

[寄稿]

巨大なフロントウィンドウの運転視界研究車両「三菱ふそう MAR820 型改造車」

運転視界研究用試験車「三菱ふそうMAR820型」を用いた走行状態における快適視界の研究

山中 旭(元・三菱自動車), 関根 康史(福山大学)

1. はじめに

国内の高速道路(高速自動車国道)の総延長は、国土交通省の2019年の道路統計年報によれば、9,429kmとされる。そして、高速道路を主な活躍の場とする高速路線バスも、日本バス協会によると1,500系統以上もの路線が運転されている。なお、日本最初の高速道路となる名神高速道路が全線開通したのは1965年であるが、高速路線バスは、この名神高速道路が部分開業した1964年から営業を開始しており、国内各地において高速道路が伸びていく都度、高速路線バスの営業路線も増えて行き、現在に至っている。

前述の通り、高速路線バスは高速道路を主な活躍の場にする車両であるため、従来の一般道路を主な活躍の場とする一般型路線バスとは異なる仕様や性能が求められる。例えば、長時間の高速走行に耐久できる走行装置や、高速度での走行に伴って車体に加わる曲げやねじりに耐えられるように、強化された車体構造にすること等、多くの技術的な要求を満足することが、高速路線バスの開発設計に求められることになるが、高速走行時における運転視界も、高速路線バスを開発設計する上で、重要な設計条件の一つである。バスも含め、自動車全般においては、ドライバは、道路環境の変化や歩行者の有無など、必要な情報の約90%を視覚に頼らざるを得ない。したがって、自動車の「快適性」や「利便性」を向上させることによって、安全で効率の良い運用が行えるようにするためには、運転視界が最も重要な要素となる。本稿では、大型バスの走行時における運転視界の研究、および研究に用いられた試験車両・三菱ふそうMAR820型改造車について紹介する。

三菱ふそうMAR820型は、1962年に登場した大型バスであり、高速路線バスや観光バスとして用いられることを前提に開発設計された車種であり、本型式の改良型であるMAR820型改は国鉄バスの名神高速線などで活躍している。そして、高速走行時における快適運転視界を求めるための研究についても、この三菱ふそうMAR820型を改造した試験車両が使用された。

図1に、高速走行時における快適運転視界を求めるための研究^{(1)~(6)}に用いられた三菱ふそうMAR820型改造車を示す。この試験車両の最大の特徴は「巨大なフロントウィンドウ」である。すなわち、この試験車両は、「運転視界の広さ」と「運転時における快適性」の関係を明らかにする目的で、「巨大なフロントウィンドウ」を有する姿に製作された。高速走行時における快適運転視界を求めるための研究においては、「巨大なフロントウィンドウ」の内側にカーテンを取付け、フロントウィンドウを覆う面積を調整することによって、表1に示した視界条件「A」から「E」まで5種類の運転視界条件について、「運転視界と快適性の関係」を求めるための実験が行われた。



図1 巨大なフロントウィンドウの運転視界研究車両「三菱ふそうMAR820型改造車」

表1 三菱 ふそうMAR820型 改造車を用いた運転視界評価試験での実験条件

視界条件		1) 可視範囲 (2) 下方視界限界(注) (mm)	視界条件		1) 可視範囲 (2) 下方視界限界(注) (mm)
A	 (Open all)	(1) 1440 × 1880 (2) 2450 (mm)	D		(1) 455 × 1880 (2) 5600 (mm)
B	 (Standard size window for heavy duty bus)	(1) 595 × 1880 (2) 5600 (mm)	E		(1) 360 × 1880 (2) 8150 (mm)
C		(1) 500 × 1880 (2) 8150 (mm)	<p>表中の は、部分は、カーテンで、フロントウィンドウを覆った領域を示す。 (注) 下方視界限界は、目の位置から路面が見えた位置までの寸法を示す。</p>		

