

修士論文

インフォーマルコミュニケーション誘発の
ための Web ブラウザー上での
アウェアネスの検討

A study of awareness on a web browser to stimulate
informal communication

2011 年 2 月 9 日

指導教員 相田 仁 教授



東京大学大学院
工学系研究科電気系工学専攻

37-096461 櫻井 元晴

内容梗概

コミュニケーションは他者の存在を認識できないと開始することができない。この、他者の存在の認識のことをアウェアネスと言う。Web を介したコミュニケーションではアウェアネス情報が極端に制限されるため、アウェアネスの種類とその提供手法が Web 上でのインフォーマルコミュニケーションの質を決める重要な要素となる。

本論文では、Web 上でのインフォーマルコミュニケーションに必須となる偶然の出会いを誘発するために、Web ブラウザーを用いたアウェアネス提供手法について考察する。そして、アウェアネス情報として以下の4つを使用することを提案する。

名前

マウスポインターの位置

閲覧中 Web ページのアドレス

コメント

また、マウスポインターの位置情報をアウェアネスとして有効な情報とするために、ユーザーの視線とマウスポインターの位置を関連付けるマウスポインター機能として懐中電灯機能と拡大鏡機能の2種類を提案する。さらに、Web ブラウザー間の P2P 型直接通信を用いてアウェアネス情報を交換することを提案する。

以上の提案のうち、Web ブラウザー間の直接通信機能とマウスポインター機能を実装したコミュニケーションツールを Firefox 拡張機能として試作し、評価実験を行うことで提案した4つのアウェアネスの有効性とマウスポインター機能の有効性の検証を行った。

検証した結果、マウスポインターの位置や閲覧中 Web ページのアドレスをアウェアネスとして提供することが Web ブラウザー上でのコミュニケーションに必要だと考えるユーザーが多いことがわかった。また、提案したマウスポインター機能がマウスポインターの位置にユーザーの視線を関連付けるだけでなく、他者のマウスポインター情報への興味を引き起こす効果も持ち、アウェアネス提供手法として有効的であることが示された。

さらに、マウスポインター機能が与える違和感について調査し、アウェアネスに有効的な状態を維持しつつ違和感を抑えられる状態が、拡大鏡機能(縮小率 30%)の拡大エリアに懐中電灯機能を使用する状態であるとの結論を得た。

目次

第1章 序論	- 1 -
1.1 はじめに	2
1.2 本研究の目的	3
1.3 本論文の構成	4
第2章 研究の背景	- 5 -
2.1 インフォーマルコミュニケーションと CMC	6
2.1.1 フォーマルとインフォーマル	6
2.1.2 インフォーマルコミュニケーションへの注目	6
2.1.3 アウェアネス	7
2.1.4 CMC	8
2.1.5 CMC におけるアウェアネス	8
2.2 P2P と Web ブラウザーにおける通信手法の変遷	9
2.2.1 P2P	9
2.2.2 HTML の進化	11
2.2.3 Web ブラウザー上でのコミュニケーション時の通信手法	12
2.3 関連研究	13
2.3.1 文字を利用したコミュニケーションツール	13
2.3.2 アバターを利用したコミュニケーションツール	13
2.3.3 マウスポインターを利用したコミュニケーション	14
第3章 提案手法	- 16 -
3.1 アウェアネス	17
3.1.1 本研究で扱うアウェアネス情報	17
3.1.2 アウェアネス情報の表示方法	21
3.2 通信手法	23
3.2.1 スーパーノード型 P2P	23
3.2.2 コミュニケーションクラスターへの参加方法	24
3.2.3 ネットワークからの脱退	25
3.2.4 アウェアネス情報の送受信方法	25

3.2.5 ユーザー数増加への対応	27
3.3 マウスポインターへの機能付加	28
3.3.1 懐中電灯機能	28
3.3.2 拡大鏡機能	28
3.4 本論文での検証内容	29
第4章 実装	30
4.1 実装内容	31
4.2 開発環境	31
4.3 実装方法	31
4.3.1 IDの作成方法	31
4.3.2 Webブラウザ間通信の実現	32
4.3.3 通信するデータの中身と解析方法	34
4.3.4 懐中電灯機能の実装	35
4.3.5 拡大鏡機能の実装	37
4.3.6 ユーザーの動作の記録	39
4.3.7 Idobata インストール後のイメージ	39
第5章 評価	- 40 -
5.1 実験1：マウスポインターの動きの変化の調査	41
5.1.1 目的	41
5.1.2 方法	41
5.1.3 結果と考察	41
5.1.4 実験1のまとめ	43
5.2 実験2：日常のWebブラウジングへの影響度の調査	47
5.2.1 目的	47
5.2.2 方法	47
5.2.3 結果	47
5.2.4 実験2のまとめ	49
5.3 実験3：コミュニケーションテスト	52
5.3.1 目的	52
5.3.2 方法	52
5.3.3 1回目のテスト	52
5.3.4 2回目のテスト	55

第6章 考察	- 60 -
6.1 提案するアウェアネス提供手法の有用性.....	61
6.2 マウスポインター機能	61
6.2.1 懐中電灯機能	61
6.2.2 拡大鏡機能.....	62
6.2.3 アウェアネスへの影響	62
6.2.4 最適なマウスポインター機能の検討.....	62
6.3 アウェアネス表示手法の改善	63
6.3.1 他者の閲覧中 Web ページの表示方法.....	63
6.3.2 他者のマウスポインターの表示方法.....	64
6.4 セキュリティ機能	64
第7章 結論	- 65 -
7.1 まとめ.....	66
7.2 今後の課題.....	66
参考文献	- 68 -
発表文献	- 71 -

目次

2.1	フォーマルとインフォーマルの違い.....	7
3.1	Web 空間でのアウェアネスのイメージ	20
3.2	マウスポインター画像（上左：他者，上右：自分，下：表示イメージ）	22
3.3	サイドバーのイメージ	22
3.4	初回接続時の手順	25
4.1	文字列データの例	33
4.2	文字列データ解析後のツリー	33
4.3	2タイプの懐中電灯機能実装方法（左：A タイプ，右：B タイプ）	36
4.4	タイプ B のイメージ	36
4.5	タイプ②におけるトリガーエリア	37
4.6	拡大鏡機能のイメージ	38
4.7	Idobata の実行画面	38
5.1	マウスポインター機能なし時の Web ページ閲覧時間分布	44
5.2	懐中電灯機能時の Web ページ閲覧時間分布	44
5.3	拡大鏡機能時の Web ページ閲覧時間分布	44
5.4	マウスポインター機能なし時のマウスポインター移動距離	45
5.5	懐中電灯機能時のマウスポインター移動距離	45
5.6	拡大鏡機能時のマウスポインター移動距離	45
5.7	マウスポインター機能なし時のマウスポインターの軌跡	46
5.8	懐中電灯機能時のマウスポインターの軌跡	46
5.9	拡大鏡機能時のマウスポインターの軌跡	46
5.10	各ケースにおける違和感への回答	50
5.11	ケース 1 と 2 での違和感の比較	51
5.12	ケース 3 ～ 5 での違和感の比較	51
5.13	ケース 1 ～ 5 での違和感の比較	51
5.14	他者のマウスポインターが与える Web ブラウジングへの影響 （アンケート結果）	54
5.15	他者のマウスポインターを見かけた回数	56

5.16 他者のマウスポインター位置への興味の有無.....	57
5.17 懐中電灯機能による他者のマウスポインター位置への興味の変化.....	57
5.18 コミュニケーションにおけるマウスポインター位置の重要性に関するアンケート調査.....	59
5.19 コミュニケーションにおける閲覧中 Web ページの重要性に関するアンケート調査.....	59

表目次

2.1	実世界と CMC の対応	7
4.1	タグの一覧.....	34
4.2	受信したタグと動作.....	35
5.1	閲覧時間 100 秒以内の標本のみの場合	42
5.2	横方向と縦方向のマウスポインター移動距離の比較	43
5.3	各ケースの設定値	48

第 1 章

序論

1.1 はじめに

近年、インターネットの普及や通信機器の発展に伴い、人々が Web 上で自由にコミュニケーションする環境が整ってきた。それまで一般的であった電子メールやチャット、インスタントメッセージ等のツール以外にも、テレビ会議、グループウェア、SNS 等の新しいツールが登場し、世界中の多くの人々がパソコンや携帯端末を利用してコミュニケーションを行うことが一般的になった。

コミュニケーションは一般的に、フォーマルコミュニケーションとインフォーマルコミュニケーションに区別することができる。テレビ会議やグループウェアは Web 上のフォーマルコミュニケーションを実現するものであり、インスタントメッセージや SNS は Web 上のインフォーマルコミュニケーションを実現するものと考えられる。インフォーマルコミュニケーションは人間関係構築の基礎となっており、その人間関係はフォーマルコミュニケーションにも大きな影響を持つことがわかっている。

近年の組織は、通信の発展に伴って複数拠点に分散化することが多くなった。しかし、分散化によってインフォーマルコミュニケーションが希薄になり、組織内の人間関係への悪影響が指摘されるようになってきている。このため、Web 上のインフォーマルコミュニケーションの重要性が再認識されている。

Web 上でのインフォーマルコミュニケーションを実現するツールは、意識的にしかコミュニケーションを開始できないインスタントメッセージや SNS 等が主流である。このようなツールでは偶発的なインフォーマルコミュニケーションを補完することはできないため、別途 Web 上で偶然の出会いを誘発するツールが必要になると考えられる。

そこで本研究では、インフォーマルコミュニケーションの中でも、特に日常生活の中で無意識に始まるという特徴を持ったコミュニケーションを Web 上で実現することに着目した。偶然の出会いを Web 上で誘発するツールが一般的になれば、空間的制約を排除した偶発的インフォーマルコミュニケーションが簡単に行えるようになり、分散化した組織内の人間関係維持や、身体的制約を持った人の新たな人間関係構築等、様々な利益がもたらされると考えられる。

コミュニケーションは、他者の存在を認識できないと開始することができない。この、他者の存在の認識のことをアウェアネスと言う。Web を介したコミュニケーションではアウェアネス情報が極端に制限されるため、アウェアネスの種類とその提供手法が Web 上でのインフォーマルコミュニケーションの質を決める重要な要素となっている。

ここで、本研究では Web を介して偶然の出会いを誘発する場所の条件として、以下の2つを設定した。

条件1：日常のプライベートな時間にコンピューター上で使用するもので、使用中に無意識にアウェアネス情報の提供、取得ができること

条件2：コミュニケーションをする人同士が同じ目的を持って使用していること

偶然の出会いには無意識のうちにアウェアネス情報を交換していることが必要であることから条件1を設定した。実世界においては「他人が見える」ことで他人のアウェアネス情報を取得し、「他人に見られる」ことで自分のアウェアネス情報を提供するが、これは特にコミュニケーションを意識することなく日常的に行っていることである。よって、コンピューター上でも同様に日常の行動から無意識の内にアウェアネスを提供、取得する環境が必要である。インスタントメッセージや SNS はコミュニケーションの開始に意識的な動作が必要で条件1を満たしていないため、インフォーマルコミュニケーションを完全には実現していないと言える。

コンピューター上で行う作業の内、Web ブラウザーを使用した Web ブラウジングは人々がパソコン上で行う個人的な作業として一般的であり、Web ブラウジング中は誰でも Web から情報を得ると同じ目的を持っていると言える。

そこで本研究では、条件1と条件2を満たす Web ブラウザーを、偶然の出会いを誘発する場所として選択した。

1.2 本研究の目的

本研究の最終目標は、偶発的なインフォーマルコミュニケーションを Web ブラウザー上で実現することである。

ここで、インフォーマルコミュニケーションを Web 上で実現するために最も重要な要素は、アウェアネスの種類とその提供手法である。よって本研究では特に、インフォーマルコミュニケーションの誘発に焦点を当て、誘発に必要なアウェアネスの種類とその提供手法を検討することとした。

本研究で想定しているインフォーマルコミュニケーションを行う集団の規模は、数人程度の小さな集団から数百人程度のビジネス集団、さらには Web 上にいるすべての人々を含めた集団まで、様々である。

また、コミュニケーションが始まった後は既存のインスタントメッセージ等のツールを利用することを想定し、本研究の対象とはしないこととした。

1.3 本論文の構成

本論文は、いくつかの章から構成されている。以下に各章の構成を示す。

第 1 章

序論として研究の動機と目的を概説し、本論文の構成について述べる。

第 2 章

Web 上のコミュニケーションと Web ブラウザー上での通信手法に関して概説し、本論文に関連する従来研究を紹介する。

第 3 章

本研究で提案する、Web ブラウザー上でのアウェアネスの提供手法に関して述べる。また、本論文で検証する内容について述べる。

第 4 章

検証するために試作したアプリケーションの詳細を述べる。

第 5 章

試作したアプリケーションを利用して行った検証実験に関して、方法と結果を報告する。

第 6 章

評価実験の結果を基に、本論文での提案内容に関して有用性の考察を行う。

第 7 章

本論文をまとめ、今後の課題について述べる。

第 2 章

研究の背景

2.1 インフォーマルコミュニケーションと CMC

2.1.1 フォーマルとインフォーマル

ビジネス等における会議は、集合する時間、場所、メンバーがあらかじめ決められていることが多い。他方、人々がプライベートな時間に自由に行う井戸端会議のようなコミュニケーションは、時間、場所、メンバーはすべて不確定なものだと言え、あらかじめ問題が設定されておらず、話し合われる問題も様々である。一般に、ビジネス会議のようなコミュニケーションをフォーマルコミュニケーション、井戸端会議のようなコミュニケーションをインフォーマルコミュニケーションと呼ぶ。

Fishら[1]は、フォーマルコミュニケーションとインフォーマルコミュニケーションの違いを図 1.1 のように挙げている。開始方法、参加者、時間、空間など、コミュニケーションの様々な側面でフォーマルとインフォーマルの分類をすることができる。例えば、フォーマルコミュニケーションの中でも、参加者がランダムに選ばれる等のインフォーマルな側面を持つことがあり、インフォーマルコミュニケーションの中でも、計画的に始められる等のフォーマルな側面を持つことがある。

インフォーマルコミュニケーションで重要な要素として、始まり方が偶発的か計画的かという点が挙げられる。上述の通り、計画的な要素をフォーマルな側面と見ることができるが、インフォーマルコミュニケーションでも計画的な始まりを持つものは多い。例えば、待ち合わせをして友人と映画を観に行くという行動はインフォーマルコミュニケーションではあるが、待ち合わせするという計画的な側面を持っている。

2.1.2 インフォーマルコミュニケーションへの注目

近年、インフォーマルなコミュニケーションの重要性が指摘されている。集団や組織の人間関係はフォーマルなつながりを通して形成される面も多いが、インフォーマルなつながりも重要な基盤となっている。人々は、フォーマルでない場所で偶然生じる出会いや会話で人間関係を確立・維持するが、そのような個人的な関係はフォーマルな場でのコミュニケーションの円滑化を助成する。また、人々が得る重要な情報は主にインフォーマルコミュニケーションを通じて得たものであること、仕事場での交流は多くが偶発的な会話時に行われていることなどが報告されている[2,3]。例えば、会議等フォーマルな場よりも休憩時や食事時、喫煙室等のインフォーマルな場の方が気軽に本音で話しコミュニケーションができることが多い。さらに、近年の IT 技術、ネットワークインフラの発展によりオフィスの分散化が進み、インフォーマルコミュニケーションが希薄になったことで生じる問題が注目され、インフォーマルコミュニケーションの重要性が再確認されることとなった[4]。

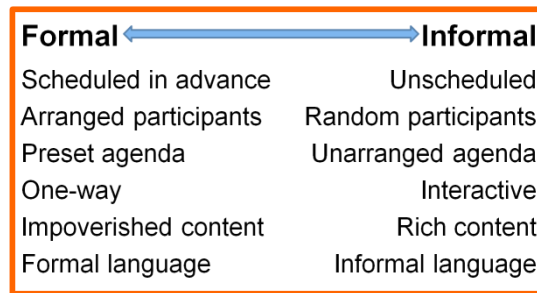


Fig. 2.1: フォーマルとインフォーマルの違い

Table 2.1: 実世界と CMC の対応

Real world	CMC
Letter and Postcard	E-mail
Conversation	IP phone
Conference	Web conference

2.1.3 アウェアネス

実世界では、コミュニケーションが始まっていない段階でも人々が緩くつながっていると考えることができる。緩くつながっているとつまり、他人の様子を見たり他人の存在を確認したりできるということである。他人の存在に気づくことができなければ、そもそも偶発的なコミュニケーションは生じない。つまり、実世界では他人が「見える」という関係でそれぞれが緩くつながっていて、そのつながりにインフォーマルコミュニケーションの種が沢山潜んでいると考えることができる。これは、他人が「見える」ことがコミュニケーションのはじまる必要条件の一つあることを示している。

このような、インフォーマルコミュニケーションの誘発を支援する、実世界における他人が「見える」という機能をアウェアネスと呼ぶ。Dourish ら[5]は、アウェアネスを「他人の存在・行動などを認識させ、そこから生じるコミュニケーションを支援する技術」と定義している。

アウェアネスは、コミュニケーションの誘発だけでなく、コミュニケーション中も大きな役割を果たしている。会議中に聞き手の反応を見ながら柔軟に発言を変える等、コミュニケーション中でも他人の行動に注意を払うことが重要である。このように、我々は常に他人の存在や挙動を確認しながらコミュニケーションを行っており、アウェアネスはコミュニケーションにおいて非常に重要な概念となっている。

2.1.4 CMC

Computer-Mediated Communication (以下、CMC) とは、コンピューターを介したコミュニケーションを指す。表 2.1 のように、電子メールやチャット、電子掲示板などが CMC の代表的なものとして挙げられる。CMC の特徴として、世界中の人々（離れた場所にいる人々）と即座につながることが可能となる点や、匿名性が考えられる。Joinson ら[6]は、実世界で対面している場面とチャットによる CMC 場面における 2 者間コミュニケーションの比較を行っており、CMC 場面では個人情報を有意に開示することが多いことを明らかにした。例えば、自分の身体情報や趣味、悩み等の個人情報を実世界でのコミュニケーションで開示するのは、気心の知れた相手のみに限定されることが多いが、CMC 場面ではそれらを不特定多数に比較的簡単に開示することが多い。これは、CMC における匿名性の影響であると Joinson らは指摘している。

