	41
参考文献	42
付録	45
A. twitter API の呼び出し結果	46

図目次

1	中央集権型のマルチプレイヤーゲームの概要図	1
2	P2P 型のマルチプレイヤーゲームの概要図	3
3	実装したロビーサービス TwitAOE を動作させている様子	18
4	本ロビーサービスにおけるタイムライン取得および認証のフロー	21
5	マッチメイクのための部屋作成と実際のゲーム時間の取得フロー	23
6	twitter のタイムラインのデータセットとして作成した csv ファイルの様子	25
7	利用者のゲーム可能な時間のデータセットとして作成した csv ファイルの様子	26
8	つぶやいた回数とゲーム時間の相関係数の累積度数分布グラフ	31
9	つぶやいた文字数とゲーム時間の相関係数の累積度数分布グラフ	31
10	つぶやいた間隔とゲーム時間の相関係数の累積度数分布グラフ	32
11	各利用者についてつぶやいた回数とゲーム可能な時間を示すグラフの概形の抜粋	33
12	各利用者についてつぶやいた文字数とゲーム可能な時間を示すグラフの概形の抜粋	34
13	6.2 節における仮説に対し位相変化を適用した結果	37

表目次

1	API “statuses/user_timeline” の各項目が示す内容	15
2	実装したロビーサービスによるデータ収集期間と利用者数	26
3	ゲーム可能な時間の例	29
4	つぶやいた回数とゲーム時間における相関係数の絶対値の分布結果	30
5	つぶやいた文字数とゲーム時間における相関係数の絶対値の分布結果	30
6	つぶやいた間隔とゲーム時間における相関係数の絶対値の分布結果	32
7	つぶやいた回数とゲーム時間シフトにおける相関係数の絶対値の分布結果	36
8	つぶやいた文字数とゲーム時間シフトにおける相関係数の絶対値の分布結果	36
9	つぶやいた間隔とゲーム時間シフトにおける相関係数の絶対値の分布結果	36

1. はじめに

近年、オンラインゲームが身近なものとなっている。最近では、多数の企業がソーシャルゲームに参入するなど、オンラインゲームに対する意識が高まりつつある。

2人以上で1つのゲームを遊ぶことをマルチプレイヤーゲームと呼ぶ。ネットワークの発達にともない、オンラインゲームでマルチプレイヤーゲームを行うことが盛んに行われている。マルチプレイヤーゲームは、1人でAIと遊ぶシングルプレイヤーゲームと比較し、より予測がつかず面白いものであり、社会的な楽しさがあると Korhonen ら [1] は述べている。

マルチプレイヤーゲームを行うときは、ゲームの利用者をゲームに必要な人数に過不足なく同時に合わせて組を作るマッチメイクを行う必要があり、マッチメイク機能を提供することをロビーサービスという。マッチメイクの形態はゲームのネットワークトポロジに応じて異なる。ゲームのネットワークトポロジは、中央集権型と P2P 型の 2 つに大別できる。

1.1 中央集権型のマルチプレイヤーゲームの概要とマッチメイクの形態

中央集権型では、ロビーサービスから実際のゲームなど全ての機能を持つゲームサーバをゲーム制作側が提供し、全ての利用者は提供されたゲームサーバに接続してマルチプレイヤーゲームを行う。このトポロジは、World of Warcraft[2] などの多人数同時参加型オンラインゲームや Mobage[3] などのソーシャルゲームの運営に用いられる。図 1 に、中央集権型におけるマルチプレイヤーゲームのネットワークトポロジの概要図を示す。

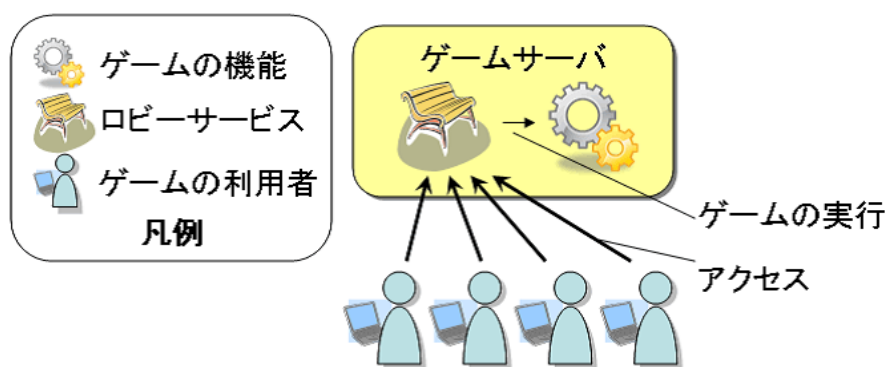


図 1 中央集権型のマルチプレイヤーゲームの概要図

中央集権型のトポロジにおけるマルチプレイヤーゲームでは、ゲーム制作側が提供しているゲームサーバに全ての利用者が集まるため、集まった利用者をそのままマッチメイクしてゲームを行

わせる。

中央集権型のマルチプレイヤーゲームには、3つの長所がある。まず、利用者の増加により必要となる追加の通信帯域や計算機資源は全てサーバ側で用意すればよいことと、そのために必要となる追加の資源量の増加が線形的であることである。図1に示すように中央集権型のマルチプレイヤーゲームでは、全ての利用者はゲームの制作側が用意するゲームサーバに接続してゲームを遊ぶため、利用者が増加しても帯域と計算機資源を追加すれば良いためである。このような性質から、最近注目を受けているクラウドコンピューティングとの相性が良く、近年は中央集権型のゲームが増加傾向にある。次に、利用者の端末性能の影響をP2P型と比較して受けにくいことである。ゲームに必要な処理を全てサーバ側で行うため、利用者の計算機への負荷は必然的に少なくなるためである。最後に、ゲーム制作側のゲームサーバがマッチメイクから実際のゲーム機能の提供まで行うため、ゲームの更新やゲームバランスの調整が行いやすい点である。

同じように2つの欠点が存在する。まず、ゲーム制作側が用意するゲームサーバに全ての利用者の通信と処理が集中するため、ゲームサーバへの負荷は極めて大きく、通信帯域に必要なコストは莫大なものとなることである。そして、ゲーム制作側がゲームサーバを閉じるとゲームの継続が不可能となり、閉じた時点までのデータが保障される担保もないことである。

1.2 P2P型のマルチプレイヤーゲームの概要とマッチメイクの形態

P2P型では、ゲームを行う利用者の端末が直接通信を行うことでマルチプレイヤーゲームを行う。このトポロジは、Age of Empires シリーズ [4] や Counter-Strike (Half-Life)[5] などに用いられている。図2に、P2P型におけるマルチプレイヤーゲームのネットワークトポロジの概要図を示す。

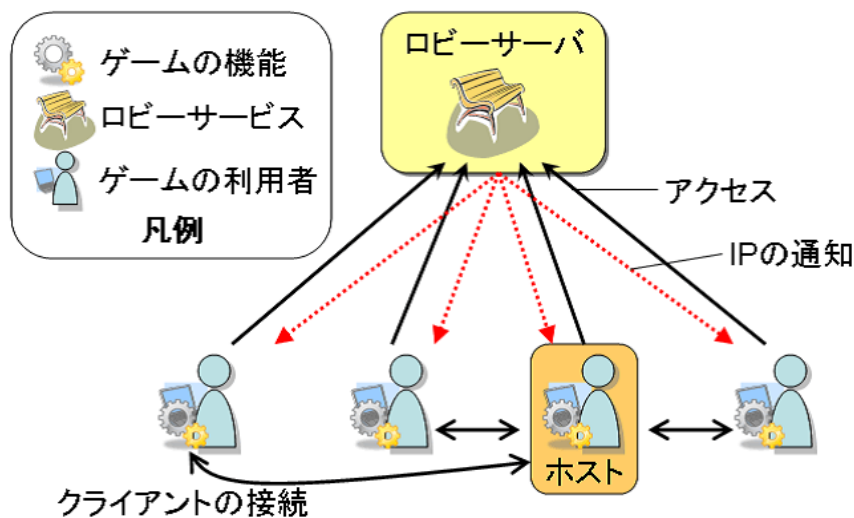


図 2 P2P 型のマルチプレイヤーゲームの概要図

P2P 型のトポロジでマルチプレイヤーゲームを行うゲームでは、利用者に対してゲームサーバとゲームクライアントの両方を予め提供する。マルチプレイヤーゲームを行うときは、ゲームを行う利用者のうち 1 名がホストとしてゲームサーバを立てる。ホストの端末の IP アドレスを他の利用者に伝え、他の利用者はゲストとしてクライアントを用い、指定された IP アドレスのゲームサーバに接続する。この手順の関係上、他の利用者に対して IP アドレスを伝える方法が必要となる。多くの場合このようなゲームの提供側が、ホストとなった利用者の IP アドレスを他の利用者に伝えてマッチメイクするロビーサービスを併せて提供する。

P2P 型のマルチプレイヤーゲームの長所として、ゲームとして用意する必要があるのはクライアントとセッションを組む方法だけである点である。図 2 に示すようにロビーサーバは、他の利用者に対してホストの IP を伝える機能しか担わないため、他の利用者に対して IP アドレスを伝える代替手段が存在するか、IP アドレスが既知であれば不要である。そのため、ゲームの制作側としてはゲーム機能を持つクライアントと、そのクライアント同士でマルチプレイヤーゲームのセッションを組む機能のみを実装すればよい。欠点として、拡張性がないことが挙げられる。これは、ゲーム内の状態の同期管理にフルメッシュ型通信を行うことが多く、ゲームの人数が増加すると通信量が指数的に増加するためである。

1.3 ロビーサービスにおけるマッチメイクの問題

マルチプレイヤーゲームに用いるネットワークポロジに関わらず、ロビーサービスは提供される。しかし、このようなロビーサービスは集まった利用者で必ずマッチメイクが可能とは限らない問題が存在する。これは、ロビーサービス上にゲーム可能な人数が存在しないときは、マッチメイクを行うことができないためである。このようなケースは、単純にロビーサービス上にゲーム可能な最低の人数が存在しないとき以外にも、ロビーサービスのゲーム可能な利用者が全てマッチメイク済みで、ゲームのマッチメイクに必要な人数が確保できないときにも起こる。この問題は、ゲームに必要な人数が大きくゲームにかかる時間が長いほど深刻な問題となる。マッチメイクに必要な最低の人数が確保しづらく、マッチメイク済みの利用者のゲームが終了して再びマッチメイク可能となるまでの時間が長引くためである。この問題は、単純に利用者が多数いれば解決する。多数の利用者が存在すれば、利用者同士でマッチメイク可能となる確率が高まるためである。1.1 節と 1.2 節より、ゲームで利用するネットワークポロジを問わずロビーサービスは必要となり、このようなロビーサービスをゲーム制作側が提供することで問題は解決することが見込まれるが、ゲーム制作側の負担も大きくなる。

本論文では、マルチプレイヤーゲームのロビーサービスにおけるマッチメイクの問題を分析し、ソーシャルメディアを用いてゲーム可能な時間を推測する方法について述べる。2 章で問題分析を行い、3 章では関連研究を挙げ、4 章ではソーシャルメディアとして twitter[6] を用い、ゲーム可能な時間を推測する方針について述べる。5 章ではデータセットを集めるための実装について述べ、6 章と 7 章では集めたデータセットに対し、3 つの仮説から分析を行い 8 章で考察を述べ、9 章で結論を述べる。

2. マルチプレイヤーゲームにおけるマッチメイクの問題分析

本章では、1章において提起したオンラインゲームのマルチプレイヤーゲームにおけるマッチメイク問題の分析を行う。

2.1 利用者各自におけるマッチメイクの手段

中央集権型のマルチプレイヤーゲームでは、マッチメイクから実際のゲームまで全て行うゲームサーバが提供されるため、ロビーサービスが停止しているということはゲームの提供の停止と同義である。しかし、P2P型マルチプレイヤーゲームでは、ロビーサービスが停止しても、他の代替手段を用いてホストの立てたゲームサーバのIPアドレスを知ることができればゲーム可能である。

特にP2P型のマルチプレイヤーゲームの利用者は、自発的にIPアドレスを知るための手段を模索している。このような方法として、Internet Relay Chat[7] (IRC)、Web上の掲示板やWindows Messenger[8]などのインスタントメッセージング (IM: Instant Messenger) が挙げられる。

