

下顎無歯顎顎堤吸収症例における  
インプラント支台オーバーデンチャーの変位について  
－三次元有限要素法による力学的解析－

日本大学歯学部歯科補綴学第Ⅱ講座

専修医 田所 里美

(指導：石上友彦教授)

## 緒 言

顎堤の著しい吸収を有する下顎に装着した全部床義歯には、機能時に十分な維持および安定を得ることが困難な場合もあり、十分な機能回復が得られないことが多く報告されている<sup>1-5)</sup>。下顎無歯顎症例に対し、インプラント支台のオーバーデンチャーが有用であるとの報告<sup>6-11)</sup>がなされ、2本のインプラント支台によるオーバーデンチャーが治療の第一選択であるとも報告<sup>12)</sup>されている。インプラント支台のオーバーデンチャーは、固定性上部構造により補綴するインプラント治療に比べ、インプラント埋入本数を少なくできるため、外科的侵襲が小さく、術後のメンテナンスも容易であるなどの大きなメリットがある<sup>12,13)</sup>。特に、腫瘍の外科的切除療法を行った下顎無歯顎症例では、広域な顎堤の欠損だけでなく、下顎偏位や下顎運動異常などにより、顎義歯の維持・安定を得ることが一層困難であるため、インプラント支台のオーバーデンチャーが有用であると報告されている<sup>14-17)</sup>。

近年、我が国において広域な顎骨欠損症例に対する一部のインプラント治療も保険導入され、顎補綴治療に対するインプラント治療の有用性が認められている。しかし、インプラント支台のオーバーデンチャーと全部床義歯と比較して、維持・安定の観点から力学的に検討した報告は少ない。さらに、顎堤の著しい吸収や、腫瘍の外科的切除による顎堤欠損を有する下顎全部床義歯症例へのインプラント支台オーバーデンチャーについて、力学的な検討をした報告は認められない。

本研究では、下顎無歯顎症例に対する全部床義歯において、両側犬歯相当部へのインプラント支台を応用したオーバーデンチャーと、一般的な下顎無歯顎症例ならびに高度な臼歯部顎堤吸収症例を対象に、三次元有限要素法を用いて検討を行った。

## 材料および方法

### 1. 三次元有限要素モデルの構築

解析モデルは、一般的な下顎無歯顎症例（モデルⅠ）と左側臼歯部顎堤に顕著な顎堤吸収のある症例（モデルⅡ）、および両側臼歯部顎堤に顕著な顎堤吸収のある症例（モデルⅢ）に対して全部床による補綴治療を想定した3種類、ならびにそれぞれの両側犬歯相当部にインプラント体を埋入し、磁性アタッチメントを応用したオーバーデンチャーによる補綴治療を想定した3種類（モデルA, B, C）、計6種類を構築した（第1図）。インプラント体は、山中<sup>18)</sup>の方法に準拠して、天然歯における犬歯の萌出方向と同様に中心軸が咬合平面に対して前頭面で90度、矢状面で唇側に15度傾斜するように両側犬歯相当部に設置した。また、アバットメントの形態は磁石構造体（ギガウス D600, ジーシー, 東京）のキーパー上面をアバットメント上面に一致させ、一体化させた。アバットメントの上面はインプラント体の中心軸に対し垂直、すなわち咬合平面に対し15度傾斜させ、インプラント体の傾斜と一致させた。また、アバットメントの上面舌側は、高さを顎堤粘膜最上縁から2.0 mmとし、咬合平面に対してテーパーを2度とした。

解析モデルの構築に用いた絶対座標系は、XY平面が前頭面、YZ平面

が矢状面，XZ 平面が水平面となる直行座標系であり，咬合平面は，XZ 平面と平行になるように設定した。

## 2. 解析モデルの構成要素

解析モデルの構成要素は，皮質骨，海面骨，顎堤粘膜，義歯，インプラント体およびアバットメントとした。解析モデルの基盤となる下顎骨外形は頭蓋骨複製模型（P10-SB.1，ニッシン，京都）を用い，デュプリコーン（松風，京都）にて印象採得後，高透明注型用エポキシ樹脂であるデブコン ET（藤倉応用化工，埼玉）を注入して成型したものをモデル原型とし，マルチディテクターCT（Asteion Super4Edition，東芝，東京）により撮像し，その撮像データを基に高木<sup>19)</sup>の方法に準拠し，汎用 CAD プログラム Rhinoceros Ver.1.0（Robert McNeel & Associates, Washington, USA），SpaceClame Ver.14.5（SpaceClaim Corpolaion, Massachusetts, USA；以後，SpaceClame）および汎用有限要素プログラム ANSYS Re.14.5（ANSYS Inc, Pennsylvania, USA；以後，ANSYS）を用いて構築した。皮質骨，海綿骨，顎堤粘膜および義歯は，過去の報告<sup>20-22)</sup>から第1表のモデル寸法を設定し，さらに皮質骨の領域は加納の報告<sup>23)</sup>を参考に顎舌骨筋線を設定し，ANSYSを用いて構築した。義歯は，解析モデルの単純化のために咬合床形態<sup>24)</sup>とし，義歯床および人工歯を一体とさせた構造とした。次に，構成成分を ANSYS を用いて合成し，解析モデルを構築した。

