Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2025-07-16

倒伏抵抗性検定方法についての一考察 : とくにcLrと安全率の比較

永田, 忠男

(Citation)
神戸大学農学部研究報告,9(1/2):32-37

(Issue Date)
1971

(Resource Type)
departmental bulletin paper

(Version)
Version of Record

(JaLCDOI)
https://doi.org/10.24546/00227170

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/00227170

倒伏抵抗性検定方法についての一考察

とくに cL_r と安全率の比較**

永　田　忠　男*

（昭和46年1月9日受理）

A Consideration on the Method of Testing Lodging Resistance With a Special Regard to a Comparison Between the cL_r and the Safety Factor

Tadao NAGATA

作物の倒伏抵抗性の力学的検定方法としては，従来挫折重を基礎とする方法が多く提案された。しかし，挫折の現象はイネ科作物でも，多くは倒伏が著しい場合に認められ，倒伏程度の品種，系統間差異は挫折がおこる以前の茎の屈曲に関係することが多い。イネ科作物以外では，圃場における倒伏はむしろ挫折を生じない屈曲によって倒伏することが多い。

筆者は大豆の倒伏抵抗の品種間差異，検定方法について，2，3の考察を行った（永田 1968a. b. c.）が，従来の倒伏抵抗の検定方法の中，屈曲抵抗すなわちたわみ重を基礎とする方法が有用であった。たわみ重を基本とする検定の中，理論的にも実用的にも有用な方法として，GRAFIUS and BROWN (1954) のcL_rと加藤一・加藤雄 (1962) の安全率の両者があげられる。しかし，これらの方法は，測定方法と倒伏抵抗を推定する基本的な考え方に差があり，その値は必ずしも同じような品種間差異を示さない。とくに，茎の太さをふくめた生育態勢に差があるときに2つの測定値はかなり異って算定される。従って，実際の品種，系統間差異を考察するに当っては，このことを充分考慮しておく必要がある。

筆者は，すでに大豆の倒伏抵抗性検定にあたって，これらのことについて考察した（永田 1968b）が，さらにこれらの関係を一層明らかにするために，ムギ類を用いて行った実験結果につき，ここに若干の考察を行ないたい。

実験材料および方法

実験材料　ムギ類の中，コムギは稈が細く，稈長に比し稈の生体重が軽く，ハダカムギ，オオムギは稈が太く稈長に比し，稈の生体重が重い。本実験ではコムギ14品種（畠田小麦，江島神力，埼玉小麦，農林21号，農林29号，農林30号，農林45号，農林50号，農林52号，農林54号，農林62号，農林68号，農林72号，中江），ハダカムギ6品種（四国稷12号，西海稷1号，ハヤウレハダカ，新淡路，赤神力，ハシリハダカ），オオムギ5品種（鎌倉，関取埼1号，八石，会津7号，ショウキムギ）の計25品種を用い，個々の品種間差異より）これら品種群間の差異を中心として検討した。

栽培は兵庫県篠山町の旧兵庫農科大学作物育種学研究室圃場で行われ，1961年11月5日に畝間60cm，長さ2mの畝に条播された。栽培法は慣行に準じて行われ，土寄せ，土入れはほとんど行なわなかった。また本実験は個々の品種間差異を検討するのが目的でないので，試験区の反覆は行わなかった。

実験方法　各品種の出穂期を調べ，出穂2週間後に代表的な10株より，主稈または第1分けて稈を根部より切取り，次の事項を測定した。

1．生体重 W，　2．稈長 b，　3．重心高 b_1　4．たわみ重 F（Chainおよびおもりによる方法），5．荷重時の重心高 b_2，　6．穂重 W_s．

たわみ重はGRAFIUS 等によれば，1個0.92g，直径0.5インチのリンクを連ねたChainを用い，穂の基部にかけて，平衡を保ったときのリンクの数を算えてグラムに換算されている。加藤等によれば，重りを直接，穂を除いた稈の先端につけ，水平にまがるときの重さを測ることによって測定されている。筆者はこの両方法によってたわみ重さを測定したが，加藤等のたわみ重は穂をつけたままの稈の穂の基部におもりをかけたたわみ重とした。cL_rは F/b によって算出した。GRAFIUS 等はFはg b はインチを用いているが，ここではいずれもg，cmを用いた。安全率は加藤等の方法によればF_1（穂を除いた稈のたわみ重）W_r（穂を除いた生体重）を用いて（F_1+W）b_2を抵抗力，Wb_2をモーメントとして両者の比をもって安全率としている。

