

## 「夢の会話プロジェクト」と医歯工連携

皆木省吾<sup>a</sup>，阿部匡伸<sup>b</sup>，五福明夫<sup>c</sup>，柴田光宣<sup>d</sup>

Dream of speaking project and medical-dental-engineering collaboration

Shogo Minagi, DDS, PhD<sup>a</sup>, Masanobu Abe, PhD<sup>b</sup>, Akio Gofuku, PhD<sup>c</sup> and Mitsunobu Shibata, ME<sup>d</sup>

### 抄 録

構音障害に対する取り組みの入口として、舌がんに対する舌摘出術後の人工舌治療を行っている。この治療が、補綴科をはじめ口腔外科、耳鼻科、形成外科、リハビリテーション科等との連携で成立していることは言うまでもない。近年のインターネットの高速化、クラウド化、処理速度の向上などによる画像処理、音声処理の概念の進歩は著しく、構音障害の治療はごく近い将来大きな進歩の潮流を形成することは間違いない。この発展は、舌がんのみでなく脳血管障害や種々の神経疾患も対象に含む新たな学問領域と治療体系の創出に直結すると考えられる。歯科補綴学はこの重要な機能領域の創出に積極的に関与することが期待される。

### キーワード

夢の会話，人工舌，医歯工連携，音声処理

### I. はじめに

患者数の少ない疾患は希少疾病と呼ばれ、その治療のための医薬品についてはオーファンドラッグと称されて各国で開発支援が行われている。歯科関連の治療についてはそのような呼称は見当たらない。補綴関連の治療法が発展してきた歴史において、専門性が高くかつその中心的対象疾患が希少であった場合には、その治療は大学病院の専門診療科にゆだねられてきた。顎顔面補綴もこの領域の一つである。顎顔面補綴が担当してきた領域の一つに舌全摘、舌垂全摘後の構音障害がある。これらは希少な疾患(障害)であり、スペシャリストが担当することが相応であったと思われる。

さて、脳血管障害の後遺障害としての構音障害はどうだろう。超高齢社会となった現在、この障害に対する社会的ニーズは大きい。これらの舌機能障害の類似性を治療に反映すれば、構音に対する歯科的治療は「オーファンドラッグ的治療」ではなく、社会的に多くのニーズが存在する一般歯科的治療として認識できる。

顎口腔系の実質欠損に伴う構音障害と、機能障害に由来する構音障害は、往々にして別な疾患状態として理解されている。しかし、これらに共通する機能形態の「補綴」を行うことで、構音リハビリテーションを担当する言語聴覚士のアプローチは格段に進む。構音機能を達成するための補綴は一般的な歯科手技の応用で実現し得る。さらに、スマートフォンの進化をみて

<sup>a</sup> 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科咬合・有床義歯補綴学分野

<sup>b</sup> 岡山大学大学院自然科学研究科生命医用工学専攻生命医用工学講座人間情報処理学

<sup>c</sup> 岡山大学大学院自然科学研究科生命医用工学専攻生命医用工学講座インタフェースシステム学

<sup>d</sup> 岡山大学工学部創造工学センター

<sup>a</sup> Department of Occlusal and Oral Functional Rehabilitation, Graduate School of Medicine, Dentistry and Pharmaceutical Sciences, Okayama University

<sup>b</sup> Human Centric Information Processing, Department of Medical Bioengineering, Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

<sup>c</sup> Interface Systems, Department of Medical Bioengineering, Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

<sup>d</sup> Center for Engineering Innovation, Faculty of Engineering, Okayama University

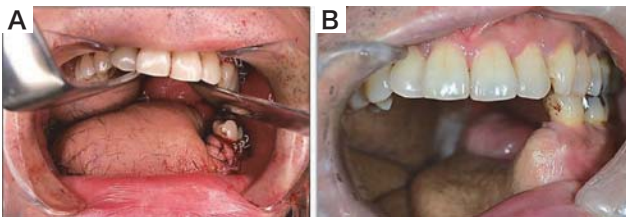


図1 舌亜全摘の1症例

A：初回の手術後の口腔内写真。大腿皮弁による舌の再建が行われている。  
B：再発、再手術後の口腔内写真。体重減少により再建舌のボリュームが失われデッドスペースが発生している。

