

〔原 著〕

矯正領域におけるパーソナルコンピュータの応用

玉木 弘孝, 石井 英司, 村井 茂,
富田 孝, 田中 大順, 渡辺康次郎,
北野 敏彦, 新井 政弘, 佐藤 元彦

東日本学園大学歯学部矯正歯科学講座

(主任: 佐藤 元彦 教授)

Application of Personal-computer to Orthodontics

Hiroataka TAMAKI, Hideshi ISHII, Shigeru MURAI,
Takashi TOMITA, Hiroyuki TANAKA, Kojiro WATANABE,
Toshihiko KITANO, Masahiro ARAI, and Motohiko SATO

Department of Orthodontics, School of Dentistry
HIGASHI-NIPPON-GAKUEN UNIVERSITY

(Chief: Prof. Motohiko SATO)

Abstract

Advantages were found in the application of a personal-computer to the clinical studies and research in the orthodontic area as follows.

1. It is possible to develop software to suit our requirements by relatively easy computer language (BASIC).
2. Analysis for orthodontic diagnosis can be made correctly, readily, and rapidly.
3. By recording a large amount of data from patients as the "personal data base", it is possible to arrange and make a good statistical survey.
4. Analysis of input and output data can readily be accomplished clinically because the personal-computer system is compact and has almost all functions.

Key words : Personal-computer, cephalometric analysis, cast analysis, statistic evaluation

受付: 昭和58年3月31日

本論文の要旨は第2回東日本学園大学歯学会総会 (昭和58年3月) において発表した。

緒 言

コンピュータの出現は、1946年にペンシルバニア大学において、Eniacが開発されたのが始めとされている。その後、真空管から、IC、LSI、超LSIという科学技術の進歩に伴い、コンピュータは、ハードウェアの面で急速な進歩を遂げてきた。1970年代の終りには、Apple II, PET, TRSと相ついで、商用、ローコストパーソナルコンピュータが出現してきた。これらは、性能、記憶容量共に十分で、小規模の業務であれば使用可能なものであり、しかも小型、軽量、低価格なものであった。

これらパーソナルコンピュータは、一種の汎用コンピュータであり、必要に応じて、ソフトウェアさえあれば、何にでも使える無限の可能性を秘めている。大型機や中型機、あるいはミニコンなど従来のコンピュータで処理されていた細かな仕事の大部分がパーソナルコンピュータで処理可能となったといっても過言ではないといわれている¹⁾。

一般的に、コンピュータの処理機能を大別すると、

1. 二進法による演算処理
2. データの格納
3. 実験装置、計測器等の制御

に分けることができる。

このような機能から、コンピュータの利用は歯科矯正学領域においても非常に興味あるものである。従来よりミニコン、又は大型コンピュータを用いて種々の報告がされている。その一つは、Rickettes²⁾、中村³⁾らに代表される臨床的な診断への応用であり、北海道大学、大阪大学より主に頭部X線規格写真分析への利用が報告されている。他の一つは、和田⁴⁾、相馬⁵⁾、武内⁶⁾、鈴木⁷⁾らに代表される各種データの統計処理への応用である。これは頭部X線規格写真分析値、歯列模型分析値等の数値データを用いて多変量解析を始めとする複雑な計算過程を要する統計処理をコンピュータで行う手法であり、成長発育の予測への応用が今後の課題として種々に試みられている。当東日本学園大学歯学部矯正学講座においても昭和57年5月にパーソナルコンピュータを主としたシステムを導入し、上記の目的で、ソフトウェアを種々開発しており、これにより日常臨床、及び研究面で役立たせている。

矯正診断の一般的手順においては、一般的臨床所見とともに、頭部X線規格写真分析、模型分析に基づく結果が非常に大きなウェイトを占める (Fig. 1)。これら分析に含まれる角度と距離計測、標準偏差図表とプロフィログラムの

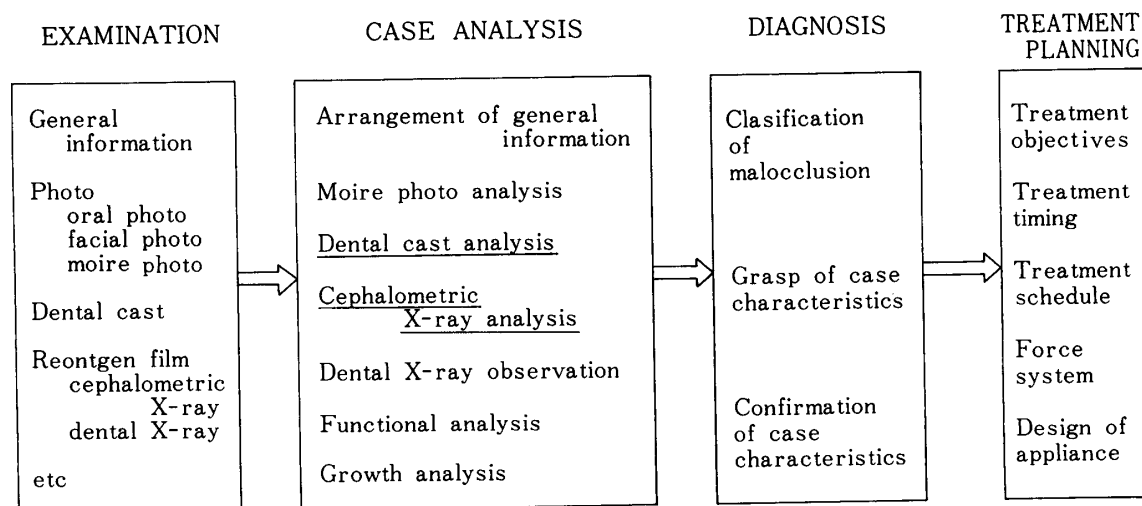


Fig. 1 General sequence of orthodontic diagnosis

作製，歯冠巾径計測，歯列弓形態分析，Bolton 分析（上下歯冠巾径の比率分析）などは従来，ノギス，分度器，定規を用いた手作業で行われてきた。これらの作業及び当教室で行っているモアレ写真分析などをコンピューターに行わせることによる省力化，能率化，正確化は，矯正臨床，統計処理に非常に大きな意義があり，これからの発展性を与えるものでもある。

そこで今回は，パーソナルコンピューターの当科における利用状況を紹介するとともに，従来ミニコン，または大型コンピューターにより行われていた作業が，パーソナルコンピューターにどの程度，置き換えられるのか，その利点，問題点などについて考察する。

当科における使用システム

A ハードウェア (Figs. 2, 3)

当科におけるシステムは，以下に示す様に CPU 本体，入力装置，出力装置，補助記憶装置から成っている。

① コンピューター本体

1) CPU：演算，記憶，制御を行う中央処理装置。8ビット，RAM 112 Kバイト，ROM 72 Kバイト (NEC PC-8801)。

② 入力装置

1) Key board：タイプライター形式で CPU に入力する装置。

2) Digitizer：座標入力装置。頭部 X 線規格写真のトレースなどから得られるアナログ情報をデジタル情報に変換し，CPU に入力する利用範囲の広い装置。分解能 0.1mm (シー・エス・シー HIPAD)。

