

# 運転者の通常時ならびに緊急時の行動特性に関する研究

宇 野 宏

財団法人日本自動車研究所安全研究部

## Study of driver behavior in ordinary and emergency situations

Hiroshi UNO

Safety Research Division, Japan Automobile Research Institute

**Abstract:** This study seeks to clarify the behavioral characteristics provided by a driver's information processing and mental capacity. A driver's spare mental capacity can be estimated in bits/second using the subsidiary task methodology and the property of reaction times, which being distributed as a logarithmic function of the number of choices. This estimation is expected to enable us to understand the processing capacity during ordinary driving and to analyze the relationship between processing rates and possible avoidance responses of drivers in emergency situations.

First, driver's spare mental capacity was estimated in bits/s while drivers were performing the attention distraction task and the lane change task in the circulator course. The obtained mental capacities in bits/s correlated with the control of vehicle velocity and lateral position and seemed to properly represent driver spare mental capacity.

Second, a driver subtask performance was measured in various situations during ordinary driving. Prior to the actual driving, the relationship between a subtask performance

and spare mental capacity was measured for calibration data. This confirmed that the subtask execution did not interfere with driving. The results of residential and arterial road driving indicated that spare mental capacity ranged from 4 to 15 bits/s. Situations in which driver's spare mental capacity declined were subsequently extracted.

Third, the effects of time margin on steering to avoid accidents in emergency situations were examined. Drivers engaged their higher processing abilities to handle situations with a shorter time margin, resulting in shorter reaction time and faster steering for maneuvering. The results also suggested that the reaction time was delayed in accordance with the amount of information that had to be processed in a particular situation and that drivers were still employing "controlled processing" even after the avoidance maneuvers were selected and started.

Information processing ability deteriorates with age. Driving characteristics of older drivers were compared with those of younger drivers on an actual road and in a driving simulator. The elderly exhibited decreased

abilities to acquire and process information, and these affected ordinary and emergency driving responses.

Based on the above results, behavioral characteristics in ordinary and emergency driving situations were discussed in terms of the controlled information processing and driver spare mental capacity.

## 第1章 はじめに

道路交通事故は、特段の危険性がない通常時の行動と、危険性が顕在化した緊急時の対応行動が、不適切であった場合に生じる。通常時にはトラッキング作業が主に自動処理として実行されていると予想されるが、車外状況へ注意を向ける統制処理を介在することで、処理の系列を修正する必要がある。緊急時には、車外事象に対する検知反応作業がとくに重要であり、回避操作の選択までの間は統制処理にて進められると予想されることより、処理の過程を進める速度が回避操作を開始する時期や操作の内容を規定する。

副次課題法 (Ogden, Levine, & Eisner, 1979) と、選択反応作業における反応時間が選択肢数の対数関数様に分布する性質 (Ziedman, 1987) を利用し、余裕容量 (bits/s) として情報処理負荷の程度を推定できると考えられる。これにより、通常時の処理資源の残余を把握するとともに、緊急時の対応行動における反応時間や操作内容との関係を分析することが可能になる。

運転者の注意分散や情報処理負荷の大きい交通状況、あるいは加齢による心身機能の変化は、処理資源の余裕減少をもたらす。これが通常時の行動に直接影響するとともに、時間あたりに処理できる情報量の減少が処理速度を遅延し、緊急時の行動に影響すると予想される。したがって、通常状況については処理資源の余裕度を調査し、緊急状況については対応行動の内容を分析することで、運転者の情報処理過程と運転行動の特性を明らかにすることができると考えられる。

## 第2章 視認行動をともしない注意分散による情報処理負荷の量的推定

視認行動による影響は既に明らかにされているのに対し (Zwahlen & Debold, 1986), 処理資源の余裕度は表出行動として観察することができないため、運転行動へ与える影響を定量的に把握することができなかった。実験1では、視認行動をともしない聴覚暗算による注意分散作業から生じる負荷を、余裕容量 (bits/s) の減少度として量的に推定した。その結果、暗算作業の定性的難易度に応じて余裕容量は異なり、処理資源の残余を反映することがわかった。ただし、情報処理能力には個人差が大きく、同じ注意分散作業であっても運転者に生じる負荷の程度は異なっていた。

