JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	発話過程の神経生理学的制御モデルの構築に関する研究
Author(s)	党，建武
Citation	科学研究費助成事業研究成果報告書：1-6
Issue Date	2016-06-03
Type	Research Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/13674
Rights	
Description	基盤研究(C)（一般），研究期間：2013～2015，課題番号：25330190，研究者番号：80334796，研究分野：音声科学、音声生成

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成 ２８ 年　 ６ 月　 ３ 日現在

機関番号：１３３０２
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2013～2015
課題番号：２５３３０１９０

研究課題名（和文）発話過程の神経生理学的制御モデルの構築に関する研究

研究課題名（英文）Construction of Neuro-physiologically Control Model for Speech Production Process

研究代表者
党　建武（Dang, Jianwu）

北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：８０３３４７９６

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は発話過程の神経生理学的制御モデルの構築である。我々は人間の調音機構の共通性と個人性に着目し、原型となる発話機構モデルに任意話者の特徴を反映することで、簡易なモデル構築法を開発し、舌変形時調音筋の空間依存性を抑えて正確な筋活動パターンの推定法を提案した。”真”の発話運動指令を習得するため、聴覚の影響を遮断したうえ発話動作の学習により、効率的な学習法を検討した。脳電図を用いて単語の朗読音声に対する脳の活動をソース再構築の手法により分析したところ、脳の音声処理過程におけるデュアルストリームモデルをサポートすることが分かった。上記の知見を基に発話過程の神経生理学制御モデルの構築を試みた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to build up a neurophysiological control model for speech production process. Based on the common and individual characteristics of speech organs, we developed an efficient model construction approach by adapting the characteristics to a prototypical articulatory model for any given speaker, and proposed an estimation method of muscle activation patterns by reducing spatial-dependent properties of the articulatory muscles. To acquire “true” articulatory motor commands, we proposed a learning method that can reduce the effects of exiting speech category by practicing the articulatory movements alone without auditory representation beforehand. We analyzed brain activities for variety of reading words using source reconstruction method based on EEG observations. It is found that the speech processing in the brain can be explained by the dual-stream model. Based on our findings, we constructed a neurophysiological control model for speech production.

研究分野：音声科学、音声生成

キーワード：音声生成　生理学的モデル　発話運動制御　神経生理学制御

１．研究開始当初の背景

音声生成過程に関連する脳の発話運動制御メカニズムには未解明の問題が山積しているが、技術的・倫理的な制限があるため、実験的な手法により完全に解明することが困難である。これに対して、生理学的計算モデルを用いる模擬手法は、非侵襲の手段による脳の高次機能の研究に対して有力なアプローチとなる。

これまで、人間の発話制御モデル化について、米国ボストン大学のグループは、聴覚フィードバックを含む音声生成のニューロン計算モデルを提案し、言語野や運動野における脳の活動を模擬した。ドイツのアーヘン工科大学では、さらに視覚フィードバック機能を取り入れて音声知覚のマガーク効果を模擬した。しかし、上記の研究では、発話運動を実現する末梢器官には幾何学的調音モデルを用いたため、脳の指令に対する人間の生理学的な働きを再現するには不十分であった。正確に脳における音声生成の制御機能を理解するには、音声生成の末梢器官モデルとして、人間の発話機構をより忠実に再現できる生理学的モデルが必要不可欠である。

舌の生理学的モデルについては、仏国立科学研究センターGISPA-Lab とカナダ UBC 大学もモデルの構築を中心として研究を展開している。しかし、発話目標から、筋の収縮、発話動作及び音声合成までの音声生成の全過程を実現できなかった。本研究代表者らは、解剖学的データと MRI データに基づき、すべての発話器官と関連筋肉を取り入れ、生理学的発話機構モデル（図１を参照）を構築し、人間の発話運動の全過程を実現することに成功した。

