

Gaze-Link: 実世界指向ユーザインタフェースにおける「見ているものに接続する」というメタファ

綾塚 祐二[†] 松下 伸行[†] 暦本 純一[†]

ネットワークが進歩し、計算機や他の機器を気軽にネットワークに接続することが可能になったが、実際に通信を行う相手の指定はネットワーク上の名前に頼ることが多い。実世界での動作によりネットワークを介したデータの転送を行うなどの研究が行われているが、持続的な仮想回線の確立といったことは考慮されていなかった。本稿では、カメラを備えた計算機を通して対象物を「見る」ことで接続する対象を指定する Gaze-Link メタファを提案し、このメタファを用いたアプリケーション例をいくつか示す。このメタファはカメラを通して直接対象物を「見て」いる、もしくは「見た」ときに記録された画像を選択している間は接続が持続する、というものである。このメタファにより、ユーザは接続対象を直観的に指定することができ、また仮想回線が確立された後も、何に接続されているか、現在も接続されているかということを見ることができる。

Gaze-Link: A New Metaphor of Real-world Oriented User Interfaces

YUJI AYATSUKA,[†] NOBUYUKI MATSUSHITA[†] and JUN REKIMOTO[†]

Network is now widely and easily available. However, a user needs to specify a target to connect with by the name on the network, even when the target is in front of him/her. Although many researches on the real-world oriented user interface have provided the ways to transfer data by physical actions, establishing virtual or logical connections have not been mentioned. We propose *Gaze-Link* metaphor, with which a user can establish a virtual connection by looking at the target through a camera on his/her computer. The virtual connection is held active while looking the target directly or looking a snapshot of the target. The user also can see the connection after the establishment. We also show some applications with Gaze-Link metaphor.

1. はじめに

計算機を結ぶネットワークが建物内に張り巡らされている環境が日常化し、また計算機自体も小型化してきた。建物内に備え付けられた種々の計算機やその周辺機器（プリンタなど）のほとんどは当然のごとくネットワークに接続されており、また、個人が自分の計算機をつねに持ち歩き、行く先々の部屋や建物で気軽にネットワークにつなぐことも可能になってきている。そして、IEEE 802.11 のような無線 LAN や、Bluetooth¹⁾などの近接通信システムにより、さらに簡単に各種機器をネットワークに接続できるようになりつつある。

このような環境では、計算機上のアプリケーション

からはシームレスに他の計算機とのやりとりができる。ユーザにとっても、ネットワークへの接続までは初心者でもあまり意識せずに行うことができる。しかし、ユーザがネットワーク上のどれか特定の計算機や周辺機器を指定しようとする、突然事情が変わる。それらがすぐ目の前にあるものであっても、それらのネットワーク上での名前（もしくは何らかの形の ID）を知る必要が生じるのである。ネットワークにつながれている機器の一覧を表示し、それらの中から選択するような GUI (Graphical User Interface) も広く使われているが、やはり、ネットワーク上での名前を知っている必要があることには変わらない。このような問題は、今後、オフィス内や家庭内でネットワークに接続されている機器の数が増えるに従って、ますます大きくなっていくと考えられる。

実世界指向インタフェースの分野において、実世界での物理的な操作に応じて、複数の計算機間でのデータの転送を行うという研究はすでにいくつか行われて

[†] ソニーコンピュータサイエンス研究所インタラクションラボラトリー
Interaction Laboratory, Sony Computer Science Laboratories

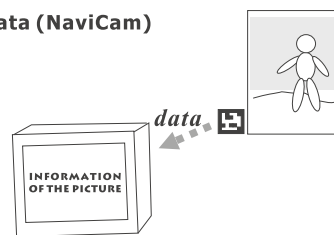
いる。たとえば、Pick-and-Drop⁴⁾はGUI上の技術として広く用いられているDrag-and-Dropを拡張したもので、ペン型の入力デバイスを用い、こちらの計算機の画面から拾い上げ (pick) たアイコンを、あちらの計算機へ置く (drop) ことのできるインタラクションテクニックである。MediaBlock¹¹⁾も、IDをつけた物体 (ブロック) にデータを割り当て、他の計算機へ、見掛け上、直接持って行くことができるシステムである (実際のデータの転送はネットワークを通じてなされている)。ハイパードラッグングというテクニック⁸⁾は、ノート型の計算機の中のカーソルを、計算機が置かれた机へと拡張して動かすことにより、計算機の外の領域やものを指定することができる。

