

Review (総説)

Utilization for implant placement with dynamic navigation system インプラント埋入におけるダイナミックナビゲーションの活用

Takeshi Kotani^{1,2}
小谷 武司^{1,2}

¹ Division of Anatomy, Kyushu Dental University, Fukuoka.

² Kotani Dental Clinic, Fukuoka.

¹ 九州歯科大学解剖学分野, 福岡.

² こたに歯科クリニック, 福岡.

Received: 4 Aug. 2025 Accepted: 22 Aug. 2025 Published online: 24 Sep. 2025

Corresponding: Takeshi Kotani (ktimplant@gmail.com)

1-10-14, Shiragane, Kokurakita-ku, Kitakyushu, Fukuoka 802-0074, Japan

〒802-0074 福岡県北九州市小倉北区白銀1-10-14

For long-term stability of prosthetic rehabilitation in edentulous areas, the most critical factor is the formulation of an optimal treatment plan based on thorough preoperative examination and diagnosis. However, during the actual implant placement surgery, the key to clinical success lies in whether the implant fixture can be positioned precisely as planned preoperatively. To achieve accurate implant positioning, guided surgery using surgical templates (static guides) has become widely adopted, with numerous studies reporting higher accuracy compared to freehand techniques. Nevertheless, the use of static guides can be limited in posterior molar regions, especially when the interincisal opening is restricted, making it difficult to perform surgery exactly as planned.

This article aims to discuss the clinical utility of the dynamic navigation system (dynamic guides), which has been increasingly adopted in recent years, in comparison with conventional static guidance techniques.

Keywords: implant, guided surgery, dynamic navigation, dynamic guide, static guide

欠損補綴を長期的に安定させるためには術前の検査・診断から最適な治療計画を立案することが最も重要であ

る。実際の埋入手術において、術前プランニング通りにインプラント体を埋入できるかどうかキとなる。適切な埋入ポジションを実現させるために、サージカルテンプレートをを用いたガイドッドサージェリー（静的ガイド）が広く普及しており、フリーハンド手術に比べて精度の高い治療が可能であることが数多く報告されている。しかしながら、ガイドッドサージェリー（静的ガイド）は開口量によっては最後方臼歯部の使用に制限があり計画通りの手術が困難な場面に遭遇する。

本稿では近年普及しつつあるダイナミックナビゲーションシステム（動的ガイド）の有用性について従来の術式と比較しながら述べていきたい。

キーワード：インプラント、ガイドッドサージェリー、ダイナミックナビゲーション、動的ガイド、静的ガイド

1. 諸言

インプラント埋入術式はフリーハンドによる埋入、サージカルガイドを使用した静的ガイド手術、そして本稿で紹介するダイナミックナビゲーションシステムを用いた動的ガイド手術に大別できる(図1)。フリーハンドに比べて静的ガイドと動的ガイドは共に高精度の施術ができるようになった¹⁾。動的ガイド手術は静的ガイド手

