

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12105

研究課題名（和文）学習結果を説明可能な要約文章作成を実現にする高速論理型機械学習器の開発の提案

研究課題名（英文）Proposal for the development of a high-speed logic machine learning system that realizes the creation of summary sentences that can explain the learning results

研究代表者

西山 裕之（Nishiyama, Hiroyuki）

東京理科大学・理工学部経営工学科・教授

研究者番号：80328567

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、人間の熟考に基づく知恵や経験を可読可能な情報として抽出することを目的として、抽出された知恵や経験を要約文章として生成可能な高速論理型機械学習器の開発を提案した。本研究では論理型機械学習器を分散処理により高速化させるとともに学習過程の精度向上を可能にするために、協調処理に必要な協調用通信プロトコルを実装した協調モジュールの設計を行った。また、要約文章作成モジュールの設計を行い、両モジュールを実装した高速論理型並列機械学習システムの設計を行った。本システムを運用することにより、酪農分野において得られたデータに対する学習結果を要約文章として酪農家に情報提供を可能にする貢献を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、人間の熟考に基づく知恵や経験を可読可能な情報として抽出することを目的として、抽出された知恵や経験を要約文章として生成可能な高速論理型機械学習器の開発を提案し、高速論理型並列機械学習システムとして実装した。本提案の実現により、論理型機械学習器の高速な運用を可能にするだけでなく、人間の経験則に基づく様々な分野の英知を、論理的な説明情報として明らかにすることが可能になる。その実施例として、本研究では酪農分野に本システムを応用し、得られたデータに対する学習結果を酪農家に対してウェブブラウザを介して要約情報等の提供を行い、その発育過程や疾病状況を助言可能にするなどの貢献を実現した。

研究成果の概要（英文）：In this research, we proposed the development of a high-speed logic machine learning system that can generate the extracted wisdom and experience as a summary sentence for the purpose of extracting the wisdom and experience based on human contemplation as readable information. So, we designed a collaborative module that implements the collaborative communication protocol required for collaborative processing in order to speed up the logical machine learning device by distributed processing and improve the accuracy of the learning process. We also designed a summary text creation module and a high-speed logic machine learning system that implements both modules. By operating this system via a cloud environment, we provided dairy farmers with the learning results for the data obtained in the dairy field as summary sentences, and contributed as a system that can advise the development process and disease status of the dairy cow.

研究分野：分散人工知能

キーワード：高速論理型機械学習器 要約文章作成 分散人工知能

## 1. 研究開始当初の背景

近年、人工知能と呼ばれている機械学習器技術の発達により、様々な分野で人間と同等以上の性能を実現する成果が得られるようになった。特に深層学習(テーブルニング)は自動運転の安全性を急速に高めているほか、囲碁対局においても世界王者を凌駕する力を発揮する様になった。しかしながら、学習により得られた判定器は、新たに入力した情報に対する結果を直感的に返答するのみであるため、その結果となる理由(もしくは過程)を説明することはできない。

これに対して論理型機械学習では、得られたルールは可読であるため、新たな入力により得られた結果(判断)に対する理由を明確に示すことができる。例えば、論理型機械学習器の一つである帰納論理プログラミング(Inductive Logic Programming: ILP)は、学習により得られたルールを論理式で表現することができる。本論理式は判定器として機能するだけでなく、その論理式を要約文章として生成することにより、様々な分野の熟練者の知恵や技術をマニュアル的な情報として活用することが可能になる。

しかしながら、一度の機械学習処理に大幅な時間が必要であること(問題によっては数時間から数日要する)、そして学習過程のアルゴリズムの性質上、分散処理による台数効果が得られないため、従来の学習器の様に精度向上を目的としたグリッドサーチを実施することが時間的に困難となっていた。そのため、最小限の試行回数で高精度なルールを生成するために、論理型機械学習器を有効に扱うためにはその利用者の熟練が必要とされていた。そして、これらの問題が帰納論理プログラミング ILP を代表とする論理型機械学習器の有効性が広く認知されていない原因と考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、人間の熟考に基づく知恵を正確に抽出することを目的として、高精度なルール生成を短時間で可能にするために、論理型機械学習器を分散処理により高速化させるとともに、分散処理する学習器どうしを協調させることにより学習過程の精度向上を可能にする協調型分散手法を提案する。

