

3次元仮想空間内でのインフォーマルコミュニケーション 支援システム *InCom* の実装と評価

中野 雄介[†] 塚田 晃司^{††} 高木 佐恵子^{††}
岩崎 慶^{††} 吉本 富士市^{††}

近年、インフォーマルコミュニケーションをインターネット上のコミュニケーションに導入しようとする動きが活発になっており、いくつかのシステムがすでに利用されている。しかし、これらのシステムでは専用のサーバや3次元コンテンツが必要である。そこで我々は3次元仮想空間上でのインフォーマルコミュニケーションを実現する *InCom* を提案した。このシステムは既存のHTMLドキュメントから3次元仮想空間を生成し、そこでのアバタを用いたゲイズアウェアネスをユーザに提供する。また、*InCom* のブラウザは peer-to-peer によって他のブラウザと通信する。我々が作成したプロトタイプシステムにおいて評価実験を行った結果、ユーザはゲイズアウェアネスによって興味を共有できることがわかった。

Implementation and Evaluation of *InCom*: Support System for Informal Communication in 3D Virtual World

YUUSUKE NAKANO,[†] KOJI TSUKADA,^{††} SAEKO TAKAGI,^{††} KEI IWASAKI^{††}
and FUJICHI YOSHIMOTO^{††}

The importance of informal communication on the Internet has been increasing in recent years. Several systems for informal communication have been developed. These systems, however, require a particular server and/or specialized 3D content. Therefore, we have proposed *InCom*, a system for informal communication in a 3D virtual environment. The system generates 3D virtual worlds from existing common 2D HTML documents. The system provides gaze awareness using avatars. Browsers communicate in a peer-to-peer manner. We made and experimented a prototype system of *InCom*. The results show that users shared interests by gaze awareness.

1. はじめに

近年、仮想空間上でのインフォーマルコミュニケーションが注目されている。インフォーマルコミュニケーションには、偶発的な出会いから始まり、議題、メンバなどがあらかじめ決まっていないという特徴がある。このため、インフォーマルコミュニケーションには思いもよらない新しい考えが出ることや、共同作業を円滑に進められることなどの利点がある。また、人間関係の形成、維持、発展にはインフォーマルコミュニケーションが必要である¹⁾。

同じHTMLドキュメントの閲覧者同士のインフォーマルコミュニケーションを実現するツールとしては、DiCoMo²⁾ や Odigo³⁾ などがある。これらのツールは

お互いについてのアウェアネスを提供し、閲覧者同士がドキュメントに関する興味を共有していることを利用して、効果的なインフォーマルコミュニケーション支援を実現している。しかし、これらのツールは2次元のドキュメントのみをターゲットとしている。

効果的なインフォーマルコミュニケーション支援の実現手法として、3次元仮想空間の利用がある。3次元仮想空間では、アバタを用いることで、お互いを直感的に認識することができ、実際には離れていても相手を近い存在として感じることができる⁴⁾。また、アバタの視線を用いることにより、ゲイズアウェアネス⁵⁾ による、インフォーマルコミュニケーション支援も可能である。しかし、現状では専用の3次元コンテンツが必要なため、ゲーム会社などが提供するものに限られている。

そこで、我々は *InCom* (Informative/Informal Communication support system) を提案した。これは、既存のHTMLドキュメントから3次元仮想空間を生成し、専

