

23. 建設機械制御データのアウトプット機能について

鹿島道路(株) 福川光男

はじめに

人工衛星測位機能や光学測位機能の発達により、応答性に優れた精度の高い移動体測位が可能となり、近年の建設機械操作の支援として情報化施工システムの機能性向上と実現場での普及促進には目覚ましいものがある。このようなシステムは、我が国の脆弱で複雑な国土に適応する強固な土木構造物構築作業の合理化に大きく寄与している。建設機械操作支援のアウトプット機能としては、人的不得意作業を自動化して機械的操作に委ねるマシンコントロール (Machine - control=MC) と操作判断情報を提供することにより人的操作作業を容易化させるマシンガイダンス (Machine - Guidance=MG) とがあり、ここでは、これらのシステムの最近の技術動向と今後の発展傾向について述べる。

1. MC システムの技術動向

情報化施工システムにおける更なる要求機能としては、施工精度と作業速度の向上であるが、移動体測位機能の性能向上によって測位速度も速くなり、それに伴い作業用アクチュエータへの応答機能の高速化が望まれていた。従来のアクチュエータへの操作指示は、インプットされた設計データ (座標) と作業装置の測位座標との偏差量をもとにこれを電気信号に変換して油圧電磁弁を作動させる仕組みであるが、作業時の負荷状況によりトラクタ本体に上下左右の不規則な動きが発生する。特にブルドーザはブレードがトラクタ前方に位置する構造のため、ブレードの挙動量が大きくなる (図-1)。従って、従来の静的な制御機構では応答機能性に限界が生じ、必然的に作業速度を制御能力に合わさざるを得なくなる。そこで、慣性制御機構を組み込み不規則なトラクタの挙動を制御外乱として捉え、これを除去して制御信号のみを生かした応答機能性の高いスカイフック機構 (図-2) を取り入れ、測位速度に対応したより高速な作業速度を可能とした (図-3)。すなわち、静的制御機構から慣性制御機構への移行が始まっている。

