

原 著

イヌムギとエノコログサの引張抵抗力の推定における 地際径と草丈の有効性

Effectiveness of Using Diameter and Height to Estimate the Tensile Force of Rescuegrass and Green Foxtail

藤本 琢也¹⁾ 久利 彩子²⁾ 竹内 直子^{1) 3)} 綿森 葉子¹⁾

Abstract : The purpose of this study is to estimate the tensile force of two weeds, rescuegrass (*Bromus catharticus*) and green foxtail (*Setaria viridis*) using diameter or height. We select 45 samples of rescuegrass and 50 of green foxtail. We measured resistance force against weed-pulling, diameter at the ground surface position, grass height, and soil hardness. Group A includes 45 rescuegrass samples, Group B includes 50 green foxtail samples, and Group C includes samples of both types of weed. We derived simple regression models and determined the best among them according to the coefficients of determination. It is valid to estimate the tensile force using the short diameter for all groups. However, it is not effective to use height as an explanatory variable for each group, even if some nonlinear regression models do so.

Key words : *Bromus catharticus*, *Setaria viridis*, tensile strengths, estimation

要 約 : 本研究の目的は、イヌムギ (*Bromus catharticus*) とエノコログサ (*Setaria viridis*) とともに、引張抵抗力の推定に地際径を説明変数に用いることが有効かどうか、また、引張抵抗力の推定に草丈が説明変数になり得るかどうか検証することである。試料は、イヌムギ 45 本、エノコログサ 50 本とした。これらの引張抵抗力、地際径、草丈、土壌硬度を測定した。試料は、イヌムギ群 (A 群)、エノコログサ群 (B 群)、混合群 (C 群) に群分した。単回帰モデルを導出し、決定係数に応じて最適なものを決定した。地際径の短径を説明変数に用いることは、A 群、B 群、C 群ともに有効であった。一方、草丈を説明変数として用いることは、非線形回帰モデルであっても、すべての群で有効とはいえなかった。

キーワード : イヌムギ、エノコログサ、引張抵抗力、推定

Takuya Fujimoto

E-mail : spb01164@edu.osakafu-u.ac.jp

1) 大阪府立大学 理学系研究科

2) 大阪河崎リハビリテーション大学
リハビリテーション学部 理学療法学専攻

3) 大阪河崎リハビリテーション大学 研究員

2018 年 9 月 20 日受付、2018 年 11 月 12 日受理

1 はじめに

園芸作業は、リハビリテーションにおいてクライアントが実施する作業として有用である^{1,3)}。園芸作業の中には「草抜き」が含まれる。「草抜き」は年間を通して必要な作業である。リハビリテーションを適切に実施するために、クライアントが出来ることと出来ないことの見極めは大切であり、「草抜き」においては、草を抜くのに必要な引っ張り抵抗力を事前に把握しておくことが求められる。

この引張抵抗力について、久利ら⁴⁾は、地面と接する部分の茎の径である地際径を説明変数に用いた単回帰式により、高い精度で推定できるという可能性を示した。しかし、久利らの用いた試料はエノコログサ (*Setaria viridis*) の一種のみであり、他の種についても同様に、引張抵抗力が地際径を説明変数に用いた単回帰式で推定できるか否かは分かっていない。そこで本研究では、調査対象試料に、エノコログサと同様よく見受けられるイヌムギ (*Bromus catharticus*) を加え、引張抵抗力の推定に地際径を説明変数に用いることが有効かどうか検証することとした。

また、地際径を用いて引張抵抗力を推定する方法は、草をより分けるなどの事前作業が必要となり、園芸療法場面でこの指標を用いることは適切とは言い難い。その点、草丈は地際径に比べ、視覚的な判定が容易であり、リハビリテーションの効率化につながると考えられる。しかし、草丈を説明変数にした引張抵抗力の推定が可能かどうか示した研究は見当たらない。そこで筆者らは、引張抵抗力の推定に草丈が説明変数になり得るかどうか検証することとした。検証には、直線回帰に加え、回帰式が曲線を表す式となる非線形回帰も用いることとした。

