

タブレット端末を利用した ダイナミックグループコラボレーション環境の構築

森 口 友 也[†] 桑 野 元 樹^{††} 高 田 秀 志^{††}

学校の教室や企業の研修室のような空間におけるグループ活動では、少人数からなるグループを複数形成し、それぞれのグループが同じ目的を共有して個別に共同作業を行うような場合がある。本研究では、このような活動にタブレット端末を活用し、ユーザが自由にグループ間を移動して共同作業を行えるような「ダイナミックグループコラボレーション環境」を構築する。この環境では、各ユーザが持つタブレット端末をお互いに結合して机上に並べ、画面上のオブジェクトを端末間をまたがって移動させることができる。また、他のグループへ移動する場合には、机上に置かれた端末を引き上げるという簡単な操作により、グループから離脱することができる。さらに、ユーザのグループ間での移動を促進するために、他グループの作業内容を通知するアウェアネス機能を提供する。このような環境の適用例として、Web 上での協調検索作業を支援するアプリケーションを構築した。

Building a Dynamic Group Collaboration Environment Using Tablet Devices

YUYA MORIGUCHI,[†] MOTOKI KUWANO^{††} and HIDEYUKI TAKADA^{††}

Group activities in a space such as a school classroom and a company's training room sometimes involve cooperative works which are achieved by separate groups of participants who share the same purpose. In this research, we exploit the tablet terminals for this kind of activities and build a dynamic group collaboration environment where users can move between groups and join another group as often as they like. In this environment, users' tablet terminals can be connected by placing in the tile form on a desk and objects on the screen can be moved across different terminals. Users can also leave a group with an easy operation of pulling up the tablet terminal. In addition, an awareness function to notify other group's status is provided in order to promote the movement of users between groups. As an application of this environment, we have built a system to support a cooperative search activity on the Web.

1. はじめに

我々の行うグループ活動のうち、同じ空間内で複数のグループに分かれて同様の目的を達成しようとするようなものがある。このような活動の例としては、小学校の教室における班活動や企業における研修活動などにおいて、共同で作品を創作したり、旅行の計画立てをしたり、イベントの企画を立案したりすることなどが挙げられる。このような作業においてグループ間のコミュニケーションがどの程度発生しているかに着

目してみると、作業の開始から終了までグループの構成は多くの場合固定であり、作業中に他のグループと口頭でのコミュニケーションを交えて共同することはほとんどない。しかし、このような活動では作業の目的を共有しているため、同じ空間内の複数のグループ間でメンバーを入れ替ながら作業すれば、固定されたメンバーで作業しているときには気づかなかった考え方や予期しない情報を獲得できるようになると考えられる。また、他のグループと共に作業することで空間内での一体感が生まれ、参加意識の向上が期待される。

従来、小学校における班によるポスター制作のように紙を用いた協調作業の場合、生徒がポスターの一部を破いて、ポスター上の図や文章の一部を他の班に持っていくようなことは現実的ではない。そのため、グループ間でまたがって成果物を共有するには、生徒はポスターを他の班に見せにあげるか、別の紙に図や

[†] 立命館大学院 理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

^{††} 立命館大学 情報理工学部

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

文章の一部を書き写して渡すこととなる。また、このような作業をラップトップPCを使って行う場合を想定すると、参加者が他のグループと協調作業するためには、作業に利用しているラップトップPCを持ってグループのもとまで行かなくてはならず、物理的な制約が大きい。また、あるグループでの参加者の成果物を別のグループのメンバーに渡すためには、渡したい部分を含むファイルなどをメールやファイルサーバで共有したり、USBメモリを使って受け渡しなどを行う必要があり、非常に手間がかかる。

一方で、近年 Apple 社の iPad をはじめとしたタブレット端末が普及している。その軽量さと形状から、従来のラップトップPCよりも手軽に持ち歩くことが可能となった。本研究では、同じ空間内で複数のグループがメンバーを入れ替えながら行うような活動にこのタブレット端末を活用することを考える。グループのメンバーは各自タブレット端末を持ち、他のメンバーと共同で作業を行う場合には、それぞれが持つタブレット端末を机上に並べてお互いに結合し、情報のやりとりを自由に行えるようにする。また、グループ内で個人作業を行う必要が発生した場合や他のグループへ移動するような場合には、自分の端末を机上から持ち上げるだけでグループ内での成果物を自分のタブレットに保持したままグループから離脱できるようになる。さらに、ユーザのグループ間での移動を促進するために、他のグループと共有するべき情報を自動的に見つけ、それをユーザに対して推薦できるような機能を提供する。

