

危機対応における意思決定支援のための時系列報分析手法

Analysis of Time-Series Reports to Support Decision Making in Emergency Management

小阪 尚子[†]
Naoko Kosaka山口 健史[‡]
Kenshi Yamaguchi小山 晃[†]
Akira Koyama倉 恒子[†]
Tsuneko Kura乾 健太郎[‡]
Kentaro Inui

1. はじめに

東日本大震災から10年が経過する間に、熊本地震を始め震度6弱以上の大きな地震は数十回と発生しており、2018年には北海道胆振東部地震では北海道全域の停電（ブラックアウト）がこれまでにない被害の形として注目された。また、近年では気象の極端化により、大雨や局所的な豪雨等もこれまでの想定を超えた規模となり、河川氾濫や浸水等の被害が大きな問題となっている。このような大災害に見舞われた地域では、発災直後、もしくは、風水害のように予測が可能な災害種別であれば発災前に災害対策本部が立ち上げられる。災害対策本部の役割は、被害の全体像を把握し、人命救助や被災箇所の早期復旧のための計画策定と各種資源の配分を効果的かつ効率的に実施することである。しかしながら、緊急時に現場も錯綜しており、状況も断片的にしか分からない中で、的確に判断することは困難である。そのため、東日本大震災以降に改正された災害対策基本法でも「発災時における積極的な情報の収集・伝達・共有の強化（第51条及び第53条関係）」の重要性が示されている[1]。

米国では、危機管理の標準化が9.11以降加速的に進み、National Incident Management System (NIMS)[2]として体系的に整備されている。危機対応業務を大きく3つの階層に整理して、問題解決レベル、戦術決定レベル、戦略決定レベルに分ける。問題解決レベルは実行機能を担い、現場での情報収集や計画に基づく業務執行が役割となる。戦術決定レベルは企画立案機能を担い、先の問題解決レベルから報告された情報の集約と問題解決レベルでの実行計画の策定が役割となる。最後に、戦略決定レベルは意思決定機能を担い、戦術決定レベルから報告された集約情報を評価して方針判断する役割となり、組織の長（自治体であれば県知事や市長等）が該当する。一般的に戦略決定レベルと戦術決定レベルを合わせた2層が災害対策本部に相当する[3]。筆者等も災害対策本部での危機管理の標準化を目指し、ICTの活用による効果的・効率的な危機対応のマネジメントを支援するために、統合リスクマネジメント支援システム「KADAN」（迅速果断が由来）の研究開発に取り組んできた[4][5]。特に、KADAN上で扱う自由記述でのコミュニケーションのログに対して、既に対応済みのタスクや重複して実施中となっているタスクの確認等において、類似検索といった自然言語処理の活用を試みてきた[6][7]。また、実対応中のログ活用の他に、過去事例をノウハウとして蓄積することで、経験の浅い担当者でも類似の事象に対する判断の支援ができるようなスキーマの設計等も行ってきた[8]。前述で扱っているコミュニケーションのログとは別に、災害対策本部（特に、戦術決定レベル）では、各組

織からの報告を集約して構成されるときりまとめ報や本部会議資料が扱われる[9]。現場からの報告を集約したとりまとめ報を元に各部局での調整を図り、結果を本部会議資料として構成する。本部会議での意思決定結果を反映して実行計画を策定する流れとなる。災害対応に携わる多くの組織で同様の情報処理を実施しており、自治体等では被害報や本部会議資料が時系列に管理され、ホームページ上でも公開されている[11]。これらの時系列での報告における慣習として、報告項目をある程度決めた中で対応状況に応じて報告項目を増減しつつも、前回報からの差分箇所に下線を追加して報告するという傾向がある。また、自然災害だけでなく昨今の新型コロナウイルス感染症に対する厚労省の感染状況や対応に関する報道発表でも同様となっている（図1）[12]。

国内で今般の新型コロナウイルスに関連した感染症の感染者は1,953例となりました。
内訳は、患者1,494例、無症状病原体保有者233例、陽性確定例（症状有無確認中）226例となります。国内の死亡者は56名となりました。

1. 国内の状況について

3月31日12:00現在、1,494例の患者、233例の無症状病原体保有者、陽性確定例226例が確認されている。

図1 厚労省の新型コロナウイルス感染症の状況に関するホームページの例

昨今の災害分野における自然言語処理の研究テーマとして、SNSの投稿内容を地図上でリアルタイムに表示して状況を把握する試みが活発であり[13]、実サービスとして提供も始まっている。SNSにおける集合知を活用する場合、統計的な処理が非常に有効となってくる。また、同じ表現でも文脈により肯定的な意見なのか、否定的な意見なのか解釈が異なる場合もあり、感情を推定する研究も進められている[14]。統計的な文章表現の傾向や記載した人の感情等によりポジネガ（ポジティブ・ネガティブ）を判断する手法とは異なり、災害対策本部で扱うとりまとめ報は、最新報で前回報からの差分を中心に報告していく形式となっており、災害対応の状況について極性のポジネガ判断のようなものは、テキスト内の表現としてあらわれるものではない。すなわち、前回報からの数値情報の変化から状況が改善しているのか、悪化しているのかを判断していくこととなる。