しかし　$F_1-W_s \fallingdotseq F$　$W_s+W_r=W$であるから

---

*　作物育種学研究室

**　日本育種学会第24回講演会で発表

$$安全率=\frac{(F_1+W_r)\ b_2}{Wb_1}\fallingdotseq\frac{(F+W_s+W_r)\ b_2}{Wb_1}=\frac{(F+W)\ b_2}{Wb_1}$$

として安全率を算出した。

外に圃場での倒伏の程度を観察により，0：無，I：微，II：小，III：中，IV：多，V基の6階級に分けた。

実験結果

(1)　cL_r と安全率の比較

第1表にみられるようにcL_rと安全率のたわみ重の測定方法はいく分異なるけれども，両者の間には+0.9825の高い有意な相関が認られ，測定方法の差異はcL_rと安全率の品種間差異には著しい影響をもつものとは思われない。しかし，cL_rと安全率との相関は+0.1005で著しく低い。

一方供試材料についての稈長と生体重の相関は+0.0362で著しく低く，しかも第1図にみられるように，cL_rと安率の相関図とよく一致する。

すなわち，コムギは稈長に比し，生体重が軽く，安全率は大きく計算されるが，cL_rは比較的に小さく計算され，ハダカムギは逆に稈長に比し生体重が重く，安全率に比し，cL_rが大きく算出される。オオムギは両者の中間であるがハダカムギに近い。

倒伏度とはcL_r，安全率それぞれ−0.2600，−0.3125の相関係数でいずれも有意でなく，両者の間にも差が認められ難い。

Table 1.　Correlations concerning the cL_r and the safety factor (d. f. =23)

Correlation between	coefficient (r)
Loads in bending measured by chain and by the weight	+0.9825**
Stalk length and fresh weight	+0.0362
cL_r and safety factor	+0.1005
Safety factor and F/W	+0.8495**
cL_r and F/W	+0.2422
Safety factor and F/bW	+0.7850**
cL_r and F/bW	+0.6125**
cL_r and lodging score	−0.2600
Safety factor and lodging score	−0.3125
F/W and lodging score	−0.3538
F/bW and lodging score	−0.3990*

** Significant at 1% level,　* at 5% level

(2)　F/W, F/bW の推定

cL_r，安全率はともに，コムギ，オオムギ，ハダカムギのように稈長を生体重の比，主として稈の太さに差がある品種群間に測定値の差があり，倒伏抵抗を示す指数としては必らずしも有効でないと思われる。この理由を考