実世界のコミュニケーションを CMC に反映することにより、CMC の特徴を利用した新しい価値を生み出すことができると考えられる。例えば、電子掲示板は実生活における掲示板を CMC に反映したものと考えられることができるが、CMC によって世界中の人に掲示板が解放され、匿名性を利用した新たなコミュニケーションが生まれるきっかけを提供した。このように、実世界のコミュニケーションを CMC に反映することで大きな可能性を生むことができると考えられる。

2.1.5 CMC におけるアウェアネス

現在までに、フォーマルコミュニケーションを CMC として実現するため、電子メールやグループウェア、遠隔テレビ会議等のツールが生み出されてきた。そして、実世界でのコミュニケーション環境では当然感じられていた他人の存在感やその場の臨場感が CMC 環境では欠落していることに注目が集まり、グループウェア等のツール上でアウェアネスを補完する研究が多くされてきた[7-12]。例えば、松浦ら[11]は、コンピューター上に作業を行う「部屋」という概念を導入し、「部屋」を移動しながら作業を行っている様子をアウェアネスとして他者に提供することを提案している。「部屋」の「窓」を通して他者を認識するという、実世界に近いアウェアネスの取得方法をコンピューター上でも実現した。また、松本ら[12]は建築等の設計が分散コラボレーション型で行われる場合のアウェアネスの補完として、携帯メールの自動送信とデジタル付箋紙を利用することを提案し、その効果を検証している。メーリングリストのようなネットワーク・コミュニティにおいて、組織内のアウェアネスとしてユーザー間の通信の頻度等を可視化することで、コミュニケーションを支援するというような試み[13]もなされている。

インフォーマルコミュニケーションを支援する CMC ツールとしては、インスタントメッセージや mixi, Twitter 等の SNS が普及している。インフォーマルコミュニケーションはコミュニケーションの始まりでアウェアネスが大きな役割を果たしてい

るため、CMCでのアウェアネスの提供方法はフォーマルコミュニケーション以上に重要であると言える。例えば、インスタントメッセージはアウェアネスとしてユーザーの現在の状況を周知するプレゼンスサービスを利用している。ユーザーはオンラインや取り込み中等のプレゼンス情報を取得することで他人の存在や状況を把握し、コミュニケーションを行う。金ら[14]は、あらかじめ構築したパーソナルネットワークを利用してプレゼンス情報をフィルタリングすることで、相手によってプレゼンス情報の質を変化させ、親しい人同士のコミュニケーションを活性化させるという、新しいアウェアネスの提供方法を提案している。

インフォーマルコミュニケーションの中には、井戸端会議のような偶然の出会いから始まるコミュニケーションも多い。このようなコミュニケーションは、始まるまで当事者はコミュニケーションに対してほぼ無意識であると言うことができる。しかし、インスタントメッセージは、アウェアネスの提供にユーザーの意識的なプレゼンス情報の入力を必要としている場合が多く、他人のプレゼンス情報の取得に関してもインスタントメッセージの状態を確認するという意識的な行動が必要になるため、偶然の出会いを演出することはできない。SNSも、例えばTwitterはアウェアネスの提供に文字の入力という意識的な行動が伴うため、偶発的なコミュニケーションは生まれない。このように、現在普及しているインフォーマルコミュニケーション支援ツールは、偶然の出会いを演出することはできておらず、実世界でのインフォーマルコミュニケーションを完全にコンピューター上で実現しているとは言い難いのが現状である。

2.2 P2P と Web ブラウザーにおける通信手法の変遷

2.2.1 P2P

P2P とは Peer-to-Peer の略称である。

Peer(ピア)とは「他と同等の権限や責任を持つコンピューター」のことを指す。このようなコンピューターがネットワークで結ばれ、他のコンピューターに対してクライアントとしてもサーバーとしても動作するような分散処理の一形態を Peer-to-Peer と言う。

現在の HTTP では、クライアント端末の Web ブラウザーと Web サーバーとの通信を基本としたクライアント・サーバー型の通信を行う。しかし、Web ブラウザー上でコミュニケーションにおいてはユーザー端末同士の直接通信が必要となるため、P2P 型の通信が有利になると考えられる。よって、P2P 型の通信に関して以下で述べる。

2.2.1.1 分類

P2P はピアの探索方法で3つに分類することができる。

ピュア P2P

ピュア P2P は、その P2P ネットワークにサーバーやそれに類する特別なコンピューターを含まず、純粹にピアのみで構成されたものを指す。ピュア P2P においては、ネットワーク全体を一手に制御するコンピューターは存在しないため、一部のピアが停止してもネットワーク全体が停止することはない。その代わり、ネットワークへの参加や目的の資源の検索・アクセスは難しくなる。

ネットワークへの参加は、その P2P ネットワークにすでに参加している他のピアを見つけ、それに接続することにより可能となる。参加しているピアを見つけるのは簡単ではなく、その情報を友人や同僚、電子掲示板などから得る必要がある。

ハイブリッド P2P

ハイブリッド P2P は、ピア検索のためにインデックスサーバーを用いる。ピュア P2P とクライアント・サーバー型の折衷的な P2P モデルと言える。インデックスサーバーは資源とピアの対応情報のみを保持する。資源を探索する場合はインデックスサーバーに問い合わせればよく、目的のピアがわかったらそのピアに直接接続して資源の授受を行う。また、参加する場合はインデックスサーバーに自分が提供する資源を登録すればいい。インデックスサーバーが資源を保持しているわけではないので、クライアント・サーバー型とは違う。ピュア P2P と比べて資源の探索は非常に簡潔だが、インデックスサーバーが停止するとサービスの継続ができなくなる。

スーパーノード型ハイブリッド P2P

スーパーノード型ハイブリッド P2P は、一部のピアをその他のピアの上位に位置する特別なピア(スーパーノード)として選び、それらにインデックスサーバーの役割を担わせることによって、ピュア P2P とハイブリッド P2P との利点を取り入れた P2P である。スーパーノードは、処理能力が高く、アクセスの集中に耐えられると判断されたピアの中から選ばれる。また、あるスーパーノードが停止しても新たなスーパーノードがピアの中から選ばれるので、サービス全体の停止は起こらない。

2.2.1.2 NAT 越え手法

NAT とは、ネットワークアドレス変換のことであり、インターネット上のパケットヘッダーに含まれる IP アドレスやポート番号を別のものに変換する技術である。主にプライベート IP アドレスを使用する端末からインターネットにアクセスするためにルーター等で広く利用されている。

しかし、NAT を利用している場合 P2P ではホストを直接指定できない。つまり、P2P 型の通信を実現する場合、NAT を越えるために対策を講じる必要がある。NAT を越えるための技術として、以下の STUN、TURN、UPnP などがある。

STUN (Simple Traversal of UDP over NATs)

NAT 越えのアルゴリズムの 1 つである STUN では、グローバル IP アドレスを持った端末が存在することを前提としている。この端末を STUN サーバーとする。

NAT の内側にいる端末から、STUN サーバーへの接続は問題なく行われる。よって、まず STUN サーバーと UDP で接続を試みることにより、ルーターに穴を開ける。そして、STUN サーバーからルーターの外部アドレスとマップされたポートを送り返してもらうことにより、自分の端末がルーターでどのようにマップされたか知る。その後、STUN サーバーに仲介してもらうことにより、NAT の内側にいる端末同士でルーターのマッピング状況を教え合い、そこに向かってパケットを送ることにより通信を確立する。

これで NAT の内側にいる端末同士で接続できるようになるが、ルーターの機能が 1 つの宛先に 1 つのポートを割り当てる方式だった場合は STUN では NAT を越えられない。STUN は、ルーターが内側の端末 1 つに 1 つのポートを割り当て、宛先が違って使用されるポートが同じである場合のみ有効である。

TURN (Traversal Using Relay NAT)

STUN で NAT 越えができない状況を解決するのが TURN である。TURN でも、グローバル IP アドレスを持った端末を TURN サーバーとする。

TURN は、NAT 内部の端末同士で接続するのをあきらめ、データを TURN サーバーに中継してもらうことにより送り合う。特に、P2P 環境でグローバル IP アドレスを持った端末を複数経由して TURN のような手法をとることをリレーノードという。TURN を利用することでほとんどの場合通信が可能となるが、すべてのデータが TURN サーバーを経由するため遅延が大きくなる。

UPnP (Universal Plug and Play)

STUN や TURN では、グローバル IP アドレスを持った端末にパケットを送ることによりルーターのマッピング情報を得たが、UPnP では、ルーターと端末が連携することにより自動的にマッピングを行い、その情報を得ることができる。よって、ルーターと端末上のアプリケーションが UPnP 対応であれば、グローバル IP アドレスを持った端末がいなくても NAT 越えを実現することができる。

2.2.2 HTML の進化

HTTP はリクエスト-レスポンス型のプロトコルであり、クライアントからリクエストメッセージが届くとサーバーがレスポンスメッセージを返す。リクエストメッセージが届かない限り、サーバーは何もしない。基本的に HTML は静的であり、サーバーからのレスポンスメッセージに含まれる HTML は一度クライアントに届くと変更されることはなかった。

1990年代後半から、ダイナミック HTML が登場した。これにより、CSS や JavaScript 等のクライアントサイドスクリプト言語を利用することで、それまで静的だったサーバーから届いた HTML 文章をクライアントにあわせて動的に変更し、より柔軟なコンテンツを HTTP で提供することが可能となった。ただし、レスポンスメッセージが届くたびに Web ブラウザー側ではページ遷移が発生するため、クライアントとサーバー間の細かい通信には不向きであった。

そこで、2000年代中程に Ajax[25] という技術が登場した。Ajax は Asynchronous JavaScript + XML の略であり、Web ブラウザーとサーバー間の非同期通信を可能にする技術である。具体的には、JavaScript の組み込みクラスである XMLHttpRequest を利用して、ページの遷移をせずにサーバーと通信を行い、そのレスポンスメッセージに応じてダイナミック HTML で随時ページを書き換えることができる。JavaScript の組み込みクラスのため、Web ブラウザー以外にプラグインを必要とせず、ユーザーは非同期通信を特に意識することがない。Ajax の登場により、Google マップや Google ドキュメントのような Web アプリケーションが一般に普及することとなった。

さらに、今後標準化される規格として Web Socket[26]がある。Ajax までは、サーバーはクライアントからのリクエストがない限りメッセージを返すことはなく、サーバーからのプッシュ配信は HTTP コネクションをクライアント・サーバー間で張り続けることで擬似的に実現するしかなかった。しかし、Web Socket は専用のプロトコルを利用することで HTTP コネクションを張り続けることなくプッシュ配信を可能にするため、サーバーの負担が軽減される等のメリットが見込まれている。

このように、HTML はリクエスト-レスポンス型の静的なモデルからインタラクティブな動的モデルへと進化してきた。

2.2.3 Web ブラウザー上でのコミュニケーション時の通信手法

Web ブラウザーのみでインフォーマルコミュニケーションを誘発する場合、アウェアネス情報の交換に Web ブラウザー間の P2P 通信が必要とされる。しかし、今まではクライアント・サーバー型主流の Web 構造であり Web ブラウザー同士の直接通信は困難な状況であったため、Web ブラウザーのみを使用するコミュニケーションツールは一般的にならなかったと考えられる。現在、Web ブラウザーで P2P 通信を実現するためには Adobe Flash 等のプラグインをインストールする必要があり、すべてのユーザーが P2P で相互に通信できる状態ではない。相互通信を実現する Web Socket 技術も現在は策定中であり、一般的な Web ブラウザーにはまだ組み込まれていない。

従って本研究では、Web ブラウザー間で直接通信をする JavaScript 組み込みクラスを擬似的に作成し、それをを用いることで Web ブラウザー間のアウェアネス情報交換を行い、Web ブラウザー上でのインフォーマルコミュニケーション支援を実現することとしている。

2.3 関連研究

ここでは、インフォーマルコミュニケーション誘発のために Web ブラウジングに関連したアウェアネスを利用している従来研究やアプリケーションに関して述べる。

2.3.1 文字を利用したコミュニケーションツール

Web ブラウジング中に、文字を利用してコミュニケーションを行うことを支援するアプリケーションとして、Goocy, odigo, NewLiveWall!等がある。

Goocy[15]は、Web ブラウザーと連携するチャットアプリである。同じホームページを同時に閲覧しているユーザーと専用アプリケーションを通じてチャットができる。

odigo[16]は、Goocy を多機能化したようなコミュニケーションソフトで、チャット以外にファイル送信、ユーザー検索などの機能が搭載されている。odigo も専用アプリケーションを通じてコミュニケーションを行う。Goocy と odigo のサービスは現在終了している。

NewLiveWall![17]は、あらゆる Web サイトの上に掲示板をつくりコメントを残せるようにする、Firefox の拡張機能である。Goocy を Web ブラウザーの拡張機能にしたようなもので、Web ブラウザーのみで同じホームページを閲覧したユーザーとコミュニケーションができる。NewLiveWall!を紹介している Web サイトには、現在までの総利用者数が 14 万人を越えていると報告されている。

以上のアプリケーションは、Web ブラウジングとコミュニケーションを結びつけようとしているが、いずれも自分のアウェアネス情報を提供するとき文字を入力するという行動が必要となる。そのため、日常の Web ブラウジングの延長でコミュニケーションを行うというよりは、コミュニケーションを前提とした上で Web ブラウジングを行うことを支援していると言える。

Youら[18]は、Web ページを閲覧しているユーザーの情報を管理する PeopleAwarenessEngine (PAW) を構築し、PAW を利用して Web ブラウジングを行うことで、同じ Web ページを閲覧しているユーザーの数を示すカウンターをその Web ページに挿入し、アウェアネスを提供することを提案している。また、Web ブラウザーの横に PAW センターと呼ばれるウィンドウを表示し、そのウィンドウ上に同じ Web ページを見ているユーザーのリストを表示し、チャット等のコミュニケーションを行うことを可能にしている。PAW では、コミュニケーションには文字の入力が必要であるが、アウェアネスの提供には Web ブラウジング以外の行動を必要としていない。しかし、アウェアネスの取得は Web ブラウザーから専用のウィンドウへ視線を動かさなければならず、無意識にアウェアネス情報を取得することを完全に実現してはいない。

2.3.2 アバターを利用したコミュニケーションツール

中野ら[19]は、Web ページを3次元仮想空間に投影し、その空間内でアバターを用いてコミュニケーションを行うことを提案し、コミュニケーションツール InCom を開発している。InCom は、通常の Web ページを何枚かのパネルに分割して表示しそのパネルを3次元空間に円状に並べて表示する。ユーザーは空間内でアバターを操作して見たいパネルの前まで行き Web ブラウジングを行う。空間内に他者のアバターも表示することでアウェアネスを提供し、コメントを入力することでコミュニケーションを行う。

Nesutu (仮) [20]は、同じ Web ページを閲覧しているユーザー同士でリアルタイムにアバターチャットを行う Internet Explorer 用アドオンである。ユーザーのマウスポインターの位置にアバターが表示され、コメントを通じてアバター同士でコミュニケーションを行うアプリケーションである。

小島ら[21]は、Web ブラウザー上の Web ページをコミュニティ空間とし、同じページの閲覧者同士とアバターを通じて情報をやり取りできるためのコミュニティ支援インターフェースを提案している。このインターフェースは、マウスポインターの位置にアバターを表示するだけでなく、マウスポインターを利用したお絵かき機能を搭載し、絵を描くことでコミュニケーションができる点を特徴としている。

2.3.3 マウスポインターを利用したコミュニケーション

中井らは、あらかじめ動きを指定した複数のマウスポインターを Web ブラウザー画面に表示したときのユーザーの挙動を観察し、他者のマウスポインターをアウェアネスとして提供することの有用性を示している[22]。

中井らは、e ラーニングシステムのテストを行うと説明して被験者を3グループに分け、それぞれのグループ毎に異なる Web サイトを表示した。グループ A の Web サイトは他者のマウスポインターが一切ないもの、グループ B、C の Web サイトは仮想的な他者のマウスポインターが見えるようになっている。グループ B と C の違いは、グループ B は表示する 20 個の仮想マウスポインターのうち 8 割が e ラーニングシステムとは一切関係のない広告のバナーの上へ移動し、グループ C は表示する 20 個の仮想マウスポインターのうち 8 割が、Web サイト上に複数あるリンクのうちあらかじめ指定してある 2 つのリンク上に移動するものである。

実験の結果、グループ A、C の被験者は 1 人も広告のバナーをクリックしなかったが、グループ B では被験者の 2 割以上が仮想マウスポインターの 8 割が移動した広告のバナーをクリックした。また、被験者が広告バナーの 3.4cm 周辺までマウスポインターを移動した回数も、グループ B は他のグループの 2 倍以上だった。グループ C 内では、仮想マウスポインターが移動した 2 つのリンクの内 Web サイトで上側に位置しているリンクが、Web サイト内の全リンク中 2 番目に多く被験者にクリックされる結果となった。1 番クリックされたのは、Web サイトで一番上部に位置しているリンクだった。

以上の中井らの検証から、他者のマウスポインターが可視化された場合、ユーザーの行動に他者のマウスポインターに追従するような行動が現れることがわかる。

さらに中井らは同様の実験で、Webサイトにリンクが2つしかなく、片方に他者の仮想マウスポインターが集中する場合、マウスポインターが集中しない方のリンクをクリックする被験者が多くなることを発見した。これは人間の集団行動の心理からは逸脱しているが、中井らはWeb上の匿名性がこのような結果を生み出したと予想している。つまり、実世界で集団と違う行動を避けるのは自分が他者から見られているからであり、Web上では匿名性から自分が他者に見られているという意識が薄くなるため、集団と違う行動を取りやすくなるということである。

いずれにしても、他者のマウスポインターはユーザーの行動に大きな影響を与えたことがわかる。これより、他者のマウスポインターはWebブラウザ上で取得できるアウェアネスとして有効的であると言える。しかし、中井らの実験は事前に挙動が決められたマウスポインターを利用しているため、実際に人間同士でマウスポインターをアウェアネスとして利用する場合の想定はなされておらず、Webブラウザで提供するアウェアネスとして自分のマウスポインターの動きが適しているかどうかは判断できない。

第 3 章

提案手法

本研究は、様々な規模の集団内において、偶発的なインフォーマルコミュニケーションを Web ブラウザー上で誘発することを目的としている。Web を介したコミュニケーションはアウェアネス情報が制限されるため、どのようにしてアウェアネス情報を他者と交換するかがコミュニケーションを誘発する上で重要な要素となっている。そこで本章では、Web ブラウザー上で偶発的なインフォーマルコミュニケーションを誘発するために必要なアウェアネスの種類を検討し、それを他者と交換する手法を提案する。

