

追従走行時のドライバの運転特性に関する研究

- 運転動機の観点から見た車間距離設定のメカニズム -

自動車安全部 成波 谷口哲夫 波多野忠 松島和男

1. はじめに

運転時は、一般に他の車に追従して走行することが多いため、追突事故が衝突事故の全体の中で大きな割合を占めている。追突事故の原因については、ドライバの不注意などによるほか過密な車間もその一つと指摘されている^{1)・4)}。谷口¹⁾は高速道路の交通実態を調査し、車間距離が30~35m(車間時間1.35~1.58s)を中心とし20~45m(車間時間0.90~2.03s)の間に集中し、また、車間距離が道路環境や視認性に関係せず、そのときの交通量と密接なつながりを持っていることを明らかにした。この調査結果は、異なるドライバが現実の交通環境におかれると、車間距離などの運転特性が同質化されることを示唆している。多くのドライバが似たような短い車間距離で追従走行する原因、または現実の交通環境の中でドライバの車間距離を規定する要因が何であるかを明らかにすることは、追従走行時のドライバの運転特性の解明、さらに追突事故防止策の策定などにとって有効であると考えられる。

車間距離(以下車間という)に関するこれまでの研究は、主にドライバの認知や操作的特性から検討されてきた^{2)・4)}。しかし、現実の交通の中でドライバの運転行動を大きく左右すると考えられる運転動機を考慮した研究が少ないように思われる。人はふつう何かしようと思ってそれをすることが多い。すなわち、動機は行動の目的または目標であり、動機があるから行動が行われると考えられる。従って、車間設定のメカニズムを解明するためには、ドライバの運転動機という観点から検討する必要があると考えられる。

本文では、ドライバの運転動機を取り上げ、追従走行時のドライバの車間設定と運転動機との関係を論じた上で、高速道路やテストコースでの追従走行実験によって、被験者の追従車間および各車間にお

ける判断特性を調べ、被験者の車間設定のメカニズムについて検討する。さらに、得られた結果より車間の過密化、同質化という現実の交通現象の形成原因を考察する。

2. 運転動機と車間の設定

動機は、人間がある場面でその行動を決定する意識的または無意識的原因または目的である。人間の動機を生得的動機と派生的動機に分類できるという考え方がある⁵⁾。生得的動機は、安全、飢え、渇きなどの生得的なものである。派生的動機は、生得的動機と特定の条件との連合によって形成された現実的な動機(例えば、飢え-食物-金銭から派生された金銭欲など)である。認知論の観点から、人間の動機づけ行動は次のようなプロセスで遂行される。すなわち、人間の行動は状況刺激によって始まり、動機づけの後、到達可能な選択肢から行動目標を設定し、そして、その目標を達成しようと意図した目標志向行動を行う。車を運転するドライバの行動を考えると、図1のようなプロセスになると考えられる。

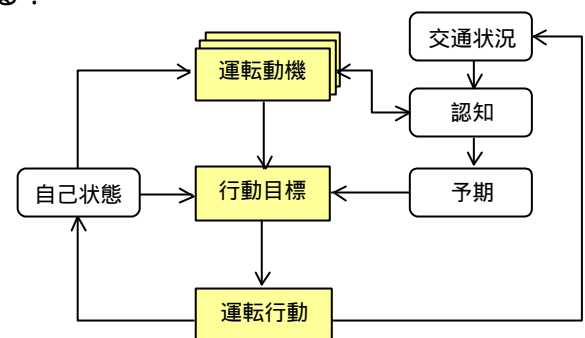


図1 運転行動の動機づけ過程

人間は多くの場合、複数の動機の連合によって行動を決めると考えられる。ドライバの運転行動に関しては、次の4つの基本動機があると考えられる。

車を利用する本来の目的である速やかな移動への

動機， 運転の直接目的ではないが，人間に共通する生得的な安全への動機， 人間の生理的制限による負担軽減への動機と， 自己誇示や快楽の追求などの感情的な動機，である．また，これらの基本動機とその場の状況によって，ある現実的な動機が派生することも考えられる．