実験2では、車線変更走行における聴覚暗算作業による注意分散の影響を調べた。その結果、定性的な注意分散作業の区分では識別できない場合であっても、運転者毎に余裕容量を推定することで、注意分散の程度が、車速コントロールや車両の横方向挙動、緊張度に影響することがわかった。また、運転者の余裕容量が6~7 bits/s以下に減じる注意分散作業は、運転行動に大きい影響を生じることが示された。

## 第3章 交通状況に起因する情報処理負荷の量的推定

情報処理負荷が増大する交通状況を明らかにする準備段階として、実験3では、室内実験にて聴覚暗算作業の成績と余裕容量との関係を調査した。その結果、暗算作業の発話開始時間に対して余裕容量は直線状に分布し、誤回答時の余裕容量は約8.0bits/s、無回答時は約5.5bits/sと推定された。これを走行時の暗算成績から余裕容量を推定するキャリブレーションデータとして、実験4では、ドライビングシミュレータにて交差車両の飛び出し等による余裕容量の変化を調べた。その結果、余裕容量は状況の違いに応じて異なり、また暗算作業の実施によって運転行動が大きく劣化することはなかった。このことから、暗算作業を副

タスクとして走行中の余裕容量を推定することが可能であることがわかった。

そこで、実験5では、実路走行時の暗算成績をもとに、現実の交通状況における余裕容量を推定した。その結果、市街地と幹線道路の走行中の余裕容量は4~15bits/sの範囲に分布し、最頻値は13bits/sと推定された。余裕容量の減少が著しい交通状況は、右左折時、車線変更時、渋滞車列あるいは歩行者や自転車の横を自車が通過する場合、などであることがわかった。ただし、停止中や道なり走行中など、一般には情報処理負荷が小さいと予想される交通状況においても、余裕容量の減少が観察されることがあった。

## 第4章 緊急状況における余裕時間と回避の成否との関係

危険性が顕在化した緊急状況における情報処理特性を調べるため、実験6では、ドライビングシミュレータを用いて、障害物の出現から衝突予想地点に達するまでの余裕時間を設定し、緊急時の対応行動を調査した。その結果、障害物の出現自体は知らされているが出現場所は知らされていない予測条件では、車速が大きいほど全運転者が回避に成功できる最小の出現距離は延長し、これを余裕時間に換算すると、1.2~3.0秒が回避成否の境界であることがわかった。障害物出現から障害物位置に達するまでの余裕時間が短いほど、操舵開始までの反応時間は短縮し、操舵角ピーク値と操舵角速度は増大して、運転者は自らの最大限の情報処理能力を發揮して回避操作を行うようになった。一方、障害物出現を予測していない不測状況では、反応時間は延長し、回避初期の操舵速度は抑制され、回避成功率が低下した。

予測状況における最短の反応時間と不測状況における反応時間との差は、緊急状況において運転者が行わなければならない情報処理量に対応しており、また回避操作開始直後の操作速度の抑制から、後に操作を開始した時点でも、不測状況では統制処理の関与が大きいことが示唆された。

## 第5章 通常状況における高齢運転者の運転行動

高齢運転者の関与する事故には、交差点での出会い頭事故が多い（交通事故総合分析センター、2009）。実験7では、実路走行にて交差点を右左折する際の視認行動と運転操作を調べた。その結果、65歳以上の高齢運転者では視線方向の切替回数が少なく、視線方向は自車の進行方向へ偏重し、情報を入手するための視覚探索行動が偏ることがわかった。また、ペダル操作の回数が多く、信号変化に対する反応は遅れていた。