3.1 アウェアネス

3.1.1 本研究で扱うアウェアネス情報

金ら[14]は、インスタントメッセンジャーにおけるプレゼンス情報を考える上で 5W1H を利用することを提案している。5W1H とは、WHO, WHEN, WHERE, WHAT, WHY, HOW の頭文字をとったものであり、記事を書く際の基本要素とされているものである。5W1H を人が置かれた状況を説明するときに用いることで明確性が得られると考えられるため、プレゼンス情報等のアウェアネスを考慮するときに 5W1H を基本とすると他者の状況をより明確に伝えることができると言える。

よって、以下本研究で扱うアウェアネスについて 5W1H に沿って考慮していく。

3.1.1.1 WHO (名前)

WHO のアウェアネス情報としては、ユーザーの名前が適していると考えられる。コミュニケーションをするには相手が誰なのか判断できなくてはいけないので、WHO を示す情報としてユーザーは自分の名前を設定することとした。名前はユーザーがいつでも自由に変更でき、アウェアネスとして提供、取得され、コミュニケーションを開始するときに参照される情報となる。

しかし、他人の成りすまし等のセキュリティ脅威への対処や迷惑行為を行うユーザーが出現した場合のユーザーの特定のため、名前とは別にユーザーが任意に変更できない一意のユーザー識別子が必要となる。よって、そのような識別子としてユーザーIDを導入することとした。新規にアプリケーションの利用を開始したユーザーにはIDが自動的に割り当てられる。IDは変更不可能であり、全ユーザー間でユニークなものである。IDは他者と通信するときに用いられるが、アウェアネスとしてユーザーに直接提供されることはなく、コミュニケーション時に参照される情報とはならない。

このようにユーザーの識別情報に名前とIDの2種類を設定した理由は、Web上の匿名性をある程度保持できるようにするためである。他者に自分が特定されることを避けたいと考えた場合は、名前を変更すれば他者からは別人に見える。IDをアウェアネスとして提供した場合、IDは全ユーザー間でユニークであり変更不可なため、他者が自分を特定することが容易になり、Webの特性である匿名性が排除されることになる。

Web の匿名性の有無は日常の Web ブラウジングにも Web 上のコミュニケーションにも大きな影響を及ぼすと考えられるため、それを排除することは好ましくない。よって、ユーザーの識別情報に名前と ID の 2 種類を設定し、アウェアネスとして提供するのユーザーの名前のみで、ID は意味のない数字と文字の羅列でシステム内でのみ利用することとした。

3.1.1.2 WHEN

本研究では、同じ時間に Web ブラウジングをしているユーザー同士でコミュニケーションを行うことを想定している。そのため、ユーザーの WHEN に関するアウェアネス情報は常に「今」である。

3.1.1.3 WHERE (Web ページのアドレス)

Web ブラウジング中における WHERE の情報は、閲覧中の Web ページであると言える。よって、WHERE のアウェアネス情報として閲覧中の Web ページのアドレスを利用することとした。閲覧中の Web ページのアドレスは、Web ブラウジング中にユーザーが無意識に変更しているものであり、無意識に提供できるアウェアネスとして適していると言える。

3.1.1.4 WHAT (マウスポインタの位置)

Web を介して WHAT の情報を知らせる方法として、ユーザーの視点をカメラの画像や動画から取得し送受信する、チャットのような形で文字データを送受信する、マウスポインタの位置を送受信するなどが考えられる。本研究では、不特定多数の人が自然に Web ブラウザー上でコミュニケーションを行うことを目的としている。そのため、Web カメラなどの機器を使用することは導入や使用に通常の Web ブラウジング以外の労力が必要になるため、避けるべきであると言える。逆に、マウスポインタは日常の Web ブラウジング中に自然に動かすものであり、ユーザーに特別な意識を強いることはない。よって、本研究では WHAT の情報を知らせるアウェアネスとしてマウスポインタの位置を送受信することとした。

マウスポインタの位置をアウェアネスとして利用する利点として、以下のような点が挙げられる。

- ①マウスポインタの形・役割は既にほとんどのユーザーに認知されているため他者の存在として認知されやすい
- ②手の動きとリンクしているため、ユーザーの体の動きを伝達することができる
- ③ユーザーに通常の Web ブラウジング以外に特別な行動をほとんど強いない
- ④位置を明確に指し示すことができる

ここで、マウスポインターの位置に関して考察する。一般的に Web ページは Web ブラウザーの表示可能画面よりも大きく、ユーザーはスクロールして表示部分を動かしながら Web ブラウジングを行う。よって、同じ Web ページと言っても同じ部分を Web ブラウザーで表示しているとは限らない。そのため、Web ブラウザーに表示されている画面上での位置でマウスポインターの位置を取得しても意味がないと言える。アウェアネスとして意味を持つマウスポインターとは、Web ページ内のどこかを指し示すものであって、Web ブラウザー内のどこかを指し示すものではないと考えられるからである。よって、マウスポインターの位置は Web ページ全体のサイズを基準とした位置として捉えることとした。つまり、同じ Web ページを閲覧していても、表示している場所が異なればマウスポインターはアウェアネスとして提供されないことになる。

3.1.1.5 HOW (マウスポインターの動き, コメント)

HOW の情報を知らせる方法は WHAT と似ており、ユーザーの視点の動きをカメラの画像や動画から取得し送受信する、チャットのような形で文字データを送受信する、マウスポインターの動きを送受信するなどが考えられる。やはりカメラ等の使用は避けるべきと考えられるので、HOW の情報としてはマウスポインターの動きを利用することとした。

また、他者の閲覧中 Web ページのアドレスとマウスポインターが見えるのみではコミュニケーションを開始する材料が不足していると言える。この場合、ユーザー同士でコンタクトをとる方法がマウスポインターを動かすこと以外にないからである。よって、コメントを共有する機能を付加し、アウェアネスで他者に気づいたあとに、コメントでコミュニケーションの開始ができるようにすることとした。コメントの入力はユーザーの意識的な行動が必要となるため、コメントはあくまでもコミュニケーションの補助的な役割をするもので、アウェアネスとして必須のものとは想定していない。

3.1.1.6 WHY

Web を介したコミュニケーションではアウェアネス情報が実世界と比べて極端に制限されており、本研究では無意識に提供されるアウェアネスについて考慮しているため、他者の WHY の情報が直接アウェアネスとして提供されることは減多にないと考えられる。よって、WHY の情報は WHAT や HOW の情報から推定することとした。

3.1.1.7 Web 空間におけるアウェアネス情報

マウスポインターの位置と動きは本質的には同じものだと考えられる。よって、

- ・ユーザーの名前 (WHO)
- ・現在閲覧中の Web ページのアドレス (WHERE)
- ・マウスポインターの位置・動き (WHAT, HOW)
- ・コメント (HOW)

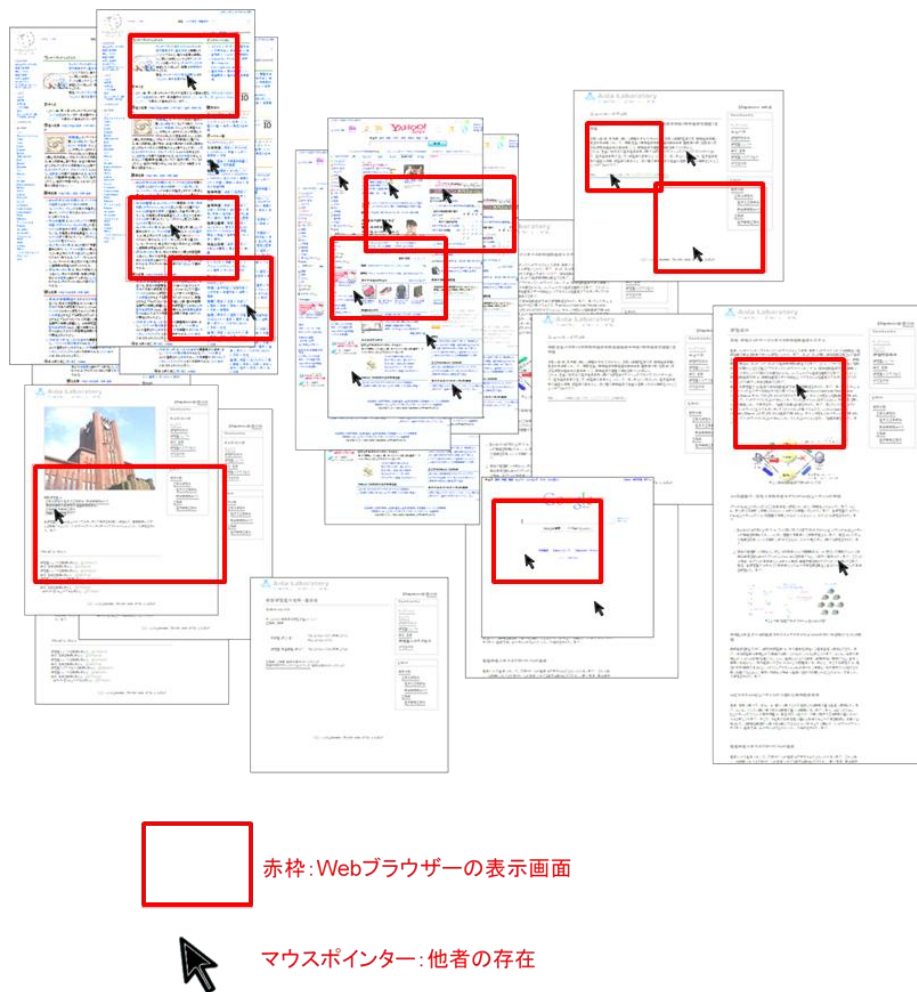


Fig. 3.1: Web 空間でのアウェアネスのイメージ

の4個の情報をユーザー間で送受信し、アウェアネスとして提供、取得することとした。これらのアウェアネスの提供、取得を Web 空間上でのイメージとして表現したものが図 3.1 である。このように、日常の Web ブラウジングを、Web ページが無数に並ぶ空間を Web ブラウザーの表示画面を移動させながら覗く行動だと考え、Web ページ空間における他者の存在がマウスポインターとして現れていると捉える。そして、他者の位置を示すアウェアネスとして、Web ページの場所を示すアドレスと Web ページ内座標（マウスポインターの位置）を利用する。さらに、他者の情報量が Web 上ではマウスポインター画像のみとなり極端に少なくなるため、それを補う形で名前とコメントをアウェアネスとして付加する。

3.1.2 アウェアネス情報の表示方法

3.1.2.1 Web ページ上

Web ブラウザーにおいて、日常の Web ブラウジング中にユーザーが注視する部分はほとんど Web ページ表示部分のみであると考えられるため、ユーザーに無意識の内にアウェアネス情報を提供するためには、Web ページ表示部分にアウェアネスを表示することが好ましい。しかし、Web ページ上に表示することに意味があると考えられるアウェアネスは4個のアウェアネスのうちマウスポインターのみである。また、マウスポインターも閲覧中 Web ページが同じユーザー間でなければ意味のない情報だと言えるため、異なる Web ページを閲覧しているユーザーのマウスポインターは表示する必要がない。

ここで、マウスポインターが見えるだけでは誰のマウスポインターかも分からず、コミュニケーションの種としては不足すると考えられるため、マウスポインターの下にユーザーの名前とコメントを表示することとした。これにより、同じ Web ページを閲覧しているユーザーのアウェアネス情報はすべて Web ページ表示部分で確認できるようになる。さらに、他者のマウスポインターと自分のマウスポインターの表示が近くなるように、自分のマウスポインターの下にコメントを入力するテキストボックスを表示できるようにした。このテキストボックスは、ユーザーが自由に表示非表示を変更できる。

また、マウスポインターが見えるだけでは Web ページのどこにマウスポインターがあるのか気づきにくく探すのに手間がかかるため、マウスポインターの周辺に赤い透明パネルを表示してマウスポインターに気づきやすくする機能をつけることとした。この機能はユーザーが手動でオンオフができる。

表示されるマウスポインターの画像は、図 3.2 の通りである。

3.1.2.2 サイドバー

Web ページ表示部分では、同じ Web ページを閲覧しているユーザーのアウェアネス情報しか確認することができないため、Web ページ表示部分以外にアウェアネスを表示するための場所として、サイドバーを採用することとした。サイドバーはユーザーがいつでも非表示にでき、大きさの変更もできるため、日常の Web ブラウジングを邪魔しないと言える。サイドバーには、閲覧中 Web ページが同じユーザーが上から順に表示され、その他のユーザーは下部に表示される。閲覧中ページが異なるユーザーは、閲覧中 Web ページのアドレスが表示され、それをクリックすることでそのユーザーが閲覧している Web ページに移動することができる。

サイドバーのイメージ画像が図 3.3 である。



Fig. 3.2: マウスポインター画像 (上左: 他者, 上右: 自分, 下: 表示イメージ)

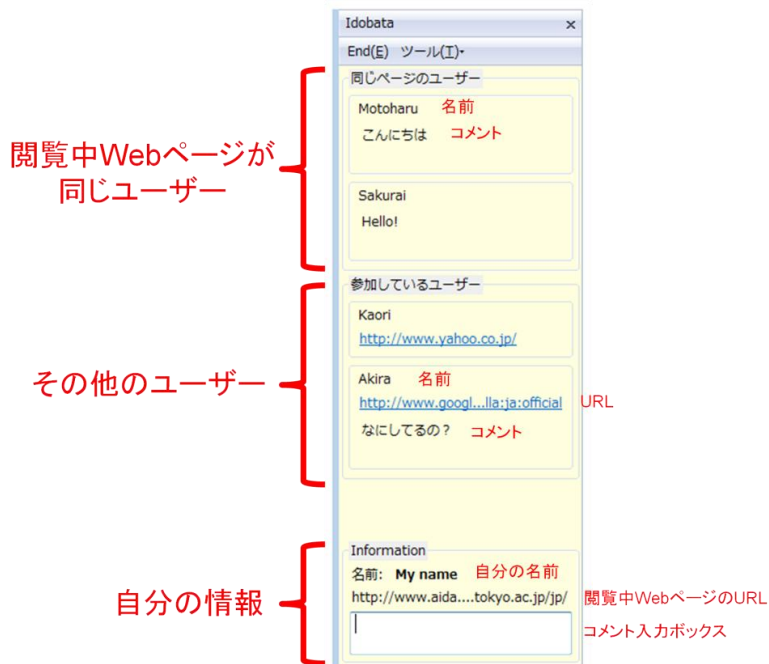


Fig. 3.3: サイドバーのイメージ

3.2 通信手法

3.2.1 スーパーノード型 P2P

Web 上のコミュニケーションはユーザー端末同士で行うため、ユーザー端末同士が通信しあう必要がある。

クライアント・サーバー型の場合、端末同士の通信にサーバーを介する必要があるため遅延が発生する。また、サーバーの導入と管理の必要性が出てくるため、その部分にコストが発生する。ユーザーが増えるとサーバーの負荷が大きくなりサーバー増強の必要性が増し、さらなるコストが発生することも考えられる。さらに、サーバーの停止が即サービスの停止につながるため、サーバーがシステムのウィークポイントとなる。

P2P 型の場合は、基本的にはユーザーの端末同士のみでネットワークを構築するため、サーバー導入のようなコストは必要なく、スケーラビリティも確保できる。さらに、個々のユーザーの参加脱退はシステム全体には影響しないことがほとんどなので、耐障害性という面でも有利である。

本研究では、様々な規模の集団が Web 上でインフォーマルコミュニケーションを行うことを想定している。Web 上にいる全ての人を対象としてインフォーマルコミュニケーションを誘発する場合、P2P のスケーラビリティは大きな魅力となる。

以上より、通信手法に P2P を採用する方がクライアント・サーバー型よりも有利であると考えられる。よって、本研究では端末同士が直接通信しあう P2P 型の通信システムを構築することとした。

以下、P2P で相互接続されているノードの集団を、コミュニケーションクラスターと呼ぶこととする。

P2P システムでは、コミュニケーション時にユーザー端末同士が直接通信しあうため、それぞれのノードが他の全ノードの情報を知っている必要がある。そこで、各ノードはコミュニケーションクラスターに参加している全ユーザーのリストを保持し、そこから他のノードの情報を読み書きすることとした。

クライアント・サーバー型の場合はサーバーの IP アドレスが固定されており常に接続できる状態であるが、P2P 型の場合は参加しているノードが常に変化し、かつノードの IP アドレスが固定されていない場合が多く、外からコミュニケーションクラスターの内部に接続するのが困難である。よって、新しくコミュニケーションクラスターに入るときのために、既に参加しているノードを探して接続する方法を確立する必要がある。本研究では、スーパーノード型 P2P を採用することでこの問題に対処することとした。

本研究におけるスーパーノードとは、コミュニケーションクラスターに含まれるノードのうち IP アドレスとポートが固定されていて外部に知られており、外部からコミュニケーションクラスターに入るときに初回接続ができるノードのことを指す。このよう

なノードをあらかじめアプリケーションに設定しておき、コミュニケーションクラスタに入るときは自動的に設定してあるスーパーノードへ接続を試みることにした。しかし、スーパーノードはサーバーではないのでオフラインになることがある。コミュニケーションクラスタ内にスーパーノードが存在しない場合、新しいノードの参加ができない状態となる。このような状態を避けるためスーパーノードを複数設定し、コミュニケーションクラスタからスーパーノードがいなくなる頻度を少なくした。さらに、あらかじめ設定してあるノード以外にもスーパーノードを追加できるようにした。スーパーノードの追加方法としては、手動で IP アドレス、ポート等を設定する方法と、HTTP で Web 上から自動的に情報を取得して設定する方法の2つを設定した。一般のノードとスーパーノードの違いは新規参加ユーザーからの接続に対応するだけであり、いつでも一般のノードがスーパーノードになれる。

3.2.2 コミュニケーションクラスタへの参加方法

あるノードがコミュニケーションクラスタに初回接続するときの手順を示したものが、図 3.4 である。図中の番号順に、以下のような情報をやりとりしてコミュニケーションクラスタへの参加を行う。

- ①まず、登録してあるスーパーノードへ順番に接続を試みて、コミュニケーションクラスタへの参加要請として自分の情報（ID、名前、閲覧中の Web ページアドレス等）を送信する。
- ②スーパーノードは、自分の情報（ID、名前、閲覧中の Web ページアドレス等）と、自分のユーザーリストに登録されている他のユーザーの情報（ID、IP アドレス、ポート）を接続要求のあったノードに返信する。その後、自分のユーザーリストに接続要求のあったノードを加える。
- ③接続要求をしたノードは、自分のユーザーリストにスーパーノードから受信した他ノードの情報を登録する。そして、返信のあったスーパーノード以外の全ノードへ対して、コミュニケーションクラスタへ参加したことを知らせるために自分の情報（ID、名前、閲覧中の Web ページアドレス等）を送信する。
- ④通常のノードは、新しいノードからの情報を受信するとそのノードの情報をユーザーリストに登録し、自分の情報（ID、名前、閲覧中の Web ページアドレス等）を返信する。
- ⑤接続要求をしたノードは、各ノードから受信した情報を元にユーザーリストを最新のものへ更新する。

