咬頭嵌合位における上下顎歯列間の 対合関係の記録法

A Method of Recording the Positional Relation between Upper and Lower Dental Arches
in the Intercuspal Position

齋藤 彰, 林 豊彦, 石岡 靖
Akira Saitoh, Toyohiko Hayashi, Kiyoshi Ishioka

新潟大学歯学部歯科補綴学第一教室
First Department of Prosthetic Dentistry,
School of Dentistry, Niigata University.

I. はじめに

咬合する上下顎歯列間の咬合接触状態を調べることは、咬合の異常を診査するだけでなく、顎機能と調和した咬合形態のあり方を解明していく上でも極めて重要である。

咬合接触を調べる方法としては、現在、口腔内で採得された各種の咬合記録材によるチェックバイトを用いる方法、あるいはそれを調節性咬合器に装着された模型に転写する方法がある^{1)~15)}。しかしこれらの方法では、分析できる顎位に限られる、運動中の顎位が記録できないという欠点があった。そこで、近年では、歯列形状と顎運動を3次元計測し、コンピュータ上で動的な咬合接触状態を再現する方法が試みられている^{16)~23)}。

この再現には、①咬合する上下顎歯列咬合面の3次元形状、②上下顎歯列間の対合関係、の2つを測定する必要がある。その中で後者の記録には、従来多くの方法^{17) 20) 24) 25)}が提案されているが、大切な咬合面上における位置の再現精度、即ち本来の位置関係からのずれての程度についてはほとんど報告されていない。

本研究は、その1記録法として石膏印象材を用いて咬頭嵌合位における上下顎歯列間の対合関係を記録する方法を提案し、それによる位置関係の再現精度を明らかにする。

第II章では提案する記録法とそれを用いた場合の再現精度の評価法、具体的な実験法について述べる。第III章では実験結果について述べ、第IV章では今回提案した対合関係の記録法につ

いて論じる。

II. 研究方法

本章の1.では、上下顎歯列の位置関係の記録法を提案する。2.ではその記録法を用いた咬頭嵌合位の再現精度の評価法について述べる。3.では具体的な実験法について述べる。

1. 位置関係の記録法の提案

1) 形状計測の座標系

歯列の形状計測は図1の左に示すように別々に行われることが多い。上顎歯列と下顎歯列の計測座標系を、それぞれ $o-x'y'z'$ 、 $O-XYZ$ とする。この2つの座標系は一般に別のものである。図1の右図は、咬頭嵌合位における2つの模型とそれぞれの座標系の位置関係を示したものである。このような咬頭嵌合位における模型の位置関係は、右図における $o'-x'y'z'$ と $O-XYZ$ の関係が与えられれば、コンピュータ上で再現することができる。従って何らかの方法でこの関係を記録する必要がある。

2) 記録法の分類

従来の記録法としては、①咬合印象を用いる方法^{24) 25)}、回転台を用いる方法²⁰⁾、③標点を用いる方法¹⁷⁾の3つがある。以下に各方法について述べる。

①の咬合印象を用いる方法は、先ず口腔内または歯列模型上で咬頭嵌合位のチェックバイトを採得し、その形状データを利用して上下顎形

図1 咬頭嵌合位における上下顎歯列間の位置関係の再現方法

形状データの咬頭嵌合位の位置関係に移動する方法である。この方法は、チェックバイトを利用した咬合器装着と同じであり、コンピュータでは模型でなく形状データであることが異なっている。チェックバイトと歯列形状の形状データをうまく重ね合わせることができれば、そのときの2つの座標系の位置関係を、求める咬頭嵌合位における位置関係とすることができる。しかし、重ね合わせを効果的に行うアルゴリズムはまだ開発されていない。この咬合印象法の一つに、チェックバイトを下顎歯列に適合させ、上顎歯列形状は下顎歯列上の陰型を計測する方法がある（図2）。チェックバイトを外せば、下顎歯列の形状を同じ座標系で計測することができる。この方法は同じ座標系で上下顎歯列の咬合面形状を計測できる利点があるが、計測できる部分が咬合面に限られる。

図2 咬合記録を用いる方法

次に②の回転台を用いる方法について述べる（図3）。回転台には咬合器を用い、上下顎歯列模型を通法に従って装着する。まず上弓を回転させ、上顎模型の咬合面を上に向ける。このとき上弓の回転角を記録する。次に、この状態で上下顎咬合面の形状を同じ座標系で計測する。咬頭嵌合位における2つの座標系の位置関係は、上顎座標系を回転軸の回りにはじめの回転角だけ逆に回転させれば求めることができる。この方法は計算が簡単であるという利点があるが、計測座標系間の位置関係を高精度に再現するためには高精度の回転台と回転角度の計測が必要になる。

