

2017 年度修士論文

確認タイミングに着目したテキストストリームの
モニタリング支援システムに関する研究
Study on Monitoring Support System of Text Stream Data
Focusing on Confirmation Timing

提出日：2018 年 1 月 31 日

首都大学東京大学院
システムデザイン研究科
システムデザイン専攻
情報通信システム学域
高間研究室

学修番号：16890541

氏名：吉田 和人

指導教員：高間 康史 教授

目次

| | |
|--|-----|
| 1. はじめに..... | 1 |
| 2. 関連研究..... | 3 |
| 2.1. モニタリング支援..... | 3 |
| 2.1.1. 可視化方法に着目したモニタリング支援..... | 4 |
| 2.1.2. 情報の属性に着目したモニタリング支援..... | 8 |
| 2.1.3. システムとのインタラクションに着目したモニタリング支援..... | 9 |
| 2.2. 作業効率化..... | 11 |
| 2.2.1. 作業ログ評価..... | 11 |
| 2.2.2. 作業割り込み軽減..... | 13 |
| 3. 確認タイミングに着目したテキストストリームのモニタリングシステム..... | 18 |
| 3.1. システム概要..... | 18 |
| 3.2. システム構成..... | 21 |
| 3.2.1. テキストストリーム統合部..... | 22 |
| 3.2.2. 作業度計算部..... | 26 |
| 3.2.3. ユーザインタフェース部..... | 28 |
| 3.2.4. ユーザスタンス検知部..... | 33 |
| 4. 実験..... | 35 |
| 4.1. 作業度のパラメータの決定に関する調査実験..... | 36 |
| 4.1.1. 実験概要..... | 36 |
| 4.1.2. 実験結果..... | 37 |
| 4.1.3. 考察..... | 45 |
| 4.2. 提案システムの明度調整の特性調査実験..... | 51 |
| 4.2.1. 実験概要..... | 51 |
| 4.2.2. 実験結果..... | 57 |
| 4.2.3. 考察..... | 61 |
| 4.3. 提案システムの評価実験..... | 65 |
| 4.3.1. 実験概要..... | 65 |
| 4.3.2. 実験結果..... | 70 |
| 4.3.3. 考察..... | 88 |
| 5. おわりに..... | 116 |
| 参考文献..... | 118 |

1. はじめに

本論文では、テキストストリームの確認タイミングに着目したモニタリング支援システムを提案する。

近年の情報通信技術の発展に伴い、オンラインニュースやメール、SNS といった多種多様なテキストストリームが生成されている。朝日新聞の RSS¹にて配信されているニュースは一日あたり約 120 件、毎日新聞の RSS²で配信されているニュースは約 200 件程度にも及ぶ。一般的にユーザは複数のサイトを巡回することから、一日に受け取る新着記事の数はさらに増加するといえる。また、近年 SNS の普及が続き、2016 年の時点で 20 代の 97.7%は LINE や Twitter, FaceBook などの SNS サービスを利用しているという調査結果も出ている [1]。これらのテキストストリームはユーザにとって有益な情報を含んでおり、定期的に関連しているユーザは多数存在するが、個人が随時到着するすべての情報を常時確認することは不可能である。

これらのテキストストリームの確認は休憩時間など、メインタスクの合間に行われる作業であり、モニタリングを行う度にメインタスクが中断されることになるが、作業に割り込みが発生すると知的生産性が低下してしまう問題が発生する。中断後に再開したタスクは中断されない場合の 2 倍の時間がかかること [2]や、中断されたタスクの 40%は再開されないこと [3]などが指摘されている。また、近年日本では、作業の生産性に関する問題が注目されている。日本生産性本部の 2017 年度の調査 [4] では、日本の時間あたりの労働生産性は 46.0 ドルであり、OECD (経済協力開発機構) 加盟国 35 か国中 20 位となっている。主要先進 7 か国で見ると、データの取得可能な 1970 年以降最下位の状況が続いている。また近年、「働き方改革」 [5]の実現に向けて業務の効率化が重要視されており、生産性の向上は国全体を挙げて取り組むべき問題となっている。このような背景より、情報のモニタリングを円滑に行うことを支援しつつ、メインタスクへの影響を考慮したシステムの必要性が考えられる。

本論文では、テキストストリームの確認をメインタスクの途中に確認するという状況を仮定し、その確認タイミングに着目したモニタリング支援システムを提案する。テキストストリームの確認タイミングを決定する際の目安はユーザ毎に異なるとの仮定に基づき、「ユーザが重要視する目安に基づいてテキストストリームを確認できるタイミング」を適切な確認タイミングと定義し、その判断の手がかりとなる指標を提示する。また、提案システムを利用すること自体がメインタスクの作業効率を低下させない事にも配慮する。

提案システムでは、明度を利用してユーザの注意を引く強さを調整する。明度の変化は人が注視している部分以外で発生しても知覚することが可能であることが知られており [6]、ユーザの気づきを促すことに優れている。また、メインタスクに集中している時の明度を低

¹ <http://rss.asahi.com/rss/asahi/newsheadlines.rdf>

² <http://rss.rssad.jp/rss/mainichi/flash.rss>

くすることにより、提案システム自体がメインタスク実行を妨害しないようにすることも可能である。

また、適切な確認タイミングに影響を与える要因として、確認前の貯まっているテキストストリーム量、テキストストリームの重要度、メインタスクの状況、ユーザの個性の4種類を考慮する。貯まっているテキストストリームは量を直感的に確認することに優れている棒グラフで可視化する。テキストストリームの重要度が高い場合、概要も表示することで確認を容易にする。メインタスクの実行状況をキーボードやマウスといった入力機器のログから作業度として定量化し、時間軸を持った棒グラフを用いて可視化する。また、作業度が低い時には、明度の変化によって提案システムに対するユーザの注意を高める。適切な確認タイミングに関するユーザの個性については、テキストストリームの可視化量、重要度、確認間隔のうち、どの指標を重視して確認タイミングを決定するかに反映されると考える。数回のテキストストリームの確認からユーザの重視する指標を検知し、それぞれの指標に合わせて明度の変化により提案システムに対するユーザの注意を高める。

提案システムの有効性を検証するため、5時間の間、各自作業中を行ってもらいながら提案システムを使用してもらった実験を行った。実験後に行ったアンケートの結果より、ストリームデータの可視化量を重要視した6人全員から、重要データの配信を重要視した5人中4人から重要視した指針でモニタリングが可能との回答を得た。また、実験時の確認タイミングにおける貯まったストリームデータ量を分析した結果、ストリームデータの可視化量を重視したユーザの確認時のデータ数が安定することがわかった。また明度変化により、ストリームデータの確認間隔が安定する、重要データの配信からの確認時間が短くなるといった、ユーザの確認行動を変化させる効果が観測された。これらの結果より、提案システムの有効性や、モニタリング支援システムの開発に関する知見について考察する。

2. 関連研究

2.1. モニタリング支援

今日、情報通信技術の急速な発展により、メールやオンラインニュース、Twitter のツイート等の莫大な量のテキストストリームが世界中の様々な場所から配信される時代となっている。これらのテキストストリームの中にはユーザにとって有益な情報も多数含まれており、定期的に閲覧を行うユーザは多数存在する。しかし、テキストストリームの量は莫大であり、これらのすべてのデータの中からユーザが自分にとって必要な情報を選択し入手すること、またこれらのデータを常時確認しておくことというのは非常に困難である。そのため、情報のモニタリング支援が必要であると考えられる。

情報のモニタリング支援を行っているサービスの例として、キュレーションサービス [7] が挙げられる。キュレーションとは、『人手で情報やコンテンツを収集・整理し、それによって新たな価値や意味を付与して共有する』 [8] ことであり、これにより情報をまとめ、共有するサービスの総称はキュレーションサービスと呼ばれる。キュレーションサービスは、人手ではなく独自のアルゴリズムを用いて情報を選別し提供するサービスと、各ユーザが情報を集約し公開するサービスの2種類に分類される。前者には Gunosy³や SmartNews⁴、後者には NAVER まとめ⁵や Togetter⁶が挙げられる。どちらも莫大な量の情報を集約し、ユーザの情報モニタリングを支援するサービスであり、情報のモニタリング支援は多くのユーザにとって有用で、社会的意義が高いことを示している。

情報のモニタリング支援のアプローチとして、2.1.1 項では可視化方法に着目したモニタリング支援、2.1.2 項では情報の属性に着目したモニタリング支援、2.1.3 項ではシステムとのインタラクションに着目したモニタリング支援についてそれぞれ述べる。

³ <https://gunosy.com/>

⁴ <https://www.smartnews.com/ja/>

⁵ <https://matome.naver.jp/>

⁶ <https://togetter.com/>

2.1.1. 可視化方法に着目したモニタリング支援

情報モニタリング支援のアプローチの一つとして、情報可視化が研究されている。ただの数字や文字の羅列では理解が困難な、莫大な量のデータを、人間の認識で直感的に感じ取れるような構造、色等を用いて表現することによって、情報閲覧や理解の支援を行うことが可能となる。

情報可視化の要素として、Carpendale [9] がまとめた視覚記号と視覚変数を紹介する。視覚記号とは可視化の基本単位として定義され、点、線、面、立体の4種類から成る。これらの視覚記号はそれぞれ位置、大きさ、形、明度、色、向き、テクスチャ等の属性を持ち、可視化されるデータの特徴を反映させる。これらの視覚記号の持つ属性を視覚変数という。視覚変数は、それぞれ異なるものとして判別できるか（選択性）、グループとして認識できるか（連想性）、大きさが2倍など数値的に読み取れるか（定量性）、大小など順序が読み取れるか（順序性）、どれくらいの種類をつかえるか（変種の数）という性質を持ち、可視化するデータの特性や表したい事柄をもとに選択することが重要である。

情報可視化の技術を用いた情報モニタリング支援の研究開発事例として、長谷川ら [10] は、配信された文書データのテキスト情報と時刻情報をもとに、ユーザが現在のトレンドを大まかに把握することを支援する可視化インタフェース T-Scroll (Topic/Trend-Scroll) を提案している。

T-Scroll では文書データにクラスタリングを行い、クラスタ内のキーワードをタイトルとする楕円を各時刻について生成し可視化を行う。楕円の位置によって時系列を、大きさによってクラスタ内の文書数を、輪郭の色によってクラスタ内の文書数や文書同士の類似度といったクラスタの品質に関する情報を表す。また各時刻のクラスタ同士の関連性を、直線を用いたリンクによって示す。前後の時刻におけるクラスタの関連性を示すことによって、ある時刻のデータだけでは把握できない大まかなトレンドをユーザがとらえることを支援する。

Benjamin ら [11] は、オンラインニュースを対象とし、地理情報に着目した情報可視化を行う NewsStand を提案している。多くのニュース記事には明示的にジオタグがつけられておらず、ニュースの理解を深める地理的な情報が反映されていないことを指摘し、あるイベントに対する複数のニュース記事から地理情報を抜き出し、地図上の該当位置にマーカーやキーワードを配置する。これにより、ハリケーンの移動経路や地域ごとのトップニュースなどの位置的な情報を直感的に理解することが可能となる。

黒澤ら [12] は、バグ管理システムを対象とし、本務の合間に行う定期的なモニタリングを支援するシステムを提案している。このシステムのスクリーンショットを図 2-1 に示す。

バグ更新システムではバグに関与する人物、バグのステータス、重要度、直近の更新頻度、修正に向けた進展、バグ間の関連性の把握が重要であると考え、これらを移動する二重円（ノード）によって可視化する。各ノードはバグに対応しており、ノードの時系列を横軸方向の位置によって表す。関与人物が類似したバグはノードの進行方向が同じ群れとして表し、バグ間の関係はノード間に直線を描くことで表現する。ステータス、重要度はユーザが一目で確認できるようにノードの色で表す。各バグの直近の更新頻度はノードの外側の半径、修正に向けた進展はノードの内側の半径を用いて表現しており、ユーザは一目で進行状況を判断できる。また、前回のモニタリング時から変更されなかったバグは極小サイズのノードで表現し、変更されたバグに対しては過去の位置とステータスを軌跡として表示する。これによって、モニタリングを中断し、本務に取り組んでいる間に発生するユーザのコンテキストの喪失を軽減することを試みている。

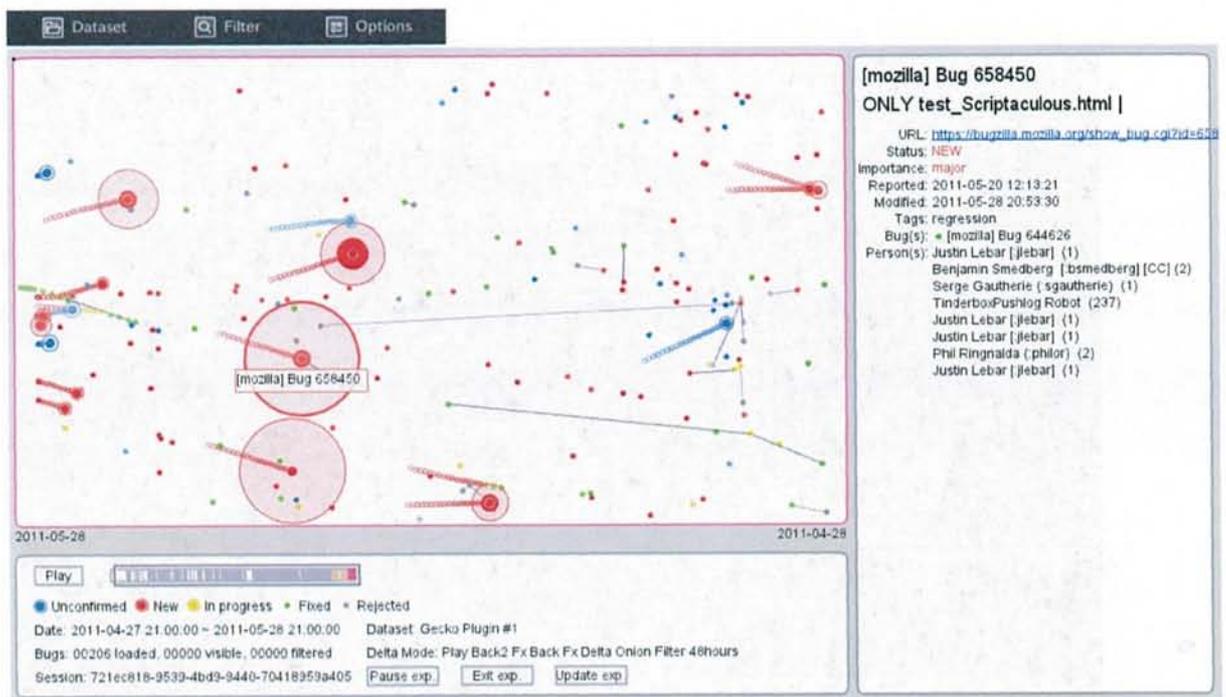


図 2-1 複数バグ管理システムを対象としたモニタリングシステムのスクリーンショット（[12] より引用）

奥村ら [13] は、複数の BBS スレッドを対象とし、定期的なモニタリングを支援するシステムを提案している。このシステムのスクリーンショットを図 2-2 に示す。

システムは画面左側にある円状の全体話題表示部、右側にある円状のスレッド内話題表示部に分かれている。モニタリングを行う上で基準となるメインキーワードを最初に決定し、メインキーワードに基づき BBS から関連スレッドを抽出し円状に可視化する。メインキーワードは両方の円状部分の中心に赤いバブルを用いて可視化される。メインキーワードの周囲に、追跡対象となるユーザキーワードが赤い円弧状に可視化される。これらの周囲に配置されている黄色の円で表現されるキーワードは、ユーザキーワードと共に投稿に出現していることを表しており、キーワード間の関連性から現在の話題の推測を支援している。円状部分の外周に配置されている緑色の円で表現されるキーワードは追跡候補であり、ユーザは任意のキーワードをユーザキーワードとして指定可能である。このように、色により役割の違うキーワードの区別を容易にし、位置関係によりキーワードの関連を直感的に表している。

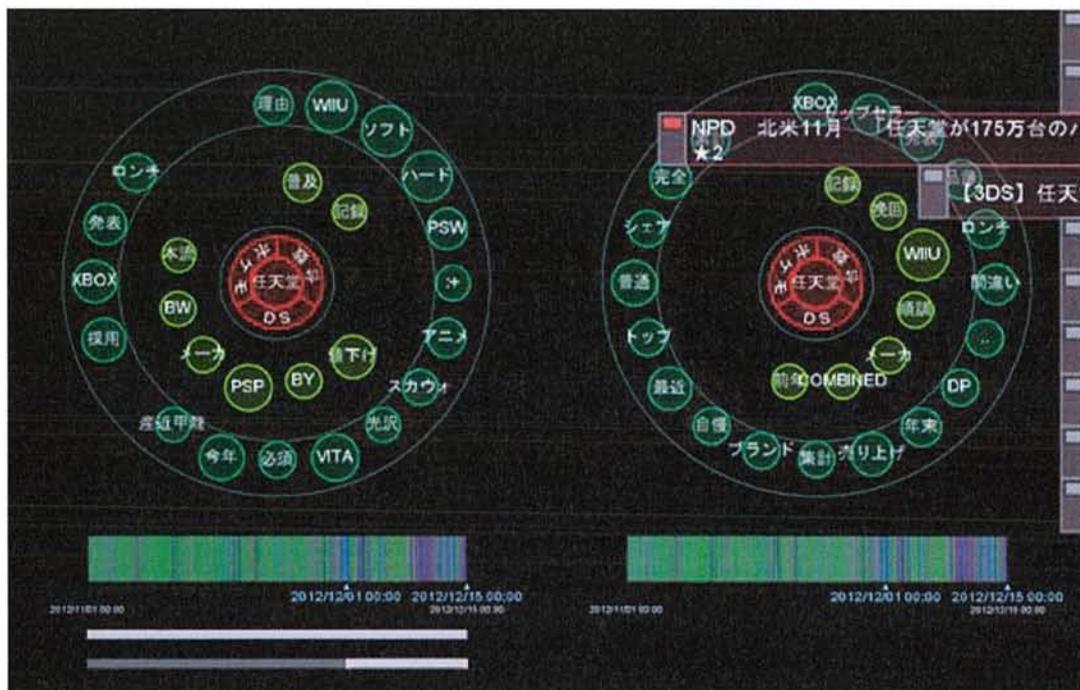


図 2-2 複数 BBS スレッドを対象にした
モニタリング支援システムのスクリーンショット ([13] より引用)

沼野ら [14] は、オンラインニュースを対象としたモニタリングシステムを提案している。オンラインニュースに対してクラスタリングを行い、リストモード、続報記事数提示モードの二つのモードを持つインタフェースを用いて可視化を行う。リストモードでは新着記事の一覧、話題ごとに記事を分類した話題クラスタ内に登場する単語の tfidf 値上位 3 単語を切り替えて確認することが可能である。クラスタ内の単語のタグクラウドは、tfidf 値を用いた単語の重要度により大きさや色が変わり、一目で重要な単語を理解することが可能である。また、ユーザの新着ニュースやクラスタの関心を推測し、関心度が高いほど濃い色で強調表示する。

続報記事数提示モードのスクリーンショットを図 2-3 に示す。このモードでは、ユーザが関心のある話題クラスタの続報記事数を確認することが可能である。ユーザが前回の記事確認時にお気に入りとして登録した記事が含まれる話題クラスタに対し、黄色い四角形を用いて続報記事数を示す。また、新着記事の総数を赤い棒グラフによって示す。これらの機能により、ユーザがモニタリングを行うタイミングを決定することを支援する。

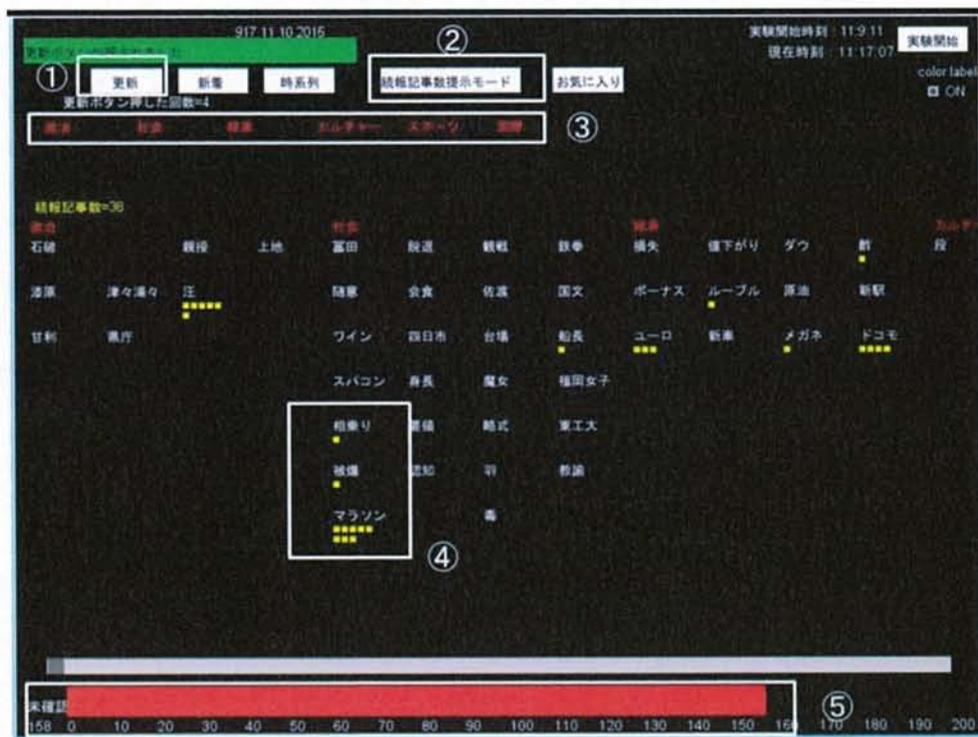


図 2-3 オンラインニュースを対象としたモニタリングシステムの続報記事数提示モード ([14] より引用)

2.1.2. 情報の属性に着目したモニタリング支援

情報モニタリング支援のアプローチの一つとして、情報の属性に着目した研究がなされている。情報の属性とは、関連情報を明示的に記述したメタデータや、情報の一部を用いて計算されるデータである。ニュース記事ならば、配信元や著者、配信日時がメタデータであり、文中の単語を抽出したものは計算されるデータであると言える。

情報の属性はモニタリングの際、その情報に対する理解を深める、また重要かどうか判断する指針となる。以下に、情報の属性に着目したモニタリングシステムの研究事例を示す。

理解度を深めるために情報の属性を用いている例として、ニュース配信アプリケーションの研究事例を紹介する。ニュースとなったイベントに対する視点や解釈の仕方、最終的な意見は記事配信元メディアにより異なり、一部のメディアのニュースを見るだけでは理解が偏ってしまう。そのため、複数のメディアから配信されるニュースを確認することにより、視点や意見の違いを比較しながら読むことが重要であるとされる [15] [16]。この問題に対して、Souneilら [15] は、あるイベントに対するメディアの視点を自動的に分類して提供する NewsCube を提案している。分類したニュースに対する視点毎にタイトル、スニペット、キーワードを提示し、複数の視点の記事を包括的に確認することを支援する。

切通 [16] らは、ユーザが閲覧している記事の意見から、同じイベントであるが最も差のある意見を持った記事を提示する NewsSalad を提案している。記事下に表示された Opposite ボタンを押すことにより、現在閲覧している記事の意見と最も異なる視点を持つ記事に遷移する。さらに Wide ボタンを押すことで、最初に閲覧した記事と Opposite ボタンを押して移動した記事の両方から最も異なる視点を持つ記事に遷移する。

Jiahui ら [17] は、ニュースが配信されている地域と各地域の意見に着目した LocalSavvy を提案している。あるイベントに対するニュース記事を国ごとに、また公式の声明か否かで分類し、さらにそれぞれの視点で書かれた意見をニュース記事内から抽出して強調表示する。

このように、ユーザにどのように使用してもらいたいのかという明確な意図がある場合、目的に適した情報の属性を用いることにより、ユーザの情報に対する理解を支援することが可能である。反面、ユーザに明確な使用用途がない場合、どの情報を重視してユーザに伝えるのかを決めることは困難である。例えば、ニュースの重要度を考える場合、ユーザの嗜好に沿っているもの、現在社会で話題となっているもの、災害などの緊急度の高いものなどの特性 [18] が考えられ、一意に決定することは難しい。このように重要なニュースの選択基準が自明ではないため、人手により分類を行っている場合もある [19]。また、話題の変化により重要と考えられていた文中の単語が変化してしまう可能性や、ユーザの性別や住んでいる地域、興味情報により重要と考えられる単語が違うことが指摘されており [20]、重要度をユーザ毎に調整する必要があると考えられる。

2.1.3. システムとのインタラクションに着目したモニタリング支援

情報モニタリング支援のアプローチの一つとして、ユーザとシステムとのインタラクションに着目した研究がなされている。

モニタリングの対象となるデータは随時生成されているが、そのすべてを常に確認することは不可能である。確認の際にはユーザが行っている作業（メインタスク）を一時中断する、または注意をモニタリングに向けなければならない。そのため、情報のモニタリングはメインタスクと並行して行うサブタスクとしての側面を持つと考えられる。情報のモニタリングを行う際、ユーザがインタフェースを操作して使用する対話型システムが一般的に利用されている。しかし、ユーザが能動的に操作を行わなければいけないモニタリングシステムでは、ユーザのメインタスクの遂行を阻害する要因になることが指摘されている。工藤ら [21] は、メインタスクの遂行を中断できない状況でサブタスクの情報取得をする際のインタフェースが満たすべき要件として、次の三つが必要であると述べている。

- ① ユーザに不快感を与えず情報を提供するために、ユーザにとって情報が必要となる適切なタイミングを自動的に判断する。
- ② メインタスクに割り込んでユーザからの入力を求めるような対話型インタフェースであってはならない。
- ③ ユーザが明示的な目的を持っていない場合、ユーザの情報取得要求を引き出す。

また、メインタスクを阻害することなくサブタスクの情報取得をする際には、通常はシステムの振る舞いの傍観者として間接的に系に参加しつつ、必要な場合のみ自ら主体者としての役割を担えばよいという、緩やかなかわりである *soft interaction* が重要であると述べている。

システムとのインタラクションに着目した情報モニタリング支援の研究開発事例として、水口ら [22] は、インタラクションが疎な状態から密な状態への移行を促す受動的インタラクションを提案している。受動的インタラクションは次の特徴を持つものとして定義される。

- ① ユーザとシステムのインタラクションが疎な状態において、システム側からユーザに働きかけることによってインタラクションが密な状態への移行を促す。
- ② できるだけユーザの邪魔をしないように働きかける。
- ③ インタラクションが疎の状態の時は、システムを能動的に操作しないで良いようにシンプルな操作手段のみを提供する。
- ④ 操作の最終決定権はユーザに残す。

この受動的インタラクションの特性は、ユーザの邪魔を極力せず、ユーザの状況に応じて行動のきっかけを与えることができるため、常時情報の流れるようなモニタリングシステムでの利用に適していると言える。

田中ら [23] は他ユーザや情報システムからの割り込みを一括して仲介、調停し、ノンバ

ーバルな情報であるアバタの視線を用いて円滑なインタラクション開始を支援するシステムを提案している。このシステムは割り込み可能性拒否度推定に基づく提示タイミング制御技術と、視線によるアンビエント情報提示技術の組み合わせによって実装されている。割り込み拒否度推定モジュールは PC の作業履歴と利用アプリケーションの切り替えの状態から拒否度高、中、低を推測している。提示要求アピールモジュールでは、話しかけたい相手の様子をうかがう動作を模倣した「ユーザへ振り返る：視線交差」と、「ユーザと同じ対象を見る：共同注視」を用いて、ユーザに対する割り込み要求をアバタがアピールする。ユーザが作業を行っている時の割り込みにはユーザと同じ対象を見る共同注視、利用アプリケーションの切り替え時にはユーザへ振り替える視線交差を用いる。また、視線による情報提示のために秘書エージェントの試作を行っている。秘書エージェントは USB サブモニタ上にキャラクタとして表示される。

また、ユーザが優先的に実行しているメインタスクの本質的な部分ではないが、ユーザにとって有益である情報（周辺情報）を提示することを目的としたインタラクションの方法として、周辺表示法に関する研究が行われている。周辺表示法とは *peripheral display* や *ambient display* とも呼ばれ [24] [25]、周辺情報をメインタスクの妨げとならないように表示する方法である

大坪 [26] は「何か面白いものを見たい」という漠然とした要求に対して半受動的に Web 上の情報を閲覧できる *Goromi* を提案している。以下の三要素をシステムの要件として設計をしている。

- ① 最小限のインタラクションで Web 上の情報をぼんやり眺められること
- ② ユーザが関与しなくても情報は流れ続けるが、その方向性に関してユーザが関与可能なこと
- ③ 「思いがけない情報の発見」をサポートすること

この要件を満たす機能として、*Goromi* はユーザが入力した検索ワードを、*GoogleAPI* を用いて送信し、検索結果からキーワードと画像を抽出して表示する。抽出したキーワードをユーザが選択することで、最初の検索ワードとの AND 検索を行い、表示情報を変化させることができる。また、システムがキーワードをランダムで選び検索する機能により、「思いがけない情報の発見」を支援する。

渡邊ら [27] は、ユーザへの負担をかけることなく多くの情報と接するための「眺めるインタフェース」である *Memorium* を提案している。「眺めるインタフェース」とは、日常生活における活動の合間の時間を利用して、情報を獲得するためのインタフェースとして定義される。ユーザは備忘録として使われるメモなどの代わりに、*Memorium* 内のカードにキーワードを記録することが可能である。カードはインタフェース内を自動で移動する。カード同士がぶつかった時、両方のカードに書かれているキーワードを用いて自動的に AND 検索を行う。これにより、メモのような情報をためておくという動作だけで、蓄積した情報から新しい価値のある情報を得ることが可能となる。

