

暫定2車線高速道路のトンネルにおける路肩幅員の評価方法に関する一考察*

The Study about Evaluation of Shoulder-Width in Stage-Constructed Highway Tunnel*

逢坂光博**・飯田克弘***・安時亨****・英恵司*****

By Mitsuhiro OOSAKA**・Katsuhiko IIDA***・Sihyoung AN****・Keiji HANABUSA*****

1. はじめに

暫定2車線高速道路のトンネル区間の左側路肩幅員は、現行の道路構造令¹⁾に基づいた日本道路公団の設計要領²⁾において、第1種第2級は1m、第1種第3級及び第4級は0.75mと設定されている。これに対して、平成2年7月に出された「暫定2車線道路の設計基準(案)」にはトンネル区間の路肩幅員を1.25mとすることが示されており、現在はこの基準に基づいた施工が実施されている。しかし、路肩の主な機能である「側方余裕幅として交通の安全性と快適性に寄与する」ことに着目してみると、上記2種類の基準の解説本などにはその定量的根拠が明確に示されていない。今後の道路建設を進める上で、その位置づけが注目される暫定2車線トンネルの路肩幅員の基準の明確な根拠を示すことは非常に重要な課題と言え、この根拠を検討するためには、交通の安全性と快適性の面からの路肩幅員を定量的に評価することが必要となる。

以上のことから本研究では、「側方余裕幅として交通の安全性と快適性に寄与する」という路肩の機能に着目し、暫定2車線トンネルの路肩幅員の違いによる運転者の挙動変化と心理的影響を示す定量的データを収集し、そのデータを分析することで、路

肩幅員を交通の安定性と快適性の面から定量的に評価することを目的とする。

そのため、運転者が認識する路肩幅員の広さを可変要素とした複数のパターンについて比較分析を行う。ここで、運転者が路肩幅員の広さを認識するための判断材料となる要因を考えてみると、実際の物理的な路肩幅員の差に加え、路肩幅員とレーンマークを含めた路肩側視認性の良否による感覚的な広さの差も重要な要因として挙げられる。したがって本研究では、路肩幅員の違いとして既往基準の中で路肩幅員が狭い場合(0.75m)と広い場合(1.25m)を対象とすると共に、定性的な路肩側視認性の良否も対象とし、これらの組み合わせからなる4パターンの比較分析を行う。なお、上記比較を行う上で、トンネル内の道路線形と対向車の有無と言った走行条件の違いによって、運転者が認識する路肩幅員の差による運転挙動への影響は異なると考え、各々の走行条件における上記の4パターン間の比較を試みる。

本研究では、運転者の挙動変化と心理的影響を示す定量的データを収集するため、図1のようなドライビング・シミュレータ(以下DS)を用いた室内実験を行う。DSを使用する利点としては、複数の比較パターン間において、可変要素以外の走行環境条件が

*キーワード：交通行動分析，計画手法論，システム分析
** 非会員，日本道路公団試験研究所交通環境研究部交通研究室
(東京都町田市忠生1-4-1，TEL:042-791-1621
FAX:042-792-8650，E-Mail: oosaka.mitsuhiro@jhnet.go.jp)
*** 正員，博士(工)，大阪大学大学院工学研究科
(大阪府吹田市山田丘2-1，TEL:06-6879-7611，
FAX:06-6879-7612，E-Mail: iida@civil.eng.osaka-u.ac.jp)
**** 正員，博士(工)，株式会社オーデックス交通工学研究所
(大阪市淀川区宮原4-4-50，TEL:06-6392-3715，
FAX:06-6391-5624，E-Mail: s_an@odex.co.jp)
***** 非会員，株式会社オーデックス交通工学研究所
(大阪市淀川区宮原4-4-50，TEL:06-6392-3715，
FAX:06-6391-5624，E-Mail: k_hanabusa@odex.co.jp)

