

右折矢表示が運転者の注視特性に与える影響に関する研究*

Influence of Green Arrow Indications on Drivers' eye movements*

矢野伸裕**

By Nobuhiro YANO**

1. はじめに

信号交差点での右折場面を認知的課題として見ると、信号や対向車、右折先横断歩道の歩行者の動きなど時々刻々と変化する交通状況に関する情報を抽出し、処理し、貯蔵し、検索し、決定する作業が含まれるマルチタスク状況であり、自動車の運転場面の中でも、必要情報処理量の多い、認知的負荷の高い場面の一つとすることができる。したがって、右折場面の認知的負荷や必要情報処理量を減らすような交差点設計ができれば、事故が少なく運転しやすい交差点環境になることが期待される。特に、高齢運転者は若齢運転者より交差点右折時の情報処理量が少ないことが示唆されており^{1) - 2)}、右折時の認知的負荷が低いことは高齢運転者の安全対策としても求められる。

右折専用現示では、右折矢の点灯によって安全に右折できるタイミングが示される。右折専用現示が運用されている交差点では、右折車の運転者は、たとえ対向車を見ていなくても、右折矢の点灯を確認するだけで右折実行のタイミングが判断できる。つまり運転者は、青丸表示中に無理に対向車間のギャップを利用して右折を実行する必要はなく、十分に大きなギャップが生じない限り、右折矢が点灯するまで待っていてもよい。したがって、右折専用現示の運用は、認知的負荷を低くする効果があると考えられ、運転者の認知情報処理にそれを反映した影響を与えると予測される。

本研究では、認知情報処理の指標として運転者の注視行動に着目し、右折専用現示としての右折矢表示の設置により、対向車を待って停止している右折車の運転者の注視特性がどう変化するかを実験的に検討した。特に、右折矢表示の設置が高齢運転者の注視特性に与える影響を検討するため、実験では年齢層を考慮した。

2. 方法

*キーワード：交通安全、高齢運転者

**正会員、情博、科学警察研究所交通科学部

(千葉県柏市柏の葉 6-3-1、

TEL. 04-7135-8001、FAX. 04-7133-9187)

2-1. 実験装置

本研究では、ドライビング・シミュレータ（三菱プレジジョン製 DS-6000）を使用し、実験参加者に CG 空間に再現された市街地走行コースの中で模擬運転を行わせた。また、運転中の注視行動をアイマークレコーダ（ナック製 EMR-8）を用いて計測し、アイマーク映像等をビデオテープに記録し、後日これを再生して分析を行った。

2-2. CGIによる実験用走行コース

本実験のために、科学警察研究所と三菱プレジジョンでドライビング・シミュレータ用の走行コースプログラムを作成した。コース全体を図 1 に示す。コースを制限速度で走行した場合の所要時間は約 10 分間であった。コース中に信号交差点での左折が 2 回、右折が 1 回含まれており、他は直進であった。直進、左折及び右折は案内標識によって指示された。コース中、他車両や歩行者、自転車などのキャラクタが決められた場所で発生し、決められた動きをするようにプログラムで制御された。ただし、追い越し車両の有無、低速妨害車両の有無、煽り車両の有無、横断歩行者数の違いといった変化が試行毎に加えられた。これらの変化は本研究が着目する信号交差点右折場面とは関係のない箇所で見られ、右折矢表示の有無とはランダムに組み合わせられた。このような変化を加えたのは、試行毎に様々な変化があることで、実験の単調感を抑制し、実験参加者に実験の意図に気づかれにくくするためであった。

2-3. 交差点右折場面

コース中、信号交差点（右折専用車線を伴う片側 1 車線道路が交わる十字路）を右折する場面が 1 箇所あり、右折矢表示の有る条件と無い条件の 2 条件が設定された。

