

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7055630号
(P7055630)

(45)発行日 令和4年4月18日(2022.4.18)

(24)登録日 令和4年4月8日(2022.4.8)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 6 N	3/08 (2006.01)	G 0 6 N	3/08		
G 1 0 L	15/06 (2013.01)	G 1 0 L	15/06	3 0 0 Y	
G 1 0 L	15/16 (2006.01)	G 1 0 L	15/16		
G 1 0 L	25/30 (2013.01)	G 1 0 L	25/30		

請求項の数 29 (全23頁)

(21)出願番号	特願2017-245279(P2017-245279)	(73)特許権者	390019839 三星電子株式会社 Samsung Electronics Co., Ltd. 大韓民国京畿道水原市靈通区三星路12 9 129, Samsung-ro, Yeon gtong-gu, Suwon-si , Gyeonggi-do, Repub lic of Korea
(22)出願日	平成29年12月21日(2017.12.21)	(74)代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(65)公開番号	特開2018-160234(P2018-160234 A)	(74)代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(43)公開日	平成30年10月11日(2018.10.11)	(74)代理人	100091214
審査請求日	令和2年12月11日(2020.12.11)		
(31)優先権主張番号	10-2017-0036909		
(32)優先日	平成29年3月23日(2017.3.23)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	韓国(KR)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 音声認識のための学習方法、学習装置、コンピュータプログラム及び記憶媒体

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

学習装置が実行する学習方法であって、

ニューラルネットワークの学習のための現在反復が、学習用のサンプルのうちトレーニングセットに属していないサンプルの集合である経験再現セットを用いる経験再現反復によって実行されるか否かを判断するステップと、前記経験再現セット及びトレーニングセットのうち前記判断結果に基づいて選択されたものから少なくとも1つのサンプルを選択するステップと、

前記選択されたサンプルに基づいて前記ニューラルネットワークを学習させるステップと、

前記判断結果及び前記選択されたサンプルに基づいて、前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップであって、前記経験再現セットに含まれたサンプルの分布で前記選択されたサンプルの少なくとも1つの確率(P)と、前記選択されたサンプルに基づいて学習されたニューラルネットワークから取得された少なくとも1つの出力(O)と、前記現在反復に対応するトレーニングエラーの減少(R)と、前記現在反復の以前反復に対応するトレーニングエラーの減少と前記現在反復に対応するトレーニングエラーの減少との間の差(D)と、のうち少なくとも1つに基づいて、前記選択されたサンプルの少なくとも1つの品質(Q)を算出し、前記P、前記O、前記R、前記D、及び前記Qのうちの少なくとも1つに

基づいて前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップと、
を含み、前記経験再現セットに属するサンプルは、当該サンプルの品質とマッピングされ
たテーブルの形態で管理される、学習方法。

【請求項 2】

前記判断するステップは、前記学習のための反復のうち前記現在反復に対応する反復回数が予め定義された数の倍数であるか否かを判断するステップを含む、請求項 1 に記載の学習方法。

【請求項 3】

前記判断するステップは、前記学習のための反復のうち前記現在反復に対応する反復回数が予め定義された数の倍数及び予め定義された第 2 数の合計よりも小さいか否かを判断するステップを含む、請求項 1 に記載の学習方法。

10

【請求項 4】

前記判断するステップは、前記現在反復の以前反復に対応するトレーニングエラーの減少が閾値以下であるか否かを判断するステップを含む、請求項 1 に記載の学習方法。

【請求項 5】

前記判断するステップは、前記現在反復が、前記ニューラルネットワークの加重値の単一の更新に複数のサンプルが使用されるバッチ方式を用いるか否かを判断するステップを含む、請求項 1 に記載の学習方法。

【請求項 6】

前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行される場合、前記経験再現セットからいずれか 1 つのサンプルをランダムに選択するステップを含む、請求項 1 ないし 5 のうち何れか一項に記載の学習方法。

20

【請求項 7】

前記選択するステップは、
 前記現在反復が前記経験再現反復によって実行される場合、前記トレーニングセットからいずれか 1 つの第 1 サンプルをランダムに選択するステップと、
 前記ランダムに選択された第 1 サンプルと類似度の最も高い第 2 サンプルを前記経験再現セットから選択するステップと、
 を含む、請求項 1 ないし 5 のうち何れか一項に記載の学習方法。

【請求項 8】

前記類似度は、音響サンプルのトライフォンの分布に基づいて定義される、請求項 7 に記載の学習方法。

30

【請求項 9】

前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行される場合、前記経験再現セットに含まれたサンプルの品質に基づいて前記経験再現セットからいずれか 1 つのサンプルを選択するステップを含む、請求項 1 ないし 5 のうち何れか一項に記載の学習方法。

【請求項 10】

前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行され、前記経験再現反復が配置方式を用いる場合、前記経験再現セットからランダムに複数のサンプルを選択するステップを含む、請求項 1 ないし 5 のうち何れか一項に記載の学習方法。

40

【請求項 11】

前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行され、前記経験再現反復が配置方式を用いる場合、前記経験再現セット及び前記トレーニングセットから予め定義された比率で複数のサンプルをランダムに選択するステップを含む、請求項 1 ないし 5 のうち何れか一項に記載の学習方法。

【請求項 12】

前記選択するステップは、
 前記現在反復が前記経験再現反復によって実行され、前記経験再現反復が配置方式を用いる場合、前記トレーニングセットから複数の第 1 サンプルをランダムに選択するステップ

50

と、

前記経験再現セットから前記ランダムに選択された複数の第1サンプルと類似度の最も高い複数の第2サンプルを選択するステップと、
を含む、請求項1ないし5のうち何れか一項に記載の学習方法。

【請求項13】

前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行され、前記経験再現反復が配置方式を用いる場合、前記経験再現セットに含まれたサンプルの品質に基づいて前記経験再現セットから複数のサンプルを選択するステップを含む、請求項1ないし5のうち何れか一項に記載の学習方法。

【請求項14】

前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップは、前記算出された品質を前記経験再現セットに含まれた前記サンプルの品質と比較するステップをさらに含む、請求項1に記載の学習方法。

【請求項15】

前記比較結果に基づいて、前記算出された品質より低い品質に対応する少なくとも1つのサンプルを前記選択されたサンプルに代替するステップをさらに含む、請求項14に記載の学習方法。

【請求項16】

前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップは、前記算出された品質を閾値と比較するステップをさらに含む、請求項1に記載の学習方法。

【請求項17】

前記比較結果に基づいて、前記選択されたサンプルを前記経験再現セットに追加するステップをさらに含む、請求項16に記載の学習方法。

【請求項18】

前記品質が前記差に基づいて算出された場合、前記現在反復に対応する反復回数が大きくなるほど前記閾値は小さくなる、請求項16に記載の学習方法。

【請求項19】

前記品質が前記出力に基づいて算出された場合、前記現在反復に対応する反復回数が大きくなるほど前記閾値は大きくなる、請求項16に記載の学習方法。

【請求項20】

前記経験再現セットは、予め定義された環境で録音された音響サンプル及びトライフォンの分布が予め定義された基準に均等に分布した音響サンプルのうち少なくとも1つを含む、請求項1に記載の学習方法。

【請求項21】

学習装置が実行する学習方法であって、

ニューラルネットワークの学習のための現在反復において、学習用のサンプルのうちトレーニングセットに属していないサンプルの集合である経験再現セット及びトレーニングセットのうち選択されたものに属する少なくとも1つのサンプルに基づいて前記ニューラルネットワークを学習させるステップと、

前記選択されたサンプルに基づいて前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップと、

前記判断結果に基づいて前記経験再現セットを更新するステップと、

前記判断するステップは、

前記経験再現セットに含まれたサンプルの分布で前記選択されたサンプルの少なくとも1つの確率(P)と、

前記選択されたサンプルに基づいて学習されたニューラルネットワークから取得された少なくとも1つの出力(O)と、

前記現在反復に対応するトレーニングエラーの減少(R)と、

前記現在反復の以前反復に対応するトレーニングエラーの減少と前記現在反復に対応するトレーニングエラーの減少との間の差(D)と、 のうち少なくとも1つに基づいて、

10

20

30

40

50

前記選択されたサンプルの少なくとも1つの品質(Q)を算出し、前記P、前記O、前記R、前記D、及び前記Qのうちの少なくとも1つに基づいて前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップを含み、

前記経験再現セットに属するサンプルは、当該サンプルの品質とマッピングされたテーブルの形態で管理される、学習方法。

【請求項22】

前記判断するステップは、前記算出された品質を前記経験再現セットに含まれた前記サンプルの品質と比較するステップをさらに含み、

前記更新するステップは、前記比較結果に基づいて前記算出された品質より低い品質に対応する少なくとも1つのサンプルを前記選択されたサンプルに代替するステップをさらに含み、請求項21に記載の学習方法。

10

【請求項23】

前記判断するステップは、前記算出された品質を閾値と比較するステップをさらに含み、前記更新するステップは、前記比較結果に基づいて前記選択されたサンプルを前記経験再現セットに追加するステップをさらに含み、請求項21に記載の学習方法。

