

令和 3 年 6 月 9 日現在

機関番号：12612

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18069

研究課題名（和文）音声中の感情と話者性を制御できる拡張ボルツマン分布に基づく確率モデル

研究課題名（英文）Speech Representation Using Emotion-Speaker Controllable Probabilistic Model Based on Extended Boltzmann Distribution

研究代表者

中鹿 亘（Nakashika, Toru）

電気通信大学・大学院情報理工学研究所・准教授

研究者番号：90749920

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：音声信号処理分野において、話者認識と感情認識など、異なる複数のタスクを同時に実現する手法は確立されていない。本研究では、様々な因子間の関係性を自由に表現できる性質を持つボルツマンマシンに着目し、話者認識・感情認識・話者変換・感情変換を同時に実現する手法を検討し、その有効性について評価した。実験結果により、たった一つのボルツマンマシンを用いて話者認識・感情認識・話者変換・感情変換が実現できることが分かり、また、話者のみ、感情のみを表現したあるボルツマンマシンと比べて同時に話者・感情を表現したボルツマンマシンの方が高い精度で認識・変換が可能であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の実験結果は、エネルギー関数を適切に設計することで様々な特徴因子間の関係性を紐解くボルツマンマシンの有効性を示唆しており、意義のある研究成果であると考えられる。また副次的な研究成果として、複素数データを直接表現する変分オートエンコーダや、音声コミュニケーションにおける言語・生理・音響の連鎖を考慮したボルツマンマシンを用いた声質変換・音声認識のマルチタスク学習など、新たな手法の着想や知見を得ることもできた。

研究成果の概要（英文）：In speech signal processing, few methods have been established to simultaneously perform multiple different tasks such as speaker recognition and emotion recognition.

In this research, we focused on the Boltzmann machine, which has the property of representing the relationships between various factors with its high potential ability, and examined the effectiveness of simultaneously realizing speaker recognition, emotion recognition, speaker conversion, and emotion conversion with it. From the experimental results, it was found that speaker recognition, emotion recognition, speaker conversion, and emotion conversion can be achieved using only a Boltzmann machine. We also revealed that the Boltzmann machine that simultaneously represents speakers and emotions outperformed the Boltzmann machine that represents either speakers or emotions in recognition and voice conversion accuracy.

研究分野：音声信号処理

キーワード：音声信号処理 機械学習 確率・統計 声質変換 感情音声変換

1. 研究開始当初の背景

近年盛んに研究されている深層学習や人工知能のブームとともに、人と共存し、インタラクティブに行動するロボットの開発が注目されている。人の感情を理解し、自然な会話をするロボットの知能には、発話音声に含まれる感情の認識、発話者の認識技術が欠かせない。

音声信号はたった 1 次元の時系列データに過ぎないが、発話者や発話内容、感情など、実に様々な情報を含んでいる。そのため音声信号を扱う研究分野は、音声信号から発話内容を推定する音声認識、発話内容から音声を作り出す音声合成、発話者を推定する話者認識、入力された音声から話者性のみを変更する声質変換、感情を推定する感情認識など多岐に渡る。これまでの音声信号処理における既存研究では、それぞれの研究諸分野におけるモデルや手法が別々に論じられることが多かった。しかし、音声認識、話者認識、感情認識を単独で駆動するよりも、同時推定することで互いの情報を補完し合うため、それぞれの精度向上が見込める。また、異なる 3 つのモデルを学習するよりも、一つのモデルで学習・推定を行う方が、省メモリ・高速・学習コスト軽減を実現できるというメリットがある。

本研究では、ボルツマン分布を用いた確率表現に基づき、精度向上や学習コスト削減を目的とし、発話者・発話内容・感情を同時に推定するフレームワークについて検討する。

2. 研究の目的

深層学習や機械学習の分野では、確率ベースの特徴抽出器や識別器として、ボルツマン分布が用いられることがある。ボルツマン分布はコスト関数（エネルギー関数）が指数で表現され、全ての指数分布族を包含するだけでなく、エネルギー関数を適切に定義することで任意の分布を表現できる非常にポテンシャルの高い確率密度関数である。しかし、深層学習に関する研究分野ではニューラルネットワークばかりが注目され、ボルツマン分布は高いポテンシャルを持っているにも関わらず影を潜めているのが現状である。

