

〔 公 開 〕

T R - M - 0 0 3 4

C - M A P : Building a Context-Aware Mobile Assistant
for Exhibition Tours

角 康之
Yasuyuki SUMI

江谷 為行
Tameyuki ETANI

シドニー フェルス
Sidney FELS

ニコラ シメネ
Nicolas SIMONET

小林 薫
Kaoru KOBAYASHI

間瀬 健二
Kenji MASE

1 9 9 8 . 3 . 1

A T R 知能映像通信研究所

C-MAP: Building a Context-Aware Mobile Assistant for Exhibition Tours

Yasuyuki Sumi, Tameyuki Etani, Sidney Fels,
Nicolas Simonet, Kaoru Kobayashi, and Kenji Mase
ATR Media Integration & Communications Research Laboratories
Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto 619-0288, Japan
Phone: +81-774-95-1401 FAX: +81-774-95-1408 e-mail: sumi@mic.atr.co.jp

Abstract

This paper presents the objectives and progress of the Context-aware Mobile Assistant Project (C-MAP). The C-MAP is an attempt to build a personal mobile assistant that provides visitors touring exhibitions with information based on their location and individual interests. We prototyped the first version of the mobile assistant by using an open house exhibition of our research laboratory for a testbed. A personal guide agent with a life-like animated character residing in the mobile assistant directs users with exhibition maps that are personalized depending on the user's physical and mental contexts.

1 Introduction

This paper presents the objectives and progress of the Context-aware Mobile Assistant Project (C-MAP)[1, 2, 3]. The C-MAP is an attempt to build a tour guidance system that provides information to visitors at exhibitions based on their location and individual interests.

Our long-term goal is to investigate future computer-augmented environments that enhance communication and information sharing between people and knowledgeable machines. The introduction of computer and network technologies into human communications is expected to enable going beyond temporal and spatial distribution. We believe that a consideration of a computer network which includes humans as the knowledge medium[4], which is an information network with semiautomatic services for the generation, distribution, and consumption of knowledge among our society, reveals a future Human-Computer Interaction (HCI). The knowledge media are environments for the collaboration of human and machine, where software acts not as passive tool but as an autonomous and active machine agent.

To investigate creating such a knowledge medium, we have chosen museums and open house exhibitions for research laboratories. These are places for knowledge accumulation and conveyance, where exhibitors as specialists provide knowledge to visitors with diverse interests and viewpoints¹. Actual exhibitions, however, have many restrictions. For example, exhibitors cannot display all collected material due to temporal and spatial restrictions; all visitors cannot receive individual explanations from exhibitors; all visitors are provided with the same information prepared beforehand; the one-way communication flow from exhibitor to visitor is often limiting. Therefore, recent computing technology such as mobile computing, is expected to remove restrictions for realizing natural two-way communication between exhibitors and visitors. At this time, we believe that the mediation of real objects in present exhibitions is inevitable for knowledge sharing, even in the forthcoming digitized society.

The main goals of the C-MAP are as follows.

- (1) providing visitors touring exhibitions with information according to temporal and spatial situations as well as individual interest, and
- (2) providing users with onsite and offsite services through the Internet (online exhibit information and communication support between visitor and exhibitor in combination with onsite services)².

The first goal is an approach which facilitates communication mediated by real objects by augmenting real environments with computing technology[6]. The second goal aims at communication support between visitors and exhibitors in the long run.

Both goals will enhance human communication distributed temporally and/or spatially. A characteristic

¹Kadobayashi[5] has discussed this in detail.

²In this paper, we call services provided at exhibitions onsite services, and services provided through a network before and after the exhibitions offsite services.

of our approach is mutual augmentation between two spaces, i.e., the information space and the real space. That is, the information space with guide services reinforces tours in the exhibition (real space), and reversely, tours in the exhibition provide users with motivation and focal points for communication beyond the temporal and spatial restrictions.

We chose an open house exhibition of our research laboratory for prototyping and evaluating the first version of the C-MAP system. For goal (1), we prototyped a mobile assistant that provides each visitor with personalized information from a portable PC connected to servers through a wireless LAN. We used a location detection system for recognizing the user's temporal and spatial situation, and used data obtained by interaction between the mobile assistant and the user to infer current interests. The mobile assistant provides semantic guidance by visualizing the relationship among exhibits and by geographical guidance of the exhibition sites. We also created a guide agent that autonomously provides the user with guide information based on his/her interests, context, and site situation. The guide agent is life-like and mediates the interaction between the mobile assistant and the user. Considering goal (2), we used the Web as an infrastructure for developing the system and collecting information. This paper presents the system architecture and provided services, reports on public experiments and evaluations, and discusses future directions.

2 Related Work

The Cyberguide[7] is another attempt at providing a tour guide system. They proposed the concept of context-aware mobile applications, and prototyped a system that provided users with location-sensitive information on the exhibition site maps displayed on portable PCs. Although the technologies used in the Cyberguide and the C-MAP are similar, there are two big differences. First, the context-awareness realized by the Cyberguide only detects the user's location. We focus on capturing the user's interests as well. Namely, we extend the concept of context-awareness from the user's physical (temporal and spatial) contexts to his/her mental contexts. Second, they focus on device development with mobile technology such as their location detection device and their applications use only onsite services. On the other hand, we focus on application development that changes our daily communication patterns by using mobile technology as an infrastructure. Therefore, we focus on the develop-

ment of guide services by using commercial equipment. We combine these with exhibit applications and extend the temporal and spatial view of services by providing offsite services.

The Ubiquitous Talker[8], which consists of an LCD display and a CCD camera, allows users to view real objects (exhibits in our case) with related superimposed information by attaching color-bar ID codes to the objects. It also allows speech interaction, hence, the users feel they are speaking with the object itself. We are also interested in the augmentation of the real space with the information space, which the Ubiquitous Talker is intended to demonstrate. However, one of the goals of our system is to facilitate person-to-exhibit interaction as well as person-to-person interaction. Our feeling is that the people behind each exhibit are knowledgeable and interested in it. The exhibit is a focal point for the particular community and the guide agent should help the visitor become part of it, if appropriate.

The ICMAS-96 Mobile Assistant Project[9] is an attempt at supporting communities that share interests by using mobile technologies. The project provided portable digital assistants with various services to assist conference attendees. The users could use e-mail and online-news services. They could also use the InfoCommon[10] that supports the exchange of information related to the conference, and the Community Viewer[11] that supports the formation of communities. The latter two applications were pioneering attempts for community support. Communities do not share clear goals and tasks like groups but often have wide interests. Therefore, community formation and their communication hold the dynamics of a collaborative creativity, hence, community support attracts many computer scientists[12]. In the ICMAS project, however, network communication was made by cellular phones so the users were responsible for connecting to the network to use the services, and the servers could not provide spontaneous service. In contrast, the C-MAP system uses a wireless radio LAN to connect the portable PCs. This constant, high speed access allows servers to spontaneously provide information based on the current situation, and the users' portable PCs communicate in real time. Moreover, for community support, providing only onsite services during the conference is insufficient. Accordingly, we use the Web as an infrastructure for system development so that we could easily extend our services to offsite services.

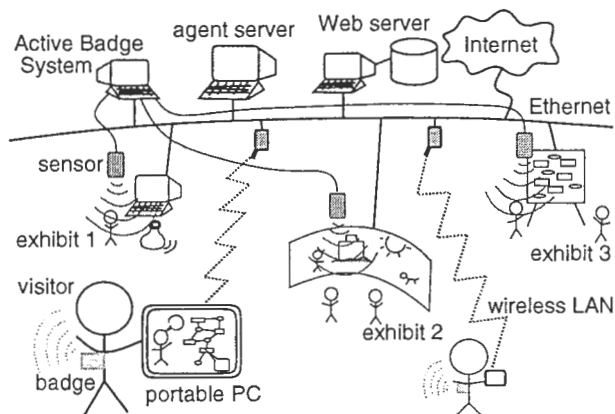


Figure 1: Schematic diagram of C-MAP system

3 C-MAP System

3.1 Hardware Architecture

We prototyped a mobile assistant at a two-day open house exhibition of our research laboratory. Figure 1 illustrates the hardware architecture of the system. The system principally consists of servers providing exhibit-related information and guide information, and portable PCs connected with the servers by wireless LAN.

We used Windows95 PCs with 32MB RAM, i.e., fifteen Mitsubishi AMiTYs with pen-based interface and fifteen Toshiba Librettos with keyboards. For connecting these to servers, we used a 1.2GHz radio wireless LAN (WaveLAN) that allowed 1Mbit/sec communication.

The Web server is used as a server of Java applets for the mobile assistant, and as a server of Web pages related to the exhibits.

We choose Olivetti's Active Badge System (ABS)[13] for user location detection. The ABS server has many sensors in the exhibit site, which detect the user's location by infra-red link to the badge worn by the user. The server gathers the latest sensor data and updates the location data of all users. The sensors can detect the badges from a 1~2 meter perspective.

The agent server provides guidance such as route planning and exhibit recommendation by monitoring the ABS information and the user's interaction with the system on portable PCs. The guide agent for each portable PC, which runs on the agent server, processes the personalized guide according to the user's context and displays the result on the portable PC.

Therefore, thirty guide agents (equal to the number of PCs) run simultaneously on the agent server at a maximum. We use a SGI's Onyx with four processors and 128MB RAM for the agent server. The servers and the portable PCs connect via LAN, which further connects with the Internet, and therefore is open to the outside. This makes easier the collection of contents and guidance materials from the outside and the provision of offsite service.

Note that when most exhibits demonstrate computer applications like our open house, the exhibit applications can share information with the mobile assistant servers by LAN. Consequently, for example, exhibitors can provide the highly personalized demos by using the personal data (e.g., personal interests, touring history, profile) accumulated in the guide agent server.

3.2 Prototyping the Mobile Assistant

3.2.1 Overview of the Mobile Assistant

Each portable PC runs the HotJava browser³ for Java applets to guide the tour, show exhibit-related information, interact with the user, and display animated characters of the guide agents.

The portable PC display is shown in Figures 2 and 3, both have a main window on the right and a frame on the left. The user obtains visual guidance of the exhibition space in the main window by alternatively viewing the physical map applet (Figure 2), which displays geographical guidance of the sites, and the semantic map applet (Figure 3) which visualizes semantic relationships between exhibits. The controlling frame displays links for viewing the two applets and the animated character and message box of the personal guide agent.

To provide the user with a personalized guide, we need to personalize the mobile assistant on the portable PC in some way. However, putting an individual's data into the portable PCs at the reception is undesirable because the thirty portable PCs are used by many visitors. We installed only the HotJava browser on each portable PC and put all of the information into the servers, e.g., a HTML file loaded by the browser, Java applets, guide agent server programs, and individual data dynamically obtained during the user's tour. First, the data for identifying the individual PC and its user (badge ID) are written in the HTML file automatically generated at the reception. Second, the HTML

³Since we needed to use the latest JDK1.1 to utilize the facilities of network communication and Japanese processing, there was no other web browsers able to support the JDK1.1 except for the HotJava.



Figure 2: Screenshot of mobile assistant's display showing physical map

file is loaded by the browser on the PC, and finally, the agent applet started on the browser registers itself to the agent server.

We next explain the two guidance applets of the exhibition space and the personal guide agent provided on each portable PC.

3.2.2 Visualization of Exhibition Space: Physical Map and Semantic Map

The principal function of the mobile assistant is guidance based on the visualized exhibition space. This provides the user with the whole view of the exhibition space with two aspects, i.e., the geographical map of the exhibition sites and the visualization of the semantic relationships between the exhibits. We believe such guidance complementarity helps the visitor's understanding during the tour because they tend to lose the whole view of the exhibition when they visit individual exhibits, see demos, and speak with exhibitors (researchers).

The physical map shown in Figure 2 displays a two-dimensional view of the exhibition floor. It provides the locations of exhibit sites (19 in our open house) and their posters (about 70). The user can view short explanations by moving the mouse pointer to site/poster marks on the map. The map also shows the user's current location as another color mark by using the ABS data.

The semantic map shown in Figure 3 displays the graphical relationships between exhibits. The

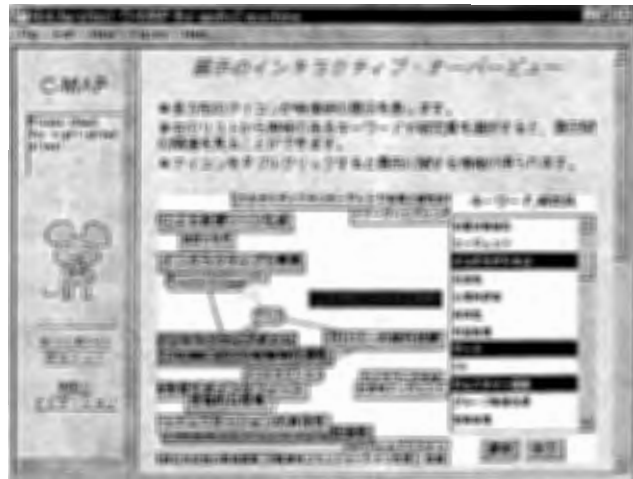


Figure 3: Another screenshot showing semantic map

rectangular icons in the graph signify exhibits and the oval icons signify keywords and researchers (exhibitors). The keywords are technical terms characterizing the exhibit contents, which are previously extracted from the explanation documents prepared by the researchers. The semantic map provides the user with graphs having links between exhibit icons and keyword/researcher icons; this helps the user connect the fragments of knowledge.

However, because the keyword/researcher icon total is 75, the graph including all of these does not provide useful visualization. Therefore, we adopted a display method with only keyword/researcher icons selected by the user based on his/her interests. As a result, the graph of the semantic map can be structured based on the individual user's interests. For example, if the user selects a keyword "art", he/she can view a partial graph formed with only "art"-related exhibits. If the user selects other keywords, the semantic map restructures the graph based on the corresponding viewpoint.

The selection of the keywords by the user affects the restructuring of the semantic map and the guide agent's recommendation of exhibits as well. Whenever the user pushes the keyword selection button, an interest vector⁴ that quantifies the user's interests is sent to the agent server, and the personal guide agent calculates a new recommendation with the current interest vector of the user. This can limit the restrictions of actual exhibitions, i.e., where visitors are provided with the same pre-prepared information. In addition,

⁴Interest vector is a keyword vector of multi-dimensions, whose values are simply 0 or 1.

this interest vector can be used to support meetings between visitors and exhibitors based on their current and previous interests.

The reason why we adopt this approach is due to our previous research[14, 15]. This research showed that personalizing shared information based on individual viewpoint and exploiting the results can facilitate mutual understanding and information sharing between people with similar interests.

To accomplish this task, visualization of the structure of the information space is used. In [14, 15], we visualized the information space structure of a set of texts by adopting a statistical method for quantifying the texts with weighted keywords as multivariate data, and we then composed two-dimensional metric spaces with two principal eigenvectors of the data. However, with the mobile assistant used in tours, users need simplicity of use and results that are ease to understand. Accordingly, we adopt another method to visualize the semantic structure of the exhibition space by linking icons together and simulating dynamic behavior with a simple spring model.

To provide the user with an overview of the exhibition, the semantic map displays all of the exhibit icons including those with a keyword not selected by the user. However, the semantic map displays exhibit icons where selected keywords are selected bigger and more conspicuous, and in contrast, exhibit icons of non-selected keywords are smaller.

By double-clicking the exhibit icons, users can view popup windows with a short explanation of the exhibits, and there are links to Web pages of research projects related to the exhibits.

3.2.3 Guide Agent: Recognition of User Situation, Exhibit Recommendation, Agent Character

We designed a personal guide agent that provides its user with personalized guidance of an exhibition. The guide agent calculates the user's mental context, processes the tour guidance by capturing his/her temporal and spatial context with the ABS information, and monitors the interaction between the user and the mobile assistant. The internal process of the guide agent is performed in the agent server and it is started for each portable PC, basically, for the user of the mobile assistant.

We prototyped a task of exhibit recommendation based on the user's context for a spontaneous guidance by the agent. Several criteria are used for the recommendation, e.g., the similarity between the user's

interest vector described in the previous section and each exhibit's keyword vector, user touring history, geographical distance between exhibit sites and user location, exhibit site attendance, and the exhibit demonstration schedule. The calculation of the recommendation responds to changes in context, e.g., the user's selection of keywords on the semantic map and the user's movement to different exhibit sites. Recommended exhibits are indicated to users by highlighting the three icons with higher scores on both the physical and semantic maps.

The guide agent must interpret the primitive information obtained from the ABS to detect the user's movement through exhibition sites and generate individual touring records. The ABS server gathers badge IDs detected by each sensor every ten seconds or less. When the guide agent notices a certain sensor successively detects the same badge, it interprets only one detection as "cruise", two detections as "enter", and more detections as "stay". Accordingly, when a user's badge is successively detected twice by a sensor located in a certain exhibit site, the guide agent decides the person has entered the exhibit site. When detected three or more times, the agent decides it is a visit and then records the time of the visit for touring records.

One characteristic of our guide agent is the life-like character residing in the mobile assistant. It plays a role in the interaction between the user and the mobile assistant and represents its internal states. The agent character is presented by an animated applet using GIFs with text message box. Its roles are:

- expressing the internal states of the guide agent with the animated character behaviors;
- drawing the user's attention to the results of the exhibit recommendation shown in the maps;
- hurrying the user to the next sites if the time of the tour is limited⁵;
- informing the system user by messages and encouraging the use of the system.

Table 1 shows the correspondence of the guide agent's internal states with its behavior and messages. We prepared four actions for each animated character, i.e., suggesting, thinking, hurrying, and idling, and several corresponding messages. The guide agent switches these actions and messages according to its internal states. When it is idle, it displays messages for basic system usage in a random order.

⁵Because of the limitation of the portable PC's battery, we set a time limit for the guide service to two hours.

Table 1: Determination of agent motion and message according to internal states

internal state	action	message
recommendation	suggesting	"Please check for highlighted sites!"
in calculation	thinking	"Please wait. I'm thinking."
urging to move	hurrying	"Hurry up for next sites!"
(no guide)	idling	random messages

random messages: "How is it going?",
 "I hope you are enjoying yourself!",
 "Double click on Semantic map for further information!",
 "Click on Map for Zoom!",
 "Move onto site on Map for short overview!"



Figure 4: Snapshots of public experiment

4 Public Experiment and Evaluation

4.1 Outline of the Experiment

Using our annual open house held on November 6th and 7th, 1997, we carried out a public experiment of the first version of the C-MAP system by setting up a reception booth for use of the mobile assistants at the entrance of the exhibition floor. The exhibition space consisted of five rooms. Figure 4 shows snapshots of the open house.

For ten hours in the two days, approximately 170 users were registered for use of the mobile assistant. The static data of users (names, affiliations, and so on) was recorded on a database at the time of user registration. After that, the host name of the portable

PC, badge ID, and guide character⁶ selected by the user were registered to generate the personal guide agent. For first-time users of the system, we prepared three model courses of the tour to determine the default values of their interest vectors. Moreover, we tried to lighten the burden imposed on the receptionists by preparing desktop PCs for letting visitors do the user registration for themselves and preview the exhibition by using the semantic map. The exhibition floor held nineteen exhibit sites and approximately seventy posters. The scale was appropriate for a 1~2 hour tour. We set up thirty ABS sensors on the walls of the exhibition site.

⁶We prepared eleven kinds of characters for the guide agent.

4.2 Evaluation of the Mobile Assistant: What Worked and What Didn't

The prototyped mobile assistant runs with the cooperation of several distributed sub-systems. We shall summarize the the parts which worked properly and those that did not.

- The procedures of user registration, preparation of the mobile assistant, and replacement of batteries in the portable PCs at the reception booth went smoothly. Although these procedures were done by receptionists unrelated to the system development, initiating use of the mobile assistants was performed without error.
- Each applets, i.e., the semantic map, the physical map, and the animated character, performed well.
- The exhibit recommendation by the guide agent was simple yet functional. The interest vector from the semantic map was properly used for the calculation of the recommendation.
- The ABS did not work as advertised by Olivetti as it was incapable of monitoring more than six sensors. Due to this complication, we had to limit our experiment using the user's location data for six demonstration sites inside one room.
- The guide agent did not use any location information for the exhibit recommendation because the ABS did not work properly.
- In the room available to the ABS sensors, the location detection of the users was properly done. The location-aware services worked by displaying the user's current location on the physical map. However, badge detection by sensors was unstable; sometimes the badge was not detected for a while after the user entered a new site.
- The animated character was able to display different states of the agent with animation behavior and text messages. However, the guide agent itself was not very complex so there were no states to display.

4.3 Combination with Exhibit Applications

As described at the end of Section 3.1, we can combine our mobile assistant with exhibit applications by allowing the applications to use the user information



Figure 5: Prototyping virtual exhibition space including user avatars

accumulated in the agent server. In this section, we show two examples.

Figure 5 is an example of reproducing a virtual exhibition space with 3D graphics. This was accomplished by taking previous pictures of exhibit sites and mapping these on the wall of the 3D space for texture. The 3D graphics was rapidly prototyped with an interpretive VR description language called *InvenTcl*[16] which is being developed in our laboratory. In the virtual exhibition space, there are avatar icons⁷ of C-MAP users which reflect their location information by the C-MAP's agent server. By clicking the avatar icons, we view the users' profile information. Although this exhibit application was originally prototyped for appealing the development efficiency of the VR description language, users can determine if remote exhibit sites are crowded and obtain information for meeting other C-MAP users. In the beginning we had thought to provide a meeting support for the guide services, but we left its implementation out because of the insufficiencies of the portable PC's calculation and display. In fact, this application was accomplished by implementing and running a high performance graphics computer, SGI's Indigo2. However, since we suppose such computer restrictions will be removed in the near future, we are continuing to examine provisions of such applications for mobile assistant service.

An attempt at personalizing an exhibit demonstra-

⁷Because we could not prepare users' portraits or illustrations, we mapped the illustrations of their agent characters on their avatar icons instead.

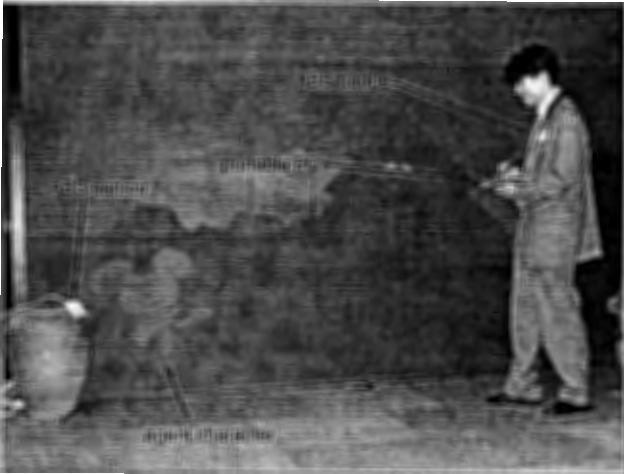


Figure 6: Guide character appearing in exhibit application

tion according to personal user data obtained by the mobile assistant is another combination example. Figure 6 shows an exhibit application where a user's personal guide agent character appears. This application is called VisTA-walk[17]. It is an experimental system being developed in our laboratory that allows users to walk through and access information in 3D virtual spaces with gestures by using the technology of Computer Vision. Usually, the users of the VisTA-walk explore virtual spaces alone. In this example, however, once the user's badge is detected by the sensor located in the demo area, the agent character residing in his/her mobile assistant automatically appears and leads the user in the virtual space of the VisTA-walk. For the combination of exhibit applications with the mobile assistant, various directions are expected such as personalizing the exhibit guidance with an individual user's interests and the knowledge inferred by his/her previous touring records. This time, the user's frequency of using the mobile assistant was used to quantify the activity and to automatically switch the demo courses of the VisTA-walk based on this value. This personalization is simple but effective for increasing user satisfaction in experience-based demonstrations such as the VisTA-walk.

4.4 User Evaluation and Discussion

We asked the users to fill out a questionnaire about the usability of each function after use. In this section, we present the summary along with a discussion.

- The usability of visual guidance of exhibition space with the semantic and physical maps was evaluated. The frequency of keyword selection on the semantic map, which can be regarded as a standard of user activity in our system, reached 3.7 with average of 84 users. More than 10% of active users performed the keyword selection approximately ten times. Considering the inconvenience of the portable PC and the scale of the exhibition, this result seems to show the acceptability of the semantic map. We believe the semantic map is simple and easy to understand for the users, and visitors are eager to receive background information about the exhibits.
- Web-surfing of homepages related to the exhibits was rarely observed although we have prepared links on the semantic and physical maps. This is reasonable because users are not expected to search the Internet with such inconvenient PCs when the actual exhibits are in the front of them. However, when we consider the provision of these applets as an offsite service, the semantic map is useful for providing homepages of projects in our research laboratory, and it is adaptive to restructuring according to the individual user's interests. Such evaluation by publicly providing offsite services is our present focus.
- According to the evaluation, the users felt intimacy with the character of the guide agent. However, they did not think it was helpful for improving the agent's reliability and the representation of its internal states. If we consider the combination of exhibit applications shown in the previous section, the appearance of the identifiable guide agent enhances the consistency of the entire guidance for the user.
- We received many comments that the portable PCs were heavy and hard to use. We need to improve portable device, e.g., the separation of the user interface part from the computer itself, and the ubiquity of interface devices in the exhibition environment. This is an important future modification.
- We received many requests for voice guidance. It could be effective to use audio information with visual information, especially when the guide agent provides spontaneous guidance.
- Some users commented that they wanted offsite services such as an online provision of the semantic

map or a virtual location to meet people with similar interests. Our mobile assistant can be used on Web browsers in remote sites because its interface is built with Java applets. For example, although its development was not in time for the experiment, if we released the semantic map before the open house it could allow potential visitors a preview of our research exhibition. This would help in the advance preparation of personalized guide agents and exhibit improvement. Since the user data that can be obtained by the mobile assistant during the tour is very limited, obtaining detailed user data such as interests and specialty by online services is necessary. Currently, we have started the development of such an offsite service[18].

5 Conclusions

We prototyped a mobile assistant that personally guides visitors touring exhibitions based on their location and individual interests. It was used as a testbed at our two-day open house. The usability of visual guidance of an exhibition space geographically/semantically visualized was experimentally demonstrated. A personal guide agent that spontaneously recommends exhibits based on user context was also demonstrated. We also proposed a novel style of exhibition, i.e., the personalization of exhibit demonstrations from user data obtained by the mobile assistant.

The characteristics of our project's targets can be summarized as follows:

- (1) extending the concept of context-awareness for exhibition guidance;
- (2) designing a life-like agent that spontaneously guides the visitor;
- (3) facilitating communication in a community by the sharing of knowledge and interests related to the exhibition;
- (4) extending the temporal and spatial view of exhibit-related services including offsite services.

Targets (1) and (2) were partially accomplished and offered material for the evaluation and discussion of such forms of HCI. Targets (3) and (4) have not been completed, however, we have prepared an infrastructure for carrying them out.

Our system consists of many distributed sub-systems and users who work together cooperatively. In this system, communication and information sharing between

people and knowledge-bases are mediated by machine agents that facilitate their knowledge conveyance and future association. This is an approach that shows one direction of future HCI. Although the current version of the C-MAP system uses only a guide agent as a machine agent, we plan to design an agent that acts as an exhibitor, an interface secretary for visitors, and a mediating agent for all participants including these machine agents. This involves communication of human-to-agent as well as agent-to-agent and it has great relevance to recent multi-agents research.

Finally, we mention the distributed cooperation performed in the project. In this project, there were various collaborations performed by project members. For example, the system development was collaboratively performed by approximately ten members. For collecting contents and combining exhibit applications, we relied on the cooperation of close to fifty researchers in our laboratory. For carrying out the public experiment, we relied on the cooperation of receptionists for the reception procedure. In order to perform the above various cooperation, the infrastructure of the Web was indispensable. The Web facilitated the distributed development and flexible integration of sub-systems. The test results of the system integration could share information as it was. This made it easy to manage the versions of the system. Moreover, we needed to install only the Web browser on thirty personal PCs, hence, last minute changes could be easily integrated. We could use updated information provided by researcher to collect contents of exhibit-related information. This means our system of using the Web as an infrastructure consistently supports knowledge conveyance from specialist to visitors and, furthermore, it can change the communication form itself of people involved in exhibitions.

Acknowledgments

The C-MAP was stimulated by Rieko Kadobayashi's Meta-Museum concept[5]. Katashi Nagao gave valuable comments and encouragement in the beginning of the project. Development of the system and accomplishment of the public experiment relied on the cooperation of members of ATR MI&C research laboratories. Ryohei Nakatsu gave us the chance to perform the project. Keiko Nakao took part in design and illustration of agent characters. We thank all of the above people.

References

- [1] Y. Sumi, T. Etani, and K. Mase. Context-aware mobile assistant. In *55th Annual Convention of Information Processing Society of Japan*, volume 4, pages 443–444. IPSJ, 1997. (in Japanese)
- [2] K. Mase, Y. Sumi, T. Etani, K. Kobayashi, S. Fels, N. Simonet, and R. Kadobayashi. Personal and mobile interface agents for exhibition guiding. In *Third Symposium on Intelligent Information Media*, pages 219–224. IEICE, 1997. (in Japanese)
- [3] S. Fels, Y. Sumi, T. Etani, N. Simonet, K. Kobayashi, and K. Mase. Progress of c-map: A context-aware mobile assistant. In *AAAI Spring Symposium on Intelligent Environments*. AAAI, 1998. to appear.
- [4] M. Stefk. The next knowledge medium. *AI Magazine*, 7(1):34–46, 1986.
- [5] R. Kadobayashi and K. Mase. MetaMuseum as a new communication environment. In *Workshop on Multimedia Communication and Distributed Processing System*, pages 71–78. IPSJ, 1995. (in Japanese)
- [6] M. Weiser. Some computer science issues in ubiquitous computing. *Communications of the ACM*, 36(7):74–84, 1993.
- [7] G. D. Abowd, C. G. Atkeson, J. Hong, S. Long, R. Kooper, and M. Pinkerton. Cyberguide: A mobile context-aware tour guide. *Wireless Networks*, 3(5):421–433, 1997.
- [8] K. Nagao and J. Rekimoto. Ubiquitous talker: Spoken language interaction with real world objects. In *IJCAI-95*, pages 1284–1290, 1995.
- [9] Y. Nishibe, H. Waki, I. Morihara, and F. Hattori. Analyzing social interactions in massive mobile computing –experiments of icmas’96 mobile assistant project–. In *IJCAI-97 Workshop on Social Interaction and Communityware*, pages 19–24, 1997.
- [10] H. Maeda, M. Kajihara, H. Adachi, A. Sawada, H. Takeda, and T. Nishida. Weak information structure for human information sharing. In *IJCAI-97 Workshop on Social Interaction and Communityware*, pages 7–12, 1997.
- [11] T. Nishimura, H. Yamaki, T. Komura, N. Itoh, T. Gotoh, and T. Ishida. Community viewer: Visualizing community formation on personal digital assistants. In *IJCAI-97 Workshop on Social Interaction and Communityware*, pages 25–30, 1997.
- [12] T. Ishida, editor. *Communityware: Towards Global Collaboration*. John Wiley & Sons, 1998. in printing.
- [13] R. Want, A. Hopper, V. Falcão, and J. Gibbons. The active badge location system. *ACM Transactions on Information Systems*, 10(1):91–102, 1992.
- [14] Y. Sumi, K. Nishimoto, and K. Mase. Facilitating human communications in personalized information spaces. In *AAAI-96 Workshop on Internet-Based Information Systems*, pages 123–129. AAAI, 1996.
- [15] Y. Sumi, K. Nishimoto, and K. Mase. Personalizing shared information in creative conversations. In *Proc. IJCAI-97 Workshop on Social Interaction and Communityware*, pages 31–36, 1997.
- [16] S. Fels, S. Esser, A. Bruderlin, and K. Mase. Inventcl: Making open inventor interpretive with tcl/[incr tcl]. In *Visual Proceedings of SIGGRAPH’97*, page 191. ACM, 1997.
- [17] R. Kadobayashi, K. Nishimoto, and K. Mase. Design and evaluation of gesture interface for an immersive virtual walk-through application for exploring cyberspace. In *Proc. of Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG98)*. IEEE, 1998. to appear.
- [18] K. Kobayashi, Y. Sumi, and K. Mase. Information presentation based on individual user interests. In *Second International Conference on Knowledge-based Intelligent Electronic Systems (KES-98)*. IEEE, 1998. to appear.

C-MAP: context-aware な展示ガイドシステムの試作

角 康之, 江谷 為之, シドニー・フェルス, ニコラ・シモネ, 小林 薫, 間瀬 健二

(株)ATR 知能映像通信研究所

〒 619-0288 京都府相楽郡精華町

e-mail: sumi@mic.atr.co.jp

要旨

本稿では、我々が現在進めている展示ガイドシステムの研究プロジェクト C-MAP (Context-aware Mobile Assistant Project) の概要と現状を報告する。C-MAP の目標は、博物館や研究所公開などの展示会場を想定し、携帯情報端末を携えた見学者へ、彼らのおかれた時空間的な状況や個人的な興味に応じて、展示に関する情報を提供する環境を構築することである。我々は最初のテストベッドとして我々の所属する研究所の研究発表会选择し、展示ガイドシステムを試作した。携帯ガイド上には、展示会場の地理的案内と展示間の意味的な関連を可視化した意味的案内が提供される。また、ユーザの時空間的 / 心的な文脈を考慮して自発的に展示ガイドを行なうガイドエージェントを試作した。このガイドエージェントは life-like な外見を持ち、ガイドシステムとユーザの間のインタラクションを促進する。

1 はじめに

本稿では、我々が現在進めている展示ガイドシステムに関する研究プロジェクト C-MAP (Context-aware Mobile Assistant Project) [1, 2, 3] の紹介と現状の報告を行なう。C-MAP の目標は、博物館や研究所公開などの展示会場を想定し、携帯情報端末を携えた見学者へ、展示のより良い理解や、展示者や他の見学者とのコミュニケーションを促進するような情報の提供を行なうシステムの構築である。

我々の長期的な研究目標は、人間同士あるいは人間と人間の用意した知識ベースのコミュニケーションにコンピュータが介在し、知識の蓄積と伝達、相互理解、新たな出会いといった人間の知的コミュニケーションを支援

する環境の構築である。人間の知的コミュニケーションにコンピュータやネットワーク技術が導入されることによって期待される最も大きな効果の一つは、時空間的な分散を克服したコミュニケーションを可能にすることである。その際、人間を系に含んだコンピュータネットワークを、グループや社会の中での知識の生成・流通・利用を半自動的にサービスする知識メディア [4] としてとらえることが、次世代の Human-Computer Interaction (HCI) の一つの将来像を示すと考える。知識メディアは、人間と機械とが協調して知的活動を行なう環境であり、そこでは、従来の受動的なツールとしてのソフトウェアだけでなく、自律性や積極性を持ち合わせたマシンエージェントが望まれる。

我々はこのような知識メディアの実現を目指すシステム構築を試みる対象として、知識の集積と流通の場である博物館や研究所公開を選んだ¹。なぜなら、そこでは知識を発信する専門家としての展示者と多様な興味や視点を持った見学者の間の様々なコミュニケーションが存在し得るからである。ところが、現実の「展示」という手段には、展示の時空間の制約のため収集した資料の一部しか展示ができない、すべての見学者が展示者と一対一で説明を受けることができるわけではない、すべての見学者に対して前もって用意された同じ情報しか提供できない、展示者から見学者への一方的な知識の提示に留まっている、といった問題が存在する。したがって、昨今のモバイルコンピューティング [6] などに代表される情報処理技術を利用することで、上記の問題を克服し、本来あるべき展示者 - 見学者間の豊かな双方向のコミュニケーションが実現されることが期待される。このとき、現存の「展示」形態における「もの」の迫力を介

¹ここでの議論は、文献 [5] に詳しい。

在した知識共有は、今後の電子化された社会においても無視できない、と我々は考える。

C-MAPの主な目標は以下の二つである。

- (1) 展示会場において、時空間的な状況や個人的興味に応じた展示ガイド情報を各見学者に提供する。
- (2) サービスの対象を、オンサイトだけでなくオフサイトにも拡張し、インターネットを介した展示情報のオンラインビューや見学者-展示者間のコミュニケーション支援をオフサイトサービスとして提供し、オンサイトのサービスと連携する²。

目標(1)は、情報処理技術を用いて環境を強化することにより、実空間や実際に存在する「もの」を通じた我々のコミュニケーションを促進するアプローチ[7,8]に属する。目標(2)は、展示をきっかけとした見学者-展示者間のコミュニケーションを長いタイムスパンで支援することを目指すものである。

上記の目標は、時空間的に分散した人間同士のコミュニケーションを促進することを目指している。そして、情報処理技術が形成する情報空間と、展示会場である実空間が互いに強化し合っている点の特徴である。つまり、情報サービスが形成する情報空間は展示会場(実空間)における見学を補強し、逆に、展示会場の見学は情報空間における時空間の制約を越えたコミュニケーションの動機や焦点を提供する。

我々はC-MAPの最初のテストベッドとして、我々が所属するATRの研究発表会の展示ガイドシステムを試作し、公開実験を行なった。上記目標(1)の実現のために、無線LANにより情報提供サーバと常時接続した携帯端末を通して各見学者に個人向けの情報提供を行なうガイドシステムを試作した。各見学者の時空間的な状況の認識のために市販の位置認識システムを用い、ユーザの興味を推定にはガイドシステムとユーザのインタラクションから得たデータを利用した。ガイドシステムは、展示会場の地理的案内と会場内の展示間の意味的な関連を可視化した意味的案内を提供し、状況に合わせて各展示の詳細情報へのポイントを提供する。また、ユーザの興味や文脈、会場の状況等を考慮して自発的に個人向けのガイド情報をユーザに提供するガイドエージェントを

²本稿では、展示会場での見学時のサービスをオンサイトサービス、見学の前後にネットワーク経由で提供されるサービスをオフサイトサービスと呼ぶ。

試作した。このガイドエージェントはlife-likeな外見を持ち、ガイドシステムとユーザの間のインタラクションを取り持つ。システム開発と情報のコンテンツ収集は、上記目標(2)を考慮して、World-Wide Web(WWW)をインフラストラクチャとして行なった。本稿では、実験システムの構成および情報サービスの概要を紹介すると共に、公開実験の結果報告と評価、今後の課題を議論する。

