

コンテキスト・コンピューティングとその応用

牧野 友紀[†] 道村 唯夫[‡] 飯沢 篤志^{*} 小林 茂^{**} 和泉 恵明^{***}

[†]日本ユニシス株式会社 〒135-8560 東京都江東区豊洲 1-1-1

[‡]富士ゼロックス株式会社 〒220-8668 神奈川県横浜市西区みなとみらい 6-1

^{*}リコーITソリューションズ株式会社 〒104-6042 東京都中央区晴海 1-8-10 X-42F

^{**}先端 IT 活用推進コンソーシアム <http://www.aic.jp>

^{***} (独)産業技術総合研究所 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 つくば中央第 2

E-mail: [†]tomonori.makino@unisys.co.jp, [‡]MICHIMURA.Tadao@fujixerox.co.jp,

^{*}atsushi.iizawa@jrits.rioh.co.jp, ^{**}s-koba84@dp.u-netsurf.ne.jp, ^{***}n.izumi@aist.go.jp

あらまし 人と機械が協働し、動的に変化する社会的な知識の形成を実現するコンテキスト・コンピューティング (CC: Context Computing) を提案する。コンテキスト・コンピューティングの一事例として、人と情報の関係性をデータ (コンテキスト) として記録し、利用者毎に情報を選択・集約し、個人化した情報を提供することで、人の認知を強化し、意思決定を支援するプロトタイプシステムを実現した。本プロトタイプシステムを、気象災害の防災訓練に適用し、社会的知識の蓄積と、その有用性を検証した。本論文は先端 IT 活用推進コンソーシアムの研究活動成果である。

キーワード コンテキスト・コンピューティング, 情報共有, 情報の個人化, 社会知能, RDF

1. はじめに

近年、情報検索サービスの技術向上や、SNS (Social Networking Service) の普及により、いつでもどこでもだれでも入手可能な情報に手軽にアクセスできるようになっている。そして、専門家により提供される情報だけを重要視するのではなく、自分自身の主観や身近な他人が評価・編集する情報も重要であるという観点から、集合知の延長としての社会知能 (Social Intelligence) という考え方が提唱されている [1]。ここでは、共有された情報に関して、多数決などによる積算に基づく価値判断だけではなく、どのような主観性が考慮できるかを重要視している。

このような学術的な文脈から、多様な主観性を受け入れ集団的な知見を抽出するために人と機械の協働がどうあるべきか、コンテキスト・コンピューティングという枠組みが提案されている [2]。ここでは、従前、機械に備わっていない知性で人間にしか行えなかった意味処理の部分的なタスクを切り出して機械処理可能にすることにより、人間が行えなかった大量の情報を意味処理可能にすることを目指している。特に、玉石混交である大量のネット上のコンテンツから、適時・適所の情報を個人に提供する手法を研究している。

本報告では、情報の受容者によって異なる価値を持つ情報を、どのように選択し、そして、加工し、洗練させるか、その方法論を確立するために、実際に、アプリケーションシステムを構築して検証することにより、参照実装としてとりまとめる。検証では日常の出来事に関して情報交換を行う SNS を玉石混淆の情報

源とし、有意な情報が抽出できるか実証実験を実施した。特に、機械だけで計算し評価することが難しい意味内容を人が定式化することで、大量の情報の中から個人にとって有意な情報を効率良く識別し集約する個人化の仕組みを実装し、人毎に異なる情報の有意性を与えられていることを検証する。

アプリケーションシステムでは、テキスト中心のコンテンツを共有する SNS のモデルをベースにして、大量なテキストの情報源から、個人の状況に応じてどのような行動を選択するべきかという結論を得る意思決定を支援する仕組みを考える。このために、まず、人が自然なインタラクションの中で、機械処理のためコンテンツにメタ情報の付与を担うこととする。コンテンツ提供者の状況や主観的な指向性を表すメタ情報とコンテンツの意味を同定するメタ情報を明示化できるので、属人的な背景を考慮し、意図した意味内容でコンテンツの整理を可能とする。意味を同定するメタ情報を予め与えられたアルゴリズムにより数値に変換し計算することで、大量なコンテンツを意味内容で機械的に評価し、一次加工する。さらに、コンテンツ受容者のメタ情報を用いて、受容者毎に合わせてコンテンツを集約し二次加工する。この処理プロセスでは、インタラクションの設計により、機械が計算する対象を限定し、求める値を特定することで、計算量を低減することとする。そして、集約するコンテンツの価値を最大化するアルゴリズムは統計的な数理モデルを適用し定式化する。最後に、本アプリケーションシステムを、実際の気象災害発生を再現した状況での避難訓練

