

視線解析による走行環境依存ドライバ負荷の検討

荒 金 陽 助[†] 辻 ゆ かり[†]

筆者らは、運転環境を考慮して情報流通を制御するコミュニケーション・ナビゲータの研究を行っている。この実現には運転環境を定量化し、情報流通制御に反映することが必要となる。本稿では、情報処理能力の優先配分という視点に立ったドライバ情報処理量配分モデルを提案する。さらに、ドライバへの運転負荷に対し、視線の周波数解析と停留時間解析を用いて定量的評価を試みた。通常走行時と比較して、交通量が多い場合や歩行者の多い街中の走行時では、周波数解析において0~5Hzの低周波成分が多く観測され、停留時間解析において停留時間の減少が観測された。これらの結果は、余裕の減少による前方注視の増加と、絶えず複数の対象物に注意を払うことによる視線の常時移動状態を反映していると考えられる。

A study on the driver's load depending on the road situations measured by the driver's view

YOSUKE ARAGANE[†] and YUKARI TSUJI[†]

"Communication Navigator" controls information providing methods using the driving environments in order to keep safety and to improve comfort. To develop the system, quantitative analysis of driving environments is necessary. In this paper, we propose a driver's behavior model which focused on the distribution of information processing ability. To evaluate quantitatively we had an experiment of driver's glance analysis. In this analysis, we use FFT spectrum analysis and glance stopping time analysis. In the heavy traffic situation and crowded town situation, much low frequency elements are observed. And the decrease of stopping time is observed. We think it means the increase of driving load.

1. はじめに

モバイル技術の急速な発達により、車両内環境においても様々なメディアを通じて車両内外環境と情報流通を行うことが当たり前となってきている。普及が顕著なものに約6,000万加入になった携帯電話と、約600万台を出荷したカーナビゲーション装置がある。これらのメディアは、ドライバに高度なインタラクションを要求することから没入性が高く、交通事故の補助要因の一つとなる危険性をはらんでいる。実際に携帯電話やカーナビゲーション装置を使用中の交通事故が発生し、社会問題として認識されてきている^{1),2)}。一方、次世代車社会の標準として世界中で研究開発が進められている Intelligent Transport Systems (ITS) の普及・発展によって、情報提供サービス

などの片方向通信やe-mailによるテキスト・PDCによる音声などの双方向通信といった車両内でのマルチメディアコミュニケーションは今後ますます行われるようになっていわれている^{3)~5)}。筆者らはこのような「快適性追求に伴う安全性の欠落」という問題に対し、運転環境を考慮した情報流通制御を行うことによって、運転の安全性と、情報流通の快適性を両立する「ドライビング環境適応型コミュニケーション・ナビゲータ」の研究を行ってきた^{6)~8)}。

移動速度が一般道路でも40km/hから60km/hにも達する運転環境は、移動速度が2,3km/hで停止又はバックが容易に可能な歩行者環境と比較して極めて流動的である。このような環境下では、運転環境をセンシングしてその結果を情報流通に反映させる制御シーケンスだけでは、制御が状況に間に合わない場合も考えられる。状況の先読みを行い、ある状況に達する前に、その状況に応じ

[†] NTT サービスインテグレーション基盤研究所
NTT Service Integration Laboratories

た情報流通環境に変更する制御方式が要求される。本稿ではこの先読みするための情報として、固定的な道路線形及び日時・場所によってある程度推測可能な混雑状況に注目する。

様々な運転環境におけるドライバへの負荷が、運転作業や情報流通作業（会話や機器操作など）への情報処理量の配分に反映され则认为、ドライバ情報処理量モデルを提案する。さらに、運転作業におけるドライバ負荷の評価を、視線解析を用いて行う。そして提案モデルの認識作業に関わる情報処理量配分の妥当性を考察する。

以下、2章でコミュニケーション・ナビゲータの概略についてのべ、3章でドライバ情報処理配分モデルの提案を行う。さらに、4章では実車を用いたドライバ視線実験および解析・考察を行い、5章で本稿をまとめる。

