

## 調整済みの暫間上部構造の形態を口腔インプラントの 最終上部構造へ反映させる新規デジタルワークフロー

和泉 幸治<sup>1)</sup> 三野 卓哉<sup>2)</sup> 黒崎 陽子<sup>2)</sup>  
大野 彩<sup>3)</sup> 前川 賢治<sup>2)</sup> 窪木 拓男<sup>2)</sup>

### A Newly Developed Digital Workflow to Reflect the Individually Adjusted Form of the Provisional Restoration in the Final Restoration Supported by a Bone-Anchored Dental Implant

IZUMI Kouji<sup>1)</sup>, MINO Takuya<sup>2)</sup>, KUROSAKI Yoko<sup>2)</sup>,  
KIMURA-ONO Aya<sup>3)</sup>, MAEKAWA Kenji<sup>2)</sup> and KUBOKI Takuo<sup>2)</sup>

**Purpose :** The aim of this study was to introduce a new digital workflow using an intraoral digital scanner and a computer-aided design/computer-aided manufacturing (CAD/CAM) technology to transfer the shape of the provisional restoration to the final restoration supported by a bone-anchored dental implant.

**Explanation of the workflow and its trial :** In this study, an actual oral plaster cast of a patient with bounded edentulism in the right mandibular premolar region was set as a virtual oral cavity. In this region, a bone-anchored dental implant was placed and a replica of the implant was installed in the plaster cast, where the adjusted provisional restoration was screwed. In the new digital workflow, three types of digital scanning, e.g., the plaster cast, the die with a titanium abutment cylinder being connected to the implant replica, and the die with the implant replica including the provisional restoration, were

conducted using an intraoral scanner (Trios2<sup>®</sup>, 3Shape, Copenhagen, Denmark). The scanned images of the gingiva and the provisional restoration were superimposed on the working cast image utilizing the surface shape of the die with a titanium abutment cylinder and remaining teeth. The final restoration was designed using this three-dimensional digital data by CAD software (Dental Designer<sup>™</sup>, 3Shape) and was milled from a zirconia disk. The final restoration was adhered to the titanium abutment cylinder on the cast. The provisional restoration and the final restoration were scanned by a 3D scanner (D-810, 3Shape). The morphological discrepancies among the two restorations were calculated as the total volume discrepancy by adding concave and convex volumes using Boolean operations. In addition, the volume ratios of the discrepancies were calculated. When the new digital technique was utilized, the total volume discrepancy was

---

<sup>1)</sup> 中国・四国支部 (株式会社シケン)

<sup>2)</sup> 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科インプラント再生補綴学分野

<sup>3)</sup> 岡山大学病院新医療研究開発センター

<sup>1)</sup> Chugoku-Shikoku Branch (SHIKEN Corporation)

<sup>2)</sup> Department of Oral Rehabilitation and Regenerative Medicine, Okayama University Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences

<sup>3)</sup> Center for Innovative Clinical Medicine, Okayama University Hospital

平成 29 年 6 月 21 日受付

12.7 mm<sup>3</sup> (concave : 4.6 mm<sup>3</sup> ; convex : 8.0 mm<sup>3</sup>). The volume ratio of the discrepancy was 3.7%.

Conclusions : A new digital workflow to transfer the shape of the provisional restoration to the final restoration using an intraoral digital scanner, CAD/CAM technology and a plaster cast used for production of provi-

sional restorations was successfully developed and introduced.

**Key words** : Provisional restoration, Implant final restoration, Accurate transfer, Computer-aided design, Intra-oral digital scanner

## 緒 言

口腔インプラント治療における暫間上部構造は、患者個々に求められる審美性や清掃性、咬合を一定期間付与し、組織や患者の受容性を確認する上で非常に重要である<sup>1)</sup>。そこで現在、患者個々にオーダーメイドで設えた暫間上部構造の形態を最終上部構造に反映させる方法として、調整後の暫間上部構造を、暫間上部構造製作時の作業模型に装着して、外形や基底面形態をシリコン印象することによりカスタマイズした印象用コーピングを用いて最終印象を行う方法が一般的である<sup>2,3)</sup>。これは、インプラント体と上部構造の位置関係を精密にマッチングさせるために不可欠な処置である。しかし、製作の過程が複雑となるのみならず、材料の力学的性質や審美性などへの配慮により、暫間上部構造の形態と著しく異なる形態が最終上部構造に付与される例をよく経験する。