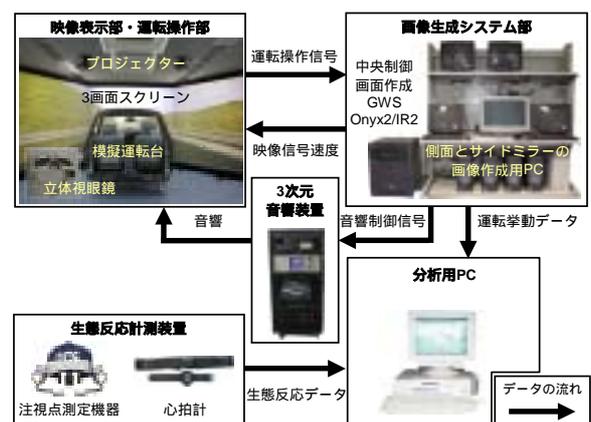


図1 室内走行実験システムの構成

同様に提供出来るということが挙げられる。ちなみに本システムは、筆者らが先に行った研究³⁾で使用したシステムに、左右スクリーンとサイドミラーを取り付け、側方および後方の視野範囲が確認できるように改良したものである。

2. 実験の概要

室内走行実験の被験者は20代男性の30人とする。実験場面としては、路肩幅員と定性的な路肩側視認性の組み合わせからなる4つの実験パターンが提示できるようにし、表1のように定義する。

表1 比較対象となる4つの実験パターン

	路肩側視認性：良	路肩側視認性：悪
路肩幅員：0.75m	パターン1	パターン2
路肩幅員：1.25m	パターン3	パターン4

ここで上述した通り、暫定2車線のトンネル内部を走行する運転者の挙動は、道路の平面線形(直線・曲線)と対向車の有無の走行条件に影響されると考え、各走行条件における実験パターン間の比較を行う。また、実験では明り部からトンネルに進入するが、トンネル進入時の運転挙動はトンネル内部走行時と異なると考え、トンネル進入時も走行条件に取入れた。したがって、本研究の実験で用いる暫定2車線高速道路は上記の5つの走行条件を備えた図2のような3DCG道路モデルを構築した。

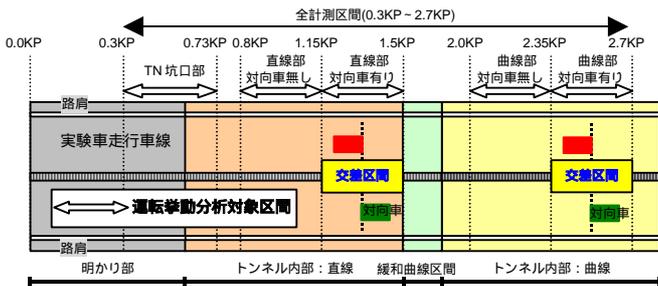


図2 実験用暫定2車線高速道路モデルの構成

この道路モデルは、明かり部、トンネル直線部、緩和曲線部、トンネル曲線部(R=1000mの左カーブ)となっており、トンネル直線部と曲線部にはそれぞれ対向車有無により2分割した。この基本構造を維持した上で、路肩幅員と定性的な路肩側視認性が変化することとなる。ちなみに、対向車は交差時速度70km/h一定の大型車(車頭時間4秒)3台とした。

実験は、各実験パターンごとに1回ずつ計4回実施した。被験者には各実験パターンをランダムで提

示し、道路空間を自らの判断で運転するよう指示をした。これにより、被験者別・走行条件別・パターン別の走行速度と走行位置の変化を進行方向に沿って1m間隔で計測した。

また走行終了後、走行実験中の被験者の注視点が記録された視野映像とともに、走行実験時の速度推移と走行位置を確認しながら、速度低下と走行軌跡の振れ等の理由を被験者の発言データとして記録した。理由の記録は被験者の自由な発言から、調査者が視認性の良否、路肩幅員差による違和感、対向車に対する緊張、道路線形(特に曲線部)への対応などに区分して行った。図3はある被験者の1回走行におけるヒアリング調査結果を記録した調査票の例である。

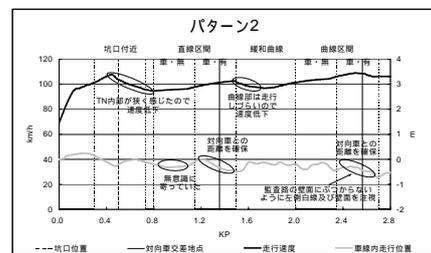


図3 ヒアリング調査結果の記録例

3. 分析結果

(1) 走行速度の平均と分散

各被験者の走行速度について走行条件別・パターン別の平均と分散を求める。この際、分散が小さいほど、走行が安定していると考えた。さらに、この平均と分散を用いた全被験者の平均値を算出し、その結果を図4に示した。これをみると、全ての走行条件において路肩幅員が広いパターン3・4の速度の平均が若干高いが、それほど大きな差とはいえない。一方、分散の平均は各パターン間における一定の傾向が見受けられない。

