

## 平成16年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

ふりがな		なかじま よしたか		所属研究機関・部局・職		九州大学・大学院芸術工学研究院・教授	
研究代表者氏名		中島 祥好					
研究課題名	和文	聴覚の文法：言語と非言語とを包括する体制化の研究					
	英文	Auditory Grammar: Organization of Speech and Nonspeech					
研究経費	平成14年度	平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	総合計	
16年度以降は内約額 金額単位：千円	40,000	5,900	10,300	5,900	8,300	70,400	
研究組織（研究代表者及び研究分担者）							
氏名	所属研究機関・部局・職		現在の専門	役割分担（研究実施計画に対する分担事項）			
中島 祥好	九州大学・大学院芸術工学研究院・教授		知覚心理学	研究の総括・時間構造の知覚に関する研究			
上田 和夫	九州大学・大学院芸術工学研究院・助教授		聴覚認知心理学	音声知覚・聴覚短期記憶に関する研究			
籾木 時彦	九州大学・大学院芸術工学研究院・助教授		音声合成	音声生成の機構に関する研究			
大串 健吾	京都市立芸術大学・名誉教授		聴覚情報処理	コミュニケーションの仕組みに関する考察			
佐々木 隆之	宮城学院女子大学・学芸学部・教授		知覚心理学	言語と音楽との関係に関する考察			
森 周司	東京都立大学・大学院理学研究科・助教授		認知科学	聴覚的注意に関する考察			
Valter Ciocca	Associate Professor, Dept. of Speech & Hearing Sciences, University of Hong Kong		音声知覚	音声知覚の仕組みに関する考察			
当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）							
<p>音声（話し言葉）や音楽の知覚において、時間構造の知覚は重要な役割を果たしている。ところが、聴覚の基礎研究においては、比較的単純な刺激パターンが用いられるか、現実の音声ないし音楽に基づいた刺激パターンが用いられるかの両極端になることが多く、音声知覚の仕組みを一步一步探っていくための手がかりとなるようなデータは、必ずしも得られていなかった。この空隙を埋め、聴覚心理学と言語学との橋渡しとなるような新たな分野を築くことが、本研究計画の目的である。中島、佐々木は、音声知覚とは一見関係のない「空隙転移錯覚」を発見し、比較的単純な音刺激パターンを知覚する際にも、言語における文法に似た、知覚要素の結合規則が働いているのではないかとの着想を得た。特に、「音の始まり」、「音の終わり」が、あたかも独立の事象であるかのように検出され、知覚的に結びつくと仮説によって、聴覚体制化に関連するいくつかの現象が統一的に説明されることが判った。</p> <p>本研究計画においては、このような一種の文法規則が、実際の言語における文法ないし音韻規則とどのように関連付けられているかを解明し、聴覚における時間構造の知覚、認知を大きな枠組みで捉えなおすことを目指す。</p>							

これまでの研究経過（研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。）

「空隙転移錯覚」、「分離音現象」というような、物理的な音に対応しない音が主観的に生ずるような錯覚現象の仕組みについて検討を続けた。錯覚によって生ずる短い音の高さと長さについて、精神物理学的な測定を行い、さらに過去の測定結果を整理することによって、錯覚によって生ずる短い音が、結合音や音の粗さなどに関わる末梢の仕組みからは説明されえないことを明らかにした（図1）。

言語、音楽の時間構造が知覚される際に、等間隔を基本とする構造が重要な役割を果たすことは、よく知られている。これまでの研究によって、隣接する二つの時間間隔のあいだに、知覚上の同化が生ずることによって、等間隔の知覚が促進されることを示したが、今回は、過去に行った実験に新たなデータを追加したうえで、より体系的に統計的分析を行った。後続する時間に比べて、先行する時間が物理的に長い場合にも、知覚上の同化が生ずることを確認した。また、このような同化は、物理的な時間長の差が約 40 ms 以下のときに生ずることが判った。さらに、このような知覚現象に関連して、音楽演奏のタイミングを分析した。