本研究の目的は、イヌムギとエノコログサともに、引張抵抗力の推定に地際径を説明変数に

用いることが有効かどうか、また、引張抵抗力の推定に草丈が説明変数になり得るかどうか検証することである。

2 試料

試料は、イヌムギ 45 本とエノコログサ 50 本とした。イヌムギ⁵⁾、エノコログサ⁵⁾ともに道ばたなどによく見られる一般的な雑草であり季節を問わず利用することができる。本研究で分析対象としたイヌムギの写真を図 1 に、エノコログサの写真を図 2 に示す。これらが自生していた場所は、大阪河崎リハビリテーション大学敷地内であった。試料の選定条件は、当該試料から 100mm 以内に人工構造物が埋設されていないこと、当該試料を中心とする半径 50mm 内に当該試料以外の植物が生えていないこととした。



図 1 イヌムギ



図 2 エノコログサ

3 測定

測定を実施した期間は、2014年5月2日から2014年6月19日と、2016年7月12日から2016年8月23日であった。

測定した項目は、引張抵抗力、地面と接する部分の茎の径である地際径の長径（最も大きい径）と短径（最も小さい径）、草丈、土壌硬度とした。

表1に、試料についての測定結果を示す。測定方法を以下に記す。

3.1 引張抵抗力の測定方法

測定には、荷重計CLS（東京測器研究所）を使用した。試料の地際部分の茎に麻ひも（16番手6本より、株式会社宮島化学工業）をカウヒッチ結びで固定し、麻ひもの反対部分に荷重計を取り付け、荷重計を鉛直方向に反動をつけずにゆっくり持ち上げた。サンプリングレートは100msecとした。記録する期間は、草を抜くために荷重計を持ち上げる前から草を抜き終わるまでの期間とした。記録したデータの最大値を引張抵抗力の値とした。図3に実際の測定風景の写真を示す。



図3 引張抵抗力の測定風景

3.2 地際径の測定方法

測定には、デジタルノギス19979（シンワ測定株式会社）を使用した。地際径の長径は、目

視で、試料の最大径となる地際部を確認し、その部分にノギスの外側用ジョウを当てて測定した。当てる部分をわずかにずらしながら複数回測定した。得られた複数個の測定値のうち最大値を長径の値とした。短径の値も同様の方法で最小値の値とした。

3.3 草丈の測定方法

測定には、直尺14044（シンワ測定株式会社）を使用した。直尺を水平床面に固定し、抜いた試料をその横に置き測定した。草丈は、地際から茎葉の最先端までの長さとした。

3.4 土壌硬度の測定方法

測定には、土壌硬度計P-344（株式会社藤原製作所）を使用した。当該試料の地際部から十字方向にそれぞれ50mm離れた4ヶ所で、土壌硬度計を土壌面に垂直に圧入して測定した。得られた4ヶ所での値の平均値を、土壌硬度の値とした。

表1 試料についての測定結果

測定項目		イヌムギ	エノコログサ
試料数（本）		45	50
引張抵抗力（N）	最大値	87.36	274.00
	第3四分位数	39.72	120.00
	中央値	22.64	59.45
	第1四分位数	12.72	41.00
	最小値	1.68	6.00
地際径（長径）（mm）	最大値	26.60	42.24
	第3四分位数	11.70	15.52
	中央値	5.40	11.10
	第1四分位数	3.05	7.94
	最小値	1.60	1.98
地際径（短径）（mm）	最大値	15.40	23.02
	第3四分位数	4.58	11.07
	中央値	3.20	8.18
	第1四分位数	1.90	5.01
	最小値	1.10	1.22
草丈（mm）	最大値	1020	1230
	第3四分位数	761.2	850
	中央値	545	710
	第1四分位数	416.2	490
	最小値	250	100

4 分析方法と分析結果

引張抵抗力の推定において地際径を説明変数に用いることが有効かどうかは、測定項目間の相関係数を算出後、線形回帰分析を行い、得られた決定係数で評価した。また、引張抵抗力の推定において草丈が説明変数になり得るかどうかは、非線形回帰分析を行い、得られた決定係数で評価した。