2. 走行状態での視界試験の結果

「市街地」、「高速道路」、「山間地」の各条件での運転視界条件と運行速度の関係を図2から図4に示す。なお、「市街地」走行試験は、東京都内の駒沢通りおよび青山通りの駒沢～青山一丁目間、「高速道路」走行試験は名神高速の京都南～茨木間、「山間地」走行試験は箱根新道の2.0kmポスト～13.0kmポストまでの11kmを試験対象区間として走行試験を行った。「市街地」、「高速道路」、「山間地」共通して、フロントウィンドウの開口面積が小さい場合に速度が速く、開口面積が大きい場合に速度が遅くなる傾向が見られた。これらのことから、運転視界が広すぎることは、運転者にかなりの不安を与えるものと推測される。

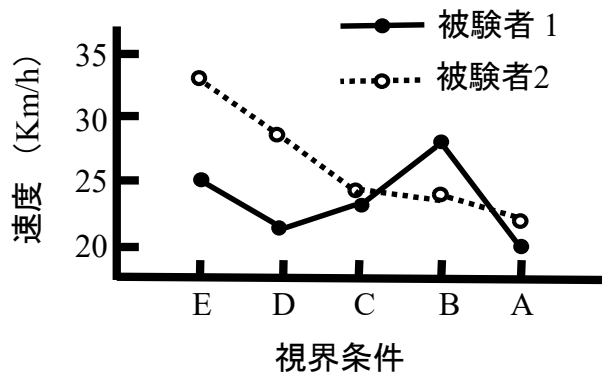


図2 市街地走行での視界条件と速度

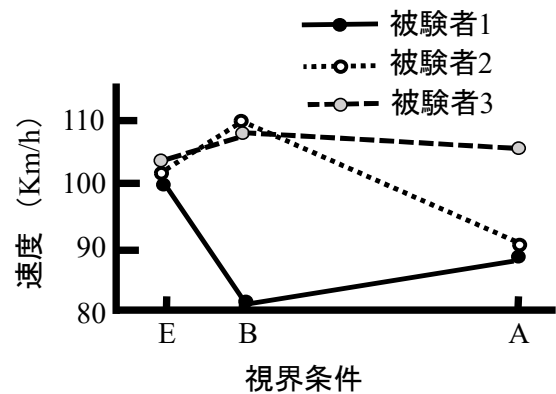


図3 高速道路走行での視界条件と速度

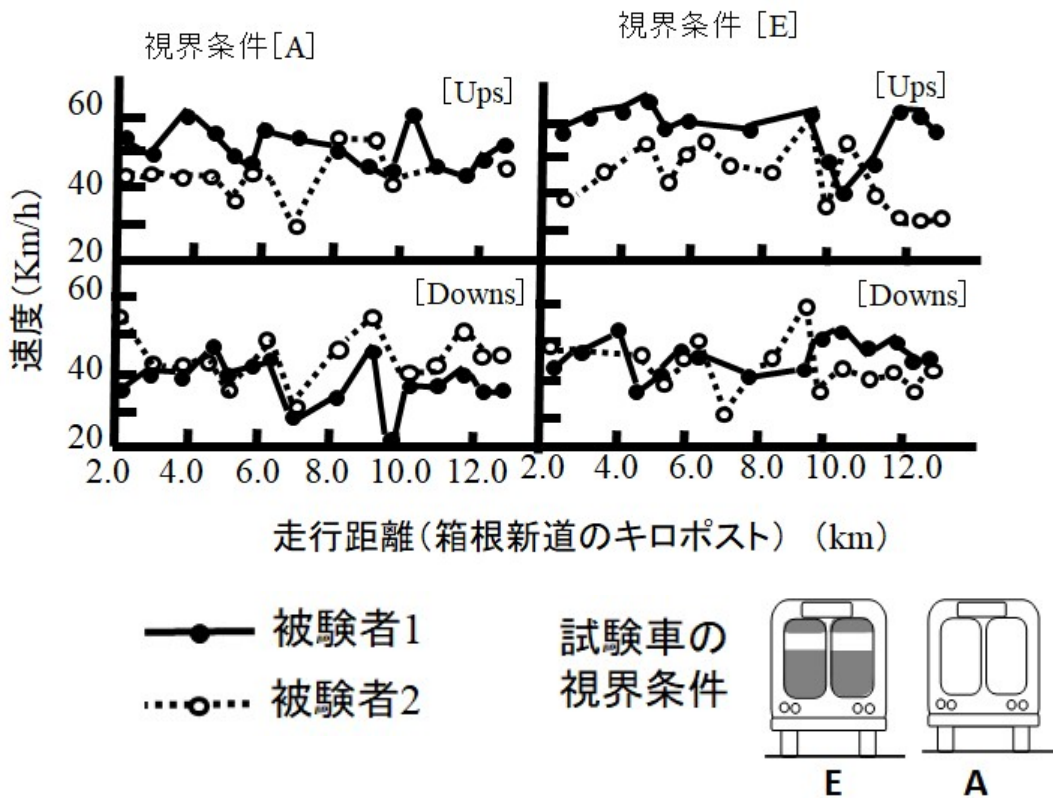


図4 山間地走行での視界条件と速度

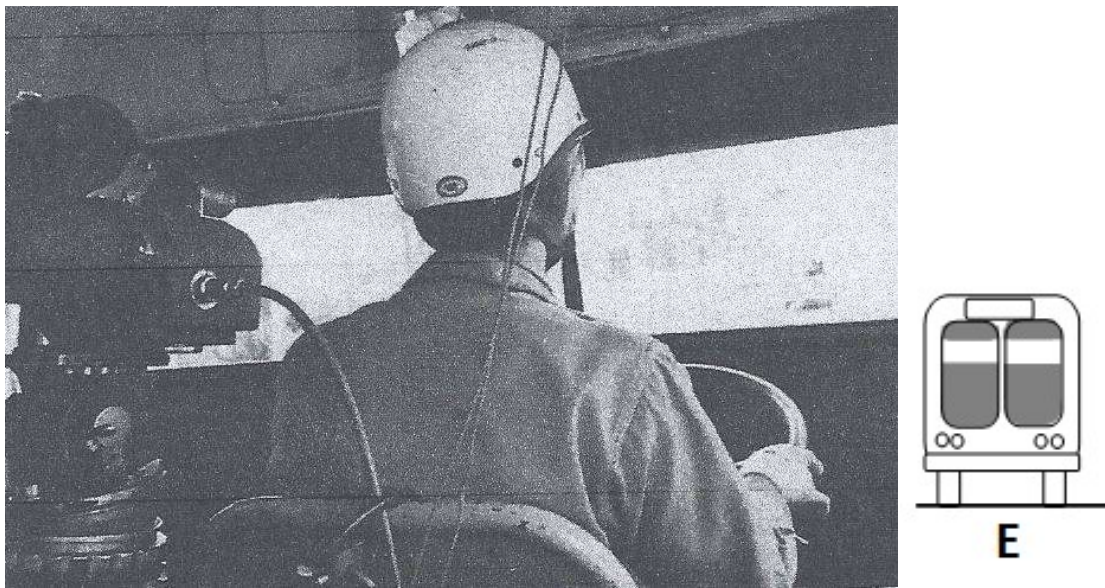
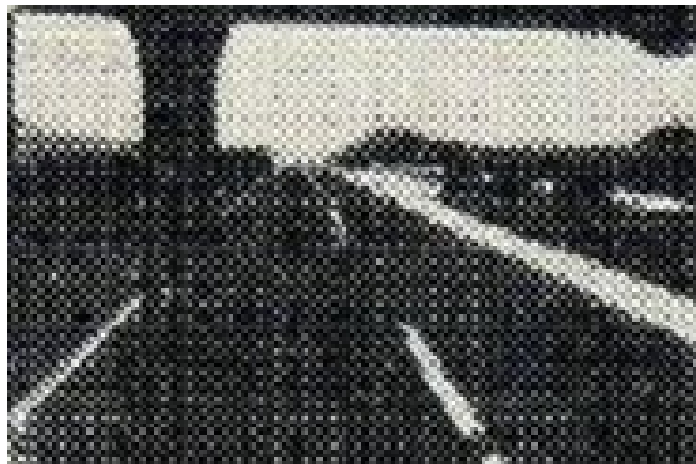
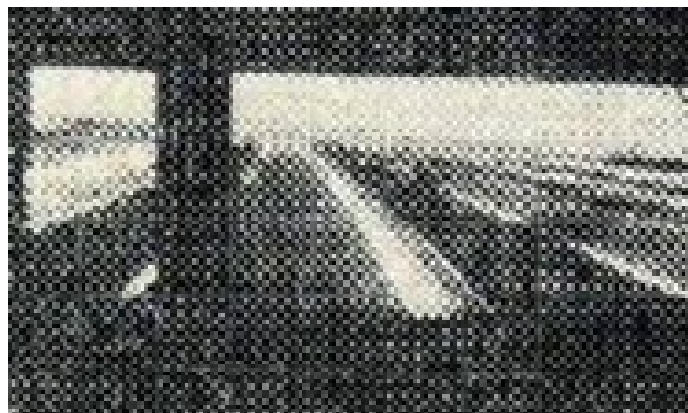
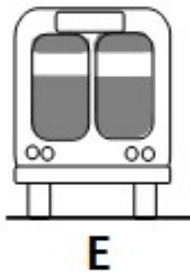