2.2. 作業効率化

今日、長時間労働の削減や労働生産性の向上のために、作業の効率化が注目されている。日本生産性本部の2017年度の調査 [4] では、日本の時間あたりの労働生産性は46.0ドルであり、OECD（経済協力開発機構）加盟国35か国中20位となっている。主要先進7か国でみると、データの取得可能な1970年以降最下位の状況が続いている。経済のグローバル化に伴う企業の競争力強化や、QOL向上に向けたワークライフバランスの向上に向けても作業の効率化は必須であり、近年は「働き方改革」 [5] の実現に向けて、国全体を挙げて取り組むべき問題となっている。そのため、作業の効率化は社会的意義が高い問題であると言える。本節では、主にPC上で行う作業を対象とし、その効率化に関する研究について述べる。

作業の効率化を支援するアプローチとして、2.1.1項では作業の効率そのものを知るために様々な作業のログから情報を得る作業ログ評価、2.2.2項では作業時に発生する割り込みによる作業効率低下を軽減することを目的とした作業割り込み軽減について述べる。

2.2.1. 作業ログ評価

作業効率化のアプローチの一つとして、作業ログを評価する研究が行われている。作業効率化を実現するにあたり、どのような段取りが有効なのか、またどのような作業が無駄なのかを知る必要がある [28]。この問題の解決のため、ユーザが行っている作業を推定する研究が行われている。業務内容の推定、分析をした結果は、複数の作業を含んだ全体の段取りの効率化に活用することが期待できる。

村上ら [29] はセンサデータと業務知識を用いて看護師の業務を推定する手法を提案している。看護師の利き手の上腕にスマートフォンを装着し、センサから得た情報を、教師あり学習によって「静止」「座位」などの姿勢や「歩行」「走行」などの移動状況といった業務の種類を問わない基本行動に分類する。その後、教師なし学習を用いて基本行動の組み合わせを分類し、「バイタルチェック」「入退院対応」等の専門的業務のラベルを、業務の行われる時間帯の知識を用いて人手で付与する。業務観察により得た正解データを用いた実験の結果、k-meansによるクラスタリングやC4.5による決定木によって推測した結果よりも、ほとんどの業務において高い推定精度が得られたとしている。

鳥羽ら [28] はPC操作ログと映像ログを用いて、業務分析を行う手法を提案している。PCログと映像ログはセンサログを用いる場合と異なり、対象者の負荷が少ないことがメリットとしてあげられる。PCログはマウスやキーボード等の操作ログを詳細に記録することが可能であるが、PC操作以外のモニタリングは困難である。そこに、映像ログを並行して用いることによってPCでの作業以外の業務を推定することが可能となる。銀行窓口業務を対象に実験を行った結果、映像ログを利用することで、PCを用いていない机上での業務や、

顧客との対応等を最高で 93.8%の精度で検出可能であることを示している。また、セキュリティやプライバシーの観点から PC 操作ログと映像ログをそのまま記録することは避けるべきであるが、分析に必要な特徴量のみを記録することでこの問題点を解決できると述べている。

業務の内容ではなく、作業効率（生産性）に着目した研究も行われている。作業の生産性を測定した結果は、生産性向上のためのマネジメント支援などに活用することが期待できる。行っている作業がデータ入力などの定型的な作業である場合、生産性は時間あたりの成果物を元にして評価できると考える。しかし、非定型的な作業の効率を測るための指標は評価が難しく、様々な特徴量に着目した指標が提案されている。

永井ら [30] は、デスクワークにおける主観的集中度と PC 操作ログの関係を分析している。ここでは、集中度は「作業に没頭している程度」として定義される。PC 操作ログとしてキーボードの打鍵、マウスのクリックからなる操作数と、1 秒ごとに記録されるスクリーンショットの輝度の変化から算出される画面変化量を用いている。アンケートを用いて取得した 1 日の主観的集中度（5 段階）と、作業中のビデオを見てもらいながら取得した短期間（45 分）における主観的集中度に対して、PC 操作ログとの相関を分析した結果、ブラウザを利用した際の操作数、画面変化量と 1 日単位の集中度の相関が 0.7 を超える強い相関となり、有用な特徴量になり得ると述べている。

鳥羽ら [31] は PC 操作ログから生産性とストレス度の関係を評価する手法を提案している。唾液中のアミラーゼ分泌量が高いほどストレスが高い状態であることをストレス度の指標とし、PC 操作ログから求められる 5 種類の特徴量との相関を取ることで、各特徴量の生産効率の指標としての妥当性と、ストレスとの関係を調査している。実験の結果、「BackSpace」、「Delete」のキーストローク数と PC 作業時間を組み合わせることにより、ストレスの指標として用いたアミラーゼ分泌量と最大 0.9 の高い相関があることを示している。これにより、作業生産性だけでなくオフィスワーカーのメンタル状況も考慮したシステムの実装が可能になると述べている。

2.2.2. 作業割り込み軽減

作業効率化のアプローチの一つとして、メインタスクへの割り込みによる妨害を低減することを目的とした研究が行われている。

一般に、電話の応対や新着メールの確認など、メインタスクとは別に適宜対応しなければならないタスクが存在する。本項では、これを割り込みタスクとする。テキストストリームの確認も主にメインタスクの合間に行う割り込みタスクと考えることができる。このようなメインタスクへの割り込みが起こると、メインタスクに対する集中度の減少や、メインタスク再開時のコンテキストの消失が発生し、作業効率が低下することが指摘されている。Czerwinski ら [2] は中断後に再開したタスクは中断されない場合の 2 倍時間がかかる、Conaill ら [3] は中断されたタスクの 40%は再開されないことを指摘している。また、作業への割り込みを受けた作業員には、以下のような負荷がかかることが Salvucci らによって指摘されている [32]。

- ① 元々行っていた作業に関する情報を一時的に記憶しておく負荷
- ② 割り込まれた作業を行っている間も、元の作業をリハーサルし続ける負荷
- ③ 元々行っていた作業を再開する際に、一時的に記憶していた記憶を呼び出すための負荷

作業への割り込み負荷を軽減するアプローチとして、2.2.2.1 目では作業への割り込み方法を工夫し、割り込み負荷が軽減されるかを評価した研究について、2.2.2.2 目では現在の作業内容を推定し、割り込み可能な状況か推定する割り込み可能性推定に関する研究について述べる。

2.2.2.1. 割り込み負荷評価

作業への割り込み負荷を低減するアプローチとして、作業への割り込み方法を工夫し、割り込み負荷が軽減されるかを評価した研究が行われている。これらの研究は、2.1.3 項で紹介した周辺表示法に関連して行われている。2.1.3 項では周辺情報を作業に割り込ませずに自由なタイミングで眺めて確認することを目的とした研究を紹介したが、状況によってはメインタスクの最中に周辺情報を提示したい場合も考えられる。このような状況においては、周辺情報を作業に割り込ませて提示しユーザに気づいてもらいつつ、作業の妨害を極力しないことを両立することが重要となる。

割り込みを伴う周辺表示法では、提示した情報にユーザが気づくこと、メインタスクを妨害しないことが求められる。しかしこの二要素はトレードオフの関係にあり、両立は困難である。周辺情報が重要なものであるなら妨害を考慮せず気づきやすさのみを考えればいいが、周辺情報の重要度は受け取り側の状態により異なり、その時々によっても変化するものであるため、多くの場合推測は困難である。そのため、提示情報の気づきやすさとメインタスクに与える影響の小ささをバランスよく満たした周辺表示法を用いることが重要である。

三好ら [33] は、様々な周辺表示法に対する認知時間とキーストロークから定義されるタスク集中度から、周辺表示法の違いがユーザの情報認知にどのような影響を与えるのかを分析する実験を行っている。実験に用いる周辺表示法として、ユーザに情報を正確に伝えやすいことからテキストを用いた表示法を採用している。周辺表示法の要素をウィンドウタイプ (常に表示, ポップアップ), テキストの動き方 (連続的, 断続的, 固定), 動く方向 (水平, 垂直), 動く速さ, テキストとウィンドウのハイライティングの有無, 通知音の有無とし, これらを組み合わせて全 26 タイプの周辺表示法を比較している。このシステムを用いた実験の結果, 以下の知見が得られたとしている。

- ポップアップによる情報表示はユーザの注意を引きやすいが, 同時にメインタスクを妨害してしまう為, 定位置に表示したウィンドウ上のテキストにアニメーションを用いたほうが気づきやすさとメインタスクへ与える影響の小ささのバランスが良い
- テキストの動く方向は水平より垂直のほうが, 気づきやすさとメインタスクへ与える影響の小ささのバランスが良い
- テキストの動きが早いほど気づきやすさは上がるが, メインタスクを妨害してしまう
- ハイライティングや通知音のようなユーザの注意を引く要素は, テキストが可読になるタイミングで発生してもメインタスクへの影響は少ない

上田ら [34] は割り込み情報提示のタイミングに着目し, メインタスクへ与える影響が小さく, かつ割り込み情報に気づきやすい表示タイミングを調査する実験を行っている。メインタスクの内容として, PC 上で一般に行われる文書編集タスクと Web ブラウジングタスクを採用している。

文書編集タスクにおいては「space」「変換」「enter」の三つのキーを「区切りキー」として定義し, 区切りキー打鍵後, 無打鍵が 1 秒続いた場合と 2 秒続いた場合に情報を提示する提案パターン, 比較用にランダム時間に情報を提示するパターンの 3 パターンを用いて, メインタスクを妨害する度合いと提示の気づきやすさの比較を行っている。その結果, パターンごとの差異は確認できなかったが, 無打鍵が 1 秒続いた場合と 2 秒続いた場合のパターンのどちらが好ましいかのアンケート調査を行った結果, 実験協力者毎に異なった回答であったことから, ユーザ毎に無打鍵時間をあらかじめ調整しておけば改善できる可能性があるとしている。

Web ブラウジングタスクにおいては, マウスをクリックしてページが切り替わる瞬間をタスクの区切りと考え, タスク中に情報の提示を行う従来パターンと, ページ切り替え時に情報の提示を行う提案パターン, また対照実験として情報の提示を行わないパターンの 3 パターンを用いて, 文書編集タスクと同様にメインタスクを妨害する度合いと提示の気づきやすさの比較を行っており, 分散分析とアンケートの結果から, 提案パターンのほうが従来パターンよりも情報の提示に気づきやすいとしている。

これらの周辺表示法によるメインタスクへの妨害に関する研究は、周辺情報が表示された時に着目しているが、実際には割り込みタスクを行う時間が発生する。また、割り込みタスクの特性によって割り込み時の負荷は異なることが指摘されている。山本ら [35] は、メインタスクの負荷と割り込みの負荷、メインタスクの再開遅れの関係について分析する実験を行っている。ここで、再開遅れとは、割り込みタスクが終わってから作業者が割り込みによって忘れてしまったメインタスクのコンテキストを思い出し、作業の続きを始めるまでの時間のことである。実験設定として、割り込みタスクがメインタスクに与える影響を明確にするため、両タスク共に記憶課題を採用している。メインタスクは複数列でのしりとりを並行して行うタスクである。列数は人間の短期記憶の容量が 7 ± 2 チャンクであることから、負荷状況として 1 列, 3 列, 5 列, 7 列を採用している。割り込みタスクは、提示された数字を 4 秒間で記憶し入力するタスクである。6~12 桁の数字を記憶し入力する予備実験の結果より、正答率が 50% を超えた最大桁数の 8 桁を基準の負荷として、0 桁 (記憶負荷なし), 4 桁, 8 桁, 12 桁を採用している。実験は列数を固定してそれぞれ 2 回ずつ、計 8 回行い、割り込みは各実験で各桁 6 回ずつ、計 24 回発生させている。実験の結果、割り込みタスクの負荷が高いほどメインタスクの再開遅れが長くなるのに対し、メインタスクの作業負荷が異なっても再開遅れは変わらないとしている。

2.2.2.2 割り込み可能性推定

作業への割り込み負荷を軽減するアプローチとして、現在の作業内容を推定し、割り込み可能な状況か推定する、割り込み可能性推定に関する研究が行われている。具体的には、ユーザの現在の作業状況を PC ログやセンサログなどから推測し、ユーザにとって負担の少ない割り込みタイミングを決定する。2.2.2.1 目で紹介した周辺表示法は割り込みそのものの負担を減らすアプローチであるのに対し、割り込み可能性推定は割り込みによる影響が少ないタイミングを推測することでユーザの負担を減らすことを目的とする。

卓ら [36] はデスクワークのような腕以外が動かないタスクにおいてもデータの取得を可能とするために、リストバンド型の 3 軸加速度計を用いてデスクワーク中の割り込み可能性を推定する方法を提案している。学習データの収集を目的として、被験者に 1 日の間リストバンド型センサをつけて生活してもらい、1 時間程度の間隔で通知による割り込みを行う。同時に、割り込み前 5 分間の 3 軸加速度を収集する。割り込みに対して被験者の返答があった場合を良い割り込みとラベル付ける。ナイーブベイズとベイズネットを分類器として 10 分割交差検証により学習、テストを行った結果、ベイズネットを用いた場合に適合率 71.7%、再現率 71.2%となる結果を得ている。

谷ら [37] は机にかかる圧力を用いて割り込み可能性を推定する方法を提案している。机上の圧力の変化には、キー入力の強弱、腕を乗せた時にかかる圧力の位置や度合い、マグカップの中身の減少等が含まれており、ユーザ状態を推測するために有用であるという仮説から、机上の圧力に着目している。また、机上圧力の測定はユーザにセンサをつける必要がなく、個人情報扱うものでもない為、ユーザに物理的、心理的負担をかけずに測定を行うことができることも利点であるとしている。学習データとして、負荷が調整可能なタイピングタスクとマウス操作タスクを用意し、机上圧力データの収集を行い、同時にダイアログによる割り込みを行って割り込み可否の情報を収集する。これらのデータを SVM (Support Vector Machine)、Random Forest、C4.5 の 3 種類の方法で分類学習し、10 分割交差検証により推定精度を測定する実験を行った結果、SVM による分類学習においてタイピングタスクで約 77%、マウスタスクで約 72%の精度でユーザの割り込み可能性を推定することに成功している。また、圧力の時間変化を用いた状況推定について検証した結果、精度の向上は見られず、圧力変化量は状態推定に有用な情報を含んでいないか非常に乏しいと結論付けている。

田中ら [38] は作業者の頭部運動と作業停滞に着目して割り込み可能性を推定する方法を提案している。作業に対する態度や集中度合いが割り込み拒否度に強く影響するとし、これらを反映する頭部の動きと作業中の小休憩の頻度に着目している。推定に用いるデータとして、作業中の頭部運動と PC 操作履歴とともに、「割り込み後に 5 分程度会話する」とした場合の主観的拒否度を収集する。分析の結果、以下の知見を得ている。

- 頭部が上を向いていると拒否度は低くなる
- 頭部が後退すると拒否度は低くなる
- 頭部の前傾時間比率が長いほど拒否度が高くなる
- PC 操作間隔（キー操作とマウス操作が未検出であった時刻から、どちらか一方の操作が検出されるまでの時間）が長いと拒否度が低くなる

分析結果に基づき割り込み拒否度推定式を設定し、収集したデータを対象に実験を行った結果、低拒否度の適合率は 72%、再現率は 42%であり、高拒否度の適合率は 83%、再現率は 34%となる結果を得ている。

3. 確認タイミングに着目したテキストストリームの モニタリングシステム

3.1. システム概要

本論文で提案するモニタリングシステムは、ニュースや SNS などのテキストストリームのモニタリングを適切な確認タイミングを行うことを支援することを目的とする。ストリームデータを常時確認できないユーザを対象とし、業務の小休止時間などのメインタスクの合間に短時間でモニタリングを行い、最新の情報を確認するという使用法を想定している。このような要求を満たすシステムの実現にあたって、一般的なテキストストリームの確認における問題点を克服し、モニタリングを行う際の利便性を考慮したユーザインタフェースを設計する必要がある。また、提案システムを利用すること自体がメインタスクの作業効率を低下させない事にも配慮する。

提案システムでは、明度を利用してユーザの注意を引く度合いを調整する。明度の変化は人が注視している部分以外で発生しても知覚が可能であることが知られており [6]、ユーザの気づきを促すことに優れている。また、メインタスクに集中しているときの明度を低くすることにより、提案システム自体がメインタスク実行を妨害しないようにする。

本論文では、ストリームデータの確認を行う上での問題点である「ユーザが適切なタイミングでモニタリングを行うことが難しいこと」に着目する。「適切な確認タイミング」を「ユーザが重要視する目安に基づいてテキストストリームを確認できるタイミング」と定義する。また、適切な確認タイミングに影響を与える要因として、以下の 4 つを考慮する。

- ① 貯まっているテキストストリーム量
- ② 貯まっているテキストストリームの重要度
- ③ メインタスクの状況
- ④ ユーザの個性

①, ②は、貯まっているテキストストリームの状況に由来するものである。確認時のテキストストリームが少ない状態での確認を連続で行った場合、メインタスクの中断回数が増加する。2.2.2 項で述べたように、メインタスクの中断は作業効率の低下の要因となることが指摘されているため、望ましくない状態であると言える。逆に、確認時のテキストストリームが多すぎる場合、確認にかかる時間が増加し、メインタスクの中断が長引く可能性がある。中断が必要以上に長引くと、メインタスクへの復帰は困難になることが予想され、こちらも望ましくない状態であると言える。そのため、貯まっているテキストストリームの量を正確に把握することは適切な確認タイミングの決定に必要であると言える。

また、テキストストリームをどれくらい重要視するか考慮することも重要である。一般にテキストストリームには、ユーザが特に興味のあるジャンルのニュースや早期返信が必要なメールなど、メインタスクの重要度には及ばないが、早めに確認したいものがあると考えられる。よって、重要視するテキストストリームの蓄積状況も、適切な確認タイミングの決定要因になると考える。

③はメインタスクのキリの良さや生産性に由来するものである。作業のキリの悪い部分で中断してしまった場合、2.2.2項で述べたように、割り込み中の負荷が増大することが指摘されている [32]。また、作業の生産性が高い状態にあるときには、中断せずに継続することが望ましい。よって、メインタスクの状況を客観的に把握できることが適切な確認タイミングの決定に重要であると考ええる。

④はユーザ毎の特性に由来するものである。適切な確認タイミングとしてどのような要素を重要視するかはユーザにより異なると考えられる。そのため、ユーザの個性に合わせてシステム側からの情報提示を行うことが重要であると考ええる。

提案するシステムでは、上記の4つに関して以下の機能を実装する。

- ① 棒グラフを用いて可視化する
- ② 重要と判断したデータが到着した場合、概要を表示する
- ③
 - メインタスクの実行状況をキーボードとマウスのログから作業度として定量化し、時間軸を持った棒グラフを用いて可視化する
 - 作業度が低い場合、ユーザの注意をひきつけることを目的として提案システムの明度変化を行う
- ④
 - テキストストリームの可視化量、重要度、確認間隔のうちどれかの指標を重視していると仮定し、数回のテキストストリームの確認からユーザの重視する指標を検知する
 - それぞれの指標に合わせてユーザの注意をひきつけることを目的として提案システムの明度変化を行う

棒グラフは視覚変数の位置を用いる特性から直感的に量を確認することに優れており [9]、貯まっているテキストストリームの量を少ない負担で確認できることが期待される。重要データの概要表示は、量だけではわからないテキストストリームの内容を簡潔に提示することにより確認タイミングを決める手がかりになることが期待される。作業度を定量的に可視化することにより、ユーザが自分の作業の生産性の変化を客観視し、休憩及びテキストストリーム確認のタイミングを判断する手がかりとして用いることが期待される。またユーザの重視する指標を検知することにより、ユーザの個性に合わせてシステムからの注意喚起が可能になることが期待される。

3.2. システム構成

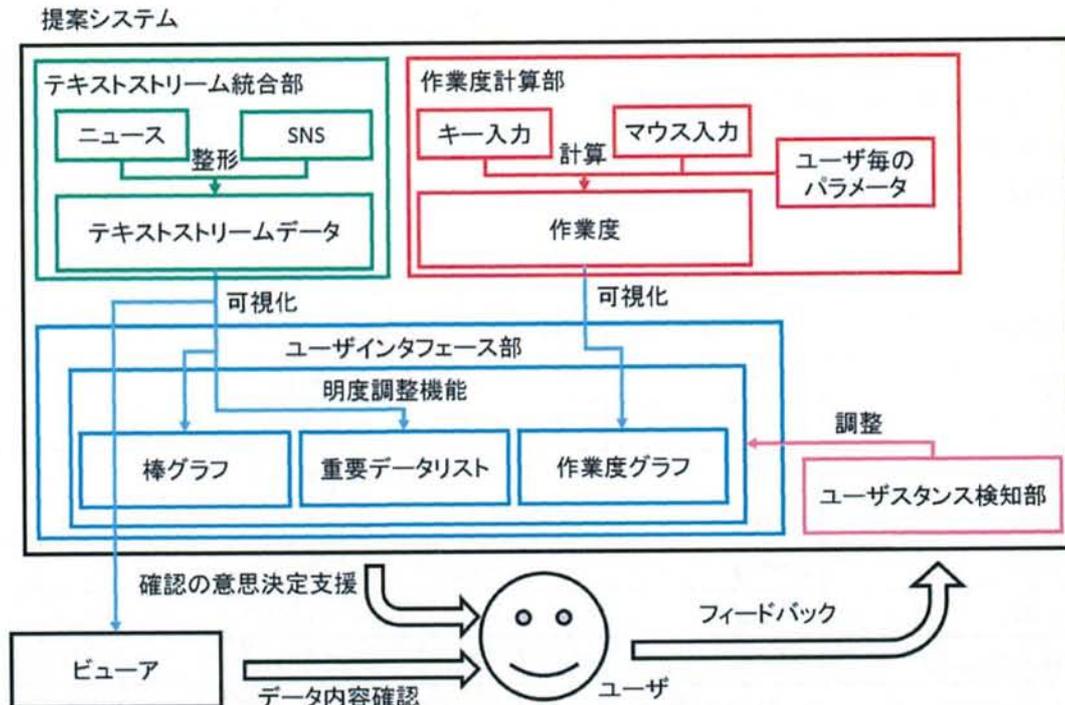


図 3-1 提案システムの構成図

提案システムの構成図を図 3-1 に示す。提案システムは大きく分けて以下の 4 つの部分から構成される。このシステムは processing3.3.6 を用いて実装される。

- ① テキストストリーム統合部 (図 3-1 の緑色の部分)
 ニュースや SNS などのテキストストリームを収集し、共通のデータ型を持つテキストストリームデータに変換する。
- ② 作業度計算部 (図 3-1 の赤い部分)
 キー入力やマウス入力に基づきユーザ毎のパラメータを用いて作業度を推定する
- ③ ユーザインタフェース部 (図 3-1 の青色の部分)
 整形したテキストストリームや作業度を可視化する
 ユーザの状態に応じてユーザインタフェース全体の明度を調整する
- ④ ユーザスタンス検知部 (図 3-1 のピンク色の部分)
 ユーザが確認を行ったときのパラメータを格納し、ユーザの重要視する指標を検知する

3.2.1. テキストストリーム統合部

テキストストリーム統合部では、ニュースや SNS など様々な種類のテキストストリームを収集し、共通のデータ型を持つテキストストリームデータに変換する部分である。

提案システムは、様々な種類のテキストストリームに対応することを想定している。そのため、テキストストリームに共通する事項を「テキストストリーム型」という一つの型にして格納を行う。テキストストリーム型の構成要素を表 3.1 に示す。

表 3.1 テキストストリーム型の構成要素

| 属性名 | データ型 | 内容 |
|------------|----------------|----------------|
| type | String | テキストストリームの種類 |
| id | String | テキストストリームの識別子 |
| from | String | テキストストリームの配信者 |
| title | String | テキストストリームのタイトル |
| text | String | テキストストリームの内容 |
| URL | String | テキストストリームの URL |
| importance | jnt | テキストストリームの重要度 |
| timestamp | java.util.Date | テキストストリームの配信時間 |

テキストストリーム型を用いることによって、複数種類のテキストストリームを一括して管理することが可能となる。テキストストリーム型によってデータの一部が消失してしまう可能性があるが、ニュースサイトや Twitter のツイートを扱う場合、URL を用いて元のデータに容易にアクセスすることが可能である。

テキストストリーム型への変換例として、RSS で配信されたニュースと Twitter のツイートの変換例を示す。RSS は java のオープンソースのライブラリである ROME⁷を用いて取得、整形を行っている。GIGAZINE⁸の RSS を変換した例を図 3-2、表 3.2 に示す。



The screenshot shows a portion of an RSS feed from GIGAZINE. At the top, there is a header for 'GIGAZINE' with a description in Japanese: '頻りに更新されるコンテンツを含むフィードを表示しています。フィードを受信登録すると、そのフィードは Common Feed List に追加されます。フィードからの' and a button that says 'このフィードを受信登録する'. Below this, three article entries are visible, each with a title, a date and time, a link icon, and a short text snippet. The first article is titled 'iPhone Xは同じSamsung製の有機ELディスプレイを搭載するGalaxyシリーズよりも焼き付きが起きにくいことが判明' with a date of '2018年1月6日、15:00:00'. The second is '少女による殺人未遂事件を引き起こした都市伝説「スレンダーマン」を基にした映画「SLENDER MAN」の予告編が公開' with a date of '2018年1月6日、12:00:00'. The third is '【新春キャンペーン 最大95%オフ】機械学習・アプリ開発・写真撮影など役立つスキル満載で誰でもゼロから動画で身につくUd' with a date of '2018年1月6日、9:00:00'. Each article snippet ends with a '続きを読む...' link.

図 3-2 GIGAZINE (<http://gigazine.net/>) の RSS

⁷ <https://rometools.github.io/rome/index.html>

⁸ <http://gigazine.net/>

表 3.2 RSS で配信されたニュースをテキストストリーム型に変換した例

| 属性名 | 内容 |
|------------|--|
| type | News |
| id | 01 (任意の識別子を設定可能) |
| from | Gigazine |
| title | iPhone X は同じ Samsung 製の有機 EL ディスプレイを搭載する Galaxy シリーズよりも焼き付きが起きにくいことが判明 |
| text | <p>ディスプレイは OLED (有機 EL ディスプレイ) ・液晶・プラズマなどの種類に限らず、長時間点灯し続けることで「焼き付き」を起こすことがあります。これは Apple の最新端末である「iPhone X」でも同様に起きうる現象なのですが、極端なストレステストを実施した結果、他の有機 EL ディスプレイ搭載端末よりも焼き付きが起りにくいことが明らかになりました。</p> <p>続きを読む...</p> |
| URL | http://gigazine.net/news/20180106-iphone-xoled-burn-in-test/ |
| importance | 2 (任意の重要度を設定可能) |
| timestamp | 2018/01/04 19:00:00 |

Twitter のツイートは、Twitter API⁹の java ラッパとしての役割を持つライブラリである Twitter4j¹⁰を用いて取得、整形を行っている。NHK ニュース (@nhk_news) のつぶやきを変換した例を図 3-3、表 3.3 に示す。



図 3-3 NHK ニュース (@nhk_news) のツイート

表 3.3 Twitter のつぶやきをテキストストリーム型に変換した例

| 属性名 | 内容 |
|------------|---|
| type | Twitter |
| id | 01 (任意の識別子を設定可能) |
| from | NHK ニュース |
| title | (無し) |
| text | 使用済み家電から五輪・パラのメダルを 環境省に回収箱 #nhk_news https://t.co/tLrJEmtkz5 |
| URL | https://twitter.com/nhk_news/status/949362119580905472 |
| importance | 2 (任意の重要度を設定可能) |
| timestamp | 2018/01/06 4:29:02 |

⁹ <https://developer.twitter.com/en/docs>

¹⁰ <http://twitter4j.org/ja/index.html>

3.2.2. 作業度計算部

作業度計算部では、キー入力やマウス入力に基づき、ユーザ毎のパラメータを用いて作業度を推定する。2.2.1 項の関連研究で示したように、PC を利用した作業の生産性は、キー入力やマウス入力などの入力機器に反映されると考えられる。そこで、PC において汎用的に用いられているキーボードとマウスの入力に着目し、作業度を定義する。キーボードとマウスの入力を取得するにあたり、java のライブラリである `jnativehook`¹¹を用いている。本研究で用いる作業度の計算にあたり、以下の変数を定義する。

- キーボードの入力
 - x_{key} : 1分あたりのキーボード打鍵回数 (キーの種別は問わない)
- マウスの入力
 - x_{click} : 1分あたりのマウスクリック回数 (左右は問わない)
 - x_{move} : 1分あたりのマウスが動いたことが検知された回数
 - x_{wheel} : 1分あたりのマウスのホイールが動いたことが検知された回数

ここで、マウス及びホイールの移動は、動いている間継続して回数が増加する。従って、移動量を表していると言える。

作業度を $Workload(x_{key}, x_{click}, x_{move}, x_{wheel})$ として定義する。作業度は1分ごとに以下の式 (1) によって計算される。

$$Workload(x_{key}, x_{click}, x_{move}, x_{wheel}) = W_{key}x_{key} + W_{click}x_{click} + W_{move}x_{move} + W_{wheel}x_{wheel} \dots (1)$$

作業度は上記の入力機器からの入力に係数をかけ、足し合わせることで計算される。それぞれの変数にかかる係数を以下に定義する。括弧内は 4.3 節に示す評価実験で用いた値である。

- W_{key} : x_{key} にかかる係数 (ユーザ依存)
- W_{click} : x_{click} にかかる係数 (16)
- W_{move} : x_{move} にかかる係数 (ユーザ依存)
- W_{wheel} : x_{wheel} にかかる係数 (0.8)