③ 出力装置

1) CRT：CPU での演算処理結果をブラウン管上に視覚的に表示する装置。14インチ，カラーディスプレイ。640×400ドットの専用高解像度モードにより，プロフィログラム，歯列弓形態などをより緻密に表示可能 (NEC PC-8853)。

2) X-Y plotter：CPU 演算処理結果を紙上に，正確に実物大表示する装置。精度は移動距離の 1% 以下。分析表，プロフィログラムなどの作製に用い，カルテとともに保存し，患者あるいはその両親に対する説明資料とする (渡辺測器，マルチペン，マイプロット，WX-4675)。



Fig. 2

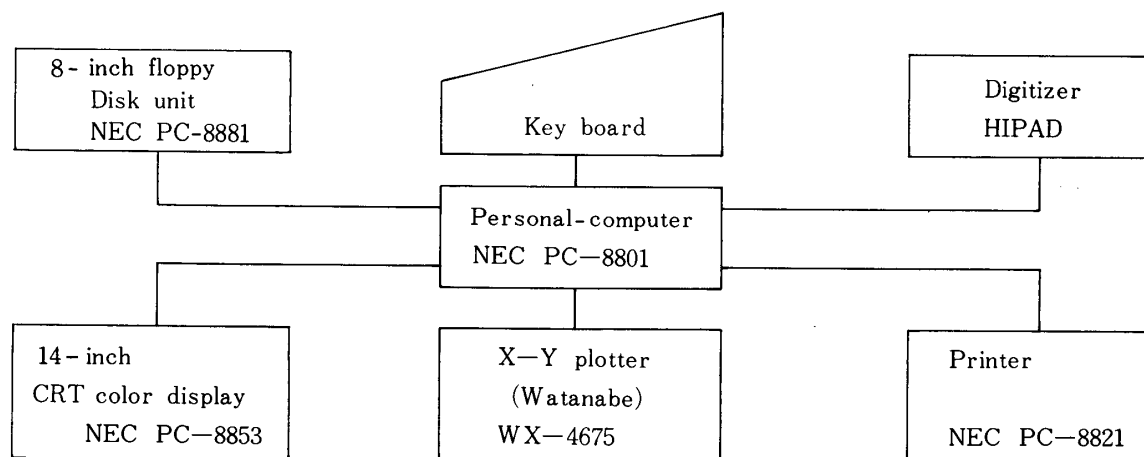


Fig. 3 Organization of total system and schema of connection pattern

3) Printer: データの確認, 集計のためのリスト印字, あるいはプログラム印字を行う装置。18ピンドットマトリックス, 漢字 ROM 実装 Printer (NEC PC-8822)。

④ 補助記憶装置

1) Floppy disk unit: CPU から出力される大量処理結果をディスクに DATA BANK として記憶, 保存し, 必要に応じこれらのデータを読み出し, CRT, X-Y plotter, Printer に表示するために CPU へ入力することができる磁気記憶装置。ディスク一枚の記憶容量は 1 M バイトあり, 一枚に約 1000 名のデータが記憶, 保存可能。2 台の 8 インチ薄形デュアルドライブ実装により記憶容量 2 M バイト (NEC PC-8881)。

B ソフトウェア

我々は上記ハードウェアを矯正分野に用いるためのソフトウェアを開発した。それは, 以下に挙げる各セクションのプログラムから成っており Fig. 4 に示すような構成をとっている。

1) MENU プログラム

どの仕事を実行させるかを選択するためのプログラム。まず Fig. 5 のような CRT 初期画面

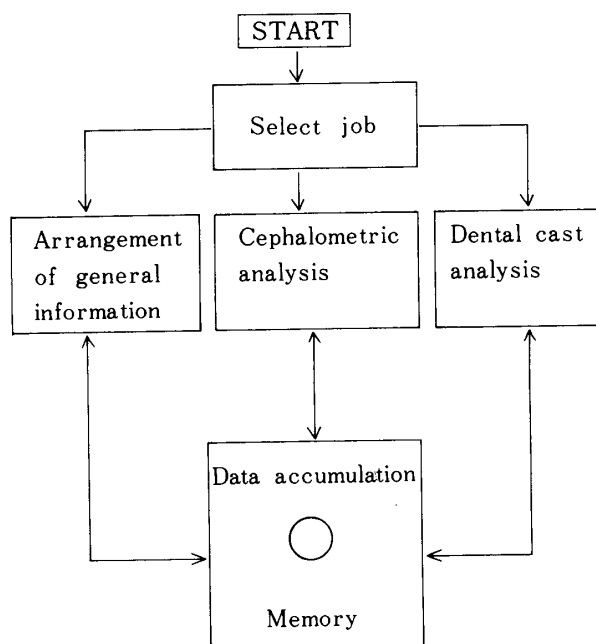


Fig. 4 General flow chart of program

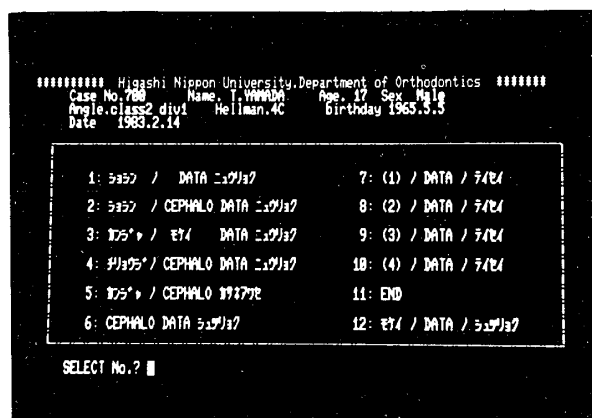


Fig. 5

に各種の仕事を表示させ, その中から選択する形とした。MENU 内容は, 一般患者資料整理, 頭部 X 線規格写真分析, 模型分析の各作業項目, および CRT, X-Y plotter, Printer への結果の表示, さらにすでに分析し記憶してあるデータの引き出しなどからなる。データの引き出しは, 一般患者資料のデータ中にある症例番号のみで, その患者に関する全てのデータ, あるいは必要な個々のデータを引き出すことが可能である。

2) 一般患者資料整理プログラム

症例番号, 患者氏名, 性別, 年齢, 生年月日, 初診年月日, Dental age, Angle の不正咬合分類のデータを記録, 整理するためのプログラム (Fig. 6)。まず, 開始に際し新たなデータを入力するか, または以前に記録, 整理したデータを DATA BANK から CPU へ入力するかの選択をする。

新たなデータを入力する場合, Key board により CPU へ入力する。それと同時にデータは CRT へ出力され, ブラウン管画面上に表示され, 一旦視覚的に確認ができる (Fig. 5 上部)。その後, X-Y plotter, Printer に出力表示し, さらに Disk unit により DATA BANK として記憶, 保存される。