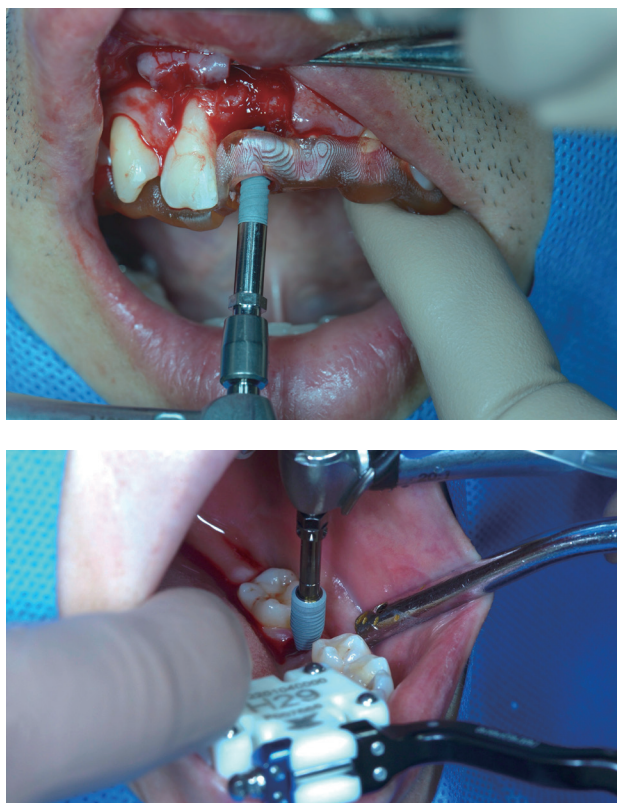


Figure 1 : Dental implant placement in static and dynamic static and dynamic guide (upper and lower, respectively)

術に比べて歴史が浅いこともあり、広く普及しているとは言いが、その利便性と柔軟性には目を見張るものがある。

本稿ではインプラント治療における動的ガイドの優位性と術式、症例を供覧し、注意点そして今後の展望について述べる。

2. ガイデッドサージェリーのワークフロー

静的ガイドと動的ガイドは共にCTスキャンによって得られたDICOMデータを基に治療計画を立案するところから始まる。補綴設計の際は口腔内スキャナー (IOS) や技工用スキャナー、石膏模型などを用いて診断用の補綴データもしくはWax-upを併用することが望ましい²⁾。そこから得られた情報から静的ガイドでは手術計画情報を専用のナビゲーション機器に落とし込むことにより即時に外科治療が可能になる (図2)。

1) 原理

ダイナミックナビゲーションシステム (Nobel Biocare社) は自動車のGPSカーナビゲーションと同様の原理である。2台の追跡カメラがハンドピースに付けられたトラッカーと患者に付けられたトラッカーを追跡し、三角測量をすることで顎骨内のドリルの位置をリアルタイムで確認することができる (図3)。

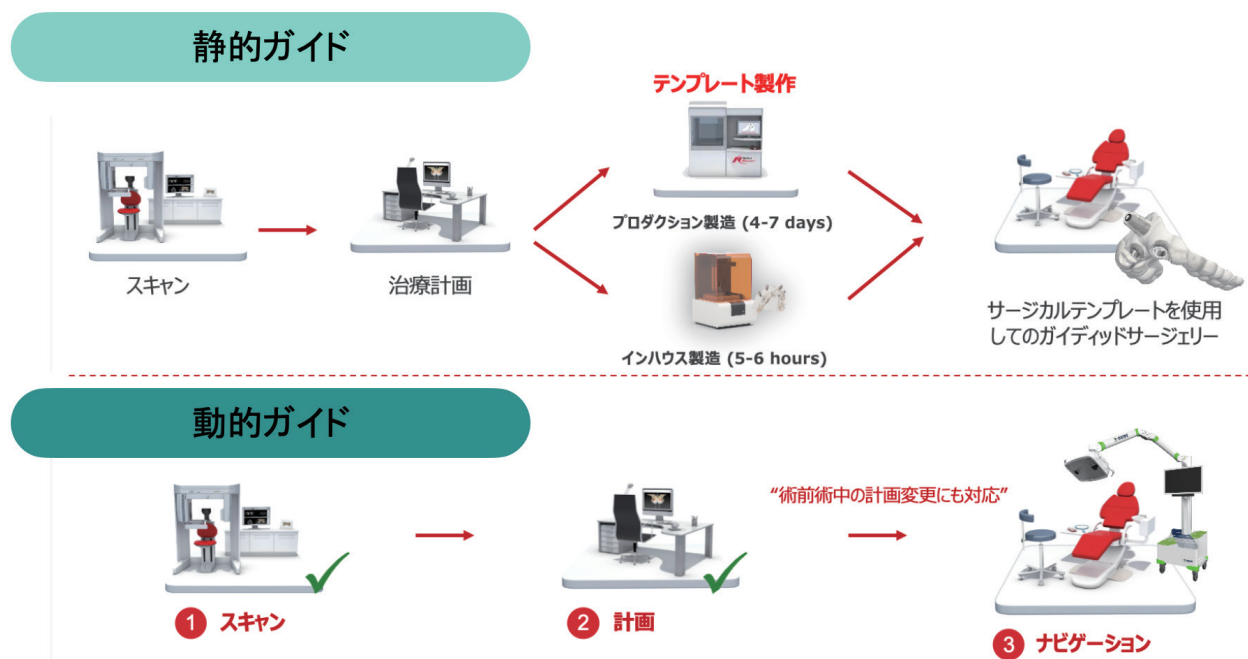


Figure 2 : Workflow of the guided surgery (Published with permission from Nobel Biocare)