そこで、暫間上部構造の形態を最終上部構造へ高精度に移行する方法がいくつか開発されてきた。たとえば、卓上の三次元スキャナーにて「作業模型に連結した暫間上部構造」ならびに「作業模型に連結したチタンベース」をスキャニングし、「作業模型とインプラントレプリカ」を基準に2種のスキャニングデータを三次元的に重ね合わせ、その差分から最終上部構造を製作する方法が報告されている<sup>4,5)</sup>。この方法は、三次元的な位置合わせに作業模型とインプラントレプリカの外形を用いており、その重ね合わせ精度も高い。しかし、作業模型を卓上スキャナーで三次元データ化するだけでは、最終上部構造製作時に周囲粘膜の情報を加味して前装部のマージンを設定することができない。すなわち、この方法では口腔内の情報が不足しているのである。

また、口腔内スキャナーを用いて、「インプラント

体にスキャンボディを連結した状態の口腔内」と「暫間上部構造を装着した状態の口腔内」の両者をスキャンし、「残存歯の歯冠形態」を用いて三次元的に重ね合わせるにより、暫間上部構造形態をCADソフトへインポートする方法も報告されている<sup>6)</sup>。しかし、この方法では、隣在歯の歯冠形態を用いて、暫間上部構造の歯冠形態とインプラント体の位置関係を三次元空間内で重ね合わせることはできるが、暫間上部構造のサブジンジバルカントゥアを最終上部構造に直接的に反映することが難しい。すなわち、この方法では、サブジンジバルカントゥアとインプラント体の位置関係の情報が不足しているのである。

そこで、我々は、これらの欠点を補うために、「暫間上部構造を製作した模型にチタンベースを連結した状態」と「暫間上部構造を製作した模型に暫間上部構造を連結した状態」の2種類のスキャニングデータを、「可撤式局所ダイとインプラントレプリカ」を用いて重ね合わせた後に、「残存歯の歯冠形態」を用いて「暫間上部構造を装着した口腔内」のスキャニングデータと重ね合わせれば、周囲粘膜の形態情報を加味したうえで、暫間上部構造の歯冠とサブジンジバルカントゥアの形態情報を持ちながら、チタンベースに適合する最終上部構造の製作が可能であることに着目した。本報告では、そのワークフローを詳細に紹介する。

## 概 要

暫間上部構造の形態を最終上部構造に反映するデジタルワークフローを考案し、従来の方法によって製作した最終上部構造と併せて形態評価を行った。

### 1. 仮想口腔

下顎右側第二小白歯中間欠損に対し口腔インプラン

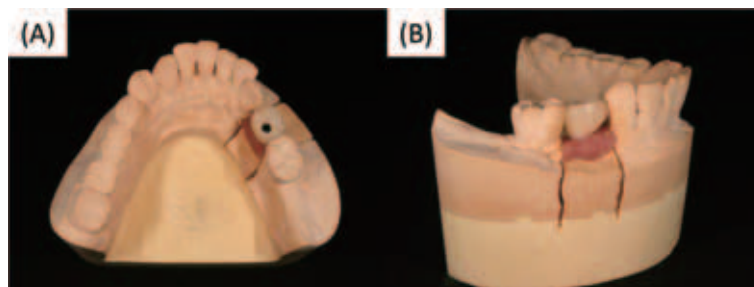


図1 仮想口腔内  
(A) 咬合面観. (B) 頬側面観.

