

# Design Practice Streams 環境による ソフトウェアデザインプロセスの分析

中小路 久美代<sup>\*1</sup> 山本 恭裕<sup>\*2</sup>

Analyzing Software Design Processes by Using the Design Practice Streams Environment

Kumiyo NAKAKOJI and Yasuhiro YAMAMOTO

This paper introduces the Design Practice Streams (DPS) environment, which consists of MovieViewer, TranscriptViewer, and StrokeViewer for interactively browsing and analyzing the video and whiteboard data of a recorded software design meeting. We use DPS to analyze the three data sets of the design case studies provided by the SPSP (Studying Professional Software Design) workshop. We discuss our findings from the following four aspects: how an unstated concept in a given requirement emerges and evolves, how a pair of designers interact with sketches drawn on a whiteboard, how the sectioning of a whiteboard helps trace the topic changes of a design meeting, and how whiteboard drawings are re-appropriated during the course of design.

**キーワード** : デザインプロセス、プロセスデータ閲覧ツール、デザインミーティングビデオ、発話データ、ソフトウェアデザイン、ホワイトボード、スケッチ

**Keywords** : design processes, process data browsing tools, design meeting video data, transcripts, software design, whiteboard, sketching

## 1. 緒 言

本研究は、ソフトウェアをデザインするデザイナーが、ホワイトボードといったメディアを用いながらどのような表現を作り出してデザインを進めていくかに着目するものである。デザインミーティングを記録したビデオデータとホワイトボードのデータを利用して、何を発話しながらどんなことをどのように描き、それがどのように発展していくのかを閲覧するための環境として、Design Practice Streams (DPS)環境を構築した。

デザイナーと表現との関わりについては、デザイナーのスケッチ行為に着目した研究がある。我々のアプローチは、建築デザイナーを観察し、デザイナーがどのようにスケッチ表現とのインタラクションを通してプロセスを駆動していくかを報告した Schoen<sup>10</sup> に近いものであると考えている。この点において、スケッチした結果を分析した研究(たとえば Do<sup>5</sup>)や、スケッチに携わる人間の認知プロセスを分析する研究(たとえば Suwa<sup>11</sup>)とは目的が異なる。

複数人でデザインを行う場合には、ホワイトボードを利用してスケッチと同様の行為が起こることがしばしば観察される。Ju<sup>6</sup>らは、複数人での協調作業においてどのようにホワイトボードを利用するかを報告している。また Walny<sup>12</sup>は、“spontaneous visualization”(自然発生的可視化)と呼ぶホワイトボード上での行為を分析している。Dekel<sup>4</sup>は、ソフトウェアデザインにおけるオブジェクト指向デザインにおいて、実

務者らがどのような記法(notation)を利用してフリップボードを利用するかを観察している。

我々は、2010年にカリフォルニア大学アーバイン校で開催された SPSP (Studying Professional Software Designer)ワークショップで公開されたデザイン事例データ<sup>8</sup>を基に、このデータを閲覧、分析するためのインタラクティブな環境を構築し<sup>7</sup>、この環境を用いながら着目すべき点の抽出を行っている。本ワークショップの成果は、発話を詳細に分析しそのプロセスを可視化したり<sup>9</sup>、デザイナーのペアがどのように協調して作業するかをエスノグラフィーの観点から分析したり<sup>9</sup>、また発話プロトコルの分析によってどのように意思決定が行われるかを観察した<sup>9</sup>といった研究として報告されている。本論は、Nakakoji<sup>7</sup>に報告した DPS 環境を用いてさらにデータを分析し、その後省察を重ねた知見について報告するものである。

以下に、2章では DPS 環境の詳細を解説し、3章では DPS 環境を用いた典型的な利用例のシナリオを説明する。4章で、これまでに観察された事項について報告する。

## 2. DPS (Design Practice Streams)環境

DPS 環境は、デザインミーティングを記録した複数のデータストリームを、タイムスタンプを介して連携しながらインタラクティブに閲覧するための環境である。DPS は、

- (1) MovieViewer
- (2) StrokeViewer
- (3) TranscriptViewer

という三つのツールから構成される<sup>7</sup>。Java 上で実装されている。図 1 に、これら三つのツールを示す。

以下に各ツールについて説明する。

### 2.1 MovieViewer

\*1 株式会社 SRA 先端技術研究所, 所長, 日本デザイン学会/人工知能学会(正会員), Ph.D.

