資料

放射線機器管理における始業点検の意義

石田秀樹・武 俊夫・岡部圭吾・斉藤 肇
浅沼真一・秋山真之・中澤靖夫

昭和大学病院放射線部

論文受付
2006年3月24日論文受理
2006年9月24日

Code No. 900

緒言

近年、医療社会を取り巻く環境が大きく変化しており、とりわけ、患者サービスについて診療放射線技師(以下、技師とする)としてできることは何かが問われている。厚生労働省は医療資源の効率的活用として、医療の質(quality assurance)と質の向上(quality improvement)をめざして「科学的根拠に基づく医療(evidence based medicine)」の推進を行っており、われわれ技師にも科学的根拠に基づく医療サービスを提供することが求められている。高度で複雑になっていく放射線機器に対応すべく、1996年7月には薬事法施行規則が改正施行され、1996年10月には医療法施行規則も改正施行され、これに伴い医療機器の保守点検が義務づけられた。当院では1980年4月より技師による放射線機器の保守管理を行っているが、以前にも増して患者の安全性や放射線技術の質の保証が求められている。放射線機器を通じて提供できる医療サービスの向上を技師の重要な仕事として位置づけ、メーカーによる保守点検と技師による自主点検を施行し放射線機器等の管理を行い、機器の安全、性能維持、安定した画像

の提供のための業務を推進している。今回は放射線機器の安全管理活動のなかで特に日常的に行っている始業点検の成果として、検査または治療前に故障を見いだした事例を抽出し、始業点検の意義について報告する。

1. 対象装置および方法

- 1) 対象は、一般X線撮影装置、回診用X線撮影装置、X線透視撮影装置、血管撮影用X線装置、X線CT装置、MRI、治療用装置、核医学装置、CR画像処理装置、イメージャ、自動現像機で、調査期間の10年間のなかで日常的に使用したモダリティ別放射線機器109台である(Table 1)。
- 2) 今回の調査期間は1995年4月から2005年3月までの10年間とした。
- 3) 対象別に実際の使用状況に応じた仕業(始業・終業)点検表(Fig. 1), 装置故障修理記録(Fig. 2)を使用し、毎朝、毎夕、担当部門の責任者が始業・終業点検の項目に従い点検を実施した。故障が発生したら、その度に対象別装置故障記録へ記録した。実施

Importance of an Initial Check-up for Diagnostic Radiology Apparatus Management

Hideki Ishida, Toshio Take, Keigo Okabe, Hajime Saitoh, Shinichi Asanuma,
Masayuki Akiyama, and Yasuo Nakazawa

Department of Radiology, Showa University Hospital

Received March 24, 2006; Revision accepted Sept. 24, 2006; Code No. 900

Summary

The management of apparatus for diagnostic imaging is an important job for radiological technologists. In the last 10 years we have encountered 2227 malfunctions in 3652 days. We detected 163 cases at the initial check-up, which accounted for 7.3% of total cases. By performing an initial check-up, we detected one malfunction every 21 days and were able to keep the effects of mishaps to a minimum, prevent accidents, and obtain stable-quality images.

Key words: check-ups, accident prevention, apparatus management別刷資料請求先: 〒142-8666 東京都品川区旗の台1-5-8
昭和大学病院 放射線部 石田秀樹 宛

Table 1 モダリティ別放射線機器台数

モダリティ別	装置台数 (内訳台数)	使用年数 5年未満	使用年数 5年以上	使用年数 10年以上
一般X線撮影装置	計22台			
(胸腹部専用)	(5台)		(4台)	(1台)
(頭部専用)	(4台)		(2台)	(2台)
(骨軟部専用)	(4台)		(2台)	(2台)
(乳房専用)	(2台)		(1台)	(1台)
(尿路専用)	(2台)		(1台)	(1台)
(断層専用)	(4台)		(1台)	(3台)
(骨塩専用)	(1台)			(1台)
回診用X線撮影装置	計10台		(5台)	(5台)
X線透視撮影装置	計7台		(2台)	(5台)
血管撮影用X線装置	計4台			
(一般カテ専用)	(2台)			(2台)
(心カテ専用)	(2台)			(2台)
X線CT装置	計7台	(1台)	(4台)	(2台)
MRI	計5台			
(全身検査)	(4台)		(3台)	(1台)
(サーバ関連)	(1台)		(1台)	
治療用装置	計8台			
(照射装置)	(5台)		(3台)	(2台)
(シミュレータ装置)	(2台)		(2台)	
(サーバ関連)	(1台)		(1台)	
核医学装置	計8台	(2台)	(3台)	(3台)
CR画像処理装置	計24台			
(画像読取装置)	(10台)		(10台)	
(画像表示装置)	(13台)		(13台)	
(画像保管装置)	(1台)		(1台)	
イメージャ	計9台		(9台)	
自動現像機	計5台		(5台)	
合計	109台	3台	73台	33台

