

## 耕うん機の耐久試験に関する研究

### II. ほ場作業における振動特性と耐久性

樋口英夫\*

昭和56年8月1日受付

## Studies on Endurance Test of Small Powered Tractor

### II. Vibration Characteristics and Durability in Field Test

Hideo HIGUCHI

Agricultural machinery now gives excellent performance and recently various kinds of new machines have been introduced. On the other hand, the problems and accidents associated with such machines have not decreased and progressive improvements in the durability and testing of machines have not been made.

In order to investigate the durability and efficiency of a small powered tractor in the short term, its vibration characteristics and durability were measured in a field test and compared with the results in a roller test. The results obtained can be summarized as follows.

- 1) The vibration at the handle grips of the tractor in the field test was much smaller than in the roller test.
- 2) The output of the tractor when used about 400 hours, dropped by about 20 % compared with the initial output in the field test.
- 3) The roller test results were closely related with the field test results.

#### 結 言

農業機械の設計・生産技術も年々除々に進歩し、クレーム・故障は少なくなり、機械の性能及び耐久性は良くなって来ている。トラクタ・耕うん機もその例外でなく、故障発生の頻度は少なくなって来た。しかし、トラクタ・耕うん機には非常に大きな、また、変動の大きい負荷が加わるため、なお幾多の故障が発生している。

一方、最近の農業機械は健全な農業経営という観点からではなく、単に労働力の解消、作業労働強度の軽減、能率向上など主に生産性向上の面より機械化、大型化、あるいは、多機種化の傾向にある。したがって、この設

計・製作業務が煩雑になり、あるいは、それらの技術が追従せず、最近特に、故障発生頻度の減少傾向が鈍化しつつある。本研究の終局的目標は農業機械の耐久試験法の確立と同時に、農業機械の耐久性の改善と農家の経済的経営面からの合理的な農業機械導入の推進である。

農業機械メーカーにおける新機種開発時、あるいは、その生産立上り時には短期間に試作機、新機種製品の性能(特に耐久性能)を確認する必要があるため、種々の試験方法によってその性能の確認が行われている。前報<sup>1)</sup>においては耕うん機の迅速耐久試験方法の1つとしてローラによる加振試験を行い、その振動特性と部材(特に、フレーム、外装取付部品など)の耐久性ととの関連を

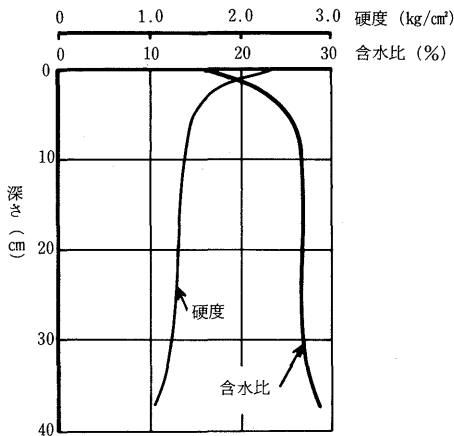
\* 鳥取大学農学部農業工学科農用作業機械学研究室

*Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Tottori University*

明らかにした。本報においては実際には場で作業を行った時の耕うん機の振動特性と耐久性を測定し、前報<sup>1)</sup>で報告したローラによる加振試験時の振動特性と部材の耐久性との関連性について比較・検討を行った。

試験方法

ローラによる加振試験において供試した同一機種の耕うん機に、前報<sup>1)</sup>の場合と全く同様、ハンドル握り部と車軸直上部に加速度計を取り付け、種々の速度でロータリ作業を行った時のハンドル握り部及び車軸直上部の横、前後及び上下方向の振動を測定した。なお、エンジンの回転速度範囲は1500~4000rpm、車輪はゴムタイヤ(農耕用400-12)だけを装着して作業を行った。ロータリ作業に供試したほ場は稲収穫後の土性が墾土の水田であった。試験時のほ場の土壤水分と土壤硬度は第1図に示す