図5 「視界条件E」で運転している様子を運転者の背後から撮影した写真



(a) 視界条件A



(b) 視界条件E

図6 高速道路走行での「視界条件A」と「視界条件E」の視界の比較

「視界条件E」で運転している様子を運転者の背後から撮影した写真を図5に、高速道路走行での「視界条件A」と「視界条件E」の視界の比較を図6に示す。「視界条件A」では下方視界がよく見えるが、「視界条件E」では下方視界はあまり見えない。この運転視界の違いが、走行試験での運転速度の違いに影響を与えていると推測する。

3. 走行に関するフィーリング評価

前節では、表1に示した視界条件での実験結果について述べた。本節では、フロントウィンドウの下方視界を変化させるカーテンの面積を調節し、「運転者が最も運転しやすい」下方視界で実験を行った結果、すなわち「走行に関するフィーリング評価」の実験結果について述べる。

大型バスの「走行条件」毎での「運転者が最も運転し易い下方視界」についてフィーリング評価した結果を図7に示す。「高速道路」では運転者から前方8m以上が見える視界、「山間地」では前方3mが見える視界、「市街地」では前方2.8mが見える視界(車両の直前にいる身長1mの学童を確認できる視界)が、それぞれの最適な視界となった。これらの結果から、「高速道路」の走行のように、速い速度の場合では下方視界は大きくない方が好ましく、「山間地」や「市街地」のように速度が低い場合は下方視界が大きい方が好ましくなる傾向があることを明らかにした。