【請求項24】

前記品質が前記差に基づいて算出された場合、前記現在反復に対応する反復回数が大きくなるほど前記閾値は小さくなる、請求項23に記載の学習方法。

【請求項25】

前記品質が前記出力に基づいて算出された場合、前記現在反復に対応する反復回数が大きくなるほど前記閾値は大きくなる、請求項23に記載の学習方法。

20

【請求項26】

前記学習させるステップは、前記現在反復が前記経験再現セットを用いる経験再現反復によって実行されるか否かを判断するステップを含み、請求項21に記載の学習方法。

【請求項27】

請求項1ないし請求項26のうちいずれか一項に記載の学習方法を学習装置のコンピュータに実行させるコンピュータプログラム。

【請求項28】

請求項27に記載のコンピュータプログラムを保存する記憶媒体。

【請求項29】

ニューラルネットワークの学習のための現在反復が、学習用のサンプルのうちトレーニングセットに属していないサンプルの集合である経験再現セットを用いる経験再現反復によって実行されるか否かを判断し、

30

前記経験再現セット及びトレーニングセットのうち前記判断結果に基づいて選択されたものから少なくとも1つのサンプルを選択し、

前記選択されたサンプルに基づいて前記ニューラルネットワークを学習させ、

前記判断結果及び前記選択されたサンプルに基づいて、前記経験再現セットを更新するか否かを判断するプロセッサを含み、

前記経験再現セットを更新するか否かを判断することは、

前記経験再現セットに含まれたサンプルの分布で前記選択されたサンプルの少なくとも1つの確率(P)と、

40

前記選択されたサンプルに基づいて学習されたニューラルネットワークから取得された少なくとも1つの出力(O)と、

前記現在反復に対応するトレーニングエラーの減少(R)と、

前記現在反復の以前反復に対応するトレーニングエラーの減少と前記現在反復に対応するトレーニングエラーの減少との間の差(D)と、

のうち少なくとも1つに基づいて、前記選択されたサンプルの少なくとも1つの品質(Q)を算出し、前記P、前記O、前記R、前記D、及び前記Qのうちの少なくとも1つに基づいて前記経験再現セットを更新するか否かを判断することを含み、

前記経験再現セットに属するサンプルは、当該サンプルの品質とマッピングされたテー

50

ブルの形態で管理される、学習装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

以下の実施形態は音声認識のための学習技術に関する。

【背景技術】

【0002】

音声認識システムで用いられる音響モデルは、GMM (Gaussian Mixture Model) 及びHMM (Hidden Markov Model) のハイブリッド形態に具現されても良い。最近では、ディープラーニング (Deep Learning) 方式が商用化され、ニューラルネットワークに基づく音響モデルが主に使用されている。

10

【0003】

ニューラルネットワークに基づく音響モデルを学習させることにおいて、様々な方式が提案されている。音響モデルの初期モデルから学習が完了したモデルまで収斂する速度を学習速度というが、このような学習速度を高めて学習の正確度及び効率を改善できる学習方式が求められている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の目的は、音声認識のための学習技術を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

一実施形態に係る学習方法は、ニューラルネットワークの学習のための現在反復が経験再現セットを用いる経験再現反復によって実行されるか否かを判断するステップと、前記判断結果に基づいて、前記経験再現セット及びトレーニングセットのうち少なくとも1つから少なくとも1つのサンプルを選択するステップと、前記選択されたサンプルに基づいて前記ニューラルネットワークを学習させるステップとを含む。

【0006】

一実施形態によると、前記判断するステップは、前記学習のための反復のうち前記現在反復に対応する反復回数が予め定義された数の倍数であるか否かを判断するステップを含み得る。

30

【0007】

一実施形態によると、前記判断するステップは、前記学習のための反復のうち前記現在反復に対応する反復回数が予め定義された数の倍数及び予め定義された第2数の合計よりも小さいか否かを判断するステップを含み得る。

【0008】

一実施形態によると、前記判断するステップは、前記現在反復の以前反復に対応するトレーニングエラーの減少が閾値以下であるか否かを判断するステップを含み得る。

【0009】

一実施形態によると、前記判断するステップは、前記現在反復がバッチ方式を用いるか否かを判断するステップを含み得る。

40

【0010】

一実施形態によると、前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行される場合、前記経験再現セットからいずれか1つのサンプルをランダムに選択するステップを含み得る。

【0011】

一実施形態によると、前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行される場合、前記トレーニングセットからいずれか1つの第1サンプルをランダムに選択するステップと、前記ランダムに選択された第1サンプルと類似度の最も高い第2サンプルを前記経験再現セットから選択するステップとを含み得る。

50

【 0 0 1 2 】

一実施形態によると、前記類似度は、音響サンプルのトライフォンの分布に基づいて定義され得る。

【 0 0 1 3 】

一実施形態によると、前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行される場合、前記経験再現セットに含まれたサンプルの品質に基づいて前記経験再現セットからいずれか1つのサンプルを選択するステップを含み得る。

【 0 0 1 4 】

一実施形態によると、前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行され、前記経験再現反復が配置方式を用いる場合、前記経験再現セットからランダムに複数のサンプルを選択するステップを含み得る。

10

【 0 0 1 5 】

一実施形態によると、前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行され、前記経験再現反復が配置方式を用いる場合、前記経験再現セット及び前記トレーニングセットから予め定義された比率で複数のサンプルをランダムに選択するステップを含み得る。

【 0 0 1 6 】

一実施形態によると、前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行され、前記経験再現反復が配置方式を用いる場合、前記トレーニングセットから複数の第1サンプルをランダムに選択するステップと、前記経験再現セットから前記ランダムに選択された複数の第1サンプルと類似度の最も高い複数の第2サンプルを選択するステップとを含み得る。

20

【 0 0 1 7 】

一実施形態によると、前記選択するステップは、前記現在反復が前記経験再現反復によって実行され、前記経験再現反復が配置方式を用いる場合、前記経験再現セットに含まれたサンプルの品質に基づいて前記経験再現セットから複数のサンプルを選択するステップを含み得る。

【 0 0 1 8 】

一実施形態に係る学習方法は、前記学習結果及び前記選択されたサンプルに基づいて、前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップをさらに含み得る。

30

【 0 0 1 9 】

一実施形態によると、前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップは、前記経験再現セットに含まれたサンプルの分布で前記選択されたサンプルの少なくとも1つの確率と、前記選択されたサンプルに基づいて学習されたニューラルネットワークから取得された少なくとも1つの出力と、前記現在反復に対応するトレーニングエラーの減少と、前記現在反復の以前反復に対応するトレーニングエラーの減少と前記現在反復に対応するトレーニングエラーの減少との間の差とのうち少なくとも1つに基づいて前記選択されたサンプルの少なくとも1つの品質を算出するステップを含み得る。

【 0 0 2 0 】

一実施形態によると、前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップは、前記算出された品質を前記経験再現セットに含まれた前記サンプルの品質と比較するステップをさらに含み得る。

40

【 0 0 2 1 】

一実施形態によると、前記比較結果に基づいて、前記算出された品質より低い品質に対応する少なくとも1つのサンプルを前記選択されたサンプルに代替するステップをさらに含み得る。

【 0 0 2 2 】

一実施形態によると、前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップは、前記算出された品質を閾値と比較するステップをさらに含み得る。

【 0 0 2 3 】

50

一実施形態によると、前記比較結果に基づいて、前記選択されたサンプルを前記経験再現セットに追加するステップをさらに含み得る。

【0024】

一実施形態によると、前記品質が前記差に基づいて算出された場合、前記現在反復に対応する反復回数が大きくなるほど前記閾値は小さくなる。

【0025】

一実施形態によると、前記品質が前記出力に基づいて算出された場合、前記現在反復に対応する反復回数が大きくなるほど前記閾値は大きくなる。

【0026】

一実施形態によると、前記経験再現セットは、予め定義された環境で録音された音響サンプル及びトライフォンの分布が予め定義された基準に均等に分布した音響サンプルのうち少なくとも1つを含み得る。

10

【0027】

一実施形態に係る学習方法は、ニューラルネットワークの学習のための現在反復において、経験再現セット及びトレーニングセットのうち少なくとも1つから選択された少なくとも1つのサンプルに基づいて前記ニューラルネットワークを学習させるステップと、前記学習結果及び前記選択されたサンプルに基づいて前記経験再現セットを更新するか否かを判断するステップと、前記判断結果に基づいて前記経験再現セットを更新するステップとを含む。

【0028】

20

一実施形態に係る学習装置は、ニューラルネットワークの学習のための現在反復が経験再現セットを用いる経験再現反復によって実行されるか否かを判断し、前記判断結果に基づいて、前記経験再現セット及びトレーニングセットのうち少なくとも1つから少なくとも1つのサンプルを選択し、前記選択されたサンプルに基づいて前記ニューラルネットワークを学習させるプロセッサを含む。

