原 著 論 文

コンピュータを用いたパーシャルデンチャーの設計：欠損分類

Frank J. Wiebelt Russell J. Stratton 前田 芳信*

Computerized Removable Partial Denture Design : Classification

Frank J. Wiebelt, Russell J. Stratton and Yoshinobu Maeda*

Abstract : A computer program was written to classify partially edentulous arches using the Kennedy classification system. The program classified 65,534 possible configurations of partially missing and present teeth in one arch. The tabulated results show great diversity of combinations of missing teeth and the predominance of asymmetrical cases. The impact on classification of replacement or nonreplacement of missing second molars in the presence of first molars was also considered.

Key words : computer system, design, RPD, classification, HyperCard

I. 緒 言

パーシャルデンチャーの分類はパターン認識を通して行うものであるが、それと同時にパーシャルデンチャーの設計の重要な一段階となっている。片顎において、完全な有歯顎ならびに無歯顎の場合を除くと理論上は65,534通りの欠損の形態が存在する¹⁾。これらの欠損形態を整理するために、数多くの分類方法がこれまで提唱されてきたが²⁻⁶⁾そのなかでもKennedy^{6,7)}の分類が最も一般的に利用されてきている。これは、この分類方法がパターン認識として容易であり、かつまたデンチャーの設計に密接に結びついていることによるものと思われる。

本研究は、パーシャルデンチャーの設計を支援するコンピュータシステムに利用することを前提に、可能な欠損形態をつくり出すこと、次いでKennedyの分類に基づいて分類するコンピュータプログラムを作成し分析することを目的とした。

II. 材料ならびに方法

プログラムはパーソナルコンピュータ (Apple Power

Macintosh 8100/100 AV) において Hyper Talk (Apple Computer, Inc. Cupertino USA) を使用言語として HyperCard (Apple Computer, Inc. Cupertino USA) 上で作成した。

ユーザーインターフェースには、パーシャルデンチャーの各コンポーネントをグラフィック化したアイコンを用いた (図1)。なお、個々のアイコンの作成にはリソース・エディター (ResEdit : Apple Computer, Inc. Cupertino USA) を使用した。それによってユーザーが歯のアイコンをクリックするとその部位の歯が消え、欠損を表すアイコンが現れることになる。クリックをくり返すことで、残存歯、欠損歯、オーバーデンチャーの支台歯、インプラントそして残存歯の順で循環して、アイコンを変更、選択できるように設定した。パーシャルデンチャーの設計システムにおいては、このグラフィカルインターフェースを用いて個々の症例の歯列の状態を入力するが、本研究においては残存歯と欠損歯のみを対象とし、また第三大臼歯の欠損は補綴の対象とはしなかった。

プログラムにループを設定し残存歯と欠損歯の組合せをくり返して行い、完全無歯顎と完全有歯顎を除いた理論上可能な欠損形態をつくり出すことを試みた。この間モニターには作成された欠損形態をアイコンを用いて表示させた。次いで、Kennedyの分類に従い欠損形態を分類する別個のプログラムを作成し、作成された欠損形態の分類ならびにその記録を行った。

分類のプログラムにおいては、歯列弓内における歯の有

University of Oklahoma, College of Dentistry
*大阪大学歯学部附属病院口腔総合診療部 (主任：前田芳信教授)
*Division for Interdisciplinary Dentistry, Osaka University Faculty of Dentistry (Chief : Prof. Yoshinobu Maeda)
平成10年10月28日受付

図 1 The user interface was created from custom designed icons of teeth. The user clicks on the teeth to remove them. A small square within a square indicates the position of a missing tooth; clicking on it will cause the tooth icon to reappear. ユーザーインターフェースは歯を表示するアイコンにより設定した欠損はその部位の歯をクリックすることで指定すると、欠損を示す二重の四角が表示される。

無を 16 ビットのバイナリー形式に変換した (図 2)。次いでこの数値に関して、Kennedy の分類による欠損形態の各「級 (class)」の特徴を 0 と 1 の組合せに置き換え、パターンマッチングを行った。ここで「100001」はいわゆる「類」とされる中間欠損部を示し、「00001」は右側の遊離端欠損部を示すことになる。この方法を用いて、第一のプログラムによりつくり出された欠損形態を分類して記録した。