これらのシステムやテクニックは、一個もしくは一塊のデータの転送を目的としたものであり、仮想回線のような持続的な接続は考えられていない。Pick-and-Dropのようなテクニックを用いて接続する対象を指定することはもちろん可能であるが、「つながっている」という状態、および何につながっているかを提示する方法を備えていないので、つなぐという動作の瞬間以降は、接続対象が名前でしか参照できないという、元の問題がそのまま残ってしまう。持続的な接続をPick-and-Dropなどと同じように物理的な操作によって確立する場合には、仮想回線の状態自体が何らかの形でユーザの目に見える必要がある。

我々は、カメラを備え付けたノート型の計算機を用い、カメラで「見て」いるものとの接続を確立するという、Gaze-Linkメタファを提案する。この場合『見て』いる」とは、接続の対象となるものを計算機のカメラがとらえているということと同時に、ユーザがその対象を計算機のカメラを通して見ているということの意味する。接続の対象となりうるものにサイバークードを貼りつけておくことにより、計算機はカメラ画像から対象物を認識し、接続を行う。また、このときの画像を保存しておくことにより、過去に「見て」接続したのに対しても、その画像を選び再び接続することができる。さらに、画像を用いているので、テレビ会議などの環境において、遠隔地の計算機にテレビ映像越しに接続を行うこともできる。

本稿では、このGaze-Linkメタファの概念や特徴と、その応用の可能性を述べる。また、実際にカメラ付きノート型計算機とサイバークードを用い実装したいくつかのアプリケーション例を紹介する。

Retrieve Data (NaviCam)



Move Data (Pick-and-Drop)

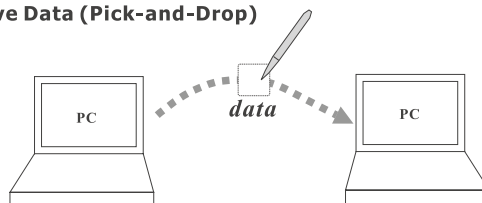


図1 実世界指向インタフェースによる一塊のデータの転送
Fig. 1 Transferring a bunch of data using a real-world oriented user interface.

2. Gaze-Link メタファ

実世界指向インタフェースの分野において、ものや場所に物理的な識別子を付け、計算機によりそれを判別することにより、情報を表示したり、データの転送を行ったりするシステムの研究が数々ある。Chameleon²⁾、NaviCam⁷⁾、CyberGuide³⁾、UbiquitousLinks¹⁷⁾や文献12)で述べられているシステムは、ものや場所から一塊のデータを取り出すというようなメタファを持つインタフェースと見ることができる。図1は、データを「取り出す」例と「移動」している例である。InfoSpuit¹⁶⁾、MediaBlock¹¹⁾、拡張デスクトップ環境¹⁸⁾、そして文献6)や文献8)のシステムで見られる例などは、ものからデータを取り出すことに加えて、ものにデータを転送したり、割り当てたりすることができ、双方向のやりとりが可能になっている。IconSticker¹⁴⁾は、計算機内のデータをバーコードとして実世界に出力し、それをバーコードリーダーで読み取ることにより、実世界から計算機内のデータをまた参照できるようにするシステムである。

前章でも述べたように、これらのシステムでは、仮想回線のような持続的な接続は考えられていなかった。持続的な接続の特徴としては、

- (1) 双方向のデータの転送が起こりうる、
- (2) 操作の瞬間 (接続が確立した瞬間) に必ずしも

文献5)で述べられている二次元コードが製品化されたもの。

UbiquitousLinksの文献¹⁷⁾では、簡単な「データを送る」例も取り上げている。

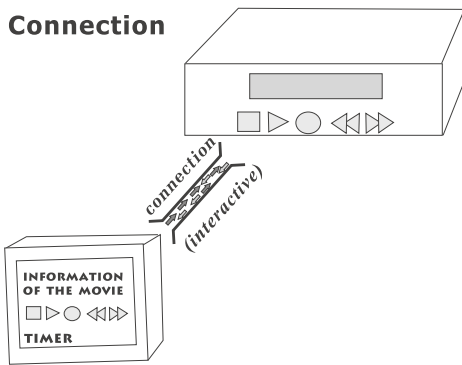


図2 実世界指向インタフェースによる「接続」

Fig. 2 “Connection” using a real-world oriented user interface.

