

報告

エノコログサにおける引張抵抗力推定の可能性評価

Assessment of the Possibility of Estimating Green Foxtail's Tension Resistance

久利 彩子¹⁾ 田崎 史江²⁾ 中裕 俊介²⁾ 竹内 直子³⁾

Abstract: Gardening is useful as a means of rehabilitation. Pulling out weeds is necessary in the course of gardening throughout the year. The authors propose that if the force required for this weed-pulling could be estimated, the utilization of this weed-pulling work in rehabilitation could be made effective. The objective of this study is to examine whether the resistance force against weed-pulling can be estimated. Fifty green foxtail (*Setaria viridis*) plants were used as samples. The following variables were measured: resistance force against weed-pulling, diameter of green foxtail at the ground surface position, grass height, root length, soil hardness, and amount of moisture in the soil. As a result of multiple regression analysis, two variables, namely, the diameter of green foxtail at the ground surface position and grass height were chosen as the variables that influence the resistance force against weed-pulling. The root length, soil hardness, and amount of moisture in the soil were not chosen. The partial correlation coefficient between the resistance force against weed-pulling and the grass height was not significant. The coefficient of determination (modified R^2) was 0.75 for the multiple regression analysis that involved two variables, i.e., the diameter of green foxtail at the ground surface position and grass height as explanatory variables, and 0.73 for a single regression model with a single variable, i.e., the diameter of green foxtail at the ground surface position. It was deduced that the resistance force against pulling out green foxtail could be estimated by the diameter of the plant at the ground surface position regardless of the grass height, root length, soil hardness, and amount of moisture in the soil.

Key words : grass, tensile strengths, estimation, *Setaria viridis*

要 約 : 園芸作業はリハビリテーションの手段として有用である。園芸作業で行われる草抜きは、年間を通して必要である。筆者らは、この草抜きに必要な力が推定できれば、草抜きがリハビリテーションで効果的に利用できると思った。本研究の目的は、草の引張抵抗力が推定可能かどうかを検討することである。試料は、エノコログサ (*Setaria viridis*) 50 本とした。測定した項目は、引張抵抗力、地際径、

Ayako Hisari

E-mail : hisaria@kawasakigakuen.ac.jp
大阪河崎リハビリテーション大学

- 1) リハビリテーション学部 理学療法学専攻
- 2) リハビリテーション学部 作業療法学専攻
- 3) リハビリテーション学部 理学療法学専攻 久利研究室研究員

草丈、根長、土壌硬度、土壌水分量であった。重回帰分析の結果、引張抵抗力の説明変数には、地際径、草丈の2変数が選択された。根長、土壌硬度、土壌水分量の3変数は選択されなかった。引張抵抗力と草丈との偏相関係数は有意ではなかった。決定係数（修正 R^2 ）は、説明変数に地際径、草丈の2変数を含む重回帰モデルが0.75、地際径の1変数のみの単回帰モデルが0.73であった。エノコログサにおける引張抵抗力は、草丈、根長、土壌硬度、土壌水分量に関わらず、当該試料の地際径で推定が可能と考えられた。

キーワード：草、引張抵抗力、推定、エノコログサ

1 はじめに

園芸作業はリハビリテーションの手段として有用である¹⁻⁴⁾。園芸作業には、「土作り」「播種」「水やり」「草抜き」「収穫」などがある。これらの内、「草抜き」は、年間を通して必要である。草抜き作業における特徴としては、姿勢変換動作が含まれること、目と手の協調運動が必要であること、没我性があること、作業後の爽快感や達成感があること、草を抜く瞬間に力発揮が必要であること、等があげられる。筆者らは、草抜き作業における特徴の内、草を抜く瞬間には力発揮が必要、という特徴に着目した。豊原⁵⁾は、園芸作業内容を決定するにあたり、対象者のできることできないことの見極めの大切さを示しているが、このためには園芸作業に必要な力を事前に把握しておく必要がある。藤原⁶⁾は、園芸作業に必要な力の程度は変化することを、松尾⁷⁾は、園芸作業の種類毎の運動強度を示しているが、草抜きの力について、草の大きさによってその程度が異なるということを経験的には認識している以上の知見は見当たらない。筆者らは、この草抜きに必要な力を推定できれば、草抜きがリハビリテーションで効果的に利用できると考えた。

