

トラクタの普及の現状と耐久性について

タイヤの寿命と機体の振動

樋口英夫*・小林 一*・松村一善*

平成 10 年 6 月 26 日受付

*鳥取大学農学部情報科学

Recent Type and Durability of Tractors in Japan

Life of Tire and Vibration of Body

Hideo Higuchi* , Hajime Kobayashi* and Ichizen Matsumura*

**Department of Agricultural Information Science, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori 680-8553, Japan*

Costs of agricultural produces in Japan are very high relative to the international standard. One of the problems is deeply due to small farm size. Therefore, sizes of agricultural machines are very small relative to the U.S. and European countries. Labor productivity is very low. A 1/3 of producer price is expenses related to agricultural machinery. A decrease in agricultural machinery costs that are a large portion of total agricultural costs is extremely important for Japanese agriculture. To achieve this, an expansion of machinery-use period is proposed. In this study, at first, we researched the latest overall situation of tractor-usage. Further, we investigated the durability of tractor based on change in vibratory undulations of a tractor and wearing-out of tractor tires as time elapsed. The main results obtained were as follows ; ① Larger-size tractors are favored by the farmer over the small-size. ② Tractor life are getting longer due to a recent innovated technology. ③ Rubber hardness of tractor tire is getting harder as the time goes. Tire racks break out when they are used for 5 to 6 years. ④ The older the tractor, the greater the vibration. ⑤ Vibratory wave undulations of tractor used for 10 years relative to brand-new one, increased around 10-20 %.

(Received 26 June 1998)

Key words : type of tractor, durability, low cost production, machinery-use period, change in vibration, wearing-out, tractor tire

結 言

我が国の農産物の価格は世界的レベルから見れば非常に高く、その結果、多くの食材が外国から輸入されている。現在では、我が国で消費されている7割以上の食料が輸入されている。したがって、我が国の農業は斜陽化し、農村の若者は都市へ流れ、農村の過疎化が一段と進み、地域社会は荒廃化が進んでいる。例えば、我が国の国民の主食であるコメの価格はアメリカ、オーストラリア、タイなどの国の価格の2~10倍である。しかも近年、アメリカ、オーストラリア、中国などにおいてコシヒカリなどの味の良い品種のコメも大規模に生産されている。

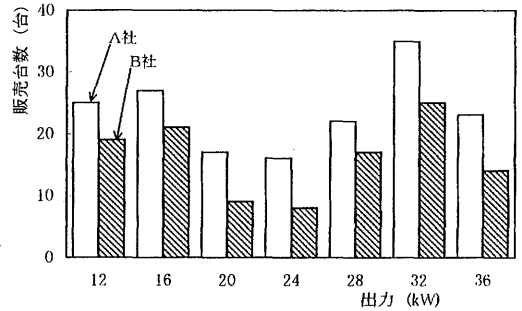
我が国の食料の自給率を上昇させるためには、現在、我が国の農業が抱えている問題（経営規模の拡大、生産性の向上、後継者の育成、地域の活性化など）を解決し、国際競争に太刀打ち出来るように農産物の低コスト生産を心掛けなければならない。

我が国における農産物生産費の約1/3は労働費、他の1/3は肥料・農薬費など、残りの1/3は農業機械費である。特に、農業機械費の中、トラクタに関する費用（購入費、燃料費、故障修理費など）は農業機械費の中の大きな部分（3~4割）を占めている[2]。そこで本報では、トラクタの耐久年数を増加させて、トラクタに関する費用を出来るだけ少なくし、あるいはトラクタによる作業の快適性を検討する観点から、トラクタの普及・導入状態の現状と、タイヤの硬度および摩耗とトラクタの振動の経時的変化を計測することによりトラクタの耐久性を検討した。

