

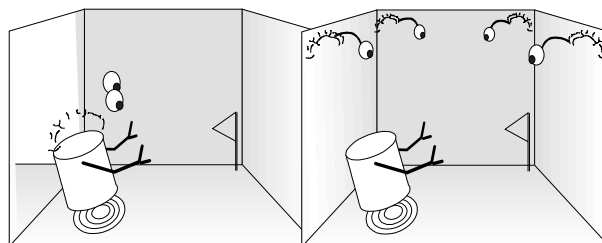
空間知能化 ロボティクスと空間の融合

東京大学生産技術研究所
橋本秀紀
hashimoto@iis.u-tokyo.ac.jp
<http://dfs.iis.u-tokyo.ac.jp>

はじめに(問題意識)

- 「安心」「安全」「快適性(利便性)」
知能化技術を用いて実現
観測がキー → 分散配置されたセンサによる観測
を基盤技術とする。
効果器 → ロボット・メカトロニクス機器による実現。
- 空間全体の知能化
→ テクノロジーの空間へのインテグレーションに
よる知的生産性の向上。

分散配置すること



Conventional
composition

図1(a)

Proposed
composition

図1(b)

空間を取り囲む

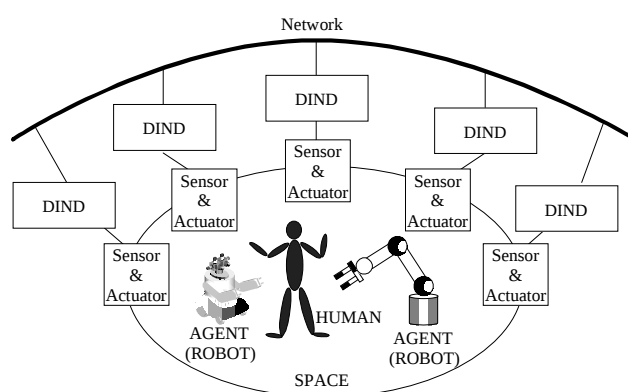
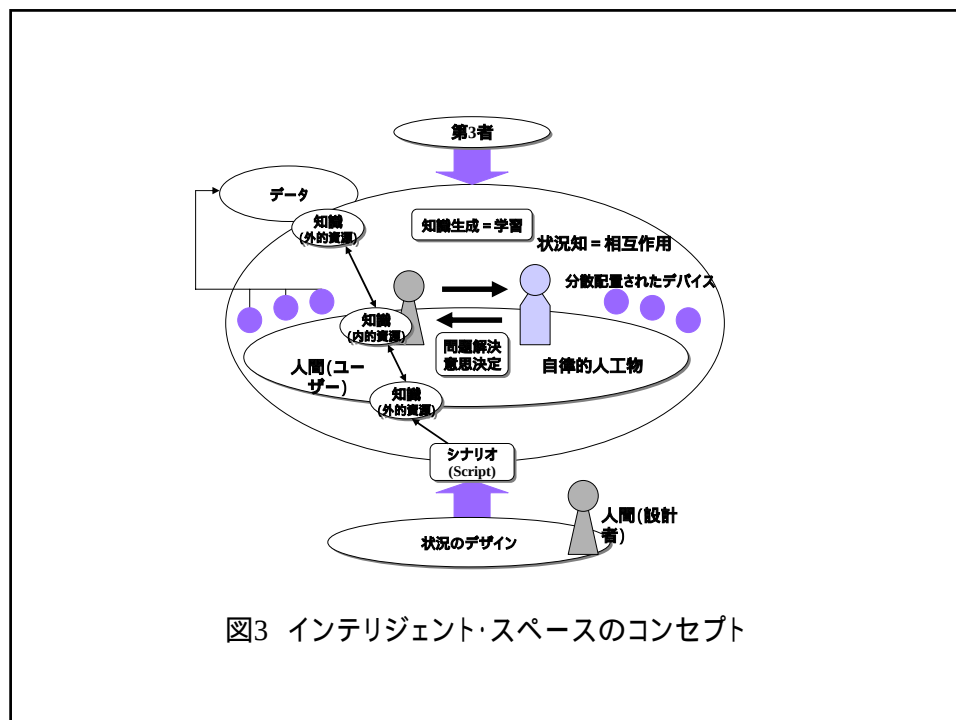
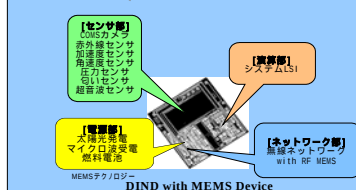


図2 空間知能化



インテリジェントスペース

DIND (Distributed Intelligent Networked Device) 分散感覚知能化デバイス



DINDを空間に多数分散配置することによって空間内の事象を観測し、人間にサービスを提供する

特徴

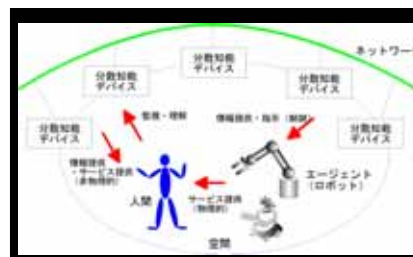
人間に負担をかけずに空間情報取得

DINDの知能をネットワークを介して共有

人間とロボットの共存環境のプラットフォーム

DINDが配置された空間の機能

- 移動ロボットの知的制御
- 人間認識(位置, ジェスチャ, 行動)
- etc.



