

既存研究に基づいたドライバの予見に関する基礎的研究*

A Study on Driver's Preview Based on Review of Previous Researches *

古野 剛司**・萩原 亨***

By Takashi KONO**・Toru HAGIWARA***

1. はじめに

平成20年度の交通事故原因について見てみると、法令違反別では安全運転義務違反が約73%を占め、そのなかでは安全不確認が31.2%、次いで脇見運転が15.5%、動静不注視が10.6%となっている¹⁾。このことから、事故原因の多くは人間的要因が大きく関わっていることがわかる。

運転時の人間的要因の多くは外界情報獲得の約90%を担っている視覚に起因している²⁾。よって、ドライバの視覚に関する研究が重要となる。

また、Treat et al (1975)ら³⁾は事故の人間に関係する直接原因において認知エラー、判断エラー、操作エラーのうち認知エラーが最も多いとしている。

以上より、知覚（視覚）と認知の両者を取り入れたドライバの運転行動を捉えることが重要である。

本研究では、運転の時間的流れのなかでのドライバの視覚情報摂取過程に着目し、それに関する既存研究のレビューを行い、ドライバの視覚に関する運転行動の解明と発展を目的とした。

2. 既存研究レビュー

既存研究のうち、運転の時間的流れのなかでのドライバの視覚情報摂取過程に関する研究をピックアップし、レビューを行った。そのレビューをまとめたものが表-1である。

各研究により視覚情報摂取過程の表現方法は様々であり、予見時間、予見距離、視距離、注目距離、preview time、preview distance、level road distanceなどの用語が用いられている。

*キーワード：交通安全、交通情報

**学生会員、修士1年、北海道大学大学院工学院北方圏環境政策工学専攻

(北海道札幌市北区北13条西8丁目、TEL:011-706-6212、E-mail: kono.t@eng.hokudai.ac.jp)

***フェロー会員、博士（工学）、北海道大学大学院公共政策学連携研究部

(1) 測定方法別

視覚情報摂取過程を計測する方法として、主に実験によるもの、シミュレーションによるもの、人間の情報処理の面から考えたものがある。

a) 実験

実験により視覚情報摂取過程を捉えているものとして、近藤(1967)⁴⁾やGordon(1966)⁵⁾、Blaauw(1984)⁶⁾、Mourant and Rockwell(1970)⁷⁾、Hoffman and Joubert(1966)⁸⁾などが挙げられる。そのうち、近藤(1967)⁴⁾やGordon(1966)⁵⁾、Blaauw(1984)⁶⁾らは被験者自身にカメラを取り付けそのカメラで撮影された映像から分析を行っている。Mourant and Rockwell(1970)⁷⁾らは車内に装置されたカメラで被験者の顔（目線）を撮影し、それにより得られた目線の様子から分析を行っている。Hoffman and Joubert(1966)⁸⁾らは被験者の視認可能範囲を制限することによって予め見ておける情報を変化させ、それによるステアリング挙動の違い（input-output）の関係より分析を行っている。

b) シミュレーション

シミュレーションにより視覚情報摂取過程を捉えているものとしては、吉本(1968)⁹⁾⁻¹¹⁾が挙げられる。吉本(1968)ら⁹⁾⁻¹¹⁾はドライビングシミュレータと計算機シミュレーションを用いて、曲線コースの場合、直進走行中に横風を受けた場合、障害物回避の場合でのモデルの安定性について検討を行っており、そのモデルのなかに予見時間という要素が含まれている。そして、もっとも安定した結果を得たときの予見時間を算出している。

障害物回避の場合、実際に被験者4名にドライビングシミュレータを用いて計測し、曲線コースの場合、直進走行中に横風を受けた場合は、モデルと自動車の運動方程式を組み合わせ、Runge Kutta Gill法により数値計算を行っている。

c) 人間の情報処理

人間の情報処理の面から考えたものとして、Matson et al(1955)¹²⁾がある。Matson et al(1955)ら¹²⁾は、level road distanceを求めるために車が安全に停止するた