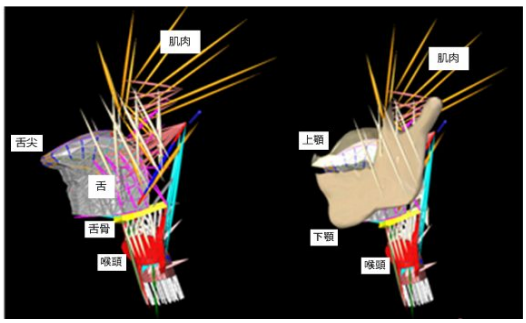

図 1 本研究グループの開発した三次元生理学的モデル

２．研究の目的

本研究では、研究代表者らの生理学的発話機構モデルを基に、脳イメージングや筋電図および磁気センサーシステムなどによる神経生理学的知見を加えて、音声生成過程における発話計画、運動指令、筋肉の収縮、発話器官の動作、音波伝播、音波の生成とその聴覚フィードバックなどのモジュールを含む発話運動制御モデルを構築し、発話運動制御メカニズムを明らかにすることを目標とする。

３．研究の方法

上記の目標を実現するため、本研究では、まず、発話機構モデルについて簡易な構築方法を開発し、同時に発話運動におけるモーターコマンドの推定方法を研究する。磁気センサーシステムを用いて、人間の発話習得時にモーターコマンドの学習方法を考察する。脳電図などを用いて発話運動制御や音声生成・知覚する際、脳における動的な処理過程を観測する。上記の知見を基に発話過程の神経生理学的制御モデルの構築を試みる。

４．研究成果

1) 発話機構モデルの簡易な構築法の研究

発話機構モデルを基とする音声の個人性に関する研究や、または言語障碍者の支援などへの応用では、個々の話者の静的・動的な特性に合わせてモデルを構築することが必要となる。しかし、多数のモデルを構築するのは容易ではない。本研究では、人間の調音機構の共通性と個人性に着目し、原型となる発話機構モデルに任意話者の特徴を反映することで、複数の 3 次元発話機構モデルを効率的に構築する個人化手法を提案する。提案手法では、原型のモデルに対し(1)MR 画像から得た共通の参照点を用いて区分線形変換で剛体の寸法を話者に合わせ、(2) 非線形変換により軟組織の形状特徴をモデルに反映し、(3) 調音器官の位置関係から主要外舌筋の筋付着点位置を推定することで、効率的なモデル構築を実現した。提案手法で構築した話者 6 名の個人化モデルで検証した結果、個人化による舌の平均形状誤差は 1.56 ㎜ であり、舌の基本的な動きが従来知見と定性的に一致することを確認した。この技術を用いて、任意の話者に対して、形状学的観測データを基に三次元生理学的発話モデルを構築することが可能となる。

2) 発話運動のモーターコマンドの推定

発話過程では、人間が発話目標に基いて発話器官を迅速で正確に制御することにより発話運動を実現している。そのなか、迅速な動きはフィードフォワード制御により、正確な動きをフィードバックにより実現しているとされる。本研究では、フィードフォワード制御のため、発話目標から調音筋の活動パターン（モーターコマンド）の推定方法を検討する。

これまでに、人間肢体運動の制御に関する計算モデルは、主に骨格的な運動を対象としたが、舌のような軟弾性体の変形による運動制御を取り上げるのは少ない。骨格的な運動の制御と異なり、軟弾性体の変形により調音筋の間の拮抗関係と協調関係は動き箇所によって変わり、空間依存性を持っている。その空間依存性を抑えて正確な筋活動パターンを推定するため、本研究では、動的な主成分（PCA）空間を提案し、任意の箇所に調音筋間の相対関係を正確に把握できて、適切な筋活動パターンを推定することが可能となった。その上、フィードバックループを用い

て、発話目標から調音筋の活動パターンへのフィードフォワードマッピングを学習した。筋電図により計測された筋の活動パターンと比較して、フィードフォワードマッピングは正確であることを確認した。

