

---

# Augment-able Reality: 実空間と情報空間を融合した情報交流

Augment-able Reality: information exchange through physical and digital worlds

暦本 純一    綾塚 祐二    林 一輝\*

**Summary.** Most existing augmented reality systems only provide a method for browsing information that is situated in the real world context. This paper describes a system that allows users to dynamically attach newly created digital information such as voice notes or photographs to the physical environment, through wearable computers as well as normal computers. Attached data is stored with contextual tags such as location IDs and object IDs that are obtained by wearable sensors, so the same or other wearable users can notice them when they come to the same context. Similar to the role that Post-it notes play in community messaging, we expect our proposed method to be a fundamental communication platform when wearable computers become commonplace.

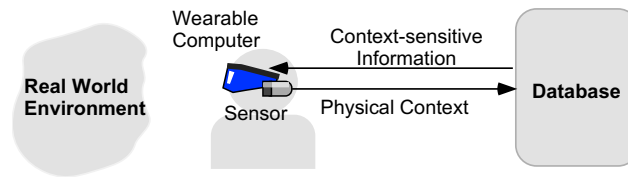
## 1 はじめに

拡張された現実 (augmented reality, 以下 AR と略す) とは、利用者に対して、実世界におけるコンテキストに合致した情報を提示することで、利用者の実世界との間のインタフェースをより快適にしようという概念にもとづくシステムやインタフェースの総称である。コンピュータからの情報は、たとえば透過型の頭部搭載ディスプレイ [12] や、携帯型ディスプレイ [8] などを介して提示される。利用できるコンテキストとしては多くの可能性が考えられ、たとえば GPS や PHS による位置情報、赤外線 ID による屋内での部屋レベルの位置情報、磁気センサや超音波センサによる比較的限定された範囲の位置情報、事物に貼り付けられた (可視あるいは電子的な) タグによる ID 情報などの利用が提案されている [13, 4, 3, 8, 1, 2]。従来型のインタフェースと比較して、利用者は実世界でのタスクに合致した情報を、より少ない操作で取得することができる。

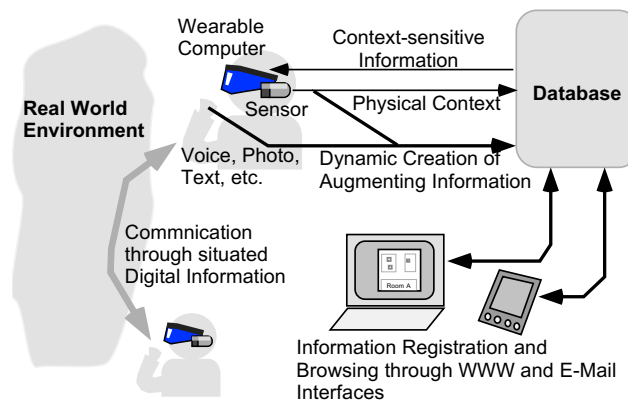
一方、最近注目を集めているウェアラブルコンピュータ (wearable computers) の発想によって、AR の可能性をさらに引き出すことができる。従来の携帯型コンピュータとウェアラブルコンピュータを区別する最大の違いは、ウェアラブルコンピュー

---

\* Jun Rekimoto, ソニーコンピュータサイエンス研究所, Yuji Ayatsuka, ソニー IT 研究所, Kazuteru Hayashi, 東京工業大学情報科学科



(a) Traditional Augmented Reality Systems



(b) Augmentable Reality Environments

図 1. Augment-able Reality の概念

タが「常に ON」であることだという指摘がある [11]。ウェアラブルコンピュータが常に周囲の状況を観察し、必要に応じて適切な情報や助言を与えてくれる、というイメージは、単に小型のコンピュータを鞆に入れて持ちあるくだけの利用とは異なった次元の利便性を与えてくれる。