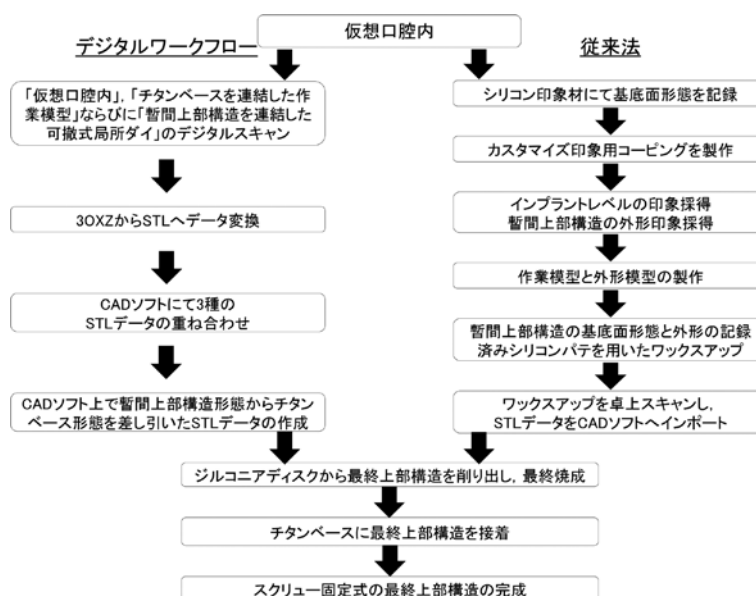


図2 デジタルワークフローと従来法に関するフローチャート

ト体を埋入し、二次手術後に暫間上部構造を製作したガム付き模型に対して、調整済みの暫間上部構造を装着した状態を仮想口腔とした(図1)。この仮想口腔を用いて、以下に示す「デジタルワークフロー」および「従来法」により、最終上部構造を製作した(図2)。

## 2. 最終上部構造の製作法

### 1) デジタルワークフロー

口腔内スキャナー (TRIOS2<sup>®</sup>, 3shape, Copenhagen, Denmark) を用いて「仮想口腔内」, 「チタンベース (テンポラリーアバットメント・チタンエンゲージング Bmk<sup>®</sup> NP, Nobel Biocare, Göteborg, Sweden) を連結した作業模型」ならびに「暫間上部構造をインプラントレプリカ (インプラントレプリカ Bmk<sup>®</sup> NP, Nobel Biocare, Göteborg, Sweden) を

介して連結した可撤式局所ダイ」の3パターンのスキャンを行った(図3)。スキャンにより得た3種の30XZデータをCADデザインソフト (Dental Designer, 3Shape) にインポートし、それぞれのデータをDCM形式にてエクスポートした。そして、データ変換ソフト (Exchange, Delcam, Birmingham, England) を用いてCADソフトに取り込むことが可能なSTLデータ形式へと変換した。

つぎに、3種のSTLデータをCADソフト (exocad<sup>®</sup>, exocad, Darmstadt, Germany) にインポートし、3種の画像の重ね合わせを行った。まず、「チタンベースを連結した作業模型」と「暫間上部構造を連結した可撤式局所ダイ」の重ね合わせは、「可撤式局所ダイ+インプラントレプリカ」の表面形態の一致面積が最大となる三次元的位置関係を自動検出させた(図4A, B)。この作業により、チタンベースを連結した作業

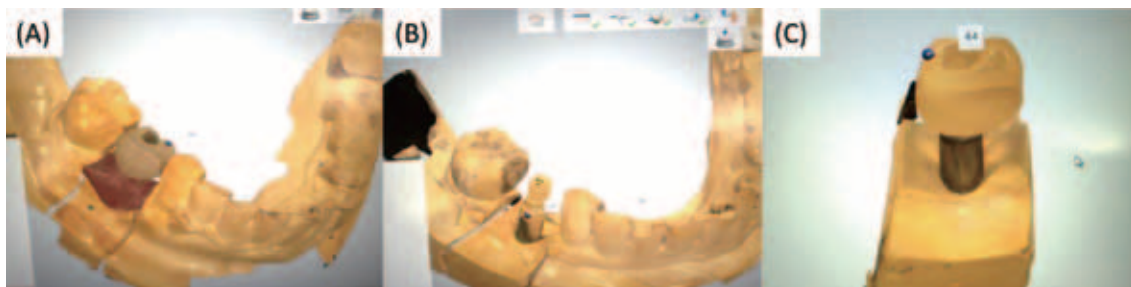


図3 口腔内スキャナーによるスキャン画像  
(A) 仮想口腔内. (B) チタンベースを連結した作業模型. (C) 暫間上部構造を連結した可撤式局所ダイ.

