

Title	キャストクラスプの維持力に及ぼす鉤歯形態の影響
Author(s)	小野, 高裕
Citation	大阪大学, 1987, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/35335
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

小野髙裕 論文 (図·表) 86,5-6





図2 キャストクラスプの形態(側面観)

.



鉤尖部の断面寸法(mm)

 \mathcal{L}

図3 BIOSパターンのカット量と鉤尖部の断面寸法



 \sum_{α}







図6 鉤腕下縁に沿った鉤歯断面







図7 曲げ試料ならびに荷重方向



図8 天然歯型鉤腕と真直型試料の比例限度におけるたわみ

(パターンのカット量 5mm)



図9 天然歯型鉤腕と真直型試料の比例限度におけるたわみ

(アンダーカット量 0.20mm)



図10 天然歯型鉤腕と真直型試料の曲げ剛性

(パターンのカット量 5mm)



 $^{\circ}$

(アンダーカット量 0.20mm)

•



図12 円弧型鉤腕の解析モデル



ℓ:鉤腕長
X:中心角≪なる鉤腕の長さ
h₀,W₀:鉤尖部の断面厚さ,幅
h₀,W₀:鉤腕基部の断面厚さ,幅
h,W:中心角≪なる鉤腕の断面厚さ,幅

図13 鉤腕断面の変化



図14 理論式から得た円弧型鉤腕の曲げ剛性に対する各因子の影響





C1, C2, C3**:OT, OC1, CiT**の各垂直二等分線と鉤歯断面の輪郭の交点

R1:0,C1,T を通る円弧の曲率半径 R2:0,C2,C1を通る円弧の曲率半径 R3:C1,C3,T を通る円弧の曲率半径

図15 鉤腕の弯曲の分析方法



図16 曲げ刚性の実験値と理論値との比較



図17 維持力の実験値と理論値との比較 (u.c.量: 鉤尖部のアンダーカット量)

鉤	趐	鉤腕長	アンダーカット量	パターンのカット量
7	頬側		0 15	, ,
	舌側	1 9	0.15	
_	頬側	13	0.20	0
	舌側		0.25	5
	頬側	1 1		1.0
<u> </u>	舌側	9	0.15	10
E	頬側	1 1	0.20	
0	舌側	9		

表1 キャストクラスプの設計条件

(mm)

パターンの		Or	n m		5mm 10mm							
	鉤尖部		基	部	鉤 刍	に部	基	部	鉤头	心我	基	部
鉤腕長	幅	厚	幅	厚	幅	厚	幅	厚	幅	厚	幅	厚
9			1.16	0.93			1.45	1.16			1.74	1.39
11	0.80	0.64	1.24	0.99	1.00	0.80	1.55	1.24	1.20	0.96	1.86	1.49
13			1.32	1.06			1.65	1.32			1.98	1.58

表2 各鉤腕の断面寸法

(m m)

表3 各鉤歯におけるキャストクラスプの維持力(g)

鉤	鉤菌		7			7]			5]	5		
アンダーン	カット量	0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.25	0.15	0.20	0.15	0.20	
18 49 - 54	Omm	117 (17)	168 (17)	245 (30)	68 (19)	99 (16)	145 (18)	299 (53)	419 (38)	284 (28)	406 (36)	
ハッニッ の カット量	5 mm	242 (22)	352 (36)	472 (39)	133 (6)	202 (18)	282 (16)	568 (63)	804 (47)	506 (43)	727 (43)	
	10 mm	434 (41)	619 (43)	844 (53)	252 (4)	360 (27)	524 (43)	1038 (71)	1447 (63)	909 (70)	1258 (56)	

1

表4 天然歯型鉤腕の比例限度におけるたわみ(パターンのカット量5 mmの場合:mm)

鉤菌	-	<u>/</u>		7]	_5	5	5	
アンダー カット量	頬側	舌側	頬側	舌侧	頬側	舌側	頬側	舌側
0.15 mm	0.24 (0.01)	0.23 (0.01)	0.26 (0.02)	0.29 (0.02)	0.17 (0.01)	0.16 (0.01)	0.19 (0.02)	0.17 (0.01)
0.20 mm	0.24 (0.01)	0.22 (0.02)	0.26 (0.02)	0.29 (0.02)	0.17 (0.02)	0.15 (0.01)	0.18 (0.02)	0.16 (0.02)
0.25 mm	0.25 (0.01)	0.22 (0.02)	0.26 (0.01)	0.30 (0.01)				

表5 天然歯型鉤腕の比例限度におけるたわみ(鉤尖部のアンダーカット量0.20mmの場合:mm)

鉤歯		7	7].			5.	5		
パターンの カット量	頬側	舌側	頬側	舌側	頬側	舌側	頬側	舌側	
Omm	0.27 (0.01)	0.25 (0.02)	0.29 (0.01)	0.33 (0.02)	0.19 (0.02)	0.17 (0.03)	0.20 (0.01)	0.19 (0.02)	
5 m m	0.24 (0.01)	0.22 (0.02)	0.26 (0.02)	0.29 (0.02)	0.17 (0.02)	0.15 (0.01)	0.18 (0.02)	0.16 (0.02)	
10 m m	0.20 (0.02)	0.18 (0.01)	0.24 (0.01)	0.25 (0.01)	0.15 (0.02)	0.13 (0.02)	0.16 (0.01)	0.14 (0.01)	

表6 真直型試料の比例限度におけるたわみ(mm)

長 さ パターンの カット量	9 m m	11 m m	13 m m
Omm	0.26	0.32	0.37
	(0.01)	(0.02)	(0.03)
5 m m	0.21	0.27	0.33
	(0.01)	(0.01)	(0.02)
10 m m	0.19	0.23	0.28
	(0.01)	(0.01)	(0.01)

()内はS.D.

• .

表 7	天然歯型鉤腕の曲げ剛性	(パターンのカッ	ト量5mmの場合:g)

鉤歯	۰ 	7		7	_5		5	
アンダー カット量	頬側	舌側	頬側	舌側	頬側	舌側	頬側	舌側
0.15 mm	614 (22)	789 (90)	538 (17)	435 (15)	1297 (59)	1983 (166)	1322 (36)	1350 (122)
0.20 mm	619 (26)	738 (58)	514 (42)	442 (52)	1314 (141)	2025 (161)	1402 (43)	1302 (150)
0.25 mm	601 (56)	766 (78)	523 (16)	436 (33)				

表8 天然歯型鉤腕の曲げ剛性(鉤尖部のアンダーカット量0.20mmの場合:g)

鉤歯	_7	'	F	ק	_5		5		
パターンの カット量	頬側	舌側	頬側	舌側	頬側	舌側	頬側	舌側	
Omm	326	351	254	217	648	925	718	619	
	(33)	(55)	(24)	(11)	(51)	(41)	(24)	(85)	
5 m m	619	738	514	442	1314	2025	1402	1302	
	(26)	(58) ·	(42)	(52)	(141)	(161)	(43)	(150)	
10 m m	1083	1528	924	787	2457	3886	2580	2449	
	(178)	(57)	(89)	(39)	(231)	(367)	(83)	(203)	

表9 真直型試料の曲げ剛性(g)

長 さ パターンの カット量	9 m m	11 m m	13 m m							
Omm	233	189	147							
	(5)	(18)	(9)							
5 m m	497	412	287							
	(30)	(21)	(18)							
10 m m	897	638	458							
	(34)	(46)	(34)							
L()内はS、D、										

表10 各鉤腕における円弧の曲率半径

鉤	箘	アンダー カット量	R 1	R 2	R 3	鉤	歯	アンダー カット量	R 1	R 2	R 3
	如荷	0.15	5.45	2.93	4.87		415	0.15	3.58	3.19	3.29
	側	0.20	5.38	3.05	4.74		753、 / / 新i	0.20	3.64	3.26	3.43
7		0.25	5.38	3.06	4.68	5	THÌ	0.25			
	#	0.15	4.97	4.27	4.49		Ŧ	0.15	3.01	3.13	2.81
	And	0.20	4.87	4.32	4.68			0.20	3.06	3.06	2.81
	TRY	0.25	4.87	4.26	4.59		IRU	0.25			
	瀬	0.15	6.44	3.82	5.47		±₩ 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	0.15	3.85	5.04	2.88
	75R Andri	0.20	6.73	3.96	5.41		贯	0.20	3.80	4.90	2.88
	Defå	0.25	6.53	4.03	5.52	E	14â	0.25			
	Ŧ	0.15	5.69	3.73	7.46		Ŧ	0.15	3.58	3.62	3.06
	- C3 - And	0.20	5.70	3.59	7.46		百	0.20	3.52	3.50	2.90
	Did	0.25	5.75	3.71	7.38		LH4	0.25			

(mm)

表11 天然歯におけるキャストクラスプの維持力の実験値と理論値の比較(g)

.

	実験値	理論値(R1)	理論値(R₂)	理論値(R ₃)
7	188 (18)	154	242	157
6	137 (20)	131	243	208
5	461 (26)	511	534	557
5	505 (55)	554	571	586

()内はS.D.

۰.

•

小野髙裕論文 (2補) . • .