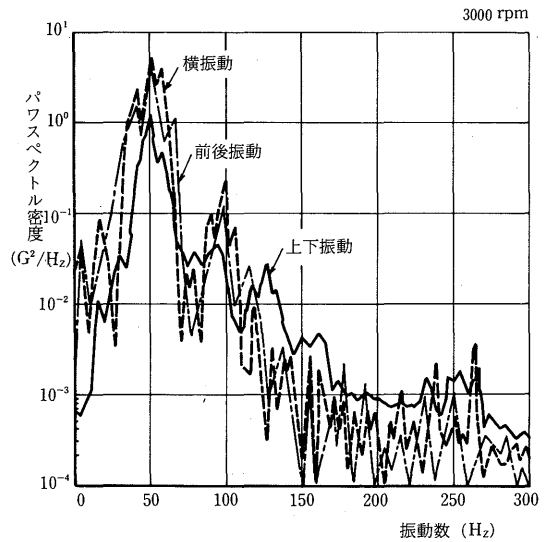
第1図 供試ほ場の土壤含水比及び土壤硬度

通りであった。土壤硬度は山中式硬度計を用いて測定した。ロータリ作業時の変速は1速(エンジン標記回転速度時の走行速度は1.1km/hr)で行った。また、振動は主にコレログラム(相関関数を図表化したもの)とパワスペクトル密度関数(PSD)を用いて解析した。

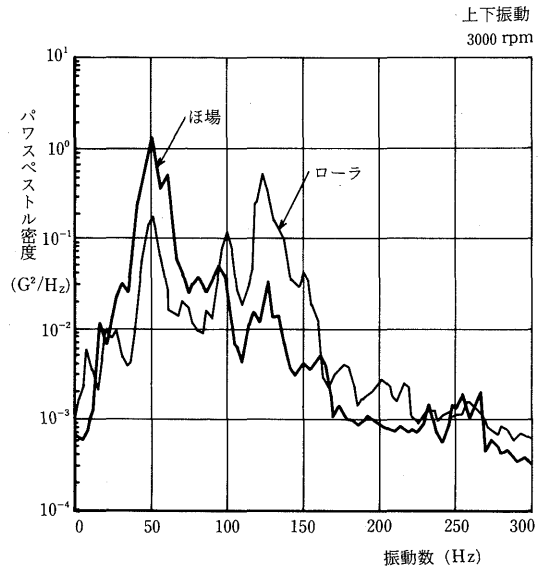
一方、同一機種を2台農家に貸与してロータリ耕を主体に長期間農作業を行わせ、その時のエンジン最大出力と耕うん軸最大出力を約50hrごとに動力計により測定した。また同時に、その時発生した故障内容と発生時間を調査し、ローラ試験の場合と比較した。

試験結果及び考察

第2図はエンジン回転速度が3000rpmでロータリ作業



第2図 パワスペクトル密度(3000rpm)



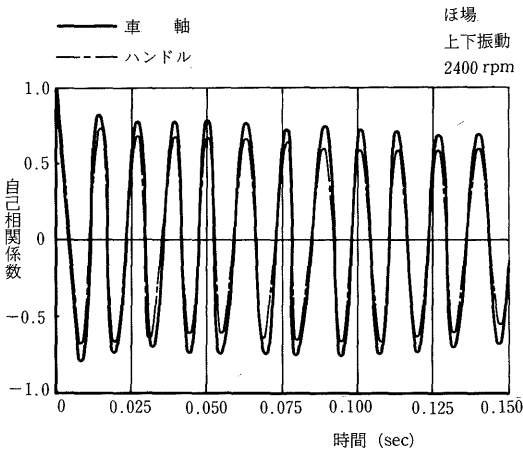
第3図 ほ場試験及びローラ試験時のパワスペクトル密度(3000rpm)

