

注視点挙動に基づく林道の構造評価

誌名	日本林學會誌 = Journal of the Japanese Forestry Society
ISSN	0021485X
著者	市村, 秀樹 山本, 誠 後藤, 純一
巻/号	78巻4号
掲載ページ	p. 433-438
発行年月	1996年10月

論 文

注視点挙動に基づく林道の構造評価 ——曲線半径と車両速度の変化に伴う注視点挙動——

市村秀樹*・山本 誠**・後藤純一**

市村秀樹・山本 誠・後藤純一：注視点挙動に基づく林道の構造評価—曲線半径と車両速度の変化に伴う注視点挙動—
日林誌 78: 433~438, 1996 山岳地の林道を走行する場合、運転者は道路状況を確認し続け、他の要素へ視線を移動させることが少ない。見通し距離が短く走行しにくい山回りの曲線部において、この傾向は顕著である。本研究では半径の異なる5曲線部を実験対象とし、曲線半径や走行速度による注視点挙動を観測分析した。林道走行における運転者の注視点挙動は、道路先端部を注視する規則的な挙動と、それ以外の構造要素を注視する不規則的な挙動に分けられる。曲線部に進入する際の規則的な挙動は、曲線半径が小さい場合、また走行速度が速い場合に、より一層顕著に現れる。
キーワード：曲線半径、車両速度、注視点、林道構造

ICHIMURA, H., YAMAMOTO, M., and GOTOU, J.: Studies on the evaluation of geometrical design of forest roads by eye movements—Eye movements related to radius of curves and speed of vehicles—. J. Jpn. For. Soc. 78: 433~438, 1996 The forest roads have been hitherto geometrically designed on the basis of the safety for the forest worker. Due to the rise in the frequency of using forest roads by the public, the need for designing highly trafficable forest roads was necessitated. In this paper, authors have discussed the geometrical design of forest roads by mean of analysing the physiological loading on the driver. The degree of physiological loading on the driver can be expressed by the eye movements. The driver traveling forest roads is fixing front part of road in order to see through. If a forest road has inferiorities in design, the eye movements show particular regular movements. According to the results of the *in situ* experiments, it was recognized that the ratio of fixation to eye movements becomes higher in the following two conditions; (1) the less radius of curves a forest road has (2) the faster speed of vehicles becomes. Thus, it was revealed that highly trafficable forest road needs long sight distance. Subsequently, it should be taken into consideration to improve the design of forest roads and/or to equip the facilities along the road.

Key words: eye movement, geometrical design of forest roads, radius of curve, speed of vehicle

I. はじめに

林道利用の多様化が進むなかで、車両走行の安全性・快適性に対する要望が改めて高まっている。既設林道の幾何構造規格は、主に車両走行時の力学上の安定性を基準にしている。最小曲線半径を算出するための横すべり摩擦係数などは、車上の人が感ずる横方向加速度の大きさに対する快適性を考慮して小さめに設定されているが、曲線部の連続する林道路線を走行する際の運転者の心理的・生理的負担に関与する快適性の良否までは考慮されていない。

山岳地に開設される林道は、地形の褶曲に合わせて設計施工されるのが一般的で、直線部が少なく曲線部の占める割合が大きい。山腹傾斜が急峻で、褶曲の多い地域の路線は曲線半径が小さく、見通し距離が短くなりがちである。さらに、一方がのり面で他方も樹林で被われていると、視界も狭くなる。人間の視覚は受容可能な生体情報の約80%を占める(6)ので、視覚情報の制約は、車両運転操作に心理的圧迫と生理的負担を課しているものと推察される。

筆者らは、これまで規格の異なる種々の林道路線の走行性について、運転者の注視点の挙動を測定分析してきた。それらによると注視点の挙動には、ある条件範囲において

規則性が認められること、また、その規則性は心理的・生理的負担によるところが大きいと推計している(2,3)。

低規格の林道上を、力学上の安定走行速度、

$$V = \sqrt{127R(f+i)} \quad (1)$$

ただし、 V は設計速度(km/h)、 R は曲線半径(m)、 f は横すべり摩擦係数、 i は路面の横断勾配($\tan \alpha$)

