

ディスプレイ環境の変化に着目した ワークスペース構築手法の評価

山本 雄平^{1,a)} 山田 楓也¹ 石田 繁巳² 白石 陽²

概要: PC 作業では、タスクを効率よく行うために複数のウィンドウからなる作業領域を構築する。本研究では、この作業領域をワークスペースと定義する。ワークスペースの構築には手作業によるウィンドウの配置やサイズ調整の操作などのウィンドウ操作が必要となる。また、ディスプレイ環境が変化する場合には使用できる画面領域が増えることで手作業でのワークスペース構築をする必要があるため、作業効率の低下につながる。そこで本研究は、ディスプレイ環境の変化に対応したワークスペース構築手法を提案する。提案手法では、ユーザの PC 作業時の操作ログからウィンドウの使用頻度などを記録し、タスクごとにウィンドウグループを作成する。このウィンドウグループを自動配置することにより、ディスプレイ環境変化時のウィンドウ操作を削減し、作業効率低下の抑制を目指す。本稿では、提案システムの中核をなすウィンドウ自動配置機能の有無でウィンドウ操作量を比較する実験を実施した。実験の結果、提案システムがウィンドウ操作量の削減に有効であることが示された。

1. はじめに

テレワークの普及により企業のオフィスだけでなく、自宅やコワーキングスペース、ホテルなど、さまざまな場所で作業を行う場合が増加している。また、企業のオフィスでは、個人のデスクとは別にフリースペースを設けることで、作業場所を変えながら PC 作業を行うことができる環境が構築されている。このように、今後は場所を制限することなく作業可能な環境づくりが重要になると考える。

このような作業環境の多様化に加え、PC 作業ではウェブブラウザやコミュニケーションツールなど複数のアプリケーションを切り替えて用いる必要がある。このような場合には、タスクを効率よく行うために各アプリケーションの表示領域（以下、ウィンドウ）の配置やサイズ調整などのウィンドウ操作を手作業で行い、作業領域を構築する。本研究では、この複数のウィンドウから構成される作業領域のことをワークスペースと呼ぶ。

作業場所が変化した場合にはディスプレイ環境も変化するため、ワークスペースの再構築が必要であり、作業効率の低下は免れない。作業場所の制約によりさまざまな数、

さまざまなサイズのディスプレイが設置されることが予想される。実際、ディスプレイの増設によって効率的な作業が可能になることが報告されており [1-3]、作業場所の制約に則してなるべく多く、なるべく大きなディスプレイが設置されると考えられる。ディスプレイ数の減少やディスプレイサイズが小さくなる環境に移動した際にはワークスペース内のウィンドウが重なり合わないようにより多く、より大きなディスプレイのある環境に移動した際には広がったディスプレイ環境を有効活用するために、それぞれの状況でワークスペースの再構築が必要となり、ウィンドウ操作が必須となる。

PC 作業におけるウィンドウ操作量を削減する手法として、身体動作を PC の入力操作に用いる研究 [4,5] やウィンドウ操作量自体を削減する研究 [6-8]、複数ウィンドウの操作を支援する研究 [9,10] が報告されている。しかしながら、これらの研究ではディスプレイ環境の変化やユーザの作業に基づく複数ウィンドウの操作が考慮されておらず、ディスプレイ環境の変化によるウィンドウ操作量の増加は避けられない。

そこで、本研究では、ディスプレイ環境の変化による作業効率低下の抑制を目的とし、ディスプレイ環境の変化に対応したワークスペース構築手法を提案する。提案手法は、ウィンドウグループ機能とウィンドウ自動配置機能から構成される。著者らはこれまで、ウィンドウグループ機能の実装と評価 [11] を行っているが、本稿では、主に、

¹ 公立はこだて未来大学大学院システム情報科学研究科
Graduate School of Systems Information Science, Future University Hakodate