IRCは、IRCサーバに接続した他の利用者と、チャンネルを単位として会話を行うことが可能なサービスの1つである。IRCを利用する方法では、まずゲームの利用者がどのサーバのどのチャンネルに集まるかを定める。通常、あるゲームについて記述されたwebサイト上に、特定のサーバの特定のチャンネルに参加するよう促す記述をしておく。IRCのチャンネル内では、ゲームを行いたいと考えた利用者がホストを務め、他の利用者に対してホストを務めた利用者の端末のIPアドレスを通知して参加するよう促す。IRCを利用する方法の問題点として、IRCクライアントを導入する必要があり、Windowsに標準で添付しているWindows Messengerや、ブラウザを利用して閲覧可能な掲示板と比較し、利用者に対する敷居がIMや掲示板と比較し高い点が挙げられる。

IMを利用する方法では、各利用者は同じゲームを遊ぶユーザを予め登録しておく。利用者はゲームを行いたいと考えたときにゲームのホストを務め、他の利用者に対してホストの端末のIPアドレスをIMを利用して通知し参加を促す。IMを利用する方法の固有の問題点として、予めゲームを行う利用者の登録をしておく必要があるため、必然的にゲームが可能なのは利用者の知り合いに限定される。また、近年はインターネットに常時接続する環境が普及しており、IM上にオンライン状態で存在することが必ずしも利用者の存在を保障しない。

掲示板を利用する方法は、利用する掲示板のURLを予め決めておき、その掲示板に専用のスレッドを1つ立てて行う。スレッドには必ず特定の文字列を含むようにするなど、利用者が該当するスレッドを発見不能にならないようなルールが別に決められる。ゲームを行うときは、ゲー

ムのホストとなった利用者の端末の IP アドレスを掲示板の当該スレッドに書きこみ、そのスレッドを閲覧した他の利用者は、指定された IP アドレスに接続する。掲示板を利用する問題点として、ある時点で利用者が何人程度スレッドを閲覧しているか判別しづらいこと、掲示板の負荷が高まるとスレッドが閲覧しにくくなるため、利用者を集めるのが困難となる点などが挙げられる。

また、IRC、IM 及び掲示板を利用する方法に共通する問題点として、ゲームを行う利用者が分散する問題が挙げられる。ある利用者はゲームを行う際に IRC を利用し、他の利用者は IM を利用するという状況では、IRC を利用する利用者からは IM を利用する利用者は見えず、IM を利用する利用者からは IRC を利用する利用者が見えないため、IRC と IM 双方で利用者が減少するという状況が考えられる。

ゲームの制作側が何らかの理由でロビーサービスを停止したゲームに対し、有志の利用者でロビーサーバを運営する例 [9][10] も存在する。Microsoft Windows におけるライブラリである DirectX[11] では、DirectPlay[12] というコンポーネントにより、第三者によるロビーサービスの設計や運営が可能なる仕様となっていた。ゲームの制作側には、P2P マルチプレイヤーゲームが製作可能なネットワークのライブラリを提供していた。DirectPlay を利用したマルチプレイヤーゲームのためのロビーサービスでは、専用のロビークライアントを配布する。このロビークライアントは、対応するゲームを自動的に起動し、ホストと参加者の設定を行う。この方法は DirectPlay に対応した全てのゲームに対して共通したロビーサービスを提供可能とするが、前 1.3 節で述べたオンラインゲームにおけるマッチメイクの問題を解決するために用いられているわけではない。

ゲームサーバの IP アドレスを通知する以外の方法で解決しようとした試みとして、ゲームの実行ファイルに手を加えず、ホストとクライアントではなく、ゲーム用の P2P ネットワークを敷設するような仮想的なデバイスを設置する PeerBooster[13] という研究も存在する。PeerBooster では、過去に同じゲームを行ったことのあるユーザの IP アドレスを記録し、その IP アドレスに基づいて P2P ネットワークを敷設するようなネットワークアダプタを各利用者の端末上に作成する。この方法では、IP アドレスを他の利用者に対して通知する手間を軽減するが、端末で利用者がゲーム可能な状態で存在することを仮定しない。

2.2 マッチメイクの問題が解決しない理由と解決方針

2.1 節における試みにも関わらず、1.3 節で述べたオンラインゲームにおけるマッチメイクの問題は解決しない。理由として、ロビーサービスのマッチメイクは、利用者にホストの IP アドレスを伝える以外に、利用者間のゲーム可能な時間の調整を行い、ゲーム可能な時間を共有できる利用者同士を出会わせるという役割を果たしているという観点を欠いているためである。

Korhonen[1] らは、マルチプレイヤーゲームを同時に遊ぶ (play game concurrently) ゲームと

非同期的に遊べる (play sessions may be asynchronous) ゲームに分けられると述べている。同時に遊ぶゲームとは、ゲームを行うときに利用者全てが同じ時間を共有する必要があるゲームである。このようなゲームでは、ゲーム中に利用者が1人でも抜けるとゲームの進行が難しくなる。また、利用者全てが同じ時間を共有し、各利用者のゲームの情報を他の利用者のために残す必要がないため、P2P型のネットワークポロジを持つゲームが多い。非同期的に遊べるゲームとは、ゲームを行うときに利用者全てが同じ時間を共有する必要がないゲームである。このようなゲームは、各利用者がゲームで遊んだ記録を残す必要があるため、中央集権型のネットワークポロジを持つゲームが多い。また、非同期的に遊ぶゲームであっても、利用者同士を可能な限り同時に多数出会わせることが望ましいゲームが多い。

ロビーサービスによりゲームの利用者を多数集めることは、「ゲームの利用者が多数同じ場所に集まれば、確率的にゲームで遊べる時間が一致する利用者をマッチメイクできるだろう」という暗黙の前提が存在する。ロビーサービスとして複数の方法が存在することは、利用者がそれぞれの方法に分散するため、結果として同じ時間を共有する利用者と同じロビーサービス上に存在する可能性が低下する。また、IRCやIMを用いて強制的にIPアドレスを伝えたとしても、利用者がゲーム可能であるとは限らない。

マッチメイクは、ゲームの利用者をゲームに必要な人数に過不足なく同時に出会わせることであるが、2.1節に挙げた手段は全て、同時に出会わせる必要があるという点に着目していない。利用者を同時に出会わせるためには、利用者のゲーム可能な時間を把握して、ゲーム可能な時間が同じ利用者同士を出会わせる必要がある。

ゲーム可能な時間を知るためには、何らかの手段を用いてゲームの利用者の実世界における行動や予定を知る必要がある。ゲームは時間の余裕があるときにのみ行われるため、実世界の予定や行動が分かれば推測可能であると考えられるためである。そこで、近年利用者が増加しているマイクロブログというサービスに注目する。マイクロブログの利用者は、自身の日々の活動や出来事をつぶやきや日記という形で蓄積しており、それらはネットワークを介して利用可能であることが多い。これは、ゲーム可能な時間を推測するために注目する、ゲームの利用者の予定の手がかりとしては有用であると考えられる。

本研究では、オンラインゲームのマルチプレイヤーゲームにおけるマッチメイクの問題を解決するために、ゲームの利用者同士を同時に出会わせる必要があることを主張する。そのためには、ゲームの利用者の実世界における行動や予定を把握する必要がある。実世界上におけるゲームの利用者の行動や予定を知るための手がかりとして、マイクロブログサービスのつぶやきと呼ばれる短いコメントに着目する。つぶやき情報は一般的に文字数が少なく、携帯端末などから短時間で手軽に投稿することもできるため、利用者のその時点における行動や予定を示すものと考えら

れる．このようなマイクロプログサービスのつづやき情報から，ゲーム可能な時間を推測可能であるか検証を行う．

3. 関連研究

本研究では、twitter のタイムラインからユーザのゲーム可能な時間の推測の可否について論じる。この観点から、関連研究としてマルチプレイヤーゲーム、マイクロブログやソーシャルネットワークとゲームにおけるマッチメイクについて調査を行った。

3.1 マルチプレイヤーゲームに関する研究

ゲームに関する研究で大きな存在を示す題材の 1 つとして、遊ばれやすさ (Playability) が存在する。この遊ばれやすさとは、ユーザに遊んでもらえるようなゲームを設計するための要件であり、過去に複数の研究が行われている。

このような遊ばれやすさの研究について、過去の研究についてまとめ上げられた論文が Korhonen らによる Playability Heuristics[14] である。この論文では、過去の理論的に厳密な証明がなされているわけではないが、経験上他の人に遊ばれるゲームを設計する上で重要な要素を Playability Heuristics と定め、続く研究 [1] で携帯端末環境におけるマルチプレイヤーゲームに Playability Heuristics を適用して、新しく 8 つの要素を追加し、それぞれが妥当であることを説明している。

3.2 マイクロブログやソーシャルネットワークに関する研究

マイクロブログやソーシャルネットワークに関するの根源的な研究として、Kautz らによる ReferralWeb[15] が挙げられる。Kautz らは、組織内にて情報や専門知識を共有する媒体として、最も優れているのは、表出しない協力者、職場の同期や友人で構成された要素であると述べ、特定の分野における専門家を発見することを考えた。しかし、作業や責任を分担する専門家を、人々の噂や評判から成り立つ実世界のソーシャルネットワークから探し出すことは、時間的・精神的に大きな負担になると指摘している。そのため、計算機を併用・補助として用いる知的共同作業 (Intellectual Teamwork[16]) の一環として、人々の評判に基づき、特定の分野における専門家を、計算機上に人を頂点、その関係を辺としたグラフであるソーシャルネットワークに写像することを考えた。そして、写像したソーシャルネットワークを用い、専門家を探せるようにすることを目的として ReferralWeb を提案・実装した。このことは、人を探すという問題が、計算機上に実世界のソーシャルネットワークを写像し、その頂点を発見するという問題に置き換えられたということである。知的共同作業とは、情報の結集した製品を作るために、大きな時間を費やす必要のあるプロジェクトで用いられる手法の総合的な概念であり、目的と情報の共有、責任と作業の分担と独立制作物を統合することが必要であると述べている。

ReferralWeb では、ソーシャルネットワークを計算機上に写像するにあたり、当初は当時最も人と人との関係性を示していると考えられていた、アーカイブにした電子メールの送受信の履歴や文章を解析に用いた。しかし、このような電子メールの送受信の履歴や文章を利用する方法は、プライバシーやセキュリティ上の重大な問題が容易に考えられたため、汎用的な検索エンジンから得られる文書の名詞を抽出し、その近接性や共起性を評価している。評価の対象の文書として、サイト上のリンク、テクニカルペーパーや引用上の共著者、ネットニュースのアーカイブや組織図を利用している。Kautz らがこのような情報を用いた背景は、実世界のソーシャルネットワークを計算機上に写像するにあたり、実世界の人と計算機上に写像された人の情報が正確に一致しているかどうかを重視したものと考えられる。これは、ReferralWeb の目的が計算機を使用してプロジェクトに登用する専門家を簡単に発見することであり、写像されたデータが正確に実世界の人を表している必要性からと考えられる。Kautz らは、汎用的な検索エンジンからこれらの文書を取得し、結果を結合することを再帰的に数回繰り返すことでネットワークのモデルを拡大した。

計算機上にソーシャルネットワークを写像する試みが拡大するに従い、2002 年に friendster¹ が、2003 年には orkut[17] という、ソーシャルネットワーキングサービス (SNS: Social Networking Services) が登場し、国内でも 2004 年に GREE² と mixi³ がサービスを開始した。SNS は、ユーザの名前、性別、趣味や自己紹介などのプロフィールをネットワーク上に簡単に公開出来るようにすることで、ユーザによるユーザの発見や、コミュニケーションを促進するサービスである。SNS の特徴として、実世界における自分の名前と、サービス上のアカウント上の名前が一致することを、サービスのユーザに守るように求める实名制と、新規登録には既存登録者からのメールによる招待が必要であるという招待制である。これは、計算機上にソーシャルネットワークを写像するにあたり、实名制によりノードと実世界の人との一致性を、招待制によりエッジと実世界の間関係を最低 1 本保証するという意味があると考えられる。

ここから、SNS 上で構成されるネットワークの特徴を調べる研究や、SNS 以外にもソーシャルネットワークを見出す研究が盛んに行われる。前者の特徴を調べる研究は、SNS 内部のユーザによって形成されたネットワークがどのような原理のもとに形成され、どのような性質を保持するかという点や、ユーザ間のコミュニケーションはどのように行われ、そのコミュニケーションにより形成されたコミュニティを発見するための手法について考察するものである。このような研究としては、松尾 [18] らが mixi を題材に取り挙げ、友人関係、コミュニティとその両方について、一部の人に多数の関係性が構築されるスケールフリー性を検証している。後者の SNS 以外のソーシャルネットワークを見出す研究については、従来より 1999 年における PageRank[19] な

