



小児人工内耳装用後の言語音の獲得*

能登谷晶子 (金沢大学大学院医学系研究科)**

43.71.Es, Ky

1. 言語聴覚士とは

医療リハビリ関係職種には医師、歯科医師、看護師、理学療法士 (physical therapist: PT)、作業療法士 (occupational therapist: OT)、臨床心理士、ソーシャルワーカーなどがあるが、言語聴覚士 (speech therapist: ST) もその一翼を担っている。

言語聴覚士とは小児から高齢者までを対象とした、言語・聴覚・摂食嚥下機能に問題を生じている人たちに対して評価・訓練・指導を行う職種である。言語療法士などと呼ばれてかなり以前から病院等で働いていたが、平成9年12月の臨時国会で言語聴覚士法が制定されて、ようやく国の法的な枠組みができた。第1回の国家試験が平成11年3月末に行われた。本年第8回の国家試験終了までで計11,000人余の言語聴覚士が輩出している。

国公立の病院では国家資格制定が遅れたために、言語療法担当者は長く医療従事者として採用されず、定員化が著しく遅れた。

言語聴覚士が担当する領域の仕事は、先にも述べたがことばの鎖 [1] とされる図でよく表される (図-1)。言語聴覚障害は、喉頭のレベルでは音声障害 (喉頭がん、声帯ポリープなど)、嚥下障害 (飲み込み障害) が出現し、口腔のレベルでは構音障害 (舌がん、口蓋裂、機能的障害など)、末梢の耳のレベルでは難聴による言語障害、脳のレベルでは吃音、脳性まひによる言語障害、言語発達遅滞、知的障害、自閉症などや、脳卒中や交通事故後に生じる高次脳機能障害 (失語症、記憶障害、注意障害、読み書き障害、行為障害、認知障害など)



能登谷晶子 氏

などがある (表-1)。言語聴覚障害児・者は人口のおよそ5%に出現すると言われている。

今回はこれらの障害の中で音響の認知と最も関係深い聴覚障害について以下述べる。

2. 聴覚障害による言語障害

2.1 聴覚障害の種類 (障害される場所による)

聴覚障害は外耳・中耳・内耳と呼ばれる末梢性の器官の疾患による聴覚障害と、内耳以降の脳幹・脳実質内の損傷による中枢性の聴覚障害とに分けられる。

オーディオグラムとは聞こえの程度を表す図である。標準純音聴力検査 [2] では低音域 125 Hz から高音域 8,000 Hz までを測定することになっているが、ことばの聞き取りには会話音域と呼ばれる 500~2,000 Hz が特に重要である。周波数によって聞こえの閾値が異なると、言葉の聞き違い (異聴) を生じる。騒音性難聴では高音域の閾値が上昇し、小児と高齢者に多い滲出性中耳炎では低音域の閾値が軽度上昇することが多い。

2.2 聴覚障害が生じる時期による分類

聴覚障害は聞こえの問題が生じる時期によって、

* Acquisition of speech sounds after cochlear implants children.

** Masako Notoya (Graduate School of Medicine, Kanazawa University, Kanazawa, 920-0942)
e-mail: notoya@mhs.mp.kanazawa-u.ac.jp