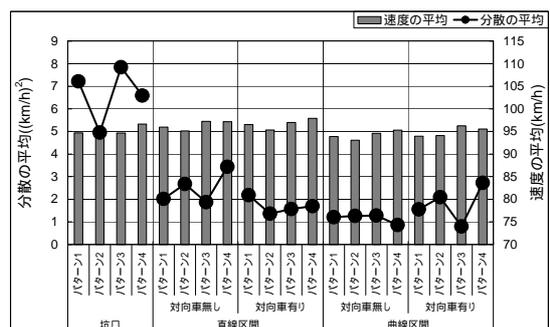


図4 走行条件別・パターン別平均速度と分散の平均

この平均速度と分散の平均値に対して、「パターン間の母平均は等しい」という帰無仮説の検定を各走行条件別に行った。まず、各走行条件におけるパターン別平均速度と分散の正規性検定(Kolomogorov-Smironov 検定, 有意水準 5%) の結果から, 比較対の両方とも正規性が認められた場合は t 検定(有意水準 5%)、その他の対は Wilcoxon 符号付き順位検定(有意水準 5%)を適用した。表 2 の右上は速度の平均の検定結果を, 左下は検定方法を示す。この表では, パターン 1・2 とパターン 3・4 の間で一部の対の帰無仮説の棄却が見られる。特に曲線区間では, 対向車無しの場合, パターン 1・2 とパターン 4 が, 対向車有りの場合, パターン 1 とパターン 3・4, パターン 2 とパターン 3 で帰無仮説が棄却され, この対におけるパターン 3 及び 4 の平均速度が若干高いことが統計的に有意であることを示している。

ちなみに, 分散の平均の検定結果では全ての比較対において帰無仮説が棄却されなかった。

表 2 速度の平均に関する母平均差検定

	直線区間(対向車無し)				直線区間(対向車有り)			
	パターン1 (95.94)	パターン2 (95.11)	パターン3 (97.25)	パターン4 (97.17)	パターン1 (96.53)	パターン2 (95.35)	パターン3 (96.98)	パターン4 (97.92)
パターン1		N/R	N/R	N/R		N/R	N/R	N/R
パターン2	t		N/R	N/R	t		N/R	N/R
パターン3	t	t		N/R	t	t		N/R
パターン4	t	t	t		t	t	t	
	曲線区間(対向車無し)				曲線区間(対向車有り)			
	パターン1 (93.88)	パターン2 (93.06)	パターン3 (94.59)	パターン4 (95.32)	パターン1 (93.95)	パターン2 (94.11)	パターン3 (96.27)	パターン4 (95.57)
パターン1		N/R	N/R	R		N/R	R	R
パターン2	t		N/R	R	t		R	N/R
パターン3	t	t		N/R	t	t		N/R
パターン4	t	t	t		t	t	t	

R: 棄却される N/R: 棄却されない t: t検定 ()内は平均速度(km/h)

(2) 最低速度及び最低速度地点の分布

図 5 では, 全走行区間を対象に, 各被験者の最低速度の値とその地点(KP)を抽出し, パターンごとに整理した。結果より, 全パターンにおいて, 坑口部付近で最低速度を示す被験者が若干多く見られるものの, 概ね全走行条件においてばらついていることから, 路肩幅員と定性的な路肩側視認性の組み合わせの違いによる一定の傾向も見受けられない。