2. コミュニケーション・ナビゲータ

現在、自動車は単なる移動手段から生活空間の一部となり、車両内空間を安全・快適な空間とするための様々な製品が流通している。特に、昨今のモバイルマルチメディア技術の発達により、カーナビゲーション装置を始めとする車両外との情報流通機器が急速に普及している。

本章では、ディスプレイ・マイク・スピーカといったユーザインタフェースを介して、ドライバが車両外の空間とマルチメディアでの情報流通が可能な環境において、最優先作業である運転の安全性を確保したうえで、快適なマルチメディア情報流通環境を提供するコミュニケーション・ナビゲータについて説明する。

2.1 ドライビング環境下の情報流通

従来、道案内を含むドライビング環境下の情報流通は、車両内に閉じた、それも同乗者（人間）との情報流通であり、ラジオ等の車両外との情報流通はインタラクション性の低いものに限られていた。そこへ、カーナビゲーション装置や携帯電話などのインタラクション性の高い情報流通機器が車両内空間に導入され、安全性への影響が顕在化してきている。

この問題への従来の対策として、ドライビング環境下の情報流通を一律に切断・制限するサービスがある。しかし、筆者らのアンケート調査によれば、ユーザはドライビング環境下においてもオ

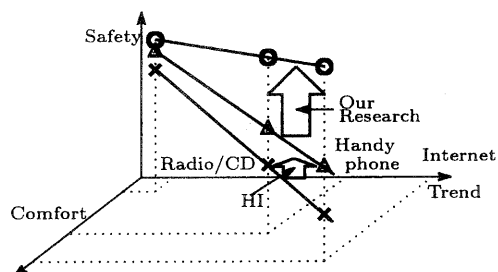


図1 安全性の確保
Fig.1 Keep safety

フィスやホームと同じように情報へのアクセシビリティを確保しようとしている⁶⁾。ドライバと同乗者の関係を見れば、安全を阻害することなく、ドライバが情報流通を行うことは可能である。これは、同乗者がドライビング環境を認識し、情報流通制御に反映していることに起因している。ドライビング環境の情報は、センサ技術と情報処理技術によって抽出可能である。

車両内の情報流通は、安全性、トレンド、快適性の3つの軸を持つと考える。トレンドとしてラジオ・CD・携帯電話といった機器が車両内に導入されてきて快適性が向上したが、安全性が犠牲となった。そこで、現在の快適性・利便性を維持したまま安全性を向上させる目的で、ハンズフリー装置の研究が行われており一定の効果を示している⁹⁾。コミュニケーション・ナビゲータは、ドライビング環境を考慮したマルチメディア情報流通制御を行うことによってハンズフリー装置と併せ飛躍的な安全性の向上を目指す。上記の研究方針を図1に示す。

2.2 ドライビング環境適応型コミュニケーション・ナビゲータ

ドライビング環境は出発してから目的地に到着するまで激しく変化し、これに伴いドライバにかかる作業負荷も変動する。作業負荷としては、運転作業の負荷や、情報流通によって発生する負荷などが考えられる。例えば、情報流通開始時や、急カーブ通過時、交差点通過時などでは作業負荷が増加する。出発地から目的地までの時間軸を横軸に、作業負荷を縦軸にとりモデル化したものを図2下部に示す。

