

ヒューマン・マシン・インターフェイスから 見た車載情報機器の安全性について

自動車安全研究領域

森田和元



目次

1. まえがき

2. 視覚情報処理について

(1) わき見に関する実態調査

(2) わき見運転時におけるブレーキ操作の時間遅れの推定

3. 聴覚情報処理について

(1) 情報獲得量の調査

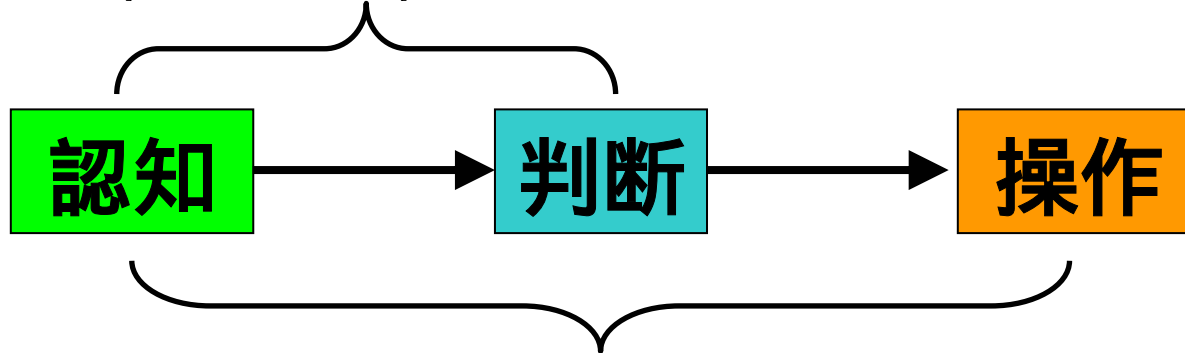
(2) 車室内暗騒音の測定

4. まとめ



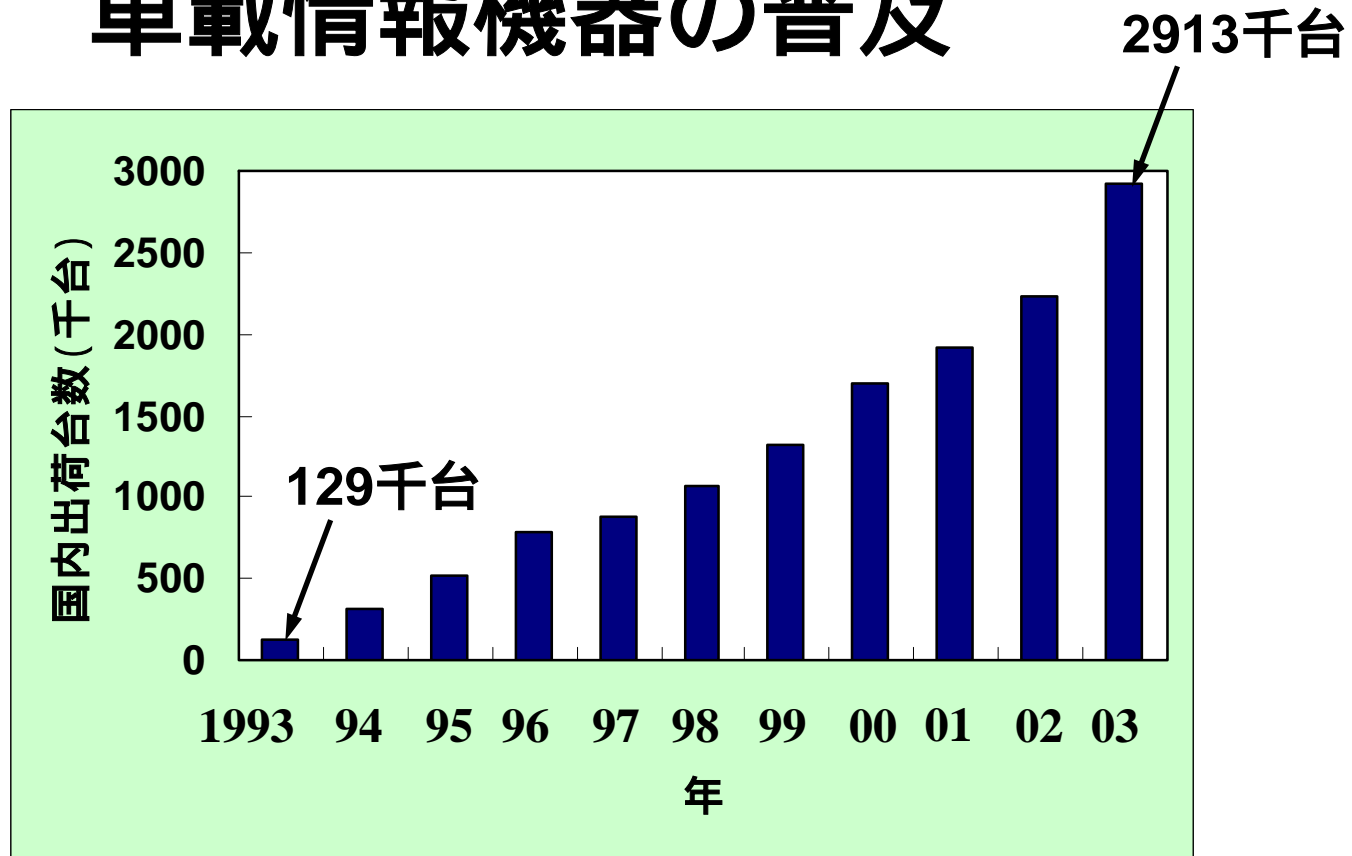
自動車におけるヒューマン・マシン・ インターフェイス

車載情報提供装置
(カーナビゲーション装置)
(警報装置)等



運転支援システム
(車線維持支援システム)
(ブレーキ併用式定速走行システム)
等

車載情報機器の普及



カーナビゲーション装置の国内出荷台数の変遷 (JEITAデータ)

