

平成21年5月25日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19700054
 研究課題名（和文）仮想空間と実空間を親和的に融合するユニバーサルワークスペースの構成法

研究課題名（英文）Universal Workspace Construction Method to Fuse Virtual and Real spaces with affinity

研究代表者

北形 元 (KITAGATA GEN)

東北大学・電気通信研究所・准教授

研究者番号：20344731

研究成果の概要：

本研究は、現在のデスクトップ主体のコンピューティングスタイルと来るべきユビキタスコンピューティング環境の両者を親和的に融合し、利用者の協働作業を支援する統合的な協働作業環境として「ユニバーサルワークスペース」を実現するための理論的な枠組み、および基礎技術要素の開発を行った。具体的には、利用者が協働作業に必要な空間やアプリケーションを設計・公開・再利用することで柔軟に協働作業環境を構築可能なシステムを実現する、分散部分空間結合に基づく開放型アプリケーション連携法を提案し、有効性を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,500,000	0	2,500,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	240,000	3,540,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学 ・ 計算機システム・ネットワーク

キーワード：①ユニバーサルワークスペース、②協働作業支援、③3次元仮想空間、④感覚的現実感、⑤ユビキタス

1. 研究開始当初の背景

本研究は、現在のデスクトップ主体のコンピューティングスタイルと来るべきユビキタスコンピューティング環境の両者を親和的に融合し、利用者の協働作業を支援する統合的な協働作業環境として「ユニバーサルワークスペース」を実現するための理論的な枠組み、および基礎技術要素の開発を目的としている。

これまでの国内外におけるユビキタスネ

ットワーク、およびユビキタスコンピューティングに関する研究開発は、主に **Mobile** (移動性) と **Pervasive** (遍在性) に焦点が当てられてきた。すなわち、「ユビキタス」に関する既存研究は、従来のデスクトップ環境を脱却し、移動性と遍在性を備えた新しいコンピューティング環境を実現するための技術開発と言える。しかしここで、将来のユビキタスネット社会におけるコンピューティングスタイルを考えた場合、従来の移動性・遍

在性の乏しいコンピューティング環境も継続して利用されると考えられる。すなわち、ユビキタスネットワーク社会における理想的なコンピューティングスタイルとは、従来のデスクトップ環境から、移動性・遍在性を備えた新しいコンピューティング環境へ移行する（切り替わる）ものではなく、拡張する（両者を包含する）ものであると言える。以上の背景から、現在のデスクトップ主体のコンピューティングスタイルとユビキタスコンピューティング環境の両者を親和的に包含するユニバーサルなワークスペース（協働作業環境）の構築技術が必要になるのではないかという着想に至った。

2. 研究の目的

本研究は、ユビキタスネットワーク社会を実現する2大技術、すなわち通信基盤技術（有線・無線インフラ）とデバイス技術（携帯端末、センサ、情報家電等）に続く第3の技術として、ソフトウェア技術に着目し、現在のデスクトップ主体のコンピューティングスタイルと来るべきユビキタスコンピューティング環境の両者を親和的に融合し、利用者の協働作業を支援する統合的な協働作業環境として「ユニバーサルワークスペース」を実現するための理論的な枠組み、および基礎技術要素の開発を目的としている。

3. 研究の方法

本研究では、平面状のデスクトップの限界を超え利用者の作業空間を奥行き方向へと拡張し、これをネットワークを介して他の利用者と共有し、拡張された作業空間を実空間の座標と重ね合わせることにより、デスクトップ主体のコンピューティング環境とユビキタスコンピューティング環境を親和的に包含する「ユニバーサルワークスペース」を構築するための理論的な枠組み、および基礎技術要素を開発する。具体的には、以下の(1)～(7)の7項目について研究開発を推進する。