Director, Key Technology Laboratory, Software Research Associates Inc., Ph.D.

\*2 東京工業大学 精密工学研究所, 特任准教授, 人工知能学会(正会員), 博士(工学)

Associate Professor, Precision and Intelligence Laboratory, Tokyo Institute of Technology, Ph.D.

デザインミーティングを記録したビデオを閲覧するためのツールである。ビデオの再生や停止といった通常の動画閲覧ツールの機能に加えて、1/5 倍から 5 倍のスピードまでの間で再生スピードの変更を行える。閲覧箇所や再生スピードの変更は、MovieViewer 下部に配置されたコントロールバーで行う。

MovieViewer 上で、ユーザは 1 個以上の動画の断片を指定することで、指定した断片の部分のみを連続して再生することができる。デザインミーティングのビデオを閲覧中に、気になった箇所のみを取り出して、その部分のみをハイライトとして再生するようなことができる。

動画表示画面の真下に配置されたマーキングボタンを押すことで、表示中のフレームに断片の開始位置あるいは終了位置をマークできる。マークされた断片は、コントロールバー上でグレーの背景色で表示される。表示フレームが指定した断片のタイムライン内にある状態では、指定した動画断片の開始フレームと終了フレームが、マーキングボタンの両側に表示される。この状態でマーキングボタンを押すと、断片の指定が解除される。

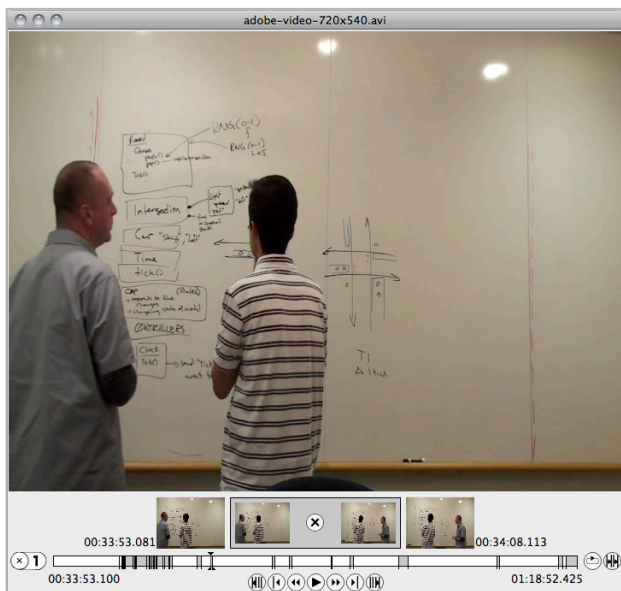


Fig.1 DPS: MovieViewer ツール

## 2.2 StrokeViewer

デザインミーティング中に描画されたホワイトボードのストロークデータを再生するツールである。StrokeViewer は、ART019 という、ストロークのタイムスタンプを利用したホワイトボード上の手書きスケッチングツール<sup>13)</sup>をベースとして構築されている。

StrokeViewer は、ホワイトボード板面にあたるキャンバス部、キャンバスのスナップショット列を表示するスナップショットリスト部分、および描画ストロークを時間軸に沿って表示するタイムライン部から成る。キャンバス部の下部には、記録された全ストロークの情報を、生成された時間順に表示するリストがある。

タイムライン部は、ホワイトボード上に記録された全ストロークを、時間の流れに沿って、上から下に表示している。左右

方向は、ホワイトボード板面上の左右方向に対応する。上下方向は、ストローク描画に費やされた時間（正確には、そのストロークを描き始めてから次のストロークを描き始めるまでの時間）が相対的に表示される。全ストロークがタイムライン部の長さ収まるように表示されており、ホワイトボードのストロークデータを記録した時間が長ければ、単位時間あたりに対応する垂直方向の長さは短くなる。

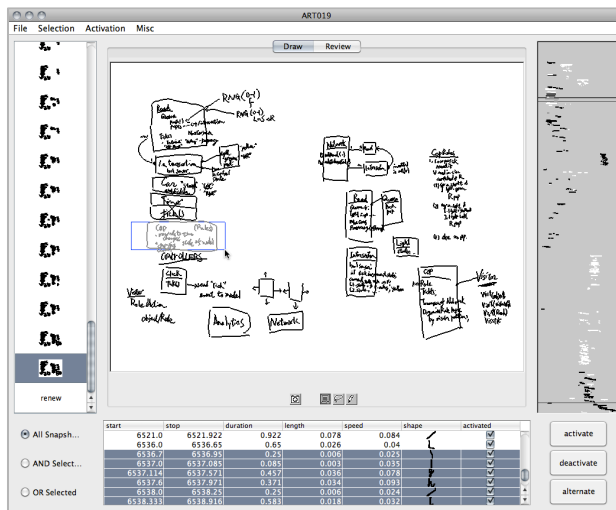


Fig.2 DPS: StrokeViewer ツール

StrokeViewer では、ART019 と同様に、ホワイトボードの板面上からストロークが消去される時、そのストロークを inactive (不活性化) して、キャンバス部内でそのストロークを invisible (不可視) な状態にすると考えられる。ホワイトボードデータ再生時には、ストロークが描かれるタイミングで、invisible な状態だったストロークが activate (活性化) されて、visible (可視) な状態になると考える。キャンバス上に現在描かれているストローク (visible / 可視状態のもの) 群は、タイムライン部では黒いストロークとして表示される。その他の invisible なストロークは白色で表示される。

スナップショットリスト部は、キャンバス部上の、visible な (すなわち、activate されている) ストロークの集合から成るスナップショットをリストする部分である。スナップショットリスト部に表示されているひとつのスナップショットをクリックすると、その集合に含まれるストロークのみが visible となりキャンバス部に表示され、そのスナップショット状態のホワイトボードの板面が、キャンバス部に再現されることになる。StrokeViewer では、記録したホワイトボードストロークデータにおいて、ストロークが消去 (i.e., キャンバス部内でその時点で visible な 1 個以上のストロークが invisible な状態に inactivate されること) される度に、スナップショットを生成している。

スナップショットリスト部にリストされているスナップショット列のうちの一つを選択すると、キャンバス部にそのストローク描画状態が表示される。この時、そのストロークが、タイムライン部において、黒く表示される。これにより、今再生しているホワイトボードの板面に現れているストロークが、記録

したミーティングのいつ、どの辺りの時間帯に描かれたものであるかを見てとることができる。また、StrokeViewer 上部のタブを Browse モードにすることで、現在表示されているキャンバス上のストロークが、どのような時間順に描かれたかをアニメーション再生することができる。

また、ユーザはタイムライン部上で、任意のストロークを選択することができる。選択したストロークは、キャンバス部に、グレーな色のストロークとして表示される。デザインミーティングの時間の流れは、タイムライン部の上から下に相当するが、「ミーティングの最初の辺りではどんなことを描いていたか?」といったことを、タイムライン部の上部のストローク群を選ぶことによりキャンバス上で再生して見るができる。

さらにキャンバス部においてユーザが矩形領域を指定すると、その領域に一部あるいは全部が含まれているストロークが選択された状態となり、タイムライン部内で強調表示される。選択中のストロークが、いつどのあたりで描かれたことかを確認することができる。

シフトキーを押しながら矩形領域を指定すると、その領域の一部あるいは全部が含まれている、現在は visible ではないストロークも含めた全ストロークが選択状態となる。ホワイトボード上の板面を指定することで、この辺りに描いていたもの、といったストロークを選択でき、同時にそれらのストロークが、タイムライン上でどのあたりに位置しているかも確認できる。

### 2.3 TranscriptViewer

デザインミーティングを記録したビデオにおける発話をトランスクリプトとして書き起こしたテキストデータをブラウズするためのツールである。TranscriptViewer は、垂直に配置された2本のタイムライン表示部、トランスクリプト表示部、発話表示部、および検索部から成る。

TranscriptViewer が表示するのは、タイムスタンプ付きのプレーンテキストファイルの内容である。各発話行の先頭に、「01:23:17」といった発話開始時刻のタイムスタンプ、および「M2」といった話者の名前が記されているようなテキストファイルである。

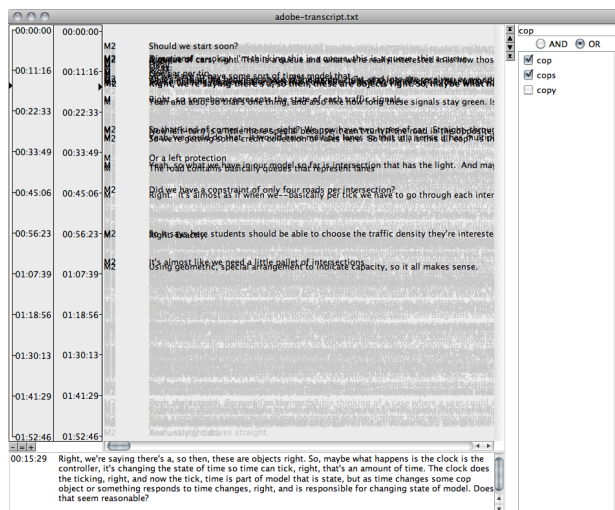
左端に位置する全体タイムライン表示部は、記録されたデザインミーティングの時間全体を、上から下へと表示している。その右隣のフォーカスタイムライン表示部は、ズームインして拡大表示した時間のタイムラインを示すものである。ズームイン/アウトは、タイムライン表示部下部のボタン操作で行う。現在フォーカスタイムライン表示部でズームインされている時間帯が、全体時間のどこに相当するかは、左端の全体タイムライン部上でグレーの背景で示される。

トランスクリプト表示部には、各発話が、その発話のタイムスタンプの時刻に対応するフォーカスタイムライン部の上下位置に、話者とそれに続く発話内容が1行で表示されている。発話が頻繁におこなわれている箇所ではテキストが重なるように表示され、発話がまばらな時間帯ではテキストが表示されていないといった風に表現されることとなる。ズームインしていくことで、フォーカスタイムライン部の時間あたりの長さが広がり、発話の細部をみていくことができる。各発話の詳細は、発話行を1個選択することで、その発話全体が下部の発話表示部に表示される。

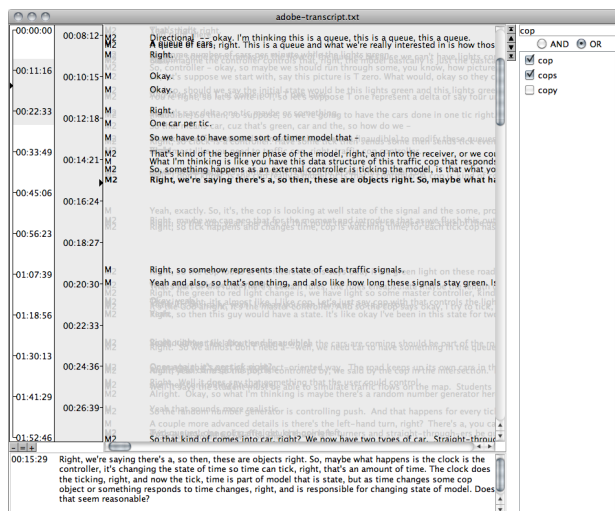
検索部上部のウィンドウに検索したいフレーズをタイプしていくと、そのフレーズからはじまるキーワードが動的に検索さ

れ候補としてリストされる。トランスクリプトファイルのテキスト内容に対しては、形態素解析と語幹抽出処理が施されており、タイプされた検索語に応じてその候補を検索する。ユーザが探したい語にチェックマークを入れると、その語を含む発話が、トランスクリプト表示部において太字で強調表示される。タイムライン表示部上にも同様に強調表示される。

