

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 9 月 16 日現在

機関番号：17104

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25540088

研究課題名(和文) マスク型サイレント音声インタフェースの開発

研究課題名(英文) Development of the mask type silent speech interface

研究代表者

齊藤 剛史 (Saitoh, Takeshi)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授

研究者番号：10379654

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では、口唇の2次元的な動きを高精度に計測するマスク型デバイスLip motion sensing mask (LIMOSK)の開発およびLIMOSKを活用したサイレント音声インタフェースの開発を目的として、磁石および磁気センサのモデル化、複数の磁気センサより磁石位置を推定する手法および32個の磁気センサを用いたLIMOSKのプロトタイプを開発した。磁石数1、2、3において複数の磁石配置パターンの磁石位置推定実験を行った。その結果、各磁石数における平均誤差はそれぞれ0.47mm、0.64mm、2.71mmであった。これより提案システムは高い精度で磁石位置を推定できることを確認した。

研究成果の概要(英文)：The aim of this research is development of a novel mask-type wearable device named lip motion sensing mask (LIMOSK) to measure two-dimensional lip motion and its interface for silent speech interface. We modeled the magnetic sensor by mathematical expression, proposed the magnet location estimation method by using several magnetic sensors, and developed a prototype of LIMOSK which has 32 magnetic sensors. We carried out the evaluation experiments for the proposed method. As the results, the magnet location estimated errors when changing the number of magnets with 1, 2 and 3, were 0.47mm, 0.64mm and 2.71mm, respectively. It was confirmed that the proposed system is able to estimate the magnet location by the high precision.

研究分野：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：コミュニケーション支援 読唇 ウェアラブルデバイス

1. 研究開始当初の背景

(1)喉頭摘出などにより音声を発声できない発話障害者は、音声コミュニケーションが難しい。この問題を解決するサイレント音声インタフェース (Silent Speech Interface; SSI) の開発が盛んに取り組みられている。SSIには表1に示すように非可聴つぶやきマイクロフォン (NAM)、超音波画像 (US)、筋電信号 (EMG)、顔画像 (Camera) などが提案されている。

表 1 SSI の性能比較

SSI	Audio	NAM	Camera	EMA	US	EM/ vibration	EMG	EEG	BCI	LIMOSK
Works in silence	×	○	○	○	○	×	○	○	○	○
Works in noise	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
For laryngectomy Patients	×	×	○	○	○	×	○	○	○	○
Non-invasive	○	○	○	×	○	○	○	△	×	○
Ready for market	○	○	×	×	△	○	△	×	×	×
Low cost	○	○	○	○	△	△	○	○	×	○
Portability	○	○	○	△	△	△	△	△	×	○
Design	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○

(2)研究代表者は SSI の一つであるカメラ画像を利用する読唇に取り組んできた。一般的なカメラを用いると子音の認識精度は 30%程度であったが、高速度カメラを用いることにより高い精度を得られることが判明した。しかし高速度カメラは、撮影時に大量の光量が必要とするため実用的でない。

(3)カメラで計測できる情報を他のセンサで代用し、かつ口唇の動きを高い時間分解能で計測できるデバイスは開発されていない。そこで本研究では、本研究は発話障害者の生活の質 (QOL) を高めることを目的として、発話障害者のコミュニケーションを支援する新しいインタフェースを開発する。

2. 研究の目的

音声コミュニケーションで問題とされている課題を解決する新しいインタフェースとして、口唇の2次元的な動きを高精度に計測するマスク型デバイス Lip motion sensing mask (LIMOSK) の開発および LIMOSK を活用したサイレント音声インタフェースの開発を目的とする。

LIMOSK を利用したインタフェースのイメージ図を図1に示す。ユーザが発声するときに生じる口唇の動きを LIMOSK でセンシングする。計測された信号は A/D 変換器を通じて PC に送信されて、認識処理の入力データになる。認識処理後、結果をモニターに表示あるいは音声で出力してコミュニケーションを支援するインタフェースである。

LIMOSK の構造を図2に示す。口唇の動きを計測するために、口唇周辺の皮膚に磁石を貼り、マスク内側に磁気センサをアレー状に配置する。口唇の動きに伴い磁石が動く。この

磁石の動きを計測することにより口唇の動きを捉える。磁石や磁気センサの配置パターンによる計測信号の影響を詳細に検討し最適なパターンを導く。LIMOSK は、全く新しいデバイスであり読唇技術と類似した2次元的な動きを取得でき、かつ高い時間分解能のため、読唇技術を凌駕する認識精度が期待できる。

