

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2010～2011
 課題番号：22659374
 研究課題名（和文） マイクロアクチュエータを用いたコンピュータ制御による次世代歯科矯正装置の開発
 研究課題名（英文） Development of a next-generation computerized orthodontic device using microactuators
 研究代表者
 内野 夏子 (UCHINO NATUKO)
 東京大学・医学部附属病院・特任臨床医
 研究者番号：30569637

研究成果の概要（和文）：アクチュエータの新材料の出現や加工法の発展により、既存の材料では満たすことができない要求が実現されつつある。本研究では、アクチュエータを用いた体内埋込型の骨延長装置を開発した。外歯車と内歯車による減速機構を構成し、並進揺動運動を行わせる内歯車を強磁性体で作成した。外部磁石を駆動源に用いて、外部磁石の位置を制御することにより非接触で骨延長装置を駆動させることを実現した。

研究成果の概要（英文）：For the emerging materials for actuators and advances in processing methods, needs that could not be fulfilled with existing materials are increasingly being met. In this study, an implantable bone elongation device using actuators was developed. We constructed a deceleration mechanism with external and internal gears and fabricated an annular-gear with a ferromagnetic material, which allows translational/oscillating motions. We have managed to drive a bone elongation device in a contact-free manner by controlling the position of the external magnet using it as a driving source.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	0	1,500,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	390,000	3,190,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学、矯正・小児系歯学

キーワード：マイクロマシン、歯科矯正装置

1. 研究開始当初の背景

近年、ライフサイエンス、情報・通信、ナノテクノロジー、エネルギー、宇宙開発など革新的な科学技術の発展により、われわれは様々な恩恵を受けることができるようになった。この中で、日本独特の技術であったメカトロニクス発展として微小機械を追求することで生まれた新しい技術である微小機械技術のマイクロマシンは、日本発の技術

であり、半導体集積回路の微細加工技術や精密機械加工技術を基に製作されたものである。この技術は携帯電話・自動車・映像機器などに続々と採用され、さまざまな産業分野にイノベーションをもたらしている。運動を引き起こすための駆動源となるものがアクチュエータであり、機械の運動性能はアクチュエータの性能で決まる。現在も、力が強く、効率が良く、制御がしやすく、小さなアクチ

ュータを求めて研究開発が行われている。

マイクロマシン技術によるマイクロアクチュエータの新材料の出現や加工法の発展、急速な進歩により、既存の技術では実現することができない技術的問題が解決されつつある。マイクロマシン技術とは、メカニクス（機械工学）、エレクトロニクス（電子工学）をはじめとして、化学、物理学、光学、生物学、医学などの広範な分野からなる技術体系である。微細で複雑な作業を行うために数 mm 以下の高度な機能要素から構成された微小な機械を「マイクロマシン」と定義される。

仮骨延長法は、骨切り術によって切り離された脈管の残存した骨の表面間に新たな骨と新しい周囲軟組織を形成されるため、骨だけでなく軟組織も延長が可能な方法である。現在の骨延長器は手動式のねじ送り機構を用いて骨を引き伸ばすため、シャフトが体外に露出し、患者に負担を強いるとともに、感染のリスクなどを抱えている。

仮骨延長法は、このようなマイクロマシン技術による制御手法の特徴を生かせる分野である。これまで、小型自動骨延長装置の開発を目指した報告があるが、外部から非接触で回転させる体内埋込式の骨延長装置はない。本研究では、装置を体外に交通させ、手で操作するのではなく、外部磁場コイルを複数用いることによって、外部から非接触で回転させる体内埋込式の骨延長装置を開発する。医療分野では、低侵襲な診断や治療を実現するため、より小さく、より高精度であることが求められる。このような異分野融合型次世代デバイスはブレイクスルーを生み出す未来の新しい治療環境を実現する可能性がある。

2. 研究の目的

歯科矯正治療は、歯科医師の技術と経験をもとに様々な矯正装置を用いて行なわれているが、実際に必要とする三次元的な矯正力と発生する力分布を予測することは極めて困難である。本研究は、最新のマイクロアクチュエータを導入して、コンピュータ制御による科学的根拠に基づいた客観的かつ定量的な次世代型の矯正装置を開発することにより、予知性・安全性の高い矯正治療を開拓することを目的としている。

3. 研究の方法

骨延長器は体内に埋め込むため、その構造は小型でシンプルかつ出力が大きいことが求められる。そこで、ねじ送り機構の駆動方法として、シンプルな構造で大きな減速比を得ることができるサイクロイド減速機構を

用いた。サイクロイド減速機は内歯車と外歯車からなるシンプルな構造で、外歯が 29、内歯が 30 となっており、内歯車を 29 回揺動運動させることで外歯車を 1 回転させることができる。内歯車を外部磁石によって揺動運動させるため、内歯車にはリング形状の永久磁石を接着した。

外歯車にはシャフトが連結されており、軸方向以外の回転運動は拘束されている。また、シャフト部には移動体に取り付けられており、シャフトが回転することで移動するねじ送り機構となっている。内歯車は、軸方向の回転が拘束されており、面内の並進運動のみをおこなう。内歯車には永久磁石が取り付けられているため、上部から永久磁石を近づけることで、吸引または反発力を受ける。外部の永久磁石の接近・離脱またはその位置を制御することで、内歯車に揺動運動を生じさせ、デバイスを非接触で駆動する。