データが転送されるとは限らない，

- (3) 転送したデータを転送元から制御するような，インタラクティブな操作が考えられる，などがあげられる．持続的な接続が有益である例としては，自分の持ち運んでいるノート型計算機を，備え付けの計算機のキーボード代わりにしたり（キー配置が自分の使っているものと違う場合などに特に有効であろう），プリンタなどの，限られたコンソールパネルしか持たない機器のメンテナンスのためのコンソールとして用いたりすることが考えられる（図2）．また，複数のプロジェクタを用いるようなプレゼンテーションにおいて，手許の計算機からそれぞれのプロジェクタにデータを送り，かつ，制御するということも考えられる．

この「接続」を，どのように実世界指向の手法で表現するかを考察する．従来の，情報の提示やデータの転送を行うための実世界指向インタフェースの実装は，(a) 接触，近接性を基本とするもの，すなわち，赤外線や電波，磁気を受信するセンサや電極などによって接触したものを，近づいたもの，スロットに差し込まれたもの識別する方式を用いるものと (b) 視覚的な情報を基本とするもの，すなわち，カメラ画像により目に見えるコードなどで対象を識別する方式を用いるものとに分類できる．接続が確立した瞬間よりあとにもデータの転送などが起こることを考慮すると (a) の場合，触れ続けていられるような状況以外では，接

文献8)で述べられているシステムのように，環境に備え付けられたカメラにより机の上に計算機が置かれていることを識別し，置かれている間だけ机との通信，机を介した通信ができるような，ユーザから見ると接触を基本としているが，実装には視覚的な情報を用いているシステムも存在する．ここでは，ユーザから見た場合の区別を中心に考える．

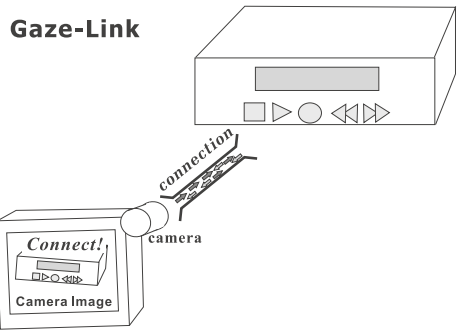


図3 「見て」いるものに接続する，Gaze-Link メタファ

Fig. 3 Gaze-Link metaphor: Connecting to what you are seeing through a camera.

続がある間ずっと近接性を残し続けるのは難しい (b) の，画像を用いる方式であれば，接続を確立したときの画像を静止画として残しておくことができる．過去の接続を再び選ぶ場合にも，そのときに得た静止画を選ぶことにより，新たなものに接続する場合と同様の見た目（実物の映像）で選ぶことができる．

そこで我々は，カメラを通して「見て」いるもの，「見た」ものとの接続を確立する，“Gaze-Link”メタファを提案する（図3）．これは基本的に，NaviCamなどで用いられている虫眼鏡メタファ¹⁵⁾，すなわち「見たものの情報を引き出す」メタファの拡張であるといえる．虫眼鏡メタファでは「見て」いる対象から固定された情報を「見た」ときに引き出すだけであったが，Gaze-Linkメタファでは「見て」いる間は接続された状態が保持され，その間に双方向の自由なデータのやりとりが起りうる．このメタファにおける「見る」とは，単に接続の対象となるものを計算機のカメラがとらえているということだけではなく，同時に，ユーザがその対象を計算機のカメラを通して見ている（見ることができる）ということである．直接「見」続けていなくとも「見た」ときの静止画を残しておき，それを「見て」いる間は接続が保持される．

見るという動作は，接続の概念と親和性が高い．たとえば，多人数の人間の会話において，ある瞬間に話している者同士がお互いを見ているのは自然である．遠隔地にいる人との通信の場合でも，音声だけよりも相手の姿が見えているほうが臨場感が増す．もちろん，接続している先の確認としても，見えていることは重要である．

「見ているもの」という概念は，実世界に存在するものを直接見る以外にも容易に拡張することができる．たとえば，前述のように「見た」ものの静止画を記録しておき，後に，その対象が「見える」場所に

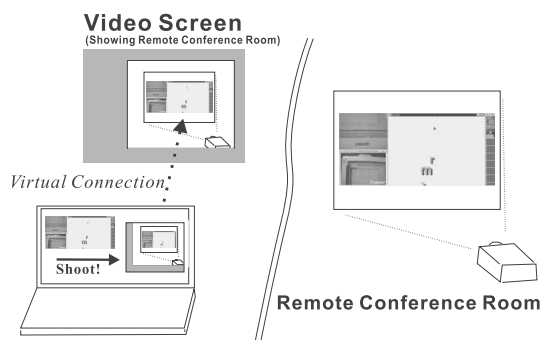


図4 ビデオ映像越しに遠隔地のものと接続する

Fig. 4 Connecting to a remote device over a video image.