状況や成果について定期的に各部門で検討し、まとめた後、放射線機器管理委員会に提出し、委員会でさらに詳細に分析し、統計処理を行った。今回はこの統計データのなかの始業点検時に見いだした事例のみを対象とした。

- 4 始業・終業点検表の点検項目は、機器の特性に合わせて機器本体、機器周辺、検査環境を選び、X線曝射テストを行う等の操作を盛り込んだ。放射線機器関連として装置固定状態確認、寝台動作確認、照射野ランプ動作確認をはじめ全21項目を点検する。また環境関連では、撮影室の照明の明るさ、プロテクタの所在確認など全8項目を点検する。これらの点検結果は各部門の責任者および技師長の最終確認を行い、10年間記録、保管した。
- 5 装置故障修理記録に記入する項目はFig. 2に示すとおりである。それらを各部門責任者が点検し、毎月

1 回開催される放射線機器管理委員会において総合的に分析し、修理の進捗状況、妥当性を点検している。

2. 結果

- 1 10年間ににおける総故障件数とモダリティ別総故障件数をFig. 3に示す。総故障件数は2227件、1年間当たり約222.7件、したがって1カ月当たり約18件発生したことになる。モダリティ別では一般X線撮影装置が全体の16.8%と最も多く故障件数は375件、続いて多い順に血管撮影用X線装置、治療用装置、X線透視撮影装置の順となり、自動現像機が最小であった。
- 2 10年間ににおけるモダリティ別装置1台当たりの故障件数は平均20.4件である(Fig. 4)。血管撮影用X線装置台数は4台(Table 1)であるので装置1台当たり

仕業(始業・終業)点検表

		年	月	分	部門: 一般撮影	検査室:	装置名:	技師長:	係長:	主任:
--	--	---	---	---	-------------	------	------	------	-----	-----

		曜日 日付	月	火	水	木	金	土
放射線 機器 関連	装置固定状態確認							
	高圧ケーブル状態確認							
	X線管支持装置動作確認							
	寝台動作確認							
	照射野ランプ動作確認							
	コリメータ動作確認							
	コンソール表示状態確認							
	X線曝射テスト							
	撮影補助具の確認							
	リス枚数 六ツ、四ツ、大四、大角、半切							
	IPインジェクタ動作確認							
	MOD残り枚数							
	断層モーションチェック							
	積算カウンタ1(始業時)							
	積算カウンタ2(始業時)							
	積算時間1 (始業時)							
	積算時間2 (始業時)							
	積算カウンタ1(終業時)							
	積算カウンタ2(終業時)							
積算時間1 (終業時)								
積算時間2 (終業時)								
環境 関連	撮影台の汚れ							
	撮影室の整理整頓							
	撮影室の照明							
	更衣室の整頓、照明							
	操作卓の整理整頓							
	プロテクタの所在確認							
	点滴棒の所在確認							
	部屋の温度							
	始業点検実施時間(朝のみ)							
点検者 確認 備考								