さて、現在までに提案されている AR システムのほとんどは、実世界状況の取得方法、状況に合った情報の提示方法に主眼が置かれていたが、どのようにして提示すべき情報を定義、登録するか、という点にはそれほど注意が注がれていなかった。たとえば Feiner らの KARMA [3] ではレーザービームプリンターの保守タスクを題材にして、超音波センサによって得られた位置情報を基にして生成された支援情報を、利用者の透過型頭部搭載ディスプレイに表示している。支援情報は、あらかじめコンピュータ内のデータベースに登録されたものであり、たとえば利用者が保守作業中に思い付いた注意事項などを追加するインタフェースは提供されていなかった。つまり、従来型の AR システムは基本的にはコンテキスト依存型ブラウザであり、情報の流れは一方向（データベース → 利用者）だった。AR システムの応用が、機器の保守といった限定された世界を対象としている間はあまり顕著ではなかったが、AR の範囲が（ウェアラブルコンピュータなどの普及に伴い）、我々の日常生活全体に及んだとすると、そもそも誰がどうやって実世界に合致した情報を準備しておくのか、といった新しい問題が出現するだろう。

一方、我々の日常の電子コミュニケーションでは、Web のようなブラウザ型の

ツールだけでなく、電子メールや電子掲示板、あるいはチャットのような双方向型ツールも頻繁に利用されている。AR システムでも双方向的な情報の流れを許すことで、新たな応用が見えてこないか、というのが本論文の基本的な発想である。この発想を (単に augment されているだけではない、という意味で) 「拡張可能な現実」 augment-able reality と呼ぶ。

本論文では augment-able reality の基本的な特性について述べ、またウェアラブルおよび携帯型コンピュータによる augment-able reality の試作システム、およびそのユーザインタフェースについて報告する。このシステムでは、利用者は実世界の状況に対して、画像、テキスト、ボイスメモなどの情報を作成して、付与することができる。直観的な情報の移動操作を可能にするために、実世界状況と利用者の個人情報空間との間でのドラッグ&ドロップを実現している。添付された情報は、複数の利用者間で共有可能である (たとえば、ある場所に添付した情報は、他の利用者がそこに行けば見ることができる)。情報の添付やブラウズは、AR 型のインタフェースのみならず、通常の電子メールや Web を介しても可能である。たとえば、「会議室 A」を宛先にして電子メールを送ると、それは会議室 A を訪れる利用者に伝達されることになる。

## 2 拡張可能 (Augment-able) な現実環境

それでは、augment-able reality が普及した世界では何が可能になるのかを簡単な想像シナリオで見て行くことにする。

ビデオスタジオに行くと、アイグラスの片隅に「新しい編集装置がインストールされた」というメッセージが目に入った。編集装置に近づいてみると、同僚が装置を試しているときのビデオ映像がグラスに再生された。編集装置を試してみて、いくつかの発見があったのでボイスメモにして装置に貼り付けておくことにする。

食事のために外にでると、街のあちこちに情報が添付されているのが浮いて見える。あるものはコマーシャルだが、多くは街行く人が貼り付けていったメモである。メモをたよりにして美味しそうなレストランに行き着いた。

食事中に、午後早くに来客があることを思い出した。アイグラスの中でオフィスに相当するアイコンを検索し、そこに来客向けのメモを貼り付けておくことにした...

この例でも示されているように、augment-able reality の特徴は次の 4 点にまとめることができる。

### (1) 添付情報の実環境での生成

コンピュータを装着あるいは携帯した利用者は、実世界状況に対して情報を新たに添付することができる。添付される情報は、実際にはネットワーク上のサーバーに (コンテキスト情報をキーにして) 格納されている。利用可能なコンテキスト情報としては、従来の AR システムと同様多くの可能性がある。我々の試作システムでは赤外線 ID とビジュアルマーカーによって屋内での部屋レベル、事物レベルの状況認識を実現している。また、屋外での GPS による位置情報の利用も計画している。