に適用し、その有用性を確認する。

2. コンテキスト・コンピューティングのモデル

コンテキスト・コンピューティングについて、提案の背景と、目指すことを述べる。

2.1. コンテキスト・コンピューティング提案の背景

データベースの高速化・大容量化が進んだ結果、構造化されたテキストであれば、人が不得意な大量データの処理を機械が担うことが可能になっている。これにより、IBMのワトソンプロジェクトに象徴されるように、機械翻訳やテキストマイニングなど統計的なアプローチによる情報抽出や情報変換が盛んになっている。

一方で、情報の意味付けなど機械的な処理方法が確立していないタスクはまだ多く存在する。例えば、ある気象変化が個人の周辺で発生したときに、大量のテキスト情報源にアクセス可能な状況で、避難すべきか、とどまるべきか、などの問いが与えられたとき、なんらかの機械的な方法論で結論を得ることは難しい。

このこと言い換えると、従前のエキスパートシステムやゲームなどが対象としていたような定式化された問題であれば、前提条件やルールなどを構造化して与えることで、機械処理方法が実現しやすくなる。これに対して、対象とする問題が事前に定式化されていない場合に、構造化されていない大量のテキスト情報が前提条件として与えられたとき、個人の状況に依存して結論が異なるような問いかけに対して、適切な結論を機械的に得るためには、いくつかの課題を解決する必要がある。具体的には、未定義の問題を機械的に解決するためには、汎用的な機械処理アルゴリズムで計算できる定式的な問題に即時に変換すること、ならびに、テキストの情報源を問題にあわせて構造化することである。

2.2. コンテキストとしての主観情報の解釈モデル

非構造の情報源を前提として、未定式の問題を解決するためには、機械一辺倒のアプローチでは無く、人と機械が協働するアプローチをとることが重要と考えられる。そこで、大量データの意味処理を実現するために、まず、テキストを典型とする情報メディアをどのように人が処理しているかを考えることから始める。

まず、人間による情報の解釈は、外部の情報を主観的に抽象化し、自分が蓄積している情報と関連付けることにより、解釈の個人化を行っていると考えられる。この考えは、神沼・内木の情報の送り手・表現・受け手の関係を表す文献[3]に基づいて説明できる。

そこで、まず、人と機械が協働するコンテキスト処理の効用を述べる(図1)。情報の受け手はメディアに表現された情報を送り手の常識、状況、知識を参考にし

つつも、それとは異なる自分の常識、状況、知識を参照して意味付けする。このような人と情報の動的な関係をモデル化し計算過程を定義することで、大量データの意味処理を機械的に遠洋可能となり、人の認知を強化できると考える。すなわち、人は、アクセスした情報にコンテキストとしてのアノテーション(メタ情報)を付与しているとする。明示的に表現されたアノテーション情報から、機械がコンテキストを分析し、個人に適した情報を提供可能となる。そして、情報の受け手は、新たな情報の送り手となり、自分の認知を発信することで、付加価値を追加するというループが形成される。