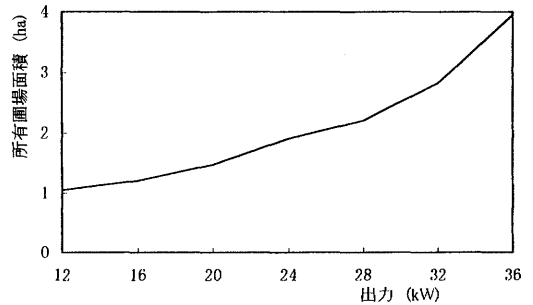
トラクタの普及状態

トラクタメーカーA社の7(岩手、新潟、石川、鳥取、愛媛、福岡、大分)営業代理店において、1997年度に販売された4輪トラクタ165台、B社の6(秋田、新潟、石川、島根、山口、佐賀)営業代理店で販売された4輪トラクタ113台をエンジン出力、あるいは型式によって分類した結果(第1図参照)、この1年間に販売されたトラクタはエンジン出力が大きいトラクタが多く売れたことを示した。約2~3年前までは20~30kWのトラクタが主流で売れていたが、最近では30~36kWの大型トラクタが多く売れると同時に、12~16kWの小型トラクタも多く売れていることを示した。すなわち、2極化の傾向を示して来た。小型のトラクタは中山間部で、大型のトラクタは平野部で多く売れていることを示した。

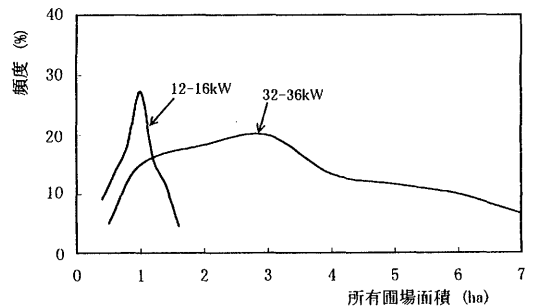
第2図はトラクタを購入した農家の所有圃場面積(水田と畑を合計した面積)を購入したトラクタの出力によ



第1図 販売されたトラクタの数と出力



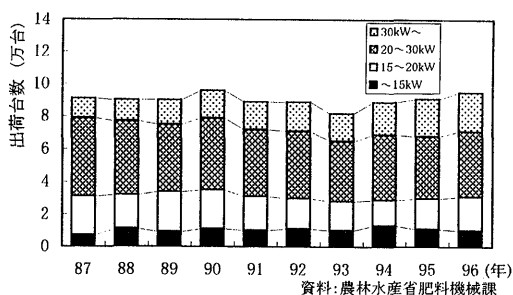
第2図 トラクタ出力と所有圃場面積



第3図 12-16 kW と 30-36 kW トラクタ購入農家の圃場面積の分布

って分類したものである。トラクタを購入した農家の所有圃場面積はトラクタの出力が大きくなればなるほど、面積も大きくなることを示した。

第3図は12~16kWと30~36kWのトラクタを購入した農家の所有圃場面積の分布を示したものである。小型のトラクタを購入した農家の所有圃場面積の分布幅は狭いが、大型のトラクタ購入者の所有圃場面積の分布幅は



第4図 トラクタの出力と年次の出荷台数

広いことを示した。

第4図は我が国のトラクタメーカーのトラクタ出荷台数を年次毎に農林水産省が集計を行ったものである[4]。出荷台数は20~30kWのトラクタが長期間主流となって出荷されていたことを示した。しかし、1994年のコメ不足を契機として我が国の農業のあり方が改めて問われ、その結果、農業の生産性向上、規模拡大が叫ばれ、機械化、機械の大型化が促進され、トラクタも近年、大型化の傾向を示しているものと推察された。

耐久性

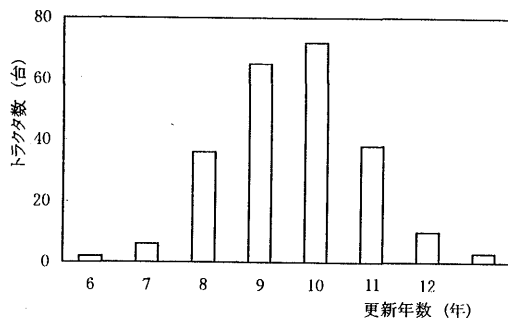
トラクタの耐久性の向上を計り、トラクタの1年間に要する償却費を減少させ、終局的には農産物の低コスト生産を目的として、現在、我が国で販売・導入されているトラクタの耐久性を簡便、しかも、客観的に判断する手法を検討した。