を行った時のハンドル握り部の横、前後及び上下振動のパワスペクトル密度を示したものである。横、前後及び上下いずれの振動の場合も卓越振動数は50Hzであった。特に横振動と前後振動は50Hzにおいて大きな値を示し、これらは非常に類似した線図を示した。上下振動の場合には50Hzの所以外、50Hzの倍数の100及び150Hz、

また、その中間の125Hzの所にもいくぶん大きな値が生じた。

第3図は第2図(エンジン回転速度が3000rpm)における場合の上下振動だけをローラ試験の場合と比較したものである。ローラ試験の場合は卓越した値は50, 100及び125Hzの3か所にやや分散して生じたのに対し、ほ場試験の場合には100, 125及び150Hzの所にも生じたが50Hzの所に特に卓越した値が生じた。なお、パワースペクトル密度の線図は図示したものよりもっと緩やかであるべきであるが、測点の関係上鋭利な線図として表した。

第4図はエンジン回転速度が2400rpm, ロータリ作業時のハンドル握り部と車軸直上部の上下振動のコレログラム

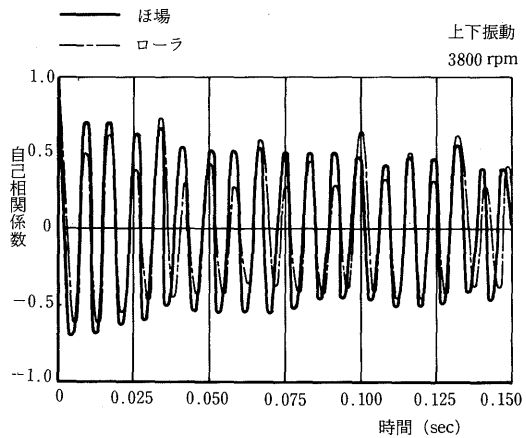


第4図 ハンドル振り部及び車軸直上部の振動のコレログラム

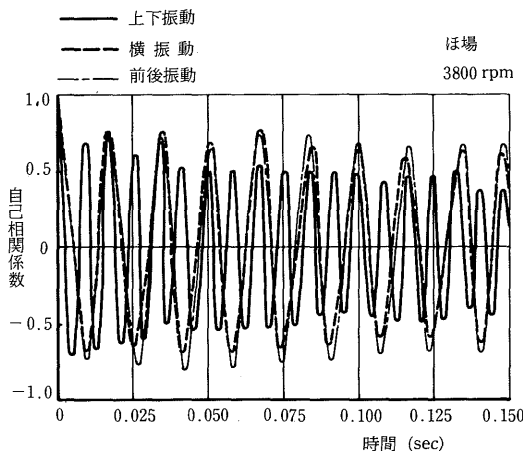
ムを示したものである。ハンドル握り部の値に対して車軸直上部の値はいくぶん大きな値を示した。また、これらの波形は正弦振動波形に近い波形を示した。

第5図はエンジン回転速度が3800rpm, ロータリ作業時の横、前後及び上下振動のコレログラムを示したものである。横及び前後振動の波形は非常に類似した波形を示した。また、これらの2つの波形は正弦振動波形の傾向を示したのに反し、上下振動の波形は周期もこれらの波形といくぶん異なり、自己相関係数の値も小さく、減衰傾向を表す狭帯域不規則振動型の波形を示した。

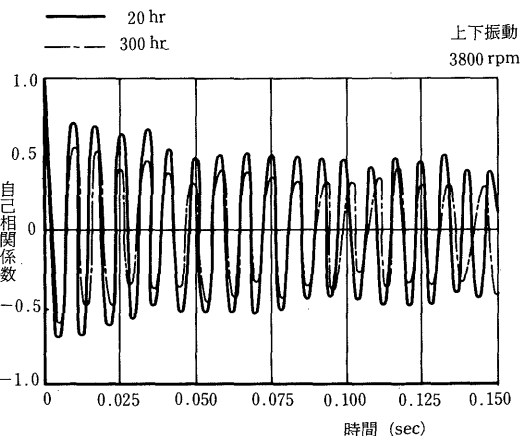
第6図は第5図の場合(エンジン回転速度が3800rpm)の上下振動だけの値をローラ試験の場合と比較したものである。ほ場作業の場合もローラ試験の場合も波形の周



