

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25330236

研究課題名(和文)次世代クラウドソーシングにおける協調作業環境を実現するアプリケーション多態化基盤

研究課題名(英文)An Application-Transformation Mechanism to Build a Collaborative Work Environment in Next-Generation Crowdsourcing

研究代表者

中島 誠(Nakashima, Makoto)

大分大学・工学部・教授

研究者番号：00253774

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：既存のアプリケーションを改変することなく、新たな機能を付加して新しいアプリケーションを構築する(多態化する)ための基盤構築を行った。任意のアプリケーションのウィンドウイメージの抽出ならびに、任意のイベント情報をアプリケーションへと送り込める仕組みを実現した。これにより、(1)任意のアプリケーションをマルチユーザ化できる機構を実現し、(2)ネットワークを介してPC上の任意のアプリケーションを操作可能なデータ入力システムの実現や、(3)既存のウェブブラウザを多態化して、ウェブページ中の任意の部分領域をブックマークしてハイパーテキストを構築できるトランスクルージョンを実現した。

研究成果の概要(英文)：A novel application-transformation mechanism to prepare applications for collaborative work in next-generation crowdsourcing. This mechanism allows developers to transform an off-the-shelf single-user application into a multi-user application or an advanced application without the need to modify the original one. Using the mechanism, we developed several applications for novel working environments. First, we achieved operational compatibility among different versions of an application to facilitate distributed collaborative work. We also developed the user interface system for motor-impaired company employees, which allows use of any application on a PC through a mobile touch-type device. And then we enhanced a conventional web browser by introducing the application-transformation mechanism. This enhanced browser realize transclusion by allowing a user to collect portions of any web page by making it able to use for a spatial hypertext without the need to duplicate its contents.

研究分野：情報工学

キーワード：アプリケーション多態化 アプリケーション共有 ウェブキュレーション タッチインタフェース

1. 研究開始当初の背景

(1) クラウドソーシングは、ネットワークを利用する不特定多数のユーザに日常の作業分担を委託し、知的作業に必要な労働力を確保する仕組みである[1]。計算機だけでは解決できない様々な問題を、ユーザの知能と合わせて処理することができる。Wikipedia の編集、Linux の開発、Yahoo!Answer の構築などは、最も典型的な例である。これら以外にも、現在では、商品開発のアイデアや、画像へのタグ付け、公告のデザインなど、企業を中心とした多くの取組実績があり、比較的 low コストでの問題解決を行えることで、強力なネットワーク活用方法として注目されている[2]。今後の普及のための課題として、クラウドソーシングを実行に移すためのアプリケーションを構築できる汎用の基盤(プラットフォーム)の開発が必要とされ、迅速なアプリケーション作成が求められてきた。

(2) 必要な時に、必要な知的労働力を確保できることが、汎用の基盤が必要とされる理由である。しかしながら、現在のクラウドソーシングでは、多くが、ユーザのアイデアの募集や情報を募集する取組であり、現在のプラットフォームでは、Web を介してこれらの作業を分担配布するアプリケーションを構築できるに過ぎない。一方で、日常作業は、扱う情報の量の増加や、粒度の細かさから、複雑になり、複数人との協調作業によって成り立っていると考えるのが自然である。また、作業形態も、通常のデスクトップ PC 上での作業から、タブレット PC やスマートフォンの普及により、どこからでもネットワークに接続して作業を行える時代が到来しつつある。これらのことから、潜在的なネットワーク上の労働力を日常作業に利用できる次世代のクラウドソーシングの着想を得た。想定する次世代のクラウドソーシングでは、日常的に使用する様々なアプリケーションをそのまま、様々な OS や情報機器の違いがあっても、どこでも複数人が参加することができる。このようなクラウドソーシングの実現には、ユーザが利用するアプリケーションを、少ない負荷で、ネットワーク上で複数人が利用できるように、多態化させたバージョンに転換できる必要がある。