なくとも、その静止画を選択することにより直接「見ている」と同じように接続を確立することが可能である。また「見ている」のがさらに映像で、間接的に「見て」接続するという考えられる。すなわち、テレビ会議などの状況で、映像越しの遠隔地のディスプレイに接続し、操作するというようなことも同じメタファで実現できる(図4)。さらには、リアルタイムの姿ではない、写真越しの接続を考えることもできる。

一方、接続である、という概念を活かした応用としては、たとえば、ある電話機を「見て」おくことにより、その電話機に掛かってきた電話を自分の持ち歩いている端末へ転送することが考えられる。既存のシステムとして、ActiveBadge¹³⁾を用い、個人に掛かってきた電話をその人のいるところへ転送するシステムが開発されているが、Gaze-Linkメタファを用いると、一時的に転送先を変えるなどの指定が簡単に行える。また、ファックスを「見て」おくことによりファックスの受信を知らせたり(ネットワークで監視可能な)ポットを「見て」おくことにより、お湯が沸いた、なくなったなどを通知させることも可能である。

接続されていればインタラクションも可能であるので、「見て」いる対象を制御する、万能リモコンのような動作をさせることも考えられる。遠隔操作システムにおいて、ビデオ画像上でGUIの直接操作の手法を用い機器の制御ができるようにしたObject-Oriented Video¹⁰⁾もこの範疇に含まれるアプリケーションと見なすことができる。

3. 実装

我々は、カメラの搭載されたノート型PCである、Sony VAIO-C1シリーズとサイバーコード(二次元マトリクスを用いた、画像による認識が容易なコード)を用い、いくつかのプロトタイプアプリケーションを

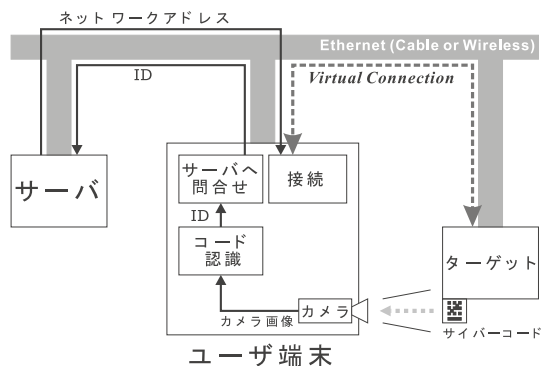


図5 Gaze-Linkの実装のダイアグラム

Fig. 5 Diagram of an implementation of Gaze-Link.

作成した。いずれも、ユーザの持つノート型PCと、周囲にある何かとを接続するという形になっている。アプリケーションの構成は、画像上のサイバーコードを認識する部分と、サイバーコードを貼られているものを「見た」場合にそのスナップショットを保持し、それをポインティングデバイスでクリックすることにより選択できるようにする部分、そして、選択されているもの、「見て」いるものとのデータのやりとりをするアプリケーションの本体部分を共通して持っている(これらの部分がライブラリ化されている)。サイバーコードにより得られたIDから、実際の接続先のネットワークアドレスへの変換は、ネットワーク上のサーバで行っている。ブロックダイアグラムは図5のようになる。現在の実装では簡単なメッセージのやりとりはTCP/IPを直接用いて行われ、画像などの大きなデータを転送する必要がある場合には、ファイル共有の機能を利用している。アプリケーションやサーバは、Javaで記述されている。

図6はアプリケーションの画面構成例である。画面左側上の部分は、現在のカメラの映像である。左側の部分は、現在接続されている先(「見て」いるもの、もしくは他の手段で選択されたもの)を表示している。接続先に名前がある場合には、ウィンドウの右下隅に名前も表示される。画面右側の列は、これまでに「見た」ものである。ポインティングデバイスを用いて選択することにより、接続先を選択することができる。中央の領域が、アプリケーション本体が用いる領域である。以下、作成したアプリケーションをいくつか紹介する。