¹¹ <https://github.com/kwhat/jnativehook>

作業度は、ユーザが集中して作業を行っているときに 1000 となるように定義する。予備実験を行った結果、PC での作業は読む作業と書く作業を並行して行っていることが多い傾向があったため、キーボードからの入力とマウスからの入力の作業度に関与する重みは 1:1 とする。そのため、集中しているときの 1 分あたりの打鍵回数に係数をかけると 500 に、集中しているときの 1 分あたりの各マウスの入力に係数をかけると 166 ($\equiv 500 \div 3$) になるような係数を設定する。集中しているときの 1 分あたりのクリック回数とホイールの動作量については、予備実験を行った結果からそれぞれ 10 回、200 回程度行われると考え、係数をそれぞれ 16, 0.8 とする。キーボードの打鍵回数はユーザのタイピング速度の違いによって、マウスの移動量は利用しているモニタの数や操作の癖により変化すると考えられる。そのため、キーボード打鍵回数とマウスの移動量にかかる係数はユーザによって変化させる。システムの利用前に 10 分間集中して読みと書きの両方が行われる作業を行ってもらい、1 分あたりの打鍵回数とマウス移動量の平均 \bar{X}_{key} , \bar{X}_{move} を取得し、以下の式 (2), (3) で係数を決定する。

$$W_{key} = \frac{500}{\bar{X}_{key}} \dots (2)$$

$$W_{move} = \frac{166}{\bar{X}_{move}} \dots (3)$$

3.2.3 項で後述するように、作業度はユーザインタフェース部で可視化される。また、現在のユーザの作業の生産性を推測し、明度を調整する際の基準としても用いる。

3.2.3. ユーザインタフェース部

ユーザインタフェース部では、整形したテキストストリームや作業度を可視化して提示する。また、全体の明度を調整することでユーザのシステムに対する注意の度合いを調整する。提案システムのユーザインタフェースの全体図を図 3-4 に示す。

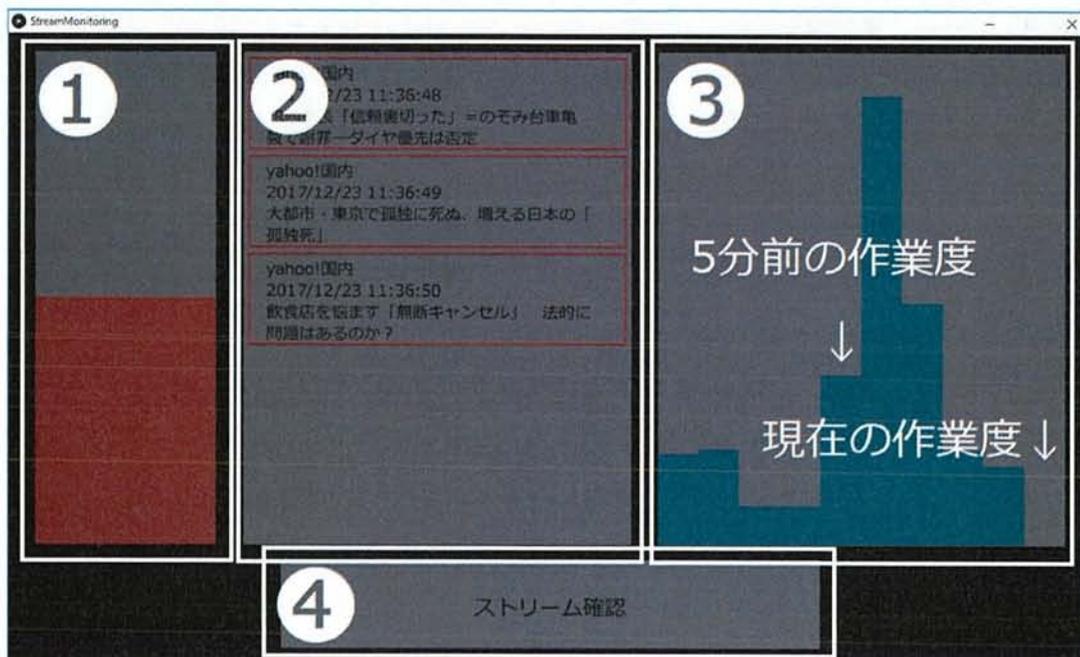


図 3-4 提案システムのユーザインタフェース

図 3-4 の各番号の部分について説明する。

①テキストストリーム量を示す棒グラフ

3.2.1 項のストリームデータ統合部で統合したテキストストリームの蓄積量を可視化する。可視化量は、新しいテキストストリームが到着するたびに随時更新される。これにより、ユーザが現在貯まっているテキストストリームの総量を直感的に確認することを支援する。可視化の最大値はユーザ毎に設定可能である。また、テキストストリームの種類によって可視化量や色を変化させることが可能である。4 章に示す評価実験では、棒グラフの色は赤 (#FF0000) を基準とし、明度を変化させている。最大値は News 型のテキストストリーム 20 件で最大となるように設定している。

②重要データリスト

3.2.1 項のストリームデータ統合部でテキストストリーム型に変換したデータに一定以上の重要度が設定されている場合、その概要を表示する。図 3-4 の重要データリストの一番下では、ストリームデータ型の `type` : “News” に属するデータの概要として、`from` : “yahoo!国内”，`timestamp` : “2017/12/23 11:36:50”，`title` : “飲食店を悩ます「無断キャンセル」法的に問題はあるのか?” を表示している。これにより、重要なデータについてはその内容も確認タイミングを決定する手がかりとして利用可能とする。また、重要度の付与方法はシステム側から提案するものではなく、自由に設定が可能である。4.3 節に示す評価実験では、実験協力者にニュース配信元サイトとして利用した 12 サイトの中から一つを重要視するとしてもらい、重要視するサイトからのデータすべての `importance` を 2 に、それ以外のデータは `importance` を 0 と設定している。これにより、`importance` を 2 と設定したデータのみ概要が表示される。

③作業度を示す棒グラフ

3.2.2 項の作業度計算部で計算された、現在と過去 9 分間の作業度を可視化する。可視化量が最大の場合、作業度が 1000 であり、ユーザが集中状態にあることを表す。一番右の棒グラフが現在 1 分間の作業度である。これにより、ユーザが自身の作業の生産性が変化する様子を客観視できるようにし、休憩及びテキストストリーム確認のタイミングを決定する手がかりを提示する。

④ストリーム確認ボタン

クリックするとビューアが開き、貯まっているストリームデータを閲覧することが可能である。図 3-5 に、ニュースを確認した場合のビューアのスクリーンショットを示す。

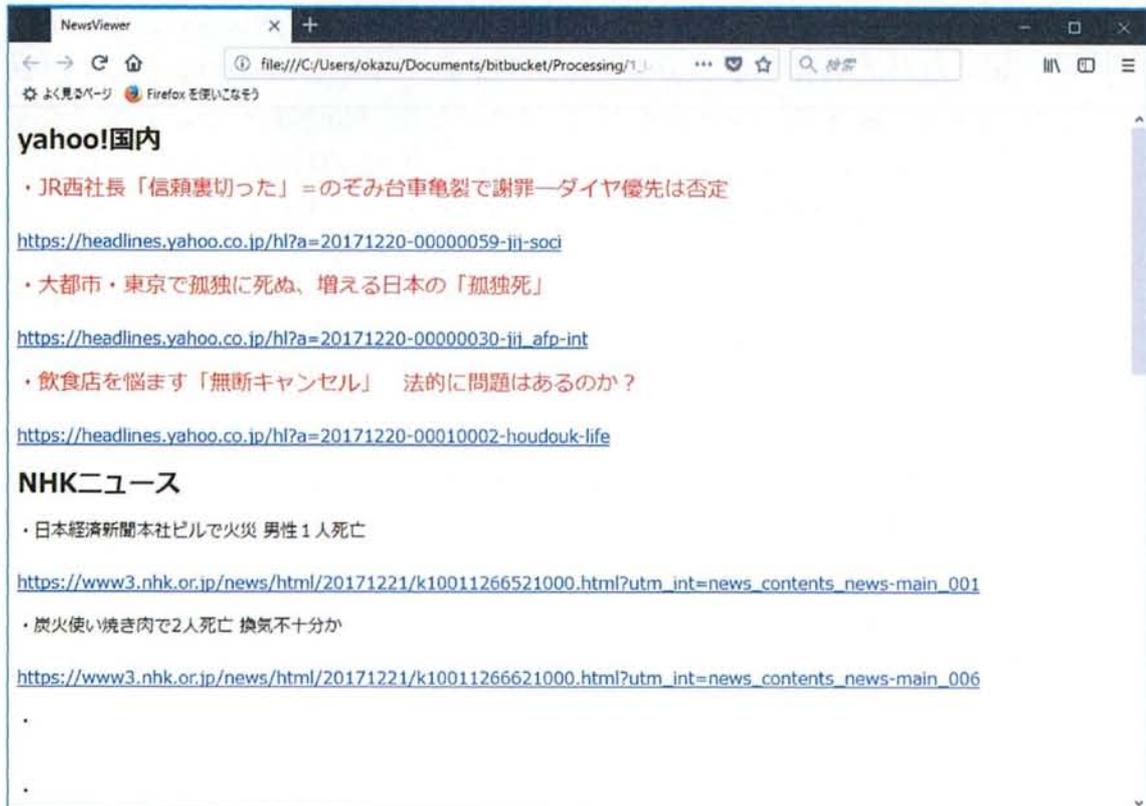


図 3-5 ニュース確認時のビューアのスクリーンショット

また、ユーザインタフェース全体の明度を変化させることによって、ユーザの提案システムに対する注意を調整する。ユーザインタフェースの明度の最大値を 100%、最小値を 0% とした場合、平常時はユーザインタフェース全体の明度を 40% とする。赤 (#FF0000) の明度の変化の例を図 3-6 に示す。

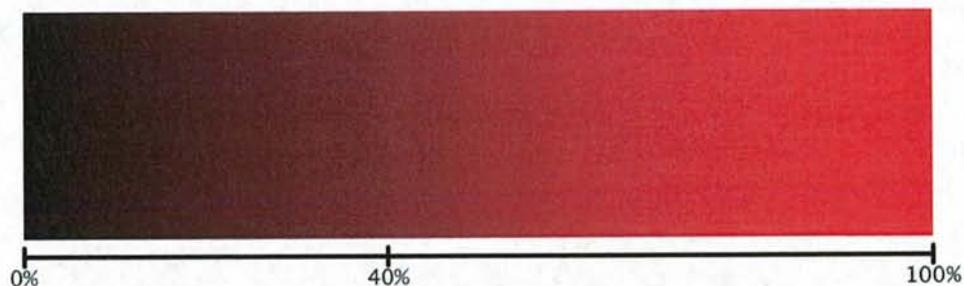


図 3-6 赤 (#FF0000) の明度の変化

提案システムがユーザに対してメインタスクの妨害にならないと判断したとき、またはユーザに確認を促したいと判断したとき、ユーザからの注意をひきつけることを目的として、ユーザインタフェース全体の明度を 100% に変化させる。変化させる条件は以下の二つである。

- 2分連続して作業度が 100 以下となったとき
- 3.2.4 項に後述するユーザスタンスごとの条件を満たしたとき

ユーザインタフェースの明度が 40%、100% のときのスクリーンショットを図 3-7、図 3-8 にそれぞれ示す。これにより、メインタスク中に提案システムに注意がひかれることにより、集中力が低下してしまうことを防ぐ効果が期待できる。

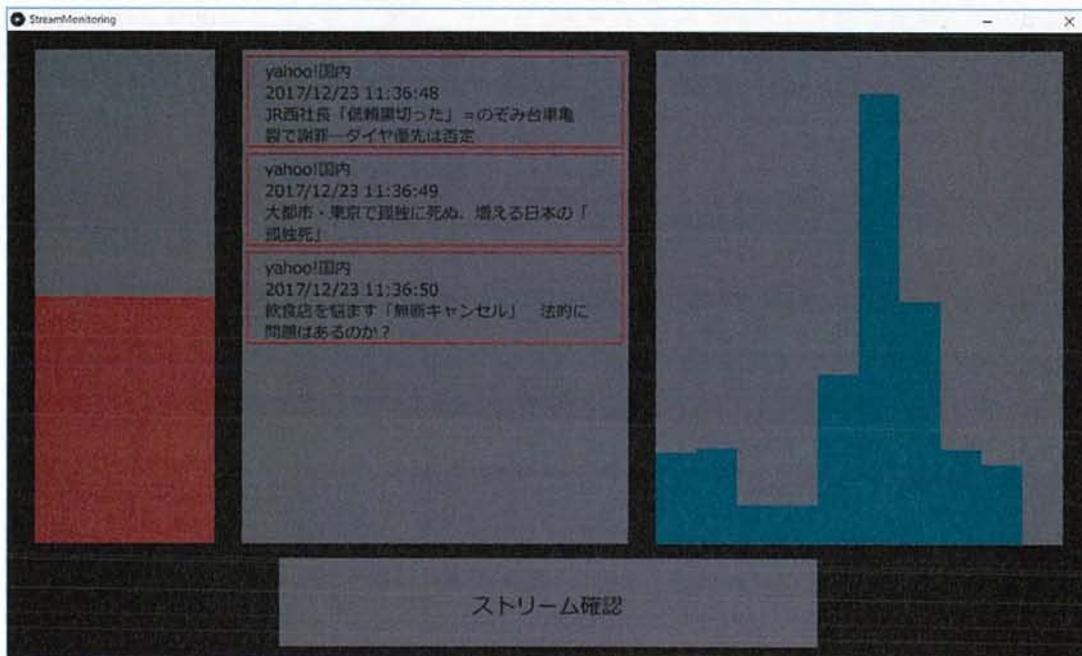


図 3-7 提案インタフェースの明度が 40%のときのスクリーンショット

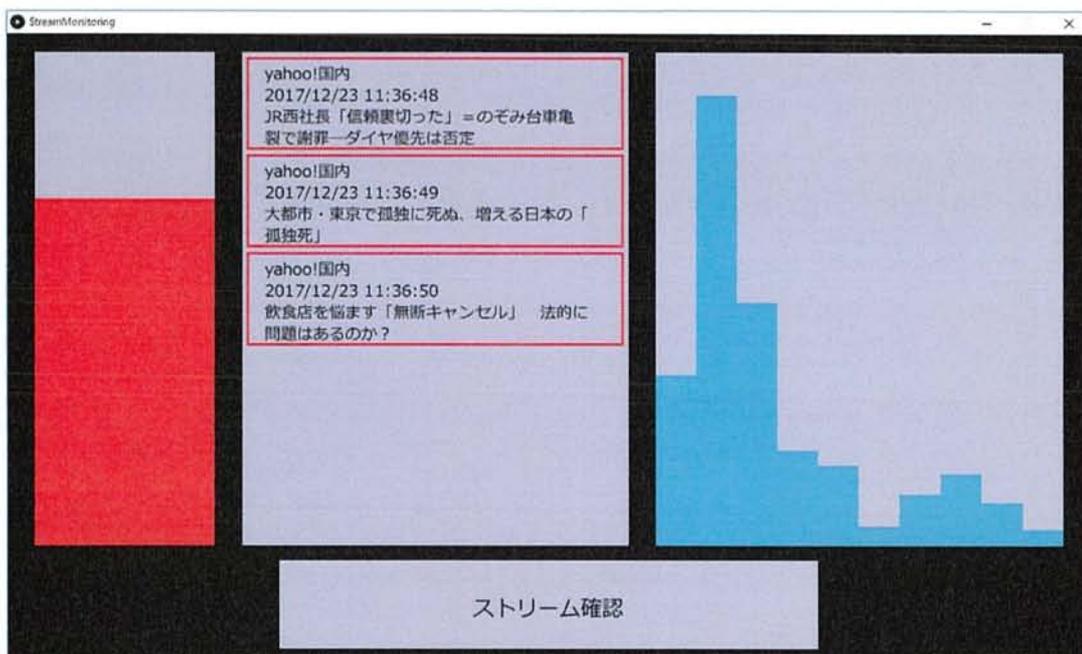


図 3-8 提案インタフェースの明度が 100%のときのスクリーンショット

3.2.4. ユーザスタンス検知部

ユーザスタンス検知部では、ユーザが確認を行ったときの可視化量や重要データの数などのパラメータを格納する。また、ユーザが確認タイミングを決定する際に重要視する指標を推定し、各ユーザの「ユーザスタンス」を定義する。推定したユーザスタンスは、3.2.3項で示した明度調整の基準として用いる。提案システムでは、ユーザが確認タイミングを決定する際に重視する指標として、確認間隔、データの重要度、可視化量の3種類を考慮する。

ストリームデータの確認を行うか否かを判断する指標として、ストリームデータに依存する指標、しない指標に大別して考える。前者はさらに、貯まっているデータの量と質の2つの要素が考えられる。この2要素に対して、提案システムでは、量の要素は可視化量に、質の要素は重要度に反映されると考える。可視化量を重視しているユーザは、データが一定量に達した場合に確認したいという欲求がある、重要度を重視するユーザは重要度が高いものをできるだけ早く確認したいという欲求があると仮定する。また、ストリームデータに依存しない指標として、メインタスクのキリやユーザの疲労度が考えられるが、2.2.1項で述べたように、ユーザや作業の状態を正確に検知することは難しい。そこで本研究では、測定の容易性を重視して確認間隔を用いる。確認間隔を重視しているユーザは一定の周期での休憩を行いたいという欲求があると仮定する。以上より、ユーザスタンスは以下の考えを元に設定する。

- 確認間隔重視：データ確認の間隔の分散が小さい
- 重要度重視：重要と定義したデータの配信直後にデータを確認する傾向がみられる
- 可視化量重視：データ確認時の可視化量の分散が小さい

4.3節に示す評価実験では、上記のユーザスタンスを以下のように実装する。ユーザの3回分の確認を元に、以下の基準を満たしていた場合そのユーザスタンスであると推定する。推定の優先順位は確認間隔>重要度>可視化量とした。優先順位が高いユーザスタンスほど4.3節に示す実験設定において発生しにくいと仮定している。

- 確認間隔重視：1回目と2回目のデータ確認の間隔と、2回目と3回目のデータ確認の間隔の差が10分以下
- 重要度重視：3回のデータ確認中、importanceが2と設定されているデータが新着から数えて3件以内に含まれる場合が2回以上存在
- 可視化量重視：3回のデータ確認中、可視化量の標準偏差が0.1以下

ユーザの確認間隔に関して、新VDT作業ガイドライン [39] より作業1時間に対して休憩10~15分を取ることが推奨されている。これを目安に、ユーザが確認間隔を意識してい

る場合、確認間隔は1時間程度になると考え、それに対して10分程度の誤差が発生するとみなして設定した。重要度に関して、3回の確認中半数を超える2回の確認で、重要度の高いデータに対しての確認が早かった場合ユーザは重要度を意識していると考え、このように設定をした。可視化量に関して、ユーザは可視化量8割を超えた時点から気になりはじめるという知見を得ている [40]。ユーザが可視化量を意識している場合、確認時の可視化のブレは1~2割程度であると仮定し、検出の閾値の標準偏差を0.1と設定した。

ユーザスタンスを推測した後、各ユーザスタンスに合わせて提案インタフェースの明度調整が以下のように行われる。

- 確認間隔重視：前回のデータ確認からの時間経過がシステム利用開始時からのデータ確認間隔の平均を超えている場合、明度を100%にする
- 重要度重視：新着データの重要度が2のとき、明度を100%にする
- 可視化量重視：現在の可視化量がシステム利用開始時からのデータ確認時の平均可視化量を超えている場合、明度を100%にする

ユーザスタンスの推測により、ユーザの個性に合わせて提案システムへの注意を調整することが可能となる。これにより、ユーザが重要視する確認タイミング決定の手がかりを見逃す可能性を低下させる効果が期待できる。

4. 実験

4章では、提案システムのプロトタイプを作成し、実験協力者に実際に定期的なモニタリングを行ってもらい、実験のログデータやアンケートから、適切なタイミングで確認ができているか、提案した機能が適切な確認タイミング決定の手助けになっているか、提案した機能はどのように用いられているかの観点から、有用性を検証する。また、提案システムを構築するにあたり行った予備実験の結果についても示す。4.1節では作業度のパラメータの決定に関して調査した実験の結果を、4.2節には提案システムの明度調整の特性を調査した実験の結果を、4.3節には提案システムの評価実験の結果をそれぞれ示す。

4.1. 作業度のパラメータの決定に関する調査実験

4.1 節では、3.2.2 項で述べた作業度計算に用いる係数の決定に関する知見を得るために行った予備実験について示す。

4.1.1. 実験概要

本予備実験では、20 代の工学系大学生、大学院生 5 人を対象に、「自分の好きなこと、趣味」に関して指定した 3 つのタスクを各 10 分間行ってもらい、そのログデータの解析を行った。具体的なタスク内容と実験手順を以下に示す。

- 実験協力者に行ってもらった 3 つのタスク
 1. 書きタスク：「自分の好きなこと、趣味」に関してインターネット等の記録媒体を参考にせず文章を書く
 2. 読みタスク：自分の好きなこと、趣味」に関してネットサーフィンを行う
 3. 読み書きタスク：「自分の好きなこと、趣味」に関してインターネットを参考にしながら文章を書く（読みタスクで見つけた資料を見てもよいし、新たに探してもよい）

- 実験手順
 1. 「自分の好きなこと、趣味」に関する題材を決定する
 2. キーボード、マウスのログを収集するシステムを起動する
 3. 10 分間、上記のタスクを 1 から順番に行う

3 つのタスクは、PC 上での書く作業、読む作業、読み書きを並行する作業を行ってもらうことを目的に設定した。10 分間集中してタスクを行ってもらうことが目的であるため、題材の「自分の好きなこと、趣味」は特に制限を設けずに設定を行ってもらった。また、「自分の好きなこと、趣味」に関する概要と魅力について 10 分間でなるべく完成した内容にするように指示した。書きタスクと読み書きタスクで書く文章の内容が重複することは容認したが、集中して作業を行った場合のログを取るために、コピー&ペーストは行わないように指示した。また、実験協力者になるべく自由に書いてもらうため、文章の提出は指示しなかった。

4.1.2. 実験結果

各実験協力者の1分ごとのキーボード、マウスからの入力数を表 4.1～表 4.15 に示す。取得したパラメータは以下の5つである。

- `keypress` : 1分あたりのキーボード打鍵回数 (キーの種別は問わない)
- `mouseClick` : 1分あたりのマウスクリック回数 (左右は問わない)
- `mouseMove` : 1分あたりのマウスが動いたことが検知された回数 (ドラッグを除く)
- `mouseDrag` : 1分あたりのマウスがドラッグしたことが検知された回数
- `mouseWheel` : 1分あたりのマウスのホイールが動いたことが検知された回数

キーボードとマウスの入力を取得するにあたり、`java` のライブラリである `jnativehook`¹² を用いて検知された回数を用いている。

表 4.1 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:01 の書きタスクにおける1分ごとの入力ログ

| 開始からの時間(分) | <code>keyPress</code> | <code>mouseClick</code> | <code>mouseMove</code> | <code>mouseDrag</code> | <code>mouseWheel</code> |
|------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1 | 44 | 15 | 15263 | 0 | 0 |
| 2 | 77 | 13 | 10398 | 603 | 23 |
| 3 | 151 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 126 | 2 | 344 | 4 | 0 |
| 5 | 177 | 0 | 6 | 0 | 0 |
| 6 | 173 | 4 | 376 | 14 | 1 |
| 7 | 178 | 0 | 40 | 0 | 0 |
| 8 | 205 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 159 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 137 | 0 | 1 | 0 | 0 |

¹² <https://github.com/kwhat/jnativehook>

表 4.2 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:01 の読みタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 19 | 2 | 4846 | 0 | 14 |
| 2 | 0 | 12 | 7527 | 0 | 24 |
| 3 | 0 | 0 | 1451 | 0 | 3 |
| 4 | 0 | 1 | 4759 | 0 | 31 |
| 5 | 0 | 0 | 2231 | 0 | 14 |
| 6 | 0 | 4 | 7928 | 0 | 49 |
| 7 | 0 | 0 | 328 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 4 | 5905 | 0 | 28 |
| 9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 8 |
| 10 | 0 | 0 | 700 | 0 | 16 |

表 4.3 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:01 の読み書きタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 125 | 1 | 2774 | 0 | 0 |
| 2 | 130 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 96 | 6 | 4689 | 1162 | 5 |
| 4 | 13 | 3 | 5110 | 0 | 7 |
| 5 | 99 | 5 | 7606 | 2 | 8 |
| 6 | 189 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 151 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 124 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 198 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 119 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 4.4 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:02 の書きタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 165 | 1 | 35 | 0 | 0 |
| 2 | 239 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 160 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 210 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 202 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 202 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 267 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 298 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 289 | 0 | 25 | 0 | 0 |

表 4.5 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:02 の読みタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 22 | 9 | 1148 | 1 | 352 |
| 2 | 23 | 18 | 1472 | 186 | 50 |
| 3 | 0 | 12 | 1286 | 0 | 396 |
| 4 | 0 | 1 | 710 | 0 | 116 |
| 5 | 0 | 3 | 351 | 8 | 729 |
| 6 | 11 | 8 | 1179 | 157 | 753 |
| 7 | 0 | 2 | 438 | 60 | 651 |
| 8 | 0 | 0 | 318 | 0 | 664 |
| 9 | 0 | 0 | 47 | 0 | 357 |
| 10 | 0 | 0 | 684 | 0 | 547 |

表 4.6 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:02 の読み書きタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 314 | 1 | 98 | 0 | 0 |
| 2 | 287 | 1 | 62 | 90 | 0 |
| 3 | 241 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 267 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 294 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 181 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 314 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 235 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 237 | 3 | 137 | 0 | 0 |
| 10 | 285 | 0 | 58 | 0 | 0 |

表 4.7 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:03 の書きタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 174 | 1 | 270 | 0 | 0 |
| 2 | 167 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 180 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 177 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 187 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 192 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 170 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 200 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 172 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 186 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 4.8 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:03 の読みタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 53 | 11 | 4996 | 176 | 64 |
| 2 | 0 | 8 | 4813 | 1089 | 45 |
| 3 | 0 | 3 | 4934 | 423 | 100 |
| 4 | 0 | 8 | 6768 | 509 | 167 |
| 5 | 16 | 12 | 5843 | 1163 | 109 |
| 6 | 0 | 2 | 10786 | 8 | 58 |
| 7 | 0 | 9 | 7082 | 118 | 56 |
| 8 | 0 | 9 | 8707 | 530 | 27 |
| 9 | 0 | 5 | 5971 | 1795 | 49 |
| 10 | 0 | 7 | 4376 | 2790 | 56 |

表 4.9 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:03 の読み書きタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 222 | 1 | 211 | 13 | 0 |
| 2 | 194 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 195 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 198 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 204 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 220 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 205 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 171 | 2 | 994 | 0 | 10 |
| 9 | 209 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 160 | 5 | 2629 | 67 | 90 |

表 4.10 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:04 の書きタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 206 | 1 | 55 | 0 | 0 |
| 2 | 177 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 199 | 1 | 77 | 0 | 0 |
| 4 | 158 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 147 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 214 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 191 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 163 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 195 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 225 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 4.11 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:04 の読みタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 44 | 3 | 1802 | 1 | 74 |
| 2 | 0 | 5 | 1577 | 1 | 198 |
| 3 | 57 | 8 | 1475 | 6 | 218 |
| 4 | 0 | 10 | 839 | 3 | 510 |
| 5 | 0 | 2 | 934 | 0 | 269 |
| 6 | 11 | 15 | 2292 | 5 | 152 |
| 7 | 28 | 12 | 1752 | 2 | 174 |
| 8 | 9 | 10 | 2031 | 3 | 128 |
| 9 | 45 | 9 | 2063 | 10 | 201 |
| 10 | 0 | 20 | 2414 | 464 | 254 |

表 4.12 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:04 の読み書きタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 179 | 5 | 1049 | 18 | 79 |
| 2 | 238 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 227 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 136 | 0 | 120 | 0 | 22 |
| 5 | 179 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 196 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 230 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 176 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 241 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 198 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 4.13 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:05 の書きタスクにおける 1 分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 276 | 1 | 155 | 0 | 0 |
| 2 | 344 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 266 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 329 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 357 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 340 | 1 | 61 | 91 | 0 |
| 7 | 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 320 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 363 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 389 | 0 | 0 | 0 | 0 |

表 4.14 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:05 の読みタスクにおける 1分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 53 | 15 | 1963 | 3 | 185 |
| 2 | 53 | 16 | 1976 | 1 | 83 |
| 3 | 0 | 37 | 2661 | 1 | 14 |
| 4 | 0 | 13 | 1518 | 0 | 131 |
| 5 | 0 | 5 | 593 | 0 | 41 |
| 6 | 0 | 13 | 2522 | 2 | 44 |
| 7 | 0 | 15 | 1436 | 8 | 47 |
| 8 | 0 | 8 | 1091 | 4 | 86 |
| 9 | 0 | 8 | 2712 | 0 | 52 |
| 10 | 0 | 8 | 3679 | 3 | 42 |

表 4.15 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
実験協力者 ID:05 の読み書きタスクにおける 1分ごとの入力ログ

| 開始からの時間 (分) | keyPress | mouseClick | mouseMove | mouseDrag | mouseWheel |
|-------------|----------|------------|-----------|-----------|------------|
| 1 | 347 | 1 | 34 | 0 | 0 |
| 2 | 319 | 2 | 185 | 3 | 0 |
| 3 | 355 | 3 | 252 | 69 | 0 |
| 4 | 274 | 2 | 232 | 1 | 1 |
| 5 | 253 | 6 | 407 | 0 | 3 |
| 6 | 287 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 325 | 6 | 569 | 4 | 0 |
| 8 | 210 | 8 | 921 | 2 | 34 |
| 9 | 179 | 14 | 1375 | 2 | 74 |
| 10 | 165 | 14 | 1625 | 1 | 25 |