4.1 線形回帰分析と結果

4.1.1 分析手法

試料は3群に群分けして分析した。群分けは、イヌムギ45本をイヌムギ群（以下A群）、エノコログサ50本をエノコログサ群（以下B群）、イヌムギ45本とエノコログサ50本の計95本を混合群（以下C群）とした。まず、引張抵抗力、土壌硬度、長径、短径、草丈の各項目間における相関係数を算出した。次に、目的変数を引張抵抗力とし、説明変数を、土壌硬度、長径、短径、草丈とした線形回帰分析を実施した。さらに、得られた決定係数⁶⁾により回帰式の評価を行った。分析には統計解析ソフトウェアR(The R foundation for Statistical Computing)を用いた。

4.1.2 結果

表2にA群の、表3にB群の、表4にC群の、各項目間における相関係数を示す。引張抵抗力と最も相関が高かったのは、A群は短径、B群は長径、C群は短径であった。

表5に、各群において、引張抵抗力を目的変数にして単回帰分析を行ったときの説明変数ごとの決定係数を示す。最も決定係数が高くなった説明変数は、A群では短径、B群では長径、C群では短径であった。

表6に、各群において、引張抵抗力を目的変数にして、説明変数を2つ用いて重回帰分析を

行った時の自由度調整済み決定係数を示す。重回帰分析による推定精度が最も高かった変数の組み合わせは、A群では硬度と短径、B群では長径と草丈、C群では、硬度と短径、短径と草丈であった。相関が高い長径と短径の組み合わせは、多重共線性を考慮して用いることを避けた。

表5より、単回帰分析を行ったとき最も高い決定係数は、A群の短径で、その値は0.80であった。C群の短径も同じ値を示した。表6より、重回帰分析を行ったとき最も高い決定係数は、C群における硬度と短径の2変数を用いる場合で、その値は0.80であった。C群における草丈と短径の2変数を用いる場合も同じ値を示した。C群において、短径のみを用いる単回帰分析、硬度と短径の2変数を用いる重回帰分析、草丈と短径の2変数を用いる重回帰分析は、同じ決定係数を示した。

図4に、C群における短径と引張抵抗力の散布図および単回帰分析から得られた回帰直線を示す。

表2 A群の各項目間における相関係数

	力	硬度	長茎	短茎	草丈
力	-	-0.12	0.82	0.90	0.37
硬度	-	-	-0.32	-0.20	-0.15
長茎	-	-	-	0.89	0.46
短茎	-	-	-	-	0.43
草丈	-	-	-	-	-

A群：イヌムギ群
力：引張抵抗力

表3 B群の各項目間における相関係数

	力	硬度	長茎	短茎	草丈
力	-	-0.04	0.86	0.80	0.74
硬度	-	-	0.02	-0.04	-0.24
長茎	-	-	-	0.87	0.75
短茎	-	-	-	-	0.62
草丈	-	-	-	-	-

B群：エノコログサ群
力：引張抵抗力

表4 C群の各項目間の相関係数

	力	硬度	長茎	短茎	草丈
力	-	-0.15	0.79	0.90	0.42
硬度	-	-	-0.18	-0.19	-0.22
長茎	-	-	-	0.88	0.60
短茎	-	-	-	-	0.49
草丈	-	-	-	-	-

C群：イヌムギとエノコログサの混合群

力：引張抵抗力

表5 引張抵抗力を目的変数にして単回帰分析を行った時の各項目の決定係数

	長茎	短茎	草丈
A群	0.67	0.80	0.14
B群	0.74	0.64	0.55
C群	0.62	0.80	0.18

A群：イヌムギ群

B群：エノコログサ群

C群：イヌムギとエノコログサの混合群

表6 引張抵抗力を目的変数にして2項目を説明変数にとる重回帰分析を行った時の自由度調整済み決定係数

	硬度と長径	硬度と短径	硬度と草丈	長径と草丈	短径と草丈
A群	0.67	0.80	0.10	0.65	0.79
B群	0.73	0.62	0.56	0.75	0.73
C群	0.61	0.80	0.16	0.61	0.80