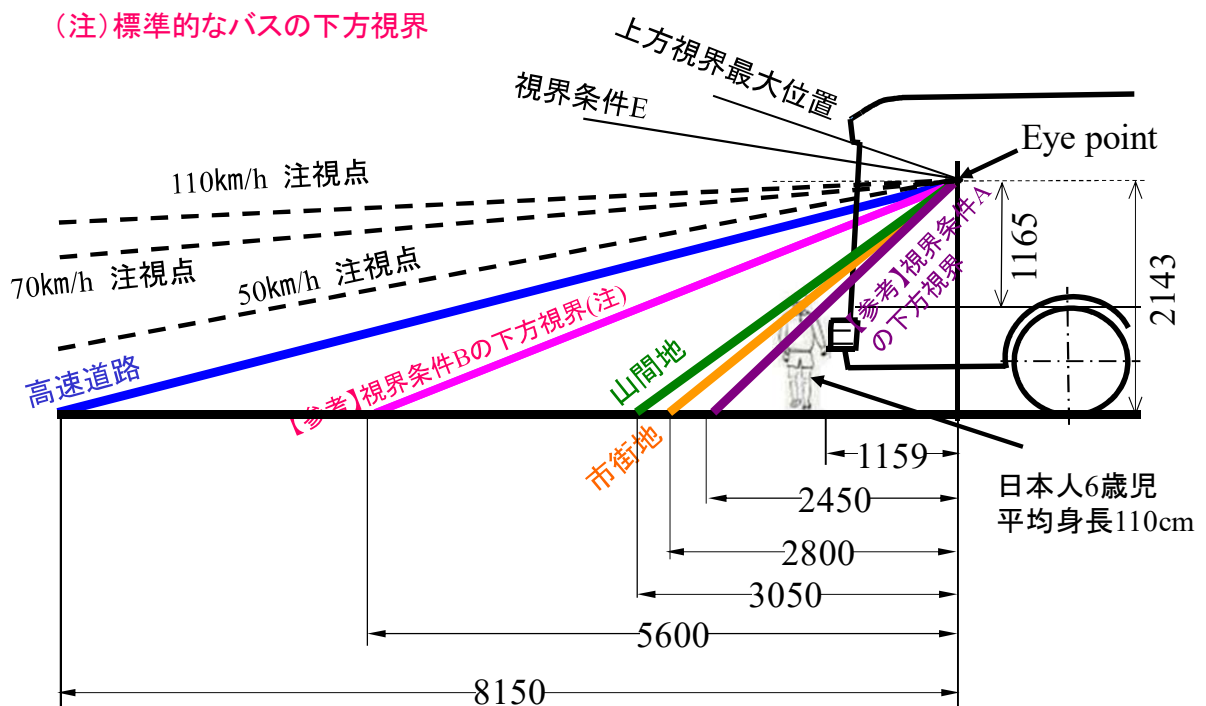


図7 大型バスの走行条件毎での「運転者が最も運転し易い下方視界」フィーリング評価結果

4. 何故、走行条件によって「運転者が快適と感じる下方視界」は変化するのか？

「運転者が運転し易い下方視界」が走行条件によって変化する理由について、山中旭らは「対象物に対する眼の角度」が「運転者のフィーリング」に影響する重要な要因と考えた⁽⁴⁾⁽⁵⁾。以前に、D. A. Gordonは「運転者にとって運転しやすいと感じる前方視界は車両の速度によって変化する」と考えて「車両の速度と視覚の関係」についての研究結果を報告している。このD. A. Gordonの研究⁽⁸⁾を参考にして、「運転者の眼の位置から路面までの角度 θ 、 ϕ 」(図7)と「運転者の視覚にとっての角速度 ω 」の関係を式(1)のように表現することで、“何故、走行条件によって「運転者が快適と感じる下方視界」は変化するのか？”考察することとした。

$$\omega \text{ rad/sec} = \sqrt{\left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\phi}{dt}\right)^2} \quad (1)$$

式(1)は、「運転者の視覚にとっての角速度 ω 」と「運転者の眼の位置」から走行する自動車の運転者の眼に映る「後方に流れ去る路面情景」までの角度 θ 、 ϕ と「自動車の速度」の関係を示した式であるが、人間の眼球は車輪のように回転するわけではないので、「角速度 ω 」という表現は必ずしも適切とは言い切れない。しかしながら、D. A. Gordonの研究論文⁽⁷⁾で「角速度 ω 」の記述があることから、これに倣って、式(1)のように表現することとした。D. A. Gordonの「運転者の眼球にとっての角速度 ω 」という考え方を利用して「運転者のフィーリング」の定量的な評価を行ったところ、同一の速度域において、「運転者の視覚にとっての角速度 ω 」の値には、運転者が快適と感じる遠方視では小さい値、運転者が不快と感じる車両の近くでは大きな値となることを確認した。