運転作業の負荷が高いドライビング環境で、さ

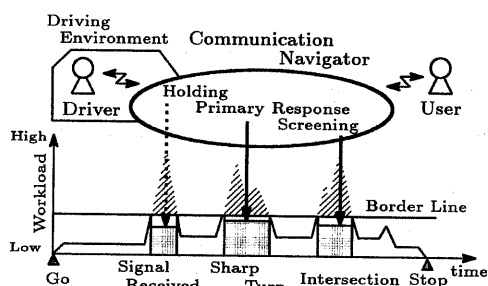


図2 ドライバにかかる負荷
Fig. 2 Driver's load

らに情報流通の作業負荷をドライバにかけると、ドライバの作業負荷許容値を越えてしまう場合がある。この過剰な作業負荷はヒューマンエラーを誘発させ、交通事故の要因となりうる¹⁰⁾。このような場合、同乗者との情報流通であれば、同乗者は情報流通を控え、ドライバに運転作業を優先させ安全性を確保する¹¹⁾。コミュニケーション・ナビゲータはドライバと情報流通相手ないしはシステムとの仲立ちを行う際に、運転作業の負荷を勘案して2次作業である情報流通を抑制することで、トータルの作業負荷を許容値内に押さえることを目的とする。コミュニケーション・ナビゲータの動作例を図2に示す。

3. ドライバ情報処理量配分モデル

前章で説明したコミュニケーション・ナビゲータは、ドライバにかかる運転負荷を推定し、その負荷に応じた情報交換負荷を制御するものである。従って、ドライバにかかる運転負荷を算出することが必要になる。ドライビング環境下のドライバの作業やその負荷のモデル化は様々な試みがなされている^{12),13)}。しかし、運転作業のみに注目したモデルが多く、情報流通作業などを勘案したモデルは少ない。本稿では、この運転負荷推定をドライバの情報処理量の観点からモデル化することを考える。

3.1 情報処理能力配分

運転作業を1次作業とした場合、それ以外の2次作業が運転作業に及ぼす影響についてはさまざまな研究がなされてきている^{14),15)}。特に近年、携帯電話と交通事故の相関が注目され、着信動作

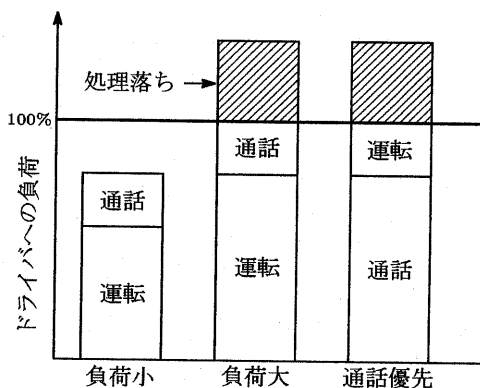


図3 過負荷の状態
Fig. 3 Overloaded situations

による影響や通話による影響に関する実験・調査が行われている¹⁶⁾。本稿では、特に通話やカーナビ操作といった2次作業への没入性に注目してモデル化を考える。

ドライバの情報処理能力には限界があり、その処理能力を超える情報処理の要求があった際には、処理落ちが発生すると考えられる。この場合に処理落ちした作業が、1次タスクである運転作業であった場合に交通事故発生の可能性が増大する。情報処理における過負荷の概略を図3に示す。

本章では、運転作業と2次作業に対するドライバの情報処理量配分に注目し、限られたリソースである「情報処理量」の配分方法について、作業の優先度付けの観点からモデル化を行う。以下、ドライバの情報処理能力をリソースと呼ぶ。

3.2 運転作業分析

ここで、交通事故発生の可能性が増大する原因をドライバの作業の流れから考えてみる。人間の行う作業は、「認識」「判断」「行動」のフィードバックからなっているといわれている^{17),18)}。このそれぞれのプロセスについて交通事故への影響を以下に示す。

(1) 認識誤り・未認識

“夜間の走行で車間距離を見誤った”、“歩行者を見ていなかった”、などがこれに含まれる。運転作業では、周囲の状況から先読みしながら（フィードフォワード）作業することが要求されると共に、走行速度が高速なため認識誤り・未認識の影響は歩行時などと比較して非常に大き

い。認識対象としては、先読みのためのフィードフォワード認識、車間距離など短時間に反応が要求されるフィードバック認識に分けられる。

(2) 判断誤り・判断遅延

“右折車が停止すると思って加速した”，“ウィンカーを出すタイミングの遅延”，などがこれに含まれる。高速走行する運転作業では、小さな判断誤りや、小時間の判断遅延であっても致命的な事象に推移することが少なくない。ハンドル操作・ペダル操作の主要操作と、ウィンカーやワイパー等の付随操作に分けられる。

