ユビキタス環境における実空間モニタリング手法

非会員 近 哲也*

非会員 大平 豊*

非会員 久保田 譲*

正 員 渡辺 一弘*

Real Space Monitoring Technique in Ubiquitous Environments

Tetsuya Kon*, Non-member, Yutaka Ohira*, Non-member,
Yuzuru Kubota*, Non-member, Kazuhiro Watanabe*, Member

A method of a monitoring and remote controlling real world have been described by using a VRML/Java based virtual reality space which contains multimedia elements, intended for the development of a ubiquitous monitoring system. The focuses are given on the improvements for currently used, static virtual reality spaces to be more capable of an interactive function through which users can bilaterally monitor or control the real world. The monitoring is realized by reflecting sensing data from sensors which were placed in the real space onto a virtual reality space. Remote control can be realized by sending commands to actuators through the 3-D space. Additionally, the virtual reality space has been created as a Web page. So that the multiple users can access the system at the same time. The developed system has shown the availability for such applications as robot navigation, management of buildings and monitoring of factories and environments. In this paper, the construction method of the new technique of the real space monitoring and its operation experiment are described which can put in view a full-scale ubiquitous environment. The extendibility and possibility for monitoring are also described which could provide essential ubiquitous environments.

キーワード : ユビキタス, バーチャルリアリティ, 3D, モニタリング

Keywords : ubiquitous, virtual reality, 3D, monitoring

1. はじめに

ユビキタス環境とは、あらゆるものにコンピュータが埋め込まれている環境である。今日では、人間が小型なコンピュータ(PDA や携帯電話など)を持ち運ぶ環境もユビキタスの一環であるともとらえられてきている。各種ネットワーク上にあるコンピュータはLANやインターネットなどを介して結ばれており、ある特定の知的機能を持つことが考えられる。ユビキタス環境におけるコンピュータは、ユーザが個人で所有するだけのものではなく、多くのユーザがネットワーク上のコンピュータを共有するといった概念が生まれることになる。ユーザは時と場所を選ばずにネットワークから必要とする情報を選んで取り出してくることができるという意味から、“いつでもどこでも”といったユビキタスの第一義的な意味が与えられている。

さらに本格的な概念として、あらゆるものに CPU を内在す

ることにより、それらが知的機能を持ったインテリジェントな存在になるということが言われている。インテリジェントなものは、自分の能力や周囲の環境を認識して特定の知的機能を果たすことが可能となってくる。その知的機能は状況に応じて変更され得るもので、時にはユーザ自身により、また他のコンピュータによって、さらには温度や時間などのセンサ情報に対して、豊富な情報を利用して知的機能を創出するようになるであろう。コンピュータを利用するユーザが存在しなくとも、コンピュータ自身がネットワークから情報を取得して最適な知的機能を果たすことも考えられ、コンピュータ(CPU)が偏在するという本格的なユビキタスシステムへと発展すると考えられる。

本研究室では実空間モニタリングと実空間の制御の新しい手法の構築と運用実験を行っている。これは、実空間に設置するセンサからの情報を自動的にリアルタイムでバーチャルリアリティ空間に反映すると同時に、ユーザからバーチャルリアリティ空間にアクセスすることで実空間の特定の状況に変化を与えられるものである。このバーチャルリアリティは Web ページとして作成し、センサからの情報

* 創価大学工学部
〒192-8577 東京都八王子市丹木町 1-236
Faculty of Engineering, SOKA University,
1-236 Tangi-cho, Hachioji-shi, Tokyo 192-8577

が蓄積される Web サーバ上に置いている。ユーザは時や場所を選ばずに、バーチャルリアリティにアクセスすることでモニタリングを行うことができる。その意味において、本手法はユビキタス環境の一端としてとらえることができる。図 1 は本手法の概念を示している。