解析モデルは，通常の下顎無歯顎症例をモデルⅠとし，モデルⅠの左側臼歯部の顎堤を皮質骨の厚みを変えずに顎舌骨筋線まで吸収させたモデルをモデルⅡ，同様に右側臼歯部の顎堤も吸収させ，両側臼歯部の顎堤を吸収させたモデルをモデルⅢとした。モデルⅠ，Ⅱ，Ⅲに対し，おのおの左右犬歯相当部にインプラント体を埋入したモデルをそれぞれ A，B，C とした。インプラント体はブローネマルクシステム（Nobel Biocare Holding AG, Zurich, Switzerland）のカタログ値（Brånemark System MkⅢ RP）を参考に直径を 3.75 mm，長さ 15.0 mm のスクリュータイプのモデルとした。

皮質骨<sup>25)</sup>，海綿骨<sup>25)</sup>，顎堤粘膜<sup>26)</sup>，義歯<sup>27)</sup>の材料特性値は，過去の報告にある数値を参考に設定した。インプラント体およびアバットメントのチタンの材料特性値は鶴見らの報告<sup>28)</sup>を参考にした（第2表）。

## 3. 荷重条件

荷重条件は，左右両側臼歯部における噛みしめ時の筋収縮量を想定した。荷重量は，Korioth ら<sup>29)</sup>の報告を参考に，第3表に示す各筋の走行方向および収縮量を，全体座標系（X，Y，Z）におけるベクトルに換算し，算出した。この値を咬合に関与する咬筋浅部，咬筋深部，内側翼突筋，側頭筋前部，側頭筋中部，側頭筋後部，外側翼突筋下頭，外側翼突筋上頭および顎二腹筋前部の付着相当部の節点数を考慮し，それぞれ荷重量を設定して与えた（第4表）。

## 4. 拘束条件

拘束条件は，高木<sup>19)</sup>の報告と同様に，両側荷重時は両側下顎頭上部を完全拘束とした。また，上顎対合歯の機能咬頭が接触する下顎左右第一および第二小臼歯の遠心小窩，下顎左右第一大臼歯の中心窩および遠

心小窩，ならびに下顎左右第二大臼歯の中心窩相当部にあたる義歯上の咬合接触点 10ヶ所<sup>30)</sup>を完全拘束とした。

#### 5. 義歯変位の解析

義歯変位の計測点は，義歯床研磨面において頬側に 5 点（左右側第二大臼歯遠心および犬歯遠心，正中相当部），舌側に 4 点（左右側第二大臼歯遠心および犬歯遠心相当部）を設定し，頬側の右側遠心から左側遠心までの a 点から e 点，舌側の左側遠心から右側遠心までの f 点から i 点までとした（第 2 図）。変位方向および量は，XY 平面および XZ 平面におけるベクトルで示し，各計測点における変位量を算出した。

### 結 果

#### 1. 水平面（XZ 平面）における変位について

義歯の水平面における変位ベクトルを第 3 図に示した。左右対称モデルである通常下顎無歯顎モデルのモデル I と左右臼歯部顎堤に顕著な吸収のあるモデルのモデル III は，全ての点で遠心方向へ変位した。インプラント支台のあるモデル A，C では，a，d，i の 3 点が左遠心方向に，b，e，f の 3 点は右遠心方向に変位を示したが各点の変位量はモデル I，III に比べわずかであった。左側臼歯部顎堤片側に顕著な吸収のあるモデルであるモデル II，モデル B では，a，b，c，d，g，h，i の 7 点は左遠心方向へ，e，f の 2 点は右遠心方向に変位し，その変位量は，モデル II に比べモデル B においてわずかであった。

#### 2. 前頭面（XY 平面）における変位について

義歯の前頭面における変位ベクトルを第 4 図に示した。インプラント支台のないモデル I，II，III では，義歯はすべての部位で下方向に変位した。インプラント支台のあるモデル A，B，C では a，e の 2 点では下方向へ，b，c，d の 3 点では上方向へ変位した。通常下顎無歯顎モデル I とモデル A，左右臼歯部顎堤に顕著な吸収のあるモデル III とモデル C では正中を中心として義歯は，左右対称の動きを示した。左側臼歯部顎堤に吸収のあるモデル II，モデル B では a，b，c，d の 4 点では左方向へ，e 点は右方向へ変位した。モデル II とモデル B の各点での側方への変位方向は類似しており，モデル II に比べモデル B の変位量はわずかであった。

#### 3. 義歯の変位量について

インプラント支台のないモデル I，II，III は，あるモデル A，B に比べ，変位量は大きかった（第 5 図）。また，インプラント支台の有無にかかわらず，通常下顎無歯顎モデル，片側に顕著な顎堤吸収のあるモデル，両側に顕著な顎堤吸収のあるモデルの順に変位量は大きくなった。各計測点における義歯の変位量は，第 5 図より，通常下顎無歯顎モデル I とモデル A，両側顎堤に吸収のあるモデル III とモデル C の変位量は正中を中心として左右対称であり，遠心側より近心側，さらに舌側より頬側で大きかった。左側顎堤に吸収のあるモデル II およびモデル B では吸収側（点 d，e，g，f）の変位量は，非吸収側（点 a，b，h，i）の変位量と比べ大きかった。

### 考 察

下顎骨は、歯の喪失によってその形態にさまざまな変化が認められる<sup>31)</sup>。特に歯槽部が大きく吸収した場合、顎堤が狭小となり、義歯粘膜面における吸着等による義歯の維持・安定が不十分となり、機能時に義歯の動きが大きくなることで疼痛の原因となる。近年、下顎義歯の維持・安定が得られにくい症例にインプラントを応用し、オーバーデンチャーにすることで良好な術後経過が得られるとの報告<sup>14-17)</sup>が散見されるが、生体力学的検討は少ない。そこで本研究において、下顎無歯顎症例と臼歯部顎堤に顕著な吸収を有する症例に対し、インプラント支台を応用したオーバーデンチャー治療の効果を生体力学的に三次元有限要素法を用いて検討した。

### 1. 解析モデルについて

下顎の広域な顎堤吸収に関して、下顎の大白歯部では、筋の付着部位である顎舌骨筋線の高さまで吸収するとの報告<sup>31)</sup>を参考に、顎堤吸収モデルを構築した。また、本研究では、顎堤吸収条件の異なる3種類のモデルを構築すると共に、各々のモデルにインプラント支台を応用した。インプラントの植立部は、多くの臨床報告<sup>2,5,7)</sup>にも見られる部位である両犬歯相当部とした。顎堤条件の違いおよびインプラントの有無が義歯の三次元的挙動に与える影響を検討するには、本研究で用いた三次元有限要素モデルは、有用な解析モデルであると考えられる。

### 2. 義歯の変位方向および量について

義歯の変位方向および量について、ベクトルで第3, 4図に示した。XZ平面において、モデルI, III, A, Cはa, iの2点で左へ、e, fの2点で右へ傾いており、義歯床は正中を中心として内方へたわむように左右対称的な動きを示した。これは、咬筋と内側翼突筋の走行方向からも、下顎骨は咬合時に正中を中心とした内方へのたわみが想定されるため、全体的に義歯も同様の動きをしたと考えられる。顎堤形態の非対称であるモデルII, Bでは、a, b, c, d, g, h, i点において左側への変位傾向が認められ、顎堤が吸収している左側遠心e, fの2点は右遠心のa, iの2点と比較して義歯床は左に傾く結果となった。このことは、顎堤が吸収することで咬合時に顎堤吸収側のたわみ量が大きくなること、支点である歯槽頂と力点である下顎底の距離が近くなることで、義歯は、大きな可動域を生じ、吸収側顎堤方向へと変位しやすかったものと考えられる。XY平面において、通常の一部床義歯により補綴治療をおこなったモデルI, II, IIIでは、義歯は下方向へ変位したのに対し、インプラント支台を応用したオーバーデンチャーであるモデルA, B, Cでは、点b, c, dの3点で上方向へ変位した。これは、義歯が、インプラント支台を支点として咬合接触している遠心が沈下したことで、近心が上方向へと変位したと考えられる。また、インプラント支台を応用した場合、通常の一部床義歯と比較して、義歯の変位は顕著に抑制された。これは、インプラント支台の支持により、義歯の動きが制限されたことによると考えられる。

### 3. 義歯の変位量について

義歯の変位量は、モデルIII > モデルII > モデルI > モデルC > モデルB > モデルAの順に大きかった。通常の下顎無歯顎モデルに対して全部

床義歯により補綴治療を行った症例（モデルⅠ，Ⅱ，Ⅲ）と，インプラント支台を2本応用し，オーバーデンチャーとした症例（モデルA，B，C）では，インプラント応用症例において，顕著に義歯の変位が抑制された。これは，義歯の遠心および下方向への変位が，インプラントの支持により制限された結果と考えられる。すなわち，下顎全部床義歯にインプラント支台を応用することで，義歯の安定が得られ，良好な経過をたどっている臨床報告<sup>14-17)</sup>を裏付ける結果と言える。顎堤の形態別に比較すると，顎堤の吸収量に比例して変位量が大きくなる傾向であった。また，各計測点における変位量（第5図）を比較すると，片側顎堤吸収モデルでは，吸収側は非吸収側と比較して大きくなる傾向であった。これは，顎堤の吸収が大きければ大きいほど，義歯の変位が大きくなることを示唆しており，臨床において無歯顎堤に一部限局する吸収がある場合，同部位に潰瘍等が頻発する<sup>32)</sup>裏付けと考えられる。インプラント支台を応用した場合，同一形態のどのモデルを比較しても，変位の方向に違いはあるものの，変位量が大きく抑制されるために顎堤吸収の影響は小さいと考えられる。すなわち，インプラント支台のオーバーデンチャーは，インプラント支台が義歯の動きを抑制し，顎堤形態の影響を受けず，維持・安定の向上に寄与する可能性が示唆された。

