

ロボットの自律化技術とその応用

2011年11月29日

富士通研究所
内山 隆

1)自己紹介

2)ロボットの開発と自律性

3)ロボット技術(RT)の研究開発例

4)ロボット開発から生まれた応用技術

5)少子高齢化とロボット

6)今後の展開

自己紹介 (1)



- 1973～ (株)富士通研究所入社
- 1976～ 半導体製造装置の開発(電子ビーム露光機、等)
- 1983～ ロボットの開発(極限作業ロボット、FA用ロボット)
宇宙開発(リモセン、宇宙実験、宇宙ロボット)
- 1990～ ペリフェラル(コンピュータ周辺)装置の開発
(LCD, PDP, MO, MEMS, SAW, サービスロボット)
3次元CADの開発
- 2000～ 次世代HDDの開発、電子ペーパーの研究

<ロボット関係対外活動>

- 2003～2004 (社)日本ロボット学会 副会長
- 2005～2006 (社)日本ロボット学会 会長
- 2009～2010 (社)日本ロボット学会 監事

- 2006～2009 RSi (Robot Service initiative) 代表

- 2008～ 日本学術会議 連携会員

- 2008～ (社)日本ロボット工業会
ロボットビジネス協議会 監事

- 2011～ (社)日本工学会 監事

・ロボットの誕生

数値制御機械 → 産業用ロボットの開発

米国：1960年代中頃

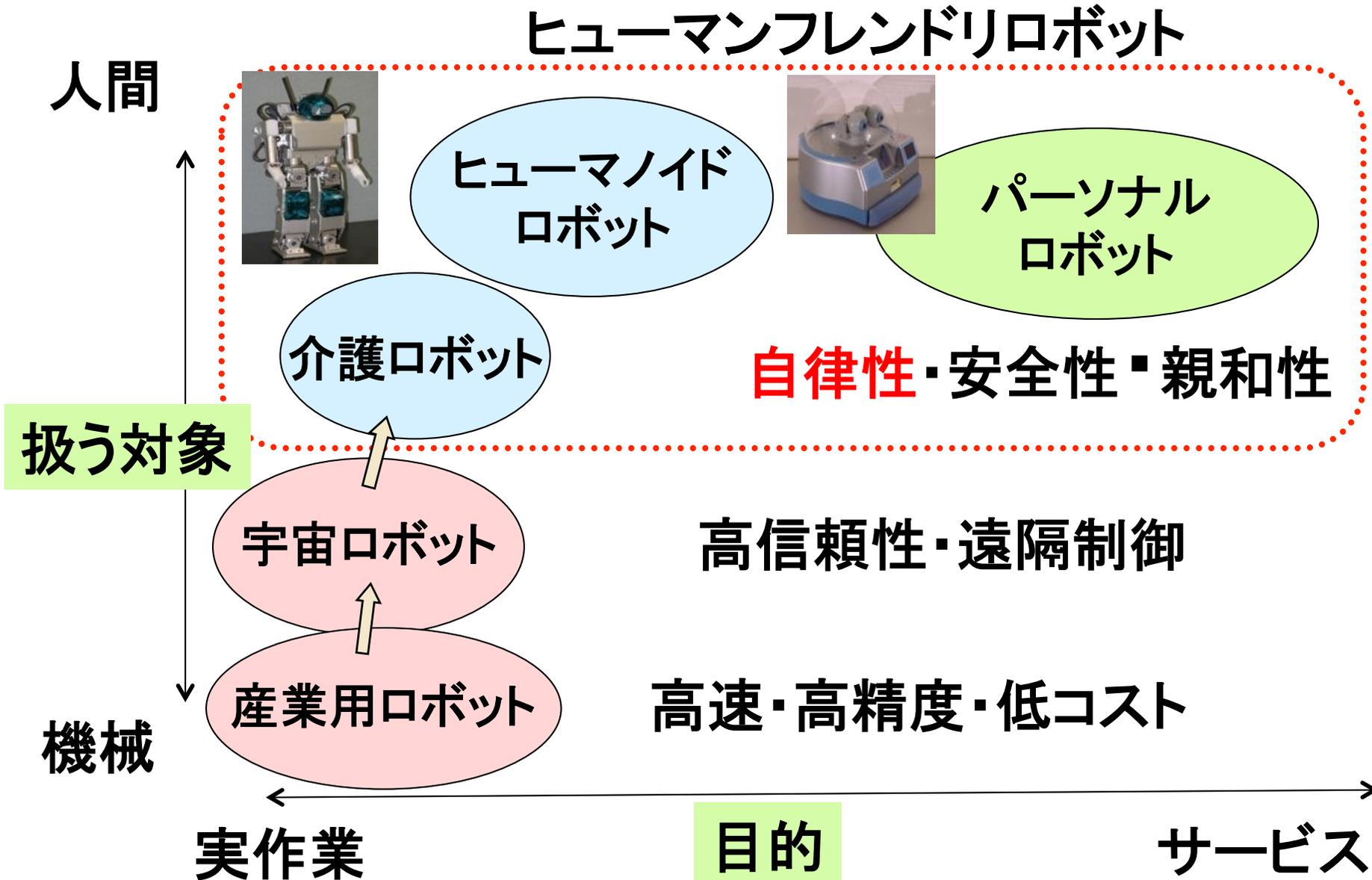
- ・ユニメーション社 ユニメート;エンゲルバーガー
- ・AMF社 バーサトラン

・1980年：日本 ロボット元年

繰返し作業の代替（溶接・塗装）：自動車製造

・1983年：極限作業ロボット開発プロジェクトの開始
（原子力、海洋、防災）

ロボット開発の展開



新しいロボットの開発例



ロボリア (テムガ ック)



wakamaru
(三菱重工)



ASIMO
(ホンダ)



EMIEW
(日立)



RFS-1 (富士重工)



ifbot
(ビジネスデザイン研)



ApriAlha
(東芝)



パート
味 ット
(トヨタ)



HRP2 (産総研)



ガードロボ
(総合警備保障)



SuiPPI
(松下電工)



AIBO (Sony)

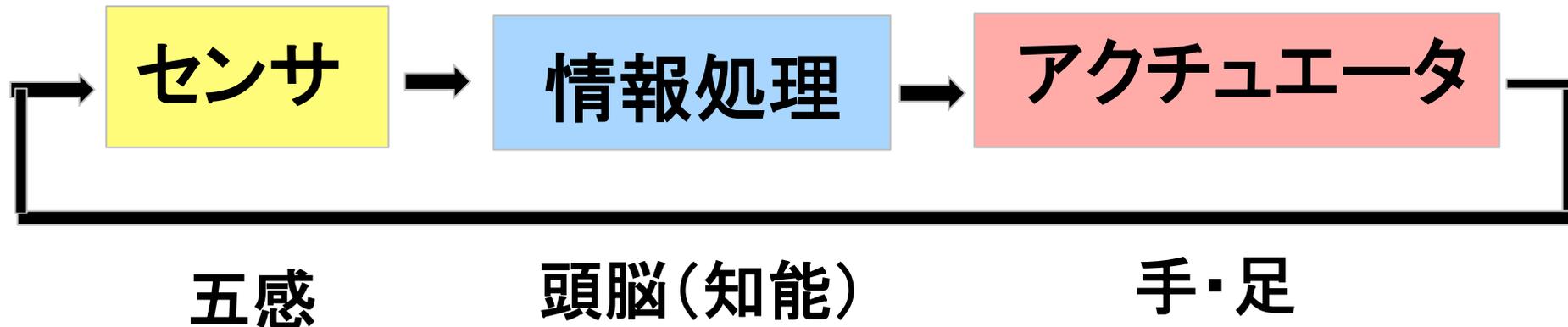


PaPeRo (NEC)



ルンバ
(iRobot)

・ロボットの自律化の枠組み



- ・知覚し、自ら考えて、柔軟に動く機械
- ・実世界で動作を出力できるコンピュータ
- ・センシング
- ・プランニング(シミュレーション)、学習制御
- ・ヒューマンインタフェース

富士通のロボット開発への取り組み



1980

精密ロボット



極限作業ロボット



原子力用
ロボット
('83-'91)

宇宙ロボット



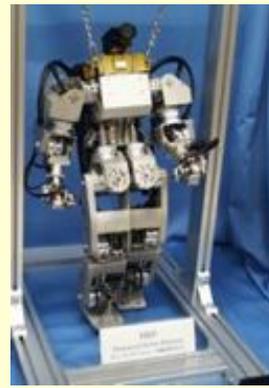
技術試験衛星7型搭載
高機能ハンド ('96)