(1) 既存関連技術の調査・分析

ユビキタス関連技術の調査・分析を通じ、解決すべき技術課題を明確にする。

(2) ユニバーサルワークスペースの基本アーキテクチャの確立

(1)の分析結果を踏まえ、ユニバーサルワークスペースを実現するための基本アーキテクチャを確立する。

(3) 分散部分空間結合型3次元仮想空間構築技術の開発

(2)で開発した基本アーキテクチャに基づき、利用者が自由に設計した3次元仮想空間（部分空間）を結合し、ひとつのシームレスな仮想空間（ユニバース）を構築する技術を開発する。

(4) 動的オブジェクト共有技術の開発

(3)で構築したユニバースに、利用者とインタラクションする動的オブジェクトを稼働させる機能を追加し、協働作業を支援するユニバースブラウザを開発する。

(5) 仮想空間・実空間融合技術の開発

(3)、(4)で実現した仮想空間であるユニバースを、既存のセンサ技術を活用し、実空間の座標系に融合する技術を開発し、ユニバーサルワークスペースの試作する。

(6) ユニバーサルワークスペース評価用アプリケーションの設計・実装と評価実験

(5)で試作したユニバーサルワークスペースのための評価用アプリケーションの設計・実装を行い、評価実験を通じ、ユニバーサルワークスペースの利便性・有用性についての評価を行う。

(7) 総合評価

(1)～(6)の開発項目を総括し、総合評価を行う。

4. 研究成果

(1) 提案法の概要

利用者が協働作業に必要な空間やアプリケーションを設計・公開・再利用することで柔軟に協働作業環境を構築可能なシステムを実現するために、その基盤となる分散部分空間結合に基づく開放型アプリケーション連携法を提案する。本提案法は、以下の(S1)、(S2)の二つの手法から成る。

(S1) 従属型空間結合手法による共有仮想空間構成手法開放型空間構成手法において、設計方針の異なる部分空間を結合することで発生する矛盾を解消するため、ある空間から見た場合の空間の結合状態を全体空間構成として維持しつつ、部分空間を結合する、従属型空間結合手法を導入する。これにより、部分空間の再利用性を飛躍的に高め、設計者の開発負担を軽減する。

(S2) 作用伝達に基づくアプリケーション間連携手法アプリケーションを開放的に構成し、利用者によるそれらの自由な連携を実現するため、作用伝達に基づくアプリケーション間連携手法を提案する。また、具体的な連携手法として、物理的なインタラクションによるアプリケーション間連携法を導入する。これにより、現実世界において、道具を用いて対象を操作するような、直感的な操作が可能なアプリケーションの提供を可能とする。以下、(S1)、(S2)それぞれの内容について詳述する。

(2) 従属型空間結合手法による共有仮想空間構成手法

既存の分散型部分空間結合手法では、二つの共有空間を行き来できるように結合するには両者が相互に参照関係を定義する必要があるなど、ある共有空間を再利用する際に

その空間の設計者に影響を与えてしまうため、共有空間の再利用性が大きく低下する。そこで、参照先空間から定義される参照関係を無視して、参照先空間を強制的に参照元空間の一部として結合することにより、参照先空間の設計方針に依存しない自由な共有空間の再利用を可能とする新しい空間結合手法を提案する。この手法では参照元空間と参照先空間との間に主従関係が生じることから、これを従属結合と呼ぶ。一方、このような主従関係を生じない既存の結合手法を対等結合と呼ぶ。

(3) 作用伝達に基づくアプリケーション間連携手法

アプリケーションの開放的な構成を実現するため、作用伝達に基づくアプリケーション間連携手法を導入する。作用伝達に基づく連携手法とは、従来の連携手法がデータのやりとりにより連携動作していたのに対して、アプリケーションが他のアプリケーションに与える作用を伝達し、連携動作を行う手法である。これにより利用者は、あるアプリケーションの機能を他のアプリケーションに対して作用させ、アプリケーション同士を柔軟に連携動作させることが可能となり、アプリケーション機能の再利用性を向上可能となる。本手法によって、現実世界における「道具」と、その「作用対象」に対応するアプリケーションを表現することが可能である。具体的には、作用を用いることで、現実世界における「道具」を作用を送信するアプリケーションとして、またその「道具」の「作用対象」を作用を受信するアプリケーションとして表現することが可能である。

