

Smart Corridor: 移動空間を想定したスマート環境の構築

伊藤 昌毅[†] 小川 正幹[†] 金澤 貴俊[†] 徳田 義幸[†] 中川 直樹[†]
山本 純平[†] 青木 崇行[†] 間 博人[†] 中澤 仁^{††} 高汐 一紀^{††}
徳田 英幸^{††}

[†] 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 〒252-8520 神奈川県藤沢市遠藤 5322

^{††} 慶應義塾大学 環境情報学部 〒252-8520 神奈川県藤沢市遠藤 5322

E-mail: †{niya,richie,takatoshi,yoshi,naoki,jum-p,soko,haru,jin,kaz,hxt}@ht.sfc.keio.ac.jp

あらまし 本稿では、Smart Corridor と呼ぶ、建物内や都市や学校などにおける移動空間を想定したスマート環境構築を目指す研究プロジェクトについて述べる。単一の部屋や建物を想定した類似研究に対し、多くの人々が移動するという本対象環境では、提供するサービスの種類や形態に大きな違いが生じる。またセンサ設備の導入やソフトウェアの整備という点でも、管理組織の多様性や導入領域の広さなどが問題となる。本稿では、移動空間や公共街路といった環境におけるスマートスペースの構築を、インフラ構築からソフトウェアアーキテクチャ、サービス提供といった観点から課題を整理し、筆者らによる研究棟の廊下へのセンサや公共ディスプレイなどを備えた実験設備の導入という実践事例を報告する。

キーワード スマートスペース, 公共空間, コピキタスコンピューティング, アーバンコンピューティング

Smart Corridor: Development of Smart Space for Corridors and Public Streets

Masaki ITO[†], Masaki OGAWA[†], Takatoshi KANAZAWA[†], Yoshiyuki TOKUDA[†], Naoki NAKAGAWA[†], Jumpei YAMAMOTO[†], Soko AOKI[†], Hiroto AIDA[†], Jin NAKAZAWA^{††}, Kazunori TAKASHIO^{††}, and Hideyuki TOKUDA^{††}

[†] Graduate School of Media and Governance, Keio University 5322, Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan

^{††} Faculty of Environment and Information Studies, Keio University 5322, Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan

E-mail: †{niya,richie,takatoshi,yoshi,naoki,jum-p,soko,haru,jin,kaz,hxt}@ht.sfc.keio.ac.jp

Abstract This paper is about the “Smart Corridor,” a project that aims to build the smart space specifically in such spaces as one passes through on his way from one place to the other place inside commercial buildings, in the cities, or at colleges. Since this project is targeting the spaces that are open to public and where a number of people come and go, different kind of service is required from the precedent projects targeting a confined one room or one building. Also, the diversity of the governing structure and the broadness of the area to install will be difficult problems at every point such as installing sensors and maintaining software.

Key words Smart Space, Public Space, Ubiquitous Computing, Urban Computing

1. 背景

1990年代初頭に提唱されたコピキタスコンピューティング [9] は、計算機の小型化や無線技術の進歩、多様なセンサの登場や

小型化といった技術開発を経て、当初より掲げられていた、存在を意識させない形で溶け込むというビジョンを実現する段階に近付いてきた。計算機がその形態としては目に付かなくなるよう進歩する一方、計算機の支援は、情報処理の範疇からより

広範な我々の行動に及ぶようになっている。実世界の情報を取得し解釈するセンサ技術やコンテキスト認識技術、さまざまな機器を連携させたサービスのアクチュエーションなどにより、現実世界の状況に基づき我々の行動自体に変化を及ぼすサービスが実現し始めている。本稿では、こうしたサービスを実現する環境をスマート環境 [11] と呼ぶ。

スマート環境の実現を目指す研究は、現在までにさまざまな規模で続けられている。都市 [2] やキャンパス、住居 [4] [3] やオフィス [6] [7] などの事例のほか、機材をおいた周辺環境をホットスポットとして即興的にスマート環境とする研究 [5] も行われている。こうした研究では、通常限定された特定の空間を対象とし、そこがオフィス業務や教育、遊興などの明確な目的のために利用される状況を想定している。人々は同一の目的を共有しながら議論し、情報を交換、共有し、何らかの達成を目指す。こうした単一空間における単一目的、単一達成型の行動がスマート環境の想定だと言えるだろう。

本稿では、こうしたスマート環境同士を繋げる空間に着目する。ある部屋や家屋、施設や領域がスマート環境であったとして、スマート環境とスマート環境とを行き来する人に対しサービスを提供するインフラを構築することが、本研究の目的である。こうした領域では、明確な目的のある活動が行われず、そこにいる人々もさまざまであるため従来のスマート環境構築技術はそのままでは適用出来ない。本稿では特に、オフィスビルや商業施設内の廊下や通路、都市の街路や大学キャンパスなどの歩行による移動のための空間を対象とし、これらのスマート環境化を目指す Smart Corridor プロジェクトについて述べる。

本稿の構成は以下の通りである。まず 2 節において、Smart Corridor が対象とする移動空間の機能を整理する。次に 3 節で本プロジェクトにおける研究課題を明らかにし、4 節では Smart Corridor 実験施設の詳細を説明する。5 節で今後の研究予定を説明し、6 節にて本稿をまとめる。

2. 移動空間の機能

Smart Corridor は、屋外、屋外の誰もが出入りする公共空間やある程度制限された人のための、主に歩行者を想定した移動空間を対象とする。こうした空間は、従来のスマート環境が点在する状況において、それらを橋渡し接続する空間として機能する。以下では移動が中心となるこうした空間の機能を整理し、そうした空間の情報技術による拡張や人々の支援の可能性を議論する。

多数の人が異なる目的を持ち、滞留することなく通り過ぎる移動空間は、人々の注意を喚起し一方的に情報を送りつける広告宣伝や、通信機能を備えた小型計算機を用い利用者の望む計算機環境を持続するモバイルコンピューティングの舞台とはなり得ても、空間による行動支援にまで踏み込んだ Smart Space の研究対象とはなり難かった。以下に、Smart Corridor が対象とする移動空間の機能を 3 つに分類し、それぞれについてその特徴や利用シナリオを挙げてゆく。以下にそうしたシナリオを挙げ、実現の可能性を議論する。

2.1 経路としての移動空間

Smart Corridor の対象となる空間は、オフィスビルや商業施設、大学キャンパス内の廊下や通路、都市における街路などである。これらの空間は、一義的には移動のための空間であり、目的を抱える人にとって最大限短縮すべき通過点である。しかし実際のところ、人々の行動をはっきりと目的行動とそれ以外の行動とに区別することは難しい。純粋な移動と移動そのものを目的とする状態との境界領域に、Smart Corridor のサービスの可能性がある。

気分や体調を考慮したナビゲーション

現在普及しているカーナビゲーションを含め、情報システムによるナビゲーションは、距離や時間など容易に計量可能な指針に基づき経路を決定し、利用者を案内する。Smart Corridor は、利用者の気分や体調、時間的余裕といったより曖昧な概念を理解したナビゲーションを実現する。「疲れており、気分がすぐれない」、「目的地への到着を急いでいる」、「始めて来た場所でありゆっくりと景色を楽しみたい」などの利用者が置かれた状況を複合的に判断して空間の特徴とマッチングし、最適な経路へ誘導する。

適度な迷いを持続させるナビゲーション

Smart Corridor 環境での人々の振る舞いには、必ずしも明確な目的があるわけではない。むしろ探索の結果遊動的にその目的に気付くという形のほうが自然である。目的が満たされたという満足は迷いや逡巡を含めたそこに至る行程の結果としてもたらされるものであり、行動の開始時点から直接到達出来るものではない。そのため、明確な経路を示すナビゲーションだけでなく、気付いていないより多くの選択肢を振り出したり、過去の行動履歴や嗜好といった選択の際の考慮事項を思い出させるような、空間内での自由度をむしろ高めるようなナビゲーションも考えられるだろう。

2.2 思索、創造の場としての移動空間

私たちはしばしば、移動中に思索し、またアイデアを思いつく。こうした移動空間の副次的な役割のうち、特に思索や創造に結びつくシナリオを挙げる。

アイデアの浮かぶ小径

どこかを歩くとき、それは必ずしも移動が目的であるとは限らない。むしろ様々な雑事を忘れて、知らずに執着していた固定観念から離れ、新しいアイデアが浮かび上がることを期待することも多い。京都にある哲学の道、ウィーン郊外にあるベートーヴェンの散歩道など、こうした逸話を持つ散策路は数多い。通常スマート環境は、何かを提供することでその価値や利便性を印象づけようとしているが、一見何も提供しない環境が知的生産を生み出す環境を実現することは、Smart Corridor が実現するサービスに対しても大きな示唆を与える。

行動が空間に反映する街路

思索には、しばしば物理的行動による外界への作用とその知覚という思索の外部化を経て、より強化されたり深化したり、客体化されるなどの進化が起こる。空間が人々の行動に影響を与える例は多く挙げてきたが、逆に人の活動が空間に変化を与えることも多々あり、空間の変化が認知されることは思索にも

影響を与える。

情報技術は、空間が物理的な作用だけでなくより微細であったり長期的であったりするような作用をも検知し可視化することを可能にする。たとえば消費活動や自動車や公共交通機関での移動、飲食や入浴など空間におけるさまざまな活動の環境負荷を提示する仕掛けがあれば、それは空間の役割や問題を認識する機会となると同時に、空間における振る舞いを再考する機会をもたらす。

2.3 コミュニケーションや文化形成の場としての移動空間
移動空間は、性質の異なる空間同士を接続する境界的な空間であり、その存在の曖昧さが人々の振る舞いに多様性をもたらすし、コミュニケーションや文化を生み出す源泉になると考える人も多い。B・ルドフスキーは著書「建築家なしの建築」のなかでアメリカ合衆国における街路のあり方を念頭に、以下のよう

に述べている [8]。
たとえば私たちは街路を砂漠のような不毛の地ではなく、オアシスのような憩いの場所にしようとは思いつかないのだが、街路の機能がまだ高速道路や駐車場によって侵されていない国々では、さまざまな装置が街路を人間に適応させる働きをしているのだ。(中略)街路を覆うもっとも洗練された形式であり、また市民的一体感(あるいは友愛感と言うべきかもしれないが)の具体的な表現ともなっているのはアーケードである。(中略)アーケードは街路の景観に統一感を与えることに加えて、しばしば古代の広場(フォーラム)の役割も果たす。

こうした議論は空間設計においては広く受け入れられ、「オアシスのような憩いの場所」や「古代の広場」を実現するさまざまな空間的仕掛けが試みられている。たとえばC.アレグザンダーはその著書「パターン・ランゲージ」の中で、街路を作る際のデザインについて以下のように述べている [1]。

街路は、今日見られるような単なる通路空間ではなく、人の留まれる場所にせねばならない。

何世紀ものあいだ、都市生活者にとって家のすぐ外で移用出来る公共空間は街路であった。ところが現代都市の街路は、数々の狡猾な手段で、「留まる」場所ではなく「通り過ぎる」場所にさせられている。(中略)要するに、単なる街路よりも包囲感の大きいある種の公共戸外室のような空間にする必要がある。

C.アレグザンダーは、前述の引用のあとに街路に平面的な微妙なふくらみを付けることによって「人々が歩みをゆるめて時を過ごす場所」を実現する例を紹介している。これは空間の構造によって行動に制約を加えたり特定の振る舞いを引き起こさせる手法であるが、情報技術によっても、空間が発するメッセージを拡張し空間の形態からは独立して人の振る舞いに影響を与える可能性がある。

コミュニケーションを生み出す街路

構造が人を留まらせ会話やコミュニティを育むように、情

報による演出によって人と人との関係を促進させることも考えられる。たとえば通りでのちょっとした会話に対して Smart Corridor からさりげない情報提供を行うことによって、その会話を膨らませることが出来るかもしれない。通行人の関心事項に基づき、見知らぬ人同士の出会いを実現することも考えられる。

3. Smart Corridor プロジェクト

以下に挙げるような研究課題を通して Smart Corridor の研究開発を進めてゆく。Smart Corridor は、モバイルコンピューティングの拡張であったり、これまでのスマート環境構築の延長である側面もある。一方で、そのサービスの形態や空間の特徴、空間における人の振る舞い方などに大きな違いがあり、それらが以下の研究課題に繋がっている。

環境・モバイル融合サービスプラットフォームの実現

Smart Corridor において提供されるサービスは、その状況が異なる目的を持った不特定多数の人が同時に存在するものであるため、特定の人に向けたサービスはその人のもっているモバイル機器を活用することになる。一方で、複数の人に働きかけたりモバイル機器の機能を補うなどのために、環境に備えられたインフラを活用することも必要となる。Smart Corridor では、このため環境機器とモバイル機器とを融合させたサービスプラットフォームを実現する必要がある。

ユーザの移動を妨げないサービス形式の実現

Smart Corridor においては、移動空間としての機能を損なわない形でサービス提供を実現する必要がある。たとえば画面を長く凝視することを求めるようなサービスは、サービス利用者の安全のためにも、また周囲の人のためにも相応しくない。そのため、サービスの種類や状況に応じて、比較的周辺への注意が散漫になりにくい音声や大型ディスプレイなどを活用しサービスを構成する必要がある。一例として、筆者らが開発したあしナビ [10] を挙げる。あしナビでは、床面に投影した足形を追いかけることでナビゲーションを実現している。ここでは、周辺視野を利用した行動支援を実現しており、歩行に支障を来すことなく移動を支援することが出来る。

リソースやサービスの調停の実現

多数の人が共有する空間でサービスを提供するためには、サービスがそこにいるすべての人にとって、少なくとも妨げとはならない形であることが重要である。特に公共ディスプレイやスピーカを用いたアクチュエーションには常に干渉の問題が付きまとう。こうした問題を調停し、利用者自身のモバイルデバイスを含めたサービスの適正配置を実現する仕組みやポリシーが必要となる。

多様な Corridor の連携の実現

Smart Corridor は、その規模や設置される環境により多様な形態をとり、単一のアーキテクチャによって統一的に構築されることは考え難い。一方、利用者は複数の分断された Smart Corridor であってもそれを横断しながら移動してゆく。そのため、複数の Smart Corridor を連携させながら、サービスを継続させる仕組みが必要となる。

3.1 全体システム構成

Smart Corridor のアーキテクチャは、大きくはセンサやオンラインリソースなどからの情報収集部分、収集した情報を処理するサービス駆動部分、視聴覚などの形でサービスを実現するアクチュエーション部分からなる3層で構成する。図1にシステム概要を示す。これまで多く議論されているコンテキストウェアを実現するスマート環境構築技術と大枠においては同一のアーキテクチャであるが、リソース・サービス調停機構やサービスの移動支援機構などが Smart Corridor 特有の機構として必要となる。

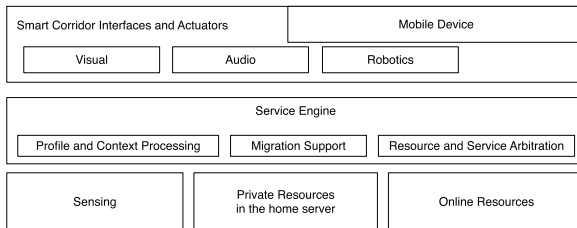


図1 Smart Corridor システム概要

4. Smart Corridor 実験施設

Smart Corridor のプロトタイプ開発のために、2009年2月に慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスのデルタ棟内に、実験施設(図2)を構築した。これは、従来から慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスに存在していた部屋・プライベートスペースを指向したユビキタスコンピューティング実験環境である Smart Space Laboratory (SSLab) [6] や Smart Living Room を結ぶ位置にあり、本稿で議論してきたようにさまざまな目的を持った多数の人が通り過ぎる場所でもある。Smart Corridor では、既存の階段や廊下に対して、Smart Infill と呼ばれるアルミ製のポールや柱を設置することにより、アクチュエータ、コンピュータ、センサ等の各種機器の取り付けを可能にしている。

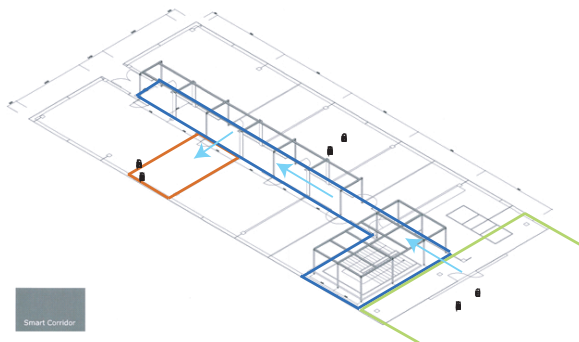


図2 Smart Corridor 実験施設概要

Smart Corridor のプロトタイプは、その空間の特性に応じて以下の4領域に分けて開発を進める。

Smart Corridor では、図2に示すとおり、Smart Corridor の外がパブリックスペース、Smart Corridor の最終到達点を Smart Space Laboratory というプライベートスペースとして、

Smart Corridor はそれら2空間をつなぐセミパブリックスペースとなっている。

4.1 エリア A: 通路空間

エリア A (図3)として、研究棟内の廊下部分に Smart Infill を用い構築した領域を通路空間を想定した実験に利用する。この領域が想定するのは、商業施設やオフィスビル、商店街といったある程度計画的に構築された施設の通路部分である。構造的にも部屋や施設同士を繋ぐ空間であることが明確であり、部屋、施設間を回遊する人の通り道として利用される。こうした環境では、人々はウィンドウショッピングのように迷ったり興味をひくものを探したりしながら歩くことが多い。各施設においても、通路空間に対してその存在を広告し、人々の注意を引きつけようとする。こうした空間では、人々は回遊を通してその指向や意図を特定の目的や行動に収斂させていると言えるだろう。こうした、人の振る舞いがある程度想定でき、またある程度のコストを掛けたインフラ構築が期待できる領域の実験のためにこの領域を利用する。



図3 エリア A: 通路空間の状況

4.2 エリア B: エントランス空間

エリア B (図4)として、研究棟の入り口から階段部分に Smart Infill を用い構築した領域を、エントランス空間として実験を行う。この領域は、屋外の不特定多数の人がいるパブリックスペース(エリア C, D)と、興味や所属組織などの点である程度特定の人々を想定出来るセミパブリックスペース(エリア A)との境界となる領域である。この領域においてもある程度のコストを掛けたインフラ構築は期待できるが、利用する人々の振る舞いは多様であり、何度も行き来するというような移動よりは通り過ぎるだけといった人が多いことも考えられる。

4.3 エリア C: 公開空地

エリア C (図5)は、キャンパス循環バスのバス停から Smart Infill を備えた研究棟に至るまでの領域である。この領域を駅やバス停などといった移動における基準点と、商業施設など目標となる施設との間の、歩道や公開空地、ペDESTリアンデッキなどからなる領域に見立てて実験を進める。この領域は、その



図 4 エリア B: エントランス空間の状況

建物に目的を持つ人が単なる通過点として通り過ぎる一方、建物を職場とする人の休息場所になっていたり、明確な目的を持たない来訪者が施設に関心を持つことで行動を決定するなど、領域と人の振る舞いとのかみ合わせが行われる場所であったりもする。



図 5 エリア C: 公開空地の状況

屋外であり更に多くの通行人が想定されるこうした場所では、面積や場所の権利などの問題で屋内エリアほどには十分なインフラを敷設することが出来ない。しかし、この場所を通る人の多様性は、エリア A,B では実現できないサービスを実現すると考えられる。

4.4 エリア D: キャンパス空間

エリア D は、エリア ABC を外れたキャンパス空間であり、広場や公園などの、ある程度の広さと自由度のある空間を想定する。このエリアは、本来 Smart Corridor の対象空間から外れる空間を多く含んでおり、実験段階においても少数のセンサの設置を計画しているのみである。しかしこうしたエリアにおいても、モバイル機器の活用によって Smart Corridor とどの程度連続するサービスが実現できるかなど、挑戦すべき課題は多い。

4.5 センサ

Smart Corridor 内の人やものの位置や状況を認識しサービスに繋げるため、さまざまなセンサの導入を始めている。以下では現在設置したセンサを説明する。図 6 は、Smart Corridor

内の歩行者人数カウントセンサとレーザーレンジファインダーの設置状況を示す。



図 6 行者人数カウントセンサとレーザーレンジファインダー

歩行者人数カウントセンサ

Smart Corridor の階段部分に、歩行者人数カウントセンサを設置した。この人数カウントセンサでは、階段を通過する人間の数を計測可能になっている。このセンサを用いることで、Smart Corridor のユーザ数を把握し、そのユーザ数に応じて環境設定を変化させたり、建物内の込み具合を計測するなど、ユーザ数に応じた各種サービス提供が可能になる。

レーザーレンジファインダー

Smart Corridor の階段を登りきった天井部に、物体の検知を可能なレーザーレンジファインダーを設置した。このレーザーレンジファインダーにより、人間の通過だけでなく移動型アクチュエータの通過や、物体の廊下への放置等が検出できる。このレーザーレンジファインダーを用いることで、廊下への物体放置に応じたサービスの提供や、また移動型アクチュエータと連携して Smart Corridor 内の移動経路計算等のサービスが可能になる。

ワイヤレスセンサノード(温度、照度、振動)

Smart Corridor のあらゆる天井・壁部分に、複数種類のワイヤレスセンサノードを設置した。これらのセンサでは温度、照度、振動等を計測可能である。これらのセンサにより、Smart Corridor の場所に合わせた環境情報を取得できるだけでなく、振動センサを用いることで、ユーザの移動等も検知可能になり、環境情報や位置情報に応じたサービスの提供が可能になる。

4.6 アクチュエータ

Smart Corridor では、建物内の階段や廊下に以下の装置を配置し、移動中のユーザに対して各種のサービスを提供することを目的としている。また、以下のアクチュエータやセンサ等の情報処理・データ解析用にいくつかのコンピュータも配置してある。ここでは、Smart Corridor に配置する機器とそれにより実現されるサービスを説明する。

移動型アクチュエータ

Smart Corridor 内を移動可能な、移動型アクチュエータとして Segway RMP50 を配置した。Segway RMP50 は Smart

Corridor の 2 次元平面上を自由に移動可能なアクチュエータである。この移動型アクチュエータを用いることで、ユーザの場所に応じたサービスや、環境状況に応じた移動などが可能になり、ロケーションアウェアなサービスを提供可能になる。

無線制御型 LED 照明装置

Smart Corridor の天井には合計 7 本のパーティタイプの LED 照明を設置した。これらの照明装置は、PC 上のアプリケーションから無線を経由して、スイッチや照度調整等の制御が可能になっている。この無線制御型 LED 照明装置を用いることで、ユーザの場所に応じたライトの点灯や、照度に応じた制御などが可能になり、環境に対してアダプティブなサービスを提供可能になる。

ディスプレイ

Smart Corridor の壁面には、中型ディスプレイが 3 台、大型ディスプレイが 1 台、合計 4 台のディスプレイを設置した。これらのディスプレイでは、ユーザに対する各種情報提供が可能になっている。これらのディスプレイを用いることで、大学キャンパス内や Smart Corridor 内の環境情報を示したり、ユーザに応じて適応的なコンテンツを提供するなど、各種の可視化技術の実験が可能になる。

5. Smart Corridor を利用した実験

実験装置の構築が完了した今後、Smart Corridor 実験施設を用いて以下のような実験を進めてゆく。

プロフィールマッチング実験

Smart Corridor の各種サービスを利用するにあたり、各ユーザはそれらのサービスをカスタマイズすることで、それらの利便性を上げられる。ユーザの嗜好情報をサービスに伝達して、サービスをカスタマイズする際に、ユーザのプロファイルとサービスのプロフィールをマッチング・ネゴシエーションする必要がある。

サービスローミング実験

人間が、屋外から、Smart Corridor を通過して、Smart Space Laboratory に到着する各過程において、周辺のサービスを用いて映像や音楽の視聴や、電話による通話等の各種サービスを周辺のサービスと連携させることで、よりリッチなコンピューティング環境を用いたユーザ体験を実現できる。Smart Corridor を用いてこれらサービスローミングの実験を行う。

