

# 琉球大学学術リポジトリ

## 流下液膜に生ずる馬蹄形表面波（渦）の運動特性

メタデータ	言語: 出版者: 野底武浩 公開日: 2009-06-15 キーワード (Ja): 馬蹄形渦, 液膜, 流下液膜, 乱流遷移, 表面波, 表面皮 キーワード (En): Falling film, Horseshoe-shaped vortices, Liquid film, Transition to turbulent flow, Surface wave 作成者: 野底, 武浩, 儀間, 悟, Nosoko, Takehiro, Gima, Satoru メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/10927">http://hdl.handle.net/20.500.12000/10927</a>

# Three-dimensional evolution of solitary wave on a falling liquid film

Park, C.D, Nosoko, T. and Nagata, T.

## 1 実験方法

実験は、二次元表面波の成長過程について述べた前報の図1と2の装置を用いて行った。実験方法も同じであるが、スパン方向の擾乱を二次元表面波に付与するため、液膜入口部から約5mmの位置にスパン方向に等間隔に針を液膜にほぼ垂直に挿入した。それらの針の間隔をスパン方向波長 $\lambda_h$ と呼ぶ。

実験のパラメーターは、以下の通りである。

レイノルズ数  $Re$  : 20~100

表面波の周波数  $f$  : 0~21Hz

擾乱のスパン方向波長  $\lambda_h$  : 10~30mm

## 2 実験結果の概要

2.1 スパン方向の擾乱の間隔 $\lambda_h$  : 30mmの場合。

Fig.1  $Re \approx 20.5$

付与したスパン方向の擾乱が減衰。

この結果は、以下の結論を導く。

「低レイノルズ数  $Re \approx 20$  では、二次元表面波は、スパン方向波長 $\lambda_h \approx 30\text{mm}$ の擾乱に対し安定である。」

Fig.3  $Re \approx 50.5$

付与したスパン方向擾乱が馬蹄形表面波（渦）に成長する。また、馬蹄形表面波の間の水平な二次元表面波も変形し、馬蹄形表面波に成長する。その結果、スパン方向の波長が付与した擾乱波長（ $\lambda_h = 30\text{mm}$ ）の1/2の $\lambda_h = 15\text{mm}$ になる。

この結果は以下のことを示す。

「レイノルズ数  $Re \approx 50$  における二次元表面波は、スパン方向波長 $\lambda_h = 30\text{mm}$ より $\lambda_h = 15\text{mm}$ の攪乱に対し、より不安定である。」

Fig.4  $Re \approx 81.0$

付与したスパン方向擾乱は馬蹄形表面波（渦）に成長し、またそれらの擾乱の間にも馬蹄形表面波が成長する。その結果、 $\lambda_h = 15\text{mm}$ の間隔の馬蹄形表面波が形成される。

馬蹄形表面波は、低  $Re$  のものより大きな曲率を有する。

よって、以下の結果が導かれる。

「高レイノルズ数  $Re \approx 80$  では、二次元表面波は  $\lambda_h = 30\text{mm}$  より  $\lambda_h = 15\text{mm}$  の擾乱に対しより不安定であり、その成長速度も大きい。その結果、より大きな曲率を有する馬蹄形表面波に成長する。」

## 2.2 スパン方向の擾乱の間隔 $\lambda_h = 20\text{mm}$ の場合

Fig.5  $Re = 23.1$

付与したスパン方向擾乱は減衰。

得られた知見：「 $Re = 20$  では、表面波はスパン方向波長  $\lambda_h = 20\text{mm}$  の擾乱に対して安定である。」

Fig.6  $Re = 40.3$

付与した擾乱は、馬蹄形表面波（渦）に成長し、その後は成長も減衰もせず流下。

得られた知見：「 $Re \approx 40$  では、二次元表面波はスパン方向波長  $\lambda_h = 20\text{mm}$  の擾乱に対し不安定である。」

Figs. 7 and 8  $Re = 70.6$  and  $91.5$

付与した擾乱は、馬蹄形表面波（渦）に成長する。その成長速度は  $Re$  とともに増大し、その結果、より大きな曲率を有する馬蹄形表面波に成長する。

## 2.3 付与したスパン方向の擾乱の波長 $\lambda_h = 10\text{mm}$ の場合

Fig.9  $Re = 19.7$

付与した擾乱は、急速に減衰。その後スパン方向波長  $\lambda_h \approx 50\text{mm}$  の変形が成長する。

Fig.10  $Re = 40.3$

付与した擾乱は減衰し、その後、付与した擾乱波長  $\lambda_h = 10\text{mm}$  の 2 倍の  $\lambda_h = 20\text{mm}$  の擾乱が成長し不規則な馬蹄形表面波（渦）に成長する。



Fig.11  $Re=60.1$

$f=12.04\text{Hz}$  では、付与した  $\lambda_h=10\text{mm}$  の擾乱が成長し、 $f=18.02\text{Hz}$  では、付与した  $\lambda_h=10\text{mm}$  の 2 倍の  $\lambda_h=20\text{mm}$  の擾乱が成長する。