A群：イヌムギ群

B群：エノコログサ群

C群：イヌムギとエノコログサの混合群

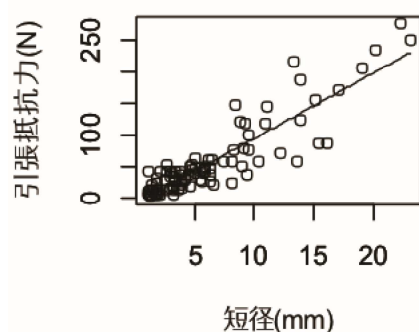


図4 C群における短径と引張抵抗力の散布図および単回帰分析から得られた回帰直線

(回帰式: $y = -8.93 + 10.33x$, y : 引張抵抗力 (N), x : 短径 (mm))

4.2 草丈による引張抵抗力の推定と結果

表6の結果より短径と草丈とを用いることが重回帰分析で有効であることが明らかとなった。短径に比べ草丈の方が視覚的な判定が容易でありリハビリテーションの効率化につながる

と考えられる。そこで草丈のみで引張抵抗力を推定することが可能か否か非線形回帰の手法も含め探索した。

4.2.1 分析手法

探索A A群における草丈と引張抵抗力の回帰可能性について

探索A.1 直線回帰可能性について

図5にA群における引張抵抗力と草丈の散布図を示す。

表5に示したようにA群においては草丈を用いる場合の決定係数0.14であった。これよりA群は直線回帰の当てはまりが悪いことが明らかになった。

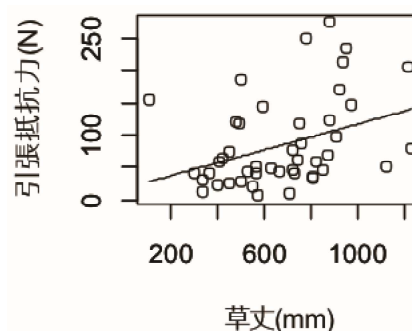


図5 A群における引張抵抗力と草丈の散布図

探索A.2 非線形回帰可能性について

直線回帰の当てはまりが悪いことが明らかとなったので非線形回帰⁷⁾の可能性について探索する。

非線形回帰には対数を利用するもの、指数を利用するもの、多項式を利用するものなどがあるが本研究では対数を利用するものを用いる。具体的には、説明変数、目的変数の双方を対数変換する両対数モデル、または、説明変数、目的変数の一方のみを対数変換する半対数モデルを用いた。対数変換を行うことで、変換後の説明変数、目的変数の間に直線関係が見られるかどうかを調べ、回帰直線の当てはまりが良ければ、対数を外す変数変換を再度行うことで元の説明変数、目的変数に対する当てはまりが良い

回帰曲線を得ることができる。

探索 A.2.1 草丈のみを対数変換したもの

図 6a に A 群について草丈のみを対数変換した場合の散布図と回帰直線を示す。

図 6b に変数変換の結果得られた回帰曲線を示す。

草丈のみを対数変換した場合の回帰直線の決定係数は 0.07 で対数変換前の決定係数 0.14 よりも低い値となった。

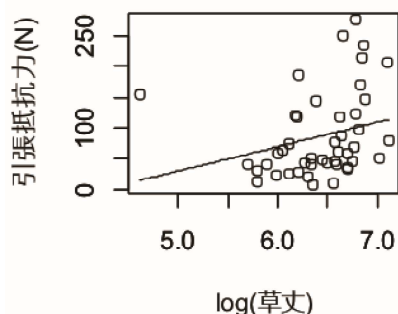


図 6a A 群について草丈のみを対数変換した場合の散布図と回帰直線
(回帰式: $y = 39.70 x^* - 168.6$ $x^*: x = \log x$ の変換値)