ドライバに選択される行動目標は経路，車速，車間（先行車がある場合）などがあるが，短期的に見れば車速と車間との2つがあると考えられる．ドライバは運転動機と知覚された交通状況や自身状態との間の交互作用により行動目標を選択し，その目標を達成するための運転行動（車間調整，速度調整，車線変更など）を行うものと考えられる．

本文で取り上げる高速道路での追従走行場面では，追従車は車速選択の自由度が制限されるので，行動目標が車間のみになる．車間の設定は，前方に何か発生した（先行車の急減速など）ときに，それに対処するための措置であり 移動時間に関係せず，主に安全への動機などに関係すると考えられる．車間が短くなると，余裕が少なくなり，ドライバは危険を感じる一方，情報処理の速度や車間の制御精度の向上も要求され，運転負担が大きくなると予想される．

車間が長いほど安全性も高く，運転負担も低いと思われるが，現実の交通環境では，車間を長くすると他車に割込まれる問題がある．服部⁶⁾はドライバが侵入されると不快を感じる個人的なテリトリーを持っていることを指摘している．また，交通事故の多くは交通流が乱れる時に発生する⁷⁾ことから，安定した走行状態で他車が急に割込んでくると衝突の危険性が高くなると考えられる．それを避けるために，ドライバは車間を詰めて他車を割込ませないようにしようとするものと考えられる（もちろん，そのような行動を取らないドライバもいる）．すなわち，ドライバの多くには，割込みがあるという現実の交通事情により他車を割込ませないような現実的な動機が形成されることが考えられる．

以上の考えにより，追従走行時のドライバの多くは追従車間の設定に関して，割込ませないため車間を詰めようという意欲があり，また一方，負担軽減などのため車間を広げようという意欲もある．ドライバはこれらの動機のトレードオフにより目標車間を決定すると仮定することができる．

ドライバがある動機を持っている場合は目標志向行動を行うと考えられるので，実際の追従車間を計測すれば，ドライバが実際に設定する目標車間が推定できると考えられる．また，他車を割込ませないためにこのくらいの車間に設定すればよいだろうという，ドライバの割込ませない動機を表す主観的な目標車間を計測できれば，両者の比較により上述の仮説を検証できると考えられる．また，運転動機は現実の交通状況によって影響を受けるので，これらについての検討は現実の交通環境を十分考慮して行う必要があると考えられる．このため，以下のような実験を計画した．

3．実験方法

3.1. テストコースでの走行実験

本実験では，被験者が一定の車間で追従走行する時の緊張度と運転しやすさに関する主観評価および普段の追従走行時の追従車間を調べた．ここでは，緊張度は被験者の危険感，運転しやすさは被験者の運転負担を評価するものとして用いる．道路環境などが実験結果に影響することが予想されるため，本来なら現実の道路環境で実験すべきであるが，条件の統制が難しく，短い車間での実験が危険であるため，テストコースで実験を行った．被験者は20～50代の男性4名であった．

（1）主観評価実験： 先行車との車間を一定に保って約1分間走行してから，被験者に感じた緊張度と運転しやすさを7段階（表1）で評価してもらった．先行車は，速度80km/hを中心に60～100km/hの範囲で自由に走行させた．

表1 主観評価尺度

レベル	緊張度 (Tension)	運転しやすさ (Easiness of driving)
1	非常に低い	非常に難しい
2	かなり低い	かなり難しい
3	やや低い	やや難しい
4	どちらでもない	どちらでもない
5	やや高い	やや易しい
6	かなり高い	かなり易しい
7	非常に高い	非常に易しい

（2）追従走行実験： 被験者に次の3通りの目標車間に合わせ，自分なりの車間を設定して先行車に追従するように指示した． 通常車間：普段よく設定する車間， 混雑車間：普段交通量の多い道路を