(3) 当該研究者は、これまで、個人作業用に導入されたアプリケーションをそのまま協調作業に利用できる技術“コンピュータのコラボトレイ”を開発し(特願 2008-215360 号、特許番号第 4872102 号)、国際会議(ACM CSCW2010)での成果発表も行い好評を得た[3]。この技術は、個人作業用のアプリケーションを複数人で利用できるバージョンへと拡張するものであり、従来の画面共有システム(e.g., VNC)やプラグインでは、対応できない機能を実現できる。アプリケー

ションの多態化は、アプリケーション自体の扱いに柔軟性を持たせ、利用場面に応じて振る舞いの異なるアプリケーションへの自由な拡張を意図する。

2. 研究の目的

日常的に利用されるアプリケーションのための多態化基盤を実現し、日常作業にネットワーク上の知的労働力を活用する次世代クラウドソーシングの環境の整備を目的とする。クラウドソーシングは、様々な問題の解決のために、Web を介して不特定多数の利用者の知的労働力を低コストで調達する仕組みで、現在は、そのためのアプリケーションを Web 上で用意可能なプラットフォームの開発が進んでいる。本研究では、アイデアやデザインの募集といった現在のクラウドソーシングで対象とする作業を、日常作業における協調作業にまで広げるため、日常的に PC 上で利用する既存のアプリケーションや開発中のアプリケーションをそのまま、クラウドソーシングに投入可能な、マルチユーザ対応版へと多態化するための開発基盤の実現を目指した。

3. 研究の方法

(1) 準備状況

先行研究において、多態化の基本は、導入済みアプリケーションのウィンドウイメージとイベントの処理を別々に管理するアプリケーションハンドラとイベントハンドラの実現にあった。前者は、アプリケーションのウィンドウ(オリジナルウィンドウ)のイメージ情報をもとに作成する代理ウィンドウを取り込んだ、多態化アプリケーションのウィンドウ(多態化ウィンドウ)を制御し、後者は、その上で発生されるイベント情報をオリジナルアプリケーションへと伝播する。

個別のアプリケーションに対する多態化の有効性は、Web ブラウザをタブレット PC 上での絵本リーダーや[4]、同じアプリケーションでも異なるバージョンのアプリケーションを利用した遠隔協調作業が可能なシステムの開発で確かめてある[5]。多態化アプリケーションの実行時には、オリジナルアプリケーションはそのままコアとして働く。その際、多態化ウィンドウ上の操作が、オリジナルアプリケーションが動作する PC 上の他のアプリケーションの操作を阻害しない技術も実現してある [3]。

アプリケーションの多態化において、ネットワーク利用を可能にする機能を提供するための、ネットワークハンドラを設ける。必要な機能をスムーズに導入できるように、ハンドラとその制御を担うカーネルのための技術を統合したコードを多態化基盤として定式化する。

(2) 研究計画

① アプリケーション多態化基盤の定式化

先行研究の成果をもとに、クラウドソーシングのためのネットワークハンドラの技術を定式化し、追加機能を実現するアドオンコンポーネントの導入に向けたコードの構造化を行うこととした。ネットワークハンドラには、HTML5を中心としたWeb技術を導入し、ウィンドウイメージの配信とブラウザ上で発生するイベントの収集機能を実現する。オリジナルアプリケーションの出力と入力を、ウィンドウイメージとイベント情報をコントロールする2つのハンドラで引き受ける。そのための、イメージ情報とイベント情報の流れが明確な構造化を行う。予備実験で、大学生および大学院生により、ハンドラを直接拡張して、多態化の試行を行い、開発期間やコード量など評価をしてある。より多くの被験者を対象としたユーザスタディを行い、容易なプログラミングが可能な構造化を検討し、実現する。

② アプリケーション多態化基盤の応用

アプリケーション多態化基盤を利用して既存アプリケーションを多態化して、オリジナルな機能やアプリケーションを実現する。当該研究機関の卒業研究中の大学生および大学院生を中心に、研究プロジェクトごとにアプリケーションを多態化し、ユーザスタディを通して、多態化の効果を評価するとともに問題点の洗い出しと改善を行う。特に、タブレットPCやスマートフォンのように、普及した多点認識可能なタッチパネルを利用できるアプリケーションへの多態化は、提唱する次世代クラウドソーシングの実現に必須かつ、多態化基盤の有効性を語る上で重要である。