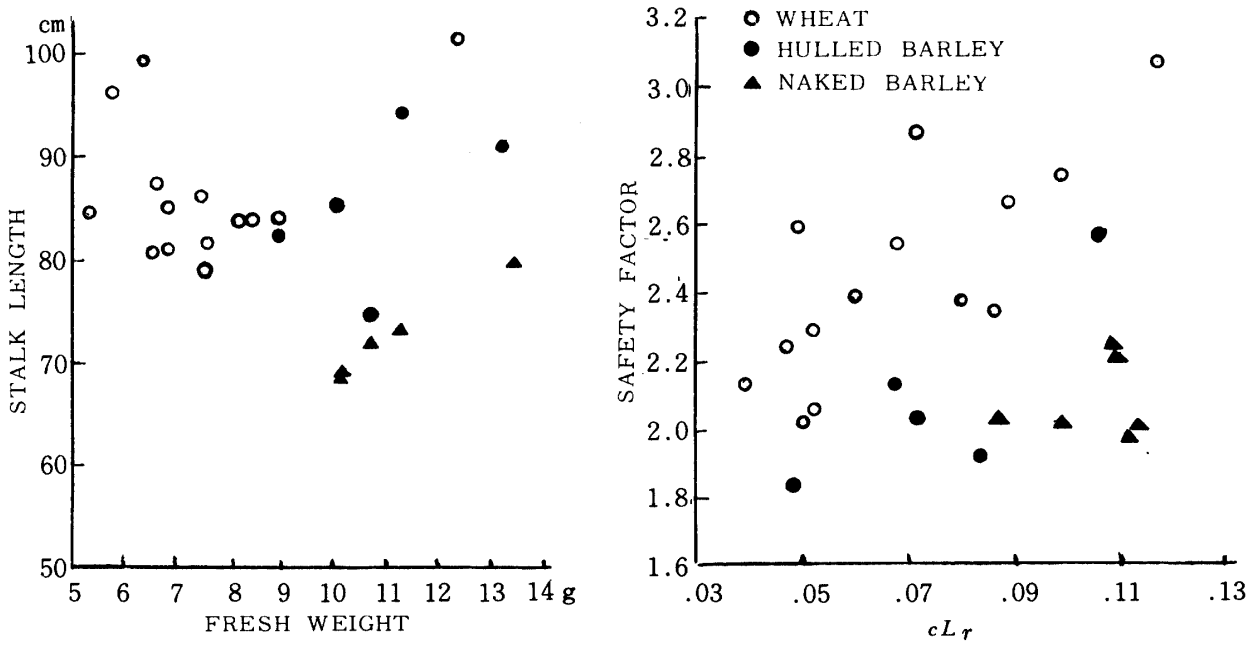

Fig. 1. Comparison of two correlations between stalk length and fresh weight and between safety facfor and cL_r.

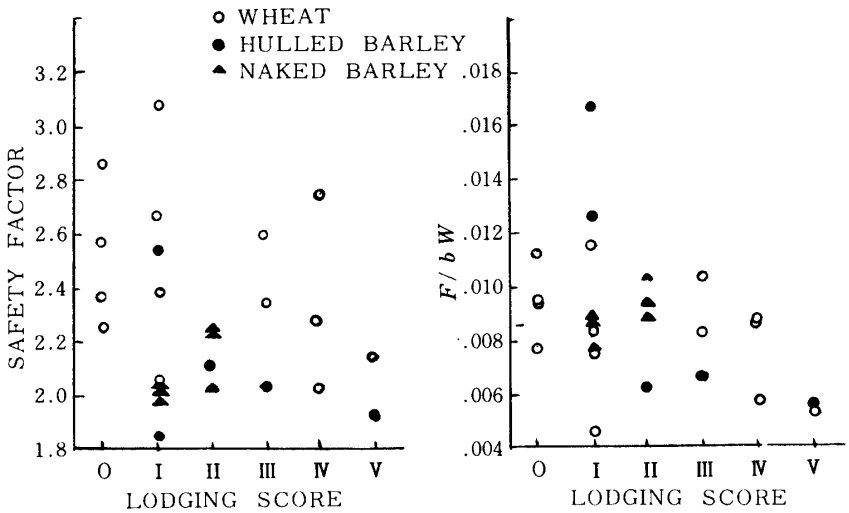

Fig. 2. Comparison of two correlations of safety factor and F/bW to lodging score.

察するためにF/W　F/bW（Fはおもりによるたわみ重を用いた）を算出した。

F/Wは安全率とは+0.8495の高い有意な相関があったが，cL_rとは+0.2442で，cL_rと安全率より高い係数が算出されたけれどもその相関は有意でなかった。F/bWは安全率とは+0.7850，cL_rとは+0.6125でともに高い有意な相関が認められ，この値はほぼ両者の中間の値を示すものであると思われる。

倒伏程度とはF/Wは−0.3538，F/bWは−0.3990でcL_r，安全率より高い相関係数が得られたが，F/Wとの相関は有意でなく，F/bWとの相関は5％水準で有意であったが，1％水準では有意でなかった。

考　　察

GRAFIUS and BROWN (1954) は倒伏とは外力によっておこるトルクに対する反応であると定義し，稈や穂，葉の重さによるモーメントは，植物はもともと圃場で植物体を支えるように生育しているので，考慮する必要がないとした。そして倒伏抵抗性とは，稈が抵抗する力（Tr）と風や雨等の外的な力によって生ずるトルク（Ta）との比で表わされるとした。

$$倒伏抵抗性 L_r = \frac{Tr}{Ta} = \frac{aF}{cbx} \quad 倒伏抵抗指数 cL_r = \frac{aF}{bx}$$

倒伏が著しいとき　$x \to a$に近づく

$$従って \quad cL_r \fallingdotseq \frac{xF}{bx} = \frac{F}{b}$$

F＝加えられた力でchain による重さ，b＝稈長，a＝倒伏時の穂の基部までの水平軸の長さ，x＝倒伏にいたるまでの穂首より地上への垂線と基部までの長さ　c＝外力がbに比例して増大するものと仮定してbを外力におきかえる恒数。