¹<http://www.friendster.com/>

²<http://gree.jp>

³<http://mixi.jp>

ど、Web サイトにおいて、サイト内のリンクと、リンク数及び被リンク数の多寡による重要度の評価という形で行われていたが、特に注目を集めたのは blog である。blog は 2002 年前後から米国で大いに普及し、2005 年頃には国内でも盛り上がりを見せている [20]。例として奥村 [21] は、blog をクローリングして分析を行うことで、人々の直接的な意見を収集する試みを行なっている。

2007 年からは、SNS を利用するユーザの増加は緩やかになり、多数の SNS は招待制を辞め、登録制となった。Fitzpatrick らは自身のコラム [22] の中でソーシャルグラフの概念と、それを第三者の開発するアプリケーションから利用するための API について述べている。ソーシャルグラフとは、実世界のソーシャルネットワーク SNS などの Web サービス上に写像したときに得られるグラフであり、頂点を人、つまりサービスのユーザとするところは変わりはないが、人間関係にあたる辺に向きがついた有向グラフとして得られるグラフである。Fitzpatrick らは、このソーシャルグラフは各 SNS に収められており、それらのグラフは各 SNS の提供側が独占的に抑えるべきではなく、相互運用可能でなければならないと述べ、そのグラフを扱うためのフレームワークと外部向けの高レベル API について論じ、特にユーザや、ユーザとユーザの関係性を発見することに関わる API を 4 つ挙げ、明確に「必要である」と結論づけている。このような API を含んだ概念的なフレームワークとして OpenSocial[23] が提案され、facebook⁴や LinkedIn⁵など、海外の SNS で協賛されている。OpenSocial は、SNS 上で動作するアプリケーションの開発者向けに、異なる SNS 間でも同じ API を利用出来るように定められた API 集である。OpenSocial が提案された背景として、特化型 SNS や地域 SNS など、小さな SNS や、OpenPNE[24] のような SNS を簡単に開設できるようなアプリケーションにより、多数の SNS が Web 上に登場し、アプリケーションの開発者が新しく登場する SNS が提供する異なる言語や API に対応しなければならない煩雑さを軽減することと、facebook のような特定の大規模な営利 SNS プロバイダにグラフを独占されることへの危惧感からである。

OpenSocial により取得できる情報は、主にユーザやそのユーザに関連付けられた情報であるプロフィール、そのユーザに関わるソーシャルグラフとなる友人の情報、そしてそのユーザがその SNS 上で活動した情報である。2008 年から現在まで、Web 上の自分の情報をどこでも持ち歩きたいという要求と、異なるサービス間から得られる情報の集約を行いたいという要求から、サービスから得られる情報の形式の標準化が DataPortability Project[25] などが進めており、OpenSocial も出力する情報の形式の標準化に協力している。このような標準化の動きとして比較的前から存在したのが、2003 年の FoaF[26] である。FoaF は、ユーザの人物情報（名前、所属、メールアドレスなど）を記述する。特徴としてはチャットに使用するための ID や、個人の一意性を判別するための属性を保持できる点と、同じく FoaF で記述された人物情報に対し、その人物と知り

⁴<http://www.facebook.com/>

⁵<http://www.linkedin.com/>

合いであるというリンクを保持するための属性が用意されている。この属性を利用し、人物情報と、その人物と知り合いの関係にある人物を表現する有向グラフを作成することが可能となる。しかし、FoaFは、固定的な人物情報を記述することを目的としているため、サービス上におけるユーザの活動を記述することはできない。ユーザの活動を記述するためのフォーマットとしては、Activity Streams[27]が挙げられる。Activity Streamsは、情報サービスにおけるライフログ情報（日記、友人やお気に入りへの追加、現在の位置情報など）を活動（Activity）として、「誰が（actor）」「何をした（verb）」「何を（object）」という形で、いわゆる英語の3文型、5文型のような形式で表現する。この表現により、いずれの情報サービスで行われた活動であっても、集約して取得可能になることを目指しており、TwitterやFacebookなどのサービスで実際に用いられている。しかし、語彙の種類や、各情報サービスで用いられる語彙における名前空間の整理に問題があり、2011年現在もユースケースやスキーマの定義についてなど、議論が継続されている。対応としてActivity ExtensionやBase Schemaの提案が行われており、定期的に更新されている。しかし、サービスが増える毎に新たなユースケースが増えるため、「何をした（verb）」の部分の肥大化が懸念される。

ソーシャルネットワークの目的や用途を考えると、マイクロブログのようなSNS上にはSNSの利用者が情報を蓄え、他の利用者から探されることを目的としており、そのためにSNSの情報は用いられているといえる。そして、近年のOpenSocialやActivity Streamsの流れにより、SNS間の情報の可搬性は大きく向上していると考えられるため、業務に限らず多数のSNSを用いて様々な目的のために人を発見することは大きな意義があるといえる。

3.3 マッチメイクに関する研究

マルチプレイヤーゲームに関する研究は、ネットワークを利用するマルチプレイヤーゲームにおいて通信遅延を低減したり、通信遅延を最も減らすようなマッチメイキングを行う研究が多く、ユーザがゲーム可能かどうかという観点の研究は少ない。ネットワークを利用するマルチプレイヤーゲームにおける通信の遅延を低減する研究の問題意識は、通信の遅延がゲームの楽しみや経験を損なうためと述べられている。例として、Gargolinskiらは、全てのプレイヤーの通信遅延を許容範囲に収めるためのアルゴリズム[28]を考案した。Gargolinskiらのアルゴリズムでは、実世界上の位置に大きな隔たりのあるプレイヤー同士で通信遅延を少なくするために、各プレイヤーが、各プレイヤーの持つゲームサーバのIPアドレスとゲームサーバの応答時間を一覧を交換し、平均応答時間が最も小さく、かつ参加する全てのプレイヤーからサーバへの応答時間が定めたい値を超えないようなサーバを選択する。

最近では、モバイル環境におけるマルチプレイヤーゲームについての研究が多数行われる傾向

にある。Manweiler らは、携帯端末環境において、ゲームの進行に遅延が影響が無いようなゲームではなく、FPS (First-Person Shooter) やレースゲームのようなゲームを携帯端末上で行いたいと考えている。その目的に基づき、中央集権型ではなく、端末同士を p2p 的に接続することで通信遅延を軽減できる傾向があることを示し、各携帯端末を直接接続し、マルチプレイヤーゲームに必要な人数をマッチングする SwitchBoard[29] を提案している。SwitchBoard は、現在の遅延から将来の遅延を見積もる手法や、基地局の位置などに基づいて遅延を見積もる手法を組み合わせたアルゴリズムに基づき、携帯端末同士を接続する。問題点としては、Manweiler ら自身が言及しているように、移動端末における遅延見積もりができていない点に加え、そもそも FPS やレースゲームのようなゲームのマルチプレイヤーゲームを携帯端末で行う必要性について述べられていない点や、本研究が目指すようなユーザがゲーム可能であるかどうかという点の考察はなされていない。また、ネットワークを介したマルチプレイヤーゲームにおいて、通信遅延をより精度よく見積もるシステムの設計 [30] も行われている。

3.4 SNS 情報を用いたユーザ状況の推測に関する研究

本研究では、twitter から得られるデータを利用してマルチプレイヤーゲームを行う。これは、SNS の情報を利用して、ある目的を達成する研究と位置づけることができる。

このような研究として、twitter の記録から、緊急状況でどのようなことが起こったか抽出可能であるかどうかという試み [31] が行われている。この試みでは、東日本大震災の前後のつぶやきを分析して得た知見について述べている。データセットとして、日本語による 130 万のユーザから、1 日にある程度つぶやいているユーザのタイムラインに着目し、つぶやいた頻度を 1 時間単位で集計して分析を行ない、通信量の減少から東京や大阪などの被害状況の推測や基地局冗長化など地震被害への対策の考察を行なっている。この Sakaki らの試みでは、データセットに対してつぶやきの頻度に特に注目していることから、twitter ではつぶやきの頻度に注目すると知見が得やすいのではないかと考えられる。ただし、得られた知見については大まかなことしか得られていない。本研究では、実際にゲームが可能な時間を推測し、ロビーサービスの存在なしにマッチメイキングを行うという用途に用いられる以上、知見を元にしたマッチメイクの戦略の考案も視野に入れる必要がある。

4. マイクロブログのつぶやき情報を用いたゲーム可能時間の推測手法

マイクロブログの利用者は、ネットワークへアクセス可能な状態で、つぶやく程度に自由な時間のみつぶやく。つまり、つぶやかれた時間は、ゲーム可能な時間を含まれることが考えられる。ネットワークへアクセス不可能であればオンラインゲームを遊ぶことは不可能であり、つぶやける程度の時間すらなければゲームを遊ぶこと自体が不可能なためである。ゲーム可能時間を推測するという事は、つぶやいた時刻の情報からゲーム可能な時間を選び分けるということにあたる。

本手法では、まず1日を1時間ごとに24の時間帯に分け、つぶやきの時刻情報と実際のゲーム可能時間がどの時間帯に該当するか求める。各時間帯におけるつぶやきの時刻情報の変量と実際のゲーム可能時間の変量の相関を算出することで、つぶやきの情報からゲーム可能な時間の推測が可能であるか検証する。

まず、実際のゲーム時間はゲーム可能な時間であると定め、ゲームの開始時間および終了時間が該当する時間帯と、ゲームの開始時間と終了時間に挟まれた時間帯がゲーム可能な時間であると定める。ある利用者が行った全てのゲームに対してゲーム可能な時間を定め、各時間においてゲーム可能な時間と定められた回数を求め、その利用者が行ったゲーム回数に対する割合を定める。

同様に、それぞれのつぶやき情報がどの時間帯に該当するか算出を行う。つぶやき情報に付帯した時刻情報に基づき、そのつぶやき情報がどの時間帯に該当するか、各時間帯におけるつぶやいた回数、つぶやいた文字数およびつぶやいた間隔について求め、それぞれ全てのつぶやいた回数、全てつぶやいた文字数との各時間における割合を求める。これらの各時間帯がゲーム可能時間に選ばれた回数の割合と、各時間帯における仮説に基づいたつぶやきの変量の割合の相関を算出することで、つぶやき情報からゲーム可能な時間が算出できるか検証が可能であるといえる。例えば正の相関が認められれば、各時間帯におけるつぶやいた変量の割合が大きいき、ゲーム可能な時間に選ばれた回数の割合も大きくなるためである。

本研究では、マイクロブログサービスのうち、twitterの情報をを用いてゲーム可能な時間を推測する。本節では、twitter[6]を利用してゲーム可能な時間を推測する概要について述べる。twitter以外のマイクロブログサービスとして、facebookにおけるwall機能やGoogleのbuzz機能なども存在するが、APIの説明書や機能が充実しており、利用ユーザ数が多く気軽につぶやくことが可能であると考えtwitterを選択した。

twitterは、マイクロブログサービスの1つで、140文字までのつぶやきを各ユーザが投稿する。他のユーザをフォローすることで、他のユーザのつぶやきの内容が時系列的に表示される。twitterでは、ユーザのつぶやきを時系列的に表示したものをタイムライン (timeline) と呼ぶ。

twitter は、twitter API⁶を通じてユーザの持つ情報をネットワーク経由で取得することができる。twitter API には、twitter のユーザの状態を変更する API、ユーザのタイムラインを取得する API などが存在する。本研究では、ユーザのタイムラインを取得する API である、“statuses/user_timeline” を用いる。このとき、1 つ 1 つのつぶやきについて、表 1 に示すような情報を取得することができる。実際にデータを取得した例は付録 A に示す。1 のうち、時刻情報として下から 9 行目の “created_at” の項目と、文字数の情報を取得するために “text” の情報を用いる。

表 1: API “statuses/user_timeline” の各項目が示す内容

項目	示す内容
coordinate	つぶやいた場所の緯度と経度
truncated	つぶやきの省略の有無
place	つぶやいた現在地
geo	JavaScript 上などで用いる Geolocation オブジェクト
in_reply_to_user_id	つぶやきの返信先のユーザ ID の数値表記
retweet_count	このつぶやきがリツイートされた回数
favorited	お気に入りに登録されたか
in_reply_to_status_id_str	つぶやきの返信先のユーザ ID の文字列表記
contributors_enabled	複数人数による管理がなされるアカウントであるか
lang	利用している言語
profile_background_image_url_https	プロフィール画面の背景画像の SSL 経由の URL
favourites_count	このユーザのつぶやきがお気に入りに登録された回数
profile_text_color	プロフィール画面の文字色
protected	許可したユーザのみ閲覧可能とする非公開アカウント
location	このユーザがアカウントに付記している現在地
is_translator	このユーザがつぶやきを他言語に翻訳する役割を持つか