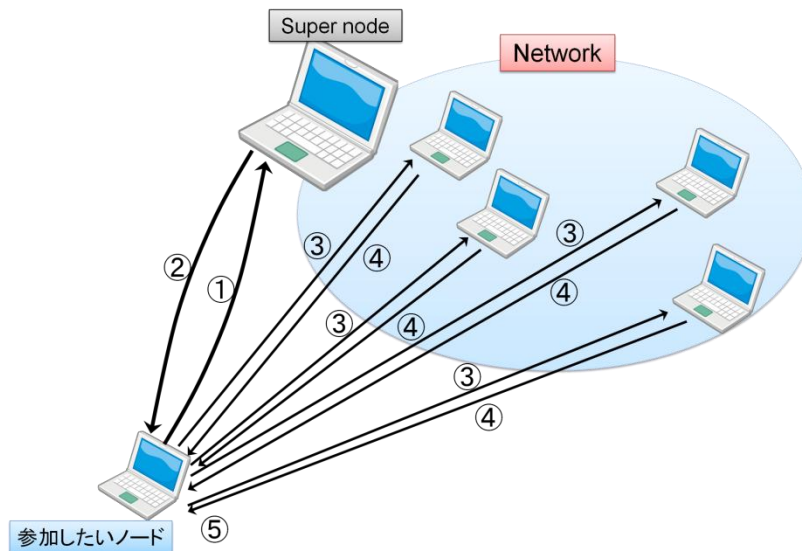


Fig. 3.4: 初回接続時の手順

3.2.3 ネットワークからの脱退

ノードがコミュニケーションクラスターから脱退するケースは2種類考えられる。1つはユーザーが手でコミュニケーションクラスターからの脱退を選択した場合、もう1つは障害等により通信ができなくなり強制的にコミュニケーションクラスターから脱退することになる場合である。

前者の場合の手順は以下の通りである。

①脱退するノードは、ユーザーリストに登録してある全ノードに対して、脱退を通知した後、待ち受けしていたポートを閉じる。

②脱退の通知を受け取ったノードは、確認の返信をした後、そのノードをユーザーリストから削除する。

後者の場合は、強制的に脱退したノードに対して送信を試みたときにエラーが生じてはじめて脱退に気づく。このとき、そのノードをユーザーリストから削除する。

3.2.4 アウェアネス情報の送受信方法

4つのアウェアネス情報のうち、常に変化すると言える、閲覧中 Web ページのアドレスとマウスポインターの位置、コメントの送受信方法は、以下の通りとした。

3.2.4.1 閲覧中 Web ページアドレスの送受信方法

Web ブラウザー画面に表示している Web ページが変わる毎に、そのページの URL を全ユーザーに送信する。Web ページが変わるタイミングは、新しい Web ページへ移動した時、前のページに戻った時、異なるタブへ移動した時、異なるウィンドウへ移動した時の4つを想定している。

Web ページが変わった通知を受け取った場合は、ユーザーリストのそのユーザーの情報を書き換え、同じ Web ページを閲覧しているかどうか判定する。

また、例えば「file://」で始まる URL を他のユーザーへ送信してしまうと、システムのフォルダ構成が分かっしまいセキュリティ上問題が発生する。よって、セキュリティ、プライバシー保護のため、「http://」で始まる URL のみ他ユーザーへ送信し、それ以外の URL は他ユーザーへ送信しないこととした。

3.2.4.2 マウスポインター位置の送受信方法

同じ Web ページを閲覧しているユーザー同士でマウスポインターの位置を送受信しあう。Web ページ内の相対的なマウスポインター位置がアウェアネスとして要求されている情報なので、送受信する位置も Web ページ内の相対的なマウスポインター位置とした。また、同じ Web ページであるかの判断は、URL が同じ文字列であるかどうかを調べることで行うこととした。

自分の Web ページが変わった場合は、ユーザーリストに登録されている全ユーザーの閲覧中 Web ページと自分の Web ページを照合し、同じ Web ページのユーザーが存在した場合はそのユーザー専用のマウスポインター画像を作成する。そして、そのユーザーへの自分のマウスポインター位置の送信を開始する。

他ユーザーから Web ページが変わった通知を受けた場合は、自分が閲覧中の Web ページと同じ Web ページかどうか判断する。同じ Web ページであると判断した場合、そのユーザー専用のマウスポインター画像を作成し、送信されてくるマウスポインター位置の情報を元に自分の Web ブラウザーの画面にそのユーザーのマウスポインター画像を表示する。同時に、そのユーザーへの自分のマウスポインター位置の送信を開始する。

マウスポインターの位置は、マウスポインターが動く度に送信するものとする。また、スクロール等で Web ページに対するマウスポインターの相対位置が変化した場合も送信する。さらに、マウスポインターが Web ページの外に出た場合は外に出たという情報を送信する。

受信側は、受信したマウスポインターの位置情報と自分の Web ブラウザーの表示画面を比べ、示す位置が表示画面内にあった場合は、その位置にマウスポインターの画像を表示する。表示画面内にない場合や、Web ページの外に出たという情報を受信した場合は、そのユーザーのマウスポインター画像を非表示にする。

3.2.4.3 コメント

コメントの送信については、ユーザーがコメントを1文字入力する毎にその情報をユーザーリストの全ユーザーに送信することとした。Idobata がリアルタイムのコミュニケーションを想定しているため、このようにすることで同じ時間を共有しているという意識をより明確にできると考えられる。

3.2.5 ユーザー数増加への対応

ここまで提案した手法では、各ユーザーがコミュニケーションクラスターに参加している全ユーザーとそれぞれ通信を行うこととなっている。ユーザー数が10人程度の場合には問題ないと考えられるが、ユーザー数が増加すると各ユーザー端末の通信量が多くなり、コミュニケーションクラスター内のネットワークが不安定になると考えられる。そこで、ユーザー数が増加したときは以下のような対応をすることとした。

3.2.5.1 サブクラスター

各ユーザーがコミュニケーションクラスター内の全ユーザーと直接通信することが問題のため、ユーザー数が増加したときは直接通信するユーザーを一部に制限すればよい。そこで、コミュニケーションクラスター内で小さなサブクラスターをつくり、ユーザー数が増加したときは同じサブクラスター内のユーザーとのみ直接通信することとした。

ユーザーが参加できるサブクラスターを1個のみとすると、常に同じユーザー同士でしか通信しないことになり、他のサブクラスターのユーザーとは出会うことができなくなる。よって、ユーザーは複数のサブクラスターに同時に参加することとした。また、サブクラスター内でのコミュニケーションの状況に応じて、他のサブクラスターに自動的に移動することとした。自分が頻繁にコミュニケーションをとるユーザーがいるサブクラスターにはしばらく参加したままにし、コミュニケーションをとるユーザーがほとんどいないサブクラスターからは短時間で移動することで、自然と似た興味を持つユーザーが同じサブクラスターに集まることが期待できる。

ユーザーが他のサブクラスターに移動するときは、自分が参加しているサブクラスター内のユーザーから他のサブクラスターの情報を教えてもらうこととした。どのノードもスーパーノードの役割を担うことができるため、新しいユーザーからサブクラスターへの参加要求が届いたノードは、スーパーノードとなって自分のユーザーリストのうち対象となるサブクラスターのユーザーリストを送り返す。

3.2.5.2 スーパーノードの対応

スーパーノードは新規参加ユーザーが現れる度に自分のユーザーリストを送り返す必要があるため、ユーザー数が増えるとスーパーノードの処理も重くなる。そこで、ユ

ユーザー数が増加したときは全ユーザーのリストを送り返すことをやめ、自分のユーザーリストのうちランダムに選んだ数人のユーザーのリストのみ送り返すこととした。

3.3 マウスポインターへの機能付加

本研究では、Web ページ上での他者の存在の象徴としてマウスポインターを取り上げているが、Web ブラウジング中の自分の存在場所とは、本来はマウスポインターの位置ではなく自分が注視している場所であると考えられる。Web ブラウジングをする目的のほとんどは、Web ページを見ることで情報を得ることだと言えるからである。しかし、日常の Web ブラウジングにおいて、マウスポインターの位置とユーザーが注視している場所との相関はユーザーによって大きな違いがあると考えられる。リンクをクリックするときのみマウスポインターを移動するユーザーや、そもそも Web ブラウジングにマウスポインターを使わずキーボードのみ使用するユーザーもいると考えられる。Web ブラウジングにマウスポインターをあまり使用しないユーザーのマウスポインターを可視化しても、それがアウェアネスとして十分だとは言えない。つまり、マウスポインターの位置情報をすべてのユーザーに意味のあるアウェアネス情報とするために、マウスポインターの位置とユーザーの注視している場所をより強く関係付ける必要があると考えられる。

そこで本研究では、マウスポインターの位置にユーザーの注視している場所を結びつける方法として、懐中電灯機能と拡大鏡機能の2つをマウスポインターに付加することを提案した。

3.3.1 懐中電灯機能

Web ページ全体を暗くしてしまい、マウスポインターの周辺のみ明るくなるような機能をつけることで、ユーザーは見たい場所にマウスポインターを移動せざるを得なくなる。このような懐中電灯機能をマウスポインターに付加することによって、Web ページの中でユーザーが見たい部分とマウスポインターの位置が一致するようになると考えられる。

3.3.2 拡大鏡機能

Web ページを縮小表示し細かい部分までは読み取れない状態とした上で、マウスポインターの周辺のみ元の大きさに拡大されて表示されるような機能をつけることで、見たいのに細かくて見られない部分へマウスポインターを移動するようになると予想できる。このような拡大鏡機能をマウスポインターに付加することで、Web ページの中でユーザーが見たい部分とマウスポインターの位置が一致するようになることが期待できる。

3.4 本論文での検証内容

本章で提案した手法のうち、アウェアネスとして他者のマウスポインターの位置を可視化することの有用性は中井ら[22]が示しており、他者のマウスポインターの位置に釣られて行動するユーザーが多いことがわかっている。これは、他者のマウスポインターに他者の存在や興味を感じた結果であると言える。しかし、中井らの実験では仮想マウスポインターを他者と想定した上での実験であった。実際のユーザーのマウスポインターの位置には必ずしも意味があるとは言えず、他者にアウェアネスとして提供してもコミュニケーション誘発に効果があるとは考えにくい。そこで、マウスポインター機能を提案し、ユーザーのマウスポインターの位置に意味を付け加えることを提案した。

本研究ではユーザーが無意識のうちにアウェアネスを提供、取得することを目指しているため、日常の Web ブラウジングに大きな影響を与えることは避けるべきである。しかし、マウスポインターの2つの機能は新しい機能のため、ユーザーの Web ブラウジングに悪影響を与える可能性がある。

よって本論文では、懐中電灯機能と拡大鏡機能を利用することで Web ブラウジングにどのような影響・変化が生じるのか調査し、Web ブラウザー上での偶発的なインフォーマルコミュニケーションの誘発に有効的なのか検証することとした。

また、他者のマウスポインターや閲覧中 Web ページを可視化することがコミュニケーション誘発に効果的かも検証することとした。

第 4 章

実装

4.1 実装内容

提案したマウスポインター機能の、Web ブラウザー上でのコミュニケーション誘発への影響を検証するため、第3章の提案手法を実装した Web ブラウザー上でのインフォーマルコミュニケーション支援アプリケーションを試作した。

ユーザー数増加による影響は本論文では検証しないこととしたため、ユーザー数増加に対する機能（サブクラスター分け）は実装しなかった。同様に、P2P の NAT 越え機能も実装しなかった。

試作アプリケーションは、代表的な Web ブラウザーである Firefox の拡張機能として実装した。拡張機能名は「Idobata」とした。

4.2 開発環境

Firefox は Web ブラウザーシェアで Internet Explorer に次ぐ2位の位置におり、25%近いシェアを保有している。また、他のブラウザと比べて拡張機能開発のための環境が整っており、多くの拡張機能がすでに提供されていて、提案するコミュニケーションアプリを開発するのに最も適している。

開発環境と Idobata の対応環境は以下の通りである。

OS : Windows 7 Professional

主な開発言語 : JavaScript

開発環境 : Eclipse IDE for Javascript Developers 1.3.1.20100916-1202

Spket IDE 1.6.18

対応 Web ブラウザー : Firefox 3.6

対応 OS : Windows 系

実装には上記の他に、Mozilla が提供している XPCOM と呼ばれるコンポーネント技術を用いた。また、Firefox の UI を変更するために、XUL と呼ばれるユーザーインターフェースマークアップ言語を用いた。

現在、Idobata は Web 上に公開されており、誰でもインストールが可能な状態となっている。

4.3 実装方法

4.3.1 ID の作成方法

ID は全ユーザー間でユニークなものである必要があるが、Idobata ネットワークには全ユーザーを一元管理するサーバーのような機能はないため、各ユーザーの端末でユ

ユニークな ID を自動設定する機能が必要となる。Idobata では、グローバル一意識別子 (GUID) を参考にしてユニークな ID を作成するアルゴリズムを考案した。

具体的には、ID 作成時刻を 16 進数で表した数と 64 ビットのランダムな数を 16 進数で表した数をハイフンでつなげた文字列を作成した。作成時刻はミリ秒単位であり、その後 16 ビットのランダム数を付加しているため、同じ文字列が存在する確率は非常に小さく、ユニークであると想定して問題ない。このアルゴリズムで、`ee3aad9f-E4022CF8873B7628` のような文字列を作成し、それを ID とした。

4.3.2 Web ブラウザー間通信の実現

現在の Web ブラウザーには、Web ブラウザー同士で直接通信を行うような機能は搭載されていない。よって、Idobata を実現するために、Web ブラウザー同士で直接 P2P 型通信を行う機能を実装した。

P2P 型通信は、各ノードがサーバーの役割もクライアントの役割もどちらもこなすものと見ることができる。よって、Web ブラウザー間通信を開始するときはまずサーバーソケットを作成し、接続を待ち受けるポートを開く必要がある。サーバーソケットを作成する機能も Firefox には標準では搭載されていないため、XPCOM の技術を用いて実装した。待ち受けるポートは空いているポート番号からランダムに割り振ることとした。コミュニケーションクラスター内の全ノードと Web ブラウザー間通信を開始する手順は、以下の通りである。

- ①サーバーソケットを作成する
- ②スーパーノードのサーバーソケットへパケットを送信し、自分のサーバーポート番号を知らせる
- ③スーパーノードからの返信で、コミュニケーションクラスター内の他ユーザーのホスト名とサーバーポート番号を知る
- ④各ユーザーのサーバーソケットへパケットを送信し、自分のサーバーポートを知らせる

他のユーザーの Firefox とパケットを送受信するときは、TLS を使用して暗号化した上で通信する。また、一度接続を確立した後はどちらかが通信を切断するまで接続を維持し、その接続に関連付けられたインพุットストリームとアウトプットストリームを通じて文字列データを送受信する。ストリームの参照情報はユーザーリストに保存しておき、ユーザーリストを検索することでいつでも自由に通信ができるようにした。

今回は NAT 越えの対策機能を実装しなかったため、P2P 型通信は同じ LAN 内の端末同士でのみ可能である。


```
<sID>15fb467</sID>
<rID>f32bb088</rID>
<rr>
  <hl>
    <ID>15fb467</ID>
    <name>櫻井</name>
    <URL>http://www.yahoo.co.jp</URL>
    <cm>null</cm>
    <port>53962</port>
    <yh>172.20.6.22</yh>
    <yp>61109</yp>
  </hl>
  <us>
    <ID>2738c8f6</ID>
    <host>172.20.6.22</host>
    <port>61072</port>
  </us>
</rr>
```

Fig. 4.1: 文字列データの例

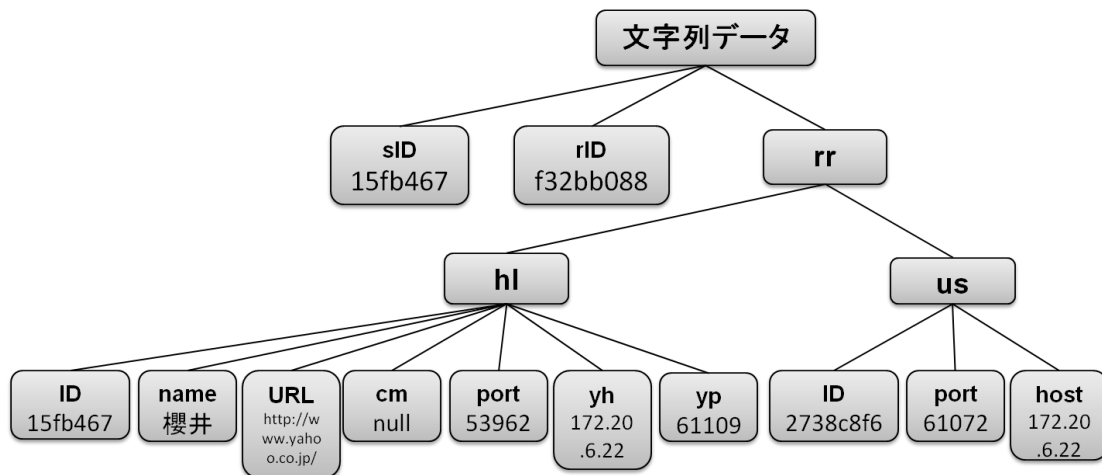


Fig. 4.2: 文字列データ解析後のツリー

Table 4.1: タグの一覧

タグ名	タグ	説明
Sender ID	<SID>****</SID>	データ送信者のID
Receiver ID	<RID>****</RID>	データ受信者のID
ID	<ID>****</ID>	ユーザーのID
Name	<name>****</name>	ユーザーの名前
URL	<URL>****</URL>	ユーザーの閲覧中WebページのURL
Comment	<cm>****</cm>	ユーザーのコメント
Mouse point	<mp>****</mp>	ユーザーのマウスポインターの位置 X座標, Y座標
Host	<host>****</host>	ユーザーのホスト名
Port	<port>****</port>	ユーザーのポート
Your host	<yh>****</yh>	データ受信者のホスト名
Your port	<yp>****</yp>	データ送信者のポート
Connection Request	<cr>****</cr>	最初にスーパーノードへ送る, 接続開始要求 自分の情報として, Helloタグを含む
Request Response	<rr>****</rr>	接続開始要求に対するスーパーノードからの返信 スーパーノードの情報としてHelloタグを含む さらに, ユーザーリストの全ユーザーの情報として, Userタグを含む
Hello	<hl>****</hl>	各ノードへ送る, 登録要求 自分の情報として, ID, Name, URL, Comment, port, Your host, Your portの各種タグを含む
Hello Response	<hr>****</hr>	登録要求に対する返信 自分の情報として, ID, Name, URL, Comment, port, Your host, Your portの各種タグを含む
User	<us>****</us>	ユーザーリストに登録されている各ユーザーの情報 ユーザーの情報として, ID, Host, Portタグを含む
Bye	<by>****</by>	ネットワークからの脱退要求

