

# ロボット革命に学术界の 果たすべき役割

川村貞夫 日本学会議機械工学委員会  
ロボット学分科会委員長  
立命館大学 教授

## 日本学術会議とは

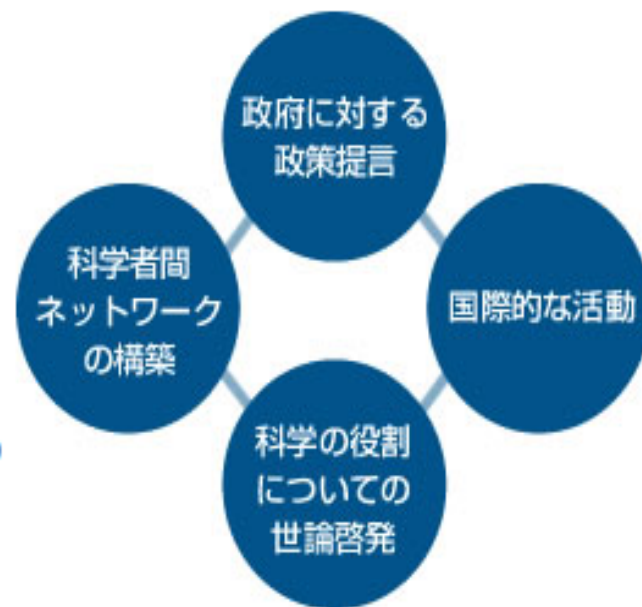
日本学術会議は、科学が文化国家の基礎であるという確信の下、行政、産業及び国民生活に科学を反映、浸透させることを目的として、昭和24年（1949年）1月、内閣総理大臣の所轄の下、政府から独立して職務を行う「特別の機関」として設立されました。職務は、以下の2つです。

- 科学に関する重要事項を審議し、その実現を図ること。
- 科学に関する研究の連絡を図り、その能率を向上させること。

日本学術会議は、我が国の人文・社会科学、生命科学、理学・工学の全分野の約84万人の科学者を内外に代表する機関であり、210人の会員と約2000人の連携会員によって職務が担われています。

日本学術会議の役割は、主にⅠ政府に対する政策提言、Ⅱ国際的な活動、Ⅲ科学者間ネットワークの構築、Ⅳ科学の役割についての世論啓発です。

日本学術会議には、総会、役員（会長と3人の副会長）、幹事会、3つの部、4つの機能別委員会（常置）、30の学術分野別の委員会（常置）、課題別委員会（臨時）、地区会議及び事務局が置かれています（なお、必要に応じ、幹事会には幹事会附置委員会が、各委員会には分科会等が置かれます。）。



日本学術会議HP <http://www.scj.go.jp/>

# 提言

提言

## ロボット活用による社会課題解決とそれを 支える先端研究の一体的推進方策 ～社会 共創ロボティクス～



委員長 佐藤 知正（連携会員）東京大学名誉教授  
副委員長 川村 貞夫（連携会員）立命館大学教授  
幹事 國吉 康夫（連携会員）東京大学教授  
新井 民夫（第三部会員）芝浦工業大学教授  
福田 敏男（第三部会員）名城大学教授  
池内 克史（連携会員）東京大学教授  
大西 公平（連携会員）慶應義塾大学教授  
岡崎 哲二（連携会員）東京大学教授  
金子 真（連携会員）大阪大学教授  
川口 孝泰（連携会員）筑波大学教授  
西田 豊明（連携会員）京都大学教授  
萩田 紀博（連携会員）ATR知能ロボティクス研究所所長  
廣瀬 通孝（連携会員）東京大学教授

平成26年（2014年）9月29日

日 本 学 術 会 議

機械工学委員会

ロボット学分科会

## (1) 「社会共創ロボティクス」の確立と推進

ロボット活用による社会課題解決や社会変革を実現するため、**利用者、研究開発者、供給者が一体となったオープンイノベーションの枠組み**「社会共創ロボティクス」を早急に確立し推進すること。