10年間で23倍に増加

車載情報機器の高度化

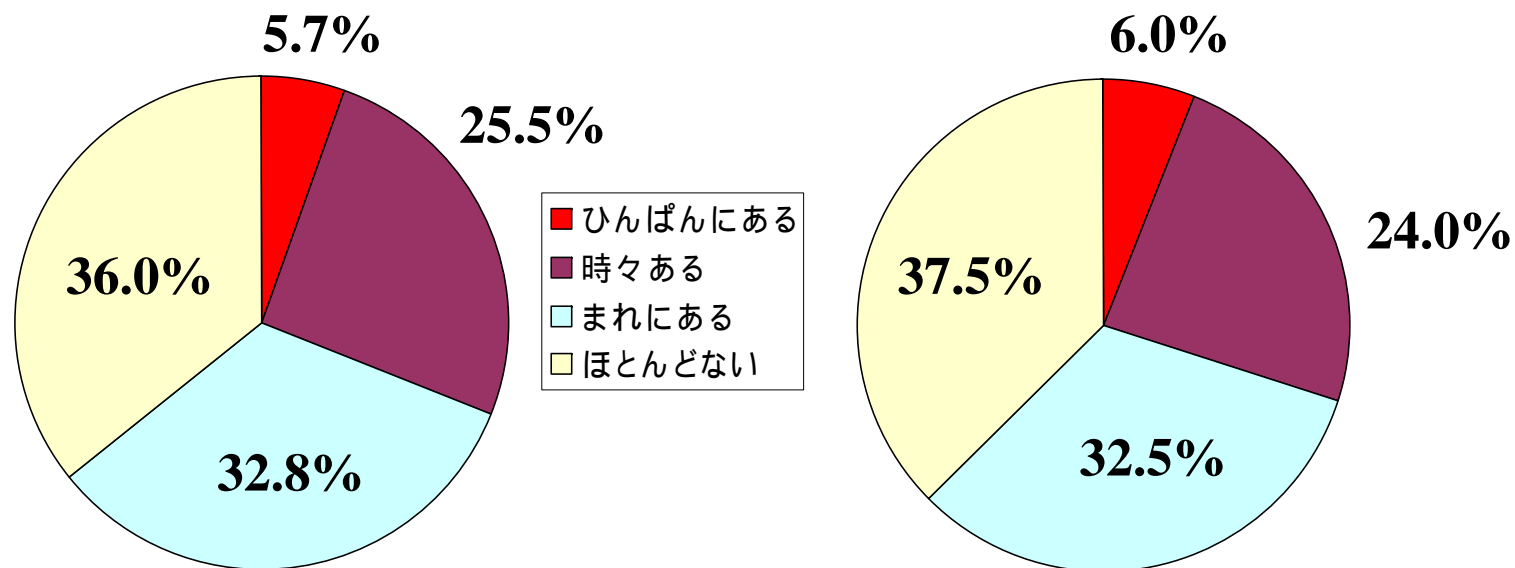
カーナビゲーション装置について、経路誘導機能だけでなく、インターネットなどの情報端末としての機能高度化が進む

第7次交通安全基本計画(平成13年度～17年度)

高度道路交通システムに関する研究開発において、ナビゲーションシステムの高度化、安全運転の支援の研究開発を推進する

情報処理を行うために運転がおろそかになるおそれ？

カーナビゲーション装置についてのアンケート結果 (1997 ~ 1998年 N=317)



質問: 表示装置を見ていて危ない
と思ったか

質問: 操作していて危ない
と思ったか

約3割の人が危ないと思ったことがある

車載表示装置による交通事故件数

「テレビ、ナビゲーションを見ていた、操作していた」
ことによる事故は毎年約1000件発生

平成13年	平成14年	平成15年
1148件	1029件	1092件

(第1当事者が乗用車、貨物車、特殊車であるもの)
(交通事故総合分析センターによるデータ)

さまざまな車載情報機器が今後ますます増加する



事故件数の増加につながるおそれ

目次

1. まえがき

2. 視覚情報処理について

- (1) わき見に関する実態調査
- (2) わき見運転時におけるブレーキ操作の時間遅れの推定

3. 聴覚情報処理について

- (1) 情報獲得量の調査
- (2) 車室内暗騒音の測定

4. まとめ



視覚情報処理に関する検討

目からの視覚情報

耳による聴覚情報

視線移動によるわき見を伴う

表示装置を見るわき見行為が安全運転に及ぼす影響

- (1) 通常走行時にどの程度のわき見を行っているのかについての
実態調査
- (2) わき見運転時におけるブレーキ操作の時間遅れの推定

市内走行実験の概要

- (1) 走行地域: 東京都武蔵野市、三鷹市
- (2) 経路誘導方法:
 - ・地図誘導
 - ・音声補助誘導(交差点の約150m手前で音声案内を追加)
- (3) 表示装置の位置: 基準アイポイントから左38度, 下33度
- (4) 被験者: 12名(平均年齢27.1歳)
- (5) 被験者一人あたり地図誘導と音声補助誘導を各一回