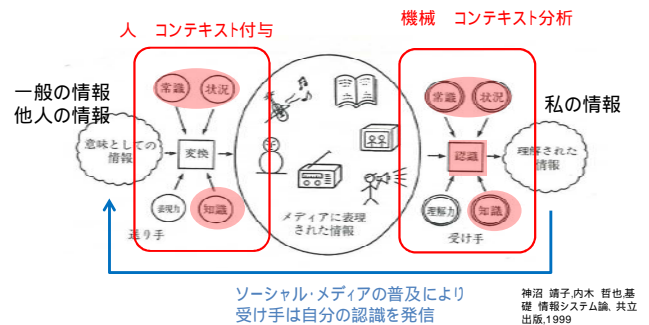


図1: コンテキストの付与

次に、コンテキスト付き情報生成ループにおける人と機械の具体的な役割分担を整理する。まず、人が得意で機械が不得意なタスクとして、抽象化や名寄せ、定性的な価値判断がある。抽象化は、対象から注目すべき要素を重点的に抜き出して他は無視(捨象)することであり、状況判断や特徴・パターンのモデル化、汎化・具体化などが含まれる。名寄せは、意味や指示対象の同定であり、高度な意味処理を伴うが、実現できれば、複数情報の関連付けが可能となる。定性的な価値判断は、良い悪いや好き嫌いといった主観的な観点の判断を伴うものであり、そもそも機械には出来ないと考えられる。

これらに対して、機械が担当すべきタスクで、人間が不得意なことは、与えられた定義に基づく信頼度などの高速計算や大量データの取り扱い、モニタリングなどである。

2.3. コンテキスト・コンピューティングにより期待される効用

コンテキスト・コンピューティングは、人と機械の適切な役割分担により大量の非構造化情報源に対する意味処理を可能にする参照モデルである。最終目標は、人間の知性・知能(Intelligence)を最大化・活性化するために、人間を大量のデータ処理(雑用、労働)から解放し、知的な活動により集中できるようにすることで、人間の能力を拡張することである。ここでは、情報の

関係性、すなわちコンテンツと人の関連性、コンテンツ間の依存関係をコンテキストとして定義し、蓄積されたコンテキストをあらかじめ定められた計算に従って機械が集約することにより、人間の操作に対して機械が必要なコンテンツを適切に表示・編集・活用できるようにする。

コンテキスト・コンピューティングとして実現する社会知能のモデルを図2に示す。

コンテンツ提供者は、コンテンツの依存関係に、事実・伝聞・解釈などの注釈や、反対・賛成などのコンテンツ間の依存関係を、コンテキストとして付与する。機械(コンピュータ)は提供者が付与したコンテキストを、特定のアルゴリズムにより計算・加工することで受容者が欲するコンテキストに合わせ情報を個人化する。ここで、機械処理により付与される情報を、「虫の目」「鳥の目」「魚の目」という観点で定式化する。

まず、情報の細部を見極める視点を「虫の目」と呼ぶ。虫の目を通して自分に関連する個別の情報を得る。情報空間の全体像を見渡す視点を「鳥の目」と呼ぶ。鳥の目を通して自分が属する社会の全体像を得る。

機械が計算する(計算可能になる)コンテンツ間の依存関係は積算されることとする。これにより情報の信頼性を計算することができる。例えば、ある情報と写真の間に証拠の関係があると、その情報には一定程度の信頼性が付与される。情報の名寄せによっても信頼性は向上する。ハッシュタグによる名寄せや、関心事ラベルを援用した情報トピックの名寄せを、情報提供者が行うことにより、機械による情報抽出の精度を高めることができる。

次に、機械による定点観測機能により、情報変化の特異点を検出することができる。このように潮目を読み、未来を見通す視点を「魚の目」と呼ぶ。魚の目を通して、自分が属する社会の動きを捉えることができる。

このように人と機械が協働作業することで、社会知能(Social Intelligence)を形成している。

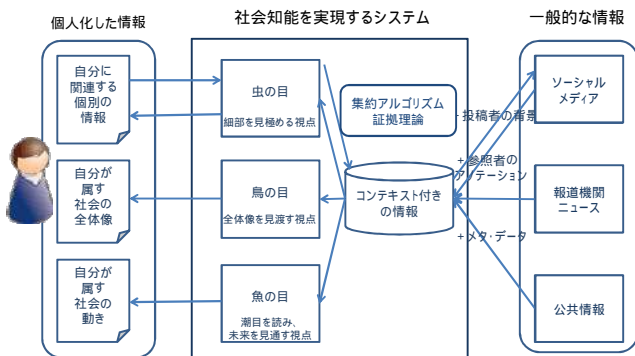


図2：社会知能を実現するコンセプトモデル

3. 「関心事」と「チェックイン」機構で意味内容を構造化するプロトタイプシステム

3.1. システムの目的

コンテキスト・コンピューティングの一つの実装案として、意思決定を支援するソーシャル・メディアを提供するプロトタイプシステム System LA を開発し実現可能性を検証した。System LA は利用者が共通の関心事で情報共有する環境を提供し、利用者は問題を解決する複数の代替案を相互に評価して意思決定に役立てる。