実験8では、ドライビングシミュレータにて交差点を直進通過する際の視認行動の詳細を調べた。その結果、高齢運転者の注視点分布は狭小化し、注視方向と注視持続時間は進行方向正面に偏重する傾向にあった。環境中の視対象が増すと、運転者は注視切替回数を増すことでより多くの情報を取得しようとするが、高齢運転者では、1回あたりの注視持続時間が延長するため、注視切替回数は少なかった。これらの視認行動は、情報の取得を阻害して適切な情報処理を行えない可能性を増す。また、聴覚暗算作業を同時実施すると、高齢運転者では視認行動が大きく劣化し、情報を処理する機能自体の低下が示された。試みに、注意分散時の注視持続時間から、通常状況における高齢運転者の余裕容量を推定したところ、非高齢運転者に比して減じていることが示唆された。

## 第6章 緊急状況における高齢運転者の運転行動

加齢にともなう反応時間の延長は統制処理の機能低下によると推察される（Olson & Sivak, 1986）。ただし、高齢運転者の操作内容の変化が、処理機能の減退のみによるのか否かは明らかでない。実験9では、ドライビングシミュレータにて、操作の過程に統制処理の関与が小さいと予想される、時間的余裕の少ない予測状況を設定し、緊急回避操作を調べた。その結果、高齢運転者の最短の反応時間は、非高齢運転者に比して約0.1秒延長し、処理に要する速度が遅延すること

がわかった。実現できる操舵角速度は非高齢運転者の半分程度であり、回避操作の劣化は身体運動機能の減退による影響を大きく受けていた。なお、高齢運転者では回避成功に必要な余裕時間が延長したが、事前警報の呈示により回避成功率は向上した。

## 第7章 総合考察

余裕容量は注意分散時の運転行動と対応し、また交通状況の違いに応じた相違を示したことから、運転者の処理資源の余裕度を推定する指標として妥当と考えられる。運転中の注意分散は運転者の余裕容量を減少させ、現実の交通状況の中にも余裕容量を大きく低下させる場面がある。通常時の余裕容量の減少は、自動処理の系列切り替えに支障を生じ、車間距離や車線内位置の適切な維持を阻害すると予想される。また、緊急時の衝突回避の成否を左右する反応時間は外界に存在する情報量と余裕容量により規定され、さらに初期の

回避操作には統制処理の関与が大きいため、注意分散や交通状況に起因する負荷、あるいは加齢により余裕容量が低下した運転者では、反応時間の延長とともに操作内容も劣化する。加えて、加齢による視認行動の偏りや身体運動機能の減退は、通常時と緊急時の運転行動に影響する。

考案した余裕容量の推定方法を用いることで、運転者の処理資源が低下する交通状況を具体的に指摘するとともに、通常状況を緊急状況に変性させるリスクが大きく、また衝突回避に失敗するリスクの大きい運転者を事前に予測することができると考えられる。これにより、交通状況あるいは運転者に対して、個別の対策を講じることが可能になると考えられる。今後は、余裕容量と現実の事故データとの照合、より負荷が小さく短い時間間隔で成績を測定できる副タスクの検討、処理資源自体の縮小を客観的に評価する方法の検討、運転行動に必要な車外情報の識別方法に関する検討が課題である。

## 引用文献

- 交通事故総合分析センター (2009). 交通統計平成20年版. (財)交通事故総合分析センター.
- Ogden, G. D., Levine, J. M., & Eisner, E. J. (1979). Measurement of workload by secondary tasks. *Human Factors*, **21**, 529-548.
- Olson, P. L. & Sivak, M. (1986). Perception-response time to unexpected roadway hazards. *Human Factors*, **28**, 91-96.
- Ziedman, K. (1987). Information processing. In R. L. Henderson (Ed.), *Drivers performance data book*. DOT-HS-807-121, National Highway Traffic Safety Administration. pp. 5.0-5.78.
- Zwahlen, H. T. & Debal, D. P. (1986). Safety aspects of sophisticated in-vehcile information display and controls. Proceedings of the human factors society 30th annual meeting, 256-260.