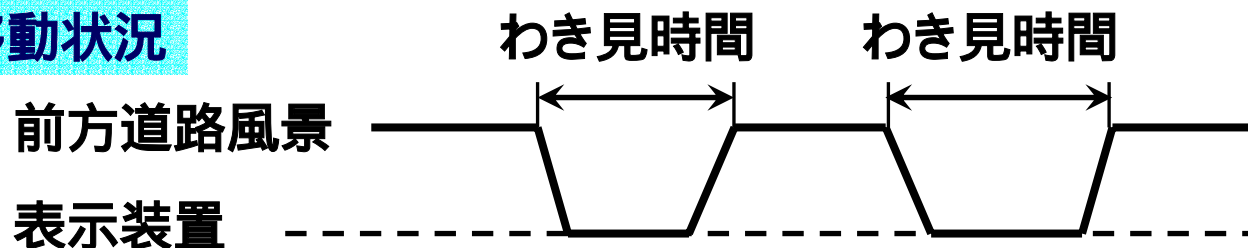
表示装置

ビデオ画像による撮影記録



実験後にビデオ解析により、わき見時間を求める

視線移動状況



市内走行実験の結果概要

(1) 地図誘導

全走行距離: 84.22km

全走行時間: 5時間5分56秒(18356秒)

全注視回数: 1275回

平均注視頻度: **14.4秒に1回**

(2) 音声補助誘導

全走行距離: 84.55km

全走行時間: 4時間51分13秒(17437秒)

