

【特 集】「AI とデータデータに基づく意思決定と社会イノベーション創出—」

データ循環としての知能

Intelligence as Data Circulation

橋田 浩一

Kôiti Hasida

東京大学大学院情報理工学系研究科, 理化学研究所革新知能統合研究センター

Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo.

hasida.koiti@i.u-tokyo.ac.jp, <http://www.sict.i.u-tokyo.ac.jp/>

RIKEN Center for Advanced Intelligence Project, RIKEN.

koiti.hasida@riken.jp, <https://aip.riken.jp/>

Keywords: data circulation, hypothesis-test cycle, modularity, personal data, smart society.

1. はじめに

価値は直接的または間接的に個体や集団や種のサバイバル(環境への適応)に由来し, 意味は価値と表裏をなす。また, 価値を具現するのは広義の仮説検証サイクル(すなわちデータ循環)である。つまり, 何らかの価値が偶然でなく体系的に維持または向上するならば, それは何らかの仮説検証サイクルによる。ゆえに, 認知主体(生物個体や人工物や社会)がさまざまな意味(価値)を具現するとすれば, それはさまざまなサイクルの組合せによる [橋田 16]。

各サイクルは何らかの制約 (constraint: 情報処理の手順を捨象した仕様) の充足を志向する。つまり意味とは制約であり, 知的システム全体の挙動は何らかの制約充足とみなせる。サイクルの機能は最終的には環境への適応(による個体や集団や種のサバイバル)であるから, サイクル(制約=意味=価値の具現化)はしばしば認知主体の内外にわたり, 環境への適応を図る営みである。

サイクルには下記のような種類がある。

- (1) 個体の知覚-行動カップリングやホメオスタシスや言語使用や思考など, リアルタイムの挙動に係るサイクル
- (2) 個体の学習(知識や技能の改良や拡張)におけるより長期のサイクル
- (3) 種の進化や市場の働きなど, 集団のスケールで生じさらに長期にわたるサイクル

これらは時空的スケールの昇順に並べてある。つまり, (1) よりも (2), (2) よりも (3) のほうが, サイクルの1回転に要する時間が長く, またサイクルが空間的に大きい。生命や社会などの有機体は, このように多様な時空的スケールに及ぶ重層的な構造にわたって意味と価値を具現するものと考えられる。以下, 本稿では, 人工知能およびその社会との関わりについて, (1) ~ (3)

の観点から述べる。

2. リアルタイムのサイクル

サイクルを基本単位として情報処理システムを構成することにより, システムの構造が単純化される。前述のようにサイクルの機能は制約充足・最適化であるから, サイクルを基本単位として構成されたシステムは制約(の組合せ)とみなすことができる。これに対して, システムを手続きプログラムとして構成すると, その複雑性が非常に大きくなる恐れがある。手続きは文脈に応じて情報の流れを指定するものだが, 例えば2値の変項を N 個含む制約に対して文脈の種類は 2^N 個(2値のいずれであるかが不明の場合も考えると 3^N 個)あり得るので, 最悪の場合, 手続きの複雑性は制約の複雑性(変項の個数)の指数関数である。一般に, 複雑なシステムは必然的にモジュール構造をもつ(準分解可能 **nearly decomposable** である) [Simon 81] と考えられるが, モジュール構造が現れるのは, システムを制約(サイクル)の組合せとして捉えることにより複雑性を抑制した場合であろう。これに対し, モジュール構造が判然としなくなる [Fodor 83] のは, より細かい情報の流れに着目してシステムを記述しようとする場合と考えられる。

学習や進化が (2) および (3) の意味でのサイクルをなすのは当然のことだろうから, ここではリアルタイムの認知過程が (1) のサイクルから構成されることの根拠を示そう。言語使用の過程がサイクルを基本単位として構成されていることが, さまざまな失語症の症状から推察できる。初めのうちブローカ失語症は言語表現を産出する能力に関する障害と考えられていたが, 研究が進むにつれて統語論的知識へのアクセスに関する障害(失文法症)であることがわかってきた。言語表現の産出が障害されるが理解が障害されない失語症も言語表現の理解が障害されるが産出が障害されない失語症も存在しな