## (2) 国のロボット研究開発制度および規制等の改革

「社会共創ロボティクス」の特性に合致した**新たな研究開発制度を十分な規模で早急に実施**すること。また、社会でのロボット利活用の障壁となっている**規制等の改善、特区設置**による先行事例創出と検証、利活用を促進する政策等を実施すること。

## (3) 研究成果ならびに研究者の評価のあり方と人材育成方策

システム構築研究や実社会応用研究とその従事者を**学会や所属研究機関が正当に評価**すること。また、人材育成の強化とキャリアパスの確立を行うこと。

## 社会動向との対応

### (1)「社会共創ロボティクス」の確立と推進

ロボット活用による社会課題解決や社会変革を実現するため、**利用者、研究開発者、供給者が一体となったオープンイノベーションの枠組み**「社会共創ロボティクス」を早急に確立し推進すること。

成果としては不十分 組織化できていない。

組織化可能か？

市場経済原理の中で困難か？

大学発ベンチャーか？

社会に役立つロボットの実現には何が必要か？

「革命は大衆が起こす。」 日本全国での変革が必要

# 公開シンポジウム「ロボット事業における中小企業産学連携の在り方」

9月5日（土） 10:00～12:00 **1号館 2階 1204教室**

司会 **澤 俊裕**（安川電機 産学連携委員会 委員長）

10:00 開催趣旨 **澤 俊裕**（安川電機 産学連携委員会 委員長）

10:05 愛知県におけるロボット産業拠点の形成を目指す取組

**加納 廣和**（愛知県産業労働部 技監）

10:15 広島県における産業用ロボット活用高度化への取組みと開発事例

**大賀 誠**（広島県立総合技術研究所 西部工業技術センター室長）

10:25 福岡県の産学官連携によるロボット産業振興の取組みと今後の課題

**牛島 英典**（福岡県商工部新産業振興課 課長）

10:35 大阪イノベーションハブを中心としたロボット事業創生の動向と産学連携

**瀬川 寿幸**（大阪市都市型産業振興センター イノベーション推進部部長）

10:45 コミュニティづくりから始めるロボット実用化のための産学連携

**佐藤 知正**（東京大学名誉教授，フューチャセンター推進機構・ロボット化コンソーシアム）

10:55 東洋大学における地域主導型産学連携活動の現状と課題

**松元 明弘**（東洋大学 教授，東洋大学工業技術研究所 所長）

10:55－11:05 （休憩）

11:05 パネル討論 司会 **澤 俊裕**（安川電機 産学連携委員会 委員長）

12:00 閉会

## (2) 国のロボット研究開発制度および規制等の改革

「社会共創ロボティクス」の特性に合致した**新たな研究開発制度を十分な規模で早急に実施**すること。また、社会でのロボット利活用の障壁となっている**規制等の改善、特区設置**による先行事例創出と検証、利活用を促進する政策等を実施すること。

ロボット革命実現会議 ロボット新戦略 2015年2月10日

ロボット革命イニシアティブ協議会

(<https://www.jmfrri.gr.jp/>)



研究開発予算 NEDO等の予算措置実施

論点 「社会共創ロボティクス」の特性に合致した？

規制緩和は十分か？ 法律の整備は可能か？

### (3) 研究成果ならびに研究者の評価のあり方と

### 人材育成方策

システム構築研究や実社会応用研究とその従事者を学会や所属研究機関が正  
当に評価すること。また、人材育成の強化とキャリアパスの確立を行うこと。

日本ロボット学会 4部門での査読制度開始 2014年3月  
要素 システム 教育 実用

#### 論文査読方針と基準

新しい和文誌論文査読システムに関してのお知らせ

\*\*\*\*\* 2014年3月17日から和文誌論文の査読基準が変わります！！ \*\*\*\*\*

日本ロボット学会論文誌 査読の方針と基準

大学での業績評価は？ 人材育成法は確立したか？

関連イベント

オープンフォーラム 9月4日12:00～14:30

読んでおもしろい学会誌・論文誌 ～学会誌読者からの提案と通る  
論文の書き方～ 橋本浩一(東北大)、王碩玉(高知工科大)



