

集合知を利用した環境情報システム

—環境情報と地図情報のマッシュアップ—

専修大学ネットワーク情報学部ネットワーク情報学科 柳澤剣 小室匡史 綿貫理明
株式会社セントラルシステムズ 大西寿郎

環境対策には、一人ひとりの日常の心がけと実行が大切である。本研究は、環境問題に関する集合知を共有することによって、身近な環境対策を促進させることを目的としている。ここでは、エンドユーザがGoogleMaps上に環境対策方法を投稿する形式を採用している。具体的には、GoogleMapsAPIを利用して、環境対策方法と位置情報のマッピングをおこなった。本システムの特徴は、地域特性を含んだ環境対策を共有することで、地域とそこに住んでいる人に対する環境対策促進のシナジー効果を狙っている。また、GoogleMapsの利用により、誰でもこの活動に参加し、世界にこの運動を広げることが可能である。

Environmental Information System using Collective Intelligence

Mash up of Environmental Information and Geographical Information

School of Network and Information, Senshu University Tsurugi Yanagisawa, Masashi Komuro, Osaaki Watanuki
Central Systems Co.,LTD Hisao Ohnishi

Individual intention and daily actions are important for improving environmental measures. Our purpose is to develop collective intelligence on the environmental problems from many end-users of Web terminals. By sharing collective intelligence of the environmental problems, we can adopt a way that end-users can post environmental measures on GoogleMaps. We have been able to map the environmental information onto the location using, GoogleMapsAPI. The feature of this system is sharing environmental measures including regional characteristics. We are aiming to encourage in a synergistic way for people to share the environmental information in their local area. Also, since the system uses the GoogleMmaps, anyone can join this activity, and it would be possible to extend the local activity to a global movement.

1 はじめに

環境問題が各メディアでも多く取り上げられるようになった現在、国内外問わず、企業や研究機関ではバイオ技術やハードウェア技術による取り組みがおこなわれており、地域では廃棄物の分別や環境教育の取り組みがおこなわれている。環境問題とは、根本の原因が人間の活動自体にあることが気候変動に関する政府間パネル(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)の報告によって述べられており、我々の日常生活により一層の啓蒙・意識改革が必要とされている。著者らは、昨年度の年初から社会に対し、環境に対する啓蒙・意識改革を目的とするプロジェクトを立ち上げ、これまで社会に対して積極的な働きかけをおこなってきた[1, 2, 3]。

啓蒙・意識改革を促す際に重要となるのが、環境問題に対して、社会にどの程度認知されており、各地でどういった活動がおこなわれているかを

知ることである。各地域でどのような活動がおこなわれているかを知ることは、個人の活動の触発へと繋がると共に、一人ひとりの活動を大きな社会運動へと高められる可能性がある。本稿では環境問題について、Web2.0時代の代名詞である集合知の概念を技術化して利用することを提案する。情報技術を用いることによって、個人の持つ環境に対する意見が共有され、集合知を形成することにより、環境に対する関心がより高められる。

Tim O'Reillyによって定義されたWeb2.0では、性善説に基づく集合知の利用など7つの特徴が挙げられている。橋本[4]はテクノロジーにより便利なサービスが登場すると、それを利用するユーザのコミュニティが形成され、そのコミュニティが成長することによりビジネスが始まるという。Web2.0時代における集合知利用の有用性とは、単に意見をウェブ上で回収するだけに留まらず、その意見をユーザにフィードバックし、より有用な

情報を得られるようにする点にある[5]。また、ユーザ同士がウェブを隔ててコンテンツの質を高め、発展させていくのが特徴である。

本稿では、Web2.0のマッシュアップ[6]によって、地球温暖化の危機を誰でも社会に訴え、改善のための提案を行い、集合知を形成して一般社会の意識改革を迫ることを目的としたシステムを紹介する。

2 集合知に関して

現在の集合知の成立条件を、多様性、独立性、分散性、集約性であると大向[5]は述べている。具体的には、集約性は多様性、独立性、分散性の特徴を活かして得られた知識を参加者全体で共有し、比較検討して最終的な結論を導く仕組みが必要である。また、富樫[7]は、集約性を個人個人の判断を集計して集団として1つの判断に集約するメカニズムが存在することとしている。