第6図 ほ場試験及びローラ試験時のコレログラム



第5図 ロータリ作業時のコレログラム

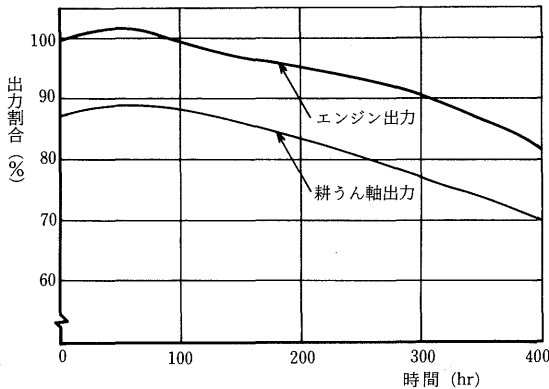


第7図 累積運転時間が20時間と300時間の振動のコレログラム

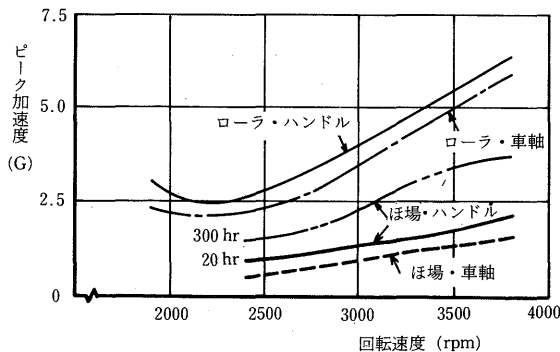
期はほとんど等しいが、ローラ試験の場合は自己相関係数の値が小さくなることを示した。すなわち、エンジンの回転速度が大きくなり、機体の振動数が多くなるに従ってコロログラムにおける自己相関係数の値が小さくなることを示した（第4図及び第1報の第5図参照）。

第2～6図の線図は耕うん機の累積運転時間が少ない場合（ほ場試験の場合は約20hr）の振動の値を示したものであるが、第7図は累積運転時間が少ない場合（約20hr）と多い場合（約300hr）の値を比較して示したものである。なお、第7図はエンジン回転速度が3800rpm時の上下振動だけのコロログラムを示したものである。20hrの場合と比較して300hrの場合は自己相関係数の値が小さくなった。すなわち、長期間運転した機械は振動も大きくなることを示した。

第8図は50hrごとにエンジンの最大出力と耕うん軸の最大出力を測定し、運転開始時のエンジン最大出力との



第8図 運転時間と出力割合



第9図 ほ場試験及びローラ試験におけるピーク加速度

比（出力割合）を求めたものである。供試耕うん機の耕うん軸最大出力はエンジン最大出力の約87%しか伝達されなかったことを示し、また、累積運転時間が約100hrを越えると出力が低下し始め、累積運転時間が約400hrになると初期出力の約20%の出力低下が生じたことを示した。

第9図はほ場試験及びローラ試験におけるハンドル握り部と車軸直上部とについて、エンジン回転速度とピーク加速度との関係を示したものである。なお、ほ場試験におけるハンドル握り部の値は運転初期（約20hr）における場合と長期間運転後（約300hr）の場合のそれぞれを示した。ほ場試験時の値は、振動がタイヤの接地部及びオペレータに吸収される割合が多いためか、ローラ試験時の値に比較して非常に小さい値を示した。機械を長期間運転すると振動のピーク加速度の値も大きくなり、約300hr運転した耕うん機のピーク加速度は運転初期の値のほぼ1.5～2倍の値を示した。

