

作業を代表するフォルダの推定による 仮想フォルダ生成システムの提案

西 良太¹ 乃村 能成¹

概要：計算機内には、ユーザが行った作業を代表するフォルダであるワーキングディレクトリが存在する。計算機上で作業を行う際は、過去の作業内容の確認とファイルの再利用を目的に、過去のワーキングディレクトリを参照することがある。しかし、ワーキングディレクトリは計算機内の様々な階層に存在しており、目的のワーキングディレクトリを探すことは手間となる。このため、過去のワーキングディレクトリをまとめて管理したいという要求がある。そこで、本稿では、ファイル更新履歴を用いてワーキングディレクトリを推定し、仮想的なフォルダとしてまとめてユーザに提示するシステムを提案する。

キーワード：アクセス履歴，ファイル整理，仮想フォルダ

1. はじめに

計算機を利用して作業を行う際、以前の作業内容の確認とファイルの再利用を目的に過去のファイルを参照することが多い。たとえば、文書作成の際に過去の同様の文書の一部を変更して作成したり、過去に作成したプログラムの一部を再利用したりする場合がある。また、計算機内のフォルダには作業を代表するフォルダであるワーキングディレクトリが存在する。過去の作業で作成したファイルを参照する際は、過去のワーキングディレクトリを確認することで、目的のファイルの発見が容易になる。

しかし、我々は、日々の作業で多くのフォルダを計算機内の様々な階層に作成しており、その中から目的のワーキングディレクトリを探すことは手間となる。表 1 に著者の 1 人が日常的に大学の講義や研究活動等で使用する計算機のホームディレクトリ以下のフォルダ数、ファイル数、およびワーキングディレクトリ数を示す。計算機内には、53,652 個のフォルダが存在するが、その中で使用者がワーキングディレクトリと考えるフォルダは 219 個である。このため、計算機内のフォルダの中からワーキングディレクトリを探す作業は手間が大きい。

また、計算機内のワーキングディレクトリは、フォルダによって年度や作業、目的など様々な観点で整理されている。しかし、過去のファイルを参照する際、使用時期ごと

表 1 著者の計算機のホームディレクトリ以下のフォルダ数、ファイル数、およびワーキングディレクトリ数(約 2 年 4 ヶ月使用)

項目	数
フォルダ数	53,652
ファイル数	329,958
ワーキングディレクトリ数	219

や作業内容ごとといった別の観点で探したい場合がある。たとえば、新年度の初めである 4 月に毎年行う作業のファイルを参照したい場合や、開発を行う際に過去の同じプログラミング言語で記述したファイルを参照したい場合がある。このため、使用時期ごとや作業内容ごとといった別の観点で過去のワーキングディレクトリを再分類し、ファイル参照を容易にしたいという要求がある。

そこで、本稿では、計算機内のワーキングディレクトリを推定し、使用時期や作業内容ごとに再分類した仮想フォルダを生成してユーザに提示するシステムを提案する。仮想フォルダを生成する手順を以下に示す。

- (手順 1) 計算機内のワーキングディレクトリを推定
- (手順 2) ワーキングディレクトリを分類
- (手順 3) 仮想フォルダとして提示し、ファイル参照を支援

ユーザは、生成された仮想フォルダをファイルブラウザにより閲覧することで、使用時期や作業内容といった別の観点でファイルを探すことができる。これにより、過去のファイルの参照を支援できると考える。

以降では、まず、(手順 3) の仮想フォルダの提示をどのように行うかを述べ、システムの完成イメージを示す。次に、(手順 1) と (手順 2) のワーキングディレクトリ推定手

¹ 岡山大学大学院自然科学研究科
Graduate School of Natural Science and Technology,
Okayama University

