

# リアル PBL におけるプログラミング行動を 測定するシステムの開発

大場みち子<sup>†1</sup> 山口琢<sup>†2</sup>

**概要:** ビッグデータ分析の対象は、ホワイトカラーの業務や学生の学習活動などの知的行動に及んできた。本研究は分析の対象としてシステム開発での操作行為に着目している。機能性や操作性に重きをおいた従来とは異なり、開発行為の測定性に重きをおく。作文の操作行為については、概念実証を経て実際のライティング講義に適用・評価する段階に進んでいる。他方で、実システムを開発するリアル PBL(Project Based Learning)のノウハウを蓄積してきた。そこで、本研究では対象をシステム開発とし、常に新人が参入し、実際のユーザがいるリアル PBL を評価の場とする。リアル PBL でのシステム開発ではさまざまなスキルが必要とされる。これらのスキルを獲得する上での成長や阻害の要因との関係が分析できれば効果的な指導の介入ができ、効率的なスキル獲得が期待できる。今回はプログラミング行動を把握し、教育的指導の介入を可能とするシステムの開発を目指す。本稿ではリアル PBL でのシステム開発を対象としたプログラミング行動を測定する操作モデルを提案し、プロトタイプにより概念を実証する。

**キーワード:** プログラミング行動, 測定, PBL, 操作モデル

## Development of A System to Measure Programming Activity for Real PBL

MICHIKO OBA<sup>†1</sup> TAKU YAMAGUCHI<sup>†2</sup>

**Abstract:** The subjects of the Big Data analysis have covered intellectual actions such as white collar work and student learning activities. This research focuses on the operation behavior in system development as the object of analysis. Unlike in the past, which emphasizes functionality and operability, we place emphasis on the measurement performance of development activities. As for the act of writing composition, we are proceeding to the stage of applying and evaluating the actual writing lecture after proof of concept. On the other hand, we have accumulated know-how of real PBL (Project Based Learning) developing real systems. Therefore, in this research, the target is system development, always new entrants, real PBL where the actual user is located will be the place of evaluation. Various skills are required for system development in real PBL. If we can analyze relationships with factors of growth and inhibition in acquiring these skills, effective teaching can be interposed and efficient skill acquisition can be expected. This time we will grasp the programming behavior and aim to develop a system that enables intervention of educational guidance. In this paper, we propose an operation model to measure programming behaviors for system development in real PBL and demonstrate the concept by prototype.

**Keywords:** Programming Activity, Project Based Learning, Measure, Activity Model

### 1. はじめに

ビッグデータ分析の対象は、ホワイトカラーの業務や学生の学習活動など知的活動に及んできた。システム開発、作文、読書など様々な知的活動のデジタル化と、ツールのクロスプラットフォーム化や国際化が進んだ。これにより、さまざまな知的活動の測定・分析を、実験室だけでなく、さまざまな実践の場面を対象にして、より細かい粒度 (granularity) で行えるようになってきた。電子書籍リーダーの機能で、「数多くの読者がハイライトした箇所を表示」、「読み終わるまでの平均時間表示」などは、このような測定・分析のうちでも商業化され広く知られた例である。

本研究では知的分析の対象としてシステム開発での操作行為に着目している。機能性や操作性に重きをおいた従来

とは異なり、開発行為の測定性に重きをおく。作文の操作行為の分析[1][2]については、概念実証を経て実際のライティング講義に適用・評価する段階に進んでいる[3][4]。他方で、実システムを開発するリアル PBL(Project Based Learning)のノウハウを蓄積してきた[5]。PBL (Project Based Learning) など実践型 ICT 教育でも、利用する ICT ツールは課題に応じて学生の自由に任せられ、かつ利用する場所も学内にとどまらず学外も含めてさまざまである。このような ICT ツール利用の実態に対応すれば、システム開発に必要とされる実践的な各種スキル獲得上の成長・阻害要因、スキル間の関係の分析、スキルの評価、および開発過程(学習)への教育的な介入を実現できると期待できる。

本研究では、常に新人が参入し、実際のユーザがいるリ

\*†1 \*公立はこだて未来大学  
Future University Hakodate  
†2 フリーランス  
Independent Researcher