4.3.3 通信するデータの中身と解析方法

実際に Firefox 間で通信するデータは文字列データである。ここでは、接続の確立やアウェアネス情報の送受信に使用する文字列データの中身に関して説明する。

図 4.1 は文字列データの例である。色々な種類のデータがタグ (<○○○>と</○○○>) で囲まれており、受信側がタグを解析することでデータの中身を解釈する。タグは入れ子状にすることができ、ツリー状に解析することが可能となっている。Idobata で現在使用しているタグの一覧が表 4.1 である。

文字列データの先頭には必ず送信者のユーザーID (タグ) と受信者のユーザーID (タグ) が書き込まれている。受信側はまずこの部分をチェックし、ID が自分の把握しているものと一致しているか検証する。一致していない場合はなんらかのエラーや障害、危険があると考えられるため、以後のデータをすべて破棄する。このように毎回 ID をチェックすることで、成りすまし等の脅威を排除している。

Table 4.2: 受信したタグと動作

受信したタグ	動作
Connection Request	①Helloタグに含まれているユーザー情報を読み、新しいユーザーとしてリストに追加する ②自分の情報をHelloタグに入れ、保持しているユーザーリストに登録してある全ユーザーのID、ホスト名、サーバーポートをUserタグに入れてRequest Responseデータを作成し、送り返す
Request Response	①Helloタグに含まれているスーパーノードのユーザー情報を読み、新しいユーザーとしてリストに追加する ②Userタグに含まれているユーザー情報を読み、ユーザーリストに追加する ③②で追加した情報を元に、全ユーザーにHelloデータを送信する
Hello	①タグに含まれているユーザー情報を読み、新しいユーザーとしてリストに追加する ②自分の情報にHello Responseタグをつけ、送り返す
Hello Response	①タグに含まれているユーザー情報を読み、新しいユーザーとしてリストに追加する

ID チェックをパスしたら、その後続くデータをタグに基づいて解析し、受信データのツリーを作成する。図 4.1 の文字列データを解析してツリー上に表したものが図 4.2 である。そして、ツリーに従って情報を読むことで様々な動作を行う。表 4.2 が、受信したタグとそれに伴う動作をまとめたものである。

4.3.4 懐中電灯機能の実装

懐中電灯機能において、Firefox の画面を暗くすると共にマウスポインターの周辺のみ明るくするために、半透明のパネルを 4 枚使用して、Web ページ表示部分に重ねることとした。4 枚の重ね方によって A、B の 2 タイプを設定した。それぞれのタイプの重ね方を示したのが図 4.3 である。

タイプ A は、マウスポインターの周辺以外が均一に暗くなる。対してタイプ B は、マウスポインターの上下左右のラインが少しだけ明るくなり、それ以外は均一に暗くなる（図 4.4）。

マウスポインターが動く度に明るくなる場所を変更すると、頻繁に半透明のパネルの大きさや表示する位置を変更する必要があるため、パソコンの処理能力によって動作が遅くなってしまう問題が発生した。このため、このような動作をするタイプ①とは別のタイプ②を設定し、タイプ②では、マウスポインターが明るい場所の端（図 4.5 のトリガーエリア）に入ったときのみ明るくなる場所を変更することとした。タイプ②は、半透明パネルの再描画が発生する回数が減り、ユーザビリティが改善することが期待できる。

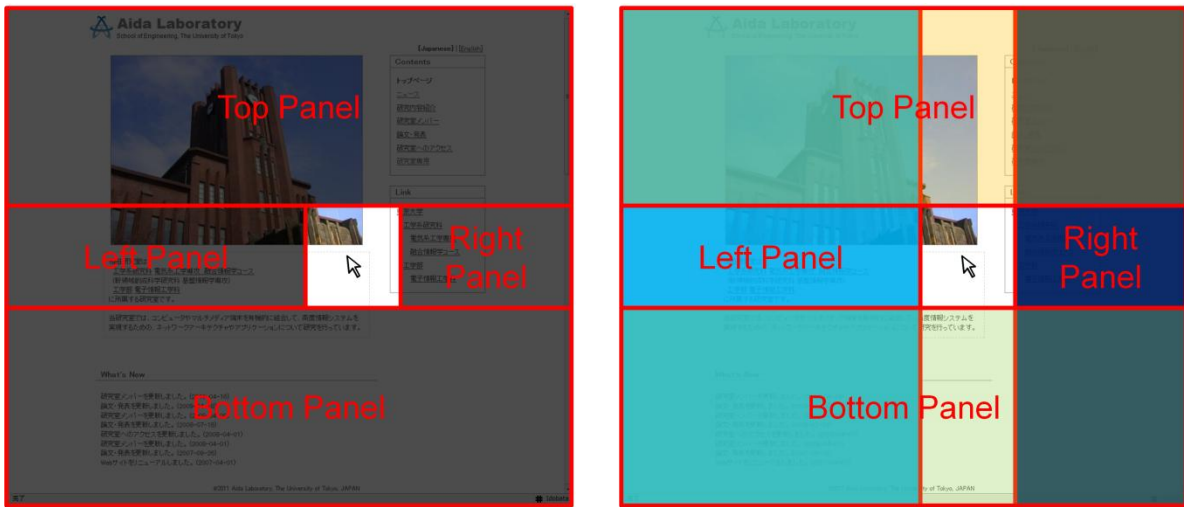


Fig. 4.3: 2タイプの懐中電灯機能実装方法（左：Aタイプ, 右：Bタイプ）

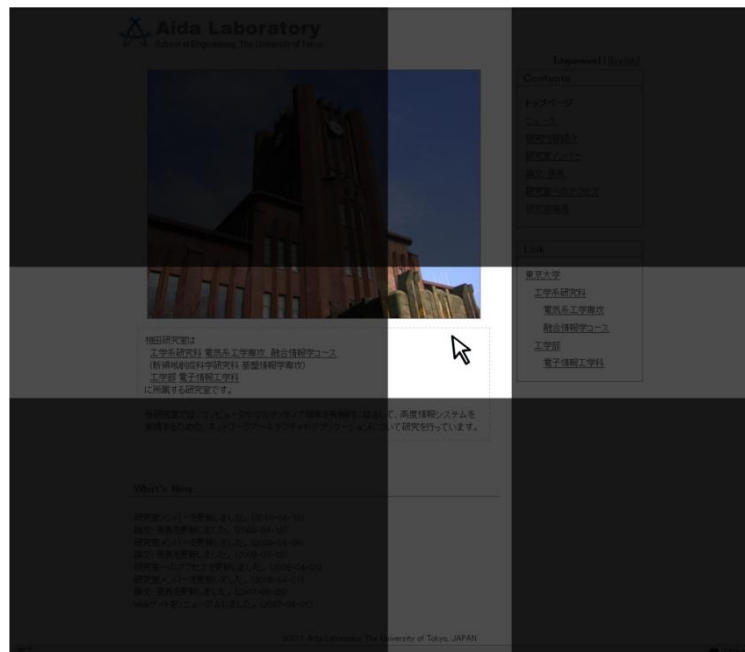


Fig. 4.4: タイプ B のイメージ

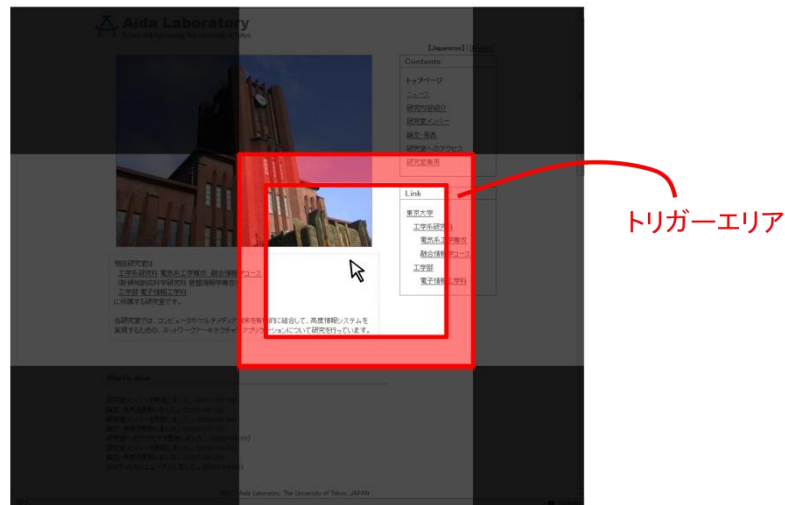


Fig. 4.5: タイプ②におけるトリガーエリア

以上より、懐中電灯機能は①A、①B、②A、②Bの4タイプ存在することとなる。ユーザーはオプション画面を通じて半透明パネルの透明度や色、明るくなる範囲の大きさ、トリガーエリアの幅に加え、4つのタイプも自由に変更できるようにした。これにより、ユーザー自身で違和感のない設定値を探ることができる。

4.3.5 拡大鏡機能の実装

拡大鏡機能では、ブラウザ画面の左側に縮小されたWebページを表示し、右側にマウスポインターの周辺のみ拡大された画像を表示することとした。Webページの縮小にはFirefoxにあらかじめ搭載されている機能を利用した。また、右側へ元の大きさのWebページを描画するために、HTML5にて策定されるCANVAS要素を使用した。CANVASには、マウスポインター周辺のWebページを元の大きさに戻して描画する。CANVASへ200ms毎に再描画を繰り返すことで、左側の縮小Webページの動きを常に右側に反映させ、Webページの動画等の閲覧にもある程度まで対応した。さらに、ブラウザ上部にズームバーをつけ、左側の縮小率を自由に変更できるようにした。図4.6に拡大鏡機能を有効にしたFirefoxのイメージを示す。

拡大鏡機能も、ユーザーがオプション画面を通じてWebページの拡大率や右側のCANVASの大きさを変更できるようになっている。

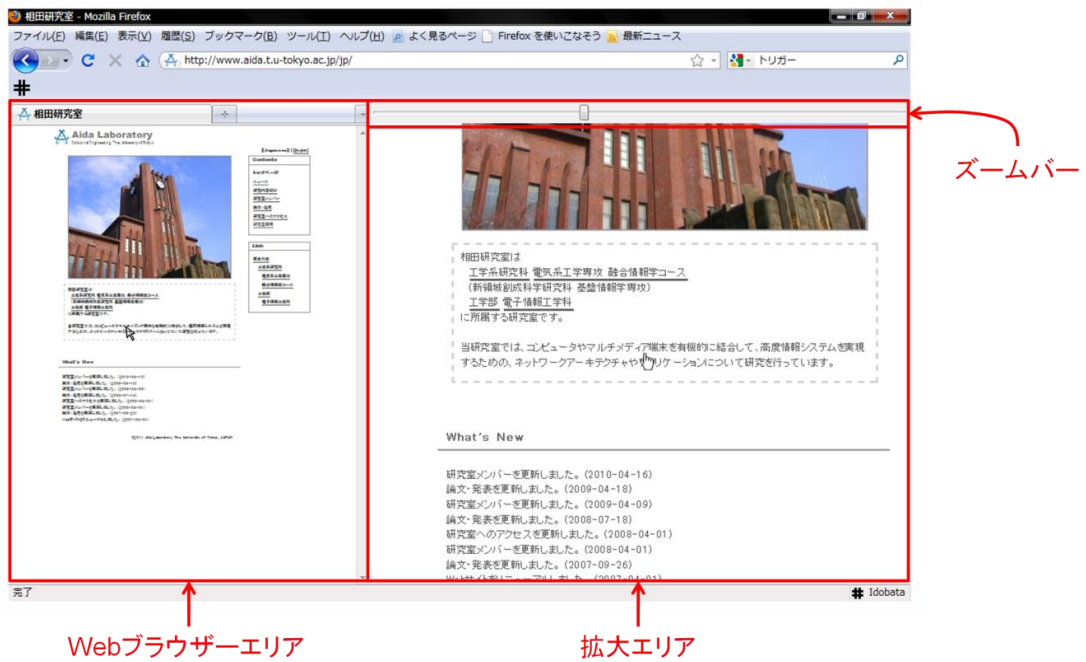


Fig. 4.6: 拡大鏡機能のイメージ

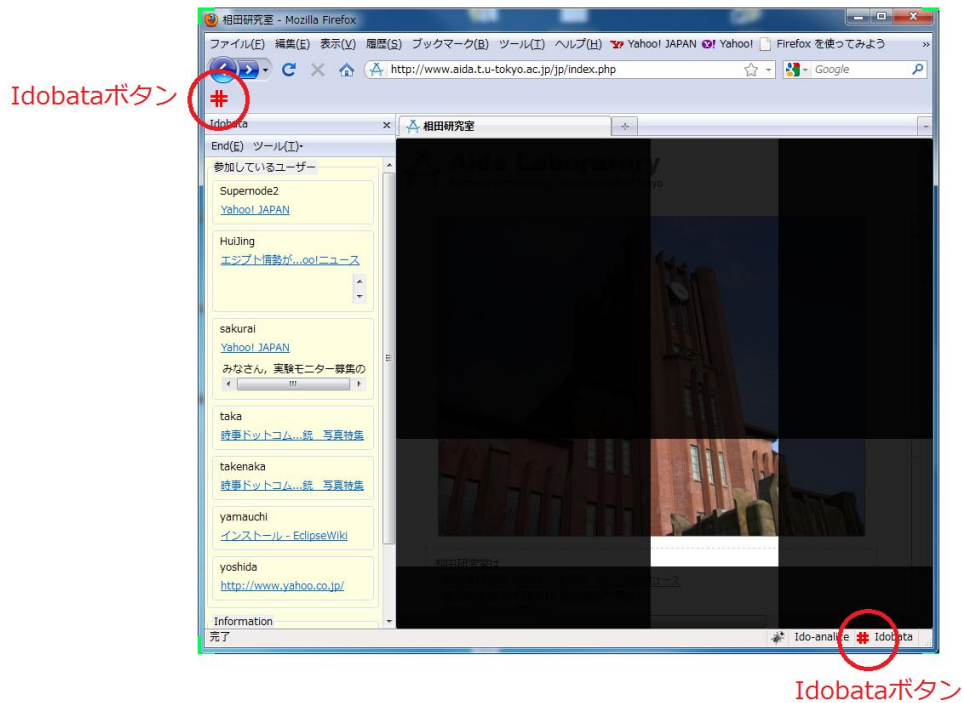


Fig 4.7: Idobata の実行画面

4.3.6 ユーザーの動作の記録

Idobata を使用することで生じるユーザーの挙動やコミュニケーションの変化を検証するために、Web ブラウザー上でのユーザーの動作を記録した。記録を保存する場所は、インストールした拡張機能のフォルダと同じ場所とした。

記録したデータは、

- ・ 閲覧中の Web ページアドレス
- ・ Web ページのサイズ
- ・ Web ページのスナップショット
- ・ マウスポインター機能の種類と設定値
- ・ マウスポインターが動いたときの位置と時間
- ・ マウスポインターが動いた回数
- ・ 1つの Web ページを開いていた時間

である。各データは、タグで括った文字列に変換してテキストファイルに随時書き込むこととした。

4.3.7 Idobata インストール後のイメージ

拡張機能をインストールした後の Firefox のユーザーインターフェースが図 4.7 である。図 4.7 は、懐中電灯機能を利用して、他のユーザーと通信をしている場面である。Idobata をインストールすると、ツールバーとステータスバーに Idobata のボタンが表示される。また、Web ページ上で右クリックをすると表示されるポップアップメニューにも Idobata のボタンが表示される。これらのボタンをクリックすることで、他のユーザーとの通信開始、オプション画面の表示、ユーザーリストの表示、スーパーノードの設定、記録しているデータの確認を行うことができる。

ユーザーはオプション画面からマウスポインター機能のオンオフ等、Idobata の各設定値を変更することができる。また、ユーザーリストを表示することができ、そこで他のユーザーの詳細情報 (ID 等) を確認できる。また、任意のユーザーを手動でユーザーリストから削除することができる。スーパーノードの設定では、現在設定されているスーパーノードの ID、ホスト名、ポートを確認でき、スーパーノードの追加 (手動・自動)、削除が行える。

第 5 章

評価

前章で、2種類のマウスポインター機能を搭載した Firefox 拡張機能 Idobata を試作した。

そこで、提案した2種類のマウスポインター機能が Web ブラウザー上でのインフォーマルコミュニケーション誘発に効果的であることを検証するために、Idobata を使用した3種類の実験を行った。

本章では、その実験内容と結果に関して述べる。

5.1 実験1：マウスポインターの動きの変化の調査

5.1.1 目的

マウスポインターの機能を用いることで、マウスポインターの動きがユーザーの視線や行動をよく反映するようになると考えられる。本実験でそれを定量的に評価しようとした。

5.1.2 方法

7人の被験者に、Idobata のマウスポインター機能を有効にした上で日常の Web ブラウジングを行ってもらった。そして、Web ブラウジング中のマウスポインターの位置や Web ページの閲覧時間を Web ページ単位で記録し、マウスポインター機能の有無による変化を検証した。記録したデータは前章で述べた通りである。また、比較のためにマウスポインター機能を無効にした状態での動作も記録した。

5.1.3 結果と考察

標本数は、マウスポインター機能なしが 336 ページ、懐中電灯機能が 333 ページ、拡大鏡機能が 198 ページだった。

平均閲覧時間

まず、Web ページの平均閲覧時間について考察する。図 5.1, 図 5.2, 図 5.3 が3パターンの Web ページ平均閲覧時間 (s/page) をヒストグラムとして表したものである。懐中電灯機能を有効にすることで平均閲覧時間が 20.1 秒短くなり、約 75% に短縮された。また、拡大鏡機能を有効にすることで、平均閲覧時間が 16.0 秒短くなり、約 81% に短縮された。