いようなので、言語表現を産出する機能と理解する機能は一体であり分離不能と考えられる。すなわち、言語の産出と理解とは同一の認知機能であり、サイクルによって実現される。

このようなデータ循環のサイクルからなるモジュールの構造はハードウェアなどの構造とは異なる。例えば失文法症はブローカ野以外の損傷に起因し得るので、統語論的知識はブローカ野に局在しないと考えられる。人工ニューラルネットワーク (NN) でもネットワークの構造とモジュール構造は全く異なり得る。

例えば図1のような m 層からなる NN を考えよう。この NN では層 i から層 $i+1$ ($0 < i < m-1$) に活性が直接伝搬し、層 1 は外部環境からの入力を直接受け、層 m が外部環境への出力を直接司るものとする。このような NN の内部にはサイクルが生じないので、NN が具現する意味 (知識や技能) の各モジュールは NN の内外を巡る。つまり、この NN が表現する意味がモジュール構造をもつとすれば、各モジュールはすべての層を横断して環境にも及ぶ仮説検証サイクルである。

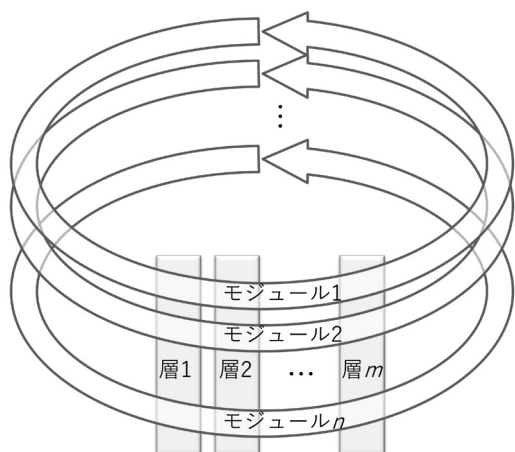


図1 層状ニューラルネットワークと意味のモジュール

もちろん、内部にサイクルを含む NN には、内部に閉じた (しかし、環境に及ぶ他のモジュールと相互作用することによって間接的に外部とつながった) モジュールが存在するだろう。ただし、例えばいわゆるリカレント NN のリカレント結合は、仮説検証 (単一の事物に関するデータ循環) の実行ではなく時系列 (異なる時刻において生起する複数の事象の列) の表現に用いられており、(2) の学習によって時系列の予測などが可能だが、(1) の意味でのリアルタイムの適応の機能を欠くと考えられる。

3. サイクルの学習

人工知能の技術が進歩して総合的に人間のレベルに至ったりいわゆるシンギュラリティを起こしたりするには、このようなサイクル (意味=制約) の重層的な組合

せとして情報処理システムを構成する方法を明らかにする必要がある。しかし現在の人工知能は、必ずしも意味を基本単位として構成されてはおらず、それゆえに構造が過度に複雑であり、そのため過度に大量のデータが学習に必要となり、したがって学習能力が限定されていると考えられる。

例えば、2016年11月～2017年12月の Google 翻訳は「太郎は花子を家に招待した。」を「Taro invited Hanako to her house.」に翻訳してしまう (入力文の末尾に句点がなかったりすると出力文が異なる) が、「Taro invited Hanako to his house.」という出力を得るには、少なくとも以下のような知識のモジュールが必要と考えられる。

- (a) X が Y を Z に招待するなら X は Z を所有する
- (b) 「太郎」が X を指すなら X は男である
- (c) 'his' が X を指すなら X は男である
- (d) 'his' とその係り先がおのおの X と Z を指すなら X は Z を所有する

ここで「X は Z を所有する」というのは広い意味であり、例えば Z がコンサートで X が Z の切符を持っている場合を含む。(a)～(d) のおのおのがモジュールだというのは、おのおのの真偽が他の真偽とは無関係だということである。この例からわかるように、少なくとも各単語の意味がモジュールをなすと考えられるので、いわゆる常識は知識のモジュールを数万個以上含むと考えられる。これらの知識のモジュールの間の関係を図2に示す。図中の各リンクが各モジュールである。