本論文の目的は、実対応時の時系列報における判断の効率化を図る方法について、災害対策本部で扱われるログの

[†] NTT 宇宙環境エネルギー研究所

NTT Space Environment and Energy Laboratories

[‡] 東北大学 Tohoku University

中でもとりまとめ報に相当するログの分析により処理方法をデザインし、実際の災害対応でのログへの適用可能性や有用性について検証することである。

2. 時系列報の基礎分析

2.1 一般的な時系列報の例

前述のコロナでの時系列報(図1)において、毎日、もしくは、数日おきに発出される広報資料では、前報との差分を表現する方法として下線が用いられることが多く見受けられる。報告する側の意図としては、どこが変わったかを効率的に示したいということと、報告される側としても全体を同じ重みで読むというよりは、特に変化した部分に着目して知りたいということで、このような表現が用いられると考えられる。しかしながら、最新報の下線部分を見ればどこが前回と変わったのかは分かるが、どう変わったのか、更に遡ってこれまでの経緯というところまでは判断しがたい。例えば、数値情報の場合には変化箇所の下線と共に、増減値を追加で記載する形式もある。その場合でも、時系列での一連の変化は捉え辛いため、同じ項目について時間を遡って確認していく必要がある。その際、図1のような文章形式での報告書であった場合、前後の報告書間で同じ項目を照合して遡って傾向を確認することとなり、作業の手間がかかっているという問題も散見される。

2.2 危機対応ログでの時系列報の概要

KADAN 上でやりとりするとりまとめ報に相当するログの例を図2に示す。左が前報報、右が最新報となっている。こちらはダミーデータではあるが、実際にやりとりされているログの要素を反映している。KADAN 上のログでは前述の下線の表示はなされていない。例えば、報告項目については、区切りを分かりやすくするために文頭に「◇」や「■」のようなマーカーを付与している。状況が大きく変化したり、報告者が交代したりすると、記載方法が変わることも度々発生する。また、前回からの追加分を記載するようにしている部分や報告の本体の部分と前報からの再掲部分とに分けている形式も見受けられる。基本的には、前報をベースとして編集しているものが殆どではあるが、報告項目によっては、毎回出現するものばかりではなく、数回前の報まで遡って対応づく項目が存在することもある。

| 前報報 | 最新報 |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ビル孤立>6ビル ◇ケーブル断:1ビル | ■ビル孤立 8ビル ◇ケーブル断:2ビル |
| <ビル孤立解消> ◇ケーブル断:4ビル ◇ビル水没:4ビル →ビル周辺が水没し立ち入りできない。 | ■ビル孤立解消 (前報からの追加分):3ビル ◇ケーブル断:2ビル ◇ビル停電:1ビル ◇ビル水没:4ビル →現地を確認したところ、水が引かないため復旧目途立たず |

図2 KADAN ログの例:ダミーデータ

2.3 危機対応ログでの時系列報の特徴分析

KADAN ログでのある組織の時系列報における文字数の変化を図3に示す。横方向は報数で時間の経過を、縦方向は報告項目番号で図2の「ビル孤立」、「ビル孤立解消」等を表している。報告項目は、出現順に上から下に追加されている。すなわち、下の方の項目は最初の期間は報告されていないが後になって報告項目として追加されているものとなる。そのため、初期の頃の報告がない報では「-1」となっている。また、最初の方で報告されている項目で、例えば本部の立ち上げのようなものはある一定期間の後は報告がなくなったり、飛び石で報告されていたり、毎回ほぼ報告されている項目等のバリエーションがあることが見て取れる。この図の特徴としては、発生順に項目を上から追加していることで、右下に報告の流れがシフトしていることが分かる。報告項目と対応付ければ、おおよその対応フェーズ等の把握にも有用であると考えられる。また、被災規模等にも依存するが、大きな災害の場合には、単一報での文字数は軽く1000文字を超えており、詳細に読み込んで、記憶にある前報と照合して差分を把握するには、難しい状況であることも確認できた。