System LA はクラウド環境にコンテンツを蓄積するサーバーとインターネットに接続したスマートデバイスの Web ブラウザをクライアントとして構成し、利用者が現地現場で用いることを想定している(図3)。

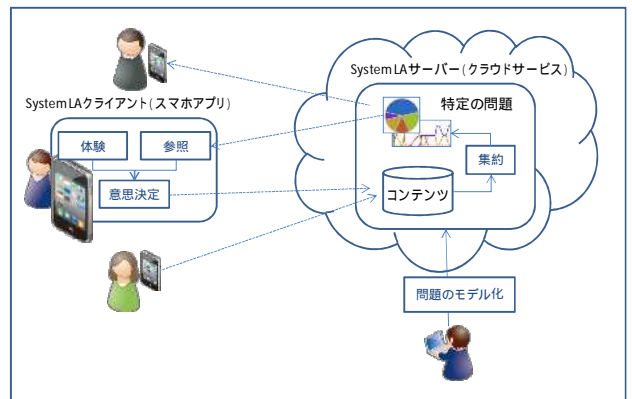


図3：System LA による意思決定支援

3.2. 機能概要

(1) 情報共有の場の作成と参加

利用者は自ら問題解決のために特定の「関心事」毎に情報共有の場を設け、利用者は興味のある「関心事」を選択して「チェックイン」すると参加者となり、他の参加者のコンテンツが参照でき、自らもコンテンツを投稿できるようになる。

(2) 代替案の評価

コンテンツは、問題を解決する代替案を表す「関心事」とその評価、また根拠や状況を説明するテキスト、写真からなる。参加者はその時の状況に関連する関心事を選び評価しコンテンツを投稿する。

(3) コンテンツの集約

サーバーでは参加者が評価した関心事を対象に、予め与えた集約アルゴリズムで参加者個々の評価を補完的に集約し、また、その時間的な変化を分析しクライアントで提示する。集約する集団は、参照している参加者と共通な属性を持つ類似集団と関心事全体の参加者を切り替えてその差を知ることができる。

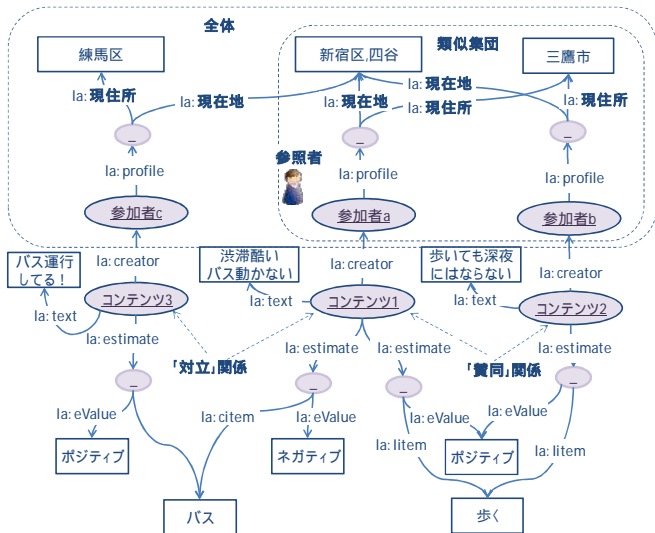


図 7：参加者・コンテンツの関係

参加者に手間を掛けず参加者属性を利用するために、参加者属性は関心事に従属せず独立したデータとして管理し、関心事横断的に再利用する。参加者が関心事にチェックインする自然なインタラクションの中で登録・変更された部分的な参加者属性を積み重ねることで現状に即して参加者属性が維持される。

3.5. 機械によるコンテンツの集約

集約アルゴリズムは、問題解決の種類により変更できる構造としたが、初版のシステムでは、証拠理論 (Dempster-Shafer theory of evidence) [5]を適用した。現地、現場で不確実な状況にいる参加者の部分的で曖昧な代替案の評価を補完的に統合し、代替案を網羅した集団の評価を得ることをねらっている。