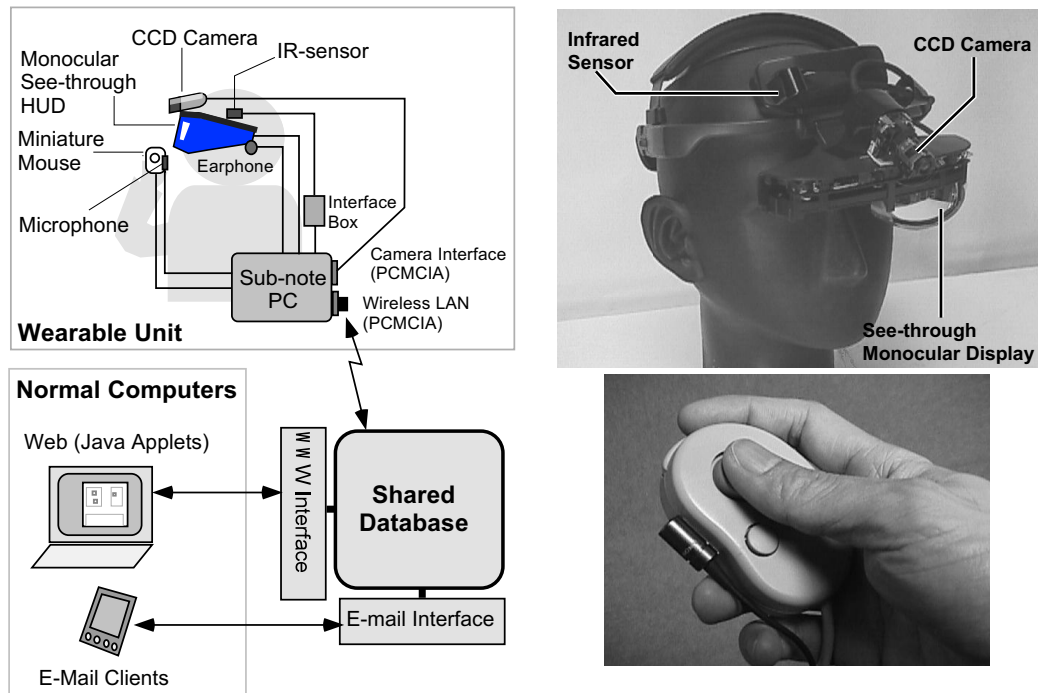


図 2. 試作システムの機器構成

図 3. ヘッドアップ部と  
ハンドヘルト部

添付する情報の形式には様々な可能性がある。我々の現在の試作システムではボイスメモと画像（デジタルカメラによるスナップショット）の添付を実現しているが、テキスト、手書きメモ、映像などの利用も考えられる。

## (2) 状況依存情報の提示

添付された情報は、同じ状況にいる同一または別の利用者に提示される。（ここではウェアラブルの「常に ON」という性質が本質的である。そうでないと、ある状況に入ったときにそこに情報が添付されていることを利用者が知る事ができない）。

## (3) ウェアラブル環境と通常環境での情報の流通

情報の添付、ブラウズは、通常のコンピュータ環境からでもアクセス可能である。たとえばコンピュータを装着した利用者がある部屋に情報を付与した場合、それは Web 上のマップからでもアクセス可能になる。もちろん、ある種のアクセス権を添付情報に設定することで、「その場所にはいかなければ見る事ができない」「あるキーを持った利用者にはしか見ることができない」といった制限を加えることも可能である。

## (4) 状況に添付された情報でのコミュニケーション

このような特徴を積極的に利用する事で、あたらしい情報流通（コミュニケーション）の可能性を考えることができる。単に「人間」を特定してメッセージを送るのではなく、場所や事物などのコンテキストに情報を貼り付けることで間接的に情報を伝達

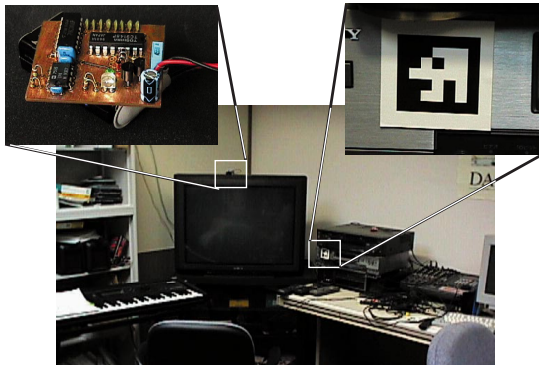


図 4. 実環境に配置された 2 種類の ID システム (左: 赤外線 ID, 右: 2 次元コード)