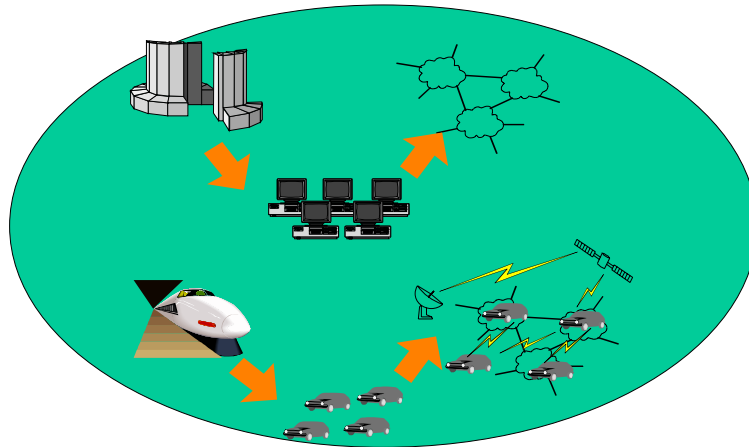


図4 集中、分散そしてネットワーク化

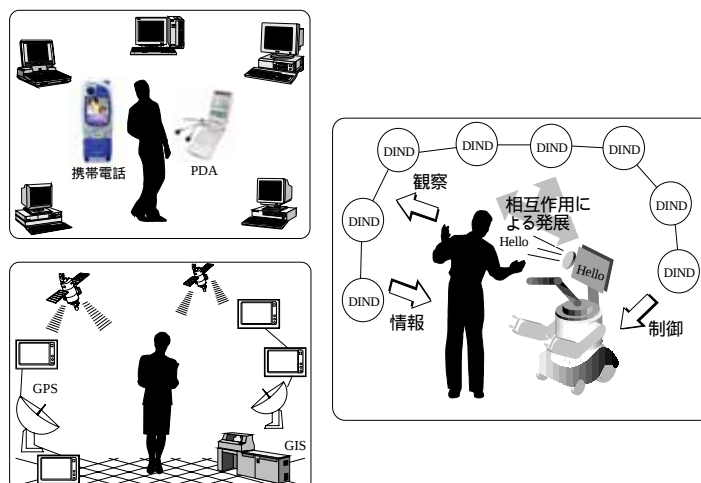


図5 ユビキタス、知的環境そしてインテリジェント・スペース

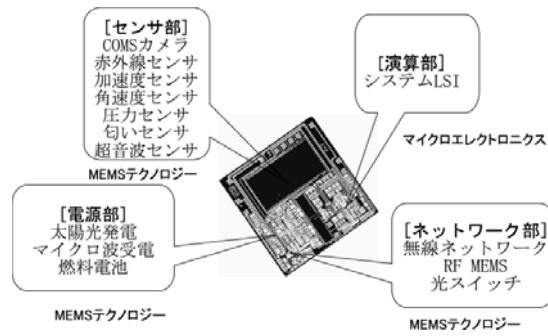
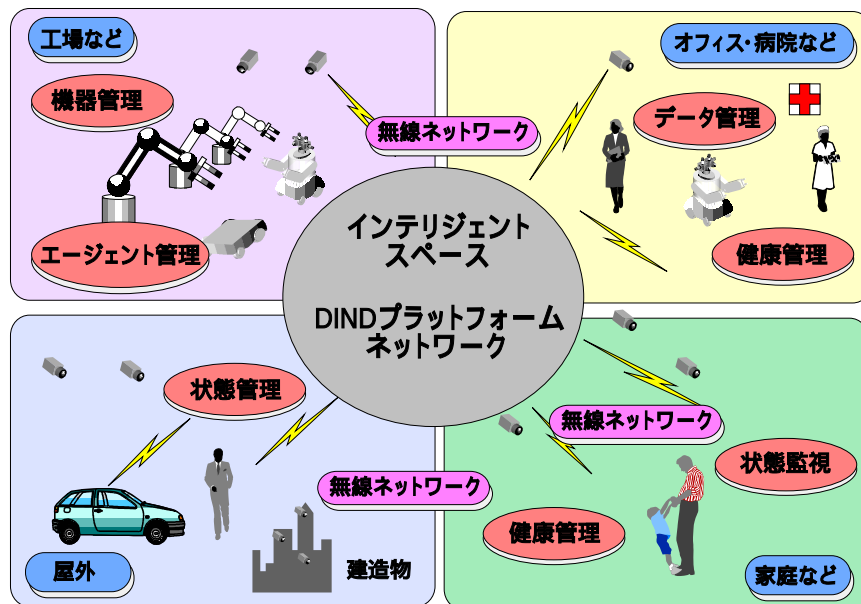
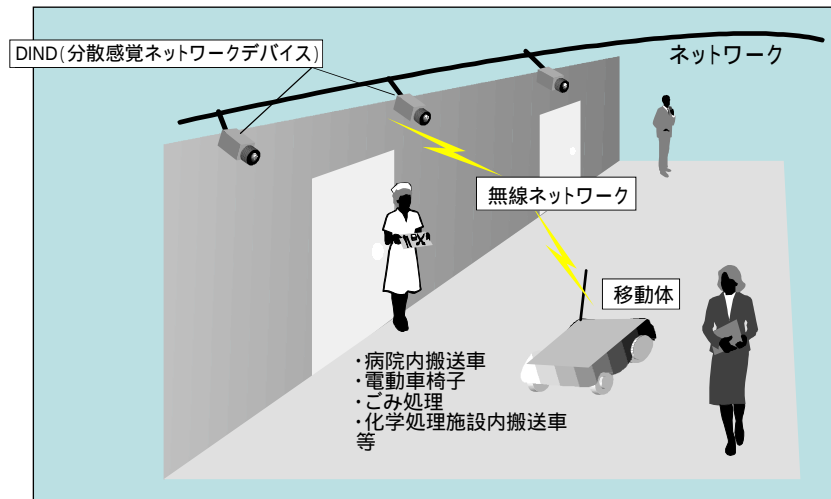


図6：DINDの概念

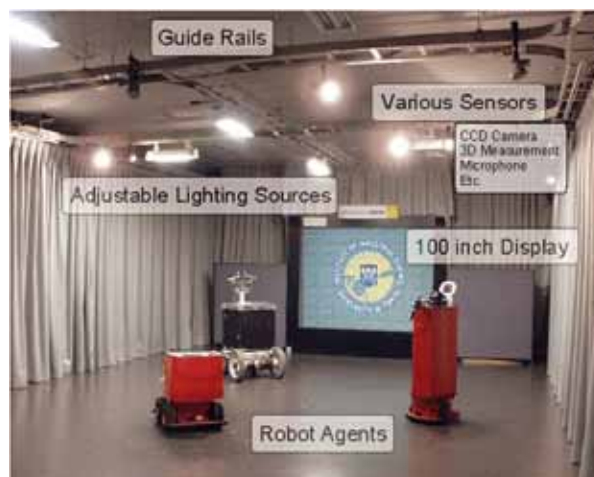


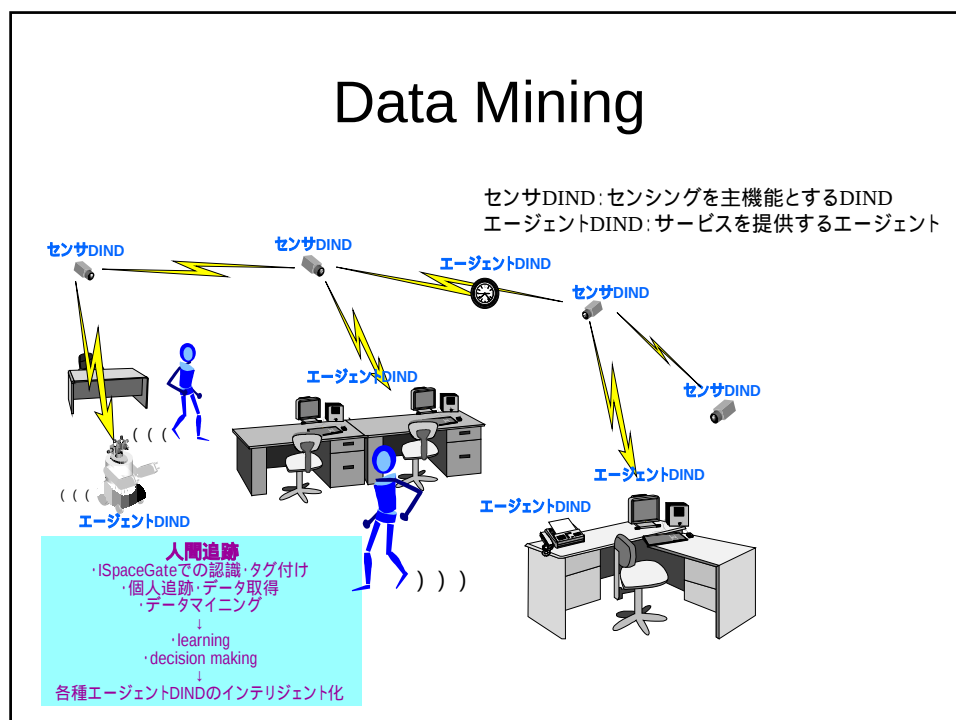
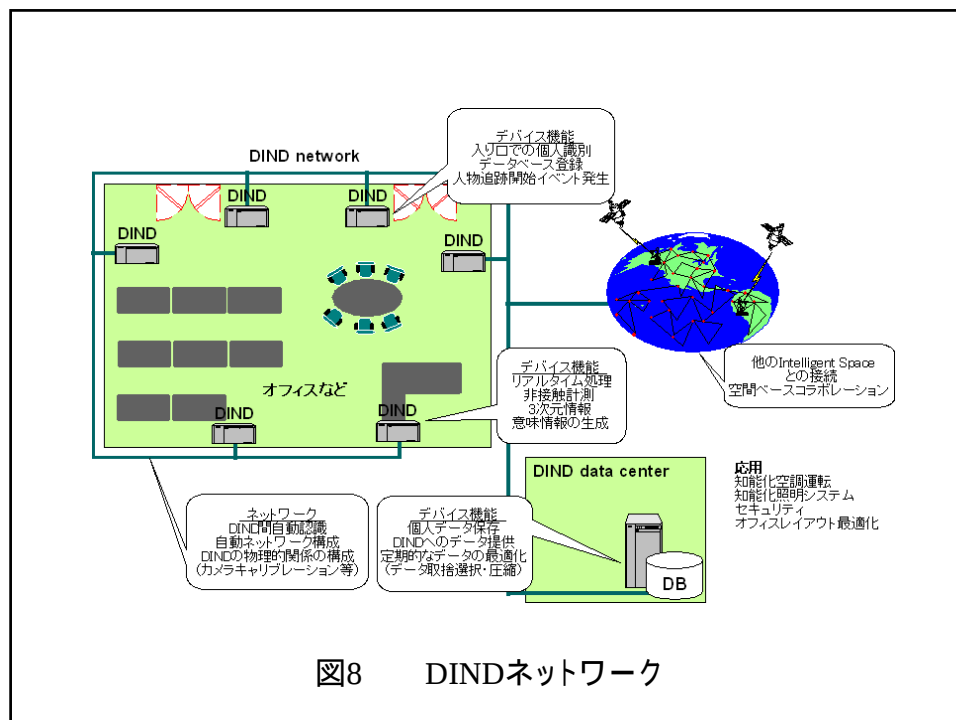
DINDによるネットワークシステム

DIND: Infrastructure for next generation



インテリジェント・スペース





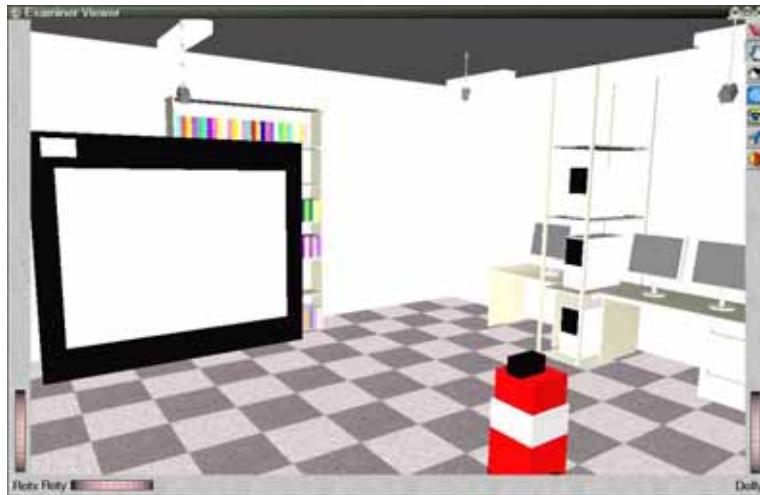
空間知能化

- テクノロジーを用いて空間を賢くする。
- 安心・安全・快適性を実現する。
- ソフト化、サービス化する経済活動を支えるプラットフォーム。

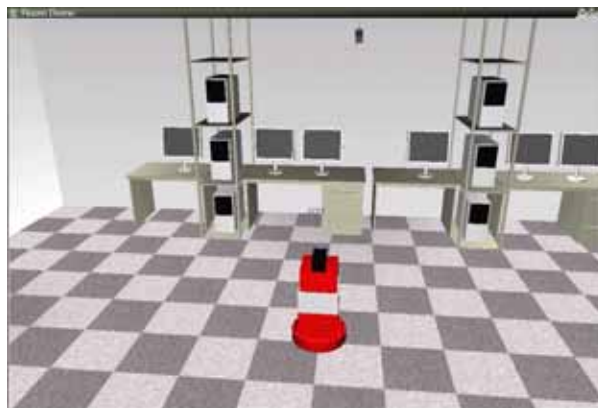
→ 空間知能化はプロセスであり、その結果としての
インテリジェント・スペース。



RoomDemo: 3D viewer



RoomAnim: CCD position



The CCD view point is selectable from the keyboard.

RoomView: Robot Animation

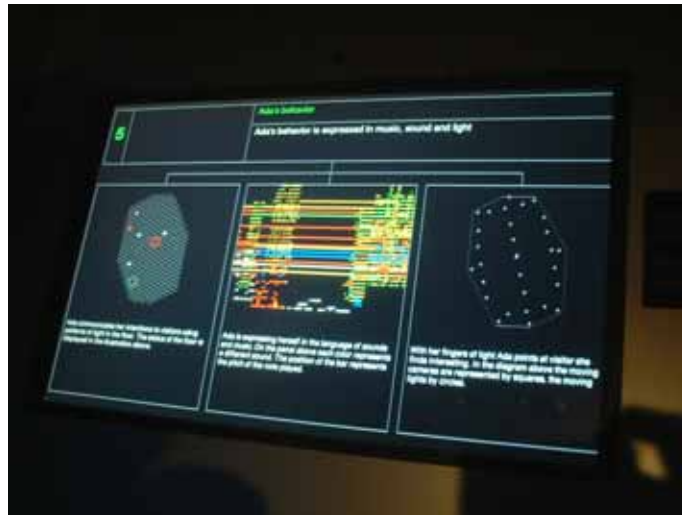


View from CCD mounted to the robot.