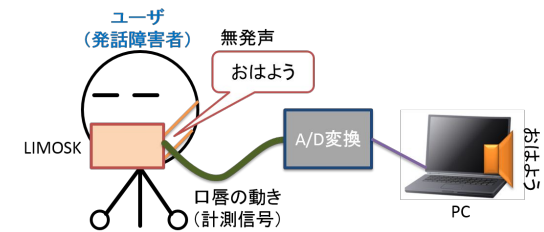


図 1 開発インタフェースのイメージ図

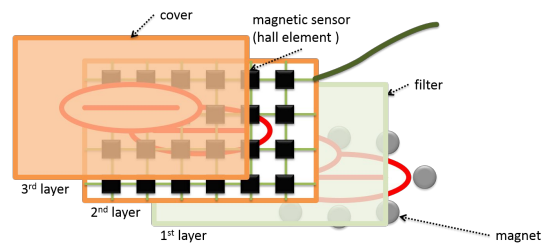


図 2 LIMOSK の構造図

前述の目的を達成するため、下記課題について取り組む。

- (1)磁石と磁気センサの特性を用いた特性計測およびモデル化
- (2)LIMOSK のプロトタイプの実製作
- (3)プロトタイプを用いた磁石の位置推定手法の検討

3. 研究の方法

- (1)磁石と磁気センサの特性を用いた特性計測およびモデル化

LIMOSK では口唇周辺に貼られた複数個の磁石の位置を複数個の磁気センサを用いて推定する。このとき磁気センサは、磁気センサ - 磁石間の距離に応じて電圧が変化する。そのため、磁気センサの電圧値より磁石の位置を推定するために、磁気センサをモデル化する。

磁石および磁気センサにはそれぞれ複数の種類がある。そこでまず本目的に適した磁石および磁気センサを選定する。磁石にはネオジム磁石、ピックアップ 80、ピックアップ 130、ピックアップ 190 の 4 種を用いる。磁気センサとして旭化成エレクトロニクス社製ホール IC EQ-730L、EQ-731L、EQ-733L を用いる。磁石と磁気センサの距離を 0 ~ 30mm の間で変化させながら磁気センサの出力を観測する。

LIMOSK では口唇周囲に複数個の磁石を貼り、また磁石位置を推定するために複数個の

磁気センサを用いる。そこで磁石および磁気センサそれぞれにおいて個体間の違いを検証する。具体的には3個の磁石および3個の磁気センサを用いて静特性を測定し、個体間のばらつきを評価する。

最後に磁石の位置と磁気センサの出力電圧より磁気センサをモデル化する。

### (2) LIMOSK のプロトタイプ の製作

磁石と磁気センサを用いた口唇形状の計測原理は単純であるが、これらの配置パターンの決定は正確な口唇形状を推定するための最も重要な課題である。口唇は平面的でなく立体的な構造であり、その構造は人によって異なる。また利便性を考慮して LIMOSK を容易に脱着できる工夫が必要である。これまで LIMOSK に類似したデバイスは国内外で開発されていないため、この課題解決は本研究の成否に影響を与える。現段階ではマスクと磁気センサのサイズを考慮し、1.5cm 間隔の格子状に磁気センサを配置する。

多チャンネルの電圧を同期して取得するために AD 変換として CONTEC 社製 AI0-163202FX-USB を利用する。

### (3) プロトタイプを用いた磁石の位置推定手法の検討

(2)で製作したプロトタイプを用いて、磁石を配置し、32個の磁気センサの出力電圧を測定する。次に(1)で求めたモデル式より磁石の位置を推定する。

一つのセンサの出力値を用いることで、磁石までの距離が推定できるが、位置の推定は困難である。これは一つのセンサのみでは得られた距離を半径とする円周上に磁石があることのみでの推定にとどまる。二つのセンサ出力値を用いることで二つの円の交点に磁石があると推定できる。ただし、二つの円の交点は最大2点求まるため、一意に求まらない。三つのセンサ出力値を用いることで三つの円の交点を磁石位置として推定できる。この原理にもとづいて磁石位置を推定する。ただし、モデル式には誤差が含まれる。そこである大きさの広がりをもつ環状分布を考え、全センサ出力値より環状分布を重ねあわせ、分布値が大きい場所を磁石位置とする手法を提案する。また複数の磁石がある場合、一つずつ磁石位置を求める。

磁石数を1~3個とし、磁石の位置を変えた複数パターンを用意する。各パターンにおいて磁石位置を推定し、正解磁石位置との誤差を求め、提案手法を評価する。

## 4. 研究成果

### (1) 磁石と磁気センサの特性を用いた特性計測およびモデル化

4種の磁石および3種の磁気センサを用いて実験を行った。3種の磁石(ピックアップ

バン 80、ピックアップバン 130、ピックアップバン 190)を用いて磁気センサ(EQ-730L)の出力を求めた結果を図3に示す。図中、横軸は磁気センサから磁石までの距離、縦軸は磁気センサの出力電圧を示す。ピックアップバン 80と130は磁力が小さいため、距離変化による出力電圧の値域が小さい。ピックアップバン 190は他よりも大きい値域となっている。これらの実験結果より、磁石にはピックアップバン 190、磁気センサには EQ-730Lを用いることで距離に応じて適切なスケールで出力電圧を計測できることが判明した。