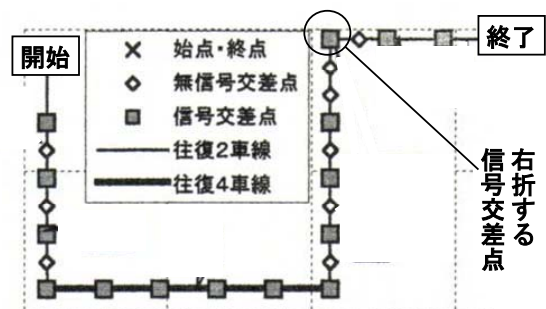


図1 CGIによる実験用走行コースの概要

どちらの条件でも、6 台の対向直進車が前方から走行して来て交差点に流入した。対向車間の各車頭時間は 3 秒に設定された。ただし、6 台目の対向車は信号切り替わりのために停止した。両条件は、右折矢の有無を除けば同一の交通状況であった。交通状況の展開を継時的に示すと次のようになる。

- ①実験参加者の車両が交差点に接近し、右折専用車線を進行してやがて交差点内に進入して対向車待ちのため停止する。対向車が続々と交差点内に進入して来る。この時、歩行者が右折先の横断歩道に接近するのが見える。対向車や歩行者の挙動は、実験参加者の車両の動きに合わせてタイミングが調整されるようにシミュレータのプログラムで制御される。
 - ②6 台目の対向車が交差点内に進入する前に信号が Y に切り替わり、6 台目の対向車は減速する。
 - ③信号が R (右折矢無し条件) もしくは GA (右折矢有り条件) に切り替わり、6 台目の対向車は停止線手前で停止し、実験参加者の車両は右折を開始する。ほぼこのタイミングで、歩行者が横断歩道を横断し始める。
 - ④実験参加者の車両は右折先の横断歩道の手前で停止あるいは徐行して横断歩行者が通り過ぎるのを待ち、その後右折を再開して右折先の車線に進入する。
- ①から③までの経過の中で、信号表示が G/PG→G/PF (10 秒) →G/PR (2 秒) →Y/PR (2 秒) →R/PR あるいは GA/PR と変化した。①から④までの経過に要する時間は、実験参加者の走行速度にも依るが、約 30 秒であった。

2-4. 実験手順

実験参加者は、制限速度近傍の速度で走行すること、指定された地名を目的地として走行すること、普段の運転と同じような気持ちでドライビング・シミュレータを運転すること、を教示された。

実験参加者に眼球運動測定用カメラを装着しキャリブレーションを行った後、次の試行順序で実験を行った。

- ①ダミー試行 (約 10 分)
- ②本試行：右折矢無し条件もしくは右折矢有り条件のどちらかを 1 試行 (約 10 分)
- ③休憩 (約 10 分)
- ④ダミー試行 (約 10 分)
- ⑤本試行：右折矢無し条件もしくは右折矢有り条件のどちらか (②とは異なる方) を 1 試行 (約 10 分)

①～⑤を 1 回の実験内容とし、異なる日に合計 2 回実施した。したがって、右折矢無し条件と有り条件はそれぞれ 2 試行ずつ実施された。本試行では、右折矢無し・有りのどちらの条件を先に行うかは実験参加者間で順序相殺された。ダミー試行では、本試行と同一の走行コースであるが右折場面が本試行と異なり、右折矢表示は無く、対向車間に大きなギャップが生じギャップを利用して右折できるような交通状況が用いられた。ダミー試行

表 1 注視対象の分類

ア	前方道路状況 (道路標示含む、対向車除く)
イ	対向車
ウ	右折先横断歩道の歩行者
エ	右折後進行道路状況
オ	標識
カ	信号機
キ	その他

を行うのは、練習試行を兼ねた上で、信号交差点の右折場面にもいろいろな交通状況があると実験参加者に思わせることで、右折矢表示の有無のみがことさら意識されることなく、実験の意図に気づかれなくようにするためであった。1 回の実験時間はおよそ 70～90 分であった。