(3) 出力ミス

“タイヤがロックして曲がりきれなかった”など、外乱によって車両が想像外の動作をしてしまう場合がこれにあたる。昨今の自動車技術の発達によりこの問題の比重は低下していると考えられる。(ブレーキアシスト・ABS など)

以上のことから、運転作業については、以後「認識」と「判断」に注目する。

3.3 情報交換作業分析

一方、情報交換の場合のドライバの情報処理について同様に以下に示す。

(1) 認識誤り・未認識

“（カーナビ指示の）曲がるべき交差点を見誤った”，“画面に情報が出ていたのに気づかなかった”，“（電話相手の）話している内容が聞き取れなかった”，“間違えて聞き取った”，などがこれにあたる。システム情報の出力や、情報交換相手の発したメッセージの認識を誤ったり、気づかなかったりする場合である。

(2) 判断誤り・判断遅延

“（カーナビの）間違ったボタンを押してしまった”，“（電話相手の）意図に反する応答をしてしまった”，“応答を構成するのに時間を要した”，などがこれにあたる。機器操作やメッセージ出力内容構成を誤ったり、遅延が生じたりする場合である。

(3) 出力ミス

“（カーナビの）リモコンの電池が切れた”，“携帯電話の圏外になってしまった”，“大声でしゃべる”，などがこれにあたる。外乱によって意図した出力が行われなかった場合である。

情報交換の場合についても、制御・推測可能である、という観点から本稿では「認識」と「判断」

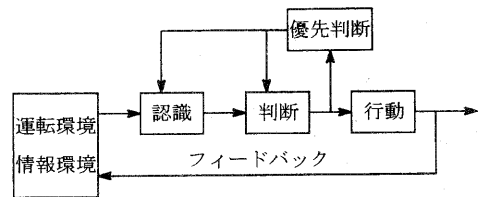


図 4 ドライバモデル
Fig.4 Driver model

に注目する。

3.4 作業の優先度

ここでは、優先度の高い作業を“運転作業の場合”，“情報交換作業の場合”について考える。

(1) 認識時

運転作業においては、フィードフォワード認識は先読みであるため時間の余裕があり、時間的余裕のないフィードバック認識が優先される。情報交換作業では、メール確認や配信されたニュースの確認よりも、カーナビによる曲がる角の確認や、電話の相手が話す内容を認識することが優先される。以上のことから、認識時にはリアルタイム性の高い項目が優先されると思われる。

(2) 判断時

運転作業においては、付随操作よりもブレーキ操作やハンドル操作といった主要操作の優先度が高い。但し、豪雨時にはワイパーの優先度が高くなるという状況もある。情報交換作業では、友人との会話よりも上司との会話の判断処理が優先される。以上のことから、判断時には、その判断が誤った際の影響が大きい項目が優先されると思われる。

3.5 モデル化

3.4 節の考察から、「判断」が優先される（判断優先度の高い）作業ほど「認識」作業の優先度が高くなる傾向にあり、「認識」は「判断」に対して従属的な位置付けであると思われる。そこで以下のようにモデル化を行った。

まず、誤判断時の影響の大きさによって作業（項目）間にリソースを配分する。次に、配分されたリソースをそれぞれの作業（項目）が、その判断処理に必要な情報を得るための「認識」処理に割り振る。各作業に割り振られた後に残ったリソー

ス部分が余裕になる。コミュニケーション・ナビゲータは、この余裕情報処理能力を推定し、情報流通作業に配分する。

本モデルの概要を図4に示す。ドライバは、運転環境または情報流通環境（情報環境）を認識し、認識に基づいて判断を下す。判断の結果は行動に反映され、出力されると同時に環境にフィードバックされる。また、判断の出力は、情報処理能力配分を行うために優先度の判断（優先判断）の入力となる。優先度判断は、誤判断時の影響を推測した上で誤判断の影響の大きい作業により多くのリソースを割り振るよう認識と判断に反映される。

