

高精度 DEM による林道への表面流流入量の推定に関する 研究

宮崎大学農学部 平岩幸子・櫻井倫

はじめに

近年、地球温暖化により世界的に異常気象が多発しており、我が国でも短時間強雨の発生頻度が増加している。強い雨は林道や作業道において表面流を発生させ、ひいては洗掘による道路機能の低下や災害発生の原因となる。その対策として、かねてより分散排水や横断溝、また近年では波形縦断勾配や逆カントの導入など、さまざまな対策がとられてきた（長塚ら 2014）（宗岡 2016）（矢部ら 2010）。

このような降水が道路に及ぼす影響の分析において、標高を数字で表現した DEM が計算、解析が容易であることから広く用いられてきたが（たとえば平岩 2000，齋藤 2018，白澤 2019 など）。近年では ICT の発達によりメッシュ解像度が 50cm や 1m といった高精度 DEM の入手が容易になっており、その活用の範囲はさらに広がっている。しかし、DEM により算出した集水面積すなわち任意の地点への水の流入量と実測した水の流入量を比較した事例は少ない。令和元年度の報告書において DEM から予測した林道路面における水の流入量と路面における侵食量の比較を試み、両者には正の相関があることを示した。今年度はその結果を受けて、切土法面から林道に表面流が流入する箇所を予測する

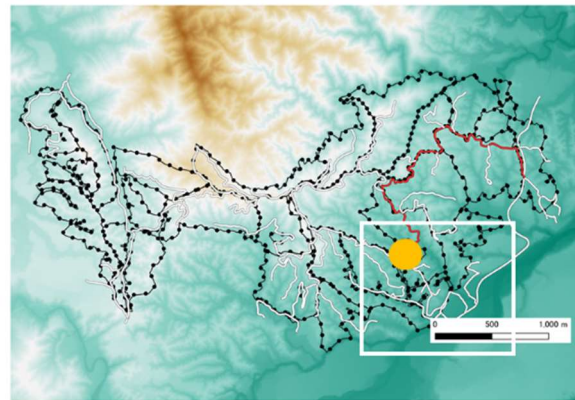


図1 調査地（宮崎大学田野演習林）

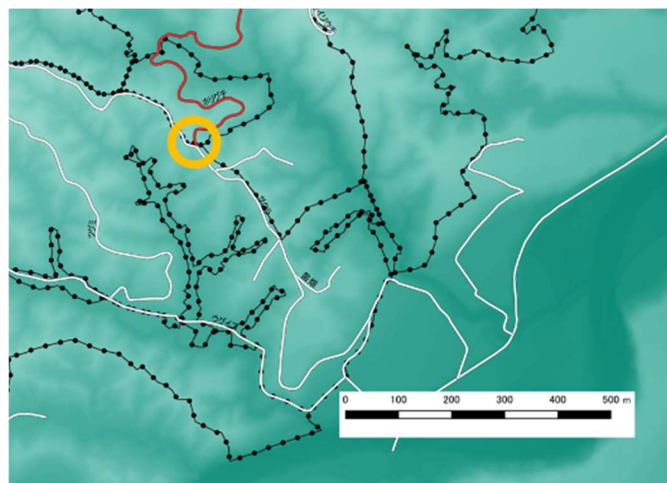


図2 ホリグチ林道(赤線)起点付近
(図1 白線内を拡大)

可能性を検証するため、切土法面から林道路面に流入する表面流量を計測し、高精度 DEM により求めた集水面積と比較した。

方法

調査は宮崎大学農学部フィールドセンター田野演習林において行った。演習林内のホリグチ林道を用い、起点から約 20m の区間（図 1～図 2）において、写真 1 に示すように林道の切土法面に長さ 3.6m の雨どいを 7 本設置し、林道の起点側から 1～7 の番号を振った。法面にビニールシートを当てて表面流を雨どいに誘導し、ポリバケツに貯水した。それぞれのバケツに貯まった水量を毎回の降雨の 1～2 日後に現地にて測定し、これを林道への流入量とした。計測は 2020 年 10 月 14 日から 2021 年 1 月 28 日まで行い、期間中の計測回数は 10 回であった。

集水面積を計算する DEM は解像度 1m の航空レーザー測量成果を国土交通省宮崎河川国道事務所より入手し、GIS により計算した（図 3）。集水面積の計算には Freeman(1991)の Multipul flow direction モデルを用い、単純に最も急勾配の下り坂を進むのではなく、下り坂方向に傾斜に応じて広く流下するものとして計算した。計算した集水面積と設置した雨どいの位置を GIS 上で重ね（図 4）、各雨どいにおける集水面積を求めた。



