

実世界情報システムプロジェクト ～ヒューマンインフォマティクス研究グループ～

実世界情報システムの数理的基礎に関する研究成果

大津 展之 (COE 特任)

情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻

概要

実世界情報システムの横断的・理論的な基礎として、「実世界知能」の基礎技術体系の確立をめざす。具体的には、確率統計的手法や多変量解析手法などを用いた情報数理的な立場から、視覚を主体としたパターン情報処理および知能情報処理の原理や仕組みを明らかにし、具体的な手法の開発と応用について研究を行っている。

1. はじめに

今日、コンピュータやインターネットに代表される情報技術は目覚ましい発達を遂げ、産業、サービス、個人の生活など、様々な分野の隅々にまで浸透し社会を大きく変革しつつある。しかし、そうした情報インフラの発達は、新しい産業の創生、安全・安心・快適な真に豊かな社会の構築へのツールとして必要条件ではあるが、必ずしも十分条件ではない。そうしたインフラとしての基盤情報技術の上に、「スーブラ」としての新たな実応用を展開することが十分条件として求められている。すなわち、実世界（人間、社会を含む実環境）の多様な情報を有効に取り扱い、具体的な応用課題を解決し、人間と親しく協調し価値を創出する、新しい知的情報処理機能を持った「実世界情報システム」の研究開発、そしてその基礎となる「実世界知能」を次世代の情報処理技術体系として展開するための本格的な研究開発が求められている。

筆者は、主務とする産総研（元電総研）において経産省（元通産省）の10年プロジェクト Real World Computing（実世界情報処理）プロジェクトの策定と推進を行った（1992-2001）。特に後期は、「実世界知能」の研究開発の策定と推進を行った。そこでは、適応ビジョンシステム、マルチモーダル対話システム、自律学習システム、進化システムなど、次世代の情報処理基盤技術となる顕著な成果が得られた[1]。

本 COE プログラムでは、特任教官として、学生の教育（パターン情報学、知能情報論）と研究指導を行うとともに、RWCプロジェクトで培われた技術基盤（実世界知能）を、産総研とも連携しつつ、本 COE プロジェクトでの更なる展開に生かすべく貢献したいと考えている。

2. 本研究の内容

実世界で稼動する次世代の情報システム「実世界情報システム」には、様々な革新的な機能が求められる。とりわけ、人間を含む実環境を認識し、状況を理解して適切な処理や行動を行う知的機能、すなわち「実世界知能」が、最も基本的かつ共通的な機能として必要とされる。

従って、本研究では、その実現の基礎となる理論手法、及びそれに基づく認識、理解、推論、学習といった基本的な機能、及びそれらを合わせたシステム要素機能の研究開発を目的としている。具体的には、情報統合と学習・自己組織化、マルチモーダル学習に基づく概念獲得、実環境での人の仕草や表情の認識・理解、状況認識と適応行動などを想定して研究を進めている。

実世界の情報は時空間的に分布するパターン情報であり、曖昧さや不確かさ、また時間的な動きや変容を特徴とする。従ってこれらを取り扱う上で、パターン認識と学習、特に時間を含む多変量解析的手法や、確率統計的手法（ベイズ推定、ベイジアンネット）といった情報数理的手法がキーとなる。

3. 当該年度の研究成果

特任初年度となるH15年度は、実世界情報システムに必要とされる基本機能や要素機能の洗い出しを行うとともに、基本的な手法について検討を行った。そして要素機能のプロトタイプとなる簡単なシステムを想定し研究を進めた。

以下に具体的な研究と得られた成果を記す。

汎用的特徴抽出手法としての高次局所自己相関 (HLAC) 法の数理的な拡張と整備

静止画像 (2D空間) 認識のための特徴抽出法としてこれまで開発した高次局所自己相関 (HLAC) を, 時間を扱えるように拡張整備した. これによって, 時系列 (1D時間) の場合に自己回帰モデルとの整合性が良くダイナミックスの同定が可能となること, また立体 HLAC (2D空間+1D時間) により動画像の効率の良い認識が可能となる知見が得られた. 一般に立体 HLAC は, 3次元の形で得られる任意のデータ (3-way data) からの汎用的な特徴抽出手法となるものであり, 実世界情報を扱う強力な数理的手法が得られたことになる[2].