本研究分野において、既に提案者は、世界で初めて、帰納論理プログラミングの台数効果超えを可能にする並列処理手法を実現している。本提案では、本並列処理手法を土台として学習過程の精度向上を可能にする協調型分散手法を提案するとともに、システムとして設計および実装を行う。本提案では、論理型機械学習器として代表的な帰納論理プログラミング(Inductive Logic Programming: 以降 ILP)を本設計および実装の対象とする。本提案で研究開発する項目は次の通りである。

- (1) ILP における仮説生成過程の各プロセスの実行時間調査
- (2) 協調処理に必要な協調用通信プロトコルの設計
- (3) 協調用通信プロトコルを実装した協調モジュールの設計
- (4) 要約文章作成モジュールの設計
- (5) 上記の両モジュールを実装した高速論理型並列機械学習システムの設計

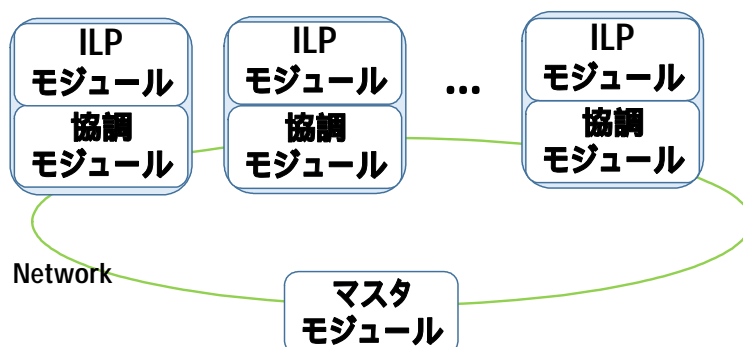


図1 協調モジュールを実装した論理型並列機械学習システムのシステムイメージ

図1は上記の(3)で設計する協調モジュールを実装した論理型並列機械学習システムのイメージである。本システムにおいて協調モジュール上に ILP モジュールが実装されており、各協調モジュールは異なる CPU 上で稼働し、ネットワークを介して協調モジュールどうしで情報共有を行う。本システムはマスタモジュールからネットワークを介して1つの協調モジュールへ機械学習タスクが渡され ILP モジュールによる学習処理を開始する。本学習過程において協調モジュール間で処理分散が行い、使用した CPU 数以上の台数効果による学習時間の削減を実現

する。さらに、各協調モジュールが協調用通信プロトコルに応じて学習過程の情報共有を行うことで、さらなる学習時間の短縮を可能にするとともに、ILP 学習器のパラメータ調整および訓練データ内の重要度を有する要素データを共有し、結果、精度向上を図る。これにより、過去に前例の無い論理型機械学習器による高速で高精度な機械学習を実現する。

### 3. 研究の方法

本提案では、3年計画で次の内容に対する研究開発を実施する。

- (1) ILP における仮説生成過程の各プロセスの実行時間調査
  - (2) 協調処理に必要な協調用通信プロトコルの設計
  - (3) 協調用通信プロトコルを実装した協調モジュールの設計
  - (4) 要約文章作成モジュールの設計
  - (5) 上記の両モジュールを実装した高速論理型並列機械学習システムの設計
- 各年度の実施計画は次の通りである。

#### 平成 31 年（令和元年）度計画：

初年度は ILP における(1)の仮説生成過程の各プロセスの実行時間調査を実施する。具体的には保有している実データ（散漫運転検知用データ、居眠り運転検知用データ、乳牛における人工授精成否データ）を用いた ILP による学習実験を ILP の各種パラメータで実施し、仮説生成過程の実行時間調査を実施する。本調査により、パラメータ変更に伴う学習時間の影響を計測するだけでなく、訓練データ内の重要要素の推定を可能にする。次に、本調査データを用いて(2)の協調用通信プロトコルの設計を実施する。本プロトコルは並列学習の高速化および高精度化を可能にする。