2) 埋入精度

小久保らの研究によれば、静的ガイドの精度はプラットフォーム部で平均値1.12mm、先端部で1.39mm、埋入角度3.89度の誤差が出ると報告されている³⁾。一方、Pellegrinoらのインプラント埋入位置エラーに関するシステマティックレビュー⁴⁾によると、動的ガイドでの誤差はプラットフォーム部で0.81mm、埋入先端部で0.91mm、埋入深度0.899mm、埋入角度のずれ3.807度との報告があり、前述の通りフリーハンドに比べて高精度の施術が可能である。

3) 適応症例

動的ガイドでは、ナビゲーションの指標となる患者トラッカーを動揺のない歯、もしくは顎骨に固定

できれば単独歯欠損から無歯顎症例まであらゆる症例で使用ができる(図4)。

4) 注意点

歯または顎骨にトラッカーを付ける際にはしっかり固定しないと精度の担保ができない。そしてトラッカーと追跡カメラの位置関係が阻害されないポジションでの手術が必要となる(図5)。

3. 静的ガイドとの比較

静的ガイドと動的ガイドは両者ともフリーハンドと比較して術前プランニング通りの精度の高い施術を提供できるが、動的ガイドはサージカルテンプレートを使用しないので静的ガイドに比べていくつか利点が存在する。

- 1) サージカルテンプレートを作製しないため来院回数を減らすことができる。
- 2) 開口量に左右されないため最後方臼歯部でも安定した手術が可能となる。
- 3) サージカルテンプレートによる嘔吐反射を軽減できる。
- 4) 術中に埋入ポジションの変更もしくは微調整が可能である。

4. ダイナミックナビゲーションシステムの概略

まず初めに、X-guide[®]においてはトラッカーを固定するための装置(X-クリップ)を口腔内に装着した状態でコンビームCT スキャン撮影を行う。そこから得られたDICOMデータを専用のシミュレーションソフトウェアに取り込み、治療計画を立案する。そしてそのデータをナビゲーションシステムに落とし込み、ハンドピースに取り付けられたトラッカーを読み込ませ、ドリルのキャ



Figure 3 : Principle of the Dynamic Navigation System (Published with permission from Nobel Biocare). The spatial positions of the handpiece tracker (left yellow circle) and the patient tracker (right yellow circle) are determined via triangulation by two overhead cameras (upper yellow circles) tracking their respective positions.



Figure 4 : Trackers (Published with permission from Nobel Biocare). There are two types of trackers: the patient tracker, which is mounted intraorally, and the handpiece tracker, which is attached to the surgical handpiece.



Figure 5 : Surgeon Positioning During Dynamic Navigation Surgery. Caution is required, as the tracking camera may lose sight of the trackers if the operator leans too far over the oral cavity.

リブレーションを行い手術を開始する。術中は患者の口腔内よりもナビゲーション画面を見る方が多くなるので、ドリリングの手指感覚とアシスタントとの連携が重要になる(図6)。

5. 本システムを用いた1症例

患者：61歳 男性

初診日：2022年10月

主訴：右側上顎臼歯部インプラント治療希望(他院から紹介)

現症：欠損部のパーシャルデンチャーを作製したが全く使っていない。当該部は昨年、異種他家骨による上顎洞挙上術を行った際、術後感染を合併するも現在は異常なし。
既往歴：反対側の左側臼歯部は10年以上前に腸骨移植によるサイナスリフトの既往がある。また下顎両側臼歯部も過去にインプラント治療歴あり。全身状態については特記事項なし。