² 公立はこだて未来大学システム情報科学部
School of Systems Information Science, Future University Hakodate

a) g2122074@fun.ac.jp

ウィンドウ自動配置機能の実装と評価について述べる。

本稿の構成は以下の通りである。2章ではウィンドウ操作量の削減についての関連研究を述べ、3章では提案システムの手法と実装について述べる。4章では、ウィンドウ自動配置機能の評価実験について述べ、5章でまとめとする。

2. 関連研究

PC作業においてウィンドウ操作量を削減する研究として、身体動作をPCの入力操作に用いる研究 [4,5] やウィンドウ操作量自体を削減する研究 [6-8]、複数ウィンドウの操作を支援する研究 [9,10] が報告されている。

ウィンドウ操作を身体動作によって補助することで操作量を削減する手法として、顔の方向とマウスカーソルを併用した入力インタフェース [4] やキーボード上でのハンドジェスチャによるウィンドウ操作手法 [5] が提案されている。これらの手法は入力インタフェースを拡張するという観点では有用であるものの、マルチディスプレイ環境である、深度カメラが利用可能であるなどの前提が置かれており、適用できる環境が限定される。

ウィンドウ操作量自体を削減する手法として、ウィンドウを透明化して背後にあるウィンドウの操作を可能とする研究 [6] や次に使用するウィンドウを予測して提示する研究 [7,8] が提案されている。これらの研究によってウィンドウ切り替え操作を削減することはできるが、ユーザの作業という観点が無いため、作業で用いる複数のウィンドウを一度に切り替えることはできない。

複数のウィンドウをまとめて切り替える手法として、ウィンドウを自由につながぎ合わせて一括での操作を可能とするウィンドウドッキングシステム [9] やウィンドウの操作履歴に基づいて推定した関心度に基づいてウィンドウ配置を自動化するシステム [10] が提案されている。しかしながら、ユーザの作業が考慮されていないため、作業に合わせた柔軟なウィンドウ配置を実現するために追加のウィンドウ操作が避けられない。

3. 提案手法

3.1 提案システム



図 1 提案システムの構成

図 1 に本研究の提案システムの構成を示す。提案システムは、ウィンドウグルーピング機能とウィンドウ自動配置機能の2つの機能で構成される。ウィンドウグルーピング機能では、ユーザの作業履歴を収集し、収集した作業履歴

に基づいてタスクに使用するウィンドウを分類する。ウィンドウ自動配置機能は、ウィンドウの配置やサイズデータを用いて、ウィンドウの組み合わせの決定や配置計算を行う。ディスプレイ環境が変化した際に、ウィンドウグルーピングの結果とウィンドウ配置の計算結果を用いて、タスクごとのウィンドウ自動配置を行う。

3.2 ウィンドウグルーピング機能

ウィンドウグルーピング機能は、PC作業で使用しているウィンドウをタスクごとに分類するための機能である。ウィンドウグルーピングの手順を以下に示す。

(1) 作業履歴の収集

PC作業の履歴データから、マウスやキーボードによるウィンドウ操作量、ウィンドウのタイトルとステータスの情報を記録する。マウス操作は、クリックとスクロール、移動量の3つの値、キーボード操作はキー入力数の値を収集する。ウィンドウのステータスとは、ウィンドウの有効化回数と有効化時間である。

(2) 収集データから特徴量の抽出

収集データに対して、スライディングウィンドウ処理を実施し、特徴量の抽出を行う。抽出する特徴量は、各ウィンドウ操作量の基本統計量（最大値、最小値、移動平均、標準偏差、中央値）である。