草抜きに必要な力としては、草を抜くときに発生する草の引張抵抗力があげられる。この引張抵抗力に関する先行研究としては、樹木に対するものは報告^{8,9)}されているが、草に関する

ものは見当たらない。さらに、草における引張抵抗力を草のサイズなどから推定した研究も見当たらず、草における引張抵抗力について推定可能性の有無は不明である。そこで筆者らは、この推定可能性の有無を検討することとした。研究実施にあたり、本研究では、数ある草の内、現実的に多く観察されるエノコログサを対象試料とした。

本研究の目的は、エノコログサにおける引張抵抗力推定の可能性を検討することである。

2 試料

試料は、大阪河崎リハビリテーション大学敷地内に自生していたエノコログサ（学名：*Setaria viridis*）50本とした。試料の選定条件は、試料から100mm以内にブロック塀などの人工構造物が埋設されていないこと、試料を中心とした半径50mmの円内に当該試料以外の植物が生えていないこと、試料の地際土壌表面がコケに覆われていないこと、とした。データ収集は、2016年7月12日から2016年8月23日に実施した。

3 方法

3.1 測定項目

測定した項目は、引張抵抗力、地際径（地面と接する部分の茎の径）、草丈、根長、土壌硬度、土壌水分量であった。

3.2 測定方法

3.2.1 引張抵抗力の測定

引張抵抗力の測定は、荷重計 CLS（東京測器研究所）を使用した。引張抵抗力の測定手順は次の通りである。まず、試料における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た。次に、麻ひもの反対部分に荷重計を取り付けた。引き抜く加速度の変化によって引張抵抗力が影響を受けないよう、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。測定器を持ち上げ始めてから草を抜き終わる間の力を記録した。測定時のサンプリングレートは100msecとした。結果には、記録したデータから得た最大値を用いた。

3.2.2 地際径の測定

地際径は、地際部の最大直径部を測定した。測定には、測定値ホールド機能をもつ、デジタルノギス 19979（シンワ測定株式会社）を使用した。まず目視で試料の長径となる部分を確認し、ノギスの外側用ジョウを複数方向から当てて測定し、それらの内の最大値を結果に用いた。

3.2.3 草丈および根長の測定

草丈および根長の測定には、ピッチが1mmの直尺 14044（シンワ測定株式会社）を用いた。直尺は水平床面に固定し、抜いた試料をその横に位置させ、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。地上部の高さとした。根長は、抜いた試料の根を草の縦方向に伸ばした後、地際から根の最先端までの長さとした。

3.2.4 土壌硬度の測定

土壌硬度の測定には、土壌硬度計 P-344（株式会社藤原製作所）を使用した。測定は、引張抵抗力の測定前に実施した。測定場所は、当該試料の地際部から十字方向にそれぞれ50mm離れた4ヶ所とした。土壌硬度計は測定土壌面に垂直に圧入して測定を実施した。解析に用いる値

は、4ヶ所の平均値とした。

3.2.5 土壌水分量の評価

土壌水分量の評価は、土壌を手で握って実施した。評価は、北海道檜山振興局が提示している基準¹⁰⁾に、土壌水分状態が乾燥している状態を表す基準を加え、5段階で評価した。本研究で用いた評価基準を表1に示す。この評価は、引張抵抗力の測定直後に、試料の根が存在していた部分の土壌に対して行った。

表1 土壌水分量の評価基準

段階1. 握ると水がにじみ出る
段階2. 握ると掌が濡れて汚れる
段階3. 握ると掌がわずかに濡れる
段階4. 握ると湿り気は感じるが掌は濡れない
段階5. 握ると湿り気を感じない。掌から土がばらばらと落ちる