図 5. 実世界のオブジェクトにボイスメモを貼り付ける

することができる。たとえばレストランで食事をした後、その感想をレストランの場所に残しておけば、次にそのレストランを訪れる人に対する情報にもなるし、Web 上から地図をアクセスする人に対するガイドにもなる。

相手を特定してメッセージを送る場合でも、状況を付与させることで種々の伝達形態が選択できる。たとえば相手のオフィスのドアに情報を添付しておけば、単に電子メールを受け取った場合とは違った印象を与えることができる。

### 3 試作システム

前節で提案した概念を具体化するために、ウェアラブルコンピュータと通常型コンピュータによるシステム試作を進めている。図 2 にシステムの全体構成を示す。現在のシステムは主に屋内での利用を念頭に設計されており、ウェアラブルシステムは建物内に設置された無線ネットワークによってネットワーク上のサーバーにアクセスしている。利用者の誰かが新たに情報を添付すると、それは他の利用者にも伝達されるようになっている。

#### 3.1 実世界環境のプラットフォーム

実世界環境での状況認識を容易にするために、2種類の ID システム (赤外線ビーコンとビジュアル ID) を建物内に設置した。赤外線ビーコン (図 4 左) は定期的にユニークな ID 系列を赤外線信号 (実際にはリモコン用 IC を利用している) として発信する装置で、これを各部屋に設置することで部屋レベルでの位置認識が可能になる。ビジュアル ID (図 4 右) は印刷された 2 次元バーコードで、これを事物に添付することでオブジェクトレベルでの認識が可能になる。また、ビジュアル ID が印刷されたポストイットをとで、書類に (ボイスメモが添付された) ポストイットを貼り付ける、といった利用方法も可能になる。

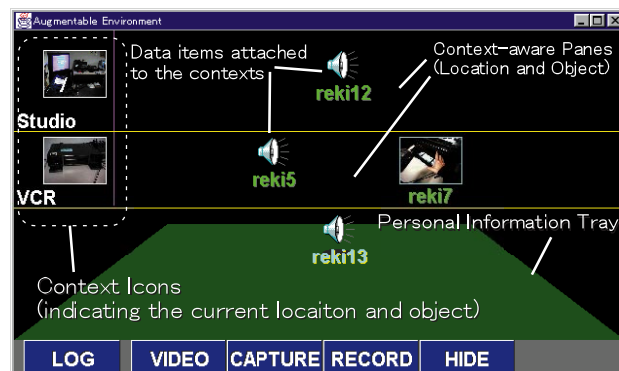


図 6. ウェアラブルディスプレイの画面構成。上方の二つの領域 (状況依存領域) は利用者の現在位置と注目している物体に応じて切り替わる。一番下の領域 (個人情報領域) には利用者が持ち歩く情報が格納されている

### 3.2 携帯型 (ウェアラブル) システム

#### ハードウェア

試作したウェアラブルシステム (図 3, 上) はソニー社製グラスロンを改造した片眼型透過型ヘッドアップディスプレイを、腰に装着したサブノート PC の表示装置として利用する。他に、赤外線 ID (シリアルインタフェース)、携帯型 CCD カメラ (PCMCIA インタフェースで PC とインタフェースする)、無線 LAN カード (Netwave AirSurfer)、そして小型ポインティングデバイスとマイク (図 3, 下) が PC には接続されている。頭部に搭載された CCD カメラはビジュアル ID の認識および画像スナップショットのために利用される。図 5 にボイス ノートを作成している姿を示す。

#### ユーザインタフェース

このシステムは、我々が以前に作成した AR システム (NaviCam[8]) と同様に、実世界コンテキストに対応したブラウザとして機能する。すなわち、カメラ映像や赤外線 ID によって認識した現在状況から、無線 LAN を通じてサーバーにアクセスし、現在状況に合致した情報をヘッドアップディスプレイに表示する。

一方、利用者が新しい情報を新たに作成し、実環境に添付するユーザインタフェースを提供している。この場合、ヘッドアップディスプレイの画面は図 6 のようなサブウィンドウに分割される。「個人情報領域」(personal information tray) 上にはその人が持ち運んでいる情報 (ボイス ノートか画像スナップショット) がアイコンとして表示されている。