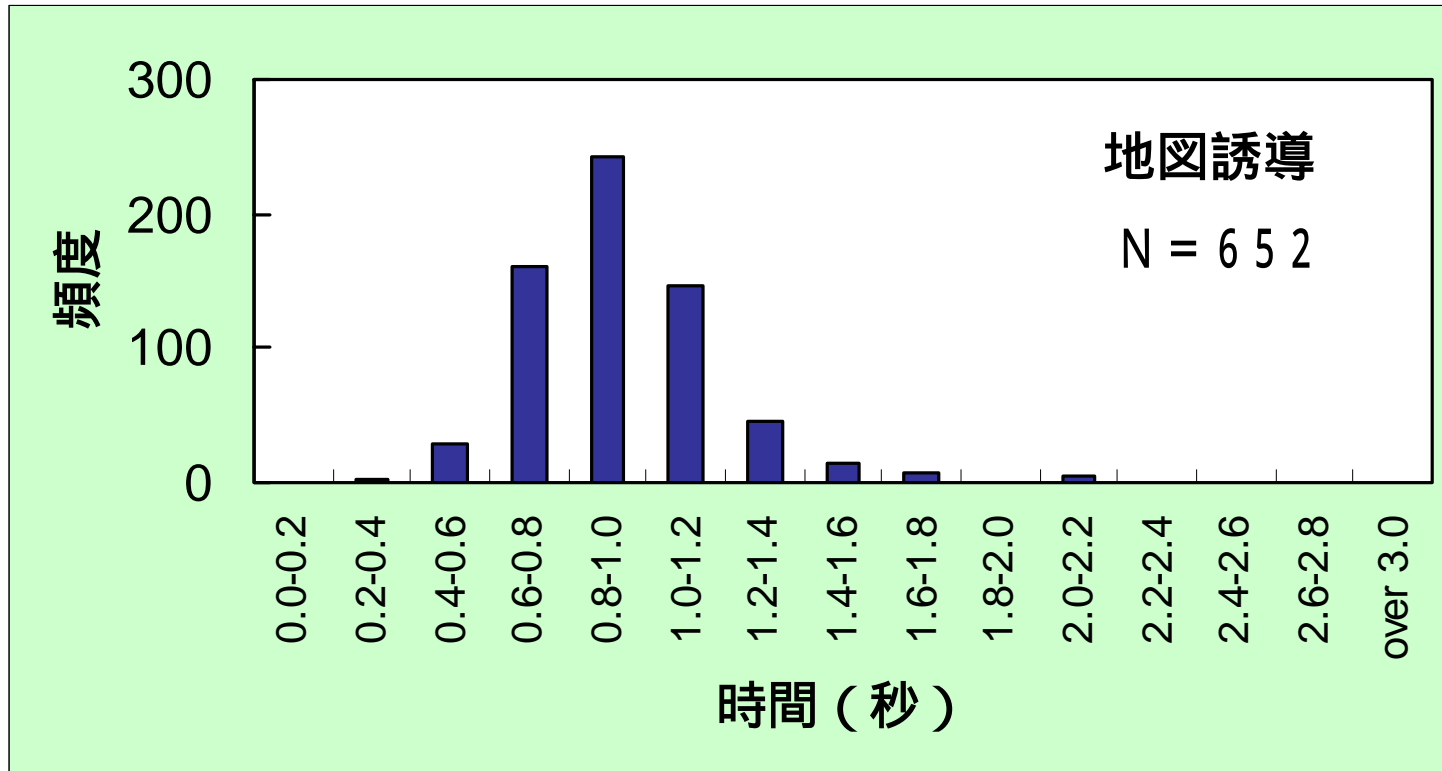
全注視回数: 725回

平均注視頻度: **24.1秒に1回**

音声補助のある場合の方が注視頻度が少ない



市内走行時のわき見時間の度数分布



地図誘導の場合： 平均0.94秒, 標準偏差 0.25秒

音声補助誘導の場合：平均0.93秒, 標準偏差 0.25秒

わき見時間の平均は約1秒

わき見運転時のブレーキ操作の遅れの解析

ナビゲーションの表示装置がセンターコンソール内に設置される場合、この表示装置を注視しているときには、周辺視で前方に気がつくことは困難

↓

わき見運転につながる

↓

前方の危険な事象に気がつくまでの時間が必要

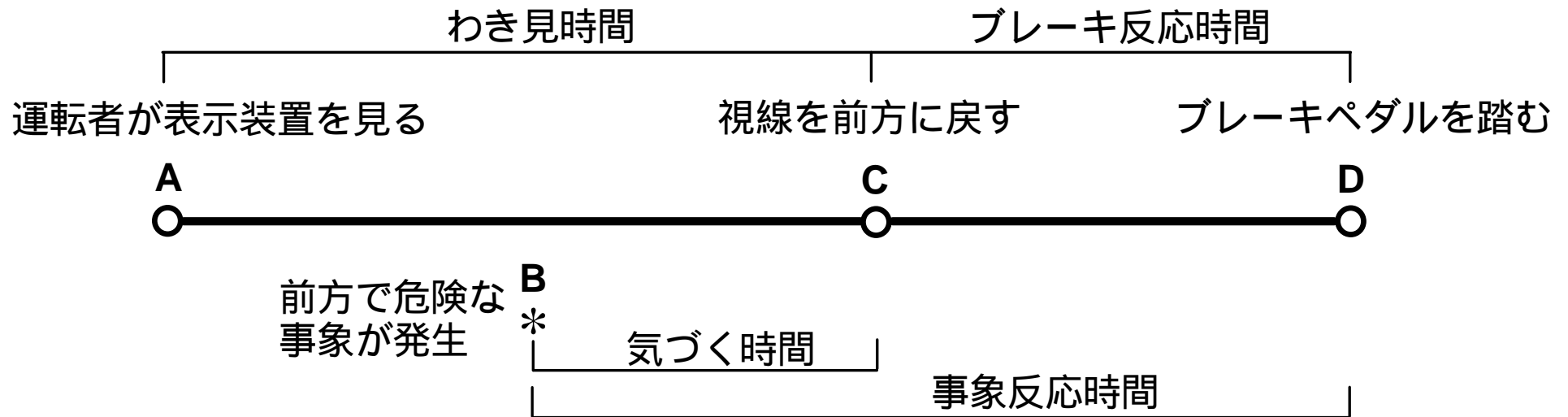
↓

正面前方を見ているときと比較してブレーキ操作が遅れる

↓

潜在的なブレーキ操作の遅れを計算式により推定する

わき見運転時のブレーキ操作時間モデル



- ・前方の危険な事象はいつ発生するか不明
- ・確率的な解析が必要
- ・ t 秒間のわき見をするとき、気づく時間は0秒から t 秒まで分布
- ・気づく時間の確率密度は $1/t$ という一様分布

提案する計算式

わき見時間の確率密度関数を $f(t)$ とすると、気づく時間の確率密度関数 $Q(s)$ は

$$Q(s) = \int_s^{\infty} \frac{f(t)}{t} dt \quad (1)$$

ブレーキ反応時間の確率密度関数を $g(t)$ とすると、事象反応時間の確率密度関数 $R(t)$ は

$$R(t) = \int_{-\infty}^{\infty} Q(s) g(t-s) ds \quad (2) \quad \text{畳み込み積分となる}$$

これらの計算式の妥当性を検証実験により確認した

気づく時間の平均についての解析

気づく時間の平均はわき見時間の1/2となることの証明

わき見時間の平均をAVE1, 気づく時間の平均をAVE2とする

$$AVE1 = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad AVE2 = \int_0^{\infty} s Q(s) ds = \int_0^{\infty} s \int_s^{\infty} \frac{f(t)}{t} dt ds$$

$$AVE2 = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_0^T s \int_s^T \frac{f(t)}{t} dt ds \quad \text{ここで、積分順序を } t \text{ と } s \text{ と入れ替える}$$

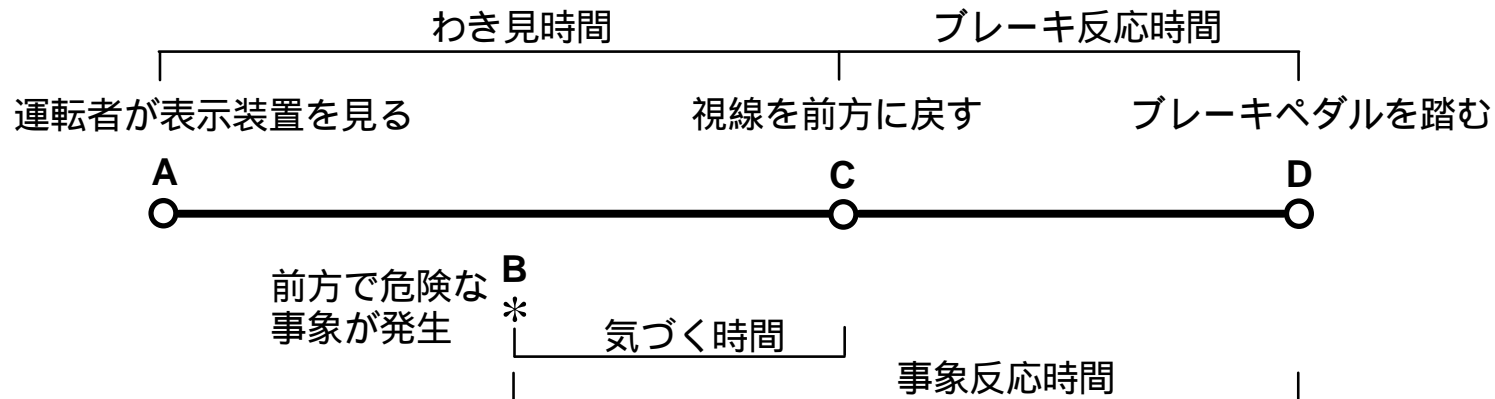
$$\begin{aligned} AVE2 &= \lim_{T \rightarrow \infty} \int_0^T \frac{f(t)}{t} \int_0^t s ds dt \\ &= \lim_{T \rightarrow \infty} \int_0^T \frac{f(t)}{t} \frac{t^2}{2} dt = \frac{1}{2} \lim_{T \rightarrow \infty} \int_0^T t f(t) dt \\ &= \frac{1}{2} \int_0^{\infty} t f(t) dt = \frac{1}{2} AVE1 \end{aligned}$$

