

## 芝生耐踏圧性評価のための負荷システム開発

中村圭亨\*・渋谷圭助

東京都農林総合研究センター

### 摘 要

東京都の小学校校庭における児童の芝生利用について、動画像を用いて解析し、平均的な踏圧負荷量を推定した。また、試験圃場において定量的に踏圧を再現できる装置を考案し、多数の芝草品種について、耐踏圧性の比較試験が行えるシステムを開発した。

キーワード：芝生，校庭，踏圧

東京都農林総合研究センター研究報告 6: 37-43, 2011

### 緒 言

東京都（2007）ではヒートアイランド対策及び緑化対策に加え、環境学習効果や地域のコミュニティー形成などを目的として、公立小中学校の校庭芝生化を推進している。その中では2010年までに、公立小中学校の校庭50 haと幼・保育園等の園庭10 haを芝生化するという目標を掲げている。

しかし、現実には、施工後に芝生が衰退してしまう問題がしばしば発生した。浅野（2004）は、校庭芝生化が失敗する一要因として、生育環境や利用頻度、管理能力など、学校の実態に合った適切な芝草品種の選択がされていないことを指摘している。

芝草品種の特性などに関しては、種苗メーカーから提供される個別の情報は存在するが、様々な品種を一同に比較した情報はほとんど無い。学校や施工業者が芝草品種の選択時に必要な情報が不足していることも、失敗要因のひとつと考えられる。

芝生の踏圧に関する研究も少ない。近藤（1980）は、目視観察により公園での踏圧量の定量評価を試み、「芝生を損傷することなく最大に利用を許容できる収容力」を標準収容力と定義し、その値を15.69m<sup>2</sup>/人（子供の場合は5.54m<sup>2</sup>/人）と算出している。しかし、学校校庭における生徒の踏圧負荷量についての報告例はない。また、芝生の耐踏圧性についての手法は確立されていると言えない。これまでの耐踏圧性試験は足踏み（本多ら、1959；

浅野ら、2000）やローラー（藤崎ら、1981）などを用いて行われていた。しかし、この方法では、均等な踏圧や労力の面で、品種比較のような多くの試験区を処理するのは困難である。

そこで、芝草品種の耐踏圧性比較試験を行うために、学校校庭における生徒の踏圧負荷量を明らかにし、踏圧負荷を定量的、かつ多数の処理区に掛けられる装置を作成することで、効率よく踏圧を再現できるシステムを開発することを目的とした。

### 材料および方法

#### 1. 生徒が芝生へ与える踏圧負荷量の解析

##### (1) 調査対象校の抽出

校庭芝生化が実施されている東京都内の小学校のうち、芝生化の状況や生徒数が平均的な学校の抽出を試みた。まず東京都環境局（2007）や区市町村のホームページなどから情報を得ることのできた53校について、表1の条件で絞り込みを行った。

これにより抽出された8校の内、芝生の状況や調査条件、学校行事などを考慮し、小学校1校を選定し分析の対象とした。

校庭における生徒の行動を調査するためには、子供が活発に遊ぶ期間で、芝生が十分に生育している期間に調査を行う必要がある。このため、長期の休みがある夏期や、芝生の生育が停滞する時期は除いた。また、調査対

\*連絡先: y-nakamura@tdfaff.com

象とした小学校は、バミューダグラス (*Cynodon dactylon* Pers.) にペレニアルライグラス (*Lolium perenne* L.) をオーバーシードする管理をしており、播種後の養生期間等が生徒の行動に影響を与える可能性も考えられる。これらの条件と調査対象の小学校のスケジュールを勘案し、調査期間を2008年6月17日(火)から6月20日(金)の4日間とした。

## (2) 動画サンプリングおよび解析

調査対象とした小学校の校庭はほぼ全面が芝生化されている。芝生化された校庭はおおよそ60 m×30 mの長方形で、北西面および南西面に校舎がL字状に位置している。校庭西側、つまり2つの校舎が交わる位置の屋上(3階建)にデジタルビデオカメラ(ソニー製DCR-SR65)を、校庭のほぼ全域が写せる角度に設置し、芝生部分を日中のみ連続撮影した。撮影は生徒に非公開の状況で実施した。カメラおよび撮影機材は小型でかつ灰色の防滴資材で覆った状態で設置し、さらに、撮影は無人で行い、生徒による撮影の認知がないように配慮した。

得られた動画データは“Vitracom”社製の画像センサーソフト“Site View”を用いて解析を行った。周囲に配置された遊具等の影響を排除するため、校庭中央付近約100 m<sup>2</sup>(10 m×10 m)について、範囲内に入った児童の滞在時間を積算した。

## 2. 踏圧負荷再現システムの構築

### (1) 踏圧負荷再現装置の開発

踏圧負荷再現装置は、校庭での条件に則するとともに、定量的な負荷を掛けられることを目標に製作した(図1)。装置はゴム製タイヤ(ゴルフカート用タイヤ)の転圧で負荷を行い、それを連続的に行うため、軸を中心に周回運動をさせる方式とした。また、動力は装置間の差異を無くすため、交流電源周波数に連動した回転数の一定な交流シンクロナスモーターを用い、減速ギアのギア比を変えることにより、タイヤの回転速度を調節できるものとした。

芝生への踏圧負荷量は、負荷機の重さと面積あたりの滞在時間により決まるものとし、タイマーにより稼働時間を調節することで、負荷量を設定する仕組みとした。

### (2) 負荷条件と定量性の確認

構築した再現システムが生徒の踏圧負荷に則しているか確認した。荷重は台計りにより計測した。接地面積は、砂地に装置を置き、タイヤ跡をデジタルカメラで撮影し、画像処理により面積を求めた。移動速度は、製作したすべての装置を実際に稼働させ、5回転に要する時間を3

回計測、これを同一圃場内の微傾斜地(A地点)、および、平坦地(B地点)の2カ所で行って実施して平均速度を求めた。

## 結果および考察

### 1. 生徒が芝生へ与える踏圧負荷量の解析

本調査で解析した画像の延べ時間は5時間49分であった。複数の児童が画面上で重なるとき、解析ソフトでは分別できずにひとつに結合され、生徒の滞在時間を過小に測定してしまうことから、中村、渋谷(2009)の方法により以下のような補正を行った。①認識された物体の大きさにより、人数を加算し補正した。②学年・性別でみて体格が一番大きい6年生女子の平均的な体格を基準とした。③高さは身長を基準とした。④幅については、歩行時や走行時の変動幅が大きい、両肘を上げたときの幅を基準とした。⑤人数の加算は、重複を避けるため、認識された物体の高さまたは幅のどちらか大きい方を採用し、基準値を超えて2倍未満までの範囲であれば1人を加算し、以降、倍数ごとに人数を加算した。これにより、芝生上には1日あたり1人の児童が延べ347.8 秒/ m<sup>2</sup>滞在していた計算結果となった。

### 2. 踏圧負荷再現システムの構築

#### (1) 負荷条件と定量性の確認

装置は、回転半径が異なる2水準のものを2組製作した(図2)。

荷重は、小学生の平均体重(29.3kg、平成17年度学校保健統計調査)を参考にし、ウエイト等で設定することができた。接地面積は、画像処理により計測した結果、76.6 cm<sup>2</sup>(図3)となり、井上ら(2009)による小学生の足底面積75.4cm<sup>2</sup>と近い値を示した。装置の移動速度は、平均1.2m/sで、装置間や場所による有意差は認められず、均一性が確認された(表2)。

踏圧負荷の再現については、2008年9月8日から10月10日まで実施した。その結果、図4にみられる様なわだち状の衰退部分が発生した。およそ同時期の学校校庭の芝生の状態の一例を図5に示し、写真中の緑色画素数の占める割合で確認したところ、ほぼ同様な状態であった。

以上のことより、本装置は、学校校庭の負荷条件に則し、定量的に踏圧負荷を再現できることが確認された。

#### (2) 再現装置の運用について

本装置は、旋回軸と軸受けを分離できる構造のため、簡単に移動することが可能である(図6)。これにより多数の試験区を処理することが可能である。移動には人員2名が必要であるが、処理区間の移動を想定した5mの移

動に要する時間は、着脱時間も含めて平均20.8秒であった。

また、踏圧処理を掛ける部位は、軸受けとタイヤ取り付け位置を変え、装置の回転半径を変えることにより設定できる。そのため、一区画の試験区に数水準の処理区を設定することが可能である。

以上のように、運用方法を工夫することにより、多数の処理区を設置し、効率よく踏圧負荷を再現することが可能となった。これにより校庭芝生化に適した芝草品種の耐踏圧性比較試験などを行うことができる。

## 謝 辞

本装置の開発は、平成20～22年度に東京都環境局から受託した「校庭芝生化に適した芝草品種の調査研究」の実施にあたって取り組んだものである。開発初期のイメージ作りにあたって、明治大学農学部緑地工学研究室の興水教授、ならびに大学院生の辻永氏に御助言を頂いたもので、ここにお礼を申し上げます。

## 引用文献

東京都緑の都市づくり推進本部（2009）校庭芝生化を核

とした地域における緑の拠点づくり、「緑の東京10年プロジェクト」の施策化状況. 東京都報道発表, pp. 21-25.

東京都環境局（2007）校庭芝生化事例集2007 Tokyo, pp. 8-59.

浅野義人（2004）校庭の芝生化—技術面における課題と展望, 芝草研究, 32(2) : 117-121.

浅野義人・羅 玄載・朴 烽柱（2000）踏圧耐性芝生の造成に関する基礎的研究, 芝草研究, 28(2) : 119-126.

本多 侖・山野辺寔（1959）日本芝の生育に及ぼす踏圧の影響—踏圧頻度と生育の関係, 造園雑誌, 22(4) : 16-20.

藤崎健一郎・北村文雄（1981）転圧の回数と間隔がヒメコウライシバに与える影響, 造園雑誌, 45(1) : 3-7.

中村圭亨・渋谷圭助（2009）東京都内の芝生化校庭における踏圧負荷分析. 日本緑化工学会誌35(1) : 214-217.

