

自動化建機の安全運行システムに関する検討

大成建設(株) 技術センター 生産技術開発部 正会員 ○田村 道生, 青木 浩章

1. 背景及び目的

昨今では国土交通省が進める「i-Construction」に対応するため、安全性・生産性向上および人手不足解消の観点からも建設機械の自動化開発が盛んに行われている。しかし、現状では自動化建機を運用するための法や基準がないため、現場に導入する際は個別に安全対策を労働基準監督署に説明し、許可を得た上で実証等を行っている。一方、令和4年3月に国土交通省主導で「建設機械の自動化・自律化協議会」が設立された¹⁾。今後、本協議会により法や基準が整備され、自動化建機の開発や現場導入促進に繋がるものと期待している。

そこで、筆者らはこれまでの自動化建機開発や現場実証、および安全対策案の提案などを通じて、今後の自動化建機のあるべき安全運行のための停止システムについて検討を行ったので、以下に報告する。

2. 非常停止システムの検討

(1) 停止システムの定義

「建設機械の自動化・自律化協議会」における自動化施工現場の安全対策イメージ(図-1)を引用し、安全対策の起動手段や対象から、これらを大きく以下の3つに分類し、A)を警告システム(停止を伴わない)、B)を非常停止システム、C)を自動停止システムと呼称して検討を行った。

- A) 自動建機に接近しない方策等のうち、システムによる停止を伴わないもの(無人エリアの設定等)
- B) 人が操作することにより自動化建機を停止させるシステム(場外から非常停止を行う装置等)
- C) システムの判断により自動化建機を停止させるシステム(人・物検知センサを使用した停止装置等)

(2) 非常停止システムの要件

非常停止の判断は人が行うため、停止装置を操作した際に確実に自動化建機を停止させることが重要である。筆者らは過去において、機能安全を考慮した無線緊急停止システムの設計²⁾と自動運転リジッドダンプでの停止実験³⁾を実施した。同システムでは「停止装置を操作しても停止指令が受信不可能な状況では、停止信号出力をON状態にする」ことで、故障や通信途絶時の作動を確実なものとした。

ここで、「緊急度」の異なる各用途に応じて、停止信号出力をどこに接続するかが重要な問題となる。

図-1の「遠隔から非常停止」はオペレータが行うことから、一時停止のような緊急度の低い日常的な用途

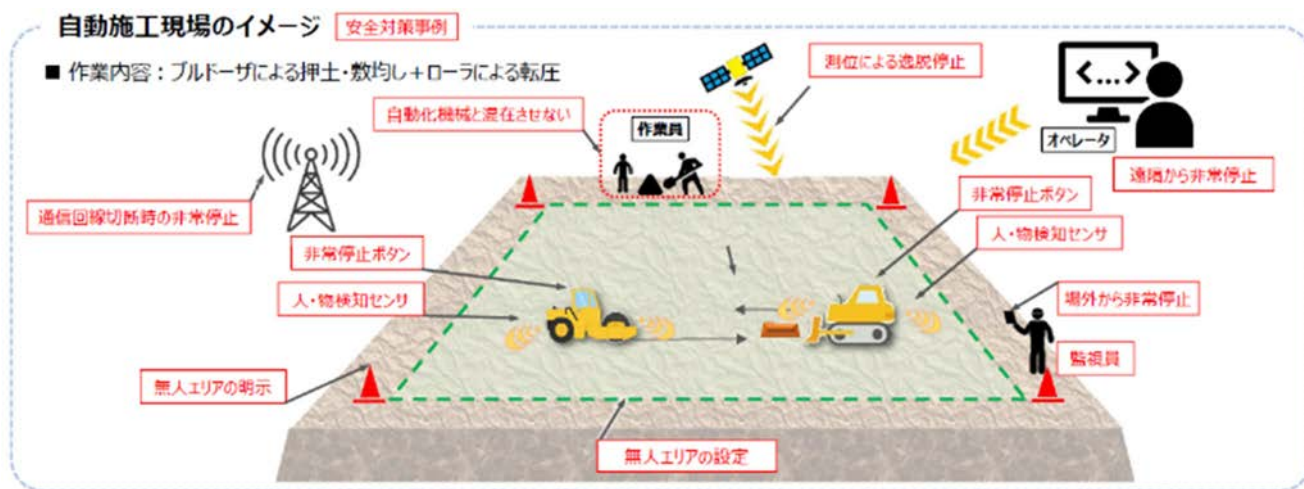


図-1 自動化施工現場の安全対策イメージ¹⁾

キーワード 自動化建機, 安全運行支援, 非常停止, 自動停止

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株) 技術センター生産技術開発部 TEL 045-814-7229