* 評価は、土壌を手で握って実施。

4 解析方法

引張抵抗力を推定する重回帰分析を行った。目的変数を引張抵抗力に、説明変数を地際径・草丈・根長・土壌硬度・土壌水分量とした。これらの説明変数から複数の分析モデルを減増法で構築し、それぞれ決定係数（修正 R^2 ）を得た。また、全変数間の関連は、相関係数および偏相関係数を用いて解析した。

統計解析には、BellCurve for Excel（株式会社社会情報サービス）を使用した。有意水準は5%とした。

5 結果

表2に、試料における各変数の要約を示す。表3に、目的変数を引張抵抗力に、説明変数を地際径・草丈・根長・土壌硬度・土壌水分量にした重回帰分析結果を示す。重回帰分析には減

増法を用いた。表4に、重回帰分析の最終結果モデルおよび、説明変数を地際径のみ、草丈のみとした単回帰分析モデルを示すと同時に、それらの決定係数（修正R²）を示す。また、表5

に、モデルの回帰式を示す。表6に、土壌水分量を除く変数間における相関係数および偏相関係数を示す。

表2 試料における各変数の要約

変数	中央値	最小値	最大値	範囲
引張抵抗力 [N]	22.6	1.7	87.4	85.7
地際径 [mm]	5.4	1.6	26.6	25.0
草丈 [mm]	545.0	250.0	1020.0	770.0
根長 [mm]	72.5	15.0	230.0	215.0
土壌硬度 [mm]	11.3	0.0	23.0	23.0
土壌水分量	5	3	5	2

表3 引張抵抗力を目的変数とした重回帰分析結果

項目	ステップ0	ステップ1	ステップ2	ステップ3	ステップ4
定数	-7.00	-7.10	-7.39	-3.31	-1.98
地際径	1.97**	1.96**	1.97**	2.08**	2.13**
草丈	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02*
根長	0.06	0.06	0.06	0.04	-
土壌硬度	0.19	0.19	0.21	-	-
土壌水分量 段階3	-2.04	-1.78	-	-	-
段階4	-1.79	-	-	-	-
段階5	[ref]	-	-	-	-

* : p<.05

** : p<.01

[ref] : ダミー変数の「基準カテゴリー」であることを示す

表4 重回帰モデルと単回帰モデル分析結果

項目	重回帰モデル	地際径単回帰モデル	草丈単回帰モデル
定数	-1.98	5.82*	-12.00**
地際径	2.13(0.69)**	2.67**	-
草丈	0.02(0.23)*	-	0.06
決定係数（修正R ² ）	0.75	0.73	0.54

* : p<.05

** : p<.01

重回帰モデルの括弧内の数字は、標準偏回帰係数を示す。

表5 モデルの回帰式

項目	回帰式
重回帰モデル	引張抵抗力 [N]= -1.98+2.13・地際径 [mm]+0.02・草丈 [mm]
地際径単回帰モデル	引張抵抗力 [N]= 5.82+2.67・地際径 [mm]
草丈単回帰モデル	引張抵抗力 [N]= -12.0+0.06・草丈 [mm]

表6 変数間の相関係数と偏相関係数

	引張抵抗力	地際径	草丈	根長	土壌硬度
引張抵抗力	-	0.86**	0.74**	0.47**	-0.04
地際径	0.62**	-	0.75**	0.42**	0.02
草丈	0.28	0.37*	-	0.46**	-0.24
根長	0.20	0.12	-0.02	-	-0.49**
土壌硬度	0.11	0.25	-0.32*	-0.52**	-

* : p<.05

** : p<.01

表中右上が相関係数、左下が偏相関係数

6 考察

本研究の目的は、エノコログサにおける引張抵抗力推定の可能性を、検討することであった。

人が草を抜く時の力は、草の大きさや生えている土壌の硬度などによって、必要となる力が異なると考えられる。また、その時の草の把持の方法や草抜き時の姿勢によって、身体で発揮される力の部位や程度も多様と考えられる。そこで、草の把持方法や姿勢の違いによる生体に必要な力の研究については、他研究の対象と位置づけ、本研究では、引張抵抗力のみに着目した研究を実施した。