家族歴：なし。

初診時パノラマX線所見：6の残根が認められる。両側の上顎洞に不透過像は認められない。右側最後臼歯部のインプラントに軽度の垂直的骨吸収が認められる(図7)。

口腔内所見：欠損部顎堤の治癒は良好であるが、6部抜歯後の頬側顎堤に陥凹が認められる(図8)。

CT画像所見：右側上顎洞底部には移植骨の残留が認められる。洞内に炎症初見は認めない(図8)。

診断：7 6 5 4 欠損

治療方針：上顎洞の再度の骨造成は難易度が困難である

ことから、ダイナミックナビゲーションを使用して当該欠損部に頬骨と上顎結節部の既存骨を利用したインプラント埋入を行うこととした。

処置及び経過：手術は静脈内鎮静下にて行った。ナビゲーションによってドリルと顎骨の位置関係は把握できていたが、念の為術中は歯肉の切開、剥離を行い、明視野にて埋入を行った(図9, 10)。

初期固定は良好で4ヶ月後に2次手術を行い数日後プロビジョナルレストレーションの印象、セットを行い、通法に従って最終補綴装置を装着した。現在のところ経過良好である(図11, 12)。

6. 結論と将来展望

ダイナミックナビゲーションシステムを活用することで、前述の通り精度の高い施術ができるだけでなく、より短時間で低侵襲な治療を提供できるようになってきた。また、インプラント経験の全くない歯科医師にダイナミックナビゲーションによるトレーニングを行うとイン

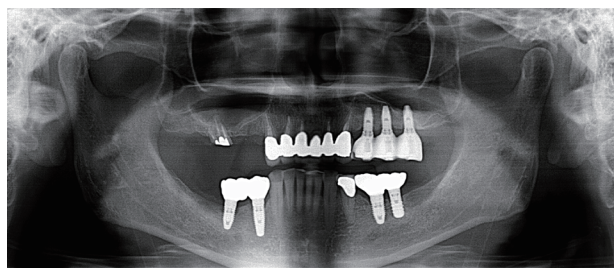


Figure 7 : Initial Panoramic Radiograph. (Provided by the referring clinic)



Figure 6 : Overview of the Dynamic Navigation System. Fixation of the X-clip (upper left), calibration of the drill (upper right), and the intraoperative navigation screen (bottom).

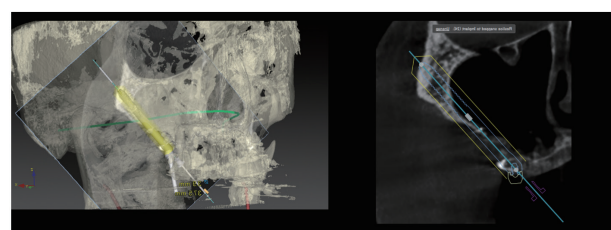


Figure 8 : Intraoral Photograph and CT Image of the Edentulous Area.

プラント埋入位置に大幅な改善が認められたという報告もあり、経験が浅い歯科医師にとっては有用な教育ツールであるとも言える⁵⁾。しかしながら、機械を扱う手術では万が一の不具合に備えて、従来通りのフリーハンドによるインプラント埋入への切り替えや、解剖学的な知識、全身管理など基本的な研鑽を怠ることなく先進機器を扱うことがより重要である。

