

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

山本 雄平^{1,a)} 石田 繁巳^{1,b)} 白石 陽^{1,c)}

概要: テレワークの普及により、会社や自宅だけでなく、カフェやコワーキングスペースなど作業環境の選択肢が広がっている。作業環境によって PC 作業に使用できるディスプレイ環境も変化し、これらの場所やディスプレイ環境の変化は PC 作業の進行に影響を与えている。PC 作業では、複数の作業を並行して行うことがあり、ウィンドウの移動や切り替えなどのウィンドウ操作はモニター数の変化で増減することが報告されている。本研究では、作業環境の変化によるウィンドウ操作量の増加を抑制するため、作業ごとにウィンドウをグルーピングし、ユーザによるウィンドウ操作を削減する手法を提案する。各作業で使用するウィンドウをユーザの操作履歴に基づいて分けることで、異なる作業のウィンドウが混在することを抑制し、ウィンドウ操作量の削減を行う。本稿では、キーボード入力、マウスの操作量に基づいた学習によりウィンドウを作業ごとにグルーピングする手法を検討した結果を報告する。

キーワード: PC 作業, ウィンドウグルーピング, ウィンドウ操作, テレワーク

1. はじめに

テレワークの普及により、コワーキングスペースやホテルなど、テレワーク環境の整備が進み、作業場所の選択肢が広がっている。PC 作業を効率的に行うための方法の 1 つとしてディスプレイの増設がある。文献[1], [2]では、ディスプレイサイズやディスプレイ数の増加により作業効率が向上することを報告している。テレワーク環境の整備の一環としてディスプレイの貸し出しを実施している場所も存在する。また、モバイルディスプレイといった持ち運び可能な小型のディスプレイの登場により、様々な環境でディスプレイ増設による効率的な作業が可能となっている。しかし、車内やカフェなどの使用できるスペースが限られている場合には、ディスプレイの増設ができるとは限らない。そのため、多様化した作業環境に対応しながら、PC 作業を行う必要がある。

PC 作業では、ウェブブラウザや文章作成ツール、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ことが多い。複数のアプリケーションを用いる場合には、効率よく作業するために、アプリケーションの表示領域（以下、ウィンドウ）の配置やサイズの調整を行う。また、作業場所の変化に着目すると、作業環境が変化する度に、PC 作業時のウィンドウの配置やサイズを再調整するための操作量が増加し、PC 作業の進行に影響を与える。

PC 作業では必須となるウィンドウの切り替え、配置、サイズ調整などの操作量（以下、ウィンドウ操作量）とディスプレイサイズの関係性について調査した研究[1], [2]がある。これらの研究によると、ディスプレイ数の増加により、ウィンドウの切り替え、サイズ調整の操作量が減少し、作業効率が向上することを報告している。しかし、ディスプ

レイサイズの拡大により、ウィンドウ表示数の増加やウィンドウの配置の自由度が向上し、配置のための移動操作が増加すると考える。また、作業環境が変化し、ディスプレイの増設が困難な場合には、限られたディスプレイで複数のウィンドウを切り替える必要がある。このような状況では、作業ごとに必要なウィンドウと不必要なウィンドウが混在すること、作業切り替え時のウィンドウ操作の増加が考えられる。

このことから、作業環境の変化による画面の表示領域の制限と作業時における操作量の関係に着目した PC 作業支援システムが必要であると考えられる。本研究ではワークスペースの構築に着目する。ワークスペースとは、1 つ以上のアプリケーションによって構成される作業領域のことを指す。柴田ら[3]は複数の作業を並行的に行う場合（以下、並行作業）において、作業ごとにワークスペースを構築する方が作業時間の短縮が見られ、作業効率が向上することを示している。しかし、この研究では、ワークスペースの構築にユーザの操作が必要となる。本研究では、ユーザに新たな操作を要求することなく、システムが自動でワークスペースを構築する作業支援システムを実現する。ワークスペースの自動構築では、2 つの状況に対応するための機能を検討している。1 つ目はディスプレイ数の変化である。2 つ目は並行作業の発生である。これらの状況では、作業ごとにウィンドウの再配置が必要となり、作業と作業に使用するウィンドウを把握する必要がある。そこで、本研究では、作業ごとのウィンドウグルーピングに着目する。今田ら[4]は、ウィンドウごとにマウス・キーボード入力数を取得し、閾値を設定することでウィンドウのグルーピングを行っている。このことから、ウィンドウグルーピングにおいて PC 作業の各ウィンドウの操作量を利用することは有効であると考えられる。