個人情報領域の上に、実世界の状況によって変化する「状況依存領域」(context-aware area) が表示されている。この中はさらに 2 段に分割されており、それぞれ部屋レベルでの位置情報と、認識された実世界オブジェクトに対応している。たとえば「編集スタジオ」において「ビデオデッキ」の前にいる場合、状況依存領域の上段には編集スタジオに対して添付された情報が、下段にはビデオデッキに対して添付された情報が表示されている。これらの領域は、利用者が移動して状況が変化する度に切り替わっていく。

## Augment-able Reality: information exchange through physical and digital worlds

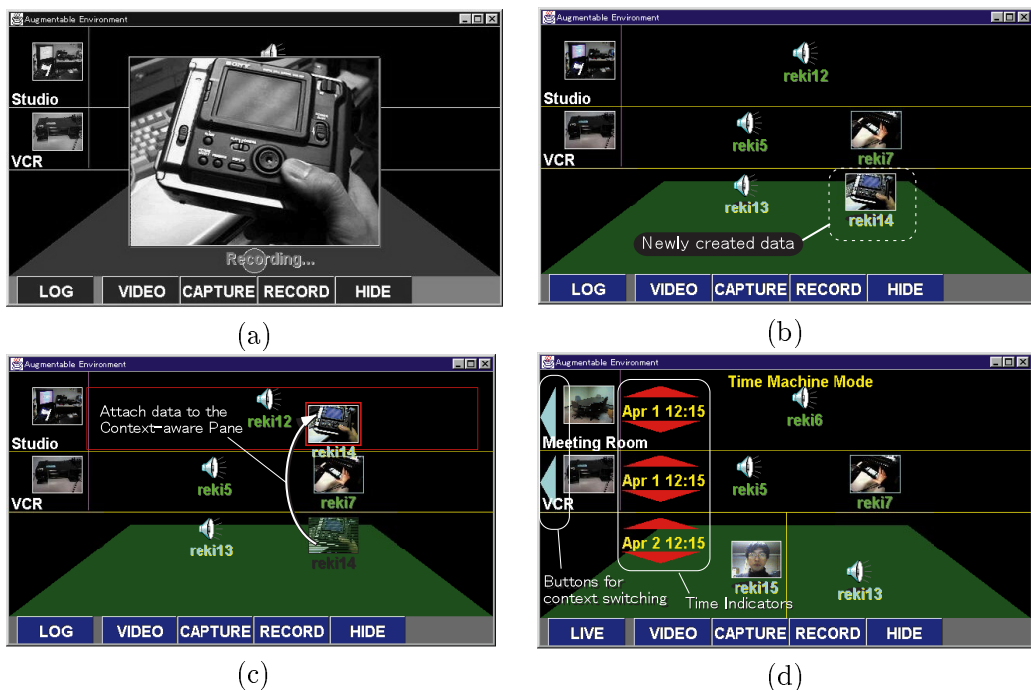


図 7. 実世界状況に生成した情報を添付する。(a) "CAPTURE" ボタンを押してスナップショット (画像メモ) を生成し、それに音声メモを添付させる。(b) 生成したメモが個人情報領域に出現する。(c) それを状況依存領域にドラッグアンドドロップし、情報を実環境に貼り付ける。(この例では「スタジオ」にメモを貼り付けている) (d) タイムマシンモードの例。過去に貼り付けた情報を、時刻ボタンを操作しながら検索している。

実世界状況への情報の添付は、個人情報領域から状況依存領域へ情報アイコンをドラッグ&ドロップすることで行う。たとえば利用者が (画面上の録音ボタンを押して) ボイスノートを作成すると、それはまず個人情報領域上のアイコンとして表示される。このアイコンを、部屋に対応する状況依存領域にドラッグ&ドロップすることで、ボイスノートが部屋に貼り付けられる (図 7)。以上の操作の結果は無線 LAN を経由してネットワーク上のサーバーに登録され、他の利用者に共有される。