2-5. 実験参加者

実験参加者はすべて男性で、若齢者 10 名 (30 歳～43 歳)、高齢者 12 名 (66 歳～71 歳) であった。どの実験参加者も、実験時の裸眼もしくは矯正視力が 0.7 以上で、普通運転免許を保持し、日頃より運転機会を持つ者であった。また、過去にドライビング・シミュレータを使用した実験に参加した経験があり、シミュレータ酔いが生じにくい者であることがあらかじめわかっていた。実際、これらの実験参加者で実験中にシミュレータ酔いを生じさせた者はいなかった。日頃の運転で眼鏡を着用する実験参加者には、この実験でも眼鏡を着用させてドライビング・シミュレータの運転を行わせた。実験実施後、1 名の若齢者と 2 名の高齢者は、アイマークが右折場面で消失しやすいなど不良な状態であったため、分析から除いた。したがって、分析対象となった実験参加者数は若齢者 9 名 (30 歳～43 歳) 及び高齢者 10 名 (66 歳～71 歳) であった。

2-6. 分析方法

アイマーク映像を記録したビデオテープを再生して注視行動を分析した。分析した場面は実験参加者の車両が右折する交差点内で対向車を待って停止している間とした。すなわち、交差点内で停止した時点 (時速 10km 未満になった時点) から分析を開始し、右折を開始した時点で分析を終了した。この間、任意の対象に注視点 (アイマーク) が停留した場合、その対象の分類 (表 1) 及び注視開始時刻 (サッカーボール終了時刻) と注視終了時刻 (サッカーボール開始時刻) をタイマー表示からフィールド単位 (1/60 秒) で読み取って記録した。ただし、サッカーボール運動が生じ注視点が移動した場合でも、まとまった特定の (同一の) 対象内での注視点移動は、同じ対象に対する情報処理が継続していると捉え、サッカーボール中の時間を除き、サッカーボールの前後の注視を通算し、1 回の注視とした。なお、本研究ではアイマークが特定の対象に 100ms 以上停留した場合を「注視」とした。

3. 結果の予想

「1. はじめに」で記したように、右折専用現示の運用が認知的負荷を低くする効果があれば、特に対向車に対する情報処理量が軽減されと考えられるので、右折矢表示が有る条件では対向車への注視量が減る（対向車以外への注視量が増える）などの注視特性の変化が生じると予想された。

4. 結果

両条件ともに2試行ずつ行っただけで、実験参加者ごとに条件別に2試行を合算して集計した。分析した場面の時間長は、実験参加者車両の交差点接近速度等によって異なり、2試行合計で高齢者で11～23秒、若齢者で15～25秒であった。

図2は、前方道路状況、対向車、右折先横断歩道の歩行者、信号機に対する注視時間割合を右折矢の有無及び年齢層別に示したものである。注視時間割合とは、分析した場面の総時間のうち、ある対象を注視した合計時間が占める割合を意味する。右折後進行道路状況及び標識を注視したのは1名のみだったので除いた。また、注視時間割合の%値を角変換（arcsine 変換）し注視対象別に2要因（年齢層&右折矢）の分散分析を行った。まず年齢層差に着目すると、右折矢の有無に関わらず、若齢者よりも高齢者の方が注視時間割合は対向車に対して大きい（ $F(1, 17)=4.729, P<0.05$ ）一方、右折先横断歩道の歩行者に対して小さく（ $F(1, 17)=12.730, P<0.01$ ）、信号機に対しても小さかった（ $F(1, 17)=9.971, P<0.01$ ）。また、右折矢の有無に着目すると、年齢層に関わらず、右折矢無し条件よりも有り条件の方が注視時間割合は対向車に対して小さい（ $F(1, 17)=6.651, P<0.05$ ）一方、前方道路状況に対して大きかった（ $F(1, 17)=6.651, P<0.05$ ）。右折先横断歩道の歩行者や信号機に対しても右折矢有り条件の方が注視時間割合の値は大きかったが、統計的に有意な差はなかった（歩行者： $F(1, 17)=2.147, P=0.161$ 、信号機： $F(1, 17)=0.486, P=0.495$ ）。また、統計的に有意な交互作用も見られなかった。

図3は、対向車に対する注視持続時間を年齢層及び右折矢の有無別に示したものである。注視持続時間とは、対向車を注視した際その注視が持続する時間の平均値を意味する。この図では、対向車に対する注視持続時間は若齢者よりも高齢者の方が長いように見受けられるが、統計的に有意な差はなかった（ $F(1, 17)=1.091, P=0.311$ ）。一方、右折矢無し条件と有り条件の間には有意な差が見られ、注視持続時間は右折矢有り条件の方が短かった（ $F(1, 17)=4.800, P<0.05$ ）。ここでも統計的に有意な交互作用は見られなかった。