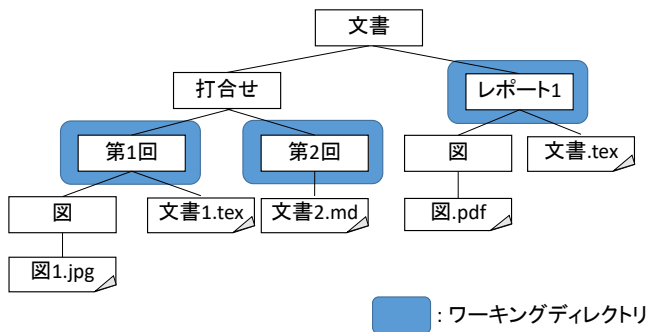


図 1 ワーキングディレクトリの例

法とそれらの分類手法について述べる．最後に，仮想フォルダ生成システムの設計と実装について述べる．

2. ファイル参照の支援

2.1 ワーキングディレクトリとは

我々は，日々の作業で計算機内に作成・更新するファイルをフォルダ分けにより整理している．これらのフォルダの中には，作業を代表する主要なフォルダが存在する．フォルダ構造の例を図 1 に示す．図 1 において，「第 1 回」と「レポート 1」は「 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ による文書作成」という作業を代表するフォルダである．また，「第 2 回」は，「Markdown による文書作成」という作業を代表するフォルダである．このように，ユーザが行った作業を代表する主要なフォルダをワーキングディレクトリと呼ぶ．

2.2 仮想フォルダの生成によるファイル参照の支援手法

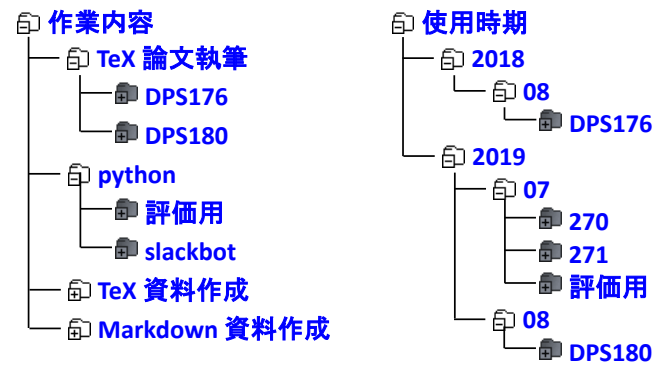
計算機を利用して作業を行う際，以前の作業内容の確認とファイルの再利用を目的に過去のファイルを参照することが多い．また，我々は計算機内のファイルをフォルダ分けにより整理している．このため，参照したいファイルを含むフォルダの発見を容易にしたいという要求がある．

しかし，計算機内のフォルダは年度や作業内容，使用目的など様々な観点により整理されている．このため，2018 年度に作成したフォルダを探したい場合であっても，目的のフォルダが作業内容によって整理されている場合，探すのに手間がかかる．そこで，フォルダを別の観点で再分類し，仮想フォルダとして提示することでファイル参照を支援する．

仮想フォルダの例を図 2 に示す．図 2(A) は，作業内容によって分類されており，図 2(B) は，使用時期によって分類されている．このように整理されていれば，「 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ による論文執筆」という作業を「DPS180」で行うとき，論文執筆の 1 ヶ月前に評価を行ったフォルダである「評価用」フォルダを「使用時期/2019/07」を確認することで発見できる．

また，仮想フォルダは図 3 のようにファイルブラウザを用いてユーザに提示する．図 3 では，「作業内容別フォル

図 2: ワーキングディレクトリ



(A) 作業内容による分類 (B) 使用時期による分類

図 2 仮想フォルダによるフォルダの分類

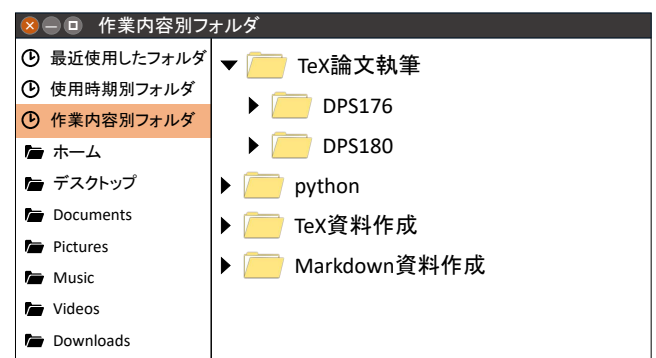


図 3 ファイルブラウザによる仮想フォルダの閲覧

ダ」という仮想フォルダに作業内容ごとに分類したフォルダを表示している．たとえば，「TeX 論文執筆」という仮想フォルダには，「 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ による論文執筆」という作業のワーキングディレクトリをまとめて表示している．「最近使用したフォルダ」や「使用時期別フォルダ」も同様に図 2 のようなフォルダ構造をファイルブラウザを用いて閲覧できる．このように，ファイルブラウザを用いて仮想フォルダを閲覧することで，目的に応じた観点でファイルを探索できると考える．

