

移動式クレーン運転技能の 分析と訓練方法に関する一考察

港湾職業能力開発短期大学校 横浜校 小田切 稔*
 港湾職業能力開発短期大学校 神戸校 谷井 洋介
 横浜商科大学 恩田登志夫

A Study of Analysis and Training Method of Operating Skill for Mobile Crane

Minoru ODAGIRI, Yosuke TANII, Toshio ONDA

要約 港湾荷役機械の運転技能は、技術的環境変化の中で、荷役作業の機械化、高度化に伴い作業に必要な技能も変化し、高度な経験と熟練が必要になっている。この熟練者の感覚的な技能要素（五感による判断力、問題処理能力、経験）を見極めることは難しい状況にある。

本報では、Ⅲ節で移動式クレーンの作業において感覚的な技能要素がどのように関わっているのかをアンケート調査し、階層分析法を用いて運転行動に与える因子の影響度について初心者と熟練者を比較検討した。しかし、視覚情報が認知された後の判断について明らかにされていない。Ⅳ節では、初心者と熟練者の視覚情報が認知された後、どのように判断されているかについて、運転行動（認知・判断・操作）における認知についてアイマークレコーダを用い、視点挙動及び運転行動による相違を比較検討した。

その結果、視野中の情報が同一であっても、初心者と熟練者とで運転中の認知・判断・操作に違いが生じることが明らかになった。運転技能の訓練においては、訓練課題に対するストラテジーの形成を視点にした訓練方法の検討が重要であることを確認したので報告する。

I はじめに

港湾荷役機械の運転技能は、操作系の装置と人間のやりとりによって目的とする運転が行われる。港湾荷役機械のオペレータがある程度の熟練レベルに至るまでの習熟過程を検討することは、客観的な評価システム（どのような内容がどの程度継承されたかを評価する）を確立するために必要である。

移動式クレーンの運転は、つり荷の運動や障害物などの視覚情報により正確に操作し、つり荷の細かい動きをコントロールする。振れを出さずにつり荷を移動するときには、巻上げ、巻下げ、旋回運転、起伏運転、高さの測定など高度な運転技能が必要になる。このような熟練者が有する感覚的な技能要素（五感による判断力、問題処理能力、経験）を見極めることは難しい状況にある。

現行の訓練方法は、限られた時間内で、学生を一定の技能水準（移動式クレーン運転士実技試験合格程度）まで到達させなければならないが、課題・体験という操作の繰り返しによる訓練が主要な部分を占めている。学生が運転技能の動作基準を確立する過程と情報獲得スタイルが明らかでなく学生の技能習熟過程と指導方法が整合していない部分があり、効果的な訓練が確立しているとはいいがたいところがある⁽¹⁾。

本研究では、移動式クレーン運転技能を研究対象とし、港湾荷役機械のオペレータがある程度の熟練レベルに至るまでには経験則として身につけている内容（ノウハウや感覚的判断、作業のポイントや要領）があり、それは訓練方法改善のための重要な資料を提供してくれることを予想しての取り組みを検討した。

そこで、学生が困難と感じている操作や運転形態と感覚的な技能要素がどのように関わっているか分析し、

その時の被験者が何を見て、どのような判断をしているかの視覚行動、視覚探索法、運転行動を明らかにするためのデータ採取を試みた。

II 運転技能の構造

移動式クレーン運転実習の訓練課題に含まれる技能要素の内容を分析⁽²⁾し、習得すべき訓練課題の細目を約 50 項目に分類した。この中の類似項目を整理し、現状の訓練課題における技能要素として、①旋回レバー操作、②荷の位置判定、③振れ止め(横ゆれ)操作・振れ止め予測操作、④巻上げ・巻下げ操作、⑤ジブ起伏レバー操作、⑥荷の高度・深度判定、⑦荷の水平移動操作、⑧振れ止め(縦ゆれ)操作・振れ止め予測操作、⑨障害物通過、⑩コース課題間の関係把握、⑪荷の位置情報の判定、⑫トラブルの予測と処理の 12 項目とした。これらの技能要素は、移動式クレーン運転における基礎運転技能が何であるのかを明確にしたものである。