4.1.3. 考察

ユーザのタスクごとの入力ログの累積を以下の図 4-1～図 4-5 に示す。積み上げ棒グラフの色は実験開始からの時間を表す。

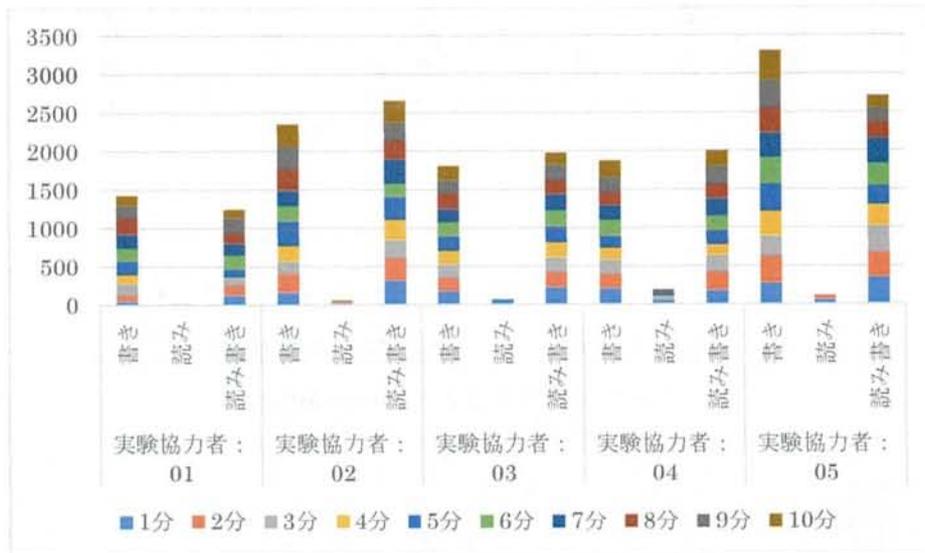


図 4-1 作業度のパラメータの決定に関する調査実験におけるユーザのタスクごとの KeyPress

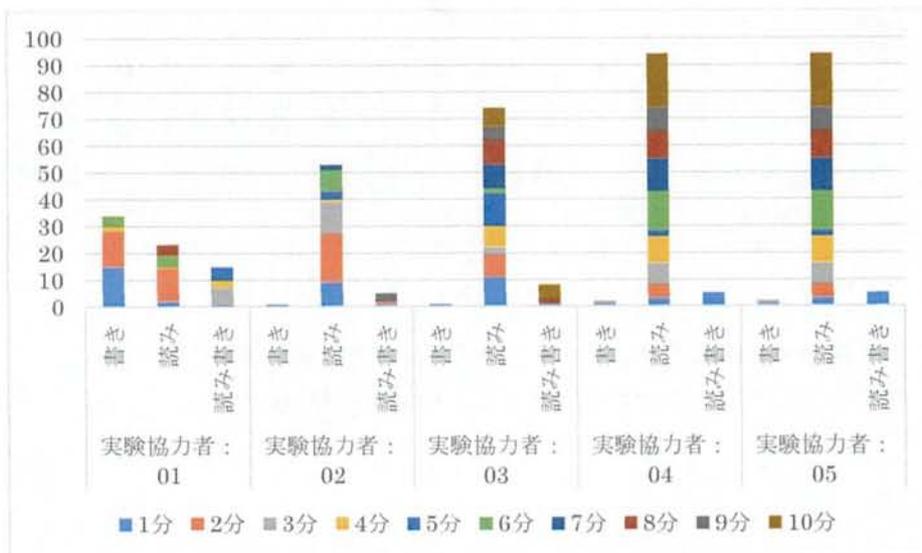


図 4-2 作業度のパラメータの決定に関する調査実験におけるユーザのタスクごとの mouseClick

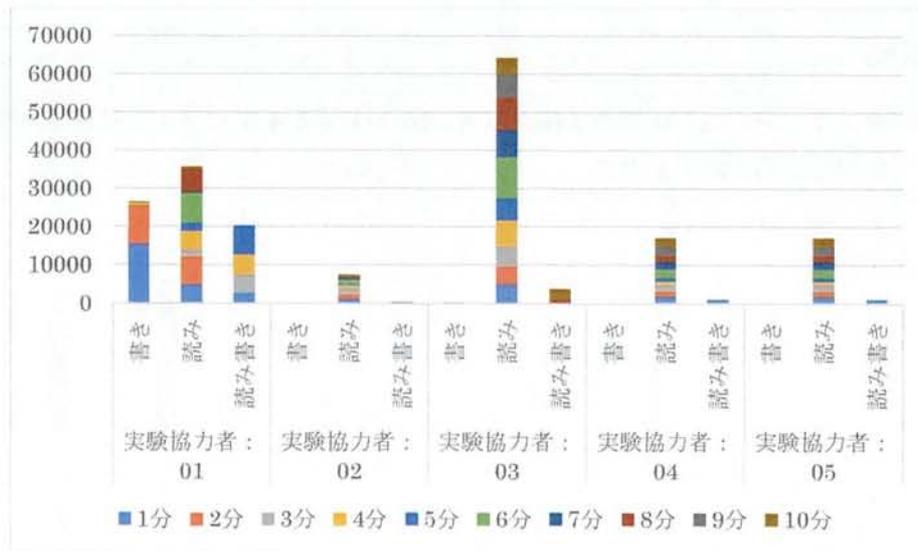


図 4-3 作業度のパラメータの決定に関する調査実験におけるユーザのタスクごとの mouseMove

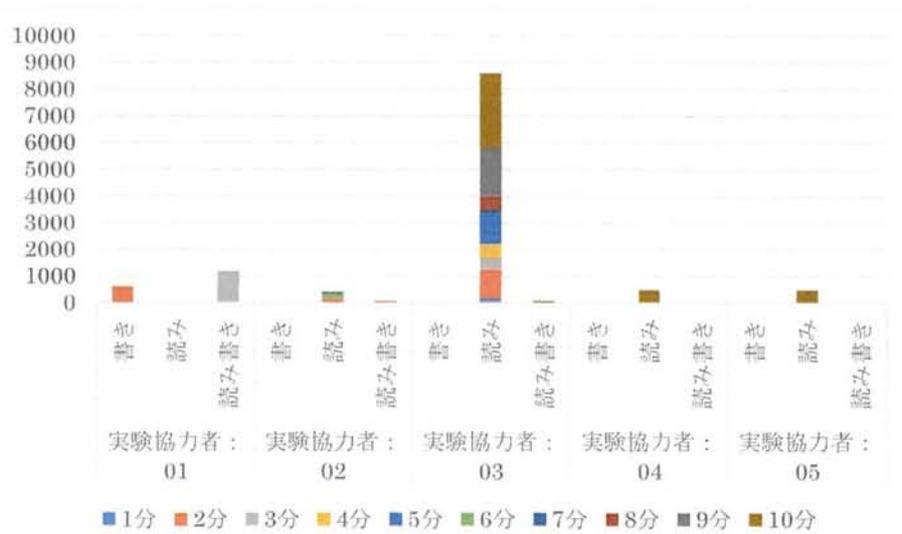


図 4-4 作業度のパラメータの決定に関する調査実験におけるユーザのタスクごとの mouseDrag

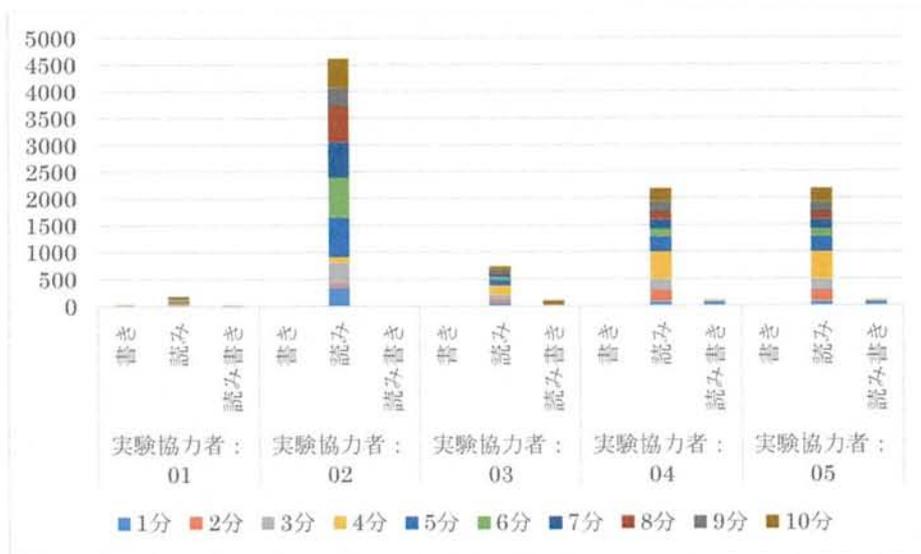


図 4-5 作業度のパラメータの決定に関する調査実験におけるユーザのタスクごとの mouseWheel

実験タスクを書きタスク、読みタスク、書き読みタスクの3種類に分けて行ったが、書きタスクと読み書きタスクから得られる入力ログに、キーボードログが多く、マウスログが少ないという同様の傾向がみられる。原因として、読み書きタスクを行う際に、読みタスクですでに資料を集め終えてしまった為、書きタスクと同様に書くことが中心になってしまったと考えられる。そのため、本項では読み書きタスクを書きタスクと同様の特性とみなし、結果を考察する。

書きタスク、読み書きタスクでは、マウスからの入力がされていないことが多い。逆に、読みタスクではキーボードからの入力がされていないことが多い。よって、書き中心のタスクでは主にキーボードが、読み中心のタスクでは主にマウスが用いられていると考える。

書きタスクで得た keyPress の平均と分散を以下の表 4.16 に示す。

表 4.16 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における書きタスクで得た keyPress の平均と分散

| | keyPress の平均 | keyPress の分散 |
|----------|--------------|--------------|
| 実験協力者：01 | 142.7 | 2436.233 |
| 実験協力者：02 | 235.2 | 3164.178 |
| 実験協力者：03 | 180.5 | 111.611 |
| 実験協力者：04 | 187.5 | 652.500 |
| 実験協力者：05 | 330.4 | 1422.933 |

書きタスクで得た keyPress について分散分析を行った結果, ユーザの変動による P 値は 5.62×10^{-13} となり, 有意差が確認された. この有意差は, ユーザの打鍵速度や文章を書く際の思考時間の違いなど, ユーザの個性を反映していると考えられる.

読みタスクで得た mouseMove, mouseClicked, mouseWheel の平均, 分散を以下のに示す.

表 4.17 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における読みタスクで得た mouseMove の平均と分散

| | mouseMove の平均 | mouseMove の分散 |
|------------|---------------|---------------|
| 実験協力者 : 01 | 3567.6 | 8990264.933 |
| 実験協力者 : 02 | 763.3 | 232510.011 |
| 実験協力者 : 03 | 6427.6 | 4042442.489 |
| 実験協力者 : 04 | 1717.9 | 278369.433 |
| 実験協力者 : 05 | 2015.1 | 821267.211 |

表 4.18 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における読みタスクで得た mouseClicked の平均と分散

| | mouseClick の平均 | mouseClick の分散 |
|------------|----------------|----------------|
| 実験協力者 : 01 | 2.3 | 14.233 |
| 実験協力者 : 02 | 5.3 | 38.456 |
| 実験協力者 : 03 | 7.4 | 10.489 |
| 実験協力者 : 04 | 9.4 | 29.822 |
| 実験協力者 : 05 | 13.8 | 80.622 |

表 4.19 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における読みタスクで得た mouseWheel の平均と分散

| | mouseWheel の平均 | mouseWheel の分散 |
|------------|----------------|----------------|
| 実験協力者 : 01 | 18.7 | 216.233 |
| 実験協力者 : 02 | 461.5 | 61850.944 |
| 実験協力者 : 03 | 73.1 | 1691.211 |
| 実験協力者 : 04 | 217.8 | 13886.400 |
| 実験協力者 : 05 | 72.5 | 2622.056 |

読みタスクで得た mouseMove, mouseClicked, mouseWheel について分散分析を行った結果, ユーザの変動による P 値はそれぞれ 1.36×10^{-8} , 1.21×10^{-3} , 1.49×10^{-9} となり, 有意差が確認された. mouseMove の有意差はモニタの広さやショートカットキーの知識の

有無など、ユーザの個性や環境を反映していると考え、mouseClick, mouseWheelの有
意差はユーザの個性ではなく、実験時に見た web ページの構成の差が反映されていると考
える。mouseClick の回数は web ページのハイパーリンクの構成に、mouseWheel の回数
は web ページの長さにより検知回数が増減すると考えられる。

読み書きタスクで得た keyPress の平均と分散を以下の表 4.20 に示す。

表 4.20 作業度のパラメータの決定に関する調査実験における
読み書きタスクで得た keyPress の平均と分散

| | keyPress の平均 | keyPress の分散 |
|----------|--------------|--------------|
| 実験協力者：01 | 124.4 | 2691.156 |
| 実験協力者：02 | 265.5 | 1760.500 |
| 実験協力者：03 | 197.8 | 384.844 |
| 実験協力者：04 | 200.0 | 1147.556 |
| 実験協力者：05 | 271.4 | 4673.378 |

読み書きタスクで得た keyPress について分散分析を行った結果、ユーザの変動による P
値は 1.58×10^{-8} となり、有意差が確認された。この有意差は書きタスクと同様に、ユーザの
打鍵速度や文章を書く際の思考時間の違いなど、ユーザの個性を反映していると考え。

以上の結果より、keyPress, mouseMove についてはユーザの特性が反映されているとみ
なし、事前にキャリブレーションを行い作業度のパラメータ W_{key} , W_{move} をユーザ毎に調整
する。mouseDrag は検知数が少ないこと、およびモニタの広さに影響されると考えられる
ため、mouseMove と合算して扱う。mouseClick, mouseWheel については、本実験で得ら
れた値を基準としてそれぞれ 10, 200 とする。

4.2. 提案システムの明度調整の特性調査実験

4.2 節では、提案インタフェースについて、その明度変化に対するユーザの認知特性を評価することを目的に行った予備実験について示す。

4.2.1. 実験概要

本予備実験では、20 代の工学系大学生、大学院生 12 人の実験協力者を対象に実施する。実験協力者には、下記で指定したタスクのどれか一つを 5 分間行いながら、ミニモニタに表示されたユーザインタフェースの明度変化に気づいた場合、クリック記録用アプリをクリックする作業を行ってもらった。また実験時の視線を、視線追跡装置を用いて観測し、ユーザが明度変化に対してどのような視線移動を行ったのか分析を行った。実験後にはアンケートに回答してもらい、ユーザの行動と比較して考察を行った。具体的なタスク内容と実験手順を以下に示す。

- 実験協力者に行ってもらった 3 種類のタスク
 1. タイピングタスク（集中度：高）：ICT プロフィシエンシー検定試験¹³サイト内の無料タイピング練習の日本語編をローマ字入力で 5 分間行う
(<http://www.pken.com/flashgame/game3/game3.html>)
 2. ニュース要約タスク（集中度：中）：5 分間で最近の IT ニュースを一つ探し、要約してテキストファイルにまとめる
 3. ネットサーフィンタスク（集中度：低）：具体的な内容を設定せず、5 分間ネットサーフィンを行う

- 実験手順
 1. 視線追跡装置のキャリブレーションを行う
 2. 提案インタフェースを表示するミニモニタを、メインモニタを見ているときに視野の端に見える場所に設置する
 3. クリック記録用アプリをメインモニタ内のクリックしやすい位置に配置する
 4. 提案システムを起動し、ミニモニタ内に表示させる
 5. ユーザ毎に指定された一つのタスクを 5 分間行いながら、ユーザインタフェースの明度変化に気づいた場合クリック記録用アプリをクリックする
 6. アンケートに回答する

¹³ <http://www.pken.com/index.html>

本予備実験で設定した3つのタスクは、タスクに対して必要な集中の度合いを高、中、低と仮定して設定を行っている。集中度：高として設定したタイピングタスクは、5分間画面の一部分を凝視する必要がある。集中度：中と設定したニュース要約タスクは、5分間集中して行う必要はあるが、視線はメインモニタ上の様々な場所に移動する。集中度：低として設定したネットサーフィンタスクは集中して作業を行う必要がない。本予備実験で各ユーザに行ってもらったタスクの組み合わせを表 4.21 に示す。

表 4.21 明度調整の特性調査実験における
実験協力者とタスクの組み合わせ

| 実験協力者 ID | タスク名 |
|------------|-------------|
| 1,2,3,4 | タイピングタスク |
| 5,6,7,8 | ニュース要約タスク |
| 9,10,11,12 | ネットサーフィンタスク |

明度変化について、本実験では3種類の明度を用意する。提案インタフェースで表示できる明度の最大値を100%とした場合、平常時は40%の明度で表示される。5分間の実験中4回、それぞれ5秒間だけ明度を変化させる。明度変化時、ユーザインタフェースは60%の明度、もしくは100%の明度で表示される。本予備実験でのユーザインタフェースの明度の変化パターンとユーザの組み合わせを表 4.22 に示す。

表 4.22 明度調整の特性調査実験における
提案インタフェースの明度の変化パターンの組み合わせ

| 実験協力者 ID | 1回目の明度変化 | 2回目の明度変化 | 3回目の明度変化 | 4回目の明度変化 |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1,5,9 | 100% | 100% | 60% | 60% |
| 2,6,10 | 60% | 60% | 100% | 100% |
| 3,7,11 | 100% | 60% | 100% | 60% |
| 4,8,12 | 60% | 100% | 60% | 100% |

ユーザインタフェースの明度が40%, 60%, 100%の場合のスクリーンショットを図 4-6, 図 4-7, 図 4-8 に示す。本予備実験で用いるユーザインタフェースは3章で述べた提案システムの持つ機能のうち、本予備実験で関係ない機能は動作しないようにしている。具体的には、棒グラフと重要データリスト、作業度のグラフが表示されているが、本予備実験ではデータ量は固定となり、動くことはない。

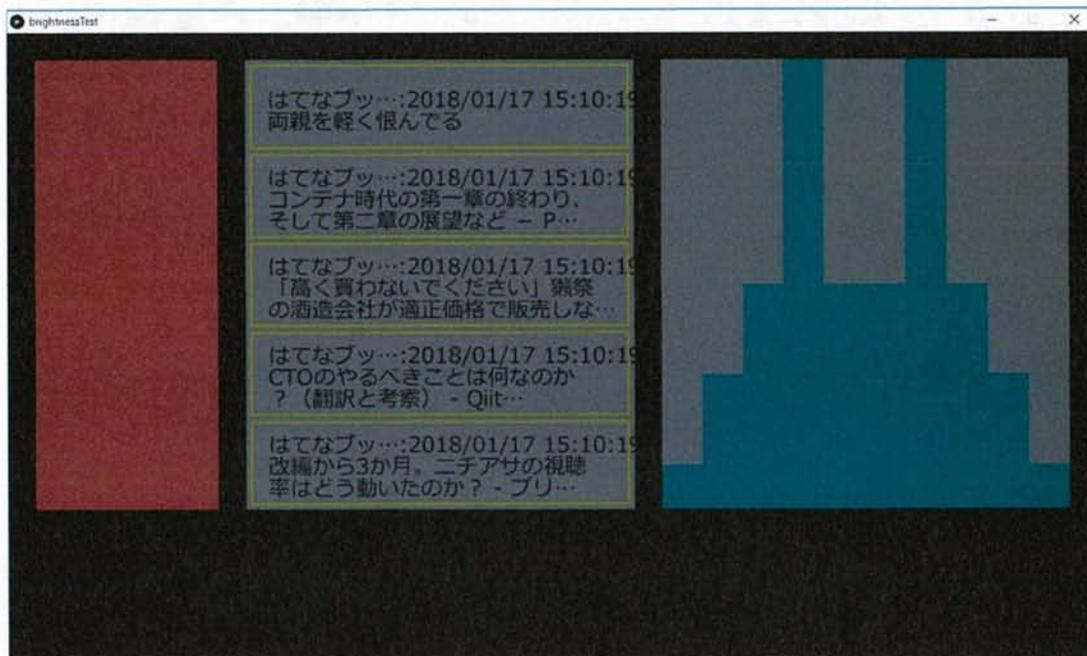


図 4-6 明度調整の特性調査実験における
ユーザインタフェースの明度が40%のときのスクリーンショット

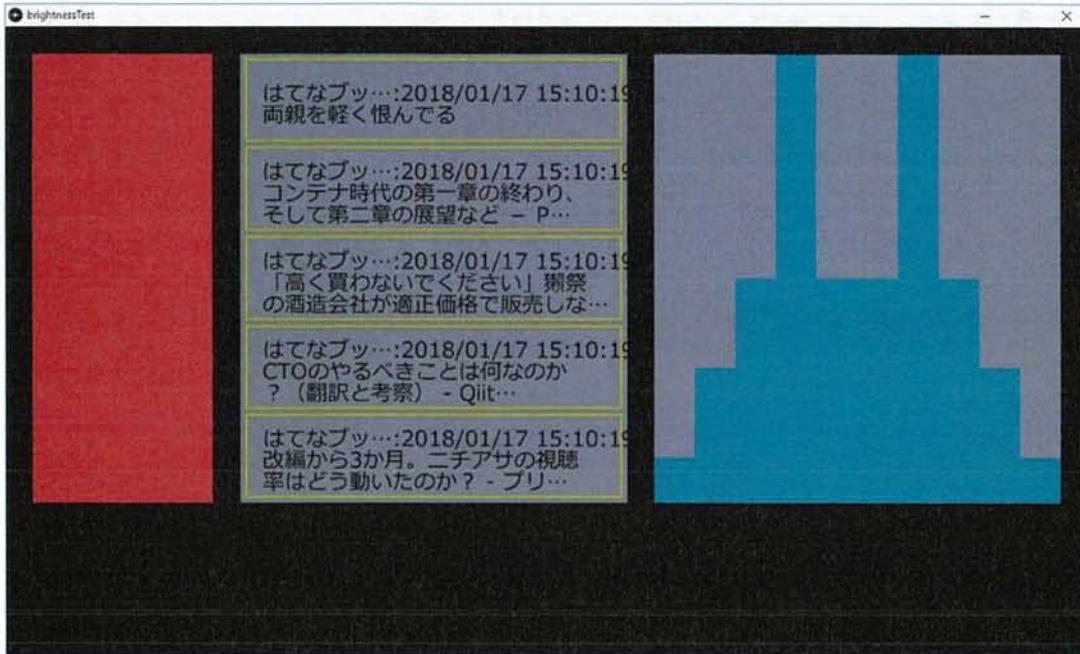


図 4-7 明度調整の特性調査実験における
ユーザインタフェースの明度が 40%のときのスクリーンショット

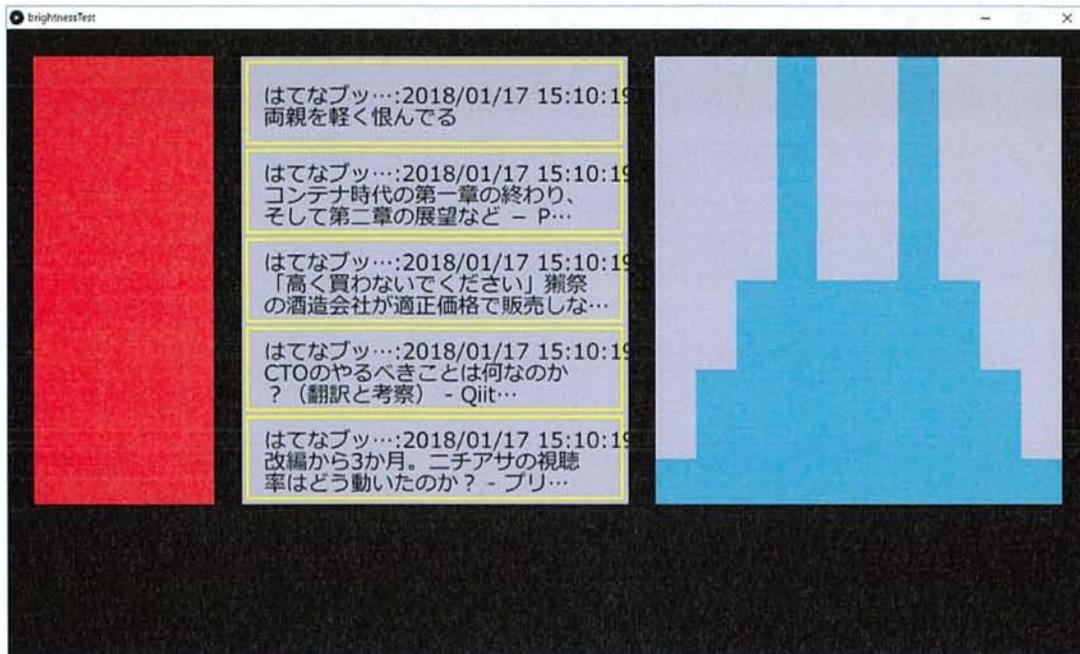


図 4-8 明度調整の特性調査実験における
ユーザインタフェースの明度が 40%のときのスクリーンショット

視線追跡の観測は、視線追跡装置 Tobii Eye Tracker 4C¹⁴と、取得した視線をリアルタイムでメインモニタに可視化するソフトウェア Tobii Streaming Gaze Overlay¹⁵、画面キャプチャを行うソフトウェア OBS Studio¹⁶を用いて行う。OBS Studio で記録した視線位置の例を示すスクリーンショットを図 4-9 に示す。視線は画面左上の赤丸付近を見ている。このとき画面中央に表示されている OBS Studio 上では、対応する位置に視線として白丸が表示されている。



図 4-9 OBS Studio (画面中央) を用いて記録した視線位置の例を示すスクリーンショット

¹⁴ <https://tobiigaming.com/eye-tracker-4c/>

¹⁵ <https://tobiigaming.com/streaming-gaze-overlay/>

¹⁶ <https://obsproject.com/ja>

提案システムのユーザインタフェースは 3 章で示したように様々な手掛かりを可視化するため、モニタのサイズや解像度によってはモニタ上での占有位置が相対的に大きくなるという問題がある。そのため本予備実験では、ユーザインタフェースを別途表示するためのミニモニタを用いる。ミニモニタは TEKWIND 社の On-Lap 1002¹⁷を用いた。画面サイズは 10.1 インチであり、解像度は 1280×800 である。ミニモニタはメインモニタを見ているときに、視野の端に見える場所に設置するように実験協力者に指示する。実験時のメインモニタとミニモニタの配置例を図 4-10 に示す。

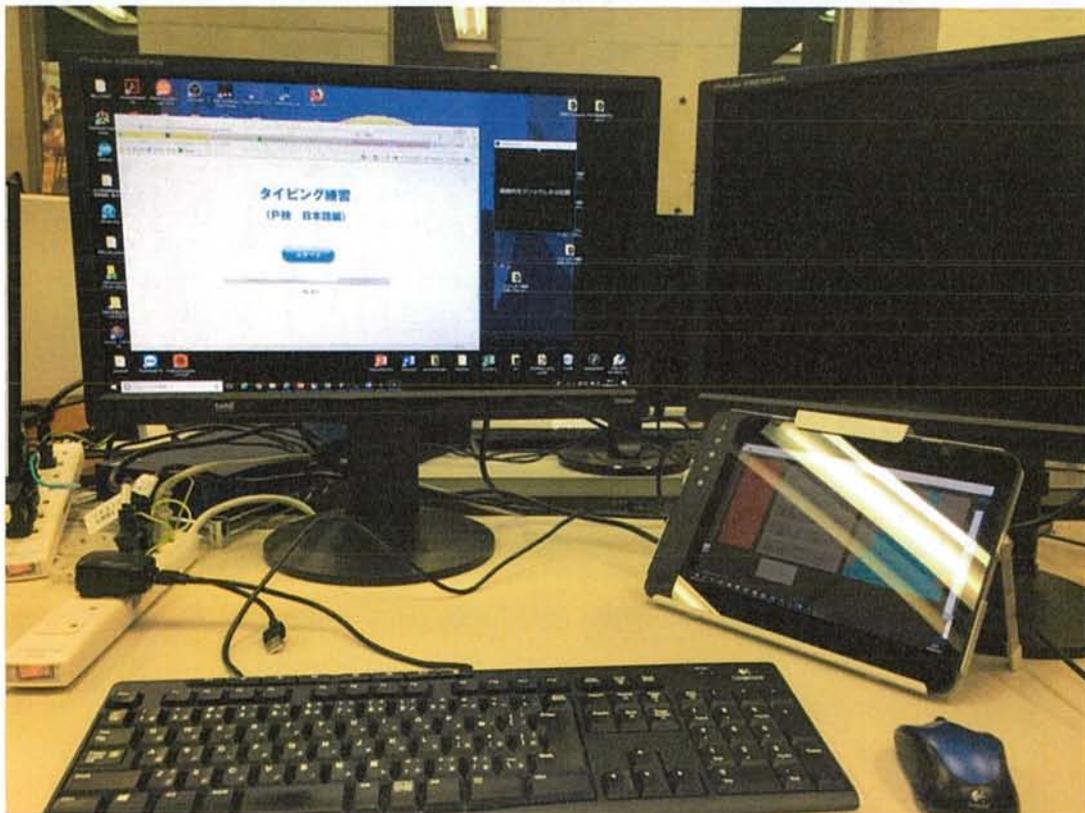


図 4-10 明度調整の特性調査実験におけるメインモニタとミニモニタの配置例

¹⁷ https://www.tekwind.co.jp/products/GEC/entry_11501.php

4.2.2. 実験結果

各実験協力者が明度変化に気づいたか否かを表 4.23～表 4.26 に示す。○は 5 秒間の明度変化時にクリック記録用アプリがクリックされたことを、×はクリックされなかったことを表す。△は明度変化した 5 秒間の後にクリックされたことを表す。

表 4.23 明度調整の特性調査実験における
実験協力者 ID:1,5,9 が明度変化に気づいたか否か

| ID | タスク | 一回目： 明度 100% | 二回目： 明度 100% | 三回目： 明度 60% | 四回目： 明度 60% |
|----|--------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | タイピング | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 5 | ニュース要約 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 9 | ニュース閲覧 | ○ | ○ | ○ | ○ |

表 4.24 明度調整の特性調査実験における
実験協力者 ID:2,6,10 が明度変化に気づいたか否か

| ID | タスク | 一回目： 明度 60% | 二回目： 明度 60% | 三回目： 明度 100% | 四回目： 明度 100% |
|----|--------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 2 | タイピング | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 6 | ニュース要約 | × | ○ | ○ | ○ |
| 10 | ニュース閲覧 | ○ | ○ | ○ | ○ |

表 4.25 明度調整の特性調査実験における
実験協力者 ID:3,7,11 が明度変化に気づいたか否か

| ID | タスク | 一回目： 明度 100% | 二回目： 明度 60% | 三回目： 明度 100% | 四回目： 明度 60% |
|----|--------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 3 | タイピング | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 7 | ニュース要約 | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 11 | ニュース閲覧 | × | ○ | ○ | ○ |