写真 1 現地調査

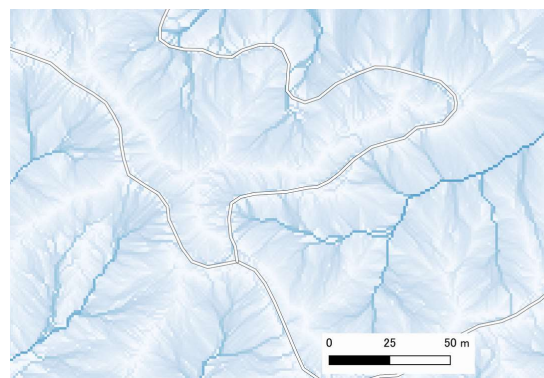


図 3 調査地付近の集水面積（青=多）



図 4 雨どいの設置位置

結果

測定した貯水量と各雨どいの集水面積を表 1 に示す。また、貯水量計測日ごとの集水面積と貯水量との関係を図 5 a～j に、相関係数を表 2 に示す。なお、10 月 14 日と 10 月 23 日は雨どい 3 本で計測を行い、また 10 月 14 日は雨どいのうち 1 本を 7 つ目の位置に設置した状態で計測を行った。各雨どいの貯水量と集水面積の関係について、計測日ごとに Spearman の順位相関係数を求めたところ、11 月 18 日と 11 月 25 日の 2 回の計測においてのみ有意な相関が認められた（有意水準 1%）。また、降水量の影響を調べるために、気象庁のアメダスの統計値のうち「田野」の降水量を試験地における降水量とし、貯水量を目的変数、集水面積と降水量を説明変数として重回帰分析を行ったところ、重相関係数は $R=0.535$ となり、標準偏回帰係数はそれぞれ 0.199 と 0.497、偏回帰係数は 4.660 と 0.343 となった。すなわち、降水量の影響が強く、集水面積はあまり影響を与えないことが示された。また、相関検定を行ったところ、降水量のみ貯水量との間に有意な相関を有することが示された。

表 1 測定結果

雨どい	貯水量 (kg)										集水面積 (log m2)
	10月14日	10月23日	11月4日	11月9日	11月18日	11月25日	1月6日	1月12日	1月25日	1月28日	
1		4.85	9.75	19.95	2.55	2.55	6.85	3.15	24.2	2.8	0.610
2		2.95	1.20	15.55	0.05	0	0.65	0.15	3.9	0.15	0.259
3		1.20	1.05	17.25	4.95	5	11.05	5.3	18.35	3.9	1.009
4			19.20	31.85	4.95	0	5.4	0.55	0.3	0.2	1.101
5	8.9		1.15	2.30	1.90	1.7	2.5	-	1.5	1.4	0.849
6	13.65		9.30	16.95	3.85	4.5	10.05	4.55	13.95	6.4	1.008
7	9.2										0.259