| | 第1報 | 第2報 | 第3報 | 第4報 | 第5報 | 第6報 | 第7報 | 第8報 | 第9報 | 第10報 | 第11報 | 第12報 | 第13報 | 第14報 | 第15報 |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 1 | 141 | 42 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 51 |
| 2 | 73 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 3 | 251 | 168 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 84 | -1 | -1 |
| 4 | 58 | 72 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 5 | 155 | 171 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 6 | 66 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 7 | 33 | -1 | -1 | -1 | -1 | 52 | -1 | 33 | 31 | 43 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 8 | 176 | 177 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 9 | 67 | 67 | -1 | -1 | -1 | -1 | 152 | 157 | 159 | 188 | 114 | 115 | 69 | 69 | 69 |
| 10 | 124 | 125 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 108 | -1 | 127 | 125 | 122 | 132 | 93 |
| 11 | -1 | 36 | -1 | -1 | 73 | -1 | -1 | -1 | 79 | 79 | 38 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 12 | -1 | 92 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 13 | -1 | 119 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 14 | -1 | -1 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | -1 | -1 | -1 | 15 | -1 |
| 15 | -1 | -1 | 42 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 16 | -1 | -1 | -1 | 51 | 56 | 85 | 108 | 121 | 46 | 93 | -1 | -1 | -1 | 7 | -1 |
| 17 | -1 | -1 | -1 | 111 | 111 | 185 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 109 | -1 | -1 |
| 18 | -1 | -1 | -1 | 49 | 59 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 19 | -1 | -1 | -1 | 45 | 90 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 20 | -1 | -1 | -1 | -1 | 59 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 21 | -1 | -1 | -1 | -1 | 119 | 47 | 71 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 22 | -1 | -1 | -1 | -1 | 60 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 23 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 121 | 116 | 101 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 24 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 66 | 62 | -1 | 58 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 25 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 198 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 26 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 65 | 136 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 27 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 32 | 67 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 28 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 237 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 29 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 72 | 134 | -1 | 195 | 231 | -1 | 307 | -1 |
| 30 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 83 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 31 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 62 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 32 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 128 | 81 | 90 | 100 | -1 | -1 | -1 |
| 33 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 203 | -1 | 95 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 34 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 89 | 192 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 35 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 40 | 40 | 70 | 70 | -1 | -1 | -1 |
| 36 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 123 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 |
| 37 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 166 | 166 | 166 | -1 | -1 |
| 38 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 34 | -1 |
| 39 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 33 | -1 |

図3 時系列報の文字数の変化
(横方向:報数、縦方向:報告項目番号)

次に、単一報の中での編集形式の内訳を図4に示す。ここでは単純に前回報からの差分を見るのではなく、編集履歴という観点で、飛び石でも同じ報告項目があれば、2つ以上前の報でも比較して編集形式の内訳を決めている。横軸は報数で時間の経過、縦軸は文字数を表している。積み上げの棒グラフは単一報での内訳を示しており、変化なし、編集(書き換え)、追加(書き足し)を合計すると、一報分の文字数に相当する。一方、折れ線で示している削除箇所については、最新報では報告されていない前回報から削除された文字数を示している。典型的なパターンとしては、変化なしの部分が大部分であり、部分的に編集や追加があるという傾向になっている。すなわち、変化なしの部分は時系列の変化の中ではそれほど重要ではないため、効率的に文章を読めることが期待できる。また、図では初期に全体の文字数がガクンと2回程下がっている部分があるが、途中で追加部分のみの報告があったり、前回の報告の修正部分のみの報告があったりするとこのような現象が生じている。

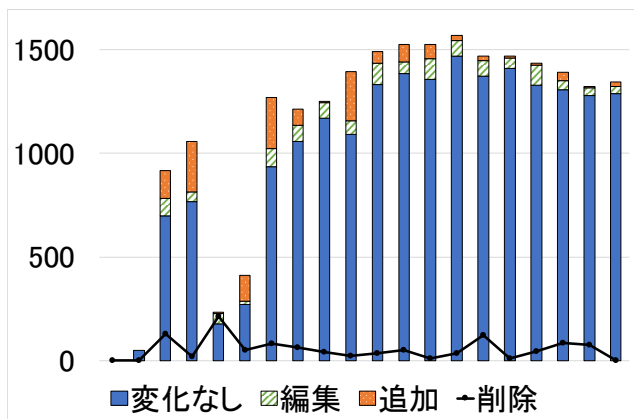


図4 時系列報での編集形式の内訳
(横軸：報、縦軸：文字数)

3. 差分表示のためのテキスト処理

2.1節で述べたように、pdfで公開されている文書において過去報との差分を修飾されていたり、プレーンテキストであっても過去報の情報が補足として書かれていたりするケースがある。そういった修飾は人手で行われていると見られる。差分を獲得して可視化する機構があれば、報告の受け手の理解の助けに、また報告する側の記述の支援にもなるはずである。

しかしながら、時系列で並べた時に報告項目が飛び石状に出現していることを2.3節で確認した。そのため、通常のdiffコマンドの機構で差分を獲得するのでは不十分であると考えられる。ここで扱うテキストの特徴と、単純にdiffコマンド等で差分表示した様子について、模式的に図5に示す。

単純な差分表示では、前々回報にあって前回報になかった報告項目全体が新規で追加されたという差分になる問題が起きる。実際にはこの部分は前々回報から記載を転記して書き換えているケースがほとんどであり、前々回報との差分を獲得し可視化するのが望ましい。削除された報告項目も、まるごと削除されたという扱いとなる。該当の報告項目で報告する事項がなかったということが伝われば十分である。また、報告項目を超えて文と文をマッチさせる必要もない。仮に表層上で似ている文があったとしても、異なる報告項目にあるならばその意味する内容は違うはずのものである。

したがって、図6に示す通り、報告項目の分割と分割した報告項目毎に過去のどれを差分獲得するかを決定することから始める。その後対応する報告項目の文章間でマッチングを行う。さらにその過程でそれぞれの文と文とのマッチングを行い、文間の差分と距離を獲得する、2重のDPマッチングによって差分表示を実現する。

したがって、図6に示す通り、報告項目の分割と分割した報告項目毎に過去のどれを差分獲得するかを決定することから始める。その後対応する報告項目の文章間でマッチングを行う。さらにその過程でそれぞれの文と文とのマッチングを行い、文間の差分と距離を獲得する、2重のDPマッチングによって差分表示を実現する。