本研究の目的は、高精度な音声認識、話者認識及び感情認識を実現することであるが、同時に、あまり世の中で注目されていないボルツマン分布の可能性・有効性について実験的に検証することも本研究の狙いである。

3. 研究の方法

本研究は主に次のメインタスクおよび 2 つのサブタスクから構成される。

(メインタスク) ボルツマン分布に基づく感情・話者の同時モデリング：

研究代表者は、これまで音声信号に含まれる音韻情報と話者情報の関係性を記述したボルツマン分布を用いた声質変換（音韻性を保持したまま話者性のみを変換する技術；VC）手法を提案してきた。このモデルでは音声音響特徴量から潜在的な音韻・話者情報を分離し、それらの情報を自由に操作して逆に音声に戻すことができる。このモデルによる情報分離イメージを図 1 上に示す。本研究ではこのモデルに対し新たに感情情報の関係性を追加することで音声中の感情を自由にコントロールできる手法を検討する（図 1 下）。

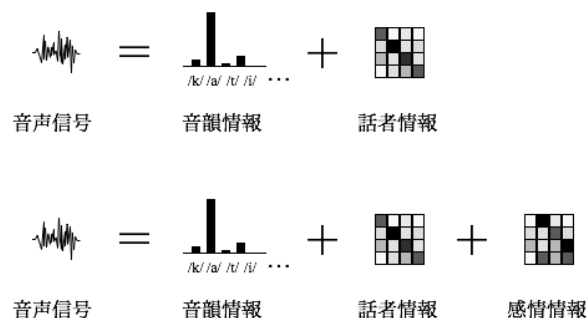


図 1. これまでの音韻・話者モデル（上）と、本研究の感情を含めたモデルの分離イメージ（下）

それぞれの具体的なモデルを以下に示す。図 2 左はこれまでの音韻・話者モデルである適応型制限ボルツマンマシン (ARBM) を表し、図 2 右は本研究の提案モデルであるマルチドメイン適応型制限ボルツマンマシン (MDARBM) を表している。ARBM は音声音響特徴量であるメルケプストラム x と、2 値の隠れ変数 h との関係性（無向接続強度）を行列 W で表現し、 W が話者 s によって定まる固有の射影行列 A で適応される。すなわち、話者の変動成分を A で吸収させることで W を話者不偏とし、結果 h には音韻のような話者不偏の情報が集約される（ここでは潜在的音韻情報と呼ぶ）。これにより、入力したメルケプストラムから計算される潜在的音韻 h と、入力話者とは異なる目標話者 s を用いて x を再度計算することで声質変換が達成される。

本研究で提案する MDARBM では、上記に加え、不偏行列 W を更に感情 e が持つ射影行列 B によって制御する。これにより、 h は話者・感情に依存しない特徴量となり、入力メルケプストラムは s や e を変えることで自由に話者・感情を変更（話者変換，感情変換）することができる。更に入力メルケプストラムから s や e を推定すれば話者認識，感情認識となり，話者・感情に依存しない h は音声認識に役立つ特徴量となることから 1 つのモデルで複数のタスクが実現できる。

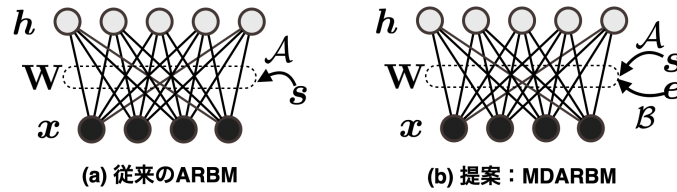


図 2. これまでのモデル (左) と本研究で提案するモデル (右)

(サブタスク 1) 音韻・話者・音響の連鎖を表現するボルツマン分布：
 メインタスクでは主に、隠れ変数 h が感情・話者に依存しない潜在的な音声特徴として音韻情報を表すことを想定していたが、ボルツマン分布において音韻情報を明示的に与えた場合声質変換精度はどの程度向上するのかを確認するため、図 3 に示す Speech-chain と呼ばれる音声生成プロセスを模したモデルについて検討する。