(3) 学習データの作成

特徴量を抽出したデータにタスクごとのラベル付けを行い学習データを作成する。

(4) グルーピングモデルの構築

教師あり機械学習によってモデルを構築する。学習モデルは Random Forest を用いる。

3.3 ウィンドウ自動配置機能

ウィンドウ自動配置機能は、ディスプレイ環境の変化に対応して、ウィンドウを自動配置する機能である。

ディスプレイ環境変化前の処理として、シームレスな作業継続のため、ディスプレイ環境変化後に優先的に配置するウィンドウを決定する必要がある。前述のウィンドウグルーピングに基づいて、タスクに関連するウィンドウをグループ化し、ウィンドウ間の切り替え回数に基づいて、グループ化されたウィンドウ（ウィンドウグループ）の優先度付けを行う。また、ディスプレイ環境変化後のウィンドウの配置・サイズを計算するために、各ウィンドウのスクリーン座標値を記録しておく。

ディスプレイ数の増減やディスプレイの置き換えなどでディスプレイ環境が変化すると、表示領域の大きさが変化する。ディスプレイ環境の変化を検知した後、新たなスクリーン座標に合わせてウィンドウの理想的な配置・サイズを計算し、前処理の結果に基づいて、作業対象のウィンドウグループの自動配置を行う。

4. 評価実験

4.1 実験手順・環境

本実験の被験者は大学生5名である。実験手順として、被験者にまず、ノートPC単体で、タスクに関連する複数のウィンドウを配置させる。次に、ディスプレイを増設し、ディスプレイ2枚の環境でウィンドウを配置させる。最後にディスプレイを外して、再び、ウィンドウを配置させる。ディスプレイ数の増減時にウィンドウ自動配置機能を用いる場合、自動配置の結果から被験者の理想とする配置になるまで、ウィンドウを手動で配置させる。被験者ごとに、ウィンドウ自動配置を用いる場合とすべて手動で配置する場合（手動配置）それぞれについて実験を行った。今回の実験では、配置対象のウィンドウは3個とした。

実験時には、ウィンドウ操作量として、ディスプレイ環境変化時のウィンドウの移動回数/時間、サイズ調整回数/時間の4つを記録した。また、実験終了後には、ウィンドウ自動配置機能によるシステムの使用感についてのアンケートに回答させた。



図2 実験環境

図2に本実験の環境を示す。実験環境として、13.3インチのノートPCと23.8インチのディスプレイを用意し、この環境で統一して実験を行った。使用OSはWindows 11である。また、Windows OSの使用歴に応じて、実験前に操作に慣れさせるための時間を設けた。

4.2 実験結果

ウィンドウ自動配置機能と手動配置との比較実験とアンケート評価の2項目について結果を示す。本稿では、移動回数とサイズ調整回数について結果を述べる。図3に被験者全員のウィンドウ操作量の平均の比較結果、図4には被験者ごとのウィンドウ操作量の比較結果を示す。図3より、ウィンドウ自動配置機能は手動配置と比較し、ウィンドウ操作量が減少する結果となった。また、図4より、3

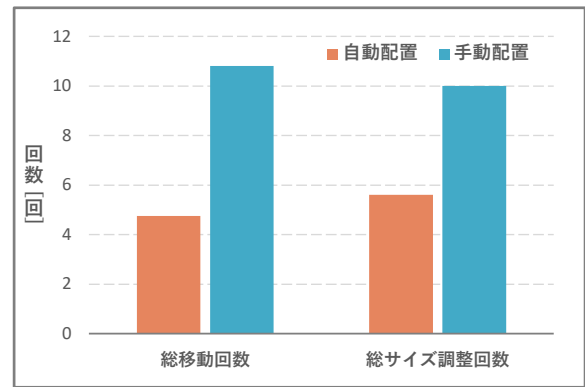
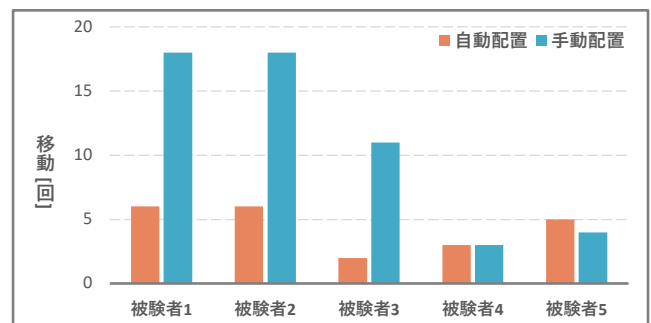
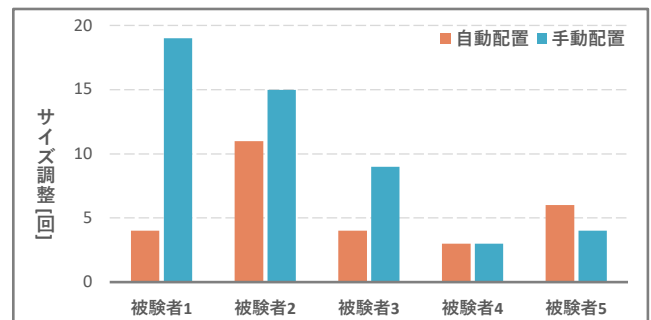