Table 5.1: 閲覧時間 100 秒以内の標本のみの場合

	マウスポインター機能なし	懐中電灯機能	拡大鏡機能
平均閲覧時間(s/page)	19.86752982	22.61180769	25.45634118
標本数(page)	285	286	170

ユーザーが長時間 1 つの Web ページを閲覧するときは、動画等のコンテンツを見ているときが多い。しかし、マウスポインターの機能を有効にするとユーザーの視野が狭くなり動画を見ることに耐えられないため、長時間同じ Web ページを閲覧する機会が減ったと考えられる。これが、マウスポインター機能有効時に Web ページの平均閲覧時間が短くなった理由だと考えられる。特に、懐中電灯機能はユーザーの視野を極端に狭くするため、閲覧時間の短縮が大きいと言える。

閲覧時間が 100 秒以内だった標本のみを使って平均閲覧時間を算出した結果が表 5.1 である。マウスポインター機能を有効にした場合、閲覧時間が短い部分ではむしろ平均閲覧時間が長くなっている。Web ページの閲覧時間が短い場合、ユーザーは文章や画像を閲覧していることが多いと言える。視野が狭まることでユーザーが Web ページの閲覧したい場所をマウスポインターで探す動作やなぞる動作が増えたために、閲覧時間が長くなったのだと考えられる。

マウスポインターの移動距離

次に、マウスポインターの移動距離について考察する。図 5.4, 図 5.5, 図 5.6 は、1 ページあたりのマウスポインター移動距離(pixel/page)をヒストグラムで表したものである。移動距離が、機能なしの時と比べて懐中電灯機能有効時は 1.53 倍、拡大鏡機能有効時は 1.28 倍となった。ユーザーが Web ページの閲覧したい場所をマウスポインターで探す動作やなぞる動作が増えたために移動距離が長くなったと考えられる。

さらに、マウスポインターの横方向への移動距離と、縦方向への移動距離を比較したのが表 5.2 である。懐中電灯機能の場合、横方向の移動距離が 1.71 倍、縦方向の移動距離が 1.43 倍となり、拡大鏡機能の場合、横方向の移動距離が 1.63 倍、縦方向の移動距離が 1.16 倍となった。これから、マウスポインターの横方向の動きの増加が移動距離の増加につながったことがわかる。現在の Web ページは横書きがほとんどであることを考慮すると、マウスポインターの横方向の移動距離の増加はユーザーが文章や図を横方向になぞる動作が増えたことから生じたと考えられる。よって、マウスポインター機能によってユーザーの見たい場所とマウスポインターの位置が近くなったと考えられる。

Table 5.2: 横方向と縦方向のマウスポインター移動距離の比較

	マウスポインター機能なし	懐中電灯機能	拡大鏡機能
横方向の移動距離(pixel)	915.5443787	1567.087349	1492.318182
縦方向の移動距離(pixel)	2107.882006	3018.392749	2447.055556

マウスポインターの軌跡

図 5.7, 5.8, 5.9 に, マウスポインター機能なし, 懐中電灯機能, 拡大鏡機能それぞれのマウスポインター軌跡が特徴的だったものを示した。図中の赤線が, マウスポインターの軌跡を表している。

マウスポインター機能なし時の特徴として, 上下にまっすぐ移動することが多く横方向の動きが少ないことが挙げられる。通常時は文章をなぞるなどの行為をあまり行わず, 専らスクロールで Web ページの上下を行うのみであるからだと考えられる。

懐中電灯機能時の特徴として, 横方向への文章をなぞるような動きが多いことがわかる。これは, マウスポインターの動きにユーザーの視線が反映されているためだと考えられる。

拡大鏡機能時の特徴として, 横方向は細かい動きが多く, 縦方向へは大きな動きが多いことが挙げられる。これは, マウスポインターを横に細かく動かして拡大する部分を少しずつ変えながら下へ移動していく行動が現れていると考えられる。文章をなぞるような動きはあまり見られなかった。

5.1.4 実験 1 のまとめ

懐中電灯機能を使用することで, マウスポインターの横方向の動きが増加し, マウスポインターの動きにユーザーの視線が反映されたことが確認できた。

拡大鏡機能を使用することで, マウスポインターの細かい横方向の動きが増加した。文章をなぞるような動きは少なくユーザーの視線が完全に反映されたとは言いがたいが, ユーザーの興味ある部分を大域的に示すようになったことが確認できた。

また, マウスポインター機能を有効にすることで Web ページ閲覧時間とマウスポインター移動距離が伸びるため, ユーザーの不快感が増えていると予想できる。

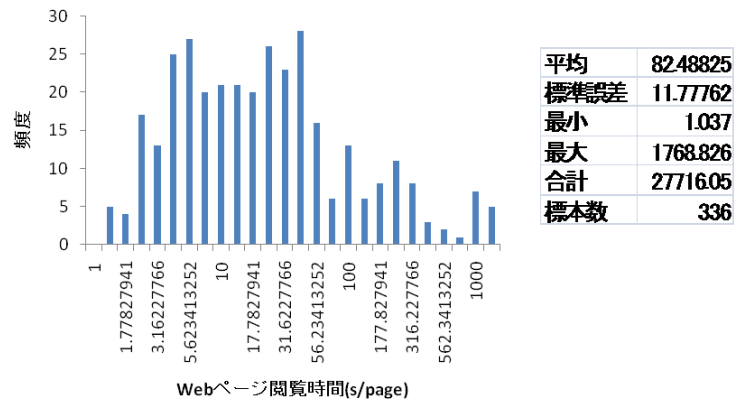


Fig 5.1: マウスポインター機能なし時の Web ページ閲覧時間分布

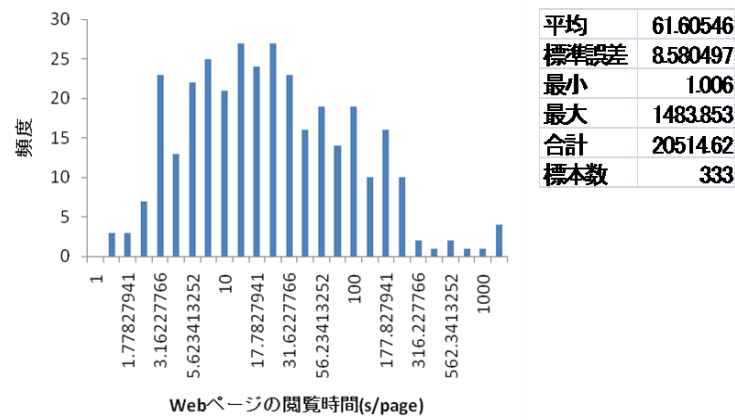


Fig 5.2: 懐中電灯機能時の Web ページ閲覧時間分布

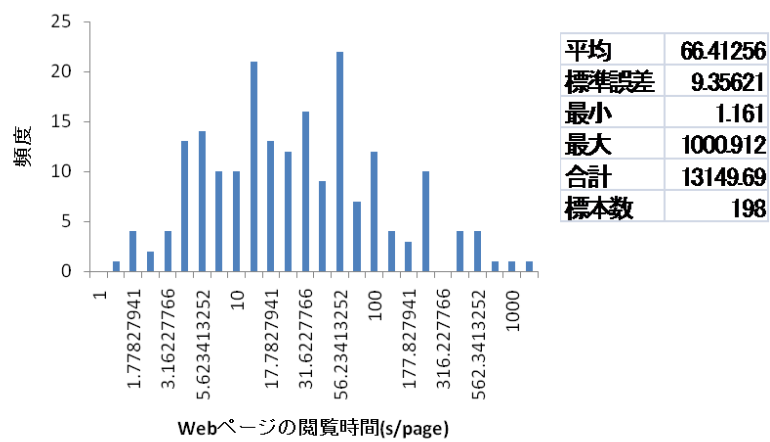


Fig 5.3: 拡大鏡機能時の Web ページ閲覧時間分布

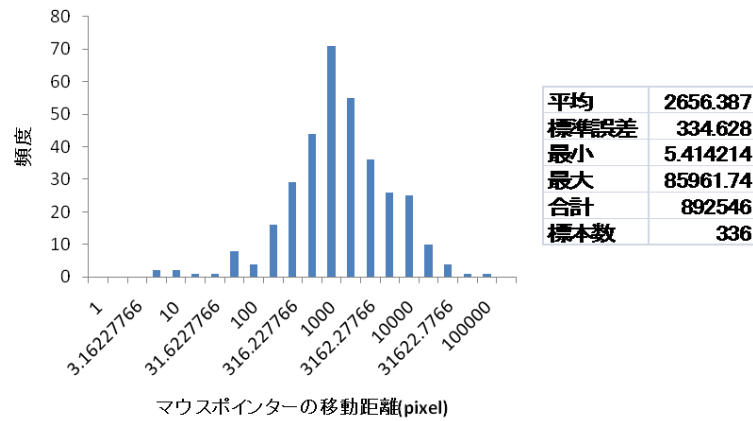


Fig 5.4: マウスポインタ機能なし時のマウスポインタ移動距離

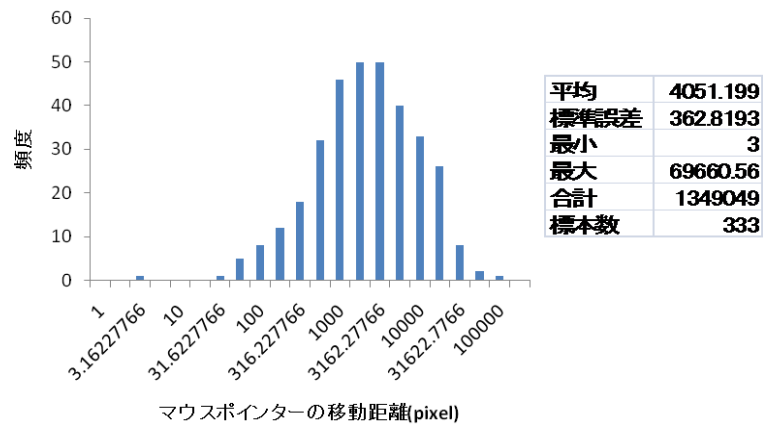


Fig 5.5: 懐中電灯機能時のマウスポインタ移動距離

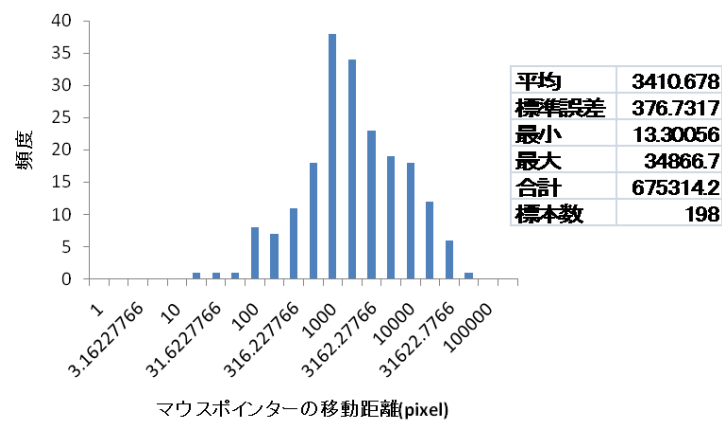


Fig 5.6: 拡大鏡機能時のマウスポインタ移動距離



Fig 5.7: マウスポインター機能なし時のマウスポインターの軌跡



Fig 5.8: 懐中電灯機能時のマウスポインターの軌跡



Fig 5.9: 拡大鏡機能時のマウスポインターの軌跡

5.2 実験 2 : 日常の Web ブラウジングへの影響度の調査

5.2.1 目的

提案した 2 種類のマウスポインター機能は、ユーザーになんらかの違和感を持たせると考えられる。しかし、本研究では日常の Web ブラウジング中にコミュニケーションを意識することなくアウェアネス情報を交換することを目指しているため、大きな違和感をユーザーに与えることは好ましくない。

そこで、提案した 2 種類のマウスポインター機能がどの程度の違和感をユーザーに与えているのか検証する。

5.2.2 方法

Idobata の機能のうち 2 種類のマウスポインター機能だけを有効にした簡易版 Idobata を一般に配布し、各マウスポインター機能を使用してもらった。

本実験はケース 1 からケース 5 まで 5 つの小実験を設定した。

ケース 1 とケース 2 は拡大鏡機能の実験、ケース 3 からケース 5 は懐中電灯機能の実験である。それぞれのケースで設定値を変更し、違和感の変化を検証する。各設定値は表 5.3 の通りである。

それぞれの小実験で、被験者に 2 分間 Web ブラウジングを行ってもらい、その後違和感についてのアンケートをとった。

5.2.3 結果

各ケースの後のアンケートの回答数は以下の通りだった。

ケース 1 後 : 20

ケース 2 後 : 17

ケース 3 後 : 17

ケース 4 後 : 16

ケース 5 後 : 14

図 5.10 が、各ケースにおける違和感への回答をまとめたものである。

拡大鏡機能に関しては、違和感があった被験者は全体の 90% 以上だったが、我慢出来ない程だと答えた被験者は全体の 25% 以下だった。特に、縮小率を大きくし右側の拡大エリアの幅を広くすることで、違和感があっても我慢できる・気にならないとしたユーザーが 8 割を超えた。

Table 5.3: 各ケースの設定値

	縮小率(%)	Webブラウザ画面と 拡大エリアの幅の比
ケース1	50	1:1
ケース2	30	3:7

	タイプ	明るくなる範囲	不透明度
ケース3	2B	150×150	0.85
ケース4	1B	150×150	0.95
ケース5	上下のみ	高さ100	0.9

懐中電灯機能に関しては、ほぼ全ての被験者が違和感があったと答えた。特に、不透明度が高かったケース4では、7割近くの被験者が我慢出来ないほどの違和感があると答えた。ケース3とケース4から、不透明度が下がることで違和感が我慢できる・気にならないとした被験者が3割から6割近くまで増加したことがわかる。さらに、ケース5から、マウスポインターの上下のみ暗くし左右は明るいままという状態にすることで、違和感が我慢できる・気にならないとした被験者が7割以上に増加したことがわかる。

図5.11はケース1と2で違和感が少ないと感じた方を調査したもの、図5.12はケース3～5で違和感が少ないと感じたケースを調査したもの、図5.13はケース1～5で違和感が最も少ないと感じたケースを調査したものである。

図5.11から、拡大鏡機能では縮小率が大きく拡大エリアの幅が広い方が違和感が少ないことがわかる。図5.12から、懐中電灯機能ではマウスポインターの上下のみ暗くなる方が上下左右全て暗くなるより違和感が少なく、不透明度が低いほうが違和感が少ないことがわかる。これらの結果は、図5.10の結果とほぼ矛盾していないと言える。

図5.13から、すべてのケースの中で一番違和感が少ないのはケース2であったことがわかる。懐中電灯機能と拡大鏡機能の比較では、被験者によって違和感が少ない方の判断が分かれた。

また、被験者の意見として、以下のようなものが聞かれた。

ケース2は、比較的スムーズにブラウジングができた。左側の縮小画面にウェブページ全体が表示されていれば、スクロールが不要になるのでより使いやすくなると思う。

ケース3,4,5は、視線の動きに合わせてマウスを動かす必要があるためブラウジングしづらい。

このように、ケース2に関しては普通のWebブラウジングよりも使いやすいと回答する被験者が17人中2人見られた。さらに、拡大鏡機能を面白い機能だと思いと回答した被験者は、20人中13人いた。二度と拡大鏡機能を使用したくないと回答した被験者は20人中3人に留まった。

対して、懐中電灯機能はケース 3 でも見える範囲が狭すぎて嫌だと回答した被験者が 17 人中 12 人、二度とこの状態で Web ブラウジングをしたくないと回答した被験者が 17 人中 7 人という結果となった。懐中電灯機能に対する被験者の意見として、

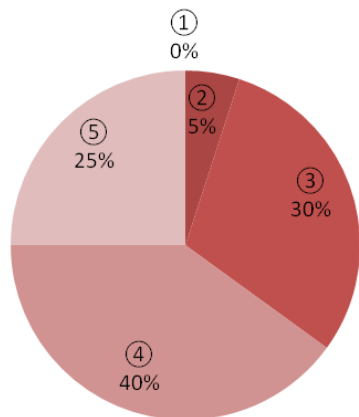
・ *せめて一文だけでも読めないと、ブラウジングに耐えることができない*
との回答があった。

5.2.4 実験 2 のまとめ

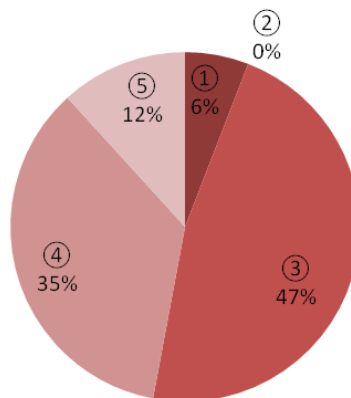
拡大鏡機能は、縮小率 50% よりも縮小率 30% のときの方が違和感が少なくなることがわかった。さらに、縮小率 30% の場合、半分以上のユーザーが多少の違和感を持っても気にならなくなり、通常の Web ブラウジングよりも使いやすいと感じるユーザーも若干いることがわかった。

懐中電灯機能は、マウスポインターの上下のみ暗くすることで上下左右全て暗いよりも違和感を改善できることがわかった。また、我慢できない程の違和感を持つユーザーが 3 割ほど存在し、二度と懐中電灯機能を使って Web ブラウジングしたくないと考えるユーザーが 4 割以上存在することがわかった。

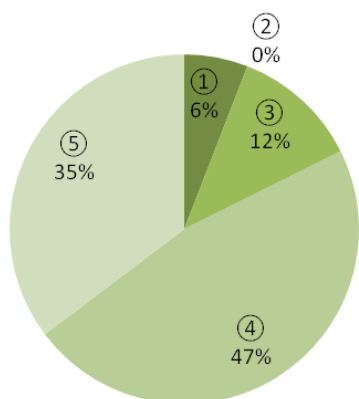
普段のWebブラウジングと比べてどのくらい違和感がありましたか？



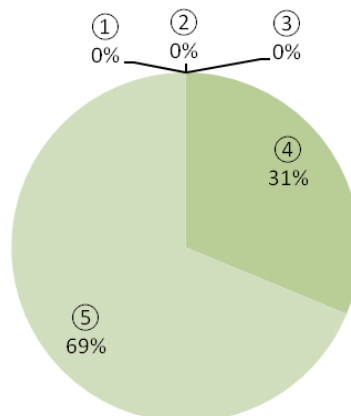
ケース1(拡大鏡機能)



