

研究速報

UDC 622.788.36 : 531.1

水平回転円筒内粒子の定位置間推移確率と禁止帯の存在\*

菅 哲 男\*\*・森 山 昭\*\*\*

Transition Probability of Particles between Two Fixed Positions in Horizontally Rotating Cylinder and Forbidden Region Therein

Tetsuo SUGA and Akira MORIYAMA

Synopsis:

The transitional probability of particles between two fixed positions was observed in a horizontally rotating cylinder. Orbits of the revolving particles are scarcely disturbed with a stationary rotation of cylinder, whereas cascading paths on the surface region of particle bed are accompanied with probabilities.

A special limited zone to particle motion is found, which is named the forbidden region, and its cause is discussed. Calculations of the extent of the region agreed with observations.

(Received Feb. 22, 1974)

別報<sup>1)</sup>で報告した回転炉における軸方向粒子混合のペクレ数は、炉の回転に伴う粒子の公転運動と粒子層表面における粒子のカスケード運動の結果としてみかけ上もたらされた特性値である。一般に各種回転炉操作において、炉内の粒子をとりまく環境は、炉断面方向にかなり相異なる。そのため、ペクレ数で表現されるみかけの混合特性とともに個々の粒子のより詳細な運動特性について知見を得ることが必要となるが、この問題につき若干の新しい結果を得たので報告する。

実験結果、および考察

透明アクリル樹脂製水平円筒（内径19.6cm、長さ50cm）に直径約0.3cmの球形アルミナ粒子を装入し、着色した同一粒子をトレーサとして、公転およびカスケード運動の各々について粒子の定位置間推移確率を測定した。試行回数は各実験とも800~1000回である。

層表面を炉壁部から中心部まで等間隔に6~8区分し炉壁部から1, 2, …, 8の区間番号をつける。公転およびカスケード運動のそれぞれの場合に任意の区間*i*から出発して任意の区間*j*にいたる粒子の推移確率  $P_{ij}$  を(1)式で与える。

$$P_{ij} = M_{ij} / \sum_{n=1}^N M_{in} \dots \dots \dots (1)$$

公転運動の推移確率の実測結果の一例を Fig. 1 に、またカスケード運動のそれを Fig. 2 に示した。

Fig. 1 からわかるように、公転運動の推移確率は、粒子層表面の中心線付近をのぞく他の領域で、すべて0.9~1.0の範囲に入り、したがって、公転運動軌道はほぼ

固定しているとすることができる。この点では、従来の幾何学的モデル<sup>2)~6)</sup>の取り扱いがほぼ正確であるといえ

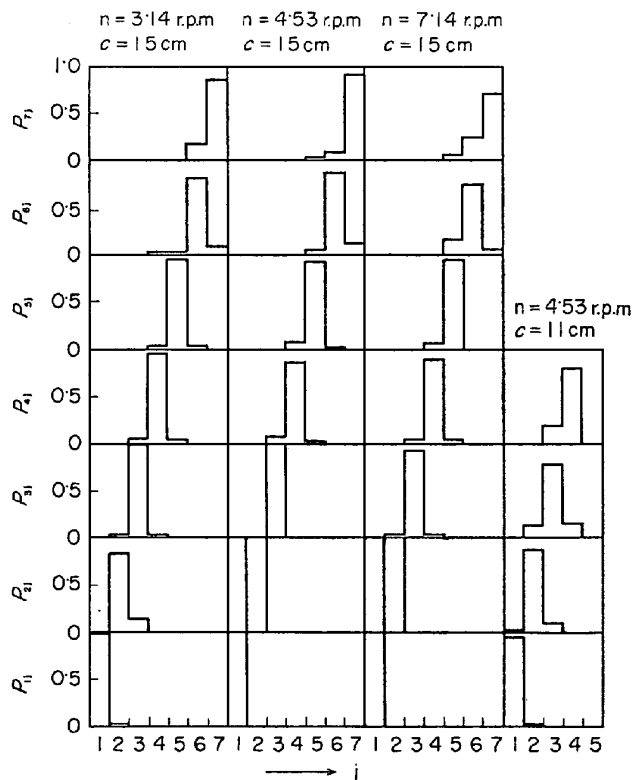


Fig. 1. Transition probability of rotation.