Fig.12 and 13  $Re=90.1$  and  $100.3$

初め、付与した  $\lambda_h=10\text{mm}$  の波長の擾乱がある程度成長し、その後、 $\lambda_h=20\text{mm}$  の波長の馬蹄形表面波に成長する。 $\lambda_h=20\text{mm}$  の擾乱の成長速度は大きく、その結果、大きな曲率を有する馬蹄形表面波に成長する。

#### 2.4 結論

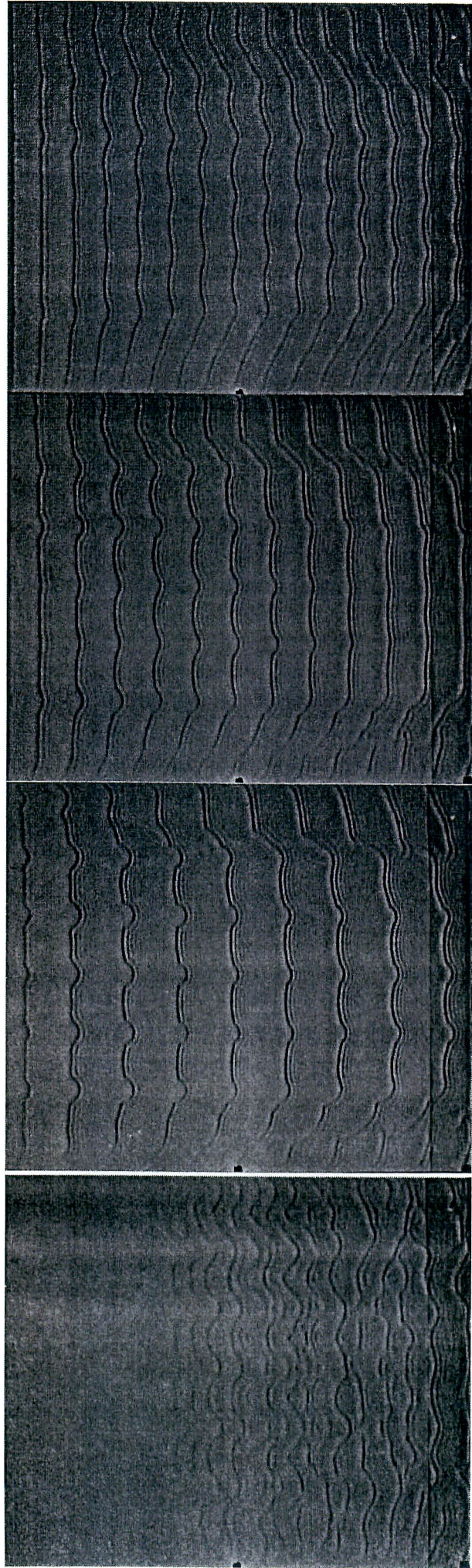
レイノルズ数  $Re \approx 20$  およびそれ以下では、二次元表面波はスパン方向波長  $\lambda_h \approx 30\text{mm}$  の擾乱に対し安定であり、擾乱は減衰する。 $Re \approx 30$  あるいはそれ以上では、二次元表面波は、 $\lambda_h \approx 30\text{mm}$  の攪乱に対し不安定であり、擾乱は成長して馬蹄形表面波（渦）に成長する。

$Re \approx 50$  あるいはそれ以上では、二次元表面波は、 $\lambda_h \approx 30\text{mm}$  の攪乱に対するより  $\lambda_h \approx 15\text{mm}$  の擾乱に対しより不安定であり、付与した擾乱波長  $\lambda_h \approx 30\text{mm}$  の  $1/2$  の  $\lambda_h \approx 15\text{mm}$  間隔の馬蹄形表面波（渦）に成長する。

$Re \approx 60$  あるいはそれ以上では、二次元表面波は、 $\lambda_h=10\text{mm}$  の波長の擾乱に対し、安定であり、擾乱は減衰する。一方、 $Re \approx 40 \sim 60$  では、 $\lambda_h=20\text{mm}$ （付与した擾乱波長の 2 倍）の擾乱が成長し、馬蹄形表面波（渦）に成長する。

$Re \approx 90$  あるいはそれ以上では、二次元表面波は、 $\lambda_h=10\text{mm}$  の擾乱に対し不安定であり、初め  $\lambda_h=10\text{mm}$  の擾乱は、ある程度まで成長する。その後、 $\lambda_h=20\text{mm}$  の擾乱の成長が卓越し、 $\lambda_h=20\text{mm}$  の馬蹄形表面波に成長する。





