

建設機械オペレータの視線特性調査

土木研究所	正会員	○山田 充	土木研究所	正会員	藤野 健一
土木研究所	正会員	梶田 洋規	土木研究所	正会員	橋本 毅

1. はじめに

建設機械オペレータの操作方法について、レバー操作、バケット挙動等を調査した事例はいくつか見受けられるが、オペレータの作業中の視線特性について調査した研究はこれまでほとんど見受けられない。視覚情報はオペレータの情報取得源の大半を占めると考えられ、オペレータが何に注目し作業を行っているのかを調査することは、建設機械オペレータの操作方法を明らかにする上で非常に重要と考えられる。本研究では、建設機械オペレータの視線を計測し、注視対象物、視野範囲を検討したので報告するものである。

2. 実験方法

実験は土木研究所構内の屋外実験施設で実施した。実験に用いた重機は、バケット容量 0.45m³、重量 12t 級の油圧ショベルである。経験年数 15 年の熟練オペレータ 1 名について、土木研究所が定義した「モデルタスク」を実施させ、そのときのオペレータ視線および作業時間を計測した。モデルタスクの概要を図-1 に示す。視線計測にはアイマークレコーダ (EMR-9) を使用した。

3. 解析方法

計測したオペレータ視線データより、アイマークが一定時間以上、一定範囲内に収まっていた時の、その範囲内にあるアイマーク群の中心位置を視線の停留点として抽出を行い、それらよりオペレータの視線特性を検討するものとした。一般に、停留点に重なる背景がオペレータの注視対象物と考えられる。停留点の抽出条件は、オペレータの視線特性を検討するのに十分なデータ数を確保し、かつ、データ数が膨大になりすぎないように、0.1 秒以上、視野角 2° の判定円内にアイマークが留まっていた場合を停留点とすることとした。判定円の中心位置は、連続する二つのアイマークの重心位置とし、抽出された停留点の中心位置も同一停留点のアイマーク群の重心位置とした。

これらの停留点を「走行」と「作業」に分けて集計を行った。「走行」は、クローラが駆動し走行して移動している状態とした。「作業」はクローラが可動せずに停止した状態で、アーム等の他の部位が動作している状態とした。全行程の作業時間は 139 秒であり、「走行」は 77 秒、「作業」は 62 秒であった。

以上の条件で停留点の抽出を行った結果、「走行」225 点、「作業」145 点、合計 370 点の停留点が抽出された。

4. 実験結果および考察

抽出された停留点の背景画像を全て確認したところ、オペレータの注視対象物として「バケット」「アーム」「旋回先」「移動対象物」「降ろし予定地点」「前方視野」「障害物」「わだち」「クローラ」「その他」の 10 項目に分類することができた。それぞれ 10 項目の停留時間の合計を図-2 に結果を示す。

「走行」では、「わだち」(19.8 秒)の合計停留時間が最も大きく、次いで、「前方視野」(10.6 秒)、「バケット」(6.0 秒)であった。本実験の被験オペレータは走行時には概ね既存のわだちをトレースして走行しており、そのため、わだちを良く注視していたものと考えられる。「前方視野」は一般に車両走行に必要な視覚情報であるため良く見ていたと考えられる。「バケット」は周囲の障害物への接触を避けるために注視していたと考えられるが、オペレータ視界の中で最も目立つ物体と考えられ、目の置き場になっていたことも考えられる。「作業」では「移動対象物」(24.7 秒)、「バケット」(14.9 秒)の合計停留時間が大きくなった。各種作業においてオペレータは、移動対象物とバケットの双方を注視し、お互いの相対位置を把握しながら油圧ショ