走行時の車間，安全車間：前方の予期しない危険などに対処できる車間．指示された目標車間は物理的な指標ではなく，被験者の判断によるところが大きい．ため，被験者がどのように理解しているかが実験結果に影響すると考えられるので，実験前に被験者に，各目標車間の判断基準を説明した上で，「なるべく実際の道路での走行場面を思い浮かべて，そのときの気持ちで運転して下さい」と教示した．先行車の走行パターンは実験（１）と同じとした．

3.2. 高速道路での走行実験

被験者に片側２車線の高速道路の走行車線（左車線）を走行するように指示した．実験は２つに分けて行った．

（１）主観評価実験：走行中に，先行する一般走行車と自車の間に他車の割込む可能性がどのくらいあるかを質問し，被験者に４段階（全くない，少しある，かなりある，十分にある）での評価を求めた．

（２）追従走行実験：実験（１）と同じ車線で，供試車両を１台（単独走行）と２台（車群走行）用いた場合の追従車間を計測した．これは，先行車が仲間同士の場合，被験者は割込ませない動機がより強くなると予想されるためである．単独走行実験は実験（１）が終わってから，被験者に「実験が終わりましたので，普段通りに運転して帰して下さい」，車群走行実験は「普段通りに先行車について走行して下さい」と教示した．

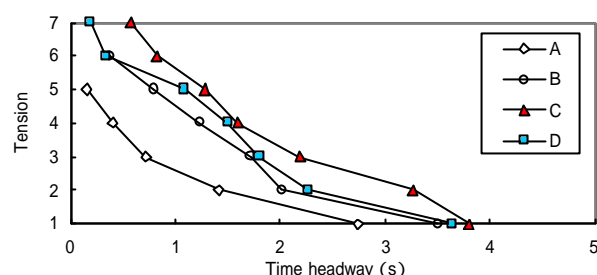
交通状況が結果に影響することが予想されるため，実験は同じ区間，同じ時間帯で行った．実験（１）と実験（２）の単独走行は平日 10:00～12:00am（被験者 D は雨天のため 2:00～4:00pm），実験（２）の車群走行は平日 4:00～6:00pm であった．定地点測定の結果より，両時間帯の交通量はほぼ同じである（走行車線は約 1000 台／時間，追越車線は約 1300 台／時間）．被験者は 3.1 の実験と同じとした．

4．実験結果

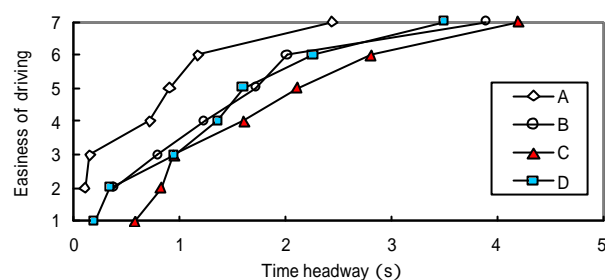
4.1. 車間における被験者の状態

本論文では以下，車間時間（車間距離／後続車車速）を用いて車間を評価する．また，緊張度と運転しやすさにおける主観評価により被験者の状態を評価する．ある車間における緊張度と運転しやすさの評価結果を図 2 に示す．図 2 の横軸は各評価値に

おける車間時間の平均値，縦軸は緊張度と運転しやすさの評価値である．



(a) 緊張度



(b) 運転しやすさ

図 2 緊張度と運転しやすさの主観評価

（テストコース）

図 2 より，図 2(a)の緊張度と図 2(b)の運転しやすさとの相関が非常に高く，どの被験者でも-0.95 以上である（すなわち，緊張度が高いと運転しにくい）ことがわかる．緊張度は被験者の危険感，運転しやすさは運転負担に関連するものと考えられるが，運転負担が精神的な (Mental) 負担と肉体的な (Physical) 負担に分けられ，また，緊張度が一種の精神負担でもあったと考えられるため，ここでの被験者の運転しやすさへの評価は，主に緊張度からの精神負担を評価したものと推測される．以下，被験者の状態を緊張度のみを用いて評価する．