(4) プロトタイプシステムの設計と実装

① 上述した提案法を実証する具体的なシステムとして、協働作業支援を例としたプロトタイプシステムの設計、及び実装について述べる。前節で述べた空間構成を記述するため、SSML (Symbiotic Space Markup Language) フォーマットを新たに定義した。SSML は URL によって他の SSML への参照を定義可能な、XML 形式の空間構成記述フォーマットである。本システムは複数の SSML サーバ、空間共有サーバ、アプリケーション提供サーバ、及び空間共有クライアントによって構成される。これらはそれぞれ以下のような機能を持つ。

[SSML サーバ] 空間共有クライアントからの要求に応じて SSML を配信する。

[空間共有サーバ] 利用者の参加状況などの共有空間の状態情報を保持し、共有空間の変更を空間共有クライアントに配信する。

[アプリケーション提供サーバ] 空間共有クライアントが送信するインタラクション

情報に基づいてアプリケーションを駆動する。また、アプリケーションの出力を空間共有サーバに送信する。

[空間共有クライアント] SSML を動的に読み込み空間を構成する機能と、空間共有サーバから配信される空間の変更を適用する機能を持つ。また、構成した空間に基づいてインタラクションを媒介する機能を持つ。

② プロトタイプシステムとして、SSML サーバ、空間共有サーバ、アプリケーション提供サーバ、及び空間共有クライアントを実装した。また、アプリケーション提供サーバから提供されるアプリケーションとして、ホワイトボードアプリケーション、レーザーポインタアプリケーション、ペンアプリケーション、消しゴムアプリケーションをそれぞれ実装した。個々のアプリケーションは、独立したアプリケーションである。

(5) 実験と評価

電子会議を想定した複数のアプリケーションを空間上に配置し、それらを操作したときの動作を確認する実験を行った。

① アプリケーション間連携動作実験

「ペン」と「ホワイトボードアプリケーション」による連携動作の様子を図 1 に示す。「ペンアプリケーション」は、“接触する”インタラクションによって「ホワイトボード」と連携動作する。このとき、それぞれ伝達された作用の適用方法が異なるために、連携動作結果が異なり、ホワイトボード上の画像の描画属性が変わることが確認できた。

次に、「レーザーポインタ」と「ホワイトボードアプリケーション」による連携動作の様子を図 2 左 に示す。「レーザーポインタ」は、向けられた方向に“指し示す”インタラクションの要求を送信した。この要求が媒介され、空間上での位置関係に基づいて、「ホワイトボード」がインタラクションを受信することで、「レーザーポインタ」と連携動作し、「レーザーポインタ」による作用である画像の描画が適用された。

さらに、「消しゴム」と「ホワイトボード」による連携動作の様子を図 2 右 に示す。「ペン」の場合と同様に、“接触する”インタラクションに基づいて「ホワイトボード」と連携動作するが、このとき「消しゴム」はその