論文表題

キャストクラスプの維持力に及ぼす鉤歯形態の影響

所属

大阪大学歯学部歯科補綴学第二講座 著者名

小野高裕

緒

言

キャストクラスプは部分床義歯の維持装置 として広く用いられており、義歯の重要な構 成要素の一つである。一般にクラスプは、安 静時においては歯面に対して緊密に接しなが らも歯に力を及ぼさず、義歯に機能力が作用 した時にのみ、その剛性によって維持力、支 持力、把持力を鉤歯に伝達する装置であり、 良好な適合性と適切な機能性が要求される ^{1.2)}。すなわち、クラスプは機能時における 義歯の維持安定をはかるための十分な剛性と、 鉤歯ならびにその周囲組織に対して有害とな る過大な力を及ぼさず、変形や破折を生じな い良好な弾性とを同時に備えていなければな らない。

これまで、鉤腕の力学的性質やクラスプの 維持力に関して多くの研究が行われてきた。 すなわち、鉤腕の力学的性質については、応 力塗料法 ³⁾、光弾性実験法 ^{4~8)}、ストレイン

- 1 -

ゲージ法 10・11)、有限要素法 12~14)などによって、鉤尖部への荷重時における鉤腕の応力 分布に対する鉤腕断面の寸法や形態、テーパ ー度などの影響について分析が行われている。 また、鉤腕の曲げ試験 15~18)や力学的な理論 解析 12)によって、鉤腕の比例限度における たわみと荷重に対する鉤腕断面の寸法や形態、 鉤腕長、弯曲度などの影響について検討され ている。

ー方、クラスプの維持力に関しては、理論 的検討^{19~25})やクラスプの引き抜き試験^{16.} ^{17・26~30})によって、維持力に対する鉤腕断 面の寸法や形態、鉤腕長、アンダーカット量、 使用金属の弾性係数、クラスプの種類、鉤歯 の歯軸方向の曲率半径などの影響について報 告されている。これらの報告は、鉤歯形態を 単純化したモデルにおける各因子の影響につ いて分析検討したものであり、鉤歯として天 然歯を用いた研究^{29・30})もわずかにみられる が、いずれも各因子単独の影響についての報

- 2 -

告にとどまっており、これまでクラスプの維持力に対する鉤歯形態の影響について検討し た報告はほとんどみられない。

実際の臨床において適用されるクラスプの 鉤腕は、鉤歯の種類によってさまざまな弯曲 を呈している。したがって、維持力に対する 鉤歯形態の影響について検討することは、臨 床上重要な課題であると考えられる。また、 鉤腕の力学的性質や維持力に対する鉤腕断面 の寸法やアンダーカット量など製作上の各因 子の影響が、鉤歯の形態によってどのように 変化するかについても不明な点が多く、臨床 においてより正確かつ適切な維持力を有する キャストクラスプを製作するためには、これ ら各因子間の影響についても検討する必要が あると考えられる。

本研究は、これらの点を明らかにするため に、部分床義歯の維持装置として最も多用さ れているエーカースクラスプを用いて、解剖 学的形態の鉤歯における維持力の瀕定ならび

- 3 -

に鉤腕の曲げ試験を行い、鉤腕断面寸法、鉤腕長、鉤尖部のアンダーカット量の影響について検討するとともに、鉤腕の曲げ剛性に対する鉤腕の弯曲の影響について理論的解析を 行い、キャストクラスプの維持力に対する鉤 歯形態の影響について検討を行ったものであ る。

I.キャストクラスプの維持力の測定

本実験では、解剖学的形態の鉤歯における キャストクラスプの維持力に対する鉤腕断面 寸法と鉤尖部のアンダーカット量の影響につ いて検討するとともに、各鉤歯間におけるキ ャストクラスプの維持力についても比較検討 を行った。

- 4 -
1.実験材料ならびに方法

1) 鉤 歯 模 型 の 製 作

解剖学的形態の鉤歯原型には、臨床におい て鉤歯として使用される頻度の高い上下顎第 二大臼歯と第二小臼歯(ともに右側)の4種 類のエポキシ樹脂製歯牙模型(ニッシン社製、 B3-305)を用いた。まず、上下顎第二大臼歯 の近心側ならびに上下顎第二小臼歯の遠心側 の辺縁隆線上に、臨床的通法にしたがってレ スト座を形成したのち、この歯冠部をコバル ト・クロム合金にて複製し、歯軸方向と平行 にレジンプロックに植立して、図1に示す鉤 歯模型を完成した。

2) キャストクラスプの設計ならびに製作

本実験におけるキャストクラスプの設計条件は、図2と表1に示した通りである。

すなわち、鉤尖部の位置はその下縁を基準 とし、その下縁のアンダーカット量を上下顎 第二大臼歯では0.15mm,0.20mm,0.25mmの3種

- 5 -

類、上下顎第二小臼歯では0.15mm,0.20mmの 2種類に設定した。また、鉤腕の走行は、ク ラスプの側面観において、その下縁を鉤尖部 下縁とレスト座下縁を結ぶ直線上に設定した。 この結果、上下顎第二大臼歯の鉤腕長は頬側 腕、舌側腕ともに13mm、上下顎第二小臼歯の 鉤腕長は頬側腕が11mm、舌側腕が9mmとなっ た。

次に、各鉤歯模型において設計した鉤腕下 緑に沿ってステップ状にプロックアウトを行 ったのち、ポリサルファイドラバー印象材 (而至社製、シュールフレックスF)にて印 象し、リン酸塩系埋没材(松風社製、ハイベ スト-D)により複模型を製作し、その複模 型上でワックスパターンの製作を行った。

まず、キャストクラスプ用既製ワックスパ ターン(ビオス社製、ラピッドフレックスー 以下、BIOSパターンと略す)を、以下の条件 にしたがって鉤腕下縁を想定したステップに 沿って注意深く貼付して、鉤腕のワックスパ

- 6 -

ターンを製作した。このBIOSパターンは、良 好な寸法安定性を有していることから^{31,32)}、 図3に示すようにその先端から所定の長さだ けを切捨て、残った部分の先端を鉤尖とする ことによって、鉤腕断面寸法の調節ができる 特長を備えている。本研究においては、先端 から切捨てる部分の長さ(以下、パターンの カット量と略す)として、0mm,5mm,10mmの3 種類を設定し、各鉤歯に対して異なる3種類 の鉤腕断面寸法(表2)を有するキャストク ラスプを製作した。なお、各鉤腕中央部には、 各クラスプの適合性を確認するための半球状 の標点(直径0.5mm) 1 個を付与した。

次に、鉤体、アップライト、鉤脚、レスト は既製ワックスパターン(而至社製、レディ ーキャスティングワックス HR 28)を用いて製 作した。なお、スプルーはレスト上に既製ワ ックスパターン(而至社製、レディーキャス ティングワックス R32)を歯軸方向に植立 し、鋳造後約10mmの長さをレスト側に残して

- 7 -

切断して維持力の測定装置(万能材料試験機)との接続部として利用した。

ついで、ワックスパターンを複模型ととも に同種埋没材にてリングレス埋没を行った。 キャストクラスプの使用金属には、市販のコ バルト・クロム合金(松風社製、スマロイコ バルト)を用い、また鋳造には高周波吸引加 圧鋳造機(松風社製、アルゴンキャスター DX)を使用して、鋳造温度約1350℃にて鋳 造を行った。鋳造後の試料の研磨は、サンド ブラスト処理のみとした。なお、完成したク ラスプを鉤歯に試適し、その前後における標 点間距離の変化量が10μ ■以下を示したクラ スプのみを測定試料とし、試料数は各条件に ついて5個ずつとした。

3)維持力の 測定

維持力の測定は、万能材料試験機(島津製 作所社製、オートグラフS-500)を用いて行 った。まず、歯軸方向が垂直となるようにク ロスヘッド上に固定した鉤歯模型にキャスト

- 8 -

クラスプを適合させた(図 4)。次に、レス ト上のスプルーを、クロスヘッドに設定した 垂直誘導装置の負荷棒の下端に即時重合レジ ンを用いて固定し、垂直上方に引き抜く際の 最大荷重をクラスプの維持力として測定した。 クロスヘッド・スピードは50mm/min.、チャ ート・スピードは250mm/min.、フルスケール はキャストクラスプの維持力の大きさに応じ て2kgあるいは5kgとし、1 個の試料について 5 回測定を行って、その平均値を求めた。

なお、本研究に先立って鉤歯表面の状態と 維持力との関係について検討するために、西 山¹⁸⁾の報告と同様に予備実験を行った結果、 乾燥状態と、鉤歯表面に生理食塩水や唾液を 塗布した状態では、各維持力にほとんど差が 認められなかったことから、本実験において も乾燥した歯面における維持力の測定を行っ た。

- 9 --

2. 実験結果

各鉤歯におけるキャストクラスプの維持力 を測定した結果(図5、表3)、その大きさ は上顎第二小臼歯、下顎第二小臼歯、上顎第 二大臼歯、下顎第二大臼歯の順となり、明ら かに鉤歯の形態による差が認められた。すな わち、第二小臼歯における維持力は第二大臼 歯と比較して、上顎では2.3~2.7倍、下顎で は3.5~4.2倍と大きな値を示した。さらに、 上顎第二大臼歯は、鉤腕長が等しい下顎第二 大臼歯と比較しても、1.6~1.8倍と明らかな 差が認められた。

次に、鉤腕断面寸法(パターンのカット量) の影響については、パターンのカット量を 0 mmから 5 mm、または 0 mmから 10 mmに増加さ せると、維持力は各鉤歯ならびに各アンダー カット量において 1.8~2.1倍と 3.1~3.8倍を 示し、いずれの条件においてもほぼ同様の増 加傾向を示した。

- 10 -

一方、鉤尖部のアンダーカット量の影響に ついては、アンダーカット量を0.15mmから 0.20mm、または0.15mmから0.25mm(上下顎第 二大臼歯のみ)に増加させると、維持力は各 鉤歯ならびに各パターンのカット量において、 約1.5倍と約2.0倍を示し、前述の鉤腕断面寸 法の影響と同様に近似した増加傾向を示した。

3.小 括

4種類の解剖学的形態の鉤歯におけるキャ ストクラスプの維持力を測定した結果、その 維持力に対する鉤腕断面寸法と鉤尖部のアン ダーカット量の影響が認められたが、これら は相互に影響を及ぼさず、各鉤歯においてほ ぼ近似した傾向を示した。

また、これらの条件が一定の場合、各鉤歯 間において、キャストクラスプの維持力に明 らかな差が認められ、鉤歯の形態が維持力に 対して大きく影響を及ぼしていることが示唆

- 11 -

された。

Ⅱ. 鉤腕の曲げ試験

本実験では、キャストクラスプの維持力に対して最も関係の深い鉤腕の力学的性質と鉤歯形態との関係を明らかにするために、各鉤歯模型から得た各鉤腕の曲げ試験を行った。

1.実験材料ならびに方法

1) 鉤 歯 断 面 模 型 の 製 作

まず、鉤尖部のアンダーカット量に応じて ブロックアウトを行った各鉤歯模型を即時重 合レジンにて複製した。次に、複製した各鉤 歯模型の歯冠部を鉤腕の下縁に沿って切断し (図 6)、上下顎第二大臼歯についてはそれ ぞれ 3 種類(アンダーカット量:0.15mm, 0.20mm,0.25mm)、上下顎第二小臼歯につい てはそれぞれ 2 種類(アンダーカット量:

- 12 -

0.15mm,0.20mm)、合計10種類の鉤歯断面模型を製作した。

2) 鉤腕の製作

製作した鉤歯断面模型をキャストクラスプ の製作と同様に印象して埋没材模型を製作し、 頬、舌各側面にそれぞれ所定の長さのBIOSパ ターンを注意深く貼付した。さらに、各鉤腕 基部にはパラフィンワックスによる固定部を 付与して、頬、舌側鉤腕試料のワックスパタ ーンとした。

アンダーカット量が0.20mmの鉤歯断面模型 については、パターンのカット量を0mm, 5mm,10mmとした3種類の鉤腕を製作した。 また、アンダーカット量が0.15mmと0.25mmの 鉤歯断面模型については、パターンのカット 量 5mmの鉤腕を製作した。

埋没、鋳造、研磨などは、すべて前実験と 同条件で行い、各鉤歯の頬側腕ならびに舌側 腕の曲げ試料(以下、天然歯型鉤腕とする) を完成した。

- 13 -

また、弯曲した鉤腕の力学的性質を検討す る場合、この弯曲の影響を知るために、その 対照として、パターンのカット量などを同条 件とした長さ9mm,11mm,13mmの真直型試料を 製作し、比較検討を行った。試料数は、各条 件につき5個ずつとした。

3) 鉤腕の曲げ試験

各天然歯型鉤腕ならびに真直型試料の固定 部を万能材料試験機(インストロン、TT-1113)に固定し、図7に示すように鉤尖部内 面に対して法線方向(外側)に荷重を加えて、 曲げ試験を行った。クロスヘッド・スピード は1 mm/min.、チャート・スピードは100mm/ min.、フルスケールは鉤腕の曲げ剛性に応じ て1kg,2kg,5kgとした。記録された荷重-たわ み曲線より、比例限度におけるたわみと、さ らに0.1mmのたわみに対する荷重、すなわち 鉤腕の曲げ剛性をそれぞれ求めて比較検討を 行った。

- 14 -

2. 実験結果

1) 比例限度におけるたわみ

天然歯型鉤腕ならびに真直型試料の比例限 度におけるたわみを、図8,9ならびに表 4 ~ 6 に示した。

まず、各天然歯型鉤腕における比例限度の たわみは、パターンのカット量が5mmと一定 の場合(図8、表4)、各アンダーカット量 においてほぼ一定の値を示した。しかし、各 鉤歯間において比較すると、上下顎第二大臼 歯の鉤腕では0.22~0.30mmのたわみを示した のに対して、上下顎第二小臼歯の鉤腕では 0.15~0.19mmと明らかに小さなたわみを示し た。また、鉤腕長の等しい各鉤腕間において 比較した場合、上顎第二大臼歯の舌側腕は下 顎第二大臼歯の舌側腕と比較して、0.06~ 0.08mm(21~27%)小さい値を示したが、そ の他の鉤腕間においては、統計的にほとんど 差が認められなかった。

— 15 —

次に、アンダーカット量が0.20mmと一定の 場合(図9、表5)、パターンのカット量を 増加させるにしたがって8種類の各鉤腕にお ける比例限度のたわみは減少し、その減少傾 向は各鉤腕においてほぼ近似した傾向を示し た。すなわち、パターンのカット量を0mmか ら5mm、または0mmから10mmに増加させた場 合、比例限度におけるたわみの減少率は、各 鉤腕において10~14%と20~28%を示し、ほ ぼ一定の減少傾向を示した。

また、各パターンのカット量において、4 種類の各鉤歯間で比較すると、上下顎第二大 臼歯の鉤腕では0.18~0.33mmのたわみを示し たのに対して、上下顎第二小臼歯の鉤腕では 0.13~0.20mmと明らかに小さな値を示した。 また、鉤腕長の等しい各鉤腕間で比較した場 合、上顎第二大臼歯の舌側腕は下顎第二大臼 歯の舌側腕と比較して、0.07~0.08mm(24~ 28%)小さい値を示したが、その他の鉤腕間 においては、統計的にほとんど差が認められ

- 16 -

なかった。

一方、天然歯型鉤腕の比例限度におけるたわみは、同一条件における真直型試料(表6)
と比較すると、いずれも小さな値を示した。
すなわち、鉤腕長13mmの上下顎第二大臼歯の
4種類の鉤腕は、真直型試料と比較して11~
33%小さい値を示し、さらにその他の鉤腕長においても、11mmでは30~41%、9mmでは24
~35%と、有意に小さいたわみを示した。

2) 鉤腕の曲げ剛性

天然歯型鉤腕ならびに真直型試料の曲げ剛 性を、図 10,11ならびに表 7 ~ 9 に示した。

まず、各天然歯型鉤腕における曲げ剛性は、 パターンのカット量が5mmと一定の場合(図 11、表7)、各アンダーカット量の間におい て有意の差は認められなかったが、8種類の 各鉤腕間において明らかな差が認められ、さ らに鉤腕長が等しい鉤腕間においても有意の 差が認められた。すなわち、鉤腕長13mmの上 下顎第二大臼歯の4種類の鉤腕では、上顎第

- 17 --

二大臼歯舌側腕、同・頬側腕、下顎第二大臼 歯頬側腕、同・舌側腕の順に大きな曲げ剛性 を示し、特に舌側腕については上下顎間の差 が大きく、上顎は下顎と比較して1.7~1.8倍 の曲げ剛性を示した。また、鉤腕長11mmの上 下顎第二小臼歯の頬側腕ならびに鉤腕長9mm の舌側腕では、上顎が下顎に対して1.1~1.2 倍と1.5~1.6倍を示し、いずれの鉤腕も上顎 の方が有意に大きな曲げ剛性を示した。

次に、アンダーカット量が0.20mmと一定の 場合(図11、表8)、パターンのカット量を 増加させるにしたがって天然歯型鉤腕の曲げ 剛性は増加したが、その増加傾向は8種類の 各鉤腕においてほぼ近似した傾向を示した。 すなわち、パターンのカット量を0mmから5mm、 または0mmから10mmに増加させた場合、鉤腕 の曲げ剛性は、各鉤腕において2.0~2.2倍と 3.6~4.2倍を示し、ほぼ同様の傾向を示した。

また、各パターンのカット量において、8種類の各鉤腕間で比較すると、前述のパター

— 18 —

ンのカット量を一定にした場合(図10、表7) と同様に、曲げ剛性に明らかな差が認められ、 さらに鉤腕長が等しい鉤腕間においても有意 の差が認められた。

一方、天然歯型鉤腕の曲げ剛性は、同一条 件における真直型試料(表 9)と比較して、 いずれも大きな値を示した。すなわち、鉤腕 長13mmの上下顎第二大臼歯の4種類の鉤腕は、 真直型試料と比較して1.5~3.3倍の曲げ剛性 を示し、さらにその他の鉤腕長においても、 11mmでは3.2~4.0倍、9mmでは2.6~4.3倍と 有意に大きな曲げ剛性を示した。

3.小 括

4種類の解剖学的形態の鉤歯模型から製作 した8種類の天然歯型鉤腕の曲げ試験を行い、 その力学的性質を比較検討した結果、鉤腕の 比例限度におけるたわみならびに鉤腕の曲げ 剛性に対する鉤腕断面寸法の影響が認められ

たが、その影響は各鉤腕においてほぼ近似していた。

また、鉤腕断面寸法と鉤腕長が一定の場合、 鉤腕の形態が異なる鉤歯において、各力学的 性質に明らかな差が認められ、鉤腕の形態が その力学的性質に対して大きく影響を及ぼし ていることが示唆された。

Ⅲ.円弧型鉤腕の曲げ剛性に関する理論解析

本解析では、鉤歯形態に基づく鉤腕の形態 が、その力学的性質に対してどのように影響 するかについて分析検討するため、形態的に 最も単純な弯曲を呈する円弧型鉤腕の解析モ デルを設定し、鉤腕の曲げ剛性に対する円弧 の曲率半径ならびに鉤腕断面寸法、鉤腕長な どの影響について検討を行った。

1.解析方法

本解析に用いた円弧型鉤腕の解析モデルを 図12に示した。すなわち、鉤腕下縁に沿った 鉤歯断面の形態を半径Rの円弧と想定し、鉤 尖部内面に法線方向の荷重Pを与えた場合の 法線方向のたわみるについて、片持ちはりの 原理を用いて解析を行った。通常、曲りはり の場合は主軸と中立軸が一致しないために、 真直はりの理論をそのまま用いることはでき ない。しかし、円弧の曲率半径に対して鉤腕 断面の厚さが比較的小さい場合、真直はりの 原理を用いてもたわみの誤差は数%以下とな り、実用上支障はないものと考えられる 33)。 また、垂直力ならびに剪断力によるたわみは、 曲げモーメントによるたわみと比較して非常 に小さいため、本解析では除外した。

まず、任意の断面に作用する曲げモーメン トMは、

 $M = P R \sin \phi \tag{1}$

— 21 —

で表わされる。

次に、鉤腕の微小部分dSにたくわえられる 内部エネルギーをdUとすると、

$$dU = \frac{M^2}{2 E I} dS$$

I:断面2次モーメント

で表わされる。したがって、中心角θなる鉤 腕にたくわえられる内部エネルギーUは、次 のように表わすことができる。

$$U = \frac{R}{2E} \int_{0}^{\theta} \frac{M^{2}}{I} d\phi$$

そこで、 荷 重 P に 対 す る た わ み *ら* は カ ス ティ リアノの 定 理 に よ り 、

 $\delta = \frac{\partial U}{\partial P} = \frac{R}{E} \int_{0}^{\theta} \frac{M}{I} \frac{\partial N}{\partial P} d\phi \qquad (2)$

で表わされる。ここで、(1)式より、

$$\frac{\partial \mathbf{H}}{\partial \mathbf{P}} = \mathbf{R} \sin \phi$$

となるので、(2)式は、

— 22 —

$$\delta = \frac{R}{E} \int_{0}^{\theta} \frac{PR^{2} \sin^{2} \phi}{I} d\phi$$
$$= \frac{PR^{3}}{E} \int_{0}^{\theta} \frac{\sin^{2} \phi}{I} d\phi \qquad (3)$$

となる。

次に、断面寸法の変化(図13)による断面 2 次モーメントの変化について検討を行った。 本研究で用いたBIOSパターンは、断面形状が 半楕円であり、断面寸法は直線的なテーパー のもとに変化しているため^{31,32)}、任意の断 面における断面 2 次モーメント I は次式で与 えられる。

$$I = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9\pi} \right) wh^3$$
 (4)

ここで、鉤腕断面の厚さhは、

$$h = h_0 + x \tan \phi$$

= $h_0 + \frac{x}{\ell} (h_0 - h_0)$ (5)

であり、一方円弧型鉤腕の鉤腕長ℓとなは、

 $\ell = R \theta$ $\chi = R \phi$

であるから、(5)式は次式のように表わすこ とができる。

$$h = h_0 + \frac{\phi}{\theta} (h_\theta - h_0)$$

•

さらに、鉤尖部の断面2次モーメントをIo とすると、(4)式より、

$$\frac{I}{I_0} = \frac{Wh^3}{W_0 h_0^3} \qquad \therefore I = \frac{Wh^3}{W_0 h_0^3} I_0 \qquad (6)$$

と表わされるが、鉤腕断面は相似形であることから、

.