#### 平成 32 年（令和 2 年）度計画：

2年目からは(3)の協調用通信プロトコルを実装した協調モジュールの設計を開始する。本協調モジュールは(2)で設計した通信プロトコルを実装することにより、並列学習中の ILP 学習器のパラメータ調整および訓練データ内の重要度を有する要素データの共有を可能にする。本モジュールの設計と並行して、(4)の要約文章作成モジュールの設計も行う。

#### 平成 33 年（令和 3 年）度計画：

最終年度は前年度に設計した両モジュールを実装した高速論理型並列機械学習システムの設計し、クラウド環境で運用可能なシステムとして研究開発を行う。本実験過程において、酪農分野、安全運転分野を始め、様々な分野の問題に対する論理的な機械学習を実施し、高速に高精度なルール生成を可能にするとともに、得られたルール情報の要約文章、さらにはルールの適用結果に対する要約文章の作成実験を行う。

### 4. 研究成果

#### (1) 平成 31 年（令和元年）度研究成果

平成 31 年度は分散型論理型機械学習器における仮説生成過程の各プロセスの実行時間調査を実施するために、ILP における学習過程の時間計測機能をシステムに組み込むとともに、保有している実データを用いた ILP による学習実験を ILP の各種パラメータで実施し、仮説生成過程の実行時間調査を実施した。本調査により、パラメータ変更に伴う ILP の仮説生成時間を計測することにより、問題（扱うデータ）ごとの学習に必要な時間を得ることが可能となった。また、計測により得られた学習時間と本学習により得られた仮説の精度を比較することにより、学習時間を多く必要としているにも関わらず得られた仮説の精度が悪化するパラメータの組み合わせの発見を可能にした。これにより、ILP を用いたグリッドサーチの実手法において、学習時間を短縮し精度の向上を目的として、非効率となる仮説生成過程を検知するための協調用通信プロトコルの設計を実施した。さらに、訓練データ内の特徴情報ごとの調査も行うことで、重要要素の推定も可能にしている。

本研究成果の一部は、2つの国際会議（29th International Conference on Inductive Logic Programming(ILP2019)、25th International Symposium on Artificial Life and Robotics AROB 25th 2020）にて発表を行った。

#### (2) 令和 2 年度研究成果

令和 2 年度は平成 31 年度に設計した通信プロトコルを実装した協調用通信プロトコルを実装した協調モジュールの設計を実施することで、並列学習中の ILP 学習器のパラメータ調整および訓練データ内の重要度を有する要素データの共有を可能にした。これにより、並列学習中にお

ける協調を実現し、その結果、本協調用通信プロトコルを利用しない並列学習と比較して、総学習時間を短縮することに成功した。また、令和2年度では要約文章作成モジュールの設計も行った。本モジュールでは、学習結果により得られた可読ルールを新たなデータに対する適用を行い、その結果、適用されたルールの内容に応じて日本語文章で要約情報を作成する機能を実装した。本研究成果を酪農における子牛の発育等に関するルールに適用した結果、ルールを用いた判定結果に基づき単純に発育の良し悪しを示すだけでなく、その判定理由を要約情報として説明することにより、発育の良いと判断された子牛が、どのような過程で成長をしてきたかを説明することで、酪農家への具体的な助言を与えることが可能となった。

本研究成果の一部は、国際会議（25th International Symposium on Artificial Life and Robotics AROB 26th 2021）にて発表を行った。