これに対して、解決しなければならない様々な問題がある。本章では、集約性に関して次の3点に注目した。第1に、夥しい量の集合知をどのようにグルーピングをおこなうユーザに提供するかという点である。第2に、ユーザから集めた集合知をどのようにフィードバックすればよいのかという点である。第3に、地域というコミュニティをどのように活用していけばよいかという点である。

2.1 集合知のグルーピングに関して

集合知のグルーピングは、現在用語を基にした分類が一般的である。例えば、環境問題を例にあげると、地球温暖化、オゾン層破壊、砂漠化などを基に分類をおこなっている。この分類方法は、分類項目数が少なく、かつ分類項目に属する集合知の数が少ない時にのみ有効であるが、多くの集合知が集まった場合には困難を極める。仮に、一つの分類項目に対して、数百もの集合知が属すると、表示順位が下位のものをユーザが見る機会は無に等しい。すなわち、ロングテールの考え方に基づく、下位項目の活用方法を改めて考え直す必要がある。また、分類項目を決定する際にも、項目の粒度に注意を払わなければならない。例えば、ある項目には数10%の項目が属し、ある項目には1%未満の項目も属せよというような偏重が見られると、グルーピングは不適切である。万能な分類方法は存在しないため、多少の偏りがでるのは現状では避けられないが、分類項目の粒度は最低限あわせる必要がある。

以上のことから、集合知は、粒度にあわせた適切な分類項目設定とその分類項目に属する集合知の数に対して十分な配慮をおこない、適切なグルーピングによるフィードバックをおこなう必要がある。

2.2 集合知の表示方法に関して

集合知の表示形式としては、アルゴリズムを基にランキングを付け、上位の項目から表示をおこなうというフィードバック形式が一般的である。この表示形式の問題として、アルゴリズムにおいて上位項目にならない情報がユーザの目に触れることがないという問題が起きている。重要ではないと思われる情報でも、実際には重要な情報であるということは日常世界でも多々ある。また、表示方法が一様であるため、あらゆるユーザに対して同じ表示形式をおこなっていることも表示方法の問題として挙げられる。例えば、あるユーザは、多くのユーザが注目しないニッチな情報を収集したいと思った時に、現在の表示形式では探すのが困難である。そこで、アルゴリズムに極力依存せず、多くの情報が同程度に表示できる形式を考える。ここでは、環境情報と位置情報をマッピングすることによって、この問題を解決した。具体的には、位置情報を用いた表示をおこなうことによって、全ての情報に優劣をつけないような工夫をした。更に、上記の内容だけではユーザにとって必要な情報を素早く提供しにくいので、同じ分類に属する項目を位置的に近いものとリンクによる連動をおこなうことによって、必要な情報を収集しやすい環境を提供した。

従って、現在の集合知の表示形式はランキングが最優先になっている。ところが、ニッチな情報を必要としているユーザも数多く存在する。そこで、アルゴリズムを用いず表示をおこない、その後アルゴリズムを用いた分類をおこない表示する形式が有用であると考えた。この考え方の注意点としては、情報量が多くなった場合に、初期状態の表示が多くなってしまったため、新たな分類表示方法を考える必要がある。

2.3 地域を活かした独自性

地域性を活かした独自性をもとに研究をおこなうことが本研究の目的であった。具体的には、環境問題に関する集合知を集めると決めた後に、環境に関する情報をどのような情報とマッピングするのが効果的であると考えた。環境問題に関する対策は、一人ひとりの心がけが、家族など

周囲にいる人間に広がり、地域に広がっていくと考えた。この考えを基に、位置情報とのマッピングをおこなうこととした。これまでの集合知は、キーワードによるグルーピングが大半を占めており、位置情報と関係付けをおこなうという視点は殆ど無かった。今回のテーマが、集合知を利用した環境情報システムであることから位置情報によるマッピングが最も効果的である。

3 システムの構成

3.1 システムの概要

本システムは、ウェブの地図上で環境に対する活動の紹介をおこなうことができる。ウェブ上で用いる地図は、拡張が容易で汎用性の高い GoogleMaps を利用した。本稿では、GoogleMaps のマッシュアップサイトに対して意見の投稿・閲覧をおこなう者をユーザとし、意見の管理をおこなうものを管理者とする。図1に、本システムの外観を表示した例を示す。