1. 日本とアメリカなどの国のトラクタの寿命調査

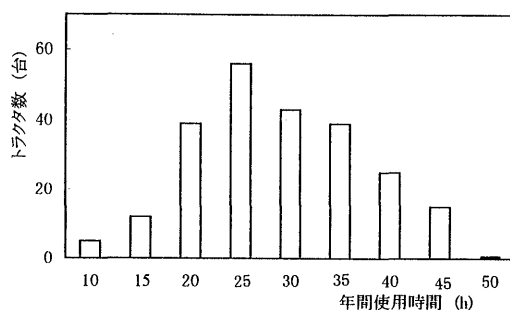
第5図はA、B社でトラクタが購入された時、農家がそれ以前に使用していたトラクタの更新年数の分布を示したものであり、第6図はその年間使用時間を示したものである。トラクタは購入されてから9~10年で更新される場合が最も多く、また、年間使用時間は20~30時間のトラクタが非常に多いことを示した。なお、1997年にA、B社で購入されたトラクタの合計は278台であったが、その中の46台は新規購入であったため、あるいは中古機として更に使用されたため、調査対象外とし、232台について調査を行った。

第1表 トラクタの更新年数と年間使用時間

機体 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	平均
出力 (kW)	120	90	80	120	100	60	80	60	50	60	100	74.5
平均年間使用時間 (hr)	195	120	80	320	180	260	55	130	210	270	85	165.5
更新年数 (年)	31	28	29	21	26	27	23	35	17	19	24	23.3



第5図 トラクタの更新年数の分布



第6図 トラクタの年間使用時間の分布

一方、アメリカ、オーストラリアなどで一般に使用されているトラクタの出力は我が国で使用されているトラクタに比べて非常に大きい。使用条件も異なるが、更新年数も非常に長い[1, 6, 8]。第1表は調査個数は少ないが、著者らがアメリカおよびオーストラリアでトラクタの更新年数と年間使用時間について調査した結果を示したものである[1, 2]。なお、機体のNo.1~6はアメリカ、No.7~11はオーストラリアにおける事例を示したものである。すなわち、第5、6図および第1表から明らかのように我が国で使用されているトラクタの年間稼働時間はアメリカ、オーストラリアなどで使用されているトラクタに比べて非常に少なく、しかも、その更新年数は非常に短い。

2. 耐久性の測定方法

トラクタの耐久性を調査する手法、あるいはトラクタの更新時期・信頼性を推定する手法はいろいろの方法で行われているが、著者らは1992年にトラクタの経時的な振動、騒音を計測することにより、あるいは部材の故障による交換頻度を調査することによりトラクタ寿命を推定した[6]。本報では、トラクタタイヤの硬度及び摩耗とトラクタの振動の経時変化を計測することによりトラクタの耐久性を検討した。

供試トラクタはA社製の出力；15 kW、タイヤサイズ；前輪 6-14、後輪 8.3-24 であり、1980年にその新品を約1 haの水田を所有する稲作農家に15年間貸与・使用させ、トラクタタイヤの硬度と摩耗を5年毎に、振動の経時変化も原則として5年毎に測定した。

1) タイヤの硬度と摩耗

タイヤの内圧を約20℃で0.16 MPaの一定にし、硬度は①タイヤラグの踏面、②タイヤラグの間、③タイヤの側面、摩耗は①ラグ高さ、②ラグの幅、③ボトム径を測定し、5年毎の変化量を算定した。

2) 振動試験

振動試験は先ず、トラクタハンドル中央部と座席中央位置上部に振動加速度センサを設置し、コンクリート上に無負荷状態で静止させた後エンジンを始動させ、エンジン回転速度を変化(900~2700 rpm)させた時の上下、左右および前後方向の振動をストレインメータで計測し、その値をオシログラムによって出力させた。ただし、座席にはオペレータの体重を想定し、60 kgの重錘を付置した。

3. 耐久性の測定結果と考察

1) タイヤの摩耗および硬度

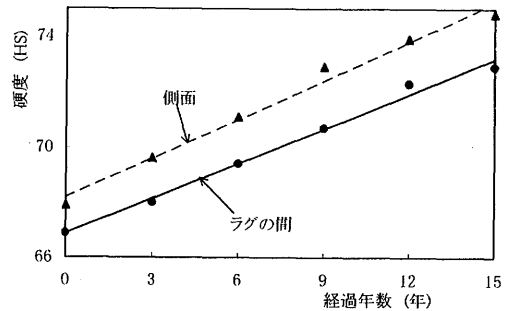
第7図は後輪のラグの間およびタイヤ側面のゴム硬度の経時変化を示したものである。タイヤは年数の経過と共に硬化したが、同時に新品から4~6年経過するとタイヤの表面に小さなラックが発生し、年数の経過と共に大きくなった。約8~10年経過するとラックは次第に大きくなり、また、表面硬度も硬化し、作業の安全性・信頼性の面から新品との交換が必要であると推測された。