文章で表現すると・・・

気づく時間の平均，事象反応時間の平均についての理論的解析結果

気づく時間の平均は，わき見時間の平均の $1/2$ となる
この関係はわき見時間の確率密度の分布の形に依存しない

事象反応時間の平均は，気づく時間の平均とブレーキ反応時間の平均との和となる
この関係は確率密度の分布の形に依存しない



実際のデータを基にしてブレーキ操作の遅れを求める

わき見運転時のブレーキ操作の遅れ

- (1) 市内走行実験結果より, わき見時間の平均は 0.94 秒 (実験結果)
- (2) 気づく時間の平均は $0.94/2=0.47$ 秒 (解析結果を基にして推定)
- (3) ブレーキ反応時間は, 0.67 秒 (実験結果)
- (4) 事象反応時間の平均は, $0.47+0.67=1.14$ 秒 (解析結果を基にして推定)
- (5) 正面前方を見ているときのブレーキ反応時間(事象反応時間)の平均は, 0.57 秒 (実験結果)
- (6) わき見運転時の潜在的なブレーキ操作の遅れは, 平均で $1.14-0.57=0.57$ 秒

正面前方を見ているときと比較して, 通常のをき見を行っているときのブレーキ操作の遅れは平均で, 約 0.6 秒と推定される

ただし, 事故につながるのは平均ではなく, 長いわき見時間の場合

わき見運転時の安全性に関する対策方法

- (1) わき見をしたとしても周辺視により前方の危険な事象に気がつくように、表示装置をできる限り上方に設置する

乗用車等においては、ドライバのアイポイントから見て俯角30度以内となるようにディスプレイを設置することが望ましい

- (2) 音声情報を付加することによって、わき見頻度を少なくする

わき見一回当たりのブレーキ操作の遅れは変わらないが、全体のわき見の回数を少なくすることが可能

目次

1. まえがき

2. 視覚情報処理について

(1) わき見に関する実態調査

(2) わき見運転時におけるブレーキ操作の時間遅れの推定

3. 聴覚情報処理について

(1) 情報獲得量の調査

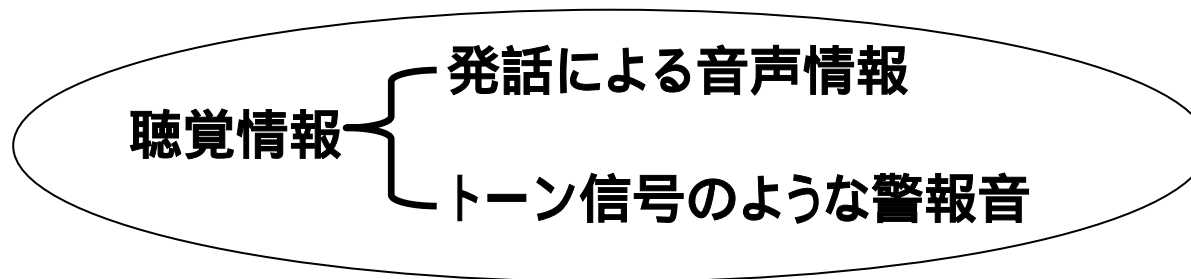
(2) 車室内暗騒音の測定

4. まとめ



視覚情報と聴覚情報の特徴

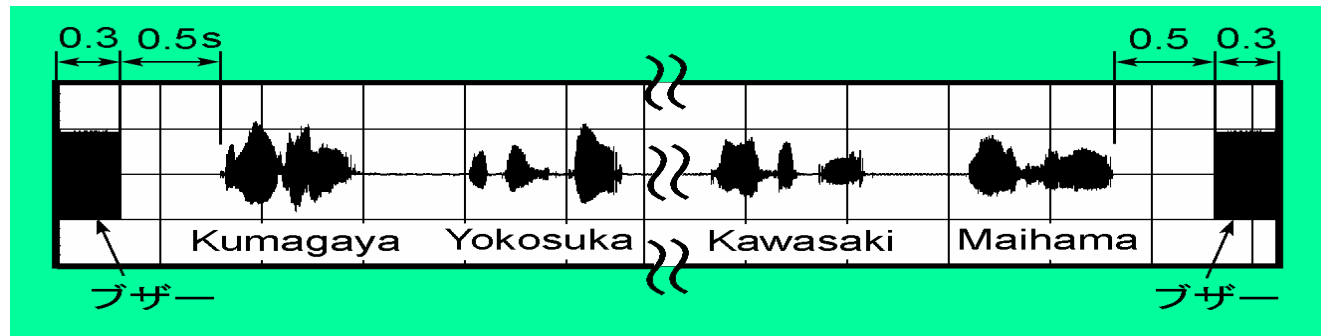
- (1) 視覚情報は、視線を移動する必要があるものの短時間に多くの呈示が可能
- (2) 聴覚情報(音声情報)は、視線を移動する必要がないものの伝達し終わるまでの時間が必要



