NEDO特別講座（ロボット技術経営）RT起業セミナー

知能ロボットソフトウェアの産業展開による オープンイノベーション拠点の創出

東京大学
情報システム工学（JSK）研究室
岡田　慧

日時：2013年2月28日 15:20～15:50

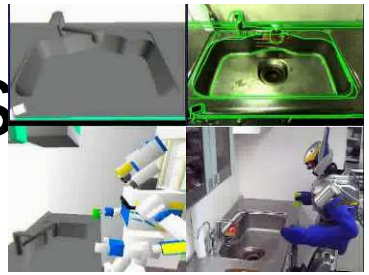
場所：東京大学本郷キャンパス
工学部2号館2階　221講義室

内容

- 情報システム工学研究室について
- START@JSKプロジェクトについて
  - 知能ロボットソフトウェアの産業展開によるオープンイノベーション拠点の創出
- 今後の展望について

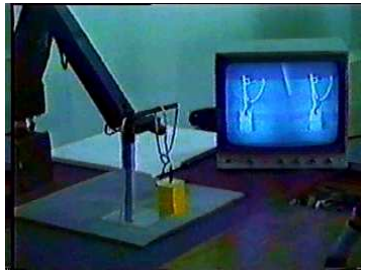
H6 & H7 Humanoid
1999 S. Kagami, .Nishiwaki

Musculoskeletal
2000- I. Mizuuch,



Assistive Humanoid
2002 K. Okada

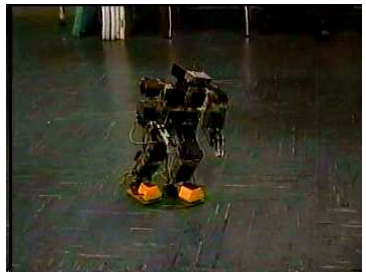
OSS,RTM,ROS
OpenRAVE
2010 R.Diankov



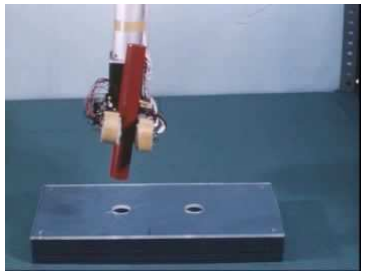
COSMOS:
CognitiveSensor Motor
Operation Studies
1981 T. Ogasawara,
T.Matsui, H. Mizoguchi,
M.Inaba, H.Inoue

COE Realworld IT
Interactive Systems
2004 T. Inamura

IRT Home
Assistance
2006- R Hanai,
K.Yamazaki



Remote-Brained
Robotics
1993 M. Inaba



Bilateral
1969 H. Inoue

IRT → OSS

HRP2 Integration

Musculoskeletal Humanoid

Sensor Suit → Sensor Flesh

Remote-Brained Robotics: about 60 robots

HARP: Humanoid Autonomous Robot Project H1-H7

Vision-Based Robotics: Manipulation, Interaction, Navigation

COSMOS: Lisp-based Robot System Integration Environment

1980 1990 2000 2010

ヒューマノイド ロボットプラットフォーム

1998－2002　研究代表者　井上博允
通産省/NEDOヒューマノイドロボットプロジェクト

- HPR2 (2002)
- 30DOF
- 1540mm/58Kg

- HPR3 (2007)
- 42DOF
- 1600mm/68Kg
- Water proof
- RT-Ether/BodyLAN

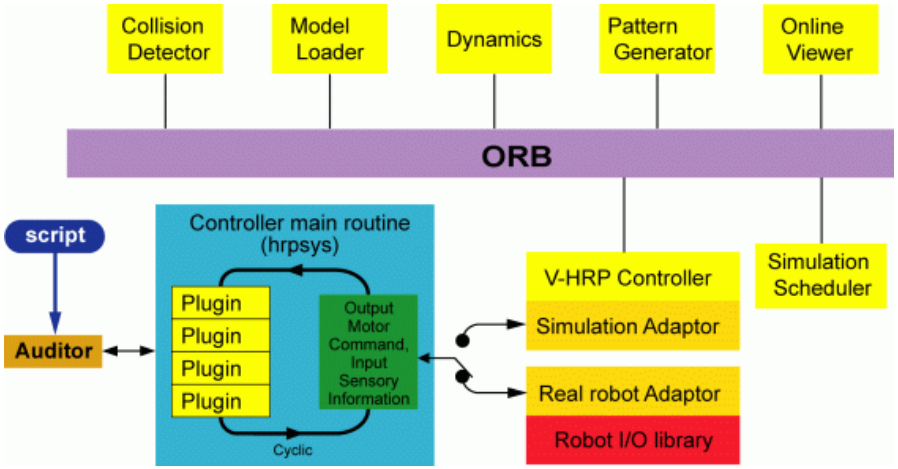
- HPR4-c (2009)
- 42DOF
- 1580mm/48Kg

- HPR4(2010)
- 34DOF
- 1510mm/39Kg

http://www.youtube.com/watch?v=swyWSGc3dLE

ソフトウェアプラットフォーム (AIST, GRX)

