

社会で求められるロボット技術と その社会実装における課題

東京大学 国際高等研究所 東京カレッジ
浅間 一

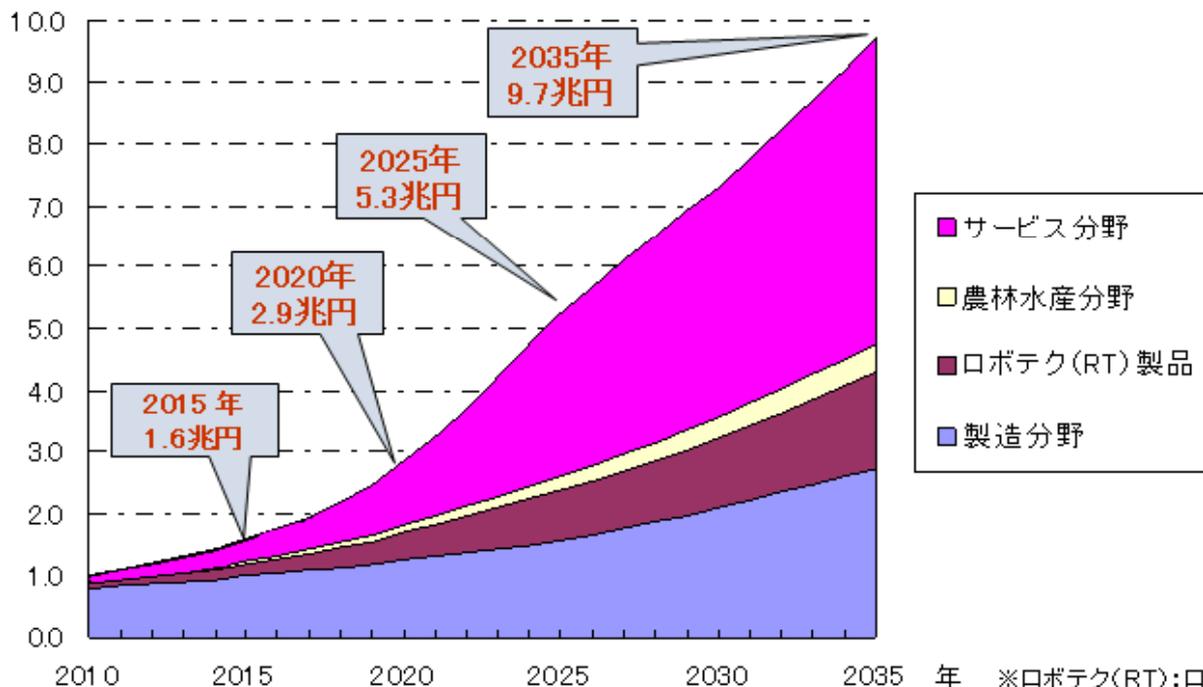
<http://www.robot.t.u-tokyo.ac.jp/asamalab/>
asama@robot.t.u-tokyo.ac.jp

RT(Robot Technology)による 新産業創造

2035年に向けたロボット産業の将来市場予測

2035年までのロボット産業の将来市場予測 (NEDO/METI 平成22年4月23日発表)

兆円



パーソナルサービス
医療(含手術, セラピー),
介護(含福祉用),
警備, 掃除, 案内, 教育,
アミューズメント, 娯楽, 等

パブリックサービス
メンテナンス,
災害対応,
建設・土木,
農業・林業,
地雷探査・除去, 等

製造業を始めとした現在市場が形成されている分野の成長に加え、サービス分野を始めとした新たな分野へのロボットの普及により、2035年に9.7兆円まで市場拡大し得る。

RT (Robot Technology)とは

- 「センサ」, 「知能・制御系」及び「駆動系」の3つの要素技術があるもの(ロボット政策研究会, 経済産業省)
- センサ, 知能・制御系, 駆動系の3つの技術要素を有する知能化した機械システム(ロボット大賞, 経済産業省)