あるいはその前後の速度で走行する場合、安全に走行するのに必要な道路前方の幾何構造要素、特に線形情報と有効幅員に関係する情報源のみを注視し、進行方向以外の周辺景観などを注視する余裕がほとんどない。道路構造規格が低レベルになるほど、これら前方のみを注視する傾向が強くなると推察される。

一方、走行速度は幅員が車両幅に比較して特に狭い路線区では、金子の理論(4)が適用され、速度の上限が規制される。金子の理論は、運転者の心理的影響に基づく実験結果から理論式を導いたものである。

本論では、運転者の注視点挙動と林道の幾何構造との関連性、さらに車両速度の変化が注視点挙動にどのように寄与するかを一層明確にし、これらに内包される規則性を確認し、多様な需要にも対応できる林道の幾何構造評価に関する基準を得ようとするものである。

* 静岡大学農学部 Fac. of Agric., The Univ. of Shizuoka, Shizuoka 422

** 高知大学農学部 Fac. of Agric., The Univ. of Kochi, Kochi 783

II. 運転者の注視点挙動

1. 視野と視力分布

人間の視野は、視野角度0°の中心窩を中心に左右約60°に及ぶが、その視力や識別能力は様様ではなく、図-1のように視野角度5°以内の範囲を中心視と称し、高い視力を示し、色彩・形状の弁別能力も高い。視野角度5°を超える部分を周辺視と称し、中心視に比べ視力は急激に低下し、色彩・形状の弁別能力も劣る(5)。この図-1は、静止時の測定値であるが、高速度で移動している場合は、いわゆるトンネル視に近似した状態になり、さらに視野と視力は劣悪になるといわれている(1)。ただし、この視野の周辺視ではフリッカーに対しては鋭敏で、車両の走行時の速度認知、ならびに速度差認知等において重要な役目を果たす(5)。

2. 注視点挙動の意味

注視点に関する研究は、すでに相当以前から着手されているが、これまでに扱われた注視点挙動は、即物的で注視意味の明確な対象があって、それへの注視点の停留時間と、その分布や注視点の移動順序、そして移動速度などの研究が主であった。それらの測定の分析からは比較的明解な結果が得られている。すなわち、被験者がどのような情報を得、それへの関心度や視認の容易性を直接計測記録する領域で使われてきた。しかし、注視点挙動という行動自体のもつ生理学的・心理学的意味の明確でない部分が、今日なおきわめて多く残っている。

従来の視覚心理学や人間情報工学の分野では、一定微小時間ある点に停留した注視のみを注視点と称している。しかし、走行中の運転者は、連続的に変化する視野内の注視物を捕捉しているため、注視対象物への停留は微小時間となる。そのため、本論で扱う注視点挙動とは、注視点の停留時間の長短によって注視行動を区別する方法をとらず、頭部に対する眼球の相対的な動きによる視線先端部が注視対象物に照準する点の挙動をいう。すなわち測定装置の記録指標のアイマークと注視対象物との接点が注視点で、その種々の動き方を指している。また、注視対象物への注視点の停留時間が微小であるため、運転者が車両を走行さ

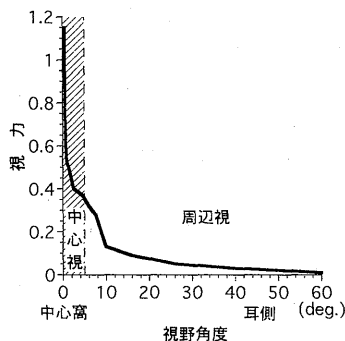


図-1. 視力分布
文献(5)より加筆修正。

せるとき、注視対象物からどのような情報を得て、それをどのように分析し運転操作に利用し、車両の挙動に反映させているのかについても不明な点が多くあることは否めない。

III. 実験路線ならびに測定装置と方法

1. 実験路線

これまでに得た林道走行中の運転者の注視点挙動特性に関する知見(2,3)を一層明確にしたいという意図から、実験路線区を視距が短く、生理的負担の大きい山回り単曲線部に限定した。また、注視点挙動に与える円曲線の幾何構造の効果を明確に得る目的から、曲線部に拡幅、ないし余切りを施していない区間を選定した。