Fig. 1 仕業(始業・終業)点検表

X線撮影部門 装置故障修理記録		提出年 月 日	
		報告者	印
装置名称		作業者	印
環境	室温 ℃ 湿度 %		
時間	故障発生時間 年 月 日 時 分		
	積算タイマ示値 積算照射時間 時間		
	故障連絡時間 年 月 日 時 分 対応者		
	修理開始時間 年 月 日 時 分	到着後 時間 分	発生後 時間 分
		連絡後 時間 分	
	修理終了時間 年 月 日 時 分		
	修復時間 時間 分		
ダウンタイム 時間 分			
費用	保守契約 (内・外) 修理費 (円) 内訳のわかるもの空欄に記入		
人員	修理者氏名 人 数 人	修理機関名	
故障対象	高電圧装置系・X線管球・保持装置・映像系・画像記録系・造影剤注入器 その他 () 対象装置名		
故障の程度	照射不能	一定条件下で可能	故障のまま平常業務可能
故障発生形態	突 然	漸 時	一 時 的
劣 化 故 障			
1. 故障現象 2. 故障前の状態 3. 故障時の状況 [動作中・待機中・保全作業中・その他] 4. 故障箇所 (部品) 5. 故障モード (必ず以下の中から適当と思われるものを一つ選択すること。) 短絡・開放・折損・汚れ・緩み・摩耗・変形・不安定・破損・漏れ・歪み・付着・表面荒れ アーク・フィルムづまり・断線・過電流・焼け・欠損、ずれ・腐食・クラック・ソフトウェアバグ 6. 故障原因 (メカニズム) 7. 故障への対策, 修理の実際, 回路変更など。[取替・調整・修理・その他] 8. 結果 [未了・完了・仕掛かり・その他] 9. 意見, 感想など			
管財 連絡 (保留・未・済)	決済 (未・済)	係長	管理班長 技師長

Fig. 2 装置故障修理記録

Table 2 始業点検故障発見事例(抜粋)

モダリティ	使用年数	MTTR(h)	DT(h)	現象・対処
CT	12	0.5	4.0	HEADホルダーラッチ破損
	11	3.0	5.0	テーブル動作不良
	11	11.0	8.0	X線管交換
	11	0.5	0.5	寝台テーブルより異音 ローラ清掃
	10	1.0	0.0	寝台表示異常 フットSWマイクロ交換
	9	1.0	2.5	電源立ち上がらず 電源ユニット交換
	8	4.0	6.5	フィルム出力不可
	8	1.0	4.0	電源立ち上がらず ソフト交換
	7	1.0	0.0	ガントリ内異音 熱交換機ファン調整
	7	6.0	8.0	スキャン不可 管電流調整
	7	8.5	8.0	電源立ち上がらず
	7	7.0	8.0	フィルムジャム出力不可
MRI	7	1.0	0.0	モニタ不良 交換
	11	2.0	0.0	サテライトコンソール立ち上がらず バッテリ付きEEPROM交換
	11	1.8	3.0	サテライトコンソール立ち上がらず バックアップハードDISK作成
	11	1.5	0.0	電源立ち上げ時SMIかからず 基盤D70交換
	11	4.0	0.0	電源立ち上げ時SMIかからず 電源電圧調整
	8	2.5	3.0	スキャン不可
	7	10.5	0.0	冷凍機(コールドヘッド)能力低下
	7	1.5	3.0	ファントム撮像不可シーケンス走らず キャビネットブレーカON・OFF
	7	3.5	5.0	システム立ち上がらず 再インストール
	7	1.0	3.0	マンマコイル不良 コンデンサ交換
IVR (血管)	6	2.0	0.0	電源立ち上がらず ファイルシステムCHECK
	6	5.0	0.0	冷凍機(コールドヘッド)能力低下
	12	7.0	0.0	LAT側コリメータ動かず システムディスク交換
	12	1.5	2.5	透視・撮影できず 突入電流流れブレーカ落ちる
	12	10.0	8.0	DX透視FACE暗い DXビデオ入力(F/L)分岐
	12	12.5	2.0	透視時輝度が変わる パルスバイアスタンク内絶縁不良
	11	9.0	0.0	オートポジショナ不良 LAT側I.I.ポテンション調整
	11	3.0	0.0	オートポジショナ不良 LAT側I.I.ポテンション基盤交換
DR (透視)	11	7.0	0.0	LAT側X線管近寄らず リミッター調整
	11	2.5	0.0	LAT側PIVOT動作せず 基盤交換
	11	8.0	8.0	FACE側イメージ真っ暗 カメラヘッド交換
	9	0.5	0.0	回転ノブ動作不良 技師作業
	9	2.0	0.0	Cアーム上下動異音 ブーリ位置調整
	8	15.5	8.0	透視は出るが撮影できず X線管ロータ不良交換
	8	2.5	4.0	システム立ち上がらず マザーボード交換
	8	8.0	8.0	過去画像表示不可 画像保管基盤(BLU)交換
核医学	8	2.5	1.0	近卓ローカルSW不良 近卓PSWT基盤交換
	6	10.0	8.0	透視・撮影不可 PCユニット交換
	5	2.3	0.0	Cアーム動作不良
	5	3.0	7.0	制御タッチパネル動作不良 CPU基盤交換
	12	1.0	1.0	オートフィーダ不良 分離板交換
	10	8.5	8.0	モニタ立ち上がらず 電源部交換
	10	7.5	0.0	HHCでガントリ動作せず CPU基盤交換
	10	3.5	0.0	立ち上げ時ガントリ勝手に動く CPU基盤抜き差し復帰
治療	10	6.0	8.0	SYSTEM立ち上がらず 電源部交換
	10	3.0	4.0	SYSTEM立ち上がらずKey操作不可 電源ユニット交換
	10	2.5	3.0	SYSTEM立ち上がらず 電源ユニット交換
	6	3.0	5.5	電源入らず 電源部交換
	6	1.5	0.0	コリメータ交換時テープ剥がれる
	15	1.0	0.0	天井走行支持機電源入らず ブレーカ部干渉不良
	7	1.0	0.0	寝台テーブル異常 異物混入
	7	2.5	0.0	MLCエンコーダスケールズずれ ソフト再インストール
一般	7	1.0	2.5	X線高電圧異常エラー X線制御部ヒューズ断線交換
	7	2.5	0.0	Dose Rate I/L発生しX線出ず(10MeV) マザーボード交換
	6	2.2	0.0	MLCエンコーダ位置ずれ
	5	4.5	0.0	MLCエンコーダ位置ずれ
	10	0.3	0.0	ロータ回転せず スタータヒューズ断線交換
	10	0.3	0.3	照射野ランプ照度不足 ランプ交換
	10	0.5	1.0	天井走行電磁ロック不良 レール面清掃
	8	1.0	1.0	充電用ケーブル断線修理
一般	8	5.0	0.5	BNCコネクタ内接触不良
	8	0.5	0.0	鍵部の効かない所がある 基盤交換
	8	2.0	0.0	イオンマートケーブル断線 予備交換
	7	0.5	0.5	イオンマートケーブル断線 交換
	6	1.0	1.0	天井走行支持部ガタ付き ネジ増し締め
	6	0.3	0.3	管球操作握り部ガタ付き ネジ増し締め
	6	0.3	0.3	可動絞り不安定 ネジ増し締め