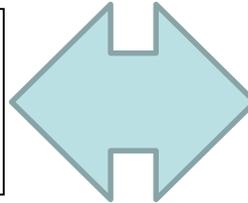
ICT Information & Communication Technology	RT Robot Technology
情報環境(仮想世界)における情報処理・通信技術	物理環境(実世界)における検知・計測・認識・制御・動作・作業などの技術を含めた総合技術
情報処理デバイス, その周辺デバイス, 通信ネットワーク, ソフトウェアなどから構成される	センサデバイスやそれによる検知・計測・認識ソフトウェア, アクチュエータなどのデバイスやその制御ソフトウェア, それらを統合した移動, 搬送, マニピュレーションシステムとその動作ソフトウェア(含ミドルウェア), それらのメカトロニクス要素技術・システム統合技術などを含む。 実世界での物理的インタラクションが重要で, 実時間性や力・エネルギーなどダイナミクスを考慮する必要がある。

ロボット vs ロボット技術 (RT)

センサ, 知能・制御系, 駆動系の3つの技術要素を有する智能化した機械システム (経産省)

ロボット

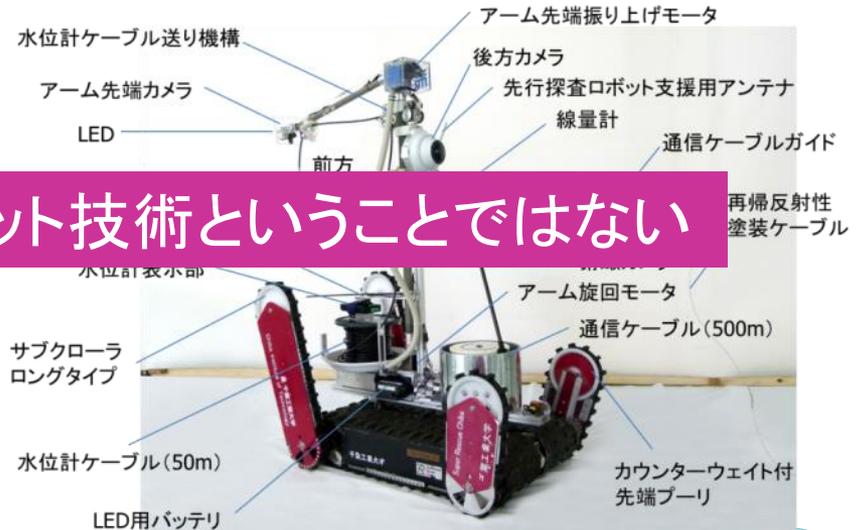
作られた動く機械



ロボット技術

ソリューション技術
システム化技術 (≠要素技術)
作業ニーズに応えるシステムを
設計・構築する技術
含環境構造化・環境知能化

ロボットを開発するのがロボット技術ということではない



人共存ロボティクスが求められる場面 (開発者やユーザとのインタラクション)

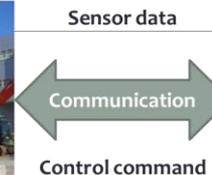
- 協働ロボット
- アシストスーツ
- 手術ロボット
- 介護支援(介護者, 被介護者)
- セラピーロボット
- 遠隔操作
- 自動運転
- サービスロボット
- VR, 他



Walking Assist Device 2013.05.28



Machine



Operator

人共存ロボットに求められる機能

- ユーザとの共存
 - ユーザとの物理的インタラクション
 - 力学的支援, 共同作業, 安全, I/F
 - ユーザとの情動的インタラクション
 - 情動的支援, コミュニケーション, 可視化, I/F
 - 役割分担
- 第三者との共存
 - 安全・非干渉(邪魔にならない)
 - 衝突回避

新型コロナウイルス対策のための ロボット技術のニーズと導入事例

感染を予防するために制約されていること

- 人同士の**接触**
- 3密
 - 密閉空間
 - **密集**場所
 - **密接**場面



ロボット技術のニーズ

新型コロナウイルスの集団発生防止にご協力をお願いします

3つの**密**を避けましょう!