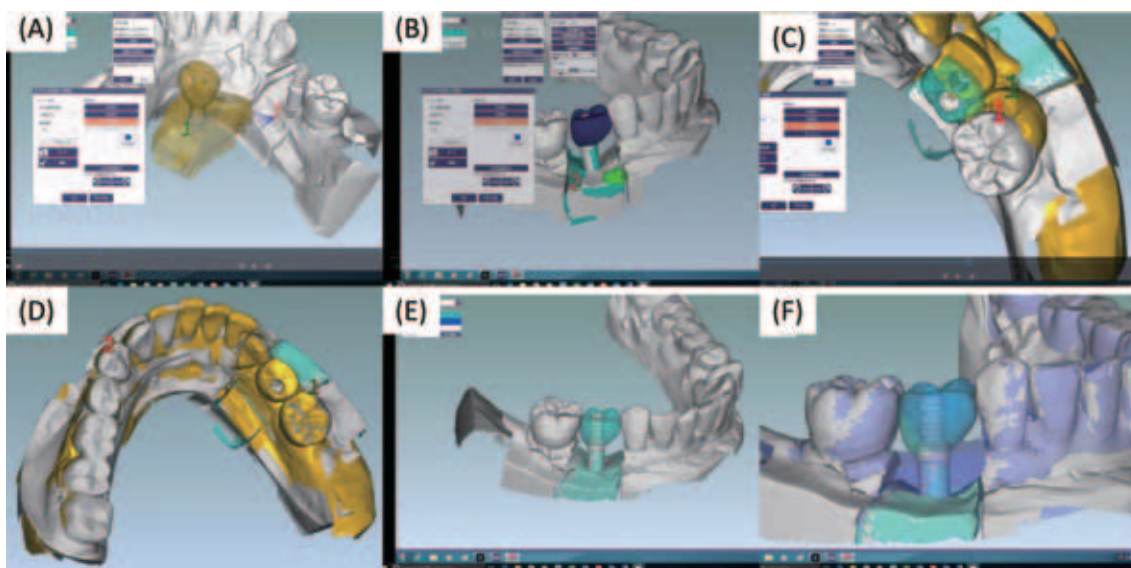


図4 デジタル画像の重ね合わせ画像  
(A) (B) 「チタンベースを連結した作業模型」ならびに「暫間上部構造を連結した可撤式局所ダイ」の重ね合わせ. (C) (D) 「チタンベースを連結した作業模型」, 「暫間上部構造を連結した可撤式局所ダイ」に加えて「仮想口腔内」の重ね合わせ. (E) 作業模型上に暫間上部構造を半透明に表示. (F) 作業模型上に仮想口腔内を半透明に表示.

模型データに暫間上部構造データを三次元的に重ね合わせることができた. 同様に, 「チタンベースを連結した作業模型」と「仮想口腔内」の画像の重ね合わせは, 「作業模型の残存歯の歯冠」と「仮想口腔内の残存歯の歯冠」の表面形態の一致面積が最大となる三次元的位置関係を自動検出させた (図 4C, D). この作業により, 作業模型に仮想口腔内のインプラント周囲粘膜を三次元的に重ね合わせることができた. すなわち 3種の画像を同一座標軸上に重ね合わせることが可能となった (図 4E, F).

さらに, 画像の重ね合わせ後の STL データを CAD デザインソフト (Dental Designer) にインポートし, チタンベース上に取り込んだ暫間上部構造形態に周囲

粘膜形態を反映させた (図 5A). 続けて, 暫間上部構造の形態からチタンベースの形態を差し引いた三次元差分形態を, 歯科用ミリングマシン (DWX-50, Roland, 静岡, 日本) を使用し, ジルコニアディスク (ミディアムプラス, ADAMANT, 東京, 日本) から削り出した (図 5B). その後, 最終焼成を行い, 歯科用接着性レジンセメント (パナビア® V5 オペータ, クラレノリタケデンタル, 新潟, 日本) を用いて模型上のチタンベースに装着し, スクリュー固定式の最終上部構造を完成させた (図 5C).

## 2) 従来法

暫間上部構造製作用作業模型に調整済み暫間上部構

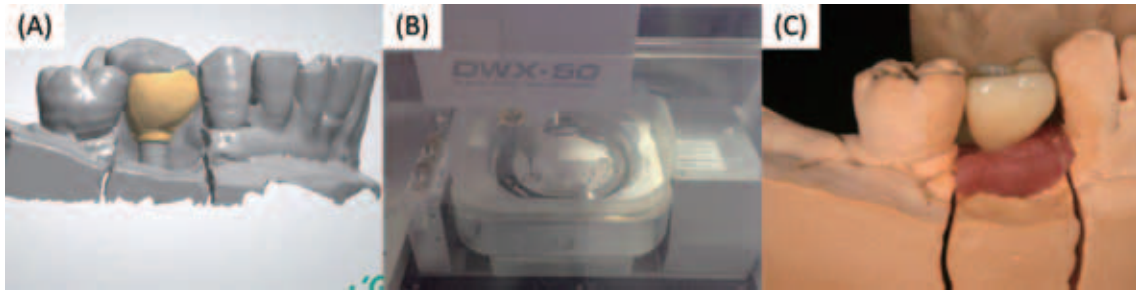


図5 デジタルワークフローにおける最終上部構造の削り出しから完成  
 (A) 最終上部構造の形態の設計. (B) ジルコニアディスクの削り出し歯科用ミリングマシン DWX-50® (Roland 社). (C) 完成した最終上部構造.