۰.

$$\frac{W}{h} = \frac{W0}{h0} \qquad \qquad \therefore W = \frac{W0}{h0} h$$

となり、(6)式は次のように表わされる。

$$I = \frac{h^4}{h_0^4} I_0 = \frac{I_0}{h_0^4} \left\{ h_0 + \frac{1}{\theta} (h_\theta - h_0) \phi \right\}^4$$
$$= \left(1 + \frac{1}{\theta} \frac{h_\theta - h_0}{h_0} \phi \right)^4 I_0$$

. ここで、

$$\nu = \frac{h\theta - h_0}{\theta h_0}$$

— 24 —

とおくと、断面2次モーメントIは、

I = I α(1 + ν φ)⁴ と表わすことができる。

したがって、(3)式は次のように表わすこ とができる。

$$\delta = \frac{PR^{3}}{EI_{0}} \int_{0}^{\theta} \frac{\sin^{2}\phi}{(1+\nu\phi)^{4}} d\phi \qquad (7)$$

.....

法線方向のたわみるは、(7)式を数値積分 することによって求めることができるが、原 始関数を求めることは不可能であるため、近 似積分を行うことが必要である。本解析では、 円弧型鉤腕の曲げ剛性に影響を及ぼす因子に ついて検討するために、上記の理論式を用い てる = 0.1mmの場合の荷重 P を求めた。近似 積分はシンプソンの解法にしたがい、計算に はパーソナルコンピュータ(日本電気社製, PC-9801E)を用いた。なお、使用金属(コバ ルト・クロム合金)の弾性係数はメーカー公 表値の2×10⁴kg/mm²を用い、近似解法におけ る分割数は20とした。

- 25 -

2. 解析結果

図14は、前実験で製作したキャストクラス プと同条件の3種類の鉤腕断面寸法と鉤腕長 を有する合計9種類の円弧型鉤腕について、 上記の解析方法にしたがって曲げ剛性の理論 値を求め、各鉤腕における円弧の曲率半径の 影響について比較したものである。

各鉤腕において、円弧の曲率半径を3mmか ら7mmまで0.5mmずつ増加させるにしたがって 鉤腕の曲げ剛性は徐々に減少する傾向を示し た。さらに、その減少率は曲率半径が大きく なるにしたがって小さくなった。すなわち、 曲率半径3mmの場合と比較して、曲率半径5mm の場合の曲げ剛性はその32~39%と著しく減 少したのに対して、曲率半径の大きい7mmの 場合の曲げ剛性は曲率半径5mmの時の59~77 %を示し、前者よりもその減少率は低下した。

また、パターンのカット量を0mm,5mm,10mm と増加させるにしたがって鉤腕の曲げ剛性は

- 26 -

増加したが、その増加傾向は各鉤腕において 近似した傾向を示した。すなわち、パターン のカット量を0mmから5mm、または0mmから10 mmに増加させた場合、鉤腕の曲げ剛性は、各 鉤腕長ならびに各曲率半径において2.0~2.2 倍と3.6~4.1倍を示し、ほぼ一定の増加傾向 を示した。

一方、鉤腕長を9mm,11mm,13mmと増加させ るにしたがって鉤腕の曲げ剛性は減少したが、 その減少傾向は曲率半径が大きくなるにした がって小さくなった。すなわち、鉤腕長を9 mmから11mmに増加させた場合、鉤腕の曲げ剛 性は曲率半径7.0mmの鉤腕においては72~74 %に減少したのに対して、曲率半径3.0mmの 鉤腕においては98~99%とほとんど変化を示 さなかった。さらに、鉤腕長を13mmに増加さ せた場合においてもほぼ同様の傾向を示した。 また、曲率半径が一定の場合、鉤腕長の変化 の曲げ剛性に対する影響は、各パターンのカ ット量においてほぼ近似した傾向を示した。

3.小 括

キャストクラスプの維持力の測定ならびに 鉤腕の曲げ試験の結果より、キャストクラス プの維持力に対する鉤腕の弯曲の影響が示唆 されたことから、円弧型鉤腕の曲げ剛性につ いて材料力学による理論解析を行った結果、 鉤腕の曲げ剛性に対して、円弧の曲率半径が 鉤腕断面寸法、鉤腕長とともに大きな影響を 及ぼしていることが理論的にも明らかとなっ た。

Ⅳ. 鉤歯形態の分析

円弧型鉤腕の理論解析(Ⅲ)によって、円弧の曲率半径が鉤腕の曲げ剛性に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。したがって、本研究で使用した鉤歯の形態、特に鉤腕の弯曲がどのような曲率半径の円弧に近似しているかについて形態分析する必要がある。

そこで、本実験では、鉤腕下縁に沿って切 断した鉤歯断面模型のうちから3カ所の弯曲 部を選び、それぞれを円弧に近似させて各円 弧の曲率半径を求めた。ついで、前解析で得 た理論式から、各円弧の曲率半径における鉤 腕の曲げ剛性の理論値を求め、この値と曲げ 試験(II)で得た実験値との比較検討を行っ た。

1.分析方法

実験(II)で製作した鉤歯断面模型の上面 を水平面として万能投影機(日本光学社製、 V-12)を用いて10倍に拡大し、断面の輪郭を トレースした。次に、トレースした線上にお いて(図15)、鉤腕基部Oと鉤尖部Tを結ぶ 線分の垂直二等分線と断面の輪郭の交点を C1とし、以下同様にC1とOについてはその 中間点をC2、C1とTについてはC3とした。 ついで、O, C1, Tの3点、O, C2, C1

— 29 —

の3点、C1, C3, Tの3点を通る円弧を想 定し、デジタイザ(渡辺測器社製、DT-1000) とパーソナルコンピュータ(日本電気社製、 PC-9801E)を用いて、図15に示したように各 円弧の曲率半径 R1、R2、R3を算出した。

次に、8種類の各鉤腕における円弧の曲率 半径R1、R2、R3と、実験(Ⅱ)で設定し た鉤腕断面寸法、鉤腕長などの条件を前述の 理論式に代入し、鉤腕の曲げ剛性の理論値を 求めた。

2.分析結果

各鉤腕における3種類の円弧の曲率半径 (R1、R2、R3)の測定結果を表10に示した。

まず、各曲率半径の大きさを上下顎第二大 臼歯と上下顎第二小臼歯の間で比較すると、 R1は、第二大臼歯では4.9~6.7mmに分布し たのに対して、第二小臼歯では3.0~3.9mmと

-30 -

明らかに小さな値を示した。また、R2は、 第二大臼歯では2.9~4.3mmに分布したのに対 して、第二小臼歯では3.1~5.0mmと比較的近 似した範囲に分布していた。さらに、R3は、 第二大臼歯では4.5~7.5mmに分布したのに対 して、第二小臼歯では2.8~3.4mmと明らかに 小さな値を示しており、両者において、R3 の分布範囲はR1のそれに比較的近似した傾 向を示した。

次に、各鉤腕における3種類の円弧の曲率 半径の大きさを比較すると、上顎第二大臼歯 頬側腕、下顎第二大臼歯頬側腕のようにR1、 R3、R2の順となるもの、下顎第二小臼歯頬 側腕のようにR2、R1、R3の順となるもの、 下顎第二大臼歯舌側腕のようにR3、R1、 R2の順となるもの、その他の鉤腕のように R1、R2、R3がほぼ等しいものなどさまざ まな傾向がみられた。

以上のように、3種類の曲率半径の大きさ のうちR1とR3については、上下顎第二大日

- 31 -

歯と上下顎第二小臼歯の間で差が認められた が、その大小関係については、鉤歯あるいは 頬舌側の違いによってさまざまな傾向を示し た。また、本研究で設定したアンダーカット 量では、各鉤腕のR1、R2、R3にほとんど 差が認められなかった。

次に、アンダーカット量 0.20mmの各鉤腕を 円弧に近似した場合の鉤腕の曲げ剛性の理論 値と実験(II)で得た鉤腕の曲げ剛性の実験 値との比較を図16に示した。この図からも明 らかなように、R1による理論値は、すべて の鉤腕において実験値とよく近似していた。 一方、R2による理論値については、上顎第 二大臼歯と上下顎第二小臼歯の舌側腕を除い て、実験値との間には明らかな差が認められ た。また、R3による理論値については、上 下顎第二大臼歯の各鉤腕おいて実験値とよく 近似していたが、第二小臼歯の各鉤腕におい ては実験値との間には明らかな差が認められ

- 32 -

3.小 括

以上の結果より、解剖学的形態の鉤歯にお けるキャストクラスプの鉤腕は、各鉤腕の各 測定部位において異なる弯曲を有しているこ とがわかった。その中で鉤腕全体の弯曲を円 弧に近似させた曲率半径R1を利用すること によって、理論解析(Ⅲ)で得た理論式に代 入して求めた鉤腕の曲げ剛性の理論値と、曲 げ試験(Ⅱ)で得た実験値とはよく近似する ことが明らかとなった。

考 察

一般に、クラスプの維持力は、義歯の離脱 力により鉤腕が安静時の位置から咬合面(切 端)側に向かって歯面上を移動し、歯冠の最 大豊隆部を越えて完全に歯面から離脱するま での抵抗力と定義されている^{16,17,26~30}。 また、この間における鉤腕の力学的性質、す