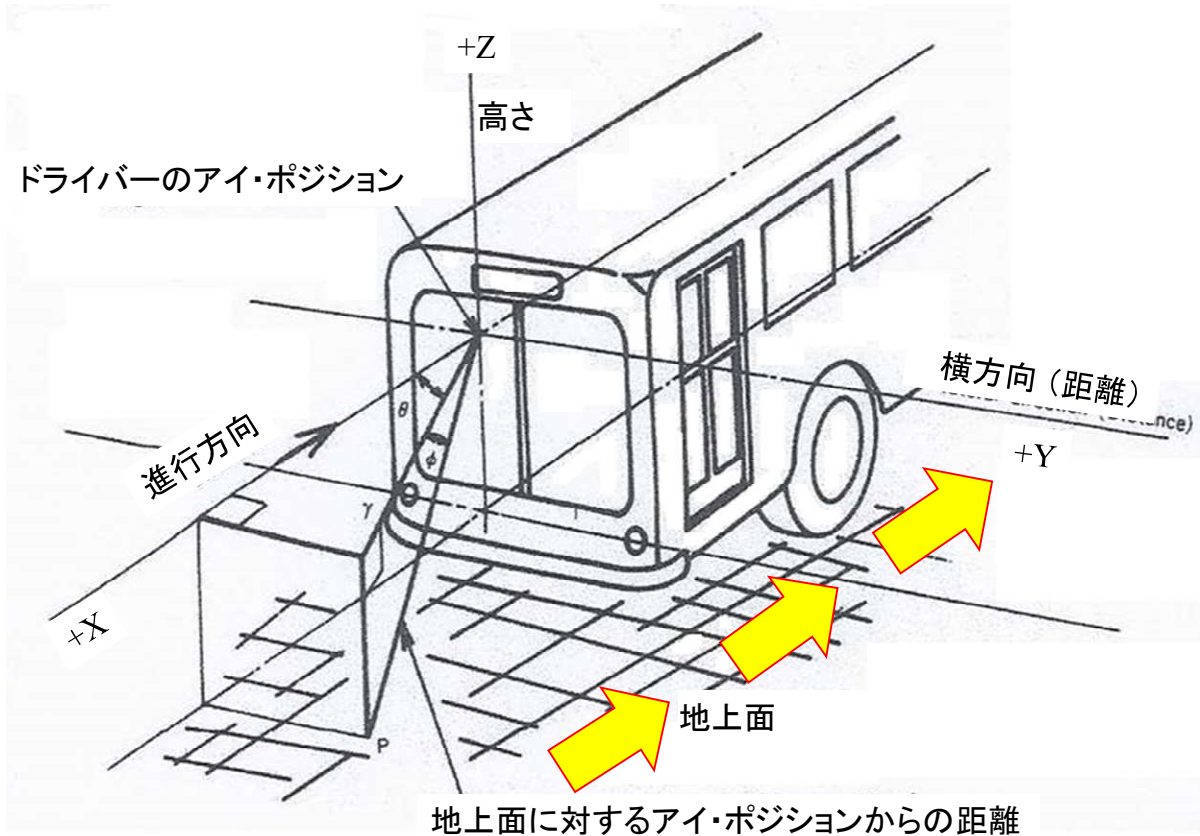


図8 運転者の眼の位置から路面までの角度 θ 、 ϕ

走行状態での視界試験や走行に関するフィーリング評価で、被験者が感じた評価と「運転者の眼球にとつての角速度 ω 」の関係 をまとめると、

- $\omega \leq 2.0$ (rad/sec) : Comfortable(快適)
- $2.0 < \omega \leq 4.0$ (rad/sec) : Uncomfortable(不快)
- $4.0 < \omega$ (rad/sec) : Very uncomfortable(恐怖)

