ノート

鋳造品の外観検査装置導入に関する研究

木嶋　祐太*　大野　宏**

A Study of Introducting a Visual Inspector for Metal Casting Parts

KIJIMA Yuuta*and OHNO Hiroshi**

1.　緒　　言

鋳鉄品は複雑な形状部品を大量に製造できるため，安価な量産部品として製造されている。しかし，鋳型に不具合が生じたり，鋳造条件が不適当だったりすると鋳鉄品に欠陥が発生する。そのため，目視による外観検査が行われているが，検査員による個人差や疲れによるばらつきが生じるため自動化が望まれている。

2008 年度の「画像処理を利用した鋳鉄品の外観検査の自動化についての研究」[1)]　において試作した外観検査装置を企業の現場に導入するための実験を行った。様々な欠陥サンプルに対して，照明の位置，カメラのゲインの条件を変更したときの欠陥の検出のしやすさを評価した。

2.　実　　験

2.1　実験の目的

最適な照明の位置やカメラのゲインの条件を求めることが実験の目的である。

画像処理を行うと欠陥に近いほど画素の階調値が大きくなる。図 1 に画像処理後の画像を 1 次元として表現したグラフを示す。グラフで欠陥部と表示した範囲は実際に欠陥がある場所である。また，図 1 のように幅が小さいものは雑音のため，平滑化フィルタをかけて減衰させた。

正常部の値は欠陥がない部分の最大値とし，欠陥部の値は欠陥部での最大値とした。図 1 の場合は，A が正常部の値で B が欠陥部の値となる。A 値より，B 値が大きくなるほど，検査に適していることになる。この実験では正常部の値と欠陥部の値の比率で評価した。

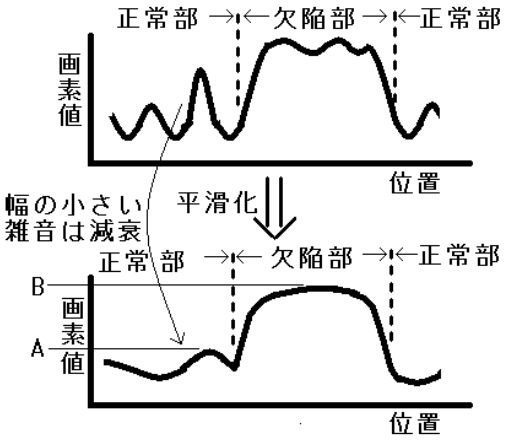

図 1　評価方法

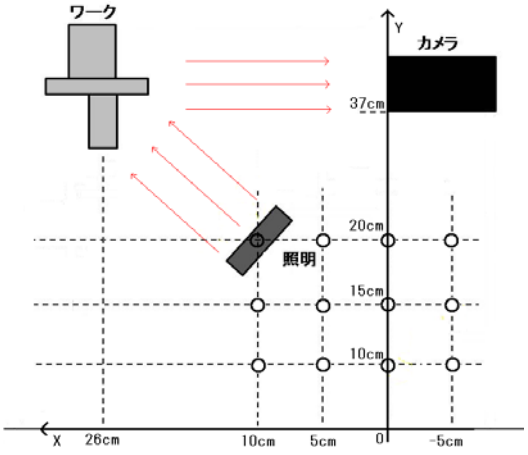

図 2　実験配置図

2.2　実験方法

図 2 のように検査対象ワーク，カメラ，照明を配置し，試作した外観検査装置で検査を行い，その結果を評価した。照明の位置は図の X 方向に 4 条件，Y 方向に 3 条件の 12 条件であり，図中に

*　下越技術支援センター
**　企画管理室

○で示す。平滑化フィルタの大きさは欠陥の面積を考慮し，5×5 とした。

2.3　対象ワーク

欠陥品として 10 種類のワークを用意した。側面に欠陥があるものが 4 種類（ワーク 1～ワーク 4），底面に欠陥があるものが 6 種類（ワーク 5～ワーク 10）である。

3.　実験結果

3.1　ワークによる結果のばらつき

表 1～表 3 に側面の欠陥について評価した結果を示す。この結果は，カメラのゲインと照明の位置について表に示す条件下での正常部の結果に対する欠陥部の結果の比率を求めたもので，1 より大きいと欠陥部が強調されていることになる。表 1 は 4 種類の側面欠陥の最小値を求めた結果で，表 2，表 3 は側面欠陥のワーク単体での測定結果である。わかりやすくするために 1.5 を基準に表 1 をみると，1.5 を超えている条件は存在しないのがわかる。しかし，表 2，表 3 をみると 1.5 を超えている条件は存在している。このことから欠陥の場所や種類によって測定のしやすい条件が違い，最小値をとると小さな値になってしまうことがわかった。