研究に用いた試料は、エノコログサとした。エノコログサは、1年草¹¹⁾のため、引張抵抗力を推定する変数に生育年数を加える必要のない草である。また、草の根が主根・側根の場合と異なり、草を抜く時に根の主要な部分が連続性を保持しつつ抜くことができる。このため、取得データを高い信頼性で得ることが可能な試料と考えられる。また、試料は自生しているものとした。この条件は、草抜きをリハビリテーションで利用する時の状況により近いものになると考えた。

植物の引張抵抗力には、根と土の摩擦抵抗力が含まれ¹²⁾、先行研究としては、樹木における根の直径との関連を示した報告⁹⁾がある。本研究が試料とする草の引張抵抗力に影響するものとして、草のサイズや土壌の状態など、複数の要因が考えられるが、これらの関連を調査したものが見当たらない。よって本研究では、引張抵抗力の要因に、草のサイズとして地際径・草丈・根長を、土壌の状態として土壌硬度・土壌水分量を選択し、引張抵抗力の推定を試みた。減増法による重回帰分析の変数選択の結果、地際径と草丈が選択され、根長・土壌硬度・土壌水分量は選択されなかった。この結果は、草の

引張抵抗力は、土壌硬度や土壌水分量といった土壌の状況および草の根長を勘案せずに推定できることを意味する。一方、偏相関係数について、引張抵抗力と地際径とで0.62と強い相関を示し、草丈・根長・土壌硬度との相関は低かった。さらに、偏相関係数の検定が有意であったのは、地際径のみであった。この結果は、草の引張抵抗力は地際径のみと関連していることを意味する。先の重回帰分析で得られた標準偏回帰係数（地際径0.69と草丈0.23）の比較によっても、地際径は草丈よりも引張抵抗力をより説明できることが明らかとなった。また、この重回帰モデルの決定係数（修正 R^2 ）が0.75なのに対して、単回帰モデルにおけるそれは、地際径単回帰モデルで0.73、草丈単回帰モデルで0.54であることから、地際径の1変数を用いるモデルと、地際径と草丈の2変数を用いるモデルでは、引張抵抗力を同程度説明できると言える。これは、エノコログサの引張抵抗力は、地際径と草丈から推定できるが、同程度の精度で、地際径の一変数のみから推定できることを意味する。

他方、重回帰分析において、根長と土壌硬度と土壌水分量は、引張抵抗力の推定に効果がないことがわかった。さらに、引張抵抗力と根長との相関係数（0.47）は有意であったが、偏相関係数（0.20）は有意でなかった。つまり、引張抵抗力と根長との関係に他の要因が影響する状態では、引張抵抗力と根長との関連は認められるが、他の要因の影響を受けなければ、引張抵抗力と根長との関連は認められなかった。筆者らは、引張抵抗力と土壌硬度との関係について、土壌硬度が高い方が引張抵抗力は大きくなると予想していた。引張抵抗力と土壌硬度との関連について、相関係数（-0.04）および偏相関係数（0.11）のどちらの検定においても有意な関連は認められなかった。土壌硬度が関連しないことの原因として、土壌硬度が高いと根の

