

共有情報制御による効果的な共同作業支援

牧志 純, 宮本 俊光, 北形 元, 菅沼 拓夫, 白鳥 則郎

東北大学電気通信研究所/情報科学研究科

本稿では, 共生コンピューティングの概念に基づき, 実空間 (RS) とデジタル空間 (DS) の間の情報の流れを制御し, ネットワークを介した共同作業の効果的な支援を実現する手法を提案する. 具体的には, 共有する作業領域の適切な利用制限, および各個人の作業領域の監視によって, 共有情報を効果的に扱うことのできる手法を提案する. 本稿では, 本手法を共有ホワイトボードシステムに適用し, その設計および実装について詳細を述べる. また, 提案システムをアイデア創作のための共同作業に適用し, 評価実験を行った. 実験結果から, DS 内の必要な情報を適切なタイミングで RS 側に提供することにより, 創作作業の結果が向上することを確認した. これにより, 本手法の有効性を示す.

Effective Support in Networked Cooperative Work using Shared Information Control

Jun Makishi, Toshimitsu Miyamoto, Gen Kitagata
Takuo Sukanuma, Norio Shiratori

Research Institute of Electrical Communication/
Graduate School of Information Science, Tohoku University

In this paper, based on the concept of Symbiotic Computing, we propose a scheme to effectively support networked cooperative works by controlling information flow between real space (RS) and digital space (DS). In practice, our scheme accordingly restrains usage of shared workspace and monitors personal workspace in order to effectively utilize shared information. In this paper, we implement our proposed scheme on shared whiteboard system and apply the implemented whiteboard system into a cooperative work for idea finding. From experimental results, we found that the idea finding work were accelerated as a result of providing RS with necessary information in DS at the appropriate time, and in consequence, we evaluated the effectiveness of our scheme.

1 はじめに

近年のネットワーク技術や計算機技術の発展に伴い, 知的共同作業の支援を目的として様々なネットワーク型共同作業支援システムが開発されてきた [1, 2]. これらのシステムは, 物理的に離れた場所に存在する共同作業グループのメンバー間で共同作業に必要な情報源や作業自体を共有する方法を提供している. その例として, 共同設計支援システムや共有ホワイトボードシステムなどが挙げられる. 共有ホワイトボードシステムとは, ネットワー

ク上で接続されたユーザ同士が, リアルタイムに画像を描画・共有することを実現するシステムであり, WindowsNetmeeting[3] などで提供されている. なお本稿では, 具体的な共同作業支援システムの例として, この共有ホワイトボードシステムを扱う.

従来の共同作業支援システムは, 主に情報資源や作業状態の共有方法, およびそれらにアクセスする方法にのみ焦点をあてている. そのため, 共有情報がネットワーク上に溢れ, その活用が困難となることや, さらに, 逆に共同作業を妨げてしまう可能

性があることから、より安全で高度な共同作業支援システムの実現が期待されている。我々は、このような問題を、現実空間 (Real Space: RS) とデジタル空間 (Digital Space: DS) との隔たり (u-Gap) によるものと考え、RS と DS の間に「共認知」を実現することでこれらの問題を解決する「共生コンピューティング」の概念を提唱している [4, 5]。本稿では、この共生コンピューティングの概念に基づき、高度な共同作業支援システムによる共同作業の効率向上を目的として、共有作業領域の適切な利用制限、および個人作業領域の監視により、RS と DS 間の共有情報の流れを制御する手法を提案する。

本稿の構成は、2章で共生コンピューティングの概念について述べ、3章で提案手法について述べる。次に4章で、提案システム的设计・実装を行う。そして5章で、提案システムを用いた実験・評価を行い、最後に6章でまとめと今後の課題について述べる。

2 共生コンピューティングの概念

2.1 共認知

これまで現実空間 (RS: Real Space) の人々は、デジタル空間 (DS: Digital Space) に対し多大な社会投資を行い、大きな効果を期待してきたが、十分なサービスを受けることができていない。この阻害要因を我々は u-Gap と呼んでいる。例えばデジタルデバイドや情報洪水の問題なども u-Gap の一種である。この u-Gap 問題を解決するには、RS と DS の双方が相手の状況を理解する「共認知」の実現が重要である。共認知とは、図1に示すように RS 認知と DS 認知が相互に実現された状態である。ここで RS 認知とは、RS の社会知や環境情報などを DS が自律的に獲得することであり、DS 認知とは、DS の情報やサービスなどを RS に分かりやすく表示、提供することである。