アル PBL を評価の場とする。本稿ではリアル PBL でのシステム開発を対象としたプログラミング行動を測定する操作モデルを提案し、プロトタイプにより概念を実証する。

## 2. 従来の研究・実践と課題

従来の研究や実践の課題は、次の 2 点に整理できる。マクロからマイクロへ測定・分析の細粒度化システム開発行動の分析対象を、次のように大きく 2 種類に整理することができる。

- システム開発行動の結果・成果
- システム開発での試行錯誤など思考や操作行為

細粒度化とは、測定・分析の対象が、前者のみから後者を含むように広がることを意味する。実践型 ICT 教育では、例えばドキュメント作成およびプログラミングのスキルを測定・分析の対象とするとき、前者はプログラミング力と論理的文書作成力との関係の分析である。後者はプログラミングの思考過程の見える化の試みと分析、ドキュメントの作文操作行為とプログラミングの操作行為に着目した分析に該当する。

前者の方式による開発管理やノウハウ抽出・継承の取り組みでは、開発の規模や不良数などアウトプットの推移を分析したり(KPI, Key Performance Indicator), 既存の支援システムのログを分析したりするものであった[6][7][8]。この方式では、結果について評価することはできても、作業しつつある開発者に、きめ細かなタイミングでアドバイスすることができなかった。

### 実験室から実践

ICT ツールを使った活動の測定(観察)では、実践の場で使われる ICT ツールはさまざまであり、実験室でのように「測定機能を実装した実験専用アプリ」を用意して統一することは非現実的である。また、そのようなアプローチには、アプリそのものの評価やアプリ間の比較に適用できないという原理的な困難もある。

例えば、特殊な測定ハードウェア装置を利用する方式は装置の配備(deploy)にコストがかかるが、対照的に Web アプリケーションでは配備そのもののコストは比較的小さく、それによって測定がスケーラブルである。別の観点では、ビデオ撮影などによる記録では、何をしているか分析可能なデータとするのに人手と時間がかかる。ループリックなどの工夫が研究・考案されているものの、統計処理対象のデータに既に人の解釈によるバイアスがかかっている。

専用の Web アプリであれば配備の点でスケーラブルとなるが、さまざまな実践の場面を測定しようとする、マルチプラットフォーム化や国際化といった開発コストが発生する。

人やモノの物理的な行動の測定では、ウェアラブルデバイスの低コスト化と普及・BYOD(Bring Your Own Device)

対応によって、スケーラブル化かつ低バイアス化が実現されつつある。同様に、人の知的な行動に密着した(ウェアラブル)機械的な(低バイアス)測定方法の開発が必要である。

## 3. 目的とアプローチ

2 章で述べたことより、本研究の目的は、システム開発行動をマイクロに測定(観察・観測)・分析し、学習・指導・改善に役立てる手法を開発することである。コーディング、プロジェクト管理などでの開発ツール操作に着目して、ツール操作のモデルを開発し、操作行動を測定する仕組みを設計・実装して評価する。

本研究では次のアプローチをとる:

- 測定用の特定のアプリを開発するのではなく、広く使われている多くのアプリケーションにアドオン可能な測定方式を開発し、
- プロトタイプを開発して、
- データを機械的に得て、
- それを分析できる手法を見出し、必要ならば新たに分析手法を開発して、
- 学習・指導に適用して効果をあげることで、当初の測定方式の有用性を示す。

## 4. 予備実験

予備実験では、簡単なツール操作モデルを設計して、それに基づいて測定するシステムのプロトタイプを開発して、測定データを取得することによって、3 章の目的とアプローチが実現可能かを確かめることである。

### イベント送信・受信の測定

具体的には、次の仮説(期待)を確かめることが目標である。近年の Web アプリは、オープンソースのモジュールを組み合わせて開発されている。対話型のツール類は、ユーザ操作を最初のきっかけとして、グローバルオブジェクトへのイベント送信・受信によって疎な連携をしていると推察する(疎結合)。このイベントを受信することで、ユーザ操作に密着した測定が容易に実装できると期待できる。

