

進展する ロボット化技術と 農業機械の開発・改良

平成19年3月7日

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター

新農業機械実用化促進株式会社

進展するロボット化技術と農業機械の開発・改良

1 趣旨

農業機械の分野でも、既にロボット化技術を応用した自動化が進展していますが、担い手を核とした生産構造への転換を進め、生産性の高い農業生産を行うためには、さらなる農業機械の高精度化、高能率化等を図っていく必要があります。

特に、農業生産の現場は、栽培される作物が極めて多種多様であること、水田、畑、果樹園等圃場の形態が異なること、年間の稼働時間が限られることから導入コストも一定水準以下にすること、等が求められ、他産業に比して制約が多くなっています。

そこで、最新のロボット化技術の動向を把握するとともに、農業機械分野における自動化・ロボット化関連の研究開発の取組みについて議論し、今後の農業機械の開発改良研究に資することとします。

2 日時

平成19年3月7日（水）13：00～17：00

3 場所

埼玉県さいたま市 大宮ソニックシティ<小ホール>
(さいたま市大宮区桜木町1-7-5/Tel:048-647-4111)

4 日程

- | | |
|---|--------|
| (1) 開会 | 13：00 |
| (2) 挨拶 | |
| (3) 講演 | 13：15～ |
| ①ロボット化技術を応用した農業機械の開発戦略
生研センター 基礎技術研究部 主任研究員 松尾陽介 氏 | |
| ②ロボット化技術の現状と今後の展望
東京工業大学大学院理工学研究科機械宇宙システム専攻 教授 広瀬茂男 氏 | |
| <休憩15分> | |
| ③QRIO誕生までの2足歩行技術40年の歩みと将来展望
～ソニー株式会社と山口仁一の運動制御特許技術を中心に～
ヤマグチロボット研究所 代表 山口仁一 氏 | |
| (4) 総合討議 | 16：20～ |
| コーディネーター：生研センター 企画部長 行本 修 氏 | |
| (5) 閉会 | 17：00 |

5 主催

- ・独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター
- ・新農業機械実用化促進株式会社

目 次

ロボット化技術を応用した農業機械の開発戦略……………	01
----------------------------	----

生研センター 基礎技術研究部 主任研究員 松尾陽介 氏

ロボット化技術の現状と今後の展望……………	21
-----------------------	----

東京工業大学大学院理工学研究科機械宇宙システム専攻 教授 広瀬茂男 氏

QRIO誕生までの2足歩行技術40年の歩みと将来展望 ～ソニー株式会社と山口仁一の運動制御特許技術を中心に～……………	49
--	----

ヤマグチロボット研究所 代表 山口仁一 氏



ロボット化技術を応用した

農業機械の開発戦略

～生研センターの取組みを中心に

農業・食品産業技術総合研究機構
生物系特定産業技術研究支援センター
基礎技術研究部 メカトロニクス研 **松尾陽介 氏**

内 容

I 農業用ロボットの分類と構成

車両系ロボットとマニピュレータ系ロボット

II 生研センター他での開発ロボット

1. 車両系 ～耕うんロボット など
2. マニピュレータ系 ～トマト収穫ロボット など

IV ロボット化技術の動向

V 今後の開発戦略

I 農業用ロボットの分類と構成

1

既存機械の運転・作業の無人化

- ロボットトラクタ
- 田植えロボット など



車両系ロボット

2

未機械化作業のロボット化

- 果菜類収穫ロボット
- 接ぎ木ロボット など



マニピュレータ系ロボット

3

農業施設のロボット化、植物工場など

→ 無人機械などが導入（今回対象としない）

1

車両系ロボットについて

(1) 車両系ロボットの構成・特徴

< 構成 >

- ・従来機械の走行部・作業部等を改造
- ・無人走行・作業のための航法センサ、制御コントローラなどを装備

< 特徴 >

- ・市販機械ベース、有人運転も可能。
- ・航法システムが重要。
- ・人の関わり方、有効な作業システムの構築、低価格化などが課題。



ロボットトラクタ(生研他)

(2) 車両系ロボットの開発事例・動向①

名 称	開発機関（発表年）	対象作業等
芝刈りロボット	クボタ（1987）	芝・草刈り
自律走行システム	生研他（1988）	ロータリ耕
無人スプレーカ ☆	共立、丸山（1990）	畝作物の農薬散布
水田管理ロボット	三菱（1990）	水田肥料・農薬散布
施設無人走行車両	愛媛大他（1991）	施設内各種作業
果樹園無人SS ☆	ヤンマー、生研（1994）	果樹園農薬散布
果樹無人防除機 ☆	富士ロビン、生研（1995）	果樹用農薬散布

※ 名称は一部省略、変更したものあり。☆付きは実用機。

20年前頃から、農用車両の無人走行、ロボット化の研究・開発が、企業、研究機関、大学で。

(2) 車両系ロボットの開発事例・動向②

名 称	開発機関（発表年）	対象作業等
自律クローラ車両	草地試山地支場（1996）	傾斜草地での作業
耕うんロボット	クボタ、生研他（1998）	耕うん、播種作業等
自律トラクタ	中央農研（1998）	耕うん、農薬散布
田植えロボット	中央農研（1998）	田植え作業
ロボットトラクタ	北海道大他（1998）	各種トラクタ作業
草刈りロボット ☆	富士重工業（1999）	芝・草刈り
自動追走コンバイン	京都大（2001）	コンバイン収穫

※ 名称は一部省略、変更したものあり。☆付きは実用機。

2000年頃までに 研究・開発一段落。
その後、実用化に向けた改良や要素技術の実用化へ。
海外でも同様の傾向。取組みは日本の方が盛ん。

2

マニピュレータ（MP）系ロボットについて

(1) MP系ロボットの構成・特徴

<構成>

- ・対象の検出を行う視覚部、作業を行うマニピュレータ部（アーム部）＋ハンド部により上半身構成
- ・移動機能（不要な場合有り）を持つ下半身に、制御コントローラや動力源、収容部等を搭載

<特徴>

- ・人間に似た構成・機能を持つ
- ・高精度な視覚・判断、ソフトハンドリングなどの実現がポイント



トマト収穫ロボット(岡山大)

(2) MP系ロボットの開発事例・動向 ①

名 称	開発機関（発表年）	対象作業等
トマト収穫ロボット	京都大（1987）	トマトの収穫
ミカン収穫ロボット	クボタ（1988）	ミカンの収穫
植物培養ロボット	東京大（1992）	クローン苗組織植継ぎ
トマト収穫ロボット	岡山大（1992）	トマトの収穫
接ぎ木ロボット☆	井関、生研（1993）	野菜苗の接ぎ木
露地野菜用ロボット	島根大他（1993）	移植、葉菜収穫等
ブドウ収穫ロボット	岡山大（1993）	棚作りブドウ収穫
キュウリ収穫ロボット	岡山大、井関他（1994）	傾斜棚キュウリ収穫

※名称は一部省略、変更したものあり。 ☆付きは実用機。

20年前頃から、果実・果菜収穫ロボット、
園芸作業ロボットの研究・開発が大学中心に進展。

(2) MP系ロボットの開発事例・動向 ②

名 称	開発機関（発表年）	対象作業等
全自動接木ロボット☆	三菱、ヤンマー他（1994）	野菜の接ぎ木
キャベツ収穫ロボット	中央農研（1996）	キャベツの収穫
搾乳ロボット☆	クボタ他（1996）	搾乳作業
レタス収穫ロボット	島根大（2000）	レタスの収穫
イチゴ収穫ロボット	岡山大他（2001）	高設イチゴの収穫
ナス収穫ロボット	野茶研他（2003）	ナスの収穫
スイカ収穫ロボット	京都大（2003）	スイカの収穫
セル苗挿木ロボット☆	井関、生研（2004）	キク穂の挿し木

※名称は一部省略、変更したものあり。 ☆付きは実用機。搾乳ロボットは海外製実用機の導入が多い。

近年は、企業や研究機関による開発も増加。

Ⅱ 生研センター他での開発ロボット

車両系

1

耕うんロボット

[生研 他]