【0029】

一実施形態に係る学習装置は、ニューラルネットワークの学習のための現在反復において、経験再現セット及びトレーニングセットのうち少なくとも1つから選択された少なくとも1つのサンプルに基づいて前記ニューラルネットワークを学習させ、前記学習結果及び前記選択されたサンプルに基づいて前記経験再現セットを更新するか否かを判断し、前記判断結果に基づいて前記経験再現セットを更新するプロセッサを含む。

30

【発明の効果】

【0030】

本発明によると、音声認識のための学習技術を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】一実施形態に係る学習方法を説明するためのフローチャートである。

【図2】一実施形態に係る学習方法を説明するための概念図である。

【図3】一実施形態に係る現在反復の学習過程を説明するためのフローチャートである。

【図4A】一実施形態に経験再現セットを説明するための図である。

40

【図4B】一実施形態に経験再現セットを説明するための図である。

【図4C】一実施形態に経験再現セットを説明するための図である。

【図5】一実施形態に係る経験再現セットを説明するための図である。

【図6】一実施形態に係る経験再現セットを説明するための図である。

【図7】一実施形態に係る学習装置の構成の例示図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

本明細書で開示されている特定の構造的又は機能的説明は単に実施形態を説明するための目的として例示されたものである。したがって、実施形態に対する特定の構造的又は機能的説明は、単に例示のための目的として開示されたものであり、様々な形態に変更されて

50

実施され得る。したがって、実施形態は、特定の開示形態で限定されることなく、本明細書の範囲は技術的な思想に含まれる変更、均等物、又は代替物を含む。

【0033】

第1又は第2などの用語を複数の構成要素を説明するために用いることができるが、このような用語は1つの構成要素を他の構成要素から区別する目的としてのみ解釈されなければならない。例えば、第1構成要素は第2構成要素と命名することができ、同様に第2構成要素は第1構成要素にも命名することができる。

【0034】

いずれかの構成要素が他の構成要素に「連結されて」いると言及された場合、その次の構成要素に直接的に連結されてもよく、又は中間に他の構成要素が存在することもあり得ると理解されなければならない。一方いずれかの構成要素が他の構成要素に「直接連結されて」いるか「直接接続されて」いと言及される場合には、中間に他の構成要素が存在しないものとして理解されなければならない。構成要素間の関係を説明する表現、例えば「～間に」と「すぐ～の間に」、又は「～に隣接する」と「～に直接に隣接する」などのように解釈されなければならない。

10

【0035】

本明細書で用いた用語は、単に特定の実施形態を説明するために用いられるものであって、本発明を限定しようとする意図はない。単数の表現は、文脈上、明白に異なる意味をもたない限り複数の表現を含む。本明細書において、「含む」又は「有する」等の用語は明細書上に記載した特徴、数字、ステップ、動作、構成要素、部品又はこれらを組み合わせたものが存在することを示すものであって、1つ又はそれ以上の他の特徴や数字、ステップ、動作、構成要素、部品、又はこれを組み合わせたものなどの存在又は付加の可能性を予め排除しないものとして理解しなければならない。

20

【0036】

異なるように定義されない限り、技術的であるか又は科学的な用語を含むここで用いる全ての用語は、本実施形態が属する技術分野で通常知識を有する者によって一般的に理解されるものと同じ意味を有する。一般的に用いられる予め定義された用語は、関連技術の文脈上で有する意味と一致する意味を有するものと解釈すべきであって、本明細書で明白に定義しない限り、理想的又は過度に形式的な意味として解釈されることはない。

【0037】

以下、実施形態を添付する図面を参照しながら詳細に説明する。しかし、特許出願の範囲がこのような実施形態によって制限されたり限定されることはない。各図面に提示された同一の参照符号は同一の部材を示す。

30

【0038】

図1は、一実施形態に係る学習方法を説明するためのフローチャートである。

【0039】

図1を参照すると、一実施形態に係る学習装置は、ニューラルネットワークの学習のための現在反復(current iteration)が経験再現セット(experience relay set)を用いる経験再現反復(experience replay iteration)によって実行されるか否かを判断する(S101)。学習装置は、認識装置を学習させる装置として、ソフトウェアモジュール、ハードウェアモジュール、又はその組合せで実現する。例えば、学習装置は、音声認識システムを構築するとき用いられる音響モデル、言語モデル又は端対端(end-to-end)音声認識モデルを学習させることができる。音響モデルは、音声認識(Automatic Speech Recognition; ASR)で用いられるモデルとして、音声の信号的特性と言語要素との間の関係を処理できるが、例えば、音声信号の発音を推定することができる。音響モデルと区別される概念である言語モデルは、単語又は文章が文法的又は意味的にある程度正しいかを推定するモデルであって、音声認識システムは、音響モデルと言語モデルが結合された形態に実現する。端対端音声認識モデルは、音声認識システム内の音響モデルと言語モデルが統合して音声信号から単語又は文章が直接的に推定される形態に実現

40

50

する。

【0040】

音響モデルは、音声認識器がインストールされた様々な種類の装置（スマートフォン、スマートTV、スマート自動車、ウェアラブル装置など）又はサーバに採用される。ディープラーニングに基づいて設計された音響モデルは、複数のサンプルによって学習される。例えば、ニューラルネットワークに基づく音響モデルは、複数の音声信号、音声特徴、フレームごとの単音（phone）（又は、senone）によって学習される。以下、説明される学習方法は、音響モデルの学習に適用され得る。ただし、学習方法の実施形態は、音声認識システム又はニューラルネットワークに基づく認識装置に限定されて適用される必要がなく、様々な種類のモデル又は装置に採用されて応用する。

10

【0041】

一実施形態に係る学習装置は、ニューラルネットワークの学習のために複数の反復（iterations）を実行することができ、複数の反復のうち少なくとも一部を経験再現反復を用いて行う。学習装置は、学習させようとするニューラルネットワークにサンプルを入力し、ニューラルネットワークを更新する過程を繰り返し行うが、例えば、ニューラルネットワークを構成するノード間の加重値を最適化する方式によりニューラルネットワークを学習させることができる。

【0042】

ここで、反復とは、学習によって実行される反復のうちいずれか1つであって、例えば、ニューラルネットワークを繰り返し更新又は最適化するステップのうち少なくとも1つの特定サンプルにニューラルネットワークを更新又は最適化するステップの単位を意味する。学習装置は、少なくとも1つの第1サンプルを用いて第1反復を行い、第1反復を完了した後少なくとも1つの第2サンプルを用いて第2反復を行う。学習装置は、反復を行って全ての反復を完了しニューラルネットワークを学習させ得る。反復の回数は、設計意図に応じて多様に定義される。例えば、反復の回数は、予め定義された数、予め定義された条件、サンプル数、反復に対応するトレーニングエラー、以前反復のトレーニングエラー、及び現在反復のトレーニングエラーの間の差などに基づいて定義されるが、これに制限されることなく、様々な基準又は政策が採用される。

20

【0043】

また、経験再現反復とは、反復のうち経験再現セットに基づいて実行される反復を意味する。学習装置は、複数のサンプルを用いて学習のための反復を行うが、このようなサンプルのうち一部を経験再現セットに別途管理し、経験再現反復時に経験再現セットを用いることができる。学習装置は、学習に用いられるサンプルのうち学習に有効な少なくとも1つのサンプルを選別して格納し、格納されたサンプルを用いて経験再現セットを構成する。経験再現セットは、経験再現反復を行うために別途に管理されるサンプルの集合である。

30

【0044】

サンプルは、音響モデルを学習させるためのデータとして、トレーニングサンプルのように称される。サンプルは、音声信号、音声信号を前処理したデータ、音声信号の特徴、又は特徴ベクトル、音声信号のフレームごとの単音（phone）（又は、senone）など様々な形態に実現され、実施形態は、サンプルの類型を制限しない。音声信号のサンプルは、単語、音素、形態素、発音記号単位、句、節、文章、及び段落など、設計意図に応じて様々な形態に定義又は設計され、実施形態はサンプルが含蓄する情報の類型を制限しない。

40

【0045】

学習装置は、神経科学及び認知科学で人の学習過程のモデルのうちの1つである経験再現による学習モデルを模写し、機械学習に適用する。上述したように、学習装置は、学習に有効なものとして判断されるサンプルを経験再現セットに別途管理し、学習する過程に経験再現セットを定期的又は非定期的に採用して学習の速度及び正確度を高めることができる。

【0046】

50

学習装置は、学習のための反復を行う前に、少なくとも1つの反復が経験再現反復によって実行されるか否かを判断したり、各反復を行う前に、各反復が経験再現反復によって実行されるか否かを判断する。現在反復が経験再現反復によって実行されるか否かを判断する具体的な実施形態については、図3を参照して後述する。

【0047】

学習装置は、判断結果に基づいてサンプルを選択する(S102)。例えば、学習装置は、経験再現セット又はトレーニングセットから1つ又はそれ以上のサンプルを選択する。又は、学習装置は、経験再現セットから1つ又はそれ以上のサンプルを選択し、トレーニングセットから1つ又はそれ以上のサンプルを選択する。