### (3) 令和3年度研究成果

令和3年度は令和2年度に設計した協調モジュールと要約文章作成モジュールを実装した高速論理型並列機械学習システムの設計を行い、クラウド環境で運用可能なシステムとして研究開発を実施した。クラウド環境としてはマイクロソフト社が提供している Azure 環境を採用し、本環境上で、酪農分野や安全運転分野等の問題に対する機械学習を実施可能とした。特に酪農分野においては、哺乳および搾乳に関するデータを複数の酪農家から自動収集する機能を用意することで、得られたデータに対する学習結果を要約文章として酪農家に提供可能なシステムとして運用することを可能にした。この結果、搾乳・哺乳データの提供を受けた酪農家に対して、ウェブブラウザを介して要約情報等の提供を行い、その発育過程や疾病状況を助言可能にするなど貢献を実現した。

以上より、本研究では研究計画で予定していた研究項目を全て実施するとともに、研究成果として実装システムを用いて酪農分野における具体的な貢献を行うなど、多大な研究貢献を実現した。その他、学習結果を説明可能とする機械学習器に関連して、既存の(深層)機械学習モデルの解釈性(説明可能性)に関する研究についても実施する等、本研究成果の拡張を可能にする研究も実施した。

本研究成果の一部は、国際会議（26th International Symposium on Artificial Life and Robotics AROB 26th 2022）にて発表を行った他、酪農関連の雑誌（臨床獣医 2021年8月号（第39巻第9号））においても発表を行った。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Kento Tsuchiya, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama	4. 巻 -
2. 論文標題 A Study on Deception Detection in Online Interviews Using Machine Learning with Facial Expressions and Pulse Rate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the Joint Symposium of The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022)	6. 最初と最後の頁 443 - 448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Iku Betto, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Distraction Detection of Lectures in E-learning Using Machine Learning Based on Human Facial Features and Postural Information	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the Joint Symposium of The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022)	6. 最初と最後の頁 341 - 346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Takaya Yokoo, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of habit information from male voice using machine learning methods	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the Joint Symposium of The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022)	6. 最初と最後の頁 449 - 454
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Satoshi Sekioka, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama	4. 巻 -
2. 論文標題 Market prediction aids using machine learning based on social media specific features	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the Joint Symposium of The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022)	6. 最初と最後の頁 460 - 465
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 西山 裕之	4. 巻 第39巻第9号
2. 論文標題 搾乳ロボットと哺乳ロボットから得られるデータのITに基づく活用技術	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 臨床獣医	6. 最初と最後の頁 14 - 20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 -

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Ginpie Yahagi, Ryo Hatano, Hiroyuki Nishiyama
2. 発表標題 Prediction of Bovine Mastitis Considering Differences among Dairy Farms using Machine Learning
3. 学会等名 25th International Symposium on Artificial Life and Robotics AROB 26th 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shun Sasaki, Ryo Hatano, Hayato Ohwada, and Hiroyuki Nishiyama
2. 発表標題 Estimating Productivity of Dairy Cows by Inductive Logic Programming
3. 学会等名 29th International Conference on Inductive Logic Programming (ILP2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasumori Muta, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama
2. 発表標題 Memory leak Detection using Clustering and Logic-based Machine Learning
3. 学会等名 25th International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kento Tsuchiya, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama
2. 発表標題 A Study on Deception Detection in Online Interviews Using Machine Learning with Facial Expressions and Pulse Rate
3. 学会等名 The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Iku Betto, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama
2. 発表標題 Distraction Detection of Lectures in E-learning Using Machine Learning Based on Human Facial Features and Postural Information
3. 学会等名 The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takaya Yokoo, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama
2. 発表標題 Estimation of habit information from male voice using machine learning methods
3. 学会等名 The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Satoshi Sekioka, Ryo Hatano and Hiroyuki Nishiyama
2. 発表標題 Market prediction aids using machine learning based on social media specific features
3. 学会等名 The Twenty-Seventh International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 27th 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔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 分担 者	秦野 亮  (Hatano Ryo)  (50808657)	東京理科大学・理工学部経営工学科・講師    (32660)	

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
---------	---------