



油田 信一 (ゆた しんいち)

芝浦工業大学 SIT総合研究所 客員教授

プロフィール

1975年 慶應義塾大学大学院工学研究科(電気工学)修了,工学博士
東京農工大学助手を経て,1978年-2012年筑波大学で,情報工学,ロボット工学などの研究と教育に従事。(この間,2004年-2006年同理事・副学長,2006-2010年産学リエゾン共同研究センター長など),2012年芝浦工業大学特任教授,2018年同客員教授

現在,芝浦工大客員教授のほか,土木研究所招聘研究員,(株)富士ソフト取締役(社外),次世代無人化施工技術研究組合理事長,NEDOインフラ維持プロジェクトPL等を兼職,筑波大学名誉教授

専門はロボット工学,自律移動ロボット技術.最近は,実環境で働くロボットとして,フィールドロボット技術や建設分野へのロボット技術の適用に興味を持つ.

2005年 日本ロボット学会論文賞,2006年 日本ロボット学会実用化技術賞,
2009年 日本機械学会賞(技術),2009年 IROS Harashima Award(IEEE),
2015年 日本機械学会教育賞などを受賞.
IEEE Fellow (2000),日本ロボット学会フェロー (2004)

施工や建機の自動化・ロボット化： ロボットシステムの開発はユースケース指向で

● 建設ロボットに求められていること：期待と幻想

建設の自動化・ロボットとは、「現在人がやっている作業の一部を自動的に働く機械(ロボット)に代替させること」である。それにより、作業の効率向上と、作業者の労働環境の改善が期待されている。近年、人口減少に伴う建設作業に携わる若年労働者の不足など、建設作業を省力化するニーズは大きい。一方、最新の情報技術やセンサ技術・制御技術など、建設ロボットへのシーズとなる要素技術の進歩も著しい。しかし、それにも拘わらず、施工における自動化やロボット化はなかなか実現されて来ないとも感じられている。その理由としては、その期待と実現しうるものとの間のギャップが大きいことが挙げられよう。

そのギャップは、「ロボットにどのようなことができるか」以上に、「ロボットがどのような環境条件で働くか」に関する期待と実現性との間にある。

作業を行う「人間」は、優れた適応能力に基づき、多様な環境の中でいろいろな作業を、深く考えることなく自然に遂行している。人間を機械と対比すると、とくに環境への対応能力について極めて汎用性を有していると言える。したがって、その代替が期待されるロボットにも、「単能機」ではなく、環境の状況に適応して多様な作業内容を達成する汎用性が自然に求められている。しかし、一般的にどこでも働ける汎用性を期待しても、そのようなロボットは実現できない。私は最近、「何でもできるロボットは何もできないロボット」、「どこでも働くロボットは、どこでも働けないロボット」と説明している。どのような環境の中で何をする

か、を具体的に定めずに、何となく、色々なところで色々な事ができて欲しいという要求では、きちんと働くロボットは実現できない。

元来、目的は「ロボット」そのものではない。ロボットはあくまでも、施工の効率化や高品質化、及び、作業者の安全化の手段である。ロボットと呼ぶ機械が具体的に達成すべき仕事と、働くべき環境条件（とその広がり）とを、要件として、詳細に定めることが、現場で役立つ自動化された機械（ロボット）実現の第一歩である。

● ロボットの働きの企画・設計

建設の現場で働くロボットは、現場の要求と具体的なシステムを構成するロボット技術の接点に存在し、以下の、その実現は、ユーザ側のニーズ（何を求めるか）と技術シーズ側の情報（何ができるか）交換から始まる。

(1) ユーザ側によるニーズ情報

- ・ロボットに期待される機能
- ・ロボットが働くべき環境の条件

(2) 技術シーズ側によるシステム設計のための情報：何が可能か

- ・機構部の設計 – 動きと出力を実現するメカニズムやアクチュエータの構成
- ・制御部 – 機械を動かすための制御操作量の決定法
- ・センサ – 機械の状況や環境の情報を得るためのセンサとその情報の処理法

ここでは、ロボットの働きの要件を具体化しその実現法を定めるところから、ロボットの開発が始まる。そして、双方のコミュニケーションにより、

- ・ロボットの機能：ロボットの動き・働くと、それが働く条件

が定められる。ここで、ロボットシステムの要件としてもう一つ重要なのは、

- ・オペレータと自動化部分の関わりと分担

である。

● ユースケース指向のロボット開発

しかし、ロボットが達成すべき仕事とその環境条件を、ロボットの使用者と開発者の双方に理解できるように表現することは決して簡単ではない。なぜなら、ロボットを使う現場のユーザにとって当たり前な、要件の前提となるべき事柄は、ロボット技術のシーズ提供者にとっては、一般に当たり前ではなく、また、ロボットの要素技術を提供する開発者が持つその働きに関する常識も、ユーザと共通ではないからである。そのため、実際に役立つロボットの開発においては、はじめに、開発すべきロボットの要件定義を厳密に定めて、技術シーズ側とユーザ側の役割分担を線引きすることは難しい。

