

## ハイブリッド型人工内耳シミュレータにおける刺激マッピング機能とその評価

A study on a stimulus mapping function in a simulator  
for a hybrid type of cochlear implant and its evaluation佐藤 正幸\* 西口直宏\*\* 坂田聡\*\* 渡邊 亮\* 上田 裕市\*\*  
Masayuki Sato Naohiro Nisiguchi Tadasaki Sakata Akira Watanabe Yuichi Ueda

## 1. まえがき

これまでに、様々な人工内耳システムが製品化、販売されており、世界中で多くの高度感音性難聴者に適用され、多大な成果があげられている。しかし、スペクトル分析 (SPEAK 方式) に基づく現行の人工内耳システムでは、粗い音声ホルマントしか伝達できないために音声了解度や音質の点で問題が残る。

そこで、筆者らは、高精度でホルマントを推定できる逆フィルタ制御(IFC)方式<sup>[1]</sup>を併用したハイブリッド方式を提案し、高品質の音声情報を伝達する人工内耳システムの開発を行っている。

本稿では、開発評価用に構築した CI シミュレータにおいて、装着者の電流刺激ダイナミックレンジに適合させるために付加した刺激マッピング機能について述べる。さらに、実システムを模擬する信号伝送系 (符号化・復号化) により生成される模擬音声 (VCV 音節) の明瞭度試験により、ハイブリッド方式の有効性を検証する。

## 2. ハイブリッド型人工内耳システム

ホルマント周波数抽出法として代表的な A-b-S 法や LPC 法は多大な演算処理を必要とするため、必ずしもリアルタイム処理には適さない。一方、時間波形処理に基づき高精度でホルマントを推定する逆フィルタ制御法 (IFC 法)<sup>[1]</sup>が提案され、音声画像化システム<sup>[2]</sup>や単語音声認識システム<sup>[3]</sup>に応用されている。さらに、IFC 法を簡略化したアルゴリズムに基づく方式 (IFC4) を設計し、単共振分解型補聴システム<sup>[4]</sup>に適用した。提案する人工内耳用音声処理はこの IFC4 に基づいており、人工内耳装着者が聴取する音声を模擬的に作成して聴取実験を行った結果、従来法の一つである CIS 方式と比較しても遜色ない音声明瞭度が得られた。しかし、IFC 方式では、有声音区間のホルマント情報とピッチ情報は正確に伝達できるが、明確なホルマントが存在しない無声音区間の情報伝達に問題があることが分かった。そこで、有声/無声判別を行い、有声音区間では IFC 方式によるホルマント・ピッチ情報を、無声音区間では SPEAK 方式によるスペクトル情報をそれぞれ伝達する方式 (ハイブリッド方式)<sup>[5]</sup>を提案した。提案したハイブリッド型人工内耳システムのブロック図を図 1 に示す。

\*熊本県立技術短期大学校 熊本県

Kumamoto Prefectural College of Technology,  
Kikuchi-gun Kumamoto-ken 869-1102 Japan

\*\*熊本大学 熊本市

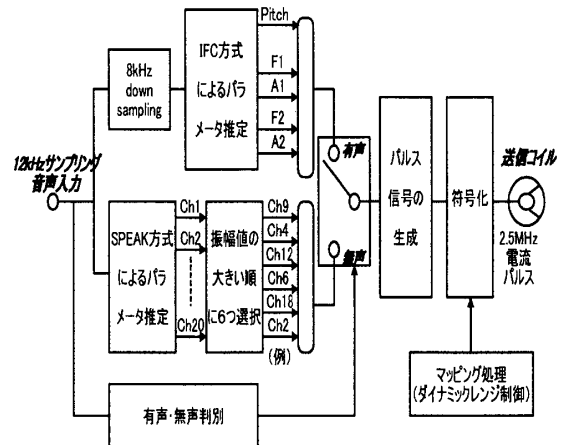
Kumamoto University, kumamoto-shi  
860-8555 Japan