例えば、DS は、RS のコンピュータやモバイル端末などから、RS の情報を自律的に取得し、RS における人々の活動を認識して、その要求・意図を理解し、RS に適切な情報やサービスを能動的に提供する。共生コンピューティングとは、これまで受動的であった DS に自律性を創生し、RS と DS の共認

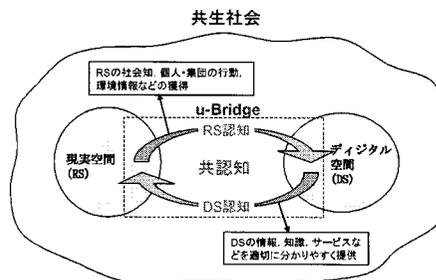


図 1: 共認知

知を実現するためのコンピューティングである。

2.2 共同作業における共認知

従来の DS は受動的であり、共同作業において、RS 内の人から要請があったときのみ情報を提供するか、あるいは RS の状況を考慮せずに常に無差別に RS に情報を提供してきた。このため、RS 側の人間にとって共同作業に必要な情報が適切なタイミングで提示されず、また時には無用な情報の流通により作業が停滞してしまい、共同作業の効率が大幅に低下してしまう。これは、共同作業における u-Gap である。

共生コンピューティングによって RS と DS の共認知が実現すると、DS は RS 側の状況を判断して必要なときに必要な人にだけ情報を提示することが可能となり (DS 認知)、RS 内での知的作業が阻害されず、その作業結果が質的に向上する。さらにその結果を DS 内に取り込み (RS 認知)、複数の共同作業のグループメンバー間で共有することで、効果的に RS での作業にフィードバックすることが可能となる。このような情報の流通の結果、RS 側の人間の共同作業の質を格段に向上することが可能となる。

3 共有情報制御手法の提案

3.1 共有情報制御手法

本研究では、DS と RS の間の情報の流通を効果的に行い、共同作業の効率を向上させる共有情報制

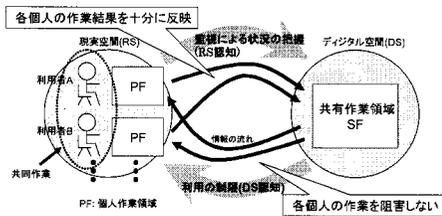


図 2: 共有情報制御手法

御手法を提案する。具体的には、以下に挙げる 2 つの機能により共認知を実現し、共有情報を制御する。

- (F1) 共有作業領域の利用制限機能
- (F2) 個人作業領域の監視機能

F1 の共有作業領域の利用制限機能により、DS は、RS 内の人にとって必要なときのみ、情報を提供することができる (DS 認知)。また、F2 の個人作業領域の監視により、DS 側は RS 内の作業状況を把握することが可能となり、必要なときに共有情報を提供することができる (RS 認知)。図 2 に示すように、これら 2 つの機能によって、本手法では、RS 内の個人作業領域から DS 内の共有作業領域への情報の流れ、およびその逆の流れをそれぞれ制御する。これにより、個人作業領域での作業中に、個別の作業が阻害されずに効果的に行われる。また個人作業領域での各個人の作業が進んだ段階で、個別の作業結果を共有作業領域に提供して共同作業に移行することで、個人作業領域での作業結果を共同作業に十分に反映できる。また、共有作業領域での作業結果に基づいて個人作業領域での個別作業を再開することで、さらに各個人の作業が促進される。これを繰り返すことで、より効果的に共有情報を扱いながら共同作業を進めることができる。

このように、本手法では、共有作業領域の利用を適宜制限し、かつ個人作業領域を監視することにより、共認知を実現し、適切なタイミングで必要な情報を共有することを可能とする。これにより、共同作業の成果を質的に向上させることができる。