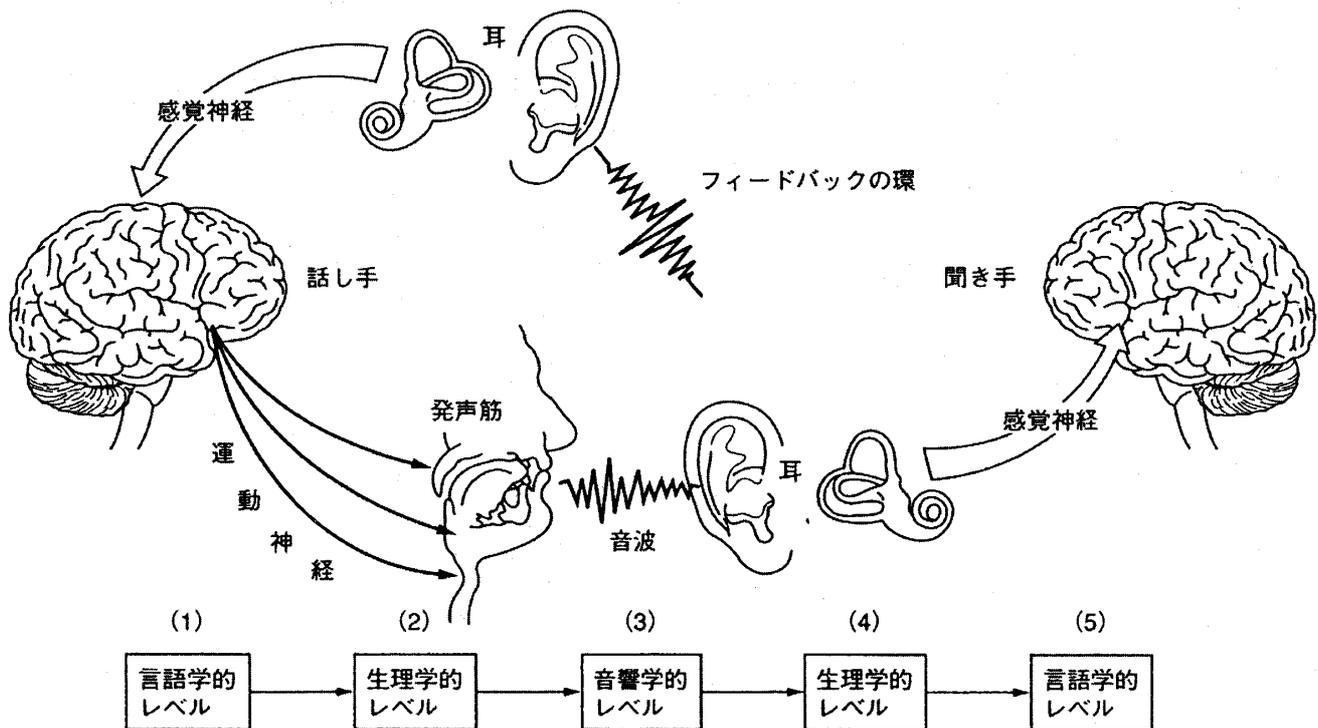


図-1 ことばの鎖図式 (文献 [1] より引用)

表-1 言語聴覚障害の種類

● 言語障害	自閉症, 知的障害, 特異的言語発達遅滞など
● 構音障害	舌がん, 口蓋裂, 機能的
● 音声障害	声帯ポリープ, 声帯結節, 喉頭がんなど
● 聴覚障害	先天性, 後天性
● 高次脳機能	失語, 失行, 失認, 記憶, 注意, 認知症など
● 嚥下障害	飲み込み障害

問題の質が著しく異なる。生来聞こえが悪い場合は先天性聴覚障害と言われるが、言語習得をはじめ、人とのコミュニケーションの発達や社会性、性格の問題等が生じることが多い。

生後に聴覚障害を生じた場合は後天性聴覚障害と呼ばれている。言語習得前の生後まもなく又は、1, 2 歳代に聴覚障害を生じた場合はほとんど先天性聴覚障害と同じ問題が出現する。著者は 1 歳に失聴した例を経験しているが、数語出現していた自発語は不明瞭な発語となり 6 か月程度経過時には自発語は消失した。

5, 6 歳の言語獲得途上で失聴した場合でも、言葉の発達は阻害され発音 (構音) 障害を生じる。

一般に小児の場合には軽度・中度障害でも言葉や構音に影響を生じることが多いと言われている。

高校生程度の年齢で失聴した場合には言葉の聞き取り以外の問題は少ないように見えるが、周囲とのコミュニケーションがとれず、うつ状態になっていた例を経験している。

いずれにしても、末梢性聴覚障害では平均聴力レベルが 40 dB 以上になると補聴器装用が必要となる。

3. 人工内耳

3.1 人工内耳とは

末梢性の聴覚障害が 90 dB 以上の高度 (小児では 100 dB 以上であったが、最近 90 dB 以上と変更された。) の聴覚障害を認め、補聴器装用下での言葉の聞き取りが十分とはいえない状態になると、人工内耳の適応になる。