■ 完全無人のロボットトラクター

- ・ 市販トラクタベース
- ・ 航法システムは光学測量方式、DGPS＋FOG、電磁誘導方式 から選択。
- ・ 無人耕うん、代かき、播種作業が可能。



耕うんロボット（クボタ，日航電，生研）

■ 耕うんロボットの構成



光反射標識



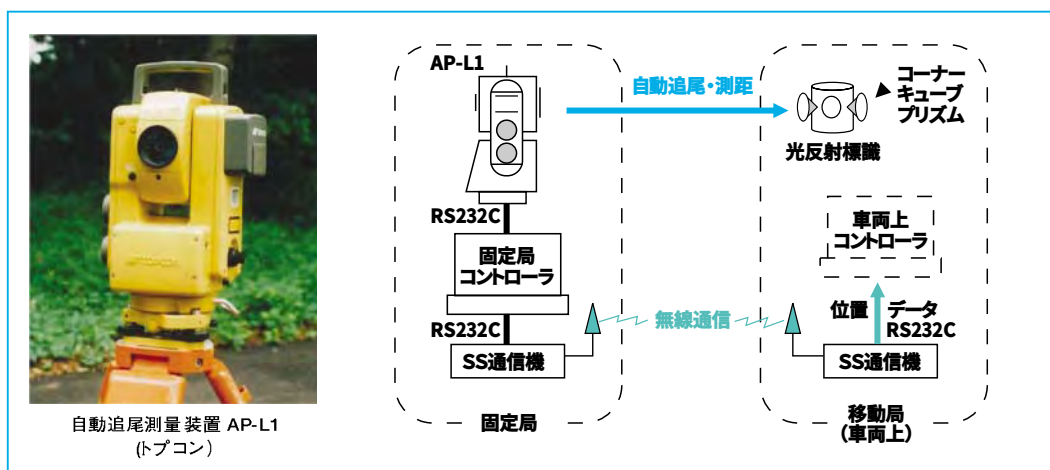
方位センサ

メインコントローラー

車両コントローラー

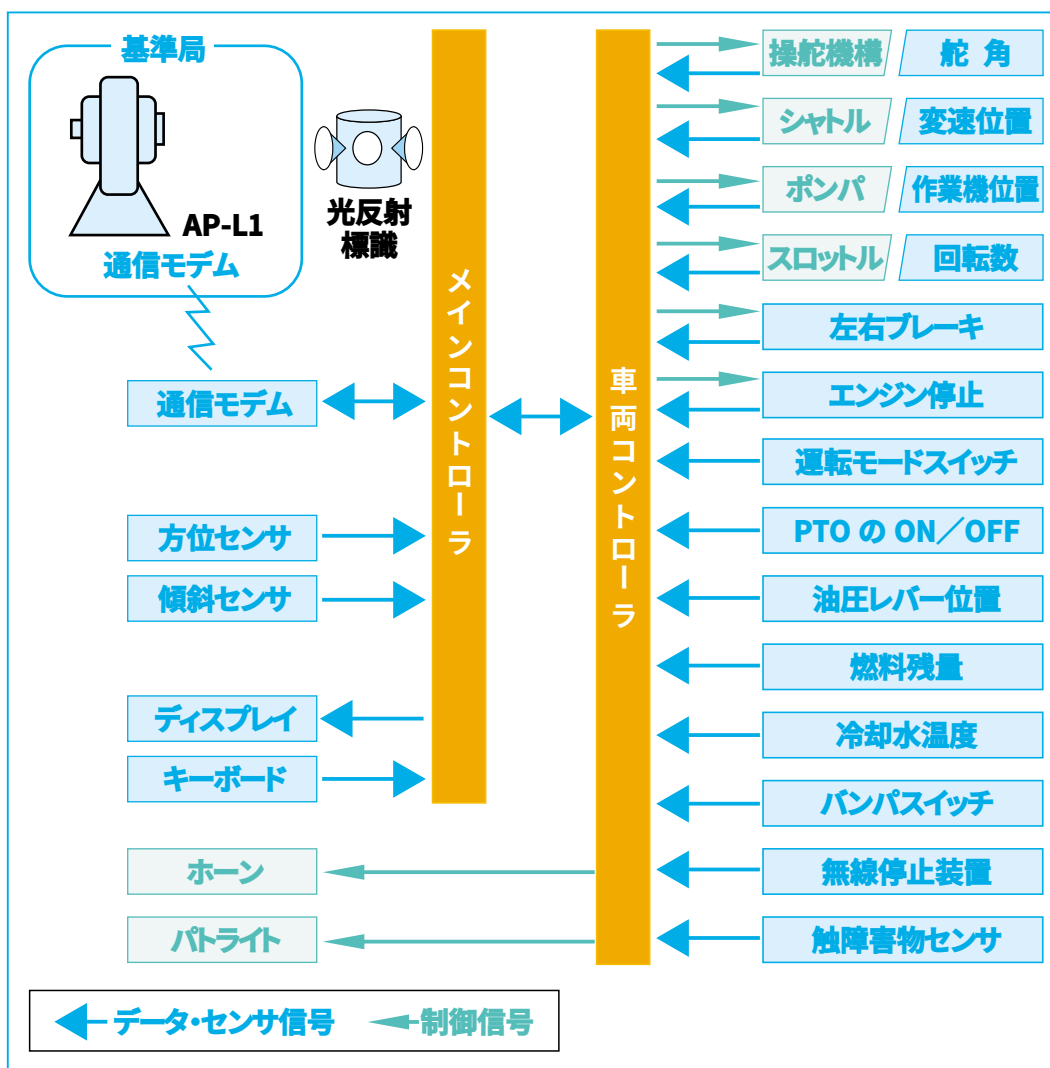
航法システム：光学測量方式（XNAV）

■ 耕うんロボットの航法システム-XNAV



- ・ ほ場外のAP-L1(基準局)により、車両上の光反射標識を自動追尾&位置計測。計測位置は車両に無線通信。
- ・ 方位・姿勢情報は地磁気方位センサ+傾斜センサで検出

■ 耕うんロボットの計測・制御システム ~XNAV



■ 耕うんロボットによる無人作業

耕うん



代かき



播種



車両系

2

田植えロボット

[中央農研]

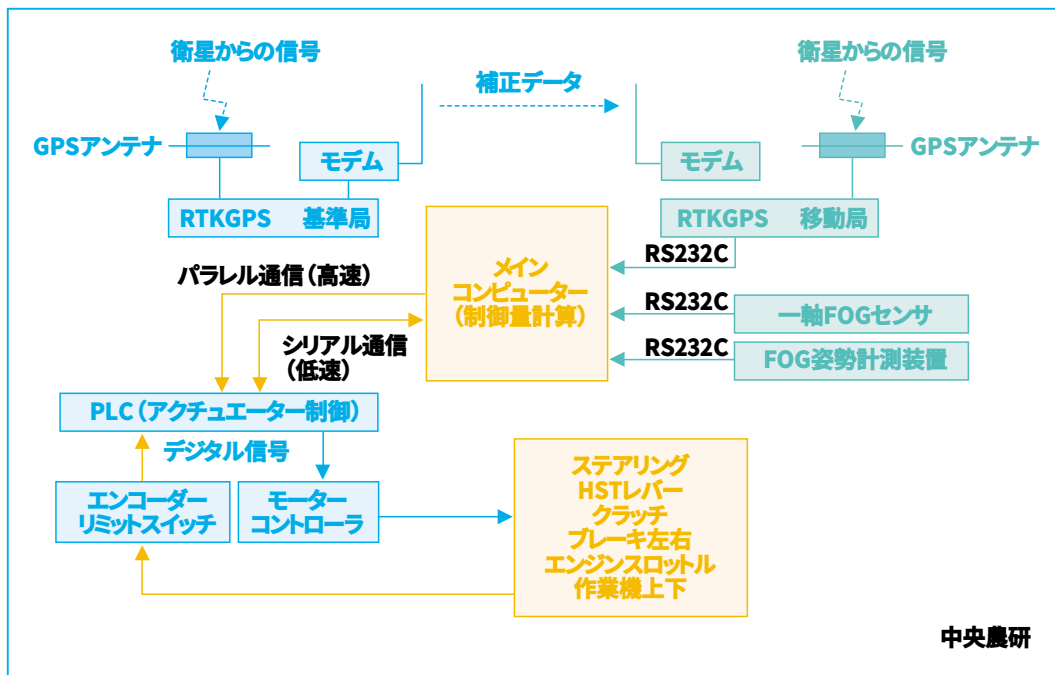
■ GPS方式の無人田植機

- ・ 市販田植機ベース
- ・ 航法システムは、RTK-GPS + FOG (光ファイバジャイロ)。
- ・ ロングマット苗を搭載すれば、30aを苗補給なしで無人田植え。



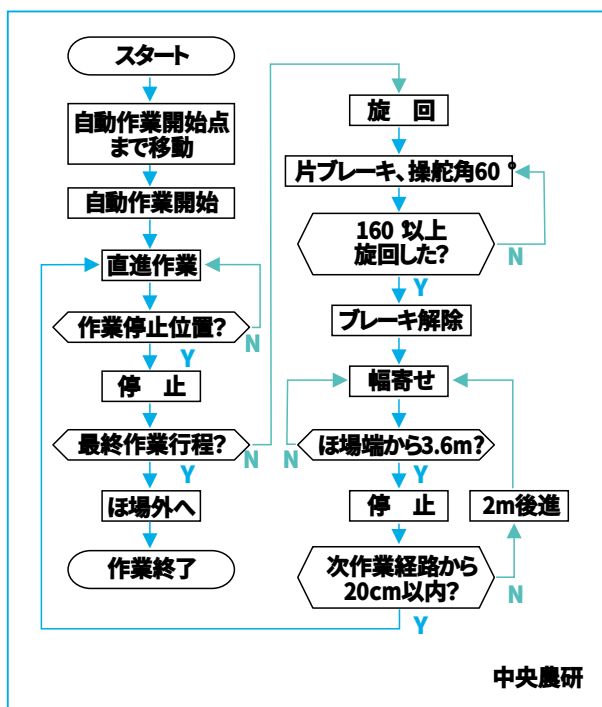
田植えロボット (中央農研)