\* 昭和49年2月22日受付

\*\* 名古屋工業大学大学院、現在(株)神戸製鋼所(溶)技術本部

\*\*\* 名古屋工業大学材料開発研究施設 工博

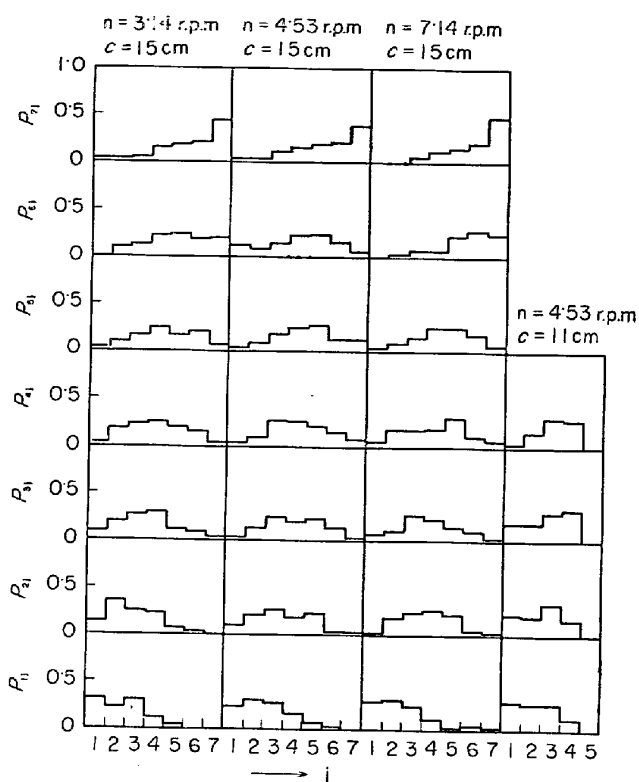


Fig. 2. Transition probability of cascading.

る。

層表面の中心線付近では、着色トレーサ粒子がまったく侵入せず、公転運動を開始できない一定幅の禁止帯が存在することがわかった。このような禁止帯の幅は粒子の充填率が低い場合ほど広がることが観察されたが、この問題については、最後に論じたい。

Fig. 2 からわかるように、カスケード運動の推移確率にはかなりの分布の幅が認められる。幾何学的モデル<sup>2-6)</sup>の理想化に基づけば、 $P_{ii}=1$ 、かつ  $P_{ij}=0 (j \neq i)$  とされるが、実際に観察される  $P_{ii}$  の値は、0.3 程度となっている。また、公転運動の場合と同様にカスケード運動についても、先述した禁止帯内にはカスケード軌道がまったく存在しないこともわかった。

**禁止帯の成因とその幅**

Photo. 1 から認められるように、一般に回転円筒内部で運動する粒子層の表面には 2~3 粒子層からなるカスケード領域が存在するが、この領域の下部によこたわる粒子の公転軌道を考えると、層の中心線近くに有限の最小公転軌道が存在するものと考えられる。この軌道は Fig. 3 に示すように、層中心線上で最小公転軌道上の粒子が公転軌道領域の表面直下に埋没する状況に規定されて定まり、この軌道の内側には、もはや、ほかのより小さい公転軌道の存在がまったく許されない状況が存在すると考えられる。



Photo. 1. Cross-sectional pattern of particle motions in rotary cylinder.

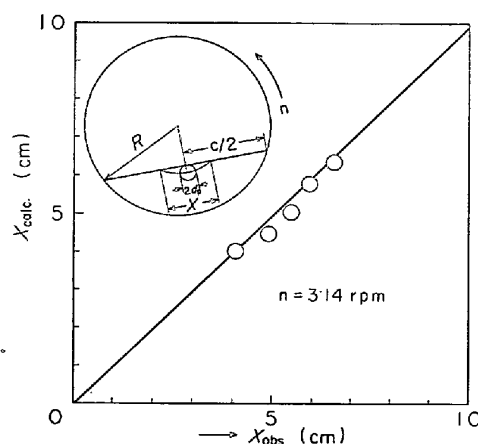


Fig. 3. Forbidden region to rotating. Model and observed results.

以上の推論に基づき、Fig. 3 に示した最小公転軌道に関するモデルを幾何学的に考察して(2)式を誘導した。

$$X = \sqrt{d_p^2 + 2d_p \sqrt{4R^2 - c^2}} \dots\dots\dots (2)$$

(2)式に基づく禁止帯の幅の計算結果は Fig. 3 に示したように実際の観察結果とよく一致している。

**記 号**

- $c$  : 円筒断面における粒子層表面の弦の長さ, (cm)
- $d_p$  : 粒子直径, (cm)
- $M_{ij}$  : 粒子が  $i$  区間を出発し,  $j$  区間に到達する試行回数, (-)
- $n$  : 回転速度, (rpm)
- $P_{ij}$  :  $i$  区間から  $j$  区間への推移確率, (-)
- $R$  : 円筒半径, (cm)
- $X$  : 禁止帯の幅, (cm)

**文 献**

- 1) 森山, 菅: 鉄と鋼, 60 (1974) No.9 (掲載予定)
- 2) W. C. SAEMAN: Chem. Eng. Progr., 47 (1951), p. 508
- 3) R. W. PICKERING, F. FEAKERS, and M. C. FITZGERALD: J. Appl. Chem., 1(1951), p. 13

- 
- 4) *L. VAHL* and *W. G. KINGMA*: *Chem. Eng. Sci.*,  
1(1952), p. 253
- 5) *H. KRAMERS* and *P. CROCKEWIT*: *Chem. Eng.*  
*Sci.*, 1(1952), p. 259
- 6) 杉本: *化学工学*, 32(1968), p. 291
-