Fig. 3 10年間ににおけるモダリティ別総故障件数

Fig. 4 10年間ににおけるモダリティ別装置1台当たり故障件数

Fig. 5 10年間ににおける始業点検で発見できたモダリティ別故障件数

の故障件数は75.2件，続いて多い順に治療用装置，X線CT装置，X線透視撮影装置となり，イメージャと自動現像機が最小であった．

3) 10年間ににおける始業点検で発見できたモダリティ別故障件数をFig. 5に示す．総故障発見件数は163件，1年間で約16.3件，したがって1カ月当たり約1.4件発生したことになる．モダリティ別では，一般X線撮影装置が25.2%で故障件数は41件，続いて多い順に治療用装置，X線CT装置，MRIの順となり，自動現像機が最小であった．

4) 10年間ににおけるモダリティ別平均修復時間 (mean time to repair: 以下，MTTRとする) をFig. 6に示した．MTTRの定義はモダリティ別総修復時間をモダリティ別総故障件数で除した値とした．X線CT装置のMTTRは4.5時間で最大であった．続いて大きい順に血管撮影用X線装置，自動現像機，X線透視撮影装置となり，CR画像処理装置が最小であった．

5) 10年間ににおける始業点検時に発見できた事例のMTTRをFig. 7に示す．X線透視撮影装置の始業

Fig. 6 10年間ににおけるモダリティ別平均修復時間 (MTTR)

Fig. 7 10年間ににおける始業点検時に発見できた事例の平均修復時間 (MTTR)

MTTRは5.9時間で最大であった．続いて大きい順に血管撮影用X線装置，核医学装置，治療用装置となり，自動現像機が最小であった．

6) 10年間ににおけるモダリティ別平均装置使用不可能時間 (down time: 以下DTとする) をFig. 8に示す．DTの定義はモダリティ別総装置使用不可能時間をモダ

Fig. 8 10年間にわたるモダリティ別平均装置使用不可能時間 (DT)

Fig. 9 10年間にわたるモダリティ別始業点検発見事例の平均装置使用不可能時間 (DT)

