

悪視程環境下における AHS 道路センサの検出性能評価

Evaluation of AHS Road Sensor Detection Characteristics under Poor Visibility Conditions

倉田 亮一

■ KURATA Ryoichi

東野 全寿

■ TOHNO Masatoshi

石井 孝和

■ ISHII Takakazu

大内 浩之

■ OOUCHI Hiroyuki

技術研究組合 走行支援道路システム研究開発機構 (AHS 研究組合) では、渋滞末尾、停止車両、低速車両を検出する道路センサの開発を進めているが、走行支援道路システム (AHS) の実現のためには、実道における道路センサの車両検出特性の把握が重要である。このため、われわれは、AHS 研究組合の道路センサ開発チームとして、大分道日出ジャンクション付近において、霧による悪視程環境下で各種道路センサの検出性能評価試験を実施した。

この試験により得られたデータは、AHS のシステム設計だけでなく、画像処理や道路センサの設計に十分役だつものである。

The Advanced Cruise-Assist Highway System Research Association (AHSRA) is furthering the development of road sensors that detect the tail of traffic congestion, stopped vehicles, and low-speed vehicles. For realization of the AHS, it is important to clarify the detection characteristics of these road sensors on a practical level.

As one of the members of the road sensor research team of AHSRA, Toshiba carried out tests on the detection performance of the road sensors under poor visibility conditions in fog at the Hiji Junction on the Oita Highway in Kyushu. The test results will be useful for the design of AHS and road sensor systems.

1 まえがき

AHS (Advanced Cruise-Assist Highway System : 走行支援道路システム) の実現のためには、渋滞末尾、停止車両、低速車両などの危険事象を、高い信頼性をもって検知することができる道路センサが必要である。AHS 研究組合の道路センサ開発チームでは、交通量の多い自動車専用道路などで、道路センサの車両検出性能を評価してきたが、自然環境、特に視程悪化の影響を定量的に把握することを目的として、2002年度に、可視画像式道路センサ (可視センサ)、赤外画像式道路センサ (赤外センサ)、ミリ波式道路センサ (ミリ波センサ) を濃霧による悪視程環境下に設置し、センサの車両検出性能を評価した。

ここでは、道路センサの対環境性能評価結果と、AHS システム設計において重要となる対視程限界性能について述べる。

2 道路センサについて

2.1 AHS で必要とされる道路センサの要求仕様

AHS 研究組合では、見通し不良区間や交差点における停止車両、低速車両、渋滞末尾などの検出を目的とした AHS 道路センサとして、可視センサ、赤外センサ、ミリ波センサの開発を行ってきた。

AHS は路側で検出した見通し不良区間での危険事象を、車載装置を使ってリアルタイムにドライバーへ伝えるために、従来の情報板による危険事象表示システムに比べて、非常に高い信頼性をもって危険事象を検知することが要求されている。

AHS サービスの実現のために必要な道路センサシステムの要求仕様を表 1 に示す。

表 1. AHS 道路センサシステムの要求仕様
Requirements for AHS road sensor systems

項 目		仕 様
サービス対象道路		一般道路・自動車専用道路の単路、 交差点
提供情報		位置、走行速度、障害物情報など
速度計測 範囲	一般道路	0 ~ 120 km/h
	自動車専用道路	0 ~ 160 km/h
計測条件	一般道路	駐停車している車両、 低速で走行する車両、 軽自動車以上の大きさを持つ物体
	自動車専用道路	駐停車している車両、 低速で走行する車両、渋滞末尾、 軽自動車以上の大きさを持つ物体
計測性能	計測範囲	一般道路 センサ設置位置から 30 ~ 130 m の範囲
		自動車専用道路 センサ設置位置から 30 ~ 130 m の範囲
	位置計測精度	
	縦断方向 : $\pm 5\%$ 以下、 横断方向 : 車線幅の $\pm 1/4$ 以下	
	速度計測精度	
	$\pm 5\%$ 以下	
検出時間		100 ms 以下
検出周期		100 ms

2.2 AHS 道路センサの仕様

実験に使用した AHS 道路センサの仕様を表2に示す。

表2. AHS 道路センサの仕様

Sensor specifications

項 目	仕 様		
	可視センサ	赤外センサ	ミリ波センサ
タイプ	パッシブ	パッシブ	アクティブ
方 式	インターライン CCD	NETD : 0.20 °C	FM-CW方式 (76 GHz 帯ミリ波)
検出周期 (ms)	100	100	200 ~ 400
画素数	640 × 480	320 × 240	—
設置高さ (m)	10	10	7