3.1 プレゼンテーションツール

図7は一種のプレゼンテーションツールの様子である。スライドはすべて手許のノート型計算機に収められ、複数のディスプレイ、プロジェクタにそれを振り

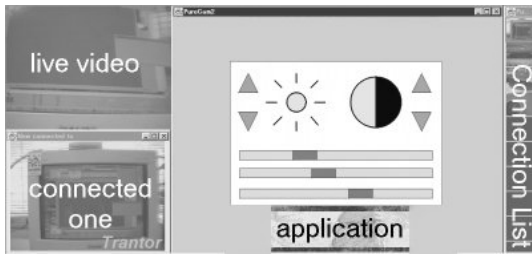


図6 アプリケーションの画面構成

Fig. 6 Screen image of an application with Gaze-Link.

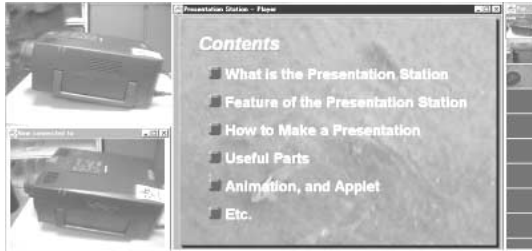


図7 プレゼンテーションツール：複数のスクリーンにスライドを振り分けたり、それぞれを独立して操作したりすることができる

Fig. 7 Presentation tool that can manage multiple screens.

分けることができる。ディスプレイやプロジェクタに送ったスライドも、そのまま手許で制御（たとえば、列挙された項目を1つ1つ見せる、動画データの一時停止をするなど）を行うことができる。

3.2 キーボード

複数の計算機がある場合に、複数のキーボードやディスプレイの対応関係を混乱するという事態は、誰もが経験する。また、共有の計算機を使うときや、他人の計算機をちょっと借りて使う、というようなときに、キー配列や日本語入力ソフトの違いにより苦労をすることも珍しくない。

図8、図9は「見た」計算機のキーボードとなる、というアプリケーションである。現在はプロトタイプであるために、専用のアプリケーションの入力のみしかできないが、接続される側のウィンドウシステムのAPIを使い、すべてのアプリケーションの入力を行うことも可能である。また、エコーバックや接続先の出力も表示されるようにし、「見た」計算機のtelnet端末となる、という拡張も可能である。これは、普段コンソールを必要としないサーバマシンや組込み型の計算機での作業や、限られたコンソールしか持たないブ



図8 「見ているもの」に入力が飛ぶキーボード

Fig. 8 Keyboard that shoots characters to what it sees.



図9 「見ているもの」に入力が飛ぶキーボードの画面

Fig. 9 Screen image of a keyboard that shoots characters to what it sees.

リタなどのメンテナンスのときに有用である。

このアプリケーションも、前項のプレゼンテーションツールと同じライブラリを利用し、同じ基本的画面構成を持っているが、プレゼンテーションツールと違い、中央のアプリケーション領域はあまり必要としない。そのため、そこを利用して、打ち込んだ文字が「見て」いるほうへ飛んでいくようなアニメーションを表示している。このような演出は、ユーザに対し、接続対象と、接続されているということ自体を、よりはっきりと提示するという役割を持ち、ユーザの認識の助となる。

3.3 案内板・掲示板

大きな学会などが開催される際には、現在どの部屋でどのセッションが行われているかなどの情報を知らせる案内板や掲示板が設置される。このような情報が電子的にもアクセスできるようになっていけば、いちいち案内板のある場所へと見に行く必要がない。しかし、たとえば「建物の入り口にある案内板」の内容を知るために、それをWWWのページからたどって探

実際に「見る」のは計算機本体ではなく、そのディスプレイであることが多いであろう。

したりするのは手間がかかる。

このアプリケーションでは、一度物理的な案内板や掲示板を「見て」おけば、後でそれを選んでもつねに最新の内容を見ることができる。各トピックスが時間により周期的に入れ替わるような街頭のニュースボードなどの場合に、特定のトピックスが表示されている瞬間を「見て」おくことにより、そのトピックスのニュースのみを見ることができるようになることも可能である。興味のある項目を「見て」集めることで、実世界での行動によるインターネット・スクラップブック⁹⁾の構築のようなこともできる。