非接触駆動による骨延長装置は、外部の永久磁石の位置を制御し、内歯車を揺動運動させることで駆動する。外部磁石は、それぞれ内部磁石に対して吸引・反発する極性のものが回転子の腕の端に設置されている。この回転子を回すことで、内部磁石に加わる磁力の向きを制御する。左右の磁石から吸引力が働く場合、内部磁石には垂直方向に吸引力が働く。次に、片方の回転子を 90 度回転させると、内部磁石には斜め左方向の吸引力のみが働く。さらに、回転子を 90 度回転させると、右側の磁石からは反発力が働くため、合力として内部磁石には左向きの力が働く。

さらに、今度は左の回転子を 90 度回転させると斜め左下方向の力が働く。同様にして回転子を 90 度ステップで回転させることで、内部磁石には 8 方向の力が順次加わり、内歯車を揺動運動させることができる。外部磁石のステップ駆動によって、内歯車に加わる力を求めるために、外部磁石の駆動で内部磁石に加わる力を測定した。

本実験では、外部磁石の回転はステッピングモータを用いて制御した。磁石に加わる力を測定するために、アルミ柱にひずみゲージを 2 枚それぞれ 90 度ずらして貼り付け、簡易的なロードセルとし、面内の力ベクトルを測定した。磁石はアルミ柱の先端に取り付け、上部から永久磁石を近づけ力を測定した。ひずみゲージの出力は事前に既知の荷重によってキャリブレーションを行った。

4. 研究成果

外部磁石によって骨延長装置の非接触駆動を行った結果、外部磁石はステッピングモ

ータによって回転を制御した。外部磁石を90度ステップで回転させることで、内歯車を揺動運動させ、可動部分を駆動した。また、可動部分の出力方向に負荷を与え、骨延長装置の駆動力の測定を行った結果、出力は電磁石では0.25Nであったが、永久磁石では1.45Nを得た。外部磁石を駆動源に用いて、コンピュータ制御により外部磁石の位置を制御することで、非接触で骨延長装置を駆動することを実現した。

従来の手動式のネジ送り機構を用いた極めて原始的な装置に対して、我々が開発した骨延長装置は、生体完全埋込み型非接触駆動であり、外部から非接触で駆動できるという特長を持つ。今後さらなる発生力の向上を行い、本装置をより小さな部位でも使用できるようにするため、さらなる小型化を進める。最新のマイクロアクチュエータを導入したコンピュータ制御による次世代型の矯正装置の開発が可能である。

本研究の成果を、さらに3次元セファログラムやコンピューターシミュレーションによる有限要素解析などと統合することにより、これまでの常識では不可能であった科学的根拠に基づいた予知性・安全性の高い画期的な歯科矯正治療法が生まれると考えられる。新しい歯科矯正学の展開には、電気・電子・化学・物理・材料・バイオなどの学際的な基盤技術体系を構築することが必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

① Takahashi-Ichikawa N, Susami T, Nagahama K, Ohkubo K, Okayasu M, Uchino N, Uwatoko K, Saijo H, Mori Y, Takato T: Evaluation of mandibular hypoplasia in patients with hemifacial microsomia: a comparison between panoramic radiography and three-dimensional computed tomography, Cleft Palate Craniofac J (in press)

[学会発表] (計3件)

① 松崎由貴, 門田洋一, 宇塚和夫, 末永英之, 佐々木健, 森田剛: 骨延長器デバイスの小型化に関する研究, 2012年度精密工学会春季大会, 2012年3月14日, 首都大学東京, 東京

② 門田洋一, 井上和彦, 宇塚和夫, 末永英之, 森田剛: 低侵襲型骨拡張デバイスの永久磁石による非接触駆動, 第23回電磁力関連のダ

イナミクスシンポジウム, 2011年5月18日, ウィンクあいち, 名古屋

③ 井上和彦, 宇塚和夫, 末永英之, 門田洋一, 森田剛: 非接触電磁駆動による骨延長器の低侵襲化, 2010年度精密工学会秋季大会, 2010年9月29日, 名古屋大学, 名古屋

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://plaza.umin.ac.jp/~oralsurg/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内野 夏子 (UCHINO NATUKO)
東京大学・医学部附属病院・特任臨床医
研究者番号: 30569637

(2) 研究分担者

森田 剛 (MORITA TAKESHI)
東京大学・新領域創成科学研究科・准教授
研究者番号: 60344735

末永 英之 (SUENAGA HIDEYUKI)
東京大学・医学部附属病院・特任講師
研究者番号: 10396731

大久保 和美 (Ohkubo Kazumi)
東京大学・保健・健康推進本部・講師
研究者番号: 10396715

長濱 浩平 (NAGAHAMA KOUHEI)
東京大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：60401361

高橋 直子(TAKAHASHI NAOKO)
東京大学・医学部附属病院・特任臨床医
研究者番号：10569635

(3)連携研究者

高戸 毅 (TAKATO TSUYOSHI)
東京大学・医学部附属病院・教授
研究者番号：90171454