CCD : 電荷結合素子 NETD : 雑音等価温度差

可視センサは、CCTV(Closed Circuit TeleVision system)カメラによる映像を、背景差分方式やフレーム間差分方式などの画像処理方式で車両を抽出し、追跡処理を行うことで危険事象を検出する。

赤外センサは遠赤外線カメラによる映像を画像処理することで低温部(黒色)と高温部(白色)を抽出し、これらを対として車両を認識し、追跡処理を行うことで危険事象を検出する。共に検出周期は100ms、カメラの設置高さは10mである。

ミリ波センサは、76 GHz 帯のミリ波を使用し、FM-CW(Frequency Modulated Continuous Wave)方式によりドップラシフトで車両の速度を、反射波のタイムラグで車両の位置を検出する。検出周期は200~400ms(センサをスキャンするため、同時に検出する車線数によって異なる)と画像系道路センサよりも長く、また、設置高さは7mと若干低い。

2.3 各道路センサの特徴

各道路センサの特徴を表3に示す。

可視センサは視覚イメージを提供できるため、実際の状況を確認することができるといった長所があるが、影の中の黒い車両のような、コントラストの低い車両を検出しにくいなどの問題がある。

表3. 各道路センサの特徴

Features of sensors

	可視センサ	赤外センサ	ミリ波センサ
長 所	・ 視覚イメージと等しい動画像情報提供が可能 ・ 既設カメラ流用の可能性あり	・ 24時間にわたり、安定計測が可能 ・ 温度分布の動画像情報の提供が可能	・ 24時間にわたり、悪天候下で安定計測が可能 ・ 速度計測精度が高い ・ 低い設置条件(5m)で利用可能
短 所	・ 低コントラストによる未検出あり ・ 照明のない夜間及び降雪や濃霧などによる悪視程時には、検出が困難な場合あり	・ 数分に一度の画像補正が必要 ・ 雨天時に計測範囲が低下(70~80m)	・ 検出周期(400ms)が長く、挙動変化の激しい車両の検出が課題 ・ 車種判別が困難 ・ 周辺構造物の影響あり

赤外センサは、可視センサに比べて環境条件の影響(車両や構造物の影、太陽光の映り込みなど)を受けにくい、雨天時には温度コントラスト低下により、検出性能が低下する。

ミリ波センサは雨や霧、雪などの悪天候に強く、三次元的に検出することから計測精度が高いが、視覚イメージを提供できず、また、ガードレールなどの周辺構造物が存在する場合には、これらからの反射波の影響で誤検出が発生する場合がある。

3 悪視程環境下の実道実験システムについて

3.1 実験場所及び実験期間

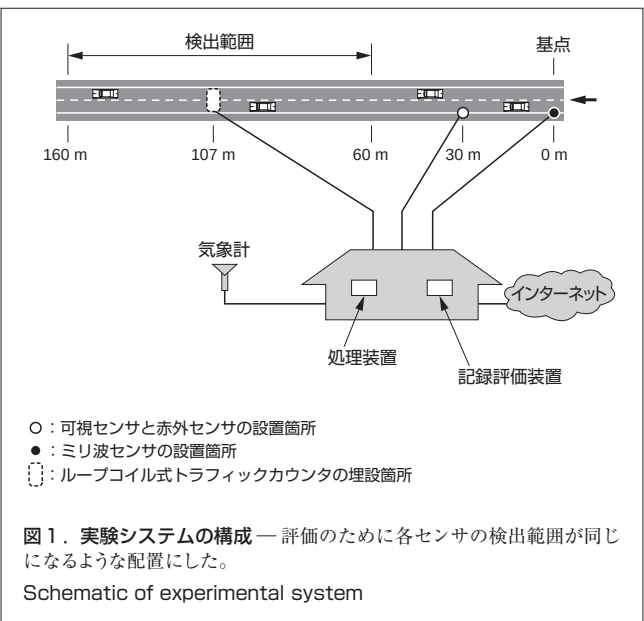
霧発生日数や年間降雨量などを考慮して、この実験を実施するのに適した箇所を選定した。路線名や地点などを、以下に示す。

- (1) 路 線 大分自動車道(自動車専用道)上り車線
- (2) 地 点 日出ジャンクション付近(104.7KP)
- (3) 車線数 2車線
- (4) 道路照明 なし
- (5) 路面舗装 高機能舗装
- (6) 交通量 約3,000台/日(平日)
- (7) 気 象 視程50m以下の日が年間90日発生(過去5年間の平均)
- (8) 実験期間 2002年7月~2003年1月