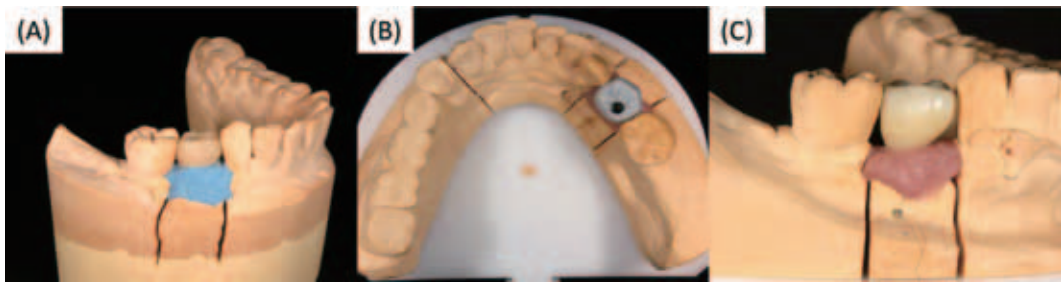


図6 従来法における最終上部構造の製作  
 (A) 調整済み暫間上部構造の基底面形態の記録. (B) 最終上部構造形態のワックスアップ. (C) 完成した最終上部構造.

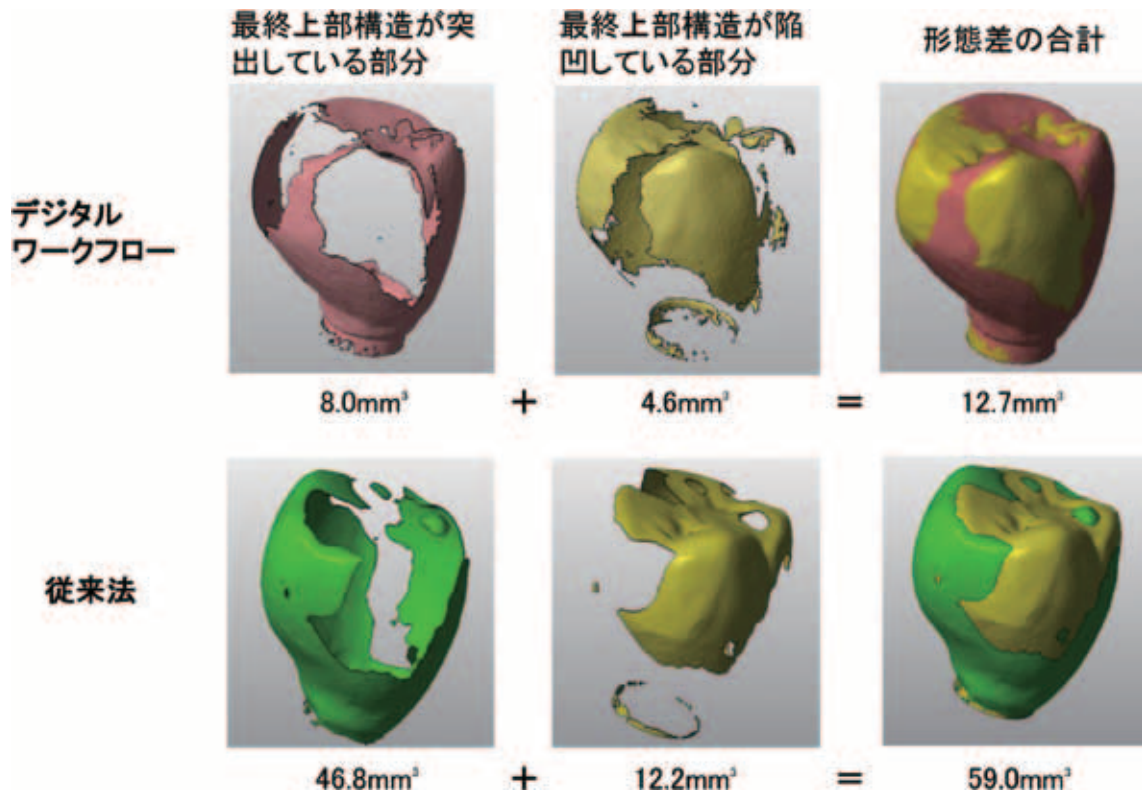


図7 暫間上部構造を基準とした2種の最終上部構造の形態の差

造を装着し、シリコン印象材（エグザファインレギュラータイプ、ジーシー、東京、日本）にて暫間上部構造の基底面形態を記録した（図6A）。採得した暫間上部構造の基底面形態と印象用コーピング（印象用コーピングオープントレー用 Bmk<sup>®</sup> NP, Nobel Biocare）との隙間に常温重合レジン（フィクススピード、ジーシー）を填入し、基底面形態を再現したカスタマイズ印象用コーピングを製作した。そして、シリコン印象材（インプリントライトタイプならびにレギュラータイプ、3M、東京、日本）とカスタマイズ印象用コーピングを用いてオープントレー法による印象採得を行い、最終上部構造製作作業模型を製作した。

また、仮想口腔内に暫間上部構造を装着した状態で概形印象を行い、暫間上部構造の外形参考用模型を製作し、暫間上部構造部をシリコン印象材（エグザファインレギュラータイプ、ジーシー）にて印象採得した。暫間上部構造の基底面形態と外形を記録したシリコンパテを用いて、最終上部構造のワックスアップを行った（図6B）。なお、ワックスアップは本研究内容を知り得ない技工士歴15年の歯科技工士に依頼した。

つぎに、ワックスアップ形態を3Dスキャナー（D810, 3shape）にてスキャニングし、CADデザインソフト（Dental Designer）にスキャニングデータをインポートした。続けて、歯科用ミリングマシン（DWX-50, Roland, 静岡、日本）を使用し、ジルコニアディスク（ミディウムプラス, ADAMANT, 東京、日本）から最終上部構造の削り出しを行った。その後、最終焼成を行い、歯科用接着性レジンセメント（パナビア<sup>®</sup> V5 オペーク, クラレノリタケデンタル, 新潟、日本）を用いて模型上のチタンベースに装着し、スクリュー固定式の最終上部構造を完成させた（図6C）。