本稿では、上記のようにユーザが動的に作業グループを構成可能な環境を「ダイナミックグループコラボレーション環境」と呼ぶこととする。このような環境を活用することによって、ユーザはグループ間を手軽かつ自由に行き来し、他グループとのコミュニケーションの機会を得ることができるようになり、グループワークにおける新たなきっかけを見つけることが期待される。

2. メンバーが動的に交替するグループワーク

本節では、本ダイナミックグループコラボレーション環境が想定する利用シーンについて詳しく述べ、さらに、関連研究との差異について検討を行う。

2.1 利用シーン

ひとつの部屋に集まって複数のグループに分かれて行われる対面協調作業の一例として、コーディング勉強会を挙げる。コーディング勉強会において参加者たちは3,4人からなるグループに分かれて開発を行う。

グループでの開発は、勉強会での講義やメンバーの事前知識、開発中に検索して獲得した情報などをもとに進められる。しかし、開発を進める上でひとつのグループがもつ情報だけでは足りずに行き詰ってしまうことがある。このようなとき、他グループのメンバーとともに話し合ったりソースコードを見せ合うことでグループ内では気付かなかった情報や知識が得られることがあるのではないかと考えられる。また、参加者がグループ外の参加者も同じ課題に取り組んでいるということに改めて気づき、他の参加者と会話することによって参加意識が高められることも期待される。

2.2 関連研究

コンピュータを利用した対面環境におけるグループワーク支援として、我々のグループでは図画工作のような創作活動を複数人で行うための環境を構築している¹⁾。この環境では、ユーザは各自のラップトップPCを用いて、仮想空間上でグループによる共同創作を行うことができる。また、テーブルトップデバイスを利用した例として、Meredithらは協調検索活動のための環境として WeSearch を構築している²⁾。この環境では、テーブルトップディスプレイ上で Web 上の検索結果を付箋のように扱うことができ、複数人で共通の課題を解決するような作業を支援することができる。さらに、タブレット端末を利用したグループ内の KJ 法への応用も検討されている³⁾。この環境では、複数のユーザが持つタブレット端末をタイル上に並べて利用することが提案されている。しかしながら、いずれもユーザが参加しているグループ内での協調作業を対象としており、同様の作業を行っている他のグループとのコラボレーションは考慮されていない。そのため、共通の目的を持ったユーザが集まっているにもかかわらず、あるユーザが共に作業できるのは同一の小グループに属しているユーザだけとなることは少なくない。

3. ダイナミックグループコラボレーション環境

本稿で提案するダイナミックグループコラボレーション環境において、ユーザの活動がどのように遷移するかを図 1 に示す。各グループの作業空間は模造紙をメタファとしており、ユーザは模造紙を千切ったり貼り合わせたりするように各自のタブレット端末をアドホックに接続させたり離脱させることができる。また、ユーザはグループ内の他のユーザに対してオブジェクト(成果物)をお互いの端末内で相互に移動させることができる。オブジェクトの交換は同じグループ内に

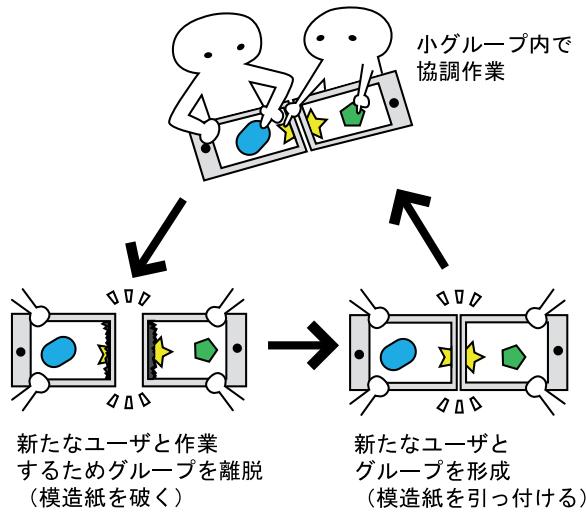


図 1 ダイナミックグループコラボレーション環境
Fig. 1 Dynamic group collaboration environment

属するタブレット端末間でのみ可能である。もしユーザが他のグループにオブジェクトを渡したい場合、または、他のグループからオブジェクトを貰いたい場合は、ユーザが所属しているグループから離脱して他のグループに参加する必要がある。あるいは、オブジェクトを貰ったがっているユーザの所属するグループに移動して参加しなくてはならない。このように、ユーザはダイナミックグループコラボレーション環境において他グループとオブジェクトを交換する場合、足を運んで他グループに参加する必要がある。ユーザが他グループの情報を取得したいだけならば、ネットワークを介して情報を送信してもらうことで十分かもしれない。しかし、本研究はユーザが共に作業する相手を意識して対面し、コミュニケーションを取ることが重要であると考え、作業し合うユーザ同士が対面してオブジェクトのやり取りを行うような環境の構築を目指している。