3) 頭部 X 線規格写真分析プログラム (Fig. 7)。

新たなデータ入力の場合, 頭部 X 線規格写真のトレースを Digitizer 上におく。Fig. 8 に示

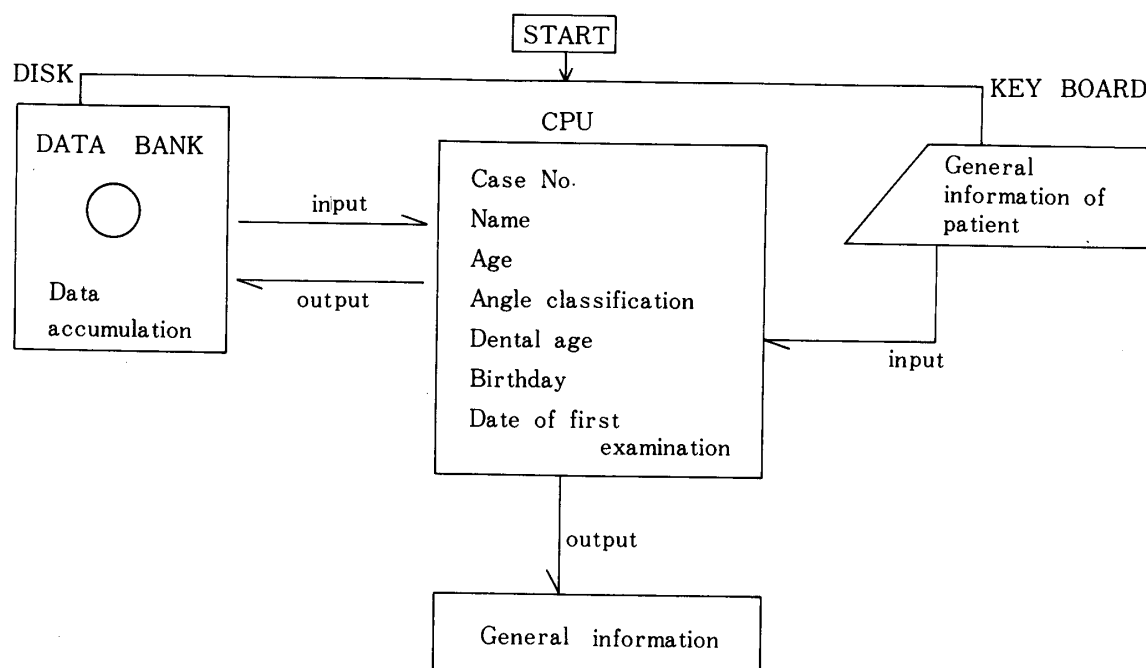


Fig. 6 Flow chart of general information program

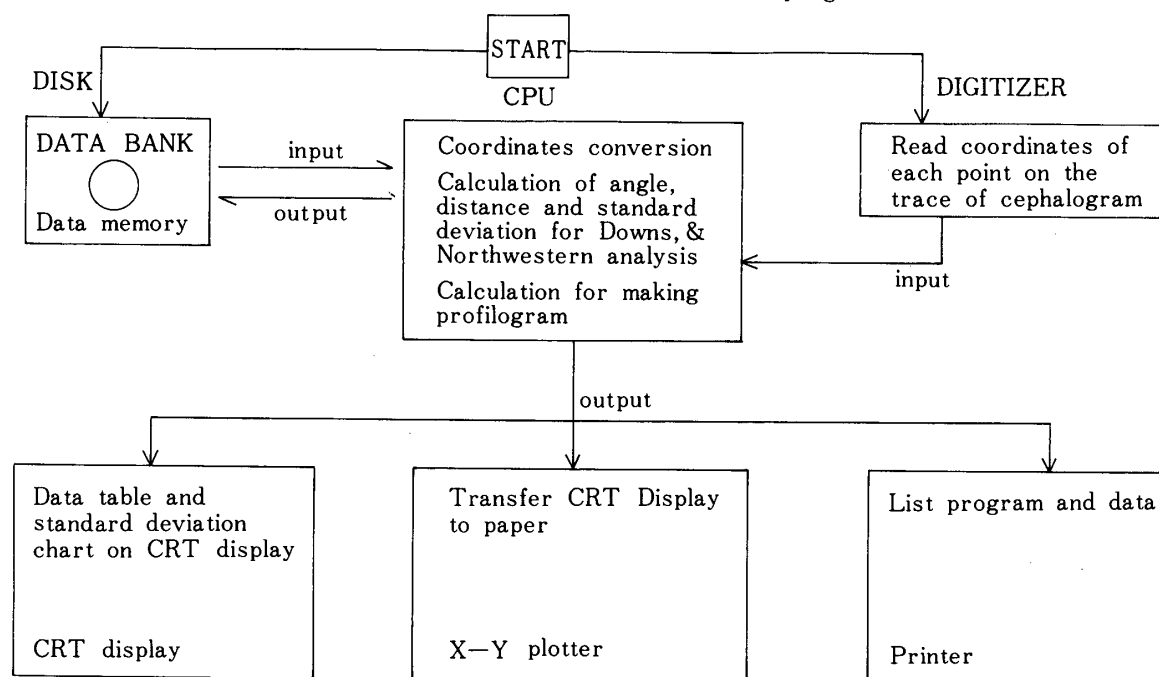


Fig. 7 Flow chart of cephalometric analysis by personal-computer

すような基準点の各ポイントにカーソルを動か
し、CPUへそれらの座標値を入力する (Fig.
9)。CPUではそれらを有効な実数に変換し、
さらに、Seを原点に Se-NaをX軸とし、Se
を通り Se-Naに垂直な直線をY軸とする座標
変換がなされる。そして分析に必要な角度、距
離の計算、標準偏差に対する偏差値の計算を行
わせる。同時に計算結果の数値、および標準偏

差図表、プロフィログラムが CRT 画面上に表
示される (Fig. 10)。それを一旦確認後、異常が
認められなければ X-Y plotter へ出力し、分析
表を作製させる (Fig. 11)。以上の分析デー
タは、全症例について Disk unit により DATA
BANK として記憶、保存される。後程、これら
データが必要なときは、呼び出して、CRT、
X-Y plotter, Printer に出力表示 可能で

