

平成22年 6 月 16 日現在

研究種目： 基盤研究（C）
 研究期間： 2007 ～ 2009
 課題番号： 19500117
 研究課題名（和文）
 時系列データの言語表現技術の開発と実用化
 研究課題名（英文）
 Development of a Method to Verbalize Time-series Data and its Practical Use
 研究代表者
 小林 一郎 （ KOBAYASHI ICHIRO ）
 お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・准教授
 研究者番号： 60281440

研究成果の概要（和文）：様々な時系列データを言語化することを通じて、何が起きているかを把握することを容易にさせ、かつ、記録に残しやすくする手法の開発を行った。対象とする時系列データを株価の変動を捉えたものと、同画像中の人の動きを画像処理技術によって捉えたものの二つを対象にし、それぞれのドメインにおいて起きていることを言語化する手法を提案し、システムを開発した。

研究成果の概要（英文）：In this study, I have developed a method to verbalize time-series data. The proposed method allows us easily to recognize what is happening in the data and to record the data. We applied our method to two domains; the time-series data of Nikkei stock average trends and the tracking data of human behavior obtained by image processing for a movie. We built systems to verbalize two kinds of time-series data and verified our method.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1100,000	330,000	1430,000
2008年度	1000,000	300,000	1300,000
2009年度	1300,000	390,000	1690,000
総計	3400,000	1020,000	4420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：知能情報処理、自然言語処理、インタフェース、情報検索

1. 研究開始当初の背景

時系列の数値情報として観測されるデータは数多い。そのため取得された時系列の数値情報を利用した、さまざまな研究が存在する。その代表的なものに知識マイニング手法のひとつである時系列マイニングがある。時系列データマイニングは、医療データ [Ichise, Numao 20

03], 経済データ, システム診断 (将来の負荷状況や障害発生の予測) [井出, 鹿島2004]等, 観測された時系列データからの知識発見を必要とする対象に積極的に適用され, 研究が盛んになっており実用化も進んでいる [NEC社製 Change Finder, TrendLiner, 等]. 時系列マイニ

ングにおける現在の技術では、目視できない時系列データにおける部分的な統計量の特徴を発見・学習（主に変化点の検出）することができることを利点としているが、逆に、時系列データの全体的な動向を捉える巨視的な立場に立った情報抽出・知識発見は行われていない。

また、他の時系列データを使った研究として、自然言語処理技術の分野において、時系列データからそのデータの持つ意味をテキストで表現する「マルチモーダル情報からのテキスト生成の研究」がある。この研究も時系列データマイニングと同様にさまざまなドメインを対象にして研究が行われており、気象情報に関する時系列データからテキストを生成する研究[Boyd, 1998; Goldberg et al. 1994; Coch 1998]、経済データ（市場動向）を用いた研究[Berndt, et al. 1996]、プロセス制御データを扱った研究[Bakshi et al. 1995]、薬品データを扱った研究[Himowitz et al. 1995]などがある。これらの研究の多くが時系列データマイニングにおける時系列データ中の変化点の検出と同じく、Wavelet解析を用い時系列データ中の特異な変化量を捉えることを中心に行われている。

2. 研究の目的

上記、二つの研究分野は、時系列データに対して統計的に処理を行い、与えられた時系列データの局所的な特徴を発見することから時系列データ中の注目すべき点に言及するという立場に基づいている。しかし、一方、専門家が行うような時系列データの動的な変遷が作り出す視覚的な印象に基づいて重要情報を抽出するという巨視的な立場に立った情報抽出・知識発見はできていない。

時系列データの動向に対する巨視的な立場からの情報抽出や知識発見は、ニュースや新聞記事で株価や為替市場の一日の動向を説明する際に、時系列データの動向を示すチャートを視覚的に捉え、説明されることから重要であることがわかる。特に定常状態からの異常を発見する対象の時系列データではなく、どのような振る舞いをす

るのか予測不能である時系列データなどの特徴を捉えるためには、局所的な観察ではなく巨視的な観察が必要になると考える。このことから、本申請研究では時系列データの動向を言葉で表現し、従来手法とは異なり、時系列データからの新しい情報抽出の手法およびテキスト生成手法を提案する。

