

平成26年度採択
戦略的基盤技術高度化・連携支援事業
戦略的基盤技術高度化支援事業

「新規歯科医療用装置製作を可能にする金属・樹脂等異種材料の高精度
立体融合システムの開発」

研究開発成果等報告書

平成29年5月

担当局 四国経済産業局
補助事業者 公益財団法人とくしま産業振興機構

目 次

第1章 研究開発の概要	p.3
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	p.3
1-2 研究体制	p.5
(研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)	
1-3 成果概要	p.6
1-4 当該研究開発の連絡窓口	p.9
 第2章 本論	 p.10
 第3章 全体総括	 p.29
3-1 事業化展開について	p.29
3-2 事業化に向けた遂行方法ならびに今後のスケジュール	p.30
3-3 知的財産、对外発表等	p.30
3-4 謝辞	p.30

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

研究開発の背景

歯科医療で用いるクラウンや入れ歯などの歯科修復物は、歯科技工士の手で、1つずつ丁寧に作られた患者個人専用のオーダーメイド製品である。近年、歯科用 CAD/CAM システムの開発が進み、歯科修復物のデザイン、加工の効率化が進められている。クラウンやブリッジなどは、金属や樹脂、陶材など単一の原料で作製することが多い。そのため、これらの歯科修復物については、削り出し加工で高精度な修復物作製が可能となり、その汎用化が進んでいる。また、レーザーシントリングのように金属粉末を溶着積層化する新しい修復物加工方法も実用化が進められている。

しかし床義歯（入れ歯）のように、金属や樹脂、セラミックスなどの複合部材からなる歯科医療用装置を CAD/CAM システムで自動製作するのは依然、困難である。この理由として、歯科医療用装置は口腔内での装着、使用にあたり非常に高い精度を要求されるが、複合部材組立における高精度の位置合わせ、融合・一体化が困難であることが挙げられる。現況として、床義歯製作用 CAD/CAM システムの開発も進められてはいるが、単一部材の積層タイプであり、複合部材製作用 CAD/CAM 製品として上市されているものはない。現在、義歯製作は作製時における顎顔面の印象採得や顎関係の計測、試適など、患者の来院回数が4から5回、1つの義歯製作には日数にして平均30日ほどかかるのが一般的である。しかし、この間、患者は不適合な義歯の装着を余儀なくされることから、短期間の義歯製作を可能にするシステムの構築は喫緊の課題となっている。この実現にあたり、上記問題を解決し、CAD/CAM をベースにした新しい全自動義歯製作装置の開発は有望である。

研究目的

そこで、本研究では、3次元モニターシステムによる高精細な部材位置合わせ技術、部材の新規融合技術の構築により、入れ歯製作に適した複合部材の高精度な自動融合システムの開発を目指した。具体的には、三次元レーザースキャナ、ステレオカメラを用いた高精度な三次元位置合わせシステムの構築、また、超音波接合技術などを用いた、複合部材の新規融合システム構築を行う。これら技術をあらかじめ自動切削システムで製作した床部、人工歯部、メタルフレーム部材に応用し、高精度な複合部材の融合、一体化を可能に

するシステム（装置）開発を目的とした。

研究の具体的な目標

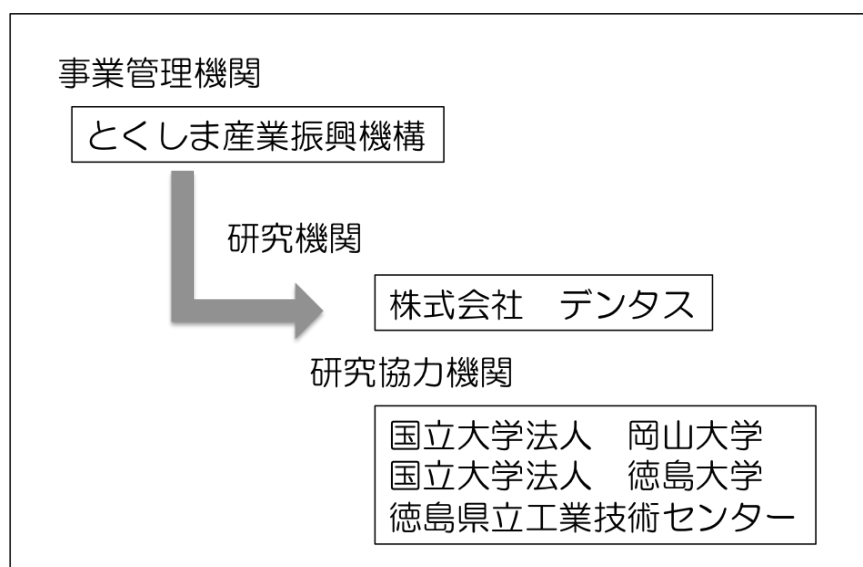
本研究開発では、自動切削システムによりあらかじめ製作した入れ歯用人工歯部材およびレジン床部材とを簡便かつ精度よく融合できるシステムの構築を目的とする。この構築における大きな課題は、①。 複数部材の新規融合技術の開発、②。 複数部材を三次元的に高精度で位置合わせできる技術の開発である。この課題解決にあたり、本研究では超音波振動、電磁誘導を用いた局所融合ならびに、ヒートガンを用いた局所加熱による融合技術の構築、および三次元レーザースキャナ、ステレオカメラを用いた高精細位置合わせシステムの構築を行う。本研究開発における高精度とは 2-30 μm 以下を指す。これは現在のオーダーメイドでの歯科医療用装置製作における理想的な精度を基準としている。また、位置合わせに要する時間についてはスキャナによる計測、ソフトウェア上での処理について 10 分以内、さらに新規融合システムによる複数部材の一体化に要する時間について、5 分以内で行えることを目指す。

研究、開発の意義

このシステムの確立は、義歯製作期間の大幅な短縮に寄与し、製作コストの低下、医療費削減につながる。また、このシステムの確立は、技工士数減少にともなう日本製義歯の供給を担保するシステムとしても重要である。さらに、義歯を必要とする患者のニーズに早期に対応でき、早く食事をしたいと願っている患者にとって、大きな恩恵となる。さらに来院の困難な患者の来院数を減らし、在宅医療の推進にも繋がる。

1-2 研究体制

① 研究開発組織



② 研究員

	備考
株式会社 デンタス	PL
島 文男 (取締役社長)	
田中裕也 (開発担当)	
佐野昇志 (開発担当)	
萩原大輔 (開発担当)	
国立大学法人 岡山大学	
松本卓也 (教授)	SL
岡田正弘 (准教授)	
国立大学法人 徳島大学	
三輪昌史 (准教授)	
浮田浩行 (講師)	
徳島県立工業技術センター	
松原敏夫 (主任研究員)	
池田博行 (主任研究員)	

1-3 成果概要

本開発を進めるにあたり、以下のように担当を分け、各機関連携しながら研究開発を進めることとした。

[1] 複合部材の新規融合技術の開発

[1-1] 超音波振動装置の最適化 (デンタス、徳島大学、工業技術センター)

超音波振動装置での異種部材融合を試み、その最適条件を検討する

[1-2] 人工歯根部と床部の融着メカニズム・条件の検討 (デンタス、徳島大学)

上記方法を用いて異種部材を融合する際の局所温度分布、局所温度変化について計測し、最適化の一助とする

[1-3] 融合に適した人工歯根部形状のデザイン (デンタス、岡山大学、工業技術センター)

融合に適した結合部形状デザインの提案ならびに最適化を行う。また、振動装置を使用せずに融合できる新規融合方法についても検討する

[1-4] 融合部材の物性評価 (岡山大学、工業技術センター)

種々の融合方法により融合した部材について、その融合力の定量を行う。また、シミュレーションによる予測を行い、デザインならびに材料開発にフィードバックする

[2] 三次元部材計測システムの構築 (徳島大学)

位置合わせに適した融合部材デザインを可能にするソフトウェアを開発する

[3] 部材融合をデザインするソフトウェアの開発 (徳島大学)

計測データをもとに上部、下部の適切な位置合わせを可能にするソフトウェアを開発する

[4] ロボットアームおよび傾斜ステージによる複合部材融合システムの構築 (デンタス、徳島大学)

ロボットアーム、超音波ステージの動作制御による融合システムを構築する。また、その評価を行う

また、これら研究を進めた結果、以下のような成果を得ることとなった。

[1] 複合部材の新規融合技術の開発

[1-1] 超音波振動装置の最適化 (デンタス、徳島大学、工業技術センター)

超音波振動装置での融着を試み、その最適条件を検討した結果、以下のことが示された。

- ・当初、超音波加熱により金属での融合は達成されたが、ジルコニアでは融合が達成できなかった。

- ・低 Tg レジンを介在させることで金属-レジンの融合時間の短縮、ジルコニア-レジン融合が可能となった。

- ・金属-レジンの融合時間は10秒以内、ジルコニア-レジンの融合で20秒以内を達成した。

- ・40kHz、120w の振動条件で十分な効果が得られているので、この値を基準に

実際の装置製作をする。

- より高出力の装置を使用することで、早期の融合も期待できる。

[1-2] 人工歯根部と床部の融着メカニズム・条件の検討 (デンタス、徳島大学)