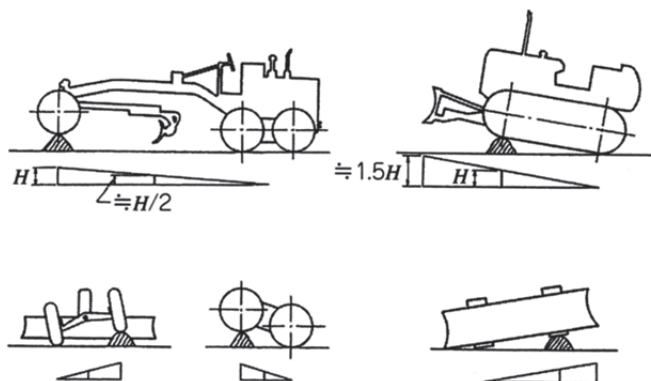


図-1 モータグレーダとブルドーザの揺動比較

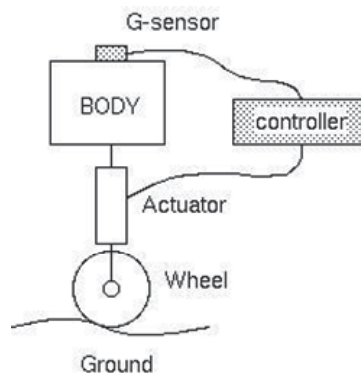


図-2 スカイフック機構

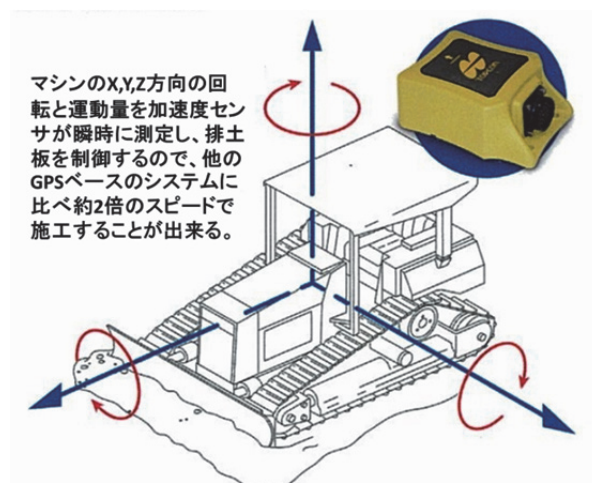
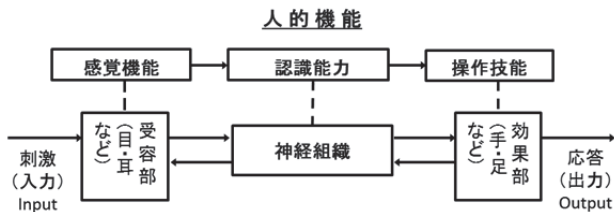


図-3 慣性制御機構

2. MG システムの技術動向

操作指示情報をモニタなどに表示させるマシンガイダンスシステムは、自動制御方式のマシンコントロールシステムに比べ、人的操作への依存度は非常に大きく、人的操作スキルのレベルに比例した効果とならざるを得ない。人間の感覚器官を介してインプットされた操作情報が、いかにして操作行動としてアウトプットされるか。そのフローを図－4に示す。



図－4 人の情報処理フロー

このように、操作情報は先ず刺激として受容部である感覚器官にインプットされ、その情報を脳の中枢神経で解析認識し、効果部である手足によってアウトプットアクションとして操作レバーが動かされる。ゆえに、経験値、トレーニング量、個人能力差によって仕上がり精度は異なってくる。従って、マシンガイダンスのアウトプット機能としては、人間の持つ複数のセンサ機能としての感覚機能に出来る限り優れた操作情報を抽出・表示（あるいは信号音等で指示）できるか、すなわち、分かりやすく、操作しやすいマンマシンインターフェースとしての機能が追求されている。

3. 人的感覚機能のアシスト技術

3-1. 視覚機能の活用

人間が持つ五感の中で、操作情報を人的センサ機能によってインプットさせる主な感覚機能は、視覚、聴覚、触覚であり、これらの機能を組み合わせて建設機械は操作されている。同様にマシンガイダンスシステムは、人間の感覚機能を活用して効率よく操作情報をインプットさせる構造となる。情報受容部の感覚機能の中で最も多くの情報をインプットできる器官としては目による視覚機能があげられる。従来の施工方法は作業指標として対象面（Work 面上）に設置した丁張りなどが用いられ、設計値との差を目で認識させてきた。この際指標の設置条件により情報の把握が異なってくる。また、情報の読み取り機能は操作員のスキルにも左右される。しかし、情報化施工システムを用いた操作ガイダンス機構においては、移動する建設機械（Tool 側）の操作席前面に設置されたモニタパネル画面、ライトバー装置などにより操作ガイダンス情報を容易に得ることができる。

3-2. 視野（ビュー）転換機能

また視野方向（ビュー）転換機能により、操作ガイダンス情報を人間の視野以外の方向からも入手できる機能が備わっている。例えばショベルによる掘削作業では、操作員側からは作業中のバケットの状態把握はドライバーズビューとして縦断方向からのみの視野になる。しかし、操作情報としては設計ラインとバケットの挙動を把握したい。そのためガイダンスモニタ画面によって側面から見たサイドビューとして相対位置がイラスト表示され、効率的な認識作業、操作作業を行うことができる。ただし、操作中は作業装置の挙動状況を常に注視する必要があるため、モニタ画面のみを注視することは出来ない。また、モニタ情報を作業装置挙動注視視野の同一画面（視野）に入れることは不可能である。（写真－1）



写真－1 運転席から見たモニタ画面
（バケットとモニタ視野）

3-3. 音声アシスト機能

そこで、聴覚機能を使用して、カーナビゲーションシステムと同様に音声(信号音)による操作アシスト機能が付加されており、作業状況に応じて連続音と間隔を変化させたパルス音を組み合わせることでガイダンスを行う。この信号音アシスト機能により操作員はモニタ画面を注視しなくても操作ガイダンス情報を得ることが可能となった。