$f=17.1$  Hz

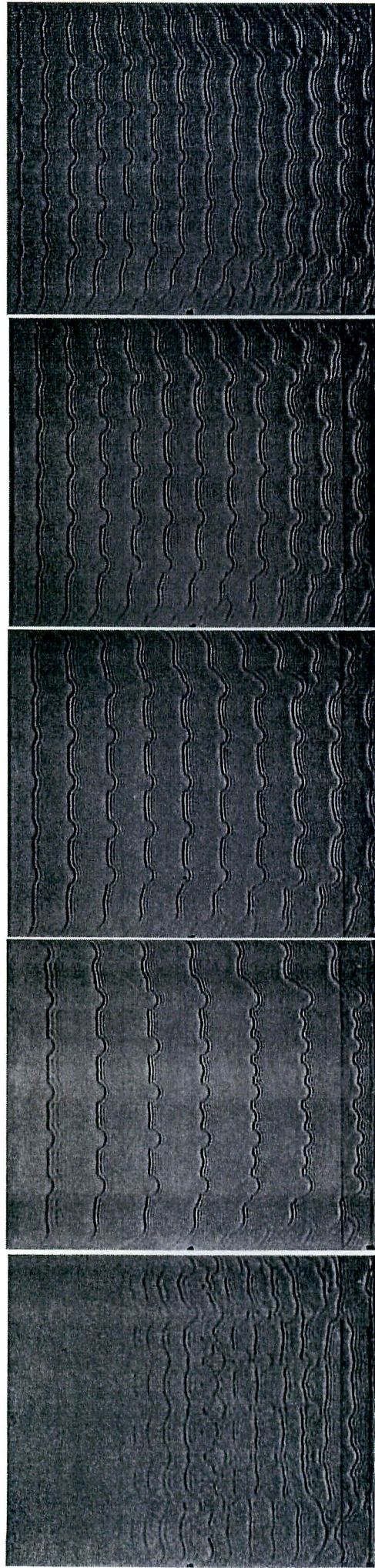
$f=15.1$  Hz

$f=12.0$  Hz

$f=0$

Fig. 1  $Re = 20.5$





f=0

f=12.0 Hz

f=15.1 Hz

f=17.0 Hz

f=19.1 Hz

Fig. 2 Re = 30.2



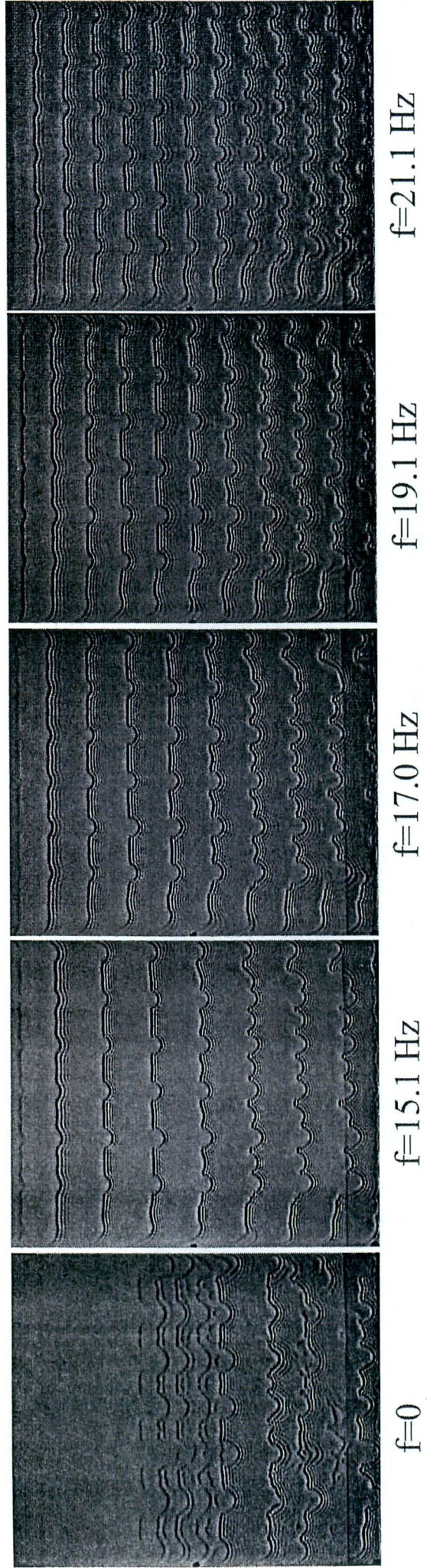
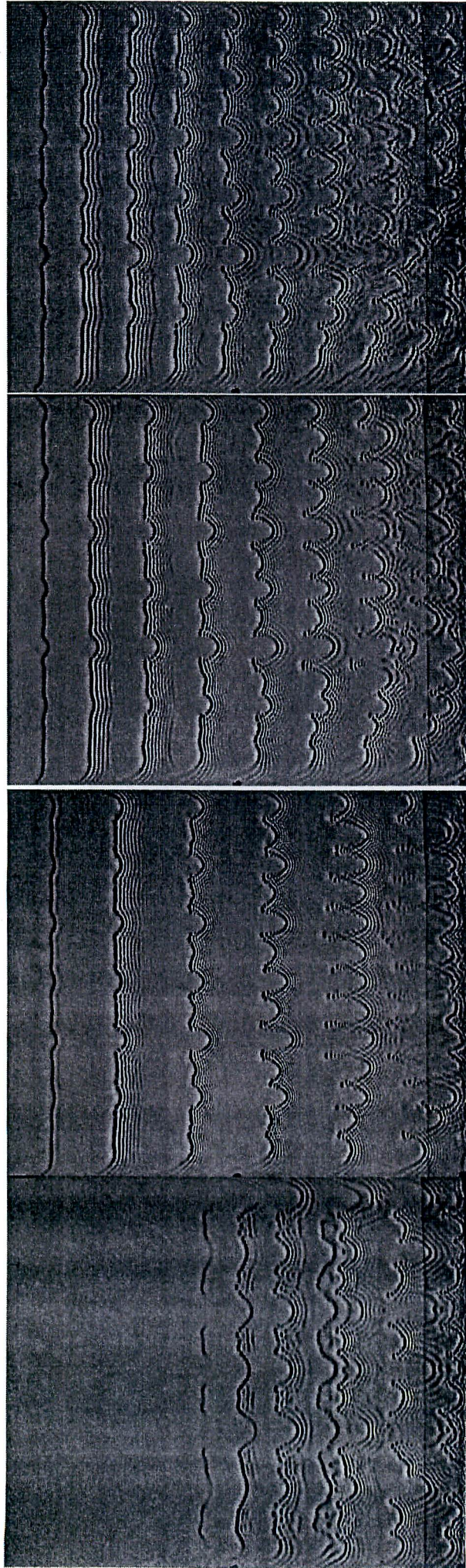