■ 田植えロボットの計測・制御システム



■ 田植えロボットの作業ソフト

作業ソフトのメインフロー



ロングマット 苗の適用

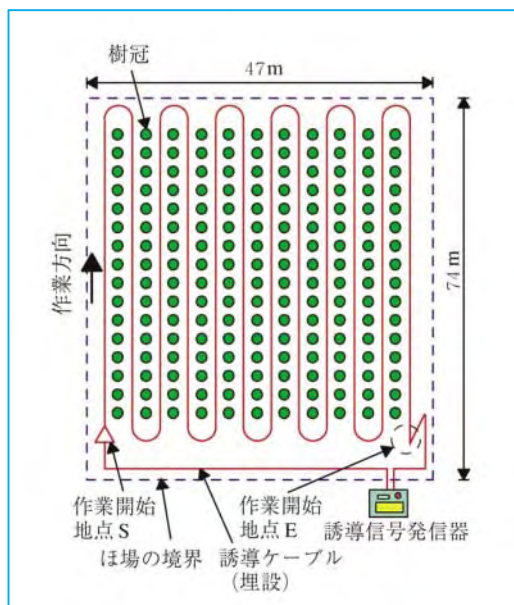
■果樹園無人スピードスプレーヤ

- ・ 1993年に市販化。
- ・ 無人走行の方式は、経路に電線を敷設する電磁誘導方式。
- ・ 障害物センサとして、超音波センサ、タッチセンサを装備。
- ・ ラジコン操作も可能。



無人スピードスプレーヤ
(ヤンマー農機, 生研)

誘導電線の敷設例



■防除ロボットーハウス内無人スプレーカ



シャトルスプレーカ (丸山製作所)



ロボットスプレーカ (共立)

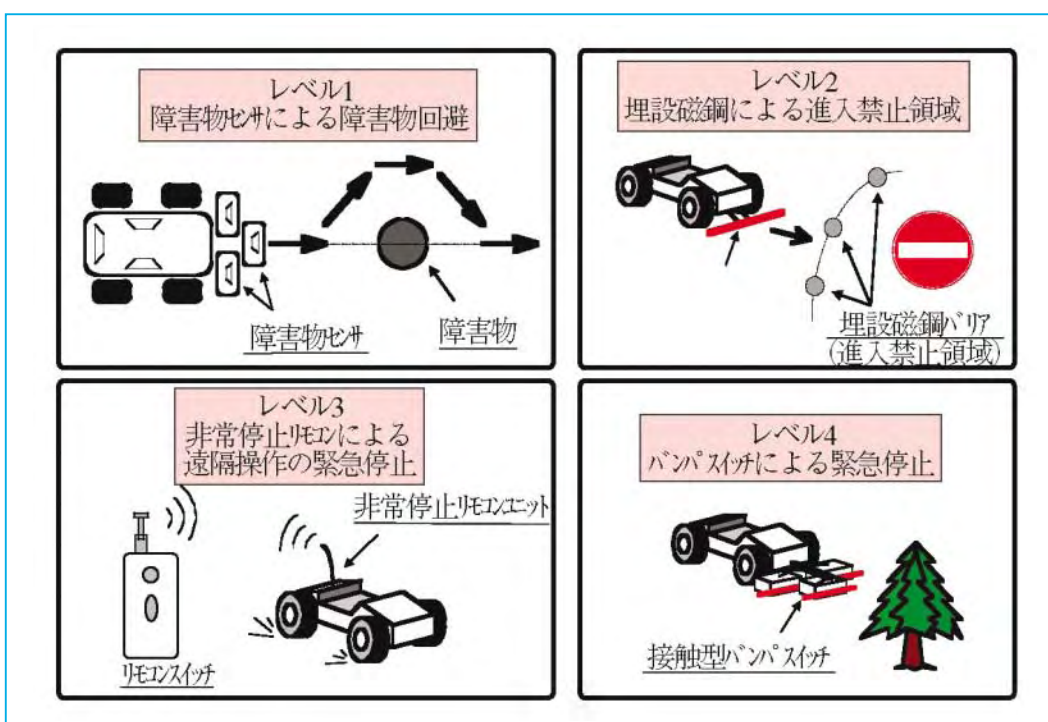
■ゴルフ場などの草刈りロボット

- ・市販草刈機ベース。
- ・無人走行の方式は、RTK-GPS+地磁気方位センサ+車輪回転。
- ・磁鋼を埋設しての位置制御も行う。
- ・障害物センサや無線非常停止機構を装備。



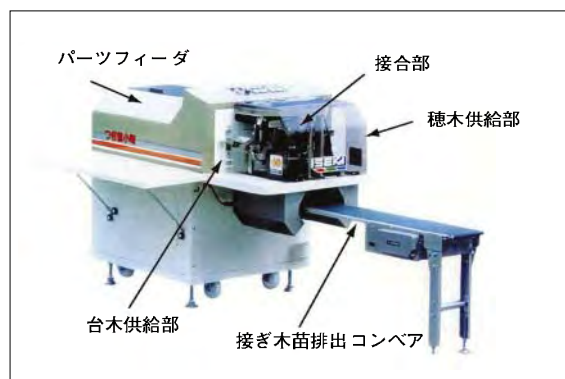
草刈りロボット（富士重工業）

草刈りロボットの作業安全システム



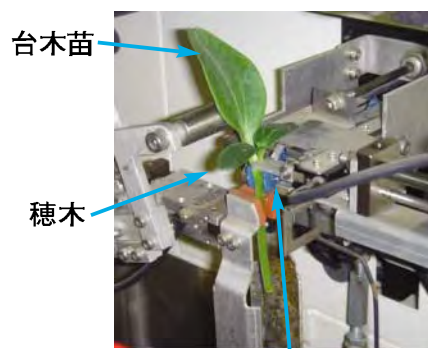
■ウリ科、ナス科苗の接ぎ木ロボット

- ・半自動タイプ(1993～)：穂木・台木を手供給
⇒ 接合部を切断、クリップ止め ⇒ コンベア排出
- ・全自動タイプ(1994～)
：セルトレイごと穂木、台木を自動供給
⇒ 全苗の接合部を切断、接合
⇒ 空トレイに接ぎ木苗を挿入・排出