筋電図は一般的に大きな外舌筋の計測に有効で、小さな内舌筋の計測に難しい。それ故、本研究では、発話モデルを用いて、発話時に内舌筋の声道形状の形成への貢献を定量的に評価した。さらに、体性感覚に基いたフィードバックを導入した後、外力による摂動への補正機能を考察した。その結果より、学習したフィードフォワードマッピングと体性感覚によるフィードバックを取り入れた発話機構モデルは、より安定で正確な発話を実現することを確認した。

3) “真”の発話モーターコマンドの学習方法に関する研究

母語の音声生成は習得されたモーターコマンドを選択しながら、フィードフォワード制御により実現されることがほとんどである。第二言語を学習する際、母語のカテゴリーの影響で正確に発話できないことがある。いわゆる「母語の磁石現象」。つまり、第二言語の特有な発音であるが、母語に近いものがある場合、 その発音を学習する際、学習者は“真”のモーターコマンドの学習の代わりに母語に既存のモーターコマンドから似ているものを代用品として使うケースが多い。そうすると母語の発話に第二言語の学習を常に影響してしまう。この問題を解消するため、本研究では学習者に母国語話者の発話動作のみを呈示し、その動作を真似させる。聴覚の影響を遮断したため、発話運動のモーターコマンドを忠実に習得することが可能である。それから、音声による発話学習の際に、学習者はその音声に対応するモーターコマンドをすでに持つため、より”真”の発話運動モーターコマンドを習得しやすくなる。

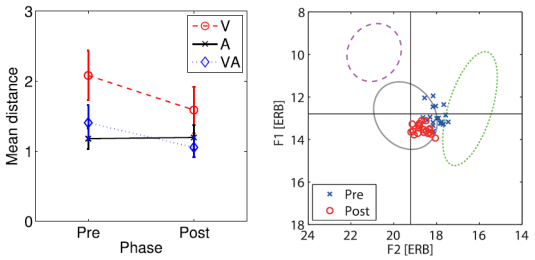

図２　各学習条件の場合発話音声と目標音声との距離の変化（左図）；VA 条件における学習効果（右図）。

動作のみ学習（V）、音声のみによる発話学習（A）および動作学習の上に音声による発話学習（VA）の場合、第一と第二フォールマントからなる平面上で、発話音声と目標音声との距離の変化を図２の左図に示す。その結果、動作のみの学習（V）の場合でも、発話特徴は目標音声のそれに接近する。それに音声による発話学習（VA）を加えた場合、学習した発話はさらに目標音声に接近する。VA 条件において、学習効果を図２の右図に示す。それに対して、音声のみによる発話学習（A）の場合、学習前後学習者の発話特徴と目標音声と平均距離はほとんど変わらなかった。それは、提案した発話モーターコマンドの学習方法が有効であることを示した。

4) 音声処理における脳活動の研究

発話運動制御過程のメカニズムを究明するため、本研究では音声処理に関する脳活動を脳電図により観測した。40 名の被験者に名詞、動詞および擬似語などを提示して、128 チャンネルの脳電図を収録し、ソース再構築の手法を用いて、脳の活動を動的に分析したところ、二つの結果を得た。実単語は擬似語と比較したところ、脳の音声処理過程におけるデュアルストリームモデル（dual stream model）をサポートする。また、名詞と動詞との対を分析したところ、名詞と動詞の識別は文法より主に意味論的情報が使われていることが分かった。特に、前者の知見は発話過程の神経生理学制御モデルの構築に有用である。

5) 発話過程の神経生理学制御モデルの研究

本研究では、上記の知見を基に発話過程の神経生理学制御モデル（図３を参照）の構築を試みた。我々は生理学的発話機構モデルを用いて、母音と子音―母音の音節を模擬し、発音目標、モーターコマンド、発話運動および音声波形を記録した。自己組織化マップを利用して、各モジュールのマップとそれらの関連を学習した。その結果、モジュール間の一対多の写像関係を再現した。また、モーター制御の SOM では、下顎や舌などを制御するモーターコマンドの分布は ECoG により計測した運動野にある下顎や舌などの分布にほぼ一致している。

