

201224002A

別添1

厚生労働科学研究費補助金  
障害者対策総合研究事業

発話障害者のための  
ハンズフリー支援機器の開発とその臨床評価

平成24年度 総括研究報告書

研究代表者 伊福部 達

平成25（2013）年 5月

目 次

I. 総括研究報告

発話障害者のためのハンズフリー支援機器の開発とその臨床評価 ----- 1

II. 研究成果の刊行に関する一覧表 ----- 11

III. 研究成果の刊行物・別刷 ----- 13

厚生労働科学研究費補助金（障害者対策総合研究事業）  
（総括）研究報告書

研究要旨

代表者らは、過去10年以上にわたり喉頭摘出者のための「電気式人工喉頭」の実用化とその普及に努めてきた。その間に多くのユーザから、仕事をしながら使えるように手を束縛しない「ハンズフリー型」にして欲しいという要望が続いていた。一方、発話のための筋・神経系に疾患のある構音障害者からは、残された身体機能の動きにより実時間で感情豊かな音声を生成することができるような「音声生成器」を開発してほしいという要望が出てきている。本課題の目的は、これらの要望に応じて、①ハンズフリー電気喉頭の改良研究を進めるとともに、②構音障害支援器の開発研究を行うものであり、喉頭摘出者から脳・神経系疾患による発話障害者の全般をカバーできるようにする。他の治療法やリハビリ法を補完するという立場で臨床的な観点から有用性と問題点を評価し、製品化を目指して研究を進める。

ハンズフリー電気喉頭については、平成22～23年度にわたり、発声音の音量拡大のための小型拡声器と指押圧力センサによる抑揚制御方式を研究・開発し、さらに装置の全てを一体化しハンズフリーにするための首バンドの設計方式を追求してきた。平成24年度では、それらの結果を踏まえて、ハンズフリー人工喉頭のためのマイクロホン、指押圧センサを開発し、同時に生体力学の観点から振動子音源が口腔内に効率的に送られる首バンドを設計した。さらに、それらを一体化したトータルシステムを試作し、その有用性を確認した。

一方、ウェアラブル音声生成器については、平成22～23年度にわたり、ほぼすべての音素を指でタッチパッドなぞるだけで生成できるように、同時に、指押圧力で抑揚も制御できるようにして、それらをタッチパネル型PCで一体化した。平成24年度では、音声生成機能をスマートホン（iPhone）で実現し、訓練マニュアルの作成や使い勝手の改良を行い、平成25年4月15日にスマートホンのアプリケーションとしてウェブ上で350円の価格でダウンロードできるようにした。

以上に2機種について、他の治療法やリハビリ法を補完するという立場で臨床的な観点から有用性と問題点を評価し、実用化への道筋を明確にした。

代表者

伊福部 達  
東京大学 高齢社会総合研究機構 特任研究員

分担者

田中 敏明  
東京大学 先端科学技術研究センター 特任教授

上田 一貴  
東京大学 工学系研究科 特任講師

A. 研究目的

代表者らが開発し製品化してきた電気式人工喉頭のユーザから手を使わないで使えるようにして欲しいという強い要望が続いている。一方、脳・神経系疾患による構音障害患者からは、実時間で感情表現もできる音声合成器を開発してほしいという要望が出ていた。本課題はこれらの目的に応えるために、22年度と23年度にわたって①「ハンズフリー電気喉頭」の改良研究を進めるとともに、②構音障害支援器のための「ウェアラ

ブル音声生成器」開発研究を行い、ともに試作機を完成させている。

最終年度の24年度では、①のハンズフリー人工喉頭については、試作済みの発話支援機器をユーザビリティの観点から評価しながら実用性の高いものに完成させる。②のウェアラブル音声生成器については、音声生成プログラムおよび抑揚制御技術をスマートホンでも使えるようにし、その実用器を完成させる。

同時に、他の治療法やリハビリ法を補完するという立場で臨床的な観点から有用性と問題点を評価する。なお、この2つの支援技術ができれば喉頭摘出者と脳・神経系疾患による発話障害者の両方をカバーすることになる。

B. 研究方法

①ハンズフリー人工喉頭では、振動子と抑揚センサが一体化した「首バンド装着型方式」および人工喉頭用「ポータブル小型拡声器」の開発・改良を繰り返し、実用化に向けて最終モデルのためのユーザビリティ評価を行う。

②ウェアラブル音声生成器では、コンピュータの

タッチパッドの面を指でなぞった情報で音声を生成する方法の改良化研究を行い、全ての子音が出せるようにするとともに、生成音の「抑揚センサ方式」および「ポータブル小型拡声器」を開発し、その機能をスマートホンで実現し、有用性の評価を行う。

③なお、前述のようにハンズフリー人工喉頭で開発した押圧センサと小型アンプは共にウェアラブル音声生成器にも利用できることから、この2つの要素技術を①と②の両方に組み込み、最終的に低価格で利用者に供給できるようにする。なお、評価では、他の治療法やリハビリ法を補完するような利用方法に視点を置く。

### C. 研究成果

#### C1. ハンズフリー人工喉頭の実用化研究

##### (1) 人工喉頭のための拡声器システムの開発

ハンズフリー首バンド装着型の電気喉頭の開発の際には、既に実用に至っている手持ち型の電気喉頭に比べて、装置を頸部に当てる強さを強くできないこと、および頸部に当てた装置から直接外へ漏れだす音が雑音となることから、結果的に大きな声が出せないという問題がある。また、マイクと出力スピーカとの距離が近いために、市販される汎用的なマイクによる拡声器では、音量を上げるとハウリングを生じてしまうという問題点もある。

代表者らは、平成22年度から23年度にかけて、これらの課題を解決するためのマイクロホンとアンプの最適設計を行ってきた。

平成24年度では、今までの結果を踏まえて、図1に示すような構造と機能を持つマイクロホンを開発し、それを利用したハンズフリー人工喉頭用の小型拡声器を試作した。本マイクロホンは、図1にあるように、口に向けた方向と平行な方向だけの音を取得できるように双指向の特性を持っている。そのため、人工喉頭の直接音源や環境雑音は殆ど拾わないので、ハウリングも発生しにくくなった。

##### (2) 抑揚制御方式



図1 人工喉頭用マイクロホンの設計原理

人工喉頭音声の抑揚を制御する方法としては、呼気圧センサに加えて23年度に音声生成器用に開発した指押圧センサを利用することとし、指押圧力で自然に音声ピッチを制御できるような変換方式を確立した。