発育が困難となる¹³⁾ことが影響していると考えられた。

本研究の結果の解釈に注意を必要とする測定項目として、土壌硬度と土壌水分量があげられる。本研究で測定した土壌硬度は、試料の周囲50mm四方の部位で測定した値の平均値とした。この方法を用いたのは、試料の地際部分の土壌硬度の測定が、試料の引張抵抗力に直接影響が生じることが考えられるため、試料の根が存在する深さでの土壌硬度の測定は、調査部分まで土壌を掘り起こすことが、試料の引張抵抗力に直接影響すると考えられるためである。土壌水分量の評価は、引張抵抗力の測定直後に、試料の根が存在していた部分の土壌を手で握り、その感覚を5段階のカテゴリーに分類したものであり、客観的評価でないことから、本研究の解釈に注意が必要と考えられる。また、本研究の試料の選定には条件を設けた。条件としては、試料は大阪河崎リハビリテーション大学敷地内に自生していたもので、その試料の周囲100mm以内には、人工構造物が埋設されておらず、引張抵抗力が根と人工構造物との摩擦による影響を受けないものとしたこと、試料を中心とした半径50mmの円内に当該試料以外の植物が生えておらず、引張抵抗力が当該試料の根と他の植物の根とが混在することによる影響を受けないものとした。さらに、試料の地際土壌表面がコケに覆われている場合には、コケと当該試料の根との引張抵抗力を測定することとなり、これも、本研究の試料から除外した。本研究で除外されているものを含む引張抵抗力の推定可能性の検討のためには、これらの測定手法の検討が必要と考える。

本研究では、エノコログサにおける引張抵抗力は、草丈、根長、土壌硬度、土壌水分量に関わらず、当該試料の地際径のみで精度よく推定可能であることを示した。本研究の結果が、本研究以外の生育条件や草の種類にも適応できる

かどうかは不明である。今後は、この点についての検討が必要と考える。

7 結論

エノコログサにおける引張抵抗力は、草丈、根長、土壌硬度、土壌水分量に関わらず、当該試料の地際径で推定が可能と考えられた。

謝辞

本研究の一部は、大阪河崎リハビリテーション大学平成28年度共同研究費で実施しました。本論文の翻訳・校正にあたり Crimson Interactive Pvt. Ltd. (Ulatas) - www.ulas.jp にご協力いただきました。この場をかりて、心より感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) 瀧 邦夫 “園芸療法－植物とのふれあいで心身をいやす” 日本地域社会研究所, 東京, 2008.
- 2) 館内由枝, 島田 隆美子, 浦野 洋子, 他 精神疾患患者における園芸を用いた作業療法の心理的効用. 医療 2004, 58 : 211-215.
- 3) 杉原式穂, 青山 宏, 杉本 光公, 他 園芸療法が施設高齢者の精神面、認知面および免疫機能に与える効果. 老年精神医学雑誌 2006, 17 : 967-975.
- 4) 山根健治, 川島 桃, 藤重宣昭 鉢苗の移植作業が脳波、筋電図、瞬き率、感情に及ぼす影響. 人間・植物関係学会雑誌 2002, 2 : 34-38.
- 5) 豊原憲子, 石神洋一, 宮上佳江 “福祉のための農園芸活動－無理せずできる実践マニュアル” 社団法人農山漁村文化協会, 東京, 2007, p.65-67.
- 6) 藤原 茂 “園芸療法入門” 特定非営利法人夢の湖舎出版部, 山口, 2003, p.65-67.
- 7) 松尾英輔人と植物とのかかわりを探る(13) 私たちを魅了する園芸の不思議パワー. 農業および

- 園芸 2017, 92 : 117-128.
- 8) 杉山太宏, 大塚泰洋, 前田浩之助, 他 勝根の張り方と根系の引張抵抗力. 東海大学紀要工学部 2001, 41 : 71-76.
 - 9) 野々田稔郎, 林 拙郎, 川邊 洋 根系の引張強度と曲げ強度から推定した樹木根系の斜面安定効果. 日本林學會誌 1994, 76 : 456-461.
 - 10) 北海道檜山振興局檜山農業改良普及センター発行の技術資料. <http://www.hiyama.pref.hokkaido.lg.jp/ss/nkc/gijyutu/asupara/3asu11-16.pdf> (閲覧日 2017年8月8日)
 - 11) 岩瀬徹 “形とくらしの雑草図鑑” 全国農村教育協会, 東京, 2011.
 - 12) 阿部和時 樹木根系が持つ斜面崩壊防止機能の評価方法に関する研究. 森林総研研報 1997, 373 : 105-181.
 - 13) 長谷川秀三 特集「斜面の安定と根系を巡る諸問題」根系深さの推定手法. 日本緑化工学会誌 2005, 31 : 346-351.