近藤三雄（1980）芝生地の収容力に関する基礎的研究（Ⅲ）—利用者の行動ならびに芝生の損傷度に基づく収容力の算定について—, 造園雑誌, 43(4) : 3-11.

文部科学省（2005）平成17年度学校保健統計調査

井上文夫・浅井千恵子・熊木美紀江・石塚智恵子・藤原寛（2009）小学生の浮き趾（不接地趾）と生活習慣に関する調査, 京都教育大学紀要, No.114.



表 1 調査対象校の絞り込み条件

条件	該当校数
2006年度以前に芝生化された小学校	53校→29校
芝生化面積が1000 m <sup>2</sup> 以上の小学校	→23校
生徒数が250名以上の小学校	→19校
芝生化率が50 %以上の小学校	→8 校

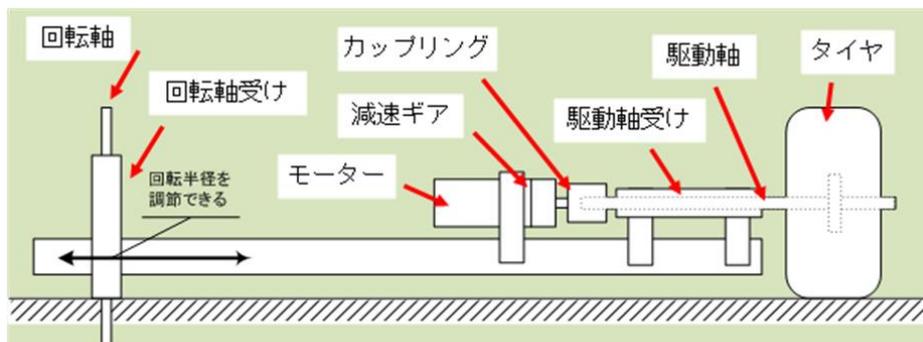


図 1 踏圧負荷再現機の概要

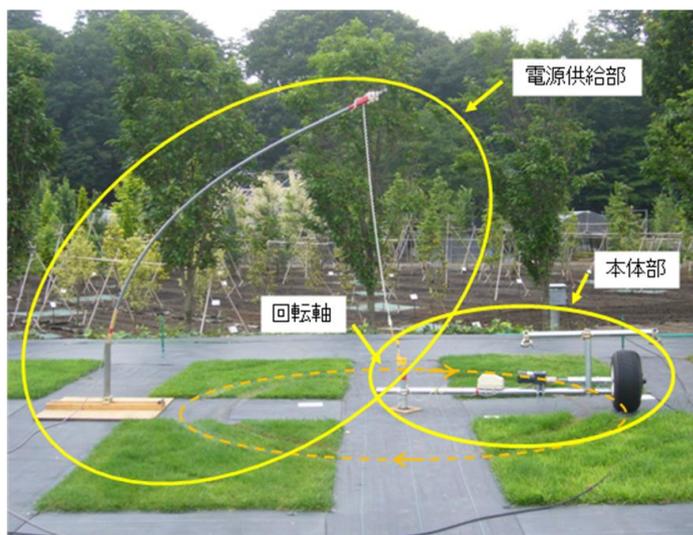


図 2 完成した装置の外観

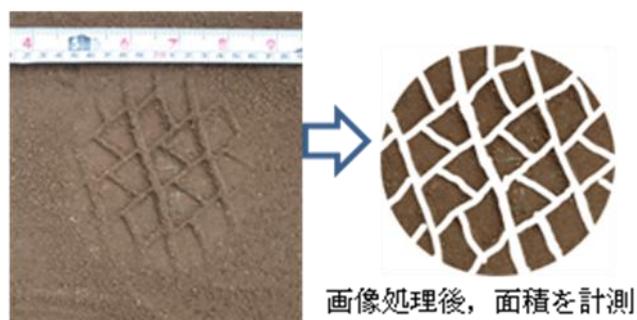


図 3 タイヤの接地面積の計測

表2 踏圧負荷再現装置の平均巡回速度 (m/s)

踏圧機 計測場所	長尺 (回転半径180cm)		短尺 (回転半径150cm)		平均
	L1	L2	S1	S2	
A地点	1.203	1.200	1.202	1.205	1.202
B地点	1.202	1.202	1.203	1.202	1.202
平均	1.202	1.201	1.202	1.204	

処理間に有意差なし (Scheffe p<0.05)



※緑色率=緑色の画素数/総画素数

図4 わだち状に踏圧負荷を再現



図5 同時期の学校校庭の様子



図6 装置移動風景

## Development of a load system to tread on the turf

Yoshiyuki Nakamura\* and Keisuke Shibuya

Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

### Abstract

The average load of trampling on the turf by the Elementary School Children in Tokyo, was estimated using the moving image. We also developed a device that can reproduce in a quantitative field study treading on a number of grass varieties, developed a test system that can compare tread pressure.

Keywords: turf, school grounds, tread pressure

Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, 6: 37-43, 2011

\*Corresponding author: y-nakamura@tdfaff.com