時間構造の知覚と産出が文化的・言語的差異の影響をどのように受けているかを調べた。知覚については、持続時間が・・・短-長-短-長-短-長・・・の音の系列を聴かせ、「短-長」というリズムで把握するか「長-短」というリズムで把握するかを日米で同じ聴取実験を行って調べた結果、日米間で有意な差が見出された。また産出については、日本人と西欧人のプロのピアニストの付点音符の演奏の間に差があるかどうかを調べたところ、西欧人の方が鋭いリズムになることが明らかになった。

時間構造の知覚には、人類に普遍的に備わっているような特性と、文化的・言語的差異の影響を大きく受ける特性との両方が関わっている可能性がある。日本語母語話者が英語（米語）を聴取する際に問題となる /r/ と /l/ との聴き分けに注目し、これらの音韻が単語という言語的時間構造の中で、どのように聞き分けられ、あるいは混同されるのか、さらには、雑音下での聴取を行った場合に、どのような影響を知覚が受けるのかを調べた。その結果、無雑音時に日本語母語話者が示した /r/-/l/ 同定正答率 70% は、米語母語話者が信号対雑音比 -21 dB のときに示す正答率に匹敵することがわかった。

音声の時間構造に関する知覚と発話との関係を知るため、発話の際の調音器官や喉頭の運動を観測するシステムを構築した。さらに、無声子音を対象とした実験データの蓄積と分析を行い、本システムの有効性を確認した。

聴覚のパターン認知における注意の役割に関して、情報マスキングによる聴覚探索の手法を用いて検討した。その結果、周波数分離による注意誘導が目標音の探索を促進し、その効果は注意フィルターとして定量的にモデル化されることを示した。

公表されている世界の言語に関するデータベースを用いて、音節構造に関する制約条件と、統語構造に関する制約条件とのあいだに関連性があるかどうかを調べたところ、開音節(CV)を基本とする言語においては、後置詞が用いられることが多いが、前置詞が用いられることは極めて少ないことが示唆された。このような考察から一歩進めて、音節構造と聴覚の文法とが、どのように関連づけられるかを検討しつつある。

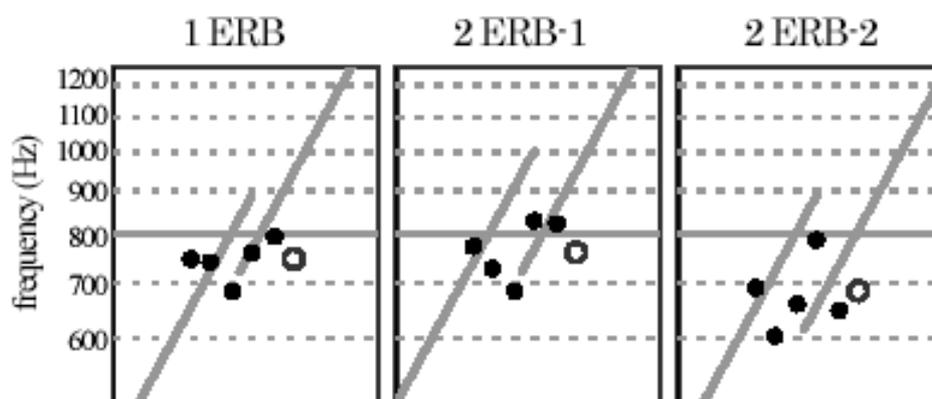


図 1. 分離音現象によって生ずる短い音の高さ。図上の 1 ERB, 2 ERB-1 などは刺激の種類、右上がりの線分はグライド音、黒丸は各個人のデータ、白丸は平均値を表す。