ここで、押圧センサの電気抵抗値の変化を音声の基本周波数の変化に対応させるようにした。押圧力の範囲は約200gf~2000gfであり、指でつまんだ時のおおよその最大力を計測し、それを参考にして設定した(図2)。その結果、ピッチ変化は40Hz~120Hzの範囲で押圧力にほぼ比例して変えることができた。

#### ・ 押圧センサ

— FSR (Interlink Electronics)

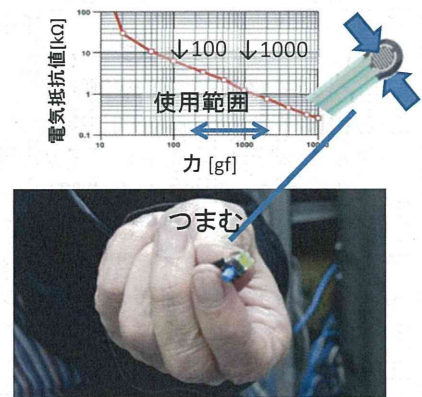


図2 抑揚制御用指押圧力センサ

##### (3) 首バンドとトータルシステムの開発

以上の成果を踏まえて、平成24年度は首バンドの再設計を行うと共に、人工喉頭のトータルシステムを試作した。首バンドでは、生体メカニクスの観点から首や肩に加わる力ベクトルを調べ、3つの固定点を設けることで振動子の力ベクトルが口腔内に向くように設計した。また、同時に、首を上下左右に動かしても振動子の位置と押圧力ベクトルが変わらないようにした。その結果、図3中のベクトルで示したように、首の左右および背面の3点で首バンドが固定され、同時に、振動子の押圧力ベクトルを口腔内中心に向かうようにすることができた。最終的な首バンドの形状・構造を形状記憶有機材料で実現し、数名の疑似喉頭摘出者により評価し、その有用性を確認した。

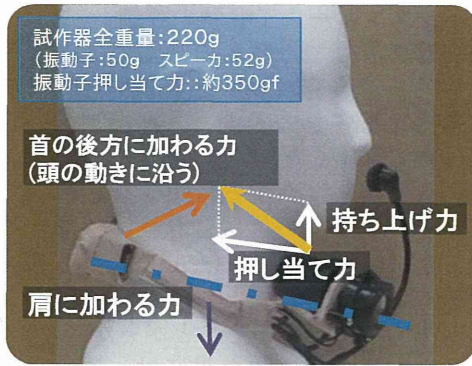


図3：首バンドに加わる各種の力ベクトル

<試作機1>

トータルシステムの試作機として、まず、図4に示したように、①振動子とマイクロホン为首バンドに装着し、②本体の制御部、アンプ、スピーカおよび電源を一体化したものを胸部に取り付けるようにした。胸部に取り付ける部分の形状は図に示した通りであり、その重さは750グラムである。これをユーザビリティの観点から評価した結果、スピーカの位置が口元から離れていることで違和感を覚えることが分かった。また、マイクとスピーカの位置関係によってはハウリングが生じ、それを抑えるのに煩雑な手間が必要ことが分かった。

以上から、トータルシステムとしては②の一体化した外部装置を首バンドに装着して、全ての機能が首バンド内に収まるようにしなければならないこと、また、マイクとスピーカの位置関係によらずハウリングが生じない工夫が必要であることが分かった。



図4 拡声器、スピーカ、電源を別ケースと本体の制御部を首バンドに取り付け、抑揚センサを指先で持つトータル人工喉頭システム。

<試作機2>

これまでの評価を参考にし、また、本体の制御部、アンプ、スピーカおよび電源を一体化するための回路の設計とその小型化を何回か行い、最終的に図5に示したように、全ての機能を一体化したハンズフリー人工喉頭を試作することができた。ここで工夫した点とその有用性を以下に示す。

- ① まず、指押圧センサがオンになった直後にアンプの電源が入るようにすることで、ハウリングの問題を解消した。
- ② アンプ部分のON、OFFで振動子をON、OFFさせることで、アンプの省電力化や取り付け取り外し時のアンプのノイズの軽減化を図った。
- ③ メイン電源スイッチを切り忘れると電池の消費が続くため、一定時間の発話がないときには、自動的に電源が切れるようにした。
- ④ 電池の電圧を監視し、カラーLEDの色により電池残量の少なさを警告するようにした。

なお、首バンドに装着する電子回路がどの程度の規模のもので構成されているを、図6に本体制御部の回路図で示した。



図5 拡声器と本体(制御部)を首バンドに取り付け、抑揚センサを指先で持つトータル人工喉頭システム。なお、振動子としては既に実用化し普及している人工喉頭「ユアトーン」のものをそのまま利用している。

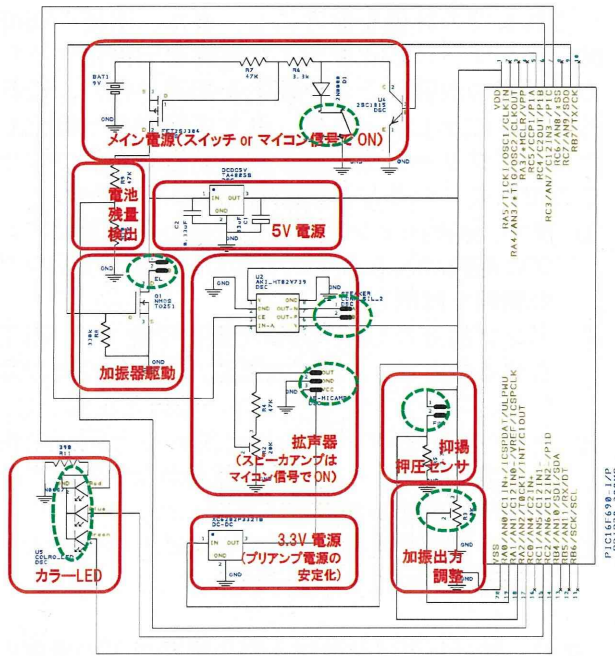


図6 本体制御部の電子回路構成  
図中の点線の円は、ユーザインタフェース部分。

#### (4) ハンズフリー人工喉頭の評価

開発機器の評価では数名の健常者に被験者になってもらい、①装着にかかる手間や時間、②拡声器の有無による音量の変化、③抑揚制御のし易さなどについて評価した。

その結果、装着に要する時間は10秒以内で済んだが、マイクロホンの位置合わせに手間と時間を要することがあった。図7(左)に装着し終えたときの概観を示した。ただし、これは訓練によって容易に解決する問題であることが分かった。また、重量は気にならないが見た目には、振動子とスピーカが一体となった所が大きすぎるとの感想を得た。図7(右)に示したように、被験者の口元から1メートルほど離れたところでの音声のスペクトルを見ても、第一ホルムント、第二ホルムント共に正常発声音とほぼ一致していることを確認した。