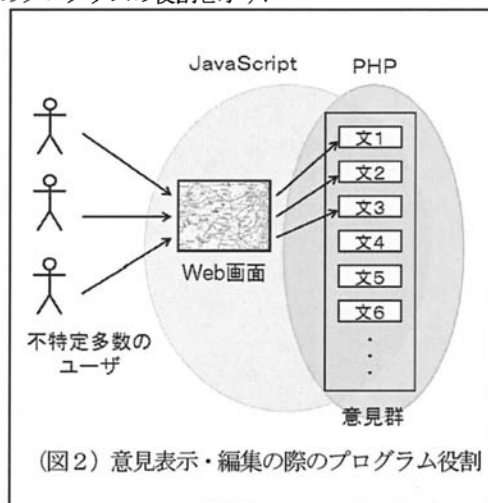


(図1) システムの外観表示例

ユーザは、地図上から自分の住んでいる地域の一点をマウスでクリックし、ユーザ自身が行っている環境への取り組みや意見を書き込む。すると、そのユーザの書き込みが地図に反映される。ユーザからの投稿はその場でバルーン形の画像（以後、マーカー）として残るため、どの地点でどのような活動・意見をおこなっている人がいるのかを、誰でも簡単に閲覧することができる。また、ここに表示される対象は環境に対する取り組みや意見だけではなく、マーカーをクリックすれば、投稿に対する他ユーザからの評価数とコメント(本稿 3.1.4)、その意見に関連した環境用語を持つ他の意見へのトラックバック(本稿 3.3)、その地域で取り組まれている活動、もしくは将来の

地域像を描いた動画(本稿 3.4)も表示され、誰でも閲覧できるようになっている。また、このシステムには不正入力や不適切な表現に対する対応として、ユーザからの投稿に対して管理者が検閲・管理するものとした(本稿 3.1.5)。本システムは、意見を投稿した地点に対してマーカーが立ち、更に意見を複数回投稿することを可能としている。よって、参加するユーザ数が多くなるほどシステムの有益性が発揮される。

図2に、ユーザが意見を表示・編集する際の各々のプログラムの役割を示す。



(図2) 意見表示・編集の際のプログラム役割

システムを構築する言語には、クライアントサイドで主にインタフェースを描くプログラムである JavaScript、サーバサイドでファイルの読み出しや書き込みなどの処理をおこなうプログラムである PHP (Hypertext Preprocessor)、その地点の近隣で関連する環境用語を述べている意見を探し出す処理をするトラックバックシステムには Java を用いる(本稿 3.3)。PHP を用いた理由は、JavaScript ファイルから呼び出す言語と、HTML に埋め込む言語に対して、一貫性を持たせるためである。この PHP は、ユーザのアクションに応じて働き、Java は常時起動している状態にして、それぞれ役割を持たせている。

ユーザからの情報を収集、蓄積するための形式としては、JavaScript からのファイル読み込みが容易で、他言語を組み合わせることにおいても利便性の良い JSON (JavaScript Object Notation) 形式を用いる。ユーザが投稿した情報は、意見ファイルへと書き込まれる。意見ファイルには、ユーザがクリックした地点の座標、ユーザ意見、他

ユーザからの評価数やコメントといった情報が格納されており、ファイルの多重読み書きを防止するために1つのファイルにすべての情報を格納することを避け、意見1つごとに1つのファイルを使用する。図3に、意見の保存形式を示す。

```
意見番号.json
{
  ID      : "ファイル番号"
  LAT     : "緯度"
  LNG     : "経度"
  COM1    : "意見"
  STAR    : "賛同数"
  COM2    : "コメント"
}
```

(図3) ファイル内容の例

3.1.1 意見の表示

ユーザがマップにアクセスすると、PHP がサーバ側に存在する意見ファイルの数とファイル名を読み込む。この処理によってファイルの一覧を取得した JavaScript が、サーバ側のファイルを直接読みに行く。読み込んだファイルの数だけマーカーが地図上に表示され、意見もその数だけ表示される。地図でマーカーを表示する欠点として、意見の投稿ユーザ数が多くなるほど、閲覧者側の負担する処理と時間が多くなり見辛くなるという問題については、ある程度の投稿番号で区切りをつけ、1~50 個目、51~100 個目、…という具合に表示変更できるようにする。また、その画面に表示された範囲のファイルだけを読み込むため、1回ですべての意見を読み込む処理を避けた。

