テクニカルノート

放射線診断システムにおける人間工学的検討
—第2報 CT検査時の作業性と姿勢の調査分析—

安藤 英次・弓場 文麿・*宇都 文昭

*宇山 茂樹・**古藤 行敏・**品部 軍次

奈良県立三室病院放射線科

*奈良県立医科大学中央放射線部がんセンター診療部

**市立堺病院放射線科

(論文受理 1989年12月27日)

(最終論文受理 1990年3月23日)

(Code No. 489.9)

Key words: Computed tomography Human engineering Work Station.

HUMAN ENGINEERING OF A RADIOLOGICAL DIAGNOSTIC SYSTEM
—SURVEY OF OPERABILITY AND WORKING POSTURE ON
EXAMINATION OF X-CT (Part II)—

EIJI ANDOH, FUMIMARO YUBA, FUMIAKI UTO

SHIGEKI UYAMA, YUKITOSHI KOTOH, GUNNJI SHINABE

Department of Radiology, Nara Prefectural Mimuro Hospital

*Central Radiology and Cancer Center, Nara Medical University

**Department of Radiology, Sakai Municipal Hospital

Summary

The operability of X-CT systems was examined. Actual V.D.T operation using an X-CT system by 6 radiological technologists was videotaped, with their maneuvers being analyzed.

The questionnaire suggested that switches were placed at locations inconvenient for operation in some X-CT systems. In this study a physical examination of 210 radiological technologists was carried out. Analysis of videotaped images of the operators showed that they technologists had there major types of posture. As a result of these results, it could be understood that we work more efficiently when ample writing space and separated CRT and a Keyboard are available. We designed an X-CT work-station by in depth analysis of the

ergonomic viewpoints.

1. はじめに

X-CT (以下「CT」と略記) 装置は開発されてから十数年がたち、急速に普及した。それにつれ、CT 作業では操作者から「肩が凝る」「目が疲れる」といった Visual Display Terminal (以下「VDT」と略記) 作業による疲労の声がある。これは使用している CT 装置に椅子の高さを合わせ、その椅子と装置に作業姿勢を合わせていることが大きな要因ではないかと思われる。すなわち直接身体に接する椅子の構造、機器の配置などは作業効率や疲労に大きく影響するからである。第 1 報の“放射線装置における椅子の調査”報告では¹⁾、他の装置に比べ特に CT 装置で使用している椅子の高さが、さまざまな高さで使用されていた。これは、机面高が作業性を余り考慮せずに設計されているためであり、人間の作業性を重視した設計が望まれることを報告した。さらに CT 装置の至適作業性については、椅子と机だけでなく作業をする人に対する人体的配慮および機械的機能を加味することが重要となる。今回、放射線技師の身体計測と CT 装置の操作部のスイッチなどの配置および記憶スペースについて調査検討した。また、ビデオ撮影により、作業中の動作分析、操作経験年数の差による作業時間分析および異なるタイプの CT 装置の操作性について作業時間分析を行い検討した。さらに、椅子、机だけでなく Cathode-Ray Tube (以下「CRT」と略記) とキーボードが介在した作業性からみた 3 次元的ワークステーション案について検討した。

2. 方法と内容

2.1 人 体 計 測

放射線技師 210 人の身長・体重に関するアンケート調査を実施した (1989 年 10 月実施)。

2.2 CT 装置の主要操作部について

近畿地区 21 施設で使用している CT 装置の操作 (制御) スイッチ類、CRT、キーボードの位置などを調査し実測した (1986 年 8 月実施)。

2.3 各施設の検査記録台帳について

2.2 と同じ施設の検査記録台帳の大きさ、記憶スペースの有無などについて調査した。

2.4 ビデオ撮影による作業分析

2.4.1 椅座位作業中の動作分析

椅座位作業で CT を操作している 6 人の技師の体に測

Fig. 1 Working posture of 3 major types analyzed by videotaped images.

A: Posture of key-board operation

B: Posture of switch operation

C: Posture of patient observation

Range of Optimal Mobility of Arms

A: close-raised position

B: close-low position

C: far-low position

D: far-raised position

Fig. 2 Motions of operator analyzed by videotaped images in the sitting posture.