半自動接ぎ木ロボット（井関農機，生研）

半自動接ぎ木ロボットの接合部と作業



接合クリップ

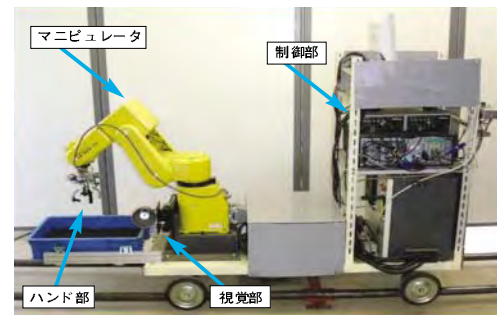


ヤンマー農機の全自動接木ロボット



■施設栽培トマトの収穫ロボット

- ・ステレオカメラにより3次元位置検出。
- ・6軸多関節型マニピュレータ+フィンガ開閉式ハンドによりトマト収穫。
- ・移動はパイプレール上を前後進。



トマト収穫ロボット（生研）

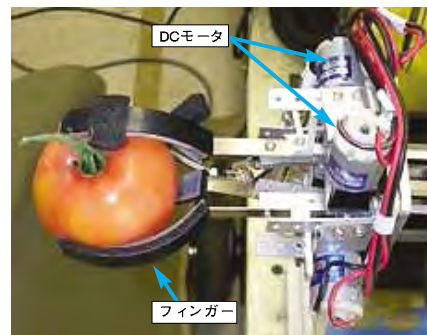
トマト収穫ロボットの視覚、ハンド部

視覚（検出）部



- 鏡面反射の利用によりトマトと背景の識別、個別の果実中心検出を、高精度実施。

ハンド部



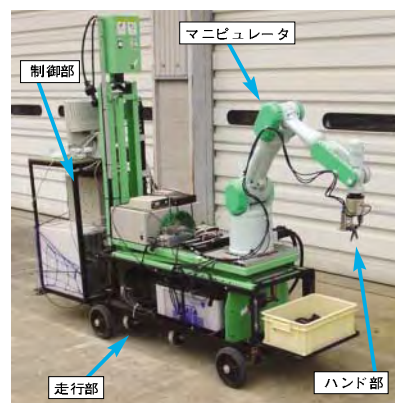
- 4フィンガー（4モータ駆動）により、トマトを把持・収穫。

岡山大学のトマト収穫ロボット



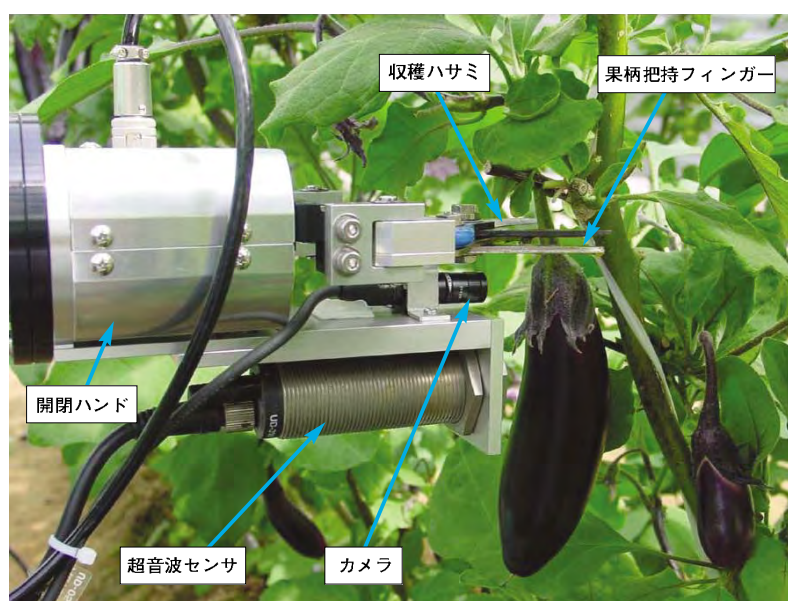
■ V字整枝栽培ナスの収穫ロボット

- ・カメラ+超音波センサにより果実位置検出。
- ・マニピュレータ先端の開閉ハンド（フィンガ、ハサミ付）によりナス収穫。
- ・走行部は電動作業台車。ロータリエンコーダ+リミットSWにより位置制御。



ナス収穫ロボット（野茶研）

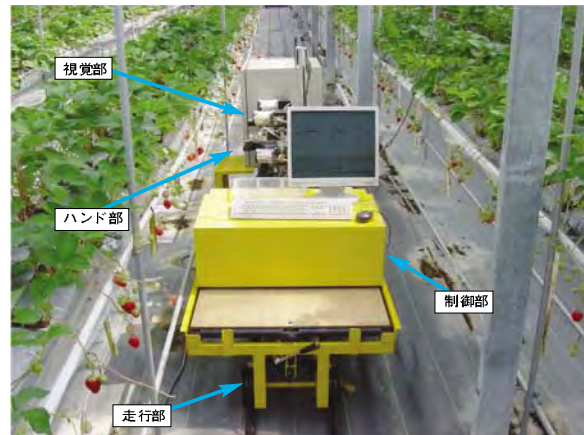
ナス収穫ロボットの視覚、ハンド部



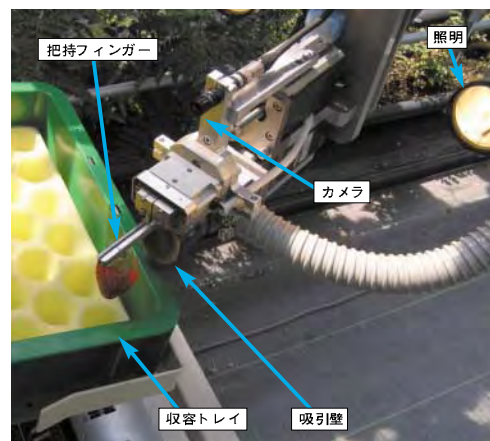
- カメラ画像と超音波センサにより果実に接近、開いたフィンガーとハサミを果柄部に入れ、果柄を保持、切断。

■高設栽培イチゴの収穫ロボット

- ・カメラ+照明により夜間に自動収穫。
- ・マニピュレータ先端のハンド(果実吸引壁+把持フィンガー)によりイチゴ収穫。
- ・移動はレール上を前後進。



イチゴ収穫ロボット (エスアイ精工, 生研)

イチゴ収穫ロボットの視覚、ハンド部

- イチゴの収穫は、果実を吸引壁により吸引・引寄せ、把持フィンガーで果柄を把持・切断して行う。

Ⅲロボット化技術の動向 ～主に車両系ロボットに関して

1

航法システム、センサ

①GPS

⇒ 低価格・高性能化、MSAS補正情報

②ビジョン誘導システム

⇒ ステレオ画像処理システム

③WEBカメラ

⇒ 小型・高性能・低価格化、通信の簡易化

④人・障害物センサ

⇒ レーザーレンジファインダーなど

2

コントローラ、通信

①汎用コントローラ

⇒ 汎用小型PCの高性能化、マンーマシンインターフェースの向上

②小型専用コントローラ

⇒ 農機用コントローラの高機能化

③情報端末、I/Oコントローラ

⇒ 市販機（Xanciaなど）、PICの活用

④CAN、情報・データ通信

⇒ 車両内、ロボット内情報通信への活用

Ⅳ今後の開発戦略 ～生研センターの開発

1

農用ロボット車両による農作業システムの研究・構築 ー 車両系ロボット実用化への取り組み ー

①ロボット農作業システムのモデル化

- ・ 実用化が可能なロボットの利活用モデル

②航法システムなどの共通化、汎用化

- ・ 航法システム、コントローラ、ミドルウェア

③各種ロボット作業の実証

- ・ 改良・開発ロボットによるモデルの実証

2

果菜類収穫ロボット開発への取り組み ー イチゴ収穫ロボットの開発・発展 ー

- 次世代緊プロ共同研究として、
ロボット・新技術開発企業との共同研究実施

①視覚・認識技術の開発

- ・ 夜間作業前提、熟度・着色度の判定技術

②マニピュレーション、ハンドリング技術の開発

- ・ 各種ハンド（エンドエフェクタ）の開発・試験

③栽培様式・システムの研究

- ・ 各地栽培施設での試験、実験用施設の建設

Ⅳ今後の開発戦略 ～課題と対応

1

車両系ロボットの展開と実用化

①低価格化

- ・ 共通航法システム、農機専用コントローラの開発・適用 など

②安全・信頼性の確保

- ・ 人・障害物センシング技術、遠隔監視・対応システムの開発、作業機制御の高度化 など

③利活用技術の確立

- ・ ロボット等の運搬方法や慣行作業との組合せの検討・対応、農場のインフラ整備 など

2

MP系ロボットの高度化

①検出・認識の高精度化

- ・ 収穫適期判定のためのセンシング（大きさ、色）

②ハンドリングの高性能化

- ・ 傷つきやすい軟弱物（農産物）の把持・搬送
- ・ ハンドリングの確実性、スピードのアップ

③栽培様式・システムの研究、提案

- ・ ロボット（収穫）動作に適した環境の構築、導入
- ・ 人との協調、協働作業体系の提案



参考・引用文献

- ① 松尾ほか：耕うんロボットの航法技術と作業性能（第1報）、農業機械学会誌、63（3）、2001
- ② 長坂：食料生産を支える農業ロボット、日本機械学会誌、106（1015）、2003
- ③ 戸崎ほか：誘導ケーブル式果樹無人防除機の開発（第1報）、農業機械学会誌、58（6）、1996
- ④（株）丸山製作所：シャトルスプレーカのカタログ
- ⑤（株）共立：ロボットスプレーカのカタログ
- ⑥ 窪田：草刈ロボット自律走行システムの技術紹介、計測自動制御学会誌、1998
- ⑦ 井関農機（株）：接ぎ木ロボットのカタログ
- ⑧ ヤンマー農機（株）：全自動接木ロボットのカタログ
- ⑨ 生研センター：平成16年度事業報告、平成17年度事業報告、2005、2006
- ⑩ 林ほか：V字型整枝されたナスを対象としたロボット収穫システム（第1報）、植物工場学会誌、15（4）、2003
- ⑪ 林：イチゴ収穫ロボット、農林水産技術研究ジャーナル、28（11）、2005
- ⑫ 農業ロボットⅡー機構と事例、近藤、門田、野口 編著、コロナ社、2006



ロボット化技術の現状と

今後の展望

東京工業大学大学院
機械宇宙システム専攻 広瀬茂男 氏

内 容

- ヘビロボットの研究
- 歩くロボットの研究
- クローラ型ロボットの研究
- 地雷探査ロボットの研究
- ロボット設計論
- 未来のロボット化社会について

ヘビロボットの研究

1

Why snake?



Leg



Hand



It acts as
leg, hand, and
trunk



In spite of its
simple shape,
snake has
versatile function.

↓
Snake is ideal
source of
inspiration for the
design of
new type of
versatile robots!