# 公開シンポジウム「ロボット技術者育成の課題と解決法を探る」

9月5日（土） 13：30～17：00 1号館 1階 100周年ホール

司会 **吉見卓**（日本ロボット学会副会長 芝浦工業大学教授）

13：30 開催趣旨 **川村貞夫**（日本学術会議連携会員 立命館大学理工学部教授）

13：40 ロボット技術者養成の課題と解決法 **佐藤知正**（東京大学名誉教授）

14：10 新規分野にロボットを導入できるRT人材の育成戦略 **琴坂信哉**  
（埼玉大学大学院理工学研究科人間支援・生産科学部門准教授）

14：40 優れたロボットSIerの人材育成 **高丸 正**（高丸工業株式会社 代表取締役）

15：10－15：30 休憩

15：30 ロボット製品開発のための人材育成 **大西 献**  
（三菱重工業株式会社 原子力事業本部 主席技師）

16：00 総合討論

司会 **川村貞夫**（日本学術会議連携会員 立命館大学理工学部教授）

コメンテーター **新井民夫**（日本学術会議第3部会員 芝浦工業大学教授）

17：00 閉会

# ロボット革命前夜

## ロボットを取り巻く技術的状況

- (1) コンピュータ メモリ 演算速度の急速な進歩  
人工知能の発達
- (2) MEMS技術によりセンサの  
極軽量化・極小型化・低価格化が実現
- (3) 電動モータのW/g比が  
材料開発, 作り込み技術で向上
- (4) 画像処理技術が利用しやすい段階に到達

各要素

ロボットシステムとして利用できる段階に到達！？

# 質問

- ・ロボットの科学と技術は成熟しているか？
- ・ロボットの科学とは？
- ・現状の延長線上で、革命は起こるか？
- ・学術貢献はロボット革命の駆動力か？

現状のロボット実現の基本手段に問題有り

# 問題①位置制御

産業用ロボットの基本原理は1950年ごろ開発

- ・関節角度を計測して位置制御
- ・リンク剛性を高め, 関節角度計測精度を高めた



60年後

素晴らしい進歩

- ・繰り返し位置精度(数十 $\mu\text{m}$ )
- ・手先可搬重量増大
- ・高速化

剛体化

高精度関節角度計測

大型, 高重量 高価 利用しにくい

## 問題②力制御

力制御ロボットの市場が創造できないのは

[1]理論の未完成性

$$\tau = J^T(q)J_\phi[k_f(f_d - f) + f_d] \quad f \text{ 力信号}$$

因果律から成立しない. 安定性の厳密は議論が不足

[2]ハードの未完成性

- ・ロードセル式 壊れやすい. 高価
- ・剛体の力とトルクの集中計測では, 柔軟物体には不十分

# 問題③エネルギー効率

高減速比

・ハーモニックドライブ ・ボールねじ, ・歯車

関節高粘性

熱損失

関節高剛性

重力, バネ等の  
ポテンシャルエネルギー  
利用困難

低エネルギー効率

# 次世代ロボットのためのヒント①

## 現状ロボット(Present)

- Large
- Heavy
- Stiff
- Expensive
- Low Energy Efficiency
- Engineer Friendly



Technological  
breakthrough

## 次世代ロボット(Future)

- Small
- Light
- Flexible
- Inexpensive
- High Energy Efficiency
- User Friendly