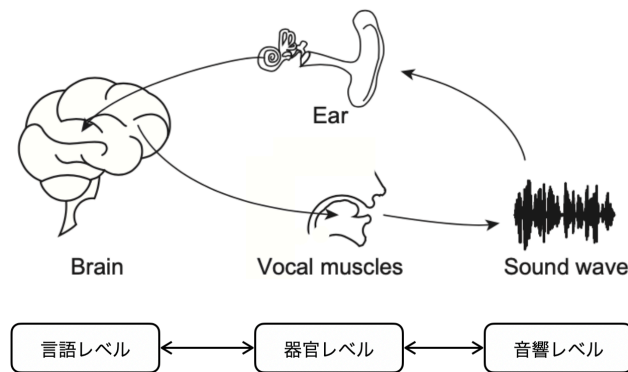


図 3. Speech-chain の音声生成プロセス

Speech-chain は脳で考えた言葉表現するため口の筋肉動かして発声し、逆に発した音を耳で聴いて言葉を脳で理解する、という言語・器官・音響レベルの循環プロセスを表したモデルである。言語レベルは脳で考えている言語情報であり明示的な音韻情報を、音響レベルは実際に観測される音声の音響信号を、器官レベルは耳や口などを伝って音響信号と脳の間で情報伝達される際に利用されるシグナルであり、観測できない潜在的な特徴を表す。ボルツマン分布を用いてこの過程を表現した声質変換モデルを図 4 に示す。

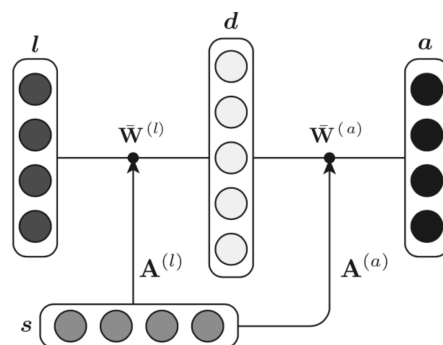


図 4. Speech-chain VC モデル

a , l , d はそれぞれ音響レベル，言語レベル，器官レベルにおける特徴量を表し，具体的には音声音響特徴量，言語特徴量，隠れ変数を表す。脳から器官への指令，器官における発声の仕方・聴こえ方は人により異なると考え，これらの情報伝達重み $W(l)$, $W(a)$ に対し，話者 s 固有の適応行列 $A(l)$, $A(a)$ を掛けることで話者正規化または話者性付与を実現している。明示的な言語特徴量の導入が従来の ARBM よりも高い声質変換精度を示すことを実験的に確認する。

(サブタスク 2) 複素数を直接表現する新しい生成モデルの提案：

4. 研究成果

上記で述べた研究テーマごとに研究成果を示す。

(メインタスク) ボルツマン分布に基づく感情・話者の同時モデリング：

まず、提案モデルの MDARBM について、感情変換のみを実行した場合の実験結果を述べる。実験には平静、喜び、怒り、悲しみの 4 感情音声を含む、男女 50 名、計 100 名の、各話者 40 発話音声から計算された 32 次メルケプストラム、33 フレームの F0 およびメルケプストラムパワーからなる 98 次元音響特徴量をモデルの学習に用いた。評価時には男性 2 名女性 2 名の 4 感情音声を用いて、感情変換した音声はどの感情と認知されるかを 7 名の被験者にアンケート形式で回答してもらった。従来手法である ARBM を用いた感情変換と比較した結果を図 5 に示す。図 5 に示すように、悲しみ以外の感情については提案モデルが上回る結果となった。この結果は提案モデルが感情だけでなく話者の変動成分も同時に表現することで適切に感情の変動を捉えることができたからだと考えられる。

		Response			
		Neutral	Joy	Anger	Sadness
従来モデル (ARBM)	Neutral	39.7	10.3	15.5	34.5
	Joy	22.0	30.5	6.8	40.7
	Target Anger	22.8	21.1	7.0	49.1
	Sadness	31.5	14.8	14.8	38.9