【0048】

学習装置は、選択されたサンプルに基づいてニューラルネットワークを学習させる(S103)。例えば、学習装置は、経験再現セットを用いて経験再現反復を行う。学習に活用されるサンプルは、経験再現セットに含まれたサンプル及びトレーニングセットに含まれたサンプルから構成され、ここで、トレーニングセットは、全体サンプルのうち経験再現セットに含まれたサンプルを除いた残りサンプルの集合である。学習装置は、経験再現反復を行うためにニューラルネットワークから入力される少なくとも1つのサンプルを構成できるが、ここで、構成される少なくとも1つのサンプルに経験再現セットに含まれた少なくとも1つのサンプルを含ませてもよい。したがって、経験再現反復は、ニューラルネットワークから入力される少なくとも1つのサンプルに経験再現セットに含まれたサンプルを含ませて行う反復を意味する。

【0049】

実施形態によって、学習装置は、経験再現セットを更新するか否かを判断し、経験再現セットを更新する。例えば、学習装置は、学習のための反復を行う過程で経験再現セットを更新し、更新された経験再現セットを用いて今後反復を行う。経験再現セットの更新に関連するより具体的な事項については後述する。

【0050】

図2は、一実施形態に係る学習方法を説明するための概念図である。図2を参照すると、学習装置は、経験再現セット201及びトレーニングセット202に含まれたサンプルのうち少なくとも1つを用いてニューラルネットワーク204を学習させることができる。

【0051】

より具体的に、学習装置は、現在反復が経験再現反復によって実行されるか否かの判断結果に基づいて、経験再現セット201及びトレーニングセット202のうち少なくとも1つから少なくとも1つのサンプルを選択する。上述したように、現在反復が経験再現反復に該当する場合、学習装置は、全体サンプルのうち現在反復のためのサンプル選択時に経験再現セット201から少なくとも1つのサンプルを選択する。例えば、学習装置は、経験再現反復時に経験再現セット201からサンプルS1を選択してもよい。

【0052】

一実施形態によると、学習装置は、現在反復時にニューラルネットワーク204に入力するためのサンプルを複数構成し得るが、複数のサンプルを用いて単一反復を行う方式をバッチ方式と称する。ここで、学習装置は、現在反復が配置方式を用いるか否かを判断する。学習装置は、現在反復が配置方式を用いる場合、ニューラルネットワーク204に入力するための複数のサンプルの集合である配置203を生成する。学習装置は、経験再現セット201及び/又はトレーニングセット202から選択された1つ又はそれ以上のサンプルを用いて配置203を生成する。

【0053】

学習装置は、現在反復が経験再現反復であるか否か及び配置方式を用いるか否かに応じて、ニューラルネットワーク204に入力するための少なくとも1つのサンプルを全体サンプルから適応的に選択できる。

【0054】

例えば、現在反復が経験再現反復に該当しながら配置方式を用いる場合(即ち、現在反復

10

20

30

40

50

が経験再現反復に該当し、かつ、複数のサンプルを組み合わせる方式を用いる場合)、学習装置は、経験再現セット201から選択されたサンプルのみを用いて配置203を生成する。又は、学習装置は、経験再現セット201から選択されたサンプルとトレーニングセット202から選択されたサンプルとを共に用いて配置203を生成してもよい。

【0055】

現在反復が経験再現反復に該当しながら配置方式を利用しない場合、学習装置は、ニューラルネットワーク204に入力するための単一のサンプルを経験再現セット201から選択する。

【0056】

現在反復が経験再現反復に該当しないが配置方式を用いる場合、学習装置は、トレーニングセット202から選択されたサンプルのみを用いて配置203を生成する。また、現在反復が経験再現反復に該当しないが配置方式を利用しない場合、学習装置は、トレーニングセット202からいずれか1つのサンプルを選択する。

10

【0057】

学習装置は、経験再現セット201及びトレーニングセット202のうち少なくとも1つから選択された少なくとも1つのサンプルに基づいてニューラルネットワーク204を学習させ得る。一実施形態によると、学習装置は、現在反復時に様々な種類の方式を採用してニューラルネットワークを学習させ得る。例えば、学習装置は、SGD (Stochastic Gradient Descent) 方式を用いてニューラルネットワークを学習させ、SGD方式を用いるとき単一サンプル又はサンプルの集合である配置単位でニューラルネットワークを学習させ得る。

20

【0058】

一例として、単一サンプルが用いられる場合、学習装置は、サンプルのレーベルとニューラルネットワーク204の出力に基づいたSGD方式を用いてもよい。

【0059】

異なる例として、配置方式が用いられる場合、学習装置は、サンプルのレーベル又は配置に対応するレーベルとニューラルネットワーク204の出力に基づいたSGD方式を用いてもよい。ここで、SGD方式は、配置に対応する出力を利用し、このようなSGD方式には、ミニバッチ (mini-batch) SGD方式が採用される。学習装置は、選択されたサンプル S_1 及び S_2 で構成された配置203に基づいてニューラルネットワーク204を学習させ得る。学習装置は、複数の出力及び複数のレーベルによって設計された損失関数を用いることができる。配置方式の利用時に採用される損失関数は、設計意図に応じて多様に応用され、配置単位のレーベルと配置単位の出力によって設計され得る。

30

【0060】

例えば、学習装置は、配置203に含まれたサンプル S_1 及び S_2 をニューラルネットワーク204に入力し、ニューラルネットワーク204の出力とサンプル S_1 及び S_2 のレーベルに基づいてトレーニングエラーを算出する。学習装置は、予め定義された損失関数を用いてトレーニングエラーを算出する。損失関数は、レーベル、出力、及びパラメータを入力変数として予め定義され、ここで、パラメータは、ニューラルネットワーク204内の加重値によって設定される。例えば、損失関数は、MSE (Mean Square Error) 形態、エントロピー (entropy) 形態などに設計されるが、損失関数が設計される実施形態には様々な方式又は方式が採用され得る。

40

【0061】

一実施形態によると、学習装置は、学習結果及び選択されたサンプルに基づいて経験再現セット201を更新するか否かを判断する。学習装置は、現在反復を完了する前に経験再現セット201を更新するか否かを判断する。経験再現セット201を更新することは、経験再現セット201に含まれたサンプルの組合せを更新することを意味し、例えば、学習装置は、経験再現セット201に含まれたサンプルを新しいサンプルに代替したり、経験再現セット201に新しいサンプルを追加する。例えば、学習装置は、現在反復である経験再現反復の学習結果に基づいて、サンプル S_1 及び S_2 のうち、 S_2 を経験再現セッ

50

ト 201 内のサンプル S_3 に代替してもよい。一実施形態によると、学習装置は、 S_2 の品質と S_3 の品質とを比較したり、 S_2 の品質と閾値を比較し、比較結果に応じて S_3 を S_2 に代替してもよい。

【0062】

学習装置は、 S_1 を経験再現セット 201 内に含まれるよう保持する。学習装置は、経験再現セット 201 から S_1 を選択し、 S_1 を経験再現セット 201 から除外し、学習結果に基づいて S_1 を再び経験再現セット 201 に追加するか否かを判断する。又は、学習装置は、 S_1 を選択し S_1 を経験再現セット 201 内に含まれるよう保持し、学習結果に基づいて S_1 を経験再現セット 201 内に含まれるよう保持するか否か、又は、経験再現セット 201 から除外するか否かを判断する。該当の反復時点に経験再現セット 201 から選択されたサンプルが経験再現セット 201 から除外されるか否かは、設計意図に応じて設定され、実施形態はこれに制限されることはない。学習装置は、サンプルに対応する品質を用いて経験再現セット 201 を更新するが、経験再現セット 201 を更新する条件、基準、方式、又は政策に関する詳細な実施形態については後述する。

10

【0063】

学習装置は、経験再現セット 201 を更新するか否かの判断結果に基づいて、経験再現セット 201 を更新する。学習装置は、経験再現セット 201 を更新すると判断された場合、現在反復に利用された少なくとも 1 つのサンプル及び少なくとも 1 つの品質に基づいて経験再現セット 201 を更新するが、経験再現セット 201 の更新及びサンプルの品質に関する実施形態については後述する。

20

【0064】

図 3 は、一実施形態に係る現在反復の学習過程を説明するためのフローチャートである。

【0065】

図 3 を参照すると、学習装置は、学習のための k 番目の反復を開始する ($S301$)。ここで、 k 番目は、学習装置によって実行される反復のうち現在反復の回数又は順序を意味する。

【0066】

学習装置は、現在反復が経験再現反復によって実行されるか否かを判断する ($S302$)。一実施形態によると、学習装置は、学習のための反復のうち現在反復に対応する反復回数が予め定義された数の倍数であるか否かを判断する。例えば、学習装置は、学習のための反復のうち反復回数が予め定義された M の倍数である反復を経験再現反復として行う。この場合、学習装置は、 k が予め定義された M の倍数であるか否かを判断し、判断結果に応じて経験再現反復を行うかを判断する。

