

審査の結果の要旨

申請者氏名 宗岡 寛子

林業生産活動の基盤として林道・作業道（以後、「林内道路」とする）を整備する上で、開設費と将来の維持管理の負担を総合的に考慮して適切な規格・構造を検討することが重要である。路面が舗装されていない林内道路では、雨水の流下による路面侵食が問題となる。これまで多くの研究で、路面侵食を防止するための適切な横断溝間隔の目安が提案されてきたが、路面侵食の進行速度は様々な要因の影響を受けて空間的に大きくばらつくため、ある目安に従って横断溝を配置してもすべての場所で路面侵食が防止できるわけではなく、路面補修が必要になる場所も存在すると考えられる。本研究は、確率と期待値の考え方を応用して、将来の路面補修の負担に応じた横断溝間隔の目安を導出する手法を確立した。

第 1 章では、路面侵食に関わる既往研究を整理し、路面侵食が様々な要因の影響を受ける複雑な現象であることが明らかにされてはきたが、路面侵食量予測モデルと実際の路面侵食量に生じるずれ（残差）についての定量的な分析がほとんど行われていないことを指摘した。第 2 章では、既往研究で提案された適切な横断溝間隔の目安と、実際の林道で観察された横断溝間隔とを比較した結果、実際の林道で観察された横断溝間隔は既往の最も侵食が進行しやすい環境下で必要とされる安全側をとった横断溝間隔の目安よりも平均的に 20 m 程度長いことを明らかにし、既往の安全側をとった横断溝間隔の目安は実態に対して要求水準の高いものであり、容易に実現できないことを示唆した。

第 3 章では、確率と期待値の考え方を応用し、「将来の補修の負担に応じた横断溝間隔の目安」を導出する方法として以下の方法を提案した。すなわち、「開設から N 年を経た林内道路上の多数の地点で「縦断勾配 x 」及び「横断溝からの距離 y 」の 2 因子と路面侵食量 z を計測し、回帰式を推定する。その回帰式の残差分布を何らかの分布関数で近似することで、許容水準 γ を超える路面侵食が発生する確率 $P_{x,y}(z > \gamma)$ を表現し、 $P_{x,y}(z > \gamma)$ の増加率を表す関数 $p_{x,y}(y)$ を求め、この $p_{x,y}(y)$ を上流側横断溝から許容水準 γ を超える路面侵食が開始する地点までの距離 y の確率密度関数と捉えた。横断溝に挟まれる長さ d の排水区間において、上流側横断溝から距離 y の地点で許容水準 γ を超える侵食が開始した場合、補修が必要になる要補修延長 w は、 $d - y$ となり、 w の期待値 $E_{x,y,d}(w)$ を d で除したものを「要補修率 R_r 」と定義し、林内道路の開設主体が適切と考える水準 R_{ropt} を代入して d について解くことで、要補修率 R_{ropt} に応じた横断溝間隔の目安を得る。

そのためには、回帰式の残差分布を何らかの分布関数で近似しなければならない。そこで第 4 章では、実際の林内道路 4 路線における路面侵食量の計測データから残差分布を検討し、残差分布は正規分布で近似できることを明らかにした。第 5 章では、第 3 章で提案

した要補修率に応じた横断溝間隔の目安導出方法を具体化した。その方法を用いて、一例としてある林道で得た路面侵食量データを基に横断溝間隔の目安を導出したところ、要補修率を 15% とした時の横断溝間隔の目安はおおむね現実的なものであったが、要補修率を 10% とすると横断溝間隔の目安はごく短くなり、実現が困難と考えられる水準であった。したがって要補修率を極端に低く抑えようとするよりも、ある程度路面の補修が必要になることを許容して横断溝間隔を決定した方が、開設時に横断溝の設置にかかる費用と将来の路面補修の費用の和を抑制できる可能性があることを示唆した。

そこで第 6 章では、開設時に横断溝の設置にかかる費用 C_c と将来の路面補修の費用 C_r の和 C_t を最小化する観点から、最適な要補修率 R_{ropt} を求める方法を検討した。まず、要補修率 R_r に応じた横断溝間隔の目安に従って横断溝を配置することを想定し、 R_r の変化に伴う C_t の変動を表す関数 $C(R_r)$ (費用関数) を導出し、これを最小にする最適要補修率 R_{ropt} を検討した。 $C(R_r)$ には、パラメータとして路面侵食量の許容水準 γ を含み、 γ は 0.10 m で一定とした。その結果、平均縦断勾配 x_m や横断溝 1 箇所あたりの設置にかかる費用 c_c (円 / 箇所) と要補修延長 1 m あたりの補修費用 c_r (円 / m) の比 B が大きくなるほど最適要補修率 R_{ropt} は上昇した。平均縦断勾配が大きい路線や、補修単価に比べて高額な横断溝を多く設置する路線では、要補修率を極端に低く抑えようとする横断溝の設置にかかる費用が跳ね上がるため、補修に力を入れた方がトータルコストを抑制できると考えられる。一方、維持管理期間が長くなるほど最適要補修率 R_{ropt} は低下し、林内道路を長期間維持管理する予定がある場合は補修の負担を低く抑えることが重要となる。このように、最適要補修率 R_{ropt} は一律に定まるものではなく、個々の林内道路路線の属性や維持管理の方針によって変化するため、林内道路の開設主体は個々の路線に適した最適要補修率を検討する必要がある、本論文で導出した費用関数は、そのための有用なツールとなる。

以上の研究成果は、林内道路の将来の路面補修の負担に応じた横断溝間隔の目安を導出する上で、学術上も応用上も寄与するところが大きい。よって、審査委員一同は本論文が博士 (農学) の学位論文として価値あるものと認めた。