測定区間の山側のり面は、ほぼ平滑斜面で、道路中心線からほぼ等距離にあり、注視点を誘導するような事物の少ない箇所とした。さらに曲線部の線形は単曲線とし、曲線部の前後に10m以上の直線部が付随する箇所とし、測定区間の幾何構造に忠実に対応する注視点挙動を測定しようように配慮した。なお、縦断勾配は運転者に与える心理的影響、ならびに車両の加速減速に与える影響が小さい範囲を考え、±2%以下の範囲とした。また路面は平滑で障害物等はむろんのこと、視線誘導になるような事物や形象のないアスファルト舗装区間とした。測定対象に選定した曲線部は表-1に示した5曲線部である。ただし、測定対象曲線部のうち左右逆回りで曲線半径に大きな差があるのは、複合曲線となっていたためであるが、データ処理に関しては曲線部進入以前の直線部としたため、測定値に影響はなかった。

表-1. 測定対象曲線部

曲線部	A	B	C	D	E
曲線半径(m)					
左回り	12.5	25.7	18.8	32.1	66.2
右回り	9.0	12.5	18.8	32.1	56.9
曲線長(m)	20.35	26.10	17.10	31.80	32.36
交角	114°20'	99°20'	46°40'	58°20'	37°00'
幅員(m)	3.0	4.0	4.0	3.6	2.8
路側幅(m)	0.3	0.3	0.35	0.56	0.3
のり勾配	0.25	0.3	0.6	0.4	0.35
見通し距離(m)					
左回り	11.7	18.1	20.0	25.5	29.6
右回り	11.0	14.8	20.0	25.0	28.4

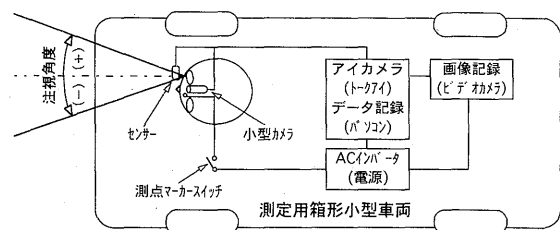


図-2. 注視点測定装置模式図

2. 測定装置

実験装置の概要は、図-2に示すように、右ハンドル式箱形小型乗用自動車に搭載したアイカメラの演算処理部、数値データの変換記録コンピュータ、運転者の顔面に装着する注視点測定センサーならびに顔面正方向の撮影用超小型カメラ、電源ACインバータ、画像記録装置、測点マーカー装置等からなっている。

本実験に供したアイカメラは、眼球の強膜部分と角膜部分で光の反射率が異なることを利用する方法で、反射光の光量を2個の光電変換素子でセンシングして、4象限座標、すなわち真正面正視に対する水平方向と垂直方向の注視角度による座標値として、また自然色濃淡画像として、測定記録することができる。測定は33 msecごとの注視点位置の連続記録が可能である。

3. 測定方法およびデータの処理

測定対象曲線区間において、曲線部を通過する際の車両速度は曲線区間へ進入する以前の直線区間で一定に保ち、その速度で曲線区間を通過するようにした。このときの速度設定は、助手席の実験補助者が速度計を読み、運転者に指示を与えることによって、注視点速度計へ移動しないようにした。車両速度は低速から高速まで徐々に変化させ、曲線区間を往復走行することで左右逆回りの走行実験を行った。数回走行するごとにアイカメラの校正を行い、測定機器による誤差を少なくするように配慮した。