すなわち，cL_rは倒伏および倒伏抵抗を動的にとらえ，外力が稈長に比例して増大すると仮定し，稈長とたわみ重の比によって倒伏抵抗性の程度を表示しょうとするものであるといえよう。

これに対し，安全率は倒伏抵抗を静的にとらえ，稈の抵抗力（F_1+W_r）b_2とモーメント（W_s+W_r）b_1の比によって，稈の抵抗力が，植物体を支える力の何倍に当るかを計算し，この値が2以上であることが望ましいとの考えによるものである（加藤一，加藤雄1954，森谷1962）。このような考えは，挫折重を基礎とする倒伏指数（松尾1952，瀬古，佐本，鈴木1959）等，わが国の従来の倒伏抵抗性を表示するいくつかの方法にみられる考え方であって，外力の推定は行わず，圃場で植物体を支える力に余裕があるものが倒伏抵抗性も強いという考え方である。

この考え方は，基本的にはGRAFIUS 等の考え方と相反するものであるが，多肥，密植等の条件で，茎が細く軟弱となり易いときは実際的に有用であるといえよう。

しかし，安全率の式は次のように変形できる。

$$安全率 = \frac{(F_1+W_r)\,b_2}{Wb_1} = \frac{(F+W_s+W_r)\,b_2}{Wb_1}$$

$$= \frac{F+W}{W} \times \frac{b_2}{b_1} = \left(\frac{F}{W}+1\right) \times \frac{b_2}{b_1}$$

ここでb_1すなわち重心高とb_2すなわち荷重時の重心高との比b_2/b_1はFの大小に比例する。従って安全率はF/Wに比例するものと考えられる。

すなわち，安全率は外力の推定によって抵抗を考えるのではないけれども，結果的には外力が生体重に比例して増大するものと考えて，外力と抵抗力の比によって倒伏抵抗性を考察するのとかなり近い。安全率とF/Wとの相関が著しく高いのはこの関係を実証するものといえる。

以上の観点から考えると，安全率が茎の細い，稈長に比して生体重の軽いコムギに大きく算出され，cL_rが逆に稈が太く，生体重に比し稈長の短かいハダカムギ，オ

オムギに大きく算出されるのはよく理解できる。

しかし，cL_r，安全率およびF/W と倒伏程度との相関に見られるように，外力が稈長に比例するが，生体重に比例するかのいずれの方がより実際の倒伏抵抗性程度を表わすのに妥当であるかは，本実験の範囲内では結論が下され難い。

cL_rはエンバクについて研究されたがその適用の有効性には問題がある。MURPHY, PETER and FREY (1958) は，エンバクで従来のSnap test（稈を地面に倒してそのおき上り方によって判定する）に対して倒伏の程度や年次間の相関等で必ずしもcL_rがまさっているとはいい難いとしている。なお GRAFIUS (1958) はオオムギとエンバクで，穂，葉，稈の各部位にかかる外力の割合を実軽的にたしかめ，エンバクの場合は穂にかかる力がもっとも倒伏に関係し，エンバクの品種間の倒伏度との相関はcL_rとの単相関では低いけれども，穂にかかる力を1定とした扁相関は−0.84で1%水準で有意であった。従って実際に品種系統間の倒伏抵抗を検定するには穂の性質によって群を分けて測定する必要があると述べている。

外力が作物に働らく場合は作物体の性状により，かなり差があるものと思われる。従って，1つの方法によつて推定することは実際上かなり困難であろう。稈の細太，稈長と生体重の関係の異なる品種群をcL_rまたは安全率のいずれかによって倒伏抵抗性を検定することが難しいことが理解できると思われる。