3.2　画像処理のマスク

底面の画像処理については，刻印部分と影になる部分があることから，マスクを設定しその部分は画像処理を行わない。図 3 の白くなっている部分が画像処理を行う範囲である。このマスクを図 4 のように，シャフトの円周部と刻印がされて

表 1　ワーク 1～ワーク 4 測定結果の最小値

照明の位置		カメラのゲイン						
X [cm]	Y [cm]	300	350	400	450	500	550	600
10	10	0.44	0.53	0.70	0.82	0.88	0.98	1.06
10	15	0.83	0.94	1.05	1.16	1.21	1.14	1.09
10	20	1.19	1.15	1.02	0.56	0.70	0.00	0.00
5	10	0.76	0.89	0.96	1.09	1.21	1.24	1.17
5	15	1.07	1.12	1.19	1.07	0.86	0.63	0.27
5	20	1.00	0.77	0.54	0.21	0.00	0.00	0.00
0	10	0.95	1.02	1.07	1.16	1.18	0.99	0.72
0	15	0.95	1.08	1.13	0.91	0.61	0.31	0.00
0	20	1.11	0.92	0.67	0.33	0.00	0.00	0.00
-5	10	0.90	0.91	0.97	1.07	1.11	0.86	0.59
-5	15	0.88	0.96	1.07	1.03	0.83	0.43	0.06
-5	20	0.70	0.85	0.89	0.80	0.47	0.00	0.00

表 2　ワーク 1 の測定結果

照明の位置		カメラのゲイン						
X [cm]	Y [cm]	300	350	400	450	500	550	600
10	10	1.00	1.18	1.51	1.67	1.55	1.45	1.34
10	15	1.49	1.46	1.37	1.29	1.23	1.14	1.09
10	20	1.21	1.15	1.02	0.56	0.70	0.00	0.00
5	10	1.49	1.64	1.53	1.44	1.35	1.26	1.17
5	15	1.39	1.27	1.19	1.07	0.86	0.63	0.27
5	20	1.00	0.77	0.54	0.21	0.00	0.00	0.00
0	10	1.69	1.57	1.39	1.28	1.18	0.99	0.72
0	15	1.39	1.29	1.13	0.91	0.61	0.31	0.00
0	20	1.11	0.92	0.67	0.33	0.00	0.00	0.00
-5	10	1.78	1.57	1.37	1.25	1.11	0.86	0.59
-5	15	1.48	1.31	1.18	1.03	0.83	0.43	0.06
-5	20	1.03	0.96	0.89	0.80	0.47	0.00	0.00

表 3　ワーク 2 の測定結果

照明の位置		カメラのゲイン						
X [cm]	Y [cm]	300	350	400	450	500	550	600
10	10	0.44	0.53	0.70	0.82	0.88	0.98	1.06
10	15	0.83	0.94	1.05	1.16	1.27	1.41	1.82
10	20	1.34	1.53	1.98	2.19	11.60	0.84	0.00
5	10	0.76	0.89	0.96	1.09	1.21	1.31	1.46
5	15	1.13	1.22	1.31	1.41	1.69	2.41	4.27
5	20	1.37	1.61	2.17	3.67	10.48	62.33	0.00
0	10	1.00	1.06	1.14	1.26	1.34	1.50	1.77
0	15	1.11	1.23	1.31	1.47	1.72	2.22	4.71
0	20	1.26	1.47	1.85	2.67	4.95	16.90	11.00
-5	10	1.04	1.05	1.11	1.22	1.36	1.52	1.82
-5	15	1.03	1.10	1.21	1.36	1.67	1.88	2.96
-5	20	0.95	1.05	1.26	1.83	2.58	3.28	7.64

