



Title	胃のX線検査に適したグリッドの検討
Author(s)	杉野, 吉則
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1988, 48(11), p. 1349-1363
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/19918">https://hdl.handle.net/11094/19918</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## 胃の X 線検査に適したグリッドの検討

慶応義塾大学医学部放射線科学教室・放射線診断科

杉野吉則

(昭和63年 6 月21日受付特別掲載)

(昭和63年 9 月 6 日最終原稿受付)

### Evaluation of Anti-Scatter Grids for Barium Study of the Stomach

Yoshinori Sugino

Department of Diagnostic Radiology, School of Medicine, Keio University

---

Research Code No. : 501

---

Key Words : Anti-scatter grid, High-ratio grid, High-voltage radiography, Barium study, Stomach

---

In barium studies of the stomach, we have used a 10:1 grid (40 lines/cm, Al) exposed at 86 kVp. But the radiographs thus obtained were often very undefined due to scatter radiation even in supine double contrast studies if the thickness of the patient was more than 23 cm. In right lateral double contrast studies, fog caused by scatter radiation was marked in almost all cases, and motion blurring was frequently observed because of prolonged exposure time. Consequently the radiographs exposed at 86 kVp by 10:1 grid were often of poor quality. However, using a high-ratio grid (16:1 or 14:1) and exposing at 100 kVp with high-density low-viscosity barium suspension we obtained very clear radiographs; fog caused by scatter radiation noticeably decreased, contrast improved and exposure time was reduced. At exposures of 120 kVp the radiographic contrast fell markedly. On the basis of the above-mentioned data we developed new X-ray equipment using a high-ratio grid and intend to use another low-ratio grid for fluoroscopy in order to decrease the patient radiation dose.

#### I. はじめに

胃の二重造影法が開発されてから30年になる。その間、臨床応用の面では、胃の X 線検査は非常に普及するとともに、診断内容は精細を極めるようになった。しかし、胃 X 線検査の領域では、検査手段に本質的な進歩はほとんど認められていない。

今後、胃の X 線診断の向上発展をのぞむならば、X 線装置を改良し、フィルム・増感紙を検討し、造影剤を改良したうえで、前処置を含めて X 線検査法を再検討すべきである。先端技術の導入は、そのあとがよいであろう。

このようなことは、消化管の X 線検査全体についていえることである。

今回は、胃 X 線検査用の X 線装置、とくにグリッドについて検討した。わが国では、少なくとも消化管の領域では、グリッドについての本格的な研究は見当たらない。

なお、グリッド比の高いグリッドを用いて高圧で撮影するとなると、高濃度・低粘度バリウム造影剤が必要になるが、造影剤については今回は省略する。

#### II. 研究方法および対象

使用した X 線装置 (Table 1) は、東芝製の近接操作式 X 線 TV・GCS 形 (近接 TV) と遠隔操作式 X 線 TV・SHZ 形 (遠隔 TV) である。焦点・天板間距離は、それぞれ 57cm と 65cm である。X 線管の焦点の大きさは、いずれも 0.8mm である。

Table 1 X-ray equipments and grids

X-ray Equipment		Grid (Al)		
Model	focus-table distance	grid ratio	focussing distance	strips per centimeter
GCS (conventional TV)	57cm	16:1	80cm	40lines/cm
		14:1	80cm	40lines/cm
SHZ (remote control TV)	65cm	12:1	100cm	40line/cm
		10:1	80cm	40lines/cm

使用したグリッドは、すべてアルミニウム製の直線グリッドである。グリッド比は16:1, 14:1, 12:1, 10:1の4種類で、集束距離は、それぞれ80cm, 80cm, 100cm, 80cmである。グリッド密度は、いずれも40本/cmである。そして、16:1と14:1とは近接TVに用い、12:1と10:1とは遠隔TVに用いた。なお、グリッドはすべて三田屋製作所の製品で、グリッドの縞目のむらなどはなかった。また、グリッドの使用にあたっては、できるだけ厳重に、X線管焦点とグリッドの中心線をあわせるとともに、水平度のチェックを行なった。

撮影電流は、すべて200mAである。

増感紙・フィルムはレギュラータイプ(極光BM-III, FUJI NEW RX)を使用した。

バリウム造影剤は、主として140~150%w/vのものを使ったが、精密検査では、少数ではあるが、200%w/vを使用したものもある。

まず、患者1000人について腹厚(前後径と横径)を計測し、それをもとにしてグリッド密度、集束距離、グリッド比、グリッドの寸法を検討した。次に、それぞれのグリッドに適する撮影電圧を調べた。その際、高グリッド比(14:1, とくに16:1)のグリッドを選び、100kVpで撮影したところ、大部分の症例で、カブリがほとんどなく、コントラストがよく、しかも鮮鋭なX線写真が撮れるようになったので、これらの写真を基準にして、散乱線によるカブリ、コントラスト、ブレの程度を判定した。

検討症例は、10:1のグリッドを用いたもの120例、12:1を用いたもの200例、14:1を用いたもの

100例、16:1を用いたもの100例である。そのうち、14:1と16:1のグリッドを用いた症例は、50歳以上の患者あるいは手術前の患者で、精密検査を目的としたものである。

### III. 成績

#### A 腹厚

1,000人の患者の腹厚の前後径と横径を計測してみると、Table 2のようになる。

前後径は13cm~31cmで、平均19.3cmである。17~21cmが最も多く(53.2%)、25cm以上のものは少なく(6.8%)、29cm以上はごく少数である(0.3%)。それに対して、横径は19cm~38cmで、平均26.6cmである。26~29cmが最も多く(45.6%)、そして、28cm以上は39.1%、29cm以上は28.5%、30cm以上は18.0%である。

#### B グリッド

##### 1. グリッド密度

臨床的に使用できるグリッド比は、グリッド密度に関係なく、一応、16:1が限界であるが、コントラスト改善度は、60本/cmの16:1は40本/cmの12:1とほぼ同じである(青木の実験による<sup>1)</sup>)。したがって、60本/cmのグリッドでは、40本/cmのグリッドほど高いコントラスト改善度は期待できない。また、60本/cmのグリッドを用いると、グリッドの縞目がみえなくなる<sup>2)</sup>というが、著者らは実際に40本/cmのグリッドを使用して、グリッドの縞目がそれほど気にならなかった。そこで、今回は40本/cmのグリッドを選んだ。

##### 2. グリッドの集束距離とグリッド比

焦点・グリッド間距離を調べてみると Fig. 1のようになる。

使用したX線装置では、天板・スポット装置前面間距離は15cmが最小で、それより近づかない。

スポット装置の前面からグリッドまでの距離を2cmとみなした。

まず、背臥位正面位で撮影する場合を想定すると、腹厚(前後径)は13~31cm、焦点・天板間距離は遠隔TVの場合には65cmである。

したがって、焦点・グリッド間距離は82cm(最小)から98cm(最大)である。

Table 2 Patient thickness (antero-posterior and lateral direction) in 1000 cases

A-P(cm)	Lat.(cm)																		Total		
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		37	38
13		3	3	1	1	1															9
14		8	5	5	12	11	4	5	2												52
15	1	3	12	12	13	11	4	11	1	3											71
16			4	10	21	15	16	10	2	3	2										83
17			4	11	18	21	20	14	15	6	3	1	1								114
18			3	4	11	16	17	28	21	11	7	6		1							125
19				2	1	11	9	16	17	19	8	3	1	2							89
20					1	8	14	22	16	16	4	10	4	4							99
21						2	9	18	15	16	22	15	8								105
22							3	2	9	14	19	13	7	8	1	1					77
23							3	3	12	10	20	14	6	1							69
24								1		4	11	10	8	5							39
25									1	2	1	8	4	4	7	4	2		2		35
26										2	2	1	4	5	1						15
27											1				5	1	1				8
28												1	1	3	1	1					7
29																1					1
30																1					1
31																				1	1
Total	1	14	31	45	78	96	99	131	114	106	105	81	45	37	9	5		2		1	1,000