— 33 —

なわち鉤腕に加わる荷重とたわみとの関係は、 クラスプの維持力と密接な関係を有している が、通常この時に生じる鉤腕のたわみは弾性 領域内の挙動でなければならない。

したがって、鉤腕の力学的性質について種 種検討する場合、この性質としては主に鉤腕 の比例限度における荷重とたわみ、さらには 一定量のたわみに対する荷重、すなわち曲げ 剛性が用いられている。この点に関して、 Bates¹⁵)は、断面厚さの異なる鉤腕の比例限 度におけるたわみについて、また西山18)、 山 賀 17) は、 鉤 腕 の 比 例 限 度 に お け る 荷 重 と たわみに対する鉤腕断面寸法、鉤腕長、使用 金属の弾性係数の影響についてそれぞれ実験 的に検討を行っている。さらに、堤ら34)、 野 首 ら 35) は 真 直 型 試 料 に お け る 力 学 的 性 質 について材料力学による理論解析を行い、ノ モグラムによって鉤腕の曲げ剛性を求める方 法を報告している。

一方、クラスプの維持力に関する実験的研

- 34 --

究においては、鉤歯を想定したさまざまな形態の模型におけるクラスプの引き抜き試験が行われている。

まず、鉤歯形態を単純化した模型による研 究として、Firtell²⁸⁾は金属球を鉤歯として エーカースクラスプ、バークラスプなど9種 類のキャストクラスプの維持力について、宝 田 ² 6) は 球 体 な ら び に 回 転 体 を 鉤 歯 と し て ワ イヤークラスプの維持力についてそれぞれ検 討している。また、杉山 27)はボールペアリ ングを鉤歯として、エーカースクラスプにお ける使用可能なアンダーカット量と義歯の維 持安定に必要な維持力の関係について、さら に西山18)はI・バークラスプにおいて、ま た山賀17)はエーカースクラスプにおいて、 それぞれ樽状回転体を鉤歯として鉤腕断面寸 法、鉤腕長、アンダーカット量などが各クラ スプの維持力にどのように影響を及ぼしてい るかについて検討している。

一方、鉤歯に天然歯を用いた研究としては、

— 35 —

河上²⁹)はエーカースクラスプの維持力に対 する鉤腕長と鉤尖部の位置の影響について検 討し、また松田³⁰)は各種金属によるエーカ ースクラスプの繰り返し引き抜き試験を行い、 維持力に対する使用金属の弾性係数の影響に ついて検討している。

以上のように、鉤腕の力学的性質やクラス プの維持力に影響を及ぼすと考えられるさま ざまな因子のなかで、鉤腕断面寸法、鉤腕長、 アンダーカット量、使用金属の弾性係数など 製作上の因子の影響については明らかにされ てきたが、解剖学的形態におけるこれら因子 の影響、さらには鉤歯の形態、特に鉤腕の弯 曲の影響についてはいまだ不明な点が残され ている。一方、実際の臨床においてキャスト クラスプが適用される鉤歯はさまざまな形態 を有していることから、鉤腕の曲げ剛性やク ラスプの維持力を考慮に入れた合理的なキャ ストクラスプを製作するためには、鉤歯の形 態が曲げ剛性や維持力に対してどのように影

— 36 — .

響するかについて検討し、明らかにする必要がある。

そこで、本研究は、鉤腕の曲げ剛性や維持 力に対する鉤歯形態、鉤腕断面寸法、鉤腕長、 アンダーカット量の影響を明らかにするため に、解剖学的形態の鉤歯を用いて鉤腕の曲げ 試験とクラスプの維持力に関する実験を行っ た。さらに、鉤腕の曲げ剛性に対する鉤腕の 弯曲、鉤腕断面寸法、鉤腕長の影響について 検討するために、模型分析ならびに円弧型鉤 腕の理論解析を行った。以上の実験ならびに 解析から得られた結果をもとに、鉤腕の曲げ 剛性ならびにキャストクラスプの維持力に対 する鉤歯形態の影響について、さらに鉤腕断 面寸法、鉤腕長、アンダーカット量の影響が 鉤歯形態によってどのように変化するかにつ いて考察を行う。

— 37 —

1.研究方法について

1) 鉤歯模型

本研究においては、解剖学的形態の鉤歯に おけるキャストクラスプの維持力を測定する ために、市販のエポキシ歯牙模型の中で解剖 学的に最も標準的な形態を選択し、これを原 型とする鉤歯模型を製作した。

鉤歯の種類については、遠藤³⁶⁾、尾花ら ³⁷⁾、久保田ら³⁸⁾、佐藤ら³⁹⁾、McArthur⁴⁰⁾、 石井ら⁴¹⁾によって報告されているように、 実際の臨床において口腔内に長く残存し、し かも維持歯として利用される頻度が高いこと などを参考にして、上下顎第二大臼歯と第二 小臼歯の4種類を選択した。

鉤歯模型の製作に際しては、歯牙模型の歯 冠部をコバルト・クロム合金にて複製し、そ の表面を通法にしたがって研磨した。

2)キャストクラスプの種類と設計 現在臨床で一般的に用いられているキャス

— 38 —

トクラスプは環状タイプとバー・タイプに大 別される。大阪大学歯学部附属病院第二補綴 科一診において、過去3年間に製作された部 分床義歯405症例の維持装置に関する石井ら ⁴¹⁾の報告によれば、861個のキャストクラス プのうち環状タイプは約72%を占め、このう ちエーカースクラスプならびに双子鉤(合計 596個)は環状タイプの約96%、キャストク ラスプ全体の約69%と、間接維持、直接維持 を問わず高い頻度を示したことから、本研究 におけるキャストクラスプの種類としては、 環状タイプのエーカースクラスプを選択した。

キャストクラスプの維持力に影響を及ぼす 因子としては、前述のように鉤腕断面の寸法 ならびに形態、鉤腕長、アンダーカット量な ど製作上の因子のほかに、鉤歯の形態的因子 が考えられる。この因子は、鉤腕の走行に沿 った歯面の弯曲と鉤尖部付近における歯軸方 向の歯面の弯曲の2種類に分けることができ る。このうち後者について、山質17)は、歯

— 39 —

軸方向の曲率半径を小さくすると維持力はわ ずかに増加したと報告している。一方、前者 は鉤腕の弯曲として表わされ、その力学的性 質や維持力に対して影響を及ぼすものと考え られるが、この点についての研究報告はみら れない。そこで、本研究では、鉤腕の弯曲が 鉤腕の曲げ剛性や維持力に対してどのように 影響するかについて、実験的にも理論的にも その解析が可能なように、鉤腕の走行はクラ スプの側面観において、その下縁を鉤尖部下 縁とレスト座下縁とを結ぶ直線上に設定した (図2)。

一方、使用する金属によって、その力学的 性質、特に比例限度におけるたわみが異なる ことから、一般臨床において鉤尖部のアンダ ーカット量を設定する場合、各金属に応じて 変化するが、常にそのたわみより小さい値に する必要があるといわれている⁴²⁾。この点 に関しては、単純な曲げ試験^{15~18)}や、繰り 返し曲げによる疲労試験^{43~45)}などによる研

- 40 --
究が種々行われており、使用金属に加えて、 鉤腕断面の寸法や鉤腕長なども比例限度にお けるたわみに大きく影響すると報告されてい る。そこで、本研究においてコバルト・クロ ム合金を用いたキャストクラスプのアンダー カット量としては、これらの研究結果を参考 にして鉤腕長の比較的長い上下顎第二大臼歯 では0.15mm,0.20mm,0.25mmの3種類を、また 比例限度におけるたわみがやや小さくなると 思われる鉤腕長の比較的短い上下顎第二小臼 歯では、0.15mm,0.20mmの2種類をそれぞれ 設定した。

3)キャストクラスプの製作方法

鉤腕のワックスパターンとして使用した BIOSパターンについて、野首⁴⁶は材料力学 による鉤腕の曲げ剛性の理論解析から独自の チャートを製作し、真直型試料による理論的 な曲げ剛性と各症例におけるアンダーカット 量や鉤歯の歯軸方向の形態などを考慮した係 数などを用いることによって、同パターンの

- 41 -

カット量とキャストクラスプの維持力との関 係を知る簡便な方法を発表している。しかも 鉤腕の曲げ剛性やキャストクラスプの維持力 を検討する上で、所定の曲げ剛性や維持力が 得られる一定のテーパー度を有するワックス パターンは、欠くことのできない材料である と述べている。

そこで、著者らは^{31,32)}、本研究に先立っ てBIOSパターンの寸法安定性について検討し、 断面の幅と厚さが良好な寸法安定性を有して おり、その先端から一定の比率で増加してい ること、また鋳造による寸法変化も小さく鉤 腕の力学的性質にほとんど影響を与えないこ とを明らかにした。したがって、実際の臨床 において、パターンの先端から所定の長さを 切捨てることによって、残った部分の先端を 鉤尖とする鉤腕の断面の幅と厚さを適確に知 ることができる同パターンは合理的なキャス トクラスプの設計製作に適したものであるこ とが認められた。

- 42 -

一方、鉤腕の曲げ剛性ならびにキャストク ラスプの維持力に対する使用金属の影響につ いては、実験的ならびに理論的にも検討され ており、これらの数値はいずれも実際に使用 する金属の弾性係数とは比例関係にあると報 告されている^{30・4 6)}。本研究におけるキャス トクラスプならびに鉤腕試料の金属は、金属 床ならびにクラスプの材料として一般に広く 用いられているコバルト・クロム合金を選択 したが、特に鉤腕の曲げ剛性やキャストクラ スプの維持力の理論解析においては、使用金 属の弾性係数を因子として考察しており、得 られた結果は他の金属に対しても汎用できる ものと考えられる。

次に、キャストクラスプにおける良好な適 合性は、その維持力を検討する研究において 欠くことのできない条件である。この点に関 して、本研究においては、野首⁴⁷⁾、山田ら ⁴⁸⁾の報告に基づき、埋没材模型の膨張率を 調節した上で、各鋳造体の両腕に付与した標

- 43 -

点間の距離を測定し、適合性の確認を行った。 また、鋳造体の研磨については、川畑⁴⁹⁾、 野首ら⁵⁰⁾の報告に基づき、極力変形を生じ させないようにサンドプラストにおける噴射 時の圧力、時間、方向などの条件を参考に行 った。

4) 研究項目

本研究において、鉤腕を片持ちはりとして 行った曲げ試験は、クラスプの維持力を検討 する際の力学的挙動全体を表わしているとは いえないが、鉤腕の力学的性質を表わすパラ メータとして、特に比例限度におけるたわみ や曲げ剛性について検討するためには最も有 効な方法である^{13,15~18,34,35})。前者は、 特に義歯の着脱に際して鉤腕を変形させない ために最大限利用可能なアンダーカット量を 知る上で重要であり、また後者はクラスプの 維持力をあらかじめ推定する際に必要な資料 である⁴⁶⁾。したがって、臨床においてクラ スプの維持力を決定する場合、義歯の維持安