1990

ヒューマンフレンドリロボット



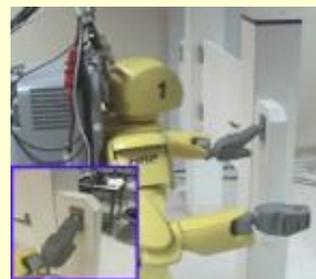
福祉施設用
食事搬送
ロボット ('98)



小型ヒューマノイド
ロボット ('00)



タッチおじさん
ロボット ('99)



ヒューマノイドロボット
プロジェクト
('98-'03)

2000

実用ロボット

小型ヒューマノイド: HOAP



HOAP-1('01) HOAP-2('03) HOAP-3('05)

サービスロボット: enon

enon ('05)



MARON-1
('03)

ホームロボット: MARON

富士通のロボット研究(1)

・多関節型ロボット



マイクロアーム (1981年)

・商用多関節型ロボット

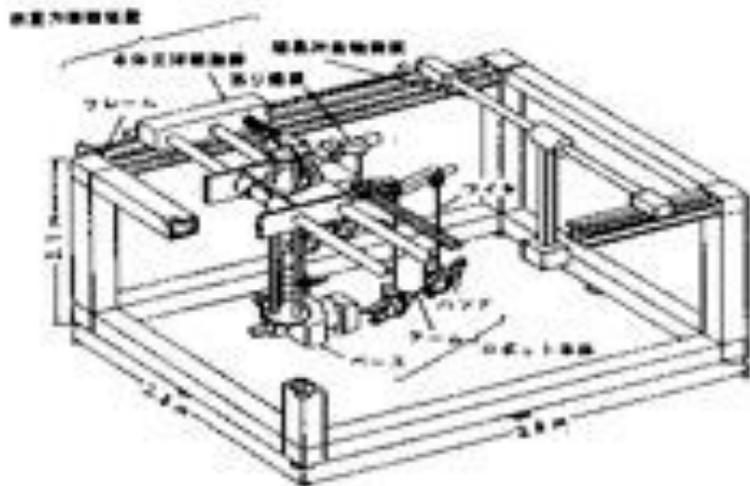
M6 (1983年)



・極限作業ロボット (通産大プロ: 1983~1991年)



富士通のロボット研究(2)



無重力模擬装置 (1990年)

・宇宙ロボット



ETS-VII搭載・宇宙ロボット (1996年)



7自由度2腕協調ロボット (1993年)

富士通のロボット研究(3)



・マスコットロボット(1999年-2000年)

タッチおじさん
ロボット (¥3,800)



ムービーファイル (MPEG)

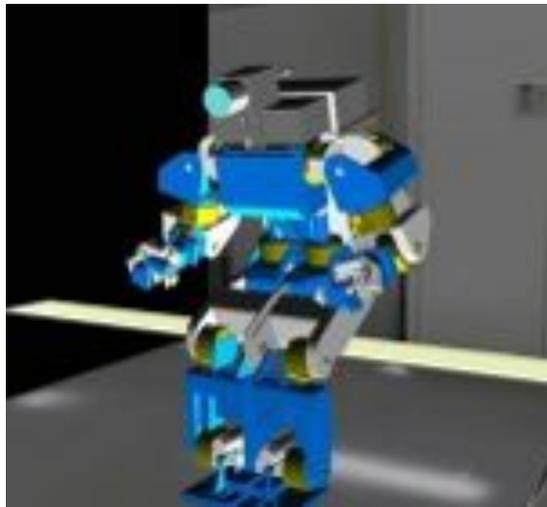


キティちゃん
ロボット (¥3,800)



ムービーファイル (MPEG)

・ヒューマノイドロボット (HRPプロジェクト: 1998-2003)



ヒューマノイドロボット
シミュレータ(2000年)



ヒューマノイドロボット
HRP検証モデル (2000年)



ムービーファイル (MPEG)

小型ヒューマノイドロボット「HOAP」 FUJITSU



HOAP-1 (2001.9)

足: 6 自由度 x 2
腕: 4 自由度 x 2
計: 20 自由度
(高さ: 48 cm, 重さ: 5.9 kg)



HOAP-2 (2003.8)

足: 6 自由度 x 2
腰: 1 自由度 x 1
腕: 4 自由度 x 2
手: 1 自由度 x 2
頭: 2 自由度 x 1
合計: 25 自由度
(高さ: 50 cm, 重さ: 7.0 kg)

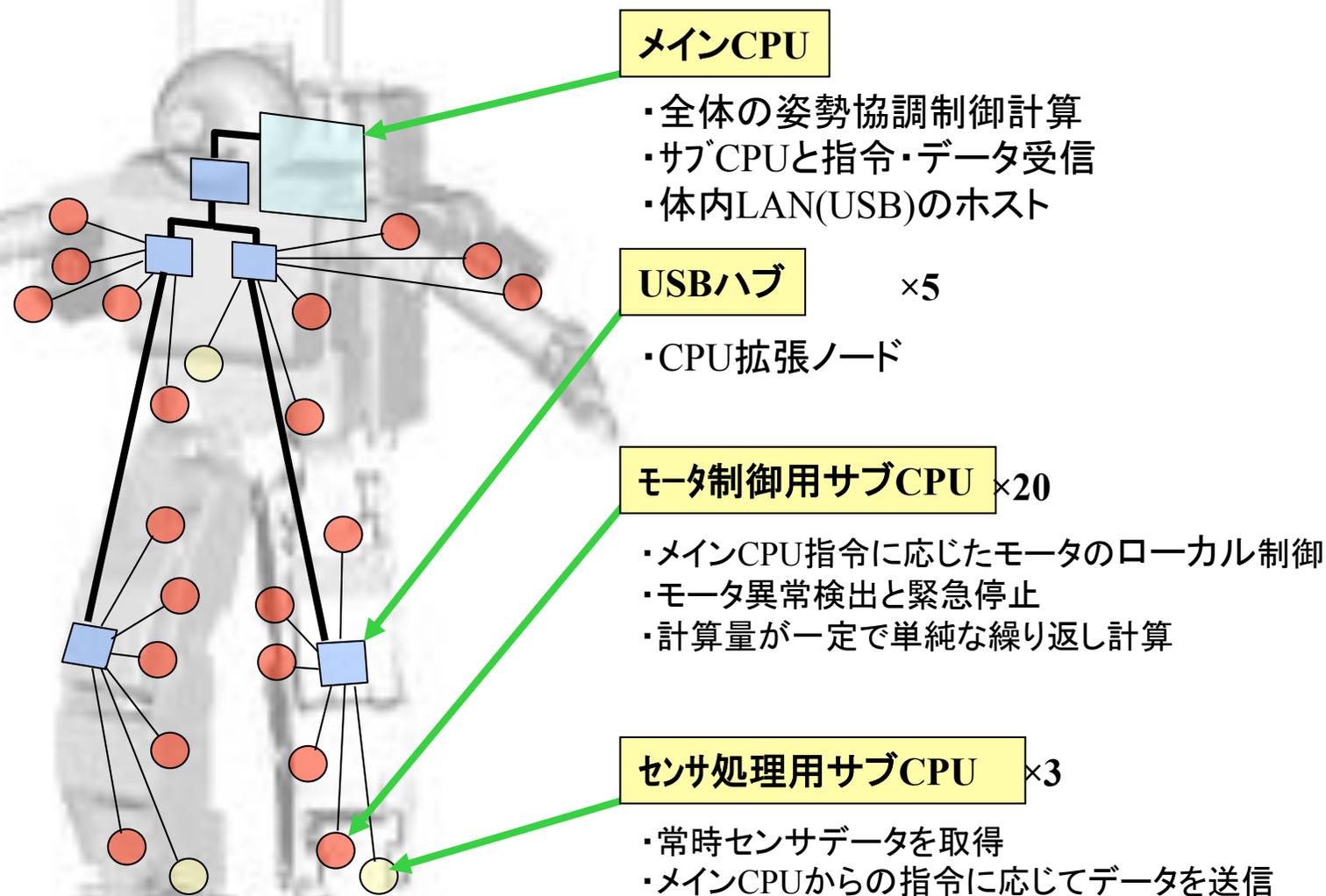


HOAP-3 (2005.7)