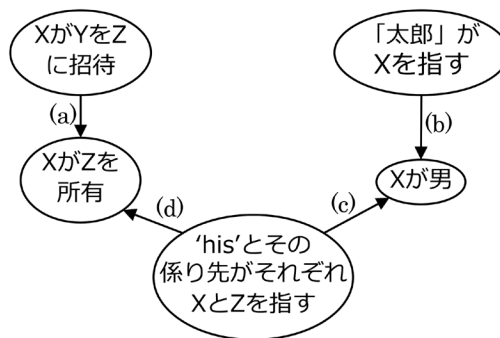


図2 知識のモジュールの間の関係

これらのうちモジュール (a) を学習するには、例えば下表のようなデータが必要である。

表1 知識のモジュール (a) を学習するためのデータ

| X が Y を Z に招待 | X が Z を所有 |
|---------------|-----------|
| 真 | 真 |
| 偽 | 偽 |
| 真 | 真 |
| 偽 | 真 |
| 偽 | 偽 |
| 偽 | 真 |

これは、生起し得る事例（「真真」と「偽真」と「偽偽」の3通り）のみをおのおの十分多く含むようなデータである（ここでは簡単のため X, Y, Z に関する抽象化を考えないが、それを考えるとももちろんはるかに大量のデータが必要になる）。一方、おのおのがモジュールであることを認識せずに (a) ~ (d) を一挙に学習するためのデータは、同じく生起し得る事例（9通り）のみをおのおの十分多く含む必要がある。この例では例えば「XがYをZに招待」と「his」とその係り先がおのおのXとZを指す」と「太郎がXを指す」が真のとき「XがZを所有」と「Xが男」の真偽は4通りすべての組合せが可能だが、これからわかるように、一般には生起し得る事例の種類の数個数はモジュールの数個数の指数関数である。前述のように常識は数万以上のモジュールを含むから、生起し得る事例の種類が多すぎてそれらをすべて含むデータなどあり得ない。

したがって、常識などを獲得するにはモジュール構造の認識によって少ないデータで学習可能にすることが必須である。そして、数万個以上のモジュールからなる構造の大部分は、人間の場合に生得的であるはずがなく、人工知能の場合も初期設計において明示できないので、いずれにせよモジュール構造そのものを学習しなければならない。人間は知識のモジュール構造を学習していると考えられるが、モジュール構造を自動的に獲得できる機械学習の方法はまだ明らかになっていない。囲碁や将棋で人工知能が人間を上回っているのは、これらのゲームをプレイするための技能が多くをモジュールを含まないからだろう。

システム内部を巡るモジュールに比べれば、図1のようにシステムと環境を巡る仮説検証サイクルとしてのモジュールは自動獲得が容易だろう。すでにある種の機械学習においてはそのようなモジュール構造が獲得されているのかもしれない [Lyn 16]。例えばパターン認識に用いられる特徴が深層学習によって自動獲得され、さらにそれらの特徴に関する制約（特徴の間の関係や特徴と外部環境との関係）がリアルタイムに処理されているとすれば、それは(1)のうち知覚-行動カップリングなどのサイクルを実現している可能性がある。

一方、(1)のリアルタイムのデータ循環のうち図1とは違ってシステム内部を巡る仮説検証サイクルとしてのモジュールからなる構造を自動獲得するのは難しい。その前提としてそもそもサイクルを基本単位とする知的システムの構成原理を明らかにしなければならず、それが非常に困難な課題だからである。

システム内部で具現されると考えられるモジュールの例としては先述の(a)~(d)があるが、もっと「低レベル」のモジュールもある。例えば、図3に単語と音素と弁別素性の間の関係に関する知識のモジュール構造を示す。表す二つのモジュールをおのおのグレーの三角形で示す。上の三角形は単語“apple”が三つの音素から