人工内耳は 1961 年にアメリカの House [3] が単チャンネルのものを開発したのが世界で最初である。

単チャンネルのために言葉の聞き取り面では良くなかった。次にオーストラリアのメルボルン大学の Clark 博士によって開発されたもので、コクレア社製のものが日本にも 1980 年代から導入され、東京医大の船坂宗太郎先生が 1985 年に一例目の手術をされた。金沢大学医学部耳鼻咽喉科で



図-2 人工内耳 (出典：日本コクレア社)

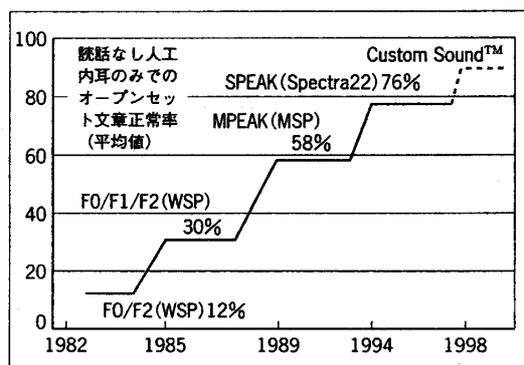


図-3 人工内耳による音声処理の開発経過 (出典：日本コクレア社)

も古川仰教授の下で 1988 年から人工内耳手術を行っている。

人工内耳の仕組み [4] を簡単に説明すると、音はマイクロホンを通じてスピーチプロセッサに送られる (図-2)。ここで音声解析され、信号がコード化され送信用のコイルに送られる。更に信号は (5 MHz の搬送波) 電磁誘導にて経皮的に皮下に埋め込まれ受信用コイルに送られ、蝸牛内にある電極に刺激が送られる。

患者さんは手術後 2, 3 週間後にマッピングという各電極の T レベル (最小可聴閾値), C レベル (最大快適閾値) を測定する検査を受ける。

人工内耳装用後の閾値は約 30~40 dB で補聴器に比べて著しく聞き取りが改善される。

我が国でも急激に装用者は増加し、当初は成人の後天聾の方が対象となる場合が多かったが、近年では小児先天性高度聴覚障害例が増加の一途をたどっている。

人工内耳による言語の聞き取りは音声処理を行うスピーチプロセッサに負うところが多い。図-3 にコード化法の差による聞き取りの成績を示して

表-2 音声処理コード化法の種類 (出典：日本コクレア社)

●コクレア社 N24	
F0F1	
F0F1F2	
MPEAK	
SPEAK 法	周波数分解能を強調
CIS 法	時間分解能を強調
ACE 法	周波数と時間分解能の両方

いる。

ここでは国内で最も多く利用者がいる日本コクレア社製の人工内耳を例に挙げる。

当初は F0F2 による音声処理コードであったが、その後開発が進み、最近では周波数分解能を強調した SPEAK 法 (20 個のフィルタにて 150~10,000 Hz の音を拾い、信号の大きい周波数成分から順に 6~10 個の電極が選択され、周波数に従って分担された電極対が刺激される。) や、周波数と時間分解能を強調する ACE 法というコード化法の開発によって著しく聞き取りが向上している (表-2)。

現在我が国ではコクレア社以外にバイオニクス社、メドエル社の計 3 社の人工内耳が導入されている。

3.2 人工内耳による装用評価法

人工内耳装用者の言葉の聞き取りは 1 音節レベル、単語、文、会話とそれぞれのレベルで評価するが、評価法は大きく二つに分かれる。まずは読話併用と読話なしの方法、第 2 は選択肢の有無による。選択肢がある方法は closed set と呼ばれ、選択肢がない場合を open set と呼ぶ。

成人の場合にはドナルド・ダッグのように最初が聞こえるようであるが、脳内の記憶と対応して数か月で以前聞き取っていたように、変化していく。成人の場合には日本語を習得後に失聴した例が多いので、どのように聞き取れたか、書き取りしてもらったり、復唱してもらったりという方法で確認が取れるが、小児の場合は一般に困難である。

言語の聞き取りに関しては、一般に母音の弁別が容易であり、次に有声と無声子音の聞き分けができていく。高周波数の摩擦音 [ʃ] などは比較的早期から聞き取りができることが多い。

日本語音の構音点、構音様式からみると、同じ構音様式であるが無声子音間 ([p]-[t]-[k]), 有声子音間 ([b]-[d]-[g]) の聞き取りが困難である。