足: 6 自由度 x 2
腰: 1 自由度 x 1
腕: 5 自由度 x 2
手: 1 自由度 x 2
頭: 3 自由度 x 1
合計: 28 自由度
(高さ: 60 cm, 重さ: 8.8 kg)

自律分散制御システム(24CPU)

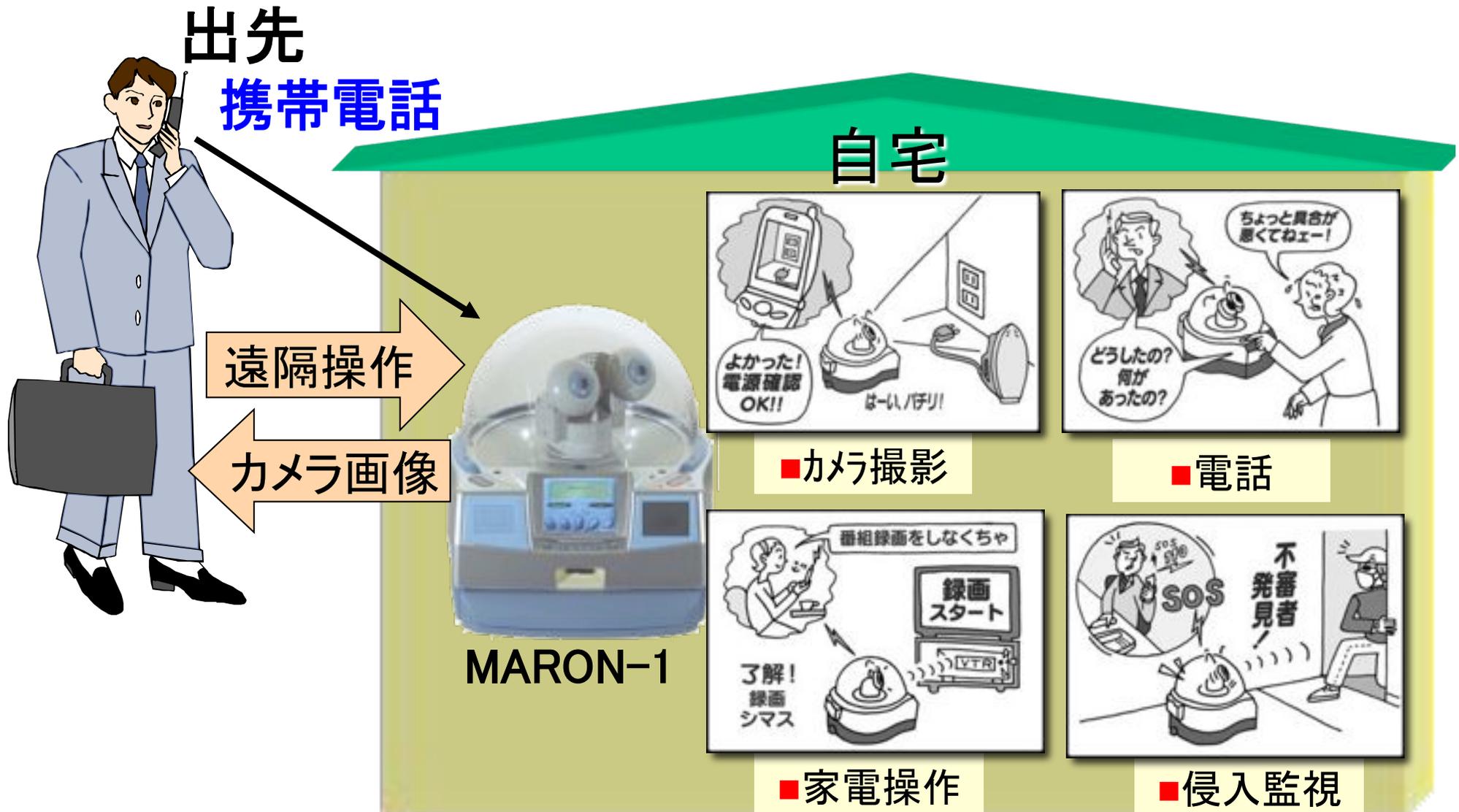
・メインCPU(×1)とローカルなサブCPU(×23)による分散制御系



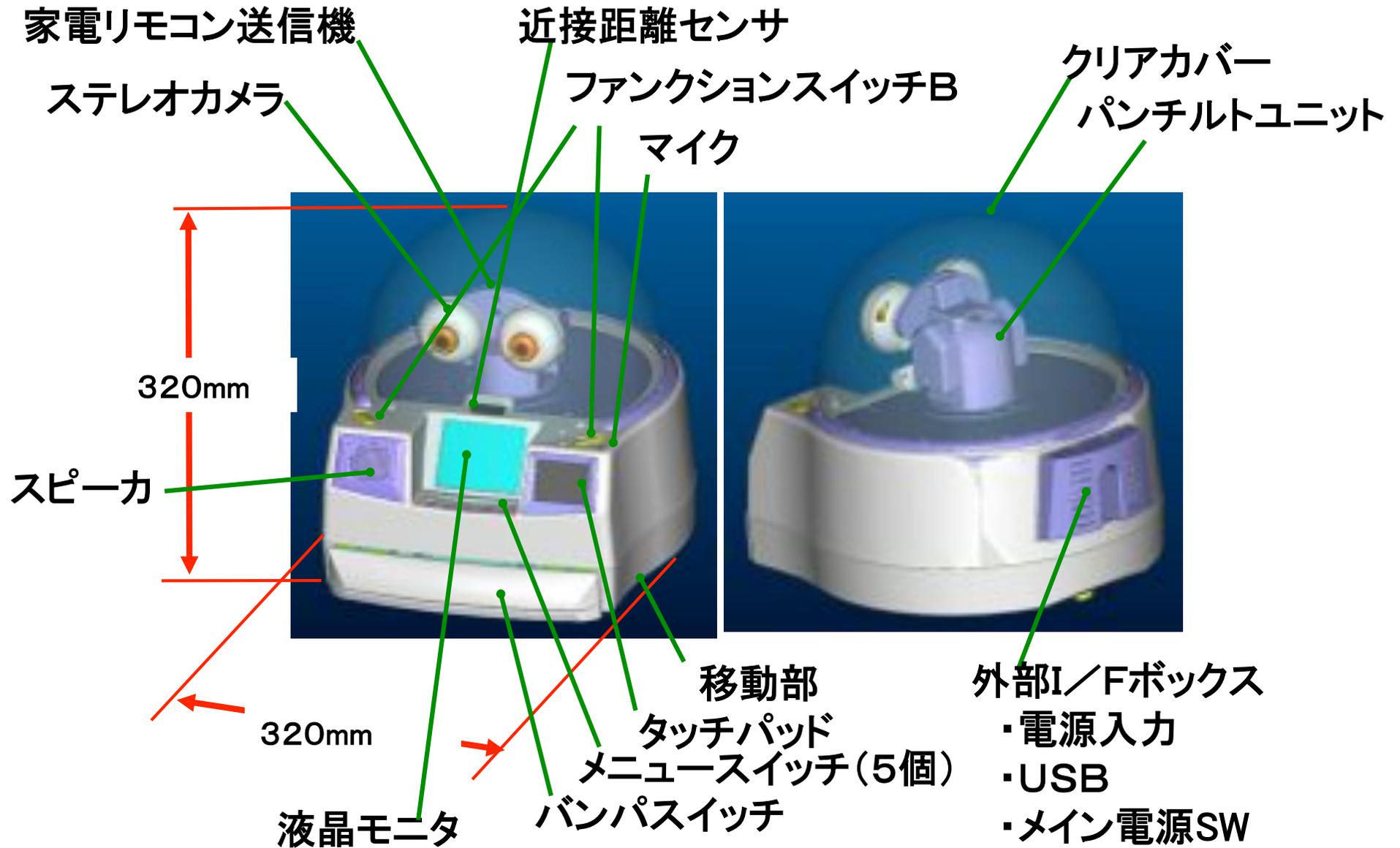
ホームロボット MARON-1

FUJITSU

(Mobile Agent Robot Of Next-generation)



ホームロボットの構成



サービスロボット enon

FUJITSU
An exciting nova on network

ミュージアム、オフィス、商業施設などで働く実用的なロボット
(案内・搬送・巡回サービスが可能なロボットの実現)



