

プログラム名： タフ・ロボティクス・チャレンジ

PM名： 田所 諭

プロジェクト名： ロボットインテリジェンス

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平 成 2 9 年 度

研究開発課題名：

タフロボティクスビッグデータ解析

研究開発機関名：

東北大学

研究開発責任者

徳山 豪

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

- (1) センサデータのビッグデータ解析技術の開発とその現実データへの適用によるソリューション技術設計：ビッグデータ解析に必要なデータ構造の実装，対応したアルゴリズムの実装と実験を行う．また少数のタグ付きデータから，予測や判断ができるように，順序保存カーネルを用いた分類手法を適用し，その効果を検証する．また動画像を安定させ，救助犬の動作を頑健に推定するための技術開発を行う．さらに FPGA 試作機を用いて，高機能計算ロボティクスシステムへのアプリに移植を個ナウ．また GPU による一連の処理の高速化を行う．
- (2) タフロボティクスから提供されるビッグデータの解析：  
サイバー救助犬（東北大グループ）におけるデータの取得と構造化を行う．特徴分布が非定常な時系列データ列に対し特徴ベクトルを抽出するアルゴリズムを適用し，犬に装着したセンサから得られるデータを元に犬の行動や状態を自動的に分類する．そのために犬の行動アノテーションの機械学習に必要な学習データの作成を実施し，そこで得られた比較的少数の学習データから予測や判断ができるように，機械学習技術を適用する．さらにこれらを各種センサデータの値と動画を同期させ，犬の動作の意味をユーザに提示する GUI システムの開発を行う．そしてリアルタイム処理に必要なアルゴリズムの高機能化と解析を行う．

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

- (1) センサから得られた時系列データに対して頑健な照合を行うために，次の3つの項目に取り組んだ．
  - (A) 数値の系列データの中から目的とするパターン系列を検出するとき，数値そのものは厳密に一致しなくても，その順序関係がパターン系列の順序関係と一致すれば対応関係があるとみなす順序保存照合について，この問題を効率よく解く新たなアルゴリズムを検討した．
  - (B) パターンにもテキストにも変数を含む照合問題を再検討した．変数と定数の対応関係によって様々な変種が考えられるが，本研究では変数が他の変数または定数に対応する場合について考察し，効率のよい照合アルゴリズムの開発を行った．
  - (C) 記号をパラメータ化して置き換えを許したパターン照合は，データ系列の中で表層的には異なるが構造が同じパターンを検出するために用いられる重要な基礎技術である．データが固定されたときに様々なパターンに対する照合を効率よく照合するための索引構造を検討した．

さらに，少数のタグ付きデータから予測や判断ができるように，順序保存カーネルを含むさまざまな分類手法を適用し，半教師あり学習データの学習と，精度の向上および高速化に取り組んだ．

また，動画の手ぶれ補正の精度の向上と，動画像の解析アルゴリズムを高速化するための FPGA 実装および GPU 実装にも取り組んだ．

- (2) 救助犬に装着したサイバー救助犬スーツによって取得したセンサデータに基づいて学習した予測器を用いて、リアルタイムに行動予測を行うシステムを実働化させた。そしてこの結果を動的に表示する GUI システムを実装した。

## 2-2 成果

- (1) 時系列データに対して頑健かつ高速な照合のために行った研究に関して次のような成果を得た。
- (A) 順序保存照合に対して、決闘と一掃というパラダイムに基づく新たなパターン照合アルゴリズムを提案した。このアルゴリズムは、最悪時の計算量は既存の KMP 型のアルゴリズムと変わらないが、実用上はより高速に動作することが計算機実験によって検証できた。
  - (B) パターンにもテキストにも変数を含む照合問題について、変数が他の変数または定数に対応する場合について考察した。この問題に対して、KMP アルゴリズムに基づく拡張と、畳み込み演算に基づく拡張という 2 つの新たな照合アルゴリズムを提案し、それぞれの計算量の解析を行った。さらに計算機実験によって、様々な状況における実行速度の比較を行った。
  - (C) パラメータ化パターン照合に対して、次々に送られてくるパターン照合の要求に対して高速に返答ができるための索引構造に関して、ポジションヒープという索引構造を適合させ、線形時間で動作するオンライン型のアルゴリズムを開発した。さらにこの索引構造の省メモリ化も行った。

動画画像の手ぶれ補正に関して、複数の手法の組合せによって精度の向上が見込めることが確認できた。また画像の特徴量を検出する基本アルゴリズムを FPGA および GPU でそれぞれ実装し、様々な角度から比較検討した。サイバー救助犬スーツに装着できるハードウェアの重量や容量等の制約から、現時点ですぐに稼働するのは困難であるが、将来的には有望な選択肢となることがわかった。

- (2) 救助犬の行動分類に関して、実時間で予測を行うためにこれまではノート PC 程度の性能が必要であったが、サイバー救助犬スーツに装着したワンボードコンピュータで動作させるためにその軽量化を行い、精度をあまり低下させずに実働化させることができるようになった。これを新たに設計した GUI システムと共に実行する様子を 11 月に開催された非公開のフィールド評価会で披露した。

## 2-3 新たな課題など

救助犬の行動分類に関して、動画画像転送速度が向上したために、相対的にその遅延が無視できないものになってきた。次年度には、サイバー救助犬スーツからのデータの流し方などを再検討することで、この遅延時間の短縮とさらなるシステムの高性能化を目指す。

## 3. アウトリーチ活動報告

特になし