このようにして、デザインミーティング中である語が初出した時刻や、あるフレーズが頻繁に登場した会話の時間帯というものを、確認することができる。



(a) 全体を表示した状態



(b) ある時間領域にズームインして拡大表示した状態

Fig.3 DPS: TranscriptViewer ツール

### 3. DPS 環境の利用

DPS は、MovieViewer、StrokeViewer、および TranscriptViewer を連携して利用することで、

(a) ミーティングを記録したビデオデータ

- (b) ミーティング中に記録したホワイトボードのストロークデータ
  - (c) ミーティングビデオに記録されている発話データ
- という3種類のデータ間を、タイムスタンプを介して自由に往來することができる。

以下に、典型的な DPS 環境を利用する手順を示す。

### 3.1 ホワイトボードストロークデータの閲覧から関連するビデオデータ/トランスクリプトデータ部分を同定する

1. ユーザが、「ホワイトボードの板面で、このオブジェクト図を描いていたときに」ということを、StrokeViewer 上のキャンバス部上でそのオブジェクト図を矩形で囲んで選択する。
2. そのオブジェクトを構成する全ストロークのそれぞれのタイムスタンプが同定され、StrokeViewer のタイムライン部に複数箇所表示される。
3. 同定された複数の時間領域が、MovieViewer と連携し、その時間領域の動画断片が選択される。
4. これによってユーザは、StrokeViewer で着目したオブジェクト図を描いていたときのビデオ部分のみを、MovieViewer 上で連続して再生することができる。
5. 同様に、TranscriptViewer ではその時間帯で発話されていた発話箇所が強調表示される。それらの発話を順に選択していくことで、発話表示部でその詳細をテキストとして読むことができる。

### 3.2 発話データの閲覧から関連するホワイトボードストロークデータ/ビデオデータ部分を同定する

1. ユーザが、「このフレーズについてディスカッションしていたときに」ということを、TranscriptViewer 上の検索部で検索する。
2. システムは、そのフレーズを含む全発話を同定し、それぞれのタイムスタンプを TranscriptViewer のタイムライン部で強調表示する。
3. 同定された複数の時間領域が、StrokeViewer と連携し、その時間領域に描いていたストロークが StrokeViewer 上のタイムライン部で選択される。
4. これによってユーザは、TranscriptViewer で着目した言葉/フレーズについて、それを発話しながら描いていたホワイトボード上の描画部分を再生することができる。
5. 同様に、MovieViewer ではその時間領域が動画断片として選択された状態となり、それらの断片を連続して再生することができる。

## 4. ソフトウェアデザインプロセスの分析

DPS 環境を利用し、ソフトウェアをデザインするケーススタディのプロセスを記録したデータの分析を行った。

### 4.1 デザインプロセスデータ

利用したデータは、University of California, Irvine の van der Hoek 教授らが、ソフトウェアのデザインプロセスを理解する NSF プロジェクトのためのワークショップ (2010 年 2 月) での利用を目的として収集したものである。プロのソフトウェ

アデザイナーを二人一組として、ホワイトボードを利用しながら与えられた仕様を実現するソフトウェアのデザインをすることをタスクとして依頼し、約 2 時間のプロセスを記録したものである。本ケーススタディの詳細は、Petre ら<sup>8)</sup>にある。

参加したデザイナーに与えられたタスクは、大学で都市工学の授業で用いる交通シミュレーションシステムをデザインするというものである。交差点に信号機を配置し、自動車の流れをシミュレーションしながら交通の流れについて学ぶためのシステムである。

ワークショップに参加した研究者らには、デザイナーのペア 3 組分のデータが公開された。公開されたデータは、デザイナー二人が、発話しながらホワイトボードに描画する様子を記録したビデオデータ、および、マニュアルで書き起こしたタイムスタンプ付きのトランスクリプトを記載したテキストデータである。