3.2 共有ホワイトボードシステムへの適用

ここでは、共有情報制御手法を共同作業支援システムである共有ホワイトボードシステムに適用す

る。すなわち、共同作業領域の利用を適宜制限し、個人作業領域を監視することのできる共有ホワイトボードシステムを実現する。

なお、以下では共有ホワイトボードシステムが提供する画像を共有するための白板を共有ボードと呼ぶこととする。

本システムは、以下に挙げる方法で共有作業領域の利用制限と個人作業領域の監視を実現する。

(F1) 共有作業領域の利用制限機能の実現

本システムでは、既存の共有ホワイトボードシステムと同様に共有ボードを共有作業領域として提供することに加え、各個人に対する共有ボードへの書き込みを必要に応じて制限する機能を提供する。

(F2) 個人作業領域の監視機能の実現

既存の共有ホワイトボードシステムでは個人作業領域は提供されていないのに対し、本システムでは新たに専用の白板を個人作業領域として各個人に提供し、その白板を監視する機能を提供する。以下、各個人専用の白板を個人ボードと呼ぶ。

既存の共有ホワイトボードシステムにおいては、共有作業領域である共有ボードが常に提供されているため、共同作業のグループメンバは皆自由に書き込むことができる。これにより、不適切なタイミングでの画像の共有や無用な画像の共有をする恐れがあるという問題がある。これに対し本提案システムでは、共有ボードと個人ボードを提供し、共有ボードへの書き込み制限機能、および個人ボードの監視機能を提供することで、適切なタイミングで必要な画像を共有することが可能となる。その結果、上述の問題を解決し、個人の作業を十分に生かした効果的な共同作業の実現が可能となる。

4 提案システムの設計・実装

4.1 機能構成

本研究では、リーダーとなる進行係がいる共同作業を想定して設計を行う。このような共同作業においては、進行係が一定の権限を持ち進行を制御する必要がある。このことを考慮し、以下では一般参加

者と進行系のシステムを分けて設計を行うこととする。

提案システムの機能構成を以下に述べる。

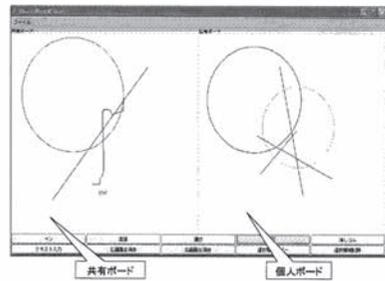
- 一般参加者の共有ホワイトボードシステム
 - 共有ボードの描画機能 (F1)
 - 個人ボードの描画機能 (F2)
 - 共有ボードと個人ボード間の画像コピー機能 (F2)
 - 参加者の名前管理機能
- 進行系の共有ホワイトボードシステム
 - 共有ボードの描画機能 (F1)
 - 共有ボードの有効/閲覧のみ可/無効の切り替え機能 (F1)
 - 全個人ボードの画像監視機能 (F2)
 - 参加者の名前管理機能

4.2 設計・実装

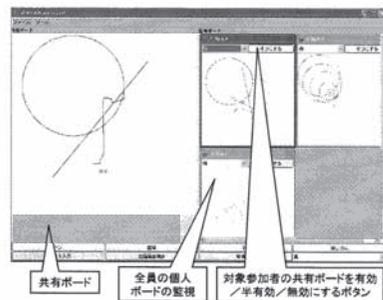
上述の機能を設計するにあたり、ネットワークを介した通信と利用者の名前管理等に関して、我々の先行研究であるエージェント型のネットワークミドルウェア (AMACS: Agent-based Mobile Ad-hoc service Construction System)[6] を活用する。AMACSはアプリケーション設計者に対して、利用者の名前に基づく通信路の確立、および発呼側・被呼側の両方の端末に自動的にサービスを構成する等の機能を持つ。このため、本提案システムの設計を大幅に簡略化できる。

この AMACS 上に一般参加者と進行係それぞれの共有ホワイトボードシステムを実現するエージェントを設計し、本提案システムのプロトタイプ実装を行った。100Mbps Ethernet に、進行係用に DesktopPC を、一般参加者用に LaptopPC を接続した。また LaptopPC には、手書き描画のための Pen Tablet を接続した。各 PC の OS は Microsoft Windows XP を用い、実装言語には Java を用いた。さらにエージェントフレームワークとして、我々が開発した DASH ver. 1.9.7h (Distributed Agent System based on Hybrid architecture)[7] を用いた。