さらに、ユーザのグループ間での移動を促進するために、他のグループでの作業内容に対するアウェアネスを高めたり、自分のグループが保持する情報が他のグループに役立つことを通知するような機能を提供する。これがどのような機能であるかは、本ダイナミックグループコラボレーション環境でどのような作業を支援するかに依存するが、例えば、先に挙げたコーディング勉強会の例では、他のグループがプログラミングマニュアルのどの部分を参照しているかといった情報が分かるようにしたり、自分のグループで検索したコーディング方法と同じものが他のグループでも検索されているなどの情報を通知するようなことが考えられる。

4. 実 装

本節では、iPad を用いて実現したダイナミックグループコラボレーション環境の実装について述べる。

4.1 ダイナミックグループコラボレーション環境

本研究では、ユーザが持つタブレット端末と Wifi 環境さえあればダイナミックグループコラボレーション環境が実現可能となるように、サーバを必要としないグループ管理機構を構築する。ダイナミックグループコラボレーション環境で管理されるべき情報として、ユーザの端末と隣接する端末との対応情報が考えられる。端末の隣接情報は、グループ内におけるオブジェクト移動やグループへの接続時、離脱時に必要となる。また、どのユーザがどのグループに所属しているかという情報も管理すべき情報である。本節では、端末の隣接情報管理とユーザの所属グループ情報管理をサーバ無しで実現するための手法を述べる。

4.1.1 端末の隣接情報管理

ユーザが他ユーザの端末のネットワークアドレスを知ることなく、複数の端末間を容易に接続できるようにする方法として、端末に対するジェスチャを用いた同期手法が挙げられる。Holmquist らは、加速度センサを利用して、同じタイミングで振られた複数の端末を同期することを実現している⁴⁾。また、Hinckley らは、複数の端末のディスプレイ上にペンデバイスで通路に見立てた線を描くことで複数の端末の同期を実現している⁵⁾。Hinckley らの手法では、はじめに線が描かれた端末の入力終了時刻と次に線が描かれた端末の入力開始時刻から求められる差分によって、各端末間の接続許可を決定している。この手法では複数の端末で収集される入力時刻をサーバによって管理している。

本研究では、Hinckley らの手法を応用し、各タブレット端末がグループに属する端末に対してブロードキャストによる端末情報の送信を行うことによって、サーバを必要としないコネクション機構を実現する。ユーザがグループとして結合したい複数のタブレット端末の画面を一筆書きに繋ぎなぞることで、各端末は図 2 に示されたタッチイベントの発生時刻と座標を通知しあう。これにより、各端末における隣接端末を認識することが可能となる。図 2 中の端末 A と端末 B において、 t_{A_end} と t_{B_start} の差が一定の値以下である場合、端末 A の上部と端末 B の上部は接続状態となる。このような状態で、端末 A に表示されたオブジェクトを上部にドラッグすると、オブジェクトは端末 B の上部へ移動する。