Fig. 3  $Re = 50.5$





$f=21.1\text{ Hz}$

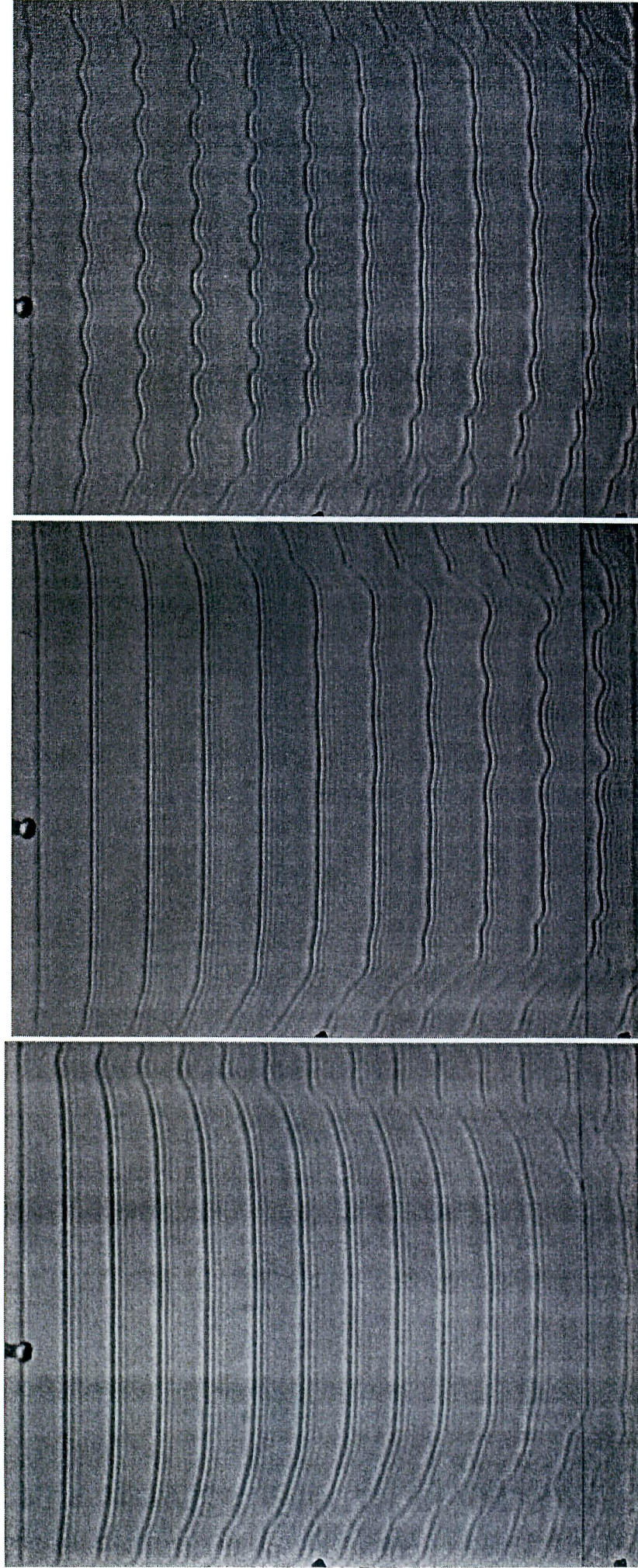
$f=19.0\text{ Hz}$

$f=15.0\text{ Hz}$

$f=0$

Fig. 4 Re = 81.0

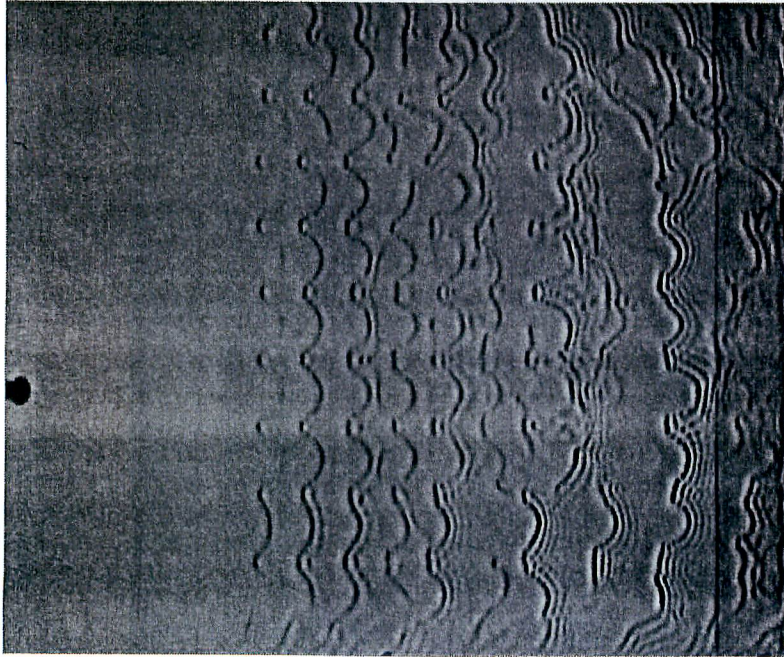




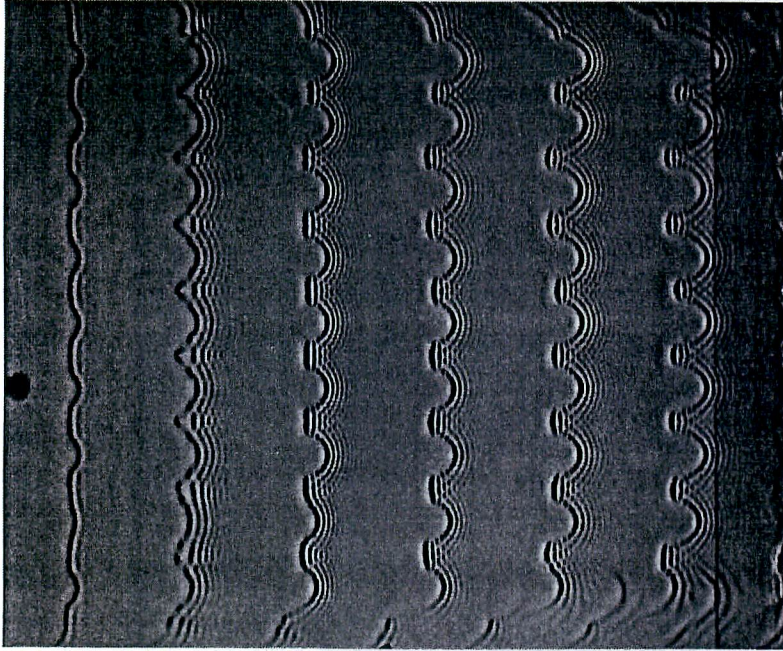
$f=15.1$  Hz                       $f=15.1$  Hz