### 3. 最終上部構造の形態評価

インプラントレプリカを介して可撤式局所ダイに連結させた2種の最終上部構造ならびに暫間上部構造の3パターンを3Dスキャナー（D810, 3shape）を用いてスキャニングし、データ変換ソフト（Exchange, Delcam）を用いてSTLデータ形式へ変換した。そして、画像ソフト（Power Shape, Autodesk, San Rafael, USA）にて2種それぞれの最終上部構造と暫間上部構造のスキャニングデータの重ね合わせを行っ

た。重ね合わせは、「インプラントレプリカ+可撤式局所ダイ」の表面形態の一致面積が最大となる三次元的位置関係を自動検出させた。そして、「暫間上部構造に対して最終上部構造が突出している部分」ならびに「暫間上部構造に対して最終上部構造が陥凹している部分」の体積をそれぞれ画像ソフト上のブーリアン演算を用いて算出し、その合計を暫間上部構造と最終上部構造の「形態の差」として評価した。また、それぞれの最終上部構造の「形態の差」の体積比率（体積比率=「形態の差」の体積/暫間上部構造×100）を算出し、評価した。

## 結 果

「デジタルワークフロー」では、最終上部構造が暫間上部構造に対し突出している部分8.0 mm<sup>3</sup>、陥凹している部分4.6 mm<sup>3</sup>、形態の差の合計は12.7 mm<sup>3</sup>となった。一方、「従来法」では、最終上部構造が暫間上部構造に対し突出している部分46.8 mm<sup>3</sup>、陥凹している部分12.2 mm<sup>3</sup>、形態の差の合計59.0 mm<sup>3</sup>となった（図7）。暫間上部構造に対する2種類の最終上部構造の体積比率は「デジタルワークフロー」では3.7%、「従来法」では17.3%であった。