- (3) 情報処理の観点から獲得可能な情報量について比較

聴覚情報に関する実験

- (1) 被験者(ドライバ)に数個の地名を順に聞かせて記憶再生させる実験 (走行時と停車時)
- (2) できる限り多くの地名を正確に記憶するように指示



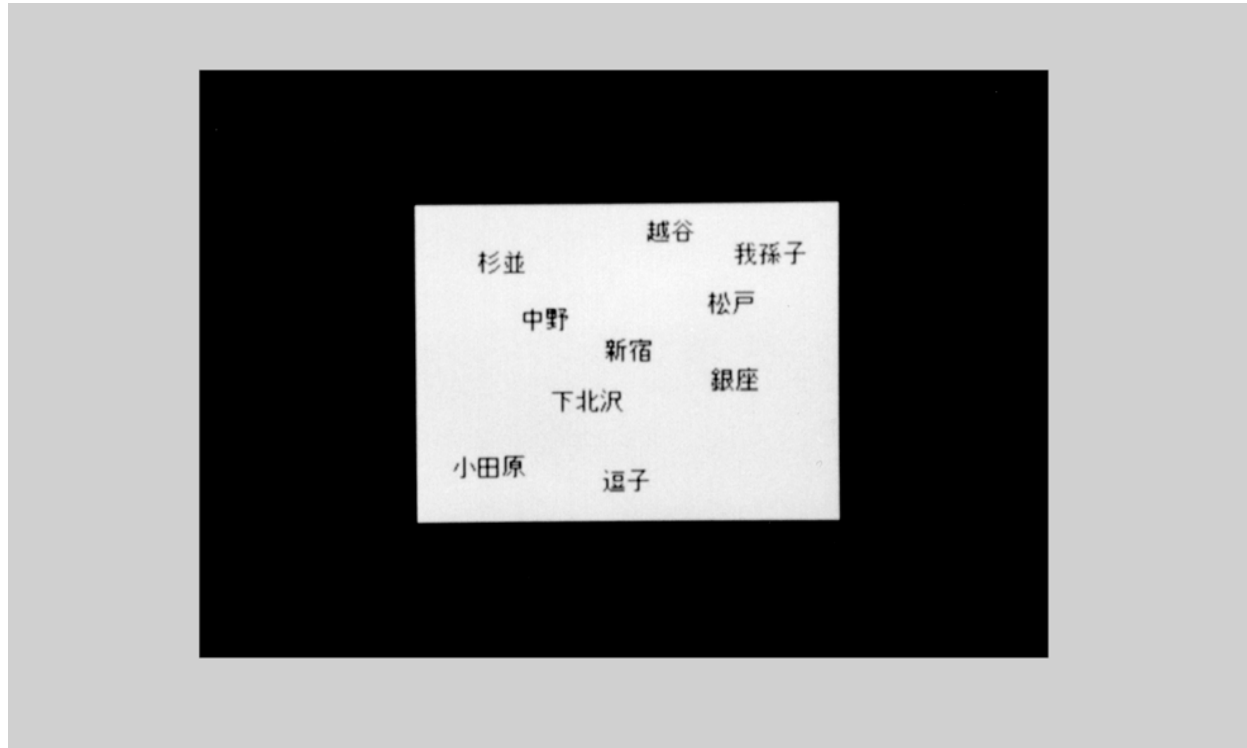
被験者は12名(平均年齢30.6歳,標準偏差4.8歳)

聴覚情報の実験状況



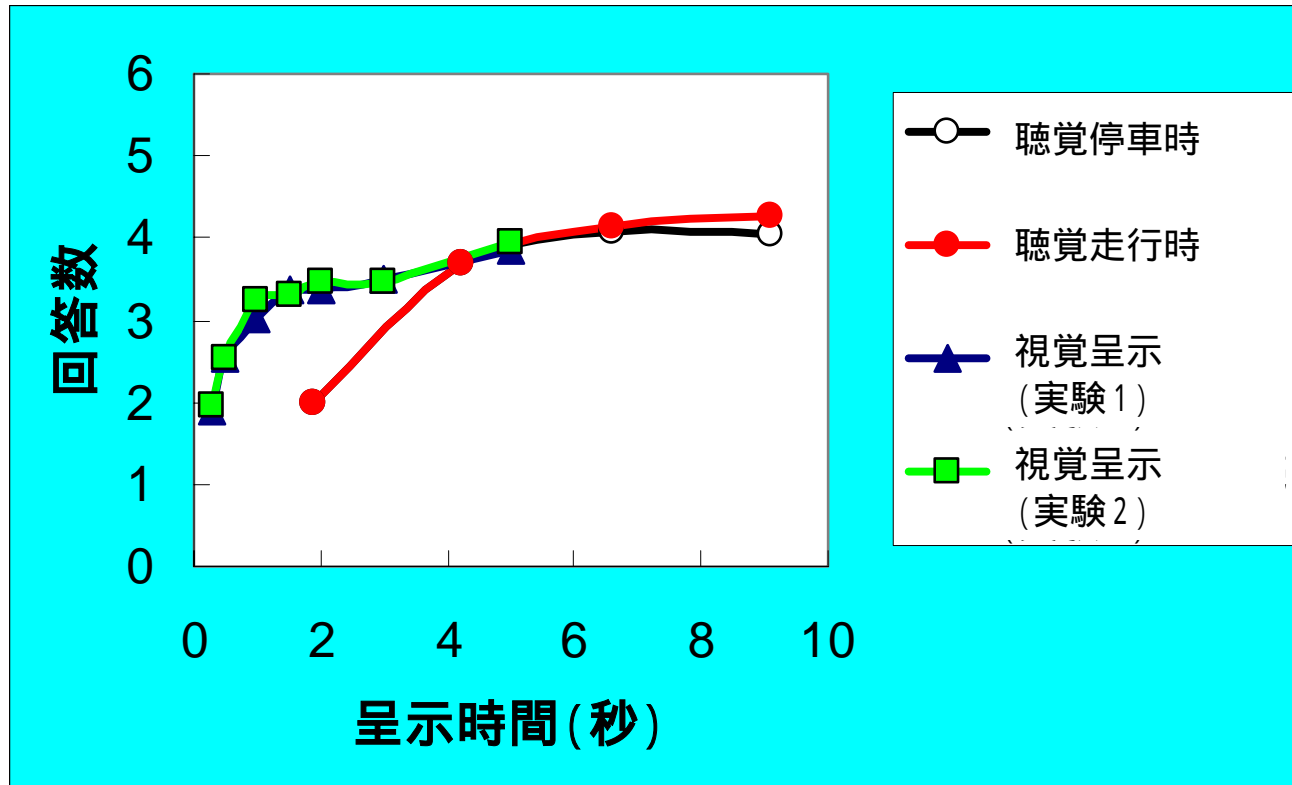
市街路(片側1車線、一周約3.6kmのコースを設定)
走行速度は約30~50km/h