表 4.26 明度調整の特性調査実験における
実験協力者 ID:4,8,12 が明度変化に気づいたか否か

| ID | タスク | 一回目： 明度 60% | 二回目： 明度 100% | 三回目： 明度 60% | 四回目： 明度 100% |
|----|--------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 4 | タイピング | △ | ○ | ○ | ○ |
| 8 | ニュース要約 | × | △ | ○ | ○ |
| 12 | ニュース閲覧 | ○ | ○ | ○ | ○ |

各実験協力者が明度変化時にミニモニタを直接見たか否かを、視線追跡装置の記録から目視で判定した結果を表 4.27～表 4.30 に示す。明度変化時に視線がミニモニタの方向に移動しメインモニタから外れた場合直接見たと判断する。○は実験協力者がミニモニタを直接見たことを、×は直接見ていないことを表す。－は明度変化そのものに気づいていないことを表す。

表 4.27 明度調整の特性調査実験における
実験協力者 ID:1,5,9 が明度変化時にミニモニタを直接見たか否か

| ID | タスク | 一回目： 明度 100% | 二回目： 明度 100% | 三回目： 明度 60% | 四回目： 明度 60% |
|----|--------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | タイピング | ○ | × | × | × |
| 5 | ニュース要約 | ○ | × | × | × |
| 9 | ニュース閲覧 | × | × | ○ | × |

表 4.28 明度調整の特性調査実験における
実験協力者 ID:2,6,10 が明度変化時にミニモニタを直接見たか否か

| ID | タスク | 一回目： 明度 60% | 二回目： 明度 60% | 三回目： 明度 100% | 四回目： 明度 100% |
|----|--------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| 2 | タイピング | ○ | × | × | ○ |
| 6 | ニュース要約 | － | × | × | × |
| 10 | ニュース閲覧 | × | × | × | × |

表 4.29 明度調整の特性調査実験における
実験協力者 ID:3,7,11 が明度変化時にミニモニタを直接見たか否か

| ID | タスク | 一回目： 明度 100% | 二回目： 明度 60% | 三回目： 明度 100% | 四回目： 明度 60% |
|----|--------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|
| 3 | タイピング | × | × | × | × |
| 7 | ニュース要約 | × | × | × | × |
| 11 | ニュース閲覧 | — | ○ | ○ | ○ |

表 4.30 明度調整の特性調査実験における
実験協力者 ID:4,8,12 が明度変化時にミニモニタを直接見たか否か

| ID | タスク | 一回目： 明度 60% | 二回目： 明度 100% | 三回目： 明度 60% | 四回目： 明度 100% |
|----|--------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 4 | タイピング | ○ | × | ○ | × |
| 8 | ニュース要約 | — | ○ | ○ | × |
| 12 | ニュース閲覧 | × | × | × | × |

各実験協力者に実験後に行ってもらったアンケートの結果を表 4.31 に示す。設問の「明度の変化はわかりやすいと感じましたか」は、わかりやすいを 5、わかりにくいを 1 とした 5 段階評価である。

表 4.31 明度調整の特性調査実験における実験後アンケートの結果

| 実験協力者 ID | タスク | 明度の変化はわかりやすいと感じましたか | 明度の変化に関する感想がありましたら記入してください。(自由記述) |
|----------|----------|---------------------|--|
| 1 | タイピング | 5 | 思ったより明るいし、元の明るさで文字ははっきり認識できたため良いと思う 以前眼医者で視野が狭くなっている可能性があると言われたけどそれでも大丈夫だった |
| 2 | タイピング | 5 | 照明の反射があつて分かり難いかと思つたがそんなこともなかつた。 視界にほとんど入ってなくても気づける気がする(たぶん)。 |
| 3 | タイピング | 5 | 分かりやすかつたので、特に問題ないと感じました。 |
| 4 | タイピング | 3 | 今回の実験以上に集中していると、おそらく中々気づかないと思います。 |
| 5 | ニュース要約 | 4 | 特になし |
| 6 | ニュース要約 | 5 | 特になし |
| 7 | ニュース要約 | 4 | 明るくなつたときは気づきやすかつたが、暗くなるのは分かりづらかつた。 最初の画面の明るさを気にしてなかつたから最初の方の変化を見落とした気がした。 |
| 8 | ニュース要約 | 5 | 1,2 回見逃しましたがそれ以外は大丈夫でした。 明度変化を点滅にするともっとわかりやすいのかなと思ひました。 |
| 9 | ネットサーフィン | 4 | 姿勢を変えたときに蛍光灯が反射してみってしまうことがありました。 |
| 10 | ネットサーフィン | 5 | そこまでモニタに意識を向けていなくても明るくなつたことが感じ取れたので適切な明度の変化だと思つた |
| 11 | ネットサーフィン | 4 | 明度が変化することを事前に知らされていなかったら、気づかなかつたかもしれない |
| 12 | ネットサーフィン | 5 | 特になし |

4.2.3. 考察

表 4.23～表 4.26 における○（5 秒間の明度変化時にクリック記録用アプリがクリックされた）、△（明度変化した 5 秒間の後にクリックされた）、×（クリックされなかった）の割合を 1 回目～4 回目ごとにまとめたものを図 4-11 に示す。

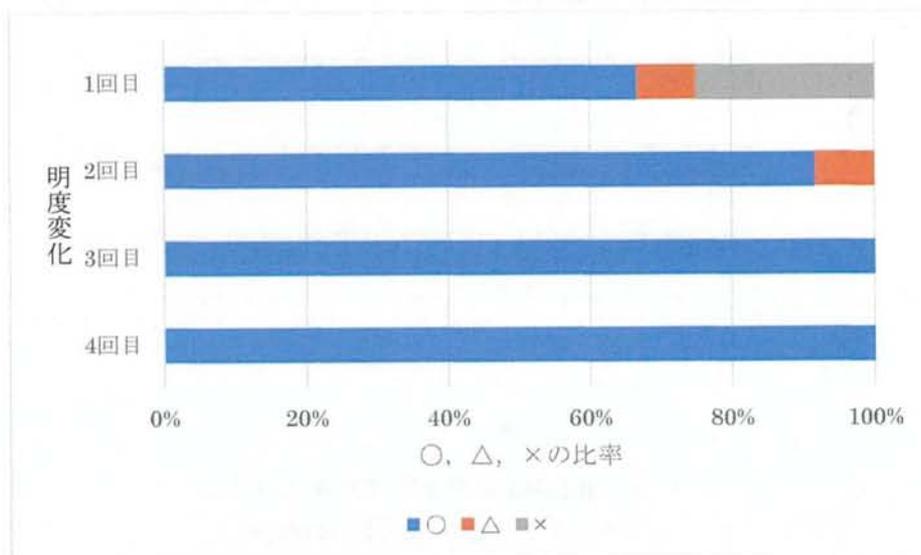


図 4-11 明度調整の特性調査実験における明度変化に気づいたか否かの割合

図 4-11 より、1 度目の明度変化を除き、9 割以上の割合でユーザが明度の変化に気づいていることがわかる。また、タスクの種類によって気づきやすさが大きく変化することはなく、汎用的に用いることができると考える。

ユーザが明度変化に気づかなかった場合について考察する。ユーザが明度変化に気づいていないのはすべて 1 回目の明度変化時である。気づいたが判断が難しかった場合も、1 回目の明度変化時か、あるいは 1 回目の明度変化時に気づかなかった場合の 2 回目の明度変化時である。また、最初に明度変化に気づかなかったユーザも、その後の明度変化には気づいている。この結果より、明度変化に気づくか否かには慣れの影響があるが、数回の利用で十分気づくようになることがわかる。

表 4.27～表 4.30 における×（実験協力者がミニモニタを直接見ていない）、○（ミニモニタを直接見た）、－（明度変化に気づいていない）の割合を1回目～4回目ごとにまとめたものを図 4-12 に示す。

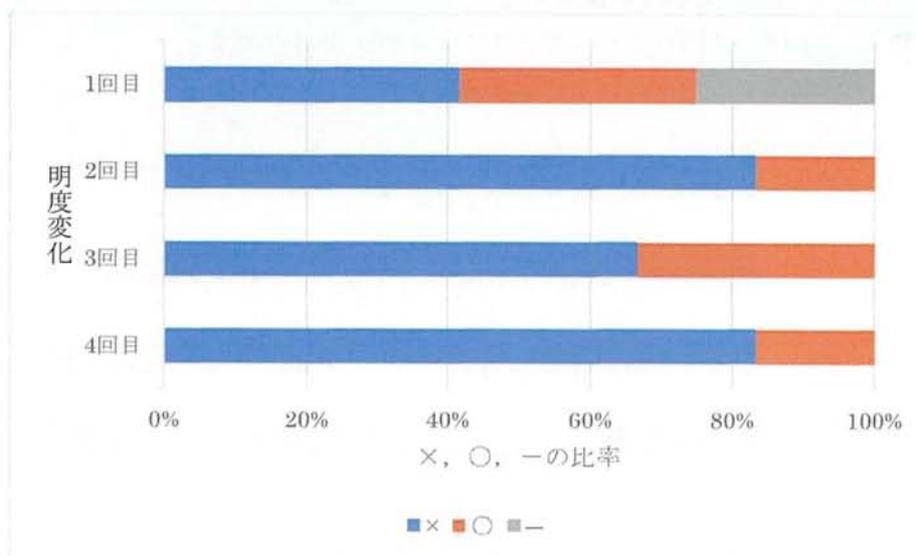


図 4-12 明度調整の特性調査実験におけるミニモニタを直接見たか否かの割合

図 4-12 より直接見なくても明度変化を判別できた割合は、1回目は4割程度であるが、2回目以降は6割を超えて判別可能となっている。特に、2回目、4回目においては8割以上の割合で判別できていることがわかる。これより、明度の変化はユーザインタフェースの存在するミニモニタを直接見ずとも判別可能と言える。ミニモニタを直接見る必要がないことは、メインタスクへの妨害度が低いという観点から好ましいと考える。

ユーザがミニモニタを直接見た場合について考察する。ミニモニタを直接見た原因は、直視したタイミングの傾向から以下の3パターンであると考えられる。

- ① 最初の明度変化だったので本当に変化したのか気になり確認した
（実験協力者 ID：1,2,5）
- ② 明度の変化が小さかったので、本当に変化したか気になり確認してしまう
（実験協力者 ID：4,9）
- ③ 毎回、明度が本当に変化したか気になり確認してしまう
（実験協力者 ID：8,11）

パターン①の場合、実験協力者 ID1,5 はそれ以降ミニモニタの直接目視を行っていない。これは前述したユーザインタフェースへの慣れの効果であり、使用を続けることで直接見

なくても判別できるようになると考える。パターン②の場合、明度の変化が 40%→60%と変化量が小さかった部分で直接目視を行っている。これより、明度の変化は小さくともユーザに気づきを促す効果はあるが、変化量が小さい場合ユーザが判別しきれない可能性が考えられる。パターン③については、明度が本当に変わったか毎回気にしてしまうというユーザの特性であると考え。最後まですべて直接目視したのは実験協力者 ID : 11 のみであるため、パターン①と同様に慣れの効果で直接見なくても判別が可能となることが期待される。

アンケート結果について考察する。アンケートの「明度の変化はわかりやすいと感じましたか」の設問に対する回答人数を図 4-13 に示す。

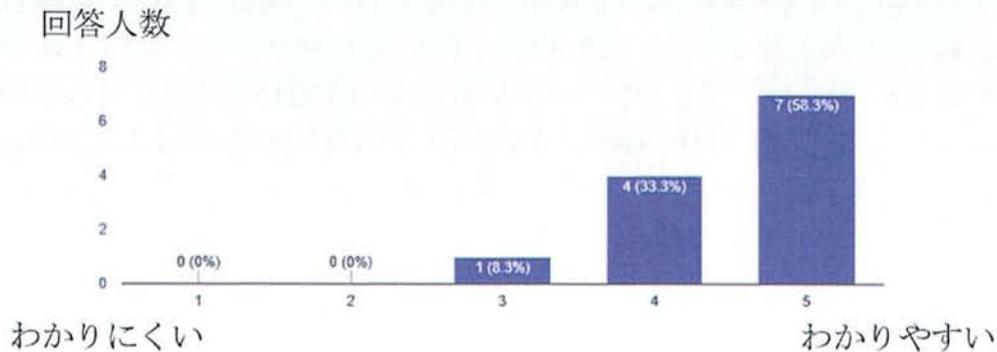


図 4-13 明度調整の特性調査実験における実験後アンケートの「明度の変化はわかりやすいと感じましたか」の設問に対する回答

実験を行った半数以上が最高値である 5 と回答し、4 を含めるとわかりやすいと回答した割合は 9 割を超える。またアンケートの自由記述欄より、実験協力者 ID:1,2,3,7,10 から、明度変化はわかりやすかったとの記述を得た。さらに実験協力者 ID:2,10 からは、視線や意識を向けなくても明度変化に気づくという、本予備実験で仮定した明度の特性についても指摘していた。よって、明度変化はユーザの主観的にもわかりやすい手がかりになると考える。

課題として、実験協力者 ID:2,9 から、ミニモニタが蛍光灯を反射してしまうことに対する言及があった。蛍光灯の反射をなくすことは難しいが、これにより明度変化への気づきやすさが著しく低下する傾向は観測されなかったことから、問題ないと考える。また、実験協力者 ID:7 から、明度の初期状態を気にしていなかったとの記述を得た。明度の初期状態がわかっていない場合、明度に変化してもそれが変化した後なのかわからなくなるという問題が発生する可能性がある。そのため、提案システム利用時には基準となる明度と変化後の明度について事前知識として伝えておく必要があると考える。

4.3. 提案システムの評価実験

4.3.1. 実験概要

本実験は、20代の工学系大学生、大学院生12人を対象に実施した。実験協力者には、実験中に行う主な作業を各自決定してもらい、それをメインタスクとして各自のパソコンを用いて約5時間行ってもらった。並行して、本論文で提案したシステムを用いてテキストストリームの確認を行ってもらった。実験中のテキストストリームの確認タイミングのデータや、作業時の入力機器からの入力等のログデータに対して、適切なタイミングでの確認ができているか、作業度の可視化や明度の変化は役立っているか、ユーザスタンスの検知は妥当だったか等の観点から分析を行う。また、実験後にはアンケートに回答してもらい、ユーザの行動と比較して考察を行う。具体的な実験設定と手順を以下に示す。

4.3.1.1. 実験設定

本実験で用いる提案システムのユーザインタフェースの設定について述べる。テキストストリーム量を示す棒グラフは 3.2.3 項で示したように、赤色 (#FF0000) を基準とした色で可視化され、News 型のストリームデータが 20 件で満杯になるように設定されている。テキストストリームデータとして、以下の表 4.32 に示した 12 サイトの記事を利用する。各サイトから時事性の高い速報記事などを除いて 10 記事ずつ収集しておき、計 120 記事を用いる。2017 年 12 月 14 日～2018 年 1 月 7 日の期間の記事を収集し、ランダムに配信する。

表 4.32 提案システムの評価実験で用いたテキストストリームの提供元

| サイト名 | URL |
|------------------|---|
| yahoo!国内 | https://news.yahoo.co.jp/hl?c=dom |
| yahoo!国際 | https://news.yahoo.co.jp/hl?c=c_int |
| yahoo!エンタメ | https://news.yahoo.co.jp/hl?c=c_ent |
| yahoo!スポーツ | https://news.yahoo.co.jp/hl?c=c_spo |
| yahoo!IT・科学 | https://news.yahoo.co.jp/hl?c=c_sci |
| yahoo!ライフ | https://news.yahoo.co.jp/hl?c=c_life |
| NHK ニュース | https://www3.nhk.or.jp/news/ |
| 国際ニュース-CNN.co.jp | https://www.cnn.co.jp/ |
| ねとらぼ | http://nlab.itmedia.co.jp/ |
| 日刊スポーツ | https://www.nikkansports.com/ |
| ITMediaNews | http://www.itmedia.co.jp/news/ |
| ライフハッカー | https://www.lifehacker.jp/ |

収集された記事は実験中、一定の間隔で配信される。配信間隔はユーザが確認を行うたびに変わる。実験開始時は 2 分半に一度配信される。テキストストリームの確認を行うたびに配信間隔は 2 分→3 分→2 分半→2 分…と変化する。これにより、棒グラフが満杯になるまでの時間が 50 分、40 分、60 分…と変化する。実験設定時間の 5 時間のうち 6 回棒グラフが満杯になるようにしている。可視化量を目安としている場合、ユーザスタンスの検知に必要な 3 回の確認の他、検知の妥当性に関して検証するためにさらに数回確認してもらうことができるようにこのような設定とした。

ストリームデータの重要度については、各実験協力者に表 4.32 で示した 12 サイトの中から重要視するサイトを一つ選択してもらい、そのサイトからの全配信記事の importance を 2 に、それ以外のデータは 0 に設定した。これにより、importance を 2 と設定したデータのみ重要データリストに概要が表示される。表示件数は最大で 5 件とする。

4.3.1.2. 実験手順

本実験の手順を以下に示す。

1. 提案システムの説明と動作確認を行う

実験説明書を用い、提案システムのユーザインタフェースの各要素や明度変化についての説明を口頭で行う。この時明度変化については、システム側が「作業の妨害にならない」、または「確認したほうが良い」と判断したときユーザインタフェース全体の明度が明るくなるということ、明度が変わったからと言って必ず確認しなければいけないわけではないことを説明した。

2. メインタスクの内容を決定する

メインタスクの条件として、約 5 時間の間継続できる作業量がある事、長時間操作が行われない状況にならない作業である事を設定した。この二つの条件を満たすように、各実験協力者にメインタスク内容を決定してもらった。

3. ミニモニタを設置する

4.2 節の予備実験と同様に、本実験ではミニモニタに提案システムのユーザインタフェースを表示して実験を行う。各実験協力者が普段使っているモニタを見ているときに視野に入る位置に設置するように指示した。

4. 重要視するテキストストリームを決定する

各実験協力者に表 4.32 で示した 12 サイトの中から興味のあるサイトを一つ選んでもらい、重要視するテキストストリームとして設定した。

5. キャリブレーション作業を行う

4.1 節で示した予備実験と同様に、10 分間「自分の好きなこと、趣味」に関してインターネットを参考にしながら文章を書いてもらった。予備実験では書き、読み、読み書きの 3 種類のタスクを行ったが、読み書きタスクの際、読みタスクで見つけた資料が既にあったため書きタスクに類似した結果となったと 4.1.3 項にて考察した。そのため、本実験では資料を収集する時間も含め読み書きタスクを行ってもらうことで、読み・書き両方のタスクにおけるユーザ特性を取得することにした。

6. 5時間の間、メインタスクを行いながらテキストストリームの確認を行う
実験協力者には以下の指示を行った。

- メインタスクの小休憩時にストリームデータのモニタリングを行うという方針で実験を行うようにすること
- ストリームデータのモニタリングを行う際、同時に5～10分程度の休憩をとっても構わないこと
- トイレ等数分の離席は自由に行って構わない事。
- 5時間ほどの連続作業を想定しているため、長期間の休憩（20分以上）をとらないようにすること。
- メインタスク時に不必要なネットサーフィンや動画閲覧をしないようすること

また、実験協力者にはテキストストリームの確認を行うごとに、確認の主観的な満足度を5段階で評価してもらった。また、そう感じた理由も記述してもらった。

7. 実験終了後、アンケートに回答する

実験終了後に行ったアンケートの内容を表 4.33 に示す。

表 4.33 提案システムの評価実験で実験終了後に行ったアンケート内容

| 質問内容 | 回答方法 |
|---|---|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1（役に立たなかった）～5（役に立った） |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 記述（必須） |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1（役に立たなかった）～5（役に立った） |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 記述（必須） |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1（役に立たなかった）～5（役に立った） |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | 記述（必須） |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1（役に立たなかった）～5（役に立った） |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 1（邪魔だった）～5（邪魔でなかった） |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | 記述（自由） |
| 明度が変化したとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 1（目視せずとも明度変化がわかった）～5（直接目視した） |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | 記述（必須） |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | ・ストリームデータの可視化量 ・重要データの配信 ・前回の確認からの間隔 ・可視化された作業度 から選択 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 1（できなかった）～5（できた） |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | 記述（自由） |

4.3.2. 実験結果

各実験協力者のテキストストリーム確認タイミングを表 4.34～表 4.45 に示す。重要データ配信からの時間の項目で空白になっている欄は、重要データが 1 件も配信されていないことを示す。検知したスタンスは確認回数 3 回目以降で決定され、以降固定されている。休憩時間は、ストリーム確認ボタンを押してから、またメインタスクを開始するまでの時間である。

表 4.34 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:01 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1 回目 | 10 | 0 | 50% | 1513.006 | | 不明 | 434 | 2 |
| 2 回目 | 13 | 2 | 65% | 1650.817 | 464 | 不明 | 785 | 4 |
| 3 回目 | 9 | 1 | 45% | 1544.706 | 1288 | 確認間隔 | 510 | 4 |
| 4 回目 | 12 | 1 | 60% | 1890.938 | 1319 | 確認間隔 | 571 | 4 |
| 5 回目 | 16 | 0 | 80% | 1882.638 | | 確認間隔 | 957 | 2 |
| 6 回目 | 13 | 0 | 65% | 2369.108 | | 確認間隔 | 766 | 5 |
| 7 回目 | 14 | 1 | 70% | 2049.274 | 359 | 確認間隔 | 1144 | 2 |
| 8 回目 | 14 | 5 | 70% | 1665.706 | 404 | 確認間隔 | 890 | 4 |

表 4.35 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:02 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1 回目 | 20 | 1 | 100% | 3137.779 | 137 | 不明 | 515 | 3 |
| 2 回目 | 20 | 1 | 100% | 2330.821 | 650 | 不明 | 346 | 5 |
| 3 回目 | 17 | 3 | 85% | 3066.688 | 237 | 重要度 | 362 | 4 |
| 4 回目 | 7 | 1 | 35% | 1002.868 | 9 | 重要度 | 114 | 3 |
| 5 回目 | 16 | 1 | 80% | 1919.141 | 8 | 重要度 | 278 | 5 |
| 6 回目 | 2 | 1 | 10% | 388.408 | 36 | 重要度 | 51 | 2 |
| 7 回目 | 23 | 0 | 100% | 3493.584 | | 重要度 | 340 | 4 |
| 8 回目 | 5 | 1 | 25% | 541.405 | 21 | 重要度 | 176 | 3 |

表 4.36 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:03 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1回目 | 18 | 2 | 90% | 2754.374 | 354 | 不明 | 194 | 2 |
| 2回目 | 20 | 0 | 100% | 2464.529 | | 不明 | 208 | 2 |
| 3回目 | 16 | 2 | 80% | 2793.659 | 752 | 確認間隔 | 764 | 4 |
| 4回目 | 18 | 2 | 90% | 2715.830 | 197 | 確認間隔 | 268 | 3 |
| 5回目 | 18 | 2 | 90% | 2162.225 | 530 | 確認間隔 | 324 | 3 |
| 6回目 | 14 | 1 | 70% | 2585.427 | 654 | 確認間隔 | 395 | 3 |
| 7回目 | 14 | 1 | 70% | 2078.942 | 543 | 確認間隔 | 135 | 2 |

表 4.37 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:04 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1回目 | 6 | 1 | 30% | 1039.246 | 289 | 不明 | 134 | 3 |
| 2回目 | 13 | 2 | 65% | 1505.473 | 426 | 不明 | 297 | 2 |
| 3回目 | 12 | 0 | 60% | 2128.552 | | 不明 | 400 | 2 |
| 4回目 | 15 | 2 | 75% | 2328.320 | 262 | 不明 | 655 | 5 |
| 5回目 | 18 | 1 | 90% | 2149.550 | 341 | 不明 | 1409 | 3 |
| 6回目 | 19 | 2 | 95% | 3393.729 | 1336 | 不明 | 660 | 2 |
| 7回目 | 11 | 1 | 55% | 1628.380 | 1253 | 不明 | 595 | 2 |
| 8回目 | 19 | 0 | 95% | 2301.151 | | 不明 | 313 | 2 |

表 4.38 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:05 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1回目 | 22 | 2 | 100% | 3368.437 | 3068 | 不明 | 315 | 4 |
| 2回目 | 20 | 4 | 100% | 2446.643 | 235 | 不明 | 304 | 4 |
| 3回目 | 16 | 1 | 80% | 2865.504 | 459 | 確認間隔 | 305 | 3 |
| 4回目 | 15 | 1 | 75% | 2223.727 | 73 | 確認間隔 | 261 | 3 |
| 5回目 | 15 | 1 | 75% | 1782.011 | 1735 | 確認間隔 | 335 | 5 |
| 6回目 | 12 | 0 | 60% | 2195.025 | | 確認間隔 | 278 | 2 |
| 7回目 | 13 | 1 | 65% | 1886.380 | 1376 | 確認間隔 | 223 | 4 |

表 4.39 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:06 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1回目 | 52 | 4 | 100% | 7909.846 | 110 | 不明 | 343 | 5 |
| 2回目 | 53 | 5 | 100% | 6314.062 | 1743 | 不明 | 617 | 5 |

表 4.40 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:07 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1回目 | 32 | 3 | 100% | 4864.931 | 364 | 不明 | 469 | 4 |
| 2回目 | 35 | 3 | 100% | 4202.181 | 187 | 不明 | 799 | 4 |
| 3回目 | 16 | 0 | 80% | 2925.731 | | 重要度 | 468 | 3 |
| 4回目 | 20 | 1 | 100% | 2949.405 | 2161 | 重要度 | 190 | 3 |

表 4.41 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:08 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1回目 | 32 | 3 | 100% | 4908.813 | 258 | 不明 | 213 | 4 |
| 2回目 | 21 | 1 | 100% | 2467.017 | 1975 | 不明 | 152 | 2 |
| 3回目 | 40 | 4 | 100% | 7270.429 | 1925 | 可視化量 | 406 | 5 |
| 4回目 | 17 | 2 | 85% | 2486.255 | 961 | 可視化量 | 80 | 3 |

表 4.42 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:09 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1回目 | 14 | 1 | 70% | 2217.742 | 567 | 不明 | 569 | 2 |
| 2回目 | 62 | 6 | 100% | 7372.938 | 1729 | 不明 | 573 | 2 |
| 3回目 | 36 | 3 | 100% | 6458.615 | 747 | 不明 | 537 | 4 |

表 4.43 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:10 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1回目 | 10 | 0 | 50% | 1641.562 | | 不明 | 196 | 4 |
| 2回目 | 19 | 3 | 95% | 2186.108 | 265 | 不明 | 97 | 4 |
| 3回目 | 12 | 2 | 60% | 2312.398 | 1438 | 確認間隔 | 240 | 2 |
| 4回目 | 16 | 2 | 80% | 2254.181 | 754 | 確認間隔 | 528 | 3 |
| 5回目 | 18 | 0 | 90% | 2257.030 | | 確認間隔 | 379 | 4 |
| 6回目 | 14 | 0 | 70% | 2474.796 | | 確認間隔 | 229 | 3 |
| 7回目 | 7 | 2 | 35% | 1033.324 | 38 | 確認間隔 | 343 | 4 |
| 8回目 | 22 | 1 | 100% | 2655.938 | 1614 | 確認間隔 | 195 | 3 |

表 4.44 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:11 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1回目 | 16 | 1 | 80% | 2521.296 | 1621 | 不明 | 485 | 2 |
| 2回目 | 58 | 8 | 100% | 6858.136 | 137 | 不明 | 424 | 2 |
| 3回目 | 20 | 1 | 100% | 3723.310 | 320 | 重要度 | 217 | 4 |

表 4.45 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:12 の確認タイミング

| 確認回数 | データ数 (個) | 重要データ数 (個) | 可視化量 (%) | 確認間隔 (秒) | 重要データ配信 からの時間 (秒) | 検知した スタンス | 休憩時間 (秒) | 確認の 満足度 |
|------|-------------|---------------|-------------|-------------|-------------------------|--------------|-------------|------------|
| 1回目 | 36 | 4 | 100% | 5446.992 | 646 | 不明 | 463 | 3 |
| 2回目 | 32 | 3 | 100% | 3881.564 | 88 | 不明 | 385 | 4 |
| 3回目 | 26 | 0 | 100% | 4616.632 | | 可視化量 | 206 | 3 |
| 4回目 | 20 | 3 | 100% | 2985.671 | 10 | 可視化量 | 179 | 2 |

各実験協力者の実験後のアンケートの結果を表 4.46～表 4.57 に示す。「今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。」の回答について、記述された内容ごとに数字を割り振っている。

表 4.46 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:01 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|--|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 途中から 3/4 くらいで読んでた |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 5 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 重要記事がたまったら読もうという気持ちが強くなった |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | あまり気にしなかった。もうちょい長いスパンで時間の目盛りがあるとわかりやすかったかも。 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 5 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | 記述なし |
| 明度が変化するとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 5 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | ミニモニターの確認につながったが、そんなに棒グラフたまっていなかったりしたので結局明度変化とは関係なく記事チェックをした |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | ストリームデータの可視化量 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 5 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | ①確認の満足度のアンケートのほうに書いた |

表 4.47 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:02 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|---|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 5 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 棒グラフが max に近くなった段階でストリームデータの確認を行った場合に、有意義だと感じる機会が多かった |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 当初はストリームデータの到着の判断に使用したが、ビューアで確認した場合の記事の内容に差があまり無かったため、棒グラフで表現されたデータ量を優先することが多かった |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | 作業度が時系列的に減っていく場合など、作業の行き詰まりをある程度確認できたため、疲れたと感じたタイミングで気分転換にストリームを確認することがあった。 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 5 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 4 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | 短い間隔(5-10分程度)で複数回変化することがあった |
| 明度が変わったとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 3 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | ストリームデータの確認タイミング決定のための1つの副次的な指標(明度が変わっても実際に確認しない場合があったため) |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | ストリームデータの可視化量 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 4 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | ①明度変化のタイミングについて、短いと感じることが多かった。 ②また、作業度の可視化部分において、デュアルモニタ環境の場合、隣の画面へのマウス移動でかなり作業度が溜まってしまい、役に立たない場合があった(画面全体が水色になってしまう)。そのため、デュアルモニタ使用時のマウス移動の作業度への寄与率をキャリブレーション時に減らしてほしいと思いました。 |