- 超音波振動装置での融着時における、人工歯底面の温度変化を経時的に計測した。
- 金属の場合、39.64k ヘルツ、80 秒で 200℃、ジルコニアの場合、39.64k ヘルツ、45 秒で 200℃に到達した。
- 色温度分布についても確認したところ、人工歯の材質による温度上昇・分布に違いがみられた。
- 加振の状態による温度分布について、時間空間変化の詳細検討が必要である。
- 上記結果をもとに加振条件の最適化を図る必要がある。
- 人工歯を適切に加振するためには、陰型を用いた適切な加振が必要と考えられた。
-

[1-3] 融合に適した人工歯根部形状のデザイン (デンタス、岡山大学、工業技術センター)

- 歯根部形状としての凸型、床部は凹型にすることとした。
- できるだけ接触面積を高めるため、歯列弓にそった土手型形状を採用することとした。
- 電磁誘導加熱による加熱、融合を検討し、金属材料を用いた場合の有効性を確認した。
- 各種結合形状をデザインし、物理的結合評価を行い、この方法の有効性を確認した。
-

[1-4] 融合部材の物性評価 (岡山大学、工業技術センター)

- 低 Tg 部材を合成、細胞安全性を確認できた。
- 低 Tg 部材を使用することで強固な結合を達成できた。
- 有限要素シミュレーションを通して、スリット形状を利用した融合力の強化を予測できた。
- サンドブラスト処理、スリット形状導入により融合力の強化を確認した。
- スリット形状の導入ならびに低 Tg 部材の使用により一般的な義歯の臼歯部よりも高い結合力を達成した。
-

[2] 三次元部材計測システムの構築 (徳島大学)

- ・ 3D マーカー、2D マーカーおよび3D ステレオカメラを用いることで、位置を計算、精度を高めることができ、結果的に三次元位置合わせを達成した。

- ・ 実際の融合にあたり、人工歯部、床部それぞれに対応した2つのステレオカメラシステムを組み込む必要性を確認した。

- ・

[3]部材融合をデザインするソフトウェアの開発 （徳島大学）

- ・ 人工歯部および床部の形状に応じた「陰型」の形状データを自動的に作成するソフトウェアを開発した。

- ・ 実際に本ソフトウェアにて作成した形状データから、陰型形状を加工し、装置に使用であることを確認した。

- ・ マーカーの形状や装置との接触面が今後変更になっても、陰型加工前形状のデータをあらかじめ作成しておくことで対応可能であることも確認した。

- ・

[4]ロボットアームおよび傾斜ステージによる複合部材融合システムの構築 （デンタス、徳島大学）

- ・ ロボットアーム、超音波ステージの動作制御による融合システムを構築し、その稼働を確認した。

- ・ この装置を用いた、実際の義歯製作に成功した。

1－4 当該研究開発の連絡窓口

株式会社 デンタス

TEL: 088-657-3115

FAX: 088-657-3121

田中裕也（開発担当）

mail : yuya.tanaka@dentas.jp

萩原大輔（開発担当）

mail : d.hagihara@dentas.jp

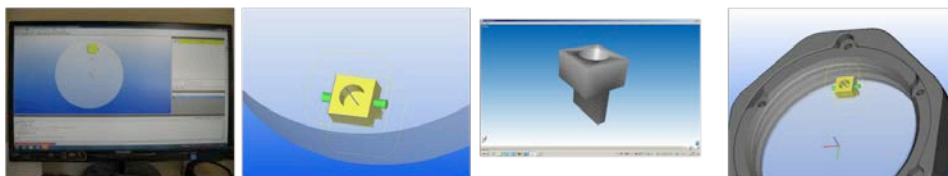
第2章 本論

本章では実際に行った実験について、より詳細な結果も含め報告する。

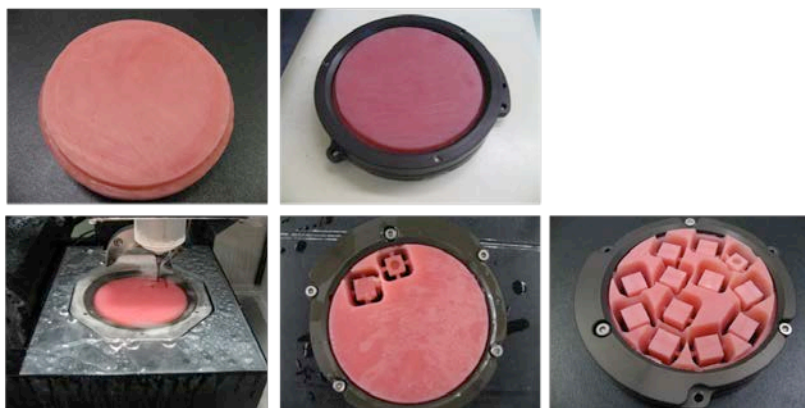
[1] 複合部材の新規融合技術の開発

[1-1] 超音波振動装置の最適化（デンタス、徳島大学、工業技術センター）

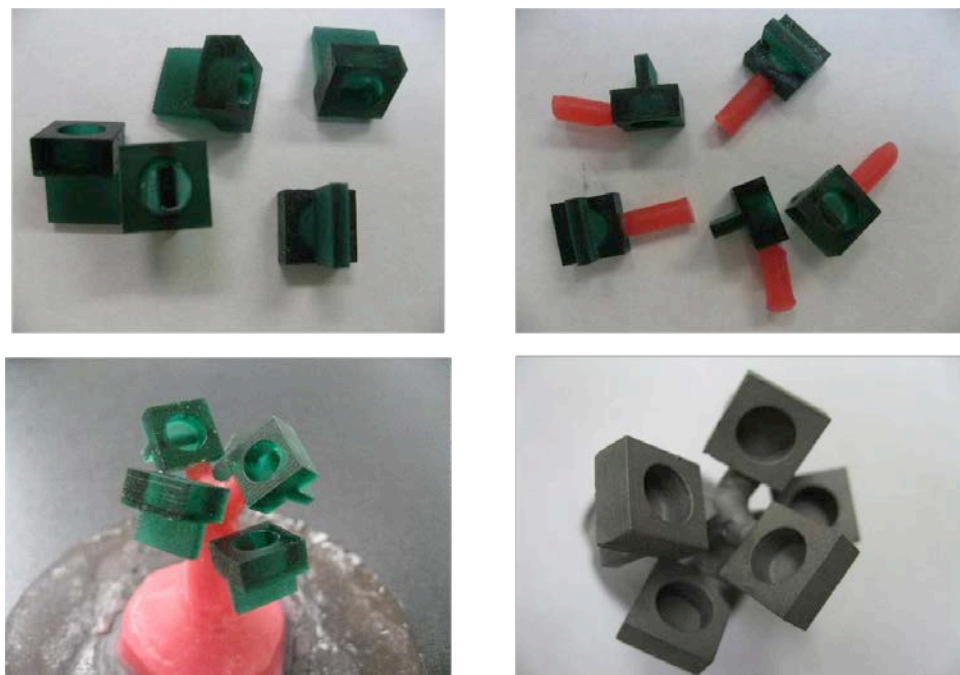
融合用試料の作製



試験片デザインの打ち合わせ→CADソフト上でのデザイン化



CAMを用いたレジン試料の削り出し



Co-Cr 用試料作製

使用した装置

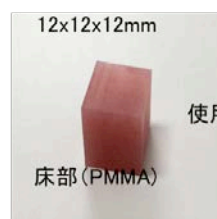
超音波ウェルダの準備



超音波ウェルダ (Sonac-150)