Snake-like robots can be:



Active Rope



Active Endoscope

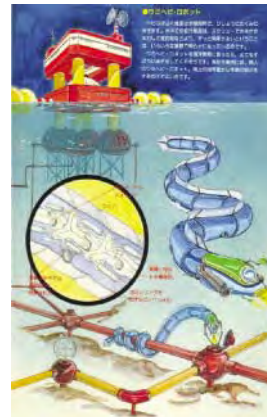


Off-the-road Vehicle

Snake-like robots can be:

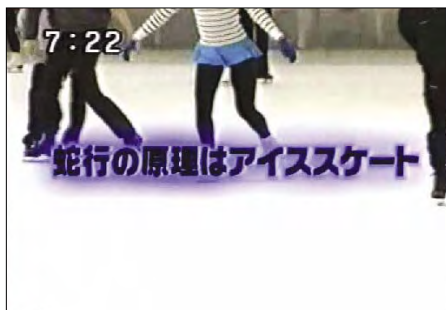


Active hose



Active hose

Similarity of snake locomotion and ice-skating



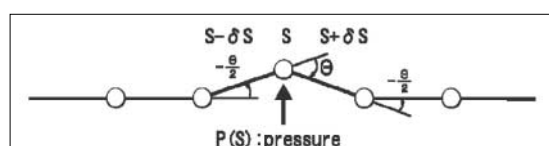
ACM III



ACM R1



Object grasping terrain adaptive motion of ACM III using multiple tactile sensors



Lateral Inhibition Control



Spec.(21 units)

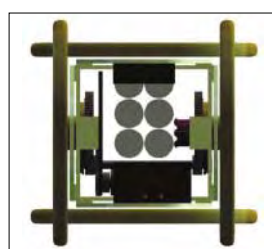
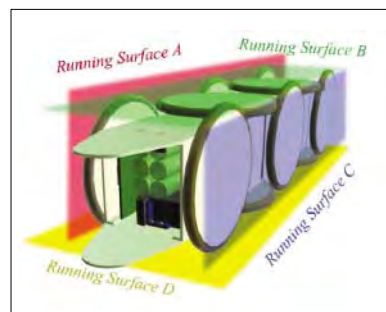
D.O.F.:20

Length:1755[mm]

Width:110 [mm]

Height:110 [mm]

Weight :12.1[kg]

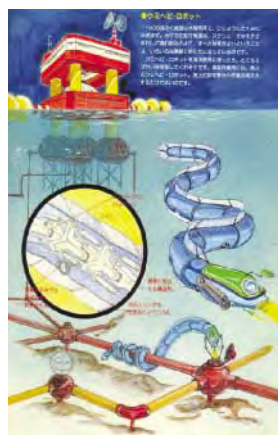


A cross section

Concepts:

- 3D mobile Active Cord Mechanism
- Wide application for disaster relief
- Platform of 3D mobile snake-like robot For TITech/COE Super Mechano-Systems project and all snake-like robot researchers
- Wheels wrap the body overall
 - Units have frictional characteristics as snake skin
 - Units can move narrow space

Development of Swimming Snake-Like Robots



Previous Experiment at the Swimming Pool of Tokyo Tech. April 23, 2005

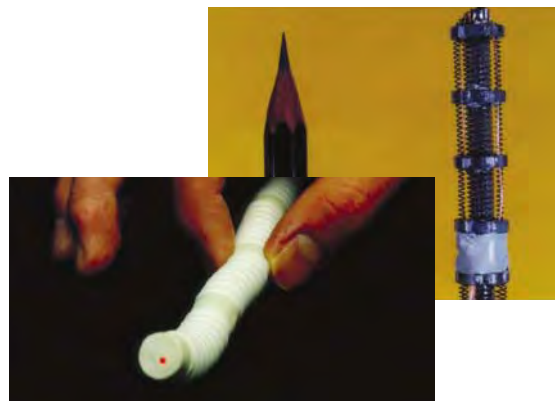


Swimming Snake Robot





低侵襲性医療 Active Endo-scope



蒼龍1号機 Souryu I Snake robot designed for rescue operation



蒼龍3号機 Souryu III



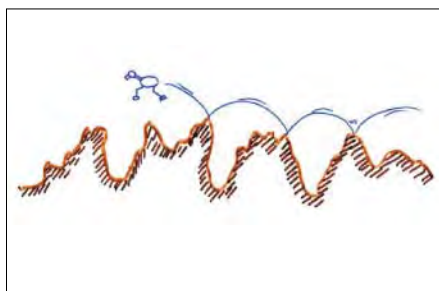
蒼龍5号機 Souryu V



歩くロボットの研究

1

クモ Spider



ザトウグモ Spider with long legs

地球上の陸地の半分は通常車では近づけないような荒地である。このような環境を環境を破壊しないように近づける移動手段を開発することは第2の地球を作ることに匹敵する。

About half of the land on earth is said to be inaccessible by normal wheeled vehicle.

Walking machine will greatly enlarge the area of human activities.



建設機械ももしも歩いて現場に入り込めればもっと作業性が上がる。

Walking construction machine will move around on rugged terrain.



ブリュッセル市で散歩しているときに
見たはしご車（補助脚がついている）

Retractable ladder vehicle with
articulated outrigger



2

歩行ロボットの最適な足の数 Optimum Leg Number of Walking Vehicle

- 機構は出来るだけ単純なのがいい
Mechanism should be simple and lightweight
 - ➔足の本数は少ないほどいい
Smaller the Better
- ゆっくりと動いても立っていられる安定性が欲しい
Capable of statically stable walk
 - ➔4脚以上が必要
More than Four

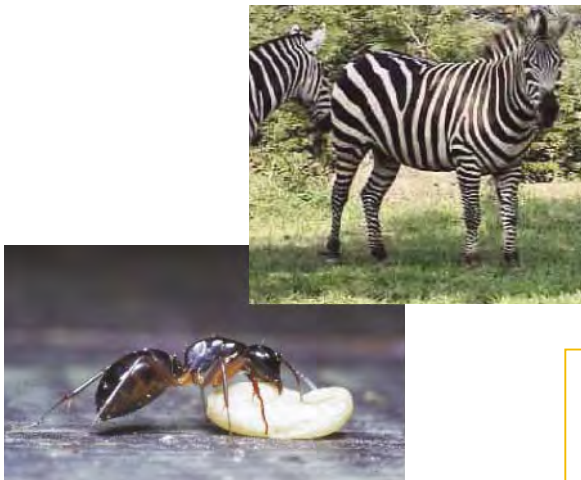
4脚歩行が最適 Quadruped is Best



KUMO-I

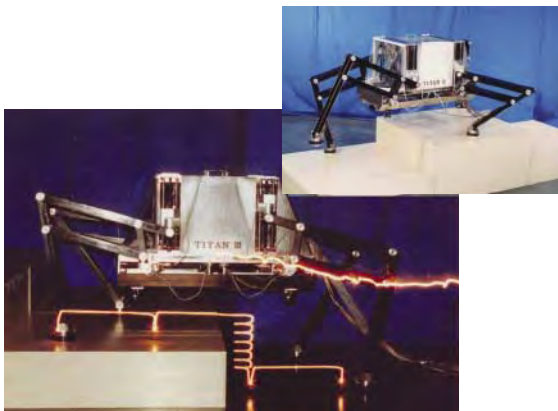
3

動物の足の太さはサイズが大きくなると太くなっていく Thickness of the leg decreases in proportion to the size



$$\begin{aligned} \text{力 } \text{force} &\propto L^2 \\ \text{重さ } \text{mass} &\propto L^3 \\ (\text{力/重さ}) \text{ (mass/force)} &\propto L \end{aligned}$$

タイタン3号機 TITAN III



羊の荒地での歩き方の研究
Terrain adaptive walking of goats



巨大歩行ロボットの研究



アダプティブサスペンションビークル
Ohio State University 1983

人手で行われている土砂崩れを防ぐ土木工事を歩行ロボットでやらそう Quadruped Walking Robot for the Construction Operation on Steep Slope



タイタン11号機 TITAN XI Weight 7 ton



TAQT Carrier



Developed in cooperation with
Takaoka Manufacturing Co. Ltd.



The robots developed as the reaction of JCO ccident (2001)



Criticality Accident at the Uranium Conversion Facility occurred on September 30, 1999 in JCO Co. Ltd. Mitsubishi Heavy Industry designed manufactured MARS, where two of my patents used for the HELIOS were licensed.

Leg crawler hybrid robot HELIOS VII



東工大発ベンチャーのハイボット（株）とトピー工業で商品化した。HiBot Topy Crawler



地雷探査ロボットの研究



地雷探知除去(Demining)



Hostile Conditions of the mine field



Three Levels of Demining Operation

■Level 1 Survey

戦闘記録、住民からの聞き取り調査、空中からの探査、
Archive, Hearing of the inhabitant, Survey from the air

■Level 2 Survey

金属探知機、地雷犬などによる探査
Survey by Metal detector, Mine dog
重機による爆破撤去（2、3割の取り残しがある）
Detonation by frail, cultivator and so on (20 to 30% are left)

■Level 3 Survey

金属探知機、地雷犬などで反応のあった場所に埋設されている物体の側面の土を取り除き、鉄屑か、地雷かUXOかを判別する目視検査
Visual inspection by taking off the soil just side of an object detected by metal detectors and/ or mine dogs.

最終的には火薬を地雷・UXOの側面に置いて一定期間ごとに爆破する。

As a final operation, detonator is placed side of the mine or UXO and blow them up in regular interval.

■Level 2 Survey FLAILS (からざお)



ARDVARK
Demining Flail



Early Flail



Enhanced Tele-Operated
Ordinance Disposal System
(ETOD)-Bosnian

■Level 3 Survey Manual Sensing and Prodding Operation (Afghanistan July, 2002)



2

地雷撤去における重大な作業 Crucial Operations in Demining

■植生除去 (Removal of the Vegetation)

Most of the Land (e.g.Cambodia)

80%of operation time is used for this task

Very dangerous

■手作業による土砂除去検査 (Level 3 survey)

Deminer should work just beside the mine.