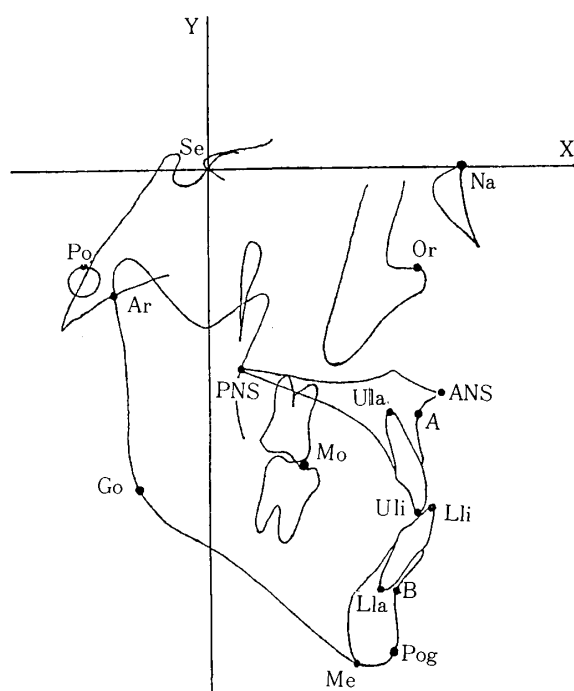


Fig. 8 Landmarks in this study

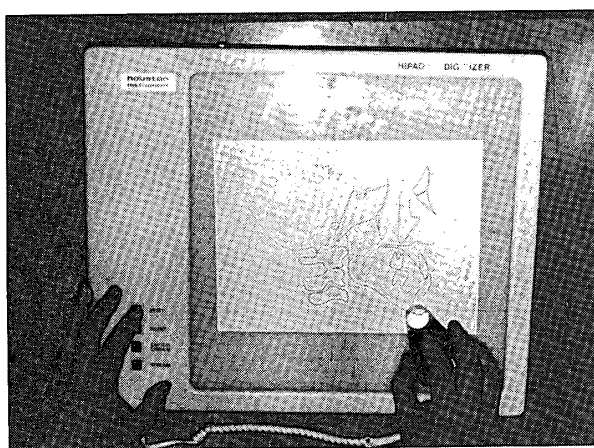


Fig. 9

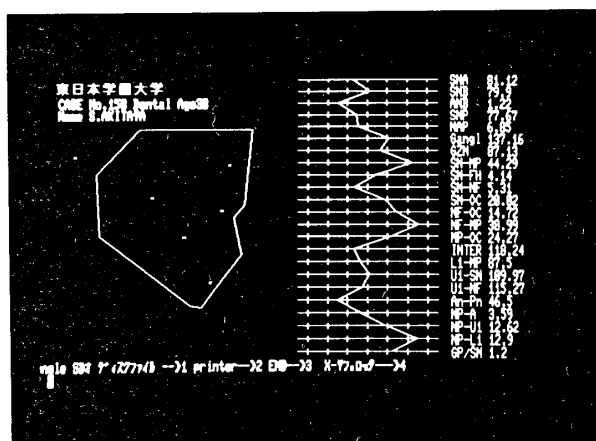


Fig. 10

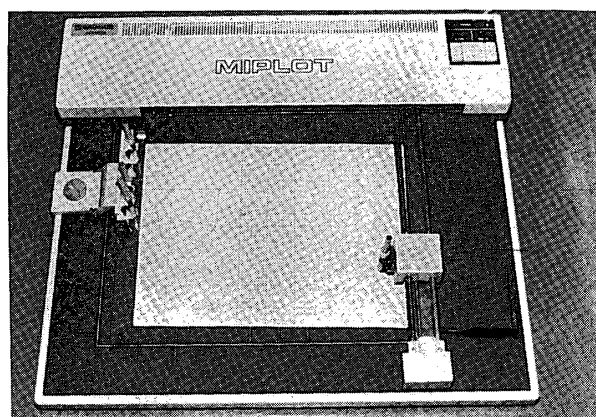


Fig. 11

ある。

4) 模型分析プログラム (Fig. 12)

新たなデータ入力の場合、口腔内模型の咬合面コピーを Digitizer 上に置き、各ポイントの座標値を CPU に入力する方法をとった (Fig. 14)。この方法は Singh and Savara⁸⁾のゼロックスコピーによる模型分析の方法を参考にしたものである。入力された座標値は、CPU 内で右側第一大臼歯遠心点を原点とした座標変換が行われる。この座標値を用いて、上下歯冠巾径、歯列弓長径、幅径、Bolton 分析の計算、および標準偏差に対する偏差値の計算を行わせる。この分析は、歯牙と歯列弓の大きさの不調和の有無、さらに頭部 X 線規格写真分析などの所見と合せ、便宜抜歯の必要性を知る手段となる。CPU での計算結果の数値、標準偏差図表、歯列弓形態は CRT 画面に表示される。それを一旦確認後、異常が認められなければ、X-Y plotter へ出力し、分析表を作成させる (Fig. 13)。分析データは、全症例について Disk unit により DATA BANK として記憶、保存される。後程、必要に応じ、CRT, X-Y plotter, Printer に表示可能である。