定ポイントを付け、ビデオ撮影を行い各点の動きを分析した (Fig. 1・2)。

2.4.2 操作経験年数による作業時間分析

CT 操作経験年数 1 年未満の技師 3 人と 10 年以上の技師 3 人の頭上からビデオ撮影を行い、CT 操作経験年数差による操作内容の違いについて時間分析をした。

2.4.3 操作性による作業時間分析

6 人の技師が操作性の異なるタイプの CT 装置で、頭部ファントムを用いて、単純 CT 検査 (10 スライス) の作業を行い作業時間と操作性について分析した。

3. 結 果

3.1 人 体 計 測

放射線技師集団の男性の平均身長は 169.8 cm、標準偏

差は6.5 cm, 女性の平均身長は156.9 cm で, 標準偏差は7.3 cm であった。

3.2 CT 装置の主要部分の調査について

各社の CT 装置の操作部の計測結果を **Table 1** に示す。椅座位姿勢での肩の高さより上にスイッチ類が設置されている装置がある。特に操作頻度の高いスキャン・スイッチの高さが, 床から108 cm の高さに設置されているものもあった。CRT は固定型が80%を占め, CRT 中心の位置は床から120 cm を最高に, 椅座位作業姿勢での目の位置以上の高さのものがあつた。キーボードは全て固定型で, また, 机の下スペースが狭い装置が多かった。患者との通話システムの調査結果では, 『患者の声が聞こえない』と回答した施設が40%以上を占めていた。また, 患者観察システムでは, 『患者が観察しにくい』と回答した施設が10%あつた。

Table 1 Results of measurement of X-CT system in the study.

Check list		unnt	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Swith	Shoulder adove (+/-)		+	+	-	-	-	-	+	-	-	-
Scan Switch	~floor(cm)		80	108	75	75	78	97	98	88	90	75
	~desk(cm)		12	38	4	5	3	10	9	12	5	3
CRT (monitor)	~floor(cm)		93	100	105	85	85	110	112	98	120	85
	fix/separate(f/s)		f	f	s	f	f	f	f	f	s	s
	filter(+/-)		-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Key board	~scan-sw(cm)		45	50	40	30	50	70	0	59	35	10
	incline(°)		3	3	4	6	3	3	3	4	3	3
	fix/separate(f/s)		f	f	f	f	f	f	f	f	f	f
Desk	~floor(cm)		75	70	70	70	75	90	89	75	85	70
	foot space(+/-)		+	+	-	+	-	-	-	-	-	-

3.3 各施設の検査記録台帳について

制御器上の記帳スペースの調査では『記帳スペースが無い』と回答した施設が60%以上であり, 『記帳スペースがある』と回答した施設の平均面積は800 cm², 最大面積1700 cm², 最小500 cm² であった。検査記録台帳の大きさは平均1500 cm² であった。

3.4 ビデオ撮影による作業分析

3.4.1 椅座位作業の動作分析

椅座位作業で CT 操作を行っている放射線技師をビデオ撮影した。その結果から, **Fig. 1** に示すように作業姿勢を次の3種類に大別した。

A: キーボード操作と記帳作業時の姿勢

B: モニタ監視とスイッチ操作の姿勢

C: 患者観察の姿勢

椅座位作業中の体の各部の作業動作分析, および操作卓の垂直パネルのスイッチ操作に対する頭・手・足部の可動領域の側面像を **Fig. 2** に示す。各部位の数値は, 傾斜角と移動頻度(%)である。CT 装置を操作する多くの場合手で行い, 手の操作範囲がパネルデザインと重要な関係を持つ。特に操作者の肘が身体に接し, 前腕が水平方向にあり肩の傾斜が0°のときのこぶしの位置を近低点(B)とし, 近高点(A), 遠低点(C), 遠高点(D)とした場合, こぶしの中心点の動きの領域をA~Dとなる。また, 肩が前傾に+10°傾く時, 手は円弧を描き四つの境界点をつなぐ, この領域をCT用の最適手動領域とし **Fig. 2** の中に示した。

3.4.2 操作経験年数に対する作業時間分析

操作経験年数による作業時間の分析結果では, その差がキーボードの操作時間に大きく関与していた。キーボードの操作時間中に占める左手の使用時間の割合は, 1年未満の技師が10年以上の技師に比べて1/4であり, キーボードとCRTへの注視時間が長く患者への注視時間が少なくなっていた (**Fig. 3**)。

Fig. 3 Differences of operability as a result of experience.

1Y: One year of experience

10Y: Ten years of experience

Keyboard (left hand): Operation of left hand depends on keyboard

Keyboard: Operation of both hands depends on keyboard

Observation: Patient observation.

Read: Reading of document

Write: Making an entry in documents

Switch: Operation of switches

Fig. 4 Differences of operability by 3 kinds of X-CT systems.