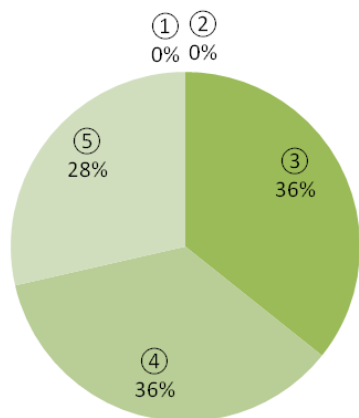
ケース2(拡大鏡機能, 縮小率大)



ケース3(懐中電灯機能)



ケース4(拡大鏡機能, 不透明度大)



ケース5(拡大鏡機能, 上下のみ)

凡例

- ①: 全くなかった
- ②: ほとんどなかった
- ③: あったが気にならなかった
- ④: かなりあったが我慢できる程度だった
- ⑤: 我慢出来ないほどの違和感があった

Fig 5.10: 各ケースにおける違和感への回答

ケース1とケース2で、違和感が少なかった方を選んでください。

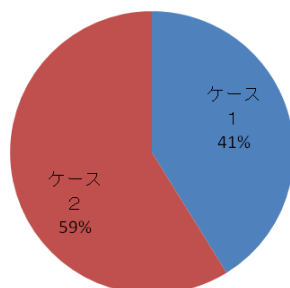


Fig 5.11: ケース 1 と 2 での違和感の比較

ケース3から5で、一番違和感が少なかったものを選んでください。

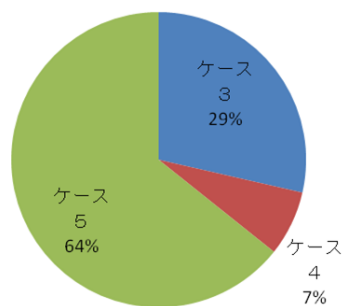


Fig 5.12: ケース 3 ～ 5 での違和感の比較

ケース1から5で、一番違和感が少なかったものを選んでください。

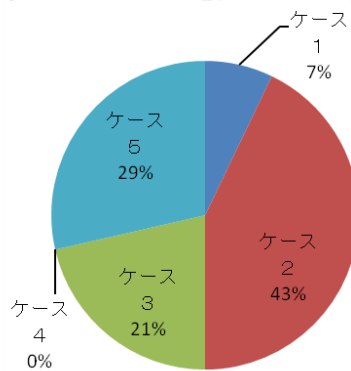


Fig 5.13: ケース 1 ～ 5 での違和感の比較

5.3 実験3：コミュニケーションテスト

5.3.1 目的

他者のマウスポインターをアウェアネスとして提供することの有用性は中井ら[22]が示している通りである。さらに、実験1により提案したマウスポインターの機能がマウスポインターの動きにユーザーの視線を関連付ける効果があることを確かめた。そこで、マウスポインター機能がアウェアネスへ与える影響を、実際に Idobata を使用して2回のコミュニケーションテストを行うことで検証した。

1回目のテストは、他者のマウスポインターがユーザーに与える影響が、マウスポインター機能によってどのように変化するか調査することを目的とした。

2回目のテストは特に懐中電灯機能に注目し、他者のマウスポインター可視化によるユーザーの挙動を細かく調査し、懐中電灯機能がユーザーの挙動にどのように影響するか調査することを目的とした。

5.3.2 方法

2回のコミュニケーションテストとも、被験者に同じ LAN 内に接続できる同じ空間に集まってもらい、Idobata をインストールした Web ブラウザー上でアウェアネスを交換しながら Web ブラウジングをしてもらった。一定時間ごとに全員で同時にマウスポインター機能の種類、設定値を変更しながら Web ブラウジングを行ってもらうことで、マウスポインター機能がコミュニケーションに及ぼす効果を検証した。

5.3.3 1回目のテスト

5.3.3.1 方法

1回目のテストは7名の被験者で行った。1回目のテストでは被験者に共通の目的を与えることで、同じような Web ページを閲覧している他者のアウェアネスが提供される状態を擬似的に創りだすこととした。共通の目的は、「Wikipedia の中から面白い記事を見つける」こととした。Wikipedia のような Web サイトは、文字情報を読むことが閲覧の主な目的となるためマウスポインター機能の影響が強く出ると考えられるからである。テストの流れは以下の通りである。

- ①マウスポインター機能を使用しない状態で5分間 Web ブラウジングを行う
- ②実験2のケース1からケース5と同じ条件にマウスポインター機能の種類、設定値を変更していき、それぞれ約5分間の Web ブラウジングを行う

マウスポインター機能を変更する毎に、他者のマウスポインターに関してのアンケート調査を行った。

5.3.3.2 結果と考察

図 5.14 は、マウスポインター機能毎に、他者のマウスポインターが与える Web ブラウジングへの影響の大きさをアンケート調査した結果である。

マウスポインター機能なしの場合

マウスポインター機能がない場合、影響を感じる被験者と感じない被験者がほぼ同数であった。影響を感じなかったと回答した被験者からは、普段の Web ブラウジングにマウスポインターをあまり利用しないため他者のマウスポインターへの興味が小さいとの回答が得られた。

拡大鏡機能の場合

拡大鏡機能の場合、半数ほどの被験者が「ほとんど影響がなかった」と回答した。これは、他者のマウスポインターが左側の縮小された Web ページ画面にしか表示されないため、右側の拡大エリアを見ているときは他者に気づかなかったからだと考えられる。しかし、

左側は縮小されている分他者のマウスポインターが見える範囲が広くなりどの場所にマウスポインターがあるかひと目で見やすくなったため、影響が大きくなった

と回答する被験者もいた。また、縮小率が大きいケース 2の方が他者のマウスポインターの影響が大きいと答えた被験者が多くなった。これは、他者のマウスポインターが見える範囲がより広くなったためだと考えられる。被験者の意見として、

縮小率が大きくなると Web ブラウジングの操作が非常にやりづらくなるため、その分他者のマウスポインターの位置に興味を持った

というものもあった。

懐中電灯機能の場合

懐中電灯機能の場合、不透明度による影響度の変化は認められなかった。ケース 3 と 4 は影響を感じた被験者と感じなかった被験者がほぼ同数であった。被験者の意見として、他者のマウスポインターの周りは暗くなっているのでどこを見ているかわからず興味を持たなかったというものと、暗くなっている分他者が何を見ているのか気になったというものの 2種類があったため、この感じ方の違いが、影響の有無に表れたと考えられる。また、マウスポインターの上下のみ暗くなる場合は、他者のマウスポインターの影響を感じる被験者が多くなった。実験 2 の違和感の調査において、ケース 3、4 の違和感に比べケース 5 の違和感は少ないとの結果が出ているため、自分の Web ブラウジングがしやすくなった分他者のマウスポインターに興味を持つようになったと考えられる。

他者のマウスポインターは あなたのWebブラウジングに影響を与えましたか？

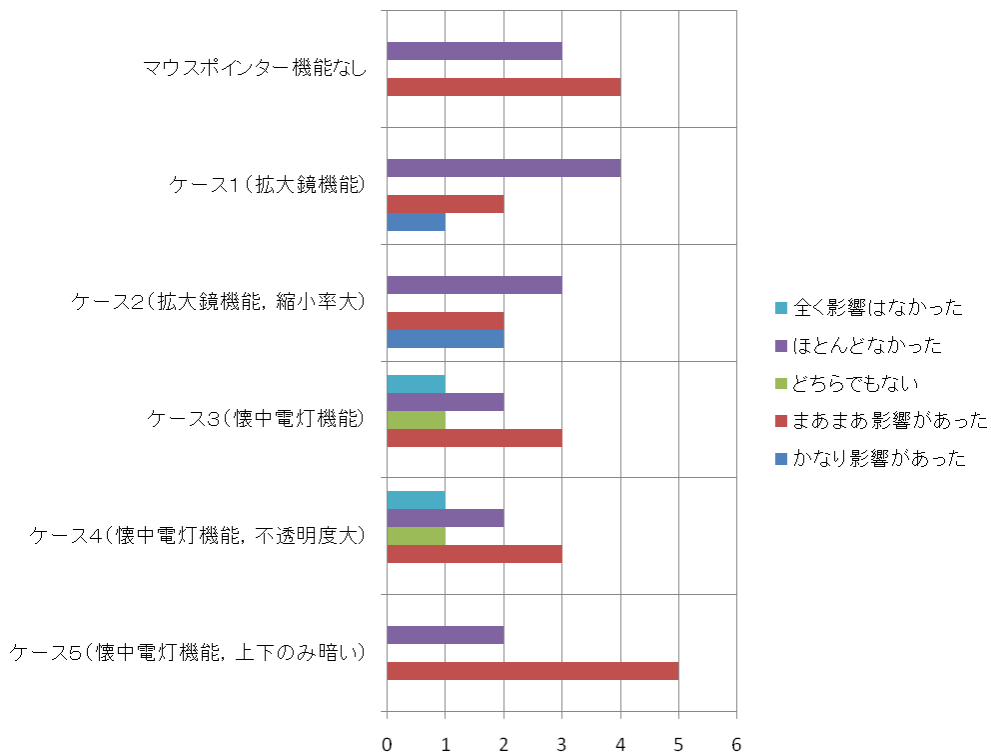


Fig 5.14: 他者のマウスポインターが与える Web ブラウジングへの影響
(アンケート結果)

5.3.4 2 回目のテスト

5.3.4.1 方法

2 回目のテストは 8 名の被験者で行った。2 回目のテストは 1 回目のような共通の目的は設定せず、被験者にはより自然な状態で Web ブラウジングを行ってもらったこととした。実験 1 で懐中電灯機能がマウスポインターの位置にユーザーの視線を最もよく反映するとの結果が得られたため、2 回目のテストでは特に懐中電灯機能を使用したときのインフォーマルコミュニケーションへの影響を検証することとした。まず、マウスポインター機能を使用しない状態でアウェアネス情報を交換しながら約 30 分間 Web ブラウジングを行い、その後アンケート調査を行った。次に、懐中電灯機能を使用した状態でアウェアネス情報を交換しながら約 30 分間 Web ブラウジングを行い、その後アンケート調査を行った。懐中電灯機能の各設定値は以下の通りである。

タイプ : 2B 明るくなる範囲 : 150 × 150 不透明度 : 0.85

5.3.4.1 結果と考察

図 5.15 は、懐中電灯機能無効時と有効時の、他者のマウスポインターを見かけた回数比較である。懐中電灯機能有効時のほうが見かけた回数が減少している。これは、懐中電灯機能により自分の Web ブラウジングに集中するようになり、他者のマウスポインターに気づきにくくなったためと考えられる。

図 5.16 は、他者のマウスポインターを見かけたときに、その位置に興味を持ったかどうか調査したものである。懐中電灯機能有効時のほうが興味を持った被験者が増えた。これは、懐中電灯機能により他者のマウスポインターの位置が暗くなっているため、その部分に何があるのか興味を持つユーザーが増えるためだと考えられる。

図 5.17 は、懐中電灯機能の有無で他者のマウスポインターへの興味に変化があったか調査した結果である。懐中電灯機能の有無に寄らず興味を持ったと回答した被験者がちょうど半数であった。また、懐中電灯機能有効時の方がより興味を持ったと答えた被験者はその理由として「周りが見えない分マウスポインターが目立っていたから」と回答した。

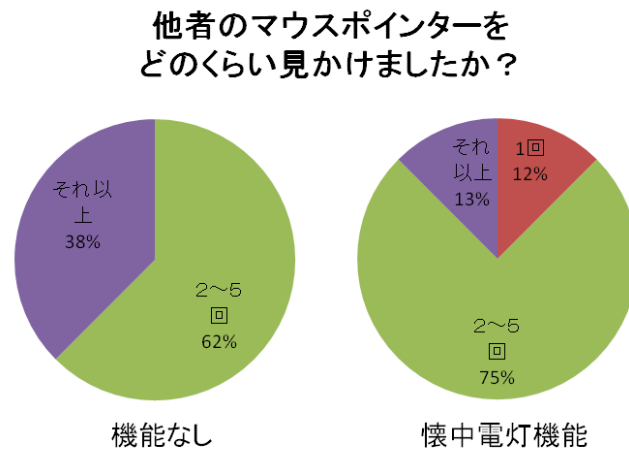


Fig 5.15: 他者のマウスポインターを見かけた回数

「懐中電灯機能が有効のときと無効のときで、他者のマウスポインターの動きに変化があったと感じましたか？」という問いに、変化を感じたと回答した被験者は8人中2人であった。この被験者らは変化の内容を

- ・マウスポインターが文章に対応して動くようになった
- ・マウスポインターの動きがゆっくりになった

と回答している。しかし、半数以上の被験者が変化を感じなかったと回答した。これは、そもそも他者のマウスポインターに気づきにくくなったこと、他者のマウスポインターの位置が暗く動きを把握しづらかったことが理由と考えられる。

対照的に、「懐中電灯機能が有効のときと無効のときで、自分のマウスポインターの動きに変化があったと感じましたか？」という問いには、全被験者が変化を感じたと回答した。「どのような変化を感じたか」との問いには、

- ・自分の見たいところへマウスポインターを動かすようになった
- ・サイトを見るためマウスポインターを多く動かす必要があった
- ・見たい場所が見えにくいのでいつも以上に動かした
- ・文章をなぞる必要があった

という回答が得られた。

以上より、懐中電灯機能によってユーザーの視線とマウスポインターの位置が関連付けられることはユーザーのアンケートからも示されているが、他者のマウスポインターからその変化を意識的に得ることは難しいことがわかった。また、他者のマウスポインターの周辺が暗いために他者のマウスポインターへの興味が増えることがあるとわかった。

他者のマウスポインターの位置に興味を持ちましたか？

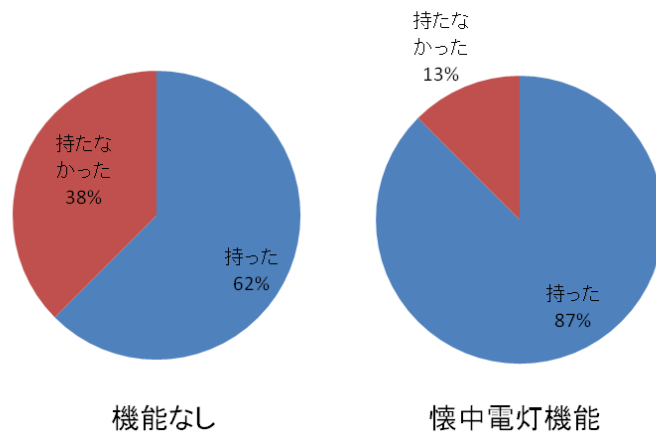


Fig 5.16: 他者のマウスポインター位置への興味の有無

懐中電灯機能が有効のときと無効のときで、他者のマウスポインターへの興味に変化はありましたか？

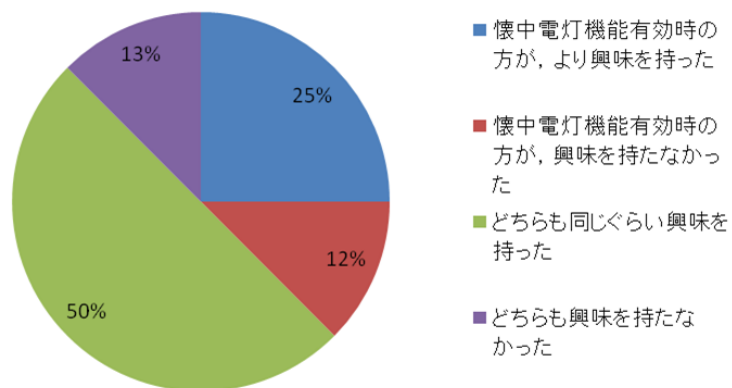


Fig 5.17: 懐中電灯機能による他者のマウスポインター位置への興味の変化

他者のマウスポインターや閲覧中 Web ページを可視化することへの意見

図 5.18 は、コミュニケーションにおけるマウスポインター位置の重要性について被験者に聞いた結果である。半数以上の被験者がマウスポインター位置は重要であり可視化してコミュニケーションを行うべきだと回答した。また、8人中7人が可視化に肯定的な意見を示した。理由として、以下が挙げられていた。

- ・どこを見ているかが分かれば面白く参考にもなるから
- ・リアルタイムでマウスポインターの動きが見えるためより他者の存在を感じた
- ・ページのどこの部分がよく読まれているのかとか、分かれば便利だと思う。
- ・ほかの人がどこを見ているか目視できればコミュニケーションにおける距離も縮まると思う
- ・マウスポインターの位置が見えるのはおもしろいと思う

また、重要だと思わないと回答した被験者は、

- ・マウスポインターを使わないことも多いので
- ・ポインタを合わせるのはリンク先をクリックするときのみ（一瞬）それ以外はたいていブラウザの外にいる

という理由を挙げていた。

図 5.19 は、コミュニケーションにおける閲覧中 Web ページの重要性について被験者に聞いた結果である。全被験者が、Web ブラウザー上のコミュニケーションにおいて他者の閲覧中 Web ページは重要であると回答し、8人中7人が可視化すべきだと回答した。以下が理由として挙げられた意見である。

- ・自分の知らない分野への新たな興味がわく
- ・他者がどんなページを見ているか興味がある
- ・知り合いがどのページを見ているのかは多少興味がある
- ・話のネタを共有している安心感から会話を始めやすい気がする