もわかるように、デジタルテクノロジーの応用によって障害のある構音を円滑な会話レベルに引き上げることは、遠い夢物語ではない。一般的な歯科診療室で実施できる構音治療補綴が確立され、デジタルデバイスを歯科医師が処方するための医歯工連携が、大きな歯科的ニーズを充足させてゆくことがこの時代に期待されている。

本稿では、夢の会話プロジェクトへの経緯と、それをふまえて今後の歯科補綴学が取り入れるべきデジタルテクノロジーとの共存について考えてみたい。

## II. 夢の会話プロジェクト

夢の会話プロジェクトは、故 小崎健一教授（岡山大学歯学部歯科薬理学分野）ご自身が舌がんに罹患して舌亜全摘手術を受けたことからスタートした。それ以前からも岡山大学病院咬合・義歯補綴科では顎顔面補綴を担当しており構音障害を含む症例についても治療を行っていた。しかし小崎教授が歯科医師であること、さらには同じ建物内に研究室があるため随時補綴装置の使用感や効果を確認することが可能であり、歯科医師としての専門的観点からの治療法改善に向けたディスカッションが可能であることは、新しい治療法の開発や治療法普遍化のために欠くことのできない多大な知見の醸成をもたらして下さったと感じている。

舌がん摘出後に大腿皮弁を用いて再建された舌を図1Aに示す。良好に再建されており、このまま経過すればその後のPAPの使用あるいは構音リハビリテーションは円滑に進んだと考えられる。しかし、再発と再手術の後に大幅な体重減少もあり口腔内環境は、図1Bの状態となった。この状態では通常のPAPの概念では、図1BのデッドスペースをPAPのレジンで埋める必要がある。実際に作製したが、息苦しくて使用することができなかつた。この息苦しさを、口腔の

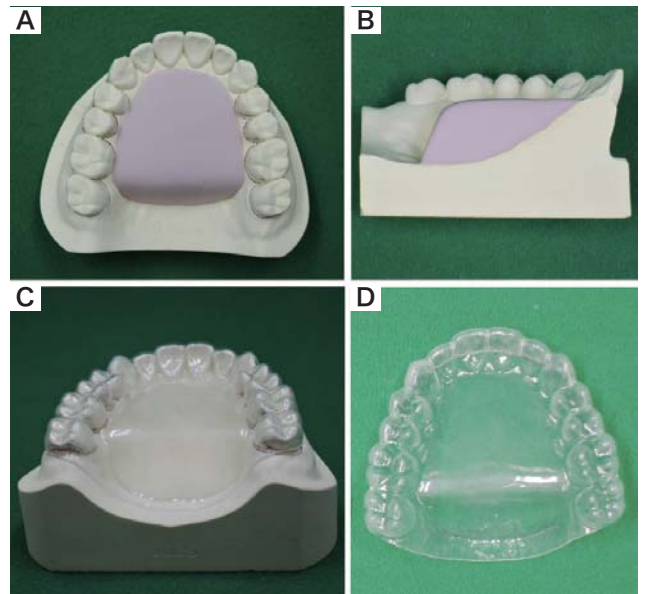


図2 フラットな口蓋面を持つ Soft-PAP

A：口蓋部の形態をシリコンパテを用いて形成した模型  
B：同模型の正中矢状断面  
C：完成した Soft-PAP を模型に装着した状態  
D：完成した Soft-PAP（文献3より引用改変）