		Response			
		Neutral	Joy	Anger	Sadness
提案モデル (MDARBM)	Neutral	40.7	16.9	11.9	30.5
	Joy	33.9	33.9	12.5	19.6
	Target Anger	41.4	13.8	13.8	31.0
	Sadness	49.0	3.9	17.6	29.4

図 5. 感情変換の実験結果. Target が正解感情, Response が被験者の回答した感情を表し、数値は各 Target 感情についてどの感情を選んだのかの割合[%]を示す。

次に、感情と話者を同時に変換した場合の実験結果について述べる。学習条件は前述の条件と同様である。本実験では、比較手法である ARBM と提案モデルの MDARBM の変換音声のうち、どちらの方がより正解の話者または感情に近いかを 9 名の被験者に投票してもらい、投票率を算出した。なお、比較手法の ARBM は、話者性と感情それぞれについて ARBM を学習し、話者性の ARBM で話者性について変換した後、感情の ARBM で感情について変換した。実験結果を図 6 に示す。F1, F2 は女性話者, M1, M2 は男性話者を表す。図 6 より、話者性、感情のいずれの条件においても、提案モデルが従来モデルよりもより適切に変換できていることが確認できる。前述の実験と同様、話者性と感情の同時モデリングが精度向上に貢献したと考えられる。

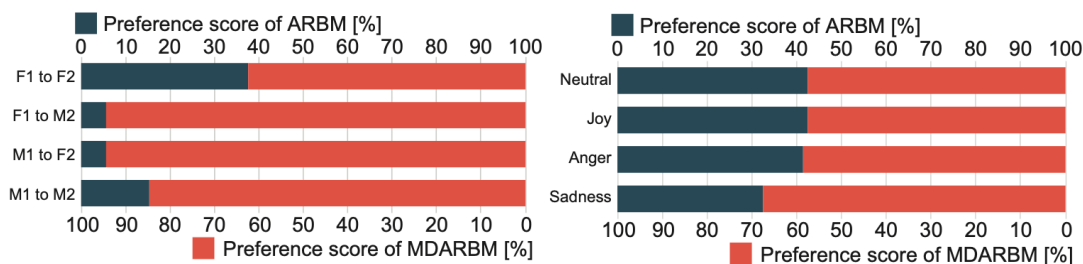


図 6. 感情・話者同時変換の実験結果. 話者変換 (左) と感情変換 (右) の各条件について、どちらの手法がより変換されたかの投票率を表す。

これらの実験を通して、感情と話者の同時モデリングが、感情、または話者単独のモデリングよりも高品質に予測または変換が可能であることが示された。

(サブタスク 1) 音韻・話者・音響の連鎖を表現するボルツマン分布：

Speech chain (SC) モデルの評価実験では、男女 2 名計 4 名の各々 50 発話からなる音声データから 32 次メルケプストラムとその動的特徴量を計算してモデル学習後、声質変換音声について 10 名の被験者に音声の明瞭性に関するアンケート調査を実施した。従来手法 (GMM, ARBM) との結果比較を図 7 に示す。MOS は被験者の 5 段階 (1 : 非常に明瞭でない, 5 : 非常に明瞭である)

評価の平均値であり、値が高い程明瞭であることを表す。図7より、従来のGMMやARBMよりも明瞭な音声を得られたことが分かる。特にARBMは提案モデルにおいて明示的な言語特徴量を表現する層を省いたモデルとみなすことができ、ボルツマン分布において明示的な音韻情報が声質変換の品質に大きく影響を与えることが読み取れる。

Method	MOS	n
Original	4.935±0.027	400
GMM	2.693±0.089	400
ARBM	1.970±0.099	400
SC	3.635±0.096	400

図7. SCモデルの主観評価実験結果

また、器官レベルを表現すると想定していた隠れ層の解釈性について検証するため、各隠れ素子の発火と音素ラベルの相関を調べたところ、図8に示すように、相関の高い18種類のユニークな音素クラスタが形成された。このうち幾つかのクラスタは弁別素性と対応している。従って、幾つかの隠れ素子が弁別素性を表し、学習によって自動的に器官レベルの知識が獲得されていることが明らかとなった。

