

コスメティックブラケットの開発

日大生産工(院) ○石渡 佳樹 日大生産工 西 恭一
日大歯学 中嶋 昭 日大生産工 星野 和義

1. 緒言

歯科矯正治療は、歯列の審美性を改善し、不正咬合により生じる健康的被害の予防を目的としている。そのため、現在の歯科矯正治療においては様々な種類の矯正器具が開発されており、それらが歯に矯正力を加えることにより長期間をかけて移動が行われる。したがって、矯正歯科治療においてワイヤーの張力や弾力を歯に伝えるためのブラケットとよばれる器具の審美性も患者にとって重要な問題である。

審美性を考慮した材質としてプラスチックやセラミックスを用いたブラケットが存在するが、長期間治療を行うために磨耗および破壊しやすく、頻繁な交換が必要になることが問題点として挙げられる。したがって、頻繁な交換が必要ないステンレス鋼を用いたメタルブラケットは、矯正器具の強度や歯科医師による操作性の観点から使用が望ましいとされている。また、治療費も安価で世界的に普及しているが、金属反射により審美性に劣る欠点を有する。

そこで本研究では、従来のブラケットに生じる応力および安全率を調べ、得られた結果を元に審美性が向上する新たなメタルブラケット(コスメティックブラケット)の開発を行う。さらに、ブラケットの違いにより生じる歯槽骨および歯根膜への影響を検証し、審美性と治療効率の向上を目的とする。

2. 矯正力測定実験装置概要および実験結果

2. 1 実験装置概要

現在、歯科矯正治療において歯科医の感覚や経験に頼る割合が大きく、歯に与えられる荷重(矯正力)は明らかにされていない¹⁾、そこで、擬似的に治療



Fig.1 実験装置

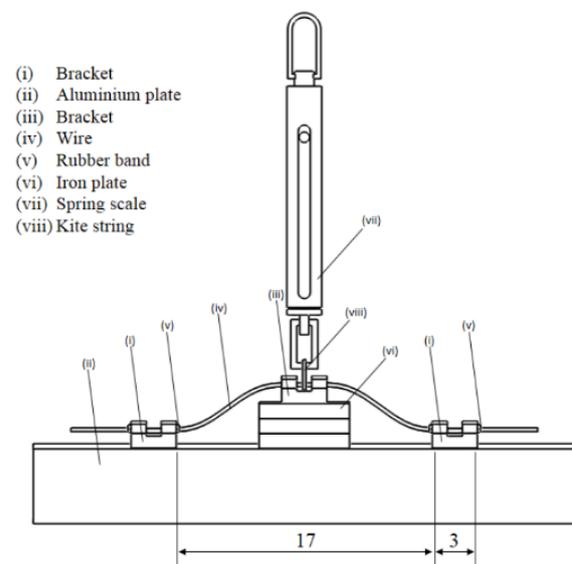


Fig.2 実験装置概要

Development of Cosmetic Orthodontic Brackets

Yoshiki ISHIWATA, Yasukazu NISHI, Akira NAKAJIMA and Kazuyoshi HOSHINO

を再現する実験装置を作成し、矯正力を測定する。

歯科矯正治療に用いるアーチワイヤーの材質は主に Fe-Ni-Cr, Ti-Nb, Ni-Ti の 3 種類を用いるが、歯列の審美性と関わりの大きい中切歯、側切歯および犬歯の治療を行う際には Ni-Ti 製のワイヤーを用いる場合が多い。したがって本実験では直径 0.3[mm], 0.36[mm], 0.41[mm], 0.46[mm]の Ni-Ti ワイヤーを Fig.1 および Fig.2 に示す実験装置を用いて行う。

2. 2 実験結果

実験の結果を Fig.3 に示す。なお、グラフの縦軸は矯正力、横軸はたわみ量を示す。

Fig.3 に示す実験結果より、たわみ量が増加するとともに矯正力が大きくなる。また、矯正力が最大となるのは直径 0.46 [mm]のアーチワイヤーを用いて、たわみ量が 5 [mm]となる場合である。しかし、4~5 [mm]の間に矯正力が減少する理由として、モジュールの伸びによりアーチワイヤーとモジュールの摩擦力が減少し、矯正力が生じにくいという点が考えられる。したがって、本研究では治療可能な最大たわみは 4 [mm]とし、最大矯正力を 2.0 [N] として応力解析等を行う。

3. コスメティックブラケットの開発

3. 1 ブラケットおよび周辺組織のモデル作成

治療時にブラケットおよび歯槽骨周辺組織に生じる応力を求めるため、従来のブラケットの 3D モデルを作成する(Fig.4)。また、歯槽骨周辺組織を簡易的に再現するモデルを Fig.5 に示す²⁾。なお、モデル作成は CAD および CAE 統合ソフトウェアである SolidWorks を用いる。

3. 2 新型ブラケットの提案

本研究において、従来のブラケットを改良し、金属光沢を軽減する目的で開発したコスメティックブラケット(ver.1)³⁾をさらに改良したモデルとして、Fig6⁴⁾(a)に示す新型コスメティックブラケットを