3. 研究の方法

研究の概要を図1に示す。

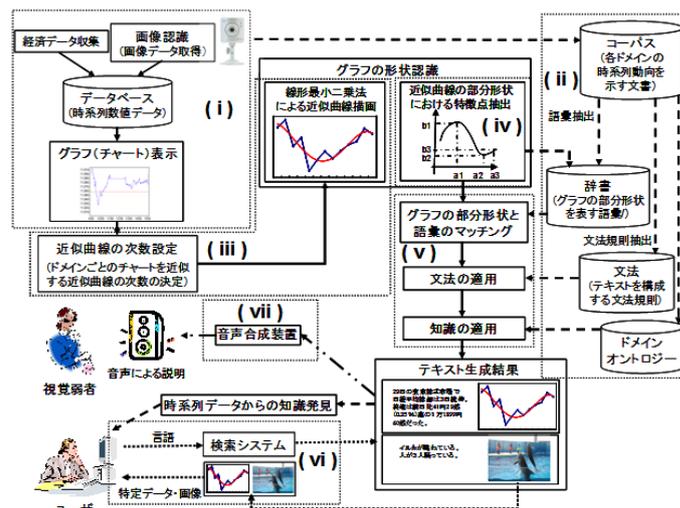


図1. 研究の概要

以下の(i)～(vii)は図1中の番号に相当する。

(i) 対象ドメインにおける数値データの取得

提案する手法を先行研究の日経平均株価の時系列データからさまざまなドメインの時系列データに適用するために、複数のドメインの時系列データを収集する。日経平均株価や為替データの実時間データのインターネットからの取得をおこなう。画像データに関しては、インテル社が提供している画像処理ライブラリOpenCVを利用し、現在までに申請者の研究室で開発した人物の行動を追跡するプログラムを改良し、時系列データを取得する。

(ii) 対象ドメインにおけるコーパス分析による語彙辞書、文法規則、オントロジーの抽出

各ドメインにおいて、時系列データを

表現する文書を分析することにより、そのドメインにおけるグラフ（2次元チャート）の振る舞いを表現するために使用される語彙および文法規則を抽出する。

(iii) 近似曲線の設定

各ドメインにおいて、数値データの特徴、および、そのグラフを表現する語彙・文法表現が異なることから線形最小二乗法によって得られる近似曲線の最適な次数の設定が必要となる。ドメインのコーパス分析が終了後、最適な次数を決定する実験を行う。

(iv) 近似曲線の部分形状における特徴点抽出

グラフの部分形状と各ドメインで得られた語彙の対応を分析し、辞書化することにより、それらのマッチングが行えるようにする。

(v) グラフの部分形状に対する語彙・文法・知識の適用（グラフの挙動を示すテキスト生成）

グラフの全体形状、部分形状からグラフの挙動を示す説明文を生成する。その際、特定の視点からの挙動の説明ができるようにするため対象ドメインにおける知識（オントロジー）を用いる。研究課題(v)終了後、テキスト生成の出力結果を見て、研究内容(iii)および(iv)の見直し（修正・改良）を行う。

(vi) 言語による特定時系列データおよび画像検索システムの開発

グラフの挙動を示すテキストが生成された後、そのテキストからグラフの挙動を示す語彙特徴を抽出し、そのグラフ（特定の時系列データ）を探し出す際のキーワードとしてインデックスに登録する。このインデックスを用いてユーザは特定の時系列データがいつどのように発生したかを調べることができるようにする。

(vii) 音声合成

生成されたテキストを音声合成装置により音声で出力できるようにする。開

発するシステムの汎用性を高めるため Julius など公開されている音声認識・合成システムの利用も検討するが、時間的余裕がないときには商用音声合成ソフトウェアを導入する。

4. 研究成果

以下の2つの対象ドメインについて言語化手法の開発を行った。

- (1) 株価動向の言語化
 - (2) 特定空間における人の行動の言語化
- それぞれの研究成果を以下に示す。

(1) 株価動向の言語化

日経平均株価の10分足のデータから1日の株価の動向を説明するテキスト生成を行う。

生成されるテキストは、以下に示すように株価の動向を示すグラフの形状に言及せずに特定の時点における値を報告するものと、グラフの形状に言及する2つのタイプに分類することができる。

(a) グラフの形状に言及しないもの

「終値は前日比41円29銭(0.35%)高の1万1899円60銭だった。」

(b) グラフの形状に言及するもの

「前日28日の米株高を好感した買いが先行、寄り付き直後には取引時間中で4月8日以来となる1万1900円台を回復した。」

上記、それぞれのタイプのテキストを株価の時系列データをグラフ化し、そのグラフの形状を判別することから生成することを行った。これは、新聞やWebに掲載されている、一日の株価の動向の説明文は人がその日の株価の動向がグラフにされたものを視覚的に捉え、株価動向の振る舞いを文章化していることと同じ手続きをとっている。また、生成されるテキスト中に使用される語彙は実際に新聞やWeb記事中に使用されている語彙を抽出し、人がグラフ化された株価の時系列データを観測、認識し、言葉を使ってその様子を文章化することをシステムの処理過程として採用した。