[†] 和歌山大学大学院システム工学研究科
Graduate School of System Engineering, Wakayama University

^{††} 和歌山大学システム工学部
Faculty of System Engineering, Wakayama University

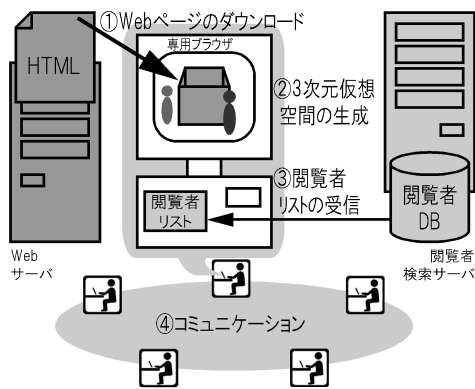


図 1 InCom の概要

用コンテンツを必要とせず、効果的にインフォーマルコミュニケーションを支援するシステムである。

2. InCom の概要

図 1 に提案システム *InCom* の概要を示す。*InCom* は専用ブラウザがインストールされた PC、Web サーバ、閲覧者検索サーバから構成される。専用ブラウザは HTML ドキュメントから 3 次元仮想空間を生成し、他の閲覧者のアバタとともに表示する。Web サーバは一般的なもので、3 次元仮想空間の元になる HTML ドキュメントをブラウザに提供する。閲覧者検索サーバは各閲覧者の情報を保持する。*InCom* のユーザはアバタおよび入力した文字を使い、生成された 3 次元仮想空間内でコミュニケーションを行う。

低コストでユーザの増加に強く、サーバの管理やコンテンツの更新が不要なシステムとするために、*InCom* に以下の特徴を持たせた。

- コンテンツを提供するための専用サーバが不要である。
- 3 次元コンテンツ上の各アバタの位置・方向やメッセージなどを処理するための大規模な中央サーバが不要である。
- 既存の HTML ドキュメントを使うため、コンテンツの更新、追加などは HTML ドキュメントの作者や PHP、CGI などに任せることができる。
- 専用ブラウザ以外のソフトをインストールする必要がない。
- クライアント側に専用のハードウェアを要求しない。

3. 3 次元仮想空間の生成

3 次元仮想空間を以下の手順 (詳細は文献⁶⁾) にした

がって、2 次元の HTML ドキュメントから生成する。

- (1) HTML ドキュメントをほぼ同じ高さ分割する。
- (2) 分割後のドキュメントを画像化し、展示パネルにマッピングする。
- (3) 展示パネルを環状に 3 次元仮想空間内に配置する。

3.1 HTML ドキュメントの分割

HTML ドキュメントは、次の 6 つのステップによりほぼ同じ高さのユニットに分割される (図 2)。

Step1 HTML ドキュメントを画面に表示し、そのときのドキュメントの高さを得る。規定の高さより高い場合は Step2 に進む。

Step2 コメント部分を取り除く。

Step3 <BODY> と </BODY> を使って *Header*、*Body*、*Footer* と呼ばれる 3 つのユニットに分割する。

Step4 <P>、<TABLE>、 など、ドキュメントの構造に関わるタグを使い、*Body* をユニットに分割する。1 つのユニットには開始タグ (i.e.) から終了タグ () の間にある全ての文字が含まれる。しかし、ネストされたタグはこのステップでは使われない。それぞれのユニットに *Header* と *Footer* を付加し、高さを測定する。

Step5 規定の高さより高いユニットを Step4 と同じ手法で再分割する。このステップではネストされたタグが使われる (図 3)。

Step6 隣り合う低いユニット同士を結合する。このとき、ユニットの間にある *Header*、*Footer*、対になっているタグを取り除く。

3.2 ユニットの展示パネルにマッピング

先の分割によって得られた、それぞれのユニットを普通の HTML ドキュメントとしてディスプレイに表示し、その画像データを保存する。それぞれの画像データを展示パネルにマッピングし、それらを 3 次元仮想空間に配置する。

3.3 展示パネルの配置

HTML ドキュメントは上から下に閲覧していくのが一般的である。*InCom* のブラウザは展示パネルを環状に配置し、2 次元での上下方向の閲覧を 3 次元での左右方向の閲覧に対応させる。

4. アバタ

アバタを用いてそれぞれのユーザの位置と向きを表す。3 次元仮想空間内では、ユーザはアバタを介してコミュニケーションを行う。*InCom* ではユーザは自分の好きなアバタを一般的な 3DCG 作成ソフトで作成し、使うことができる。