②拡声器(マイク)の有無による音量の変化は予想であり、また、マイク有の方が子音部の明瞭性が極めて良くなることも確認された(図8(左))。③さらに、図8(右)に示したように、指押圧センサによる抑揚制御についても短時間の訓練で十分に所期の目標に達することが分かった。

#### C-2. 音声生成器に関する研究成果

最終年度の平成24年では、今までに開発した

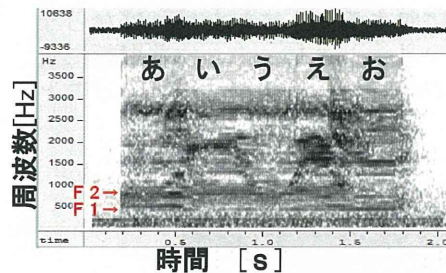
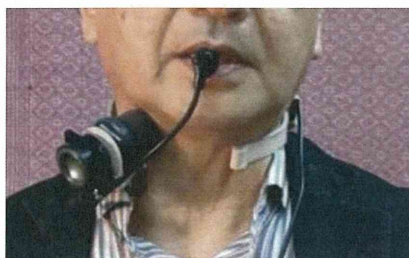


図7 装着している様子(左)と発声音の時間スペクトルパターン(右)

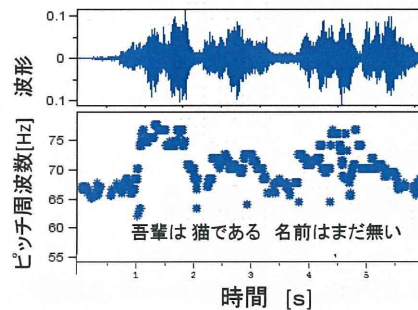
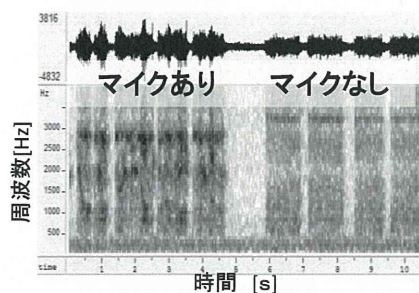


図8 マイクの有無による音量とスペクトルの違い(左)、抑揚制御の結果(右)

音声生成プログラムおよび抑揚制御技術の一部をスマートホンでも使えるようにし、その実用器を完成させた。まず、ウィンドウズ7で動作するタッチパネル型PCで実現し、次に最も普及しているiPhone上でも使えるようにした。ただし、本課題における基礎研究は本科学研究費で雇用した特任研究員（藪謙一郎）が文部科学省科学研究費・若手B「発話障害者支援のための音声生成器に関する研究」8（平成24-25年度）（24700588）で並行して進めたものを参考にしている。また、本課題で開発した押圧センサと小型アンプの要素技術を音声生成器に組み込み、最終的に低価格で利用者へ供給できるようにしている。さらに、試作機は人工喉頭の製品化を進めてきた（株）電制がテクノエイドの助成制度を活用して製品化することに成功している。

#### （1）タッチパネル型PCで実現

ソフトウェアの改良により、“Windowsタッチ”の機能を導入することで静電容量式のタッチパネルを持つPC単体で、容易に操作盤面を制御可能とすることができた。

音声の生成実験で試用されたPCでは、操作盤面の画面上の大きさは、約87mm×68mmとし、簡単な音声生成実験を行った。擬似子音を加えない母音フィルタのみの音声出力では、ペンタブレットを使用した場合と同様に、母音、半母音に加えて「おはよう」等の簡単な単語を生成可能であった。一方で、擬似子音を加えた場合には、最初の母音が短くなってしまいう傾向があったが、PCのハードウェアの性能限界によるものと考えている。

指操作とペン操作を比較した結果、指の場合にはペンの場合よりも手を動かす範囲が広くなり、腕を動かす必要が出てくるため、速い動きでの位

置決めが難しくなることも分かった。また、操作盤面上の指の滑り易さの検討や、操作盤面から指が外に出ないようにするためのガードの必要性が示唆された。

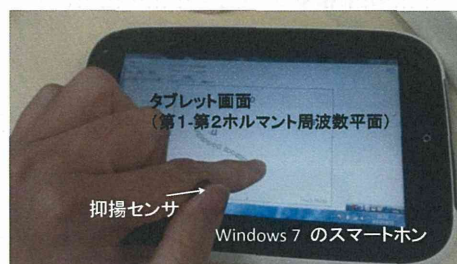


図9 タッチパネル型PC “Windows タッチ” で実現した操作例

#### （2）ウェブ上から iPhone へのダウンロードを実現

24年度では、装置の実装化に力を入れたので、その過程とウェブ上に iPhone 用に実装化された音声生成器のアプリをウェブから iTunes 経由でダウンロードしたときのマニュアル等を示す。なお、アプリ「指で話そう」のあるURLは次の通りである。

<https://itunes.apple.com/jp/app/yubide-huasou/id626142603?mt=8>



図10 音声生成器ソフトのアプリのサイト、その1



製品情報



音声生成アプリ  
ゆびで話そう (iOS端末専用アプリ)

世界初の方式で  
新たな音声生成方式の  
提供が実現!

タイピングや筆談に代わり、画面をなぞって言葉を生成する新手法のコミュニケーションアプリです。声帯や挿出手術等により発話が困難な方向けに開発されたものですが、画面をなぞるだけで言葉としての声になるというユニークさがうけて、一般の方の利用者も増えています。

【特 徴】

- ① リアルタイム性を持ってコミュニケーションが取れる
- ② 一音一音途切れることのない流れのある発声
- ③ 端末を傾けて歩調を付けた発声も可能
- ④ 自分の声を録音して発声に使える



¥350

App store



機能を限定した無料版

App store

※ このアプリは、東京大学 伊藤部 達名宮教授、北海道立総合研究機構 工業試験場様のご協力のもと開発いたしました。(特許出願中)

図10 音声生成器ソフトのアプリのサイト、その2

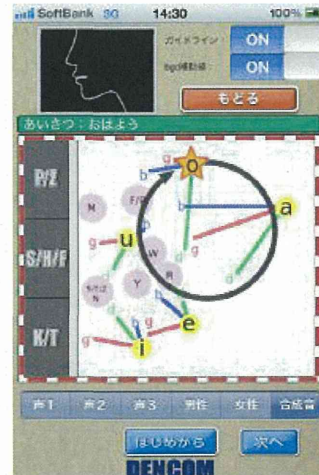
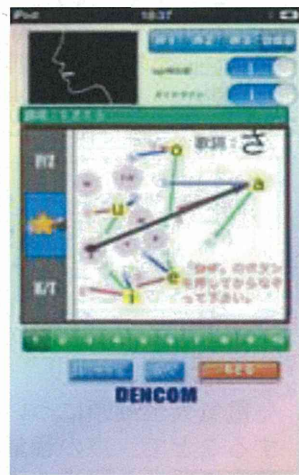