表-1 各既存研究における視覚情報摂取過程

著者	予見範囲		測定方法	状況・状態	内容		
	時間	距離			実験方法	運転環境	速度
Gordon (1966)	~7秒	平均 140 ft	実験	道路線形	・一方の目のみスリットを通して見る	ワインディング	~20 ft/s
Hoffmann and Joubert (1966)	2秒	50 ft	実験	道路線形	・「予見範囲」制限下におけるステアリングの違い	スラローム	25 ft/s
近藤政市 (1967)	2.3~2.75秒	50~140 m (速度に比例)	実験	道路線形	・顔の位置固定 ・スリットを通して見る	直線走行	20~60 km/h
近藤政市 (1967)	2~4秒	7~25 m (速度に比例)	実験		・ヘルメットに装置したカメラにより測定 ・半径15~25mの円上を走行	旋回走行	15~25 km/h
岡田 (2007)	5秒		実験	道路線形	*前方が比較的に見渡せる、かつ曲率半径80m程度のカーブ道路		40km/h
大蔵 (1969)		平均 140m	実験	走行速度	案内標識への注視距離		100km/h
		平均 110m					40~50km/h
Mourant and Rockwell (1970)	3秒以上	300 ft以上	実験	道路線形	・目の位置の撮影	見通しの良い道路	70~100 ft/s
J. Godthelp and J. B. J. Riemersma (1982)	5秒		実験	車の横方向のコントロールに必要な予見時間			
Gerard J Blaauw (1984)	運転熟練者 2.5~3.5秒(最低限)		実験	熟練度	ドライビングスキルによる予見の違い		
	運転初心者 1秒以下		実験				
	3秒		実験	夜	周辺環境(雨・夜の場合)		
Wierwille, Gagne and Knight (1967)	~3秒		シミュレーション	道路線形	一般道路の場合		
吉本堅一 (1968)	2.2~3.5秒の間		シミュレーション	道路線形	曲線コースの場合		
	2.2~3.5秒の間		シミュレーション	道路線形	直線走行時に横風を受ける場合		
Theodore M. Matson, Wilbur S. Smith, Frederick W. Hurd (1955)		60~220m (速度に比例)	人間の情報処理	必要となる予見距離			
G. J. Blaauw and P. Padmos (1981)	5秒 (最低限)		結果のみ記載	結果のみ記載	道路標識の視認に必要な予見時間		
J. Godthelp and J. B. J. Riemersma (1982)	5秒 (最低限)		結果のみ記載	結果のみ記載			
D. H. Weir and D. T. McRuer (1967)	5秒 (最低限)		結果のみ記載	結果のみ記載			
R. W. Allen et al (1977)	3~4秒		結果のみ記載	結果のみ記載			

めにはドライバはどのくらい前方を見ておかなければならないのかという観点から、それを定式化されている人間の情報処理の間に車が進む距離 ($1.47PV$ P:情報処理時間, V:速度) と車の制動距離 ($V^2/30f$ V:速度, f:路面摩擦率) から算出している。

(2) 運転時の各状況・状態別

各研究により視覚情報摂取過程の表現方法は様々であることを先に述べたが、本研究ではそれらを総括して、以下「予見範囲」と呼ぶ。

a) 運転時の走行速度

大蔵(1969)ら¹³⁾の案内標識への注視距離についての研究では、時速100kmの高速走行時で平均140m程度、時速40~50kmで平均110m程度の注視距離であった。また、伊南, 他(1976)ら¹⁴⁾は高速走行ではより遠方に注意を集中する割合が増えるとしている。このことから、速度が上がるほど、予見範囲は広くなると言える。