よって、本研究ではウィンドウグルーピングとワークスペースの自動構築による PC 作業支援システムの構築を行

1 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) b1018260@fun.ac.jp
b) ish@fun.ac.jp
c) siraisi@fun.ac.jp

う。ワークスペースの自動構築では、使用している各ウィンドウの使用頻度やサイズ、配置を参考にして、作業ごとにレイアウトの自動調整を行い、ウィンドウを配置する。ウィンドウグルーピングでは、自動構築のために作業とそれに関連するウィンドウを把握する必要があるため、PC作業の操作履歴に基づいて、作業を分類し、作業ごとにウィンドウグルーピングを行う。

本研究では、PC作業における操作量に着目したウィンドウグルーピング手法を検討する。ユーザの操作履歴からキーボードやマウス等の操作量を収集し、そのデータに基づいたモデルを構築することで、グルーピングを行う。

2. 関連研究

PC作業支援の研究として、操作量を利用した支援システムを開発している研究[4], [5], 既存のマウスやウィンドウのシステムを改良している研究[6], [7]がある。

2.1 操作量を利用したシステムによるPC作業支援の研究

今田ら[4]は、ウィンドウごとのマウス、キーボードの操作量に基づいてウィンドウをグルーピングし、次に使用するウィンドウの予測・提示を行っている。タスクで主に使用されるウィンドウをマウス・キーボードの操作量の多さから推定する。その後、主に使用されるウィンドウとの同時表示時間、切り替え回数に閾値を設定することでウィンドウグルーピングを行っている。このシステムは、単体のウィンドウに対しての切り替えには有効である。しかし、一度に複数のウィンドウを切り替える際には、ウィンドウを1つ選択し表示する操作を繰り返す必要がありウィンドウの有効化の操作量が増加すると考える。

Yoshidaら[5]は、操作履歴を用いて表示されているウィンドウの関心度を推定、その結果を基にウィンドウのサイズ、位置を自動で調整するシステムを提案している。しかし、この研究では、ユーザがどのような作業を行っているか、作業状態を考慮していない。このことから、作業に必要なウィンドウと不必要なウィンドウが重なってしまい、ウィンドウ切り替え時の操作が増加すると考える。

2.2 既存システムの改良によるPC作業支援の研究

山中ら[6]は、マウスカーソルにウィンドウの重なりあっている状態のような階層構造を組み込むことで、奥行き方向を追加した3次元移動を可能とし、隠れているウィンドウを直接操作することを可能にしている。マウスの3次元の移動が可能になったことで、限られた画面サイズでも多くのウィンドウを扱えるようになった。しかし、マウスカーソルの階層が把握しづらい、手前のウィンドウの文字と重なることで視認性が低下するなどウィンドウの整理を必要とする場面が多く存在し、操作量の削減は困難であると

考える。

柴田ら[7]は、ウィンドウを自由につなぎ合わせることでワークスペースの構築を可能とし、複数のウィンドウ操作を一括で可能にしたウィンドウドッキングシステムを開発している。このシステムでは、ドッキングすることなく、ウィンドウを配置したい場合には、shiftキーを押してウィンドウを配置する操作が求められる。この操作に慣れるまでは、ウィンドウ数が多い場合に意図せずウィンドウを結合してしまうことが挙げられている。このことから、ワークスペース構築以外に新たな操作を要求すること、意図せずシステムが使用された場合に操作時間、操作量が増加することが考えられる。

3. 提案手法

3.1 提案システム

本研究の目的は、作業環境の変化によって増加するウィンドウ操作量の削減による、PC作業効率向上の実現である。

図1に本研究の提案システムの構成図を示す。

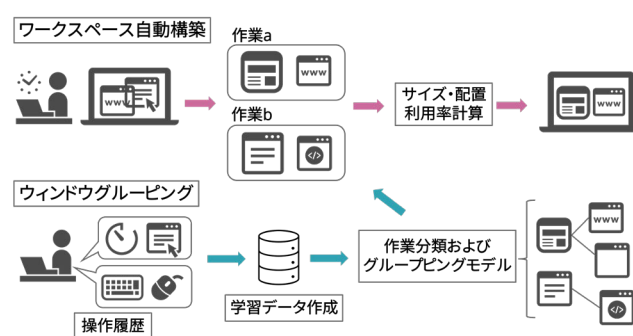


図1 提案システムの構成図

提案システムは、ワークスペース自動構築とウィンドウグルーピングの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、リアルタイムでユーザの操作履歴を収集する。収集した操作履歴に基づいて作業を分類し、作業ごとにウィンドウをグルーピングする。ワークスペースの自動構築機能では、使用されているウィンドウのサイズや配置における利用率を計算する。ウィンドウグルーピング機能によって得られたウィンドウの分類結果とウィンドウごとの利用率の計算結果に基づいて、作業ごとにワークスペースの自動構築を行う。