表-3 小児人工内耳例の概要 (文献 [7] より)

	性別	初診年齢	現在年齢	補聴器 装用年齢	良聴耳 平均聴力レベル	人工内耳 装用年齢	人工内耳の型	コード化法
症例 1	女児	1:3	14:0	1:5	125.0dB 以上	3:5 (左)	N22	SPEAK
症例 2	男児	1:6	8:0	0:10	133.7dB 以上	4:10 (右)	N24	SPEAK
症例 3	女児	1:4	4:10	1:7	111.3dB	3:5 (左)	N24	ACE
症例 4	女児	1:0	4:4	1:1	112.5dB	2:11 (左)	N24	ACE
症例 5	男児	1:2	3:5	1:2	107.5dB	2:10 (右)	N24	ACE

注 1) 1 歳 3 か月は 1:3 とする

注 2) 症例 2 の良聴耳平均聴力レベルは AA-75 で 250 Hz について 110 dB, 500 Hz について 125 dB, 1 kHz について 130 dB, 2 kHz について 130 dB, 4 kHz について 125 dB, 8 kHz について 110 dB でいずれもスケールアウトであった。500 Hz, 1 kHz, 2 kHz の値を用い 4 分法で算出した。

その理由として、短い持続時間には対応する電極に数回の発火しか見られないためである [5]。

3.3 小児人工内耳装用例の経過

金沢大学病院で人工内耳手術が施行された小児例における言葉の聞き取り経過について述べる。

金沢大学病院では従来から手話や文字言語を乳児期から導入する「金沢方式」[6] という訓練法を行っている。聴覚障害幼児は発語がまだ不十分な時期には手話を主にコミュニケーションの手段として親子で利用することが多い。

術後の語音聴取が成立する過程で、すでに獲得している手指法 (手話と指文字) や書字で聴き誤りの語の同定が可能である。我々の施設で訓練を受けている聴覚障害児が聞いた言葉がどのように聞き取れたか確認することができたので紹介する [7]。

症例は 5 例で 2 歳から 4 歳代で人工内耳手術を受けた例である。人工内耳はコクレア社製の N22, N24 を装用している (表-3)。

小児の人工内耳装用年齢についてはどんどん年齢が下がる傾向にあり、外国では 0 歳代にも挿入しているとの報告もある。

表-4 は 5 例における言葉の聞き取りの様子を示しているが、例えば症例 5 ではお母さんが「コケ」という言葉を聞き取りさせると「骨?」と子どもが聞こえたことばを手話で示したのである。

これらの例の反応を見ると、いずれも単語の後続母音が聞き取れていることを我々に情報として伝えてくれる (表-4)。

従って、幼児に人工内耳手術をする前に手話や文字の訓練をすることによって、反応を得にくい例でも確認ができるので、有用であると考えている。術後の語音聴取が成立する過程で、すでに獲得し

表-4 小児人工内耳例で見られた聞き取り語の確認例 (文献 [7] より)

	音入れからの 経過月数	検査語	確認
症例 1	9 か月	「桃色の三角」	「桃色の三角」 (手指法)
症例 2	10 か月	「ブドウ」	「ブドウ」(書字)
症例 3	15 か月	「ごむ」	「ほん」(手指法)
症例 4	15 か月	「くま」	「うま」(手指法)
症例 5	3 か月	「こけ」	「ほね」(手指法)

ている手指法や書字で聴き誤りの語の同定が可能である。術前から聴覚障害幼児が表出しやすいコミュニケーション手段を獲得させておくことが術後経過を評価する上で有益であることが分かった。

4. 中枢性聴覚障害

脳損傷の結果、聴覚失認という音は聞こえるがその意味が分からないという病態がある。一つの感覚様式を通しての意味理解障害を“失認”というが、これが聴覚で生じると聴覚失認という病態が生じる [8]。

広義の聴覚失認は、脳損傷後に生じる音の聞き取り障害である。語音も非言語音 (社会音, 環境音とも言う) も認知困難となる場合をさすが、狭義は非言語音のみの障害をさす。聴覚失認の例は右半球一側損傷例 [9] や両側損傷例 [10, 11] が報告されている。また、評価法として倉知ら [12] は社会音の認知検査を作成して脳損傷例で検討している。