F/bWは安全率，cL_rの両者の中間に当る品種間差異を表わし，倒伏性程度との相関も5%で有意であるので，両者よりより有用に検定に用いることができると思われる。

ただ，bWは稈の基部にかかる荷重によるモーメントの近似値であり，前記瀬戸等 (1959)，瀬戸 (1962)は(モーメント/挫折重)×100＝倒伏指数として倒伏抵抗性の検定に用いている。F/bWはたわみ重と挫折重との違いはあるが，形式上は倒伏指数の逆数に近似である。しかし，先に述べたように，倒伏指数は静的に挫折重すなわち倒伏限界の挫屈作用に対し，自重による曲げモーメントの大小を比較しているが，F/bWは外力が稈長と生体重の両者に関係して増減するという考え方に基づいて計算された数値である。

小田，鈴木，宇田川 (1966) はムギ類の倒伏指数として，倒伏指数(L)　$\frac{bW}{w/b\ M}=\frac{b^2W}{wM}$（ただし$w$は乾物重，$M$は挫折時曲げモーメント）を算出している。$M$は挫折重に関係するので，従来の倒伏指数に近いが，$w/b$ すなわち稈の単位長さ当りの乾物重が加味されている。従って稈長のほかに稈の太さ，葉の多少が考慮されている指数であるが，w/Wすなわち水分含重が同一（栽培法，生育時期が同じ条件であるときはこれに近い）であれば，この数値はかなりcL_rに近い品種間差異を示すことが予想される。

イネ科作物の倒伏抵抗性の中，稈の強さについては，森田 (1951 a) 等，の詳細な力学的考察，北条，小田 (1965) 等の稈の形態形成過程を考慮した研究があり，稈の強弱を左右する要因はかなり明らかにされている。しかし，外力が作物体におよぼす採構については前記 GRAFIUS (1958) の実験および森田 (1951b) の推定があるが概して明瞭でない。

作物の倒伏は品種によっても倒伏の仕方に差異があり，倒伏をおこす原因となる栽培条件の差によってもその状態は必らずしも一様ではない。さらに森田 (1958 b) が指摘するように，稈は強くても稈を支持する土壌との関係によって倒伏がおこることはしばしば経験するところである。従って1つの指数でもって各種の異なる型，異なる要因によっておこる倒伏に対して倒伏抵抗性程度を明らかに区別することは困難である。また各種の要因を考慮した場合，その指数は著しく複雑となって多くの事項を測定しなければならず，実用的に必らずしも有用でないであろう。

とくに，育種の選抜に当って多数の系統や個体を検定するためにはできるだけ簡単な測定法が望まれる。小田鈴木，宇田川 (1966) は圃場の簡易測定法として，株ごとに平均稈長の位置にかけたたわみ重，すなわちFで表わすことを提唱しているが，これに外力を推定して補正したF/b, F/W, F/bW 等は比較的簡単であるので，検定の目的に治って有効に利用できるであろう。

これらのいずれを用いるかは，外力の影響が測定品種，系統，個体の群内に差異があるか否かを検討した後，それに適した方法が選ばれるべきであろう。

基本的には，外力の受け方の異なる，すなわち生育体制の異なる群に分けて測定することが望ましい。前記の GRAFIUS (1958) のエンバクもその例であるが，筆者（永田　1968b.c）は大豆で生育体制の異なる有限伸育性品種と無限伸育性品種とは別の群として考慮することが必要であると述べた。

さらに，それらの群につき，倒伏要因の機構について考慮する必要がある。茎長，葉の量や習性，分枝その他の生育体制に差がなく，茎の強弱のみによって倒伏抵抗性が異なる場合は，たわみ重Fのみによって充分目的を達するであろう。茎長に差があるときはF/b が有効であり，茎長に差がなく，茎の太さや葉の多少，側枝の出

方に差異がある場合はF/Wが，F/b より有効に使用され，茎長とそれらの生育に差がある場合はF/bWがより有効に用いられるであろう。

摘　　要

1．たわみ重を基礎する倒伏抵抗性検定法を考察するために，コムギ，オオムギ，ハダカムギ，計25品種を用いて，cL_rと安全率を測定した。

2．生体重に比し稈が長いコムギは，cL_rに比し安全率が大きく計算され，逆に稈長に比し生体重の重いハダカムギおよびオオムギは，安全率に比し，cL_rが大きく計算された。