試料片の作製 上部 10x10x6 mm
下駄部 10x5x1.8 mm



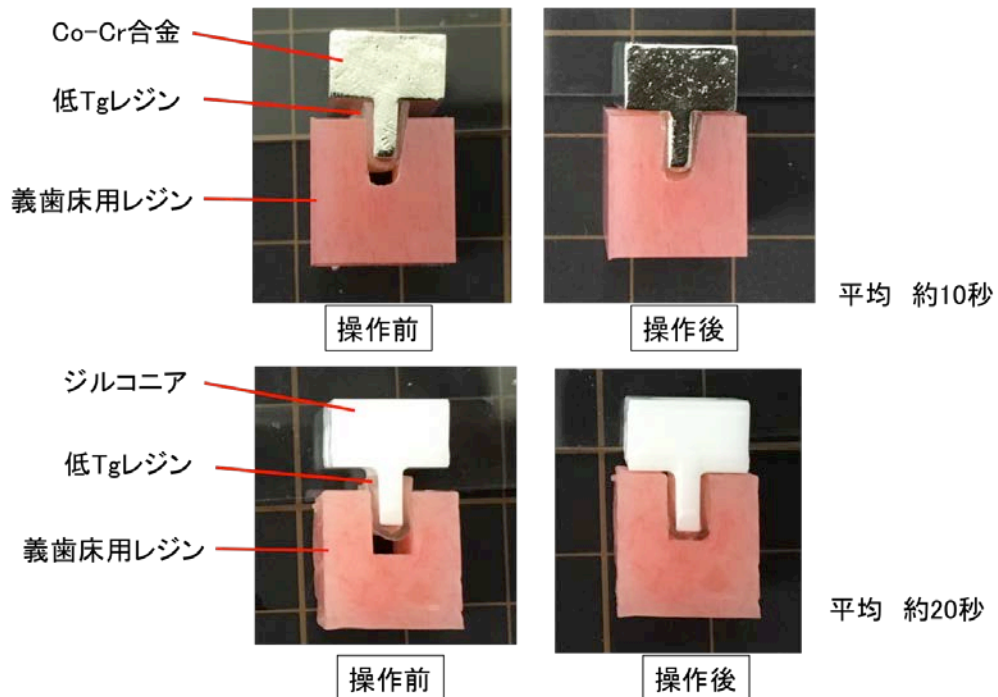
床部 (PMMA)

試料の融合



接着側試料として初期のレジンブロックで超音波ウェルディングを行ったところ、試料下部の下駄足部分が試料上面で遊ぶだけとなった。実際接合部での一部摩擦変形は認められたが溶融状態には至らなかった。そこで、接着側試料のレジンブロックにもスリット構造を付与し融合実験を行った。その結果、Co-Cr 合金を用いた場合、約 30 秒、Zr セラミックスを用いた場合は2分以上の稼働時間が必要であった。

そのため、平行に進めていた実験[1-4]の成果である低融点レジンシートを介在させ融合を行ったところ、Co-Cr 合金で約 10 秒、Zr セラミックスを用いた場合でも約 20 秒での融合が可能となった。

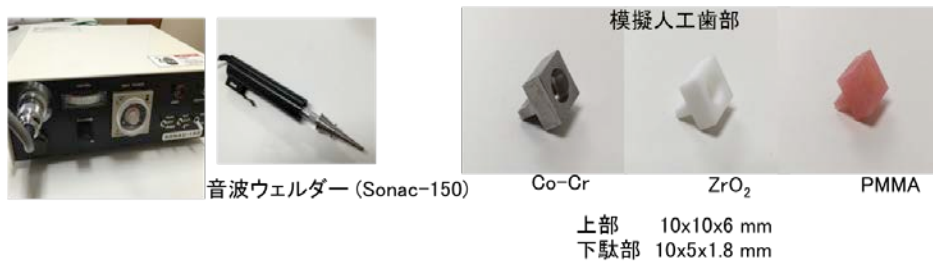


以上より[1-1]について以下の結果を得た。

- ・当初、超音波加熱により金属での融合は達成されたが、ジルコニアでは融合が達成できなかった。
- ・低 Tg レジンを介在させることで金属－レジンの融合時間の短縮、ジルコニア－レジン融合が可能となった。
- ・金属－ レジンの融合時間は10秒以内、ジルコニア－ レジンの融合で20秒以内を達成した。
- ・40kHz、120w の振動条件で十分な効果が得られているので、この値を基準に実際の装置製作をする。
- ・より高出力の装置を使用することで、早期の融合も期待できる。

〔1－2〕人工歯根部と床部の融着メカニズム・条件の検討 （デントス、徳島大学）

図の装置を用いて、部材融合を行う。



この際、下記デバイスを使用し、融合部分の温度変化を検討する。

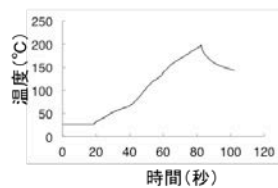


サーモカメラの使用

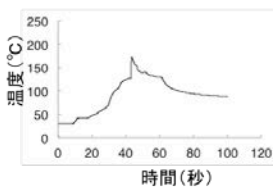


サーモセンサーの使用

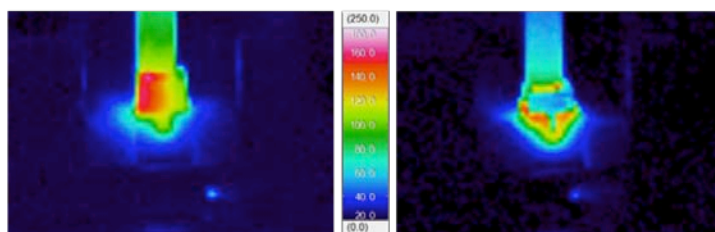
サーモセンサーでの計測部位

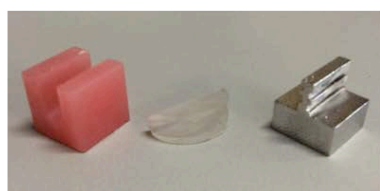


Co-Crの温度変化

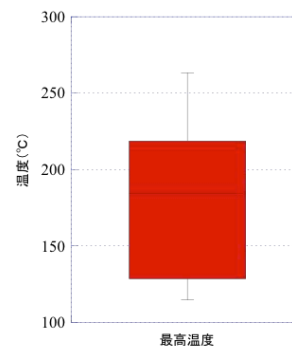
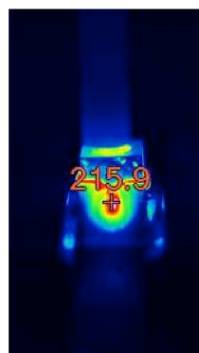


ジルコニアの温度変化





PMMA 低T_gレジン Co-Cr



融着中の温度分布 融着中の最高温度
切れ込み部分が特に温度上昇している。



融着後の試料

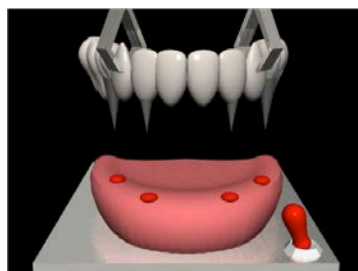
上記計測等を行った結果、スリットを入れた部分において、特に温度上昇がしやすいこと、また、金属では熱伝導率が高く比較的早期に 200 度を超えるのに対し、セラミック材料では 150 度程度の加熱にしか至っていないことが示された。しかし、低融点レジンをかませた場合、70 度付近で十分に軟化することから、両試料の加熱温度は十分であると考えられた。

以上の結果をもとに、以下のとおりまとめた。

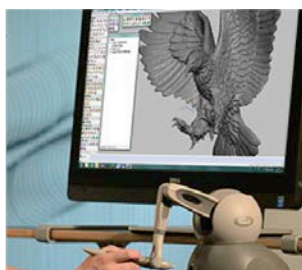
- 超音波振動装置での融着時における、人工歯底面の温度変化を経時的に計測した。
- 金属の場合、39.64kHz、80 秒で 200℃、ジルコニアの場合、39.64kHz、45 秒で 200℃に到達した。
- 色温度分布についても確認したところ、人工歯の材質による温度上昇・分布に違いがみられた。
- 加振の状態による温度分布について、時間空間変化の詳細検討が必要である。
- 上記結果をもとに加振条件の最適化を図る必要がある。
- 人工歯を適切に加振するためには、陰型を用いた適切な加振が必要と考えられた。

[1-3]融合に適した人工歯根部形状のデザイン（デンタス、岡山大学、工業技術センター）

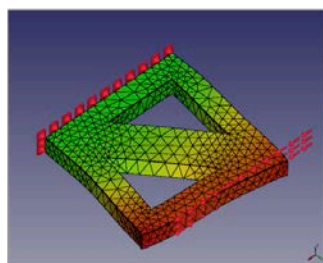
当初デザインを参考に、CAD ソフトを用いて、種々の人工歯、床部デザインを行った。さらにこのデザインをもとに有限要素解析（FEM）を行った。