移動式クレーン運転技能は、つり荷が X 軸、Y 軸、Z 軸上の空間位置を種々の条件に見合った方法で運転する必要がある。つり荷の空間上の位置は、X 軸は旋回停止操作系、Y 軸はジブ起伏操作系、Z 軸は高度維持操作系の技能要素が複合したものになっている。さらに、移動式クレーンの運転行動では、つり荷の外界(XYZ 軸上)の情報収集・処理が的確にできなければならない。したがって、技能要素と学生が困難と感じている操作や運転形態との関係を検討し、運転技能習熟過程を把握した上で訓練課題の編成を考えなければならない。

運転技能習熟過程は、図 1 に示す 3 種類のストラテジーの結合によって全体を構成していると考えられる。

訓練初期のストラテジーの確立は、荷の運動のコントロールを決定づけ、訓練後期のストラテジーの確立によって運転全体の質を決定づける。これらのストラテジーの確立には、課題・体験という運転操作の繰り返しではなく、適切な技能習熟の手がかりとその習得方法の検討が重要であると考えられる。

III アンケート調査

1 階層分析法による技能要素の評価

階層分析法 (Analytic Hierarchy Process : 以下 AHP という) は、意志決定手法の一種である。

移動式クレーンの運転行動に感覚的な技能要素がど

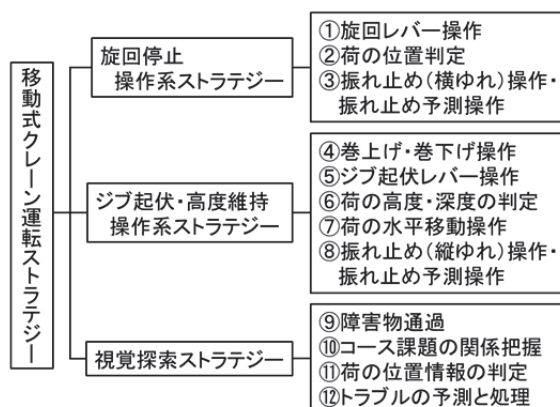


図 1 移動式クレーンの運転ストラテジーの構造

のように関わっているか AHP を用いて、各運転行動に与える因子の影響度について初心者と熟練者を対象にアンケート調査による一対比較を行い、運転行動因子の選定に関してどの程度、重要であるかについて検討した。

アンケート対象者は、初心者 1 群 (運転経験 9 時間程度) は港湾短大 1 年生 4 名、初心者 2 群 (免許取得者) は港湾短大 2 年生 4 名及び熟練者群として企業などで運転経験 20 年以上の作業員 20 名により行った。

2 運転行動因子の選定

移動式クレーンの運転技能とは何かを整理し、図 1 から評価基準と代替案に関連する因子を選定した。

オペレータは、目前に広がる視野の中に存在する視覚情報 (荷の運動を測定する尺度) に基づき判断を下し、運転行動をとる。そこで、移動式クレーンの運転に必要な荷の運動を捉える視覚情報を評価基準とし、荷の位置情報、障害物の位置情報、レバー操作情報、荷の振れ情報の 4 つの因子を選定した。

代替案には、学生にとって習得困難な感覚的な技能要素として、①旋回速度の判定方法 (障害物との距離を判断しながらの旋回速度の調整)、②旋回停止のタイミング (障害物の手前で停止する時のタイミング・減速操作)、③旋回距離の判定 (旋回を始めてから停止するまでの距離確認)、④荷の振れ止め操作 (荷の振れをとる時の操作)、⑤荷の振れ止め予測 (荷が振れないように止める操作)、⑥荷と障害物の距離の判定 (障害物との距離を判断しながら振れを出さない操作)、⑦障害物の通過の 7 つの因子を選定した。