一方、社会音 (や環境音) の認知には問題ないが、語音のみに認知困難を示す pure word deafness (純粹語聾) という病態は極めて稀である [13-15]。

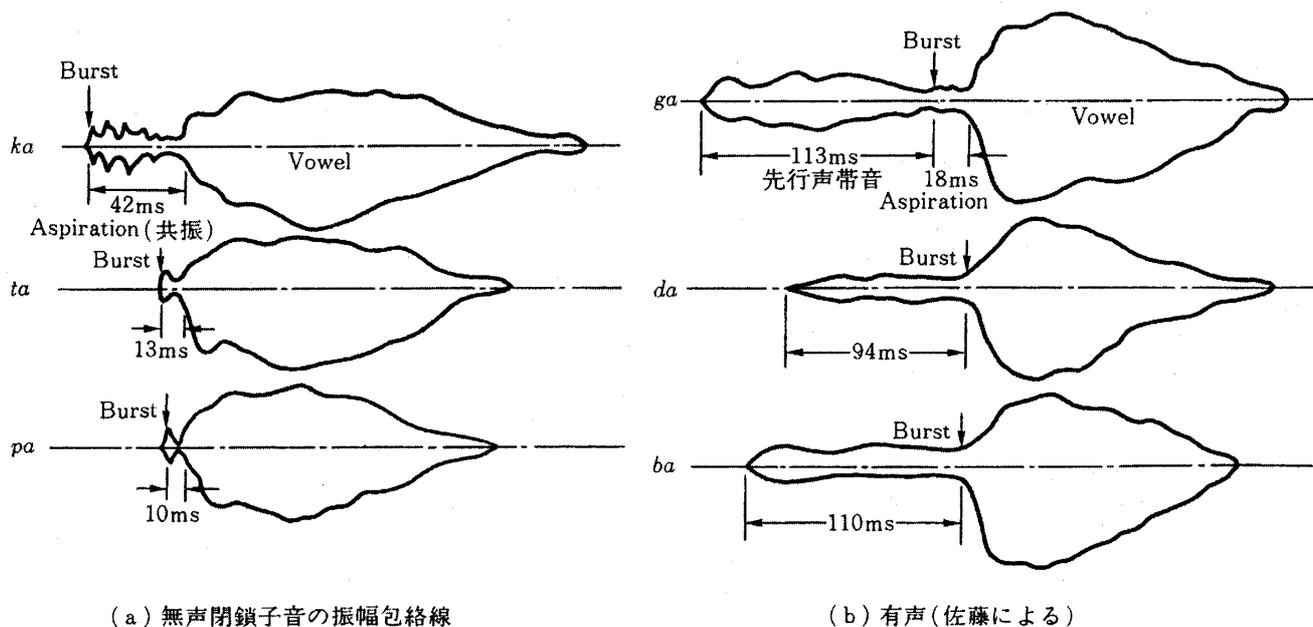


図-4 破裂音の音声波形 (文献 [15] より引用)

表-5 純粋語彙例の子音の聞き取り (1)

弁別素性の異なりが二つの場合の語音弁別成績			
項目	/ka/-/da/	/ga/-/pa/	/ba/-/ta/
正答率 (%)	100	100	100
弁別素性の異なりが一つの場合の語音弁別成績 (有声・無声音間)			
項目	/ba/-/pa/	/da/-/ta/	/ga/-/ta/
正答率 (%)	100	100	100
弁別素性の異なりが一つの場合の語音弁別成績 (無声破裂音間)			
項目	/ka/-/ta/	/pa/-/ka/	/pa/-/ta/
正答率 (%)	65	50	55

表-6 純粋語彙例の子音の聞き取り (2)

弁別素性の異なりが一つの場合の語音弁別成績 (有声破裂音間)			
項目	/da/-/ga/	/da/-/ba/	/ba/-/ga/
正答率 (%)	45	65	55
弁別素性の異なりが一つの場合の語音弁別成績 (三者択一)			
項目	/ba/-/da/-/ga/	/pa/-/ta/-/ka/	
正答率 (%)	33	33	