といった関係があることを明らかにすることが出来た。

これを「運転者が見る路面の位置」と「運転者のフィーリング」を一覧できる図として表現したものが図9である。この図から、次のことを読み取ることができる。

- 1) 走行速度が速くなる程、運転者は遠くを見ることを快適と感じ、少しでも下方が見えるようになると、不快感や恐怖感を覚えるようになる。
- 2) 一方で、遅い速度では、運転者はある程度下方が見えても不快感や恐怖感にはならない。

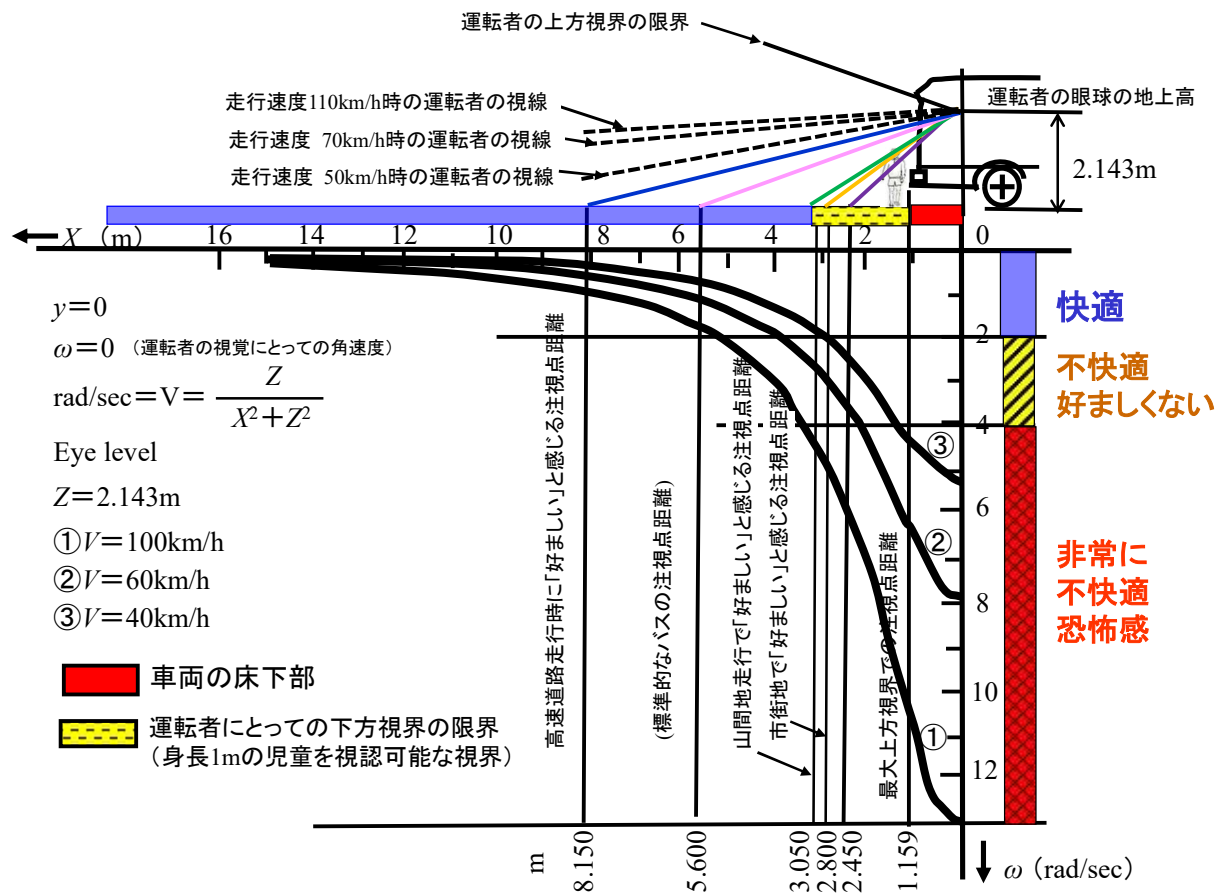


図9 走行速度による「運転者が見る路面の位置」と「運転者のフィーリング」の関係

以上の通り、「三菱ふそうMAR820型改造車」を使用した実験を行うことで、専ら高速道路で運用されるバスでは、適度に下方視界が少ない設計にすることで、運転者が快適に高速走行できるようになる。あるいは、歩行者が多い場所で運用されるバスでは、低速走行を主とする車両と割り切って下方視界を広くとった設計にすることで安全性の向上を図るのが望ましいということを明らかにすることが出来た。

巨大なフロントウィンドウの研究用車両「三菱ふそうMAR820型改造車」は、走行速度による「運転者が視る路面の位置」と「運転者のフィーリング」の関係を明らかにすることにより、現在に至る高速バスの開発設計に大きな貢献をした貴重な車両であると云える。

なお、「三菱ふそうMAR820型改造車」を用いた走行状態における快適視界の研究は、鉄道車両での同様な研究にも応用され、クロ381形10番台パノラマグリーン車等の運転視界の設計の参考にされた⁽⁸⁾ (図10)。クロ381形10番台は、キハ85系をはじめとする、その後のJRにおけるパノラマスタイルの特急型車両のデザインにも影響を与えたとされる記念すべき鉄道車両でもあった。



図10 リニア・鉄道館で展示されていた頃のJR東海のクロ381形10番台パノラマグリーン車
(クロ381形10番台の展示は2019年6月で終了し、現在は展示されていません。)



図11 JR西日本のクロ381形は伯備線の特急「やくも」に活躍中(米子駅, 2020年3月撮影)

謝辞:

本稿の「大型バスの走行状態における快適視界」に関する研究は科学警察研究所と三菱自動車工業(株)の共同研究として実施されたものである。人間工学に係わる測定などのご指導をいただいた科学警察研究所の小林実氏をはじめ、本研究にご協力いただいた方々に深く感謝致します。