一方で、ユーザがグループから離脱する場合には、

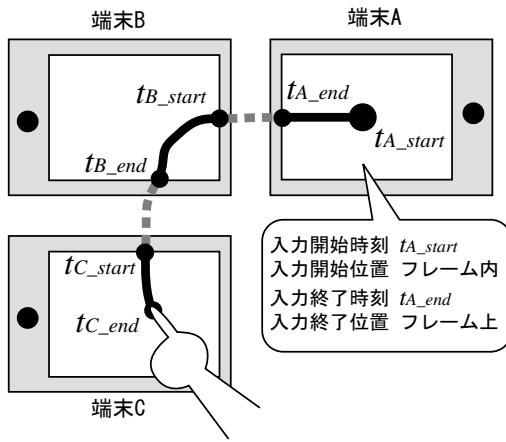


図 2 コネクション機構
Fig. 2 How to connect tablet devices

自身の端末をユーザの手前に持ち上げる動きを加速度センサで認識することで、グループからの接続解除を処理する。上記のモーション検知を実現するため、端末を持ち上げるときの加速度センサーの値を観察する予備実験を大学生 7 人の協力を得て行った。その結果、 z 軸方向の加速度に着目すると、端末を持ち上げる方向を正の向きとしたとき、 $-1.9m/s^2$ から $-1.5m/s^2$ の負の値を観測してから 0.2 秒後に平均 $2.5m/s^2$ の加速度の増加が見られた。ユーザが端末を持ち上げたときに負の加速度が発生する理由は、ユーザの腕が上がるときに端末の重みによって手首が下がったためと考えられる。さらに、ユーザが端末を持ち上げるときには手首がスナップして上がるため、 z 軸方向の加速度に大きな増加が観測されたと考えられる。これらの結果をもとに、端末の z 軸方向の加速度を 0.2 秒の間隔で検知し、 $-1.5m/s^2$ 以下の値が観測された後の加速度が前回の値より $2.5m/s^2$ 以上であればグループを離脱するように定義した。グループから離脱した端末は、新たなグループに参加できるように他端末との接続待ち状態となる。

4.1.2 ユーザの所属グループ情報管理

ダイナミックグループコラボレーション環境において、グループの作業空間は Bonjour のサービスとして発行される。まずははじめに、図 3 のように、あるユーザが作業を始める前に作業空間サービスを発行した後、他のユーザがサービスに参加することでグループが形成される。このとき、グループに参加するユーザは、どのグループのサービスに参加するかを端末上から選択する。次に、グループ内においてユーザがどのユーザと隣り合わせ、または真向かいの関係にある

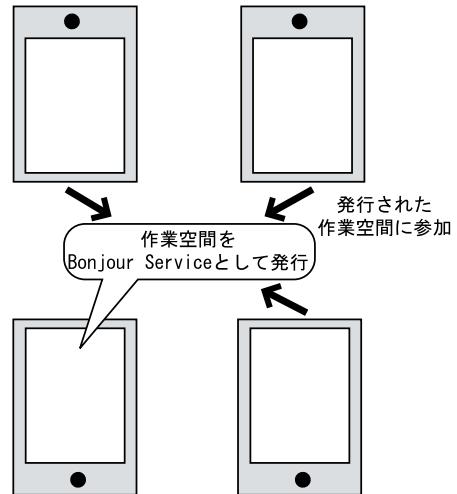


図 3 作業空間の形成
Fig. 3 How to make a workspace

かをシステムに知らせる必要がある。これは 4.1.1 節で挙げたタッチイベントによる接続によって実現されている。

グループが形成されたとき、ユーザはオブジェクトを画面端にドラッグすることで、オブジェクトをその画面端と接続された隣接端末へ移動することができる。他端末へオブジェクトを移動させるためのデータ通信は、シリアル化されたオブジェクトを WiFi 環境下での TCP/IP 通信によって送受信することで実現されている。端末がサービスに参加すると、端末自身とサービスに参加している各端末との間にソケットを生成し、コネクションを確立する。生成されるソケットは、他端末からのオブジェクト移動を処理するための読み込み用ソケットと端末からのオブジェクト移動を通知するための書き込み用ソケットの 2 つである。ユーザが端末間でオブジェクトを移動させると、本システムはシリアル化されたオブジェクトと移動先の端末情報にオブジェクト自身のデータサイズを示したヘッダを附加して送信する。これによって、グループ内における端末間の P2P によるオブジェクトの送受信が実現される。

ユーザがグループを離脱しても、ユーザの端末上に存在しているオブジェクトはそのまま保持される。これにより、ユーザはそれまで参加していたグループで生成したオブジェクトを別のグループと作業するときも使用することができる。

4.2 情報検索活動のためのアプリケーション

ダイナミックグループコラボレーション環境の適用アプリケーションとして、Web 上での情報検索をもとしたグループでの意味形成活動のためのアプリケーションを構築した。本アプリケーションを利用したグ

ループ内での作業の様子を図 4 に示す。旅行の計画立てというタスクを与えたユーザは、グループを形成したのちに観光地や交通費、土産品などを分担しながらブラウザで調査する。ユーザが参考になるとと思ったページはキャプチャ画面と URL をセットとしたイメージオブジェクトとして作業空間に保存することができる。このとき、ユーザが検索に使用したクエリはタグ情報として、画面上の青いタグオブジェクトとして保存される。イメージオブジェクトとタグオブジェクトは、ドラッグ操作によってグループ内で移動させることができる。