Fig. 10 事例1「一般X線撮影装置事例」

Fig. 11 事例2「X線透視撮影装置事例」

リティ別総故障件数で除した値とした。AM8:30からPM17:00の故障修復時間も含む。X線CT装置の平均DTは2.8時間で最大であった。続いて大きい順に回診用X線撮影装置、MRI、X線透視撮影装置となり、治療用装置が最小であった。

7) 10年間にわたるモダリティ別始業点検時に発見できた事例の平均DTをFig. 9に示す。X線CT装置の平均DTは4.3時間で最大であった。続いて大きい順にMRI、X線透視撮影装置、核医学装置となり、血管撮影用X線装置が最小であった。モダリティごとに始業点検時に見いだされた故障の5事例を、故障対象・現象・故障箇所・原因・対策・成果・DTの7項目に分けて示す。

・事例1 (Fig. 10)

対象：一般X線撮影装置
 現象：自動露出動作せず
 箇所：イオントマートケーブルコネクタ部
 原因：断線

対策：コネクタ部補修

成果：自動露出を使わずに撮影、患者に全く影響を与えずに済んだ。修理依頼を迅速に行い、使用不可能時間を最小限に抑えられた。

DT：15分

・事例2 (Fig. 11)

対象：X線透視撮影装置
 現象：テスト透視時に楕円形の陰影が出現
 箇所：I.I.カバー部
 原因：I.I.カバー部にバリウムが付着

対策：分解清掃

成果：検査前のため技師により迅速な対応が行われ、検査時間の遅れがあったものの画像への悪影響を防ぐことができた。

DT：30分

・事例3 (Fig. 12)

対象：血管撮影用X線装置
 現象：コリメータの右端が完全に開ききらない

Fig. 12 事例 3「血管撮影用X線装置事例」

Fig. 13 事例 4「MRI事例」

箇所：コリメータ

原因：時間外緊急検査時に医師が可動絞り部をぶつけた。

対策：可動絞りカバー部を外し、技師が調整を行った。

成果：検査前のため技師により迅速な対応が行われ、患者に迷惑がなかった。

DT：20分

・事例 4 (Fig. 13)

対象：MRI

現象：冷凍機の液体ヘリウム蒸発量の異常

箇所：冷凍機からのガス漏れ

原因：冷凍機ヘリウムガス排出ホース継手よりリーク

対策：排出ホース継手交換

成果：毎週液体ヘリウム量をモニタしていたため蒸発量の異常を察知できた。

DT：0時間

・事例 5 (Fig. 14)

対象：治療用装置

現象：多重分割絞りの1本が解放したままになる。制御用コンピュータを再起動したが復帰せず。

箇所：多重分割原価絞り装置位置検出エンコーダ

原因：多重分割絞りエンコーダ不良

対策：エンコーダ交換

成果：修理依頼を迅速に行い、使用不可能時間を最小限に抑えられた。また治療開始時間の変更を迅速に行えたので患者への影響を最小限に抑えられた。

DT：3時間

事例 5

Fig. 14 事例 5「治療用装置事例」

撮影用X線装置が一番多く、故障内容を見るとシステムをつかさどるCPU基盤に関する故障、透視条件不良が多い傾向にあり、4台とも10年以上使用している装置である。治療用装置では多重分割絞りに関する故障が多い傾向にある。X線CT装置では装置が立ち上がらない故障、寝台動作不良故障が多く、特に10年以上使用している装置にその傾向がみられる。X線透視撮影装置ではノイズ発生、データ保管不良故障が多く、特に10年以上使用している装置にその傾向がみられる。MRIではコールドヘッド不良、ソフトウェア不良故障が多い傾向にある。総じて古くて複雑な機器装置や、X線管の破損、I.I.の劣化等が主な原因である。

始業点検で見いだせた故障 (Table 2) で、一番多かった一般X線撮影装置の故障内容を見ると、照射野ランプに関する故障や、10年以上使用した装置に電磁ロック不良の故障がみられた。治療用装置では多重分割絞りに関する故障が多い傾向にある。X線CT装置では装

3. 考察

モダリティ別装置1台当たりの故障件数では、血管

置が立ち上がらない故障、X線管交換が多い傾向にある。MRIでも装置が立ち上がらない故障が多く、その内容として制御基盤不良の故障が挙げられる。血管撮影用X線装置ではI.I.光学系システム不良が多い傾向にある。