本手法を本来のユビキタスの概念に基づいて論議を展開する。モニタリングで使用するセンサ群は、コンピュータを持つインテリジェントなものになる。自律移動ロボットは、もともとインテリジェントな存在であり、モニタリングの対象でもあり、同時にユーザとしても位置づけられる。インテリジェントなセンサや自律移動ロボットはある特定の知的機能を持つ。インテリジェントなセンサは、ただ単に情報を取得するだけのものではなく、取得した情報をバーチャルリアリティに配信することや、バーチャルリアリティにアクセスして他のセンサからの情報を取得して特定の知的機能を果たすことが可能となる。自律移動ロボットは、搭載しているセンサが取得することができない情報を、バーチャルリアリティから取得することができる。自律移動ロボットやセンサは数値情報で空間を認識することができる。しかし、人間は数値の羅列やある程度の表示では複雑な状況をモニタリングすることが困難な場合もあり、何らかの表示インタフェースが必要と考えられる。そこで、本手法では人間が視覚的に理解しやすく、モニタリングすべき空間の特定の情報をリアルタイムベースに再現したバーチャルリアリティを用いることを提案している。つまり、人間、自律移動ロボット、知的センサ群の連携を支援するための共有のプラットフォームとしての可能性を検討している。

今日では、バーチャルリアリティを用いたモニタリング手法に関する研究が進んでいる⁽¹⁾。その手法の多くはシステムを利用する対象(センサ情報を利用するユーザ)が人間にのみ限定され、バーチャルリアリティは人間のための表示インタフェースとして利用されている。前述したように、

図 1 本手法の概念図

Fig. 1. Concept chart of this technique.

本手法ではバーチャルリアリティを人間に対する表示インタフェースとして扱うと同時に、自律移動ロボットや知的センサなどが情報を共有し、何らかの連携支援をする場としての試みを行っている。

このようなシステムにおける前提条件としては、利用のユビキタス性の観点から、LAN やインターネット(Web)上で動作することが必要である。また、さらに要求される条件・課題として、①実空間のセンサ情報のバーチャルリアリティへの反映、②人間のバーチャルリアリティを介しての実空間アクセス、③リアルタイムな情報の反映、④システムとバーチャルリアリティの操作性、⑤センサ情報を持たない突発的な人間・物の侵入に対する情報取りこみ、などが挙げられる。

本論文では、ユビキタス環境を視野に入れた実空間モニタリングの新しい手法の構築法と運用実験について述べるとともに、本格的なユビキタス環境を備えたモニタリングへの拡張性と可能性について述べる。

2. 双方向バーチャルリアリティ空間の概要

本手法ではプラットフォームとするバーチャルリアリティを構築するために VRML2.0(97)を用いている。このバーチャルリアリティは、時や場所を選ばないモニタリング手法を構築するために Web ページとして構築している。

センサや自律移動ロボットからの情報は、制御プログラムによって Web サーバに集約される。ユーザがネットワークを介して Web サーバにアクセスすると、バーチャルリアリティ空間ではセンサ群・自律移動ロボットからの情報を自動的にリアルタイムで反映しているので、モニタリングを行うことができる。また、アクチュエータ駆動のための制御プログラムにバーチャルリアリティを介して情報を配信することで、リモートコントロールを行うことができる。クライアント・サーバ間のデータ通信は Socket ((3.1.3) 参照)を用いて行っている。

図 2 システム構成図

Fig. 2. System configuration.