2 関連研究との比較と本研究のねらい

C-MAPの研究対象である見学ガイドシステム構築の既存研究として特に著名なものにAbowdらによるCyberguide[9]がある。彼らは、context-awareなモバイルアプリケーションの概念を提案し、携帯端末に表示した展示会場地図上にユーザの位置に依存した情報提供を行なうシステムを構築した。CyberguideとC-MAPはシステム構築に利用する技術は似通っているが、次の二点について異なる。第一に、Cyberguideで実現されたcontext-awarenessはユーザの位置情報の獲得のみを指すのに対し、我々の言うcontext-awarenessはその他に、ユーザの興味獲得を含む。つまり我々は、システムが扱うべき文脈を、ユーザの時空間的な文脈だけでなく、ユーザの心的な文脈まで拡張することを目指す。第二に、Abowdらの興味を中心はモバイル技術を応用するデバイスの開発にあるので、独自の位置検出デバイス等の開発に焦点が当てられている。そのため、その上で開発されるアプリケーションはオンサイトサービスの域を出ない。それに対し我々は、将来、位置検出デバイスなども含めたモバイル技術が社会基盤になったときにそれがどのように社会のコミュニケーション形態を変え得るか、というアプリケーションレベルに興味の中心がある。したがって、システムのハードウェア構築には市販の携帯PC、ネットワーク機器、位置検出デバイスを用いることで可能な限り労力をかけないかわりに、その基盤の上に構築されるガイドサービスの開発、展示アプリケーションとの接続、オフサイトサービスの提供による時空間の視野を広げたサービス提供等に創意を向ける。

実世界の状況に合わせた情報提供インタフェースとして、例えば、長尾と暦本によるUbiquitous Talker[10]がある。これは、カラーコードによるIDを添付したオブ

ジェクト (C-MAP で言えば, 展示物) をビデオカメラで覗くことで, ディスプレイ上のビデオ画像にそのオブジェクトの情報を付加する. また, 音声自然言語によるインタラクションを可能にし, ユーザに, オブジェクトと喋りながら情報探索をしている気にさせる. Ubiquitous Talker が示した, 実世界にある「もの」を介在した情報探索は, 実空間と情報空間の相互強化を示すものであり, 興味深い. が, 我々の目的は, Ubiquitous Talker が目指す人間-オブジェクト間のインタラクションだけでなく, オブジェクトの背後にある人間同士のインタラクションの促進を目指している. つまり, それぞれの展示の背景に存在する, それに関する知識や興味を共有している展示者や見学者の間のインタラクションを支援したい.

モバイル技術を利用することで, 興味を共有するコミュニティを支援する試みとして, ICMAS-96 Mobile Assistant Project[11] がある. これは, 国際会議の参加者約 100 人に携帯端末を貸し出し, 会議に関連する情報サービスを提供するものであった. ユーザは電子メールやオンラインニュースなどのネットワークサービスを提供された他, コミュニティ内での会議関連情報の共有を支援する InfoCommon[12], コミュニティの形成を支援する Community Viewer[13] といったアプリケーションを提供された. 後者の二つはコミュニティ支援を目指す先駆的な試みとして大変興味深い. コミュニティとは, グループと呼ぶほど明確な目的やタスクを共有しているわけではないが, 緩く興味を共有し, それゆえ, その形成・運用には大きな創造性をはらみ, 今後の情報処理技術の導入対象として注目される [14]. しかし, このプロジェクトではユーザが携える携帯端末とサーバの接続が携帯電話でなされ, そのため, 情報サービスはユーザ側からのアクセスによってのみ成立するので, サーバ側からの自律的なサービス提供はなされなかった. C-MAP のガイドシステムは, 電波による無線 LAN を用いるので, 不断かつ高速のネットワークサービスが利用でき, このことは, 例えば, サーバがリアルタイムの状況に合わせたサービスを自発的にユーザに提供したり, ユーザ同士がリアルタイムで通信をし合うことを可能にする. また, コミュニティ支援を考えたとき, 会期中のみのサービス提供は不十分であると考え, 我々はオフサイトサービスへの拡張を意図して WWW をシステム開発のインフラストラクチャとして利用するなどの工夫をし

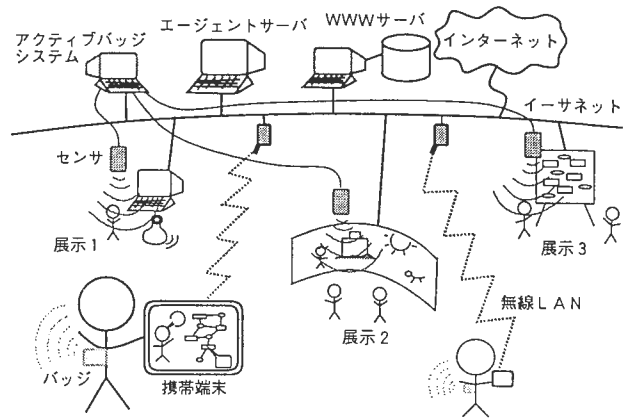


図 1: C-MAP システム構成

た.

3 システム構成

3.1 ハードウェア構成

C-MAP の最初のテストベッドとして, 筆者らが所属する ATR 研究所の二日間の研究発表会用に, ガイドシステムを試作した. 図 1 がシステムのハードウェア構成である. システムは, 展示関連情報やガイド情報を提供するサーバ, および無線 LAN を介してサーバと通信可能な複数の携帯端末を基本構成とする.

携帯端末は, 32MB のメモリを持つ市販の Windows ベースの PC (ペンインタフェースの三菱 AMiTY とキーボードタイプの東芝 Libretto 各 15 台ずつ) を用意した. 携帯端末のネットワークとの接続には, 1.2GHz 帯域の電波による無線 LAN (WaveLAN) を利用し, これにより常に 1Mbit/秒の通信が可能になる.

図中の WWW サーバは, ガイドシステムを構成する Java アプレットのサーバとして, また, 各展示に関連する WWW ホームページのサーバとして働く.

ユーザの位置検出には Olivetti 社製の Active Badge System [15] (以下, ABS) を用いる. ユーザにバッジを着用してもらい, 各展示サイトにセンサを設置して, バッジとセンサ間の赤外線リンクによりユーザの位置を検出し, ABS のサーバで全ユーザの位置情報がアップデートされる. センサは実用上, 見通しで 1~2 メートルの距離のバッジを検出できる.

エージェントサーバは、ABS 情報や携帯端末上でのユーザのシステム利用の様子をモニタし、ルートプランニングや展示の推薦などのガイドサービスを行なう。エージェントサーバ上には、各ユーザごとのガイドエージェントが起動し、各ユーザの状況に合わせて個人化されたガイド情報を加工し、携帯端末に送る。したがって、最大 30 (携帯端末の総数) のガイドエージェント用のプロセスが同時に動作する。エージェントサーバには、4つのプロセッサと 128MB のメモリを持つ SGI Onyx を使用した。

これらのサーバはイーサネットに接続され LAN を構成し、さらにこの LAN はインターネットと接続しているので、外に対してオープンである。このことは、ガイドシステムの提供情報のコンテンツやその素材を外部に求めることや、ガイドシステムのオフサイトサービスを可能にする。

また、今回のように展示の多くがコンピュータを用いたアプリケーションをデモとして展示する場合、それらの展示アプリケーションは LAN を介してガイドシステムのサーバや携帯端末と情報を提供し合うことが可能となる。例えば、ガイドシステムのサーバに蓄えられたユーザの個人情報 (興味、見学履歴、プロフィール等) を利用することで、高度に個人向けに加工されたデモを行なうことが可能になる。

3.2 ガイドシステムの試作

3.2.1 携帯ガイドのデザイン

携帯情報提供には HotJava ブラウザ³を利用し、Java アプレットにより、展示案内、展示関連情報の提示、ユーザインタラクション、ガイドエージェントのアニメーションキャラクターの表示などを行っている。

携帯端末画面は図 2 と図 3 で示すようにデザインされており、画面右側のメインウィンドウと画面左側のフレームで構成されている。メインウィンドウでは視覚的に展示空間の案内を行ない、会場の地理的案内を提供するアプレット Physical map (図 2) と展示間の意味的な関連を可視化した Semantic map (図 3) を切り替えながら利用できるようになっている。画面左のフレームには、こ



図 2: 携帯端末画面 (1): 展示会場の地理的案内

れら二つのアプレットのページを切り替えるリンクボタンと、ガイドエージェントのアニメーションキャラクターおよびメッセージボックスが表示される。

個人化された携帯ガイドを見学者に提供するには、貸し出す携帯端末上で動作するガイドシステムを何らかの方法で個人化する必要がある。しかし、公開実験で用意した 30 台の携帯端末は複数のユーザが使い回すので、携帯端末上にユーザ情報を置かなければならないような方法は、貸し出し手続きの度に多くの複雑な作業を強いることになるので好ましくない。そこで、各携帯端末には HotJava ブラウザのみインストールし、そこで読み込まれる HTML ファイル、さらにそこから呼び出される Java アプレット、ガイドエージェントのサーバプログラム、システム利用時に動的に得られる個人情報データはすべてサーバ上に置くことにした。エージェントサーバが個別の携帯端末およびそのユーザ (正確にはパッジ ID) を特定するために必要な個人情報は、ユーザ登録時に自動的に生成する HTML ファイル内に書き込み、ユーザ登録後、携帯端末上のブラウザを起動すると自動的にその HTML ファイルを読み込むようにした。

以下、携帯端末上で動作する二つの展示空間の可視化アプレットと、ガイドエージェントについて説明する。

³ネットワーク通信や日本語処理の機能を使うために当時最新の JDK1.1 を使用する必要がある、それを完全にサポートしているブラウザは HotJava のみであった。

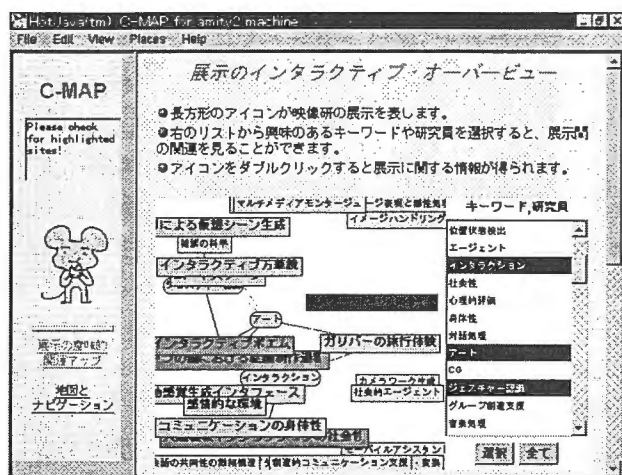


図 3: 携帯端末画面 (2): 展示間の意味的案内

3.2.2 展示空間の可視化: Physical map と Semantic map

携帯ガイドの主要な機能は展示空間の案内であり、展示会場の地理的な視覚情報と、展示間の意味的関連の可視化情報による二つの側面から展示空間の全体構造をユーザに提供することを試みた。見学者は、デモ見学や展示者（研究員）との対話を通して一つ一つの展示を理解したとしても、それらの展示間の関係や展示会場の全体像を見失いがちであると考え、このようなガイドサービスが役立つと考えた。

図 2中に見られる Physical map は会場全体の二次元鳥瞰図を表し、そこには会場内の展示サイト（今回の公開実験では 19）とそこに設置されたポスター（約 70）のマークが表示される。それらのマークの上にマウスまたはペンのポインタを持っていくと、それらの簡単な説明文を見ることが出来る。また、ABS 情報を利用して、ユーザ本人の現在位置が色違いのマークで表示される。

図 3中に見られる Semantic map は展示間の関連をグラフ表示したものである。図中の長方形のアイコンが展示を表し、長円形のアイコンはキーワードもしくは研究員を表す。キーワードは、あらかじめ各展示の展示者（研究員）が用意した説明文を元に筆者が数個ずつ抽出したものであり、展示される研究内容を特徴づける専門用語である。

同じ研究所内のプロジェクトに関する展示がなされる

のだから、当然いくつかの展示の間には内容的な関連がある。例えば、同じ基盤技術を共有していたり、同じ研究員が複数のプロジェクトに関わっていることが度々ある。Semantic map は、展示を見てまわっただけでは気付かなかつたり見失いがちなそういった展示間の関連を可視化することが目的であり、展示アイコンとキーワードアイコン、および、展示アイコンと研究員アイコンをリンクで結んだグラフをユーザに提供する。これは、ユーザが見学によって得る個別の知識と知識を頭の中でつなぎ、より深く理解することを助けると考える。

しかし、抽出されたキーワードと研究員の数を合わせると 75 にまで達するので、それらと展示アイコンを単純につないでグラフを形成しても、アイコンやリンクが多過ぎて有用な可視化情報とはならない。そこで、これらのキーワードと研究員のリストの中からユーザが興味のあるものだけを選択できるようにし、選択されたキーワード / 研究員アイコンのみグラフ上に表示するようにした。つまり、Semantic map が提供するグラフは、見学者個人の興味に合わせて構造化される。例えば、ユーザがキーワード「アート」を選ぶと、「アート」に関連する展示アイコンがクラスタを形成する。そこで他のキーワードを選び直すと、Semantic map はそれに対応した視点でグラフを再構成する。

また、ユーザによるキーワードの選択はユーザの手元の Semantic map の再構成に使われるだけでなく、ユーザの興味を定量化する興味ベクトル⁴として逐一エージェントサーバに送られ、そのことがトリガとなり、ガイドエージェントは送られてきた興味ベクトルを考慮して、次に見学すべき展示をユーザに推薦する。このことは、すべての見学者に対して前もって用意された同じ情報しか提供できない、という、既存の「展示」手段の限界を打破する一歩であると考えられる。

また、現バージョンでは実装に至っていないが、各見学者の興味を定量化する興味ベクトルを利用して見学者同士または見学者と展示者のマッチングをとり、見学中および見学後に、興味に応じた人間同士の「出会い」支援を行なうことを考えている。

以上のアプローチをとる理由は、筆者のグループがこれまでの研究 [16, 17] で得てきた見解に起因する。その

⁴興味ベクトルは、キーワードと研究員の数を合わせた数である 75 の次元を持ったベクトルであり、現バージョンでは単純に、各次元に 0 または 1 の値を入れたものである。

見解とは、興味を共有する人間同士のより良い相互理解や情報共有を促進するには、共有している情報を個人の視点に基づいて個人化し、さらにその結果を活用することが有効である、というものである。

また、共有情報の個人化やその結果を活用するには情報空間の構造の可視化が有効である。文献 [16, 17] では、可視化の対象となるテキストを重み付きのキーワードで量化した多変量データとし、その固有ベクトルで空間をはることで情報空間の構造の可視化を行なっている。しかし、オンサイトで提供する携帯ガイドでは、操作の単純性、直感的な理解の容易性を優先して、アイコン間をリンクでつなぎ、単純なバネモデルでグラフの力学的挙動をシミュレーションして空間構造の可視化を実現した。

なお、会場の展示の一覧性を確保するために、キーワードが一つも選ばれていない展示のものも含めて、すべての展示アイコンを空間内に表示した。但し、キーワードが選ばれてグラフ形成に寄与している展示アイコンはアイコンのサイズを大きくして目立つようにし、キーワードが一つも選ばれていない展示のアイコンは小さく表示するよう工夫した。

また、展示アイコンをダブルクリックすると展示の説明文を表示するウィンドウがポップアップし、そこには、展示に関連する研究プロジェクトのホームページへのリンクが用意されている。

3.2.3 ガイドエージェント：ユーザの状況認識、展示推薦、エージェントキャラクタ

ユーザの文脈に応じて個人用のガイド情報を加工し携帯端末に送るパーソナルなガイドエージェントを設計した。ガイドエージェントは、ABSで得られた情報からユーザの時空間的な文脈を推定し、また、ユーザとガイドシステムとのインタラクションを監視することでユーザの心的な文脈を推定して、ガイド情報の加工に利用する。ガイドエージェントの計算処理部はエージェントサーバにあり、携帯端末ごと、つまりユーザごとにガイドエージェントが起動する。

ガイドエージェントが自発的に提供すべきガイド内容としては、展示会場での見学ルートプランニング、他の見学者との出会い支援、展示に関連する情報の加工と提示などが考えられるが、今回の公開実験では、ユーザの

文脈を考慮した展示推薦の機能のみを実装し、提供した。展示の推薦は、前節で述べたユーザの興味ベクトルと各展示のキーワードベクトルの類似度、見学履歴、展示サイトと現在のユーザの位置の物理的距離、展示サイトの込み具合、展示デモのスケジュールを考慮して判断される。推薦のための計算は、ユーザの文脈の変化、例えば、Semantic map上でキーワードを選択し直したり、別の展示サイトへ移動することをきっかけに、なされる。推薦結果は、得点の高い上位3つについてPhysical mapとSemantic map上の展示アイコンをハイライト表示することでユーザに提示した。

ユーザの展示サイト移動の検知や見学履歴の生成には、ABSから得られるプリミティブな情報をガイドエージェントが解釈する必要がある。ABSは10秒弱ごとに各センサが検出したバッジIDをサーバに集める。そこで我々は、あるセンサが同一のバッジを続けて検出したとき、それが1回だけだったら“cruise”であるとして無視し、2回だったら“enter”，3回以上だったら“stay”と解釈するように、ガイドエージェントを設計した。したがって、ユーザのバッジが、2回続けてある展示サイトのセンサに検出された場合、「少なくともユーザがその展示サイトに入った」と解釈し展示サイトの移動がなされたとみなす。そして、バッジ検出が3回以上（つまり約20~30秒以上）されたときはユーザがその展示を見学したと解釈し、その展示をどのくらいの時間見学したか、といった情報を見学履歴として蓄える。

我々のガイドエージェント設計の特徴として、life-likeなエージェントキャラクタを携帯端末上に常駐させ、それにユーザとのインタラクションを担わせ、かつ、ガイドエージェントの内部状態を表現するために利用した点が挙げられる。エージェントキャラクタは、GIF画像を用いたアニメーションアプレットとメッセージを携帯端末上に表示することで、以下のような役割を担う。

- ガイドエージェントの内部状態をアニメーションキャラクタの振る舞いで表現する。
- 展示推薦がなされた際に、メインウィンドウ中に提示された結果へ、ユーザの注意を向ける。
- 制限時間に近づいたときには見学を急ぐように催促する⁵。

⁵携帯端末のバッテリーの限界から、ガイドサービスを2時間に限っている。

- 状況に応じて、メッセージによりシステムの使用方法を提示したり、システムの利用を促す。

ガイドエージェントの内部状態に応じた、キャラクターの振る舞いおよびメッセージの対応を表1に示す。アニメーションキャラクターの振る舞いとしては、注目を引くための振る舞い、考え中であることを表現する振る舞い、急ぐことを求める振る舞い、待機中であることを表現する振る舞いの4つを用意し、ガイドエージェントの内部状態に合わせてアニメーションを切り替えた。メッセージも内部状態に合わせて準備し、特にガイド情報の提示がないときには、システムの基本操作法を伝えるメッセージ等をランダムに提示した。

4 公開実験と評価

4.1 公開実験の概要

1997年11月6,7日に開かれた年一回のATR研究発表会において、5つの部屋を含む展示会場の入り口に携帯端末の貸し出しブースを設置し、C-MAPガイドシステムの公開実験を実施した。図4は研究発表会中のスナップショットである。

二日間の約10時間の公開実験中に、約170人のユーザ登録があり、携帯端末が貸し出された。ユーザ登録時には、ユーザの氏名、所属等のプロフィール情報とユーザ名といった静的な個人データがデータベースに登録される。そして、携帯端末貸し出し時には、貸し出される携帯端末名、バッジIDが随時登録され、ユーザには11種類用意したガイドエージェントのキャラクターから好きなものを選んでもらい、それらの情報を元に個人用ガイドエージェントを生成して携帯端末を貸し出した。初めてガイドシステムを利用するユーザには、3つのモデルコースの中から1つ選択してもらうことで、ユーザの

表 1: ガイドエージェントの内部状態と振る舞いおよびメッセージの対応

内部状態	振る舞い	メッセージ
展示の推薦	注目	"Please check for highlighted sites!"
計算中	考え中	"Please wait. I'm thinking."
移動の催促 (ガイドなし)	急げ 待機	"Hurry up for next sites!" ランダムメッセージ

ランダムメッセージ: "How is it going?",
"I hope you are enjoying yourself!",
"Double click on Semantic map for further information!",
"Click on Map for Zoom!",
"Move onto site on Map for short overview!"

興味を表すキーワードベクトルのデフォルト値を用意する、といった工夫をした。会場の入り口には、見学者が自分でユーザ登録を行なえ、さらにSemantic mapによる展示会場のプレビューができるようにデスクトップPCを用意し、受付ブースでのユーザ登録作業の負担の軽減を図った。

サポート対象となった展示会場の規模としては、19の展示サイトと約70のポスターがあり、1~2時間程度で見学できる程度の広さである。展示会場の壁には、全部で約30個のABSセンサを設置した。

4.2 ガイドシステムの評価: 何が動いて何が動かなかったか

試作したガイドシステムは、複数のプログラムが分散協調して動作する。うまく動いた部分と動かなかった部分を、以下にまとめる。

- 受付ブースにおけるユーザ登録と携帯端末貸し出しはスムーズに行なわれた。受付業務はシステム開発とは無関係の研究補助員のみによってなされたが、特に問題なく携帯端末立ち上げ等の手続きが行なわれた。苦労したのはバッテリーの管理と交換だった。
- 個別のアプレット、つまり、Semantic map, Physical map, アニメーションキャラクターのアプレットはトラブルもなく正確に動作した。
- ガイドエージェントの展示推薦プログラムは、単純ではあったが期待通りに動作した。Semantic map上で選択されたキーワード情報は展示推薦の計算に利用され、もっともらしい結果を提供することができた。
- ABSは仕様通りに動作せず、6個までしかセンサのモニタができなかった。そのため、ABSを用いたユーザの位置検出とその情報を利用したガイドサービスは一部屋内の5つの展示サイトのみに限って実験を行なった。
- ABSが期待通りに動作しなかったことで、ガイドエージェントが展示推薦の際に見学履歴や展示サイトの込み具合といった情報を利用することはできなかった。



図 4: 研究発表会の様子

- ABS が動作した一部屋についてはユーザの位置検出がなされた。期待通りに位置検出がなされた場合は、例えば、Physical map 上に現在位置が表示される等の場所に応じた情報サービスが動作した。しかし、センサのバッジ認識は不安定で、新しい展示サイトに入ってしばらくたってもバッジ認識がされないことがあった。
- ガイドエージェントのアニメーションキャラクターは、設計通り内部状態に合わせた振る舞いやメッセージ送信を行なった。しかし、ガイドエージェントが内部で実行するプログラムは各種データの通信と展示推薦の計算のみで複雑なものが無かったので、表1で言うと、ほとんど「(ガイドなし)」の状態、たまに「展示の推薦」状態に移り、「計算中」と「移動の催促」の状態になることはほとんど無かった。



図 5: ユーザアバターが現れる仮想展示会場の試作

4.3 展示アプリケーションとの接続

3.1 節の終わりで述べたように、エージェントサーバが蓄えたユーザ情報を利用することで、ガイドシステムと展示アプリケーションを接続することができる。ここでは、本実験中になされた二つの例を紹介する。

図 5 は、今回サポート対象とした展示空間を 3 次元 CG で仮想的に再現した例である。これは、前もって展示会

場の様子を写真撮影し、それを 3 次元空間中に貼り付けることで実現した。これは当研究所で開発中のインタープリティブ VR 記述言語 InvenTcl[18] を使って 3 次元グラフィックスの展示空間をラビッドプロトタイピングしたものである。仮想展示空間中には、C-MAP のエージェントサーバから受け取った最新のユーザの位置情報をもとに、ユーザのアバターを単純なアイコンとして表示してある⁶。また、アバターアイコンをクリックすると、そ

⁶ユーザ本人の顔写真またはイラストの用意はできなかったため、ア

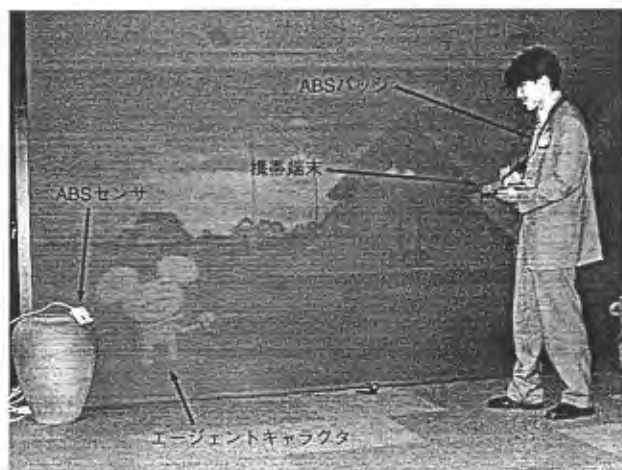


図 6: 展示アプリケーションでのガイドキャラクタの出現

のユーザのプロフィール情報を得ることができる。この展示デモは元々 VR 記述言語の開発能力をアピールするためになされたものであったが、C-MAP の興味からすると、このアプリケーションにより、ユーザはいながらにして他の展示サイトの混雑状況を知ったり、他のユーザとの出会いの情報を得ることができる。当初は携帯端末上のガイドシステムでこのような出会い支援サービスを提供することを検討していたが、携帯端末の計算やディスプレイ能力の制約から実装を見合わせていた。ここで紹介した展示アプリケーションは SGI Indigo2 上で実装および実行されたことで実現したが、コンピュータのハードウェアによる制約は近い将来取り除かれると考えるので、このようなアプリケーションを携帯ガイド情報として提供することも、引き続き検討したい。

もう一つの例は、ガイドシステムで得られたユーザの個人情報を利用した展示デモの個人化をねらった試みで、図 6 の例では、展示アプリケーションの中に携帯端末上のガイドキャラクタが登場する。この展示アプリケーションは、当研究所で開発中の VisTA-walk[19] と呼ばれる実験システムであり、Computer Vision 技術を用いることで、ジェスチャによる 3 次元仮想空間内のウォークスルーや情報探索を可能にするものである。通常の VisTA-walk ではユーザは一人で仮想空間内をウォークスルーする。が、今回の例では、C-MAP ガイドシステ

マターの顔部分にはユーザの携帯端末上のガイドキャラクタのイラストを表示した。

ムのユーザが展示サイトに入り ABS バジッがスクリーン前の ABS センサに検出されると、自動的に携帯端末上のガイドキャラクタが VisTA-walk の仮想空間に登場し、仮想空間内を一緒にウォークスルーしながら展示内容のガイドを行なう。このような展示アプリケーションとガイドシステムの接続の応用としては、他の展示の見学履歴からユーザの興味や知識の深さを推定して展示ガイドに役立てる、とか、複数の展示アプリケーションを内容レベルで接続する、といった様々な展開が期待される。今回は、ガイドシステムが提供できるユーザ情報がそれほど複雑なものではなかったため、ユーザのガイドシステムの使用頻度からユーザのシステム利用に対する積極性を定量化し、それに合わせて VisTA-walk のデモコースを自動的に切り替えて、展示の個人化を試みた。VisTA-walk のような体験型アプリケーションの場合は、この程度の工夫でも、ユーザの満足度を高めることができたと考える。

4.4 ユーザの評価とそれに対する考察

ユーザには携帯端末返却時にアンケートに協力してもらい、ガイドシステムが提供するそれぞれの機能について「使ったか、あるいは気付いたか」と「有効だったか」を答えてもらった。他にも、携帯端末の使い勝手やガイドエージェントのキャラクタについて印象を尋ねた。ここではアンケート結果から読み取れた傾向と印象に残ったコメントを、考察を含め、紹介する。

- Semantic map と Physical map による二つの側面からの展示空間の視覚的案内は、期待以上に有効だったと評価された。Semantic map 上のキーワード選択の実行回数は、ユーザのシステム使用頻度の傾向を図る目安になると考えるが、データをとった 84 人で平均 3.7 回キーワード選択を実行している。その中の上位約 1 割のユーザは、10 回前後キーワード選択を実行している。決して使い易いとは言えない携帯端末であるにも関わらず、時間的に限られた見学中にこれだけ使用されたのは、Semantic map の操作の単純さ、理解の容易さが評価され、また、見学者はこのような展示間の内容的な関連を知りたがっていたのだと考えられる。
- Semantic map と Physical map は展示に関連するホームページへのリンクを提供するが、これはほと

んど使われなかった。実際の展示が目のあるのにわざわざ小さな携帯端末上でWWWの閲覧をする人が多いとは考えにくいので、この結果は妥当なものであろう。しかし、オフサイトサービスでこれらのアプレットを提供することを考えると、例えばSemantic mapは本研究所のプロジェクトのメタページと見ることができ、これはユーザの興味に応じて見え方を適応してくれるので、利用価値が高いと期待される。このことは、今後、オフサイトサービスの公開を通して評価していきたい。

- ガイドエージェントのキャラクタには愛着や親しみを感じるが、反面、ガイドエージェントの信頼性の向上や内部状態の表示には役立っていない、というアンケート結果が得られた。エージェントのキャラクタの効用としては、前節で紹介したような展示アプリケーションとの接続を考えると、同一の外見を持ったガイドが表出することで、ユーザの感じるガイド全体の一貫性を高めると考える。
- 携帯端末は重く、使いづらいという意見が多かった。今後、計算機本体から、ユーザインタフェースである表示系のみを分離して携帯する、などの工夫が必要であろう。さらには、ユーザインタフェース部分さえも各ユーザが持ち歩くこと無く、環境の至るところに遍在させることも考えられる。今後の重要な課題の一つである。
- ユーザから得られたコメントとしては、音声ガイドを望む意見が多かった。例えば、ガイドエージェントが自発的にユーザにガイド情報を提供する際に、画像情報だけでなく、音声情報を併用することが有効であろう。
- Semantic mapや興味の共有度に応じた出会い支援といったオフサイト（アフター）サービスの提供に期待するというコメントを数人からももらった。今回試作したガイドシステムは、そのインタフェースをJavaアプレットで開発しているので、そのままオフサイトのWWWブラウザから利用することができる。例えば、今回は開発が間に合わなかったが、Semantic mapをプレビューとして研究発表会に先んじて公開すれば、その利用を通してユーザの興味の推定が可能であり、見学前に個人化されたガイド

エージェントを準備したり、展示内容の改善に役立っていたりすることができよう。オンサイトで提供する携帯端末上のアプレット利用から推定可能なユーザ情報には自ずと限界があるが、オフサイトサービスの場合は、より密なインタラクションによって、もっと深いユーザ情報を獲得し、その結果をオンサイトの展示サービスと連携することが可能となろう。我々は現在、そのようなオフサイトサービスの実現を目指して研究開発を進めている（例えば、文献[20]を参照されたい。）。

5 おわりに

展示会場におけるユーザの時空間的な状況や興味に応じて展示見学をガイドする携帯ガイドシステムを試作し、二日間の公開実験を実施した。携帯ガイド上で提供した展示会場の地理的/意味的案内システムや、ガイドエージェントによる自発的な展示ガイドの有効性が確認された。また、新しい展示形態の提案として、ガイドシステムと展示アプリケーションの接続例を紹介した。

本研究の特徴をまとめると以下ようになる。

- (1) 展示ガイドにおける context-awareness の概念の拡張。
- (2) 自発的にガイドサービスを行なう life-likeness を持ったガイドエージェントの設計。
- (3) 展示をきっかけとした知識や興味を共有するコミュニティのコミュニケーション支援。
- (4) オフサイトサービスも含めた展示サービスの時空間的視野の拡張。

(1)と(2)については、まだ不十分ながら部分的には現実のものとなり、その有効性や今後の発展を議論する材料を提供できたと考える。(3)と(4)については今後の課題であるが、このような方向で研究を進めるための基盤は今回のシステム開発で準備できたと考える。

我々のガイドシステムは、それを利用するユーザを系に含みながら、多くのサブシステムの分散協調のもとに動作する。そこでは、興味や知識を共有する人間同士あるいは人間と人間の用意した知識ベースのコミュニケーションにエージェントが介在し、知識の伝達や新たな出

会いを促進する。これは次世代のHCIの一つの方向である知識メディア実現への一歩と考えられる。今回は、系の中に含まれるマシンエージェントとしてはガイドエージェントのみの導入に留まったが、今後、展示者の代理としてのエージェント、見学者の秘書としてのインタフェースエージェント、さらにはそれらのエージェント間のコミュニケーションを促進する仲介エージェントなどの導入が考えられる。そこでは、人間-エージェント間のコミュニケーションだけでなくエージェント同士のコミュニケーションも含まれ、現在盛んに行なわれているマルチエージェント研究と深く関わってくる。

最後に、本プロジェクトを進める上での分散協調についても触れておきたい。本プロジェクトでは、様々な段階で様々なグループ協調作業がなされ、例えば、システム開発には10人弱が関わり、公開実験にともなうコンテンツの収集や展示アプリケーションとの接続には研究所内の50人近い研究員に協力を仰いだ。また、公開当日の受付および端末貸し出しブースに協力頂いた補助員も含めて、プロジェクト推進のための情報共有がなされる必要があった。このような分散協調を実現するにあたって、インフラストラクチャとしてのWWWの存在は重要であった。具体的には、WWWはシステムを構成するサブシステムを分散したまま協調させることを支援するので、グループによるサブシステム開発とその統合を容易にした。そして、30台用意した携帯端末上にはWWWブラウザをインストールするだけで済み、このことが公開実験当日でさえシステムの修正を行なうことを可能にした。また、システム開発と統合の場合はそのまま情報共有の場となり、バージョン管理等も容易にした。展示情報のコンテンツ収集も分散協動的になされ、各研究員が提供する最新の情報をそのままガイドシステムコンテンツとして利用することができた。このことは、展示を行なう専門家の研究から見学者への知識伝達を一貫して支援することになり、今後、博物館や研究所公開に関わる人間同士の知識の流通形態そのものを変えるものであると考える。

謝辞

本プロジェクトの推進にあたっては、門林理恵子氏によるMeta-Museumコンセプト[5]から多くの刺激を受けた。長尾確氏にはプロジェクト初期に有益な議論と

励ましを頂いた。ATR知能映像研究所諸氏には、プロジェクトの推進および公開実験実施にあたって多大なご協力を頂いた。同研究所中津良平社長には日頃からご指導頂いている。ガイドエージェントのキャラクタデザインおよびイラストレーションは中尾恵子氏による。以上の諸氏に感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 角康之, 江谷為之, 間瀬健二: context-aware なモバイル・アシスタント, 第55回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol. 4, 情報処理学会, pp. 443-444 (1997).
- [2] 間瀬健二, 角康之, 江谷為之, 小林薫, シドニー・フェルス, ニコラ・シモネ, 門林理恵子: モバイルでパーソナルなインタフェースエージェントによる展示ガイド, 第3回知能情報メディアシンポジウム予稿集, 電子情報通信学会, pp. 219-224 (1997).
- [3] Fels, S., Sumi, Y., Etani, T., Simonet, N., Kobayashi, K. and Mase, K.: Progress of C-MAP: A context-aware mobile assistant, *AAAI Spring Symposium on Intelligent Environments*, AAAI (1998). to appear.
- [4] Stefik, M.: The next knowledge medium, *AI Magazine*, Vol. 7, No. 1, pp. 34-46 (1986).
- [5] 門林理恵子, 間瀬健二: 新しいコミュニケーション環境としてのMetaMuseum, マルチメディア通信と分散処理ワークショップ, 情報処理学会, pp. 71-78 (1995).
- [6] 塚本昌彦: モバイルコンピューティング研究のすすめ, 情報処理, Vol. 39, No. 2, pp. 158-162 (1998).
- [7] Weiser, M.: Some computer science issues in ubiquitous computing, *Communications of the ACM*, Vol. 36, No. 7, pp. 74-84 (1993).
- [8] 暦本純一: 実世界指向インタフェースの研究動向, コンピュータソフトウェア, Vol. 13, No. 3, pp. 196-210 (1996).

- [9] Abowd, G. D., Atkeson, C. G., Hong, J., Long, S., Kooper, R. and Pinkerton, M.: Cyberguide: A mobile context-aware tour guide, *Wireless Networks*, Vol. 3, No. 5, pp. 421-433 (1997).
- [10] Nagao, K. and Rekimoto, J.: Ubiquitous Talker: Spoken language interaction with real world objects, *IJCAI-95*, pp. 1284-1290 (1995).
- [11] Nishibe, Y., Waki, H., Morihara, I. and Hattori, F.: Analyzing social interactions in massive mobile computing -Experiments of ICMAS'96 Mobile Assistant Project-, *IJCAI-97 Workshop on Social Interaction and Communityware*, pp. 19-24 (1997).
- [12] Maeda, H., Kajihara, M., Adachi, H., Sawada, A., Takeda, H. and Nishida, T.: Weak information structure for human information sharing, *IJCAI-97 Workshop on Social Interaction and Communityware*, pp. 7-12 (1997).
- [13] Nishimura, T., Yamaki, H., Komura, T., Itoh, N., Gotoh, T. and Ishida, T.: Community Viewer: Visualizing community formation on personal digital assistants, *IJCAI-97 Workshop on Social Interaction and Communityware*, pp. 25-30 (1997).
- [14] Ishida, T.(ed.): *Communityware: Towards Global Collaboration*, John Wiley & Sons (1998). in printing.
- [15] Want, R., Hopper, A., Falcao, V. and Gibbons, J.: The active badge location system, *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 10, No. 1, pp. 91-102 (1992).
- [16] Sumi, Y., Nishimoto, K. and Mase, K.: Facilitating human communications in personalized information spaces, *AAAI-96 Workshop on Internet-Based Information Systems*, AAAI, pp. 123-129 (1996).
- [17] 角康之, 西本一志, 間瀬健二: 協同発想と情報共有を促進する対話支援環境における情報の個人化, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J80-D-I, No. 7, pp. 542-550 (1997).
- [18] Fels, S., Esser, S., Bruderlin, A. and Mase, K.: InvenTcl: Making Open Inventor interpretive with Tcl/[incr Tcl], *Visual Proceedings of SIGGRAPH'97*, ACM, p. 191 (1997).
- [19] Kadobayashi, R., Nishimoto, K. and Mase, K.: Design and evaluation of gesture interface for an immersive virtual walk-through application for exploring cyberspace, *Proc. of Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FG98)*, IEEE (1998). to appear.
- [20] Kobayashi, K., Sumi, Y. and Mase, K.: Information presentation based on individual user interests, *Second International Conference on Knowledge-based Intelligent Electronic Systems(KES-98)*, IEEE (1998). to appear.