

【コラム】

「日本の機械産業における IO-Link の活用

－ 日本車輛製造株式会社の杭打機の例 －

経済研究所 首席研究員 金子 実

1. 日本車輛製造株式会社の事業と IO-Link が活用され始めた同社の杭打機

日本車輛製造株式会社（以下「日本車両」という。）は、1896 年に、鉄道車両の製造販売を目的として設立された企業である。近年も売上げの約半分は鉄道車両によるものであるが、その他にも輸送用機器・鉄構、建設機械などの製造販売を行っている。

これらのうち建設機械に分類される杭打機に、2021 年から、センサやアクチュエータに低コストでデジタル通信の機能を持たせる規格である IO-Link¹を使い始めたとのことで、その生産を行っている同社鳴海製作所を訪問させて頂いて、生産の現場を見学させて頂くとともに、お話を聞かせて頂いた。なお、近年の建設機械の売上げは、日本車両の売上げの約 1/4 を占める。

2. 柱状地盤改良工法により施工を行う小型杭打機への IO-Link の活用

日本車両鳴海製作所で生産されている杭打機にはいくつかの種類があるが、IO-Link が活用され始めたのは、主として、柱状地盤改良工法により施工を行う小型杭打機だとのことだった。柱状地盤改良工法とは、セメントミルクを注入しながら攪拌翼のついたスクリーを回転させて掘削することにより、現地盤の土とセメントミルクを混ぜ合わせて柱状の杭を造成する工法である（図 1 参照）。

柱状地盤改良工法の場合には、掘削する速度が設定された値で一定であることや、単位深さあたりのセメントミルクの量が設定された値をクリアしていることや、単位深さあたりの攪拌のための回転数が設定された値をクリアしていることなどが求められる。そのた

¹ IO-Link の規格の概要については、金子実（2024）「工場において制御に使われるセンサのデジタル通信による活用」の IV-3 「センサに比較的 low コストのデジタル通信機能を持たせる規格」や、産業用オープンネット展準備委員会編（2019）「産業用ネットワークの教科書 IoT 時代のものづくりを支えるネットワークと関連技術」の 2-3-2 「IO-Link」を参照されたい。

め、掘削する速度や掘削した単位深さあたりのセメントミルクの量や攪拌のための回転数を計測して、記録することが重要となる。この計測および記録のために、1998年に初代の「セコーマスター」と呼ばれる施工管理装置が生産されて小型杭打機に搭載されるようになったとのことだった。そして、「セコーマスター」は以降何度かモデルチェンジされ、2021年からは、IO-Linkを活用してこれをデジタルネットワーク化した「セコーマスターIII」と呼ばれる施工管理装置が生産されて小型杭打機に搭載されるようになったとのことだった。

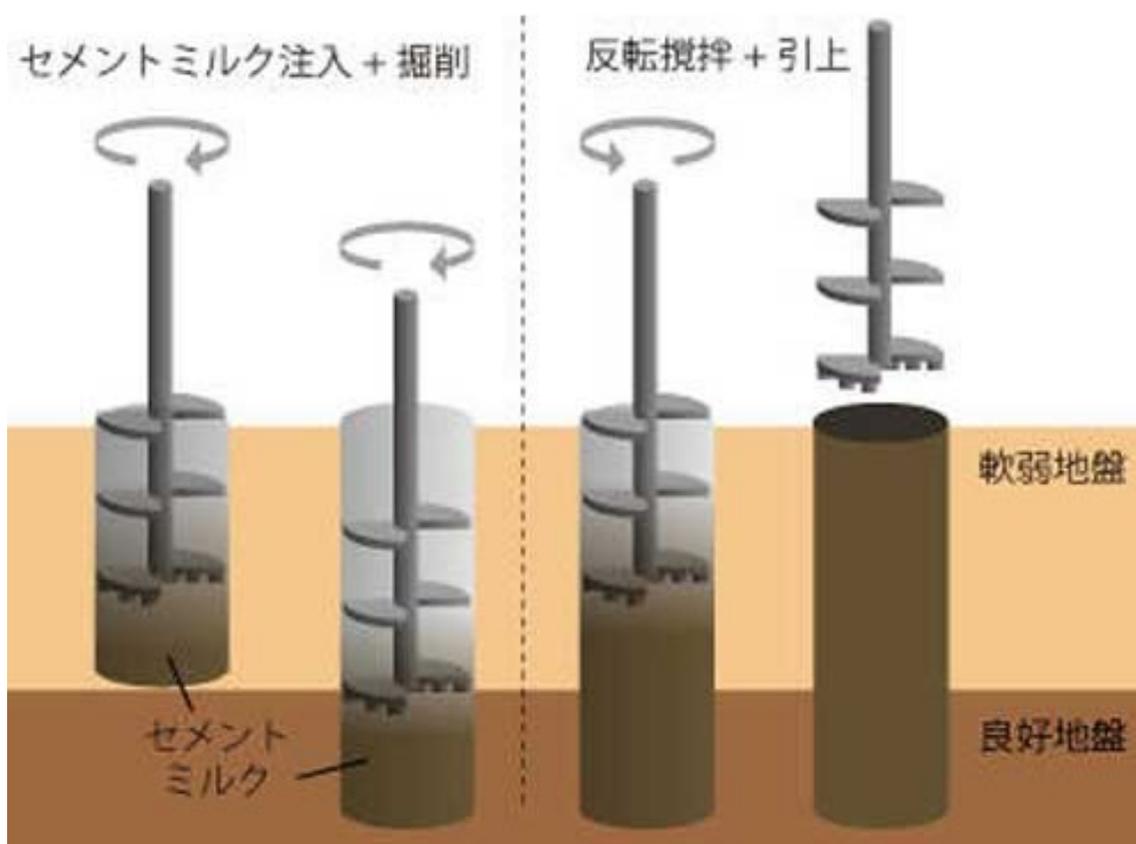


図1 柱状地盤改良工法の手順を示す概念図

出所) 日本車両のウェブサイト²から抜粋。

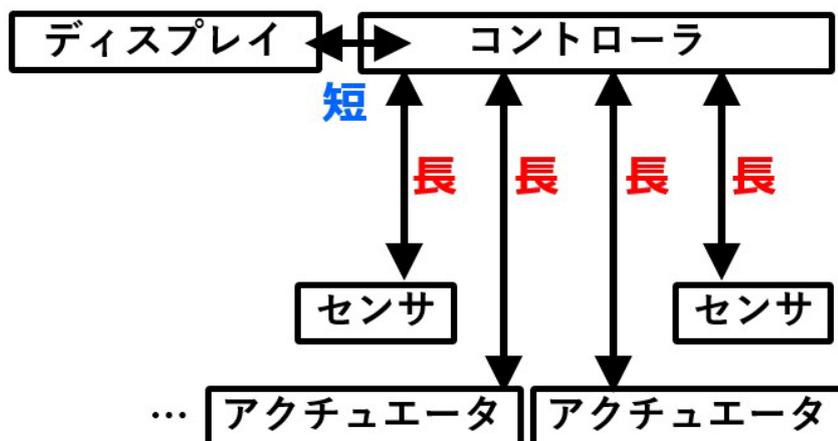
3. IO-Link マスタやハブによる省配線と入出力点数の制約からの脱却

「セコーマスターIII」も、一世代前のモデルである「セコーマスターII」も、日本車両が独自開発したコントローラとセンサや制御弁等をネットワークでつなぐことにより、施工管理装置が構成されている。IO-Link が活用される前の「セコーマスターII」では、このネッ

² <https://www.n-sharyo.co.jp/business/kiden/foundation/soilstabilization-method.html#bk1>

トワークは、一つ一つのセンサや制御弁等とコントローラを導線でつなぎ、それらの導線を通じて電圧や電流による信号を直接送るもので、リモート IO による導線の集約は行われていなかった。このため、多数の長い導線をつなぐことが必要であり、またコントローラ側には多数の導線が集中し、ネットワークでつなぐことのできるセンサや制御弁等の数は、コントローラの入出力点数に依存していた。

(「セコーマスターII」の配線模式図)



(「セコーマスターIII」の配線模式図)

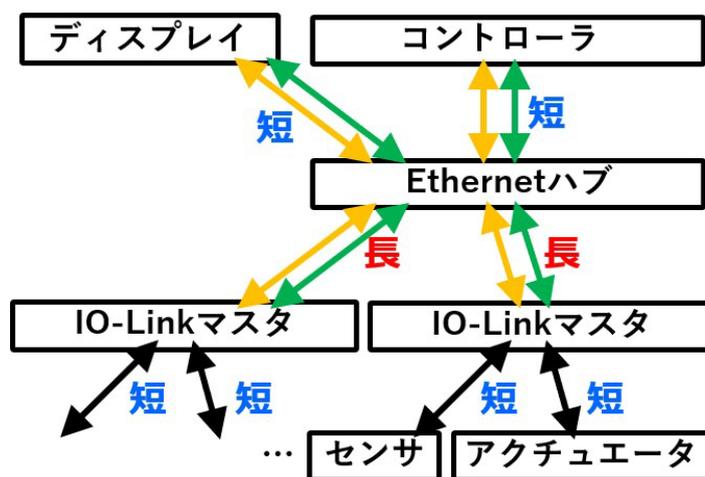


図2 「セコーマスターII」と「セコーマスターIII」の配線模式図

出所) 日本車両作成資料から抜粋。

これに対して「セコーマスターIII」では、IO-Link が活用され、コントローラとセンサや

制御弁等の間に 3 台の IO-Link マスタが置かれている。そして、コントローラと 3 台の IO-Link マスタの間は、1 本ずつのケーブルを通じて、PROFINET と呼ばれる Ethernet ベースの産業用ネットワークの通信プロトコルによるデジタル通信が行われるため、「セコーマスターII」で使われていた多数の長い導線が少数のケーブルに置き換えられ、配線作業が軽減されている。

また、つなぐことのできるセンサや制御弁等の数については、コントローラの情報のやりとりのためのネットワークが、デジタル通信によるものとなりフィールドバス化したことから、コントローラの入出力点数により制約されることがなくなっている。また、IO-Link マスタとセンサや制御弁等の間に必要に応じてハブを置くことにより、3 台の IO-Link マスタの入出力点数にも制約されないようになっている。