実装した提案システムの動作画面を図3に示す。



(a) 一般参加者の共有ホワイトボード



(b) 進行系の共有ホワイトボード

図 3: 動作画面

5 実験・評価

5.1 実験環境

本稿では、ネットワーク型共同作業の具体的な例として、進行係のいるアイデア創作活動に焦点を当て、実験を通じて、提案システムの適用による効果を確認する。

アイデア創作活動は、参加者間で情報交換を行いながら多くのアイデアを生み出すことを目的とした共同作業タスクドメインである。ここで交換される情報は、参加者間の会話や各参加者のアイデアなどである。こうした情報を交換・共有しつつ、与えられたテーマに沿って多くのアイデアを集めることを目的として共同作業を行う。

以下に、本実験の環境を述べる。1回の試行では、進行係1名と一般参加者2~3名が共有ホワイトボードシステムを用いて、アイデア創作活動を

行う。なお、参加者間の音声による対話を許可している。1回あたりの創作作業の制限時間は25分とし、その間にテーマに沿ったアイデアを可能な限り多く挙げるのがこのタスクの目標である。

本実験では、比較対象とする従来システムとして、共有情報制御手法のない共有ホワイトボードシステムを使用する。すなわち、共有ボードの制限機能と個人ボードの監視機能がない従来システムと、提案システムを用いて実験を行う。以下に実験の条件を述べる。

E1) 参加者3名(進行係1名、一般参加者2名)

(E1-1) 従来システムを用いた場合

(E1-2) 提案システムを用いた場合

E2) 参加者4名(進行係1名、一般参加者3名)

(E2-1) 従来システムを用いた場合

(E2-2) 提案システムを用いた場合

上記の条件において、アイデア創作活動の具体的なテーマとして、ホームページのデザインを創作するタスクを対象として実験を行う。すなわち、トップページをはじめ、そのコンテンツのレイアウトなどの多くのアイデアを創作することを目的とするタスクを対象とする。

被験者は大学生、大学院生である。同一のテーマに同一被験者を2回以上適用させないように、上記の(E1-1)～(E2-2)において毎回異なった被験者グループを割り当てて実験を行う。

アイデア創作活動における具体的な目標は、できるだけ多くのアイデアを得ることであることから、最終的に得られたアイデアの数によって創作作業の効果を計測し、評価を行う。さらに、実験後に一般参加者と進行係に対し、以下の項目に関してアンケートを実施し評価を行う。

[一般参加者側]

1. グループ内でのコミュニケーションはうまくいったか。
2. 十分に共同作業に参加できたか。
3. グループとして効率的な共同作業ができたか。
4. 自分の作業において停滞状態はあったか。

[進行係側]

1. グループ内でのコミュニケーションはうまくいったか。

2. 作業の適切な進行ができたか。
3. 各自の作業と全体の作業を把握できたか。
4. 作業の停滞状態はあったか。

5.2 実験結果と評価

実験結果を表1～3に示す。表1は、実験番号(E1-1)～(E2-2)において得られたアイデアの数を示している。また、表2と表3には試行終了後に一般参加者と進行係に対して実施したアンケート結果を示す。数字は、各質問項目ごとに最低1から最高5までの5段階評価で評価した値の平均値である。なお、表2、3中の従来システムは実験番号(E1-1)と(E2-1)の結果を、また提案システムは実験番号(E1-2)と(E2-2)の結果をそれぞれまとめたものである。

表1より、提案システムを用いることで、従来システムに比べて、多くのアイデアを得ることができたことが分かる。また表2、3より、各参加者が十分に共同作業に参加でき、さらに作業の停滞状態も少なかったことが分かる。これは進行係が監視機能を用いて個人の作業状況を把握し、その作業状況に応じて、共有ボードの制限機能を用いて適切なタイミングで個人作業の時間とグループディスカッションの時間を区別することができたためであり、その結果グループ作業の効率が向上したと考えられる。また表3より、進行係にとって提案システムを用いた方が適切な進行が行えたと感じていることが分かる。これは、各個人の作業状況を把握した状態で、共有ボードの利用を制限することによって、不必要なときに情報を共有することを防ぐことができ、共同作業の進行が妨げられることが少なかったためであると考えられる。