曲線部の走行実験における運転者の注視点挙動は、水平方向への移動が主である(2)ので、測定データのうち水平成分の注視角度を中心に検討する。

注視点は車両が曲線部に到達する以前から、前方の道路構造要素、特に線形に関する幾何構造要素に対応して挙動するので、測定分析の対象範囲を曲線区間のみとせず、始曲点の手前の直線部から終曲点までの範囲とした。また、道路の線形に対応して注視点が挙動する導入部の直線区間長は、車両速度に関連するので同一の測定区間距離にすることはできない。そこで始曲点を基準点とし、その通過3秒前の時間距離の地点からを分析対象範囲とした。

測定記録データ上における曲線各部の相対的位置の特定は、始曲点と終曲点の通過の際、測定記録に記されたマークを基準に、曲線区間の通過所要時間を相対時間距離として、曲線長に比例配分して演算処理した。直線部については曲線部の相対時間距離と同じ比率で表した。さらに車両速度については、曲線通過時の速度変化の幅が5 km/hを超えることはなかったので、ほぼ等速度で走行しているものとし、曲線区間を通過するのに要した時間と曲線長から算出し、平均走行速度で表した。

IV. 山回り単曲線部における車両走行

1. 道路の幾何構造と注視角度の理論的変動

小半径の曲線部を走行する運転者は、見通し可能な道路先端部の中心線上を断続的に注視する割合が高いことがわかっている(1)。見通し可能な道路先端部をほぼ連続的に

注視するものと仮定すれば、道路中心線に対する運転者の眼の位置の軌跡、交角、曲線半径と幅員、そして切土のり面の勾配に関係する見通し線によって、運転者の注視角度を幾何学的に算出することができる。

ここで対象とする曲線は単曲線で、その前後に十分な直線区間があり、曲線部ののり面勾配は一定で、樹木や草本等見通しに障害となるものがないことを前提とする。また、視距が変化する区間において見通し線がのり面と接する高さは変化するが、のり面勾配を一定とすることにより変化の割合は小さくなるので、ここでは高低差がないものと考えていることができる。図-3のごとく注視角度は始曲点に近づくにつれ徐々に増加し、始曲点で最大値となる。そして、終曲点の山側のり面を見ることが出来る位置(B点)までは最大値が継続し、その後は見通し線の目標となるものなくなるので、注視角度は制約されなくなる。始曲点までの増加傾向は、(2)式によって求めうる。始曲点から注視角度の最大値が継続するまでの値は、この式のxに0を代入したときの(3)式で表される。

始曲点以前の注視角度を求める理論式

$$\theta = \tan^{-1} \frac{x(S-r) + S\sqrt{x^2 - r^2} + 2Sr}{S(S-r) + x\sqrt{x^2 - r^2} + 2Sr} \quad (2)$$

ただし、xは始曲点から視点までの距離、Sは円曲線の中心から視点までの距離、rはのり面から視点までの距離

曲線上での注視角度を求める理論式

$$(2)式に x=0 を代入$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\sqrt{2Sr - r^2}}{S - r} \quad (3)$$