10年間におけるモダリティ別総故障と10年間における始業点検で発見できたモダリティ別故障件数を比較してみると、同様の故障頻度(一般X線撮影装置、治療用装置、イメージャ、自現像機)を示すモダリティと、MRIのように違った故障頻度を示すモダリティに区別される。MRIについてその原因を調べてみると、システムが立ち上がらない故障、冷凍機が立ち上がらない故障、ヘリウムガスの異常低下等がその傾向の要因であった。モダリティ別MTTRで最も修復時間が長いX線CT装置の要因を調べてみると、X線管交換が主たる原因であった。始業点検時に発見できた事例のMTTRで最も修復時間が長いX線透視撮影装置の要因を調べると、X線管交換、I.I.交換が原因であった。比較的複雑な機器装置の修復時間が長い傾向にある。始業点検でいち早く故障を発見できれば修復時間が長くても患者への影響は最小限に抑えられ、修復時間の長い傾向にある装置ほど始業点検が重要となる。

モダリティ別MTTRと始業点検事例MTTRを比較してみると、同様の傾向を示すモダリティ(血管撮影用X線装置、核医学装置、治療用装置)と、違った傾向を示すモダリティ(自動現像機)に区別される。自動現像機について原因を調べてみると、搬送部センサ汚れ、オートフィード部マイクロスイッチの調整不良が要因であった。始業点検により業務前に故障を発見し、患者への影響を最小限に抑えられるモダリティであることが分かる。

モダリティ別平均DTと始業点検時に発見された事例の平均DTを比較してみると、同様の傾向を示すモダリティ(X線CT装置、MRI、X線透視撮影装置)と、違った傾向を示す(血管撮影用X線装置、CR画像処理装置)モダリティに区別される。X線CT装置、MRIのDTが長い原因は、X線管やRF管等の部品調達に要す

る時間がその因子と考えられる。また、回診用X線撮影装置のDTが長い原因は、1台が故障しても替えの装置(合計10台保有)があるために、急いで修理する必要がないのでDTが延びていると考える。始業点検時に発見された事例の平均DTがX線CT装置とMRIを除くと比較的DTが短い傾向にある。このことは始業点検が重要な役割を果たしていることを意味している。

4. 結 語

10年間、延べ3652日に発生した故障は2227件あり、当院が保有した109台の放射線関連機器のうち単純計算で3日間に2回はいずれかの機器装置が故障していることになる。さらに、全故障のうち7.3%を始業点検時に発見できており、始業点検では21日間に1回は故障が見いだされたことになる。装置故障は頻度、程度に差はあるが、全モダリティで発生し、各点検項目による有意な差はみられなかった。適切な機器管理を行っていくうえで始業点検は技師が行える重要な手法の一つである。実際に一般撮影では、照射野ランプのフィラメント断線により照射野ランプが点灯せずという事例から、各装置(回診用X線撮影装置を含む)の照射野ランプの在庫管理を行い、業者による照射野ランプ配送待機時間をなくすことにより、DTが2時間、3時間に及ぶところを30分以内に改善できた事例もある。また始業点検時に故障を発見できてもDTが8時間以上になる事例もあったが、業務前のため技師により迅速な対応が行われ、患者への影響を最小限に抑えることができた。技師が装置を管理し事故を未然に防いでいくという意識を高めていくには毎日実行する始業点検が重要な役割を果たし、各検査、治療業務の質の向上にもつながっている。毎日記録をとり、その記録を分析し、保存していくことが技師の重要な職務の一つと認識し、患者サービスの大切さを職場のなかで徹底させていかなければならない。そのためには責任者による定期的なチェック、点検表の見直し、始業点検成果報告などを定期的に行っていく必要がある。

参考文献

- 1)市田 嵩：保全性と保全支援 日科技連信頼性工学シリーズ 第9巻。pp.1-46、日科技連出版社、(1985)。
- 2)塩見 弘：信頼性・保全性の考え方と進め方。pp.42-46、技術評論社、(1995)。
- 3)富士電機能力開発センター 編：やさしい物づくりの基礎。pp.132-133、オーム社、(1996)。

- 4)JISハンドブック：品質管理 - 2003。p.81、日本規格協会、(2003)。
- 5)藤本隆宏：生産マネジメント入門。pp.245-279、日本経済新聞社、(2001)。
- 6)X社)日本経営工学会 編：生産管理用語辞典。p.211、日本規格協会、(2002)。