③ アプリケーション多態化に関する著作権およびライセンス契約についての検証

商用のアプリケーションは、その使用や修正に関して、著作権やライセンス契約に守られている。予備調査により、アプリケーションのウィンドウイメージのPC上での複製は、改変がなければ問題がないことを専門家への聞き取りから確かめている。アプリケーション多態化技術はクラウドソーシングを望むユーザが自ら多態化したアプリケーションを使用することを前提とした技術であり、アプリケーションのライセンスを有することが前提となる。

4. 研究成果

実現したアプリケーション多態化基盤をもとに様々なアプリケーションを基に、複数の新しい作業環境を構築し、多態化基盤の有効性を検証した。

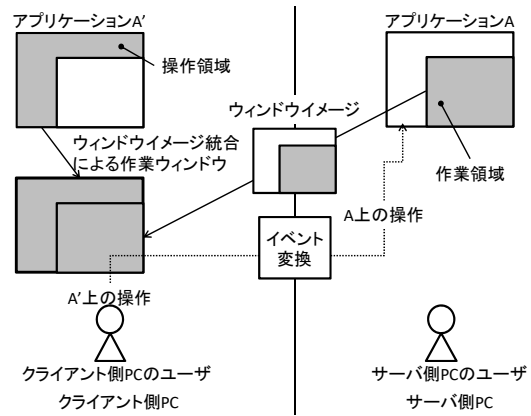


図1 アプリケーションの共有における操作互換

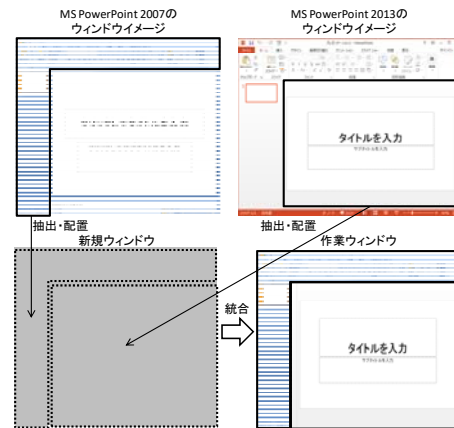


図2 ウィンドウイメージ統合

(1) 協調作業支援のアプリケーション共有における異なるバージョン間での操作互換

PCを利用した協調作業を効率よく行うことは日常作業において重要である。作業効率を考慮し、既存のアプリケーションを共有可能にして、個人作業との切り替えを容易にする協調作業の仕組みも提案されている。しかしながら、アプリケーションはバージョンごとで操作性が異なり、使い慣れていないバージョンはいくら共有できてもうまく利用できない。本研究では、アプリケーションの多態化基盤を利用して、使い慣れたバージョンの操作性を保持したアプリケーション共有による協調作業を行える、操作互換の仕組みを実現した。

操作互換では、サーバ側PC上の共有するアプリケーションとそれとは異なるクライアント側PC上のバージョンのウィンドウイメージから、それぞれテキスト入力など編集を行う作業領域と、ボタンなどが配置されている操作領域の部分抽出・統合して作業ウィンドウを構築した(図1,2)。バージョン間で操作方法の異なる機能はその操作を変換し、サーバ側PCのアプリケーションの有する機能を、使い慣れたバージョンでの操作方法で利用できるように、多態化基盤を利用して実現してある。提案手法の有効性は、PowerPointとそのバージョン違い、オープンソース版を比較対象とした被験者実験を通して検証し、より積極的に協調作業に参加し