①換気の悪い**密閉空間** ②多数が集まる**密集場所** ③間近で会話や発声をする**密接場面**

新型コロナウイルスへの対策として、**クラスター(集団)の発生を防止することが重要です。**
日頃の生活の中で3つの「密」が重ならないよう工夫しましょう。

3つの条件がそろう場所が**クラスター(集団)発生のリスクが高い!**

※3つの条件のほか、**共同で使う物品**には消毒などを行ってください。

首相官邸 Prime Minister's Office of Japan 厚生労働省 厚労省 コロナ 検索

ロボット技術のニーズ

人同士が接触せずにサービスを提供する

- 直接的ニーズ(医療)

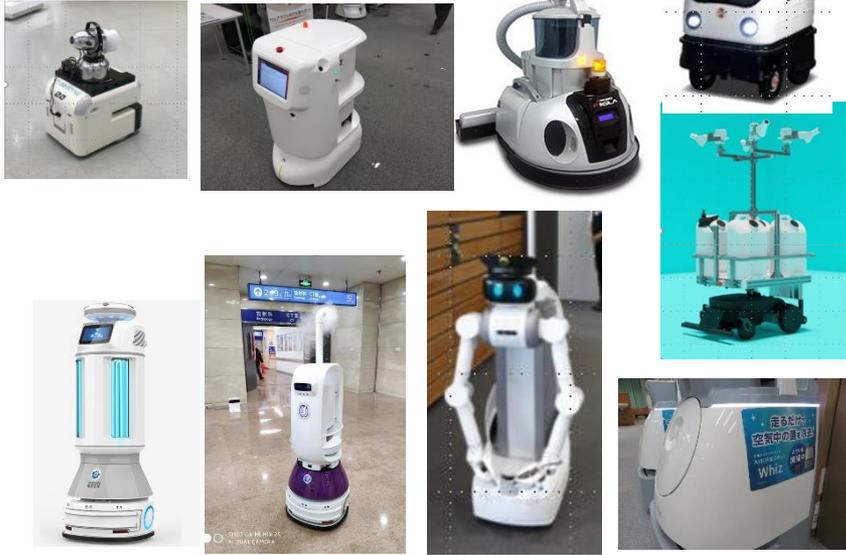
- 延命措置, 治療
- 検査
- 患者の搬送: モニタリング・見守り
- 消毒・洗浄・汚染物処理・廃棄
- 搬送(食事, 薬)