図11 iPhone上での操作画面と操作方法  
左: 単音「さ」の練習、右: 「おはよう」の練習画面

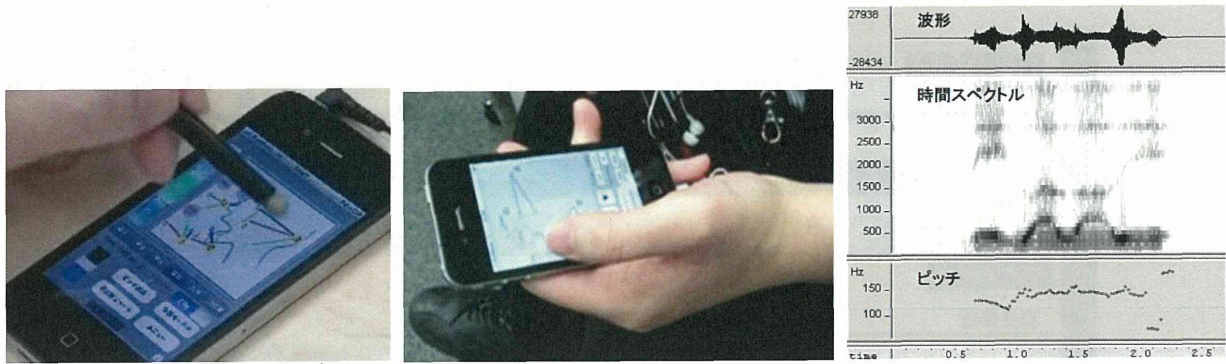


図12 iPhones上にダウンロードしたソフトを使って音声生成している様子。  
左：ペン入力、中央：指入力、右：得られた音声の時間スペクトルパターン

図12に示したように、ペン入力でも指入力でも所期の音声再生され、そのスペクトルや抑揚も正常音声に近いことが確認された。

## D. 考察

### D-1. 人工喉頭

- ① 振動子の固定具については、現状では、装着具を利用者の首の太さなどに合わせて変形させなければならない。そのため、その場ですぐに調整できるような機構を取り付ける必要がある。
- ② また、マイクについては、特殊な方式のためマイク角度によってはハウリングを生じてしまう恐れが残る。使用してもらおう対象者として高齢者が多いため、なるべく解り易く適切な位置にマイクを合わせられるような形状の工夫が必要になる。
- ③ スピーカの選定については、重量と音質・音量のトレードオフの関係になるので、最適なものを選定することが必要になる。
- ④ 抑揚制御については、初心者では語尾が上がるような操作をする場合が観察された。これは、通常息を使った発話の場合には呼気圧が自然に下がっていくが、指による押圧制御ではそれを再現できないためといえるので、抑揚制御方法には工夫が要る。

### D-2. 音声生成器

- ① タッチパネル型PCへの対応については、改良によって本体の単体でもスムーズに音を出力できるようになったが、依然として、タッチパネルに触れてから音が鳴るまでの遅れ時間が

あった。特に、指が画面に触れてから音が鳴りだすまでの時間と、指が画面から離れてから音が停止するまでの時間とにずれがあると、リズムが崩れてしまうと考えられ、避けなければならない。この遅れ時間は、実験に使用したPC固有のものである可能性があることからその改良を進める必要がある。

- ② タッチパネルを指で操作する場合、指の付け根から指の先端までの距離が、ペンによる操作の場合に比べて短くなるため、腕の動きが必要になることが分かった。このことから、腕の動きを少なくするために操作盤面を小さくすることが示された。
- ③ 本研究の音声生成器は、操作の方法が他に類を見ない者であり、母音を出すだけであれば誰でも一瞬で操作できる一方で、上手く使いこなすには音素に対する知識や操作方法の習得が必要であるという特徴がある。そのため、今後は、初心者でも機器の操作方法を習得できるような操作マニュアルを作成していく必要がある。

## E. 結論

電気人工喉頭については、適切な拡声器を開発することで、声の音量の拡大と人工喉頭からの直接音の雑音の軽減を実現できた。その結果、スピーカをマイクに向けて、マイクの下20cmの距離に置いた状態でも、ハウリングを起こさずに、約60dBAの声を約70dBAにまで増幅できた。

今後の課題として、環境雑音の大きい場合の各席の効果の検証と、拡声器自体の形状などの改良を行い、拡声機の量産・実用化へ結びつけていきたい。

また、音声生成器については、タブレットPCを用いたタッチパネルによる操作を可能にし、その

## 発話障害全体をカバーする支援機器

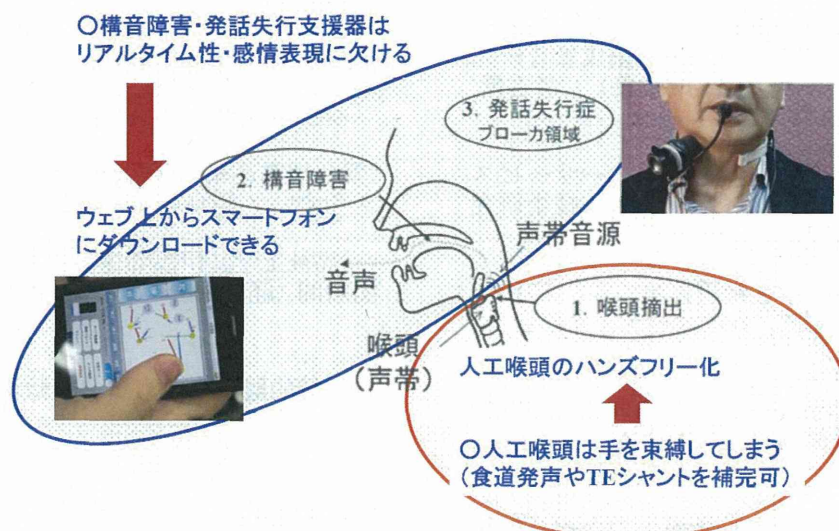


図13 喉頭摘出者から脳・神経系疾患による発話障害者の全般をカバー

動作状況について報告した。実験の結果から、実用性はあるがタッチパネル特有と思われる反応遅れの問題やサイズ調整の必要性の課題があることが分かった。さらに、抑揚を含めた実用に耐える実機での音声出力動作を実現できるように改良を行なうと同時に、初心者にもむけた使用マニュアルを作成し、評価を行っていくつもりである。