関心項目の1つが最適な解と考える場合は、その関心項目のみ選びポジティブな評価を与える。複数の関心項目の何れかが最適な解と考える場合は、それらの関心項目それぞれにポジティブな評価を与える。また、ある関心項目以外の何れかが最適な解と考える場合は、その関心項目にネガティブな評価を与える。集約アルゴリズムは、関心項目がポジティブな場合その関心項目に1を加点し、複数の関心項目にポジティブな評価がある場合はいずれか1つの関心項目が最適な解としてネガティブな評価はそれ以外の関心項目それぞれに1を加点し評価を数値化する。参加者一人の評価が平等になるように評価値を正規化し、正規化した参加者の評価値を基に集団の評価を計算する。図8に統計モデルを示す。

関心項目 i (利用者 a) = $\{1, 0, -1\}$

アクティブ(関心項目 i (利用者 a)) = $\begin{cases} 1 & \text{関心項目 } i(\text{利用者 } a) \in \{1\} \\ 0 & \text{関心項目 } i(\text{利用者 } a) \in \{-1, 0\} \end{cases}$

パッシブ(関心項目 k (利用者 a)) = $\begin{cases} 1 & \text{関心項目 } k(\text{利用者 } a) \in \{-1\} \\ 0 & \text{関心項目 } k(\text{利用者 } a) \in \{0, 1\} \end{cases}$

上限確信計数(関心項目 i (利用者 a)) = アクティブ(関心項目 i (利用者 a)) + $\sum_{k \neq i} \text{パッシブ(関心項目 } k(\text{利用者 } a))$

$P_i(\text{関心項目 } i(\text{利用者 } a)) = \frac{\text{上限確信計数(関心項目 } i(\text{利用者 } a))}{\sum_{\text{関心項目 } i} \text{上限確信計数(関心項目 } i(\text{利用者 } a))}$ 利用者一人一人の投票の重みを同じにする

$P(i) = \frac{\sum_{\text{利用者 } a} P_i(\text{関心項目 } i(\text{利用者 } a))}{\text{利用者数}}$ 過去と現在の差分を利用者が増えても比較できるように2P(i)合計を過去と現在で同じにする

図 8：証拠理論に基づく統計モデルの定義

4. ケーススタディへの適用

提案するパラダイムの有用性を検証するためにケーススタディとして、実証実験を実施した。実験の詳細を次に述べる。

4.1. ケーススタディの概要

ここでは、気象災害発生状況において、System LAを活用することで、参加者の集団的な知見によって、適切な避難行動に結びつくかどうかを検証するために、気象災害における避難訓練を実施した。

この訓練は、平成 23 年に大きな被害をもたらした台風の実データをもとに、台風が接近してからの 37 時間の状況を 2 時間程度で疑似体験できるシナリオとして状況を展開していき、参加者には和歌山県内のある市の滞在者としての疑似体験を通じ、避難する/しないを各自が判断し行動するというテーブルトップロールプレイングゲーム形式で実施した。

台風接近時の各自の行動を関心事に設定し、関心項目としては「普段どおり」、「情報収集中」、「避難準備中」、「避難中」、「避難済み」、「避難できない」を定義した。そして、関心項目の評価に影響する参加者属性として、各々の「滞在地」を定義し、河川の上流にあたる「山間部」と、そこから 20km ほど下流の河口付近にあたる「市街地」を選択して設定し、参加者を二つのグループに分割した。

訓練は、6 回実施し、シナリオの洗練、System LAの使い方(関心項目の立て方や投稿の仕方など)の工夫をしてきた。6 回の訓練で、のべ 64 名が参加し、訓練終了後に参加者から意見や感想を収集した。

また、この訓練への参加を通じて、防災関係者の方に防災・減災での活用という観点で System LA の評価をいただいた。

4.2. ケーススタディの実験結果

実験の結果、避難の判断においては、信頼できる少量の情報から早期に判断するタイプ(先駆者)と、多

くが避難を始めてから判断するタイプ（異邦人）があり、そのどちらにとっても集団的な知見が有用であることが分かった。

今回のシナリオでは、山間部で強い雨により早期に河川の氾濫・洪水が発生するにも関わらず、その時点では市街地は降雨が無く、約 20 時間後に豪雨と河川の氾濫・洪水が発生する。何も知らずに市街地にいると、河川の氾濫・洪水の直前まで、何の心配もなく、避難の必要などないように見える。図 9 に、開始から 6 時間後の参加者属性による行動判断の違いを示す。ここからわかるように、市街地では「情報収集中」だけであるが、山間部を加えると、「避難中」や「避難準備中」という行動判断が出てきている。