- 間接的ニーズ

- 配達・配膳・配達・運搬・搬送(食事・薬)
- 遠隔コミュニケーション(含接客, 見守り)
- 消毒
- 検温

導入／実証試験の事例

消毒・清掃



配送・配膳・陳列・搬送



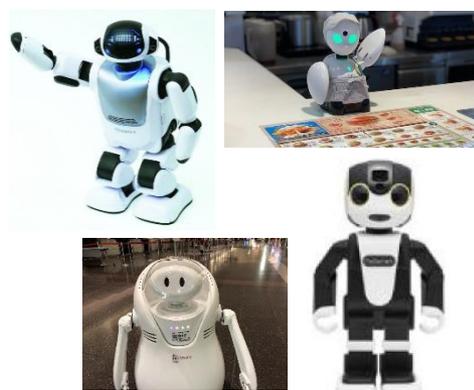
検温



検査



コミュニケーション



受付・接客



見守り



新型コロナウイルス対策ロボット技術

- 課題
 - 技術的課題
 - 社会的課題
 - 科学的課題

新型コロナウイルス対策ロボット技術

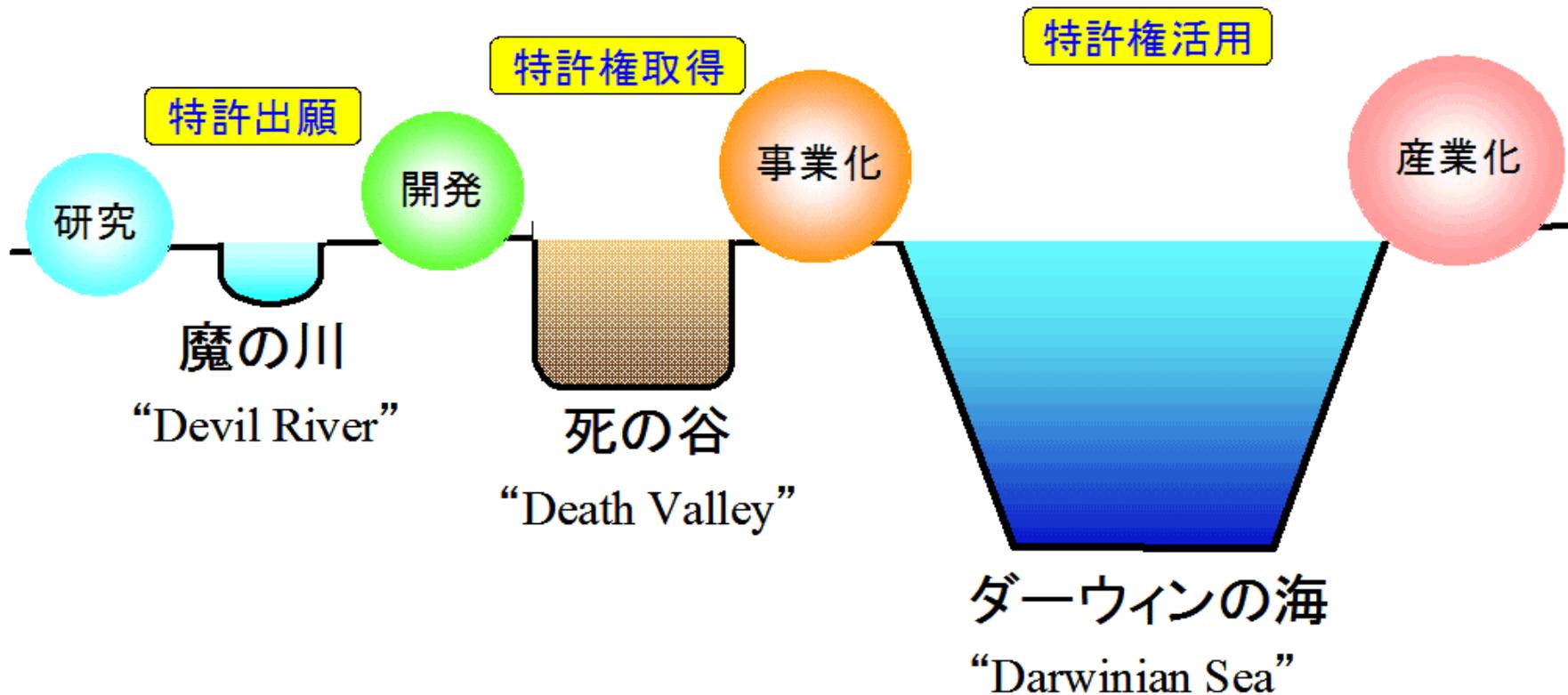
- 課題
 - 技術的課題
 - 人とのインタラクション
 - 遠隔操作性と自律性
 - 社会的課題
 - 科学的課題

新型コロナウイルス対策ロボット技術

- 課題
 - 技術的課題
 - 社会的課題
 - 実用化・事業化
 - 安全安心
 - ELSI
 - 科学的課題

研究開発から社会普及まで

魔の川 死の谷 ダーウィンの海



http://www.sangaku.nagoya-u.ac.jp/ipo/04_kiso/jittai.html

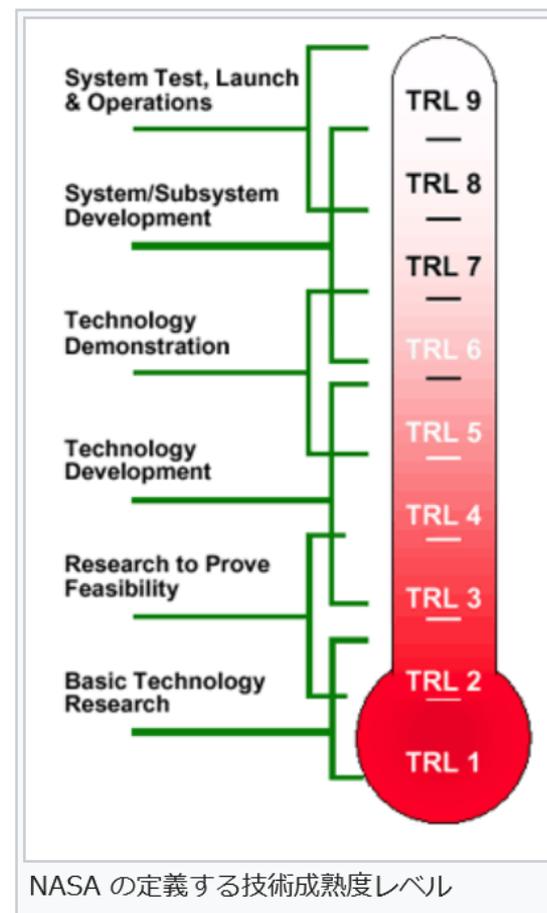
技術成熟度レベル

TRL: Technology readiness levels

(Wikipedia)