#### 結 論

本研究は，通常の下顎無歯顎症例と左側臼歯部顎堤に顕著な吸収のある症例および両側臼歯部顎堤に顕著な吸収のある症例に対して，通常の一部床義歯補綴治療を行った場合と，両側犬歯相当部にインプラント支台を応用しオーバーデンチャーにより補綴した場合について，顎堤条件の違いやインプラント支台の有無が，義歯の変位に及ぼす影響について比較検討した結果，以下の結論を得た。

1. 通常の一部床義歯補綴治療を行った場合，顎堤吸収が大きいほうが，義歯の変位量は大きくなり，吸収のある顎堤側へ変位しやすかった。
2. 両側犬歯相当部にインプラント支台を応用したオーバーデンチャーは，顎堤吸収の違いにかかわらず，義歯の変位は抑制された。

以上のことから，下顎無歯顎症例に対して犬歯相当部へのインプラント支台を応用したオーバーデンチャーにより補綴治療を行うことで，顎堤条件に影響を受けることなく，義歯の維持・安定を向上させるものと考えられた。

## 文 献

- 1) 阿部二郎 (2004) カラーアトラス誰にでもできる下顎総義歯の吸着. ヒョーロン・パブリッシャーズ, 東京, 195.
- 2) 古味伸一 (2010) 下顎無歯顎にインプラント支持オーバーデンチャーを応用した1症例. 日口腔インプラント会誌 23, 355-356.
- 3) 吉谷正純 (2010) 下顎無歯顎におけるオーバーデンチャーの1症例. 日口腔インプラント会誌 23, 563-564.
- 4) 寺本修久 (2010) 下顎左右側切歯部にインプラントを埋入しオーバーデンチャーにて機能回復を行った無歯顎症例. 日口腔インプラント会誌 23, 787-788.
- 5) 佐藤周二 (2011) 下顎無歯顎に磁性アタッチメントを用いたオーバーデンチャーの1症例. 日口腔インプラント会誌 24, 303-304.
- 6) Johns RB, Jemt T, Heath MR, McKenna S, McNamara DC, Van Steenberghe D et al. (1992) A multicenter study of overdentures supported by Brånemark implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 7, 513-522.
- 7) Burns DR, Unger JW, Elswick RK Jr, Beck DA (1995) Prospective clinical evaluation of mandibular implant overdentures : Part I Retention, stability, and tissue response. *J Prosthet Dent* 73, 354-363.
- 8) Muftu JA, Karabetou S (1997) Complications in implant-supported overdentures. *Compendium* 18, 493-504.
- 9) Meijer H J, Raghoobar G M, van't Hof, M A (2003) Comparison of implant-retained mandibular overdentures and conventional complete dentures : A 10-year prospective study of clinical aspects and patient satisfaction. *Int J Oral Maxillofac Implants* 18, 879-885.
- 10) Thomason JM, Lund JP, Chehede A, Feine JS (2003) Patient satisfaction with mandibular implant overdentures and conventional dentures 6 months after delivery. *Int J Prosthodont* 16, 467-473.
- 11) Van Kampen FM, van der Bilt A, Cune MS, Fontijn-Tekamp FA, Bosman F (2004) Masticatory function with implant-supported overdentures. *J Dent Res* 83, 708-711.
- 12) Feine JS, Carlsson GE, Awad MA, Chehade A, Duncan WJ, Gizani S et al. (2002) The McGill consensus statement on overdentures. *Int J Prosthodont* 15, 413-414.
- 13) Naert I, Quirynen M, Hooghe M, van Steenberghe D (1994) A comparative prospective study of splinted and unsplinted Brånemark implants in mandibular overdenture therapy : A preliminary report. *J Prosthet Dent* 71, 486-492.
- 14) Engquist B, Bergendal T, Kallus T, Linden U (1988) A

- restrospective multicenter evaluation of osseointegrated implants supporting overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 3, 129-134.
- 15) Naert I, De Clercq M, Theuniers G, Schepers E (1988) Overdentures supported by osseointegrated fixtures for the edentulous mandible: A 2.5-year report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 3, 191-196.
  - 16) Mericske-Stern R (1990) Clinical evaluation of overdenture restorations supported by osseointegrated titanium implants: A retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Implants* 5, 375-383.
  - 17) Walton JN, Glick N, Macentee MI (2009) A randomized clinical trial comparing patient satisfaction and prosthetic outcomes with mandibular overdentures retained by one or two implants. *Int J Prosthodont* 22,331-339.
  - 18) 山中大輔 (2012) 犬歯相当部インプラント支台オーバーデンチャーの力学的解析. *日大歯学* 86, 11-19.
  - 19) 高木有哉 (2005) 補綴装置の三次元有限要素法による力学的解析—下顎第二大臼歯1歯残存症例の支台装置の相違による検討—. *日大歯学* 79, 57-67.
  - 20) 上条雍彦 (1966) 口腔解剖学. 2版, アナトーム社, 東京, 156-224.
  - 21) 忠隈 亨 (1969) 日本人成人顎骨歯槽部の解剖学的研究. *歯科学報* 71, 1721-1775.
  - 22) 寺倉 健 (1988) 顎粘膜厚径に関する研究—無歯顎補綴における診断への可能性について—. *補綴誌* 32, 546-560.
  - 23) 加納 隆 (2000) 日本人顎骨の歯牙お喪失による顎舌骨筋線および下顎管の位置について. *新潟歯学会誌* 30, 23-32.
  - 24) 大山哲生 (1995) 局部床義歯の力学解析—幾何学的非線形有限要素法を用いた支台歯の歯槽骨量と連結固定との影響の検討—. *日大歯学* 69, 511-527.
  - 25) 横尾定美 (1952) 人の四肢骨の緻密骨および骨幹の圧縮試験. *京府医大誌* 51, 291-313.
  - 26) 岸 正孝 (1972) 歯槽堤粘膜の被圧変位性に関する加圧面の面積と変位量との関係についての実験的研究. *歯科学報* 72, 1043-1071.
  - 27) 新倉久市 (1981) 総義歯の応力解析に関する研究. 第1報, 構成材料の力学的特性, とくにヤング率, ポアソン比について. *補綴誌* 25, 24-43.
  - 28) 鶴見真理, 亀沢広嗣, 横塚繁雄 (1992) 二次元有限要素法によるブローネマルクシステムインプラントの応力解析. *歯学* 80, 401-423
  - 29) Koriath TW, Hannam AG (1994) Deformation of the human mandible during simulated tooth clenching. *J Dent Res* 73,



56-66.

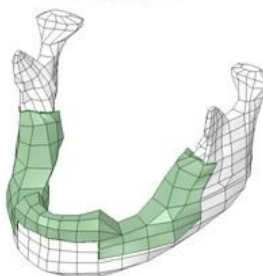
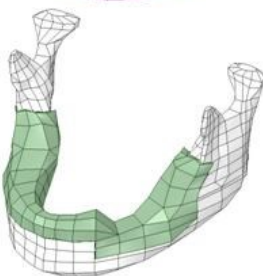
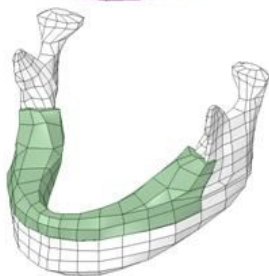
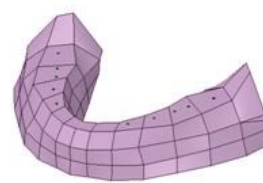
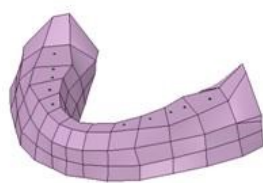
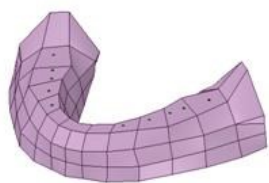
- 30) 笠原正和（1970）上顎歯牙の下顎歯牙に対する位置的関係について．歯科学報 70, 974-1011.
- 31) 井出吉信，上松博子（1997）歯の喪失に伴う顎骨の変化．歯基礎誌 39, 79-90.
- 32) 黒木唯文，田中利佳，田村比呂司（2013）下顎顎骨壊死既往患者の下顎全部床義歯に軟質リライン材を適用した症例．老年歯学 27, 400-404.

付図説明

- 第1図 解析モデル
- 第2図 計測点
- 第3図 義歯の変位ベクトル (XZ平面)
- 第4図 義歯の変位ベクトル (XY平面)
- 第5図 各計測点における義歯変位量

付表説明

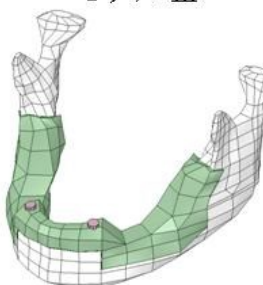
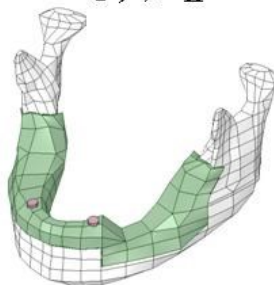
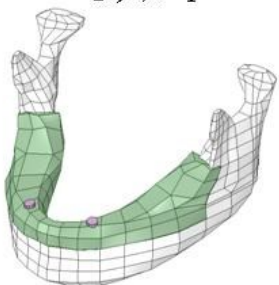
- 第1表 解析モデルの寸法
- 第2表 解析モデルの材料特性値
- 第3表 筋力の単位ベクトル
- 第4表 筋力の大きさ