今後は口腔内スキャナー (IOS)によるデジタルWax-upやフェイススキャンによる顔貌評価を利用することで

り予知性の高い治療が可能になり、将来的にはAIを活用したロボットによる手術などの開発が進んでいくと考えられる。

謝 辞

本論文に関して開示すべき利益相反はない。症例に関しては患者の同意のもと掲載した。

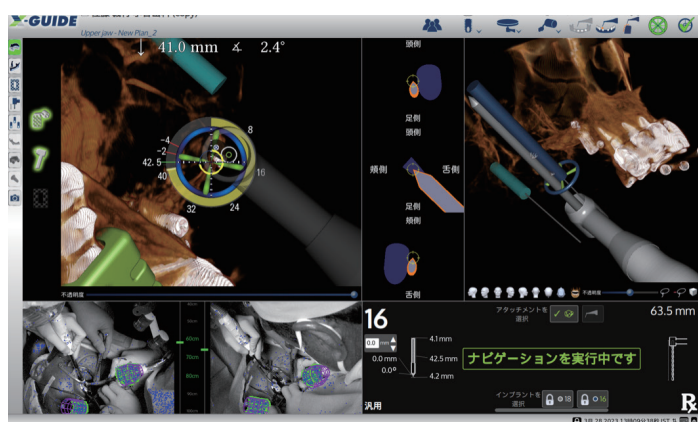


Figure 9: Zygomatic Implant Placement Using Dynamic Navigation.

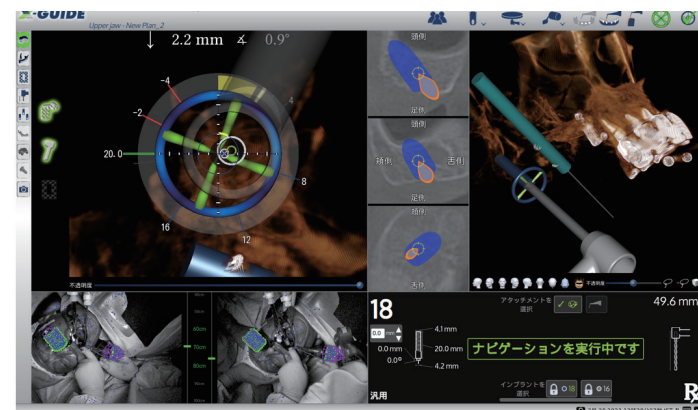


Figure 10: Implant Placement in the Maxillary Tuberosity Using Dynamic Navigation.

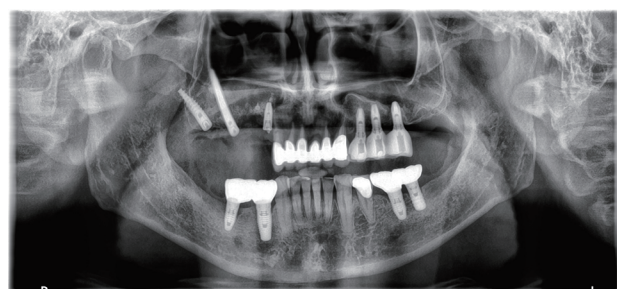


Figure 11: Postoperative CT Images.



Figure 12: Final Prosthesis.



引用文献

- 1) Marques-Guasch J, Bofarull-Ballús A, Giralt-Hernando M, Hernández-Alfaro F, Gargallo-Albiol J. Dynamic Implant Surgery-An Accurate Alternative to Stereolithographic Guides-Systematic Review and Meta-Analysis. *Dent J (Basel)*. 2023 Jun 8;11(6):150.
<https://doi.org/10.3390/dj11060150>
- 2) 正木千尋, 友野博記, 細川隆司. インプラント治療におけるデジタルワークフロー. 2018年 72 巻 3-4 号 29-35 九州歯科学会雑誌
<https://doi.org/10.2504/kds.6.31>
- 3) 小久保裕司. コンピューターガイドドサージェリーの基礎と現状を学び直す. *Quintessence DENTAL Implantology* 2017 vol.24
- 4) Pellegrino G, Ferri A, Del Fabbro M, Prati C, Gandolfi MG, Marchetti C. Dynamic Navigation in Implant Dentistry: A Systematic Review and Meta-analysis. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2021 Sep-Oct;36(5):e121-e140.
<https://doi.org/10.11607/jomi.8770>
- 5) Zhan Y, Wang M, Cheng X, Li Y, Shi X, Liu F. Evaluation of a dynamic navigation system for training students in dental implant placement. *J Dent Educ*. 2021 Feb;85(2):120-127.
<https://doi.org/10.1002/jdd.12399>

筆頭著者



最終学歴：九州歯科大学大学院(2013年卒)
博士号：博士(歯学)2013年
専門分野：インプラント治療における解剖学的研究