やすくなることを確認した。成果は、雑誌論文①として公表してある。

(2) タブレット端末を用いた障害をもつ企業就労者向けデータ入力システム

上肢機能に障害を持つ企業就労者で、主に PC を用いた業務に携る人は多い。しかしながら、標準のキーボードやマウスを介した PC でのデータ入力作業は身体的負担が大きい。トラックボールのようなデバイスや手首を固定するスティック等の装具の利用では、作業効率の低下や頭痛、肩こりなどの二次障害の解消が困難である。本研究では、タブレット端末を用いた、カスタマイズ可能な Web ベースのデータ入力システム T4 (Two-tap based User Interface System using a Touch-type Device) を実現した。

システムの実現には、その使い勝手が特に重要になる。業務上利用する PC の任意のアプリケーションに対する操作を、タッチパネルを有したタブレット端末からネットワーク越しに行える仕組みを、多態化基盤の技術をもとに用意し、プロトタイプシステムを実現した。図 3 に示す構成図において、PC 制御機構が多態化基盤を用いて構築した部分であり、迅速なプロトタイプを簡便に用意することができた。

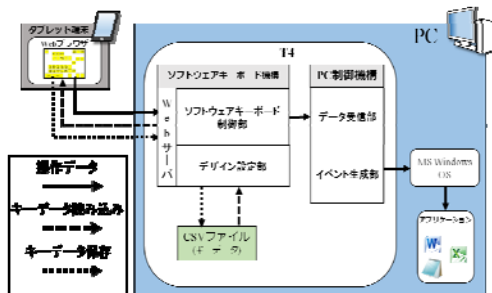


図 3 T4 の構成図

その上で、被験者実験には、実際に就労している、あるいは就労経験のある障がい者をリクルートし、様々な意見聴取を行った。通常のキーボードに比べると利用しやすさにおいて優れていることを確認したが、被験者へのヒアリング結果から、入力用のキーのサイズや位置、配色に対する様々な要求に答えられるカスタマイズ機能と、PC 上のアプリケーションでの入力確認ができる必要性が分かった。容易なカスタマイズ機能を実装したシステムを構築し (図 4)、それらの有効性もまた、実際に障がい者を対象として、被験者実験で確かめた。成果は、国際会議 (学会発表⑦) をはじめとして学会発表を行い、実現技術については、特許 (特許第 6089181 号) を取得した。

(3) ウェブキュレーションのためのパーシャルブックマーク



図 4 T4 を使用したデータ入力

ウェブ上の情報を収集することは、日常作業に欠かせない。通常その収集には、ウェブページのコンテンツの保存あるいはブックマークの登録の 2 種類の方法が取られる。前者は、コンテンツの動的な変化を反映できず、さらに他者との共有は著作権上問題が生じる可能性がある。後者の方法では、これらの問題は生じないが、ウェブページ単位での情報収集であり、結果的に多くの不必要な情報も収集することになってしまう。必要な情報を必要なだけ収集し、組織化し、かつ、他者と共有する、ウェブキュレーションの実現が望まれる。

本研究では、上記の要求を満たすために、ウェブページの構造に関係なく、任意的部分的なコンテンツをキュレートすることが可能な仕組みを実現した。多態化基盤が提供する、アプリケーションのウィンドウイメージとイベント情報をコントロールするハンドラを用いて、ウェブブラウザを多態化した拡張ブラウザとして実現できた (図 5)。そこでは、通常のブックマークをするように、ブラウザに表示された部分領域を任意に選んで、その部分だけを別領域に表示できるブックマーク、パーシャルブックマーク、を作成することができる (図 6)。様々なウェブページの複数の部分領域を並べて新たなハイパーテキストとできる。様々なハイパーテキストから部分領域を集め、組織化するという点において、トランスクリージョンの仕組みを実現していると言える。成果は、国際会議を含む学会発表を行った (②, ⑥)。

