# Digital Decor: 日用品コンピューティング

**Digital Decor: Augmented Everyday Things**

**椎尾 一郎　Jim Rowan　美馬のゆり　Elizabeth Mynatt** *

**Summary.** Digital Decor is furniture, appliances, and other small objects commonly found in homes and offices that have been augmented with computational power to extend usefulness. As such, Digital Decor is a physical manifestation of the ubiquitous, pervasive, and invisible computer in which the familiar, everyday object is imbued with additional capabilities through a single, simple application.
Thus far we have investigated two possible functionalities for Digital Decor: everyday objects that keep track of their own contents (this can be called "smart storage"), and everyday objects that support informal, lightweight communication. For this paper we developed four prototypes: Timestamp Drawers and Strata Drawer are Digital Decor prototypes augmented to keep track of their contents while Peek-A-Drawer and Meeting Pot are prototypes augmented to support communication.

## 1　はじめに

近い将来，ユビキタスで透明な存在のコンピュータが埋め込まれた，単機能の情報アプライアンス[1]が一般化すると予想されている [15][8]．一方，家具，調度品，小型の家庭電化製品，および生活のあらゆる場所に置かれている小物などの総称である decor は，我々が長年親しんだ簡単な操作で，単一もしくは限られた数の機能を提供しているので，このような透明な存在のコンピュータを組み込むのに格好の場所である．

透明な存在のコンピュータによって強化された decor を，我々は Digital Decor と呼ぶことにする．GUI (Graphical User Interface) 設計において，人々の実世界の知識をメタファーとして利用したことと同様に，Digital Decor の設計では，従来の decor の機能と操作方法に関する人々の知識を利用することができる．Decor を使った人々の日常の行動を，目に見えないデジタル世界を操作するインタフェースとしてどのように利用していくかが，Digital Decor の設計課題である．

本論文では，Digital Decor が果たすであろうアプリケーション分野から，賢い収納とカジュアルなコミュニケーションについて述べる．このアプリケーションとして，つぎの 4 つの Digital Decor, 賢い収納を実現するための Timestamp Drawers と Strata Drawer，およびカジュアルなコミュニケーションを実現するための Peek-A-Drawer と Meeting Pot を試作した．試作したシステムの外観は，引き出し家具やコーヒーポットのような通常の日用品であるが，目立たない存在のコンピュータによって機能を強化拡張されている．

## 2　Digital Decor の応用例

来るべきユビキタスコンピューティングの姿を予想する際に，コンピュータと電気モータの歴史がしばしば比較される [15][8]．モータが一般家庭に販売されはじめた当初は，モータは高価であり，何でもできることを目的にした汎用製品であった．大量生産されるようになると，モータは安価になり，小型化され，様々な製品に組み込まれるようになり，日用品の一部となった．その結果人々は，特定の目的で組み込まれたモータにより機能強化された日用品に囲まれて暮らしている．コンピュータもまたより安価になり，人々の日用品に次々に組み込まれ，モータと同様に，ユーザにとって透明な存在になりつつある．コンピュータもモータのように日用品の機能を強化するであろうが，コンピュータにはより柔軟な能力があるので，はるかに多様な新機能を与えることが可能である．

### 2.1　賢い収納

コンピュータで文書を管理することのメリットは大きい．そこで，文書をハードコピーにして従来のファイルキャビネットに保存するよりも，コンピュータにソフトコピーとして保存することを好む人は多い．コンピュータの中の文書は，紙の書類に比べて，編集作業やネットワークを利用した共有が容易であり，場所もとらない．さらに，コンピュータ内に文書を保存しておけば，タイトルや本文中のテキストを検索したり，作成／変更時刻で並べ替えたりすることで，目的の文書を探し出す作業をコンピュータが支援してくれる．

* Itiro Siio, 玉川大学, Jim Rowan, ジョージア工科大学, Noyuri Mima, 公立はこだて未来大学, Elizabeth Mynatt, ジョージア工科大学

[1] 冷蔵庫やトースターなどの，いわゆる白物家電

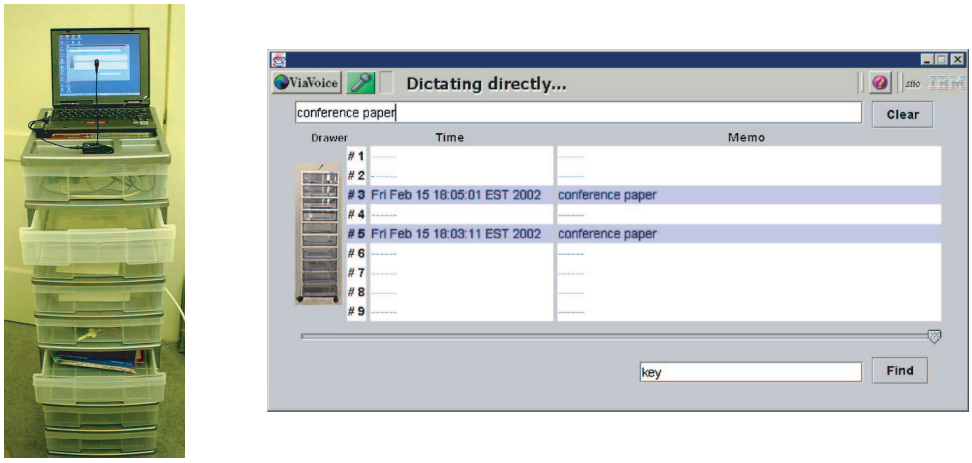


**図 1. Timestamp Drawers (左) とディスプレイ部分 (右).**

もし，引き出し，キャビネット，棚，おもちゃ箱，靴箱，郵便受けなどの，収納機能を持った decor をコンピュータにより強化して，中に収納された物品を把握する機能を付加したり，収納物に対する人のイベントを自動的に記録／検索する機能を付加すれば，コンピュータ内の文書の検索支援と同じように，実世界の物理的な物を探し出す機能を提供できるであろう．たとえば，物の出し入れを記録するセンサーを組み込んで時刻を記録したり，音声認識により収納物のアクセス記録に文字の注釈を付加したり，バーコードなどの認識タグを収納物につけて自動認識したり，収納物を自動的に撮影して記録することなどが考えられる．このような物探し支援機能を組み込んだ収納家具や小物入れなどは，本論文で提案している Digital Decor の典型的な応用分野になるであろう．

### 2.2 遠隔地コミュニケーション

コンピュータにより，多彩な遠隔地コミュニケーションが可能になった．近年の研究では，仮想現実を利用したコミュニケーションや，手応えのあるタンジブルな提示デバイスを利用したコミュニケーション [1] などが提案されている．コンピュータを組み込んだ decor は，タンジブルでアンビエントなコミュニケーションツールとして利用できると筆者らは考え，Digital Decor がカジュアルな日々のコミュニケーションを支援する可能性に注目した．家具や調度品などの decor にセンサーとコンピュータを組み込むことで，人がその日用品を使う様子を検出して，これを象徴するイベントを，遠隔地に暮らす家族や，サテライトオフィスの同僚などに提示することができれば，遠隔地の人の存在を身近に思う気持ちを作りだせるであろう．たとえば，子供のおもちゃ箱の写真が遠隔地に住む祖父母の家に伝えられれば，孫と祖父母のコミュニケーションの支援に役立つであろう．さらに，(たとえば，おもちゃ箱の蓋を開けて物を入れると自動的に写真が撮られて転送されるように）decor のもともとのタンジブルな操作を利用して遠隔地へのコミュニケーションが実現されるように設計すれば，日用品のオリジナルな機能を利用するのと同程度に，わかりやすく直感的な装置に作り上げることが可能である．

以下の節では，これらのアプリケーションのために試作した Digital Decor を紹介する．

## 3 Timestamp Drawers

### 3.1 タイムスタンプによる物探し

オフィスで,「あの会議でもらった資料はどこにしまっただろうか？」と自問する場面はめずらしいことではない．ある会議資料を収納した場所を正確に覚えておくことは難しいが，その文書がどの会議で配付されたかを覚えておくことは比較的容易である．もし，会議の記憶に基づいて文書を探すことができれば，物探しの作業はずっと楽になるであろう．会議のような特定の出来事の時刻は，カレンダーや予定表から探し出すことができる．この情報から，さきほどの質問は，たとえば,「先週の火曜日にもらった書類はどこにしまっただろうか？」のように言い換えることができる．もし棚や引き出し家具のような収納家具が，それぞれの棚板や引き出しに人がアクセスした時刻情報を記録すれば，人が探し物をする際には，この記録を元に，どこを探索すべきか助言することができるだろう．

図 1 は，Digital Decor の一つとして試作した Timestamp Drawers である [11]．この家具は，高さ，幅，奥行がそれぞれ 107cm × 32cm × 40cm で，10 段の引き出しを持っていて，それぞれの引き出しにリードスイッチによる開閉センサーが取り付けられている．引き出しの開閉イベントは，時刻情報を付加して，家具の上に置かれたコンピュータに

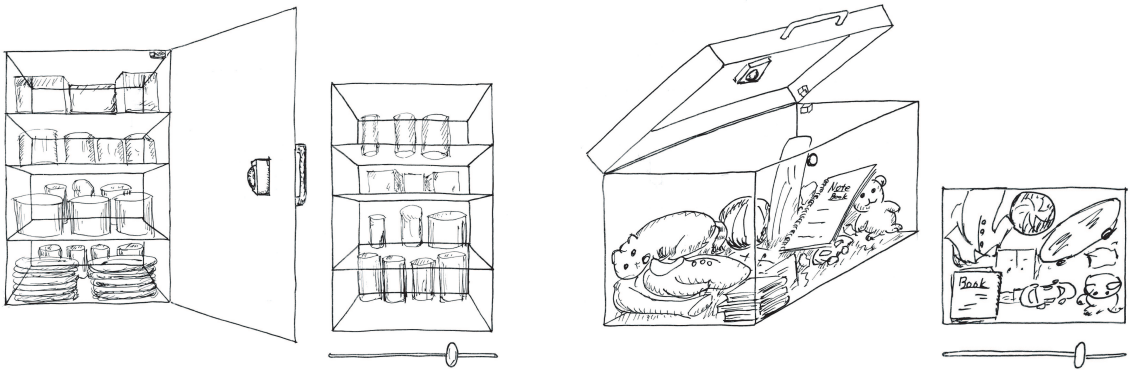


**図 2. カメラをカップボードの扉の内側 (左) や，おもちゃ箱の蓋の下 (右) に取り付けて，閉めるたびに写真を自動撮影し，時間軸のスライダを使って過去の写真を閲覧するブラウザを用意すれば，収納物からの物探しを支援できる．**

記録される．その記録は，図 1 の右に示すようにコンピュータの画面に表示される．表示の各行は引き出しそれぞれの状況を表し，開閉イベントがタイムスタンプとともに表示される．さらに，ユーザは引き出しの開閉時にキーボードをタイプしたり，音声認識機能 (IBM 社 ViaVoice を使用) を利用して，開閉記録に文字の注釈を追加することもでる．ユーザは，画面下部の時間軸スライダを操作して開閉記録を閲覧したり，キーワードを入力して注釈情報から検索して，探し物が入っている可能性のある引き出しを探すことができる．

### 3.2 考察

図 1 に示したものと同様の引き出し家具は，引き出しに内容物を示すラベルを貼付けて，使われることがある．しかしながら，分類作業は一般的に困難な作業であり，ある物を格納しようとしたときに，該当するラベルが貼られた引き出しが一つも無かったり，逆に複数あったりすることがしばしばある．運良く該当するユニークな引き出しが見つかった場合でも，引き出しの容量は固定なので，引き出しが一杯で入りきらないこともある．これを避けるためには，引き出しに常時空きスペースを作っておく必要があるが，これにより収納能力は低下してしまう．

Timestamp Drawers は，コンピュータ支援された記録と検索機能により，引き出しをより柔軟で効率的なデバイスに作り変え，物理的な引き出しの容量が固定であることの問題を，ある程度解決してくれる．Timestamp Drawers のユーザは，引き出しにラベルをつけて内容物を分類すること無く，単に空きのある引き出しに物を入れていくだけという使い方ができる．このことは，固定サイズのセクターで構成されるハードディスクを，コンピュータのファイルシステムが抽象化して，様々なサイズと数のファイルを効率良く格納し探索できるデバイスに作り替えていることに類似している．

## 4 Strata Drawer

### 4.1 カメラ付き収納家具

Timestamp Drawers はそれぞれの引き出しの開閉イベントに対してタイムスタンプの状況情報を付加して記録していたが，時刻情報以外にも，役立つ状況情報が考えられる．たとえば収納物の写真が，収納物探索に役立つであろう．

上手な収納のための手法の一つに，キャビネットやクローゼットの中の写真を撮影しておき，探し物の際に役立てる方法が知られている．しかし，収納物を移動するたびにカメラを探して撮影する手間は面倒であるし，物探しの時にすぐに閲覧できるように撮影した写真を管理することも厄介である．もし収納家具に，自動撮影するカメラが組み込まれていて，さらに写真ファイルを格納する画像サーバになるコンピュータが用意されていれば，物探しのために撮影して写真を管理する作業はずっと容易になる．たとえば，図 2 に示すように，カップボードの扉の内側にカメラを取り付けたり，おもちゃ箱の蓋の下にカメラを取り付け，扉や蓋を閉めるたびに収納物の写真を自動的に撮影する収納家具をつくることができる．撮影された写真を撮影された時刻順に自由に閲覧できるプログラムを用意すれば，あとから収納した物で覆い隠されているような昔の収納物も，過去の写真を見ることで探し出すことができる．撮影した写真が，ネットワークに接続されたサーバに自動的に格納されれば，離れた場所の複数の収納家具の中身を同時に見ることもできる．このため，家の中のあちらこちらの家具を巡って開けてみたり，さらには，家とオフィスの両方を行き来して探したりする手間を省くことができるであろう．

### 4.2 スタックの中での物探し

机の上に積み重ねられた書類の山は，オフィスでよく目にする光景である．ルーチンワークの書類や重要な書類であれば，収納すべきフォルダやキャビネッ

トが用意されていて，書類の山に居残ることは少ないかもしれない．また明らかに不要な書類は，すぐに廃棄されるであろう．しかし書類の適切な分類作業は，一般に困難である．分類作業の困難さに加えて，廃棄できると思われるもののひょっとしたらいつの日か必要になるかもしれない書類が常に存在する．このため書類の山はなかなか消滅しない．乱雑に積み上げられた書類の山の中から，必要な書類を探し出すことは面倒な作業である．そのアプローチの一つに，書類の山の「地層」を利用する方法がある．書類の山は地層のように時間とともに積み上げられていくので古い書類は地層の下の方で見つかりやすい．また，ある書類を探す過程で，時期的に近い書類が見つかれば，探している書類はその地層の近辺にあると考えることができる．机の上の書類の山を，引き出しや箱に作ることにすれば，机上の作業空間を確保することができるが，そのかわり山の中から書類を探す作業はさらに困難になる．

Digital Decor の家庭でのアプリケーションを探す目的で，日常生活で不便に思っていることを何人かに聞き取り調査した．その中に，春先に冬物衣料をしまおうとするときになって，持っていることを忘れていたお気に入りのセーターが，引き出しや衣料箱の底から出てくることが頻繁にあるとの体験談があった．収納家具の中に積み重ねられた衣類の地層を閲覧できれば，このような要望に応えられるであろう．

以上の考察をもとにして，収納家具に収められた物の写真と，収納物の地層の情報を獲得して，時間軸と地層の高さにもとづいて収納物画像を閲覧できる機能を持った Digital Decor を設計した．

### 4.3 試作

積み重ねられた書類や衣類などの中から，書類や物の探索する作業をサポートする目的で，カメラを内蔵した引き出し家具，Strata Drawer (図 3) を試作した．深い引き出しを一つ持つこの家具には，カメラ，内容物の高さセンサー，コンピュータが組み込まれている．ユーザが引き出しの中に何か物を入れて閉じると，引き出し内を自動的に撮影して，さらに内容物の高さをレーザ光線を利用して測定する．物を入れるたびに撮影された収納物の地層の写真は，撮影時刻と高さの情報と一緒に閲覧することができる．

試作したシステムは，高さ，幅，奥行がそれぞれ 64cm × 49cm × 39cm の市販の 3 段引き出し家具を改造して製作した．最上段の引き出し部分を取り除き，中段と下段の引き出しをつなぎあわせて，1 段の引き出しにした．最上段の引き出しのあった部分には，引き出し開閉を検出するためのリードスイッチ，照明用の 4 個のハロゲンランプ，デジタルスチルカメラ (Olympus D-360L)，レーザダイオード，および制御用の電子回路を組み込んだ．図 3 ではカバーを外してこの部分が見えるようにしている．これらのデバイスは，撮影プログラムと WWW サーバが稼働しているコンピュータ (1GHz Pentium III, Linux OS) のシリアルポートとパラレルポートに接続されている．ユーザが引き出しを閉じると，引き出しに埋め込んだ磁石にリードスイッチが反応し，コンピュータの撮影プログラムに伝えられる．そこでコンピュータはハロゲンランプとカメラの電源を投入して，写真を撮影して，画像データを取り込む．

**図 3. Strata Drawer にはデジタルカメラ (上方中央) と内容物の高さ測定用のレーザダイオード (上方右) が組み込まれている．**

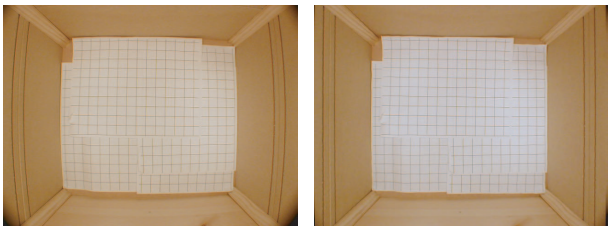

**図 4. 広角レンズで撮影された写真は歪んでいる (左) ので，撮影プログラムにより補正される (右)．**

カメラは撮影対象の引き出しの底から 47.5 cm 上方に，下向きに設置されている．このカメラはシリアルポート経由でコンピュータ制御可能であり，撮影データも取り込むことができる[2]．引き出しの内容物全体を撮影するために，0.6× のワイドコンバータレンズをカメラに取り付けた．広角レンズによる樽形歪みは，撮影プログラムで補正し，同時にホワイトバランスの調整も行っている．図 4 に画像処理の結果を示す．

レーザダイオードは，Strata Drawer の天板の右端に取り付けられていて，引き出し底の左隅に向けて対角方向に光線を投影する．レーザの照射口に取

[2] http://photopc.sourceforge.net/protocol.html

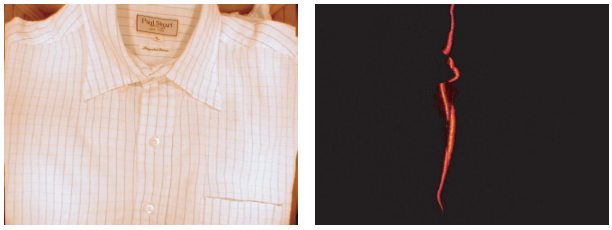

**図 5. 収納物の撮影 (左) の後，撮影プログラムはレーザを点灯して二枚目の写真 (右) を撮影する．レーザ光線の位置から内容物の高さを測定する．**

り付けた円筒形レンズにより光線は拡げられて，引き出しの奥と手前を結ぶ直線になる．撮影プログラムはランプを点灯して内容物を撮影した後，ランプを消灯してレーザダイオードを点灯し，内容物に投影されたレーザ光線の写真を撮影する (図 5)．レーザ光線は，引き出しの中を対角線方向に照射するので，引き出しの端からレーザで描かれた線までの距離から，内容物の高さを知ることができる．すなわち，輝線が写真の左端から離れているほど，引き出し内容物の高さが高いことになる．図 5 のシャツの例のように，内容物に凹凸があると，これに影響されて輝線が変形する．そこで，輝線の横軸位置として，画像の輝点の横軸座標を輝度で重み付け平均した値を利用した．つぎに，前もって測定した輝線位置と内容物高さの関係から，補間計算によって実際の内容物高さを求める．高さの測定精度は，レーザの線幅，撮影写真の解像度などの条件から，約 2mm 程度である．

カメラによって撮影された内容物の写真は，撮影時刻と内容物の高さ情報とともに，WWW サーバに格納される．この情報を閲覧するために，Java アプリケーションの閲覧プログラムを作成した (図 6)．閲覧プログラムには，時間軸と高さのスライダーがあり，これを動かすことで引き出し内容物の写真を閲覧できる．画像データは WWW サーバに置かれているので，ネットワーク接続された遠隔地のコンピュータから通常の WWW ブラウザを利用して写真を閲覧することも可能である．

Strata Drawer は，著者のオフィスで 3 か月以上にわたって稼働し，以前は机の上に積み上げられていた書類を記録／収納している．この間，Strata Drawer は正常に機能し続け，積み上げられた書類の中から，銀行口座の取り引き通知や製品カタログなどの書類が必要になった場面で，素早く探索することができた．

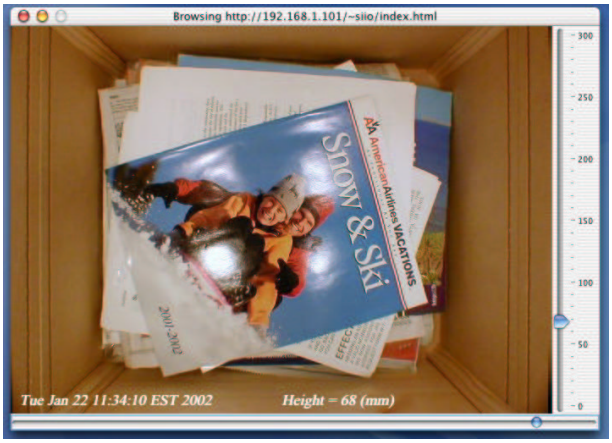


**図 6. Strata Drawer の閲覧機能．時間軸 (右) と高さ軸 (下) のスライダを動かして収納物の「地層」を閲覧できる．**

## 5 Peek-A-Drawer

### 5.1 家族の遠隔コミュニケーション

日米をはじめ多くの先進諸国では，家族のあり方が変わり，独立した子供が，親と同居したり同じ地域で暮らす家庭は少数派になり，近しい親族が遠く離れて暮らすことが一般的になった．しかし，子供や孫と離れて暮らす老人は，生活の一部を孫と共有したいと考えている．彼らは，離れて暮らす孫たちのお気に入りの玩具や，学校で書いた絵や作品などに関する，もし同居していたら自然と共有できるであろう情報を欲しがっている．一方で，離れて暮らしている老人の健康を心配する子供世代家族も居る．

デジタルカメラと電子メール，テレビ電話などの電子的な道具を使えば，遠隔地の家族とコミュニケーションして，生活の一部を共有することが現在でも可能である．しかしながら，既存の電子的コミュニケーションツールは，次の二つの問題をかかえている．まず，これらのツールの操作は，たとえば蓋を開けて何かを入れてボタンを押すというような単純な操作で利用できる，単一機能のアプライアンスのようには簡単ではない．つぎに，これらのツールには，コミュニケーションを開始しようとする意図的な操作が必須である．もし同居していれば，居間の棚に物を置いたり，コーヒーを入れたりする動作だけで，意図せずともアウェアネスレベルのコミュニケーションが可能なはずである．

Digital Decor を用いれば，わかりやすく直感的な操作によるコミュニケーションツールを提供できるであろう．そこで，遠隔地に住む家族のコミュニケーションを実現するツールとして，遠隔地と共有する引き出しを考案した．家族で共有する居間の引き出しは，中に入れた物をきっかけにして家族のコミュニケーションを促進することがある．仮想的に

**図 7. Peek-A-Drawer．ネットワーク接続したキャビネットの上の引き出しの内容が，もう一方の下の引き出しのディスプレイに表示される．**

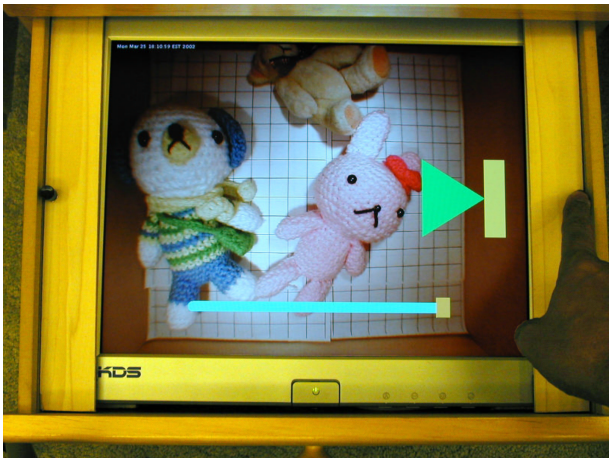

**図 8. ディスプレイの左右にあるボタンを押すと，写真を撮影時間順に閲覧することができる．**

遠隔地と共有する引き出しを作れば，このようなコミュニケーションの輪を遠隔地の家族にまで自然に広げることが可能であろう．

図 7 に示す Peek-A-Drawer [12] は，ネットワーク接続された一対の引き出し家具である．上の引き出しの内容が，もう一方の下の引き出しのディスプレイに表示され，引き出しの仮想的な共有を実現する．先に紹介した Strata Drawer と同様に，市販の 3 段引き出し家具を改造して試作した．ここでも最上段の引き出しを取り除き，デジタルスチルカメラ，ハロゲンランプ，リードスイッチを組み込んだ．Strata Drawer とは違い，ここではそれぞれを 2 段の引き出し家具として使い，カメラは 30.8cm 下にある上段の引き出しの内容物を撮影する．被写体が近くなったため，引き出し全体を撮影するために，より広角 (0.5×) のワイドコンバータレンズを使用した．

下の引き出しには，コンピュータ (1GHz Pentium III, Linux OS)，15 インチ液晶ディスプレイ (LCD)，スピーカーが組み込まれている．カメラで撮影された引き出しの中の画像を，もう一方の家具の下の引き出しの LCD が表示する．LCD は引き出しの中に上向きに設置されているので，離れた場所の引き出しの内容をのぞき込んでいるかのようなリアリティを得ることができる．それぞれの家具で稼働しているコンピュータでは，3 種類のプログラム：撮影プログラム，WWW サーバ，および画像ブラウザが作動している．ユーザが上の引き出しを閉じると，リードスイッチがこれを検出する．撮影プログラムはこのイベントを検出して，ハロゲンランプを点灯して，上引き出しの内容物を撮影する．広角レンズによる歪みと，ホワイトバランスを補正した後，画像データは撮影時刻情報とともに WWW サーバディレクトリに置かれる．画像ブラウザは，もう一方の家具の WWW サーバを定期的にチェックして，新しい写真があればダウンロードして LCD に表示する．また更新時には，あらかじめ用意されている引き出し開閉音のファイルをスピーカーで再生して，遠隔地の引き出しが開閉された様子を音で提示する．

画像ブラウザには，簡単なナビゲーション機能が用意されている．LCD の左についているボタンを押すと一枚過去の画像が，右のボタンで次に新しい画像がそれぞれ現れる (図 8)．また 1 秒以上長押しすることで，それぞれ最も古い／新しい画像を見ることができる．

### 5.2 考察

Peek-A-Drawe が実現する画像によるコミュニケーションは，先にも述べたように，現在でもデジタルカメラや電子メールを使えば実現できる．しかし，撮影をして，データを転送して，メールに添付して発信する作業が必要である．引き出しに物を格納するだけで転送され，開けるだけで見ることができるという操作手順は，従来の引き出しをいつものように使用しているのと何ら変わらないため，コンピュータやネットワークの存在を感じることなくコミュニケーションが可能である．

また，Peek-A-Drawer と同程度に簡単に画像転送する機能ならば，撮影画像を自動的に遠隔地に転送するデジタルカメラでも実現できる．ネットワークに画像を自動発信する携帯カメラや，ウェブカメラのように壁や天井に取り付けた定点カメラを使えば，引き出しの外の被写体にも対応できるであろう．しかし，撮影対象を，引き出しのように閉鎖された固定領域に限定したことで，Peek-A-Drawer には，以下のようなプライバシーと使い勝手の課題に対応できていると考える．

携帯カメラを使う場合には，家庭の中のあらゆる情景が遠隔地に瞬時に伝わってしまう危険がある．特に，小さな子供にこのような携帯カメラを使わせることにプライバシーの危惧を感じる親は多いと思われる．一方，定点カメラの場合でも，意図していない物が撮影領域に入ってしまう可能性がある．また生活空間を被写体にする固定カメラは，存在するだけでプライバシー侵害の心配を呼び起こすだろう．これにたいして，Peek-A-Drawer は，撮影対象を小さな引き出しの中に限定することで，プライバシーの問題が生じないというメリットがある．

小さい子供のようなカメラの初心者にとって，自動化されたカメラを使っても，良い写真を撮ることは困難である．Peek-A-Drawer の引き出しの中は，被写体位置や光線の状態が固定された空間であるので，フォーカス，露出，ホワイトバランス，構図は適切に調整され，手ぶれも発生しないし，被写体が画面から外れることも無い．さらに，本システムでは撮影された画像が常にほぼ実物大で表示されるので，特に映像理解に不馴れな幼児にとって，遠隔地にある物体の大きさや詳細の把握が容易になるであろう．

### 5.3 実地評価

Peek-A-Drawer は，現在，約 300km 離れて一人暮らししている祖母 (72 才) の家とその孫娘 (11 才) の家庭環境に置かれ，一か月以上に渡って実地試験が続けられている．最初の一か月で，52 枚の画像が交換された．特に祖母の側での評価が高く，最初に予想していた以上にずっと興味深く，毎日喜んでわくわくして使用しており，テスト期間終了後も継続的に使いたいとの感想を得ている．祖母側は，人形や小物を，箱庭のようにならべて，メッセージを付けたりして，絵はがき感覚で利用している．その他，庭木の果実，花などや，貝殻，骨とう品など孫が興味を持ちそうな小物をメッセージ付きで送っている．一方，孫側では，祖母側ほどの感動は無いものの，操作が簡単であるので，身の回りの小物を適当に入れて返答を返して楽しんでいる様子である．また，最近の孫の出来事に関連するような小物，たとえば見学した博物館のパンフレット，旅行先のホテルの紙袋，水泳大会の記録証などが送られている．

孫からの写真はしばしば説明不足であるため，祖母からのメッセージに質問が書かれることがあり，これに応える形でメッセージの往来がおこることがある．さらには，祖母から電話や電子メールで問い合わせがくることもあり，家族間のコミュニケーションのきっかけづくりにつながることがあった．孫の親にとっても，遠隔地で母親が引き出しを開閉する動作が音で伝わるので，(あらかじめ録音された音であっても) 多少の安心感を得られるメリットがあることがわかった．

当初の設計意図とは異なり，引き出しは収納家具としては使われていない．祖母も孫も，新しい物を入れる前に引き出しを空にしている．理由の一つは，装置が目新しく，通信のための道具として受け入れられていることが考えられる．家庭に置かれたファックス，プリンタ，コピー機の出力トレイが書類置き場になるように，Peek-A-Drawer も日常生活の一部になれば，引き出しが徐々に収納として使われるかもしれない．もう一つの理由として，新しく引き出しに入れる物を目立たせるために，以前送った物を取り出していることが考えられる．更新された部分を画像処理して強調表示できるように画像ブラウザの機能を拡張すれば，引き出しに物を追加して入れていくような使われ方が行われるかもしれない．

## 6 Meeting Pot

コンピュータやそれに付随するネットワーク技術で連携する現代のオフィス環境は，仕事を達成するのにきわめて効率化されたものとなっている．しかしながら効率化された環境からだけでは，新たなアイディアや新しいスタイルの仕事が生み出されるわけではない．特にパーティションや個室で隔離されたオフィスでは，人と人とのインフォーマルなコミュニケーションが重要になる．オフィスで働く人々は，このコミュニケーションを行う場として，無意識的にではあるが，プリンタやファックスなどの共有什器，自販機，コーヒーなどを飲むスペースなどを利用している．そこで，誰かがオフィスの共有スペースでコーヒーブレークをしているという情報を，オフィスの同僚に伝える仕組みを取り入れることで，このようなインフォーマルなコミュニケーションを促進できると考えた．一方，家庭の中でも，コーヒーブレークの情報が伝達されれば，家族間のコミュニケーションのきっかけになるであろう．とくに，遠隔地で一人暮らししている家族がコーヒーやお茶をいれる情報が伝えられれば，プライバシーの問題をほとんど生ずること無く，健在な様子をほかの家族に伝えることができる [7].

### 6.1 設計と試作

オフィスのオープンスペースにおけるインフォーマルなコミュニケーションを支援する目的で，Meeting Pot システムを試作した．これはコーヒーブレークのために人々が集りつつある状況を，個室オフィスにいる同僚に伝達するシステムである．本システムは，個室のオフィスワーカーがオープンスペースに出かけて，同僚とコミュニケーションすることのきっかけを提供する．設計にあたって次の二点が課題になった．一つは，人々がコーヒーブレークのために集まりつつある状況の検出方法，もう一点は，そのことを他の同僚に伝達する方法である．

オープンスペースに人々がコーヒーを飲みに集

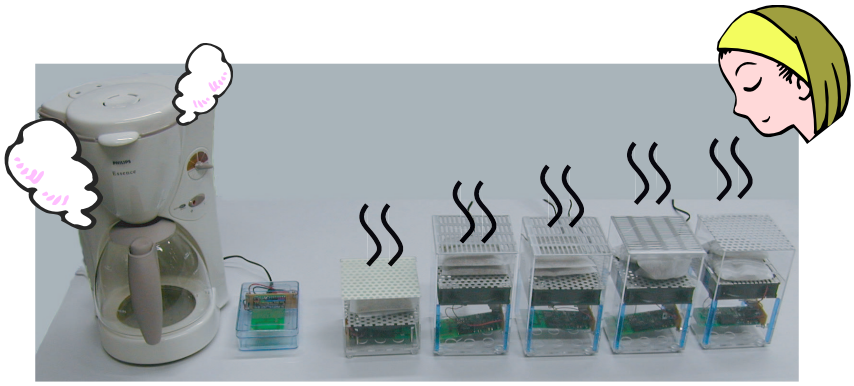

**図 9. The Meeting Pot システム：センサーを組み込んだコーヒーメーカと 5 個のコーヒー芳香発生器.**

まりつつある状況を検出するためには，画像，音声，振動，人体赤外線センサーなどの利用が考えられる．しかし，コーヒー以外の目的で集まっている状況と識別することが困難である．また，画像や音声情報を収集することにより，プライバシーが侵害される可能性もある．そこで，オープンスペースに設置したコーヒーメーカーの稼働状態をモニターすることで，コーヒーブレークを検出することにした．一人暮らし高齢者家庭の電気ポットの稼働状況をネットワーク上で確認する商用サービスプロバイダも，人の活動をポットの稼働状態として間接的にモニターすることで，プライバシーの問題を回避できたと主張している [7].

オープンスペースに人が集いつつあるという情報は，インフォーマルなコミュニケーションを活性化するという観点からは重要であるが，オフィスの日常業務の中では優先度の低い情報である．そこで，コーヒーメーカの稼働状態をアンビエントに表示することを考えた．我々はコンピュータ画面のようなフォアグラウンドの情報のほかに，環境の照明，音，風，においなどの認知の閾下にあるアンビエントな情報に囲まれている．アンビエントな表示を利用することで，フォアグラウンドへの集中の邪魔をしない情報提示が可能である [5]．コーヒーブレークの状況を伝達するアンビエントな表示方法としては，たとえば照明の揺らぎ，人々のざわめきの音などが考えられるが，本システムではコーヒーの香りを利用した．

図 9 に，試作した Meeting Pot システムを示す．これは，コーヒーメーカーと 5 個のコーヒー芳香発生器で構成されている．市販品のコーヒーメーカは，ユーザがコーヒーを入れるために加熱用ヒーターに通電すると，微弱無線発信ユニットがその状況を発信するように改造された．無線ユニットは，障害物の無い環境で約 100m の伝達距離があり，後述する実地試験の環境では，吹き抜けのある 5 階建てオフィスビルの各階で受信できた．

コーヒー芳香発生器には，無線受信機，電動ファン，インスタントコーヒー粉が組み込まれている．コーヒーメーカからの無線信号を受信すると，ファンが回転して，上部に置かれたコーヒー粉からコーヒーの香りを放出する．インスタントコーヒー粉のかわりに，挽いたコーヒー豆を使うと，よりリアルで強い香りを放つが，数日で変質する．これに対して，インスタントコーヒー粉は 2-3 か月以上にわたって香りが持続するので，メンテナンスが容易である．

試作した Meeting Pot システムは，コーヒーメーカーでコーヒーを入れると，その香りを芳香発生器の置かれた場所へ伝達する装置となった．コーヒーの香りを使った表示は，コーヒーブレークが始まりつつあることを，自然に直感的に伝えることができる

### 6.2 実地評価

Meeting Pot システムの有用性を確認するために，実際の大学教員のオフィス環境[3]に設置して 16 週間にわたって実地試験を行った．コーヒーメーカーを共用の談話室に設置し，5 個のコーヒー芳香発生器をそれぞれ教員の個室オフィスに設置した．さらに，コーヒーメーカーからの無線信号を受信するサーバコンピュータを設置して，電子メールと WWW サーバによりコーヒーメーカの状況を通知／公開できるように設定した．

教員の中から 10 人の被験者を選び，それぞれ 5 人ずつの 2 グループに分けた．談話室のコーヒーメーカーの状況を提示するために，5 人のオフィスにコーヒー芳香発生器を設置し，のこりの 5 人には，まもなくコーヒーが用意できることをしらせる電子メールが自動的に送られた．最初の 8 週間の試験期間の後にグループを入れ替えて，後半の 8 週間は前半とは異なる方法でコーヒーブレークの通知を受けるようにした．

16 週間の実験終了後に被験者にアンケートを実

[3] 公立はこだて未来大学

施し，本システムの評価を行った．被験者の全員が，談話室で誰かがコーヒーを用意していることを知らされることが，インフォーマルなコミュニケーションのきっかけになったと回答した．被験者の多くが，電子メールによる通知よりも，香りによる表示を，自然で直感的であるという理由で好んだが，電子メールの評価も良かった．ある被験者は，コーヒーブレークが始まる情報だけではなく，だれが談話室に居るのかも知りたいと述べたが，一方で，自分が談話室に居ることを通知されることは望まないとコメントした．このように矛盾したプライバシー関連の要望を調整することが，センサーを使った CSCW システムの課題の一つであろう．

コーヒーの香りが伝わった時に，ある被験者らは，コーヒーが用意されている談話室へ向かわずに，やはり同僚が集まっている喫煙所や，ほかのオープンエリアへ出かけて休憩をとることがあったと述べた．コーヒーの香りは，単にコーヒーが用意されたことを伝えるだけでなく，彼らに休憩をとって雑談をすることを思い出させたのであろう．この様子をみると，コーヒーの香りには，人とコミュニケーションすることを暗黙のうちに喚起するような，文化的な意味が込められているように思われる．本システムで，コーヒー以外の香り（たとえば花など）を使うこともできるであろう．しかし，香りを使ったアンビエントなディスプレイを設計する場合には，香りが呼び起こす効果について十分に配慮する必要があるだろう．

コーヒーブレークの情報が伝えられても，多忙のために談話室に出かけられない状況にあることもある．また，出張などでオフィスを離れている出先で，コーヒーブレークを知らせる電子メールを受け取ることもある．被験者からのフィードバックによると，そのような場合でも，同僚たちがコーヒーを飲みながら談話している状況を感じることで，リラックスする気持ちを味わえたそうである．またこれをきっかけに，単独で一服することもあったという．今回は同じ建物で働く人々を対象に実地試験を行ったが，一人暮らし高齢者や単身赴任者のように，離れた場所で暮らす家族メンバーに対して，他の家族の心地よい気配をアンビエントに伝える用途にも展開できるであろう．

## 7 関連研究

Digital Decor のように，日用品によるインタラクションをテーマにした研究は多い．たとえば，家庭の薬棚にコンピュータを組み込んで投薬の管理をしたり，医療機関とのコミュニケーションを実現するシステム [14]，オフィスの壁，テーブル，椅子などにディスプレイを組み込み，これらをシームレスに接続することで人々の知的作業とコミュニケーションをサポートするシステム [13]，壁掛けディスプレイを絵画のように使って，情報をアートワークとして表示するシステム [10] などが知られている．いずれも，コンピュータの未来が家具や調度品のような日用品であることを示している．以下では，その中でも本研究と特に関連が深いと思われる研究を紹介する．

### 7.1 引き出しシステム

TouchCounters [16] は，収納用の箱と棚で構成されたシステムである．それぞれの収納箱にはディスプレイが，また棚には収納箱を識別するためのセンサーが組み込まれている．それぞれの収納箱の利用状況を表示させることで，効率的な管理の実現を目指している．Timestamp Drawers も，物探しを支援するために，それぞれの引き出しの利用イベントに着目している．自由に棚に置ける収納箱と違い，引き出しには場所の制約があるために，Timestamp Drawers では引き出しを識別するセンサー類を省略できた．また，キーボードや音声認識によるテキストの注釈付けも実装した．

HomeBox [9] は，発展途上国の人々のために開発された WWW コンテンツ作成のための引き出しである．ユーザは引き出しの中に物を入れてアレンジして，これをスキャナとインタネット接続設備のある場所に持っていき，WWW ページを作成する．バッチ方式によりコンピュータ資源を有効に利用することがこのシステムの目的である．日用品としての引き出しの使いやすさについても言及している．Strata Drawer は内容物の探索に，また Peek-A-Drawer は一対一のコミュニケーションに着目した．また，Strata Drawer と Peek-A-Drawer のいずれのシステムも，カメラやコンピュータが十分に安価になることを想定して家具に組み込んでいるため，インタラクティブな操作を実現している．

### 7.2 コミュニケーションのための家具

Peek-A-Drawer は，Digital Family Portrait [6] は，と同様に，カジュアルなコミュニケーションの支援を目指している．Digital Family Portrait は，遠隔地に住む家族，特に高齢者の日々の定性的な活動状況を表示する電子的な写真立てである．従来の写真立てと同様に，壁や暖炉の上に置かれ，活動状況は写真の周りの装飾として表示される．Peek-A-Drawer は，送受信の双方が同等の機能を持つ対称的なコミュニケーションツールとして設計されているが，Digital Family Portrait は一方方向のコミュニケーションを提供している．

みまもりほっとライン [7] は，家庭用電気ポット (i ポット) の利用状況情報を利用者に提供する商用のインターネットサービスである．このサービスは，子供世代の家族に，遠隔地で一人暮らしする親の健康状態を伝達することが目的である．Meeting Pot

も同様にコーヒーメーカーの利用状況を検出しているが，オフィスのインフォーマルなコミュニケーションの促進を目的に開発された．

Elvin は，ネットワーク接続されたオフィス環境で働く人々の状況を伝達しあうシステムである．これには，CoffeeBiff[4] という機能が導入され，同僚に自分がコーヒーブレークをとることを知らせる機能がある．Meeting Pot もやはり同僚にコーヒーブレークを伝達するが，コーヒーメーカの状況から自動的にコーヒーブレーク状態を検出し，香りをつかったアンビエントな方法で伝達している．

サイバースペースの分野でも，リアリティを強化する目的で香りを利用する研究がさかんに行われている（たとえば．[2] [3]）．これらはグラフィカルな仮想世界のリアルな香りを提示することを目的で導入された，人々が意識を集中する対象としてのフォアグラウンドディスプレイである．Meeting Pot は，日常のオフィス環境で使用することを目的に導入された，シンボリックな香りをアンビエントに出す，バックグラウンドのディスプレイである．

## 8 まとめと今後の予定

今後のユビキタスコンピューティングの主流になると考えられる，コンピュータにより機能強化された日用品である Digital Decor について述べた．また，応用分野として，賢い収納と，カジュアルなコミュニケーションを考え，それぞれについて試作し，評価と考察をおこなった，ここで述べたアプリケーションシナリオは，特定の家庭やオフィス環境を仮定しているが，これらのデバイスは decor を使用する日常生活の場で広く利用できると考えている．たとえば，Strata Drawer は家庭において衣類を積み上げて収納することにも利用できるし，Peek-A-Drawer はサテライトオフィス環境で，遠隔地にいる同僚同士のコミュニケーションを促進する目的でも利用することが可能である．今後は試作したシステムを実際の日常生活でさらに使い続け，評価をすすめていく予定である．

## 謝辞

本研究は，東京電力 (株) と (株) 内田洋行から研究助成を受けた．Peek-A-Drawer のアイディアは，筑波大学の葛岡英明氏とのディスカッションの中で生まれた．

## 参考文献

[1] S. Brave, H. Ishii and A. Dahley: Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication. *Proceedings of the ACM 1998 Conference on CSCW,* (1998) 169–178

[2] http://www.digiscent.com/

[3] H. Q. Dinh, N. Walker, C. Song, A. Kobayashi and L. F. Hodges: Evaluating the Importance of Multi-sensory Input on Memory and the Sense of Presence in Virtual Environments. *Proceedings of the IEEE Virtual Reality '99,* (1999) 222–228

[4] G. Fitzpatrick, T. Mansfield, S. Kaplan, D. Arnold, T. Phelps, B. Segall: Augmenting the Workaday World with Elvin. *Proceedings 6th European Conference on Computer-Supported Cooperative Work (ECSCW'99),* (1999) 431– 435

[5] H. Ishii, C. Wisneski, C. Brave, A. Dahley, M. Gorbet, B. Ullmer and P. Yarin: ambientROOM: integrating ambient media with architectural space. *Proceedings of the conference on CHI 98 summary: human factors in computing systems,* (1998) pp.173–174

[6] E. D. Mynatt, J. Rowan, S. Craighill and A. Jacobs: Digital family portraits: supporting peace of mind for extended family members. *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems,* (2001) 333–340

[7] http://www.mimamori.net/

[8] D. A. Norman: *The Invisible Computer*, MIT Press, (1998). (邦訳: 岡本 明 , 安村 通明 , 伊賀 聡一郎: パソコンを隠せ、アナログ発想でいこう!—複雑さに別れを告げ、“情報アプライアンス” へ, 新曜社, 2000.)

[9] B. Piper and R. R. Y. Hwang: The HomeBox: A Web Content Creation Tool for The Developing World. *Extended Abstracts of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems,* (2001) 145–146.

[10] J. Redstrom, T. Skog, and L. Hallnas: Informative art:using amplified artworks as information displays. *Proceedings of DARE 2000,* (2000) 103–114.

[11] 椎尾一郎: Smart Drawers: 家具による実世界インタラクション. 電子情報通信学会 2001 年総合大会講演論文集、情報・システム 1, (2001) p. 138.

[12] I. Siio, J. Rawan and E. Mynatt: Peek-a-drawer: Communication by furniture. *Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computer Systems (ACM CHI 2002),* (2002) 582–583.

[13] N. A. Streitz, J. Geissler, T. Holmer, S. Konomi, C. Muler-Tomfelde, W. Reischl, P. Rexroth, P. Seitz and R. Steinmetz: i-LAND: an interactive landscape for creativity and innovation. *In Proceedings of the CHI '99,* (1999) 120–127.

[14] D. Wan: Magic Medicine Cabinet: A Situated Portal for Consumer Healthcare. *Proceedings of the HUC'99,* (1999) 352–355.

[15] M. Weiser: The Computer for the 21st Century. *Scientific American,* 265 (3), (1991) 94–104.

[16] P. Yarin and H. Ishii: TouchCounters: Designing Interactive Electronic Labels for Physical Containers. *Proceeding of the CHI 99 conference on Human factors in computing systems,* (1999) 362–369.