しかし，計算機内には表 1 に示すように 53,652 個ものフォルダが存在する．このため，ユーザが参照すべきフォルダに絞って提示する必要がある．ここでは，過去のワーキングディレクトリを候補とすることが考えられる．なぜならば，過去に自分が行った作業のファイルを参照することが多いと考えられるためである．次章にて，過去のワーキングディレクトリを提示することが妥当かどうかを調査する．

3. ワーキングディレクトリを提示することの妥当性の調査

3.1 概要

本章では，仮想フォルダで提示するフォルダをワーキングディレクトリに絞ることが妥当かを調査する．本調査

表 2 著者の計算機で収集したファイルアクセス履歴

項目	
収集期間	2019年7月19日～8月5日
履歴数	1,479,170
作業が行われたワーキングディレクトリ数	10

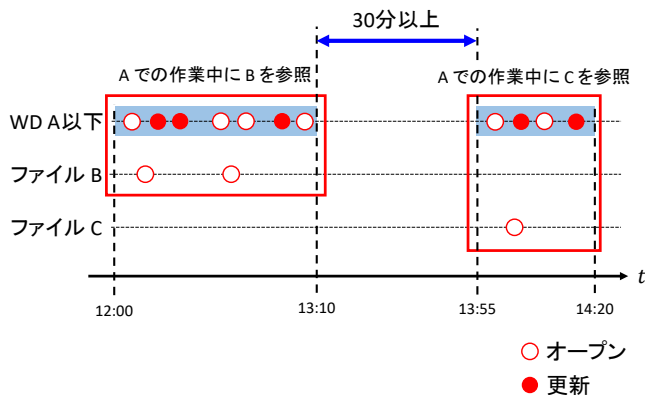


図 4 作業期間の推定とファイル参照

では、実際のファイルアクセス履歴を用いて、ワーキングディレクトリでの作業中に参照したファイルについて調査する。そして、参照したファイルが別のワーキングディレクトリに含まれている割合を調査する。

3.2 調査方法

調査には、著者の計算機で2019年7月19日～8月5日の期間に収集した表2に示すファイルアクセス履歴を用いる。作業が行われたワーキングディレクトリとは、使用者がワーキングディレクトリと考えるフォルダ内のファイルが履歴内で1回以上更新されているワーキングディレクトリである。

本調査では、表2の作業が行われたワーキングディレクトリについて、実際に作業が行われた作業期間を推定し、その期間内に参照されたファイルを調査する。作業期間は、ワーキングディレクトリ以下のファイルのオープンにより推定する。具体的には、最初のオープンの時刻から最後のオープンの時刻までを作業期間とする。ただし、オープンから次のオープンまでに30分以上の空きがある場合、作業の中断とみなし、作業期間に含めない。たとえば、図4において、ワーキングディレクトリAの作業期間は、12:00～13:10と13:55～14:20の2つである。図4では、ワーキングディレクトリAでの作業中にファイルBとファイルCを参照したと推定できる。

3.3 調査結果

作業が行われたワーキングディレクトリ10個のうち、作業中に他のファイルの参照を行ったものは8個であった。これら8個のワーキングディレクトリでの作業中に利用したファイルについて調査したところ、約98.9%のファイルが過去のワーキングディレクトリに含まれるファイルで

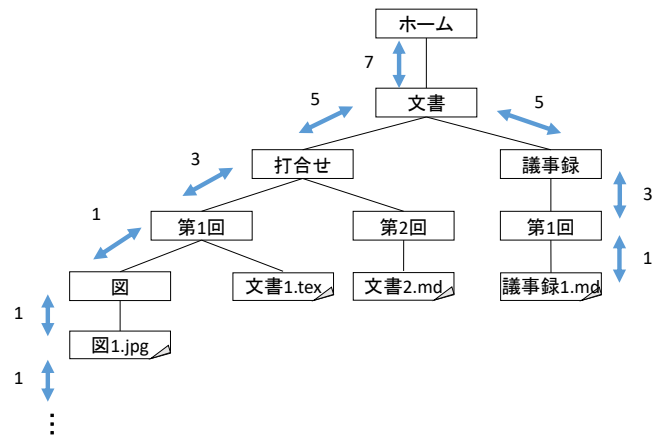


図 5 フォルダ構造の例とファイルパス間の移動コスト

あった。このことより、過去のファイルを参照する際は、ワーキングディレクトリが有用であるといえる。このため、仮想フォルダとして提示するフォルダをワーキングディレクトリに絞ることは妥当であると考えられる。

以降では、まず、ワーキングディレクトリを推定する手法を述べ、それらを分類する手法について述べる。

4. ワーキングディレクトリ推定手法

4.1 方針

ワーキングディレクトリを推定する手法として、ファイルアクセス履歴に着目した手法が提案されている[1]。また、我々は、既存手法を改良したワーキングディレクトリ推定手法を提案した[2]。本章では、文献[2]で述べているワーキングディレクトリ推定手法について説明する。推定には、ファイルアクセス履歴のうちファイル更新の履歴を用いる。以下に推定の手順を示す。

- (手順1) ファイルアクセス履歴を作業ごとに分割
 - (手順2) 機械的なファイル生成により作成されたアクセス履歴の削除
 - (手順3) 残ったアクセス履歴内のファイルを包含するフォルダをワーキングディレクトリと推定
- (手順3)では、図5において「図1.jpg」と「文書1.tex」が履歴に含まれる場合、2つのファイルを包含する「第1回」フォルダをワーキングディレクトリと推定する。

既存手法との相違点としては、(手順1)における分割の条件が異なる。また、新たに(手順2)を追加した。以降で、(手順1)と(手順2)について詳細に説明する。

4.2 (手順1) ファイルアクセス履歴を作業ごとに分割

4.2.1 ファイルパス相違度による分割

ユーザが作業を切り替えた際には、作業を行うフォルダの階層が大きく変わる可能性が高い。このため、ファイルアクセス履歴内で隣接する履歴のファイルパス相違度を定義し、相違度が閾値を超えた場合にアクセス履歴を分割する。ファイルパス相違度は以下の2つの観点から算出する。

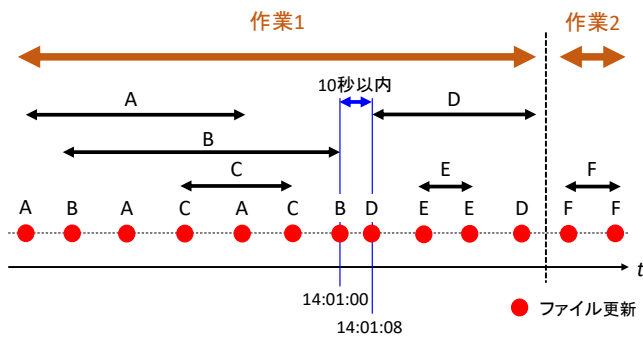


図 6 更新時刻の交錯によるアクセス履歴の分割

(1) ファイルパス間の移動コスト

あるファイルから別のファイルに移動するときの工数をファイルパス間の移動コストとする。

(2) 階層の深さによる重み付け

ファイルパスの深さを (1) の移動コストに重み付けとして与える。重み付けの例を図 5 に示す。本稿では、1-2 層目間の重みを 7, 2-3 層目間の重みを 5, 3-4 層目間の重みを 3, それ以降を 1 とする。

たとえば、図 5 において「図 1.jpg」と「議事録 1.md」のファイルパス相違度は 19 である。また、本稿では、アクセス履歴を分割するファイルパス相違度の閾値は 19 とした。

4.2.2 更新時刻の交錯による分割

4.2.1 項のファイルパス相違度により分割された各ファイルアクセス履歴について、さらに更新時刻の交錯により分割する。分割の例を図 6 に示す。たとえば、図 6 では、ファイル A, B, および C の更新時刻が交錯している。また、ファイル B とファイル D のように更新時刻の差が 10 秒以内の場合は同じ作業とみなし分割しない。図 6 では、ファイル F のみ更新時刻が交錯していないため作業 2 として分割している。

4.3 (手順 2) 機械的なファイル生成により作成されたアクセス履歴の削除

ファイルアクセス履歴の中には、ユーザが行った作業により記録されたアクセス履歴の他に、ソフトウェアのインストール等により機械的に生成されたファイルのアクセス履歴が存在する。これらのアクセス履歴により推定されるワーキングディレクトリは、ユーザが意識するワーキングディレクトリとは異なる可能性が高い。このため、機械的なファイル生成により作成されたファイルアクセス履歴を削除する。

本稿では、分割されたファイルアクセス履歴に含まれる履歴について、すべての隣接するアクセス履歴の時刻の間隔が 1 秒以内であれば機械的なファイル生成とみなす。

5. ワーキングディレクトリの分類

5.1 分類の観点

作業内容や使用時期によって整理した仮想フォルダを生成するためには、ワーキングディレクトリを分類する必要がある。本章では、ワーキングディレクトリの分類の観点を述べ、それぞれの観点に対する分類手法を述べる。分類の観点としては、以下の 2 つが考えられる。

(観点 1) 作業内容による分類

図 2(A) のようにワーキングディレクトリで行われた作業の内容によって分類する。このように分類されていれば、たとえば、「 \TeX による論文執筆」という作業を行う際に、過去に作成した同様の作業のワーキングディレクトリを設定ファイルや \TeX 固有の記法の確認のために参照することがある。このとき、図 2(A) のように分類されていれば、「 \TeX 論文執筆」という仮想フォルダを確認することで、目的のワーキングディレクトリを発見できる。

(観点 2) 使用時期による分類

ワーキングディレクトリを使用した時期によって分類する。この分類には、図 2(B) のような年月による分類と、最近使用したワーキングディレクトリといった分類が考えられる。計算機上で行う作業には、周期を持って繰り返し行われる作業が存在する。たとえば、新年度の初めである毎年 4 月に行う必要のある作業や、毎月 1 回行われる打合せのために資料を作成するという作業が考えられる。このため、使用時期によって分類されていれば、たとえば、「使用時期/2019/04」のような仮想フォルダを確認することで、毎年 4 月に行うワーキングディレクトリを発見できる。

次節にて、(観点 1) と (観点 2) の分類手法について述べる。

5.2 分類手法

5.2.1 作業内容による分類

ワーキングディレクトリを作業内容ごとに分類するにはクラスタリングすることが考えられる。ワーキングディレクトリを作業ごとにクラスタリングする手法として、我々はファイルアクセス履歴に着目した手法を提案している [3]。文献 [3] では、ワーキングディレクトリ内のファイル種別とファイル更新の時系列に着目してクラスタリングすることで、ワーキングディレクトリを作業内容に関して分類できることを示している。

5.2.2 使用時期による分類

使用時期による分類は、年月ごとの分類と最近使用したのワーキングディレクトリの提示が考えられる。これらは、ファイルアクセス履歴から使用時期を特定することで

分類できる．しかし，最近使用したワーキングディレクトリに関しては，どの程度過去のものを提示するか検討する必要がある．そこで，次節にて，どの程度過去のワーキングディレクトリを提示するのが適切か調査する．

5.3 最近使用したワーキングディレクトリの適切な提示期間の調査

5.3.1 調査方法

最近使用したワーキングディレクトリを提示する場合，ユーザが作業を行う際に参照するワーキングディレクトリをできるだけ多く提示したい．しかし，使用時期が古いワーキングディレクトリを提示しすぎると，仮想フォルダに提示されるフォルダが多くなりすぎてしまう．このため，できるだけ参照する可能性が高いフォルダを提示しつつ，ある程度のフォルダ数に抑えられる適切な期間を設定する必要がある．

そこで，本調査では，過去 1 週間～8 週間のファイルアクセス履歴を期間を変化させてワーキングディレクトリの推定を行い，ワーキングディレクトリと推定されたフォルダの数を調査する．また，表 2 のファイルアクセス履歴で作業が行われたワーキングディレクトリについて，作業中に参照された過去のワーキングディレクトリを正解データとして，推定結果の適合率，再現率，および F 値を評価する．

適合率 Precision と再現率 Recall は以下の式 (1) と式 (2) により定義される．

$$\text{Precision} = \frac{|\text{WD}_{\text{correct}} \cap \text{WD}_{\text{discovered}}|}{|\text{WD}_{\text{discovered}}|} \quad (1)$$

$$\text{Recall} = \frac{|\text{WD}_{\text{correct}} \cap \text{WD}_{\text{discovered}}|}{|\text{WD}_{\text{correct}}|} \quad (2)$$