特記事項（これまでの研究において得られた、独創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。）

「分離音現象」に関連し、新しく確認した現象の一つを紹介する。二つの 1~2 秒程度の周波数変化音を、0.1~0.2 秒程度の時間的な重なりを持たせて継時的に呈示するとき、重なり部分に、物理的には存在しない短い音があるように聴こえる場合がある。これが「分離音現象」である。我々は、第二の周波数変化音の始まりと、第一の周波数変化音の終わりとが、知覚の上で結びつくことによって、この短い音、すなわち「分離音」が主観的に生ずるものと考えている。今回、二つの周波数変化音を、中国語の合成母音 /a/ を用いて作り、第一の周波数変化音の末尾に /o/ を加え、第二の周波数変化音の冒頭に /j/ を加えることによって、中国語母語話者に音節 /jao/ を聴かせることができた（図 2）。この音節は、二つの周波数変化音の始まりと終わりとが知覚の上で結びついたと考えることによって説明することができる。この例を含め、「空隙転移錯覚」、「分離音現象」に関連する刺激パターンを、合成音声を用いて作り出すことが軌道に乗り、基本的な聴覚現象を、音声知覚に関連付けて考察することができるようになった。また、ここで用いたような刺激パターンと対応付けることのできるような、音声産出に関するデータを得るための環境が整いつつある。また、将来現実の音声を用いて関連する刺激パターンを作り出すことができるように、音声の子音部を強調するようなアルゴリズムを開発した。

隣接する時間間隔の及ぼしあう知覚上の影響について、以前から行ってきた知覚実験に大量のデータを追加し、以前のデータを改めて分析した。クリック音を用いた単純な時間パターンに関しては、ある程度定量的に実験結果を記述することができた。現在、実験参加者の母語の及ぼす影響について実験を計画するところまで話が進んでいる。音楽演奏に関しても、日本人と西欧人とのピアノ演奏における時間構造の違いを、統計学的に明らかにし、現在このような違いが時間知覚と関連づけられるかどうかを調べている。

音声器官の制御と音声知覚の間には、密接な相互関係があると考えられる。そのような関係について調べるために、日本語無声破裂子音を対象として、話者の声道、喉頭の発話動作を観測した。その結果、無声音の時間構造において、発話速度に依存しない固定的な部分と、変動性を有する部分とが存在することがわかった。この成果は、音声の時間的な特徴の知覚特性を調べる上で有用である。

音声の基本周波数の時間的な変化には、単語と単語とを区切る手がかりとなるパターンがある。このパターンを自然音声から抽出して作成した合成音声、および基本周波数の変化をなくして合成した音声とを用いて、聴覚短期記憶に関する実験を行った。その結果、高さが変化しない合成音声には、自然な音声には見られない特有の体制化が生じやすいことが明らかになった。

周波数分離による注意誘導の効果を定量的に示すために、周波数の弁別感度から注意フィルターを推定する方法を提案した。従来方法は聴覚フィルターを閾値から推定するものであるが、新しい方法は信号検出理論に基づくもので、聴覚研究に有用な手法を提供する。同様の考え方を、聴覚だけでなく視覚にも適用することを考えている。

音節の構造と統語構造とを関連付けるための手掛かりとして、言語学における最新の理論である「最適性理論」を導入し、聴覚の仕組みや、調音、発声の仕組みを総合的に関連づけて考察するという方向が定まった。

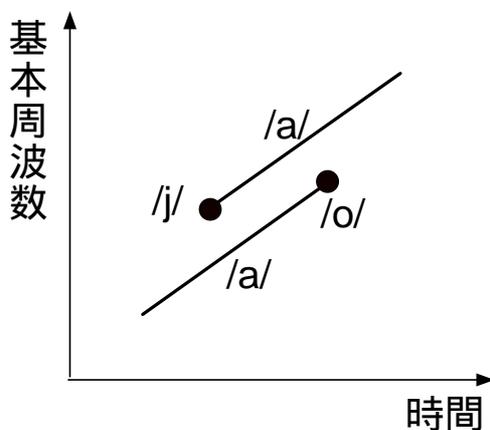


図 2. 分離音現象によって /jao/ の知覚を生ずる刺激。

研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(発表予定のものを記入することも可能。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。)