4. 視線解析実験

本章では、ドライバの情報処理量余裕分を算出するアプローチの一つとして、ドライバの運転負荷を推定することを考える。このとき、安全性を確保するというコミュニケーション・ナビゲータの目的から、運転負荷が増加したことをシステムが認識してから情報流通制御を行うシーケンスでは、処理遅延から図2に示した過負荷の状態が生じる可能性がある。従って、情報流通制御はドライバへの運転負荷を先読みして行う必要がある。ドライバへ負荷を与える運転環境は様々なものがあるが、本稿では、先読みが可能な運転環境情報の一つとして道路線形及び比較的静的な道路状況（渋滞）を用いる。

ドライバにかかる負荷の推定に関して、様々な研究がなされてきている^{19)~21)}。負荷を測定する手段としては、運転操作（ハンドル操作、ペダル操作）やボタン操作といった指標から算出した研究^{22),23)}もあるが、本稿では運転作業に必要な情報の90%を収集する²⁴⁾視覚の特性の面からの検討を行う。

4.1 道路線形による運転負荷推定

視覚特性と負荷の関係では、高負荷状態では視線が停留して周辺視野への視線移動が低下する結果が示されている²⁵⁾。これを運転環境に置き換えると、高負荷の原因となる特定事象（歩行者、対向車両）への視線移動（情報処理）が集中し、その他の周辺視野への視線移動が低下すると考えられる。そこで、いくつかの運転環境状態において視線移動を計測し、その水平方向の移動を観察

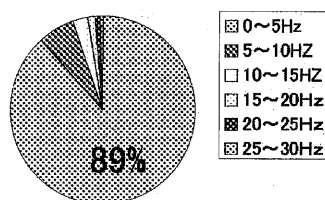


図5 通常時

(FFT スペクトラム分布)

Fig. 5 Straight road with little traffic
(FFT spectrum distribution)

した。

4.2 実験

実験は、3名の被験者に対して実施した。視線計測はnac社製視線計測装置EMR-8を用いて60Hzのサンプリング周波数で1024サンプルデータ（約17秒間）を記録した。以下の特徴をもつ計測区間でそれぞれ計測を行った。

- (1) 通常時（交通量少）
- (2) 交通量多（全走車有、対向車多）
- (3) 渋滞
- (4) 街中（歩行者多）
- (5) 曲線

これらの計測結果に対して、水平方向の視線位置に対するフーリエ変換処理を行い、スペクトラム解析を行うと共に視線が留まっている時間（停留時間）を測定する。測定した視線データより、特定の物体を注視している場合の視線角度の変化は1サンプリング点当たり5度以内に収まっていた。そこで本検討では、この範囲に収まっている場合に、“視線が停留している”と判断し、連続して停留している場合の経過時間を停留時間と定義する。

4.3 結果と考察

前節で示した各計測区間での周波数スペクトラムと停留時間の分布を示す。

4.3.1 周波数スペクトラム解析

各々の道路状態における視線位置の周波数スペクトラムの割合を図5, 6, 7に示す。ここでは簡単のため、0~30Hzの範囲の周波数成分を5Hz刻みで集計した。本稿では、このうち0~5Hzの周波数成分に注目し、これを低周波成分と呼ぶ。

図5に示した通常時では、89%の低周波成分が

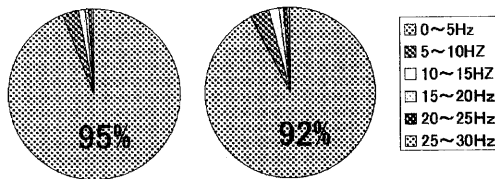


図 6 交通量多 (左側) 渋滞時 (右側)
(FFT スペクトラム分布)