なるという知識のモジュール、下の三角形は音素 p が六つの弁別素性の組合せであるという知識のモジュールを表す。これらのモジュールは、図1に示した三つのモジュールとは異なり、システムの内部を巡るサイクルによって具現されると考えられる。隠れマルコフモデルや深層 NN による音声認識は図3の下から上への情報の流れによる（ただし、音素や弁別素性を明示的に表現しているとは限らない）。しかし、知的システムを構成する基本単位がサイクルだとすれば、図3の二つのモジュールはサイクルによって具現され、音声の認識にも産出にも用いられると考えられる。

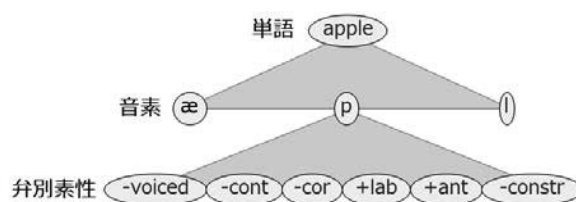


図3 モジュールの間の関係

制約充足や最適化に関する研究は人工知能よりも長い歴史をもつが、人工知能システムを制約処理系として構成する技術の確立は、少なくともそれに匹敵する歳月を要する課題であり、モジュール構造や特徴の自動獲得より圧倒的に難しいと考えられる。「太郎は花子を家に招待した。」を“Taro invited Hanako to his house.”に自動翻訳するというように人工知能が照応を正しく処理することは、一見して数年以内に可能のように思われるかもしれないが、今世紀中に可能かどうか疑わしい。

4. スマートソサエティ

人工知能にデータが必要だという議論は、ほとんどの場合、前記(2)すなわちデータの二次利用（機械学習による人工知能のトレーニングなど）に必要な大量のデータ（多数回のサービスにわたる受容者や文脈に関するデータ）に関するものである。しかしそれよりも重要なのは、(1)すなわち一次利用に必要な個票データ（個別のサービスの特定の受容者や文脈に関するデータ）である。

人工知能を実社会でのサービスのために運用する際、個別サービスの特定の受容者や文脈に関する正確で詳細な個票データがサービスの質を効率良く高める（仮検証サイクルによって精度の高い仮説に効率良く到達する）ために必要なので、そのような個票データがサービスの現場で容易に取得・利用できなければならない。つまり、(1)のためのリッチな個票データがスムーズに流通する社会でなければ人工知能はあまり役に立たない（もちろん全く役に立たないわけではないが、相手やTPOに合わせてサービスの質を高めることが十分にできない）。

さらに、(1)のための個票データが容易に取得できる

ならば、(2)のための大量のデータの収集も容易である。ここで(2)は、人工知能システムを開発する際だけでなく、そのシステムを実運用しながら現場の実情に合わせて改良したり社会の変化に応じて更新したりする際にも必要だが、それもリッチな個票データを(1)において容易に活用できれば同じく容易である。

ゆえに、人工知能の振興のために達成すべき社会的最重要課題は、(1)の実サービスのためのリッチな個票データが簡単に利用できるようにすることである。(2)の学習用に大量のデータを集められるようにすることではない。

そして、多種のデータのうちで最も重要なのはパーソナルデータである。日本を含むほとんどの国でGDPの大半を個人消費(小売を含む個人向けサービス)が占める。さらに、個人向けサービスには家事や育児や近所付き合いなどGDPにカウントされない無料のものも多いが、それらがなければ我々の生活や社会は成り立たない。つまり、世の中の価値のほとんどは個人向けサービスによって生み出されている。したがって、リッチなパーソナルデータがスムーズに流通し活用される社会を構築することが、人工知能の進歩と普及のために必須である。とりわけ、(1)のための個票パーソナルデータがサービスの現場で容易にアクセス可能でなければならない。そして、パーソナルデータを活用するサービスの最大の受益者はデータ主体本人であり、かつパーソナルデータの利用には原則として本人同意が必要だから、パーソナルデータが本人の意思に基づいて自由に流通することがスマートソサエティ(人工知能と融合することにより価値創造の効率を極端に高めた社会)の構築において本質的である。