案内



搬送



巡回

共通
プラットフォーム化



ネットワーク

サービス内容

案内

- ・ 施設の案内、誘導
- ・ 展示品の紹介
- ・ 催事情報の提供
- ・ 来館者とのアトラクション(クイズ)

搬送

- ・ 指定地点まで自動搬送

巡回

- ・ 施設内を定期巡回、スポット巡回
- ・ カメラ画像の無線伝送

- 3次元視覚システムを使った自律走行
- 多彩なコミュニケーション
 - 音声, タッチパネル付液晶モニタ, ジェスチャ, ネットワーク連携
- 荷物搬送用の積載スペースを確保
- 高い安全性
 - NPO安全工学研究所の安全鑑定を取得



6つのカメラ



液晶モニタとジェスチャ



搬送用スペース

ショッピングセンターの試食サービス

FUJITSU

トップバリュ商品試食販売サポート

WAONカード販促サポート



(イオン八千代緑が丘店にて)



(イオン与野店にて)

- 「通常はほとんど購入に結びつかないが、今回は違った」
1時間のポテトチップ試食販売で10袋のお買い上げ(通常はほとんど0)
- WAONの販売では、通常10枚程度/日が50枚/日であった

富士通川崎研究所での案内業務の例



川崎研究所1階ロビーに受付として導入(2007年10月～)

◆情報提供

天気予報や防災情報(RSi※1技術利用)
最寄り駅の時刻表提示、日々のお知らせ

◆施設案内

応接室やお手洗いなどの場所を案内

◆研究所取組み紹介

研究所で開発中の技術を紹介

◆電話番号検索

部署名や名前でも内線番号を検索(音声でも検索可能)

◆対人コミュニケーション

人を見つけて挨拶、簡単な音声対話、音声認識による
情報提供および機能誘導



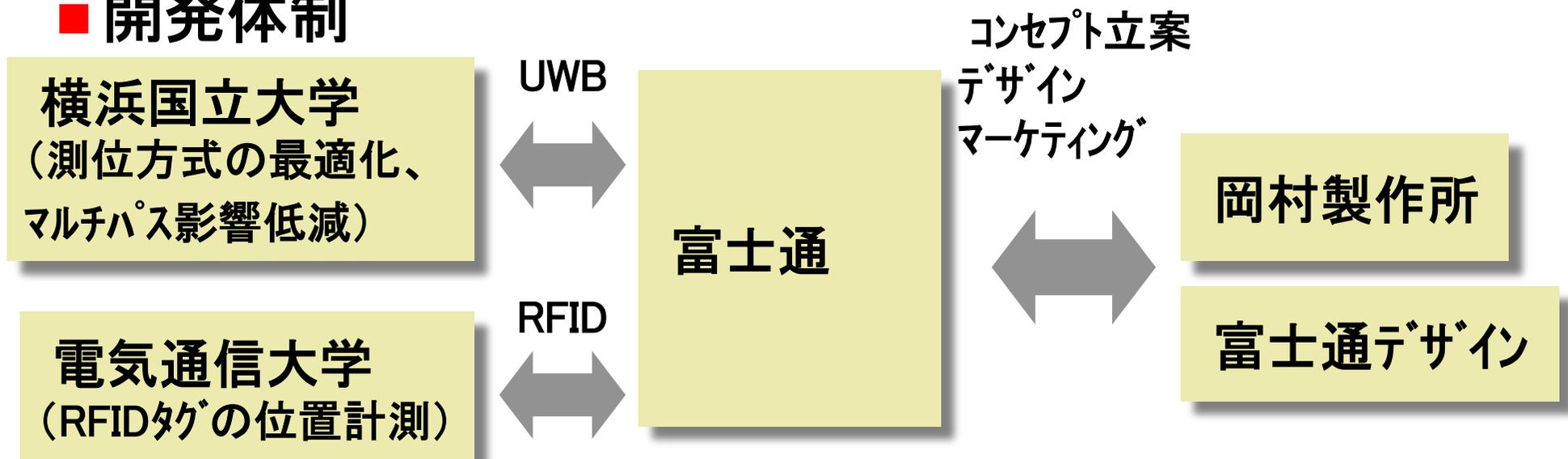
➡ 近未来の受付案内実現による研究所アピール

環境情報の構造化を利用した搬送ロボットシステムの開発

■ 開発項目

- オフィスロボットのコンセプト立案
- 環境情報の構造化とそれを利用した自律ナビゲーション技術
 - UWB測位システム(横浜国大、富士通)
 - RFIDタグを用いた環境情報構造化(電通大、富士通)
- オフィス環境に適した搬送ロボットシステムの開発

■ 開発体制



オフィスロボットのコンセプト

- 「モノ・情報・心」を運ぶ
- 人と人が直接対面するコミュニケーションの「場」と「機会」をつくる
- ワーカを引き寄せる“マグネット効果”を生む

書類搬送



飲食物搬送

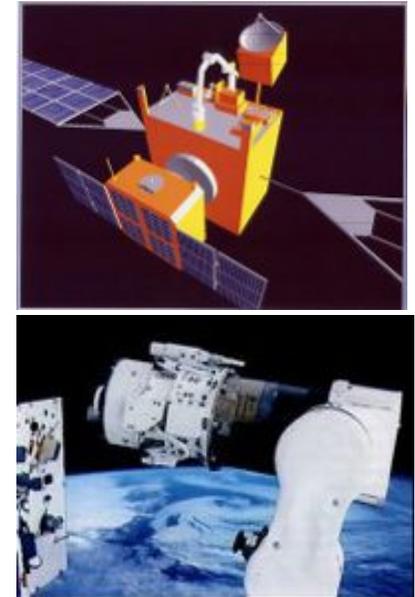
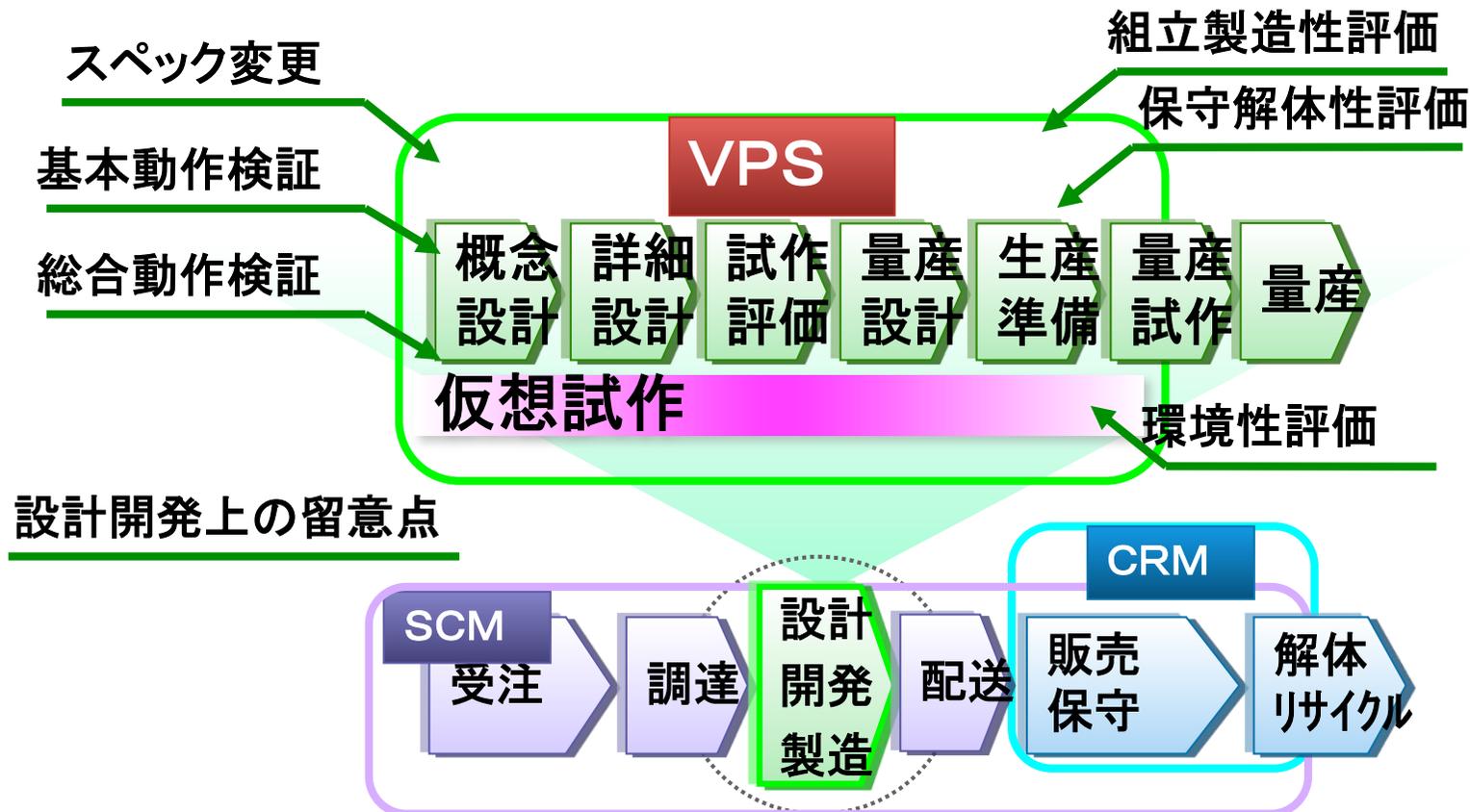