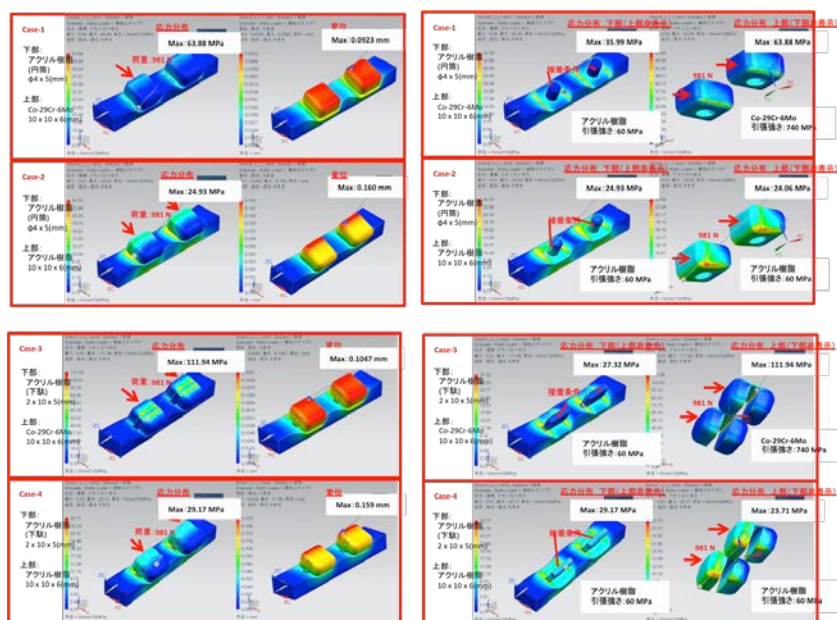
当初デザイン



CADソフトを用いた3次元デザイン

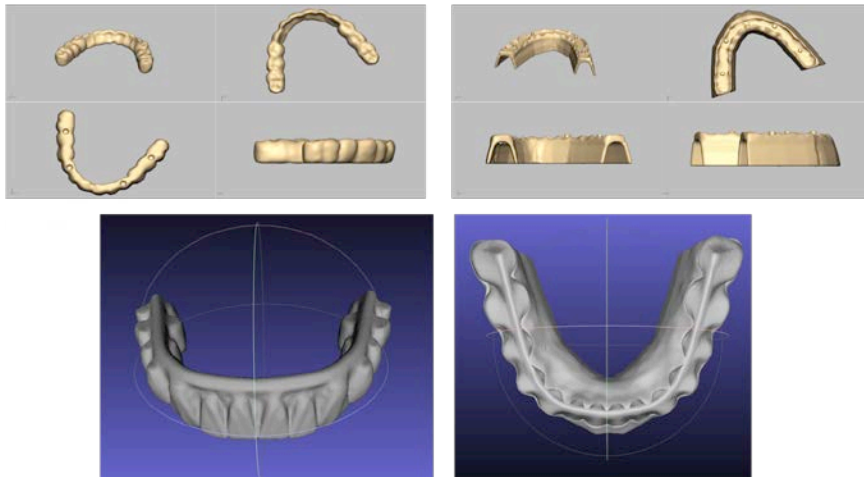


FEMの応用

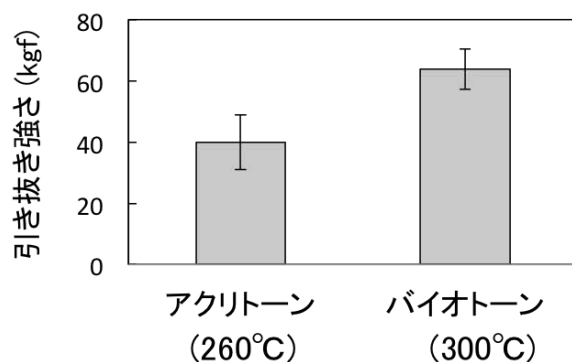
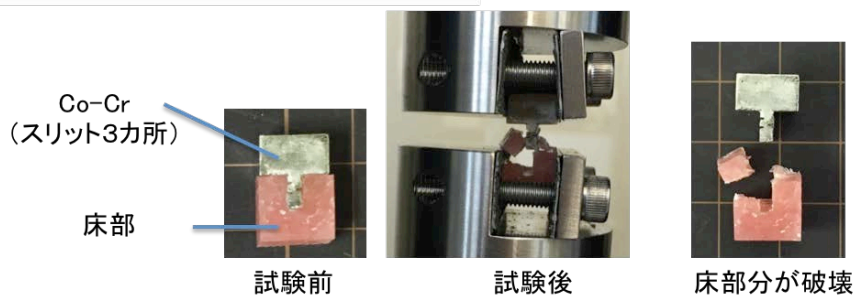
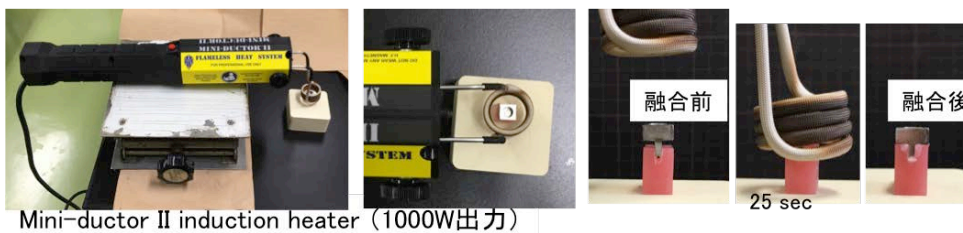


結合部形状に依存した力学分布

その結果、スリット形状で人工歯部から下に凸の構造を有する場合、側方からの応力不可に対する耐性が高いことが示された。これを参考にしたうえで、さらに、できるだけ上下部材の接触面積を高めるため、下図のような人工歯部、床部のデザインを採用することにした。

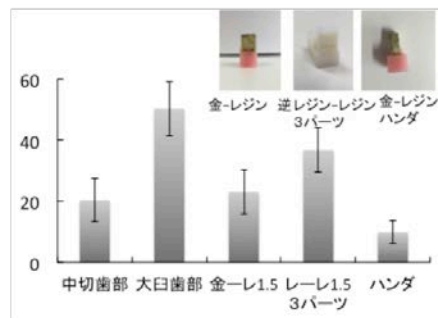
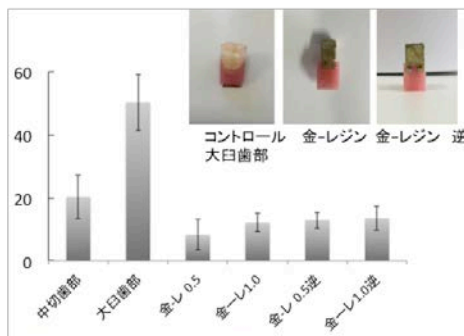
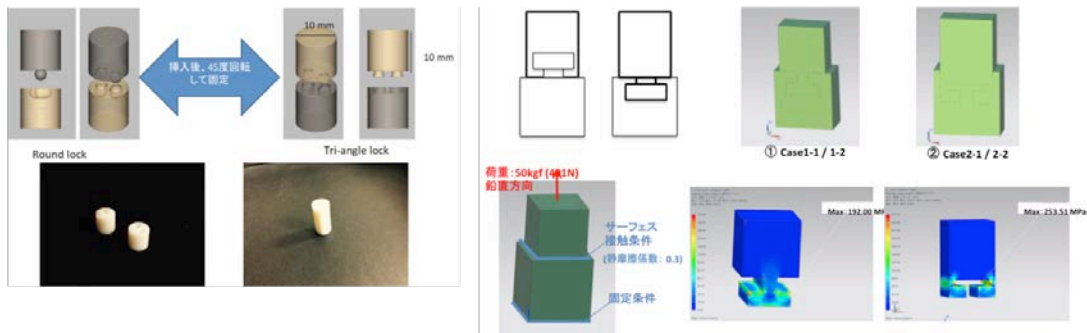


また、ここにおいて、領域アドバイザーから超音波振動装置以外の方法による融合についても検討しておいた方が良く、とのアドバイスを受け、電磁誘導装置を用いた試料の融合についても検討を進めた。その結果、本法により、特に金属材料を使用する際には問題なく融合できることが示され、また、その際の上下部材の結合力は、現行の義歯以上の値を示した。

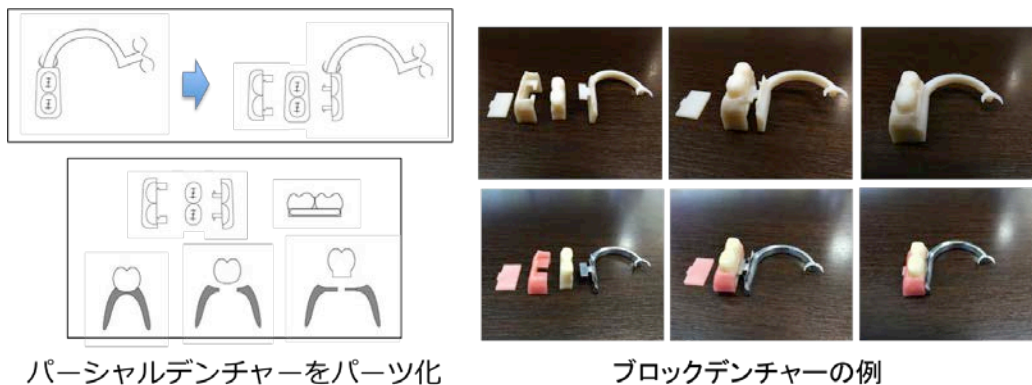


さらに、もう一つの部材融合方法として、カギ状デザインを利用した物理的結合技術についても開発を行った。種々のデザインをもとに、結合力（今回は引き抜き強さ）を計測したうえで、最適なデザインを決定した。今回は、3つのパーツで複合的に囲いこむタイプが最も