一方、右側臥位で撮影する場合には、同様に計算すると86cm(最小)から105cm(最大)になる。

以上のような計測によって、遠隔TVの焦点・グリッド間距離の範囲は82cmから105cmにわたることがわかった。

また、同様に計算すると、近接TVの焦点・グリッド間距離の範囲は74cm~99cmである。

次に、日本工業規格「散乱X線除去用グリッド」JIS Z 4910-1983の附属書<sup>3)</sup>にある計算式に基づき、四切判用の直線グリッドの使用距離限界を計算してみると、Table 3のようになる。

遠隔TVでは、グリッドの集束距離を95cmにすると、16:1のグリッドの使用距離限界は80-110cmである。また、近接TVでは、グリッドの集束距離を85cmにすると、16:1のグリッドの使用距離限界は75-100cmである。

このようなことから、四切フィルムだけを使って撮影することにすれば、遠隔TVでも近接TVでも、ぎりぎりの線で16:1のグリッドの使用は可能である。ただし、グリッドのcenteringには十分に注意しなければならない。

Table 3 Application limits of linear grids (Grid size: 286×337mm)

Grid ratio r	Application limits $f_1-f_2$ (cm)			
	Focussing distance $f_3$ (cm)			
	10	12	14	16
75	65-90	65-90	65-80	65-80
80	65-100	70-100	70-90	70-90
85	70-110	70-100	75-100	75-100
90	75-120	75-110	75-110	80-100
95	75-130	80-120	80-110	80-110
100	80-140	80-130	90-120	90-120
105	80-150	90-140	90-130	90-130

calculated by the formula of JIS Z 4910-1983

なお、大陸判用のグリッドの使用距離限界を計算してみると、14:1が限度である。

また、クロスグリッドでは、露出倍数が大きくなるので、直線グリッドを使用することにした(後述)。

### 3. 撮影電圧

上記の4種類のグリッドを用いて、電圧を変えて撮影し、撮影時間、コントラスト、散乱線によるカブリの3点から画質を比較検討した。

なお、無駄なX線の被曝をさけるため、同一患者で電圧を変えて撮影することは、できるだけ避けた。ただし、精密検査で病変を何枚か四分分割で撮影をするさいに、ときどき電圧を変えて撮影した。

以下のような傾向がみられた (Fig. 2)。

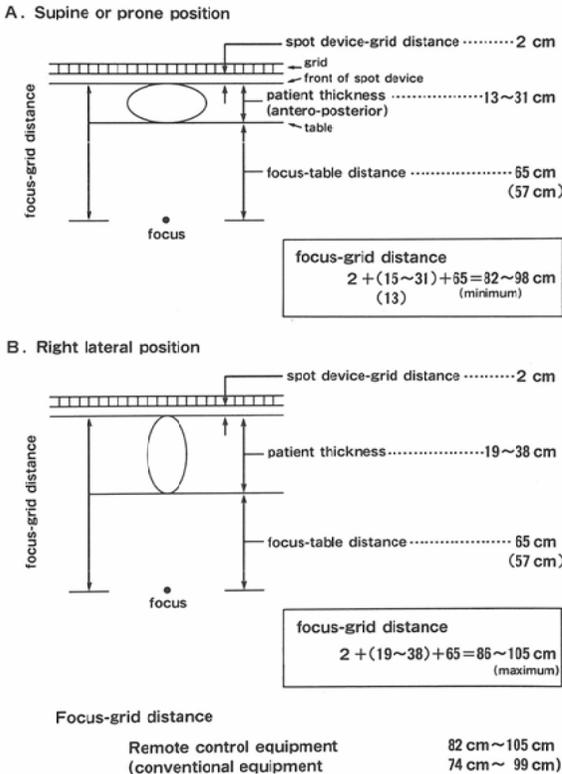


Fig. 1 Determination of focus-grid distance (under-table tube equipment).

Minimal table-spot device distance : 15cm

(1) 10 : 1 のグリッド : 著者らは、長年、10 : 1 のグリッドを使用してきたが、80kVp で撮影すると撮影時間が長くなり、写真のブレが多くなった。90kVp にするとカブリが著明になった。そのため、86kVp で撮影するようになった。

(2) 12 : 1 のグリッド : 80kVp で撮影すると、時間が長すぎてブレが目立った。また、100kVp で撮影すると、カブリが著明に認められた。そこで、90kVp で撮影するようになった。とはいっても、10 : 1 のグリッドを使用して撮影したX線写真に比べて、カブリは少なくなり、画質は明らかによくなっている。

(3) 16 : 1 および 14 : 1 のグリッド : とともに 100kVp で撮影すると、カブリがほとんどなく、非常に鮮明な写真が撮れた。それに対して、110kVp で撮影すると、カブリはほとんどないが、コントラストが少し低下した。120kVp では、カブリは目立たないが、コントラストは著明に低下し、よい写真とはいえなくなった。一方、90kVp で撮影すると、100kVp で撮影したものに比べて、コントラストは少しよくなるが、撮影時間が約1.5倍と長くなった。

なお、14 : 1 に比べて、16 : 1 のグリッドで撮影した写真のほうが、カブリがやや少なく、コントラストも少しよかった。

4. 散乱線によるカブリ

グリッド比、撮影電圧、焦点・平板間距離から症例を、

- (1) 10 : 1 — 86kVp—65cm
- (2) 12 : 1 — 90kVp—65cm
- (3) 14 : 1 — 100kVp—57cm

Grid ratio	80 kVp	86 kVp	90 kVp	100 kVp	110 kVp	120 kVp
10 : 1	exposure time ↑	86 kVp	90 kVp	100 kVp	110 kVp	120 kVp
12 : 1	exposure time ↑	80 kVp	90 kVp	100 kVp	110 kVp	120 kVp
14 : 1	exposure time ↑	90 kVp	100 kVp	110 kVp	110 kVp	120 kVp
16 : 1	exposure time ↑	90 kVp	100 kVp	110 kVp	110 kVp	120 kVp
				contrast ↓	contrast ↓	contrast ↓↓
				scatter radiation ↑↑	scatter radiation ↑↑	scatter radiation ↑↑

Fig. 2 Exposure kilovoltage and radiographic quality. (linear grid, 40 lines/cm, A1)

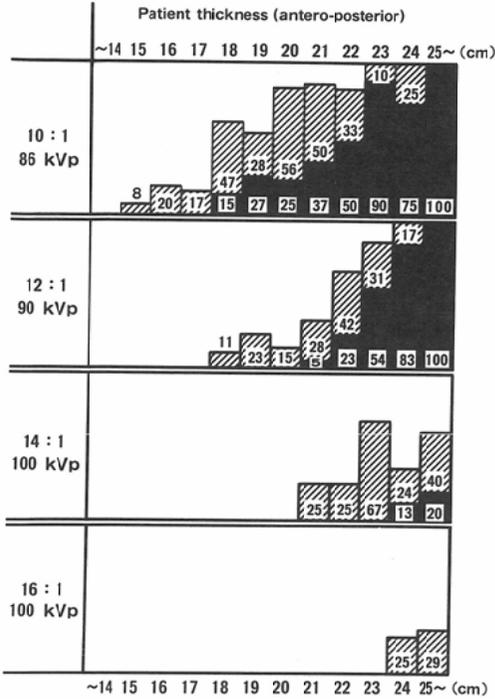


Fig. 3 Patient thickness and fog caused by scatter radiation.