題材は、JavaScript 言語でのプログラミングとした。3 章のアプローチに基づいて、JavaScript 言語での開発環境を選定し、アドオンによってプログラミング活動の測定できるようにする。そして、プログラミング問題を解くという場面を想定し、実際に問題を解いてその活動を測定した。

Web ブラウザで JavaScript のプログラムを開発できるオープンソースの開発環境として、JS Bin[9] と Plunker[10] が知られている。これらはオープンソースでもある。今回は JS Bin を採用した。

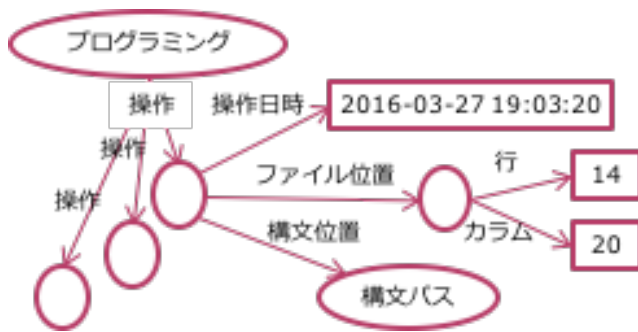


図 1 操作モデル

Figure 1 Activity Model.

## 5. ツール操作モデル

今回は、図 1 のような簡単な操作モデルとした。すなわち、プログラミング行動とは、次のような内容で構成される「操作」の集合である。

そして、それらはモジュール間のグローバルなイベント通信を監視することで記録できると期待できる。

- 操作した時刻  
≡ イベント受信時刻
- 操作対象となった行・カラム(何文字目)  
イベントの内容に含まれていると期待
- 操作対象のプログラム構文上のノード種別  
≡ 操作の意味  
イベントの内容に含まれている、または解析によって判明すると期待

## 6. 結果

### 6.1 測定のプロトタイプ

場面は、2 行の「ここを修正」ではさまれた部分を修正して、正しい結果が表示されるように JavaScript プログラムを修正する問題を解くものとした(図 2)。

アドオンの規模・内訳は Table 1 の通りで、開発量は少ない。

表 1 アドオンの規模

Table 1 Size of the add-on software.

|             | 言語               | 行数  | KB   |
|-------------|------------------|-----|------|
| 起動ブックマークレット | JavaScript       | 1   | 0.3  |
| 測定と結果表示     | JavaScript, CSS  | 236 | 6,8  |
| 構文解析        | JavaScript, HTML | 198 | 5,2  |
| 合計          | JavaScript, CSS  | 423 | 12.3 |

なお、スタイルの設定操作にあたっては、本テンプレートファイルで用意したスタイルの設定が変更されないよう

下記に留意願いたい。

- 「スタイルの変更」において、「自動的に更新する」のチェックボックスをチェックしないこと (エラー! 参照元が見つかりません。)
- 「文字/段落スタイルの変更」に関して、「選択箇所と一致するよう更新する (エラー! 参照元が見つかりません。)」を選択しないこと。

JavaScript プログラムを編集したり、予約語をハイライトしたり、JavaScript を実行する仕組みは JS Bin が提供するものであり、われわれは手を加えていない。

開発環境は、複数のオープンソースのモジュールを組み合わせて使っていて、関数の実行と戻り値およびグローバルオブジェクトへのイベント発行・受信によって連携させることで実現されていることが確かめられた。使っているライブラリは、codeMirror(エディタ、構文ハイライト) と JS Hint(構文チェック)である。

なお、開発環境は構文チェックして問題箇所を画面表示する機能を持っているが、エディタモジュールと構文チェックモジュールとは、プログラムコード全体を渡すことで連携していて、行・カラムや構文位置を共有していない。

### 6.2 測定データ、編集操作ログ

Fig. 3 は、記録されたプログラミング操作を表示したものである。

Fig. 3 のデータを構文解析すると、Fig. 4 の通り、操作対象の JavaScript 構文上の位置(意味)を特定できた。



図 2 プロトタイプ画面

Figure 2 Screen of Proto Typing .