- 44 -

定に対して十分であると同時に、鉤歯に対し て有害とならない範囲にその大きさを設定し なければならないが、適切な維持力の大きさ の基準やその測定方法についてはいまだ十分 に確立されているとはいえない。

一方、クラスプの維持力に関する理論解析 は、これまで多くの研究者によって行われて いる^{6.16.17.19~26)}。これらの研究において は、鉤腕が片持ちはりとして扱われており、 特に西山¹⁶⁾と山賀¹⁷⁾は、I・バークラスプ とエーカースクラスプにおいて、各鉤腕の曲 げ剛性と歯面において鉤腕に作用する力のつ りあいから求めた維持力の理論値と実験値と がよく近似していたと報告している。したが って、維持力と鉤腕の曲げに対する力学的性 質とはきわめて密接な関係にあることが考え られる。

従来の報告においては、円弧型鉤腕を用い たキャストクラスプの理論解析に際して、鉤 腕断面寸法の変化を指数関数に近似させて扱

— 45 —

っている25)。しかし、臨床において、この 指数関数的な断面寸法の変化を有する解析結 果をキャストクラスプの製作に適用すること は困難である。しかも、ある一定の鉤腕長に おける解析結果の妥当性は確認されているも のの、各種鉤歯形態において、臨床では種々 の鉤腕長のクラスプが必要であることから、 鉤腕長の変化に対しても汎用の可能な解析法 でなければならない。したがって、鉤腕の力 学的性質やクラスプの維持力に関する実験的 ならびに理論的な研究を行う上で、この指数 関数的な断面寸法を与えた近似解法は十分で あるとはいえない。そこで、本研究において は、 実 際 の 臨 床 に お い て 入 手 可 能 で 、 良 好 な 寸法安定性を有する^{31,32})BIOSパターンをモ デルとして、その断面寸法の直線的な変化が 断面2次モーメントにどのように影響するか について、円弧型鉤腕の理論解析を行った。 また、従来の理論解析は、その解析モデル

が円環等非常に単純な形態にとどまっており、

- 46 -

臨床上汎用性に乏しいものと考えられる。実 際の鉤歯形態が維持力に及ぼす影響を考慮し たものとしては、宝田 28)が 天然歯における 歯軸方向の歯面の弯曲を分析し、ワイヤーク - ラスプの維持力に対する影響を検討している にすぎず、特に鉤腕の弯曲について分析検討 した研究はみられない。鉤腕の弯曲は、鉤歯 形態によって異なり、さらに鉤腕の各部にお いて変化している。そこで、本研究において は、円弧型鉤腕の解析結果を解剖学的形態の 鉤歯に応用するために、鉤腕全体、鉤腕基部 側 1/2の 部 分 、 鉤 尖 部 側 1/2の 部 分 の 3 種 類 の 弯曲をそれぞれ円弧に近似させ、各部の曲率 半径を求めた。さらに、各曲率半径を理論解 析(Ⅲ)で得た理論式にその他の条件ととも に代入し計算することによって、鉤腕の曲げ 剛性の理論値を算出した。これにより、鉤腕 のいずれの部分の弯曲が実際の曲げ剛性によ く対応するかについて検討した。

2. 実験結果について

キャストクラスプの維持力に影響を及ぼす と考えられる多くの因子の中で、クラスプの 製作上任意に設定し得る代表的な因子として 鉤腕断面寸法とアンダーカット量があげられ る。実験(I)の結果から考察すると、これ らの因子の維持力に対する影響は、各鉤歯に おいてそれぞれ近似した傾向を示し、さらに 互いに独立した影響であることが認められた。

次に、各鉤歯間において維持力を比較した 場合、その維持力は鉤歯の種類によって大き く異なり、さらに鉤腕断面寸法、アンダーカ ット量、鉤腕長がともに一定の場合において も、維持力に明らかな差が認められ、鉤歯形 態が維持力に対して大きく影響していること が示唆された。

エーカースクラスプの維持力に影響を及ぼ すと考えられる鉤歯の形態的因子としては、 前述したように鉤腕の弯曲と鉤尖部付近にお

- 48 -

ける歯軸方向の歯面の弯曲があげられる。山 賀¹⁷⁾は、鉤歯を想定した樽状回転体におい て、歯軸方向の曲率半径を10mmから7.5mm、 または (0 mmから5 mmに減少させると、維持 力はわずかに3~7%と10~16%増加したと 報告している。本研究で用いた鉤歯模型の鉤 尖部付近における歯軸方向の曲率半径を測定 したところ、上下顎第二大臼歯では約10mm、 上顎第二小臼歯では約7.5mm、下顎第二小臼 歯では約5mmであった。したがって、本研究 において得られた鉤歯形態のちがいによる維 持力の著明な差に対しては、歯軸方向の曲率 半径よりも鉤腕の弯曲が大きく影響している ものと考えられる。

次に、クラスプの維持力ときわめて密接な 関係を有する鉤腕の曲げに対する力学的性質 が、鉤歯形態によってどのように影響される かを検討するために、前実験(Ⅰ)と同一の 鉤歯形態を用いて製作した鉤腕の曲げ試験 (Ⅱ)を行った。その結果から、特に鉤腕の

- 49 -

比例限度におけるたわみと鉤腕の曲げ剛性について考察する。

まず、弯曲した天然歯型鉤腕における比例 限度におけるたわみは、真直型試料と比較し て明らかに小さな値を示し、しかも鉤腕の弯 曲が異なる鉤歯の種類によっても、そのたわ みに差が認められた。すなわち、本研究のよ うにコバルト・クロム合金を使用した場合、 その比例限度におけるたわみは、上顎第二大 臼歯では0.18~0.27mm、下顎第二大臼歯では 0.24~0.33mm、さらに上顎第二小臼歯では 0.13~0.19mm、下顎第二小臼歯では0.14~ 0.20mmを示しており、鉤腕断面寸法や鉤腕長 のみならず、鉤腕の弯曲によっても影響を受 けることが示された。

この点について、野首ら¹²⁾、山賀ら¹³⁾、 堤ら¹⁴⁾は、有限要素法による応力解析にお いて、真直型鉤腕では比較的均一な応力分布 を示したのに対して、円弧型鉤腕においては 鉤尖部側約1/3の付近に高い応力が認められ

- 50 -

ており、このことに起因してその差が生じた ものと述べている。したがって、キャストク ラスプの設計において利用可能なアンダーカ ット量を設定する場合、従来基準として用い られた真直型試料よりも、弯曲した天然歯型 鉤腕の比例限度におけるたわみを基準とする 必要のあることが明らかとなった。

一方、天然歯型鉤腕の曲げ剛性に対する鉤腕断面寸法の影響は、各鉤歯における8種類の鉤腕において近似した傾向を示した。また、鉤腕断面寸法と鉤腕長を一定とした場合、8種類の各鉤腕間において曲げ剛性に明らかな差が認められた。これらの結果は、実験(I)における維持力に対する各因子の影響と一致しており、このことは解剖学的形態の鉤歯におけるキャストクラスプの維持力と鉤腕の曲げ剛性とは密接な関係にあることを示し、さらにその両者に対して鉤歯形態が同様に大きな影響を及ぼしていることを示唆している。

- 51 -

いては、曲げ剛性に対する鉤腕長の影響は真 直型試料と比較して小さいと報告しているこ とから、実験(I)と(II)で認められた鉤 歯形態の違いによる維持力や鉤腕の曲げ剛性 の差は、主として鉤腕の弯曲の影響によるも のであると考えられる。

したがって、より正確な鉤腕の曲げ剛性や キャストクラスプの維持力を求めるためには、 鉤腕断面寸法、鉤腕長、アンダーカット量な どとともに鉤腕の弯曲の影響も考慮する必要 性が示唆された。

次に、これらの因子の相互の関係をより詳 細に検討するために、最も単純な弯曲である 円弧型鉤腕を想定して、材料力学による理論 解析(皿)を行った結果から、その曲げ剛性 に対する鉤腕断面寸法、鉤腕長、円弧の曲率 半径の影響について考察を行う。

円弧型鉤腕の理論解析の結果(図14)、曲 げ剛性に対する鉤腕断面寸法の影響は各鉤腕 長や各円弧の曲率半径において近似した傾向

— 52 —

を示し、この点については、実験(II)にお ける曲げ試験の結果と一致していた。また、 曲げ剛性に対する鉤腕長の影響は円弧の曲率 半径が減少するにしたがって小さくなる傾向 を示し、鉤腕の弯曲の大きさによって曲げ剛 性に対する鉤腕長の影響が異なることが理論 的に明らかとなった。

一方、鉤腕長やパターンのカット量を一定 にした場合、図14からも明らかなように円弧 の曲率半径は曲げ剛性に対して明らかに影響 を及ぼしていることがわかる。このことは、 実験(II)において、弯曲が比較的大きい上 下顎第二大臼歯と比較的小さい上下顎第二小 臼歯の鉤腕の曲げ剛性に大きな差が認められ たことを裏付けており、鉤歯の形態的因子と しての円弧の曲率半径は、鉤腕断面寸法と同 様に曲げ剛性に対して重要な因子であること が示唆された。さらに、曲率半径の変化によ る曲げ剛性の変化率は、曲率半径が小さくな るにしたがって増加する傾向が認められた。

- 53 -

このことは、曲率半径が比較的小さい小臼歯 においては、その曲率半径のわずかな変動に よって鉤腕の曲げ剛性が大きく変化すること を示唆している。

次に、本研究で使用した天然歯型鉤腕の弯 曲を形態分析し、各計測部位における曲率半 径を、曲げ剛性に関する理論式に代入して得 た理論値と曲げ試験(Ⅱ)で得た実験値を比 較検討した結果から、各計測部位の曲率半径 の影響について考察する。

理論解析においては、その解析を可能にす るために、天然歯型鉤腕の弯曲を単純な円弧 に想定して検討を行ったが、そこで得られた 理論式を実際の解剖学的形態の鉤歯に応用す るために、まず、鉤腕下縁に沿った各部の弯 曲を分析した結果(表10)、各鉤歯において、 その測定部位間で著しい相違が認められた。

