

移動物体の遮蔽後位置予測機構の研究

- A study on position anticipation mechanism of occluded moving object -

研究者代表 東京農工大学大学院共生科学技術研究院 教授 藤田欣也
共同研究者 国土舘大学政経学部 准教授 竹市 勝

[研究の目的]

歩行者交通事故の発生要因には、不注意や判断誤りなどに加えて、走行車両の位置予測誤りの可能性が考えられる。運動物体の未来位置を正しく予測するためには、正確な速度認知機構と適切な予測機構を持つ必要があるが、現在、一般的に実施されているのは、車両が到達する時刻を予測する速度見越し検査のみと言って良い状況にある。

他方、申請者らは、仮想現実感技術を用いた人間の運動物体位置予測機構に関する実験環境を構築し、遮蔽一定時間後の運動物体の位置を予測する課題において、位置を過小評価する現象を発見した。現実の道路交通状況においても、停止大型車両などによる走行車両の遮蔽が生じる可能性があり、同様の過小評価が生じるのか実験的に解明する必要がある。

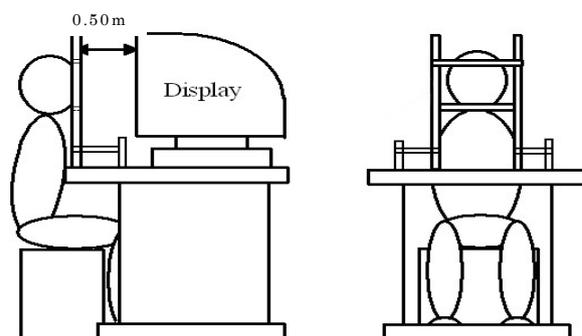
そこで本研究は、実際の道路交通を模擬した広視野仮想環境を構築して位置予測課題を実施し、遮蔽後運動物体位置予測特性を解析すること、ならびに、反復訓練による予測特性改善の可能性の検討を目的とする。

[研究の内容、成果]

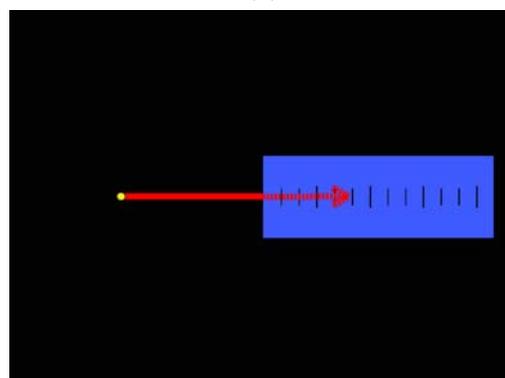
1. 運動物体の遮蔽後位置過小評価現象

速度見越し課題のように、移動物体が特定位置に到達する時刻を予測する課題においては、物体が運動途中で遮蔽されても、回答のばらつきや、個人による若干の過小あるいは過大回答の傾向はあるものの、ある程度正確に時刻を予測することができることが知られている。逆に、遮蔽後の運動物体の位置を回答させる課題における予測特性は、これまでほとんど調べられていなかった。そこで、筆者らは、図1(a)の実験環境を構築し、図1(b)のように直径40mmの物体が、左方から眼球運動速度換算で15deg/sの速度

で飛来して、板によって遮蔽され、0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0s後に板が変色したときの物体の位置を、板上の目盛りで回答させる課題を実施した。



(a)



(b)

図1 運動物体の遮蔽後位置予測課題の(a)実験セットアップと(b)提示画像

その結果、図2のように、視覚刺激が提示されたときの物体位置を、実際の物体運動速度から算出される位置の半分程度に予測する位置過小評価現象が普遍的に観察された。これは、人間が遮蔽後の物体速度を大きく誤って認知していることを示唆し、その発生機構は未だ明らかではないものの、車両など運動物体の予測に重大な影響を与える可能性が示唆された。