ユーザが調べた情報やクエリがグループにとって有用でなかった場合、あるいは新たな情報探しに行き詰った場合、作業内容が似通った他グループとの情報共有は作業を進める上でも口頭コミュニケーションの機会としても有用であると考える。本アプリケーションでは、意味形成活動中に使用されたクエリ、すなわちタグオブジェクトを各グループの作業内容を表現するものとみなし、各グループ間のタグオブジェクトの関連性から測定された類似度にもとづいて他グループを推薦する。通知を受けたユーザが他グループと共同作業する場合、図 5 のように端末を持ち上げることでグループから離脱して、新たに他グループと接続する。

同様の意味形成活動の例として、前述の WeSearch ではユーザがなるべくソフトウェアキーボードを利用しないための工夫が施されている。例えば、Web ブラウザ上で取得したページを DOM 木にもとづいて分解することで、ユーザは各要素をイメージオブジェクトとしてクリップすることができる。しかし、クリップしたイメージオブジェクトに対するタグの入力にはソフトウェアキーボードが必須となる。本アプリケーションでは、検索クエリをタグとして自動的に生成することでユーザのソフトウェアキーボードの利用頻度を抑えている。

5. おわりに

本稿では小グループが複数存在する対面協調作業において、ユーザ自身が所属するグループだけでなく、他グループとも口頭コミュニケーションを交えながら協調作業するための支援として、ダイナミックグループコラボレーション環境を提案した。本環境はユーザが作業に用いるタブレット端末と Wifi 環境のみで構築されており、グループへの接続と離脱を容易に実現する。さらに、適用アプリケーションとして、Web による情報検索をもとにした意味形成活動を支援するアプリケーションを構築した。このアプリケーション



図 4 グループ間でのオブジェクトの移動
Fig. 4 Moving an object between groups

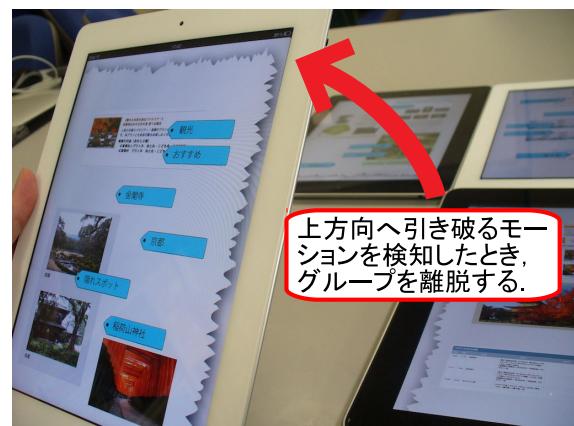


図 5 グループからの離脱
Fig. 5 Leave the group

では、検索に利用した情報をもとに他グループとの協調作業を推薦することで、他のグループとのコミュニケーションの機会を生み出すことができる。

今後は本アプリケーションを用いた実験を行い、観察結果とアンケート調査によって他グループとの作業のしやすさについて評価するとともに、ダイナミックグループコラボレーション環境に適した利用例を検討していく予定である。

参考文献

- 1) 柿内達真, 取越翔太郎, 櫻打彬夫, 大東和忠幸, 野口尚吾, 高田秀志 : SnowBoy : 教室内でのプログラミング作品共有による共同創作が可能な初等教育向け協調学習支援システム, 情報処理学会研究報告. GN72, No.1, pp.1-6 (2009).
- 2) Meredith, R. M., Jarrod L., and Daniel W.: WeSearch: Supporting Collaborative Search and Sensemaking on a Tabletop Display, Proceedings of the 2010 ACM Conference on Com-

- puter Supported Cooperative Work, pp. 401–410 (2010).
- 3) 爰川知宏, 五郎丸英樹, 前田裕二, 伊藤淳子, 宗森純：累積型発想支援における複数タブレット端末の活用, 情報処理学会研究報告, GN78, No.11, pp.1–6 (2011).
- 4) Holmquist, L., Mattern, F., Schiele, B., Alahuhta, P., Beigl, M., and Gellersen, H.: *Smart-Its Friends: A Technique for Users to Easily Establish Connections between Smart Artefacts*, Ubicomp'01, pp.116–122 (2001).
- 5) Hinckley, K., Gonzalo R., Francois G., Patrick B., and Marc S.: *Stitching: Pen Gestures that Span Multiple Displays*, Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces(AVI'04), pp.23–31 (2004).