地域創生の要諦もその意味でのスマートソサエティの構築である。自治体が人工知能の導入による地域振興を図るには、まず自治体が保管する(地域保健、税、医療、教育などに関する)パーソナルデータを住民本人と電子的に共有すべきである。そのためにマイナポータルなどが活用できるのではないかと、各住民(または家族などの代理人)が本人のデータをPDS(personal data store; 個人が本人のデータを集約・蓄積し他者と共有しつつ活用する仕組み)で管理運用すれば、まずは地域医療連携や地域包括ケアが実現できる。また、改正銀行法が2018年に施行されて銀行のサービスがAPI化されるとともにAmazon Payや楽天ペイによってキャッシュレス化が進めば、買物客が本人の購買データをPDSで運用することも可能になるだろう。一方、医療制度改革の進行によって医療データの社会的共有も促進されるはずである。以上のようなパーソナルデータの共有・運用はPLR(personal life repository) [橋田13, 橋田14, 橋田17a, 橋田17b]のような分散型(decentralized; データ共有を集中管理する仲介者がいない方式)のPDSによって極めて安価かつ安全に実現できる。

このようにして、各住民が本人の多様なパーソナルデータを保有し自由に活用できるようになっていれば、人工知能はサービス受容者である個人から本人のデータを容易に取得して良質のサービスを提供できる。人工知能による多様なサービスの実証フィールドおよび市場としてそのような地域が必須である。したがって、スマートソサエティの構築に関して各地域(国や自治体)が採るべき戦略は以下のとおりである。

- 公共部門が保有するパーソナルデータを住民本人に電子的に開示する
- キャッシュレス化などの推進によって購買データなどの住民への電子的開示を広める
- 分散PDSを普及させて個人を中心とするパーソナルデータの流通を促進する
- こうして、地域の保健や医療の価値を高める
- 並行して、人工知能を開発しそれによるサービスを提供する企業などを誘致することで、恒久的な税収増大と住民の福利の向上を図る

例えばインドなどはこれに近い戦略を実行しつつある。インド政府は2016年11月に500ルピー札と1,000ルピー札の交換を突如停止した。当時これらの高額紙幣は国内のキャッシュフローの約86%を占めていたが、それがすべて電子化されたのである。またインドではすでに虹彩と指紋による公的個人認証システムAadhaarを運用しており、2017年末にはこれにほぼ全国民が登録済みとのことで、電子決済に必要な銀行口座を簡単に作れるようになってきている。そのうえ、電子決済などのために銀行のAPIをオープン化するだけでなく、他の民間企業のサービスや公的機関のサービスもオープンAPI化し、さらにはConsent Layerと呼ばれる国営のPDSを構築することにより、図4のように、国民がそれらのサービスのAPIを自由に選んで相互に連携させ、適宜パーソナルデータを開示することにより良質のサービスを受けられるようにしようというのが、IndiaStackプロジェクトである。

このような根本的な改革は、欧米や日本などの先進国では既得権者による抵抗が強いために困難だが、発展途上国にはそのような障害が少ない(とはいえ、上記の

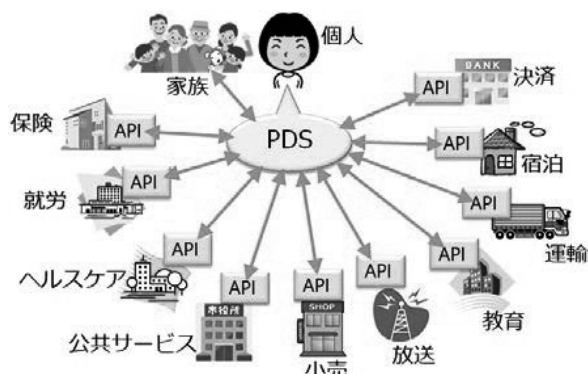


図4 PDSによる個人主導のサービス連携

Aadhaar が人権侵害だとの批判はインド国内でかなり強いようだが)。さらに、このような改革が巨額の資金を要しない点も発展途上国に有利である。例えば日本のリニア新幹線には9兆円ほど(国民一人当たり約7万円)かかるそうだが、各個人を Aadhaar に登録するのにかかる経費は100ルピー程度(約180円)とのことである。インドなどの現在の発展途上国がいわゆる先進国を10年後に一人当たり GDP において上回っている可能性も十分にある。

一方、中国ではここ数年でキャッシュレス化が急速に進み、さらに芝麻信用なども使って、政府がキャッシュフローを含む国民の行動データを集中的に把握する体制が構築されつつある。また中国政府は人工知能を開発する企業を手厚く保護している。社会主義は1990年前後をもってついでと一般には考えられているだろうが、それは人間による計画経済に無理があったということであり、ビッグデータと人工知能による計画経済(デジタルレーニン主義)は成立するのではないか。最近の中国の動きにはそのような発想が垣間見える。

しかし、各個人に関するリッチなデータを最も容易に集約できるのは当然ながら本人であり、さらに、個別サービスにおける特定のサービス受容者やその状況に関するデータの活用を中央政府が集中管理に基づいていちいち取り仕切るのは技術的に不可能である。ゆえに、サービスの価値を高めてさらなる経済成長を図るには、データ活用の制御を個別サービスの現場に委ねるしかあるまい。ところがそれは必然的に中央政府が把握できない詳細なデータの流れを生み、一党独裁を困難にするだろう。そしてそれは、共産党による恣意的な介入を排した「ビッグデータ独裁」または真の意味での「科学的社会主義」をもたらし、究極の資本主義と一致するのかもしれない。

5. 構造化文書と社会の運用

中国の動向は予断を許さないが、インドのスマートソサエティへの道も平坦ではなからう。それは中国やベトナムやマレーシアを下回る75%程度という低い識字率のゆえである。社会の運用設定はほぼ人手によってなされなければならないが、その精度と効率性は識字率に依存する。スマートコントラクトなどによって社会的相互作用を自動化するには、関係者が合意する内容の契約をあらかじめ作成しておく必要があるが、そのプロセスには必然的に人間が関与するので自動化は不可能である。契約の当事者である人間が契約の内容を正確かつ効率的に理解し合意できるかどうかは人間の文書作成・読解の能力に依存し、その能力は識字能力を前提する。

しかし当然ながら、字が読めるだけで文書を作成・読解できるわけではない。人間の文書作成・読解能力は先進国でも実はあまり高くないのかもしれない。例えば「口

ポットは東大に入れるか」プロジェクトで明らかになったように、現在の人工知能は複雑な問題文を理解できないため東京大学などには合格できないけれども、平均よりレベルが高い大学には十分合格し得る。つまり、平均的な大学受験生は文書読解能力に関して人工知能に劣る[新井 17]。それは受験生に限られた試験時間の中で効率的に点数を稼ぐための受験テクニックを使っているからだという意見もあるが、社会人になっても業務の時間は限られているからやはり同様のテクニックを使うので文書読解能力は高まらないのではないかと。また、米国の大学では4年間の在学中に批判的思考(critical thinking)などの能力がほとんど向上しない[Arum 11]が、日本の大学教育の効果が米国のそれを大きく上回るとはあまり期待できない。社会人でも、契約書や論文や法律など、ある程度複雑な文書の作成・読解に日常的に携わりその能力を高める機会に恵まれているのはごく一部だから、大人の平均的な文書作成・読解能力が受験生や大学生のそれを大きく超えるとも思えない。

社会の運営は、契約や法律などの文書による情報共有と合意形成に基づく。したがって、文書を作成・読解する能力が平均的に低いとすれば、その作成・読解を支援して情報共有と合意形成の精度と効率性を高めることにより、社会全体の生産性を向上させられる余地が大きい。それがスマートソサエティを実現するための主な必要条件の一つだろう。

しかし、例えば複雑な文書の作成・読解を日常的に課するような教育を学生以外にも広く実施するのは不可能だろう。それよりむしろ、音声言語に由来する線状性の制約ゆえにわかりにくく、つくりにくい従来形式の文書にとらわれず、文書において意味構造を明示することによって下記の実現を図るほうがはるかに現実的かつ有益と考えられる。