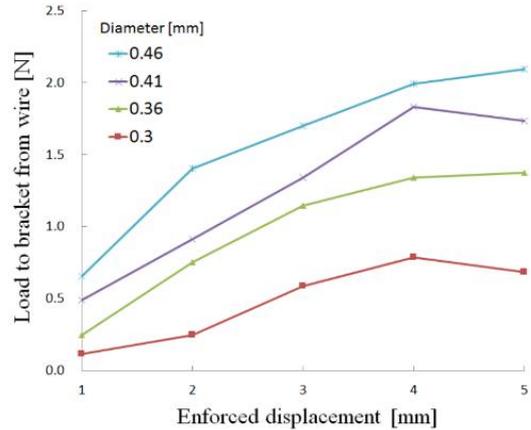


Fig.3 実験結果

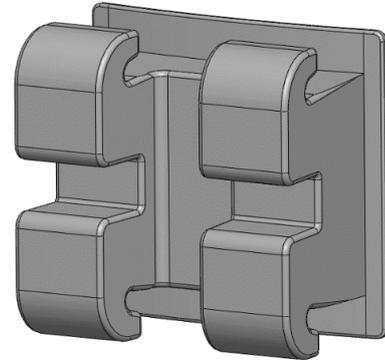


Fig.4 ブラケットの 3D モデル

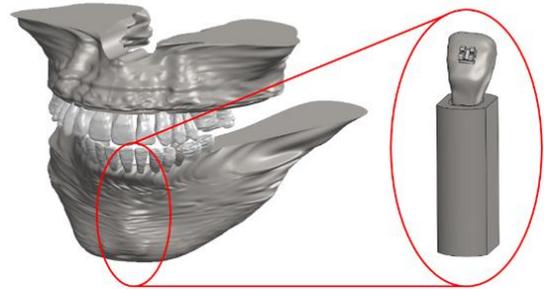
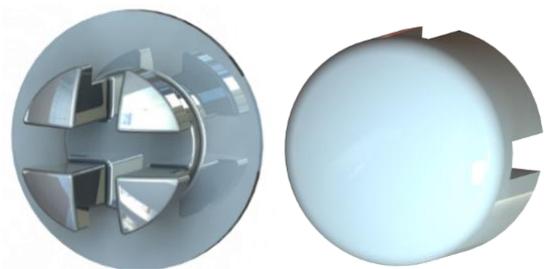


Fig.5 歯槽骨モデル



新型ブラケット(a)

ブラケットカバー(b)

Fig.6 新型ブラケット

提案する。さらに、審美性を向上するため付属のブラケットカバー(Fig6(b))も提案する。これらと従来のブラケットで審美性の比較を行うため、3DCGソフトウェアである Blender を用い、得られた結果を Fig7 に示す。

3. 3 ブラケットおよび歯周辺組織の応力解析

実際の治療を行う際に、従来のステンレスブラケットに生じる応力を、SolidWorks Simulation を用いて解析を行う。また、解析に用いた材料特性を Table.1 に示し⁵⁾、Fig.8 に示すように歯垂直方向に 2.0[N]を与え、背面は全面を完全固定とする。なお、解析に使用するブラケットの材料は SUS304 とする。また、解析によって得られた相当応力および安全率分布を Fig.9 にそれぞれ示す。

本解析により、従来のブラケットに生じる最大応力は 2.5[MPa]となり、最小安全率は 69 となる。したがって本研究では得られた数値を参考に新型ブラケットの提案を行い、同様に構造解析を行う。

従来のブラケットと同様に新型ブラケットの前面垂直方向から 2[N]の荷重を与え、背面を完全固定とし応力解析を行う。得られた最大応力および最小安全率を Fig.10 に示し、最大応力は 3.2[MPa]、最小安全率は 54 となる。したがって最大応力は従来のブラケットと比較し上昇し、安全率は低下する。

新型ブラケットに装着するカバーの溝にワイヤーから外部荷重 2.0[N]が生じると仮定して解析を行い、得られた結果を Fig.11 に示す。結果から、最大応力および最小安全率は 16.6 [MPa] , 10 となる。

3. 4 歯槽骨の応力解析および結果

作成する簡易モデルの歯冠：歯根の比率は、健康上最低限必要であるといわれる 1：1⁶⁾を採用し、モデリングを行う。また、歯槽骨側面および背面を完全固定とし、ブラケット垂直方向から 2.0[N]を与え歯根膜に生じる応力を求める。

応力解析により得られた結果を Fig.12 に示す。また Table.2 に、歯根膜に関する結果を示す。

Table.1 材料特性

材料	ヤング率[MPa]	ポアソン比
歯	1.96×10^4	0.30
歯槽骨	1.37×10^4	0.30
歯根膜	0.666	0.49
ブラケット	2.00×10^5	0.30
カバー(PPS)	9.61×10^3	0.40