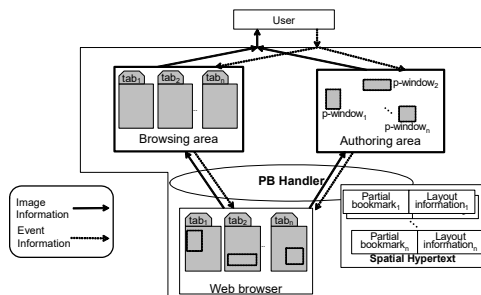


図 5 拡張ウェブブラウザの構成図

パーシャルブックマークの応用可能性を確認するため、学生が能動的に学修を行うアクティブラーニング用の自修資料作成実験


```

<PB>
<Location_information id="1">
<url> https://uist.acm.org/uist2016/</url>
<portion upper_left_x="129" upper_left_y="460"
lower_right_x="527" lower_right_y="700">
</portion>
<Location_information >
<Action_information id="1">
<event id="1">
<type><mouse_event><wheel_event> wheel_backward </wheel_event>
</mouse_event></type>
<position x="174" y="629">
:
</Action_information>
</PB>

```

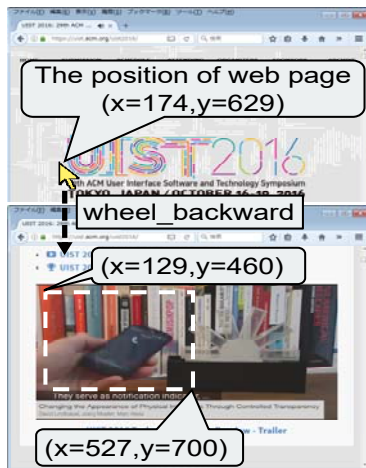


図6 パーシャルブックマーク

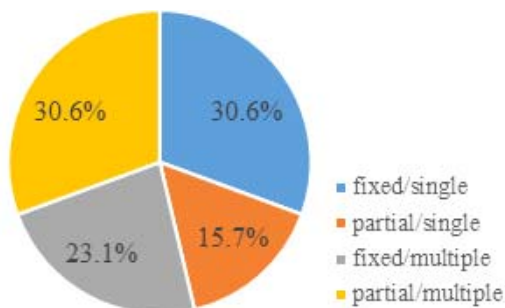


図7 配置方法の割合

も行った。ウェブ上にある豊富なコンテンツから、必要な情報を抽出・組織化（ウェブキュレーション）することで、教員だけでなく学修者自身による自修用資料作成ができる。被験者実験で、大学生が作成した自修用資料をもとにした Visual Grounded Theory 分析によるデザインパターンを分析した結果、ウェブページの構造に囚われず、自由に部分領域を選択することの有効性が明らかになった。具体的には、図7に示すように、単独(single)あるいは複数(multiple)のウェブページの構成要素の部分(partial)を収集した割合は半数に上った。ウェブキュレーションにおける、利用者の行動特性として、構成要素を必ずしも収集の単位とするわけではないことが分かった。この知見は、国際会議を含む学会で発表する (①, ③)。

<引用文献>

- [1] A. Doan, et al., “Crowdsourcing systems on the World-Wide-Web,” Companion of the ACM, vol. 54, no. 4, pp. 86-96, 2011.
- [2] A. Kittur, “Crowdsourcing, collaboration and creativity,” XRDS: The ACM magazine for students, vol. 17, no. 2, pp. 22-26, 2010.
- [3] Y. Abe, et al., “Tolerant sharing of a single-user application among multiple users in collaborative work,” Companion Proceedings of the ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (ACM CSCW’10), pp.555-556, 2010.
- [4] J. Liu, et al., “Enhancing Children’s Activity in Browsing/reading Together by the Installation of the BrowsReader in the Children’s Room of a Library,” Information Processing & Management, vol.48, no. 6, pp.1094-1115, 2012.
- [5] 石橋 他, “協調作業のためのコラボトレイを用いた同一アプリケーションの異なるバージョン間での操作互換”, 電気関係学会九州支部連合大会講演集, 03-2A-04, 2011.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 佐藤 慶三, 村上峻吾, 谷口 智明, 中島 誠, アプリケーションの共有による協調作業を促進する異なるバージョン間での操作互換, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J97-D, No. 8, pp. 1307-1317, 2014 年 8 月. (査読有)

[学会発表] (計 10 件)