NASAによるTRLの定義

- Level 1 基礎理論の着想段階
- Level 2 技術要素の適応、応用範囲の明確化
- Level 3 技術実証のデモンストレーション(Proof of Concept)この段階から、実証試験等を行い検証を始めていく
- Level 4 ラボレベルでの実証
- Level 5 シミュレート及び実空間での実証
- Level 6 地上でのシステムとしての技術成立性の確認
- Level 7 宇宙空間でのシステムとしての技術成立性の確認
- Level 8 システムの運用テスト、認証試験
- Level 9 最終段階、実運用



新型コロナウイルス対策ロボット技術

- 課題
 - 技術的課題
 - 社会的課題
 - 実用化・事業化(ヒトの理解)
 - 安全安心
 - ELSI
 - 科学的課題

安全・安心とは

安全

もの:技術 ?

安心

人:心理

受容できないリスクがないこと
[ISO/IEC Guide 51 : 1999]

報告:工学システムに対する社会安全目標の基本と各分野への適用
(日本学術会議総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会)

受容するのは、人／社会

認知心理学／社会心理学的アプローチも重要

ALARPの考え方

As Low As Reasonably Practicable

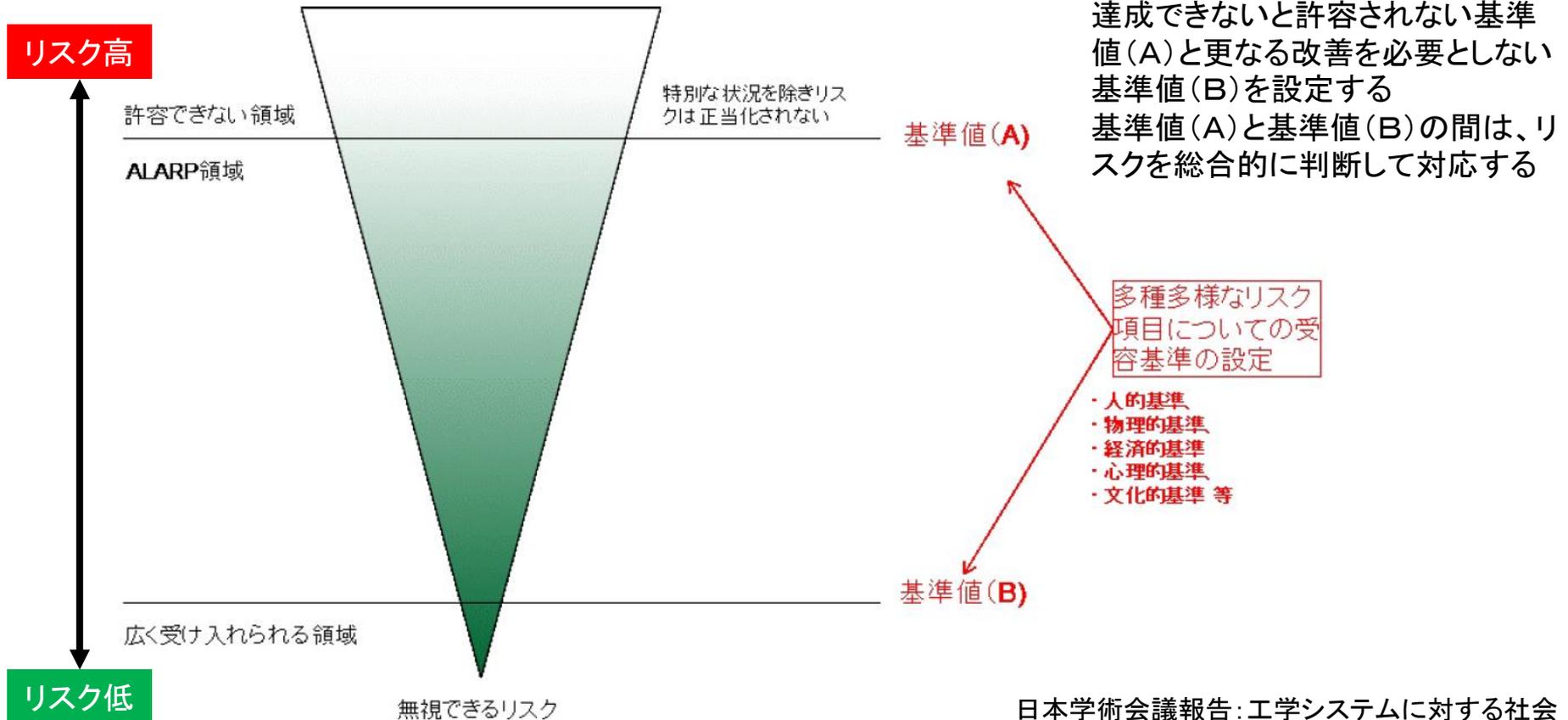


図1 安全目標の基本概念

日本学術会議報告：工学システムに対する社会安全目標の基本と各分野への適用，2017

新型コロナウイルス対策ロボット技術

- 課題
 - 技術的課題
 - 社会的課題
 - 実用化・事業化(ヒトの理解)
 - 安全安心
 - ELSI
 - 科学的課題

倫理

- 人道的視点・人権・平和
- セキュリティ
- プライバシー
- バイアス
- デュアルユース, 安全保障
 - 自律型殺傷兵器 (LAWS: Lethal Autonomous Weapon Systems)

ロボット倫理学Roboethics (Wikipedia)