No.	ϕ	Phoneme cluster
1	0.614	/a/
2	0.599	/ç/, /ɕ/, /s/, /ʃ/, /tʃ/, /z/
3	0.548	/ç/, /s/, /ʃ/, /tʃ/
4	0.546	/a/, /e/, /o/
5	0.542	/a/, /e/, /o/, /u/, /g/, /h/, /m/, /ŋ/, /n/
6	0.535	/ɕ/, /s/, /ʃ/, /tʃ/, /z/
7	0.531	/a/, /o/, /u/, /h/
8	0.529	/ç/, /s/, /ʃ/, /tʃ/
9	0.523	/s/, /tʃ/
10	0.511	/e/, /i/, /ç/, /ɕ/, /kj/, /ʃ/, /j/
11	0.467	/a/, /e/, /i/, /o/, /u/, /h/, /j/
12	0.465	/ç/, /s/, /ʃ/, /tʃ/
13	0.461	/ç/, /hj/, /ʃ/
14	0.459	/a/, /o/, /ŋ/, /n/, /m/, /g/, /d/
15	0.446	/i/, /ç/, /ɕ/, /s/, /ʃ/, /tʃ/
16	0.443	/o/
17	0.420	/ç/, /ɕ/, /s/, /ʃ/, /tʃ/, /z/
18	0.417	/i/, /hj/, /j/

図8. 自動的に獲得された隠れ素子と高い相関 (ϕ) を持つ音素クラスタ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 SONE Kentaro, NAKASHIKA Toru	4. 巻 E102.D
2. 論文標題 Pre-Training of DNN-Based Speech Synthesis Based on Bidirectional Conversion between Text and Speech	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1546 ~ 1553
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2018EDP7344	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Nakashika Toru, Takaki Shinji, Yamagishi Junichi	4. 巻 27
2. 論文標題 Complex-Valued Restricted Boltzmann Machine for Speaker-Dependent Speech Parameterization From Complex Spectra	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech, and Language Processing	6. 最初と最後の頁 244 ~ 254
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TASLP.2018.2877465	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 KISHIDA Takuya, NAKASHIKA Toru	4. 巻 E103.D
2. 論文標題 Speech Chain VC: Linking Linguistic and Acoustic Levels via Latent Distinctive Features for RBM-Based Voice Conversion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 2340 ~ 2350
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2020EDP7032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計32件（うち招待講演 0件/うち国際学会 14件）