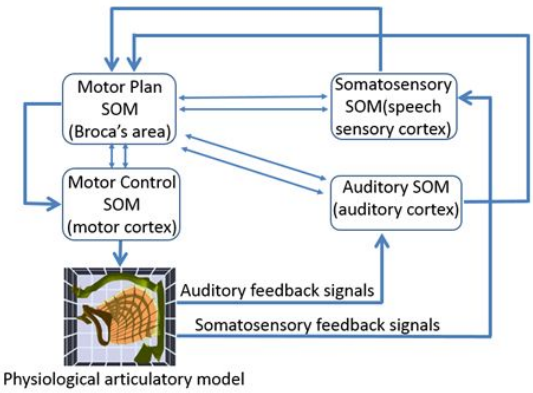

図３　発話過程の神経生理学制御モデル

５．主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 23 件）

1) J. Dang, J. Wei, K. Honda, and T. Nakai. “A study on transvelar coupling for non-nasalized sounds,” J. Acoust. Soc. Am. 139 (1), 441-454. (2016)（査読有）

2) Tanaka, H., Miyakoshi, M., & Makeig, S. “Coordinate Systems in the Motor System: Computational Modeling and EEG Experiment” In Advances in Cognitive Neurodynamics (V) (pp. 85-92).

Springer Singapore. (2016). (査読有)
3) Tanaka, H. Modeling the motor cortex: Optimality, recurrent neural networks, and spatial dynamics. Neuroscience Research 104, 64-71. (2016)(査読有)
4) X. Wu, J. Dang, "A control strategy of a physiological articulatory model for speech production," Journal of Chinese Linguistics, VOL.43, NO.1B, 337-363,(2015) (査読有)
5) J. Wei, W. Lu, X. Zheng, Q. Hou, Q. Fang, J. Dang, "Mapping Ultrasound-based Articulatory Images and Vowel Sounds with a DNN Framework," Multimedia Tools and Applications, DOI: 10.1007/s11042-015-3038-y. (2015) (査読有)
6) L. Ma, P. Perrier, and J. Dang. "Strength of syllabic influences on articulation in Mandarin Chinese and French: Insights from a motor control approach." Journal of Phonetics, 53, pp.101-124.(2015) (査読有)
7) Suemitsu, A., Dang, J., Ito, T., Tiede, M., "A real-time articulatory visual feedback approach with target presentation for second language pronunciation learning," J. Acoust. Soc. Am. 138, EL382; http://dx.doi.org/10.1121/1.4931827, (2015) (査読有)
8) J. Wei, S. Wang, Q. Hou, and J. Dang "Generalized Finite Difference Time Domain Method and Its Application to Acoustics," Mathematical Problems in Engineering, Volume 2015, Article ID 640305, 13 pages, http://dx.doi.org/10.1155/2015/640305.(2015) (査読有)
9) 末光厚夫, 磁気センサシステムを用いたバイオフィードバックアプローチによる外国語発音学習, 日本音響学会誌, vol.71, no.10, pp.532-538 (2015) 査読無
10) Tanaka, H., Katura, T., & Sato, H. (2014). Task-related oxygenation and cerebral blood volume changes estimated from NIRS signals in motor and cognitive tasks. NeuroImage, 94, 107-119. (査読有)
11) Tanaka, H., & Sejnowski, T. J. (2014) Motor adaptation and generalization of reaching movements using motor primitives based on spatial coordinates. Journal of Neurophysiology, Published 2014, DOI: 10.1152/jn.00002.2014. (査読有)