4. Gaze-Link のその他の応用

この章では、今後実装する予定のアプリケーションを紹介する。これらのアプリケーションを構築するための技術的な問題点はほとんどなく、実装は容易である。

4.1 PotBiff

オフィスなどにお茶やコーヒーを入れるためのポットがある場合、必ずしも各人の席から見える位置にあるとは限らないので、お茶を入れようとしてみたらお湯を沸かしている途中であった、というような場面が多々見られる。そこで、その(自分の席から最も近い)ポットを「見て」接続しておくことにより、沸いたときに通知を受け取ることや、お湯の残量の確認などを行うことができる(図10)。

プロトタイプの実装は、既存のポットの発光ダイオードによるインジケータをフォトダイオードやカメラでとらえ、それを計算機が処理して通知する形になるであろう。将来的には、このようなごく普通の家庭電化製品もネットワーク対応になると思われる。

もちろん、ポット以外のものでも利用可能である。たとえば、洗濯機や電子レンジのアラーム音を大きくすることなく、離れた部屋でも分かるようにすることができる。コインランドリーの洗濯機などの場合には特に有効であろう。

4.2 ビデオ予約

最近では、テレビチューナとハードディスクレコーディング機能を備えたPCを用い、WWW上のテレビ番組表をクリックすることにより録画予約をするシステムも登場している。この情報と、シリアル回線で制御のできるビデオデッキとを組み合わせ、ビデオデッキを「見」ながらWWW上のテレビ番組表をク

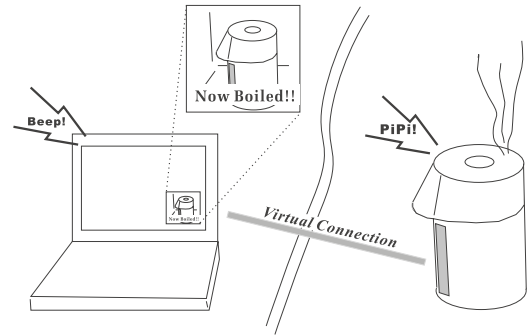


図10 PotBiff: お湯が沸いた、なくなった、などを「見ている」ユーザへ知らせる

Fig. 10 PotBiff: An application informing a user (who is seeing it) of some alarm about the pot.

リックすることにより録画予約を行うシステムを構築することができる。

4.3 万能リモコン・遠隔メンテナンス

2章で述べたように、Gaze-Linkメタファを用いた、「見て」いるものを制御するような万能リモコンの構築が可能である。現時点で簡単に制御できる機器はイーサネットやシリアル回線、赤外線リモコンで制御できるものなどに限られる。しかし、今後ネットワークがさらに随所に浸透していくにつれ、適用できるものが増えていくであろう。

ビデオ映像越しの操作も可能なことを応用して、家庭電化製品が故障したときなどに、修理員が実際にやってくる前に、サポートセンターからビデオ映像越しに「見て」接続することにより、故障した機器の情報を得て、簡単な設定の手直しなどを行うこともできるだろう。この場合、もちろん無闇に接続されてしまうとセキュリティ上の問題があるので、こちらが許可を与え、かつ、相手も何らかの形で「見えて」いるときのみ接続が可能になる、といった工夫が必要である。

5. 考 察

ここまでに見てきたように、Gaze-Linkメタファを用いて、既存のシステムで実現されていることと類似したものも含めて、さまざまな実世界指向のアプリケーションが構築できる。これらのアプリケーションは「見たもの、見ているものに接続する」という部分を除けば、GUI上のネットワークアイコンでも実現は可能である。しかしGUIなどでは、1章で述べたように(特に、同じような機器が複数ある場合には)名前による識別が必要になる。普段使用しているオフィスであれば名前でもさほど困難はないかもしれないが、外出先などでは、物理的な動作で直接指定できたほう

<http://www.vaio.sony.co.jp/Style/Guide/Gigapocket/index.html> 参照。

がはるかに簡単である。また、出張先や学会などの場で、一時的にそこに設置されたプロジェクトなどについて、いちいち名前を与える・調べるのも手間がかかる。自分のオフィス内でも、これからますます増えるであろう、ネットワークにつながった雑多なものを、ユーザがすべて名前で管理するのは、コストが非常に高い。

