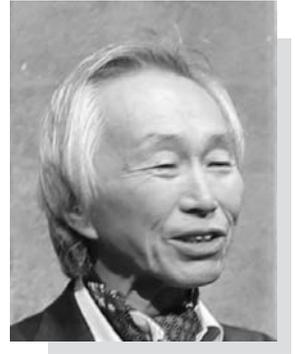


## 巻頭言

# 建設機械の自動運転の難しさ

## 建設現場での臨機応変な働きを目指す

油 田 信 一



近年の、コンピュータを用いた制御技術や、AIと称される人の認識・判断を機械の上に実現させる情報処理技術により、従来人でなければできなかった作業を自動化された機械に代替させることが期待されている。

さて、人の腕や手の形状を模した産業用ロボット（マニピュレータ）は、工場内の自動化に大きく働いている。一方、代表的な建設機械であるバックホーも人の腕と同じ関節型の機構を持ち、走行機能付きのマニピュレータと考えることができる。しかし、この機械は、自動化が試みられてはいるが、未だほとんど人に操縦されて使われている。

人が仕事をする場合、まず、作業の目的と対象物やその周りの状況に従って、どのように腕や手を動かすかを決める。これは、動作の計画である。つぎに、腕の筋肉を働かせて、計画した動作を遂行する。ここでは、時々刻々の腕の姿勢や対象物との位置関係を目で見てそれを計画と比較しつつ、動作時に発生する計画とのずれを修正しながら、腕を動かす。この枠組みを制御システムとして実現しているのが、フィードバック制御系である。

産業用のロボットでは、繰り返しの動作を行うため、通常、動作計画は1回作っておけば良い。また、対象物の位置や環境条件が毎回同じになるように環境が整備されて、作業が進められる。したがって、マニピュレータの姿勢（関節角）のみを繰り返し制御すればよく、動作時には対象物や環境を見てフィードバックすることなく、作業の自動化が達成される。

一方、例えばバックホーによる掘削動作を自動化しようとする場合、掘削位置は毎回同じではない。したがって、掘削の毎に、動作計画が作られる。さらに、その動作を実行する際も、対象物が不定形な土砂であったり、また、建機がいる路面が軟らく不安定だったりする。そのため、その実行時に、動作に与えられる外乱は大きく、センサを用いた対象物や環境の計測・認識により、動作の誤差の修正や動作の調整をしっかりと

りを行う必要がある。つまり、フィードバックによる制御が一回り複雑で、かつ、重要性が高い。これを、十分な信頼性をもって達成することが、自動化の実現のためには必要不可欠である。

さらに、この動作の途中で、動作計画を変更する必要が発生することもある。大きな岩石があって掘削動作が継続できない、あるいは、掘削した土砂がバケットから大きく零れ落ちた、などが想定される事態である。オペレータによる作業中には、オペレータはこのような事態に対して「臨機応変」に動作の計画の変更や作業の中断を判断する。この、予定外の事態に対処する「臨機応変」さは、建設機械による作業の自動化にも求められる基本機能である。この「臨機応変」機能のためには、センサを用いたリアルタイムの状況認識が必要不可欠である。そして、発生した事態を的確に自動的に把握して、それに対処して動作を継続させる。これは、不定型な現場で働く自動化された建設機械を実用化するための必須な機能である。

一方、優れた自動化の技術が開発され、臨機応変にN種の事態に対処できる自動化システムが実現されたとしよう。しかし、その運が良ければ使われないで済む、「臨機応変」機能の実装のコストはNが大きくなると高くなる。つまり、対処できる事態を増やすにしたがって、その臨機応変のための機能が自動化された機械のコストの大きな部分を占めることになる。

建設機械のような不定形な環境で働く機械の自動化レベルを上げようとする、常にこのコストの問題が存在する。すなわち、無条件にどんな状況でも働く汎用な自動機械と言う概念は、成立しない。建設施工機械の自動化を進める上では、自動化機械にどこまでの機能を求めるか、つまり、人との仕事の分担をどうするか、について、十分に検討を尽くして始める必要がある。

—ゆた しんいち 筑波大学名誉教授、土木研究所招聘研究員、  
芝浦工業大学特任研究員、西武建設顧問—