Fig. 6 Much traffic (left), Traffic jam (right)
(FFT spectrum distribution)

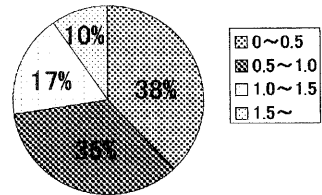


図 8 通常時
(停留時間分布)

Fig. 8 Straight road with little traffic
(Stopping time distribution)

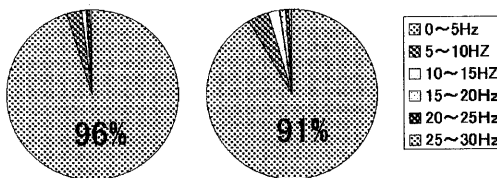


図 7 街路 (左側) カーブ (右側)
(FFT スペクトラム分布)

Fig. 7 Town road (left), Curved section (right)
(FFT spectrum distribution)

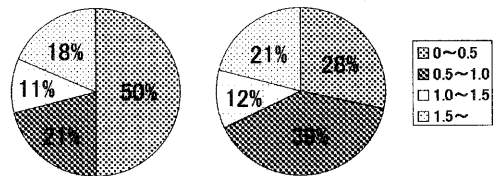


図 9 交通量多 (左側) 渋滞時 (右側)
(停留時間分布)

Fig. 9 Much traffic (left), Traffic jam (right)
(Stopping time distribution)

計測されたのに対し、図 6 に示した交通量の多い道路では 95%、渋滞時では 92%の値が計測された。同様に、図 7 に示した街中では 96%、曲線では 91%の低周波成分が計測された。

4.4 停留時間解析

各々の道路状態における視線の停留時間の割合を図 8, 9, 10 に示す。ここでは簡単のため、0~1.5 秒の範囲の停留時間を 0.5 秒刻みで集計し、1.5 秒以上については一つのカテゴリとして集計した。0~0.5 秒の成分は視線が停留せずに動いている状態であり、本稿ではこの成分は視線が停留した状態と見なさない。

図 8 に示した通常時においては、0~0.5 秒と 0.5~1.0 秒の成分がそれぞれ 3 分の 1 強を占めているのに対し、1.5 秒以上の成分は 1 割に止まっている。一方、図 9 に示した交通量の多い場合は、0~0.5 秒の成分が半分を占めるのと同時に、1.5 秒以上の成分が 2 割近くに達している。渋滞時では、1.5 秒以上の成分は 2 割を越えているが、0~0.5 秒の成分は 3 割弱でしかない。図 10 に示

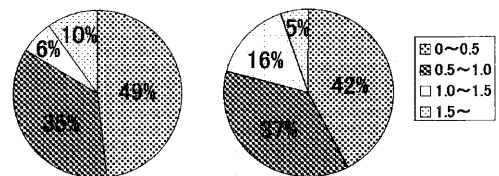


図 10 街路 (左側) カーブ (右側)
(停留時間分布)

Fig. 10 Town road (left), Curved section (right)
(Stopping time distribution)

した人通りの多い街中では、0~0.5 秒の成分が約半分を占めている。曲線部では 0~0.5 秒の成分が 4 割強、0.5~1.0 秒の成分が 4 割弱を占めている。

4.5 考 察

図 5, 図 8 に示した通常時と比較した、交通量の多い場合、渋滞時、街路、カーブの場合を考察する。

通常時と比較して、その他の状態では低周波成

分が多く観測された。周波数スペクトラム分析において低周波成分が多いことは、視線が大きくは振れなかったことを意味していると考えられる。ドライバに負荷がかかった際には前方の一定の視野角度内を注視するといわれており²⁶⁾、この低周波成分の割合は前方注視の割合を示していると考えられる。逆に、この低周波成分が少ない状態は、余裕があり、ある程度の脇見が可能な状態であると考えられる。