図 9：コンテキストによる行動判断の違い

関心項目変数（行動判断）の時間的な推移をみると、災害の状況と集団的な行動の時間的な変化をとらえることができる(図 10)。

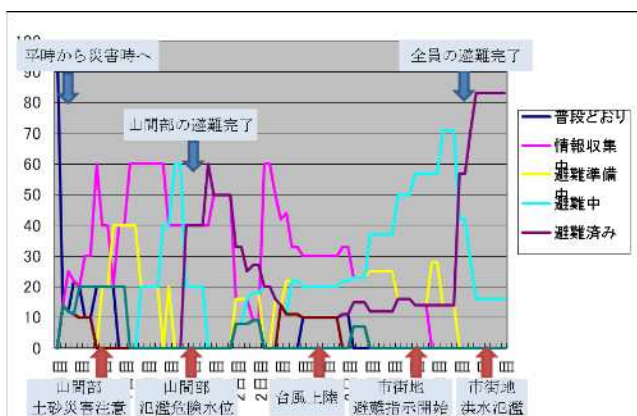


図 10：関心項目変数の時間的推移

これらの図を見ると、台風の情報や注意報などにより、参加者の多くが「情報収集中」となり、平時から災害時へ意識が変化していることが分かる。そして、山間部の参加者は、シナリオに基づいて通知された

情報（土砂災害警報など）と同じ山間部の参加者の行動から「避難準備中」から「避難中」と行動し、山間部での河川の氾濫危険水位になると同時期に「避難済み」と行動している。一方で、市街地の参加者は、情報収集を続けており、避難行動には移っていない。しかし、市街地の「先駆者」は、図 9 に見られる市街地での判断と、「山間部+市街地」での判断が大きく異なることから異変を察知し、コンテンツを投稿するとともに広く情報収集を進め、投稿された山間部での写真などを手掛かりに状況を把握し、「避難準備」を始めている。そして、市街地の「異邦人」は、降雨が無いことから川の氾濫が頭にはなく、興味本位で山間部の情報を見ていたが、「魚の目」を活用し、「避難中」や「避難済み」である市街地の参加者が増えてきたため、何か行動を起こさなければならないと気づき、市街地での河川の氾濫前に避難行動をとることができている。

4.3. 実験結果の考察

以上のことから、単純なテキスト中心の情報共有の仕組みに、そのコンテンツに意味を同定する識別子（行動）を付与することで、意味的・内容的な評価を機械的に計算し、その結果を個々人の意思決定に活用することが可能になることが分かる。

コンテキストでのフィルタリングを可能とすることにより、そのコンテンツ以上に情報量が増し、参加者全体（一般）の行動判断（評価）と自分と同じ環境（類似集団）の行動判断を見比べることが可能となって、自身の状況を知ることができ、客観的に自分を見つめ、意を強くすること、新たな気づきを得ること、時間経過により急速に判断が変わる変化点を捉えことができる。

一方で、防災・減災という観点では、同じ環境におかれた参加者の多くが行動しなかった場合、いわゆる「安全バイアス」を加速することにつながり、避難が遅れる、もしくは避難できなくなる可能性を指摘する意見もあった。参加者が避難行動をとるためには、知識を持ち、状況を理解・納得し、我がことと思ひ、決断し、行動する、というステップが必要となる。今回の実験において、System LA では、このステップのうち、状況を理解・納得し、我がことと思うというハードルを越えるための行動を十分促すに至っておらず、衆愚政治的な状況を引き起こす可能性は他の SNS と比較すれば抑制できる可能性を示しているものの、期待する成果に達しているとは言い難い。これには、コンテンツの信頼性の導入や統計モデルの最適化などによって、改善し、対応していきたい。