I: keyboard operation type

II: Switch operation type

III: Fully-automatic operation type

Table 2 Results of motion analysis classified into 3 major types.

	H	V	N	X
I	5	2	20	107.7
II	22	28	10	356.1
III	22	2	2	44.2

H: Horizontal distance of operators, motion

V: Vertical distance of operators motion

N: Numbers of operation

X: $\sqrt{H^2 + V^2} \times N$

3.4.3 操作性による作業時間分析

操作性の異なる CT 装置について時間分析を行った結果、CT 装置の操作性は **Fig. 4** に示すように次の操作タイプに大別される。

I: キーボード操作依存型

II: スイッチ操作依存型

III: フルオート操作型

3 タイプの装置の操作性はスキャン・スイッチの位置だけでなく操作回数にも関与していた (**Table 2**)。

4. 考 察

4.1 人体寸法

森ら²⁾の調査と比較すると、今回の放射線技師集団の平均身長は 3 cm 高くなり女性の占める割合は 6 % であったが、今後女性の割合が増える傾向にある。学校保健統計調査(1989年)によると、17歳男子の平均身長は170.5 cm と女性は157.8 cm である。今後、放射線技師集団の平均身長は女性技師の占める割合が影響すると考える。このことから CT 制御卓の寸法を決定する際は、人体寸法値の 5 ~ 95 パーセントイル³⁾⁴⁾⁵⁾ (90%の人が適用で

きる)を用いて欲しい。人間には最適動作域、視野域があり、重要な表示器、操作器をこの領域に設置することが必要である。

4.2 CT 装置の主要部分と作業姿勢

Table 1 に示すように、今回の調査でスイッチの位置が椅座位の肩の高さ以上にある装置があるが、これは作業姿勢およびスイッチ操作頻度への考慮が少ないことを意味している。操作頻度の高いスキャン・スイッチを遠高位置に設置すべきでない。また、CRT の中心の高さが目の高さにある装置もある。椅座位姿勢では患者が CRT に隠れるため観察できず、操作者は患者の安全を監視するため、無理な作業姿勢になる。このように患者を観察する点からも他の VDT 作業と異なり、CRT は眼球移動だけで観察できるように現状の高さより低い位置に設置すべきである。CRT は、固定型が多いが、作業者の身体に合わせて高さや角度が調節可能な分離型が望ましい。また、CRT のグレア防止用フィルタを使用している施設は少なく、グレア防止の照明として天井にルーバ付の照明機器を設置している施設は全くなかった。これは作業者の目に対する影響の認識不足である。キーボードは、全装置が固定型であり、CRT と同様に作業姿勢や環境に合わせる事が可能な分離型が望ましい。

机の高さは床より 90 cm を最高に立位作業の高さに近い装置が多く、椅座位作業に適合していない。森らは²⁾、座面高と作業面高の差尺は、一般的に男子で 28.5 ~ 30 cm と言われている。いま椅子の座面高を 44 cm とすると、作業面高は 72.5 ~ 74 cm となり、この高さは肘関節の高さに相当し、作業面高を決定するひとつの基準となる。机の下スペースについては全く考慮されていないが、このスペースは、足の疲れや、だるさを緩和させるため充分な大きさが必要である。

4.3 患者通話・観察システムと作業姿勢

患者通話システムでは、半数近くの装置が『悪い』という評価であった。後藤らの報告⁶⁾でも、CT 装置のインターホンを『悪い』、『交換した』と回答した施設が 47 % であった。通話マイクおよびスピーカーの位置が垂直パネルの上部に設置されている装置が多く、患者との通話時に操作者は、垂直パネルに上半身を接近するため前傾姿勢をとらざるを得ない。患者通話システムの性能の悪さが、操作時の作業姿勢だけでなく、作業心理にも悪影響をもたらしている。今後、患者通話システムでは、コードレスのマイク付きヘッドホンの併用も考えて欲しい。CT 検査では患者が、ガントリ内に挿入されるため、目視のみで患者観察を行うのは困難であり、監視用カラ

モニタを設置する必要がある。監視用モニタは10%の施設が設置していたが、CT検査は造影検査があり監視モニタだけに頼ることは危険な場合が多くなり、今後の検討課題である。