図 2(a)より，車間が短いと被験者の緊張度が高くなること，また，同じ車間に対して緊張度の個人差が大きいことがわかる．その中，被験者 A はあまり緊張しなく，C は緊張しやすく，D と B はほぼ同じ傾向にある．

4.2. 通常時の追従車間

指定車間に対する各被験者の設定車間の平均値を図 3 に示す．図 3 から次のことが読み取れる．

全員とも混雑車間(図中の Heavy traffic)を通常車間(図中の Usual)より短く設定している．このことは交通量などの交通状況が被験者の車間設定に影響することを示している．

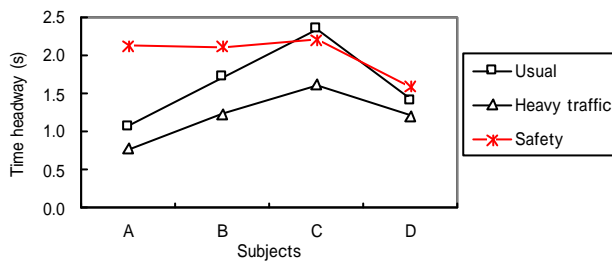


図3 追従走行時の車間時間（テストコース）

安全車間(図中 Safety)については、被験者 D 以外ほぼ同じく約 2.0s であり、各被験者が似たような判断基準を持っている一方、実際はそれより接近して運転する場合が多いことがわかる。このことから、普段被験者の追従車間は必ずしも「安全確保」だけのために設定されるものではないと考えられる。

図 2 と 3 から、通常車間の長い被験者は緊張しやすく、通常車間の短い被験者はあまり緊張しないことがわかった。このことは緊張度が被験者の車間設定に影響することを示している一方、緊張度そのものが被験者の日常の走行状況に依存しているとも考えられる。

通常車間には個人差が大きい。上述の結果より、通常車間は被験者の個人特性にも交通状況にも関係することがわかる。本実験での交通状況は被験者の想像（一般道路の走行）によるものであり、このため、図中の通常車間は各被験者の普段よく走る道路環境や通常多い運転目的（通勤か遊びか）などに依存するものであると考えられる。

4.3. 他車の割込む可能性への判断

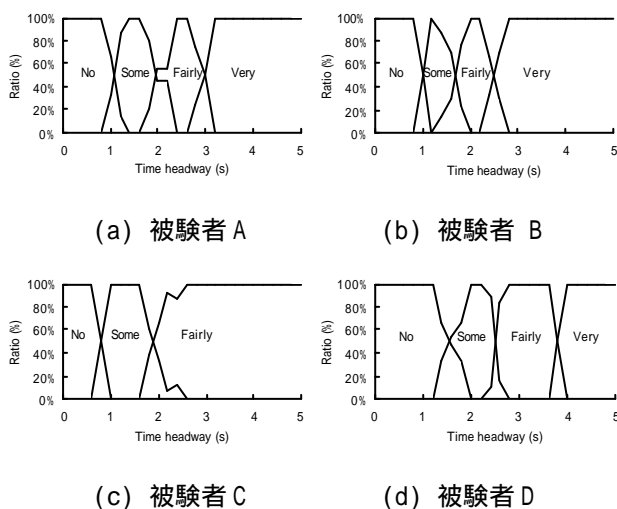


図4 前方車間に他車の割込む可能性（高速道路）

前方車間に他車が割込む可能性について各被験者が評価した結果を図 4 に示す。図 4 の横軸は車間

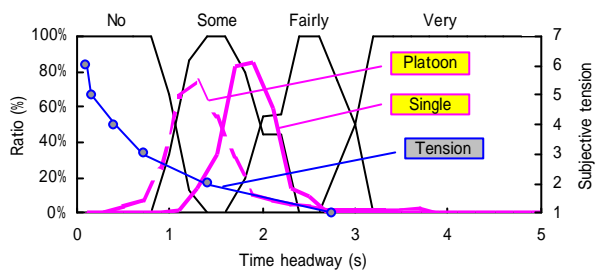
時間、縦軸はそれぞれの車間時間における各評価レベル（4 段階）の割合である。図中の各評価レベルの間に重なっている部分があるが、これは人間の判断のあいまいさによるものである。図 4 の結果から、被験者 A,B,C は割込まれる可能性に対する判断がほぼ同じであるが、被験者 D は右寄り（車間時間が長い）であることがわかった。これは、被験者 D の実験時に交通量が他よりかなり少なく、同じ車間でも割込まれる可能性が小さく評価されたためであると考えられる。このことは、被験者の割込まれる可能性についての判断がそのときの交通量に依存することを示唆している。

4.4. 高速道路での追従車間とその設定メカニズムについての検討

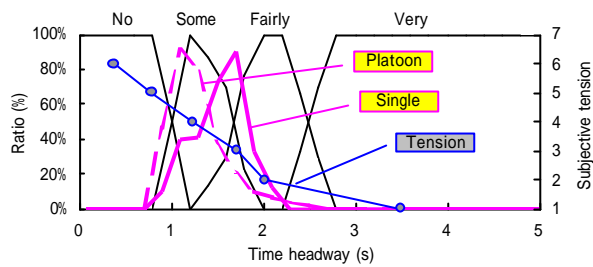
単独走行と車群走行での追従車間の頻度分布、図 2(a)の緊張度、図 4 の割込まれる可能性の評価結果とを合わせて図 5 に示す。被験者が実際に設定する目標車間は図中の追従車間の最頻値または平均値で評価することができると考えられる。この目標車間が割込まれる可能性についての判断結果（図 4）のどこに位置するかが、当被験者の割込ませない動機の強さを表すものであると考えられる。

図 5 から、追従車間は実験条件と被験者によって異なるが、ほぼ同じく割込まれる可能性の「少しある」（図中の「Some」）範囲に設定されており、また、単独走行に比べて車群走行では、車間を詰めようと行動している（「少しある」の右側から左側へ）ことがわかる。また、このときでも、どの被験者も「全くない」（図中の「No」）範囲にほとんど車間を設定しておらず、車間の分布曲線の左端部は「少しある」の左端とほぼ一致している。これらのことは、被験者が各車間における割込まれる可能性について明確かつ安定な判断基準を持っており、また、多くの場合その基準のもとで車間を設定していることを示している。

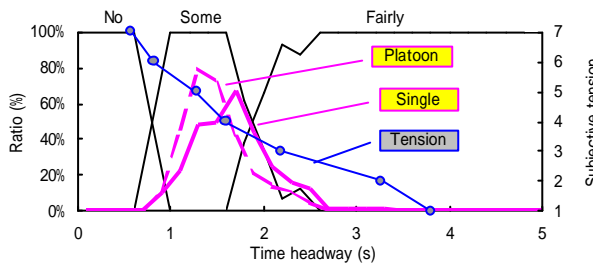
図 5 より、車群走行と単独走行と比べると、各被験者の車間調整幅については、被験者 A と B は大きい、C は小さく、D は調整していないことがわかる。図 3 の結果も合わせて考えると、通常車間の短い被験者 A,D は本実験では車間を長く設定し、逆に、通常車間の長い被験者 C は短く設定していることがわかる。これらの結果を踏まえて、各被験者の車間設定については次のように考えられる。



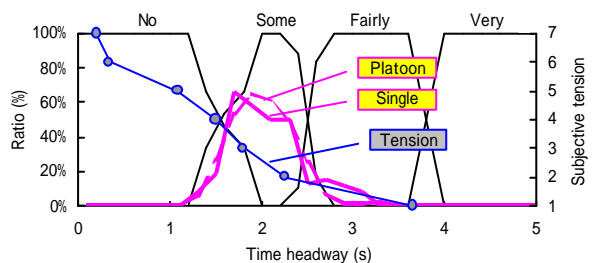
(a) 被験者 A



(b) 被験者 B



(c) 被験者 C



(d) 被験者 D

図5 高速道路での追従車間および図2(a)&図4の主観評価結果

被験者 A が今回の実験で車間を長くとしたのは、他車を割込させないために通常通りまで詰める必要がないと判断したためであり、また、車群走行での車間詰めは割込ませない動機がより強くなったためであると考えられる。すなわち、被験者 A はそれぞれの場面において動機達成のために必要な車間に設定していると考えられる。また、被験者 B についても、被験者 A と同じようなことがいえる。同じく通常車間の短い被験者 D は、単独走行では車間を長く

し、車群走行でも同じ車間をとっている。これは、単独走行では被験者 A と同じく割込ませないための車間に設定したが、交通量が少ないため、車群走行で車間を詰めなくても割込まれる可能性が小さいと判断した(図 5(d), 両条件共「少しある」の左側に寄っている)ためであると考えられる。また、通常車間の長い被験者 C は単独走行では、動機達成のために通常より車間を詰めて、ある程度の緊張感(図 5(c), 「どちらでもない」)を持って追従走行していて、車群走行では一層の詰めが必要と判断したが、緊張度の過大(図 5(c), 「やや緊張」)を避けるため大幅には調整しなかったと考えられる。

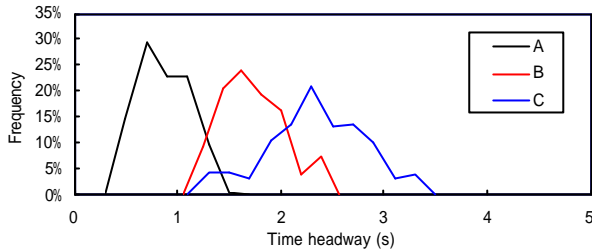
以上の結果により、被験者は車間を設定する際、2 章にも述べたように、割込ませない動機を達成するため車間詰めの意欲があるものの、緊張度などの制約もあるため、その場の交通状況や自身の状態に基づき、動機達成に必要な車間または自分の維持できる車間まで詰めていると推測される。

5. 考察

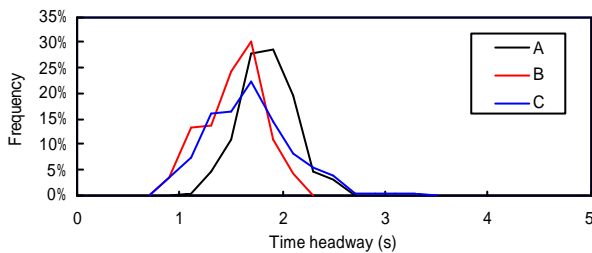
各被験者のテストコースでの通常車間と、高速道路での単独走行と車群走行時の追従車間の頻度分布を図 6 に示す。被験者 D は、実験時に交通量が他とかなり異なるためここでは除外した。図 6 より、各被験者 (A,B,C) の車間時間はテストコース、単独走行、車群走行の順に互いに近づく傾向が見られる。このことは、通常追従走行時に追従車間の異なる被験者が同じ交通状況におかれると、同じような車間設定を行うことを示しており、谷口⁽¹⁾の調査結果と同様に、本文でいう車間の「同質化」現象が現れることがわかる。ここでは、以上に得られた結果に基づいて、その現象について考察する。

4 章の結果により、追従走行時のドライバの多くは、追従車間を割込ませないために必要な車間に設定すると推測される。即ち、ドライバの車間設定はそのドライバの割込まれる可能性に対する判断に依存することになると考えられる。ドライバのそのような判断は現実の交通環境で個人の体験から学習しているものと思われる。各ドライバのおかれる交通環境には多くの場合それほどの差はないと考えられるため、学習される判断基準も近いと考えられる(図 4)。また、その基準をもとに設定される目標車間も大きな差がないと考えられる(図 5)。このような理