グラフの動向を把握するとき、グラフが「下がって、上がっている」などの形状によって認識される。グラフを視覚的に把握するため

に、本研究では、午前の相場である前場と午後の相場である後場のグラフ形状それぞれに対して、線形最小二乗法を用いてグラフの近似曲線を作り、その近似曲線の振る舞いを捉えることにより、グラフの動向を言語で表す。近似曲線は4次多項式で表現されている。この多項式の次数は、小さすぎるとグラフの挙動を表現しきれない、また、大きすぎると余分な挙動まで表現してしまう。そのため、最適な最小次数を求める必要がある。そこで、語彙の実際のコーパス(約1ヶ月分の日経平均株価動向の解説記事)を分析することにより、その最適な次数を4次と導いた。

開発したシステムの概要を図2に示す。

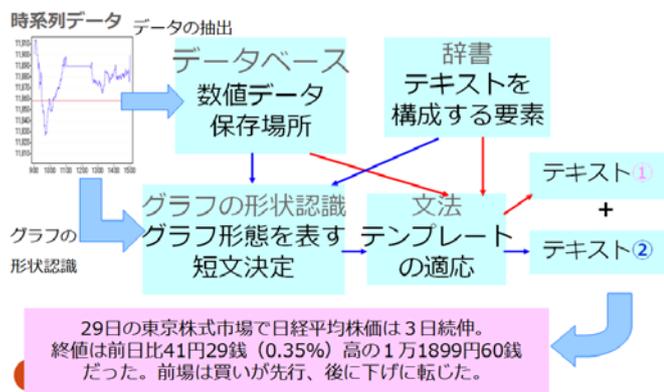


図2. システム概要図 (株価ドメイン)

株価動向を説明するコーパスを分析することにより、株価グラフの部分形状を表現する語彙に対して、該当するグラフの部分形状を数式で表現した辞書を作成し、グラフの形状を言及する文章の生成を行っている。また、生成される文章の文法は、時系列データが観測された時間帯などを考慮した状況情報の補足などがされるが、基本的にはテンプレートに基づいている。

開発したシステムを図3に示す。



図3. 開発したシステム

表1に生成した文章の評価結果を示す。生成されたテキストと実際のコーパスとの完全一致度はそれほど多くはないが、これは書き手の主観によりグラフを着目する観点が異なっているためであり、完全に同一の文章を生成することは極めて困難と言える。しかし、開発したシステムが備えている辞書のグラフ形状の認識に使われる数式のパラメータの包含関係があるものを「同意」と見なせば、本システムはおよそ86%の精度のテキスト生成が行えていると言える。また、実際のコーパスが51文に対して、システムが生成した文数が47文であることは、対象とする時系列データを網羅的に表現できることを示唆し、高い再現率を示していると思なすことができる。

表1. 生成されたテキストの評価

グラフ特徴	実際のコーパス	コーパスに対する一致		グラフの挙動に対する一致
		完全	同意	
状態	4	1	2	11
変化率	25	5	23	12
変動量	6	1	3	11
その他	16	3	16	13
合計	51	10	44	47

(2) 特定空間における人の行動の言語化
 特定空間を「部屋」とし、部屋における人の行動が映っている同画像を解析し、人の振る舞いを言葉で説明する手法およびシステムの開発を行った。

開発したシステムの概要を図4に示す。図4の各部を説明することにより、提案する手法の詳細を説明する。

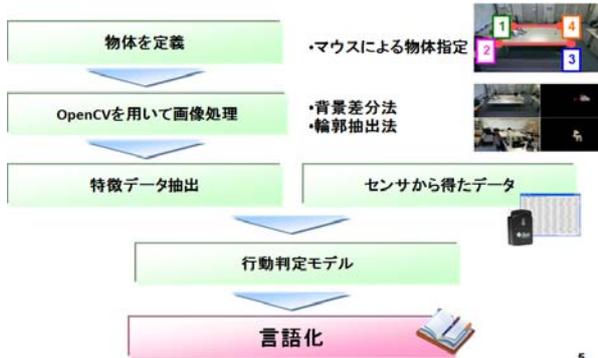


図4. 研究の概要

動画像中に映っている人を判別するために、Intel社が公開している画像処理ライブラリであるOpenCVを用いて、背景差分、輪郭抽出、重心抽出を行い、対象空間における人の移動情報の変遷を時系列データとして捉えた。提案する手法は、対象とする空間における人の行動を示す時系列データとその空間における物体とがどのように関わるかを観察することにより、その結果を言葉で説明するというものである。