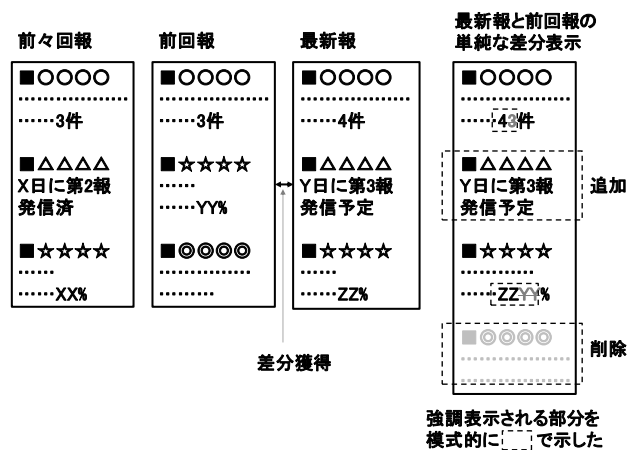


図5 文構造の例と単純な差分表示

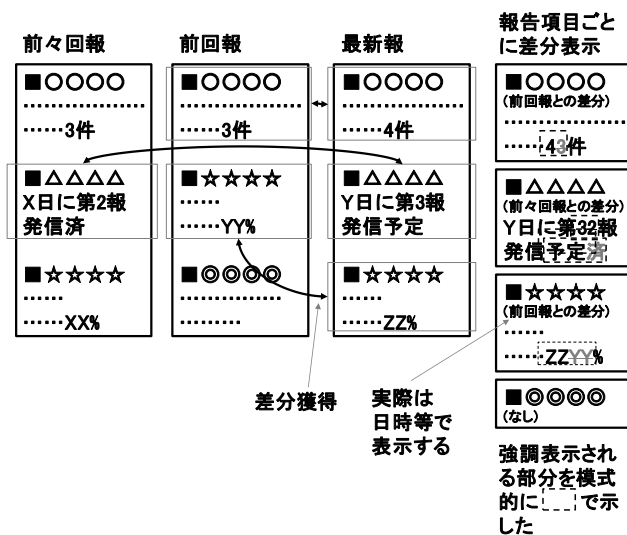


図6 提案法の差分獲得対象と表示例

とりまとめ報は人間が読みやすいように構造化されており、報告項目の見出し部分は■ <>などの記号を使い、視認しやすいよう、また混同されることがないように留意して書かれている。したがって単純なルールで十分に識別可能になっている。今回は正規表現のごく小さなサブセット

を実装し、災害ごと、組織ごとにパターンを個別に記述した。例えば **■* <*>** などである。ここで*は通常の正規表現では.*?に相当する。行頭からパターンにマッチする行で、*にマッチする部分を報告項目の表題として取り扱う。今回取り扱ったログでは、問題なく報告項目を分割できることを確認した。

2 つの列構造データに対して差分の獲得には、Shortest Edit Script(SES)[15]を DP マッチングで求める手法がある。SES は与えられた 2 つの列に対して、一方から一方に変換する一連の編集操作のうちで、最短のものとして定義される。差分の獲得と同時に、SES の長さは 2 つの列の差の大きさ (編集距離) として捉えられる。

例として「2本復旧済」と「3本全復旧」を比較した場合のエディットグラフと SES を図 7 右上で示す。エディットグラフは 2 次元のグリッド上の有向グラフである。上の頂点から下向きに、左の頂点から右向きに、左上の頂点から右下向きに有向辺が引かれ、コストが与えられる、縦方向、横方向のコストは 1 とする。斜辺のコストには、対応する縦の要素と横の要素の情報を入力とするコスト関数を導入する。シンプルなコスト関数は、縦の要素と横の要素が同一の場合 0、異なる場合に定数となるようなものである。ダイクストラ法によって左上の頂点から右下の頂点への最小コストとなる経路を探索する。得られた経路で、横方向および縦方向の移動が「列の 1 要素の追加」「列の 1 要素の削除」にあたりと解釈でき、斜め方向の移動は、コストが 0 の場合は編集されなかった部分と、そうでない場合は改変した部分と解釈できる。これにより差分表示をすることができる。文「2 本復旧済」と「3 本全復旧」の比較では、「2」と「3」の組に至る斜め移動が「2」から「3」への編集、右移動が「全」の追加、下移動が「済」の削除に対応する。