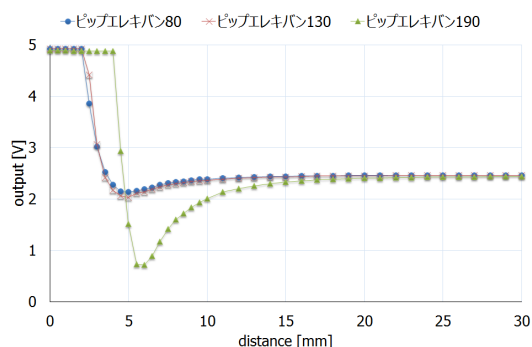


図3 磁石個体間の違い

3個の磁石(ピックアップバン 190)を用いて計測した結果を図4に、3個の磁気センサ(EQ-730L)を用いて計測した結果を図5に示す。これらの結果より個体間のばらつきは無いことを確認した。

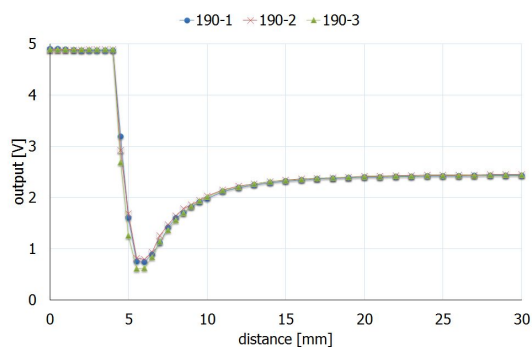


図4 磁石個体間の違い

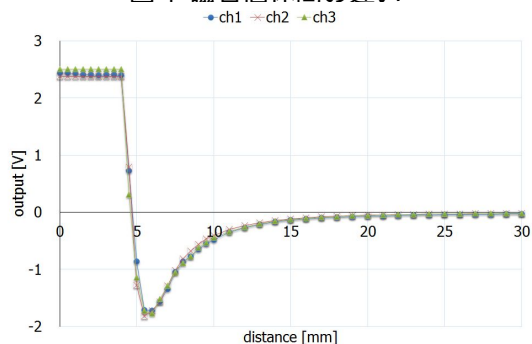


図5 磁気センサ個体間の違い

磁石および磁気センサをそれぞれ3個ずつ用いて9通りの組み合わせにより静特性の測

定実験を行った。その結果より、磁石と磁気センサ間の距離  $x$  と磁気センサの出力電圧  $V(x)$  を数式によるモデル化を行った。モデル式を以下に示す。

$$V(x) = 77.4 \left( \frac{0.41}{((x - 2.69)^2 + 0.41^2)^{3/2}} - \frac{3.41}{((x - 2.69)^2 + 3.41^2)^{3/2}} \right)$$

また図 6 に実測値とモデル式のグラフを示す。

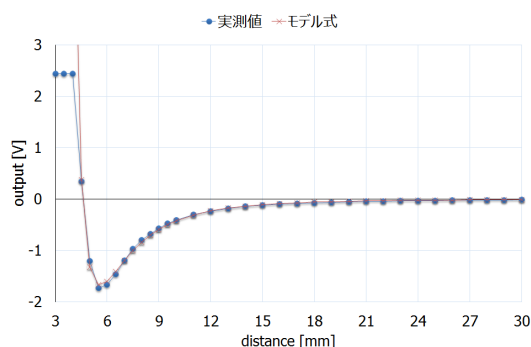


図 6 磁石までの距離と出力電圧のグラフ

### (2) LIMOSK のプロトタイプ製作

32 個のホール IC をアレー状に配置した LIMOSK のプロトタイプの外観写真を図 7 に示す。各センサはシールドケーブルをつなぎ、フラットケーブルを介して AD 変換器と接続する。またホール IC の位置を固定するため、ホール IC は OHP シートに接着させている。