3.2 実験システム構成

実験システムの構成を図1に示す。

AHSでは、1基のセンサに要求される検出範囲は、直線みなしで100mである。よって、この実験でも検出範囲は基点(ミリ波センサ設置位置)から60~160mの100mの範囲



とした。検出範囲のほぼ中央点に、ループコイル式トラフィックカウンタ（ループコイル）が埋設されている。ループコイルが検出する車両のデータをリファレンスとし、検出率の評価を行った。なお、可視センサと赤外センサは、基点から30mの位置に設置した。これは、ミリ波センサの検出範囲とそろえるためである。

路側には、気温、湿度、雨量、及び視程を計測するための気象計を設置した。各センサが検出した車両データと、リファレンスのループコイルの車両データ、及び気象計のデータは、局舎内に設置した記録評価装置にリアルタイムで記録した。

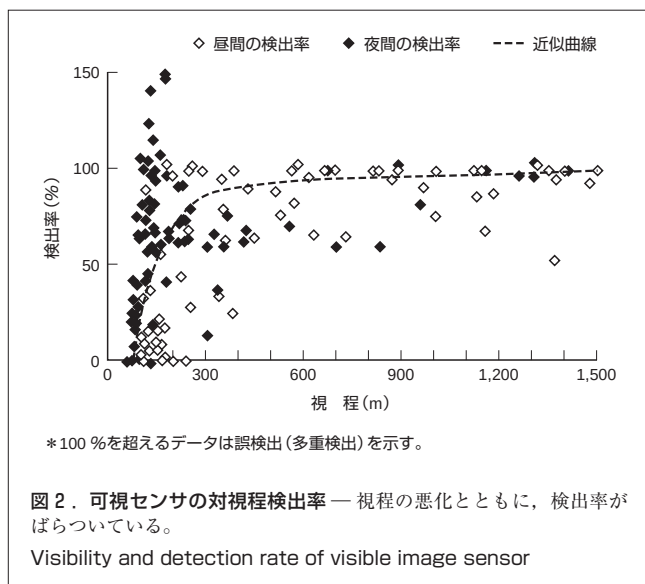
3.3 評価方法

各センサについて、ループコイル埋設位置におけるセンサが検出した車両台数とリファレンス台数との割合を検出率として評価した。

4 実験結果

4.1 可視センサの検出率

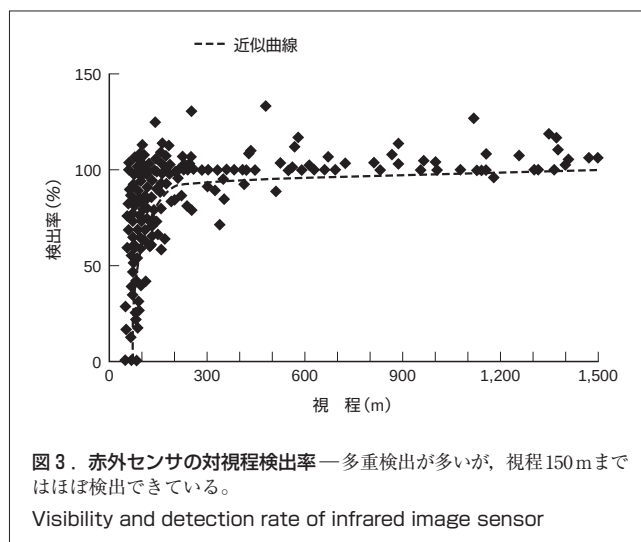
可視センサの対視程検出率を図2に示す。白いプロットは昼間の、黒いプロットは夜間の検出率である。全体的に視程の影響を受けて未検出が多発しているのがわかるが、視程が悪化していない状況でも、低コントラスト車両の未検出や、西日などの映り込みを原因とする検出率の低下も見受けられる。



4.2 赤外センサの検出率

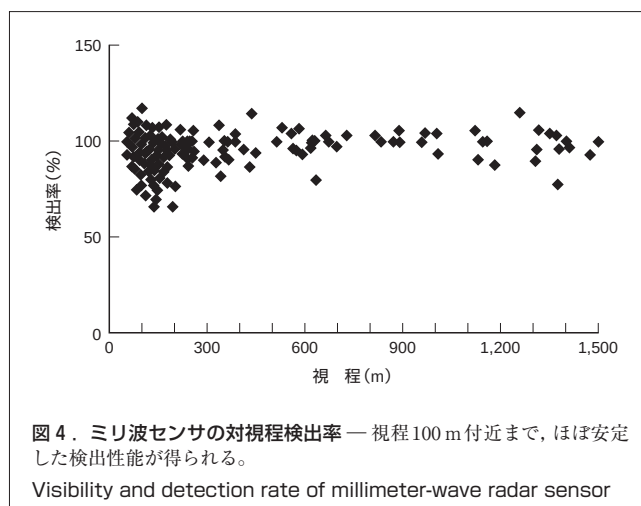
赤外センサの対視程検出率を図3に示す。検出率が100%を超える多重検出が見受けられるが、視程150mまで、ほぼ安定した検出性能を発揮している。