図3 ウィンドウ操作回数比較結果



(a) 移動回数



(b) サイズ調整回数

図4 被験者ごとのウィンドウ操作量比較結果

名の被験者はウィンドウ自動配置機能を使用した方が移動とサイズ調整の操作回数が減少する結果となったが、2名の被験者は、移動とサイズ調整回数が変化しない、または、ウィンドウ自動配置機能を使用した方がこれらの操作回数が増加する結果となった。

アンケートでは、段階評価を行う項目と自由記述の項目を設けた。段階評価の項目では、「1:まったくそう思わない-5:とてもそう思う」の5段階評価を実施した。

表1に段階評価アンケート項目とその結果を示す。アンケートの結果は各被験者の5段階評価の平均値を算出している。表1より、Q5以外の項目に関しては、5段階評価の平均が3.0を超えていることが分かる。ウィンドウ操作量の削減に対して、好意的な印象を持っている被験者が過半数を超える結果となった。Q5では、5段階評価の平均値が2.8となり、ウィンドウが自動配置されることに違和感を

表 1 段階評価アンケート項目と結果

質問項目	結果
Q1. 関連するウィンドウごとの表示によって作業はしやすくなると感じたか	3.6
Q2. ウィンドウ操作をする場面は少なると感じたか	3.6
Q3. 作業に必要なウィンドウの探索は容易になると感じたか	3.8
Q4. 関連するウィンドウはあなたの作業にあったウィンドウであったか	4.0
Q5. 自動でウィンドウ環境が構築されることに違和感はなかったか	2.8
Q6. 今後、このシステムを使用してみたいか	4.0

覚える被験者が過半数を超える結果となった。

4.3 考察

ウィンドウ操作量の比較結果とアンケート評価の結果の2項目について考察を述べる。

ウィンドウ操作量の比較結果より、ウィンドウの移動・サイズ調整回数が減少した被験者が存在した。これは、ある程度、被験者の配置したいウィンドウを予測できていたと考えられる。一方で、ウィンドウの移動・サイズ調整回数が増えない、または増加する被験者が存在した。これは、配置したいウィンドウを特定できなかったことで、適切に自動配置が行われなかったことが考えられる。配置したいウィンドウの特定は、ウィンドウ間の切り替え回数によって推測を行っていたが、操作回数が増加した被験者は、ウィンドウを最小化することにより、使用するウィンドウが減少し、ウィンドウ間の切り替え回数が減少したことが観測された。このことから、配置したいウィンドウの特定のための新たな指標の検討、ウィンドウ配置アルゴリズムの構築が必要になると考える。

アンケート評価結果の考察について述べる。アンケート項目のQ2, Q3では、5段階評価平均が3.0を超える結果であった。この結果より、ウィンドウ自動配置によるウィンドウ操作量の削減が期待されていると考える。Q5では、5段階評価の平均が2.8となり、5段階評価で2と回答する人が過半数を超える結果となった。2と回答した被験者のシステムの挙動に対する自由意見より、ウィンドウ自動配置で思い通りの配置にならないことで、ウィンドウを見失ってしまうといった意見が見られた。このことから、配置対象のウィンドウはユーザが手動で設定し、ウィンドウ配置はシステムが自動で行うなど、ユーザの設定を可能としたシステムを検討する必要があると考える。