が主になると推測される。危険かもしれない場合など、緊急度が高くなる前に気軽に停止させることができるよう復旧が容易な方式とし、停止操作への心理的ハードルを下げるべきと考える。

対して「非常停止ボタン」や「場外から非常停止」は、緊急度が高い用途向けで、非常時の最後の砦である。建機損傷や復旧の手間よりも、確実かつ即座に停止させられることを優先した方式としなければならない。

よって、緊急度が低い場合は無理のない停止制御のため、制御システムの入力信号の一つとすることが妥当であり、そして緊急度が高い場合には、制御システムの故障やバグ等により停止できないことを避けるため、制御システムを介さず、直接的に急停止可能な方式を原則とすべきである。

（「原則」と表記したのは、急停止により自動化建機の転倒や二次災害が考えられる場合、制御システムの介入により無理なく停止させることで、かえってリスクが抑えられると想定されるためである。）

3. 自動停止システムの検討

本稿において自動停止システムは、システム自体が自動で停止判断を行うと定義している。その実装を考えた場合、どこで停止判断を行うかが重要である。具体的には、以下の2方式である。

a) 自動停止の判断部分が制御システムと同一である

b) 自動停止の判断部分が制御システムと独立している（接点等で制御システムに出力する場合を含む）

どちらでなければ実現しないということはないが、制御システムに組み込まれているセンサ類を用いて自動停止させるような多くの場合はa)方式、そうでなければb)方式が妥当と考える。ここで、図-2に示すようなGNSS位置情報受信部をb)方式で実装する例をもとにその理由を述べる。

例1の構成では、a)方式は制御システムとの接続・制御に改修が必要になるため、b)方式とすべきである。また、例2と3は二重化により、制御システム側が正常に稼働していない場合でも停止可能というメリットがある。しかし、追加機器に伴うコスト増に加え、デバイスとの通信仕様や停止判断のためのパラメータを制御システムと同一とするために、継続的なアップデートが必要になるというデメリットもある。よって、自動停止システムに不具合が発生する可能性も考慮すると、b)方式での実装は現実的ではない。

4. まとめ

自動化建機が安全運行するための停止システムはどうあるべきかについて考察した。停止システムは導入効果が見えづらいことや危険の軽視、誤報、操作時の機械的・時間的損害などにより、システム運用が適切に行われぬことも推測される。今後は、様々な停止システムが導入されることで顕在化するであろう諸問題に取り組みながら、適切なシステム運用を自然に行うことのできるような仕組みについても検討していきたい。

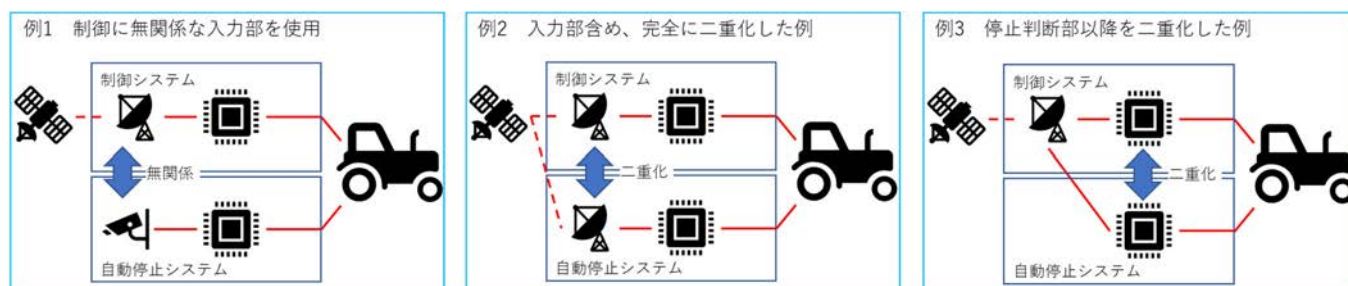


図-2 自動停止システムの独立実装ケース

参考文献

- 1) 建設機械施工の自動化・自律化について、建設機械施工の自動化・自律化協議会第1回【資料-2】，令和4年3月
- 2) 青木他：「機能安全と建設機械の自動化技術～無線緊急停止システムの試行～」，令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会梗概集，2021年9月
- 3) 高井他：「自動化建機の安全規格に関する検証～無線緊急停止システムの評価実験～」，令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会梗概集，2022年9月