表 4.48.1 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:03 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|-----------------------------------|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 3 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 作業を行いながらたまに確認、という形で使用した |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | ニュースの概要を確認するのに使用した |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | 特に使用していない |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 5 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 4 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | よくわからないタイミングで光った時があったのでその時は邪魔に感じた |
| 明度が変化したとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 1 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | ニュースの確認タイミングとして使用した |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | ストリームデータの可視化量 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 5 |

表 4.48.1 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:03 の実験後アンケート

| | |
|--|--|
| <p>今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。</p> | <p>①ストリームデータを確認した時、以前のデータで確認しなかったものを見ることができないので、ストリームデータを見逃す可能性がある。（登録しているソースはすべて確認したい意向がある前提）</p> <p>②作業度の変化を何に使っていいかわからなかった。マウスの移動量が支配的になっていたのでよりわからなかった。</p> <p>③ストリームデータの可視化量の割合を重要度によって変えてみると確認しやすいのではないか。（重要度を高に設定したニュースソースの配信がない場合があった）</p> <p>④重要データリストはニュースの概要を確認するには大きく役に立ったが、ストリームデータを確認することには貢献していないと思った。</p> <p>⑤文章の粒度やテーマがまとまったニュースサイト以外のストリームデータ（例えば twitter などの SNS）では使用感が大きく異なるのではないか。</p> <p>⑥明度の変化は視覚的に気づきやすいが、ポップアップなど動的な変化をメインモニタ上に描画したほうがより良いと思った。（例えばメールや slack の最新の通知はポップアップが出てくる）それに合わせて音を用いるのもよいと思った。</p> <p>⑦右側より上側にミニモニタを置いたほうが反応しやすいかもしれない。</p> <p>⑧前回の確認からどれくらいの時間がたったかを表示してくれると作業と休憩の目安になるかもしれない。</p> |
|--|--|

表 4.49 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:04 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|---|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 5 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 最初は、気になってしまい半分くらいで確認していたがよい記事が少なかったのである程度たまってから確認するようにした |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 重要データリストも確認をしたが、その量よりも棒グラフの方を重視していたのであまり利用できなかった。 |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | ふと、グラフを見たときに自分がどれだけやっているかが分かるので、単純に作業のモチベーションが上がった。また作業が少なくなったときにニュースの確認をするようにした。 ただ、マウスの移動で作業度がだいぶ盛れてしまった |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 4 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | 明るくなって確認をしたら、あまりニュースがたまっていないことがあった |
| 明度が変化するとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 4 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | 光った時に視野に入っていたら、やはり気になるので確認をした。 |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | ストリームデータの可視化量 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 4 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | ①長い実験だったので集中力が後半切れてしまい、申しわけなかった。 ②リアルタイムのニュースじゃないので、以前に見たことのある記事があったのだが、その記事は確認しなかったなのでそこで違いが出そうに感じた。 |

表 4.50 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:05 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|---|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 5 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 7~8割程度貯まったら見るように意識していた |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 一つでも貯まって棒グラフがある程度貯まっていたら見るようにしていた |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | マウスを動かさず、文章を打っているだけの時の方が貯まるスピードが遅かったので少しだけ貯まっている時の方が作業が進んでいる感じがした |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 3 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | ストリームデータ(記事)を読んでいる時 |
| 明度が変化したとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 2 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | ある程度作業が進んでいないときに光っていたので、光ったら作業を再開するように意識していた |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | ストリームデータの可視化量 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 5 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | ①マウスを少し動かすだけで大幅に作業度が上がっていたので、キャリブレーションを改善すべきだと思う。 ②ただある程度ストリームデータが貯まったら見るように意識した結果、メリハリを付けて作業が進められたのでモニタリング支援としては良かった。 ③ストリームデータ一覧のページについてもシンプルで見やすかった。 |

表 4.51 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:06 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|--|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | あまり見ませんでした。 |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 5 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 気になるサイトの記事だったので 4,5 件たまったらみようと思って見ました。 |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | タスクにたいする作業度の変化を確認したいときだけ見てました。 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 5 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | なし |
| 明度が変化するとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 5 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | タスクにたいする作業度の変化を確認したいときだけ見てました。 |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | 重要データ配信 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 5 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | <p>①ストリームデータの棒グラフを色分け(カテゴリ別もしくは合算)で表示して凡例を表示してもらえると重要データリスト以外のも気になってみたかもしれないです。</p> <p>②重要データリストは表示件数もほどよい件数で見やすかったです。</p> <p>③作業度もタスクに対してどれだけ変化があるか見られたので面白かったです。</p> <p>④重要データとそれ以外の確認も別途エクスペローラで可能なのが非常に使いやすかったです</p> |

表 4.52 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:07 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|---|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 全く利用していませんでした。 |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 3 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 面白そうなトピックがあったら休憩するタイミングにしていました。 |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | 特に利用していませんでした。 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 2 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | コードを考えているときに明度が増えることが多かったので少し目障りに感じました。 |
| 明度が増えたとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 1 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | 特に利用していませんでした。 |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | 重要データの配信 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 4 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | ① 重要視するサイトがページトップに表示されて欲しかったです。 |

表 4.53 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:08 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|--|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | ストリームデータがどのくらい蓄積されたかを確認した。 |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 5 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 興味のあるデータが表示された際、そのデータを確認した。 |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 3 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | 「今はかなり操作しているな」程度の確認にしか利用しなかった。 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 3 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | 記述なし |
| 明度が変化したとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 5 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | 特に利用していなかった。 |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | ストリームデータの可視化量 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 4 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | ①取得するデータをもう少し多めにし、多くのデータから選択できるようにしてほしいと思った。 |

表 4.54 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:09 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|--|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 全く使わなかった |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 3 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | ここに気になるタイトルがあったときに確認した |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | 全く使わなかった |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 5 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | 記述なし |
| 明度が変化したとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 1 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | 全く使わなかった |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | 重要データの確認 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 4 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | ①明度変化やグラフの増加は確認のタイミングに影響は与えなかった。 ②結局自分の都合がいいタイミングで確認していた。 ③作業量のグラフが常に MAX 近くだったので全く参考にならなかった。おそらくキャリブレーションの作業と実際の作業内容が全然違ったのが問題点だと思う。 ④作業時ではなく休憩中によく明るくなっていたのが気になった |

表 4.55 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:10 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|---|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 天井付近にいったら押したがそれ以外は無視してた |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 面白そうなものがあれば区切りのいいところで確認していた |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | 俺頑張ってる、の確認。やる気には影響した。ただ下がっているときは考えているときなのでピカピカさせないでほしい。 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 3 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | 上述したが、休みたいタイミングとは違った気がする。 |
| 明度が変化するとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 2 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | 頑張れよって言われてる気がした |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | 重要データの確認 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 2 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | ①やはり見たい情報でなければあんまり棒グラフとか気にしない。実データ(twitter,mail)でやりたい。 |

表 4.56 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:11 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|--|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 前の休憩からの大雑把な経過時間の把握 |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 2度目の休憩前に休憩したいタイミングはあったが、重要データリストが空だったため続行した |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | 作業が捗っているときは確認をしない |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 1 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 1 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | 深く考えて手が止まっている時に光るのが邪魔だった。光らせないために不要な操作をすることもあり、監視されている感じがした。 |
| 明度が変化したとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 2 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | 使用しなかった。 |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | 前回の確認からの間隔 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 5 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | <p>①単純な作業を長時間継続して行うには有用だと感じた。考えながら行う作業には不向きだと思う。</p> <p>②キャリブレーションが実際の作業内容とあまり関連がないように感じた。</p> <p>③注目記事は確認ページの一番上に持ってきた方が確認しやすい。</p> <p>④確認間隔を事前に手入力して、その付近でのみ明度変化しやすくさせるようにしてもいいかも。</p> |

表 4.57 提案システムの評価実験における実験協力者 ID:12 の実験後アンケート

| 質問内容 | 回答 |
|---|---|
| 棒グラフによるストリームデータ可視化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| 棒グラフによるストリームデータ可視化をどのように使っていたか記述してください。 | 全体としてニュースがどれだけ溜まっているかというところまで気にかけていなかった |
| 重要データリストは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 4 |
| 重要データリストをどのように使っていたか記述してください。 | 気になるニュースがたまった段階で見れたためかなり役立った |
| 作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 3 |
| 作業度の変化グラフをどのように使っていたか記述してください。 | あまり作業してないからちょっと休憩するかという判断には役立ったものの、頭で考え事をしている際にも低くなってしまふ点が少し気になった |
| モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか？ | 2 |
| モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか？ | 3 |
| 明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。 | 考え事をしているときに明るくなるのはちょっと気になった |
| 明度が変化するとき、ミニモニタを直接目視していましたか？ | 2 |
| システムの明度変化をどのように使っていたか記述してください。 | ニュース確認タイミングの一助にはなったが、結構無視してしまうことが多かったと思う |
| モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？ | 重要データの配信 |
| 前の質問で重要視した指針でモニタリングをできましたか？ | 4 |
| 今回の提案システムを使った感想、意見等あれば記述してください。 | ①普段は適当なタイミングで SNS 等の巡回をしてしまうところを、ある種の監督者のような役割をしてくれたため、作業に集中しやすかった。 ②一方で、ニュースフィードの確認タイミングのすすめが、ちょっと考え事をしたときにも発生したために、システム側のすすめタイミングを結構無視してしまうことが多かったかもしれない |

4.3.3. 考察

4.3.3 項では、提案システムを用いた場合の確認タイミングが適切であったか、作業度、明度変化は適切な設定であったか、ユーザスタンスの検知方法は妥当であったかなどについて考察する。

4.3.3.1. 確認タイミングについての考察

3.1 節にて、適切な確認タイミングを「ユーザが重要視する目安に基づいてテキストストリームを確認できるタイミング」と定義した。ユーザにとって確認タイミングが適切であったか否かを、実験後アンケートによる回答とテキストストリーム確認タイミングから考察する。

実験後アンケートにおける「モニタリングをする際、どれを一番重要視していましたか？」の回答毎に「前の設問で重要視した指標でモニタリングをできましたか？」の回答の割合をまとめたものを図 4-14 に示す。

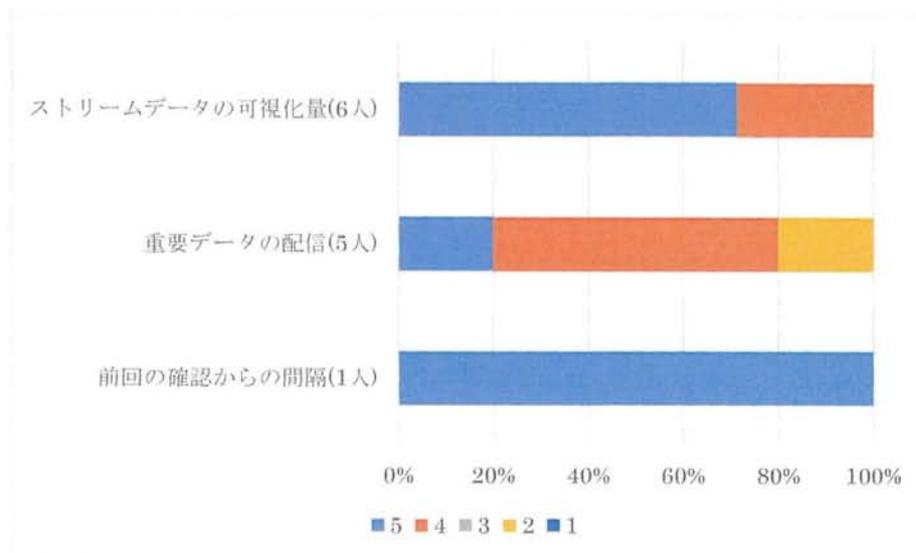


図 4-14 モニタリング時に重要視した指標に対する
うまくモニタリングできたか否かの割合

図 4-14 より、ストリームデータの可視化量を重要視すると回答した実験協力者は 6 人おり、うまくモニタリングできたかという質問に対して、すべての実験協力者から 4 以上の回答を得ている。重要データの配信と回答した実験協力者は 5 人おり、8 割の実験協力者から 4 以上の回答を得ている。前回の確認からの間隔と回答した実験協力者は 1 人のみで、うまくモニタリングできたかという質問に対しては 5 と回答している。可視化された作業

度と回答した実験協力者はいなかった。以上の結果より、提案システムはユーザの主観的視点からみて、適切な確認タイミング決定に有効な手がかりを提供できていると考える。

ストリームデータの可視化量を重要視するとした実験協力者 ID : 01,02,03,04,05,08 に関して、提案システムの使用方法について表 4.34~表 4.45 に示した確認タイミング時のデータと、表 4.46~表 4.57 に示した実験後アンケートの結果より考察する。

実験協力者 ID : 01 は、可視化量の使用方法について『途中から 3/4 くらいで読んでた』、重要データリストの使用方法について『重要記事がたまったら読もうという気持ちが強くなった』と回答していることから、重要データを意識しつつ、データ量が可視化量の 75% 付近で確認したい欲求があると考えられる。

実験協力者 ID : 02 は、可視化量の使用方法について、『棒グラフが max に近くなった段階でストリームデータの確認を行った場合に、有意義だと感じる機会が多かった』と回答している。表 4.35 より、可視化量が最大値の時のデータ量が満杯の件数である 20 件を大きく上回っていないことから、可視化量が満杯になった場合なるべく早く確認しようとしていたと考える。また、この実験協力者に対しては、提案システムは重要データの配信を重視していると判断し、これに基づいて明度調整を行っている。その後この実験協力者は、重要データの配信直後に確認を行うようになる傾向が出てきていることから、提案システムの変化が確認行動に影響を与えたと考えられる。

実験協力者 ID : 03 は提案インターフェースが提供する手がかりの使用方法に関する質問より、主に可視化量、明度変化を用いていたことがわかる。明度変化について『ニュースの確認タイミングとして使用した』、『よくわからないタイミングで光った時があったのでその時は邪魔に感じた』と回答していることから、明度変化時にインターフェースを確認しつつ、可視化量を見て判断していたと考えられる。

実験協力者 ID : 04 は、可視化量の使用方法について『最初は、気になってしまい半分くらいで確認していたがよい記事が少なかったのである程度たまってから確認するようにした』と回答していることから、休憩中に見るデータの量を意識して確認を行っていたと考えられる。

実験協力者 ID : 05 は、可視化量の使用方法について『7~8 割程度貯まったら見るように意識していた』、重要データリストの使用方法について『一つでも貯まって棒グラフがある程度貯まっていたら見るようにしていた』と回答していることから、重要データを意識しつつ、データ量が可視化量の 7~8 割付近で確認したい欲求があると考えられる。

実験協力者 ID : 08 は提案インターフェースが提供する手がかりの使用方法に関する質問より、主に可視化量、重要度を用いていたことがわかる。また表 4.41 より、全 4 回の確認中 3 回可視化量が満杯の状態を確認しているが、最初の 2 回はデータ量が可視化量の満杯の件数である 20 件を上回っていることがわかる。

以上より、実験協力者 ID : 01,02,04,05 に関しては具体的にデータ量を目安として確認を行っているという回答を得た。3.2.4 項にて、ストリームデータの可視化量を重視するユー

ザはデータが一定量に達したとき確認を行いたい欲求があると仮定したが、仮定通り確認タイミングの指標に用いられていることがわかる。

ストリームデータの可視化量を重要視するとした実験協力者 ID : 01,02,03,04,05,08 に関して、確認タイミング時のデータについて考察する。重要視した指標をストリームデータの可視化量とした実験協力者と、それ以外の実験協力者に分けて確認時のデータ数、平均および標準偏差をまとめたものを表 4.58、表 4.59 に示す。

表 4.58 ストリームデータの可視化量を重要視した実験協力者の確認時のデータ数

| | 実験協力者 ID:01 | 実験協力者 ID:02 | 実験協力者 ID:03 | 実験協力者 ID:04 | 実験協力者 ID:05 | 実験協力者 ID:08 |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 確認時の データ数 | 10 | 20 | 18 | 6 | 22 | 32 |
| | 13 | 20 | 20 | 13 | 20 | 21 |
| | 9 | 17 | 16 | 12 | 16 | 40 |
| | 12 | 7 | 18 | 15 | 15 | 17 |
| | 16 | 16 | 18 | 18 | 15 | |
| | 13 | 2 | 14 | 19 | 12 | |
| | 14 | 23 | 14 | 11 | 13 | |
| | 14 | 5 | | 19 | | |
| 平均 | 12.625 | 13.750 | 16.857 | 14.125 | 16.143 | 27.500 |
| 標準偏差 | 2.264 | 7.924 | 2.268 | 4.549 | 3.625 | 10.472 |

表 4.59 ストリームデータの可視化量以外を重要視した実験協力者の確認時のデータ数

| | 実験協力者 ID:06 | 実験協力者 ID:07 | 実験協力者 ID:09 | 実験協力者 ID:10 | 実験協力者 ID:11 | 実験協力者 ID:12 |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 確認時の データ数 | 52 | 32 | 14 | 10 | 16 | 36 |
| | 53 | 35 | 62 | 19 | 58 | 32 |
| | | 16 | 36 | 12 | 20 | 26 |
| | | 20 | | 16 | | 20 |
| | | | | 18 | | |
| | | | | 14 | | |
| | | | | 7 | | |
| | | | | 22 | | |
| 平均 | 52.500 | 25.750 | 37.333 | 14.750 | 31.333 | 28.500 |
| 標準偏差 | 0.707 | 9.179 | 24.028 | 4.979 | 23.180 | 7.000 |

重要視した指標をストリームデータの可視化量とした実験協力者と、それ以外の実験協力者に分けて確認時のデータ量を箱ひげ図で表した結果を図 4-15 に示す。

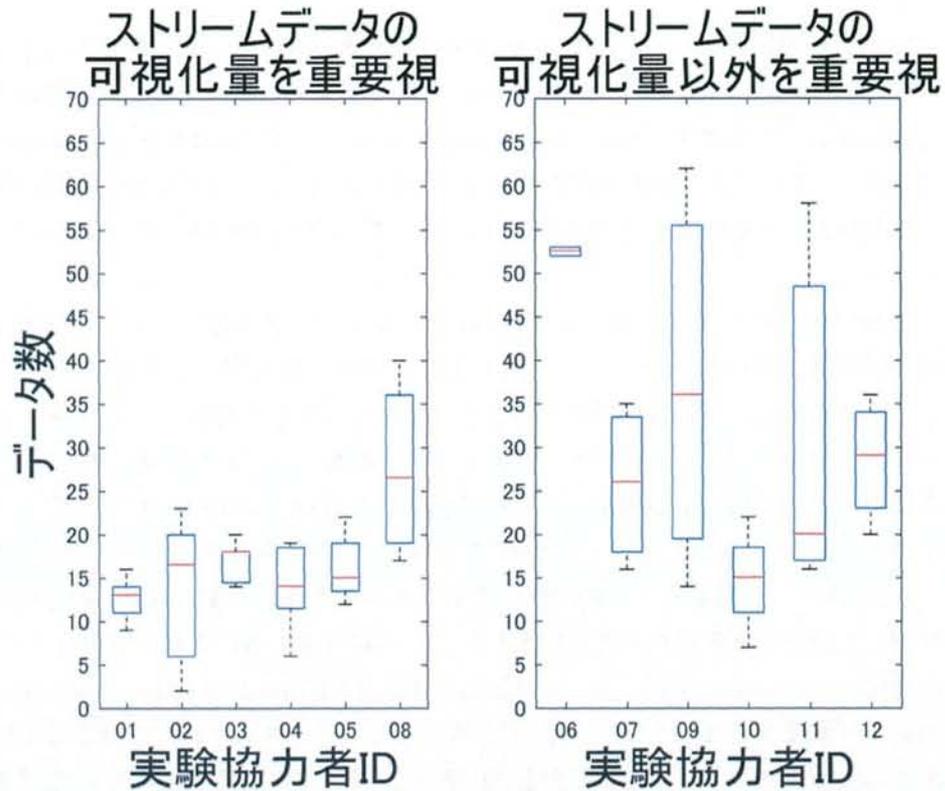


図 4-15 ストリームデータの可視化量を重要視した／しなかった実験協力者間での確認時のデータ量の比較

表 4.58, 表 4.59, 図 4-15 より, ストリームデータの可視化量を重要視していた実験協力者のほうが, 確認時のデータ量が満杯の 20 件よりも少なく, 標準偏差が小さい傾向にあると考える. ストリームデータの可視化量を重視していた実験協力者とそうでない実験協力者の確認時のデータ数の平均と標準偏差について t 検定を行った結果, 平均の P 値は 0.027, 標準偏差の P 値は 0.11 であり, 平均に関しては有意差が確認された. データ数の平均が小さく, 20 件を大幅に超えているものが少ないということは, データ量が満杯になる前に確認をすることができたためと考える. よって, ストリームデータの可視化量を重要視していたユーザに対して, 提案システムが有効に働いたと考える.

標準偏差に関しては有意差が確認されなかった. その原因に関して, ストリームデータの可視化量を重要視していた実験協力者で標準偏差の大きい実験協力者 ID:02,08 について考察する.

実験協力者 ID : 02 については, 他の可視化量を重要視していた実験協力者よりもデータ

数の標準偏差が大きい。前述のとおり、この実験協力者は重要データの配信を重視していると検知された後、重要データの配信直後に確認を行うようになる傾向が出ている。途中から少ないデータ数でも確認を行うようになった結果、確認時のデータ数にばらつきが生じていたと考える。

実験協力者 ID : 08 については、他の可視化量を重要視していた実験協力者よりもデータ数の平均、標準偏差が大きい。前述のとおり、この実験協力者は可視化量が満杯の時に確認する傾向にあったと考えられる。可視化量はストリームデータの量が 20 件で満杯になってしまうため、それ以上の量の区別ができない。そのため、見かけ上は同じ可視化量であったが、実際のデータ量は確認ごとに異なり、データ数の平均、標準偏差が大きくなってしまったと考えられる。

以上の理由のある 2 人以外の実験協力者は、データの標準偏差が小さいと考える。データ数の標準偏差が小さいということは、確認時のデータ数のブレが少なく、ストリームデータが一定の量に達した場合に確認することができていると考える。よって、ストリームデータの可視化量を重要視していたユーザに対して、提案システムが有効に働いたと考える。

重要データの配信を重要視するとした実験協力者 ID : 06,07,09,10,12 に関して、提案システムの使用方法について表 4.46～表 4.57 に示した実験後アンケートの結果より考察する。3.2.4 項にて、重要データの配信を重視するユーザは重要度が高いものをできるだけ早く確認したいという欲求があると仮定したことの妥当性についても考察する。

実験後アンケートの回答より、実験協力者 ID : 06,07,09,10,12 は、可視化量の使用方法について『あまり見ませんでした。』、『全体としてニュースがどれだけ溜まっているかというところまで気にかけていなかった』、重要データリストの使用方法について、『面白そうなトピックがあったら休憩するタイミングにしていました。』、『ここに気になるタイトルがあったときに確認した』などと回答しており、可視化量を気にせず、重要データリストに表示された情報で確認タイミングを決定していたと考える。また、実験協力者 ID : 06,12 は、重要データリストの使用法についてそれぞれ『気になるサイトの記事だったので 4,5 件たまったらみようと思って見てました。』、『気になるニュースがたまった段階で見れたためかなり役立った』と回答しており、重要データリストの貯まり具合を見ていたことが考えられる。以上より、重要度の高い記事が到着次第確認することを試みた実験協力者は存在せず、当初設定した仮定は成立しない結果となった。しかし、重要データの配信を重要視するとしたユーザに対し、確認タイミングを決定する手がかりを提供できていたと考える。

重要データの配信を重要視するとした実験協力者と、それ以外の実験協力者に分けて重要データの配信からの確認までの時間を箱ひげ図で表した結果を図 4-16 に示す。

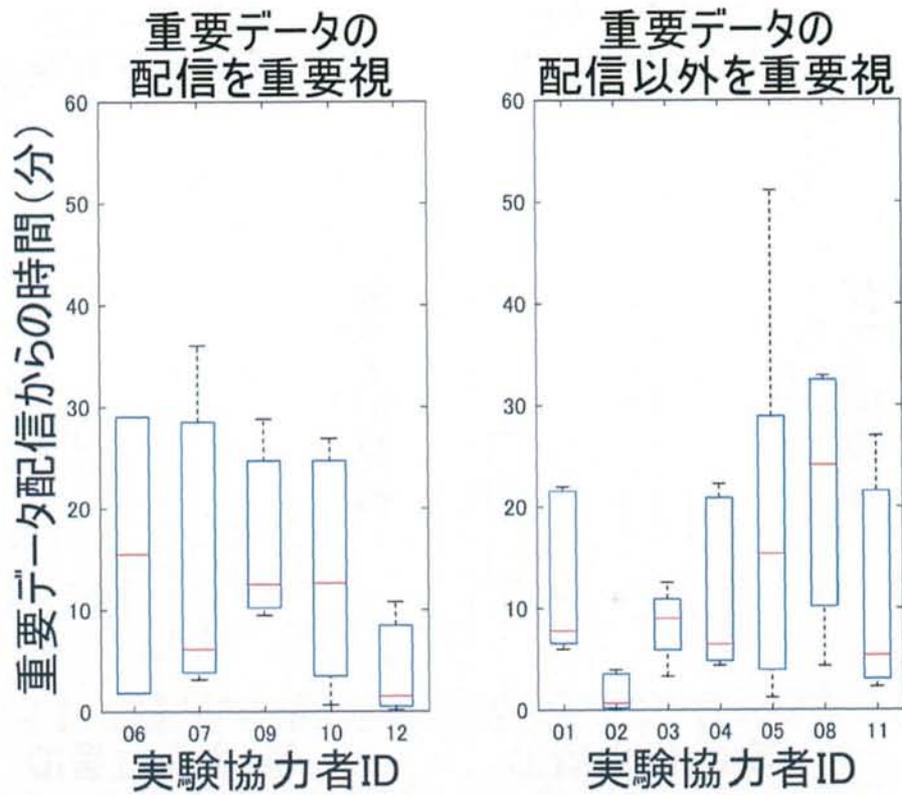


図 4-16 重要データの配信を重要視した／しなかった実験協力者間での重要データ配信から確認までの時間の比較

図 4-16 より、重要データの配信を重要した場合、確認までの時間が早くなるという、当初の仮定に対応した傾向はログデータからも確認できなかった。

重要データの配信を重要視するとした実験協力者と、それ以外の実験協力者に分けて確認時の重要データ数を箱ひげ図で表した結果を図 4-17 に示す。

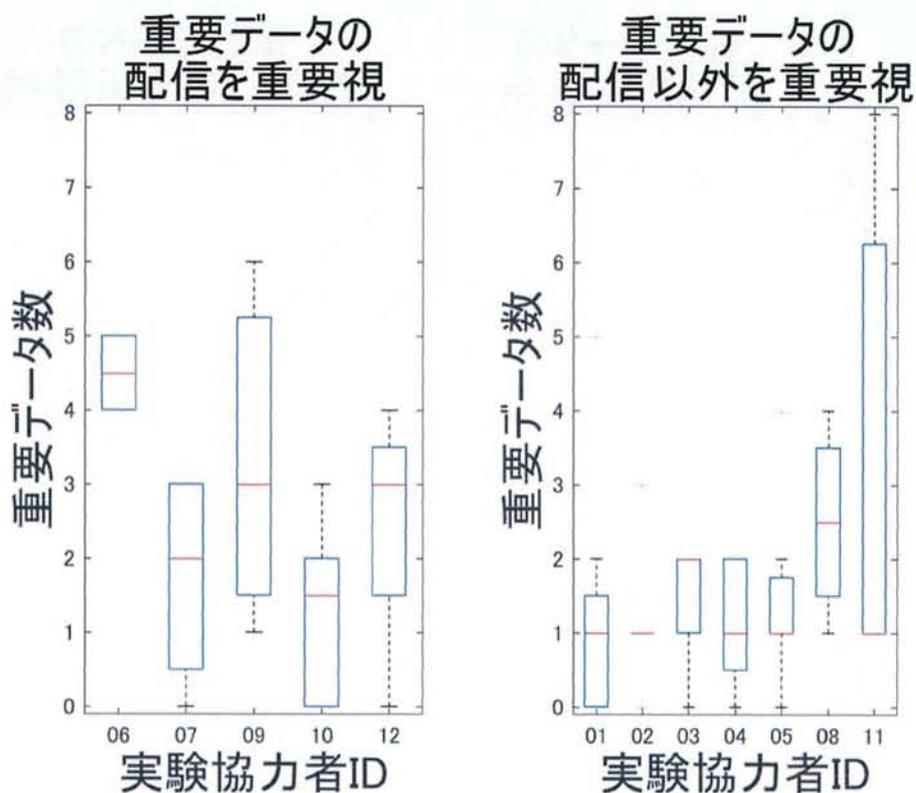


図 4-17 重要データの配信を重要視した／しなかった実験協力者間での確認時の重要データ数の比較

図 4-17 より、確認時の平均重要データ数は重要データの配信を重視している実験協力者のほうが高い傾向があると考えられる。平均重要データ数について t 検定を行った結果、P 値は 0.081 であり有意差は確認できなかったが、この傾向は、重要データのある程度貯めてから確認したいという、アンケートの回答と一致していると考えられる。

前の確認からの間隔を重要視するとした実験協力者 ID : 11 に関して、提案システムの使用方法について表 4.46～表 4.57 に示した実験後アンケートの結果より考察する。

実験協力者 ID : 11 は、ストリームデータの可視化量を、『前の休憩からの大雑把な経過時間の把握』に用いていたと回答した。重要視した指標を前の確認からの間隔とした実験協力者と、それ以外の実験協力者に分けて前回の確認からの間隔を箱ひげ図で表した結果を図 4-18 に示す。