Intelligent Space

EXPO'02 in Switzerland





Examples of Related Researches

DreamSpace -IBM-

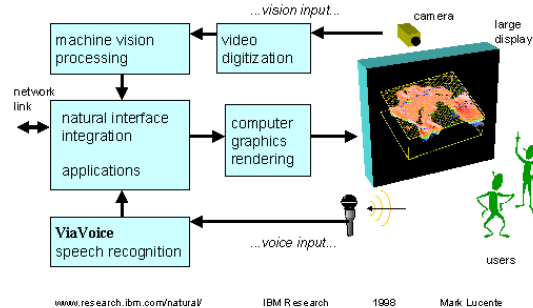
- Interaction in natural ways

- Speaking
- Gesturing
- Glancing
- Moving around
- Reaching out

- Application

- Education
- Entertainment
- Scientific visualization
- Video teleconferencing

DreamSpace: schematic



Sensor-Based Intelligent Systems -Univ. California, San Diego-

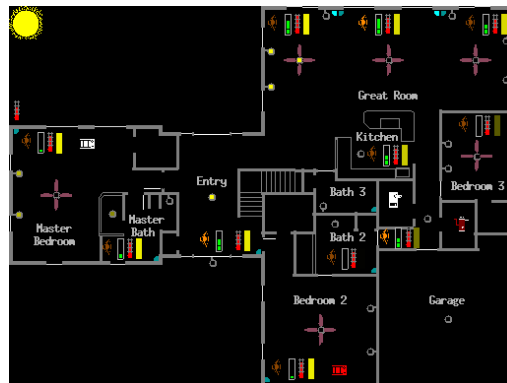


Adaptive House -Univ. of Colorado, Boulder-

- Operated as an ordinary home
Usual light-switches, thermostats, doors etc.
- Adjustments are measured and used to train the house to
 - adjust temperature
 - adjust lighting
 - choose music or TV channel

Sensors:

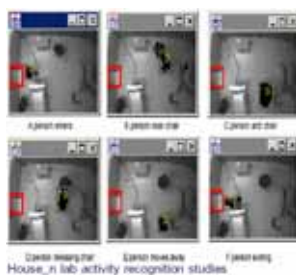
Light Level, Sound Level
Temperature, Motion
Door status, Window status
Light settings, Fan
Heaters, ...



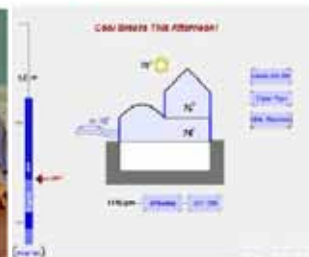
House_n Project -MIT-

Mission:

Incrementing and building real spaces that can be used to study the interaction between people, technology, and design.



Digital table and energy management and control



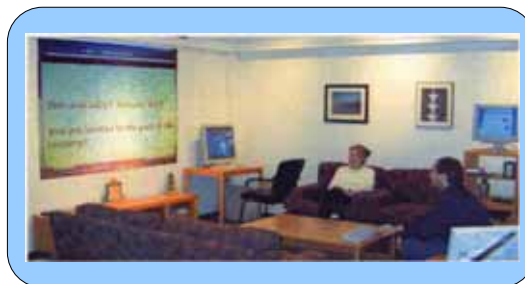
Energy conservation: just-in-time suggestions



Interface studies

EasyLiving -Microsoft-

- Provides **access to information** and services for users in the space
- Provides **easy and user-friendly** technology utilizing various devices



Oxygen Project -MIT-

- Make computer system **used anywhere**, as if we took in oxygen from air
- **Natural and simple interactions** using voice and gestures



Interactive Workspace Project -Stanford Univ.-

- **Cooperative working** between human and computers or interactive devices
- Components:

PDAs
Notebook computers connected by wireless LAN
High resolution displays built in walls or placed on tables



Robotic Room –Univ. of Tokyo-

- Machines or robots must **compliment the weak points** of human beings and work for people's convenience
- **Natural supports** by using a room as a robot
- **Medical and welfare areas** and in the near future daily life



世の中の流れ

- モノの消費から、サービス・知の消費へ。
(規格大量生産社会から知識社会へ)
- サービス・知の生産及び消費を行う空間が中心となる。
(モノの生産・消費の場から知の生産・消費の場へ)
- 様々な生活シーンにサービス・知の生産と消費が実現されつつある。

様々な生活シーン(空間)

- プライベート空間(住居)
- ビジネス空間(オフィス)
- アミューズメント空間(ホール、ショッピングセンター等)
- パブリック空間(病院、学校、駅等)
- トランスポテーション空間(車、電車等)

テクノロジーの状況

- 要素となるテクノロジーが揃いつつある。
- システムインテグレーションがキーに。
- デザインの重要性が認識されてきている。

システムインテグレーションとデザイン

- System: Functionの定義
- Integration: Functionの実現
- Functionの実現には可能なSolutionが多々ある。
- Design: 可能なSolutionからの選択

空間知能化のソリューション

- 可能なソリューションが多数ある。
 - 制約条件を課す必要がある。
- 制約条件は将来のあるべき姿から導かれる。
 - 今生じている事象から予測する。
- このシナリオは過去にあったか？

居住空間に絞ると

「少子社会と東京の未来の福祉」会議
** 第4回会議 「高齢社会の到来 - 長寿命型文明を求めて -」 *

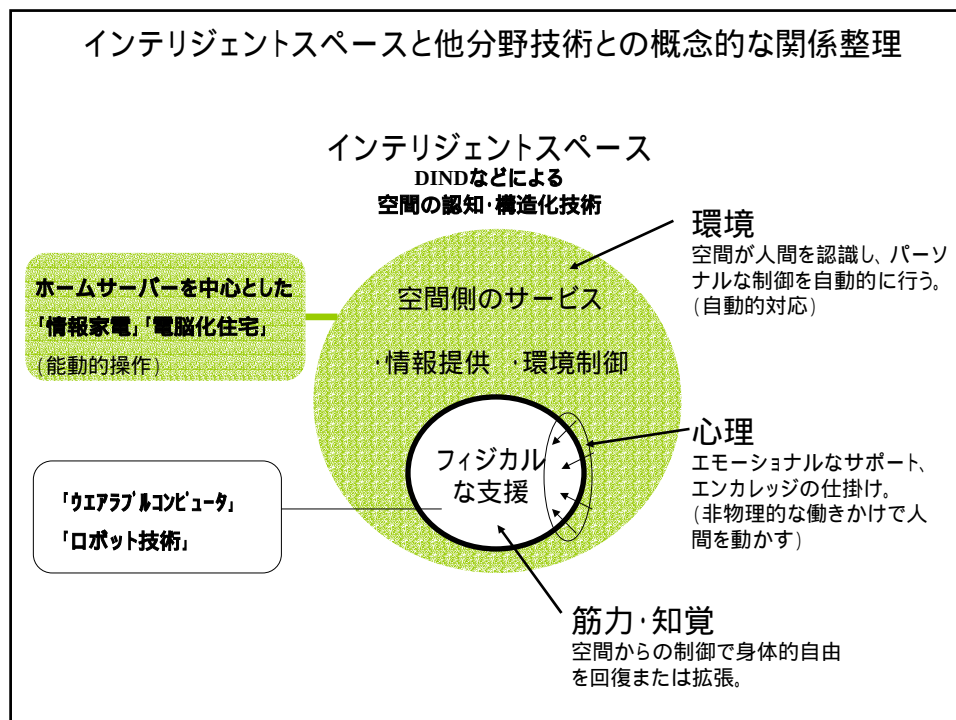
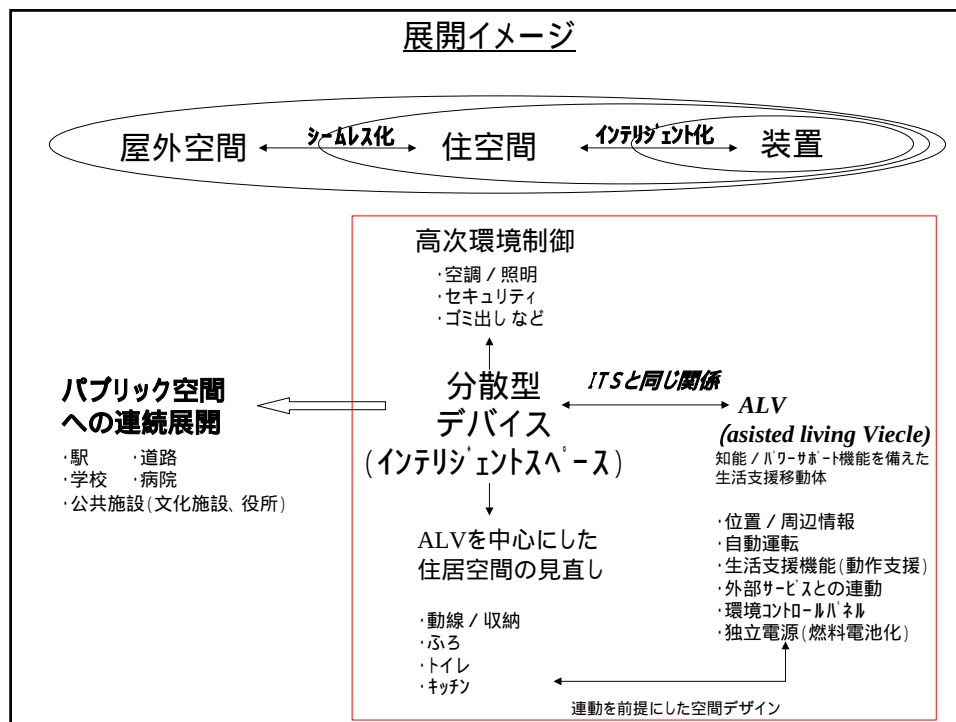
- 実は、もう一つの「55年体制」がしぶとく残っています。それは、1955年に導入された「**2DK55型**」です。これは、東大の公共建築の権威、吉武先生の研究室で、台所で食事をして、部屋を2つつくるといふ住まいのモデルを考えられた。これを1955年にできた住宅公団が採用しました。それで「**2DK55型**」と言われるようになったのです。「**2DK55型**」の最初の大きさは30平米です。