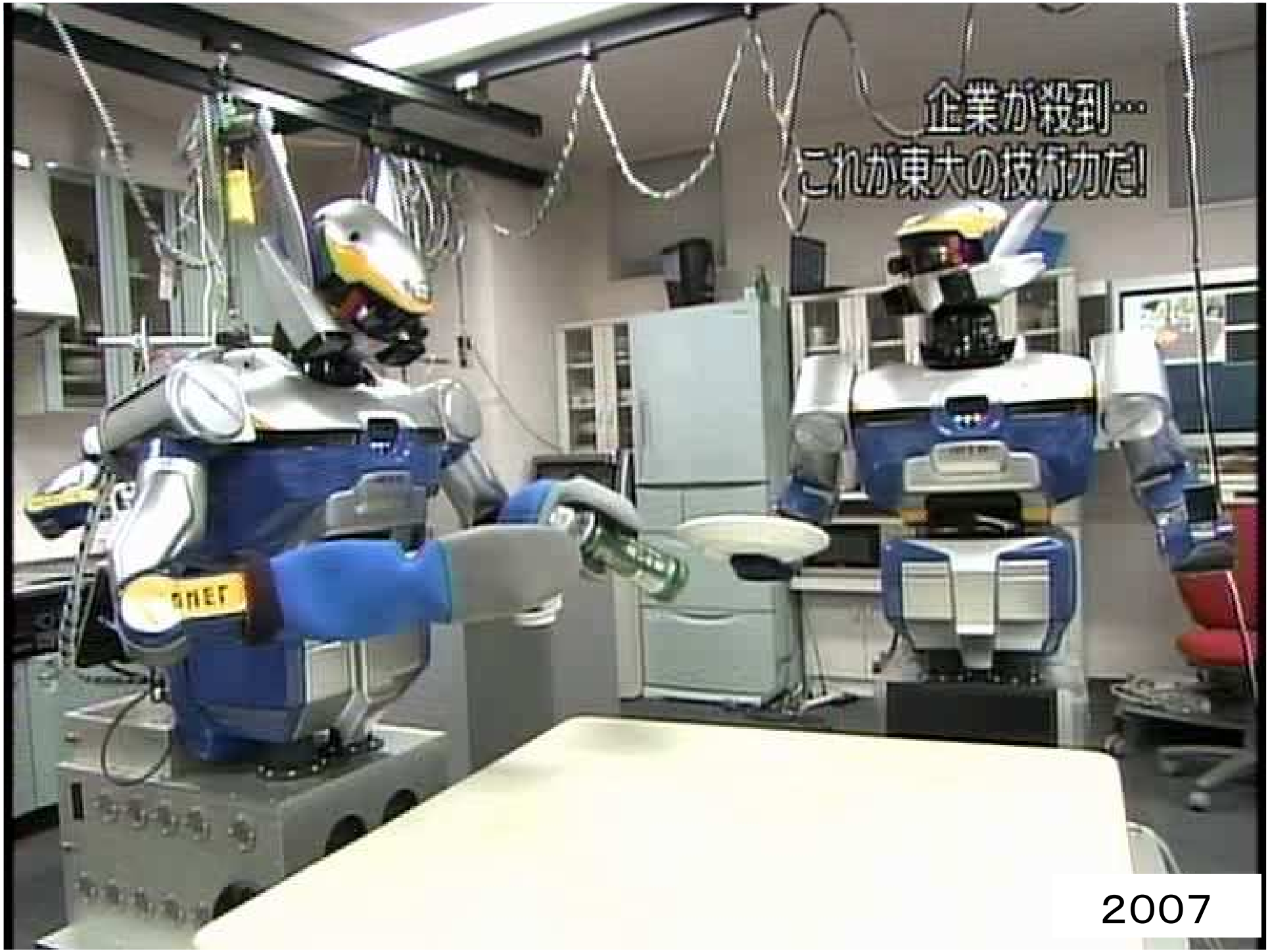
- OpenHRP
  - ヒューマノイドロボットソフトウェアの統合開発環境
  - CORBAベースの透過的通信環境の実現
- HRP2動作制御システム
  - プラグイン機構による動作フィルタ処理
  - 動作補間器，歩行動作生成器，安定化制御器等が付属