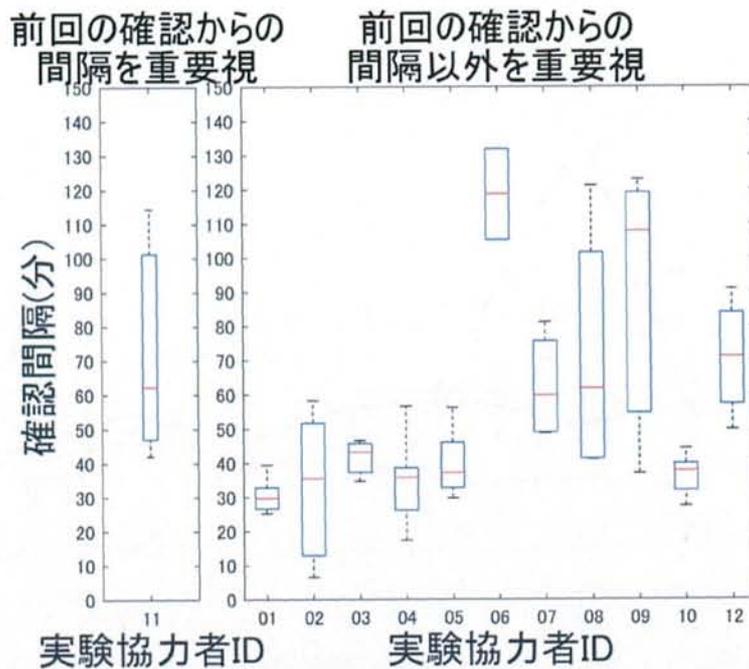


図 4-18 前の確認からの間隔を重要視した／しなかった実験協力者間での確認間隔の比較

図 4-18 より、実験協力者 ID:11 の確認間隔はほかの実験協力者と比較してもばらつきは大きい方であることがわかる。従って、3.2.4 項にて仮定した、前の確認からの間隔を重視するユーザは一定の周期で休憩を行いたいという傾向はみられなかった。この理由として、実験協力者 ID : 11 は前の確認からの間隔をストリームデータの可視化量を用いて確認していたとアンケートで回答していたことが考えられる。可視化量はストリームデータの量が 20 件で満杯になってしまうため、それ以上の量の区別ができない。また、ストリームデータの到着間隔も常に一定ではない。そのため、前の確認からの間隔を判断する指標として可視化量を用いた結果、確認間隔のブレが大きくなってしまったと考える。提案インタフェースでは、確認間隔に対する直接的な手掛かりを提示していないため、改善の余地があると考えられる。

確認タイミングと作業時間の関係について考察する。実験協力者 ID:04 のアンケートの回答に、『長い実験だったので集中力が後半切れてしまい、申しわけなかった。』という回答があった。これより、長期の作業による疲労により、確認タイミングに影響を及ぼす可能性が考えられる。具体的には、休憩に入るまでの時間、すなわち確認間隔が短くなる、作業の休憩時間が長くなる等の影響が考えられる。確認間隔の時間的推移を表したグラフを図 4-19 に示す。

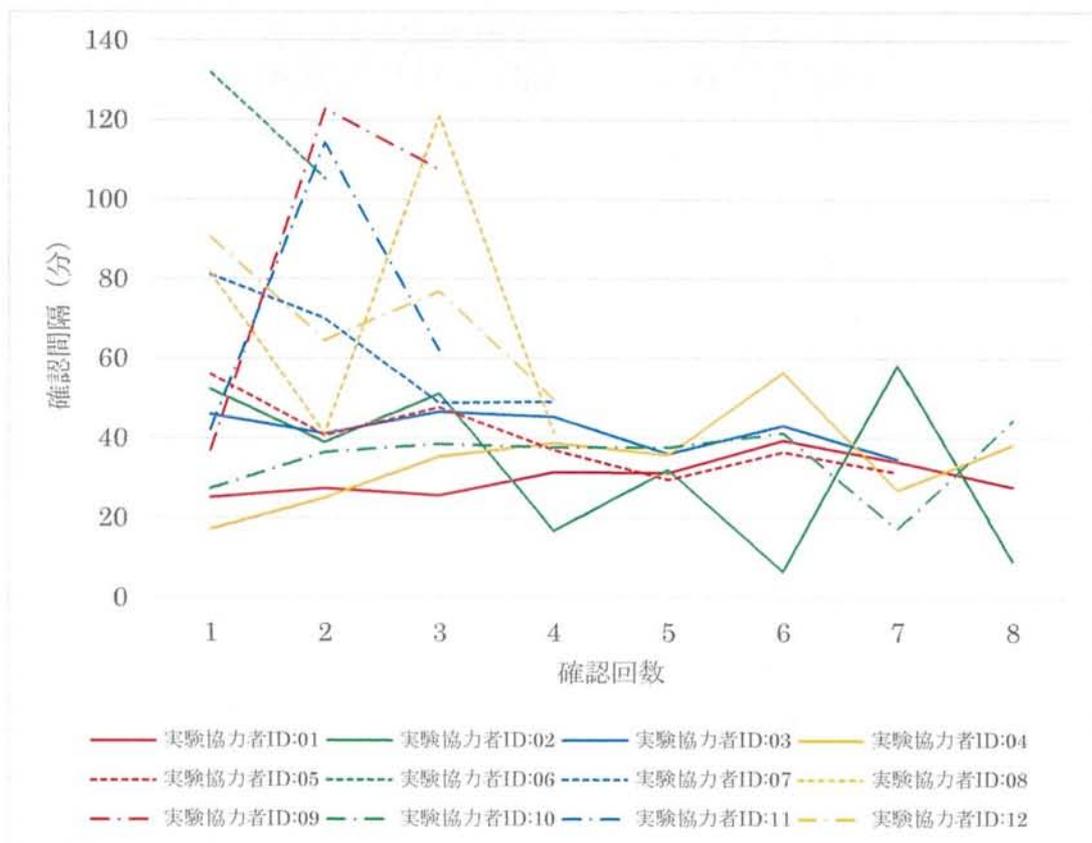


図 4-19 確認間隔の時間的推移

図 4-19 より、確認回数が増えるにつれて確認間隔が短くなるといった傾向は確認できないと考える。実験協力者 ID:02 は確認間隔が何度か低下しているが、これは前述のとおり、この実験協力者は重要データの配信を重視していると検知された後、重要データの配信直後に確認を行うようになっていることが原因であると考えられる。

休憩時間の時間的推移を表したグラフを図 4-20 に示す。

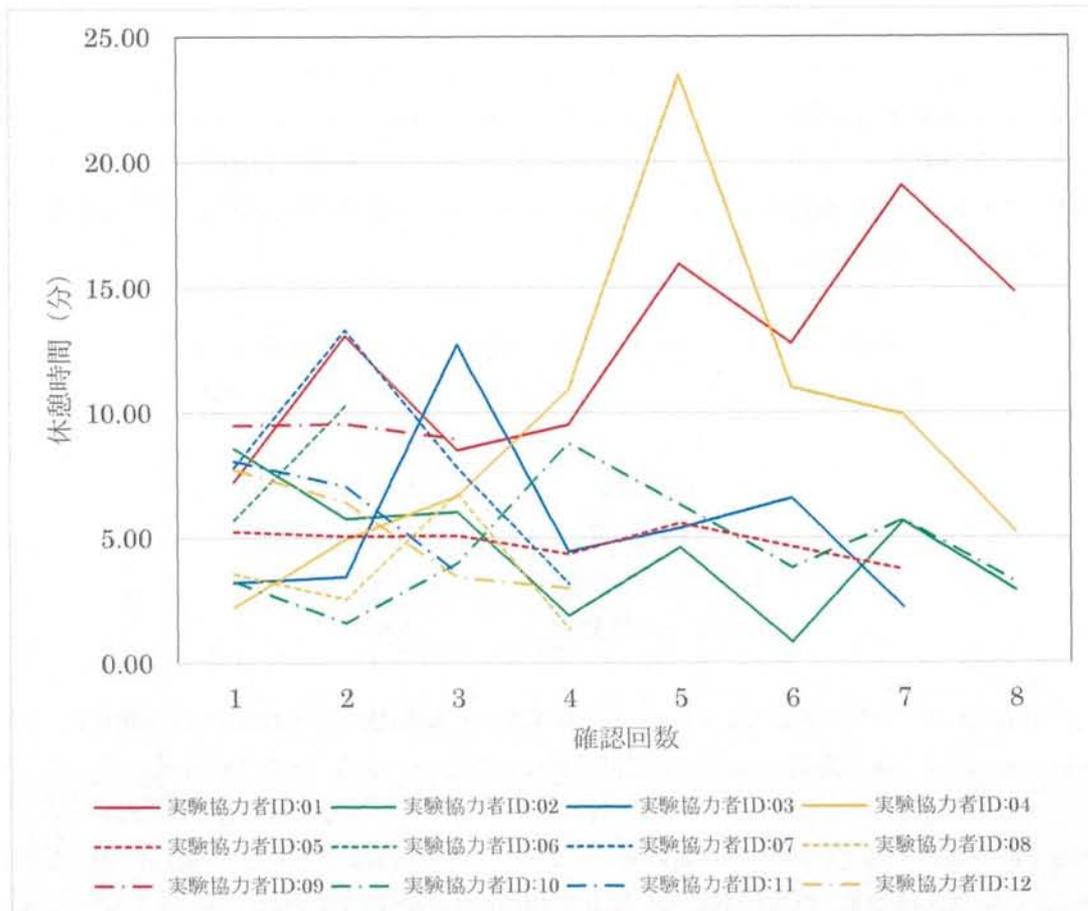


図 4-20 休憩時間の時間的推移

図 4-20 より、実験協力者 ID:01 の休憩時間には増加傾向がある、実験協力者 ID:04 は一度休憩時間が伸びた後、また短くなっていったことがわかる。実験協力者 ID:01 はメインタスクの疲労が反映された可能性がある。前述のとおり、実験協力者 ID:04 は後半集中力が切れたと回答していたが、5 回目の確認時に長めの休憩を取って疲労を回復することで、それ以降の休憩時間を元の水準に戻した可能性がある。

これらの結果より、作業時間が長期化し疲労がたまることによって休憩時間の長期化という影響が出る可能性が考えられる。休憩時間の長期化は、作業再開時に今まで行っていた作業を思い出すコストの増加を引き起こす可能性があるため、考慮すべき問題である。休憩時間の短縮では問題の解決にならないため、作業思い出しのコストを低下させるためのキリの良い作業の中断が、作業時間の長期化とともに重要となると考える。

4.3.3.2. 作業度についての考察

3.2.2 項にて定義した作業度が妥当であったのか、確認タイミングの手がかりとして有効に用いられたのか、また、どのように利用されていたのかを考察する。

計算した作業度の妥当性について考察する。キャリブレーション時と実験時にそれぞれ観測された打鍵回数、クリック数、マウス移動量、ホイール移動量の相関係数を表 4.60 に示す。これらは、各実験協力者のキャリブレーション時、実験時の打鍵回数、クリック数などの総数をそれぞれ求めて計算している。

表 4.60 キャリブレーション時と実験時にそれぞれ観測された打鍵回数、クリック数、マウス移動量、ホイール移動量の相関係数

| | 相関係数 |
|---------|--------|
| 打鍵回数 | 0.564 |
| クリック数 | 0.231 |
| マウス移動量 | 0.862 |
| ホイール移動量 | -0.309 |

表 4.60 より、マウス移動量には強い正の相関が、打鍵回数には中程度の正の相関が、クリック数、ホイール移動量にはほとんど相関がないことがわかる。マウス移動量に関してはモニタの広さやショートカットキーの知識の有無によって、打鍵回数に関してはユーザの打鍵速度や文章を書く際の思考時間の違いによってユーザ毎に変化すると 4.1.3 項にて考察した。マウス移動量、打鍵回数について正の相関があるということは、キャリブレーション時の作業で実際の作業の操作量が予測できたと考える。クリック数、ホイール移動量の相関が低いことに関しては、キャリブレーション時の作業が実際の作業と結びついていなかったことが原因であると考えられる。4.1.3 項にて、キャリブレーション作業時のクリック数、ホイール移動量の有意差に関しては、主に観覧した web ページの構成の差によって観測されたと考察した。つまり、キャリブレーション時の web ページの閲覧作業ではクリック数、ホイール数が偶然観覧した web ページの構成の差によって変化してしまい、作業のユーザ毎の差が出なかったと考えられる。これより、キャリブレーション作業で偶然による差が大きく出してしまう設定を避けるべきであると考えられる。例として、全実験協力者に共通の Web ページ集合を指示し、指定時間内に記述してもらうことが考えられる。これにより、マウス移動量や打鍵回数だけでなく、主に web ページ閲覧に関係すると考えられるクリック数やホイール移動量についても正しく測定可能になることが期待できる。

実験後アンケートにおける「作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？」についての回答を図 4-21 に示す。

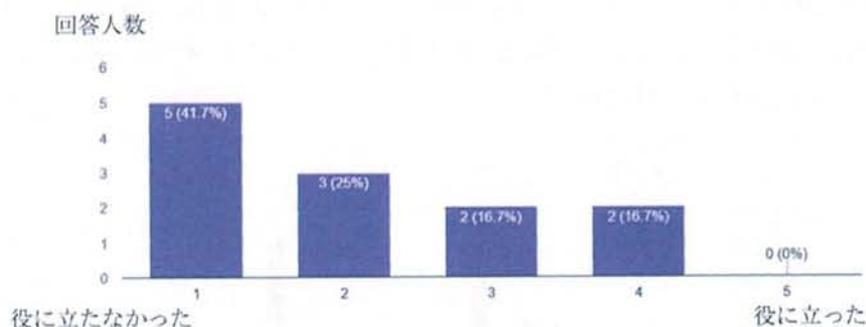


図 4-21 実験後アンケートにおける「作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？」についての回答

図 4-21 より、12 人中 8 人の実験協力者が否定的な評価(1,2)であり、肯定的な評価(4)は 2 人のみであった。またアンケートの記述にて、実験協力者 ID:01,03,07,09 は利用しなかったと回答している。

作業度がどのように用いられていたのか、表 4.46～表 4.57 に示した実験後アンケートの結果より考察する。「作業度の変化グラフは確認タイミングの決定に役立ちましたか？」の質問に対して 4 と回答した実験協力者 ID:02,04 は、『作業度が時系列的に減っていく場合など、作業の行き詰まりをある程度確認できたため、疲れたと感じたタイミングで気分転換にストリームを確認することがあった。』、『ふと、グラフを見たときに自分がどれだけやっているかが分かるので、単純に作業のモチベーションが上がった。また作業が少なくなったときにニュースの確認をするようにした。』と記述している。このように、休憩時に気分転換などのためにストリームデータを確認していた実験協力者には、手掛かりとして有効であったと考える。また実験協力者 ID:08,10,12 は回答の一部に、『「今はかなり操作しているな」程度の確認』、『俺頑張っていない、の確認』、『あまり作業していないからちょっと休憩するかという判断には役立った』と記述している。これらの結果より、作業度は想定通り現在どの程度作業を頑張っているか、という指標として用いられていたことがわかる。

作業度が役に立たなかったとの回答が多かった理由について考察する。実験協力者 ID:02,03,04,05 から、『マウスの移動量が支配的になっていたのでよりわからなかった。』など、マウスの移動量についての言及があった。また、実験協力者 ID:09 からは、『作業量のグラフが常に MAX 近くだったので全く参考にならなかった』との記述を得た。実験協力者ごとに実験前のキャリブレーション作業により得た、1 分ごとのマウス移動量 x_{move} にかける係数である W_{move} を図 4-22 に示す。

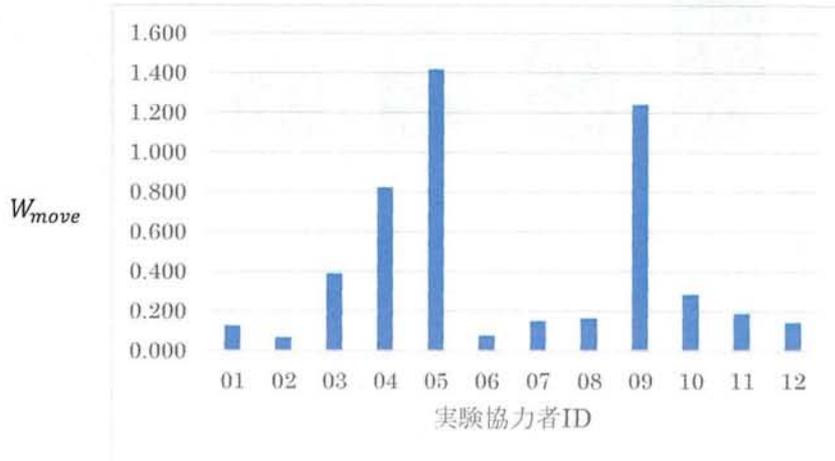


図 4-22 実験前のキャリブレーション作業で得た W_{move}

図 4-22 より、実験協力者 ID:03,04,05,09 の W_{move} が他のユーザより大きいことがわかる。これらのユーザからは、上記の通りマウスの移動量や作業度に対する言及があった。 W_{move} が大きく計算されたということは、キャリブレーション作業時のマウス移動が少なかったことが原因である。キャリブレーション作業時のマウス移動量を図 4-23 に示す。

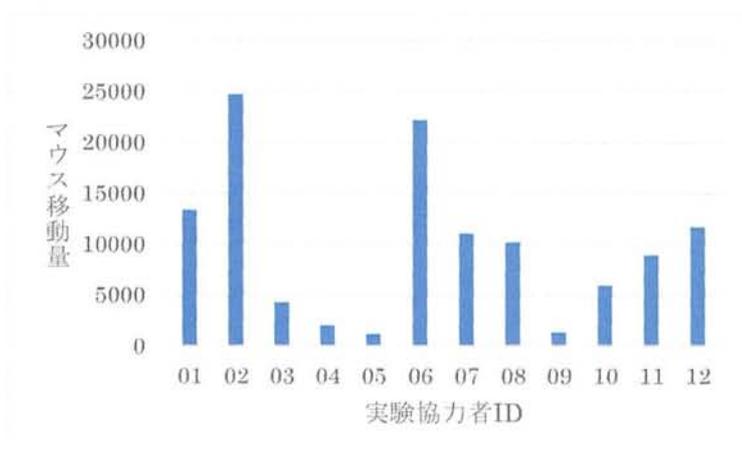


図 4-23 実験前のキャリブレーション作業におけるマウス移動量

図 4-23 より、実験協力者 ID:03,04,05,09 のようなマウス移動量が極端に低いユーザが存在することがわかる。キャリブレーション時はマウスをほとんど使っていなかったことにより W_{move} が大きく計算されてしまい、実際に作業でマウスを用いた時、実験協力者の体感する作業の度合いとずれてしまったのだと考える。最大値であった実験協力者 ID:05 の W_{move} の場合、5 秒ほど動かすと作業度が満杯の 1000 となっていた。またこれにより作業度を示す棒グラフの動きが早くなり、視覚的に注意を引いてしまったとも考えられる。

実験協力者 ID:02 は、 W_{move} が実験協力者の中で最低値であるが、作業度のマウス移動に関して『作業度の可視化部分において、デュアルモニタ環境の場合、隣の画面へのマウス移動でかなり作業度が溜まってしまい、役に立たない場合があった』という記述をしている。この原因について考察するため、実験時のマウス移動量を図 4-24 に示す。

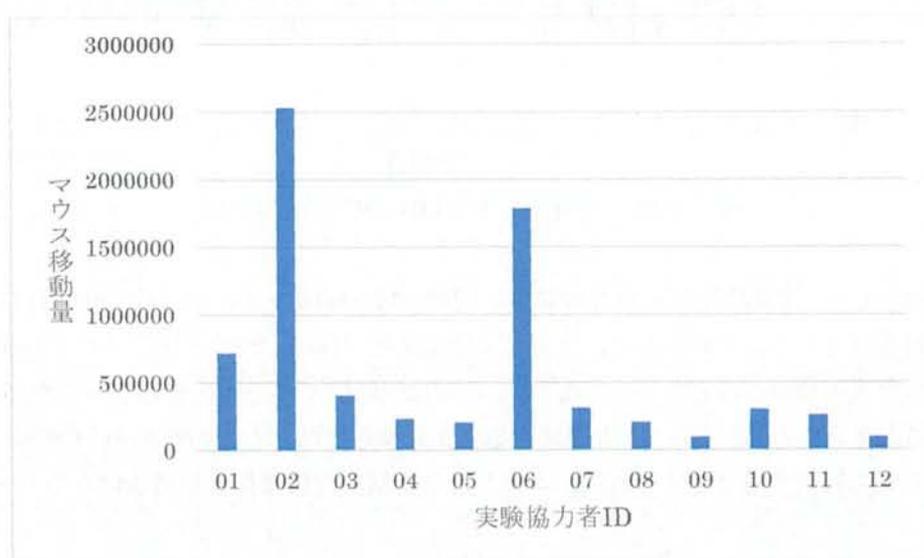


図 4-24 評価実験時のマウス移動量

図 4-24 より、実験協力者 ID:02,06 のマウス移動量が他の実験協力者より著しく高いことがわかる。これにより、実験協力者 ID:02 は W_{move} は小さかったが実際の作業中もマウス移動が多かったため、このような記述をしたと考えられる。

作業度の時系列的な特性について考察する。作業度の時系列変化の例として、実験協力者 ID:01 の作業度の変化を表したグラフを図 4-25 に示す。青い線が作業度を示す。オレンジの線は作業度グラフに可視化可能な最大値である 1000 を示す補助線である。

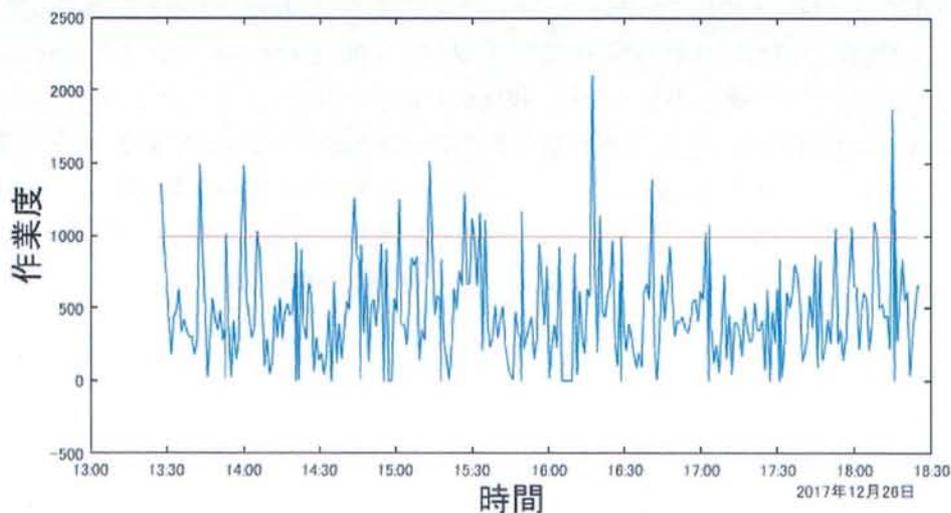


図 4-25 実験協力者 ID:01 の作業度の変化

図 4-25 より、実験時間とした 5 時間での増加、減少傾向は見えないが、短時間での増減が繰り返されていることがわかる。これは実験協力者 ID:01 だけでなく、すべての実験協力者から同様の傾向がみられる。これより、作業は短時間での小休止を繰り返しながら行われていると考えられる。よって、作業度の低下が作業を中断したものなのか、作業の小休止であるのかを判別することでできれば、ユーザにより適切な情報提供が可能になると考える。

ユーザの作業度が低下しているときに確認が行われていると仮定し、実験協力者の確認 10 分前の作業度と、それ以外の時の作業度について検定を行った結果を表 4.61 に示す。確認 10 分前の作業度の平均がそれ以外の作業度の平均より有意に低ければ、ユーザは作業度が下がった時に確認を行っており、今回定義した作業度は作業のキリや疲れを反映できていると考える。

表 4.61 実験協力者の確認 10 分前の作業度とそれ以外の作業度の検定結果

| 実験協力者 ID | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T 検定結果 | 0.875 | 0.211 | 0.288 | 0.098 | 0.886 | 0.435 |
| 平均の傾向 | 減少 | 減少 | 減少 | 減少 | 減少 | 減少 |

| 実験協力者 ID | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| T 検定結果 | 0.040 | 0.042 | 0.751 | 0.126 | 0.002 | 0.408 |
| 平均の傾向 | 増加 | 減少 | 増加 | 減少 | 減少 | 減少 |

表 4.61 より、12 人中 10 人の作業度の平均は減少傾向にあったが、t 検定により平均に有意差があったのは実験協力者 ID:07,08,11 の 3 人であった。また、実験協力者 ID:07 は平均が増加している。

これらのアンケート、検定の結果より、計算した作業度がユーザの体感と異なり、指標として用いにくかったと考えられる。改善方法として入力機器からの入力にかける係数に上限を設け、作業度を著しく変化させない、全体的に係数を小さくし、作業度の可視化量がすべて満杯になっていることが起こるのを防ぐ、打鍵数やマウス移動量など各入力に対してどの入力が実際の作業の進捗に関わっているのか調査し係数を調節する等が考えられる。

4.3.3.3. ユーザスタンス検知についての考察

3.2.4 項にて述べた，ユーザスタンス検知部が推測したユーザスタンスが，ユーザの重要視していた指標と一致していたのか，またどのような改善点があるかについて考察する．

ユーザスタンス検知部で推測したユーザスタンスと，実験後アンケートの「モニタリングをする際，どれを一番重要視していましたか？」の回答の比較を表 4.62 に示す．また，適合率と再現率を表 4.63 に示す．

表 4.62 ユーザスタンス検知部で推測したユーザスタンスとアンケートでの回答の比較

| 実験協力者 ID | 推測したユーザスタンス | アンケートでの回答 |
|----------|-------------|-----------|
| 01 | 確認間隔 | 可視化量 |
| 02 | 重要度 | 可視化量 |
| 03 | 確認間隔 | 可視化量 |
| 04 | 不明 | 可視化量 |
| 05 | 確認間隔 | 可視化量 |
| 06 | 不明(確認回数：小) | 重要度 |
| 07 | 重要度 | 重要度 |
| 08 | 可視化量 | 可視化量 |
| 09 | 不明 | 重要度 |
| 10 | 確認間隔 | 重要度 |
| 11 | 重要度 | 確認間隔 |
| 12 | 可視化量 | 重要度 |

表 4.63 ユーザスタンス検知部で推測したユーザスタンスとアンケートでの回答の適合率と再現率

| | 適合率 | 再現率 |
|------|----------|----------|
| 確認間隔 | 0/4(0%) | 0/1(0%) |
| 重要度 | 1/3(33%) | 1/5(20%) |
| 可視化量 | 1/2(50%) | 1/6(17%) |

表 4.62 より，推測したユーザスタンスとアンケートの回答が一致していたのは実験協力者 ID:07,08 の 12 人中 2 人である．また，実験協力者 ID：04,09 のユーザスタンスは推測できなかった．実験協力者 ID:06 はユーザスタンス検知に必要とした 3 回の確認を満たしていなかった．表 4.63 より，実装したユーザスタンスの推測とアンケートで回答してもらった回答の適合率，再現率は 0 割～5 割となっており，ほとんど推測することができていない．

推測がうまくいかなかった理由について考察を行う。ユーザスタンス検知部3.2.4項にて、推定の優先順位を確認間隔>重要度>可視化量とした。これは実験設定にて起こりにくいと事前に想定したもののほど優先順位を高くした結果である。表 4.62 より、確認間隔を重視すると回答した実験協力者は 1 人、重要度と回答した実験協力者は 5 人、可視化量と回答した実験協力者は 6 人であった。よって、実験設定に対する仮定は正しかったと考える。しかし、優先順位を高くしたスタンスの誤検知が多かったため、重要度や可視化量の推測自体が行われず、適合率、再現率が低くなった可能性が考えられる。そのため、3.2.4 項で設定した基準はそのままとし、実験協力者に対してすべてのユーザスタンス推定を行った結果を表 4.64 に示す。また、その場合の適合率、再現率を表 4.65 に示す。

表 4.64 ユーザスタンス検知部にて優先順位を加味しなかった場合の結果

| | 実験協力者 ID | 01 | 02 | 03 | 04 | 05 | 06 |
|--------|----------|------|------|------|------|------|-----|
| | アンケートの回答 | 可視化量 | 可視化量 | 可視化量 | 可視化量 | 可視化量 | 重要度 |
| 検知されたか | 確認間隔 | ○ | × | ○ | × | ○ | — |
| | 重要度 | × | ○ | × | × | ○ | — |
| | 可視化量 | ○ | ○ | ○ | × | ○ | — |

| | 実験協力者 ID | 07 | 08 | 09 | 10 | 11 | 12 |
|--------|----------|-----|------|-----|-----|------|-----|
| | アンケートの回答 | 重要度 | 可視化量 | 重要度 | 重要度 | 確認間隔 | 重要度 |
| 検知されたか | 確認間隔 | × | × | × | ○ | × | × |
| | 重要度 | ○ | × | × | × | ○ | × |
| | 可視化量 | ○ | ○ | × | × | ○ | ○ |

表 4.65 ユーザスタンス検知部にて優先順位を加味しなかった場合の再現率、適合率

| | 適合率 | 再現率 |
|------|----------|----------|
| 確認間隔 | 0/4(0%) | 0/1(0%) |
| 重要度 | 1/4(25%) | 1/5(20%) |
| 可視化量 | 5/8(62%) | 5/6(83%) |

表 4.65 より、重要度に関しては適合率が低下しているが、可視化量の適合率 6 割、再現率が 8 割と改善していることがわかる。これより、可視化量のユーザスタンス検知は 3 指標を組み合わせた判定方法を改めることによって改善ができると考える。確認間隔、重要度に関しては検知方法そのものについての考察の必要があると考える。

重要度の検知方法について考察する。4.3.3.1 目にて、配信データの重要度を重視していると回答したユーザは重要データの配信からの時間ではなく、貯まっている重要データの

数を参照していると考察した。これより、重要度重視の検知方法を「3回のデータ確認中、importance が 2 と設定されているデータが新着から数えて 3 件以内に含まれる場合が 2 回以上存在」から、「3回のデータ確認中、importance が 2 と設定されているデータが〇件以上」とした場合の推測結果を表 4.66 に示す。