ー方、各アンダーカット量における鉤腕の 弯曲は8種類の鉤腕においてほぼー定してお り、これは曲げ試験(Ⅱ)において、鉤腕の

- 54 -

比例限度におけるたわみと鉤腕の曲げ剛性は、 アンダーカット量に関係なくほぼ一定であっ たことを裏付けている。

次に、理論解析(Ⅲ)によって得た理論式 に各鉤腕の3種類の曲率半径(R1、R2、 R3)ならびに鉤尖部の断面寸法、鉤腕長な どの条件を代入して求めた曲げ剛性の理論値 と曲げ試験(Ⅱ)で得た実験値と比較した結 果、R1による理論値は実験値とよく近似し ていた。すなわち、鉤腕全体の弯曲から求め た円弧の曲率半径が鉤腕の曲げ剛性に対して 大きく影響を及ぼしており、これを理論式に 代入して計算することによって、より正確な 鉤腕の曲げ剛性を予測し得ることが示唆され た。

また、上下顎第二大臼歯において、R 1と 比較的近似していたR 3による各理論値はと もに実験値とよく近似していたが、両者と比 較して小さな値を示したR 2による理論値は 実験値との間に明らかな差が認められた。こ

— 55 —

の点に関して、堤ら¹⁴⁾は下顎第一大臼歯に おけるキャストクラスプを想定した2次元有 限要素モデルにおいて応力解析を行った結果、 鉤尖部側約1/3付近により高い応力が認めら れたと述べていることから、大臼歯における 鉤腕の曲げ剛性は、鉤腕基部側(R₂)より も鉤尖部側の弯曲(R₃)にやや大きく影響 を受けたものと考えられる。

一方、上下顎第二小臼歯においては、理論 解析(Ⅲ)でも明らかなように各部の曲率半 径の値が3~4mmと小さいため、各部の曲率半 径の間におけるわずかな差によっても曲げ剛 性が大きく影響を受けることから、R1とR2 がほぼ等しい舌側腕を除いて、R2、R3によ る理論値と実験値の間に明らかな差が認めら れたものと考えられる。

そこで、山賀¹⁷⁾が報告したエーカースク ラスプの維持力を求める理論式に、曲げ剛性 の理論値(皿)を利用して得たキャストクラ スプの維持力(理論値)と、実験(I)で得

- 56 -

た実験値とを比較検討した。その結果は図17 に示したとおり、維持力に関しても、曲げ剛 性と同様に4種類の鉤歯において、鉤腕全体 の曲率半径R1を用いて得た理論値は実験値 とよく近似していた。

.

したがって、鉤腕全体の弯曲を円弧に近似 させた場合の曲率半径は、鉤腕の曲げ剛性と キャストクラスプの維持力に対して重要な影 響を及ぼす因子であり、これを、鉤腕断面寸 法、鉤腕長、材料の弾性係数などの各因子と ともに理論解析(Ⅲ)で得た理論式

$$\delta = \frac{PR^3}{EI_0} \int_0^\theta \frac{\sin^2 \phi}{(1+\nu \phi)^4} d\phi$$

に代入することによって、きわめて近似した 鉤腕の曲げ剛性が得られ、さらにこの曲げ剛 性を利用して所定のキャストクラスプの維持 力の理論値をより正確に求め得ることが明ら かとなった。

そこで、本研究で選択した解剖学的形態の

鉤歯模型による解析方法が実際の天然歯にお いても適用可能かどうかを検討するために、 齲蝕や磨耗がなく、形態的にもほぼ標準と思 われる抜去歯を4種類(二、可、5、5)、3)選 択し、本研究で用いた方法と同様にキャスト クラスプ(パターンのカット量:0mm、アン ダーカット量:0.20mm)をコバルト・クロム 合金にて製作し、それぞれの鉤歯における維 持力を測定するとともに、各鉤腕の弯曲を分 析し、本研究で得た方法に基づいて求めた維 持力の理論値との比較を行った。その結果、 表11に示したとおり、全歯において各鉤腕全 体の弯曲を表わす円弧の曲率半径R」による 理論値が実験値とよく近似していることが認 められた。したがって、本研究で得られた曲 げ剛性や維持力を求める解析方法は、各天然 歯においても十分適用できることが確認され た。すなわち、実際の臨床において利用され る鉤歯形態は、天然歯自体の持つばらつきや、 歯冠修復などによってさらに変化しており、

- 58 ---

このような変化に富んだ鉤歯形態に対しても、 所定のキャストクラスプの維持力をより正確 に求めることが可能となった。

以上のことから、鉤歯の形態、特に鉤腕の 弯曲がその曲げ剛性ならびにキャストクラス プの維持力に対して大きく影響を及ぼし、鉤 腕断面寸法、鉤尖部のアンダーカット量、鉤 腕長などとともに重要な因子であることが判 明した。また、鉤腕断面寸法やアンダーカッ ト量の影響は鉤腕の弯曲によってほとんど変 化しないが、鉤腕長の影響は鉤腕の弯曲によ って明らかに変化することが認められた。さ らに、鉤腕全体の弯曲を表わす円弧の曲率半 径による曲げ剛性ならびに維持力の各理論値 は、同一条件における各実験値とよく近似し ており、本研究における理論解析法は、臨床 上きわめて有用であることが示唆された。

— 59 —

総括ならびに結論

キャストクラスプの維持力に対する鉤歯形 態の影響について明らかにするために、上下 顎第二大臼歯と第二小臼歯の4種類の鉤歯に エーカースクラスプを用いて、これら鉤歯形 態がクラスプの維持力にどのように影響を及 ぼすか、さらにクラスプの製作上任意に設定 し得る代表的な因子である鉤腕断面寸法とア ンダーカット量の維持力に対する影響が、鉤 歯形態によってどのように変化するかについ て、実験的ならびに理論的に検討を行った結 果、以下のような結論を得た。

1.4種類の解剖学的形態の鉤歯における キャストクラスプの維持力を測定した結果、 鉤腕断面寸法とアンダーカット量の維持力に 対する影響は、各鉤歯において近似した傾向 を示した。また、鉤腕断面寸法とアンダーカ ット量をともに一定とした場合、各鉤歯間に おいて維持力に明らかな差が認められた。

- 60 -

2.8種類の天然歯型鉤腕において曲げ試験を行い、鉤腕の比例限度におけるたわみと 曲げ剛性について検討した結果、鉤腕断面寸 法の影響は、各鉤腕において近似した傾向を 示した。また、鉤腕断面寸法と鉤腕長をとも に一定とした場合、各鉤腕間においてその力 学的性質に明らかな差が認められた。

3. 材料力学による円弧型鉤腕の理論解析 を行った結果、曲率半径を増加させると鉤腕 の曲げ剛性は減少し、その減少率は徐々に小 さくなる傾向を示した。また、鉤腕断面寸法 の影響は曲率半径と鉤腕長に関係なく一定の 傾向を示したが、鉤腕長の影響は曲率半径に よって変化する傾向を示した。

4.各鉤腕について、その鉤腕全体、鉤腕 基部側1/2、鉤尖部側1/2の各部における形態 分析を行い、それぞれの弯曲を円弧に近似さ せた結果、鉤腕の各部分において円弧の曲率 半径は異なり、また各鉤歯間においても差が 認められた。

- 61 -

5. 各鉤腕において近似させた3種類の円 弧の曲率半径を、理論解析で求めた鉤腕の曲 げ剛性の理論式に代入して、その理論値を求 め実験値と比較した結果、実験に使用した8 種類の鉤腕において、各鉤腕全体の弯曲を表 わす円弧の曲率半径による理論値は実験値と よく近似した。

6.曲げ剛性の理論値を用いて求めたキャ ストクラスプの維持力の理論値は、曲げ剛性 の場合と同様に実験値とよく近似した。

以上の結果より、鉤歯形態に基づく鉤腕の 弯曲は、鉤腕の曲げ剛性とキャストクラスプ の維持力に大きな影響を及ぼしていることが 明らかとなり、これらに対して重要な因子の 一つであることが判明した。また、鉤腕全体 の弯曲を円弧に近似させた場合の曲率半径を 本研究で得た理論式に代入して求めた曲げ剛 性と維持力の理論値は、これらの実験値とよ く対応していることから、鉤腕断面寸法、ア ンダーカット量、使用金属の弾性係数など、

- 62 -

従来から既知である因子に加えて鉤歯の形態 的因子を考慮することによって、鉤腕の曲げ 剛性とキャストクラスプの維持力をより正確 に求め得ることが示唆された。

稿を終えるにあたり、終始懇篤なる御指導 と御鞭撻を賜りました大阪大学歯学部歯科補 綴学第二講座奥野善彦教授、野首孝祠助教授 に深甚なる謝意を表します。また、本研究に 際して、終始御理解、御協力を頂きました同 学歯科補綴学第二講座の教室員の皆様に厚く 御礼申し上げます。 The Influence of Morphological Factor of Abutments on the Retentive Force of Cast Clasps

Takahiro ONO

The Second Department of Prosthetic Dentistry Osaka University Faculty of Dentistry 1-8, Yamadaoka Suita Osaka, 565, Japan

key words: cast clasp, retentive force, bending rigidity, morphological factor of abutments, theoretical analysis

Cast clasps are one of the most common retainers for removable partial dentures. From the past study, it has been considered that the retentive forces of clasps are closely influenced by the dynamical properties of clasp arms, and the effects of several factors on these retentive forces and dynamical properties, such as cross-sectional dimension, shape, length and tapering ratio of clasp arm, amount of undercut, alloy's elastic coefficient, and so on, have come to be known in fabrication of cast clasps. But little information explaining the influence of the shape of natural abutments on the retentive force of cast clasps can be found.

The purpose of this study is to investigate the morphological factor of abutments on the bending rigidity of clasp arms and the retentive force of Akers clasps.

- 64 -

Akers clasps were applied to four abutments of upper and lower second molars and second premolars. Measurements of the retentive force of cast clasps and a bending test of clasp arms were performed. Theoretical analysis of load and deflection of circular type clasp arms and morphological analysis of eight clasp arms designed on four abutments were done to investigate the influence of curvature of clasp arms on the bending rigidity with the use of theoretical equation.

The following results were obtained.

1) The effects of cross-sectional dimensions of clasp tips and amounts of undercut on retentive force of cast clasps were not affected by kinds of abutments. The retentive forces, however, were clearly different among four abutments, even though two factors on cast clasps were the same.