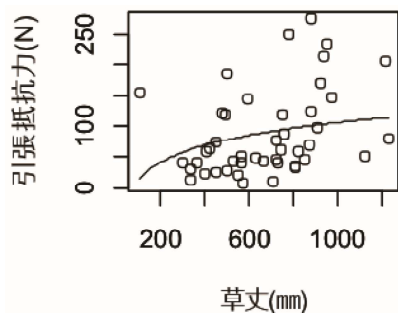


図 6b A 群について草丈のみを対数変換した結果得られた回帰曲線
(回帰式: $y = 39.70 \log x - 168.6$)

探索 A.2.2 引張抵抗力のみを対数変換したもの

図 7a に A 群について引張抵抗力のみを対数変換した場合の散布図と回帰直線を示す。

図 7b に変数変換の結果得られた回帰曲線を示す。

引張抵抗力のみを対数変換した場合の回帰直線の決定係数は 0.14 で対数変換前の決定係数 0.14 と同じ値となった。

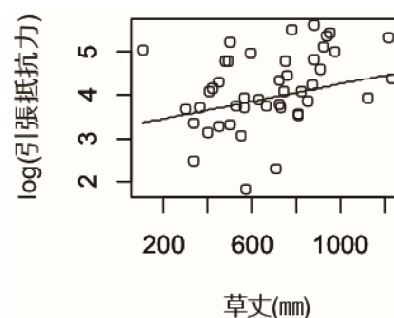


図 7a A 群について引張抵抗力のみを対数変換した場合の散布図と回帰直線
(回帰式: $y^* = 0.001 x + 3.26$, $y^*: y^* = \log y$ の変換値)

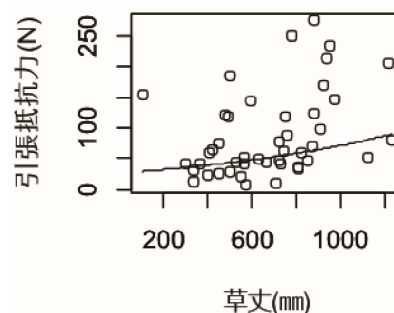


図 7b A 群について引張抵抗力のみを対数変換した結果得られた回帰曲線
(回帰式: $y = \exp(0.001 x + 3.26)$)

探索 A.2.3 引張抵抗力、草丈双方を対数変換したもの

図 8a に A 群について引張抵抗力、草丈双方を対数変換した場合の散布図と回帰直線を示す。

図 8b に変数変換の結果得られた回帰曲線を示す。

引張抵抗力、草丈双方を対数変換した場合の回帰直線の決定係数は 0.07 で対数変換前の決定係数 0.14 よりも低い値となった。

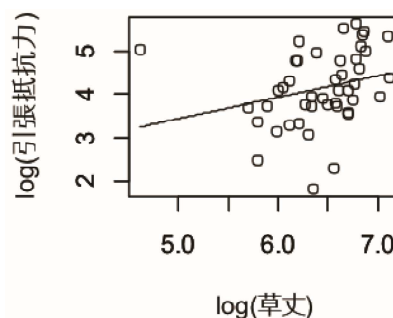


図 8a A 群について、引張抵抗力と草丈双方を対数変換した場合の散布図と回帰直線
(回帰式: $y^* = 0.50 x^* + 0.93$, $y^*: y^* = \log y$ の変換値, $x^*: x^* = \log x$ の変換値)

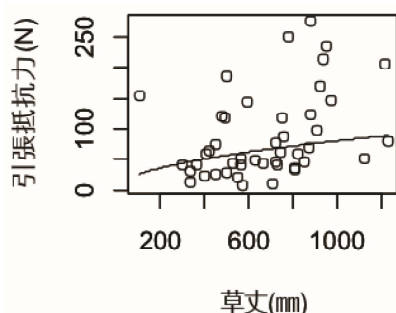


図 8b A 群について引張抵抗力と草丈双方を対数変換した結果得られた回帰曲線
(回帰式： $y = \exp(0.50 \log x + 0.93)$)