(1) Double contrast study in supine position.

▨ slight fog caused by scatter radiation. ■ marked fog caused by scatter radiation. Figure show percentage of cases.

(4) 16 : 1 - 100kVp - 57cm

の4群にわけて、散乱線によるカブリを検討した。まず、背臥位正面二重造影像 (Fig. 3) について調べてみると、

(1) 10 : 1 - 86kVp では、腹厚 (前後径) が 18 cm になるとカブリの著明なものがあらわれ、23 cm 以上になると大部分のものにカブリが著明であった。

(2) 12 : 1 - 90kVp では、腹厚 21cm からカブリが著明なものがあらわれて、24cm 以上では大部分のものにカブリが著明に認められた。

(3) 14 : 1 - 100kVp では、腹厚 24cm 以上でカブリの著明なものがみられたが少数であった。

(4) 16 : 1 - 100kVp では、カブリの著明なものは認められなかった。

カブリが著明なものを患者数からみると、10 :

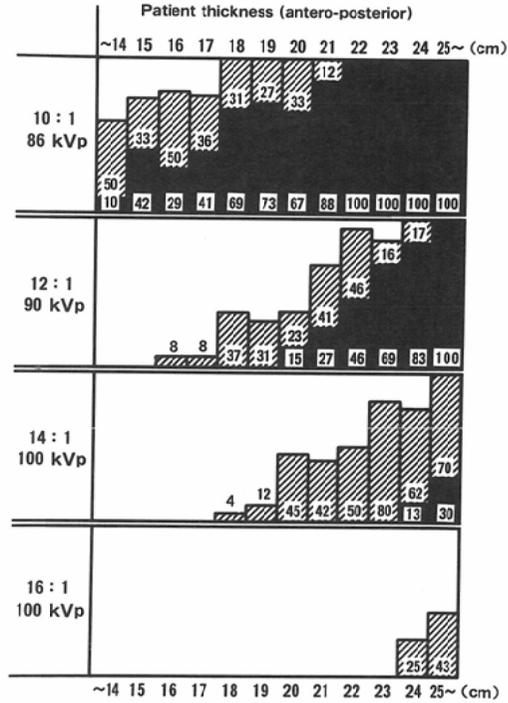


Fig. 4 Patient thickness and fog caused by scattered radiation.

(2) Double contrast study in right lateral position.

▨ slight fog caused by scatter radiation. ■ marked fog caused by scatter radiation. Figure show percentage of cases.

1 - 80kVp では30%, 12 : 1 - 90kVp では10%, 14 : 1 - 100kVp では 2 %, 16 : 1 - 100kVp では 0 %となる。

次に、右側臥位二重造影像 (Fig. 4) についてみると、

(1) 10 : 1 - 80kVp では、腹厚 (前後径) が 14 cm になるとカブリの著明なものがあらわれ、18 cm 以上ではほとんどの症例でカブリが著明であった。

(2) 12 : 1 - 90kVp では、20cm 以上になると、カブリの著明なものがあらわれ、23cm になると大部分のものはカブリが著明になった。

(3) 14 : 1 - 100kVp では、24cm 以上になると、カブリが著明なものが少数にみられた。

(4) 16 : 1 - 100kVp では、カブリの著明なものはみられなかった。

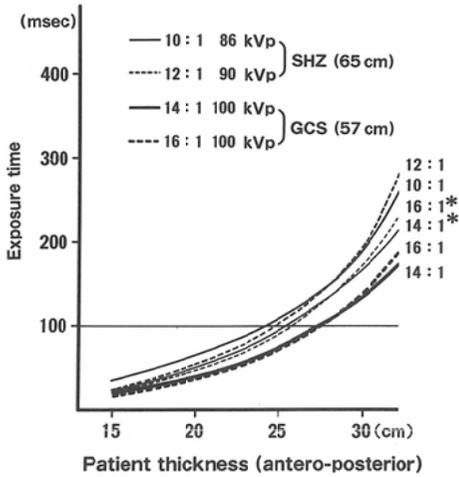


Fig. 5 Patient thickness and exposure time.  
 (1) Double contrast study in supine position.  
 ( ) : focus-table distance  
 \* exposure time converted from focustable distance of 57cm(type GCS) to 65cm(type SHZ).

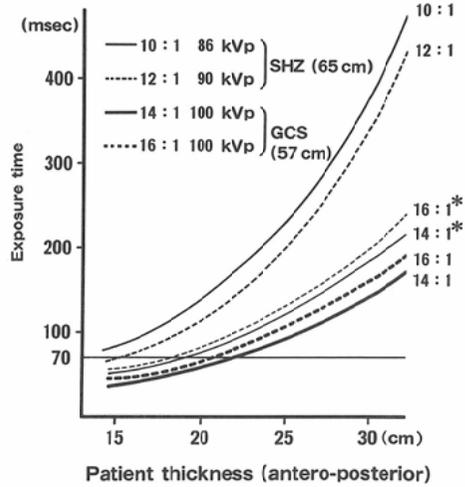


Fig. 6 Patient thickness and exposure time.  
 (2) Double contrast study in right lateral position.  
 ( ) : focus-table distance  
 \* exposure time converted from focus-table distance of 57cm(type GCS) to 65cm(type SHZ).

カブリの著明なものの割合は、10：1—80kVpでは67%，12：1—90kVpでは23%，14：1—100kVpでは3%，16：1—100kVpでは0%となる。

14：1—100kVpと16：1—100kVpとを比べてみると、カブリが著明なものは、それぞれ3%，0%と差はあまりないが、カブリが軽度のもまで含めると、14：1—100kVpでは30%にみられたのに対して、16：1—100kVpでは4%にしか認められなかった。

5. 撮影時間

上記の4群について、背臥位正面二重造影および右側臥位二重造影の撮影時間を計測し、その回帰曲線を求め、撮影時間と腹厚との関係調べてみた。

背臥位二重造影 (Fig. 5) では、撮影時間は16：1—100kVpに比べて、10：1—86kVpでは約1.6倍、12：1—90kVpでは約1.4倍、14：1—100kVpでは約1倍になった。

なお、撮影時間については、グリッド比や撮影電圧のほか、焦点・天板間距離も関係している。もし、14：1の群と16：1の群の焦点・天板間距離を57cmから65cmにすると、その撮影時間は計算上では約1.3倍延長する。それを補正すると、

16：1—100kVpに比べて、10：1—86kVpでは撮影時間は約1.2倍、12：1—90kVpでは約1.1倍になる。

右側臥位二重造影 (Fig. 6) では、撮影時間は16：1—100kVpに比べて、10：1—86kVpでは約2.1倍、12：1—90kVpでは約1.8倍、14：1—100kVpでは約0.9倍になった。同じく焦点・天板間距離の補正をすると、16：1—100kVpに比べて、10：1—86kVpでは撮影時間は約1.6倍、12：1—90kVpでは約1.4倍になる。