30

【0067】

一実施形態によると、学習装置は、学習のための反復のうち現在反復に対応する反復回数が予め定義された数の倍数及び予め定義された第 2 数の合計よりも小さいか否かを判断する。例えば、学習装置は、学習のための反復のうち、反復回数が予め定義された M の倍数である反復を経験再現反復として行い、 M の倍数である反復回数に対応する経験再現反復を行った後、 N 回だけ経験再現反復を追加的に行う。この場合、学習装置は、 k が M の倍数及び N の合計よりも小さいか同じであるかを判断する。

40

【0068】

一実施形態によると、学習装置は、現在反復の以前反復に対応するトレーニングエラーの減少が閾値以下であるか否かを判断する。上述したように、学習装置は、SGD 方式を採用した特定反復を行ってニューラルネットワークのトレーニングエラーがどれ程減少したかを測定又は算出する。学習装置は、反復に対応するトレーニングエラー又はトレーニングエラーの減少を算出又は測定し、算出又は測定された値を反復にマッピングして記録する。学習装置は、 $k-1$ 番目の反復に対応するトレーニングエラーの減少が閾値以下である場合、 k 番目の反復が経験再現反復によって実行されると判断する。以前反復に対応するトレーニングエラーの減少を基準にして経験再現反復の実行可否を判断する実施形態が説明されているが、学習装置は、以前反復のトレーニングエラーの減少、トレーニングエ

50

ラーの減少の変化量、又はトレーニングエラーを基準にして経験再現反復の実行可否を判断する。学習装置は、以前反復に対応するトレーニングエラーに基づいて特定パラメータを生成し、このような特定パラメータに基づいて経験再現反復の実行可否を判断する。経験再現反復の実行可否を判断するために基準となる変数の実施形態には、設計意図に応じて様々な方式が採用されて応用される。

【0069】

一実施形態によると、学習装置は、現在反復が配置方式を用いるか否かを判断する。上述したように、学習装置は、特定反復を行うために複数のサンプルの集合を利用し、このようなサンプルの集合である配置を用いて現在反復を行うか否かを判断する。学習装置は、k番目の反復が配置方式に基づくSGD方式を用いるか否かを判断し、配置方式が用いられる場合、k番目の反復が経験再現反復によって実行されると判断する。学習装置は、予め決定したスケジュールによりk番目の反復が配置方式を用いるか否かを判断し、以前反復に対応する学習結果又は以前反復によって生成されたパラメータに基づいて、k番目の反復が配置方式を用いるかの有無を適応的に判断する。学習装置は、現在反復が配置方式を用いる場合、政策的に経験再現反復を行う。

10

【0070】

学習装置は、現在反復が経験再現反復によって実行される場合、経験再現セットから少なくとも1つのサンプルを選択する(S303)。上述したように経験再現反復が配置方式を用いる場合、学習装置は、経験再現反復のための複数のサンプルを選択する。経験再現反復が配置方式を利用しない場合、学習装置は、経験再現反復のためのサンプルを経験再現セットから選択する。

20

【0071】

一実施形態によると、学習装置は、経験再現セットからいずれか1つのサンプルをランダムに選択する。例えば、学習装置は、現在反復である経験再現反復がSGD方式を用いる場合、経験再現セットからランダムに選択されたいずれか1つのサンプルを用いてSGD方式を行う。

【0072】

一実施形態によると、学習装置は、トレーニングセットから選択されたいずれか1つのサンプルと類似のサンプルを経験再現セットから選択する。例えば、学習装置は、現在反復である経験再現反復がSGD方式を用いる場合、トレーニングセットからいずれか1つの第1サンプルをランダムに選択する。学習装置は、ランダムに選択された第1サンプルと類似度の最も高い第2サンプルを経験再現セットから選択する。類似度は、サンプルを分類するとき基準となる尺度に基づいて定義されるが、例えば、類似度は、音響サンプルのトライフォン(triphone)の分布に基づいて定義される。学習させようとするニューラルネットワークが音響モデルである場合、学習装置は、サンプルとして音響信号又は音響サンプルを採用する。学習装置は、発音記号の分布を表現するトライフォンの分布を用いて音響信号間の類似度を意味する関数を定義し、このような関数をサンプル間の類似性の判断基準として活用する。ただし、類似度は、上述した方式に限定されずに様々な方式と基準を活用して設計意図に応じて多様に定義される。

30

【0073】

一実施形態によると、学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルの品質に基づいて経験再現セットからいずれか1つのサンプルを選択する。例えば、学習装置は、現在反復である経験再現反復がSGD方式を用いる場合、経験再現セットに含まれたサンプルのうち最も高い品質のサンプルを選択する。学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルのうち予め定義された基準を満たすサンプルを選択してもよく、サンプルの品質を閾値と比較する方式により特定サンプルを経験再現セットから選択してもよい。サンプルの品質に基づいて、経験再現セットから特定サンプルを選択する実施形態には、設計意図に応じて様々な基準又は政策が適用される。サンプルの品質は、学習にどれ程役立つかを示すパラメータとして定義される。品質が最も高く又は最も優れることは、品質を示す値が最も大きいことを意味するが、品質を表現する定量的な値又はパラメータは、設計意図に応じ

40

50

て多様に定義される。例えば、予め定義された環境（例えば、騒音と音質に関する基準が予め統制された環境）で録音された音響サンプルの品質は、ランダムに収集された音響サンプルの品質よりも高い可能性がある。品質がトライフォンの分布に基づいて定義された場合、トライフォンの分布が予め定義された基準に均等に分布した音響サンプルの品質は、ランダムに収集された音響サンプルの品質よりも高い可能性がある。

【0074】

一実施形態によると、学習に用いられるサンプルの品質は、予め格納されたり学習装置によって学習過程で更新される。例えば、学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルの品質をテーブルで記録したりデータベースで構築する。学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルの品質を反復を実行しながら更新し、更新された品質に基づいて経験再現セットから少なくとも1つのサンプルを選択する。学習装置は、サンプルのうち相対的に品質が高いサンプルを用いて経験再現セットを構成し、経験再現セットを用いた経験再現反復を定期的又は非定期的に行って学習の速度及び学習の正確度に関する性能を高めることができる。サンプルの品質を定義する条件、関数、又は基準などは多様に設計され、品質が定義される実施形態については、図4A～図4Cを参照して詳しく説明する。

10

【0075】

一実施形態によると、学習装置は、現在反復である経験再現反復が配置方式を用いる場合、上述した方式を応用して複数のサンプルを選択する。学習装置は、経験再現セットからランダムに複数のサンプルを選択する。例えば、学習装置は、現在反復である経験再現反復がSGD方式を用いる場合、経験再現セットからランダムに選択されたサンプルを用いてSGD方式を行う。

20

【0076】

一実施形態によると、学習装置は、現在反復である経験再現反復が配置方式を用いる場合、経験再現セット及びトレーニングセットから予め定義された比率で複数のサンプルをランダムに選択する。例えば、学習装置は、現在反復である経験再現反復がSGD方式を用いる場合、経験再現セット及びトレーニングセットからM対Nの比率でサンプルをランダムに選択する。ここで、M対Nの比率は、現在反復の回数、経験再現セットに含まれたサンプル数、トレーニングセットに含まれたサンプル数、以前反復のトレーニングエラー及びサンプルの品質のうち少なくとも1つに基づいて定義されるが、比率の定義方式は、上述した方式に制限されず設計意図に応じて多様に变形され得る。

30

【0077】

一実施形態によると、学習装置は、現在反復である経験再現反復が配置方式を用いる場合、トレーニングセットから選択されたサンプルと類似のサンプルを経験再現セットから選択する。例えば、学習装置は、現在反復である経験再現反復がSGD方式を用いる場合、トレーニングセットから複数の第1サンプルをランダムに選択する。学習装置は、経験再現セットからランダムに選択された複数の第1サンプルと類似度の最も高い複数の第2サンプルを選択する。学習装置は、第1サンプルとそれぞれ類似度が最も高いサンプルを経験再現セットから選択する。学習装置は、トライフォンの分布に基づいて分類されたサンプルの分布を用いて、第1サンプルと類似度の最も高いサンプルを経験再現セットから選択する。

40

【0078】

一実施形態によると、学習装置は、現在反復である経験再現反復が配置方式を用いる場合、経験再現セットに含まれたサンプルの品質に基づいて、経験再現セットから複数のサンプルを選択する。例えば、学習装置は、現在反復である経験再現反復がSGD方式を用いる場合、経験再現セットに含まれたサンプルのうち品質が高い順に複数のサンプルを選択する。学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルのうち予め定義された基準を満たすサンプルを選択してもよく、サンプルの品質を閾値と比較してサンプルを経験再現セットから選択してもよい。

【0079】

学習装置は、現在反復が経験再現反復によって実行されない場合、トレーニングセットが

50

ら少なくとも1つのサンプルを選択する (S 3 0 4) 。学習装置は、経験再現反復ではない現在反復が配置方式を用いる場合、トレーニングセットから複数のサンプルを選択する。

【 0 0 8 0 】

学習装置は、経験再現セット及びトレーニングセットのうち少なくとも1つから選択されたサンプルを用いてニューラルネットワークの加重値を更新する (S 3 0 5) 。上述したように学習装置は、逆電波方式及びSGD方式を用いて加重値を更新する。