これは、速度が上がると、視覚情報の時間当たりの入力率が高くなり、それを補うためにより先の状況を捉えようとしているためと考えられる。¹⁵⁾

b) 熟練度

Blaauw(1984)⁶⁾らは、実験により運転熟練者と初心者のpreview timeを測定しており、運転熟練者はpreview

timeが最低限2.5~3.5秒であるのに対して、初心者は1秒以下となっていたとしている。また、Mourant and Rockwell(1972)¹⁶⁾は、熟練者は少なくとも3.5~5秒先の地点を見ていると報告している。また、Cohen(1981)¹⁷⁾はカーブ走行時(ある意味での負荷の大きい場面)に熟練者ほどより遠くを小さな眼球運動で見ているとしている。以上から、熟練者ほど予見範囲が広いと言える。

これは、一般に技能が形成されると、有効視野が広くなり、より効果的な探索、確認がなされること¹⁸⁾、また、初心者の走行位置モニターを周辺視で行えず中心視でより長い注視時間を用いて行い、結果として前方の情報を獲得する余裕が少なくなる¹⁵⁾という視覚特性が関係していると考えられる。

c) 道路線形

近藤(1967)ら⁴⁾は、実験により直線走行と旋回走行での注目距離について測定を行っており、直線走行では50~140m、旋回走行では7~25mの注目距離であった。このことから、直線時のほうが旋回(カーブ)時よりも予見範囲が広いと言える。

これは、直線では視覚情報獲得領域はほぼ前方のみのためドライバは注視点を前方に固定し、情報を獲得するための視線の移動が少ないのに対して、カーブ・右左折時では直線走行時と比べて視覚情報を獲得しなければならない領域が広くなり、操作のタイミングを要するためより瞬間的な情報の獲得が必要となるという運転特性の

違いが影響していると考えられる。¹⁹⁾

d) 追従走行

追従走行における予見範囲に関する既存研究は今のところ無い。そこで、追従走行での視覚特性から視覚情報摂取過程について考察を行う。

追従走行の場合、ドライバーはほとんど例外なく先行車を注意している。これは、前方視覚情報獲得領域が主に先行車に満たされているためということもあるが、ルート選定やある程度前方の状況把握を先行車に任せているということが大きく影響している。²⁰⁾つまり、予見範囲のなかに先行車を入れることによって、前方状況の情報摂取を先行車に任せ、自らでそれを行わないで済むようにしていると考えられる。このことから、結果的に「予見範囲<=車間距離」と考えることができる。以上のことから、追従走行では、予見範囲は自車と先行車の間にあると考えられる。

e) 夜間

既存研究において、Blaauw(1984)⁶⁾らは、周辺環境が雨かつ夜の場合、preview timeが3秒であったとしている。これだけでは、夜の予見範囲と通常の予見範囲を比較することはできない。そこで、夜間での視覚特性から夜間の視覚情報摂取過程について考察を行う。

夜はライトで照らされる部分以外は見えにくく、また視界は基本的に前方のみとなり、昼間よりも前方視覚情報獲得領域が限られる。よって、予見範囲はヘッドライトで照らされている範囲に限られ、結果として「予見範囲<=ヘッドライト照射されている範囲」と考えることができる。よって、夜では、予見範囲はヘッドライト照射範囲に限定されると考えられる。

f) 眠気

Kaluger and Smith(1970)ら²¹⁾は、断眠を行った場合、平均注視位置がより近くの右側（日本では左側）になるとしている。つまり、断眠により予見範囲は小さくなると言える。

これは、断眠を行わない場合には周辺視で見られていたものが、断眠を行った場合には中心視で見られることが多くなるためと考えられる。¹⁵⁾この特徴が初心者の特徴と類似していることから、断眠により予見範囲が小さくなると考えられる。

3. レビュー結果

本研究では、ドライバーの視覚情報摂取過程のうち、特に運転時の時間的流れに着目し研究を進めた。その方法として、時間的流れのなかでのドライバーの視覚情報摂取過程に関する既存研究のレビューを行うことにより現状を捉えることを行った。本研究では、視覚情報摂取過程の測定方法別と運転時の各状況・状態別の二つのレビュー方法を採用した。