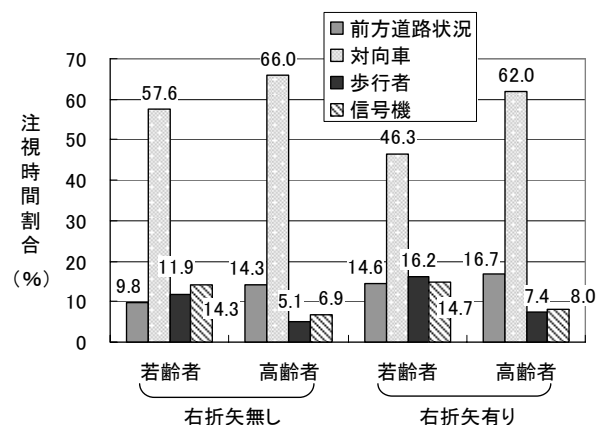


図2 注視対象別の注視時間割合

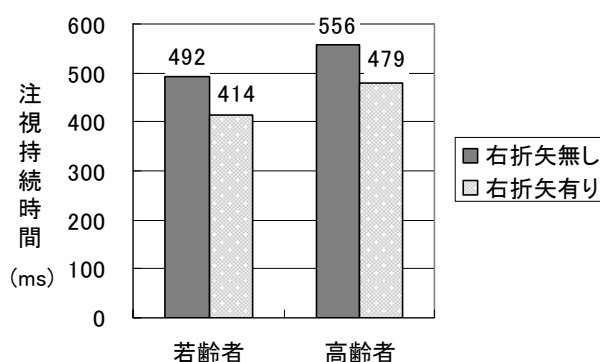


図3 対向車に対する注視持続時間

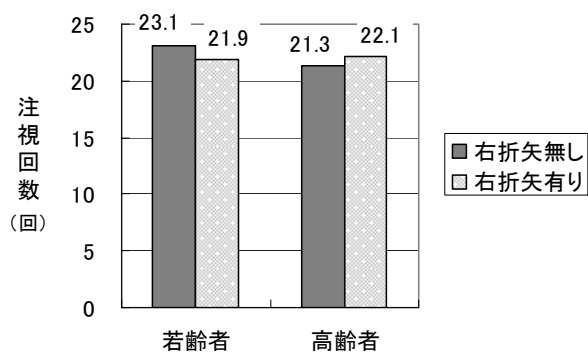


図4 対向車に対する注視回数

図4は、対向車を注視した回数を年齢層及び右折矢の有無別に示したもので、2試行の合計値である。注視回数はどちらの年齢層においても右折矢の有無による差がほとんどなかった。

5. 考察

5-1. 高齢運転者の注視特性

若齢者と比較して、高齢者では対向車に対する注視時間割合が大きく、逆に右折先横断歩道の歩行者や信号機

に対する注視時間割合が小さい傾向が見られた。このことは、若齢者と比べれば、高齢者は右折場面で注意を対向車により多く割り当てており、その分、対向車以外の対象に対する注意の配分が少ないことを示している。交差点右折場面では、対向車に対してだけでなく、信号機や右折先の横断歩道の状況など、交通状況に関するさまざまな情報を処理し先の状況を予測するなど活発な情報処理活動を行う必要がある。しかし高齢者では認知能力の低下による情報処理効率の低下のため、対向車に対する情報処理を行うために若齢者より多くの注意配分を必要としており、必要な他の交通状況の情報処理が十分でないことが考えられる。このことは、高齢者にとって交差点右折場面の認知的負荷が大きいことの反映と言えると思われる。