高い結合力を示した。



そこで、試作として、3つのパーツで複合的に囲いこむブロック状義歯の製作についても検討し、成功した。

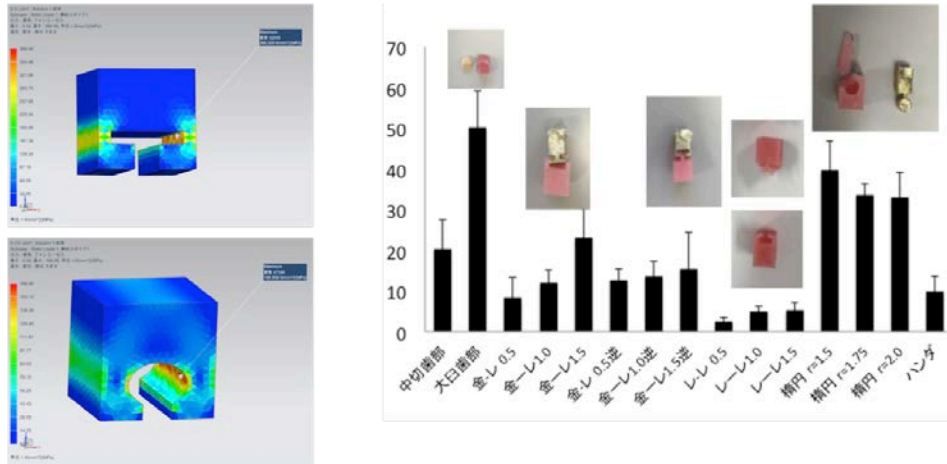


以上の結果をもとに、以下のとおりまとめた。

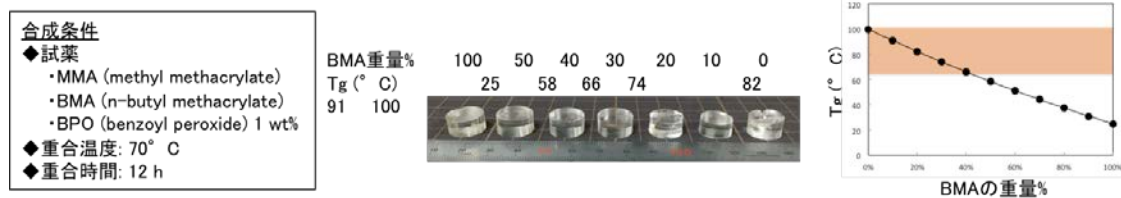
- ・ 歯根部形状としての凸型、床部は凹型にすることとした。
- ・ できるだけ接触面積を高めるため、歯列弓にそった土手型形状を採用することとした。
- ・ 電磁誘導加熱による加熱、融合を検討し、金属材料を用いた場合の有効性を確認した。
- ・ 各種結合形状をデザインし、物理的結合評価を行い、この方法の有効性を確認した。

[1-4] 融合部材の物性評価 (岡山大学、工業技術センター)

[1-3]の部材結合部のデザインを得るにあたっては、あらかじめ、FEM を用いた解析も同時に行い、融合部材の物性評価と合わせて行っている。



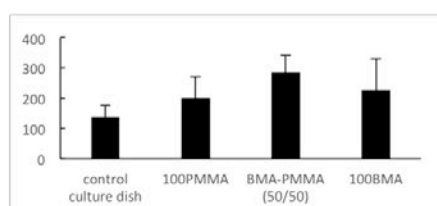
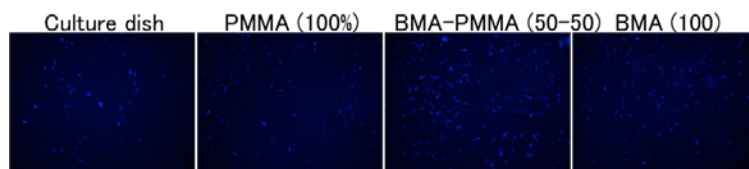
一方で、[1-1]に挙げているとおり、超音波ウェルダによる融合を迅速に達成するため、新たに低軟化レジンを作成して使用することにした。この合成と物性変化については、以下のような結果を示した。



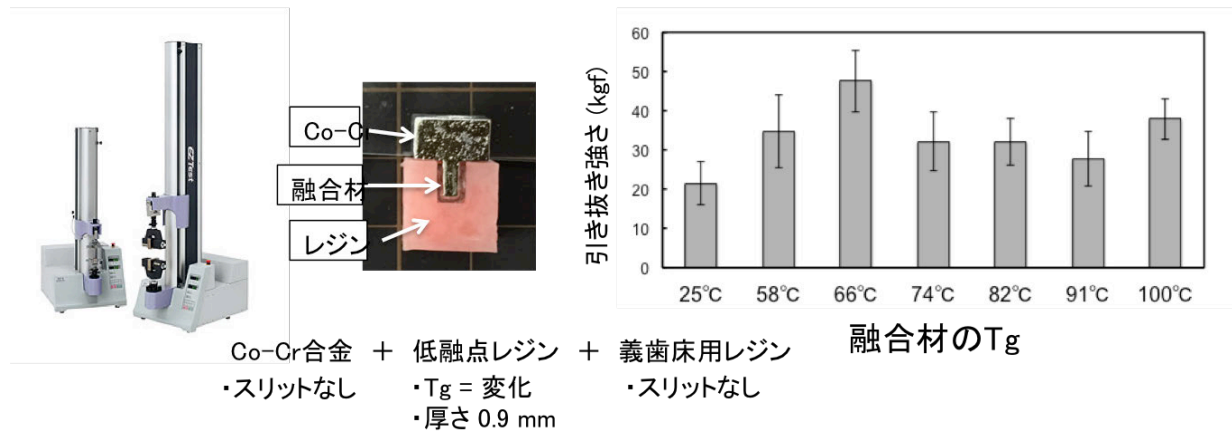
そこで、次にこれら合成材料の生物学的安全性を細胞生存率で評価した。

その結果、コントロールと比較して十分な細胞生存率が確認でき、本材料の生物学的安全性が示された。

細胞を用いた安全性評価



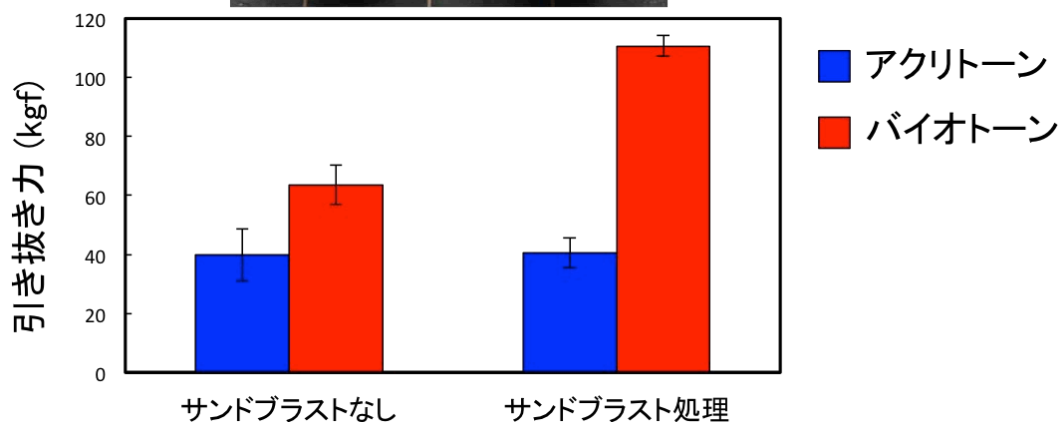
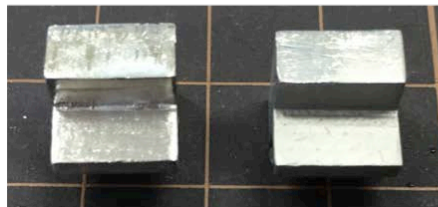
また、この低軟化レジンを用いた融合部材の結合力についても検討を行った。その結果、66℃で軟化を示す 40%前後の BMA を含むものが最も結合力が高いことが示された。この値は現状の義歯臼歯部よりも高い結合力を示すものであった。



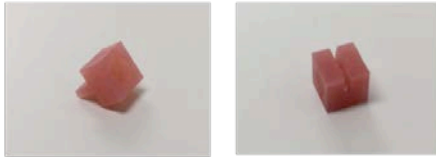
次に、結合部表面処理ならびに表面形状による影響を検討し、サンドブラスト処理、ならびにスリット形状の導入により、さらに飛躍的に結合力が高まることが示された。