以上から、図13に示したように、喉頭摘出者から脳・神経系疾患による発話障害者の全般をカバーできるようになり、所期の目的を達成できた。今後も、他の治療法やリハビリ法を補完するという立場で臨床的な観点から有用性と問題点を評価し、普及化を目指して研究を進めたい。

### F. 健康危険情報

該当するものは無い

### G. 研究発表

#### 1. 論文発表

M. Sakajiri, S. Miyoshi, K. Nakamura, S. Fukushima, T.Ifukube, "Voice pitch control using a two-dimensional tactile display", NTUT Education of Disabilities, Vol.10, pp.4-8, 2012

中野聡子, 三好茂樹, 河野純大, 白澤真弓, 上田一貴, 金澤貴之, 磯田恭子, 蓮池通子, 小笠原恵美子, 梅原みどり, 伊福部達, "聴覚障児・者のモバイル型遠隔情報保障システムの利用に対する意識・従来型

の情報保障手段との比較を通して", 発達障害研究, pp.86-97, Vol.35, No.1, 2013.2

三浦 貴大, 坂井 美恵子, 村岡 輝雄, 中道 勝久, 伊福部 達, "大正～昭和初期における聴覚障害児の聴力レベルの推定", ろう教育科学, 54(3), pp.131-146, 2013.

Tohru Ifukube, "Assistive Technology Supporting "Hearing", "Seeing" and "Speaking" for the Disabled and the Elderly" 5th International Psycho-Social and Applied Gerontology, Symposium, Akdeniz University, Antalya, Turkey, 2012.11

#### 2. 学会発表

三浦 貴大, 坂井 美恵子, 村岡 輝雄, 中道 勝久, 伊福部 達, "音叉検査器で計測された西川はま子の聴力の推定", ろう教育科学会 第54回大会, pp.9-10, 金沢大学サテライトプラザ, 2012. 8

坂井 美恵子, 廣田 栄子, 三浦 貴大, 村岡 輝雄, 伊福部 達, "大正昭和初期の公教育における口話式聾教育の始まりと普及 聴覚障害教育における医学・科学の連携について-その4-", 日本特殊教育学会 第50回大会, つくば国際会議場, 2012. 9.

藪謙一郎, 伊福部 達, "タッチ点の動きで操るリアルタイム音声生成器の開発 -視覚障害者にも扱える楽器のような音声支援機器へ-", ライフサポート学会, 視聴覚障害者バリアフリー技術研究会研究発表会, サイトワールド, 2012.11.2.

伊福部達, “高齢社会においてメディアに期待されているもの”, キーノートスピーチ, ITU-NHK国際ワークショップ (招待), 東京, 2012.5.

伊福部達, “超高齢社会を支える21世紀型工学の在り方”, 名古屋工業大学コミュニティ創成教育研究センター設立記念シンポジウム (招待), 名古屋, 2012.6.

伊福部達, “福祉機器からヘルスケアへサービスが競争力を持つまで”, 機械振興協会 技術研究所 (招待), 東京, 2012.9.

伊福部達, “音の福祉工学と地震警報の音”, 2012年度第17回「音の匠」顕彰式, 日本オーディオ協会 (招待), 東京, 2012.12.

伊福部達, “福祉工学が描くパラダイムシフト”, 特別講演、第16回心身健康科学学会学術集会 (招待), 東京, 2013.2.

藪 謙一郎, 伊福部 達, “タッチ面上のなぞりで操作する音声生成器 —メロディデータに基づく歌声生成機能—”, 電子情報通信学会, 2013年 総合大会講演論文集DVD, A-19-11, 総合大会, 岐阜, 2013.03.

藪謙一郎, 伊福部達, “電気式人工喉頭のための拡声器付きウェアラブル装着具の試作”, 日本音響学会研究発表会講演論文集(CD-ROM), Vol.2013, ROMBUNNO.2-2-4, 2013年春季研究発表会, 東京, 2012.3.

### 3.報道

須貝保夫, “匠 J-Innovation, ユアトーン II ゆらぎ”, NHKワールド, Science View, NHK, 平成24年10月4日 (木) 午前9:10~, 2012.

“第17回「音の匠」決定-NHK緊急地震速報チャイムを開発した伊福部 達氏”, ファイルウェブ・オ

ーディオビジュアルのポータルサイト, 2012年12月6日.

伊福部達, “1. 福祉工学への道”, “2. 高齢社会におけるICT、IRTの役割”, “3. 通信・放送の今後について”, 高齢社会における放送・通信の役割, 障がい者・高齢者に役立つポータルサイト「ゆうゆうゆう」, 2012.

“緊急地震速報！警告音こんな工夫/快・不快なく届きやすい”, 朝日小学生新聞, 2012年6月8日(金).

“「福祉工学」伊福部達・東大名誉教授に聞く”, 公明新聞 (経済解説ページ), 2012年12月17日 (日).

### H. 知的財産権の出願・登録状況

#### 1. 特許取得

発明の名称：  
音声生成装置およびその制御プログラム  
特許第5224552号  
登録日：平成25年3月22日  
発明者：伊福部達, 橋場参生, 須貝保徳  
出願人：  
伊福部達、(独) 北海道立総合研究機構、(株)電制.

#### 2. 実用新案登録

該当なし

## 研究成果の刊行に関する一覧表

## 書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
伊福部達 (分担執筆)	人工視覚	日本人工臓器学会	人工臓器は、いま - 暮らしのなかにある最先端医療の姿 -	はる書房	東京	2012	395-417
伊福部達 (分担執筆)	ジェロンテクノロジー「ジェットテクノロジーをめぐる現状」	東京大学高齢社会総合研究機構	東大がつくった高齢社会の教科書	ベネッセ	東京	2013	283-293

## 雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
伊福部達	提言・巻頭言 福祉・介護テクノロジーにおける価値観の変容	介護福祉テクノロジープラス, 日本工業出版	Vol.5 No.5	1-4	2012年5月
伊福部達	「ヒゲの殿下」と人工喉頭	ミネルヴァ通信「究」	No.17	29-32	2012年8月
伊福部達	高齢社会の「桃源郷」を作る	ミネルヴァ通信「究」	No.23	29-32	2013年2月
伊福部達	福祉工学の本丸 - 脳の深部に迫る	ミネルヴァ通信「究」	No.24	25-28	2013年3月