- 人間が高い精度と効率で文書を作成・読解できるようにする
- 文書の検索や翻訳や要約や文書データを用いた機械学習の質を高める

意味構造を明示した文書の例を図5と図6に示す。

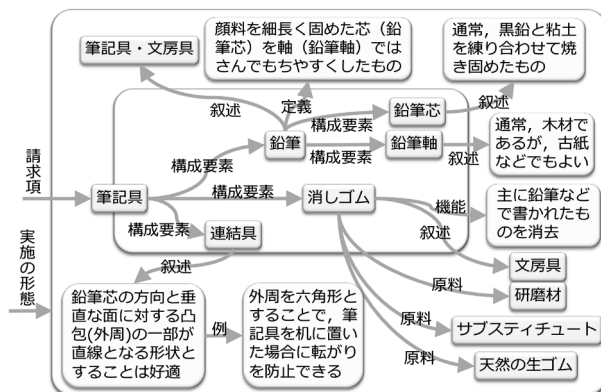


図5 意味構造化文書の図式表現(特許の請求項と実施例)



図6 意味構造化文書の図式表現 (病理診断報告書)

このような構造化の第一義的な目的は人間同士の合意形成の精度と効率を高めることだが、その効能は人間と人工知能との意味の共有にも及ぶ。人間の要望を人工知能に伝えたり人間と人工知能が目的を共有して協調したりするには、両者が広義の文書を介して意味内容を共有し合意を形成しなければならないが、その文書を人間が正確かつ効率的に作成するには上記のような意味構造化が必要である。

こうした図式による意味構造化の明示化は次のような効能をもつ。

- 意味構造化を瞬時に把握できるので文書の理解が容易になる
- 意味的な関係を簡単に表現できるので文書の作成が容易になる
- より質の高いコンテンツをつくることができる [八木下 98]
- 批判的思考力を高める [van Gelder 15]

意味構造化文書の活用を普及させるには、文書形式の国際標準化とそれに基づいて上記のような効能を具現するソフトウェアツールが必要である。図6は画像を含む文書だが、静止画だけでなく動画や音響のデータを含む文書にインタラクティブにアクセスするためのツールが必要だろう。照応 (anaphora) や量化 (quantification) などの意味構造化を簡便に表現する方法や、線形でない文書を読み切れることを支援する技術も求められる。

しかし、意味構造化の普及のために最も本質的なのはネットワーク外部性、つまり、意味構造化文書を従来の文書の代わりに日常生活や業務において流通させて利用者を増やすことである。これは技術的課題というよりもむしろビジネスモデルの問題だが、PLRのような分散PDSと連携するアプリによって意味構造化文書の作成・読解・共有をサポートすることにより、導入・運営コストと情報漏えいリスクを低減させ、ビジネスモデルを成立しやすくすることは可能だろう。

6. おわりに

個体の知能も社会の知能も仮説検証サイクル (データ循環) によって具現される。前記 (1) は個人, (2) は個人と社会, (3) は社会のレベルでのサイクルであり、各レベルでの価値を高めるにはこれらのサイクルをより効果的に運用する必要がある。本稿では、このような観点から、人工知能およびスマートソサエティ (人工知能と融合した社会) の課題について論じた。

個体のレベルでも社会のレベルでも、サイクル (意味・価値) を基本的な構成要素とすることによってシステムの複雑性を低減させ、モジュール構造を学習するための前提を整えるべきことを述べ、モジュール構造の自動獲得に関する技術的課題に触れた。サイクルを基本要素とする知能のアーキテクチャの確立も、それに基づくモジュール構造の学習も、深層学習による特徴の学習などを超える長い年月を要する研究テーマであり、人工知能が人間並みに意味を理解できるようになるにはそれらの研究が成熟する必要がある。

また、データが円滑に循環する社会を構築することがスマートソサエティを実現する (すなわち人工知能によって社会全体の価値を高める) ために最も重要かつ困難な課題である旨を述べた。特にパーソナルデータが個別サービスにおいて本人の意思に基づき円滑に一次利用できるようにすることの重要性を指摘した。また、スマートソサエティの構築に向けて各地域が採るべき戦略と諸国の動向について述べ、改革への抵抗が少ない発展途上国の優位性と集中管理や識字率に関連する問題に触れた。これに対し、文書の作成・読解能力の課題は万国共通であろう。