図4に、③標点を用いる方法について示した。この方法では上下顎歯列模型のいずれかに3個以上の標点を固定し、形状計測時にそれぞれの座標系で標点の位置も計測する。標点の位置は2つの座標系で与えられているから、各標点位置が重なるように $o-x'y'z'$ 系を咬頭嵌合位の位置まで移動することができる。この方法の再現精度は標点位置の計測精度に依存することになる。

3) 本研究で用いる記録法

歯列間の対合関係を再現する目的が咬合面間の近接関係の分析にあるとすれば、必要とする

図3 回転台を用いる方法

図4 標点を用いる方法

形状は機能咬合面に限られる。従って前項で述べた①の中のチェックバ이트の陰型を計測する方法が最も適していると考えられる。この方法は上下の歯列を同じ座標系で計測できるため、座標変換による誤差は生じないという他にはない大きな利点がある。ただし欠点には上顎歯牙の頬側面と下顎歯牙の舌側面の形状計測は困難なことが挙げられる。

2. 位置関係の再現誤差の評価法

上顎歯列咬合面の陰型を計測する方法は、印象材の印象精度に起因する誤差が生じると考えられる。本節ではその評価法について述べる。

1) 評価項目

図5に印象材に起因する咬合関係の再現誤差について示した。咬合関係の再現精度を低下させる原因には、(a)咬合接触部における印象材の残留、(b)咬合接触部付近における印象面の変形、の2つが考えられる。上下顎歯列模型の咬合接触部は面接触に近いことが多いため、図の(a)に示すように、接触点付近の印象材は完全には排除されずに残留してしまう。その残留量だけ模型が浮き上がるため、上下顎の位置関係に狂いが生じる。また図の(b)に示すように咬合接触部付近では印象材の厚みが極めて薄くなるため、上顎模型の分離時に亀裂や下顎模型からの剝離などの変形が生じる。本研究では上記の2つの誤差について評価することにした。

図5 印象に起因する咬合関係の再現誤差

2) 石膏球を用いた評価法

接触点付近に残留した印象材の厚みを評価する方法としては、球と平板を用いた方法がある^{3) 9) 14)}。この方法の手順について簡単に述べる。

図6 球状模型と平板状模型を用いた再現誤差の評価法

(図6)。先ず表面が平らな板上に印象材を載せ(図6-1)、その上からできるだけ平板と接触させるように球を圧接する(図6-2)。印象材の硬化後、球を撤去して、印象材の厚みを測定する(図6-3)。

この評価法を応用して前項で述べた模型の浮き上がりや印象面の変形を評価できる。もし球と平板の間に印象材が残留していれば、図6の拡大図にみられるように、印象の最もくぼんだ部分でも平板表面は露出しないことになる。球の面からの浮き上がり量は印象材が最も薄くなった部位の厚み d に等しい。また、球の撤去によって印象面に剝離や亀裂などの変形が生じれば、拡大図に示すように印象面に段差が生じる。

本研究では次の3つの利点から球と平板を誤差の評価に用いた：①接触点は1点しかないので、印象材の最も薄い部位の厚みさえわかれば、接触部位に残留した印象材の厚みとして評価できる、②球と平板の関係が咬合接触部位の关系到比較的近い、③印象面が球面であるので印象面の変形を観察しやすい。

3. 実験法

1) 咬合モデル

従来の報告では、天然歯の咬合接触をシミュレートするため、球と平板にはそれぞれスチールボールやガラス板などの比較的表面が滑沢な材料が用いられてきた^{3) 9) 14)}。しかし石膏模型は、咬合接触部位における印象材の流れや模型からの剝がれにくさが天然歯とは明らかに異なる。そこで本研究では球と平板とともに石膏で