本手法では、Java 言語を用いて実空間とバーチャルリアリティ空間における情報の連携を行っている。Java 言語で作成したプログラムは通信以外にモニタリング表示機能のためのものもあり、それらも Applet としてバーチャルリアリティと同一 Web ページ上に作成している。

本手法では、詳細なモニタリングや多彩な表現として、ユーザの要求に応じてバーチャルリアリティにマルチメディア・データ(静止画、動画、音声)を反映することができる。動画や音声に関しては、リアルタイムな配信を行うためにストリーミング技術(〈3・1・5〉参照)を用いている。

3. システムの構築

〈3・1〉 構築技術 図 2 に本システムの構成を示す。システムを構成する上で要求される条件や課題を解決する技術要素について、以下に項目に分けて詳細を述べる。

〈3・1・1〉 バーチャルリアリティ 本手法で用いるバーチャルリアリティは、Web 上で利用ができる汎用性の高いものである必要がある。本手法では、これらの条件を満たすものとして VRML2.0(97)を用いている。VRML は C 言語や Java 言語などのプログラム言語ではなく、HTML のようなマークアップ言語でもない。これはモデリング言語であり、3D シーンの記述に使用する言語である。

通常、VRML2.0 で構築したバーチャルリアリティ空間は Web ブラウザと VRML ブラウザによって表示する。今回は、Web ブラウザに Microsoft 社の Internet Explorer を、VRML ブラウザに Parallel Graphics 社の Cortna VRML Client を用いている。

〈3・1・2〉 実空間との融合 前述したように、本手法ではバーチャルリアリティに実空間の情報の反映や、バーチャルリアリティからの情報の配信を、Web 上での利用と汎用性を考慮に入れ、Java 言語を用いて行っている。

Java 言語を用いてバーチャルリアリティ(VRML シーン)にアクセスする方法には大別して、JSAI(Java Script Authoring Interface)と EAI(External Authoring Interface)

の 2 通りの方法がある。図 3 は JSAI と EAI の構成を示している。

JSAI は Java プログラムを VRML の Script ノードから呼び出す形式をとる。本手法では、プログラム中に Socket を用いたデータ通信を含むため、デジタル署名(〈3・1・4〉参照)の技術を用いなければならない。この技術を使用する上で、Java プログラムをアーカイブファイルに含める必要がある。しかし、VRML の Script ノードはこのアーカイブファイル中の Java プログラムを呼び出すことができない。一方、EAI は VRML シーンを外部スクリプトとして操作する方式であり、アーカイブファイルを HTML ファイルから呼び出すことができる。そのため、本手法では後者の EAI を用いて実空間とインタラクティブなバーチャルリアリティの構築を行っている。また、VRML シーンは Web ページ上で表示しているため、Java プログラムは Java Applet として作成を行っている。

〈3・1・3〉 ネットワーク ユーザが本手法を利用して、実空間のモニタリングを行う際に、実空間の様々な情報はサーバを介して取得する必要がある。同様に、リモートコントロールを行う際にも、ユーザからの命令はサーバを介して行うことになる。

通常、外部ユーザはサーバに置かれたデータをダウンロードすることはできるが、アップロードする権利は与えられていない。このため、本手法では、ユーザ・コンピュータとサーバとのデータ通信に Socket を用いている。Socket を用いた通信を行うには、サーバ上でユーザからの要求を待ち受け待機するプログラムの常駐させる必要がある。それとともに、ユーザ側で Socket を開き、サーバのポートにアクセスするプログラムが必要となる。本手法では、ユーザ側のプログラムは HTML 上に Java Applet として作成を行っている。

ネットワーク機能を持ったセンサ・アクチュエータ、または PC 搭載の自律移動ロボットとは上記の Socket 通信によってデータの取得・配信を行うが、受動的なセンサ等の場合は直接サーバの I/O ポートもしくは専用インタフェースを用いることができる。

〈3・1・4〉 デジタル署名 ユーザが HTML 上の Java Applet を実行するには、一度プログラムをダウンロードする必要がある。ダウンロードしたプログラムは Web ブラウザによって実行されるが、その際に Web ブラウザに搭載されている Java VM(Virtual Machine)からプログラムに対して様々な機能制限がかけられる。この機能制限は、プログラム内のファイルアクセスやネットワーク接続などの機能に対してかけられる。本手法では、HTML 上の Java Applet に Socket 通信機能を持つプログラムがあるため、この機能制限を解除する必要がある。

機能制限を解除するための技術としてデジタル署名がある。図 4 はデジタル署名の仕組みを示している。図中のセキュリティ認証画面というのが、ユーザの機能制限を解除する際の操作画面である。作成した Java プログラムなど

図 3 JSAI と EAI の構成図

Fig. 3. Composition chart of JSAI and EAI.