情報端末



VPS(Virtual Product Simulator)とは

仮想試作で効率的なものづくりを行う、研究所発シミュレータ
宇宙ロボットで培った技術をベースに製品化

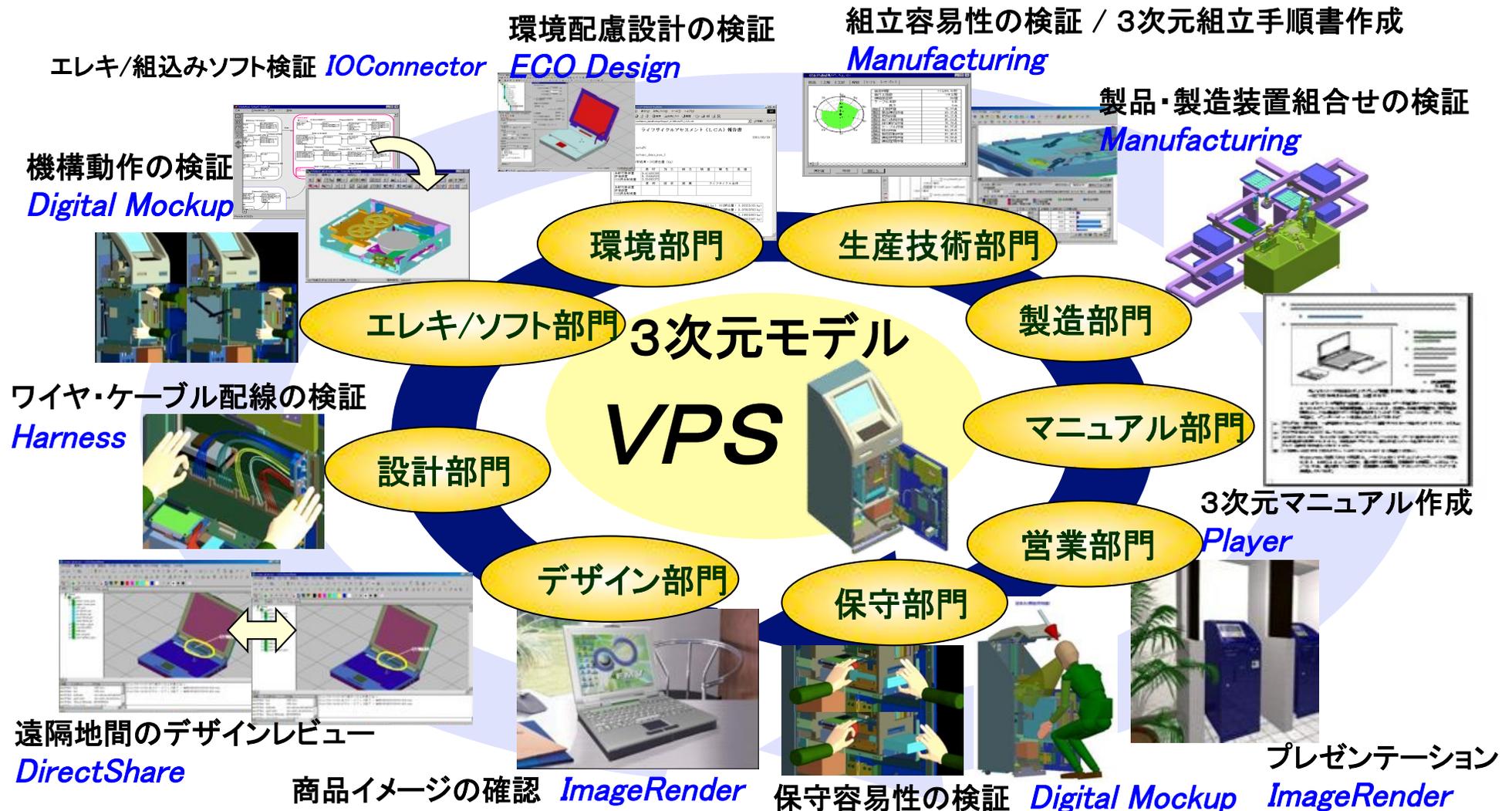


ものづくりのコストダウンが目的

VPS全体構成



設計・開発・製造の全工程でVPS3次元モデルを共有
ものづくりの“見える化”を促進



ステレオビジョンモジュール

リアルタイムの視覚認識機能の実現に最適なプラットフォーム

- 画像認識用LSIにより3次元計測や動き計測を高速処理
- 小型、低消費電力
- 充実した開発ドキュメント・サンプルでプログラムの開発が容易
- 高速LAN(Gigabit Ethernet)・IEEEカメラ、NTSCカメラに対応
- RTミドルウェア対応



NXV1-NTSC-BOX
(NTSCカメラ用)



NXV1-1394-BOX
(IEEE1394カメラ用)



ステレオビジョンLSI

ステレオビジョンモジュールの特長

- 富士通独自開発のステレオビジョンLSIを搭載
3次元の形状と動きの認識を高速に処理
- 小型、低消費電力(13W)
小型ロボットへの搭載が可能
- 充実したドキュメント、サンプルプログラム
プログラム開発が容易
- 高速LANインタフェースを装備



	ステレオビジョンモジュール	Core2Duo
動作周波数	LSI 200MHz CPU 666MHz	3.0GHz
消費電力	13W	75W
正規化相関	7575回(10.3)	735回(1.0)
性能/電力比	59.9	1

ソフトウェア概要

画像処理用ライブラリ

- ◇基本機能
 - ・画像入力制御、オーバーレイ表示
- ◇パターンマッチング
- ◇オプティカルフロー
- ◇空間フィルタ
- ◇画像特徴抽出
 - ・コーナー
 - ・線分抽出
- ◇アフィン変換
- ◇カラー変換
- ◇色抽出

サンプルプログラム

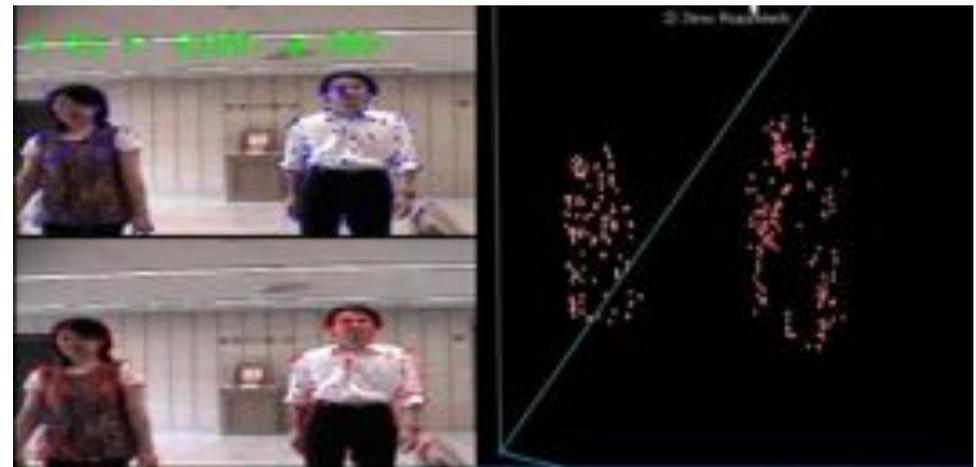
- ◇オプティカルフロー
- ◇空間フィルタ
- ◇ステレオ処理
 - ・3次元計測



特徴抽出
(コーナー)



特徴抽出
(線分)