⁶<https://dev.twitter.com/docs/api>

profile_background_image_url	プロフィール画面の背景画像の URL
profile_image_url_https	プロフィールに用いている画像の SSL 経由の URL
name	表示する名前
profile_link_color	プロフィール画面のリンク文字色
url	ユーザに関する URL
utc_offset	UTC 時間からの差分秒
description	ユーザの説明
listed_count	このユーザがリストに登録された回数
profile_background_color	プロフィール画面の背景色
statuses_count	このユーザのつぶやいた回数
following	フォローしている数
profile_background_tile	プロフィール画面で用いているタイル画像
followers_count	フォローされている数
profile_image_url	プロフィールに用いている画像の URL
default_profile	デフォルトのプロフィール画像
geo_enabled	Geolocation オブジェクトの提供を有効にしているか
created_at	このユーザが twitter に登録した日時
profile_sidebar_fill_color	プロフィール画面のサイドバーの色
show_all_inline_media	タイムライン上で画像や動画の URL を展開するか
follow_request_sent	このユーザに対してフォローさせてもらう 要求を送ったか
notifications	通知
friends_count	互いにフォローしあうユーザの数
profile_sidebar_border_color	プロフィール画面のサイドバーの縁の色
screen_name	表示するアカウント名
id_str	ユーザの ID の文字列表記
verified	実際のユーザである証明がなされたアカウントである か

id	ユーザの ID
default_profile_image	標準のプロファイル画像の URL
profile_use_background_image	プロファイル画面で背景画像を用いているか
time_zone	どこのタイムゾーンを用いているか
in_reply_to_screen_name	このつぶやきがどのユーザのアカウント名に対して返信したか
created_at	このつぶやきが行われた時刻
in_reply_to_user_id_str	このつぶやきがどのユーザ ID に対して返信したか その文字列表記
retweeted	このつぶやきがリツイートされたか
source	どの媒体からつぶやきが行われたか (Web , iPhone 等)
id_str	このつぶやきの ID の文字列表記
in_reply_to_status_id	このつぶやきはどの ID を持つつぶやきに対して行われたか
id	このつぶやきの ID の数値表記
contributors	アカウント管理を行う他ユーザによるつぶやきである か
text	つぶやいた内容

5. ゲーム可能時間とタイムライン情報取得システムの実装

本研究の目的は、実世界上のゲームの利用者がゲーム可能な時間をマイクロブログの情報から推測可能であるか検証することである。そのためにデータセットとして実世界上のゲームの利用者がゲーム可能な時間と、マイクロブログとして twitter のタイムラインが必要となる。ゲームの利用者がゲーム可能な時間を計算機上で直接知ることは難しいため、実世界のゲームの利用者が実際にゲームを行った時間と、同じ利用者のタイムラインを取得することでデータセットを集めることを考える。

データセットを集めるため、ゲームの利用者のゲーム可能な時間と、同じ利用者の twitter のタイムラインを取得可能にする TwitAOE⁷の実装を行った。図 3 に、TwitAOE が動作している様子を示す。

Setting/Rule	Rate	Wins	Loses
Land Nomad	-10000	0	1
陸マップ全般	-10000	0	2
Green Arabia	-10000	5	6
midchi	-10000	0	0
海マップ総合	-10000	0	0
Ath Blood	-10000	0	0
も	り	-10000	0
遊牧	-10000	0	0
アラビア (h2h)	-10000	0	0

部屋の名前	ゲーム名	ルール	部屋の説明	制約条件	現在の人数 / 上限
参 (>~<)つ加 [みち]	Age of Empires II - The Conquerors Expansion (AoC)	midchi	1時まで埋まれば やります>~<		8 / 8
[さゆ (3375)][Mochi_K (1075)][KS (1700)][baki (2283)][uryaaaa (2321)][JK (745)][ayrou (1558)][ninneko (1600)]					
参 Money初心加 のゲーム	Age of Empires II - The Conquerors Expansion (AoC)	もり	もり		8 / 8
[かか (1195)][Money初心 (1615)][むらま (1617)][せいぼー (1468)][まゆごん (253)][おまる (1485)][vita (1812)][maohkun (1125)]					
参 thunder のゲーム	Age of Empires II - The Conquerors Expansion (AoC)	Green Arabia	ぐりあら		3 / 8
[roki (3259)][yuchan (2604)][thunder (2297)]					

図 3 実装したロビーサービス TwitAOE を動作させている様子

実装したロビーサービスでは、データセットの取得のため以下に述べる機能を持つ。

1. twitter のタイムラインは、twitter のアカウントを使いロビーサーバにログインさせて、ログインと同時に取得する。
2. ゲーム可能な時間は、ゲームの開始時刻と終了時刻を取得することで行う。

⁷<http://asuky.net/T/>

- ロビーサービス上に集まったゲームの利用者を組にしてマッチメイクする部屋の機能を持ち、グルーピングに成功した時間をゲームの開始時間と定める。
- 利用者は、ゲームの終了時にゲームの勝敗結果について報告を行う。報告が行われた時間をゲームの終了時間と定める。

本研究で実装したロビーサービスは、PHP バージョン 5.2 を利用して実装を行った。研究に協力を頂いたロビーサービスの利用者に対し、研究終了時にすぐサービスを終了することは各利用者がサービス上に蓄積しているデータの保管や流用を妨げることになるため、PHP が利用可能なレンタルサーバ⁸を借りて行った。

5.1 認証とタイムライン取得機能

本研究におけるロビーサービスでは、ある利用者のタイムラインとゲームを行った時間を取得する。取得したタイムラインのデータと、ゲームを行った時間のデータが同じ利用者のものであるということを担保するため、ロビーサービスにログイン機能を付加する必要がある。

ログイン機能に求められることは、利用者に対して認証セッションを発行し、あるアクセスがどの利用者のものであるかをロビーサービスが知る事が可能とすることである。

twitter のタイムラインを取得するためには、twitter 社が公開している twitter API への OAuth⁹ による認証を行いアクセスする必要がある。この API を利用するためには、予め twitter 側でロビーサービス用のアプリケーションを登録する。利用者は、登録されているアプリケーションに対し信用してアクセス権限を与えることを許可する。利用者がアプリケーションに対してアクセス権限を与えられれば、twitter API を利用して利用者のタイムラインを取得することが可能となる。この機構は、利用者に対してタイムラインの情報を利用することを承諾する仕組みも兼ねている。

twitter API は、一定時間内に利用可能な回数が決められている (2012 年 1 月現在、1 時間に 350 リクエストまで) ことと、twitter の API とサーバ間の通信量が増加することから、ロビーサービスの利用者が認証するたびに API を利用しタイムラインを取得する方法は好ましくない。そのため、以下に述べる方針に基づいて利用者の認証とデータの取得を行う。

1. 既に認証セッションが存在する場合、アクセス元のページへ戻す
2. ロビーサーバが発行した cookie が存在し利用期限が切れていないときは、発行した cookie に対応する認証セッションを発行して認証を終了する

⁸<http://lolipop.jp/>

⁹<http://oauth.net/>

3. まず twitter API の users/show を取得し，利用者の身元とその利用者の twitter 上でつぶやいた最新のつぶやきについている ID を確認する
4. 前の手順で取得した利用者の最新のつぶやきについている ID と，ロビーサーバ側が保持するデータにおける最新のつぶやきについている ID を比較し，異なるようなら差分のみを取得し，cookie を発行・延長し認証セッションを発行して認証を終了する

図 4 に，本ロビーサービスにおけるタイムライン取得及び認証の手順を示す．

本ロビーサービスでは，認証セッションとして twitter API を利用するときに必要な access token，access token secret 及びロビーサーバ側の利用者の通し番号を用いている．twitter API では一度アプリケーションを許可しアクセス権限を与えたとき，取得する access token と access token secret は常に同じ値をとる．このため，取得した access token 及び access token secret をロビーサーバ側で記録することにより，OAuth による認証を用いる際のオーバーヘッドや twitter API における users/show を呼ぶ回数を軽減することが可能となる．

Web アプリケーションにおいて利用者に対して cookie を発行し，あるアクセスに対して Web アプリケーションに発行済の cookie が送信されたときに対応する利用者を認証済みにすることは，高度なセキュリティが求められない Web サービスやアプリケーションにおいて簡易的な認証方法としてよく用いられる．本ロビーサービスも同様の実装を行なっているが，cookie を長い期間利用可能とすることは差分のタイムラインを取得できないことに繋がるため，本サービスで発行する cookie の利用期限は 2 日とした．

twitter API において利用者のタイムラインは，statuses/user_timeline の API を用いることで取得できる．本ロビーサービスでは，twitter が過負荷のため statuses/user_timeline の twitter API が利用不可能になる可能性を考慮し，statuses/user_timeline の利用したときのステータスコードが成功 (200) または更新なし (304) ではないことが 5 回繰り返されたとき，cookie の発行・更新を行わずに認証セッションを発行し，同じ利用者が後でログインしたときにまとめて差分を取得可能な機会を得られる仕組みとした．

5.2 ゲーム時間の取得

本ロビーサービスではゲームの利用者のゲーム可能な時間として，利用者が実際に本ロビーサービスを利用してゲームを行った時間を取得する．ゲームを行った時間は，ゲームの開始時刻と終了時刻の対を記録することで行う．

本ロビーサービスを用いてゲームを行うとき，まず利用者はマッチメイクのために部屋を作成する必要がある．部屋とは，ロビー上に滞在するゲームの利用者のマッチメイクを行うため，マ

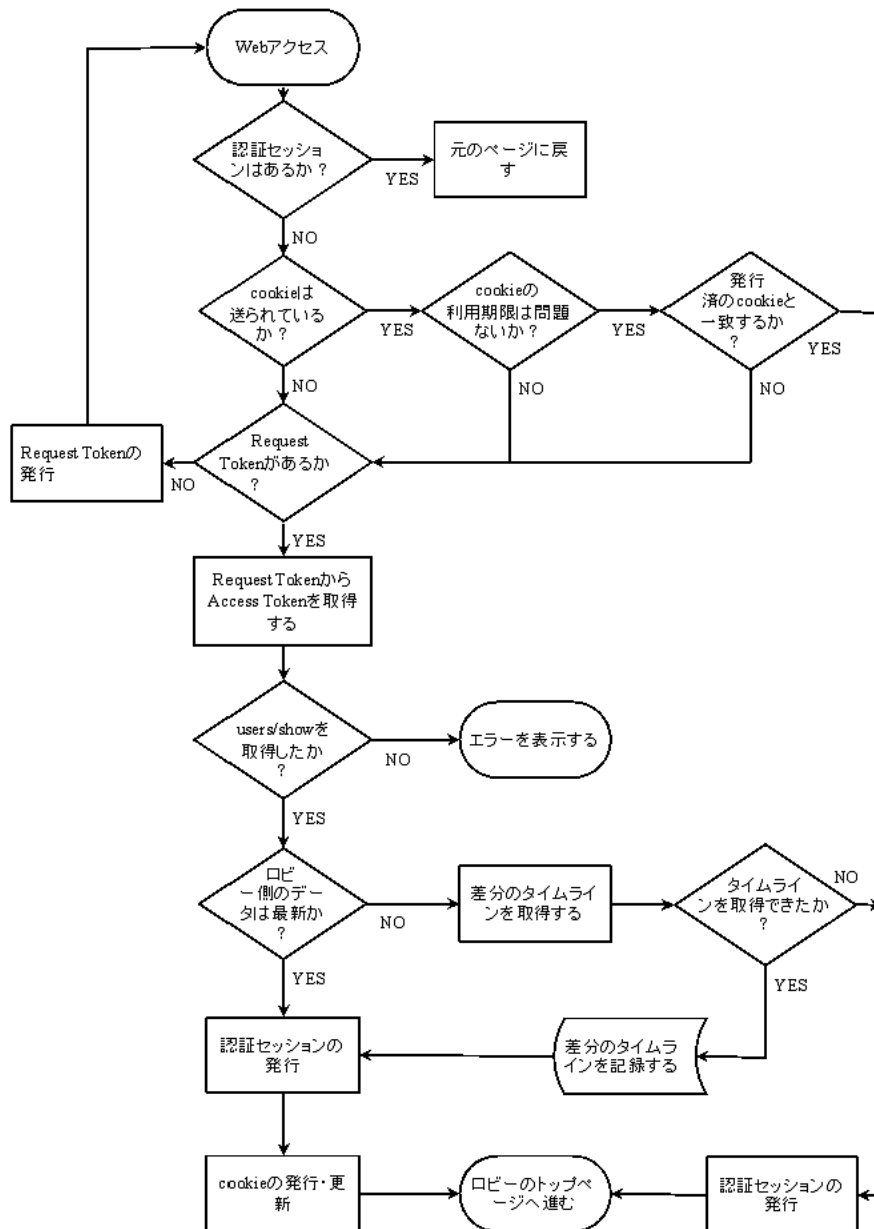


図 4 本ロビーサービスにおけるタイムライン取得および認証のフロー

ルチプレイヤーゲームに必要な人数をまとめる機能である。ゲームの利用者はロビー上に部屋を作成し、ロビー上に滞在する他の利用者に対し、ゲームを遊ぶために部屋に参加するように促す。他の利用者は、ゲームに必要な規定人数が部屋に集まるまで部屋に参加して待機する。部屋を作成した利用者は、ホストとして予めゲームサーバを立てる。部屋にゲームに必要な規定人数が集まったとき、部屋に部屋を作成した利用者の端末の IP アドレスを表示し、部屋に参加している利用者はゲームクライアントを用いてホストの立てたゲームサーバに参加してゲームを行う。ゲームが終了したとき、部屋を作成した利用者がゲームの勝敗結果の報告を行うことで部屋は閉じられる。図 5 に、本ロビーサービスで部屋を作成からゲームの終了までのフローチャートを示す。