図4 デジタル署名の仕組み

Fig. 4. Mechanism of digital signature.

のファイルをアーカイブファイルにまとめ、このアーカイブファイルに対して、プログラム作成者の個人情報を載せた署名を付加する。この署名を付加することで、プログラムの実行時にユーザに対して制限解除の要求が伝わり、ユーザの操作によって制限を解除することができ、プログラムを実行することができる。

〈3・1・5〉 マルチメディア・データの融合 前述したように、本手法ではユーザの要求に応じて、様々なマルチメディア・データをバーチャルリアリティに取り込むことができる。これは、バーチャルリアリティの表現力の向上を図るためでもある。マルチメディア・データはユーザの要求によって表示サイズ、位置などを自由に変更することができる。

静止画はJPEG形式とGIF形式を、動画と音声はそれぞれReal Video、Real Audio形式としている。各形式は使用しているVRMLブラウザの対応状況を考慮に入れて採用している。静止画は、データサイズも比較的小さいため、リアルタイム性に問題がなく、VRMLでのサポートも行われている。動画と音声に関しては、データサイズが膨大になるため、リアルタイムな配信を行うために、ストリーミング技術を用いている。

本手法ではPCにかかる負担を軽減させるために、Real Systemのストリーミングシステムを用いている。このシステムは、映像や音声を配信するソフトウェア(Real System Server)が動作するサーバと、映像や音声を取り込んでRM形式ファイルを作成するソフトウェア(Real Producer)が動作するホストを、ネットワークを介した別々のPCを用いることができる。

VRMLではReal Systemのライブストリーミングにおけるプロトコル(RTSP)をサポートしていない。そのため、現段階ではバーチャルリアリティと同一Webページ上に表示を行っている。

〈3・1・6〉 操作手法の改善 通常、バーチャルリアリ

図5 ジョイスティックとバーチャルリアリティの対応

Fig. 5. Relation of joystick and virtual reality.

ティ内の視点移動はマウスやキーボードを用いて行う。しかし、この操作は慣れていないユーザ(人間)には非常に困難なものである。バーチャルリアリティ内の操作は容易なものである必要がある。VRMLブラウザによっては、他の入力機器による操作がサポートされているが、独自性が強いいため、詳細な設定を行うのが困難である。

本手法ではバーチャルリアリティ内の操作性を向上するためにジョイスティックを用いている。作成したJavaプログラムは様々なバーチャルリアリティ(VRMLファイル)に対応することができる。ジョイスティックを用いることで、軸を操作するだけで、マウスなどでバーチャルリアリティを操作する際の特殊な操作がなくなり、容易な操作が可能となる。

図5は、ジョイスティックによる操作法の概念と、ジョイスティックのそれぞれの操作とバーチャルリアリティ内の視点の動きの対応を示している。ジョイスティックからの入力情報はDirectXを介してJava Appletが受け取る。受け取った情報はJava Appletによってバーチャルリアリティに対応する形式に変換され、視点を変更する。作成したプログラムでは、ジョイスティックからの情報として、8軸情報、rudder(スティックのひねり)情報、POV(Point of View)情報を用いて、バーチャルリアリティ内の視点移動に適応させている。

〈3・2〉 バーチャルリアリティを用いたモニタリング手法の運用実験と拡張性 現在の主なモニタリング手法として、監視カメラを用いた映像によるもの、レーダーなどの2次元的なもの、電光掲示板などの簡易的なものなどがあるが、これらのモニタリング手法にはいくつかの問題点が存在する。ビデオカメラを用いた映像によるモニタリングでは、全空間をすべてモニターすることは困難でどうしても死角が存在してしまう。また、画像化した空間には目的とする対象以外の必要のない情報まで含んでしまい、いたずらに情報量が増加する、そして、複雑な画像から必