Fig. 5 Re = 23.1

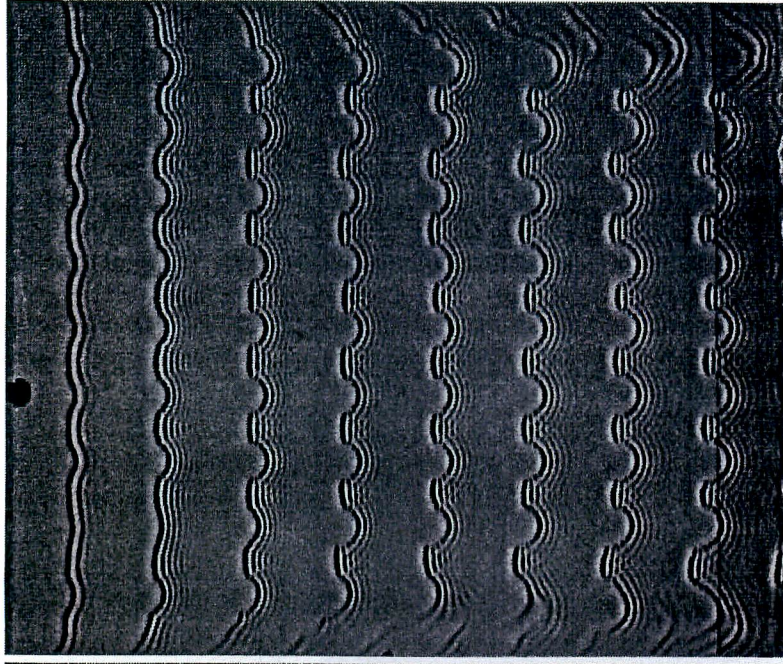




$f=0$



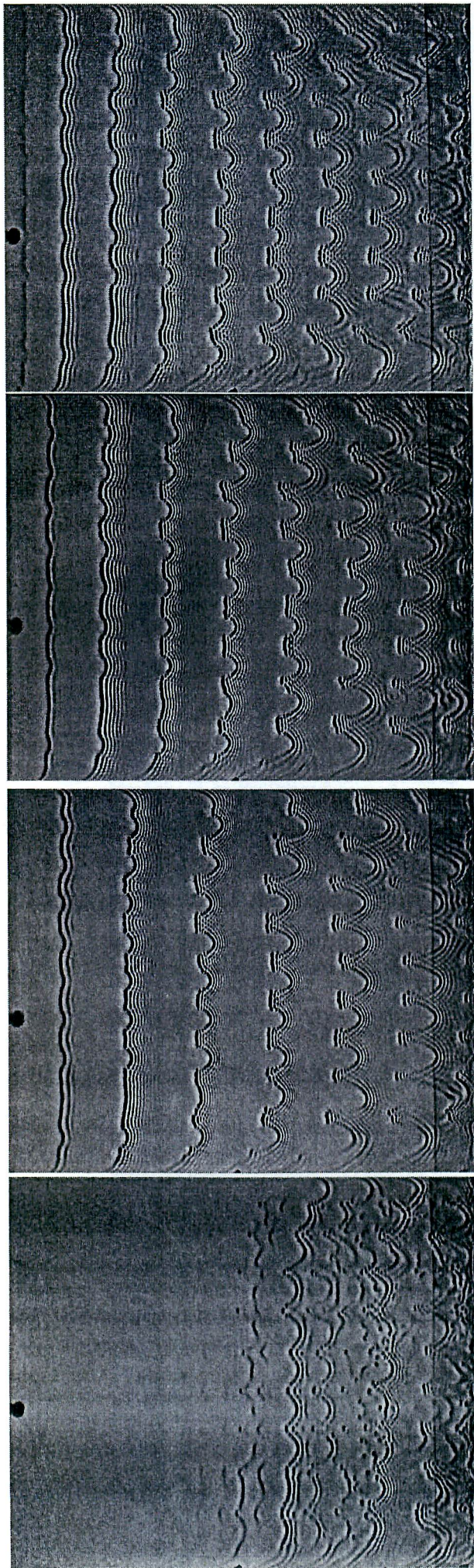
$f=12.0$  Hz



$f=15.1$  Hz

Fig. 6 Re = 40.3





$f=19.0$  Hz