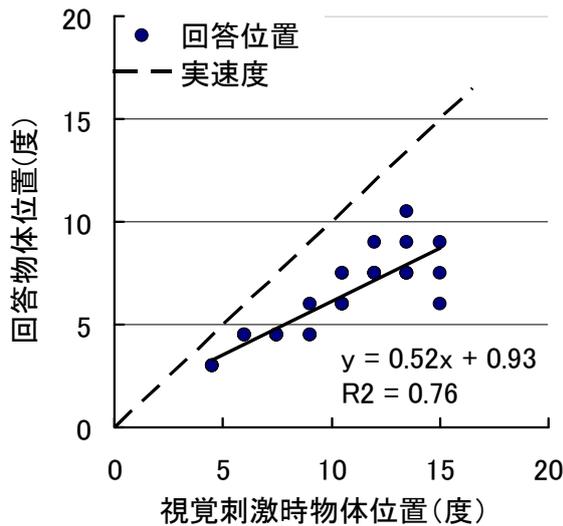


図2 運動物体の遮蔽後位置予測課題の結果例

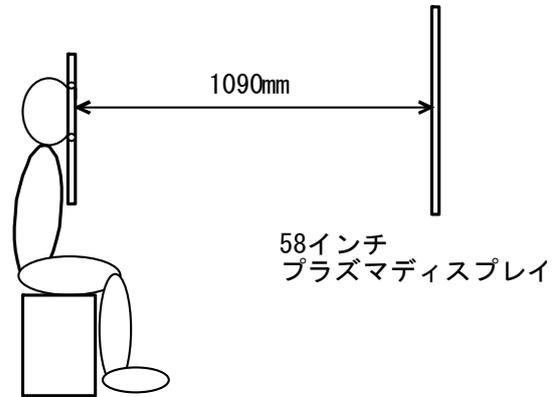
2. 広視野現実模擬環境での位置予測実験

そこで本研究は、提示映像や視野角を、より現実の交通状況に近づけた環境で実験を実施すべく、新たに導入した大型プラズマディスプレイと高速描画計算機を用いて、図3の環境を構築した。

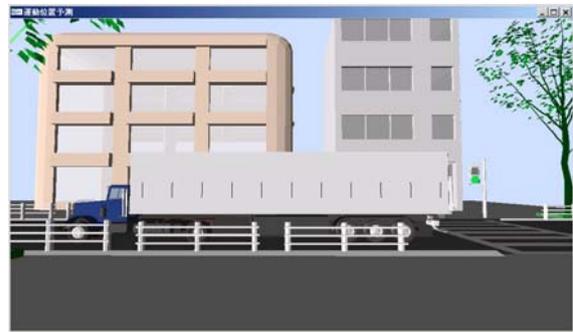
図3の条件における視野角は60度で、シミュレーションにおける観察位置は道路端から手前6mとした。この条件で、トレーラの左方から奥方向の車線を赤い車が速度14m/s(約50km/h)で接近し、トレーラによって遮蔽される。遮蔽から一定時間後に、歩行者信号が赤から青に変化することで視覚刺激が与えられ、そのときの走行車両の位置を被験者にトレーラ側面の目盛りを用いて回答させた。遮蔽から視覚刺激までの時間は、100, 210, 320, 430, 540msの5段階で、移動距離に換算して1.5, 3.0, 4.5, 6.0, 7.5mである。

実験は、被験者1名につき100回(各条件20回)の予測課題を実施した。その後、被験者ごとに、図2と同様に実際の物体位置と回答位置の回帰直線を求め、その傾きから被験者の持つ表象速度(速度イメージ)を求めた。14名の被験者全員の、実際の運動速度で割って正規化した表象速度を図4に示す。図から明らかなように、すべての被験者が普遍的に遮蔽後の位置を過小評価する現象が、広視野で現実を模擬した複雑な映像でも生じることが証明された。すなわち、

走行車両が大型物体で遮蔽された後に、信号など外部からの刺激によって車両位置を予測すると、実際よりも走行距離を少なく見積もる可能性が極めて高いことが示唆された。



(a)



(b)