- ロボット倫理学(ろぼつとりんりがく)とは、ロボットに関する倫理的問題を扱う、応用倫理学の一分野である。英語ではrobot ethicsまたはroboethicsと呼ばれる。「ロボット」という言葉で指される対象の範囲は明確ではないが、ロボット倫理学においては自律的機械の他にも、ドローンなどの遠隔操作される機械、いわゆる「ボット」のようなソフトウェアエージェント、パワードスーツなども議論の対象にされている。
- 現在、ロボット技術の高度な発展に伴い、医療ロボットや軍事ロボットのように人の生死に直接的に関わるロボット、家事ロボットやペットロボットのように一般市民の生活に密着したロボットが多く現れており、ロボットが人間や社会と関わる場面、そして与える影響は大きくなっている。こうした状況を背景にロボット倫理学は、ロボットとロボット工学に特有の倫理的な問題を扱う応用倫理学の一分野として誕生し、発展してきた。
- 最初にroboethicsという言葉を使ったのは、イタリアのロボット工学者ジャンマルコ・ヴェルジオ(Gianmarco Veruggio)である。彼は2000年にロボット工学と社会との関わりについて研究するためにScuola di Roboticaという協会を設立し、2002年に「ロボット倫理学Roboethics」という言葉を作り、その推進を提唱した[1]。2004年には彼が議長となりイタリアのサンレモでロボット倫理学の最初の国際会議First International Symposium on Roboethicsが行われた。
- ロボット倫理学が扱う話題は戦争における無人機や自律型兵器の使用の是非、コンパニオンロボットが人間の心理や人間同士の関係に与える影響、ロボットによる情報の収集とプライバシーの問題などがある[2]。特に戦争におけるロボット兵器の使用は、遠隔操作される無人爆撃機がアフガニスタンやイラクで使用され、多くの付随的損害を生み出していることや、アメリカ・イスラエル・イギリス・韓国などがさらに人間の監督・操作を要しない自律的なロボット兵器の開発を進めていることもあり、多くの関心を引いている[3]。

その他のロボット倫理に関する議論

- ・ 日本工学アカデミー
 - 人と機械の共生社会のデザイン（リーダー：萩田紀博先生）
- ・ 内閣府ムーンショット型研究開発制度
 - ELSI分科会（分野横断）
- ・ 科研費新学術領域研究「人間機械共生社会を目指した対話知能システム学」（代表：石黒浩先生）
 - A04班人間機械社会規範研究グループ「対話知能システムの研究開発及び社会実装のための法社会規範の研究」