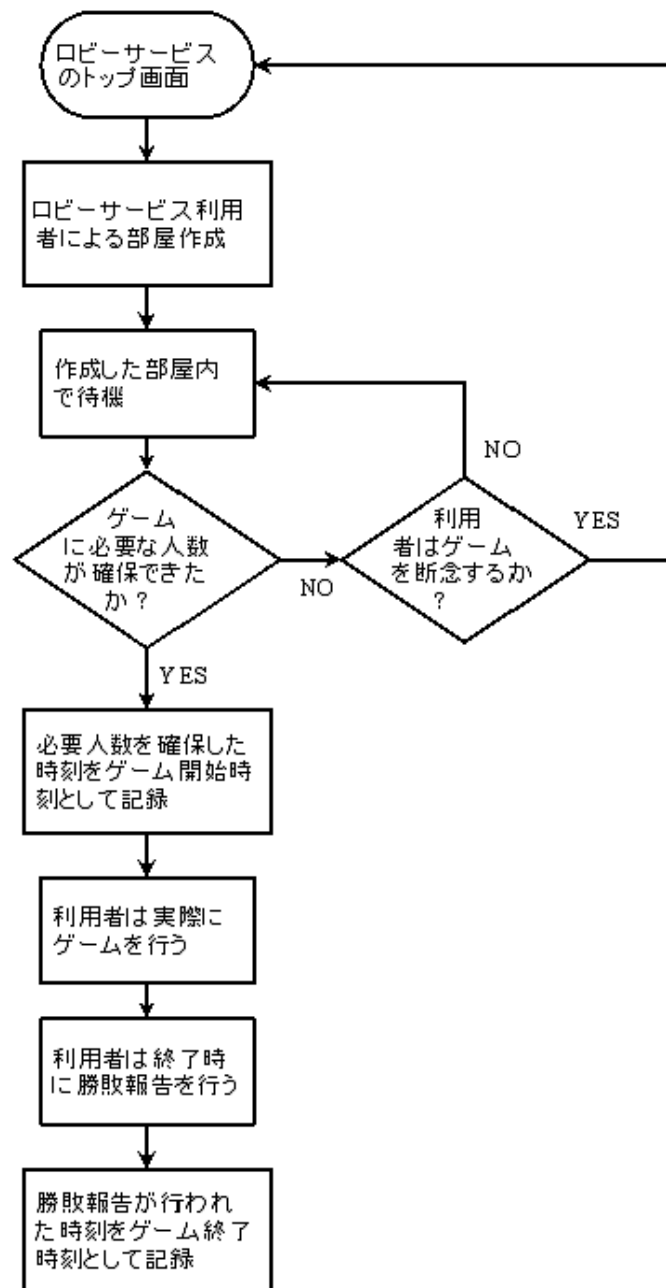


図 5 マッチメイクのための部屋作成と実際のゲーム時間の取得フロー

実際のゲーム時間は、ゲームの開始時刻として作成した部屋に規定の人数が集まった時刻と定め、ゲームの終了時刻としてゲームの終了後の勝敗報告が行われた時間と定める。このゲームの

開始時刻とゲームの終了時刻の取得により、その部屋に参加した全ての利用者のゲームを行った時間とみなす。

ゲームの開始時刻とゲームの終了時刻の対にした記録を確実に集めるため、本ロビーサービスでは簡単なレーティング機能の実装を行った。レーティング機能とは、ゲームの利用者の強さを数値で示す機能で、ゲームに勝利することで数値が上昇し、ゲームに敗北することで下落する。本ロビーサービスの目的の1つである実際のゲーム時間としてゲームの開始時刻とゲームの終了時刻の対を集めることは、ロビーサービスを利用する利用者の立場としては与り知る事柄ではない。そのため、単にゲームの終了時に報告を行う機能だけでは利用者の報告忘れによりゲームの終了時刻が取得できないことが懸念される。このレーティング機能により、利用者に勝敗を報告することに対してインセンティブを与え、利用者にゲームの終了時刻をより確実に報告させることが可能になることが見込まれることと、利用者のロビーサービスに対する満足がより大きくなるものと考えられる。

本ロビーサービスでは、実際に用いるゲームとして Age of Empires - The Conquerors Expansion (AoC) を用いる [4]。AoC は、最大 8 人で遊べるマルチプレイヤーゲームの機能を持ち、マルチプレイヤーゲームを行う利用者の 1 人がホストとなり、参加する他の利用者はホストとなった利用者の端末に接続を行う。AoC を選択した理由として、1 回ごとのゲームは独立しておりゲームの結果が次のゲームに持ち越されることはないこと、ゲームサーバとゲームクライアントが一体化しておりゲームサーバを立てるために複雑な手順が必要にならないこと、1 回のゲームが終了したときにゲームサーバは閉じられるため、モバイル環境に相応しいマルチプレイヤーゲームの形態であると考えたためである。

6. タイムラインとゲーム時間の分析

本節では, 5 節により集めたデータセットを用いてゲーム可能な時間の分析を行うにあたり, 用意したデータセットの概要と分析の方針について述べる. 6.1 節で, 5 章における実装により取得したデータと行った前処理について述べ, 6.2 節で分析における仮説を立て, 6.3 節で分析のときに行った手順について記し, 6.5 節で得られた結果と考察について述べる.

6.1 データセットと前処理

本研究の目的は, マイクロブログとして twitter を取りあげ, 利用者のゲームが可能な時間を求めることが可能か考察することである. 前述の目的を達成するためには, ゲーム利用者の twitter のタイムラインと, 同じ利用者がゲームを行った時間のデータセットを用意する必要がある. そのため, 5 節の実装によりデータセットの収集を行った.

5 節の実装で twitter のタイムラインは, ある利用者がログインを行うたびに最新のつぶやきと, ロビーサービスが保持する最新のつぶやきの差分がロビーサービスに蓄積される. データセットを作成するため, 利用者ごとに差分のつぶやきを全て結合して 4 節で考えた手法に基づき, 4 節の表 1 に示す `created_at` の項目と, `text` の項目の文字数を抽出した. `created_at` は, 人間の可視性を重視した文字列で時刻が示されている. この時刻表記は, 分析を行う上で扱いづらいため UTC 形式に変換を行った. UTC 形式とは, 全ての時刻をある定められた時刻からの経過秒数で示す形式であり, 5 節の実装で利用した PHP5.2 では, UTC 形式を 1970 年 1 月 1 日からの経過秒数で示される. UTC 時間に変更した `created_at` の項目と, `text` の文字数の値で csv ファイルを作成し twitter のタイムラインのデータセットとした. この方法により作成された twitter のタイムラインのデータセットを抜粋した様子を図 6 に示す.

```
⋮  
1314387382 , 71  
1314387867 , 124  
1314590138 , 13  
1314590631 , 12  
1314590645 , 8  
⋮
```

図 6 twitter のタイムラインのデータセットとして作成した csv ファイルの様子

あるゲームの利用者が実際にゲームを行った時間は、ロビーサービス上にゲームの開始時刻と、ゲームの終了時刻の対で記録されている。このゲーム開始時刻と終了時刻を、UTC 形式で csv ファイルに記述し、ファイルの先頭にヘッダをつけてゲーム可能時刻のデータセットとした。この方法により作成されたゲーム可能時間のデータセットを抜粋した様子を図 7 に示す。

```

started_at , finished_at
1322832683 , 1322832734
1322833379 , 1322835942
1322838711 , 1322841057
⋮

```

図 7 利用者のゲーム可能な時間のデータセットとして作成した csv ファイルの様子

本ロビーサービスを利用するために twitter に新規登録したゲームの利用者も少なからず存在したため、今回の分析で利用するデータは、ロビーサービスが取得したつぶやきの数が 100 以上かつ最低 1 ゲーム以上を行った利用者を有効としてデータを用いた。この結果、2011 年 11 月 16 日から 2012 年 1 月 18 日にかけて、80 利用者のデータセットを作成した。ロビーサービスにより得られたデータセットの概要を表 2 に示す。

表 2 実装したロビーサービスによるデータ収集期間と利用者数

データの収集期間	2011/11/16 から 2012/1/18
有効利用者数	80
登録利用者数	347
行われたゲーム数	1369
つぶやかれた文字数	1665063

6.2 タイムラインとゲーム時間の相関関係に関する仮説

6.1 節で概要を示したデータセットに基づき、ゲーム可能な時間の推測可能性の検討を行う。ある時間帯におけるつぶやいた回数、つぶやいた文字数、つぶやいた間隔の 3 観点から仮説を立て、その仮説に基づき相関係数を算出し、算出した結果をまとめた考察を行う。相関係数の算出方法

は複数の方法があるが、本研究では順位付けを行う仮説を立てたため、Spearman の順位相関係数に基づき相関係数の算出を行う。

6.2.1 仮説 1: つぶやいた回数

twitter では、利用者がつぶやきたいときにつぶやきたいことをつぶやく。これは、twitter につぶやくということは、その利用者はつぶやいた時点でつぶやけるほど空いた時間があるということである。つまり、ある時間帯においてつぶやいた回数が多いということは、つぶやけるほど空いた時間が多いということであり、それだけ空き時間が多いことが見込まれる。この考えに基づき、ある時間帯におけるつぶやいた回数について以下の仮説を立てた。

- ゲームが可能な時間帯は、空いている時間帯であるため、つぶやいた回数も増える
- ゲームが不可能な時間は、空いている時間帯ではないため、つぶやいた回数も減る
- つまり、つぶやきの回数の多寡はゲーム可能な時間を判断する要素となる

6.2.2 仮説 2: つぶやいた文字数

次に各時間におけるつぶやいた文字数に着目する。つぶやいた回数との違いとして、回数に着目するときは外出中に携帯端末から行う簡単なつぶやきも、計算機の前に座り長文を考えながら書き込んだつぶやきも同じ 1 回でありゲーム可能時間として数えられることになる。しかし、本研究ではゲーム可能時間の判断を行うことから、前者のような簡単なつぶやきを数えることは望ましくないため、つぶやいたときの文字数に着目することを考える。携帯端末から長文のつぶやきを何度も行うことは、計算機上で同様に長文のつぶやきを何度も行うより機会が少ないものと考えられる。また、長々としたつぶやきを行うことは、そのようなつぶやきを考えてつぶやける程度の時間があると考え、つぶやいた文字数については以下の仮説を立てた。

- ゲームが可能な時間帯は、空いている時間帯であるため、つぶやいた文字数も増える
- ゲームが不可能な時間は、空いている時間帯ではないため、つぶやいた文字数も減る
- つまり、つぶやきの文字数の多寡はゲーム可能な時間を判断する要素となる

6.2.3 仮説 3: つぶやいた間隔

最後に、各時間におけるつぶやいた時間の間隔に着目する。つぶやいた回数に着目したときと同じように、つぶやいた間隔が短いということは、つぶやく時間を置かずにつぶやける程度に時間があるということであり、ゲーム可能時間として扱うことが可能ではないかと考えられるためである。そこで、つぶやいた時間の間隔について以下の仮説を立てた。