ここで， $\text{WD}_{\text{correct}}$ は正解ワーキングディレクトリ集合で， $\text{WD}_{\text{discovered}}$ はワーキングディレクトリと推定されたフォルダ集合である．また，Precision と Recall の調和平均である F 値は以下の式 (3) によって定義される．

$$F = \frac{2}{\text{Precision}^{-1} + \text{Recall}^{-1}} \quad (3)$$

5.3.2 調査結果

適合率と再現率を図 7 に， F 値を図 8 に示す．各グラフにおいて，横軸は利用したファイルアクセス履歴の期間を示している．図 8 より， F 値は 3 週間分～8 週間分のファイルアクセス履歴を用いた場合に高く，ほぼ同等であることが分かる．

また，図 9 にワーキングディレクトリと推定されたフォルダ数を示す．図 9 より，ファイルアクセス履歴の期間が長くなるほど，フォルダ数が多くなっていることが分か

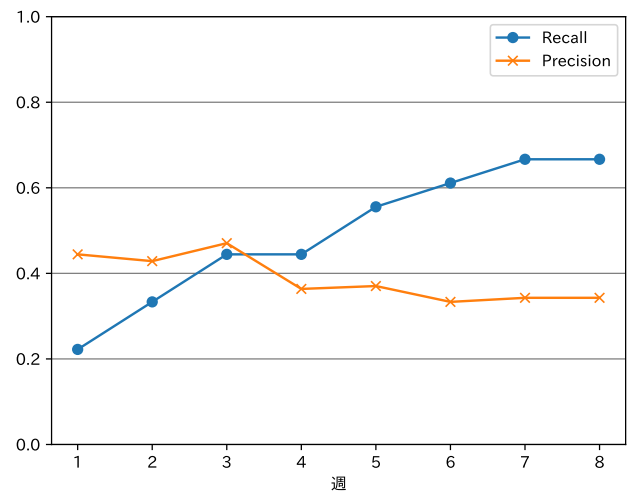


図 7 適合率と再現率

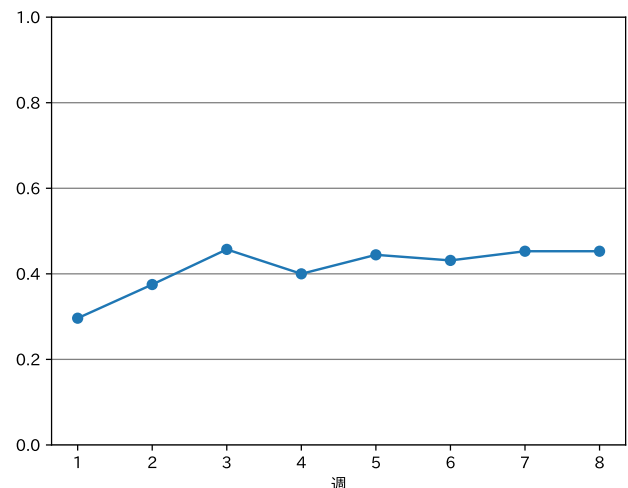


図 8 F 値

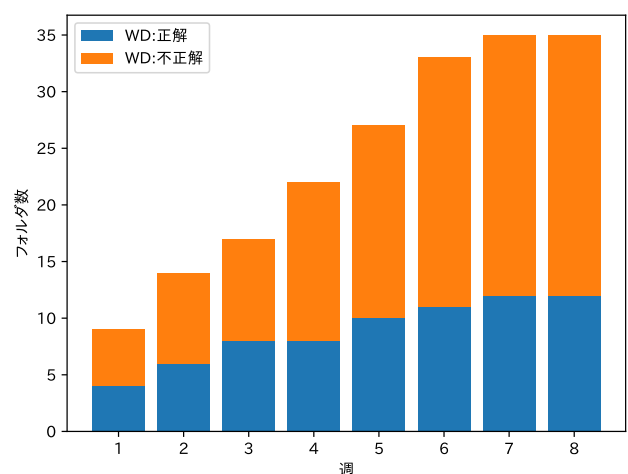


図 9 ワーキングディレクトリと推定されたフォルダ数

る．提示するフォルダ数が多すぎると，その中から目的のワーキングディレクトリを発見するのに手間がかかる．このため， F 値が高い中でフォルダ数が最も少ない 3 週間分