次に、このようにして集めた資料の統計処理に関して、当科で継続中の研究の一端を報告する。

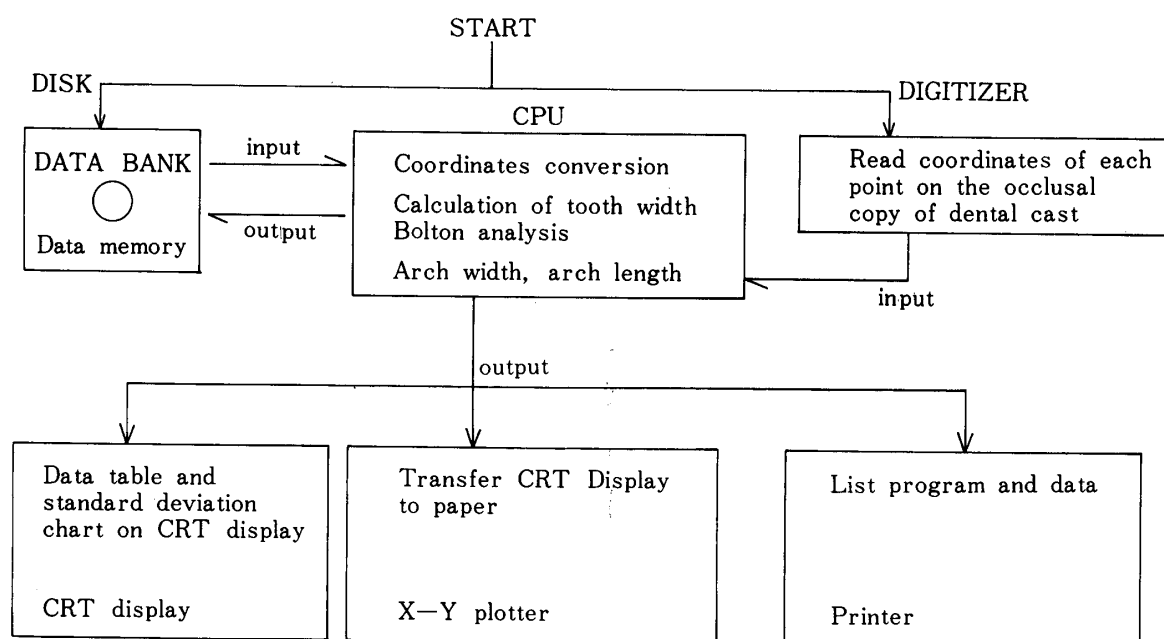


Fig.12 Flow chart of dental cast analysis by personal computer

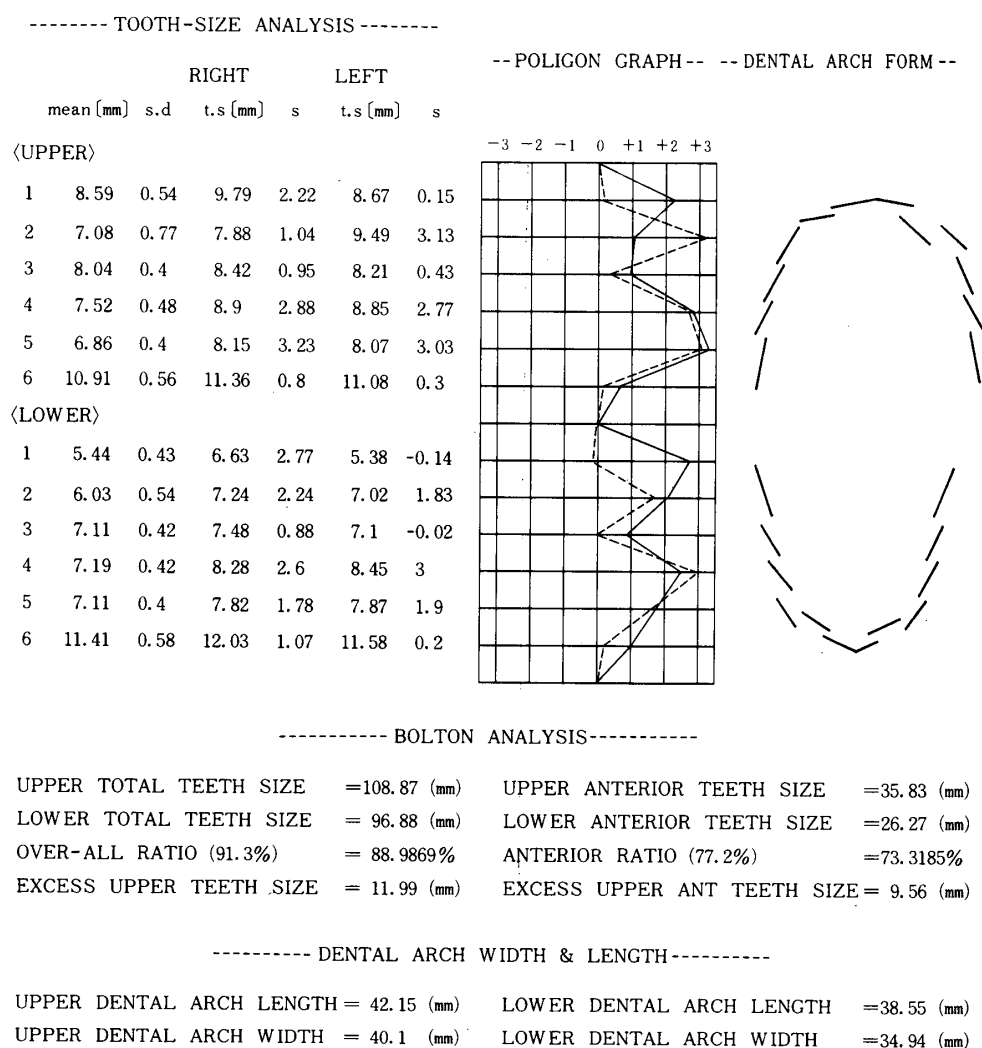


Fig.13 Dental cast analysis.

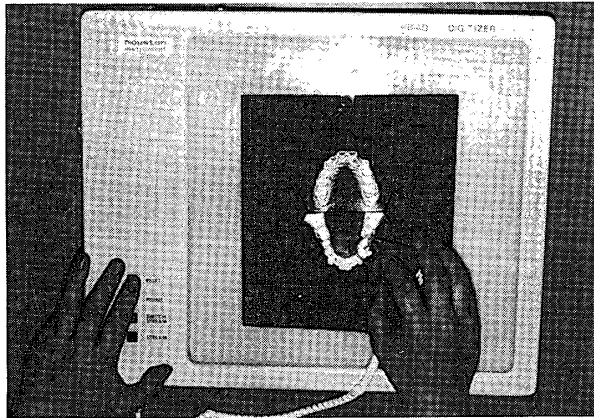


Fig. 14

統計処理におけるパーソナル コンピューターの応用

1. 当科に来院した反対咬合者と、一般母集団の統計的比較

当科患者のⅢB女性，反対咬合者25名について，初診時頭部X線規格写真分析値データを求めた。一般母集団としては，同性，同歯牙年令の30名のデータを求めて，2群間の比較を行った。

計測項目はS-N-A，S-N-B，A-N-B，G-Angle，SN-MP，GP/SNの6項目で，それぞれについて一般母集団の平均値，標準偏差に対するヒストグラムを作製し，2群間の平均値の差の検定をt-検定を用いて行った。ソフトウェアとして，日本マイコン学院製多変量解析プログラムを多少改良して使用した（Fig. 15，Table 1）。

結 果

A) S-N-Aは，反対咬合症例では，平均値がやや小さい傾向を示すが，t-検定では，2群間に差はみられなかった。

B) S-N-Bは統計量3.93で1%の危険率で有意差がみられた。

C) A-N-Bは統計量2.53で5%の危険率で有意差がみられた。

D) G-Angleは統計量2.62で5%の危険率で有意差がみられた。

E) GP/SNは統計量7.73で，1%の危険率

で有意差がみられた。

以上のことより，当科来院患者においては，上顎骨のわずかな劣成長傾向，下顎体の過成長，および，下顎角の開大という骨格性の特徴を有する反対咬合がみうけられた。

Table 1 Comparison of cephalometric records between normal occlusion and reversed occlusion group

	normal occlusion group		reversed occlusion group		t-value
	mean	SD	mean	SD	
S-N-A	82.5	3.24	81.16	3.43	1.55
S-N-B	78.38	3.01	81.64	3.37	3.93
A-N-B	-4.11	1.88	-0.47	2.99	2.53
G-Angle	131.37	4.62	134.59	4.78	2.53
SN-MP	37.03	4.52	37.46	4.56	2.62
GP/SN	1.13	0.05	1.1		7.7

2. 上顎前方牽引治療の効果の重回帰分析を用いた検討

東日本歯学雑誌第1巻1号において「反対咬合症例の被蓋改善に用いられる装置の効果の比較検討」を報告した。今回は，その内 chin capと上顎前方牽引装置の併用で，被蓋改善した症例の術前術後の頭部X線規格写真分析値の差を用いて，over jet，over biteを目的変量とし，skeletal pattern及びdenture patternの計測項目を説明変量とし，その成立の要因を，重回帰分析を用い統計学的に探った。