第8図は新品から3年経過した時点におけるタイヤラグの踏面、ラグの間および側面におけるゴム硬度と環境温度との関係を示したものである。温度が0~40℃の範囲では硬度と温度との関係は(1)式(ラグの踏面)、(2)式(ラグの間) および(3)式(タイヤ側面)の回帰直線で表示された。

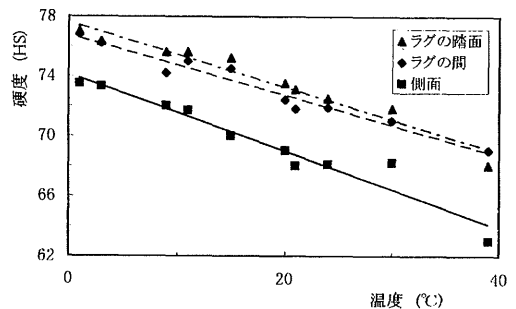
$$Y = 74.0 - 0.25t \quad (1)$$

$$Y = 76.7 - 0.23t \quad (2)$$

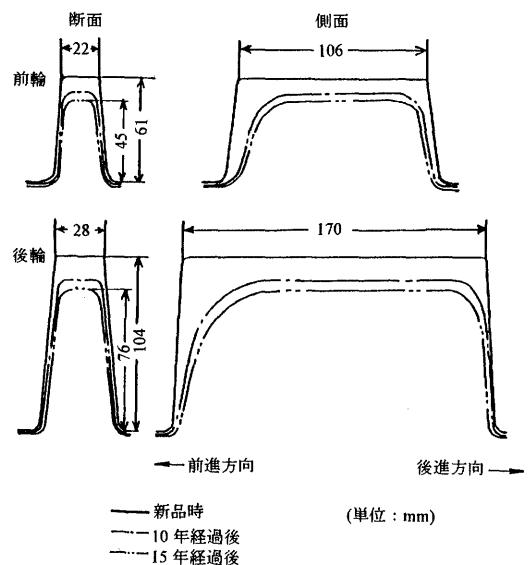
$$Y = 77.9 - 0.26t \quad (3)$$



第7図 タイヤ硬度の経時変化



第8図 タイヤの硬度と環境温度との関係



第9図 タイヤのラック形状と摩耗量

ここでYはタイヤの硬度、t は環境温度を示したものである。決定係数 R^2 はいずれの場合も、ほぼ同一の値($R^2=0.95$)を示し、危険率1%でいずれの測定値の場合もt検定は有意であった。

第9図は前輪および後輪タイヤの新品時、10年経過後、15年経過後におけるラグ形状の概要を示したものである。タイヤの摩耗はラグの踏部、特に、前進方向のラグ前部の摩耗は多く、ボトム部の摩耗はほとんど認められなかった。

2) 機体の振動

第10図は新品の時、5年経過後および10年経過後のハンドル中央部における左右方向、第11図は上下方向の振動加速度とエンジン回転速度との関係を示したものである。振動加速度はエンジン回転速度の変化と共に変動したが、特に、回転速度が2500 rpm以上になると加速度は大きな値を示した。なお、本報には表示しなかったが、ハンドル中央部における前後方向の振動加速度は左右方向および上下方向の値より小さかったが、同様の変動傾向を示した。また、座席部の振動加速度の値はハンドル中央部の値よりやや小さかったが、ほぼ同一の値を示した。

トラクタの機体の一定位置における振動(出力)は振動の発生源、すなわち、入力(エンジン)より機体の一定位置までの系路(伝達系)を伝わり、一定位置において再び応答し、振動が増減幅して現れる。一般に、伝達系を通して入力が出力として現れる場合、入力と出力は異なる場合がほとんどであり、これらの場合の振動解析にはスペクトル解析が多く用いられている[3.5]。系の応答解析において