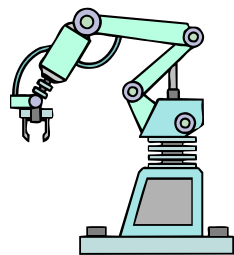
産業用ロボットの基盤技術開発が必要

# 次世代ロボットのためのヒント②

もう一度、生体の機能に学ぼう。

生物は、単純で頑健で柔軟で高エネルギー効率

ロボット 少ないセンサ，大きな計算力，少ないアクチュエータ



実世界

sensors

computer

actuators

実世界

生物 多くのセンサ，小さな計算力，多くのアクチュエータ



実世界

sensors

computer

actuators

実世界



# 次世代ロボットのためのヒント③

## システム統合に適した要素を作る

- ・ロボットに使える要素を集める方法

(初期のロボティクス)

金属材料 コンピュータ 画像処理 制御理論  
センサ アクチュエータ

- ・ロボットに必要な要素を創る方法

(今後のロボティクス)

高分子材料 高速ビジョン 柔軟関節要素  
分布センサ

# 次世代ロボットのためのヒント④

ロボットの要素還元からの設計は正しいか？

剛体リンクモデル



手先 位置と姿勢



座標変換



パラメータ推定 リンク長さ リンク重量など



目標位置計算



入力トルク計算

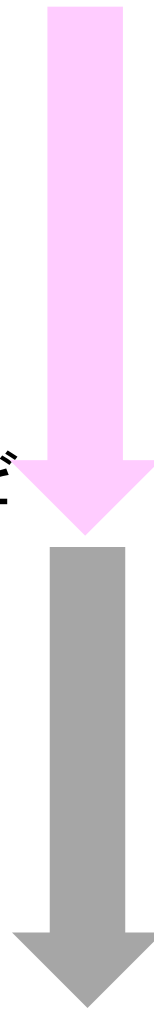
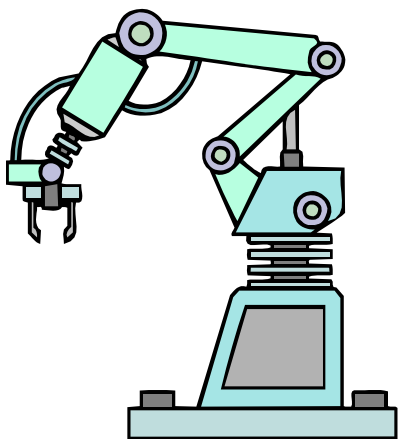
パラメータ誤差