最後に、防災関係者の方からいただいた System LA の評価を紹介する。

- ✓ 魚の目（潮目を読み，未来を見通す視点）機能が優れており，訓練で「避難行動を促す」ツールとしては機能する．
- ✓ 発災時にも使えるかどうかは，更なる検証等が必要となるが，防災訓練，訓練記録評価，安否確認，避難支援，緊急物資配分，避難者共助といった分野で目的に合わせたアプリケーションのためのプラットフォームとなる可能性がある．

5. 関連研究との比較

増永は，ソーシャルコンピューティングのフォーマルモデルをソーシャルコンピューティング基盤としての集約エンジンとその出力に対する群衆の意見を入力にフィードバックするソーシャルフィードバックとして定義している[6]．

Goleman は，ネット時代における心的状況を考慮した知性として，社会知能を提唱している[1]．さらに，西垣は，論理主義に基づく普遍的な知の探求ではなく，現代の集合知を考えるには主観性が重要であるとの観点から，これらを取りまとめて論じている[7]．

これらに対して，コンテキスト・コンピューティングは，人がコンテキストを付与し，機械がコンテキスト分析をして個人化した情報を提供するというモデルである．コンテキスト付きコンテンツを入力として，コンテキスト分析をし，個人に適した情報を提供する機械がソーシャルコンピューティング基盤の集約エンジンに相当し，得られた情報にコンテキストを付与する，あるいは，関連するコンテンツを生成することをソーシャルフィードバックとみなすことで，コンテキスト・コンピューティングをソーシャルコンピューティングの一形態と考えることができ，かつ，社会知能の実装と定義できる．また，西垣による集合知の検証[7]と同等以上の検証が，簡単なケーススタディではあるが，雄牛の体重予測などの数値ではなく，テキスト情報の集計に対して可能になっている．

今後は，より，トピックを絞り込みつつ，専門性の高い領域での実証実験などを通して，西垣の集合知の範疇で，本研究の意義が検証されるべきである．

6. おわりに

本報告では，コンテキスト・コンピューティングの提案に基づいて，参照モデルを具体化させた．コンテキスト・コンピューティングは人だけでなく，機械だけでなく，機械が苦手な部分を人が補い計算能力を引き出す枠組みであり，人と機械が協働する情報空間を実現するパラダイムとなる．人が情報にコンテキストを与えることで，機械は人が望む的確な情報が探索でき，断片的な情報を集積し情報の価値を増幅できる

ことを検証した．

そもそも人の行動原理は，「人の振り見て我が振りなおせ」である．同じ状況・同じ目的に近い他者の行動や思考が，強い影響を与える．ただし，物理的，時間的に同一という同時同所の制約を受けてしまうと，近視眼的，局所的な情報に引きずられて判断を誤ったり，最適な行動を見落としたりする．今回の実験によりコンテキスト・コンピューティングのパラダイムは，同時同所の制約を解放し，他所の活動でも近い将来を想像させる出来事として見せる効果があることが分かった．

本報告にて提案した内容や社会知能・集合知に関する知見は，ある程度，具体的・専門的な実証実験で検証されたが，今後，参照実装を本格的なアプリケーションとしてリリースするためには，より，広範囲なコンテキストを包含したユーザ群を対象として，インタフェース技術・UI/UX 技術との最適化を図るべきであるが，これらは今後の課題である．

文 献

- [1] Daniel Goleman, Social Intelligence: The New Science of Human Relationships, Bantam, 2006.
- [2] 牧野友紀,道村唯夫,飯沢篤志,小林茂,和泉憲明, コンテキスト・コンピューティングの構想,知能ソフトウェア工学研究会,2014
- [3] 神沼靖子,内木哲也,基礎 情報システム論 情報空間とデザイン, pp.15-17, 共立出版, 1999.
- [4] RDF Working Group,Resource Description Framework (RDF):Concepts and Abstract Syntax,World Wide Web Consortium(W3C),2004,<http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>
- [5] Shafer,G,A,Mathematical Theory of Evidence, Princeton University Press,1976.
- [6] 増永良文, ソーシャルコンピューティング入門,サイエンス社, 2013.
- [7] 西垣通, 集合知とは何か, 中央公論新社, 2013.