3.2 ウィンドウグルーピング手法

図2に本研究で提案するウィンドウグルーピング手法の概要図を示す。

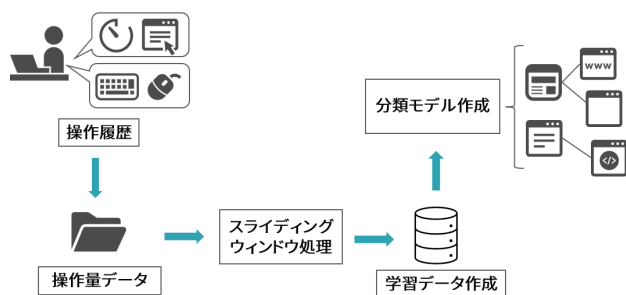


図2 ウィンドウグルーピング手法の概要図

本研究におけるウィンドウグルーピング手法は、PC 作業時の操作量から並行作業を検知し、作業ごとに使用ウィンドウのグルーピングを行う。

ウィンドウグルーピング手法の流れを以下に示す。

- (1) ウィンドウ操作量の収集
- (2) 収集データの前処理
- (3) ウィンドウグルーピングの実施

(1)として、PC 作業時に使用している各ウィンドウに対する操作量を一定時間間隔で取得し、保存する。

(2)として、(1)で収集したデータに対してスライディングウィンドウ処理を行い、特徴量の追加を行う。

(3)として、ウィンドウグルーピングのために分類モデルを作成する。分類モデルの作成には収集した操作量に関する特徴量を用いて教師あり学習を行う。作成した分類モデルに操作量データを入力することで、ウィンドウグルーピングを行う。学習モデルは Random Forest を用いる予定である。

3.3 ウィンドウグルーピングに使用する特徴量

表1にウィンドウグルーピングに使用する特徴量を示す。

表1 ウィンドウグルーピングに利用する特徴量

キーボード	マウス	ウィンドウ
入力数	クリック	アクティブ回数
-	スクロール	アクティブ時間
-	移動量	-

キーボードは、各ウィンドウに対するキーボード入力数を利用する。入力数 (key) は作業内容やウィンドウによって顕著に差が出るため、作業に関連するウィンドウの分類には有効であると考えられる。

マウスから収集する特徴量として、クリック (click) やスクロール (scroll), 移動量 (cursor) を利用する。クリックはウィンドウの切り替えやウィンドウの移動などに必要になる基本操作のため利用する。また、スクロールは情報の閲覧を必要とするウィンドウの検知に有効であると考え

る。移動量は、ウィンドウの切り替えやウィンドウの移動の際に変化するため、ウィンドウの配置やサイズ調整の検知に有効であると考えられる。

ウィンドウでは、クリックによって有効化されている状態 (以下、アクティブ状態) と有効化されていない状態が存在する。本研究では、ウィンドウのアクティブ状態の回数 (act_count), アクティブ状態の合計時間 (act_time) を利用する。

また、スライディングウィンドウ処理による特徴量の追加を行う。収集する各特徴量において、最大値 (max), 最小値 (min), 移動平均 (ave), 標準偏差 (std), 中央値 (med) を算出する。このとき窓幅は 30 秒, 60 秒, 120 秒, 180 秒の 4 つとし、オーバーラップは 1 秒とする。

4. ウィンドウグルーピング評価実験

今回の評価実験の目的は、ウィンドウグルーピングに使用する特徴量の有効性の評価である。2 つの作業を並行して切り替えながら実施する間に収集した操作量データを用いてウィンドウグルーピング性能を評価した。

4.1 操作量データ収集環境

本実験の操作量データは資料作成, デザイン制作の 2 つの作業とそれぞれの作業に使用するウィンドウを決めて収集をおこなった。表2に本実験での作業と使用アプリケーションを示す。

表2 実験使用アプリケーション一覧

作業1: 資料作成	作業2: デザイン制作
Microsoft Word	Slack
Microsoft Edge	esa
Google Chrome	Figma

表2に示すアプリケーションのみを使用して2つの作業を30分間行い、操作量データを収集した。

作業1の文書作成では、別の文書を開覧し、ウェブブラウザで必要な情報を調べながら文書を作成する作業を想定した。具体的には、Microsoft Edge で PDF を開覧しながら、Microsoft Word で文書作成し、Google Chrome は文書作成に必要な情報を調べるという作業を行った。

作業2のデザイン制作では、コミュニケーションツールで依頼の連絡の受け、ウェブブラウザ上でドキュメントを開覧しながら、デザイン制作を行うという作業を想定した。具体的には、ウェブブラウザ上でドキュメント作成・編集と可能とするサービスである esa, ウェブブラウザ上で UI デザインの制作が可能なツールである Figma, コミュニケーションツールである Slack を用いて作業を行った。Slack でデザイン制作の依頼の連絡を受け、esa でデザイン制作

の要件が書いてあるドキュメントを閲覧しながら Figma を用いてデザイン制作をする作業を行った。

4.2 ウィンドウグルーピングの精度評価

操作量データを用いて 10 分割交差検証を行い、ウィンドウグルーピングの精度を評価した。表 3 に操作量、スライディングウィンドウ処理による追加特徴量を使用したウィンドウグルーピングの精度評価結果を示す。

表 3 ウィンドウグルーピング精度評価結果

	正解率	適合率	再現率	F 値
追加なし	0.914	0.937	0.892	0.912
窓幅 30	0.988	0.985	0.988	0.986
窓幅 60	0.992	0.986	1.000	0.992
窓幅 120	0.996	0.992	1.000	0.996
窓幅 180	0.996	0.992	1.000	0.996

表 3 より、特徴量が追加されたデータにおける精度が向上していることが分かる。窓幅に着目すると、窓幅の拡大に伴い精度の向上が見られる。しかし、窓幅が一定値以上になると精度の向上が見られないという結果が得られた。

表 4 に特徴量追加前のデータにおける分類結果の混同行列、表 5 に特徴量追加後のデータにおける分類結果の混同行列を示す。特徴量追加後のデータの一例として窓幅 30 のときのデータを使用する。

表 4 特徴量追加前の混同行列

		Predicted	
		作業 1	作業 2
True	作業 1	120	8
	作業 2	14	114

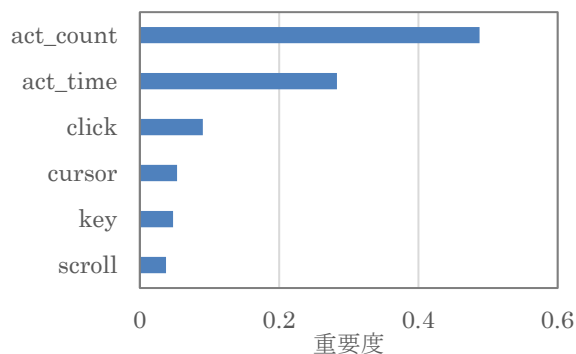
表 5 窓幅 30 の特徴量追加後の混同行列

		Predicted	
		作業 1	作業 2
True	作業 1	126	2
	作業 2	1	127

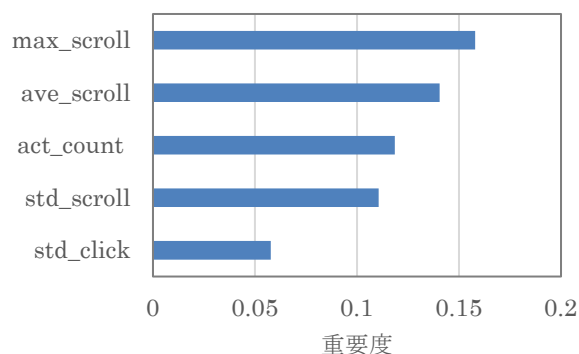
表 4 より、特徴量追加前では、各作業パターンで使用しているウィンドウにどのような操作傾向があるかを見出すことが難しく、誤判定が多くなっている。一方、表 5 では、追加した特徴量により、誤判定の減少が見られた。