さらに 16 ビットのバイナリーコードを、「1100111001110000」を「11001-110011-10000」の各 5 個、6 個、5 個の 3 ブロックに分け、それぞれを右側の臼歯部、前歯部、左側の臼歯部を示すものとした。次いで最初の 2 個の 01 を十進法に変換した。次いで得られた 3 個の十進数を X, Y, Z の三次元座標に表示した。なお、臼歯部での欠損形態の対称性を表現するために、3 番目のブロックについてはバイナリーコード全体を反転してから最初の 2 個の 01 を十進法に変換した。これによって、分類された欠損形態での欠損部の位置関係を三次元的に表示し、分類結果の相対的な関係を分析した。

第一大臼歯が存在し第二大臼歯部が欠損している場合には、その部位を補綴するか否かによって、分類される先が異なってくる⁷⁾。第二大臼歯部の欠損を補綴する場合には、Kennedy 1 級ならびに 2 級に分類される欠損形態数が増え、3 級、4 級に属する数が減ることが予想される。そこでプログラムでは、第二大臼歯部の欠損を補綴しない場合ならびに補綴する場合の 2 種類の分類を行った。

III. 結 果

個々の欠損形態の作成、分類には約 1.5 秒を要し、分析

図 2 The partially edentulous arch is converted into a sixteen bit binary number by stretching the arch out linearly, then translating the presence or absence of a tooth into a one or zero, respectively. 部分欠損症例の歯列を 16 ビットのバイナリーコードを用い残存歯は 1、欠損歯は 0 で表示する。

全体としては約 10 時間を必要とした。結果として数値として得られたものを表ならびに三次元座標に表示した。なお、計算結果に再現性があることを確認するため、同じ計算を 3 回くり返した。

表 1~4 ならびに図 3~6 に結果を示した。表 1 には、分類結果を示した。なお第一大臼歯が存在しかつ第二大臼歯部の欠損を補綴しないとした場合、ならびに補綴するとした場合の結果をも同時に示した。第二大臼歯部の欠損を補綴しないとした場合には、各級に分類された欠損形態数は 1 級が 1,023, 2 級が 14,336, 3 級が 49,845, 4 級が 324 であった。一方、第二大臼歯部の欠損を補綴するとした場合に各級に分類された欠損形態数は、1 級が 4,095, 2 級が 24,576, 3 級が 36,691, 4 級が 169 であった。

図 3 は分類結果を三次元空間に表示したものである。Kennedy 1 級の欠損形態は XYZ 座標の原点附近に存在し、また Kennedy 2 級はそれに近接し XY, YZ 平面に接して存在していた。また最も大きな領域を占める Kennedy 3 級は 1 級、2 級よりも座標軸からはなれて分布した。また Kennedy 4 級はそれのみで独自の領域を形成することなく、Kennedy 3 級の存在範囲のなかに含まれていた。

表 1 Kennedy classification by replacement and non-replacement of second molars

Kennedy 分類の結果

なお第一大臼歯が存在しかつ第二大臼歯部の欠損を補綴しないとした場合、ならびに補綴するとした場合の結果をも同時に示した

Classification	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Not Replacing 2nd Molars	1,023	14,336	49,845	324
Replacing 2nd Molars	4,095	24,576	36,691	169

図 3 Each binary arch form is converted into three decimal numbers and is plotted in three dimensional space. Kennedy class 1, 2, 3, and 4's occupy specific regions in the cube

バイナリーコードで変換した欠損歯列を、3つの十進数に分け、それぞれをXYZの三次元空間に表示し、Kennedyの各級に属する形態を立体的な領域として表示した

表 2 ならびに図 4 は各級に分類された欠損形態を、さらに対称性に関して分類したもので、この場合にも第二大臼歯部の欠損を補綴しないとした場合ならびに補綴するとした場合に分けた。その結果、対称性を有する欠損形態は非常に少ないことが明らかとなった。

表 3, 4 ならびに図 5, 6 は各級において類がどの程度存在するか、第一大臼歯が存在する場合に第二大臼歯部の欠損を補綴しないとした場合ならびに補綴するとした場合に分けて表示したものである。その結果第二大臼歯部の欠損を補綴するとした場合には、1, 2 級での類が増加し 3, 4 級で減少したが、特に 3 類以上で増加が著明であった。

IV. 考 察

コンピュータを用いた欠損歯列の分類は、インターラクティブな教育の第一歩であり、パーシャルデンチャーの設計プログラムの基本となる。膨大な数の欠損形態が可能であると考えられる場合、コンピュータによる分類が不可欠である。その際に Kennedy の分類を用いることは、治