1. 発表者名 Toru Nakashika and Kohei Yatabe
2. 発表標題 Gamma Boltzmann Machine for Simultaneously Modeling Linear- and Log-amplitude Spectra
3. 学会等名 APSIPA Annual Summit and Conference（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuya Kishida, Shin Tsukamoto, Toru Nakashika
2. 発表標題 Simultaneous Conversion of Speaker Identity and Emotion Based on Multiple-Domain Adaptive RBM
3. 学会等名 Interspeech 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Toru Nakashika
2. 発表標題 Complex-Valued Variational Autoencoder: A Novel Deep Generative Model for Direct Representation of Complex Spectra
3. 学会等名 Interspeech 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岸田 拓也, 中鹿 亘
2. 発表標題 Cluster ARBM を用いた話者・音韻相互作用分類による声質変換
3. 学会等名 日本音響学会2020年秋季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 塚本 伸, 岸田 拓也, 中鹿 亘
2. 発表標題 適応型 RBM を用いた音声情報の分離による話者と感情の同時変換
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大西 弘太郎, 中鹿 亘, 松本 光春
2. 発表標題 HMeIGAN: 階層的構造を導入した敵対的学習ネットワークに基づく高速ニューラルボコーダ
3. 学会等名 日本音響学会2020年秋季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒川 賢也, 岸田 拓也, 中鹿 亘
2. 発表標題 マルチタスクモデルを用いたdisentangleな学習による楽器音変換
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岸田 拓也, 中鹿 亘
2. 発表標題 Speech chain を模倣したボルツマンマシンによるワンショット多対多声質変換の検討
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岸田 拓也, 中鹿 亘
2. 発表標題 Attention RBMによる音声特徴量系列の符号化と生成
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 羽賀 洋克, 矢田部 浩平, 岸田 拓也, 中鹿 亘
2. 発表標題 条件付きボルツマンマシンによる位相復元の初期検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大西 弘太郎, 中鹿 亘, 松本 光春
2. 発表標題 VQVAEに基づくリアルタイム波形ベース声質変換の検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinji Takaki, Toru Nakashika, Xin Wang, Junichi Yamagishi
2. 発表標題 STFT spectral loss for training a neural speech waveform model
3. 学会等名 ICASSP2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚本伸, 岸田拓也, 中鹿亘
2. 発表標題 適応型RBMを用いたノンパラレル感情音声変換
3. 学会等名 日本音響学会2019年秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荒川賢也, 岸田拓也, 中鹿亘
2. 発表標題 Fader Networksを用いた楽器音変換
3. 学会等名 日本音響学会2019年秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中鹿亘
2. 発表標題 複素VAE: 音声の複素スペクトルを直接表現する新しい変分自己符号化器
3. 学会等名 日本音響学会2019年秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岸田拓也, 中鹿亘
2. 発表標題 Speech chain VC: 音声コミュニケーションの言語-生理-音響連鎖を考慮する声質変換
3. 学会等名 日本音響学会2019年秋季研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚本伸, 岸田拓也, 中鹿亘
2. 発表標題 適応型RBMを用いた音声情報の分離による話者と感情の同時変換
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荒川賢也, 岸田拓也, 中鹿亘
2. 発表標題 マルチタスクモデルを用いたdisentangleな学習による楽器音変換
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岸田拓也, 中鹿亘
2. 発表標題 Speech chainを模倣したボルツマンマシンによるワンショット多対多声質変換の検討
3. 学会等名 日本音響学会2020年春季研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kentaro Sone, and Toru Nakashika
2. 発表標題 DNN-based Speech Synthesis for Small Data Sets Considering Bidirectional Speech-Text Conversion
3. 学会等名 Interspeech 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toru Nakashika
2. 発表標題 LSTBM: A Novel Sequence Representation of Speech Spectra Using Restricted Boltzmann Machine with Long Short-Term Memory
3. 学会等名 Interspeech2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kentaro Sone, Shinji Takaki, and Toru Nakashika
2. 発表標題 Bidirectional Voice Conversion Based on Joint Training Using Gaussian-Gaussian Deep Relational Model
3. 学会等名 Odyssey 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuki Takashima, Hajime Yano, Toru Nakashika, Tetsuya Takiguchi, Yasuo Arika
2. 発表標題 Parallel-Data-Free Dictionary Learning for Voice Conversion Using Non-Negative Tucker Decomposition
3. 学会等名 ICASSP2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 木庭慶人, 中鹿亘
2. 発表標題 VAEを用いた多対多声質変換における音素識別制約の検討
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚本伸, 中鹿亘
2. 発表標題 セミパラレル手法による適応型 RBM を用いた声質変換の性能改善
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西弘太郎, 中鹿亘
2. 発表標題 パラレル制約付きVAEを用いた未知話者声質変換の検討
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高木信二, 中鹿亘, 山岸順一
2. 発表標題 スペクトル系列誤差に基づくDNN音声波形モデルの学習
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中鹿亘, 高木信二, 山岸順一
2. 発表標題 音声スペクトル系列の自己回帰性を考慮した複素RBMの拡張
3. 学会等名 日本音響学会2019年春季研究発表会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 塚本伸, 中鹿亘
2. 発表標題 DRMを用いた唇動画像と音声の双方向変換
3. 学会等名 音学シンポジウム2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸田 拓也, 中鹿 亘
2. 発表標題 Attention RBMによる音声特徴量系列の符号化と生成
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 羽賀 洋克, 矢田部 浩平, 岸田 拓也, 中鹿 亘
2. 発表標題 条件付きボルツマンマシンによる位相復元の初期検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大西 弘太郎, 中鹿 亘, 松本 光春
2. 発表標題 VQVAEに基づくリアルタイム波形ベース声質変換の検討
3. 学会等名 日本音響学会2021年春季研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 符号化装置、復号装置、パラメータ学習装置、およびプログラム	発明者 中鹿亘	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-150516	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	岸田 拓也 (Kishida Takuya) (80827907)	電気通信大学・情報理工学研究科・特任研究員 (12612)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関