また、表1から分かるように、人数が多くなるほど提案システムの効果が大きくなっている。これは、人数が多くなると、従来システムでは作業の流れを進行係が把握しきれず、進行が困難であるのに対し、提案システムでは、監視機能により進行係は各参加者の作業状況を把握し、共有ボードを制限することによって円滑に進行できたためだと考えられる。

一方、コミュニケーションに関しては、表2、3より、提案システムの顕著な効果は確認できない。こ

表 1: 得られたアイデアの数

実験番号	参加人数(名)	アイデア数
(E1-1)	3	5.5
(E1-2)		6
(E2-1)	4	4
(E2-2)		7.5

表 2: 一般参加者に対するアンケート結果

質問	システム	
	従来	提案
1. グループ内でのコミュニケーションはうまくいったか	4.2	3.6
2. 十分に共同作業に参加できたか	3.2	4.2
3. グループとして効率的な共同作業ができたか	3.4	3.8
4. 自分の作業において停滞状態はあったか	2.6	4.2

れは、音声対話による作業を許可して実験を行ったため、意思疎通に関しては、ほとんど会話によって行われたからであると考えられる。

以上より、提案手法の適用により、共同作業を効率的に行うことができたことが分かる。

一方、本研究は共生コンピューティングにおける共認知の実現に関して、RS 認知と DS 認知の情報の流れの制御の重要性を示している。その情報の流れを単に量的に拡大するのではなく、RS 認知の機能によって獲得した RS の状況に応じて制御することによって、RS において効率的な共同作業を行うことができることが分かった。これは、共同作業における共生コンピューティングの効果的な適用法の観点での新たな知見である。

6 おわりに

本稿では、共有作業領域の利用を適宜制限し、かつ個人作業領域を監視することで共認知を実現し、RS と DS 間の情報の流れを制御する手法を提案した。また、本提案手法を用いた共有ホワイトボードシステムをアイデア創作のための共同作業に適用し、実験結果から、DS 内の必要な情報を適切なタイミングで RS 側に提供することにより、共同作業を効率的に行うことができることを確認した。

今後の課題として、実験の試行回数を増やすことで被験者の個性による実験結果のばらつきを抑え、

表 3: 進行係に対するアンケート結果

質問	システム	
	従来	提案
1. グループ内でのコミュニケーションはうまくいったか	4	4
2. 作業の適切な進行ができたか	3.5	5
3. 各自の作業と全体の作業を把握できたか	2	5
4. 作業の停滞状態はあったか	3	4.5

実験結果を統計的に検証することで、本提案手法の有効性についてさらに考察を深めることが必要である。また、多様な条件の下での共同作業において提案システムを適用し、提案手法の適用範囲を明確にする必要があると考えられる。

参考文献

- [1] T. Malone, et al., "The Interdisciplinary Study of Coordination," ACM Computing Surveys, Vol.26, No.1, pp.87-119, 1994.
- [2] Takashi Yoshino, et al., "Development of a Multi - user Electronic Conferencing System : DEMPO III", Transactions on IPSJ, Vol.40, No.1, pp.150-160, 1999.
- [3] "Windows Netmeeting Home Page," <http://www.microsoft.com/windows/netmeeting/>.
- [4] N. Shiratori, et al., "Symbiotic Computing -Towards Post Ubiquitous Information Environment-," IPSJ Magazine, Vol.47, No.8, pp.811-816, 2006. (Invited paper)
- [5] "Symbiotic Computing Home Page," <http://symbiotic.agent-town.com/>.
- [6] Gen Kitagata, et al., "An Agent-based Middleware for Communication Service on Ad-hoc Network," Proc. of the 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications(AINA2005), Vol.1, pp.363-367, 2005.
- [7] Distributed Agent System based on Hybrid architecture, <http://www.agent-town.com/>.