ステレオ計測

ロボット技術(RT)の他分野への応用

◆ロボットセンシング技術を利用した 携帯電話用歩数計とモーションスイッチ

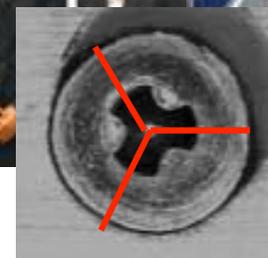


らくらくホン



◆ロボット用視覚技術の利用

- ・セキュリティ分野
- ・製造ライン用画像計測システム
- ・モバイル機器分野



◆ロボットメカ技術を利用した携帯電話ヒンジ(F-09A, 2009.6 発売)

経産省：次世代ロボット知能化プロジェクト



■ テーマ：移動知能(社会サービス産業分野)

商業施設内でのロバストな自律移動を実現する知能モジュールの開発



■ 研究開発内容：

◆ 移動環境認識知能

ステレオビジョンによる動環境認識，地図生成

◆ 人環境安全移動知能

人検出・追跡，時空間障害物マップ，動的経路計画

◆ マルチプラットフォーム検証

商業施設(富士通)，展示施設(トヨタ)，ヒューマノイド(東大)



■ 体制：富士通，東大，豊橋技大，セック，トヨタ自動車

■ 期間：'07～'11(5年間)

2007	2008	2009	2010	2011
	知能化モジュール開発		モジュール改良・実証実験	



次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト

移動知能モジュール群の研究開発



- 経産省国プロ(2007～2011年の5カ年計画)
- 研究体制
富士通(株)、豊橋技科大、(株)セック、東大、奈良先端大、東京理科大、阪大
- 開発内容

対人環境下でロバストな移動、作業を行うロボットを実現する知能モジュール群

- ステレオビジョンによる動環境の3次元計測、ロバスト自己位置認識(富士通)
- 不確かさと実時間制約を考慮した地図自動生成と安全行動計画(豊橋技科大)
- 実時間並列協調型RTCフレームワーク(セック)
- ヒューマノイド用視覚、RTM-ROS相互運用(東大)
- 移動環境視覚認識(奈良先端大)、対人移動視覚認識(東京理科大)
物体把持視覚認識(阪大)
- 有効性検証
 - ・サービスロボットによる有効性検証(富士通)
 - ・ヒューマノイドロボットによる有効性検証(東大)
 - ・移動知能、作業知能の統合検証(奈良先端大、東京理科大、阪大)

ロボットソフト標準化へ向けた取組み（RSi）

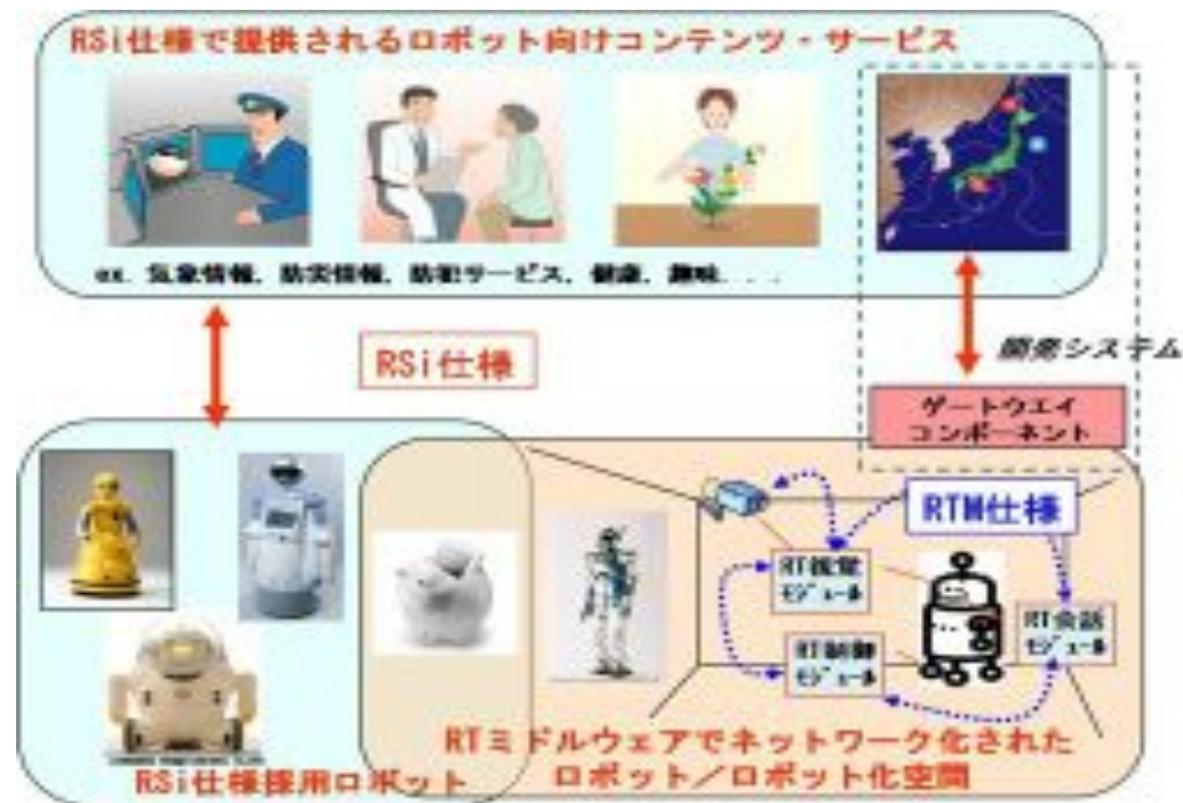
- ロボットサービスイニシアティブ(RSi コンソーシアム) 会員数24機関
 - ・サービスプロバイダと各社ロボットをつなぐ標準プロトコルを定義
 - ・富士通、東芝、三菱重工、安川電機、セック、日本気象協会、7大学、他
 - ・産総研RTミドルウェアとも連携し、デファクト化へ向け展開

サービス
プロバイダ

RSi共通仕様

ロボット
メーカー

ロボット・ミドルウェア



RSi: ロボットおでかけマップ

試行サービスのための基盤(自由に接続可)

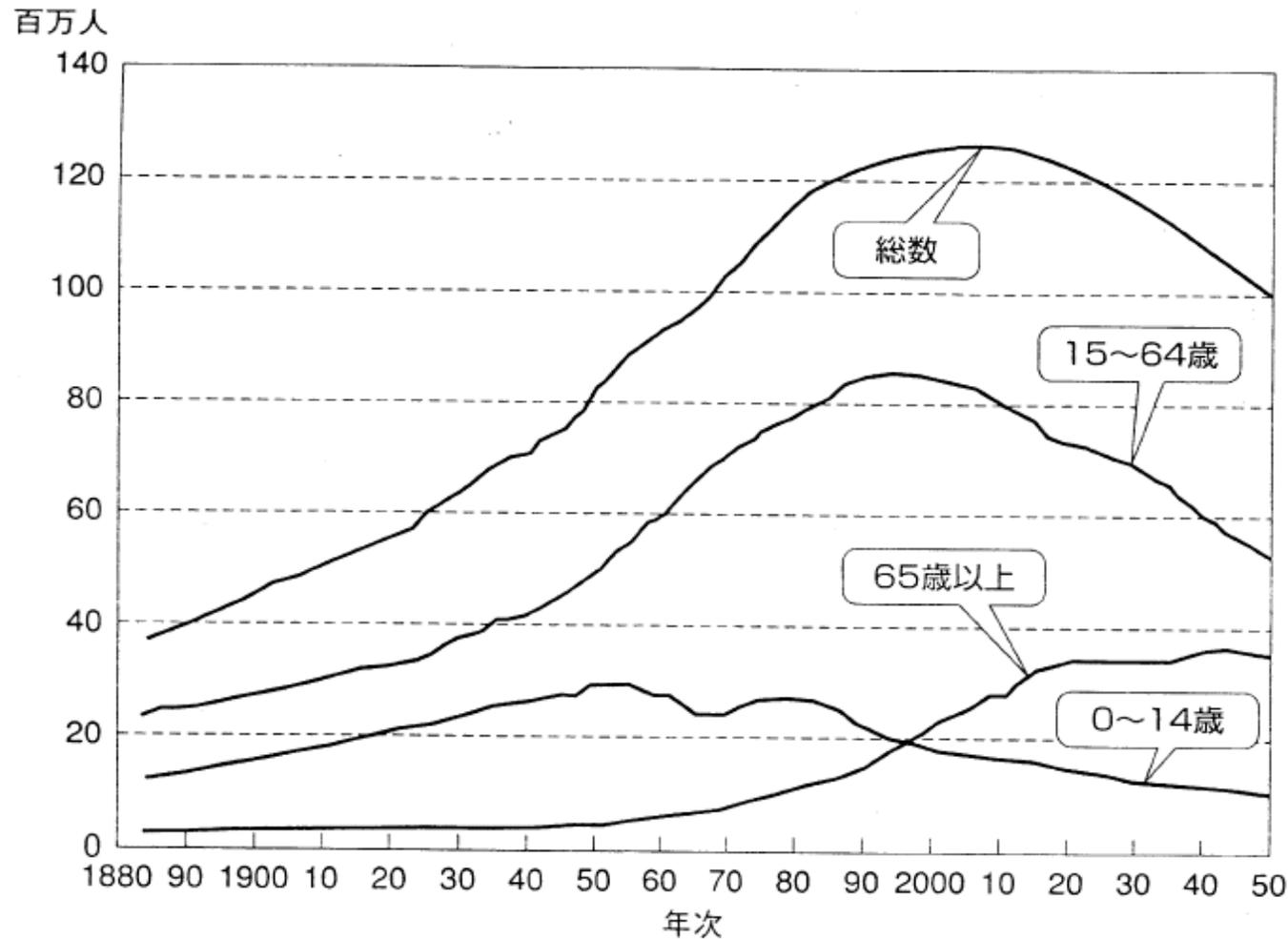
- ロボットおでかけマップ
各地のロボットが繋がっていることを表現
- 一般の消費者も利用可
話題性
- 経済的価値
ロボットの集客性向上