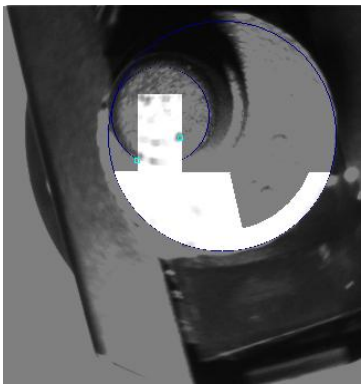

図 3　底面の画像処理

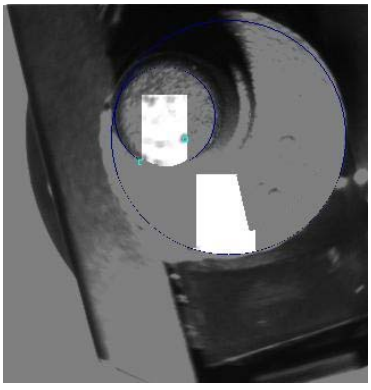

図 4　マスクの拡大

いる面の一部へ拡大し実験を行った。表 4 と表 5 が，底面の欠陥（ワーク 5）の通常測定とマスク拡大した測定の結果である。表 4 では 1 を超える条件はなかったが，表 5 では 1.5 を超える条件が現れた。マスク拡大は有効であるが，マスクした部分が検査不可能になるのがデメリットである。

3.3 最適な条件

今回の実験の結果から最適な条件を求めた。工場では欠陥品の中に良品が混じっても良いが，良品の中に決して不良品は混じってはならない。そのため，どの欠陥もある程度検出できる条件，つまりすべての欠陥ワークの最小値が最大になるような条件が求められる。この装置では側面の検査と底面検査で，照明位置は変えられないが，カメラのゲインは変えることができる。

6 種類の底面欠陥（ワーク 5～ワーク 10）を測定した結果の最小値を表 6 に示す。表 1，表 6 を同時にみたときに，最も良い照明位置は「X 0cm, Y 15cm」で，カメラのゲインは側面で 400，底面で 450 であることがわかった。

4. 結　　言

(1) 現状の装置，画像処理方法で最適となる条件がわかった。

(2) 欠陥の種類や位置でそれが検出しやすくなる条件が変わった。精度を上げるためには，照明を増やして複数回検査を行うか，画像処理の方法を変更する必要がある。

(3) 製品の形状変化が激しい部分を欠陥と認識しないようにマスクをすることは有効であることがわかった。不感部分を最小化するためのマスクの設定についても検討を行う必要がある。

表 4　ワーク 5 の結果（通常）

照明の位置		カメラのゲイン							
X [cm]	Y [cm]	300	350	400	450	500	550	600	650
10	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00
10	20	0.00	0.35	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.13
5	15	0.00	0.00	0.00	0.92	0.49	0.10	0.00	0.00
5	20	0.55	0.31	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
0	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.77	0.65	0.28	0.06
0	15	0.00	0.00	0.00	0.49	0.34	0.05	0.00	0.00
0	20	0.20	0.60	0.36	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
-5	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.46	0.33	0.06
-5	15	0.00	0.00	0.66	0.69	0.00	0.00	0.00	0.00
-5	20	0.00	0.00	0.61	0.39	0.09	0.00	0.00	0.00

表 5　ワーク 5 の結果（マスク拡大）

照明の位置		カメラのゲイン							
X [cm]	Y [cm]	300	350	400	450	500	550	600	650
10	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00
10	20	0.00	0.26	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.20
5	15	0.00	0.00	0.00	0.38	0.18	0.18	0.00	0.00
5	20	0.99	0.75	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24	0.65	0.23	0.07
0	15	0.00	0.00	0.00	0.97	0.26	0.26	0.00	0.00
0	20	1.16	1.56	0.48	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00
-5	10	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.38	0.21	0.06
-5	15	0.00	0.00	1.14	3.14	0.00	0.00	0.00	0.00
-5	20	0.00	0.00	1.45	1.85	0.13	0.00	0.00	0.00

表 6　ワーク 5～ワーク 10 測定結果の最小値

照明の位置		カメラのゲイン							
X [cm]	Y [cm]	300	350	400	450	500	550	600	650
10	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	20	0.00	0.26	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.20
5	15	0.00	0.00	0.00	0.76	0.38	0.16	0.00	0.00
5	20	0.81	0.75	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.65	0.23	0.07
0	15	0.00	0.00	0.00	0.88	0.26	0.26	0.00	0.00
0	20	0.00	0.00	0.48	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00
-5	10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	0.38	0.00	0.00
-5	15	0.00	0.00	0.65	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-5	20	0.00	0.00	0.64	0.80	0.13	0.00	0.00	0.00

参考文献

1) 大野宏ほか，“画像処理を利用した鋳鉄品の外観検査の自動化についての研究”，工業技術研究報告書，No.38，2009，p56-61.