- ゲームが可能な時間帯は、空いている時間帯であるため、つぶやいた間隔が小さくなる
- ゲームが不可能な時間は、空いている時間帯ではないため、つぶやいた間隔も大きくなる
- つまり、つぶやきの間隔の大小はゲーム可能な時間を判断する要素となる

6.3 相関関係の仮説に対する分析手順

6.2 節で立てた仮説の検証のため、有効なデータを持つ各利用者に対し、つぶやいた回数、つぶやいた文字数及びつぶやいた時間の間隔と、同じ利用者の実際のゲーム時間の相関を算出する。

まず、ある時間帯が何回ゲーム可能時間となった回数の算出を行う。6.1 節に示した通り、ゲーム可能時間はゲーム開始時刻とゲーム終了時刻の対で記録している。この対より、ゲームの開始時刻と終了時刻の時間帯をまず求め、その時間帯と、その時間帯に挟まれた時間帯をゲーム可能時間とみなす。

本実装方法では、実装に用いた PHP の言語仕様により、時刻は 1970 年の 1 月 1 日から通算した経過秒数により示される。ある時刻が 1 日におけるどの時間帯に属するか算出するためには、まずその時刻を 1 日の秒数である 86400 で割る。この商は、1970 年の 1 月 1 日から経過した日数を示し、剰余がまだ経過していない日における経過秒数を示す。この剰余を 1 時間の秒数である 3600 で割り、商に 1 を加えたものが時間帯を示す。

ゲーム可能時間の算出では、ゲームの開始時刻と終了時刻に対して、時間帯の算出を行う。ゲーム開始時刻の時間帯とゲーム終了時刻の時間帯に挟まれた時間帯も同じようにゲームが可能な時間帯とみなす。

この方法で時間帯を算出し、得られた時間帯がゲーム可能な時間となった回数を数える。例えば、ゲームの開始時刻と終了時刻の対が 12 時から 15 時、13 時から 14 時、14 時から 16 時のときは、12 時から 15 時までの各時間が 1 回ずつ、13 時と 14 時が 1 回、14 時から 16 時までの各時間が 1 回ずつゲーム可能時間となる。この例でゲーム可能時間となった回数は、図 3 に示す通りとなる。

表 3 ゲーム可能な時間の例

時間帯	回数
12	1
13	2
14	3
15	2
16	1

ゲーム可能時間となった回数を値のまま用いると、ゲームを行った回数が少なければ少ないほど、ゲーム 1 回の相関が強く出ることになるため、この方法で得られた各時間の回数を、ゲームを行った回数で割り、各時間帯における回数の割合を算出して用いる。

また、つぶやいた時刻の時間帯の算出を行うため、6.1 節の図 6 に示す twitter のタイムラインのデータをつぶやいた時刻に対し、同様の処理を行う。各時間帯でつぶやいた回数については、ゲーム時間がゲーム可能時間となった回数を集計し図 3 のごとくまとめたのと同様に、各時間帯におけるつぶやいた回数をまとめる。つぶやいた文字数については、6.1 節の図 6 に示すように、つぶやいた時刻とつぶやいた文字数が対になっている。まず、つぶやいた時刻がどの時間帯に該当するか算出したあと、その時間帯に何文字つぶやいたかを記録する。その後、各時間帯で全体の文字数に対してどの程度の割合をつぶやいているかを算出するため、つぶやいた総文字数で各時間帯につぶやかれた文字数で割ることで求める。

つぶやいた間隔については、まずつぶやきの間隔の定義を行う。6.1 節で用意したデータセットにおける twitter のタイムラインを、つぶやいた時刻について昇順で並べ替える。このとき、twitter のタイムラインのデータセットは、式 (1) のように示すことができる。

$$T_n, C_n \quad (1 \leq n \leq N) \quad (1)$$

式 (1) では、 T_n は n 番目におけるつぶやきの時刻、 C_n は n 番目におけるつぶやいた文字数、 N はそのデータに含まれるデータの数である。

このとき、つぶやいた時刻について昇順でソートを行なっているため、全ての n に対して $T_n \leq T_{n+1}$ が成立する。ここで、 n 番目と $n+1$ 番目のつぶやきの間隔として D_n を、式 (2) に示すように定める。

$$D_n = T_{n+1} - T_n \quad (1 \leq n \leq N - 1) \quad (2)$$

式 (2) における D_n は, T_n が属する時間帯におけるつぶやきの間隔として扱う. このつぶやきの間隔の和からそのまま相関を算出すると, 1 つ 1 つのつぶやきの間隔が短くても, つぶやきの多い時間帯についてはゲームが不可能となり, 順位検定に不都合であるため, 全ての時間帯についてつぶやきの間隔の平均を求める必要がある. $1 \leq n \leq N - 1$ を満たす全ての n に対して D_n を求め, 各時間帯について D_n の合計を求め, 各時間におけるつぶやきの回数で割ることで各時間帯におけるつぶやきの間隔の平均を求める.

各時間帯におけるつぶやきの間隔の平均とゲーム可能時間の相関を求めるとき, 6.2 節の仮説に従うならば, 負の相関が見出される. 本研究の目的は twitter のタイムラインからゲーム可能時間を推測することは可能であることを示すことであるため, 相関を見出すことの可否のみが重要となり, その相関の正負は重要とならない.

6.4 相関関係の分析結果及び考察

6.3 節の手順に基づき, つぶやいた回数について表 4 に示すような相関係数の集合を得た. 相関係数の集合の分布について, 横軸に相関係数の絶対値, 縦軸に累積度数を取ったグラフを図 8(a) に, 横軸に相関係数の絶対値を取らないときのグラフを図 8(b) に示す.

表 4 つぶやいた回数とゲーム時間における相関係数の絶対値の分布結果

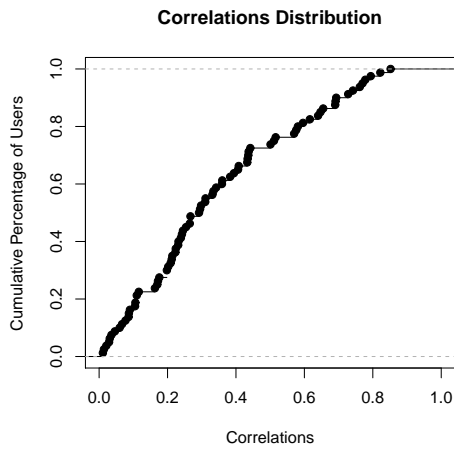
最小値	第 1 四分位数	中央値	平均値	第 3 四分位数	最大値
0.0110	0.1715	0.2935	0.3443	0.5122	0.8520

同様につぶやいた文字数について, 表 5 に示すような相関係数の集合を得た. 相関係数の集合の分布について, 横軸に相関係数の絶対値, 縦軸に累積度数を取ったグラフを図 9(a) に, 横軸に相関係数の絶対値を取らないときのグラフを図 9(b) に示す.

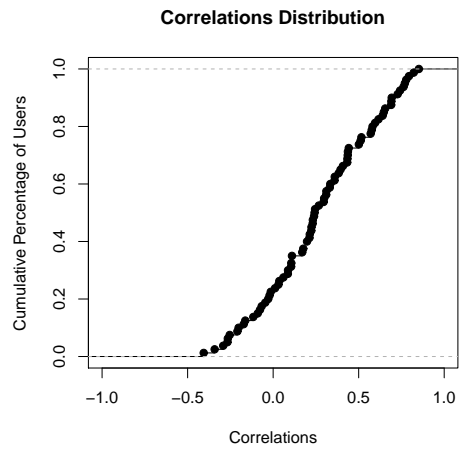
表 5 つぶやいた文字数とゲーム時間における相関係数の絶対値の分布結果

最小値	第 1 四分位数	中央値	平均値	第 3 四分位数	最大値
0.0020	0.1615	0.3185	0.3485	0.5468	0.8990

つぶやいた間隔については, 表 6 に示すような相関係数の集合を得た. 相関係数の集合の分布について, 横軸に相関係数の絶対値, 縦軸に累積度数を取ったグラフを図 10(a) に, 横軸に相関

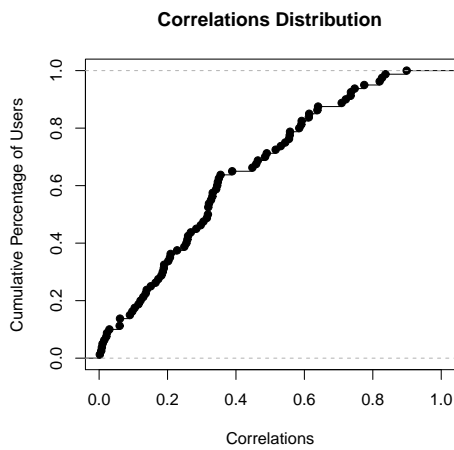


(a) 絶対値を取るとき

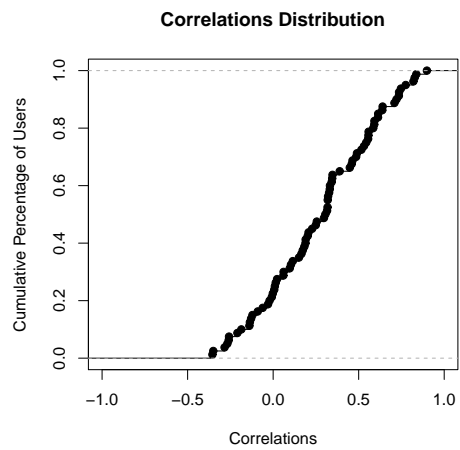


(b) 絶対値を取らないとき

図 8 つぶやいた回数とゲーム時間の相関係数の累積度数分布グラフ



(a) 絶対値を取るとき



(b) 絶対値を取らないとき

図 9 つぶやいた文字数とゲーム時間の相関係数の累積度数分布グラフ

係数の絶対値を取らないときのグラフを図 10(b) に示す。

表 6 つぶやいた間隔とゲーム時間における相関係数の絶対値の分布結果

最小値	第 1 四分位数	中央値	平均値	第 3 四分位数	最大値
0.0030	0.0550	0.1555	0.1695	0.2562	0.6440

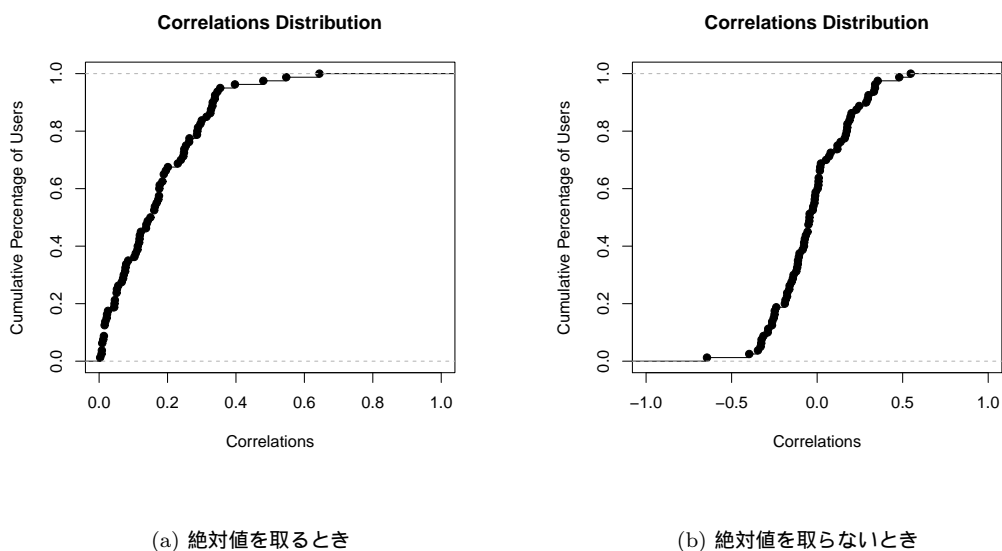


図 10 つぶやいた間隔とゲーム時間の相関係数の累積度数分布グラフ

6.5 結果に基づく考察

6.3 節による分析の結果、つぶやいた回数とつぶやいた文字数における仮説については第 3 四分位数がそれぞれ 0.5122 と 0.5468 であることから、全体のおよそ 25% から 30% の利用者について相関が認められ、つぶやいた間隔については最大値が 0.6440 であるため、相関が認められないものと考えられる。また、図 8(b) や図 9(b) において最小値が -0.5 より大きいことが読み取れるため、相関が認められる利用者については負の相関を示すことがなく、仮説をそのまま適用可能であるといえる。