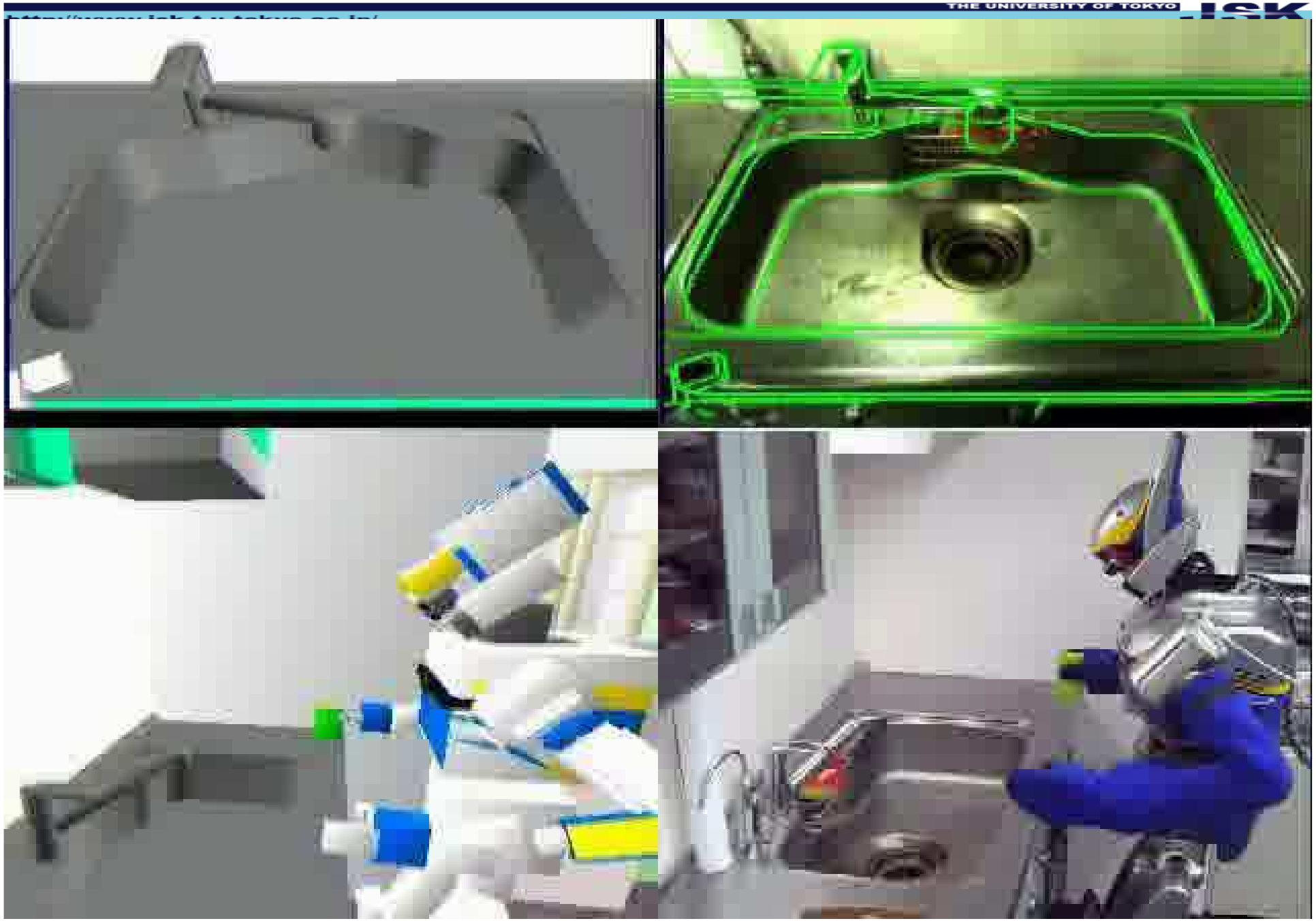
HRP2運動制御システム

プラグイン名	機能
カルマンフィルタプラグイン	加速度センサ・ジャイロの情報からロボットの姿勢を推定する
ZMPセンサプラグイン	力センサの値を用いてZMP計算を行う
パターンジェネレータプラグイン	オンラインで歩行パターンの生成を行う。
再生プラグイン	ファイルに保存された動作パターンを補間しながら再生する
歩行動作安定化プラグイン	センサ情報に基づいて動作を安定させる
ダイナミクスプラグイン	順・逆運動学計算を行う。
ログプラグイン	センサ情報・指令情報のロギングを行う

http://www.generalrobotix.com/product/openhrp/products.htm



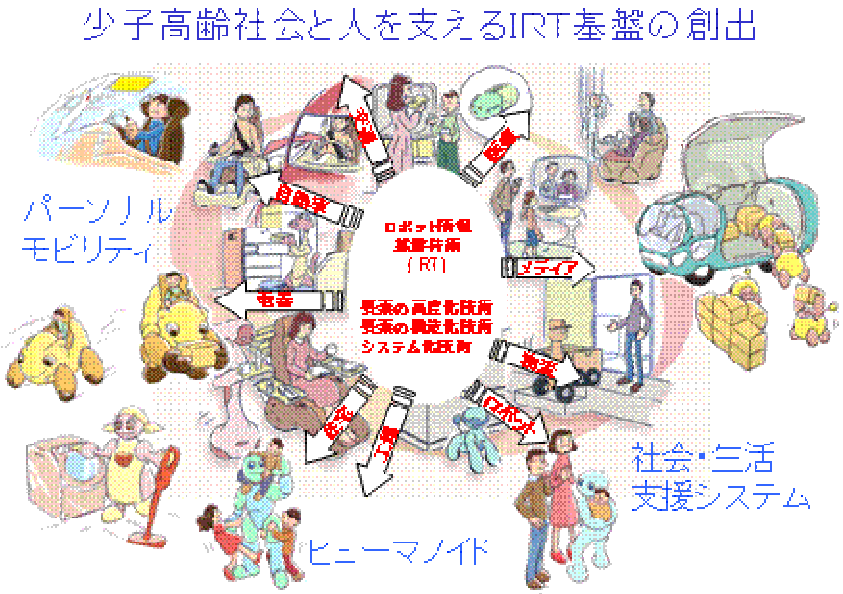
2007

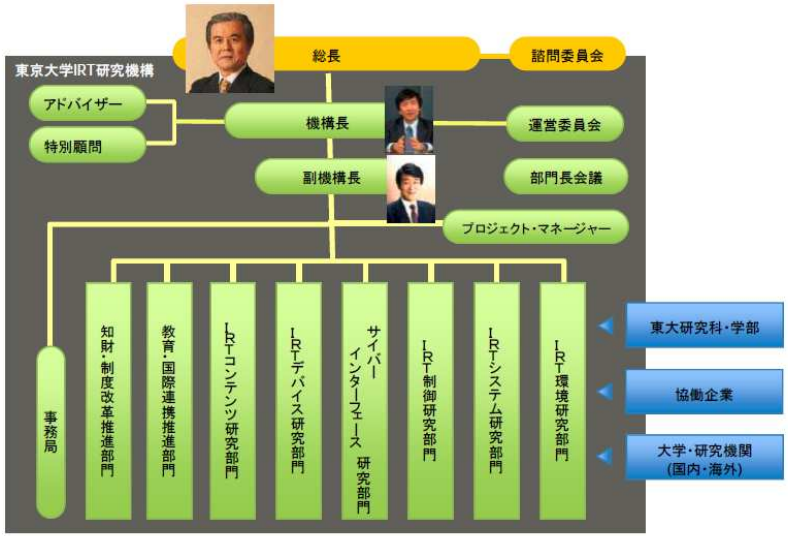


Vision based behavior verification system of humanoid robot for daily environment tasks
2006 6th IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots, Best Paper Award