ところで、実験的に、近接TVで14：1および16：1のグリッドを用い、厚さ15cm, 20cm, 23cmのアクリルファントームを電圧を変えて撮影し、フィルムの濃度が一定(1.2)になるようにして撮影時間を計測したが、100kVpのときの撮影時間を1とすると、90kVpでは約1.5, 110kVpでは約0.7, 120kVpでは約0.5になった。

臨床的にも、このような傾向があるようである。

6. 撮影時間とブレ

X線写真にみられる画像のブレは、患者の体動や胃の蠕動のほか、呼吸停止の不完全や心拍動の影響など多くの因子が関与しており、説明は難

しい。しかし、撮影時間が長くなると、ブレが多みられるのも事実である。

そこで、撮影時間とブレの出現頻度との関係について調べてみると Fig. 7 のようであった。なお、ブレについては X 線写真で胃の輪郭の線などを参考にして肉眼で判定した。また、東芝の協力を得て、X 線装置の整備を行ない、カセットの移動枠などによる機械的なブレをなくした。

まず、背臥位正面二重造影像では、撮影時間が 100msec を超えると、ブレの出現頻度が急に増加し、30%前後から50~60%以上になった。

次に、右側臥位二重造影像では、撮影時間が 70 msec を超えると、ブレの出現頻度は急に増加し、30%前後から60%以上を占めるようになった。

ルーチンの検査では、患者への指示が不十分であったり、患者の呼吸停止が不完全であったりするので、ブレの出現頻度を 0% にすることはできない。現実的には、30% ぐらいのブレの出現はやむをえないとすると、背臥位正面では 100msec、右側臥位では 70msec をブレ出現のおおまかな目安としてよからう。

なお、ブレの出現頻度については、ほかの症例群を対象として同様の検討を何回か行なったが、ほぼ同じ結果となった。

ところで、背臥位正面二重造影像 (Fig. 5) で、

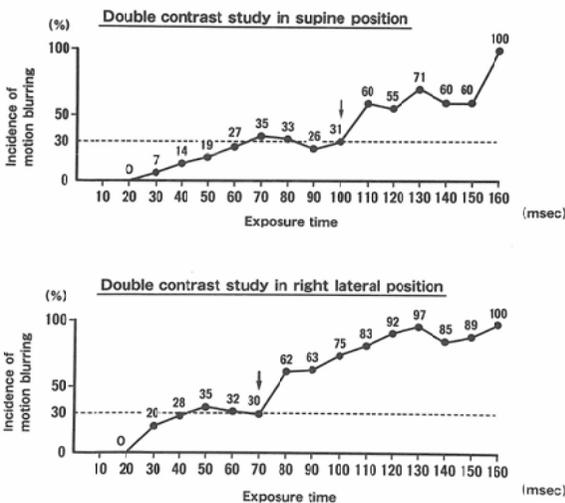


Fig. 7 Exposure time and incidence of motion blurring.

前述のようにブレ出現の目安とした 100msec のところに線を引くと、10:1 および 12:1 の群でも、腹厚が 25cm ぐらいまでは 100msec 以下である。14:1 および 16:1 の群では、100msec を超えるのは 27cm 前後である。これを患者総数からみると、10:1 および 12:1 の群では 97%、14:1 および 16:1 の群では 99% が 100msec 以下で撮影できることになる。

次に、右側臥位二重造影像 (Fig. 6) では、ブレ出現の目安とした 70msec のところで線を引くと、10:1 および 12:1 の群では、ほとんどすべてが 70msec を超えている。それに対して、14:1 および 16:1 の群では、腹厚 (前後径) がそれぞれ 21cm、22cm 以上になると 70msec をこえる。患者総数からみると、それぞれ 82%、75% のものが 70msec 以下で撮影できることになる。

#### IV. 症 例

症例 1: 68 歳, 男性, 腹厚 25×30cm,

10:1 のグリッドを用い, 80~90kVp で撮影し

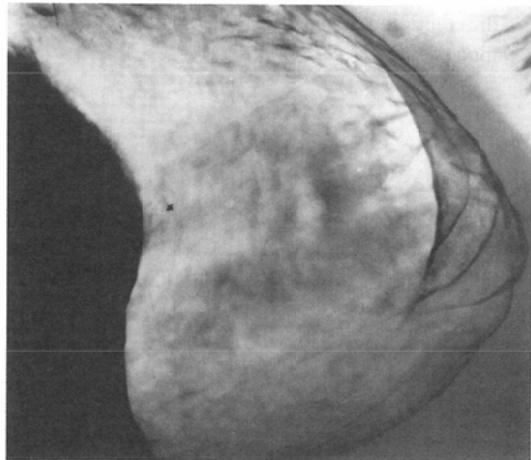


Fig. 8 Double contrast study in right lateral position exposed at 80~90kVp with a 10:1 grid. Patient thickness: 25×30cm. Just below the esophago-gastric junction, a shallow depression surrounded by faint protrusion is shown. The contour of the depression seems irregular, but marked scatter radiation obscures it. Type I<sub>c</sub>+II<sub>a</sub> early gastric cancer, 10×8mm, differentiated adenocarcinoma involving the submucosal layer.

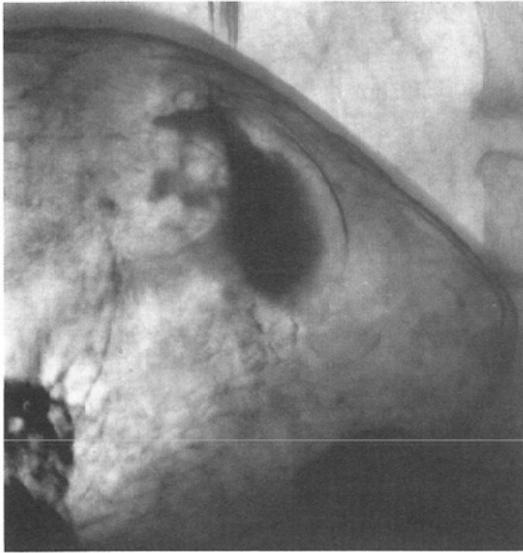


Fig. 9 Double contrast study in right lateral position exposed at 80~90 kVp with a 10: 1 grid. Patient thickness: 23×29cm. Just below the esophago-gastric junction, a shallow depression is show. The contour of the depression is ill-defined due to marked scatter radiation and motion blurring.

Type IIc early gastric cancer, 10×10mm, undifferentiated adenocarcinoma involving the submucosal layer.

た。右側臥位の二重造影像 (Fig. 8) では、食道胃接合部の近くに小さな淡い陰影があり、周囲に透亮像がみられる。淡い陰影の輪郭は不整で、微細な棘状の陰影もみられるが、散乱線のカブリが著明なため、淡い陰影斑の輪郭は不明瞭である。

病理組織所見：10×8mm の IIc+IIa, 分化型癌, 深達度 sm.

症例 2：60歳, 女性, 腹厚23×29cm,

10：1のグリッドを用い, 80~90kVpで撮影した。右側臥位二重造影像 (Fig. 9) では、食道胃接合部の近くに淡い陰影がみられるが、散乱線のカブリ, およびブレが著明なため、淡い陰影斑の輪郭は不明瞭である。同じ体位で、数枚のX線写真を撮ったが、いずれも同様の写真であった。

病理組織所見：10×10mm の IIc, 未分化型癌, 深達度 sm.