2) The effect of cross-sectional dimensions of clasp tips on the dynamical properties of clasp arm was not affected by kinds of abutments. But the deflections at the proportional limit and bending rigidities of clasp arms were clearly different among eight clasp arms, even though cross-sectional dimension and length of clasp arm were the same.
 3) The effect of radius curvature, cross-sectional dimension and length of clasp arm on bending rigidity were made clear by the theoretical analysis.
 4) There was difference of the radius curvature among eight clasp arms. It was found that the

theoretical value of bending rigidity of clasp arms calculated with the use of the radius curvature obtained from the whole of clasp arm was similar to the experimental value of clasp arms made by the same conditions.

These results indicate that consideration should be done on the morphological factor of abutments, particularly on the curvature of clasp arms for reasonable designing of cast clasps.

参考文献

1) 奥野善彦、野首孝祠(1978): クラスプ・

ワークにおける理論と実際(1).歯科技工,

6,241~252, 昭和53.

- 2)奥野善彦、野首孝祠、山賀 保(1983): クラスプ・ワークの現状と展望(I).日歯 評論,486,85~95,昭和58.
- 3) 宝田 勇(1963):応力塗料のクラスプに対 する応用、歯科学報, 63,629~633,昭和38.
- 4)The J.M.Ney Company(1959): Planned Partials. 84~88,The J.M.Ney company, Conn.
- 5)宮内孝雄、久保田英雄、関根 弘、安藤義夫(1959):クラスプの光弾性実験(第1報). 歯科学報,59,1243~1244,昭和34.

6) 村松篤良、安達和子 (1962) : 切り口を有す る変断面円環の曲げ (cast clasp 設計へ

の一寄与), 歯理工誌, 3,51~55,昭和37. 7)村松篤良、安達和子(1963): Cast Claspの

光 弾 性 的 応 力 解 析 . 歯 材 研 報 , 2,484~490, 昭 和 38.

- 8)奥野善彦(1968):鋳造鉤の形態に関する力学的研究.阪大歯学誌,13,341~352,昭和43.
- 9) Morris, H.F., Farah, J.W., Craig, R.G. and Hood, J.A.A. (1976) : Stress distribution within circumferential clasp arms. J. Oral Rehabil., 3, 387~ 394.
- 10)関根 弘、田島 篤治、柳川 浩、高梨 恒一、宮下恒太、竹井正章(1963):義歯の 力学的研究・(第7報)クラスプの力学的 考察(その1)・補綴誌,7,83~88,昭和 38.
- 11)関根 弘、田島 篤治、柳川 浩、高梨 恒一、竹井正章、山田洋文、溝上隆男(196
 3):義歯の力学的研究.(第8報)クラス プの力学的考察(その2).補綴誌,7,

169~175,昭和38.

12)野首孝祠、堤 定美、山賀 保、奥野善

— 68 —

彦(1976): クラスプの力学的研究.

(第1報)有限要素法の適用性・補綴誌,
 19,611~617,昭和51.

13)山賀 保、堤 定美、野首孝祠、奥野善
 彦(1976):クラスプの力学的研究。

(第2報)鉤腕の外形・寸法について、補綴誌, 19,618~626,昭和51.

- 14)堤 定美、野首孝祠、山賀 保、奥野善彦(1976):コンピューターによるクラスプの力学解析・日歯評論,403,75~83,昭和51.
- 15)Bates, J.F. (1963) : Retention of cobalt -chromium partial dentures. Dent.

Practit., 14, 168~171.

- 16)西山 暲(1976):鋳造鉤の維持力に関する実験的研究. gingivally approaching clasp(I bar type)について . 補綴誌, 20.43~62,昭和51.
- 17)山賀 保(1979): 鋳造鉤に関する力学的
 研究. 鉤腕の力学的性質ならびに維持力

に影響する因子について - . 補綴誌, 23, 271~287,昭和54.

18) Johnson, D.L., Stratton, R.J. and

Duncanson, Jr., M.G. (1983) : The effect of single plane curvature on halfround cast clasps. J.Dent.Res.,62,833 ~ 836.

- 19)河邊清治(1970):線鉤.9版,38~41,日
 本歯科評論社,東京,昭和45.
- 20) 三浦維四(1956):クラスプの力学的理論。 口病誌, 23,179~180,昭和31.
- 21)野口八九重(1957):成形せるクラスプの
 - 弾力について. 歯科学報, 57,302~303,昭 和 32.
- 22)Warr, J.A. (1959) : An analysis of clasp design of partial denture. Physics Med. and Biol., 3, 212~232.

23)Warr, J.A. (1961) : Numerical system of clasp design. J.Prosthet.Dent., 11, 1105 ~ 1111.



24) 福井彰一(1960): クラスプの力学的解析.

歯材研報, 2,161~173,昭和35. 25)宮入裕夫、村松篤良(1969): クラスプの

変形と強度. (第4報)水平加重をうける 鉤尖間距離をもたない変断面クラスプ. 歯 理工誌, 10,1~6, 昭和44.

26) 宝田 勇(1964): クラスプの維持力に関

する研究・歯科学報, 64,148~172,昭和39. 27) 杉山伸顕(1964):鋳造鉤の維持力に関す

る研究. 歯学, 52,97~114,昭和39. 28)Firtell,D.N.(1968): Effect of clasp

design upon retention of removable

partial dentures. J.Prosthet.Dent.,20, $43 \sim 52$.

29)河上正人(1969): クラスプの維持につい

て. 口病誌, 36,165~181,昭和44. 30)松田浩一(1975):クラスプ用金属材料の 機械的性質に関する研究. (第2報)鋳造 クラスプの維持と弾性的性質について。口

病誌, 42,22~41,昭和50.

- 71 -

31)小野高裕、野首孝祠、奥野善彦(1984):

キャストクラスプのワックスパターンに関

する研究.(第1報)断面寸法およびテー

パー度について. 補綴誌, 28,137,昭和59.

32) 野首孝祠、小野高裕、奥野善彦(1986):

既製ワックスパターンによるキャストクラ

スプの寸法安定性. 歯科技工, 14,840~ 846,昭和61.

33)S.Timoshenko(1957): Strength of

materials. チモシェンコ 材料力学 上巻

(鵜戸口英善、国尾 武訳).367~377,

東京図書,東京,昭和32.

34)堤 定美、竹内正敏、野首孝祠、山賀 保、井田一夫、山賀礼一(1976):各種断面 形状を有する漸縮真直クラスプの変位と応 力を求めるノモグラム、歯材器誌, 33,152 ~158,昭和51.

35)Nokubi,T., Yamaga,T., Okuno,Y.,

Takeuchi, M., Tsutsumi, S., Ida, K. and Yamaga, R. (1977) : Nomograms for

- 72 -

determining deflections and stresses

in tapering clasps.J.Osaka Univ.Dent. Sch.,17,43~53.

- 36)遠藤泰生(1977):少数残存歯症例に対する部分床義歯の予後に関する臨床的研究.
 補綴誌,21,127~141,昭和52.
- 37)尾花甚一、楊箸明朗、小暮穀仁、岡信哲 也、高山 修、神吉ゆかり、杉本真理、天 日雄二、小岸和澄、宮田孝義(1982):部分 床義歯症例の統計的観察(第1報).鶴見 歯学, 8,329~333,昭和57.

38)久保田佳孝、平田正憲、新妻靖仁、平井 克明、宇田川源衛、木村倫子、熊沢智子、 松本敏彦、池田 直(1983):遊離端義歯症 例における欠損形態と欠損歯数に関する統 計的観察。-特にKennedy分類Class I, のしののよう、日本日時利益、0422

Class II について - . 日大口腔科学, 9,432 ~ 438,昭和58.

39)佐藤恵子、高山 修、天日雄二、池谷完 治、高山 昌、神吉ゆかり、楊箸明朗、宮 田孝義、尾花甚一(1984):総合診断室来院 患者の統計的観察. -特に歯の欠損を有す る患者についてー.鶴見歯学, 10,285~ 290,昭和59.

40)McArthur,D.R.(1986) : Canines as removable partial denture abutments. Part 1:Tooth rank and canine incidence. J.Prosthet.Dent.,56,197~199.

41)石井和雄、伊堂寺茂、大谷隆之、中平良基、箕浦正孝、小野高裕、岡田正俊、真喜志彰彦、前田芳信、野首孝祠、奥野善彦
(1986):有床義歯臨床実習症例の設計に関する検討-維持装置の選択について-・第33回大阪大学歯学会総会講演抄録集,6,昭和61.

42) 平沼謙二、服部正巳、金沢俊文、栗本清勝、佐藤志貴、長谷川幸洋(1977):鋳造鉤に与えるアンダーカット量について一変位を加えた場合の永久変形量の推移より-・日歯評論,415,41~45,昭和52.

- 74 -

43)服部正巳(1976):鋳造鉤における永久変

形量の推移について. 補綴誌, 20,672~ 688,昭和51.

44)高間龍彦(1980):鋳造鉤の鉤腕断面形態
に関する研究・補綴誌,24,716~734,昭和
55.

45)Morris, H.F., Asgar, K. and Tillitson, E.

(1981) : Stress-relaxation testing.

Part I : A new approach to the testing of removable partial denture alloys,

wrought wires and clasp behavior. J.

Prosthet.Dent. 46,131 \sim 141.

46)野首孝祠、奥野善彦(1986): 合理的なキ

ャストクラスプを製作する必要性とその方

法 . 歯科技工, 14,831~839,昭和61.

47)野首孝祠(1975):鋳造鉤の製作過程にお

ける寸法変化とその適合性について. 補綴誌, 18,363~381,昭和50.

48)山田隆司、奥野善彦、野首孝祠、西山 暄、

山賀 保(1977): コバルト・クロム鋳造鉤

の適合性に関する研究. 補綴誌, 21,246~253,昭和52.

49) 川畑直嗣(1981): コバルト・クロム合金 鋳造体におけるサンドブラストについて、 阪大歯学誌, 26,148~167,昭和56.

50)野首孝祠、川畑直嗣、山田隆司、奥野善

彦(1978):コバルト・クロム合金鋳造体の表面あらさに関する研究・補綴誌,22,777~789,昭和53.
脚注

大阪大学歯学部歯科補綴学第二講座 (主任:奥野善彦教授)

本論文の要旨は、第75回日本補綴歯科学会 学術大会(昭和61年6月、大阪)において発 表した。