Delicate and boring task (Only 1 out of 1000)

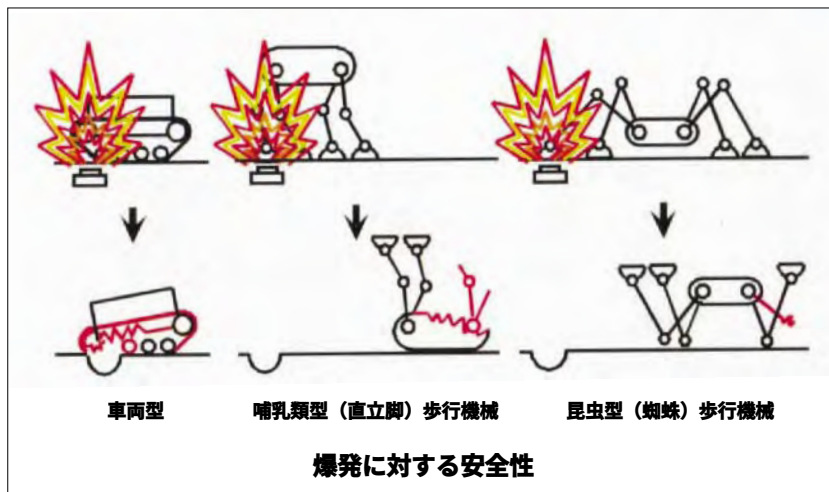
Very dangerous

My first idea
Insect type walking and handling
robot would be useful for the
Demining Task

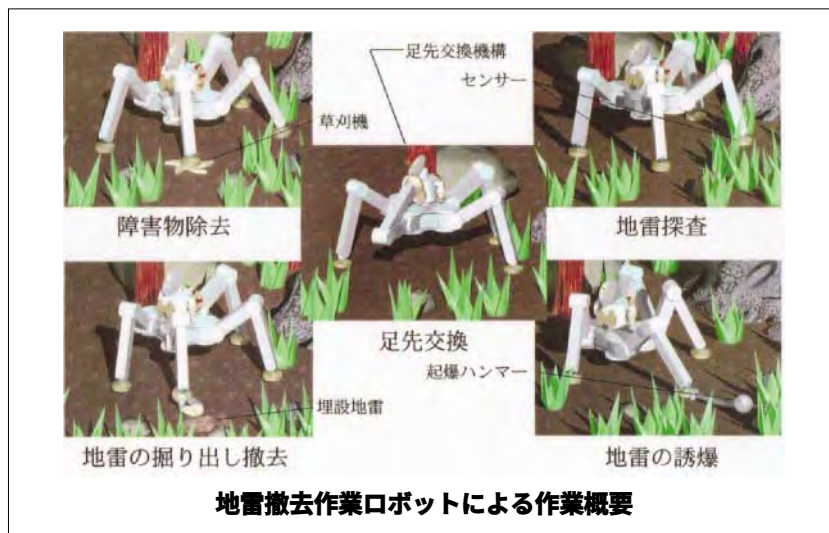
The first paper in Japan to discuss about the possibility to apply robotic technology for humanitarian demining

広瀬茂男、加藤恵輔、米田完：地雷撤去作業を行う作業型4足歩行ロボットの開発、第14回日本ロボット学会学術講演会予稿集、pp.305-306 (1996)

Advantages of the Insect- type Multi- legged Walking Robot



In the case of walking robot,
legs can be transferred as powerful hand for demining operation



3

Support of Afghanistan Reconstruction

アフガニスタン復興支援東京会議

Tokyo Convention Jan.2002

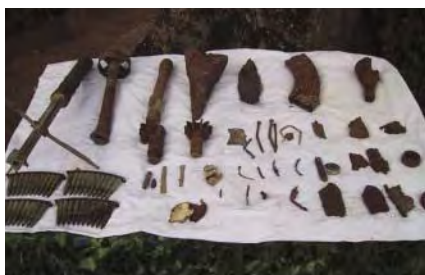
科学技術振興事業団 戦略的創造事業本部
(JST Project)

Mine in Afghanistan-State of the art No
National Survey

- 150—300 Victims/Month
- 50 %UXO's



Mine Field in Thailand at the border of Cambodia (March, 2002)



Metal objects buried in the mine field of Thailand



Training of Mine Dog in Thailand



Calibration of Metal Detector before task (Thailand)



From Islamabad (Pakistan) to Kabul (Afghanistan) July 13,2002



**Kabul Airport
Many destroyed airplanes are observed.**



A marketplace in Kabul



Campaign to go to school



Damage of back hoe after the blast of anti- personnel mine



Campaign to go to school



BLU cluster munitions site



Bagram (North of Kabul)



Damaged shield shown at the HALO trust Afghanistan

Given conditions

Limited developing time (by 2005- 2007), Limited funding,
Robustness, Easiness of Maintenance, Easiness of
Operation for deminers, Assist not replace the deminers

We decided to use off- the- shelf
product as much as possible

Buggy Vehicles

YAMAHA KODIAK(\ 0.7 million)

Walking Robot(\ 100 million ??)



Gryphon I (Breeze with Field Arm I)



Metal Detector for the Field Arm

- CEIA MIL-D1 RS-232C出力オプション付き ￥654,000
- MinelabF1A4 RS-232C出力オプション付き ￥429,000

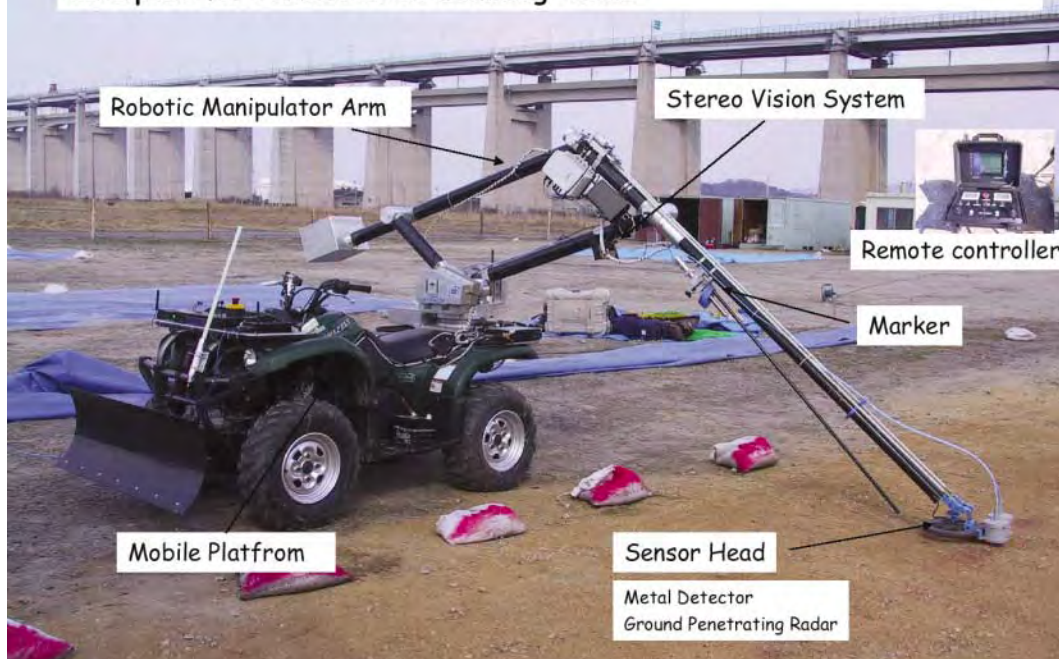


CEIA is most widely used among the deminers of the
Afghanistan



GRYPHON:

Teleoperated Buggy Vehicle and Weight Balanced Arm System
developed for Humanitarian Demining Tasks



Experiment in Kagawa Prefecture



Croatia Bankovac 2006.2
Croatian Mine Action Center-Center for
Testing, Development and Training



Cambodia Siem Reap
CMAC mine test site visit
Nov. 18- 23, 2006







ロボット設計論

ロボット工学は目的達成学である。

Robotics is objective attainment study.

目的を達成するには、目的達成のためのあらゆる手段を探り最適解を探索し続けることが必要である。

目的達成のためには、ロボット設計者は
その「形態」の選択権を持たなければならない。

1

昔のエンジニアがロボットを作ろうとしたら？

■改札作業の自動化

ヒューマノイドによる切符切り動作、切符の内容の認識



■洗濯作業の自動化

しみの認識、力制御による選択、すすぎ動作、運搬して棒に干す



■アイロンがけの自動化

力制御によるアイロンがけ動作



形状記憶繊維による
アイロンがけ
不要衣服の開発

■中村哲 Tetsu Nakamura

He is the doctor working in Afghanistan, but since he found that the shortage of the water causes most of the diseases, he studied civil engineering and started to make canals for the Afghanistan people.