作製した。それらをそれぞれ球状模型、平板状模型と呼ぶことにする。

また、本研究では上顎模型と印象面の形状を計測するため、2つの材質が同じになるように、印象材を模型と同じ石膏とした。

2) 実験手順

実験1では模型の浮き上がり量を計測した。実験2では印象面の変形を調べた。以下具体的な実験手順について述べる。

実験1で用いた球状模型は、半径約10mmのベアリングボールを精密印象し超硬石膏にて製作した。平板状模型は超硬石膏でプレパレート表面の印象を採得して製作した。印象材は模型材と同じ超硬石膏であるが、混水比を大きくして流動性を高めた。また模型と区別しやすくするために、練和時に黒インクを混入した。印象材の厚みdは、形状模型の断面上で万能投影器(MODEL 6C, ニコン)を用いて計測した。

実験2は、実験1と同じ模型を用い、印象材もインクを混入しない他は実験1と同じとした。印象面の形状計測にはレーザ式3次元形状計測装置(XA-100, 小野測器)を用いた。この計測器の石膏曲面の測定精度は $10\mu\text{m}$ 以下であることがわかっている²⁶⁾。

図7に試料の製作手順を示した。表面に石鹼皮膜を形成した2つの模型を1のように平線咬合器に装着する。次に2に示すように、印象石膏泥を平板状石膏に薄く塗布し、次に球状模型をゆっ

くりと圧接し軽く槌打して振動を加える。そして咬合器に輪ゴムをかけて固定する。これが3の状態である。硬化後、実験1では球状模型を分離せずに印象材と模型を一塊にして石膏で包埋し、試料とした。4で最近接点を含む断面で切断し、さきに述べた厚みdを計測した。また実験2では3の状態から、5で球状模型を分離し印象面の形状を計測した。なお印象石膏の混水比、圧接法、荷重量などの条件は試行錯誤的に決定した。

Ⅲ. 実験結果

1. 最近接点の厚みd

図8に実験1の試料の断面の最近接点付近を20倍に拡大したものを示した。黒い帯の部分が残留した石膏であり、この試料での浮き上がり量dは $26\mu\text{m}$ であった。表1に10個の試料についての計測結果を示す。dは最小 $7\mu\text{m}$ 、最大 $76\mu\text{m}$ で、その平均は $29.4 \pm 24.3\mu\text{m}$ であった。

図8 実験1で用いた試料の断面

図7 試料の製作法

表1 最近接点の厚みdの測定結果

最小	$7\mu\text{m}$
最大	$76\mu\text{m}$
平均	$29.4 \pm 24.3\mu\text{m}$
	(N=10)

2. 印象面の変形

図9に実験2の試料と分離した球状模型を示した。この様な試料を6個作製し、印象面の変形を調べた。図10の左は最近接点付近の変形が最も大きかった試料、右は最も少なかった試料の計測データを等高線で示したものである。スクリーントーンをかけて示した部分は、最も低い点から $100\mu\text{m}$ 以下の高さの領域を示している。この図からわかるように、印象面の変形はスクリーントーンの内部、即ち高さが $100\mu\text{m}$ 以下の領域で生じており、その外方では滑らかな球面が再現されていた。

図9 実験2で用いた試料と撤去した球状模型

IV. 考察

石膏印象材を用いて咬頭嵌合位における上下顎歯列模型の位置関係を記録した場合、接触点付近に石膏印象材が介在することによる模型の浮き上がり量は $100\mu\text{m}$ を越えることはないと考えられた。また石膏模型を撤去した時に生じる模型の浮き上がり量は、 $100\mu\text{m}$ を越える部位に関しては極めて少ないものと考えられた。

金属球、ガラス板、シリコン印象材を用いた実験³⁾では、印象材の透過部の厚みは平均 $42 \pm 2.56\mu\text{m}$ と報告されている。本実験では最も近接している部位で平均 $29.4 \pm 24.3\mu\text{m}$ であり、浮き上がり量はシリコン印象材と同程度であった。

V. まとめ

咬合印象を用いて咬頭嵌合位における上下顎歯列間の対合関係を記録する方法の精度について実験的に調べた。接合させる試料は同じ石膏で作製した球と平板とし、印象材も形状計測との関係から同じ石膏とした。

図10 印象面の変形

1. 最近接点の石膏印象材の厚みdは平均 $29.4 \pm 24.3 \mu\text{m}$ であった。
2. 最近接部付近の印象面の変形は、印象材の厚みが $100 \mu\text{m}$ 以下の範囲内では認められたが、それ以上の範囲ではでは認められなかった。

ただし、石膏印象は流れをよくするために混水比を大きくすると印象面が粗くなるという欠点があった。また、模型の撤去が他の印象材より難しいという問題があった。今後は他の印象材についても調べる予定である。