12) Kawahara, S., Masuda, H., Erickson, D., Moore, J., Suemitsu, A., Shibuya, Y., Quantifying the effects of vowel quality and preceding consonants on jaw displacement: Japanese data. Journal of Phonetic Society of Japan, vol.18, no.2, pp.54-62 (2014) (査読有)
13) Kawahara, S., Erickson, D., Moore, J., Suemitsu, A., Shibuya, Y., Jaw displacement and metrical structure in Japanese: The effect of pitch accent, foot structure, and phrasal stress. Journal of Phonetic Society of Japan, vol.18, no.2, pp.77-87 (2014) (査読有)
14) Horie, K., Suemitsu, A., Morita M., Direct estimation of hand motion speed from surface electromyograms using a selective desensitization neural network, Journal of Signal Processing, vol.18, no.4, 225-228 (2014) (査読有)
15) Q. Li, Y. Han, J. Dang, "Image decomposing for imprinting using compressed sensing in DCT domain," Frontiers of Computer Sciences (FCS), 8(6): 905-915 (2014) (査読有)
16) X. Wu, J. Dang, and I. Stavness, "An iterative method to estimate muscle activation based on a physiological articulatory model," Acoust. Sci. Tech., 35, 201-212. (2014) (査読有)
17) S. Hyon, J. Dang, H. Feng, H. Wang, K. Honda. "Detection of speaker individual information using a phoneme effect suppression method," Speech Communication, 57, 87-100. (2014) (査読有)
18) Erickson, D., Suemitsu, A., Shibuya, Y., and Tiede, M., Comparison of jaw displacement patterns of Japanese and American speakers of English: A preliminary report. Journal of Phonetic Society of Japan, vol.18, no.2, pp.88-94 (2014) (査読有)
19) S. Chen, H. Wang, J. Jia, Y. An, and J. Dang. "Comparison of Mel Frequency Cepstrum Coefficient and Perceptual Linear Predictive in Perceptual Measurement of Chinese Initials." Applied Mechanics and Materials 411-414: 291-297. (2013) (査読有)
20) D. Huang, H. Wang, J. Wei, J. Dang, "Three-Dimensional Tongue Modeling Based on PCA for Visualized Pronunciation Feedback", Commun. Comput. Info. Sci., 2013, 620-627(査読有)
21) B. Liu, Y. Lin, X. Gao, J. Dang, "Correlation between audio-visual enhancement of speech in different noise environments and SNR: A combined behavioral and electrophysiological study," Neuroscience, 247, pp.145-151. (2013) (査読有)
22) B. Liu, G. Wu, X. Meng, J. Dang, "Correlation between prime duration and semantic priming effect: Evidence