測定方法別では、既存研究のうち実験によって視覚情報摂取過程を検討しているものが多く、その中でも実際に被験者に車を運転してもらい測定する実験を採用しているものが多かった。また、シミュレーションという方法を用いて視覚情報摂取過程を捉える方法もあり、吉本(1968)ら⁹⁾⁻¹¹⁾はモデルの安定性を検討するための副次的要素として予見時間という視覚情報摂取過程を採用していた。

しかし、実験によるものとシミュレーションによるものでは、実際に確認できる知覚の部分のみを検討しているとも考えられ、認知の部分まで取り込んでいるのかは何とも言えない。目に見える形である視距離や予見時間などの予見範囲が果たして人間の内部システム（認知）とリンクした結果であるのかどうか、それに関して各既存研究からは把握できない。

その点、人間の情報処理の面から考えたものは、人間の情報処理過程を取り入れているため、認知も含んだ視覚情報摂取過程を考えていると言える。しかしこの場合、人間の情報処理過程すべて（知覚・認知・判断・反応）²²⁾を取り込んでいるためドライバーの運転行動に重要な知覚・認知のみについて検討しているとは言えない。このことから、ドライバーの運転行動で重要である知覚・認知のみに焦点を当てて検討することの難しさと今後ドライバーの知覚+認知について研究を行うことが重要であると示唆された。

次に、運転時の各状況・状態別の視覚情報摂取過程について既存研究のレビューを行い、それに各状況・状態でのドライバーの視覚特性・認知特性を踏まえて予見範囲について検討を行った。それにより運転時の予見範囲が一つではなく、各状況・状態に合わせて変化していることが示唆された。全体を通して、この理由は各状況・状態下で自然と人間の至適化が行われているためと考えられる。（ここでいう至適化とは、最適でないにしても、各状況・状態に少しでもよく対処しようとするを指す。）²³⁾

また、ドライバーへの負担が大きい状況・状態では予見範囲が小さくなること、先行車やヘッドライトに前方を制限されていると受動的な予見になってしまうこと、という知見を得た。また、本研究では状況・状態一つに対

しての予見範囲を検討したが、各状況・状態を組み合わせることで、実際の様々な条件が重なったときの予見範囲を考えることが今後可能であると示唆された。

4. まとめ

本研究で、これまでの研究において主目的として取り上げられていなかった運転時の時間的流れのなかでの視覚情報摂取過程に着目することにより、その存在を明らかにした。これまで、有効視野や注視時間という一時点でのドライバの視覚特性については研究が進められてきたが、運転時の時間的流れのなかでのドライバの視覚特性についての研究は進められてきてないよう既存研究のレビューから思われた。しかし、運動している物体である車に乗っている場合、その一時点で見続けている時間よりもその時点で見ただけの時間を使うまでの時間を検討することのほうが重要と思われる。

測定方法別によるレビューにより、視覚情報摂取過程と人間の情報処理過程との関係性について考察した。それにより、各研究における視覚情報摂取過程がどこまでの人間の情報処理過程を含んでいるのかわからない場合とドライバの運転行動に重要な知覚・認知の部分とマッチしない部分までを含んでいる場合があった。このことから、人間の情報処理過程（知覚・認知・判断・反応）の途中まで、つまり運転行動に重要な知覚・認知まで、の視覚情報摂取過程を検討することは難しいことが示唆された。しかし、交通事故の多くはドライバの知覚・認知の部分にエラーが生じるために起こることが示されているので、ドライバの知覚・認知に関する研究の重要性は高いと思われる。