症例 3：56歳, 女性, 腹厚24×29cm,



Fig. 10 Double contrast study in right lateral position exposed at 100 kVp with a 14: 1 grid. Patient thickness: 24×29cm. An irregular-shaped depression with granularity is surrounded by slight protrusion. Cleanup of scatter radiation and reduction of motion blurring make the radiograph clear and sharp.

Type IIc early gastric cancer, 17×16mm, undifferentiated adenocarcinoma involving the submucosal layer.

14：1のグリッドを用い, 100kVpで撮影した。右側臥位二重造影像 (Fig. 10) では、胃上部に輪郭の不整な淡い陰影と、その中に顆粒状陰影がみられ周囲に軽度の透亮像ある。散乱線のカブリやブレがほとんどなく、コントラストがよいため、非常に鮮明な写真が撮れた。

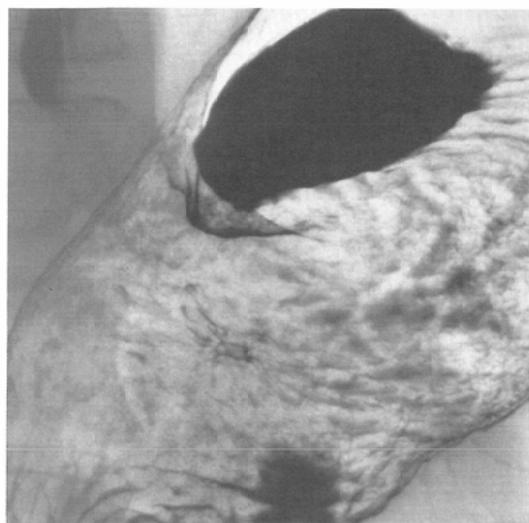
病理組織所見：17×16mm の IIc, 未分化型癌, 深達度 sm.

症例 4：58歳, 男性, 腹厚21×29cm,

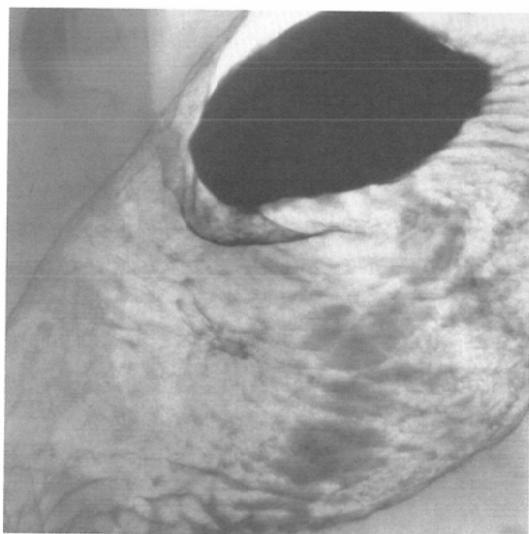
2×8：1のクロスグリッドを用い, 半立位の正面位で二重造影像を撮影した。胃体部の後壁に、輪郭の不整な、小さな陰影があり、周囲に軽度の透亮像がみられる (Fig. 11-a, b).

100kVpで撮影した写真 (Fig. 11-a) に比べて、120kVpで撮影した写真 (Fig. 11-b) では、コントラストが明らかに低下している。

病理組織所見：7×7mm の IIc, 分化型癌, 深達度 m.



a



b

Fig. 11 Double contrast study in semi-upright position obtained with a 2×8:1 cross-grid. Patient thickness: 21×28cm. Compared with the radiograph exposed at 100 kVp(a), the radiograph exposed at 120 kVp(b) has obviously poorer contrast.

Type IIc early gastric cancer, 7×6mm, differentiated adenocarcinoma limited to the mucosal layer.

## V. 考 察

グリッドが Bucky<sup>4)</sup> (1913) によって発明され、

運動グリッドが Potter<sup>5)</sup> (1920) によって発明され、ついで Lysholm・Blende<sup>6)7)</sup> (1928) が出現した。その後、グリッドの基礎理論を確立したのは Bonenkamp & Bolding<sup>8)~14)</sup> である。彼らの理論は ICRU 勧告<sup>15)</sup> (1962) にほとんどそのまま採用された。わが国では、この勧告に基づき「X線用グリッド」の規格が作られた。JIS Z 4910-1962<sup>16)</sup> である。その後、IEC Publication 627-1978<sup>17)</sup> の刊行を機会に、IECの基準にあった規格に訂正された。JIS Z 4910-1983<sup>3)</sup> である。使用距離限界についての改訂が主になっている。このさい、名称も「散乱X線除去用グリッド」ANTISCATTER GRIDと改正された。

腹厚は、通常、前後径しか計測されていない<sup>18)</sup>。著者らの計測では、前述のように、前後径は17~21cmが最も多く(42.7%)、29cm以上のものはごく少数である(0.3%)。それに対して、横径は26~29cmが最も多く(45.6%)、29cm以上は28.5%、30cm以上は18.0%である。

したがって、背臥位正面では20cmぐらいの腹厚のものを撮影すればよいのに対して、右側臥位では30cm前後の腹厚のものをも撮影しなければならない。ルーチン検査で右側臥位二重造影像を撮ることにすれば、腹厚30cm前後の患者が十分に検査できるように、X線装置その他を整備しておかなければならない。

グリッド密度の選択については前述した。

グリッドの集束距離とグリッド比については、次のようである。

著者は、1,000人の患者の腹厚(前後径と横径)を計測し、遠隔TVおよび近接TVを使用したときの、最小および最大の焦点・グリッド間距離を求めた。その結果、遠隔TVでは82~105cm、近接TVでは74~99cmである(Fig. 1)。

一方、JIS Z 4910-1983の附属書<sup>3)</sup>にある使用距離限界の計算式に基づき計算すると、四切判用の16:1のグリッドの使用距離限界は、集束距離85cmのときには75~100(74~100)cm、95cmのときには80~110(81~114)cmである(Table 3)。なお、( )内は実際の計算値である。

したがって、JIS Z 4910-1983の規格に従えば、著

者らのアンダーチューブのX線装置では、四切判用のグリッドを使用することにすれば、遠隔TVでも、近接TVでも、ぎりぎりの線で16:1のグリッドを使用することができる。もっとも、このさいには、スポット装置の前面を被写体によく密着させた状態で撮影することが前提条件になる。透視では、焦点・グリッド間距離の範囲(集束範囲)がもっと大きくなるから、もっと低いグリッド比のほうがよからう。

撮影に大陸判用のグリッドを使用するときには14:1が限度である。

グリッドの寸法、集束距離やグリッド比を決めるには、著者の行なった上記の方法が単純でよいであろう。

ところで、著者が検討に用いたグリッドのうち、10:1および12:1のグリッドは、グリッド比が低いので、いずれも使用距離限界内にあった。しかし、近接TVに使用した集束距離80cmの14:1および16:1のグリッドの使用距離限界は、それぞれ70—90(69—95)cmおよび70—90(70—93)cmである(Table 3)から、使用距離限界から少しはみだしている(Fig. 1参照)。このような誤りがあったのは、当時は、使用距離限界についての基礎知識が不足していて、勘にたよったからである。しかし、後述する散乱線によるカブリや撮影時間の検討に支障をきたすことはないであろう。

Boldingh(1964)<sup>14)</sup>は、グリッド選択の手順を次のようにまとめている。

#### (1) 静止グリッドか運動グリッドか

静止グリッドでは、グリッドの縞目が見えるのを減らすために、本数/cmの多いグリッドが選ばれる。それに対して、運動グリッドでは本数/cmの少ないグリッドが勧められる。