少子高齢社会と人を支えるIRT基盤の創出

2006-2009





文部科学省科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成」事業

企業と大学が共同して、10年～20年先のイノベーションを目指した研究開発を進める

トヨタ自動車株式会社

オリンパス株式会社

株式会社セガ

凸版印刷株式会社

株式会社富士通研究所

パナソニック株式会社

三菱重工業株式会社

年間5億円程度

http://robot.watch.impress.co.jp/cda/news/2006/08/07/115.html

http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/22/01/attach/1289063.htm

少子高齢化社会と人を支える IRT基盤の創出

- 2009年度再審査　コメント（終了課題）
  - 少子化社会を豊かにするためのIRT技術開発として、社会ニーズの掘り起こしも含めたプロジェクトを期待したが、日本の屋内狭隘性や高齢者の意欲の低下など非技術的課題についての配慮・検討や解決努力がまだ十分でなく、イノベーションのための要素技術開発に留まっている感は否めない。

家事支援ロボット（2008）

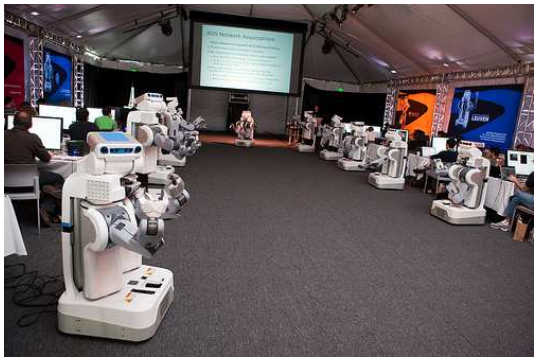
クラウド情報支援型サービス（2008）

PR2 Beta Program (2010-2012)

- PR2ロボット（$400,000相当）を無償提供．研究成果はオープンソース化．2ヶ月毎の報告会．
- 78件の応募から11件．米国7，欧州3，日本1．
- ミーティングは世界同時電話会議
  - 14:00 for Berkeley, Stanford, Bosch, USC
  - 17:00 for Georgia Tech, MIT, Penn
  - 23:00 for Freiburg, Leuven, TUM
  - 07:00 for JSK

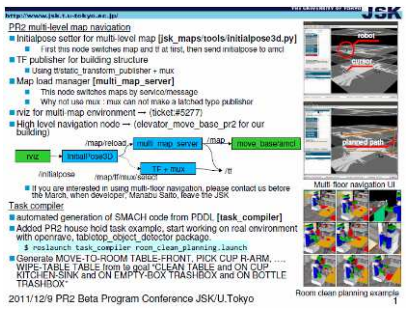
  内容は公開したソフトウェアパッケージを紹介

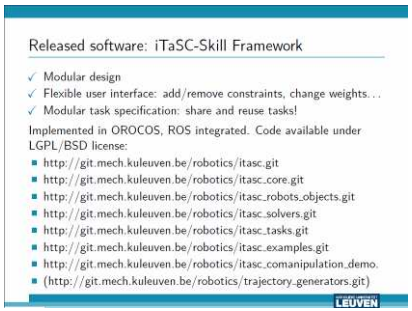
  PR2を購入した期間も参加可能（フランス2ヶ所、北米6ヶ所、英国1ヶ所、韓国1ヶ所、インド1ヶ所）



PR2 Beta Training Workshop (2010/5/24-28)

CoTeSys-ROS Fall School on Cognition-Enabled Mobile Manipulation (2010/11/1-6)





ROS & WillowGarage

- WillowGarage (Menlo Park, CA)
  - 2006年 創立
    当初は家庭用ロボット，ロボット車，ロボットヨットを目的
    Founder : S. Hassan : eGroups創業者。Google開発者
    CEO : S. Cousins ：IBM,Xerox研究マネージャ
  - Milestone 1 2008/12/12 3.14km のナビゲーション
  - Milestone 2 2009/6/3 ドアと電源プラグを指して移動
  - Milestone 3 2010/1/22 ROS1.0
  - Milestone 4 2010/6/29 PR2 Beta Program 開始
- *ROS (Robot Operating System)*
  ＝ plumbing + tools + capabilities + ecosystem
  - 2007年 Switchyard Stanford AI研
    M.Quigleyが開発を開始
  - 2008年 WillowGarage社がサポート開始
    B. Gerkey（Stage/Player）が参画
  - 2012年 米国DARPAや欧州プロで採用

2008 K. Wyrobek, E. Berger, H.F.M. Van der Loos, K. Salisbury

http://maps.google.com/maps/ms?ie=UTF&msa=0&msid=209668390659853657363.00049c608b78bc7779683

モバイルマニピュレーションロボット プラットフォームによるサービス創出研究

2009/4/6 JSK Visit to WillowGarage

2011年・ドイツTUMからの留学生との共同研究

2011Bachelar Thesis

冷蔵庫内の物体認識と把持操作を行うサービスロボ

他の研究チームの成果

- Robots for Humanity (Georgia Tech. C. Kemp)
  - 頚椎損傷の患者がテレビ放送でPR2ロボットを見てコンタクト. これまで頭と指を動かしてコンピュータを使っていたが, その延長でロボットを操作

- Using Web Knowledge for Robot (TUM, M. Beetz)
  - インターネット上の知識(wiki-how)を活用してロボットの認識行動を制御. その後, EUのroboearthプロジェクトへと発展