一方、停留時間においては、交通量多、街路、カーブにおいて0~0.5秒の成分が多く観測された。この成分は視線がほとんど止まっていない状態を示しており、ドライバは常に様々な事象に注意を払っている状態と考えられる。交通量多の場合に18%もの1.5秒以上の成分が観測されているが、これは追従走行時に前車両を注視している状態を示していると思われる。渋滞時には、停止ないしは低速走行のため、走行時と比較して認知・判断・行動共に時間軸に余裕が生じる。そこで図9に示したように、比較的長時間の停留時間が多く観察されると考えられる。

3章で示したモデルで考えると、ドライバは運転に必要な情報の90%を視覚情報から得るため²⁴⁾、本実験で計測した内容は認識作業に分類されると考えられる。認識時にはリアルタイム性の高い作業が優先されるが、運転時の作業のリアルタイム性の高さは走行速度に比例する。従って、停止ないしは低速走行の渋滞時の認識作業の優先度は低下する一方、突発事象が発生する可能性の高い、交通量の多い場合や歩行者の多い街路では優先度は増加すると思われる。

5. ま と め

車両内情報流通環境における安全性と快適性の両立を目指したコミュニケーション・ナビゲータの実現には、運転環境がドライバに与える負荷の定量的評価が必要となる。本稿では、情報処理量配分の視点からドライバ情報処理量配分モデルを提案した。本モデルは、誤判断の与える影響の多い判断作業に対し多くの情報処理量を割り振り、さらに、その判断作業が要求する複数の認識作業に対し、リアルタイム性の高い認識作業により多くの情報処理量を割り振るものである。

本稿ではまず、運転作業に限定して、道路線形・

状態がドライバに与える負荷を視線解析を用いて検討した。ここでは判断作業は運転作業のみとなる。ドライバの持つ情報処理量と運転作業がドライバに要求する情報処理量との差分は、情報処理量の余裕分となる。実験の結果、通常時に比べ交通量の多い状態や街中では、脇見の減少を示すと思われる値が観測された。また、高速走行時に比べ認識作業のリアルタイム性の低い渋滞時には、高速な視線移動の減少が見られた。これは、認識作業の余裕が現れた値だと考えられる。

今後は、被験者を増やして実験値の信頼性の向上を図ると共に、運転作業以外の情報流通作業（会話や機器操作など）をドライバに課して、複数の作業が並列に存在する場合のドライバ情報処理量配分モデルの検証を行う予定である。

謝辞 本研究のコンセプトを具現化するに当たり、終始有益な議論に参加して下さったNTTサービスインテグレーション基盤研究所 吉開 範章 主幹研究員に感謝いたします。また、実験作業に多大なる支援を賜りました日本情報通信コンサルティング株式会社岡丈樹氏、伊東洋次氏に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) DOT. WebPage, "An investigation of the safety implications of wireless communications in vehicles", <http://www.nhtsa.dot.gov:80/people/injury/research/>
- 2) 警察庁交通局交通企画課, "携帯電話の使用に係わる交通事故について", 警察庁発表資料, Mar. 1998.
- 3) U.S.A DOT., "Report to congress on intelligent vehicle highway systems", Mar. 1990.
- 4) A. Kirson, "The ITS data bus: moving towards reality", Proc. 4th World Congress on ITS, Berlin, Germany, Oct. 1997.
- 5) "VICS の挑戦", 財団法人 道路交通情報通信システムセンター, Tokyo, Oct. 1996.
- 6) 荒金陽助, 関良明, "ドライビングが環境適応型コミュニケーション・ナビゲータに関するユーザ動向調査と通信 NW 性能に関する考察", Proc. DICOMO'99 シンポジウム, pp. 417-422, Jun. 1999.
- 7) 荒金陽助, 関良明, 吉開範章, "ドライビング環境適応型コミュニケーション・ナビゲータのための実験評価システムの開発とその評