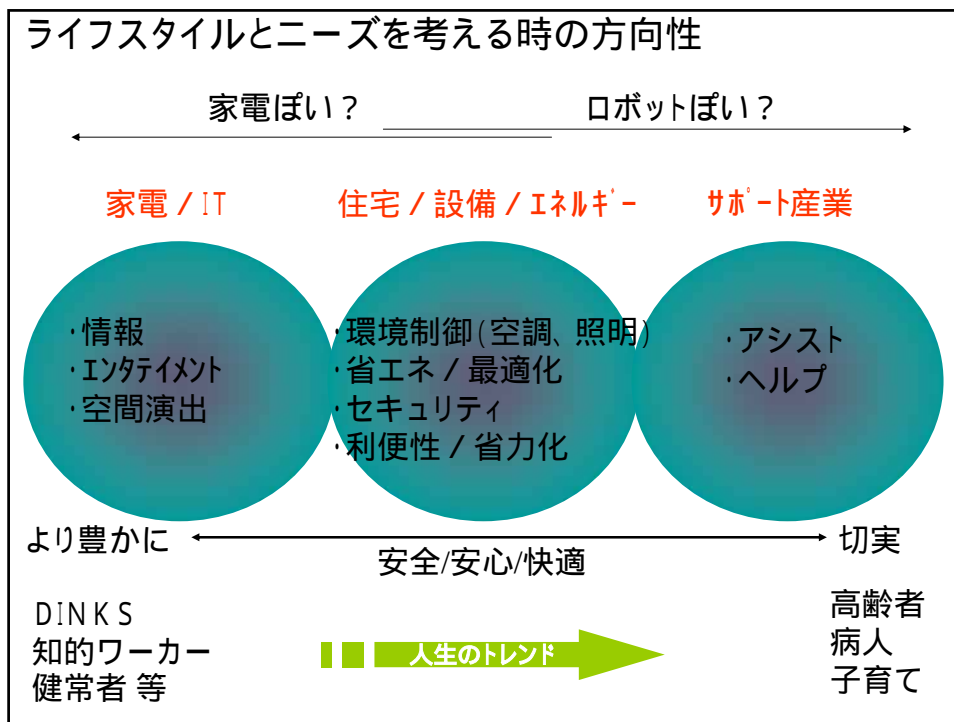
今、求められるシナリオは？

- 今生じている事象：高齢化社会、単独世帯の増加
→ 制約条件：高齢者夫婦、遠隔地に子供
- 求められるもの：安心、安全、快適性、アシストそしてコミュニケーション
→ 空間知能化・ロボットによって実現。
- シナリオは？
- 例えば、2LDK、3LDKに代わるフレームは？

キーワード

- リクエストに応じて空間が演出を行う。
- 感性、いやし、意図理解
- 音と光のアンサンブル、VR
- ロボットによるアシスト
- 空間のOS(プラットフォーム)
- 知能化技術の標準化
- 気の利くシステム





展開

シナリオがあると

- ・ 研究開発課題が明確になる。
→ リソースを集中して具体的な成果が得られる。
- ・ マーケットに受け入れやすい。

空間知能化は

- ・ 21世紀を支える生活基盤ができ、新しいビジネスが数多く生まれる。

具体的な展開

- (1) iSpaceとロボットの協調によるセキュリティの実現。
- (2) iSpaceによる物理的支援。
- (3) iSpaceによるロボストラッキングによる知的作業支援。

機能例(1)

センサシステムの一部として

- センサの死角を移動により補完



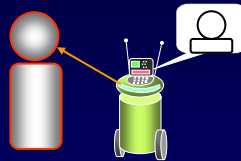
- ー センサを木、街灯、オブジェ、屋上、壁に配置
- ー 移動機能によって補完する

機能例(2)

犯罪への抑止力 ➡ 主に心理的に

通常時: 監視をアピール(一般への演出の一部を兼ねる)

- 顔、姿の撮影(一般的に嫌悪感の無い範囲で)
- 話しかける



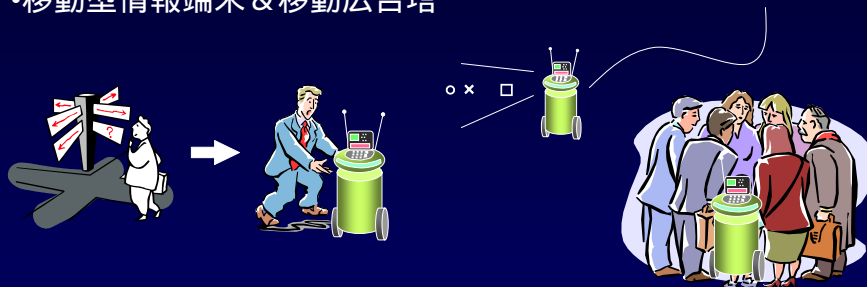
警戒時: 不審者への警告・追跡など



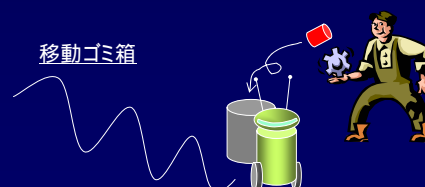
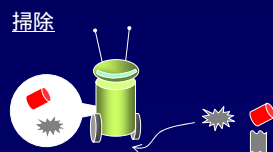
機能例(3)