*** 下記にアクセスして見て下さい**

<http://robot-rsi.on.arena.ne.jp/>

年齢3区分別人口推移：1884年～2050年 **FUJITSU**



出所：総務省統計局『国税調査報告』及び国立社会保障・人口問題研究所『日本の将来推計人口』（2002年1月推計）による。国立社会保障・人口問題研究所編集『人口の動向 日本と世界 人口統計資料集 2005』掲載分より

少子高齢化社会とロボット



- ・老年人口増大
 - ・高齢者の生活支援
 - ・介助・介護作業の支援
- ・生産年齢人口減少
 - ・ロボットによる製造業の省力化
 - ・ロボットによるサービス業務の支援
- ・女性の社会進出の増大
 - ・家庭生活の支援
 - ・幼児養育の支援

介護ロボット(通産省・厚生省共同プロジェクト)FUJITSU (1998年)

- ・ロボットによる食事の配膳・下膳
- ・トラッキングビジョンによる自律走行を実現

(3) 介護ロボット (食事搬送ロボット:通産省委託)

- ・自律性、安全性、親和性
- ・視覚ナビゲーション



ムービーファイル (MPEG)

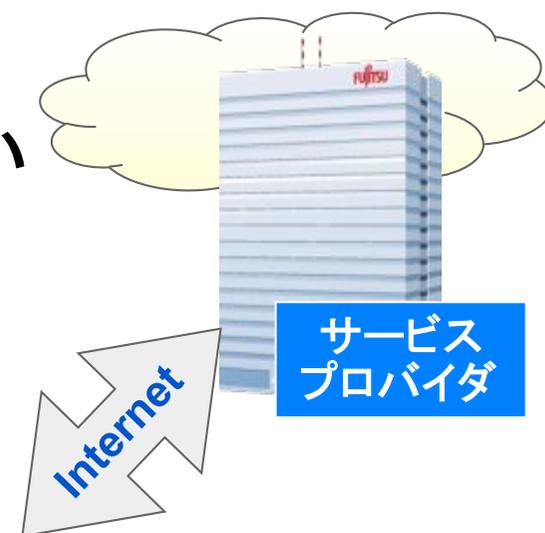
子ぐま型ソーシャルロボット

■ 日常生活に溶け込む「人に優しい端末」

- 子ぐまのぬいぐるみの外観
- 幼児風に擬人化された親和的ふるまい
- ネット連携



親和的な擬人化



「少子高齢化社会と人を支えるIRT基盤の創出」

(文科省プロジェクト：先端融合領域イノベーション創出拠点の形成)



IT(情報通信技術)とRT(ロボット技術)の融合(IRT)により、生活支援型のシステムが社会を変革する

10年後の社会イノベーションを目指し、
東京大学と企業7社が共同研究



融合研究：密着ロボット技術

- ホームアシスタンス
 - 生活密着支援 (家事支援、介護支援)
- パーソナルモビリティ
 - 常に人のそばにいる椅子型のロボット



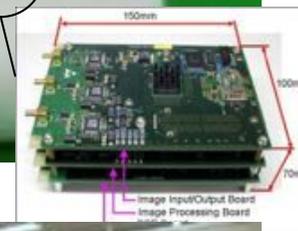
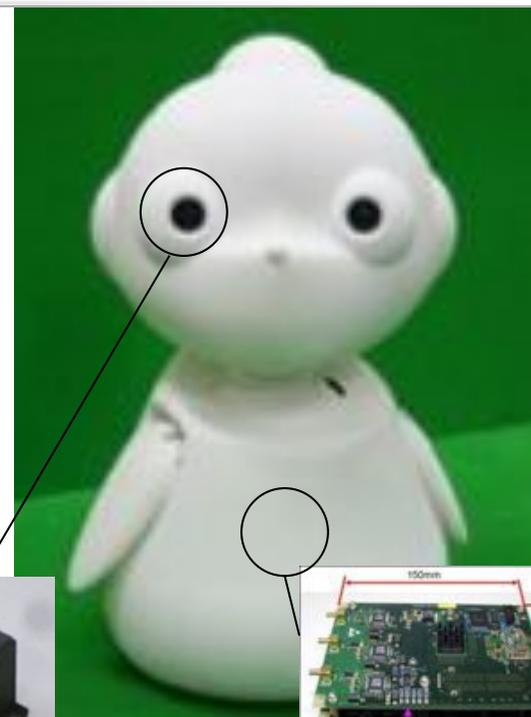
→ 2008年9月に東大内で統合デモを実施

2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
前期			● 中間評価	中期			● 中間評価	後期	

卓上見守りロボット

■ 卓上見守りロボットの開発

- 生活環境との親和性
- 視野視力可変カメラ
 - ・ DSP内臓3x3cmのカメラ
 - ・ 全方位画像中の複数の任意領域をUSB出力
- 画像処理モジュール（富士通研究所）
 - ・ 高速ブロックマッチング計算
 - ・ パターンマッチング，動き検出



視野視力可変カメラ



画像処理モジュール

iRobot社のPackBot

FUJITSU



Quince (千葉工大・小柳教授がリーダー) FUJITSU



日本の原子力施設用ロボットの開発



極限作業ロボットプロジェクト
原子力施設用ロボット(1990)



原子力安全技術センター
防災モニタリングロボット(2000)