選定した技能要素は、被験者が設問内容をイメージできるように用語解説を入れ、アンケート調査での一対比較作業の精度の向上が図れるように考慮した。

3 AHPの手順

図2にAHPの手順を示す。移動式クレーン運転行動の選定に関する具体的な手順⁽⁴⁾を①から④に示す。

①階層構造図の作成

移動式クレーン運転行動の選定における旋回運転時の階層構造図を図3に示す。

②一対比較表の作成及び重要度（重み）の計算

アンケート結果より、評価基準に対し一対比較を実施した。重要度の算出には幾何平均法を用い、各因子に対する幾何平均と幾何平均合計に対する割合を重要度として算出した⁽⁵⁾。また代替案についても、評価基準ごとの重要度を算出した。

③整合度指数 C.I.値の計算

アンケート調査による回答が整合的なものかどうかの判断を(1)式による整合度指数 C.I.値で評価した。ここで、項目数とは、評価基準数や代替案数を示す。C.I.値が 0.15 未満であれば回答の信頼性があるとされ、それ以上であれば整合性が欠けているので一対比較を再検討すべきとされている。

$$C.I.値 = \frac{\text{幾何平均} - \text{項目数}}{\text{項目数} - 1} \dots\dots\dots (1)$$

④代替案の総合評価値

評価基準と代替案の重要度の結果を用いて階層全体の重要度を算出した。これにより、移動式クレーン運転行動の選定に対する各代替案に関する総合評価値を決定した。

4 結果

4-1 評価基準に対する C.I.値

移動式クレーン運転行動の選定に対する感覚的な技能要素の程度を判断するため、評価基準に対する C.I.値を用いて比較した。

熟練者の C.I.値は、アンケートに対する回答要領や経験等の相違による影響が見られるが、比較的整合性がとれている。初心者の C.I.値は、バラツキが大きくなった。これは、運転経験の違いにより熟練者よりも情報収集機能が劣るためと考えられる。

4-2 評価基準に対する重要度

図4に評価基準に対する重要度を示す。

整合度の比較的とれている被験者をそれぞれ3名選択し、評価基準に対する重要度（重み）を算出した。

熟練者の評価基準に対する重要度は、レバー操作情報、荷の位置情報、障害物の位置情報となり3つの評価基準を複合的に捉え同程度に評価している。

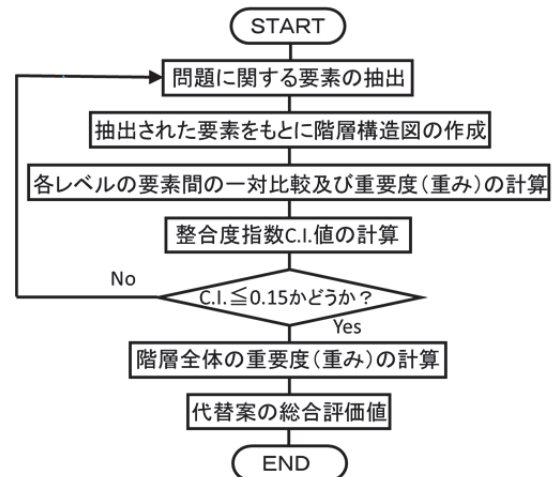


図2 AHPの手順

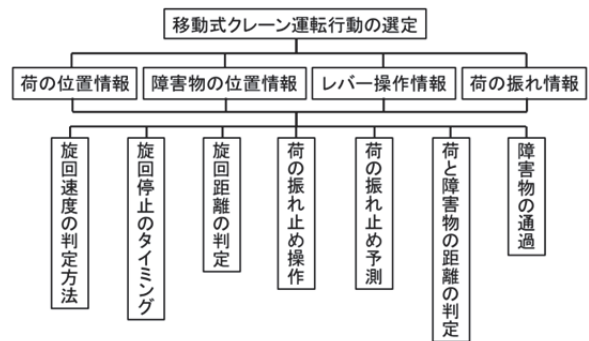


図3 旋回運転時の階層構造図

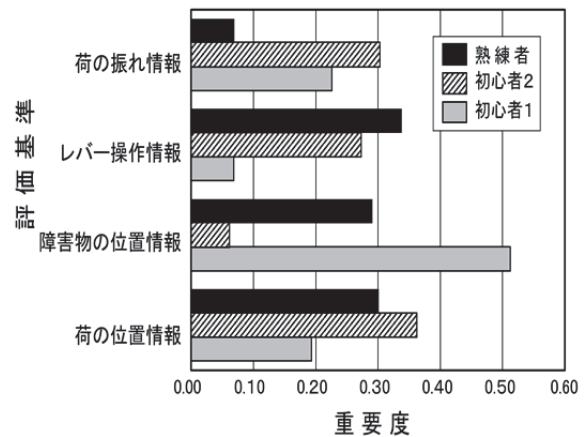


図4 評価基準に対する重要度

熟練者は、目標である障害物の位置、荷の位置情報から減速操作、振れ止め予測位置の情報を有効に活用しているためと考えられる。

技能習熟度の遅い初心者1は、障害物の位置情報が突出している。障害物との距離を判断しながらの運転行動は、学習体験の少なさによる危険の度合いに応じたストラテジーが熟練者と異なるためと考えられる。

逆に初心者2は、障害物の位置情報は低く評価している。これは振れを出さない運転行動をとるため低く評価していると考えられる。

熟練者と初心者では、視野内情報が同じであっても視覚情報の収集に違いがあり、その結果として運転行動にも違いが生じるものと推測される。

4-3 代替案に対する総合評価値

代替案に対する総合評価と技能要素の順位付けを行い、図5に代替案に対する総合評価値を示す。

熟練者の運転行動に対する総合評価値は、荷の振れ止め操作、旋回距離の判定、障害物の通過の順に挙げており、特に振れ止め操作が重要と判断している。このことより旋回操作によって荷の振れが生じ、荷と障害物の位置関係を判断しながら行う技能要素は、難度が高いものと考えられる。

熟練者の運転行動は、危険の高い作業環境の中で収集すべき重要な技能要素を選択し、注意を適切に配分できる運転経験を身につけている。このため、熟練者は旋回を始めてから停止するまでの距離の確認は、現在位置確認のためだけでなく、振れ止め予測の可否を判断するために用い、その後、振れ止め制御のための注視を障害物に対して行うものと考えられる。

初心者1は、旋回速度の判定、荷と障害物の判定をあげ、初心者2も、荷の振れ止め操作、荷と障害物の判定を高く評価し、その他の因子は同程度重要と評価している。

そのため、初心者の運転行動は、荷の振れの大きさと障害物の位置関係の情報を基にして運転操作を行うと考えられる。

初心者は、旋回に伴う荷の運動を測定する尺度が視野の中にある技能要素（旋回速度、荷と障害物の確認等）を評価して、その他の因子の順位付けが不明確である。

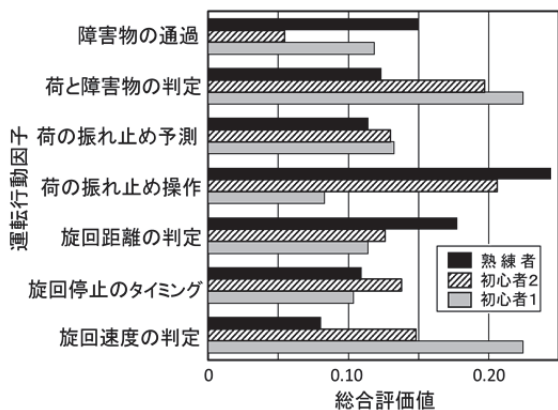


図5 代替案に対する総合評価値

5 まとめ

移動式クレーン運転行動に感覚的な技能要素がどのように関わっているかAHPによる評価を試みた。結果をまとめると以下ようになる。

熟練者と初心者では、感覚的な技能要素の選定に対する考え方が異なり、熟練者は評価基準を複合的に捉えているのに対し、初心者は特定の評価基準（初心者1は障害物の位置情報、初心者2は荷の位置情報）に関心が高いことが明らかになった。

初心者は、荷重視の視覚行動を示し、危険の度合いに応じたストラテジーの習得も不十分である。

総合評価値より、初心者は、熟練者と同等の運転行動がとれるようになるには免許取得後かなりの経験が必要であると考えられる。

IV 運転者の視点挙動

初心者は、熟練者に比べ荷を重視すること、危険の度合いに応じたストラテジーも不適切であることをⅢ節で述べた。しかし、視覚情報が認知された後の判断について明らかにされていない。

本実験では、初心者が運転するための練習（経験）だけでなく、学習しなければならない視覚探索ストラテジー（認知・判断）に関する訓練方法の手掛かりを得るための方法として注視目標を設定し、初心者及び熟練者の運転行動（認知・判断・操作）における認知についてアイマークレコーダを用いた視覚要素（注視目標）の相違を比較検討した。

1 実験方法

1-1 実験コース

図6に実験コースを示す。つり荷は、質量1tの円筒形状のものを用いた。実験区間の旋回角度は130度であり、その途中にバー越え障害物を設定した。また、

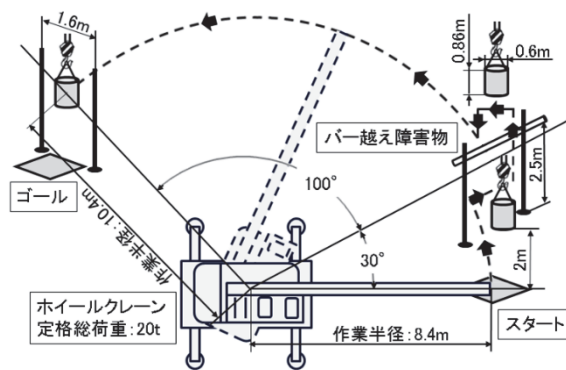


図6 実験コース

左旋回、右旋回の2通りについて行った。

1-2 実験装置

図7に実験装置の概要を示す。

視点挙動は、被験者に装着したアイマークレコーダ（ナック社製、EMR-7）によりVTRに記録した後、コマ送りVTRで1フレーム（1/30秒）ごとに解析した。

運転行動は、旋回レバー及び起伏レバー操作量をストローク計により、旋回角度は旋回ギアに取り付けた5度おきの目盛りをVTRに撮影し、コマ送りVTRで1フレーム（1/30秒）ごとに解析した。

1-3 被験者

被験者は、初心者1群として港湾短大1年生3名、初心者2群として港湾短大2年生4名及び熟練者として免許取得後20年以上のもの1名を用いた。

このうち初心者1群の技能レベルは、初心者1群は運転時間9時間程度、初心者2群は免許証取得者のものである。

2 結果及び考察

2-1 注視時間及び注視度数

図8に熟練者と初心者1群の注視目標別（荷、進行方向、障害物、その他）に分類した注視時間及び注視度数の比率を示す。

初心者1群と熟練者の注視目標に対する注視度数は、同じ傾向を示した。しかし、初心者1群の注視時間は熟練者に比べ、技能習熟度の遅い者ほど荷に関しての注視傾向が強く、進行方向は、これとは逆の傾向を示した。

初心者1群は、熟練者に比べ進行方向に対する注視時間が少なく、早く注視を終了している。

熟練者は、コース通過に必要な情報として遠方注視（停止目標）と現在位置（荷）確認のため進行方向を入念に注視しているのに対し、初心者1群は荷の注視傾向が高いため旋回情報の収集は中心視により多く依存している。