来場者へのサービス

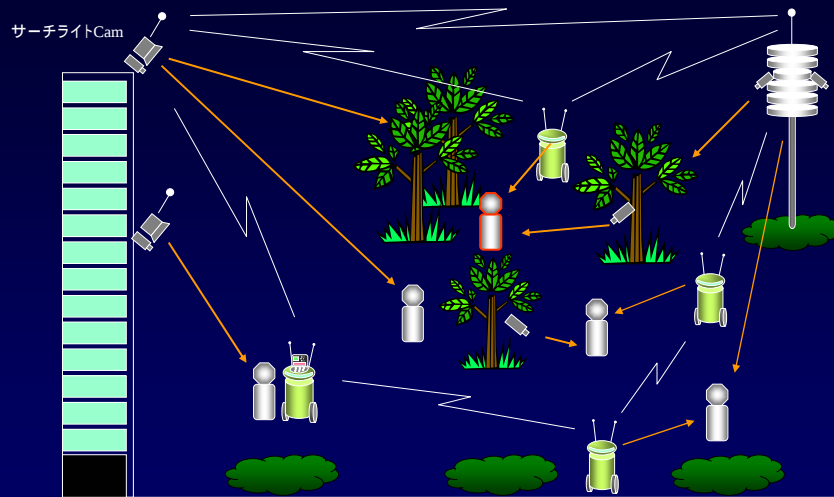
- 移動型情報端末 & 移動広告塔



- 実機能



システム構成例



- 各エージェント間でネットワークを構成
- ロボットと従来型システムが協調

➡ iSpace を構成

空間ヒューマンインタフェース

Spatial Human Interface (SHI)

従来のHCIは人間と機器とのひとつの界面を対象にデザインされてきたが、近年の人間と空間との関係は変わりつつある。

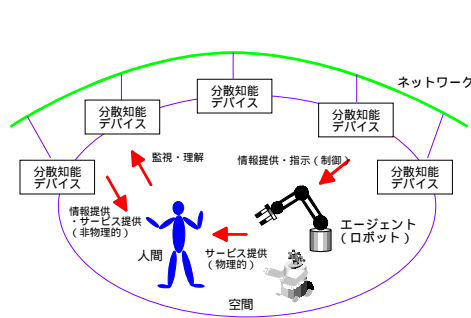


Fig.1 Intelligent Space

人間が多種多様な機器や情報を直感的かつ同時に扱うことを実現する
インタフェースの設計が必要

デバイスの位置に拘束されない空間と人間の身体動作を利用した Spatial Human Interfaceを考える

Spatial-Knowledge-Tags (SKT) in SHI

日常のワーキングスペースをメモリ空間として扱うことにより、人間の指示した空間の任意の一点をデータのアドレス値として扱うことを可能にする。

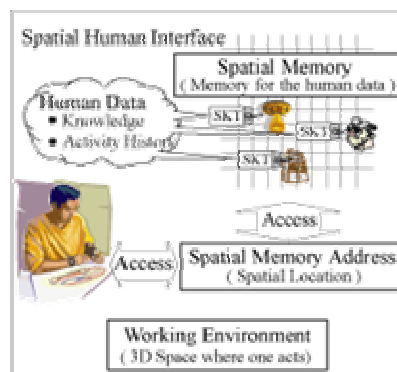


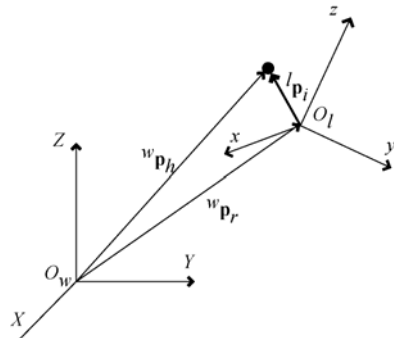
Fig.2 Concept of SKT in SHI

- **空間のアフォーダンス**を記憶のトリガとして利用できる
→ たとえば、カレンダーにスケジュールを登録したり、コピー機にコピー機のマニュアルを登録したりすることができる
- コンピュータリテラシによらずコンピュータリソースの利用を可能にし、**情報の蓄積や共有を支援する**
→ データ保存構造(木構造)を知らなくても瞬時にしてデータを保存したり取り出したりすることができる。

空間に蓄積される情報をhuman dataと呼び、human dataとその位置情報を結びつけるものをSpatial-Knowledge-Tagと名付ける

SKTの定義

ワールド座標系 $O_w - XYZ$ が定義されるワーキングスペースにおいて人間がどこからでも SKTにアクセスできるようにするために、人間はひとつのローカル座標系 $O_l - xyz$ を持つ。



ローカル座標系の原点 O_l はワールド座標系における人間の位置を表し、人間の胸の位置とする。

ワールド座標系における人間の位置 ${}^w\mathbf{p}_r = (X_r, Y_r, Z_r)^T$ が座標変換によりローカル座標系の原点 O_l となる。

ワールド座標系における人間の手先の位置 ${}^w\mathbf{p}_h = (X_h, Y_h, Z_h)^T$ はSKTへアクセスするインディケータの役割を果たし、(1)(2)式により座標変換されローカル座標系で定義され、 ${}^l\mathbf{p}_i = (x_i, y_i, z_i)^T$ と表される。

Fig.3 The definitions in the coordinate systems
 ϕ, θ, φ は x, y, z 軸周りの回転角度で、
 $\mathbf{R}(z, \phi), \mathbf{R}(y, \theta), \mathbf{R}(x, \varphi)$ は各軸周りの
回転行列である。

$$\begin{bmatrix} {}^l\mathbf{p}_i \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} {}^l\mathbf{R}_w & -{}^w\mathbf{p}_r \\ 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} {}^w\mathbf{p}_h \\ 1 \end{bmatrix} \quad \dots(1)$$

$${}^l\mathbf{R}_w = \mathbf{R}(z, \phi) \cdot \mathbf{R}(y, \theta) \cdot \mathbf{R}(x, \varphi) \quad \dots(2)$$

3次元位置姿勢計測システム



位置 (x, y, z) と
姿勢 (yaw, pitch, roll)
の6自由度の計測が可能

表1 IS-900 specifications

Degrees of freedom	6
Resolution Position ($x / y / z$) Rotation (yaw/ pitch/ roll)	Typical: 1.5mm RMS 0.05deg RMS
Stability Position ($x / y / z$) Rotation (yaw/ pitch, roll)	Typical: 4mm RMS 0.2deg, 0.4deg RMS
Interface protocol	RS-232C to 115.2k baud

Fig.4 IS-900 (InterSense, Inc)
<http://www.isense.com>

SKTの構成要素

- SKTは大きく分けて4つの要素に分けられる。
 - Human Tracker, Human data Input Unit, SKT Manager, Output applications
- SKT ManagerにおいてSKTはデータベースとして管理される