【 0 0 8 1 】

学習装置は、学習結果及び選択された少なくとも1つのサンプルに基づいて経験再現セットを更新するか否かを判断する (S 3 0 6) 。一実施形態によると、学習装置は、現在反復で利用された少なくとも1つのサンプルを経験再現セットに追加するか否か又は経験再現セットに含まれたサンプルのうち少なくとも1つを現在反復で利用された少なくとも1つのサンプルに代替するか否かを判断する。例えば、学習装置は、現在反復で利用されたサンプルの品質に基づいて経験再現セットの更新可否を判断する。学習装置は、現在反復で利用されたサンプルの品質を算出し、算出された品質と経験再現セットに含まれたサンプルの品質を比較して経験再現セットの更新可否を判断する。

10

【 0 0 8 2 】

学習装置は、現在反復で選択された少なくともサンプルの少なくとも1つの品質を算出することにおいて、経験再現セットに含まれたサンプルの分布で、現在反復で選択されたサンプルの少なくとも1つの確率、現在反復で選択されたサンプルに基づいて学習されたニューラルネットワークから取得された少なくとも1つの出力、現在反復に対応するトレーニングエラーの減少、及び現在反復の以前反復に対応するトレーニングエラーの減少と現在反復に対応するトレーニングエラーの減少との間の差のうち少なくとも1つを考慮する。経験再現セットに含まれたサンプルの情報は、表1のようにテーブル形態に格納され、学習装置は、データベース又はメモリから経験再現セットに含まれたサンプルの情報を取得する。

20

【 0 0 8 3 】

【表1】

表 1

30

サンプル	S_1	S_2	S_3	S_4	...	S_N
品質	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	...	Q_N
ラベル	L_1	L_2	L_3	L_4	...	L_N
サンプルの分布における確率	P_1	P_2	P_3	P_4	...	P_N
トレーニングエラーの減少	R_1	R_2	R_3	R_4	...	R_N
トレーニングエラーの減少の差	D_1	D_2	D_3	D_4	...	D_N
ニューラルネットワークの出力	O_1	O_2	O_3	O_4	...	O_N

40

【 0 0 8 4 】

表1を参照すると、経験再現セットは S_1 ないし S_N のサンプルを含み、 S_1 ないし S_N のサンプルは、ラベル、サンプルの分布における確率、トレーニングエラーの減少、ト

50

レーニングエラーの減少の差、及びニューラルネットワークの出力とマッピングされてデータベース形態に構築される。ここで、品質は、サンプルの分布における確率、トレーニングエラーの減少、トレーニングエラーの減少の差、及びニューラルネットワークの出力のうち少なくとも1つに基づいて定義され定量化される。

【0085】

学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルの分布で、現在反復で選択されたサンプルの確率を算出し、算出された確率に基づいて現在反復で選択されたサンプルの品質を算出する。サンプルの分布は、サンプルを予め決定した基準（例えば、互いに類似の程度）に分類した結果生成されるグループそれぞれに属するサンプル数が分布した程度として理解される。例えば、特定サンプルの確率は、該当サンプルが属するグループ内のサンプル数を全体サンプルの数の割った値に算出される。

10

【0086】

図4Aを参照すると、サンプルの分布は正規分布であり、正規分布で S_1 の確率は P_1 であり、 S_2 の確率は P_2 である。サンプルの分布は、類似度又はトライフォンの分布を基準としてサンプルを分類した結果が示された分布である。学習装置は、 P_1 に基づいて S_1 の品質を算出し、 P_2 に基づいて S_2 の品質を算出する。一実施形態によると、学習装置は、相対的に確率がより小さい S_1 の品質を S_2 よりさらに高く算出する。学習装置は、現在反復で選択されたサンプルの確率（経験再現セットに含まれたサンプルの分布における確率）と経験再現セットに含まれたサンプルの確率とを比較し、比較結果に基づいて経験再現セットの更新可否を判断する。例えば、学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルの確率のうち、最も高い確率が現在反復で選択されたサンプルの確率よりも大きければ、現在反復で選択されたサンプルを経験再現セットに追加し、最も高い確率に対応するサンプルを経験再現セットから除外する。学習装置は、サンプルの分布における確率を用いて経験再現セット内に相対的に多く分布したサンプルを経験再現セットから除外し、相対的に少なく分布したサンプルを経験再現セットに含ませる。

20

【0087】

図4Bを参照すると、サンプル S_1 ないし S_N は、トライフォンの分布に基づいて図示するように羅列又は分類される。この場合、 S_1 の確率が S_2 ないし S_N の確率よりも小さいため、学習装置は S_1 の品質を S_2 ないし S_N の品質より相対的に高く算出する。図4Bにおいて、明暗はトライフォンの分布を基準としてサンプルを識別するための視覚的な表現を意味する。学習装置は、サンプルの分布に基づいて経験再現セットを更新するため、反復を行って経験再現セットに含まれたサンプルを均等に分布させ得る。学習装置は、表1のように経験再現セットに含まれたサンプル S_1 ないし S_N とサンプル S_1 ないし S_N に対応する確率 P_1 ないし P_N をテーブルの形態に管理できる。

30

【0088】

学習装置は、現在反復で選択されたサンプルを用いてニューラルネットワークを学習させ、学習されたニューラルネットワークから取得された少なくとも1つの出力に基づいて現在反復で選択されたサンプルの品質を算出する。図4Cを参照すると、ニューラルネットワーク401は、入力レイヤ402、中間レイヤ404、及び出力レイヤ403を含む。学習装置は、現在反復で選択されたサンプル S_n を入力レイヤ402を介してニューラルネットワークに入力し、ニューラルネットワーク401の出力レイヤ403を介して出力 O_n を取得し、出力 O_n を用いてニューラルネットワーク401を学習させる。サンプル S_n が音響サンプルである場合、学習装置は、複数のフレームを用いて音響サンプルの特徴を生成し、生成された特徴を用いてニューラルネットワーク401を学習させる。出力 O_n は、出力レイヤ403のノードから出力された確率(log-likelihood)値に基づいて定義され、出力レイヤ403のノードの活性化関数によって定義される。学習装置は、現在反復で選択されたサンプル S_n に対応する出力 O_n に基づいて、サンプル S_n の品質を算出する。例えば、学習装置は、出力レイヤ403のノードから出力される値を表現する出力 O_n が小さくなるほどサンプル S_n の品質を高く算出する。出力が相対的に小さいことは、ニューラルネットワークがその小さい出力に対応するサンプルを低

40

50

い認識率で認識することを意味し、又は、そのサンプルに関連する反復がさらに実行される必要があることを意味する。ここで、学習装置は、出力が小さくなるほどその出力に対応するサンプルの品質を高く設定し、そのサンプルを学習により多く参加させることができる。

【0089】

学習装置は、表1のように経験再現セットに含まれたサンプル S_1 ないし S_N に対応する出力 O_1 ないし O_N をテーブルの形態に管理する。学習装置は、現在反復で選択されたサンプルの出力と経験再現セットに含まれたサンプルの出力とを比較し、比較結果に基づいて経験再現セットの更新を行うか否かを判断する。例えば、学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルの出力のうち最も高い出力が現在反復で選択されたサンプルの出力よりも大きければ、現在反復で選択されたサンプルを経験再現セットに追加し、最も高い出力に対応するサンプルを経験再現セットから除外する。学習装置は、ニューラルネットワークの出力を用いて経験再現セット内に相対的に出力が大きいサンプルを経験再現セットから除外し、相対的に出力が小さい経験再現セットに含ませる。そのため、学習装置は、ニューラルネットワークの出力が小さいサンプルを経験再現反復により定期的、非定期的、又は反復的な学習に参加させ得る。

10

【0090】

学習装置は、現在反復に対応するトレーニングエラーの減少に基づいて現在反復で選択されたサンプルの品質を算出し、表1のように経験再現セットに含まれたサンプル S_1 ないし S_N に対応するトレーニングエラーの減少 P_1 ないし P_N をテーブル形態に管理する。学習装置は、現在反復で選択されたサンプルに対応するトレーニングエラーの減少と経験再現セットに含まれたサンプルのトレーニングエラーの減少とを比較し、比較結果に基づいて経験再現セットの更新可否を判断する。例えば、学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルに対応する減少のうち最も低い減少が現在反復で選択されたサンプルの減少よりも小さければ、現在反復で選択されたサンプルを経験再現セットに追加し、最も低い減少に対応するサンプルを経験再現セットから除外する。学習装置は、トレーニングエラーの減少を用いて経験再現セット内に相対的に減少が相対的に小さいサンプルを経験再現セットから除外し、相対的に減少が大きいサンプルを経験再現セットに含ませる。そのため、学習装置は、トレーニングエラーの減少が大きいサンプルを経験再現反復により定期的、非定期的、又は反復的な学習に参加させ得る。