系のインパルス応答関数 : $g(t)$

入力関数 : $f(t)$

とすると、系の応答 $x(t)$ は

$$x(t) = \int_0^t g(t-\tau)f(\tau)d\tau = \int_0^t g(\tau)f(t-\tau)d\tau \quad (4)$$

(4)式によつて与えられることが知られている[5]。

ただし、

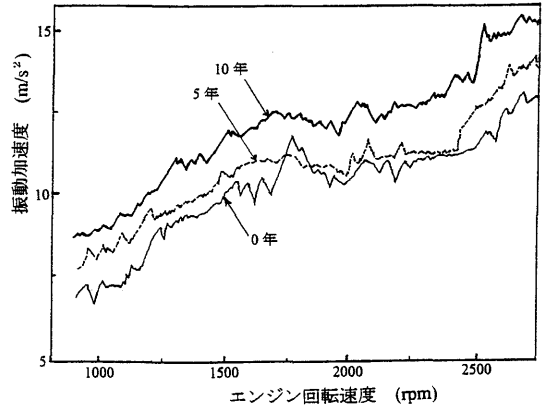
t : 時間

T : サンプル時間

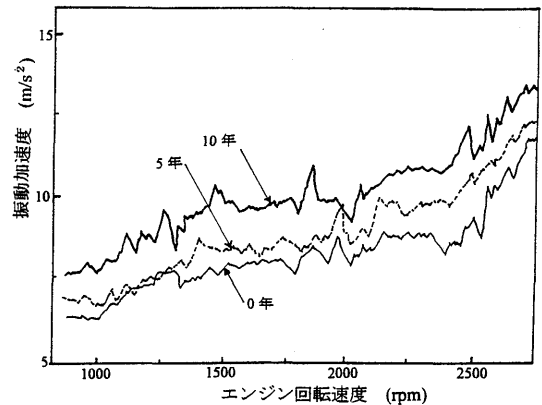
τ : サンプル時間間隔

また、相関係数 $R_x(\tau)$ は、時刻tにおける値 $x(t)$ と時刻 $t+\tau$ における値 $x(t+\tau)$ との積の平均値

$$R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} x(t)x(t+\tau)dt \quad (5)$$



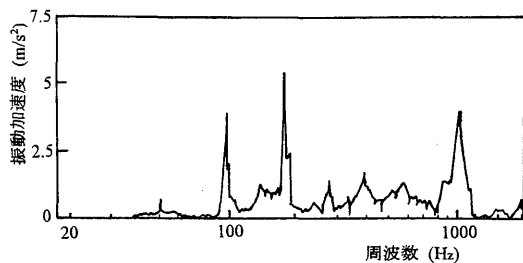
第10図 ハンドル部、左右方向の振動加速度



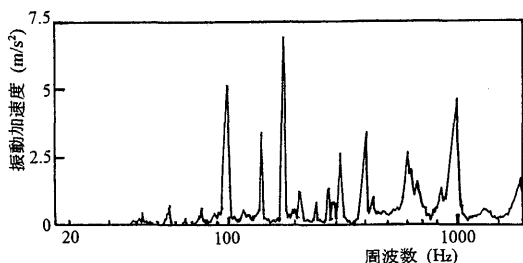
第11図 ハンドル部、上下方向の振動加速度

(5)式として定義されている。一方、入出力のスペクトルと伝達関数の値の中、2つがわかれば他の関数は導き出せることが知られている[5,7]。そこで本報では、コンピュータを内蔵したスペクトラム表示装置を用いて、トラクタの振動を入力及び出力の各々について測定し、トラクタの伝達系について解析し、また、振動の経時的特性を明らかにした。

第12図は新品時の座席部における上下方向の振動加速度のスペクトラムを示したものである。第13図は10年経過後の同位置の上下方向の振動加速度のスペクトラムを示したものである。第12図も第13図も周波数が約100、200及び1000 Hz前後の時に振動加速度は大きな値を示した。すなわち、スペクトラム解析の面からは、トラクタ