なお、車両は道路中心線を通ると仮定しているの、

左回りの場合、 $S = R + s$

右回りの場合、 $S = R - s$

ただし、sは道路中心線から視点までの距離を代入することにより求めることができる。

これらのことから、注視角度の最大値は眼の位置からのり面までの距離と曲線半径によって決まり、その最大値が継続する区間は交角によって決定することがわかる。それ

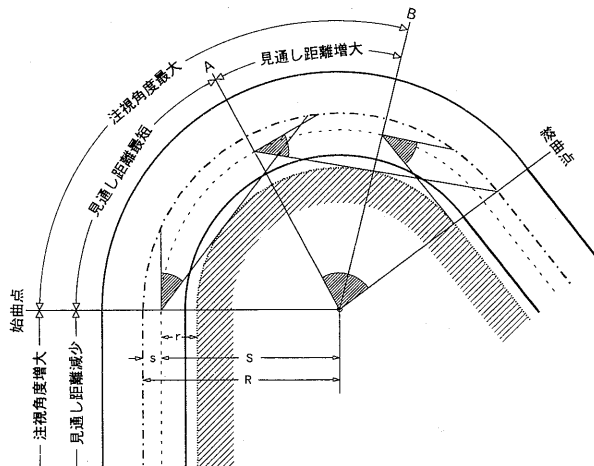


図-3. 注視角度と見通し距離の変動

それぞれの測定対象路線区間の条件を理論式に当てはめ、グラフに表したものが図-4である。

2. 道路の幾何構造と理論的見通し距離の変動

注視角度の理論的変動と同様に、始曲点に接近する際の見通し距離は、(4)式により理論的に算定できる。すなわち、図-3のごとく曲線部に接近するにつれ見通し距離は短くなり、始曲点において最短となる。終曲点を見通すことができる位置(A点)までは最短見通し距離が継続し、その後増大していき、終曲点の山側のり面が見える位置(B点)、すなわち注視角度の最大値が継続する位置に至ると、見通し距離は無限大となる。

始曲点以前の見通し距離を求める理論式

$$L = \sqrt{x^2 - r^2 + 2Sr} + \sqrt{R^2 - S^2 - r^2 + 2Sr} \quad (4)$$

ただし、Lは見通し距離

見通し距離の変動は、注視角度の変動と同様に曲線半径と眼の位置からのり面までの距離によって決定し、曲線半径が小さくなると見通し距離は短くなり、最短見通し距離が継続する区間距離は交角によって決定することが明らかである。それぞれの測定対象区間における見通し距離の変動をグラフ化したものが図-5である。

これらの幾何学的理論では、既往の知見に基づきある一定の部位、すなわち見通し可能な道路先端部を注視しながら走行するとの仮定によるが、実際の林道では切土のり面の形状や植生、車両の走行軌跡等の条件によって常に一定の挙動を示すわけではない。林道の中心線や幾何構造要素

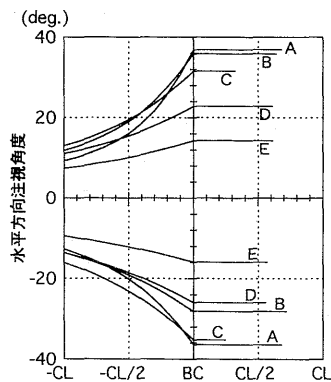


図-4. 測定対象路線区における注視角度の理論的変動

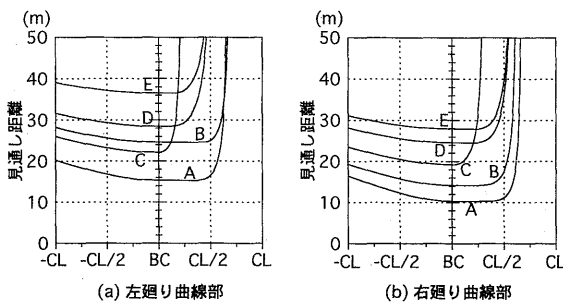


図-5. 測定対象路線区における見通し距離の理論的変動

以外の種々な部位をも注視している。また、この理論式では曲線区間の前後に相当区間の直線部があり、曲線が複合曲線等の形で接続していないと仮定しているが、実際の林道は曲線区間が連続する場合も多く、その注視挙動は道路の状況や車両速度等に応じて複雑に変化する。しかしながら基本的な挙動としては、直線区間において注視角度は漸増し、始曲点において最大値に至る。一方、見通し距離は漸減し、始曲点において最小値に至ることが、幾何学的に証明された。