| 日時                 | 行  | 文字 | コード全体   |
|--------------------|----|----|---|
| 2016/3/27 23:25:17 | 14 | 20 | <pre> \$(#trigger).on("click", function(event) {   go(\$("#result")); }); \$("#reset").on("click", function(event) {   \$("#result").text("(結果)"); }); function go(elm) {   var result = calc();   elm.text(result); } // ↓ ここを修正 function calc() {   var i = 0,       out = "";   for (i = 0; i &lt; 5; i++) {     out += "Hello, world!\n";   }   return out; } // ↑ ここを修正 </pre> |

図 3 プログラミングの操作ログ  
Figure 3 Log of Programming Operations.

| 日時                 | 行  | 文字 | コード全体   |
|--------------------|----|----|---|
| 2016/3/27 23:25:17 | 14 | 20 | <pre> \$(#trigger).on("click", function(event) {   go(\$("#result")); }); \$("#reset").on("click", function(event) {   \$("#result").text("(結果)"); }); function go(elm) {   var result = calc();   elm.text(result); } // ↓ ここを修正 function calc() {   var i = 0,       out = "";   for (i = 0; i &lt; 5; i++) {     out += "Hello, world!\n";   }   return out; } // ↑ ここを修正 </pre> |

構文位置  
for文 → 終了判定 → 2項式 → 右側 → リテラル → "5"

図 4 編集操作ログの特定  
Figure 4 Identify Programming Activity Log.

## 7. おわりに

Web ブラウザで利用する、オープンソースのプログラミング環境の一つについて、それが複数のオープンソースのモジュールを組み合わせられて実装されていて、モジュール間

はグローバルなイベントによって連携する疎結合になっている、そのイベントを捉えることでプログラミング操作を記録できることが分かった。

今後はプロトタイプ環境を使って実験して、プログラミン行動を測定し、データを収集して分析する。

データがなんらかの傾向を反映していると判断できれば、JavaScript 以外のプログラミング言語(例: Java)に対しても、同様の実装と実験を実施する。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 16K04798 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1]山口琢, 大場みち子, 高橋慈子, 小林龍生, 高橋修, 編集操作の測定でアプローチする自然後処理の提案, 情報処理学会研究報告デジタルドキュメント (DD), DD-097-03, 2015.
- [2]山口琢, 高橋慈子, 小林龍生, 大場みち子, 作文行動の測定と分析: 大学生と社会人の比較例, 研究報告教育学習支援情報システム (CLE), 2015-CLE-17(29), (2015.11).
- [3]高橋慈子, 山口琢, 大場みち子, 小林龍生, 文書作成教育におけるトピックライティングツール活用と効果, 情報処理学会研究報告 DC, [ドキュメントコミュニケーション] 2016-DC-101(9), (2016.03).
- [4]大場みち子, 山口琢, 高橋慈子, 小林龍生, 文章作成における論理的な文章評価と編集操作との関係分析, 研究報告コンピュータと教育 (CE), 2016-CE-137(6), 1-8 (2016-11-26).
- [5]大場みち子, 伊藤恵, 情報教育シンポジウム 2014 論文集 2014(2), 81-88, 2014-08-17.
- [6]高田義広, 鳥居宏次 "プログラマのデバッグ能力をキーストロークから測定する方法". 電子情報通信学会論文誌. D-I, J77-D-1(9) : 646-655 (1994-09)
- [7]吉村巧朗, 亀井靖高, 上野秀剛, 門田暁人, 松本健一: "ブレークポイント使用履歴に基づくデバッグ行動の分析(デバッグ, モデル駆動開発)". 電子情報通信学会技術研究報告. KBSE, 知能ソフトウェア工学 109(307) : 85-90 (2009-11).
- [8]秀毛 嶺維馬, 奥野 拓プログラム理解支援を目的とした分散ペアプログラミングのコミュニケーションログの活用, 電子情報通信学会技術研究報告. SS, ソフトウェアサイエンス 113(269), 117-121, 2013-10-17.
- [9]JS Bin - Collaborative JavaScript Debugging <https://jsbin.com> [Accessed: 2017.02.15].
- [10]Plunker <https://plnkr.co/> [Accessed: 2017.02.15].