ベータプログラム期間中の出来事

- テレプレゼンスロボットの試作，改良，製品化
  - 2016年には131億ドル市場（ABIリサーチ，forbes.com）

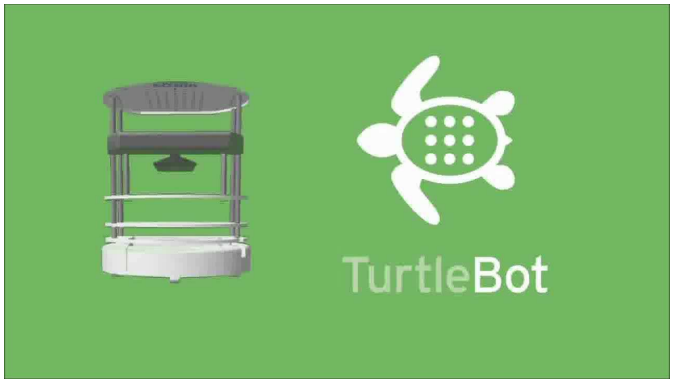
2009年　Texas

2010年　Texai

2012年 Suitable Technologies

- 研究用ロボットの開発，製品化

2010年　試作品



2011年　オープンHW販売

2012年　TurtleBot2販売

Willow Garage to Shut Down? Company Says 'No, Just Changing' (2013/2/11)

知能ロボットコンサル企業

hiDOF

hiDOF was founded by a group of engineers from Willow Garage seeking to leverage advanced robotic technology and tools for commercial applications.
- Eitan Marder-Eppstein, Wim Meeusse, E. Gil Jone, Vijay Pradeep, Steve Cousins.

テレプレゼンス販売企業

SUITABLE TECHNOLOGIES

Suitable Technologies is a startup working to fulfill the promise of remote presence technology. Our mission is to connect people separated by distance in the most natural way possible.
- Scott Hassan, Josh Tyler, Bo Preising, Milan Bhalala

産業用視覚コンサル企業

ipi

Industrial Perception is the second spinoff of Willow Garage where the founders were members of the research and software engineering teams.
- Kurt Konolige, Gary Bradski, Ethan Rublee, Stefan Hinterstoisser, Troy Straszhei

基盤ミドルウェア支援財団

Open Source Robotics Foundation, Inc. (OSRF) is an independent non-profit organization founded by members of the global robotics community.
- Brian Gerkey, John Hsu, Roberta Friedman, Nate Koenig, Steffi Paepcke, Morgan Quigley

Willow Garage

WillowGarage (2006-)
WillowGarage develops hardware and open source software for personal robotics application
- Scott Hassan, Steve Cousins