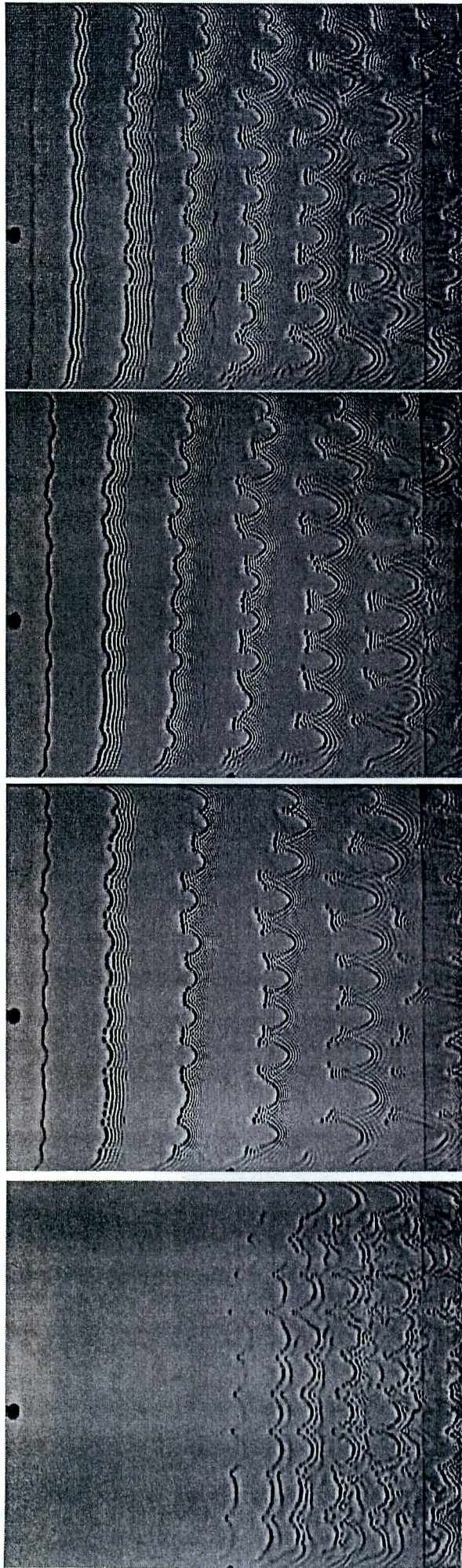
$f=17.1$  Hz

$f=15.1$  Hz

$f=0$

Fig. 7 Re = 70.7





$f=19.0$  Hz

$f=17.0$  Hz

$f=15.1$  Hz

$f=0$

Fig. 8 Re = 91.5