Fig.7 CG による比較

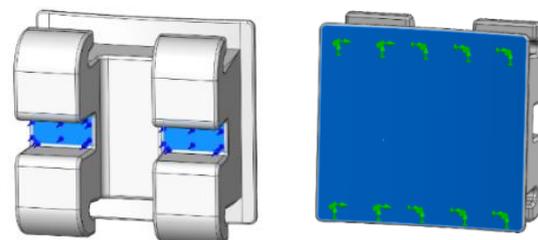
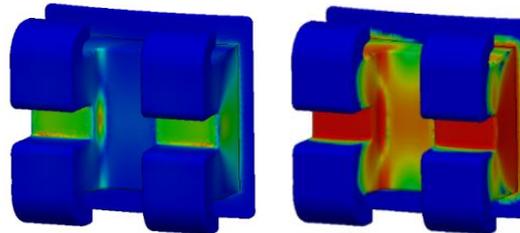


Fig.8 解析条件



相当応力(a) 安全率分布(b)

Fig.9 従来型ブラケットの解析結果

4. 結言

本研究によって提案する新型ブラケットは小型化に伴う審美性の向上のみならず、日常生活および治療に必要な強度を保っていると考えられる。そのため、今後は不意に生じる荷重に対する強度を調べる必要を有する。また、ブラケットの種類により歯根膜に生じる応力の違いや、審美性の比較に関する検証を継続すると同時に、試作による治療の再現および実験を行う。

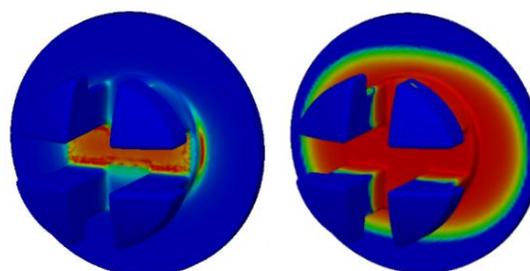
本研究によって求める歯根膜に生じる応力は、ブラケットにより大きな差異が生じないという結果を得られたが、応力が生じる部位の差や、治療効率の向上という観点からさらなる実験および臨床試験が必要と考えられ、今後の課題である。

「参考文献」

- 1)荒川雄一, 西恭一, 中嶋昭他: 矯正歯科治療におけるサポートシステムに関する研究, 日本大学大学院生産工学研究科修士論文, 2013
- 2)川合庸介, 西恭一, 村田守, 中嶋昭他: 歯科矯正治療における歯および歯周辺組織の応力解析, 日本機械工学会九州支部宮崎講演会講演論文集, 118-3(2011), 149-150
- 3)石渡佳樹, 西恭一, 中嶋昭他: 歯科矯正における矯正器具のデザイン, 第46回日本大学生産工学部学術講演会, 2014
- 4)Yasukazu NISHI, Yoshiki SHIWATA, Akira NAKAJIMA, Kazuyoshi HOSHINO, and Noriyoshi SHIMIZU “Development of Cosmetic Orthodontic Bracket and Bracket Cover”, WCCM XI, IACM, 2014
- 5)Akira NAKAJIMA, Mamoru MURATA, Eiji TANAKA, Yoshinori ARAI, Yasumasa FUKASE, Yasukazu NISHI, Glenn SAMESHIMA and Noriyoshi SHIMIZU “Development of Three-dimensional FE Modeling System from the Limited Cone Beam CT Images for Orthodontic Tipping Tooth Movement”, Dental Materials Journal 26(6), 2007, 882-891
- 6)「QDT Art & Practice」クインテッセンス出版株式会社, (2008), p.64

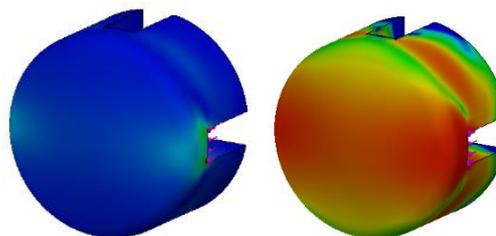
Table.2 PDLにおける解析結果

	従来型	新型
最大応力[MPa]	0.4	0.4
合計応力[MPa]	366	381
最小安全率	2.6	3.1



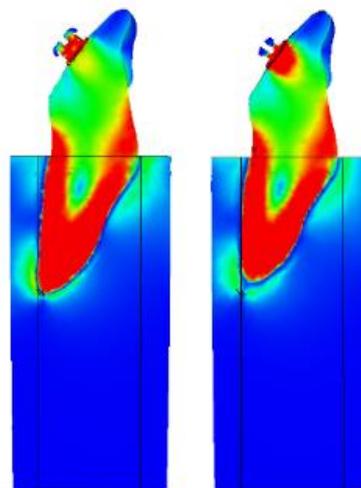
相当応力(a) 安全率分布(b)

Fig.10 新型ブラケットの解析結果



相当応力(a) 安全率分布(b)

Fig.11 ブラケットカバーの解析結果



(a)従来型ブラケット (b)新型ブラケット

Fig.12 歯槽骨断面の相当応力