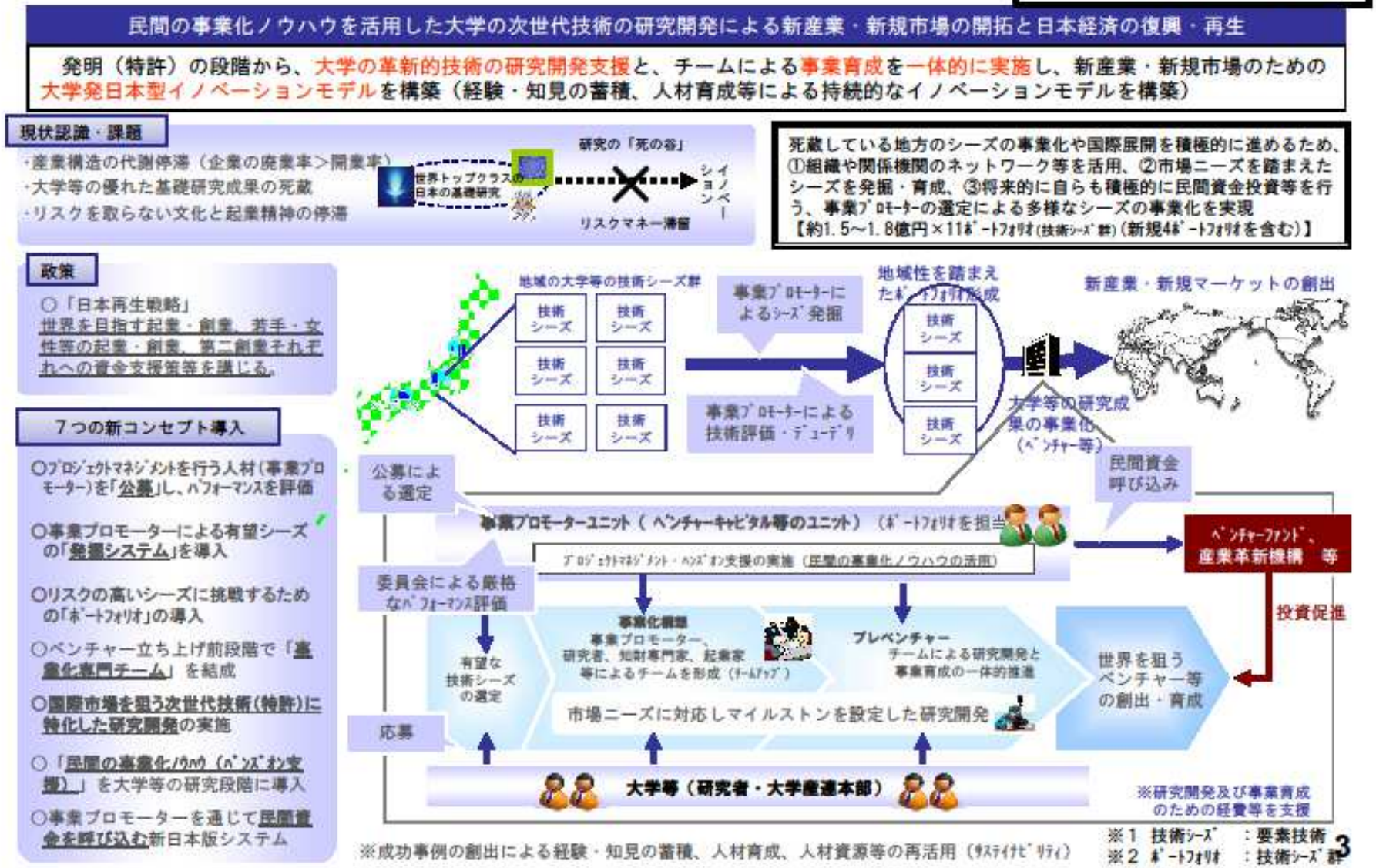
三次元視覚支援NPO

We are an internationally renowned group of expert scientists and engineers, working together to solve complicated 3D perception problems.
- Radu B. Rusu, David Boardman, Steve Cousins, Frank Dellaert, Anwar Ghuloum, Ken Spratlin,

情報システム工学研究室 2011－2012

- 2011（10名）　　2012（4名）
  - 稲葉雅幸　教授
  - 岡田慧　准教授
  - 吉海 智晃　特任講師　→ ベンチャー起業
  - 山崎公俊　特任講師　→ 信州大学転出
  - 中西雄飛　助教　→ ベンチャー起業
  - 花井亮　特任助教　→ 産総研転出
  - 矢口裕明　特任助教
  - 垣内洋平　特任助教
  - 浦田順一　特任助教　→ ベンチャー起業
  - 出杏光 魯仙　JSPS研究員　→ ベンチャー起業

文部科学省・START
大学発新産業創出拠点プロジェクト



平成24年10月22日大学発新産業創出拠点プロジェクト（START）シンポジウム資料「平成24年度START公募の総括と今後に向けて」より抜粋

STARTにおける出口戦略

「大学等発ベンチャー」の定義

1. 大学等の教職員・研究職員・ポスドク（教職員等）、学生・院生（学生等）を発明人とする特許をもとに起業したもの（特許による技術移転）
2. 1以外の大学等で達成された研究成果又は習得した技術に基づいて起業したもの（特許以外による技術移転（または研究成果活用））
3. 大学等の教員等、学生等がベンチャーの設立者となったり、その設立に深く関与するなどして起業したもの（人材移転）
4. 大学等、TLOやこれらに関連のあるベンチャーキャピタルがベンチャーの設立に際して出資をしたもの（出資）

※大学等：国公私立大学、国公私立高等専門学校、大学共同利用機関法人、及び独立行政法人等

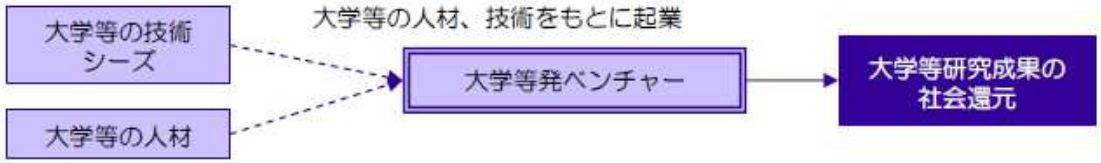
（参考）経済産業省調査における定義

コアベンチャー：大学で生まれた研究成果を元に起業したベンチャー、大学と深い関連のある学生ベンチャー

共同開発ベンチャー：設立5年以内に大学と共同研究・大学からの技術移転・大学の施設等の利用経験があるベンチャー、その他大学から出資がある等大学と深い関連のあるベンチャー

既存マーケットにおける比較優位性ではなく、本事業の目的である、大学等の研究成果に基づき、新規マーケットを開拓するような事業展開を前提としたときに、以下のケース（特にケース2及び3）を事業の出口にするかについてはプロジェクトの申請に基づき、個別に評価委員会にて検討予定

ケース1：大学等発ベンチャー設立を通じた研究成果の社会還元



ケース2：創業初期企業への技術等提供を通じた研究成果の社会還元

ケース3：カーブアウト企業への技術等提供を通じた研究成果の社会還元

START@JSKプロジェクト

- 知能ロボットソフトウェアの産業展開によるオープンイノベーション拠点の創出
- 東京大学　x　東京大学エッジキャピタル
- 事業プロモータ主導の運営
- ヒアリング実施時の注意事項
  - プロジェクトの全体像（ポートフォリオにおけるプロジェクトの位置付け等）に加え、申請内容のうち、特に補足すべき点、強調すべき点について、原則、**事業プロモーターから主体的にご説明ください。技術面の補足として**研究機関側から御説明いただくことは構いません。
- 審査コメント
  - 本事業を効果的に進めるには事業プロモータのハンズオン機能を強めることが必要
- 年度末評価会
  - START推進委員会によるヒアリングを実施します．事業プロモーターは出席をお願いします．（希望する場合や特段の場合を除き、研究者の出席は求めません．）