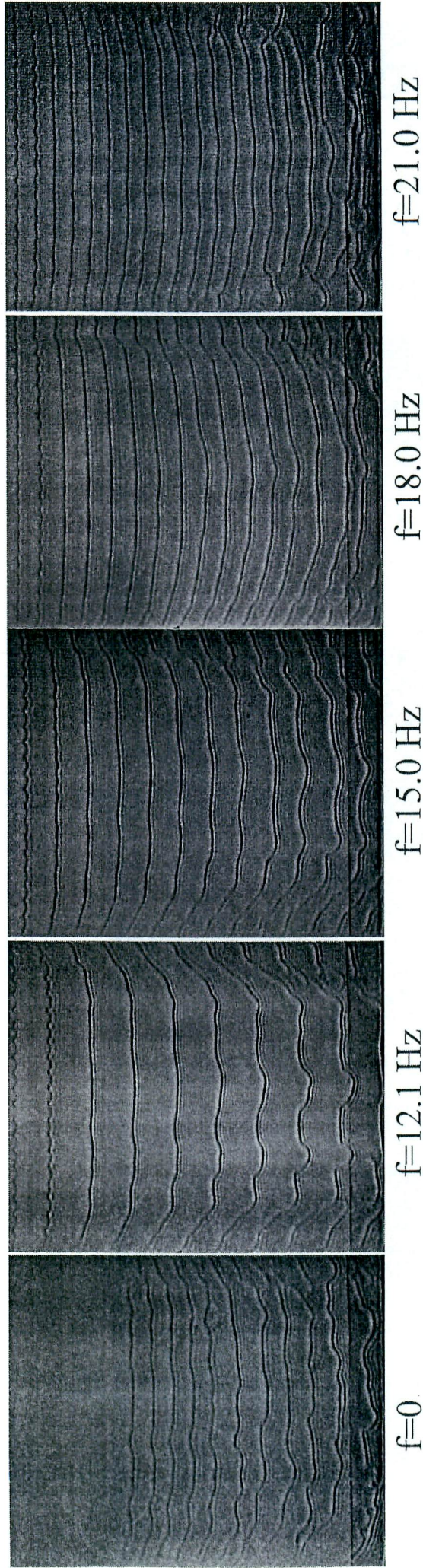


Fig. 9  $Re = 19.7$



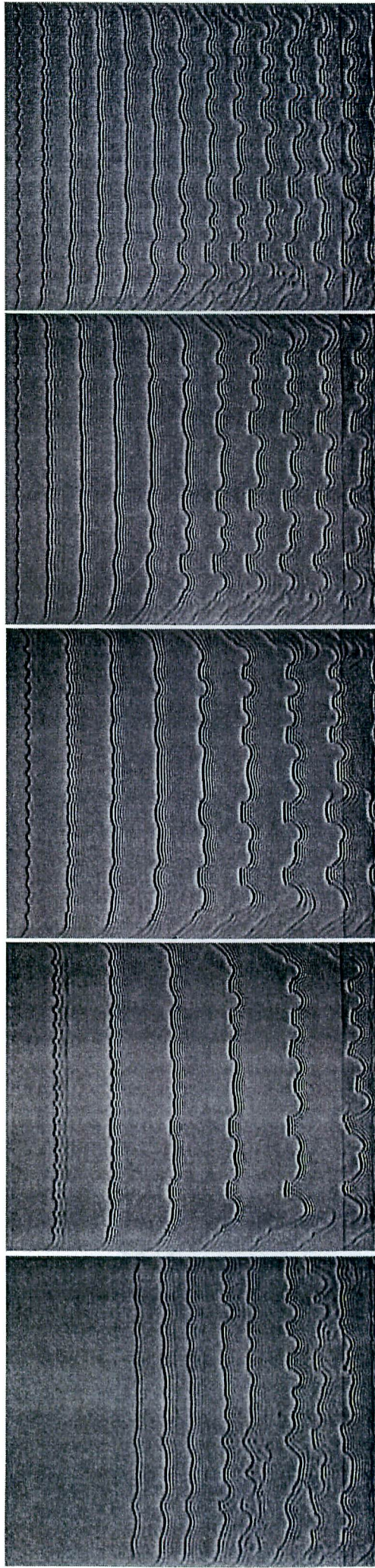


Fig. 10 Re = 40.3



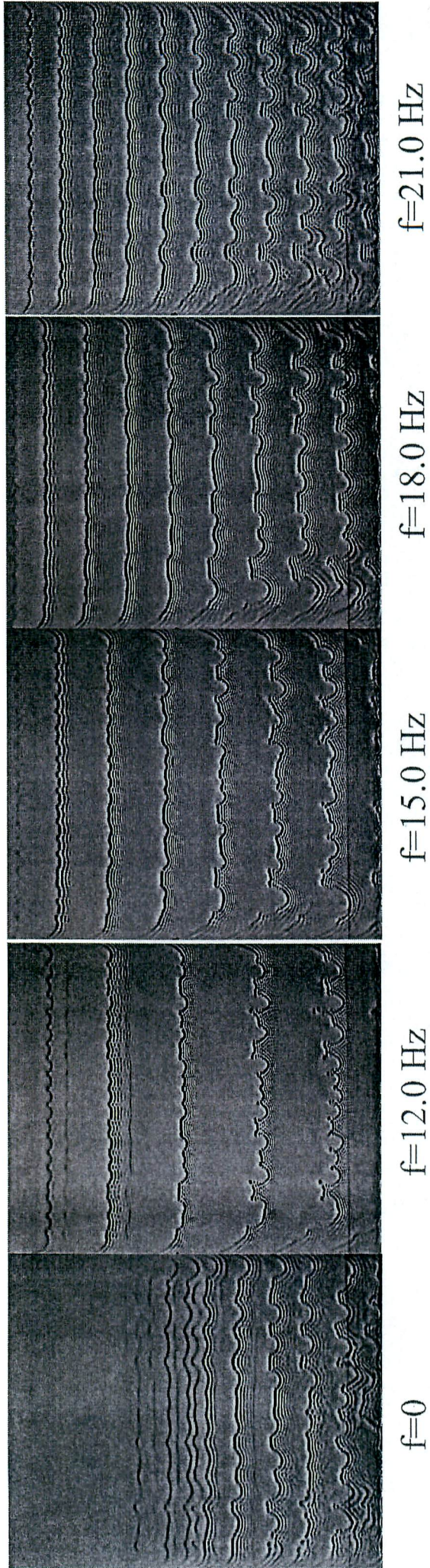


Fig. 11  $Re = 60.1$