キャリブレーション必要

要素分析過程

システム統合過程

システムが大きくなるほど困難



# 次世代ロボットのためのヒント⑤

## 要素選択による最適設計

### ロボット要素

PC, マイコン, 入出力デバイス, センサ, MEMS技術からのセンサ, 電動モータ, 各種アクチュエータ, 小型軽量電池等

要素が以前より安価で豊富となり,

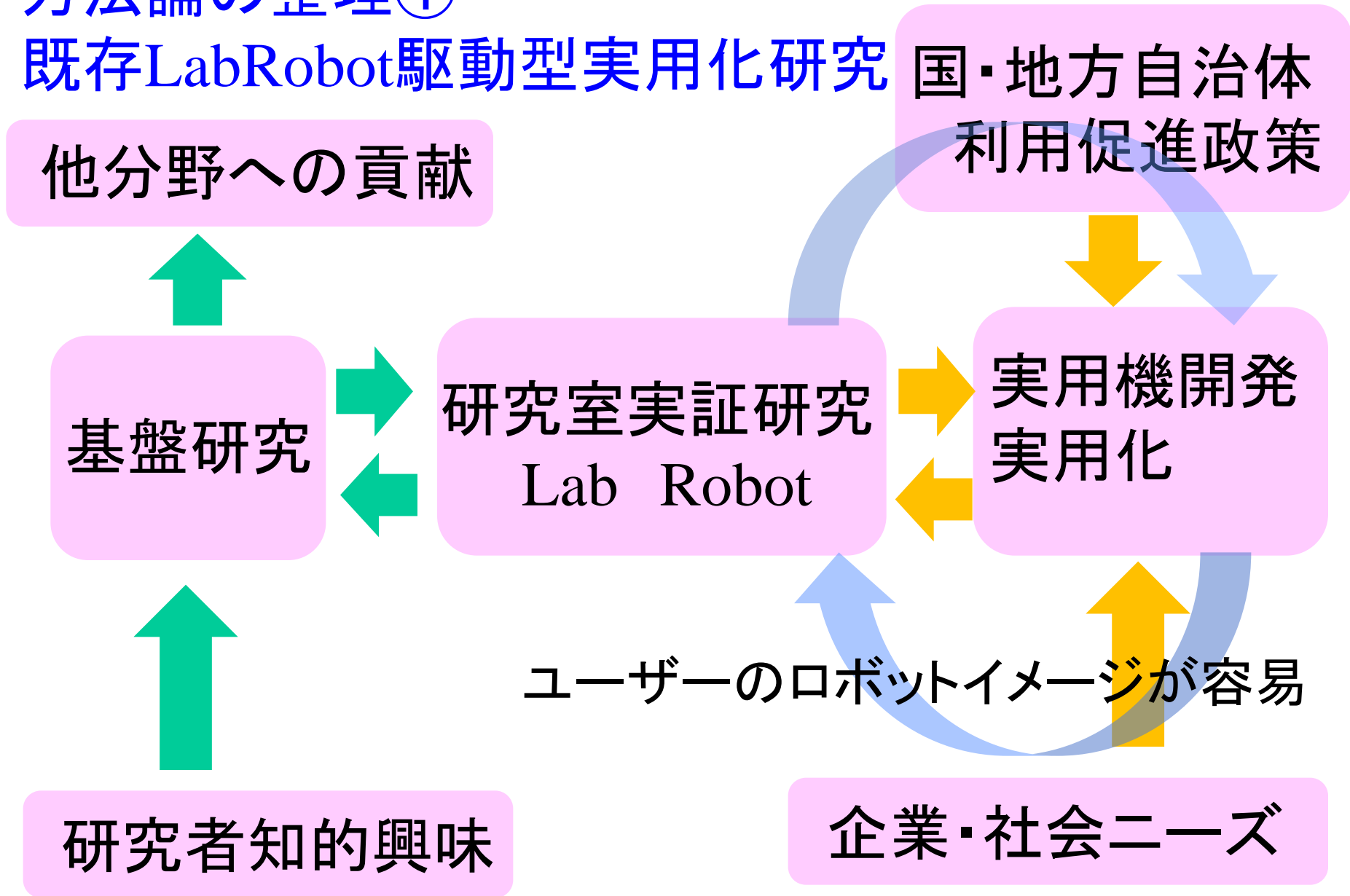
システム設計に冗長性が存在

最適設計の意義が大きい

最少実現設計も重要

# 方法論の整理①

## 既存LabRobot駆動型実用化研究



# 方法論の整理②

## ニーズ駆動型基盤研究

他分野への貢献

国・地方自治体  
利用促進政策

基盤研究

研究室実証研究  
Lab Robot

実用機開発  
実用化

ロボティクスの基盤技術に  
立ち返った研究開発

研究者知的興味

企業・社会ニーズ

# 学術界の果たすべき役割

- 既存LabRobot駆動型実用化の技術と科学
- 新しい基盤要素技術開発
  - システム統合に適した要素開発
- ニーズ駆動型基盤研究
  - ニーズからの問題作成
- システム統合化技術から科学へ
  - 分析科学から設計科学へ
  - あるものの科学からあるべきものの科学
- 人材育成

# 討論のために

- ロボットSI技術が、誰でもどこでも  
実現可能となれば、どのような世界か？
- Industry4.0の目指す方向と日本は同じか？
- 優れたSI技術は真似できないか？
- 日本の先端材料との連携は？

日本の国家戦略としての方針に期待