2-2 視覚シーケンスパターン

図9に右旋回（旋回角度100度）運転時における熟練者及び初心者1群の視覚シーケンスパターンを示す。

熟練者の視覚シーケンスは、中心視では振れ止め予測位置の確認、周辺視では旋回角度や現在位置の情報を得ており、これらを有効に使い、その状況に応じた視覚探索戦略やコースプランを立てていると考えられる。

熟練者は、荷を注視しながらも振れ止め制御に必要な周囲の情報を把握する周辺視野の能力が高いことが考えられる⁽³⁾。

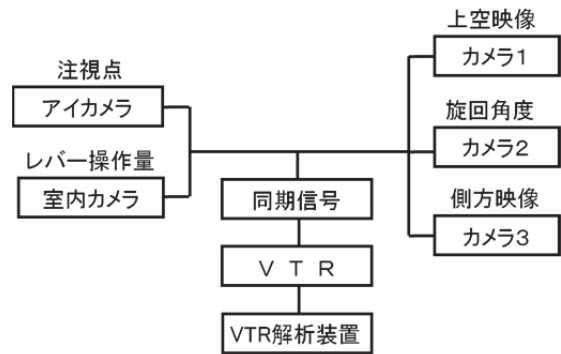


図7 実験装置概要

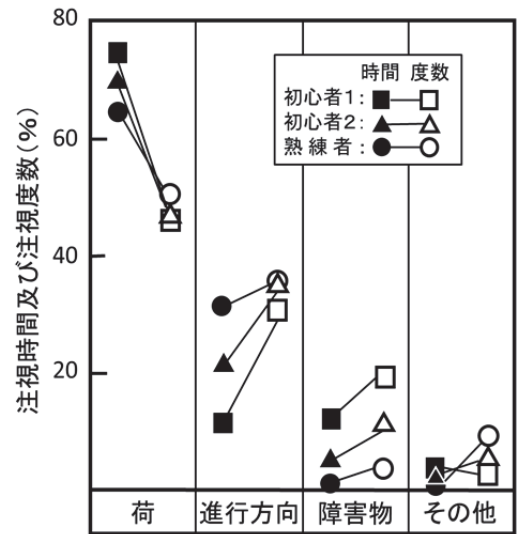


図8 注視時間及び注視度数の比率

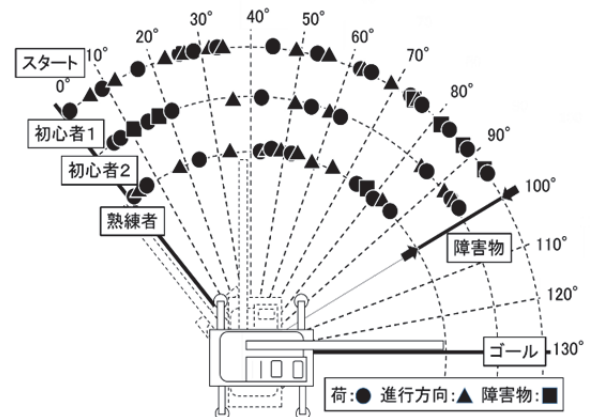


図9 視覚シーケンスパターン

これに対し初心者1群の視覚シーケンスは、荷の運動を測定する尺度が視野の中にある旋回を行っている。

熟練者と初心者1群の視野内の情報が同じであっても、初心者1群は、荷重視の視覚探索戦略をとることにより、有効な視覚情報の収集を行っているとはいえない。その結果として運転操作方法（振れ止め制御）にも違いが生じると考えられる。

2-3 振れ止め制御操作

図 10 に旋回レバーストローク量と注視目標を示す。

被験者にとって荷と障害物との相対的な位置を確認することは運転操作上重要な手がかりになると考えられる。

初心者と熟練者では、停止位置（障害物）確認後の注視回数に差が生じている。

熟練者は、旋回速度を適切に選択し、あらかじめ停止位置を予測して、確実な減速操作によって荷の振れを出さないような注視を行っている。

初心者は、停止位置確認のための注視を十分に行っているが、このことは障害物の接触を避けるために熟練者より安全側に過大な評価（判断）している注視を行っていると考えられる。また、荷の振れに応じた減速操作ができず、注意配分に関するストラテジーの習得も不十分である。これらは、停止位置の確認及び旋回速度の把握不足等の初心者特有の原因によると考えられる。