V. 結果と分析

1. 注視点挙動の規則性と不規則性

図-6は、曲線部BとDにおいて左右それぞれ一回の測定値について、水平方向の注視角度の変動を車両の進行に伴う時系列的かつ連続的な変動値として表したものである。

これらの図から注視点挙動は、直線部から始曲点に接近するにしたがい、注視角度が直線的に増大し、始曲点付近で約±20°に達し、最大値が継続した後、次第に0°方向へ減少していくという規則性があることが推察される。注視角度が増加する傾向や、最大値が継続する区間、注視角度が0°へと減少する傾向はそれぞれの測定対象地によって異なっており、これらは理論式で求めた図-4に対応すると考えられる。この規則性のある注視点挙動のほかに、必要に応じて道路の他端、ここでは谷側路肩付近、あるいは路側構造物等を確認していると推察できるスパイク波形状の挙動の介在もみられる。このスパイク波形状の挙動は瞬き等によっても現れることがあり、その時点で何を注視しているのかを判読することは困難である。このスパイク波形状の挙動が現れるのはまれで、それを除いた注視点の変動をみると、それぞれの曲線形において注視角度の分布する定常的で規則的な範囲が確認できる。これに理論式から求めた注視角度を対照させると、一本の回帰曲線として重ね合わされるはずである。しかし、測定値はある分布範囲をもっており、理論値より小さい注視角度として測定されている。これは、車両走行の際に眼の動きだけでなく視線の動く方向に頭部の旋回が伴っているため、注視角度が理論値よりも小さい値となって現れる。また、真の注視角度においても視認のための生理現象として、微小な振幅を伴って対象物をスキャンしているため、それによる変

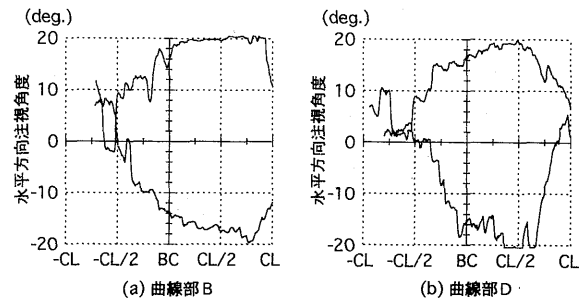


図-6. 注視角度の変動

動幅のほか、消去不能な校正のずれによる注視角度の誤差も含まれるためである。

この注視点の分布範囲について、直線区間から始曲点付近までは注視角度はほぼ直線的な増加を示す。始曲点付近からは分布範囲が小さくなっているようにみえるが、これは計測器の測定許容範囲が $\pm 20.47^\circ$ であり、それを上回る角度は $\pm 20.47^\circ$ として記録されるため注視角度が収束しているようにみえるだけである。始曲点から曲中点を越えたあたりまでの注視角度の測定値は、この処理をされたデータが含まれる場合がある。よって、以後の分析対象は注視挙動の経時的特性が適正に把握できる範囲として、始曲点に到達する前の直線区間から始曲点までの区間の測定値とする。具体的には、始曲点以前3秒間の測定値のみを時間距離に置き換えグラフ化すると、速度差によりデータが表示される長さが変動するので、必要な測定値の欠落がおきる。すなわち速度の速い場合3秒間のデータは長くなり、速度が遅くなると短くなる。これを防ぐため、すべてのデータが得られる始曲点から $-CL/2$ に相当する距離から始曲点までの全測定値を記録し、適宜分析に供した。

理論式により描かれるグラフを基に、この区間の注視角度の増加を近似的に直線とみなし、測定対象曲線部における注視角度の変動を直線回帰した。

それぞれの走行実験で得られた測定値について、その区間での回帰直線を求め、回帰係数と決定係数を算出した。このとき、回帰係数は測定対象区間における注視角度の増加傾向を表し、決定係数は注視挙動の変動の大きさを表す。

2. 曲線形に関する規則性

決定係数の値が1.0に近づくにつれ、注視挙動はその周辺条件に厳密に制約され、挙動が小さくなり規則性が高くなる。すなわち、決定係数が大きいときは、注視点の変動が小さく、一定の方向・事物を規則的連続的に注視し走行しなければならない環境下にあることを表している。決定