- 価”, 信学論 (B), Vol.J82-B, No.11, pp.1966-1973, Nov.1999.
- 8) Y. Aragane, F. Maeda, Y. Tsuji, N. Yoshikai, “Development and Evaluation of Communication Navigator”, *Proc. ITSC-2000*, Dearborn, USA, Oct.2000.
 - 9) 石田敏郎, “携帯電話の使用が運転行動に及ぼす影響に関する調査研究”, 自動車安全運転センター, Mar. 1998.
 - 10) 自動車走行電子技術協会, “交通事故の実態調査による各種警報システムの有効性調査”, Mar. 1998.
 - 11) A. Jameel, M. Stuempfle, D. Jiang, and A. Fuchs, “Web on wheels: toward internet-enabled cars”, *IEEE Computer*, pp.69-76, Jan. 1998.
 - 12) 岡村宏樹, “前方視覚情報を用いたカーブ走行時のドライバーモデル”, 自動車技術会学術講演会前刷集, No. 93-99, pp. 1-4, 1999.
 - 13) 佐藤稔久, 大門樹, 川嶋弘尚, 木下昌裕, 池田敦, “ドライバの認知過程を考慮した狭路走行支援システムに関する研究”, 自動車技術会秋季大会, No. 107-99, pp. 9-12, Oct. 1999.
 - 14) G.D.Ogden, J.M.Levine, and E.J.Eisner, “Measurement of workload by secondary tasks”, *HUMAN FACTORS*, Vol.21 No.5, pp.529-548, Oct. 1979.
 - 15) 森田和元, 益子仁一, 岡田竹雄, “わき見運転時の安全性に関する理論的解析”, 自動車技術会秋季大会, No. 80-99, pp. 13-16, Oct. 1999.
 - 16) 堀野定雄, “人間工学からみたカーマルチメディア機器の安全性, 車載情報機器と HMI”, 自動車技術会春季大会, 1997.
 - 17) 田村実, 井上秀明, 丸古直樹, 小林明彦, “車間距離検知ブレーキ制御システムの研究”, 自動車技術, Vol. 53, No. 1, pp. 68-72, 1999.
 - 18) 大野宏司, 本郷武朗, “ドライビングシミュレータにおける運転判断エラーの ID3 による解析”, 情報処理学会論文誌, Vol. 38, No. 5, May 1997.
 - 19) 皆川忠信, 藤田京介, 藤井学, 百瀬桂子, 小宮一三, “自動車運転中の視聴覚応答特性の検討 ~ 携帯電話使用に関する一考察 ~”, 神奈川工科大学研究報告, B-23, 1999.
 - 20) K. Fitzpatrick, T. Lienau, D. B. Fambro, “Driver eye and vehicle heights for use in geometric design”, *Trans. Research Record*, No. 1612, pp. 1 - 9, 1998.
 - 21) L. Tijerina, “Driver eye glance behavior during car following on the road”, SAE technical paper series, SAE-1999-01-1300, 1999.
 - 22) 川野常夫ほか, “自動車運転中の携帯電話の使用における運転・会話特性と加齢の影響”, 人間工学, Vol.32, 8-9, 1996.
 - 23) 小島真一, 本郷武朗, 星野博之, 内山祐司, “音声対話の運転への影響評価法の開発”, 情報研報, Vol. 99, No. ITS-3, Oct. 1999.
 - 24) 藤森充, 上迫宏計, 川村幹也, “高速道路における頭部運動を考慮した運転者の視線計測”, 計測自動制御学会論文集, Vol. 35, No. 4, pp. 473-479, Apr. 1999.
 - 25) 飯田健夫, 伊藤孝幸, “自動車運転時における視覚特性への思考負荷の影響-眼球運動と反応時間による検証-”, 交通科学, Vol.28 No.1-2, 1998.
 - 26) 木下正浩, 片倉正彦, 安藤滋芳, “道路視環境が運転者の注視点に与える影響”, 交通工学研究発表会論文報告集, Vol.19, pp. 1-4, Dec. 1999.