3 まとめ

旋回運転時の注視目標に対する初心者と熟練者の視覚及び運転行動の相違を比較検討した。結果をまとめると以下ようになる。

初心者の運転行動は、認知・判断・操作の一連の情報処理過程において熟練者とは視覚情報の取得、判断結果に違いが認められ、その結果として運転操作にも違いが生じることが明らかになった。

初心者の運転習熟過程において視覚探索ストラテジーは、教育訓練と並行して意図的に検討させることにより、運転技能の向上が可能である。

V おわりに

適切な視覚情報に基づく運転操作は、作業中の対象あるいは作業状況を把握することにより適切な運転行動がとれるようになると推測される。

初心者は、運転感覚の欠如を補うための手段として視覚情報を用いており、熟練者とは違う視覚行動が行われている。運転技能に関する視覚情報は、作業対象の情報を得る過程は技能水準に違いがみられることや経験の差が視覚行動に違いを生じさせていることが明らかになった。

これまでの結果より、次のような訓練方法の可能性が考えられる。

①運転操作中の視覚情報の獲得スタイルを明らかにす

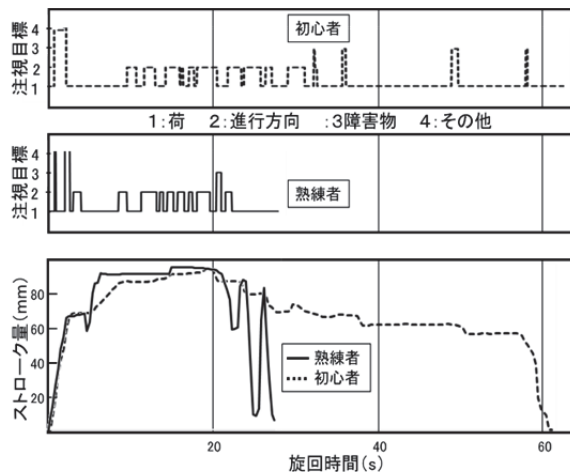


図 10 旋回レバーストローク量と注視目標

ることにより学生の習熟の段階が判定できる。収集している視覚情報と判断の過程を明らかにすることにより、適切な運転行動をしているかが判断できると考えられる。

②視覚情報の内容及び獲得方法を的確に判断することにより、習熟状態に応じた指導が考えられる。

③熟練者のデータを収集・分析し、熟練者の理想的な視覚行動をパターン化することは、視覚情報の獲得スタイル、習熟状態を推定するための客観的指標が得られると考えられる。

今後は、運転経験がどの程度で熟練者の視覚シーケンスパターンに習熟するのか、その習熟過程における初心者の視覚探索ストラテジーを明らかにする必要がある。

【参考文献】

- (1) 森和夫、森口明、港湾荷役機械運転技能の訓練方法に関する研究、職業訓練大学校紀要、第 15 号 B、1986 年 3 月、pp.69-94
- (2) 森口明、小田切稔、佐藤重行、大型特殊自動車運転技能の訓練方法に関する研究、職業能力開発報文誌、通巻 3 号、1989 年、pp.P73-81
- (3) 増田賢二、永田雅美、栗山洋四、佐藤武、運転初心者の定常円旋回中の視覚及び運転行動、自動車技術会論文集、Vol.25 No.4、1994 年、pp.108-113
- (4) 土井純司、階層分析法（AHP）による技能・技術継承評価、職業能力開発報文誌、通巻 40 号、2009 年、pp.29-34
- (5) 高萩、中島、Excel で学ぶ AHP 入門、オーム社、2005 年、pp.41-58