図3 実交通状況を模擬した運動物体の遮蔽後位置予測課題の(a)実験セットアップおよび(b)提示画像。

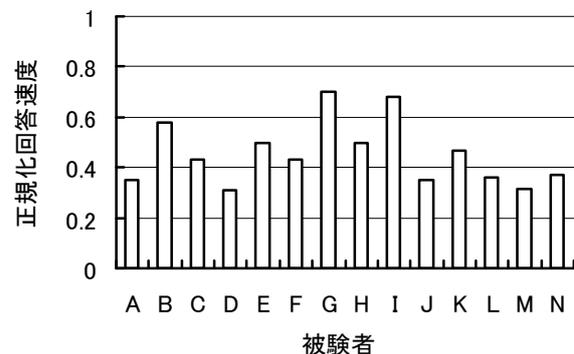
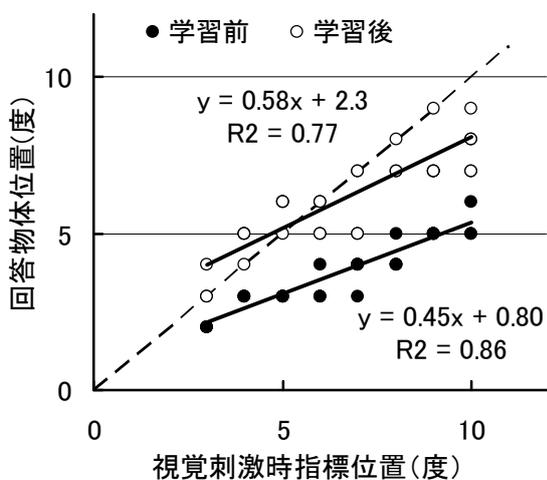


図4 実交通模擬環境での運動物体の遮蔽後位置予測特性。実運動速度で正規化した回答速度。

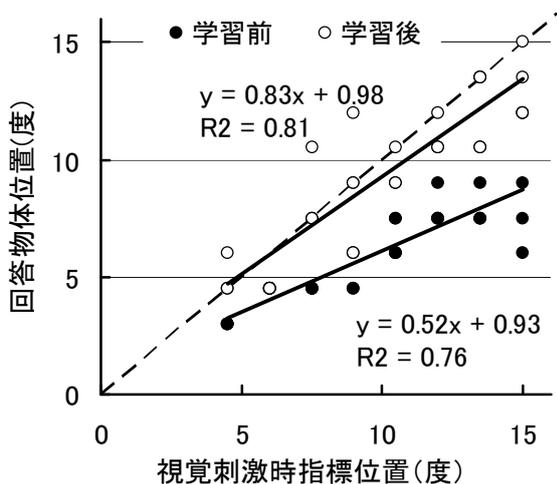
3. 遮蔽物体速度の学習可能性の検討

実際の交通状況に近い環境でも、遮蔽後運動物体位置の過小評価が生じることが確認されたため、正しい位置の反復教示による、遮蔽後位置予測の学習可能性を実験的に検討した。

実験環境は、基礎的な特性を解析するために、図1と同様とした。実験では、まず、遮蔽後位置予測課題によって被験者の学習前予測特性を評価し、その後、同様の予測をおこなわせて被験者が回答した後に正しい位置を教示する学習課題を100回おこない、その後、再度、遮蔽後位置予測課題を実施した。



(a)



(b)

図5 学習前後での遮蔽後位置予測特性の変化の例。(a)100回程度の学習初期に多く見られる変化例、(b)数百回の学習後に多く見られる変化例。

その結果、図5(a)のように回答位置が実際の物体の位置に近づく平行移動型の学習効果が多くの被験者で観察された。しかし、回帰直線の傾きは、学習前とほぼ同程度か、やや大きくなる程度であった。そこで、さらに学習課題を400回まで増やして、100試行ごとに予測課題を実施してその変化を観察したところ、学習課題の回数が増えるにつれて、図5(a)の平行移動型の学習の後に、図5(b)のように、ゆっくりと回帰直線の傾きも実速度に近づいてくる現象が観察された。図6に変化の例を示す。実位置と回答位置の比から算出した単純回答速度が早期に学習され、その後、回帰直線の傾きである表象速度が実際の運動速度に近づく様子が観察される。