係数が小さくなるほど他の要素への視線移動が多く発生するが、これは視準できる線形構造のみでは不足する運転情報を収集する場合と、運転に対する余裕から景観等へ誘目される結果である。すなわち図-6にみられるスパイク波形状の注視挙動がそれである。このスパイク波は、のり面と逆方向の路肩等への視線移動であるため、視線角度としては 0° あるいは曲線方向とは逆方向への視線移動となる。この視線の挙動特性を全線形を対象に回帰係数と決定係数でみると、図-7のごとく決定係数が小さい領域では回帰係数の値が0に近く、注視挙動がばらついており、規則性が希薄である。逆に回帰係数の値が大きい領域では決定係数も大きくなり、注視点が他の要素に移動する不規則性は低く、より理論式の値に近くなる。ところが、決定係数が大きくても曲線方向と逆方向をみる傾向が強ければ、傾きが理論値と逆方向に現れる場合もあり、このときの測定値は突発的な事象の展開、あるいは校正のずれによるもので、特殊な現象として別の取り扱いをしなければならない。測定値には、前述の曲線方向と逆方向を注視する特殊な現象や誘目性の景観によるケースも含まれている。これらの挙動が現れる場所は様々で、出現頻度も少ないため、その挙動が何を意味するかを判別することは困難である。そのため、本研究ではこれらの挙動を排除して検討することとする。