つぶやいた回数やつぶやいた文字数における仮説検証の結果、全体のおよそ 25% から 30% の利用者について相関が認められたが、この結果からつぶやいた回数やつぶやいた文字数に着目することでゲーム可能な時間の推測が可能であるとは言いがたい。しかし最大値に着目したとき、それぞれ 0.8520 と 0.8990 という非常に大きな相関係数を示している。これは、すべての利用者ではなく、ある利用者についてはつぶやいた回数やつぶやいた文字数に着目することでゲーム可能な時間を推測することが可能であると考えられる。そこで、つぶやいた回数やつぶやいた文字数の仮説に基づいた結果について、相関係数に基づき利用者を分類してグラフとして概形を観察した。図 11 に、つぶやいた回数とゲーム可能な時間について概形を生成した結果を抜粋した様子を、図 12 に、つぶやいた文字数とゲーム可能な時間について概形を生成した結果を抜粋した様子を示す。図 11 及び図 12 の両方について、相関係数 $|r|$ に基づき相関が弱い ($|r| < 0.4$) 利用者、相関がある ($0.4 \leq |r| < 0.7$) 利用者及び強い相関を示す ($0.7 \leq |r|$) 利用者に分類した。図 11 及び図 12 のグラフは、横軸が時間帯、縦軸がそれぞれの時間帯におけるつぶやいた文字数やゲーム可能時間と数えられた割合を示し、黒線がゲーム可能時間と数えられた割合、赤線がつぶやいた文字数の割合を示している。

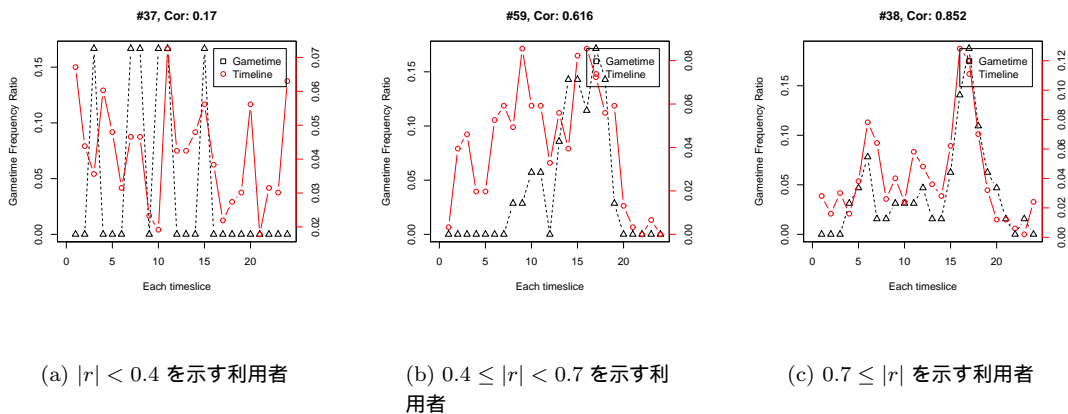
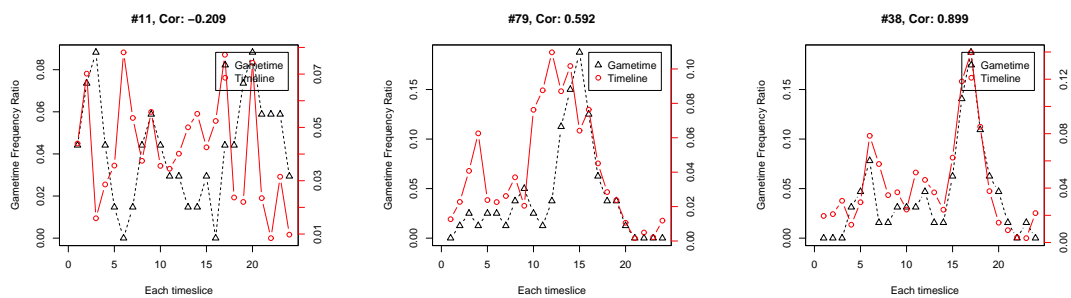


図 11 各利用者についてつぶやいた回数とゲーム可能な時間を示すグラフの概形の抜粋

図 11 及び図 12 に示すようなデータを観察した結果、目視による直感では図 11(a) や図 12(a) のような相関係数の値が小さい利用者についても相関がないように感じられない。これは、つぶやいた文字数とゲーム可能時間の相関は確かに各時間ごとに正や負の関係が入り混じっているため低い値が算出されるが、グラフとしては示したときに概形が似ているために目視による直感では相関があるように感じられるのが理由であると考えた。

概形が似ているということは、図 11 及び図 12 に示すグラフにおいて、赤線で示される各時間



(a) $|r| < 0.4$ を示す利用者

(b) $0.4 \leq |r| < 0.7$ を示す利用者

(c) $0.7 \leq |r|$ を示す利用者

図 12 各利用者についてつぶやいた文字数とゲーム可能な時間を示すグラフの概形の抜粋

帯においてつぶやいた回数やつぶやいた文字数の割合の概形を横軸に沿って水平移動させることで、より高い相関係数を得ることが可能であると考えた。

7. タイムラインとゲーム可能時刻の位相ずれに関する検討

本節では, 6.5 節で述べたつぶやいた回数やつぶやいた文字数についてグラフの概形を水平移動させることで高い相関係数を得られるという仮説に基づき, ある利用者のつぶやいた時間を一定時間単位で調整したとき, どのような相関係数が得られるか検証を行う.

7.1 タイムラインの位相ずれに関する仮説

6.5 節の図 11 及び図 12 において, つぶやいた文字数の割合の概形を横軸に対し水平移動することにより, より高い相関を示すことが予測される.

そこで, タイムラインの位相変化を考える. 位相変化とは, ある利用者のつぶやいた時刻に対し一定の秒数を加減することにより, ある時間帯における変量を変化させたタイムラインのデータを作成することである. このような方法で作成されたタイムラインのデータから, ゲーム可能な時間を推測できるのではないかと考えた.

7.2 タイムラインの位相変化による結果と考察

検証のため, まずタイムラインの位相変化を行ったデータを作成する. 6.2 節で述べたように, 6.1 節で用意した twitter のタイムラインのデータセットは, T_n を n 番目におけるつぶやきの時刻, C_n は n 番目におけるつぶやいた文字数, N はそのデータに含まれるデータの数と定めたとき, 式 (3) のように示すことができる.

$$T_n, C_n \quad (1 \leq n \leq N) \quad (3)$$

位相変化を行うため, ある一定の時間 t を定め, $1 \leq n \leq N-1$ を満たす全ての n について, T_n から t の整数倍 s を加減したデータを作成する. この新しいデータは, 式 (4) のように示すことができる.

$$T_n - ts, C_n \quad (1 \leq n \leq N) \quad (4)$$

ここで, t を 1 時間, s は 1 日単位の変化を示すものと定める. これは, タイムラインに含まれる時刻を 1 時間前, 2 時間前と順次ずらし, それを 1 日単位まで繰り返すということを行うということである. どのような位相変化が正しいかは分からないため, ここでは 1 日単位の変化を 12 時間前から 12 時間後に定める. これは, $t = 3600$ とし, $-12 \leq s \leq 12$ を満たす全ての s に対し, 式 (4) を適用したデータを用意する.

用意したデータを利用し,6章で行ったそれぞれの分析と同じ仮説に基づき, $-12 \leq s \leq 12$ を満たす全ての s について作成したデータを用いて分析を行い,最も大きな相関係数と,そのときの s の値を記録した.表7に,つづやいた回数の位相を変化させ,ゲーム可能時間と最も大きな相関係数を示したときの値を記録した結果を示す.表8につづやいた文字数について,表9につづやいた時間の間隔について同様に記録した結果を示す.

表7 つづやいた回数とゲーム時間シフトにおける相関係数の絶対値の分布結果

最小値	第1四分位数	中央値	平均値	第3四分位数	最大値
0.1760	0.4442	0.6170	0.5700	0.7298	0.8520

表8 つづやいた文字数とゲーム時間シフトにおける相関係数の絶対値の分布結果

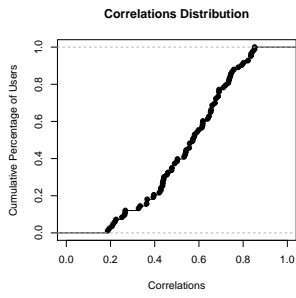
最小値	第1四分位数	中央値	平均値	第3四分位数	最大値
0.1700	0.4110	0.5740	0.5582	0.6960	0.8990

表9 つづやいた間隔とゲーム時間シフトにおける相関係数の絶対値の分布結果

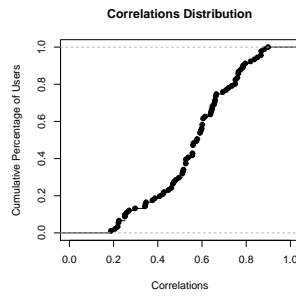
最小値	第1四分位数	中央値	平均値	第3四分位数	最大値
0.1450	0.4120	0.5630	0.5504	0.7005	0.8610

位相変化による分析の結果,相関係数の値が大きな向上を示している.例えば,図13(a)のつづやいた文字数に着目した結果では,およそ70%に近い利用者が相関係数0.5以上を示している.6.5節で述べたように,位相変化を行う前はつづやいた回数やつづやいた文字数に着目したとき,相関係数が0.5以上を示すのは全体のおよそ30%近い利用者のみであった.このことは,タイムラインの時刻からある一定の時刻の整数倍を加減するだけで大きな相関を見出すことが可能であることを示している.

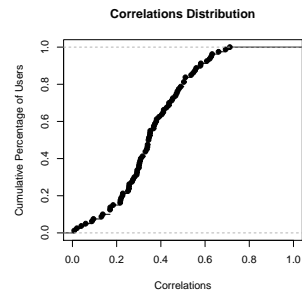
6章における結論では,つづやいた間隔に注目したときは良い結果は得られないと述べたが,9節の結果は他のつづやいた回数やつづやいた文字数に着目した結果には及ばないものの,十分に相関が認められる結果を示していることから,本研究において立てた仮説以外に仮説を追加しても,このような時刻の位相変化を適用することでゲーム可能な時間を判断できるのではないかと考えた.



(a) つづやいた回数



(b) つづやいた文字数



(c) つづやいた間隔

図 13 6.2 節における仮説に対し位相変化を適用した結果

8. twitterのタイムラインからゲーム可能時間の推測可能性に関する考察

実験より、twitterのタイムラインの各時間帯におけるつぶやいた回数、つぶやいた文字数及びつぶやいた間隔と実際のゲーム時間には、位相変換を行うことで大きな相関が得られることが示された。また、6.4節では負の相関を強く示す利用者は存在しなかった。この2つの結果より、利用者のゲーム可能な時間を判断するためには、まずtwitterのタイムラインと実際のゲーム時間から利用者の位相のずれを算出する。そのあと、twitterのタイムラインから各時間帯におけるつぶやいた回数か文字数を算出し、最も変数の大きい時間帯を求めて、予め算出したその利用者の位相のずれを増減させることで推測することができると考えられる。この方法は、利用者がゲームを行ったり、つぶやいたりすることで蓄積されるデータが増え、より精度の高い推測を行うことが可能ではないかと考えられる。

この方法により各利用者についてゲーム可能な時間を求め、どの時間であればマッチメイクが可能かということを利用者に対して見せることで、利用者の実生活における活動を調節させてマッチメイクを効率化することが見込まれる。マッチメイクが可能な時間が明確であれば、利用者が自ずとその時間のために予定を調整することが可能なためである。

今後の展開として、今回の研究ではtwitterを用いておりこのままtwitterを利用することで、利用者がフォローしている、フォローされているといった関係を考慮したマッチメイクが可能であると考えられる。利用者のフォローしている、フォローされているという関係を再帰的にゲーム可能な時間を算出しながら辿ることで、ロビーサービスを設置しなくてもマルチプレイヤーゲームを行うことが可能ではないかと考えた。このようなマッチメイクは、利用者のソーシャルネットワークの拡大がゲームのマッチメイクの成功率向上につながることを予測される。また、マッチメイクが成立すればゲームを通じた友人関係が形成できると考えると、ソーシャルネットワークがさらに広がることを期待できるという正の循環構造をもたらすことも考えられる。この機構を実現するためには、前提であるそれぞれの利用者に対して、どの程度の位相の変化を行うべきか算出できる必要がある。この算出については、直接的に時刻に関わるものではないため、より広範囲な情報を用いる必要があることが予測される。例えば4章の表1における、descriptionやcreated_atの項目も、twitterの利用に影響を与えている可能性が十分に考えられる。前述のようにゲームを行った時間もタイムラインに投稿することにより、どの程度の相関が得られるかを検証する必要がある。