サンドブラスト処理の影響

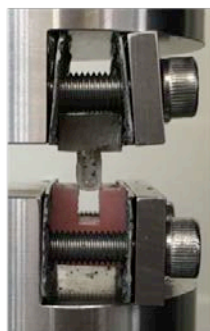
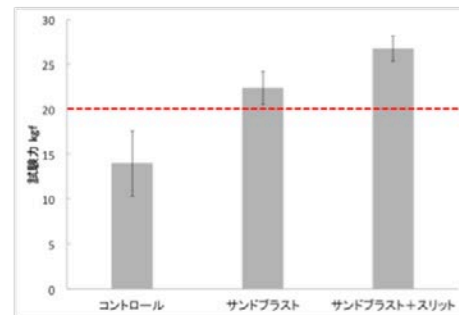
未処理 サンドブラスト(0.4 MPa, 20 sec)



融合させる材料の融合部形状の影響

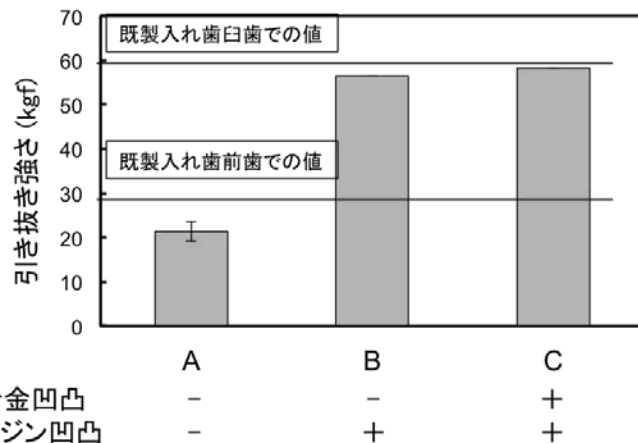


サンドブラスト処理 + スリット構造を導入することで、現行の義歯前歯部以上の結合力を確認



介在物: Tg = 63°C; 厚さ 0.9 mm

合金凹凸
レジン凹凸



Tg(63°C)レジン介在+材料表面への凹凸付与により入れ歯臼歯部での結合力を超えた

以上の結果をもとに、以下のとおりまとめた。

- 低 Tg 部材を合成、細胞安全性を確認できた。
- 低 Tg 部材を使用することで強固な結合を達成できた。
- 有限要素シミュレーションを通して、スリット形状を利用した融合力の強化を予測できた。
- サンドブラスト処理、スリット形状導入により融合力の強化を確認した。
- スリット形状の導入ならびに低 Tg 部材の使用により一般的な義歯の臼歯部よりも高い結合力を達成した。

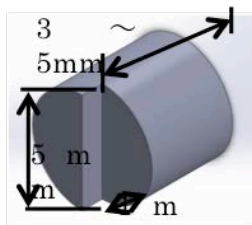
[2] 三次元部材計測システムの構築 （徳島大学）

当初の計画では、3D スキャナを用いて義歯部や床部の形状全体を計測して位置合わせを行う予定であったが、計測に非常に時間がかかることが判明した。

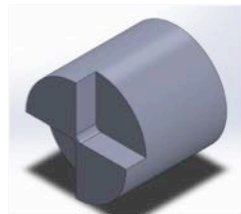
そこで、義歯部や床部を製作する時に、特徴的な形状を持つ立体マーカー「3D マーカー」を一緒に作っておき、3D スキャナで1方向から計測した形状データから、このマーカーの位置を求めることで、義歯部や床部の位置を算出する方法を検討した。

下図は、3D マーカーの模型を作成し、それを3D スキャナの計測結果から、マーカーの位置検出を行った結果である。これより、マーカーの検出が可能であることを示すことができた。

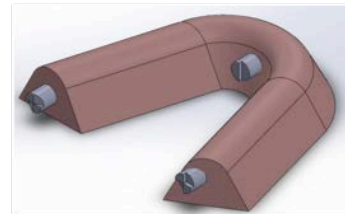
3Dマーカーを用いたアプローチ



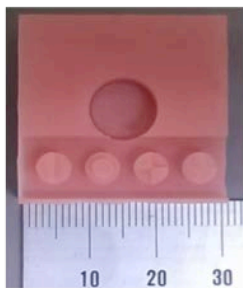
(a) 半円
立体マーカーの例



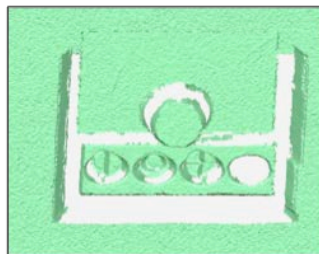
(b) 1/4円



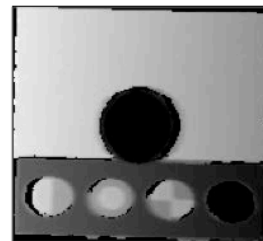
部材(床部)上の立体マーカー



製作した立体マーカー



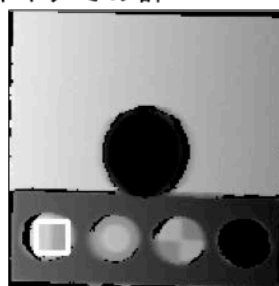
3Dスキャナでの計測結果



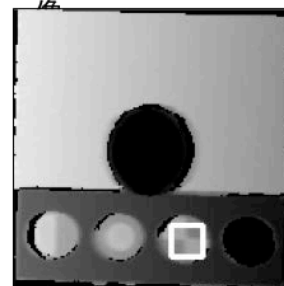
距離画像



(a) 半円 (b) 1/4円
テンプレート



(a) 半円

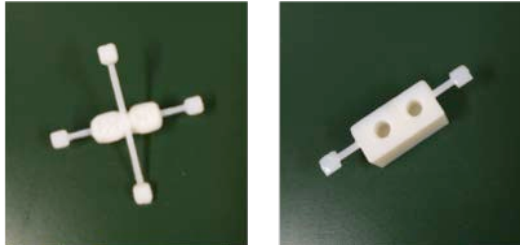


(b) 1/4円

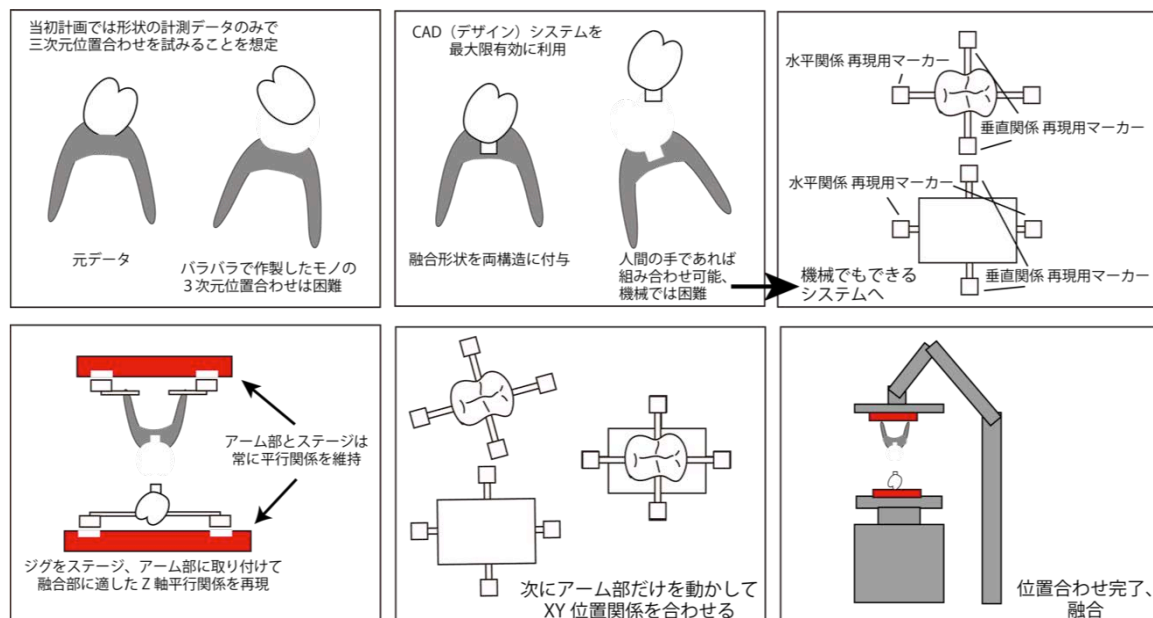
検出結果(白枠)

しかし、接合においては、より高精度な位置合わせが必要なことから、この検出結果を元に、レーザー変位計を用いて、3D マーカー部分のみを計測して、高精度に位置合わせを行うシステムへの改良が必要であると考えられた。

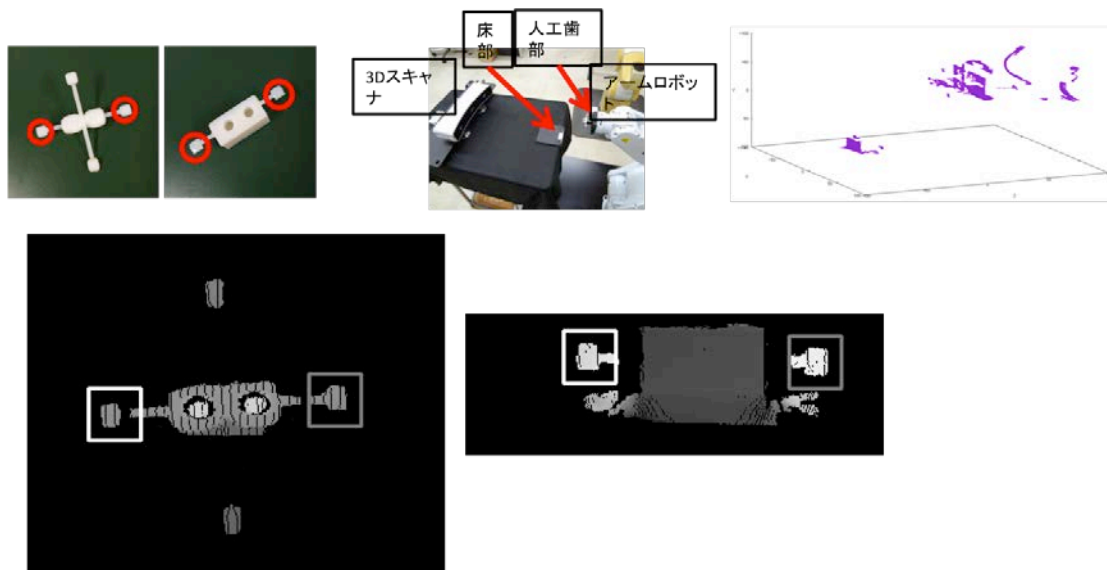
部材そのものに 3D マーカーをつけた新規デザイン



それをベースに作成した装置のコンセプトデザイン



そこで、実際のマーカー接合部材を使用し、さらにステレオカメラをもとにした位置計測、アームロボット制御を試みた結果、高い精度での移動に成功した。



以上の結果をもとに、以下のとおりまとめた。

- 3D マーカー、2D マーカーおよび3D ステレオカメラを用いることで、位置を計算、精度を高めることができ、結果的に三次元位置合わせを達成した。
- 実際の融合にあたり、人工歯部、床部それぞれに対応した2つのステレオカメラシステムを組み込む必要性を確認した。
- (課題等)
- 光沢がある材料の表面計測に対する対策は今後検討が必要である。

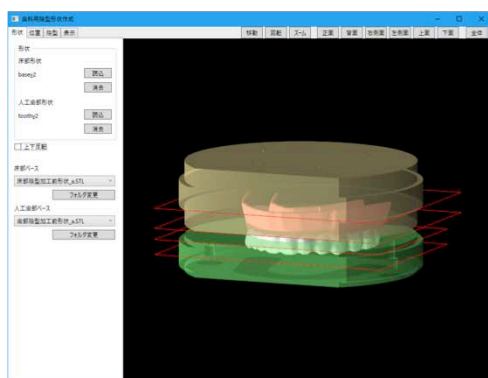
[3]部材融合をデザインするソフトウェアの開発 （徳島大学）

[1]から[2]までの結果をもとに、具体的に上下部材を融合する方法を明確にし、装置製作にまで落とし込むために必要な最終段階として、マーカーを含めた部材位置合わせソフトウェアが必要である。また、製作後の煩雑なマーカー除去の可能性が否めないことから、マーカー位置は最終的に融合物を支える陰型に装備することにした。そこで、本ソフトウェアの構成としては上下部材の位置関係をあらかじめ設定したうえで、その位置合わせを再現するためのマーカーを付与した陰型製作ソフトということになる。その結果、下図にあるソフトウェアの製作を完了し、また、それをもとに陰型も含め、試料製作もできるようになった。

以下に作成したソフトウェア上でのデザイン画面を示す。

開発したソフトウェアによる陰型作成

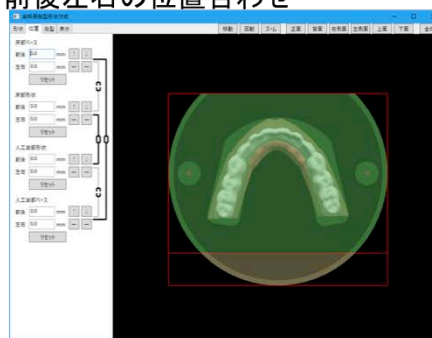
1.形状データの読み込み



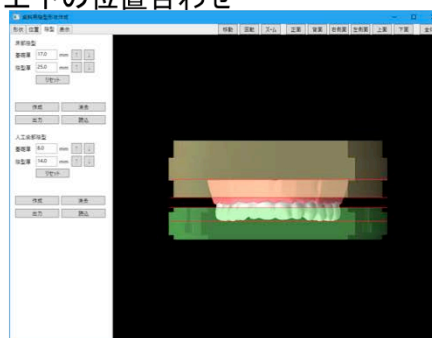
- ・ピンク色: 床部形状
- ・白色: 歯部形状
- ・黄色(半透明): 床部陰型加工前形状
- ・緑色(半透明): 歯部陰型加工前形状

※床部・歯部の陰型加工前形状はあらかじめ作成しておく。

2. 前後左右の位置合わせ

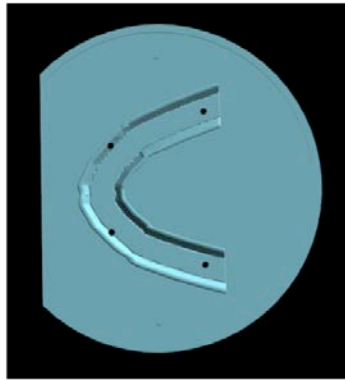


3. 上下の位置合わせ

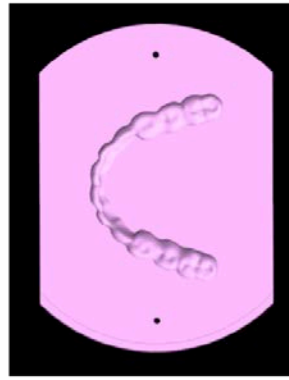


4つの形状は、独立あるいは連動して移動可能

4. 作成された陰型形状データ



床部陰型



歯部陰型

作成に要する時間は、床部側、歯部側とも、5～6分程度

5. 形状データから加工された陰型



以上の結果をもとに、以下のとおりまとめた。

- ・人工歯部および床部の形状に応じた「陰型」の形状データを自動的に作成するソフトウェアを開発した。
- ・実際に本ソフトウェアにて作成した形状データから、陰型形状を加工し、装置に使用であることを確認した。
- ・マーカーの形状や装置との接触面が今後変更になっても、陰型加工前形状のデータをあらかじめ作成しておくことで対応可能であることも確認した。

（課題等）

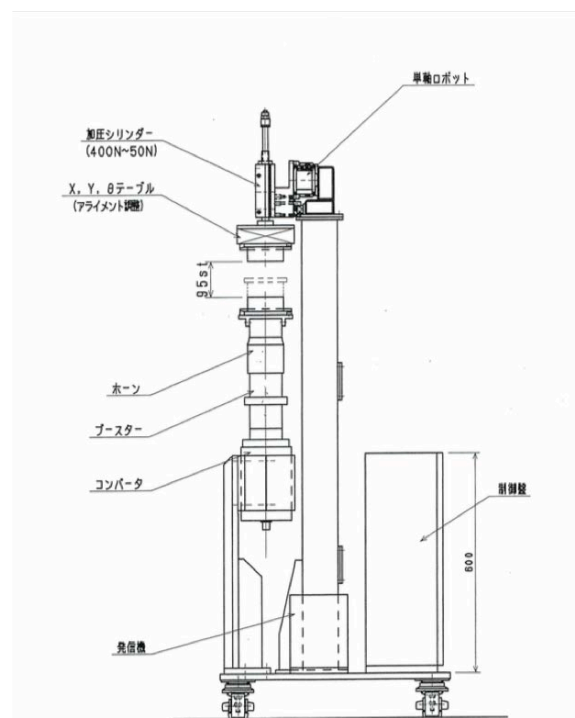
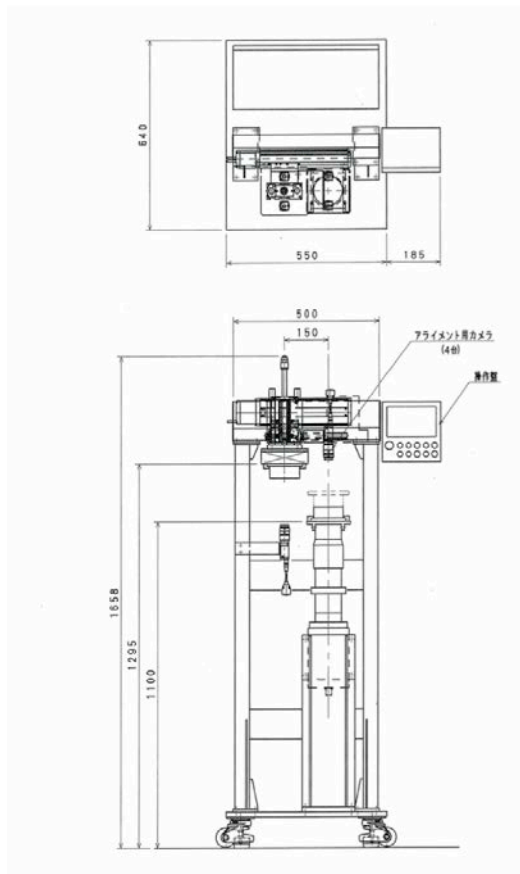
- ・ソフトを単体で販売するか、別の CAD システムに組み込むかについては、販売戦略も含めた検討が必要である。

[4]ロボットアームおよび傾斜ステージによる複合部材融合システムの構築 （デンタス、徳島大学）

これまでの結果を統合的に検討し、最終的な装置デザインを行った。

内容的には、以下の項目についても組み入れた。

- ・ 作製する入れ歯は総入れ歯であり、サイズとしては床部で 12cm 程度であることから、ステージとしては 15×15 cm サイズ程度にする。
- ・ ステージそのものが超音波を伝導するホーン部分となるようにする。超音波発生装置はステージ下部に組み込む。
- ・ これまでの実験で使用された超音波発生装置は 40kHz、120w、垂直型振動のものであり、この値を基準に装置を作製する。
- ・ ロボット部は、アームロボットではなく、直交型ロボットを使用し、サイズのコンパクト化を図る。
- ・ ロボット部の部材保持部の上部には、3次元ステレオカメラを設置し（2箇所）、位置合わせを行うために用いる。



その後、アドバイザー企業（柳下技研工業）と協力し、装置を製作、微調整を繰り返し最終版とした。



装置外観



アーム部と上部ステージ



下部ホーン



制御装置

次に、実際の義歯製作を行い、種々の項目について評価を進めた。



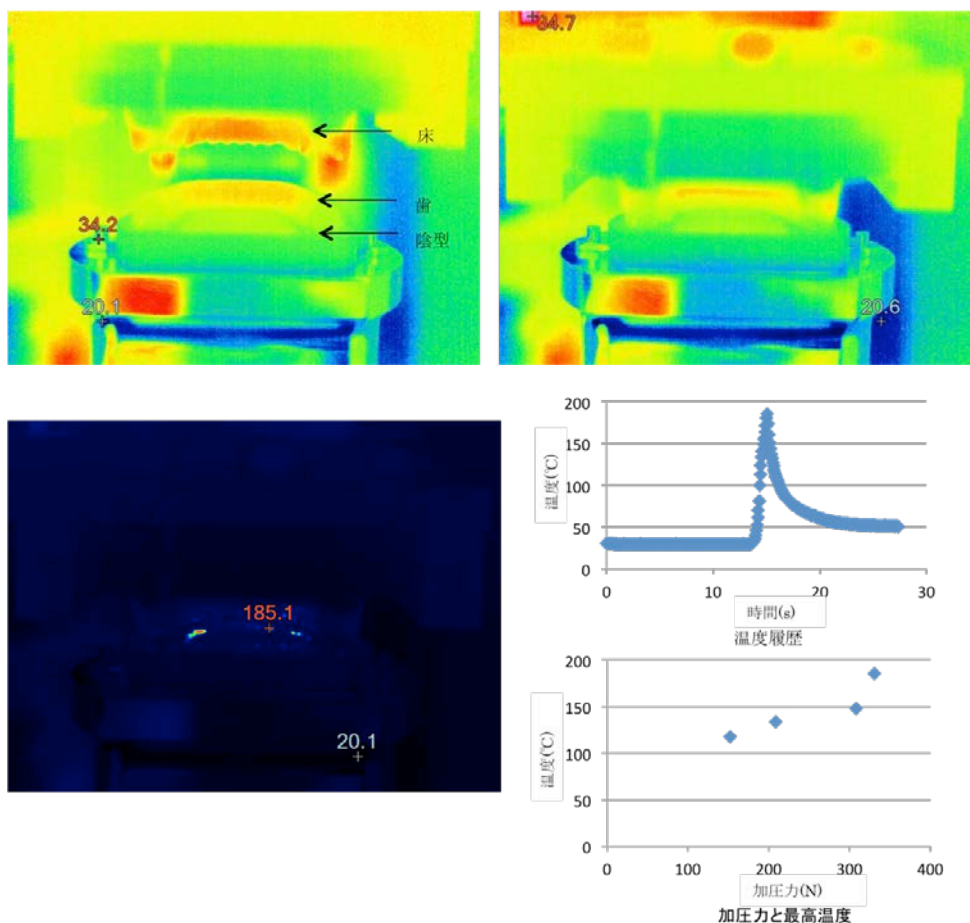
左より、陰型 床 人工歯



陰型と人工歯の取り付け



人工歯と床の取り付け



上図は試作装置による超音波融合過程における、人工歯部、床部融合過程を赤外線カメラで撮影、温度変化を検討したものである。この結果から、加振により最高温度が 185℃まで上昇していること、また、アームロボットによる加圧状態により、その温度が変化することが示された。結果として、300N 程度の加圧が高効率な融合に適しているものと考えられた。

以上の結果をもとに、以下のとおりまとめた。

- ・ロボットアーム、超音波ステージの動作制御による融合システムを構築し、その稼働を確認した。
- ・この装置を用いた、実際の義歯製作に成功した。

(課題等)

異なる素材に対する最適化は今後、それぞれの素材に応じて検討する必要がある。

第3章 全体総括

本事業では、義歯製作の自動化を可能にする異種部材融合装置の開発を進めた。その結果、当初設定した課題を解決し、ほぼ目的としている装置の開発に至った。あと数点、修正点を加え、実際の装置生産、販売へと進めていきたいと考えている。以降、今後の事業についてまとめて、総括とする。

3-1 事業化展開について

現在、本邦における義歯装着患者数は約 1500 万人、義歯に関連した市場として約 3000 億円/年と言われている。一方で、この義歯製作に従事する歯科技工士数の大幅な減少が見込まれることから、新たな義歯製作システムならびに義歯供給システムは今後さらなるニーズの上昇が予測される。このような状況の中、今回の事業を通じて作製した装置は、義歯製作の全自動化を実現する世界初の装置であり、今後の義歯供給ニーズにマッチした製品になりうる。ここで、事業化に向けた解決すべき案件としては、本論のところでも挙げている通り、以下の3点がある。

1. マーカーにおける位置合わせの際の問題として、光沢がある材料の表面計測に対する対策は今後、検討が必要である。
2. マーカーを含む陰型作製用の CAD 系ソフトウェアについて、ソフトを単体で販売するか、別の CAD システムに組み込むかについては販売戦略も含めた検討が必要である。
3. 本装置を用いた融合について、異なる素材に対する最適化は今後それぞれの素材に応じて検討する必要がある。

これら案件についての解決は今年度中を予定しており、実際の装置販売は平成30年度からを予定している。販売価格は現在のところ、1台1000万円、初年度は5台程度、以降5年目で年間50台程度の販売を予定している。海外展開についても当然ながら視野にいられている。現在、デンタスはフィリピン、バングラデシュでの事業展開を進めており、これら東南アジアを含めた各国への輸出販売ルートについて、精査するとともに、商品販売を進める予定である。

一方で、本装置を用いて製作する義歯も事業化における重要な製品となりうることから、この販売についても検討を進める。具体的には、地元徳島県の複数の歯科医院と連携を行い、歯科医院に併設したデンチャーショップのような業務形態を構築する。この歯科医院併設ショップにおいて、本装置での自動製作デンチャーを供給できるモデルシステムの構築を進

める。本件については平成２９年度からの開始を予定している。

3-2 事業化に向けた遂行方法ならびに今後のスケジュール

1 生産設備の確保、効率化

市場調査を行い、予定販売台数を決定したうえで、装置生産体制の確保を関連企業を中心にサーチし、平成２９年度中に契約まで進める。

2 事業推進体制の構築

- ・装置メンテナンスを行う事業体制ならびに販売促進体制を確立するため、近日中に本事業推進本部を立ち上げる。

3 広報・宣伝活動

本事業に関連して平成２９年２月メディカルジャパン 2017（インテックス大阪）での出展を行った。また、今後、同様の出展を進めるとともに、歯科医療関連雑誌への事業展開に関連した記事掲載も積極的に進める予定である。

3-3 知的財産、对外発表等

本事業遂行にあたり、計３件の特許出願を行っている。また、今後、本装置ならびに装置を用いた義歯の物性に関する検討などについて、複数の学会発表を予定している。

3-4 謝辞

本事業遂行にあたり、多くの企業、関係者の皆様からご協力を賜りますとともに、有益なご提案、ご助言をいただきました。経済産業省をはじめ、四国経産局にも多大なご協力をいただきました。ここに感謝申し上げます。