共鳴効果を改善するために上下顎の2つの装置を用いるコンセプトが出来上がった<sup>1)</sup>。

口腔内での装着感や構音改善効果を検討した結果、図2に示すように上顎にフラットな面を持つ熱可塑性樹脂製の弾性を有するPAP（以下、Soft-PAPと呼ぶ<sup>3)</sup>）を装着することとなった。図3は図1Bの状態に対して作製された人工舌である。下顎左側第一大臼歯および第二大臼歯が残存していたため、これに維持を求めて可動性の人工舌とした。口腔底後方にわずかに残存している舌は上方への運動能を残していたため、これを利用して人工舌を上方へ押し上げる構造とした。これら対となる装置の構造と機能時の状態の模式図を図4に示す。図4Aは、装置を装着した安静時を示している。残存舌はリラックスした状態であり、レジン製の基部とそれに築盛されたシリコン部から成る人工舌は下方に下がって容易に呼吸できる状態となっている。/t/音などの構音時の人工舌の状態を図4Bに示す。図中の黒矢印で示されるように、残存舌の挙上によって人工舌部分が押し上げられ、上顎に装着されたフラットな平面との間で呼気の閉鎖を達成する。

舌の摘出範囲は症例によって大きく異なり、それぞれに適した対応が必要となる。当院の夢の会話プロジェクト外来開設後は、図4で示されるような亜全

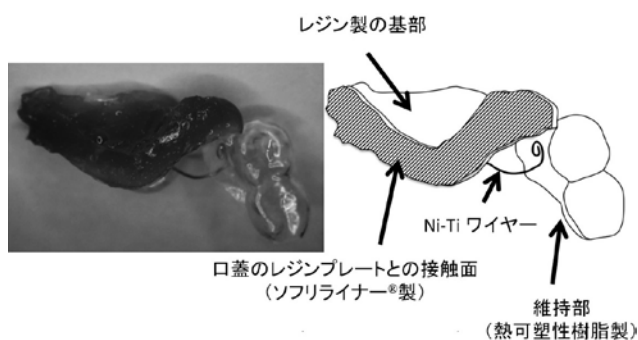


図3 舌垂全摘症例に対する人工舌の一例 (咬合面観) (文献1より引用改変)

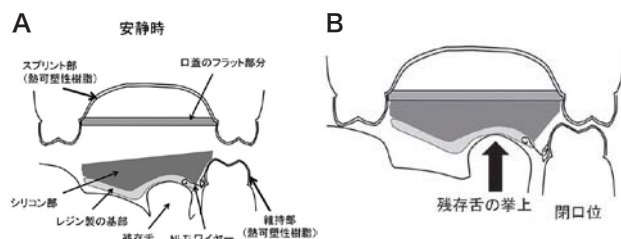


図4 舌垂全摘症例に対する人工舌の模式図 (前頭断面)

A : 安静時  
B : /t/ 音などの構音時の状態 (文献1より引用改変)

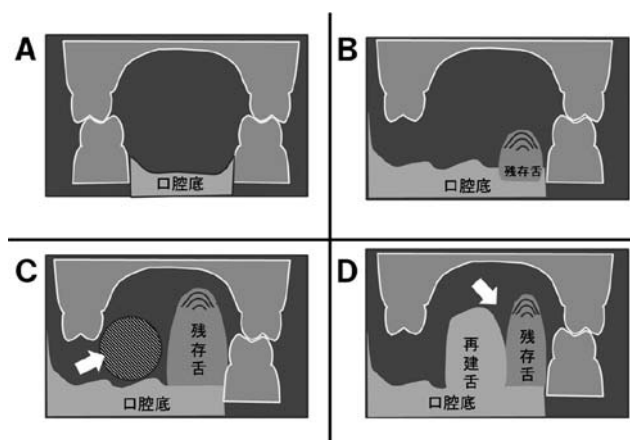


図5 人工舌治療のための舌摘出症例の分類 (文献2より引用改変)

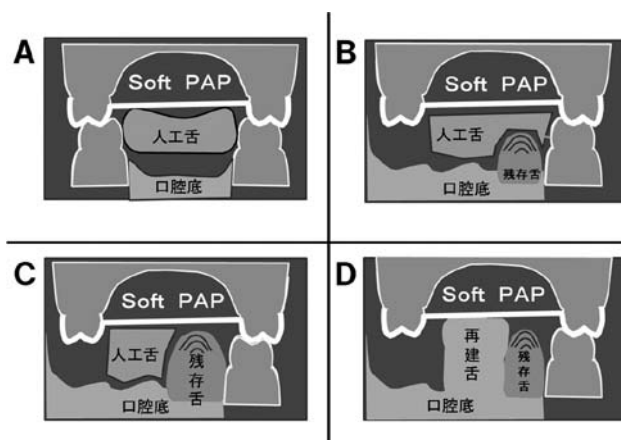


図6 症例分類に対する人工舌の概念図 (文献2より引用改変)