物理空間共有実験

複数のユーザで同一空間・同一サービスを利用するにあたり、利用者ごとのプライオリティ、アクセスコントロールとともに、それらのサービスが時空間にあたる影響を考慮した上で、サービスの実行を行う必要がある。これらの物理空間共有実験を、実空間である Smart Corridor を用いて行う。

6. ま と め

本稿では、おもに特定の部屋や建物、施設などを対象としたこれまでのスマート環境構築研究に対し、スマート環境同士を繋げる空間に着目してスマート環境とスマート環境とを行き来する人に対しサービスを提供するインフラを構築することを目

指す Smart Corridor を紹介した。Smart Corridor は屋内外の歩行者向けの移動空間を対象とするが、こうした領域では、明確な目的のある活動が行われず、そこにいる人々もさまざまであるため、空間が特定の目的のために利用されることを想定する従来のスマート環境構築技術はそのままでは適用出来ない。一方、こうした空間は単なる移動経路に限らず、思索や創造の場、コミュニケーションの場としての機能を持つことも明らかにし、こうした機能を強化する情報技術の必要性を明らかにした。

本稿では、Smart Corridor 研究開発の課題として「環境・モバイル融合サービスプラットフォームの実現」、「ユーザの移動を妨げないサービス形式の実現」、「リソースやサービスの調停の実現」、「多様な Corridor の連携の実現」を挙げ、今後これらの課題の研究を進める施設として慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスに設置した Smart Corridor 実験施設の詳細、今後の実験予定を紹介した。

謝辞 本研究は、NICT 委託研究「ダイナミックネットワーク技術の研究開発」および総務省「ユビキタスサービスプラットフォーム技術の研究開発」の研究成果の一部である。

文 献

- [1] C. Alexander. *A Pattern Language*. Oxford University Press, 1977.
- [2] J. Barton, T. Kindberg, and J. Barton. The cooltown user experience. 2001.
- [3] B. Brumitt, B. Meyers, J. Krumm, A. Kern, and S. Shafer. Easyliving: Technologies for intelligent environments. In *Handheld and Ubiquitous Computing*, 2000.
- [4] K. Cory, R. Orr, G. Abowd, C. Atkeson, I. Essa, B. MacIntyre, E. Mynatt, T. Starner, and W. Newstetter. The aware home: A living laboratory for ubiquitous computing research. In *Proceedings of the Second International Workshop on Cooperative Buildings (CoBuild'99)*, Pittsburgh, PA, USA, October 1999.
- [5] M. Ito, A. Iwaya, M. Saito, K. Nakanishi, K. Matsumiya, J. Nakazawa, N. Nishio, K. Takashio, and H. Tokuda. Smart Furniture: Improvising Ubiquitous Hot-spot Environment. In *3rd International Workshop on Smart Appliances and Wearable Computing*, May 2003.
- [6] T. Okoshi, S. Wakayama, Y. Sugita, S. Aoki, T. Iwamoto, J. Nakazawa, T. Nagata, D. Furusaka, M. Iwai, A. Kusumoto, N. Harashima, J. Yura, N. Nishio, Y. Tobe, Y. Ikeda, and H. Tokuda. Smart space laboratory project: Toward the next generation computing environment. In *International Workshop on Networked Appliances*, 2001.
- [7] M. Roman, C. K. Hess, R. Cerqueira, A. Ranganathan, R. H. Campbell, and K. Nahrstedt. Gaia: A Middleware Infrastructure to Enable Active Spaces. In *Proceedings of the International Conference on Pervasive Computing*, pages 74–83, Zurich, Switzerland, August 2002.
- [8] B. Rudofsky. *Architecture without Architects*. 1964.
- [9] M. Weiser. The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, 265(3):66–75, Sept. 1991.
- [10] S. Yamazaki, T. Ito, K. Kawata, N. Namatame, E. Ogahara, G. Takahashi, M. Ito, J. Nakazawa, and H. Tokuda. AshiNavi: A Footprint-based Ambient Navigation System. In *Pervasive Computing Workshop on Pervasive Display Infrastructures, Interfaces and Applications*, May 2007.
- [11] 中澤仁 and 徳田英幸. スマート空間コンピューティング. コンピュータソフトウェア, 21(3):213–223, 2004.