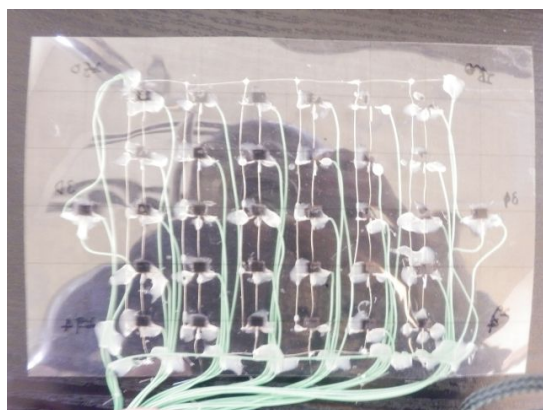


図 7 LIMOSK プロトタイプの外観写真

### (3) プロトタイプを用いた磁石の位置推定手法の検討

磁石数 1 のときは 28 パターン、磁石数 2 のときは 8 パターン、磁石数 3 のときは 12 パターンの磁石配置を与えた。図 8 ~ 10 に各磁石数における環状分布を可視化した結果を示す。図中、白色格子の交点は磁気センサの位置を示す。赤色ほど分布値が大きく、青色ほど分布値が小さいことを意味する。

磁石位置の推定結果を表 2 に示す。表中  $E_{min}$ 、 $E_{max}$ 、 $E_{ave}$  はそれぞれ最小誤差、最大誤差および平均誤差を意味する。磁石数が 1、2 の場合、平均誤差は 1mm 以下で高い推定精度を得られている。一方、磁石数 3 の場合、平

均誤差は 2.7mm であるが、最大誤差は 14.5mm であった。磁石が複数ある場合、求まる分布は各磁石の分布の重ねあわせになる。提案手法では位置が推定された磁石の影響を除くために、推定された位置を基準に分布値を除く処理を適用している。混合ガウス分布と仮定し、EM アルゴリズムなどでピーク値を推定するなどの改善が考えられる。

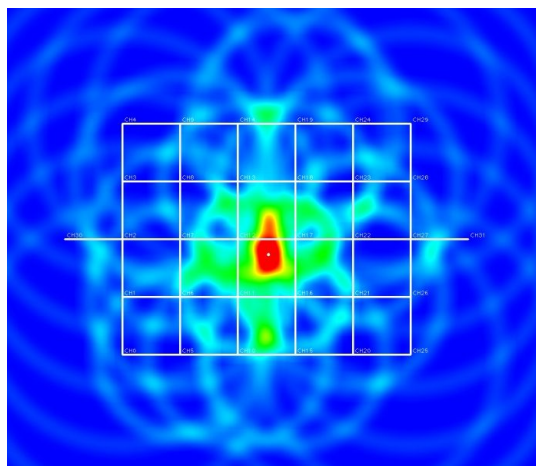


図 8 磁石数 1 のときの分布図

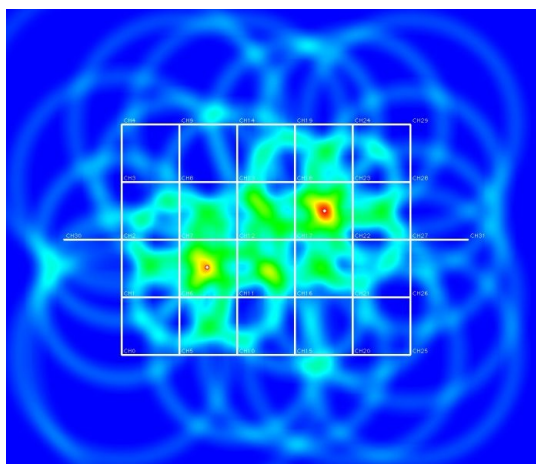


図 9 磁石数 2 のときの分布図

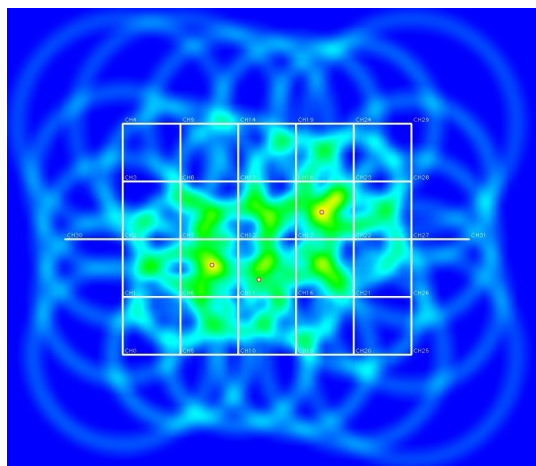


図 10 磁石数 3 のときの分布図

表2 磁石位置推定実験結果

磁石数	パターン数	$E_{min}$ [mm]	$E_{max}$ [mm]	$E_{ave}$ [mm]
1	28	0.00	0.94	0.47
2	8	0.20	1.61	0.64
3	12	0.41	14.53	2.71

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.slab.ces.kyutech.ac.jp/~saitoh>

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

齊藤 剛史 (SAITOH, Takeshi)

九州工業大学・情報工学研究院・准教授

研究者番号：10379654