動画像認識への応用

動画像は2D (空間) + 1D (時間) の立体 (3-way) データと考えられる. これに立体 HLAC を適用することにより, その位置不変性と対象加法性を生かし, 動物体の位置に依らない (分節を要しない) 認識, また複数動物体の同時認識が可能となることを実データにおいて示し, 動画像認識手法としての有効性を示した. 具体的には, 5人の4行動 (左右方向の歩く・走る) に対して 99.8%の認識率で個人の同定と行動(gait)の同定が得られている.

また, 空間2D (画像) の HLAC 特徴抽出を動画像に適用すると時系列データが得られるが, それらを自己回帰分析と組み合わせることで, より複雑なジェスチャなど, 人間の動作の認識が可能となる. 具体的には, HMM 識別を用いて, 48名の17種のジェスチャデータに対して 95.7%の高い認識率が得られている.

さらに, 移動物体の追跡や異常行動の検出について, 新しい有効な手法を開発した.

顔認識への応用

社会生活において顔は重要な役割を占めている. 顔を見ることで, 個人, 性別, 年齢, 表情などを知ることができる. こうした顔情報を認識する機能をコンピュータに持たせれば, 人と情報システム (ロボットを含む) とのより円滑で親しい対話が可能となる.

既に筆者らはHLAC特徴抽出を顔認識 (個人の同定) に応用し高い認識率を得ているが, さらに表情認識へ応用を拡大した. まず, 因子分析と合わせることで, 位置あわせと顔の切り出し

を要しない高速な個人と表情の同時認識が可能となることを確認した. 具体的には, 9人, 7種の表情の認識率は, 各々, 98%, 80.8%, 同時79.7%であった. 表情認識は人間にとっても微妙であるので, これらは高い認識率と言える.

さらに, 表情など, 場所によって重要度が異なる認識課題に対応するため, HLAC 特徴を場所に応じて重み付けし, それらの重みを学習適応的に求める方式を開発した. 数理的には, これは従来のEigen-FaceやFisher-Face手法を特別の場合として一般化した手法となっていて, 認識率が向上することを確認した.

マルチモーダル学習を用いた概念獲得

幼児は音声と画像を統合することで物事 of 概念を獲得する. この過程を, 認知心理的知見も踏まえつつ, 正準相関分析などの多変量解析手法や情報理論的な基準を用いてモデル化し, その有効性を確認した.

移動ロボットにおける随伴行動の適応的獲得

移動ロボットの物体追従問題を具体例に, マルチモーダルなセンサ情報の統合学習を行うことで, 既定の安定な行動をする中で適応的に新しい行動を獲得することができるシステムのモデルを考案し, トイロボットで有効性を確認した. これにより, 言語などで教えられる固定的な行動ルールだけでは厳密に対応できないような環境におかれたとしても, ロバストにタスクを続行することが可能となる (行動の汎化).

4. あとがき

基本的な機能を実現するための有用な手法が揃った. 今後は, これら個々の手法の精度と適用範囲の拡大を図るとともに, これらを組み合わせたよりシステム要素的な機能, そのための情報統合や学習・自己組織化の機能の研究を展開して行く予定である.

成果発表

- [1] 大津: 実世界知能の目指すもの, 人工知能学会誌, Vol.17, N0.2, pp.118-123 (2002.3).
- [2] 特許出願: 特願 2003-321962, 「3次元データからの特徴抽出方法および装置」, 大津展之, 小林匠 (2003.9.12).
- [3] その他, 数編, 国際会議論文に投稿中.