比較対象とした視覚実験の概要



10個の地名を0.3秒～5秒間連続呈示して、被験者に記憶再生させる実験を室内で実施
(同様の実験を2回実施)

視覚情報と聴覚情報の獲得量の比較



呈示時間が5秒程度であれば視覚、聴覚とも4個の地名数を記憶可能

情報量の考え方・・・チャンク

- ・ 単一な意味のまとまりを持つ語句
- ・ たとえば、「道路工事のため渋滞3 km」という文章については、「道路工事」、「渋滞」、「3 km」の3チャンクから構成される
- ・ 数秒の呈示時間を考えれば、視覚情報、聴覚情報とも4個の地名を記憶可能
- ・ 処理可能な情報量は記憶容量によって決定される
- ・ **聴覚情報に関して、一度に呈示する情報量は4チャンク以内が望ましい**

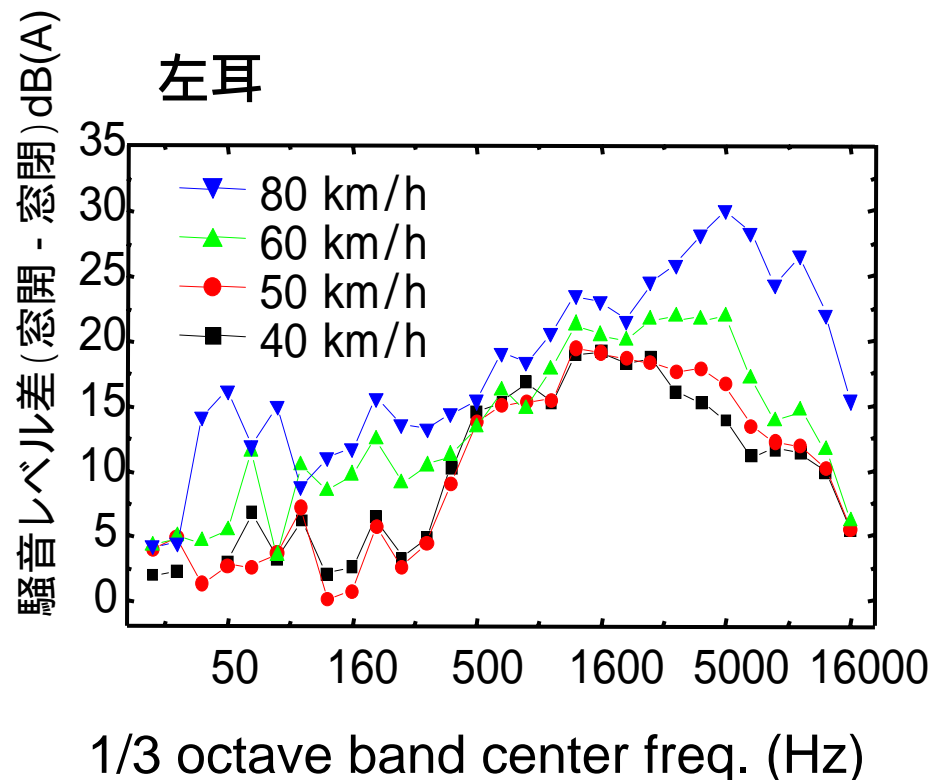
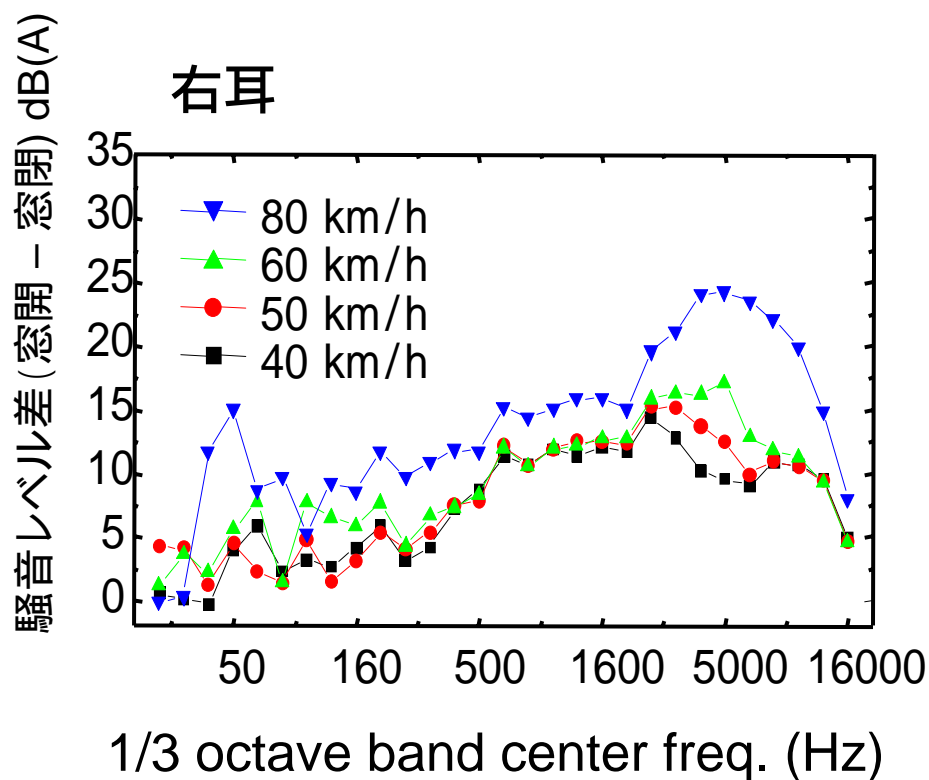
車室内暗騒音の測定