本数/cmは、個人の好みにもよるが、恒存するグリッドの縞目の影響と、本数が多くなるにつれて増加する不規則さとを、比較検討して決める。

#### (2) 焦点・グリッド間距離限界

グリッド密度(本数/cm)がきまったら、できるだけ高いグリッド比のグリッドを選ぶようにするのであるが、消化管などのX線撮影の場合には、焦点・グリッド間距離の範囲と、X線ビームの幅

とによって、許容される最大のグリッド比が決まる。(このさい、X線ビームの幅をグリッドの寸法といいかえてもよからう。著者註)

#### (3) コントラスト改善度

グリッド密度とグリッド比との組み合わせによって、通常、コントラスト改善度は決まるが、各種のグリッドのコントラスト値を比較する。

#### (4) 露出倍数

グリッド密度、使用距離限界、グリッド比のあとで、露出倍数を検討する。

#### (5) 電圧の限界

露出倍数、ならびにそれに伴う線量の増加は、電圧を上げることにより、わずかのコントラスト改善度を失うだけで、代償することができる。したがって、グリッド比を高くすると露出倍数も高くなるというだけの理由で、高いコントラスト(つまり、高グリッド比グリッド—著者註)を選ぶのを控えるべきではない。

著者は、まず、静止グリッドを選んだ。

次に、60本/cmのグリッドでは40本/cmのグリッドほどのコントラスト改善度が得られないことがわかった。そして、40本/cmのグリッドでは、その縞目がそれほど目障りではないので、40本/cmのグリッドを選んだ。

そのあと、焦点・グリッド間距離の移動範囲と使用距離限界とを照らし合せて、グリッドの寸法と集束距離とともに最高のグリッド比を決めた。

なお、クロスグリッドでは、露出倍数が大きくなるので、直線グリッドを選んだ。

この手順は、Boldinghとは少し異なる。グリッドの寸法、集束距離、グリッド比は、使用距離限界と焦点・グリッド間距離の範囲とを照らし合せて決めるのが最も確実である。グリッド密度は別個に決めてよい。

著者は、背臥位正面および右側臥位で二重造影像を撮るさいに、14:1または16:1のグリッドを選んだが、100kVpで撮影すれば、10:1で86kVp、あるいは、12:1で90kVpで撮影するよりも、撮影時間が短くなり、しかもカブリが少なく、コントラストがよくなった。このことは電圧の限界で、Boldinghが述べたことと矛盾しない。そし

て、14:1とくに16:1のグリッドを用い、100kVpで撮影すると、X線写真は非常に鮮明になる。しかし、110kVpで撮影すると、コントラストが少し低下し、120kVpで撮影すると、コントラストが著明に低下する。このような成績は、まだ報告されていない。

一方、Curryら<sup>19)</sup>(1984)は、グリッドの選択にあたって、どのような場合にどのようなグリッドを選んだらよいか、簡単にわかる規則はなく、常に妥協が付きものだと述べている。

また、通常、8:1のグリッドは90kVp以下で使うと結果がよい。90kVp以上では、12:1のグリッドのほうがよい。グリッド比と散乱透過率との関係を見ると、8:1を超えると散乱線透過率はほとんど減少しなくなる。12:1と16:1とでは、ほとんど変わらない。したがって、日常のX線撮影では16:1よりも12:1のほうがよい。12:1のグリッドを16:1のグリッドにかえると、X線写真の質は少しよくなるが、患者の被曝線量の増加に見合うほどの価値はないといっている。

Curryらの意見に従えば、14:1や16:1のグリッドは使いにくくなる。そして、背臥位二重造影を撮るだけなら10:1や12:1のグリッドでもよい。しかし、右側臥位でよい二重造影を撮ろうとすると、14:1または16:1のグリッドを使いたくなる。最近でも、胃上部の早期胃癌のX線診断成績があまりよくないといわれている<sup>20)</sup>のは、1つには、一般に使用されているグリッドのグリッド比が低いので、右側臥位で二重造影を撮影すると、カブリがひどく、しかもブレた写真が多くなるためと考えられる。

ところで、高圧発生装置や、それに見合ったX線管の出現に伴い、消化管の領域でも、グリッド比の高いグリッドを用いて高圧撮影をして、質のよいX線写真を撮ろうとするグループ<sup>21)~23)</sup>ができた。そして、クロスグリッドをすすめるものもある。そのうち、Skucas & Goriki<sup>22)</sup>(1975)は、4:1、6:1、8:1、12:1、16:1の直線グリッドと、2×6:1、2×8:1のクロスグリッドについて、散乱線除去 cleanup, 集束範囲 focal range, 電圧範囲 voltage range について

記載している。彼らの記載は総論的であり、グリッド比や撮影電圧を特定していないが、筆者の成績と矛盾しない。そして、グリッドの選択にあたって、一応の目安となる。しかし、実際に彼らがすすめているのは、2×6:1または2×8:1のクロスグリッドである。なお、SkucasらとMillerらは同じグループである。

Miller & Skucas<sup>23)</sup>(1983)によれば、6:1のクロスグリッドは6:1の直線グリッドの latitude であるが、12:1の直線グリッドの cleanup がある。12:1の直線グリッドは、近位および遠位の grid cutoff があるために、ほとんどの装置に安易につけられない。多くの装置で実際に使用されているグリッドで最もグリッド比が高いものは8:1である。なお、latitude は集束範囲とほぼ同じと解される。このようなことから、SkucasらやMillerらは、1つの直線グリッドをスポット装置の直下に固定し、もう1つの直線グリッドを、第1のグリッドとは直角に、カセット直下の移動枠に固定した。これによって、透視は1つの直線グリッドを使ってするが、撮影時にはクロスグリッドを使用することができる。また、グリッドは一方向にしか移動しないが、カセットは普通の二次元運動をするので、横方向偏位による grid cutoff をなくすることができる。

そして、現在の高圧発生装置やX線管なら、グリッド比の高いグリッドを用いて高圧撮影することは可能であるし、高圧にすることによって一次X線の減弱をいくぶんか償うことにもなる。臨床試験でも、2×8:1のクロスグリッドを用いて高圧で撮影すると、散乱線によるカブリは少なくなり、コントラストはよくなった。

彼らの以上の記述を読むと、2×6:1あるいは2×8:1のクロスグリッドを使いたくなる。しかし、ここに問題がある。

これより先、Bolding<sup>13)14)</sup>(1961, 1964)は、グリッドによる一次X線損失の分布図を描いている。直線グリッドでは、一次X線の損失は中心線からの距離に比例するという事実に基づき、30×40cm (12×14inches) のフィルム上に一次X線損失が等しい線を描くことができる。直線グリッド

の焦点・グリッド間距離限界（現在の使用距離限界に相当するが、定義が少し違っている）を求めるには、中心線から15cm離れた点Aでの一次X線の損失を50%と規定しているが、クロスグリッドでは点Aでの一次X線の損失を50%とするのは不適當である。直線グリッドでは50%、クロスグリッドでは25%とすれば、両者とも焦点・グリッド間距離限界の計算と同じ式を用いることができる。このように計算すると、30×40cmのフィルムの全面にわたる一次X線損失の分布は、直線グリッドよりもクロスグリッドのほうが少しよいことがわかる。SkucasらやMillerらは、この一次X線損失の分布を無視している。