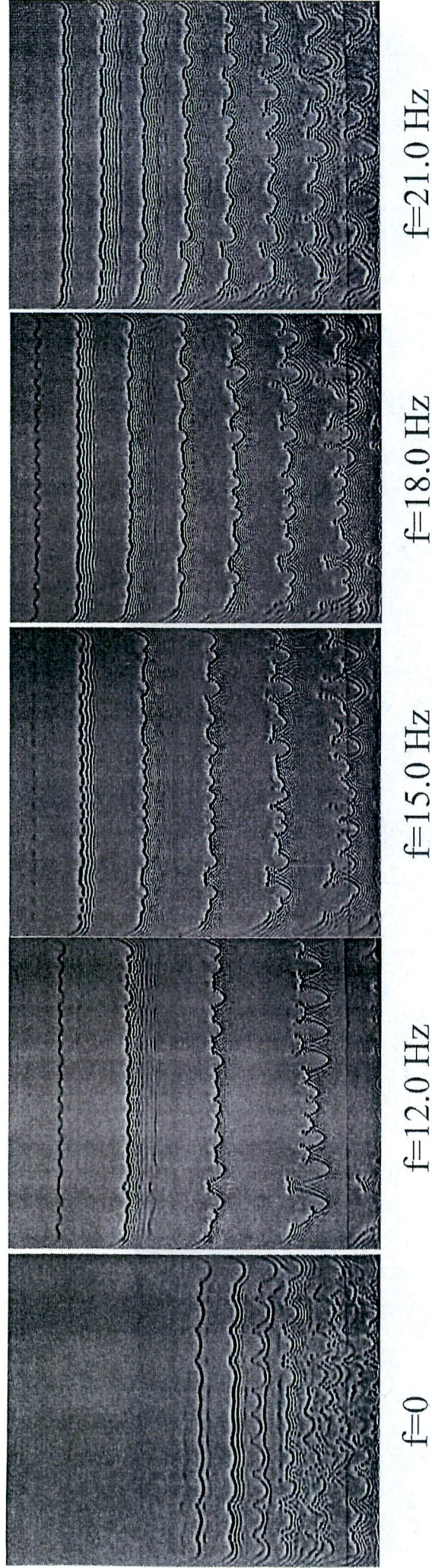
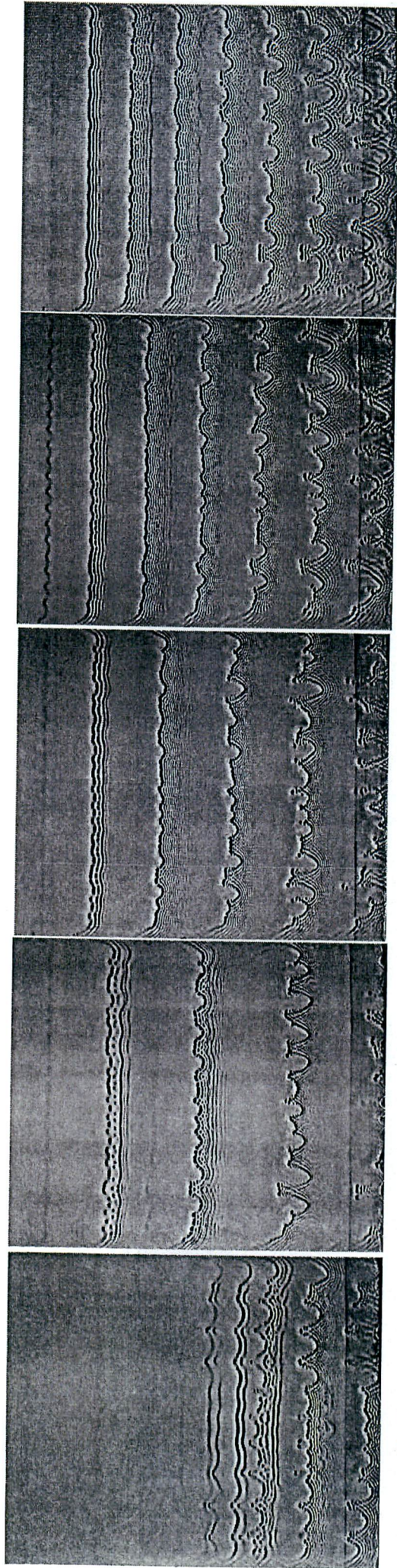


Fig. 12 Re = 90.1





$f=0$

$f=12.0$  Hz

$f=15.0$  Hz

$f=18.0$  Hz

$f=21.0$  Hz

Fig. 13 Re = 100.3