このように考えると、日本全体においては改革への抵抗が大きいものの、多くの特に小規模な自治体では首長のリーダーシップのもとで前述の戦略に基づいて人工知能の導入によるスマートソサエティの構築を進められる可能性が高いことがわかる。しかし、他の地域に対する優位性を確保することにより地域の発展を図るためには、医療制度改革やキャッシュレス化の機会を捉えねばなるまい。その機会の後はこの戦略も地域コミュニティを存続させるための必要条件としてコモディティ化するだろう。つまり、地域創生に対する戦略の有効期限はたかだか5年間ほどである。

◇ 参考文献 ◇

- [新井 17] 新井紀子, 尾崎幸謙: デジタルライゼーション時代に求められる人材育成, NIRA Opinion Paper, 31, <http://www.nira.or.jp/pdf/opinion31.pdf> (2017)
- [Arum 11] Arum, R. and Roksa, J.: *Academically Adrift: Limited Learning on College Campuses*, University of Chicago Press (2011)

- [Fodor 83] Fodor, J. A.: *The Modularity of Mind*, MIT Press (1983), 伊藤笏康, 信原幸弘 訳: 精神のモジュール形式, 産業図書 (1985)
- [橋田 13] 橋田浩一: 分散 PDS による個人データの自己管理, 人工知能学会誌, Vol. 28, No. 6, pp. 872-878 (2013)
- [橋田 14] 橋田浩一: 分散 PDS と集めないビッグデータ, 人工知能, Vol. 29, No. 6, pp. 614-621 (2014)
- [橋田 16] 橋田浩一, 嶋田総太郎, 今井むつみ: 仮説検証サイクルと記号接地, 認知科学, Vol. 23, No. 1, pp. 65-73 (2016)
- [橋田 17a] 橋田浩一: 臨床および臨床研究のための分散 PDS の活用, *MyData Japan 2017* シンポジウム, 秋葉原コンベンションホール, http://www.glocom.ac.jp/wp-content/uploads/2017/05/MyDataJapan20170519_hashida.pdf (2017)
- [橋田 17b] 橋田浩一: 分散 PDS と情報銀行: 集めないビッグデータによる生活と産業の全体最適化, 情報管理, Vol. 60, No. 4, pp. 251-260, https://www.jstage.jst.go.jp/article/johokanri/60/4/60_251/_html/-char/ja/ (2017)
- [Lyn 16] Lin, H. W. and Tegmark, M.: Why does deep and cheap learning work so well?, <https://arxiv.org/pdf/1608.08225v2.pdf> (2016)
- [Simon 81] Simon, H.: *The Sciences of the Artificial* (2nd Edition), MIT Press (1981), 稲葉元吉, 吉原英樹 訳: システムの科学, パーソナルメディア (1999)
- [van Gelder 15] van Gelder, T. J.: Using argument mapping to improve critical thinking skills, In M. Davies and R. Barnett (eds.), *The Palgrave Handbook of Critical Thinking in Higher Education*, pp. 183-192, Palgrave Macmillan (2015)
- [八木下 98] 八木下和代, 宗森 純, 首藤 勝: 内容と構造を対象とした KJ 法 B 型文章評価方法の提案と適用, 情処学論, Vol. 39, No. 7, pp. 2029-2042 (1998)

2018 年 1 月 4 日 受理

著者紹介



橋田 浩一 (正会員)

1981 年東京大学理学部情報科学科卒業. 1986 年同大学院理学系研究科博士課程修了. 理学博士. 1986 ~ 2001 年通商産業省工業技術院電子技術総合研究所. 1988 ~ 92 年 (財) 新世代コンピュータ技術開発機構に外向. 2001 ~ 13 年産業技術総合研究所. 2013 年より東京大学. 2017 年より理化学研究所兼任. 専門は自然言語処理, 人工知能, 認知科学. 人工知能と融合した社会としてのスマートソサエティおよびそのような社会における知の共創プロセスとしてのソーシャル e サイエンスに興味をもつ.