一方、60本/cmの直線グリッドとクロスグリッドとを比較してみると、コントラスト改善度は両者ともほぼ同じであるが、露出倍数はクロスグリッドのほうが30~40%多い(青木<sup>1)</sup>。SkucasらやMillerらはこの事実も無視している。

しかし、透視には6:1または8:1の直線グリッドを用いて、撮影には2×6:1または2×8:1のクロスグリッドを用いるのは非常によい着想である。著者らは、彼らとは別に、高グリッド比のグリッドを使い始めたときから透視用のグリッドと撮影用のグリッドとを別にするのを考えていた。そして、クロスグリッドでは露出倍数が意外に多いことから、撮影には直線グリッドが望ましいと考えるようになった。

一方、Tuddenham<sup>24)</sup>(1983)は、消化管のX線検査には、少なくとも12:1、100本/inch(39本/cm)のグリッドを勧めている。そして、そのまとめでは、消化管のX線検査用のグリッドは12:1または16:1の高速運動グリッドがよいとしている。

しかし、運動グリッドでは横方向偏位やその他の理由により被曝線量が増えるのである。費用がかかる。失敗しやすい。撮影時間が長くなる。X線寝台が振動するだけではすまされない<sup>19)</sup>。

一方、Gelfand<sup>25)</sup>(1984)によれば、グリッド比はkilovoltage÷10と等しいか、あるいはそれを超えるのが、腹部X線撮影での大まかな規則である。胃腸のX線検査では、120kVpまたはそれ以

上の電圧が用いられるから、狙撃撮影装置も透視のブッキー装置も、できれば12:1のグリッドを取り付けるべきである。

また、Thompson<sup>26)</sup>(1985)は、100kVp以上の電圧を使うときには、12:1あるいは16:1の直線グリッドを使うべきであると述べている。

Gelfand、とくにThompsonは著者に近い意見である。

撮影条件についてみると、高濃度・低粘度バリウム造影剤を用いてLintottら<sup>27)</sup>(1978)は75~90kVp、Hyslopら<sup>28)</sup>(1982)は85~95kVp、Montgomeryら<sup>29)</sup>(1982)は75~90kVpで撮影している。

ところが、Laufer<sup>30)</sup>(1983)は、200~250%w/vの高濃度・低粘度バリウム造影剤を用いて、低圧で撮影したフィルムをみると、コントラストがつきすぎている。フィルム中央部の撮影条件がよくても、周辺部では明るすぎたり、暗すぎたりすることがある。一方、低圧だと撮影時間が長くなる。このようなことから、110~130kVpの高圧で撮影している。これには、撮影時間が短くなり、latitudeが広くなるといった利点がある。使用したグリッドについての記載はない。

それよりまえ、Kressl & Laufer<sup>31)</sup>(1979)は105kVpで撮影していた。

それに対して、Gelfand<sup>25)</sup>(1984)は、胃腸の二重造影像では、通常、散乱線を最小にするために、電圧を100kVpあたりにする。それ以上の電圧は、大きな患者を検査するとき撮影時間を短くするためだけに用いると述べている。

また、Gelfandは、Lauferらと同じ高濃度・低粘度バリウム造影剤を用いながら、胃の二重造影像を85~100kVpで撮影すべきだとしている。Barium coatingが焼きつくされてしまったり、過度の散乱線による画像の低下を避けるためである。110kVp以上の電圧は、腹厚の大きな患者を検査するとき、撮影時間を短くするために用いる。グリッドは40本/cm、12:1のようである。

ところで、Gelfandは、二重造影像ではなくて、60~100%w/vのバリウム造影剤を用いて圧迫像を撮るさいに、100~110kVpで撮影している。

100~110kVpの電圧は、散乱線を最小限にするために電圧を下げる。バリウムをよく透過し、撮影時間を短くするために電圧を上げる、その間のhappy mediumにあたるという。

著者の成績では、14:1または16:1のグリッドを用いて100kVpで二重造影像を撮影すると、カブリが少なくコントラストがよく、ブレの少ないX線写真が撮れた。110kVpで撮影したX線写真がこれに次ぐ。しかし、120kVpにするとコントラストが著明に低下する。そして、90kVpにすると撮影時間が長くなりすぎる。

上記の著者らの成績を検討してみると、Gelfandとはグリッド比が違うようであるし、それに圧迫像ではなくて二重造影像である。そして、12:1ではなくて14:1、16:1のグリッドを用い、100~110kVpで撮影すると画質のよい写真が撮れるから、あるいは100~110kVpをhappy mediumといってもよいかもかもしれない。しかし、14:1とくに16:1のグリッドを用いて100kVpで撮影すると画質が最もよいことを明らかにした。このような報告はまだ見当たらない。

撮影時間とブレについて、Franke<sup>32)</sup>(1965)は、高度の造影検査の場合、撮影中の運動が0.5mmを超えるのは好ましくないとしている。そして、Berger<sup>32)</sup>によれば、心臓の動く速さは200mm/sec、肺は190mm/sec、大動脈は130mm/sec、肺門は90mm/secにまで達する。腸管のある部分では、ときに100mm/secに達することもあるが、大概はもっと遅い。

Miller<sup>18)</sup>(1973)によれば、彼の知るかぎりでは、胃腸壁の運動速度を調べたものはない。そして、消化管を1/3~1/2秒で撮影しても、通常、腸管のどの部位であっても、1枚以上の写真が十分に細部まで表している。このことから、腸管の運動は1.5mm/sec以下と解される。また、腹厚の厚い患者でも、1/3秒以下で撮影できるように装置を指定すべきであるとしている。

上述のブレは、腸管の運動によるものであるが、胃上部を撮影する場合には、心拍動によるブレが問題になる。著者がブレ出現の目安とした撮影時間についてみると、背臥位二重造影像の100msec

に比べて、右側臥位二重造影像では70msecと短くなっているが、これは、右側臥位では胃上部を中心に撮影するので、心拍動の影響を受けやすいからである。このようなブレについての報告は見当たらないが、撮影時間を検討するさいには、無視できない問題である。

ただし、撮影条件について、わが国と欧米とを比較するとき、忘れてならないのは、腹厚が極端に違うということであろう。

また、高感度の増感紙、フィルムを使用すれば、撮影時間を短縮することはできるが、コントラストや散乱線によるカブリは改善することはできない。

## VI. まとめ

1. 腹厚は、通常、前後径しか測定されていない。そして、わが国では、前後径では17~21cmが最も多く(42.7%)、29cm以上のものはごく少数である(0.3%)。それに対して、横径では26~29cmが最も多く(45.6%)、30cm以上のものが18.0%である。

したがって、右側臥位二重造影像をルーチン検査に組み入れるなら、腹厚30cm前後の患者が十分に検査できるように、X線装置その他を整備しておく必要がある。

2. 患者の腹厚(前後径と横径)を測定し、使用するX線装置の焦点・天板間距離などを調べて、焦点・グリッド間距離の最小値と最大値(焦点・グリッド間距離の範囲)を実際に割り出す。一方、規格に基づき、グリッドの寸法ごとに使用距離限界を算出する。そのうえで、焦点・グリッド間距離の範囲と使用距離限界とを見比べれば、グリッドの寸法や集束距離とともに、最高のグリッド比が決める。

著者らの使用したX線装置では、遠隔TVでも、近接TVでも、四切判用のグリッドを使用することにすれば、16:1のグリッドの使用は可能である。しかし、大陸判用のグリッドを使用するときには、14:1が限度である。ただし、透視用には、グリッド比のもっと低いグリッドを使用したほうがよいであろう。