キーワード 建設機械, オペレータ, 視線

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 土木研究所 先端技術チーム 029-879-6757

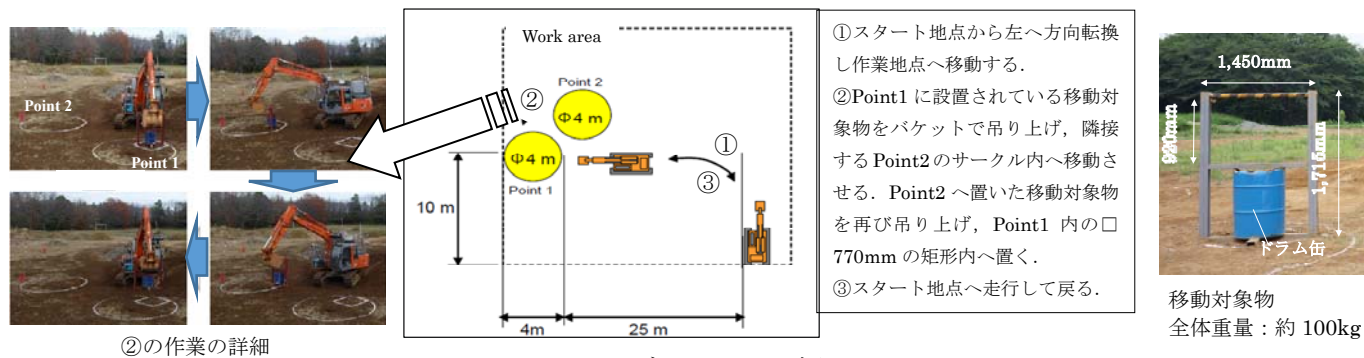


図-1 モデルタスクの概要

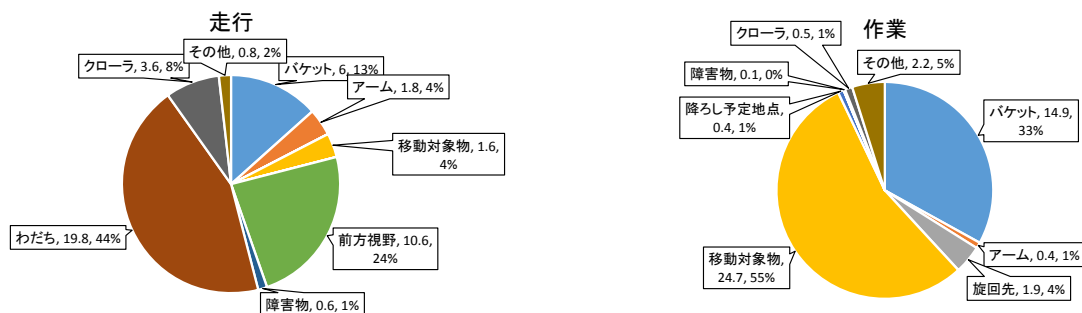


図-2 注視対象物毎の合計停留時間 (秒)



図-3 停留点を作業視野展開画像へプロットした状況

ベルを操作していたものと考えられる。

抽出された停留点をキャビン内オペレータシートからの作業視野の展開画像へプロットした (図-3)。図-3より、「走行」では停留点がフロントガラス枠内に広く分布しているのに対し、「作業」ではフロントガラス枠内中央やや右寄りに停留点が集中していた。走行においてオペレータは、前方視野として比較的広い範囲を確認しながら走行していると考えられる。一方、「作業」においては、主にバケットおよび作業対象物を注視しているため、重機左側に位置しているキャビンからの停留点はフロントガラス中央やや右寄りになったと考えられる。また、図-3より今回のオペレータの最大視野角を計測した。オペレータの視点位置は、地上高 2,340mm、旋回中心より前方 220mm、キャビン幅中心とした。その結果、最大視野角は垂直方向 56° 水平方向 107° となった。

5. まとめ

①走行中の主な注視対象物は「わだち」「前方視野」「バケット」であり、作業中の主な注視対象物は「移動対象物」「バケット」であった。②走行中は停留点がフロントガラス枠内で広く分布していたが、作業中ではフロントガラス枠内中央やや右寄りに集中していた。③最大視野角は垂直方向 56° 、水平方向 107° となった。

6. おわりに

本報告の結果は熟練オペレータ不足対策、無人化施工の施工効率向上、建設機械の自動化、情報化施工の高度化などに活用されることが期待される。今後、具体的な活用方法について検討を行いたい。本報告はわずか1名のオペレータの解析となっており、今後より多くのオペレータについて調査する必要がある。