表 2 Number of asymmetrical and symmetrical cases by Kennedy classification assuming replacement (r) and non-replacement (n) of second molars

各級に分類された欠損形態を、さらに対称性に関して分類したもので、第二大臼歯部の欠損を補綴しないとした場合ならびに補綴するとした場合に分けて表示した

Classification	Asymmetrical	Symmetrical
Total r	65,278	253
Class 1 r	4,032	63
Class 2 r	24,576	0
Class 3 r	36,514	177
Class 4 r	156	13
Total n	65,276	252
Class 1 n	992	31
Class 2 n	14,336	0
Class 3 n	49,642	203
Class 4 n	306	18

図 4 This graph shows the relative number of symmetrical and asymmetrical partially edentulous arches by Kennedy classification. The (r) and (n) postscripts represent replacement or non-replacement of missing second molars in the presence of first molars. The majority of arch forms are asymmetrical Kennedy の分類をしたなかでの対称性を有する欠損症例と非対称な欠損症例の数を示す

図中の (r) は第一大臼歯が存在する際に第二大臼歯を補綴する場合、(n) は補綴しない場合を示す。大半の症例が非対称例に属している

療方針やコンポーネントの選択に密接に結びついているものであり、分類方法として適切なものの 1 つであるといえる⁶⁾。

本研究において独自に作成したプログラムを用いて計算した結果、予測した 65,534 通りの欠損形態をつくり出し Kennedy の分類を行い設計のデータベースを構築することができた。そこでは多数の類が存在すること、非対称性の欠損があることが多様性の原因となっていることが明らかとなった。支台歯としての条件が揃っており、これらの

表 3 Number of cases by Kennedy classification and modification assuming no second molar replacement

Kennedy 分類の各級における類の数

第一大臼歯が存在する場合に第二大臼歯部の欠損を補綴しないとした場合

Not Replacing 2nd Molars	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Mod 0	55	72	384	324
Mod 1	330	1,342	6,834	0
Mod 2	462	5,082	18,469	0
Mod 3	165	5,676	17,457	0
Mod 4	11	1,980	6,006	0
Mod 5	0	182	678	0
Mod 6	0	2	17	0
Totals	1,023	14,336	49,845	324

図 5 This graph shows the relative number of arch forms by Kennedy classification and modification for those cases where second molars were not replaced if a first molar was present

第一大臼歯が存在する際に第二大臼歯を補綴しないとした場合の Kennedy の各級分類された数ならびに類の数

中間欠損部に固定性の補綴処置が可能な場合、よりこのようなデータベースの単純化を図ることも可能になるといえる。

本研究のように二進法で部分欠損形態を表現することは、欠損歯の歯式を記録用紙に記入する代わりに、二進法でその欠損形態を直接コンピュータに入力できるので、コンピュータによる分析ばかりでなく、臨床症例を長期間にわたって追跡することを容易にするものと考えられる。そればかりでなく、将来それまでに処置した症例をレトロスペクティブに、設計のタイプ、治療方法、患者の構成、失敗しやすいパターンなどを容易に数値的に分析できる利点がある。

三次元空間に表示した結果において、Kennedy 4 級はそれのみで独自の領域を形成することなく、Kennedy 3 級の存在範囲のなかに含まれたことは、Kennedy 4 級が前歯部を含めた中間欠損が基本となっており当然の結果で

表 4 Number of cases by Kennedy classification and modification assuming second molar replacement

Kennedy 分類の各級における類の数

第一大臼歯が存在する場合に第二大臼歯部の欠損を補綴するとした場合

Replacing 2nd Molars	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
Mod 0	78	54	196	169
Mod 1	715	1,300	4,082	0
Mod 2	1,716	6,578	12,727	0
Mod 3	1,287	10,296	13,728	0
Mod 4	286	5,434	5,291	0
Mod 5	13	884	650	0
Mod 6	0	30	17	0
Totals	4,095	24,576	36,691	169

図 6 This graph shows the relative number of arch forms by Kennedy classification and modification for those cases where second molars were replaced even though a first molar was present

第一大臼歯が存在する際に第二大臼歯を補綴するとした場合の Kennedy の各級分類された数ならびに類の数

あるといえる。しかし、その欠損の大きさ等の条件によっては単なる中間欠損ではなく、むしろ遊離端として考えるべき場合もあり、設計との関連ではさらに分類が必要とも考えられる。