今回、悪視程環境における赤外センサの車両追跡性能の向上を目的としてアルゴリズムを見直し、輝点（高温部）を追跡する方式に変更した。従来は黒色部（低温部）と輝点を対として車両と見なして追跡していたが、輝点追尾方式の採用で、視程が150m程度まで悪化しても、車両の検出と追跡が可能となった。



4.3 ミリ波センサの検出率

ミリ波センサの対視程検出率を図4に示す。一般的に電界強度は霧の影響で変化するとされているので、ある程度の影響があるものと考えたが、実験の結果、AHSセンサの検出性能を左右するほどの影響は受けなかったことがわかった。



4.4 対視程検出限界性能について

AHSサービスを実現するための道路センサ性能としては、検出率96%が要求されている。この要求性能を満たす対視程検出限界性能は、可視センサ検出率（図2）と赤外センサ検

出率(図3)の近似曲線, 及びミリ波センサ検出率(図4)から, それぞれ表4に示すような値が得られた。

表4. 道路センサの対視程検出限界性能

Road sensor visibility boundaries

センサの種類	性能を維持できる視程
可視センサ	800 m以上
赤外センサ	150 m以上
ミリ波センサ	100 m以上

5 あとがき

この実験により, 可視センサ, 赤外センサ, ミリ波センサの対視程検出限界性能を得ることができた。

ミリ波センサは対視程検出限界性能に優れ, 濃霧の発生しやすい地域における道路センサのシステム設計において, もっとも適したセンサであると言える。ただし, 映像による確認を必要とする場合は, カメラ設備の併設が必要である。

赤外センサは, 映像系の道路センサではもっとも対視程検出限界性能に優れることがわかった。映像情報を必要とし, 対視程検出限界性能を重視したいシステムにおいては, 赤外センサが推奨される。

可視センサは視程悪化の影響を受けやすく, 検出限界性能低下が激しいが, 道路管理業務と併用する場合には状況を確認しやすく, また, 頻繁に視程悪化が発生しない箇所においては, 非常に有用な道路センサである。

AHSの研究は実証実験の段階に入ったが, サービスの実現には環境条件を考慮したシステム設計が重要である。この実験で得られた検出限界性能データは, AHSのシステム設計に重要なだけでなく, 道路管理業務や情報板サービスにおける画像処理装置や道路センサの設計にも十分に役だつものである。

謝 辞

この実験は, 国土交通省 国土技術政策総合研究所からの委託を受け, AHS研究組合の道路センサ開発チーム(オムロン(株), 日本電気(株), 富士通(株), (株)東芝)で行った。

実験にあたり, フィールドをご提供いただいた, 日本道路公団九州支社 大分管理事務所の関係各位に感謝の意を表します。

文 献

- (1) Kurata, R., et al. “Evaluation of Detection Characteristics of Road Sensors under Poor Visibility Conditions”. 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transport Systems and Services. ERTICO. Madrid, 2003-11, ERTICO. (CD-ROM).



倉田 亮一 KURATA Ryoichi

電力・社会システム社 社会システム事業部 通信官システム技術部主務。走行支援道路システム開発機構の道路状況把握センサリサーチチーム主査として, AHS道路センサの開発に従事。

Infrastructure Systems Div.



東野 全寿 TOHNO Masatoshi

富士通(株) ITS事業推進本部 技術部。走行支援道路システム開発機構の道路センサ開発チームで, ミリ波式道路センサの開発に従事。

Fujitsu Ltd.



石井 孝和 ISHII Takakazu

日本電気(株) 航空宇宙・防衛事業本部 防衛営業本部主任。走行支援道路システム開発機構の道路状況把握センサリサーチチームで, AHS道路センサの開発に従事後, 現在, 防衛関連の営業業務に従事。

NEC Corp.



大内 浩之 OOUCHI Hiroyuki

国土交通省 国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター主任研究官。5.8 GHz・DSRCでの多様なサービス及びITを活用した特殊車両管理に関する研究・開発に従事。

Ministry of Land, Infrastructure and Transport