資料及び研究方法

上顎前方牽引装置により，被蓋改善を行なった患者，男子10名，女子10名，計20名，平均年令9才6ヶ月（8才2ヶ月～11才10ヶ月）の治療開始後約1年（平均1年1ヶ月）の頭部X線規格写真分析を用いた。各項目について，術前，術後の差の平均値及び標準偏差を求め，t-検定を行った。また，over jet量及びover bite量について，各項目の計測値に対する重回帰分析を行い，over jetの回復，及び，over bite

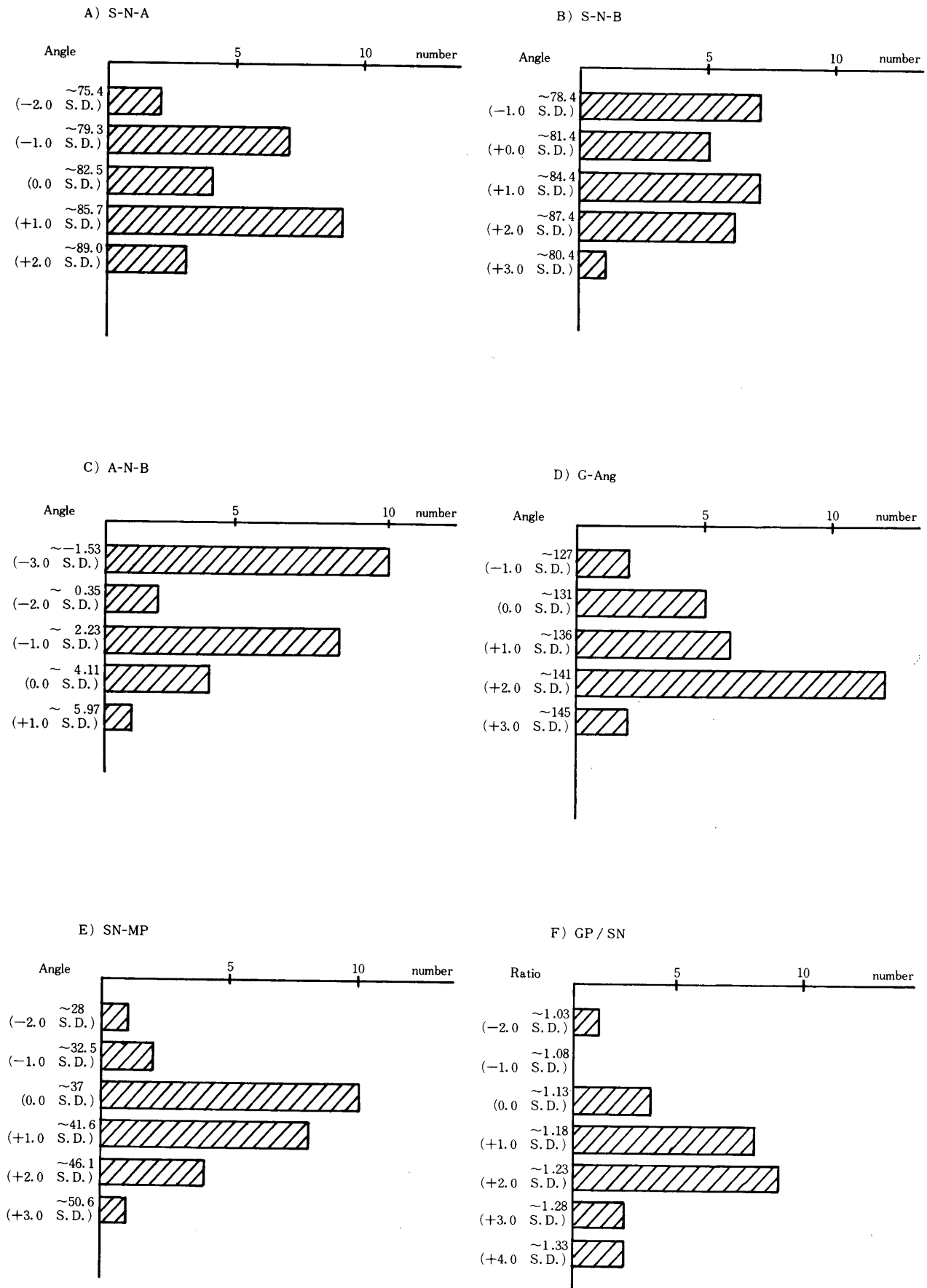


Fig. 15 Histogram on cephalometric records of the reversed occlusions

の変化に対する機序の解明を試みた。計測部位は前述の分析システム中の部位の他に G_n , U_6 , L_6 の部位を追加して計測し, Fig. 16 に示す計測項目で, 計測を行った。なお, ソフトウェアとして前述の多変量解析法のプログラムを使用した。

結果は Table 2, Fig. 17 に示す。

結 果

1) 術前, 術後の変化の t -検定で, 有意差のみられた項目は

- 上顎骨体の前上方への回転を伴った前方移動
- 上顎臼歯の前方移動による, 上顎前歯歯軸の唇側傾斜及び, 上顎前歯の前方移動

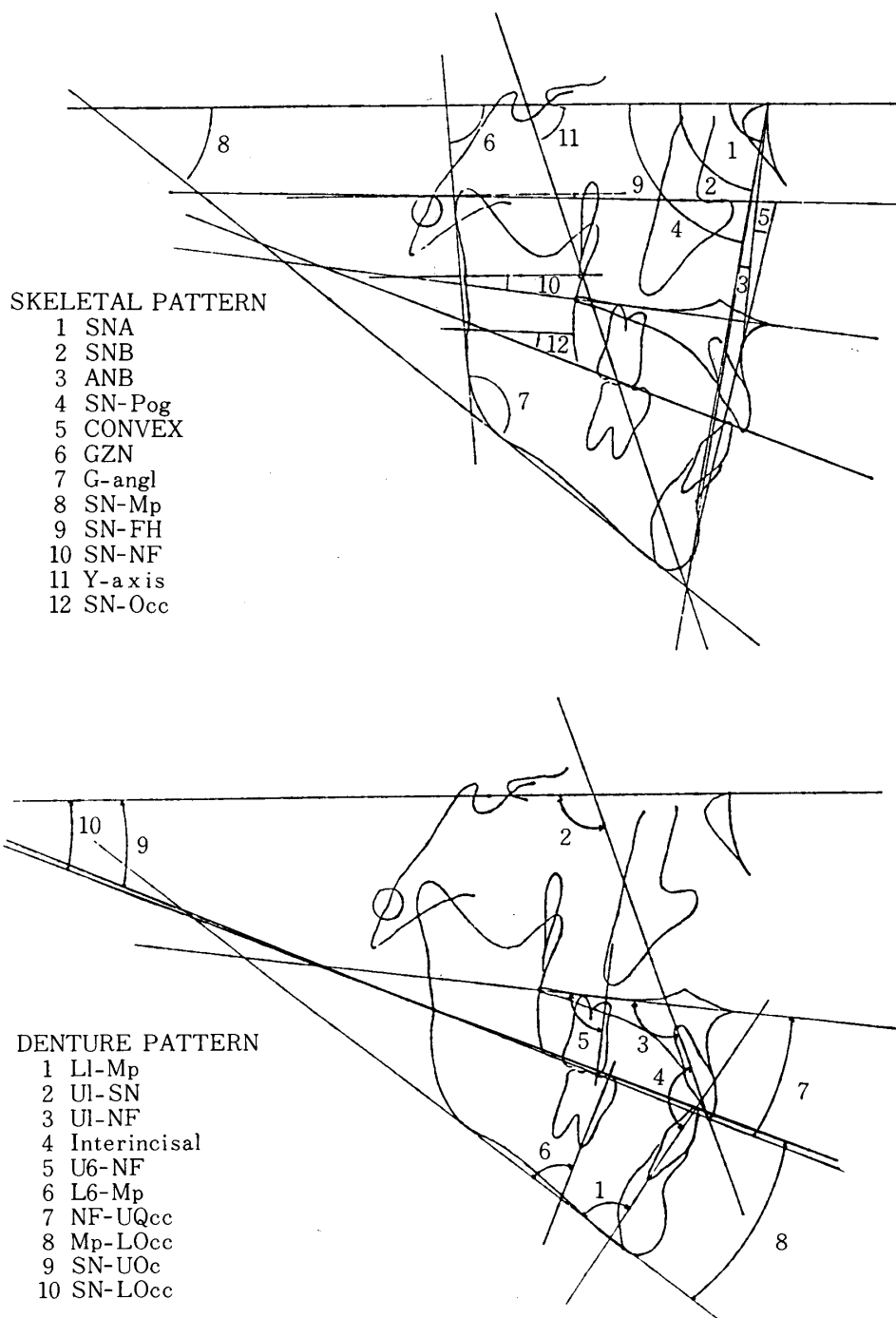


Fig. 16 Method of angular measurement.

Table 2 Comparison of before and after treatment

	mean	t-value		
SNA	2.06	5.47593**	Coefficient of multiple correlation	R=0.977252
SNB	-1.655	6.551 **	Proportion (100%) R*R=95.5	X1=SNA
ANB	3.715	8.869 **	Expression of multiple regression (Y=Over jet)	X2=SNB
SN-Pog	-1.385	5.1099 **	$y=11.6-6.7x_1+11.4x_2+2.3x_3+4.4x_4+0.9x_{10}-1.5x_{11}$	X3=SN-Pog
CONVEX	-6.985	8.52327**	Expression of standard regression	X4=GZN
GZN	1.73	2.98919*	$y^*=-0.45x_1^*+0.55x_2^*+0.3x_3^*+0.0x_4^*+0.13x_{10}^*-0.33x_{11}^*$	X5=G-angle
G-angle	-0.43	1.03875	Each of y^*, x^* correspond to standard variable of y, x	X6=SN-MP
SM-Mp	1.25	3.77019*		X7=SN-NF
SN-FH	0.24	1.31876		X8=NF-Uocc
SN-NF	-1.795	3.66271*		X9=MP-Locc
SN-UOcc	-7.46	9.52488**		X10=L ₁ -MP
SN-LOcc	0.5	0.463202		X11=U ₁ -SN
NF-UOcc	-5.675	7.84949**		X12=U ₁ -NF
Mp-LOcc	0.72	0.804016		X13=Y-axis
L ₁ -Mp	-2.81	3.58116*	Coefficient of multiple correlation	R=0.917566
U ₁ -SN	6.47	5.2196 **	Proportion (100%) R*R=84.19	
U ₁ -NF	4.68	4.03852**	Expression of multiple regression (Y=Over bite)	
Y-axis	1.625	5.47808**	$y=22.5-8.5x_1-19.6x_2-1.6x_3-4.4x_{10}+4.1x_{12}-18.3x_{13}$	
Interincisal	-4.91	3.29338*	Expression of standard regression	
U ₆ -Mp NF	2.815	2.22732	$y^*=0.58x_1^*-0.96x_2^*-0.14x_3^*-0.62x_{10}^*+0.85x_{12}^*-0.98x_{13}^*$	
L ₆ -Mp	-2.775	2.40759	Each of y^*, x^* correspond to standard variable of y, x	
SN-Occ	-3.485	4.44223**		
Over jet	71.85	12.9715 **		
Over bite	-40.3	7.20614**		

* 1 % level ** 0.1% level

Fig. 17

○下顎骨体の swing back と下顎前歯歯軸の舌側傾斜

である。

2) over jet, over bite を目的変数とする重回帰分析

a) over jet に関与する説明変数の順位

1. 下顎の swing back
2. 上顎前歯歯軸の唇側傾斜
3. 下顎前歯歯軸の舌側傾斜
4. 上顎骨体の前方移動

b) over bite に関与する説明変数の順位

1. 下顎前歯歯軸の舌側傾斜
2. 下顎の swing back
3. 上顎骨体の前方移動
4. 上顎前歯歯軸の唇側傾斜

考 察

パーソナルコンピュータを利用して、我々が得た利点、問題点を次の様に考える。

〈利点〉

1. パーソナルコンピュータは、簡便であり、多少の programing の能力さえあれば、自分の手で program を作成したり、又は既製の program を改造して、目的に合った作業をさせる事が容易である。

2. 前記の3つの機能を一台の CPU ですべて兼ね備えているため、一つのシステムで全ての作業を行う事ができる。

3. 従来の手作業では、一症例の頭部 X 線規格写真分析に2時間程要していたが、このシステムで行う事により、5分程度で分析表の作製が可能であり、著しい time saving が行われる。さらに、機械で計算が行われる事により、正確度も増してきた。

4. 従来は、初診時の資料を用いて統計処理をする場合、改めて各計測値の算出から始めなくてはならなかったが、このシステムにより、一度分析したデータはディスク上に格納されて

いるので、それから、必要な資料だけ引きだす事により、すぐに統計処理に入る事ができる。ここでも time saving が行われている。また、電卓等では、不可能であった複雑な数値計算が容易に行える事により、多変量分析、有限要素法等への応用がより容易に行えると考ええる。

5. 容積が小さく、診療室内において、必要な時にデータの引き出し、分析作業が行える。

以上、種々の利点が明らかとなったが、現在、我々が使用して直面した問題点は以下の事柄であった。

1. CPU が 8 bit であるため、処理速度が遅い。

2. 記憶容量がやや小さいため、統計処理時にあまり大きな量の変数について同時に処理できない。

3. ディスクに格納したデータをアクセスする際にも、容量の点で、同時のアクセスの量に限界がある。

その他にもいくつかの問題点が考えられると思うが、これらはいずれも 8 bit CPU に起因する問題であり、16 bit のパーソナルコンピュータで、低価格、大容量の機種が多く出回ってきている現在、待つ間もなく解決される問題であると考えられる。