分析にあたって我々は、ビデオを見ながらタイムスタンプどおりに電子的にストロークを描画し記録することで、ホワイトボードのデジタルデータをマニュアル生成した。記録したビデオを再生しながら、ディスプレイの背景にビデオ画像のスナップショットを背景として張りつけ、実際のホワイトボードの板面上の座標とほぼ同じ位置に、出来るだけビデオと同期するようにストロークを生成した。一組のデザインペアのデータに対して、合計 5 組のホワイトボードデータを二人で生成し、5 組の中から目視によって、ビデオデータにできるだけ近いものをホワイトボードのストロークデータとして採用した。

## 4.2 分析と考察

DPS 環境を利用してこれらのデータを分析した。ソフトウェアをデザインするデザイナーが、ホワイトボードを利用しながらどのような表現を作り上げていくかについて観察した事項を、

- (1) 仕様書にはないコンセプトの展開
  - (2) ホワイトボードにスケッチした表現とのインタラクション
  - (3) ホワイトボードの盤面の役割とトピックの変遷
  - (4) ホワイトボード上に描いた表現の転用
- という四つの観点から説明する。

### 4.2.1 仕様書にはないコンセプトの展開

仕様書として与えられた交通シミュレーションの原理を理解しようとして、あるデザインチームで“cop” (交通整理をする警官) という概念が言及された (“It’s almost like you need (a) traffic cop, right, traffic cop controller.”)。信号が赤から緑に変わると、自動車が交差点を流れていくという流れを制御するための概念として、この cop がその後続くデザインプロセスで重要な役割を果たすこととなった。

DPS の TranscriptViewer で、“cop”あるいは“cops”という単語を検索すると、合計 28 カ所而言及されており、2 時間のミーティング時間の中では、主に前半の 60 分ほどで発言されていることがわかった。Fig.3 は、TranscriptViewer で“cop”あるいは“cops”を検索した様子を示したものである。

観察したデザイナーのペアは、ホワイトボードに“cop”という文字を描き、矩形で囲んでオブジェクトとして記録している。StrokeViewer 上でこの領域を選択し、それらのストロークが描かれた時間帯を示すタイムライン (Fig.2 参照) と、Fig.3 に示す TranscriptViewer 上で “cop”が発話された時間帯を示すタイ

ムラインを比較してみると、発言された比較的初期の段階で、この“cop”がオブジェクトとしてホワイトボードに描かれたことがわかる。また Fig.2 の StrokeViewer のタイムラインでは、ミーティングの終盤でも“cop”の矩形エリアに変更が加えられていることがわかる。この部分のビデオを MovieViewer で閲覧すると、“cop”のプロパティが書き加えられていることがわかった。

#### 4.2.2 ホワイトボードにスケッチした表現とのインタラクション

DPS の StrokeViewer を用いて、ホワイトボード上に描かれた GUI(Graphical User Interface)のスケッチ部分を選択すると、それが描かれた時のビデオ部分のみが MovieViewer 上で抽出される。それらを見ると、ホワイトボードに描かれた GUI(Graphical User Interface)のスケッチを利用して、設計中のシステムを利用するユーザがどのようにそのシステムとインタラクションをするかを、デザイナーはジェスチャーを交えながらウォークスルーをしつつ、ホワイトボード上にスケッチを足していく様子が観察された。その際、ホワイトボード上にはない GUI のパーツも、まるであるかのようにして、発話している様子が観察された。

#### 4.2.3 ホワイトボードの盤面の役割とトピックの変遷

観察したデザイナー3組のうち2組は、ホワイトボードの盤面を大まかに区切り、どこに何を描いていくかをあらかじめ決めていた。例えばある組は、左側にはオブジェクト図を描き、右側ではユーザストーリーを描き、中央部には GUI をスケッチしていた。