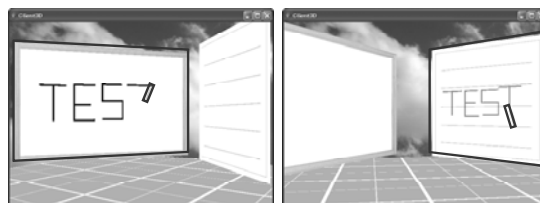


図 1 ペイントアプリケーション 1

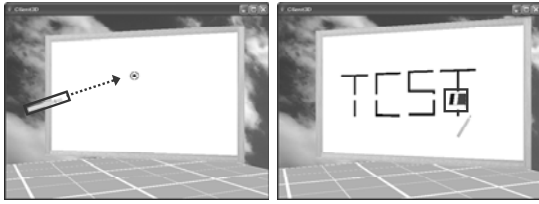


図 2 ペイントアプリケーション 2

作用として「ホワイトボード」に描画された画像の消去を要求する。このように、本提案法では、複雑な機能を構成することも可能である。

以上の実験を結果通じ、提案手法の有効性を示した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 酒徳 哲, 黒田 貴之, 北形 元, 木下 哲男, 白鳥 則郎, "分散部分空間結合に基づく開放型アプリケーション連携法", 電子情報通信学会論文誌B, Vol.J92-B No.4, pp.741-749, 2009, 査読有。
- ② 長田 俊明, 牧志 純, 北形 元, 木下 哲男, 木下 哲男, "多対多マルチメディア通信のための反復型アプリケーション層マルチキャストツリー構成法", 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J92-B, No. 1, pp.98-108, 2009, 査読有。
- ③ 武田 敦志, 北形 元, 松島 悠, 木下 哲男, 白鳥 則郎, "P2Pネットワークのための分散ハッシュ型認証手法", 情報科学技術レターズ, 6 巻, pp.433-436, 2007, 査読有。(FIT2007 論文賞受賞)

[学会発表] (計 12 件)

- ① Takayuki Kuroda, Gen Kitagata, et al., "Flexible open 3D digital space combination scheme for symbiotic collaborative works," The 7th IEEE International conference on Cognitive Informatics (ICCI2008), Aug 14-16, 2008, California, USA.
- ② Atushi Takeda, Gen Kitagata, et al., "A New Authentication Method with Distributed Hash Table for P2P Network", The 22nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications - Workshops (AINAW2008), Mar 25-28, 2008, Okinawa, Japan.
- ③ 北形 元 他, "パーセプチュアルウェアの実現へ向けた開放型デジタル空間構成法", 電子情報通信学会総合大会, 2008 年 3 月 18-21 日, 北九州。

- ④ 北形 元 他, "反復型ミドルウェアレベルマルチキャストツリー構成法の実証と評価", 電子情報通信学会総合大会, 2008 年 3 月 18-21 日, 北九州。
- ⑤ 牧志 純, 北形 元 他, "ノード間の通信品質の偏りを軽減する MLM ツリー構成法の評価", 第 5 回 先端的ネットワーク & コンピューティングテクノロジーワークショップ, 2008 年 3 月 13 日, 仙台。
- ⑥ 北形 元 他, "共生型協働作業支援のための開放型三次元デジタル空間構成法", 電子情報通信学会人工知能と知識処理研究会, 2007 年 11 月 26 日, 東京
- ⑦ 酒徳 哲, 北形 元 他, "オブジェクトのインタラクションに基づく 3 次元仮想協調作業環境のためのアプリケーション間連携方式の提案", 電子情報通信学会 IN 研究会, 2007 年 9 月 20-21 日, 仙台。
- ⑧ Jun Makishi, Gen Kitagata, et al., "Evaluation System and Its Design of Iterative ALM Tree Construction Method for Many-to-Many Multimedia Communication", 電子情報通信学会 IN 研究会, 2007 年 9 月 20-21 日, 仙台。
- ⑨ 小川 悟史, 北形 元 他, "現実空間での社会的振舞を活用した柔軟かつ安全なアクセス制御方式", 電子情報通信学会 IN 研究会, 2007 年 9 月 20-21 日, 仙台。
- ⑩ George Serban Radescu, Gen Kitagata, et al., "Access Control in Cooperative Environments utilizing Social Systems -- ACCESS --", 電子情報通信学会 IN 研究会, 2007 年 9 月 20-21 日, 仙台。
- ⑪ Jun Makishi, Gen Kitagata, et al., "Improving Networked Cooperative Work based on Concept of Symbiotic Computing", 平成 19 年度電気関係学会東北支部連合大会, 2007 年 8 月 23-24 日, 弘前。
- ⑫ 酒徳 哲, 北形 元 他, "分散型部分空間の結合による共有仮想空間の構成法", 情報処理学会シンポジウムシリーズ-マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, 2007 年 7 月 4-6 日, 三重。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北形 元 (KITAGATA GEN)
東北大学・電気通信研究所・准教授
研究者番号：20344731

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし