

推薦論文

GDA : 複数の PDA による画面結合および共有システム

野田 敬寛[†] 吉野 孝^{††} 宗 森 純^{††}

近年、高性能で携帯性に優れた携帯情報端末 (PDA) の普及と無線 LAN に代表される無線ネットワーク技術の普及にともない、移動先でインターネットなどのサービスを利用できるだけでなく、PDA による双方向通信サービスも利用可能となってきた。そして、このような環境を利用して協調作業を支援しようとする試みが行われている。しかし、PDA の画面は小さく、そのままでは複数人で本格的な作業を行うのは困難であり、PDA の小さな画面を効率良く使える仕組みが必要である。そこで、画面の結合による表示領域の大型化と、お互いに同じ内容を見ながら作業ができる画面の共有とが可能なシステム GDA (Group Digital Assistant) を開発した。GDA 上で動作する KJ 法支援アプリケーションを用いて、2 人による協調作業の実験を行った結果、下記のことが分かった。(1) 画面結合は空間的に広い作業領域を必要とする作業で利用され、画面共有は、2 人で相談しながら、1 人は操作を行い、もう 1 人がそれに指示を与えるような作業で利用された。(2) 画面結合および画面共有の機能はタスクに合わせて頻繁に切り替えながら利用された。

GDA: A Combined or Shared Screen System Based on Several PDAs

TAKAHIRO NODA,[†] TAKASHI YOSHINO^{††} and JUN MUNEMORI^{††}

PDAs (Personal Digital Assistants) have spread widely. Radio network technology, such as wireless LAN, has also spread widely. There are many systems that support cooperative work using the latest advanced environment. However, it is difficult to do cooperative work smoothly on a PDA because the screen of a PDA is too small. Then, we have developed GDA (Group Digital Assistant). GDA can combine or share screens of PDAs. We experimented in cooperative work using KJ method support application that operates on GDA. We found the followings from the results of the experiments. (1) Users used combined screen of PDAs for large workspace effectively. Users used shared screen of PDAs when one of two persons mainly operated a PDA and the other advised an operating person. (2) Users changed a combined screen and a shared screen at a cooperative work frequently.

1. はじめに

近年、高性能で携帯性に優れた携帯情報端末 (以下、PDA) の普及と PHS データ通信、無線 LAN や Bluetooth に代表される無線ネットワーク技術の普及にともない、ユーザが移動先でインターネットなどのネットワークサービスを利用できるだけでなく、PDA を用いた双方向通信を行える環境が整いつつある^{1),2)}。このような環境を会議のプレゼンテーション、ブレインストーミングなどの協調作業に用いる試みがいくつ

が行われており、その効果的な利用方法が検討されている。たとえば、PointRight³⁾ や PebblesDraw⁴⁾ のように、会議室に各個人が携帯しているノート型 PC や PDA を持ち寄り、その端末を使ってシームレスに会議に参加できるシステムが研究されている。しかし、これらのシステムは特定の場所のみで実施可能であり、つねにシステムの核となる、PC やプロジェクトなどの計算機を必要とする。現在、モバイル機器の携帯性を活かしつつ、任意の場所での協調作業を支援する試みはあまり行われていない。

モバイルコンピューティングでは、その機器の大きさや重さが重要なパラメータとなる。持ち運ぶときには小さく、軽いほど便利であるが、画面も小さくなり

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

^{††} 和歌山大学システム工学部デザイン情報学科
Department of Design and Information Sciences, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

本論文の内容は 2002 年 10 月の第 45 回グループウェアとネットワークサービス研究会にて報告され、GN 研究会主催により情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

作業領域が縮小される。任意の場所での協調作業を支援することを考えると、PDA の小さな画面を効果的に利用できる仕組みが必要である。PC では、協調作業における作業領域を効果的に使う方法として、画面の共有⁵⁾が広く使われている。また、近年では、PC のマルチモニタによる作業領域の拡張が、効果的であると報告されており⁶⁾、PDA のような携帯情報端末においても、端末を組み合わせ、画面を大型化することが以前から提案されていた⁷⁾。したがって、この PDA の携帯性を活かしつつ、画面の大型化や画面の共有によって作業領域を効果的に利用することができれば、任意の場所での協調作業を PC に比べて遜色なく支援できる可能性がある。

PDA を用いた協調作業を支援するための基盤として、GDA (Group Digital Assistant) を開発した。GDA は無線通信を用いて、複数台の PDA を組み合わせる画面の大型化と、同じコンテンツを各利用者の PDA の画面に表示し、それらを操作できる画面の共有とを実現したシステムである。画面の大型化や画面の共有は、ユーザの行うタスクに合わせて柔軟に切り替えることが可能である。

この GDA の有効性を検証するためのアプリケーションとして、日本の代表的な発想法の 1 つである KJ 法⁸⁾を支援するアプリケーションを開発した。通常、KJ 法を行うためには比較的広い作業領域が必要であり、参加者は同じ内容を見て作業を行う。KJ 法は、その作業を進める中で画面の大型化や画面共有を必要とするタスクを含んでいるため、GDA の有効性を検証するために適した協調作業である。

本論文では、GDA 上で動作する KJ 法支援アプリケーションを用いて適用実験を行い、GDA が協調作業を支援するための有効なシステムとなるのかを検討する。

本論文では、2 章において新たに開発した GDA について述べ、3 章では適用実験について述べる。4 章では実験結果とアンケート結果とを示し、その考察について述べる。5 章では関連研究について述べ、6 章で本論文のまとめを述べる。

2. GDA

GDA は、複数台の PDA の画面を組み合わせる(以下、画面結合)ことで画面を大型化、または各参加者の PDA の画面に同じコンテンツを表示する(以下、画面共有)ことで PDA の小さな画面を効果的に利用

し、各種無線通信を用いて、任意の場所での協調作業を支援するシステムである。PC などのシステムを中心となる計算機を必要とせず、任意の場所で任意の人間が計算機を持って集まることで作業環境を構築し、協調作業のためのシステムとして使用することを想定している。

2.1 設計方針

次の設計方針で GDA を開発した。

- (1) PDA を利用したシステムの構築
- (2) 画面結合と画面共有の柔軟な切替え理由

- (1) PDA を利用したシステムを構築
任意の場所で複数の人間が計算機を持って集まることで作業環境が構築できることが望ましいため、ノート型 PC よりも小型で軽量の PDA を利用したシステム構築を行う。
- (2) 画面結合と画面共有の柔軟な切替え
同じ作業内容であっても画面結合と画面共有のどちらを利用するかは、その作業を行うユーザによって異なることが予想されるため、両方の機能をシームレスに切り替えられるようにする。

2.2 実現方法

2.2.1 画面結合と画面共有の仕組み

画面結合と画面共有は、その切替えを柔軟に行うために以下の方法で実現している。PDA の画面サイズを 320 × 320 ドットとして、その仕組みを述べる。

- (1) すべての PDA が同一のデータを保持
図 1 を用いて、すべての PDA が同一のデータを保持する手順を述べる。GDA を構成する PDA1 と PDA2 が、データを保持するための仮想の描画領域(以下、オフスクリーン)を用意する。本システムでは、このオフスクリーンの大きさを実際の PDA の表示画面(以下、表示用スクリーン)の 4 倍となる 640 × 640 ドットとしている。

ユーザが、PDA1 に対して何らかの作業を行った際、PDA1 はこの作業命令を PDA2 へ送信し(図 1 の a)、次に作業結果を一度 PDA1 のオフスクリーンで再現する(図 1 の b)。そして、PDA1 のオフスクリーンで再現された内容を PDA1 の表示用スクリーンへ描画する(図 1 の c)。PDA1 のオフスクリーンへの描画よりも先に PDA2 への送信を行い、2 台の PDA の間における描画の同期の、見かけ上の遅延を少なくしている。

作業命令とは、たとえばボタンやフィールドな

KJ 法は株式会社川喜田研究所の登録商標である。

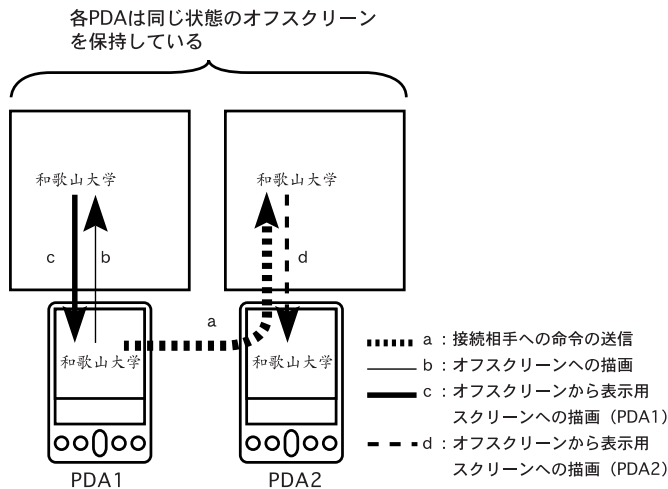


図 1 同一のデータを保持する手順

Fig. 1 Procedure for each PDA having the same data.

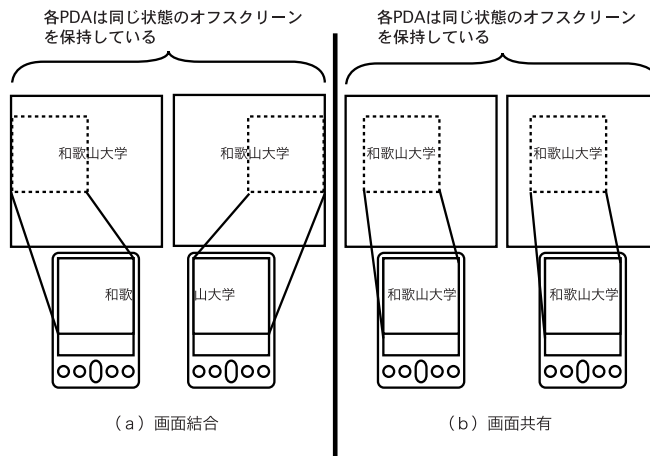


図 2 画面結合と画面共有の表示用スクリーンとオフスクリーンの関係

Fig. 2 Relation between the main screen and the offscreen at a combined or shared screen.

どのオブジェクトの選択、移動、ペンによる線の描画、テキストの入力、修正などの命令である。図 1 の作業命令は「和歌山大学」というテキストの入力である。オブジェクトの移動では実際の画像を送信するのではなく、選択されたオブジェクトを識別するユニークな番号と移動先の座標を送信する。

PDA2 では、受信した命令を処理し、オフスクリーン上で作業結果を一度再現し、それを表示用スクリーンに表示する (図 1 の d)。オフスクリーンの領域は表示用スクリーンよりも大きいので、一方の PDA の表示用スクリーンで表示していない場所で行われた作業もオフスクリーン上で再現可能である。このような手順で、

GDA を構成するすべての PDA は同一のデータをオフスクリーン上に保持することができる。

- (2) 指定したオフスクリーンの位置を表示
上記の方法により各 PDA はお互いに同一のデータをオフスクリーン上に保持でき、そのオフスクリーンの一部分を指定して表示用スクリーンに表示する。

図 2 (a) のように PDA1 と PDA2 とで、一方の PDA が表示している領域の横の領域を、もう一方の PDA が表示することで、表示用スクリーンを拡大したように扱える。これが、画面結合の状態となる。次に、図 2 (b) のように PDA1 と PDA2 でオフスクリーンの同じ部分を指定して表示すると、2 台とも同じ内容を表示する

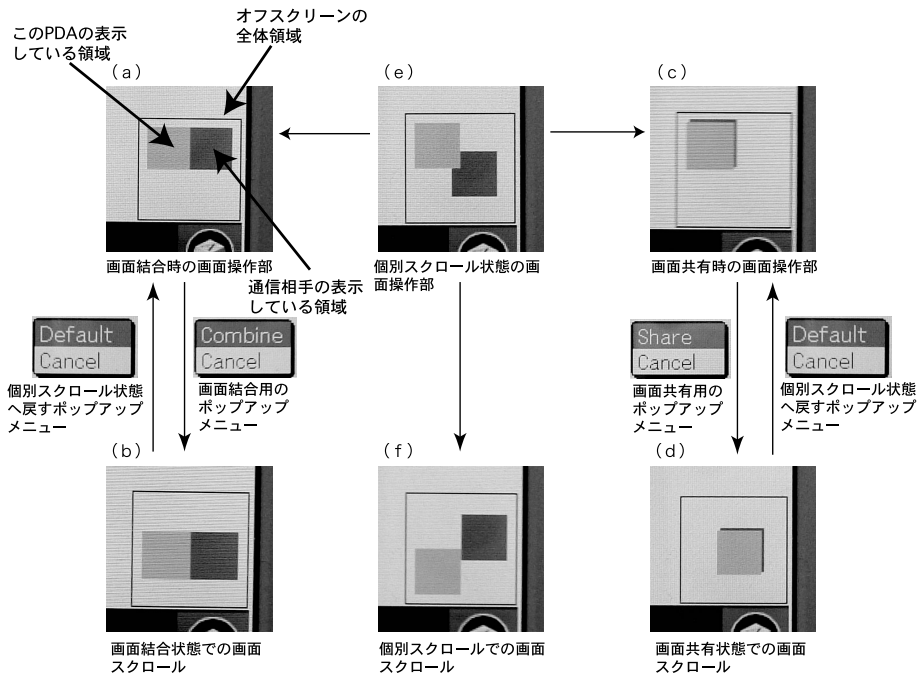


図 3 画面の状態の変更手順

Fig.3 Operation flow for changing screen states.

ことができる。これが、画面共有の状態となる。上記の方法で画面の結合と共有とを実現することで、柔軟にこれらの機能を切り替えることができる。また、画面結合のときの PDA の配置も柔軟に変更できる。

2.2.2 GDA の画面の状態

本システムでは画面の結合と共有の切替えを柔軟にするために図 3 に示す GUI (Graphical User Interface) を実現する。これは図 4 に示す PDA の画面の右下に表示される。図 3(a) の外枠はオフスクリーン全体の領域を表しており、中央部の 2 つの矩形はそれぞれ、自分の PDA と通信相手の PDA が表示している画面の領域を表している。GDA の画面の状態を下記に示す。図 3 は、GDA の画面の状態の変更手順を示している。

(1) 画面結合

画面結合は PDA を並べた状態で行う。画面結合は、自分の PDA の表示領域を示す矩形部分の横に相手の表示領域を示す矩形部分を並べ (図 3(a)), 矩形上で 0.7 秒以上ペンを停止すると「Combine」または「Cancel」が選択可能なポップアップメニューが表示され、画面結合が選択可能となる。画面結合では、一方の PDA が画面操作部を動かしてスクロールすると、もう一方の PDA でも図 3(b) の矩形部分が示しているように、その PDA の表示領域と平行に

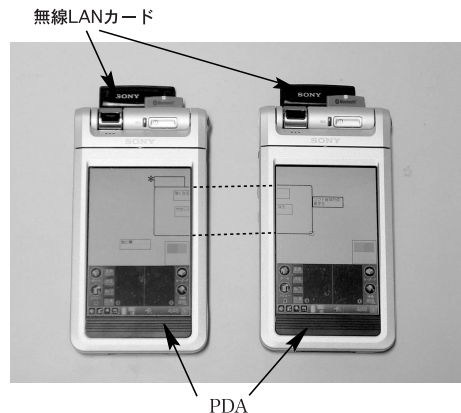


図 4 画面結合時の PDA

Fig. 4 PDAs at combined screen.

画面がスクロールされる。画面結合の状態から、画面操作部上でペンを 0.7 秒以上停止させることで、ポップアップメニューが表示され、「Default」を選択すると個別スクロールの状態になる。

(2) 画面共有

画面共有は、自分の PDA の表示領域を示す矩形部分と通信相手の表示領域を示す矩形部分とを重ね合わせて (図 3(c)), 矩形上で 0.7 秒以上ペンを停止すると画面結合同様の「Share」または「Cancel」が選択可能なポップアップ

メニューが表示され、画面共有が選択可能となる。画面共有では、一方の PDA が画面操作部を動かして画面をスクロールすると、もう一方の PDA でも、図 3(d) の矩形部分が示しているように、同じ領域を表示する。画面共有の状態から、画面操作部上でペンを 0.7 秒以上停止させることで、ポップアップメニューが表示され、「Default」を選択すると個別スクロールの状態になる。

(3) 個別スクロール

個別スクロールは、オフスクリーン領域の一部をスクロールしながら表示する機能である(図 3(e), (f))。自分の PDA の表示している領域を表す矩形部分を動かして画面の表示領域を操作する。個別スクロールは、自分の PDA の表示領域のみスクロール可能である。通信相手の表示している領域を表す矩形も表示されており、通信相手が、現在の部分を表示しているのか確認できる(図 3(e), (f))。

2.3 GDA の実装

図 4 に画面結合時の GDA を示す。GDA は各種無線通信を利用できる PDA と、それを制御するソフトウェアからなる。GDA を構成する PDA として CLIE (ソニー、PEG-NX70V)、通信デバイスとして無線 LAN カード(ソニー、PEGA-WL100)を用いる。CLIE の OS は PalmOS5 である。GDA を制御するソフトウェアは CodeWarrior (Metrowerks) を用いて C 言語でプログラミングしており、約 7000 行のプログラムである。

3. 適用実験

3.1 支援対象

本論文において、GDA が支援の対象とする作業は、川喜田二郎が考案した衆知を集める発想法として有名な KJ 法⁸⁾である。

KJ 法では、島作成(KJ 法 A 型)を行うときにはアイデアを配置するために比較的広い作業領域が必要であり、配置した結果を一覧できることが望ましい。また、文章化(KJ 法 B 型)において各参加者は、お互いに同じ文章内容を見て、作業をする可能性が高い。

つまり KJ 法には、比較的大きな作業領域を確保できる画面結合や、各参加者が同じ内容を見ながら作業できる画面共有といった GDA の機能を必要とするタスクが含まれている。このことから、KJ 法は、GDA の有効性を検証するための協調作業として適していると考えられる。

開発した KJ 法支援アプリケーションは下記の作業内容を支援する。

(1) アイディア出し

各参加者が 1 つのテーマに沿って自分のアイデアをあげていく。

(2) 島作成

アイデア出しによって集められたすべてのアイデアから、直感で、近い感じのアイデアを集める。集められた複数のアイデアを 1 つのグループ(以下、島)とし、各島に含まれているアイデアの内容を表す文をその島の名前(以下、島名)として付けていく。

(3) 文章化

それぞれの島名をもとにして、全体をまとめる。まとめた内容を文章にする。

3.2 KJ 法支援アプリケーションの機能

KJ 法支援アプリケーションの機能について下記に示す。図 5 は KJ 法実施中の画面である。

3.2.1 アイディア出し機能

アイデア出し機能は、思いついたアイデアを出していく機能である(図 5(a))。アイデアの書かれたラベル(以下、アイデアラベル)は、PDA の画面をペンで 1 回叩くと表示される。アイデアラベルをペンで 2 回叩くとアイデアの入力欄が表示される。このアイデアの入力欄に自分のアイデアを書き込む。アイデアラベルはテキストフィールドを利用し、そのフィールド上でテキストの折返しや改行などを行っている。これらのアイデアラベルはペンによる操作で自由に動かすことができる。アイデアラベルの動きは他のすべての PDA の画面で、約 0.3 秒程度の遅れで表示される。データ送信のタイミングは、アイデアラベル以外のオブジェクトに対しても同じであり、以下に示す島や共有カーソルの機能についても約 0.3 秒程度の遅れで、オブジェクトが表示される。

3.2.2 島作成機能

島作成機能は、アイデア出し機能によって出された複数のアイデアラベルをまとめるための機能である(図 5(a))。図 5(a)のメニュー表示ボタンを押すと、メニューバーが表示される(図 5(a)の画面上部)。メニュー項目の「島作成」項目を選択すると島が表示される。各島は、内に含むアイデアの数に合わせて、島枠の大きさを変えることができる。島もアイデアラベルと同様の方法で、島名ラベルに文字を入力することができ、ペンの操作によって自由に動かすことができる。島名ラベルもテキストフィールドを利用し、そのフィールド上でテキストの折返しや改行

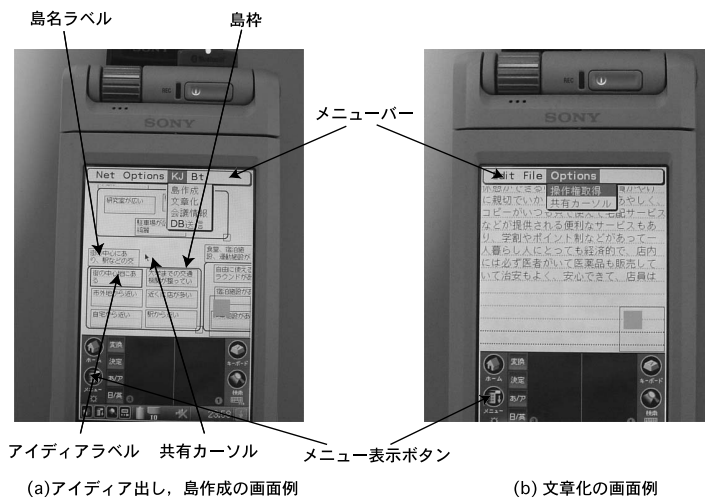


図 5 KJ 法支援アプリケーションの画面例

Fig. 5 Screens of PDAs on a KJ method support application.

などを行っている。島を動かした場合、島に含まれているアイデアも同時に移動する。

3.2.3 文章化機能

文章化機能(図 5(b))は、すべての島名を利用して文章をまとめるための機能である。文章化を始めると、自動的にすべての島名のみをつなぎ合わせて、一時的な仮の文章として表示する。この自動的に作成された文章をもとに参加者は相談しながら、最終的にすべてをまとめた文章を作成する。編集中の文章は、他の PDA へ 5 秒に 1 回送信され、受信した PDA は文章を表示し、参加者全員で同じ文章を確認できる。文章化機能では、オフスクリーンと同じ大きさのテキストフィールドを利用して、そのフィールド上で文章の折返しや、改行などを行ってからオフスクリーンへ描画している。

3.2.4 操作権

アイデア出し機能、島作成機能、文章化機能の各機能には操作権があり、ある参加者が操作している途中に他の参加者に修正や消去をされないようにデータを保護している。アイデア出し機能と島作成機能では、個々のアイデアラベルや島の各オブジェクトに操作権がある。オブジェクトを操作した時点でそのオブジェクトに対する操作権を自動で取得する。このオブジェクトに対しては他の参加者からは操作できない。文章化では、メニュー項目(図 5(b)の画面上部)から「操作権取得」を選択して、操作権を取得する。操作権取得者のみが文章の修正を行うことができ、文書データの送信は、この操作権取得者の PDA が自動で行う。

3.2.5 共有カーソル

共有カーソルは、アイデア出しから文章化までのすべての段階で、アイデアラベルや島などのオブジェクトのない領域でペンを動かすことで表示される。この共有カーソルを用いてお互いに指示を出すことができる。

3.3 実験方法

GDA 上で動作する KJ 法支援アプリケーションを用いて、KJ 法を行った。データ通信は無線 LAN を用いて行った。実験に参加したのは和歌山大学システム工学部デザイン情報学科の学部 3 年生、学部 4 年生と大学院システム工学専攻の修士 1 年生、修士 2 年生である。実験に参加した学生は、通常の紙面上で行う KJ 法および PC 上で動作する KJ 法支援システムである GUNGEN⁹⁾を用いて KJ 法を行った経験がある。また、全員が一度は PDA を操作した経験がある。

グループウェアが対象とするグループは、少人数で目標の一致した協調作業をするチームを指す場合が多く、その最小グループは 2 人で構成される^{10),11)}。協調作業に参加する人数によって、作業の結果が変化することが予想されるが、GDA は複数人による打ち合わせや協調執筆などの協調作業を支援することを目的としている。そこで、GDA を用いた協調作業における有効性の確認のために、2 人による実験を行った。14 人の学生を 2 人 1 組のグループにわけて、7 回実験を行った。作業者は同一室内で隣接して座り、会話をしながら作業を行う。実験中の様子を図 6 に示す。適用実験の実施手順は次のとおりである。まず、実験の準備として KJ 法支援アプリケーションの操作方法を



図 6 KJ 法支援アプリケーション利用中の参加者
Fig. 6 Participants using a KJ method support application in an experiment.

作業者に説明し、作業者は KJ 法支援アプリケーションの操作の練習を行う。次に 2 台の PDA の接続を確立する。実験が終了するまでデータ通信は続けられる。この状態で KJ 法を始める。作業者は、アイデア出し、島作成、文章化の各段階で、自由に画面結合や画面共有の機能を選んで行ってもらう。画面結合と画面共有とを行わず、個別スクロールのみで作業を行ってもよい。ただし、KJ 法の各段階で最低 1 回は画面結合と画面共有の両方の機能を使ってもらうように指示した。また、実験中の様子はビデオに録画し、どのような作業内容に対して画面結合、画面共有を使うのかを調査した。

GDA の有効性を判断するためには、GDA を使わない場合との比較実験が必要だと考えられる。その実験として、2 人が 1 台の PDA を利用して作業したり、2 人が 2 台の PDA を用いながら GDA を使用せずに作業したりする場合などいくつか考えられる。しかし、ノート PC ほどの大きさがあれば 2 人で 1 台の画面を操作しながら作業することも可能だが、2 人で 1 台の PDA を操作することは、その筐体の大きさから明らかに困難である。さらに、PC 上で KJ 法を行うのに最低限 640×480 の画面サイズが必要であり⁹⁾、画面結合を行った場合の GDA はこの画面サイズをほぼ満たしているが、PDA 1 台ではこの半分程度の画面サイズしかないため、現時点では KJ 法が行えない。2 人で 2 台の PDA を利用して作業する場合においても、GDA を使用しなければ、お互いに口頭で、相手の画面の操作を指示しながら作業してもらうこととなり、そのような状況での協調作業は困難だと考えられる。

本論文では、GDA が対面同期型における協調作業を支援するための有効なシステムとなりうるかを検討することを目的としているため、今回は、対面同期型とは異なる環境における協調作業に関しては評価の対

象としていない。このような理由から、GDA を使わなかった場合との比較実験は行っていない。

4. 実験結果および考察

実験に参加してもらった 14 人の学生に 5 段階評価によるアンケートと記述式アンケートとを行った。実験中の様子を録画したビデオを観察することで、各グループが利用した機能の使用状況がある程度確認した。ビデオでは確認しきれなかった部分は記述式アンケートの結果をもとに確認した。ここでは、画面結合、画面共有の使用状況とアンケート結果に対して考察を述べる。

4.1 画面結合と画面共有の使用状況と考察

画面結合、画面共有の各機能は、KJ 法のアイデア出し、島作成、文章化という各段階で、何回か切り替えながら利用されていた。そこで、KJ 法の各段階の作業をさらに小さいタスクに分け、その使用状況を分析した。タスクの分け方は各グループの作業の進行をもとに下記のようにした。

(1) アイデア出し

アイデア出しは、各個人でアイデアを出し、入力する「アイデアの入力」、ほぼすべてのアイデアを出し終わってから全体的にアイデアを再配置する「アイデアの再配置」、すべてのアイデアの内容を確認する「アイデアの確認」の 3 種にタスクを分けた。

(2) 島作成

島作成では、アイデアを島に分ける「島分け」、ほぼすべての島を作り終えた後で島を再配置したり、整理したりする「島の再配置」、各島の名前を付ける「島名付け」、すべての島の内容や島に含めていないアイデアなどを確認する「島の確認」の 4 種にタスクを分けた。

(3) 文章化

文章化は、島名をつなぎ合わせただけの文を並べ替え、話の順番を決める「文の並べ替え」、実際に文章を作成する「文章作成」の 2 種にタスクを分けた。

各作業グループのタスクごとの画面結合、画面共有の使用状況を表 1 に示す。表中の A, B, C, D, E, F, G はグループの名前であり、各タスクで画面結合と画面共有を利用した機能にグループの名前が記入されている。たとえば、A グループは島作成のすべてのタスクで画面結合を利用していたことを示している。

4.1.1 画面結合の使用状況

画面結合は、島作成段階で多くのグループが利用し

表 1 画面結合と画面共有の使用状況
Table 1 Using situation of combined and shared screen.

		タスク	画面結合	画面共有
KJ 法の各段階	アイデア出し	アイデアの入力	-	-
		アイデアの再配置	C, F	-
		アイデアの確認	A, C, E, G	D, E
	島作成	島分け	A, C, E, F	-
		島の再配置	A, C, E, F, G	F
		島名付け	A, E	-
		島の確認	A, D, E, F, G	B, D
	文章化	文の並べ替え	G	A, B, C, D, E, F
		文章作成	G	A, B, C, D, E, F

表中の A, B, C, D, E, F, G は各作業グループを表している。

表中の - は画面結合, 共有のそれぞれを利用しなかったことを表している。

た。アイデア出しでも, アイデアの再配置やアイデアの確認というタスクでは, いくつかのグループが利用している。文章化では 1 グループのみが利用していた。

島作成の中でも, 島分け, 島の再配置, 島の確認といったタスクで多くのグループが画面結合を利用している。その反面, 島名を付けるというタスクでは画面結合を利用したグループの数が減っている。島分け, 島の再配置といったタスクでは画面を大型化し, 多くのアイデアを一覧できたり, あるアイデアを作業領域の端から端まで移動できたりする方が効率的だと判断したためと思われる。しかし, 島名付けの場面ではいくつかのグループが画面結合を利用することを止め, 分けられた島を 2 人で分担して島名を付けていた。このため, 島名付けの場面では, 画面結合を利用したグループが減ったと考えられる。また, 島名を分担して付けたグループも, 最終的にすべての島を確認するタスクでは, 画面結合を利用している。

アイデア出しにおける, アイデアの再配置やアイデアの確認といったタスクでも比較的多くのグループが, 画面結合を利用しているが, これも島作成の場合と同じように, 一覧性や広い作業領域の確保のために利用したと考えられる。

文章化においては, 画面結合を利用した場合, 文章が 2 つの画面に分割されて読みにくくなり, ほとんど利用されなかったと考えられる。文章やオブジェクトが 2 つの画面をまたがって表示されている状態で作業することが一般的にも好まれないことは, マルチモニタに関する研究報告⁶⁾と同様の結果である。ただ, G グループだけは文章をスクロールしながら作業するよりも, 文章を一覧して作業することを好み, 画面結合を利用していた。

これらのことから, 画面結合は, 広い作業領域を確保する必要があるタスクや一覧性を必要とするタスク

において利用されることが分かった。

4.1.2 画面共有の使用状況

画面共有は, 文章化段階で多くのグループが利用した。また, アイデア出しと島作成の最後に行う全体的な確認のためにも, いくつかのグループが利用していた。島の再配置では, 1 グループのみ画面共有を利用していたが, このグループはすぐに不便さを感じ, ほとんど画面結合を利用して作業を行っていた。

文章化は, 通常 1 人で入力を行う。また, 文章化では操作権が存在するため, もう 1 人は, 共有カーソルや口頭で指示をしながらその作業をサポートすることになる。このように, 2 人で相談しながら, 1 人は操作を行い, もう 1 人はそれに指示を与えるタスクにおいて, 多くのグループが画面を共有し, 互いに同じ文章を見ながら作業を進めると効率が良いと判断したと思われる。

アイデア出しの中で, すべてのアイデアを確認する場面では, D グループと E グループが画面共有を利用していたが, アイデア数が増えてきたときに, 互いに相手のアイデアを参考にし, ヒントを得るために利用していた。島作成のすべての島を確認する場面では, B グループと D グループが画面共有を利用しており, 島名の付いていない島はないかどうかの確認や, 不適切な島名はないかを確認していた。これらの場面においても, 2 人で相談しながら, 主に 1 人が画面の操作やその他のオブジェクトの操作を行い, もう 1 人がその作業の様子を見ながらに指示しており, 2 人同時に操作することはなかった。

このことから, 画面共有は, 文章化のように同時に 2 人が操作を行えないタスクや, 相談しながら, 1 人が操作を行い, もう 1 人がそれに指示を与えるようなタスクで多く利用されていることが分かった。

4.2 アンケート結果と考察

表 2 に 5 段階評価の結果を, 表 3 に記述式アンケー

表 3 記述式のアンケート結果

Table 3 Questionnaire results of description form.

質問	回答
Q1. アイディア出しでは画面結合は有効でしたか？ また、どのような場面で利用しましたか？	<ul style="list-style-type: none"> ・ アイディアの再配置や整理。 ・ アイディアを確認するとき。 ・ アイディア出しは個人作業なので使わない。
Q2. アイディア出しでは画面共有は有効でしたか？ また、どのような場面で利用しましたか？	<ul style="list-style-type: none"> ・ 相手のアイデアを参考にするとき。 ・ アイディア出しは個人作業なので使わない。
Q3. 島作成では画面結合は有効でしたか？ また、どのような場面で利用しましたか？	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全体を把握しやすい。 ・ アイディアを離れた島へ持っていくとき。 ・ 最終確認のとき。
Q4. 島作成では画面共有は有効でしたか？ また、どのような場面で利用しましたか？	<ul style="list-style-type: none"> ・ どのように島を作ろうとしているのか分かる。 ・ 同じアイデアを見ながら相談できる。 ・ 一覧性がなくなり、島作成がしにくいので使わなかった。
Q5. 文章化では画面結合は有効でしたか？	<ul style="list-style-type: none"> ・ 一度に全文見られる。 ・ 文章が分割されて見にくい。 ・ 文章は一度に全文見られる必要がない。
Q6. 文章化では画面共有は有効でしたか？	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1 人が書いて、もう 1 人がそれを見て指示するので時間短縮につながる。 ・ どのようにまとめているのか分かる。 ・ 相手が書いている内容が逐次更新されるため。
Q7. 共有カーソルはどのような場面で利用しましたか？	<ul style="list-style-type: none"> ・ あるアイデアについて聞いてみる時。 ・ 見てほしいアイデアがあったとき。 ・ あるアイデアの場所を教えるとき。
Q8. GDA には他にどのような機能が必要ですか？	<ul style="list-style-type: none"> ・ コミュニケーション機能。 ・ 相手が何をしているのか分かる機能。
Q9. 実験の感想	<ul style="list-style-type: none"> ・ ストレスなく動かせるので、問題なく使えた。 ・ 軽く KJ 法を行うには十分使える。 ・ 全体を通して操作権が必要だと思った。

表 2 アンケート結果

Table 2 Results of questionnaire survey.

質問	平均
(1) アイディアの操作はしやすかったか？	4.5
(2) アイディア出しを行うのに作業領域は十分だったか？	4.4
(3) アイディア出しでは画面結合は有効だったか？	3.7
(4) アイディア出しでは画面共有は有効だったか？	3.1
(5) 島は操作しやすかったか？	3.4
(6) 島作成を行うのに作業領域は十分だったか？	3.3
(7) 島作成では画面結合は有効だったか？	4.3
(8) 島作成では画面共有は有効だったか？	3.2
(9) 文章化は操作しやすかったか？	3.6
(10) 文章を書くのに作業領域は十分だったか？	4.7
(11) 文章化では画面結合は有効だったか？	2.4
(12) 文章化では画面共有は有効だったか？	4.0
(13) 共有カーソルを使って指示ができたか？	3.2
(14) 結合、共有の切替えは操作しやすかったか？	4.2

トの結果を示す。5段階評価については5が評価が高く、1が低い。表2の数値はすべて平均値である。表3は記述式アンケートの結果の中で代表的なものをまとめたものである。

5段階評価の結果から、アイデア、島、文章化の操作に対しては比較的评价が高く、KJ法を行うのに特に問題はなかったことが分かる(表2(1), (5), (9))。

アイデア出しにおける画面結合の評価は3.7で、画面共有の評価は3.1であった。アイデア出し段階のアイデアの入力のタスクは、ほぼ個人作業であり、特に協調して作業を行う必要がなく、画面結合と画面共有の両方とも利用されていなかった。画面結合は、アイデアの再配置や確認といったタスクで多く利用

され、比較的このタスクで画面結合を利用することが有効であったと思われる。

島作成における画面結合の評価は4.3とかなり高い評価であった。これは、多くのグループが島作成において広い作業領域を必要としており、画面結合を利用することで、2倍の作業領域を確保できたため評価が高かったと思われる。一方、島作成における画面共有の評価は3.2とやや低い評価であった。記述式アンケートの結果からも、画面共有を利用した場合は、一度に確認できる領域が減り、島作成が困難になることが分かる。

文章化においては、画面共有の評価が4.0と、かなり高い評価となった。文章化では、通常1人が操作を行う。このため、もう1人はその作業の様子を見ながら、文章を考えたり、修正部分を教えたりすると効率が良いため、文章を作成していく過程が確認できる画面共有の評価が高くなったと思われる。一方、画面結合の評価は2.4と、かなり低い評価であり、ほとんど利用されなかったことが分かる。記述式アンケートの結果からも、文章化における画面結合の評価は、文章が読みにくいといった意見が多かった。表4は記述式アンケートの結果から画面結合と画面共有に関係の深いコメントを集めて、まとめたものである。表4からも、画面結合は島作成段階で、画面共有は文章化段階で有効であったことが分かった。しかし、画面結合を利用すると表示内容が分割されて見にくいなどの意見や、画面共有を利用すると1人しか作業できないと

表 4 画面結合と画面共有についてのコメント

Table 4 Comments about combined and shared screen.

機能	コメント
画面結合	<ul style="list-style-type: none"> ・ アイディア全体を確認しやすい。 ・ 一度に多くのアイディアが見られる。 ・ アイディアや島の配置がやりやすい。 ・ 紙で KJ 法をやっているようだった。 ・ 文章化では文章が分割されて見にくい。 ・ 表示内容が分割されて見にくい。
画面共有	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同じものを見ながら指示ができるのでよい。 ・ 文章化で作業の様子が見られるので便利。 ・ 操作する人と指示する人に別られるので効率が良い。 ・ 島名など、特定のものに対して相談できる。 ・ 共有すると 1 人しか作業できない。

表 5 画面結合と画面共有が有効である作業

Table 5 Effective tasks for a combined or shared screen.

機能	タスク
画面結合	島作成
画面共有	文章化
両方利用しない (個別スクロール)	アイディア入力、島名付けなど、 2 人で分担できる作業

いう意見があり、それぞれデメリットもあることが分かる。

4.3 GDA の効果

GDA を用いた場合の、協調作業支援に対する効果についてまとめる。KJ 法を進める中で、作業者には自由に画面結合と画面共有の機能を利用してもらった結果、両方の機能をさまざまなタスクに合わせて利用していた。このことから、作業者の好みによって選択する機能はそれぞれ異なるが、どちらの機能とも GDA を用いて協調作業を行うのに必要とされていたと考えられる。画面結合は、KJ 法の島作成のような空間的に広い作業領域を必要とする作業で利用され、非常に有効であることが分かった。また、画面共有は、KJ 法の文章化のような 1 人が主な操作を行うような作業で特に利用され、その評価も高かった。タスクの中には、アイディア入力や島名付けのような 2 人が分担して行えるタスクもあり、その場合、画面結合と画面共有の両方を利用せずに、個別に作業を進めていた。表 5 に、各機能が特に有効であったタスクを示す。これらの機能は 1 つの協調作業の中に存在するさまざまなタスクに合わせて柔軟に切り替えられながら利用されていた。

PDA のように小さな画面を用いる協調作業を支援するには、画面結合と画面共有という小さな作業領域を効果的に利用できる仕組みが有効であった。また、PDA を用いて協調作業を行うのに、柔軟に画面の状態を変更できる仕組みも効果があった。

5. 関連研究

現在、PDA を用いて画面結合、画面共有を実装しているシステムおよび本研究と類似した研究は見当たらない。ここでは、以下の 3 つの観点から本研究と関係の深い研究およびシステムと本システムとの比較を行う。

- (1) モバイル機器を用いた協調作業支援システム
ノート型 PC や PDA などのモバイル機器を用いて協調作業を支援するシステムとして、PointRight³⁾ や PebblesDraw⁴⁾ などがあげられる。PointRight や PebblesDraw は各自が所有しているモバイル機器を会議室に持ち寄り、そのシステムの中心となる PC に接続する。もしくは、その PC を含むようにピアツーピア接続を行い、カーソル、キーボード入力などを共有するシステムである。これらのシステムのように特定の場所に任意の計算機を持ち寄るだけで、会議の進行などが実施可能になれば、企業や教育現場における協調作業を支援するために有効である。しかし、これらのシステムはつねに中心となるシステムが必要であり、任意の場所で計算機を持ち寄るだけで協調作業ができるわけではない。
- (2) リアルタイム型モバイルアプリケーション
無線 LAN や Bluetooth のような無線ネットワーク技術の普及や、ANCL¹²⁾ や Jini¹³⁾、OMG¹⁴⁾、なかよし¹⁵⁾ のように分散システム構築のためのミドルウェアも多く開発されている。このような環境からモバイル機器における双方向通信アプリケーションの開発が容易となりつつある。現在、PDA 上で双方向通信を実装しているアプリケーションとして BlueBoard¹⁾ や Windows CE 上で実装されている VNC²⁾ などがあげられる。これらのアプリケーションでは複数の PDA で画面を共有し、リアルタイムに絵を描くなどの作業ができるが、画面の結合といった概念はない。
- (3) 計算機の作業領域に関する研究
計算機のディスプレイサイズには限りがあり、その限られた作業領域を有効に利用しようとする試みは多く行われている^{16)~19)}。近年ではマルチモニタを利用するユーザの挙動を調査する研究が行われ、そのマルチモニタの有効性も報告されている⁶⁾。Grudin は、1 つの非常に大きなモニタを利用するよりも、同程度の大きさの

モニタをいくつか組み合わせ、画面を拡張して作業をすることが一般的に好まれていると報告している。また、分散環境において画面を有効に利用する方法として、PCでは画面共有が広く利用されている^{5),20)}。最近では、PDAよりもさらに小型の携帯電話でも画面共有が可能となりつつある²¹⁾。モバイル機器においても、画面共有は可能となったが、PCのマルチモニタのように作業領域を拡大する研究は、モバイルコンピューティングの分野ではあまり行われていない。

GDAは、BlueBoardやVNCのように、PDAにおける双方向無線通信を実現した。また、GDAでは、PointRightやPebblesDrawのような、中心となる計算機がつねに必要なシステムではなく、どこでも画面の大型化や画面の共有が行える。

6. おわりに

小さなPDAの画面を効率良く利用するため、画面結合と画面共有が可能なGDAを提案し、開発した。GDA上で動作するKJ法支援アプリケーションを開発し、このアプリケーションを用いて適用実験を行った。その結果、下記のこと分かった。

- (1) 画面結合は、KJ法の島作成のような空間的に広い作業領域を必要とする作業で利用され、画面共有は、KJ法の文章化のように、2人が相談しながら、1人は操作を行い、もう1人はそれに指示を与えるような作業で利用されており、それぞれ高い評価であった。アイデア入力や島名付けのように2人で分担できる作業には画面結合、画面共有のどちらも利用されず、各自のGDAの個別の表示領域を利用して作業を行っていた。
- (2) 画面結合と画面共有の機能は1つの協調作業の中で、さまざまなタスクに合わせて切り替えながら利用されており、両方の機能を柔軟に切り替えられることが必要だと分かった。

本実験を通して、モバイル機器を用いた協調作業はPCで行う作業とは異なり、画面共有の機能だけでは支援が不足し、多くのユーザは広い作業領域を必要としていることが分かった。モバイル機器を用いた協調作業では、広い作業領域を必要とするタスクと画面を共有して行うタスクとが多く混在し、その切替え作業は頻繁に生じることが予想される。GDAは、これらの機能を柔軟に切り替えられ、その仕組みは携帯電話のような機器にも応用可能である。

今後、画面結合と画面共有の機能をミドルウェア化し、さまざまなタイプのアプリケーションに対してGDAの適用を試みていくとともに、モバイル機器を用いた協調作業を支援するための新たな機能を検討する予定である。

参考文献

- 1) <http://www.palm-japan.com/>
- 2) <http://www.uk.research.att.com/vnc/>
- 3) Johanson, B., Hutchins, G., Winograd, T. and Stone, M.: PointRight: Experience with Flexible Input Redirection in Interactive Workspaces, *Proc. ACM UIST'02*, pp.227-234 (2002).
- 4) Myers, B., Stiel, H. and Gargiulo, R.: Collaboration Using Multiple PDAs Connected a PC, *Proc. ACM CSCW'98*, pp.285-294 (1998).
- 5) Ishii, H.: TeamWorkStation: Towards a Seamless Shared Workspace, *Proc. CSCW'90*, pp.13-26 (1990).
- 6) Grudin, J.: Partitioning digital worlds: focal and peripheral awareness in multiple monitor use, *Proc. SIGCHI*, pp.458-465 (2001).
- 7) 中川路哲男, 宗森 純: 公開特許公報(A) 昭64-33611 (1989)。
- 8) 川喜田二郎: KJ法, 中央公論社, 東京 (1986)。
- 9) 宗森 純, 堀切一郎, 長澤庸二: 発想支援システム郡元の分散協調型KJ法実験への適用と評価, *情報処理学会論文誌*, Vol.35, No.1, pp.143-153 (1994)。
- 10) Grudin, J.: Groupware and Social Dynamics: Eight Challenges for Developers, *Comm. ACM*, Vol.37, No.1, pp.92-105 (1994).
- 11) Grudin, J. and Poltrock, S.: CSCW, Groupware and Workflow: Experiences, State of Art and Future Trends, *ECSCW'97*, Tutorial Notes, Vol.1 (1997).
- 12) 斉藤隆之, 安斎利洋, 中山真樹, 芦野俊宏, 中村理恵子, 岩元隆幸, 古川令子, 柴田司都: 分散協調型計算ミドルウェアとマルチメディア共有操作環境の開発, *IPA Technology Expo* (2001).
- 13) Sun Microsystems: Jini Architecture Specification Version 1.1 (2000).
- 14) Object Management Group (OMG): The Common Object Request Broker: Architecture and Specification, Revision 2.3 (1999).
- 15) 倉島顕尚, 前野和俊, 市村重博, 田頭 繁, 武次將徳, 永田喜紀: 集まったその場での共同作業を支援するモバイルグループウェアシステム「なかよし」, *情報処理学会論文誌*, Vol.40, No.5, pp.2487-2496 (1999)。
- 16) Furnas, G.: Generalized fisheye views, *Proc. CHI'86*, pp.16-23 (1986).

- 17) Robertson, G., Czerwinski, M., Larson, K., Robbins, D.C., Thiel, D. and van Dantzich, M.: Data Mountain: Using spatial memory for document management, *Proc. UIST'98*, pp.153-162 (1998).
- 18) Bederson, B.B. and Hollan, J.D.: Pad++: A zooming graphical interface for exploring alternate interface physics, *Proc. UIST'94*, pp.17-18 (1994).
- 19) Smith, R.B. and Taivalsaari, A.: Generalized and stationery Scrolling, *Proc. UIST'99*, pp.1-9 (1999).
- 20) Gutwin, C., Roseman, M. and Greenberg, S.: A usability study of awareness widgets in a shared workspace groupware system, *Proc. CSCW'96*, pp.258-267 (1996).
- 21) 太田雅敏, 吉滝幸代, 川口明彦, 石原 進, 水野忠則: Java 搭載携帯電話における同期式共有ホワイトボード, 情報処理学会 64 回全国大会, pp.437-440 (2002).

(平成 15 年 3 月 7 日受付)

(平成 15 年 9 月 5 日採録)

推 薦 文

本論文は、対面型の協調作業を複数台の PDA を用いて支援するモバイルグループウェアに関するものである。PDA は、個人の情報管理を目的とした機器であり、その携帯性のために表示画面は狭く、1 台の PDA の画面を見ながら複数人で協調作業することは難しい。本論文では、対面環境における作業の目的や形態に応じて、複数台の PDA の画面結合と画面共有とによる協調作業を提案し、それらを PHS、無線 LAN、Bluetooth といった無線通信により実現している。特に、複数台の PDA の画面を結合して、利用可能な作業領域を拡大するという発想にはオリジナリティがあり、さらにそのシステムを無線通信とソフトウェアで実現している点は、PDA の利用台数や配置といった PDA の組合せの柔軟性だけでなく、実現が容易であるという点が優れており、今後の発展が期待される。以上の理由により、本論文を研究会論文として推薦する。

(GN 研究会主査 星 徹)



野田 敬寛 (学生会員)

昭和 55 年生。平成 15 年和歌山大学システム工学部デザイン情報学科卒業。同年同大学大学院システム工学研究科博士前期課程入学。現在、同研究科にてモバイル機器を用いた協調作業に関する研究に従事。情報デザインとヒューマンコンピュータインタラクションに興味を持つ。



吉野 孝 (正会員)

昭和 44 年生。平成 4 年鹿児島大学工学部電子工学科卒業。平成 6 年同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。平成 7 年鹿児島大学工学部電気電子工学科助手。平成 10 年同大学工学部生体工学科助手。平成 13 年より和歌山大学システム工学部デザイン情報学科助手。博士 (情報科学)。平成 13 年本会 DICOMO2001 シンポジウムにおいてベストプレゼンテーション賞、平成 15 年本会大会奨励賞をそれぞれ受賞。遠隔授業支援システム、モバイルグループウェア、衛星放送システムに関する研究に従事。ACM, IEEE, 電子情報通信学会各会員。



宗森 純 (正会員)

昭和 30 年生。昭和 54 年名古屋工業大学工学部電気工学科卒業。昭和 56 年同大学大学院修士課程修了。昭和 59 年東北大学大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士課程修了。工学博士。同年三菱電機 (株) 入社。鹿児島大学工学部助教授、大阪大学基礎工学部助教授、和歌山大学システム情報学センター教授を経て、平成 14 年より同大学システム工学部デザイン情報学科教授。平成 9 年度山下記念研究賞、平成 10 年度本会論文賞、平成 14 年 IEEE-CE Japan Chapter 若手論文賞をそれぞれ受賞。本会論文誌編集委員会ネットワークグループ主査等を歴任。グループウェア、形式記述技法、神経生理学等の研究に従事。IEEE, ACM, 電子情報通信学会, オフィスオートメーション学会各会員。