第12図 新品時の座席部、上下方向のスペクトラム



第13図 10年経過後の座席部、上下方向のスペクトラム

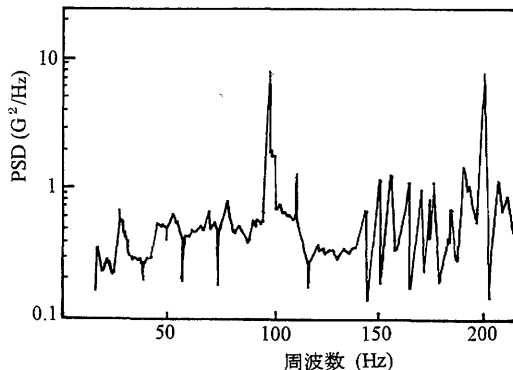
が10年使用されてもトラクタの振動に影響を与えるような大きな変化は生じなかったと推測された。

第14図はトラクタが新品の時、第15図は15年経過した時における座席部上下方向の振動のPSDを示したものである。卓越周波数はいずれの場合も100および200 Hz近辺において生じた。すなわち、長期間トラクタを使用しても伝達系における変化は認められなかったことを示した。

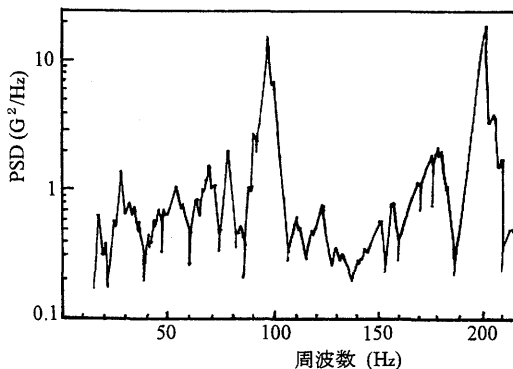
結 語

農作物生産における低コスト生産を終局的目標として、トラクタの普及状態、年間使用時間、償却年数を調査した。更にその耐久性向上の面から、トラクタタイヤの硬度および摩耗についての経時的変化とトラクタの経時的振動変化をスペクトラム、PSDを用いて追跡した。その結果、次の事項が明らかになった。

- ①最近普及しているトラクタは出力がアップしたトラクタ(30~36 kW)が多い。また一方、低出力(12~16 kW)の小型のものも多く使用されている。
- ②我が国で使用されているトラクタは、アメリカなどの国で使用されているもの比べて年間使用時間は非常に少なく、償却年数も短い。



第14図 新品時の座席部、左右方向のPSD



第15図 15年経過後の座席部、左右方向のPSD

- ③トラクタタイヤの硬度は使用の経過と共に硬化し、およそ4~6年でラックが生じ、トラクタタイヤは8~10年で使用に耐えなくなると推定された。
- ④トラクタタイヤの摩耗は使用の経過と共に増加し、およそ10年使用すると作業の効率および信頼性の面において問題が生じると推定された。
- ⑤トラクタの振動は使用年数と共に増加し、約10年使用すると10~20%の振幅増加が生じたが、振動伝達系への大きな変化は生じていなかった。

謝 辞

本研究の遂行に当って井関農機㈱トラクタ設計部、三

部にお世話になった。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) Higuchi, H., Ito, S. and Kobayashi, H. : Effective working efficiency of Japonica rice production in Japan, China and the U.S., J.Fac. Agric., Tottori Univ., 31 2-35 (1995)
- 2) 樋口英夫・川崎正勝・小林 一・伊東正一：農業法人によるコメ生産システムと機械化, 鳥大農研報, 47 147-152 (1994)
- 3) 磯部 孝：相関関数およびスペクトル, 東大出版会, 東京 (1968) pp.97-99
- 4) 岸田義典：農業機械年鑑 '98, 新農林社, 東京 (1998) pp.113-115
- 5) 中川憲治・室津義定・岩壺卓三：工業振動学, 森北出版, 東京 (1976) pp.144-146
- 6) 周 応朝・樋口英夫・小松 寶・岩尾俊男：トラクタ及びロータリの故障・予防保全の実態調査, 農業機械学会誌, 56 (3) 93-100 (1994)
- 7) 菅野文友：信頼性工学, コロナ社, 東京 (1985) pp.28-29
- 8) 八木宏典：カリフォルニアの米産業, 東京大学出版会, 東京 (1992) pp.143-151