表 4.66 重要度重視の検知方法を

「3回のデータ確認中、importance が 2 と設定されているデータが〇件以上」とした場合の適合率と再現率

| 重要データ数の 閾値 | 適合率 | 再現率 | 検知された実験協力者 ID |
|---------------|----------|----------|----------------------------|
| 1 件 | 4/9(44%) | 4/5(80%) | 02,03,05,07,08,09,10,11,12 |
| 1.25 件 | 4/9(44%) | 4/5(80%) | 02,03,05,07,08,09,10,11,12 |
| 1.5 件 | 4/8(50%) | 4/5(80%) | 02,05,07,08,09,10,11,12 |
| 1.75 件 | 3/6(50%) | 3/5(60%) | 05,07,08,09,11,12 |
| 2 件 | 2/5(40%) | 2/5(40%) | 05,08,09,11,12 |
| 2.25 件 | 2/5(40%) | 2/5(40%) | 05,08,09,11,12 |
| 2.5 件 | 1/3(33%) | 1/5(20%) | 08,09,11 |

表 4.66 より、検知方法を重要データ件数とした場合、最大(閾値が 1.5 件の時)で適合率 50%、再現率 80%となり、従来の適合率、再現率を上回る結果となる。これより、検知の方法を実証実験から得た知見をもとに改良することができると思う。

確認間隔については、評価実験時、前の確認からの間隔を重要視するとアンケートで回答した実験協力者が ID:11 の 1 人だけであり、また確認間隔を重視することによる傾向も観測できなかった。4.3.3.1 目で考察したように、提案インタフェースでは確認間隔に関する直接的な手掛かりを提示していなかったため、重要視した実験協力者が少なかった可能性があると思う。

4.3.3.4. 明度変化についての考察

4.2 節の予備実験において、提案インタフェースの明度の変化はすべての実験協力者が 9 割以上の割合で気が付くようになること、直接見ることなく判別できることを示した。本目では、明度変化がどのように用いられたのかを調査、考察する。

ストリームデータの確認時、明度が変化していたか、またその明度変化は作業度、スタンユーザスタンス検知のどちらが原因のものなのかを表 4.67～表 4.78 に示す。明度が 40% の時は通常時の明度、100% の時は明るく変化していることを示す。

表 4.67 実験協力者 ID:01 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標（アンケート） | | 可視化量 |
|----------------|------|---------|
| 検知されたスタンス | | 確認間隔 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1 回目 | 40% | |
| 2 回目 | 40% | |
| 3 回目 | 40% | |
| 4 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 5 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 6 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 7 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 8 回目 | 40% | |

表 4.68 実験協力者 ID:02 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標（アンケート） | | 可視化量 |
|----------------|------|---------|
| 検知されたスタンス | | 重要度 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1 回目 | 40% | |
| 2 回目 | 40% | |
| 3 回目 | 40% | |
| 4 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 5 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 6 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 7 回目 | 40% | |
| 8 回目 | 100% | ユーザスタンス |

表 4.69 実験協力者 ID:03 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標 (アンケート) | | 可視化量 |
|-----------------|------|---------|
| 検知されたスタンス | | 確認間隔 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1 回目 | 40% | |
| 2 回目 | 40% | |
| 3 回目 | 40% | |
| 4 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 5 回目 | 40% | |
| 6 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 7 回目 | 40% | |

表 4.70 実験協力者 ID:04 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標 (アンケート) | | 可視化量 |
|-----------------|------|---------|
| 検知されたスタンス | | 不明 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1 回目 | 40% | |
| 2 回目 | 40% | |
| 3 回目 | 100% | 作業度低下 |
| 4 回目 | 40% | |
| 5 回目 | 40% | |
| 6 回目 | 40% | |
| 7 回目 | 100% | 作業度低下 |
| 8 回目 | 40% | |

表 4.71 実験協力者 ID:05 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標（アンケート） | | 可視化量 |
|----------------|-----|---------|
| 検知されたスタンス | | 確認間隔 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1回目 | 40% | |
| 2回目 | 40% | |
| 3回目 | 40% | |
| 4回目 | 40% | |
| 5回目 | 40% | |
| 6回目 | 40% | |
| 7回目 | 40% | |

表 4.72 実験協力者 ID:06 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標（アンケート） | | 重要度 |
|----------------|-----|------------|
| 検知されたスタンス | | 不明（確認回数：少） |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1回目 | 40% | |
| 2回目 | 40% | |

表 4.73 実験協力者 ID:07 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標（アンケート） | | 重要度 |
|----------------|-----|---------|
| 検知されたスタンス | | 重要度 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1回目 | 40% | |
| 2回目 | 40% | |
| 3回目 | 40% | |
| 4回目 | 40% | |

表 4.74 実験協力者 ID:08 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標（アンケート） | | 可視化量 |
|----------------|-----|---------|
| 検知されたスタンス | | 可視化量 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1 回目 | 40% | |
| 2 回目 | 40% | |
| 3 回目 | 40% | |
| 4 回目 | 40% | |

表 4.75 実験協力者 ID:09 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標（アンケート） | | 重要度 |
|----------------|-----|---------|
| 検知されたスタンス | | 不明 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1 回目 | 40% | |
| 2 回目 | 40% | |
| 3 回目 | 40% | |

表 4.76 実験協力者 ID:10 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標（アンケート） | | 重要度 |
|----------------|------|---------|
| 検知されたスタンス | | 確認間隔 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1 回目 | 40% | |
| 2 回目 | 40% | |
| 3 回目 | 40% | |
| 4 回目 | 100% | 作業度低下 |
| 5 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 6 回目 | 100% | ユーザスタンス |
| 7 回目 | 40% | |
| 8 回目 | 100% | ユーザスタンス |

表 4.77 実験協力者 ID:11 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標 (アンケート) | | 確認間隔 |
|-----------------|------|---------|
| 検知されたスタンス | | 重要度 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1 回目 | 40% | |
| 2 回目 | 40% | |
| 3 回目 | 100% | 作業度低下 |

表 4.78 実験協力者 ID:12 の確認時の明度とその変化理由

| 重要視した指標 (アンケート) | | 重要度 |
|-----------------|-----|---------|
| 検知されたスタンス | | 可視化量 |
| 確認回数 | 明度 | 明度変化の理由 |
| 1 回目 | 40% | |
| 2 回目 | 40% | |
| 3 回目 | 40% | |
| 4 回目 | 40% | |

表 4.67～表 4.78 より、実際に明度変化時に確認を行っていた実験協力者は、実験協力者 ID:01,02,03,04,10,11 の 12 人中 6 人であること、全員の確認回数の合計 66 回に対して、ユーザスタンス検知による明度変化時の確認回数が 13 回、作業度低下による明度変化時の確認回数は 4 回であることがわかる。また、ユーザスタンス検知による明度変化で確認を行った実験協力者のユーザスタンスは、すべて誤検知であった。

実験時に行われた作業度低下，スタンス検知による明度変化の回数と，それに伴い確認が行われた回数，確認が行われた割合について表 4.79，表 4.80 に示す。

表 4.79 作業度低下による明度変化の回数とそれに伴う確認

| | 作業度低下での 明度変化回数 | 確認が あった回数 | 確認した 割合 |
|-------------|-------------------|--------------|------------|
| 実験協力者 ID:01 | 23 | 0 | 0% |
| 実験協力者 ID:02 | 5 | 0 | 0% |
| 実験協力者 ID:03 | 4 | 0 | 0% |
| 実験協力者 ID:04 | 21 | 2 | 10% |
| 実験協力者 ID:05 | 12 | 0 | 0% |
| 実験協力者 ID:06 | 6 | 0 | 0% |
| 実験協力者 ID:07 | 7 | 0 | 0% |
| 実験協力者 ID:08 | 6 | 0 | 0% |
| 実験協力者 ID:09 | 12 | 0 | 0% |
| 実験協力者 ID:10 | 30 | 1 | 3% |
| 実験協力者 ID:11 | 19 | 1 | 5% |
| 実験協力者 ID:12 | 15 | 0 | 0% |

表 4.80 スタンス検知による明度変化の回数とそれに伴う確認

| | スタンス検知での 明度変化回数 | 確認が あった回数 | 確認した 割合 | 検知した スタンス | アンケート での回答 |
|-------------|--------------------|--------------|------------|--------------|---------------|
| 実験協力者 ID:01 | 5 | 4 | 80% | 確認間隔 | 可視化量 |
| 実験協力者 ID:02 | 5 | 4 | 80% | 重要度 | 可視化量 |
| 実験協力者 ID:03 | 2 | 2 | 100% | 確認間隔 | 可視化量 |
| 実験協力者 ID:04 | 0 | 0 | — | 不明 | 可視化量 |
| 実験協力者 ID:05 | 0 | 0 | — | 確認間隔 | 可視化量 |
| 実験協力者 ID:06 | 0 | 0 | — | 不明(確認回数：小) | 重要度 |
| 実験協力者 ID:07 | 3 | 0 | 0% | 重要度 | 重要度 |
| 実験協力者 ID:08 | 0 | 0 | — | 可視化量 | 可視化量 |
| 実験協力者 ID:09 | 0 | 0 | — | 不明 | 重要度 |
| 実験協力者 ID:10 | 3 | 3 | 100% | 確認間隔 | 重要度 |
| 実験協力者 ID:11 | 0 | 0 | — | 重要度 | 確認間隔 |
| 実験協力者 ID:12 | 0 | 0 | — | 可視化量 | 重要度 |

表 4.79 より、作業度低下による明度変化は確認タイミングの指標としてほとんど用いられていないことがわかる。これは 4.3.3.2 目で考察したように、作業度がユーザの体感と異なり、指標として用いにくかったためと考えられる。

表 4.80 より、スタンス検知による明度変化が発生した実験協力者は 12 人中 5 人と少ないが、実験協力者 ID:07 を除いて確認タイミングの指標として用いていたことがわかる。スタンス検知による明度変化を利用した 5 人のうち、実験協力者 ID:01,03,10 は確認間隔重視と検知され、それを指標としての確認を行っていた。実験協力者 ID:01,03,10 とそれ以外の実験協力者に分けて前回の確認からの間隔を箱ひげ図で表した結果を図 4-26 に示す。

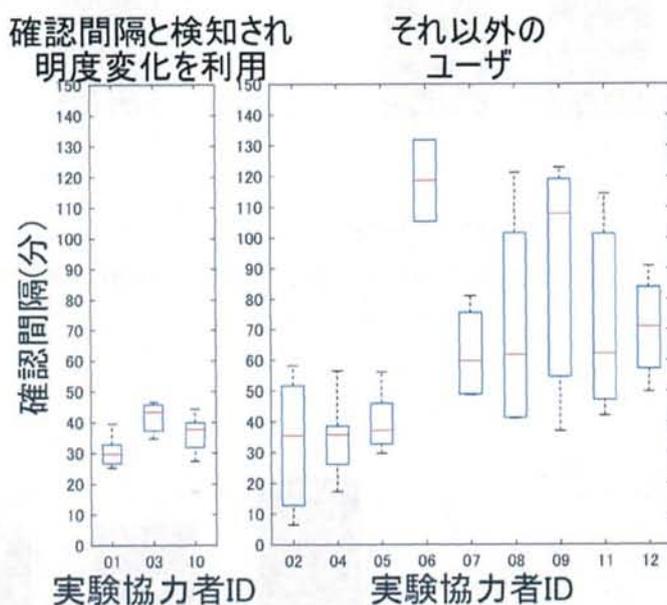


図 4-26 確認間隔と検知され明度変化を用いていた実験協力者とそれ以外の実験協力者間での確認間隔の比較

図 4-26 より、確認間隔と検知され明度変化を用いていた実験協力者は確認間隔のばらつきが小さいことがわかる。確認間隔の標準偏差について t 検定を行った結果、P 値は 0.17×10^{-3} となり、有意差が確認された。この結果より、ユーザスタンスが確認間隔重視と検知され、かつ明度変化を確認タイミング判断の手がかりとして用いた場合、提案システムが確認行動に影響を与え、確認間隔を安定させる効果があったと考える。

実験協力者 ID:02 については 4.3.3.1 目で考察したように、提案システムのユーザスタンス検知後に重要データ配信直後に確認を行う傾向が出てきているため、同様に提案システムが確認行動に影響を与えたと考える。

これらの結果から、明度変化の指標とした作業度、ユーザスタンスの検知には課題が残るが、明度変化を用いることでユーザの確認行動に影響を与えることができると考える。

実験後アンケートにおいて、「モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか?」、「モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか?」、の回答比率を表したものを図 4-27, 図 4-28 に示す。

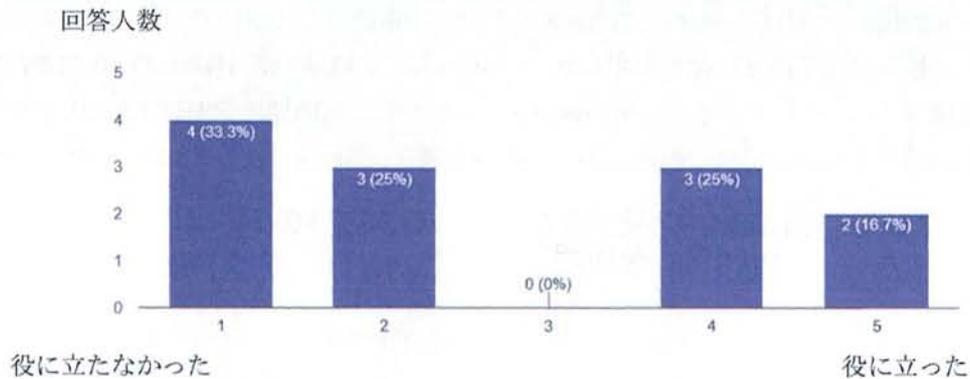


図 4-27 実験後アンケートにおける「モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか?」についての回答比率

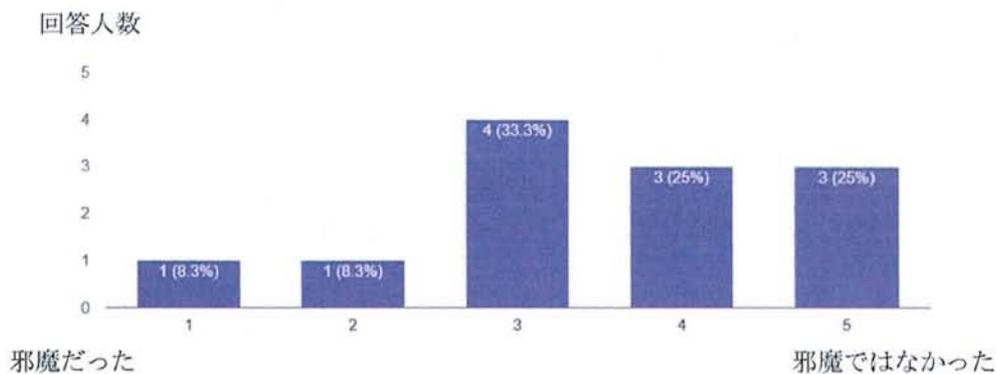


図 4-28 実験後アンケートにおける「モニタリング支援システムの明度の変化は邪魔に感じましたか?」についての回答比率

図 4-27 より、明度変化が役に立ったか否かは賛否が分かれ、役に立たなかったと考える実験協力者が少し多いことがわかる。図 4-28 より、明度変化が邪魔に感じたか否かは 3 と答えた実験協力者が多い。この結果は、明度の変化が常に邪魔ではないものの、状況によっては邪魔になっていたからであると考ええる。

明度変化がどのように用いられていたかについて、表 4.46～表 4.57 に示した実験後アンケートの結果より考察する。モニタリング支援システムの明度の変化は確認タイミングの決定に役立ちましたか?」の質問に対して 5 と回答したのは実験協力者 ID:02,03, 4 と回答したのは実験協力者 ID:04,05,06 であった。また、「システムの明度変化をどのように

使っていたか記述してください。」への回答より、想定通り明度の変化を確認の指標としたと考えられる実験協力者は、ID:02,03,04であった。実験協力者 ID:05 は、『ある程度作業が進んでいないときに光っていたので、光ったら作業を再開するように意識していた』と記述している。これは明度変化が、作業度が下がった時に起こることに起因しており、モニタリングとは無関係に、現在頑張っていないという指標に用いていた例であると考えられる。実験協力者 ID:06 は、『そのときに重要データリストの中をみてました。』と記述しており、確認タイミングではないが提案インタフェースを見るかどうかの指標に用いていたことがわかる。

明度変化が邪魔だった場合について考察する。「明度の変化が邪魔だと感じた時があれば記述してください。」等の記述から、邪魔と感じた理由は以下の3パターンであると考えられる。

- ① 明度変化したとき、思ったよりデータが貯まっていなかった
(実験協力者 ID:01,04)
- ② 考え事をしているときに明度変化した
(実験協力者 ID:07,10,11,12)
- ③ 休憩中に明度変化した
(実験協力者 ID:05,09)

パターン①にあたる実験協力者 ID:01,04 は、ストリームデータの可視化量を重視するとアンケートで回答していた。そのため明度変化したときデータが貯まっていることを期待したが、実際は作業度の低下や誤検知されたユーザスタンスによって明度が変化していたことが表 4.67, 表 4.70 からわかる。パターン②は作業度の低下による明度変化であると考えられる。4.3.3.2 目で考察したように、作業度は思考などの入力機器に反映されない情報を検知できないため、作業が滞っていると判断され明度変化し、邪魔に感じてしまったと考えられる。パターン③に関しては、休憩中やモニタリング中の明度変化を停止することで対処可能である。

5. おわりに

本論文では、テキストストリームをメインタスクの途中に確認するという状況を想定し、適切な確認タイミングを判断する手がかりを提供するモニタリング支援システムを提案した。

「ユーザが重要視する目安に基づいてテキストストリームを確認できるタイミング」を適切な確認タイミングと定義し、適切な確認タイミングに影響を与える要因として、確認前の貯まっているテキストストリーム量、テキストストリームの重要度、メインタスクの状況、ユーザの個性の4種類を考慮したシステムを構築した。

提案システムでは、テキストストリーム量を直感的に確認することに優れている棒グラフによって可視化し、重要データリストを用いて、重要度が高いテキストストリームの概要を提示する。メインタスクの実行状況を、キーボードやマウスといった入力機器のログから作業度を計算することにより定量化し、時間軸を持った棒グラフを作業度グラフとして可視化する。また、作業度が低い時には明度を変化させ、提案システムに対するユーザの注意を高める。適切な確認タイミングに関するユーザの個性については、ユーザが重視する指標としてテキストストリームの可視化量、重要度、確認間隔の3種類を考慮し数回のテキストストリームの確認状況からユーザの重視する指標を検知し、それぞれの指標に合わせて明度の変化により提案システムに対するユーザの注意を高める。

提案システムの評価実験の結果、可視化量、重要データの配信を重要視するユーザに対して確認タイミングを決定する手がかりを提供可能であることを示した。また、キャリブレーション作業によってマウス移動量、打鍵回数に関しては実際の作業量を推定可能であること、明度変化によりユーザの確認行動が変化する効果が見られたことを確認した。ユーザスタンスの検知精度について、改良の可能性を考察した。

オンラインニュースやメール、SNSなどのテキストストリームは、社会情勢の確認から自分の興味関心事の確認、また他者との連絡手段としても用いられることもあり、現代社会において必要不可欠な情報源である。これらテキストストリームのモニタリング支援は、情報の効率的取得や、メインタスクへの妨害防止の観点から今後も重要視されていくと考える。本研究で得られた成果および知見は、テキストストリームのモニタリング支援システムの構築に貢献することが期待できる。さらに、作業度とユーザスタンス検知については、特殊な機器類を用いない簡易な作業推定への応用も期待できる。

謝辞

本研究を行うにあたり，終始多大なご指導，ご協力を頂きました高間康史教授に心より感謝するとともに，厚く御礼申し上げます。また，本研究にご協力いただきました，山口亨教授，片山薫准教授，小町守准教授，下川原英理助教にも深く感謝いたします。そして本研究を進めるにあたり，研究の相談や長時間にわたる評価実験に協力をしていただき，様々な有用な意見をくださいました高間研究室の皆さま，研究に協力していただいた片山研究室，田川研究室，西川研究室の皆さま方にも，心よりお礼申し上げます。

参考文献

- [1 総務省, 平成 29 年度 情報通信白書 SNS がスマホ利用の中心に,
] <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc111130.html>
(2018/1/26/現在).
- [2 M.Czerwinski, E.Horvitz, S.Wilhite, A diary study of task switching and
] interruptions, Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI' 04),
pp.175-182 (2004).
- [3 B. O' Conaill, D. Frohlich, Timespace in the workplace: dealing with interruptions,
] 1995 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI' 95), pp.262-263
(1995).
- [4 公共財団法人 日本生産性本部, 労働生産性の国際比較, [http://www.jpcc-](http://www.jpcc-net.jp/intl_comparison/)
] [net.jp/intl_comparison/](http://www.jpcc-net.jp/intl_comparison/) (2018/1/26 現在) .
- [5 首相官邸ホームページ, 働き方改革の実現,
] <https://www.kantei.go.jp/jp/headline/ichiokusoukatsuyaku/hatarakikata.html> ,
(2018/1/26 現在) .
- [6 M. W. Tom Stanfford, MIND HACKS 実験で知る脳と心のシステム, 株式会社オライ
] リー・ジャパン, pp.143-147 (2005).
- [7 キュレーションサービス:IT 用語辞典バイナリ, [http://www.sophia-](http://www.sophia-it.com/content/%E3%82%AD%E3%83%A5%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3%E3%82%B5%E3%83%BC%E3%83%93%E3%82%B9)
] [it.com/content/%E3%82%AD%E3%83%A5%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3%E3%82%B5%E3%83%BC%E3%83%93%E3%82%B9](http://www.sophia-it.com/content/%E3%82%AD%E3%83%A5%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3%E3%82%B5%E3%83%BC%E3%83%93%E3%82%B9)
(2018/1/26 現在) .
- [8 キュレーション:IT 用語辞典バイナリ, [http://www.sophia-](http://www.sophia-it.com/content/%E3%82%AD%E3%83%A5%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3)
] [it.com/content/%E3%82%AD%E3%83%A5%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3](http://www.sophia-it.com/content/%E3%82%AD%E3%83%A5%E3%83%AC%E3%83%BC%E3%82%B7%E3%83%A7%E3%83%B3) (2018/1/26 現在) .
- [9 M.S.T. Carpendale, Considering Visual Variables as a basis for Information
] Visualization, Department of Computer Science, University of Calgary (2003).
- [1 長谷川 幹根,石川 佳治, T-Scroll:時系列文書のクラスタリングに基づくトレンド可視
0] 化システム, 情報処理学会論文誌:データベース, Vol48, No.SIG20(TOD36), pp.61-78
(2007).
- [1 Benjamin E. Teitler, Michael D.Lieberman, Daniele Panozzo, Jagan
1] Sankaranarayanan, Hanan Samet, Jon Sperling,NewsStand: A New View on News,

- GIS '08 Proceedings of the 16th ACM SIGSPATIAL international conference on Advances in geographic information systems Article No. 18 (2008).
- [1 Y.Takama, T.Kurosawa, Visualization System for Monitoring Bug Update
2] Information, Trans. IEICE, Vol. E97-D, No. 4, pp. 654-662 (2014).
- [1 Y. Takama, M.Okumura, Interactive Visualization System for Monitoring Support
3] Targeting Multiple BBS Threads, International Journal on Intelligent Decision Technologies, Vol. 9, No. 4, pp. 391-403, (DOI) 10.3233/IDT-140232 (2014).
- [1 沼野 航希, 高間 康史, オンラインニュースを対象としたモニタリングシステムの提
4] 案, 第8回インタラクティブ情報アクセスと可視化マイニング研究会, pp18-23 (2014).
- [1 Souneil Park, Seungwoo Kang, Sangyoung Chung, Junehwa Song, NewsCube:
5] delivering multiple aspects of news to mitigate media bias, CHI '09, the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp.443-452 (2009).
- [1 切通 恵介, 楠見 孝, 堀江 伸太郎, 馬 強 , 多様性指向のニュースアプリの開発と
6] その有用性評価, DEIM Forum 2016 論文集, B1-6 (2016).
- [1 Jiahui Liu, Larry Birnbaum , LocalSavvy: aggregating local points of view about
7] news issues, LOCWEB '08,the first international workshop on Location and the web, pp.33-40 (2008).
- [1 澤井里枝, 妹尾宏, 鹿喰善明, ニュースダイジェスト作成のためのニュースの重要度算
8] 出手法とその評価, 情報処理学会論文誌トランザクション(CD-ROM) , Vol.2, NO.2, pp.158-172 (2009).
- [1 高濱 隆輔, 馬場 雪乃, 清水 伸幸, 藤田 澄男, 鹿島 久嗣, クラウドソーシング
9] による重要ニュース選択, 2016 年度人工知能学会全国大会(第30回) (2016).
- [2 村田 真樹, 西村 涼, 金丸 敏幸, 土井 晃一, 鳥澤 健太郎, ユーザ個人の興味の
0] 影響を考慮した情報の重要性を決める要因の抽出・分析, 言語処理学会 第15回年次大会 発表論文集, pp.554-557 (2009).
- [2 工藤 貴弘, 小澤 順, 吉岡 元貴 , アバタとエージェントを利用した仮想対話インタ
1] フェースによるソフトインタラクション, 人工知能学会論文誌, 19 卷 (2004) 4 号, pp.351-359 (2004).
- [2 水口 充, 竹内 友則, 倉本 到, 渋谷 雄, 辻野 嘉宏, インタラクションの初期に
2] おける受動的情報提示手法, 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション, 91(2002-HI-100), pp.83-90 (2002).
- [2 田中 貴紘, 藤田 欣也, 割り込み拒否度推定に基づくアンビエント情報提示による円
3] 滑なインタラクション開始支援, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.24, No.5, pp.314-322 (2012).

- [2 T.Skog, S.Ljungblad, L.E.Holmquiet, Between Aesthetics and Utility: Designing
4] Ambient Information Visualizations, IEEE Symposium on Information Visualization
(INFOVIS2003), pp.233-240 (2003).
- [2 C.Plaue, T.Miller, J.Stasko, Is a Picture Worth a Thousand Words? An Evaluation of
5] Information Awareness Displays, Graphics Interface, pp.117-126 (2004).
- [2 大坪 五郎, Goromi-Web 上の情報を「流し見」する方法, 第 12 回インタラクティブシ
6] ステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2004) 論文集 (2004).
- [2 渡邊恵太, 安村通晃, ユビキタス環境における眺めるインタフェースの提案と実現, 情
7] 報処理学会論文誌, Vol.49, No.6 pp.1984-1992 (2008).
- [2 鳥羽 美奈子, 森 靖英, 恵木 正史, 櫻井 隆雄, PC 操作ログと映像ログを用いた業
8] 務行動モニタリングの初期検討, 情報処理学会研究報告 (CD-ROM),
ROMBUNNO.CVIM-172,1 (2010).
- [2 村上 知子, 鳥居 健太郎, 長 健太, 内平 直志, センサデータと業務知識からのト
9] ピックモデルを用いた看護業務行動の推定, 人工知能学会論文誌, Vol.29, No.5, pp.427-
435 (2014).
- [3 永井 有希, 徐 建鋒, 酒澤 茂之, デスクワークにおける主観的集中度と PC 操作ロ
0] グの関係分析, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集 (CD-ROM),
ROMBUNNO.14-5 (2014).
- [3 鳥羽 美奈子, 櫻井 隆雄, 森 靖英, オフィスワーカーを対象とした PC 操作ログ特
1] 微量からの生産性とストレスの関係指標の提案, 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・シ
ステム = The IEICE transactions on information and systems (Japanese edition)
95(4), pp.747-757 (2012).
- [3 Dario Salvucci, Niels A Taatgen, Jelmer Pieter Borst, toward a unified theory of the
2] multitasking continuum: From Concurrent Performance to Task
Switching, Interruption, and Resumption, Proc. CHI '09, pp.1819-1828 (2009).
- [3 三好 史隆, 倉本 到, 渋谷 雄, 辻野 嘉宏, タスク集中度と認知時間を指標とした
3] 周辺表示法の評価, 電子情報通信学会論文誌, A, Vol.J-89-A, No.10, pp.831-839 (2006).
- [3 上田 光浩, 石田 彩, 倉本 到, 渋谷 到, 計算機作業環境におけるユーザのインタ
4] ラクションに応じた周辺情報の提示タイミング, 電子情報通信学会論文誌, A, Vol.J-91-
A, No.2, pp.260-269 (2008).
- [3 山本 昂司, 倉本 到, 渋谷 到, 辻野 嘉宏, 割り込み時の認知作業負荷とタスク再
5] 開遅れとの関係, 電子情報通信学会論文誌, A, Vol.J-91-A, No.2, pp.260-269 (2008).
- [3 卓 璐, 王 琛, 浅井 洋樹, 3 軸加速度を用いたデスクワーク中の割り込み可能性の推
6] 定, DEIM Forum 2015, E1-5 (2015).

- [3 谷 堯尚, 山田 誠二, 机上にかかる圧力を用いたユーザの割り込み可能性推定, 人工
7] 知能学会論文誌, 人工知能学会論文誌, Vol. 29, No. 1, pp. 129-136 (2014).
- [3 田中 貴紘, 青木 和昭, 藤田 欣也, 作業態度を反映したユーザの割り込み拒否度推
8] 定の検討, 第 28 回人工知能学会全国大会, 2L5-OS-27b-4 (2014).
- [3 厚生労働省 東京労働局, 新 VDT 作業ガイドラインのポイント, [http://tokyo-
9\] roudoukyoku.jsite.mhlw.go.jp/jirei_toukei/anzen_eisei/toukei/anzen-vdt.html](http://tokyo-roudoukyoku.jsite.mhlw.go.jp/jirei_toukei/anzen_eisei/toukei/anzen-vdt.html)
(2018/1/26 現在).
- [4 吉田 和人, 高間 康史, ストリームデータモニタリングにおける確認タイミングの判
0] 断支援に関する研究, 首都大学東京 学位論文 (2016).

発表文献

吉田和人, 高間康史, ストリームデータモニタリングにおける確認タイミングの判断支援インターフェースの提案, 2016年度 人工知能学会全国大会, 4D4-1 (2016)

吉田和人, 高間康史, ストリームデータモニタリングにおける確認タイミングの判断支援に関する予備的検討, 第11回人工知能学会インタラクティブ情報アクセスと可視化マイニング研究会 (2015)