探索 B B 群における草丈と引張抵抗力の回帰可能性について

探索 B.1 直線回帰可能性について

図 9 に B 群における引張抵抗力と草丈の散布図を示す。

表 5 に示したように B 群においては草丈を用いる場合の決定係数 0.55 であった。これより B 群は直線回帰の当てはまりが悪いとまでは言えないが信頼できるとは言えない。

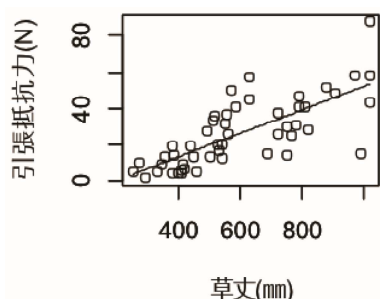


図 9 B 群における引張抵抗力と草丈の散布図

探索 B.2 非線形回帰可能性について

探索 B.2.1 草丈のみを対数変換したもの

図 10a に B 群について草丈のみを対数変換した場合の散布図と回帰直線を示す。

図 10b に変数変換の結果得られた回帰曲線を示す。

草丈のみを対数変換した場合の回帰直線の決定係数は 0.55 で対数変換前の決定係数 0.55 と同じ値となった。

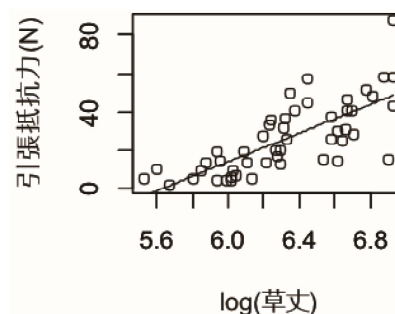


図 10a B 群について草丈のみを対数変換した場合の散布図と回帰直線

(回帰式： $y^* = 37.29 x^* - 209.6$, $x^* : x^* = \log x$ の変換値)

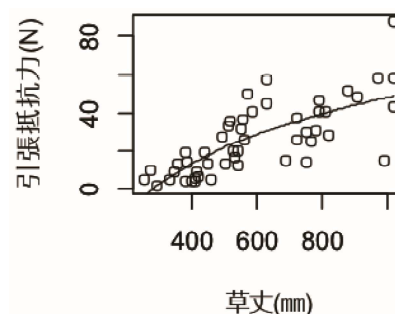


図 10b B 群について草丈のみを対数変換した結果得られた回帰曲線

(回帰式： $y = 37.29 \log x - 209.6$)

探索 B.2.2 引張抵抗力のみを対数変換したもの

図 11a に B 群について引張抵抗力のみを対数変換した場合の散布図と回帰直線を示す。

図 11b に変数変換の結果得られた回帰曲線を示す。

引張抵抗力のみを対数変換した場合の回帰直線の決定係数は 0.54 で対数変換前の決定係数 0.55 より若干低い値となった。

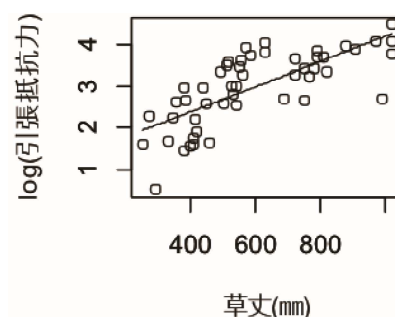


図 11a B 群について引張抵抗力のみを対数変換した場合の散布図と回帰直線

(回帰式： $y^* = 0.003 x + 1.19$, $y^* : y^* = \log y$ の変換値)

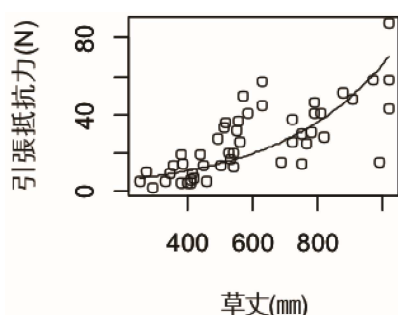


図 11b B 群について引張抵抗力のみを対数変換した結果得られた回帰曲線
(回帰式: $y = \exp(0.003x + 1.19)$)