論文誌・講演論文誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
M.Sakajiri, S.Miyoshi, K. Nakamura, S. Fukushima, T.Ifukube	Voice pitch control using a two-dimensional tactile display	NTUT Education of Disabilities	Vol.10.	4-8	2012
中野聡子,三好茂樹, 河野純大,白澤真弓, 上田一貴,金澤貴之, 磯田恭子,蓮池通子, 小笠原恵美子,梅原 みどり,伊福部達	聴覚障児・者のモバイル型遠隔情報保障システムの利用に対する意識・従来型の情報保障手段との比較を通して	発達障害研究	Vol.35, No.1	86-97	2013.2
三浦 貴大, 坂井 美恵子, 村岡 輝雄, 中道 勝久, 伊福部 達	大正～昭和初期における聴覚障児の聴力レベルの推定	ろう教育科学	Vol.54 No.3	131-146	2013
藪 謙一郎・ 伊福部 達	タッチ面上のなぞりで操作する音声生成器—メロディデータに基づく歌声生成機能—	電子情報通信学会 2013年総合大会講演論文集	Vol.2013	A-19-11	2013.03
藪謙一郎, 伊福部達	電気式人工喉頭のための拡声器付きウェアラブル装着具の試作	日本音響学会研究発表会講演論文集	Vol.2013	ROMBUN NO.2-2-4	2013

研究成果の刊行物・別刷

# タッチ面上のなぞりで操作する音声生成器 - メロディデータに基づく歌声生成機能 -

A speech synthesis device controlled by traced position on a touch control surface  
- Singing voice production based on a melody data -

藪 謙一郎<sup>1</sup>

Ken-ichiro Yabu

伊福部 達<sup>2</sup>

Tohru Ifukube

東京大学 先端科学技術研究センター<sup>1</sup>

Research Center for Advanced Science and Technology, The University of Tokyo. <sup>\*1</sup>

東京大学 高齢社会総合研究機構<sup>2</sup>

Institute of Gerontology, The University of Tokyo. <sup>\*2</sup>

## 1. 背景と目的

発話障害者の音声支援機器の方式として、テキスト音声合成方式が主流となっており、発話したい意味内容を正確に伝えるという観点でとても有力な手段となっている。

一方で、音声合成に必要な文字入力に時間を要するという課題や、リズムやタイミング、抑揚といった非言語的な情報の伝達が難しいという課題が残っている。

これらの課題の一手段として、我々は図1に示すような操作盤面上を、ペンタブレットやタッチ画面等でなぞることで、なぞり位置と動きを直接的にリアルタイムに音声出力する音声生成器を提案している<sup>[1]</sup>。これは、ヒトの舌や顎の動きを、指やペンによって代替した方式で声を生成させるという発想に基づいたものである。

本発表では、この方式による音韻の制御を使って、ソフトウェアシンセサイザによる伴奏と同期して、主旋律の音声を出力できるように改良を加え、発話障害者でも楽しみながら使用できる音声生成方式を提案する。

## 2. システムの概要と歌声生成

音声生成器の処理の概要を図2に示す。音声の生成は Klatt らのホルマント合成器<sup>[2]</sup>を基礎としており、第1、第2ホルマントを操作盤面からの入力位置で制御する。また、母音と同様のフィルタを通した雑音を適切なタイミングで付加することによって疑似子音を生成する。図2中の Fv1-Fv4 と Fc1-Fc4 はそれぞれ母音用と子音用の共振フィルタを示す。また、音源としてはヒトの声から LPC 逆フィルタによってホルマント成分を除去した音声を用いている。

本発表では、新たに Standard Midi File (以下 SMF)を読み込み再生可能とした。SMF内の伴奏データはPC上のソフトウェアシンセサイザに送信され、伴奏音声となる。主旋律データは音声生成器の原音再生の制御に用いられ、適切な周波数の原音を生成する。主旋律の音程となった原音に操作盤面からの入力で歌詞をつけることによって歌声生成機能を実現した。また、主旋律の MIDI チャンネル選択、オクターブの調整などにより任意データを利用可能とした。

## 3. 結論と展望

本稿では、本研究の音声生成方式と SMF の再生との統合によるリアルタイム歌声生成方式を提案した。

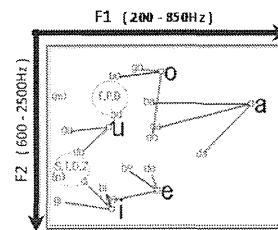


図1 操作盤面

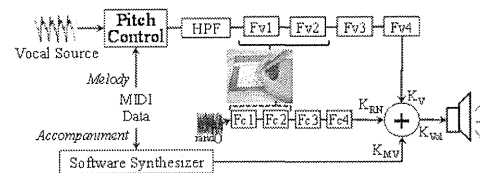


図2 音声生成処理

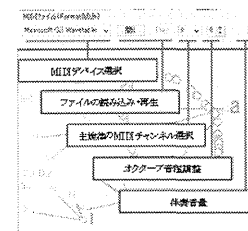


図3 演奏データの読込と制御

市販の任意のカラオケデータ等からも歌声を生成でき、発話障害を持つ方々の娯楽やリハビリへの応用、健常者のためのエンタテインメント利用に効果的と考えている。

一方で、音韻の明瞭度や声質の変化、会話内での抑揚については課題が残るため、引き続き改良を加えていく。

## 文献

- [1] 藪謙一郎 伊福部達 青村茂, "発話障害者支援のための音声合成器の基礎的設計(聴覚・音声・言語とその障害, 一般)", 信学技報, .SP, 音声, 105, pp:59-64, 2006.
- [2] Klatt, D.H.: Software for a cascade/parallel formant synthesizer: Journal of the Acoustical Society of America, pages 971-995, volume 67, number 3, March 1980.



# 電気式人工喉頭のための拡声器付きウェアラブル装着具の試作\*

◎藪 謙一郎, 伊福部 達 (東大)

## 1 はじめに

喉頭摘出手術等で声帯を失った患者が声で意思疎通をする手段の一つに、電気式人工喉頭がある。電気式人工喉頭は、Fig. 1のように頸部へ押し当てた加振器から振動音を声道へ送り込み、生体音の代替として用いるものである。喉頭摘出患者は、多くの場合、声帯から上の構音器官の機能が残されているため、送り込まれた振動音と同時に声道を動かして会話が可能となる。ボタンを押すだけで簡単に操作ができ初心者でも扱いやすい。また、非侵襲でメンテナンスもほとんど不要であるという利点がある。

一方で、現状の手持ち型の装置では、持ち手側の手が使えなくなり、電話や会話中のメモ書きなどに不自由が生じる。このことから、使用者の患者や販売代理店などから、ウェアラブルな電気式人工喉頭を開発してほしいという意見が以前から寄せられている。