欠損した第二大臼歯を補綴するか否かによって各級に分類された数が異なっている。これは欠損した第二大臼歯は補綴するとした場合に、遊離端欠損の症例が増加するために生じたものである。なお、本分析においては第三大臼歯の欠損は補綴の対象に含めなかったが、第二大臼歯の欠損を補綴するか否かが臨床においてどのような意義を持ち、かつどのような根拠で判断が下されているかをさらに検討する必要があると考える。

本研究で開発したコンピュータプログラムには、歯ならびに欠損歯の他、オーバーデンチャーの支台歯、インプラントを表示の選択肢として設定してある。治療計画にオーバーデンチャーやインプラントが関与する場合に、可能な

欠損形態の数は $4^{16}-2$ 通りとなり 4,294,967,294 個に増える。これらは、オーバードンチャーあるいはインプラント上部構造の設計概念に従って、分類ならびに分析する必要があると考ええる。

本研究で開発した分析システムは欠損症例の調査や分析に大きな意義を有しているものの、残存歯の位置、傾斜、挺出状態、回転、動揺度、歯周の状態の情報を伴っていない。しかしそれらは別個のモジュールとして設定することが可能である。また、口腔内を長期的に安定した状態に保ち、咀嚼機能を回復あるいは維持させる上で咬合支持を考慮した義歯の設計が重要であることは明らかであり⁸⁻¹³⁾、今後これらの条件を含められる分析プログラムの開発も検討したいと考えている。

IV. 結 論

パーシャルデンチャーの設計を支援するシステムを構築することを前提に、可能な欠損形態をつくり出し、次いで Kennedy の分類に基づいて分類するコンピュータプログラムを作成して分析を行った。その結果以下の結論を得た。

1. 本プログラムで用いた表記法を用いることで、欠損形態の特徴を容易に表示、記録できた。
2. 本プログラムにより 65,534 通りの片顎の欠損形態をつくり出し Kennedy 分類することができた。
3. 第二大臼歯の欠損を補綴しない場合は、1 級が 1,023、2 級が 14,336、3 級が 49,845、4 級が 324 例となった。同部の欠損を補綴する場合には、それぞれ 4,095、4,576、36,691、169 例となった。
4. 症例の多くは非対称性の欠損であった。

文 献

- 1) Cummer WE. Possible combinations of teeth present and missing in partial restorations. *Oral Health* 10 : 421-430, 1920.
- 2) Skinner CN. A classification of removable partial dentures based upon the principles of anatomy and physiology. *J Prost Dent* 9 : 240-246, 1959.
- 3) Avant WE. A classification of removable partial dentures based upon the principles of anatomy and physiology. *J Prost Dent* 16 : 533-539, 1966.
- 4) Miller EL. Systems for classifying partially dentulous arches. *J Prost Dent* 24 : 25-40, 1970.
- 5) Friedman J. The ABC classification of partial denture segments. *J Prost Dent* 3 : 517-524, 1953.
- 6) Kennedy E. *Partial Denture Construction*. pg. 3-8. New York : Dental Items of Interest Pub Co, 1928.
- 7) Applegate OC. The rationale of partial denture choice. *J Prost Dent* 10 : 891-907, 1960.
- 8) 宮地建夫：遊離端欠損症例の考え方。補綴臨床 29 : 509-518, 1996.
- 9) 前田芳信、伊堂寺 茂、西田 圭ほか：咬合支持と咀嚼能率ならびに咬合力との関係—大阪府下の 3 施設における調査結果より—。補綴誌 40 : 1205-1211, 1996.
- 10) 前田芳信、栄村 勲、中村公一ほか：高齢者における咬合支持が全身の平衡調節機能に与える影響—静的ならびに動的条件下での検討—。補綴誌 39 : 900-905, 1995.
- 11) Käyser AF. Shortened dental arches and oral function. *J Oral Rehabil* 8 : 457-462, 1981.
- 12) Witter DJ, De Haan Af, Käyser AF et al. A 6 year follow-up study of oral function in shortend dental arches. Part I : occlusal stability. *J Oral Rehabil* 21 : 113-125, 1994.
- 13) Witter DJ, De Haan Af, Käyser AF et al. A 6 year follow-up study of oral function in shortend dental arches. Part II : Craniomandibular dysfunction and oral comfort. *J Oral Rehabil* 21 : 353-366, 1994.

著者連絡先：前田 芳信

〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-8

TEL 06-6879-2386

FAX 06-6879-2387

- 1) Cummer WE. Possible combinations of teeth present and missing in partial restorations. *Oral Health* 10 : 421-430,