■【略歴】

ペシャワール会現地代表PMS(ペシャワール会医療サービス)総院長

1946 年福岡市生まれ。九州大学医学部卒。

専門＝神経内科(現地では内科・外科もこなす)。

国内の診療所勤務を経て、1984 年パキスタン北西辺境州の州都のペシャワールに赴任。ハンセン病を中心としたアフガン難民の診療に携り現在に至る。

■著書

『ペシャワールにて』『ダラエ・ヌールへの道』『医は国境を越えて』『医者井戸を掘る』『辺境で診る辺境から見る』(石風社)

『アフガニスタンの診療所から』(筑摩書房)

『ほんとうのアフガニスタン』(光文社)

『医者よ、信念はいらないまず命を救え!』(羊土社) など



山岳部で診療する中村医師



用水路試通水時に
通水の様子を見守る中村医師

2

Humanoid Robotへの批判

1. マシンデザインにおいては、制約条件は少ないほど良い。人間型という制約の基ではまともなマシンは出来ない。
2. 人の形態は必ずしも最適ではない。
3. 技術進化の自然な流れに合わない。
4. 擬似人間（ヒューマノイド）と「共存」しているという本物の普通の人の未来の生活に、生きがいが感じられない。

1. マシンデザインにおいては、制約条件は少ないほど良い。人間型という制約の基ではまともなマシンは出来ない。

- ・マシンデザインは、数多くの制約条件下で、複数の希望条件を最大化していこうとする最適化問題である。
- ・人間型という制約条件は、ほとんどの解を排除する。

2. 人の形態は必ずしも最適でない。

- 人間は発生学的制約を受けた形態をしている
魚→4 足獣→人間
cf.人間の背骨がS 字型なのは4 足獣が無理やり直立したため
(椎間板ヘルニアの原因)
- 使用される素材、部品がまったく異なる

HRP project 1998~2002

Did the project produced any practical applications?
Not Yet. It is used only for entertainment
not for real application

Typical excuse of humanoid researcher

ロボットを人間のそばに導入するには人間型が適する。
(階段は2 足用に開発された。)
(機械より人間型しているほうが心理的に安心できる)
Humanoid shape is suitable if we want to introduce the robot in human society.
(Staircase is introduced to adopt biped walking.)
(From psychological viewpoint,human figure looks more reliable than machine-like machine.)
人間型ロボットを研究することは人間を理解することに役立つ。
Humanoid study helps to understand ourself.
(Analysis by synthesis)



3. 技術進化の自然な流れに合わない。

形態は変化し続ける

- 自動車・・・・・・・・馬
- 飛行機・・・・・・・・鳥
- 旋盤・フライス盤・・・・人の手

技術の「守破離」

■技術進化の自然な流れ(技術進化の同時性)

技術は全体として発展してゆく。ロボット技術だけが発展するのではない
(Technology advances in total. Robotics alone would never be advanced.)

ヒューマノイドが完成したとき、旧式な今のマシンや道具をヒューマノイドが使用することにはならない

When humanoid developed, all the machines are also developed and robot will not use old- fashioned machines or devices.



未来社会はすべてのマシンがロボット化しユビキタスロボット社会が出現するであろう。

All the machines will be evolved into “robots” and “ubiquitous robot era” will emerge in future robotic society.

Total Recall



Which car sells better, the car with humanoid driver or intelligent car without driver?

The Age of Robotless Robot 1995.1.



4. 擬似人間（ヒューマノイド）と「共存」しているという本物の普通の人々の未来の生活に、生きがいを感じられない。

- 若者は未来のロボット化社会で何を職業とし、何を生きがいとし、何にプライドを感じ、生きていくのか。
- スーパーのレジ係、店員、スポーツのインストラクタ、お手伝いさん、家庭教師、スチュワーデス、ケーキ屋さん、花屋さん、・・・こんな職業がロボット化されたとき、天才以外の普通の若者はどんな職業に就職するのか。

未来のロボット化社会について



経済産業省「次世代ロボットビジョン懇談会」報告書平成16年4月

「2005年にロボットがいる生活」ショートストーリー

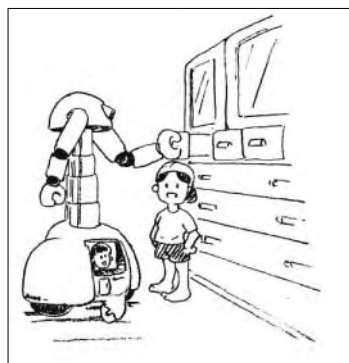
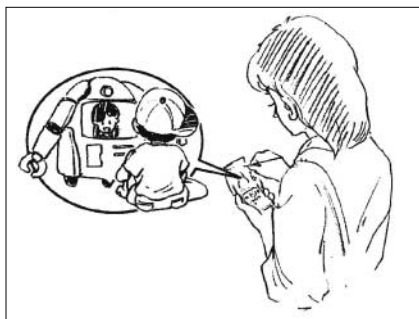
ロボットの利用は幅広い分野に渡ることから、一般的な利用形態を具体的にイメージすることは困難である。そこで生活の一部切り出し、ショートストーリーとして2005年に考えられるロボット利用について具体的な提案を示すこととする。

(1) ショートストーリー（家事、育児支援）「職場の母と学校帰りの息子」

今日は出先での会議が長引いてしまった。会社に一端寄ってから帰宅しなければならないため、帰宅時間が遅れそうだ。会社に戻る途中、ポケットのモバイルコンピュータのアラームが鳴った。画面の別のウィンドウが開き、その中には、なじみのある自宅の玄関が映っていた。自宅のドアが開くと家にあるホームロボットが検知し、モバイルコンピュータや携帯電話に知らせる仕組みになっている。

「あら、誰が帰ってきたのかしら。」息子のトモキがドアを開けて靴を脱いでいる映像が映っている。モバイルコンピュータを使い、ロボットを通して「お帰りなさい。」と声をかけると、素っ気なく「ただいまあ」とロボットの横をすり抜けとっとと部屋に入ってしまった。

モバイルコンピュータから音声指示によってロボットを操作し、玄関をのぞき込むと、案の定、無造作に靴を脱ぎ捨てている始末だ。「こら！トモキ！靴を揃えなさいといつも言っているでしょ！」ロボットを通じて、トモキをしかると、渋々「はい」といって靴を直しに戻ってきた。よく見ると服が泥だらけじゃない。「トモキ、どうしたの？」と聞くと、「学校の帰りに友達と水たまりで遊んでいたから、ひっくりかえっちゃった。」といけしやあしやあと答えている。怒りを抑えつつ、「さっさと汚れ物を洗濯機に入れて着替えておきなさい。」「ママはまだ仕事が残っているから、ちょっと遅くなるね。」と、モバイルコンピュータとロボットとの通信を閉じた。



しばらく仕事をしていると、再度アラームが鳴った。「あら、またトモキから？」ウィンドウをのぞき込むと、膝から血を流している息子が映った。

トモキが膝をロボットに向けながら「やっぱりケガしてた。ママ、薬箱にバンソウコウがないよ。どこにあるの？」ロボットを操作し、薬箱の中をうかがうと確かにバンソウコウがない。「あれ、どっかに買って置いておいたわね。」ロボットを動かしながら、部屋を見回し、気になる戸棚の引き出しを開きながら探してみた。ロボットは簡単なハンドが付いているのでたいていの引き出しは開けることができる。

ふと、「あ！そうだった。昨日の買い物袋に入れたままだった。」と思い出した。部屋の隅に落ちている買い物袋を確認し、拾い上げてみると確かに昨日買ったバンソウコウが入っていた。「ほらトモキ、この袋に入っているわよ。」とロボット

を通じて教えると、袋からバンソウコウを取り出し、息子は満足気にバンソウコウを膝に貼り、早々にテレビゲームに興じてしまった。「ママはもうすぐ帰るから、ちゃんと留守番しててね」と息子の背中に声をかけ、そのまま通信を切った。

「最近、仕事場に居ながら子供の状況がわかり便利になったものね。ほとんど家に居るように子供と接することができるから、安心できるわ。ご飯も電子レンジでできるものならロボットでできてしまうし。でも、ご飯ぐらいはちゃんと作ってあげなくっちゃね。さて早々に仕事を切り上げ帰りましょう。」と会社に急ぐのであった。

(2) ショートストーリー2 (余暇の充実)「ゴルフ練習場にて」

来週はゴルフのコンペだ。最近めっきりゴルフをしてないため、多少なりとも練習場でボールを打っておかないとさんざんな結果になりそうだ。なじみのゴルフ練習場に行くと、なにやら隅にクラブを持ったロボットが置いてあった。それもヒューマノイド型のロボットじゃないか。練習場のオーナーが話しかけてきた。

「やあ、久しぶり谷川さん。」

「オーナー、これなんだい。ロボットにゴルフでもやらせる気？」

「これを使ってフォームをチェックするんですよ。そこのカメラがセットされているスペースで実際にボールを打ってみてくださいよ。」

言われるままにボールを打つと数台のカメラが自分のフォームを撮影している。打ったボールは大きく弧を描き右にスライスしていった。

「右肩が落ちるからフェースが開いてスライスになるんですよ。」

オーナーがフォームを見ながら、なにやらそばにあるコンピュータを操作すると、いきなりヒューマノイドロボットが動き出し、なんとボールを打ち出した。「ほら見てご覧なさい。これが長谷川さんのフォームだよ。」