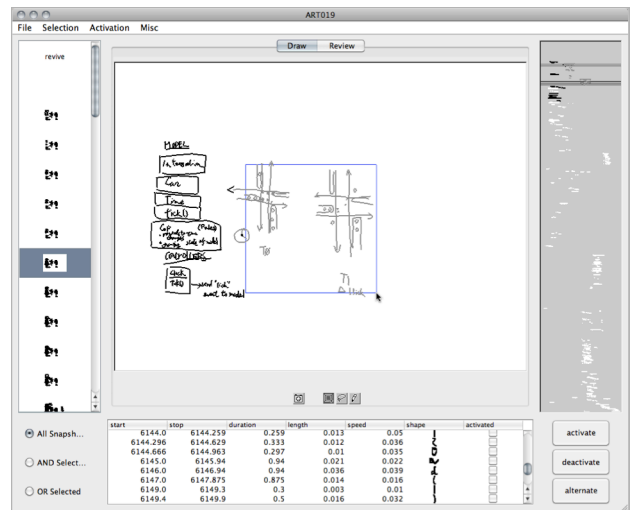
StrokeViewer で、ホワイトボード上のこれらの大まかな領域を矩形選択することで、2時間のミーティングのどの時刻帯に、どのようなトピックをディスカッションしていたかの大きな流れを知ることができた。左側のオブジェクト図が書かれた領域全体を選択すると、タイムラインから、ミーティング時間の比較的初期段階でオブジェクトについて描いていたことがわかる。同様に、GUIを描いていたのは75-90分のあたり、ユーザストーリーを描いていたのはそれよりも前の60-75分のあたり、といったことを見てとることが出来た。

#### 4.2.4 ホワイトボード上に描いた表現の転用 (re-appropriation)

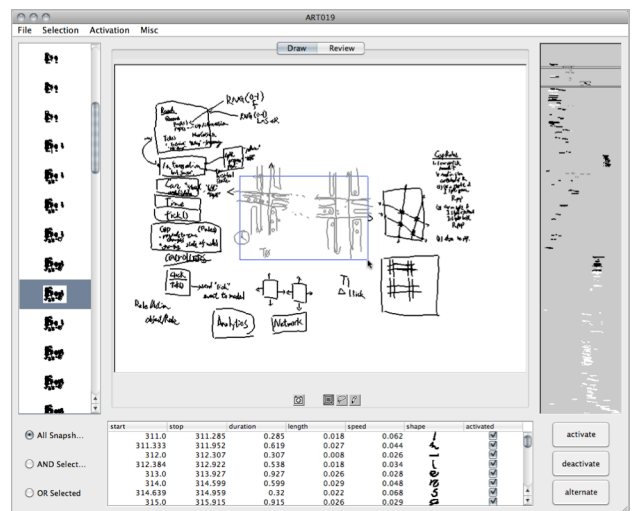
DPS の StrokeViewer で、一つの塊に見える図形表現を選択すると、二つの離れた時間帯に、その図形表現が描かれていることがわかった。それぞれの時間帯で何が描かれていたかをビデオで確認すると、ある目的のためにホワイトボード上で描いたダイアグラムを、後の時間帯で別の目的のために転用 (re-appropriate)する様子が観察された。

あるデザイナーの組では、ある交差点に差し掛かる自動車の状態が時刻 T0 から時刻 T1 の間にどう変化するかについて、ミーティング開始後 13 分目で二つの交差点を描きながらディスカッションを行った(Fig.4(a))。並べて描かれた交差点には、それぞれ、T0 と T1 というラベルがつけられた。

その後、ミーティング開始後 40 分目ごろ、交差点を通過した自動車が次の交差点に移動することについて話し合っている場面で、並べて描かれている交差点二つを、隣接する二つの交差点として点線で結ぶ様子が観察された(Fig.4(b))。もともと、一つの交差点の二つの時間帯として描かれていた交差点が、この



(a) 一つの交差点の異なる時刻の状態として描かれた図形表現



(b) 二つの隣接する交差点として点線で結ばれた状態

Fig.4 StrokeViewer で板面に描かれたひとかたまりの図形表現を選択した状態

ようにして、T0 および T1 というラベルは残されたまま、隣接する二つの交差点の図として利用されていることがわかった。

## 6. 結 言

本論では、ソフトウェアデザイナーがホワイトボードを利用して行うデザインプロセスを記録したデータを、インタラクティブに閲覧し分析する環境 Design Practice Streams を報告し、これまでに得られた知見を報告した。これらの知見は、ある限定されたケーススタディにおける観察結果であり、ソフトウェアのデザインプロセスの特徴として一般化できるとは言い難い。しかしながら、ソフトウェアデザインのプロセスとホワイトボードの利用に関する仮説を生成するための端緒となると考えている。