摘症例のみでなく、舌根部も含む全摘症例が多数来院している。垂全摘についてもその摘出範囲はバリエーションがあり、当初は対応に苦慮した。現在はその補綴的対応から、図5に示すように概ね4種類の症型(A~D)に分類している<sup>2)</sup>。残存舌の大きさと再建舌のバランスによって採用すべき人工舌等の形態が決定される。図5Aは舌全摘後に舌の再建が行われていない場合を示している。図5Bは舌垂全摘であり残存舌が小さくて口蓋に到達しない場合である。図1Bの状態がこれに相当する。図5Cは舌垂全摘であるが、側方に残った残存舌が口蓋近くまで到達するが切除部分の再建が行われていないかあるいは行われていても口蓋までのデッドスペースが大きい場合である。図5Dは再建舌と残存舌とを合わせると概ね本来の舌のスペースを補っている場合を示している。これらに対応する人工舌等の装置の概念を図6に示す<sup>2)</sup>。図6Aの場合には、シリコン製の人工舌とSoft-PAPの組み合わせが適応となる。この場合、下顎に残存歯があれば人工舌の維持を下顎残存歯に求める。図6Bの場

合には、上記の図3, 4で示した人工舌とSoft-PAPの組み合わせが適応となる。図6Cの場合には、閉口時に生じる口腔底とSoft-PAPとの間のデッドスペースを不動性のシリコン舌で塞ぐ構造となる。構音時にはSoft-PAPと残存舌の接触によって調音を行う。図6Dは、良好な形成外科的処置によって適正なボリュームのある再建舌と残存舌の組み合わせが得られている場合である。この場合は、良好な症例であれば補綴装置なしで円滑な構音が可能となる。また必要であれば従来型のPAPあるいはSoft-PAPを用いることで比較的容易に発話を回復することができる。

人工舌とSoft-PAPを併用した構音リハビリテーションを行う際に、成功に導くための重要なポイントとなる点を図7に示している。図7は、人工舌とSoft-PAPを介して咬合しているところを下方から観察した模式図とする。構音を適切に行うには、呼気のコントロールが重要である。舌がんによって舌の摘出を行った患者でもほとんどの場合は頬の組織は概ね健全に保たれている場合が多いため、多くの場合には歯