ユートピア/ディストピア小説



60歳ぐらいで死ぬまで、ずっと老いずに若い。

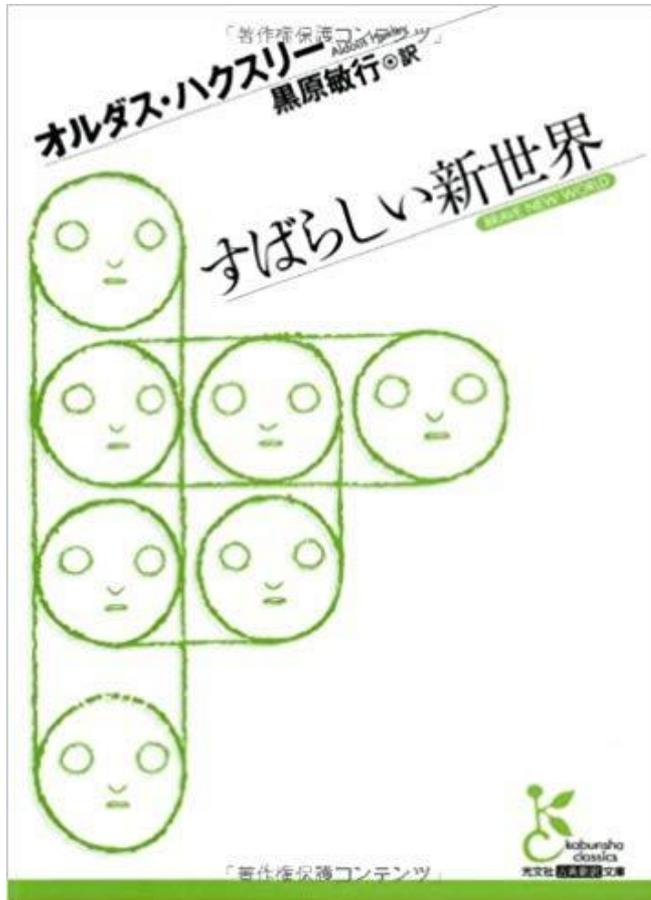
人々は生活に完全に満足している。

人々は、激情に駆られることなく、常に安定した精神状態である。そのため、社会は完全に安定している。

人々は常に一緒に過ごして孤独を感じることはない。

- ・ 隠し事もなく、嫉妬もなく、誰もが他のみんなのために働いている。「すばらしい世界」(Wikipedia)

ユートピア/ディストピア小説



- また、あらゆる予防接種を受けているため病気になる事は無く、**60歳ぐらいで死ぬまで、ずっと老いずに若い。**
- ビンから出て「出生」した後も、**睡眠時教育**で自らの「**階級**」と「**環境**」に全く疑問を持たないように教え込まれ、人々は生活に完全に満足している。
- 不快な気分になったときは、「**ソーマ**」と呼ばれる薬で「**楽しい気分**」になる。人々は、**激情に駆られることなく、常に安定した精神状態**である。そのため、**社会は完全に安定**している。
- **ビンから出てくるので、家族はなく、結婚は否定**されて人々は常に一緒に過ごして孤独を感じることはない。
- **隠し事もなく、嫉妬もなく、誰もが他のみんなのために働いている。**一見したところではまさに**楽園**であり、「**すばらしい世界**」である。
(Wikipedia)

「快適さなんて欲しくない。欲しいのは神です。誌です。本物の危険です。自由です。美德です。そして罪悪です」

「要するに君は (...) **不幸になる権利を要求**しているわけだ」 (p.346)

法規制

- 規制緩和, 特区
- 規制強化(市場創出)
- 認証(安全認証等)
- 安全保障

ロボット新戦略

アクションプランー分野横断的事項④ ロボット関連規制改革の実行

- ◇ ロボットの活用を前提とした規制緩和及びルール整備の両面からバランスのとれた規制改革を推進。
- ◇ **ロボット革命イニシアティブ協議会を中心に随時、課題を整理**。政府の規制改革会議とも連携し、関連する諸制度を俯瞰した総合的な改革を実行。**ロボットバリアフリー社会**を構築。

◆ ロボットの利活用を支える新たな電波利用システムの整備(電波法)

(遠隔操作や無人駆動ロボットで使用する電波の取扱い(既存無線システムとの周波数共用ルール等、簡素な手続き))

→**2016年度までに要求条件の整理及び技術的検討を実施した上で、必要な措置を順次実施。**

◆ 新医療機器の承認審査迅速化(医薬品医療機器等法)

(患者の負担軽減等が期待される手術支援ロボット等、ロボット技術を活用した新医療機器の取扱い)