### タイムマシンモード

状況依存領域は、常に現在の実世界状況にリンクしているわけではない。利用者はウィンドウの左端をタップすることで、「タイムマシンモード」に入ることができる (図 7 (d))。このモードでは、ちょうど Web の前後ボタンを押すようなインタフェースで、今まで訪れた場所や事物を遡っていくことができる。この機構を利用すると、たとえば「さっきいた部屋」に情報を貼り付けることができる。

さらに、上下ボタンを利用して、各部分領域を未来 (あるいは過去) に移動させることができる。これは、たとえば「来週の月曜の会議室」に情報を添付させる場合に利用する。あるいは、現在の会議室に情報を添付し、ウィンドウを未来に移動



図 8. デスクトップ環境 (Java アプレット) からの情報アクセス

させてから添付情報を削除することで、「ある一定期間だけ添付されている情報」を表現することができる。

### 3.3 通常的环境からのアクセス

#### Web (Java Applet) インタフェース

実世界に添付された情報は、コンピュータを装着していない利用者也アクセスすることができる。図 8 に示す Java アプレットは、ウェアラブルコンピュータによって添付された情報を地図画面より取得している例である。逆に、このアプレット経由で、実世界の位置や物体に情報を添付することもできる。このアプレットの利用によって、遠隔地からでも Java が利用可能な Web ブラウザを経由して情報にアクセスすることができる。

#### 電子メールインタフェース

メールサーバを改造することで、メールを実世界状況向けに発信することが可能になる。たとえば会議室にメールを発信する場合は以下のようにすればよい。

```
To: room3@ar.csl.sony.co.jp
Subject:
Msg=Today's meeting is cancelled.
Time=4/6/1998 10:00
Timeout=1 day
```

(”Time” や”Timeout” は添付される期間を限定するためのオプション)

## 4 議論

### 4.1 効果的な通知手段

システムを利用した経験から、augment-able reality が効果的に機能するためには、情報が添付された状況下に入ったときの通知方法にあると感じている。利用者が毎回積極的にアクセスするまで情報の存在がわからないのではシステムの効果が半



減されてしまう。一方、添付情報に出会う度に実世界でのタスクを大幅に阻害してしまうような通知手段の利用も問題である。我々の現在の試作では、視野に添付情報をオーバーレイし、低いピープ音を注意を喚起するという方法をとっているが、他の可能性を検討する必要もあるのではないかと考えている(たとえば眼鏡に情報の存在を示すだけの1bitのLEDをつける、等)。

#### 4.2 他の方法との比較

Augment-able reality の応用のある部分は、単に実際の物体にポストイットを貼ってしまうことで実現可能であろう。一方、以下のような場合は電子メディアの利用(支援)が本質的ではないかと考えている。

まず、添付された情報は単に「その場所」のみならず遠隔地からもアクセス可能である。逆に遠隔地から「その場所」に情報を貼ることもできる。

また、添付された情報の内容や付加情報(アクセスキー、タイトル、添付された時刻)などの情報を利用した検索も可能である。たとえば「私が最後にこの部屋に貼りつけたメッセージ」を探すといったことが可能になる。時間的なタグをうまく利用することで、「毎週月曜日に貼る」といった添付方法も可能になる。また、アクセスキーを利用して、「特定の人にしか見えない」添付情報を実現することができる。

最後に、屋外の特定の場所に情報を添付したいときなど、ポストイットの利用がそもそも不可能な場合がある。

### 5 関連研究

Forget-me-not[6] は携帯型の記憶補助システムで、実世界での位置情報などのコンテキストをログとして残すことで過去の情報に効果的にアクセス出来るようにしている。Wearable Remembrance Agent[9] は現在のコンテキストに類似した情報をヘッドアップディスプレイに表示することで、利用者の(連想的な記憶)を強化しようとする試みである。我々のシステムでは主に情報を環境に添付することに主眼が置かれており、これらの記憶補助システムとは多少目的を異にしている。

ARやウェアラブルコンピュータの研究領域では、人工的な標識(マーカー)を実環境に設置して状況認識を容易に行えるようにする提案が多くなされている(GPSも広義には標識とみなすことができる)。我々のシステムでは赤外線IDおよびビジュアルIDを利用しているが、これは我々が以前試作したARシステム(NaviCam[8], UbiquitousLinks[1])のために開発された技術を利用している。

Touring Machine[2] はディファレンシャルGPSおよび電子コンパスを利用したウェアラブルコンピュータで、屋外での現在位置に応じた情報のオーバーレイを実現している。こういったシステムにaugment-ableな発想を追加することで、単に観光ガイド情報を得るだけでなく、その場所に足跡を残すことができるだろう(電子的な落書と言える?)