矯正領域において、診断の際には、歯列模型、頭部 X 線規格写真上の情報を数値化する事によって、認識しようとする作業が以前より行われていた。この事は、手作業で行うと、非常に時間がかかるが、コンピュータにとっては、得意な仕事であるという事ができる。この意味から、矯正臨床におけるパーソナルコンピュータの意義は大きいものであると考えられる。

〈統計における応用について〉

次に、集積したデータを順次呼び出して統計処理する作業について考察する。

最近、「データファイルに記憶し、必要な時に取り出せるシステム」として、データベース

という考え方が、多くの情報処理に用いられている。ここで、データベースの定義は、「統合的に集め、管理されるデータの集合」とされている。我々の行ったデータ処理も、一種のデータベースという事ができる。

このようなデータベースをパーソナルコンピュータで処理する場合、石川⁹⁾は ① 複数のプログラムで同一フォーマットのデータを利用する。② 1 つのシステムで全てのデータを扱えるように工夫する。の 2 つの方法が考えられると述べている。我々は、前者の方法を基本とし、部分的に、後者を組み入れる方法をとった。

今回の作業は、比較的データ数も少なかったが、著しく能率的に統計処理を行う事ができた。

反対咬合者初診時資料の傾向の把握について、田中ら¹⁰⁾は当科において、他機関に比べ、反対咬合症例が多い事を報告し、その中で、Tulley の分類¹¹⁾による Skeletal III の症例が約半数を占めていると報告した。今回の調査は、当科の女子歯牙年令 III B の反対咬合症例において、どのような顎態の特徴がみられるかを表わすために、一般母集団と比較したものである。その結果、上顎にわずかの前方劣成長（又は後退）の傾向がみられ、下顎に前方過成長がはっきりした特徴として認められ、この事から、当科に於いては、骨格性下顎前突症例が多い事が再確認された。

次に骨格性下顎前突症例に用いられる、chin cap と上顎前方牽引装置の併用の効果について考察する。東日本歯学雑誌 1 号において、反対咬合症例の被蓋改善に用いられる 3 種の装置の効果の比較検討を行った。その結果、上顎前方牽引装置には、はっきりした骨格性の効果が認められた。今回は、その効果の判定規準として、over jet, over bite の二つをとって、それがどの部位の変化に影響されているかを探った。その結果、chin cap と上顎前方牽引装置の併用により治療した場合の被蓋の改善は、前記した

over jet の項に示されるような各要素で説明される。各偏回帰係数の比率をみると、下顎の後方移動の要素が、46.8%、上顎の counter clockwise rotation を含んだ前方移動の要素が17.5%、上下顎の歯性変化の要素が46.8%を占める事が示される。これより、以後このような orthopedic appliance により反対咬合治療を行う場合、歯性の変化も常に頭におかねばならない事がわかった。

次に、over bite に関しては、木下ら¹²⁾ 山口ら¹³⁾ も上顎前方牽引装置の side effect として咬合の挙上が挙げられる事を報告している。

石井¹⁴⁾ は、動物実験から、これが上顎前方牽引による上顎複合体の必然的な counter clockwise rotation に起因すると述べている。

今回の調査から、over bite は全症例で小さくなった。これは、重回帰分析より約60%が歯性の要因であり、約40%が骨格性の要因によっている。

骨格性の要因として、下顎の swing back と上顎の counter clockwise rotation を伴う前方移動が関係している事がわかった。

歯性の要因においても、咬合平面の変化が、大きな割合を占めている。即ち、咬合の挙上は、かなりの部分が、咬合平面を含めた、skeletal な変化に起因したものであり、この装置で行う場合、かなり必然性があるといわざるを得ない。

以上、当科におけるパーソナルコンピュータの利用状況について、臨床面および、研究面について報告した。今後は、データベースの充実、さらに統計手法の組み込みについて、拡充して充実したシステムとしていくつもりである。

ま と め

我々は矯正領域におけるパーソナルコンピュータ応用上の利点として次のように考える。

1. 比較的簡単なコンピュータ言語 (BASIC) により、目的に応じたソフトウェアの開

発、改良が我々自身の手によっても容易である。

2. 矯正診断に必要な分析作業が、正確に、容易に、短時間にできる。

3. パーソナルデータベースとして利用することにより大量の患者資料の整理、統計処理への応用が行える。

4. 容積が小さく、全機能を一つのシステムに含んでいるため、診療室内で、データの引き出し、分析作業が容易に行うことが可能である。

以上の利点を活かし、実際にパーソナルコンピュータを統計処理に応用したところ、

1) 当科来院反対咬合者には、上顎のわずかな劣成長傾向、下顎の顎角開大を伴った過成長傾向を示すものが多い。

2) 上顎前方牽引の効果を引き起こす因子としては、上顎、下顎ともに歯性、骨格性の種々の要素で説明される。などがわかった。

文 献

1. 安田寿明：ハードウェア，別冊サイエンス，39；16—31，1981.
2. Ricketts, R. M. : Introducing computerized cephalometrics. Rocky Mountain Data Systems, Inc., Spring, 1969.
3. 中村進治，武内 豊：頭部X線規格写真分析とコンピュータ，日歯医学会報，5(8)；3—10，1979.
4. 和田清聡：頭部X線規格側貌写真による顎・顔面頭蓋の個成長の様相に関する研究，阪大歯誌，22；239—269，1977.
5. 相馬邦道：フーリエ級数の顎態分析への適用に関する検討，口病誌，47；135—144，1980.
6. 武内 豊：類似症例検出法のための頭蓋顔面パターンの定量的識別に関する研究，日矯歯誌，39(2)；163—186，1979.
7. 鈴木 暁：電子計算機システムの三次元模型分析への応用，日矯誌，39；208—228，1980.
8. Inder, Jit, Singh, anB Bhim, Sen, Savara. : A method for making tooth and dental arch measurements, J. Amer. Dent. Ass., 69；719—721，1964.
9. 石川 薫：データベースとは，アスキー，7(4)；112—124，1983.

10. 田中大順, 石井英司, 村井 茂, 渡辺康次郎, 富田孝, 新井正弘, 佐藤元彦: 東日本学園大学歯学部付属病院における矯正患者の臨床的観察—主に反対咬合を中心に—, 北海矯歯誌, 9:32—46, 1981.
11. Tulley, W, J. and Campbell, A, C. : A manual of practical orthodontics 3th ed. ;232—251, John Wright & Sons, Bristol, 1970.
12. 木下善之介, 山本次郎, 神原敏之, 下間一洋, 農端俊博, 久保端生, 川本達雄: 改良型加圧成形器を用いた新しい上顎前方牽引装置の製作法について, 日矯歯誌, 36;239—244, 1977.
13. 山口秀晴, 鈴木敏正, 高木省三, 川手 俊: 改良型上顎前方牽引装置とその治験, 日矯歯誌, 37;69—82, 1978.
14. 石井英司: 上顎劣成長を伴う skeletal class III 症例に用いられる Orthopedic appliance の効果の実験的検討, 日矯歯誌, 38;187—209, 1979.