要な情報を識別する画像処理も簡単ではない。2 次元的なモニタリングでは、3 次元的な相互関係が把握できず、情報量が不足しているため信頼性に乏しいといった問題点もある。また、電光掲示板などの簡易的なモニタリングでは、単純化した情報として認識し易い点もあるが、その表現力の限界もあり、人間が即座に 3 次元的な空間の出来事を認識するには困難な場面もある。以上に挙げた従来のモニタリング手法は、物理的な配線などで情報が 1 箇所集約されていることが多く、多人数でのモニタリングや遠隔地からのモニタリングを考えた場合、拡張性に乏しい。また、センサやアクチュエータに対して、それぞれに専用の制御プログラムを実行するコンピュータが設置され、使用目的や動作が限定されているものが多く、汎用性に乏しい。

本手法は、ユーザが必要とする情報だけをバーチャルリアリティ空間に反映し、Web を介して遠隔地からでも多ユーザが同時にそれぞれのモニタリング・制御を行うことが可能なものである。このように、本手法は他のモニタリング手法と比べ、多くの優位な特長を持っている。

現在までに、モニタリング手法の構築として、バーチャルリアリティ空間の構築、及び様々なモニタリング機能を持つ Java プログラムを作成し。バーチャルリアリティを用いたモニタリングシステムを完成させた。

システムにおける前提条件は LAN やインターネット (Web) 上で動作することである。今回の実験は、ネットワーク環境として、LAN (ネットワーク間の通信速度は 10 [Mbps]) とインターネット上で行い、それぞれのネットワーク環境においてシステムの動作を確認することができた。

構築したシステムが 1 章で述べたシステムにおける前提条件、要求される条件・課題を満たしているかを検証するために、上記ネットワーク上でいくつかの運用実験を行った。

システムの要求条件①実空間のセンサ情報のバーチャルリアリティへの反映、②人間のバーチャルリアリティを介しての実空間アクセスの検証を行うために、1) 自己位置を認識するセンサ (本実験ではエンコーダ) とネットワーク機能が搭載されている自律移動ロボットの位置情報の反映と遠隔誘導、2) LED (PC のパラレルポートに接続) をアクチュエータにみたてた状態監視と点滅制御、について実験を行った。これらの実験はユーザの操作上は即座に応答し、ほぼリアルタイムに反映とアクセスが確認された。

次に、③リアルタイムな情報の反映の検証に関して述べる。自律移動ロボット上の位置認識センサが情報を取得して Web サーバに配信完了する時間間隔は 50 [ms]、バーチャルリアリティへ情報を反映する時間間隔は 50 [ms] で行った。情報通信の 1 周期あたりの処理時間が比較的に短いため、自律移動ロボットのリアルタイムな情報の反映が行えていると考えている。実験時の自律移動ロボットの走行速度は 36 [cm/sec] であり、この時間間隔での位置の誤差は 10 [cm] 程度であり、自律移動ロボットをモニタリングする

には十分と考えることができる。LED の実験では、特に応答速度の計測は行っていないが、直接パラレルポートからデータ取得しているので、数 ms 程度がそれ以下と考えている。

また、要求条件④システムとバーチャルリアリティの操作性は次のように確認された。〈3・1・6〉に述べた USB 接続したジョイスティックを用いて、ジョイスティックの 8 軸情報、rudder 情報、POV 情報をもとに、様々な視点移動が可能であることが確認することができた。また、ロボットの遠隔誘導についてもスムーズな操作が可能であった。通常バーチャルリアリティ空間内における視点移動で使用するマウスでは、視点の移動をする方向を変更するのに、その度にユーザによる操作が必要となり、システムの操作にまで負担がかかってしまっていた。実験において、PC にこれにより、バーチャルリアリティのモニタリング・制御システムとしての操作性を向上できたと考えられる。