名前の代わりに、その機器の写真をあらかじめ用意しておき、それを選ぶようにするという方法も考えられる。しかし、あらかじめ用意した写真の場合には、写真を撮ったときから現在までにその機器の周囲の状況が変わっているかもしれない、かえって混乱を招く恐れがある。現在の映像を使うようにすれば、間違いなく現在の状況を反映し、またあらかじめ登録しておくというコストも省くことができる。ユーザがそこを離れた後に状況が変わる可能性もあるが、ユーザが見覚えのあるのは、あくまでも自分が「見た」ときの状況である。再度その場所に戻ってきて、状況が変わっていることが不都合に思える場合には、再び「見る」こともできる。

「見た」ときの画像を記録しておいて用いることにに関しての実装上の問題として、カメラでサイバークードを認識できるアングルが、必ずしもユーザがその対象を認識しやすいアングルとは限らない、ということがある。我々が用いた VAIO-C1 シリーズに搭載されているカメラの解像度では、接続の対象となるものとその周囲までが入ったアングルで認識できるサイバークードは大きなものになってしまう。対象となるものによっても状況は異なるが、大きなサイバークードを貼ることのできない対象も存在する。これは、サイバークード以外の視覚的なコードを用いても同じである。

この問題を解決する方法はいくつか考えられる。第1に、カメラの解像度を上げて、小さなコードでも認識できるようにすることである。この方法で問題点は確実に改善されるが、十分な解像度を得るのは、ハードウェアやソフトウェアのコストを考えると、必ずしも容易ではない。第2に、ユーザが「見る」カメラと、計算機が「見る」すなわち対象物を認識するカメラを分離しておく、という方法も考えられる。しかし、片方のカメラがユーザにとって対象物を認識しやすい位置でとらえながら、もう片方のカメラが計算機にとって対象物を認識しやすい位置を向いているという状況を作るのは困難であろう。

最も簡単な解決方法としては、サイバークードを認識する瞬間の画像ではなく、認識する前後の、ユーザにとって把握しやすい画像を選んで残すようにするという方法がある。たとえば、シャッターボタンのよう

な役割をするボタンやキーを用意し、そのボタンを押している間に認識されたものに対応する画像は、ボタンを離れた瞬間のものを記録する、というような方法である。

ユーザが「見て」いるものを認識できるのであれば、サイバークードなどの視覚的なコード以外の、電波などを利用した認識方法を用いることもできる。ただし、その場合にはビデオ画像越しなどの間接的な接続は難しくなる。

6. ま と め

本稿では、実世界指向インタフェースにおける新たなメタファである、「見たもの、見ているものと接続を確立する」という、Gaze-Link メタファを提案し、その実装例、応用例を示した。従来の実世界指向インタフェースで扱われていた、一塊のデータの転送に、「接続」という概念を取り入れることにより、従来とは違った形のアプリケーションも実世界指向的に扱うことができる。オフィス内や家庭内の多くの機器がネットワークにつながれた環境では、ネットワーク上の名前を付ける・把握するだけでもユーザに大きな負荷がかかるが、Gaze-Link メタファでは、ネットワーク上の名前を気にすることなく、接続する対象を指定することができる。

「見る」という動作は必ずしも直接実物を見る必要はなく、ビデオや写真などを通し間接的に「見る」ことにより、遠隔地のものに対しても実世界指向的な操作を行うことができる。今後は、このような遠隔地との接続が可能ることによる新たなインタラクションの可能性や、「接続」という概念の他の応用を探るとともに、アプリケーションを増やし、実験することにより、Gaze-Link メタファの有効性を確認していく予定である。

参 考 文 献

- 1) Bluetooth: <http://www.bluetooth.com>.
- 2) Fitzmaurice, G.W., Zhai, S. and Chignell, M.H.: Virtual Reality for Palmtop Computers, *ACM Trans. Information Systems*, Vol.11, No.3, pp.197-218 (1993).
- 3) Long, S., Aust, D., Abowd, G. and Atkeson, C.: Cyberguide: Prototyping Context-Aware Mobile Applications, *CHI'96 Conference Companion*, pp.293-294 (1996).
- 4) Rekimoto, J.: Pick-and-Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments, *UIST '97*, pp.31-39 (1997).
- 5) Rekimoto, J.: Matrix: A Realtime Object