4.3 収集したデータの分析

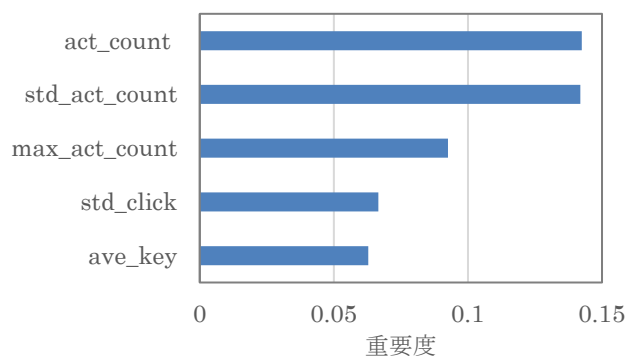
図 3 に特徴量追加前と特徴量追加後における重要度を示す。特徴量追加後のデータの一例として窓幅 30、120 のときのデータを使用する。



(a) 特徴量追加前の重要度



(b) 窓幅 30 の特徴量追加後の重要度 (上位 5 つ)



(c) 窓幅 120 の特徴量追加後の重要度 (上位 5 つ)

図 3 特徴量の重要度

図 3 の各グラフを比較すると、全てのデータ条件においてウィンドウの有効化回数の重要度が高いことが分かる。このことから、使用する各ウィンドウに対する有効化回数の差がウィンドウのグルーピングに有効であったことが考えられる。窓幅 30 (図 3b) ではウィンドウに対するスクロールに関する特徴量の重要度が高いことが分かる。このことから、情報の閲覧などが必須となるウィンドウの存在がウィンドウのグルーピングにおいて重要な役割を果たしたことが考えられる。窓幅 120 (図 3c) では有効化回数に関する特徴量の重要度が高いことが分かる。

4.4 考察

4.3 節の結果から今回使用したデータの中で有効化回数とスクロールがウィンドウのグルーピングに有効であると考える。しかし、今回の実験で収集したデータはあらかじめ行う作業、使用するウィンドウを定めていたため、作業およびウィンドウに特定の特徴量が表れやすい状況であったと考える。例えば、作業1は資料作成であったため、作業で主に使用する、文書作成ツールにおける有効化時間の増加や他のウィンドウに比べて、切り替え回数および有効化回数が増加することが考えられる。また、起動したが使用回数が少ないことでウィンドウ操作量に特徴が表れないといった状況がPC作業では考えられる。そのため、このようなウィンドウに対してどのように作業の分類、グルーピングしていくか検討する必要がある。

5. まとめ

本研究の目的は、作業環境の変化によって増加するウィンドウ操作量を削減し、作業効率を向上させることである。提案手法として作業ごとにウィンドウのグルーピングを行い、ワークスペースを自動構築するPC作業支援システムを検討している。本稿では、ワークスペース構築の前段階である、作業ごとのウィンドウグルーピング手法の検討を行った。予備実験の結果、特徴量の中でもウィンドウの有効化回数がウィンドウグルーピングに有効であるという結果が示された。

今後の課題として、以下の2つが挙げられる。ウィンドウグルーピング機能については、様々なPC作業データを使用して、精度評価を行い、ウィンドウグルーピングに有効な特徴量を検討する。ワークスペースの自動構築機能については、ウィンドウグルーピングの結果に基づいて、操作量の削減を実現できるようなレイアウトを検討し、並行作業の支援に向けたシステムを開発する。

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] Hutchings, Dugald Ralph, Greg Smith, Brian Meyers, Mary Czerwinski, and George Robertson, “Display Space Usage and Window Management Operation Comparisons between Single Monitor and Multiple Monitor Users,” Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces - AVI '04, pp.32-39 (2004) .
- [3] 柴田 博仁, 大村 賢悟, “ウィンドウをドッキングすることによるマルチタスク支援”インタラクシオン2011論文集, pp.391-394 (2011) .
- [4] 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) .
- [5] Keisuke Yoshida, Tadachika Ozono, and Toramatsu Shintani, “FoXpace: ManiPulating Windows Based on the User’s Work History,” 2016 5th IIAI International Congress on

- Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI), pp.698-703 (2016) .
- [6] 山中 祥太, 宮下 芳明, “重なりあったウィンドウ間と移動可能なマウスカーソル操作手法の提案”, 情報処理学会ヒューマンインタラクシオン (HCI), No.3, pp.1-8 (2011) .
 - [7] 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) .