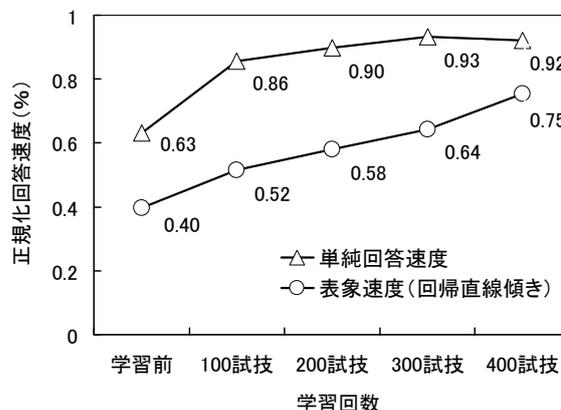


図6 学習の反復による単純回答速度（実位置と回答位置の比）および表象速度（回帰直線の傾き）の変化の例。

学習課題では回答後に正しい物体位置を教示するため、被験者には、正しいと思う位置ではなく、自分が予想した位置を回答するように指示しているにもかかわらず、徐々に回答位置が実際の位置に近づく、すなわち学習が成立することが判明した。しかし、学習初期においては、回帰直線の傾き、すなわち、視覚刺激までの時間を変化させたときの運動量の差から求めた速度がほとんど変化していないことから、初期の学習は、速度そのものでなく、正しい位置を回答するための、みかけの学習である可能性が高い。これに対して、さらに学習を反復することで、回帰直線の傾きが徐々に実速度に近づくこ

とから、回帰直線の傾きは、被験者が持つ速度表象を反映している可能性が高いと考えられる。すなわち、教示によって遮蔽後の速度表象が正しくなるように修正することが可能と考えられるが、学習の指標としては、単純に実位置と回答位置の比を見るのではなく、回帰直線の傾きから算出される速度を用いる必要があること、また、学習には数百回以上の反復が必要であること、が示唆された。今回の400回の反復学習には2時間程度を要していることから、交通事故低減にむけたトレーニングプログラム開発のためには、より効果的な学習プロトコルの検討が望まれる。

[今後の研究の方向、課題]

本研究では、運動物体の遮蔽後位置過小評価現象が、現実の交通状況を模擬した環境においても生じること、すなわち、走行車両が大型物体で遮蔽された後に、信号など外部からの刺激によって車両位置を予測すると、実際よりも走行距離を少なく見積もる可能性が極めて高いことが示された。

さらに、過小評価特性が、正しい位置を教示する反復学習によって改善される可能性を示した。しかし、遮蔽後位置予測特性の改善効果の維持期間や、より効果的な学習プロトコルの検討など、さらなる検討課題が明らかとなった。今後は、より詳細な実験を重ねて人間の遮蔽後運動物体位置予測機構を明らかにすることで、歩行者交通事後の低減につなげてゆきたいと考えている。

[成果の発表、論文等]

- 1) M.Takeichi, K.Fujita and H.Tanaka, Eye movement after occlusion during position anticipation task, 30th Annual Meeting of European Conference on Visual Perception, 60, Aug. 2007
- 2) 新井健之, 藤田欣也, 竹市勝, 運動物体の遮蔽後位置予測と再出現時刻予測に関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会第12回大会, 平成19年9月
- 3) 新井健之, 藤田欣也, 竹市勝, 運動物体の遮蔽後位置予測における学習可能性の検討, 日本バーチャルリアリティ学会第10回VR心理学研究会, 平

成19年12月

- 4) M.Takeichi, K.Fujita and H.Tanaka, Discussion on anticipated velocity slowdown of occluded object and eye movement, 31st Annual Meeting of European Conference on Visual Perception, Aug. 2008 発表予定
- 5) 藤田欣也, 竹市勝, 新井健之, 仮想環境を用いた走行物体の遮蔽後位置予測機構の解析, 自動車技術会秋季大会, 平成20年10月発表予定