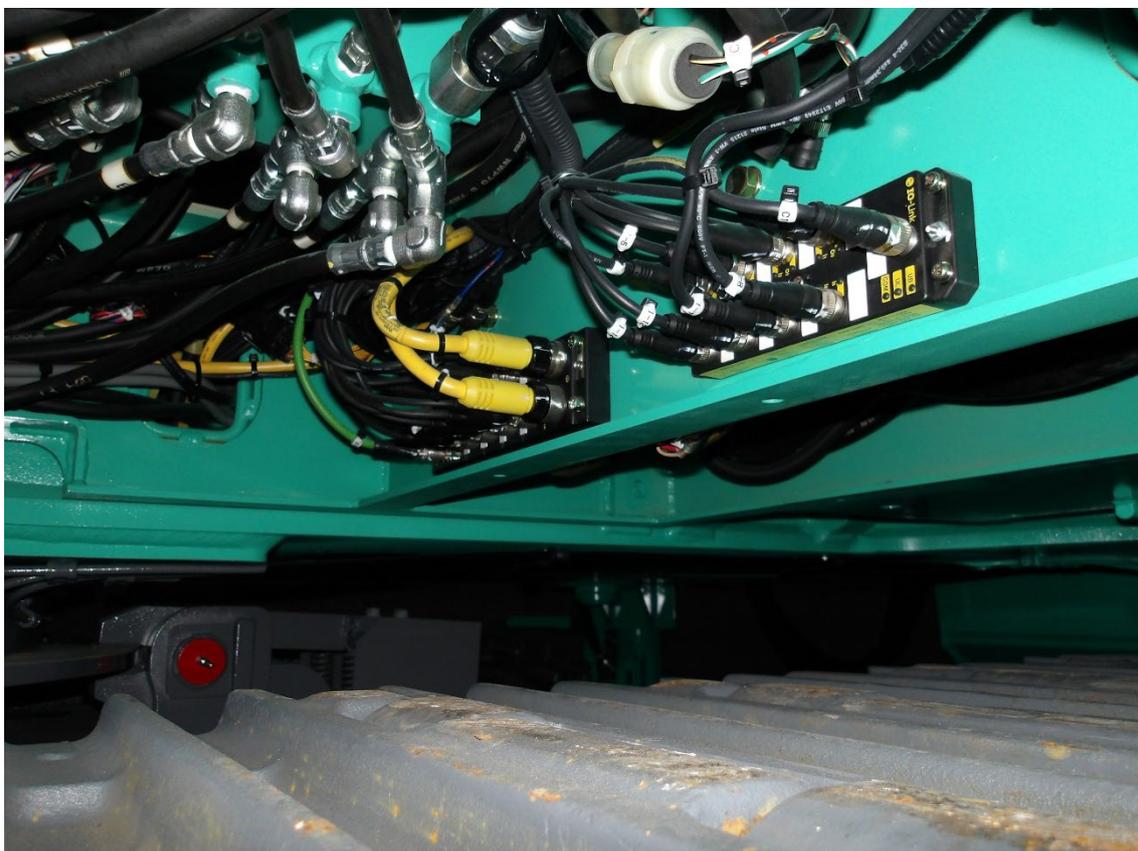


図 3 運転室の下部に取り付けられた IO-Link マスタ (左) とハブ (右)

出所) 日本車両鳴海製作所撮影。

さらに、「セコーマスターIII」においては、①コントローラと 3 台の IO-Link マスタや 1 台のディスプレイとの間をつなぐ Ethernet ベースの通信のためのケーブルは黄緑のケーブル、②IO-Link マスタとセンサや制御弁等やハブとの間をつなぐケーブルは黒のケーブル、③電源用のケーブルは黄のケーブルとされ、それぞれ規格品に統一されている。このことにより、

ケーブルの手配、在庫管理、配線のための作業が簡素化されている。



図4 コントローラ（上）とそれに直接つながるスイッチングハブ（下）

注）スイッチングハブは、コントローラと3台のIO-Link マスタやディスプレイをつなぐもので、センサ等には直接はつながらないので、黒のケーブルはつながれていない。

出所）日本車両鳴海製作所の了解を得て筆者撮影。

4. IO-Link によるデジタル通信のメリット

セコーマスターIIIのセンサ類としては、掘削した深度を計測するための「ロータリエンコーダ」や、注入されたセメントの量を計測するための「電磁流量計」や、攪拌のための回転数を計測するための「近接スイッチ」などが使われている。これらのうちIO-Linkのデジタル通信の機能を搭載している「ロータリエンコーダ」や「近接スイッチ」などのセンサ類とIO-Link マスタの間では、IO-Linkの通信プロトコルによるデジタル通信が行われており、デジタル通信によるいくつかのメリットが実現している。

第一に、センサ類が計測等を行った結果得られた情報のみならず、計測を行っているセンサ類が正常に機能しているか否かについての診断情報も、IO-Linkのデジタル通信により送られている。送られた診断情報は、運転席の前に設置されたディスプレイで見ることが

できるようになっており、運転席で杭打機を操作するオペレータは、IO-Link のデジタル通信に対応したセンサ類が正常に機能しているか否かを確認しながら作業を行うことができるようになっている。