したがって、一旦、開発目的を仮に定めた上で、双方の密な協力によるフレキシビリティを持った開発が必要である。ここでは、具体的にロボットシステムの開発を進めながら、シーズ側とユーザ側の相互の理解を深めていくプロセスが重要であり、当初に定めた要件の定義についても、開発の進行に伴って改訂をしていくことが不可欠である。その過程における技術シーズ側とユーザ側の言葉の違いによるコミュニケーションの齟齬を防ぐためにも、一般的な汎用システムではなく、具体的なシステムの使い方（ユースケース）を指向した開発が有効である。

建設施工の分野でしっかりと働くロボットの開発においては、ロボットに求められる要件として、「ロボットが何をするか」以上に「ロボットがどのような環境で働くか」が重要である。そして、この環境条件をよく理解しているのはユーザ側である。したがって、私は、建設ロボットの開発においてはユーザ側の担当者の役割が大きく、ユーザ側のメンバーが開発プロジェクトの意思決定の責任を持つリーダーとなるのが望ましい、と考えている。

なお、ロボットのシーズ側には、一般に、一つだけの具体的なユースケースのためのシステム開発でなく、いろいろな目的に使える汎用システムを開発したい、という希望がある。しかし、「何でもできるロボットは何も出来ないロボット」であり、ほかのこともできそうなシステムを開発しても、実際はほかのいろいろな場面で使えることにはなり難い。具体的なユースケースに対する目的を達成したロボットシステム開発の結果と経験、さらに、具体的に使われて得た情報こそが、次の具体的なユースケースのためのシステム開発を効率良く進める手段となる。このことは、肝に銘じておく必要がある。

● NEDO*インフラロボットプロジェクト

筆者は、NEDOのインフラ維持管理等の社会課題解決システム開発プロジェクト（2014-2018年度）のプロジェクトリーダー（PL）を務めている。この中の③インフラ維持管理用ロボットの開発（2014-2017）[1]では、とくに、ユースケース指向を重視し、開発を行った11のチームには、以下の方針で、具体的なシステムの開発とその有効性を実証することを求めた。これは、従来の多くのNEDOの開発プロジェクトとは若干異なっているが、この方針により、シーズ側とユーザ側間のコミュニケーションが図られ、ロボットシステム構築者よる現場の環境と問題への理解、ならびに、ユーザ側による要素技術への理解が進み、バランスのとれたシステムの開発がなされた。

(1) ユースケース指向のシステム開発

- ・社会とユーザの要求（ニーズ）に基づいた開発目標の設定
- ・具体的な運用方法（シナリオ）をベースとした開発目標・達成目標を設定
- ・目標の設定には、（シーズ側から見た）システムの実現性をしっかり考慮すること

(2) 開発されたシステムを使うユーザを含む開発体制

- ・現場でシステムを使用するユーザを開発チームに含め，連携して開発を進める
- ・実用化開発と実証実験を協力して行う体制を構築

(3) 現場での実証実験を繰り返しつつ開発を推進

- ・実証実験と検証評価を繰り返して行いつつ，実証フィールドで動作させた結果を評価して，開発にフィードバック
- ・実証フィールドは，実現場，または，出来る限り実現場に近い環境とする
- ・実証では，運用方法（シナリオ）に沿ってユーザ視点で実用性を評価する

※NEDO（New Energy and Industrial Technology Development Organization）

● 無人化施工現場における建機の自動化

災害時に作業者を危険から回避させつつ工事を進める無人化施工においても，オペレータの負荷の軽減や作業効率の向上のため自動化への期待は少なくない。また，ここでは，遠隔から操作される重機の制御系は電子化されており，自動化（コンピュータによる制御）への相性が良いため，自動化された建機の普及への突破口になることも期待される。しかし，無人化施工は，災害対応のため環境条件が整っていない状況で工事が進められることが多く，この環境での建機の運転の自動化は，技術的にはきわめて大きなチャレンジである。無人化施工の現場における自動運転化は，起こりうる多様な環境の条件を考慮しつつ進めなければならない。ここでは，いろいろな環境条件への対処法として，どこまで機械に自動的にやらせるか，あるいは，オペレータがどのように介入するか，の設計が重要である。この種のシステムの開発は，とくに，現場の状況や環境条件，および，オペレータの働き等を十分に知っている，施工担当者がイニシアティブをとり，それに，ロボット技術側が協力して進める体制が良い。無人化施工における技術を牽引している熊谷組には，この分野の技術開発でも大きな役割を果たすことが期待される。

[1] <http://www.nedo.go.jp/content/100878961.pdf>