実世界に情報を添付する際にドラッグ&ドロップを使うという発想の一部は、第一筆者の“Pick and Drop”[7, 14]と、Robertsonらの“Fix and Float”[10]に影響を受けている。

タイムマシンモードで、添付情報を「未来」に置くという発想は、文書管理システム“LifeStreams”[5]の影響を受けている。このシステムは、文書を時系列で管理しているが、未来に文書を置くことでリマインダとして利用できるようになっている。

## 6 結論および今後の展開

本論文では利用者が実世界に情報を添付させることを主眼とした新しい概念 *augmentable reality* およびその試作システムについて述べた。試作システムはまだ未熟で多くの問題点もある (現状のウェアラブルコンピュータを装着したまま日常生活を送るとは考えがたい) が、基本コンセプトの実証、およびユーザインタフェースを設計する際の重要な知見を与えてくれた。我々は一方で、GPS を利用した屋外システムの開発も計画している。このシステムでは街を歩く人々が、現在位置に対して自由にメッセージを残す事ができ、新たなコミュニケーションおよびエンターテインメントの枠組として利用することを期待している。

## 参考文献

- [1] Yuji Ayatsuka, Jun Rekimoto, and Satoshi Matsuoka. UbiquitousLinks: Hypermedia links embeded in the real world. In *IPSJ SIGHI Notes*, number 67-4, pp. 23–30. Japan Information Processing Society, July 1996. in Japanese.
- [2] Steven Feiner, Blair MacIntyre, Tobia Hollere, and Anthony Webster. A touring machine: prototyping 3D mobile augmented reality systems for exploring the urban environment. In *Proc. of the first international symposium on wearable computers (ISWC '97)*, 1997.
- [3] Steven Feiner, Blair MacIntyre, and Doree Seligmann. Knowledge-based augmented reality. *Communication of the ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 52–62, August 1993.
- [4] George W. Fitzmaurice. Situated information spaces and spatially aware palmtop computers. *Communication of the ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 38–49, July 1993.
- [5] E. Freeman and D. Gelernter. Lifestreams: A storage model for personal data. *ACM SIGMOD Bulletin*, March 1996.
- [6] Mik Lamming and Mike Flynn. Forget-me-not: Intimate computing in support of human memory. In *FRIEND21 '94 International Symposium on Next Generation Human Interface*, 1994.
- [7] Jun Rekimoto. Pick-and-Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments. In *Proceedings of UIST'97*, pp. 31–39, October 1997.
- [8] Jun Rekimoto and Katashi Nagao. The world through the computer: Computer augmented interaction with real world environments. In *Proceedings of UIST'95*, pp. 29–36, November 1995.
- [9] Bradely J. Rhodes. The wearable remembrance agent: a system for augmented memory. In *Proc. of the first international symposium on wearable computers (ISWC '97)*, 1997.
- [10] Georg G. Robertson and Stuart K. Card. Fix and Float: object movement by ego-centric navigation. In *Proceedings of UIST'97*, pp. 149–150, October 1997.
- [11] Thad Starner, Steve Mann, Bradley Rhodes, Jeffrey Levine, Jennifer Healey, Dana Kirsch, Rosalind W. Picard, and Alex Pentland. Augmented reality through wearable computing. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, No. 4, pp. 386–398, 1997.
- [12] Ivan Sutherland. A head-mounted three dimensional display. In *Proceedings of FJCC 1968*, pp. 757–764, 1968.
- [13] R. Want, A. Hopper, V. Falcao, and J. Gibbons. The active badge location system. *ACM Trans. Inf. Syst.*, January 1992.
- [14] 暦本純一. Pick-and-Drop: 複数コンピュータ環境向けの直接操作技法. *インタラクティブシステムとソフトウェア V*. 近代科学社, 1995.