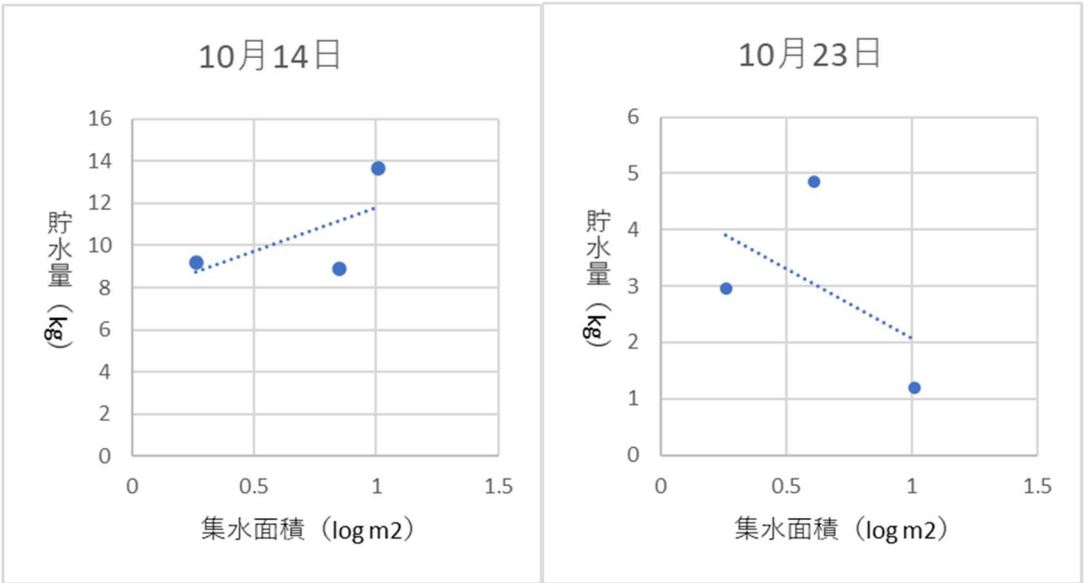


図 5 計測日ごとの集水面積と貯水量

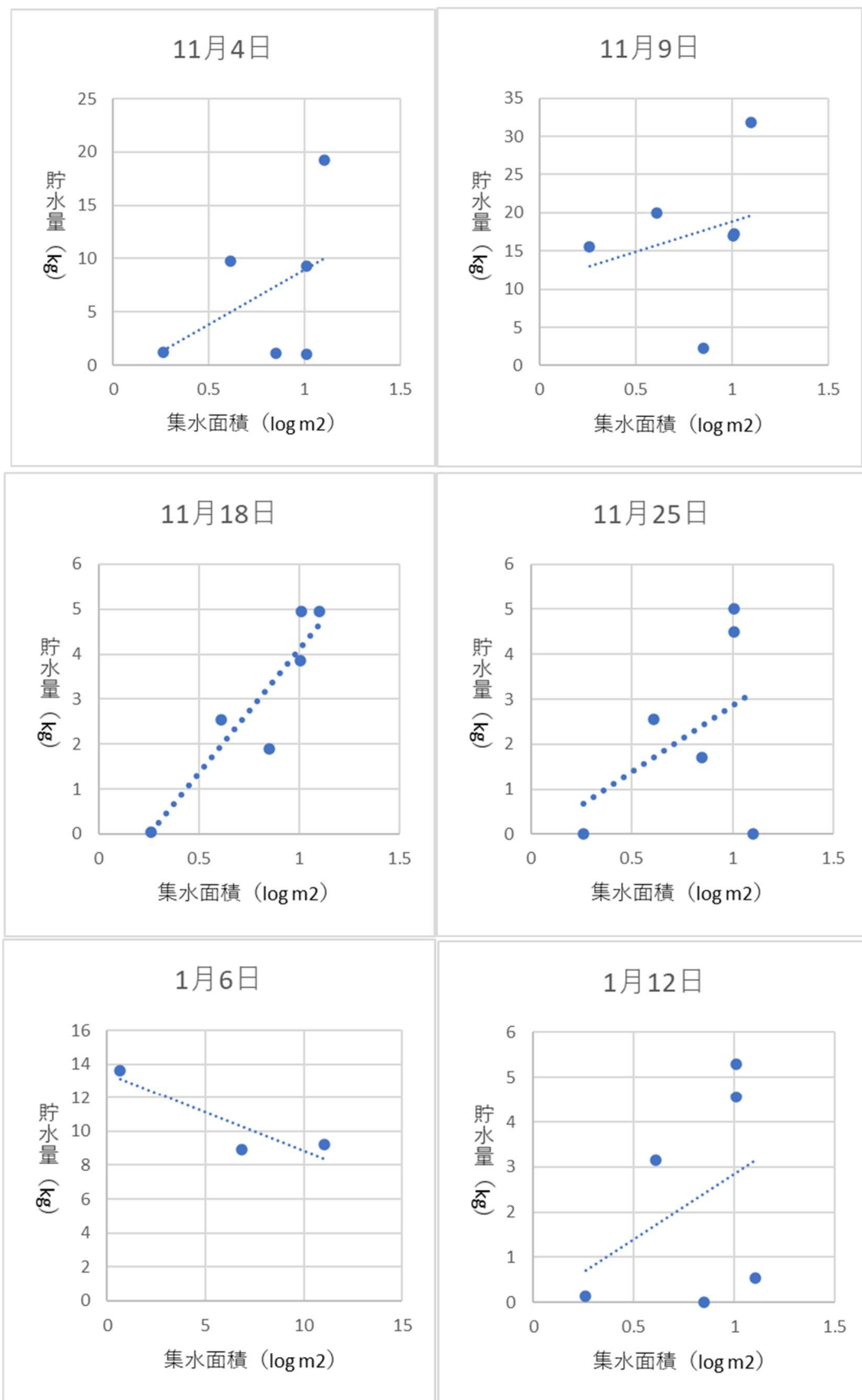


図5 計測日ごとの集水面積と貯水量(続)