- (1) 聴覚情報を呈示する場合に、実際はエンジン音、風切り音、タイヤ音等の車室内暗騒音がある
- (2) 聴覚情報の評価実験を行う場合に、暗騒音を考慮する必要がある
- (3) 車種、速度、窓の開閉、左右耳の差異等について評価する実験を実施



測定用のダミーヘッド

測定例（窓閉と窓開の差）（無風時，普通自動車）



窓の開閉の影響が大きい

（ 500 Hz 以上の帯域で10dB(A) 以上騒音レベルが上昇 ）

目次

1. まえがき

2. 視覚情報処理について

(1) わき見に関する実態調査

(2) わき見運転時におけるブレーキ操作の時間遅れの推定

3. 聴覚情報処理について

(1) 情報獲得量の調査

(2) 車室内暗騒音の測定

4. まとめ

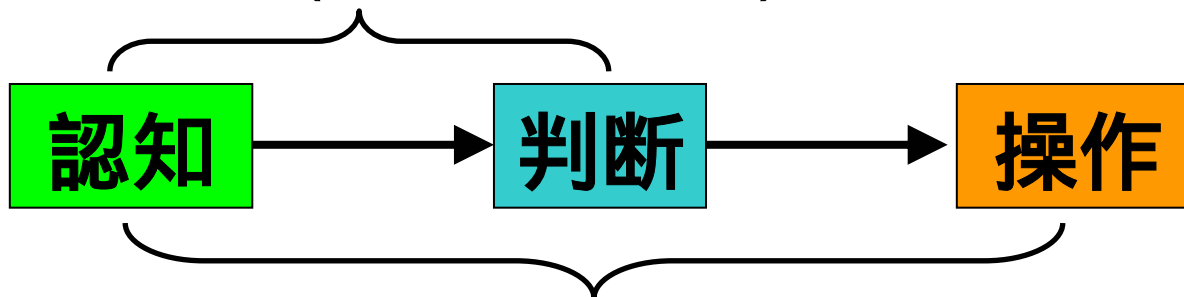


ま と め

- (1) 通常走行時に表示装置を見る場合のわき見時間は平均で約1秒
- (2) わき見運転時の潜在的なブレーキ操作の遅れは平均で約0.6秒
今後、さまざまな車載情報機器が増加することにより、ますます、わき見を誘発するおそれがある
- (3) 対策方法としては、
 - ・表示装置の設置位置を視界の妨げにならない範囲で、できる限り上方にする
 - ・音声情報を有効に使用する
- (4) 聴覚情報については、一度に呈示する情報量は4チャンク以内が望ましい

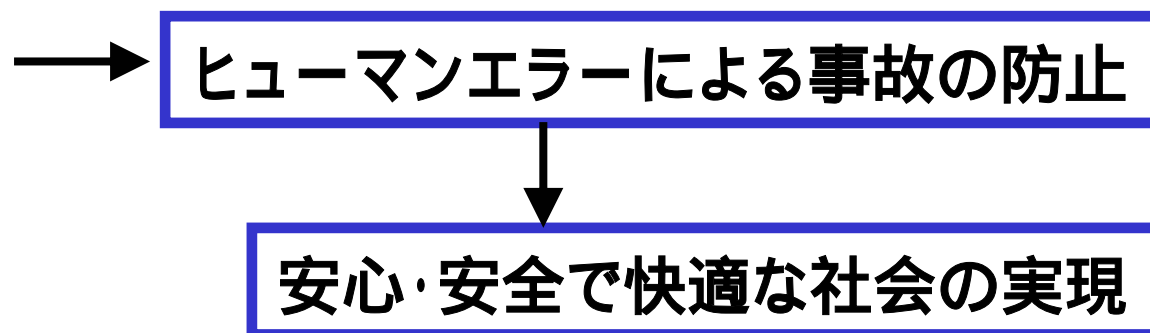
今後の課題

聴覚情報(警報システム等)のさらなる検討



運転支援システムの受容性等の安全性の検討

高齢化社会に対応して、高齢者の運転行為の解析と運転支援システムの受容性の研究



(参考) 航空機における人間中心の自動化の考え方

- (1) オペレータは、命令を与える立場にいないといけない
- (2) オペレータは、システムのループ内にいないといけない
- (3) オペレータは、適切な情報が与えられなければならない
- (4) オペレータは、問題を適切に予測しなければならない
- (5) オペレータは、自動化システムをよく理解していないといけない
- (6) オペレータは、自分の持てるあらゆる資源を効果的に管理しなければならない

出典 Billings, C.E. "Human-centered Aircraft Automation : A Concept and Guidelines", NASA Technical Memorandum 103885, (1991)