4.4 記帳スペース

CTの机の上にはCRT、キーボード、制御盤があるため、検査記録台帳などの書類を置くスペースが事務用機の1/10程度であり、別の机で記帳をしている施設もあった。記帳スペースの配置は、作業姿勢や視線動線を変化させ作業効率や疲労に影響を与える。キーボードで入力した患者情報を、検査記録台帳管理にかわりプリンタ出力もしくは光ディスクによる管理で代用できればCTの作業内容が変わると考える。さらに現状のCT装置の操作卓も小さな記帳スペースを配慮しているが、将来はなくなることも考えられる。

4.5 操作卓構造と作業姿勢

Fig. 1の分類は、Aが一般事務作業姿勢に近く、BとCは異なっている。椅座位作業の姿勢や操作性は、次のそれぞれの設置位置が関与する。

Aの姿勢：机（キーボード）や記帳スペースの位置

Bの姿勢：パネルのスイッチ位置

Cの姿勢：CRTや椅子の背もたれの位置

Aの姿勢ではキーボードと記帳作業が同じ机面高となっているが、机面高と座面高を作業者の身体に合わせるだけでは不十分であり、その作業内容によって机面高は変えるべきである。例えば至適机面高はキーボード作業で61～65 cm、記帳作業は66～73 cmと報告されている⁷⁾。Bの姿勢で操作頻度の高いスイッチ類が肩以上の高さに設置されていると上体各部には抗重力筋収縮が必要で、特に腕の挙上は肩への負荷、また体幹の傾きが背・腰の負荷につながる。AとBの姿勢では、輝度の高い白色背景色と輝度の低い黒文字からなるキーボードや検査依頼書などの文字を読み取っている。また、CRTは背景と文字の輝度が逆転している上に画面は垂直であることから通常のVDT作業と同様の眼性疲労が生じる。Cの姿勢ではさらにCRTと患者監視を交互に行うことにより、CRTと患者との視距離差からくる眼性疲労が、他のVDT作業より大きくなる。これらの作業疲労を少なくするためには、CRTと患者監視視野を最適視野内に置き、作業者の眼球運動だけで見られるようにしたり、背もたれ付の椅子を採用すれば作業疲労の軽減につながる。

4.6 椅座位作業姿勢の分析

Fig. 2のビデオ動作分析結果では、作業姿勢全般的に少し前傾姿勢になることが多い。これは、CRTとキーボ

Fig. 5 Relation between working style and chair on radiological diagnostic systems

ードを注視するためである。また、作業動作とは無関係に作業中にHポイント(hip-joint)を中心にして体の各部を動かしている。これは無意識のうちに体を動かし作業動作と休憩を何秒かおきに交互にとっている。椅子は体を自由に動かすことのできる機能が必要であるが、大きく分けて Fig. 5 に示す3タイプの椅子がある。CT作業中の患者観察時など、背もたれが体を支えるのに必要であり、椅座位と立位作業を交互に行うため肘付は必要ではないと考え、背もたれ付の肘なし椅子を推奨したい。手動領域A～Dは、パネルデザインにより変化する。Fig. 4のIIの装置はスキャンスイッチを遠高点Dに設置しているため肩の前傾が $+5^{\circ} \sim +15^{\circ}$ となり、手の移動距離は35 cmと長くなる。それに対し、Iの装置は近低点Bに設置しているため肩の前傾が $0^{\circ} \sim +5^{\circ}$ となり、手の移動距離が5 cmと短くなるため、作業姿勢や効率が良くなっている。

4.7 操作時間と作業姿勢

Fig. 3に示すように特にキーボードの注視時間と検査依頼書などの注視時間は、操作経験年数に反比例して時間が短くなっていた。キーボードへの注視時間と患者の観察時間も反比例していた。経験年数差が、操作性に関与する第一因子はキーボード操作にあった。キーボード操作は、頭が前傾になり肩に力が入る姿勢から作業疲労につながる。

Fig. 4に、I～IIIの装置に対する作業時間分析を示しているが、装置自身の性能に起因している。Iの装置の対話式のキーボード操作型から単純操作のスイッチ操作型へさらにフルオート操作型に移行して欲しいと考える。

4.8 CT用ワークステーション案

操作性を考慮しながら、人間工学推奨基準に基づいた⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾、CT用ワークステーションのモデル案を Fig. 6, Fig. 7に示した。

Fig. 6 X-CT workstation model analyzed from ergonomic viewpoints (side view)

Fig. 7 X-CT workstation model analyzed from ergonomic viewpoints (plane view)