→承認審査の迅速化を図り、新医療機器については、**標準的な総審査期間(優先審査品目では10カ月)に処理できる割合を、2018年度に8割へ引き上げ。**

◆ 介護関係諸制度の見直し

(現行3年に1度となっている介護保険対象機器の追加手続きの弾力化(技術革新に対応できる要望受付・検討等))

→2015年より、**介護保険の給付対象に関する要望の随時受付**や**新たな対象機器の追加を随時決定。**

◆ 道路交通法・道路運送車両法

(搭乗型移動支援ロボットの公道走行)

→これまでの道路運送車両法に基づく基準緩和制度の活用に加え、**2014年中実施予定の「構造改革特区評価・調査委員会」の評価結果を踏まえて、2014年に創設された「企業実証特例制度」の活用も含め、搭乗型移動支援ロボットの取扱いについて検討していく。**

◆ 無人飛行型ロボットのためのルール作り(航空法等)

(災害現場等での利用に期待が高まる無人飛行型ロボット(UAV)の具体的な運用ルール)

→大型無人機について、国際民間航空機関(ICAO)で**2019年以降に想定されている国際基準改定に参画しつつ、併せて国内ルール化。**小型無人機に関して運用実態を把握し、関係法令等の整備を検討。

◆ 公共インフラの維持・保守関係法令

(ロボットの効果的・効率的な活用方法(目視等の人間を前提とした点検作業におけるロボット活用に関するルール))

→**2016年度までに各種ロボットの現場検証・試行、評価**を通じて、ロボットの有効活用方策を検討。その結果に基づきロボット活用を進める分野において、順次適用。

5

新型コロナウイルス対策ロボット技術

- 課題
 - 技術的課題
 - 社会的課題
 - 科学的課題
 - 物理的知能

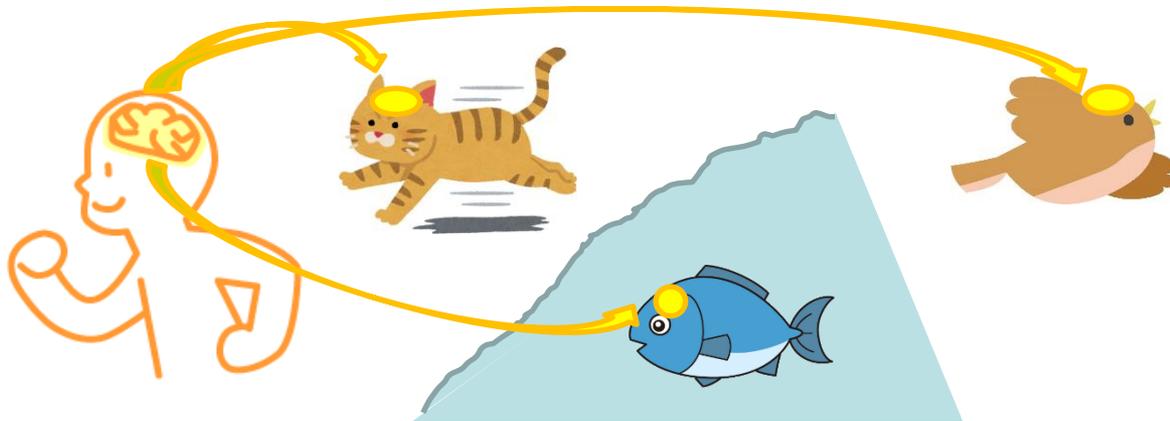
科学的課題

ロボットに必要なとなる知能とは

- 多様な要求や無限定な環境での適応性
- ロボットに必要なとなる知能はロボットプラットフォームにAIを搭載すれば実現できるか？
 - Ill-defined, Ill-structured, 未知環境への適応的応答
 - ノイズ, 実時間性
 - ブラックボックス化, 説明可能性, 過学習

AIを搭載したロボット？

- AI・深層学習・機械学習
 - データ駆動型(過去の経験に基づく学習)
 - いわゆる人間の認識や意思決定の計算機化(大脳皮質などの機能)
 - 人間の運動制御の機能(小脳, 基底核, 脳幹, 脊髄などの機能)？
- 運動制御に必要な知能＝身体あつての知能
 - 人間の脳を鳥や猫や魚に載せて機能するか



幸福のための人工物システム

- 幸福 (Well-being)
- 人, 社会, 地球環境が健全であること
- それをサポートできる人工物システム

ご清聴ありがとうございました