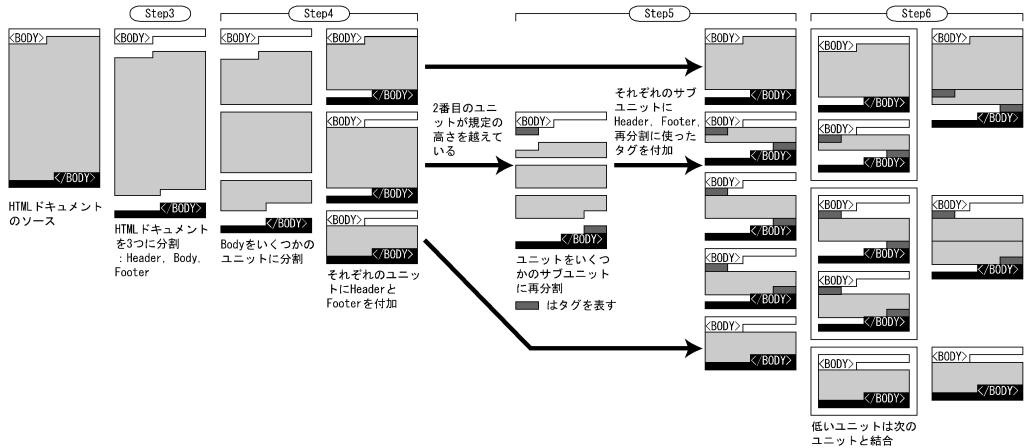


図2 HTMLドキュメントの分割

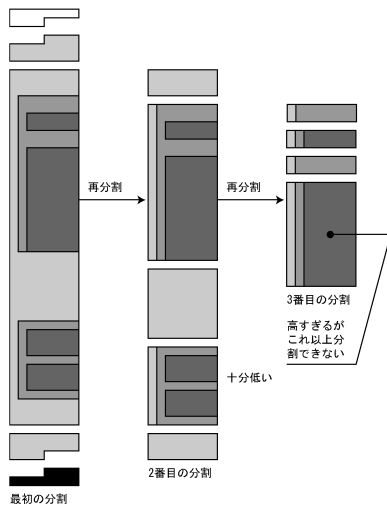


図3 Bodyの再分割

4.1 アバタの操作

展示パネルは環状に配置されているため、アバタの位置は極座標を用いて表す。動径は上下キーで、偏角は左右キーによって変更される。このため、右キーを押し続けるだけで、ドキュメント全体を順番に見ることができる。また、動径を変化させることで、ドキュメントから離れてざっと見たり、近づいて詳細に見たりすることができる。

アバタの頭と体を分離することにより、頭の角度を変更することを可能にした。このため、ユーザは見たい部分を自由に見ることができる。同時に、より正確なゲイズアウェアネスを提供でき、他のユーザが注目

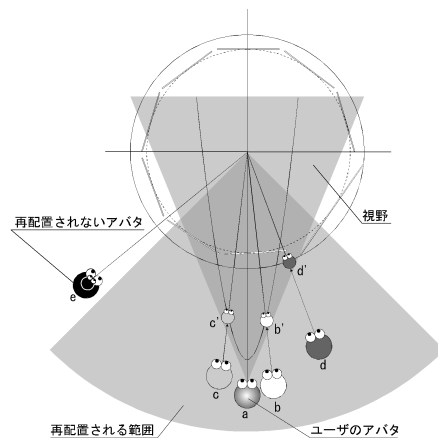


図4 再配置の方法

しているドキュメントの箇所を知る手助けとなる。

4.2 アバタの再配置

ユーザの近くや後ろにいるアバタは視野には入らないため、コミュニケーションできる相手が限られてしまう。くわえて、他のアバタが展示パネルを見るのに邪魔になる場合もある。このため、InComのブラウザは他のアバタを再配置する。

図4に再配置の方法を表す。再配置される範囲内の他のアバタを再配置対象のアバタと判断し、ユーザのアバタの前を原点とする二次曲線上に再配置する。再配置先は、展示パネル配置用の円の中心と再配置対象のアバタの位置とを結ぶ直線と二次曲線との交点である。再配置先が展示パネルより奥になる場合は、展示パネル配置用の円より少し大きい円と直線との交点を

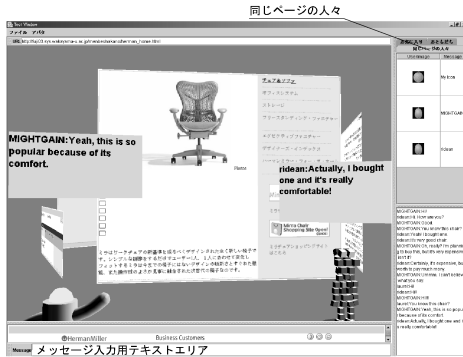


図 5 コミュニケーションを行っている状況 (フキダシは発言者のアバタの上に見える)