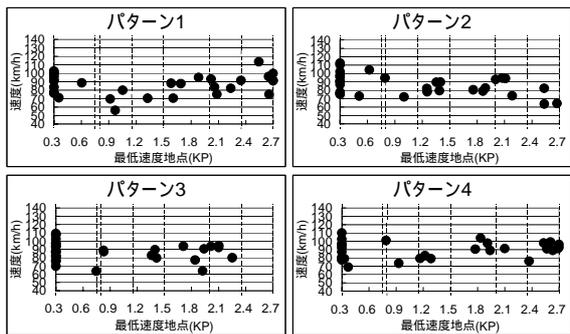


図 5 最低速度及び最低速度地点の分布

(3) 走行位置の平均と分散

走行位置は, 車両中心と車線中心との距離の差とし, + が中分側, - が路肩側に寄っている事を示しており, 車両が走行車線中心にある時に '0' となる。

この走行位置の分散は車両の左右の振れ程度を示す指標で, 小さいほど走行が安定していると考えた。まず走行速度の場合と同様, 各被験者の走行位置データを走行条件別・パターン別に平均と分散を求める。そして, この平均と分散を用いた全被験者の平均値を算出し, その結果を図 6 に示した。これを見ると, 路肩幅員が広いパターン 3・4 がパターン 1・2 より若干左に寄ることが分かる。ちなみに, 走行条件別見ると, 全パターンで直線より曲線区間が, 対向車無しより対向車有りが左側に寄ることが分かる。

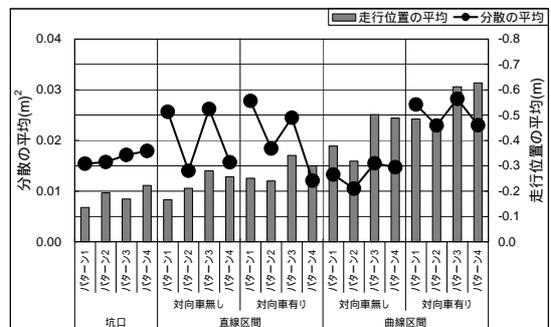


図 6 走行条件別・パターン別平均走行位置と分散の平均

走行位置の平均に対するパターン間の母平均差検定の結果を示した表 3 をみると, 曲線区間ではパターン 1・2 とパターン 3・4 の全対で帰無仮説の棄却され, 曲線区間では路肩幅員が広くなると走行位置が左に寄ることが統計的にも有意であることが分かる。

ちなみに, 分散の平均の検定結果では, 一部の対で帰無仮説が棄却されたが, 全体的にパターン間における一定の傾向は見受けられなかった。

表 3 走行位置の平均に関する母平均差検定

	直線区間(対向車無し)				直線区間(対向車有り)			
	パターン1 (-0.17)	パターン2 (-0.21)	パターン3 (-0.28)	パターン4 (-0.26)	パターン1 (-0.25)	パターン2 (-0.24)	パターン3 (-0.34)	パターン4 (-0.30)
パターン1		N/R	R	R		N/R	R	N/R
パターン2	t		R	N/R	t		R	N/R
パターン3	t	t		N/R	t	t		N/R
パターン4	t	t	t		t	t	t	
	曲線区間(対向車無し)				曲線区間(対向車有り)			
	パターン1 (-0.38)	パターン2 (-0.32)	パターン3 (-0.50)	パターン4 (-0.49)	パターン1 (-0.48)	パターン2 (-0.45)	パターン3 (-0.61)	パターン4 (-0.63)
パターン1		R	R	R		R	R	R
パターン2	t		R	R	t		R	R
パターン3	t	t		N/R	t	t		N/R
パターン4	t	t	t		t	t	t	

R: 棄却される N/R: 棄却されない t: t検定 ()内は平均走行位置(m)

(4) 最左・最右側走行位置及びその地点の分布

図 7 では, 各被験者が走行した全計測区間において, 最も左側あるいは最も右側に寄った走行位置とその地点(KP)を抽出し, パターンごとに整理した。

結果より、最左側に寄るのは曲線部対向車有り区間で非常に多く見られ、左カーブの道路線形に加え対向車の影響が大きかったことが分かる。一方、最右側に寄るのは主に直線区間で多く見られるが、右側には左側ほど大きく寄らないことがわかる。