3.1.2 意見の投稿

先に述べたとおり、自身の住んでいる地域の 1 点をクリックすると、その地点にマーカーと吹き出しが現れる。ユーザは、吹き出しの編集タブをクリックし、編集枠内に環境に対する意見を書き込む。ここに書き込む意見は、後に同じキーワードを書き込んだマーカー間において環境用語トラックバックを張ることになるため、できる限り具体的な活動を書き込むことが推奨される。プログラム側の処理は、JavaScript から位置情報と共にユーザの意見が PHP に渡され、PHP がユニークなファイルを作成し方法を書き込む。

3.1.3 意見の変更・削除

既存の意見に対し、意見を書き込んだユーザが任意のパスワードを入力することで、意見の変更・削除をすることができる。プログラム側の処

理は、上記の意見の表示によって得られた任意のマーカー情報に対し、意見の投稿をする処理をおこなっている。

また、意見の投稿と意見の変更については、意見の管理(本稿 3.1.5)の処理を踏むことによって初めて意見が地図上に反映される。

3.1.4 意見の評価数・コメント

他ユーザは、環境に対する既存の意見に対して共感できる意見もしくは感概を受けた場合に、その意見の吹き出し内にある評価ボタンを押すことによって、数値として評価することが可能である。評価数は吹き出しの中に表示されると共に、一定の数値に達すればマーカー自体の色を変化させる。数値の視覚化によって、ユーザは地図を一目見るだけで、どの意見が多く評価されているのかが確認できる。加えて、他ユーザからの意見に対するコメントも受け付けるようにすることで、より一層ユーザの環境に対する取り組み意欲を促進することが可能である。

また、一度この地図に書き込んだユーザは、評価やコメントがつくことによって再びこの地図を閲覧し、利用することを促す。図4に、意見の評価とコメントを表示している例を示す。



(図4) 評価数・コメント表示

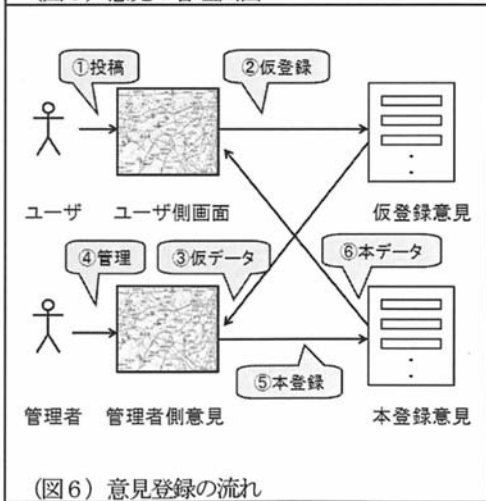
3.1.5 意見の管理

集合知の形成に関しては、システムの成熟は不特定多数のユーザに依存する。しかし、ユーザからの意見を受け付けることにおいて、システムの判断だけでは不足部分がある。それは、不正な入力や不適切な表現などに関する“コンテンツの炎上”を防ぐことにある。これを防ぐために、ユーザとシステムの間意見の検閲者である管理者を設けることによって、健全なシステムを維持できるようにする。どのような意見を健全と判断す

るかについては、管理者の考えに左右されると共に、意見の反映には時間を要するという問題が生じるが、システムを開放しないという意味で、必要な部分である。図5に、意見の管理画面を示す。また、図6に意見登録の流れを示す。



(図5) 意見の管理画面



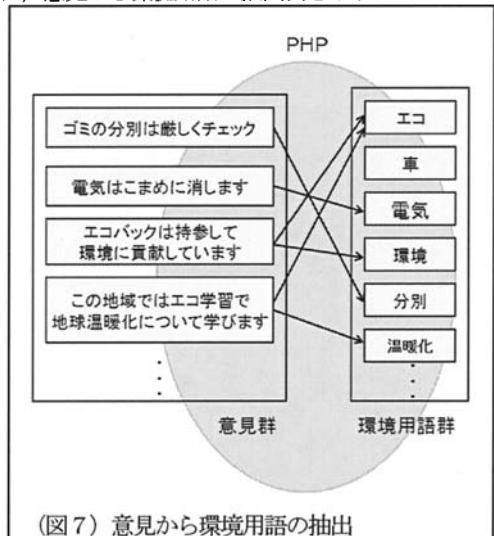
(図6) 意見登録の流れ

ユーザからの投稿は、まず仮登録意見として登録される。管理者は、その投稿が適切であると判断すると、それを本登録する。ユーザは、本登録された意見のみ閲覧することが可能であり、管理者側は、仮登録意見と本登録意見の両方を閲覧することが可能である。このことは、ユーザから受け付けた意見の変更処理も同様であり、ユーザからの意見とコメントに関しては、この管理画面において一覧表示で閲覧することができるようにする。