探索 B.2.3 引張抵抗力、草丈双方を対数変換したもの

図 12a に B 群について引張抵抗力、草丈双方を対数変換した場合の散布図と回帰直線を示す。

図 12b に変数変換の結果得られた回帰曲線を示す。

引張抵抗力と草丈双方を対数変換した場合の回帰直線の決定係数は 0.60 で対数変換前の決定係数 0.55 よりも高い値となった。

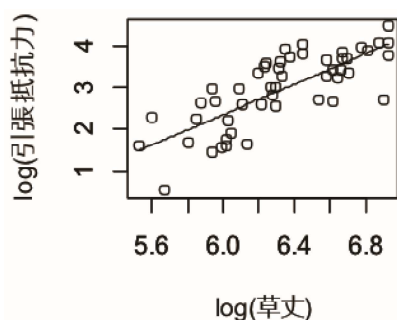


図 12a B 群について引張抵抗力と草丈双方を対数変換した場合の散布図と回帰直線
(回帰式: $y^* = 1.82x^* - 8.57$, $y^* : y^* = \log y$ の変換値、 $x^* : x^* = \log x$ の変換値)

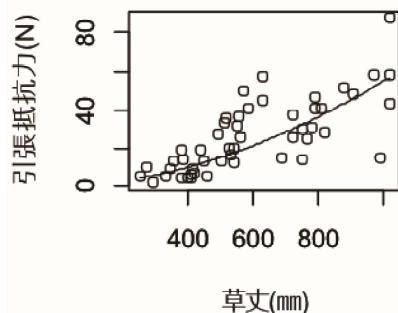


図 12b B 群について引張抵抗力と草丈双方を対数変換した結果得られた回帰曲線
(回帰式: $y = \exp(1.82 \log x - 8.57)$)

4.2.2 結果

表 7 に A 群、B 群において引張抵抗力を目的変数、草丈を説明変数において直線回帰、非線形回帰（草丈のみ対数変換、引張抵抗力のみ対数変換、双方対数変換）を行った時のそれぞれの決定係数を示す。

表 7 直線回帰と非線形回帰における決定係数の変化

	直線回帰	非線形回帰		
		草丈のみ対数	力のみ対数	双方対数
A 群	0.14	0.07	0.14	0.07
B 群	0.55	0.55	0.54	0.60

A 群：イヌムギ群

B 群：エノコログサ群

図 5 ～ 12、表 7 より A 群、B 群において非線形回帰を試みても直線回帰と比較して当てはまりの良さが飛躍的に高くなることは無かった。草丈は引張抵抗力を推定するための説明変数として有効とはいえない。

5 考察

本研究の目的はエノコログサ以外の種についても地際径が引張抵抗力を推定するための説明変数として有効であるかどうか、また草丈が引張抵抗力を推定するための説明変数になり得るか検証することであった。

久利らによる先行研究⁴⁾により、地際径（地面と接する部分の茎の径）を説明変数に用いた単回帰分析でエノコログサの引張抵抗力を高い精度で推定することが可能であることが示された。本研究では、調査対象としてイヌムギを加え、同様に引張抵抗力推定についての検証を行った。先行研究では、説明変数の一つである地際径には長径が用いられていたが、本研究では、長径に加えて新たに短径を用いることとした。これは、より高い精度の回帰による推定を期待したものである。さらに先行研究に習い、説明変数に土壌硬度、長径、短径、草丈を用い

て各項目から回帰分析による引張抵抗力の推定を行った。

引張抵抗力の推定でまず行ったのが、先行研究で示された長径での推定が、種が違うイヌムギでも同様のことがいえるのかどうか検証することであった。結果は、長径ではなく短径が採択された。すなわち、種によって引張抵抗力の推定の項目は、同じ地際径でも長径と短径の違いがあることが示唆された。イヌムギの場合は、長径よりも短径の方が回帰式の当てはまりが良かったが、説明変数として長径を利用することは、その決定係数が0.67であったことから可能であると考えられた。これより、エノコログサ以外の種についても、長径が引張抵抗力を推定するための説明変数として採用できる可能性はある。