そこで著者らの研究班では、加振器を頸部に押し当てる固定具を用いた、ウェアラブル式の人工喉頭の開発に取り組んでいる。その際、加振器を頸部に押し当てる圧が弱かったり、押し当て位置がずれたりすると、加振器からの直接音が漏れ出して、声道から出された声が聞き取りづらくなる課題があった。また、手持ち式の場合と同様に、出せる音量に限りがあつて大きな声を出せないため、騒音下での会話が難しいという課題もある。

これらの課題の軽減のため、話された声をマイク・スピーカで拡声するというアプローチをとり、先の研究ではマイクとスピーカの位置関係に着目してハウリングを軽減した専用拡声器についての検討を行い、一定の音量を得られた [4]。しかしながら、使用実験から拡声器と人工喉頭装置という2つの装置への増加や、マイクや加振器へのケーブル管理の煩雑さ、電源スイッチの複雑化の問題が浮上してきている。そこで拡声装置と人工喉頭装着具とを一体化した装着具が必要であると考え、その試作に取り組んでいる。本研究では、マイクとスピーカによる拡声器と一体化したウェアラブル人工喉頭装着具の試作について、具体例を提示する。また、試作器を通して、実用に至るまでの技術的な課題を抽出し、今後に必要な改良点を提示することを目的とする。

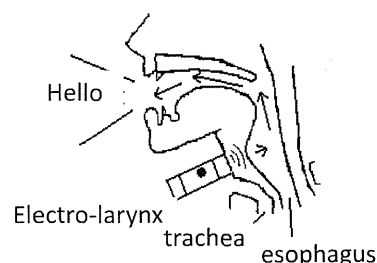


Fig. 1 Principle of electro-larynx.[1]



Fig. 2 A composition of a mounting fixture.

## 2 装着具の試作

### 2.1 全体構成

拡声器一体型の人工喉頭装着具を Fig. 2 に示す。装着具のアーム部分は、先の研究 [3] で用いられた熱成形樹脂を用いた。装着具の前方右側にはウェアラブル専用の加振器を取り付けた左側の先端にはマイクとスピーカを取り付けて拡声器としている。また、拡声器の増幅回路は後方に取り付けられており、マイクとスピーカまでのケーブルはアームに沿うように取り付けて使用時に邪魔にならないように配慮している。

### 2.2 マイクとスピーカについて

拡声器のためのマイクロホンには、先の研究 [4] で用いられたものと同等のものを用いた。すなわち、Fig. 3 に示すように双指向の特性を持たせることにより、感度最大となる方向に対して直角方向の感度をゼロにすることで、下方に設置されたスピーカからの音声を排除するという考えに基づいたものである。これによって、ハウリングマージンを上げると同時に人工喉頭の直接音に対する感度を抑える。

また、マイクの固定についてはマイクを一時的に口元の位置からすぐに外せようとし、使用時にすぐに同じ場所に戻せるようにするため、位置微調整のフ

\* A preproduction prototype of wearable mounting fixture with microphone amplifier for an electrolarynx. by YABU Ken-ichiro, IFUKUBE Tohru. (The University of Tokyo.)

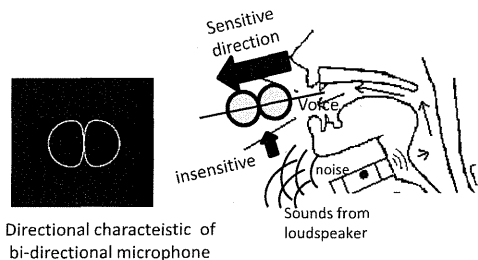


Fig. 3 Target sounds and directional characteristics of a microphone [4]



Fig. 4 Folded microphone arm.

レキシブルアームとは別に、関節を設けた (Fig. 4)。

スピーカについては、重量と大きさの観点から、東京コーン紙製作所製のφ40マイクロスピーカを用いた。ただし、重量と音質がトレードオフとなる傾向があるため、スピーカの選定には今後の調査が必要と考えている。

### 3 実験と考察

健常男性1名による予備的な装着実験を行った。実験では振動子の振動によって出された声が、拡声器により比較的良好に音量が拡声された。一方で、装着感の面では、マイクロホンやスピーカが話者の目の前の至近距離にあるため、首を前後に振るなどの動作にやや不自由だとの意見があった。マイクを使う場合と使わない場合とがあるため、拡声ユニットを脱着可能にしてあると良いのではないかと意見があった。

マイクやスピーカの付近に手を近づけた時や、マイクの角度調整が不適當だった際、また、装着具自体を机の上に置いた際に、ハウリングを起こすことがあった。これは、スピーカからの反射音がマイクに入り込んで起こったと考えられる。ハウリング音は発生したときに即時に停止しなければ実用上の大きな問題となる。対策として例えば、拡声器の動作と振動子の動作とを連動させ、発話している間だけ拡声器が動作するといった方法をとれば、不必要なハウリングに悩まされることが少なくなると同時に、省電力化にもつながるだろう。

## 4 結び

拡声器と一体化したウェアラブル人工喉頭の具体例を、試作器を通して提案した。試作器による予備実験から反射音によるとみられる一時的なハウリングが観察されたが、装置全体としては拡声器と人工喉頭本体とを一体化させることにより、ケーブルやスイッチが最小限に抑えられ、従来の拡声器と人工喉頭との2つの機器を扱う場合に比べて、扱いやすくなったものと考えている。今後は、拡声器と振動子との動作の連動機能の追加や、振動子スイッチの操作性、マイクロホンの脱着等の改良を進め、患者による装着実験を進めていきたい。また、長時間使用した場合の装着感や使い勝手についてはさらなる調査が必要であろう。

謝辞 本研究は、平成24年度厚生労働科学研究費補助金(障害者対策総合研究事業身体・知的等障害分野H22-身体・知的-一般-003)によるものである。

また、研究の遂行にあたり(株)電制の須貝保徳氏及び、(株)サザン音響の稲永潔文氏に技術的なご協力を多大に頂いた。御礼申し上げます。

### 参考文献

- [1] DENCOM 株式会社 電制 \* 電気式人工喉頭 \* ユアトーンゆらぎ <http://www.dencom.co.jp/product/yourtone/yt2.html>
- [2] 伊福部 達, 八幡 英子, 橋場 参生, 佐々木 忠之, "電気人工喉頭の音質改善のための基礎的研究", 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究紀要 9, 75-80, 1988
- [3] 橋場 参生, 須貝 保徳, 泉 隆, 井野 秀一, 伊福部 達, "喉頭摘出者の発声を支援するウェアラブル人工喉頭の開発と評価", ヒューマンインタフェース学会論文誌 9(2), 163-172, 2007.
- [4] 藪 謙一郎, 上田 一貴, 稲永潔文, 伊福部 達, "電気人工喉頭のための拡声器に関する一考察", 信学技報, vol. 111, no. 471, SP2011-161, pp. 35-38, 2012.

# 福祉・介護テクノロジーにおける価値観の変容

## 伊福部 達氏

東京大学・高齢社会総合研究機構  
〒113-8656  
東京都文京区本郷7-3-1  
東京大学工学部8号館701  
E-MAIL ifukube@human.iog.u-tokyo.  
ac.jp

### 1 はじめに

私は福祉工学という分野を歩き続けて40数年になりますが、この間に、日本人の価値観は大きく変わり、また、多様化していることをつくづく感じます。一昔前は、「金持ちになること」、「偉くなること」、「長生きすること」を目標としていた人が多かったのに対して、最近は「いかに楽しいか」、「やりがいがあるか」、「いかに快適な生活を送るか」ということに価値を置く人たちが明らかに増えています。そして、快適な生活を支援するためのテクノロジーの一つとして、当事者だけでなく産業界でも福祉工学に期待を寄せるようになってきています。ここでは、私が歩んできた福祉工

### 2 福祉工学の道へ

学の道を振り返りながら、これからは必要とされる福祉機器について私見を述べたいと思います。

私は、学生時代は電子工学科に所属していましたが、卒業論文を書くために「メデイカルエレクトロニクス(ME)部門」という研究室に配属されました。当時のME部門は、電子工学を医学に応用することを目指しており、研究の主流は生命維持を目指した人工臓器でした。特に呼吸・循環器系が働くようになった人々を人工心肺で助ける研究が多くを占めていました。試作した人工心肺が予想した通りに働くかをチェックするため、いつもイヌやヒツジなどの動物たちが実験台になっていました。そして、当然ながら動物たちが息を引き取るまで実験は続きました。

一方、学科では電子工学の基礎となる物理や数学という理路整然とした理論を徹底的に叩き込まれました。その講義を聴いたあと、イヌの胸を切り開き人工呼吸

器を接続する様子を横目にしながら、また、胸を開くときに大量に噴出する血の臭いを嗅ぎながら、卒論のための研究に頭を切り替えなければならなかったのです。学生は実験ばかりでなく医学部で生理学などの基礎医学を受講するよう指導されました。医学部の講義では「人の命は金には変えられない」と、命の尊さを教えられ、一方、電子工学科では、これからは製造業が日本の経済を引っ張っていくのだと鼓舞され、「金になるものを作る」ことが我々の使命だとして胸に刻み込まれていたのです。

私の頭の中には、このような相入れない2つの価値観が混在することになり、それらを融合させた新しい価値観を探し続けることになりました。その結果、心臓や肺などの臓器ではなく、社会生活を送る上で不可欠な「感じる」、「考える」、「動く」を技術で支援する医療工学の道を選ぶことにしました。弱ったり失ったりした「感覚」、「脳」、「運動」を支援する技術は医療に貢献しますし、そこか

ら優れた人工の感覚、脳、運動の機能が生まれれば、それらは「センサ」、「コンピュータ」、「アクチュエータ」などの先端技術に寄与すると考えたのです。当時の私の頭では、このように二つの価値観を強引に融合させることしかできませんでした。結果的には、現在求められている「快適な生活」や「生きがいのある生活」を支援する福祉工学への道に結びついていったと思います。

### 3 福祉機器産業の宿命

しかし、「感覚」や「運動」でも特に「脳」が関与した機能を支援する福祉機器の産業化は未だに暗中模索の部分が多いのが実情です。一般に、福祉・介護機器を設計する場合、車椅子やベッドにしても、拠り所となる力学や化学などのサイエンスがあります。それに対して、例えば、音声の聞き取りが低下したのを補うための機器を設計するとすると、その拠り所となるサイエンスは未知の部分の多い聴覚と脳の科学になります。特に感覚や脳の一部の機能が

失われたり弱ったりすると、生体特有の「可塑性」により、それを代償する機能が働きますので、問題は単純ではありません。首尾よく製品ができたとしても、今度はそれを必要とする人の数、すなわちマーケットが小さいために高価なものになり、結局、当事者の手の届かないものになってしまいます。大企業ならば採算が合わなくても自力で価格の壁

を乗り越えられるかもしれませんが、中小企業はそのような余力はありません。そもそもマーケットが小さいことを知りながら製品化を進める大企業は少ないでしょうし、また、福祉機器の開発には基礎研究が必要となればなおさら敬遠されることになるでしょう(図1)。

### 本格的な取り組みが行えなかった理由

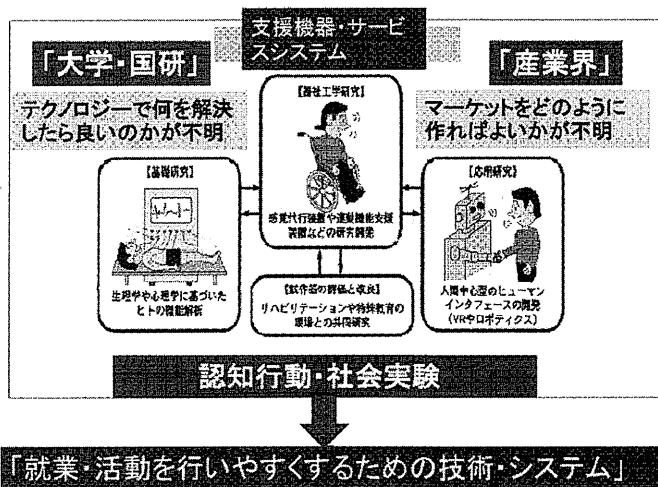


図1 福祉機器開発の問題点

の拠り所となる基礎科学が曖昧で、出口としてのマーケットが小さいという宿命を負ったまま、信念と熱意のある中小企業が細々とその製品化を進めてきたのです。

### 4 高齢社会を豊かにする 科学・技術・システム

この40年の間に、日本の超高齢化はますます現実のものとなってきており、福祉工学は何らかの形で高齢社会で必要な課題に応えるよう求められています。その課題は、社会的にみると高齢化による「労働者人口の減少」と「社会保障費の増加」に起因します。また、個人としてみると、高齢になっても「できる限り働きたい」、障害が生じて「できる限り自立して生活したい」という人たちが増えていることによります。時代は、「生きがい」や「快適な生活」を送りたいという価値観に重心が置かれるようになってきているのです。

#### 4-1 高齢者の社会参加を促す

そのような中で、2010年に科学技術振興機構(JST)の