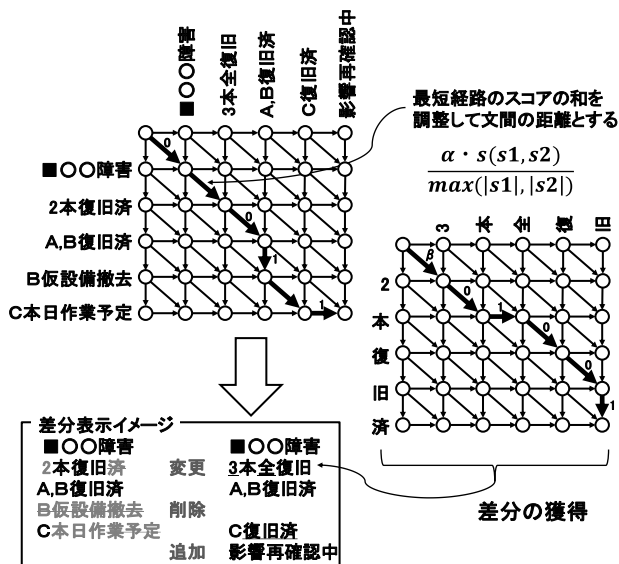


図 7 最短経路と差分表示の関係

文章を文の列構造と見なし DP マッチングを行うことで差分を獲得する。その際に文と文との距離を求める関数が必要となるが、それには文と文の DP マッチングを行うこ

とで右下に現れるスコアを利用する。文 s_1 と文 s_2 を比較したときの右下に現れるコストを $s(s_1, s_2)$ とする。その最大は $\max(|s_1|, |s_2|)$ (ここで $|x|$ は系列 x の長さ) となる。文章同士を比較する際のエディットグラフ上の斜辺移動コストを $0.0 \leq \text{斜辺移動コスト} \leq \alpha$ となるよう、次式で定義する。

$$\begin{aligned} & \text{文章比較での斜辺移動コスト} \\ & = \alpha \cdot s(s_1, s_2) / \max(|s_1|, |s_2|) \end{aligned} \quad (\text{式 1})$$

α を大きくすると斜辺のコストは大きくなり、2.0 を超えると斜辺の経路ではなく縦移動+横移動の経路が SES に含まれるようになる。これは要素が編集されたのではなく、要素の追加と削除がおこなわれたという差分になる。このように、距離関数およびパラメータ α を変更することで、差分を調整することができる。

文と文の比較表示では、被害の大きさ、復旧の進捗などの数値で記述されている箇所をまとめた編集箇所として表示させたい。数値項目については事前にトークナイズの処理を行い、数字や日付、時刻と解釈できる部分を 1 つのトークンとして取り扱うこととした。文と文を比較する際のエディットグラフはトークン単位となる。縦のトークンと横のトークンが両方とも数値トークンであり、かつ、内容が違う場合、斜辺のコストとして実数のパラメータ β を与えることとした ($0.0 \leq \beta \leq 1.0$ の範囲とする)。違う種類のトークンであった場合、または、違う文字トークンであった場合、斜辺のコストを 1.0 とした。このパラメータは文章比較での斜辺移動コストに影響を与える。

差分表示した際にどのように見えるかと状況を把握しやすいかという観点で、実際に過去の災害対応で KADAN 上に蓄積されたテキストに対して報告項目ごとに前後の対応付けを手でおこなった。文の区切りは改行文字のみで判断し、空白文字を取り除いた時に空行になる箇所は取り除いた。手で構築した差分表示結果で一致と編集にあたる行の組み合わせを取り出し、これを差分表示の正解データと考える。アルゴリズムによる処理でこの正解データを再現できるかどうか、またパラメータ α および β を変化させた時に精度に影響を与えるかを検証した。

4. 本手法の適用結果と考察

4.1 対象の時系列報

今回対象としたのは、2018 年から 2020 年までの 3 年分のログであり、風水害に絞って複数の組織からの報告が揃っているものとして 9 つの災害について選定した。内訳は豪雨が 3 つ、台風が 6 つである。各組織での報数の平均は 18.5 報であり、最大 43 報、最小 2 報である。前章の設計に従い、各ログは差分表示での変化していない部分を人が判断して対応付けたものを正解データとして生成している。

4.2 結果と考察

正解データを用いたパラメータチューニングに関する検証について説明する。前章でのコストについて、まずは部分的な数値等の書き換えに関する部分は β により調整される。 β が 0~1 の間でどのように精度に影響があるかを F 値で比較したものを図 8 に示す。縦軸が F 値を表しており、 α がどのような値でも β による精度の差は微小であること

が確認できた。また、F 値を構成する Precision や Recall の値に関してもほぼ一定という状態であった。

次に、文章同士の結びつきを調整する α について 1~3 の間でどのように精度に影響があるかを F 値で比較したものを図 9 に示す。 α については、Precision は α が大きくなるほど F 値が上がり、Recall がその逆となり、両者がトレードオフの関係となっているため、F 値は α が 1.75 付近で最大となっている。しかしながら、グラフは山形にはなっているものの、 β と同様に α の F 値も差は微小であった。

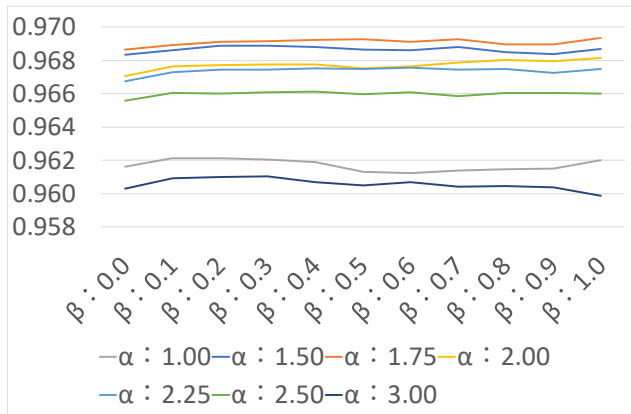


図 8 β のチューニング
(横軸： β 、縦軸：F 値)