放射線技師集団の平均身長（H）に日本人の人体略比率の下腿高（ $1/4H$ ）を求めた。机面高や座面高は、その下腿高を基準とした人体寸法の略比率から求めた数値である。至適机面高・座面高の寸法を求める第一の方法は、下腿高と座高の測定であるが、今回は簡便法として身長から至適寸法を求めた。椅座位作業で身体各部を動かし立体的領域の作業域を作っている。Fig. 7 の CT ワークステーションでの最大作業域（Maximum working area）と通常作業域（Normal working area）を設定した。通常作業域には、キーボードと操作頻度の高いスイッチ類を配置し、また Fig. 7 で示すように、CRT は最適表示エリア内の下眼に配置し、患者観察のための CT ベッド下限域を設定した。これは、同時に頭が $+5^\circ$ の姿勢で眼球だけ動かすことにより CT ベッド上の患者が観察できるように制御装置の高さを制限するものである。

4.10 CT 作業環境の要望

今後の CT 装置は、装置の高出力化と操作のフルオート化により作業時間が短縮し作業姿勢は、立位姿勢に変わっていくだろう。患者情報入力、ID カード入力などに

より、キーボードや記帳作業はなくなるかもしれない。患者との応答システムについては、インターホンや監視用モニタなどを使用せず、CT 装置の機械音が小さくなり直接人間の目と耳で観察できるように患者のベッドサイドで操作できる装置の開発が望ましい。

本報告は、主として CT 装置のデザイン計測や作業姿勢についての調査および分析結果である。この領域は多くの研究例があり、その基本的設計に基づいてモデル案を検討した。重要なことは“最適な姿勢はない”ということである。作業環境・内容、使用時間などの因子、作業者の体型、性格、気分などによって千変万化するからである。

5. 結 語

現状の CT 装置は、作業姿勢や作業内容があまり考慮されていない。CT 用ワークステーションは、変化に対応できるよう調節、組み替えなどができることを基本として設計して欲しい。また、女性の放射線技師が増加しており、職業集団としての男女比率も変化することから、装置設計においては可変範囲を大きくとるといった考慮が望まれる。CT システムの機能・形態の理想的標準モデル条件として下記の機能を要求する。

- CRT…最適視野範囲内に分離型を設置する
- キーボード…分離型を採用する
- 椅子・机…高さ調整式（簡単に調整できること）
- スキャンスイッチ…前面垂直パネルの下部に設置する
- 記帳スペース…A4 サイズ以上を右手側に水平配置する

今後は CT 用ベッドなどの患者サイドの環境面についても人間工学的見地から検討していきたい（Fig. 8）。

Fig. 8 New ideal design regarding radiological diagnostic systems

6. 謝 辞

放射線診断システムにおける人間工学的検討 —第2報 CT検査時の作業性と姿勢の調査分析— (安藤・他)

今回の主要操作部の実値計測や操作性の調査に協力頂いた近畿地区21施設の技師室の方々に厚くお礼を申し上げます。

なお、本調査分析にご協力頂いた技師室諸兄ならびに、大阪工業大学経営工学科人間工学研究室 上野精順先生に深く感謝します。

本報告の要旨は、第43回日本放射線技術学会総会で発表した。

文 献

- 1) 安藤英次他：放射線診断システムにおける人間工学的検討（第1報 VDT 作業における椅子の調査分析），日放技学誌，**45**(12)，p. 1819-1824，(1989)。
- 2) 森 定義：医用X線システムの人間工学的設計（近接形透視用制御装置について），日放技学誌，**37**(6)，p. 800-807，(1981)。
- 3) 野呂影勇：図説エルゴミックス，日本規格協会，p. 262，東京 (1990)。
- 4) 小原二郎他：建築・室内・人間工学，p. 38，鹿島出版会，東京 (1988)。
- 5) 森 定義：医用X線システムの人間工学的設計（近接形透視用制御装置について），日放技学誌，**37**(6)，p. 800-807，(1981)。
- 6) 後藤勝正：放射線管理委員会 CT 班報告，日本技学誌，**41**(7)，p. 1151-1160，(1985)。
- 7) 林 喜男他：人間工学シリーズ11，p. 62-74，日本規格協会，東京，(1981)。
- 8) 清宮栄一他：至適机面高に関する予備的実験，国鉄能率管理研究所紀要，No. 9，p. 13-32，(1962)。
- 9) 株式会社イトーキ：NEW OFFICE，株式会社イトーキ，p. 46-47，大日本印刷，(1987)。
- 10) C.T. Morgan, 他著, 近藤 武訳：人間工学データブック，コロナ社，p. 246-268，(1978)。
- 11) 小原二郎他：建築・室内・人間工学，p. 111-141，鹿島出版，東京，(1988)。