参考文献

- 1) 平沼謙二：咬合面積並びにその咀嚼効率に及ぼす影響，補綴誌1：17～36, 1957
- 2) 落合通雄：各種咬合位における自然歯列および各歯の対合接触状態に関する研究，日大歯学，38：448～495, 1964。
- 3) 中尾勝彦：正常天然歯列における歯牙接触に関する研究（咬頭嵌合位），補綴誌，14，1～21, 1970。
- 4) 中尾勝彦：正常天然歯列における歯牙接触 に関する研究（後方歯牙接触位，前方滑走運動，側方滑走運動），補綴誌，16，45～75, 1970。
- 5) 稲川英史：天然歯列における上下顎咬合面間の接触状態に関する研究，歯科学報，70(1)：69～92, 1970。
- 6) 清水俊雄：咬合調整前後における咬合接触点，及び咬合接触面積に関する研究，補綴誌，22：274～293, 1978。
- 7) 羽賀通夫，藤原 好，蓮見 聡，他：上下顎歯間空隙および接触圧の分布状態に関する研究，補綴誌，23：480～489, 1979。
- 8) 吉成勝海：咬合調整後における咬合接触点および咬合接触面積の経時的変化に関する研究，補綴誌，24：137～153, 1980。
- 9) 小野 穠，林 良宣，大塚英昭，他：透過性よりみた顎位記録材の検討，愛院大歯誌，21：150～158, 1983。
- 10) 宮田 隆：咬合調整に伴う接触面積の動態に関する研究，1. 咬頭嵌合位における早期接触領域の形態的解析，日歯周誌，27：1～11, 1985。
- 11) 西木正純，荒木久生，宮田 隆，他：咬合調整に伴う接触面積の動態に関する研究，2. 咬合調整前後における咬合接触部の形態的解析，日歯周誌，28：531～545, 1986。
- 12) 申 基結，荒木久生，宮田 隆：咬合調整に伴う接触面積の動態に関する研究，3. 側方運動時に伴う咬合接触領域の形態的解析，日歯周誌，28：837～848, 1986。
- 13) 土佐淳一，田中昌博，村田洋一ほか：咬合接触像のビジュアル化，補綴誌31，1553～1557, 1987。
- 14) Philip, L.M.: A method to determine occlusal contact and non contact areas: Preliminary report, J Prosthet Dent, 52: 106～110, 1984。
- 15) 村田洋一：臼歯単独歯冠の高さの調整が歯列咬合接触に及ぼす影響，1. シリコンブラック法による咬みしめ強度，補綴誌，32：601～609, 1988。
- 16) Duret F., Blouin J.L. and Duret B.: CAD/CAM in industry, J. Amer. Dent. Assoc., 117(6), 715～720, 1988。
- 17) 青木英男：咬合診査システムの開発研究，文部省化学研究費研究成果報告書（課題番号62480399）：34～35, 1989。
- 18) 大久保由紀子，清水さとみ，鈴木 温，他：滑走運動時における咬合接触の3次元解析，補綴誌，34・82回特別号：143, 1989。
- 19) 深瀬 教，腹田忠寛，玉置勝司，他：数値制御による補綴物作製法について 第9報 咬合面形態の表示方法，補綴誌，33・82回特別号：141, 1989。
- 20) 木村 博，荏村泰治：歯形状の三次元計測（第八法）－計測データによる咬合シミュレーションについて－，齒材研10(2)，286～293, 1991。
- 21) 海野一則，堤 定美，土肥健二，他：CAD-CAMにおけるVoxel法による歯冠形態の決定，補綴誌，34・84回特別号：121, 1990。
- 22) 森川 一，友近 晃，山本克之，他：計算機処理に基づく歯列咬合接触面積の定量測定，信学技報，M8E90・36：7～12, 1990。
- 23) 緒方哲朗，有馬克子，中田 稔：非接触型3次元形状計測システムによる咬合接触面の解析，顎機能，9，掲載予定。
- 24) 美馬さとみ：顎運動に調和した咬合小面 の形態，補綴誌，32，624～638, 1988。
- 25) 水野 亨：咀嚼時の歯牙滑走運動に関する研究 第2報 咀嚼様開口運動時の歯牙滑走運動と臼歯部咬合面形態の関係，補綴誌，33：303～312, 1989。
- 26) 齋藤 彰，林 豊彦，石岡 譲：レーザ変位計を応用した3次元形状測定機の曲面計測における測定精度，顎機能，9：掲載予定。