そこで、本研究によりこれまで採用されてきた人間の情報処理過程の上で知覚・認知までの視覚情報摂取過程を検討することは難しいこと、多くの研究では知覚・認知・判断・反応の4段階それぞれを別個で考えているよりは各段階をリンクさせたものを考えていることが多いことがわかった。よって、これまで採用されてきた人間の情報処理過程の知覚・認知・判断・反応の4段階に分けて考えることがドライバの運転行動を考える場合には不適當であり、現実には有用な情報処理過程へアップデートする必要があると思われる。本研究からは既存研究レビュー結果より、ドライバの運転行動を考える上では、今まで分けられていた知覚・認知を加えた知覚+認知、つまり知覚+認知・判断・反応の3段階、でドライバの視覚情報摂取過程を捉える必要があることをアップデートの一要素として挙げる。

また、レビュー全体を通して得た知見を以下に記す。

- ・ 運転時の時間的流れのなかでの視覚情報摂取過程を主目的とした研究が少ない。

- ・ 各研究により視覚情報摂取過程に対応する用語がばらばらで統一した用語が見当たらない。
- ・ 唐突に視覚情報摂取過程に関する用語が出現し、その用語に対して説明がなされていない。

以上より、本研究では、時間的流れのなかでの視覚情報摂取過程を統一するものとして「予見」と呼ぶ。

5. 今後の課題

本研究で、運転の時間的流れのなかでのドライバの視覚情報摂取過程を「予見」と呼ぶことにした。この「予見」という行為は本研究で行った既存研究のレビューからも、経験的にも重要性が高いことが示唆される。特に運動している物体である車に乗っているときには、予め前方の状況を把握しておかなければ危険な状態となり、つまりは私たちが車を普通に運転しているならば常に予見が行われているのである。（もし予見せずに運転するとしたら常にヒヤヒヤしながら運転することになるだろう。）

そして、そのドライバの知覚（視覚）・認知を担う「予見」にエラーが生じるために多くの交通事故が発生していると考えられる。よって、交通事故対策の基礎として、「予見」の解明が必要と考えられる。

本研究の成果はこれまで明確化、規定化されていなかったドライバの時間的流れのなかでのドライバの視覚情報摂取過程を「予見」と定めたところにある。しかし、本研究ではその行動に「予見」と名付けたのみであるため、今後フォーマットとなる「予見」の概念の構築を行う必要がある。

そして今後、「予見」の概念が構築され、ドライバの予見が解明されることにより、たとえばドライバにとって快適で安全な道路設計を考える場合や AFS による照射領域決定、ドライバの認知していない情報提供のタイミングを決めるときなどの運転支援や事故回避支援など、多くの場所でこの「予見」を活かすことができると考えられる。

参考文献

- 1) 交通事故総合分析センター，交通事故統計年報平成20年度，2009
- 2) 自動車技術会編集、柳瀬徹夫編集幹事：自動車の人間工学技術（自動車技術シリーズ），朝倉書店，1998
- 3) Treat, J.R, Thumbas, N.S, McDnald, S.T, Shinar, D., Hume, R.D, Mayer, R.E., Stansifer, R.L., & Castellon, N. j., : Tri-level study of the causes of the traffic accidents, Vol I, 1975