再配置先とする。この配置では近くのアバタにより遠くにいるアバタが隠されることがない。また、ドキュメントを見やすくするために他のアバタは半分のサイズで表示される。

4.3 メッセージの表示

キーボードから入力されたメッセージはフキダシとして、3次元仮想空間に現れる(図5)。

メッセージの入力直後、フキダシは発言者のアバタの上に見え、しばらくとどまる。その後、次第に上昇し、発言した位置の前にある展示パネルの上で停止する。このようにして、フキダシはパネルと関連付けられた会話のログとしても使われる。また、このログを見やすくするために、古いフキダシは新しいフキダシが現れる毎に上昇する。新しいフキダシはログの下の方に配置されるため、新しく会話に加わるユーザはスムーズにトピックを見つけることができ、自然に会話に加わることができる。

ユーザはフキダシの背景、文字の色、フレームのタイプなどを設定することができる。このため、誰のフキダシであるかが容易にわかり、会話のログは読みやすくなる。

5. 通信の方法

この節ではブラウザ同士のコミュニケーションについて述べる(図6)。

5.1 登録と検索

同じドキュメントを閲覧しているユーザを見つけるために、ブラウザはユーザ検索サーバを使う。このサーバはIPアドレスとURLの2つのフィールドを含む1つのテーブルからなるデータベースを持つ。ユーザが閲覧ドキュメントを変更すると、ブラウザは新しいURLをユーザ検索サーバに登録し、同じドキュメ

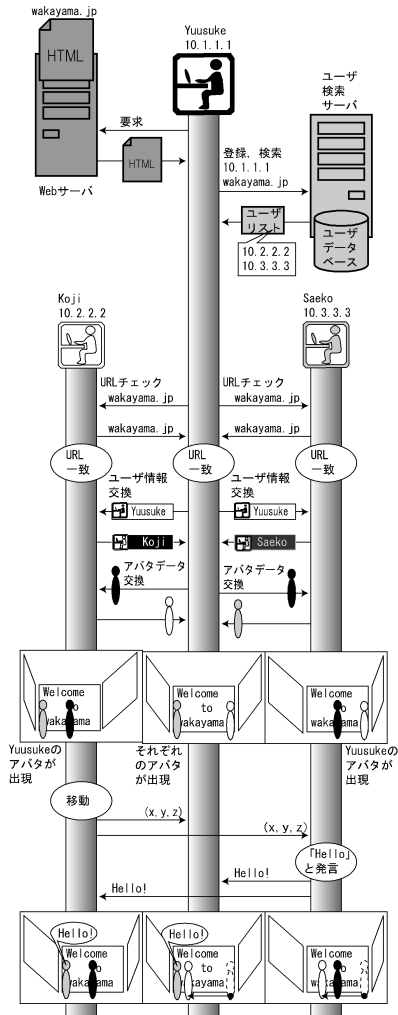


図 6 通信の手順 (下に向かって時間が流れている)

ントの閲覧ユーザリストを受け取る。このリストにはそれぞれのユーザのIPアドレスが含まれているため、ブラウザは同じドキュメントを表示している他のブラウザと接続することができる。

5.2 ユーザ同士のコミュニケーション

サーバ/クライアントモデルではユーザの増加に伴い、サーバの負荷が増加する。これを防ぐため、InComのブラウザはP2Pによる通信を行う。

5.2.1 通信の準備

他のブラウザと接続後、以下の手順で通信のための準備を行う。

URLのチェック ユーザリストを得た後に他のユーザがURLを変更した場合、違うURLを表示して

いるブラウザに接続してしまう可能性がある。これを防ぐために、ブラウザはお互いに URL が同じであることを確かめる。もし違っていれば接続先のブラウザから切断する。

ユーザ情報を交換 ユーザの名前、アイコン、フキダシの装飾情報が含まれるユーザ情報を交換する。アイコンはユーザによって選ばれた画像ファイルからロードされる。この情報はブラウザ上の「同じページの人々」エリアに表示される。