3-4. 今後の開発展開

今後、視覚情報は産業生産ラインなどで用いられ始めたオーバーヘッドディスプレイ（OHD）を用いて、作業箇所視野内にシースルー状態で操作ガイダンス情報を表示させる事が期待されている。（写真－2）

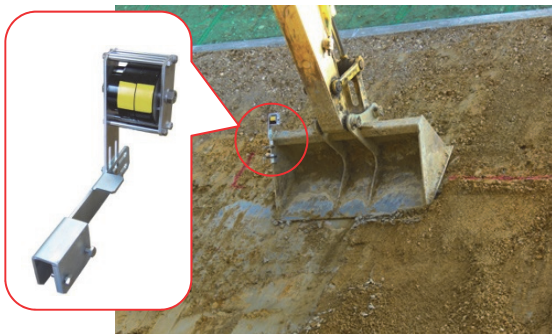


写真－2 ヘッドマウントディスプレイ

3-5. 発想豊かな視覚機能活用事例

一方、Low - Tech 機構でありながら優れたガイダンス機能を持つ、振り子の機能を応用した油圧ショベルの勾配指示装置を紹介したい。この装置は油圧ショベルのバケットに直接取り付けられるダイレクトインジケータであり、作業状況確認視野内に設置され勾配情報を表示できる。この装置は、バケットの傾斜状況を指定勾配に設定された固定ドラムと併設された振り子ドラムとのマーキングのズレ量によって、操作員の視野方向から容易に確認できる視野方向転換機能を備えている。

この装置は勾配ガイダンス機能のみであるが、法面整形作業において Hi-Tech 機能を用いたマシンガイダンスシステムに匹敵するガイダンス機能を持ち、高いコストパフォーマンス機能も備えている。(写真－3)

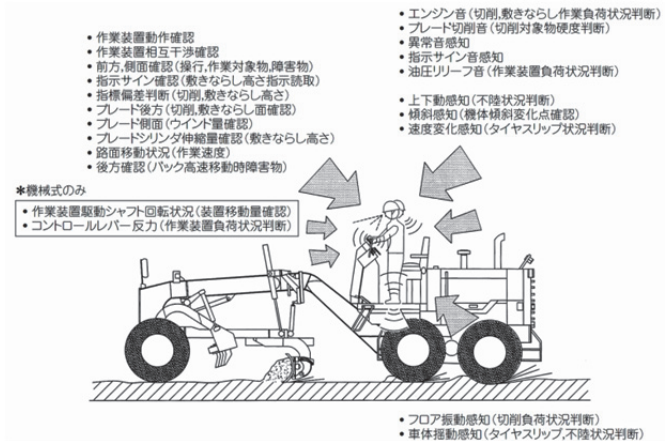


写真－3 ペンジュラム機構を用いたバケット勾配指示器

3-6. 幅広い人的感覚機能活用の必要性

今後マシンガイダンスによる操作情報アウトプットシステムは、人的感覚機能をさらに活用したシステムへの開発が望まれる。一昔前の機械式モータグレーダの操作では、作業中の負荷状況に応じて視覚、聴覚、触覚を駆使して操作情報を得ていた。(図－5) 操作の容易化に伴い操作レバーのフィンガーコントロール化が進んだが、反面このアシスト機能により、操作レバーへの反力という操作に必要なフィードバック情報が得られなくな

ってしまった。



図－5 人が持つ様々な感覚を駆使しての操作

おわりに

建設ロボットといえばヒューマノイドタイプが脚光を浴びているが、未だ実用化には至っていない。そこで、実用性機能の高い搭乗型ロボット機能を駆使した情報化施工システムのさらなる開発が望まれる。

参考文献

- 1) 合田周平 サイバネテックスの考え方、講談社現代新書'1969, 8
- 2) 福川光男 舗装 Vol. 42No. 2 (株)建設図書