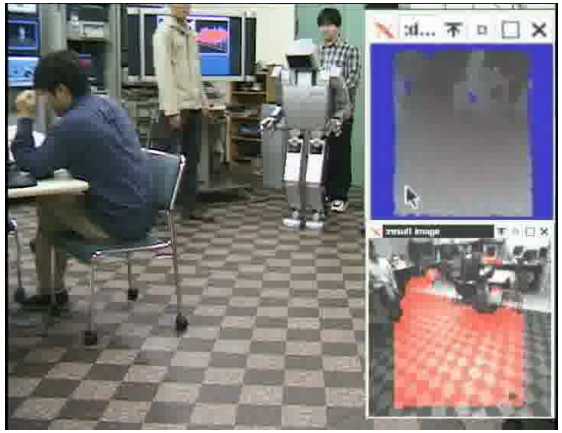
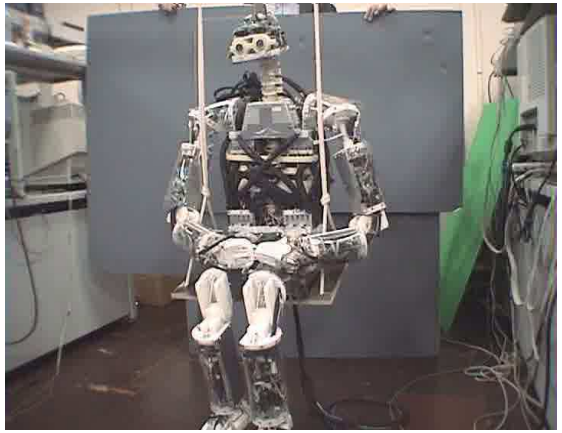
本発表の内容は私個人の見解・見識であり，組織，プロジェクトの意見を代表するものではありません．

「知能ロボットソフトウェアの産業展開による オープンイノベーション拠点の創出」

- プロジェクト概要
  - 本プロジェクトは，オープンソースの知能ロボットのソフトウェア基盤技術を核とし，最先端ソフトウェア技術を活用した産業向けロボット知能化関連サービスと各種パッケージ・ソフトウエア事業の立上げを目指す．（文科省発表資料より）

- 本プロジェクトで解決したい問題
  - 知能ロボットのシステムソフトウェア基盤
  - 知能ロボットソフトを基盤としたツール・サービス

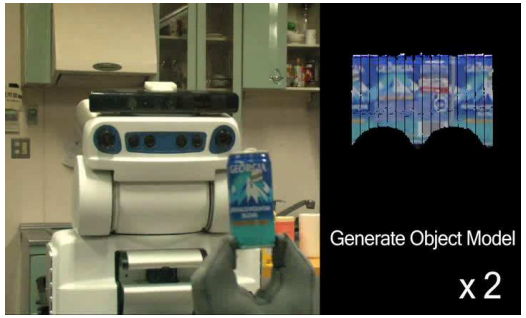
10年前のロボットシステムソフト基盤

	リモートブレインロボット	等身大ヒューマノイド	腱駆動ロボット
			
hard ware	サーボを使った自作ロボット	オリジナル設計開発	オリジナル設計製作
comp uter	マイコン＋PC	組み込みPC	分散MPU + PC
Middle-ware	ランタイムロボット制御 ソフトフレームワーク	実時間歩行制御モジュール ＋ ランタイムロボット制御 ソフトフレームワーク	ランタイムロボット制御 ソフトフレームワーク
Top-level	知能行動プログラム		

*ランタイムロボット制御ソフトフレームワーク = nervous

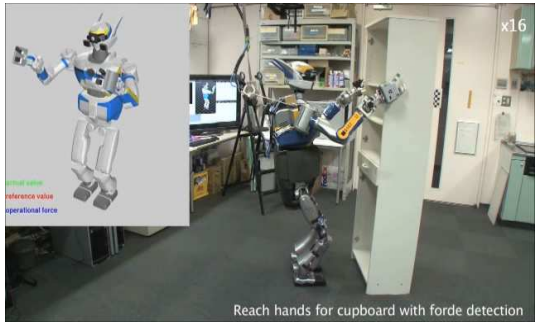
ロボットシステムソフトウェア基盤の現状

移動操作ロボット



WillowGarage
PCサーバ群
ROS制御コントローラ

等身大ヒューマノイド



川田工業
組み込みPC
OpenRTM+OpenHRP2 + hrpsys

腱駆動ロボット

オリジナル設計開発
分散MPU+PC
ランタイムロボット制御ソフトフレームワーク

プラットフォームが充実し，より上位の研究が可能に.

しかしながら，システムは多様・複雑に.

システム基盤の維持にコスト

高出力ヒューマノイド

自作設計電装系
組み込みPC
自作システム

双腕作業ロボット

川田工業
組み込みPC
hrpsys/RTM-GRX版

等身大ロボット

川田工業
組み込みPC
hrpsys/RTM 公開版

小型ヒューマノイド

ROBOTIS
組み込みPC
Darwin-OP

小型ヒューマノイド

Aldebaran
組み込みPC
NAOqi

ロボットシステムソフトウェア基盤

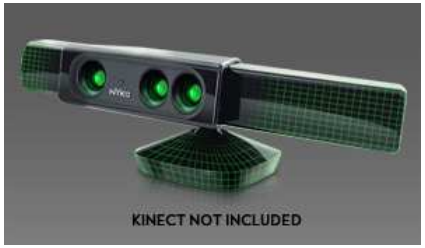
- ロボットシステム「ソフトウェアの危機」への対処法
  - 開発方法論などは存在するが，「“本質的な複雑性”に対して生産性を向上させるような技法は存在しない」（人月の神話）
- ポータブルなアプリケーションやセンサデバイスを実現する互換性確保は，開発運用コストを下げてきている
  - 計算機分野
    - IBM/360でコンピュータファミリが実現（1964年）
    - WindowsOSがスタンダードに（96年48%，99年73%）
  - ゲーム機分野
    - PS2が上位互換性を提供（2000年．98年ファミコン，94年PS1）
    - スマートフォンがゲーム基盤へ（12年に市場規模で家庭用を逆転）
- ロボット分野でのシステムソフト基盤の提供
  - キラーアプリケーション：移動技術，認識技術，動作技術
  - 高信頼性の確保（認証，実績，産業分野との連携）