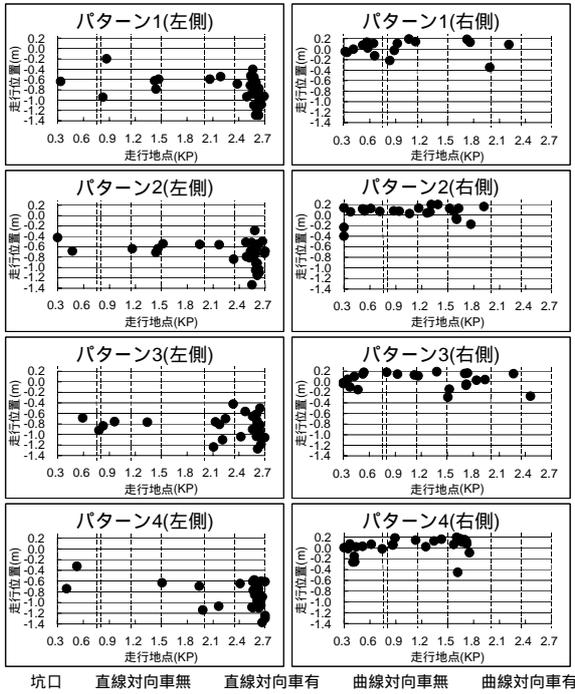


図7 区間における最左・最右側走行位置

(5) ヒアリング調査結果に関する分析

表4は走行実験後、速度及び車線内走行位置が著しく変化した理由に対して、被験者自身の発言記録を集計した結果である。これをみると、多くの被験者が対向車からの影響を受けていることが分かる。

一方、路肩幅員と路肩の視認性の違いによる影響をみると、最も走行環境が悪いと想定されるパターン2は全被験者30人の中で10人が影響していると答えた。パターン3の場合は路肩幅が広くて走りやすいと答えた人が4人、視認性も共に良いと答えた

表4 走行挙動の変化理由別集計結果(人)

	パターン1	パターン2	パターン3	パターン4
対向車に影響された人	15	11	10	10
対向車に影響されなかった人	15	19	20	20
4回の走行中1度でも対向車に影響された人	21			
全く対向車に影響されなかった人	9			
路肩幅が狭くて走り難いと思った人	4	2	0	0
視認性が悪くて走り難いと思った人	0	5	0	1
両方悪くて走り難いと思った人	0	3	0	0
路肩幅が広くては走りやすいと思った人	0	0	4	1
視認性が良くて走りやすいと思った人	0	0	0	0
両方良くて走りやすいと思った人	0	0	1	0
路肩幅・視認性共に影響しない人	26	20	25	28

表5 実験終了後に行ったアンケート結果(人)

返答内容	人数(人)
トンネル進入時路肩幅を気にする。視認性は気にしない。	2
トンネル進入時は意識的に速度を落とす。路肩幅・視認性とは関係ない。	1
路肩幅気にするが、視認性は気にしない。	5
路肩視認性は気にするが、幅は気にしない。	3
両方気にする。	1
両方にしない。	18

人が1人であった。また、実験終了後に4つのパターンの違いについてアンケートした結果、表5のように、全体的にはパターンの変化に全く気付いてない人も18人であった。これから考えると、多くの被験者が路肩の幅員差と路肩側視認性の差をそれほど意識していないと思われる。

4. 終わりに

本稿では、DSによる室内走行実験の活用とともに走行速度と走行位置のデータを用いた路肩幅員の定量的評価方法について記した。

走行条件別に実験パターン間の比較分析を行った結果、暫定2車線高速道路トンネルにおいて、路肩幅員が広くなると走行速度が若干高くなり、走行位置も若干左側に寄ることが分かったが、交通の安全性と快適性が向上されたと判断できるほどの差とは言えない。これは、トンネル内走行時に路肩幅員又は視認性を気にする被験者が3割のみであったヒアリング結果からも予測できる結果と思われる。

一方、平均速度は直線区間より曲線区間が若干低く、走行位置は曲線区間又は対向車有りの走行条件で左側に寄る傾向が、全実験パターンで同様に見られる。さらに、7割の被験者が対向車を意識するというヒアリング結果もある。以上のことから、暫定2車線高速道路のトンネルでは、運転者が感じる路肩幅員の広さの差に比べて、道路線形の違いと対向車有無による運転者挙動への影響が大きくなる可能性があると思われる。

本研究では全被験者を分析対象としたが、実道路では路肩幅員の影響を受ける一部の人が問題となる可能性があるため、路肩幅員の影響を受けた被験者のみに対する分析も必要と考え、今後の課題とする。

参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路構造令の解説と運用(平成16年2月), pp.207-210, 2004
- 2) 日本道路公団：設計要領第四集第10篇(昭和62年4月), pp.121-139, 1987
- 3) 飯田克弘ほか：ドライビング・シミュレータを用いた室内実験システムによる運転者挙動分析 - 実験データの再現性検討と高速道路のトンネル坑口の評価 - , 土木計画学研究・論文集, No.16, pp.93-100, 1999.