モデルⅠ

モデルⅡ

モデルⅢ



モデルA

モデルB

モデルC

第1図 解析モデル

第1表 解析モデルの寸法

部位		顎堤上縁	頬側部	舌側部	下顎枝部			
皮質骨	中切歯部	2.0	2.3	1.7	2.8			
	側切歯部	2.0	2.3	1.7	3.0			
	犬歯部	2.0	2.3	1.7	3.6			
	第一小白歯	2.0	2.9	1.9	3.2			
	第二小白歯	2.0	2.1	2.2	3.2			
	第一大白歯	2.0	2.1	2.6	3.1			
	第二大白歯	2.0	2.0	2.8	2.9			
	臼後隆起部	2.0	1.8	2.9	2.9			
	下顎枝部	2.0	1.8	2.9	2.9			
顎堤粘膜	上面部	3.0	頬側部	1.7	舌側部	1.4	臼後隆起部	4.5
義歯床	2.0							

(厚径:mm) (文献20-22より引用)

第2表 解析モデルの材料特性値

構成成分	ヤング率(MPa)	ポアソン比
皮質骨	$1.041 \times 10^4$	0.30
海綿骨	$8.830 \times 10$	0.30
顎堤粘膜	$4.500 \times 10^{-2}$	0.49
義歯	$1.896 \times 10^3$	0.30
インプラント体	$1.100 \times 10^5$	0.33
アバットメント	$1.100 \times 10^5$	0.33

(文献25-28より引用)

第2表 解析モデルの材料特性値

構成成分	ヤング率(MPa)	ポアソン比
皮質骨	$1.041 \times 10^4$	0.30
海綿骨	$8.830 \times 10$	0.30
顎堤粘膜	$4.500 \times 10^{-2}$	0.49
義歯	$1.896 \times 10^3$	0.30
インプラント体	$1.100 \times 10^5$	0.33
アバットメント	$1.100 \times 10^5$	0.33

(文献25-28より引用)

第3表 筋力の単位ベクトル

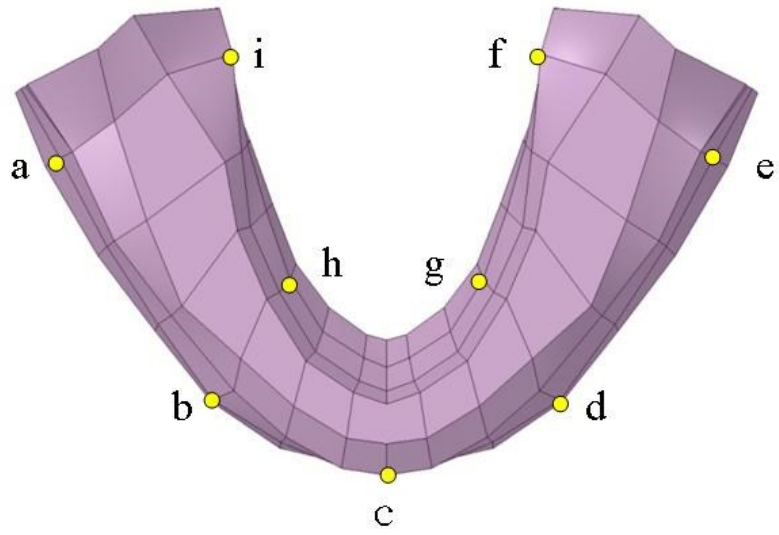
筋		右側			左側		
		cos-x	cos-y	cos-z	cos-x	cos-y	cos-z
咬筋	浅部	-0.207	0.884	0.419	0.207	0.884	0.419
	深部	-0.546	0.758	-0.358	0.546	0.758	-0.358
内側翼突筋		0.486	0.791	0.373	-0.486	0.791	0.373
側頭筋	前部	-0.149	0.988	0.044	0.149	0.988	0.044
	中部	-0.222	0.873	-0.500	0.222	0.873	-0.500
	後部	-0.208	0.474	-0.855	0.208	0.474	-0.855
外側翼突筋	下頭	0.630	-0.174	0.757	-0.630	-0.174	0.757
	上頭	0.761	0.074	0.645	-0.761	0.074	0.645
顎二腹筋	前部	-0.244	-0.237	-0.940	0.244	-0.237	-0.940

(x-z平面は咬合平面と平行で、右方向に+x軸、上方に+y軸、前方に+z軸とする直行座標系) (文献29より引用)

第4表 筋力の大きさ

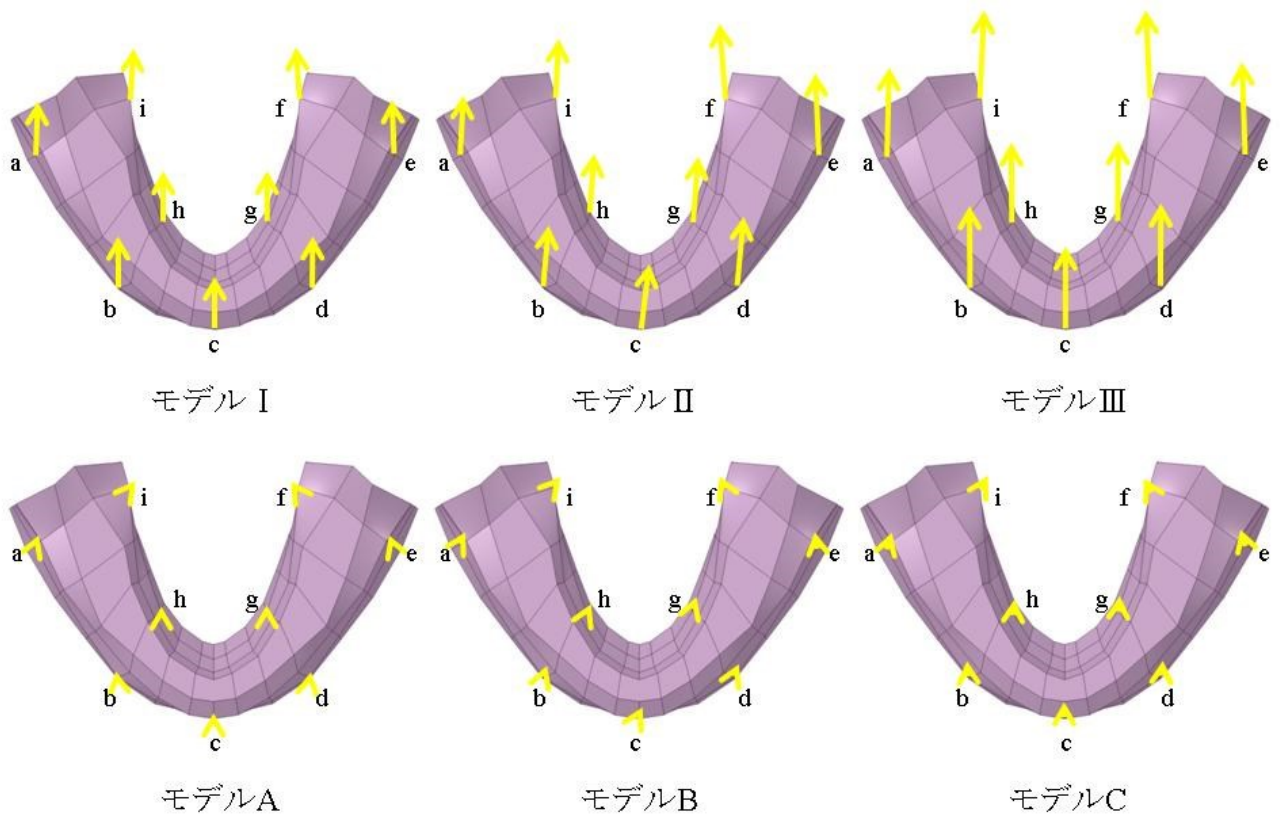
筋		節点数	荷重量(N)
咬筋	浅部	14	190.4
	深部	5	81.6
内側翼突筋		11	132.8
側頭筋	前部	9	154.8
	中部	12	91.8
	後部	9	71.1
外側翼突筋	下頭	3	18.1
	上頭	3	17.0
顎二腹筋	前部	1	11.2

(文献29より引用)