アバタデータを交換 それぞれのユーザは自分のアバタを持つため、アバタデータを交換する。これにより、相手のアバタを自分のブラウザに表示できる。

5.2.2 アバタの状態の更新

ブラウザは、アバタの位置、向き、メッセージが更新されたときにそれらを送信する。送信された情報は他のブラウザ上で反映される。

5.2.3 切断

ユーザが URL を変更したとき、またはブラウザを閉じたとき、ブラウザは接続中の全てのブラウザに対して切断コマンドを送信する。URL が変更された場合、ブラウザはユーザ検索サーバのデータベースを更新する。ブラウザが閉じられた場合、ブラウザはデータベースから自分のデータを削除する。

6. InCom のプロトタイプシステム

我々は InCom のプロトタイプシステムのブラウザを Java と Java3D で記述し、マイクロソフト社の Windows 上で動作させた。ユーザ検索サーバ内のデータベースは PostgreSQL を使用しており、ブラウザは JDBC を使ってこれに接続している。図 5 はプロトタイプシステムのブラウザのスクリーンショットである。

6.1 実験条件

プロトタイプシステムを評価するための実験を行った。この評価実験では和歌山大学の学生 5 名を被験者とした。学生には事前に興味に関するアンケートに回答してもらい、コンピュータゲーム、特に、あるオンラインゴルフゲームに関する共通の興味を持っていた 5 名を選出した。被験者はパーティションで区切られた机の上の PC を用い、用意されたゴルフゲームの紹介ドキュメント上で自由にコミュニケーションし、彼らが自発的に会話を終えるまで続けた。

実験後、被験者には、16 項目のインフォーマルコミュニケーションに関する質問と 5 項目のユーザビリティに関する質問からなるアンケートに回答してもらった。インフォーマルコミュニケーションに関する質問には -2 ~ 2 まで、ユーザビリティに関する質問に

表 1 インフォーマルコミュニケーションに関する評価結果

タイプ	スコア
1. 新しい考えを得る	1.40
2. コミュニケーションのきっかけがある	0.63
3. 人間関係の形成・維持に有効	0.48
4. 人間関係の発展に有効	0.10

スコアは -2 ~ 2 の間

表 2 ユーザビリティに関する評価結果

項目	スコア
1. ページは見やすく 3 次元化されていた	2.0
2. 自分の見たい部分を思うように見ることができた	1.6
3. 自由に移動できた	2.6
4. 相手の発言を読み取ることができた	1.8
5. 近くのアバタを確認することができた	2.6

スコアは 1 ~ 3 の間

は 1 ~ 3 までの値で答えてもらった。

6.2 インフォーマルコミュニケーションに関する評価

16 項目の質問を 4 つのタイプに分類し、タイプ毎に平均を取った (表 1)。

タイプ 1 のスコアが最も高かった。これは事前に被験者が興味を共有していたことが主な原因である。このため、被験者はコミュニケーションを始めやすく、そこから新しい考えを得ることができたと考える。これは、プロトタイプシステムを利用することで、興味共有によるインフォーマルコミュニケーションの支援が実現できていることを意味する。

タイプ 4 のスコアが最も低かった理由として、被験者の一部が知り合い同士であったことがあげられる。被験者が知り合いである場合、初対面に比べると人間関係が発展したという印象が薄いと考えられる。

6.3 ユーザビリティに関する評価

表 2 にプロトタイプシステムのユーザビリティに関する評価結果を示す。項目 2 と 4 は他の項目と比較して低いスコアとなった。項目 2 のスコアが低かった理由として、フキダシと展示パネルの文字が読みにくかったことがあげられる。フキダシは会話のログとして利用されるために上昇し、視野から外れる。また、ドキュメントから生成された画像は展示パネルにマッピングされる際にリサイズされることがあり、画像内の文字がつぶれてしまうことがある。このため、被験者はスムーズに読むことができなかった。項目 4 のスコアが低かった理由としては、先のフキダシの問題がある。