なんとカメラで取得した立体的なフォームの動きを解析し、その情報を基にロボットが再現しているらしい。確かに右肩が下がっているのがわかる。また、打ったボールもほぼ同じような軌跡を描き右にスライスしていった。

「すごいもんだね。まったく同じに再現できるんだ。」

更にオーナーが続ける。「これで、右肩が下がらないようにロボットの動きを制約させてみましょう。ほら」次にロボットが打ったボールはまっすぐに飛んでいった。

「このロボットをコースに持っていったら、プロにも勝てますよ。」

得意げにオーナーが自慢する。

「でも、パットは難しいと思うよ。グリーン芝目までは読めないだろ。」

「芝目を読むことまでは無理ですけど、このロボットにレーザー変位センサーを組み込めば、グリーンへの傾斜角をコンマ数度の精度で計測できますよ。それを使えばパットもかなり正確に打てますよ。」

「確かにゴルフは止まっているボールを正確の打つスポーツだからロボットには得意だろうね。」

「その内、どのスポーツも人間はロボットに勝てなくなりますよ。」

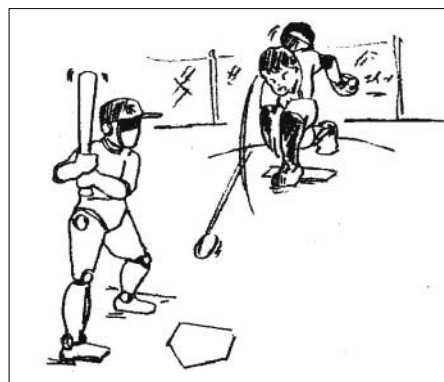
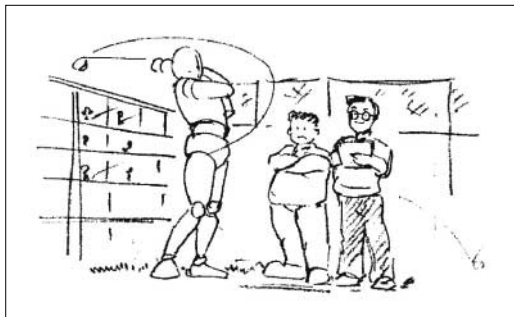
「どうかね。テニスなんか難しいと思うよ。」

しかし、25年後にはサッカーで人間対ロボットの試合が計画されているようだし、あながち冗談とも言えないかなと思いつつ、

「やっぱり人間同士で勝負するからおもしろいのさ。とりあえず、このロボットはキャディとして次のコンペに連れて行きたいね。」

☆☆☆最近のゲームでは、このようなロボットとの対戦が多いようだ。子供の頃に、ゲームセンターで腕相撲の勝負をするゲーム機があり、「横綱」「大関」といったレベルを選んで勝負した記憶があるが、ここ最近では、どんどん高度になり、プロのバッターのフォームだけでなく、得意なコースや苦手なコースの情報を入力したロボットに対して、ピッチャーとして挑戦するゲームなどもあるそうだ。昔のように、テレビゲームのようなバーチャルな世界だけで楽しむのではなく、ロボット相手だが、現実の世界で体を使って楽しむ遊びに戻ってきたのかな。☆☆☆

ぼんやりと昔のことを思いつつ、熱心にロボットのフォームを見ながら素振りをしている自分がいた。



2

老人介護ロボットについて

老人ホームで、老人がいつも同じことを繰り返し喋るので、それを辛抱強く聞いてくれるロボットが欲しい！

それではどうするか



1. いわゆる3K指向のロボットの開発(原点復帰)
2. 新しい遊び,スポーツの創成
3. 新しい価値観の創成(人間的なものの再評価)
4. 日本は世界の消防国家へ

1. いわゆる3K(きつい、汚い、危険な作業)指向のロボットの開発

- ・「知能化された道具(Intelligent Tool)」としてのロボットの開発
- ・地球温暖化など地球規模の環境制御を行うロボット
- ・電力・ガス・上下水道・発電施設などの社会インフラの管理維持ロボット
- ・医療・福祉の支援、災害時の人命救助、人道的対人地雷の探査除去ロボット

ロボットとは何か

- ・「Robot」は1920年にチェコのカレルチャペックが書いた戯曲の中で「Robota(労働、苦役)」という言葉から言葉である。
- ・日本の作家が作ったら「仕事」をもじって「仕事ット(Shigot)」と名づけたかもしれない。
- ・人間や動物の形をしたペットだけがロボットなのではない。
- ・ロボットは人の役に立つ「仕事」をしてくれるものである。

2. 新しい遊び,スポーツの創成

労働の歴史



肉体労働

知的労働

肉体労働

- ・ 太古の時代からの生産手段
- ・ 産業革命での動力機械の導入により生産手段の中核の座を失った
- ・ 非適合者が発生し悲劇を起した
- ・ しかし、社会の富は蓄積された
- ・ 肉体労働の新しい活路が求められた



スポーツの発見！！

市場規模 (1996年資料)

産業用ロボット	5,000 億円
プロ野球	1兆円
ゴルフ	2兆円

知的労働

- ・ 近代の主要な生産手段
- ・ 現在進行中の知的産業革命で生産手段としての意義を失いつつある
- ・ 非適合者が発生し悲劇を起しつつある
- ・ しかし、膨大な富が社会に蓄積されている
- ・ 知的労働の新しい活路を見つける必要がある



知的スポーツの発見！！

知的スポーツとは → 鍛錬を伴う遊び

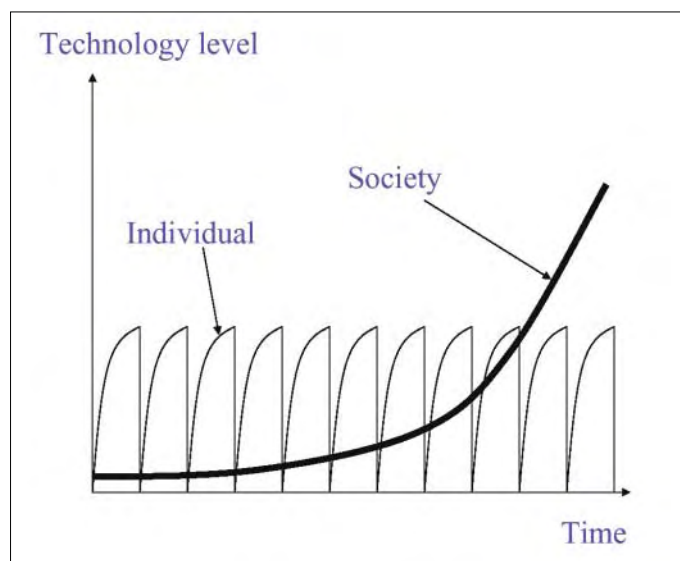
最適例→ロボットコンテスト

- ・ 感情移入できる。
- ・ メカニクス、エレクトロニクス、コンピュータなど現代の主要科学技術がすべて含まれる。
- ・ 創造性が育成できる。

■知的スポーツと知的運動場導入の効果

- ・ 一般人に対して科学技術に興味を持たせることが可能となり、遊びを通して技術を容易に次の世代に伝承できる。
- ・ を媒体とした、世代間の交流を生み出せる。
- ・ 知的労働の新しい方向性を創り出せ、新たな雇用を創生出来る
- ・ 企業活動＝生産、という図式を打破でき、無駄な生産競争を緩和しながら地球環境を守ることが出来る。

Technology Transfer



機械創造 機械宇宙学科 3年生 大道芸ロボット大会



Lancer Robot Contest



3. 新しい価値観の創成（人間的作業の再評価）

- ・写真の発明が、写生技術を記録技術から芸術に変えた。
- ・老人を介護すること、子供の教育をマンツーマンで行うこと、などの高い価値を置くようにする社会的認識の普及（認定制度、など）を行う。

4. 日本は世界の消防国家へ（サンダーバード部隊の創設）

- ・世界中の災害に、迅速に対応して機器人員を派遣するサンダーバード部隊を国家的事業として行う。（アメリカ→世界の警察、日本→世界の消防）
- ・それに関する訓練を若者に施し、規律と誇りを与える。（新徴兵制の導入）



まとめ

■現在開発中のロボットの紹介を行った。

■未来のロボット化社会への提案

- ・ロボットが陰になり社会を支える世界を作ろう（縁の下の力持ちロボットの構築）
- ・ロボットで遊び、ロボットを自ら創造できる環境を作ろう
- ・人間同士が人間的に触れ合える社会を作ろう
- ・日本が世界のサンダーバード基地になろう

新技術セミナー

平成18年3月

進展するロボット化技術と 農業機械の開発・改良

編集・発行 新農業機械実用化促進株式会社

〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目12番3号 翔和内神田ビル3F
TEL 03-3233-3834 FAX 03-3233-3800

ホームページアドレス：<http://www.shinnouki.co.jp/>

Eメールアドレス：shinnouki@gol.com