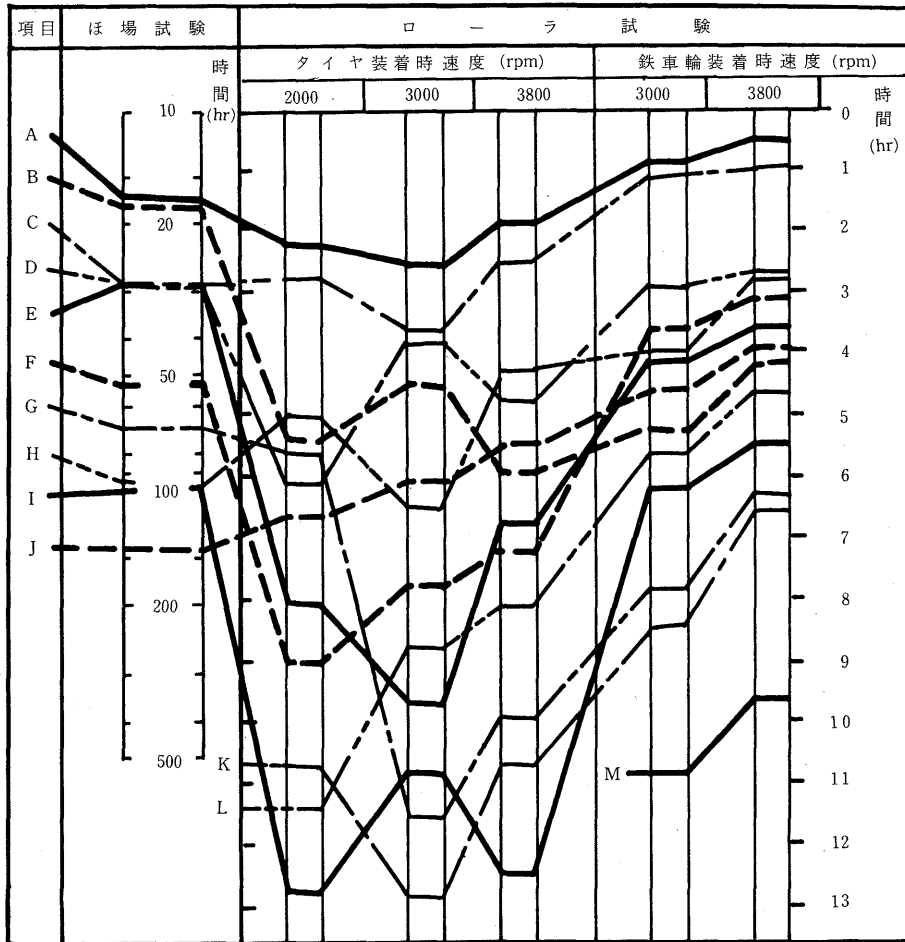
第1表は振動特性試験に供試した同一機種を2台農家

第1表 故障内容と運転時間

故障か所	発生時間 (hr)	
	測定値	平均値
バックミラの脱落	11 23	17
サイドクラッチレバのゆるみ	17 19	18
ロータリーサイドプレートの脱落	35 23	29
ホーンの脱落	15 43	29
ハンドルパイプのゆるみ	31 27	29
ロータリ取付ボルトのゆるみ	36 68	52
ホイールピンの折損	64 72	68
ロータリ泥よけ板の脱落	104 86	95
フェンダに亀裂発生、脱落	109 95	102
ボンネット取付ボルトのゆるみ	177 123	150
ベルトの破損	185 229	207

に貸与してほ場耐久試験を行い、その時耕うん機が故障した内容の概要とその発生時間及びその平均値を示したものである。試験に供試した機械が2台であったため、その値の信頼度は大きいとはいえないが、機械の相違による値の大きな差は生じなかった。また、供試機はメーカーで生産されたままの状態で試験に供試したが、ボルト・ナット類の締め方が緩く、破損・折損につながる場合が多かった。