図1 ハイブリッド型人工内耳システムのブロック図

## 2. 1 パルス信号の生成

IFC 方式では、1 フレーム (=10ms) につき第 1(F<sub>1</sub>)及び第 2 ホルマント周波数(F<sub>2</sub>)に対応したチャンネルに、それぞれの振幅値(A<sub>1</sub>,A<sub>2</sub>)に応じたピッチ周期(Pitch)のパルス列を生成する。一方、SPEAK 方式では、振幅値の大きい 6 チャンネルについて一定間隔のパルス列を生成している。また、両方式を切り替えるための有声/無声判別は、処理の簡素化のためにスペクトル傾斜の違いとして信号の低域と高域のパワー比の閾値判定<sup>[5]</sup>により行っている。

## 2. 2 マッピング機能を付加した符号化処理

生成したパルス信号はコクレア社製人工内耳システムの伝送コードに基づいた符号化処理を行っている。

各チャンネルの振幅のダイナミックレンジ (以下 DR) は、IFC・SPEAK 両方式において、実音声 (男女 1 名の長文 5 試料) のレベル分布より設定した。しかし、快適な刺激レベルの DR は装着者ごとに異なっているため、各電極 (チャンネル) で C レベル (Comfortable level) と T レベル (Threshold level) を測定し、刺激レベルの DR を設定できるマッピング機能を付加した (図 2)。

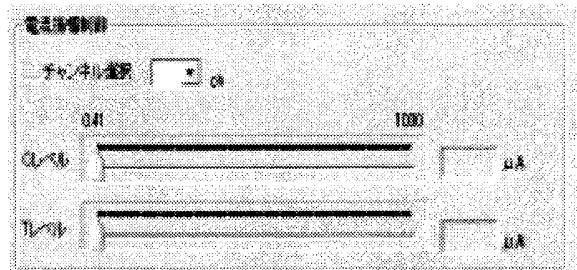


図2 マッピング処理のためのダイアログボックス

図3に本機能を用いて設定した, ある症例でのDRパタン (マッピングデータ) の例を示す<sup>[6]</sup>.

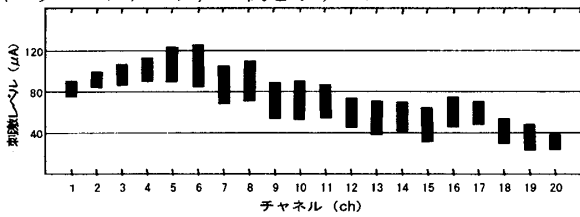


図3 ある人工内耳装用者のマッピングデータ

### 3. 聴取評価実験

#### 3.1 模擬音声の生成

20チャンネルのパルス信号を20ch臨界帯域フィルタバンクに通し, その出力の総和として模擬音声を生成した.

#### 3.2 音節明瞭度試験

IFC・SPEAK・ハイブリッドの各方式において, 音素単位での情報伝達能力を評価するために, VCV音節明瞭度試験を行った. また, 刺激レベルが十分伝わる場合(非マッピング状態)と症例の個人性を考慮した刺激レベル制限の場合(マッピング状態: 図3)についての比較も行った.

##### (1) 音声試料

男女各1名の発話によるVCV62音節について(3方式×マッピングの有/無=)6種類の模擬音声を作成した.

##### (2) 実験方法

被験者には防音室内でPC上の模擬音声を両耳ヘッドホンにて呈示した. 呈示方法は, 模擬音声全744音節をランダムに並び替え, 62音節ずつ12回に分けて音節の呈示を行い, 呈示回数は1回とした.

##### (3) 被験者

成人男性2名・成人女性1名, 計3名の健聴者

##### (4) 実験結果

図4にVCV・母音・子音の正答率, 図5に調音様式ごとの正答率を示す.

##### (5) 考察

音節明瞭度試験の結果(図4)より, VCV及び子音の正答率はSPEAK・IFC方式よりもハイブリッド方式が高い. 母音では, IFC方式がSPEAK方式よりも正答率は高く, ハイブリッド方式はIFC方式と遜色ない. 以上のことより, ハイブリッド方式ではSPEAKとIFCの両方式の長所を併せ持つ方式であるといえる.