3.2 環境用語の辞書データベース

意見の投稿(本稿3.1.2)、意見の変更・削除(本

稿3.1.3)の操作において、PHPは意見をファイルに書き込むと共に、その中から環境に関するキーワードを抽出し、環境用語として、別のファイルへと書き込みをおこなう。このファイルは、環境用語1つにつき、1つのファイルを使用する。図7に、意見から環境用語の抽出例を示す。



(図7) 意見から環境用語の抽出

ここでいう環境用語とは、環境への取り組みを反映しているメタ情報のことである。何をもって環境用語と判断するかについては、コンテキストからプログラムで処理をおこなうには厳密性を要するため、事前に用意した用語集を基にする。環境用語の対象としては、排気ガスによって地球温暖化を促進すると考えられる乗り物類(車、バイク、電車、自転車…), 処理方法によっては土壌汚染や大気汚染を引き起こすとされるゴミ処理類(分別、ゴミ、燃える、燃えない…), 環境問題について常識となっているか流行となっている単語類(エコ、バック、温暖化…)があげられる。具体例として、次の文章を用いて説明をおこなう。

・「私はモーダルシフトに共鳴し、電車やバイクを使わず自転車で通学しています。」

この例文から抽出できるキーワードは、「モーダルシフト」、「電車」、「バイク」、「自転車」、「通学」である。全文検索によって文章から環境用語ファイルにある名前を照らし合わせていき、マッチしたものがあれば、その環境用語ファイルには、その用語が書かれている意見の番号と、URIを書き加える。この動作は、投稿、変更、削除の動作がおこなわれたとき、同時に処理するため、常時プログラムが稼動して変更をおこなっているわけで

はない。投稿される意見が多くなるにつれて意見の多様性も増すことから、本システムの発展性としては、この辞書を事前に用意するのではなく、多くの意見から出現頻度の高いキーワードを抽出し、システム側の自動処理によって辞書を作成することである。

3.3 地図上のトラックバックシステム

3.3.1 トラックバックの表示

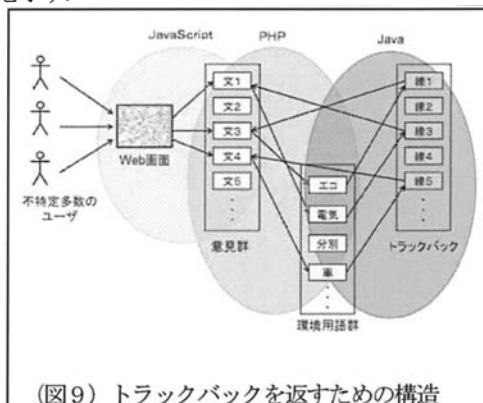
各キーワードがどの意見ファイルに書き込まれているかを記憶した環境用語ファイルを作成した後、今度は意見を近隣でおこなわれていることとしてユーザに返す必要がある。例えば、ある意見が「分別」の話題を取り上げていたとすれば、近隣で「分別」という言葉を述べている意見をトラックバックとして結びつける。こうすることにより、その活動をおこなっているユーザが他にもいれば、親近感を持つことができ、一人でおこなっている活動ではないことを自覚することができる。図8に、本システムに投稿された意見の中でもとりわけ出現頻度の高かった「エコ」、「環境」、「車」、「電気」、「分別」のキーワードを持つものを色違いにして結びつけ表示した例を示す。



(図8) トラックバックの表示例

環境用語ファイルを作成するプログラムは PHP を使用するのに対し、それを読み込んで変更をおこなうプログラムには、Java を使用する。プログラミング言語を Java に置き換えたのには、PHP だけにすべての処理を任せてしまうと、ユーザの負担する時間が長くなってしまいうためであり、プログラムが環境用語ファイルを一定間隔あけて定期的に読み込み、近隣の意見を見つけることが要求される。図9に、システムが意見をトラックバックとして結びつける処理をおこなう動きの全体像