第10図は第1表の平均値を図形化し、ローラ試験の場合と比較したものである。なお、ほ場試験におけるエン



- A: バックミラの脱落
- B: サイドクラッチレバのゆるみ
- C: ロータリサイドプレートの脱落
- D: ホーンの脱落
- E: ハンドルパイプのゆるみ
- F: ロータリ取付ボルトのゆるみ
- G: ホイルビンの折損
- H: ロータリ泥よけ板の脱落
- I: フェンダに亀裂発生・脱落
- J: ボンネット取付ボルトのゆるみ
- K: ハンドルフレームに亀裂発生
- L: 主クラッチレバの脱落
- M: 前フレームに亀裂発生

第10図 ほ場試験及びローラ試験における故障内容

ジン回転速度は明確でないが3500~4000rpmの範囲内で供試したと推定された。ほ場耐久試験において生じた値をエンジン回転速度が3800rpmのローラ試験の値と比較すれば、ローラ試験においては非常に短時間（ほ場試験の場合の約1/10~1/40の時間）でそれらの故障が発生したことを示した。しかも、ほ場試験において発生した

故障はローラ試験においてもほとんど発生した。例えばほ場耐久試験において150hrで発生した故障Jは、エンジン回転速度が3800rpm、鉄車輪装着時のローラ試験においては約4hrで発生した。すなわち、ローラによる耐久試験では非常に短時間で耐久性の確認が可能であり、ローラによる耐久試験とほ場耐久試験との間には深い関連性

の存在することが確認された。

### 総 括

耕うん機の総体的耐久性を検討するために、ほ場作業試験における機体の振動特性、出力特性及び故障内容を測定・解析し、ローラ試験における場合との関連性について調査した結果、次のことが明らかとなった。

1) ほ場作業中における耕うん機のハンドル握り部及び車軸直上部の横、前後及び上下振動のうち、上下振動の値が最も大きな値を示した。エンジンの回転速度の増加につれてそれらの値は大きくなり、コレログラムにおいては自己相関係数の値が小さくなり、パワスペクトル密度においては卓越周波数が分散し、振動の波形形状は正弦振動型から狭帯域不規則振動型、あるいは、広帯域不規則振動型へと移行する傾向を示した。また、これらの振動波形をほ場作業試験の場合とローラ試験の場合について比較を行うと特にローラ試験の場合に上述の傾向が大きかった。

2) ゴム車輪を装着した場合、ほ場作業時におけるハンドル握り部のピーク加速度の最大値は約2Gを示したのに対し、ローラ試験時におけるピーク加速度の最大値は約7Gを示した。鉄車輪を装着した時のローラ試験時におけるピーク加速度の最大値は約12Gを示した。すな

わち、ピーク加速度の値はローラ試験の場合が非常に大きい値を示した。また、長期間運転した耕うん機は振動も大きくなることを示した。

3) 耕うん機のほ場試験を行った結果、約400hr使用した場合は初期出力の約20%の出力低下が認められた。

4) ほ場耐久試験とローラによる耐久試験を比較・検討した結果、これらの間には深い関連性が存在することを示した。

なお、本研究を行うにあたり、資料提供・協力をいただいた井関農機(株)技術部の関係各位及び当研究室の専攻生であった向井宏之、内田俊文の諸氏に深く感謝の意を表す。

### 文 献

- 1) 樋口英夫：鳥大農研報，**32** 82～91 (1980)
- 2) 中川憲治・他2名：工業振動学，森北出版，東京 (1976) p.123
- 3) 加藤 仁・他2名：機械振動学，コロナ社，東京 (1970) p.194
- 4) 砂原義文・他1名：自動制御工学I，丸善，東京 (1963) p.140
- 5) 磯部 孝：相関関数およびスペクトル，東大出版会，東京 (1968) p.98