from N400 effect," Neuroscience, 238, pp.319-326. (2013) (査読有)

23) B. Liu, X. Meng, G. Wu, J. Dang "Correlation between three-dimensional visual depth and N2 component: Evidence from event-related potential study", Neuroscience, 237, pp.161-169. (2013) (査読有)

〔学会発表〕(計 34 件)

1) J. Dang, S. Wang, M. Unoki, "INVESTIGATIONS INTO VOWEL AND CONSONANT STRUCTURES IN ARTICULATORY AND AUDITORY SPACES USING LAPLACIAN EIGENMAPS," the 41st IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 20-25 March 2016, Shanghai, China.
2) X. Wang, K. Honda, J. Dang, H. Wang and J. Wei, "Influences of Auditory and Vibrotactile Information on Vocal F0 Responses," Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference, P160-164, 16-19 December 2015, Hong Kong, China.
3) H. Wang, J. Dang, H. Feng, H. Wang, Y. Yu, K. Honda, "Investigation of Learning Trajectory of Mandarin for Tibetan Speakers," Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference, P208-212, 16-19 December 2015, Hong Kong, China.
4) J. Zhang, J. Wei, W. Lu, Q. Fang, K. Honda and J. Dang, "Vowel Normalization by Articulatory Information," Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference, P217-221, 16-19 December 2015, Hong Kong, China.
5) G. Li, J. Dang, G. Zhang, Z. Liu, H. Wang, "Investigation of relation between speech perception and production based on EEG source reconstruction," Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference, P499-504, China, 16-19 December 2015, Hong Kong.
6) H. Bao, W. Lu, K. Honda, J. Wei, Q. Fang, J. Dang, " Combined Cine- and Tagged-MRI for Tracking Landmarks on the Tongue Surface," INTERSPEECH, P359-363, Dresden, Germany, 6-10 Sept., 2015.
7) W. Bao, H. Feng, J. Dang, Z. Liu, Y. Yu, S. Wang, "Perception of Mandarin Tones by Native Tibetan Speakers," INTERSPEECH, P811-814, Dresden, Germany, 6-10 Sept., 2015.
8) Y. Chi, K. Honda, J. Wei, H. Feng, J. Dang, "Measuring Oral and Nasal Airflow in Production of Chinese Plosive," INTERSPEECH, P2167 - 2171, 6-10 Sept., 2015, Dresden, Germany.
9) X. Wang, K. Honda, J. Dang, J. Wei. "VOCAL RESPONSES TO FREQUENCY MODULATED COMPOSITE SINEWAVES VIA AUDITORY AND VIBROTACTILE PATHWAYS," 40th ICASSP, 19-24 Apr. 2015, Brisbane, Australia.
10) T. Li, K. Honda, J. Wei, J. Dang. "A lip protrusion mechanism examined by magnetic resonance imaging and finite element modeling," 18th ICPhS, 10-14 Aug, 2015, Glasgow, UK.
11) J. Dang, "Relation between laryngeal movements and fundamental frequency," 1st International Conference on Prosodic Studies: Challenges and Prospects, 12-14 Jun. 2015, Tianjin, China (Invited Talk).
12) J. Dang, "Estimation of Vocal Tract Shape from Speech Sounds via a Physiological Articulatory Model," China-Germany Joint Symposium on Speech Technology, 18-19 May, 2015, Shanghai,China (Invited talk).
13) 田中 宏和 (2015)「上肢運動制御の運動方程式と大脳皮質運動野の情報表現」シンポジウム「世界の中の身体 ―脳の座標系―」第 92 回日本生理学学会 第 120 回日本解剖学会 合同大会、神戸国際会議場、神戸、21 March 2015. [招待講演]
14) Li L., Imamizu H. and Tanaka H., Is movement duration predetermined in visually guided reaching? A comparison of finite- and infinite-horizon optimal feedback control, International Conference on Advanced Mechatronics (ICAM), Waseda Univ., Tokyo, Japan, 6 December 2015.
15) Tanaka, H., Miyakoshi, M. and Makeig, S., Coordinate Systems in the Motor System: Computational Modeling and EEG experiment, The 5th International Conference on Cognitive Neurodynamics, Sanya, China, 4 June 2015.
16) Tanaka, H., Miyakoshi, M. and Makeig, S., How motor cortex represents body movements: Optimality, recurrent neural networks and spatial dynamics, IEEE The 24th International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN), Kobe Int. Conf. Center, Kobe, Japan, 31 Aug. 2015.
17) Tanaka, H., Miyakoshi, M. and Makeig, S., Movement Representation in the Motor System: Computational Modeling and EEG experiment, Brain Connectivity Workshop, San Diego, USA, 6, December 2015.
18) H. Yan, J. Dang, M. Cao and B. J. Kröger, "A New Framework of Neurocomputational Model for Speech Production", ISCSLP,