3．この差は，cL_rが外力を稈長に比例するものと仮定して，たわみ重Fに対する稈長bの比によって算出されるのに対し，安全率は結果的には外力が生体重Wに比例するとの仮定のもとに計算されることによるものである。従って安全率とF/Wとの間には著しい相関が認められた。

4．倒伏抵抗性検定方法と外力の推定について考察したが，外力の推定は必ずしも適確に行なうことが容易でなく，またそのためにあまり複雑な方法を用いることはかえって実用的ではない。

実際的には検定材料を外力の受け方の差異，すなわち生育体制の異なる群に分けて検定を行なうこと，および，生育体制の差に応じてF，F/b，F/W，F/bWを適宜選択して採用することが望ましい。

引　用　文　献

1) GRAFIUS, J. E. 1958. Observations on the lodging resistance formula. *Agron. J.* **50** : 263－264.

2) ―――――― and H. M. BROWN 1954. Lodging resistance in oats. *Agron. J.* **46** : 414－416.

3) 加藤一郎・加藤雄久 1962. 水稲品種の倒伏性に関する研究．第3報　倒伏性検定方法の1試案．日作紀. **30**：367.

4) 北条良夫・小田桂三郎 1965. 大麦の強稈性に関する研究．第1報．稈の形態形成過程について．日作紀. **33**：255－258.

5) 松尾孝嶺 1952. 栽培稲に関する種生態学的研究　農技研報告．D. **3**：1－112.

6) 森田昇 1951 a．麦稈の力学的研究．（第1報）麦稈の屈服強さ，弾性係数について　北大農学部邦文紀要 **1**：87－90.

7) ―――1951b ――――――（第2報）麦稈の強さについて，仝上　**1**：91－93.

8) 森谷睦久 1962. 倒伏性の品種生態と検定法．育種学最近の進歩　第3集：77－81.

9) MURPHY, H. C., F. PETER and K. J. FREY 1958. Lodging resistance in oats. I. Comparing methods of testing and scores for straw strength. *Agron. J.* **50**：609－611.

10) 永田忠男　1968a．大豆の無限伸育性の育種学的意義　第5報．異なる栽植密度における倒伏抵抗性の品種間差異．育種学雑誌　**18**：235－240.

11) ―――1968b. ―――――― 第6報 有限無限伸育性品種の倒伏抵抗性の差異と検定方法，とくに生育時期による変化について，兵庫農大神戸大農学部研究報告　**8**：69－74.

12) ―――1968c. ―――――― 第7報 有限無限伸育性品種の倒伏抵抗性の差異についての力学的考察　育種学雑誌 **18**：291－298.

13) 小田桂三郎・鈴木守・宇田川武俊　1966.　麦類品種の倒伏に関する形質ならびに倒伏指数に関する研究．農技研報告．D, **15**：55－91.

14) 瀬戸秀生　1962　水稲の倒伏に関する研究．九州農試彙報　**7**：419－499.

15) 瀬古秀生・佐本啓智・鈴木嘉郎　1959. 水稲の倒伏に関する研究（第1報）。東海近畿農試研究報告．栽培第1部　**6**：1－46.

Summary

In order to consider the method of testing lodging resistance basing on the load in bending of the stem, the cL_r by GRAFIUS and the safety factor by KATO were tested with 25 varieties of wheat and barley.

In wheat varieties having longer stalk compared with the fresh stalk weight, the safety factor was calculated to be larger in comparison with the cL_r. On the contrary, the cL_r was found to be larger in barley varieties which were heavier in fresh weight of the stalk.

Such a difference noticed in the methods of testing was considered as follows: the cL_r was calculated by the ratio of bending load, F to stalk length, b, by basing on the assumption that external force due to rain or wind will be roughly proportional to the height of plant, but the test of the safety factor showed a similar result to the calculation basing on the assumption that the external force will correspond to the fresh weight of stalk, W. Then, the safety factor had a significant and correlation to the ratio of F to W.

Though some considerations were made on the estimation of external force concerinng the method of testing lodging resistance, it is not so easy to estimate the external force, and the complex method made in this pourpose seems to be not of practical use in agronomic testing.

Thus, it is recommended that testing materials shuld be divided into the groups different in the growth hadit of the plant, and that favorable method should be adcpted in correspondence with the difference in the plant habit within the materials by choosing a factor from among the factors, $F.F/b$, F/W, and F/bW.