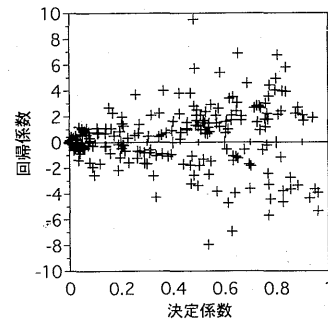


図-8. 測定値平均と理論値

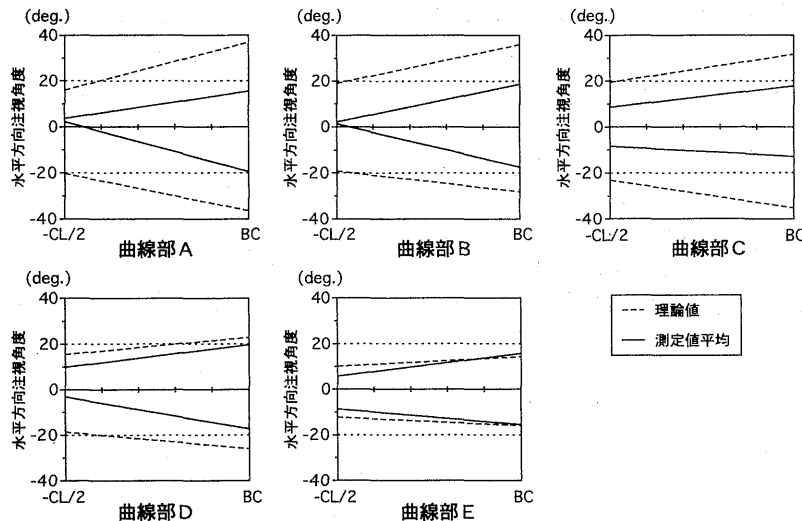


図-7. 決定係数と回帰係数

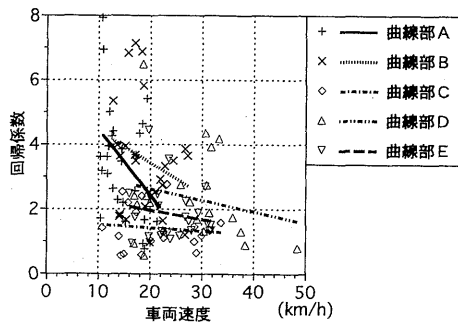


図-9. 車両速度と回帰係数

それぞれの走行実験で得られた測定値のうち、道路先端部以外への視線移動、すなわちスパイク波形状の挙動が現れているものについて、スパイク波形状部分を削除し回帰直線を求めた。そして、全測定値から得られた回帰直線を曲線部ごとに平均化したものに理論式に基づく直線を挿入したのが図-8である。このときの決定係数の平均値は $R^2 = 0.75$ であり、他の構造要素への視線移動や瞬きによる特殊な現象は排除されているといえる。曲線半径が小さい部分での回帰直線の傾き、すなわち回帰係数は大きく、半径の大きい部分では小さくなっている。回帰係数は、当然のことながら(2)式に対応し、曲線半径の大小に逆比例する。すなわち、曲線半径が小さければ回帰係数は大きく、曲線半径が大きくなれば回帰係数は小さくなる傾向を示す。しかし、曲線部Cについては曲線半径が18.8mであるにも関わらず、曲線部DやEのように傾きが小さく、大半径と同じような傾向を示している。これは曲線半径が小さくても幅員が広く見通し距離が長くなっているため、先の道路情報が得やすくなり、眼球の動きだけでなく、頭部を動かす余裕があると推察される。

3. 車両速度に関する規則性

林道、特に幾何構造規格の低い路線では、前述のごとく車両速度は車道幅員、曲線半径や見通し距離等の構造要素によって速度が規制されるので、広い分布はない。ただし、小半径でも曲線長が短い場合には、十分前方まで見通せるので、高い速度が記録されることもある。したがって、本論で扱った曲線においても単に曲線半径によって決定されるのではなく、曲線長の長短によっても車両速度に変動が生じている。この車両速度の分布と注視角度の変動に関して、前項と同様に回帰係数の値でみると図-9のようになる。この図において、車両速度に対する回帰係数の分布傾向をそれぞれの曲線部ごとに回帰直線で表した。

この図からは速度差による注視角度の分布の規則性を明

確には視認しにくいのが、それぞれの曲線部について分布傾向をみると、曲線半径の小さい曲線群(曲線部A, B)が、曲線半径の大きい曲線群(曲線部D, E)より高い値に分布し、大半径では低い領域に分布し、しかも車両速度に関しても右下がりの低い相関が認められる。これはとりもなおさず、車両速度の上昇と共に注視挙動が小さくなっていく傾向があると解釈できる。

図-9において、曲線半径の大小の順に対応する値が整然と並んでいないのは、前述のごとく交角や幅員、のり面の勾配等の相違による道路先端部の見通し距離の影響を強く受けていることによる。

VI. おわりに

注視点の挙動に規則性が生じたり、それが希薄になったりするのは、林道の幾何構造、特に線形構造要素の規格がある値を超えて変化したときに徐々に発生する。また、これには車両の走行速度も関連する。両者は独立して作用する場合もあるし、交互作用として影響する場合もある。

林道を走行中の運転者の注視点は、見通し可能な道路先端部に分布する頻度が高い。これは、車両を安全に走行させるための挙動であるとともに、安全に停止させるのに必要な距離情報の把握に努めている行動とみることができるといえる。

本研究では、規則性と不規則性の発現状況を回帰係数の値で示し、決定係数で評価したが、ここでは未だ不規則性が規則性に転じる要因群の組み合わせとその水準の領域についてまでは明らかにしていない。

引用文献

- (1) 遠藤作次 (1974) 山地部道路の路線設計. 259pp, 地人書館, 東京.
- (2) 市村秀樹・山本 誠・後藤純一 (1991) 注視点の挙動に基づく林道構造の評価に関する研究(I)注視点の挙動と幾何構造の関連. 102 回日林論: 687-690.
- (3) 市村秀樹・山本 誠・後藤純一 (1993) 注視点の挙動に基づく林道構造の評価に関する研究(III)ハンドルの回転角度と注視点・心拍の変動. 日林論 104: 791-794.
- (4) 金子 証 (1938) 自動車の速度に及ぼす車両幅の影響に関する実験, 並に之に基く舗装幅員の決定に就いて. 内務土試報 41: 1-12.
- (5) 村田隆裕・中村良夫 (1970) 自動車運転者の注視点. 交通工学 5(5): 3-12.
- (6) 大久保堯夫・斉藤 進・斉藤 真 (1985) 視覚作業における注視点分布に関する研究. 日大生産工報 18(2): 55-63.

(1996年8月13日受理)