イヌムギ、エノコログサともに、引張抵抗力と長径、短径の間には非常に高い相関関係が見られたが、2つの草の区別を無くし相関性を調査したところ、同様に引張抵抗力と長径、短径の間に高い相関関係が見られた。特に、引張抵抗力と短径の間には0.90という非常に高い値が見られたため、2つの草の区別を無くしても高い精度での推定が可能ではないかと考えた。これについて単回帰分析を行い決定係数を求めたところ、0.80という非常に高い精度で推定可能であることが分かった。草を選別しなくても引張抵抗力の推定精度は著しく低下することがないことを検証できた。また、短径を説明変数に用いた単回帰分析で十分であることも分かった。多重共線性の問題⁸⁾を考慮して、本研究では、短径と長径の2つを用いて重回帰分析を行うことは避けた。

また草丈による推定も試みた。図5、図9は、イヌムギ、エノコログサにおける引張抵抗力と草丈の散布図であるが、直線的な関係は見られなかった。よって線形回帰は不適であると判断し、力と草丈の一方を対数変換する半対数モデル、

双方を対数変換する両対数モデルといった非線形回帰を行った。しかし精度の高い結果は得られなかった。図6～8、10～12より、半対数モデルや両対数モデルを用いても地際径より精度の高いモデルは得ることができなかった。本研究で探索した非線形モデルで得られた結果より、多項式モデルなどの当てはまりの可能性も排除された。これより、筆者らは、代表的な非線形回帰に関しては、当てはまりが良いモデルは見いだせないと判断した。以上より、引張抵抗力の推定には短径を説明変数に用いた単回帰分析が最も効果的であると結論づけた。

臨床の場合においては、長径や短径などの地際径を参考にするよりも、より直感的にそのサイズを確認できる草丈を参考にして、引張抵抗力を推定する方が現実的であるが、草丈を利用した推定式は、現時点では、実用上利用可能とはいえなかった。

地際径は高い精度で当てはまりが良かったが、これは本研究のデータセットにのみ当てはまることであり、一般のイヌムギとエノコログサ全てに当てはまることが保証されているわけではないということに注意が必要である。またデータセットの上限下限を超えるものに関しては適用外であることに注意が必要である。

6 まとめ

地際径の短径は、エノコログサとイヌムギともに、引張抵抗力を推定するための説明変数として有効である。また、草丈は、引張抵抗力を推定するための説明変数として有効であるとはいえなかった。

[引用文献]

- 1) 田崎史江：園芸療法．バイオメカニズム学会誌，30：59-65, 2006.
- 2) 公益財団法人長寿科学振興財団：健康長寿ネッ

- ト - 園芸療法 の健康効果とは. <<https://www.tyojyu.or.jp/net/kenkou-tyoju/shintai-kenkou/engei.html>>.[accessed 2018-08-18]
- 3) 杉原 式穂, 青山 宏, 竹田 里江, 他: 園芸療法が施設高齢者の精神機能および行動面に与える効果. 老年精神医学雑誌, 16: 1163-1173, 2005.
- 4) 久利彩子, 田崎史江, 中裕俊介, 竹内直子: エノコログサにおける引張抵抗力推定の可能性評価. 大阪河崎リハビリテーション大学紀要, 12: 59 - 65, 2018.
- 5) 岩瀬徹: 形とくらしの雑草図鑑. 全国農村教育協会. 東京, pp.160-164, 2007
- 6) BellCurve: 統計 WEB- 統計学を身に着けて論文を書こう.
<<https://bellcurve.jp/statistics/>>.[accessed 2017-11-11]
- 7) 豊田秀樹: 回帰分析入門 (R で学ぶ最新データ解析). 東京図書, 東京, 2012.
- 8) 豊田利久, 大谷一博, 小川一夫: 基本統計学「第3版」. 東洋経済新報社, 東京, pp.201-203, 2010.