20

30

【0091】

学習装置は、トレーニングエラーの減少の差に基づいて現在反復で選択されたサンプルの品質を算出する。ここで、トレーニングエラーの減少の差は、現在反復に対応するトレーニングエラーの減少と以前反復に対応するトレーニングエラーの減少との差を含む。学習装置は、表1のように、経験再現セットに含まれたサンプル S_1 ないし S_N に対応するトレーニングエラーの減少の差 D_1 ないし D_N をテーブルの形態に管理する。学習装置は、現在反復で選択されたサンプルに対応する差と経験再現セットに含まれたサンプルに対応する差とを比較し、比較結果に基づいて経験再現セットの更新可否を判断する。例えば、学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルに対応する差のうち最も小さい差が現在反復で選択されたサンプルに対応する差よりも小さければ、現在反復で選択されたサンプルを経験再現セットに追加し、最も小さい差に対応するサンプルを経験再現セットから除外する。学習装置は、トレーニングエラーの減少の差を用いて、経験再現セット内に相対的に差が相対的に小さいサンプルを経験再現セットから除外し、相対的に差が大きいサンプルを経験再現セットに含ませる。そのため、学習装置は、トレーニングエラーの減少の差が大きいサンプルを経験再現反復により定期的、非定期的、又は反復的な学習に参加させ得る。サンプルの品質を定義する方式は、上述した基準に制限されることなく、上述した方式はサンプルの集合である配置の品質を定義するために採用される。

40

【0092】

再び図3を参照すると、学習装置は、現在反復で選択されたサンプルを用いて経験再現セットを更新する($S307$)。一実施形態によると、学習装置は、現在反復で選択された

50

サンプルの品質と経験再現セットに含まれたサンプルの品質とを比較する。学習装置は、比較結果に基づいて経験再現セットに含まれたサンプルのうち、現在反復で選択されたサンプルの品質よりも低い品質に対応する少なくとも1つのサンプルを現在反復で選択されたサンプルに代替する。

【0093】

一実施形態によると、学習装置は、現在反復で選択されたサンプルの品質を閾値と比較する。学習装置は、比較結果に基づいて現在反復で選択されたサンプルを経験再現セットに追加する。例えば、サンプルの品質がトレーニングエラーの減少の差に基づいて算出される場合、品質と比較される基準である閾値は、現在反復に対応する反復回数が大きくなるほど小さくなる。サンプルの品質がニューラルネットワークの出力に基づいて算出される場合、品質と比較される基準である閾値は、現在反復に対応する反復回数が大きくなるほど大きくなる。学習装置は、経験再現セットに含まれたサンプルの品質と閾値とを比較し、比較結果に基づいて経験再現セットに含まれたサンプルのうち少なくとも1つを経験再現セットから除外する。学習装置は、現在反復で選択されたサンプルを用いて経験再現セットを更新する動作において、上述した方式に制限されることなく、様々な方式と方式を採用してサンプルの品質を活用し得る。

10

【0094】

学習装置は、経験再現セットの更新を完了したり経験再現セットを更新しないと判断された場合、 k 番目の反復を終了する(S308)。学習装置は、 k 番目の反復を終了した後 k 番目の反復に対応するトレーニングエラー、トレーニングエラーの減少及びトレーニングエラーの減少の差のうち少なくとも1つに基づいて、ニューラルネットワークの学習を終了するか否か、又は $(k+1)$ 番目の反復を開始するか否かを判断する。

20

【0095】

図5は、一実施形態に係る経験再現セットを説明するための図である。

【0096】

図5を参照すると、経験再現セット501は、複数の配置 B_1 ないし B_N を含む。学習装置は、経験再現セット501に含まれた配置 B_1 ないし B_N と配置 B_1 ないし B_N に対応する品質などを、上述した方式のようにテーブル形態に管理する。学習装置は、上述した実施形態を採用して経験再現セット501を構成及び更新する。例えば、学習装置は、経験再現セット501を配置単位で更新し、配置に対応する品質を用いて経験再現セット501に含まれた配置 B_3 を B_{new} に代替する。

30

【0097】

図6は、一実施形態に係る経験再現セットを説明するための図である。

【0098】

図6を参照すると、学習装置は、ニューラルネットワーク603の学習を開始する前に経験再現セット601にサンプルを含んでいない。例えば、学習装置は、空いている経験再現セット601を定義し、ニューラルネットワーク603の学習を開始することができ、学習のための反復を行う過程で経験再現セット601を更新し得る。経験再現セット601の更新動作には、上述した実施形態が適用される。学習装置は、学習のための反復のうち最初反復時トレーニングセット602からサンプル S_{new} を選択し、選択された S_{new} を用いてニューラルネットワーク603を学習させ、ニューラルネットワーク603の出力に基づいて S_{new} の品質を算出する。学習装置は、 S_{new} の品質に基づいて S_{new} を経験再現セット601に追加する。

40

【0099】

図6を参照して経験再現セット601が最初に空くように設定されている実施形態を説明しているが、経験再現セット601は、予め定義された条件を充足するサンプルに最初から構成されてもよい。上述したように、学習に有効なものとして判断されるサンプルの集合により経験再現セット601が構成されてもよい。一実施形態によると、学習装置は、予め定義された数のサンプルの集合で経験再現セット601を保持することができるが、例えば、学習装置は、反復を行う過程で経験再現セット601に含まれたサンプル数を N

50

個に保持してもよい。学習装置は、学習のための反復を行う過程でN個のサンプルの品質を記録し、サンプルの品質及び現在反復で選択されたサンプルの品質に基づいて経験再現セット601を更新する。一実施形態によると、学習装置は、学習のための反復を行う過程で経験再現セット601に含まれたサンプル数を適応的に更新してもよい。学習装置は、サンプル数を更新することにおいて、品質、サンプルの分布、トレーニングエラー、トレーニングエラーの減少、トレーニングエラーの減少の差、及びニューラルネットワークの出力のうち少なくとも1つを考慮する。

【0100】

図7は、一実施形態に係る学習装置の構成の例示図である。

【0101】

図7を参照すると、学習装置701は、プロセッサ702及びメモリ703を含む。プロセッサ702は、図1ないし図6を参照して前述した少なくとも1つの装置を含んだり、図1ないし図6を参照して前述した少なくとも1つの方法を行う。メモリ703は、サンプルに関する情報を格納したり、学習方法が具現されたプログラムを格納する。メモリ703は、揮発性メモリ又は不揮発性メモリであってもよい。

【0102】

プロセッサ702は、プログラムを実行して学習装置701を制御する。プロセッサ702によって実行されるプログラムのコードは、メモリ703に格納される。学習装置701は、入出力装置(図示せず)によって外部装置(例えば、パーソナルコンピュータ又はネットワーク)に接続され、データを交換する。

【0103】

以上述べた実施形態は、ハードウェア構成要素、ソフトウェア構成要素、又はハードウェア構成要素及びソフトウェア構成要素の組合せで具現される。例えば、実施形態で説明した装置及び構成要素は、例えば、プロセッサ、コントローラ、ALU(arithmetic logic unit)、デジタル信号プロセッサ(digital signal processor)、マイクロコンピュータ、FPA(field programmable array)、PLU(programmable logic unit)、マイクロプロセッサ、又は命令(instruction)を実行して応答する異なる装置のように、1つ以上の汎用コンピュータ又は特殊目的コンピュータを用いて具現される。処理装置は、オペレーティングシステム(OS)及びオペレーティングシステム上で実行される1つ以上のソフトウェアアプリケーションを実行する。また、処理装置は、ソフトウェアの実行に応答してデータをアクセス、格納、操作、処理、及び生成する。理解の便宜のために、処理装置は1つが使用されるものとして説明する場合もあるが、当該技術分野で通常の知識を有する者は、処理装置が複数の処理要素(processing element)及び/又は複数種類の処理要素を含むことが分かる。例えば、処理装置は、複数のプロセッサ又は1つのプロセッサ及び1つのコントローラを含む。また、並列プロセッサ(parallel processor)のような、他の処理構成も可能である。

【0104】

ソフトウェアは、コンピュータプログラム、コード、命令、又はこれらのうちの1つ以上の組合せを含み、希望通りに動作するように処理装置を構成し、独立的又は結合的に処理装置に命令する。ソフトウェア及び/又はデータは、処理装置によって解釈され、処理装置に命令又はデータを提供するためのあらゆる種類の機械、構成要素、物理的装置、仮想装置、コンピュータ格納媒体又は装置、或いは送信される信号波を介して永久的又は一時的に具現化される。ソフトウェアは、ネットワークに接続されたコンピュータシステム上に分散され、分散された方法で格納されるか又は実行される。ソフトウェア及びデータは1つ以上のコンピュータ読み取り可能な記録媒体に格納される。

【0105】

本実施形態による方法は、多様なコンピュータ手段を介して実施されるプログラム命令の形態で具現され、コンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録される。記録媒体は、プロ