12-14 Sept. 2014, Singapore.
19) C. Zhang, J. Dang, J. Zhang, J. Wei, "Investigation on Articulatory and Acoustic Characteristics of Dysarthria", ISCSLP, 12-14 Sept. 2014, Singapore.
20) J. Zhang, J. Wei, C. Zhang, D. Huang, J. Dang, "Visualization of Mandarin Articulation Driven by Ultrasound Data", ISCSLP, 12-14 Sept. 2014, Singapore.
21) X. Zheng, J. Wei, W. Lu, Q. Fang, J. Dang, "Mapping Between Ultrasound and Vowel Speech Using DNN Framework", ISCSLP, 12-14 Sept. 2014, Singapore.
22) J. Dang, C. Zhao, J. Wei, K. Honda "A Study of Nasal Coupling for Non-Nasalized Sounds" International Seminar on Speech Production (ISSP), 82-85, Cologne, Germany, 5-8 MAY 2014.
23) K. Honda, J. Wei, J. Dang, "Toward a Model of the Pharynx" International Seminar on Speech Production (ISSP), 198-201, Cologne, Germany, 5-8 MAY 2014.
24) Wilson, I., Suemitsu, A., Kanada, S., Coronal articulatory setting: The inefficiency of L2 English speakers, Proceedings of the Phonetic Building Blocks of Speech, pp.30-30, Victoria, Canada, 18 Sep. 2014.
25) N. Nishimura, S. Kawamoto, J. Dang, and K. Honda, "Selection of reliable control points for constructing personalized physiological articulatory models," RISP International Workshop in Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'14), pp.233-236, 3-5 March 2014, Honolulu, Hawaii, USA.
26) D. Huang, X. Wu, J. Wei, H. Wang, C. Song, Q. Hou, J. Dang, "Visualization of Mandarin Articulation by using a Physiological Articulatory Model", APSIPA, Kaohsiung, Taiwan,10/19-11/1, 2013.
27) S. Chen, H. Wang, J. Jia, and J. Dang. "A New Method for the Objective Perceptual Measurement of Chinese Initials." APSIPA, Kaohsiung, Taiwan,10/19-11/1, 2013.
28) X. Chen, J. Dang, H. Yan, Q. Fang, B. Kroger, "A Neural Understanding of Speech Motor Learning," APSIPA, Kaohsiung, Taiwan,10/19-11/1, 2013.
29) N. Nishimura, S. Kawamoto, J. Dang, K. Honda, Morphological personalization of a physiological articulatory model", APSIPA, Kaohsiung, Taiwan,10/19-11/1, 2013.
30) H. Liu, J. Wei, W. Lu, Q. Fang, L. Ma and J. Dang, "Morphological Normalization: A Study of Vowels for Mandarin and Japanese", APSIPA, Kaohsiung, Taiwan,10/19-11/1, 2013.
31) J. Dang, "Multiple Language Processing based on the Mechanism of Speech Production," The 14th symposium on Chinese Minority Language Information Processing, Lanzhou, China, 13-15 Sep. 2013.
32) Y. Wang, J. Dang, X. Chen, J. Wei, H. Wang, K. Honda, "An MRI-based Acoustic Study of Mandarin Vowels," INTERSPEECH, Lyon, France, 26-29 Aug. 2013.
33) S. Liu, J. Wei, X. Wang, W. Lu, Q. Fang and J. Dang, "An Anisotropic Diffusion Filter Based on Multidirectional Separability," INTERSPEECH, Lyon, France, 26-29 Aug. 2013.
34) Suemitsu, A., Ito, T., Tiede M.: An electromagnetic articulography-based articulatory feedback approach to facilitate second language speech production learning, Proceedings of Meetings on Acoustics, vol.19, pp.060063-060068, Montreal, Canada, 2-7 June 2013.

〔図書〕（計１件）

(1) 党　建武（2015）音声合成技術の現状と展望（総説），進化するヒトと機械の音声コミュニケーション,(株式会社ニッケイ印刷，ISBN978-4-86469-065-2），p125-140.

６．研究組織

(1)研究代表者
党　建武（Jianwu Dang）
北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授
研究者番号：80334796

(2)研究分担者
田中 宏和（Hirokazu Tanaka）
北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授
研究者番号：00332320

(3)研究分担者
末光 厚夫（Atsuo Suemitsu）
北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教
研究者番号：20422199

(4)研究分担者
川本 真一（Shin'ichi Kawamoto）
群馬工業高等専門学校・電子工学科・講師
研究者番号：70418507