6.4 実験中の被験者を観察しての考察

被験者はアバタのグループができているところに集

まる傾向があることがわかった。この傾向は会話のログ内で見られる。

A: ホール数ってどれくらいあるんですか？

A: 始まったら18ぐらい全部やるの？

B: 18ホールまでは確認しとります

C: 18Hのいまのところ4コースかな

D: ホール数も3, 6, 9Hと選べます

A: なるほど

(Eは別のパネルの前にいる)

E: 必要環境が恐ろしくないですか？—(i)

E: ペンフォーですよ

(Dが別のパネルに移動)

C: 4種類のゴルフ場があって一番難しいWIZ-WIZというコースは笑えます

A: ボンバーマンオンラインのゴルフ版みたいななんかあ…

D: 推奨スペックですね—(ii)

(他の被験者も同じパネルに移動)

A: pcn4以上の左って何て書いてあるんだろう…—(iii)

D: 見えませんね…

B: Pen III 以上だと思われ—(iv)

E: PentiumIVじゃないかと多分ローマ数字の4ですよ

D: えー!?

はじめ、被験者はゴルフゲームのホール数について話しており、その最中、Eが別のパネルの前でゲームの必要スペックに関して話し始めた(i)。しばらくの間、他の被験者はホールとコースについて会話した後、DがEに答えた。これは、Dはパネルに書かれているスペックに関してEが誤解していることに気づいたためである(ii)。その後、Aがパネルに何が書かれているか質問し(iii)、Dが読みにくいと言及した。最後にBがグループに加わった(iv)。

このように、グループの前にはパネルとフキダシがあるため、新しく会話に加わる被験者はそのグループで話されているトピックが何であるかがわかり、自然にグループの会話に加わることができる。すなわち、被験者はゲイズアウェアネスを使うことにより、グループのメンバが何を見ており、何に興味を持っているかが予想できており、ドキュメントの特定の部分に関する興味を互いに共有できていたと言える。

7. おわりに

本稿では既存のHTMLドキュメントから生成された3次元仮想空間上で、インフォーマルコミュニケーション

を支援するシステムであるInComについて述べた。InComのプロトタイプシステムの評価結果から、プロトタイプシステムはひとつのドキュメントに関する興味共有、ゲイズアウェアネスを用いたドキュメント内の特定の部分に関する興味共有、他のユーザの会話に関するアウェアネスなど、会話のきっかけを提供することにより、インフォーマルコミュニケーションを支援できたとと言える。また、プロトタイプシステムは3次元仮想空間の課題であった専用のサーバやコンテンツが必要であることを解決し、HTMLドキュメントと3次元仮想空間双方の利点を利用し、効果的なインフォーマルコミュニケーション支援を提供できた。

今後は、プロトタイプシステムがインフォーマルコミュニケーションを支援していることをさらに正確に評価するために、異なる実験条件で評価実験を行う。また、メッセージやユーザ情報の表示手法に関しては改良する必要があるため、プロトタイプシステムの改良も進める。さらに、ハイパーリンクによってつながった多くのHTMLドキュメントからひとつの3次元仮想空間を生成することも考えている。これにより、ユーザはより多くの人々とのコミュニケーションの機会を得ることができ、インフォーマルコミュニケーション支援をより効果的なものにする可以考虑。

参考文献

- 1) 杉山公造, 下嶋篤, 永田晃也: ナレッジサイエンス一知を再編する64のキーワード, 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科(2002).
- 2) DiCoMo: . <http://web.sfc.kcio.ac.jp/~100kw/mobile/main.html>.
- 3) Odigo: . <http://www.odigo.org/>.
- 4) 飛田博章, 暦本純一: Flat3D: クリエーションとコミュニケーションを可能にする3次元共有仮想空間システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 44, No. 2, pp. 245-255 (2003).
- 5) H. Ishii, M. Kobayashi, and K. Arita: Iterative Design of Seamless Collaboration Media, *Communications of the ACM*, Vol. 37, No. 8, pp. 83-97 (1994).
- 6) Y. Nakano, K. Tsukada, S. Takagi, K. Iwasaki, and F. Yoshimoto: Support System for Informal Communication in 3D Web World, *Proceedings of the 2004 International Conference on Cyberworlds*, IEEE Computer Society (2004). (in print).