5. おわりに

本稿では、ディスプレイ環境の変化に対応したワークスペース構築手法を提案し、構成機能であるウィンドウ自動配置機能の評価を行った。ウィンドウ自動配置機能の有無

で比較実験を行い、全体として、ウィンドウ自動配置機能を使用した方がウィンドウ操作量を削減できる結果となったが、被験者ごとに見ていくと、ウィンドウ操作量が増加する被験者も存在した。また、アンケート評価では、ウィンドウ操作量の削減が期待されている一方で、ウィンドウ自動配置機能によるシステムの挙動によって、ウィンドウの把握が困難になるという意見が見られた。

今後の課題として、以下が挙げられる。ウィンドウ自動配置機能では、ウィンドウ自動配置アルゴリズムの構築とシステムによる自動配置に加えて、ユーザによる設定を可能としたシステムの構築を検討している。また、ウィンドウグルーピング機能とウィンドウ自動配置機能との統合によるワークスペース構築システムの開発と評価実験の実施を予定している。

参考文献

- [1] 柴田博仁：大画面ディスプレイ・多画面ディスプレイの導入による業務効率化の測定，情報処理学会論文誌，Vol.50，No.3，pp.1204-1213 (2009)。
- [2] Ralph, D.H., Smith, G., Meyers, B., Czerwinski, M. and Robertson, G.: Display Space Usage and Window Management Operation Comparisons between Single Monitor and Multiple Monitor Users, *Proc. AVI'04*, pp.32-39 (2004)。
- [3] Amir, G., Prusak, A., Reiss, Tal., Zabari, N. and Feitelson, G.D.: Use and Perceptions of Multi-Monitor Workstations: A Natural Experiment, *Proc. IEEE SER&IP'21*, pp.29-36 (2021)。
- [4] 木本亮司, 市村哲: マルチディスプレイ環境における並行作業を支援する操作性向上手法, 情報処理学会 グループウェアとネットワークワークショップ, pp.135-140 (2009)。
- [5] 李俊穆, 寺田努, 塚本昌彦: 深度センサを用いたキーボード上の手形状認識に基づくウィンドウ操作システムの提案, 情報処理学会 マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.108-114 (2014)。
- [6] 山中祥太, 宮下芳明: 重なりあったウィンドウ間を移動可能なマウスカーソル操作手法とその評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.15, No.3, pp.313-326 (2013)。
- [7] Pilzer, J., Rosenast, R., Meyer, N.A., Huang, M.E. and Fritz, T.: Supporting Software Developers' Focused Work on Window-Based Desktops, *Proc. ACM CHI*, pp.1-13 (2020)。
- [8] 今田正太郎, 佐藤慶三, 中島誠: 切替ウィンドウ予測機構によるマルチタスク支援のための自動ウィンドウグルーピング, 電気・情報関係学会九州支部連合大会講演論文集 2019, p.431 (2019)。
- [9] 柴田博仁, 大村賢吾: ワークスペースの構築を可能にするウィンドウシステムの提案と評価, 人工知能学会論文誌, Vol.26, No.1, pp.237-247 (2011)。
- [10] Yoshida, K., Ozono, T. and Shintani, T.: FoXspace: ManiPulating Windows Based on the User's Work History, *Proc. IIAI-AAI*, pp.698-703 (2016)。
- [11] 山本雄平, 石田繁巳, 白石陽: PC 作業におけるユーザの操作履歴に基づいたウィンドウグルーピング手法の検討, 情報処理学会研究報告, Vol.2021-MBL-101, No.24, pp.1-5 (2021)。