Webブラウザ上でのコミュニケーションにおいて、
マウスポインターの位置は重要だと思いますか？

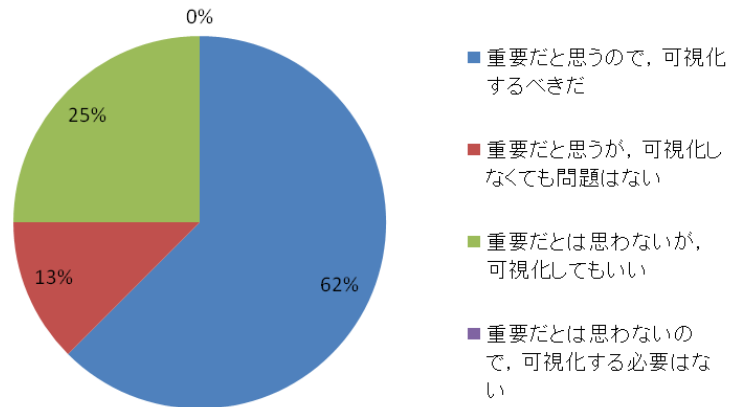


Fig 5.18: コミュニケーションにおけるマウスポインター位置の重要性に関するアンケート調査

Webブラウザ上でのコミュニケーションにおいて、
他者の見ているWebページは重要だと思いますか？

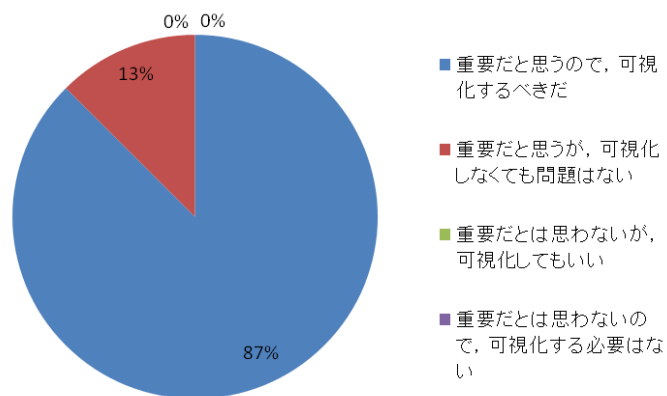


Fig 5.19: コミュニケーションにおける閲覧中 Web ページの重要性に関するアンケート調査

第 6 章

考察

本章では、前章で得られたマウスポインター機能に関する実験結果やアウェアネス提供方法のアンケートを踏まえ、提案するアウェアネス提供方法に関して再度考察、検討する。

6.1 提案するアウェアネス提供手法の有用性

実験3におけるアンケート調査より、他者のマウスポインターを可視化することに肯定的な意見を持つユーザーが多いことがわかった。さらに、他者が閲覧中の Web ページを可視化すべきと考えるユーザーも非常に多いことがわかった。

よって、本研究で提案した、アウェアネスとして他者のマウスポインターや他者の閲覧中 Web ページを可視化する手法は、インフォーマルコミュニケーション誘発のためのアウェアネス提供手法としてユーザーに受け入れられやすいことがわかる。

6.2 マウスポインター機能

6.2.1 懐中電灯機能

実験1より、懐中電灯機能はユーザーの視線とマウスポインターの位置を関連付けることができ、目的を達成しているとわかった。特に懐中電灯機能を有効にすることで横方向への動きが多くなり、文章をなぞる行為などがマウスポインターの動きに反映されることが確かめられた。

しかし、実験2より違和感が非常に大きく、日常の使用には耐えられないというユーザーが多いこともわかった。上下のみ暗くすることで違和感が少なくなることが確認されたが、その場合実験1で特徴的だった横方向への動きの増加が認められなくなると考えられる。上下のみ暗くすることで違和感が少なくなることから、懐中電灯機能が与える違和感はマウスポインターの左右が暗くて見えないことから生じると考えられる。現在の Web ページはほとんどが横書きであり、ユーザーは横方向に視線を動かしながら Web ブラウジングを行うことが多いことが関係していると思われる。

ユーザー視線のマウスポインターへの反映を維持しつつ違和感を減少させるには、左右の不透明度のみ小さくして見やすくする等の工夫が必要だと考えられる。

また、現在の実装では決められた範囲は明るく、その他は全て均一な不透明度であったため、明確に視野を制限されているという意識が生まれてしまうことも違和感の一因であると考えられる。よって、マウスポインターから離れるに従って徐々に暗くしていくなどの工夫で違和感を軽減できると考えられる。

6.2.2 拡大鏡機能

実験1より、機能がなかった場合に比べてマウスポインター移動距離の増加が認められたため、ユーザーの視線とマウスポインターの位置をある程度関連付けることができたと考えられる。しかし、懐中電灯機能のように横方向の視線の動きを正確に関連付けることはできなかった。

実験2より、拡大鏡機能は懐中電灯機能よりも与える違和感が少なく、通常のWebブラウジングよりも使いやすいと感じるユーザーも少数だがいることがわかった。縮小率30%~40%が違和感の最も少ない最適値だと考えられる。実験2より縮小率30%のときの方が縮小率50%よりも違和感が少なかったことがわかったが、30%のときの被験者の意見として、マウスポインターの細かい動きが必要とされるのでWebブラウジングしづらいとの回答もあったため、これ以上縮小率を下げることは好ましくないと考えられるからである。

6.2.3 アウェアネスへの影響

マウスポインターの位置にユーザーの視線を関連付けるために懐中電灯機能と拡大鏡機能を提案したが、他者のマウスポインターを表示する上でもマウスポインター機能が有効的に働くことが実験3からわかった。

懐中電灯機能を使った上でのアウェアネス交換では、他者のマウスポインターに気づく回数は減少したが気づいた場合はそれに興味を持つ回数が増えることがわかった。懐中電灯機能はユーザーのWebブラウジングへの集中度を高めるため他者のマウスポインターに気づきにくくなるが、気づいた場合は他者のマウスポインターの周辺が隠れているためそこに何があるのか興味を持ちやすいのだと考えられる。

拡大鏡機能を使った上でのアウェアネス交換では、縮小率が大きいほうが他者のマウスポインターに興味を持つ回数が増えることがわかった。左側のWebブラウザ画面が縮小されてより広い範囲を見ることができるようになったことで他者のマウスポインターが見やすくなり、他者のマウスポインターに興味を持つユーザーが増えたからだと考えられる。

以上のように、マウスポインターの機能は他者のアウェアネスへの興味を引き起こす効果があると考えられる。ユーザーの視線をマウスポインターの位置に反映させることもできるため、Webブラウザ上でのアウェアネスの提供においてマウスポインター機能は有効的であると考えられる。

6.2.4 最適なマウスポインター機能の検討

マウスポインター機能はアウェアネスに有効的であると言えるが、違和感が多いとそもそもユーザーに不快感を与えるためコミュニケーションツールの機能として適して

いるとは言えない。つまり、アウェアネスに有効的である部分を残した上で違和感を少なくする工夫が必要だと考えられる。

そこで、拡大鏡機能の拡大エリアに懐中電灯機能を利用することを検討した。

違和感が最も少なかったのは拡大鏡機能(縮小率 30%)であったが、拡大鏡機能の場合には視線の横方向の動きを正確に反映させることはできない。そこで、拡大鏡機能使用時に拡大エリアに拡大表示される範囲の横幅を縮めることで、ユーザー視線の横方向の動きをマウスポインターに反映させることができると考えられる。ただし、横幅を縮めすぎると懐中電灯機能と同様に不快感が増すと考えられる。懐中電灯機能はユーザー視線の動きを横方向の動きも含めて反映させることができるが、我慢できないほどの違和感を持つユーザーが多いため徐々に暗くする等の工夫で違和感の減少を図る必要があると言える。つまり、同様の工夫を拡大エリアにも取り入れることで横幅を縮めても違和感が大きくなることを抑制できると考えられる。

このようなマウスポインター機能を利用することで、ユーザーの違和感を抑えながらマウスポインターの位置にユーザーの視線を関連付けることが可能になると考えられる。また、他者のマウスポインターが縮小部分にまとめて表示され、拡大エリアには自分のマウスポインターに近い他者のマウスポインターが見えるようになるため、他者への興味がより大きくなると考えられる。

以上より、マウスポインター機能として拡大鏡機能の拡大エリアに懐中電灯機能を利用することで、違和感を抑えつつアウェアネス提供支援を行うことができると考えられる。

6.3 アウェアネス表示手法の改善

6.3.1 他者の閲覧中 Web ページの表示方法

実験 3, 1 回目の実験の被験者からの回答で、サイドバーに表示される他者の閲覧中 Web ページの情報は URL よりも Web ページのタイトルのほうがいいという意見があった。そこで、2 回目の実験において Web ページのタイトルを表示するようにし、可視化するのは URL と Web ページのどちらがいいかアンケート調査したところ、Web ページのタイトルの方がいいという意見が多数であった。これは、タイトルの方が URL よりも Web ページの特徴を的確に表しているからだと考えられる。

Web ブラウジング中にほとんど意識することなく他者の情報を入手するためには、少ない情報量で特徴を的確に表示する必要があると言える。その点で、Web ページのタイトルを表示することは有効的であると考えられる。しかし、Web ページすべてに情報を的確に示したタイトルがつけられているわけではない。よって、Web ページの中から特徴的なキーワードや画像を抽出してサイドバーに表示するような機能が必要になると考えられる。また、あまり多くの情報をサイドバーに表示することは好ましく

ないため、ユーザーのマウスポインターが上に来たときのみ詳細を表示するなどの UI を工夫する必要もあると考えられる。

6.3.2 他者のマウスポインターの表示方法

実験3の被験者からの回答で、

- ・マウスポインターの形を変化させる機能が欲しい。感情に合わせて変化させることができる面白い。

との意見があった。本研究でマウスポインターを可視化した理由は、マウスポインターがポインティングデバイスとしてほとんどのユーザーに認知されており、その形が位置を示していると認識しやすいと判断したためである。マウスポインターの位置にアバターを表示させる関連研究は第2章で紹介した通りいくつかあるが、この場合アバターの位置に意味を見出すことが難しくなると考えられる。従って、他者のマウスポインターの形は大きな変化をさせず、その色や大きさの変化でユーザーの状態を表す機能が有効的だと考えられる。さらに、自分の状態を変化させるためにユーザーの意図的な行動が必要になることは好ましくないため、ユーザーの Web ブラウジングの状態によって自動的に表示を変化させる機能とする必要がある。

従って、例えば以下のように可視化する他者マウスポインターの表示を変化させる機能が有効的だと考えられる。

- ・一定時間以上マウスポインターに動きがない場合大きさを小さくする
- ・一定時間以上同じ Web ページにいる場合色を変化させる
- ・同じ Web ページにいる回数が多いユーザーのマウスポインターを大きくする

6.4 セキュリティ機能

被験者からの意見として、

- ・特定のページを表示する/しないを決めるプライバシー機能が欲しい。
- ・フレンドリストのような、公開範囲を指定出来る機能が欲しい。知らない人や、当該ページを見ている事を知られたくない人に自閲覧ページがわかってしまうのは少々抵抗がある。

との回答が寄せられた。

現在の Idobata にあるセキュリティ機能は、http://ではじまる URL 以外は他者に送信しない機能と通信時にユニークな ID を使用することで成りすましを防止する機能の2種類のみである。しかし、自分のアウェアネス情報をすべてのユーザーに同じように提供することに抵抗があるユーザーが多いと考えられるため、ユーザー自身であらかじめアウェアネス情報の公開範囲を決めることができる機能が今後必要になると考えられる。

第 7 章

結論

7.1 まとめ

本研究では、Web ブラウザー上で他者との偶然の出会いを引き起こすことを最終目標としている。そのためには Web ブラウザー上でのアウェアネス提供が必須となるため、その提供手法について考察した。そして、アウェアネス情報として以下の4つを使用することを提案した。

- ・名前
- ・マウスポインターの位置・動き
- ・閲覧中 Web ページのアドレス
- ・コメント

また、マウスポインターの位置情報をアウェアネスとして有効な情報とするために、ユーザーの視線とマウスポインターの位置を関連付けるマウスポインター機能を2種類提案した。さらに、スケーラビリティを考慮し、Web ブラウザー間の P2P 型直接通信を用いてアウェアネス情報を交換することを提案した。

以上の提案のうち、Web ブラウザー間の直接通信機能とマウスポインター機能を実装したコミュニケーションツールを Firefox 拡張機能として試作し、評価実験を行うことで提案した4つのアウェアネスの有効性とマウスポインター機能の有効性の検証を行った。

検証した結果、マウスポインターの位置や閲覧中 Web ページをアウェアネスとして提供することが Web ブラウザー上でのコミュニケーションに必要なだと考えるユーザーが多いことがわかった。また、提案したマウスポインター機能が、マウスポインターの位置にユーザーの視線を関連付けるだけでなく、他者のマウスポインター情報への興味を引き起こす効果も持ち、アウェアネス提供手法として有効的であることが示された。

さらに、マウスポインター機能が与える違和感について調査し、最も違和感が少なくかつアウェアネスに有効的な状態が、拡大鏡機能(縮小率 30%)の拡大エリアに懐中電灯機能を使用する状態であるとの結論を得た。

7.2 今後の課題

本論文では、10名以内の小さい集団内でマウスポインターの位置情報や閲覧中 Web ページの情報をアウェアネスとして交換することの有効性を確かめた。

今後は、提案した手法のうち、今回実装しなかったスケーラビリティへの対応機能、NAT 越え対策、コミュニケーション開始後のサポート機能を実装し、Firefox 拡張機能 Idobata を一般ユーザーが利用できる状態にした上で、多人数で Idobata を利用した場合にも提案手法が有効かどうか検証する必要がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり，多くの方々にご協力をいただきました。

相田仁教授には，研究の上で多岐に渡るご指導，ご教示を頂きました。深く御礼申し上げます。

また，相田研究室秘書の中山早百合氏には，事務面でのサポートだけでなく日頃の生活面への温かいサポート，アドバイスを頂きました。心より感謝致します。

技術専門職員の千葉新吾氏には，研究室のみでなく，私の学生生活全般において大変お世話になりました。深く感謝致します。

また，相田研究室所属の学生の方々には公私に渡り多くの助言を頂き，本研究へのご協力も頂きました。深く感謝致しております。

そして，本研究の実験にご協力頂いたすべての方に，改めて御礼申し上げます。

最後に，現在に至るまで常に私を支え続けてくれた家族と妻に，心から感謝致します。

皆様，本当にありがとうございました。

2011年2月9日

参考文献

- [1] Robert S. Fish, Robert E. Kraut, Barbara L. Chalfonte, “The VideoWindow System in Informal Communications”, CSCW '90, pp.1-12, 1990
- [2] Robert E. Kraut, Robert S. Fish, Robert W. Root, Barbara L. Chalfonte, “Informal Communication in Organizations: Form, Function, and Technology”, I S. Oskamp & S. Spacapan (Eds.). Human Reactions to Technology: The Claremont Symposium on Applies Social Psychology. Beverly Hills, CA: Sage Publications, 1990
- [3] Steve Whittaker, David Frohlich, and Owen Daly-Jones, “Informal workplace communication: what is it like and how might we support it?”, In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: celebrating interdependence (CHI '94), Beth Adelson, Susan Dumais, and Judith Olson (Eds.). ACM, New York, NY, USA, pp.131-137, 1994
- [4] Damian, D., Izquierdo, L., Singer, J., Kwan, I, “Awareness in the Wild: Why Communication Breakdowns Occur”, Global Software Engineering, 2007. ICGSE 2007, pp.81-90, 2007
- [5] Paul Dourish, Sara Bly, “Portholes: Supporting Awareness in a Distributed Work Group”, CHI '92, pp.541-548, 1992
- [6] ADAM N. JOINSON, “Self-disclosure in computer-mediated communication: The role of self-awareness and visual anonymity”, European Journal of Social Psychology, pp. 177-192, 2001
- [7] 小柴等, 加藤直孝, 國藤進, “グループ意思決定におけるアウェアネス : 通信環境と GDSS の観点から”, 情報処理学会論文誌, vol.47, No.1, pp.77-86, 2006
- [8] 千葉, 慶人, 西本, 一志, “分散・区分オフィス環境のための反復型知識創造促進システム”, 第 5 回知識創造支援システムシンポジウム報告書, pp.159-166, 2008
- [9] Vinod Yegneswaran, Paul Barford, Vern Paxson, “Using Honeynets for Internet Situational Awareness”, In Proceedings of the Fourth Workshop on Hot Topics in Networks (HotNets IV), College Park, MD, 2005
- [10] Margaret-Anne D. Storey, Davor Čubranić, and Daniel M. German, “On the use of visualization to support awareness of human activities in software development: a survey and a framework”, In Proceedings of the 2005 ACM symposium on Software visualization (SoftVis '05), 2005

- [11] 松浦宣彦, 日高哲雄, 岡田謙一, 松下温, “VENUS: Internet Awareness を支援したインフォーマルコミュニケーション環境”, 情報処理学会論文誌, vol.36, No.6, pp.1332-1341, 1995
- [12] 松本祐司, 大西 康伸, 仲 隆介, 山口 重之, “分散型設計コラボレーションにおけるインタラクシヨンの活性化に関する研究”, 日本建築学会環境系論文集(603), pp.119-126, 2006
- [13] 高橋 正道, 北山 聡, 金子 郁容, “ネットワーク・コミュニティにおける組織ウェアネスの計量と可視化”, *Transactions of Information Processing Society of Japan* 40(11), pp.3988-3999, 1999
- [14] 金 ナレ, 神堀 真也, 相田 仁, “知人同士のインフォーマルコミュニケーションを支援するプレゼンスサービスシステムの検討”, 情報処理学会研究報告. GN, 33, pp.1-6, 2009
- [15] Wikipedia, “Gooney”, <http://en.wikipedia.org/wiki/Gooney>
- [16] Wikipedia, “Odigo Messenger”, http://en.wikipedia.org/wiki/Odigo_Messenger
- [17] “NewLiveWall!” <http://nlwnewg.appspot.com/>
- [18] Yu You, Samuli Pekkola, “Meeting others--supporting situation awareness on the WWW”, *Decision Support Systems*, Volume 32, Issue 1, November 2001
- [19] Nakano Y, Tsukada K, Takagi S, Iwasaki K, Yoshimoto F. ”Support System for Informal Communication in 3D Web World”, *IEEE Cyberworlds*, 2004 International Conference, pp.439-446, 2004
- [20] “Nesutu (仮) - Web ブラウザ上で楽しむ新感覚ソーシャルコミュニケーションツール”, <http://adgjm.net/nesutu.htm>
- [21] 小島 康寛, 田野 俊一, 岩田 満, 市野 順子, 橋山 智訓, “Web 上の閲覧者の相互可視化とリアルタイム交流を実現するコミュニケーション支援”, 情報処理学会研究報告. HCI, 79, pp.21-26, 2008
- [22] 中井 公一, 竹内 勇剛 “ネットワーク環境における仮想マウスポインタを用いた社会的側面の象徴化” 電子情報通信学会技術研究報告, HCS, 103(742), pp47-52, 2004
- [23] Mon Chu Chen, John R. Anderson, and Myeong Ho Sohn., “What can a mouse cursor tell us more?: correlation of eye/mouse movements on web browsing”, In *CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI '01)*, pp.281-282, 2001
- [24] Iorian Mueller and Andrea Lockerd., “Cheese: tracking mouse movement activity on websites, a tool for user modeling”, In *CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI '01)*, pp.279-280, 2001
- [25] “OpenAjax Alliance”, <http://www.openajax.org/index.php>

- [26] “The WebSocket API Editor's Draft”, <http://dev.w3.org/html5/websockets/>

発表文献

[27] 櫻井元晴, 相田仁, “インフォーマルコミュニケーション誘発のための Web ブラウザ上での他者の可視化手法の検討”, 情報処理学会全国大会, 2011