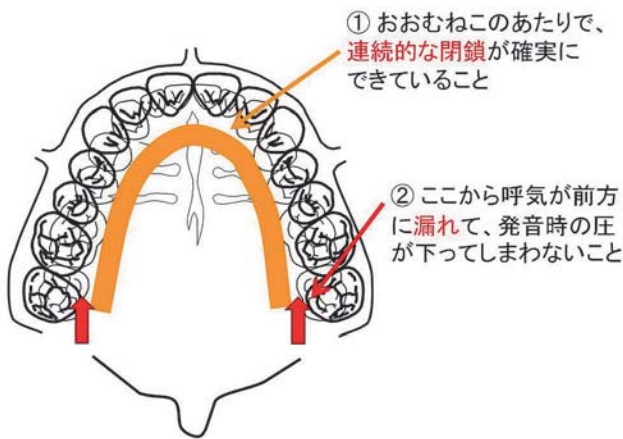


図7 人工舌装着時の呼気流路制御の要点

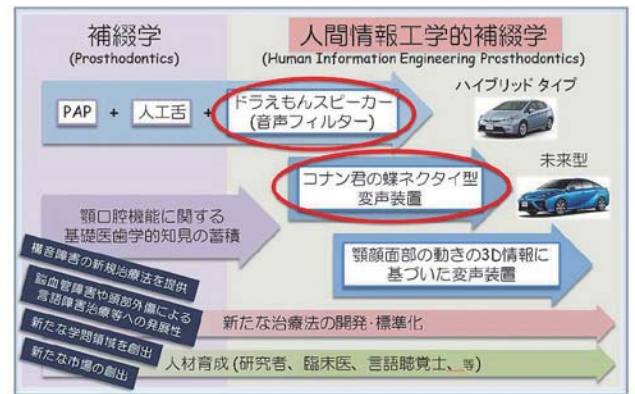


図8 医歯工連携による人工舌治療概念の将来像



図9 パワーアシスト的な構音補助装置試作機の一例

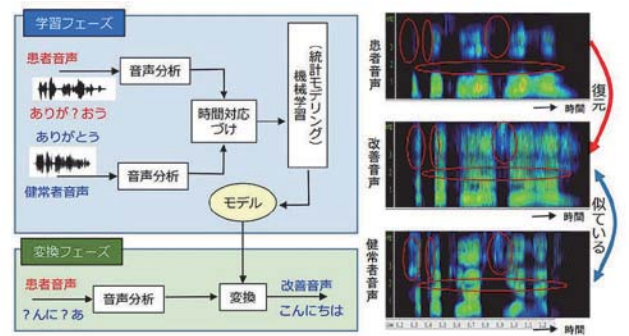


図10 デジタル情報を応用した音声分析と改善音声の概念例 (文献5より引用)

列あるいは義歯と頬の間は頬の密着によって呼気は漏れることがないと考えられる。したがって、口峽部よりも前方の呼気の流れを考える場合には、歯列よりも内側の呼気の流れをコントロールすれば良いこととなる。わかりやすいところでは、/ka/ や /ko/ の音は左右の最後方臼歯間を完全に閉鎖した後に開放すれば、概ね正しい音を出すことができる。しかし、図7に赤矢印で示す部分は人工舌と歯列と PAP との3者に囲まれる場所となるために、十分な閉鎖を得るためにはその目をもって観察し対処することが必要である。古くから舌摘出後に人工材料による舌の形を模した補綴装置が作製されているにもかかわらず調整が困難であったのは、これらの呼気の閉鎖を確実に行うことが困難であったからであると推察される。さらに、/t/ 音等を産生するには、図7に黄色で示すライン上の閉鎖が達成されることが望まれる。これも完全に閉鎖されていないならば、夕音はサ音のように呼気の溢出

を含む音となって産生されてしまう。この点も上記と同様に、これまで多くの試みが行われた人工舌補綴装置が必ずしも普及しにくかった理由の一つであると推察される。この点では、図2に示すようにフラットな口蓋面を持つ Soft-PAP では、従来型に比較すれば呼気の閉鎖は達成しやすい形態であると考えられる。もちろん、舌全摘の場合には完全に上下の人工物同士の接触となるために後方での閉鎖、前方での閉鎖が適切に分けて達成できるとは限らない。しかし閉鎖環境さえ提供されれば、リハビリテーションによってその閉鎖条件を有利に利用した構音が得られるようになって感じている。その意味で、言語聴覚士が担当する構音リハビリテーションと、この閉鎖環境を提供する補綴処置は価値の高い医療連携であると考えられる。