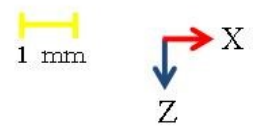


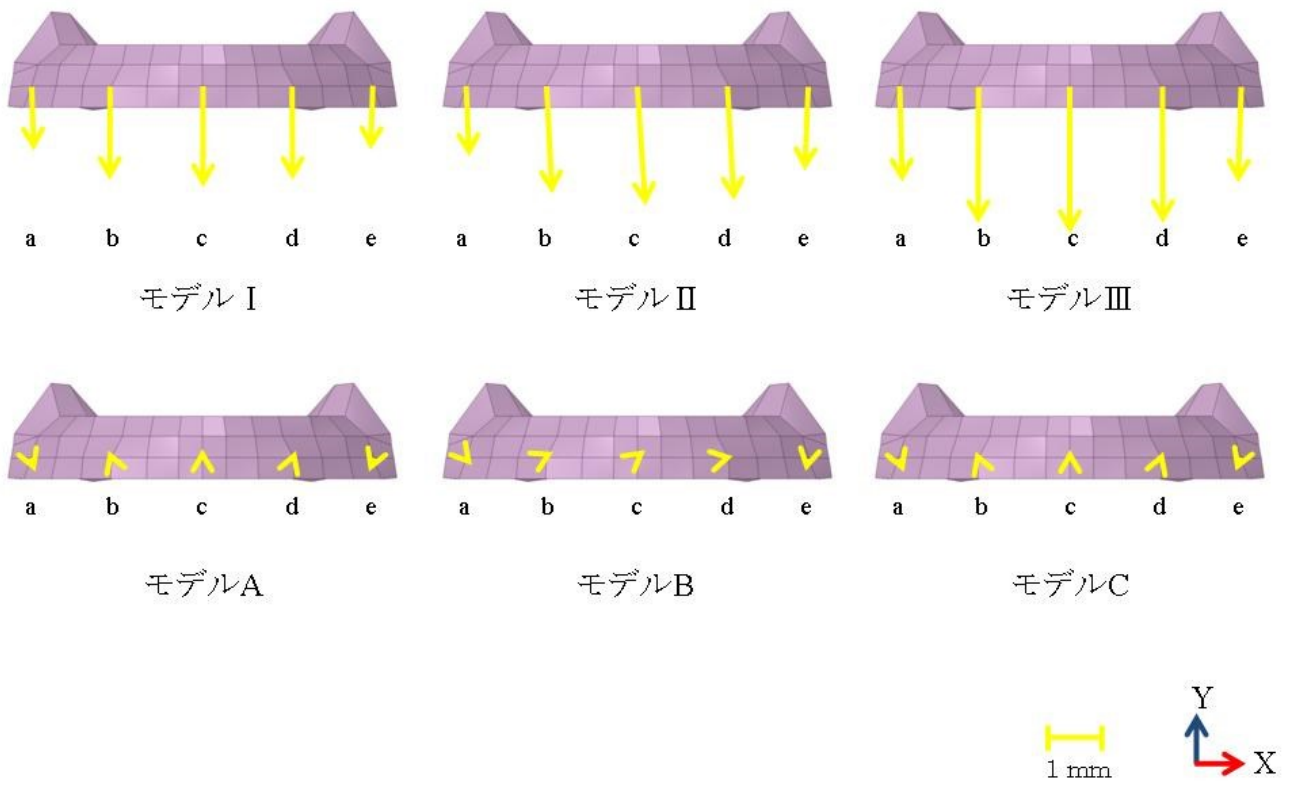
第2図 計測点



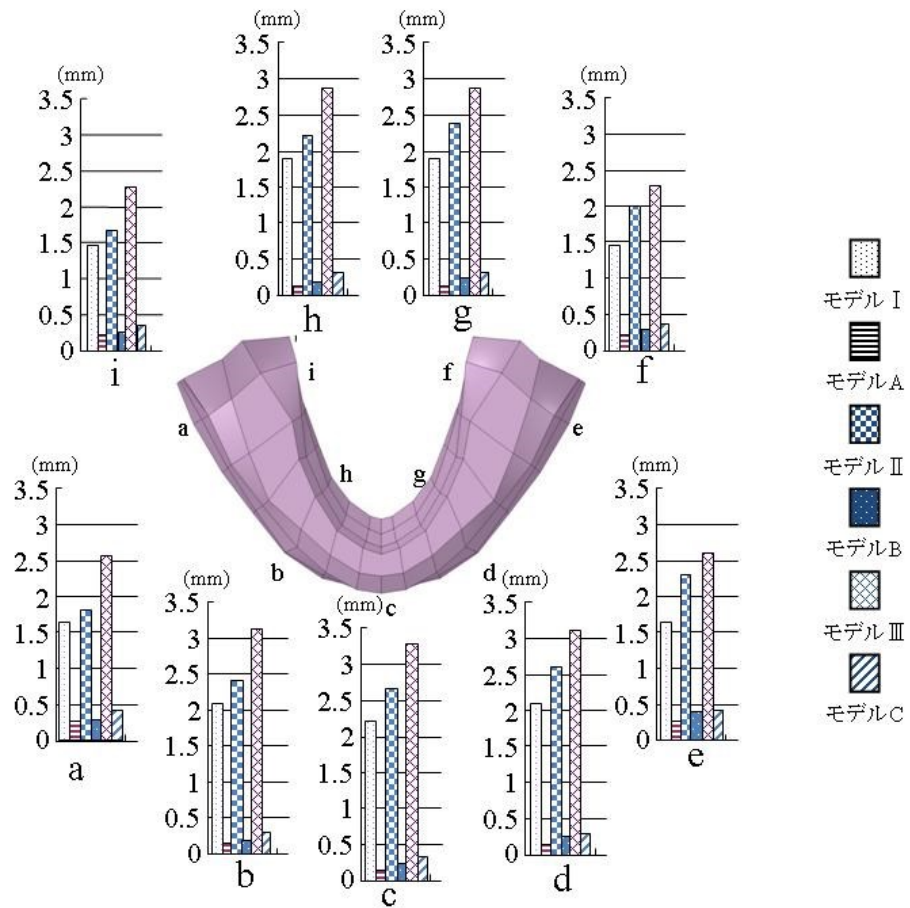


第3図 義歯の変位ベクトル(XZ平面)





第4図 義歯の変位ベクトル(XY平面)



第5図 各計測点における義歯変位量