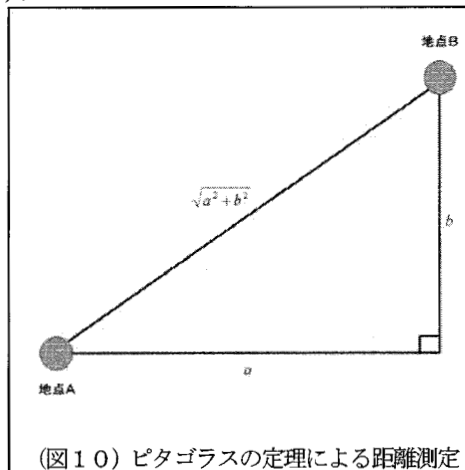
を示す。



(図9) トラックバックを返すための構造

3.3.2 トラックバックのアルゴリズム

トラックバックアルゴリズムは、位置情報を用いた2地点間距離によって値を求めるアルゴリズムを採用した。具体的には、緯度・経度の値が分かっていることから、第2余弦定理を用いて、2地点を結んだ時に成す角度が直角であることから、 $\alpha = \pi/2$ ($\cos \alpha = 0$) となるため、 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ の式が成立する。これを図10に示す。



(図10) ピタゴラスの定理による距離測定

このアルゴリズムが有効な理由は、地点Aと地点Bの緯度・経度が分かっていることから、三平方の定理のうち2辺の長さを求めることができる。更に、地点Aと地点Bを形成する三角形が直角三角形になる(ただし、2地点が完全に同じ場所を示す場合、2地点の緯度が完全に同じ場合でかつ2地点間の経度が異なる場合、2地点の経度が完全に同じ場合でかつ2地点間の緯度が異なる場合は除く)。従って、斜辺の長さを求めることが可能であり、その値が2地点の距離となる。

また、2 地点が直角三角形を成さない時の距離の求め方についても説明をおこなう。第 1 に、2 地点が完全に同じ場所を示す場合には、2 地点間の距離を 0 とする。第 2 に、2 地点の緯度が完全に同じ場合かつ 2 地点間の経度が異なる場合には、2 地点の経度を基に絶対値を用いて大きい方の値から小さい方の値を引く。第 3 に、2 地点の経度が完全に同じ場合かつ 2 地点間の緯度が異なる場合には、2 地点の緯度を基に絶対値を用いて大きい方の値から小さい方の値を引く。

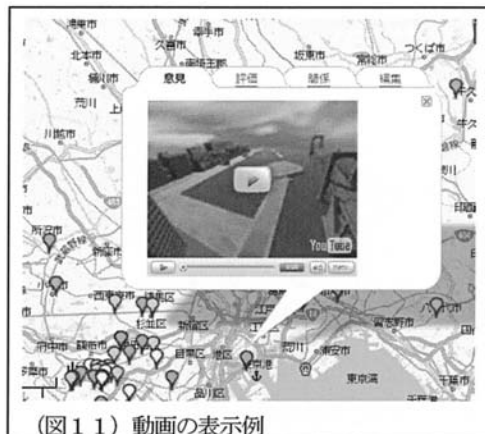
以上の考え方を用いて、2 地点間の距離を求めるアルゴリズムを生成している。

3.4 動画の投稿

環境問題の意見を共有することを述べてきたが、動画によって、その地域で取り組まれている活動などが投稿・共有されれば、一段と環境に対しての関心が深まる。これは、テキストのみで記述された情報よりも、動画による情報の方が、圧倒的に情報量が多いためである。

動画の投稿には、動画共有サイトを利用する。現在動画共有サイトには、動画を投稿すると、その動画固有のタグが割り振られ、簡単にブログやホームページに貼り付けることができる。これを利用して、本システムの意見枠にもタグを埋め込むことで、動画を地図上に反映させることができる。動画の表示について、ユーザがカメラで撮影した活動内容も可能であるが、3D ソフトによって各地域の温暖化による被害によって想定される海面上昇の度合いを示した動画を作成することで、より温暖化に対しての危機感を共有することが可能である。3D ソフトを使った海面上昇の表現は、非常に発展性の強いものである。ここでは動画を表示させる段階に留まっているが、発展性として、ユーザからの数値入力によって、様々な変化を持たせることがあげられる。例えば、このお台場の動画に対し、現在の二酸化炭素排出量などの数値を打ち込めば、数年後の姿が予測により表示されるものである。これらの動画には投稿ユーザの自主的な制作が必要となるが、今後の 3D 動画作成ツールの普及により、可能であると考えられる。