10

20

30

40

50

グラム命令、データファイル、データ構造などを単独又は組合せて含む。記録媒体及びプログラム命令は、本発明の目的のために特別に設計して構成されたものでもよく、コンピュータソフトウェア分野の技術を有する当業者にとって公知のものであり、使用可能なものであってもよい。コンピュータ読み取り可能な記録媒体の例としては、ハードディスク、フロッピー（登録商標）ディスク及び磁気テープのような磁気媒体、CD-ROM、DVDのような光記録媒体、プロプティカルディスクのような磁気-光媒体、及びROM、RAM、フラッシュメモリなどのようなプログラム命令を保存して実行するように特別に構成されたハードウェア装置を含む。プログラム命令の例としては、コンパイラによって生成されるような機械語コードだけでなく、インタプリタなどを用いてコンピュータによって実行される高級言語コードを含む。ハードウェア装置は、本発明の動作を実行するために1つ以上のソフトウェアモジュールとして作動するように構成してもよく、その逆も同様である。

10

【0106】

上述したように実施形態をたとえ限定された図面によって説明したが、当技術分野で通常の知識を有する者であれば、前記に基づいて様々な技術的な修正及び変形を適用することができる。例えば、説明された技術が説明された方法と異なる順に実行されたり、及び/又は説明されたシステム、構造、装置、回路などの構成要素が説明された方法と異なる形態で結合又は組み合わせられたり、他の構成要素又は均等物によって置き換えたり置換されても適切な結果を達成することができる。

【0107】

したがって、他の具現、他の実施形態、及び請求範囲と均等なものも後述する請求範囲の範囲に属する。

20

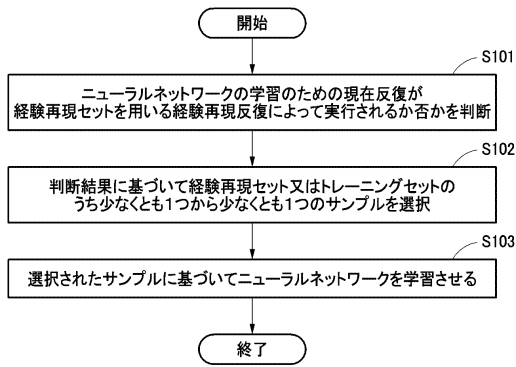
30

40

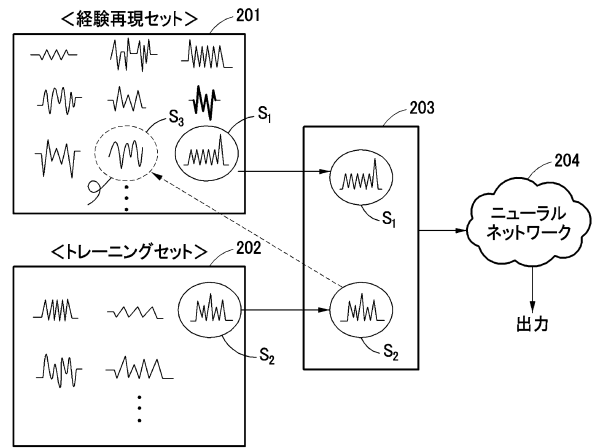
50

【 図 面 】

【 図 1 】

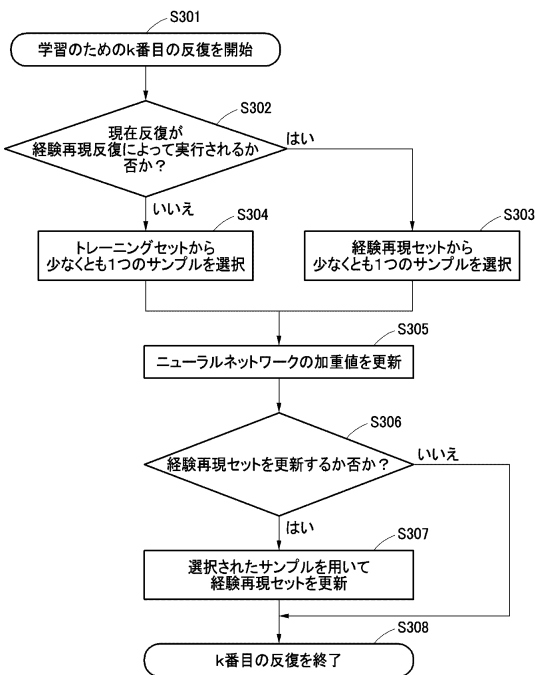


【 図 2 】

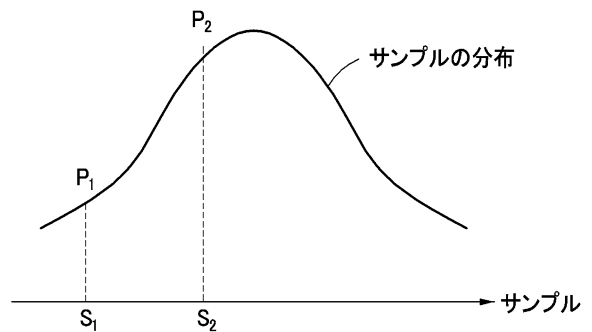


10

【 図 3 】



【 図 4 A 】



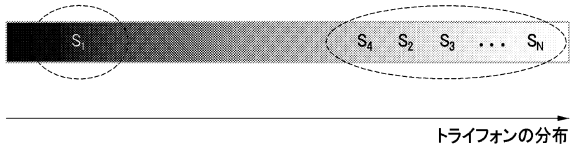
20

30

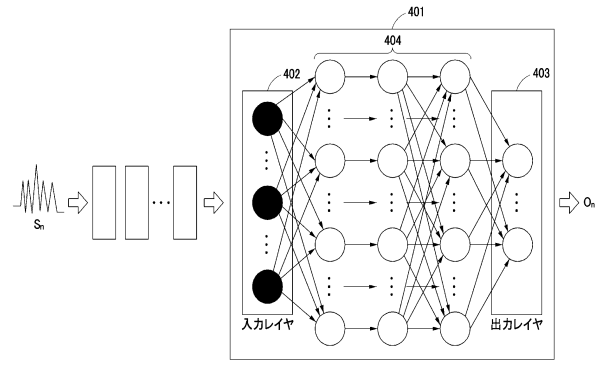
40

50

【図 4 B】

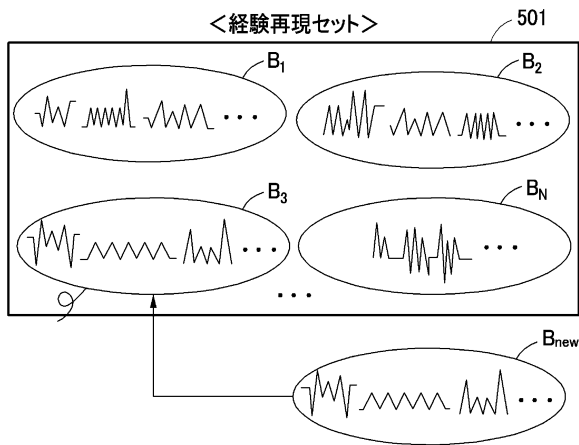


【図 4 C】

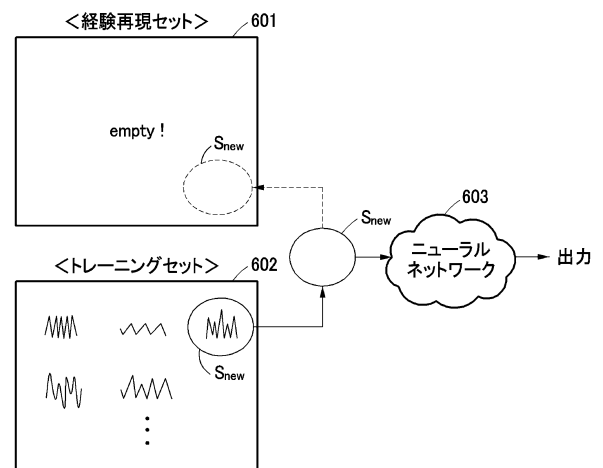


10

【図 5】

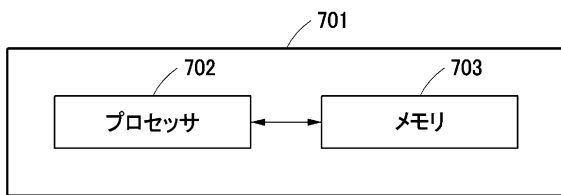


【図 6】



20

【図 7】



30

40

50

フロントページの続き

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 関 允 泓

大韓民国京畿道水原市靈通区三星路 1 3 0 三星綜合技術院内

審査官 北川 純次

(56)参考文献 特開平 0 8 - 0 9 5 9 3 9 (J P , A)

特開平 1 0 - 3 2 6 2 6 5 (J P , A)

Weixin Yang, et al. , DropSample: A new training method to enhance deep convolutional neural networks for large-scale unconstrained handwritten Chinese character recognition , ar Xiv [online] , 2015年 , p. 1-18 , [検索日 2021.11.29]、インターネット : URL:https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1505/1505.05354.pdf

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)

G 0 6 N 3 / 0 0 - 3 / 0 8

G 1 0 L 1 5 / 0 6

G 1 0 L 1 5 / 1 6

G 1 0 L 2 5 / 3 0