## 考 察

今回考案したデジタルワークフローは、暫間上部構造を製作した作業模型が手元にある場合、調整された暫間上部構造を口腔外で可撤式局所ダイに連結した状態でスキャニングし、可撤式局所ダイとインプラントレプリカ部で作業模型と直接的にデジタルマッチングすることにより、今までは難しかったサブジンジバルカントゥアや隣接面のエマージェンスプロファイル形態を誤差少なく最終上部構造に反映できる可能性が示された。また、卓上三次元スキャナーを用いた既存の報告<sup>4,5)</sup>と異なり、口腔内スキャナーを用いたことにより、チェアーサイドでスキャニングステップを完結できることに加え、暫間上部構造装着時の周囲粘膜形体の情報を最終上部構造のデザイン時にCADソフト上に描出可能となった。口腔内スキャナーの精度は卓上三次元スキャナーより若干劣るが、臨床使用上十分な精度を有することは確認されており<sup>7,8)</sup>、本デジタ

ルワークフローに口腔内スキャナーを応用したことは妥当と考えられた。

一方、本デジタルワークフローは、暫間上部構造と最終上部構造に同一規格のチタンベースを用いる必要がある。チタンベースのインプラント体との連結部も含めて暫間上部構造のサブジンジバルカントゥア形態を調整する症例には適用が難しい。また、複数のインプラント体支持補綴装置を適応した症例では、チタンベースへ上部構造を装着する際のセメントスペースを大きく設定する必要がある。さらに、今回の検討では、上部構造の材質に単一材料のフルジルコニアクラウンを使用したが、ジルコニアフレームに歯科用陶材を前装するような複数材料を用いる症例についての検討も必要と思われた。

最近ではインプラント体埋入から最終上部構造製作まで模型の製作を行わないフルデジタルのワークフローが報告されている<sup>6,9)</sup>。今後は、暫間上部構造形態ならびに周囲粘膜形態を最終上部構造に反映できるフルデジタルのワークフローの考案を目指したい。

## 結 論

口腔内スキャナーと歯科用CAD/CAM技術を駆使し、暫間上部構造製作模型を用いてインプラント暫間上部構造形態を最終上部構造へ移行させる新規デジタルワークフローを考案した。すなわち、「暫間上部構造を製作した模型にチタンベースを連結した状態」と「暫間上部構造を製作した模型に暫間上部構造を連結した状態」の2種類のスキャニングデータを「可撤式局所ダイとインプラントレプリカ」を用いて重ね合わせた後に、残存歯の歯冠形態を用いて「暫間上部構造を装着した口腔内の形態を口腔内スキャナーで採得したデータ」と重ね合わせるにより、周囲粘膜の形態情報を加味した上で、暫間上部構造の歯冠とサブジ

ンジバルカントゥアの形態情報を持ちながら、チタンベースに適合する最終上部構造の製作が可能であった。

本論文に関して、開示すべき利益相反状態は無い

## 文 献

- 1) Moscovitch MS, Saba S. The use of a provisional restoration in implant dentistry : a clinical report. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1996 ; 11 : 395-399.
- 2) Buskin R, Salinas TJ. Transferring emergence profile created from the provisional to the definitive restoration. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 1998 ; 10 : 1171-1179.
- 3) Breeding LC, Dixon DL. Transfer of gingival contours to a master cast. *J Prosthet Dent* 1996 ; 75 : 341-343.
- 4) 樋口鎮央, 山地康之, 三野卓哉, ほか. プロビジョナルレストレーションを口腔機能に調和した補綴物に置き換えるための一手. *日歯産会誌* 2012 ; 26 : 37-44.
- 5) Mino T, Maekawa K, Ueda A, et al. In silico comparison of the reproducibility of full-arch implant provisional restorations to final restoration between a 3D Scan/CAD/CAM technique and the conventional method. *J Prosthodont Res* 2015 ; 59 : 152-158.
- 6) Arcuri L, Lorenzi C, Cecchetti F, et al. Full digital workflow for implant-prosthetic rehabilitations : a case report. *Oral Implantol* 2016 ; 8 : 114-121.
- 7) Ender A, Zimmermann M, Attin T, et al. In vivo precision of conventional and digital methods for obtaining quadrant dental impressions. *Clin Oral Investig* 2016 ; 20 : 1495-1504.
- 8) Shimizu S, Shinya A, Kuroda S, et al. The accuracy of the CAD system using intraoral and extraoral scanners for designing of fixed dental prostheses. *Dent Mater J* 2017 ; 36 : 402-407.
- 9) Dolcini GA, Colombo M, Mangano C. From guided surgery to final prosthesis with a fully digital procedure : A prospective clinical study on 15 partially edentulous patients. *Int J Dent* 2016 ; doi : 10.1155/2016/7358423.