また、オンラインゲーム以外に対する本研究を適用することも考えられる。本研究で取り上げたゲームが可能な時間は他の用途にも用いることの可能な時間である。そのため、例えば公共交

通機関を利用する移動時間を推測して広告の配信を行うことや、食事の時間を推測してクーポンの配布を行うような用途も考えられる。しかし、本研究で取り上げたゲームは、計算機上で開始時間と終了時間が正確に取得可能な事象である。これは、他の事象に対して適用可能であることを実証するためには、その事象が行われている時間を計算機上で正確に取得可能な方法を検討する必要があるということである。本研究では、ゲーム内の強さの指標を算出するレート機能を実装し、ゲームの終了時間を報告することに対してインセンティブを持たせることにより正確な時間の取得を試みている。他の用途に用いるときは、計算機上で事象の時間の正確な取得が困難である状況であっても、本研究のように事象の正確な時間の取得に対してインセンティブが働く設計を行う必要があると考えられる。

9. おわりに

オンラインゲームのマルチプレイヤーゲームにおけるマッチメイクでは、ゲームのネットワークポロジによらずロビーサービスが必要となる。ロビーサービスは利用者が集まることでマッチメイク可能性を上げているだけであり、ゲームが常に可能とは限らないという問題を取り上げた。この問題は、ゲームの利用者のゲーム可能な時間が把握できれば解決するが、ゲーム可能な時間は利用者の実世界の状況や予定に依存する。そこで本研究では、マイクロブログから利用者の実世界の状況や予定が推測可能ではないかと考えた。マイクロブログとして twitter を取りあげ、twitter のタイムラインからゲーム可能な時間を推測可能であるか検討を行った。この検討のためには、ある利用者がゲーム可能な時間と、同じ利用者の twitter のタイムラインのデータセットが必要となる。データセットの収集のため、利用者がゲームを行った時間をゲーム可能な時間と定め、ある利用者がゲームを行った時間と twitter のタイムラインを取得するロビーサービスを設置し、データセットの収集を試みた。その結果、80 人分のデータセットを収集し、ある時間帯におけるつぶやいた回数、つぶやいた文字数及びつぶやいた間隔からゲーム可能な時間が推測可能であるという仮説を立て、実際のゲーム時間との相関を算出した。この結果、いずれの方法も相関係数 0.5 以上を示すのは全体の 30% 程度の利用者にとどまり、推測は難しいと考えられた。しかし、相関係数の最大値が 0.899 を示すような利用者も存在したため、データの観察を行い、データセットにおけるつぶやいた時刻をずらしたデータセットを再作成して再び分析を行った結果、70% に近い利用者が相関係数 0.5 以上を示す結果となった。この結果から、twitter のタイムラインからゲーム可能な時刻を推測することは十分に可能であると結論付けた。

今後の研究の方針として、twitter 以外のソーシャルメディアである facebook や mixi などからもゲーム可能時間を推測可能であるか検討すること、つぶやいた回数、つぶやいた文字数や間隔以外の推測方法について検討すること、ある利用者についてどの程度の位相変化を行うべきか算出する方法の検討などが挙げられる。

謝辞

本研究を行うにあたり、本学情報科学研究科の山口 英教授、伊藤 実教授、門林 雄基准教授には、研究内容に関しまして的確なご指導ご鞭撻を賜りましたことを厚く御礼申し上げます。また、山口教授には、学業面のみならず、集中力や時間に対する意識の不足など、精神面へのご指導を頂いたこと、伊藤教授には、就職についての相談をしていただいたことも併せて御礼を申し上げます。

日頃から研究に対する議論に参加頂き、的確な指摘を頂きました奥田 剛助教、サイバー大学の横山 輝明助教に感謝いたします。また、本論文の詰めに集中して体裁や内容に関して指導を頂いた樫山 寛章助教と、素早い添削を頂いた檜原 茂助教に感謝いたします。

奥田助教には、私の研究の方針設定や成果が散逸的になりがちであったにも関わらず、研究としてまとまるように細かく指導を頂いたこと、方針をずらさないように常に気を配って頂いたことに感謝いたします。

横山助教には、私自身の知識の蓄積における問題点と対策の方針や、研究における結果の蓄積についても指導を頂いたことについて感謝いたします。

同期の阪本 貴大氏は、日々の雑談や世の中の在り方について語りあいました、ありがとうございます。同じく同期の王氏には、私が研究と減量の両立に悩んでいたとき、阪本氏と一緒にマクドナルドのフライドポテトを勧めるなど、温かい励ましを頂きました、ありがとうございます。

また、ニコニコ動画 Age of Empires II コミュニティ¹⁰の皆さんには、実装したロビーを利用して頂いたことにお礼を申し上げます。

最後に、お世話になりましたインターネット工学講座の皆様に、厚くお礼を申し上げます。

¹⁰<http://com.nicovideo.jp/community/co10897>

参考文献

- [1] Hannu Korhonen and Elina M. I. Koivisto. Playability heuristics for mobile multi-player games. In *Proceedings of the 2nd international conference on Digital interactive media in entertainment and arts*, DIMEA '07, pp. 28–35, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [2] Blizzard Entertainment. World of Warcraft, 2004. <http://us.battle.net/wow/en/>.
- [3] 株式会社ディー・エヌ・エー. Mobage, 2006. <http://www.mbga.jp/>.
- [4] Microsoft Ensemble Studio. Age of Empires II - The Conquerors Expansion, 2000. <http://www.microsoft.com/games/conquerors/>.
- [5] Half-Life. Valve software, 1998. <http://www.valvesoftware.com/>.
- [6] twitter, 2004. <http://www.twitter.com/>.
- [7] D. Reed J. Oikarinen. Internet relay chat protocol, 1993. <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1459.txt>.
- [8] Microsoft. Windows live messenger, 2010. <http://messenger.live.jp/>.
- [9] Scott Kevill. Gameranger, 1999. <http://www.gameranger.com/>.
- [10] Voobly, 2010. <http://www.voobly.com/>.
- [11] Microsoft. DirectX, 2011. <http://www.microsoft.com/japan/directx/default.aspx>.
- [12] Microsoft. DirectPlay, 2002. [http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/hh302318\(v=VS.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/hh302318(v=VS.85).aspx).
- [13] Yugo Kaneda, Hitomi Takahashi, Masato Saito, Hiroto Aida, and Hideyuki Tokuda. A challenge for reusing multiplayer online games without modifying binaries. In *Proceedings of 4th ACM SIGCOMM workshop on Network and system support for games*, NetGames '05, pp. 1–9, New York, NY, USA, 2005. ACM.
- [14] Hannu Korhonen and Elina M. I. Koivisto. Playability heuristics for mobile games. In *Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, MobileHCI '06, pp. 9–16, New York, NY, USA, 2006. ACM.

- [15] Henry Kautz, Bart Selman, and Mehul Shah. Referral web: Combining social networks and collaborative filtering. *Communication of the ACM*, Vol. 40, No. 3, 1997-3.
- [16] Jolene Galegher and Robert E. Kraut. Computer-mediated communication for intellectual teamwork: a field experiment in group writing. In *Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, CSCW '90, pp. 65–78, New York, NY, USA, 1990. ACM.
- [17] Google. orkut, 2003-. <http://www.orkut.com>.
- [18] 松尾豊, 安田雪. Sns における関係形成原理 : mixi のデータ分析. 人工知能学会論文誌 = Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence : AI, Vol. 22, pp. 531–541, 2007-11-01.
- [19] Lawrence Page, Sergey Brin, Rajeev Motwani, and Terry Winograd. The pagerank citation ranking: Bringing order to the web. Technical Report 1999-66, Stanford InfoLab, November 1999. Previous number = SIDL-WP-1999-0120.
- [20] 総務省情報通信政策研究所. ブログ・sns の経済効果に関する調査研究, 2009.
- [21] 奥村学. ブログマイニング. 情報処理学会研究報告. データベース・システム研究会報告, Vol. 2006, No. 59, pp. 33–44, 2006-05-30.
- [22] Brad Fitzpatrick and David Recordon. Thoughts on the social graph, 2007. <http://bradfitz.com/social-graph-problem/>.
- [23] Google. Opensocial, 2007. <http://code.google.com/intl/ja/apis/opensocial/>.
- [24] 株式会社手嶋屋. Openpne, 2005. <http://www.openpne.jp/>.
- [25] Communications Action Group. Dataportability project. <http://www.dataportability.org/>.
- [26] Foaf (friend of a friend) project, 2003. <http://rdfweb.org/foaf/>.
- [27] Activity streams, 2010. <http://activitystrea.ms>.
- [28] Steven Gargolinski, Christopher St. Pierre, and Mark Claypool. Game server selection for multiple players. In *Proceedings of 4th ACM SIGCOMM workshop on Network and system support for games*, NetGames '05, pp. 1–6, New York, NY, USA, 2005. ACM.

- [29] Justin Manweiler, Sharad Agarwal, Ming Zhang, Romit Roy Choudhury, and Paramvir Bahl. Switchboard: a matchmaking system for multiplayer mobile games. In *Proceedings of the 9th international conference on Mobile systems, applications, and services*, MobiSys '11, pp. 71–84, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [30] Sharad Agarwal and Jacob R. Lorch. Matchmaking for online games and other latency-sensitive p2p systems. In *Proceedings of the ACM SIGCOMM 2009 conference on Data communication*, SIGCOMM '09, pp. 315–326, New York, NY, USA, 2009. ACM.
- [31] Takeshi Sakaki, Fujio Toriumi, and Yutaka Matsuo. Tweet trend analysis in an emergency situation. In *Proceedings of the Special Workshop on Internet and Disasters*, SWID '11, pp. 3:1–3:8, New York, NY, USA, 2011. ACM.

付録

A. twitter APIの呼び出し結果

筆者のアカウントから，“statuses/user_timeline”をJSON¹¹形式で実際にAPIを呼び、データを取得する様子を1つだけ抜粋して示す。

```
{
  "coordinates":null,
  "truncated":false,
  "place":null,
  "geo":null,
  "in_reply_to_user_id":null,
  "retweet_count":0,
  "favorited":false,
  "in_reply_to_status_id_str":null,
  "user":{
    "contributors_enabled":false,
    "lang":"ja",
    "profile_background_image_url_https":"https://si0.twimg.com/images/themes/theme14/bg.gif",
    "favourites_count":4,
    "profile_text_color":"333333",
    "protected":false,
    "location":"Ikoma,Nara",
    "is_translator":false,
    "profile_background_image_url":"http://a1.twimg.com/images/themes/theme14/bg.gif",
    ,
    "profile_image_url_https":"https://si0.twimg.com/profile_images/1736814553/nonno14_normal.jpg",
    "name":"Asuki Yamashita",
    "profile_link_color":"009999",
    "url":"http://asuky.net/",
  }
}
```

¹¹<http://www.json.org/>

```

"utc_offset":32400,
"description":"NicoLiveAOC,A'sHentaiHeaven.InformationSciencemajoratGraduateStu
dentInNara.MyinterestsareInternet,SocialNetworkingandGames(especially,AOC).",
"listed_count":17,
"profile_background_color":"131516",
"statuses_count":1855,
"following":null,
"profile_background_tile":true,
"followers_count":183,
"profile_image_url":"http://a0.twimg.com/profile_images/1736814553/nonno14_normal.
jpg",
"default_profile":false,
"geo_enabled":true,
"created_at":"TueJun0513:12:18+00002007",
"profile_sidebar_fill_color":"efefef",
"show_all_inline_media":false,
"follow_request_sent":null,
"notifications":null,
"friends_count":190,
"profile_sidebar_border_color":"eeeeee",
"screen_name":"asuky",
"id_str":"6593582",
"verified":false,
"id":6593582,
"default_profile_image":false,
"profile_use_background_image":true,
"time_zone":"Tokyo"
}
"in_reply_to_screen_name":null,
"created_at":"Wed Jan 11 17:03:49 +0000 2012",
"in_reply_to_user_id_str":null,

```

```
"retweeted":false,
"source": "<a href='http://twitter.com/download/iphone' rel='nofollow'>Twitter for
iPhone</a>",
"id_str": "157145699811721217",
"in_reply_to_status_id": null,
"id": 157145699811721200,
"contributors": null,
"text": "あと2日でセンターらしいが、Pat strikes backはあるのかが気になる。"
}
```