最後に、⑤センサ情報を持たない突発的な人間・物の侵入に対する情報取り込みについて述べる。本手法ではビデオカメラの有機的な併用も試みており、ビデオカメラの映像から静止画を抽出し、画像処理によってモニタリングを行う研究も進めている。ビデオカメラの映像から 2 枚の静止画フレームを抽出し、画像の差分を取ることで変化しない背景と変化するオブジェクトの分離を行い、変化するオブジェクトのみをバーチャルリアリティ空間に表示することができる。これにより、突然現れた人間や物のサイズと位置を分析することができる。

今回の実験では、解像度 640×480 (フレーム速度は毎秒 10 フレーム) でバーチャルリアリティ内の処理画像を更新するのに約 600 [ms] を要した。解像度 640×480 の背景画像の寸法が既知であることを利用してオブジェクトの高さ、横幅の計測も可能であった。測定誤差は、高さ方向で平均 3 [cm] 程度、横幅方向で平均 5 [cm] 程度となった。図 6 にバ

図 6 ビデオカメラ撮像によるオブジェクトの出力結果

Fig. 6. The output result of object by video camera image.

ーチャルリアリティに人間、椅子、スーツケースのオブジェクトを生成した結果を示す。

上記は画像処理を含めたビデオ情報の反映といえる。また、画像処理を含まないビデオの動画や音声のストリーミング配信においては、配信時に 6~7 秒程度の時間遅延が発生した。これらの時間遅れは、ストリーミングサーバ性能、ネットワーク環境に依存する。

単に静止画を反映させる場合は、解像度 640×480・JPG 形式の静止画を 100[ms]間隔で更新することができ、時間遅れが比較的少ない表示を行うことができた。

前述したように、本格的なユビキタス環境として本モニタリング手法を展開するためには、センサやアクチュエータのインテリジェント化とともに、センサや自律移動ロボットなどがバーチャルリアリティを介して互いに協調し合うための特定の規則が必要となる。

そのような本格的なユビキタス環境となるモニタリング手法として構築されたとすると、図 1 におけるインテリジェントなセンサや自律移動ロボットなどがどのような知的機能を果たすか、その可能性について述べる。

あるドアにインテリジェントなセンサが設置されている。センサはバーチャルリアリティにアクセスし、そこに集約されている情報の中からドアの周囲にいる人間や自律移動ロボットの現在地や認証 ID を取得する。取得した情報によってドアの前に人間や自律移動ロボットがいることを認知すると、センサはバーチャルリアリティから自律移動ロボットの認証 ID を認識し、正規の認証 ID であればドアを開ける。バーチャルリアリティの情報によってドアを通過したことの確認を取るとドアを閉める。

このシーンにおいては、ロボットは自身のセンサ情報だけにたよらず行動していることになる。これだけであれば、必ずしもバーチャルリアリティである必要は無いが、ユーザとしての人間の支援連携が望ましい場合もある。例えば、自律移動ロボットのモニタリングをしている人間が、自律移動ロボットの進行方向にいかなるセンサからも検知されていない突発的な障害物を発見した場合である。この時、人間はバーチャルリアリティを介して自律移動ロボットに障害物の情報を配信すると同時に、ロボットの安全な行動をモニタリングによって確かめられることになる。つまり、自律移動ロボットは搭載しているセンサでは取得することができない情報を人・センサ群との連携支援によって得ることが可能となる。またこれにより、ロボットへのセンサ搭載負荷の軽減が可能となるであろう。

4. おわりに

本研究では、本システムを用いた幾つかの運用実験を LAN、インターネット (Web) 上で行い、システムに要求されるであろう条件 (①~⑤) について性能を確認し、時と場所を問わないユビキタス性を有するモニタリング・制御システムとしての機能、多様性、有用性について検討を行った。