- Identification and Registration Method for Augmented Reality, *Asia Pacific Computer Human Interaction 1998 (APCHI'98)*, pp.63–68, IEEE Computer Society (1998).
- 6) Rekimoto, J., Ayatsuka, Y. and Hayashi, K.: Augmentable Reality: Situated Communication through Digital and Physical Spaces, *ISWC '98* (1998).
- 7) Rekimoto, J. and Nagao, K.: The World through the Computer: Computer Augmented Interaction with Real World Environments, *UIST '95*, pp.29–36 (1995).
- 8) Rekimoto, J. and Saitoh, M.: Augmented Surfaces: A Spatially Continuous Workspace for Hybrid Computing Environments, *Proc. CHI '99 Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.378–385, ACM (1999).
- 9) Sugiura, A. and Koseki, Y.: Internet Scrapbook: Automating Web Browsing Tasks by Demonstration, *UIST '98*, pp.9–18 (1998).
- 10) Tani, M., Yamaashi, K., Tanikoshi, K., Futakawa, M. and Tanifuji, S.: Object-Oriented Video: Interaction with Real-World Objects through Live Video, *Proc. CHI'92*, pp.593–598, ACM (1992).
- 11) Ullmer, B., Ishii, H. and Glas, D.: mediaBlocks: Physical Containers, Transports, and Controls for Online Media, *Proc. SIGGRAPH '98*, pp.379–386 (1998).
- 12) Want, R., Fishkin, K.P., Gujar, A. and Harrison, B.L.: Bridging Physical and Virtual World with Electronic Tags, *Proc. CHI '99 Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.370–377, ACM (1999).
- 13) Want, R., Hopper, A., Falcão, V. and Gibbons, J.: The Active Badge Location System, *ACM Trans. Information Systems*, Vol.10, No.1, pp.91–102 (1992).
- 14) 椎尾一郎, 美馬義亮: IconSticker: 実世界に取り出した紙アイコン, インタラクティブシステムとソフトウェア VI 日本ソフトウェア科学会 WISS'98, pp.105–114, 日本ソフトウェア科学会, 近代科学社 (1998).
- 15) 暦本純一: 簡易性とスケーラビリティを考慮した拡張現実感システムの提案, インタラクティブシステムとソフトウェア III 日本ソフトウェア科学会 WISS'95, pp.49–56, 日本ソフトウェア科学会, 近代科学社 (1995).
- 16) 神武直彦, 暦本純一, 安西祐一郎: 現実世界での情報移動を支援する InfoSpuit, インタラクティブシステムとソフトウェア V 日本ソフトウェア科学会 WISS'97, pp.151–158, 日本ソフトウェア科学会, 近代科学社 (1997).
- 17) 綾塚祐二, 暦本純一, 松岡 聡: UbiquitousLinks: 実世界環境に埋め込まれたハイパーメディアリンク, 情報処理学会研究会報告 (96-HI-67), pp.23–30 (1996).
- 18) 坂根 裕, 柳沢 豊, 塚本昌彦, 西尾章治郎: カメラ画像を利用した拡張デスクトップ環境, *SPA'98* (URL: <http://www.br1.ntt.co.jp/ooc/spa98/proceedings/index.html>), 日本ソフトウェア科学会 (1998).

(平成 12 年 10 月 31 日受付)

(平成 13 年 2 月 1 日採録)



綾塚 祐二 (正会員)

1970 年生. 1993 年東京大学理学部情報科学科卒業. 1995 年東京大学大学院理学系研究科情報科学専攻修士課程修了. 1998 年同博士課程中退, 同年ソニー株式会社に入社. 1999 年より株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所インタラクショナルラボラトリーに所属. 実世界指向ユーザインタフェースを中心としたユーザインタフェースの研究に従事. ソフトウェア科学会, ACM 各会員.



松下 伸行 (正会員)

1973 年生. 1998 年慶應義塾大学大学院理工学研究科計算機科学専攻修士課程修了. 同年ソニー株式会社入社. 1999 年より株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所アシスタントリサーチャー. 実世界指向インタフェースに関する研究に従事. 1997 年高橋奨励賞受賞.



暦本 純一 (正会員)

1961 年生. 1986 年東京工業大学理学部情報科学科修士課程修了. 日本電気, アルバータ大学を経て, 1994 年より株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所に勤務. 現在, 同研究所インタラクショナルラボラトリー室長. 理学博士. ヒューマンコンピュータインタラクション全般, 特に実世界指向インタフェース, 拡張現実感, 情報視覚化等に興味を持つ. ACM, 日本ソフトウェア科学会各会員. 1990 年情報処理学会 30 周年記念論文賞, 1998 年 MMCA マルチメディアグランプリ技術賞, 1999 年情報処理学会山下記念研究賞.