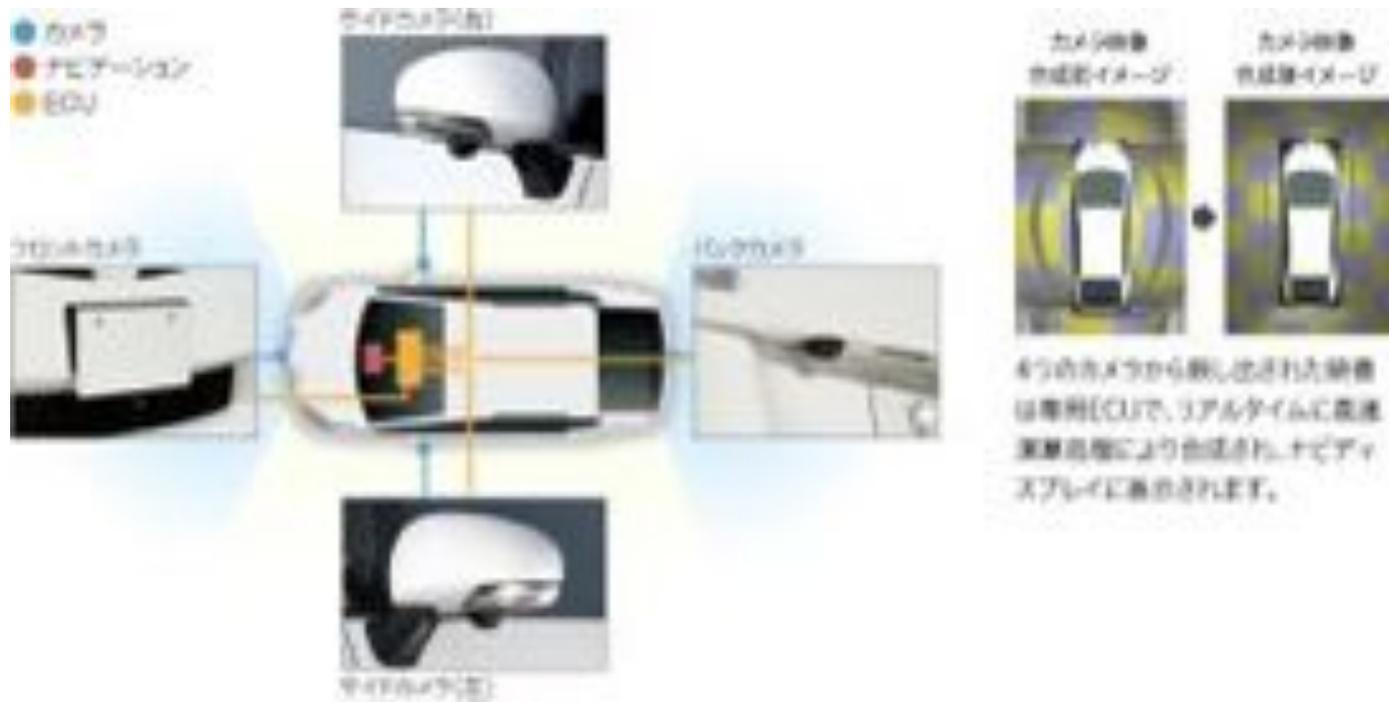


日本原子力研究開発機構
放射線耐性型ロボット(2001)

<課題>

- ・ 随時派遣できる運用管理の組織の不備
- ・ 定常的な訓練体制と人材育成
- ・ 継続的に改良を実施する体制と予算

車載全周囲モニタ



車載ミリ波レーダ



ロボット分野アカデミック・ロードマップ



- 経済産業省委託：2050年に向けたアカデミック・ロードマップ作成(H18,H19)
- 統括委員会(委員長：佐藤知正 日本ロボット学会会長)

●ロボット分野に関する**情報系複合領域WG**

主査：沼尾雅之(電通大) JSAI、副主査：国吉康夫(東大) RSJ

- ・ロボットと知能についてITとRTの複合化による知能進化を探る

●ロボット分野に関する**人間系融合領域WG**

主査：富田 豊(慶応大学) JES、副主査：堀 浩一(東大) JSAI、西田佳史(産総研) RSJ

- ・人間・知能・ロボットの3軸での異分野融合の将来動向を探る

●ロボット分野に関する**工学系先端領域WG**

主査：内山 隆(富士通研究所) RSJ、副主査：金子 真(阪大) RSJ

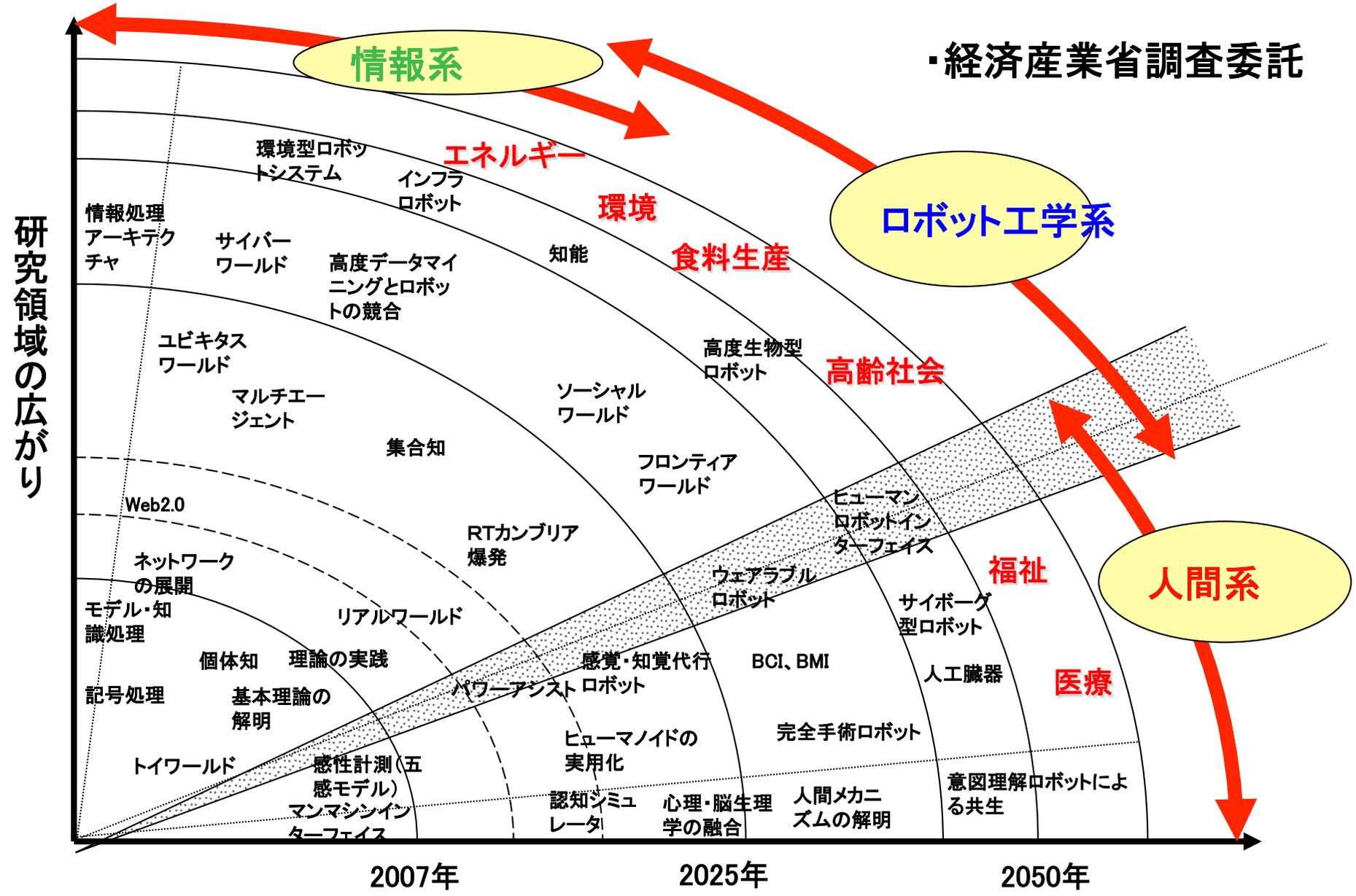
- ・ロボット最先端工学から将来のロボット進化を探る

* RSJ:日本ロボット学会、JSAI:人工知能学会、JES:人間工学会の協調作業

* 委員:51名 執筆委員:109名

2050年に向けたロボット分野アカデミックロードマップ **FUJITSU**

・経済産業省調査委託



アカデミックロードマップ・工学系イメージ図

ARM2008 - 工学系イメージ図



参照: 日本ロボット学会誌 Vol.26, No.7

アカデミック・ロードマップ特集号 (2008年10月15日発行)

ロボット学会 URL <http://www.rsj.or.jp/>

日本の将来へのRTの貢献（1）



- ・ **少子高齢化とロボット（生活支援）**
 - ・ 出生：209万人/1973年 => 66万人/2050年
 - ・ 老人人口： 35.7% /2050年
- ・ **製造業での円高・空洞化とロボット**
 - ・ 低コスト製造ラインの構築
 - ・ 省エネルギー化製造システム
- ・ **老人/病人介護とロボット**
 - ・ 介護者人口の減少、老老介護への対応
- ・ **RTを日本から世界に発信する産業へ**

- ・災害対応ロボット（レスキューロボットを含む）
 - ・地震、津波、台風、火事
 - ・原子力施設内作業
- ・地球環境問題とロボット
 - ・省エネルギー化、食糧生産など
- ・犯罪/テロ防止とロボット
 - ・子供の監視、保護
- ・安心、安全社会の実現
- ・QOL (Quality of Life) の向上
 - ⇒ ロボットによる生活支援