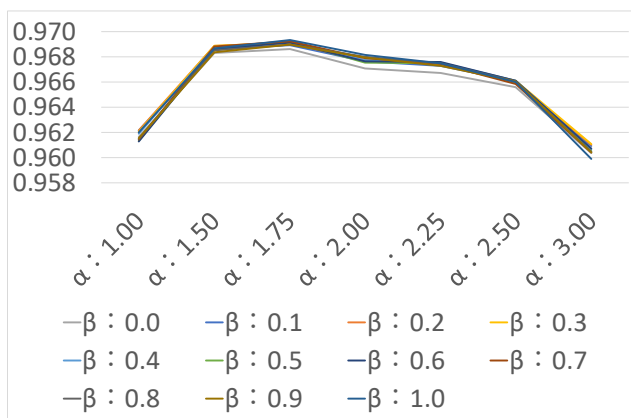


図 9 α のチューニング
(横軸： α 、縦軸：F 値)

不正解とされた箇所は、前後で大きく文章全体が改変されたため対応付けが存在しないケースや、複数行を一行にまとめたり一行を複数行に分割したりしたケースが主だったものであった。

前後で大きく文章全体が改変された箇所については、手対応付けした正解データとしてはすべてを追加された行として取り扱っている。それに対してシステムではある程度似た箇所がある行を編集が成されたと見なすため不正解となる。書き手の意図としては大きく書き換えた部分がより注目すべき部分であるはずである。システムとして差

分表示から従来の表示に切り替える機能があれば、そのようなケースでの支障は小さいと考える。

複数行を一行にまとめたり一行を複数行に分割したりした箇所については、改変が行われた箇所のいずれかの行と組み合わせられて差分表示されていた。そのためどのような更新が行われたかの比較は難しくないと考える。

毎報出現しない報告項目に関して前々回以前を探索して対象とし、報告項目ごとに差分を獲得することで十分な精度を満たしている。更に、ユーザ側としても対応付けの作業が効率化されるため有用な機能であると考ええる。

以上より、パラメータチューニングの F 値での評価結果では、今回のシステム運用開始から 3 年目までのログに対してデザインの適合度が高く、チューニングの必要性は低いとは考えられる。但し、今後継続して運用する中で、担当者変更による記載方法の変化や災害種別による記載項目の変化の影響等も想定されるため、運用中に適合度が下がってきたと感じた場合にチューニングを実施できるようにしておくことが、長期間の安定した運用に重要と考える。

また、F 値に関しては全て正解という結果ではなかったが、不正解とされた箇所は、人間が最新報と前回報との差分表示で並べて表示しながら参照することで、容易に変化を理解できるものばかりであるため、実用上は問題ないと考えられる。

5. ユーザ評価

5.1 評価方法

対象者は企業の災害対策室職員 2 名である。対象は少数ではあるものの、実際の災害対応における KADAN の実ユーザということで、より具体的な意見の収集が可能である。実施手順は以下の通りで、全体約 1 時間でのヒアリング形式で各種意見を収集する。

【実施手順】

1. 当日の流れの概要説明
2. KADAN 上でのログ参照による意見収集
3. ログや差分表示の参照による意見収集
4. サンプル画面の参照による意見収集

【質問項目の例】

上記実施手順 2 での質問項目は、下記の通りである。

- 複数社の中で個社の時系列の報告をどのように比較されていますか？
(例：KADAN 上、もしくは、エクスポートしたテキストで比較する、最新報のみで凡そ判断できる 等)
- 複数社間の被害や復旧の件数や被害や復旧のエリアをどのように比較されていますか？
(例：項目別に抽出して、地図上にマッピングして比較する、KADAN とは別に報告される地図で比較する 等)
- KADAN 上でよく使っているところ、困っているところ、今後使えれば良いところ等、お聞かせ下さい。
(例：定期的な情報収集の手段として使っている、対応の振り返り等で見返している 等)

※ KADAN 上で、差分表示を行わない従来のログ表示（図2）をもとにヒアリングする。図4に示した通り、1報は1000字以上あるものとする。

上記実施手順3での質問項目は、下記の通りである。

- 報告項目の重要度の順番などあればお教え下さい。（例：被害状況、復旧状況、停電状況等）
- ある報告項目内の値の変化だけでなく、報告項目の増減について重要視されていますでしょうか？（例：ビル孤立、ビル停電等）
- 再掲部分についての捉え方をお教え下さい。（例：再掲部分は、必ず読む/気になる項目は読む/時間があるときに読む/読まない等）
- 差分表示により変化箇所の把握が効率化されていますか？（例：効率化される/効率化されない等）
- 特に抽出したい項目等ありますでしょうか？（例：前回報にない場合も過去に出てきた分と比較したい等）
- 差分ポジネガ表示の表示方法についてご希望はありますか？（例：2報以上前もさかのぼって比較したい、報告項目での増減を一覧したい等）

※ 人手で作成したログの差分表示の例（図10）をもとにヒアリングする。報告項目でブロックが区切られ、報告内容は対応する行が同じ段に表示され、追加や削除、編集が把握しやすいものとなっている。

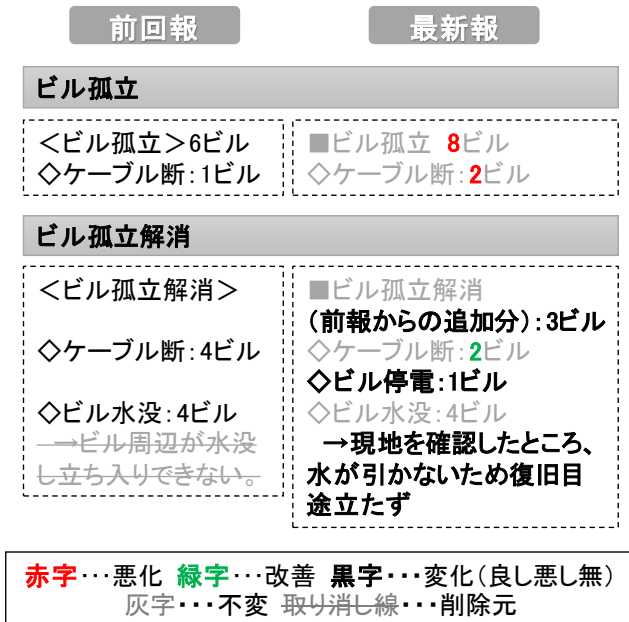


図10 差分表示の例（図2に対応）

上記実施手順4での質問項目は、下記の通りである。

- 複数社間の状況を比較するための表示方法でのご要望はありますか？

（例：各社を1画面で一度に参照できる、地図上に表示等）

※ ここでは図11のように最新報と前回報を表形式や地図で表現したサンプル画面や図12のように時系列の変化を表すグラフを見せながらヒアリングする。

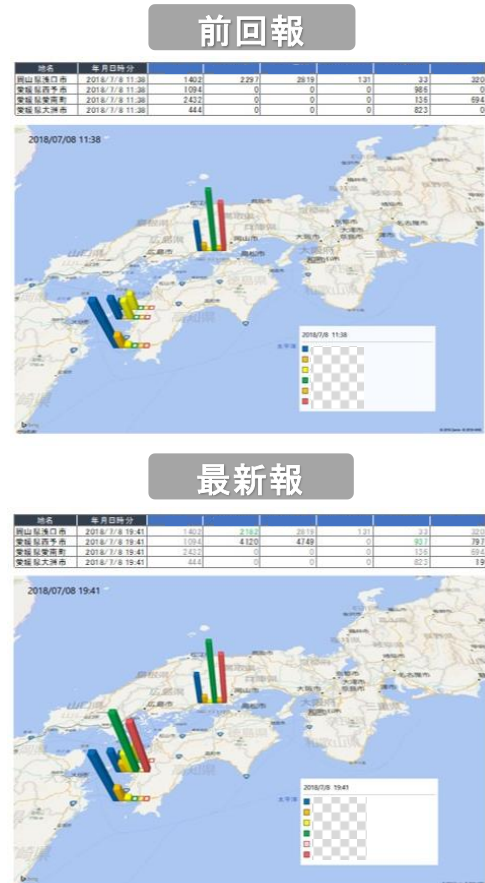


図11 表形式や地図での表示例

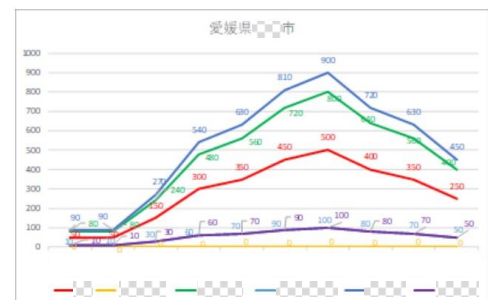


図12 時系列の変化を表すグラフの例

5.2 結果と考察

ヒアリングの進め方としては、前節の質問項目に沿って進めつつ、ユーザの特に要望の強い部分や課題となっている

る部分については追加質問により深堀し、想定していないような回答に対しては理由等を尋ねるようにして意見を収集するように努めた。所要時間は70分程であった。代表的な意見を下記に示す。

【代表的な意見】

実施手順2でのKADANのログ参照に関する意見

- 現状は、最新報と前回報を紙に打ち出して、人手(&電卓)で対応箇所を見つけて差分を確認している。
- 最新報の中の再掲部分は前述の通り、前回報と比較するため見ない。
- (上記に関連した質問) なぜ再掲部分を設けているのか?
- (追加質問に対する回答) 再掲部分はKADANとは別の報告(例えばメール)を流用しているためではないかと考える。
- 比較は前回報とであり、複数社間では比較していない

実施手順3での差分表示に関する意見

- 差分が分かるのは有用である。幹部報告で利用したい。
- 差分表示時に数値項目の箇所では、増減の色分け(ポジネガ判定)もして欲しい。更に増減した数値(プラスマイナス)も計算してほしい。計算結果の信頼性が低い場合は「***」という表現でもよい。但し、あくまで補完ツールで手間がかかると使わないだろう。
- 報告項目の時系列の一覧表はアウトプットとして使えそう。ある報告項目を遡って数値を追うこともあるため、ピークも分かると利用価値は高い。

実施手順4でのサンプル画面に関する意見

- KADAN ログ内容を地図上に可視化することは想定していない。便利かもしれないが見てみないと分からない。地図上に表示が必要なものは別にシステムを使用している。

以上より、現状の時系列報での差分を捉える作業において、本手法が有効であるという意見が得られた。また、対応部分の局所的な増減に加えて、ある報告項目を遡って経緯を把握するのにも有用であることが示された。報告を挙げてくる経路や最終的な報告先にも依存することではあるが、比較対象の主要な観点は同一組織内での時系列報であって、異なる組織間での比較は今回の場合には用途としてなかった。また、とりまとめ報から地図上に自動的にマッピングしていくことも今回のような報告の過程では要望は低いことが分かった。回答にもあったが、地図でみたいものは初めからGISのような地図上で参照しているため、文章になって位置精度が落ちたものを取ってプロットしなおすということにはならないということかと考えられる。とりまとめ報の大きな目的としては、詳細を報告するというよりは、より上位層で判断が必要な事柄を集約して挙げていくことであることが理由と考えられる。

6. 結論

本論文では、災害対策本部において扱う時系列のとりまとめ報について分析し、最新報の内容から効率的に状況把握する方法として前回報との差分表示手法を提案した。人間が見やすい差分表示を人手で作成した正解データとの比較により本手法の有効性を確認すると共に、ユーザへのヒアリングにより実対応における有用性や作業効率化について確認することができた。

今後の課題としては、実際にユーザにシステムを操作してもらった実証までは至らなかったため、実運用に近い形での評価が挙げられる。従来のやり方に対する本手法の効率化の定量的な評価が必要である。また、従来のやり方の効率化の他に、俯瞰表示としてトピック一覧表やその中での変化点の提示による状況変化への気づきやプロアクティブな対応を促す効果の測定についても更なる検討が必要であると考えられる。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、実験環境の構築やヒアリングにご協力頂きました災害対策室の皆様にご心より感謝致します。

参考文献

- [1] 内閣府防災情報のページ, “災害対策基本法等の一部を改正する法律(平成24年法律第41号)”, http://www.bousai.go.jp/taisaku/kihonhou/kihonhou_h24_01.html (2021.4.15参照).
- [2] FEMA, “National Incident Management System (NIMS)”, <https://www.fema.gov/emergency-managers/nims> (2021.4.15参照).
- [3] 東田光裕他, “実効性を重視した危機対応マニュアルの作成と訓練による検証—3層構造マニュアルの提案—”, 地域安全学会論文集, No.10, pp.473-482, (2008).
- [4] 小阪尚子他, “統合リスクマネジメント支援システム「KADAN®」を活用した緊急支援機能に基づく状況認識の統一の検討”, 第17回情報科学技術フォーラム(FIT2018), CO008, pp.111-117 (2018).
- [5] 小阪尚子他, “大規模国際スポーツイベントへの危機対応支援システムの適用—第8回札幌アジア冬季競技大会における「KADAN®」の活用—”, 電子情報通信学会論文誌D, Vol. J101-D, No.10, pp.1405-1413 (2018).
- [6] 乾健太郎, “災害対応支援を目的とする防災情報のデータベース化の支援と利活用システムの構築”, 戦略的創造研究推進事業(社会技術研究開発)平成24年度研究開発実施報告書, (2012).
- [7] Naoko Kosaka et.al., “Disaster Information System Using Natural Language Processing”, Journal of Disaster Research (JDR), Vol.12, No.1, pp. 67-78 (2017).
- [8] 小阪尚子他, “危機対応における業務経験のスキーマ化に関する検討—スキーマ化された戦術決定レベルの対応ストーリーの生成—”, 地域安全学会論文集, No.32, (2018).
- [9] 一ノ瀬文明, “災害情報システムにおける非定型情報処理の重要性の検証とその効果的な活用方法の提案”, 地域安全学会論文集, No.27, (2015).
- [10] 千葉県, “千葉県防災ポータルサイト(被害集計)”, http://www.bousai.pref.chiba.lg.jp/PUB_VF_Detail_Docs (2021.4.15参照).
- [11] 千葉県, “千葉県災害対策本部会議”, <https://www.pref.chiba.lg.jp/bousai/bousai/20190915taifuu.html> (2021.4.15参照).
- [12] 厚生労働省, “新型コロナウイルス感染症の現在の状況と厚生労働省の対応について(令和2年3月31日版)”, https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_10636.html (2021.4.15参照).

- [13] 国立研究開発法人情報通信研究機構他, “DISAANA (ディサーナ) : 対災害 SNS 情報分析システム【リアルタイム版】”, <https://disaana.jp/rtime/search4pc.jsp> (2021.4.15 参照).
- [14] 徳久良子他, “Web から獲得した感情生起要因コーパスに基づく感情推定”, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.4, pp.1365-1374, (2009).
- [15] E.W. Myers, “An $O(ND)$ difference algorithm and its variations,” *Algorithmica*, vol.1, pp.251–266, 1986.