例 [14] を参照すると、破裂子音の先行部分の違い、すなわち音の早い時間的変化の解析能力の低下が関与していると推察される (図-4)。

5. 最後 に

今回人工内耳という末梢性重度聴覚障害者の福音ともいべき機器による聞き取りの状況と、中枢性聴覚障害の純粋語彙における語音の聞き取りを提示した。中枢性聴覚障害の場合には補聴器装用も効果なく、リハビリ方法は全く確立されていない。この“音響”というものの聞き取りが十分でない人々へのアプローチとして、医師、言語聴覚士など様々な領域が関わっているが、今後は音響を専門としているこの学会とのコラボレーションが重要な鍵を担っていると考えている。

(平成 18 年 9 月 14 日金沢大学にて講演)

自験例は Landau-Kleffner 症候群に伴う純粋語彙例であるが、最初に述べた末梢性聴覚障害とは異なり、聴力閾値はほぼ正常 (平均聴力レベル 30 dB 程度) である。しかし、言葉の聞き取りのみに障害が出現した [15]。

表-5, 6 は症例の聞き取り特徴を示している。

母音の聞き取りには支障ない。また、[k-d-b] など構音される場所や有声、無声という差があると、全く問題なく聞き分けられる。しかし、無声音間、有声音間の破裂音ではチャンスレベルとなる (表-5, 6)。

一方、救急車や犬の声などの聞き分けもできない例では、母音の聞き取りもあいまいになる。

純粋語彙の聞き取り障害は図-4 に示した佐藤の

文 献

- [1] 切替一郎, 藤村 靖 監修, 神山五郎, 戸塚元吉 共訳, 話しことばの科学—その物理学と生物学 (東京大学出版会, 東京, 1966), p. 4.
- [2] 小田 恂, 聴覚検査の実際, 日本聴覚医学会編 (南山堂, 東京, 2001), pp. 46-49.
- [3] W.L. House and J. Urban, "Long-term results of electrode implantation and electronic stimulation of the cochlear in man," *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, **82**, 504-517 (1973).
- [4] 久保 武, "埋め込み型補聴器・人工内耳の現況と今後の展望," 耳鼻咽喉科診療プラクテス, 聴覚の獲得 2 (文光堂, 東京, 2000), pp. 4-14.
- [5] 本庄 巖, 人工内耳 (中山書店, 東京, 1994), pp. 174-176.
- [6] 鈴木重忠, 能登谷晶子, "聴覚障害児の言語指導—金沢方式をかえりみて—," 音声言語医学, **34**, 257-263 (1993).
- [7] 橋本かほる, 能登谷晶子, 小林智子, 荒館 宏, 伊藤真人, 古川 仞, "金沢方式での訓練中に人工内耳を装用した 5 例の術後経過," *Audiol. Jpn.*, **49**, 67-73 (2006).
- [8] 加我君孝編: 中枢性聴覚障害の基礎と臨床 (金原出版, 東京, 2000), pp. 80-89.
- [9] T. Fujii, R. Fuaktsu and S. Watabe, "Auditory sound agnosia without aphasia following a right temporal lobe lesion," *Cortex*, **26**, 263-268 (1990).
- [10] N. Motomura, A. Yamadori, E. Mori and F. Tamaru, "Auditory agnosia," *Brain*, **109**, 379-391 (1986).
- [11] 進藤美津子, 加我君孝, 田中美郷, "左右の側頭葉聴覚領損傷による聴覚失認の 1 例," 脳神経, **33**, 139-147 (1981).
- [12] 倉知正佳, 鈴木重忠, 能登谷晶子, "Auditory Sound Agnosia はありえるか," 精神医学, **25**, 373-380 (1983).
- [13] Y. Tanaka, A. Yamadori and E. Mori, "Pure word deafness following bilateral lesions. A psychophysical analysis," *Brain*, **110**, 381-403 (1987).
- [14] 田中康文, "聴覚性認知障害の病態生理—「いわゆる」皮質聾の責任病巣と純粹語聾及びリズム認知障害の生理学的機序について—," 神経心理学, **9**, 30-40 (1993).
- [15] 能登谷晶子, 鈴木重忠, 古川 仞, 榎戸秀昭, "1 純粹語聾例の語音弁別障害の長期経過," 神経心理学, **7**, 187-193 (1991).