参考文献:

- (1) 小林実, 山中旭, 他, 自動車走行時の視界, 自動車技術会学術講演会前刷集(1965).
- (2) 小林実, 山中旭, 他, 自動車走行時の視界研究, 重工技報Vol.2, No.4, 1965.4 (1965).
- (3) Kobayashi, M., Yamanaka, A., Kobayashi, T., Hamajima, M., Dynamic Visibility Tests of Motor Vehicles, Mitsubishi Technical Review, Vol. 3, No.1, 1966.
- (4) Yamanaka, A., Kobayashi, M., Dynamic Visibility of Motor Vehicles, SAE, Detroit, 1970 SAE Transactions, SAE700393 (1970).
- (5) Yamanaka, A., Kobayashi, M., Dynamic Visibility of Motor Vehicles, 13th FISITA in Brussels (1970), pp.1324-1335.
- (6) 山中旭, 運転視界と環境, 自動車技術, Vol. 25, No. 5, 1973, 自動車技術会(1973), pp.520-528.
- (7) D. A. Gordon., “Perceptual Basis of Vehicular Guidance”, Public Road, Vol. 34, No. 3 (1966).
- (8) 鷺平博四, “ハイデッカーの“パノラマしなの” 381系特急電車の転用改造”, JREA (Japanese Railway Engineering), Vol. 31, No. 3 (1988), pp. 17717-17720.

図12に運転席側から見た「三菱 ふそうMAR820型 改造車」を示す。ステアリングやアクセル、ブレーキの位置もわかってしまう程、フロントウィンドウが巨大であることがわかる。



図12 運転席側から見た「三菱 ふそうMAR820型 改造車」

日本機械学会技術と社会部門ニュースレター: <http://www.jsme.or.jp/tsd/news/index.html>

日本機械学会

技術と社会部門ニュースレターNo.42

(C)著作権:2020 一般社団法人日本機械学会 技術と社会部門