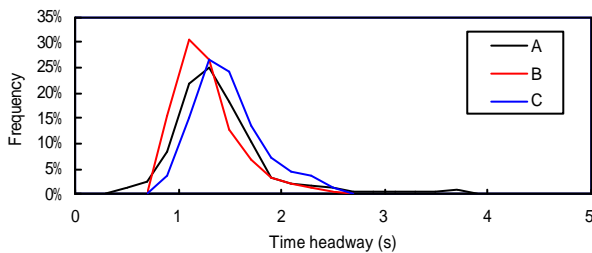
由で、ドライバの多くはほぼ同じ短い車間で追従することになり、巨視的には、車間の「同質化」現象として現れると考えられる。図5に示す被験者A,B,Cの追従車間の最頻値は約1.3~1.7sであり、これは谷口⁽¹⁾の調査結果とほぼ一致している。



(a) 通常車間（テストコース）



(b) 単独走行時の追従車間（高速道路）



(c) 車群走行時の追従車間（高速道路）

図6 異なる走行状況での追従車間の比較

運転行動の同質化は、知覚条件や予測条件の改善、行動選択肢の減少、競争原理の緩和などにより安全に寄与する面も大きいと思われるが、同質化された車間が短ければ運転負担が大きくなり対応しきれないドライバが増えることが予想される。前述の実験結果でも示されるように、同じ走行状況でも各被験者の緊張度はかなり異なる。この意味で一部のドライバは現実の交通環境に引っ張られて、大きな負担を負っているともしえる。その結果、ドライバは疲れやすくなり、エラーを犯す確率が高くなることも考えられる。このようなドライバに対しては、各人に適した運転支援策を講じる必要があると考えられる。

以上、他車を割込ませたくないという動機がドライバの追従車間の設定に影響するという観点から、ドライバの車間設定のメカニズムについて検討した

が、これらは、本文の仮説（2章）を裏づけている。ドライバの多くがなぜ似たような短い車間で追従するのかということについては、本文で検討したもののほか、「後続車からのプレッシャー」や、「他車と同じように走っていたい」などの動機も考えられる。これらは人間の親和動機などにも関連する問題とも思われるが、その影響についての検討は今後の課題であると考えられる。

6. まとめ

高速道路での走行場面を取り上げ、運転動機の視点からドライバの車間設定のメカニズムについて検討した。その結果、被験者は追従走行時に他車を割込ませたくないという運転動機を持っており、また、それを達成しようとする意図的な運転行動をとっていることがわかった。一方、このような意図的な行動に対して個人状態による制約等もあるため、被験者はその場の交通状況や自身の状態に合わせて、目標達成に必要な車間または自分の維持できる車間を設定していることがわかった。これらの結果によれば、これまでに観測されている車間の過密化または同質化という交通現象の原因を説明することができる。また、各ドライバの個人特性が異なるため、過密化、同質化した交通流の中で大きな負担を負わされるドライバが存在することについて指摘したが、このようなドライバに対して各人の状態に適した支援を行うことが、運転支援における今後の重要な課題となるものと考えられる。

本文の結果は、限定された交通状況におけるものであり、交通状況（追越車線や一般道路等）が変われば、ドライバの動機（その状況で派生した他の現実的な動機等）や目標水準も変わると推測される。安全や運転負担等に関する動機について、本文では緊張度で評価を行い、その役割をおおまかに把握したが、具体的な影響については不明な点も多い。これらについては今後の課題であると考えられる。

参考文献

- (1) 谷口実，自動車技術，Vol.37, No.5, 1983
- (2) 澤田東一他，自技会，No.9731776
- (3) 松木裕二他，自技会，No.20025131
- (4) 牧下寛他，IATSS Review, Vol.26, No.1, 2000
- (5) 加川元通，動機づけの基礎と実際，川島書店
- (6) 服部廣司他，自技会，No.902261
- (7) クレベルスベルク，交通心理学，清文社