- 4) 近藤政市：基礎自動車工学後期編，養賢堂，1967
- 5) Gordon, D. A. : Experimental isolation of driver's visual input, Public Roads, Vol.33, p. 266-273, 1966
- 6) Blaauw, G. J. : CAR DRIVING AS A SUPERVISORY CONTROL TASK, Institute for Perception TNO, 1984
- 7) Mourant, R. R. and Rockwell, T. H. : Visual information seeking of novice drivers, 1970 International Automobile Safety Conference Compendium, p. 704-711, 1970
- 8) Hoffman, E. R. and Joubert, P. N. : The Effect of Changes in Some Vehicle Handling Variables on Driver Steering Performance, Human Factors, Volume 8, Number 3, 1966
- 9) 吉本堅一：予測を含む操縦モデルによる人間自動車系のシミュレーション，日本機械学会誌，第71巻第596号，p. 1181-1186, 1968
- 10) 吉本堅一：自動車運転者の操縦動作のモデリング，人間工学，Vol. 18, No. 6, p. 301-305, 1982
- 11) 末富隆雅、吉本堅一：予見追跡制御則を用いた障害物回避動作のモデル，自動車技術会論文集，No. 36, p. 149-156, 1987
- 12) Matson, T. M., Smith, W. S., Frederick, W. H. : TRAFFIC ENGINEERING, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC, 1955
- 13) 村田隆裕，中村良夫：自動車運転者の注視点，交通工学，Vol. 5, p. 3-12, 1970
- 14) 伊南盛治，吉岡哲二，伊藤裕夫，山口正，工藤盈，山内一泰：動力車乗務員の注視行動（3）—運転情報の人間工学的研究，鉄道労働科学，Vol. 30, p. 123-136, 1976
- 15) 三浦利章：視覚的行動・研究ノート—注視時間と有効視野を中心として—，Bulletin 8 Osaka University, p. 171-206, 1982
- 16) Mourant, R. R. and Rockwell, T. H. : Strategies of visual search by novice and experienced drivers, Human Factors, Vol. 14, No. 4, p. 325-335, 1972
- 17) Cohen, A. S. : Car drivers' pattern of eye fixations on the road and in the laboratory, Perceptual and Motor Skills, Vol. 52, p. 512-522, 1981
- 18) Synder, H. L. : Dynamic visual pattern, Visual Search, National Academy of Sciences, p. 51-63, 1973
- 19) 安藤孝志、渡辺嘉二郎：自動車ドライビングセキュリティ—視覚活動の能力評価—，計測自動制御学会，Vol. 1, sf19, 2002
- 20) 伊佐治，津留，和田，高橋，土居，金子：ドライバの視覚情報としての動体視野の解析，自動車学術講演会前刷集，No. 10-05, p. 1-4, 2005
- 21) Kaluger, N. A. and Smith, G. L. JR. : Driver eye-movement patterns under conditions of prolonged driving and sleep deprivation, Highway Research Record, Vol. 1336, p. 92-106, 1970
- 22) Shinar, D. : TRAFFIC SAFETY AND HUMAN BEHAVIOR, Elsevier Science, 2007
- 23) 三浦利章：小特集 運転者の知覚・認知能力の診断と補償2. 運転時の視覚的注意と安全性，映像情報メディア学会誌Vol. 61, No. 12, p. 1689-1692, 2007
- 24) Shinar, D. / 野口薫・山下昇 共訳：交通心理学入門，サイエンス社，1987
- 25) Godthelp, J. and Riemersma, J. B. J. : Vehicle guidance in road-work zones, Ergonomics, Vol. 25, No. 10, p. 909-916, 1982
- 26) Blaauw, G. J. and Padmos, P. : Night Visibility of Various Types of Road Making; A Study on Durability, Including Conditions of Rain, Fog and Dew, SAE Technical Paper Series, Institute for Perception TNO, 1982
- 27) McLean, J. R. and Hoffmann, E. R. : Analysis of Drivers' Control Movements, HUMAN FACTORS, Vol. 13, No. 5, p. 407-418, 1971
- 28) McLean, J. R. and Hoffmann, E. R. : The Effects of Restricted Preview on Driver Steering Control and Performance, HUMAN FACTORS, Vol. 15, No. 4, p. 421-430, 1973
- 29) 森田敬信：運転行動における視覚情報摂取過程—二輪自動車運転を中心として—，大阪大学人間科学部紀要，1978
- 30) 三浦利章、篠原一光：注意の心理学から見たカーナビゲーションの問題点，JATSS Review Vol. 26, No. 4, 2001
- 31) 三浦利章：視覚的注意と安全性—有効視野を中心として—，照明学会誌 第82巻，第3号，1998