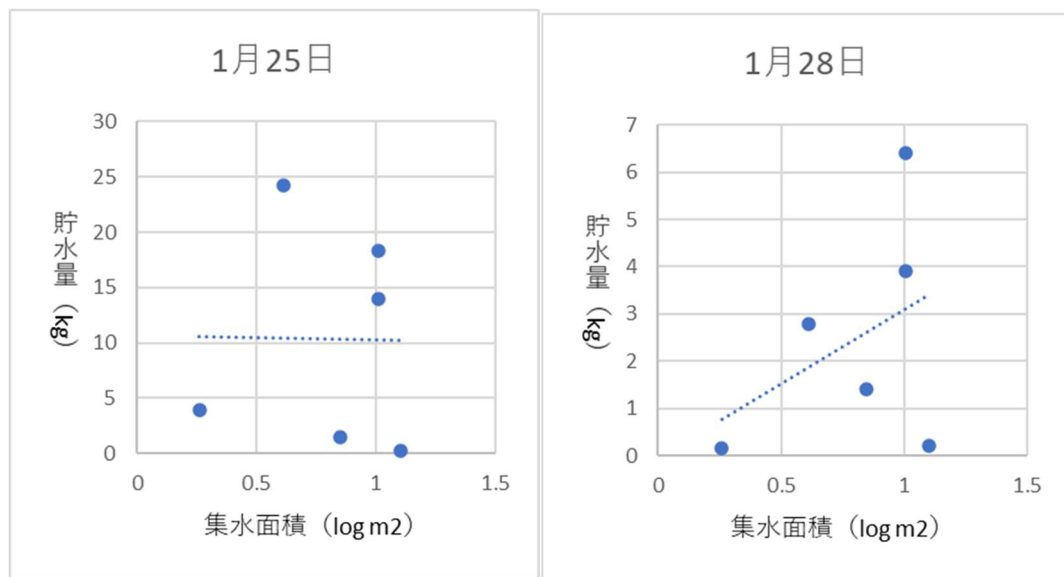


図5 計測日ごとの集水面積と貯水量(続々)

表2 計測日毎の相対係数 (Spearman の順位相関係数)

計測日	10月14日	10月23日	11月4日	11月9日	11月18日	11月25日	1月6日	1月12日	1月25日	1月28日
相関係数	0.500	-0.500	0.143	0.543	0.943**	0.768**	0.543	0.400	-0.314	0.314

考察

本研究では、高精度 DEM を用いた計算結果から予測された集水面積すなわち流入する水の量と、法面を流下する表面流を貯水して測定した貯水量を比較した。集水面積と貯水量の間に強い正の相関が認められるデータもいくつか見られたが、大半のデータでは相関は見られなかった。相関が見られないデータが多かった理由として、実測値と予測値それぞれに原因があると考えられる。有意な相関が認められた図 5-d,e 比較すると、4 番の雨どいでの貯水量の値が他の雨どいより大きく差があることがわかる。このことから、同位置に設置した装置の集水・貯水機能が安定していないことが考えられる。また予測値では、DEM 上で計測位置を再現する際、設置した雨どい 1 本の長さは 3.6m であるため、1m メッシュ DEM の解像度のバランスがとれておらず、DEM 上から 3~4 個の集水面積の抽出で表面流量を比較するのは雨どいの位置の再現や集水面積の計算などにおいて精度が不十分であったことが考えられる。本研究では高精度 DEM の集水面積から林道の流量を精密に予測することは困難であるという結果となったが、雨どいの延長や高精度な DEM の利用で参照する集水面積のデータ数を増やし、位置情報の誤差を相対的に少なくすることで、より正確に表面流との相関を示すことが可能と考えられる。

引用文献

Freeman T. G. (1991) Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid' Computers and Geosciences 17:p. 413-422

平岩武士・福山薫（2000） 局地 DEM と空間情報を用いた斜面災害危険地の評価. 情報地質 11(2) p. 76-77

假屋雅敬（2020 年） 高精度 DEM を用いた路面上の水流予測に関する研究. 宮崎大学農学部卒業論文

気象庁(2020) 全国（アメダス）の 1 時間降水量 50mm 以上の年間発生回数. 閲覧日 2021 年 3 月 30 日, https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html

宗岡寛子（2016） 林内道路の路面侵食と適切な横断溝間隔に関する研究. 東京大学博士論文乙第 18127 号

長塚結花・五味高志・平岡真合乃・宮田秀介・恩田裕一（2014） 林道路面の浸透能と水流出特性. 森林学会誌 96(6) p. 315-322 DOI <https://doi.org/10.4005/jjfs.96.315>

林野庁(2020) 第 5 回今後の路網整備のあり方検討会. 閲覧日 2021 年 3 月 30 日 <https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagyoudo/attach/pdf/kentokai-24.pdf>

矢部和弘・旗生 規・豊川勝生（2010） 作業道における片勾配の排水および浸食防止効果. 東京農業大学農学集報 55(3) p. 249-255