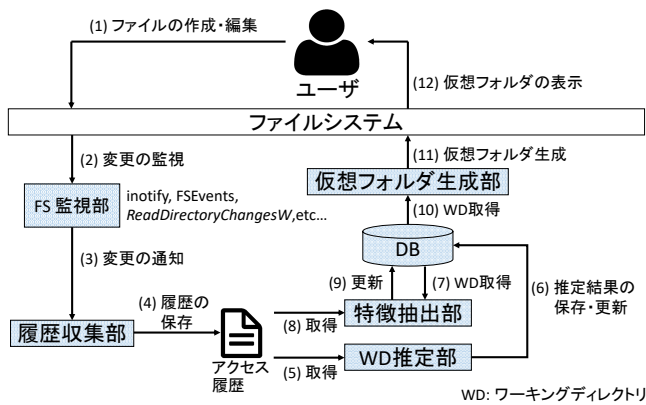


図 10 システムの構成

のファイルアクセス履歴を用いてワーキングディレクトリを提示するのが適切といえる。3週間分の履歴により推定されたフォルダ数は17個であり、ユーザーに提示する数として妥当であると考えられる。

6. 設計と実装

6.1 提案システムの構成

本章では、4章で述べた手法により推定したワーキングディレクトリを5章で述べた手法により分類し、仮想フォルダとしてまとめて提示するシステムの設計と実装について述べる。提案システムの構成を図10に示す。提案システムは、以下の6つの処理部から構成される。

(1) データベース (DB)

ワーキングディレクトリのパス、使用期間のリスト、およびクラスタリングのための特徴量を保存する。ワーキングディレクトリ使用期間とは、4章の手法で分割されたアクセス履歴の期間である。

(2) FS監視部

ファイルシステムの変更を監視し、履歴収集部に変更を通知する。

(3) 履歴収集部

ファイルアクセス履歴を収集し、ログファイルとして保存する。アクセス履歴は、時刻、ファイルパス、およびイベント名からなるCSV形式のファイルとして保存する。記録するイベントは、作成、更新、削除、および移動とする。

(4) WD推定部

4章で述べた手法によりワーキングディレクトリを推定し、データベースに保存する。データベースには、ワーキングディレクトリのパスと使用期間を保存する。すでにワーキングディレクトリが存在していれば、使用期間のみを更新する。

(5) 特徴抽出部

データベースに登録されているワーキングディレクトリについて、クラスタリングに用いる特徴を抽出し、データベースに保存する。5.2.1項で述べたファイル種別とファイル更新履歴を用いる方法により特徴抽出を行う。

(6) 仮想フォルダ生成部

ワーキングディレクトリをデータベースから取得して、仮想フォルダを生成する。

6.2 処理の流れ

提案システムがワーキングディレクトリを推定し、仮想フォルダを生成する流れを図10を用いて説明する。

ユーザーは、計算機上の作業でファイルの作成・編集を行う(1)。FS監視部は、ファイルシステムに対する変更を監視し、履歴収集部に変更を通知する(2)(3)。そして、履歴収集部はログファイルにアクセス履歴を保存する(4)。これらの処理(1)~(4)は、計算機が起動している間、常に行われる。

次に、WD推定部は、アクセス履歴を取得して推定を行い、推定結果をデータベースに保存する(5)(6)。保存の際に、すでにデータベースに存在するワーキングディレクトリについては、使用された期間のみを更新する。

WD推定部によりデータベースが更新されると、特徴抽出部はデータベースからワーキングディレクトリの情報を取得する(7)。ワーキングディレクトリと使用期間に対応するアクセス履歴を取得し、特徴を抽出しデータベースを更新する(8)(9)。処理(5)~(9)は、1日1回などの決められた周期で行う。

仮想フォルダ生成部は、ワーキングディレクトリをデータベースから取得して、仮想フォルダを生成する(10)(11)。

ユーザーは、生成された仮想フォルダを確認することで、推定されたワーキングディレクトリにアクセスできる(12)。

6.3 実装

提案システムのプロトタイプを実装した。

仮想フォルダ生成部は、使用時期による分類を行う仮想フォルダは実装が完了しているが、作業内容ごとに分類を行う仮想フォルダの生成については実装が完了していない。

また提案システムは、Linux、Mac OS X、およびWindowsで動作することを想定している。履歴収集部には、クロスプラットフォームで動作するファイル変更監視アプリケーションであるfswatch[4]を用いている。fswatchは、図10のFS監視部を用いて、ファイルの変更を監視する。FS監視部は、OSによって異なり、Linuxではinotify[5]、OS XではFSEvents[6]、WindowsではReadDirectoryChangesW[7]が使用される。