5-2. 右折矢表示の設置による注視特性の変化

右折矢無し条件より有り条件の方が対向車に対する注視時間割合が小さく、注意が対向車以外の対象により多く配分された。例えば対向車を除く前方道路状況への注視量は有意に多く、右折先横断歩道の歩行者に対しても有意差はないが若齢者で 16.2% (右折矢無し条件 11.9%)、高齢者で 7.4% (同 5.1%) と多い。本研究で分析された注視行動は右折矢が点灯して実験参加者が右折を開始するまでの対向車待ちの場面である。右折矢表示が有れば右折専用現示が運用されていると運転者に認識され、青丸中に無理にギャップを利用して右折する必要はないので対向車に対する情報処理量が減少し、その分他の対象に対する情報処理が増加した、と解釈できる。以上は「3. 結果の予想」で記述した右折専用現示の運用による認知的負荷の低下から予想されることと一致する。認知的負荷の低下による情報処理範囲の増加(注意配分の適切化)は、安全性の向上の認知的側面と言えるであろう。

右折矢有り条件の下で対向車に対する情報処理量が減少したとすれば、その中身は何であるかを検討する。対向車に対する注視回数は両条件で差がなかった(図4)が、注視持続時間は右折矢有り条件の方が短かった(図3)。右折矢有り条件において対向車に対する注視時間割合が小さいのは、注視回数が少ないためではなく、注視持続時間が短いためということになる。注視持続時間は視覚探索効率の他、注意や情報処理の深さに関係する測度とされ、一般に深い注意や深い情報処理と長い注視持続時間が対応するとされている³⁾。対向車の速度やギャップサイズを認知するには、速度という時間成分を含む情報を処理する必要があるため、ある一定の時間対向車を注視し続ける必要があると考えられる。しかし、右折矢表示による右折専用現示が運用されていれば、青丸中は十分に大きなギャップが生じた場合を除いて、右折矢が点灯するまで待っていてもよい。そのような状況下では、速度など時間成分を含む情報を処理する必要性が低

下し、対向車の存在を確認する程度の‘浅い’情報処理が中心となるため注視持続時間が短いのではないかと考えられる¹⁾。

右折専用現示の運用により、対向車待ち中の対向車に対する情報処理量が少なくなり、余裕の生じた注意資源が右折先横断歩道の状況等に配分されれば、右折実行に備えた先取りの安全確認として、将来の行動段階への認知的な準備を行うことができる。

6. おわりに

木村ら⁴⁾や若月ら⁵⁾の研究では、‘同一の車頭時間でも対向車の速度が高いほど、すなわち対向車が遠方にある場合ほどそのギャップを選択する傾向は高齢者においてより強い’という結果が得られた。高齢者は対向車の速度に関する情報処理が不得手であることが示唆されるが、対向車に対する情報処理量が少なくてもよい右折専用現示の運用は高齢運転者の認知情報処理特性と調和する安全対策となり得ると言える。特に、右折矢表示を設置し、右折交通流と直進交通流を完全に分離する交差点信号制御方式である「右直分離制御」がもっとも望ましいと思われる。右直分離制御のもとでは、右折車両は、対向車の有無に関わらず、右折矢が点灯して右折専用現示になるまで右折を実行できない。しかしこれは、対向車の速度やギャップサイズについての認知・判断が完全に不要となり、右折時の認知的負荷が極めて低い環境と言える。右折専用現示の運用や右直分離制御は、信号の現示数を増加させ信号のサイクル長を増加させる欠点はあるが、交差点右折時の高齢運転者の安全対策として、高齢運転者にとって負荷の低いわかりやすい信号となると考えられる。

参考文献

- 1) 矢野伸裕: 交差点右折時における対向車に対する注視特性の年齢層別比較, 第 26 回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 5-8, 2006.
- 2) 矢野伸裕: 高齢運転者の注視特性に関する一検討(2), 日本交通心理学会第 71 回大会発表論文集, pp. 20-23, 2006.
- 3) 三浦利章: 行動と視覚的注意, 風間書房, 1996.
- 4) 木村一裕, 溝端光雄, 蓑輪裕子, 清水浩志郎: ビデオ映像を用いた高齢ドライバーの右折ギャップ選択特性に関する研究, 第 19 回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 89-92, 1999.
- 5) 若月健, 森望, 高宮進: 高齢ドライバーの右折時特性に関する実車実験, 土木学会第 56 回年次学術講演会部門IV, pp. 280-281, 2001.