- Yoshitaka Nakajima. "Aspects of the gap transfer illusion," Forum Acusticum Sevilla 2002 (2002) (招待講演).
- Yoshitaka Nakajima, Gert ten Hoopen, Takayuki Sasaki, Katsuyuki Yamamoto, Masahiro Kadota, Michel Simons, and Daigoh Suetomi. "Time-shrinking: the process of unilateral temporal assimilation," Perception (印刷中).
- Gerard Remijn and Yoshitaka Nakajima. "An illusory short tone in stimulus patterns consisting of two partly overlapping glides," Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance (投稿中).
- Ryota Miyauchi and Yoshitaka Nakajima. "Bilateral assimilation of two neighboring empty time intervals," Music Perception (投稿中).
- Kyoko Kanafuka, Yoshitaka Nakajima, Ger Remijn, Takayuki Sasaki, and Shunsuke Tanaka. "Subjectively divided tone components in the gap transfer illusion," Perception & Psychophysics (投稿中).
- 上田和夫. "音声と記憶: 聴覚心理学における実験例," K の会編, 心理学の方法, 第 10 章, pp. 141-158, ナカニシヤ出版, 京都 (2002).
- Kazuo Ueda, Reiko Akahane-Yamada, and Ryo Komaki. "Identification of English /r/ and /l/ in white noise by native and non-native listeners," Acoustical Science and Technology, vol. 23, no. 6, 336-338 (2002).
- Kazuo Ueda, Noriko Yamasaki, and Ryo Komaki. "Identification of English /r/ and /l/ in white noise by native and non-native listeners," First Pan-American/Iberian Meeting on Acoustics, Cancun, Mexico, 5 December, Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 112, no. 5, Pt. 2, 2357 (2002).
- Kazuo Ueda. "Short-term auditory memory interference: the Deutsch demonstration revisited," Acoustical Science and Technology (投稿中).
- Tokihiko Kaburagi and Koji Kawai. "Analysis of voice source characteristics using a constrained polynomial model," Proc. Eurospeech2003, pp.461-464, (2003).
- Kohei Wakamiya, Tokihiko Kaburagi, Masaaki Honda, and Masashi Sawada. "An investigation on the measurement accuracy of the three-dimensional electromagnetic articulography," Proc. International Seminar on Speech Production, 302-307, (2003).
- 藤野昭典, 鍋木時彦, 誉田雅彰, 村野恵美, 新美成二. "無声子音における舌・唇と喉頭の調音運動の時間関係の分析," 日本音響学会誌, vol. 59, no. 3, 121-130 (2003).
- Tokihiko Kaburagi, Kohei Wakamiya, and Masaaki Honda. "Three-dimensional electromagnetic articulograph: A measurement principle," Journal of the Acoustical Society of America (投稿中).
- 松井淑恵, 大串健吾. "音高判断に及ぼす基音と倍音の影響," 日本音楽知覚認知学会, 平成 14 年度秋季研究発表会資料, 47-54 (2002).
- Kengo Ohgushi. "Comparison of dotted rhythm expression between Japanese and Western pianists," in C.Stevens et al. (Eds), Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition, CD-ROM, Adelaide: Causal Productions (2002).
- John R. Iversen, Aniruddh D. Patel, and Kengo Ohgushi. "Perception of nonlinguistic rhythmic stimuli by American and Japanese listeners," Proceedings of the 18th International Congress on Acoustics, CD-ROM (2004) (招待講演).
- 高瀬瑛子, 大串健吾. "小節線の位置を変えた単旋律演奏の打鍵時間間隔," 音楽知覚認知研究 (投稿中).
- 高橋範行, 大串健吾. "ピアノ演奏における熟達者と非熟達者の演奏表現の比較," 音楽教育学 (投稿中).
- 森周司. "基礎研究を応用に活かす," 仲真紀子(編著), 認知心理学の新しいかたち. 誠信書房 (印刷中).
- Shuji Mori and Akihito Kataoka. "Frame effects in visual search for line orientation," Perception & Psychophysics (印刷中).