7. 関連研究

仮想フォルダを生成することでファイル検索を支援する手法として、1つの作業に関連するファイルが頻繁に近い時間に参照されることを使用した仮想フォルダ生成手法が提案されている [8]。文献 [8] は、計算機内の1つの作業に関連するファイルを仮想フォルダに集約して提示するため、仮想フォルダの中身は実際のファイル配置とは異なる。一方、本稿では、作業を代表するフォルダであるワーキングディレクトリが存在することに着目し、それらを作業内容と使用時期によって再分類した仮想フォルダを生成することでファイル検索を支援する。したがって、提案システムでは、使用者に馴染みのあるファイル配置で閲覧できる。

また、ファイルブラウザを拡張することでファイル検索を支援する手法として、ユーザが次にアクセスする可能性が高いフォルダを予測して、ファイルブラウザ上で強調表示する手法が提案されている [9][10]。文献 [9][10] では、強調表示されたフォルダをクリックして階層移動することで目的のファイルを探す。一方、本稿では、仮想フォルダにより計算機内のワーキングディレクトリを再分類して提示している。このため、ユーザが次にアクセスする可能性が高いフォルダを予測できれば、予測結果を提示する仮想フォルダを生成することで、文献 [9][10] の手法よりも階層移動の回数が少なく済むと考えられる。

8. おわりに

本稿では、仮想フォルダの生成による過去のファイルの参照を支援するシステムを提案した。提案システムは、計算機内のフォルダを作業内容や使用時期ごとに再分類して仮想フォルダとして提示する。また、計算機上での作業中に参照する過去のファイルは、過去のワーキングディレクトリに含まれている可能性が高いことを示し、仮想フォルダに提示するフォルダをワーキングディレクトリに絞ることを述べた。

次に、提案システムを実現するために、ファイルアクセス履歴を用いてワーキングディレクトリを自動的に推定する手法について述べ、それらを分類する手法について述べた。ここで、使用時期による分類において、最近使用したワーキングディレクトリを表示する場合、過去3週間分の履歴を用いることが適切であることを示した。

最後に、提案システムの設計と実装について述べた。

残された課題として、作業内容による分類を行った仮想フォルダに適切なフォルダ名を自動的に付与する機能の実装と提案システムの評価がある。

参考文献

[1] 池田ゆう子, 乃村能成: Inbox による文書整理システム, 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-DPS-167, No. 30, pp.

- 1-7 (2016).
- [2] 西 良太, 乃村能成: ファイル更新履歴に着目した作業を代表するフォルダの推定手法, 第 18 回情報科学技術フォーラム (FIT2019) 講演論文集, Vol. 第 4 分冊, pp. 295-296 (2019).
- [3] 西 良太, 乃村能成: ファイル更新の時系列に着目したフォルダのクラスタリング手法, 情報処理学会研究報告, Vol. 2018-DPS-176, No. 4, pp. 1-8 (2018).
- [4] emcrisostomo: fswatch, GitHub (online), available from <https://github.com/emcrisostomo/fswatch> (accessed 2019-7-2).
- [5] The Linux man-pages project: inotify, Linux (online), available from https://linuxjm.osdn.jp/html/LDP_man-pages/man7/inotify.7.html (accessed 2019-07-16).
- [6] Apple Inc.: File System Events, Apple Inc. (online), available from https://developer.apple.com/documentation/coreservices/file_system_events (accessed 2019-07-16).
- [7] Windows Dev Center: ReadDirectoryChangesW, Microsoft Inc. (online), available from <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/win32/api/winbase/nf-winbase-readdirectorychangesw> (accessed 2019-07-16).
- [8] 小田切健一, 渡辺陽介, 横田治夫: 頻出ファイル集合のアクセス時間を考慮した仮想ディレクトリ生成手法, 第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2010) (2010).
- [9] Fitchett, S., Cockburn, A. and Gutwin, C.: Improving Navigation-based File Retrieval, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '13, New York, NY, USA, ACM, pp. 2329-2338 (online), DOI: 10.1145/2470654.2481323 (2013).
- [10] Fitchett, S., Cockburn, A. and Gutwin, C.: Finder Highlights: Field Evaluation and Design of an Augmented File Browser, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '14, New York, NY, USA, ACM, pp. 3685-3694 (online), DOI: 10.1145/2556288.2557014 (2014).