各地域によって環境問題への取り組み方は様々であり、それぞれ特徴を持った動画が投稿されることによって、環境への啓蒙・意識改革に繋がる。図 11 は、3D ソフトによって描いた 100 年後のお台場の様子である。



(図 11) 動画の表示例

4 おわりに

本システムは、前年度の 5 月中旬から外部公開を開始し、現在 80 あまりの意見を回収している。大多数の意見は、外部発表の際に筆者らがユーザに説明をおこないながら利用していただいた結果得られたものである。この働きかけは意見を書き込む際に、他にどのような意見があるのかユーザに興味を抱かせるという意図があった。著者らは、実際にその場に立ち会うことによって、様々なフィードバックを得ることができた。

まず、環境問題に関しては、危機感はあるものの具体的な処置をとっていないというユーザが多い。こういったユーザからは、本システムを利用することで環境に対する考えを再認識することができたという点で評価を得られることができた。逆に、環境に対してある程度の意識を持つユーザからは、単に意見を書き込むだけのシステムに物足りなさを感じさせるという意見をいただき、本稿における意見のトラックバック（結びつけ）を実装し、外観を工夫した。

次に、システムに関しては、ログインせず簡単に書き込むことができ、誰でも閲覧可能という点が好評であった。操作も単純であることから、長時間システムを利用しているユーザも見受けられた。しかし、一度閲覧した意見は次回から閲覧しなくなってしまうという指摘をうけ、一つひとつの意見それぞれに対し、評価やコメントを付ける機能を付加することで、飽きを回避する工夫を凝らした。こうしたユーザからのフィードバックにより、本システムは進化を続け、集合知を形成するシステムの体系化に近づけた。

今回提案したシステムは、広く分散された地域に住む多数の住民から意見を収集することができ

るため、投稿された意見の多様性、独立性、分散性は保障されていると考えられる。集約性については、評価の高い意見は、マーカーの色を変える、あるいはマーカーの大きさを変えるなどの機能により有用な意見がわかるようにした。意見を集約する機能として、同じキーワードを含む意見は分類され、地図上の直線で結び付けられる。リンクが多いほど多数の人が、その意見を持っていることを示す。

今後の本システムの発展性としては、意見の他にどれだけ有益な情報を集められ、ユーザに対して信憑性のある情報をどのようにして提供するかをテーマに研究をおこなっていく。

5 参考文献・参考ウェブサイト

- [1] 専修大学地球温暖化対策プロジェクト,
<http://www.ne.senshu-u.ac.jp/~proj19-21/index.html>
- [2] 志賀直幸, 青木豊, 竹口正修, 柳澤剣, 小室匡史, 綿貫理明, 吉野昭郎, 田中洋史, 大西寿郎,
「地球温暖化に関する意識調査とその集計処理システム—産学連携によるシステム開発—」, 専修ネットワーク&インフォメーション, No. 13, 2008年3月
- [3] 深井雄大, 高塩真広, 柳澤剣, 小室匡史, 綿貫理明, 大西寿郎, 「ビッグバンから未来にいたる“地球温暖化”物語の創作—Maya8.5を利用した3Dグラフィックコンテンツの制作—」, 専修ネットワーク&インフォメーション, No. 13, 2008年3月
- [4] 橋本大也, 「Web2.0とは何か」, 情報処理(特集 Web2.0の現在と展望), 47巻11号, pp.1195-1204, 2006年11月
- [5] 大向一輝, 「Web2.0と集合知」, 情報処理(特集 Web2.0の現在と展望), 47巻11号, pp.1214-1221, 2006年11月
- [6] 川崎有亮, 「Web2.0の情報アーキテクチャ」, 情報処理(特集 Web2.0の現在と展望), 47巻11号, pp.1205-1213, 2006年11月
- [7] 富樫敦, 「情報共有のためのセンサコンピューティング」, 情報処理(特集:情報共有空間としての新しいWebの胎動), 48巻2号, pp.148-153, 2007年2月

付記

本研究は、株式会社セントラルシステムズからの平成19年度受託研究「Web2.0技術の環境問題への適用と視覚化に関する研究」によってなされたものである。