### III. 医歯工連携

構音領域における医歯工連携は今後大きな可能性を秘めていると考えられる。図8は夢の会話プロジェクトメンバーから提示された領域概念である。図8左に示される補綴学領域が補綴科をはじめ口腔外科、耳鼻科、形成外科、リハビリテーション科等の医科との連携で成立していることについては現状の通りである。近年、記憶媒体の大容量化、無線環境下のインターネットの高速化、クラウド化、処理速度の向上などによって、従来処理が困難であった画像や音声などの処理概念の進歩が著しい。音声認識の精度や速度も大幅に進化しており、例えばiOS (Apple社のiPhone等に使われているオペレーティングシステム)の機能のうち、音声認識と自然言語処理を用いた“Siri”と呼ばれる音声アシスタント機能をテレビのコマーシャルで目にしたり実際に使用している人も多いと思われる。このようなデジタルテクノロジーの応用によって障害のある構音を円滑な会話レベルに引き上げることは、遠い夢物語ではない。現実には、当院の夢の会話プロジェクト外来での治療のために韓国から昨年来日した患者は、初診時にはスマートフォンに打ち込んだテキストを日本語に翻訳して意思疎通を行っていた。しかし治療後には、彼自身が韓国語で話す声をスマートフォンに音声認識させ、その直接翻訳で会話が成立するまでになった。その意味では、補綴装置との併用で発声する元音声の質を高めることは重要な意義がある。図8に“ドラえもんスピーカー”と比喩的に表現されているのは、PAPと人工舌を用いて発声した音声信号を信号処理によって聞き取りやすい音声成分を強調するものであり、本人の声と同時に聞かせることにより明瞭度を高めるというパワーアシスタ的な概念である<sup>4)</sup>。現在試みられている試作機の一例を図9に示す。

一方もう一つの近未来の達成モデルが存在する。図8に“コナン君の蝶ネクタイ型変声装置”と比喩的に表現されているのは、生体から発せられる種々のデジタル情報(声でも良いし、顎口腔系で記録される筋活動や運動情報でも良いかもしれない)を学習させることによって人工的な声を合成する手法<sup>5)</sup>である(図10)。上記の翻訳症例では元音声の質を向上させることによって実施が可能となっているが、元音声を必要としない臨床も可能になると考えられる。

### IV. おわりに

近い将来開花する医歯工連携を想定するならば、歯学領域でこれまで培われている機能情報を工学領域で利用しやすい情報として獲得してゆくプロセスが達成される必要があると考えられる。これまでの種々の歯科領域における研究ノウハウの蓄積を勘案すれば、このプロセスには現状では歯科補綴学の機能研究領域が最も適したポジションにあると考える。この医歯工連携が達成されれば、構音障害の新規治療法を提供できることになり、舌がんのみでなく脳血管障害や種々の神経疾患も対象とした新たな学問領域と治療体系が創出されると考えられる。これは1大学のみが行う事ではなく、国内の多くの大学が個々にあるいは協力してこの方向性を持って取り組み、近未来にAll Japanとしての活動に集約されることが期待される。

### 文 献

- 1) Kozaki K I, Kawakami S, Konishi T, Ohta K, Yano J, Onoda T et al. Structure of a New Palatal Plate and the Artificial Tongue for Articulation Disorder in a Patient with Subtotal Glossectomy. *Acta Med Okayama* 2016; 70: 205-211.
- 2) 皆木省吾, 川上滋央, 佐藤匡晃, 兒玉直紀. 夢の会話プロジェクト —舌切除患者への人工舌形態の確立—. *顎顔面補綴* 2016; 39 (2): 6-11.
- 3) 太田圭二, 宮崎文伸, 川上滋央, 佐藤匡晃, 古西隆之, 村田尚道ほか. 舌切除患者を対象としたソフト PAPの製作方法. *顎顔面補綴* 2016; 39 (2): 50-55.
- 4) 五福明夫, 皆木省吾. 夢の会話プロジェクト. 岡山大学 知恵の見本市 2016  
<http://www.orpc.okayama-u.ac.jp/tenji/file/pdf/chie/2016/pamphlet/2016-13.pdf>
- 5) 阿部匡伸, 五福明夫, 皆木省吾. 声質変換による構音障害者の音声明瞭性改善方式の開発. 中央西日本メディカル・イノベーション 2017  
[http://www.orpc.okayama-u.ac.jp/tenji/file/pdf/medical/2017/seeds/5\\_seeds.pdf](http://www.orpc.okayama-u.ac.jp/tenji/file/pdf/medical/2017/seeds/5_seeds.pdf)

著者連絡先：皆木 省吾

〒700-8525 岡山市北区鹿田町 2-5-1

岡山大学大学院医歯薬学総合研究科

咬合・有床義歯補綴学分野

Tel: 086-235-6685

Fax: 086-235-6689

E-mail: minagi@md.okayama-u.ac.jp