本論で触れたのは主にプログラム設計につながるデザインプロセスであるが、ソフトウェアのデザインにはインタラクションデザイン<sup>3)</sup>という側面がある。多様な粒度の GUI のレイアウト

トとユーザのインタラクションのフローから構成されるインタラクションデザインでは、スケッチが重要な役割を果たすと考えられる<sup>14)</sup>。SPSD ワークショップで公開されたデータにはインタラクションデザインを中心に進められているプロセスのデータもあり、現在 DPS を用いて分析をしている途上である。

今後は、言語解析のツールも取り入れさらに詳細に本事例のデータを分析すると共に、デザインミーティングデータを事例として収集し、その特性を理解しながらデザインプロセスの支援ツールの構築へとつなげていきたいと考えている。

## 謝辞

DPS の構築およびストロークデータ生成に際してご協力頂いた、西中芳幸氏、白井良成氏、松原伸人氏、および Andre van der Hoek 氏に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) A. Baker, A. van der Hoek, Ideas, Subjects, and Cycles as Lenses for Understanding the Software Design Process, Design Studies, Vol.31, Issue 6, pp.590-613, November 2010.
- 2) H. Christiaans, R.A. Almendra, Accessing decision-making in software design, Design Studies, Volume 31, Issue 6, pp.641-662, November 2010.
- 3) A. Cooper, The Inmates Are Running the Asylum: Why High-Tech Products Drive Us Crazy and How to Restore the Sanity. SAMS, Indianapolis, IN, 1999.
- 4) U. Dekel, J.D. Herbsleb, Notation and representation in collaborative object-oriented design: an observational study, Proceedings of OOPSLA '07, ACM, New York, NY, USA, pp.261-280, 2007.
- 5) E.Y-L. Do, Design Sketches and Sketch Design Tools, Knowledge-Based Systems Journal, Vol.18, No.8, pp.383-405, 2005.
- 6) W. Ju, W.L. Neeley, T. Winograd, L. Leifer, Thinking with Erasable Ink: Ad-hoc Whiteboard Use in Collaborative Design. CDR Technical Report #20060928, Stanford University, 2006.
- 7) K. Nakakoji, Y. Yamamoto, N. Matsubara, Y. Shirai, Toward Unweaving Streams of Thought for Reflection in Early Stages of Software Design, IEEE Software, Special Issue on Studying Professional Software Design, Vol.29, No.1, pp.34-38, January/February, 2012.
- 8) M. Petre, A. van der Hoek, A. Baker, Editorial, Design Studies, Volume 31, Issue 6, pp.533-544, November 2010.
- 9) J. Rooksby, N. Ikeya, Collaboration in Formative Design: Working Together at a Whiteboard, IEEE Software, Special Issue on Studying Professional Software Design, Vol.29, No.1, pp.56-60, January/February, 2012.
- 10) D.A. Schoen, The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action, Basic Books, New York, 1983.
- 11) M. Suwa, B. Tversky, Constructive perception in design, Proceedings of Computational and Cognitive Models of Creative Design V, Sydney, Australia, pp.227-239, 2001.
- 12) J. Walny, S. Carpendale, N.J. Riche, G. Venolia, P. Fawcett, Visual Thinking In Action: Visualizations As Used On Whiteboards, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol.17, Issue12, pp.2508 - 2517, December, 2011.
- 13) Y. Yamamoto, K. Nakakoji, Interaction Design of Tools for Fostering Creativity in the Early Stages of Information Design, International Journal of Human-Computer Studies (IJHCS), Special Issue on Creativity L. Candy, E. Edmonds (Eds.), Vol.63, No.4-5, pp.513-535, October, 2005.
- 14) 中小路久美代, 山本恭裕, インタラクションデザインにおけるスケッチ: ARTware プロジェクトの事例から, Design シンポジウム 2010, 精密工学会, Tokyo, Japan, November 2010.