

近畿大学理工学部 正 員 江藤剛治

近畿大学理工学部 正 員 竹原幸生

近畿大学大学院 学生員○高橋祐史

1. はじめに

本研究は水表面での気体輸送のメカニズムをビデオ画像計測により明らかにすることを最終目的としている。しかし気体輸送を規定している水表面付近の現象は狭い領域で生じるため拡大し撮影する必要がある。拡大撮影を行うと水表面が少しでも移動すると撮影領域から外れ見えなくなる。例えば市販のCCDビデオカメラで撮影領域1cm×1cmで水表面の撮影を行う場合、1/30秒後に水表面が上方に2cm移動したら撮影領域から出てしまい見えなくなってしまう。そのため高速ビデオカメラを用いて水表面を追尾しながら撮影する装置が必要となってくる。

本報告では絶えず水表面を追尾しながら撮影するAutomatic Tracking System の作製と改良について述べる。

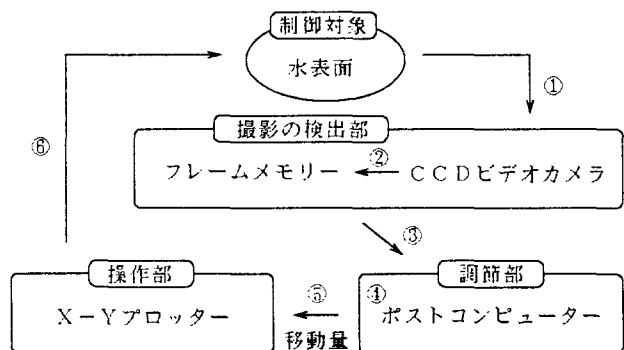
2. Automatic Tracking System

2-1 使用する装置 Automatic Tracking System で使用する装置は以下の通りである。

- ①CCDビデオカメラ（東芝製 IK-M32）：水表面を撮影するために使用する。親指程度の大きさのためCCDビデオカメラ自身を移動させながら撮影することができる。
- ②CCDビデオカメラ移動装置：X-Yプロッター（Roland製 DXY-1300）を地面に垂直に立てて使用する。CCDビデオカメラでの撮影の邪魔にならないように内部の部品を取り除く。
- ③画像処理装置：CCDビデオカメラで撮影した画像データをホストコンピュータのメモリーに記憶するフレームメモリー（ROUND製 BWV2）を使用する。
- ④ホストコンピュータ（PC-9801RA）：フレームメモリーとX-Yプロッターを制御する。プログラムはC言語で行う。水表面の位置の判断、移動量算出、X-Yプロッターの移動命令を行う。

2-2 水表面追尾の手順 水表面の追尾の手順は次の通りである。（図-1 参照）

- ①CCDビデオカメラで水表面を撮影する。
- ②①の画像をフレームメモリーで取り込む。
- ③ホストコンピュータでフレームメモリーのデータ（輝度）の変化を調べ、水表面を検出する。
- ④ホストコンピュータで水表面が画面の中心とどれくらいずれているかを調べ、CCDビデオカメラの移動量を計算する。
- ⑤X-Yプロッターに移動を命令する。
- ⑥X-YプロッターでCCDビデオカメラを水表面の位置に移動する。



以上が一連の操作であり①→②→③→④→⑤→⑥→①→②→……と繰り返すことによって水表面を追尾する。①～⑥の操作中に生じる水表面の移動量が次のステップで得られる①のデータとなる。

2-3 移動量算出方法¹⁾ 2-2 節の水表面追尾の手順④で行っている移動量算出方法について詳しく述べる。画像取り込みn枚目に図-2のような誤差が出たときの以下の4通りの移動量算出方法で行う。

①P制御：水表面と画面の中心との誤差がそのままP制御の移動量となる。誤差が大きければ移動量が大きくなるし、小さければ小さくなる。このため比例動作といわれる。

$$U = K_p e(n)$$

U 移動量 K_p 比例係数

$e(n)$ 画像取り込みn枚目の時の誤差量

②PD制御：誤差量の $e(n)$ と $e(n-1)$ を通る直線（図-3の直線A-B）の傾きを求める。求めた傾きの値とP制御の移動量の合計がPD制御の移動量である。P制御をさらに良くするために行う。誤差の変化率に比例することからrate（または微分）動作といわれる。

$$U = K_p e(n) + K_D \{e(n) - e(n-1)\}$$

K_D 比例係数

③PI制御：0～n枚目までの誤差量を通る直線とX軸に囲まれた図形（図-3の塗りつぶした部分）の面積を求める。その値を取り込み回数nで割る。求めた値とP制御の移動量の合計がPI制御の移動量である。常に残ってしまう誤差をなくすために reset（または積分）動作という。

$$U = K_p e(n) + K_I \frac{1}{n} \sum \left[\frac{1}{2} \{e(n) + e(n-1)\} \right]$$

K_I 比例係数

$e(n-1)$ 画像取り込みn-1枚目の時の誤差量

④PID制御：P制御の移動量とPD制御の直線の傾きの値とPI制御の面積を取り込み回数で割った値の合計がPID制御の移動量である。

$$U = K_p e(n) + K_D \{e(n) - e(n-1)\} + K_I \frac{1}{n} \sum \left[\frac{1}{2} \{e(n) + e(n-1)\} \right]$$

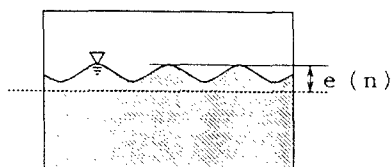


図-2 n枚目ときの取り込み画像

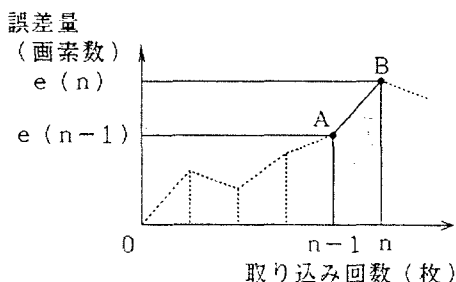


図-3 0～n枚目の誤差量

3. 性能実験

3-1 結果 昇降装置を用いAutomatic Tracking System の性能実験を行った。昇降装置はアクリルが振幅12.5cmで上下するものを作製した。このアクリルの上部を水表面と仮定し追尾させる。このときの撮影領域は1.0cm×1.3cmである。移動量算出に用いる比例定数は $K_p = 1.0$, $K_D = 0.5$, $K_I = 0.5$ で行った。昇降装置の周期約15秒までは絶えずアクリルを撮影しながら追尾できた。これ以上速くなると追尾が遅れたときアクリルが撮影領域の外へ出てしまう。移動量算出は2-3節の①②③④のそれぞれの方法で行ったが違いがみられなかった。

3-2 考察 昨年度作製した装置に比べると追尾速度がかなり速くなった。昨年度は振幅13cm, 周期約40秒まで追尾した。撮影領域は1.0cm×1.3cmである。今後改良すべき点として以下に述べる。

- ① 4つある移動量算出方法のそれぞれの特徴をつかむ。比例定数の値をどのようにすれば良いかを調べる。
- ② 実際に水表面を追尾できるようにする。
- ③ さらに追尾スピードを上げるためマイコン化する。最終的に振幅5cm, 周期5秒の水表面の追尾を行いたい。

<参考文献> 1) 須田信英：PID制御，朝倉書店，189pp.，1992