対象空間に存在する物体の位置情報をシステムに登録するために、画像中の物体の領域をマウスで指定することによりその位置情報をシステムに登録するインターフェースを構築した(図5)。

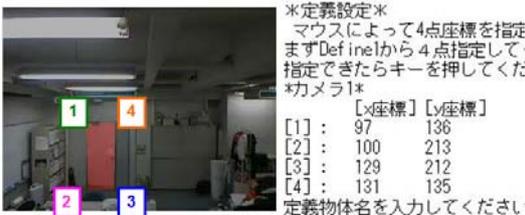


図5. 物体登録インターフェース

また、画像情報だけでは人の行動判定が難しい場合は、センサなどの情報をさらに使用することにより、人の行動を判定するための判断材料を追加している。

動画像から観測された人の行動を示す時系列データとセンサから観測された時系列データは、ベイジアンネットワークモデルを利用することにより人の行動判定を行っている。

また、言語化においては、現時点では人の行動の特徴に基づいた簡単なテンプレートを用意しており、それに観測された値から適切な言語表現を選択することにより文章が生成される。

実験環境を以下に示す。

記録動画：人がドアを開けて入室する

定義物体：ドア

行動判定モデル：「ドア」に対する「開ける」

ネットワークカメラ：Panasonic社

BB-HCM715（二台を異なる角度に設置し撮影）

センサ：Sun Microsystems社 Sun SPOT

（ドアの下方に設置）

上記の設定に基づき、実行した結果を図6に示す。

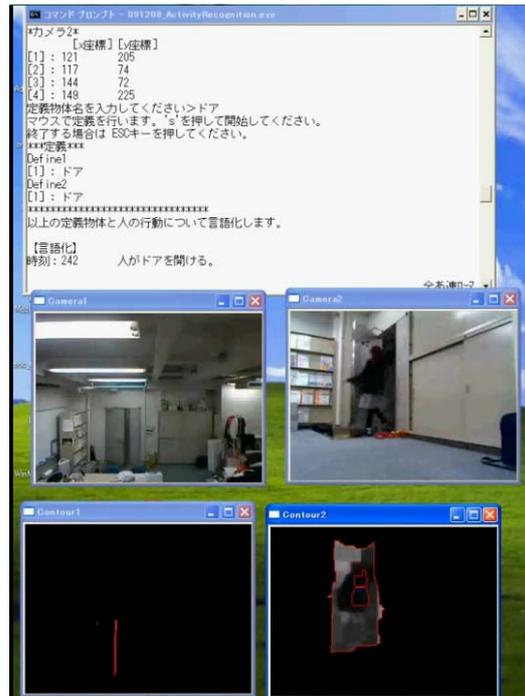


図 6. システム実行結果

図 6 からシステムが人の行動を捉え、「人がドアを開ける」という文章を出力していることがわかる。

上記, (1) (2)における研究成果は国際会議にて報告されており良い成果を挙げている。今後は, 提案手法をさらに深く改良し, 雑誌論文として報告し, 将来的には開発したシステムを公開することにより, 多くの人に使ってもらいたいと思っている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 6 件)

- ① Ichiro Kobayashi and Naoko Okumura, Verbal Explaining of the Behavior of Time-series Data, 2008 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, Workshop on Intelligent Web Interaction 2008 (IWI2008), vol. 3, pp.139-142, 2008, Sydney, Australia
- ② Ichiro Kobayashi and Naoko Okumura, Text Generation for Explaining the Behavior of 2D Charts: With an Example of Stock Price Trends, 7th Workshop Meeting on Evaluation of Information Access Technologies: Information Retrieval, Question Answering and Cross-Lingual Information Access, pp. 515-519, Tokyo, 2008.
- ③ Ichiro Kobayashi and Naoko Okumura, Verbalizing time-series data: With an Example of Stock Price Trends, 2009 IFSA Conference, 2009 EUSFLAT Conference, Lisbon, Portugal, pp. 234-239, 20-24 July, 2009.
- ④ 能見 麻未, 小林一郎、特定空間内の知識を利用した画像処理結果の言語化、第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2009), E3-1, 婦恋, 3. 8-10, 2009.
- ⑤ 落合恵理香, 小林一郎、画像理解に基づく人の行動の言語化における一考察、ヒューマンインタフェースシンポジウム, お茶の水女子大学, 9. 1-4, 2009.
- ⑥ 落合恵理香, 小林一郎、特定空間における人の行動の言語化への取り組み、平成 22 年 3 月、情報処理学会全国大会, 5X-4,

東京大学, 3. 9-11, 2010.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小林 一郎 (ICHIRO KOBAYASHI)
お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学
研究科・准教授
研究者番号：60281440

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし