

多元的な世界を実現するためのロボット・ネットワークの提案

関口 海良[†] 田中克明[‡] 赤石美奈[‡] 堀浩一[‡]

[†]東京大学大学院工学系研究科 [‡]東京大学先端科学技術研究センター

アブストラクト

多元的な世界とは、真理、価値、世界観などの多様性を認める世界である。これを実現するためには、人と人の対話を支援することが有効であると考えられる。ロボット・ネットワークを用いれば、人とロボットの同期対面(ミクロ)の対話と、ネットワークを介した人と人の非同期非対面(マクロ)の対話の両方を、効果的に支援することができる。本論文ではコンセプトを提案し、研究開発中のプロトタイプを紹介する。

1 はじめに

1.1 背景

現在の世界が抱えている問題の解決において、科学技術が果たす役割の大きさに注目が集められている。たとえばそのような主張者の一人として吉川を挙げることができる。その吉川によれば、現在の世界^{*1}が抱える問題のほとんどは「持続可能な開発」に集約できるとされる。そして、次のような分析が加えられている。

「「持続可能な開発」とは、現在、各地で頻発している地域紛争、あるいは戦争といったものの背景にある、南北問題や生活水準の格差で代表することができる [吉川 05] .」

筆者らもまたこのような問題意識を共有するものである。

ところで近年はまた、「多元主義」という概念にも注目が集められている。『岩波哲学・思想事典』で多元主義の項を引くと、次のような説明がなされている。

「一元的(単一)な真理観、価値観、世界観などに反対し、真理、価値、世界観などの多元性を謳う思想で、複数主義とも呼ばれる。...多元主義は、単に認識のレベルのみならず、倫理、文化、宗教などのレベルで、これからの哲学が真剣に取り組むべき大きなテーマとなったことは疑いえない [廣松 98] .」

筆者らは、この多元主義の立場に立つものとする^{*2}。特に、多元な世界における共生の問題に関心を持ち、これを積極的に支援する立場をとる。たとえば近年のプロローバル化を考えると、否が応でも、さまざまな真理や価値や世界観同士が出会う機会が増えてきている。そこでこれらを回避するのではなく、意味や価値のある出会いとして「演出」していきような支援を考えている。また世界的な課題の解決と同時に、日常も同時に扱うことは重要である。詳しくは後述するが、このような異なる価値観の共生というテーマは、何気ない日常の「うれしさ」などの問題にもつなげることができる。筆者らはこれに対して、科学技術、特に工学の立場から解を設計することにする。

これは必ずしも科学技術で取り組むべき課題ではないと批判されるかもしれないが、科学技術で解決できるのならそれにこ

したことは無いだろう。本論では、現在存在する人工物が必ずしも多元性を保証するように設計されていないこと、それによって問題が生じていると考えられることなどについても述べている。科学技術はすでに世界的な影響を及ぼしているので、これと独立に考えられる問題の方が少ないだろう。

本論文では、多元的な世界を実現するための人工物について考察する。そしてその設計解として、多元的な世界を実現するためのロボット・ネットワークを提案する。また現在研究開発中のプロトタイプについても紹介する。プロトタイプに関しては簡単な評価実験も行ったので、これについても紹介する。

1.2 本論文の構成

本論文の構成は、次のようになっている。

2 言説による設計(1)

前章では多元的な世界を実現することを目的として設定した。そこで本章および次章において、言説による設計^{*3}を実践することにより、この目的を達成するための人工物の役割を構成していく。設計では、多元的な世界の実現のためにロボット・ネットワークを用いることの有効性が演繹的に示される。以下、設計の過程を示す。

2.1 多元的な世界のための「対話」

すでに述べたことだが、多元的な世界を実現する上で重要な課題のひとつは、異なる真理、価値、世界観の共生の問題だと考えられる。これに関する考察もすでに多くなされているが、その中でも筆者らは特に、「対話」を重視する立場を取る。ここで対話を、問主観性という概念を用いて理解することにする。クロスリーは著書『問主観性と公共性—社会生成の現場—』の中で、問主観性について次のように述べている。

「本章^{*4}でうち立てられた基本的な区別は、問主観性に関する根源的位相と自我論的位相との区別である。この類型型に従えば、根源的位相はプーバーの「我—汝」関係と等しい。それは、自己意識の欠如と他者へのコミュニケーションの開けを意味するが、それらは無条件的なものである。自己は他者との様相で関わるが、他者を他者として経験するわけではない。これに対して、自我論的問主観性は、フッサールから引き出されている。それは、自己を他者の

^{*1} 本論文では、世界とは人間、人工物、社会、環境からなるものとする [林原 07]

^{*2} ここで何をもって真とするかという問題が生じるが、ここでは「実践」されていれば、それで真とすることにする [飯田 05] .

^{*3} 言説による設計は、筆者らが提案している設計の方法論である。この定義は「哲学など人文・社会科学系の分野で使用されている言説を用いて、人工物の役割を構成し、人工物の意味や価値を設計する方法論」である。

^{*4} 筆者注：本章とは文献の第一章のこと。

位置に想像上で移し入れることによって、他者性を経験する自己移入的な志向性を意味する [Crossley 96].」

補足となるが、間主観性では非明示的な関係も重視する [Buber 23]。またこのように、間主観的に世界を理解することで、自己と他者との関係がより密接になることから、倫理の必要性を導くことができる。

ここまでは対話に関するいわばミクロな問題であった。一方で、このような対話を行うことは、共生の問題につなげて考えることができる。つまりマクロな問題につなげることができる。例えばこのような主張を共生の問題に関して展開した一人として、アレントを挙げることができる。アレントは特に人と人の関係を重視する。人と人の対話を重視するとは、人を他ならぬ一人の個人として尊重することである。川崎によるアレントの概説書『アレントー公共性の復権ー』によれば、

「アレントは、人対人の関係における行為を、人対物の関係における行為をモデルにして理解することを批判する。彼女によれば、人対人の関係における行為は本来あくまでも相互行為であって、人対物関係の行為のような一方的な主体ー客体関係は成り立たないし、成り立たせるべきでもない [川崎 05].」

とのことである。アレントの主張は、この人対人の関係を人対物の関係に押し込めることが、画一主義、全体主義のきっかけになると論じたものとして理解できる [川崎 05].

また同じく川崎の概説書によれば、

「アレントのいうところの「活動」は、...言語を媒介とした相互的な行為であり、さらにそうした行為がその個人の「誰か」、つまり個性を最も表出するものである。だが、それが表出されるためには、すなわち活動が可能となるためには、公的な空間がなければならず、また公的な空間にみずから姿を現さねばならない [川崎 05].」

とのことである。引用部分にある「個性」や「誰か」といった語は間主観性よりも、独立した主観(われ)を連想させる。しかしアレントが相互行為を重視していたのは最初の引用部分から明らかであり、彼女も間主観性を重視していたと言える。よってアレントの言うところの「活動」が、主観と間主観の相違を別とすれば、筆者らのいう「対話」とほぼ同じものと位置づけることができる^{*5}。いずれにしろ、そのような対話が可能となる空間を何らかの形で実現することには意味があるだろう。筆者らはこのような空間を作り出す上で、人工物による支援を考えている。

以上まとめて、多元的な世界を実現するためのひとつの解として、人と人の対話を支援することが導ける。

2.2 「ハビトゥス」と「知による自己解放」

前節では、多元的な世界の実現のために人と人の対話が有効なことについて述べた。そしてそのような対話が可能となるための空間が必要なことを述べた。本節では、多元な真理や価値や世界観を持つ人同士が対話をすることによって、互いに学び合える可能性があることを述べる。

すこし遠回りになるが、まずは「ハビトゥス」という概念を導入する。ハビトゥスとは、『ディスタンクシオン 1』の記者である石井によれば、「もろもろの性向^{*6}の体系として、ある階級・集団に特有の行動・知覚様式を生産する根拠システム [Bourdieu 79]」のことである。ハビトゥスという考え方を適用すると、この異なる個人の真理、価値、世界観は、実は社会的な背景によって方向付けられているという説明が可能になる。つまりハビトゥスの導入によって、人と人のミクロな関係を考えていくと、それは同時に社会と社会、文化と文化といったマクロな関係を考慮することができるようになる。

また余談であるが、人工物の実装にハビトゥスの考え方を応用することは有効である。たとえばメディアの実装にハビトゥスの考え方を適用すれば、それは緩衝効果としてはたらくと期待できる。ハビトゥスに従うことは、その社会で自然な行為の性向を身につけることである。人工物が残されるべき文化などを傷つけないように配慮することは大切である。

ところで、人の悩みはしばしば、世界との関係によって生じている。ラッセルによれば、

「...さまざまな不幸の原因は、一部は社会制度の中に、一部は個人の心理の中にある。もちろん、個人の心理は、それ自体、たぶんに社会制度の所産である [Russell 30].」

とのことである。これはハビトゥスが悩みの原因になっている可能性を示唆している。また姜によれば、

「...他者とのコミュニケーションこそが、人間そのものだといってもいいと思います。その中で、自分と世界の間をどう考えるか。世界を変えることでしか人間は変わらないし、人間を変えるためには世界を変えないといけな [姜 07].」

とのことである。ハビトゥスも絶対視されるべきものではなく、時には疑い、新たに位置づけを行われるべきものである。そしてそのためには、世界も同時に変わっていかねばならないということである。引用した両者とも、このように視点を自己から外へ向けることが重要であると主張している。このようにして人と人の対話に、世界という視点を取り入れていくことが出来る。

次に「知による自己解放」という概念を導入する。知による自己解放と、ポパーによって改めて提起された概念である [Popper 84]。簡単に言うと、新しい知に触れることで、思考が自由になるという経験のことである。つまり多元な解に触れるということは、それだけ学び合える可能性があるということになる。ここで解が一元であるとすると答えはひとつなので、どちらかがより正しいということになってしまう。このような考えに基づく対話では、学び合うというよりも間違いを正すというようになってしまう。一方で相対主義のように真を否定してしまうと、学ぶという概念自体が否定されてしまう。多元主義はまさにその中間のちょうど良いところを示す概念なのである。

以上をまとめる。人の悩みはしばしば世界との関係で生じているのであるが、それは世界的な人と人の対話によって解決さ

^{*5} ちなみに引用した川崎の概説書は、アレントの思想を政治的文脈において説明したものであるが、筆者らはこれを広く哲学的な価値の問題にも適用している。

^{*6} 「各行為者の行動や近くを規定する潜在的な方向付け...社会的につちかわられ獲得された傾向をさす。 [Bourdieu 79].」

れる可能性があるということになる。なぜならば、多元な解に触れることで、社会や世界的に決められている前提を新たに位置づけられることが期待できるからである。このような対話の支援では、ハビトゥスに注目すると良いだろう。

3 言説による設計(2) ロボット・ネットワークの提案

前章までで、多元的な世界を実現するために、人と人の対話を支援することを述べた。本章では引き続き言説による設計を行うことで、このような支援を行うための人工物として、ロボット・ネットワークを用いることを提案する。

3.1 多元的な世界を実現するためのロボット・ネットワークの提案

多元的な世界を実現するためのロボット・ネットワークを提案する。コンセプトは、人とロボットの日常的な対話から得られた多元な実践を、ネットワークを通じて流通させるというものである。ロボット・ネットワークを用いれば、人とロボットの対話と、ネットワークを介した世界的な人と人の対話の両方を、効果的に支援することができる。ちなみに、人とロボットの対話は同期対面であるが、人と人の対話は非同期非対面となる。いずれにしても、このような対話により、社会の枠組みを超えた対話を支援できると期待している。

3.2 他の可能な解との比較

前節では、このような人と人の対話を支援する人工物として、ロボット・ネットワークを提案した。本節では他に考えられる可能な解との比較を行う。

他にも可能な解として、例えば自動車や飛行機、道路や航路などの輸送網を整備することなども考えられる。これはまさに人と人の出会いの機会を増やすことになる。しかしこれらは日常的な対話の支援というよりは、短期間の特別な場合を扱う場合が主となる。筆者らは日常の行為を対象とした支援を考えることにしたいので、こちらの設計解については扱わないことにする。

対してロボット・ネットワークを実現できれば、日常的に対話を支援することができる。ロボット・ネットワークを用いることで、各ロボットが対話で獲得した実践を、全てのロボットが共有することができる。またロボットにハビトゥスを実装できれば、対話において緩衝効果を発揮できると期待している。これはテレビやインターネットなどの既存のメディアの延長として、より人と人の対話を重視したものであると位置づけられる。厳密には、人と人の対話という前提が成り立たなくなるが、将来的にはロボットが実現する「存在感 [RGS 04]」がかなり近い経験を実現できると考えられる。以上より筆者らは、言説による設計のひとつの解として、この形を採用することにする。

3.3 既存技術との位置づけ

次に、既存の技術について多元主義の立場から考察を加えていく。たとえば「Google[Google]」は、基本的にはリンク構造を解析することで探索を行っている。リンク構造を解析することは、ウェブ上にひとつの構造を見いだす操作とみなせる。これは一元主義的にデータを解釈していると見なせる。それゆえ、同じ検索語に対しては、世界中の誰でもおなじ結果を受け取ることになる。結果を受け取った人の中では多元な解釈が可能であるが、それ以前の段階で多元性が減少していることは容易に推測できる。他にも「ウィキペディア [Wikipedia]」は、客観的

に事実を記述できるような項目に関しては問題が無いように見えるが、思想などの多元な解がありうる項目については、大抵なんらかの議論が生じている。複数人が参加しているのに、ひとつだけの説明を組み立てることになるという、結局は一元主義的なコンセプトに基づいているために起きている問題であると理解できる。

対して「アマゾン [amazon]」は、個人に特化したサービス、つまり「推薦の永続的個人化 [神嶋 07]」を行っているので、多元主義的なコンセプトに基づいていると言える。また話題になっている SNS も、コミュニティ単位で情報を共有しているなど、多元主義的なコンセプトに基づいていると言える。これらも問題がないとは言えないが、多元主義的な立場からすれば、こちらの方を評価する。本研究はこれらの技術の延長として、さらに多元性や人と人の対話を重視したものと考えるだろう。

また既存のロボットのコンセプトのほとんどが、ロボットに自我を持たせることを前提としている。このようなロボットは技術的には興味深い課題であるが、それ先の目的が不明瞭である。提案している多元主義を実現するためのロボット・ネットワークというコンセプトは、新しいきっかけを与えられるのではないかと期待している。

4 プロトタイプの概要

前章で多元的な世界を実現するためのロボット・ネットワークを提案した。本章では筆者らが現在研究開発中のプロトタイプについて紹介する。

4.1 プロトタイプの位置づけ

本節では、プロトタイプの位置づけについて説明する。プロトタイプの研究開発の目的は主に、言説による設計の解の妥当性を検証しながら、言説による設計を補うことである。つまり多元的な世界を実現するためのロボット・ネットワークというコンセプトが、「イケてる」かどうかを検証し洗練させるためのものである。もっとも、このレベルでの検証をするためには、その前の段階として要素技術の検証やシステム工学的な検証も必要となる。そこでプロトタイプのさらなる目的として、このようなさまざまなレベルでの検証を行うことを設定する。さらにそのようなレベル間の関係を考察することを設定する。

現在研究開発しているのは、人と人の関係を取り出すための技術についてである。より具体的には、人と人の間で、言葉の背景にもつ概念にどの程度の相関があるかを推論するものである。これは多元的な対話を実現する上で、核となる技術と考えている。現在のプロトタイプでは、この部分に関する技術の実装が完了している。ロボットを用いたインターフェースやネットワークについては、現在は構想段階に留まっている。これらは今後の課題である。

4.2 プロトタイプの概要

次に、プロトタイプの概要を紹介する。ここでは主に、人と人の概念の相関を取り出す過程について説明する。

プロトタイプが扱うデータは、対話における発言である*7。プロトタイプが発言の内容を受け取りそれを記録すると、個人ごとの発言集を作成する。発言集とは、過去に記録された発言を、個人ごとにまとめて記録したものである。その後、発言集の内容を解析することで、個人ごとに個人辞書を作成する。詳

*7 現在は発言の内容をテキストデータとして、手動で入力している。

しくは後で述べるが、個人辞書とは個人がある単語を発言する際に、他のどのような単語と一緒に発言しているかを数値にしたものである。この個人辞書に従って、発言者の発言の背景にもつ概念と、他人が持つ概念との相関を計算している。プロトタイプは、過去に発言を記録した人の一覧(名簿)を持っているが、その全員との間に相関を計算する。現在はこの計算の結果を評価することで、人と人の相対関係を評価していると見なしている。図1は、プロトタイプの構成を図で表したものである。

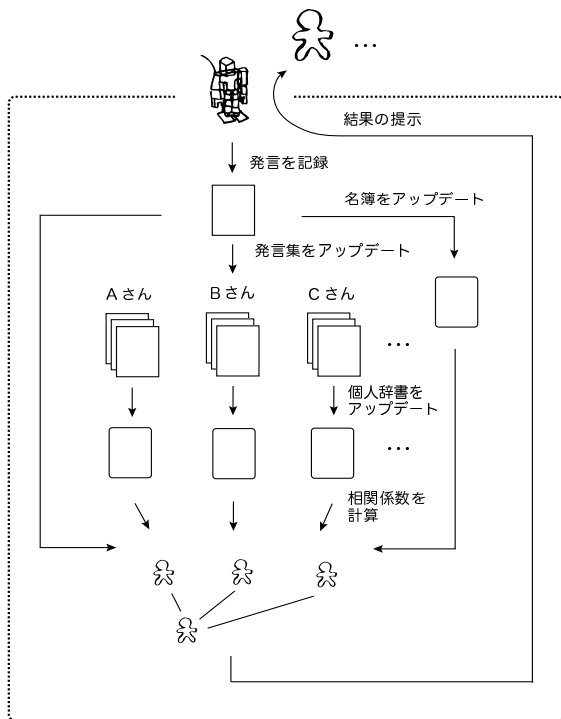


図1 プロトタイプの構成図

図中の、例えば一番上の人物の横などにある「...」は、他にも複数の人数の場合があり得ることを意味している。発言集や個人辞書の場合も同様である。また結果を提示するインターフェースはロボットを用いることになっているが、これはまだ実装されていない。ここまで実装すると、図のようなループが完成する。

構想だが、ロボットに、他の人ならこのように考えますよと過去の発言を引用させる。その際結果のすべてを提示することはできないので、発言について何らかの選択をする必要がある。また先にハビトウスを実装すると良いと述べたが、これは何らかの翻訳機能が必要であると言い直すことができる。今後はこのような技術を実装していく予定である。

5 プロトタイプの工学的設計

前章ではプロトタイプの概要について説明した。本章では実装に用いた技術をより詳細に説明していくことにする。つまり工学的設計の過程を紹介していく。

5.1 多元主義とデータ構造

多元的な世界を実現するという立場からは、データ構造も多元的なコンセプトに基づいて設計する必要がある。先に「Google」がひとつのデータ構造を持っているために、データ

の多元性を減少させている可能性について述べたが、データに構造を持たせるのではなく、データに多元な解釈を加えていくというコンセプトを用いる。

そこで間主観性を設計に取り入れる。つまり先に間主観性の「根源的位相」と「自我論的位相」について紹介したが、これを取り入れることにする。例えば個人の発言の履歴から、プロトタイプでは個人が持っている概念を推論している。これは「自我論的位相」を取り入れたものである。さらに人同士の関係を推論する際に、発言者を基準として相対的な関係を求めている。これは「根源的位相」を取り入れたものである。

5.2 インタラクション、インターフェースの設計

本来はここでインタラクションやインターフェースの設計について述べられると良いのだが、すでに述べたように人と人の相対関係を抽出する技術から取り組んでいるため、この部分は今後の課題となっている。

5.3 相対出現回数の定義

本節より、人と人の相対関係を抽出するための要素技術について述べる。これは人と人の関係を取り出す技術であり、人工物全体の核になる部分である。

まずは相対出現回数というものを定義する。文中に出現するある単語を w_a, w_b などと書くことにする。今 N 個の文があったとする。その中で k 番目 ($k = 1 \sim N$) の文において、 w_a が出現する回数を $n_k(w_a)$ と書くことにする。同様に w_b が出現する回数は $n_k(w_b)$ である。

この k 番目の文における、 w_a に対する w_b の相対出現回数を次の式で定義する。

$$relative_k(w_a, w_b) = \begin{cases} \frac{n_k(w_b)}{n_k(w_a)} & n_k(w_a) \neq 0 \\ \text{なし} & n_k(w_b) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

5.4 相対出現回数の平均値の定義

次に相対出現回数の平均値を定義する。 N 個の文の中に、ある単語 w_a が含まれている文が $sentence(w_a)$ 個あったとする。式で表せば、 $n_k(w_a) \neq 0$ なる文が $sentence(w_a)$ 個あったとする。この N 個の文に関して、 w_a に対する w_b の相対出現回数の平均値を次の式で定義する。

$$relative_{ave}(w_a, w_b) = \frac{\sum_{1 \leq k \leq N, n_k(w_a) \neq 0} \frac{n_k(w_b)}{n_k(w_a)}}{sentence(w_a)} \quad (2)$$

$$= \frac{\sum_{k=1}^N relative_k(w_a, w_b)}{sentence(w_a)} \quad (3)$$

これは、ある単語 w_a が出現する文について、他の単語 w_b が平均して何回出現するかを表す値である。

5.5 出現依存度との関係

定義した相対出現回数の平均値と、「出現依存度 [赤石 06]」との関係を考察する。単語 t を含む文の数を $sentence(t)$ 、単語 t と t' を含む文の数を $sentence(t, t')$ と書くことにする。単語 t の t' に対する出現依存度は次の式で定義される。

$$td(t, t') = \frac{sentence(t, t')}{sentence(t)} \quad (4)$$

これは単語 t を含む文が単語 t' を含む確率と理解できる。

相対出現回数の平均値と出現依存度の関係を考えて、相対出現回数を次のようにして平均値を求めると、出現依存度となることがわかる。

$$relative_k(w_a, w_b) \cong \begin{cases} 1 & n_k(w_a) \neq 0 \text{ かつ } \frac{n_k(w_a)}{n_k(w_b)} > 0 \\ 0 & n_k(w_a) \neq 0 \text{ かつ } \frac{n_k(w_a)}{n_k(w_b)} = 0 \\ \text{なし} & n_k(w_b) = 0 \end{cases} \quad (5)$$

5.6 個人辞書の作成

これまで解析の単位を文としていたが、これより解析の単位を発言とする。そしてある個人ごとに発言を記録したものを発言集と呼ぶことにする。

ところで単語をどのような概念に基づいて使用しているかは、個人によって異なると考えられる*8。そこで、ある個人がある単語をどのような発言の中で使用しているかを解析することで、その個人が単語の背景にどのような概念を持っているかを推論する。解析には相対出現回数の平均値を用いる。

次に個人辞書を定義する。発言集内に出現する全ての単語の間に、相対出現回数の平均値を求めることができる。発言集に発言が N 個あり、発言集に出現する単語が M 種類あったとする。全ての単語の間に、相対出現回数の平均値を成分とする $M \times M$ 行列が得られる。

式で表すと次のようになる。

$$\text{Dictionary} = \begin{pmatrix} relative_{ave}(w_1, w_1) & \dots & relative_{ave}(w_1, w_M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ relative_{ave}(w_M, w_1) & \dots & relative_{ave}(w_M, w_M) \end{pmatrix} \quad (6)$$

以後これを発言者についての個人辞書と呼ぶことにする。個人辞書の行列の (i, j) 成分は、単語 w_i に対する w_j の相対出現回数の平均値である。対角成分は全て 1 となる。個人辞書に関して、その項が作る単語のベクトルを、個人辞書のリストと呼ぶことにする。

定義から、例えば w_i に対する他の単語との関係を見なければ、 i 行目を取り出してみれば良いことになる。そこで表記を簡単にするため、各行ベクトルを $relative_{ave}(w_1)$ のように書くことにして、個人辞書を次のように書き換える。

$$\text{Dictionary} = \begin{pmatrix} relative_{ave}(w_1) \\ \vdots \\ relative_{ave}(w_M) \end{pmatrix} \quad (7)$$

5.7 発言の理解に個人辞書を適用する

発言を単語のつながりと見なすと、発言を単語ベクトルとして扱うことができる。発言が単語 L 個のつながりであると、式では次のように書ける。

$$remark_A = \left\{ \begin{matrix} a_1 \\ \vdots \\ a_L \end{matrix} \right\} \quad (8)$$

今 R 人について解析するものとする。この R 人の名前が記録したものを名簿と呼ぶことにする。ある個人 $p_k (k = 1 \sim R)$ について、発言集に記録されている発言の数が N 個であ

たとする。そしてこの個人の個人辞書は M 種類の単語からなっていたとする。

今ある発言 A について考える。発言 A に出現する単語について、 i 番目に出現するものを $a_i (i = 1 \sim L)$ と書くことにする。また発言者が p_k であったとして、 p_k の個人辞書の j 項目の単語を $d_{p_k}(j) (j = 1 \sim M)$ と書くことにする(このとき $L \leq M$ が成りたつ)。

発言者 p_k が発言 A を表出した際に、各単語の背景にどのような概念を持っているかを推論する。今までの式を用いると次のような行列の形で書けることになる。

$$remark_A(p_k) = \begin{pmatrix} relative_{ave}(a_1, d_{p_k}(1)) & \dots & relative_{ave}(a_1, d_{p_k}(M)) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ relative_{ave}(a_L, d_{p_k}(1)) & \dots & relative_{ave}(a_L, d_{p_k}(M)) \end{pmatrix} \quad (9)$$

(7) 式と同様に、(9) 式の各行をベクトルで略記する。

$$remark_A(p_k) = \begin{pmatrix} relative_{ave_{p_k}}(a_1) \\ \vdots \\ relative_{ave_{p_k}}(a_L) \end{pmatrix} \quad (10)$$

5.8 発言に対する個人間の理解の相関を計算

ある発言がなされた状況下で、発言の背景にもつ概念の個人間での関係を推論する。そこで、ある単語の背景にもつ概念を表すベクトル間のコサインの値つまり相関係数を計算することにする。これは個人間の相対的な差を求めることになる。

ところで人と比べるのは良くないと人は言う。例えば脚本家である野島伸司のどらま『未成年』は、そのような強烈なメッセージをもった作品のひとつである。台詞を一部引用させてもらう。

「俺たちは車やテレビじゃねえんだ。他との性能をいつもいつも嫌でも比べられちまう。そんな視線にや、そんな社会にやうんざりなんだ [野島 95] .」

人間の価値を同じメジャーで測るなということである [野島 95]。つまり一元的に比較するなということである。筆者らもこれには賛成する立場を取っているここで人と人の相対的な関係を取り出しているのは、ただ違いを取り出しているだけである。支援には違いを利用するだけで、どちらが偉いとかは言うつもりは無いし、これをそのような人工物にはしない方が良いと考えている。

5.9 相関係数の計算

要素技術のはなしに戻す。ある個人の個人辞書の行と、他の個人の個人辞書の対応する行との相関係数を計算する。このとき両者のリスト合併して項をそろえる必要がある。

いまある個人 p_k と p_s について考える。両者のリストを合併し、新しいリストでの p_k と p_s にとっての発言 A の理解を次の式で表すことにする。

$$remark_A(p_k, p_s) = \begin{pmatrix} relative_{ave_{p_k, p_s}}(a_1) \\ \vdots \\ relative_{ave_{p_k, p_s}}(a_L) \end{pmatrix} \quad (11)$$

同様に、 p_s については、

*8 この違いは、ハビトゥスの違いが現れたものと見なせる。

$$\text{remark}_A(p_s, p_k) = \begin{pmatrix} \text{relative}_{\text{ave}p_s, p_k}(a_1) \\ \vdots \\ \text{relative}_{\text{ave}p_s, p_k}(a_L) \end{pmatrix} \quad (12)$$

(11) 式, (12) 式の各行ベクトルの内積をとり, それぞれのベクトルの絶対値で除すれば, 発言に出現する各単語に対する二者の相関係数を求めることができる. ベクトルの絶対値を,

$$\|\text{relative}_{\text{ave}p_k, p_s}(a_1)\|$$

などのように書くことにすると, 相関係数は次の式で求められる.

$$\text{correlation}_A(p_k, p_s) = \begin{pmatrix} \frac{\text{relative}_{\text{ave}p_k, p_s}(a_1) \cdot \text{relative}_{\text{ave}p_s, p_k}(a_1)}{\|\text{relative}_{\text{ave}p_k, p_s}(a_1)\| \cdot \|\text{relative}_{\text{ave}p_s, p_k}(a_1)\|} \\ \vdots \\ \frac{\text{relative}_{\text{ave}p_k, p_s}(a_L) \cdot \text{relative}_{\text{ave}p_s, p_k}(a_L)}{\|\text{relative}_{\text{ave}p_k, p_s}(a_L)\| \cdot \|\text{relative}_{\text{ave}p_s, p_k}(a_L)\|} \end{pmatrix} \quad (13)$$

このベクトルをもって, ひとまず発言が行われた状況での p_k と p_s の相対的な関係を表したものとす. 今回のプロトタイプは, この相関係数の絶対値を評価することで, 人と人の相対関係を評価しているものとする.

6 実験

本章では実施したプロトタイプ実験について述べる.

6.1 目的

実験の目的を設定する. 今回の実験の目的を, プロトタイプがどのような結果を提示する傾向があるかを評価することとする. また相対出現回数の平均値や個人辞書, 相関係数の計算などの要素技術を, 設定した目的に沿って評価していく. さらに, 将来的にこのプロトタイプの方向性が, 多元的な世界の実現と合致しているかを評価する.

6.2 設定

本節では, 実験の設定について述べる. プロトタイプ実装の開発環境は, Mac OS X (バージョン 10.4.10), Xcode (バージョン 2.2.1) である. プログラミング言語は C++ である. 形態素解析には「茶筌 (バージョン 2.4.1) [茶筌]」を用いている. 語句は基本形で解析している. また配列の演算には, 「Blitz++ (バージョン 0.9) [Blitz++]」を用いている. ちなみに実験で使用するプロトタイプは, ひとつひとつの発言が終わった時点で, 発言集, 個人辞書, 名簿をアップデートしてから相関係数を計算する仕様になっている. 相対出現回数やその平均値, 個人辞書, 相関係数の計算などは, 形態素解析して得られた全ての品詞を対象としている. さらに, 茶筌はひとつの文を解析すると, 出力の最後に「EOS」という語を付加する仕様になっているようだが, これも解析の対象としている^{*9}.

実験は次の手順で行う.

手順 1 対話の記録を読み込ませ, 各個人の発言から発言集, 個人辞書を作成し, 発言者の名前を名簿に登録する. 今回用いるデータは, 『知識の謎—認知発達ロボティクスの挑戦 [RGS 04]』より, 討論一「まずは各執筆者のスタンス表明から」および討論二「知能ロボットの暴力性」とする.

手順 2 手順 1 で用いた発言とは異なる発言を入力して, 解析結果を得る. 今回は『知識の謎—認知発達ロボティクスの挑戦 [RGS 04]』の討論三「知能ロボットの設計論、そして知能の創発」の, 一番初めの発言を用いることにする.

手順 2 で読み込ませる発言(柴田智広氏のもの)を引用しておく.

「ここから具体的な知能ロボットの設計論に移っていきたいと思います. 設計論に関して僕は大きくふたつに分けて考えているんです. まず, ある程度の行動や判断のプログラムをロボットに書き込んでおき(埋め込み)それをベースにロボットを発達させておく方式. もうひとつはそうじゃなくて, ロボットが環境や人間と同相互作用するかが大事なんだという相互作用主義から攻める方式。」

この発言の全ての単語およびひとつの「EOS」について, 発言者である柴田氏と他の人との間に相関係数を求めることになる. とここでこの発言は, 実験者によって恣意的に選択されたものである. そこで次のような質問に答える必要があるだろう.

1. なぜ, 柴田智広氏なのか?
2. なぜ, 柴田智広氏の発言の中でもその発言なのか?

一番目の点については, 柴田氏が司会という立場だからである. つまり柴田氏はホストである. ロボットは支援のために討論に参加していると想定できるが, この場合ロボットを参加させる権限があるのは柴田氏であろう. つまりロボットにとって一番身近な人間は柴田氏ということになる. 二番目の点の, なぜ柴田氏の発言の中でもこの発言を選択したかについては, 全ての討論を通じての主題である「ロボット」という単語が含まれているからである. また発言に十分な長さがあるからである. 発言が極端に短いと, 有意義な解析が行えない.

つまり二つの質問に簡単に答えるなら, プロトタイプの性質を最も説明しやすい結果を出力しそうな発言だからである.

6.3 結果

本節では実験の結果を示す. まずは計算した相関係数である. 表 1 は発言中の各単語(基本形)に対する, 各個人の発言者に対する相関係数を示したものである. ここでは煩雑を避けるため, 発言中の最初の一文についてのみ結果を示すことにした. 図 2 は, 表 1 をグラフにしたものである.

図 3 は, 各個人についての相関係数の平均を表したグラフである. この値を計算する際には, 名詞でかつ相関係数がゼロでない単語の場合のみを加算し, その個数で除して求めた. これは後にプロトタイプが結果を提示するようになる際に, 共通する話題に注目するようにしたためである. 他にも注意が必要なこととして, 表 1 や図 2 が発言中の第一文のみを表しているのに対し, ここでは手順 2 で読み込ませた文のすべてを対象としたことである. また値が左側から降順になるように, 個人の順番を並び替えてあるので, 表 1 とは異なっている.

*9 解析ではひとつの発言をひとつの「string」入力する. よって, 発言を解析することに「EOS」がひとつ付加される. この「EOS」に対する他の単語の相対出現回数の平均値は, ひとつの発言あたりにその単語が何回出現するかの指標となる.

表1 発言者に対する相関係数の表

	柴田	一同	國吉	銅谷	中島	浅田	谷	石黒	開
ここ	1.0	0	0	0.50	0	0	0	0	0
から	1.0	0	0.61	0	0.37	0.66	0.83	0.61	0
具体	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
的	1.0	0	0.68	0.64	0.58	0.71	0.789	0.789	0.32
だ	1.0	0.39	0.84	0.76	0.74	0.75	0.88	0.82	0.41
知能	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
ロボット	1.0	0	0.71	0	0.52	0	0.84	0.81	0
の	1.0	0	0.81	0.69	0.65	0.70	0.84	0.80	0
設計	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
論	1.0	0	0.56	0.36	0.27	0.28	0.73	0.39	0
に	1.0	0	0.82	0.75	0.68	0.71	0.87	0.82	0
移る	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0
て	1.0	0.37	0.83	0.69	0.70	0.65	0.86	0.87	0
いく	1.0	0	0.66	0.63	0.48	0.64	0.82	0.39	0
たい	1.0	0	0	0	0.55	0	0.69	0.76	0
と	1.0	0	0.84	0.77	0.64	0.61	0.87	0.79	0
思う	1.0	0	0.70	0	0.46	0.58	0.78	0.78	0
まず	1.0	0	0	0.60	0	0	0	0	0
。	1.0	0	0.84	0.74	0.74	0.69	0.88	0.85	0.41

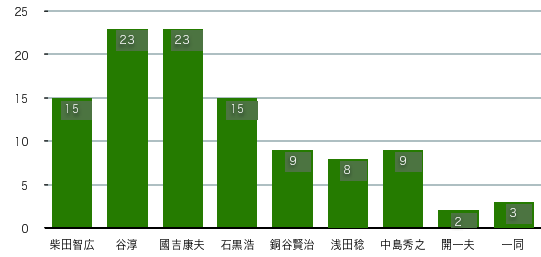


図4 発言集に記録されている発言の数

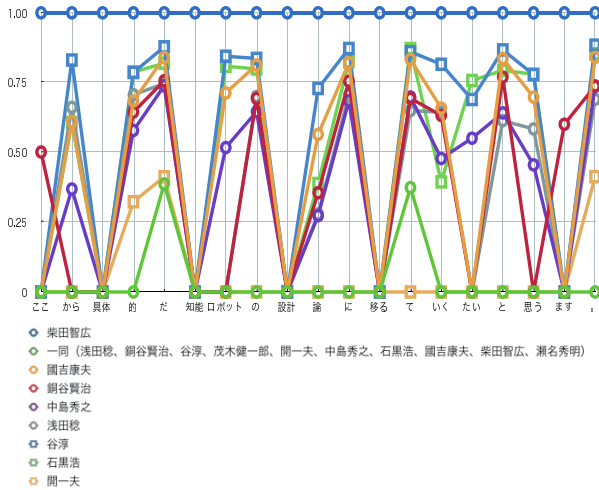


図2 発言者に対する相関係数

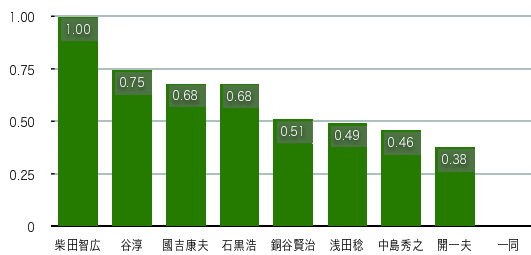


図3 相関係数の名詞のみでの平均値

図4は、実験の手順1と手順2を終えた後での、各個人の発言集に記録されている発言の数を表したものである。

最後に、図3の値と図4の値の相関を求めた。つまり計算した相関係数のうち名詞でかつ値がゼロでないものの平均値と、発言集に記録されている発言の数との間に相関があるかを確かめた。結果は柴田氏本人を含めて計算した場合が「約0.74」、柴田氏を除いた場合は「約0.82」となって、いずれも「強い正の相関がある」ことが分かった。

単語を単位とした場合として、討論の主題である「ロボット」について、同様に発言の数との相関係数を求めたところ、両者に「強い正の相関がある」ことがわかった。ちなみに相関係数を計算したところ、柴田氏本人を含めた場合が「約0.81」、柴田氏を除いた場合が「約0.86」であった。本来期待していた結果は、「ロボット」についての各個人の専門性やスタンスなど

が取り出せるとしていたのだが、そのような結果は見いだせなかった。

6.4 考察

本節では、実験の結果に基づいた考察を行う。まずは要素技術に関して考察する。特筆すべき傾向としては、発言集に記録されている発言の数と、発言者に対して求めた相関係数の間に、強い相関があることが挙げられる。今回の実験はひとつの発言についてのみ解析しているが、実はこれと同様の傾向は予備実験でも得られている。

この傾向は、今回用いたアルゴリズムから数学的に説明が可能である。初めに発言集に記録されている発言が少ない場合を考える。ある単語に注目した場合、解析する発言の数が少ないと、共起する単語の種類が少なくなると考えられる。そもそも個人辞書に登録されている単語の頂数が少なくなると、リスト自体も短くなるだろう。相関を計算するとき、相手の辞書とリストを合併するのであったが、結局はほとんど共通する項がなくなる。つまり相関係数を計算するベクトルの要素にゼロがたくさん並ぶことになる。よって相関係数を求めると、値が小さくなる。逆の場合の発言の数が多いときも、同様にして説明できる。今回は「名詞でかつ値がゼロじゃない場合」のみを対象に平均を求めて使用したが、この考察に従うと、全ての品詞を対象に平均を求めても同じ傾向が得られると考えられる。

サンプルの数が増えれば結果が異なってくると予想することができるが、実世界アプリケーションを想定するとおなじ問題に直面すると考えられる。ロボットが実世界で発言やその他の行為を収集するようになった場合、対象によって集められるデータの量に偏りが生じると考えられるからである。

次にこの傾向を、要素技術の使い方という視点で考察する。このような結果についての他の可能な説明として、現在のプロトタイプが相関係数の絶対値のみを評価していることが考えられる。相関係数の絶対値だけでなく、相関係数の変化や相関係数同士の関係などを解析に取り入れられれば、計算結果をより有効に活かせるだろう。これらの情報は、発言集に記録されている発言の数だけでは得られない情報を含んでいるからである。つまり、これは文脈を考慮する必要性を示唆している。

今後は二つのレベルで文脈を考える必要があるだろう。ひとつは発言における文脈である。例えば発言の中で、単語がどのような役割を担っているかの違いを、人と人の中で解析することになる。ふたつ目は対話における文脈である。発言はそれ自体で意味を持つのではなく、発言と発言の関係でもって意味をもつ。このレベルでの違いも解析していく。今後はこのような情報も取り入れる必要があるだろう。

次に、人工物に設定した役割のレベルにおいて考察する。こ

ここで本来の目的に戻ると、人工物は多面的な世界のために人と人の対話の支援をするという役割を与えられてた。そしてその対話では、「知による自己解放」を通してお互いに学び合える可能性が期待できるのであった。そこで今回実験したプロトタイプをそのまま使うとして、この役割に関してどのような意味を持ってくるかを考える。現状のプロトタイプは、自身に対する接触の頻度を評価していると見なすことができる。記録された発言の数を評価していることと、ほぼ同じだったからである。これに基づいて行為を決定する場合、ひとつの応用として、プロトタイプが自身と相手との距離を操作することが可能となる。相手との関係を重視する立場からは、このような操作は重要である。しかし多面的な世界を実現するための人工物を設計するという立場からは、プロトタイプ自身が人を取り込んだり、排除したりするという可能性が出てくるという意味で、注意が必要である。たとえばこれが行き過ぎると、容易に画一的な世界につながると予想することができる。

6.5 結論

結論を述べると、このプロトタイプは現段階では失敗である。もっともこれは、工学的設計という場合に限った失敗である。つまり設計した人工物が、目的である人と人の関係を取り出すことがうまく出来なかったという意味での失敗である。失敗の原因は、現在の仕様が、相関係数の絶対値のみを評価していたためと結論することができる。つまり要素技術の使い方で失敗していたと言える。換言すれば、一元的な面でしか解釈していなかったということになる。

次に要素技術の選択に関してであるが、要素技術の使い方に失敗の原因があると結論できるため、要素技術それ自体の選択が失敗であるとは現段階では結論できない。つまり同じ要素技術でも、使い方を変えれば望む結果を手に入れられる可能性が残っている。さまざまなレベルで多面的な解釈を可能にし、それらを組み合わせる上で、改めて検証する必要がある。

最後に人工物に設定した役割について、実験からは、今のままでは設定した目的が達成できないことは確認できたが、目的の妥当性を評価することまではできなかった。つまり工学的設計段階で失敗してしまったので、言説による設計の解を客観的に評価するだけの根拠が得られなかった。今後は工学的設計を洗練させ、改めて実験を行う必要がある。またインターフェースやインタラクションの評価実験は、必ずしも工学的達成を前提としないので、こちらも並行して実施することが可能である。今後は工学的に実現するのを待つばかりではなく、このようなさまざまなレベルの評価実験を組み合わせながら、設計を進めていく必要があると考えられる。

7 おわりに

以上、人工物に役割を設定し、ロボット・ネットワークを提案し、プロトタイプについて紹介した。そして簡単なプロトタイプ実験について紹介した。

まず言説による設計の解の妥当性に関してだが、これは結論がない、つまり社会で実用化された後でも考え続けなければならない問題であろう。つまりいつまでも仮説として検証していく必要がある。また今回はこの人工物の良い面を中心に考察してきた。個人情報保護の問題や、悪意のある使用など、負の側面も挙げれば枚挙にいとまが無い。今後はこれらに対処することも、その対処までを人工物の役割として実装することを目

指す。また筆者ら個としての研究開発を進めるとともに、他者との対話やプロトタイプ実験を実施することなどとして、設計を洗練させていく必要もある。

さらに人工物に設定した役割が受け入れ可能なレベルに達したとしても、どのように技術的に可能にするかという問題がある。今回のプロトタイプを用いた実験では、まさに技術的な未熟さが倫理的なレベルでの結果にも影響を与える可能性が示唆された。

しかし、これらの結果は同時に多くの示唆を与えてくれるものである。特に設計やその評価の方法論について、多くの示唆が得られた。例えば、理屈では正しい設計をしているつもりでも、実際は期待通りには動かないものだというのを改めて認識することになった。そしてその要因のいずれもが、気付いてみれば当たり前のようなことばかりであった。これに関しては重要な点が二つあると考える。ひとつは実際にやってみること、つまり「reflection-in-action[Schön 83]」として設計を行うことの必要性である。そしてもうひとつは、状況と会話を行うための素養、いわば状況リテラシーを身につけることの必要性である。今回は事前にはしっかりと考察を行っていたおかげで、状況をそれなりに読み取り、位置づけ直すことができたと考えている。つまり、当たり前と感ずることができたのである。今後もこの二つの実践を中心に、設計をより良いものにしていきたいと考えている。

8 謝辞

研究室のメンバーから多くの支援を受けた。また筆者のうちの一人が出席した講義からも、多くの示唆を得た。講義を担当した講師はじめ、共に受講した学生の皆にもあわせて感謝したい。

参考文献

- [赤石 06] 赤石美奈: 文書群に対する物語構造の動的分解・再構成フレームワーク, 人工知能学会論文誌, 21 巻 5 号 A, pp. 428 - 437 (2006)
- [amazon] amazon ホームページ: <http://www.amazon.co.jp/>
- [Blitz++] Todd Veldhuizen, Julian Cummings, Patrick Guio, Allan Stokes, Sameer Shende, Brendan Kohoe, John W. Eaton, Mark Mitchell, Jason Merrill and the folks at Kuck and Associate Inc. (particularly Arch Robison), Blitz++ Homepage, <http://www.oonumerics.org/blitz/legal/>
- [Bourdieu 79] Pierre Bourdieu, *La Distinction: Critique Sociale du Jugement.*, Éditions de Minuit, 1979, Introduction and Chapter 3. (ピエール・ブルジュュー著, 石井洋二郎訳『ディスタクシオン 1 社会的判断能力批判』藤原書店(1990)序章および第三章)
- [Buber 23] Martin Buber, *Ich und Du.* 1923. (マルティン・ブーバー著『我と汝・対話』岩波書店(1979))
- [Crossley 96] Nick Crossley, *Intersubjectivity: The Fabric of Social Becoming.* SAGE Publication Ltd., 1996. (ニック・クロスリー著, 西原和久訳『間主観性と公共性 社会生成の現場』神泉社(2003))
- [Google] Google ホームページ: <http://www.google.co.jp/>
- [飯田 05] 飯田隆著『(現代思想の冒険者たち Select) ウイトゲ

ンシュタイン 言明の限界』講談社(2005)

- [神鷹 07] 神鷹敏弘: 推薦システムのアルゴリズム(1), 人工知能学会誌, 22 巻 6 号 pp. 826-837 (2007)
- [川崎 05] 川崎修著『現代思想の冒険者たち Select) アレント 公共性の復権』講談社(2005)
- [姜 07] 姜尚中著『ニッポン・サバイバル 不確かな時代を生き抜く 10 のヒント』集英社(2007)
- [野島 95] 野島伸司著『未成年』幻灯舎(1995)
- [茶筌] 松本裕治, 高岡一馬, 松田寛, 浅原正幸, 北内啓, 山下達雄, 平野善隆, 山本薫, 中山拓也, 今一修, 今村友明, 玉野健一, 岩田真琴「茶筌 形態素解析器」
<http://chasen.naist.jp/hiki/ChaSen/> (旧サイト:凍結),
<http://chasen-legacy.sourceforge.jp/>
- [林原 07] 東京大学人工物工学研究センター, 社団法人林原共済会・毎日新聞共済: 持続可能社会構築と新たな社会的価値創出へ, *in proc. of* 林原フォーラム「デザインの科学 創ることと分かることの本質を探る」(2007)
- [Popper 84] Karl R. Popper, *Auf der Suche nach einer besseren Welt*. R. Piper GmbH & CO. KG. München, 1984.
(カール・R・ポパー著, 小河原誠, 蔭山泰之訳『よりよき世界を求めて』未来社(1995))
- [RGS 04] けいはんな社会的知能発生学研究会編『知能の謎ー認知発達ロボティクスの挑戦』講談社(2004)
- [Russell 30] Bertrand Russell, *The Conquest of Happiness*. Allen & Unwin, 1930. (バートランド・ラッセル著, 安藤貞雄訳『ラッセル幸福論』岩波文庫(1991))
- [Schön 83] Donald A. Schön, *The reflective practitioner: How Professionals Think in Action*. Basic Books, Inc., 1983.
- [廣松 98] 廣松渉, 子安宣邦, 三島憲一, 宮本久雄, 佐々木力, 野家啓一, 末木文美士編『岩波哲学・思想辞典』岩波書店(1998)
- [Wikipedia] フリー百科事典『ウィキペディア(Wikipedia)』:
<http://ja.wikipedia.org/wiki/メインページ>
- [吉川 05] 吉川弘之, 内藤耕著『「産業科学技術」の哲学』東京大学出版会(2005)