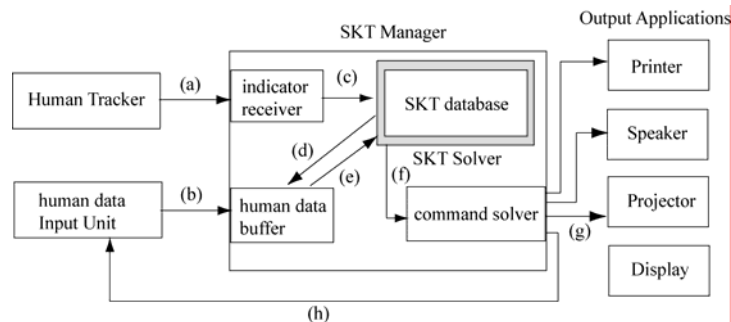


Fig.5 Whole system components of SKT and data flows





i-space Lab
-collaboration-
知的共有と構築

知的創造を促す最先端コラボレーションルーム

ミニカー
通廊コラボレーション
i-space Labイメージ
(仮想的通廊コラボレーション事例)

「i-space Lab」は、最先端のコラボレーションルームを、ロフトとした高層階の配置により、知的コラボレーションを最大限に支援する。

多用途性、柔軟性、高さを最大の空間をデザインすることにより、これまでになかった建築環境の活用（コラボレーション）を、コラボレーションをデザインに支援・演出する。

会議室・ミーティング・コラボレーション	知的創造コラボレーションの支援
セミナー・ワークショップ・コラボレーション	知的創造コラボレーションの支援
パフォーミング・シアター	知的創造の演出
展示・イベント	知的創造の共有/公開
公開実験室（オープンラボ）	知的創造の支援

通廊コラボレーション

ワークショップ

セミナー

「空間知能化機能」

「知的創造を促す」

高天井・情報共有ディスプレイによる支援
 自然光・環境の映像と音声によるコミュニケーション（音動ロケ）
 機密性・会議情報の可視化、活動センサー機能、各種照明制御
 活動支援系・活動量・計画、運営、点検、更新を支援する
 環境系・快適な環境を構築

Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved. 空間知能化デザイン研究会

回廊ZONE
-stimulation-
知的創発

インスピレーションを喚起するクリエイティブな空間

ミニカー
通廊コラボレーション
i-space Labイメージ
(仮想的通廊コラボレーション事例)

「回廊ZONE」は、最先端のコラボレーションルームを、ロフトとした高層階の配置により、知的コラボレーションを最大限に支援する。

多用途性、柔軟性、高さを最大の空間をデザインすることにより、これまでになかった建築環境の活用（コラボレーション）を、コラボレーションをデザインに支援・演出する。

会議室・ミーティング・コラボレーション	知的創造コラボレーションの支援
セミナー・ワークショップ・コラボレーション	知的創造コラボレーションの支援
パフォーミング・シアター	知的創造の演出
展示・イベント	知的創造の共有/公開
公開実験室（オープンラボ）	知的創造の支援

通廊コラボレーション

ワークショップ

セミナー

「空間知能化機能」

「知的創造を促す」

高天井・情報共有ディスプレイによる支援
 自然光・環境の映像と音声によるコミュニケーション（音動ロケ）
 機密性・会議情報の可視化、活動センサー機能、各種照明制御
 活動支援系・活動量・計画、運営、点検、更新を支援する
 環境系・快適な環境を構築

Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved. 空間知能化デザイン研究会

愛知万博
ロボットパレード
開催

2005

旧東京大学
生産技術研究所を
ナショナルギャラリーに

新産業創造戦略2004
主要7分野にロボット

燃料電池
情報家電
ロボット
情報コンテンツ
健康福祉
環境
人材派遣

2007

団塊世代が退職する
ノウハウが消失
2007年問題の到来

2004

ロボット特区

R³

Roppongi Robotics Resort

2007

Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved. 空間知能化デザイン研究会

3. Center of Intelligenceの技術 3-1. はじめに - ロボット特区 (=RRR)を目指して

13

センサシステムの充実

複数センサの利用による**死角の減少**

・センサを木、街灯、オブジェ、屋上、壁に配置(陸・海・空からモニタリング)
・ロボットの移動機能とネットワーク化によって補完する

犯罪への抑止力

通常時: **監視**をアピール

- ・話しかける
- ・顔、姿の撮影(一般的に嫌悪感の無い範囲で)

警戒時: 不審者への警告・追跡
仲間エージェントの呼び出し

Security in Public Space as iSpace

来場者へのサービス

監視以外のサービスを提供する
→ 移動型エージェントの**付加価値**

< 移動型情報端末 > < 移動広告塔 > < 清掃 / 移動ゴミ箱 >

パブリックスペースの拡張

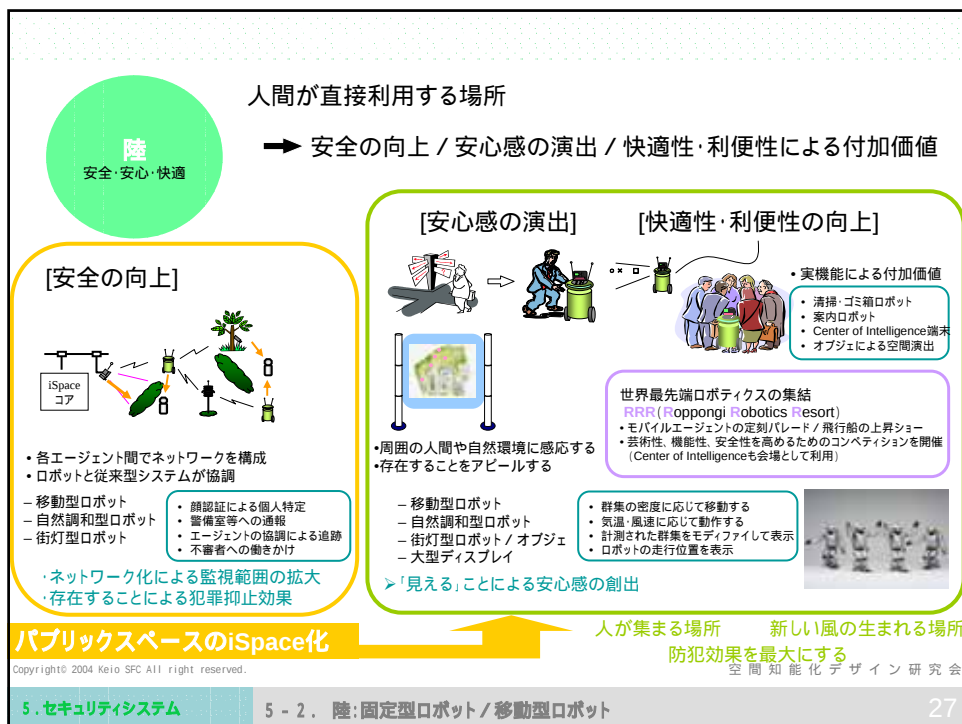
iSpace (Center of Intelligence / パブリックスペース) の情報提示

- ・Center of Intelligence
 - 授業スケジュール
 - 会議スケジュール
 - フロアViewer (会議・イベント放送)
 - 来訪者情報 etc...
- ・パブリックスペース
 - 人・エージェント配置情報 (監視のアピール)
 - 飛翔ロボットViewer
 - 移動型エージェントの呼び出し

Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved. 空間知能化デザイン研究会

5. セキュリティシステム 5-1. セキュリティシステムのコンセプト(2)

25



効率的な情報収集をフレンドリーに

空
夜間監視

上昇時のショーアップ
センシング時のレーザーショー

↓

ロボットの役割をより強化した形で実現可能
・センサ性
・抑止力



[高度300mからの航空写真]
親しみやすさ
・飛翔ロボット(飛行船)の持つメリットによるイメージの良さ

- ・安全性
- ・低騒音
- ・高デザイン性
- ・高い演出性 (レーザーショー・広告などに使用されている)
- ・環境に対してやさしい




Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved.