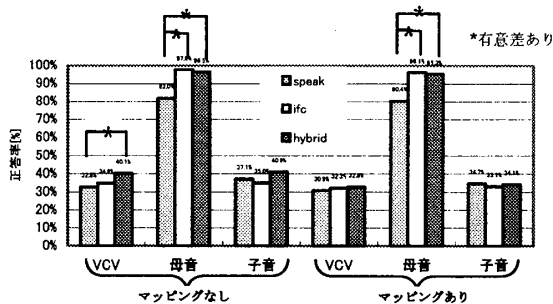


図4 音節明瞭度試験の正答率

調音様式ごとの結果(図5)を見ると, 無声破裂音及び摩擦音では, ハイブリッド方式はSPEAK方式と同程度の

性能が得られると推測されるが, IFC方式に近くなっている. これはVU判別での切り替え誤りが生じていると推定できる. マッピングの有/無では, 全体にマッピングによりスコアは低下している. また, 摩擦音においては, マッピングによるDR低下のためにIFC方式での伝達可能な情報が少なくなり, 数フレーム続くSPEAK方式合成音声の重要度が大きくなり, ハイブリッド方式とSPEAK方式が同等になったものと思われる.

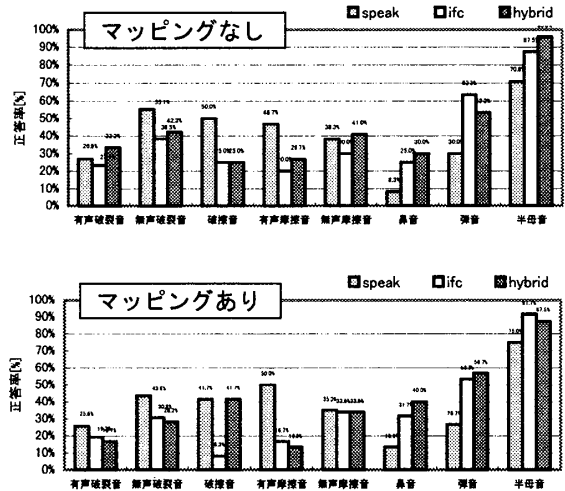


図5 調音様式ごとの正答率

### 4. むすび

本稿では, 刺激マッピング機能について述べ, VCV音節の明瞭度試験により, ハイブリッド方式の有効性を検証した. 今後は, さらに, ホルマント周波数の推定精度やVU判別の精度を向上し, 提案システムをより高品質の音声情報の伝達が可能なシステムに改良し, 体外装置の付加などにより実用的なシミュレータとして改善していく予定である.

### 参考文献

- [1] A.Watanabe, "Formant Estimation Method Using Inverse-Filter Control", IEEE TRANSACTIONS ON SPEECH AND AUDIO PROCESSING Vol.9 pp.317-326, (2001).
- [2] A.Watanabe, S.Tomishige, and M.Nakatake, "Speech Visualization by Integrating Features for the Hearing Impaired", IEEE TRANSACTIONS ON SPEECH AND AUDIO PROCESSING Vol.8 pp.454-466, (2000).
- [3] N.Ikeda, Y.Ueda, A.Watanabe, "Candidate-selection method for large size vocabulary based on phoneme distance matrix" Proc. 17th ICA, 4, pp.50-51, (2001).
- [4] 池田隆, 上田裕市, 渡邊亮, "高品質音声を伝達する単共振分解型補聴器", 日本音響学会誌 57 巻 5 号 pp.326-336(2001)
- [5] 秋山蒼寛, 大平和広, 佐藤正幸, 上田裕市, 渡邊亮, "人工内耳の音声処理方式と状態観察ツールの開発に関する研究", 九支連講演論文集 536, pp.262, (2002)
- [6] 本庄蔵, "人工内耳", 中山書店, (1994)