卒論・修士・博士論文成果の社会還元

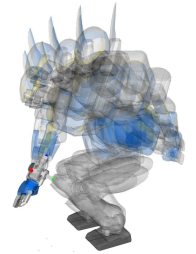
- 人のダンス動作に基づくヒューマノイドの行動生成に関する研究
- ヒューマノイドの顔表情のための機構設計と制御システムに関する研究
- 災害対応に向けたマルチロータ飛行ロボットのシステム構成法に関する研究
- 等身大ヒューマノイドにおける脚腕協調段差昇降行動の実現法に関する研究
- ヒューマノイドにおける生活音認識に基づく日常生活支援行動に関する研究
- ヒューマノイドにおける物体操作モデルのオンライン教示法に関する研究
- 等身大ヒューマノイドにおける大型重量物の運搬操作行動に関する研究

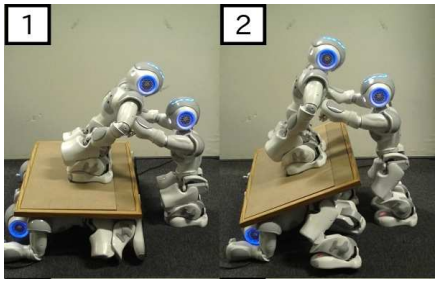
研究の過程で生み出されたソフト・ツールの中には，すぐに有用なものも少なくない．これをスムーズに社会に還元する方法が重要．ソフトウェアに関してはオープンソースが有用．

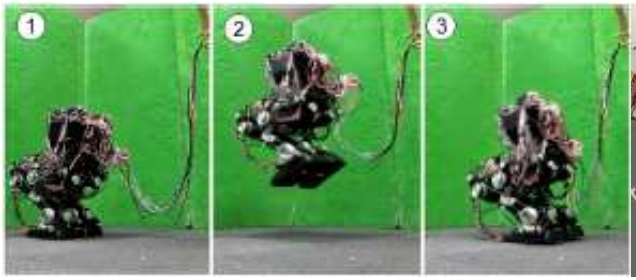
- ヒューマノイドの拾い上げ行動における全身動作生成に関する研究 → トヨタ自動車
- ヒューマノイドにおける双腕持ち替え見回し操作による対象物認識操作モデルの獲得とその利用 → 日立製作所
- 腱駆動ヒューマノイドのためのウェアラブル操縦システムの設計と動作実現に関する研究 → 日産自動車
- 小型ヒューマノイドによる生活支援行動に向けた自己制約の認識と協調行動の実現に関する研究 → サイバーエージェント
- 人体模倣股関節を有する筋骨格ヒューマノイド開発における全身行動実現と人体筋動作解析 → 東京エレクトロン
- ヒューマノイドロボットによる着衣支援における認識行動系の構成法に関する研究 → トヨタ自動車
- 移動マニピュレーションロボットにおける家具・家電認識操作のための教示システムと行動実現の研究 → JR西日本
- 大出力駆動系を備えた等身大ヒューマノイドの設計と衝撃吸収動作の実現 → 博士課程進学
- 人体模倣筋骨格ヒューマノイドにおける胸郭上肢系設計と関節連動に基づく動的動作生成の実現 → 博士課程進学
- 人体機能模倣膝関節を備えた筋骨格ヒューマノイドの下肢設計と行動実現 → 博士課程進学
- 操作情報推定に基づく接触力制御によるヒューマノイド全身適応環境物体操作の実現 → 教員



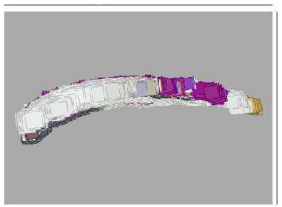
Nyco Zoom $29.99
通常は0.5m-10m範囲
本製品0.2m～測定可能
× 正確な3D距離の計測
には構成が必要

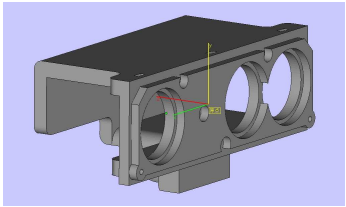






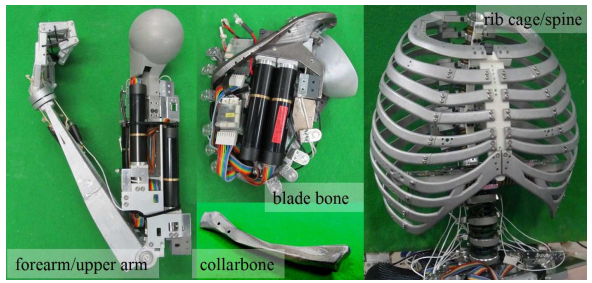
構成を行う様子

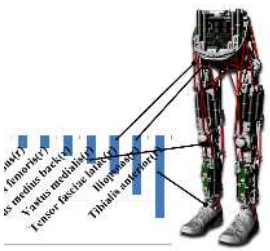




3Dプリンタによる
Xtion用治具製作

上：構成前，
下：構成後





まとめ

- 文科省STARTプロジェクトにより研究室内で事業を育てていくことが可能に
- 継続的に研究成果を社会に還元できる仕組み
- 意欲的なベンチャー起業に人材を送り出す仕組み
- START@JSKでは引き続き人材を募集中
  - オープンソースに貢献できる研究者
  - ロボット関連のソフトウェアエンジニア
    - OpenCV, PCL, ROS, OpenRTM, ADK, Arduino, PIC, JavaScript, iOS, Android, GoogleAPI等の開発経験