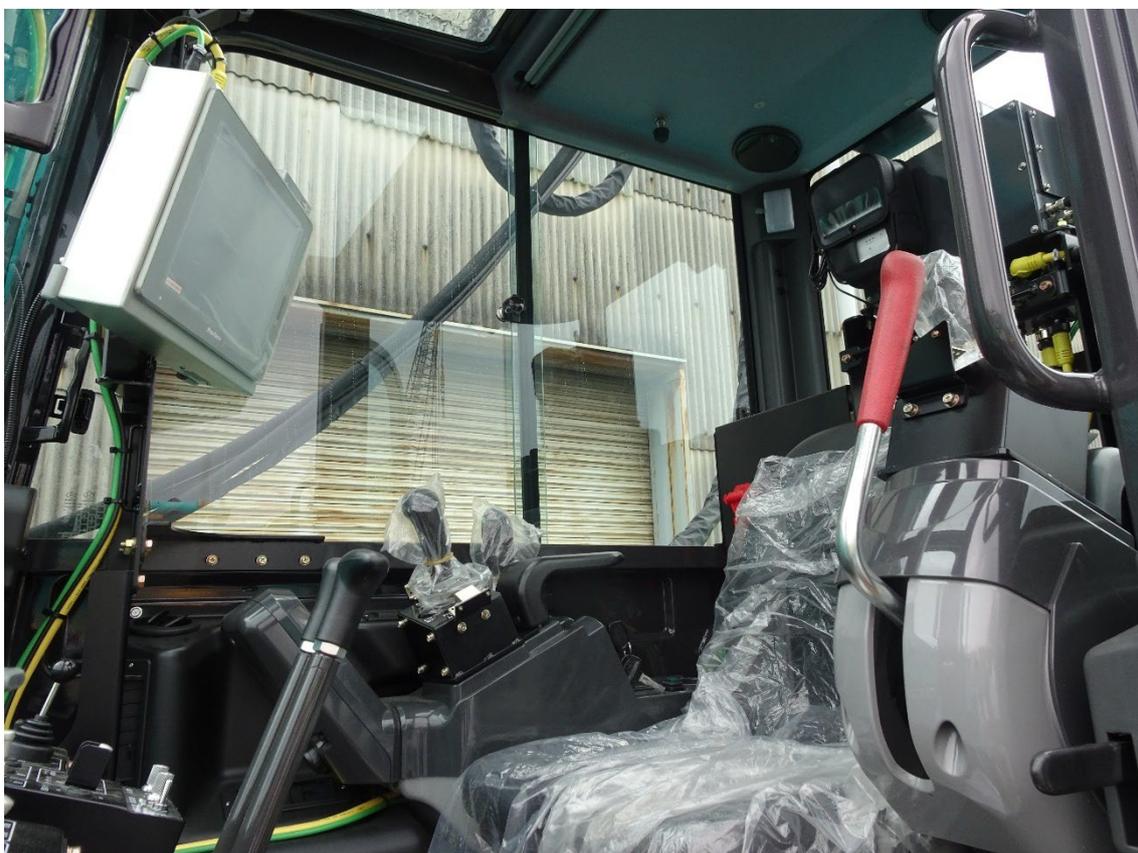


図 5 運転席の前にディスプレイが取り付けられた運転室

注) 運転席の後にはコントローラがとりつけられている。

出所) 日本車両鳴海製作所の了解を得て筆者撮影。

第二に、IO-Link マスタやコントローラに、つながれている IO-Link 対応のセンサ類の型式を記録することにより、センサ類を交換する際に誤った型式のものがつながれると、誤接続であることが示されるようになっている。小型杭打機に搭載される「セコーマスター III」の場合には、3 台の IO-Link マスタのそれぞれに割り当てられるセンサ類を、小型杭打機の機種にかかわらずほぼ共通化しており、割当てが共通化されたセンサ類の場合には、センサ類の型式を各 IO-Link マスタに記録している。機種により IO-Link マスタの割当てが異なる一部のセンサ類については、センサ類の型式をコントローラに記録している。

5. IO-Link が活用された施工管理装置による自動制御

小型杭打機の施工管理装置は、掘削する速度や掘削した単位深さあたりのセメントミルクの量や攪拌のための回転数などを計測して記録するとともに、杭打機を操作するオペレータが、それらの計測値を把握しながら作業を行うことができるようにするものである。さらに、近年は小型杭打機のユーザーにおいても省力化、省人化の必要性が高まっており、IO-Link が活用された施工管理装置は、コントローラによる自動制御の機能も持っているとのことだった。

ただ、杭を施工する地盤は千差万別で、完全な自動制御はまだハードルが高く、自動制御は手動制御の補助的な役割を果たすに留まっていることが現状であるとのことだった。自動運転に近いところまで踏み込んでいるユーザーもいるが、多くのユーザーはまだ自動制御に馴染んでいないとのことだった。

参考文献

- 金子実 (2024) 「工場において制御に使われるセンサーのデジタル通信による活用」、株式会社野村総合研究所『知的資産創造』, Vol.32, No.2, pp. 72-87。
- 産業オープンネット展準備委員会編 (2019) 「産業用ネットワークの教科書 IoT 時代のものづくりを支えるネットワークと関連技術」、産業開発機構株式会社 映像情報インダストリアル編集部。