安らかなひとときを傍らで過ごす

海(水辺)
テロ攻撃防止

↓

自然環境保全
危険物混入の回避



[水中ロボット]

- ・水質分析装置
- ・ろ過装置
- ・水中カメラ
- ・金属探知機

を備え、水中の監視・維持を行う

- ・危険物質 / 物体の検出
- ・水質の浄化 / 維持
- ・人面魚的インパクト



[水上ロボット]

- ・水辺の監視を行う

- ・危険物質 / 物体の検出
- ・不審者監視
- ・子供 / 老人 / 動物の監視

危険があれば陸エージェントへ通報

空間知能化デザイン研究会

5.セキュリティシステム

5 - 3. アメニティの創出 - 海(水辺):水辺ロボット 空:Flying Mobile Robot

28

・各エージェント間でネットワークを構成
・ロボットと従来型システムが協調

iSpaceを構成

Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved.

Program on RRR

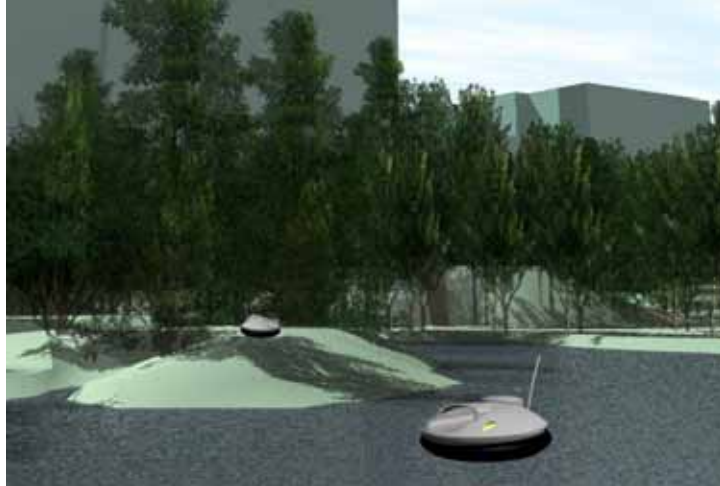
12:00	Mobile Robots Parade in GARERIA
15:00	Mobile Robots March in Public Space
18:00	Flying Mobile Robot Rising Show
21:00	Flying Mobile Robot Laser Show

空間知能化デザイン研究会

5.セキュリティシステム

5 - 4. システム構成例(犯罪抑止 / サービス / 情報発信)

29



Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved.

空間知能化デザイン研究会

5. セキュリティシステム

5 - 6 . 各種Robotイメージ(2)

32



センサーの埋め込まれたオブジェ

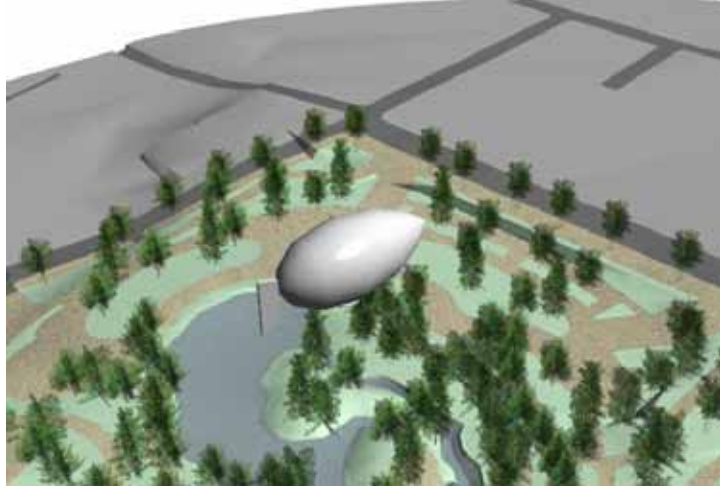
Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved.

空間知能化デザイン研究会

5. セキュリティシステム

5 - 6 . 各種Robotイメージ(3)

33



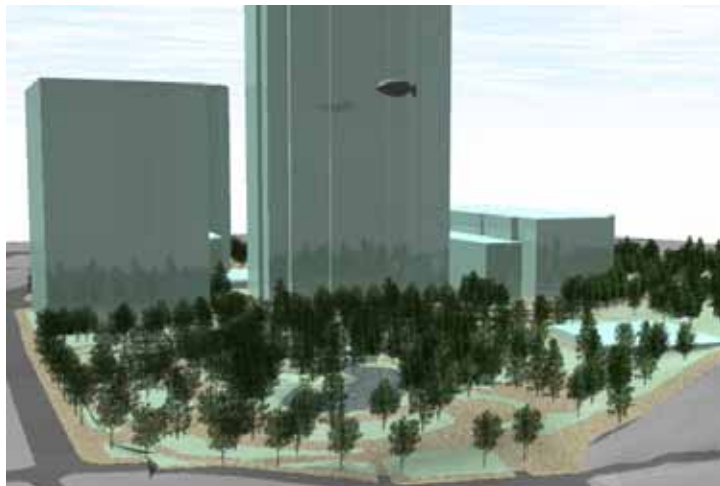
Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved.

空間知能化デザイン研究会

5. セキュリティシステム

5 - 6 . 各種Robotイメージ(4)

34



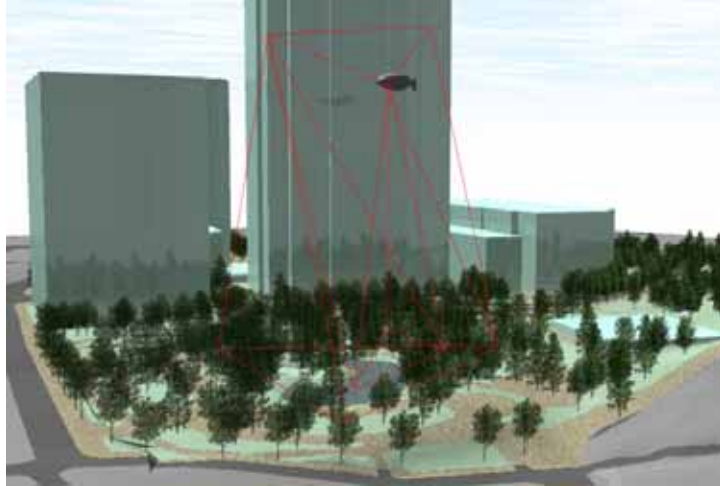
Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved.

空間知能化デザイン研究会

5. セキュリティシステム

5 - 6 . 各種Robotイメージ(5)

35



Copyright© 2004 Keio SFC All right reserved.

空間知能化デザイン研究会