3. 10:1のグリッドを用い、86kVpで撮影す

ると、散乱線によるカブリの著明なX線写真が多い。とくに、右側臥位二重造影像では、カブリの著明なものが大部分である。

12:1のグリッドを用い、90kVpで撮影するとカブリはかなり少なくなるが、右側臥位二重造影像ではカブリの著明なものが多い。

それに対して、14:1、とくに16:1のグリッドを用い100kVpで撮影すると、カブリが少なく、コントラストがよく、ブレの少ない鮮明なX線写真が撮れる。100kVpでの撮影が最もよく、110kVpがこれにつぐ。120kVpにすると、コントラストが著明に低下する。

4. 背臥位正面の二重造影像を100msec以下で撮影し、そして、右側臥位の二重造影像を70msec以下で撮影すると、ブレの出現頻度が約30%以下になる。10:1および12:1のグリッドを用い、それぞれ86kVpおよび90kVpで撮影するよりも、16:1または14:1のグリッドを用い100kVpで撮影するほうが、撮影時間は短くなる。

5. 右側臥位のよい二重造影像を撮影するためには、14:1または16:1のグリッドを用いる必要がある。

6. 16:1や14:1のグリッドを透視でも使うと、患者の被曝線量が多くなるばかりでなく、X線管への負荷もおおくなるから、透視にはもっとグリッド比の低いグリッドを使用したほうがよい。

著者らは、上記のような成績に基づき、透視用グリッドと撮影用のグリッドを別にした、X線装置を作ったが、その成績については別の機会に譲る。

稿を終るにあたり、X線装置について、いろいろとご協力戴いた東芝の技師諸氏に感謝致します。また、グリッドについてご協力戴いた三田屋製作所社長飯田晋康氏に感謝致します。なお、本論文の要旨は、第47回日本医学放射線学会総会で発表した。

#### 文 献

- 1) 青木久敏: Personal communication 1988
- 2) Doi K, Frank PH, Chang H, et al: Physical and clinical evaluation of new highstrip-density radiographic grids. Radiol 147: 575-582, 1983
- 3) 日本工業標準調査会厚子力部会医用放射線装置及び附属品専門委員会: 日本工業規格散乱X線除去用グリッド. (JSI Z 4910-1983), 日本規格協会, 東京, 1983
- 4) Bucky G: Über die Ausschaltung bei der im Object entstenden Sekundärstrahlen bei Röntgenaufnahmen. Verh Dtsch Röntgens 9: 30-32, 1913
- 5) Potter HE: The bucky diaphragm principle applied to roentgenography. AJR 7: 292-295, 1920
- 6) 鴨下 実: 散乱X線除去用グリッド. 日本放射線機工業会(編), 医用放射線機器ハンドブック, 219-223, 電子計測出版社, 東京, 1986
- 7) マトソン O. (著), 江藤秀雄, 吉村克俊(訳): エックス線写真撮影法について一, 55頁, 克誠堂出版, 東京, 1957
- 8) Bonenkamp JG, Boldingh WH: Quality and choice of Potter Bucky grids. I. A new method for the unambiguous determination of quality. Acta Radiol 51: 479-489, 1959
- 9) Bonenkamp JG, Boldingh WH: Quality and choice of Potter Bucky grids. II. Application of the criterion of quality to various types of grids. Acta Radiol 52: 149-159, 1959
- 10) Bonenkamp JG, Boldingh WG: Quality and choice of Potter Bucky grids. III. The choice of a bucky grid. Acta Radiol 52: 241-253, 1959
- 11) Boldingh WG: Quality and choice of Potter Bucky grids. IV and V. IV. Focus-grid distance limits. V. The contrast improvement factor. Acta Radiol 55: 225-235, 1961
- 12) Boldingh WH: Quality and choice of Potter Bucky grids. VI. Exposure ddata for vairous grid. Acta Radiol 56: 202-208, 1961
- 13) Boldingh WH: Quality and choice of Potter Bucky grids. VII. The influence of a grid on the integral absorbed dose. Acta Radiol 3: 475-484, 1965
- 14) Boldingh HW: Grids to reduce scattered x-ray in medical radiography. Phillips research reports suppliment, Nol, Phillips research laboratories, Eindhoven, 1964. International electrotechnical commission: Characteristics of anti-scatter grids used in X-ray equipment. Publication 627, 1978
- 15) International Commission on Radiologic Units and Measurement: Methods of evaluating radiologic equipment and materials. National Bureau of Standards, Handbook 89, U.S. Government Printing of fice, Washington, 1963
- 16) 日本工業標準調査会厚子力部会散乱X線除去用グリッド専門委員会: 日本工業規格X線用グリッド

- フ。(JIS Z 4910-1962)。日本規格協会, 東京, 1963.
- 17) International Electrotechnical Commission: Characteristics of anti-scatter grids used in X-ray equipment. IEC Standard Publication 627. Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, Geneva, 1978
- 18) Miller ER: Equipment for the roentgenologic examination of the gastrointestinal tract. In Margulis AR, and Burthenne HJ, editors: Alimentary tract roentgenology ed. 2, vol. 1: 18—33, The CV Mosby Co. St. Louis, 1973
- 19) Curry TS III, Dowdey JE, Murry RC Jr: Christensen's Introduction to the physics of diagnostic radiology. ed. 3 Lea & Febiger, Philadelphia, 1984
- 20) 白壁彦夫: 消化管各種検査法の選択と併用のルール。第47回日本医学放射線学術発表会招請講演, 東京, 1988
- 21) Felson B, Schmidt OEW: The significance of grid ratio in clinical radiography. Radiol 75: 925—931, 1960
- 22) Skucas J, Gorski J: New grid design for a fluoroscopic spot film device. Radiol 115: 732—733, 1975
- 23) Miller RE, Skucas J: Grids. The radiological examination of the colon. 33—40, Martinus Nijhoff Publishers, The Hague, 1983
- 24) Tuddenham WJ: Instrument, Radiology. In Margulis AR, and Burhenne HJ, editors: Alimentary tract roentgenology, ed. 3, vol. 1: 34—47, The CV Mosby Co, St. Louis, 1983
- 25) Gelfand DW: Gastrointestinal radiology. Churchill Livingstone, New York, 1984
- 26) Thompson TT: Grids. A practical approach to modern imaging equipment: 14—15, Little, Brown and Company, Boston, 1985
- 27) Lintott DJ, Simpkins KC, Dombal FT, et al: Assessment of the double contrast barium meal: Method and application. Clin Radiol 29: 313—321, 1978
- 28) Hyslop JS, Mitchelmore AE, Cox RR, et al: Double contrast barium meal examination: A comparison of two high density barium preparation, E-Z HD and X-Opaque. Clin Radiol 33: 83—85, 1982
- 29) Montgomery DP, Clamp SE, Dombal FT, et al: A comparison of barium sulphate preparations used for the double contrast barium meal. Clin. Radiol 33: 265—269, 1982
- 30) Laufer I: Double contrast examination of the gastrointestinal tract. In Margulis AR, and Burhenne HJ, editors: Alimentary tract roentgenology, ed. 3 vol. 1: 148—191, The CV Mosby Co, St. Louis, 1983
- 31) Kressel HY, Laufer I: Principles of double contrast diagnosis. In Laufer I, editor: Double contrast gastrointestinal radiology with endoscopic correlation: 11—58, WB Saunders Co, Philadelphia, 1979
- 32) Miller<sup>18)</sup>より引用