本手法によって、人間、インテリジェントなセンサ群、自律移動ロボットなどが、バーチャルリアリティを情報共有のプラットフォームとして、互いに連携支援し合いながら特定の知的機能を果たす本来的ユビキタス環境の実空間モニタリングへの可能性を見出すことができた。

謝 辞

本研究において実験システムの構築に協力してくださった、井上雄一氏(現 創価大学大学院工学研究科情報システム学専攻在学中)に深く感謝いたします。

(平成 15 年 4 月 7 日受付, 平成 15 年 9 月 18 日再受付)

文 献

- (1) リョーイスイエン・前山祥一・油田信一:「移動ロボットの環境認識過程の WWW ライブ 3D モニタリング」, 第 19 回ロボット学会学術講演会, pp.647-648(2001)
- (2) http://kaiwo.com/kiriicomm/EVANGELS/vrml/external_api.html
- (3) 舘 暉:「バーチャルリアリティ入門」, 筑摩書房 (2002)
- (4) 三輪建夫・森田秀之:「人工現実間の応用研究と実用化の国際動向」, 日本ロボット学誌, 10, 7, pp.846-852 (1992-7)
- (5) 月本 洋:「ロボットのころ」, 森北出版 (2002)
- (6) I. Hara: "Teleoperation System on the Internet", RSJ, Vol.17, No.4, pp.477-480 (1999-4) (in Japanese)
原 功:「インターネットを利用した遠隔操作システム」, 日本ロボット学誌, 17, 4, pp.477-480 (1999-4)
- (7) S. Hirai: "Network and Telerobotics", RSJ, Vol.15, No.4, pp.516-519 (1997) (in Japanese)
平井成典:「ネットワークとテレロボティクス」, 日本ロボット学誌, 15, 4, pp.516-519 (1997-4)
- (8) J. Hartman and J. Wernecke: VRML2.0 ハンドブック—Web 上の世界に動きを—, アジソン・ウェスレイ (1997)
- (9) R. Carey and G. Bell: 注解 VRML2.0 リファレンスマニュアル, アジソン・ウェスレイ (1998)
- (10) ジェミー・ジョウォルスキー・ポール・ペローネ: Java2 セキュリティプログラミング, ビアソン・エデュケーション (2001)
- (11) Elliotte Rusty Harold: Java ネットワークプログラミング第 2 版, オライリー・ジャパン (2001)
- (12) トッド・クルトゥワ: Java ネットワーキング&コミュニケーション, ビアソン・エデュケーション (1998)

近 哲 也 (非会員) 1980 年 2 月 8 日生。2002 年 3 月創価大学工学部情報システム学科卒業。現在, 同大学院工学研究科情報システム学専攻博士前期課程在学中。

大 平 豊 (非会員) 1978 年 7 月 5 日生。2003 年 3 月創価大学大学院工学研究科情報システム学専攻博士前期課程修了。在学中は双方向インタラクティブ仮想空間システムの研究に従事。現在, 富士ソフト ABC(株)に勤務。

久保田 譲

(非会員) 1939年7月11日生。1963年3月室蘭工業大学工学研究科精密工学専攻博士課程単位取得退学，同年室蘭工業大学講師。現在，創価大学工学部教授。(工学博士)制御，ロボット挙動等の研究に従事。計測自動制御学会，日本機械学会，日本ロボット学会等の会員。

渡辺 一 弘

(正員) 1953年8月13日生。1976年3月慶応義塾大学工学部電気工学科卒業。1981年3月同大学院工学研究科電気工学専攻博士課程修了。現在，創価大学工学部教授，同学部情報システム工学科長。レーザの光情報装置への応用，光ファイバセンサ，自律移動ロボットの自己位置認識システム等の研究に従事。(工学博士)計測自動制御学会，日本ロボット学会，応用物理学会，可視化情報学会等の会員。