- ① Takehiro Nagatomo, Takahiro Tachibana, Keizo Sato, and Makoto Nakashima, “Creating Learning Materials by Learners Themselves using Partial Bookmarking for Web Curation,” Proceedings of the 11th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS 2017), Springer, July 10-th to July 12-th, 2017. トリノ市 (イタリア). (査読有)

- ② Takehiro Nagatomo, Takahiro Tachibana, Keizo Sato, and Makoto Nakashima, “Partial Bookmarking: A Structure-independent Mechanism of Transclusion for a Portion of any Web Page,” Adjunct Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology (UIST’16), ACM Press, pp.185-186, October 16-19, 2016. 一ツ橋記念講堂 (東京都千代田区). (査読有)
DOI: 10.1145/2984751.2984761

③ 長友健洋, 立花嵩大, 佐藤慶三, 中島 誠, ウェブキューレーションに基づいた自修用資料作成におけるデザインパターン, 火の国情報シンポジウム 2017, C1-2, 2017.3.1. 鹿児島大学 (鹿児島市, 鹿児島県). (査読無)

④ 翁長拓也, 松本京介, 中島 誠, マルチタッチテーブルを用いた協調作業促進のために個人向けアプリケーションを同時操作可能にするイベントフィルタリング, 第 69 回電気・情報関係学会九州支部連合大会, 11-2A-17, 2016.9.30. 宮崎大学 (宮崎市, 宮崎県). (査読無)

⑤ 木下翔太, 松本京介, 翁長拓也, 中島 誠, 複数アプリケーションの一括管理を可能にするタブ化コラボトレイ, 第 24 回電子情報通信学会九州支部学生会講演会, D-17, 2016.9.28. 宮崎大学 (宮崎市, 宮崎県). (査読無)

⑥ 長友健洋, 佐藤慶三, 中島 誠, ウェブページの部分領域を基にした空間的ハイパーテキスト構築のためのパーシャルブックマーク, 2016 年電子情報通信学科総合大会, ISS-SP-232, 2016.3.16. 九州大学 (福岡市, 福岡県). (査読無)

⑦ Taishi Nomiyama, Naoto Sato, Kou Yamamoto, Shigeki Matsubara, Makoto Nakashima, and Takao Sugimoto, "T4: A Two-tap based User Interface System using a Touch-type Device for Motor-impaired Company Employees," Proceedings of 2015 IEEE International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-TW 2015), IEEE, pp.122-123, June 6, 2015. 台北市 (台湾). (査読有)

⑧ 野見山大史, 佐藤直人, 山元宏, 中島 誠, 松原重喜, 杉本孝夫, タブレット端末を用いた障害を持つ企業就労者向け Web ベースデータ入力システム, 火の国情報シンポジウム 2015, 4C-3, 2015.3.5. 佐賀大学 (佐賀市, 佐賀県). (査読無)

⑨ 多賀奈々美, 佐藤慶三, 中島 誠, ウェブページを利用した電子リーフレット創作のためのパーシャルブックマーク, 第 22 回電子情報通信学会九州支部学生会講演会, D-06, 2014.9.20. 鹿児島大学 (鹿児島市, 鹿児島県). (査読無)

⑩ 武谷充謙, 眞鍋頌司, 翁長拓也, 中島 誠, 遠隔協調作業を容易にするアプリケーション共有のためのドラッグ&ドロップ操作によるデータ転送, 第 67 回電気・情報関係学会九州支部連合大会, 13-12A-10, 2014.9.19. 鹿児島大学 (鹿児島市, 鹿児島県). (査読無)

[産業財産権]

○取得状況 (計 1 件)

名称: データ入力システム、情報処理装置、情報処理プログラム及びその方法

発明者: 中島 誠, 松原重喜, 佐藤直人, 野見山大史, 杉本孝生

権利者: 大分大学, 株式会社リフライ

種類: 特許

番号: 特許第 6089181 号

出願年月日: 平成 26 年 8 月 21 日

取得年月日: 平成 29 年 2 月 17 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中島 誠 (NAKASHIMA, Makoto)

大分大学・工学部知能情報システム工学科・教授

研究者番号: 000253774